

微小粒子状物質検討会

研究成果報告書

各種排出源粉塵の鉛分析  
— 発生源解析への適用性の検討 —

東京大学 新領域創成科学研究科

准教授 吉永 淳



## 各種排出源粉塵の鉛分析－発生源解析への適用性の検討

東京大学 新領域創成科学研究科

吉永 淳

### 1. はじめに

大気粉塵の発生源解析において、大気粉塵の化学組成(金属成分、イオン成分、有機化合物等)を指標とした方法が用いられている。こうした方法では、各種潜在的発生源の粉塵の化学組成が明確になっていることが必須である。潜在的発生源毎に粉塵の化学組成が他と大きく異なれば異なるほど、発生源指標として有効となる。

近年、炭素同位体比など、発生源解析のための有効な指標が見いだされてきた。今回新たな指標を探索することを目的とし、鉛の安定同位体比に着目した。鉛の安定同位体比は、わが国ではこれまでも大陸由来の鉛汚染の判別に利用されてきた(Mukai et al., 1994)ため、発生源解析にも利用できる可能性があるが、特定の地域内での発生源解析に利用可能であるかどうかの情報は無い。そこで各種排出源からの粉塵(SPM)の鉛安定同位体比を測定し、排出源毎に異なる同位体比をもつかについて検討することとした。

### 2. 方法

東京都 微小粒子状物質(PM2.5)等大気環境調査の一環として行われた、平成 20 年度排出源調査で採取された粉塵の提供を受けた。粉塵試料はポリフロンフィルター上に捕集されたもので、1 枚のフィルターを 1/4~1/2 に切断したものである。調査計画に基づき、放射化分析による金属分析が終了し、放射能値の十分低下した 17 試料を鉛分析に用いた。今回の測定では SPM 試料を用いた。

SPM の捕集されたフィルターごとテフロンビーカーにとり、 $\text{HNO}_3/\text{HClO}_4/\text{HF}$  による混酸分解を行い、粉塵を溶液化した。分解液は乾固させた後、0.1% $\text{HNO}_3$  に溶解して試料とした。

分解試料は適宜希釈して、誘導結合プラズマ質量分析法(ICPMS)により、鉛、スズ濃度の測定を行った。なお鉛、スズ濃度は、粉塵質量あたり及び排ガス  $1\text{m}^3$  あたりの濃度で求めた。分析の精度管理は土壌の認証標準物質を用いて行った。

分解液を適宜希釈し、鉛濃度を 5 ng/g 程度として、ICPMS を用いて鉛安定同位体比( $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 、 $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ )の測定を行った。

### 3. 結果

#### 3.1 排出源 SPM・排ガスの鉛及びスズ濃度(放射化分析では未測定)

今回分析した試料の鉛及びスズ濃度を表 1 に一覧し、図 1、2 に図示した。鉛については土壌、厨房など天然系の SPM 中濃度は低く、道路粉塵、焼却炉などはそれより一桁高く、くず鉄電気炉、窯業炉では三桁濃度が高かった。SPM 中スズはくず鉄電気炉が高かった他は、排出源毎に異なる

傾向は見られなかった。排気ガス中濃度に換算すると、ごみや汚泥焼却炉の鉛、スズ濃度は厨房や家庭からの排出レベルと大差なく、くず鉄電気炉、窯業炉は高いレベルであったが、大気汚染防止法における排出基準値(20,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )および東京都条例(10,000  $\mu\text{g}/\text{m}^3\text{N}$ )よりも二桁低い値であった。

表 1 排出源 SPM 中の鉛及びスズ濃度

	粉塵中鉛濃度(mg/kg)	排ガス中鉛濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	粉塵中スズ濃度(mg/kg)	排ガス中スズ濃度( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )
土壌A	26		14	
土壌B	35		4	
土壌C	46		35	
土壌D	23		2	
道路粉塵A	206		26	
道路粉塵B	288		45	
道路粉塵C	133		38	
道路粉塵D	117		6	
地下街	55	0.018	6	0.002
家庭台所	9	0.011	ND	ND
厨房排気	37	0.003	ND	ND
ごみ焼却炉A	532	0.041	55	0.004
ごみ焼却炉B	321	0.026	51	0.004
下水道汚泥焼却	283	0.013	86	0.004
ボイラ(LSA重油)	90	0.068	5	0.004
電気炉(くず鉄)	$21.6 \times 10^3$	4.38	690	140
窯業炉	$10.3 \times 10^3$	280	16	441

### 3.2 排出源 SPM の鉛安定同位体比

鉛安定同位体比を図 3 にプロットした。大きく分けると、図の左下の「土壌」「一般排気(厨房、家庭台所など)」と右上の「道路粉塵」「ごみ焼却炉」「工業炉」である。左下は言うなれば「天然系」、右上は何らかの人為的活動(ごみ焼却、自動車、工業など)に由来するので、「人為系」とみなすことができる。「天然系」は、土壌や食物などの燃焼に伴う鉛で、わが国特有の鉛同位体比が反映しているものである。実際、これまでに報告されてきたわが国の土壌や岩石の鉛安定同位体比と、今回測定した「土壌」の同位体比とはほぼ一致する。また「厨房排気」や「家庭からの排気」の鉛源はおそらく食物などの燃焼の結果生じた微粒子であると考えられ、食物の同位体比もほぼわが国の土壌の同位体比と類似していることが知られている(植物の鉛同位体比には土壌の同位体比が反映するから)。

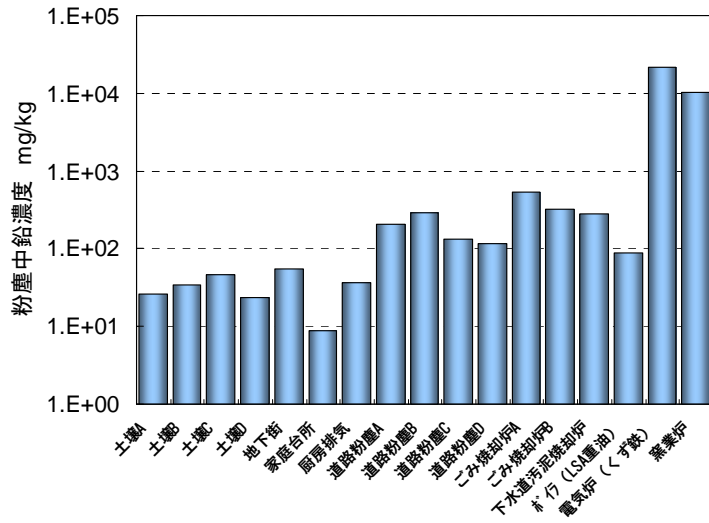


図1 排出源 SPM 中鉛濃度

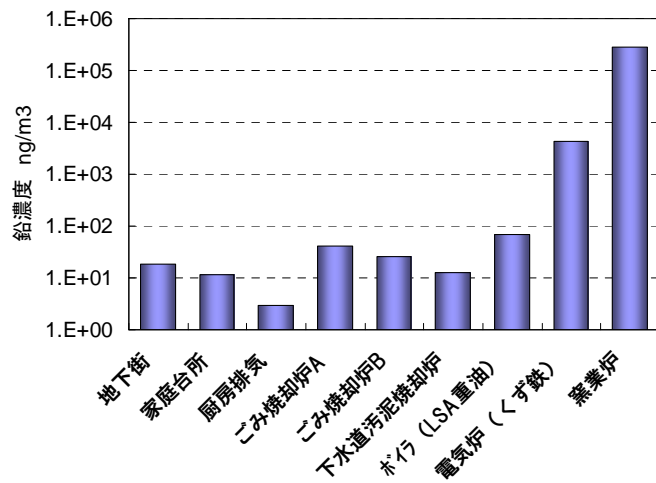


図2 排出源毎の排ガス中鉛濃度

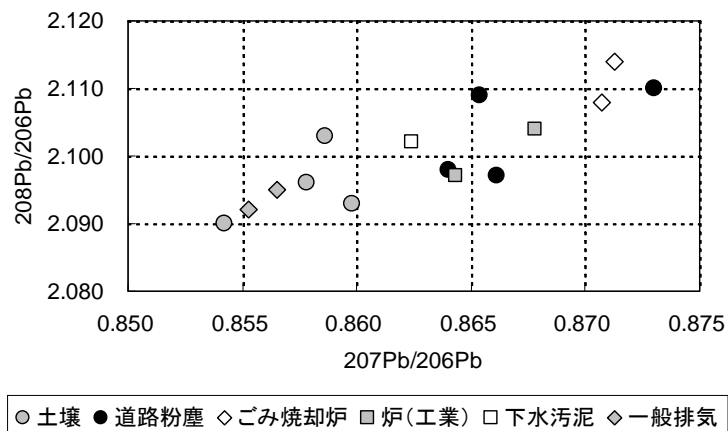


図3 排出源 SPM の鉛安定同位体比の分布

「人為系」が「天然系」と異なる同位体比を示すのは、人為系には外国から輸入された物品に含まれる鉛(日本産の鉛とは同位体組成が異なる)が含まれるためであると考えられる。国内で工業的に使用される鉛の 8 割以上が海外からの輸入であると言われている。したがって人為系の鉛同位体比が日本産鉛のそれと異なるのは当然である。自動車のホイールバランスに鉛が使用されており、これが道路粉塵の鉛濃度が土壌より一桁高かった原因である可能性がある。もしそうだとすると、同位体比のデータを見る限り、バランスに使用されている鉛は国産ではないようである。一方、ごみ焼却場では、国内で使用されている各種の文物がすべて混じり合って燃焼している。そのフライアッシュの鉛安定同位体比は国内で使用されているさまざまな鉛含有物の同位体比の平均値であると考えられている(Mukai et al. 1993)。今回測定した 2 施設のごみ焼却場粉塵の同位体比は Mukai et al. (1993)の報告した値ときわめて近い。

大気粉塵(SPM, PM2.5 など)の発生源解析に鉛同位体比を利用できるか、という観点から図 3 を見ると、天然系と人為系の発生源の寄与を別々に見積もることは可能かもしれないが、人為系のなかで、道路粉塵、ごみ焼却場、工業炉の鉛同位体比の分布は重複しており、しかも分布範囲が広い。したがって鉛同位体比を使用した大気粉塵の発生源解析は、発生源の切り分けに限られる(天然 vs 人為 程度)うえ、大きな不確かさがありうると考えざるを得ない。

#### 4. 結論

排出源毎の鉛同位体比の分布が明瞭に異なるので、鉛同位体比の測定によって大気粉塵の発生源解析の精度を上げることは困難である。

#### 【文献】

Mukai H., Furuta N., Fujii T., Ambe Y., Sakamoto K., Hashimoto Y. (1993) Characterization of sources of lead in the urban air of Asia using ratios of stable lead isotopes. *Environ Sci Technol* 27: 1347-1356.

Mukai H., Tanaka A., Fujii T., Nakao M. (1994) Lead isotope ratios of airborne particulate matter as tracers of long-range transport of air pollutants around Japan. *J Geophys Res* 99: 3717-3726.