

Interchange 주변토양의 중금속 농도 분포

이주광 · 강혜진 · 강희만 · 이찬영
한국도로공사 도로연구소
high@freeway.co.kr

요 약 문

Heavy metal concentrations of roadside soils around interchanges were found to decrease as Zn>Cu>Pb and be lower than the legal guideline levels. The concentrations of Cu, Pb and Zn in roadside soils around Kyeong-bu highway interchanges were 1.3 to 1.5 times higher those around Yeong-dong highway interchanges. Difference of heavy metal concentrations in soils seems to be caused by difference of traffic volume between Kyeong-bu and Yeong-dong highway interchanges. This means that contamination of interchange roadside soils mainly depends on traffic volume.

key word : Heavy metal, Interchange, Traffic Volume, Soil

1. 서론

2002년 3월 현재 고속도로에 설치된 IC는 217개소이며 2004년까지 3,400km로 고속도로 연장이 증가할 것으로 예상됨에 따라 IC수도 따라서 늘어날 것으로 예상된다. 이평구 등¹⁾의 연구에 따르면 도로주변 토양오염은 주로 자동차로부터 배출되는 매연과 타이어 마모에 의한 미세분진, 브레이크 등에서 발생된다고 보고되고 있다. 고속도로 IC는 차량의 가속/감속 및 공회전이 많은 지역으로 일반 주행도로에 비해 차량의 배기가스 및 브레이크 등에서 유해물질이 다량 발생할 수 있다. 따라서 IC 주변토양은 차량으로부터 배출되는 배기가스와 브레이크 및 타이어 마모에 의한 중금속오염이 높아질 것으로 예상된다.

본 연구는 IC 주변토양의 중금속 오염도를 조사하여 현재의 오염상태를 파악하고, IC 주변토양 오염분포 특성을 파악하여 중금속에 오염된 IC 주변토양의 처리방안에 대한 기초자료로 활용하고자 한다.

2. 대상지역 및 실험방법

IC 주변토양의 중금속 오염 정도를 파악하기 위해 고속도로 교통량 및 IC 주변 대기오염 현황에 대한 자료를 바탕으로 토양오염이 심할 것으로 예측되는 경부고속도로(서울-대전 구간) 5개소와 상대적으로 토양오염도가 낮을 것으로 예측되는 영동고속도로(신갈분기점-원주 구간) 3개소를 선정하여 IC 주변토양에서 시료를 채취하였다.

대상 분석 항목으로는 차량으로부터 많이 배출될 수 있는 중금속과 토양환경보전법에 유해물질로 되어있는 항목을 중심으로 Cd, Cu, As, Hg, Pb, Zn, Cr⁶⁺ 7개 항목과 pH를 측정하였다. 조사기간은 5월부터 9월까지 총 3회에 걸쳐 시료를 채취하였다(1차: 5월2일-6월8일, 2차: 6월27일-8월9일, 3차: 8월17일-9월26일). 토양채취는 도로 끝단으로부터 1m 이내의 지점

에서 표층토(0-15cm)와 심층토(40-50cm)로 구분하여 시료를 채취하였으며 이 값과 비교하기 위하여 도로끝단에서 50m 이상 떨어져 오염이 되지 않았다고 판단되는 지점의 시료를 채취하였다. 채취된 시료는 48시간 풍건시킨후, 2mm 표준체를 통과한 시료를 분석용 시료로 사용하였으며 토양오염공정시험법에 준하여 시료를 전처리 한 후 AAS(원자흡광분광광도계)를 이용하여 분석하였다.

3. 결과 및 고찰

도로변에서의 아연 발생은 자동차 타이어를 제작할 때 경화작용 과정에 ZnO 혹은 Zn-diethyl, -dimethyl carbamate를 약 1.3% 첨가하는 데에 기인한다고 보여진다²⁾. IC 주변 토양중 표층토의 평균 Zn 함유량은 21.6 ± 6.51 mg/kg 으로 나타났고 심층토는 17.8 ± 6.88 mg/kg 으로 조사되어 배경토에 비해 Zn 함유량이 각각 1.6배, 1.4배 높게 분석되었다(Table 1). 고속도로 IC 주변토양의 Zn 함유량은 표층토, 심층토, 배경토 순으로 나타났다. 표층토의 Zn 함유량이 심층토에 비해 비교적 높게 나타난 것은 일반적으로 중금속 물질이 토양중에서 이동속도가 느린것과 관계가 있는 것으로 판단된다. 즉, 고속도로 주행차량의 타이어로부터 배출된 Zn이 계속해서 고속도로 주변 토양의 표층에 축적되는 반면 토양 깊숙이 이동하는 데는 장기간의 시간이 소요되기 때문이다.

자동차 내연기관의 연소촉진제로 사용되는 납은 보통 2.6~21ppm정도로 Tetra ethyl lead 형태로 사용되는데 연료가 연소후 배기가스중의 납이 공기중으로 분산되어 도로 주변에 축적되게 된다³⁾. 납의 축적정도는 도로의 연료과 환경조건에 따라 상이하나 배기가스로 배출되는 납 중 고속도로변에 축적되는 납은 10%로 추정되며, 나머지 90%의 납은 대기중에 확산된다고 보고되었고⁴⁾, 대기중에 배출되는 납은 도로에서 15m내에 축적된다고 보고된 바 있다. IC 주변 토양중 표층토의 평균 Pb 함유량은 9.84 ± 5.34 mg/kg 으로 나타났고 심층토는 9.03 ± 3.78 mg/kg 으로 조사되어 배경토에 비해 Pb 함유량이 각각 1.9배, 1.8배 높게 분석되었다(Table 1). IC 주변토양의 Pb 함유량도 Zn과 같이 표층토, 심층토, 배경토 순으로 나타났으나 표층토와 심층토간의 Pb 함유량 차이는 크지 않았다. 신갈인터체인지 부근 토양중에서 납이 최고 64.60 mg/kg, 최저 54.54 mg/kg을 나타낸 것에 비해 고속도로 본선 주변 토양의 농도가 감소된 결과를 나타내었는데, 이는 우리나라에서는 1987년 이후 무연휘발유를 사용하기 때문인 것으로 판단된다⁵⁾.

도로 주변토양의 구리의 오염은 주로 자동차 브레이크에 기인한다고 알려졌다. IC 주변 토양중 표층토의 평균 Cu 함유량은 4.07 ± 1.19 mg/kg 으로 나타났고 심층토는 4.01 ± 1.91 mg/kg 으로 조사되어 배경토에 비해 Cu 함유량이 각각 1.5배, 1.4배 높게 분석되었다(Table 1). IC 주변토양의 Cu 함유량도 Pb과 같이 표층토, 심층토, 배경토 순으로 나타났으나 표층토와 심층토의 차이가 뚜렷하게 나타나지 않았다.

Table 1. IC 주변토양의 중금속 함유량

구분	Zn			Pb			Cu		
	표층토	심층토	배경토	표층토	심층토	배경토	표층토	심층토	배경토
지점수	8	8	8	8	8	8	8	8	8
IC 주변토양 (mg/kg)	21.6 ± 6.5	17.8 ± 6.9	13.1 ± 2.79	9.84 ± 5.3	9.03 ± 3.8	5.09 ± 1.33	4.07 ± 1.2	4.01 ± 1.9	2.79 ± 0.92
최소값-최대값 (mg/kg)	11.4-31	9.9-30.1	8.42-16.6	4.02-18.1	4.32-14.2	2.97-6.52	2.4-6.27	2-7.57	1.81-4.83

IC 주변토양의 중금속 분석결과 표층토, 심층토, 배경토 모두 $Zn > Pb > Cu > Cr^{6+}$ 순으로 나타났으며 As, Cd, Hg는 미미한 양이 검출되거나 검출한계 이하로 측정되었다. 이는 2000년도 전국망 오염도 조사결과에서 나타난 아연을 제외한 도로변 표층토의 중금속 오염정도 ($Pb > Cu > As > Cd > Hg > Cr$)와 유사한 형태를 취하고 있다⁶⁾(Fig. 1).

IC 주변토양에서 구리 함유량이 경부선이 영동선에 비해 1.5배 높고, 납은 1.5배, 아연은 1.3배 높은 함유량을 보이고 있어 3가지 중금속 함유량 모두 영동선에 비해 경부선의 값이 높은 것으로 나타났다(Fig. 2).

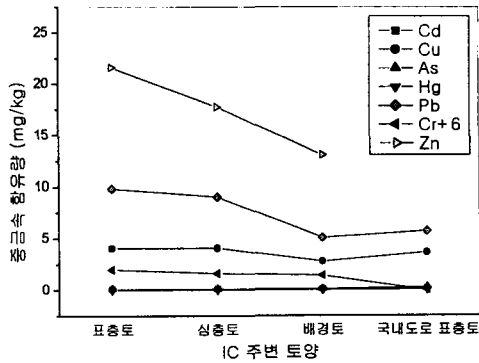


Fig. 1. IC 주변토양 중금속 오염도

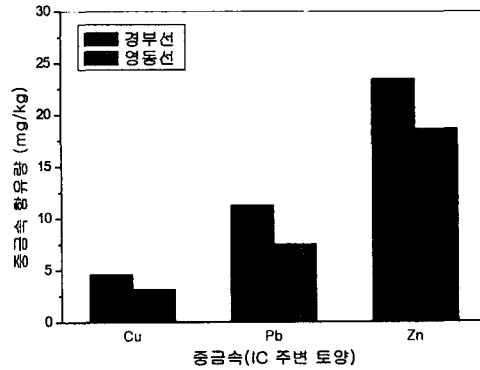


Fig. 2. IC 주변토양의 노선별 중금속 함유량

이 결과는 Cd, Pb, Zn의 고속도로 주변 토양 함유량이 영동선 보다 경부선에서 1.0~2.4배 정도 높다는 결과와 유사한 형태를 나타내고 있다⁷⁾. 경부선과 영동선의 교통량의 비교해보면 1984년부터 2000년까지의 경부선(서울-대전구간) 일평균 교통량이 81,530 대/일로 조사되었고, 영동선(신갈-새말 구간) 일평균 교통량이 24,882 대/일로 경부선이 영동선에 비해 3배 이상의 교통량을 나타내고 있다⁸⁾. 경부선과 영동선과의 교통량 차이와 경부선과 영동선 토양의 중금속 함유량이 1:1로 정비례하는 것은 아니지만 고속도로 주변 토양오염 원인이 자동차이므로 노선간 현격한 교통량 차이가 토양중의 중금속 함유량 차이를 나타내는 중요한 원인이라고 판단된다. 또한 자동차의 왕래가 빈번한 도로주변에는 중금속의 함유량이 자연함유량에 비해 훨씬 높으며³⁾, 중금속의 축적은 교통량과 관계가 깊어 고속도로 주변 토양에서 중금속의 함유량은 교통량에 비례한다⁹⁾는 연구결과와 같은 동일한 결과를 보여준다.

4. 결론

고속도로 IC 주변토양의 중금속 분석결과 표층토, 심층토, 배경토 모두 $Zn > Pb > Cu > Cr^{6+}$ 순으로 나타났으며 중금속 함유량은 모두 토양오염우려기준 미만으로 검출되었다. As, Cd, Hg는 미미한 양이 검출되거나 검출한계 이하로 검출되었다. IC 주변토양에서 구리 함유량이 경부선이 영동선에 비해 1.5배 높고, 납은 1.5배, 아연은 1.3배 높은 함유량을 보이고 있어 3가지 중금속 함유량 모두 영동선에 비해 경부선의 값이 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 고속도로 주변 토양오염 원인이 자동차이므로 노선간 현격한 교통량 차이가 토양중의 중금속 함유량 차이를 나타내는 중요한 원인이라고 보여진다.

5. 참고문헌

1. 이평구, 윤성택, 이대하, “서울시 무기환경 시스템의 환경지구화학 및 수리지질학적 연구”, 한국과학재단 연구보고서, 2001.
2. Lee, P. K. and J. C. Touray, “Mis en solution des metaux lourds (Zn, Cd, Pb) par lessivage de sols et de sediments pollues en domaines autoroutier ; approche experimentale”, Hydrogeologie, No. 1, pp. 3-11, 1997.
3. 김홍수, “대전-천안간 고속도로변 토양과 작물체중 납과 카드뮴 함량분석에 관한 연구”, 청주대학교 산업경영대학원 석사학위논문, 1988.
4. Hewitt C. N. and M. B. Rashed, “An Integrated Budget for Selected Pollutants for a Major Rural Highway”, Sci. Total Environ., Vol. 93, pp. 375-384, 1990.
5. 박승희, “토양 및 채소 중의 중금속 오염에 관한 연구, 성균관대학교 석사학위논문, 1983.
6. 환경부, “<http://www.me.go.kr/www/index.html>”, 2001.
7. 이의상, 이주광, 강희만, 강혜진, “고속도로 주변과 주유소의 토양오염에 관한 연구”, 한국도로공사 연구보고서, 1998.
8. 한국도로공사, “2000 고속도로 교통량 조사”, 2001.
9. Warren, H. V. and R. E. Delavault, “Lead in some food crops and trees”, J. Sci. Food, Argri., Vol. 13. pp. 96-98, 1962.