

(사)한국지하수토양환경학회  
00년춘계학술발표회 5.26~27

## 주요산업활동 유형에 따른 서울시 도로변 하수퇴적물의 중금속오염 특성

이평구\*, 최상훈\*\*, 김성환\*\*\*, 윤성택\*\*\*

\*한국자원연구소 환경지질부, \*\* 충북대학교 지구환경과학과, \*\*\*고려대학교 지구환경과학과

## The effect of land use characteristics on heavy metal contaminations of sediments from some gullypot catchments in Seoul

Pyeong-koo Lee\*, Sang-hoon Choi\*\*, Seong-hwan Kim\*\*\* and Seong-Taek Yun\*\*\*

\*KIGAM, \*\*Chungbuk Univ., \*\*\*Korea Univ.

### Abstract

There are many different chemical pollutants that originate from atmospheric deposition and transportational activities along roads. This paper review the characteristics of heavy metal pollution, relationships between land use and pollutant load in urban area. Four land use areas in Seoul were selected for sampling and study with different characteristics during the period from April 1998 and February 2000. A series of studies have been carried out concerning the physicochemical characteristics of the sediments settling down in a gully pot to evaluate the contamination for heavy metals. The sediment samples from gully pots were characterized by the chemical extraction experiments.

Sediments are characterized by very high concentrations of heavy metals, probably because of a long-term accumulation of vehicle- and industrial-related pollutants. The characteristics of heavy metal pollution show that each land use has different sources of contaminations. Mean Zn concentration in Yeouido and Junggu areas is 2-3 times higher than those in Dobonggu area. This suggests that Zn may be derived from the source of automobile traffic. The mean concentrations of Cu and Cr are very significantly high in Junggu and Gurogu areas and indicate that the industrial activities may contribute to the accumulation of Cu and Cr in sediments. The low Pb levels throughout the whole study areas in Seoul can be accounted for the use of unleaded gasoline since 1987.

### 1. 서론

최근 휴광 혹은 폐광된 금속광산지역의 토양과 식물의 중금속 오염에 대한 관심이 고조되면서 오염현황, 오염물질의 존재형태와 확산, 및 복구방법 등에 관한 많은 연구결과가 발표되고 있다. 그러나, 1960년대 이후 대도시 주변의 주요 공단지역에서 산업활동에 기인되어 각종 중금속 물질의 사용이 급격히 증가되어 수계와 퇴적

물 및 토양을 오염시켜 왔으나 이에 관한 연구 결과는 미약한 편이다<sup>1)</sup>. 여름철 장마기간 동안 빗물은 도로주변에 퇴적되었던 각종 오염물질들을 씻어내기 때문에 지표수의 수질이 크게 악화되고 있는 것으로 알려져 있다<sup>2,3)</sup>. 도로변에 배출되는 오염물질의 종류는 비점오염원으로 알려져 있으며, 먼지, 에어졸과 같은 대기침전물과 자동차에 의한 윤활유 유출, 타이어 마모, 배기가스, 밧데리, 자동차사고 및 브레이크 마모 등에서 발생된 중금속과 유기용제<sup>4,5)</sup>와 겨울철에 살포되는 염화칼슘으로 인해 발생하는 자동차, 건물의 부식 등이 있다.

이 연구의 목적은 도로변에 설치된 빗물받이로 유입되는 퇴적물에 오염된 중금속의 함량을 조사하고 도로주변의 산업활동과 관련된 중금속 오염의 지역적인 특성과 오염된 하수퇴적물의 중금속의 지화학적 특성을 규명하는 데 있다.

## 2. 시료채취 및 실험

### 2.1 시료채취

도로에 축적된 먼지에 오염된 중금속과 유기물질의 함량을 분석하기 위해 도로변에 설치된 빗물받이에 퇴적된 퇴적물을 149개 채취하였다. 시료채취 지역은 크게 상가지역, 사무실 밀집지역, 공단지역 및 거주지역으로 구분하였다. 상가지역으로는 서울시 중구를 선택하였으며 청계천, 을지로, 퇴계로와 남산 1호, 3호 터널을 대상으로 70개를 채취하였다. 사무실이 밀집된 지역으로는 여의도를 대상지역으로 선정하여 19개를 채취하였다. 공단지역으로는 구로구를 대상으로 44개 채취하였다. 거주지역은 도봉구 쌍문동을 대상으로 16개 시료를 채취하였다. 퇴적물은 모종삽을 이용하여 채취하였으며 1998년 4월 - 2000년 2월까지 등 4번에 걸쳐 일주일씩 실시되었다. 채취된 퇴적물은 2mm 체로 여과한 뒤 50과 100mesh 체로 여과하여 60℃에서 2일 동안 건조하였으며 100mesh 체를 통과 한 시료에 대하여 구성광물 및 중금속과 유기물질 함량을 분석하였다.

### 2.2 화학분석

중금속함량분석을 위해서 산분해법( $\text{HNO}_3\text{-HClO}_4\text{-HCl}$ )을 이용하였다. 하수퇴적물의 중금속함량은 ICP-AES (Perkin-Elmer Optima 3000XL)를 이용하였다.

## 3. 결과

### 3.1 하수퇴적물의 중금속 함량

하수퇴적물의 중금속함량을 서울시의 오염되지 않은 수계의 퇴적물의 미량원소 함량과 비교하여 Table 1에 정리하였다. 도로변 하수퇴적물의 중금속함량은 시료채취위치에 따라 매우 변화가 심한 것으로 나타났으나, 오염되지 않은 수계의 퇴적물의 함량보다는 최대 Cd; 20배, Co; 16배, Cr; 28배, Cu; 72배, Pb; 32배, Zn; 79배 높은 함량을 보였다. 시료의 중금속함량이 불균질한 특징을 보이는 것은 조립질 모래에 의한 희석효과 때문인 것으로 판단된다. 퇴적물의 중금속오염은 Zn, Cu, Cr 및 Cd이 매우 심각한 것으로 평가되며, 각종 금속공구를 취급하는 중구지역이 공단지역으로 분류한 구로구지역보나 중금속오염이 더 심각한 것으로 조사되었다. 일반적으로 상가와 공단지역으로 분류한 지역에서 채취한 퇴적물의 평균 중금속함량이

사무실이 밀집된 지역과 거주지역보다 최대 2-3.5배 높다.

조사된 지역 중에서 가장 높은 Zn 함량을 보인 것은 여의도와 중구에서 채취된 하수퇴적물로 3180 $\mu\text{g/g}$ -3733 $\mu\text{g/g}$ 이며 도봉구의 평균함량보다 2.5배 높게 나타났다. 이 결과는 Zn오염이 자동차타이어의 마모에 의해 발생된 미세립질 타이어 조각이 도로에 퇴적된 이후 하수퇴적물에 축적된 결과인 것을 지시하고 있다. Cu 오염이 심한 곳은 중구(842.6 $\mu\text{g/g}$ )와 구로구 (624.3 $\mu\text{g/g}$ )인 것으로 분석되었으며 이는 주변의 산업활동에 기인된 것을 지시한다. Cr 오염도 Cu와 유사한 특징을 보여주며 중구와 구로구의 Cr 평균함량이 도봉구의 2-3배 높게 나타났다. Cd 오염은 중구, 구로구 및 여의도가 다소 높으며 도봉구의 2배 높게 나타났다. 도봉구, 구로구 및 여의도의 Pb 함량이 거의 유사(184.1-187.7 $\mu\text{g/g}$ )한 반면에 중구의 Pb 함량은 평균 327.3 $\mu\text{g/g}$ 으로 다른 지역보다 약간 더 오염된 것으로 분석되었다. 이 결과는 서울시 도로변의 Pb 오염은 산업활동 혹은 자동차의 배기가스에 의한 오염이라기보다는 금속공구의 절단과 같은 상업활동이 주요 오염원이라는 것을 지시한다.

Table 1. Range and Mean concentrations of heavy metals in sediments collected from gully pots in Seoul city.

	Cd( $\mu\text{g/g}$ )	Co( $\mu\text{g/g}$ )	Cr( $\mu\text{g/g}$ )	Cu( $\mu\text{g/g}$ )	Pb( $\mu\text{g/g}$ )	Zn( $\mu\text{g/g}$ )
uncontaminated sediments	1.29	5.8	50.2	61.4	48.9	158.2
Dobong-gu(16)*	2.2-13.5 4.80	4.2-7.2 6.0	45.0-106.5 72.0	114.9-536.1 244.0	81.1-317.2 185.1	433.1-3855.4 1384.7
Jung-gu(70)*	1.9-25.7 8.38	5.2-38.3 11.5	25.4-1423.9 225.8	84.6-4431.9 842.6	89.0-1549.6 327.3	259.8-12435.1 3180.5
Guro-gu(44)*	1.4-17.6 8.14	9.9-93.7 21.2	54.7-603.7 149.7	106.8-2275.4 624.3	81.9-336.2 187.7	367.0-4391.7 1414.1
Yeouido(19)*	2.1-13.3 7.24	6.6-33.1 11.6	44.8-126.7 81.1	3.8-336.2 235.1	57.7-353.9 184.1	460-10017.5 3733.6

### 3.2 하수퇴적물 및 도로변토양 시료의 오염 비교

서울에서 채취된 하수퇴적물의 평균 중금속함량을 다른 연구결과와 비교하여 Table 2에 정리하였다. 서울시의 도로변 빗물받이에서 채취된 하수퇴적물의 Zn와 Cd 평균 함량은 각각 2558.4 $\mu\text{g/g}$ 과 7.8 $\mu\text{g/g}$ 로 프랑스 파리의 도로변 먼지와 aerosols의 Zn과 Cd의 함량과 유사하다. 그러나, 하수퇴적물의 Pb 함량은 프랑스<sup>5,6,7)</sup>와 영국의 도로변 토양과 먼지의 Pb 함량과 비교할 때 매우 특징적으로 낮은 함량을 보인다. 이 결과는 1987년부터 유연 휘발유의 사용을 금지한 결과로 해석된다. 한편, 서울시의 먼지와 토양의 중금속함량<sup>1)</sup>과 하수퇴적물의 Zn함량의 차가 매우 크다(Table 2). 이 결과는 도로변 먼지와는 달리 하수퇴적물에는 마모된 미립의 자동차 타이어조각이 포함되어 있기 때문인 것으로 판단된다.

Table 2. Metal concentrations (mean values) in sediments compared to those in street dust and soils of other studies.

	Mean contents in sediments from gully pot	Street dust & Roadside soil, Korea <sup>1)</sup>	Aerosols in Paris <sup>9)</sup>	Roadside soils, A71 Highway, France <sup>8)</sup>	Street Dust England <sup>6,7)</sup>
Pb( $\mu\text{g/g}$ )	254.9	240-245	4800	1456	1620-1710
Zn( $\mu\text{g/g}$ )	2558.4	271-296	2330	2861	975-2050
Cd( $\mu\text{g/g}$ )	7.8	3.0-3.1	26.6	2.72	4.6-8.1

### 3.3 시료채취 시기에 따른 하수퇴적물 시료의 오염 비교

서울시 중구와 구로구를 대상으로 시료채취 시기에 따른 퇴적물의 중금속 함량의 변화를 조사하였다. 원소별로 시기에 따른 함량의 변화가 뚜렷한 양상을 보이고 있지 않으나, Pb, Zn 및 Cd의 오염은 미약하게 감소하는 양상을 보이고 Cu와 Cr의 오염은 증가하는 양상을 보여준다.

Table 3. Seasonal variation of heavy metal contents in sediments from commercial(Jung-gu) and industrial(Guro-gu) areas.

	sampling day	Cd( $\mu\text{g/g}$ )	Co( $\mu\text{g/g}$ )	Cr( $\mu\text{g/g}$ )	Cu( $\mu\text{g/g}$ )	Pb( $\mu\text{g/g}$ )	Zn( $\mu\text{g/g}$ )
Jung-gu	1998.4.28	10.7	11.8	201.4	686.3	363.1	3402.9
	1998.11.2	8.9	11.5	179.1	881.8	279.1	3034.3
	1999.12.6	3.8	10.9	260.8	1103.1	284.0	2962.6
Guro-gu	1998.4.28	9.6	23.7	143.6	668.8	194.1	1738.2
	1998.11.2	11.3	18.6	125.9	452.5	188.6	889.0
	1999.12.6	2.6	19.0	181.9	697.5	175.6	1304.4

## 4. 요약 및 결론

1. 대도시 지역의 도로변 먼지의 중금속오염을 평가하기 위해 주요산업활동 유형에 따라 상가지역, 공단지역, 사무실 밀집지역 및 거주지역으로 구분하였으며 각각 서울시 중구, 구로구, 여의도 및 도봉구를 선정하여 149개 하수퇴적물을 채취하였다.
2. 도로변 하수퇴적물의 중금속함량은 시료 채취위치에 따라 매우 변화가 심한 것으로 나타났으며, 이는 시료채취 위치에 따라 모래에 의한 희석효과 때문인 것으로 판단된다.
3. 도로변 하수도에서 채취한 퇴적물의 중금속오염은 Zn, Cu, Cr 및 Cd이 매우 심각한 것으로 평가되며, 조사된 지역 중에서 각종 금속공구를 취급하는 상가지역(중

구)이 공단지역(구로구)의 하수퇴적물보다 중금속오염이 더 심각한 것으로 조사되었다. 일반적으로 상가와 공단지역으로 분류한 지역에서 채취한 퇴적물의 평균 중금속함량이 사무실이 밀집된 지역(여의도)과 거주지역(도봉구)보다 최대 2-3.5배 높다.

4. 이번에 연구된 하수퇴적물의 Pb 함량은 외국과 비교할 때 매우 특징적으로 낮으며 이 결과는 1987년부터 유연 휘발유의 사용을 금지한 결과로 해석된다. 하수퇴적물의 Zn오염은 마모된 미립의 자동차 타이어조각에 의한 오염인 것으로 판단된다. Cu, Cr이 상가와 공단지역에서 높은 원인은 철과 같은 금속제품의 제작 및 산업활동에 의한 오염이 매우 중요하게 작용한 결과임을 지시한다.

5. 시료채취 시기에 따른 퇴적물의 중금속 함량의 변화를 조사한 결과 Pb, Zn 및 Cd의 오염은 미약하게 감소하는 양상을 보이고 Cu와 Cr의 오염은 증가하는 양상을 보여준다.

사사

본 연구는 한국과학재단 특정기초 연구(1999-2-131-001-3)의 지원으로 수행되었다.

참고문헌

1. Chon, H.T., Kim, K.W. and Kim, J.Y., Metal contamination of soils and dusts in Seoul metropolitan city, Korea, *Environmental Geochemistry & Health*, v. 17, pp. 139-146 (1995)
2. Oberts, G.L., Magnitude and problems of non-point pollution from urban and urbanizing areas. In: V. Novotny (Ed.), *Non-point pollution abatement symposium, Marquette University, USA*, pp. KIII-1 to KIII-19 (1985)
3. Carignan, R. and Tessier, A. The co-diagenesis of sulfur and iron in acid lake sediments of southwestern Quebec. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 52, pp. 1179-1188 (1988)
4. Harrison R.M. and Wilson S.J. The Chemical Composition of Highway Drainage water: II. Chemical Associations of Metals in the Suspended Sediment, *Sci. Total Environ.*, v. 43 pp. 79-87 (1985)
5. Lee, P.K., Baillif, P., Touray, J.C. and Ildefonse, J.P. Heavy Metal Contamination of Settling Particles in a Retention Pond along the A-71 Motorway in Sologne, France. *Sci Total Environ.*, v. 201, pp. 1-15 (1997)
6. Lebreton L. and Thévenot D., Pollution métallique relargable par les aérosols d'origine autoroutière, *Environmental Technology*, v. 13, pp. 35-44 (1992)
7. Colandini V., Legret M., Brosseaud Y. and Baladès J.D., Metallic pollution in clogging materials of urban porous pavements, *Wat. Sci. Tech.*, v. 32, pp. 57-62 (1995)