

한강流域 저니층의 중금속 함유량 全分析

정일현·김세진*

단국대학교 화공과

*경기도 보건환경연구원

The analysis of heavy metal total contents in silt of Han river

Il-Heun Jeong, Sae-Jin Kim*

Department of Chemical Engineering university, Dan guk

**Public Health Environment Research Institute of Kyong Gi- Do*

Abstract

An analytic and comparative study on the level of concentration on heavy metals in silt of Han- River was described. The Paldang lake supplies tap water resources for the 20 million residents in the metropolitan zone. It is composed that three steps for water works by the water volume in all 35,072 thousand tons : the first section is 7,251 thousand tons, the second is 15,980 thousand tons and the third is 11,841 thousand tons. However, recently it has becoming a serious social issue for water contamination on Paldang by heavy metals due to gathering of silt. It has concentrated on analysis and comparison study on the level of heavy metals between contamination- estimated zone and the other zones.

After all, Concentration on heavy metals of expected none pollute's zone and expected pollute's zone indicate almost similar results.

In the end, heavy metals within silt of Han- River consider not to effect on pollution but quantity of natural condition.

I. 序 論

유역면적 26,018km², 총연장길이 481.7km, Stream수 702개를 포함하는 한강은 강원도 정선군 북면 오대천을 기점으로 한 북한강과 충북 단양군 가곡면 사평리 하일천을 기점으로 한 남한강이 경기도 양평군 양수리에서 합류되어 경기도 김포군 월곶면 용강리에서 끝나는 한반도 문화의 최대 원동력임은 분명하다. 북쪽에 화천, 춘천, 소양, 의암, 청평 등 5개 인공호수와 남쪽 충주호를 합쳐 총6개에 이르는 댐의 물은 팔당기준 월류수량 평균 갈수기 1,800m³/min, 만수기 4,200m³/min로 풍부한 수원은 수도권 인구의 생활용수 및 기간용수로서 중요한 역할을 담당하고 있다. 최근 준설여부의 논란으로 골재채취 작업중 저니층의 유동으로 중금속의 수층이행과 관련한 식수원오염 및 유독작용은 각계 중심으로 논란이 일고 있어 여기에 대한 저니층의 중금속 함량에 대한 전반적인 분포를 고찰하여 인위적 오염 부하변동을 중심으로 오염에 의한 영향 여부를 고찰하여 modeling하고자 하였다.

II. 실험 내용 및 방법

1. 조사수역

식수원의 중요성을 감안하여 팔당을 중심으로 한강수계를 오염가능예상수역과 비오염예상수역으로 구분, 저니 채취가 가능한 인공호 3개 지점씩을 선정 분석하였다.

○오염가능 예상수역 : 팔당댐, 청평댐, 행주대교

○비오염 예상수역 : 충주댐, 화천댐, 한탄강

2. 조사기간 및 실시횟수

○조사기간 : 1992년 4월~11월

○실시횟수 : 저니의 대량 이동은 홍수시 이외에는 고려되지 않으므로 비 홍수기를 택하여 1회만 채취하였고 대표시료를 고려하여 지점수를 확대 실시하였다.

Table 1. Capacity of Lakes

Lakes	Max Depth (m)	Reservoir area(km ²)	Quantities of basin(m ³)	Sampling point No.	Points Depth (m)
Pal Dang Dam	29.0	36.5	244×10 ⁶	7	4.8
				8	6.0
				9	7.0
				10	13.0
				11	12.0
				12	4.0
Chung Pyong Dam	31.0	17.6	185.5×10 ⁶	14	3.0
				13	8.0
Haeng-Joo Bridge	-	-	-	15	8.0
				16	11.5
				17	8.7
Choong-Joo	97.5	97	2750×10 ⁶	1	3.5
				2	4.2
				3	3.8
Wha-Chun	81.5	38.15	1018×10 ⁶	4	58.0
				5	48.0
Han-Tan River	-	-	-	6	0.7

3. 채취지점 및 항목

시료의 채취지점은 Fig. 1-5에 각각 나타내었고 지점별 채취횟수 및 분석항목은 Table 2와 같다.

Table 2. Sampling Number & Analytical Item

Classification	Sampling Number	Item
Expected None Pollute's Zone	Pal-Dang Dam : 7	T-P, T-N, Fe, Mn,
	Chung-Pyong Dam : 1	Cd, Cr, Cu, Pb, As,
	Haeng-Joo Bridge : 3	Zn, Hg
Expected Pollute's Zone	Chung-Joo Dam : 3	"
	Wha-Chun Dam : 2	"
	Han-Tan River : 1	"

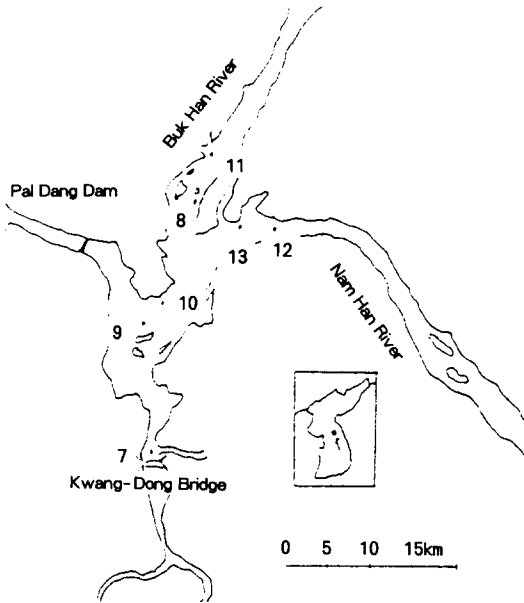


Fig. 1. Pal-Dang Lake Sampling Points

4. 채취방법

시료채취는 Fig. 1-5에 나타난 바와 같이 17개 지점을 중심으로 강의 흐름에 따라 Silt의 발생량이 가장 많을 것으로 예상되는 곳에 강폭을 일정간격으로 선정 대표치가 되도록 고려하였으며 빈약한 지점은 목표지점의 근거리를 크게 벗어나지 않도록 유의하였다.

채취방법에 있어서는 군 작전용 LVT보트 및 5인용 철제 motor boat를 이용하였고 강 중심부로 이동하여 Petersen grab²⁾을 사용 수심 0.5m부터 최고 48m(Table 1 참조)에

서 각각 약 2kg씩 채취하여 비닐 용기에 포장 실험실로 운반하였다.

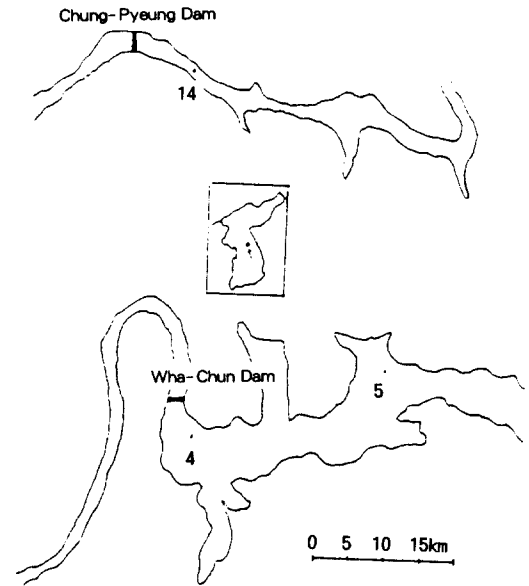


Fig. 2. Chung-Pyeong & Wha-Chun Lake Sampling Points

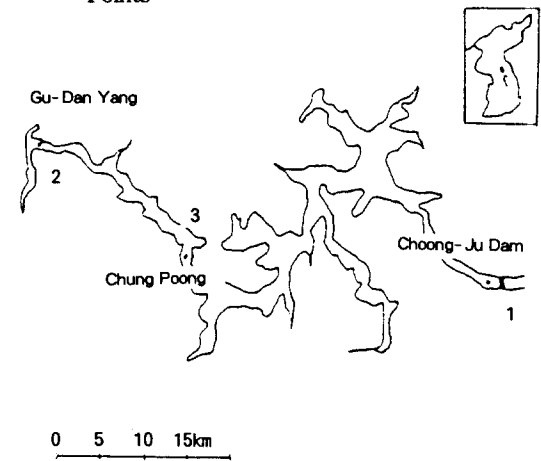


Fig. 3. Choong-Joo Lake Sampling Points

5. 분석방법

운반된 시료는 분쇄 혼합하고 수질오염공정 시험법²⁾ 토양편 전처리공정에 따라 직사광선이 닿지 않는 곳에서 5일간 자연풍건후 다시

Dry Oven(Heraeus)으로 60°C에서 24시간 건조시켰다. 건조된 시료를 표준채 K.S.F No. (KS- A-5101에 의한 표준채 호칭 및 치수) 100mesh(No. : 100, 150 μ m)를 통과한 시료 100g을 분석시료로 하였으며 각 항목별 분석은 수질오염공정시험법²⁾ 및 일본위생시험법¹⁴⁾에 준하여 실험실 분석하였다.

각 항목별 분석방법은 Table 3에 나타내었다.

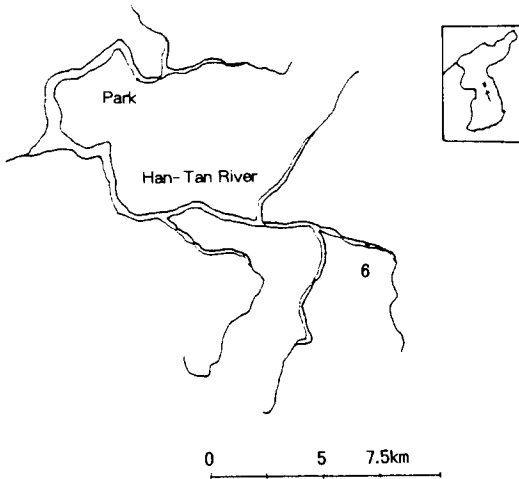


Fig. 4. Han- Tan River Sampling Points

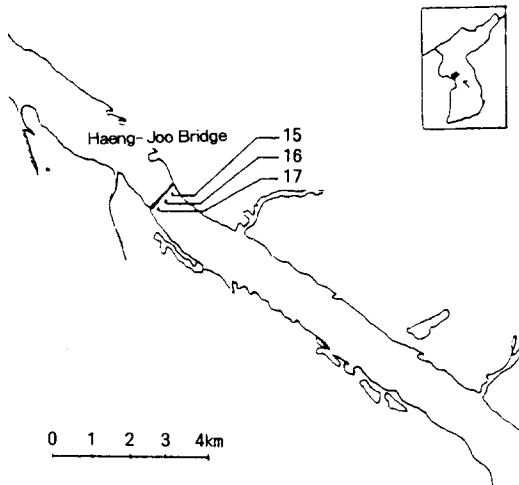


Fig. 5. Haeng- Joo Bridge Sampling Points

Table 3. Method and Equipment by Analytical Item

Items	Unit	Method	Remark
Total Phosphorus	mg/l	Ammonium Molybdate	DU-68 Spectrophotometer
Total Nitrogen	mg/l	Titration	Protein Analyzer 332 Büchi swiss
Iron Manganese Copper Chromium Cadmium Lead	mg/l	Atomic Absorption Spectrophotometer	Perkin- Elmer 3300
Mercury	mg/l	Direct	Nippon- Ins Co. sp- 3A
Arsenic	mg/l	Silver diethyldithio Carbamate	DU-68 Spectrophotometer

III. 결과 및 고찰

1. 결과

각 호소별 저리의 오염농도는 Table 4와 같다.

2. 고찰

(1) 영양염류

총인은 총질소와 같이 하천, 호소 등의 부영양화를 나타내는 지표로 삼고 있으며 T-P 및 T-N이 제일 높게 나타난 것은 Fig. 6과 같이 충주댐 지점으로 각각 770mg/l, 1,491mg/l으로 가장 높게 나타났고, 또한 가장 적게 나타난 지점은 한탄강지점 및 행주대교지점으로 T-P 350mg/l, T-N 245mg/l으로 나타났는데 이는 정체수역 및 비정체수역의 대조로 볼 수 있으며 또한 화천 및 팔당지점의 T-N 1,427mg/l, 1,394mg/l으로 나타났다. 특이하게 T-P는 거의 모든 지점에서 수치가 비

Table 4. Concentration of Silt Component on Lakes(Whole Quantities)

(unit : mg/kg)

	AREA	Sampling sites	T-P	T-N	Fe	Mn	As	Zn	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
Expected none pollute's zone	average		633	1335	143.1	73.5	0.9	21.8	0.31	0.12	9.0	9.1	0.00
	Choong- Joo	1	820	1600	143.3	75.2	0.8	21.0	0.31	0.10	11.3	7.5	0.00
		2	780	1574	140.0	81.5	2.3	16.2	0.31	0.10	6.8	3.0	0.00
		3	710	1301	148.2	69.2	1.8	23.8	0.30	0.10	8.0	3.0	0.00
		mean	770	1491	143.8	75.3	1.6	20.3	0.30	0.10	8.7	4.5	0.00
	Wha- Chun	4	590	1587	157.0	76.7	0.9	21.3	0.38	0.14	11.4	19.0	0.00
		5	550	1266	159.3	77.1	0.6	21.8	0.40	0.15	11.5	19.0	0.00
		mean	570	1427	158.2	76.9	0.7	21.6	0.39	0.14	11.4	19.0	0.00
	Han- Tan River	6	350	682	110.8	61.3	1.1	26.4	0.18	0.14	5.4	3.0	0.00
	Expected pollute's zone	average		628	1019	147.3	74.2	1.1	21.0	0.32	0.16	8.0	9.9
Pal- Dang		7	810	1373	164.3	81.1	0.6	28.6	0.27	0.22	12.8	18.5	0.00
		8	740	1527	160.8	83.8	0.9	20.5	0.33	0.13	8.5	12.5	0.00
		9	680	1470	157.3	84.4	1.1	20.9	0.33	0.07	7.5	12.0	0.00
		10	840	1060	152.2	83.7	1.9	17.8	0.33	0.04	5.3	10.5	0.00
		11	710	1328	149.3	84.9	1.1	28.3	0.44	0.25	15.9	13.5	0.00
		12	690	1416	125.8	53.8	1.9	18.2	0.22	0.00	1.4	5.0	0.00
		13	720	1588	147.0	85.4	2.6	24.5	0.51	0.11	8.0	14.0	0.00
		mean	741	1394	151.0	79.7	1.4	22.7	0.35	0.14	8.5	12.3	0.00
Chung- Pyong		14	610	718	155.5	76.9	1.0	15.8	0.20	0.23	13.1	11.0	0.00
Haeng- Joo Bridge		15	370	247	126.5	58.1	0.3	17.8	0.00	0.00	3.9	3.2	0.00
		16	360	245	162.7	63.8	0.8	21.3	0.21	0.21	11.3	5.7	0.00
		17	380	242	119.1	59.3	0.3	16.8	0.00	0.12	1.6	3.2	0.00
		mean	370	245	136.1	60.4	0.4	18.6	0.21	0.17	5.6	4.0	0.00

숫하나 T-N은 지점별 차이가 심한 것으로 나타났다고 T-N, T-P의 전체적인 수치는 거의 비례적으로 검출되었다.

(2) 중금속류

중금속중 카드뮴과 비소에 대한 도시는 Fig. 2와 같이 나타났는데 충주지점을 제외한 거의 모든 지점이 비례하여 검출되었으며 카드뮴은 전지역에서 미량씩 검출되었다.

그중 화천댐지점이 평균 0.39mg/kg으로 제일높게 나타났고 그외 지점은 팔당 0.35mg/

kg, 충주 0.30mg/kg, 행주 0.21mg/kg, 청평 0.2mg/kg이며 한탄강 0.18mg/kg으로 제일 적게 검출되었다. 특히 한탄강 지점은 sampling시 다소 입자가 큰 모래질이었으며 대표적 sampling이 불가능한 것이 요인인 것으로 사료되나 전체적으로 거의 비슷한 수치를 보이고 있다. 카드뮴과 달리 비소는 비오염예상수역인 충주 댐지점에서 제일 높은 1.6mg/l로 검출되었고, 팔당 1.4mg/kg, 한탄 1.1mg/kg, 청평 1.0mg/kg, 화천 0.7mg/kg, 행주 0.4mg/kg으로 검출

되었다. 팔당 및 기타지점도 카드뮴보다는 배 이상 높게 나타났다.

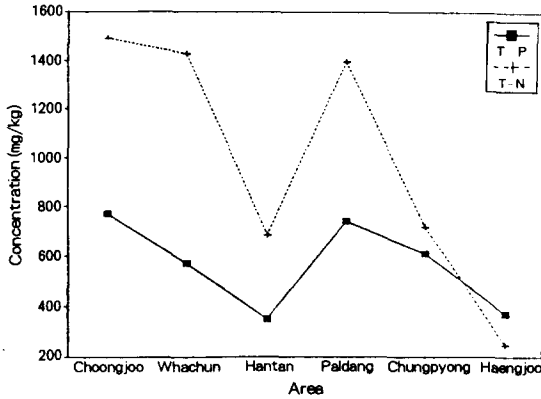


Fig. 6. Variation of T-P & T-N Concentration for Area

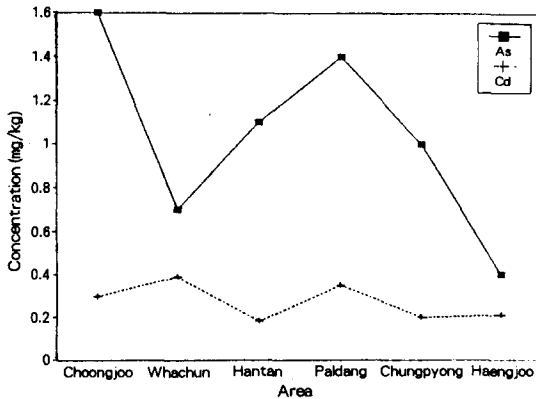


Fig. 7. Variation of As & Cd Concentration for Area

Fig. 8에 구리와 납을 도시한 바와 같이 구리는 청평댐지점에서 13.1mg/kg으로 제일 높게 나타났고 화천, 충주지점은 11.4mg/kg, 8.7mg/kg 그의 팔당 8.5mg/kg, 행주 5.6mg/kg으로 검출되었다.

특히 한탄강지점은 5.4mg/kg으로 역시 타지점에 비해 제일 낮은 수치를 보이고 있다. 구리와 마찬가지로 납 역시 화천댐지점이 19.0mg/kg으로 제일 높고 한탄강지점을 제외한 모

든 지점은 거의 비슷하게 검출되었다. 납과 구리도 또한 중금속별 농도가 채취지점에 따라 비례하여 검출되는 것을 알 수 있었다.

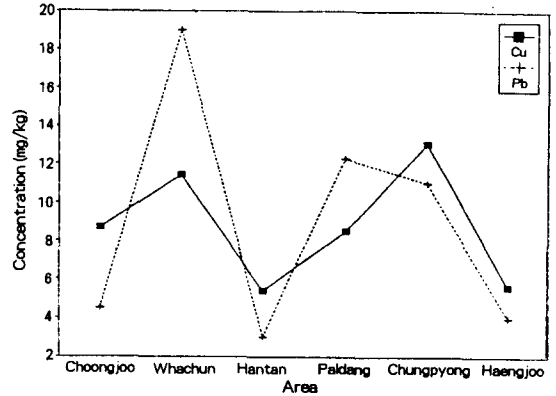


Fig. 8. Variation of Cu & Pb Concentration for Area

망간과 아연에 대한 것은 Fig. 9에서 알 수 있듯이 각 지점들을 분석결과 Mn은 팔당댐지점이 제일 높은 79.7mg/kg으로 검출되었고, 그의 충주 75.3mg/kg, 화천 및 청평은 76.9mg/kg, 행주 60.4mg/kg, 한탄강 61.3mg/kg으로 검출되었다.

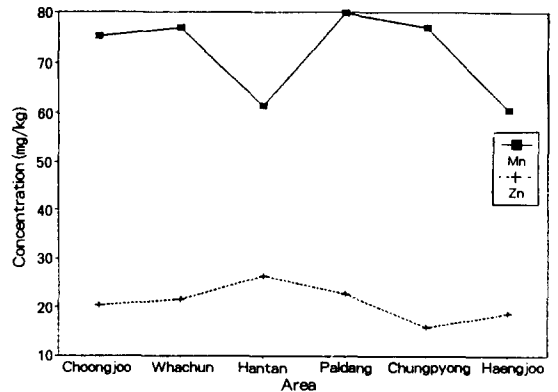


Fig. 9. Variation of Mn & Zn Concentration for Area

또한 전체적인 면에서 볼때 제일 적게 검출

된 지점인 비오염예상수역 한탄강지점에서 아연만 26.4mg/kg으로 제일 많이 검출되었으며, 타지역은 거의 비슷하게 충주 20.3mg/kg, 화천 21.6mg/kg, 팔당 22.7mg/kg, 청평 15.8mg/kg, 행주 18.6mg/kg으로 나타났다. 철 및 수은은 Fig. 10에서 보는 바와 같으며, 그중 철은 화천댐지점이 158.2mg/kg으로 제일 높게 검출되었고 충주댐 143.8mg/kg, 팔당 151mg/kg, 청평 155.5mg/kg, 행주 136.1mg/kg, 한탄강은 110.8mg/kg으로 나타났으며 수은은 전수역에서 검출되지 않았다. 전체적인 각호소별 영양염류 및 중금속에 대한 도시는 Fig. 11 및 Fig. 12에 나타내었다.

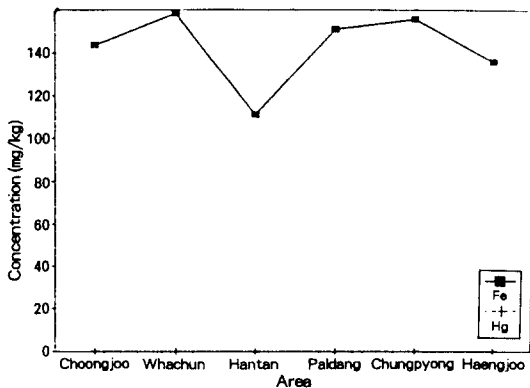


Fig. 10. Variation of Fe & Hg Concentration for Area

●오염예상수역 및 비오염예상수역의 비교

오염 및 비오염예상수역의 비교치는 Table 5 및 6과 같으며, 전반적으로 비오염예상수역 농도와 오염영향권 팔당의 농도비교에 있어서 Fig. 13과 같이 거의 동등한 시험치를 나타내고 있으나 영양염류는 비오염수역이 오염예상수역 보다 다소 높게 검출되었는데 이는 팔당 또는 그외의 호소 저니층 중금속 농도를 오염,

비오염 여부를 심도있게 유의 조사하지 않으면 주관적 판단이 대단히 어려우리라 사료되며 특히 비오염예상수역의 T-N이 특이하게 나타난 점으로 보아 상류지점의 가축분뇨, 생활하수 등의 오염여부 및 시료 채취 지점에 대한 수역의 대표선정 등의 문제점이 요인으로 볼 수 있으며 또한 유해 중금속류가 수온이나 수질의 산성도에 영향을 받아 동시 다량으로 수층에 이행되리라는 것은 예상할 수 없다.

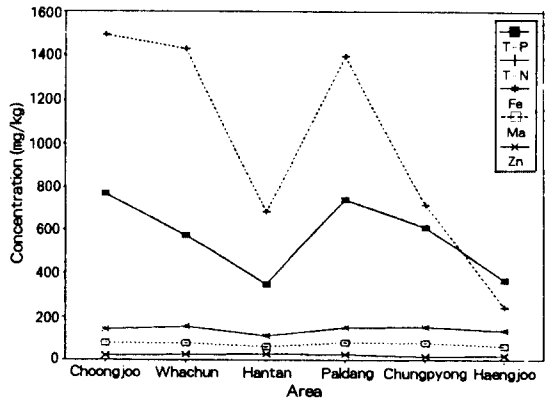


Fig. 11. Variation of T-P, T-N, Fe, Mn & Zn Concentration for Area

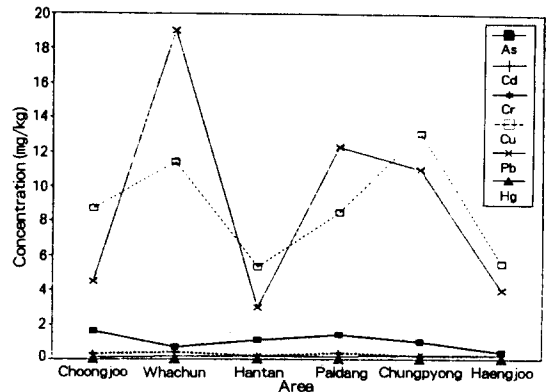


Fig. 12. Variation of As, Cd, Cr, Cu, Pb & Hg Concentration for Area

IV. 결 론

팔당 골재채취 작업중 저니층 중금속의 수

Table 5. Average Concentration of Silt Component on Lakes

(unit : mg/kg)												
Classification	Satation	T-P	T-N	Fe	Mn	As	Zn	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
Expected Nonepollute's Zone	Choong- Joo(mean)	770	1,491	143.8	75.3	1.6	20.3	0.30	0.10	8.7	4.5	0.00
	Wha- Chun(mean)	570	1,427	158.2	76.9	0.7	21.6	0.39	0.14	11.4	19.0	0.00
Expected Pollute's Zone	Han- Tan River	350	682	110.8	61.3	1.1	26.4	0.18	0.14	5.4	3.0	0.00
	Pal- Dang(mean)	741	1,394	151.0	79.7	1.4	22.7	0.35	0.14	8.5	12.3	0.00
	Chung- Pyong	610	718	155.5	76.9	1.0	15.8	0.20	0.23	13.1	11.0	0.00
	Haeng- joo Bridge(mean)	370	245	136.1	60.4	0.4	18.6	0.21	0.17	5.6	4.0	0.00

Table 6. Comparison for Expected none pollute's zone and Expected Pollute's Zone with Average

(unit : mg/kg)												
Contents	Item	T-P	T-N	Fe	Mn	As	Zn	Cd	Cr	Cu	Pb	Hg
	Expected Nonepollute's Zone		633	1,335	143.1	73.5	0.9	21.8	0.31	0.12	9.0	9.1
Expected Pollute's Zone		628	1,019	147.3	74.2	1.1	21.0	0.31	0.16	8.0	9.9	0.00
Variation		▽5	▽316	▲4.2	▲0.7	▲0.2	▽0.8	—	▲0.04	▲1.0	▲0.8	—

* Remark : ▽ - nonepollute's zone
 ▲ - pollute's zone

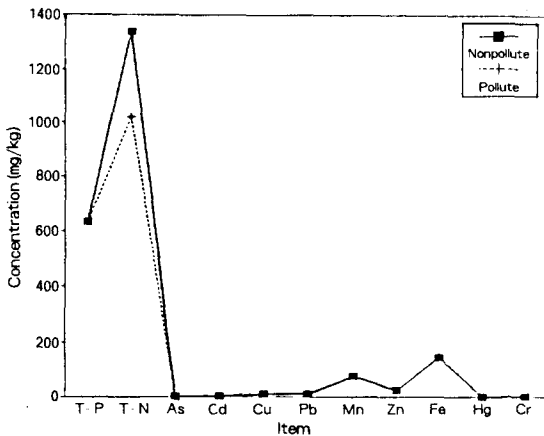


Fig. 13. Variation of Nonpollute & Pollute Concentration for Area

층이행과, 식수원으로서의 유독작용을 고려하여 각 호소를 중심으로 조사, 분석, 연구한 결

과 저니층이 공급원수의 중금속오염에 결정적 요인으로 작용하지는 않을 것으로 판단되며 자연계에 상재하는 보편적인 것과 비교하여 전량 분석적 방법의 결과로는 유의성이 나타나지 않았다.

대부분의 미량 중금속들은 인체에 필수요소로 작용하고 있으며 결핍증상에 대하여 논하고 있는 일부학자들에 의하면 음용수중 ppb단위의 존재는 생체효소 활성화에 중요한 역할을 담당하고 있는 것으로 보고 있어, 이 경우의 조사 농도치가 수층에 전량 이행되는 것은 기대하기 어렵고 생태학적 측면을 고려하여 볼 때 부착생물에 대한 영향은 극히 일부이며 홍수시의 영향을 고려하면 극히 부분적인 것으로 사료된다.

Fig. 6과 Fig. 8의 한탄강지점의 농도치가 타지역에 비해 낮은 이유는 강의 유속이 타지역에 비해 빠르므로 저니의 particle이 비교적 커서 농도의 밀도가 상대적으로 낮게 나타난 것으로 사료된다.

전반적으로 볼 때 비오염예상지역의 농도와 오염영향권역인 팔당의 농도비교에 있어서는 거의 동등한 시험치를 나타내므로 팔당 또는 그외의 호소저니층 중금속농도는 천연상태의 한계를 넘지 않는 것으로 보이며 결과적으로 연여타지역의 오염영향을 판단하고자 할때의 오염, 비오염 영향여부를 심도있게 유의 조사하지 않으면 주관적 판단이 대단히 어렵다는 결론에 도달한다.

참고문헌

1. 韓國 水質保全學會, “八堂湖 試驗浚渫 影響調查”發表資料 12월호(1990).
2. 環境處, 環境汚染公定試驗法(水質分野)(1986).
3. 環境處, 韓國環境年鑑(第4號)(1990).
4. 曹圭松 外 2人, 環境 調査書(水域編), 韓國 良書院 pp.149~172(1987).
5. L.Hakanson, M.Jansson, Principles of Lake Sedimentology(1983).
6. Andersen F, Ilastein E, Sedimentation and resuspension in shallow eutrophic Lake Arreskov, Denmark. Verh Int Ver Limnol 21 : 425- 430(1981).
7. Baker RA, Contaminants and Sediments, Vol.II. Analysis, Chemistry, biology. Ann Arbor Sci, Michigan, 627p(1980).
8. Benninger LK, Aller RC, Cochran JK, Turekian KK, Effects of biological sediment mixing on the pb-210 chronology and trace metal distribution in a Long Island Sound sediment core. Earth Planet Sci Lett 43, 241-259(1979).
9. Berger WH, Heath GR, Vertical mixing in pelagic sediments. J. Mar Res 26, 134-143(1968).
10. Chase RRP, Settling behavior of natural aquatic particulates. Limnol Oceanogr 24, 417-426(1979).
11. Cline JT, Upchurch SB, Mode of heavy metal migration in the upper strata of lake sediments. Proc 16th Conf Great Lakes Res, Ann Arbor, pp.349-350(1937).
12. Standard methods, for examination of water and waste water, 15th Ed. (1980).
13. 低泥 淨化 協會, 低質의 調査, 試驗マニュアル(1987).
14. 日本 環境 測定 分析 協會, 環境 測定 分析法 註解(第3卷).
15. 日本 藥學會編, 衛生 試驗法 註解(1990).
16. 不破敬一郎, 生休 と 重金屬, 講談社.
17. 水質汚濁 物質及ひ光度の測定 分析 方法 (1985).