

論文

焼結原料用造粒機の最適操作条件と設計

鈴木 悟*・佐藤 勝彦*²・藤本 政美*

Basic Designs and Determinations of Optimum Operating Conditions of Pelletizers for Sinter Raw Mixture

Satoru SUZUKI, Katuhiko SATO and Masami FUJIMOTO

Synopsis :

In order to clarify the basic designs and determinations of optimum operating conditions of pelletizers for sinter raw materials, a study has been made on particle flow in pelletizers and granulation.

Following results are obtained :

- (1) The granulating characteristic is determined by the rolling length of particles in the pelletizer.
- (2) Basic designs of the pelletizers are found from the rolling length.
- (3) An optimum operating condition of a drum mixer is on a boundary line between normal cascade zone and cataract zone. There is Froude number that gives an optimum operating condition of a disc pelletizer.

Key words : agglomeration; drum mixer; disc pelletizer; granulation; sinter raw mixture; iron ore.

1. 緒 言

焼結プロセスでは焼結ベッドの通気性向上が一つの重要な技術課題である。この通気性向上のために、通常は装入原料が造粒される。その造粒機としてはドラムミキサーが多く使用されており、バインダー、水分の添加量、鉱石銘柄の影響など今までに多くの研究が報告されている^{1)~5)}。

しかし、ドラムミキサー以外の機種や、ドラムミキサーであつてもその設計方法や、最適操作条件の選定についての研究は少ない。例えば、同一のドラムミキサーを使用しても、生産速度が変化すると造粒機内の占積率が変化して原料粒子が転動しなくなつたり、造粒機内での原料の滞留時間が短くなつて十分な造粒ができなくなるなどの事態が生ずる。また、造粒機の設計に関しても経験的に行われており、合理的な設計基準は確立されていない。

本報は現在焼結原料用造粒機として最も多く使用されているドラムミキサーとドラムミキサー同様に重力による粒子転動形態をとるが粒子運動が異なるディスクペレタイザーをとりあげ、これらの設計と最適操作条件選定について検討した。

2. 実 験 方 法

粒造機の操作条件が造粒の程度におよぼす影響および造粒機内の原料の運動について実験した。

使用原料は代表的な7種の鉱石を新日本製鉄(株)の平均配合率に近づけて配合し、塩基度 1.60, SiO₂ 量 5.5% に調整したものを基本とした、このときの鉱石の種類と粒度分布をそれぞれ Table 1, Table 2 に示す。Ore A, B, C はオーストラリア, Ore D はインド, Ore E は南アフリカ, Ore F, G は南アメリカで産出された鉱石である。また、ふるい下 50% 粒径は約 1.5 mm である。

実験に使用した造粒機の諸元を Table 3 に示す。造

Table 1. Raw material composition (%).

Ore A	Ore B	Ore C	Ore D	Ore E	Ore F	Ore G	Lime stone	Serpentine	Return	Total	Coke
5.46	16.39	16.39	2.72	3.42	16.55	7.35	10.73	0.76	20.11	100	3.50

昭和 61 年 10 月本会講演大会にて発表 昭和 62 年 3 月 9 日受付 (Received Mar. 9, 1987)

* 新日本製鉄(株)製鉄研究センター (Ironmaking Technology Lab., Nippon Steel Corp., 1-1-1 Edamitsu Yahatahigashi-ku Kitakyushu 805)

*² 新日本製鉄(株)製鉄研究センター 工博 (Ironmaking Technology Lab., Nippon Steel Corp.)

Table 2. Cumulative size distribution of raw materials.

Diameter (mm)	0.062	0.105	0.125	0.250	0.500	1.00	2.00	3.00	5.00	10.0
Under sieve (%)	13.0	17.0	18.9	25.0	33.3	42.3	56.3	69.7	88.5	100

Table 3. Experimental conditions of drum mixer and disc pelletizer.

	Diameter (m)	Length (m)	Slope (°)	Revolution (rpm)	Occupation (%)	Time (min)
Drum	1.0	0.9	90	10~30	5~20	~20
Disc	1.5	0.3	47	10~26	10~30	~20

粒機の実験条件には、回転速度、占積率、造粒時間がある。これらを要因として Table 3 に示す範囲の実験条件を選んだ。原料はあらかじめ乾燥した後、直径 1.0 m のドラムミキサーにより回転数 25 rpm の条件で混合と調湿を行った。混合と調湿時間は合わせて 1 min とした。調湿水分は 5.5% である。

擬似粒子の分析は次の方法によった。1 kg の分析用試料をサンプリングし、 $3.0 \pm 0.5\%$ に乾燥して擬似粒子の粒度分布をふるい分けにより求めた。擬似粒子の程度を表す指数として擬似粒化率 $GI_{0.5}$, $GI_{0.25}$ を次のように定義した。

$$GI_x = (1 - A_x/D_x)100$$

ここで、 A_x , D_x はおのおの擬似粒子と真粒子粒度分布における $-x$ mm 割合であり、 x は 0.5, 0.25 である。

Table 3 に示す実験装置はバッチ型のためにドラムミキサー内での軸方向原料移動速度は測定できない。そこでこれを知るために新日鉄(株)の若松、広畑、大分の各製鉄所で大きさの異なる三つのドラムミキサーの生産速度と占積率または滞留時間の測定結果を利用した⁹⁾。若松ではドラムミキサーを停止させて粒子充填深さを、大分ではドラム内の全原料重量と嵩密度を測定することで占積率を、また広畑では原料 300 g を布袋に入れドラム入り口から投入し、その滞留時間をそれぞれ測定したものである。

ミキサー内の粒子の運動は操作解析の基本である。ドラムミキサーの場合はすでに詳細な報告¹²⁾があるがディスクペレタイザーの場合はまだ報告が少ないので粒子運動についても調査した。

3. 造粒機内の粒子運動と粒化

3.1 ドラムミキサー内での粒子転動距離

ドラムミキサー内の粒子運動状態を模式的に Fig. 1 に示す。良く知られているようにドラム内の粒子運動形態はドラム内壁と粒子の摩擦によつて上昇運動する輸送域と重力によつて粒子が転動流下する転動域に分けられ

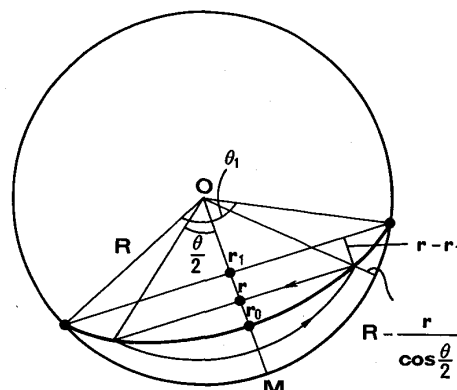


Fig. 1. Particle flow model in a drum mixer.

る。粒子はこの転動域で造粒され再び輸送域に入る。したがって造粒の程度を検討する上で粒子が転動域内を動いた長さ、すなわち転動距離を求めることが必要である。

本報ではドラム内粒子の転動距離を次のように求めた。図中 OM 上の粒子に着目すると中心 O 点から距離 $r_1 \sim r_0$, $r_0 \sim R$ にある粒子はそれぞれ転動、輸送状態にある。OM 上で O からの距離 r の転動域にある粒子のドラム 1 回転当たりの転動距離を l_1 (m) とすると (1) 式となる。

$$l_1 = c(r)n \quad \text{..... (1)}$$

ここで、 $c(r)$ は 1 カスケード (転動域上端から下端までの粒子移動) での転動距離 (m), n はドラム 1 回転でのカスケード数 (—) を示す。

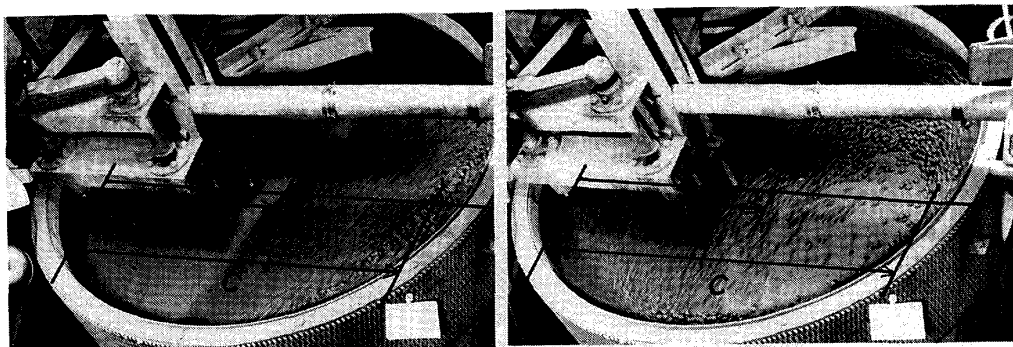
転動時の粒子移動速度を u (m/min) とすれば、1 カスケード中での転動時間は $c(r)/u$ である。また、1 カスケード中の輸送時間は中心角を θ (rad), ドラム回転速度を N (rpm) とすれば、 $\theta/2\pi N$ であるから、 n は (2) 式で表される。

$$n = \frac{1}{\frac{1}{u/(Nc(r))} + \frac{1}{\pi/\tan^{-1} \frac{c(r)}{2r}}} \quad \text{..... (2)}$$

次にドラム 1 回転当たりの平均粒子転動距離 L_1 (m) を求める。転動域の $r = r + \Delta r$ の間を転動する粒子数は (3) 式で表される。

$$\frac{c(r)\Delta r(1-\epsilon_1)}{\frac{1}{4}\pi d_p^2} + \frac{\left(r/\cos \frac{\theta}{2}\right)\theta\Delta r(1-\epsilon_1)}{\frac{1}{4}\pi d_p^2} \quad \text{..... (3)}$$

ここで (3) 式第 1 項、第 2 項はそれぞれ転動域、輸送域



(a) Low revolution (10 rpm)

(b) High revolution (22 rpm)

Photo. 1. Flow of particles in a disc pelletizer.

にある粒子数を示す。また ε_1 , d_p は空間率, 平均粒子径であり転動域と輸送域で等しいとする。 $\Delta r'$ は転動域 Δr の間を通過する粒子の輸送域に置ける通過幅である。転動域と輸送域の空間率が同じと考えれば, $\Delta r'/\Delta r = (R - r_0)/(r_0 - r_1)$ となり L_1 は (4) 式で表される。

$$\left\{ \begin{aligned} L_1 &= \frac{\int_{r_1}^{r_0} h_1 f_1 dr}{\int_{r_1}^{r_0} f_1 dr} \\ f_1 &= c(r) + \frac{r\theta}{\cos \frac{\theta}{2}} \cdot \frac{R - r_0}{r_0 - r_1} \end{aligned} \right. \quad \dots\dots\dots (4)$$

(1), (2), (4) 式において r_0 は単位時間当たりの転動量と輸送量の物質バランスから, $c(r)$ は簡単な幾何学的関係から, r_1 は粒子占積率から決定される。輸送域では粒子角速度はドラム角速度に一致し, 転動域と輸送域の空隙率は等しいので OM 面での転動, 輸送量バランスは (5) 式となる。

$$\int_{r_1}^{r_0} u dr = \int_{r_0}^R 2\pi r N dr \quad \dots\dots\dots (5)$$

また距離 r の転動粒子が輸送状態に変化する断面において輸送域と転動域の面積比は常に一定であるとすれば, (6) 式が成り立つ。

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{r - r_1}{R - r/\cos \frac{\theta}{2}} &= \frac{r_0 - r_1}{R - r_0} \\ c(r) &= 2r \tan \frac{\theta}{2} \end{aligned} \right. \quad \dots\dots\dots (6)$$

r_1 は粒子占積率 $\varphi(-)$ と (7) 式の関係がある。

$$\left\{ \begin{aligned} r_1 &= R \cos \frac{\theta_1}{2} \\ \varphi &= \frac{\theta_1 - \sin \theta_1}{2\pi} \end{aligned} \right. \quad \dots\dots\dots (7)$$

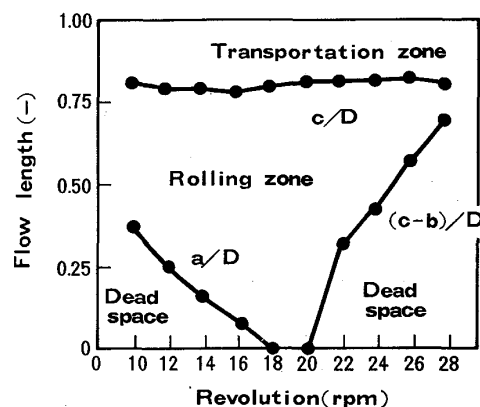


Fig. 2. Effect of disc revolution on particle flow pattern.

3.2 ディスクペレタイザー内での粒子転動距離

ディスクペレタイザー内の広い操作条件のもとでの粒子運動に関する報告は少ない。そこでディスク内の原料運動状態を回転数, 占積率を変化させて調査した。Photo. 1 はディスク回転数を変化させた場合の典型的な粒子運動状態を示す。ディスク内は粒子の輸送, 転動および空間域に分けられる。そこで Photo. 1 に示すように周辺部空間, 周辺部の転動域, 全体からの輸送域を除いた大きさをそれぞれ, a , b , c と表せば, $1 - c/D$ は輸送域を, $(c - a)/D$, b/D は転動域を示している。これらを流動特性長さと定義する。

流動特性長さをを用いて, ディスク回転数と粒子流動との関係を Fig. 2 に示す。これから次のことがわかる。粒子の流動はディスク回転数によつて連続的に変化する。低回転数では周辺部に空間 (a/D) ができ粒子はディスク面の一部分を転動 (部分転動) する。18~20 rpm ではディスク面全域で粒子が転動 (全域転動) する。さらに回転数を増加させると中央部に空間ができ, 粒子はドーナツ状に転動 (周辺転動) するようになる。このよ

うに回転数による流動パターンの変化では輸送領域は変化しないで、転動領域と空間との関係だけが変わることがわかる。したがって、空間がなくなる 18~20 rpm の回転数で設備を有効に使用することができる。

占積率と粒子流動の関係を Fig. 3 に示す。占積率は装入原料の重量と嵩密度から算出した。占積率が増加すると空間は小さくなり、転動領域は大きくなる。占積率 20% 以上ではその影響は少なくなる。

次にこれらの粒子運動形態に基づいてディスク内粒子の転動距離を推定する。ディスク内粒子の運動を模式的に Fig. 4 に示す。ディスク内の部分転動状態にある粒子はディスク上半円域では図中 E~A~C に示すように円運動し、それに続いてディスク下半円域では C~B に垂直落下し、さらに B から円運動によつて E に達すると考えた。粒子転動はこのうち A~C~B とした。またディスクの回転数によつて輸送域厚さが変化しないので粒子の転動回数とディスクの回転数は一致すると考え

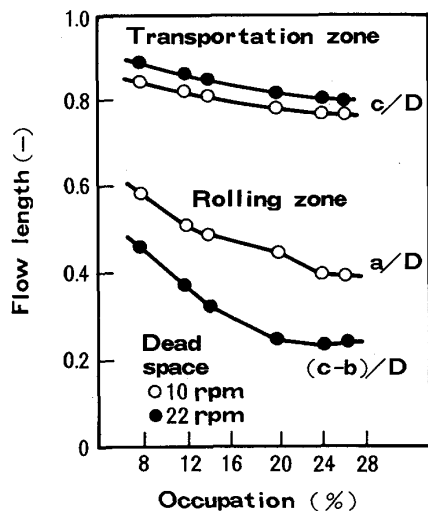


Fig. 3. Effect of occupation on particle flow pattern.

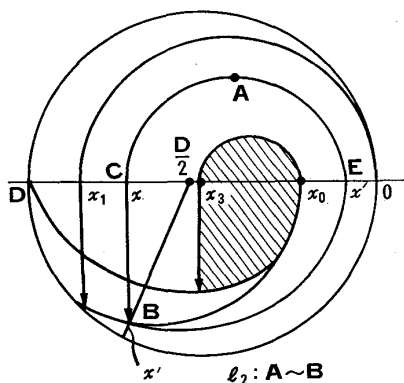


Fig. 4. Particle flow model in a disc pelletizer.

て良い。部分転動状態では x を通る粒子の転動距離を l_2 とすると (8) 式となる。

$$l_2 = \frac{\pi}{4} (x - x') + \sqrt{\left(\frac{D}{2} - x'\right)^2 - \left(x - \frac{D}{2}\right)^2} \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここで $x - x'$ は x を通る粒子の転動の上半円径で x' は最外周粒子の位置 x_1 , 転動と輸送の境界点までの長さ x_0 を用いて (9) 式で表される。

$$x' = x_0 \left(1 - \frac{x - x_0}{x_1 - x_0}\right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

ディスク 1 回転当たりの平均粒子転動距離 L_2 を求める。転動域にある $x = x + \Delta x$ の間を転動する粒子数は (10) 式で表される。

$$l_2 \Delta x (1 - \varepsilon_2) / \frac{1}{4} \pi d^2 \rho + \left\{ \frac{\pi}{4} (x - x') + \left(\frac{D}{2} - x' \right) \left\{ \frac{\pi}{4} + \sin^{-1} \left(\frac{x - D/2}{D/2 - x'} \right) \right\} \right\} \times \Delta x' (1 - \varepsilon_2') / \frac{1}{4} \pi d^2 \rho \quad \dots\dots\dots (10)$$

(10) 式の第 1 項、第 2 項はそれぞれ転動域、輸送域にある粒子数を示す。また ε_2 は転動域の、 ε_2' は輸送域の空間率であり、 $\Delta x'$ は転動域 Δx の間を通過する輸送域における通過幅である。転動域と輸送域の粒子速度を同じとすると $\Delta x (1 - \varepsilon_2) = \Delta x' (1 - \varepsilon_2')$ であるから L_2 は (11) 式で表される。

$$\left\{ \begin{aligned} L_2 &= \frac{\int_{x_0}^{x_1} l_2 f_2 dx}{\int_{x_0}^{x_1} f_2 dx} \\ f_2 &= l_2 + \frac{\pi}{4} (x - x') + \left(\frac{D}{2} - x' \right) \times \left\{ \frac{\pi}{4} + \sin^{-1} \left(\frac{x - D/2}{D/2 - x'} \right) \right\} \end{aligned} \right. \quad \dots\dots\dots (11)$$

周辺転動状態の中央部空間を Fig. 4 の斜線で示した。周辺転動状態の x' , L_2 は転動域を x_3 から D として部分転動状態と同様な方法で求めることができる。

3.3 粒子転動距離と粒化能比較

擬似粒化率は造粒機の実操作条件としての造粒時間、占積率および回転数と原料条件としての鉱石種類、粒度、水分などの影響を受ける。本報での造粒実験は操作条件の影響を見たものであるが擬似粒化率は造粒時間、占積率、回転数によつておのおの大きな影響を受け $GI_{0.25}$, $GI_{0.5}$ とともに 20% の範囲で変化した。実験の各操作条件を 3.1, 3.2 節で示した方法で粒子転動距離に置き換えて擬似粒化率との関係を見ると Fig. 5 になる。これよりおのおのの造粒機は回転数、占積率、造粒時間など

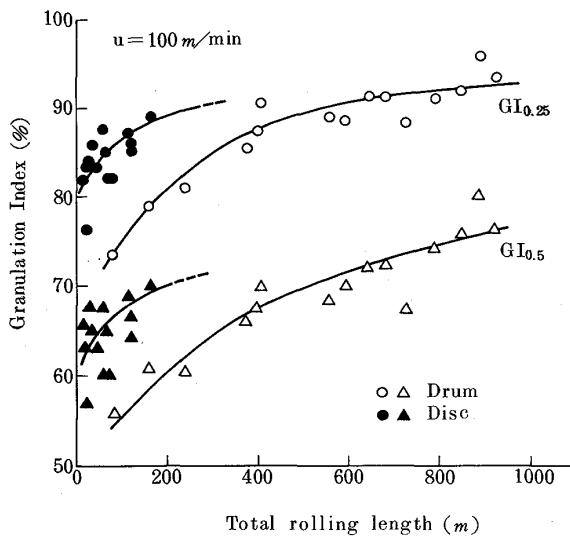


Fig. 5. Comparison of granulation between drum mixer and disc pelletizer.

の操作条件を粒子の転動距離で表すと擬似粒化率を一義的に定めることができること、また初めは転動距離と共に擬似粒化率は高くなるが、ある転動距離で擬似粒化は飽和することがわかる。ディスクペレタイザーはドラムミキサーと比較すると転動距離が短くても粒化能が高い。また u を変化させてもこれらの関係は変化がなかった。

4. 造粒機の最適操作条件と設計

4.1 ドラムミキサーでの原料移動速度

造粒の程度は粒子の転動距離で表すことができたので粒子の造粒機内移動速度とディメンジョンの関係がわかれば造粒機の設計が可能である。ドラム内の粒子の移動もまた粒子の転動によつて生ずると考えられている⁶⁾¹⁰⁾¹¹⁾。ドラム内粒子の1カスケード当たりの軸方向移動速度にロータリーキルン内でのペレット移動速度に関する SEAMAN⁶⁾の結果を適用すると、半径 r に位置する粒子に着目すればその移動速度は(12), (13)式で表される。

$$u_z = x_c N n \quad \text{..... (12)}$$

$$x_c = c(r) \phi / \sin \beta \quad \text{..... (13)}$$

ここで u_z (m/min) は粒子のドラム軸方向移動速度、 x_c (m) は1回のカスケード当たりのドラム軸方向移動距離、 ϕ (rad) はドラムの傾斜角、 β (rad) は原料の安息角である。転動によつて粒子はドラム軸方向に移動するので粒子の移動速度 Q (t/h) は u_z をドラム断面について積分すれば得られる。

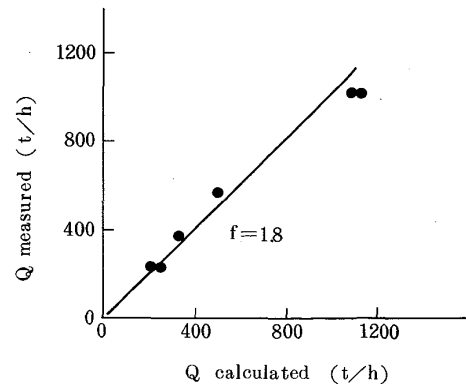


Fig. 6. Comparison of calculated production rate with measured production rate.

$$Q = 60 \rho_A \int_{r_1}^{r_0} u_z \left\{ c(r) + \frac{r \theta}{\cos \frac{\theta}{2}} \cdot \frac{R - r_0}{r_0 - r_1} \right\} dr \quad \text{..... (14)}$$

ここで ρ_A (t/m³) は嵩密度である。また粒子のドラム内滞留時間 τ は平均粒子移動速度 u_z^* とドラム長さ L より(15)式によつて求めることができる。

$$u_z^* = \frac{Q}{60 \rho_A \pi R^2 \varphi}, \quad \tau = \frac{L}{u_z^*} \quad \text{..... (15)}$$

次に実機ドラムミキサーでの測定値⁹⁾との比較を行う。 φ と Q を一致させて u_z^* を比較するといずれも計算値のほうが小さくなった。これは φ または τ が実測値と計算値が異なることに起因している。 τ についてはラジオ・アイソトープトレーサーを用いた実機の測定値⁷⁾がある。測定値が3 minに対して計算値は5.7 minであったので、本モデルにおける u_z^* が実機に比較して小さいと考えられる。これは粒子が輸送域から転動域に移動するときに遠心力によつてドラム軸方向に移動するためと推定される。そこで u_z^* を補正係数 f を用いて $f \cdot u_z^*$ とし実測値 φ から f を求めると1.80となった。この補正係数 f を用いて Q を計算するとFig. 6となり、 Q の広い範囲で実測値と良く一致する。以下 u_z^* はこのように補正して用いることとする。

4.2 ドラムミキサーの生産速度とディメンジョン

ドラムミキサー内の粒子転動域は占積率とFroude数 ($D(N/60)^2/9.8$)によつて変化する。ここではノーマル・カスケード域¹⁾となる占積率とFroude数の範囲をとつた[†]。またドラム径は最大6 m、傾斜は3/100を基本とした。以上の検討からドラムミキサーでは生産速度と転動距離を与えれば占積率、回転数をパラメーターと

† ドラム内粒子運動は原料全体がドラム壁との間でスリップし転動域を形成しないスリップ域、スムーズな転動域が形成されるノーマル・カスケード域、輸送域と転動域の間に空間が形成され転動域での原料運動が放物流下状態となるキャラクタ域に分けられる。

してドラム径, ドラム長さが得られる. Table 4 にディメンジョン検討の基本条件を示す.

ドラム長さを $L(m)$ とすると $L = \tau u_z^*$ である. また転動距離を $RL(m)$ とすると $\tau = RL/(L_1 N)$ である. u_z^* , L_1 について (4), (12)~(15)式を用いると結局 L は(16)式で表される.

$$L = \frac{fRL\phi}{\sin \beta} \dots\dots\dots (16)$$

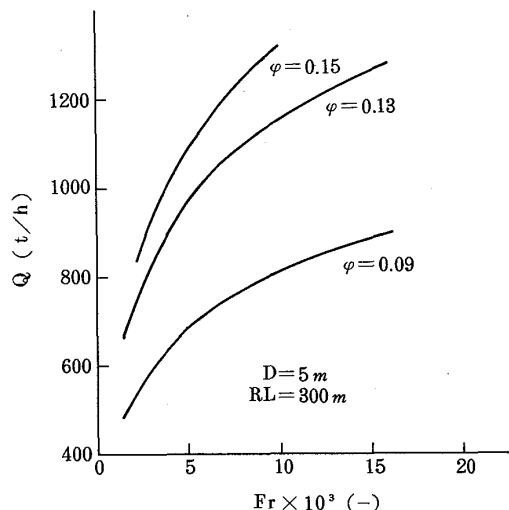


Fig. 7. Relation between production rate and Froude number (Fr).

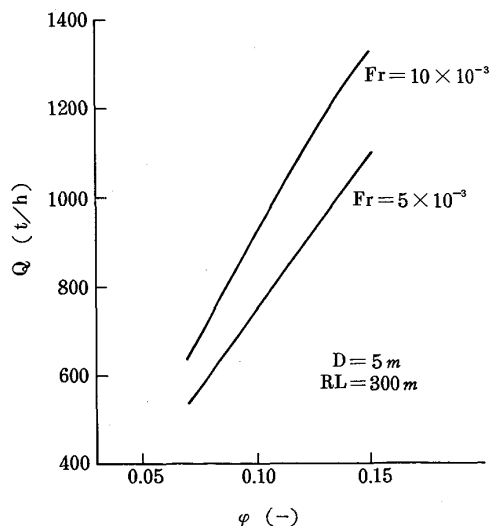


Fig. 8. Relation between production rate and occupation at drum mixer.

ここで f は u_z^* の補正係数である. 従つてドラム長さは Table 4 の条件では一定値 (23 m) となる.

生産速度におよぼす Froude 数と占積率の影響を Fig. 7, 8 に示す. Fig. 7 は占積率一定条件で Froude 数をノーマル・カスケード域内で変化させた計算結果である. Froude 数を大きくすると生産速度は大きくなりノーマル・カスケード域とキャタラクト域, スリップ域の境界線上が最大となる. また Fig. 8 は Froude 数一定の条件で占積率をノーマル・カスケード域内で変化させた結果である. 占積率を大きくすると生産速度が増加するのでドラム効率を最大とする領域はノーマル・カスケード域とキャタラクト域の境界線上となる.

そこでノーマル・カスケード域と他の領域の境界線にそつて生産速度, ドラム径, 回転数を算出し, その結果を Fig. 9 に示した. 生産速度はこの境界線に対応した曲線となり, 占積率 14.5% で最大の生産速度となる. これは Froude 数の増加効果と占積率増加効果の結果 Froude 数最大値からやや占積率増加側にずれたものである. 生産速度は傾斜によつても変化するので, 一定

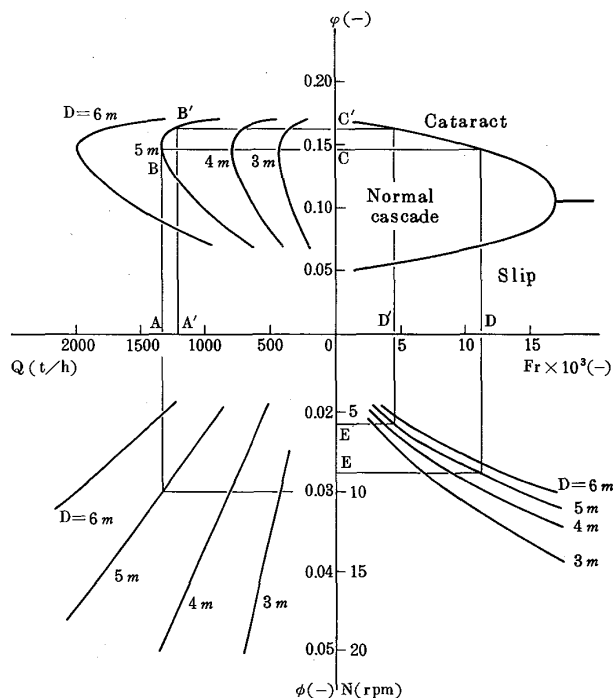


Fig. 9. Dimension and operation diagram at drum mixer.

Table 4. Conditions for comparing with drum mixer and disc pelletizer.

	RL (m)	ρ_A (t/m^3)	ϕ, ϕ_d (-)	β ($^\circ$)	u (m/min)	D (m)	D/H (-)	ϕ (-)	Fr (-)
Drum	300	1.86	3/100	45	100	$6 \geq$	—	0.05~0.17	$17.4 \times 10^{-3} \geq$
Disc	100	1.86	47~53°	—	—	$8 \geq$	4~6	—	—

RL : Total rolling length Fr : Froude number ϕ_d : Disc slope

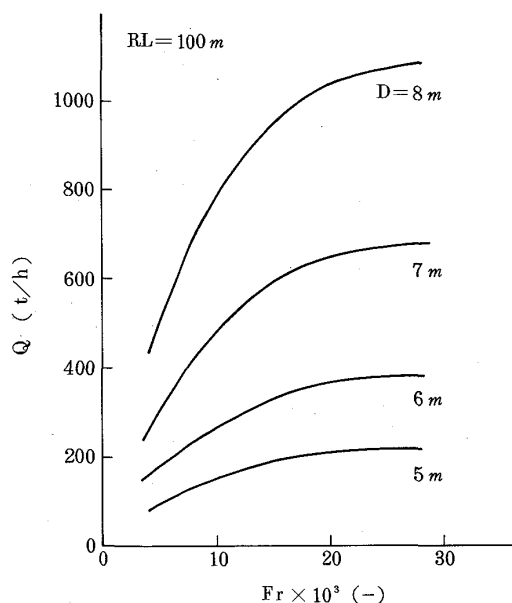


Fig. 10. Relation between production rate, disc diameter and Froude number (Fr) at disc pelletizer.

ラム径での最大生産速度の傾斜による変化も Fig. 9 に示した。傾斜を大きくすると生産速度を増加させることができるがこのときドラム長さは(16)式によつて長くする必要がある。

ある生産速度 A を与えると A に対応するドラム径 B が決まる。このときの占積率、回転数はそれぞれ C, E である。生産変動により A' の生産速度になった場合は占積率増加側に B' まで移動させれば占積率は C' 、回転数は E' となる。

4.3 ディスクペレタイザーの生産速度とディメンジョン

原料の滞留時間は微粉原料のペレタイジングについての検討結果⁸⁾を用いた。これはディスク内の原料重量を実験的に求めてこれを給鉱速度で除することによつて滞留時間を算出したものである。またディスク径 D とリム高さ H を $D/H=4\sim6$ 、傾斜角を $47\sim53^\circ$ とした。最大ディスク径は 8 m とした。3.2 節から生産速度と転動距離を与えれば、 D/H 、傾斜角の可変範囲のもとで回転数、占積率をパラメーターとしてディスクペレタイザーのディメンジョンを計算することができる。Table 4 にディメンジョン検討の基本条件を示す。ディスクペレタイザーとドラムミキサーの転動距離は Fig. 5 から $GL_{0.25}$ が 85% となる距離とした。したがつて両者の転動距離は異なる。

ディスク内粒子の転動は回転数、すなわち Froude 数による変化が大きく、占積率による変化は少ないので Froude 数と生産速度との関係を見ると Fig. 10 になる。

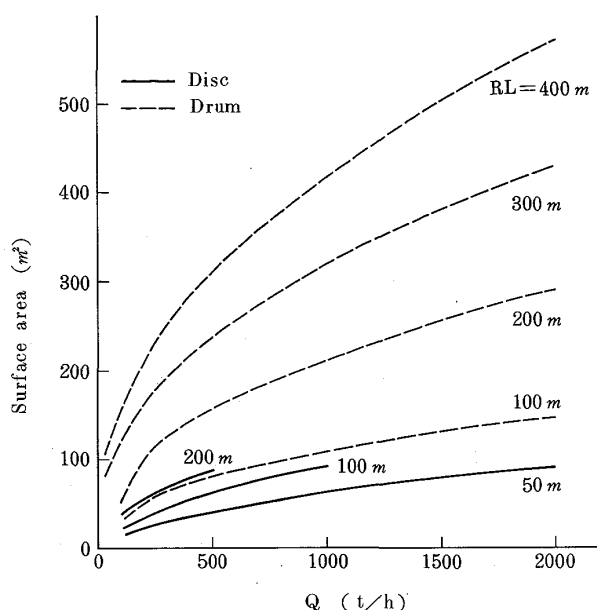


Fig. 11. Surface area of drum/disc at different rolling length (RL).

Froude 数が小さい場合、すなわち粒子がディスク面の部分転動から、Froude 数が 17×10^{-3} 、すなわち粒子がディスク面全域で転動するまでは生産速度が増加する。さらに Froude 数を増加しても生産速度はあまり増加しない。一定ドラム径で生産速度を低下させるには回転数の減少で対応できる。

4.4 ドラムとディスクの性能比較

ドラムとディスクの設備の大きさの目安として表面積をとり、おのおの πDL 、 $\pi DH + \pi D^2/4$ により算出した。転動距離パラメーターとした設備の表面積と生産速度の関係を Fig. 11 に示す。同一の擬似粒化率を得る転動距離、例えばディスクで 100 m、ドラムで 300 m の場合で比較する。ディスクの場合はディスク径を最大 8 m としたので 2000 t/h の生産速度を確保しようとするとき 2 機必要となる。このような場合を想定してもディスクの方がドラムよりも設備表面積が小さい。目標とする転動距離を変えても Fig. 5 から同一の擬似粒化率を得る条件では設備表面積と生産速度との関係においてドラムがディスクより有利になる条件は存在しない。

5. 結 言

焼結原料用造粒機として使用されているドラムミキサーとディスクペレタイザーの設計と最適操作条件選定について検討した。その結果をまとめると以下のとおりである。

(1) 重力転動を行うドラムミキサーとディスクペレタイザー内の粒子転動距離を粒子運動に基づいた解析から

求めた。

(2) おのおのの造粒機の造粒能は粒子転動距離で一義的に決まる。

(3) 粒子転動距離と操作条件、設備ディメンジョンの関係を理論解析し、最適操作条件、設備設計法を導き出した。

(4) ドラムではノーマル・カスケード域とキャタラクト域の境界が設備高効率操作線である。ディスクは最適操作条件を与える Froude 数が存在する。また、同一の擬似粒化率を得る設備の大きさはディスクのほうがドラムよりも小さい。

文 献

- 1) 佐藤勝彦: 浮選, **28** (1981), p. 99
- 2) 佐藤 駿, 吉永真弓, 一伊達稔, 川口尊三: 鉄と鋼, **68** (1982), p. 2174

- 3) 山岡洋次郎, 堀田裕久, 長野誠規, 梶川脩二, 塩原勝明, 古川和博: 鉄と鋼, **69** (1983), S117
- 4) 荒谷復夫, 児玉琢磨, 中西恭二: 鉄と鋼, **69** (1983), S717
- 5) 樽本四郎, 下茂文秋, 石井晴美, 福田富也: 鉄と鋼, **70** (1984), S759
- 6) W. C. SAEMAN: Chem. Eng. Prog., **47** (1951), p. 508
- 7) 森 久, 松尾 翠, 花木 功, 竹村哲郎, 水谷 弘: 鉄と鋼, **49** (1963), p. 43
- 8) H. YAMANAKA, K. SATO, T. NAKATA, M. MORITA, S. ASO and Y. NAKAMURA: 4th International Symposium on Agglomeration (1985), p. 195
- 9) 吉田 均, 後川隆文, 原藤正一: 新日本製鉄株式会社 (私信)
- 10) J. D. SULLIVAN, C. G. MAJER and O. C. RALSTON: U. S. Bur. Mines. Techn. Papers (1927), p. 384
- 11) 杉本益規: 化学工学, **32** (1968), p. 291
- 12) 例えば, 造粒便覧 (日本粉体工業協会編) (1975), p. 105 [オーム社]