オリフィスからの粉粒体の流出*

—低い空気圧の作用する場合の粒体流出速度—

桑 井 源 誠**

要旨： 粒体を充填した円筒容器の上部に空気圧力を作用させて器底の円形オリフィスから粒体を流出させ、この場合の粒体重量流出速度と種々の因子との関係を探る、次の結論が得られた。

容器内外の空気圧力差が小さい範囲においては、粒体の流出速度 w は、液体オリフィスの式に似た次式によって表わされる：

$$w = CA_0 \sqrt{2gr(\rho + \rho_0)(D_0/L)} \quad [g/s]$$

$$\text{或は} \quad w^2 - w_0^2 = (CA_0)^2 2gr \rho D_0 / L$$

$$C = (D_0/D_p)^{1.25} \exp[-5.0(D_0/D_p)]$$

ここに

C = 流出係数 [-]

A_0 = オリフィス断面積 [cm^2]

g = 重力加速度 [cm/s^2]

r = 粒体の高比重量 [g/cc]

ρ = 空気圧力差 [g/cm^2] or [$cmAq$]

ρ_0 = 重力による流出速度 w_0 に対応する飽和圧、即ち

$$w_0 = CA_0 \sqrt{2gr \rho_0 D_0 / L}$$

D_0 = オリフィス口径 [cm]

L = 容器内の粒体充填層高 [cm]

D_p = 平均粒大 [cm]

D_T = 円筒容器内径 [cm]

§1. ま え が き

粒体を入れた容器の底部の孔から、重力によって粒体が出流する現象については、今までにもかなり多くの研究が行われている（例えば引用文献 1~8）。この場合にもし容器を密閉して、空気圧を器内に作用させると粒体の流出速度はいかに変化するであろうか？ また容器並びに孔の寸法、粒子の大きさ及び比重量が粒体流出速度にいかなる影響を与えるであろうか？ これらがこの報告に取上げようとする問題である。

この問題は粒体を取扱う化学工学的問題にいろいろの面で関連があるが、なかんづく著者が以前に研究を試みた^{9,10} 固気混合供給装置の供給機構に密接な関係がある。実用供給装置の立場から見ると、この問題にも種々の複雑な因子が入ってくるが、ここでは基本的な量的関係を探るために、実験条件をかなり単純化した。すなわち容器としては円筒を用い、その底部中心に円孔を設

け、粒体試料としては取扱い易かつ湿度の影響を受けることの少ない 10~120 μ の粒大の各種粒体を用いて実験を行い、再現性のある関係を得、かつ次元解析によつて実験結果を整理することができた。

§2. 実験装置

および方法

粒体容器としてはもつぱらガラス管を使用した。その内径 D_T は 5.98; 9.75; 2.95; 2.25; 1.80 [cm] の 5 種類である。

容器底オリフィス板は真鍮材から削り出した厚さ 0.3 [cm] の円板で、オリフィス口径 D_0 は 0.200; 0.315; 0.408; 0.612;

0.704 [cm] の 5 種類である。オリフィス孔の横断面の形は粒体流出速度にかなり顕著な影響を与えることが判つたので（§7 参照）、系統的な実験には Fig. 11 A のような矩形断面を有するものを用いた。

上記各 5 種のガラス円筒とオリフィス板とを組合せて Fig. 1 のような実験装置を構成した。後述のように（§4）、粒体流出速度の定常性を得るためには、容器内の粒体層高を一定に保つ必要から、容器上に直立管③とホッパー④を設けた。これは液体のレベルを一定に保つ溢流管に相当するもので、コロンブスの卵のような工夫ではあるが、この装置のためによいデータをとることができるようになった。

実験には Fig. 1 A 及び B の 2 種類の装置を用いた。A 装置においては、円筒容器内の空気圧力が変化しても、ホッパーから下降する粒体量が変らぬように、ホッパーを密閉して円筒容器内と空気圧力が平衡するようにした。ところがこの装置では、ホッパーに粒体を投入する度に密閉栓を開閉する不便があるので、後に B 装置が

* 昭和 28 年 6 月 7 日原稿受理

** 東京大学工学部化学工学系

Fig. 1 Experimental Apparatus
(1) Cylindrical vessel of glass (2) Orifice plate of brass (3) Stand pipe (4) Hopper (5) Manometer

考案された。B装置においては、長い直立管の頂上に、開放ホッパーが設置されている。円筒容器内に導入された空気の一部は直立管内の下降粒体充填層を通過して開放ホッパー或は直立管の上端から逸出し、この空気流によつて直立管内の粒体は上向に作用する力を受けるが、次の関係(1)が満たされると直立管内の粒体は上方に噴出することなく円滑に下降する。

$$p < L_s \cdot r \quad (1)$$

ただしここに p = 円筒容器内空気圧 (ゲージ圧), L_s = 直立管下端からホッパー下端までの長さ, r = 粒体の直立管内における充填比重量, 従つて容器内圧の高い場合にはそれに相応して直立管を長くすればよいわけである。このB装置は一々ホッパーに量をする必要がなく実験に便利であつたが、また実際の供給装置にもこの構造を採用すれば便利であろう。

実験方法としては、試料粒体をホッパーから投入し、円筒容器に粒体を満してから、一定の空気圧を容器に作用せしめ、最初に容器内に貯えられた粒体が全部排出されたときから測定を開始した。これは最初に容器内に投入された粒体の空隙率の異状をおそれたからである。粒体流出速度 w [gw/s] (gw はグラム重を示す、以下同じ) は一定時間に流出した粒体を秤量して求め、容器内圧力 H [mmHg or Hg] は水柱或は水銀マンメータで測定した。一定の粒体試料については H が一定ならば w も時間的に変動しないことはもちろん確認されている。容器内の粒体層高は、層頂が円錐形であるので、どこまでを層高と見るかが問題であるが、測定上とデータ整理上

の便利のために (§4 参照), オリフィス板上面から直立管下端までを有効層高 L と見做した。

なお直立管の内径 D_1 は後述の理由により (§5), オリフィス口径 D_0 の約 1.4 倍以上にとるのがよい。

§3. 実験試料

粒体試料としては、手近にあつた石灰石、ガラス、石灰および鉄石 (品種不明) を粉砕並びに篩分して使用した。篩分にはいわゆる標準篩の称号 80, 60, 60, 100 および 120 メッシュを用い、各篩間のカットを試料とした。各試料の平均粒大 D_p を求めるには、各篩目開きをコンベレータで多数測定して各篩の目開きの算術平均値を求め、各カットを挟む上下両篩の目開き平均値の算術平均値を以て各カットの平均粒大とした。使用篩のメッシュは飽くまで称号上の値に過ぎないことを断つておかねばならない。各試料の比重 γ は、内径 29 [mm] の 50 [cc] メスシリンダー内に足長漏斗を立て、漏斗に試料粒体を入れてから静かに漏斗を引上げてメスシリンダー内に最粗状態に粒体を充填し、充填層の上面を軽く平ならし、体積と重量を測つて求めた。

安息角の測定法には従来いろいろの方法があるが、簡便さと本実験と条件が似ている理由で、Fig. 2 のような測定装置によつた、即ち内径 5.98 [cm] のガラス短管の端面に真鍮板を固定し、その中央に径 0.6 [cm] の円孔を設ける。管の上端

Fig. 2 Measuring apparatus for angles of repose of the samples.

Table 1 Physical Properties of the Samples

Materials	Nominal Mesh	Aver. particle size, D_p [cm]	Apparent sp. weight γ [gw/cc]	Coef. of internal friction, μ
Lime stone	20-60	.0684	1.34	0.908
	60-80	.0292	1.31	—
	80-100	.0218	1.26	—
	100-120	.0137	1.21	0.989
Glass	20-60	.0534	1.10	0.898
	60-80	.0206	1.07	0.908
	100-120	.0137	1.05	1.051
Coal	20-60	.0634	0.78	0.858
	60-80	.0282	0.77	—
	80-100	.0218	0.75	0.784
	100-120	.0137	0.72	0.889
Ore	20-60	.0534	2.73	0.746
	60-80	.0206	2.79	—
	80-100	.0218	2.68	—
	100-120	.0137	2.59	0.746

より静かに試料を注ぎ、底孔を流出せしめ、容器に残存せる堆積層の高さ h [cm] を読み、

$$\mu = \tan \theta = h/l = 2h/(5.98 - 0.60) = h/2.69 \quad (2)$$

によつて摩擦角 θ 並びに内部摩擦係数 μ を算出した。

以上の方法によつて求めた各試料の平均粒大、高比重量および内部摩擦係数 μ を Table 1 に示す。

§4. 主なる実験結果

1) 空気圧力差と粒体流出速度の関係

まず円筒容器径 D_T 、オリフィス口径 D_o 並びに粒体層高さ L を一定に保ち、即ち装置の条件を一定に保ち、また試料も特定の粒体を用い、たゞ円筒内に作用する空気圧だけを变化させた場合に、流出速度 w [gw/s] がいかに変化するかを測定してみる。多数の測定値プロットから一例を拾うと Fig. 3 のようである。同図は器内ゲージ圧 H [mmHg] に対して流出速度 w [gw/s] 並びに w^2 をプロットしたものであるが、同図に見られるように、一般に $H=0$ すなわち容器内外に圧力差のないときには重力のみによつて粒体は流出し、流出速度は $w=w_0$ となり、圧力差の小さい範囲内では、

$$w \propto \sqrt{H+H_0} \quad \text{或は} \quad w \propto \sqrt{p+p_0} \quad (8)$$

$$\text{又は} \quad w^2 - w_0^2 \propto H \quad \text{或は} \quad w^2 - w_0^2 \propto p \quad (8')$$

なる関係が成立する。ただし H_0 は w^2 対 H の関係を示す直線が横軸 ($w=0$) と交る点の H の値であり、 p_0 および p_0 は H および H_0 を圧力単位 [gw/cm²] で表した値である。圧力差 H が更に大きくなると、(8) の関係はもはや成立しなくなり、 w の増加は H の増加に比例するに廻る。

この一般的関係から、一定装置で一定粒体を流出せしめる場合には、空気圧力の調節によつて流出速度を調節し、また空気圧力をマンメータで読むことによつて、粒体の瞬間流出量を知る可能性が暗示される。

粒体供給装置の場合には、余り大きい圧力差の範囲は必要ないので、本報においては (8) 式の成立する範囲について研究を進めることにする。

2) 粒大と粒体流出速度との関係

(8) 式の成立範囲について著しい影響を与える因子として、オリフィス口径に対する粒大が挙げられることが実験データから明らかにされた。他の条件を一定にして粒大のみを变化させた場合の w 対 p 曲線の一例は Fig. 4 に見られる如くで、粒大の小さい方が流出速度が大きく、かつ (8) 式の成立範囲が広がっている。Fig. 4 は石灰石についてのデータであるが、他種物質についても同様な傾向が見られる。本実験範囲では、 $D_T/D_o=0.16$ のとき、粒体層単位高さ当り圧力差 p/L が 1 [gw/cm²/cm] までは (8) 式の成立することが認められている。

Fig. 3 A example of the relation between flow rate of particles and air pressure (50-100 mesh glass particles, $D_o=0.42$ cm, $D_T=1.68$ cm, $L=12.0$ cm.)

Fig. 4 Effect of particle size on the flow rate of particles (Lime stone particles, $L=10.0$ cm, $D_T=0.75$ cm, $D_o=0.488$ cm)

3) 粒体層高と流出速度との関係

次に上記範囲内における円筒容器内の粒体層高さ L の流出速度に及ぼす影響を調べてみよう。即ち上記条件と同様に D_T 及び D_o を一定に保ち、一定試料を用い、たゞ円筒容器に対し直立管のみを上下し L を変化させ、 L の各値に対して流出速度 w と空気圧力差 p の関係を求めてみる。測定値の一例を L をパラメータとしてプロットすると、Fig. 5A のように液体の場合とは逆に層高 L が小さい程流出速度 w が大きくなっていることが解る。同図の各直線の勾配から $(p+p_0)/w^2$ を算出し、これと層高 L との関係プロットしてみると、Fig. 5B のように原点を通る直線が得られる。換言すれば

$$(p+p_0)/w^2 \propto L$$

$$w \propto \sqrt{(p+p_0)/L} \quad \text{或は} \quad w^2 - w_0^2 = \sqrt{p/L} \quad (4)$$

Fig. 6 Effect of bed height in cylinder on the flow rate of particles (Lime stone particles, 100-120 mesh, $D_p=1.58$ cm, $D_0=0.42$ cm)

Fig. 8 Effect of orifice diameter on the flow rate of particles (Lime stone particles: 100-120 mesh, $D_p=5.38$ cm, $L=15.0$ cm)

Fig. 9 Effect of cylinder diameter on the flow rate of particles (Lime stone particles, 100-120 mesh, $D_0=0.794$ cm, $L=15.0$ cm)

なる関係が成立することが判る。

4) オリフィス径及び容器径と粒子流出速度の関係
粒子流出速度はオリフィス径 D_0 、容器径 D_p の影響を受ける。100-120 メシの石灰石についての実験結果を Fig. 6 および Fig. 7 に示す。Fig. 6 は容器径 D_p を一定にし、オリフィス径 D_0 を種々に変えた場合のデータであるが、オリフィス断面積当たりの流出速度 w/A は口径 D_0 が大きい程大きいことが判る。Fig. 7 はオリフィス径 D_0 を一定にして容器径 D_p を変えた実験系列である。 D_p と共に流出速度は増加する傾向があるが、一定値に漸近する傾向が見られる。

5.5. 次元解析および実験式

前節に述べた実験結果を基礎として、粒子流出速度に関する次元解析を試みてみよう。独立変数は次の 8 個と考える。すなわち

粒子流出速度: w [g/sec]
容器内外圧力差: p [g/cm²]
粒子真比重: γ [g/cc]
重力加速度: g [cm/sec²]
容器内粒子層高: L [cm]
円筒容器直径: D_p [cm]
オリフィス口径: D_0 [cm]
粒子平均粒径: D_p [cm]

基本単位は長さ、時間および力の 3 者であるから、上記 8 変数の構成する次元マトリックスの rank は 3 となり、従って無次元群の数は 5 となり、次元解析の結果次式が得られる。

$$f\left(\frac{w^2}{g^2 D_0^5}, \frac{p}{\gamma L}, \frac{D_p}{D_0}, \frac{D_p}{D_0}, \frac{L}{D_p}\right) = 0 \quad (5)$$

上記無次元群の中 L/D_p はその値が一定値より大きければ、流出速度に影響を与えないことが判っているから、その範囲内では (5) 式から除くことができる。また実験結果から (4) 式が成立することが判っているからこれと (5) 式とを併考すると次の (6) 式が得られる。

$$\frac{w^2}{g \cdot \gamma \cdot D_0^5} = f_1\left(\frac{D_p}{D_0}, \frac{L}{D_p}\right)$$

或は

$$w = f_2\left(\frac{D_p}{D_0}, \frac{L}{D_p}\right) \cdot D_0^2 \sqrt{g \cdot \gamma \cdot (p + p_0) (D_0/L)} \quad (6)$$

ここにおいて

($\pi/4$) $\cdot D_0^2 = A_0$ = オリフィス口断面積;

$$(2\sqrt{2}/\pi) \cdot f_2(D_p/D_0, L/D_p) = C \quad (7)$$

と置けば、(6) 式は次の (8) 式のように表しうる。

$$w = CA_0 \sqrt{2\gamma (p + p_0) (D_0/L)} \quad (8)$$

$$或は \quad w^2 - w_0^2 = (CA_0)^2 (2\gamma p D_0/L) \quad (8')$$

(8) 式はオリフィスから液体が流出する場合の式に類似した式で、 C はいわゆる流出係数に相当する無次元数であり、(7) 式より、 D_p 、 D_0 および L の函数であることが判る。そこで C と D_p/D_0 の関係を見出すために、 D_0/D_p の一定値について、石灰石、石灰並びに磁石の各種粒度について実験を行い、(8) 式により C の値を求

Fig. 8 Relation between C and D_0/D_p ($D_0/D_p = 0.100$)

Fig. 9 Relation between $C(D_0/D_p)^{0.25}$ and D_0/D_p

Fig. 10 Comparison of values of C from observations and calculations with the equation (10)

めて、 D_0/D_p との関係プロットすると Fig. 8 のようになり、

$$C \propto (D_0/D_p)^{0.25} \quad (8)$$

の関係が得られる。

次に C と (D_0/D_p) の関係を求めるために、 $C/(D_0/D_p)^{0.25}$ と D_0/D_p の関係を片対数紙上にプロットすると、Fig. 9 のように、 $D_0/D_p = 0$, $C = 1$ の点を通る右下りの直線が得られるから、結局次の関係が得られる。

$$C/(D_0/D_p)^{0.25} = e^{-5.0(D_0/D_p)}$$

或は

$$C = (D_0/D_p)^{0.25} \exp[-5.0(D_0/D_p)] \quad (10)$$

(8) および (10) 式により種々の条件に対する粒体流出速度を、大体 10% 以内の精度で推算することができる。 C の計算値と実測値の関係をプロットした Fig. 10 がこの精度を示している。

Table 2 Calculated and Observed Values of w_0 [gw/s]

Lime stone particles, $D_p = 1.67 \times 10^{-2}$ [cm],
 $D_T = 3.75$ [cm], $\gamma = 1.21$ [gw/cc], $\mu = 0.009$

D_0 [cm]	D_p/D_0	w_0 (obs.)	w_0 calculated by eq. (12)	w_0 calculated by eq. (13)
0.200	0.083	0.24	0.21	0.23
0.315	0.044	0.85	0.63	0.85
0.408	0.034	1.65	1.23	1.65
0.512	0.023	5.66	3.38	5.74
0.794	0.017	12.6	6.45	12.0

Fig. 9 をみると、 $D_0/D_p > 0.2$ の範囲では、測定値が直線から外れているが、これは直立管の内径 D_T がオリフィス口径に比べて充分の大きさがないため、容器に供給される粉体量が充分でなく、従つて粒体層上面の円錐面の傾斜が急になり有効高さが変わるための誤差であると考えられるが、 $D_T/D_0 > 1.4$ の範囲ではこの誤差から免れることができる。

§ 8. 重力による粒体流出速度

前記 (8) 式中の ρ_0 なる値は、容器に空気圧を作用させない場合、即ち重力のみによる粒体流出速度 w_0 を修正するための仮想圧力であつて、 $p = 0$ のとき $w = w_0$ なる関係がある。即ち

$$w_0 = CA_0 \sqrt{2gr \rho_0 (D_0/L)} \quad (11)$$

従つて w_0 が求まれば (11) 式から ρ_0 を計算できる。

w_0 についてはすでに研究があるが、白井氏¹⁷⁾は、 $D_p/D_0 < 0.1$ の範囲につき

$$w_0 = (0.15\pi) r \sqrt{g D_p^3 / 2\mu} \quad (12)$$

なる式を提出され、また W. E. Deming 氏¹⁸⁾ は

$$w_0 = 525 D_p^{0.47} / \mu \{ 84.0 + (67.4 + 444 \sin \frac{1}{2} \phi) (D_p/D_0 + 0.130 - 0.161 \mu) \} \quad (13)$$

なる式を出している。ここで μ は粒体の内部摩擦係数 (底角の Tangent)、また (13) 式の ϕ はホッパーの角度であるが平板オリフィスの場合は安息角の余角をとる。

いま 100~120 メッシュの石灰石粒子について (12)、(13) 式から計算した w_0 の値とわれわれの実測値とをくらべてみると、Table 2 に示したように (13) 式からの計算値は実測値とよく合うが、(12) 式からの計算値は D_p/D_0 が大きいところでは大体近い値になるが、 D_p/D_0 が小さくなると大分誤差が大きくなり実測値と合わない。従つてちよつと複雑なのが欠点であるが w_0 を計算によつて求める場合は (13) 式を用いた方がよいと考えられる。

Fig. 11 Effect of cross-sectional shape of orifice on the flow rate of particles (Lime Stone particles, (A) 100-120 mesh, $D_p=5.38$ cm, $D_o=0.408$ cm, $L=15$ cm; (B) 30-50 mesh, $D_p=5.38$ cm, $L=$

§7. オリフィス孔断面形状の影響

いままでの実験には、すでに §2 で述べたように、すべて Fig. 11 B のような矩形断面のものを用いた。オリフィスの前後の空気圧力差がない場合、すなわち重力のみによる自然流出の場合にはオリフィス孔の形は流出速度に余り大きな影響を考へないが、これに空気圧力が加わると、形の影響は顕著に現れてくる。その例を Fig. 11 に示した。Fig. 11 A によるとオリフィス口径が等しくても、口縁端を少し落すと流出速度は増大する。Fig. 11 B によると b' オリフィスより口径の小さい a' オリフィスの方が、断面が半円形なるために流出速度がはるかに大きい。

§8. む す び

空気圧が作用する容器の底孔から、粒体の流出する重量速度を、種々の物質並に粒大について実測し、装置寸

法及び空気圧との関係を求め、諸変数の間の関係を (8) 及び (10) 式で述べることができた。但し両式で表現し得るのは、空気圧力差が水柱で数十欄の低い範囲についてであつて、更に圧力差が大きくなつて流出速度も大きい範囲については説明に難らねばならない。

しかし本報に述べた範囲の結果は粒体供給装置の設計基準、供給装置の制御並びに供給速度の測定に役立つと考えられる。また従来看過していた容器内の粉体層高が粉体流出速度に及ぼす影響の確認は、供給装置の設計に基本的な指針を与えることと思われる。

固気比を問題とする供給装置においては、粒体と共に流出する空気流量が問題となるが、この問題については次報に述べる予定である。

終りに臨み本研究の費用の一部は文部省総合科学研究費に負つたことを謝すと共に、実験に熱心に協力された当研究室井出哲夫氏に厚く謝意を表したい。

引用文献

- 1) 白井隆：化学機械，10，66 (1952)
- 2) W. E. Denning and A. L. Mehring: *Ind. Eng. Chem.*, 21, 661 (1929)
- 3) 高橋啓一：化学機械，12，664 (昭和8)
- 4) 杉浦一：応用物理，19，17 (1950)
- 5) 九龍勝一：応用物理，26，74 (1951)
- 6) 最外昌成：化学機械，13，190 (1949)
- 7) 最外昌成：科学報告，29，197 (1950)
- 8) H. L. Langhaar: "Dimensional Analysis and Theory of Models"

Flow of Solid Particles through Orifice

— Flow rate of Particles under Low Air Pressure —

by Gentai Kuwai

For a fundamental study of solid-gas mixing feeders, the compressed air was introduced into a bed of particles packed in a cylindrical vessel, and the flow rate of the solid particles through the orifice at the end of the vessel was measured. In the range of low air pressure, the weight-flow rate of the particles was proportional to square root of the corrected air pressure and inversely proportional to square root of the height of the bed of the particles in the vessel. The effect of all the variables upon the flow rate is expressed in the following equations:

$$w = CA_0 \sqrt{2g(\rho + \rho_0)(D_0/L)}$$

and $C = (D_0/D_p)^{0.25} \exp[-5.0(D_0/D_T)]$

where w = weight flow rate of particles (gw/s)
 C = discharge coefficient (-)
 A_0 = cross-sectional area of the orifice = $(\pi/4)D_0^2$
 g = gravitational acceleration (cm/s²)
 γ = apparent specific weight of particles (gw/cc)
 p = air pressure difference (gw/cm²)
 p_0 = fictitious pressure corresponding to the gravitational flow rate :
 $w_0 = CA_0 \sqrt{2g\gamma p_0 D_0/L}$
 D_0 = orifice diameter (cm)
 L = bed height in the vessel (cm)
 D_p = average particle size (cm)
 D_T = inner diameter of the cylindrical vessel (cm)
 (gw means gram-weight)

昭和 26~27 年化学機械工業の技術導入

認可年月	外国投資者	国 籍	導 入 者	種 類	期間(年)
26. 4. 25	Le Usines de Melle, Societe Anonyme.	フランス	金屋レイコンK.K.	加硫回収装置	15
27. 7. 9	Fraser-Simpson Inc.	米 国	旭硝子K.K.	硝子集塵機に設置する 集塵の製造設備	5
25. 12. 29	Frank W. Young.	米 国	三菱化工機K.K.	高圧押出機の製造	10
26. 3. 15	Carrier Corp.	"	東洋キヤリヤ工業K.K.	湿度調整装置の製造	10
26. 4. 12	Sulzer Freres Societe Anonyme.	スイス	日本製鋼所K.K.	ガスロンプレッシャーの製造	15
26. 4. 25	American Cyanamid Co.	米 国	三菱化工機K.K.	加硫石灰製造機種の製造	10
26. 5. 1	Le Usines de Melle, Societe Anonyme.	フランス	日本製鋼所K.K.	超純粋アルコール製造装置の製造	2
26. 5. 28	Chemical Construction Corp.	米 国	三井造船K.K.	電解槽の製造	15
26. 6. 20	Aktiebolaget Superior.	スウェーデン	K.K. ガブリエルス商会	除油装置(ストローラー)の製造	5
26. 6. 20	Aktiebolaget Araca Regulator.	スウェーデン	"	密気、圧力、液体の圧力、湿度及湿度の調整装置	5
26. 10. 17	James T. Matronics Co.	米 国	日本製鋼所	パンパリーミキサー(混合機)の製造	5
27. 2. 28	Askania Regulator Co.	"	日本レギュレーターK.K.	自動制御装置、工業用計器、調整計の製造	10
27. 4. 16	Le Usines de Melle Societe Anonyme.	フランス	日本製鋼所K.K.	メルク式特殊ポンプの製作	5
27. 5. 25	A. B. KaKa-Regulatorer.	スウェーデン	K.K. ガブリエルス商会	自動制御装置の製造	5
27. 11. 7	Chemical Construction Corp.	米 国	信友化学工業K.K.	特殊鋼線工場を販売するための設計及技術援助	

金額 22,500 万 円 換 算