

埼玉県内の都市ごみ焼却炉ダストの性状等に関する調査研究（第1報）

— 重金属成分濃度について —

Investigation of the Metal Composition in Dusts from Municipal Waste Incinerator in Saitama Prefecture (I)

—Content of Heavy Metals—

丹野 幹雄 清水 典徳

要 旨

埼玉県内の都市ごみ焼却処理施設から排出されるEPダストについて、Cd、Pbなど9項目の重金属成分濃度の調査を行い、それらの測定値の平均値および分散度、並びに項目間の相関関係を検討した。その結果、各項目とも、施設間でばらつきの大きいことが認められた。また、9項目間の相関係数36組のうち、有意（1%）であったものは13組あった。これらのうち、Fe-Niの組合せで相関係数が最も高かったほか、Cd-Pb、Cd-Zn、Pb-Cuなどの組合せで比較的高い値を示した。

1 はじめに

埼玉県では、昭和60年度末現在、53か所の市町村等のごみ焼却処理施設が稼動しており、それから年間約18万トンの焼却残灰が排出されている。そして、これらは図1に示すように年々増加の傾向にある。

こうした焼却残灰は、主として焼却残渣とダストからなり、このうち、ダストは焼却残灰に約4%の割合¹⁾で含まれており、一般に重金属成分濃度が高いとされている。なお、県内のごみ焼却処理施設から排出されるダストの量は年間7,200トンと推定される。

ダストは通常、残渣とともに埋立処分されているが、この処分に際しては、二次公害防止の措置がほとんどなされていない。したがって、特に長期的な観点から、重金属の溶出などによる環境汚染が懸念される。

そこで、筆者らは県内の都市ごみ焼却処理施設から排出されるダストの性状や排出状況等に応じた合理的な処理、処分の方法を検討し、それらの施設に対する行政指導に役立てることを目的として調査研究を行った。今回はこうしたダストのうち、排出割合の極めて高い電気集じん器により捕集したダスト（EPダスト）について、県内30施設の重金属成分濃度を調べると

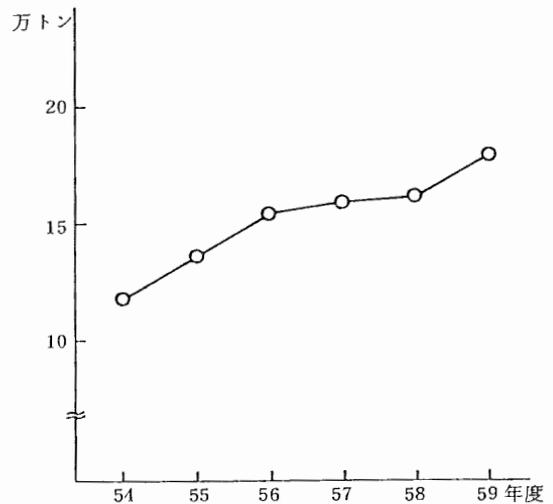


図1 焼却残灰量の推移

注) この図は埼玉県環境部環境整備課編、一般廃棄物処理事業の概況（昭和54年度～昭和59年度）のデータを基に作成した。

もに、燃焼方式の異なる3施設の重金属成分濃度の経日変動を調査した。これらの調査結果のうち、30施設の重金属成分濃度については第一報に、また、3施設の重金属成分濃度の経日変動については第二報にそれぞれまとめ、若干の考察を行った。

2 調査方法

2・1 調査対象施設の概要

県内で稼働している市町村等のごみ焼却処理施設のうち、電気集じん装置のないもの、あるいは設備があっても構造上、試料採取が著しく困難な施設を除いた30施設を調査の対象とした。県内全域を中南部、西部北部および東部の4ブロックに分け、それぞれの各ブロックから8, 9, 7および6施設を選定した。燃焼

方式や規模などは表1に示した。これらの対象施設のうち、全連続燃焼式のは16施設で過半数を占めている。なお、調査対象施設のうち、15施設では電気集じん器のほかにマルチサイクロンを併設している。

表1 調査対象施設の燃焼方式および規模

能力 (トン/日)	方式	全連続 燃焼式	准連続 燃焼式	機械化 バッチ式
300 以上		7		
210 ~ 240		3		
150 ~ 180		6		
120 ~ 140			3	
80 ~ 100			5	2
50 ~ 60				4
計		16	8	6

表2 重金属成分濃度（昭和59年採取分）

施設 No.	燃焼 方式	Cd mg/kg	Pb %	Zn %	Cu mg/kg	Fe %	Mn mg/kg	Ni mg/kg	Cr mg/kg	As mg/kg
1	A	180	0.57	1.0	1200	2.9	890	82	470	12
2	A	71	0.20	0.38	490	0.70	190	14	110	7
3	A	91	0.31	0.48	1000	1.1	310	23	630	18
4	A	180	0.77	1.1	1400	1.8	1100	38	420	16
5	A	200	0.42	1.7	1600	0.97	220	24	230	26
6	A	170	0.31	0.89	1100	0.89	370	29	93	9
7	C	160	0.38	0.67	1300	0.67	170	18	160	23
8	A	200	0.64	1.4	1400	3.4	290	72	560	17
9	A	14	0.00	0.56	330	2.3	700	52	380	4
10	C	530	1.1	2.0	2100	1.5	230	28	690	36
11	A	70	0.24	0.51	620	0.70	320	16	91	7
12	C	280	0.75	0.97	3200	0.60	110	23	180	14
13	A	82	0.26	0.63	680	0.93	160	48	180	11
14	C	97	0.40	0.93	790	1.7	230	43	1600 ^x	9
15	C	270	0.64	0.57	2200	0.45	44	7.7	63	12
16	B	120	0.32	0.66	1600	1.4	600	35	320	9
17	A	11	0.01	0.12	360	0.92	130	14	48	6
18	A	120	0.51	3.3	11000 [*]	0.90	220	1300 [*]	170	74
19	B	330	1.2	1.2	4800	0.73	590	23	220	29
20	B	170	0.18	0.77	720	0.54	140	15	170	9
21	B	170	0.40	0.51	1200	0.32	75	9.1	92	20
22	C	150	0.37	0.69	1100	2.6	300	24	290	48
23	B	47	0.12	0.21	810	0.72	180	18	85	14
24	B	93	0.32	1.0	820	0.98	420	17	220	13
25	A	71	0.15	0.38	1000	1.0	560	26	340	9
26	B	390	1.1	1.4	2200	2.4	190	18	270	27
27	A	110	0.15	0.66	740	0.97	200	28	780	12
28	A	56	0.05	0.57	420	0.53	59	10	490	10
29	A	200	0.62	0.78	3500	1.3	450	37	540	6
30	B	29	0.37	0.64	8600 [*]	3.1	1700	110	340	16

注) A: 全連続燃焼式, B: 准連続燃焼式, C: 機械化バッチ式
*: 本文中に引用

2・2 試料採取および調製

昭和59年11月21日から同年12月18日までの期間に、30施設からEPダスト各一検体ずつ30検体を、また、昭和60年11月7日から同年12月11日までの間に、昭和59年の場合と同じ施設から同様にして30検体を採取し、合計60検体を試料とした。採取量は各々2kg程度とした。

採取した試料は、十分混合した後、約100gを分取し、105℃前後で乾燥した。次に、その2gを自動乳鉢に採り、約200メッシュに微粉碎した。なお、極めて微細な試料についてはこの粉碎操作を省略した。

2・3 調査項目

調査項目は、重金属のうち、代表的なCd, Pb, Zn, Cu, Fe, Mn, Ni, Cr およびAsの9項目とした。

2・4 分析方法

As以外の8項目については、蛍光X線分析装置を用いる方法²⁾に準じて分析し、また、Asについては、硝酸・硫酸分解後、JIS K0102³⁾の方法によって分析した。

3 結果および考察

3・1 重金属成分濃度について

昭和59年および昭和60年採取の試料の重金属9項目の含有試験結果をそれぞれ表2および表3に示した。

表3 重金属成分濃度 (昭和60年度採取分)

施設 No.	燃焼 方式	Cd	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cr	As
		mg/kg	%	%	mg/kg	%	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
1	A	200	0.87	1.8	1400	1.7	670	62	300	47
2	A	90	0.75	0.80	580	0.85	170	21	160	10
3	A	89	0.16	0.53	880	0.96	300	25	280	19
4	A	140	0.63	1.2	1300	1.5	1200	44	280	21
5	A	260	0.47	1.8	1800	1.5	260	26	240	40
6	A	65	0.24	0.48	880	1.1	360	30	130	12
7	C	100	0.22	1.2	850	1.4	360	31	39	12
8	A	220	0.83	1.9	1600	1.5	240	49	540	25
9	A	310	0.87	1.3	1600	0.21	27	3.7	90	26
10	C	110	0.20	0.36	430	0.39	120	14	460	7
11	A	81	0.25	0.49	530	0.55	200	9.6	120	11
12	C	280	1.0	1.1	4800	1.1	190	57	140	26
13	A	67	0.23	0.84	780	1.1	310	46	200	21
14	C	94	0.26	0.86	810	1.2	280	24	250	25
15	C	250	0.85	0.47	1800	0.58	53	4.8	330	13
16	B	110	0.49	0.90	1100	1.6	570	37	660	19
17	A	5	0.00	0.10	320	0.47	79	7.7	37	7
18	A	110	0.64	2.1	8600*	0.48	96	160*	110	50
19	B	220	1.8	1.3	4300	0.28	110	8.3	140	30
20	B	83	0.22	0.50	800	0.23	33	5.8	73	10
21	B	86	0.18	0.31	670	0.19	10	1.6	40	14
22	C	240	0.53	0.74	1100	1.2	340	23	240	14
23	B	98	0.10	0.27	1000	0.25	34	7.1	35	16
24	B	56	0.25	0.64	820	1.1	860	19	150	22
25	A	110	0.42	0.85	710	1.7	800	29	420	20
26	B	210	0.57	0.96	1500	0.51	110	10	160	29
27	A	42	0.05	0.38	460	2.3	300	28	550	10
28	A	130	0.51	1.3	1300	1.6	880	50	1500*	20
29	A	180	0.58	0.85	1600	1.4	410	42	560	28
30	B	29	0.15	0.50	14000*	2.7	1100	73	220	9

注) A, B, Cおよび*は表2のものと同じ。

これらの表の施設No.において、同じ番号のものはすべて同一の施設を表している。表2および表3のそれぞれの項目の測定値の算術平均値と分散度を表4および表5に、さらに、表2と表3の両方を合わせたものの結果を表6に示した。

表4 重金属成分濃度の平均値と分散度（昭和59年採取分）

統計量 項目	n	max	min	\bar{x}	\sqrt{V}	C.V.(%)
Cd (mg/kg)	30	530	11	155.4	115.0	74.0
Pb (%)	30	1.2	0.00	0.429	0.314	73.3
Zn (%)	30	3.3	0.12	0.889	0.618	69.5
Cu (mg/kg)	30	11000	330	1943	2377	122
	28	4800	330	1381	1032	74.7
Fe (%)	30	3.4	0.32	1.301	0.846	65.0
Mn (mg/kg)	30	1700	44	371.6	352.9	94.9
Ni (mg/kg)	30	1300	7.7	73.39	232.8	317
	29	110	7.7	31.10	23.19	74.6
Cr (mg/kg)	30	1600	48	341.1	309.5	90.7
	29	780	48	297.7	201.6	67.7
As (mg/kg)	30	74	4	17.43	14.46	82.9

注) n:測定数, max:最大値, min:最小値, \bar{x} :算術平均値, \sqrt{V} :不偏分散, C.V.:変動係数

表5 重金属成分濃度の平均値と分散度（昭和60年採取分）

統計量 項目	n	max	min	\bar{x}	\sqrt{V}	C.V.(%)
Cd (mg/kg)	30	310	5	135.5	80.81	59.6
Pb (%)	30	1.8	0.00	0.477	0.375	78.5
Zn (%)	30	2.1	0.1	0.894	0.519	58.0
Cu (mg/kg)	30	14000	320	1944	2817	145
	28	4800	320	1276	1019	79.9
Fe (%)	30	2.7	0.19	1.055	0.641	60.7
Mn (mg/kg)	30	1200	10	349.1	327	93.8
Ni (mg/kg)	30	160	1.6	31.62	30.76	97.3
	29	73	1.6	27.19	19.27	70.9
Cr (mg/kg)	30	1500	35	281.8	287.5	102
	29	660	35	239.8	175.4	73.1
As (mg/kg)	30	50	7	20.43	10.99	53.8

注) n, max, min, \bar{x} , \sqrt{V} , C.V.は表4のものと同じ。

なお、昭和59,60両年の測定値のうち、桁違いに高い値を示したCuの8,600 mg/kg以上の4試料、Niの160 mg/kg以上の2試料およびCrの1,500 mg/kg以上の2試料（表2および表3で※印のもの）を除いて算出したものを表4～表6の各項目の下段に示した。異常値と思われるCuとNiについては、昭和59年と昭和60年の両年とも同一施設であった。全般的にみて、同一施設における昭和59年の調査結果と、昭和60年のそ

表6 重金属成分濃度の平均値と分散度（昭和59,60両年採取分を合わせたもの）

統計量 項目	n	max	min	\bar{x}	\sqrt{V}	C.V.(%)
Cd (mg/kg)	60	530	5	145.5	99.07	68.1
Pb (%)	60	1.8	0.00	0.453	0.344	75.9
Zn (%)	60	3.3	0.1	0.892	0.566	63.5
Cu (mg/kg)	60	14000	320	1943	2584	133
	56	4800	320	1329	1018	76.6
Fe (%)	60	3.4	0.19	1.178	0.754	64.0
Mn (mg/kg)	60	1700	10	360.3	337.7	93.7
Ni (mg/kg)	60	1300	1.6	52.51	166.0	316
	58	110	1.6	29.14	21.22	72.8
Cr (mg/kg)	60	1600	35	311.4	297.6	95.6
	58	780	35	268.7	189.6	70.5
As (mg/kg)	60	74	4	18.93	12.82	67.7

注) n, max, min, \bar{x} , \sqrt{V} , C.V.は表4のものと同じ。

れとでは、類似した傾向を示した。

表4の各統計量の9項目の値と、表5のそれらとを比べると、いずれの値も大差はないと思われた。表6から分かるように、Cu, NiおよびCrで突出した値を除くと、最大値は、Cu:4,800 mg/kg, Ni:110 mg/kg およびCr:780 mg/kgとなった。また、平均値では、実施した9項目のうち、Fe, ZnおよびPbの含有濃度が他の項目に比べて極めて高く、それぞれ1.2%、0.89%および0.45%であった。次に高濃度のもはCu, Mn, Cr, Cdの順にあり、Ni, Asは数10 mg/kgのオーダーであった。

変動係数では、Cu, Ni, Crの突出した値を含めた場合はそれぞれ133%、316%および95.6%であるが、それらを除くとそれぞれ70%台に下がった。しかし、項目全体では64%~94%の間にあり、高い値であった。こうした測定値のばらつきの大きい傾向は他の報告にもみられるが、このことは、ごみ焼却処理施設から排出されるEPダストの性状は施設によって差があることを示唆している。

3・2 項目間の相関について

昭和59年および昭和60年採取の試料の測定値から求めた重金属9項目間の相関係数を表7に、また、昭和59年と昭和60年の測定値を合わせて求めたものを表8に示した。なお、これらの表の値は、Cu, NiおよびCrの桁違いに高い値を除いたものである。

昭和59年採取のものでは、36組のうち、1%有意水

表7 項目間の相関係数(昭和59年および昭和60年採取分)

	As	Cr	Ni	Mn	Fe	Cu	Zn	Pb	Cd	n
(昭和59年採取分)	30	29	29	30	30	28	30	30	30	
Cd		0.042	0.297	0.032	0.028	0.488**	0.833**	0.503**	0.497**	As
Pb	0.890**		0.304	0.202	0.480**	-0.064	0.068	0.055	0.099	Cr
Zn	0.485**	0.536**		0.688**	0.820**	0.231	0.275	0.050	0.019	Ni
Cu	0.705**	0.757**	0.130		0.741**	-0.106	0.133	-0.087	-0.216	Mn
Fe	0.054	0.218	0.154	-0.031		-0.076	0.181	-0.150	-0.148	Fe
Mn	-0.175	0.097	-0.027	0.123	0.588**		0.312	0.773**	0.698**	Cu
Ni	-0.127	0.054	-0.066	-0.014	0.789**	0.759		0.580**	0.548**	Zn
Cr	0.216	0.168	0.143	0.092	0.392*	0.241	0.318		0.727**	Pb
As	0.344	0.401*	0.780**	0.341	0.098	-0.097	0.083	0.006		Cd
n	30	30	30	28	30	30	29	29	30	
項目	Cd	Pb	Zn	Cu	Fe	Mn	Ni	Cr	As	

注) n: 測定数
 **: 1%有意水準で相関関係があるといえるもの。
 *: 1%有意水準で相関関係があるとはいえないが、5%有意水準で相関関係があるといえるもの。

表8 項目間の相関係数(昭和59,60両年採取分を合わせたもの)

Cd	1.000								
Pb	0.775**	1.000							
Zn	0.503**	0.548**	1.000						
Cu	0.693**	0.756**	0.211	1.000					
Fe	0.001	0.030	0.161	-0.039	1.000				
Mn	-0.185	-0.002	0.043	-0.000	0.644	1.000			
Ni	-0.064	0.045	0.074	0.110	0.801	0.727**	1.000		
Cr	0.183	0.097	0.109	0.027	0.439	0.226	0.321*	1.000	
As	0.380**	0.443**	0.795**	0.390**	0.052	-0.047	0.066	0.004	1.000
n	60	60	60	56	60	60	58	58	60
項目	Cd	Pb	Zn	Cr	Fe	Mn	Ni	Cr	As

注) n, **, *は表7のものと同じ。

準で相関関係のあるものは9組あり、これら以外で5%有意水準で相関関係あるもの2組で、相関関係がないといえるものは25組と多かった。また、昭和60年採取のものの場合も、36組のうち、1%有意水準で相関関係のあるものは13組で、昭和59年の場合と大差はなかった。表8の昭和59,60両年を合わせたものでは、36組のうち、1%有意水準で相関関係のあるものは13組あり、これ以外で5%有意水準で相関関係のあるものは1組であった。このうち相関係数の高い組み合わせは、Fe-Ni ($r = 0.801$), Zn-As ($r = 0.795$), Cd-Pb ($r = 0.775$), Pb-Cu ($r = 0.756$)などであった。特に有害な項目間の組み合わせであるCd-Pbの場合も相関係数が高く、表7の昭和59年採取のものでは $r = 0.890$ と極めて高い値であった。

4 まとめ

ごみ焼却処理施設から排出されるEPダストについて、9項目の重金属成分濃度の調査を行った。その結果、次のような知見が得られた。

- (1) 測定値の平均値および分散度を求め、検討したところ、各項目とも、施設間のばらつきがかなり大きいことが認められた。なお、こうした結果から、ごみ焼却処理施設の維持管理等の行政指導に当たっては、施設ごとのダストの性状を十分考慮に入れる必要があると考えられる。
- (2) 重金属9項目間の相関係数は、36組のうち、1%有意水準で相関関係のあるものは13組あり、また、5%有意で相関のあるものは1組であった。
- (3) 項目間の相関関係では、Fe, MnおよびNiの各項目間で相関が高かったほか、Cd, Pb, Zn, Cuの各項目間でも相関係数が比較的高い値を示した。

文 献

- 1) 井上三郎ら：ごみ焼却における金属の挙動，大阪市立環境科学研究所，研究報告，37，160（1974）
- 2) 丹野幹雄ら：蛍光X線分析法による都市ごみ焼却炉集じん灰中の重金属成分の定量，埼玉県公害センター年報，〔12〕，182（1985）
- 3) 日本工業標準調査会編：工場排水試験法（JIS K 0102），（1981）
- 4) 都市ごみ処理ガイドブック編集委員会：二次公害防止技術，都市ごみ処理ガイドブック（第1版）

pp. 773（1979）

- 5) 江尻敏夫：ごみ焼却施設の焼却灰調査，茨城県公害技術センター年報，〔12〕，143（1979）
- 6) 土屋恭一ら：ごみ焼却場排水等の実態とその処理，神奈川県衛生研究所年報，〔23〕，57（1981）