

## 集塵装置の現場化に就ての一考察

(主としてベンチュリー・スクラッパー，マルチサイクロン，及び噴霧洗滌塔に就て)

佐 伯 徳 人

### 緒 言

多くの工場に於て最近除塵集塵問題を取り上げねばならなくなりつつあり，且又製品の歩留，品質の向上，機械の保守等の見地からも集塵は重要な問題となつて来た。

最近になり非常に理論的，实际的にめざましい進歩した集塵装置も，未だ部分的には多くの不明な問題が残されている。吾々は，ここに於て比較的自作可能なベンチュリー・スクラッパー，マルチサイクロン，及び噴霧洗滌塔に就いて集塵性能を研究する為，種々実用機に就て，実験，測定を行つてみた。尚，此の外，集塵装置として各種の型式があり試験，検討しているが，之については他の機会にゆづる事とする。

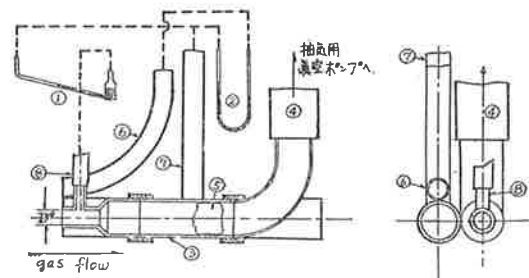
#### §：1 集塵装置の性能，検討の基礎となるもの

集塵装置とはガス中に浮遊せるダストを捕捉する装置であるから，先ずその捕捉するダストの物理的，化学的性質を知る事が先決問題である。もっと端的に云えば，ダストの粒径分布，及び真比重を知る事である。ダストの粒径分布が不明にして，集塵装置の性能が検討出来る筈は無いのである。次いで，知らねばならない事は，ガスの含塵濃度，処理ガス量，ガスの圧力及び温度，腐蝕であり，又ダストを湿式或は乾式で処理すべきかの決定であろう。

先ず如何なる方法によりダストをサンプリングし，ガスの含塵量を測定するかと云えば，それには二，三の方法がある。

- i) 労研式塵埃計<sup>(1)</sup>
- ii) インピンジャー法<sup>(2)</sup>
- iii) ダスト・サンプラー<sup>(3)</sup>

等があるが，i)，ii)は，工業的には使用が難かしく，又不備な点が多い。iii)が工業的には良い方法であろう。吾々もiii)の方法と同じ考え方で，下図の如きダスト・サンプラーを試作し，使用している。



〔第一図〕

ピトー管と併用せるダスト・サンプラー

- ①傾斜マンメーター
- ②U字管
- ③ダスト・サンプラー
- ④ゴム・ホース
- ⑤脱脂綿又はグラスウール
- ⑥ピトー管全圧測定管
- ⑦ピトー管静圧測定管
- ⑧ダスト・サンプラー抽気孔静圧測定管

本方法はガスの流速と等速に抽気するのが特徴であつて，この装置により，ガス中のダスト含有量を簡単に測定する事が出来る。したがつて，本装置を用いてダストをサンプリングすると同時に集塵装置前後のガス中の含塵量を測定し，集塵装置の効率をも併せ測定する事が出来るのである。

取扱方法は，ダスト・サンプラーを〔第一図〕の様に配管内に挿入し，真空ポンプ等により傾斜マンメーター①が0を示す如く，一定時間抽気する。その時，ピトー管差圧U字管の差圧を読むと配管内のガス流速，及び抽気速度がわかる。あらかじめダスト・サンプラー抽気孔の口径 $D\phi$ を測つてあるので，抽気ガス量は計算により知る事が出来，別にガス温度，静圧を測定すると，ガス量を標準状態に換算する事が出来る。

次にサンプリングしたダストの粒径分布測定方法としては，次の如く多くの方法がある。

- i) 篩分法<sup>(4)</sup>

- ii) ケリー・チューブ法<sup>(5)</sup>
- iii) アンドレアゼン・ピペット法<sup>(6)</sup>
- iv) プレイン法<sup>(7)</sup>
- v) 風篩法<sup>(8)</sup>
- vi) 顕微鏡法<sup>(9)</sup>
- vii) 島津自動粒度測定機法<sup>(10)</sup>

以上の方法により測定した粒径に就いては、同一の粒子について、夫々少々違った粒径の値が得られるのは当然な事である。それ故厳密な意味では、ダストの粒径分布は如何なる測定方法に基いて求めたかも表示する必要がある。

§ . 集塵装置の性能検討例

a) ベンチュリー・スクラツパ

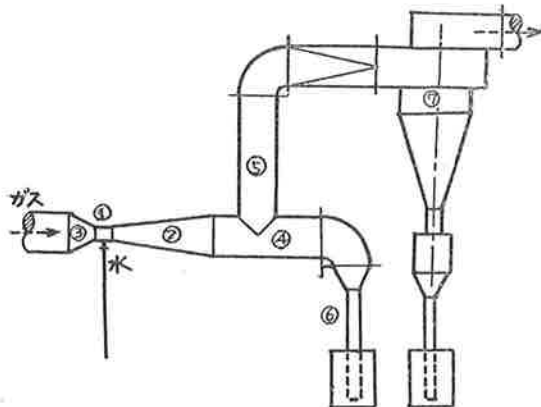
ベンチュリー・スクラツパは最近特に注目されて来た微粒子を捕集する装置で 0.1 $\mu$ 迄捕集可能であると云われている。

吾々はベンチュリー・スクラツパを試作し、現場に実際に装置し、種々の試験を行い、併せて実験室規模より現場へのスケールアップの問題も考えてみた。

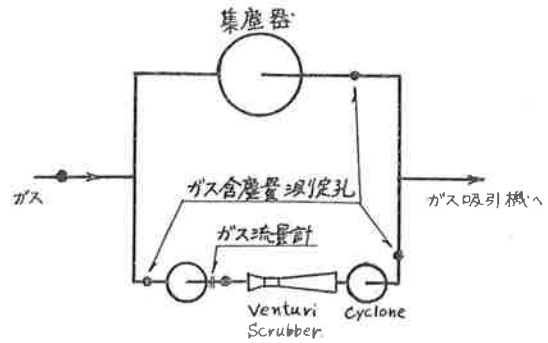
〔第二・三図〕は試験装置の概要を示す、流入せるガスはベンチュリー管のスロート部①に於て、絞られ、その流速が 60~100 m/s に達するように設計されている。この高速気流により、スロート部に設けた注水管より噴出する水を微粒化し、ガスと水滴との速度の相異により、ダストは水滴と衝突し、捕捉せられ、デフューザ部②に於て、次第に通常の流速に回復せるガスと加速された水滴とが再度、衝突し同じ様にダストは捕捉される。

以上の事より縮少部③よりの注水が不利な事は明らかであり、注水は、あくまでスロート部①より行うべきである。

水滴は一応配管④⑤によって、管壁に衝突しドレンとして、ドレン抜き⑥より取り出す。微細な水滴は後



〔第二図〕 ベンチュリー・スクラツパ概略図



〔第三図〕 実験装置配管図

のサイクロン⑦に導き、ここでガスより完全に分離される。

猶スロート部で微粒化された水滴の大きさについては、高速気流による水滴の微粒化として研究<sup>(11)</sup>がある。

ベンチュリー・スクラツパの設計にて注意すべき事として

- i) スロート部ガス流速
- ii) スロート部長さ
- iii) 注水量

等が、多くの文献<sup>(12)</sup>に上げられているが、吾々は実験により、外周のみからの注水のみではベンチュリー・スクラツパを大型化した場合いたずらに風圧損失が大となる事がわかり、内部注水の方法、位置が、捕集効率の重要な因子となる事が判明した。

製作したベンチュリー・スクラツパの主要寸法を〔第一表〕に示す。

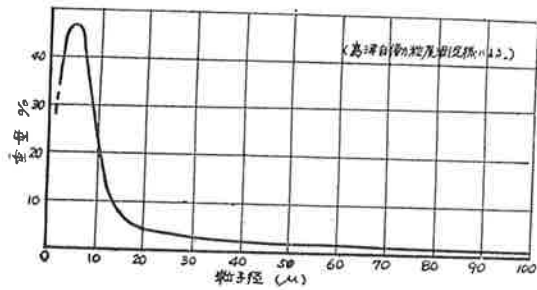
〔第一表〕 各種ベンチュリーの主要寸法

型式	L <sub>1</sub> (mm)	L <sub>5</sub> (mm)	L <sub>2</sub> (mm)	全長 (mm)	$\theta_1$ (deg)	$\theta_2$ (deg)	d $\phi$ (mm)	注水量			
								外径 mm	注数	内径 mm	注数
1	250	200	1480	2030	26°	6°	100	2	12x2	—	—
2	350	200	1480	2030	26°	6°	100	3	12x1	1	3
3	350	350	1480	2180	26°	6°	100	—	—	5	3
4	350	350	1480	2180	26°	6°	100	3	4x1	5	3
5	350	350	1480	2180	26°	6°	100	—	—	1	1 <sup>1/2</sup> x2

実験の集塵性能、及び圧力損失は〔第二表〕の如し。

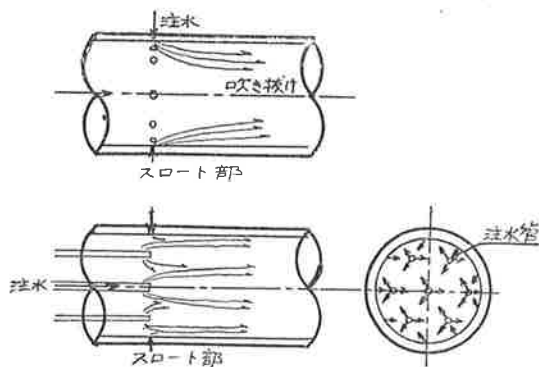
〔第二表〕 集塵効率及び圧力損失測定結果

型式	スロート流速	ベンチュリー 圧力損失	サイクロン 圧力損失	注水量	集塵効率
1	80 m/s	470 mmHg	100 mmHg	0.6 l/m <sup>3</sup> gas	80.0%
2	80	470	100	0.6	91.3
3	80	630	100	0.6	93.0
4	80	680	100	0.6	98.0
5	80	550	100	0.6	94.1



〔第四図〕 実験に於けるベンチュリ入口のダスト粒径分布

〔第一・二表〕でもわかるとおり、注水方法もダスト捕集には大きな影響を持っている事がわかる。ベンチュリー・スクラップを大型化した場合従来多く発表されている形式では吹き抜け現象〔第五図〕が起りやすく、吾々は本実験より〔第六図〕の様な注水方法を考えベンチュリー・スクラップの圧力損失を極力少くし、且又スロート部に於て、水滴を完全にガス中に分散させ得た。



〔第五図〕 ベンチュリー・スロート部注水分散状況 (水ジャケット部より注水)

〔第六図〕 ベンチュリー・スロート部注水分散状況 (内部に注水管を数本設け注水)

他に注水方法として富士製鉄型<sup>(13)</sup>、スリット型<sup>(14)</sup>等種々の注水方法もあるが、本資料には省略し他の機会にゆづり度いと思う。

b) マルチサイクロン

マルチサイクロンとは単一サイクロンで処理しきれないガス量に対して、おおむね使用されるもので、単一サイクロンの内径を小さくし、単一サイクロンを数多く使用し、それを一つのセットとして纏めたもので、ダスト捕集の原理は、サイクロンと全く同じである。ただ注意しなければならない事は、次の原因により全く捕集効率が低下してしまう事がある。

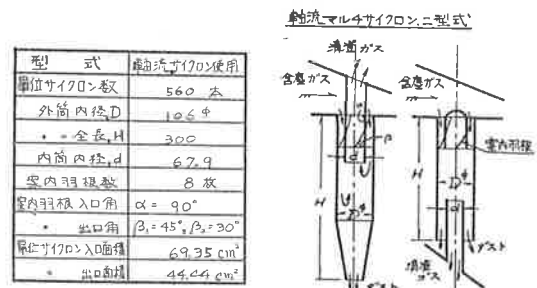
1) 各サイクロンへの流入気流の分配が一樣でない。

2) 或るサイクロンでは気流の逆流現象が起っている。

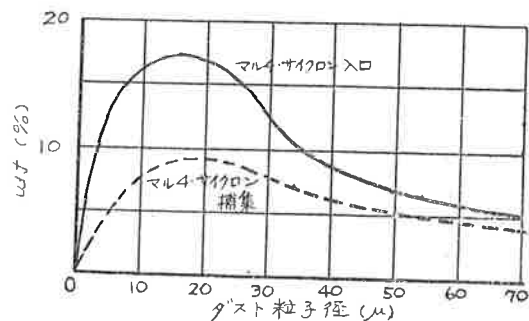
以上の点を是正するには1)の場合に於ては、マルチ・サイクロンの設置位置の選定が重要因子であつて、これは当然直管部の後程、気流は整流となつているから良い訳である。又位置的関係により直管部に設置出来ない場合は整流板を取りつけるべきである。2)の場合に於てはマルチサイクロンの風圧損失を大にする即ち単位本数当りの風量を増せば、かかる現象は起らないが、風圧損失を大にする事は、ガスの輸送動力費が嵩む事となる。

最良の集塵装置は風圧損失が少くて集塵効率が高ければ良い訳である。

吾々は〔第七図〕の如きマルチサイクロンに対して、風圧損失と集塵効率の関係を実装置について測定してみた。



〔第七図〕 マルチサイクロン集塵装置構造



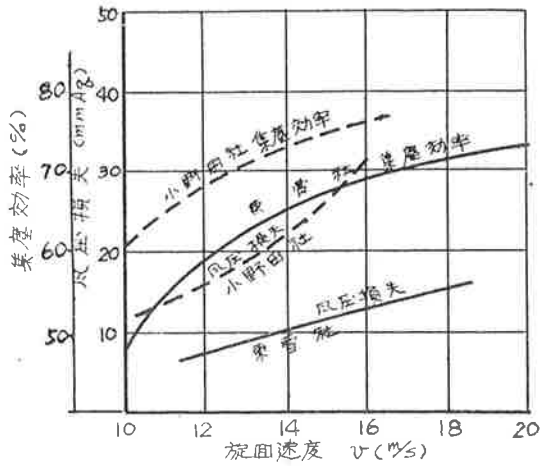
〔第八図〕 ダスト粒度分布 (重量基準)

〔第9図〕よりわかるとおり、マルチサイクロンは微粉炭燃焼ボイラーに対して80%以上の集塵効率は望めない、強いて80%以上にするならば、風圧損失が異状に大きくなる欠点がある事は明らかである。

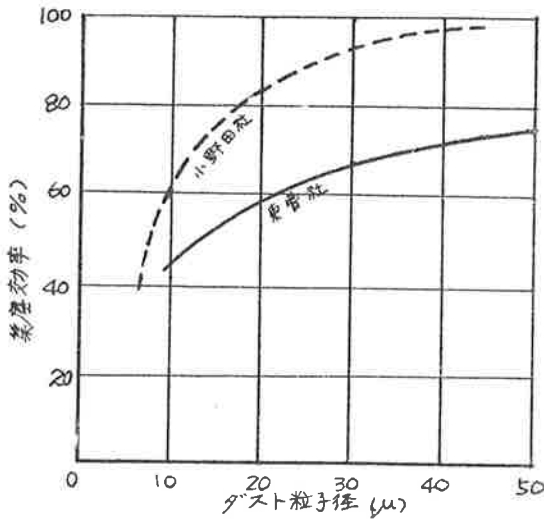
〔第10図〕によるとマルチサイクロンでの捕集粒子径の限界は約20~30 $\mu$ までと云うことがわかる。

c) 噴霧洗滌塔

噴霧洗滌塔とはガスの流れている塔内に噴射ノズルにより洗滌水を噴霧し、ガスを清浄化する装置にして



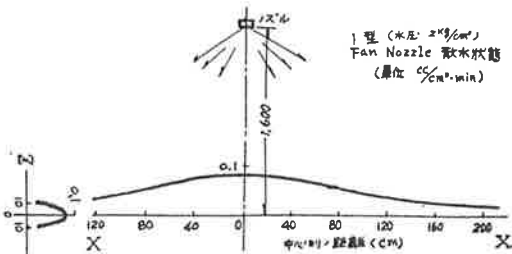
〔第九図〕 マルチサイクロン，ガス旋回速度—集塵効率，風圧損失（小野田社に就いては文献<sup>(15)</sup>より）



〔第十図〕 粒子径と集塵効率（小野田社に就いては文献<sup>(15)</sup>より）

多くの工場で屢々用いられている装置である。

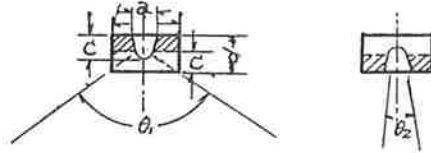
この装置の生命である洗滌水を噴霧するノズルは各種の型式があるが、吾々は1型式である Fan Nozzle<sup>(16)</sup> 実験を行ったので、〔第3表〕〔第11図〕に噴射口の直径，圧力，噴射水量，及び噴霧の開き角度、水の分散具合を記載した。



〔第十一図〕 Fan Nozzle の水の分散具合

〔第3表〕

Fan Nozzle 主要寸法表及び水圧—水量  
水圧—広がり角，表



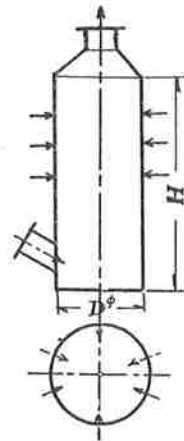
型式	a	b	c	d
1	11	7	12	20
2	9	5	12	20

型式	水 量		$\theta_1$	
	1 $\text{kg}/\text{cm}^2$	2 $\text{kg}/\text{cm}^2$	1 $\text{kg}/\text{cm}^2$	2 $\text{kg}/\text{cm}^2$
1	1.8 $\text{m}^3/\text{hr}$	1.2	110°	119°
2	2.7	1.6	134°	140°

上記，型式2のノズルを使用した噴霧塔の集塵性能実例は〔第4表〕の如きものである。

〔第4表〕

Fan Nozzle 使用実例



ダスト粒径分布

粒径	<10 $\mu$	10~50	50~100	100 $\mu$
WT%	18	19	43	20

処理ガス量	5,000 $\text{Nm}^3/\text{Hr}$
H	14,000
D	2,000
ノズル数	9
集塵効率	80%

§ : 3 む す び

以上ベンチュリー・スクラッパ，マルチサイクロン噴霧洗滌塔に就て考察をしたが，工場現場に集塵装置を設置する場合に就いて二，三の所見を述べてみる。

先ず最初に，ダストの粒径分布ガスの含塵濃度，処理ガス量を確認する事である。ガス量を実際に把握しないと，初期の集塵効率を望めないばかりか，運転作業上支障となる。適確なるガス状況が把握出来れば目的を90%達成したものと見ても差支えないであろう。

ベンチュリー・スクラッパ，マルチサイクロン，噴霧洗滌塔は特殊な技術が必要であるわけでないで、大いに自作，使用すべきであろう。

## 〔参考文献〕

- (1). 井伊谷; 化学工学通論 (朝倉) p.11  
井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.62
- (2). 井伊谷; 化学工学通論 (朝倉) p.12  
井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.62
- (3). 井伊谷; 化学工学 Vol. 19, 2. 356 (1955)  
井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.66
- (4). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.8  
日本セメント技術協会; セメント解説, p.43  
葛岡; 化学工学実験法 (丸善) p.200
- (5). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.25  
葛岡; 化学工学実験法 (丸善) p.205
- (6). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.15  
窯業協会; 窯業工学ハンドブック (技報堂)  
p.353
- (7). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.34  
日本セメント技術協会; セメント解説, p.23
- (8). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.30  
日本セメント技術協会; セメント解説, p.54
- (9). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.42  
中条; 化学工学と化学機械 (丸善) (1949)
- (10). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.28
- (11). 棚沢; 日本機械学会論文集, Vol.16No.23 p.18
- (12). 井伊谷; 集塵装置 (日刊工業) p.272  
井伊谷; 化学工学通論 (朝倉) p.53  
吉田; 化学機械技術 (8集)  
吉岡; 化学機械技術 (2集)  
Jones; Ind. End. Chem. 41, 2424 (1949)  
Johnstone; Ind. End. Chem. 41, 2417(1949)  
Ekman; Ind. End. Chem. 43, 1358(1951)  
東畑; 最近の化学工学 (丸善)
- (13). 山内; 化学工学 Vol. 171, 30 (1953)
- (14). 井伊谷; 集塵装置 (朝倉) p.273
- (15). 中井; 火力発電 Vol. 5, No. 6, 427 (1954)
- (16). Perry; Chem. Engrs, Handbook, 3rd,  
Edition p. 1172.