

回転分級機の性能

田中安彦
(受理 昭和59年5月31日)

PERFORMANCE OF A ROTARY CLASSIFIER

Yasuhiko TANAKA

A particle size classifier with an internal rotor which creates a vortex was designed and built. Its ability to separate was evaluated by varying the throughput rate and rotor speed under twelve sets of operating conditions using fly ash and talc as the test solids. Comparisons of the experimental and predicted cut sizes were taken as performance parameters. The results indicated that the grade efficiency curves of this device and hydrocyclones were nearly identical.

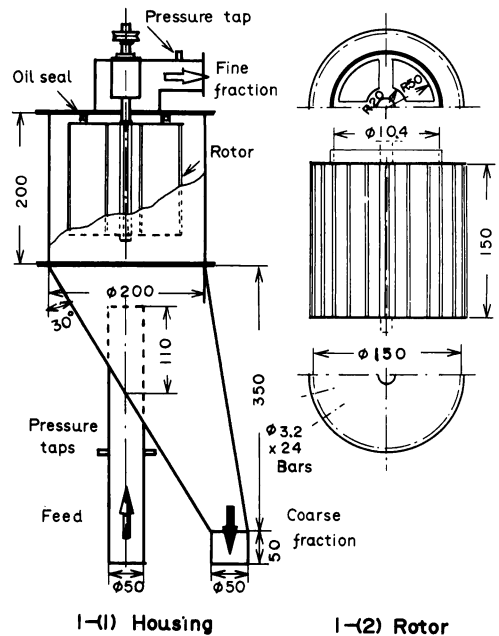
1. はじめに

遠心力場を利用した風力分級装置は、サイクロンのように接線方向かまたは案内羽根によって中心に向けて気流とともに浮遊した粉体粒子を吹き込み、回転気流を誘起し、遠心力場を形成させる形式と、ミクロンセパレータやマイクロプレックスのように、内蔵したロータの強制回転によって機械的にこれを行う形式に大別される。後者の形式は、分級粒径の調節をロータ回転速度を変化させて自由に行うことが可能であり、また、ロータ周囲に設けられた格子間隙を粉体が通過する際に、粗粉の格子との反発によって分級作用が繰り返され、とくに高濃度の原料粉供給操作において問題となる分級精度低下の要因とされる、凝集状態にある粗大粒子を一次粒子にまで分散させ、鋭い分級を行う効果を期待できる。

ここでは、設計と操作のための基礎資料を得る目的で、すでに集じん装置¹⁾として試作し、その実験結果を発表した同じ装置について分級性能を検討したので報告する。

2. 実験装置と方法

Fig. 1 に供試した回転分級機の外形と内蔵ロータの構造寸法を示す。基本的にはミクロンセパレータと類似しており、中心部に設けられたロータは籠型円筒



1-(1) Housing 1-(2) Rotor

Fig. 1 Details of rotary classifier

状で、その外周は24本の円柱状格子で形成される。ロータ下方の入口から供給された原料粉体は、格子間のスリットからロータ内に入流する間に、ロータ回転に伴って誘起される旋回気流による遠心力を受け、これと内向流による流体抗力との力学的釣り合い条件か

ら、粗粉と細粉とに分離される。粗粉は下方出口に、細粉はロータ天板にあげられた四分円状の切り欠きを通過し、分級機に接続して設置されたサイクロンで捕集される。回転部分の気密を保つ簡略な方法として、オイルシールを使用し、格子スリットを通過せずに分級機上壁とロータ天板との間隙を洩入する短絡流による粗粉の迷い込みを防止するように留意した。

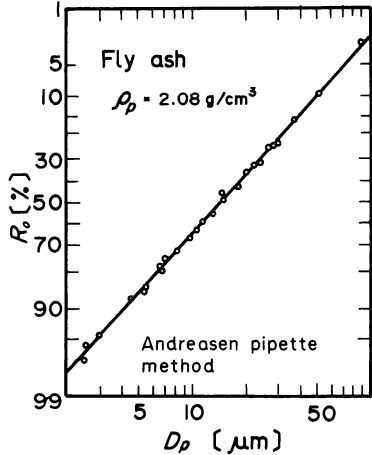


Fig. 2 Cumulative particle size distribution over-size of test fly ash

供試粉体として、前報¹⁾と同じく、Fig. 2に示すように、その粒径分布が対数正規分布に従うフライアッシュの外に、タルク (JIS Z 8901 No.4, $\rho_p=2.75 \text{ g/cm}^3$) を使用した。フライアッシュの場合には、ベンチュリの負圧を利用して圧送により電磁フィーダから粉体を分級機に定量供給したことも前報¹⁾と同じである。タルクの場合には、ブロウ吸引口をサイクロン下流側に連結し、分級機入口の直下に配置したスムーズオートフィーダ (大盛工業製) から粉体を吸引供給した。

Table 1 に示す実験条件の範囲で、分級機入口風速 V_i とロータ回転速度 N を変化させた。粉体供給濃度は分級精度に影響を及ぼすと思われるので、一定に調節するよう設定したが、フライアッシュとタルクとではそれぞれ 18 g/m^3 と 12 g/m^3 と異なり、フィーダ能力不足のために、タルクの供給濃度が若干低い結果となった。

各実験の終了ごとに、粗粉部収率および原料粉と粗粉部の粒径分布*を測定した。その結果を用いて、次

*アンドレアゼン・ピベット法によった。

Table 1 Range of experimental conditions

Powder	Key	V_i (m/s)	N (r.p.m.)	V_i (m/s)	Key	Powder
Fly ash	▽	16.3	900	15.6	▽	Talc (JIS-4)
	▼	12.8		13.6	▼	
	▽	9.8		10.1	▽	
	□	16.1	1400	15.6	□	
	■	13.3		13.6	■	
	□	9.4	1900	10.0	□	
	△	16.1		15.6	△	
	▲	13.1		13.5	▲	
	△	10.8	2400	10.0	△	
	◎	17.0		15.6	◎	
●	12.6		13.5	●		
○	10.6		10.0	○		

式によって部分分離効率 $T(D_p)$ を計算し、これを粒径 D_p に対してプロットして部分分離効率曲線を描き、分級性能を表示した。

$$T(D_p) = E \frac{dR_c/dD_p}{dR_o/dD_p} \quad (1)$$

ここで、 E は粗粉部収率、 R_o と R_c はそれぞれ原料粉と粗粉部のフルイ上分布である。

3. 実験結果と考察

3. 1 分級精度

Figs. 3 と 4 にそれぞれフライアッシュとタルクに対する部分分離効率曲線を示す。図から明らかなように、粒径 D_p の代わりに、これを $T(D_p)=50\%$ に対応する粒径 D_{p50} で除した値に対して画かれた $T(D_p)$ 曲線は、操作条件に無関係にほぼ同じ一つの S 字状の曲線で表わされ、分級粒径の調節に V_i と N のいずれを変化させても、実験範囲内では、

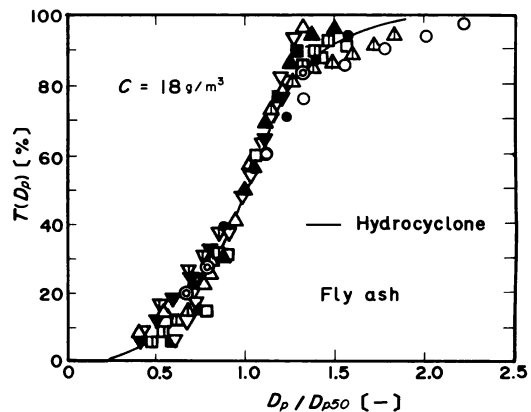


Fig. 3 Grade efficiency curve with fly ash

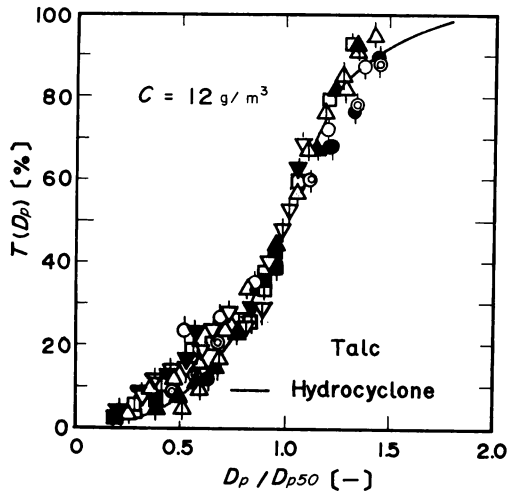


Fig. 4 Grade efficiency curve with talc

$T(D_p)=50\%$ における曲線の傾斜、すなわち分級の鋭さにあまり大きい影響を及ぼさないことがわかる。また、両 $T(D_p)$ 曲線はほぼ一致しており、分級の鋭さには原料粉体の物性や供給方法もあまり影響を及ぼさないように見える。吉岡ら⁵⁾によって報告された液体サイクロンと比較して、粗粉側への細粉のバイパスを考慮して流量比による影響を補正した液体サイクロンの回収率曲線と $T(D_p)$ 曲線は、同図中に併示したように、かなりよく一致しており、両者の分級性能はほとんど差異は認められない。

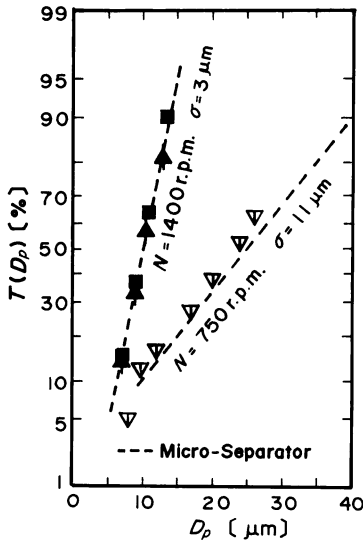


Fig. 5 Typical normal probability plot of grade efficiency vs. particle size

Fig. 5 に例示するように、 $T(D_p)$ 曲線は正規確率紙上でおおよそ直線としてプロットされる。また、同図に併記したように、細粉の凝集による粗粉部への残留を防ぎ、細粉回収率を向上させるための風フルイ部を設置したミクロンセパレータによる炭酸カルシウムの分級試験結果¹⁾と比較しても、分級の鋭さに大きい差異は認められない。

3. 2 分級粒径

粒子はロータの回転によって誘起される旋回気流の作用で遠心力を、ロータ格子のスリットを通過して中心に向かう気流によって向心力をうける。分級粒径 D_{pc} はロータ周辺で遠心力と向心力とが釣り合う粒径として次式で表わされる。

$$D_{pc} = \frac{1}{u_t} \sqrt{\frac{9\mu D_R v_r}{\rho_p}} \quad (2)$$

ここで、 u_t は粒子の円周方向速度、 v_r は気流の半径方向速度、 D_R はロータ直径、 μ はガス粘度、 ρ_p は粒子密度である。上式の u_t はロータ周速 V_R に等しいと仮定すれば、 D_{pc} は次式で計算できる。

$$D_{pc} = \frac{1}{V_R} \sqrt{\frac{9\mu D_R v_r}{\rho_p}} \quad (3)$$

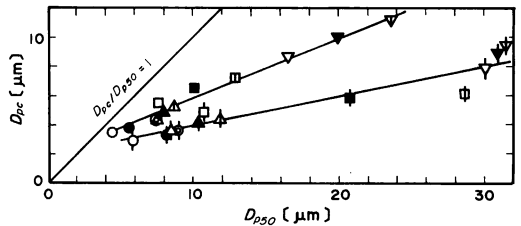


Fig. 6 Comparison of experimental and predicted cut sizes

Fig. 6 に計算値 D_{pc} と実験値 D_{p50} との比較を示す。図から明らかなように、 D_{pc} は D_{p50} よりも著しく小さく、フライアッシュの場合で D_{p50} の約 50%、タルクの場合で 30% にも及ばない。このような粉体による差異については今後の検討にまたねばならぬが、計算値が実験値よりも小さい理由として、仮定に反して $u_t < V_R$ であることが予想される。ロータ周辺で誘起される旋回流によって粒子が加速されたとしても、気流の円周方向速度は V_R よりも小さく、また、粒子が格子との衝突によって V_R まで加速される確率はきわめて小さいと思われる。なお、井伊谷ら³⁾のロータ

を内蔵しない半自由渦型遠心力式分級器では、粒子と気流のスリップのために、理論分級粒径は実測の D_{p50} の 0.7 倍に等しいと報告されている。

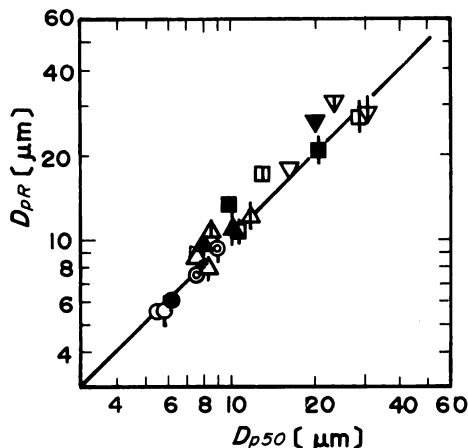


Fig. 7 Relation between equiprobable and analytical cut sizes

Fig. 7 に、粗粉部収率が原料粉のフルイ上分布に等しい粒径、すなわち次式

$$E = R_o(D_{pR}) \quad (4)$$

で定義される分級粒径、いわゆる平衡粒径 D_{pR} と D_{p50} とを比較した結果を示す。図から、おおよそ

$$D_{p50} \doteq D_{pR} \quad (5)$$

の関係が成立するといえる。この関係は、井伊谷らによって半自由渦型分級器³⁾やサイクロン²⁾にも成立することが報告されており、ここでも、粗粉部の粒径分布を測定して $T(D_p)$ 曲線を求め、 D_{p50} を定めることなく、簡単に粗粉部収率と原料粉だけの粒径分布とから D_{pR} したがって大略の D_{p50} を推定することができる。

4. おわりに

ロータを内蔵した機械的強制渦形式の分級装置の基礎的特性をフライアッシュとタルクを用いて実験的に検討した。今後の課題として、サブミクロン領域における微粉分級を含めて、ロータ寸法と格子形状や付着凝集性などの粉体物性、高濃度供給などが分級性能に及ぼす影響を明らかにする必要がある。

Nomenclature

C = solids feed loading	[g/m ³]
D_p = particle size	[μm]
D_{pc} = critical cut size, defined by Eq. (3)	[μm]
D_{pR} = analytical cut size, defined by Eq. (4)	[μm]
D_R = rotor diameter	[mm]
D_{p50} = equiprobable cut size, corresponding to the 50 % grade efficiency value	[μm]
E = coarse fraction yield, expressed as fraction of feed	[%]
N = number of revolutions of rotor	[r.p.m.]
R = cumulative particle size distribution oversize by mass	[%]
u_t = particle tangential velocity	[m/sec]
V_R = peripheral speed of rotor	[m/sec]
v_r = gas radial velocity	[m/sec]
$T(D_p)$ = grade efficiency	[%]
μ = gas viscosity	[g/cm·sec]
ρ_p = particle density	[g/cm ³]
σ = standard deviation	[μm]
Subscripts	
c = coarse fraction	
o = feed	

Literature cited

- 1) Iinoya, K : *J. Japan Soc. Mech. Engrs.*, **67**, 211(1964)
 - 2) Iinoya, K. and N. Kimura : *Kagaku Kogaku*, **18**, 154(1954)
 - 3) Iinoya, K., N. Kimura and S. Yagi : *J. Japan Soc. Mech. Engrs.*, **59**, 215(1956)
 - 4) Tanaka, Y., N. Yokoo and H. Shinohara : *J. Res. Assoc. Powder Tech. (Japan)*, **7**, 259 (1970)
 - 5) Yoshioka, N. and Y. Hotta : *Kagaku Kogaku*, **19**, 632(1955)
- (1984年5月31日受理：化学工学協会九州大会(福岡, 1968年12月)にて発表)