

凝縮性ダストを含むばいじん排出実態調査（環境省委託調査）

石井克巳 井村正之 星野 充 横山新紀 石井栄勇

1 目的

工場、事業所から排出されるばいじんには、現行のばいじん測定法で測定されるものの他に、排出ガスが煙道外に排出された直後に冷却されて粒子化する凝縮性ダストが相当程度存在し、浮遊粒子状物質（SPM）へ寄与していると考えられている。本調査は凝縮性ダストの特性および排出実態のデータを蓄積し、SPM対策の基礎資料を得ることを目的とする。2002年度は5施設について排出実態調査を行った。

2 調査方法

2・1 調査施設

施設概要を表1に示す。なお、廃棄物焼却炉②は廃棄物焼却炉①の排ガス処理装置を改修したものである。

表1 調査施設の概要

施設名	原燃料種類	原燃料 定格 使用量	排ガス処理施設	設置年 等
廃棄物焼却炉① (事業系、バッチ炉、 改修前)	一般廃棄物 天然ガス	214kg/h 147m ³ /h	二次燃焼バーナー	1997
廃棄物焼却炉② (事業系、バッチ炉、 改修後)	一般廃棄物 天然ガス	214kg/h 147m ³ /h	二次燃焼バーナー バグフィルター (消石灰、活性炭 吹き込み)	1997 2002 改修
廃棄物焼却炉③ (都市ごみ、連続炉)	一般廃棄物	4500kg/h	バグフィルター (消石灰、活性炭 吹き込み)	1977 2002 改修
石炭ボイラー	一般炭 (S分 約0.3%)	7570kg/h	炉内脱硫(CaCO ₃ 供給) マルチサイクロン 脱硝(NR、吹き込み) バグフィルター	1987
ディーゼル機関	A重油 (S分 約0.09%)	186L/h	無	1991

2・2 採取法

図1に示した水-間接冷却法¹⁾およびJIS Z 8808により採取した。ただし、廃棄物焼却炉①については排ガス温度が極めて高く、図1の構成では作業の安全性等に問題があったため、1形ろ紙は煙道外に設置し、ろ紙までヒーターで300℃程度に加熱することで1形相当とする方法で代用した。

水-間接冷却法では、冷却部で排ガスが冷やされるとドレンが生じる。凝縮性ダストとしてはドレンと2

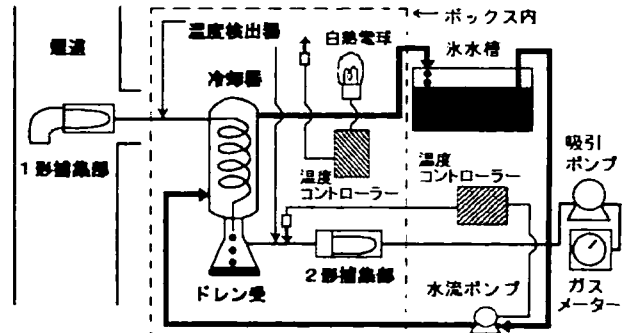


図1 「水-間接冷却法」装置構成

形ろ紙ダストを合わせたものを評価する。

2・3 調査分析項目

(ア) ダスト濃度

1形、2形ろ紙の秤量：JIS Z 8808

ドレンの秤量：JIS K 0102

(イ) ダスト成分分析

(a) 金属成分：Al, Ca, Zn, Fe, Cu, Mn, Ni, Pb, Cr, Cd, V

(b) 水溶性成分：Na⁺, NH₄⁺, K⁺, Mg²⁺, Ca²⁺
Cl⁻, NO₃⁻, SO₄²⁻

(c) 炭素成分：有機炭素、元素状炭素

ろ紙試料は自動乳鉢で均一に粉碎し、ドレン試料は純水で再溶解した後、試料を分取して分析に用いた。廃棄物焼却炉①、②はバッチ炉であるため排ガス中成分の時間変動を考慮し、全検体の試料を分析に用いた。他の施設については安定して連続運転されており変動は少ないと考えられたため、ダスト濃度が平均的な1検体を選んで成分分析用試料とした。

(ウ) ガス状成分

SO_x, HCl: JIS K0107 付属書1

NH₃: JIS K0099 イオンクロマトグラフ法

凝縮性ダストと同時間に採取を行った。

3 調査結果

3・1 ダスト濃度

各施設の測定時の排ガス条件を表2に示す。廃棄物

表2 測定時排ガス条件 (平均値)

施設名	排ガス条件		
	温度 (°C)	水分 (%)	O ₂ 濃度 (%)
廃棄物焼却炉①	896	16.2	10.3
廃棄物焼却炉②	161	37.4	11.1
廃棄物焼却炉③	188	35.8	11.9
石炭ボイラー	152	5.7	10.1
ディーゼル機関	416	6.4	12.1

焼却炉①は2次燃焼バーナーの直上に測定口が位置するため、排ガス温度が極めて高く、ディーゼル機関もかなり高くなっているのが特徴であった。

表3に各施設のダスト濃度測定結果を示す。ディーゼル機関の全ダスト濃度が平均で120.53mg/m_Nと今回の対象施設の中では最も高かった。凝縮性ダスト濃度も80.90mg/m_Nと最も高く、1形の2倍以上となった。凝縮性ダストの構成は2形がドレンの約2倍となっており、他の施設と傾向が異なっていた。

次に廃棄物焼却炉①のダスト濃度が高く、全ダスト濃度平均値で56.44mg/m_Nであった。凝縮性ダスト濃度は20.98mg/m_Nであり、凝縮性ダストはドレンの割合が高かった。試料ごとの変動が大きく、凝縮性ダストは各採取日の1回目の検体の方が明らかに濃度は高くなっており、時間単位での変動が見られた。一方、1形ダストは明確な傾向はなかった。

他の3施設については、1形ダストは定量下限以下かそれに近い低い濃度であった。凝縮性ダスト濃度も数mg/m_Nと濃度レベルとしてはかなり低く、大部分はドレンとして捕集される同様の傾向を示した。このうち廃棄物焼却炉②と改修前の①と比較すると、1形ダストおよび凝縮性ダスト濃度は大幅に低下し、特に1形ダスト濃度は1/100程度と低下割合が大きかった。凝縮性ダスト濃度は数分の1に低下していた。

3・2 金属成分

廃棄物焼却炉①の1形ダストのみ金属成分が検出された。Znは分析した4検体全てから9~40%と高い割合で検出された。各採取日の2回目の検体が1回目より高い濃度であった。他の成分としては微量のCdが全検体から検出され、Ca、Pbの検出された検体があった。Cdについては、他元素と比較して高感度な分析

表3 ダスト濃度測定結果

施設名	試料 No.	採取日	1形ダスト濃度 (mg/m _N)	凝縮性ダスト濃度 (mg/m _N)	
				ドレン	2形
廃棄物焼却炉①	1-1	8/6	25.40	32.94	4.65
	1-2		88.01	9.92	ND
	1-3	8/7	13.85	29.79	3.31
	1-4		14.58	2.35	0.98
平均			35.46	18.75	2.23
廃棄物焼却炉②	2-1	10/8	0.60	0.99	ND
	2-2		ND	4.01	ND
	2-3	10/9	0.34	5.08	ND
	2-4		0.43	5.66	ND
平均			0.34	3.93	ND
廃棄物焼却炉③	3-1	10/29	ND	4.59	0.55
	3-2	10/30	ND	1.94	0.42
	3-3		ND	4.03	0.43
平均			ND	3.52	0.47
石炭ボイラー	4-1	9/24	1.53	1.98	0.62
	4-2	9/25	0.56	0.88	ND
	4-3		0.61	3.44	ND
平均			0.90	2.10	0.21
ディーゼル機関	5-1	11/21	36.32	29.99	71.83
	5-2		38.90	26.12	47.86
	5-3		43.68	23.45	43.44
平均			39.63	26.52	54.38

が可能だったことが検出要因になったと思われた。

3・3 水溶性成分

図2に各施設のダスト中の水溶性成分の割合を示す。なお、全検体分析した廃棄物焼却炉①、②については、組成変動の大きい①は分析全検体、組成変動の少なかった②には4検体の平均値を示した。

廃棄物焼却炉①は、1形ダストの水溶性成分は平均で28%を占め、成分構成はカチオンがK⁺、Na⁺、アニオンがCl⁻、SO₄²⁻であり各検体で共通していた。採取が同一日の試料の構成比率は同様の傾向を示すが、採取日が異なると構成比率の違いが大きくなった。凝縮性ダストの水溶性成分の平均値は38%であり、ドレンで主に検出された。構成成分はカチオンがNH₄⁺、Na⁺、アニオンはSO₄²⁻であり、イオンバランスはSO₄²⁻によるアニオン過剰となっていた。1形ダストと異なり同一日試料において、採取時間経過によりNH₄⁺、Na⁺およびSO₄²⁻の比率が変化する傾向があった。

廃棄物焼却炉②、③は水溶性成分が凝縮性ダストの主成分であり、成分構成も2施設でほぼ同様の傾向を

示した。ドレン試料はカチオンが NH_4^+ , Na^+ , K^+ , アニオンは SO_4^{2-} が検出され、①同様 SO_4^{2-} によるアニオン過剰となっていた。

ディーゼル機関も割合は低いが、 SO_4^{2-} によるアニオン過剰となる同様の傾向を示した。

石炭ボイラーは水溶性成分が凝縮性ダストの大部分を占めた。主成分が NH_4^+ , Cl^- であることや、アニオン過剰の程度が小さい等、他施設と異なる傾向を示した。

3・4 炭素成分

表4に炭素成分の割合を示す。なお、廃棄物焼却炉②は全検体分析を行ったが、検出検体のみ示した。

今回の施設の中でディーゼル機関は全ての捕集部で炭素成分割合が最も高く、1形ダストは84%、凝縮性ダストはほぼ半分を占めた。炭素成分の構成は1形ダストでは元素状炭素が大部分を占め、ドレンは有機性と元素状がほぼ同程度であり、2形ダストについては有機性の割合が高くなっていた。

廃棄物焼却炉①においては、採取時間による変動が大きかった。各採取日の1回目の炭素成分の量と割合が大きく、1回目の平均で1形が15%、ドレンが7%、2形が44%であるが、2回目は数分の1から不検出のレベルに低下していた。

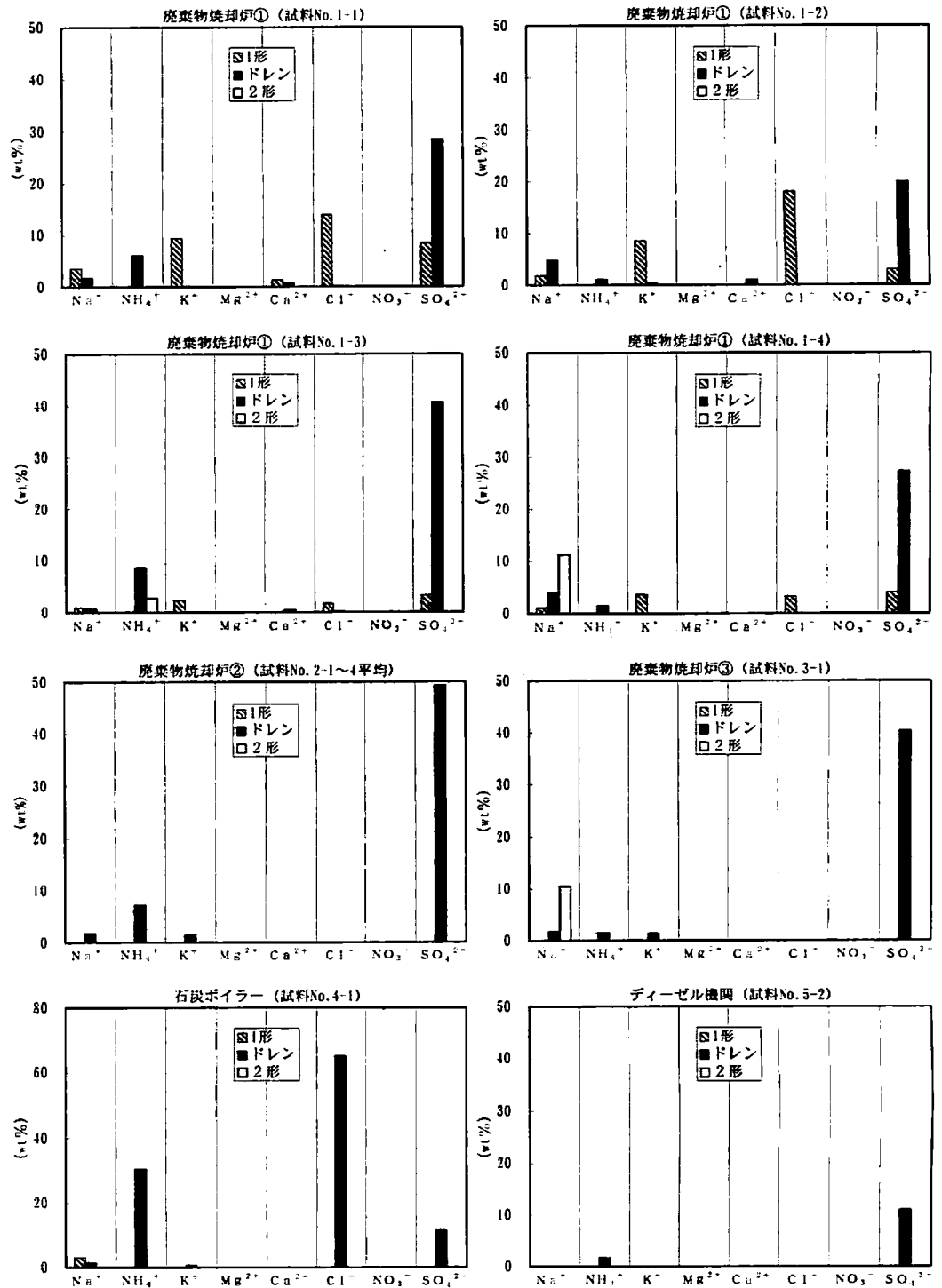


図2 水溶性成分分析結果

廃棄物焼却炉③は、凝縮性ダストの約1/4が炭素成分であり、捕集量は少ないが2形ダストのほとんどは炭素成分として検出された。

3・5 排ガス中の NH_3 , HCl , SO_x

凝縮性ダスト測定時の排ガス中の NH_3 , HCl , SO_x の濃度を表5に示す。廃棄物焼却炉①は試料ごとの変動が大きかったが、他の施設は比較的安定していた。廃

廃棄物焼却炉①③で HCl が、石炭ボイラーで SO_x が測定施設の中では高めの数値を示した。

4 考察

4・1 廃棄物焼却炉

①は焼却炉としては凝縮性ダスト濃度が高かった。これは、炭素成分濃度が比較的高かったことにも現れているように、排ガス温度がきわめて高いことが要因として考えられる。

②と③については、1形および凝縮性ダストの濃度と成分構成が類似しており、炉構造、施設規模、燃焼物等は異なるが、排ガス処理過程は同様である影響が大きかったと推測された。

各焼却炉の凝縮性ダストは、水溶性成分が主成分となり、SO₄²⁻のアニオン過剰状態であることは共通しており、排ガス中の SO_x の影響が考えられた。廃棄物焼却炉における凝縮性ダストと SO_x の濃度関係は、経験

式として提案された例²⁾があるが、今回の結果は大きく外れるケースもあり、明確な関係は見られなかった。

表4 炭素成分分析結果

施設名	試料 No.	捕集部	炭素成分	
			有機性炭素 (Cor) (wt%)	元素状炭素 (Cel) (wt%)
廃棄物焼却炉①	1-1	1形	2.2	13.3
		ドレン	1.8	4.5
		2形	11.5	29.0
	1-2	1形	0.5	7.0
		ドレン	5.0	1.2
		2形	ND	ND
	1-3	1形	1.0	13.1
		ドレン	2.2	6.0
		2形	13.9	33.1
	1-4	1形	ND	1.6
		ドレン	ND	ND
		2形	ND	ND
廃棄物焼却炉②	2-3	1形	ND	ND
		ドレン	ND	1.4
		2形	ND	ND
廃棄物焼却炉③	3-1	1形	ND	ND
		ドレン	9.6	6.7
		2形	41.2	37.4
石炭ボイラー	4-1	1形	ND	7.2
		ドレン	ND	ND
		2形	ND	ND
ディーゼル機関	5-2	1形	2.2	82.1
		ドレン	26.2	30.9
		2形	44.4	5.9

4・2 石炭ボイラー

ボイラーにおいても焼却炉と同様に凝縮性ダストと SO_x の濃度の関係式が提案されている²⁾が、実測濃度は SO_x 濃度に対する凝縮性ダスト濃度計算値に比べ大幅に小さくなっていた。硫黄分を含む燃料を燃焼させる施設の場合、SO₄²⁻が凝縮性ダストの主成分となり、アニオン過剰の状態になるケースが多いが、この施設では SO₄²⁻が比較的少なく Cl が主成分となっており、固体燃料を使用している影響が考えられた。

4・3 ディーゼル機関

凝縮性ダスト濃度が非常に高く、成分構成も炭素成分のきわめて多い特色のあるものであった。採取試料が油状物であったことから、未燃燃料もしくは揮散した潤滑油が高温排ガス中に多量に存在し、凝縮性ダストとして捕集されたと思われる。昨年度もディーゼル機関の測定を行っており、同様の油状試料が得られたケースもあった³⁾ことから、排ガス温度の高いディーゼル機関においては、炭素成分を多く含む凝縮性ダストが存在していると考えられた。

引用文献

- 1) (財)日本品質保証機構：凝縮性ダストを含むばいじん測定法検討調査報告書、56～58 (1994)
- 2) 浮遊粒子状物質総合対策検討委：浮遊粒子状物質総合対策に係る調査・検討結果報告書、23p (1999)
- 3) 石井克巳、井村正之、星野充、横山新紀、堀本泰秀、千葉県環境研究センター年報、1、93～96 (2002)

表5 凝縮性ダスト測定時の排ガス中の NH₃, HCl, SO_x

	排ガス中濃度					
	NH ₃ (ppm)		HCl (mg/m ³)		SO _x (ppm)	
廃棄物焼却炉①	1.9	(0.1～6.0)	50	(9.4～86)	22	(2.0～45)
廃棄物焼却炉②	0.7	(0.5～1.1)	2.1	(1.5～2.8)	7.2	(3.7～12)
廃棄物焼却炉③	0.4	(0.4)	53	(47～60)	9.7	(8.5～10)
石炭ボイラー	0.9	(0.9～1.0)	11	(8.8～14)	49	(47～51)
ディーゼル機関	1.0	(1.0)	1.9	(1.5～2.3)	12	(12～13)

(備考) () の値は範囲を示す。