

## 工場排ガス中の凝縮性ダストについて(3)

—捕集方法によるダストの比較—

辰市祐久 北村清明\* 秋山 薫 吉岡秀俊  
鎌滝裕輝 岩崎好陽

(\* 現大気保全部)

### 要 旨

固定発生源から排出される凝縮性粒子について調査を行った。その結果、試料採取法として水-間接冷却法を用いた場合、全ダストに占める凝縮性ダストの重量の割合は、電気集塵機が用いられているごみ焼却施設で、65~93%であった。粉塵の多い小型ごみ焼却施設では、その割合が数%と小さかった。また、空気-直接冷却法を用いた場合、凝縮性ダストの割合は24~34%と小さく、水-間接冷却法の方が $\text{Cl}^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ 等のガス状成分を多く捕集し、凝縮性ダストの量を見かけ上増加させている可能性が高いことが明らかになった。

今回、空気-直接冷却法で2形ろ紙の温度を多少上げる捕集方法を試みた。この捕集方法では、2形ろ紙に水分が凝縮するのを防ぎ、凝縮性ダストの測定が容易にできると考えられた。

キーワード：凝縮性ダスト、都市ごみ焼却炉、水-間接冷却法、空気-直接冷却法

## Study on Dust and Condensed Dust Emitted from Municipal Incinerator (3) —Comparison of Dust by Sampling Method—

Sukehisa Tatsuichi, Kiyooki Kitamura\*, Kaoru Akiyama, Hidetoshi Yoshioka,  
Hiroki Kamataki and Yoshiharu Iwasaki

\* Air Quality Protection Division

### Summary

Condensed dust exhausted from the fixed sources such as municipal incinerators was investigated. The weight of condensed dust in all dust was 65-93% in the municipal incinerators with electrostatic precipitator by using water - indirect cooling method. The weight of condensed dust in small municipal incinerators, where there is a lot of excrement dust, was small with several percentage. The amount of condensed dust of air-direct cooling method was 24-34% in the facilities which had been measured with the water - indirect cooling method simultaneously. The water - indirect cooling method is capable of collecting more elements of gases such as chlorine ion, ammonium ion and sulfuric acid ion compared to sampling by the air - direct cooling method. Therefore, the possibility of measured weight of condensed dust being more than the actual condensed dust is high.

In this study, the sampling method by air - direct cooling method was tried by raising the temperature of 2-type filter papers slightly. By this sampling method, it was believed that moisture was prevented from being cohered to 2-type filter paper and, thus, facilitated the measurement of condensed dust.

Keywords : condensed dust, municipal incinerator, water-indirect cooling method, air-direct cooling method

1 はじめに

固定発生源の燃焼に伴って生成されたガス状物質のうち、煙道及び煙突からの排出による冷却過程で新たに粒子化する凝縮性ダストの存在が指摘されている<sup>1)</sup>。

環境大気中の浮遊粒子状物質は、環境基準を達成できず、その対策の一つとして、固定発生源からのダストの低減があげられている。現行のJIS Z8808による捕集方法は、煙道中のダストの捕集のみを想定した手法であるため、凝縮性ダストの排出形態の把握方法の検討が急がれていた。

このため、各種のばい煙発生施設における「水-間接冷却法」等による凝縮性ダストの排出実態調査<sup>2)~4)</sup>が行われてきた。

筆者らも、1996年の年報<sup>5)</sup>において「水-間接冷却法」を用いて測定し、ばい煙発生施設の凝縮性ダストの排出実態について報告を行った。また、1997年の年報<sup>6)</sup>では「水-間接冷却法」と「空気-直接冷却法」によるダスト捕集を同時に行い、両捕集方法の比較結果などを報告した。

今回の報告は、「水-間接冷却法」と「空気-直接冷却法」による同時測定を別施設でさらに比較検討した結果である。特に今回の検討では、JIS法の2形の捕集法は、1形に比べ温度が低くなって、凝縮性成分の捕集が多くなると考えられるため、「水-間接冷却法」の1形の後段にJIS法の2形を加えて捕集を行い、成分を検討した。また、「空気-直接冷却法」における2形の水分の凝縮を防ぐ方法について検討した。

表1 調査対象施設

施設	施設の概要
R ごみ焼却炉	焼却能力 120t/d 炉形式 全連続燃焼式焼却炉（回転ストーク式） 排ガス処理 消石灰の吹き込み後電気集じん機 排ガス量 19000 m <sup>3</sup> /h（乾）
T ごみ焼却炉	焼却能力 150t/d 炉形式 全連続燃焼式焼却炉（ストーク式） 排ガス処理 消石灰の吹き込み後電気集じん機 排ガス量 44000 m <sup>3</sup> /h（湿）
N ごみ焼却炉	焼却能力 4t/8H 炉形式 ロータリーキルン 昼間連続燃焼 排ガス処理 マルチサイクロン 排ガス量 6200 m <sup>3</sup> /h（乾）

2 調査方法

(1) 調査施設

調査施設は、東京都内の主要な発生源の1つと考えられる大型の都市ごみ焼却炉2施設(R, T)、事業系の小型ごみ焼却炉1施設(N)の3施設である。各施設の概要を表1に示した。

(2) 調査方法

ア 捕集方法

ダストの捕集は前報<sup>6)</sup>と同様に、図1に示す「水-間接冷却法」（以下を間接法）と図2に示す「空気-直接冷却法」（以下直接法）を同時に行い、捕集した成分について比較検討した。前回の直接法において、水分による汚染の可能性があった2形のろ紙受け金属網の代わりに、今回はガラスフィルターろ紙受けを用いた。

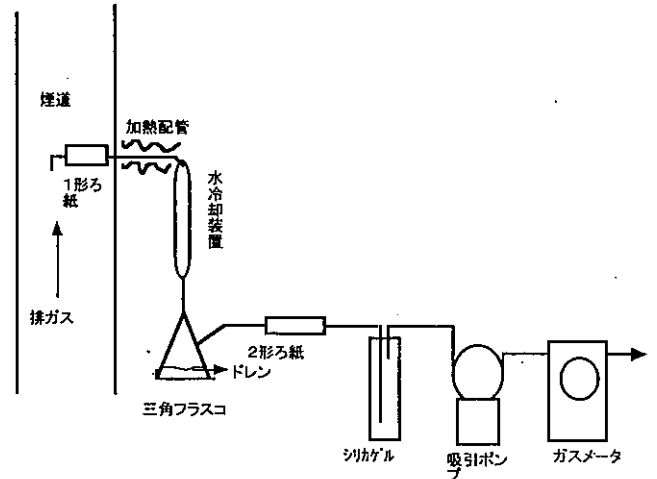


図1 水-間接冷却法の概念図

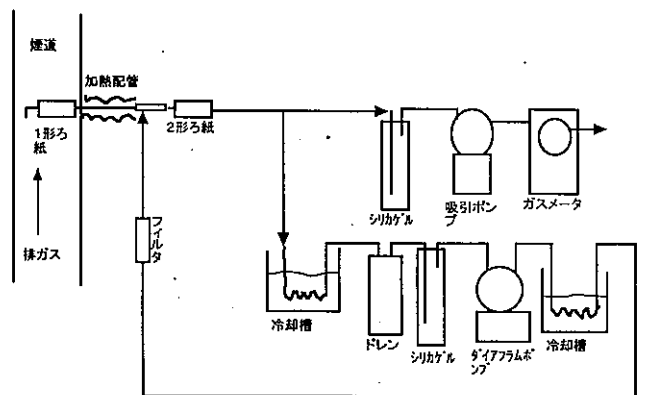


図2 空気-直接冷却法の概念図

また、「JIS Z8808」のダスト測定では煙道中にフィルターを設置する1形とガス吸入口を煙道内に入れ、煙道の外にフィルターを設置する2形があり、2形では水分の凝縮を防ぐため、110℃程度に加熱してダスト測定を行っている。後者の方法が前者の方法よりダスト捕集量が多くなることもあり、凝縮性ダスト存在を示唆するきっかけともなっている。そこで図3のように間接法の1形の後にJIS法の2形を加えて捕集し、凝縮性ダストが存在するかを測定した。

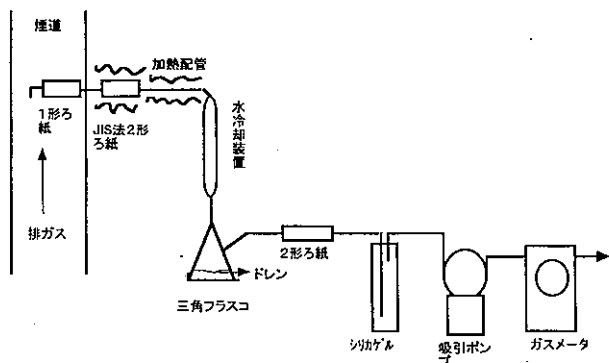


図3 JIS法2形を加えた水一间接冷却法の概念図

さらに、二酸化硫黄が間接法でドレンにどの程度吸収されているのかを確認するため、2形の後に5%程度の過酸化水素水のトラップを接続して測定した。

なお、N施設については間接法のみで行った。

各捕集方法とも、「JIS Z8808」に基づき、煙道排ガスを等速吸引してダストを捕集を行った。

ダスト捕集には円形の石英繊維ろ紙 (Whatman QMB) を1形、2形ろ紙として用いた。また、一部の重金属分析用としては、1形、2形ろ紙に円形のテフロンろ紙 (住友電工 Fluoropore AF07P) を使用した。

また、直接法を用いた測定では、排ガス中の水分が多いと、2形ろ紙の前で水分が凝縮することがある。これ

を防ぐために、2形の捕集部温度を変えて、凝縮性ダストの揮散について実験した。ここでは、ごみ焼却からの排ガス中の主要な凝縮性ダスト成分が塩化アンモニウム、硫酸アンモニウムと考えた。これらが2形ろ紙上に凝縮して付着し、捕集部温度が上昇した場合を想定して、図4に示す装置によって実験を行った。

イ 測定方法

(ア) ダスト

円形のろ紙に捕集されたダストは、105~110℃で1時間程度乾燥後、デシケータ中で放冷して秤量した。

ドレンについては、砂浴上で少量になるまで蒸発させて小型のピーカーに移し、乾燥機内で80℃で乾固後デシケータ中で放冷して秤量した。

(イ) 金属成分

石英繊維ろ紙については硝酸、過塩素酸、ふっ酸処理後、ICP-マスマスペクトル法により分析した。ドレンについては、蒸発乾固して重量測定後、ろ紙の場合と同様に処理して分析に供した。

また、テフロンろ紙で捕集したダストと一部のドレンの乾固試料については中性子放射化分析法で分析した。

(ウ) 水溶性成分

ろ紙に捕集した成分をイオン交換水50mlで超音波抽出し、20μmディスクフィルタでろ過後、イオンクロマト法で分析した。イオンクロマト法の測定条件を表2に示した。また、ドレンをそのままフィルタでろ過した試料と、ドレンの乾固成分をイオン交換水30mlで溶解し、フィルタでろ過した試料をイオンクロマト法で分析を行った。

(エ) 炭素成分

ろ紙とドレンを蒸発乾固した試料は、酸素存在下の窒素気流中で、350℃で30分間保持した時、二酸化炭素となった炭素を有機炭素とし、さらに900℃以上で二酸化炭素となった炭素を元素炭素とした。

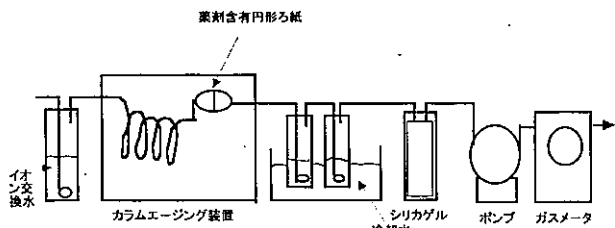


図4 2形ろ紙からのダストの揮散実験装置

表2 イオンクロマトグラフの測定条件

イオンクロマト	DIONEX 2020i
陽イオンカラム	IonPac AS4A 4×250mm
陰イオンカラム	IonPac CS12A 4×250mm
陽イオンキャリアー	MAS 16 mM 1.0ml/min
陰イオンキャリアー	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> 1.2mM 1.5ml/min

表3 各施設の捕集部別ダスト濃度

施設名	採取方法	測定数	排ガス条件				1形捕集部		凝縮性ダスト				全ダスト濃度 mg/m3N		
			温度 ℃	流速 m/s	水分 %	排ガス 酸素 %	ダスト濃度 mg/m3N	全ダスト 濃度に対 する割合 %	ドレン		2形捕集部			合計	
									ダスト濃度 mg/m3N	全ダスト 濃度に対 する割合 %	ダスト濃度 mg/m3N	全ダスト 濃度に対 する割合 %		ダスト濃度 mg/m3N	全ダスト 濃度に対 する割合 %
R焼却炉	水間接冷却法	3	272	20	9.7	10	3.0	6.9	38.9	89.0	1.8	4.1	40.7	93.1	43.7
	空気直接冷却法	3					2.5	65.8			1.3	34.2			
T焼却炉	水間接冷却法	3	232	17	16	12	3.5	34.3	5.7	55.9	1.0	9.8	6.7	65.7	10.2
	空気直接冷却法	3					2.5	75.8			0.8	24.2			
N焼却炉	水間接冷却法	3	356	14	10	19	360.1	97.2	9.2	2.5	1.0	0.3	10.2	2.8	370.3

3 結果と考察

(1) 凝縮性ダストを含むダスト濃度測定

凝縮性ダストの捕集方法については、前報<sup>9)</sup>と同様に間接法と、捕集装置が複雑となるが、排ガスが煙道から大気中に放出される状況により近いと推測される直接法を比較した。

ア ダスト濃度

R及びTごみ焼却炉における間接法と直接冷法のダスト濃度とN焼却炉における間接法のダスト濃度を表3に示した。表3の値は各施設とも3回づつ調査した平均値を示した。

間接法の場合については、全ダスト濃度中の2形ろ紙に捕集したダストの割合が10%以内であった。N焼却炉ではこれが特に低く、N焼却炉の排ガス処理装置がマルチサイクロンのみであったため、1形で捕集される割合

が特に高くなったものと思われる。2形ろ紙に捕集されるダスト濃度は前回のごみ焼却炉でも5%以下であり、凝縮性ダストの内、2形に捕集されるダストの割合は各施設とも低かった。

ドレンを含めた凝縮性ダストの割合はR、Tごみ焼却炉では65%以上と高い値を示し、この傾向は、前報のA焼却炉、ボイラでも同様であった。

同じ施設で、間接法と直接法を比較すると、1形ろ紙のダスト捕集量は同程度の値を示していた。また、間接法のドレンと2形ろ紙に捕集された凝縮性ダスト濃度と、直接法の2形ろ紙に捕集された凝縮性ダスト濃度とを比較すると、間接法のドレン濃度が高いため、全体の凝縮性ダスト濃度は間接法が高い値となっていた。前報の直接法では2形のろ紙が凝縮した水分で濡れ、ここでガス状成分の吸収や、ろ紙受けの金属性の網が腐食した付着

表4 ダストの捕集方法と重金属成分濃度

施設名	採取方法	捕集部	重 金 属 成 分										
			Al	Ca	Cd	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	V	Zn
			μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N	μg/m3N
R焼却炉	水間接冷却	I形	tr	tr	0.7	0.7	4.1	5.1	0.3	0.3	18.5	0.0	31.3
		ドレン	118.9	13.8	tr	0.2	2.3	68.2	tr	0.2	1.1	0.0	88.3
		II形	tr	tr	tr	tr	0.3	tr	3.6	tr	0.2	0.3	0.3
	空気直接冷却法	I形	26.5	tr	0.9	0.7	5.6	32.6	0.5	tr	61.4	0.1	183.8
		II形	tr	tr	0.1	0.6	0.9	21.0	tr	tr	4.4	tr	14.3
		II形	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr	tr
T焼却炉	水間接冷却	I形	14	22			4.7		tr			tr	
		ドレン	tr	382			tr		tr			tr	
		II形	tr	tr			tr		tr			tr	
	空気直接冷却法	I形	tr	11.1	1.1	0.7	5.4	9.7	0.3	0.2	25.2	tr	79.6
		ドレン	37.8	tr	0.1	0.1	0.4	3.1	0.1	0.2	1.4	tr	6.1
		II形	tr	tr	0.1	tr	1.1	tr	1.5	tr	4.3	0.1	12.9
水間接冷却(放射化分析)	I形	23	32	0.6	tr	2.8	18	tr	tr	37	tr	211	
	II形	16	tr	tr	tr	tr	7.0	tr	tr	1.3	tr	8.3	
	II形	tr	88			10		tr			tr		
N焼却炉	水間接冷却	I形	tr	20			tr		tr		tr		
		ドレン	tr	3.5			tr		tr		tr		
		II形	tr	tr			tr		tr		tr		

表 5 ダストの捕集方法と水溶性成分濃度

施設	捕集方法	Na+			K+			Mg 2+			Ca 2+		
		1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N	1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N	1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N	1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N
R焼却炉	水間接冷却法	350	tr	400	440	tr	58	tr	tr	tr	tr	tr	tr
	空直接冷却法	310	tr		370	25		tr	tr	tr	tr	tr	tr
T焼却炉	水間接冷却法	460	65	91	720	71	58	tr	tr	tr	78	tr	tr
	空直接冷却法	450	30		670	tr		tr	tr		83	tr	
N焼却炉	水間接冷却法	46000	810	230	30000	47	100	tr	tr	tr	3700	tr	760
施設	捕集方法	Cl-			NO <sub>3</sub> -			SO <sub>4</sub> 2-			NH <sub>4</sub> +		
		1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N	1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N	1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N	1形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	2形ろ紙 μg/m <sup>3</sup> N	ドレン μg/m <sup>3</sup> N
R焼却炉	水間接冷却法	530	150	9400	tr	tr	tr	980	tr	1400	tr	30	3200
	空直接冷却法	350	62		tr	tr		1000	tr		tr	9	
T焼却炉	水間接冷却法	1500	190	1100	tr	tr	tr	500	tr	1300	tr	tr	650
	空直接冷却法	1500	150		tr	tr		450	tr		tr	tr	
N焼却炉	水間接冷却法	11400	200	1700	tr	tr	tr	32000	780	2100	tr	tr	470

物の影響があったと推定された。このため、今回は冷却用空気を増やせないために2形ろ紙付近の温度を30℃より高めに設定し、2形ろ紙受けをガラスフィルターに代えて測定を行った。

間接法で凝縮性ダストが多いのはドレン部で本来の凝縮性ダスト以外にガス成分がトラップされて、凝縮性ダストが過大に測定されたためと考えられる。また、直接法の2形ろ紙温度が高い場合、凝縮性ダストが多少失われる可能性もあった。

イ 金属成分

R及びTごみ焼却炉における、ICP-マスペクトル及び放射化分析による間接法と直接法の金属濃度とN焼却炉における間接法の金属濃度を表4に示した。

間接法の金属成分については1形のろ紙に多くが捕集されるとは限らず、ドレンに多く捕集されるものもあった。2形ろ紙の捕集量は検出されないか、微量しか検出されなかった。また、直接法では1形ろ紙に多くの金属成分が捕集されていた。

R及びTごみ焼却炉の1形については、Zn、Pbが多く検出され、間接法のドレンについてはAl、Fe等が多く検出されていた。N焼却炉については、もともと1形でのダスト量が多く、Ca、Al、Pbの濃度が高い値を示した。

また、表4のICP-マスペクトル分析と放射化分析において、成分濃度の相異が見られた。これはテフロンろ紙のCa、Alのブランク濃度が小さいための違いや酸溶解時の操作上で生じたと考えられる。

前報<sup>9)</sup>のごみ焼却炉での金属成分の結果と比較して、大体、同様な傾向の成分と濃度が検出されていたが、今回のCaについては間接法であまり検出されていなかった。

ウ 水溶性成分

R及びTごみ焼却炉における間接法と直接法と、N焼却炉における間接法の水溶性成分の濃度を表5に示した。

間接法におけるNa<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>などの陽イオンについては1形に多く捕集され、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>はドレンに多く捕集されていた。2形に捕集されていた陽イオンは1形の1桁以下とわずかであった。陰イオンについては、ドレンや1形でCl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>の捕集量が多かった。

N焼却炉の1形ダスト濃度はR、Tごみ焼却炉より2桁高いが、水溶性陽イオンや陰イオンについても同様に高い値を示した。

R及びTごみ焼却炉のCa<sup>2+</sup>については、前報のごみ焼却炉で数百μg/m<sup>3</sup>Nのオーダーの値であったが、今回は低い値しか検出されなかった。

R及びTごみ焼却炉における間接法と直接法を比較すると、1形では陽イオン、陰イオンとも同様な値を示していた。間接法の2形とドレンを合わせたイオン成分と直接法の2形のイオン成分を比較すると、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>が間接法のドレンに多く捕集されており、ガス状成分が吸収されて、NH<sub>4</sub>Clや(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>の形で凝縮性ダストが多くなっていることを示した。また、他の陽イオン成分についても両方法が一致せず、間接法の方が高い値となった。

今回測定された陰イオンと、陽イオンとのイオンバランスは、前報<sup>9)</sup>のごみ焼却炉の水溶性成分と同様に、1形の成分ではN焼却炉の1形を除き、概ね一致するが、ドレン中では上述したように陰イオン側に偏っていた。

エ 炭素成分

R及びTごみ焼却炉における間接法と直接法とN焼却

表6 ダストの炭素成分分析結果

施設名	採取方法	捕集部	有機炭素 (mg/m <sup>3</sup> N)	元素状炭素 (mg/m <sup>3</sup> N)	全炭素 (mg/m <sup>3</sup> N)	炭素成分		
						有機炭素 (Cor) (wt%)	元素状炭素 (Cel) (wt%)	全炭素 (Cor+Cel) (wt%)
R 焼却炉	水間接冷却法	1形	0.001	0.133	0.134	Tr	3.6	3.6
		ドレン	0.039	0.039	0.128	0.3	0.1	0.4
		2形	0.024	0.021	0.045	3.3	2.8	6.1
	空気直接冷却法	1形	ND	0.030	0.030	0.0	1.7	1.7
		2形	0.035	0.037	0.072	5.4	5.8	11.2
T 焼却炉	水間接冷却法	1形	0.005	0.024	0.030	0.3	0.9	1.2
		ドレン	0.033	0.023	0.056	1.0	0.7	1.7
		2形	0.015	0.010	0.025	3.3	2.0	5.3
	空気直接冷却法	1形	ND	0.016	0.016	0.0	0.9	0.9
		2形	0.055	0.027	0.083	8.3	4.1	12.4
N 焼却炉	水間接冷却法	1形	0.040	1.200	1.240	Tr	0.5	0.5
		ドレン	ND	ND	0.0	0.0	0.0	0.0
		2形	0.025	0.020	0.045	2.9	2.3	5.2

炉における間接法の炭素成分濃度を表6に示した。

R及びTごみ焼却炉の排ガス中の全炭素濃度は1形より凝縮性ダストの方が多少高い傾向を示した。また、間接法と直接法とを比較すると、Tごみ焼却炉では同様な濃度であったが、Rごみ焼却炉は間接法が高い値を示した。これはRごみ焼却炉の燃焼が変動しやすかったことが影響していたと考えられる。

前報<sup>6)</sup>の炭素成分は1カ所では今回と同様に凝縮性ダストが多少高い傾向を示し、一方は逆に1形での捕集量が多少高い傾向を示していた。これは、Nごみ焼却炉のように全ダスト濃度が高い場合、1形の捕集量が高くなるものと考えられる。

有機炭素と元素状炭素を比較すると、1形では主に元素状炭素からなり、凝縮性ダストでは有機炭素が元素状炭素と同じ程度か、それ以上を占めていた。

この全ダスト占める炭素成分の割合は、元素状炭素で数%以下であった。

(2) JIS法の2形のダストと凝縮性ダスト

Tごみ焼却炉において、間接法にJIS法の2形を加えて2回ダスト捕集した場合と直接法の捕集を同時に行った場合を比較して、表7に示し、そのダスト重量の比率

表7 T焼却炉において水間接冷却法にJIS法2形を加えた時の捕集重量

		1形	JIS法2形	2形	ドレン
水間接冷却法	No4	4.57	0.19	0.18	3.78
空気直接冷却法	No4	5.13		3.12	
水間接冷却法	No5	8.28	0.47	0.37	9.79

単位 mg/m<sup>3</sup>N

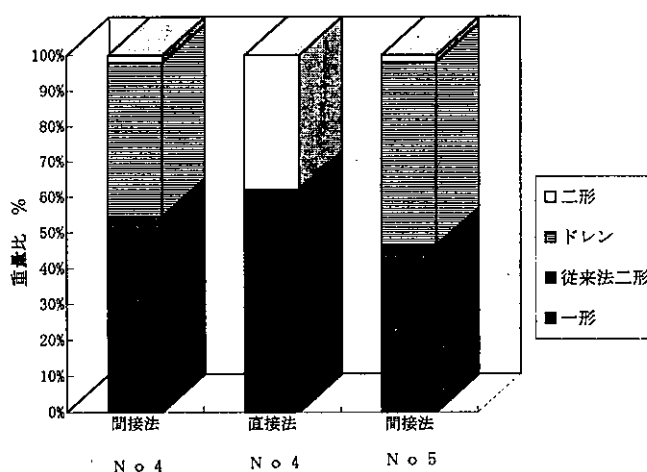


図5 T焼却炉の捕集部別ダスト重量比

を図5に示した。この施設では、煙道温度が230℃程度でJIS法2形での温度が110℃となっていた。

同時に測定した間接法と直接法を比較すると、1形は同様な値であり、凝縮性ダストに相当する間接法のJIS法2形+ドレン+2形と直接法2形とは比較的近い値となった。

今回の施設ではJIS法1形の採取法をJIS法2形に代えても元の5%程度の増加であり、また逆に間接法のドレンにJIS法2形の分が入っても元の5%程度の増加となった。従って、JIS法2形のみでの採取では凝縮性ダストはあまり捕集できず、凝縮性ダストを捕集するためには、間接法又は直接法を必要とする。

さらに、間接法にJIS法の2形を加えてダスト捕集した場合の水溶性イオン成分の捕集量を図6に示した。

図6のJIS法2形の主なイオン成分はCl<sup>-</sup>とNa<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>等であり、ドレンに多く見られるNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は見られなかった。

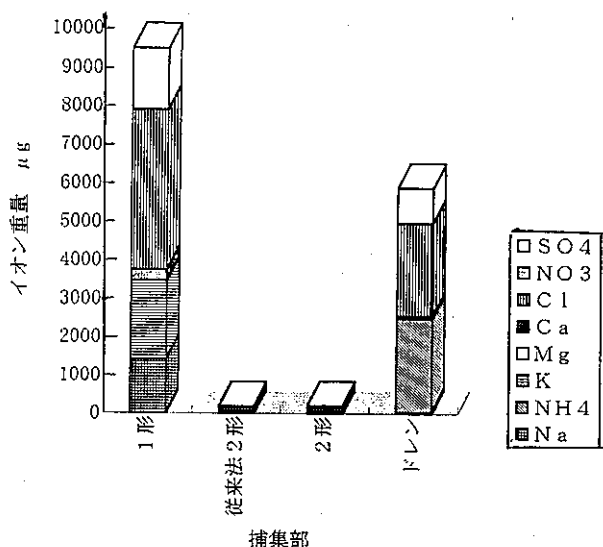


図6 捕集部別の水溶性イオン成分重量

(3) 凝縮性ダスト中の硫酸イオン

ごみ焼却からの排ガスの凝縮性ダストの主な成分であるSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>は、間接法のドレンに多く検出され、SO<sub>2</sub>等のガス成分が吸収される可能性が指摘されていた。

もともと、排ガス中のSO<sub>2</sub>の1~5%はSO<sub>3</sub>といわれ、これが200℃では硫酸蒸気、100℃では硫酸ミストで存在すると考えられている。このため、200℃以上の1形ろ紙では対応する塩類がなければ通過し、間接法ではドレンでトラップされる可能性が高い。また、SO<sub>2</sub>は水溶液中ではHSO<sub>3</sub><sup>-</sup>となり、オゾン等により一部がSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>となる可能性が考えられた。

間接法の2形ろ紙の後に5% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>液でトラップした時の硫酸イオン成分は、1形(710μg/m<sup>3</sup>N)、ドレン(1100μg/m<sup>3</sup>N)、2形(52μg/m<sup>3</sup>N)、H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>(130000μg/m<sup>3</sup>N)であり、大部分のSO<sub>2</sub>は間接法で捕集されていなかった。そのため、間接法のドレンでは、SO<sub>2</sub>がSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>となった割合は小さいと考えられる。

表8 空気直接冷却法の2形フィルター温度とイオン成分

2形温度 ℃	2形水溶性イオン濃度 (μg/m <sup>3</sup> N)							
	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Cl <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
30	75	0	0	30	590	1150	3	50
45	30	0	0	0	0	150	0	0
53	12	10	0	9	350	670	0	0
100	0	10	0	0	0	42	0	0

直接法の表5の2形にはSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が検出されていなかったが、2形フィルターの温度30℃、45℃、53℃、100℃での2形の水溶性イオン濃度を示した表8において、2形の温度が30℃ではSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>が検出されていた。これは水分が凝集したために硫酸ミストがろ紙に吸着されやすくなったか、一部は、HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>からの変換も考えられる。

(4) 直接法における2形フィルター部の温度とイオン成分

図7にTごみ焼却炉で直接法により凝縮性ダストの捕集を行った場合の2形温度と全ダスト濃度に対する2形ダストとの重量比を示した。2形フィルター部の温度が上昇するに対応して2形の凝縮性ダスト捕集が低下する傾向が見られた。特に30℃では水分が多く凝縮したため、多少高い値となっていた。

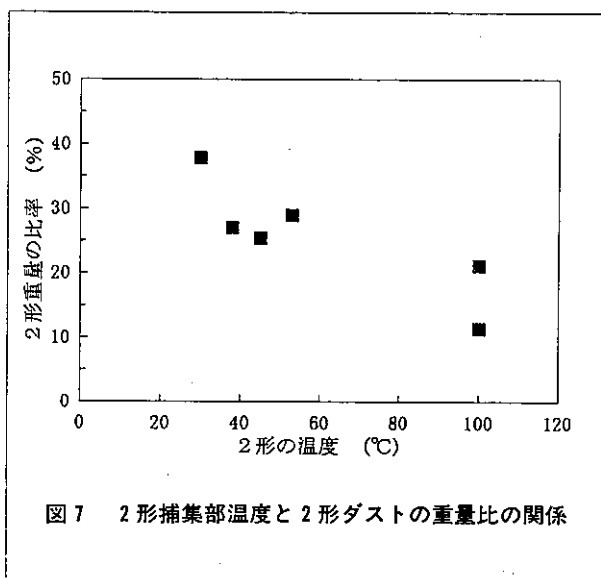


図7 2形捕集部温度と2形ダストの重量比の関係

今回の直接法は乾燥した空気を採取ガス量の10倍程度循環し、2形ろ紙の温度を下げて捕集を行った。この時、排ガス中の水分が変化したり十分な空気循環量がないと温度が低下した場合排ガス中の水分が凝縮する。

これを避けるため、2形ろ紙で捕集される成分に大きな損失がないならば、2形ろ紙の温度を50℃程度まで上げることが考えられる。

表8の2形の水溶性イオン濃度は、排ガスの成分濃度変動するため、そのまま比較するのは難しいが、温度の低い場合にCl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度が高く、ドレンと同様な反応が起こっていた可能性があると考えられる。100℃ではNH<sub>4</sub><sup>+</sup>は検出されなかった。また、45℃以上では、

SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>がほとんど検出されていなかった。

図8に塩化アンモニウムを一定量2形ろ紙上に添加し乾燥後、5~6 l/minで空気を吸引し、2形ろ紙の温度を変化させたときに揮発してイオン交換水にトラップされた塩化物イオンとアンモニウムイオンの回収率を示した。

図9では硫酸アンモニウムについて同様に操作し、硫酸イオンとアンモニウムイオンの回収率を示した。

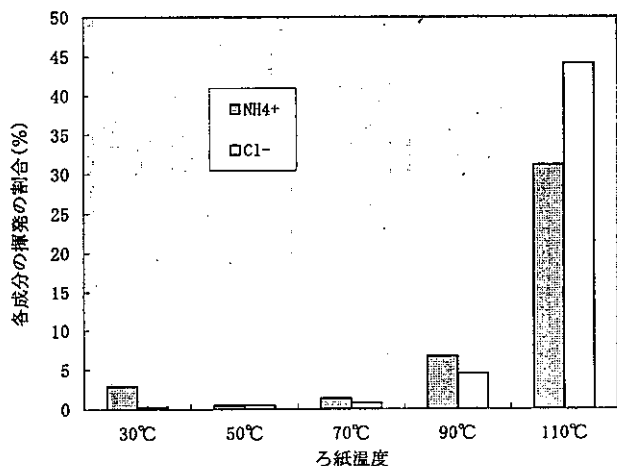


図8 各ろ紙温度における塩化アンモニウムの揮発割合

図8より、塩化アンモニウムは70~90°Cから揮発量が多くなり、JIS法の2形の温度110°Cではほとんど揮発していることが解る。図9より、硫酸アンモニウムは100°C程度からアンモニウムイオンが揮発しているが、硫酸イオンはろ紙上に残留したと考えられる。

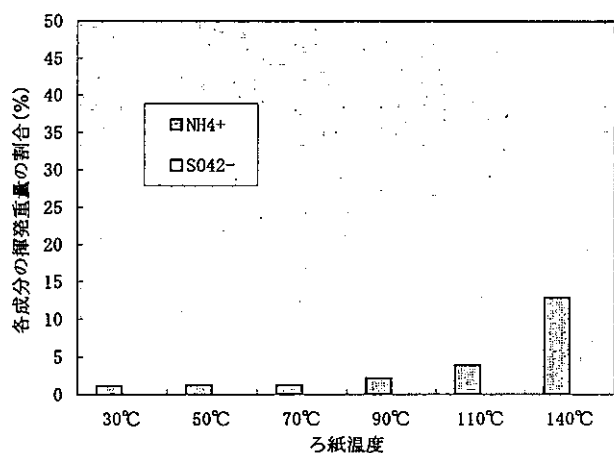


図9 各ろ紙温度における硫酸アンモニウムの揮発割合

以上から直接法の2形ろ紙の温度が50°C程度ならばごみ焼却施設の凝縮性ダストの捕集が可能ではないと思われる。

#### 4 まとめ

水-間接冷却法のダスト調査において、全ダスト中の凝縮性ダストの重量割合は電気集塵機等が用いられているごみ焼却施設では、65~93%であったが、粉塵除去が良くない小型のごみ焼却施設では凝縮性ダストの割合が数%と小さかった。

水-間接冷却法と同時測定した施設の空気-直接冷却法の凝縮性ダストの重量割合は24~34%と小さく、水-間接冷却法の方がCl<sup>-</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>等のガス状成分を多く捕集した可能性が高いことを示した。

また、水-間接冷却法による凝縮性ダストの硫酸イオンは、排ガス中のSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>とSO<sub>3</sub>が水分へ吸収された分が多く、SO<sub>2</sub>が吸収された分は小さいと予想された。

今回、空気-直接冷却法で2形ろ紙の温度を50°C程度に上げることで、2形ろ紙に水分の凝縮が起きにくくなった。この温度で空気-直接冷却法を用いたとき、塩化アンモニウムの分解が少なく、測定が容易な捕集方法であると考えられた。

今後、簡易な凝縮性ダスト捕集装置を検討しながら、固定発生源からの凝縮性ダストを含むダストの排出実態を把握する必要がある。

#### 引用文献

- 1) 小暮信之ら：排ガス中の凝縮性ダストの測定法および排出特性、大気汚染学会誌、27(3)、p.153-164 (1992)。
- 2) 小暮信之ら：凝縮性ダストを含む排ガス中の粒子濃度測定方法の調査研究、大気汚染学会誌、32(2)、p.162-173(1997)。
- 3) 井上俊明ら：固定発生源における凝縮性ダストの排出状況について、川崎市公害研究所年報、第23号、p.5-9 (1997)。
- 4) 大塚英幸ら：固定発生源からの凝縮性ダストを含むばいじん排出実態、第37回大気環境学会年会講演要旨集、p.290(1996)。
- 5) 辰市祐久ら：工場排ガス中の凝縮性粒子について、東京都環境科学研究所年報1996、p.121-127。



- 6) 秋山 薫ら：工場排ガス中のばいじんに含まれる凝縮性ダストについて、東京都環境科学研究所年報1997、p.15-21.