

ダスト計技術交流会

(株)田中電気研究所 田中敏文社長

北海道立総研 環境科学研究センター
酒井 茂克

日本環境技術協会(JETA)海外部会部会長
(株)堀場製作所 小林剛士

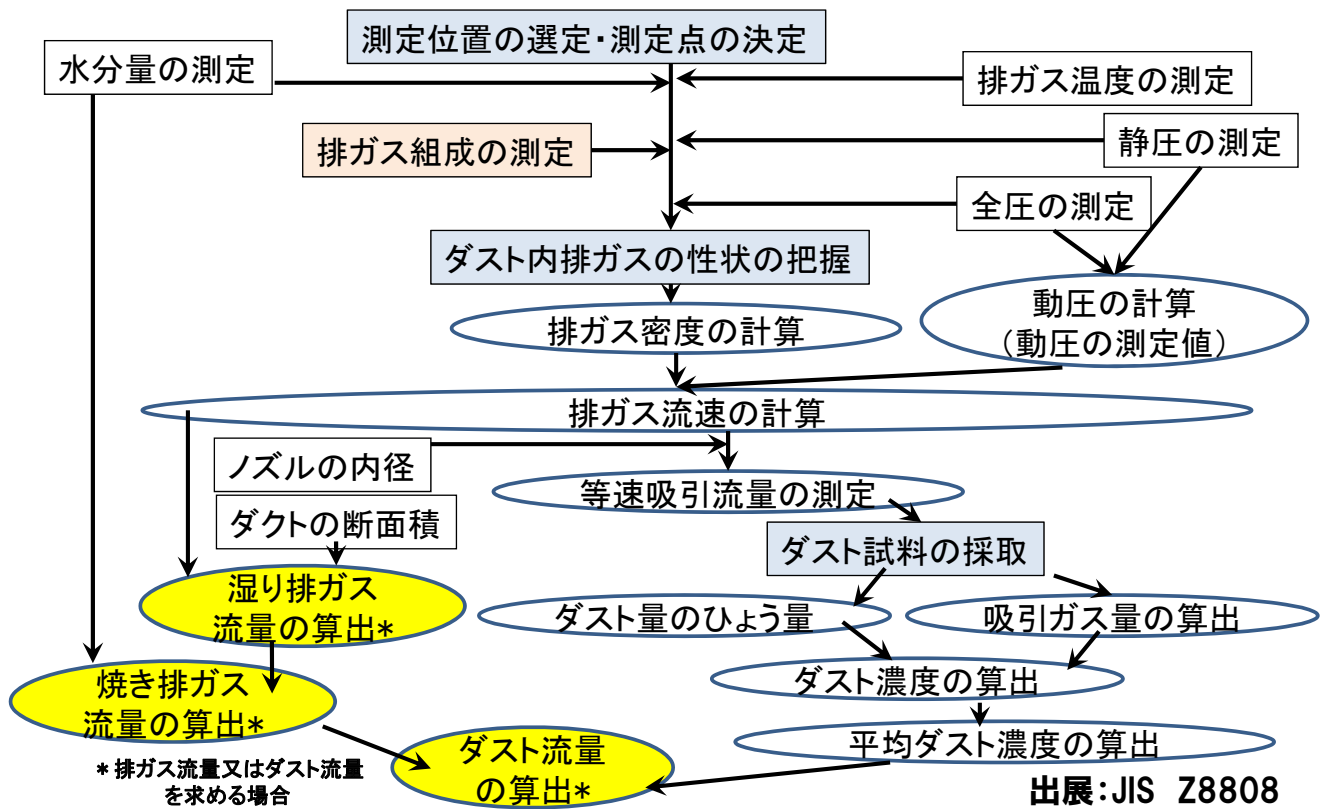
Dust計測に関する基準

	手分析	自動分析
国際規格	ISO 9096	ISO 10155
日本の規格	JIS Z8808	JIS Z8852

ダスト計測(手分析)

測定値

計算値



排ガス中ダスト濃度の測定方法について

—JIS Z 8808法による白濁排ガス中のダスト濃度測定の注意点と誤差要因などについて—

北海道立総研 環境科学研究センター

酒井 茂克

発生源粒子の関連用語

種類		粒子状物質(PM: Particulate Matter)				定義
		0.1	1	10	100	
ダスト ^{*1}	ばいじん					物などの燃焼によって発生する煤や灰などの固体粒子
	粉じん (一般・特別)					物の粉碎、選別など機械的処理や堆積などに伴い発生・飛散する固体粒子
降下ばいじん						大気中で重力や雨などによって沈降するばいじんや粉じんなどの固体粒子
浮遊粒子状物質 (SPM, PM10) ^{*2} PM2.5 ^{*3}						大気中に長期間浮遊するばいじんや粉じんなどで、粒子径が10 μ m、2.5 μ m以下の固体粒子。 発生源は自然起源・人為起源で多種多様
ミスト						液面の粉碎や噴霧、水分の凝縮などで発生する液体粒子で、シャワー、雨や霧など
フューム						金属の加熱溶解、溶接、溶断などで発生する蒸発物質で、温度降下によってできた固体粒子
エアロゾル						気体中の固体粒子や液体粒子が存在する状態

*1: JIS Z 8808-1995 *2: JIS Z 8814-1994, JIS B 7954-1988 *3: JIS Z 8851-2008

2

排ガス中ダスト濃度の測定方法 JIS-Z-8808（日本）について

1 適用範囲

この規格は、排ガス中のダスト濃度を煙道、煙突、ダクトなど(以下、ダクトという。)において測定

2 ダストとは

ばいじん、粉じんなどの固体粒子で、乾燥によって付着水分を除いたもの。

ただし、ミスト(液体粒子)中に含まれる可溶性物質など、この規格に基づく測定によって秤量されるものは、ダストとみなす。

3

JIS Z 8808におけるダストとは

I) 固体粒子に付着した水分は、105～110℃の温度で1時間乾燥することによって除去。

II) 排ガス中に硫酸ミストなどが含まれ、ダストとともに捕集される場合には、それを除いたもの。

III) 排ガス中に同伴するミスト中にダストが含まれる場合、又は可溶性物質(粒子)が含まれているおそれがある場合には、ミストを回収した上で乾燥、冷却して秤量。

3 ばいじんの排出基準 (日本)

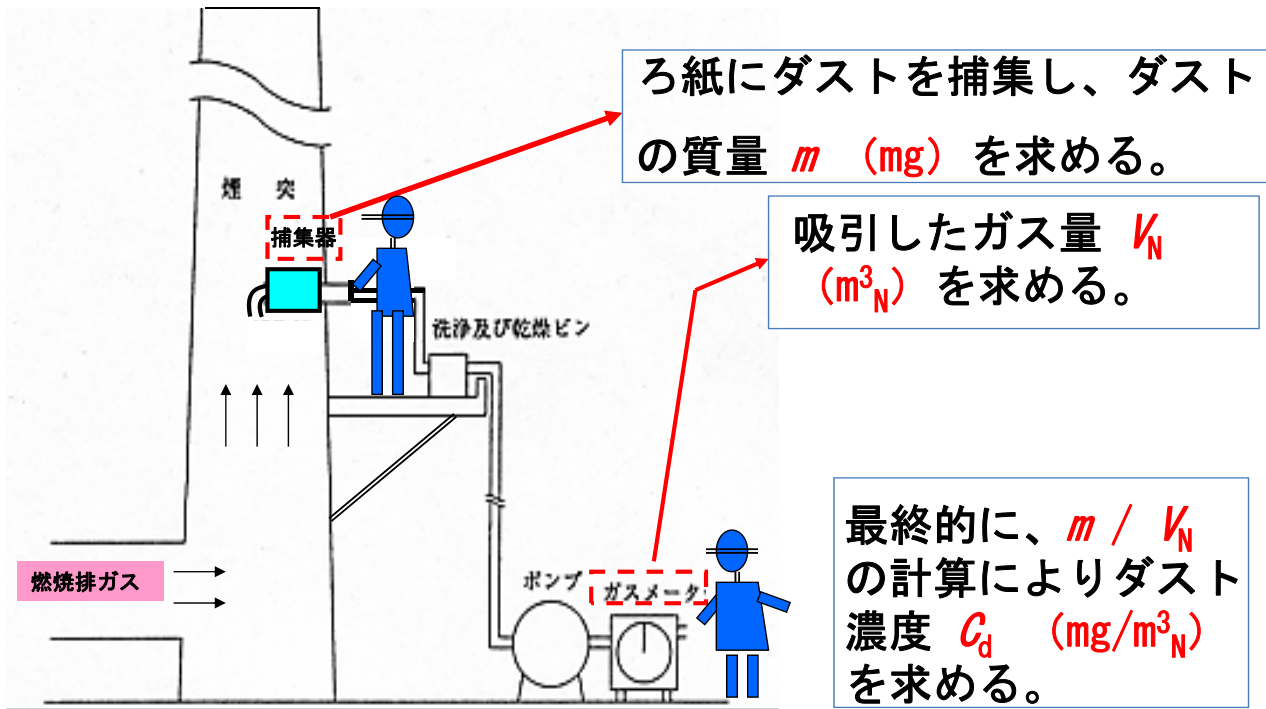
令別表第1の項	施設の種類		排出ガス量区 (万Nm ³ /h)	標準酸素濃度 O _n (%)	排出基準 (施設設置年月日別) (g/Nm ³)			当分の間適用猶予 O _n (%)	備考	
	規則別表第2の項				▼	57.6.1 ▼	60.9.10 ▼			2.9.10 ▼
1	ボイラー	1	ガス専焼(触媒再生塔付属を除く)	4以上	5	0.05				▼7.7.2までの間、発熱量が20,930.25kJ(5,000kcal)/kg以下の石炭のみを燃焼させており、かつ、7.7.3以降、発熱量が23,023.275kJ(5,500kcal)/kg以下の石炭を燃焼させる場合に限り、当分の間、0.45とする。
			4未満	5	0.10					
		▽小型ボイラー		O _s	当分の間適用猶予(触媒再生塔付属を含む)					
		2	液体燃料専焼及びガス・液体燃料混焼(3項及び5項を除く)	20以上	4	0.07	0.05			
			4～20	4	0.18	0.15				
			1～4	4	0.25					
			1未満	O _s	0.30			4		
		▽小型ボイラー		O _s	当分の間適用猶予	0.50	0.30	4		
		3	黒液専焼及びガス・黒液混焼(5項を除く)	20以上	O _s	0.20	0.15			
			4～20	O _s	0.35	0.25				
			4未満	O _s	0.35	0.30				
			▽小型ボイラー		O _s	当分の間適用猶予	0.50	0.30		
		4	石炭燃焼(5項を除く)	20以上	6	▼0.15	0.10			
				4～20	6	▼0.25	0.20			
4未満	6			▼0.35	0.30					
▽小型ボイラー				6	当分の間適用猶予	0.50	0.30			
5	石油の精製の用に供する流動接触分解装置のうち触媒再生塔付属		4	0.30	0.20					
		▽小型ボイラー		4	当分の間適用猶予	0.50	0.20			
6	その他	4以上	O _s	0.30						
		4未満	O _s	0.40	0.30					
		▽小型ボイラー		O _s	当分の間適用猶予					

(注) 小型ボイラーで軽質液体燃料(A重油、灯油、軽油)を専焼させるもの並び適用猶予。

$$C = \frac{21 - O_2}{21 - O_2} \cdot C_1$$

- ここに、
- C: ダスト濃度 (g/m³)
 - O₂: 施設ごとの標準酸素濃度 (%)
 - O₂: 残存酸素濃度 (%)
 - C₁: JIS Z 8808 によって規定したダスト濃度 (g/m³)

ダスト濃度の測定とは



6

ダスト濃度測定の実目的

- 大気汚染防止法の排出基準遵守
ばい煙発生施設：全国217、801施設（H23年度末現在）
ボイラ（63.2%）、ディーゼル機関（16.2%）
- 燃料の種類や施設の規模により測定回数が規定
- 集じん装置やダスト自動計測器などの設計・性能の評価
- 重金属成分（Cd、Pb、Crなど）分析用の試料採取
- 各種燃焼装置の燃焼状態や安全管理

7

測定方法の比較

条件	項目	大気中粒子(SPM)測定	排ガス中ダスト測定
測定環境	ガス温度	常温(20℃)	高温(100℃以上)
	ガス流速	<数m/s	>数十m/s前後
	水分量(湿度)	2 Vol%前後(>RH60%)	10 Vol%前後
	有害ガス成分	各種・低濃度	各種・高濃度
	測定場所	地上近傍	数十m以上の高位置
粒子物性	濃度	一般環境 <0.1mg/m ³	ばい煙処理装置の 入口 <数10g/m ³ _N 出口 <100mg/m ³ _N
	粒径	<10μm	<数100μm
	慣性力 <i>Stk</i>	小	大(SPMの × 10 ³ ~ 10 ⁴)
粒子採取	吸引方式	非等速吸引	等速吸引
濃度表示	吸引ガス量	常温・1気圧(基準状態)	0℃・1気圧(標準状態)

8

問題点：正確な測定は容易でない

- ① 発生源煙道
 - 測定場所：高い、狭い、屋外、危険
 - ガス条件：高温、多湿、高圧
 - 有害・腐食性、不安定
 - 測定孔：小口径（φ10cm程度）
- ② 等速吸引操作

$$Q_m = (\pi d^2/4) \times v \times f(\theta_j) \cdot f(P_j) \cdot f(x_w)$$

この操作を測定中、常に維持することは難しい。
- ③ ろ過捕集
 - 吸引ガス流量に限界
 - 捕集粒子量が減少

9

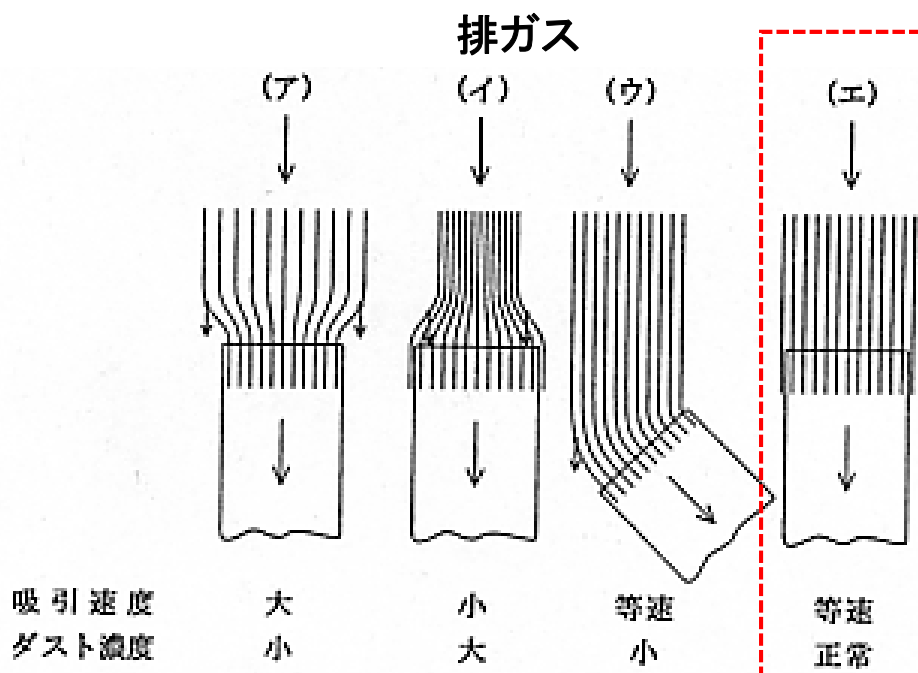
測定原理

- ① 煙道内にダスト捕集器を挿入する。
- ② ダスト試料を常にガス流速と同じ速度で一定時間吸引（等速吸引）し、ろ紙によりダスト試料をろ過捕集する。
- ③ 捕集したダスト質量 m (mg) と吸引ガス量 V_N (m^3_N) から質量濃度 C_d (mg/m^3_N) を算出する。

10

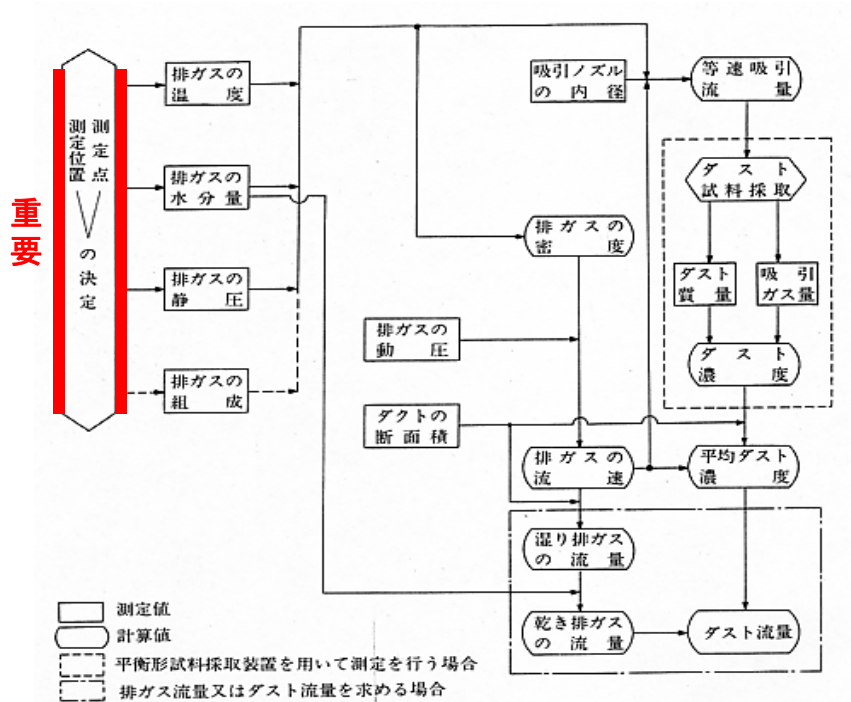
等速吸引の必要性

ダスト試料を採取するため、吸引ノズルを用いて排ガスを吸引するときに、吸引ノズルを排ガスの流れに直面させて、排ガスと同じ流速でガスを吸引すること。

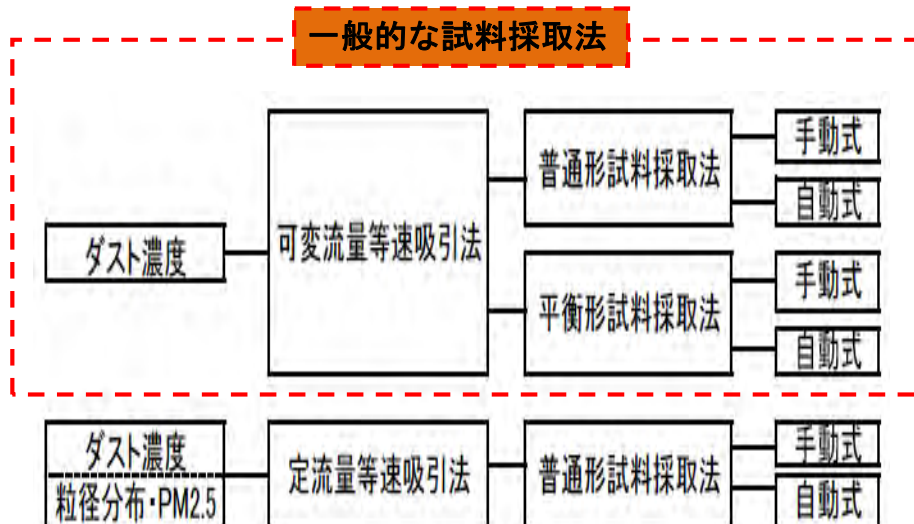


11

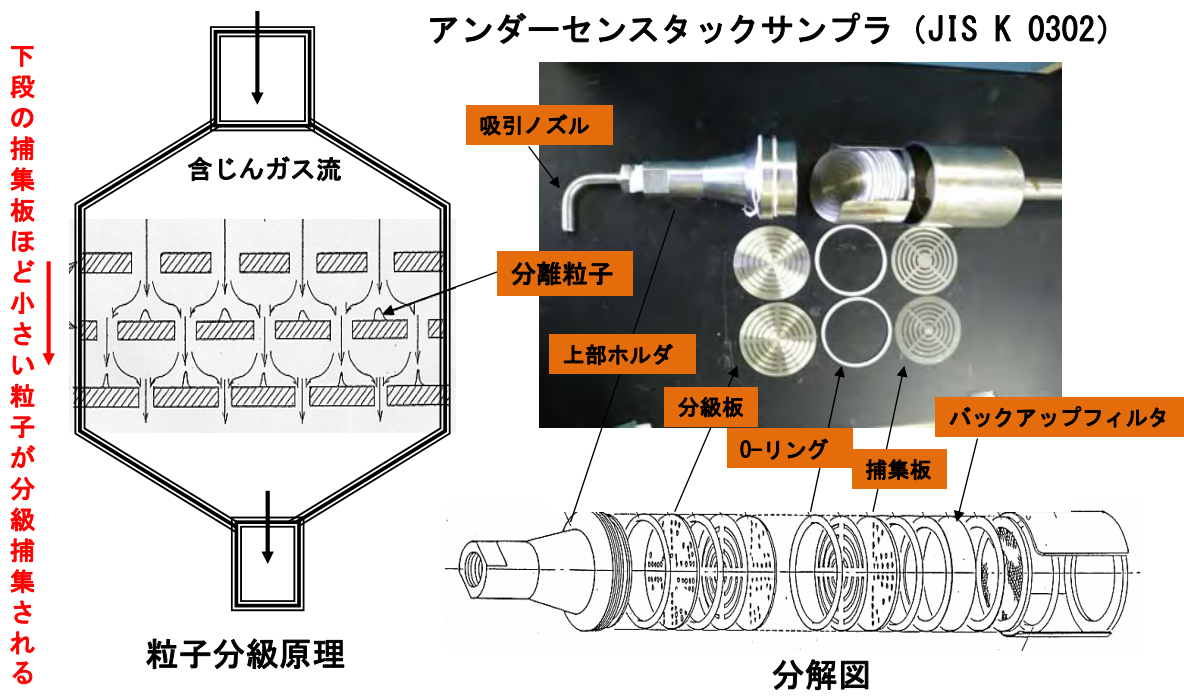
測定方法の概要



試料採取法の分類

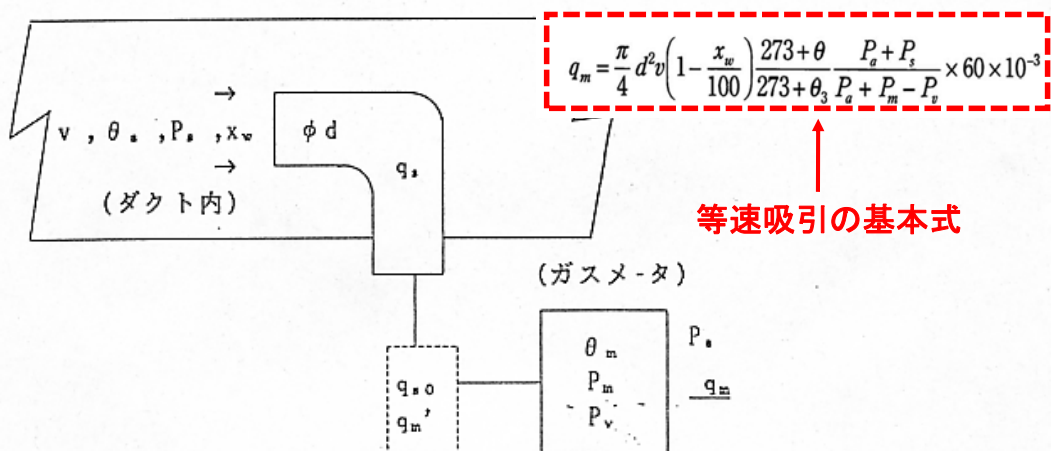


定流量等速吸引法（粒径分布）



普通形試料採取法

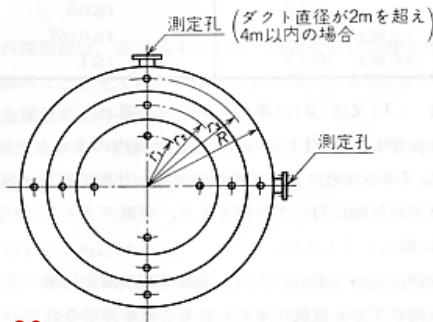
ガスメータにおける条件にあてはめる。



- q_s : サンプリングノズルにおける吸引流量 (wet base)
- $q_{s.o}$: 標準状態に換算 (dry base)
- q_m' : ガスメータにおける吸引流量 (dry base)
- q_m : ガスメータにおける吸引流量 (wet base)

円形ダクトの測定点の選定

図3 円形断面の測定点の例



最大測定点数：20

表1 円形断面の測定点

適用ダクト直径 $2R$ (m)	半径区分数	測定点の数	測定点のダクト中心からの距離 (m)				
			r_1	r_2	r_3	r_4	r_5
1 以下	1	4	$0.707R$	—	—	—	—
1を超え 2 以下	2	8	$0.500R$	$0.866R$	—	—	—
2を超え 4 以下	3	12	$0.408R$	$0.707R$	$0.913R$	—	—
4を超え 4.5以下	4	16	$0.354R$	$0.612R$	$0.791R$	$0.935R$	—
4.5を超えた場合	5	20	$0.316R$	$0.548R$	$0.707R$	$0.837R$	$0.949R$

矩形ダクトの測定点の選定

図4 長方形断面の測定点の例
(測定点数12の場合)

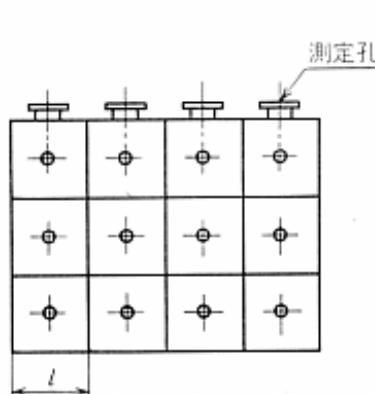
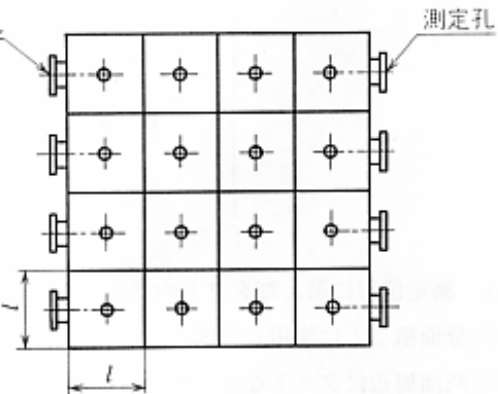


図5 正方形断面の測定点の例
(測定点数16の場合)



最大測定点数：20

表2 長方形及び正方形断面の測定点の取り方

適用ダクト断面積 A (m ²)	区分された一辺の長さ l (m)
1以下	$l \leq 0.5$
1を超え 4以下	$l \leq 0.667$
4を超え 20以下	$l \leq 1$

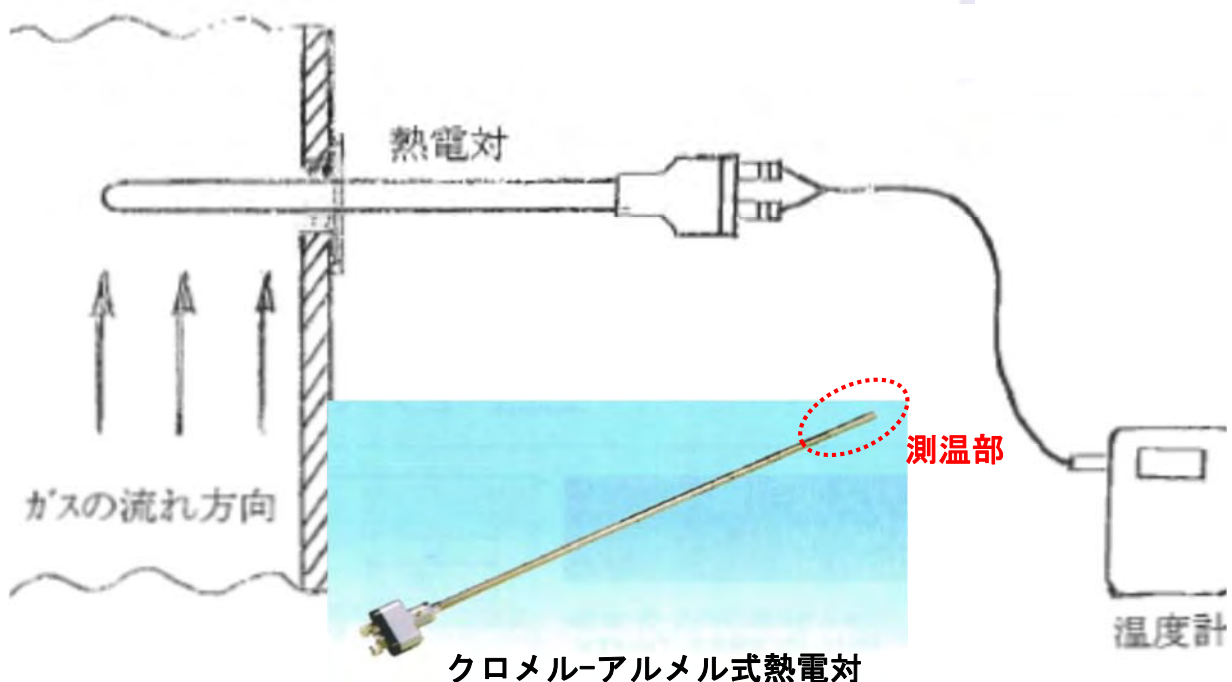
その他の形状の断面の場合 (1)又は(2)に準じて測定点を選ぶ。

ダクトの測定点(減点措置)

- ① 小規模ダクト(断面積 0.25m^2 以下)の場合は、断面内の中心で1点測定をしてもよい。
- ② 測定断面において、流速の分布が比較的対称とみなすことができる場合には、水平ダクトでは鉛直の対称軸に対して片側をとり、鉛直ダクトでは $1/4$ の断面をとり、測定点数をそれぞれ $1/2$ 、 $1/4$ に減らしてもよい。
- ③ あらかじめこの規格によって求めたダスト濃度分布の測定結果が得られており、その中の1か所又は数箇所の測定定点で平均のダスト濃度が求められることが確認されている場合は、その測定点を代表点として測定してよい。

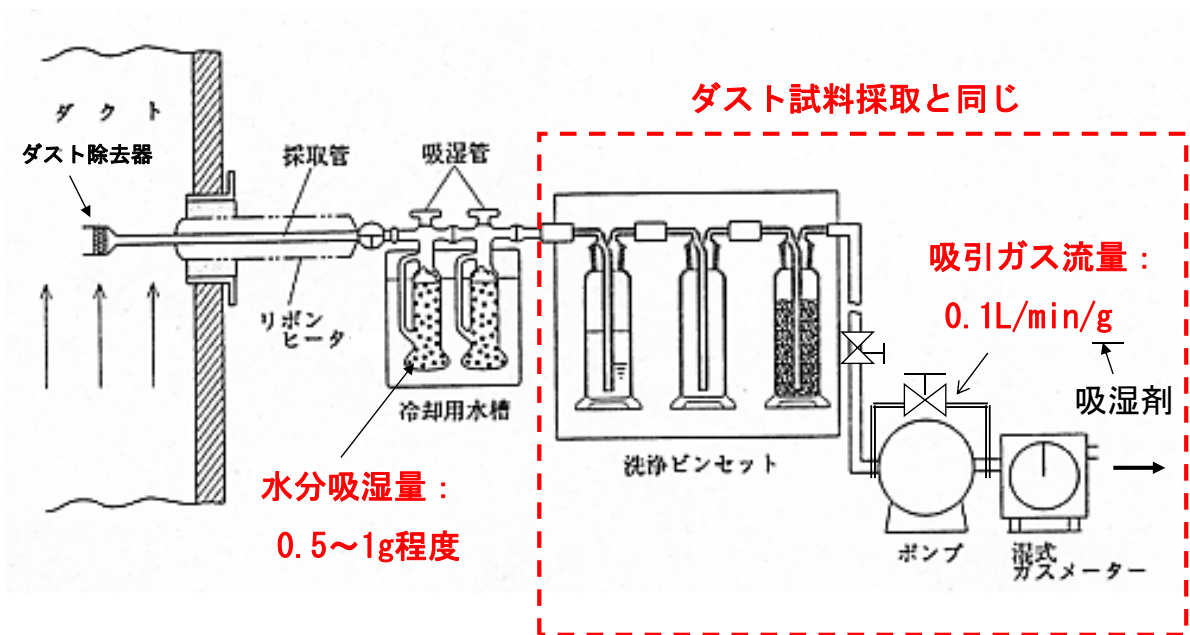
18

温度測定



19

水分量測定



20

ミストが同伴する場合

スクラバの出口などで、排ガス中のミストが共存する場合は、排ガス温度の水の飽和蒸気圧を用い、水分量を次の式(5)によって計算することができる (100 °C以下の場合)。

$$x_w = \frac{P_v}{P_a + P_s} \times 100 \dots \dots \dots (5)$$

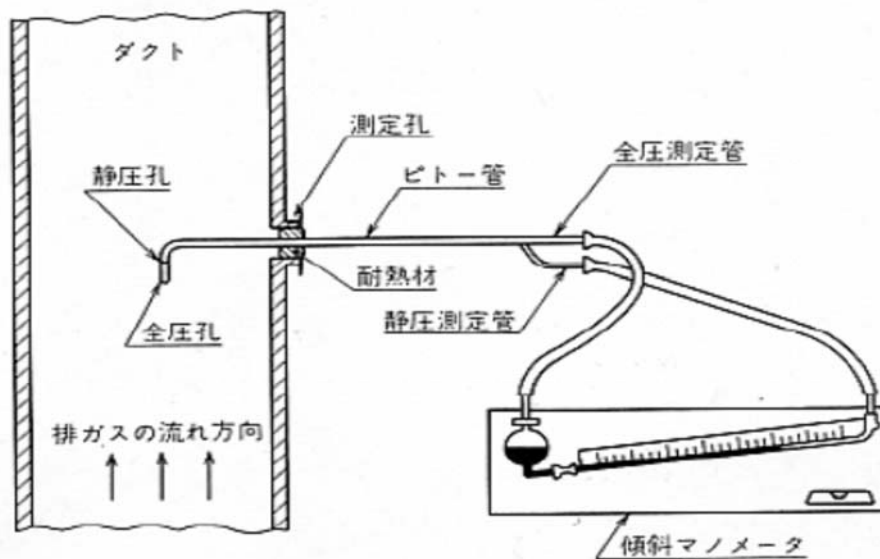
- ここに、
- x_w : 排ガス中の水蒸気の体積分率 (%)
 - P_v : 排ガス温度の水の飽和蒸気圧 (kPa)
 - P_a : 大気圧 (kPa)
 - P_s : 排ガスの静圧 (kPa)

なお、 P_v については、表3によって、単位を Pa から kPa に換算する。

21

排ガス流速測定

図7 ビトー管による排ガス流速の測定例



22

ダスト試料採取装置の構成

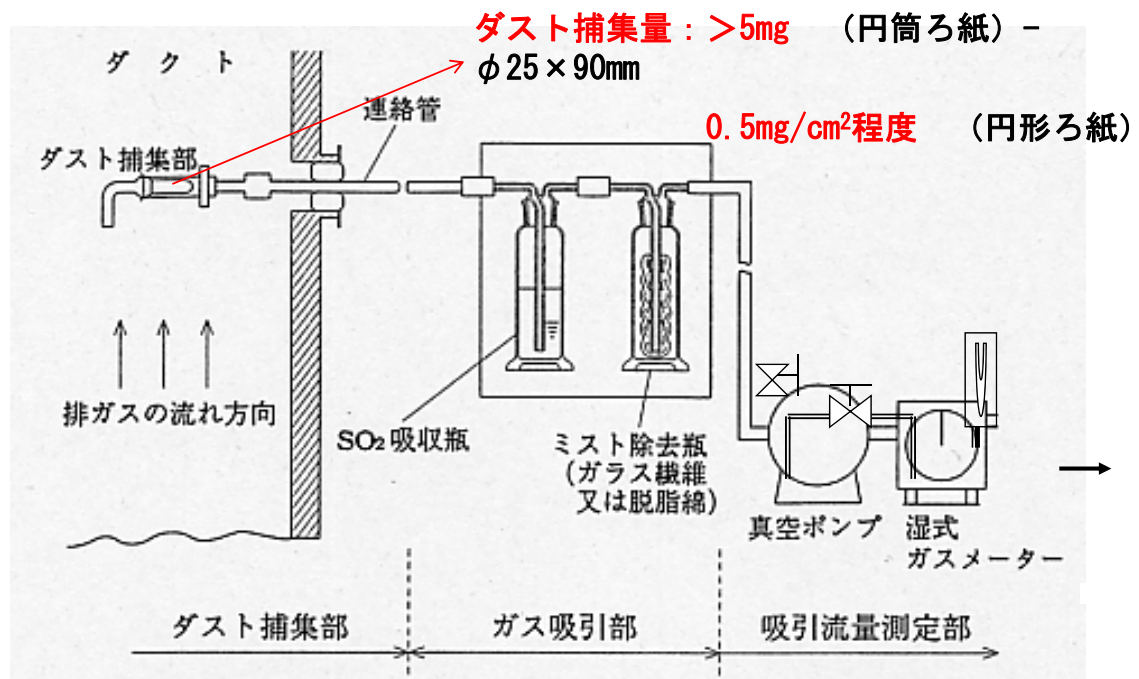
ダスト試料採取装置は、ダスト捕集部、ガス吸引部及び吸引流量測定部をもって基本構成とする。

ダスト試料採取装置の全接合部にガス漏れがあってはならない。なお、試料採取装置のダスト捕集器の位置によって1形と2形とに区別し、1形はダスト捕集器をダクト内に置くもの、2形はダスト捕集器をダクト外に置くものとする。

2形の場合は、排ガスの温度が露点以下にならない程度にダスト捕集部を保温又は加熱する。

23

ダスト濃度測定装置（1形式）



24

普通形手動式試料採取装置



ダストサンプラ



吸引管



ガス洗浄器



吸引ポンプ



(湿式)



(乾式)

ガスメーター

25

ダスト捕集部

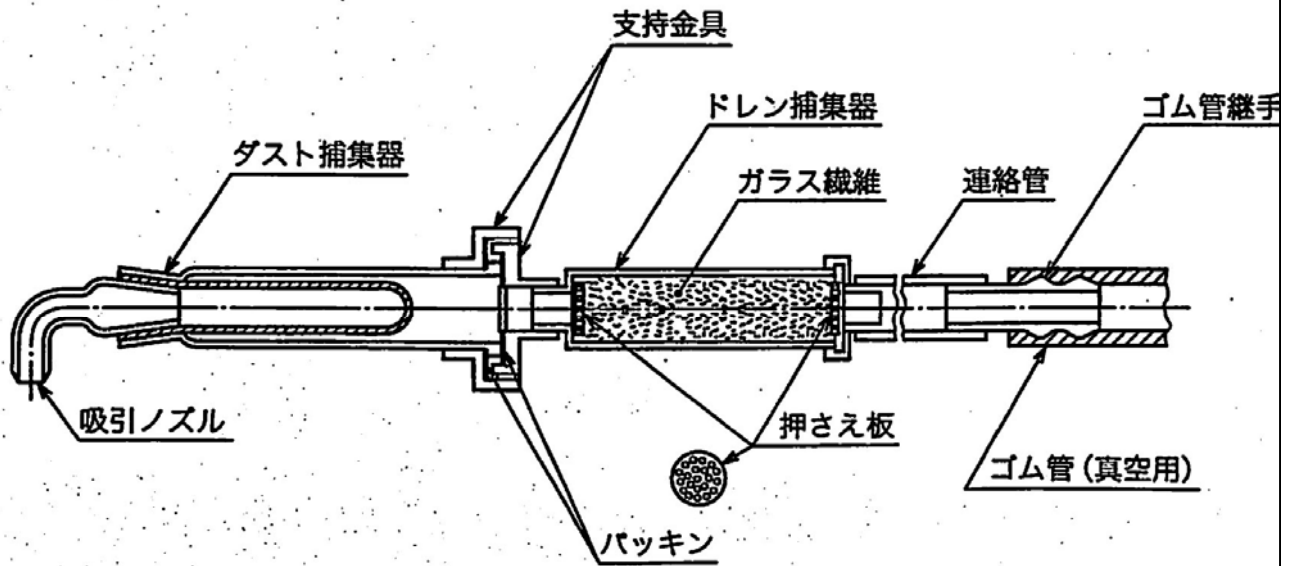


図9-ダスト捕集部の構成例 (円筒ろ紙を用いる1形の場合)

26

吸引ノズル

図10 吸引ノズルの先端の一例

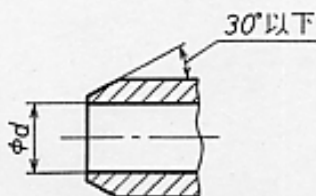
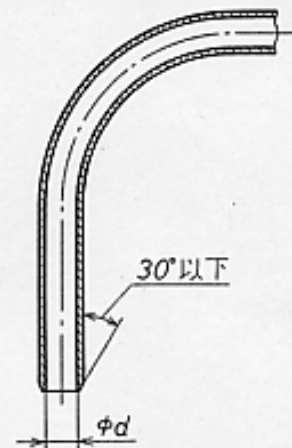
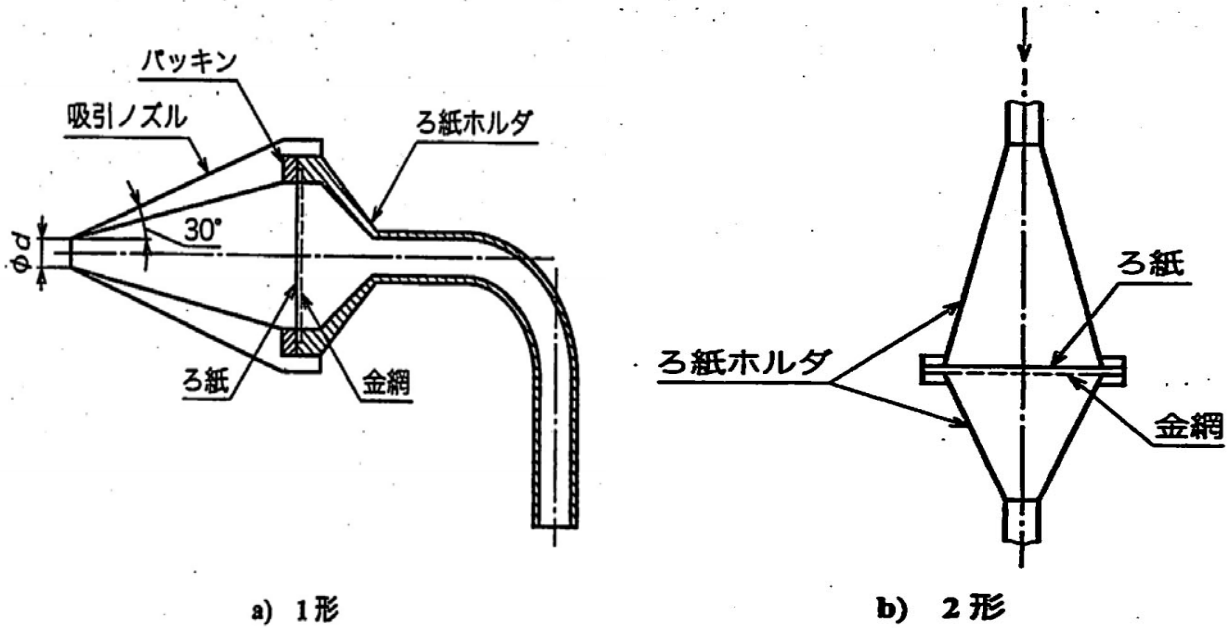


図11 吸引ノズルの形状の例



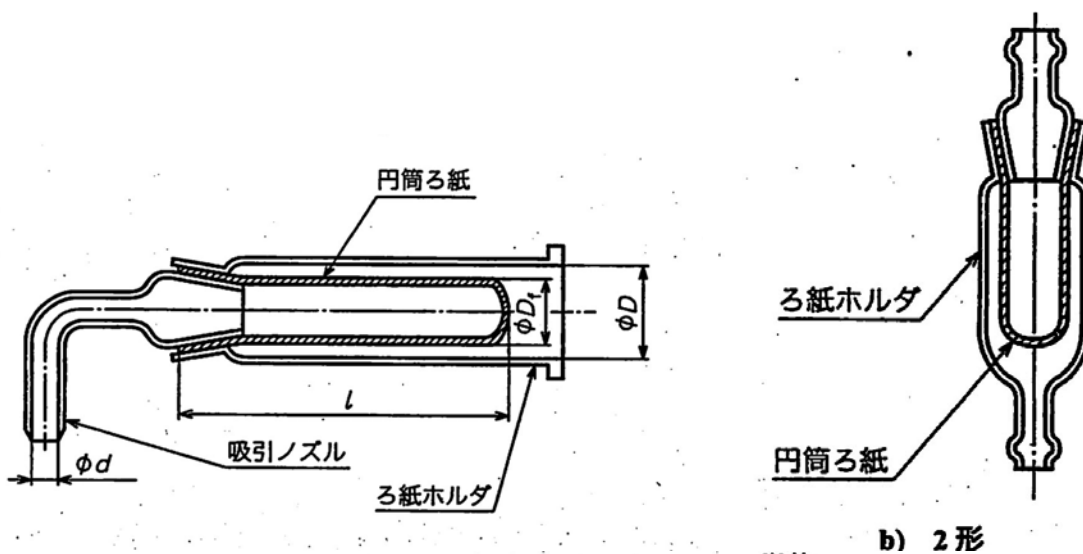
27

ダスト捕集器（円形）



● 円形ろ紙は、有効直径30mm 以上のものを使用

ダスト捕集器（円筒）

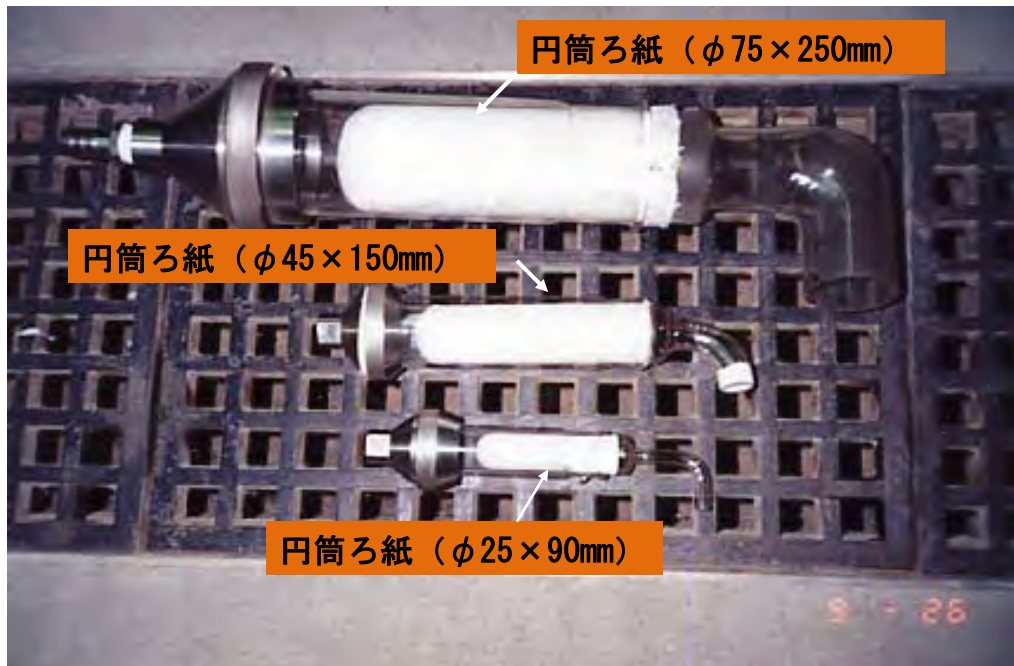


単位 mm

D	24	30	35	45
d	4, 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, ...			
D_r	20	25	30	40
l	90			

図 13-円筒ろ紙を用いるダスト捕集器の形状・寸法の例

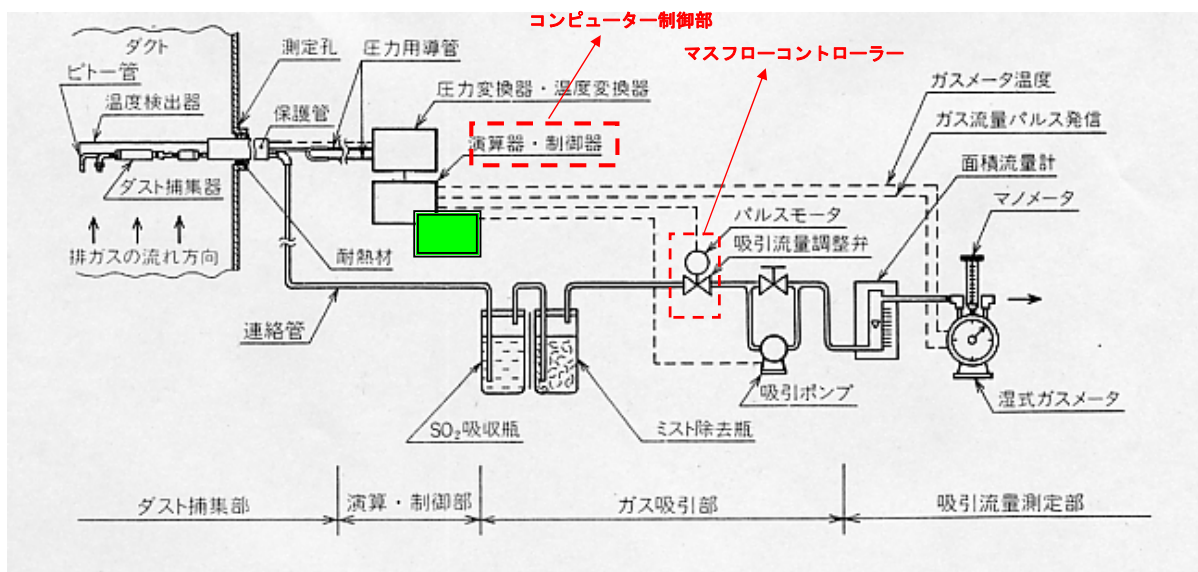
ダスト捕集器（大・中・小容量用）



30

普通形自動試料採取装置

● 構成例



31

普通形自動試料採取装置



ダスタックサンプラ (ESA-701)

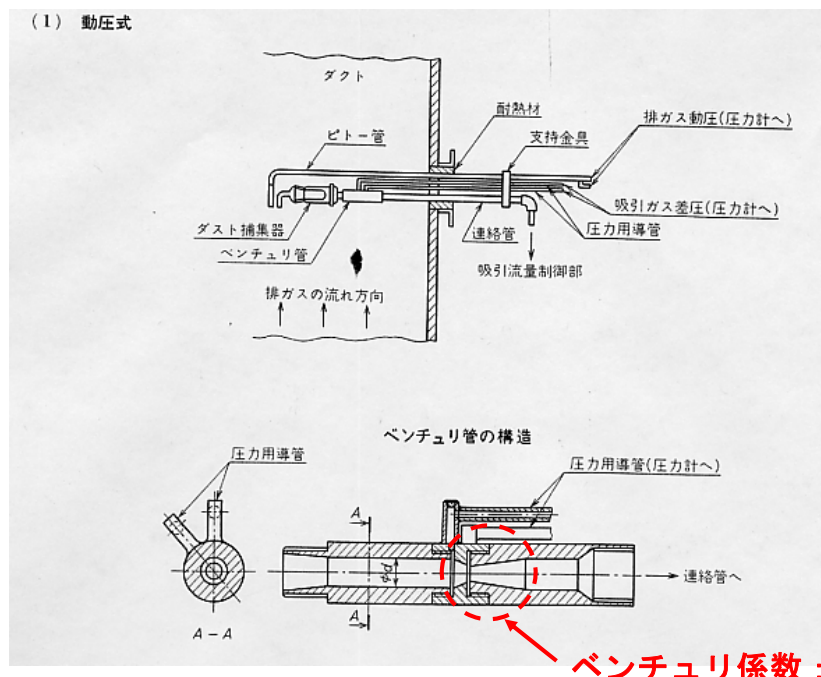
演算制御部

吸引ガス流量制御部

ガス吸引部

OKANO

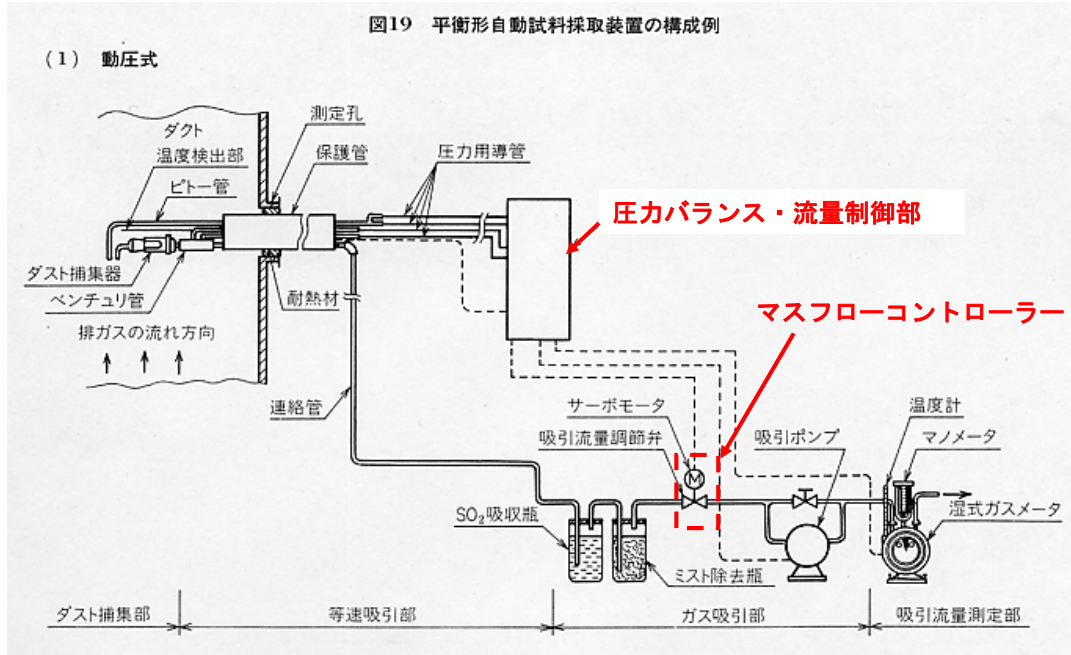
平衡形試料採取装置 (動圧式)



動圧式平衡形自動試料採取装置

● 構成例

図19 平衡形自動試料採取装置の構成例



動圧式平衡形手動・自動試料採取装置



手動式

ダスト試料採取部



自動式

デジタルオートダストサンプラ (NGZ-5DK)



ハンディーダストサンプラ (NGZ-2NS)



ガス洗浄器



吸引ポンプ



乾式ガスメータ

ダスト捕集器の準備

- a) ろ紙を通るガスの見掛けの流速が、一般に 0.5 m/s 以下になるように、吸引ノズル内径及びろ紙の寸法を選ぶ。
- b) ろ紙は、 $105\sim 110\text{ }^{\circ}\text{C}$ で十分に乾燥し、デシケーター中で室温まで冷却した後、秤量する。ただし、排ガス温度が $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上の場合は、あらかじめろ紙が排ガスと同程度の温度で恒量となるまで加熱し、上記と同じ方法でひょう量する。なお、秤量用の天びんは、感量 0.1 mg 以下のものを用いる。また、秤量用天びんは、定期的に校正しておかなければならない。
- 秤量は、相対湿度 50% 前後の環境で行うことが望ましい。また、秤量するとき、帯電による影響について十分に注意。
- c) 秤量したろ紙は、使用時までダストが付着しないように防じん容器などに保管しておく。

35

十分な排ガス量の吸引が困難で、標準状態における乾きガス量として 1000 L 以上の排ガスを吸引しでもダスト捕集量が次の1)又は2)に満たない場合は、濃度の計算は次のようにする。

トラベルブランク値の5倍の値をダスト捕集量としてダスト濃度を計算し、その値を検出下限値とする。

実試料におけるダスト捕集量がトラベルブランク値の5倍以下の場合は、ダスト濃度は検出下限値以下とする。

1)円形ろ紙の場合には、捕集面積 1 cm^2 当たり 0.5 mg 程度とする。

2)円筒ろ紙の場合には、全捕集量を 5 mg 以上とする。

36

ダストを捕集したろ紙は、一般に105～110℃で1時間乾燥した後、デシケーター中で室温まで冷却し、秤量する。

排ガス中にミストが共存する場合は、強度の強い紙かインパクト付きダスト捕集器を使用する方式を用いるとともに、分離したミスト中にダストが含まれる場合、又は可溶性物質(粒子)が含まれているおそれがある場合には、ミストを回収し、通常105～110℃で十分に乾燥して、デシケーター中で室温まで冷却した後、秤量して捕集ダストに加える。



○仕様

品名	No.895
組成	フッ素樹脂 シリカ繊維
質量(g/本)計	6.0
厚さ(mm)計	1.6
圧力損失(kPa)計	0.54
捕集効率(0.3μmDOP%)計	>99.9
保留粒子径(μm)計	—
灰分	—
最高使用温度(℃)	400
吸湿性	極小
加熱減量(%)	0.07



JIS Z 8808にはミストが同伴する場合、スクラバの排ガスのように、ミストを多量に含む場合のダスト試料採取に際して次の二つの方法を規定

39

ミストが共存する場合時のダスト捕集器

ミストが共存するかどうかの確認は、測定の準備段階で行い、排ガス温度が露点以下である場合は、ミストの共存する場合が多いので十分配慮する必要がある。

- 1) 強度の強いろ紙を用いるか、又は図14(後述)に示すように、ろ紙後方に耐腐食性の金網などを装着することによって、ろ紙が破損しないようにするとともに、ミスト分離器を後段に用いる。
- 2) 図16に示すインパクト付ミダスト捕集器を用いて、あらかじめミストを分離する。

40

排ガス中に硫酸ミストなどを含み、測定値に影響を及ぼすおそれがある場合

- I) 硫酸ミストなどと反応を起こさないろ紙を用い、試料を採取したろ紙は、250 °C程度で約2 時間加熱し、デシケーター中で室温まで冷却した後、秤量する。
- II) ふっ素樹脂製ろ紙及び硫酸によって処理したシリカ繊維製ろ紙がある。
- III) ダストを含むろ紙を温水で抽出し、化学分析によって硫酸を定量し、ダスト質量から硫酸相当量を差し引いてもよい。

41

ミストが共存する場合ダスト捕集器の準備

- 1) 強度の強いろ紙の使用
- 2) インパクト付ミダスト捕集器を使用

42

ろ紙を金網等で補強する場合

ミストが多いと、ろ紙から金網を脱着するときろ紙の一部が金網に付着して剥離することによって、秤量誤差となる可能性がある。このような場合には、円筒ろ紙では測定の前後で図14に示すろ紙を金網に装着したままで秤量するとよい。

また、円形ろ紙を用いる場合は、ダストの捕集用ろ紙と台座の金具との間に、パッキン用のろ紙を装着するとよい。

なお、このパッキン用のろ紙は誤差の原因になるので秤量時には加えないよう注意する。

酸性などの腐食性のミストを含む場合は、金網としてステンレス等の耐腐食性の材質のものを用いるとともに、採取後速やかに秤量するとよい。

43

金網補強付ダスト捕集器

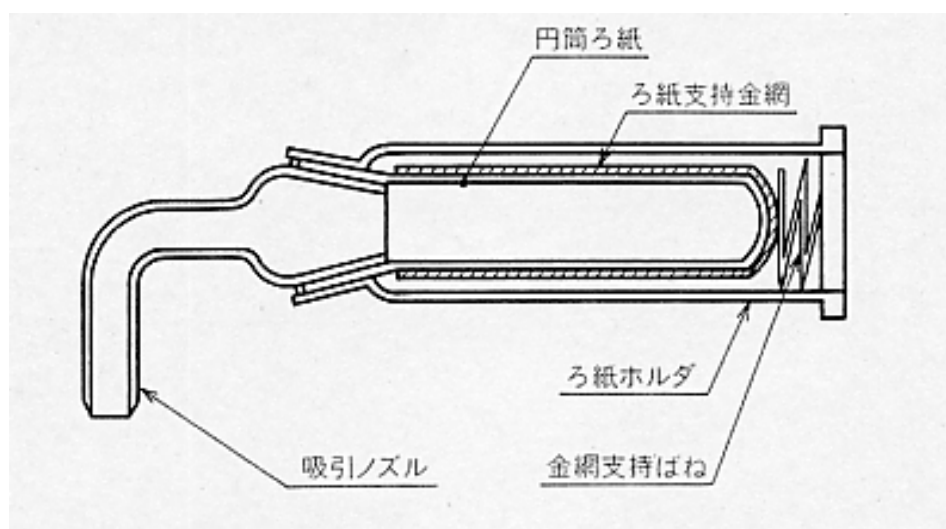


図14—金網支持ろ紙を用いたダスト捕集器例

44



写真提供 : マルニサイエンス



写真提供 : マルニサイエンス





写真提供 : マルニサイエンス



写真提供 : マルニサイエンス

インパクト付きダスト捕集器

P59解説

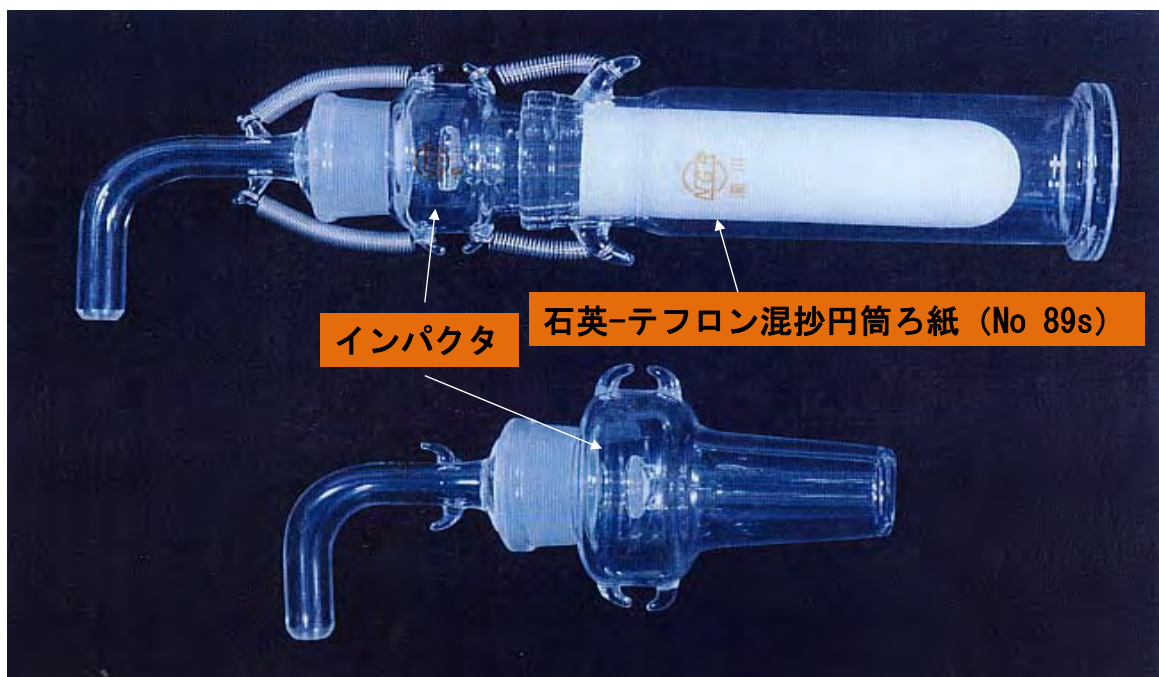
図16 及び図17 に示すインパクト付きダスト捕集器は、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上のミスト及びダストを慣性衝突によって分離捕集するインパクト方式の原理を利用し、円筒ろ紙及び円形ろ紙で捕集する前に、あらかじめ粗大なミスト及びダストを衝突板で捕集するよう工夫したものである。

吸引ノズルから吸引したガスは、吸引ノズルの後端を絞って内径 2mm としたジェットノズルから、衝突板に衝突させ、粒径 $2\mu\text{m}$ 以上のミスト及びダストを分離捕集し、貯留槽内に流下、保持させる。一方、捕集されなかった粒径 $2\mu\text{m}$ 以下の微細なミスト及びダストは、通気孔を通過して後方の円筒ろ紙及び円形ろ紙で捕集するようにしている。

従って、従来の直接捕集するために起こるろ紙の破損、目詰まり、ミストの吹き抜け又はミストがろ紙内に溜まることを防止する効果がある。

45

インパクト付ダスト捕集器



46

インパクト付ダスト捕集器

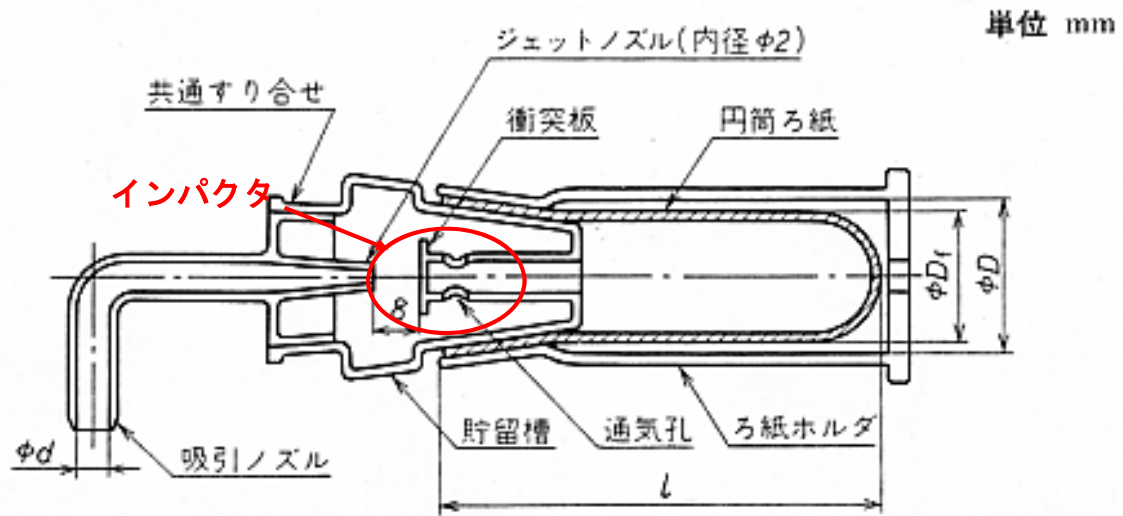
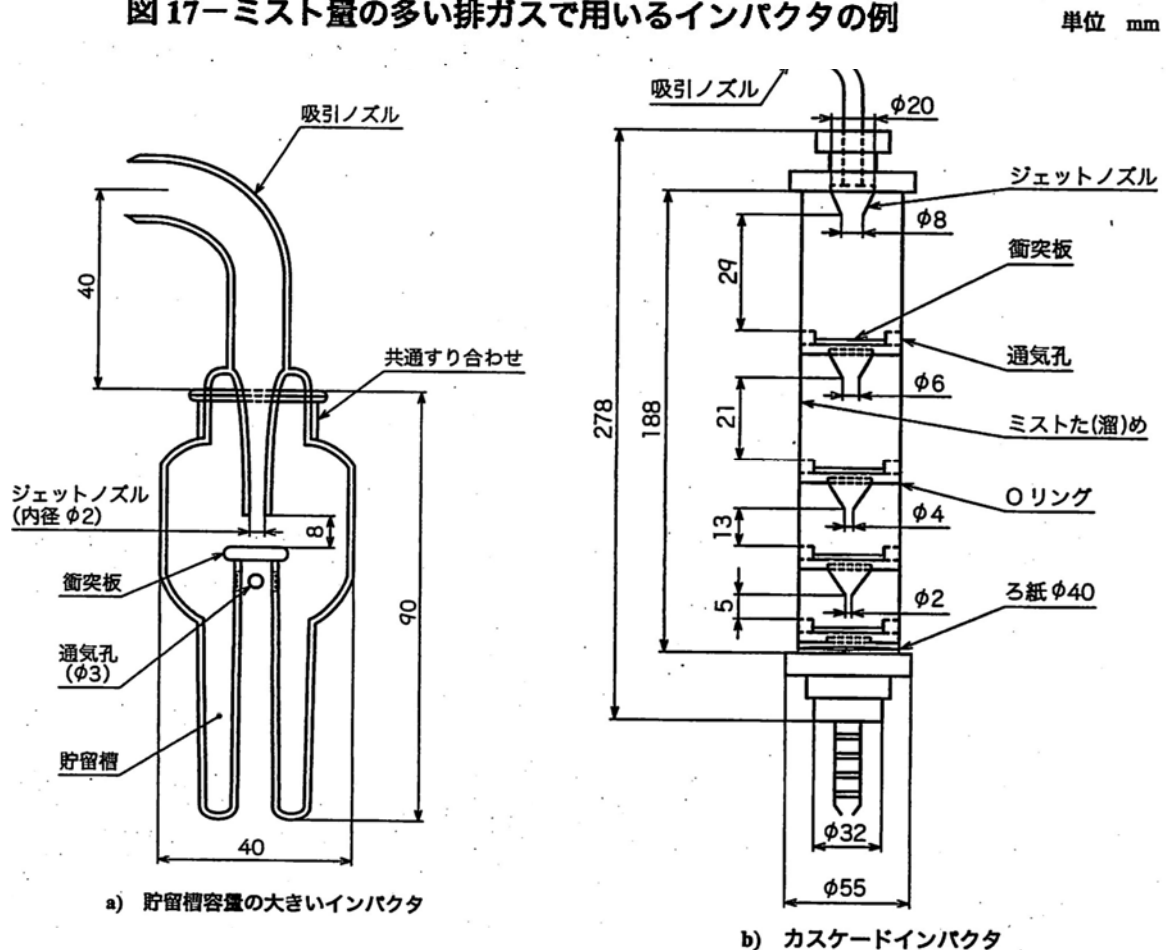


図16—インパクト付きダスト捕集器の形状・寸法の例

47

図17—ミスト量の多い排ガスで用いるインパクトの例



48

ダスト捕集器の選定

ろ過材質は、排ガスの条件（温度、水分量、SO_x、NO_xなど）に適したものを選ぶ。本体の表3のほか、排ガス中のSO_x、NO_xなどなどによるろ過材への吸着及び反応は、測定誤差の原因となるため、それらの影響を受けないフッ素樹脂、シリカ繊維などを選び、ガラス繊維は影響を受けるので使用しないように注意。

49

ダスト測定用ろ紙の特性

ろ過材の性能を考慮して選定する。

ろ過材には、加熱減量及び排ガス中の共存物質（硫黄酸化物など）に対する吸着性又は反応性をもつものがあり、測定誤差の原因となるので、選定には、これらの特性も併せて注意する。

表4 ーダスト捕集器のろ過材の性能

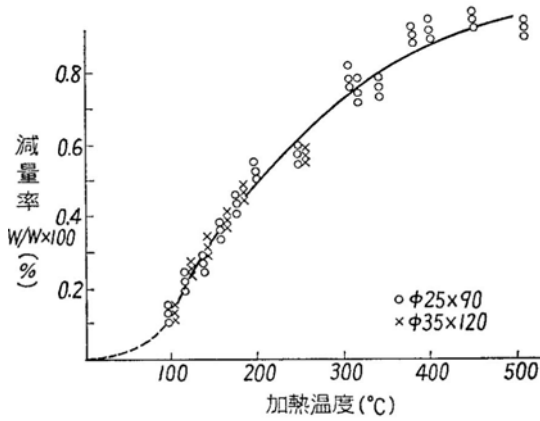
項目	ろ紙を用いるダスト捕集器			
	ガラス繊維	シリカ繊維	ふっ素樹脂	メンブレン
使用温度	500 °C以下	1 000 °C以下	250 °C以下	110 °C以下
捕集率	99 %以上			
圧力損失	1.96 kPa 未満		5.88 kPa 未満	
吸湿性	1 %未満		0.1 %未満	1 %未満

この表の数値の試験方法は、JIS K 0901 の 5. (性能試験方法) による。

50

図 ガラス及びシリカ繊維製円筒ろ紙の加熱減量特性例

(a) ガラス繊維製円筒ろ紙



(b) シリカ繊維製円筒ろ紙

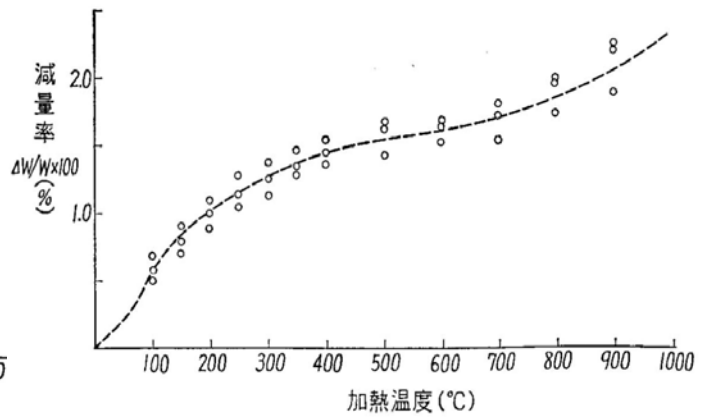


図 ガラス及びシリカ繊維製円筒ろ紙によるダスト濃度測定におけるSO₂との反応影響例

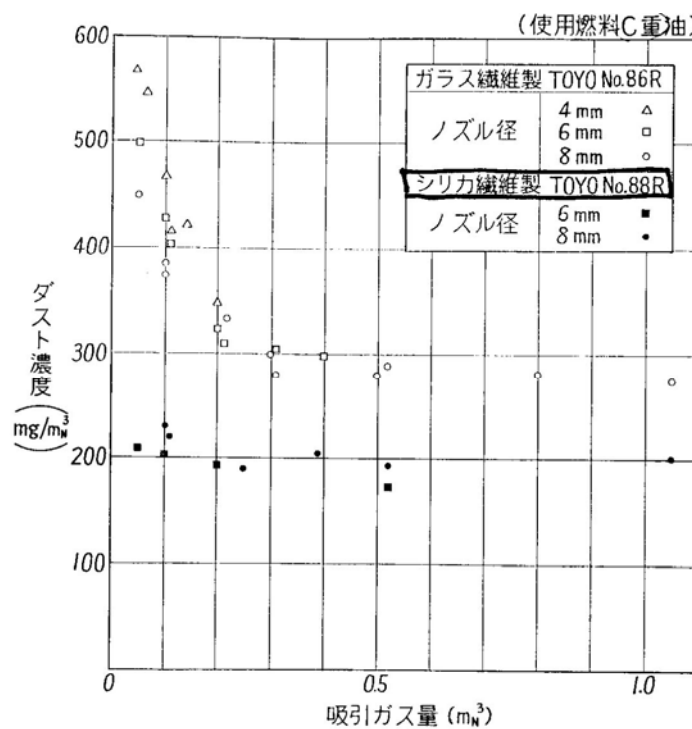
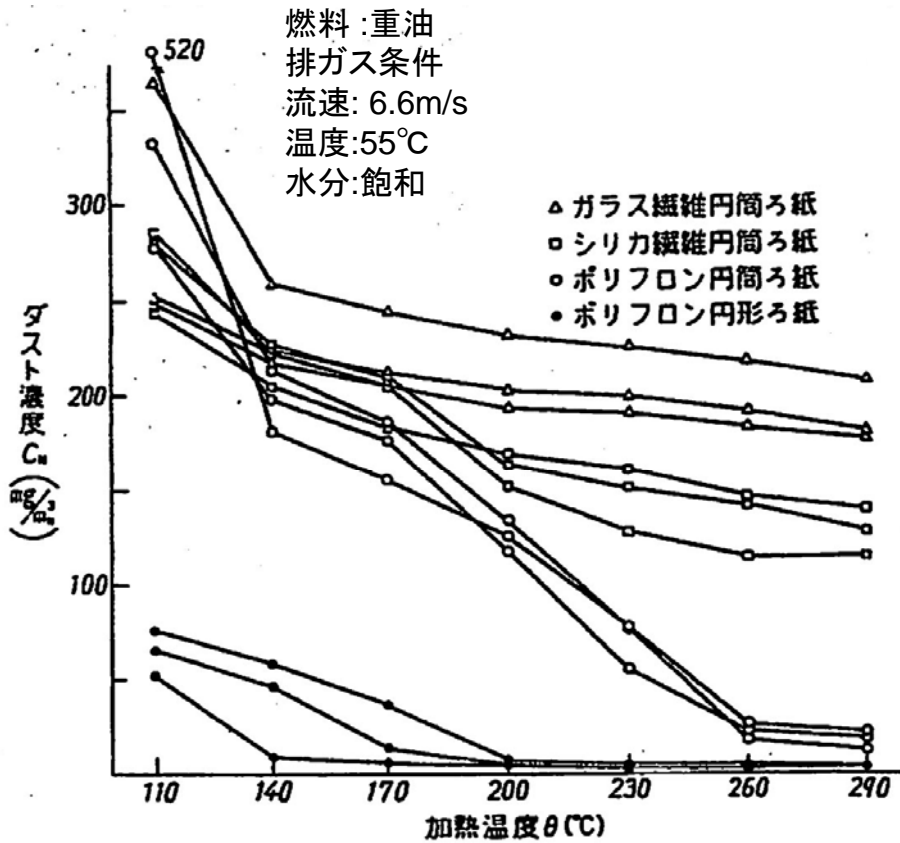
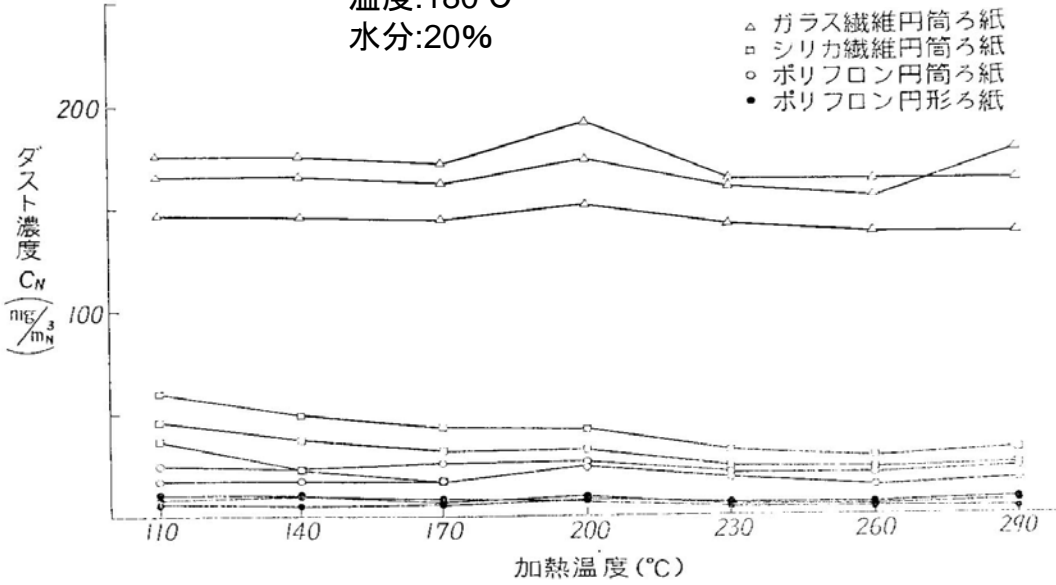


図 各種ろ紙による捕集ダストの乾燥温度とダスト濃度との関係例

燃料:重油、副生油、ガス
 排ガス条件
 流速: 21m/s
 温度:180°C
 水分:20%



解説図 18—各種ろ紙による捕集ダストの乾燥温度とダスト濃度との関係例

硫酸ミストの補正方法の適用に際しての、 排ガスの条件、ダストの性状などによる注意点

使用する方法を必ず、測定値の記録において、補正方法を明示。

解説図18 から、

- ① ガラス繊維製及びアルミナバインダを含むシリカ繊維製の円筒ろ紙は、硫酸と反応して250℃程度で加熱しても硫酸分が揮散しないことを示している。
- ② ふっ素樹脂製のポリフロン円形ろ紙は200℃でほぼ一定となり、同じく円筒ろ紙は内部に液滴があるため、250℃程度で一定となり、ろ過材と硫酸との反応及び吸着がないため加熱揮散による補正が可能なことを示している。

解説表5は、アフターナ付排煙脱硫後の排ガス(140℃)中のダスト濃度をふっ素樹脂製円筒ろ紙(No.89R)と、硫酸で処理し不活性化したアルミナバインダを含むシリカ繊維製円筒ろ紙(No.88RH)とを用いて測定した例である。250℃で加熱乾燥後の濃度は、ろ紙ともほぼ同一の値が得られており、硫酸による処理が可能なことを示している。

解説表5ー加熱揮散法による測定結果

No.	吸引ガス量 m ³	ダスト濃度 g/m ³		使用ろ紙
		110℃	250℃	
1	0.357	0.198	0.012	No.89R (ふっ素樹脂製)
2	0.547	0.158	0.011	No.89R (ふっ素樹脂製)
3	0.497	0.034	0.006	No.89R (ふっ素樹脂製)
4	0.568	0.098	0.009	No.89R (ふっ素樹脂製)
5	0.597	0.204	0.011	不活性化ろ紙 (硫酸処理)
6	0.586	0.238	0.007	不活性化ろ紙 (硫酸処理)
7	0.572	0.221	0.009	不活性化ろ紙 (硫酸処理)
8	0.582	0.199	0.010	不活性化ろ紙 (硫酸処理)
9	0.538	0.246	0.008	不活性化ろ紙 (硫酸処理)
10	0.538	0.212	0.006	不活性化ろ紙 (硫酸処理)

円筒ろ紙収納箱



天秤室

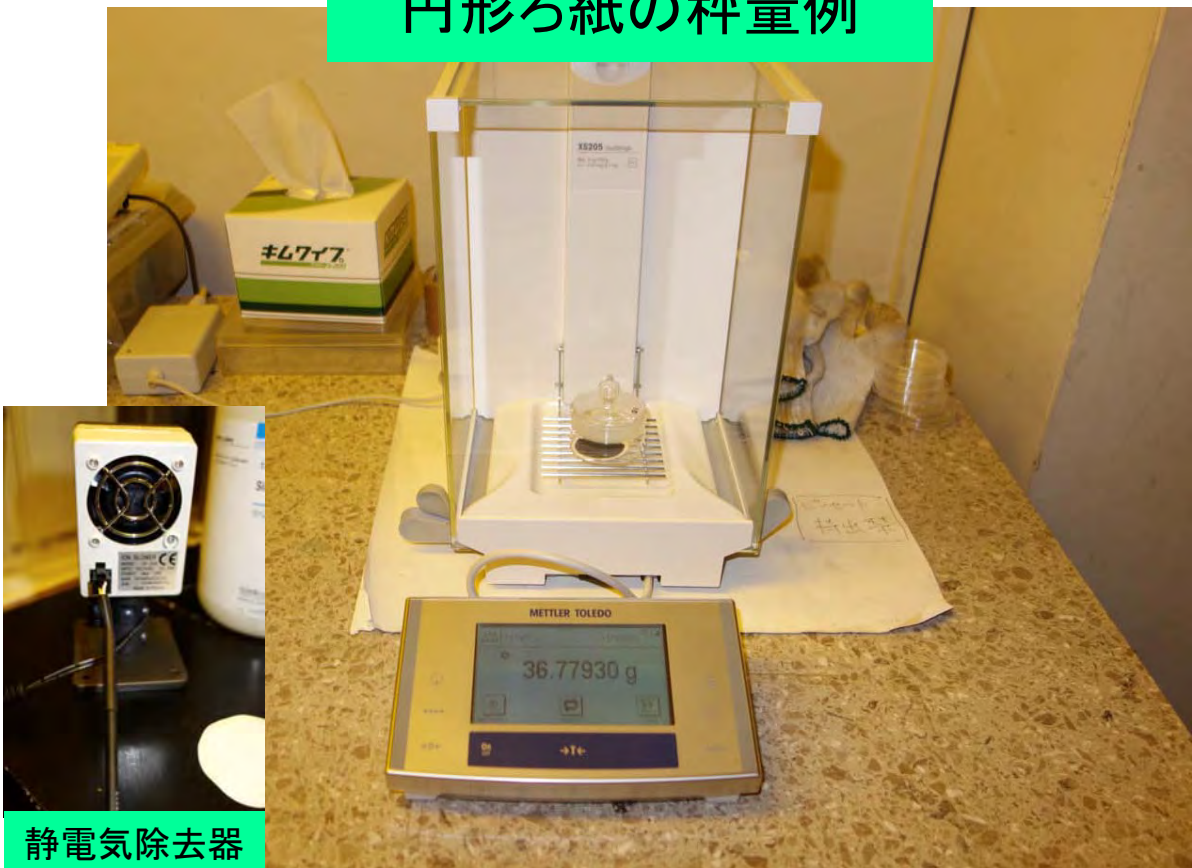


円筒ろ紙の秤量例



57

円形ろ紙の秤量例



静電気除去器

58

ダスト試料の採取の注意点

ダスト試料採取の準備が終了後、ダスト捕集器をダスト試料採取装置に装着し、装置全体の気密を漏れ試験によって確認。

ダスト試料採取先端部を排ガス煙道内にろ紙装着前に排ガス雰囲気中に5～10分程度馴染ませる。

現場では、この確認をしない場合が案外多いので注意。

59

ダスト試料の秤量時の注意点

- I) ダスト捕集器は、装置から取り外し、付着した水分を除くため、105～110℃で1時間乾燥し、採取前と同様の条件で秤量。
- II) 吸引ノズルやインパクト付きダスト捕集器に付着しているダストを無視できない場合、そのままろ紙と同様に吸引ノズルやインパクトを乾燥して秤量し、次にダストを刷毛等で払い落とし、吸引ノズルやインパクトを秤量し、その差から付着したダスト量を求め、捕集したダストに加える。
- III) 吸引ノズルやインパクトへのダスト付着が無視できないことが予想される場合には、あらかじめ吸引ノズルやインパクトをろ紙と同様の操作によって秤量してから、試料採取を行う方法もある。

60

排ガス中に硫黄酸化物を含む場合

- I)ろ紙は、①ふっ素樹脂製、②ふっ素樹脂をバインダとするシリカ繊維製(複合ろ紙)、③硫酸で処理したアルミナバインダを含むシリカ繊維製、④バインダを含まないシリカ繊維製などが用いられる。
- II)排ガス温度が酸露点以下になると硫酸ミストを生じ、ダストとともに捕集され、ダスト濃度が高くなる誤差を生じる。
ダストの定義から明らかのように、硫酸ミストは除く必要があり、加熱揮散による補正方法、化学分析による補正方法が規定されている。
- III)加熱揮散による補正は、硫酸ミストと化学反応を起こさないろ紙を用いてダストを捕集し、捕集後250℃程度で約2時間加熱して硫酸ミストを揮散させ、秤量する方法がある。
このため事前に、250℃程度で加熱処理して秤量しておく。

61

円筒ろ紙(89S)を加熱処理例



62

ダスト捕集後の加熱処理及び秤量

◎ 出来るだけ、24 時間以内に行う必要。

加熱揮散による補正は、割合簡単のため日常の測定には適しているが、捕集後に250 °Cで加熱するため、加熱によって減量を起こすダストの場合には不適當。

ただし、通常の燃焼過程を経たダストは未燃分が著しく少なくほとんど250 °C程度では加熱減量を起こさないことが知られており、適用範囲は広い。

63



白濁排ガス施設
石灰焼成炉
排ガス温度:30°C前後
水分量:20%以上
流速:5m/s



64



円形ろ紙装着例



インパクト付
円筒ろ紙装着例



67

インパクト付
円筒ろ紙 採取後



68



ダスト自動計測

- 手分析との相関性において、ダストの物理特性（粒径、形状、色など）及び現場条件（集塵設備の種類、燃料の種類など）が変化する場合は、その条件で再度相関を取り直す必要がある。
- ミストを多量に含む排ガス中のダスト濃度測定においては、測定値がミストの影響を受ける恐れがある。
- 計測器の測定原理は、光透過式、光散乱及び
 - 摩擦静電気検出式に基づく
- 日本のJIS規格と、ISO10155は等価の規格

光散乱式ダスト濃度計

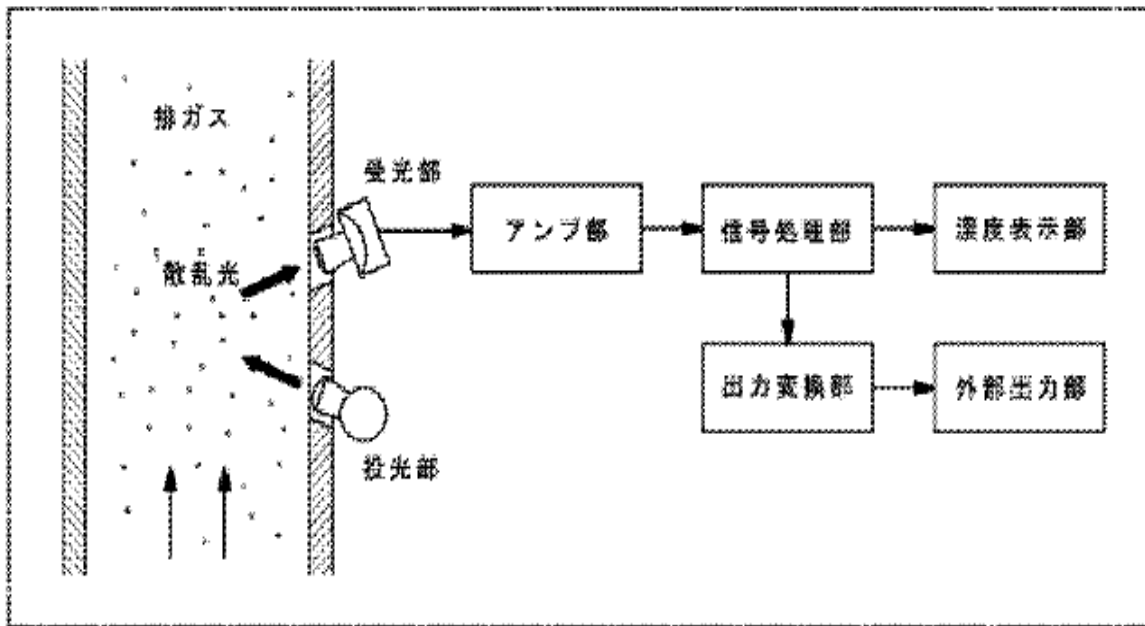


図 JA.2—光散乱式ダスト濃度計の構成例

出展: JIS Z8852

光透過式ダスト濃度計

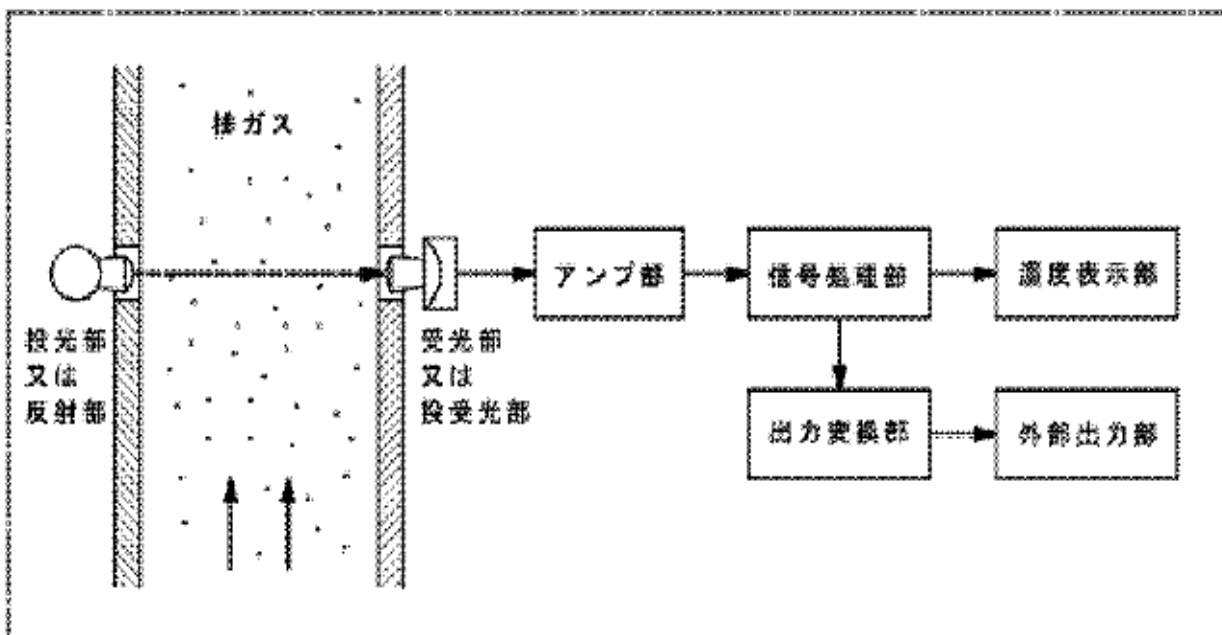


図 JA.4—光透過式ダスト濃度計の構成例

出展: JIS Z8852

摩擦静電気検出式

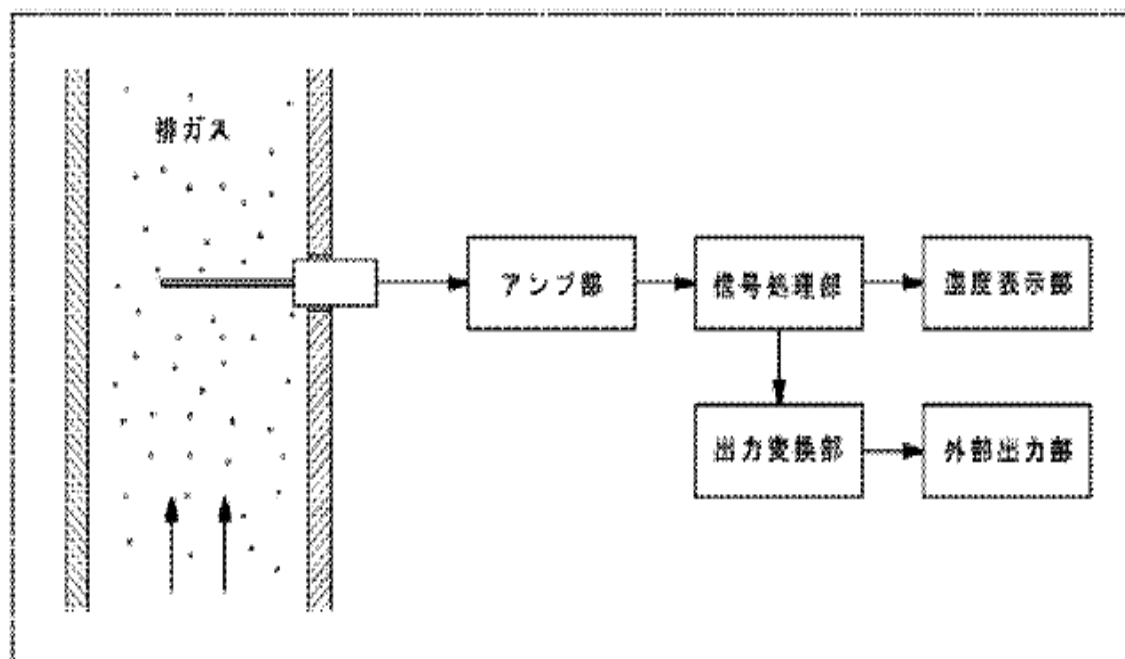


図 JA.5—摩擦静電気検出式ダスト濃度計の構成例

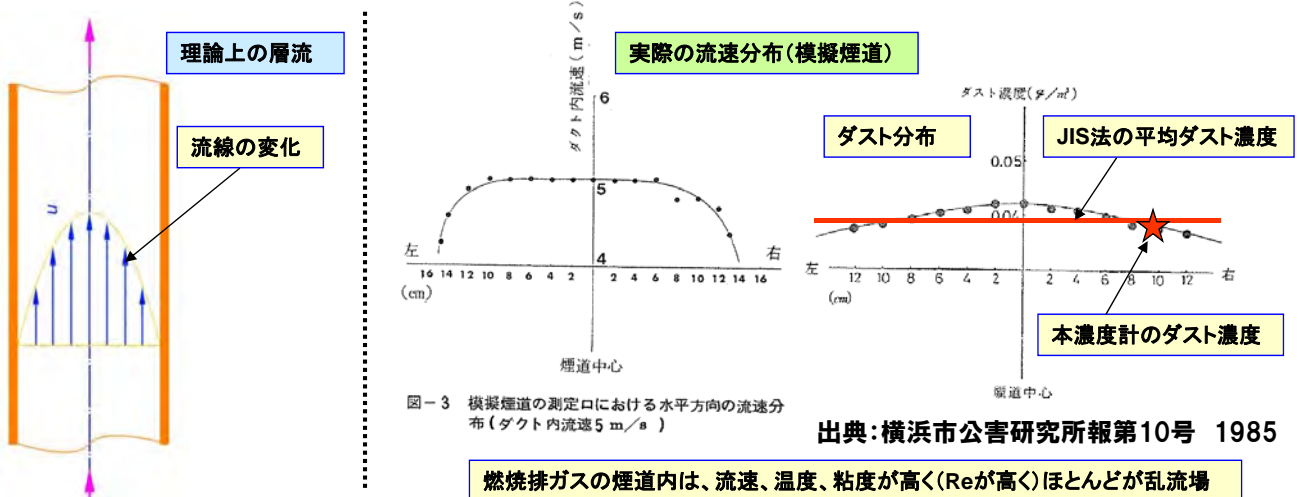
出展: JIS Z8852

連続式ダスト濃度計の運用・メンテナンス

- 連続式固定発生源ダスト濃度測定器には大別して3方式がある。
- 低濃度域(0~50mg/m³N程度)で等速吸引による手分析重量濃度と相関性の高い測定方式が光散乱法である。
- 光散乱式ダスト濃度計の内、排ガスを吸引採取しない「ノンサンプリング式」は排ガス流速の変化の影響を受けず、非等速吸引誤差が無い。
- 後方散乱式ダスト濃度計は、測定検出部を煙道の壁面1カ所に取り付けることが出来るので、設置工事及びメンテナンス性が優れている。 → [詳細は次ページ](#)
- 新たに開発されたノンサンプリング瞬間気化式光散乱ダスト濃度計は脱硫装置出口の様に水蒸気の多いWETな白濁した排ガス中のダスト濃度を連続測定出来る。

詳細説明 後方散乱式ダスト濃度計は、測定検出部を煙道の壁面1カ所に取り付けることが出来るので、設置工事及びメンテナンス性が優れている。

➡ **何故、壁面近傍でダスト濃度の連続測定が出来るのか？**



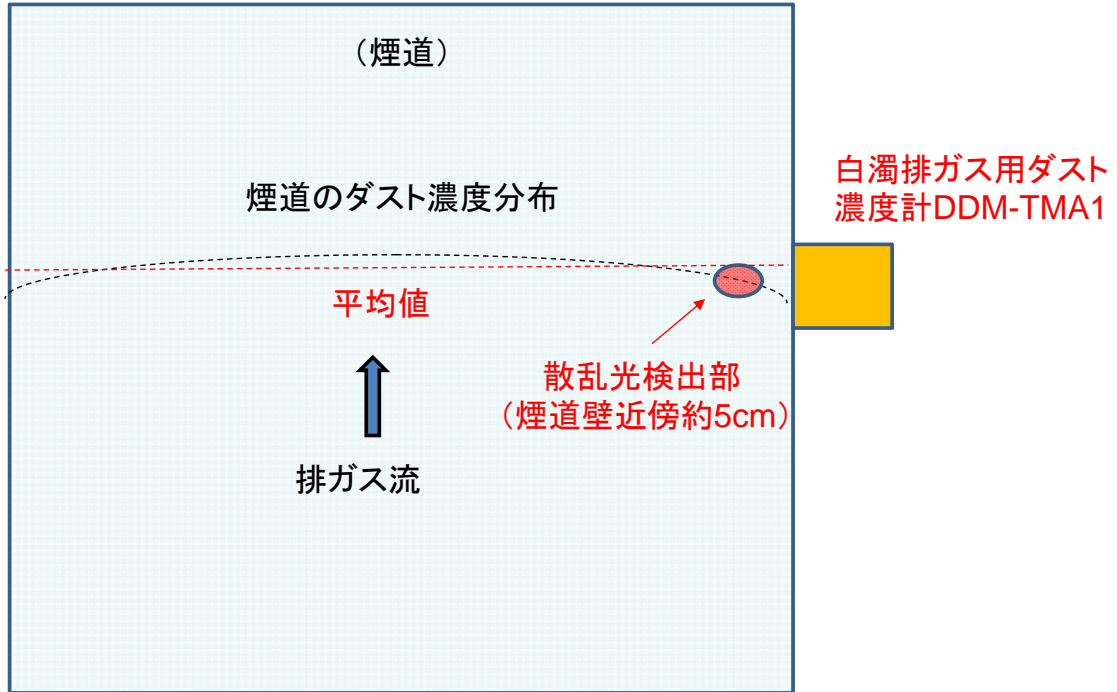
- 図の解説
- ① 排ガスの流れが一様で安定した状態では、一定の速度分布が形成される。(中央図)
 - ② また、その速度分布に対応してほぼ同様なダスト濃度分布が形成される。(右図)
 - ③ 手分析のJISZ8808法は、このダスト濃度分布の代表値(平均値)を測定する。(右図の赤線)
 - ④ 本ダスト濃度計は、壁面近傍のダストから散乱光を測定する。(右図の★)
 - ⑤ JIS法の平均値と散乱光の相関を取り、その比例関係を利用する。

➡ すなわち、煙道内に形成された一定のダスト濃度分布から得られる平均値と、煙道近傍の一部のダスト濃度との間に成立する一義的(比例)関係から、ダスト濃度連続測定を可能にするものである。

前頁の解説

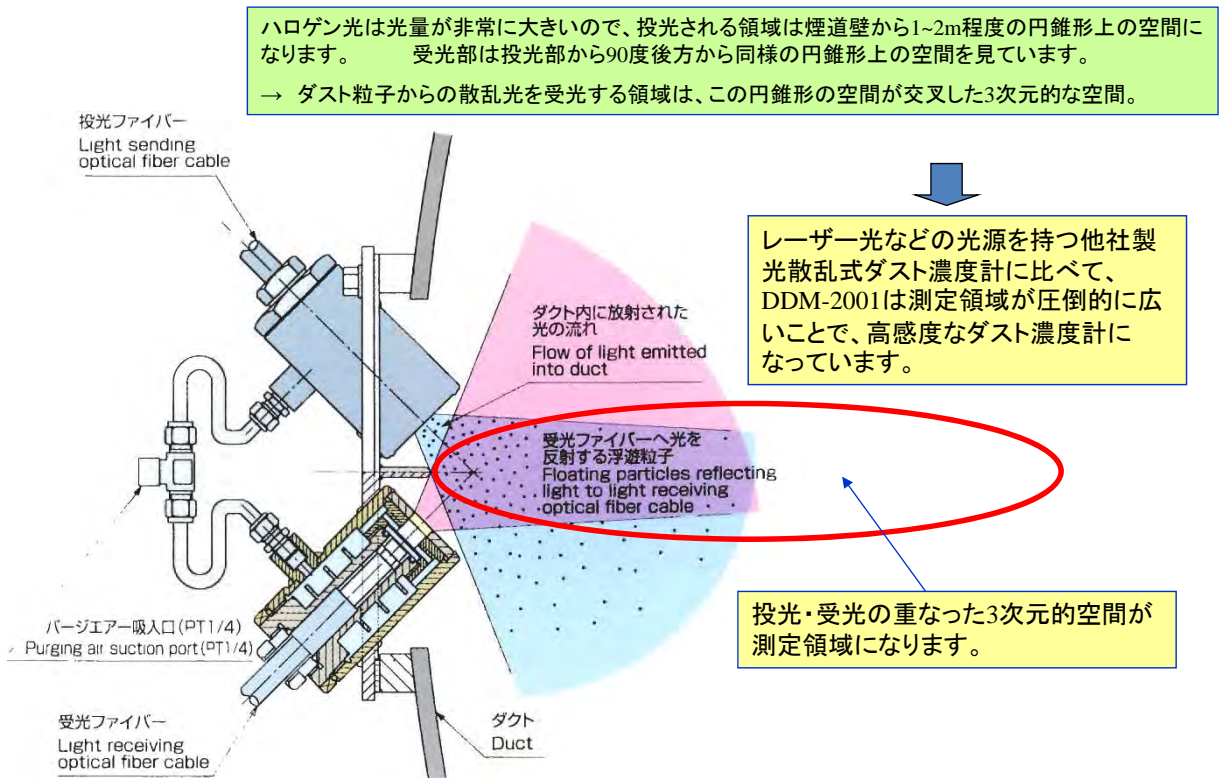
- ・ 煙道内のダスト濃度は、ガス速度と同じ様に変化する。
 - …排ガス中の各流線上のダスト粒子は、そのガス速度と同じ速度で移動し、両者は同じ挙動をする。
- ・ ダスト濃度分布も、ガス速度分布とほぼ同一の分布形状となる。(横浜市公害研のデータ)
- ・ 相対濃度計である後方散乱式ダスト濃度計は、壁面近傍のダストからの散乱光を測定する。
 - … 壁面近傍での測定によってもダスト濃度連続測定が可能。

ダスト濃度計の測定概念図

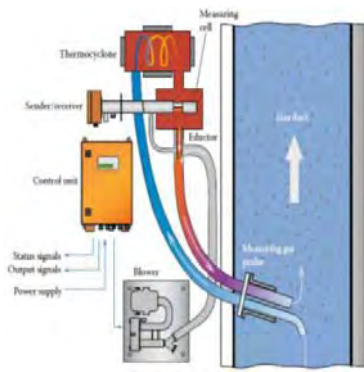


* この例は白濁排ガス用ノンサンプリング瞬間気化式光散乱ダスト濃度計DDM-TMA1の場合です。一般用ダスト濃度計DDM-fcの場合では散乱光検出範囲は煙道壁から1m程度までと広くなります。

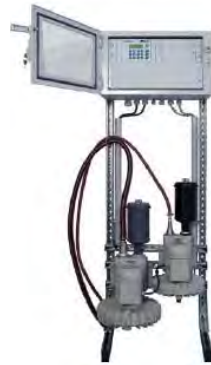
後方散乱式ダスト濃度計検出器の例 (DDM-2001, DDM-fcの例)



高湿度、低ダスト対応の計測器



SICK FWE200



DURAG D-R 820F



PCME STACK 181 WS

- ・サンプリング式が主流
排ガスを吸引(サンプリング)し、ヒーター部を通して加熱し、水蒸気分を透明にし測定

課題

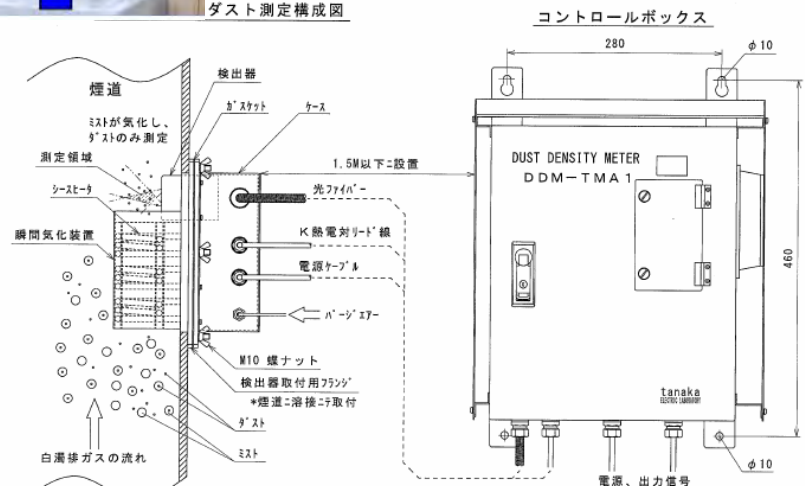
- ・ダスト濃度の測定方法で基本である等速吸引が不十分
- ・水分により吸引するサンプリング管の詰まりによるメンテナンス性

高湿度、低ダスト状態での計測に関する新提案

透明排ガス ↑
(瞬間気化装置の機能)
白濁排ガス ↑



ダスト測定構成図



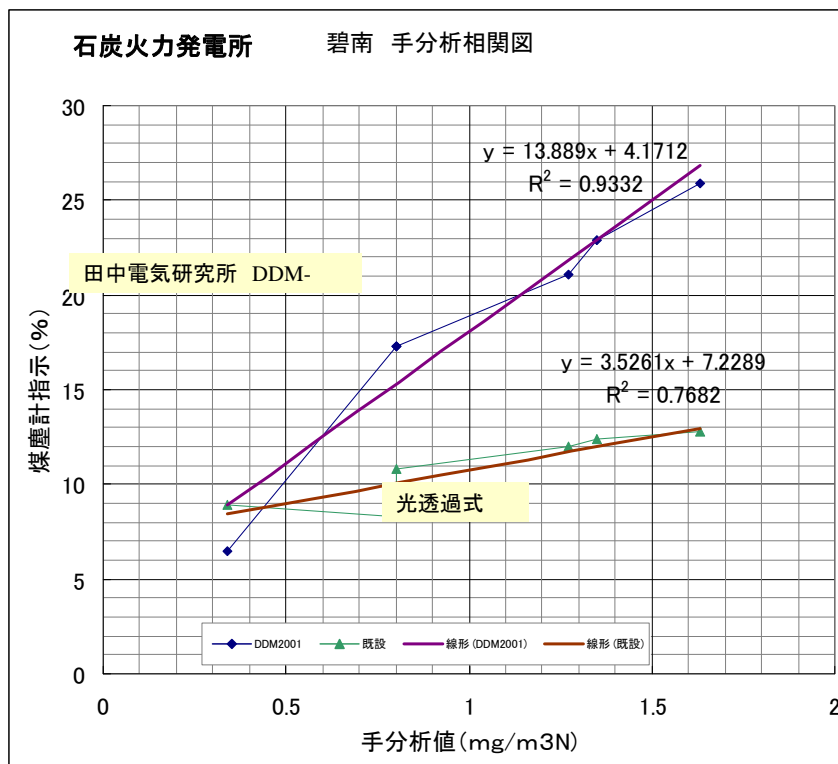
透明排ガス用後方散乱式ダスト濃度計DDM-fC

- ノンサンプリング式なので排ガスの流速変化の影響を受けない。
- 検出器のエアージ方式、結露対策により長期間メンテナンスフリーで使用可能。
- 機器の健全性確認は、プラント稼働中で排ガスが流れていても安全にゼロ・スパン校正ができる。
- 手分析重量濃度との相関係数は0.9以上の実績。

透明排ガス用後方散乱式ダスト濃度計DDM-fC



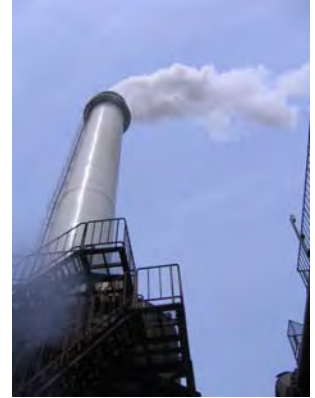
透明排ガス用ダスト濃度計 DDM と 他社光透過式との相関係数



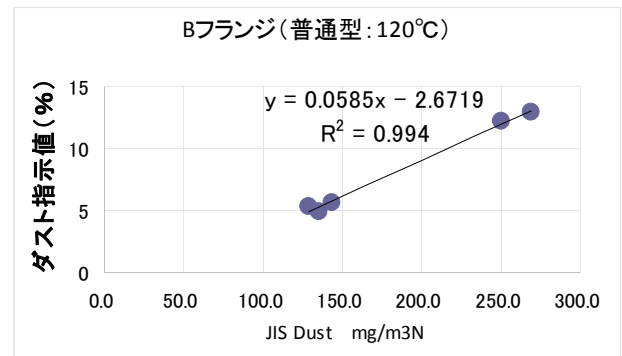
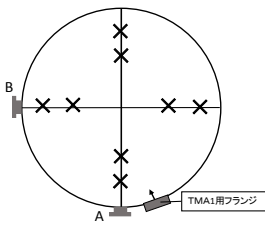
白濁排ガス用ダスト濃度計DDM-TMA1

- 排ガスを吸引しない「ノンサンプリング瞬間気化式光散乱ダスト濃度計」
- 排ガスの流速変化による非等速吸引誤差が無い。
- 吸引配管が無いいため、配管の詰まりや管内沈着の影響が無い。
- 手分析重量濃度との相関係数は0.9以上の実績。

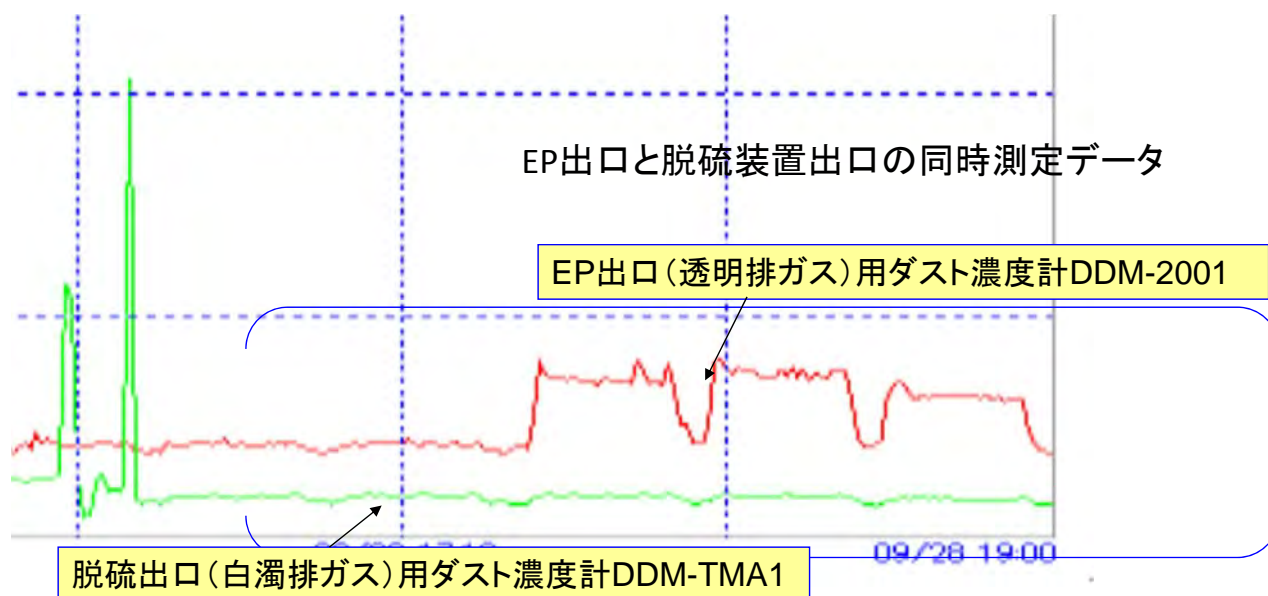
白濁排ガス用ダスト濃度計DDM-TMA1



白濁排ガス用ダスト濃度計DDM-TMA1相関係数



白濁排ガス用ダスト濃度計DDM-TMA1トレンドデータ

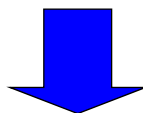


EP出口 (透明排ガス) と脱硫出口 (白濁排ガス) ダスト濃度計の変化は同期している。
EP出口でダスト濃度が定期的にも上昇しても、脱硫出口では集塵されて上昇はしない。

DDM-TMA1調整時の排ガス状態

脱硫装置出口の排ガス (白濁排ガス状態)

- 排ガス温度 : ダスト濃度計検出器取り付け部から温度計で測定
→ 40℃前後 (内部中央付近では50℃以上はあると思われる。)
- 排ガス流速 : ダスト濃度計検出器取り付け部から風速計で測定
→ 凡そ4~10m/secで頻繁に変動



従来のサンプリング式光散乱式ダスト濃度計では一定量吸引型が多いので、非等速吸引誤差の影響が懸念される。

→ 当社DDM-TMA1はノンサンプリング瞬間気化式光散乱式ダスト濃度計のため、排ガス流速が頻繁に変化しても測定データに影響していない。
(非等速吸引誤差が無い。)

日本での事例紹介 日本の環境配慮型USC石炭火力発電所(1,000MW) 既設の光透過式との比較試験 (1年間実施)



既設の光透過式
ダスト濃度計

当社光散乱式
ダスト濃度計

日本の環境配慮型USC石炭火力発電所ダスト濃度手分析実測データ

ダスト濃度測定記録

(JIS Z 8808 ろ紙法)

測定月日: 平成19年3月9日(金)

測定場所: 煙突入口煙道

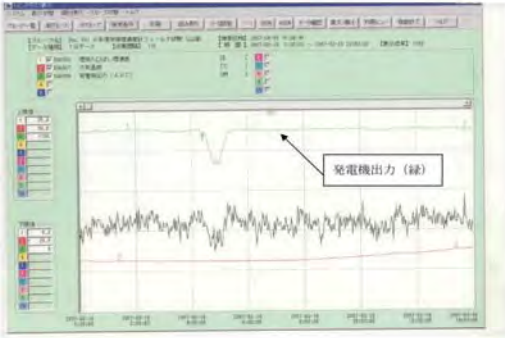
測定者名:

項目	測定点	2-b	3-c	2-b	3-c
測定時刻	始	14:35	14:35	16:08	16:08
	終	16:05	16:05	17:38	17:38
ろ紙の番号		1548	1549	1550	1551
動圧 (kPa)		0.180	0.170	0.180	0.170
静圧 (±kPa)		0.400	0.400	0.400	0.400
排ガス温度 (°C)		99	99	99	99
排ガス比重 (kg/m³)		0.96 ✓	0.96 ✓	0.96 ✓	0.96 ✓
排ガス水分 (%)		11.1	11.1	11.1	11.1
排ガス流速 (m/s)		19.4 ✓	18.8 ✓	19.4 ✓	18.8 ✓
ノズル口径 (φmm)		5	5	5	5
等速吸引流量 (ℓ/min)		15.9 ✓	15.5 ✓	16.0 ✓	15.5 ✓
ガスメーター	終	2579.7	7482.2	4040.3	8892.0
	指針読み	始 1128.2	6069.2	2579.7	7482.2
吸引ガス量 (ℓ)		1451.5 ✓	1413.0 ✓	1460.6 ✓	1409.8 ✓
ガスメーター	始	12.0	13.0	14.0	14.0
	温度 (°C)	終 14.0	13.0	15.0	14.5
ガス量換算係数		0.940	0.938	0.934	0.934
ガスメーター補正係数		0.992	1.006	0.992	1.006
乾きガス量 (ℓ _N)		1353.5 ✓	1333.3 ✓	1353.3 ✓	1324.7 ✓
ガスメーターシ/圧 (kPa)		0.06	0.06	0.06	0.06
ろ紙の質量	捕集後	92.6 ✓	92.2 ✓	92.4 ✓	93.7 ✓
	捕集前	91.5	91.2	91.2	92.7
捕集ダストの質量 (mg)		1.1 ✓	1.0 ✓	1.2 ✓	1.0 ✓
ダスト濃度 (mg/m³ _N)		0.81 ✓	0.75 ✓	0.89 ✓	0.75 ✓
ダスト濃度×排ガス流速		15.71 ✓	14.10 ✓	17.27 ✓	14.10 ✓
摘要					

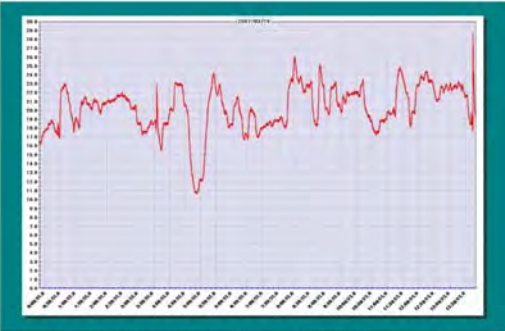
煙突入口ダスト濃度

日本の環境配慮型USC石炭火力発電所ダスト濃度計データ

(4) 平成19年3月19日 0:00~14:00
炭種：ニューランズ+セブク



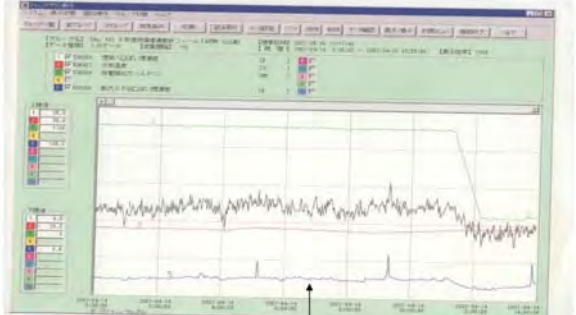
既設の光透過式
ダスト濃度計



当社光散乱式
ダスト濃度計

注：記録計の時計が約16分進んでいます。（月例のデータ収集時に発覚）

(6) 平成19年4月14日 0:00~14:00
炭種：不明



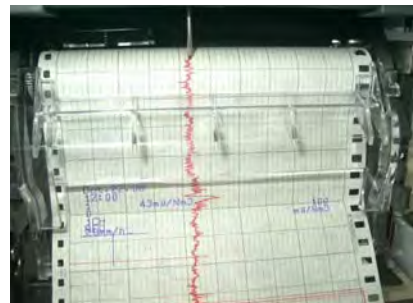
乾式EP出口煤煙濃度 (青)



日本での事例紹介 東京近郊 都市型USC石炭火力発電所1号機 EP出口



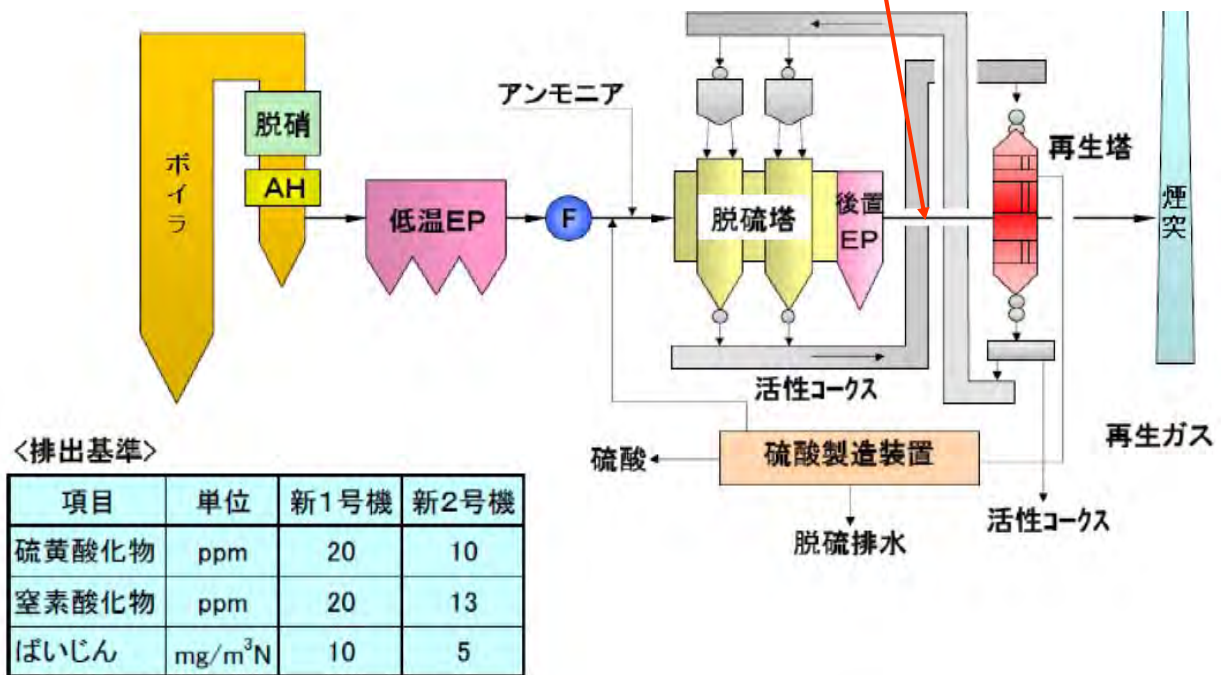
排ガスフロー： ボイラー → 乾式脱硫装置 → EP → (ダスト濃度計設置) → 煙突



ダスト濃度計設置6か月後の確認・・検出器の投光受光面は全く汚れが無く、測定に影響は無い。

東京近郊 都市型USC石炭火力発電所1号機 フロー図

ダスト濃度計設置場所・・・後置EP出口



<排出基準>

項目	単位	新1号機	新2号機
硫黄酸化物	ppm	20	10
窒素酸化物	ppm	20	13
ばいじん	mg/m ³ N	10	5