

# カスケードインパクトの捕集性能

——付着量と再飛散量の効果について——

早野 延男\*・原田 教男\*・上滝 具貞\*\*

## On the Collection Efficiency of a Cascade Impactor ——Effect of the Sticking and Recoil Phenomena——

Nobuo HAYANO, Norio HARADA and Tomosada JYOTAKI

### Abstract

The measurement of dust in chimney stacks and of airborne particles is an urgent matter with respect to the problem of air pollution. The cascade impactor, originally developed by K. R. May, is a very effective device for measuring the amount of aerosol particles.

Until now, many investigators have drawn their attention mainly to the collection efficiency of dust particles. However, the phenomena arising from the recoil action of particles at the target plate remains unclear and, in connection with the above recoil motion, particles stick to both the surrounding walls and the lower part of the nozzle block.

In some cases, this causes serious errors in the measurement of collection efficiency, especially when dust has a wide range of particle sizes.

In this report, we are interested in clarifying these problems and in collecting useful information which might lead to its resolution.

### 1. はしがき

カスケードインパクトによる粒度測定は、顕微鏡法、沈降法と比較して、直接秤量により単時間に粒度分布が求まるといふ利点がある。その分離機構については、K. R. May<sup>1)</sup>が1945年に最初に角型4段の装置を試作して研究を開始して以来、多くの研究者によって検討が行なわれて来ている。

W. E. Ranz<sup>2)</sup>らは、単分散エアロゾルを用いて実験並びに理論の両面にわたる研究を行っている。

また、井伊谷、湯<sup>3), 4), 5)</sup>らは、実際面から重要な意義をもつ多分散粉じんを用いた粒度測定上の問題点について広範な研究を行っている。

鈴木<sup>6)</sup>らは、沈降法による粒度測定とカスケードインパクトによる結果との比較検討を行っている。

ここで、カスケードインパクトにおける測定誤差については種々の原因が考えられるが、一旦捕集され

た粒子が再飛散する現象、また、ノズル内壁へ粒子が付着するという問題などについては現在迄の所充分な説明が為されていないように思われる。

本報告では、測定条件を広範囲に変化させて、これらの測定条件と再飛散現象並びに付着現象との関係を詳細に検討し、併せて、これらの現象がカスケードインパクトの捕集性能に及ぼす影響について考察を行ったものである。

### 2. 実験装置及び方法

実験装置の配置図を Fig. 1 に、試作した単体インパクト本体を Fig. 2 に示す。

Fig. 1 のテーブルフィーダーは、回転数 1 r. p. m. と 4.3 r. p. m. の 2 台を使用したが、前者に対する供給性能は、Fig. 3 に示されている。供給量の調節は可能であるが、再現性を考慮して本実験では、供給量を 504.26 (mg/min) とした。発塵機としてはミキサーを使用し、凝集粒子及び大粒子の捕集用として小型サイクロンを

\* 生産機械工学科

\*\* 九州工業大学

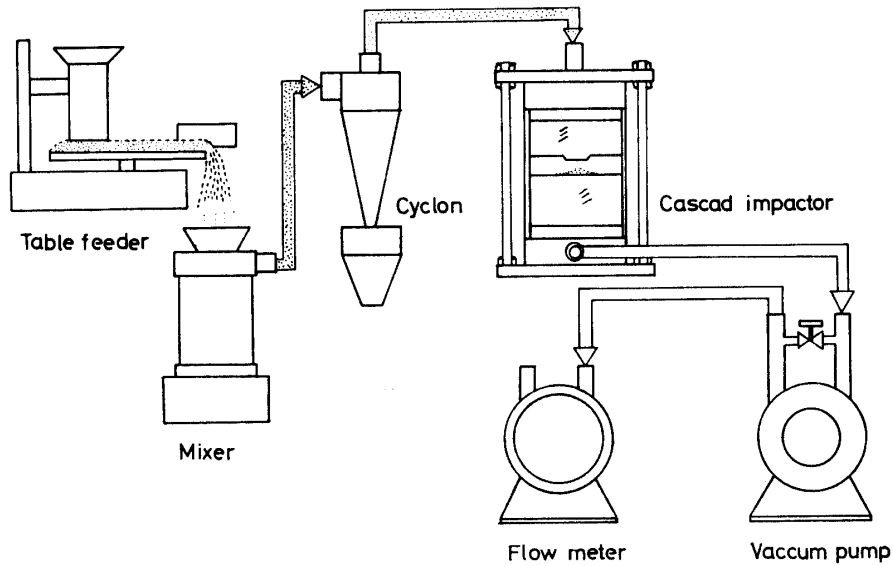


Fig. 1 Schematic diagram of the experimental apparatus

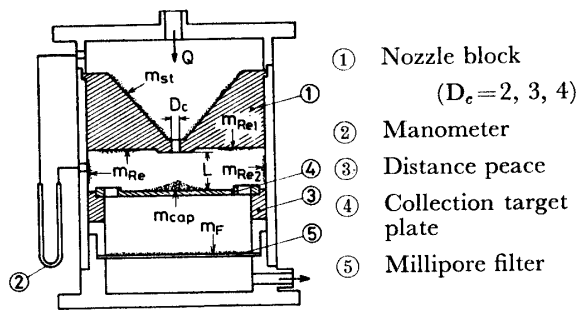


Fig. 2 Sectional view of the impactor

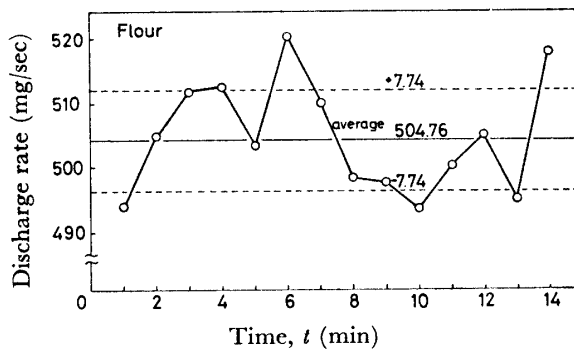


Fig. 3 Characteristics of the table feeder

前置した。

この実験で Fig. 2 のような単体インパクトターを試作した理由としては、ノズル及びディスタンス・ピースなど装置定数を種々変化させて、これらが捕集状態に及ぼす効果を調べるためである。

Fig. 2 のノズルは、円形でノズル径  $D_c$  の異なるもの 3 種類使用し、それらの入口角度は 60 度となっている。出口部には、微粒子捕集用として孔径  $0.22(\mu)$

のミリポアフィルターが取り付けられている。  $L/D_c$  で表わされるクリアランス比は、Fig. 2 の③のディスタンス・ピースを交換することにより 5 段階に変えることが出来る。実験条件は、Table 1 に示すように広範囲に変化させて、各場合について捕集効率の測定を行った。

インパクトター内各部に付着し、捕集されている粉じんの状態は、Fig. 2 に示されており、各量を次のように定義する。

- $m_{in}$  : 入口粉じん量 (mg)
- $m_{st}$  : ノズル内壁付着量 (mg)
- $m_{cap}$  : 捕集量 (mg)
- $m_{Re}$  : 再飛散量 ( $=m_{Re1} + m_{Re2}$ ) (mg)
- $m_F$  : フィルター捕集量 (mg)

入口粉じん量は、これら各量の和と考えられるから、フィルターを通過する微小粒子を無視して

$$m_{in} = m_{st} + m_{cap} + m_{Re} + m_F \dots\dots\dots (1)$$

となる。また、右辺各量を  $m_{in}$  で除し、無次元化して、

- $\eta_{cap}$  : 捕集効率 ( $=m_{cap}/m_{in}$ )
- $\eta_{Re}$  : 再飛散率 ( $=m_{Re}/m_{in}$ )
- $\eta_{st}$  : 付着率 ( $=m_{st}/m_{in}$ )

とする。  $m_{cap}$  は、捕集板上にアルミ箔を装着して捕集前後の重量差を測定し、  $m_{st}$ 、  $m_{Re}$  については、脱脂綿で払い落すことによりそれぞれ自動天秤 (感度  $0.01\text{mg}$ ) を用いて秤量した。実験材料の物性値は、Table 2 に示されている。

Table 1 Experimental parameter

Flow rate $Q$ (cm <sup>3</sup> /sec)	Nozzle diameter $D_c$ (mm)	Clearance $L$ (mm)	Clearance ratio $L/D_c$
50	2	2	1
		6	3
		10	5
	3	3	1
		6	2
		9	3
		12	4
		15	5
	4	4	1
		12	3
		20	5
	100	2	2
6			3
10			5
3		3	1
		6	2
		9	3
		12	4
		15	5
4		4	1
		12	3
		20	5
200		2	2
	6		3
	10		5
	3	3	1
		6	2
		9	3
		12	4
		15	5
	4	4	1
		12	3
		20	5

Table 2 Physical properties of flour

Mean diameter ( $\mu$ )	14
Density (g/cm <sup>3</sup> )	1.45
Bulk density (g/cm <sup>3</sup> )	0.42
Angle of repose ( $^\circ$ )	40.3

3. 実験結果及び考察

3.1 入口粉じん量と粒度分布の測定

インパクト内各部での付着、捕集状態を定量的に把握するには、入口粉じん量の定量性が重要である。

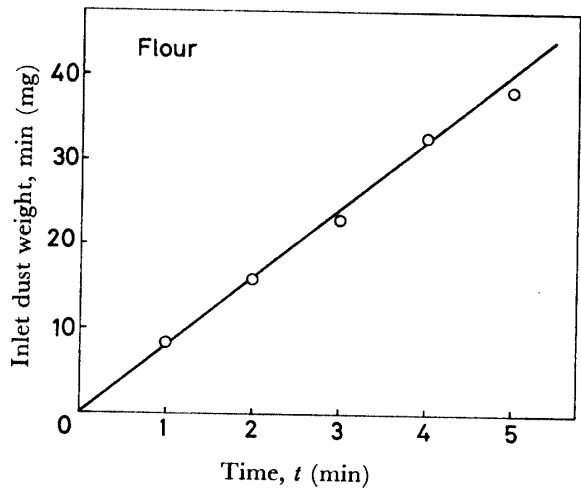


Fig. 4 Inlet dust weight of the impactor against time

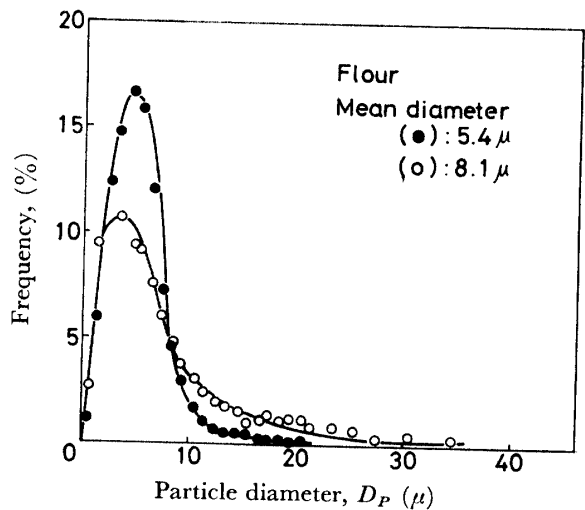


Fig. 5 Particle size distribution of the dust particle; Symbol ● and ○ indicate particle at the exit and the entrance of cyclon respectively.

Mean size of the particle 8.1 $\mu$  and 5.4 $\mu$  in above figure correspond to 23.5 $\mu$  and 11.2 $\mu$  in weight base.

Fig. 4 は、入口粉じん量  $m_{in}$  と吸引時間  $t$  の関係を示したものである。図から、単位時間当りの  $m_{in}$  の増加量がほぼ一定で、定量性の良好さが認められる。また、インパクターの入口（サイクロン出口）に流入するダスト（小麦粉）の粒度分布は、Fig. 5 に示されている。図より、ほとんど  $10\mu$  以下の微小粒子で、カスケードインパクターが常用される粒度範囲となっている。

### 3.2 捕集効率 $\eta_{cap}$ と再飛散率 $\eta_{Re}$ の測定

カスケードインパクターは、ノズルから粉じん気流を捕集板に衝突させ、粒子の慣性力（気流から与えられる）で分離捕集する機構であるから、ノズル出口速度  $V$  及びクリアランス比  $L/D_c$  によって、捕集効率  $\eta_{cap}$  が変化すると考えられる。よって  $V$ ,  $L/D_c$  を変化させ、吸引時間経過と共に捕集効率がどのように影響されるか検討する。

#### 3.2.1 クリアランス比 $L/D_c$ をパラメーターとし吸引時間を変えた場合

この節では、まず  $L/D_c$  を変えることによって捕集板上の粉じんの堆積状態がどのように変化するかについて考察する。

ここでは、我々の装置での最適な動作状態（最も良好な捕集状態）に近いパラメーターとして、ノズル径  $D_c$  を  $D_c=4(\text{mm})$ , 吸引流量  $Q$  を  $Q=100(\text{cm}^3/\text{s})$  とし、 $L$  を 3 通りに変化させて実験を行った。

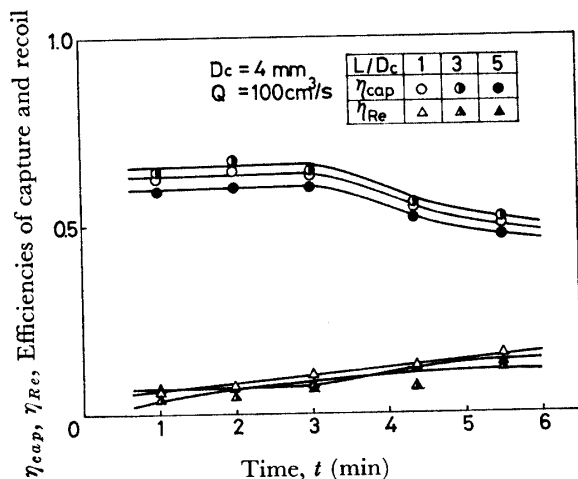
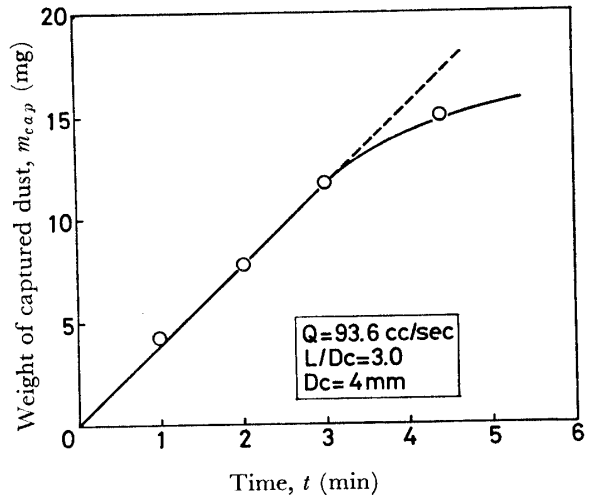


Fig. 6 Relation of the capture and recoil efficiencies with time

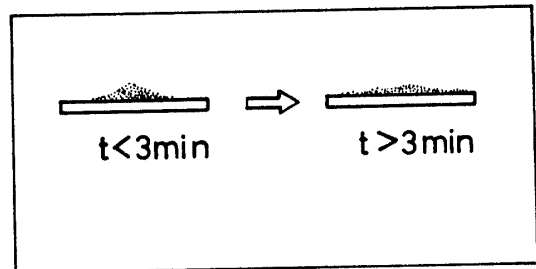
$\eta_{cap}$ ,  $\eta_{Re}$  と吸引時間との関係は Fig. 6 のようになるが、図より  $L/D_c$  の影響をみると、捕集効率は  $t$  に関係なく  $L/D_c=3$  で最大となっている。 $t=3$  分迄は各クリアランス比とも  $\eta_{cap}$  は、ほぼ一定で高い捕集

効率を示すが、3分を経過するとその後  $\eta_{cap}$  は減少し、一方  $\eta_{Re}$  は増大している。

捕集効率  $\eta_{cap}$  が時間と共に減少し、再飛散率  $\eta_{Re}$  が増加する傾向について検討するために、Fig. 7 (a) に捕集量  $m_{cap}$  と時間の関係を示し、また Fig. 7 (b) では捕集板上の粉じんの堆積状態の時間的推移が示されている。



(a) Variation of  $m_{cap}$  with time



(b) Illustration of the collection mechanism on the target plate

Fig. 7 Variation of the capture weight and explanation of the collection phenomena

図 (Fig. 7 (a)) より、約 3 分までは  $m_{cap}$  は時間と共に一定の割合で増加するが、それ以後はある一定値に落付く傾向を示している。したがって、 $\eta_{cap}$  の定義 ( $=m_{cap}/m_{in}$ ) より、 $m_{in}$  は Fig. 4 のように一定割合で増加し続け、一方  $m_{cap}$  の値の方は飽和するので、結局  $\eta_{cap}$  は減少することになる。この間の事情は Fig. 7 (b) の捕集状態図に示されている。形状がある大きさになるまで粉じんは円錐状に堆積して行くが（この実験条件では 3 分）それ以後は、円錐の頂部は吹き飛ばされて  $m_{cap}$  が一定量となる状況が観察される。

3.2.2  $L/D_c$  をパラメーターとしノズル出口速度を変えた場合

本実験の範囲では温度変化並びに粒子と気体間の相対速度は無視されるので、このような近似ではノズル出口速度  $V$  は、次式で与えられる。

$$V = \frac{4QP_i}{\pi D_c^2 P_0} \dots\dots\dots (2)$$

$P_i$  : ノズル入口圧力 (gf/cm<sup>2</sup>)

$P_0$  : ノズル出口圧力 (gf/cm<sup>2</sup>)

$Q$  : 吸引流量 (cm<sup>3</sup>/s)

$D_c$  : ノズル径 (cm)

上式の  $V$  の値を用いて、 $V$  と  $\eta_{cap}$ ,  $\eta_{Re}$  との関係調べたのが Fig. 8 である。

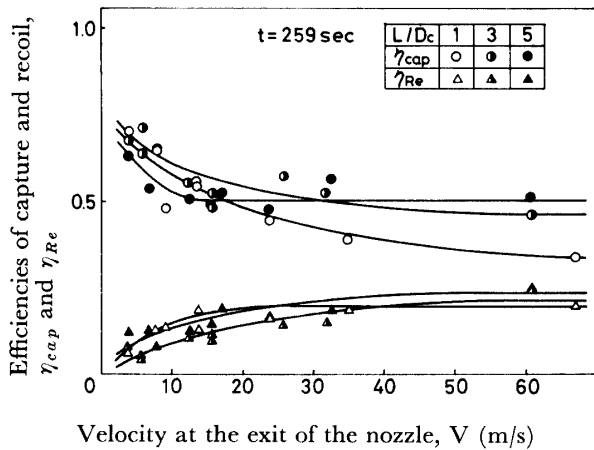
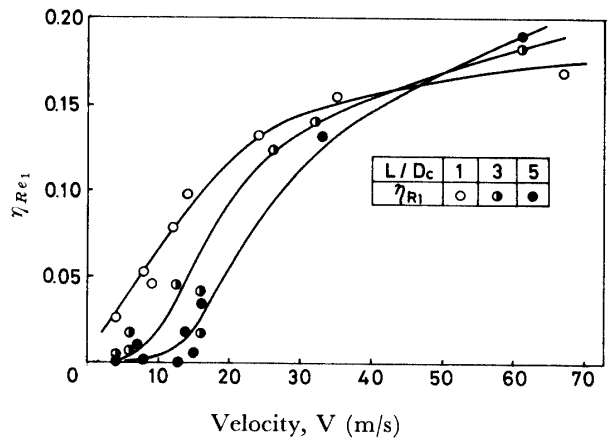


Fig. 8 Relation of capture and recoil efficiencies with nozzle velocity; 't=259 sec' means the suction duration and also corresponds to the period of one revolution of the table feeder.

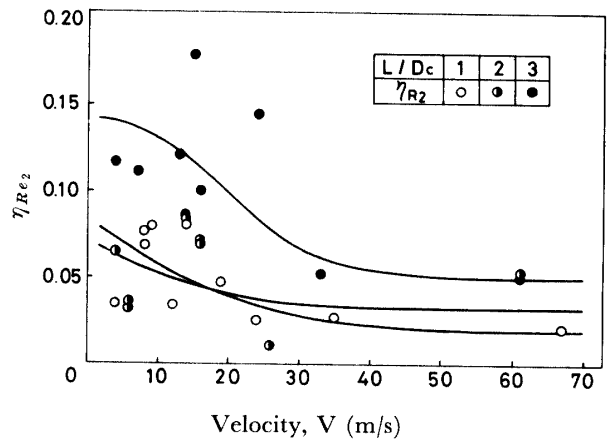
各クリアランス比とも  $V$  が大きくなるにつれて  $\eta_{cap}$  は減少し、逆に  $\eta_{Re}$  は増大するが、 $L/D_c$  によってその変化割合が異っている。

再飛散現象 ( $\eta_{Re}$ ) をさらに詳細に考察するため  $\eta_{Re}$  をノズル底面 (Fig. 2 参照) への再飛散率  $\eta_{Re1}$  とインパクター側壁への再飛散率  $\eta_{Re2}$  とに分けてノズル出口速度  $V$  との関係性を求めたのが Fig. 9 である。

図より  $\eta_{Re1}$  は  $V$  が大きくなると増大し、一方、 $\eta_{Re2}$  は傾向として減少している。また、 $\eta_{Re1}$  はクリアランス比  $L/D_c$  が小さい程  $V$  の影響が顕著であり、 $\eta_{Re2}$  では逆に  $L/D_c$  が大きい方が、大きく変動している。この理由について考察すると  $V$  が大きく、クリアランス比の小さい場合 ( $L/D_c=1$ ) には捕集板上の粉じんの山形堆積層が吹き飛ばされ、再飛散粒子はノズル底面に衝突 (反跳) するものと考えられる。一方、ノ



(a)  $\eta_{Re1}-t$ ;  $\eta_{Re1}$  is the efficiency of dust sticking to the underside of the nozzle block.



(b)  $\eta_{Re2}-t$ ;  $\eta_{Re2}$  represents the efficiency of dust sticking to the surrounding wall.

Fig. 9 Variation of the recoil efficiencies to the underside of the nozzle block and side wall with the velocity of air stream at the exit of nozzle

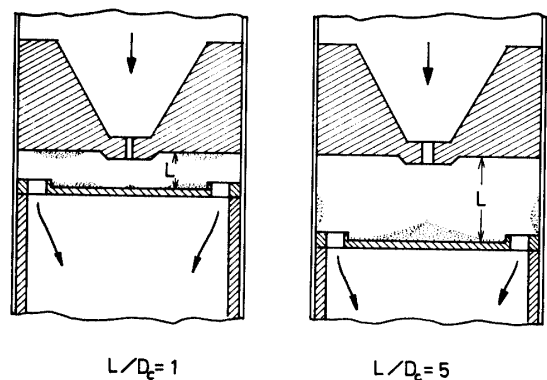
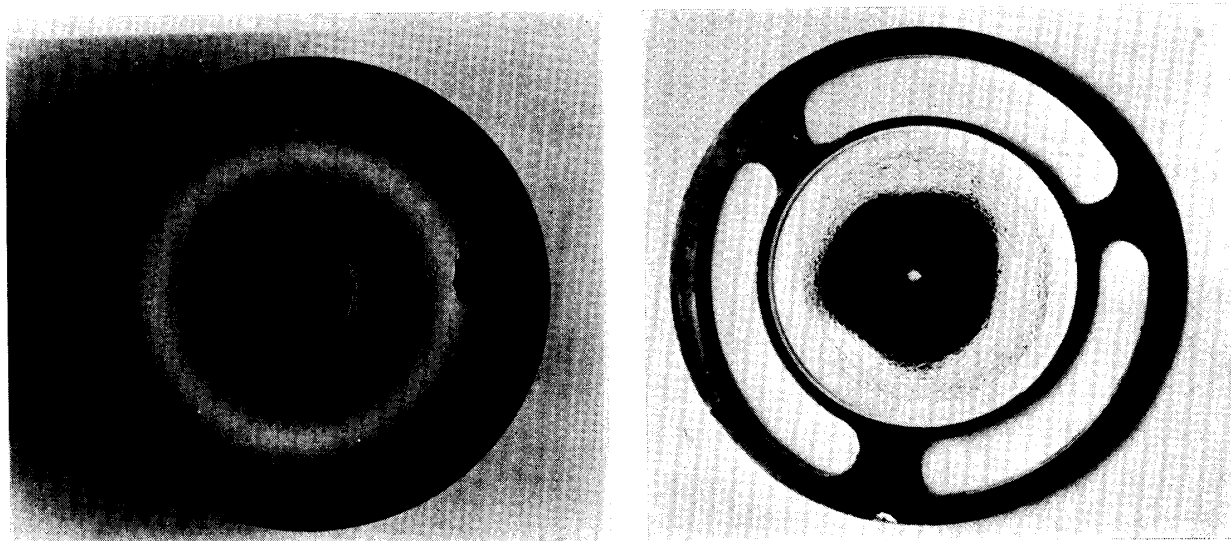
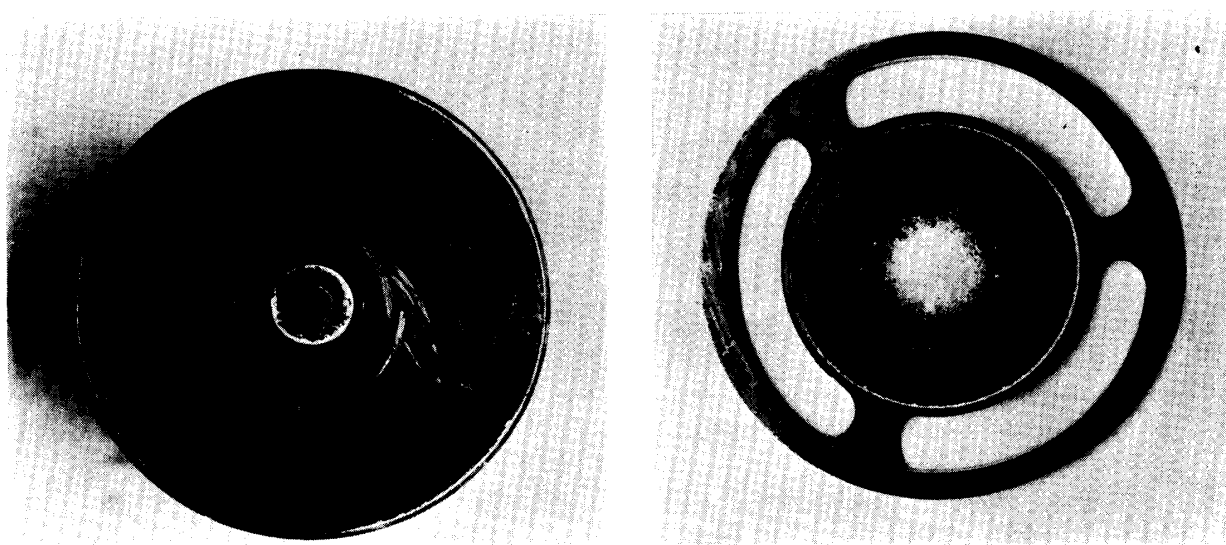


Fig. 10 Illustrations of the recoil action of particles from the target and the status of sticking to the side walls



$Q=145.6$  (cm<sup>3</sup>/s)  
 $D=2$  (mm)  
 $L/D=3$   
 $t=3$  (min)

(a) In the case of high flow rate



$Q=33.2$  (cm<sup>3</sup>/s)  
 $D=4$  (mm)  
 $L/D=5$   
 $t=3$  (min)

(b) In the case of low flow rate

Fig. 11 Photographs show the status of impaction to the target plate and of the underside of the nozzle block

ズル出口速度  $V$  が小さくクリアランス比の大きい場合 ( $L/D_c=5$ ) には、ノズル出口近傍での自由噴流の広がり方が大きくなるため、インパクト側壁まで飛散する割合が大きくなるものと考えられる。この状態がモデル的に Fig. 10 に示されている。また、捕集板、ノズル底面へダストが付着している状態が Fig. 11 に

示されている。

### 3.3 付着率 $\eta_{st}$ の測定

ダスト粒子が気流から分離してノズル内壁へ付着する現象は、ノズル内壁部の形状(テーパー)、ダスト粒子の物性などによって影響されるが、これらが一定

の場合には力学的には、粒子の沈降速度を用いて現象を評価するのが適当と考えられる。

Fig. 12 はノズル径  $D_c$  を 2, 3, 4 (mm) と変化させ、流量  $Q$  が付着率  $\eta_{st}$  に及ぼす影響について調べたものである。

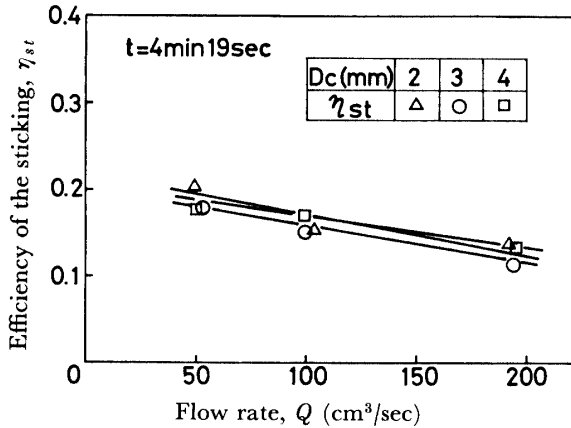
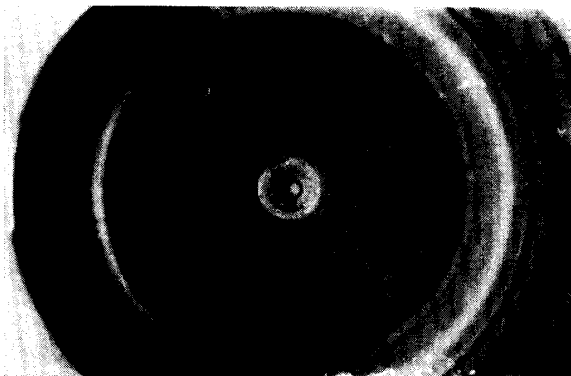


Fig. 12 Relation between the stick efficiency and flow rate; 't=4 min 19 sec' means the suction duration and also corresponds to the period of one revolution of the table feeder.

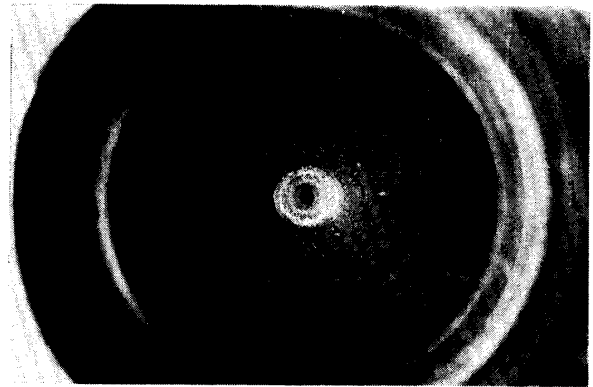
吸引流量を 50~200 (cm<sup>3</sup>/s) の範囲に変化させると  $\eta_{st}$  は、20~10(%)程度まで減少している。すなわち、吸引流量が大となればノズル内壁部の流速も大きくなるので付着しにくい状態になり、 $\eta_{st}$  は減少の傾向を示すものと考えられる。この範囲の  $D_c$  ( $2 \leq D_c \leq 4$ mm) に対しては、 $\eta_{st}$  に対するノズル出口径の影響はほとんど表われていない。

Fig. 13 には、それぞれ流量  $Q$  の少ない場合と大きい場合の付着状態が示されている。



$Q = 33.2$  (cm<sup>3</sup>/s)  
 $D = 4$  (mm)  
 $L/D = 5$   
 $t = 3$  (min)

(a) In the case of low flow rate



$Q = 145.6$  (cm<sup>3</sup>/s)  
 $D = 2$  (mm)  
 $L/D = 3$   
 $t = 3$  (min)

(b) In the case of high flow rate

Fig. 13 Explanation of the sticking phenomena inside part of the nozzle block

### 3.4 フィルター捕集量 $m_F$ の測定

捕集量の堆積状態と同様 (Fig. 7 参照), 再飛散量及び付着量についても時間の経過と共に、これらはほぼ一定量に近づくものと考えられる。したがって、流れの上流側で各部に付着したり、また、捕集板上に堆積する各量がほぼ一定量に近づいた後では、出口側に装着されているミリポアフィルター上の粉じん量の増加の割合が大きくなって行くと考えられる。

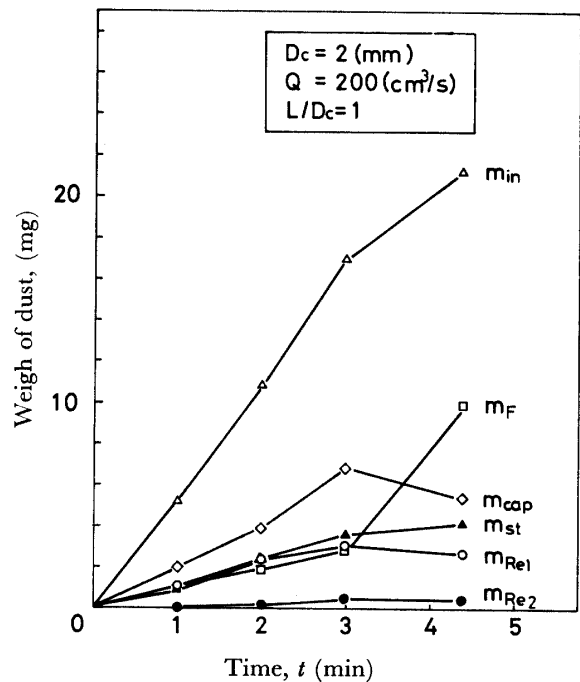


Fig. 14 Variation of the weight of dust at different positions with time

したがって、再飛散及び付着現象の時間的な経過を調べるためには、すべての量  $m_{in}$ ,  $m_{cap}$ ,  $m_{Re1}$ ,  $m_{Re2}$ ,  $m_{st}$  及び  $m_F$  についての時間的な変化を測定することが必要である。Fig. 14 は、ノズル径  $D_c=2$  (mm) クリアランス比  $L/D_c=1$ , 流量  $Q=200$  (cm<sup>3</sup>/s) とした場合の上記各量の時間的な変化を示したものである。

図より、 $m_{cap}$  と  $m_{Re1}$  は、3分以後減少の傾向を示しており、 $m_{st}$  と  $m_{Re}$  は飽和する傾向を示している。一方、 $m_F$  は急激に増加している。したがって、この  $m_F$  の3分以後の急激な増加は、主として  $m_{cap}$  の減少がその原因になるものと考えられる。

本実験では、1段のカスケードインパクト（単体インパクト）を用いて測定しているが、2段以上連結した場合に上述の状態（約3分以後）になれば、再飛散粒子が徐々に次段の捕集板に堆積することになり、粒度分布測定の際に誤差の原因になるものと思われる。

3.5 捕集効率  $\eta_{cap}$  及び付着率  $\eta_{st}$  に関する考察

Ranz ら<sup>2)</sup>は、カスケードインパクトでの粒子の捕集機構を特徴づける量として、慣性パラメーター  $\psi$  と無次元沈降速度  $G$  なるものを考えている。 $\psi$  及び  $G$  はそれぞれ次式で定義される。

$$\psi = \frac{C \rho_P V}{18 \mu D_c} D_P^2 \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$G = \frac{C \rho_P D_P^2}{18 \mu V} g \quad \dots\dots\dots (4)$$

ここで

- C : カニングガムの補正係数 (-)
- $D_P$ : 粒子径 (cm)
- $\rho_P$ : 粒子密度 (g/cm<sup>3</sup>)
- g : 重力加速度 (cm/s<sup>2</sup>)
- $\mu$  : 空気の静粘性係数 (g/cm<sup>2</sup>・s)

これらの無次元量  $\psi$ ,  $G$  は、ストークスの法則が適用される範囲で適用される。 $\psi$  は、ノズルから飛出す粒子の慣性効果と粘性効果の比であり、 $G$  は、粒子の重力と流体粘性力との比としての意味を持っている。

Ranz らは円形ノズルを用いて、クリアランス比  $L/D_c=3$  とした場合の  $\sqrt{\psi}$  と衝突効率  $\Delta\eta$  の関係を実験的に求めている。(Fig. 15)

我々の実験では多分散粉じんを使用している関係上、現象が可成複雑なので、以下で再飛散の効果を説明する前にカスケードインパクトの分離機構に対する入口、出口での粒度分布と  $L/D_c$  (クリアランス比),  $V$  (ノズル出口速度),  $\psi$  (慣性パラメーター),  $\Delta\eta$  (部分分離効率=ある特定の粒子径に対する捕集効率) を

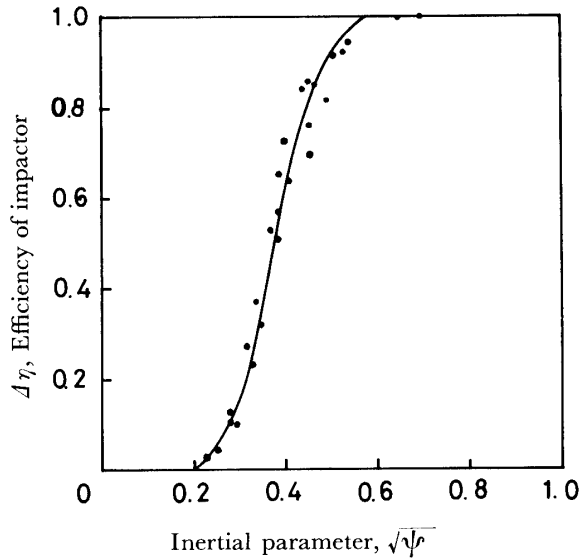


Fig. 15 Experimental result of round jet by Ranz

どの関係について予備的な考察を行う。

(1)  $L/D_c$  を変えた場合

すでに述べたようにカスケードインパクトは、ノズルからの噴流を捕集板に衝突させて粒子を捕集する機構となっているので、クリアランス比の影響を受け易く、このためクリアランス比を変えるとそれにつれて  $\Delta\eta$  曲線が変化する。クリアランス比を変えた場合の  $\Delta\eta$  に関するこれまでの実験結果を  $\psi$  を縦軸とし、 $L/D_c$  を横軸として表わしたのが Fig. 16 である。

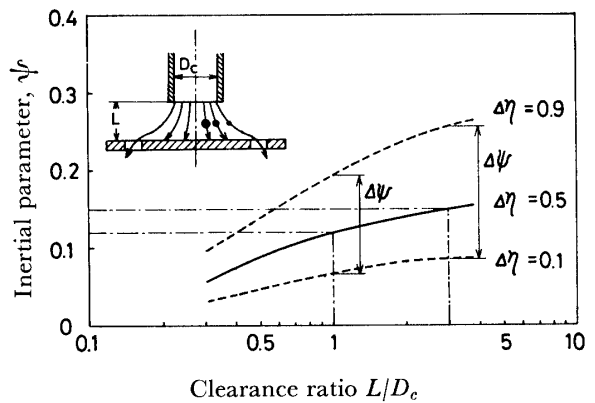


Fig. 16 Characteristics of  $\psi$  and  $L/D_c$  (effect of the partial collection efficiency,  $\Delta\eta$ )

図より、クリアランス比が小さくなると、より小さい  $\psi$  値で  $\Delta\eta=50\%$  となっているが、Fig. 16 に模式的に示されるように、これは  $L$  が小となりガス流線の曲率が大きくなるため今まで気流と共に運び去られていたより小さい粒でも捕集板と衝突し、捕集されることを意味している。



また、 $L/D_c$  の小さい所では  $\Delta\eta=0.9$  と  $\Delta\eta=0.1$  の間隔 ( $\Delta\psi$ ) が、 $L/D_c$  が大きい所に較べて小さくなっており、衝突距離  $L$  を小さくすることにより  $\psi$  に対する部分分離効率  $\Delta\eta$  が鋭くなっていることがわかる。

以上の関係を  $L/D_c$  をパラメーターとして  $\Delta\eta-\sqrt{\psi}$  の関係で表わしたのが Fig. 17 である。

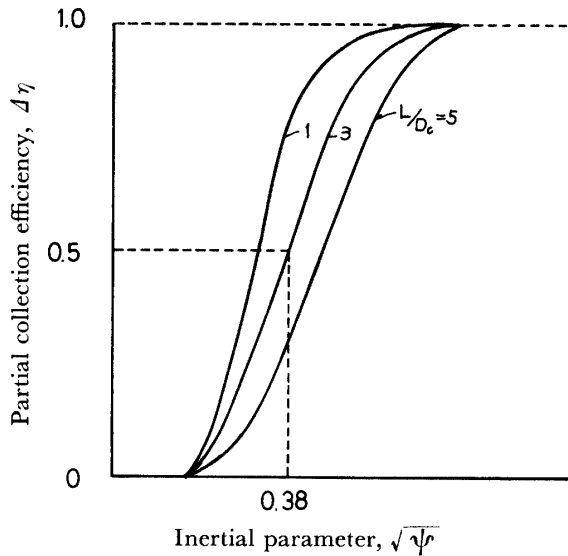


Fig. 17 Relation of the  $\Delta\eta$  and  $\sqrt{\psi}r$  (effect of the clearance ratio,  $L/D_c$ )

(2)  $L/D_c=3$  としてノズル出口速度を変えた場合 Fig. 15 の全ての実験点を使用し、最小二乗法によって回帰直線を求めると次式<sup>3)</sup>になる。

$$\Delta\eta = 3.8\sqrt{\psi}r - 0.954 \quad \dots\dots (5)$$

今、式(5)でノズル出口速度を  $V_1$ 、ノズル径を  $D_{c1}$  とし、 $\Delta\eta=50\%$  の場合を考えると

$$0.5 = 3.8\sqrt{\frac{C\rho_P V_1}{18\mu D_{c1}}} D_{P_{50}} - 0.954 \quad \dots\dots (6)$$

となるが、このときの  $D_{P_{50}}$  を  $D_{P_1}$  と書き、 $\sqrt{\psi}r$  中の  $C, \rho_P, \mu$  などは一定としているので  $\sqrt{\frac{C\rho_P}{18\mu}}$  を  $\xi$  と書いて上式を書き直せば

$$0.5 = 3.8\xi\sqrt{V_1} D_{P_1} - 0.954 \quad \dots\dots (7)$$

となる。移項して整理すれば

$$\frac{1}{3.8}(0.5+0.954)\frac{\sqrt{D_{c1}}}{\xi} = \sqrt{V_1} \cdot D_{P_1} \quad \dots\dots (7)'$$

となる。

次に、 $D_{c1}$  はそのままとし、ノズル出口速度  $V_1$  が  $V_2$  と大きくなった場合、同じ部分捕集効率 ( $\Delta\eta=50$

%) になるとして、この場合について式(5)を書けば

$$0.5 = 3.8\xi\sqrt{\frac{V_2}{D_{c1}}} D_{P_2} (=D_{P_{50}}) - 0.954 \quad \dots\dots (8)$$

となるが、式(7)'と同様に書き替えれば

$$\frac{1}{3.8}(0.5+0.954)\frac{\sqrt{D_{c1}}}{\xi} = \sqrt{V_2} \cdot D_{P_2} \quad \dots\dots (8)'$$

となる。式(7)'と(8)'を比較すれば左辺は同じなので等置して

$$\sqrt{V_1} \cdot D_{P_1} = \sqrt{V_2} \cdot D_{P_2} \quad \dots\dots (9)$$

となる。仮定より  $V_1 < V_2$  なので上式により  $D_{P_1} > D_{P_2}$  となる。この間の事情を、縦軸に  $\Delta\eta$  を取り横軸を  $D_P$  として示したのが Fig. 18 (a) である。

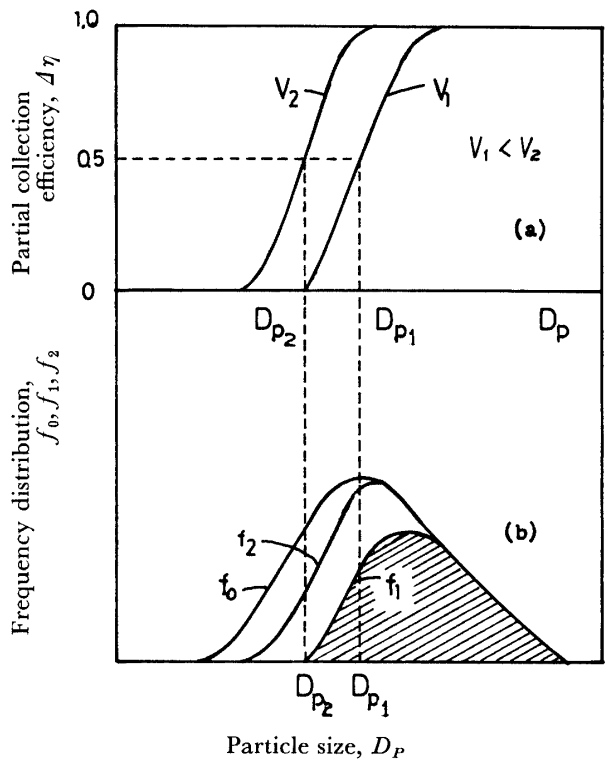


Fig. 18 Partial size distribution

- $f_0$ : Frequency distribution of dust particles at the inlet of the impactor
- $f_1$ : Frequency distribution of particles on the target plate in the case of lower nozzle speed
- $f_2$ : Frequency distribution of dust particles on the target plate in the case of higher nozzle speed

いま、カスケードインパクトの入口での粒子群の頻度分布を  $f_0$ 、ノズル出口速度  $V_1$  のときの捕集板上の頻度分布を  $f_1$ 、 $V_2$  のとき頻度分布を  $f_2$  とすると

Fig. 18 (a) の  $4\eta-D_P$  曲線から同図 (b) のような  $f$  と  $D_P$  との関係が導かれる。Fig. 18 (b) の曲線より  $V_2$  の場合の全捕集効率  $\eta(V_2)$  は

$$\eta(V_2) = \frac{\int_0^{\infty} f_2 dD_P}{\int_0^{\infty} f_0 dD_P} \quad \dots\dots\dots (10)$$

となり、また  $V_1$  の場合には

$$\eta(V_1) = \frac{\int_0^{\infty} f_1 dD_P}{\int_0^{\infty} f_0 dD_P} \quad \dots\dots\dots (11)$$

で与えられる。

図より、 $f_2$  の囲む面積が  $f_1$  の面積より大きいので  $\eta(V_2) > \eta(V_1)$  となり、ノズル出口速度が大きい時 ( $V_2$  の時) の方が大きい全捕集効率を与えることになるが、一方、我々の  $\eta_{cap}$  と  $V$  との実験結果 (Fig. 8) は、 $V$  が大きくなると捕集効率  $\eta_{cap}$  は小さくなっている。この理由は前述したように、一旦捕集板上に堆積した粒子群が再飛散現象によって吹き飛ばされることを示しており、このため、(i) ノズル出口速度が或る値より大きい場合、(ii) とくに、多分散粉じんを多量に且、長時間吸引する場合、などについては、再飛散の効果を考慮して実験結果を評価することが必要で、特定の単分散粉じんに対して求められた式(5) (Fig. 15) をそのまま多分散粉じんに適用することは問題があると考えられる。

つぎに、ノズル内壁への粒子の付着現象については、ノズル内を流下する気流速度的影響を受けると考えられる。したがって、ノズル内を流下する速度が小さい場合には、(3)、(4)式を適用すると  $G$  は大きくなり、逆に  $\psi$  は小さくなる。このことは Fig. 12 に示されているように、吸引流量  $Q$  の小さい所で  $\eta_{st}$  が大きくなっており、 $Q$  の増加と共に  $\eta_{st}$  が減少する傾向にあることから納得される。よって  $\eta_{st}$  に対しては、無次元沈降速度  $G$  の効果が支配的になるものと考えられる。

#### 4. 結 言

以上の結果より次のことが明らかになった。

- (1) 吸引時間  $t$  に関係なく捕集効率が一定となる定常状態が存在する。(Fig. 6)
- (2) 吸引時間の増加とともに捕集量  $m_{cap}$  が一定となる傾向がある。(Fig. 7 (a))
- (3) ノズル出口速度  $V$  が大きくなると、 $L/D_c = 1, 3, 5$  の各クリアランス比とも、ノズル底面への再飛散率  $\eta_{Re1}$  は増大し、側壁への再飛散率  $\eta_{Re2}$  は減少する傾向がある。(Fig. 9)
- (4) 広範囲にわたる  $V$  と吸引時間  $t$  の値に対し、これまで行なわれた研究者の結果と同様に  $L/D_c = 3$  で良好な捕集機構を示すことが確認された。(Fig. 6, Fig. 8)
- (5) ノズル内壁への付着率  $\eta_{st}$  は、流量が大きくなると減少する傾向がある。(Fig. 12)

本実験の小麦粉の場合には、吸引時間約3分迄の再飛散が顕著になるまでに粒度を測定した方が測定誤差が小さいと思われるが、他の試料の場合についても、この点についてより詳細な実験を行う予定である。

終りに材料の提供を賜った日本製粉 K. K. ならびに昭和49年度、生産機械工学科大学院修了生、藤井康博君及び生産機械工学科卒業生石井洋樹君の労に対し深甚なる感謝の意を表わす次第である。

#### 5. 参 考 文 献

- 1) K.R. May; J. Sci. Inst., **22**, 178 (1945)
- 2) W.E. Ranz and J.B. Wong; Ind. Eng. Chem., **44**, 1376 (1952)
- 3) 井伊谷, 湯, 牧野, 中野; 化学工学, **33**, 689 (1969)
- 4) 湯, 井伊谷; 化学工学, **34**, 427 (1970)
- 5) 井伊谷, 湯; 化学工学, **35**, 1251 (1971)
- 6) 鈴木, 津原, 林; 三菱重工技報, **5**, 620.
- 7) 上滝, 早野, 原田, 藤井, 石井; 日本機学会九州支部第28期総会講演論文集 No. 758-1, (1975-3)