

II - 461

中性子放射化分析法による土壤中元素濃度の測定とその評価

京都大学工学部 学生員 長崎 晶
京都大学工学部 正員 堀内 将人
京都大学工学部 正員 井上 頼輝

1. 本研究の目的

従来の土壤汚染問題では金属精錬所や各種工場などが汚染源として注目されていた。しかし近年は廃棄物埋立処分場や清掃工場、石炭火力発電所などが汚染源として加わり、半導体工業をはじめとした高度な科学技術の発展により注目すべき有害物質も多種多様化している。

本研究では大気から土壤に降下した有害物質が土壤中で保持、蓄積されることを考慮し、市街地の数地点において表層から深さ方向に分別採取した土壤中の元素濃度を中性子放射化分析法を用いることによって全量測定し、その結果から大気由来と考え得る汚染元素の推定、蓄積の有無の検討を行うことを目的とした。

2. 土壤採取地点および測定方法

土壤採取地点は大きく分けて2つに分けられる。

- 1) 宇治川の堤防中腹および同川の河川敷。兩岸あわせて計5地点で採取した。この地点は幹線道路に比較的近く、また付近の清掃工場からは右岸（UR、URK）が600m、左岸（UL、ULK）が850m程度離れている。
- 2) 1)と清掃工場との間に位置する（清掃工場から約100m）神社脇の地点（Y）及び、その近傍の10年ほど前からアスファルトで覆われている地点（R）。両地点の土質はほぼ同じであった。

土壤採取はハンドオーガーを用いて深さ50～100cmまで行い、厚さ5～30cmを1サンプルとした。

測定には全量分析に有効な手段であると考えられる中性子放射化分析法を用いて32元素（表1）を定量した。

土壤試料に加えて表層アスファルト及び清掃工場横の運動公園においてエアポンプを用いて0.45μmのミロボア濾紙上に大気中浮遊物質を10時間吸引採取したもの、京大構内において同様に24時間吸引採取したものを試料として放射化分析を行い、元素濃度を定量した。

表1. 定量した12元素

1A	2A	3B	4B	5B	6B	8	1B	2B	5A	6A	7A
	Ca	Sc			Cr	Fe	Co		Zn	As	Se
Rb	Sr	*	Zr					Ag	Cd	Sb	
Cs	Ba	**	Hf	Ta	W			Au	Hg		

* La Ce Nd Sm Eu Gd Tb Yb Lu

** Th

3. 結果

3.1 Y地点とR地点における鉛直方向濃度分布の比較

いずれの地点においても、Zn、Sb、Brの3元素について下層から表層に向けて濃度の増加が見られ、その傾向はY地点においてもっとも顕著であった（図1）。そのほかの元素については採取地点によって分布形状に違いがあった。上記3元素と同様の傾向を示したのは、例えばY地点ではCa、Nd、As、Cr、Cs、Fe、Ta等、UR地点ではCr、As、Co、Cs等であった。

Y地点のコントロール地点として土壤を採取したR地点とY地点とを比較すると、土壤構成要素の1つであるFeや元来土壤に含有され、人為的付加量が少ない希土類元素の濃度分布の形状が両地点で非常に良く類似しており、両地点の土壤組成がほぼ同じであることを支持している。また、Y地点で表層に向けて濃度の増加がみられたZn、Sb、Brについては、R地点と比較しても表層濃度が高く（図2）、これらの元素に関してはR地点がアスファルトで覆われた10年前以降に、大気から土壤へのinputがあった可能性を示唆する結果と考えられる。これらの元素は京大構内の大気中浮遊物質中には検出されなかったが、運動公園内の大気中浮遊物質中からは検出された（表2）。

表2. 大気中浮遊物質（μg/g1）

	運動公園	京大構内
Sc	4.2601E-08	4.124E-08
Cr	*****	3.4907E-05
Co	5.3309E-06	*****
Zn	3.5934E-05	2.4019E-05
As	1.5543E-06	*****
Br	2.5123E-06	*****
Sr	*****	2.16E-03
Sb	4.4849E-06	*****
Cs	4.5028E-07	4.879E-07
La	6.3166E-07	5.4155E-07
Sm	3.7513E-08	*****
Gd	4.9804E-05	*****

3.2 統計解析

採取した土壌試料全45サンプルを用いて定量された32元素を変数とした主成分分析を行った。

3.2.1 相関係数

希土類元素間の相関が高く（0.8以上）、希土類元素間の濃度比が土壌の種類などによってあまり変化しないという従来の知見を支持する結果を得た。{Zn、Sb、Br}の相関係数は0.7以上と高く、その他では{Fe、As、Cs}が0.6以上の相関係数を示した。

3.2.2 主成分分析結果

第1主成分に正の寄与を与える主な元素は希土類元素であり、第2主成分にはCa、Fe、Coなど人為的発生

量が多い元素が正の高い寄与、第3主成分にはCr、Zn、Br、Sbなど、実測濃度分布より大気由来の付加が考えられる元素が負の高い寄与を与えた。また、第1主成分得点が高い地点には宇治川左岸河川敷などの粘土分を多く含んだ土壌が多く、第2主成分の正の得点、第3主成分の負の得点が高い地点には表層、第2層などの大気からの影響を受けやすい地点が多かった。以上より、第2、3主成分は大気由来及び人為的な土壌汚染の程度を示す指標として利用できる可能性を持つものと思われる。

4. 結論

本研究で得られた主な結果を以下にまとめる。

- 1) Zn、Sb、Brなど大気由来で土壌に沈着したと考え得る元素の存在が示唆された。
- 2) 主成分分析法によって地域的な大気由来及び人為的な土壌汚染の程度を示す指標を導入できる可能性を示した。

謝辞

本研究を進めるにあたってご協力頂きました京大原子炉実験所の西牧研壯助教授、堀田尚哉助手、高田實彌技官に謝意を表します。

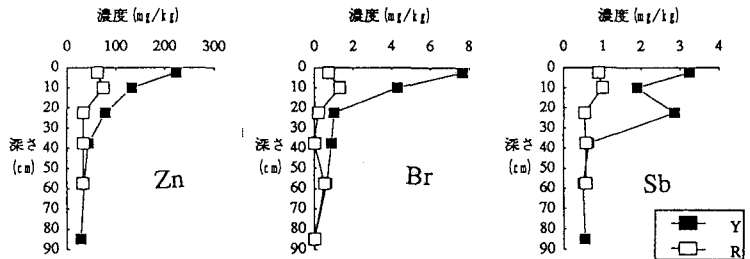


図1 Y地点における元素の鉛直方向の分布

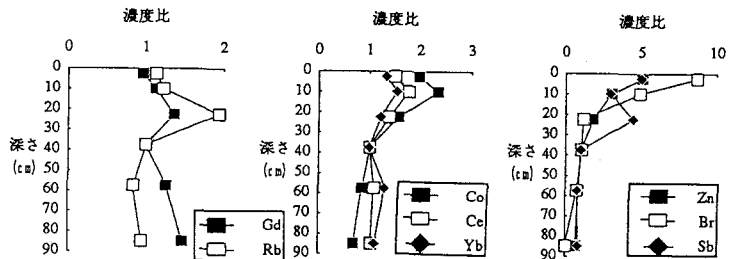


図2 Y地点とR地点の元素濃度の比較