

災害廃棄物仮置場における重金属類の PIXE 分析

刈屋 亨¹、沖田潤一郎²、田村良彦²、小野正文¹、世良耕一郎³

¹岩手県環境保健研究センター
020-0857 岩手県盛岡市北飯岡 1-11-16

²岩手県環境生活部廃棄物特別対策室
020-8570 岩手県盛岡市内丸 10-1

³岩手医科大学サイクロトロンセンター
020-0603 岩手県滝沢市留が森 348-58

1 諸言

東日本大震災津波により、県内では約 500 万トンの災害廃棄物が発生し、沿岸各地に災害廃棄物の仮置場が設置された。

岩手県は、「災害廃棄物仮置場の返還に係る土壤調査要領」を策定し、使用終了した仮置場について、土壤調査を実施したうえで、土地所有者へ返却することとしている。

演者等は、災害廃棄物仮置場における重金属類の分布を迅速に把握するために、災害廃棄物仮置場の土壤を検体として、As 及び Pb の溶出試験及び含有試験（公定法）と並行して PIXE 分析を実施した。

2 実験方法

岩手県内の 5 仮置場（A、B、C、D、E）を対象として土壤試料を採取した後に「5 点混合検体」を作成し、「溶出試験及び含有試験（公定法）」と並行して PIXE 分析を実施した。

2.1 土壤試料採取

30 m 格子を 1 調査地点として、10 m 格子に区切り、中心上下左右の 5 区画からそれぞれ表層（0～5 cm）と下層（5～50 cm）から採取した。

2.2 5 点混合検体

2.1 土壤試料で採取した土壤を、区画ごとに表層と下層で等量混合した後に、5 区画のそれらをさらに等量混合したものを検体とした。

2.3 溶出試験及び含有試験（公定法）

2.3.1 溶出試験

土壤汚染対策法施行規則第五条第三項第四号の環境大臣が定める土壤溶出量調査に係る測定方法。

2.3.2 含有試験

土壤汚染対策法施行規則第五条第四項第二号の環境大臣が定める土壤含有量調査に係る測定方法。

(参考)溶出試験及び含有試験

砒素及びその化合物:JIS K0102 61.4、鉛及びその化合物:JIS K0102 54.3。

2.4 PIXE 分析

採取土壌は、夾雑物を除いた後、めのう乳鉢で粉末化し、100 µm 以下に粒径を揃えた。各検体につき 50 mg を秤量し、これに内部標準としてパラジウムカーボン (abt. 5% Pd、和光純薬) を 10 mg 加え、再びめのう乳鉢を用いて混合し、混合試料中の Pd 濃度が約 10000 µg/g になるように調製した。微量量の混合試料をバックリング膜に載せ、1%に希釈したコロジオン 3µL を滴下して試料を薄く延ばし、PIXE 分析のターゲットとした。

3 実験結果及びまとめ

実験結果を(表 1)と(表 2)に、個別のデータを(別表)に示す。また、PIXE 分析と溶出試験及び含有試験(公定法)の測定値散布図を(図 1)に示す。

K.Saitoh らは urban particulate matter や river sediment 等の標準品 (NITS standards) を用いて PIXE 分析と ICP-MS の定量性を評価した^{1,2)}。今回の結果においては、土壌の各検体における PIXE 分析と溶出試験及び含有試験(公定法)測定値の相関を明確にすることができなかった。しかし、結果において①As の PIXE 分析測定値が全て 30.5 mg/kg 以下の仮置場では、溶出基準 (0.010 mg/L) を超過しなかった。また、②Pb の PIXE 分析測定値は最大 525.0 mg/kg であったが、その場合でも、検出した仮置場において含有基準 (150 mg/kg) を超過しなかった。前述①②から、岩手県の仮置場土壌の溶出及び含有基準値超過の有無の判定するための PIXE 分析の活用は有用であることが推定できた。

今後、データを蓄積してそれらを明確にすることが課題となる。

参考文献

[1] K.Saitoh, K.Sera, T.Goto, M.Nakamura, *Nucl. Instr. and Meth.*, B189(2002)91,92

[2] K.Saitoh, K.Sera, *Int. J. PIXE*, 15,(2005)62

表 1 As の実験結果

基準値	検体数	PIXE (mg/kg)	溶出 (mg/L)	含有 (mg/kg)	
			0.010	150	
	仮置場A	18	ND~68.0	0.003~0.037	<5~21
	仮置場B	6	ND~ND	<0.001~0.002	<5~<5
	仮置場C	24	ND~20.6	<0.001~0.002	<5~<5
	仮置場D	11	ND~30.5	<0.001~0.010	1~2
	仮置場E	10	ND~7.2	<0.001~0.004	<1~2

表 2 Pb の実験結果

基準値	検体数	PIXE (mg/kg)	溶出 (mg/L)	含有 (mg/kg)	
			0.010	150	
	仮置場A	18	ND~190.1	<0.001~<0.001	7~110
	仮置場B	6	ND~26.1	<0.001~<0.001	<5~<5
	仮置場C	24	ND~525.0	<0.001~0.002	<5~38
	仮置場D	11	ND~139.1	<0.001~<0.001	<5~30
	仮置場E	10	ND~60.4	<0.001~0.004	<5~25

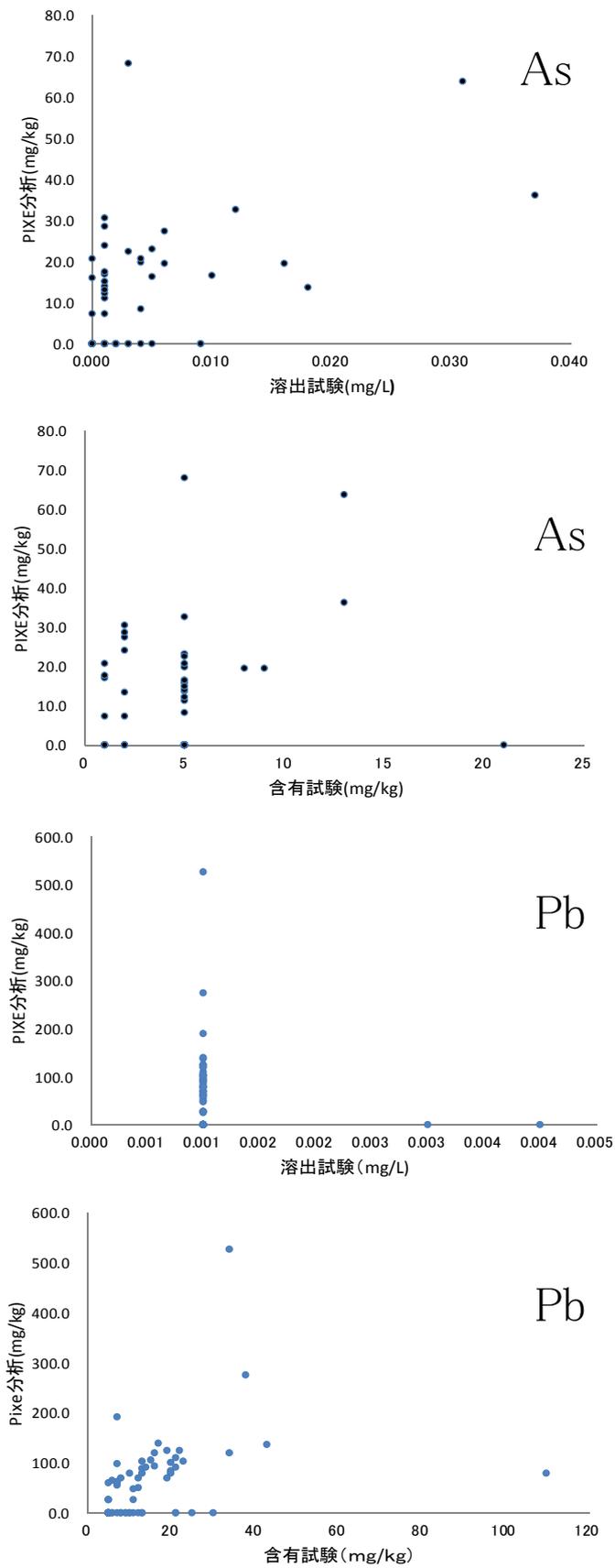


図1 PIXE分析と溶出試験及び含有試験（公定法）の測定値散布図

別表

別表1 仮置場Aの実験結果

	As			Pb		
	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)
基準値		0.010	150		0.010	150
地点1	13.6	0.009	<5	68.1	<0.001	12
地点2	63.7	0.018	13	ND	<0.001	13
地点3	ND	0.031	21	ND	<0.001	13
地点4	32.7	0.009	5	83.4	<0.001	20
地点5	19.5	0.012	9	190.1	<0.001	7
地点6	36.2	0.016	13	79.1	<0.001	20
地点7	19.5	0.037	8	124.1	<0.001	22
地点8	23.1	0.006	<5	69.3	<0.001	8
地点9	8.3	0.005	<5	100.7	<0.001	20
地点10	68.0	0.004	<5	77.5	<0.001	13
地点11	ND	0.003	<5	136.7	<0.001	43
地点12	22.5	0.002	<5	88.4	<0.001	13
地点13	ND	0.003	<5	119.3	<0.001	16
地点14	ND	0.004	<5	109.4	<0.001	21
地点15	19.8	0.003	<5	78.4	<0.001	110
地点16	ND	0.004	<5	93.4	<0.001	16
地点17	16.3	0.005	<5	ND	<0.001	21
地点18	ND	0.005	<5	125.1	<0.001	19

別表2 仮置場Bの実験結果

	As			Pb		
	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)
基準値		0.010	150		0.010	150
地点1	ND	<0.001	<5	24.8	<0.001	<5
地点2	ND	<0.001	<5	26.1	<0.001	<5
地点3	ND	<0.001	<5	25.9	<0.001	<5
地点4	ND	<0.001	<5	ND	<0.001	<5
地点5	ND	<0.001	<5	ND	<0.001	<5
地点6	ND	0.002	<5	ND	<0.001	<5

別表3 仮置場Cの実験結果

	As			Pb		
	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)
基準値		0.010	150		0.010	150
地点1	14.1	<0.001	<5	ND	<0.001	8
地点2	ND	0.001	<5	ND	0.002	6
地点3	ND	0.002	<5	ND	<0.001	12
地点4	ND	0.001	<5	54.6	<0.001	7
地点5	ND	0.002	<5	60.2	<0.001	7
地点6	15.9	0.001	<5	ND	<0.001	10
地点7	20.6	<0.001	<5	ND	<0.001	11
地点8	11.1	<0.001	<5	ND	<0.001	7
地点9	ND	0.001	<5	ND	<0.001	9
地点10	ND	0.001	<5	273.9	<0.001	38
地点11	ND	<0.001	<5	ND	<0.001	21
地点12	ND	<0.001	<5	60.9	<0.001	7
地点13	12.1	<0.001	<5	ND	<0.001	<5
地点14	ND	0.001	<5	120.1	<0.001	34
地点15	ND	<0.001	<5	525	<0.001	34
地点16	ND	<0.001	<5	ND	<0.001	5
地点17	ND	<0.001	<5	ND	<0.001	5
地点18	15	<0.001	<5	ND	<0.001	5
地点19	ND	0.001	<5	ND	<0.001	10
地点20	ND	<0.001	<5	89.6	<0.001	14
地点21	ND	0.001	<5	49.4	<0.001	12
地点22	ND	<0.001	<5	26.4	<0.001	11
地点23	ND	<0.001	<5	63.4	<0.001	6
地点24	16.5	<0.001	<5	ND	<0.001	6

別表4 仮置場Dの実験結果

地点名	As			Pb		
	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)
基準値		0.010	150		0.010	150
地点1	27.5	0.010	2	69.3	<0.001	19
地点2	ND	0.006	2	139.1	<0.001	17
地点3	23.9	0.003	2	104.7	<0.001	15
地点4	28.6	0.001	2	ND	<0.001	30
地点5	17	0.001	1	ND	<0.001	<5
地点6	30.5	0.001	2	91.2	<0.001	21
地点7	7.4	0.001	2	46.4	<0.001	11
地点8	17.6	<0.001	1	77.9	<0.001	10
地点9	ND	0.001	2	98	<0.001	7
地点10	13.2	0.001	2	102.6	<0.001	23
地点11	20.8	0.001	1	102.7	<0.001	13

別表5 仮置場Eの実験結果

地点名	As			Pb		
	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)	PIXE(mg/kg)	溶出(mg/L)	含有(mg/kg)
基準値		0.010	150		0.010	150
地点1	ND	0.004	1	ND	0.004	9
地点2	7.2	0.002	1	ND	0.001	8
地点3	ND	0.001	1	ND	<0.001	5
地点4	ND	0.001	<1	ND	0.003	<5
地点5	ND	0.001	<1	ND	<0.001	<5
地点6	ND	<0.001	<1	ND	<0.001	<5
地点7	ND	<0.001	<1	ND	<0.001	<5
地点8	ND	<0.001	<1	ND	0.001	<5
地点9	ND	<0.001	<1	60.4	<0.001	<5
地点10	ND	<0.001	2	ND	<0.001	25

PIXE analysis of heavy metals in temporary yard of disaster waste

T. Kariya¹, J. Okita², Y. Tamura², M. Ono¹ and K. Sera³

¹Research Institute for Environmental Sciences and Public Health of Iwate

1-11-16 Kitaiioka, Morioka, Iwate 020-0857, Japan

²Special Office for the Urgent Control of the Illegal Dumping of Industrial Waste,

Department of Environment and Residential Life, Iwate Pref.

10-1 Uchimaru, Morioka, Iwate 020-8570, Japan

³Cyclotron Research Center, Iwate Medical University

348-58 Tomegamori, Takizawa, Iwate 020-0603, Japan

Abstract

The “Great East Japan Earthquake” and the following tsunami generated disaster waste of about 5 million tons in Iwate prefecture. The prefecture set some parts of the coastal area as temporary disaster waste collection sites. We have conducted the analysis to examine the distribution of heavy metal elements in the soil of the sites, which are private lands, so that the obtained results can be utilized for the prefectural survey to confirm the safety of the lands before they are returned to their owners.

Soil analysis was conducted through the elution test and the content test according to the legal procedure. Besides, the applicability of PIXE has been examined to facilitate the analysis.