

目的

東京都内で発生する原因不明な鉛汚染の汚染源解明

東京大空襲で発生した大規模火災が汚染原因？

- ①焼夷弾の燃料・薬劑・部品に含まれる鉛？
- ②火災により家屋・電線等構造物から溶出した鉛？

大規模火災→広範囲に汚染された土壌

共通した特徴を持つ可能性がある

- ①土壌化学組成
 - ②土壌中の鉛含有粒子化学組成
- 共通性確認

解析手法

分析方法

- ①土壌化学組成: エネルギー分散型蛍光X線装置(EDX)
- ②鉛含有粒子化学組成: 分析走査電子顕微鏡(SEM-EDX)

試料採取地

東京大空襲による都内延焼範囲内で発見した汚染源不明な鉛汚染サイト(3ヶ所)



解析用試料採取地概要

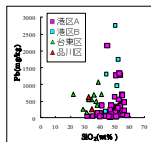
①港区A (Pb低濃度) ②港区B (Pb高濃度) ③台東区 ④品川区	面積 (m ²)	採取地点数	採取深度 (m)	試料数	鉛濃度(mg/kg)	
					平均	最大
①	250	12	0~2	44	326	2148
				5	1384	2748
③	99	12	0~0.5	12	617	1323
				2	432	617

(※品川区のサイトは工場跡地、机上工場跡地を調査コンクリートの下層から採取された土壌であることより、工場の生産活動の影響を受けていないという観点から、今般調査対象に調査するとは限らず)

結果

土壌の全岩化学組成

	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO
港区A	2.31	21.1	48.9	0.73	2.1	7.2	1.7	0.11
港区B	2.40	20.5	48.3	0.47	2.4	7.1	1.7	0.12
台東区	0.30	10.3	32.9	0.22	2.9	18.3	2.3	0.13
品川区	-	16.7	33.4	0.16	1.2	7.6	2.9	0.19



濃縮係数(B.F.)

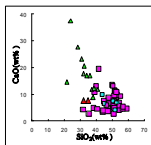
* 濃縮係数 (Enrichment Factor)
↓
土壌への各元素付加の人為寄与を表す係数

$$B.F. = \frac{(X_n \text{ Sample} / X_M \text{ Sample})}{(X_n \text{ Background} / X_M \text{ Background})}$$

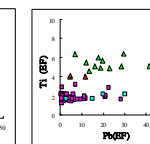
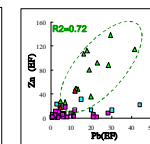
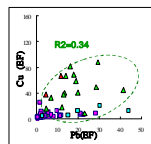
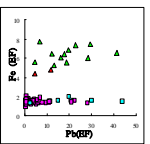
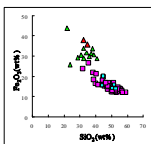
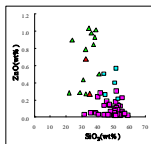
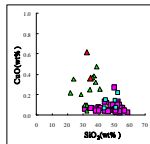
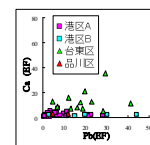
X_n Sample: 試料中の目的元素濃度
X_n Background: 基準試料中の目的元素濃度
X_M Sample: 試料中のAI濃度
X_M Background: 基準試料中のAI濃度
* 基準試料=関東地方の標準的な火砕灰土壌

	Pb	Cu	Zn	Rb ₂ O	SrO	ZnO ₂	Pb
港区A	15.6	0.08	0.09	0.02	0.06	0.04	326
港区B	16.2	0.13	0.39	0.02	0.07	0.04	1384
台東区	31.5	0.26	0.69	0.04	0.16	0.15	617
品川区	36.8	0.49	0.47	0.01	0.08	0.09	432

MgO~ZrO₂: wt%, Pb: mg/kg



	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb
港区A	2.5	1.9	0.6	1.6	5.9	4.9	5.2
港区B	2.3	2.0	0.7	1.7	11.8	21.1	22.1
台東区	12.9	5.3	1.4	6.5	43.3	76.7	19.3
品川区	3.0	4.1	1.3	4.6	52.5	31.7	8.2



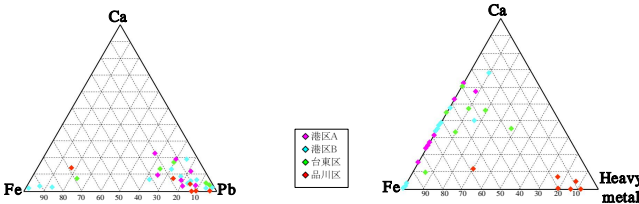
- ①台東区、品川区は重金属の濃度及び濃縮係数が高い。
 - ②台東区ではCaの濃度及び濃縮係数が高い。
- Pbと各元素間の濃縮係数相関において、台東区のみCu及びZnで相関が見られる。

結果

鉛含有粒子の化学組成

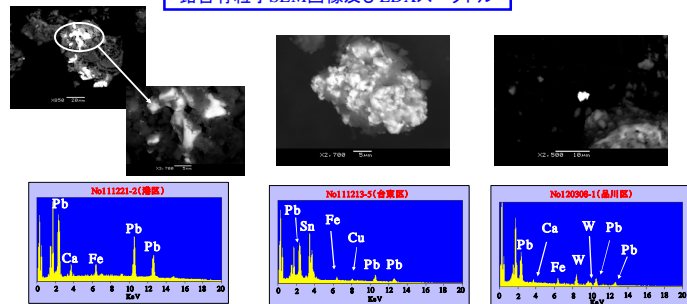
サンプルID	Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	K ₂ O	CaO	TiO ₂	MnO	FeO	CuO	ZnO	SnO ₂	SrO ₂	WO ₃	PbO
1201131	11.4	44.2	-	1.7	7.9	-	-	4.7	1.2	-	-	-	-	28.9
1201132	6.8	14.2	13.9	-	7.6	-	-	4.7	-	-	-	-	-	52.8
1201133	16.1	26.4	-	-	1.7	-	-	5.0	-	-	-	-	-	56.8
1201134	26.7	43.3	-	2.1	2.6	-	-	7.2	-	-	-	-	-	18.1
1201135	19.3	48.4	-	2.2	6.8	-	-	6.1	-	-	-	-	-	17.2
1201136	15.9	25.8	-	-	1.6	-	-	5.6	-	-	-	-	-	44.1
1201137	12.6	19.2	-	*	2.7	1.5	32.1	-	-	12.3	-	-	-	19.6
1201138	10.1	63.4	-	-	1.8	-	-	3.9	-	-	-	-	-	20.8
910301	4.6	17.5	-	*	-	-	-	2.8	-	2.8	-	-	-	46.6
910302	2.6	15.8	-	2.3	-	-	-	72.9	-	1.8	-	-	-	5.1
910303	10.8	14.9	-	-	5.4	1.1	29.7	6.9	-	1.8	-	-	-	29.4
910304	2.2	4.4	-	-	1.2	-	-	2.6	-	-	-	-	-	89.6
9103011	21.8	49.7	-	1.2	1.8	0.7	-	8.3	-	-	-	-	-	16.5
1112211	4.6	7.9	-	-	1.6	-	-	1.0	-	-	-	-	-	84.0
1112212	12.0	30.2	-	-	5.1	-	-	8.2	-	-	-	-	-	44.5
1112213	9.9	26.9	-	-	3.9	-	-	4.2	1.6	-	-	-	-	53.5
1112214	10.0	27.1	-	-	4.0	-	-	4.4	-	-	-	-	-	54.5
1112215	10.0	18.5	14.0	0.8	10.4	-	-	3.2	1.6	-	-	-	-	41.5
1112216	11.7	28.3	-	1.0	3.1	-	-	6.9	-	-	-	-	-	49.0
1112217	5.5	13.1	-	-	1.1	-	-	81.4	-	-	-	-	-	0.9
1112218	12.6	28.5	-	-	3.5	-	-	8.7	-	-	-	-	-	48.7
1112219	7.3	13.6	2.2	-	1.5	11.0	-	55.4	0.6	-	-	-	-	8.4
11122110	15.3	21.0	-	-	3.2	-	-	5.7	-	-	-	-	-	44.8
11122111	7.2	13.7	-	-	1.6	-	-	3.2	-	-	-	-	-	74.3
11122112	8.3	8.4	-	-	1.9	-	-	1.3	-	85.6	-	-	-	1.5
1112132	5.1	10.3	-	-	2.0	-	-	2.5	-	-	-	-	-	86.1
1112133	6.8	26.0	-	-	4.8	-	-	44.3	2.9	-	-	-	-	15.2
1112134	5.5	11.9	-	-	2.9	-	-	44.3	2.9	-	-	-	-	76.5
1112135	6.3	15.1	-	-	3.7	-	-	2.7	2.3	3.1	43.9	-	-	26.6
1112136	9.8	20.3	-	-	3.1	-	-	5.4	0.8	6.4	40.4	-	-	6.9
1112137	11.9	25.6	-	1.3	7.4	-	-	5.6	5.0	3.0	-	-	-	30.2
1112138	4.0	8.8	-	-	2.3	-	-	3.1	-	0.5	-	-	-	82.3
1112061	8.3	19.7	3.8	-	3.9	-	-	3.9	-	-	18.8	-	-	45.5
1112062	5.5	11.9	-	-	3.5	-	-	2.2	-	-	-	-	-	76.9
1112063	6.8	26.0	-	-	4.8	-	-	44.3	2.9	-	-	-	-	15.2
1112064	13.0	32.8	-	-	6.7	-	-	11.4	2.1	-	-	-	-	32.8
1202281	9.7	21.0	-	-	4.5	-	-	4.5	-	27.1	-	-	-	37.7
1202283	8.8	9.7	-	-	1.9	-	-	1.9	15.2	3.7	-	-	-	60.7
1203081	5.8	9.4	-	-	2.1	-	-	4.6	-	-	-	-	-	41.8
1203082	13.9	19.4	-	-	2.7	0.7	-	6.7	-	-	-	-	-	29.4
1203083	30.6	46.8	-	-	2.3	-	-	11.4	-	6.0	-	-	-	2.9
1203084	11.4	26.1	-	-	5.3	-	-	5.3	-	20.1	-	-	-	37.2

(-) : 検出されず (*) : 検出不能



- ①共通してCa、Feを含む。
- ②重金属濃度は品川区で高く、台東区でもやや高い値を示す。
- ③品川区の粒子のみWを含む(特異な特徴)。

鉛含有粒子SEM画像及びEDXSスペクトル



注1: AI及USの濃度については、土壌粒子の影響が大きく精度が低い。

注2: CaについてはSn及びSbピーク位置が異なるため、Sn、Sbが検出された場合、含有については判明不能。

まとめ

1. 鉛含有粒子

- 品川区
 - ①特有の元素(W)を含む
 - ②高い重金属濃度

* 形状、成分(Co,N)から明らかに焼夷由来と考えられる粒子を多数に含む
- 港区
 - ①類似した化学組成
- 台東区
 - 鉛の付加原因は同じ?

通常の産業活動による鉛付加と考えられる

2. 土壌
台東区土壌の重金属、Caの濃度及び濃縮係数が港区土壌より高い。
→ 異なった特徴を示す。

- ①汚染レベルの強弱による?
- ②複合汚染?
- ③汚染原因が異なる?

3. 今後の課題

調査地域をさらに増やして鉛含有粒子及び土壌の化学組成における広範囲にわたる共通性確認。
大空襲による火災にさらされた物体への鉛付着有無確認。
焼夷弾構成部品の鉛含有確認。