

서울 한강이남 지역의 용도별 토양 중금속 및 불소 농도 특성에 관한 연구

The Characteristics of Metals and Fluorine Concentrations of Southern Parts In Seoul

Hyun Jung Oh¹, Jai-Young Lee², Kweon Jung¹, Jong-Heub Jung¹
Il-Sang Bae¹, Sang-Il Choi³

¹Seoul Metropolitan Governmente Health and Environmental research Institute, ²The University of Seoul,
³Kwang woon University

<요약문>

본 연구는 용도별 토양에 대한 중금속 및 불소 농도 특성을 알아보기 위하여 비교적 오염 개연성이 구분될 것으로 판단되는 도로, 공장, 학교운동장, 적환장, 공원, 약수터 주변 등, 그동안 비교적 조사 자료가 부족하였던 토양을 대상으로, 한강 남쪽에 위치한 11개 구청(양천구, 강서구, 구로구, 영등포구, 관악구, 동작구, 강남구, 강동구, 서초구)에서 6개의 용도별로 시료를 채취하여 pH, Cd, Cu, Pb, Hg, F 항목을 분석하였다.

조사 결과 용도별 토양의 pH는 4.7~9.5의 범위로 나타났으며, 중금속 및 불소 평균 농도는 Cd 0.391mg/kg, Cu 12.354mg/kg, Pb 13.04mg/kg, Hg 0.0866mg/kg, F 206.8mg/kg이었다. 용도별 토양에 대한 최대, 최저 농도는 Cd이 잡종지 0.632mg/kg, 학교용지 0.079mg/kg, Cu는 도로용지 21.354mg/kg, 학교용지 2.159mg/kg, Pb은 도로용지 24.70mg/kg, 학교용지 1.03mg/kg, Hg은 잡종지 0.1780mg/kg, 학교용지 0.0087mg/kg, F의 경우 임야282.0mg/kg, 학교용지164.9mg/kg로 나타나서 전체적으로 Cd, Cu, Hg은 대부분 적환장으로 이용되고 있는 잡종지가, Pb은 도로용지에서 각각 높은 농도를 나타내었고, F는 임야 지역을 대상으로 한 토양에서 높은 농도를 보였다. 그러나 학교용지는 Cd, Cu Pb, Hg, F등에서 상대적으로 다른 용도별 토양보다 낮은 농도를 나타내었다.

1. 서 론

산업의 발달과 더불어 그 동안 생산의 의미로만 알려져 온 토양의 용도가 여러 가지로 변화하고 있다. 우리나라의 메카 도시인 서울만 하여도 토지의 기능이 매우 다양하게 사용목적이 변모되고 있다. 사용목적의 변화는 그 목적에 따라 오염물질 농도 또한 구별될 것으로 판단된다. 본 연구는 서울 한강 이남 지역을 대상으로 6개의 용도별 토양에 대한 중금속(구리, 납, 카드뮴, 수은)과 불소 농도를 조사하고자 한다.

2. 실험방법

시료채취는 2002년 10월부터 2003년 3월까지 한강이남 지역을 대상으로 11개 구청에서 6개의 용도별 토양을 선정하여 총66개 지점의 시료를 채취하였고, 채취지점은 Fig. 1에 나타내었다. 전처리 및 분석은 토양 오염 공정 시험방법에 의하여 실험하였으며, 농도 정량은 유효측정농도 이상을 검출 농도로 하였다. 중금속은 ICP AES와 FAA를 이용하여 분석하였고, 불소는 전처리 과정을 거쳐 Spectrometry를 이용하여 정량하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 연구 대상 지역의 농도 특성

3.1.1 pH

본 조사 대상 지역의 pH는 Fig 2에 제시한 바와 같이 4.5~9.2로, 용도별로는 학교용지가 pH 7.8~9.8로 중성에서 약알칼리성을, 공장용지는 pH 6.8~9.8로 중성에서 약 알칼리성을 나타내는 것으로 조사 되었다. 용도별 토양 pH 4.5~9.2는 2002년 전국 토양 pH 3.6~9.2와 같은 해 서울 오염실태 지점 pH 4.6~9.4와 비슷한 수준으로 나타났다. G. W. Thomas는 pH가 나타내는 단순한 산성 혹은 알칼리성은 토양의 많은 인자에 대한 토성을 결정하는데 많은 도움을 준다고 하였고, 최 는 인공강우 상태의 pH 2~3에서 가장 많은 양의 중금속 용출이 이루어지고 pH가 강산에서 중성, 알칼리성으로 진행할수록 용출율은 적어지나, 자연상태의 토양에서는 토양 완충능력을 포함하는 매우 복잡한 원인으로 토양 pH가 강산성이라고 하더라도 중금속 용출율은 낮다고 한다. 위와 같은 이론적 배경으로 살펴 볼 때 본 조사 대상지역의 용도별 토양의 pH 4.7~9.5는 약 산성에서 약알칼리성으로 우리나라 전국의 토성과 비슷하고, 어느 정도 이상의 중금속 농도에 노출된다고 하더라도 중금속의 환경 중의 용출은 적을 것으로 추측된다.

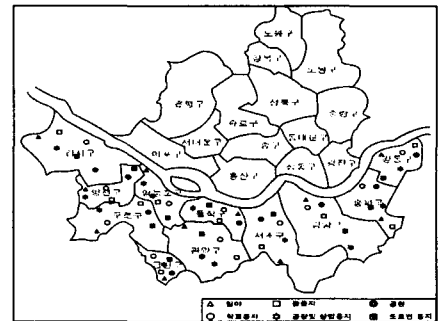


Fig. 1. A map of sampling point in Seoul

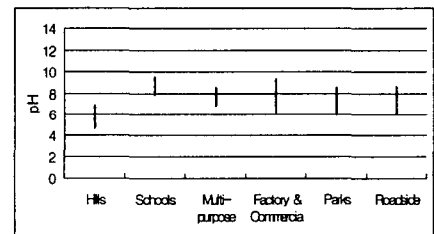


Fig 2. Variations of pH at property area

3.1.2 중금속(Cd, Cu, Pb, Hg)

연구 대상 지역 용도별 토양에 대한 중금속 농도 분포는 Cd 은 Fig. 3, Cu는 Fig. 4에 Pb은 Fig. 5, Hg은 Fig. 6 에 각각 제시하였다. 평균 농도로 살펴본 중금속은 Cd은 0.391mg/kg로, 용도별로는 대체로 적환장을 대상으로 한 잡종지가 0.650mg/kg으로 가장 높았고, 학교 운동장을 대상으로 한 학교용지가 0.079mg/kg로 가장 낮은 농도를 나타내었다. Cu는 12.354mg/kg로, 용도별로는 양천구의 공장용지가 73.615mg/kg로 최고 농도를, 서초구 학교용지가 0.112mg/kg로 가장 낮은 농도를 각각 나타내었다. Pb은 13.04mg/kg로 용도별로는 영등포구의 도로용지가 61.85mg/kg으로 최대 농도로 나타났고, 학교용지가 3.0mg/kg이하의 낮은 농도로 조사되었다. Hg 농도는 0.0866mg/kg로 용도별 토양은 학교용지가 ND~0.0283mg/kg로 최저농도를 나타내었고, 잡종지와 공장 및 상업 용지의 Hg 농도가 0.1780mg/kg, 0.1718mg/kg로 각각 나타나 최대 농도로 조사되었다.

한편 연구 대상 지역에 대한 중금속 평균 농도 Cd 0.391mg/kg, Cu 12.354mg/kg, Pb 13.04mg/kg, Hg

0.0866mg/kg은 2002년 같은 해 전국적인 토양을 대상으로 조사 실시된 평균 농도 Cd 0.118mg/kg, Cu 7.327mg/kg, Pb 9.11mg/kg, Hg 0.55mg/kg와는 Cd 300%, Cu 170%, Pb 120%, Hg 160%의 농도 대비 높은 수준으로 조사되었고, 2002년 서울 전체 지역을 대상으로 한 오염실태 지점농도 Cd 0.164mg/kg, Cu 10.171mg/kg, Pb 10.98mg/kg, Hg 0.071mg/kg과는 농도 대비 Cd 200%, Cu 120%, Pb 130%, Hg 120%로 각각 전국 농도나 서울 오염 실태 지점보다 높게 나타났다.

토성과 오염원이 유사할 것으로 예상되는 서울 오염 실태 지점과 본 연구 대상 지역과의 조사 지점수를 비교하여 보면 서울 오염 실태 지점은 총 120개 지점이었고, 이중 오염 우려 지역별 지점 수는 어린이 놀이터나 토지 개발 등 지역이 70개로 가장 많은 지점을 차지하고 있다 또한 공장이나 폐기물과 관련된 지점은 30개 지점이었는데 반해 본 연구 대상 지점은 총 66개 지점으로 이중 공장 및 도로변, 폐기물 집하장이 차지하는 지점수가 33개 지점으로 전체 지점 수의 1/2을 차지하고 있으나 2002년 서울 오염실태 지점은 전체 지점수의 1/4수준이었다. 위의 경우에서 살펴본 바와 같이 조사 대상 지점의 중금속 농도가 서울 오염 실태 지점보다 비교적 높은 것은 오염 개연성 면에서 연구 대상 지역이 서울 실태지점보다 높은 것이 원인으로 사료되고 이로 미루어 살펴 볼 때 전국 토양 농도와도 같은 원인으로 사료된다.

일반적으로 토양의 중금속 중 Cu, Hg은 광물의 모암물질, 유기물 함량 그리고 지각 함량에 따라 거의 지구 화학적인 미량원소에 의해 다양하게 분포 된다고 한다. 그 이외에는 환경오염이나 토양 시비와 같은 인위적 요인에 의해 존재하게 되는 경우이고 Pb과 Cd은 인위적인 오염에 의해 토양에 존재하게 되는 경우라 하더라도 본 연구 대상 지역의 중금속 농도는 대체로 토양 환경 우려 기준에 대체로 적합한 농도 수준으로 나타났다.

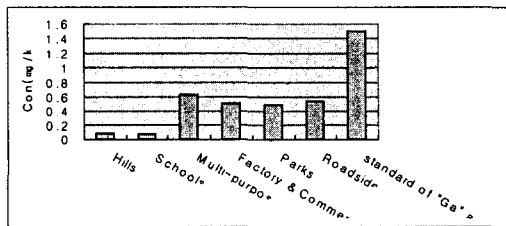


Fig. 3 The cadmium concentration at property area

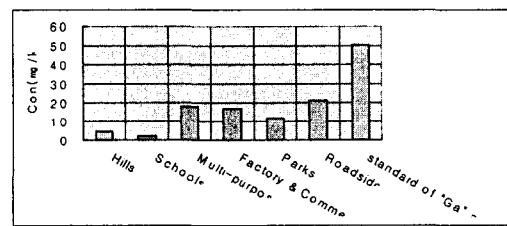


Fig. 4 The copper concentration at property area

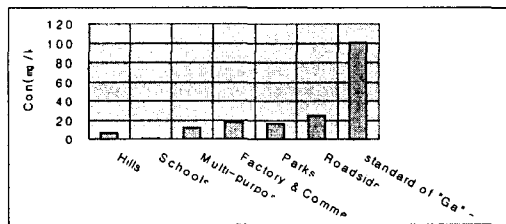


Fig. 5 The Lead concentration at property area

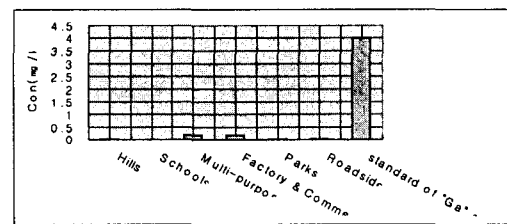


Fig. 6 The mercury concentration at property area

3.1.3 F(불소)

연구 대상 지역의 불소 평균 농도는 206.8mg/kg으로 나타났다. 불소 평균 농도 206.8mg/kg은 , 이 등의 토양 0-3인치 깊이 불소 함량은 190mg/kg, 보다는 높은 수준이나 2002년 전국 측정망 평균치 196.6mg/kg, 실태 지점 평균농도 211.1mg/kg과는 비슷한 농도 수준이었고, Fleischer & Robinson의 토양 평균농도 285mg/kg과는 75%의 이었다.

용도별 토양 불소 농도는 임야가 282mg/kg로 최고 농도를, 학교용지가 164.9mg/kg로 최저 농도로 각각 조사되었다. 특히 용도별 토양 중 동작구 임야 불소 473.8mg/kg와 금천구의 임야 불소 농도 561.1mg/kg, 송파구의 임야불소 395.7mg/kg등 토양 오염 우려기준 “가”지역 기준 400mg/kg을 상회하는 높은 농도지점이 있었다. 손 은 토양 중 불소는 암석의 형성과정에서 생성, 암석의 풍화로 토양에 존재하는 토양 구성 성분 이라고 한다. Fleischer & Robinson이 화강암 류와 화강 편마암의 불소 평균

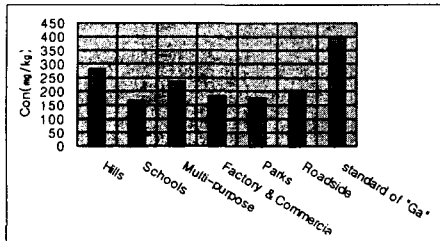


Fig 7. The fluorine concentration at property area

농도를 대략 810mg/kg이라고 하였는데, 동작구와 금천구 임야 지역은 화강 편마암이, 송파구는 화강암류의 분포가 주류를 이루고 있다. Steinkonig는 토양환경이 종종 다양한 종류의 인지질 비료, 특히 과인산염(과인산 석회)에 노출됨으로서 불소 축적의 가장 중요한 원인이 되고, 이러한 인산들의 반복 사용은 토양 불소의 농도를 상승하게 한다고 하였다. Larsen & Widdoson은 경험적으로 흙이나 식물, 인지질 비료에 들어있는 불소 농도는 3×1^0 , 3×10^2 , 3×10^4 정도의 농도로 들어있을 것으로 기대한다고 하였다.

2002년 전국토양 불소 평균 농도는 255.1mg/kg고, 오의 서울 둔치 지역의 평균 불소 농도는 221.4 mg/kg이었다. 국내에서 미국토양학회가 인용하고 있는 토양 불소 평균값 285mg/kg을 적용해 본다고 하더라도, 토양 환경보전법 “가”지역 기준이 400mg/kg임을 감안할 때, 일부 임야지역의 토양 환경 우려 “가”지역 기준을 상회한 높은 농도는 원인 규명과 함께 대책이 강구되어야 할 것으로 사료된다.

4. 결론

한강이남 서울지역 양천구, 강서구, 구로구, 영등포구, 관악구, 동작구, 서초구, 강남구, 송파구, 강동구에서 6개의 용도별로 나누어서 66개 지점 시료를 채취하여 pH, 중금속류 및 F농도에 대하여 조사한 결과는 다음과 같다.

1) 조사 대상 지역의 pH는 4.7~9.5의 범위로 나타났으며 일부 임야 지역 토양을 제외한 전 지역에서 중성에서 약알칼리 범위를 나타내었다.

2) 조사 대상 전 지점의 각 항목별 평균 농도는 Cd은 0.391mg/kg, Cu 12.354mg/kg, Pb 13.04mg/kg, Hg 0.0866mg/kg, F 206.8mg/kg 이었다.

3) 용도별 토양에 대한 최대, 최저 농도는 Cd의 경우 잡종지 0.632mg/kg, 학교용지 0.079mg/kg, Cu의 경우 도로용지 21.354mg/kg, 학교용지 2.159mg/kg, Pb의 경우 도로용지 24.70mg/kg, 학교용지 1.03 mg/kg, Hg의 경우 잡종지 0.1780mg/kg, 학교용지 0.0087mg/kg, F의 경우 임야282.0mg/kg, 학교용지 164.9mg/kg로 나타났다. 전체적으로 Cd, Cu, Hg은 대부분 적환장으로 이용되고 있는 잡종지가, Pb은 도로용지 토양이 각각 높은 농도를 나타내고, F는 임야 지역을 대상으로 한 토양에서 높은 농도를 보였다. 학교용지는 Cd, Cu Pb, Hg, F항목에서 상대적으로 다른 용도별 토양보다 낮은 농도를 나타냈다.

4) 서울 전지역 오염실태농도와 조사 대상 지역의 농도를 비교하면 Cd 200%, Cu 120 %, Pb 120%, Hg 120%의 농도 수준으로 오염 개연성 면에서 본 조사 대상 지역이 서울 오염실태 전지점보다 높은 것으로 나타났다.

5) 조사 대상 지역의 오염물질의 평균 농도는 토양환경 우려 기준이내 이었으나 영등포구 공원용지의 경우 Cu와 일부 임야 지역의 F농도가 초과하는 것으로 조사되었다.

참고문헌

1. Harrison, R. M., Laxen, D. P., and Wilson, S. J. " Chemical association of Lead, Cadmium, Copper, and Zinc in the Street Dusts and Roadside soil", Environ. Sci, Technol., 1981, 15 1378~1383
2. G. W. Thomas, Methods of soil analysis. Parts 3. chemical methods- Soil pH and Acidity, SSSA Book Series, 1996, no. 5, 475-490
3. Liang, J. W.B. Stewart, and R. E. Karamanos. Distribution and plant of soil coper fractions in Saskatchewan. Can. J. Sci. 1991, 71 89~99
4. Larsen, S., and A.E. Widdoson. Soil Fluorine. J. Soil Sci. 59: 105-109.