

市街地土壤重金属汚染の起源に関する一研究

京都大学大学院 学生会員 谷腰辰也
 京都大学大学院 正会員 米田稔
 京都大学大学院 フェロー 森澤真輔

1. 序論

人間は、限りない欲望に対してすばらしい科学技術を日々進歩させているが、生産活動（主に工業活動）の拡大に伴う廃棄物、排ガス、排水は土壤をも汚染して環境悪化の要因となるだろう。本研究では特に土壤中の重金属汚染について着目し、我々一般生活環境中における市街地土壤として、児童公園の土壤に着目し、様々な要因で引き起こされる重金属汚染の起源、程度等について調査した。

2. 目的

本研究では、一般生活環境中での重金属汚染がどの程度で、また汚染の要因、由来は一体何なのかについて検討する。そのため土壤の表面に蓄積される各元素の土壤中での挙動や、地質の影響等を除いた真の人為的重金属汚染の可能性等をより詳しく評価するため、上層と下層の半分に分けた土壤試料を測定する方法を検討する。具体的な手順として次の3.で述べる。

3. 調査方法

中部地方を縦断する形で28箇所、約35km間隔で適当に選んだ児童公園の土壤を採取し測定した。土壤採取には5地点混合方式を採用、公園の地面に内径5cm、深さ5cmの円筒状ステンレス製採土器を5cm打ち込み、得られた土壤試料1公園につき5つの土壤試料を均質に等量混合して測定試料とするが、ここでは深さ0cm～約2.5cmの土壤を上層土壤、約2.5cm～5cmの土壤を下層土壤として、採土器に入った土壤試料を上層と下層の半分に分け測定した。

測定試料は風乾後5mm網ふるいに通し、通った土に対して以下の3方法で抽出を行い、抽出液はICP/MSで重金属濃度を測定した。塩酸抽出法（以下では[CL]と表記）では、0.1N塩酸と振とう器を使って土壤から金属元素を抽出し、硝酸抽出法（以下では[N]と表記）は、60%濃硝酸と湿式分解装置（CEM社、MDS2000）を使って土壤から元素を抽出する、比較的全量分析に近い方法である。交換性陽イオン測定法（以下では[EC]と表記）は、主に交換態として吸着している元素を抽出する方法で、1N酢酸アンモニウムを使い元素を抽出する方法である。測定対象元素は、Na, Mg, Al, K, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, As, Se, Y, Zr, Cd, Cs, Pbの20元素である。

4. 中部地方における上層と下層の濃度比較

[N]による結果からはあまり有効な結果は得られなかったため、以下では[CL],[EC]についてのみ解析する。測定結果により、[CL],[EC]による上層と下層との差と比を分布図にした。図1(a),(b)にその例を示す。なお矢印の長さは濃度比（[上層]/[下層]）の対数に比例し、上向きが正であり、下向きの矢印の地点では下層の方が濃度値が高い。円の面積は濃度差の値の大きさを表す。

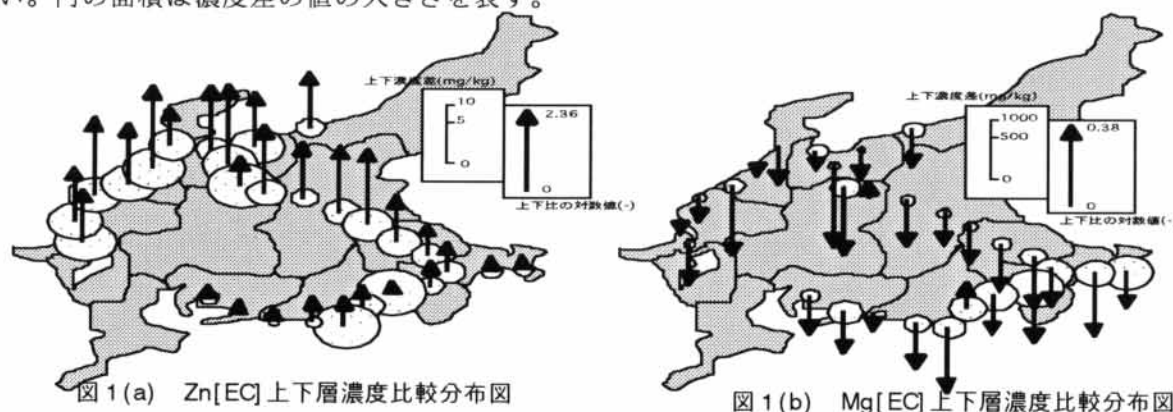


図1(a)に示すZn[EC]の他、Na, V, Cr, Co, Ni, Cu, As, Se, Cd, Pb ([CL],[EC])については下層に比べ上層の方が濃度が高い傾向がある。これらの元素については土壤中の成分による影響とはあまり考えにくく、むしろ外来のこれらの元素が表層からしみ込み、上層に吸着された可能性がある。よってこれらの元素は外来の海塩粒子や、

キーワード：市街地、重金属、土壤汚染、上層土壤、下層土壤

連絡先：京都市左京区吉田本町 京都大学大学院工学研究科 環境地球工学専攻 環境リスク工学講座

TEL：075-753-5156

工業活動や都市活動などの人為的汚染の影響を受けている可能性がある。一方、図1(b)に示すMg[EC]の様に、Al,K,Sc,Fe,Mn,Y,Zr,Cs ([CL],[EC]) については上下層の濃度差はあまり大きくないか、むしろ下層の方が高い濃度値となっており、土壤中の成分による影響あるいは過去の汚染による影響の方が強いと考えられる。

5. 上下層の差のヒストグラムによる解析

[CL],[EC]の[上層]-[下層]の値について元素毎でヒストグラム分布形状を求めたところ、それぞれの分布形状から元素が表1のように、大きく3通りのパターンに分かれた。いずれも対数正規分布に近い形状となったが、特にNa[EC],V,Cr,Ni,Cu,Zn,As,Se,Cd,Pbは多くが微量元素であり、分布形が明らかに正のひずみを持ち、表層からの外来の元素による影響を受けていることが認められる。

表1 上下濃度差のヒストグラム分布形状による元素グループ分け

分布形が明らかに正のひずみを持つもの (外来影響型元素)	分布形が正、負どちらにひずみを持つのか はっきりしないもの(中間型元素)	分布形が明らかに負のひずみを持つもの(地質影響型元素)
Na[EC],V,Cr,Co,Ni,Cu,Zn,As,Se,Cd,Pb	Na[CL],Sc,Mn,Y	Mg,Al,K,Fe,Zr,Cs

6. 上層濃度値と上下層濃度差との分布の比較

外来影響型元素の上層濃度と上下層濃度差との違いについて、Cr[CL]の分布を例にすると、図2(a)、図2(b)の両方とも太平洋側、日本海側の都市、工業地帯周辺で高い値が比較的多いが、上層濃度と上下層濃度差の値の高い地域が若干ずれているように見える。

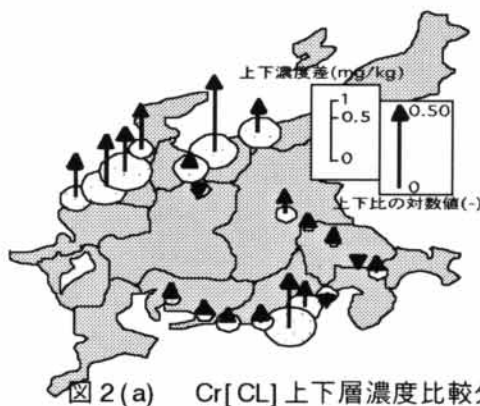


図2(a) Cr[CL] 上下層濃度比較分布

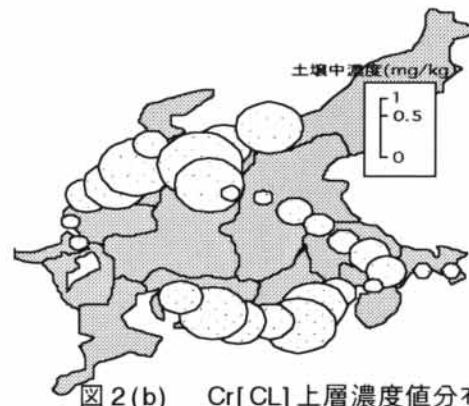


図2(b) Cr[CL] 上層濃度値分布

これについては時間的な影響が絡んでいると考えられ、濃度差では上層から下層の濃度値を引いた値であるため、過去から重金属汚染の影響を受け続けている元素は、上層から下層にも重金属汚染が浸透しているため濃度差があまり出ず、最近からの汚染はあまり下層には元素が吸着していないため、濃度差に表れやすいかもしれない。逆に濃度値のみからは過去から、もしくは過去にあった汚染の影響を主に表す傾向が認められる。

7. 種々の要因との関係

上層濃度、上下層濃度差によって外来影響型元素といくつかの要因とで相関を求めたところ、下の表2に示す元素と要因との相関が若干あることが分かった。

表2 外来影響型元素と各要因との相関が0.3以上の組み合わせ

要因	濃度差による相関	上層濃度値による相関
各市町村の第二次産業就業者比率	V	V,Cr,Co,Ni,Cu,Pb
年平均降水量	Cr,Zn,Se	
地方幹線道路からの距離	Cd	Na,Cd
採掘中主要鉱山からの距離	Zn	Zn,Cd
日本海方向(北西)からの影響	Na,Co,Zn,As,Se	Zn,As,Se

特に、主に工業活動を示す第二次産業が影響を若干及ぼしていると考えられる、V,Cr,Co,Ni,Cu,Pbは工業活動の影響を主に過去に受けており、Zn,Cdは鉱山の影響を受けていると考えられる。またNa,Co,Zn,As,Seは海塩粒子の影響、大陸からの汚染の影響も考えられる。

8. 結論

上層土壌、下層土壌に分けて採取、測定し、単なる平面的な濃度分布形状から違った視点で土壌重金属汚染の可能性について評価した。その結果、以下の結論に達した。

- (1) Na,V,Cr,Co,Ni,Cu,Zn,As,Se,Cd,Pb は外来の元素の影響があり、汚染の可能性が示唆される。
- (2) 濃度差では最近の汚染を表し、濃度値からは過去からの汚染の影響を表す傾向がある。
- (3) V,Cr,Co,Ni,Cu,Pbは工業活動の影響を過去に受けており、Zn,Cdは鉱山の影響を受けていると考えられる。またNa,Co,Zn,As,Seは海塩粒子の影響、大陸からの汚染の影響も考えられる。