621.928.94:628.511.4

粉 じ ん の 濃 度 測 定 に 関 す る 研 究*

(第 2 報, ろ紙の特性)

村上 泰蔵**, 福永 節夫**, 千葉 睦朗**

Studies on the Measuring Method of the Dust Concentration
in the Gas Flow

(2nd Report, Characteristics of the Flat Paper Filter)

by Taizō MURAKAMI, Setsuo FUKUNAGA,
and Mutsurō CHIBA

Studies were made on the dust collection efficiency and the specific resistance of flat paper filter, which were very important factors for our measuring method of the dust concentration in the flowing gases.

In these studies, it has been found that the true dust collection efficiency of the filter paper must be expressed by the value of $\eta^* = dW/dW_s$, instead of $\eta = \sum W / \sum W_s$, and also the specific resistance expressed by the value of $\alpha^* = dK_d/dw$ instead of $\alpha = K_d/w$.

And then, the conception of the initial efficiency of the paper filter, the saturated dust quantity of 100 % collection efficiency and the critical dust quantity of the specific resistance have been introduced.

Results of both the collection and draft tests in consideration of the above, have revealed the following:

- (1) η^* approached 100 % in accordance with piling of dust on the paper filter.
- (2) The mean values of the specific resistance α^* gained from the preliminary experiments should be used as the constant values of the specific resistance.

1. 緒 言

筆者らは第 1 報⁽¹⁾において, ろ紙濃度計を用いて重量法により気流中の粉じん濃度を測定するとき, あらかじめその粉じんの比抵抗 α の値を求めておけば, 従来のように測定のためにいちいち捕集した粉じん量を計らなくても, 粉末層前後の気流の圧力損失の時間的な増加率 $\dot{P}_d = (dP_d/dt)$ の値と, そのときの気流のろ層通過の見掛け平均速度 u を測定するだけで次の基礎式により気流中の任意の位置, 時刻における粉じん濃度 C を連続的に, かつほとんど直読的に求めることが可能であることを示した. ここで μ は気流の粘性係数を示す.

$$C = \frac{\dot{P}_d}{\eta \mu \alpha u^2} \dots \dots \dots (1)$$

しかし, このときは,

- (1) ろ層を通過する気流中の粉じんはろ層によっ

て完全に捕集される. すなわち $\eta = 1$ である.

- (2) 粉じんの比抵抗 α は予備実験で求めた数個の値の平均値を用いる.

という便法を用いて本測定法の実用化に対する可能性を示すのに急であって, 筆者らのろ紙濃度計として最も重要な捕集効率 η と比抵抗 α などの考察が不十分であった. 本報告は, 以上の便法の妥当性を実験的に確認するとともに, 従来より習慣的に取扱われていた捕集効率, 比抵抗などの定義についても二, 三の考察を加えたものである.

2. ろ紙の捕集効率

2.1 ろ紙の見掛け効率および真効率 一般に, 透かしてみたとき無数の小穴があいているようなろ布では, たい積粉じんが増加して効率がいくらか向上しても, これに応じて逐次増加する圧力損失のために, ある程度以上になると小穴をふさいでいた粉じん群が吹き飛ばされて穴があき, かえって効率が低下することがある⁽²⁾が, 多数の繊維が無数に組合わされて構成し

* 昭和 35 年 5 月 9 日 久留米地方講演会において講演, 原稿受付 昭和 36 年 8 月 24 日.

** 正員, 大阪府立大学教養部 (堺市百舌鳥東之町).

ているような材では、構成材の間にはまって架橋現象その他によってひとたび目詰まりをおこした粉体群は簡単には吹き飛ばされず、これが一種のろ過層として働き、さらに捕集効率を向上させるものである⁽³⁾⁽⁴⁾。いま一定濃度 C の粉じん気流を定速ろ過しているとき、ろ紙面上流の気流中に含まれている粉じん量 W_s と、捕集された粉じん量 W との関係を同一目盛で図示すると第1図(a)のようになるものとする。ここで最初から供給粉じんを100%完全に捕集するようなろ紙(絶対ろ紙と仮称する)では、(A)のように原点より45°の方向に伸びた直線で表わされる。これに対して一般のろ紙では、(B)に示すように供給量の少ない内はろ紙を抜けて粉じんの一部が逸出するため、下にとつ(凸)なる曲線となるが、粉じん層自体がろ過層として働き100%の効率を示す点、たとえば m 点以後においてはこの曲線は(A)直線に平行な直線として表わされるはずである。しかし今、曲線上の任意の n 点における捕集効率 $\eta_n \times 10^2\%$ を単に供給量に対する捕集量の比として

$$\eta_n = W_n / W_{sn} \quad \dots\dots\dots (2)$$

の形で表わすものとして、これを m 点に適用すると、

(a)

(b)

第1図 供給量と捕集量との関係

$\eta_m = W_m / W_{sm}$ となるが、一般ろ紙では常に $W_m < W_{sm}$ であるから(2)式より $\eta_m < 1$ となる。しかるに m 点においては捕集は完全に行なわれているはずであるから、これは不合理である。よってろ紙の効率は(2)式の形で表わすのは適当でなく、ある瞬間ごとの効率を考えなくてはならないことがわかる。すなわち n 点においては

$$\eta_n^* = \lim_{\Delta W_{sn} \rightarrow 0} \frac{\Delta W_n}{\Delta W_{sn}} = \left(\frac{dW}{dW_s} \right)_n \quad \dots\dots\dots (3)$$

で定義される効率を採用しなければならない。あるいは(3)式は、ろ紙面前後の気流の粉じん濃度を C_i , C_o とすると

$$\eta_n^* = 1 - C_o / C_i \quad \dots\dots\dots (4)$$

としても表わされる⁽⁵⁾。このように定義したものをろ紙の真効率と仮称して*印を付して表わし、(2)式のそれを見掛け効率と称して区別することにした。

2.2 基礎式(1)中の η に関する考察 いま微小時間 dt の間にろ紙面にたい積する粉じん $dw = dW/A$ のために増加する圧損 dP_d は、第1報における考察より次のようになる。

$$\begin{aligned} dP_d &= \mu u \cdot dK_d = \mu \alpha x \cdot dw \\ &= \mu \alpha x \eta^* dw_s = \mu \alpha x \eta^* C q \cdot dt / A \\ &= C \eta^* \mu \alpha u^2 dt \end{aligned}$$

ここで、 A はろ紙の有効面積である。よって、

$$C = \frac{\dot{P}_d}{\eta^* \mu \alpha u^2} \quad \dots\dots\dots (1)'$$

を得る。これは(1)の基礎式と全く同一のものであって、第1報において単にろ紙の捕集効率として用いていたものは、筆者らの測定法においては(3)式で示されるような真効率 η^* でなければならないことが明らかである。ここで一般に重量法によって効率を測定するとき、供給量と捕集量との関係より求められる値は(2)式による見掛け効率であるから、われわれはこの値より真効率を知ることが必要となる。以下にこれら相互の関係について論ずる。

2.3 見掛け効率と真効率との関係(その1) いま第1図(a)の m 点までの関係を両対数で表わして(b)図を得たものとする。絶対ろ紙のときは前項のように45°の直線で示されるが、一般ろ紙では常にこれより下で、しかも $a = \tan \theta > 1$ なる直線で表わされるものとし、これが縦軸との截片を $-b_0$ とすると、この直線は

$$W = 10^{-b_0} W_s^a \quad \dots\dots\dots (5)$$

として表わされる。いま、この式を W_s について微分して整理すると、

$$\frac{dW}{dW_s} = \eta^* = a \times 10^{-b_0/a} W_s^{a-1} \quad \dots\dots\dots (6)$$

$$= a \times 10^{-b_0/a} W^{1-1/a} \quad \dots\dots\dots (6)'$$

$$= a \cdot W / W_s = a\eta \quad \dots\dots\dots (7)$$

なる関係を得る。すなわちろ紙の真効率はたい積粉じんの関数として (6) および (6)' 式で表わされ、また見掛け効率と真効率は (7) 式により関係付けられることがわかった。

2.4 見掛け効率と真効率との関係 (その 2)

いま、横軸に供給量 W_s を取り、見掛け効率 η および真効率 η^* を縦軸に取って第 2 図を得たものとする。図において ΔW_s ごとに区切った区間の内、任意の $W_{s(n-1)}$ より W_{sn} の間の供給量に対して、捕集量 $W_n - W_{n-1}$ は、

$$\begin{aligned} W_n - W_{n-1} &= \eta_n W_{sn} - \eta_{n-1} W_{s(n-1)} \\ &= \eta_n n \Delta W_s - \eta_{n-1} (n-1) \Delta W_s \\ &= \{n\eta_n - (n-1)\eta_{n-1}\} \Delta W_s \quad \dots\dots\dots (8) \end{aligned}$$

として表わされる。また上式の左辺は (3) 式の定義を適用して

$$W_n - W_{n-1} = \int_{W_{s(n-1)}}^{W_{sn}} dW_n = \int_{W_{s(n-1)}}^{W_{sn}} \eta_n^* dW_s \quad \dots\dots\dots (9)$$

となる。ここで図の η^* 曲線において、 ΔW_s の間隔を小さくすれば $n(n-1) = \overbrace{n(n-1)}$ としてもよいから上式の右辺は、

$$\int_{W_{s(n-1)}}^{W_{sn}} \eta_n^* dW_s \doteq \frac{\Delta W_s}{2} (\eta_n^* + \eta_{n-1}^*) \quad \dots\dots\dots (10)$$

となる。よって (8)~(10) 式より

$$\eta_n^* = 2n\eta_n - 2(n-1)\eta_{n-1} - \eta_{n-1}^* \quad \dots\dots\dots (11)$$

を得る。ここで

$$n=1 \text{ のとき } \eta_1^* = 2\eta_1 - \eta_0^* = 2\eta_1 - \eta_f \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$n=2 \text{ のとき } \eta_2^* = 4\eta_2 - 2\eta_1 - \eta_1^* \quad \dots\dots\dots (13)$$

のようにして逐次 η_n^* の値を、実測して得た見掛け効率 η_n の値を用いて計算することができる。

2.5 ろ紙の初期効率

以上のようにろ紙は粉じん

第 2 図 見掛け効率と真効率の関係

のたい積量が増加するにつれてその捕集効率に変化するため、ろ紙の効率を固定した値で表わすことは困難である。しかし実用上ろ紙の性能をいちおう固定した数値で表わし得れば便利なので、この値としてろ紙の新しいときの効率 η_f の値を取ることにし、これをろ紙の初期効率と仮称することにした。なお、ろ紙の初期効率は次のようにして求めることができる。

(1) 第 1 図 (a) の A 曲線の原点における微分値

$$\eta_f = \eta_0^* = (dW/dW_s)_0 \quad \dots\dots\dots (14)$$

で求める。

(2) (a) 図の横軸上の任意の点 $\log W_{sn}$ において立てた垂線上の両直線間の距離 $nn' = b_n = \log W_{sn} - \log W_n$ と、 n 点における見掛け効率 $\eta_n = W_n / W_{sn}$ の両辺の対数をとった $\log \eta_n = \log W_n - \log W_{sn}$ の関係より $\eta_n = 10^{-b_n}$ を得るが、 n 点における真効率は (7) 式より $\eta_n^* = a\eta_n$ であるから、これに前式を代入して

$$\eta_n^* = a \times 10^{-b_n} \quad \dots\dots\dots (15)$$

となる。ここで初期効率は粉じん量が 0 のときの真効率と考えてよいから、(15) 式において $(\eta_n^*)_{n=0} = \eta_0^* = \eta_f$, $(b_n)_{n=0} = b_0$ として求めた

$$\eta_f = a \times 10^{-b_0} \quad \dots\dots\dots (16)$$

によって初期効率を求めることもできる。

2.6 飽和粉じん量

上述の m 点に至るまでにろ紙面にたい積する粉じん量は、ろ紙と粉じんの適合性を知る上にも重要な量であって、これを飽和粉じん量と仮称し W_{100} で表わし、 W_{100}/A を飽和粉じん負荷として w_{100} で表わすことにする。いま (6)' 式を第 1 図 (a) における m 点に適用すると、 $\eta^* = 1$, $W = W_{100}$ であるから、

$$1 = a \times 10^{-b_0/a} W_{100}^{1-1/a}$$

$$\therefore W_{100} = (a^{-a} \times 10^{b_0})^{1/(a-1)} \quad \dots\dots\dots (17)$$

あるいは、

$$W_{100} = 10^{(b_0 - a \log_{10} a)/(a-1)} \quad \dots\dots\dots (18)$$

また

$$w_{100} = W_{100}/A \quad \dots\dots\dots (19)$$

として飽和粉じん量を求めることができる。第 1 表にタルクと二、三のろ紙の組合せのときの W_{100} の計算結果を示した。

次に一定濃度 C の粉じん気流 q がろ紙面を通過しているとき、ろ層の真効率 η^* と時間 t との関係は (6) 式に $W_s = Cqt$ なる関係を代入して

$$t = (Cq)^{-1} (10^{b_0} \times a^{-1})^{1/(a-1)} \eta^{*1/(a-1)} \quad \dots\dots\dots (20)$$

として求められる。ここで飽和粉じん量に到達するまでの時間 t_{100} は、上式に $\eta^* = 1$ とおいて、

$$t_{100} = (Cq)^{-1} (10^{b_0} \times a^{-1})^{1/(a-1)} \quad \dots\dots\dots (21)$$

で求められる。いま一例として第1表に示す No. 5¹ ろ紙-タルクの組合せのときの結果について t_{100} を計算すると, $C=2000 \text{ mg/m}^3$, $q=10 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{min}$ と仮定して $t_{100} \approx 13 \text{ min}$ を得る。あるいは $\eta^*=0.95$ と仮定すると $t_{95} \approx 4.8 \text{ min}$ となり, 運転開始後比較的短時間内にほとんど飽和粉じん量に近い値に到達することがわかった。

3. 捕集効率の測定法およびその結果

測定装置は第1報に示したものをを用いたが, 今回は供給した粉じんを他に散逸しないように完全にろ紙面に送るために, 粉末発じん装置の発じんし管をろ過器の吸入ノズルの入口に直接そう入した。供給量 W_{s1} は一定時間供給後に発じん器の粉じん容器を取りはずして計量し, 最初からの減量分として求めた。また粉じんがたい積したままろ紙を取り出して計量し, これよりろ紙の重量をさし引いて正味のたい積量 W_1 を求め, 再びこのろ紙をそのままろ過器に取付け, 粉じんを追加供給して測定を行ない W_{s2} , W_2 を求める。このようにして順次 W_{sn} , W_n を求めた一例として, No. 5A ろ紙にタルク粉末を供給したときの結果を第3図の W_s - W 曲線に示した。また, この測定値をもとにして(2)式による見掛け効率を○印で, (3), (7), (11)式による真効率をそれぞれ●, ◎, ⊙印で示した。ここで, 横軸上の a' , b' , …… の各点より引いた直線は, W_s - W 曲線上の測定点 a , b , …… の

各点における接線を作図の都合で横軸上におろしたもので, (3)式の見掛け効率を求めるための作業の一部を示す。このようにしてさらに No. 5¹ ろ紙およびナイロンろ布に, タルクを試験粉じんとして用いたときのそれぞれの見掛け効率 $\eta_{(2)}$, 真効率 $\eta_{(3)}^*$, $\eta_{(7)}^*$, $\eta_{(11)}^*$, 初期効率 $\eta_{f(14)}$, $\eta_{f(16)}$, 飽和粉じん量 W_{100} などの値を第1表に示した。なお効率の記号の下につけた添字 $\eta_{(2)}$, $\eta_{(3)}$ などはその値を与える本論文の式の番号を示すものである。また, W_{sn}' , $\eta_{(2)}'$, $\eta_{(11)}^*$ は (11) 式による真効率を求めるために図の W_{sn} - W_n 曲線を適当な間隔に等分したとき各点におけるそれぞれの値を示す。いずれの場合も, 粉じん量が増加するにつれ

第3図 W_s , W , η , η^* の実測例

第 1 表

	W_n mg	W_{sn} mg	$\eta_{(2)}$ %	$\eta_{(3)}^*$ %	$\eta_{(7)}^*$ %	W_{sn}' mg	$\eta_{(2)}'$ %	$\eta_{(11)}^*$ %
No. 5A ろ紙-タルク								
$a=1.038$	48.4	55.7	86.7	(83.0)	89.0	0	83.0	
$b_0=0.122$	166.4	183.0	90.9	92.5	94.4	50	86.4	89.9
$\eta_{f(16)}=78.5\%$	219.9	240.5	91.4	93.8	94.9	100	88.4	91.4
$W_{100} \approx 590 \text{ mg}$	371.9	402.0	92.5	96.0	96.0	150	89.7	93.2
	399.4	430.5	92.8	97.0	96.3	200	90.6	93.3
	494.9	528.0	93.7	98.0	97.3	300	91.8	94.7
						400	92.6	95.8
						500	93.4	96.8
No. 5 ¹ ろ紙-タルク								
$a=1.052$	8.7	10.8	80.5	(80.0)	84.8	0	79.0	
$b_0=0.142$	21.5	26.1	82.4	86.5	86.8	30	83.0	87.0
$\eta_{f(16)}=76.0\%$	49.1	57.6	85.2	92.3	89.8	60	85.8	90.2
$W_{100}=192 \text{ mg}$	109.0	120.1	90.8	98.0	95.6	90	88.2	95.8
	140.3	151.2	92.8	99.0	97.8	120	90.6	99.8
						150	92.7	100.0
ナイロンろ布-タルク								
$a=1.030$	15.0	17.0	88.2	(87.4)	90.8	0	87.5	
$b_0=0.094$	40.7	45.9	88.7	92.0	91.3	100	90.2	93.4
$\eta_{f(16)}=83.4\%$	132.0	145.0	91.1	93.4	93.8	200	92.5	96.0
$W_{100}=490 \text{ mg}$	220.5	236.0	93.4	98.0	96.0	300	93.8	97.0
	407.5	428.5	95.1	99.5	98.0	400	94.8	98.5
	568.0	594.0	95.6	100.0	98.5	500	95.3	100.0
	672.0	698.0	96.3	100.0	99.3	600	95.8	100.0
						700	96.3	100.0

$\eta_{(3)}^*$ 欄中の () の値は $\eta_{f(14)}$ の値を示す。

て真効率が 1 または 1 に近づくことが明らかで、基礎式 (1) の捕集効率を 1 とみなしてもさしつかえがないことがわかった。

4. 粉じんの比抵抗

4.1 比抵抗の新しい考え方 比抵抗 α はすでに第 1 報に述べたように、単位ろ紙面にたい積した粉じん層の単位重量当りの抵抗のことで、粉じん層の抵抗係数を K_d 、粉じん負荷を w とすると次の関係がある。

$$K_d = P_d / \mu u \quad (22)$$

$$\alpha = K_d / w \quad (23)$$

これより抵抗係数は

$$K_d = \alpha w \quad (24)$$

として求められる⁽⁶⁾。いま、時間的に一定割合で粉じんがろ紙面にたい積し、しかも等速抽気を行なっているときは、上式の各量はいずれも時間 t の関数と考えられるから、この両辺を t に関して微分すると

$$\frac{dK_d}{dt} = \frac{\partial K_d}{\partial \alpha} \frac{d\alpha}{dt} + \frac{\partial K_d}{\partial w} \frac{dw}{dt} \quad (25)$$

となる。ここで、

(1) dK_d/dt は、 u = 一定として (22) 式の両辺を t について微分したものと等しいから

$$\frac{dK_d}{dt} = \frac{1}{\mu u} \frac{dP_d}{dt} = \frac{\dot{P}_d}{\mu u}$$

となる。

(2) $\partial K_d / \partial \alpha$ は w の微小域においては近似的に 0 とみなすことができ、また $d\alpha/dt$ は w の微小域を除いては時間的な変化量はわずかで $d\alpha/dt \approx 0$ とみなしてもよいから、 w の全域にわたって $\partial K_d / \partial \alpha \cdot d\alpha/dt = 0$ とおくことができる。

(3) $\partial K_d / \partial w = dK_d/dw$ においてもよい。

(4) 定速ろ過のとき $w = W/A = Cqt/A = Cut$ であ

るから、 $dw/dt = Cu$ となる ($\eta^* = 1$ とする)。

以上の関係を (25) 式に代入、整理して

$$C = \frac{\dot{P}_d}{\mu u^2 (dK_d/dw)} \quad (26)$$

を得る。これは第 1 報に示した基礎式 (1) と一致するから、この式の α は (26) 式の dK_d/dt に概当する。すなわち筆者らの測定法において採用する α の値は、 α が w に対して一定とみなし得るとき (第 1 報ではそのように仮定した) は、 $\alpha = K_d/w$ なる従来の表示方法による比抵抗の値を用いてもよいが、比抵抗が粉じん負荷によって変化するようなときは

$$\alpha^* = dK_d/dw \quad (27)$$

として表わされる値をとらなければならない。このように考えた比抵抗を任意の粉じん負荷のときの真の比抵抗として α^* で表わし、従来のそれを見掛けの比抵抗として α で表わして区別することにした。

4.2 比抵抗と粉じん負荷との関係 (その 1, w の微小域における考察) いま、No. 5A ろ紙にタルク粉末を逐次追加たい積させて粉じん負荷を適宜変更し、 $u = 12 \text{ cm/s}$ 一定として通気実験したときの測定結果の内、抵抗係数を K_d 曲線で、比抵抗を α 曲線でそれぞれ第 4 図に示した。 $w < 200$ の領域においては K_d 曲線は上にふくれており、これにともなう α の値も極端に大きく現われているが、これはろ紙の新しい内はろ材の内部に侵入した粉じんはわずかも通気抵抗がその粉じんの割合以上に大きく現われるためと思われる。いま、数種のろ紙にタルク、炭酸カルシウム、セメント粉末などを用いたときの α と w の関係をそれぞれ測定して両対数軸上に示すと、第 5 図のようにすべてについて以上のような現象が明確に認められた。ここで、図のグラフの折点のように比抵抗が一定値に収束するときの比抵抗の値を限界比抵抗 α_c 、このときの粉じん負荷を限界粉じん負荷 w_c と仮称することにする。

4.3 比抵抗と粉じん負荷との関係 (その 2, 限界粉じん負荷以上のとき)

第 4 図 K_d および α, α^* の実測例

第 5 図 数種の粉じんの比抵抗の測定例

(a) 比抵抗と空げき率の関係 一般にろ紙面上にたい積している粉じん層においては, 次のような Kozeny⁽⁷⁾ の式が成立することが知られている.

$$S = \sqrt{\frac{P_d}{\mu u \rho_s l K^*} \frac{\epsilon^3}{(1-\epsilon)^2}} \quad \dots\dots\dots (28)$$

ここで, ρ_s は粉末の比重 kg/m^3 , l は粉じん層の厚み m , K^* は Carman 数といわれるもので約 5.0 なる定数である. また S は比表面積 m^2/kg で粉体が破碎されない限り一定と考えてよい値である. いま上式に粉体層の空げき率を表わす次式

$$\epsilon = 1 - \frac{W}{\rho_s l A} = 1 - \frac{w}{\rho_s l} \quad \dots\dots\dots (29)$$

および (22), (23) 式を代入, 整理して

$$\alpha = S^2 \rho_s K^* \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} \quad \dots\dots\dots (30)$$

なる関係を得る. ここで, S, ρ_s, K^* は定まった粉体については一定と考えられる量で, また, このように空げき率の値より計算によって求めた比抵抗を α' として表わすと

$$\alpha' = \xi \frac{1-\epsilon}{\epsilon^3} = \xi f(\epsilon) \quad \dots\dots\dots (31)$$

とおくことができる. ただし,

$$\xi = S^2 \rho_s K^* \quad \dots\dots\dots (32)$$

$$f(\epsilon) = (1-\epsilon)/\epsilon^3 \quad \dots\dots\dots (33)$$

すなわち比抵抗は単に空げき率 ϵ の関数として表わされることがわかる.

(b) たい積量が空げき率におよぼす影響 このように比抵抗に対しては (31) 式に示すように空げき率 ϵ が大きく影響を及ぼすが, この ϵ は (29) 式中の w/l の値によって定まる. ここで一般に w が増加すれば圧力差も増大して粉じん層が圧縮されるから w/l の値は増加し, ϵ の値は小となり比抵抗は大となることが考えられる. これらの関係を求めるために粉じん層の異なるろ層についてそれぞれの粉じん層の厚み l を顕微鏡を用いて実測し, これより空げき率 ϵ および比抵抗 α' などを計算した結果を第 6 図に示した.

第 6 図 粉じん層の厚さと空げき率, 比抵抗の関係

ここで使用したろ紙は No. 5A ろ紙で, 試験粉じんにはタルクを用いた. なお α' の計算にはタルクの比重 $\rho_s = 2.40 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ (実測値) およびタルクの比表面積 $\delta_w = 1.6 \mu$ と仮定して計算した比表面積 $S = 1500 \text{ m}^2/\text{kg}$ なる数値を用いた. 以上の結果よりたい積層の厚さは粉じん負荷の増大につれていくぶんその増加量を減じていることが明らかで, 圧力差により粉じん層が圧縮される傾向が認められた. また, このときに実測された比抵抗は α 曲線で示したが, S を仮定した計算値 α' とは数値的に大差があるが, その傾向はほとんど同一で, 等速ろ過のとき, 粉じん負荷が増加するにつれて粉じん層がいくぶん圧縮されて空げき率を減じ, 比抵抗を増大する現象を実験的に確かめた.

5. 比抵抗に関する測定結果

以上の考察をもとにして, 実験条件を種々に変えたときの比抵抗の測定結果について述べる.

5.1 粉じんの二層たい積時の測定結果 4.2 項の考察において明らかなように, ろ紙の初期抵抗は微粉末がろ紙の構成材の間にはいつて目づまりを生じること起因するもので, あらかじめ微粉末で目づまりしたものをろ材として用いれば初期抵抗を減少させることができるはずである. いま一例として No. 24 ろ紙にカーボンブラック粉末を微量たい積したものをろ層として用い, この上にタルクをたい積して真の比抵抗を測定した結果を第 7 図に示したが, カーボンブラックをたい積した効果が明らかに認められた.

5.2 粉じんの乾燥度の影響 同一粉じん試料, 同一ろ紙を用いて比抵抗の測定実験を行なっても, 得られた結果は測定日によって必ずしも一定しないが, これは粉じんを乾燥したとき, 生のままの状態で使用

第 7 図 カーボンブラックたい積量の影響

第 8 図 粉じんの乾燥度による影響

したときの測定結果より、主として粉じん乾燥度の影響であることがわかった。すなわち第 8 図に示すように乾燥器中で 80° 一定として 6 時間乾燥後徐冷したタルクを用いたときは、未乾燥の生のタルクを用いたときとくらべて明らかに比抵抗の相違が認められた。

5.3 ろ過器の大きさの影響 以上は第 1 報で示した $D=38\phi$ のろ過器を用いたときの結果であるが、ろ過面積の影響を調べるために、さらに $D=60\phi$ の相似形状のろ過器を作って実験を行なったが、第 9 図に示すようにほとんど測定点の一つの曲線上にのって、ろ過器の大きさの影響は認められなかった。

6. 結 論

以上、ろ紙の捕集効率、粉じんの比抵抗などについて実験的、理論的な考察を行なった結果、次の結論を得た。

(1) ろ紙の捕集効率として、全供給量に対する全捕集量の比をもってする見掛け効率を用いることは適当でなく、ある瞬間における真効率を用いるべきである。またろ紙の効率の代表値として初期効率なる概念を導入し、これらの相互関係を明らかにした。

(2) ろ紙による粉じんの捕集効率は時間の経過につれて向上し、ある程度粉じんがろ紙面にたい積すると(飽和粉じん量)、効率は 100% とみなし得るにいたる。

(3) ろ層の比抵抗は限界粉じん量以下のときは非常に大きい、これ以上になるとほとんど一定値とみ

第 9 図 ろ過器の大きさの影響

なし得る。

(4) 新しいろ紙にあらかじめカーボンブラック粉末のような超微粉末を微量たい積したものをろ材として用いるときは、限界粉じん量の値を著しく小さくすることができる。すなわち粉末の微量たい積時の比抵抗の異常現象を少なくすることができる。

(5) 粉じんの乾燥度により比抵抗は無視し得ない差を生ずるから、予備実験によって α を求める際は測定時と同一条件で行なう必要がある。

(6) ろ紙面積は比抵抗に影響を与えない。
すなわち以上を総括して、第 1 報で仮定した捕集効率一定、比抵抗一定なる条件はおおむね妥当であり、筆者らの粉じん濃度測定法は理論的にも実験的にも十分実用化可能であることを確認した。なお、本実験に際し、ろ布、ろ紙の提供はじめ有益な助言をいただいた中尾ろ布研究所、安積ろ紙製造所およびカーボンブラック粉末の提供をうけた福泉化成会社の各位に深じんなる謝意を表します。

文 献

- (1) 村上・福永・千葉, 機械学会論文集, 27-183 (昭 36-11), 1741.
- (2) 井伊谷・八木, 集塵装置, (昭33), 143, 目刊工業新聞社.
- (3) A. G. Blasewitz & B. F. Judson, *Chem. Engng. Progr.*, 51-1 (1955-1), 6.
- (4) 大山・ほか 2 名, 化学工学, 18-4 (昭29), 194.
- (5) L. C. McCabe, *Air Pollution*, (昭29), 354, McGraw-Hill.
- (6) J. H. Perry, *Chem. Engrs' Handbook*, (1950), 1030, McGraw-Hill. Asi. Stand. Edit.
- (7) P. C. Carman, *Trans. Inst. Chem. Engr., Lond.* 15 (1937), 150.