

상호교환법에 의한 울산 지역 토양중의 중금속 분포 에 대한 연구

고영국, 오영희, 정기호
동의대 화학과, 부산대 화학과

울산 지역의 흙을 채취하여 자연 토양, 대왕암 공원, 온산 공단, 석유 화학 단지, 도로, 주택가, 소규모 공장, 전차 시장, 및 미포 조선 지역으로 분류하여 중금속을 추출하였다. 토양의 중금속은 여러가지 형태로 존재하고 있으며, 여러 다른 조건 예를 들면 토양의 낮은 pH, 착물의 존재, 입자성 유기물의 분해에 의해 물에 용존한 형태로 전환되는 경우가 많다. 특히 강우나 지하수의 흐름 등, 이들 중금속을 용해하는 자연 현상과 유사할 것으로 생각되는 추출방법을 선택하여 인위적 요소가 많은 울산지역의 토양을 대상으로 중금속 농도를 측정하였다. 상호 교환법으로써 염화마그네슘 수용액으로 중금속을 치환하여 추출하고 그 중에서 납, 카드뮴, 망간, 크롬 및 구리의 농도를 유도 결합쌍 플라즈마 원자 방출 분광법(ICP-AES)으로 분석하고 왕수를 이용하여 같은 흙으로부터 추출하여 분석한 (왕수 분해법) 결과와 비교하였다.

상호 교환법에 의해 추출된 중금속을 지역별로 비교하면 자연 토양에 비해 공업 단지의 토양에서 납, 카드뮴, 및 구리가 매우 많은 양을 보이고, 크롬은 자연 토양을 제외한 다른 지역에서는 2 배 정도의 균일한 오염도를 보인다. 온산 공단에서는 납이 최대 53 배(9.0 ppm), 카드뮴이 최대 12 배(0.6 ppm), 그리고 구리가 최대 11 배(3.3 ppm)로 다른 지역에 비해 현저히 높다. 그에 비해서 다른 금속들은 지역에 따른 차이가 크게 나타나지 않았다. 망간은 최대 2.1 배(14 ppm), 크롬이 최대 2.5 배(0.2 ppm)로 나타났다. 왕수 분해법에 의한 자연 토양에 대한 다른 토양의 비교 결과에서 납과 구리는 온산 공단이 월등히 높은 농도를 보이고 공장지대, 주택가, 자연 토양 순으로 감소하였다. 카드뮴은 석유 화학 단지에서 높은 농도를 보이고 온산 공단, 도로 순으로 감소했다. 망간은 석유 화학 단지에서 조금 높은 농도를 보이고 나머지는 비슷하고, 크롬은 전차 시장과 석유 화학 단지가 조금 높은 농도를 보이고 나머지는 거의 비슷한 양으로 존재한다. 납이 최대 14 배(231 ppm), 카드뮴이 최대 21 배(9 ppm), 망간이 최대 1.8 배(840 ppm), 크롬이 최대 3.7 배(21 ppm), 그리고 구리가 최대 17 배(234 ppm)를 나타 내었다. 이 결과는 상호 교환법에 의한 자연 토양에 대한 다른 토양 비교의 경향성과 정확히 일치했다. 이는 울산·온산 지역의 왕수 분해

법에 의한 중금속의 농도와 상호 교환법에 의해 추출한 중금속의 농도가 비례함을 보이고 있다.

두가지 방법에 의한 자연 토양에 대한 다른 토양의 비교 결과에서 온산 공단 및 석유 화학 단지 지역이 중금속에 의해 크게 오염이 되었다는 것을 정량적으로 확인하였다. 그리고 소규모 공장지대, 주택가, 도로 순으로 오염도가 감소하였다.

왕수 분해법으로 추출한 중금속의 총량에 대하여 마그네슘 이온과 교환된 중금속의 양은 다음과 같이 관찰되었다. 중금속 별로 비교하면 납은 0~3.9 %로 온산 공단에서 최대 비를 나타내었으며, 망간은 0.7~5.8 %로 온산 공단에서는 왕수 분해법에 대한 총량이 적음에도 불구하고 상호 교환법에 의한 값이 크므로 최대 비를 보였고, 크롬은 0.6~1.7 %로 모든 지역들이 비슷한 비를 나타내었고, 구리는 0.5~4.0 %로 온산 공단과 미포 조선에서 총 중금속의 농도는 높지만 상호 교환법에 의한 농도는 작았다. 오히려 주택에서 최대 비를 나타내었다. 다른 금속에 비해 카드뮴은 최소 1.6 %에서 최대 45 %나 존재하는 높은 비를 나타내었다. 석유 화학 단지 및 온산 공단에서는 왕수 분해법에 의한 농도는 높았으나 상호 교환법에 의한 농도는 작게 나타났다. 오히려 소규모 공장 지역에서 수질로 추출되는 카드뮴의 양이 매우 높게 나타났다. 중금속의 이러한 높은 존재비는 강우시 수계로 침출되어 수질을 오염시킬 것을 의미한다.

결론적으로 울산 지역의 공단에는 납, 카드뮴, 구리 등의 중금속의 농도가 자연토양보다 월등히 높은 것으로 나타났다. 또한 왕수 분해법으로 추출한 중금속의 양이 많은 지역에서는 상호 교환법으로도 많은 양이 검출되었으므로 공단 지역은 토양 뿐 만 아니라 수질도 중금속 오염도가 클 것으로 추측한다. 강우 등의 자연 현상으로 토양내 중금속이 강이나 지하수 등 수계로 침출됨으로써 그 지역 주민의 건강과 실생활에 큰 영향을 미치게 될 것이다.

Table. 울산 지역 중금속의 농도 (ppm)

	Pb		Cd		Mn		Cr		Cu	
	왕수 분해법	상호 교환법	왕수 분해법	상호 교환법	왕수 분해법	상호 교환법	왕수 분해법	상호 교환법	왕수 분해법	상호 교환법
자연 토양	17	1.7×10^{-1}	4.2×10^{-1}	5.1×10^{-2}	4.6×10^2	6.7	5.7	5.7×10^{-2}	14	3.1×10^{-1}
대왕암 공원	23	5.0×10^{-1}	2.6×10^{-1}	2.7×10^{-2}	5.7×10^2	13	10	7.9×10^{-2}	20	3.0×10^{-1}
온산 공단	231	9.0	3.2	6.2×10^{-1}	$.5 \times 10^2$	14	8.6	1.4×10^{-1}	234	3.3
석유 화학	91	1.1×10^{-1}	8.7	2.7×10^{-1}	8.5×10^2	5.7	19	1.1×10^{-1}	55	4.1×10^{-1}
도로	84	ND*	1.5	2.4×10^{-2}	3.3×10^2	8.9	15	1.1×10^{-1}	77	3.9×10^{-1}
주택	30	1.6×10^{-1}	1.3×10^{-1}	1.8×10^{-2}	3.1×10^2	7.1	9.1	1.2×10^{-1}	25	9.8×10^{-1}
소규모 공장	39	ND	1.3×10^{-1}	6.0×10^{-2}	6.6×10^2	2.2	14	1.5×10^{-1}	21	3.3×10^{-1}
현대 중공업	72	ND	3.8×10^{-1}	4.6×10^{-2}	1.9×10^2	3.3	21	1.2×10^{-1}	140	1.2
현대 조선	59	ND	5.5×10^{-1}	3.9×10^{-2}	4.3×10^2	4.3	14	1.3×10^{-1}	213	1.1

* no detected