

II - 454

ケミカルフォールアウトによる土壌へのアンチモンの付加とその起源に関する検討

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
 北海道開発庁 高尾智満

1. はじめに

筆者らはこれまでに、清掃工場周辺の市街地土壌中に含まれる32元素の全量濃度を放射化分析により測定し、それらの鉛直分布から大気由来の汚染元素としてZn, Sb, Brが注目されることを指摘した¹⁾。これらの元素の中でSbは、水道水質基準の要監視項目として新たに取り上げられ、その指針値(0.002mg/L)は同族のヒ素(0.01mg/L)よりも低い。にもかかわらずSbの環境中での分布・動態に関する知見はヒ素等と比較して少なく、今後その微量分析法の確立も含めて研究を進めるべき重要な元素の一つと言える。本研究では、土壌採取地点をこれまでの清掃工場周辺だけでなく、周辺に清掃工場等の固定点発生源がない京都市内の市街地、人為的な汚染が無視できる郊外地の3地域（コントロール地域）に拡大し、中性子放射化分析法により土壌中Sbの全量濃度を測定した。さらに、土壌中のSbをイオン交換態、金属酸化物への結合態、土壌有機物への結合態、の3種類の保持形態に分けて抽出する多段階抽出法により分離し、各濃度を測定した。これらの分析結果から、ケミカルフォールアウトによる土壌へのSb付加の有無、その起源、保持形態の違い等について検討した。

2. 土壌の採取および測定方法

土壌は客土や施肥等の人為的攪乱が加えられていない地点を選定し、表層から深さ60ないし70cmまでを7層に分けて採取した。試料採取地点は表1に示す3地域に分類され、合計11地点において土壌を採取した。

採取した土壌中のSbの全量濃度は中性子放射化分析法により測定した。多段階抽出法はTessierらの提案した方法²⁾を参考にして、イオン交換態は酢酸アンモニウム、金属酸化物への結合態は塩酸ヒドロキシルアミン、有機物への結合態は硝酸・過酸化水素水を抽出液として順次抽出操作を行い³⁾、抽出液中のSb濃度をICP発光分析器(SHIMADZU, ICPS-4960, 超音波モードで使用)により定量した。

表1 試料土壌採取地点の概要

地 域	地 点	略号
(1) コントロール地域	左京区大原, 神明神社	C
	FD地点近傍の床下	CFD
(2) 周辺に固定発生源のない市街地	東山五条	SA
	大宮五条	SU
	下鴨神社	SI
	吉田山	SY
(3) 清掃工場周辺	M清掃工場周辺	FS
	南西約1.8km	FE
	北東約2.6km	
	H清掃工場周辺	FA
	北東約0.2km	PH
	北 約2.2km	FI
	北東約2.5km	FD

3. 結果および考察

3.1 Sbの土壌中全量濃度（放射化分析）

中性子放射化分析により定量した土壌中Sb濃度の鉛直分布を3地域に分けて図1に示す。

SA地点を除いて、コントロール地域、一般市街地、清掃工場周辺地域のいずれも表層に向けての濃度増加が見られる。平均的に見てその濃度増加の程度は、コントロール<一般市街地<清掃工場周辺、である。しかしその差は大きくなく、市街地の広い範囲でケミカルフォールアウト由来のSbが土壌に付加されていると判断され、清掃工場はその起源の一つとして挙げられる。CFD地点はFD地点のごく近傍にあり、約10年前に床下となった地点であるが、FD地点と比較して最上層の濃度のみが低くなっていることが特徴的である。

3.2 保持形態別土壌中Sb濃度（多段階抽出）

3種類の抽出法により分離・定量した保持形態別の土壌中Sb濃度の鉛直分布を3.1と同様に3地域に分けて図2～4に示す。ただし図中では、土壌組成の違いに起因するSbの収着容量の違いを考慮して、イオン交換態、金属酸化

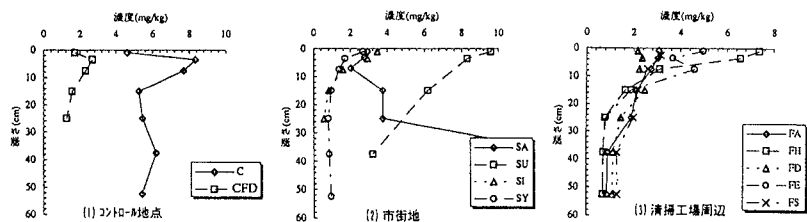


図1 Sbの土壌中全量濃度

物結合態、有機物結合態として分離定量したSb濃度(mg/kg)を、おののお各土壌の陽イオン交換容量(cmol(+)/kg)、同じ抽出液に含まれたFe,Mn,Alの合計濃度(mg/kg)、有機炭素量(%)で除して規準化した値を用いている。

イオン交換態では、市街地土壌はほぼ一定(SU,SY)または表層から第3層、第4層の値が高い(SA,SI)のに対し、清掃工場周辺土壌では表層に向けて値が増加する傾向を示している。酸化物結合態では、市街地土壌は表層に向けて値の増加が見られる(SA地点を除く)のに対し、清掃工場周辺土壌は深さ方向の値の変動がほとんどない(FH,FE,FS)が第2~4層の値が高くなっている(FA,FD)。有機物結合態ではいずれの地域でも土壌下層に向かって値が増加傾向を示している。コントロール地域(C地点)では、いずれの保持形態でも他と比較して値が非常に小さい。

以上のことから、ケミカルフォールアウトとして土壌に付加されるSbは、土壌溶液中での化学的性質により少なくとも二つの成分に分類することが可能である。すなわち、一つは土壌中で交換性イオンになりやすい成分で、もう一つは土壌中で酸化物に結合されやすい成分である。前者の発生源の一つとしては清掃工場が考えられ、後者の発生源はまだ特定できないが、自動車排ガスなど市街地特有の面的な汚染が考えられる。ただし、Sbは陰イオンとしても存在する可能性があるため、イオン交換態の評価についてはさらに検討が必要である。

4. おわりに

本研究で実施した土壌中Sb濃度の分析により、ケミカルフォールアウト由来と考えられるSbが広く市街地土壌表面に付加されていることが推定された。今後はさらに多くの地点での同様の分析や大気中Sb濃度の分析を実施することにより、清掃工場だけでなくその他の汚染源についても詳しく調査・検討する必要がある。またSbの土壌中での動態についてもさらに研究を進める予定である。

謝 辞 本研究を進めるにあたってご協力いただきました京大原子炉実験所の西牧研壮助教授、颯田尚哉助手、高田実彌助手、京都大学工学部衛生工学教室の長尾正吾技官、河村正純技官に謝意を表します。

参考文献 1) 長崎他；第49回土木年講, pp.922-923, 1994.

2) Tessier,P.G. et als. ; Analytical Chemistry, Vol.51, pp.844-850, 1979.

3) 高尾；京都大学特別研究, 1995.

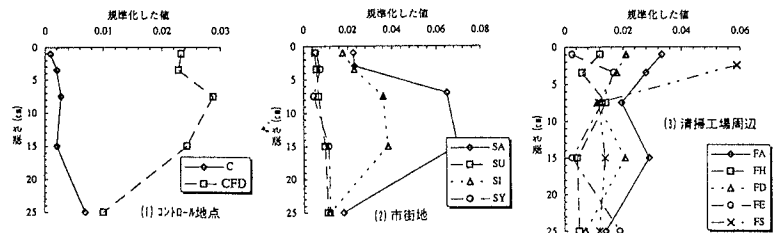


図2 交換性イオンとして存在していたSb (mg/kg-soil)を試料土壌のCEC(cmol(+)/kg-soi)で除して規準化した値の分布

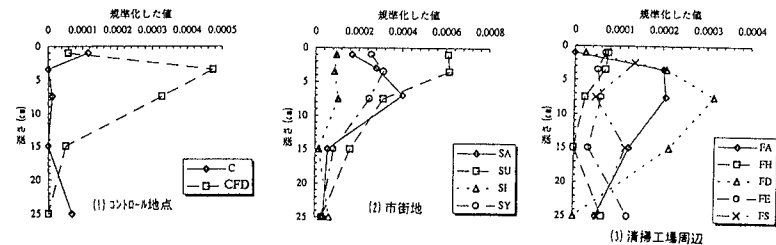


図3 酸化物に結合していたSb濃度(mg/kg-soil)を同じ抽出液で抽出されたFe,Mn,Al濃度(mg/kg-soil)で除して規準化した値の分布

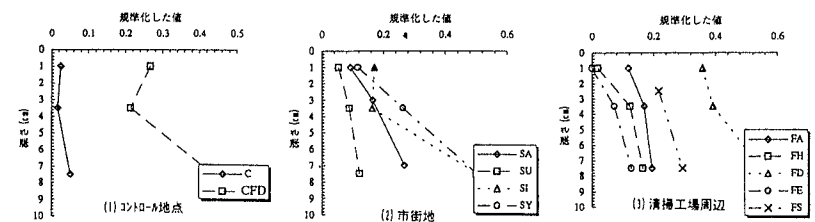


図4 有機物に結合していたSb濃度(mg/kg-soil)を試料土壌の有機炭素量(%)で除して規準化した値の分布