

대구·울산지역의 토양 중금속 오염도 평가

이 태 관

계명대학교 환경과학과

(2005년 4월 28일 접수; 2005년 6월 28일 채택)

Heavy Metal Concentrations in Soils of the Daegu and Ulsan Area

Tae-Gwan Lee

Department of Environmental Science & Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea

(Manuscript received 28 April, 2005; accepted 28 June, 2005)

The aim of this study was to analyze the local distribution of the heavy metal concentration in Daegu and Ulsan which were divided into the residual areas, the traffic dense areas and the industrial areas.

The Inductively Coupled Plasma(ICP) was used to analyze heavy metals, such as As, Cr, Hg, Zn, Cd, Pb, Cu and minor metals, such as Fe, Si, Mg, Ca, Al, Na, K.

The results of this analysis showed that the content of heavy metals which was classified by districts in Daegu and Ulsan was the highest in the industrial areas followed by the traffic dense areas and the residual areas.

Compared to the level of heavy metals of national and local soil survey network in 2003, contamination of heavy metals in Daegu was lower than national average. However, the content of Cd, As, Zn in Ulsan was respectively 13.38 times, 472 times and 2.65 times higher than national average contamination.

In addition, compared to the soil pollution level of the environmental protection law, contamination of all areas in Daegu was lower. But the content of As at the industrial areas in Ulsan was 10.71 times higher than standard of soil pollution and 4.28 times higher than standard of measures against soil contamination.

Key Words : Daegu, Ulsan, Heavy metal, Cd, As, Zn

1. 서 론

오늘날 산업의 발달로 인하여 대규모의 도시화가 진행됨에 따라 대기오염, 수질오염 및 폐기물오염으로 인한 토양오염이 심각한 사회문제로 대두되고 있다.^{1,2)}

토양은 물이나 공기와는 달리 유동성이 없어 오염물질이 토양 내에 유입되게 되면 쉽게 밖으로 누출되지 않기 때문에 오염정도의 파악이 어렵다. 일단 토양이 오염되게 되면 토양이 가지는 원래의 기능을 상실하게 되며, 장기간에 걸쳐 다양한 경로를 통해 농작물 및 지하수 오염 등을 유발시켜 사람의

건강과 자연 생태계에 악영향을 미치게 된다.³⁾

토양오염의 중요성을 인식한 환경부는 전국적인 토양오염실태를 파악하기 위해 측정망을 설치하고, 상시 측정하고 있다. 1987년 전국 250개 지점에 대한 카드뮴 등 9개 항목에 대한 토양오염도를 조사하였으며, 1996년 1월 6일부터 토양환경보전법이 시행됨에 따라 카드뮴 등 11개 항목을 토양오염물질로 지정하여 관리하고, 동법 제 5조의 규정에 의거하여 토지이용도를 중심으로 설치된 전국망과 오염원을 중심으로 한 지역망의 이원화된 토양측정망을 운영하고 있다. 그에 따라 상시측정 지점수를 1997년에는 2,904개 지점, 2003년에는 국가가 관리하는 1,500개 지점과 지자체가 관리하는 2,105개 지점을 합하여 총 3,605개 지점에 대한 토양오염도를 상시 측정하고 있다.^{4,5)} 또한, 토양환경보전법을 제정하여 오염물질

Corresponding Author : Tae-Gwan Lee, Department of Environmental Science & Engineering, Keimyung University, Daegu 704-701, Korea
Phone: +82-53-580-5459
E-mail: ltgsy4@hotmail.com

이 토양내로 유입되는 것을 규제하고, 특히 폐기물 관리법에서는 특정 유해물질을 지정폐기물로 분류하여 적절히 처리되도록 유도하고 있다⁶⁾.

그러나, 토양오염우려기준을 초과한 지역의 토양에 대한 정확한 조사와 복구 대책 마련 등이 미흡하여 오염지역의 발견이 어려우며, 오염된 토양이 그대로 방치하고 있는 실정이다. 또한, 미국 및 유럽 등 선진외국의 경우 토양오염은 지하수 오염과 직결되며, 지하수의 오염은 음용수질에 영향을 미친다고 생각하여 제도적으로 토양오염법과 지하수오염법을 연계하여 제정하고 있으나 우리나라의 경우 그렇지 못한 실정이다.

본 연구에서는 대구·울산지역의 토양을 대상으로 인체에 유해한 중금속인 As, Cr, Hg, Zn, Cd, Pb, Cu와 기타 미량금속인 Fe, Si, Mg, Ca, Al, Na, K에 대한 분석을 통한 토지용도에 따른 토양오염 실태를 조사하는데 그 목적이 있다.

2. 재료 및 방법⁷⁾

2.1. 실험재료

본 연구에서는 Fig. 1과 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 대구와 울산지역을 대상으로 토지의 이용형태에 따라 주택지역, 도로와 인접한 주거지역, 공단지역으로 분류한 후, 각 토지 이용지역에서 임의의 3개 지점을 선정하여 시료를 채취하였다.

시료의 채취는 토양오염 공정시험법을 기준으로 조사대상지역의 중심이 되는 1개 지점과 주변 4방위의 5~10m 거리에 있는 1개 지점씩을 선정하여 5개 지점을 선정하였고, 실험의 오차를 줄이기 위해 표토 상층부의 흙을 10cm 정도 제거한 후 시료를 채취하였다.

2.2. 실험방법

위 시료의 조제방법에 따라 조제한 분석용 시료 10g을 정밀히 취하여 100ml 삼각플라스크에 넣고 염산용액(0.1N) 50ml를 주입한다. 항온수평진탕기(100회/분, 진폭 10cm)를 사용하여 30℃를 유지하면서 1시간 진탕한 다음, 여과지(ADVANT-EC, QUALITATIVE NO.2)를 사용하여 여과시킨 후, 걸러진 시료를 중류수를 이용하여 200ml로 Fill up 시켜 ICP(Jovin Yvon, JY-38S)로 중금속을 측정하였다. 모든 항목의 전처리 방법으로는 통일성을 기여하기 위해 염산용액(0.1N)을 사용하여 용출시켰다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 대구·울산지역의 토양오염도 분석

대구·울산의 주택지역, 도로와 인접한 주거지역, 공단지역에서 측정된 토양 중 금속의 평균 농도를 Table 1에 나타내었다.

대구의 특정지역별 농도를 Fig. 3에 나타내었다. Cd은 주택지역 0.095mg/kg, 도로와 인접한 주거지

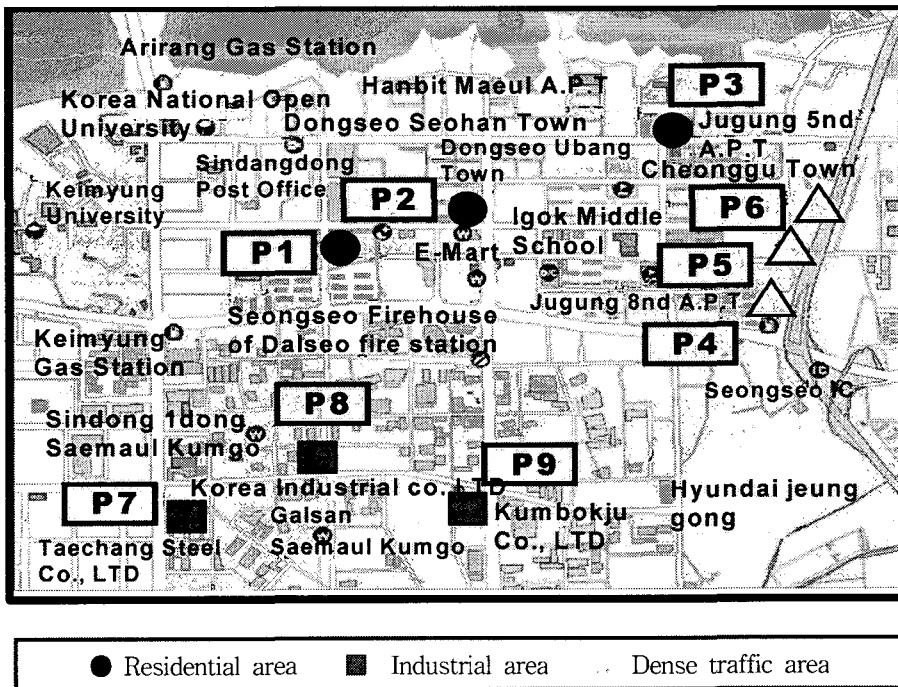


Fig. 1. Sampling points in Daegu.

대구·울산지역의 토양 중금속 오염도 평가

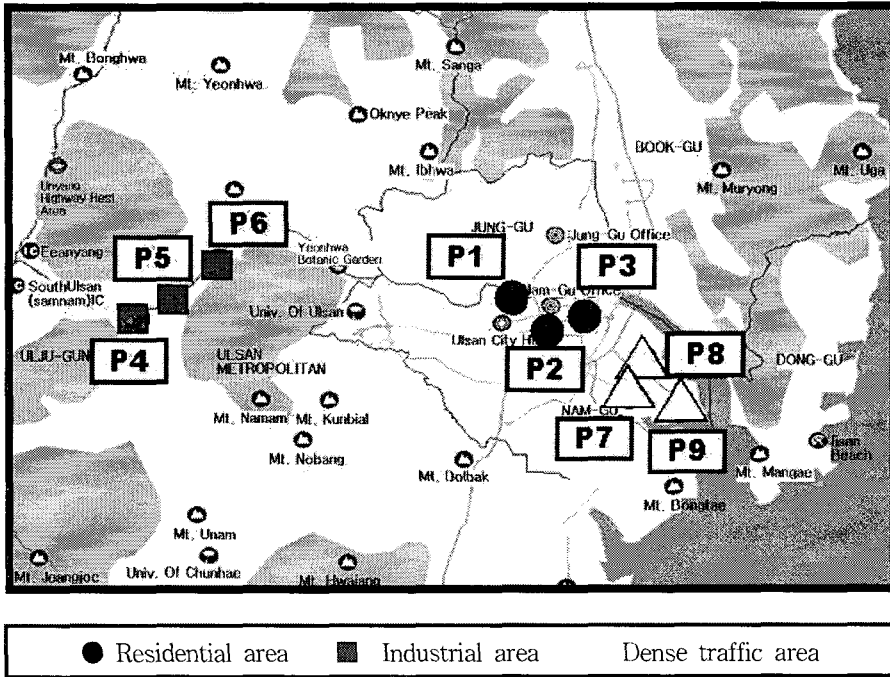


Fig. 2. Sampling points in Ulsan.

Table 1. Average concentrations of metals in Daegu and Ulsan

(Unit : mg/kg)

	Daegu			Ulsan		
	Residential area	Dense traffic area	Industrial area	Residential area	Dense traffic area	Industrial area
As	0.326	0.213	0.514	4.298	6.672	214.180
Cr	0.325	0.321	0.477	131.503	0.000	0.000
Hg	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Zn	4.323	3.884	5.140	18.147	52.967	645.008
Cd	0.095	0.095	0.107	0.000	0.000	4.856
Pb	1.557	1.578	12.932	2.629	5.571	0.567
Cu	1.081	1.644	2.007	0.334	0.000	0.000
Fe	90.686	90.934	103.404	148.781	117.705	44.066
Si	93.433	76.277	121.765	846.700	398.725	519.252
Mg	38.622	36.823	79.704	229.290	401.752	573.938
Ca	421.133	366.662	777.515	2877.605	3200.100	4335.320
Al	137.248	130.652	191.748	440.848	456.460	262.180
Na	32.365	28.091	45.637	131.503	239.185	137.320
K	46.968	39.265	61.870	235.975	374.776	320.808

역 0.095mg/kg, 공단지역 0.107mg/kg으로 각각 비슷한 경향을 보였고, Cu는 공단지역 2.007mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 1.644mg/kg, 주택지역 1.081 mg/kg 순으로 나타났다.

As는 주택지역 0.326mg/kg, 도로와 인접한 주거 지역 0.213mg/kg, 공단지역 0.514mg/kg으로 비슷한 경향을 보였다. Hg은 주택지역, 도로와 인접한 주거

지역, 공단지역 모두 검출되지 않았으며, Pb은 주택 지역 1.557mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 1.578 mg/kg, 공단지역 12.932mg/kg으로 공단지역이 가장 높게 나타났다. Zn은 주택지역 4.323mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 3.884mg/kg, 공단지역 5.140 mg/kg으로 각각 비슷한 경향을 보이고 있으며, Cr 은 주택지역 0.325mg/kg, 도로와 인접한 주거지역

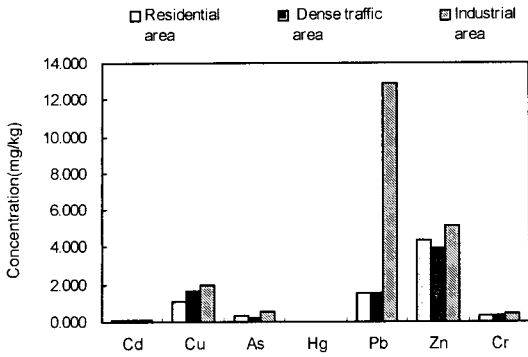


Fig. 3. Concentrations of heavy metals in Daegu.

0.321mg/kg, 공단지역 0.477mg/kg으로 이 또한 비슷한 경향을 보이고 있다.

대구지역의 경우 특정지역별 중금속 농도를 비교해 볼 때 공단지역, 도로와 인접한 주거지역, 주택지역 순으로 높은 농도를 보였다. 특히, 공단지역에서 Pb의 함량이 높게 나타났다. 이는 시료채취지점 주변에 자동차 관련 금속가공업체로 인한 직접적인 영향일 것이라 생각된다.

울산의 특정지역별 중금속 농도를 Fig. 4에 나타내었다. Cd은 주택지역, 도로와 인접한 주거지역 이 두 곳에서는 검출되지 않았으며, 공단지역에서는 4.856mg/kg이 검출되었고, Cu는 주택지역에서는 0.334mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 및 공단지역에서는 검출되지 않았다. As는 주택지역 4.298 mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 6.672mg/kg, 공단지역 214.180mg/kg으로 공단지역이 가장 높게 나타났다. Hg은 주택지역, 도로와 인접한 주거지역, 공단지역 모두 검출되지 않았으며, Pb은 주택지역 2.629mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 5.571mg/kg, 공단지역 0.567mg/kg으로 도로와 인접한 주거지역에서 가장 높게 나타났다. Zn은 주택지역 18.147

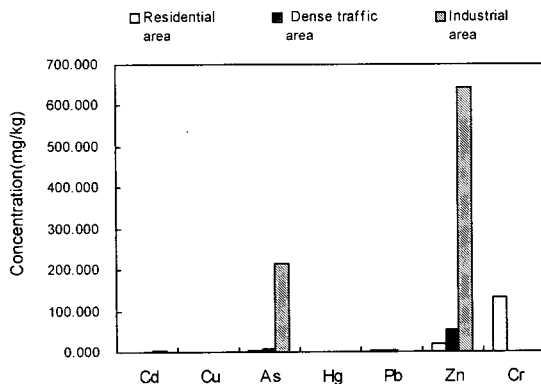


Fig. 4. Concentrations of heavy metals in Ulsan.

mg/kg, 도로와 인접한 주거지역 52.967mg/kg, 공단지역 645.008mg/kg으로 공단지역이 가장 높게 나타났고, Cr은 주택지역 131.503mg/kg으로 가장 높게 나타났으며, 도로와 인접한 주거지역 및 공단지역에서는 검출되지 않았다.

울산지역의 경우 특정지역별 중금속 농도를 비교해 볼 때 As와 Zn은 공단지역에서 가장 높게 나타났으며, Cr은 주택지역에서 가장 높게 나타났다. 이에 따른 원인규명은 향후 추가적인 연구가 필요할 것이라 사료된다.

대구와 울산지역의 특정지역별 중금속 농도를 Fig. 5에 나타내었다.

대체적으로 대구지역보다 울산지역의 중금속 농도가 높게 나타났으며, 그 중 가장 두드러지게 나타난 중금속 항목은 As 및 Zn이다.

As는 주택지역의 경우 대구지역이 0.326mg/kg, 울산지역이 4.298mg/kg로 13.18배 높게 나타났고, 도로와 인접한 주거지역의 경우 대구지역이 0.213 mg/kg, 울산지역이 6.672mg/kg으로 31.32배 높게 나타났다. 공단지역의 경우 대구지역이 0.514mg/kg, 울산지역이 214.180mg/kg으로 416.69배로 가장 높게 나타났다. Zn은 주택지역의 경우 대구지역이 4.323 mg/kg, 울산지역이 18.147mg/kg로 4.20배 높게 나타났고, 도로와 인접한 주거지역의 경우 대구지역이 3.884mg/kg, 울산지역이 52.967mg/kg으로 13.64배 높게 나타났으며, 공단지역의 경우 대구지역이 5.140 mg/kg, 울산지역이 645.008mg/kg으로 125.49배로 가장 높게 나타났다.

울산지역의 경우 국내 최대의 공업지역으로서, 그 중 석유정제시설 등의 화학물 처리시설이 들어서 있는 석유화학공단이 있다. 이로 인해 침적된 중금속 물질들의 이동으로 주변 토양에 축적된 것으로 추정된다.

3.2. 2003년 전국평균토양오염도의 비교분석

환경부는 토양조사를 통해 전국 토양에 대한 배경농도와 토지이용 용도에 대한 토양농도변화 추이 등을 파악하고, 오염추세와 오염실태를 종합적으로 파악하기 위하여 17개 토양오염기준항목 또는 오염 가능성이 높은 물질에 대해서 토양측정망 조사와 토양실태조사를 매년 실시하고 있다⁸⁾.

2003년 환경부에서 실시한 토양측정망 및 실태조사 결과에 따른 전국 평균오염도와 대구·울산의 지역별 중금속 함량을 Table 2에 나타내었다.

대구의 경우 2003년의 전국 평균오염도보다 비교적 낮은 중금속 함량을 나타내고 있으나, 울산은 Cd, As, Zn이 각각 1.619mg/kg, 75.050mg/kg, 238.707 mg/kg으로 2003년의 전국평균오염도 0.121mg/kg,

대구 · 울산지역의 토양 중금속 오염도 평가

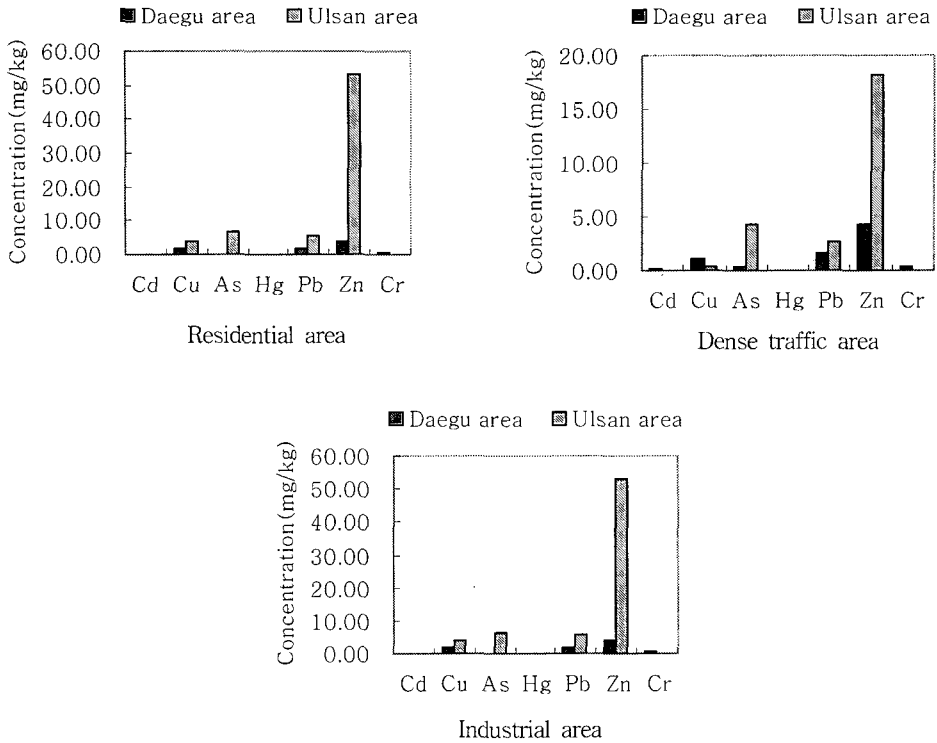


Fig. 5. Concentrations of heavy metals in Daegu and Ulsan.

Table 2. Soil pollution status in the local network in 2003 and average concentrations of heavy metals in Daegu and Ulsan⁸⁾ (Unit : mg/kg)

	Cd	Cu	As	Hg	Pb	Zn
2003 Average	0.121	3.940	0.159	0.029	6.311	90.001
Daegu area	0.099	1.577	0.351	-	5.356	4.449
Ulsan area	1.619	0.111	75.050	-	2.922	238.707

0.159mg/kg, 90.001mg/kg보다 Cd은 13.38배, As는 472배, Zn은 2.65배 높게 나타났다.

3.3. 토양오염기준에 대한 대구 · 울산 지역별 오염현황의 고찰

토양오염기준은 토양오염 우려기준과 토양오염 대책기준으로 구분된다. 토양오염 우려기준은 사람의 건강 · 재산이나 동 · 식물의 생육에 지장을 초래할 우려가 있는 토양오염의 기준이며, 토양오염 대책기준은 우려기준을 초과하여 사람의 건강 및 재산과 동 · 식물의 생육에 지장을 주어 토양오염에 대한 대책을 필요로 하는 기준을 말한다⁹⁾.

Table 3에서는 토양오염기준과 대구 · 울산의 특정 지역별 중금속 함량을 나타내었다.

대구의 특정 지역별 중금속 함량은 토양오염우려기준에 미치지 못하였고, 울산의 경우 공단지역에서 As의 함량이 토양오염기준치보다 높게 나타났다. 토양오염법에 규정되어있는 공단지역에서 As의 토양오염우려기준치는 20mg/kg이고, 울산의 공단지역(시료채취지점)에서의 As 농도는 214.180mg/kg으로 토양오염우려기준치보다 10.71배 초과하여 나타났다.

사람의 건강 및 주위의 식물생육에 영향을 줄 것이라 판단되어 토양오염대책기준을 살펴본 결과 토양오염대책기준치인 50mg/kg보다 As의 함량이 4.28배 초과하여 나타났다. 비소화합물은 주로 페인트의 색소, 직물, 피혁공업, 가정용 세제, 목재 보호제, 화학비료제조, 무기화학 공업, 약품제조업체의 폐수에

이 태 관

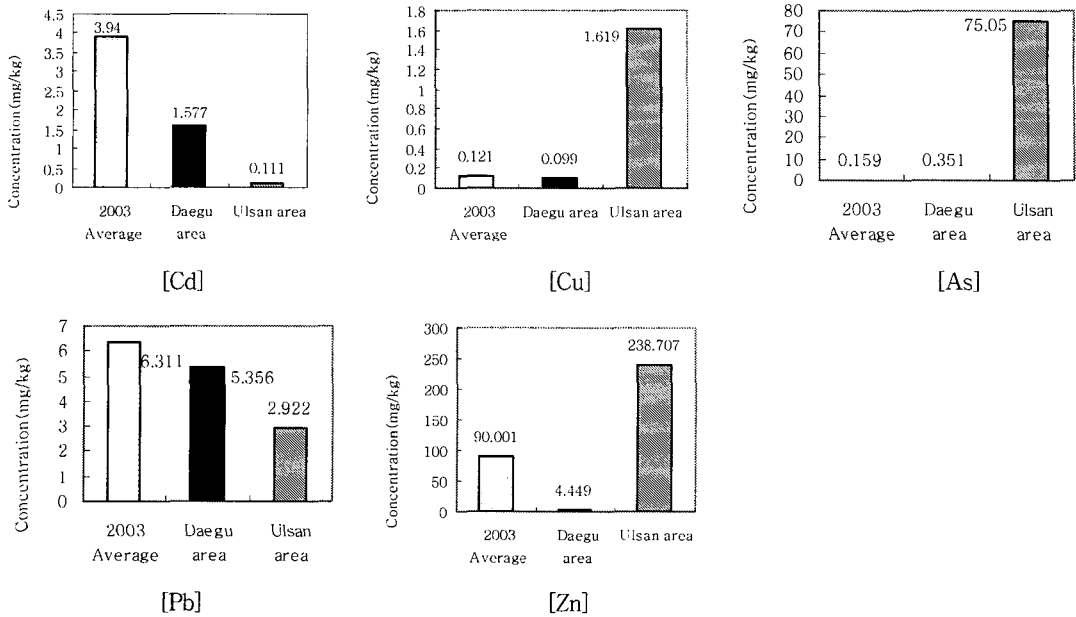


Fig. 6. Soil pollution status in the local network in 2003 and average concentrations of heavy metals in Daegu and Ulsan.

Table 3. Soil pollution level of the environmental protection law and concentrations of heavy metals in Daegu and Ulsan

(Unit : mg/kg)

Pollutant		Cd	Cu	As	Hg	Pb	Zn
Standard of soil pollution	'Ga' area	1.5	50	6	4	100	300
	'Na' area	12	200	20	16	400	800
Standard of measures against soil contamination	'Ga' area	4	125	15	10	300	700
	'Na' area	30	500	50	40	1,000	2,000
Daegu	Residential area	0.095	1.081	0.326	-	1.557	4.323
	Dense traffic area	0.095	1.644	0.213	-	1.578	3.884
	Industrial area	0.107	2.007	0.514	-	12.932	5.140
Ulsan	Residential area	-	0.334	4.298	-	2.629	18.147
	Dense traffic area	-	-	6.672	-	5.571	52.967
	Industrial area	4.856	-	214.180	-	0.567	645.008

Nate : 1. 'Ga' area : farm field · paddy field · orchard · stock farm land · forest land · a site of school · a site of school · a site of stream, water supply · park · physical training site · recreation ground · religious area · historical site.

2. 'Na' area : factory area · road · rail road area.

3. In case of inclusion following items, it should be applicable concern criterion.

(1) In case of emplacement soil pollutant source facilities.

(2) In case of causing soil pollution accident by PCB or oil in 'Ga' the area.

(3) Exception of 'Ga' the area in case of occurring soil pollution accident.

서 나온다. 석유화학공업단지에서는 의약품 원료, 계면활성제, 바닥재 등을 생산하는 업체가 밀집되어 있으며, 생산 공정에서 대기로 배출되는 배출원 및 폐수처리 공정 시 토양으로의 침투 등 오랜 기간에 걸쳐 주변토양을 오염시켰을 것이라 사료된다.

As로 인한 인체 피해를 살펴보면 급성일 경우 복통, 구토, 설사, 근육통증, 안면수종, 간비대, 빈뇨 등의 증상이 나타나며, 만성일 경우 식욕감퇴, 위장관 증상, 피부·호흡기 자극증상, 피부 색소침착 등 인체에 큰 피해를 가져다 줄 것이라 예상된다¹⁰⁾. 또한, 지하수 침투로 인하여 음용수 수질에도 영향을 끼칠 것이라 판단되어 As에 대한 적절한 관리대책이 필요할 것으로 사료된다.

4. 결 론

본 연구에서는 대구·울산지역의 토양오염실태를 조사하여 분석한 결과 다음과 같은 결론을 도출하였다.

- 1) 대구 및 울산의 특정 지역별 중금속 함량은 공단 지역이 가장 높으며, 도로와 인접한 주거지역 및 주택지역 순으로 나타났다.
- 2) 2003년 전국 평균오염도와의 비교분석 결과 대구의 시료채취지점에서는 모든 중금속 항목의 함량이 전국평균오염도보다 낮게 검출되었고, 울산의 시료채취지점에서는 Cd, As, Zn의 함량이 2003년 전국 평균오염도보다 13.38배, 472배, 2.65배 초과하여 검출되었다.
- 3) 토양오염우려기준과 대구·울산의 특정 지역별 중금속 비교분석 결과 울산의 공단지역에서 As의 함량이 214.180mg/kg으로 토양오염우려기준치인 20mg/kg보다 10.71배 높게 검출되었고, 토양오염대책기준치인 50mg/kg보다 4.28배 초과하

여 검출되었다.

- 4) 울산의 공단지역에서는 2003년 전국 평균오염도보다 인체에 유해한 중금속 함량이 상회함을 알 수 있으며, 토양오염으로 인한 지하수 오염의 가능성이 높다. 향후 울산의 전체 공단지역을 대상으로 토양오염과 지하수 수질과의 상관관계에 대한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

- 1) 우영국, 조은하, 2001, 대구시 지역의 토양오염 특성조사 연구, 환경관리학회지, 7(3), 307-311.
- 2) Leister, L. D. and J. E. Baker, 2002, Atmospheric Deposition of Organic Contaminants to the Chesapeake Bay, Atmospheric Environment, 28(8), 1499-1520.
- 3) 하동윤, 문수호, 이영주, 2004, 납, 수은 및 카드뮴의 토양내 흡착에 대한 pH, 휴믹산, 중금속농도의 영향, 한국폐기물학회지, 21(6), 534-544.
- 4) 환경부, 1998, 환경백서.
- 5) 환경부, 1999, 토양환경보전법.
- 6) 박용하, 윤서성, 송재우, 장지수, 이양희, 2003, 토양오염지역의 관리 및 복원방안Ⅱ, 한국환경정책·평가연구원, RE-13, 188pp.
- 7) 환경부, 2001, 수질오염·폐기물·토양오염 공정시험방법, 동화기술, 683pp.
- 8) 환경부, 2004, 2003년도 토양측정망 및 실태조사 결과, 환경부.
- 9) 김인환, 전병성, 2003, 환경법 강의, 홍문관, 546pp.
- 10) 정승우, 2003, 토양오염물질의 물리·화학적 특성과 이동성에 따른 환경영향평가 방안, 한국환경정책·평가연구원, RE-20, 193pp.