

서울시 도로변에 위치하는 우수관내 퇴적물의 중금속 오염 현황: 동부지역을 중심으로한 예비 고찰 결과

김성환 · 윤성택 · 소철섭 · 권숙화 · 이평구

고려대학교 지구환경과학과, 한국자원연구소
(e-mail: pkleee@kigam.re.kr)

1. 서론

서울과 같은 대도시 지역에는 인구 집중으로 인한 교통량과 상업활동의 증가, 그리고 도시 주변 공단지역에서의 산업활동에 기인하여 각종 중금속 물질이 다량 배출되며, 이들 중금속은 하천수 및 지하수와 퇴적물을 오염시킨다 (Yun et al., 2000). 특히 대도시 지표 환경은 도시 발전과 더불어 불투수성이 크게 증가하며, 따라서 특정 경로를 통한 storm water의 집중현상이 야기되어 오염물질의 이동이 문제가 되고 있다. 대도시 지역 도로 주변의 우수관은 강우와 지표수의 주요 이동 경로이며, 아울러 건조기간 동안에 도로변에 퇴적되었던 각종 오염물질의 이동·축적의 장소가 된다. 우수관 퇴적물 중의 오염물질과 물과의 반응은 대도시 지역 지표수의 수질을 악화시키는 주요 원인으로 알려져 있다. 도로변에 배출되는 오염물질은 대부분 비점오염원으로 알려져 있는데, 먼지와 에어졸과 같은 대기침전물 외에도 주로 자동차와 관련하여 발생하는 여러 사건(윤활유 유출, 타이어 마모, 배기가스 배출, 밧데리 유출, 자동차 사고, 브레이크 마모 등)에 의한 중금속과 유기용제, 그리고 겨울철에 살포되는 염화칼슘 등이 있다.

본 연구진은 서울 지역 주요 도로변 우수관 퇴적물의 중금속 및 유기용제 오염 특성을 체계적으로 밝히기 위하여 3년에 걸친 환경지구화학적 연구를 수행하고 있다. 본 논문에서는 1차년도('99-2000년) 연구 결과를 소개한다. 1차년도 연구에서는 주로 서울 동부 지역의 우수관 퇴적물을 대상으로 지역별 중금속 오염 특성을 밝히는 한편, 연속추출을 통하여 각종 중금속의 지화학적 분포 특성을 규명하였다.

2. 시료 채취 및 실험 방법

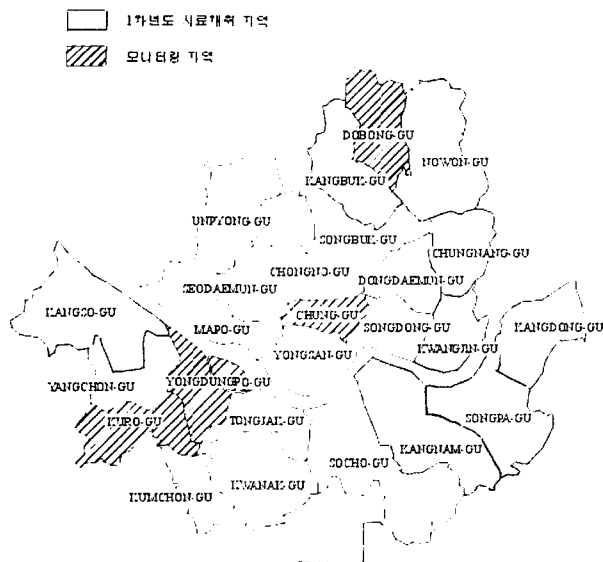


Fig. 1. Sampling localities for this study

1차년도 연구에서는 3년 모니터링 지역으로 도시활동 특성에 근거하여 중구, 구로구, 여의도, 도봉구를 선정하였으며(Table 1), 아울러 동부 지역의 동대문구, 중랑구, 강북구, 노원구, 광진구, 강동구, 송파구, 강남구와 농업활동이 활발한 서부의 강서구를 선정하였다 (Fig. 1).

Table 1. Summary of the characteristics of three-year monitoring sites

	Dobong-gu	Jung-gu	Yeouido	Guro-gu
Land use	High density residence	High commercial and industrial activities	Medium density with high commercial activity	Industrial complex (electronic and industries)
Population	381602	125050	32149	382094

시료 채취는 '99년 12월, 2000년 3월 및 6월의 3차례에 걸쳐 이루어졌으며, 강우 후 일주일 이내에 실시하였다. 총 202개의 우수관 퇴적물을 채취하였다. 채취된 퇴적물은 2 mm 체로 체질한 뒤 다시 50과 100 mesh 체로 체질한 후 60°C에서 2일 동안 건조하였다. 중금속 함량 분석을 위하여 산분해법(HNO₃-HClO₄-HCl)을 이용하였고, 또한 원소별 화학적 결합 형태를 조사하기 위하여 Tessier 등(1979)에 의한 연속추출법을 활용하였다. 중금속 함량 분석은 ICP-OES(Perkin-Elmer Optima 3000XL)을 이

용하였다.

Table 2. Mean concentration and range of heavy metals in collected gully pot sediments

	Cd($\mu\text{g/g}$)	Co($\mu\text{g/g}$)	Cr($\mu\text{g/g}$)	Ni($\mu\text{g/g}$)	Pb($\mu\text{g/g}$)	Cu($\mu\text{g/g}$)	Zn($\mu\text{g/g}$)
중구	3.25 1.15-16.41	11.7 6.1-70.9	205.7 30.9-1257.1	94.7 23.0-523.0	254.0 84.2-520.4	856 79-4432	3456 805-9761
구로구	2.40 1.07-5.30	38.3 7.2-429.2	245.2 53.3-1254.4	131.7 29.3-610.8	188.6 63.0-389.3	923 107-7750	1553 379-3935
여의도	2.56 1.28-5.26	8.1 6.2-12.3	85.3 33.6-126.8	40.0 21.2-69.9	188.7 70.4-361.9	239 83-351	3213 486-7527
도봉구	2.36 1.17-3.76	5.6 4.2-7.3	67.0 29.5-99.3	28.0 17.4-46.2	191.6 65.8-269.5	217 139-305	2481 646-4809
동대문구	2.83 1.41-6.77	11.7 6.0-27.4	345.5 48.7-1496.5	177.1 21.5-774.8	200.1 114.6-619.1	565 129-1370	1609 718-2830
중랑구	2.00 1.44-2.78	7.1 5.3-9.2	84.0 51.2-154.0	39.6 24.3-88.0	144.0 77.4-222.1	203 142-251	2118 600-4183
강북구	1.64 1.05-2.20	5.2 4.1-6.7	73.0 33.2-114.2	32.5 18.1-49.4	124.3 83.8-186.6	217 87-392	1413 842-2520
노원구	1.74 1.28-2.21	9.7 5.0-36.2	64.9 35.5-90.1	25.0 19.4-31.3	187.4 118.5-274.9	186 113-264	3286 1050-6985
광진구	1.96 1.44-2.50	10.1 7.6-14.4	135.7 69.7-474.0	66.4 27.0-277.3	141.9 69.1-210.0	253 119-449	2375 570-7578
강동구	1.89 1.23-2.66	9.9 6.8-16.1	81.4 62.3-106.9	35.4 29.0-49.3	114.4 60.7-184.0	173 119-305	2277 673-5507
송파구	2.15 1.78-2.97	10.4 7.0-15.1	82.0 50.9-113.2	37.0 20.9-59.3	158.2 55.7-280.6	237 84-426	2027 614-4876
강남구	2.21 1.53-2.93	10.2 7.8-14.8	103.9 85.9-135.0	39.4 31.7-49.3	201.3 108.5-370.1	319 159-509	2492 850-4404
강서구	1.90 1.46-2.95	10.7 7.9-16.9	78.7 53.8-112.4	37.2 30.9-49.8	117.3 62.9-240.4	201 102-338	2516 817-9738

3. 결과 및 해석

3.1. 중금속 함량의 분포 특성

하수 퇴적물의 평균 중금속 함량을 Table 2에 정리하였다. 퇴적물의 중금속 함량은 시료 채취 위치에 따라 변화가 심한 것으로 나타난다. 특히, Zn, Cu, Cr 및 Ni이 매우 심각하게 오염된 것으로 평가되며, 이는 자동차 통행과 각종 산업 활동에 의해 배출된 오염물질이 장기간 축적된 결과로 판단된다.

Zn의 경우 대부분의 지역에서 높은 값을 보여주고 있다. Zn 오염은 교통량 증가에

수반된 자동차 타이어의 마모와 관련된 것으로 해석된다. 특히, 교통량 집중 지역인 중구와 여의도에서 높은 Zn 함량을 보여주고 있다. Cu의 오염이 심한 곳은 중구, 구로구 및 동대문로 조사되었으며, 이는 주변의 산업활동에 기인된 것으로 판단된다. 판금, 제강 등의 금속산업활동이 집중적으로 일어나고 있는 구로구에서는 Cr과 Ni의 오염이 심각하게 진행된 것으로 조사되었으며, 중구와 동대문구 역시 공구상가 및 철물점 등의 집중 분포와 관련하여 중금속 함량이 높게 나타났다. Co의 경우 산업활동이 활발한 구로구에서 다른 지역에 비해 약 4배 정도 높은 값을 보여주고 있다. Pb의 경우에는 외국의 연구 결과에 비하여 낮은 값을 보여주었다. 이는 1987년부터 일부 차종에 대해 유연 휘발유의 사용을 금지한 결과로 해석된다. 지역별 특성을 살펴보면, 전반적으로 유사하지만 교통량이 많고 산업활동이 활발한 중구 지역이 약간 더 오염된 경향을 보여준다.

3.2. 중금속의 지화학적 분포 특성

채취 시료 중 26개를 선별하여 중금속의 지화학적 존재 상태를 규명하기 위한 연속추출을 실시하였다. Cd, Co, Ni, Pb, Cu, Zn에 대한 각 단계별 평균 함량값(%)을 Fig. 2에 도시하였다. Zn의 경우, 탄산염 광물로 대표되는 FII(전체 함량의 45%)와 철-망간 산화물에 포함되는 FIII(45%)가 대부분을 차지하고 있다. Cu의 경우에는 주로 유기물과 결합된 형태인 FIV(전체 함량의 51%)가 대부분을 차지하며, 그 다음으로 FII(22%)에 결합된 형태로 존재하는 비율이 높았다. Pb는 주로 FIII와 규산염광물로 대표되는 FV에서 검출되었으며(모두 전체 함량의 74%), Cd은 대부분 FII와 FIII(전체 함량의 90%)에 수반되어 나타난다. Cr의 경우에는 대부분 FV(74%)에 포함되어 있는 반면, Ni은 교환성/수용성 형태의 FI(21%)에서 높은 함량 분포를 보여주었다.

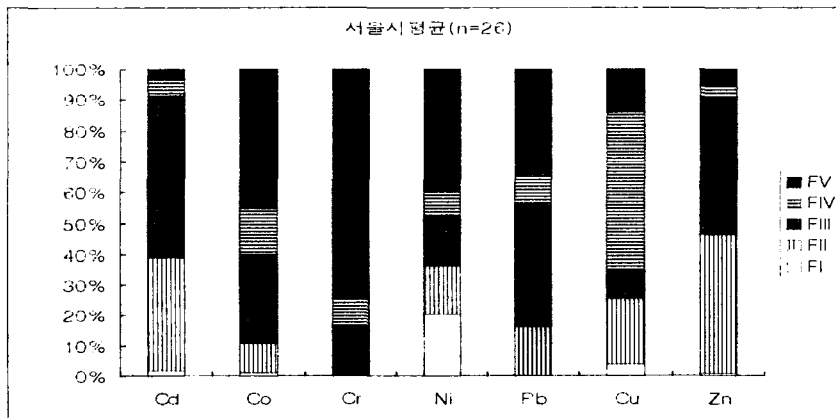


Fig. 2. Geochemical partitions of heavy metals in gully pot sediments

따라서 연속 추출 및 분석 결과, Cr을 제외한 대부분의 중금속은 잔류상(FV)을 제외한 다른 형태 내에 월등히 많이 존재함을 확인할 수 있었다. 따라서, 이들 중금속은 도시환경의 인위적 오염에 주로 영향을 받고 있을 뿐 아니라 생체흡수도가 비교적 높은 형태로 존재함을 확인할 수 있었다. 따라서, 우수관 퇴적물의 처리와 관리에 대한 보다 세심한 주의와 구체적인 연구가 요청된다.

사사

본 연구는 한국과학재단 특정기초연구비(1999-2-131-001-3)의 지원에 의하여 수행되었으며, 이에 감사한다.

참 고 문 헌

Yun, S.T., Choi, B.Y., and Lee, P.K., 2000, Distribution of heavy metals (Cr, Cu, Zn, Pb, Cd, As) in roadside sediments, Seoul Metropolitan City, Korea: Environmental Technology, 21, 989-1000.