

新 砵

THE MICROMERITICS

NO. 9 I E R 1963

細川精本工学研究所



卷頭言

粉 碎 雑 感

大阪府立大学教授 理博 矢 野 武 夫

初めて人を訪ねるとき、手土産の準備もさることながら、前もって所在地（トコロ）、番地、および最寄りの駅からの道順を尋ね、さらに出来たら地図の上で確かめておく必要がある。また目印になる八百屋、タバコ屋などの存在も聞いておくことが望ましい。

このような準備をして訪問しても、都会の郊外住宅地では、近所にもう一軒別のタバコ屋があつたり、地図の道と広さがちがつたり、などで判断があやしくなる。八百屋で尋ね、タバコ屋で尋ね、はては道行く人に「一寸すみませんが」と心細げに尋ねて、やつと訪ねる人の玄関にたどりついたときのホッとする気持は皆様ご経験のことでしょう。

人を訪ねる場合には、訪ねる相手が必ずそこに住んでいる。すなわち答がある。あるいは答がわかっている。しかし科学や工学の研究では答がわからない場合が多

い。また答があるのか、ないのかもわからない場合すらある。

さて、私が粉碎という問題に初めて注意を向けたのは、もう25年ほど前になる京大工学部学生の頃であつた。阿部良之助博士（当時満鉄中央試験所燃料課長）から高压装置という名の学課で、石炭液化の講義を聴いた。その中で、石炭を微粉碎することによつて灰分を除去することができる。しかし石炭の種類によつては微粉碎しても灰分を除去できないものもある。このような石炭は液化に適しない。というような話を含み、いろいろな石炭を空气中で粗粉碎し、さらに油中または水中で微粉碎し、触媒などを加えてペーストを作り、高温高压で石炭を液化する石炭液化のプロセスとその装置に関する話を聴いた時からである。それまで、化学反応には強い興味を持つていたが、このような物理的プロセスには余り関

“粉碎” 第9号 昭和38年 冬季号 目 次

〔巻頭言〕 粉碎雑感……………(1)

大阪府立大学教授 矢 野 武 夫

〔報 文〕

オリフィスおよびノズルによる粉体の

流出量の測定……………(3)

大阪大学工業教員養成所 教授 森 川 敬 信

垂直面をもつ非対称型ホッパーの長方形流出口の

形状が流出速度におよぼす影響……………(7)

金沢大学工学部 川 合 清 一

ホソカワ／マイクロ パルスエアーの実験……………(12)

細川鉄工所 研究部 鈴 木 昭 明

〔講 座〕

化学者のための MICROMERITICS 入門(第2回) (18)

武田薬品工業株式会社 美 間 博 之
北 森 信 之

〔文献紹介〕

ソ連における粉碎研究……………(24)

粉体工学研究会 三 輪 茂 雄

欧洲粉体機器のいろいろ……………(29)

大阪市立大学 教授 吉 田 哲 夫

〔新製品紹介〕

プラスチックの粉碎（ミクロンニュー

カッターミルによる粉碎試験）……………(34)

細川鉄工所 研究部長 松 山 卓 蔵

心を持つていなかったもので、粉碎という物理的(機械的)操作が化学プロセス、あるいは全化学工業プロセスに対し、支配的に作用するということが非常に強い感銘を与えた。

その後、大学を卒業して北海道大学に勤めていたとき、某肥料会社から硫化鉍を微粉碎するとき、鉍石の種類により着火する場合がある、とその対策を相談されたことがある。

いずれもプロセスと関係した粉碎の問題である。

さらにその後、大阪府立大学に移り、化学工学教室の創設で、身を粉にして努力していた頃、紹介して下さる方があって、細川鉄工所の現社長細川益男氏と懇意になることができた。十数年前のことである。「何でも見てやろう」という私が、「何でも粉にしてやろう」と粉碎機の研究に日夜を問わず、全社を挙げて努力しておられる細川鉄工所の方々、わけでも「粉碎機の神様」、のような前社長のお姿を見て感激した。そしていろいろな質問を發して、粉碎に関する常識的知識が持てるようになった。

それから10年、細川鉄工所の方々と親しくご交際させていただいているのであるが、しよせん化学系出身の化学工学屋である私には粉碎機のメカニズム、構造は苦手であり、粉碎機の研究は結局私の「訪ねる人」ではないという気持を持つようになった。

化学工業では、粉碎という操作は機械的操作というカテゴリーの中に入れられている。そして Rittinger とか Kick などの粉碎理論は化学工学を学んだ人なら誰でも憶えておられることと思う。また最近では Bond、田中などの粉碎理論なども提出され、化学工学における粉碎という単位操作の学問体系は最近ようやくできあがりつ

つある。すなわち、粉碎という物理現象を支配する物理的法則、あるいは粉碎操作の定量的記述、たとえば粉碎の仕事量、破砕抵抗(粉碎性)、粉碎粒子の粒度分布なども大体見当がつくようになった。そして現在なお多くの研究者によつて、かなり広く研究が進められている。

しかし結局この分野にも私は「訪ねたい人」を見出し得なかった。そう言う私ももう少し上げた粉体を取扱う分野では無縁の者ではなかったし、いまま深い関心を持っている。10年程前、北浦教授の若かつた頃、協力してサイクロンによる粉体の分離について研究し、また現在なお引続いて粉体の混合について研究を行なっている。

最近、ある種の化学製品を粉碎する場合、粉碎機の種類、粉碎時間などによつて、生成した粉末製品の物理的性質、ときには化学的性質が異なることがある。という問題を提起されて困っている。始めの2例ならびにこの問題は、化学工業の生産プロセスの一部として、粉碎という単位操作を考える必要があることを示している。単独に、独立して、固体の粉碎という機械的単位操作を研究するのでは不充分であることを示している。現在ようやく粉碎の研究も、この段階に入りうるようになったと考える。そして私の研究問題(訪ねる人)はどうもこの辺に求めたらしいような気がしてきた。

この「訪ねたい人」に、ところ番地を聞いて見ても、「自分で探して訪ねてこい」と言うにきまつているので、目下地図を出して訪ねる道筋をさがしている。しかし現在まだそれほど恋心も燃えていないので、実際に訪ねてはいない。また訪ねてみても、心よく会ってくれるかどうかもわからない。したがって手土産の準備などまだ先のことである。

“MICROMERITICS” No. 9 WINTER 1963

ホソカワ/マイクロ パルペライザーS型

(SAP型)(39)

〔随想・紀行〕

「粉体工学」に対する熱烈な一ファンの声援(40)

大阪府立大学 教授 矢野 武夫

ヨーロッパの粉碎・粉体工学研究(42)

東京大学工学部化学工学科 神保 元二

オーストラリアの粉碎工場(46)

細川鉄工所 研究部 横山 藤平

水車は廻る(51)

武田薬品 技術本部 大貫 延雄

〔ホソカワニュース〕

ホソカワの海外活動(52)

細川鉄工所 貿易部長 金園部長 間島 淳一郎

年間行事(56)

知つていて損ではない製品のいくつか
.....(6) (17) (38) (41)

ニュージーランドのスーパーミクロンミル(50)

〔表紙〕セメント工場で活躍するパルスエアー

(集塵装置)

オリフィスおよびノズルによる 粒体の流出量の測定

大阪大学工業教員養成所 教授

工学博士 森 川 敬 信

1. 緒 言

ここに掲げたのは Landtechnische Forschung, 10. Jahrgang, Heft 5 (1961) の中の

G. Welschhof: Beitrag zum Messung der Ausflußmengen körniger Güter mit Blenden und Düsen

の紹介である。その内容が本誌前号の

三輪茂雄: 粉粒体オリフィスの設計
にも関連する所が多く、しかも Landtechnische Forschung は本誌の読者には あまり読まれていない雑誌の
ように思われるので、ここに紹介することにした。

2. 従来の研究

あらゆる種類の穀物、大豆、種子、乾燥肥料、乾燥砂およびアルミニウム、銅、鉛、ガラスなどの球や小片の流量の測定に対しては、オリフィスとノズルはすでに定評がある¹⁾⁻⁵⁾。文献に発表されている測定装置では、流出部の開口の直径は $d = 5 \sim 100 \text{ mm}$ 、粒体の大きさは $d_K = 0.1 \sim 5 \text{ mm}$ となっている。

オリフィスとノズルによる粒体の流出流量の計算式について、多くの研究が発表されているが²⁾⁻⁴⁾、いま

G [kg/s]: 直径 d [m] のオリフィスからの重量流量

g [m/s²]: 重力の加速度

γ_s [kg/m³]: 粒体のかさ比重量

とすれば、これらの研究による経験式は

$$G = k \gamma_s d^n g^{0.5} \quad (1)$$

の形に表わすことができる。ただし

定数 $k = 0.5 \sim 0.9$

指数 $n = 2.45 \sim 2.85$

であって、 $n = 2.5$ の場合にのみ、式(1)の両辺のディメンションは同じになる。多くの粒体を用いた実験を基礎にして、Rausch によって

$$G = \frac{\mu_D \mu_K}{1.95 \sqrt{\tan \rho}} \left(\frac{d}{d_K} \right)^{2.7} \gamma_s d_K^{2.5} g^{0.5} \quad (2)$$

が求められている。ここに

ρ : 粒体の内部摩擦角

d_K : 粒体の直径

である。この式はホッパ内の粒体のかさ比重量 γ_s が一定でないことによる影響を係数 μ_K で考慮し、ホッパ開き角の影響を μ_D で表わしている。水平オリフィスの場合には $\mu_D \approx 1$ であり、ホッパの直径 D が粒体の直径 d_K の (15~20) 倍以上の大きさであれば、 $\mu_K = 1$ とおくことができる^{2) 8)}。

オリフィスが大きければ、小麦を用いた Welschhof の実験は、式(2)による計算とよく一致しているが、オリフィス直径と粒径の比 d/d_K が小さい場合には、与えられている公式による計算値と実験値はかなりの相違を示す。

3. 流量公式の導き方

空気中への液体の流出の類推から、オリフィスとノズルの粒体流量に対して

$$G = \mu^* \gamma_s^* F^* \sqrt{2g \frac{\rho}{\gamma_s^*}} \quad (3)$$

があてはまる。ここに γ_s^* は流出する粒体のかさ比重量であって、たいていは静止状態におけるかさ比重量 γ_s よりも小さい。流出の有効断面積

$$F^* = \pi d^{*2}/4$$

はオリフィスの面積 F より小さく、したがって d^* は d よりも小さい (Fig. 1)。流量係数 μ^* を定めるには測

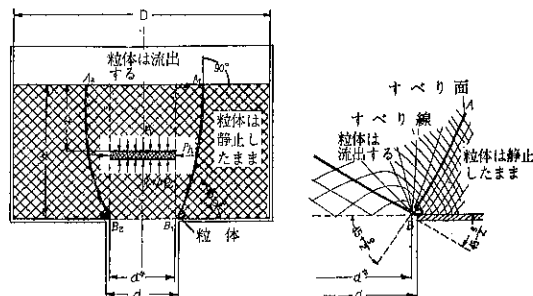


Fig. 1 粒体の流出の模式図

Bに位置する粒体はオリフィス直径 d を d^* に縮小させる。

定によらなければならない。容器内の水が空气中に流出する場合には

$$\mu^* = 0.6 \sim 0.9$$

であるが、粒体の内部摩擦によるエネルギー損失は、液体の場合よりも大きいので、粒体の場合の流量係数は非常に小さくなる。

(a) 円形オリフィス

もし粒体柱の高さが h で、有効流出径が d^* であれば (Fig. 1a), 理論的な取扱¹⁾ の結果を用いて、流出平面内の有効圧力の垂直方向の p_v と水平方向の p_h が計算される。すなわち垂直方向の圧力は

$$p_v = \frac{d^* \gamma_s^*}{\lambda \tan \rho} \left(1 - e^{-\frac{h}{d^*} \lambda \tan \rho} \right), \quad (4)$$

水平方向の圧力は

$$p_h = \lambda p_v \quad (5)$$

のようになる。水平方向と垂直方向の圧力の比 λ は、内部摩擦角 ρ がわかっている場合には、Rankine によつて

$$\lambda = \tan^2 \left(45^\circ - \frac{\rho}{2} \right) \quad (6)$$

によって定められる。式(4)を実際に使用するときには、その形は簡単化される。すなわち指数 $(h/d^*) \lambda \tan \rho$ が大きい値をとるときは、式(4)の括弧内の第2項は無視されるが、実際の流量測定の場合はたいいていこのような関係になっている。(層の高さ $h = 300\text{mm}$, オリフィス直径 $d^* = 50\text{mm}$ および $\lambda \tan \rho = 1$ の場合に、式(4)の括弧内の第2項は $e^{-6} = 2.5 \times 10^{-3}$ という値になる)。したがって垂直方向の圧力は簡単に

$$p_v = \frac{d^* \gamma_s^*}{\lambda \tan \rho} \quad (4a)$$

のような形で表わされる。いま p のかわりに式 (4a) を式(3)に代入すると、円形オリフィスの計算公式として

$$G_o = \mu^* \pi \sqrt{\frac{g}{8\lambda \tan \rho}} \gamma_s^* d^{*2.5} \quad (7)$$

が得られる。オリフィス直径 d とオリフィスの自由流出断面の直径 d^* との間には

$$d^* = d - d' \quad (8)$$

の関係がある (Fig. 1a)。

流出断面の縮小を特性づける d' は、経験的に

$$d' = (1.5 \sim 3) d_K$$

の値をとり、粒体の形、縁の鋭さおよび粒体とオリフィスの摩擦係数によって異なる。 $\gamma_s^* < \gamma_s$ という関係を、係数 μ_o によって考慮することにすれば、円形オリフィスの一般的な計算公式として

$$G_o = \mu_o \pi \sqrt{\frac{g}{8\lambda \tan \rho}} \gamma_s (d - d')^{2.5} \quad (9)$$

が得られる。

式(9)によつて、粒体の流量 G_o は高さ h に無関係であることがわかる。粒体が非常に小さく、流出口が大きい $d' \ll d$ の場合には、式(9)の d' は考慮しなくてもさしつかえない。

(b) 長方形オリフィス

長方形オリフィスに対しても、同様に式(3)があてはまるが、この場合の有効流出面積は

$$F^* = a^* b^*$$

である。オリフィスの有効圧力 p_v を計算するために、 d^* のかわりに水力直径

$$d_h^* = 2 \frac{a^* b^*}{a^* + b^*} \quad (10)$$

を代入すれば、長方形オリフィスの場合にも、式 (4a) を用いることができる。有効幅 a^* および b^* は式(8)に対応して

$$a^* = a - d', \quad b^* = b - d' \quad (8a)$$

である。これを用いると、長方形オリフィスから流出する粒体の流量を表わす一般的な計算公式は

$$G_R = \mu_R 2 \sqrt{\frac{g}{\lambda \tan \rho}} \gamma_s \frac{(a - d')^{1.5} (b - d')^{1.5}}{(a + b - 2d')^{0.5}} \quad (9a)$$

のようになる。ここに μ_R は長方形オリフィスの流量係数である。

(c) ノズル

ノズルの円すい形、すなわち角 ψ が流出口の近くの粒体のすべり面の角 $(45^\circ + \rho/2)$ より著しく小さければ、ノズルに対しては式(9)において、 μ_o と d' の値がわずかに変わるだけである (Fig. 2 および Fig. 1b)。ホッパ開き角 ψ が粒体のすべり面の傾斜角 $(45^\circ + \rho/2)$ にほぼ等しいか、あるいはそれより大きい場合には、流量はオリフィスの場合よりもはるかに大きくなるはずである。それは $d' \rightarrow 0$ であり、ホッパの壁面の粒体の摩擦は、たいいてい粒体の内部摩擦よりも小さいからである。粒体内のすべり面に関する現在の知識では、これらの影響を

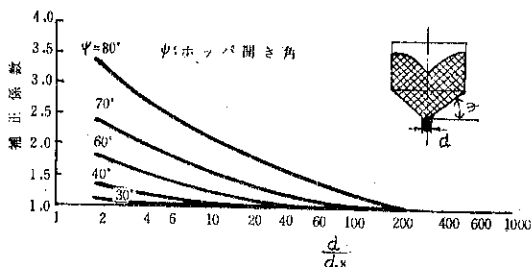


Fig. 2 式(11)の係数 μ_D と d/d_K との関係
Rausch, Deming および Mehring³⁾ の測定による。

計算で求めることは容易にはできない。円形オリフィスとノズルからの流出では、流量比に対して

$$G_D = \mu_D G_0 \quad (11)$$

が成立する。ただし G_0 は式 (9) によって計算される。係数 μ_D を決めるための測定は、Rausch, Deming および Mehring によって行なわれ²⁾³⁾、その結果は Fig. 2 に示されていて、粗大な粒体が小さい開口から流出する場合には、 μ_D の値は大きくなるが、微細な粒子が大きな開口から流出する場合には、 μ_D の値は 1 に近づく。

4. 穀物を用いた流量測定

導かれた計算公式は小麦を用いた流量測定によって吟味されている。実験に用いられた小麦は平均直径（小麦と同体積の球の直径） $d_K = 3.91\text{mm}$ 、比重量 $\gamma_K = 1320\text{kg/m}^3$ およびかさ比重量 $\gamma_s = 750.4\text{kg/m}^3$ という値をもっている。

直径 $D = 630\text{mm}$ 、高さ 960mm の容器の平らな底に、調べるべきオリフィスが取り付けられ、簡単なすべり弁を開いて小麦をオリフィスから流出させている。直径 $d = 10 \sim 120\text{mm}$ の円形オリフィスは DIN 1952 によって作られている⁷⁾。長方形オリフィスは平らなすべり弁の形に作られ、オリフィス開口に種々の縦横比を与えて取り付けることができる。長方形オリフィスの幅は $b = 20.7, 40.8, 81.7$ および 120.7mm であって、 a の値は 0 から 102mm まで無段的に変えることができるようになっている。

ホップ内部の小麦の高さは $h \approx 850\text{mm}$ である。流出した粒体は空気輸送の装置で連続的にホップに戻され、ホップ内部の小麦の高さは、近似的に一定に保たれた。

5. 測定結果

予備実験のことについてはここには詳しくは述べられていないが、その実験において開口平面内の静圧を測定することにより、式 (4a) が吟味され、実験結果が理論的に定められた値と一致することが確かめられた。

Fig. 3 には円形オリフィスおよび長方形オリフィスを用いた流量測定の結果が示されている。円形オリフィスに対して成立する式 (9) の中の経験値 μ_0 と d' を定めるために、Fig. 4 が描かれている。小麦の場合にはこの図から $d' = 6\text{mm}$ あるいは $d' = 1.53d_K$ であり、 $\mu_0 \pi / \sqrt{8\lambda \tan \rho}$ に対しては 0.593 という値が得られる。オリフィス開口のすべり面の角 ($45^\circ + \rho/2$) を測定して (Fig. 1b 参照)、 $\rho = 34^\circ$ が得られる。したがって円形オリフィスの場合には、小麦に対して $\mu_0 = 0.232$ が得られる。

さらに Fig. 4 にはオリフィスの最小直径 $d_{\min}$ が記

入されていて、この直径のときでもなお連続的な流れが

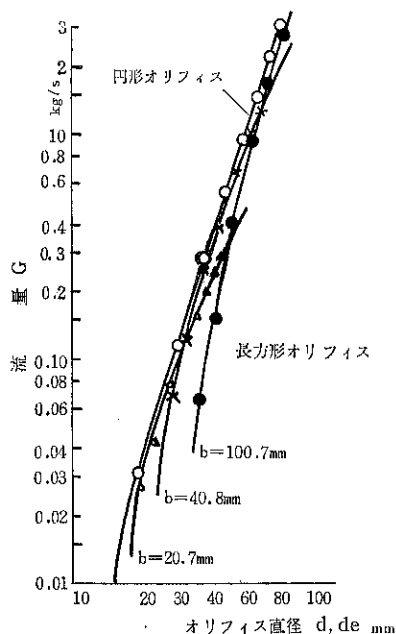


Fig. 3 円形オリフィスと長方形オリフィスからの小麦の流量

小麦：粒径 $d_K = 3.91\text{mm}$ ，
 $\gamma_s = 750.4\text{kg/m}^3$
 円形オリフィス：直径 d
 長方形オリフィス：相当直径
 $d_e = \sqrt{4ab/\pi}$

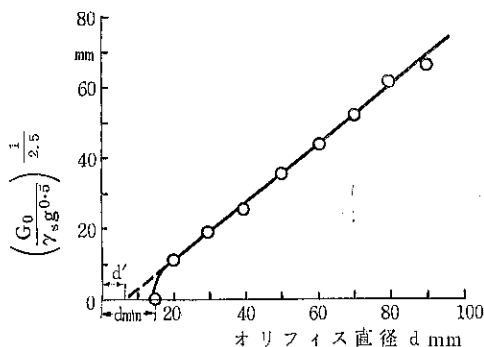


Fig. 4 円形オリフィスと小麦を用いた Fig. 3 の測定値の評価

$\gamma_s = 750.4\text{kg/m}^3$ ， $d_K = 3.91\text{mm}$ ，
 $\rho = 34^\circ$ 式(9)を変形した

$$\left(\frac{G_0}{\gamma_s g^{0.5}} \right)^{\frac{1}{2.5}} = \left(\frac{\mu_0 \pi}{\sqrt{8\lambda \tan \rho}} \right)^{\frac{1}{2.5}} \times (d - d')$$

を図示してある。

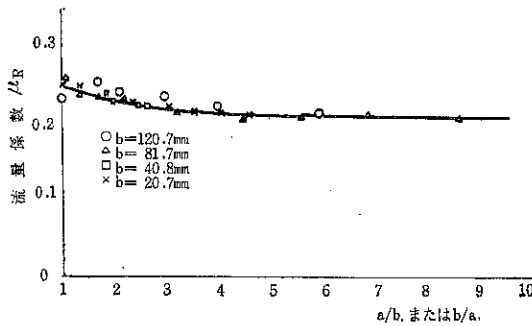


Fig. 5 長方形オリフィスの流量係数 μ_R と縦横比 a/b または b/a との関係

Fig. 3 の測定値と式 (9a) を用いて計算してある。

可能である。小麦に対しは $d_{\min} \approx 15\text{mm} \approx 4d_K$ である。この結果は、円形オリフィスと種々の粒体を用いて $d_{\min} \approx 5d_K$ の関係を見出した Kvapil の測定とはほぼ一致している。

長方形オリフィスに対する流量係数 μ_R は、小麦を用いた実験から式 (9a) を用いて計算され、**Fig. 5** に縦横比の函数として表わされている。正方形のオリフィス ($a/b = 1$) の場合には、 $\mu_R = 0.250$ が得られるが、縦横比 $a/b = 8$ の細長いオリフィスに対しては、**Fig. 5** から $\mu_R = 0.210$ である。長方形オリフィスでは、 $b = 20.7\text{mm}$ の場合には $a_{\min} = 14\text{mm}$ 、 $b = 40.8, 81.7$ および 120.7mm の場合には $a_{\min} = 10 \sim 12\text{mm}$ であった。

小麦について得られた関係は、他の穀物や粘着性のない他のすべての粒体にもあてはまるものと考えてよい。

6. 結 語

以上述べたことから、種々のオリフィスに対する粒体の流量は、流量係数 μ 、粒体の内部摩擦角 ρ 、かさ比重 γ_s および粒体によって流出直径がせまめられるとい

うことを考慮した定数 d' が既知であれば、この論文に与えられている式によって求めることができる；小麦の場合には円形オリフィスと長方形オリフィスを用いた多くの実験によって、ここで導かれた式が吟味され、測定と公式による計算とはよく一致しているという結論を得ている。

ここに紹介した論文の考え方、式および測定結果が、この方面の研究に従事する人々の関心をひいて批判の対象ともなればさいわいである。終りにあたって、この論文を送付された Segler 教授 (Direktor des Instituts für Landtechnik der Landwirtschaftlichen Hochschule Hohenheim-Stuttgart) に深く謝意を表する。

文 献

- 1) Engineering Data on Grain Storage • In : Agricultural Engineers Yearbook, 1956, 6. Ausgabe. St. Joseph 1959. American Soc. Agricultural Engrs.
- 2) M. Leva : Fluidization, New York, Tronto, London, 1959.
- 3) F. A. Zenz & D. F. Othmer : Fluidization and Fluid-Particle Systems, New York, 1960.
- 4) J. R. O'Callaghan : Internal Flow in Moving Beds of Granular Materials. Jour. Agricultural Engng. Research, 5 (1960), 200.
- 5) R. Kvapil : Theorie der Schüttgutbewegung, Berlin, 1959.
- 6) K. Terzaghi : Theoretische Bodenmechanik, Berlin-Göttingen-Heidelberg, 1954.
- 7) DIN — VDI-Durchflußmeßregeln. Regeln für die Durchflußmessung mit genormten Düsen, Blenden und Venturidüsen. Beuth-Vertrieb Köln und Frankfurt, 1948.

知っていて損ではない製品のいくつか：(1)

- | | |
|-------------|-------------------------|
| ○セラミックギアポンプ | 東京歯車工作所 (東京都江東区亀戸町2-22) |
| ○グラファイトポンプ | 亀山製作所 (東京都中央区日本橋本石町4-4) |

この二つは高温強腐蝕性の液にたいして絶対大丈夫というものであるが、液中に固体微粒子が混入しているときには器材に磨耗がおこる。

垂直面をもつ非対称型ホッパーの長方形 流出口の形状が流出速度におよぼす影響

金沢大学工学部

川 合 清 一

§ 1. はし が き

粉粒体がホッパーから流出する速度に関する研究は以前からいくつか行なわれており、筆者も数種の粉粒体について、円錐型ホッパーを用いて得た実験式ならびに流出口の形状の影響について既に発表した³⁾しかし特別の場合、たとえば貨車やトラックなどに直接積みこむに便利である垂直面をもつ非対称型ホッパーにおける流出速度についての実験例はほとんどみられないようである。

以下はこの型式のホッパーについて種々長方形流出口の示す流出速度を、次元解析と実験によりまとめた結果の報告である。

§ 2. 実験方法

Fig. 1 は実験に用いたホッパーの主要部分を示す。矩形（正方形を含む）流出口をもつ板（b）（幅=B，高さ=H）を蓋（a）とともに出口（c）のとめ板の内側にさしこむ。Table 1 に各流出口の面積AおよびBと

Hの大きさを示す。使用したホッパーは亜鉛引鉄板製角型で、角度 ϕ を 30° 、 45° および 60° の3種とした。試料には珪砂を用い、標準篩でよく篩別し、粒子の大きさ

Table 1 実験に用いた流出口の大きさ

A (cm ²)					
0.60		0.72		0.96	
H (cm)	B (cm)	H (cm)	B (cm)	H (cm)	B (cm)
1.5	0.4	1.8	0.4	2.4	0.4
1.2	0.5	1.44	0.5	1.92	0.5
1.0	0.6	1.2	0.6	1.6	0.6
0.8	0.75	0.96	0.75	1.28	0.75
0.75	0.75	0.85	0.85	0.98	0.98
0.75	0.8	0.75	0.96	0.75	1.28
0.6	1.0	0.6	1.2	0.6	1.6
0.5	1.2	0.5	1.44	0.5	1.92
0.4	1.5	0.4	1.8	0.4	2.4

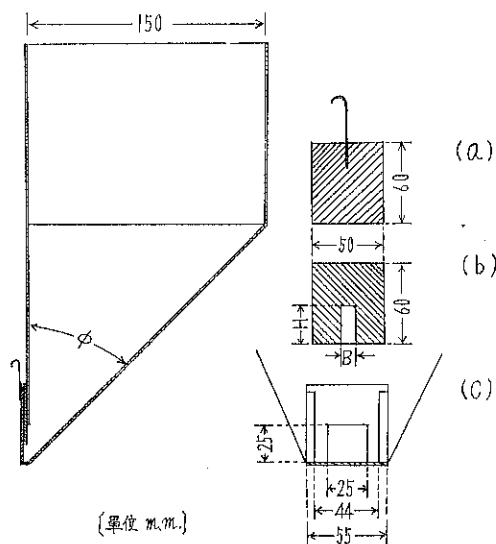


Fig. 1 使用ホッパーの略図

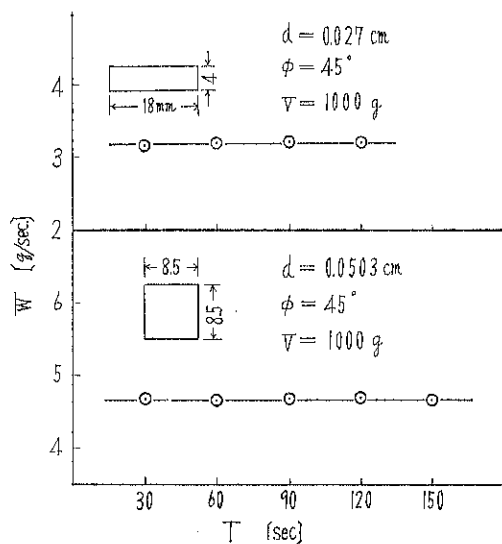


Fig. 2 流出速度と時間の関係

は二つの篩目の寸法の算術平均をとって、0.1321, 0.0946, 0.0645, 0.0503, 0.027cmの5種を準備した。また実験にさきだち充分乾燥した。したがってこの粒径では粘着力が無視される。なお各粒径の内部摩擦係数 μ はいろいろ測定法があるけれども、最も簡単な桑井氏¹⁾の方法により、安息角の正切からあらかじめ求めておいた。

まず試料500gをホッパーに入れ、表面を平らにした後、(a)のみを引揚げて球砂を流出させた。流出開始5秒後、30秒間の流出量を秤量した。また充填量を1.000gとして30秒ごとに数回流出量を測定したが、Fig. 2

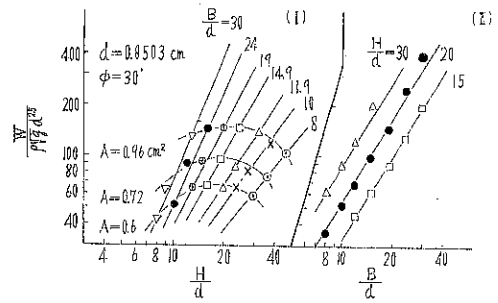


Fig. 3 $\frac{W}{\rho V g d^{2.5}}$ VS. $\frac{B}{d}$

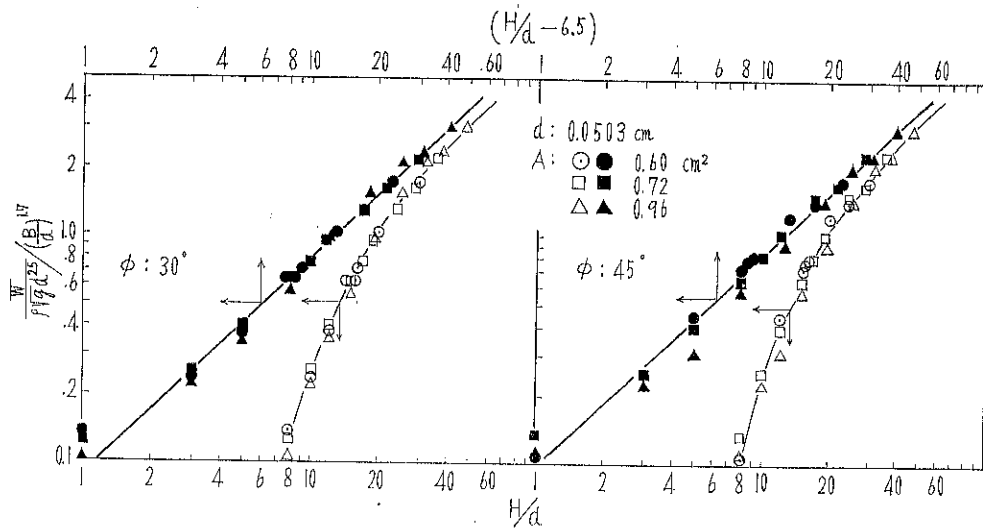


Fig. 4-I $\frac{W}{\rho V g d^{2.5}} / \left(\frac{B}{d}\right)^{1.7}$ VS. $\frac{H}{d}$ ($d = 0.0503 \text{ cm}$)

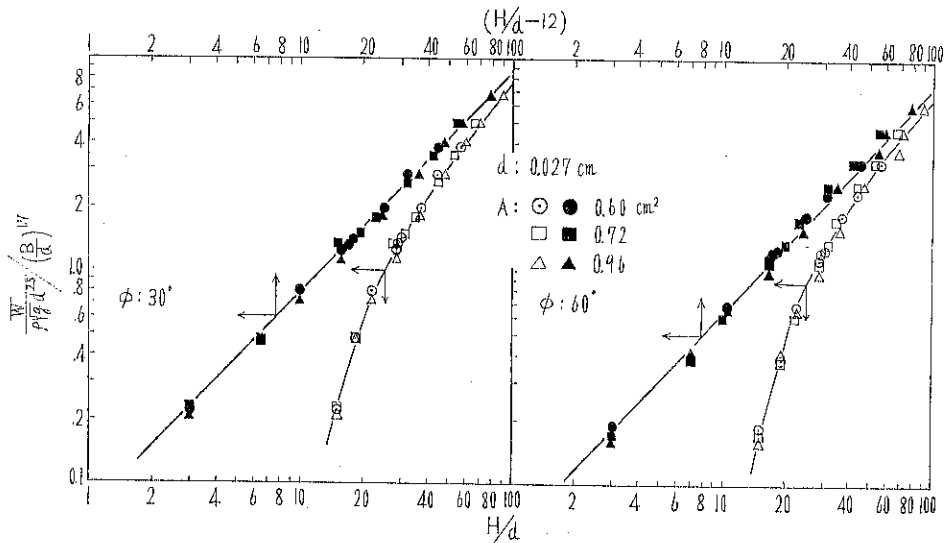


Fig. 4-II $\frac{W}{\rho V g d^{2.5}} / \left(\frac{B}{d}\right)^{1.7}$ VS. $\frac{H}{d}$ ($d = 0.027 \text{ cm}$)

のように流出速度は時間により変化しないことを確認した。したがって粒子の充填高さは流出量に影響しない。

§ 3. 次元解析によるデータの整理

流出速度に影響を与える変数はつぎのごとく考えられる。

W: 流出速度	[g/sec]
d: 粒 径	[cm]
B: 流出口の幅	[cm]
H: 流出口の高さ	[cm]
g: 重力の加速度	[cm/sec ²]
ρ: 粒子の密度	[g/cm ³]
μ: 内部摩擦係数	[—]
tanφ: ホッパー角度の正切	[—]

次元解析の結果(1)式の関係を得た。

$$\frac{W}{\rho\sqrt{g}d^{2.5}} = f\left(\frac{B}{d}, \frac{H}{d}, \mu, \tan\phi\right) \quad (1)$$

そこで Fig. 3-I のように $W/\rho\sqrt{g}d^{2.5}$ と H/d を両対数紙に点綴し、この図のある一定の H/d における縦軸の値を Fig. 3-II のように B/d とプロットしてその冪数を求めたところ 1.7 であった。つぎに粒径および角度別に $W/\rho\sqrt{g}d^{2.5}/(B/d)^{1.7}$ と H/d を両対数紙に点綴した。ところが Fig.

4-I, 4-II に例示したように曲線となるので、横軸をたとえば $d=0.0503\text{cm}$ に対して ($H/d=6.5$), $d=0.027\text{cm}$ には ($H/d=12$) というぐあいに使用した粒径ごとにそれぞれ一定値を差し引くことにより、直線とすることができた。ここで ($H/d=\alpha$) のもつ意義を考えるに、 H/d の値はそれぞれの α に近づくと、これらの図からわかるように $W/\rho\sqrt{g}d^{2.5}/(B/d)^{1.7}$ の値が急に零に接近することから、 α は不定常な流出状態から閉塞を起す限界を表わしていると解することができる。

つぎにこの α の相違は粒子の大きさ、したがって摩擦係数 μ の影響に起因するのであるから Fig. 5 のように α と μ を両対数紙に点綴すると直

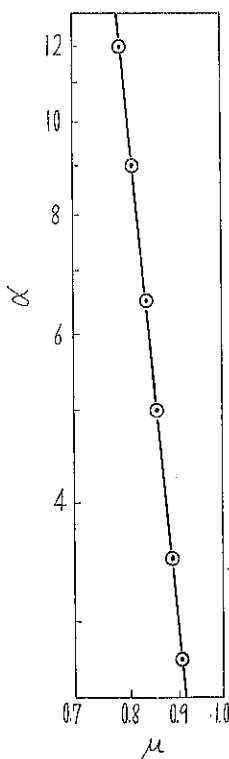


Fig. 5 α VS. μ

線となった。すなわち

$$\alpha = \mu^{-10} \quad (2)$$

よって Fig. 6-I, 6-II に示すごとく ($H/d = \mu^{-10}$) に対し、 $W/\rho\sqrt{g}d^{2.5}/(B/d)^{1.7}$ とプロットすると、おのおのの角度 ϕ ごとにほぼ同じ傾斜をもつ直線を得た。これら 3 本の直線の位置は ϕ の相違によるのであるから、たとえば Fig. 6-II の右側に示したように ($H/d = \mu^{-10}$) の一定値における縦軸の値を $\tan\phi$ について両対数紙に点綴して、その冪数 -0.27 を得た。最後に全実験値を Fig. 7 のごとく両対数紙に $W/\rho\sqrt{g}d^{2.5}/(B/d)^{1.7} \tan\phi^{-0.27}$ と ($H/d = \mu^{-10}$) をプロットして一本の直線にのせることができ、結局つぎの実験式を得た。

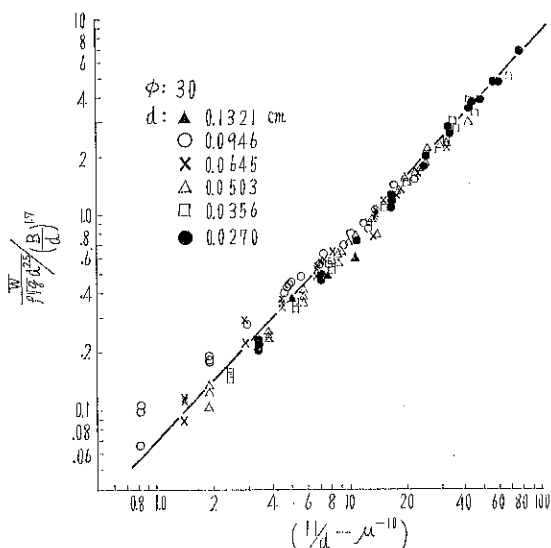


Fig. 6-I $\frac{W}{\rho\sqrt{g}d^{2.5}} / \left(\frac{B}{d}\right)^{1.7}$ VS. $\frac{H}{d} - \mu^{-10}$

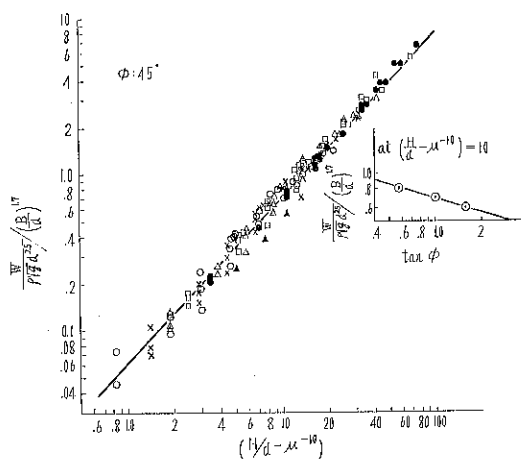


Fig. 6-II $\tan\phi^{-0.27}$ の決定

$$\frac{W}{\rho \sqrt{g d^{2.5}}} = 0.055 \left(\frac{B}{d} \right)^{1.7} \left(\frac{H}{d} - \mu^{-10} \right)^{1.06} \tan \phi^{-0.27} \quad (3)$$

ただし $30^\circ \leq \phi \leq 60^\circ$ である。

上式から算出した流出速度は $(H/d - \mu^{-10})$ の極端に小さいものの若干を除いて実験値とおよそ±20%以内の誤差があつた。そのおもなる原因は Fig. 8 からわかるように $\phi = 30^\circ$ 、特に粗粒子では後述するように $\phi = 45^\circ$ や 60° と大変ことなつた流出状態を示した。したがつて比較的粗い粒子に対しては $\phi = 45^\circ$ や 60° 、 $H/d > 6 \sim 7$ と制限するならば誤差はよほど縮まることになる。

§ 4. Kvpil の実験結果との比較

粒子の流出状態を写真撮影により解析し、その流出機構について楕円体運動の新しい考え方を提唱した R. Kvpil²⁾ はホッパー底部の傾斜が粒子の流出には全く無関係であることを報告している。しかしながら本実験結果からみると、角度は流出の難易に関係があり、特に $\phi = 30^\circ$ ホッパーについて粗い粒子の流出の抵抗が急にへるという現象が認められた。(Fig. 8 左参照) これはこの型のホッパーの主軸は Kvpil が述べているように内側に傾き、筆者の観察によれば問題の粗粒子ではこの影響が殊に大きかつた。このことが出口の抵抗を小さくしているのかも知れない。

つぎに Kvpil は垂直面における開口部の形は正方形よりも縦に長方形の方が、実際に有効であることを指摘している。すなわち最大粒径によつて許される流出口の幅と高さの大きさを式で示すと

$$B = \sqrt{(5d)^{2.10}} \sim \sqrt{(5d)^{2.11}} \quad (4)$$

$$H = \sqrt{(5d)^{2.14}}$$

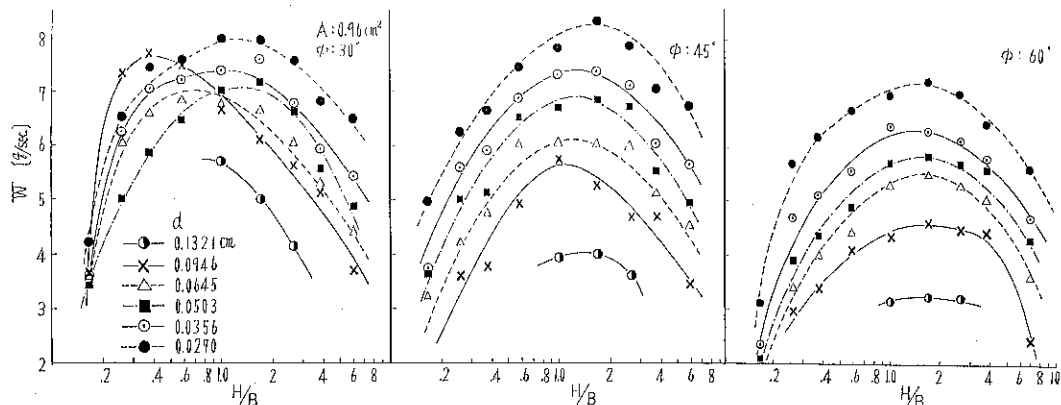


Fig. 8 長方形流出口と流出速度の関係

上式から $H/B \approx 1.2$ となる。本実験においても Fig. 8 (流出口面積の大きい場合) では最大の流出速度 $W_{max.}$ は $H/B \approx 1.1 \sim 1.7$ であらわれた。また図には示していないが、小さい流出口面積では $H/B \approx 1.0 \sim 1.3$ であり、これらを総合するとホッパー角度や流出口の面積が大きいほど、また使用した粒子が細かいほど、 $W_{max.}$ は上記範囲内で H/B が大きくなつていく。しかし 30° ホッパーに粗粒子を用いた場合には $H/B = 0.4 \sim 0.5$ 附近に $W_{max.}$ が求められる例もある。

§ 5. 円錐型ホッパーとの比較

既に報告した円錐型ホッパーに適用できる流出速度の一般式は

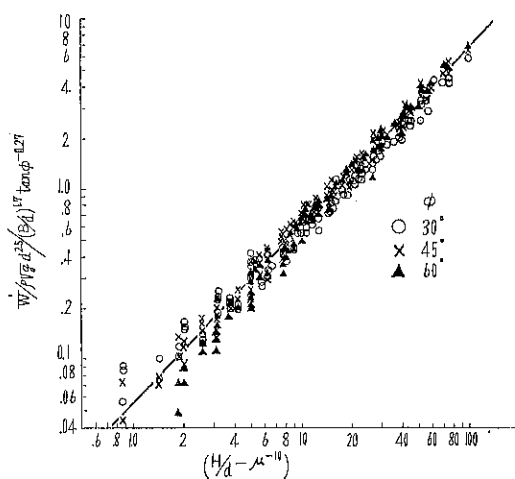


Fig. 7

$$\frac{W}{\rho \sqrt{g d^{2.5}}} / \left(\frac{B}{d} \right)^{1.7} \tan \phi^{-0.27} \text{ VS. } \left(\frac{H}{d} - \mu^{-10} \right)$$

$$d/B < 0.10 : \frac{W}{\rho_a \sqrt{g d^{2.5}}} = 0.18$$

$$\left(\mu \tan \frac{\phi}{2} \right)^{-0.32} \left(\frac{d}{B} \right)^{-2.7} \quad (5)$$

いま両者の機能を比較するため、嵩密度 $\rho_a = (1 - \varepsilon)$ であるから、空間率 $\varepsilon = 0.45$, $\mu = 1$ と仮定すると $\phi = 60^\circ$ の場合には(4)式は大略つぎのように表わすことができる。

$$\frac{W}{\rho \sqrt{g d^{2.5}}} = 0.1 (1.2) \left(\frac{B}{d} \right)^{2.7} \quad (5')$$

一方(3)式において $B/d = H/d$, $H/d \geq 1$ と仮定すれば $(B/d)^{1.7} (B/d - 1)^{1.06} = (B/d)^{2.76}$ となり、また $\tan 60^\circ = 1.732$ であるから $(1.732)^{-0.27} = 0.862$

ゆえに

$$\frac{W}{\rho \sqrt{g d^{2.5}}} = 0.055 \times 0.862 \left(\frac{B}{d} \right)^{2.76}$$

$$= 0.0474 \left(\frac{B}{d} \right)^{2.76} \quad (3')$$

したがって両者の比は $0.0474/0.12 \approx 0.4$ となり、円錐型ホッパーはおよそ2~3倍の流出速度をもつことがわかる。つまり垂直面をもつ非対称型ホッパーの流出抵抗は円錐型にくらべてそれだけ大きいことを示している。

§ 6. あとがき

珪砂粒子の大きさと垂直面をもつ非対称型ホッパーの

流出口の幅、高さ、面積およびホッパー角度をかえて流出速度を測定し、次元解析による整理の結果つぎの実験式を導いた。

$$\frac{W}{\rho \sqrt{g d^{2.5}}} = 0.055 \left(\frac{B}{d} \right)^{1.7}$$

$$\left(\frac{H}{d} - \mu^{-1.0} \right)^{1.06} \tan \phi^{-0.27}$$

ついで垂直面をもつ非対称型ホッパーは正方形よりも縦に長方形の流出口とすれば流出速度が大きいことを実験的に明らかにした。

さらに既に発表した円錐型ホッパーの実験式にもとずく流出速度から両者の機能について比較した。

付記 本研究をまとめるに当つてご指導頂いた北海道大学工学部田中達夫教授に深甚の謝意を表します。

参考文献

- 1) 桑井源植：化学工学，**17**, 453 (1953)
- 2) R. Kvapil：Schüttgutbewegungen in Bunkern (1959)
R. Kvapil：SNTL. Technical Digest., **10**, 629 (1959)
これに関する解説は
田中達夫：セメント・コンクリート，No. 167, No. 168, No. 169 (1961)
- 3) 田中達夫，川合清一：化学工学，**20**, 144 (1956)

(33頁より続く)

てパイプラインでの作動圧力を3~12 psig に保つ。なお必要空気量は粉体の密度、材料の輸送容量それからパイプラインの長さや構成によつてきまるものである。なお用いる空気量がすくない事はパイプラインの排出端での空気分離器の必要性を減ずることにともなり、水平輸送ラインにおいて粒子がパイプの底部に沈澱堆積するようなトラブルもおこらない。

一例としてタルク粉を輸送する場合の性能が提示されているが、これによると8,000lb/hr を直径2吋パイプで長さ120呎、その間垂直リフト40呎あるところを輸送するに要する馬力は3HP であり、容積効率は74%であつて、かつ空気圧縮機の馬力は0.5HP である。

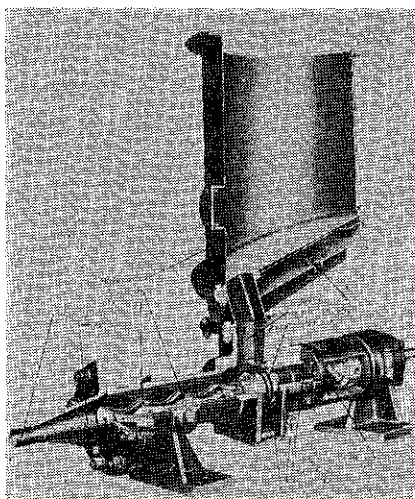


Fig. 14 Powder Moyus Pump

ホソカワ/マイクロ パルスエアーコレクターの実際

細川鉄工所 研究部

鈴 木 昭 明

§1 緒 言

細川鉄工所が、米国の P.M.C 社と技術提携し、集塵器 ホソカワ/マイクロ、パルスエアーコレクターの製作を始めてから、すでに一年を経過した。この間、幸にして多方面から好評を得、生産台数も日毎に増加している。

しかし、まだユーザーの間で、又我々自身の間でも、パルスエアーの構造、その作用について疑問を持たれる点が多々ある。本稿においては、その内の二つを取上げて、我々の処で行った実験データをつけて説明し、次いで最近、弊社にて採用を決定した沪布の特殊シリコン加工、HCE処理について説明した。

§2 ホソカワ/マイクロ パルスエアーコレクターの構造

パルスエアーコレクターの構造、性能についてはすで

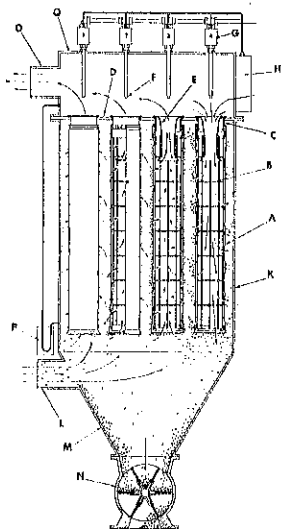


Fig. 1 ホソカワ/マイクロ パルスエアーコレクターの構造

- | | | |
|-----------|-----------|-------------|
| A: 沪布 | B: 沪布保持棒 | C: 沪布止カラー |
| D: カラー取付板 | E: ベンチュリー | F: ノズル |
| G: 電磁弁 | H: タイマー | K: 密閉容器 |
| L: 含塵空気入口 | M: 粉溜め | N: ロータリーバルブ |
| O: 清浄空気出口 | P: マノメーター | Q: 上部ゲーシング |

に各所に発表されているが、ここで、もう一度簡単にその構造について説明する。(Fig. 1)

含塵気体は下の入口から入り、沪布筒の外側から内側に入つてダストを沪布面上にのこして、清浄気体は上部出口より出る。沪布筒は上部を開口してベンチュリー部がありベンチュリーの上部中心にはノズルがあり、各ノズルは電磁弁を経てコンプレッサーに配管されている。各電磁弁は一台のタイマーで運転され、一個づつ一定間隔で、一定時間だけ通電され(間隔4~10 sec, 通電時間0.1~0.2 sec), 高圧空気(圧力7 kg/cm²)がノズルから噴出される。噴出された空気はベンチュリー部において周囲の空気を吸引し、共に沪布筒の内部に入り、沪布筒内が瞬間的に高圧となり、そのショックと逆洗浄の効果により、沪布筒の外側についたダストを払い落すものである。払落し効果は非常によく、従来の機械的な払い落としをするフィルターに較べて単位沪過面積当りの処理能力が二倍から数倍になる。

§3 含塵気体入口の位置について

パルスエアーの含塵気体入口は標準型では本体下部のホッパーにつけられている。そのため含塵気体の流れの方向が、装置内では下から上向きになっている。したがって、一たん沪布から払い落されたダスト粒子が落下するのを気流がさまたげてダスト微粒子が舞い上り、再び沪布につきやすくなるのではないかと云う疑問が当然生じて来る。この点についてはPMC社においてもテストを重ね、次の結論に達している。

即ち、含塵気体入口が下にある関係で気流の向きは、上向きとなり、バッグのまわりの粉体が、そのために、サポートされる傾向にあるのは事実である。しかし、殆どどの粉体はバッグ洗浄の間に沪布に突き当つて、そこで、ホールドされ、速やかに凝集し、洗浄空気が噴射されると個々の粒子よりも凝集して大きくかたまっているから、上に昇る気体を通つて下に落ちる。実験結果では、含塵気体の入口を上部にしたものの方が、下部のものより、ほんのわずかだけ良かったが、これも決定的なものではなく、入口を上部にすると、その構造上から、含塵気体が沪布に突き当つて摩擦させるのを防ぐために

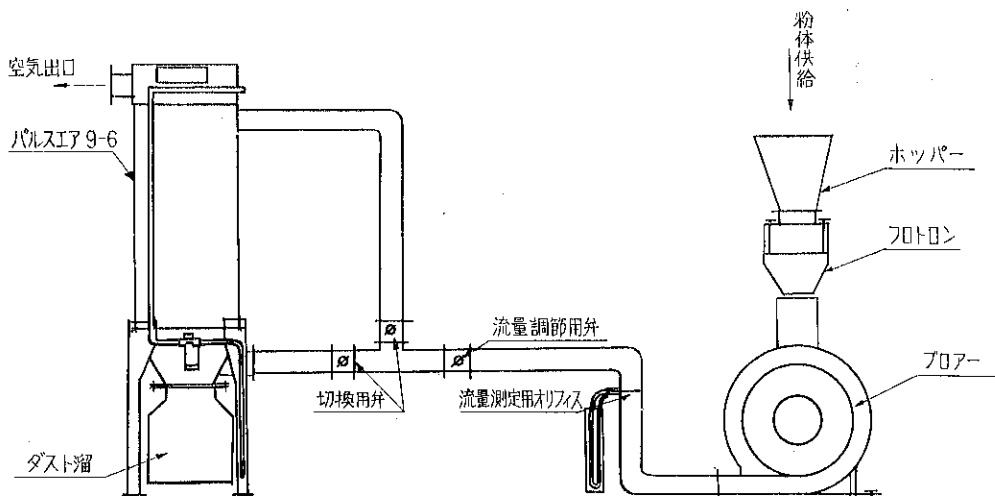


Fig. 2 実験装置概略

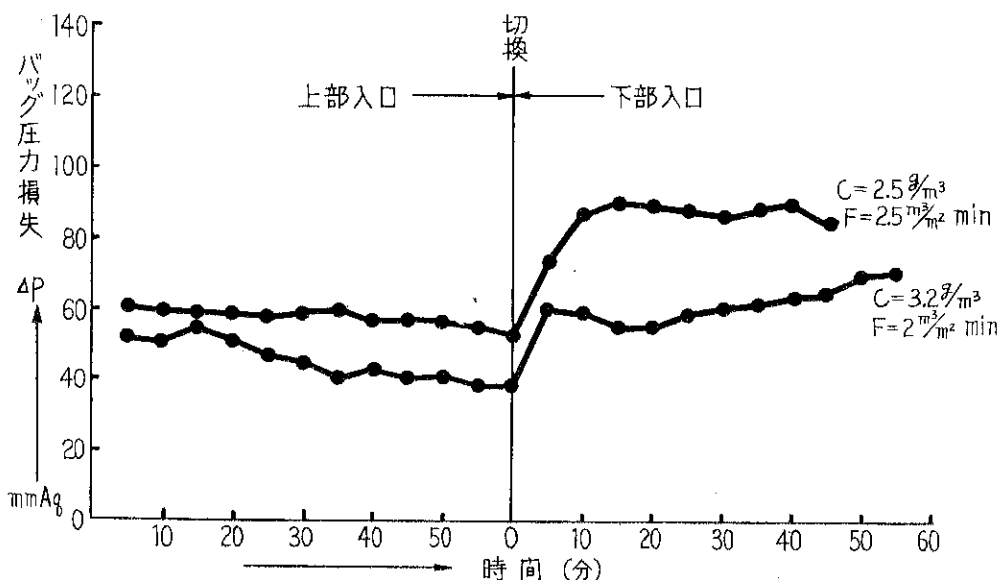


Fig. 3 粉体、軽質炭酸カルシウム C: 含塵濃度 F: 流速率

バフプレートとそれをつける空間が必要となり、この費用を考えると、全体から見て入口は下部にした方が優位であるとの結論を出している。

我々もこの問題を取り上げ、パルスエア、P-96型（流速面積 $6 \cdot 3 \text{ m}^2$ ）を用いて、上部にも含塵気体入口をつけて実験してみた。

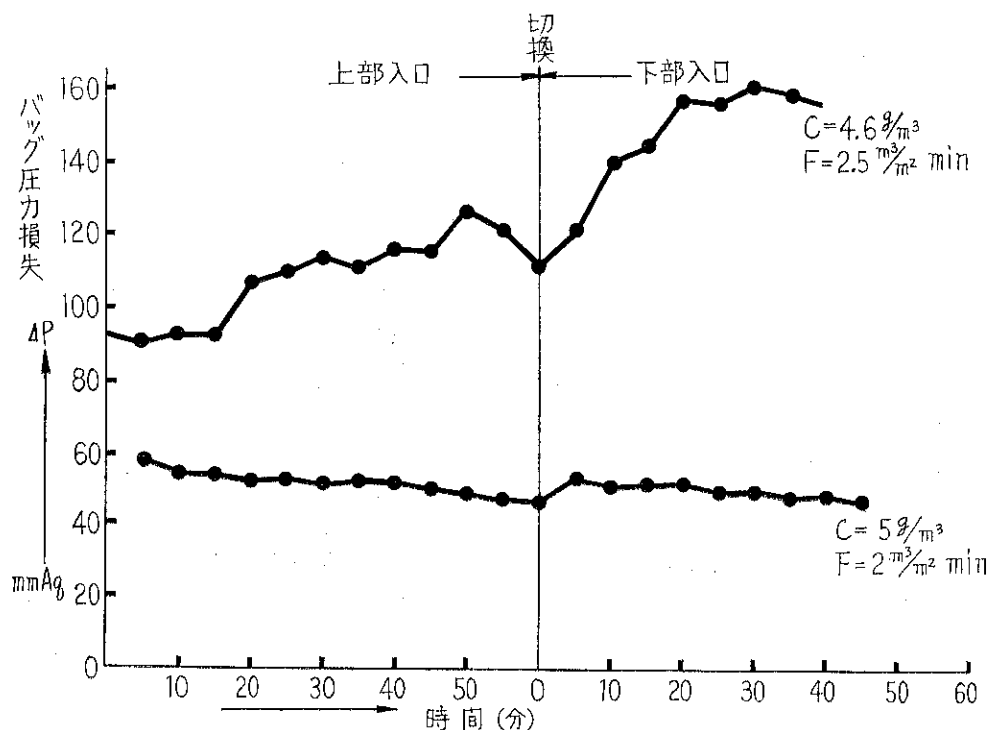
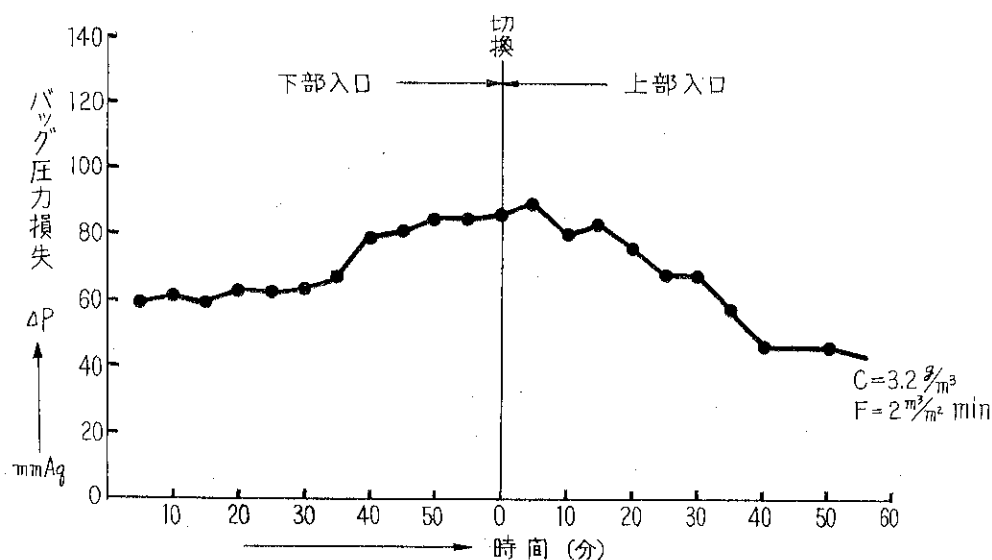
装置は Fig. 2 に示すように、パルスエア本来の下部の入口の他に、もう一つ上部（バッグ上端より約 10 cm 下）に含塵気体入口を設け、二つの入口は切換えダンパーをとおして一つのファンに接続し、テスト中に装置を停止する事なく、どちらへでも切換えて含塵気体が

入れられるようにした。

試験用ダストとして、軽質炭酸カルシウム（化学的な処理で作られた沈降炭酸カルシウムで非常に微粉、平均粒径 3μ ）と重質炭酸カルシウム（石灰石をスーパーミクロンミルにて粉碎、300メッシュ 篩上 5%）の二種を用いた。

Fig. 3 から Fig. 6 は長時間にわたるテストの内、含塵気体の入口を上部から下部へ、又は下部から上部へと切換えた前後だけのバッグの圧力損失の変化を時間に対して表わしたものである。

Fig. 3 と Fig. 4 は軽質炭酸カルシウムでの記録で



あるが、これによれば、下部入口の場合より、上部入口の場合の方がいずれも、バッグ差圧が小さい傾向にあり、下部入口では装置内の上向き気流が払い落されたダスト粒子の落下をさまたげ、バッグに再び付着して圧力損失を増している事が推定される。

Fig. 4 と Fig. 5 は試験用ダストとして重質炭酸カルシウムを用いたもので、入口含塵濃度 5 g/m^3 と 4.6

g/m^3 の時は下部入口の場合の方が若干バッグ差圧が高いと思われる程度の傾向はあるが、軽質炭酸カルシウムの時は、はつきりはしていない。しかも入口の含塵濃度 11.3 g/m^3 と 29 g/m^3 の時は全くその傾向はなく、かえって上部入口の方が差圧が大きくなる傾向が見られる。

下部の入口から含塵気体が入った場合には、そのダス

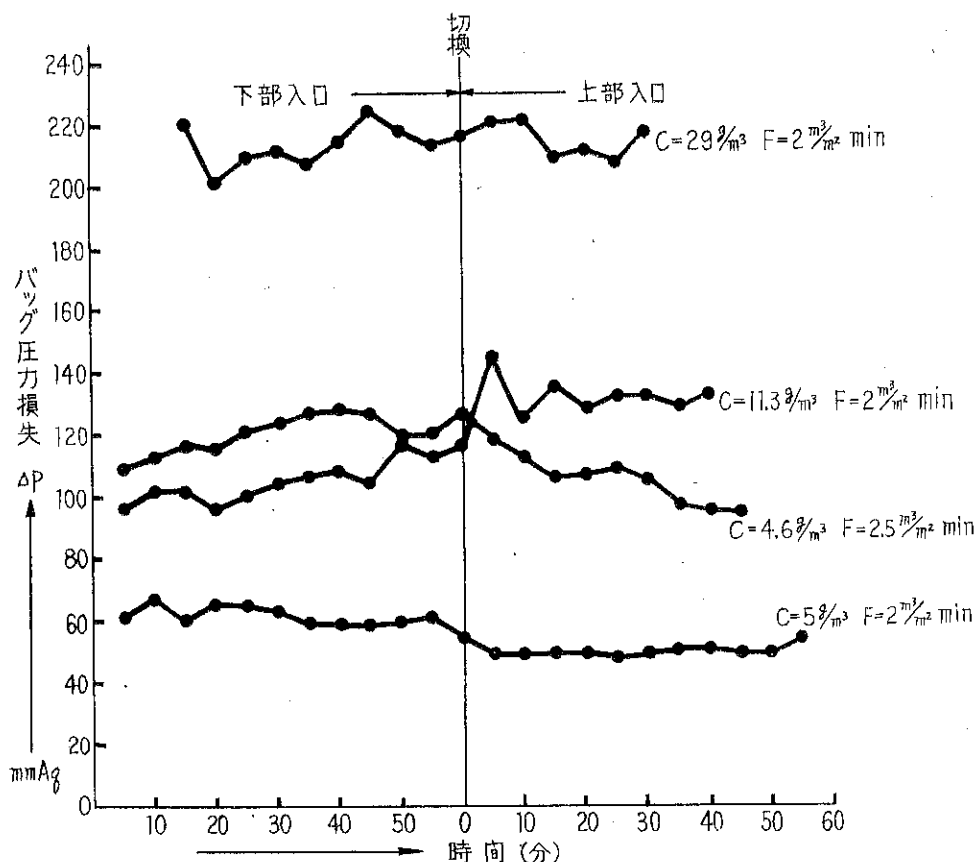


Fig. 6 粉体重質炭酸カルシウム C:含塵濃度 F:濾過率

ト粒子が比較的大きい時、又入口気体の含塵濃度が比較的大で凝集しやすいダストのような場合にはダストの一部が濾布に到着する前に直接、下のホッパーに落下するが、上部から含塵気体を入れた場合には、いつたん濾布に付着してから払い落されて下のホッパーに落ちる率が多くなる。このような理由で重質炭酸カルシウムでテストした場合には、上部に入口をつけた時と下部に入口をつけた時の差が生じなかつたものと解釈される。このテストに用いた P-96型はパルスエアーの内でも最小の型のもので、一般に使用される大型のものでは、高さに比べ底面積が大となるので、上部入口と下部入口の差は、いずれが良いにしても更に小さくなるであろう。

ホソカワ/マイクロ パルスエアーの含塵気体の入口は普通一般のダストの捕集には下部で良く、その為に特にトラブルが生じた例も無い。しかし特殊な場合、ダストが凝集性がなく、非常に微粒子で、含塵濃度の小さな気体を、小型機で高濾過率で処理する必要がある場合などに、特に入口を上部にして見るのも有効であろう。

§4 air puls によるダストの払落しの効果

パルスエアー方式のダストの払い落し法は完全なもの

か、一回のエアーパルスの $\frac{1}{10}$ sec 程度の噴射で濾布についたダストの何パーセントが払い落されるだろうか。このような疑問に対し、バッグ1本だけを組こんだ単筒型のパルスエアーを作り、これに一定流量で含塵気体を通してバッグの圧力損失の増大の傾向、パルスにてダストを払い落した時の圧力損失の減少、それ以後の再び増加する傾向を記録した。パルスの噴射はタイマーを用いず、バッグ差圧が 150 mmAg に達した時に手動で1回だけ噴射した。但し、単筒型の為、パルス噴射時には含塵気体の流れを一時遮断した。バッグは新品ではなく、使用した事のあるものを真空掃除して付着しているダストをよく落したものをつけてテストした。

Fig. 7 はバッグに 2 mm のウールフェルトを用いた時のものであり、最初に含塵気体を入れはじめた時は、ダストはまだフェルト内部に侵入して居らず、バッグの圧力損失は時間と共にゆるやかに上昇して行く。そして圧力損失が 150 mmAg に達した時1度だけ $\frac{1}{10}$ sec の air puls を噴射せしめると、バッグの圧力損失は瞬間的にほとんど最初の状態にまで下がる。しかし次に再び上昇する時には、最初の濾布面が新しい時に較べて、途中で、パルス後の2分間位は非常に急速に上昇する。即

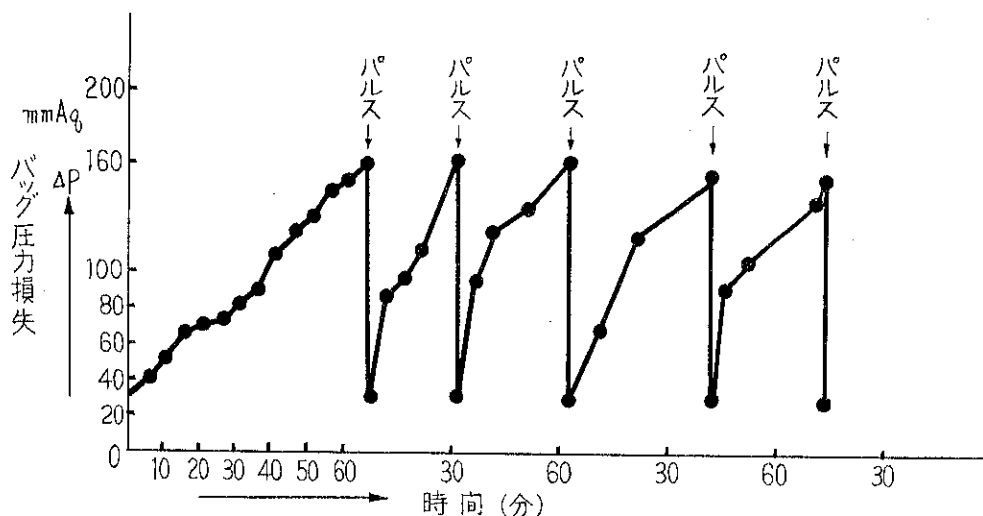


Fig. 7 氈布, 2mm 厚ウールフェルト, 粉体, 重質炭酸カルシウム
 氈過率 $F = 2 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{min}$ 含塵濃度 $12 \text{ g}/\text{m}^3$

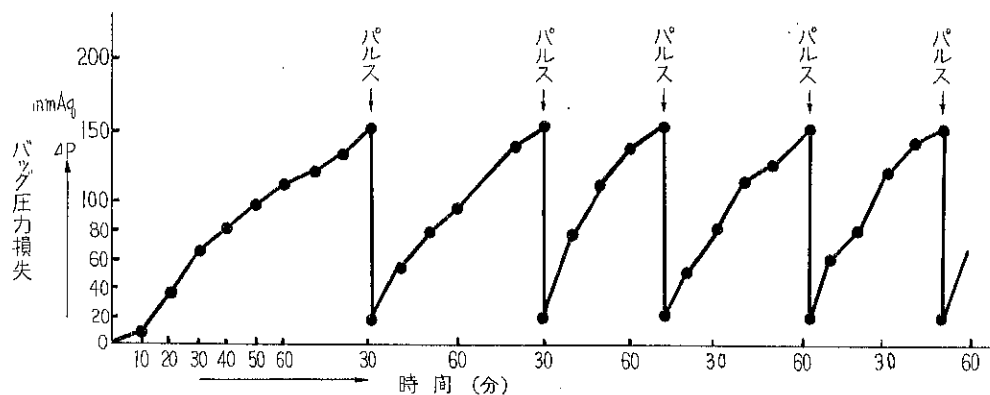


Fig. 8 氈布, 不織布, 粉体, 重質炭酸カルシウム
 含塵濃度 $21 \text{ g}/\text{m}^3$ 氈過率 $F = 2.14 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{min}$

ちダストが多量について圧力損失のかなりあるバッグに, air puls を噴射すると, そのショックと逆洗浄でもってダストがバッグから払い落される。そしてバッグの通気抵抗は puls の直後には, バッグにダストが全くついていない時と殆んど同じにまで下る。しかしその後の約2分の間にバッグの圧力損失は急上昇する。これは puls の直後にはダストのついていない状態と同じ通気抵抗になる事より, 氈布表面に附着しているダストはほとんど一度に剝離し, ただフェルト内部に侵入してダスト粒子が一部のこる, のこった粒子も puls により, フェルト内部においてその位置を移動して一時的に気体の流通をよくし通気抵抗を下げるが, これが短時間の内に再び移動してフェルト内の気体の通る道をふさぎ位置に移動して来るのではないかと考えられる。

バッグフェルトを構成する羊毛の繊維の直径は数十ミクロンであり, 当然, 気体がフェルトを通過して行く通路の大きさも繊維の径と同じオーダーであるので数ミクロン以下の微粒子のフェルト通過を防ぐためには, ある程度フェルトの繊維間に粒子の沈着することは必要である。パルスエアーの一本のバッグについての洗浄周期は大部分の例では1分から2分であり, バッグフェルト内部の粒子が気体の通る道をふさぎすぎない内に洗浄していると云えよう。

Fig. 8 は同じテストをバッグにフェルトを用いずに, 化学的なバインダーを用いて織ることなく, 繊維を布状にした不織布を用いたものである。この不織布は表面は比較的なめらかで厚さも 0.5 mm しかなく氈布の内部への粒子の沈着も極めて少なく, 比較的表面上で氈過される

傾向の強いものである。このテストの結果では、このバッグは一度のパルスの噴射でもって、殆んどダストが払い落されて、次に圧力損失が上昇する傾向も、浚布面の新しい時しい時とほとんど同じである。ダスト粒子が粗でフェルトの必要のない時は、この種の浚布の使用も興味深いものである。

§5 HCE 処理について

米国PMC社では、すでに以前からパルスエアーの浚布にはHCE処理をしたものを標準品としている。又弊社においても、HCE処理をした浚布を用いることを標準としようとしているので、本稿においてその特性を紹介しておく。

HCE処理とは High Collection Efficiency 処理の略で、その名の通り、浚布を通り抜ける微粒子を極力へらし、捕収率を上げるべく浚布を処理する事である。

その方法は浚布にある種のシリコン樹脂の加工をするものである。一般に繊維製品、特に浚布をシリコン加工する目的は、撥水性を良くする。浚布表面からダストを落ちやすくする。風合をよくする等である。

しかしHCE処理の目的はこれらとは全く異なる。

一般に浚布として使用されるフェルトは径数十ミクロンの羊毛繊維が圧縮され出来上っている。したがって気体が通過できる繊維のすき間も同じオーダーの大きさである。このようなフェルトで数ミクロン以下の微粒子を捕集する時には、ダスト粒子は当然、繊維間の気体の通るすき間よりも小さなものであり、ダスト粒子は気体の通る通路を通れないことによるのではなく、繊維の繊維上にダスト粒子を保持する作用と、繊維間に出来たダスト層自身によつてダスト粒子が浚過されることによつて気体から分離される。

HCE処理はフェルトを構成する一本ずつの繊維の表面を非揮発性の液体被膜でおおうことであり、この被膜が繊維の粒子を保持する性質を高め、フェルトに適当な粉体層を作りダスト粒子が浚布を通り抜けるのを防ぐものである。

特に浚布が新しい時、puls を噴射した後のまだ浚布

にあまりダストがついていない時に非常に有効である。

放射性物質の捕集に適用してガイガーカウンターにて処理空気の放射性物質を測定した例では、処理していないフェルトのでの捕収率が 99.92%であつたのが、HCE処理したフェルトを使用した場合には 99.997% となつた。

この非揮発性液体の被膜はフェルトを適当な重合度を有するポリオルガノシロキサン液で処理することにより得られる。この繊維上に作るシロキサンの被膜は厚さ 2ミクロンから 3ミクロンで厚すぎるとフェルトの通気性を悪くするばかりでなく、フェルト内にダスト粒子の粘着層を作り、浚過抵抗を異常に増大する結果となる。適当な重合度のシロキサンは非揮発性の高粘度液体であり、これを溶媒にとかしたもので、又は水エマルジョンにしたものでフェルトを処理し、個々の繊維表面に適度の厚さの、半永久的になくならない高粘度液体の被膜を作ることが肝要である。

このHCE処理をした浚布は捕集率を高める効果の他に、その液体の被膜のために、フェルトの繊維間の摩擦係数を減少し浚布の折りまげや震動に対する耐久力を増し浚布の寿命をのばす効果もあり発展が期待出来る。

§6 結 語

ホソカワ/マイクロパルスエアーは、故障の原因となる機械的な可動部分が全くない、しかも単位浚過面積当りの処理風量が多い ($2 \sim 6 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{min}$) 等の特徴を有し、それがユーザーの間で大きく評価され、当社にて製作開始以来、既に数十台の実績を持ち、市場において、他種バッグフィルターを圧倒している。一般バッグフィルターの欠点とされる高温ガスの処理についても、現在高温用浚布を開発中であり、PMC社に於いては、ガラス繊維及び 250°C まで使用可能な特殊化学繊維を用いて、既に数件の実用テストに成功している。当社においてもこれを追試中であり、近く高温用パルスエアーとして発表の予定である。今後この方面の用途にも大きく期待できるであろう。

知っていて損ではない製品のいくつか：(2)

- 新 Vihro Pump Sigmamotor Inc. (67 North main st. Hiddleport, New York)
液、スラリー、サスペンション液にむくもので no shaft, no bearing, no stuffing box で、分解組立 5分以内という代物。
- Powder Pump Moyno Pump Div. Robbins & Meyers. Inc. (Spring field, Ohio)
乾燥粉粒体を輸送する全く新しい方法のもの。本誌に掲載してある。(33頁)

化学者のための Micromeritics 入門 (2)

武田薬品工業株式会社

美 間 博 之
北 森 信 之

§ 2.6 沈 降 法

沈降法は Stokes の法則に基づいた方法である。Stokes の法則は流体中を運動する球の抵抗に関する法則で、粒子の重力による自由沈降の場合には抵抗と粒子自身の重量のつり合うような速度で沈降する。この場合粒子径と沈降速度には次の式のような関係がある。

$$\frac{1}{6} \pi d^3 (\rho - \rho') g = 3 \pi \eta d v$$

$$d = \sqrt{\frac{18 \eta v}{(\rho - \rho') g}} = K \sqrt{v} = K \sqrt{\frac{x}{t}} \quad (2-8)$$

そこで速度 v で沈降する粒子について粒子径を定義し effective diameter (d_e) という。

この法則は次の条件を満足するものでなければならない。

- (1) 流体は無限体積を有する。
- (2) 粒子は完全球でなめらかで固い。
- (3) 粒子の速度は非常に小さい。
- (4) 粒子は一つしか存在しない。
- (5) 粒子と流体とにスリップがない。
- (6) 粒子はブラウン運動する程小さくはない。
- (7) 電気的影響はない。

このような考え方を一つだけの粒子ではなく、分布をもつた分散系について考えてみよう。

先に粒子の頻度分布函数 $F(d)$ と累積頻度分布函数 $q(d)$ との間に

$$F(d) = \frac{dq}{d(d)} \quad (1-11)$$

なる関係があることを示した。このような粒子群を液体中に充分均一に分散し、各粒子が互に独立に沈降すると仮定する。

分散系の上から x なる深さの所の密度 φ について注目してみよう。多分散系粒子を液中に分散した場合、 φ はある時間後には深さによって異なるであろうし、また時間の経過とともに変化するであろう。すなわち φ は x と t の函数である。

分散系の初濃度 (分散系単位体積中の粒子の重量) を

c_0 、粒子の密度を ρ 、分散媒の密度を ρ_0 とすると $\phi(x, t)$ は分散媒の密度 ρ_0 と粒子の分布函数を考慮に入れた粒子密度の和で表わされる。すなわち

$$\varphi(x, t) = \rho_0 + c_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \int_0^d F(d) d(d) \quad (2-9)$$

(註 2)

ここで d は (2-8) 式より定義されたものである。

(2-8), (2-9) 両式を用いると沈降法によつて粒度分布を測定するすべての方法を導き出すことができる。

この沈降法の原理を用いた粒度分布測定法にはいくつかの方法があるが、その主なものについて説明する。

1) Pipette method

ピペット法とは一定の深さの所で各時間にサスペンションを一定量取り出すか、または一定時間後に種々の深さから同時に一定量づつを取出し、それらを蒸発乾固して目方を秤り、これから粒度分布を求める方法である。

イ) 一定の深さで各時間に試料を吸い取る場合

この場合は (2-9) 式の x が定数で t が変数である。

x なる深さでの分散系の密度の変化の割合は

$$\begin{aligned} \frac{d(\varphi)}{dt} &= \frac{d\varphi}{d(d)} \cdot \frac{d(d)}{dt} = c_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} F(d) \frac{d(d)}{dt} \\ &= -\frac{K}{2} \sqrt{\frac{x}{t^3}} c_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} F(d) \\ &= -\frac{d_e}{2} \frac{1}{t} c_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} F(d) \end{aligned}$$

$$F(d) = -\frac{2\rho}{\rho - \rho_0} \frac{1}{c_0} \frac{t}{d_e} \frac{d\varphi}{dt} \quad (2-10)$$

$$t \rightarrow 0 \text{ の時 } \varphi_0 = \rho_0 + c_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \quad (2-11)$$

であるから

$$F(d) = -\frac{2}{\varphi_0 - \rho_0} \frac{t}{d_e} \frac{d\varphi}{dt} \quad (2-12)$$

ここで x の処の濃度を c とすると (2-9) 式により

$$\varphi(t) = \rho_0 + c \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \quad (2-13)$$

(2-11), (2-13) 式より

$$\frac{\varphi(t) - \rho_0}{\varphi_0 - \rho_0} = \frac{c}{c_0} \equiv \phi$$

を得,これを ϕ と定義する.

$$\frac{d\phi}{dt} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\varphi(t) - \rho_0}{\varphi_0 - \rho_0} \right) = \frac{d\varphi}{dt} \frac{1}{\varphi_0 - \rho_0}$$

これを(2-12)式に代入すると

$$F(d) = -\frac{2t}{d_e} \frac{d\phi}{dt} \quad (2-14)$$

すなわち時間とその時の濃度の初濃度に対する比の変化率を求めることにより分布函数を求めることができる.

ロ) 一定時間後に種々の深さでサンプリングする場合 x が変数で t が定数となる.

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dx} &= \frac{d\varphi}{d(d)} \cdot \frac{d(d)}{dx} \\ &= C_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} F(d) \frac{d(d)}{dx} \\ &= \frac{K}{2} \sqrt{\frac{1}{tx}} C_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} F(d) \\ &= \frac{d_e}{2x} \cdot C_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} F(d) \end{aligned}$$

$$F(d) = \frac{2\rho}{\rho - \rho_0} \cdot \frac{1}{C_0} \frac{x}{d_e} \cdot \frac{d\varphi}{dx}$$

$$F(d) = \frac{2}{\varphi_0 - \rho_0} \frac{x}{d_e} \frac{d\varphi}{dx} \quad (2-15)$$

前と同様にして

$$\frac{\varphi(x) - \rho_0}{\varphi_0 - \rho_0} = \frac{C}{C_0} \equiv \phi$$

が定義され

$$\frac{d\phi}{dx} = \frac{d\varphi}{dx} \frac{1}{\varphi_0 - \rho_0} \quad (2-16)$$

(2-16)を(2-15)に代入すると

$$F(d) = \frac{2x}{d_e} \frac{d\varphi}{dx} \quad (2-17)$$

(2-14), (2-17) 式がピペット法の基礎となる式である.

註2) (2-9) 式の第2項は次のように導出される.

$\frac{c}{\rho}$ は分散系単位体積中の粒子の体積を表わす. 従つて $\frac{c}{\rho}(\rho - \rho_0)$ は浮力を考慮に入れた分散系単位体積中の粒子の重量となる. 一方(1-11)式より $c \cdot c_0 \int_0^d F(d) d$ (d)は明らかである. これを $\frac{c}{\rho}(\rho - \rho_0)$ に代入すると第2項が得られる.

2) Wiegner method

ウイグナー法とは分散系の上面より x の深さにおける面の圧力の変化をマノメーターで読み, 圧力変化から分布を求める方法である (Fig. 2-8)

このマノメーターの圧力を h とすると, これは上から x までの各深さの密度の積分したものになる. 深さを下向きに正にとつてあるので, 積分したものの反対符号のものが圧力であることに注意しなければならない.

$$h(x, t) = - \int_0^x \varphi(x, t) dx \quad (2-18)$$

$$-\frac{dh}{dx} = \varphi(x, t)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = -\frac{d}{dt} \left(\frac{dh}{dx} \right) = -\frac{d}{dt} \left(\frac{dh}{dt} \cdot \frac{dt}{dx} \right)$$

(2-8) 式より

$$\frac{dt}{dx} = \left(\frac{K}{d_e} \right)^2 = \frac{t}{x}$$

であるから

$$\begin{aligned} \frac{d\varphi}{dt} &= -\frac{d}{dt} \left[\frac{dh}{dt} \left(\frac{K}{d_e} \right)^2 \right] \\ &= -\left(\frac{K}{d_e} \right)^2 \frac{d^2 h}{dt^2} = -\frac{t}{x} \frac{d^2 h}{dt^2} \end{aligned}$$

これを(2-10)式に代入すると

$$F(d) = \frac{2\rho}{\rho - \rho_0} \cdot \frac{1}{c_0} \frac{t^2}{x d_e} \frac{d^2 h}{dt^2} \quad (2-19)$$

また

$$\left. \begin{aligned} t=0 \text{ の時 } h_0 &= \rho_0 x + x c_0 \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \\ t=t \text{ の時 } h_t &= \rho_0 x + x \bar{c} \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \\ t=\infty \text{ の時 } h_{\infty} &= \rho_0 x \end{aligned} \right\} \quad (2-20)$$

ただし $\bar{c}$ は $x=0$ から $x=x$ までの分散系の平均濃度を示している. (2-20) の3つの式より

$$\frac{h_t - h_{\infty}}{h_0 - h_{\infty}} = \frac{\bar{c}}{c_0} \equiv \Pi$$

$$\frac{d\Pi}{dt} = \frac{1}{h_0 - h_{\infty}} \frac{dh}{dt}$$

$$\frac{d^2 \Pi}{dt^2} = \frac{1}{h_0 - h_{\infty}} \frac{d^2 h}{dt^2} = \frac{1}{x c_0} \cdot \frac{\rho}{\rho - \rho_0} \frac{d^2 h}{dt^2}$$

これを(2-19)式に代入して

$$F(d) = \frac{2t^2}{d_e} \frac{d^2 \Pi}{dt^2} \quad (2-21)$$

を得る.

3) Odén's Balance method

沈降管中に皿をつるし, 他方の腕に適当な重量をかけてバランスしてある. そして皿の上にだんだん沈降してつもる粒子の重量増加を他方でバランスさせながら追つて行くのがバランス法である.

皿の面積を A_B , 分散系中での皿の上につもつた粒子の重量を β とする.

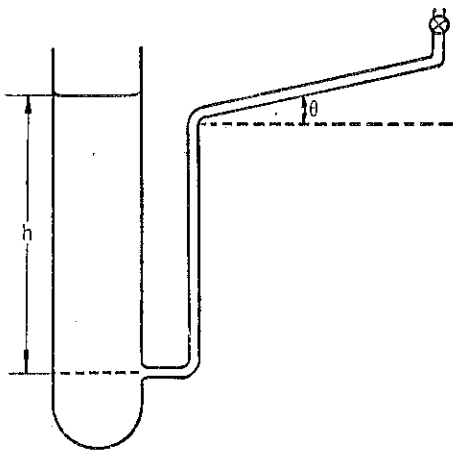


Fig. 2-8 Wiegner tube 原理図

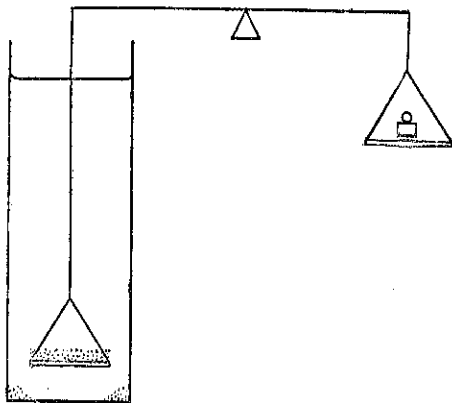


Fig. 2-9 バランス法原理図

完全に粒子の沈降が終つた時に皿の上につもつた重量 β_{∞} は、ある時間での皿の上の重量 β と、これからその皿の上に沈降しようとする粒子の重量 $A_B (h_t - h_{\infty})$ の和である。

$$\beta_{\infty} = \beta + A_B (h_t - h_{\infty})$$

$$\frac{d^2 \beta}{dt^2} = -A_B \frac{d^2 h}{dt^2}$$

これを (2-19) 式に代入すると

$$F(d) = -\frac{2\rho}{\rho - \rho_0} \cdot \frac{1}{c_0} \cdot \frac{t^2}{A_B d_e x} \cdot \frac{d^2 \beta}{dt^2} \quad (2-22)$$

β_{∞} はまた始めに皿の上方にあつた粒子の全重量であるとも考えることができる。

$$\beta_{\infty} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} c_0 A_B x$$

$$\frac{\beta}{\beta_{\infty}} \equiv B$$

とすると (2-22) 式は

$$F(d) = -\frac{2t^2}{d_e} \frac{d^2 B}{dt^2} \quad (2-23)$$

この原理を用い、自動的に時間と重量との関係を測定する装置が発展している (粉碎 5, 14(1960)参照)

4) 水簸法 (Elutriation)

水簸法とは沈降法の逆の方法であるが、その原理は沈降法と全く同じである。

適当な流体を種々の流速で粒子の沈降と逆の方向に流し、その流れに負けて流された粒子を採取して粒子系の粒度分布を求めようとする方法である。

水簸という訳語はあまり良い訳ではなく、適当な流体であれば水とは限らず他の液体また気体でもよい。空気などがよく用いられる。

第三章 粉体の充填

これまでのところで個々の粒子の特性として粒子径、粒度分布、粒度 (分布) の測定法などについて述べた。これからは粒子の集合状態について考えて行くことにする。

物体に力が加わるとその物体は変形する。これを力の側から見ようとするのが力学で、変形の側からながめた場合にレオロジーという。粉体についてもこれと同様のことが言える。われわれ化学者は変形の側からの考察を好み、また事実その方が便利な場合が多い。

この章ではまず重力の場合すなわち常圧での粉体の状態につき考察し、次の章では圧力を加えた場合での粉体の行動を考えて行くことにする。

粒子充填の問題でも、これまでと同じく、先づ等径粒子の場合を考え、これを順次複雑な系に展開して行くことにする。

こゝで注意しなければならないことは、これから述べる事柄はすべて理想的な系の場合のことであり、実際には必ずしもその通りになるとは限らない。しかしどの場合に相当するかを見ぬいてその取扱い方の指針とすべきである。

§ 3.1 等径粒子の充填様式

(a) 最疎充填 (Most Open Packing)

粒子の直径を一辺とする立方体の各頂点に粒子の中心があるように配列する様式である。この配列様式が最も粒子間の空隙が多い。

後に粒子充填の特性を表わす空隙率などについて述べ

るが、ここで粒子径 d を基にした 3 つの特性値を示しておく。

Unit Cell の体積..... d^3

空隙の体積..... $\left(1 - \frac{\pi}{6}\right) d^3$

空隙率.....47.64%

(b) 最密充填 (Closest Packing)

Fig. 3-2 に示すような充填様式で最も粒子間空隙が少ない。

Unit Cell の体積..... $\frac{\sqrt{2}}{2} d^3 = 0.71d^3$

空隙の体積..... $\frac{3\sqrt{2} - \pi}{6} d^3 = 0.18d^3$

空隙率.....25.95%

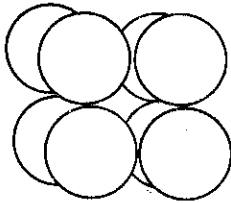


Fig. 3-1
等径最疎充填

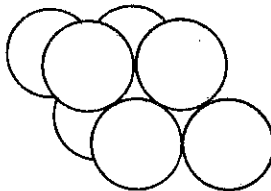


Fig. 3-2
等径最密充填

(c) 中間的配列

等径粒子においては空隙率 25.95% と 47.64% がその両極端であり、その間に安定な充填様式が 2, 3 ある。これらを表に示す。

Table 3-1 等径粒子の充填配列の特性値

	面 角	Unit Cell の 体 積	空隙の 体 積	空隙率
1	90°, 90°, 90°	d^3	$0.48d^3$	47.64
2	60°, 90°, 90°	$0.87d^3$	$0.34d^3$	39.54
3	90°, 60°, 90°	$0.87d^3$	$0.34d^3$	39.54
4	60°, 60°, 116°34'	$0.75d^3$	$0.24d^3$	30.19
5	60°, 90°, 120°	$0.71d^3$	$0.18d^3$	25.95
6	60°, 60°, 90°	$0.71d^3$	$0.18d^3$	25.95

§ 3.2 充填特性

充填の程度その他を知るにあたって、最密充填のように特種な充填状態にある場合は接触数とか空隙率などのような特性値を知ることができる。しかし容器の中に粉体を充填する場合などは容器の径と粒子の径の比率などにより、理想的充填状態になることはほとんどなからう。その様な場合に測定し得る特性値から充填の程度などを推定しなければならない。

(1) 接 触 数

充填粒子の接触数は充填物の毛管作用などによって重

要な特性値である。

W.O. Smith は等径粒子の場合に接触数 N と空隙率 θ の間に直線関係を仮定して単位体積あたりの接触数を次のように求めた。(Fig. 3-2)

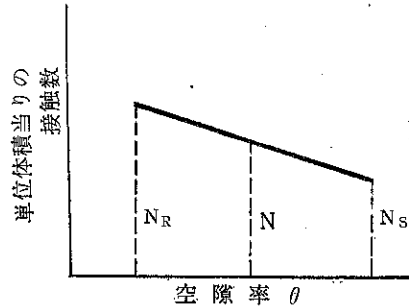


Fig. 3-3 空隙率と単位体積あたりの接触数との関係

$$\frac{N - N_S}{0.476 - \theta} = \frac{N_R - N_S}{0.476 - 0.259}$$

$$N = N_R \alpha + N_S (1 - \alpha)$$

$$\alpha = (0.476 - \theta) / 0.217$$

ここで N_R , N_S はそれぞれ最疎充填、最密充填における単位体積当りの粒子の接触数である。従つて

$$N_R = 6\sqrt{2}/d^3$$

$$N_S = 3/d^3$$

故に

$$N = 3(1 + 1.828\alpha)/d^3 \quad (3-1)$$

(2) 空 隙 (Voids)

充填層中固体で占められていない空間をいう。一口に空隙といつても

- 1) 層の一方から他方にまでつながった毛管型の空隙
- 2) 一方のみが開いている空隙
- 3) 全く層中にとじこめられた空隙

などがある。従つてこれらすべての空隙がいつもある現象にすべて関与するとは限らない。しかし一般に空隙率 (Porosity) とはこれらを一緒にして充填層中の空隙の割合を主に百分率で示したものを言い、これを用いる。すなわち

$$\begin{aligned} \mu &= \frac{(\text{粉体の占める容積}) - (\text{粉体のみの真の容積})}{(\text{粉体の占める容積})} \\ &= 1 - \frac{\text{見かけの密度} (\rho_a)}{\text{粉体粒子の真の密度} (\rho)} \end{aligned} \quad (3-2)$$

空隙率は粉体の充填状態により変化する。また粒度その他に影響されるが、そのことについては次の嵩さのところで簡単に触れる。

(3) 嵩 さ (Bulkiness)

見かけの密度の逆数を嵩さという。式であらわすと

$$\text{嵩さ} = \frac{1}{\rho_a} = \frac{1}{\rho(1-\theta)} \quad (3-3)$$

すなわち粉体単位重量当りの見かけの容積ということになり、空隙率より感覚的にわかりやすい特性値である。等径一成分粒子の場合、理論的には単位重量あたりの空隙率は粒径に無関係である。しかし現実の粉体は多成分系であり、粒度分布もあり、それを理論的に扱うことは不可能である。Raller (1930) は Anhydrite, Gypsum, Portland cement, Chrome-yellow について実験を行つたが、粒度の減少に従い、嵩さの増大することを見出した (Fig. 3-4 では空隙率を示してあるから、嵩さで示す場合はこの関係は逆になることに注意)。

この他に粒子の形状および粉体粒子間の相互作用の強さすなわち粒子の表面状態、吸着ならびに付着水分量なども影響する。これらの影響は容易に予想されるように、いずれも粒度の小さいところで顕著に現われる。

§ 3.3 二成分等径粒子の充填

§ 3.1 に記した充填様式は等径粒子を無限の拡がりのある容器に充填した場合のことで、極端に理想的な場合である。実際には容器と粒子径の比が無限大ということはいえませんが、比が20以上になると理想的な場合に近い状態になる。

二成分系の場合には容器と粒子径の比ばかりでなく、粗粒と微粒の径比も関係する。等径の粗粒 (径 D) と微粒 (径 d) とがあり、しかも粒径比がかなり大きい場合には Fig. 3-5 に示すような関係があることが Westman (1930) により明らかにされた。

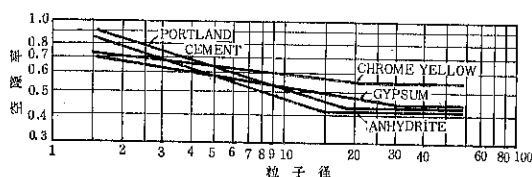


Fig. 3-4 粒子径と充填空隙率

Fig. 3-5 で ZX が粗粒の、 $Z'X'$ が微粒の充填容積を示している。重量を一定にとつてあるので、粒子の真の容積 $\bar{Y}X$, $\bar{Y}'X'$ は等しい。残り ZY , $Z'Y'$ がそれぞれ単独で充填した場合の空隙容積ということになる。このような2種の粒子を各割合で混合した場合の充填容積は ZPZ' で示されるように変化することが図に示されている。

いま粗粒が x 、微粒が $(1-x)$ である G 点の充填を考えてみよう。粗粒の充填の空隙は $\overline{AD}$ だけである。そこに充填容積 $\overline{EG}$ なる微粒を充填すると粗粒の空隙 $\overline{AD}$ の

うち $\overline{BD}$ ($\overline{EG} = \overline{BD}$) だけ微粒でうずめられ、さらに粗粒の空隙が $\overline{AB}$ だけ残る。この傾向は粗粒の空隙が丁度微粒によりうめられる点 P までつく。

P 点をすぎ、例えば粗粒が x' 、微粒が $(1-x')$ なる割合の G' においては粗粒による空隙は $\overline{A'D'}$ しかなく微粒の充填容積 $\overline{B'D'}$ ($=\overline{E'G'}$) をまかなうことはできず、実際の充填容積は $\overline{B'G'}$ となる。これは微粒の充填容積 $\overline{E'G'}$ 中に粗粒をばらまいたことになる。従つて $\overline{E'G'}$ の容積にさらに粗粒の実容積 $\overline{B'E'}$ ($=\overline{D'G'}$) が加わつたようになるわけである。

この図は先にも述べたようにあくまでも理想化された系についてのものである。実際には粗粒の割合の多少により粗粒自身の充填性も変化し、図にあるような直線関係ではなく、上に凸の曲線になるであらうし、また粒径比が1に近づくにつれて充填容積は ZAZ' からはずれて ZSZ' のような曲線となるなどはずれが当然予想される。

Furnas により実際に求められた粗粒、微粒いずれも単独で空隙0.5を持つ二成分系の充填の場合の空隙の変化を Fig. 3-6 に示す。

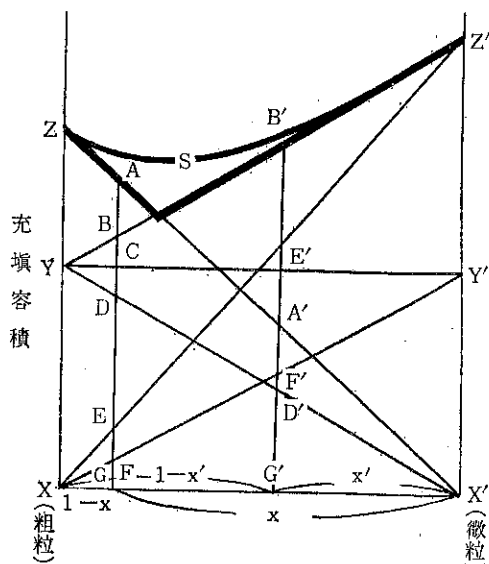


Fig. 3-5 二成分充填の組成と容積の関係

§ 3.4 多成分系等径粒子の充填

前節において理想的な二成分等径粒子の充填について考えたが、その場合にある混合割合の時に充填物の密度が最大になるところ (Fig. 3-5 の P) のあることがわかつた。多成分系においてもその割合により充填密度の変化することが予想される。しかしその場合の変化は複雑である。Furnas は混合充填物が最大密度を与えるような割合を求めることを行つた。これは前節の Westman

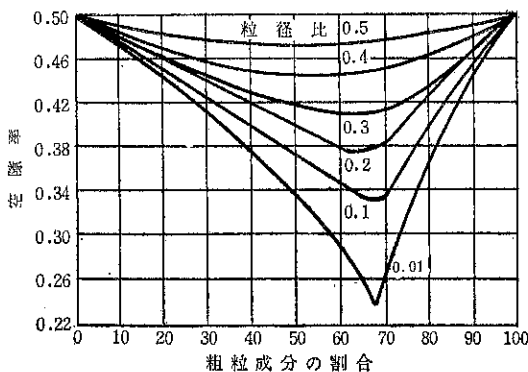


Fig. 3-6 単独でいずれも空隙0.5を有する二成分粒子の充填の際の充填空隙と粒子の混合割合の関係

の考え方と全く同じである。

まず二成分系から考えることにする。粗粒が充填しており、その空隙を ϑ_1 とする。その空隙に入ってしまうような微粒を全充填容積が変化しない程度に充填する。その微粒の空隙を ϑ_2 とする。

このような充填において unit cell あたりの粗粒の重量を W_1 とすると。

$$W_1 = (1 - \vartheta_1) \rho_1$$

同様に微粒の重量は

$$W_2 = \vartheta_1 (1 - \vartheta_2) \rho_2$$

ここで ρ_1, ρ_2 はそれぞれ粗粒、微粒の密度である。従つて粗粒のしめる割合は

$$\varphi_1 = \frac{W_1}{W_1 + W_2} = \frac{(1 - \vartheta_1) \rho_1}{(1 - \vartheta_1) \rho_1 + \vartheta_1 (1 - \vartheta_2) \rho_2} \quad (3-4)$$

三成分系の場合にこの考え方を拡張すると unit cell の重量は

$$\phi = \varphi_1 + (1 - \varphi_1) \left(\frac{1 - \vartheta_2}{\varphi_2} \right) \quad (3-5)$$

ここで

$$\varphi_1 = \frac{(1 - \vartheta_1) \rho_1}{(1 - \vartheta_1) \rho_1 + \vartheta_1 (1 - \vartheta_2) \rho_2} \quad (3-6)$$

$$\varphi_2 = \frac{(1 - \vartheta_2) \rho_2}{(1 - \vartheta_2) \rho_2 + \vartheta_2 (1 - \vartheta_3) \rho_3} \quad (3-7)$$

最密充填中の各成分の重量は

$$\text{成分 1} \dots \dots \dots \varphi_1$$

$$\text{成分 2} \dots \dots \dots 1 - \varphi_1$$

$$\text{成分 3} \dots \dots \dots (1 - \varphi_1) \left(\frac{1 - \vartheta_2}{\varphi_2} \right)$$

これらの値を ϕ で割ると充填物中での重量比が求められ、また見かけの密度で割ると容量比が求められる。

これらの式を説明する意味で実例により三成分系の場合の計算を示そう。

充填物の各成分は次のような特性値を有するものとす

る。

成分	粒径	空隙	密度
1	1.0	0.50	2.33
2	0.03	0.45	2.65
3	0.001	0.55	2.95

$$\varphi_1 = \frac{(1 - 0.50) \times 2.33}{(1 - 0.50) \times 2.33 + 0.50 (1 - 0.45) \times 2.65} = 0.62$$

$$\varphi_2 = \frac{(1 - 0.45) \times 2.33}{(1 - 0.45) \times 2.65 + 0.45 (1 - 0.55) \times 2.95} = 0.71$$

従つて全重量は (3-5) 式より

$$\phi = 0.62 + (1 - 0.62) + (1 - 0.62) \left(\frac{1 - 0.71}{0.71} \right) = 1.16$$

見かけの密度 = (1 - 空隙率) × (真の密度)

という関係があるから、

$$\text{成分 1 の見かけの密度} (1 - 0.50) \times 2.33 = 1.17$$

$$\text{" 2 " " } (1 - 0.45) \times 2.65 = 1.46$$

$$\text{" 3 " " } (1 - 0.55) \times 2.95 = 1.33$$

従つて全容積は

$$V = \frac{0.62}{1.17} + \frac{0.38}{1.46} + \frac{0.16}{1.33} = 0.91$$

各成分の容積比は

$$\text{成分 1} \dots \dots \dots 54.4\%$$

$$\text{" 2 " " " } 28.6$$

$$\text{" 3 " " " } 13.2$$

次に White と Walton (1937) の行つた幾何学的な考察について少し触れてみよう。彼等は径 d なる粒子がある充填様式 (たとえば最密充填) で充填してある場合にその空隙に順次小さい粒子をつめてその時の空隙の減少して行く様子を調べた。最密充填について簡単に見てみよう。

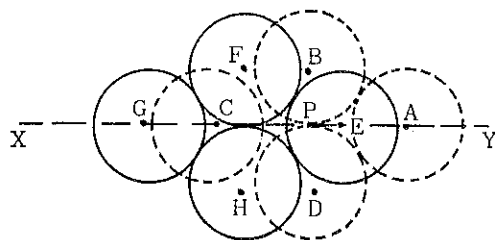


Fig. 3-7 最密充填 A~H は 8 個の粒子の中心、P は粒子 B と D の接点

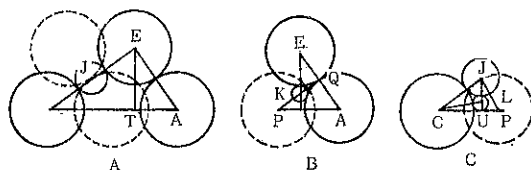


Fig. 3-8 (A) 第二粒子 (J) (B) 第三粒子 (K) (C) 第四粒子 (U) の位置と相対的粒度 (41頁へつづく)

ソ連における粉碎研究

粉体工学研究会

三 輪 茂 雄

1. ま え が き

最近、振動ミルの研究に関して、ソ連の文献が注目されているが、粉碎の基礎的研究の面でも、Андреев らの粉碎速度論的研究が着実に進められているようである。さきに筆者は、本誌 No. 7 において Андреев の著書の紹介を行なったが、ここでは、その粉碎能および粉碎能力に関する項の一部を紹介し、また、Разумов の閉回路粉碎の研究についても大要を述べることにする。

一般に、ソ連の研究は、従来、文献が入手しにくいことおよび、言語の困難さから、余り知られていないものが多いが、最近では、日本科学技術文献センターに相当入るようになり、手軽に入手でき、また、かなり時間を要する欠点はあるが、バックナンバーや著書のマイクロフィルムを、本国から送ってもらうこともできるようになった。

独特な体系と、方法論的な相違をもつ、ソ連の研究の全貌をとらえるには、まだ相当の努力が必要であるが今後、より多くの人々によって、注目され、研究されることが望まれる。

2. 閉回路粉碎における最適循環負荷の決定

Разумов, К. А. (ラズモフ)¹⁾ は、閉回路粉碎において循環負荷を増大させると、粉碎能力が増加するが、一方、粉碎自体および輸送コストが、それに伴って増大するので経済的な最適循環負荷が存在することを理論的に示した。

a) 前提条件

- (1) 粉碎エネルギー消費は新しく生成される表面積に比例する。(Rittinger の仮説)
- (2) 粉碎物の粒度分布は次式に従う

$$f(D) = y \cdot e^{-\left(\frac{D}{\bar{D}}\right)^n} \quad (1)$$

y : $\bar{D}$ より小さい粒子の割合

$\bar{D}$: 粒子サイズ

$\bar{D}, n$: 定数パラメータ

これは通過率で表わした Rosin, Rammler 式である。

- (3) ミルは理想的に動作する。すなわち、循環負荷

の大きさにかかわらず、ミルへのパルプ充填は一定に保たれる。

- (4) 分級器は現想的に動作する。すなわち、分離効率は 100% である。従つて、所要サイズに粉碎されたものは、粉碎産物となり、未粉碎サイズのもの、完全にミルへ戻される。

b) 循環負荷と産物の比表面積の関係

サイズ 0 ~ D なる粒子の比表面積は、次式で与えられる。

$$S_D = \frac{a \int_0^D \frac{df(D)}{D}}{y} \quad (a: \text{比例定数})$$

ミルから出たもの (mill out, 従つて分級器へのフィード) の中に含まれる粉碎産物 (所要サイズ以下のもの) の比表面積を S_0 , mill out 中の産物の割合を y_0 その最大サイズを D_0 とすると、

$$S_0 = \frac{a \int_0^{D_0} \frac{d(1 - e^{-\left(\frac{D}{\bar{D}}\right)^n})}{D}}{y_0}$$

$D/\bar{D} = x$ とおくと

$$S_0 = \frac{an}{\bar{D} \cdot y_0} \int_0^{D_0/\bar{D}} \frac{x^{n-2} - x^n}{e^x} dx \quad (2)$$

Fig 1 より

$$F = P = y_0 \cdot F (1 + Cl)$$

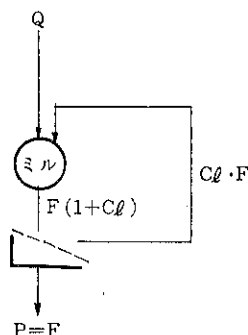


Fig. 1 閉回路粉碎の物質収支

これより

$$y_0 = \frac{1}{1+Cl} \quad (3)$$

一方

$$y_0 = 1 - e^{-(D_0/\bar{D})^n}$$

$\bar{D}$ について解いて

$$\bar{D} = \frac{D_0}{\left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n}} \quad (4)$$

(2)式に(3), (4)式を入れて

$$S_0 = \frac{an}{D_0} (1+Cl) \left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n} \times \int_0^{\left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n}} x^{n-2} e^{-x^n} dx$$

あるいは

$$F(Cl) = \int_0^{\left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n}} x^{n-2} e^{-x^n} dx \quad (5)$$

とにおいて

$$S_0 = \frac{an}{D_0} (1+Cl) \left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n} F(Cl) \quad (6)$$

この式は、比表面積と循環負荷 (Cl) との関係を示す式である。

e) 循環負荷とミル能力との関係

一方、次の関係が存在する、すなわちミルはチャージ量が変わっても、エネルギー入力は殆ど変わらず、はじめの前提条件から、任意の循環負荷で、単位時間に、一定の表面積増加を与える。さらに、粉碎物の最終表面積は、一般にフィードの何倍も大きいから、微粉碎過程にたいしては、表面積増加は、最終表面積にひとしいと考えても大きな誤りはない。換言すれば、任意の循環負荷にたいし、最終粉碎産物の全表面積は一定に保たれる。

すなわち

Q : ミル粉碎能力 ton/H (単位時間の産物量)

S₀ : 最終粉碎産物の比表面積

B : 分級器の分級細粉 (フルイなら網下, 分級サイクロンならオーバーフロー) の全表面積で、上述に従い定数。

$$QS_0 = B \quad (7)$$

これに(6)式を入れて

$$Q = \frac{B}{S_0} = \frac{BD_0}{an(1+Cl) \left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n} F(Cl)} \quad (8)$$

いま、循環負荷が Cl₁ のときのミル粉碎能力を Q₁ とすると、Cl₁ から Cl になるときのミル粉碎能力の変化

は、次式のミル能力係数 K で与えられる。

$$K = \frac{Q}{Q_1} = \frac{(1+Cl_1) \left(\ln \frac{1+Cl_1}{Cl_1}\right)^{1/n} F(Cl_1)}{(1+Cl) \left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n} F(Cl)} \quad \dots\dots\dots(9)$$

d) ミル能力係数の計算

n ≤ 1 なる場合 F(Cl₁)/F(Cl) = 1 (その理由は示していない)。したがって

$$K = \frac{(1+Cl_1) \left(\ln \frac{1+Cl_1}{Cl_1}\right)^{1/n}}{(1+Cl) \left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n}} \quad (10)$$

n < 1 の場合には Schuhmann の式を用いる

$$y = 1 - e^{-\left(\frac{D}{D_0}\right)^n} \approx \left(\frac{D}{D_0}\right)^n = x^n \quad (11)$$

よって

$$\begin{aligned} S_0 &= \frac{an}{D_0 y_0} \int_0^{D_0/\bar{D}} x^{n-2} dx \\ &= \frac{an}{D_0} (1+Cl) \left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n} \\ &\times \int_0^{\left(\ln \frac{1+Cl}{Cl}\right)^{1/n}} x^{n-2} dx \\ &= \frac{an}{D_0(n-1)} (1+Cl) \ln \frac{1+Cl}{Cl} \\ K &= \frac{Q}{Q_1} = \frac{(1+Cl_1) \ln \frac{1+Cl_1}{Cl_1}}{(1+Cl) \ln \frac{1+Cl}{Cl}} \quad (12) \end{aligned}$$

Table 1 K の正確な値と近似値の比較

Cl	(8)式による近似値	(9)式による正確な計算値		
		n=1.06	n=1.1	n=1.2
0.2	0.64	0.67	0.675	0.71
0.5	0.84	0.85	0.855	0.86
1.0	1.00	1.00	1.00	1.00
2.0	1.14	1.12	1.11	1.10
3.0	1.20	1.19	1.17	1.16
5.0	1.26	1.24	1.22	1.21
10.0	1.32	1.28	1.25	1.24
∞	1.386	1.34	1.32	1.30

Table 1 は、この近似式の誤りの評価のために示したものであるか、実用上、十分用いえることがわかる。

Cl₁ = 1 を基準にとると

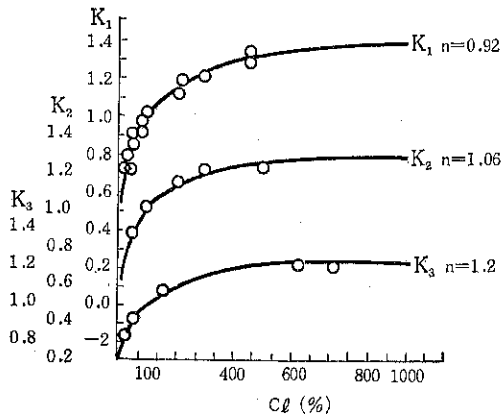


Fig. 2 Cl と K の関係

$$n \leq 1 \quad K = \frac{2 (\log 2)^{1/n}}{(1+Cl) \left(\log \frac{1+Cl}{Cl} \right)^{1/n}} \quad (13)$$

$$n > 1 \quad K = \frac{2 \log 2}{(1+Cl) \log \left(\frac{1+Cl}{Cl} \right)} \quad (14)$$

Fig. 2 は、 $n=0.97, 1.05, 1.2$ にたいする曲線で点は実測データである。

e) 最高循環負荷の決定

Fig. 2 から、Cl が大きくなるにつれ、粉碎能力は増加するが、増加の程度は著しく減少することがわかる。一方輸送装置の能力は比例的に増大するので、ある程度以上の Cl の増加は不利益になつてくる。

輸送能力増加の必要は $K \times Cl$ に比例し、ミル能力は K に比例する。したがって、ミル能力にたいする輸送能力増加の比は

$$\begin{aligned} d(KCl)/dK \\ = Cl + \frac{(1+Cl) \ln \frac{1+Cl}{Cl}}{\frac{1}{Cl} - \ln \frac{1+Cl}{Cl}} \end{aligned} \quad (15)$$

種々の Cl の値にたいする $d(KCl)/dK$ の値は下表のごとくである。

Tadle 2

Cl	0.5	1	2	3	5	10
$d(KCl)/dK$	2.3	5.5	14.8	28	66	237

この表から、Cl の増大にたいし、輸送量が、いかに急激に増大するかをみることができる。そこで、粉碎にたいするコストと、輸送コストの和が最小になる条件として、最適循環負荷を求める必要が生ずる。

粉碎の総コストは粉碎自体のコストと輸送費とから成

り、粉碎自体のコストはエネルギーおよび人件費から、實際上、Cl に関せず一定とみなしてよい。一方輸送に費されるエネルギーと、装置の磨耗（保守費）は Cl に比例する。

T: ミルの単位時間当りのコスト

q: 1 トン当りの輸送コスト

P: 1 トン当りの総粉碎コスト

Q: ミル粉碎能力、 Q_1 は $Cl=100\%$ のとき。

$$P = \frac{T}{Q} + \frac{q \cdot Cl \cdot Q}{Q} = \frac{T}{KQ_1} + qc \quad (16)$$

いま

$$\frac{T}{Q_1} / q = f \quad \text{とおいて}$$

$$P = \frac{T}{Q_1} \left(\frac{1}{K} + \frac{Cl}{f} \right)$$

したがって最適循環負荷は

$$\frac{dP}{dCl} = 0$$

あるいは

$$\frac{d \left(\frac{1}{K} + \frac{Cl}{f} \right)}{dCl} = 0$$

なる条件から求められる。

(14)式を入れて

$$\frac{\ln \left(\frac{1+Cl}{Cl} \right) - \frac{1}{Cl}}{2 \ln 2} + \frac{1}{f} = 0$$

$Cl \geq 1.5$ にたいし

$$\ln \frac{1+Cl}{Cl} \approx \frac{2}{1+2Cl}$$

とおけるから

$$\frac{2}{1+2Cl} - \frac{1}{Cl} + \frac{2 \ln 2}{f} = 0$$

Cl について解いて

$$\text{最適循環負荷 } Cl_{op} \approx 0.5 \sqrt{\frac{1}{4} + \frac{f}{\ln 2}} - 0.25 \quad (17)$$

あるいは

$$Cl_{op} \approx 0.6 \sqrt{f} - 0.25 \quad (18)$$

これが目的とする式である。この式から経済的に最適の循環負荷は 1 トン当りの粉碎自体のコストと、輸送コストの相互関係によつてきまることが理解される。

したがって、分級装置の位置が高い場合や、輸送装置が高価な場合は Cl は低くなければならないし、固い鉱石の微粉碎のように、粉碎自体のコストが支配的なときには、Cl を大にすべきであることが示される。

概算によると f は 10~100 の範囲が普通であつてこの場合の Cl_{op} は次表の如くである。

f	10	20	30	50	75	100
Cl _{op} %	165	245	305	400	495	575

3. 粉砕能の測定方法(グライндаビリティー)

選鉱関係では《Измельчаемость》, セメント関係では《Размалываемость》, 動力工業では《Размолоспособность》などとよばれ, 術語の相違がみられるが《Размалываемость》と呼ぶのがよいとされている。(以下では, 粉砕能と書くが, 被粉砕性, あるいは, グライндаビリティーと呼ぶ方がよいのかも知れない。)

а) 概 説

Трубицын は, 全ソ燃料研究所(ВТН)において1930年代に, 石炭の粉砕能の研究を完成した。この方法は磁製ミルで1時間粉砕後の4,900目/cm²のフルイ上残滓で示された。

選鉱関係では, メカノーブルおよびレニングラード鉱山研究所で多くの研究者により研究された, セメント工業では0.090mmフルイ上10%まで粉砕する粉砕時間を標準サンプルと比較する方法を用いた。Андреевは粉砕速度理論に基づく方法を発展させた。

このように多くの方法があるが, それは, 相互に独立に発展したために相違があるので, 統一される必要があるとのべている。

б) メカノーブル法

2つの方法がある。その1つは, 開回路, 他は閉回路粉砕に関するものである。

閉回路粉砕 Широкинскии と Тунцов が研究した方法で240mmφ, 190mm長, 74RPMのミルに25mm鋼球16kg, 鉱石0.8tを入れ固液比1:1で水を入れて粉砕する。一定時間間隔でサンプルを採取し, 0.60~0.075mmフルイ上残滓10%まで粉砕する条件におけるミル単位体積当り処理量 kg/H によつて粉砕能を表現する。

閉回路粉砕(粉砕時間一定) 一定量の鉱石を3分間粉砕し0.075mmフルイでフルイ分ける。フルイ下に等しい新フィードを追加し, 1:1の水を加へ, 同じ操作を繰返す。そして0.075mmフルイ下が一定になるまでつづけ, 最後の2回のフルイ下生成量をミル単位容積当りのkg/Hで表わす。

閉回路粉砕(循環負荷一定) 305×305mmミルで68.5 RPM, 19~37mmφボール285個で700cm³の砕料3.3mm下を充填して乾式粉砕する。粉砕時間は, 産物がミル中の全砕料の28.5%になるように試行錯誤によつて決める。これは循環負荷250%に相当する。粉砕能は0.60~0.075mmフルイ下の定常状態におけるミル1m³当り生成量 kg/H の値によつて表わす。

с) ЦКТИ法の石炭の粉砕能

この方法は, 風力分級器と閉回路で働く石炭粉砕ミルに関するもので130mmφ, 115mm長のミルで, 25,4mmφの磁製ボール870g, 44個, RPMにて粉砕する。気流乾燥した石炭の0.590~0.088mmフラクションを230cm³チャージし, 最初3~5分間粉砕する。砕料をとり出して0.088mmフルイでフルイ分け, 網下分だけ新しい砕料を補給し, 0.088mmフルイ下10%になるように, 粉砕時間を調節する。1分間当りの0.088mmフルイ下生成量ははじめの3~4回は変化するが, 後は一定となる。標準石炭の1分間当り0.088mmフルイ下生成量との比によつて, 粉砕能を表わす。

д) ВТИ法の石炭の粉砕能

270mmφ, 210mm長の磁製ミルに35~15mmの磁製ボールを8kg入れ, 41 RPMで粉砕する。2.36~3.33mmフラクションを500gチャージし15分間粉砕して0.088mmフルイ下をとる。これから0.088mmフルイ上残滓R%を求める。0.088mmフルイ上36.8%まで粉砕するに要する粉砕時間をt_aとすると, 次式が成立する。

$$R = 100 e^{-\left(\frac{t}{t_a}\right)^m} \quad (19)$$

この場合 t=15分, m=1.5

標準炭について同様にR_sを求めると, 次式によつて粉砕能係数が求められる。

$$K = \left(\frac{\ln \frac{100}{R}}{\ln \frac{100}{R_s}} \right)^{1/m} \quad (20)$$

この係数は, 0.088mmフルイ上36.8%まで粉砕するに要する粉砕時間の比を表わし, 従つて, 粉砕動力の比と考えられる。

е) Гипроцементの粉砕能

開回路の3~4段粉砕をモデル化したもので500mmφ, 280mm長の鋳鉄ミルを2つ連結したもので, 48RPMである。ボールは65~35mmφ鋼ボール55kgを用いる。フィードは丸目フルイで20mm~10mmに揃える。定期的にサンプルをとり0.200~0.09mmフルイでフルイ分けるか比表面積を測定し, 粉砕能は比エネルギー消費[KWh/ton]と粉砕粒度のグラフで表示する。とくに係数を用いていない。

ф) 粉砕能表示法についての考察

粉砕能は, 物質に関する特性値ではなく, したがつて物質の何らかの物理的定数によつて表現することはできない。粉砕能は, ミルの処理能力と動力の推定に用いるための工学的特性値であるから, 物質の物理的性質と同時に, 粉砕および分級条件と粉砕粒度を考慮に入れな

ればならない。そこで、実際の粉砕、分級条件に応じた測定法をとるべきである。また粒度を、フルイ上残滓で評価するか、比表面積で評価するかによつても、著しくちがつてくる。

また、工業ミルにおいて、砕料の硬さとサイズに応じた粉砕媒体の最適の組合せがあるように、粉砕能測定にさいしても砕料に応じた粉砕条件の変化も考える必要がある。

しかし、一般的注意として、粉砕能は比エネルギー消費〔KWH/ton〕によつて表示すべきであるとのべている。

4. ミルの粉砕能力計算 (BTH法)

ミルの粉砕能力 (処理能力) の計算法について、綜説し詳しい説明と、批判が加えてあるが、ここでは、その1つについて紹介する。

BTH法による石炭粉砕ミルの粉砕能力計算法

この方法は、風力分級器と閉回路で働くミルに関するもので、Ромадин が開発したものである。

ミルの粉砕能力は、モーターが消費する動力に正比例し、与えられた細かさまで粉砕するに要する比動力消費に逆比例する。

$$B = \frac{N_M}{\Theta_x}$$

B : ミル粉砕能力 [ton/H]

N_M : モーターの消費動力 [KW]

Θ_x : 石炭の比動力消費 [KWH/ton]

N_M はボールと砕料のスベリを考慮して計算する。

$2.87 \times 4.7m$ のミルについて

$$N_M = 30 + K_T \cdot 15G$$

G : ボールチャージ [ton]

K_T : 石炭の質の影響を考慮した係数で 0.9~1.05の間。

Θ_x は以下のように計算される。

$$\Theta_x = \frac{\Theta_a^s}{K} \cdot \Pi_B \cdot \Pi_f \cdot \Pi_p \cdot \Pi_r$$

Θ_a^s : 標準炭を 実験ミルで分級器なしで 0.088mm フルイ上 36.8 %まで粉砕する比動消費で 15.5KWH/ton

K : 前述20式の値

Π_B : 湿分補正で次式で求める

B_f : フィードの初期湿分%

B_p : 産物の湿分%

$$\Pi_B = \frac{100 - B_f}{100 - B_p}$$

Π_f : フィード粒度補正

R_5 : 5mmフルイ上%

$$\Pi_f = 1.23 - 0.145 \ln \frac{100}{R_5}$$

これは、実験ミルでは 3.33~2.36mm のフィードを粉砕するが、実際のミルではそれまでに補足的な動力を要するためである。

Π_p : 産物粒度補正

R : 効率 0.875 のサイクロンの 粒度を 0.088mm フルイ上%で示す

$$\Pi_p = \ln \frac{100}{R}$$

Π_r : セパレータ調節補正

R' : セパレータの扉全開のときのフルイ上%

R : 産物のフルイ上%

ν : 普通 2, で粒度特性によつてきまる。

$$\Pi_r = \left(\frac{\ln \frac{100}{R'}}{\ln \frac{100}{R}} \right)^{\frac{\nu-1}{\nu}}$$

ここに

$$R' = aV_\sigma$$

a : ミル型式、ボール量によつてきまり 12.2~18.5 の間

V_σ : ミル全断面とミルから出る空気温度によりきまるガス速度

以上をまとめて次式をうる

$$B = \frac{N_M}{\frac{15.5}{K} \cdot \frac{100 - B_f}{100 - B_p} \left(1.23 - 0.145 \ln \frac{100}{R_5} \right) \times \frac{1}{\sqrt{\ln \frac{100}{aV_\sigma}} \sqrt{\ln \frac{100}{R}}}$$

5. あとがき

蓋だ断片的な紹介になつたが、ソ連における研究の一端を、理詳する一助になれば幸いである。なお、最近 Андреев²⁾ は Kick, Rittinger, Bond の粉砕理論の解釈について、興味ある論文を発表しているが、関連文献を未だ整理していないので、別の機会に紹介したいと考えている。

文 献

- 1) Разумов, К.А. Гор. Жур [6] 29~35 (1949)
- 2) Андреев, С.Е. Гор. Жур [4] 66~70 (1962)
- 3) Андреев, С.Е., Товаров, В.В., Перов, В.А.

«Закономерности измельчения

Исчисление Характеристик

Гранулометрического Состава»

Металлургиздат

(1959)

欧州粉体機器のいろいろ

大阪市立大学

吉田 哲夫

昭和37年にヨーロッパでの化学装置展示会、たとえば Chem. & Petrol, Engg, Exhibition (ロンドン), Salon de la Chimie (フランス), Brno Fair (チェコスロキア) に出品されたものの内、粉体関係のものを拾いあげてここに概説しよう。ただし、この概説は主として British Chemical Engineering 誌の月号に掲載されたものをまとめ、その上極く最近メーカーより送られて来たニュースを加えたものである。

1. 粉体関係

(i) 超高速遠心ボールミル

(Gebrüder Netzsch Maschinen-fabrik)

これは Fig. 1 にしめすごとく Steatite や磁器あるいは鋼で作られた四つの壺から出来ており、これらが高速で回転する四つの枠の中に固定されている。壺の中には steatite, 硬く焼いた磁器, 高炭素鋼やタングステンカーバイドで作られたボールが入っている。このボールの運動は図にしめす如く、 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ と極めて速かにその位置をシフトするようになっている。このミルは極く硬い材料でも非常に短時間に粉砕することができるもので、全容量が 160 kilos あるいは 120 litres のものが製品として作られている。

(ii) 超微粉砕乾燥器 (Fluid Energy Processing & Equipment Co.)

いわゆるエナージェミルに drying action を加えたもので、操作には高圧のガスと低圧のガスとを必要とし、そ

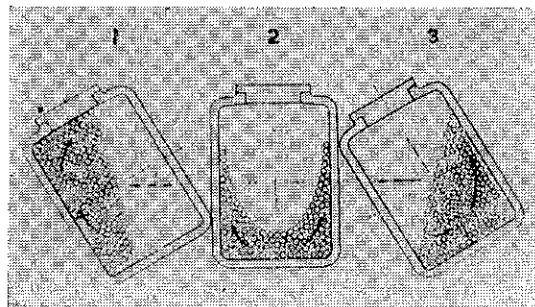


Fig. 1 超高速遠心ボールミル

の概略は Fig. 2 にしめされている。真空乾燥を必要とするような熱に弱い材料の乾燥粉砕や結晶の脱水などに使われる。

(iii) コロイドミル (Premier Colloid Mills Ltd.)

これは小型のミルであり、分散、超微粉砕、乳化化に使用されるものである。高価な材料に対する多能機があり、万能 research unit として売り出されている。この機械の特徴は磨砕面をカーボランダムで形成し、かつ水冷却装置をそなえ、より大きい負荷に耐えるようになっている。

(iv) 新しい粉砕媒体 (William Boulton Ltd.)

これは焼結シリコンで出来た一般に直径 $\frac{1}{8}$ 吋、長さ $\frac{3}{4}$ 吋の両端すこし丸味をおびた円棒である。化学的に不活性であり、そして工業用溶剤、アルカリ、酸（弗素系は除く）に対して耐腐蝕性である。またこれは高い耐磨耗性を有し、Podmore/Boulton の Vibro-Energy Mill や Ball Mill に使用されている。

(v) マイクロカッター — (A. Stephan & Söhne)

食肉を連続的にカットし乳化化しようとするもので、従来のすり潰し式

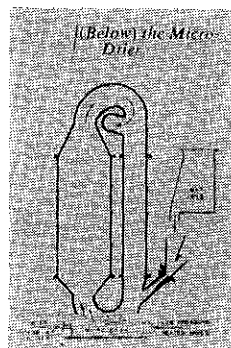


Fig. 2 超微粉砕乾燥器

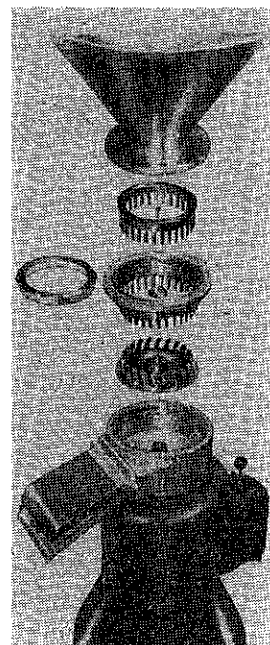


Fig. 3 Stephan の
マイクロカッター

のものより、より早く、より小さくカットできしかも熱の発生も少く脂肪が遊離するようなこともない。構造は Fig. 3 にしめされているように上方に取りはづし自在のホッパーがあり、モータは下の鋳鉄の台枠内におさまられている。Cutting tool は硬化特殊不銹鋼でつくられており、粗砕、微砕、超微砕の3クラスの刃を自由にとりかえることが出来る。能力は3 ton/hr で 40HP までのものが作られている。

2. 固体混合関係

(i) FrenkelのC-D (Convergence-Divergence)

連続混合機 (Frenkel C-D Co., Ltd. London, N. 16.)

従来の混合機概念を脱却した混合機であり、機械の本体は二つの円錐形の互に逆巻きのスクリューで出来ていてそれらはそれぞれ stator と rotor を構成するものである。材料の層は rotor から stator へ送られ、軸方向の流れと pumping 作用とでおこる渦流によつて混合作用がなされる。この装置は連続混合、担和、高剪断作業に使用され、熱交換、融解、溶解、反応の作用をかねさすことが出来、高粘度液、ペースト、スラリーの pumping をもおこなうことが可能である。

Fig. 4 に従つて操作を簡単に説明すると、材料は右側から供給され、回転スクリューに入り、固定スクリューが作用するところまで運ばれ、そこで層状に剥ぎとられ、いわゆる layer transport action がおこる (b 図)。次に渦の内側へ、また外側から内側へおきかえられる (c 図)。d 図は軸方向に流れる変化と Frenkel C-D screw のポンプ作用を示し、一方 e 図は起りつつある作用の合成をしめしている。

a 図のような装置の一つの変形として f 図にしめすようなスクリューをも設計することができ高剪断作業に使用する。

作業容量 1~10,000 ft³/hr の軽負荷から中負荷までのものを一般に作り、平均見掛粘度が 1 C. P. ~ 50,000 ポイズのものを取扱うことができる。又重負荷シリーズの機械も作られている。

(ii) Air Mixing (Wm. Gardner & Sons Gloucester Ltd.)

混合槽に圧縮空気はある時間間隔に入れて粉体を攪拌混合しようとするものである。すなわち八個の Air blast が各々 2 秒間それぞれ 1 秒間隔に作動し、粉体に渦巻きをあたえるようにして均一混合が 24 秒間で終了する。出品されているものは 10ft³ の容量のもので簡単な pneumatic feed を持ったものであつたが、他に簡単な hopper feed をもつた 2ft³ のものも作られている。

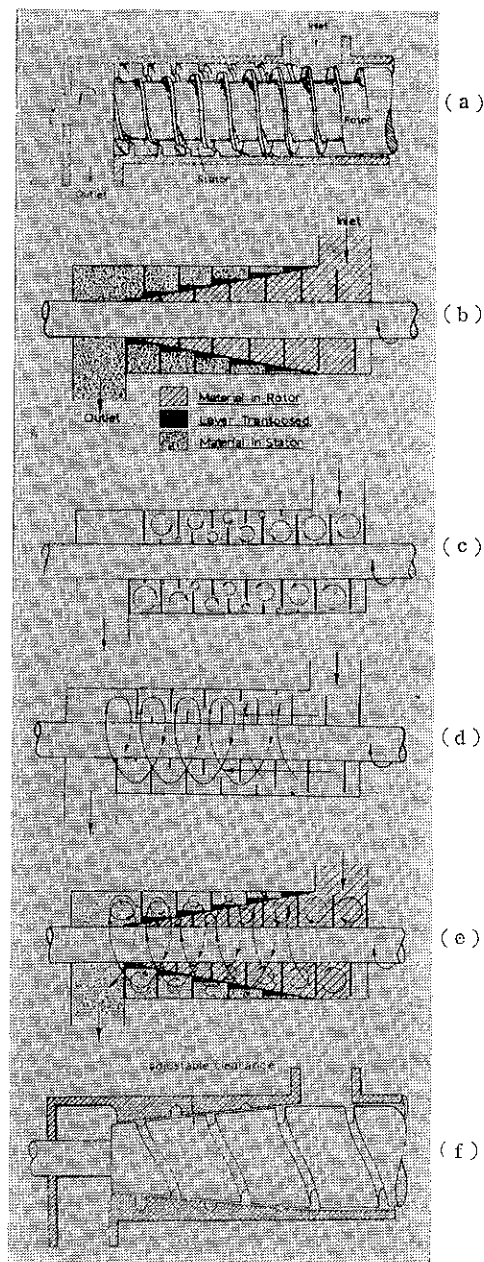


Fig. 4 Frenkel の連続混合機

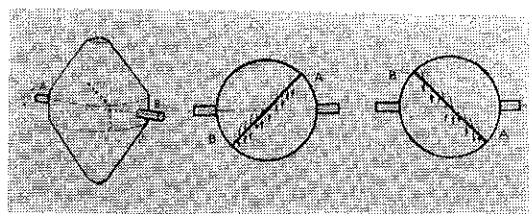


Fig. 5 Delfetor つき二重円錐混合機

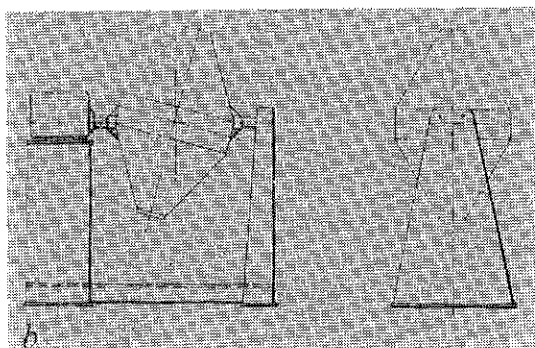


Fig. 6 傾斜回転軸二重円錐混合機

(iii) Deflector つき二重円錐混合機 (Wm. Gardner & Sons)

Fig. 5 の左側の図は中心部をよぎつて取り付けられた deflector plate をしめしている、これはまた中央の図でわかるように回転軸に対してある角度でとりつけられている。またこの図と右の図とでそれぞれ 90° まわした時の材料の動きをしめしている。結局全容器を通じて横方向の displacement が得られるようにしてある。

(iv) 攪拌棒つき Y-Cone 混合機

(Apex Construction Ltd.)

攪拌棒は主として粒子の "balling-up" 造粒化を防ぎフロックを砕く作用をなす。またこれは粒度分布の大きく異つた材料を混合する場合に有効であり、その上固体混合物に水を分散させるためにも役立つ。

(V) リボン混合機の遠隔操作

(Winkworth Machinery Ltd.)

U字型の樋の上に二つのそれぞれ独立した feed hopper があり、供給されるべき材料の比率を要求に応じてスイッチ盤より操作できるようになっている。供給作業は 20~30 秒以内にでき、そして材料排出の rate も又制御できるようになっていて、それが 30 秒から 60 秒の間に換えられる。

(vi) 二重円錐混合機の傾斜軸運転

(Gebrüder Netzsch Maschinenfabrik)

Fig. 6 にしめすような傾斜回転軸をもつたミキサーを回転すると材料はスパイル運動を行う、約 15° の傾斜が一番良い結果をあたえるようであり、30~1,000 liter の容量のもので七つの既製品が用意されている。

(viii) Karohr 混合機 (Gebrüder Netzsch Maschinenfabrik)

これは結晶粒体の混合や混合すべき材料に量の上あであるいは比重の上で大きな開きがあるときの混合に使用されて効力を発揮するもので、材料はこの混合機の中で矢張りスパイル運動をするようになっている。(Fig. 7)

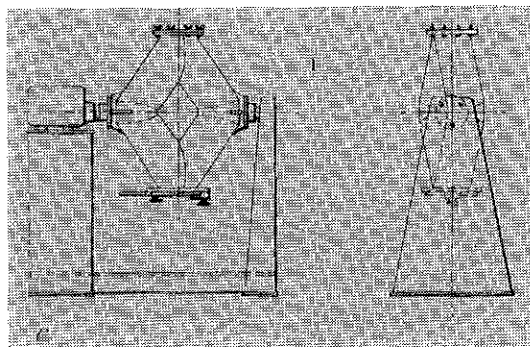


Fig. 7 Karohr 混合機

3. 分離関係

(i) 振動篩い (Boulton & Seperator) (William Boulton Ltd.)

篩いに旋動運動 (Gyratory motion) を使用したもので従来のもよりも一層細粒の範囲において湿式にも乾式にも効率よく screening できるものであり、この装置を使つてある製塩会社は粒度の揃つた塩を作り、かつ単位面積あたりの out put を 3 倍ならしめ、production rate を 2 倍たらしめたと報告している。また他の化学会社は炭化カリウムの結晶を screening するのにこの装置を使つて 5 年間一度も screen cloth を変えたことがなかつたと報告している。

振動はモータ軸の上端と下端につけられた二つの偏心錘によつておこり、上端につけられた錘による振動は水平方向の運動であり材料を screen を通つて周辺へ移動さし、一方下端錘は機械をつき上げるような作用をあたえ、このために垂直面と水平面に振動がおこる。全体として螺旋状の篩運動が形成されるようになる。かつ運動の調整は上部錘に対向して下部錘にあたえる先導角をかけることによつておこなわれる。

(ii) Semi-solid 脱水プレス (G & J. Weir Ltd.)

圧縮空気によつて自動的に操作される連続圧濾過機であり、粒状、繊維状、フレーク状のしめつた材料から水を搾り出す作用をなすものである。構造は Fig. 8 にしめすごとく、二つの押板 A, A₁ と圧力ベロ B があり、このベロ B が上部の押板に吊上げられちぢまつている時に二つの電動チェーンで駆動される濾布 E, E₁ が材料を押板の下におくりこむ、次にベロ B に圧縮空気を入れて材料に圧搾作用をあたえると同時に sealing frame F が自動的に四つの空気シリンダー G, G₁ によつて下り材料を両端よりおさえる。この様にして圧縮期間、材料送入期間と、ある時間間隔に次ぎ次ぎとサイクリックに濾過がおこなわれる。

(iii) 改良型ベンチュリースクラバー (Newton Chambers & Co., Ltd.)

酸素製鋼転炉からの粉塵やヒュームを含んだガスは時間的にその量が変わるので、ベンチュリーがそれに追従して常に最高の能率を出すように工夫したもので、清浄ガス中の残留ダクト濃度が常に 0.046gr/m^3 以下になるようである。

(iv) ミストフィルター (Nordac Ltd.)

これはすでに紹介されたものであるが(例えば化学工学26巻, 11号集塵レビュー), フィルターにテリレンファイバーを使うと、ミストはファイバーの上に独立滴粒の形になって捕集され、自然滴下して self-draining するので一定圧力降下のもとで運転でき、しかも建設費がやすい、このフィルターの応用面は硫酸系ミスト、有機酸ミストなどであり、この外に酸化ナトリウムや塩化アンモンのヒュームの捕集にも工業的に使えたと称している。

(V) 湿式遠心集塵器 (Techno-export)

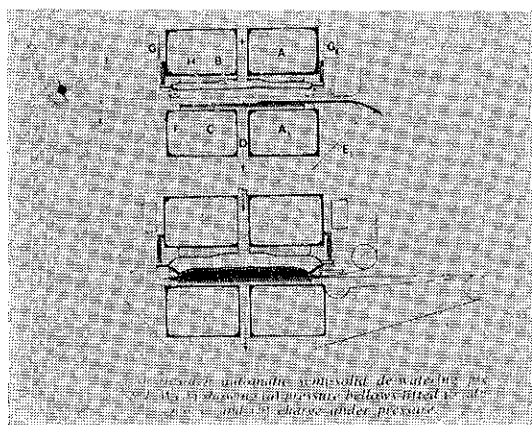


Fig. 8 自動脱水プレス

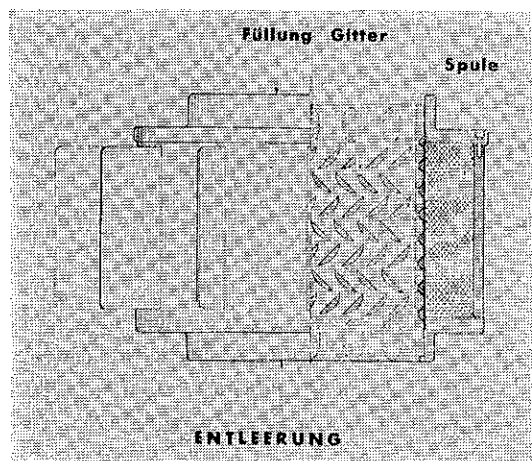


Fig. 9 マグネットフィルター

幾本かの内径 150mm の堅型チューブの中に水をフィルム状に流し、ガスを下から上に流す。チューブの入口につけられた羽根の作用によつて swirling motion をガスにあたえ、その結果含有された固体粒子は水フィルムの上に投げ出されて捕集されスラリー滴となつてチューブの下から遠心的に飛散する。これを装置の下方にとりつけられたサイクロンで捕捉する。

(Vi) 改良型サイクロン (Ambuco Ltd.)

サイクロンの頂部に特殊な "Shave-off port" をつけたもので頂部でおこる natural turbulence をこれによつて防止し、捕集効率を増加しようとしたものである。

(Vii) バグフィルターの振り動し装置 (French Concern PIC)

バグがゴムローを介して集塵器の枠に吊り下げられ

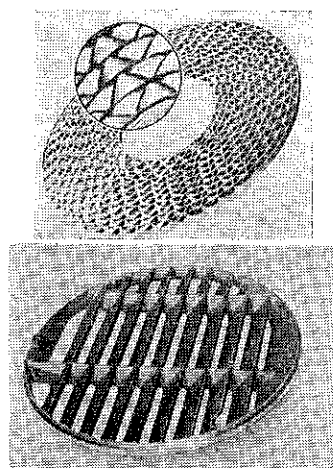


Fig. 10 マグネットフィルターの濾過体
a 液体用
b 乾燥固体粒子用

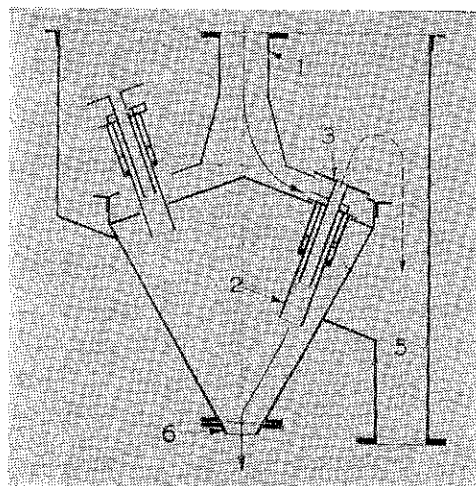


Fig. 11 液体マルチクロン

ていて、低圧縮空気の脈動作用によつてペローを伸縮させてバクを振り動すようにしたものである。

(VIII) マグネトフィルタ (Nerzsch 社)

Fig. 9 にしめすように濾過体フィルターの周囲にマグネチックコイルが取り付けられているものであり、液に対しては濾体は Fig. 10 (a) のような薄板の集合からできていてこれが多数の傾斜面を形成し拡大な濾過面をあたえ、圧損を小ならしめ、粘稠液でも過大な圧損なしに取扱える。また Fig. 10 (b) は dry type のもので多数の平板を傾斜して取り付け、格子状の tray を形成している。これは粉粒体を取り扱うようになっている。捕集された鉄分を排出する時には電気を断ち、濾体に機械的振動をあたえる。1時間に 28m³ の粉粒体を取扱う容量のものまで作られている。

(IX) 液体マルチクロン (PIC 社)

これは 25mmφ までの粒子を取扱い、スラリー中の粒子の分離に適用される。Fig. 11 にしめされているごとく、タンクに脱着可能なようにサイクロンエレメントが

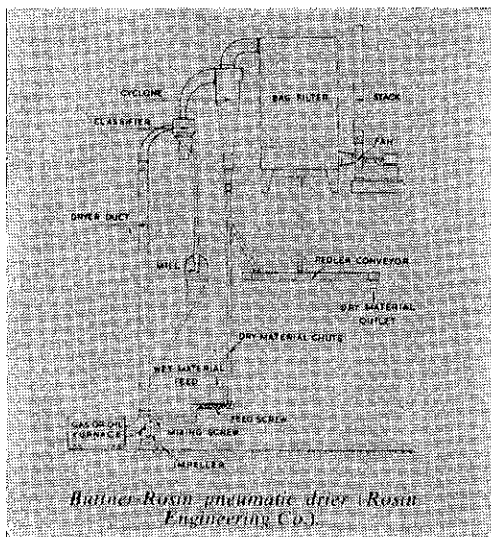


Fig. 12 Buttner-Rosin 気流乾燥器

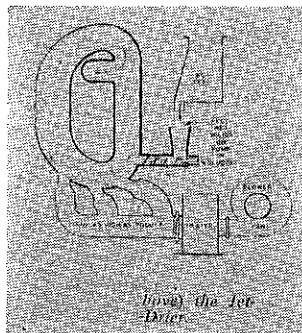


Fig. 13 Je-O-Orier

挿入されている。スラリーに 1 より入りそれぞれのサイクロンに行き、軽い部分は 3 より over flow し、5 に集つて放出され、重い部分はタンクの円錐部に集合し、6 の処に取りつけられたオリフィスを通じて排出される。このオリフィスを絞る

ことによつて分離性能を制御する。

4. その他

(i) Buttner-Rosin 気流乾燥器 (Rosin Engg. Co., Ltd.)

Rosin 社のスタンドにモデルとして展示されたもののフロシートは Fig. 12 にしめすようなものである。すなわちペーストを feeder にかける時にはサイクロン下からの powder の一部を混入してスクリューにペーストが Coating するのを防いでいる点、それから、デスインラグレーターに入る前にスクリュー混合機をつけていること、ならびに分級器と粉碎機を line 組み入れている点などは注目に値するものと思われる。

(ii) Jet-O-Drier (Fluid Energy Processing & Equipment Co.)

これは Jet-O-Mizer 粉碎機の乾燥器への変形であり、高能率を持つ、連続低圧気流乾燥器 (Flash-dryer) である。最高 2,000°F までの低圧力の空気あるいはガスを乾燥媒体として使い、70% 水分までの材料を乾燥させることができる (Fig. 13 参照)

(iii) 流動技術を使った排出装置 (Mono Pump Ltd.)

粉体を槽やホッパーから排出するのに流動化技術を使ったもので、この装置は粉体の集合を防ぐためによけいの力を加えることなく、また余分の空気を使用することなく、粉体に作用する重力にスムーズに従うようになっている。fluidizing panel は rigid にも、flexible にも作られ、そしてこれは空気を分配するための小孔を持つ特殊な滑な透気材料からできている。Panel の下には空気室がおかれている。

(iv) Powder Moyno Pump (Robbins & Myers, Inc.)

このポンプの主たる特徴は乾燥粉体を少量の空気の注入で輸送できることである。空気の量は材料に対して重量で 1/200 程度であることはそう珍しいことではない、空気を入れる目的はポンプで押し出された材料をパイプラインを通じて blow することではなくて、材料を fluidized の状態におき摩擦を減少させることにある、またパイプが短い場合や、揚程がすくない場合にはある特定の材料にかぎつて空気の注入なしで輸送できる。

一式の構造は Fig. 14 にしめされていることである。小容量のコンプレッサーで空気を注入する個処は ①ポンプへの粉体供給装置 (fluidizing hopper), ②ポンプの fluidizing Chamber, ③ポンプ排出端の三個処である。②に注入される空気によつて材料を rotor-Stator 室へおくり込み、かつ③からの空気によつ

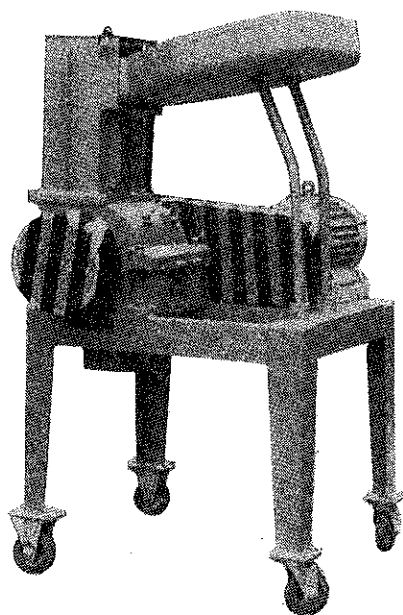
(11頁へ続く)

プラスチックの粉碎

(ミクロンニューカッターミルによる粉碎試験)

細川鉄工所研究部長

工 博 松 山 卓 蔵



1 プラスチックの粉碎概論

最近のプラスチックの進歩は真に目ざましく、日常生活のすみずみにまで浸透している。また多種プラスチックが次々と工業化され、応用分野は拡大の一途であり正に *Plastics age* の開幕といえよう。プラスチック工業の隆盛に伴い、プラスチックの粉碎が各分野より要求されるのは当然である。プラスチックメーカーはより強靱な、より安定なプラスチックの開発に努め、粉碎機メーカーはそれをこなす粉碎機の開発に努力し、プラスチックが勝つか、粉碎技術が勝つか、新時代の生んだ競争である。現状では概して、粉碎機のほうが歩が悪く、粉碎不可能の品種、粒度範囲、または工業的に採算に乗らないといった例が往々にしてあり、これは一面粉碎機に開拓すべき新分野が開けたともいえよう。

1-1 熱硬化性樹脂原料の微粉碎

▶フェノール樹脂 ④成形材料用フェノール樹脂：原

料は普通ロールによりシート状として取出され、これを室温まで冷却すれば脆くなる。まずハンマークラッシャーによる 30～3 mm までの粗砕、次にパルペライザーでの微粉碎で 40～200 meshを得る。融点、軟化点は低いとはいえ、粒度分布は極端に厳密でないのさほどの問題はない。⑤バインダー用フェノール樹脂粉末：研削砥石またはシェルモールド鑄型バインダーとしてのフェノール樹脂は、粒度+200 mesh 痕跡-250 mesh 95%以上の微粉末を求め、かつ軟化点は約 90℃で強く強い吸湿性をもつので、粉碎後、パルペライザーにミクロンセパレーターを用いて closed circuit により粉碎分級する。これは粉碎機内の 碎料通過を最小時間として衝撃熱、摩擦熱の発生を極力抑え、発熱が無視小の分級機ミクロンセパレーターで所要粒度に達したもののみを分別する。微粉になるほど吸湿性が烈しくなるので air conditioning された冷風を粉碎系に導入することが必要である。

▶ユリア樹脂、メラミン樹脂：ユリア樹脂は尿素ホルマリン縮合液をパルプに含浸させ、後乾燥し、続いて粉碎の工程に至るが、一般に回分式 (batch operation) の磁製材ライニングをもつボールミルで、顔料、離型剤を加えて 10～30 hr 粉碎して平均 200 mesh を得ると共に顔料の混合を行なう。各色別にボールミルを要するので数十～数百台の 10HP ボールミルを常に準備する必要があるのがこの業界の悩みであつた。当社では大型のボールミル (30～100 HP) にミクロンセパレーターを closed circuit して、ユリアの連続粉碎プラントを工業化した。この連続粉碎系の能力は回分式に比べて、十数倍になることを確認している。ミルの粉碎発熱を抑えて 40℃以下に保つ必要があり、また吸湿性の点からも冷却減湿空気が必須である。

熱硬化樹脂のことだから、顔料その他添加剤の完全混合に、まだ改良の余地が残っている。この分野で衝撃粉碎機パルペライザーを微粉碎用に用いることができれば理想的であるが、発熱、見掛け比重などの関係で一次粗砕

はともかく、微粉碎にはまだ実用的でない。

1-2 熱可塑性樹脂ポリマーの解砕

たとえば、乳重合して得られたPVCポリマーをゆ過、乾燥後、凝集体をもとの一次粒子にまで解砕 (disintegration) するだけで粉砕 (pulverization) ではない。

粉碎機として、pulverizer またはスーパーミクロンミルが用いられており、たいして問題はない。またフラッシュドライヤーで乾燥粉碎を一工程で行なうことが標準である。

1-3 熱可塑性樹脂の造粒

Table 1 プラスチック粉末の使用粒度

	使用粉末粒度	用途	樹脂名
1) 粉末熔射法, ディスパージョン法	max 40~60 mesh ave 100 mesh	化学機器, 耐食ライニング	ポリエチレン, ポリプロピレン, PVC 四弗化エチレン, ナイロン, エポキシ
2) 流動浸漬塗装法	max 40~60 mesh ave 100 mesh	金網などの表面の耐食, 化粧ライニング	ポリエチレン, PVCポリカーボネート エポキシ, 酢酸繊維素, ナイロン
3) 粉末成形法	max 20~30 mesh ave 60 mesh	大型成形品, 回転成型品	主として, ポリエチレン

Table 2 プラスチックス粉碎

原 料 名	塩 化 ビ ニ ル			ア ク リ ル		中 圧 ポ リ エ テ レ ン				高 圧 ポ リ エ テ レ ン			ポ リ プ ロ							
	①軟質パイプ	②スポンジ	③硬質塩ビスクラップ	④アクリルスクラップ	⑤インジエクションスクラップ	⑥ブローンスクラップ	⑦フィルム	⑧ブローンスクラップ	⑨チューブスクラップ	⑩インジエクションスクラップ	⑪フィルムスクラップ	⑫繊維								
スクリーン%φ	4	2	1.5	2	4	2	2	4	2	4	2	4	4	2	4	4	2			
クレアランス%	0.03	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	0.03	"	"	"	"	"			
回 転 数 rpm	690	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	690	"	"	"	"	"			
空転電流 Amp	4.8	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.8	"	"	"	"	"			
運転電流 Amp	5~10	10~14	6~8	8~14	5~7	"	5~6.5	4.5~6	5~10	5~5.8	6~7.5	5~15	5~6	"	5~10	"	5~12			
時間当り粉碎量 kg/hr	12.3	28.8	24	248	101	39.6	6.6	6.75	16.7	34.3	24.8	42.1	16.4	29.2	12.2	11.5	73.7			
製品温度 °C	32	34	34	39	29	38	32	28	34	27	29	29.0	31	—	23.5	26.5	28			
気温°C(湿度)%	17 (79)	27 (59)	27 (59)	25.5 (71)	22 (81)	25.5 (71)	25.5 (71)	25 (86)	26 (71)	23 (81)	21 (76)	18.5 (89)	20 (81)	— (—)	16.5 (88)	17 (89)	17.5 (89)			
型 品 粒 度 (%)	+6mesh							0.5		0.5							顕微鏡測定			
	6~8	10.5			24			33		7.5		19.4		2	14.5		28.3			
	8~12	75	2		10	51	4.5	5	53	2.1	54	69.4	1	5	68.5	3.6	47.1			
	12~16	10.6	72	3	44	10.5	48	60	9	63.6	23.5	1	8.6	8.5	20.5	10.8	52.7			
	16~24	2.3	18	14	20	5	21.5	23.5	2.5	24.5	10.5	31.5	2.6	26	28	3.7	31.6			
	24~32	1.4	4	28	9	3	9.5	6.7	1	7.5	2.5	46		30	18	2.5	9.4			
	32~40		2	28	6	2	4.5	2.3	1	2.1	1.5	16		17	10		2.7			
40~50		2	19	4	1.5	3.5	2.5					3		10	4		1.1			
-50mesh			8	7	3	8.5						2.5		7.5	2.5					
原料の大きさ	外径 34.5% 内径 29% 長さ 300	" " " "	50× 150 ×20	70φ ×5t 10φ ×70	6%φ ×100	" " " "	100 ×50 ×3~2	" " " "	150 ×120 ×1~ 3t	厚さ 0.01 ~0.18 長さ 帯状	" " " "	原料 200 ×120 ×30 長さ 帯状	厚さ 0.07% 長さ 帯状	" " " "	110 ×240 ×2	" " " "	90 ×150 ×30	太さ 50μ	" "	
吸引ファンの有無	ナシ	アリ	アリ	ナシ	アリ	アリ	ナシ	ナシ	ナシ	アリ	アリ	ナシ	アリ	アリ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	アリ	アリ
備 考	原料が 大きい ので投 入の時 電流不 安定	"	原料 150に 切り投 入する	成形ス クラッ プ	成形ゲ ートス クラッ プ	"				長さ 0.5~1 mに切 り投入 する	"	投入の 時電流 不安定								

脚註 * テストは粉碎製品の微細化性能を知るためのテストで、最大粉碎容量については後日報告したい。

たとえば、PVCは白色粉末であるが、これに可塑剤、安定剤、離型剤、着色剤、充填剤などが配合される。これら成分は先づりポンプレンダーなどで予備混合し、次にミキシングロール、パンバリミキサー、コンパウンディング・エクストルーダー等で混練、ゲル化し、次に造粒機にかける。造粒機はチョッパー、グラニューレーター、ペレタイザー、ダイシングマシンなどあるが、いずれも回転刃と固定刃の間で、剪断粉碎をなす。数mm程度の均一な形状と大きさを得ることが肝要である。またしばしば材料の種類、色かえをなすので機械内部の清掃を容易に行なえることが必要である。機械構造は後述のカッターミルに類似する。

1-4 熱可塑性樹脂成形スクラップの粉碎

熱可塑性樹脂の成形には不良品や成形品のスプルー、ランナー、ゲート等の再生使用すべきスクラップの割合が使用材料の50%にも達することがある。このスクラップを再生使用するためには先づスクラップの粉碎が必要である。本稿の内容も主に、スクラップ再生粉碎に集中している。将来には成形機1台にスクラップ用カッターミル1台が理想とされる程である。射出成形機が年間1,000~1,500台新設されることよりその分野でのスクラップ粉碎用カッターミルの伸びは大きい。

1-5 熱可塑性プラスチックの微粉碎

プラスチック粉末を用い ①金属表面に耐食ライニング ②金属面への流動浸漬塗装 ③カベットのバックニング ④粉末成形 ⑤不織布 など従来のプラスチックの

テ ス ト (細川ニューカッターミル)

ビ レ ン			変 性 ナ イ ロ ン				ナ イ ロ ン				発泡ポリスチロール			ポリアセ ダール	②ポリカー ボネイト	
⑬ フィルム			⑭変性ナイ ロン成形大		⑭変性ナイロ ン成形小		⑮ナイロン織布		⑮ナイロン長繊維		⑯スチレン ペーパー		⑯成形品	⑯スクラ ップ	フィルム	⑯イン ジェク ション スクラ ップ
4	2	2	4	2	2	1	4	2	2	4	2	4	2	3	2	4
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	0.03	0.03
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	69.0	690
"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	"	4.3	4.5
5.8	6~10	6~11	6~8	7~9	6~7	6~8	5~10	4.8~9	10~15	8~13	5~8	5~5.5	5~6	6~7.5	10~15	10
10.9	12.85	21.8	26.6	5.75	6.0	2.66	23.2	13.3	14.75	18.2	20.5	29.2	5.45	80	42.6	18
—	39	35	40.5	42	36	27	27	31	34	32	30	30	29	—	33	47°
—	22.5 (81)	25 (64)	22 (77)	"	21.5 (80.5)	18 (79.5)	20.5 (69)	20.5 (64)	21 (65)	21 (68)	25 (86)	—	25 (86)	23 (66)	—	28°
			11.3									6		0.3		5.6
49.1			84.4	1.7	1.5						0.5	58	13.3	43.2		68.0
31.2	13.4	46	3.1	54	44.6		太さ小 16.7μ 太さ大 37.5μ	太さ "	太さ 18.7μ	太さ "	31	18.5	55	26.5	14.1	4.4
12.1	46.6	39	0.7	33	34	2.3	最短 0.3%	最短 0.2%	最短 0.2%	最短 0.18%	46	9	19.1	8.3	46.4	2.8
4.6	26.7	11	0.2	6.3	11.5	70	最長 2.5%	最長 2.1%	最長 3%	最長 3.3%	24.5	4	9.1	8.3	26.3	0.8
1.1	7.5	4	0.3	2	3.2	18	平均長 2%	平均長 1.6%	平均長 1%	平均長 1.2%	4	2	1.8	4	8.2	1.6
0.6	3.7			1	1.9	5					4	2.5	1.7	4.5	3.5	
1.3	2.1			2	3.3	4.7								4.9	1.5	
100× 200× 2%~ 0.6%	"	100× 200× 2%~ 0.6%	10× 20□ 不規則	"	3%□~ 5%□ 不規則	"	太さ 15.7μ	"	太さ 18.7μ	"	巾 660 潰潰状	"	600×600 ×300	100×150 ×1.5 不規則	厚さ0.11 ~0.32	10×10 ×200
ナシ	ナシ	アリ	ナシ	ナシ	ナシ	ナシ	ア リ	アリ	アリ	アリ	アリ	アリ	アリ	ナシ	ナシ	ナシ
							製品綿状になる	"	"	"			原料大き いため 150×100 ×50角に て投入す る			

使用法とは異つたプラスチック粉末の分野が拡大されつつある。ポリエチレン、ポリプロピレン、PVCポリカーボネート、ナイロン、エポキシ、4 弗化エチレンなどがその対象となる。プラスチック粉末は原料ポリマーの製造工程において、粉末状として得られる場合には、最も問題は単純で、希望とする粒度を分級操作で得ればよい。たとえば低圧ポリエチレン、ポリプロピレン、PVC、ポリカーボネートがそうである。フレークまたは塊状でポリマーが得られる時、顔料その他と混合する時には機械的粉砕が必要である。先ずその粉末粒度であるが、およそ Table 1 のようである。

より微細なプラスチック粉末ができればその応用面もまた拡大されるが、現状では Table 1 にて示されるように 60~100 mesh 平均の粉末プラスチックが望まれる。粉砕法としてたとえばポリエチレンについて述べれば、アメリカ、西ドイツでは液体窒素による深冷粉砕法を行なっている工場がある。一般にプラスチックは -50°C 以下で低温脆性を呈し、衝撃粉砕機で容易に粉砕しうるのであるが、樹脂 1 kg に液体窒素 2 kg を必要とし、余程安価に大量の液体窒素が入手できないと、粉砕加工費が高くつく。次に溶媒法粉砕はわが国でも数社行なっており、トリクレンなどの溶媒にポリエチレンを浸漬し、軟化させてから粉砕、脱収するが、工程の複雑、溶剤の回収などより合理化の余地が少なく、コストダウンに限界があると想像される。

プラスチックの微粉末を作るには、溶媒法は機械法の及ばない細さにまで粉砕でき、粉末形状も機械法の不定形に比べて球に近い特長がある。機械粉砕法は最も合理的であり、設備費、運転費が安い。この分野ではドイツの Pallmanmill (流動浸漬用、粉末成形用) アメリカの PMC 社の開発によるホソカワマイクロ・パルペライザー S 型 (粉末成形用) が市販される。わが国では細川粉化工業などが独自のポリエチレン粉砕機を開拓している。何れも 1 馬力当たり 1 kg/hr 程度の粉砕能力なのでミルの発熱は著しい。これは樹脂独特の柔軟性、靱性があるので、一般の化学薬品、天然鉱物のように、衝撃力、摩擦力が砕料の破壊限度にまで達せず、大部分の力が材料の塑性変性の繰り返し、即ち熱となつて無効に散逸するためである。砂糖、食塩、石灰石を 100 mesh 平均に粉砕するのに 1 HP/ 当たり数百 kg の能力をもつと比べて、樹脂の微粉砕の困難さが想像されよう。

今回細川鉄工所で新製品として発売した、ミクロンニューカッターミルは、プラスチックの再生、その他低融点、軟質、靱性物質の粉砕に用途が多いのでここにその試験データの一部を報告する。

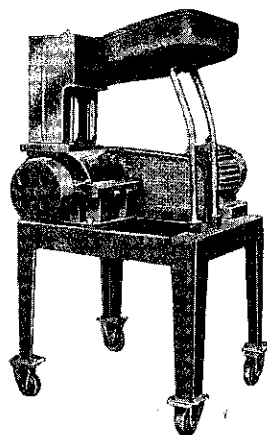


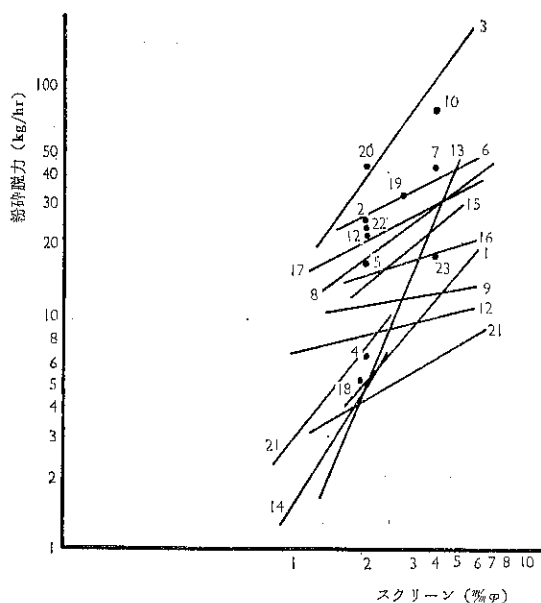
Photo 1 細川ニューカッター・ミル NK-1

2 プラスチックスクラップの再生粉砕

粉砕試験に供した資料は、塩化ビニル、ポリエチレン、変性ナイロン、ポリウレタン、ポリプロピレン、ポリアセタール、ポリスチレン、アクリルなどのスプルー、ポリスチレン、アクリルなどのスプルー、ランナー、成形不良品、フィルム、シート、繊維、織布など各 5 kg である。資料が少ないので熱による粉砕能の変化は追及しえないが、粘着閉塞の危険は少ない。粉砕テストの要領は機械の性能を示すためできるだけ微粉砕を試みた。スクラップの再生には数ミリまで砕き、その後エキストルーダースクリューに円滑に供給できればその目的を達するので、本テストのような過粉砕テストは不必要であるが、剪断粉砕の限界を知るために行なつた。したがつて粉砕能力については一応不問にさせていただきたい。また繊維、シート、発泡スチロール、ポリウレタンフォームなど見掛け比重の小さいものは、カッターミルへの供給と排出を助けるために、また通風と冷却効果をねらつてカッターミル出口に吸引ファンを設置してテストした。

2-1 ミクロンニューカッターミルの機構

カッターミルまたはカッティングミルは固定刃および回転刃の間の缺状間隙での切削作用で剪断するのであるから、剪断刃の鋭さおよび両刃間クリアランスが、砕料プラスチックを剪断することの point となる。30 μ 厚みのポリプロピレンフィルムを切るにクリアランスが 0.2 mm もあれば剪断できない。ただ引き裂くだけである。刃の先端が丸ければこれもまた cutting ではなく、tear である。これは発熱が烈しくなり、また粉砕能力が十分でない。この点当社のミクロンニューカッターミルは両刃間のクリアランスは 20 μ まで調節でき、機械



スクリーン孔径による粉砕能力

1	軟質塩化ビニル	パイプ
2	硬質塩化ビニル	成形品スクラップ
3	アクリル	スクラップ
4	中圧ポリエチレン	射出成形品スクラップ
5	"	"
6	"	ブロー製品スクラップ
7	高圧ポリエチレン	ブロー製品スクラップ
8	"	"
9	ポリプロピレン	射出成形品スクラップ
10	"	フィルムグレードスクラップ
11	ポリプロピレン	繊維
12	"	フィルム
13	変性ナイロン	成形品大
14	"	" 小
15	ナイロン	織布
16	"	長繊維
17	スチレンペーパー	
18	発泡スチロール	成形品
19	ポリアセタール	成形品スクラップ
20	ポリカーボネート	フィルム
21	発泡ポリウレタン	成形品(硬質)
22	"	"(軟質)
23	ポリカーボネート	成形品スクラップ

(註) 使用機種は細川ニューカッターミル NK-1 による

精度は高い。なお下記テストの標準クリアランスは 30 μ (0.03 %) である。

次に粉砕粒度の調節は粉砕機下半部スクリーンの調節で行なうのは一般のカッターミルと同様で一種の節分機である。したがって、粉砕性能そのものはやはり切断刃の切断能力が支配する。切断刃が多い程切断回数が多く、細かくなり、かつ、粉砕能力を増すが、クリアランスの微調整、切断刃の研磨の手間を考へて、回転刃 6 枚、固定刃 2 枚である。6 枚の回転刃は回転円筒の外周に斜めに配置され、回転軸に平行な固定刃との間の切断効果を高めている。又この斜め刃の採用によつて、無理な負荷が一時に加わることが防止できた。

回転数はこれまた単位時間内の切断回数の増加と個々の切断力の増大を伴うので、できるだけ速いほうが望ましい。本テストでは標準を 700 rpm にして行なつた。1050 rpm では能力増加 14%, 1300 rpm で能力増加 36 % であるが他面平均粒度は粗くなる。

3 結 語

プラスチック粉砕技術もまた日進月歩である。今日の鋭機は明日の旧式となることもありうる。プラスチックの粉砕性、硬度、柔軟性、抗張力、融点、軟化点、老化、劣化、吸湿性、可燃性などの問題より見て、ある程度の粒度を目的とした粉砕にどの機種を選択するかといった公式はありえない。セメント、石灰、石灰石のような場合には粉砕能の測定がミル設計基準と考えられるが、プラスチックに関してはまだ十分の研究はない。現状では粉砕技術があるのみである。どの程度まで粉砕しうるか、またその使いやすさ、耐久力、機械の精度が問題でこそあれ、粉砕学にまで十分発展していない。本稿の data も当社の開発してきた一里塚にすぎず、これを基礎にさらに斯界のために努力を重ねるつもりである。

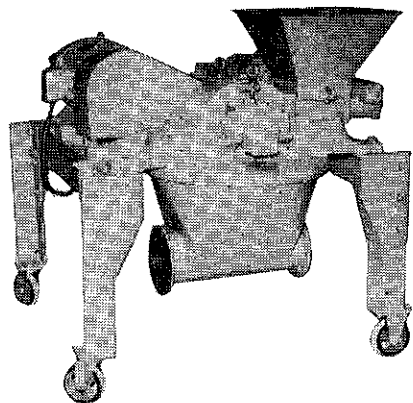
知っていて損ではない製品のいくつか：(3)

- 高温ブロー 砂田製作所 (大阪市城東区北中浜町 3—10)
1,000°C の熱風を使用して“ピクトモシナイ”と称する怪物。
- Sonic Dryer Branson Instruments Inc. (37 Brown House Rd., Stamford Conn.)
食品、医薬品らを熱なしで乾燥する装置。
- 流動層造粒乾燥器 General Am. Transportation Corp. (East Chicago, Inda.)
流動層に粉体と溶液を同時に供給して熱風で乾燥すると一定粒径の粒子を連続的にうることができる。確かにパイロットではうまく造粒されている。

新製品紹介

ホソカワ/マイクロ パルペライザー S 型 (SAP 型)

(柔軟、強靱性、繊維質、低融点物質用粉碎機)



低融点物質、弱熱軟化性物質、柔軟性又は靱性物質、繊維質等の微粉碎は粉碎技術における最も困難な問題でこれらの物質を機械的に微粉化することはカッターミルを除いては殆んど不可能に近い。しかしカッターミルといえども数 mm 程度の粒子を得ることはできても数10メッシュという細かい粉を工業生産ベースにのせることは粉碎能力の点から困難である。又粉碎室内の滞留時間が長くなると発熱によつて軟化、粘着、変質が起るため時にはクーリングエアの送入を必要としたり、寒剤を原料に混合したりして粉碎物の温度上昇を極力押えなければならぬ。

近年著しい発展を遂げた合成樹脂は、この粉碎困難な性質の総てを併せもっており、これを能率的に微粉砕することはプラスチックメーカーはもとより、その応用開拓分野の強い願ひであつた。殊に最近注目をあびている各種プラスチックのコーティング加工や成型加工には微粉末としての材料が必要となる。

今回、細川鉄工所と米国パルペライジング・マシナリーカンパニーの協同研究によつて完成した ホソカワ/マイクロパルペライザー S 型は、これらの従来微粉化困難と思われた物質の粉碎機として開発研究されたものである。この種の粉碎機としては欧米で1, 2のものが発表されているが、ホソカワ/マイクロパルペライザー S 型は剪断効果を高度に利用するため高速回転のカッター

が採用されて粉碎性能に大きな飛躍をもたらした。

この種材料の微粉碎は投入原料の形状大きさが制限条件となるが、スクラップのように原料の形状が不規則で大きな場合は、本誌別稿にて紹介したミクロンニューカッターを粗砕機として併用することにより、本機の性能をフルに発揮することができる。

本機の最も大きな特徴は、粉碎機構の他、粉碎部の蓄熱を独得の機構による冷却作用によりたえず放熱して原材料の軟化粘着を防ぐことができるので、殊更に寒剤やクーリングエアを必要としない。このため運転費用が極めて低い。製品粒度はスクリーンの取替えによつて容易に調節できる。供給装置は標準としてスクリーフィーダーが用いられるが、特殊な形状の原料については適当な投入装置が用意されている。

要求能力により 5~75IP まで各種の型式がある。単機型の他、2段階粉碎型式の連続接続型、およびホソカワ、米国で決められた製品捕集装置を含めた基準配置があるが、プラントに組込む場合、前後の機械との接続は自由に立案できる。

現在まで試験の結果次の物質の微粉化（製品粒度20~100 mesh）に成功している。

ポリエチレン、塩化ビニール、発泡ポリウレタン、発泡スチロール、酢酸繊維素、ユリヤ樹脂、四塩化エチレン樹脂、塩ビフィルム、テフロン、皮革、パルプ、エボナイト

これに米国での成功例として

コーヒー、ココナッツ、米、馬鈴薯、ゴム、砂糖、小麦、等が追加される。

◎原稿募集◎

粉碎に限らず粉に関係のあることならなんでもお気軽に原稿をお寄せ下さい○研究報文○総説○解説○講義○新技術紹介○文献紹介○随筆○一枚程度の埋草等々○原稿締切制限ありませんが第10号分は昭和39年4月末にまとめる予定です○原稿料若干○御申越次第専用原稿用紙をお送り致します◎

「粉体工学」に対する熱烈な一ファンの声援

大阪府立大学 矢 野 武 夫

近刊の *Chemical Engineering Progress* によれば、アメリカでは近年工学部の卒業生が年々減少する。工学部の卒業生は自分の学問に劣等感を持っている。他方工業界が工学部の卒業生を要求する数は非常に多く、その需要に応じ切れない。など困った事態が起りかけているらしい。Table 1 に最近十数年間の工学部入学生数と卒業生数の消長を示した。

さらに M. I. T. (マサチューセッツ工科大学) の工学部と理学部の学生数の増減の様子を Table 2 に示した。

これらの表から、どうも段々工学部がきらわれて、理学部が好まれてゆく傾向が見える。

この傾向の起つた原因について愚考すれば、アメリカでは工業界のマスプロダクションの生産形態に應ずるために、十数年前から *Practical Engineering* が重視されてきた。例えば *Industrial Engineering* (経営工学), *Engineering Economics* (工業経済学), *Quality Control* (品質管理) などがその代表である。日本でも最近アメリカのこの流行になびく風潮がかなり強くなつてきた。これらの工学は無用ではない、有能な技術サラリーマンを養成するためには非常に有用であろう。しかし工学の研究者、および工業技術の開発研究者には余り必要ではない。従つて工学部の学生、特に優秀な学生が工学に興味を失い、あるいは工学を専攻したことに劣等感を持つ原因の一つと思う。

さて、この問題は雑誌「粉砕」には直接関係がないからしばらくおき、この雑誌に関係のある話題に転じよう。

昨年、丸善から『粉体、理論と応用』という本が出版された。現在の常識に従つて言えば、粉体に関連した理学および工学、すなわち粉体の物理学、化学、物理化学、化学工学などの知識が万遍なく網羅されており、又多方面の材料が完全といつてよいほど手際よく料理されており、非常に有用な本である。

しかし、第V篇の「粉体の工学」と題する部分には、

Table 1 最近十数年間における工学部入学者数と卒業者数 (アメリカ合衆国)

年	工学部入学者	専門課程入学者	学士号取得者
1955	34,900	12,900	4,700
1950	34,300	30,900	52,700
1951	39,600	27,700	41,900
1952	51,600	30,200	30,286
1953	60,500	37,000	24,200
1954	65,500	44,100	22,200
1955	72,800	50,800	22,589
1956	77,700	55,769	26,300
1957	78,800	56,500	31,200
1958	70,000	53,500	35,300
1959	67,700	48,000	38,100
1960	67,600	46,800	37,800
1961	67,600	48,692	35,860
1962	64,700	49,400	34,735

Table 2 M. I. T. 工学部と理学部の学生数の増減

	1955-56	'56-'57	'57-'58	'58-'59	'59-'60
工学部	612	572	521	491	431
理学部	251	286	335	399	454

工学は応用に重点を置くべきだという配慮か、従来からの慣習と言うべきか、工学という学問の内容を非常に狭義に定義して、*Practical Engineering* に属する狭い分野しか含まれていない。

化学工学を専攻する私が、粉体の化学工学に関する分野で、何か新しい仕事をしようと考えるとき、第V篇よりも、第I—第IV篇に興味を持って読む場合が多い。

その意味で、私は第V篇のみを「粉体の工学」とは断じて考えたくない。工学という学問はもつと基礎的な分野を含むべきものだと考える。特に工学の研究者の将来の大成を願う場合において。

私はこの『粉体』という本全体が『粉体工学』の基礎理論と応用に関する本である、と考えたい。

工学を Practical Engineering だけに限定すると、工学という学問から夢がなくなってしまう。夢のない学問には若い優秀な研究者は興味を持たなくなる。

一方この本全部を工学だと言えば、理学の研究者からは異論が出るであろう。しかし私は、「応用を意識した理学は明日の工学である。」と考える。

アメリカでもこの辺のニュアンスを考慮して、Engineering Science といううまい言葉を造り出した。この言葉を借りると、『粉体』という本の I—VI 篇はまさしく Engineering Science である。応用理学と积してもらつてもよいし、また阪大に最近設置された基礎工学部

の名のごとく基礎工学と理解してもらつてもよい。

言葉の解釈は別として、私は粉体工学だけでなく、一般に工学の研究に、エンジニアのレバトリーに Engineering Science の知識が重要であることを強調したいのである。

特に粉体工学という学問は新しい。したがつて若い研究者が、粉体工学の Engineering Science を学び、新しい分野の粉体工学を創造、発展してくれることを切望する次第である。

もちろん私は『粉体』の編集者 諸先生の 編集方針に「物いい」をつけようなどという意志は毛頭ありません。念の爲め一言釈明しておきます。

(23頁より続く)

Fig. 3-7 を XY 平面で切つた場合の断面の一部を書いたのが Fig. 3-8 である。Fig. 3-7, 3-8 で実線で描いたのが上または手前にある粒子、点線で描いたのが下または後方にある粒子を表わしている。

Fig. 3-7, 3-8 より容易に計算できるので、ここでは省略するが、第二粒子、第三粒子などの径が求めら

れる。その結果をまとめると Table 3-2 のごとくになる。

最疎充填の場合には第二粒子の径が $0.732d$ となり空隙率は 0.476 から一気に 0.271 にまで減少するが、それ以後の変化はそれ程大きくなく、最密充填の場合と大同小異である。

Table 3-2 最密充填に順次小さい粒子を充めて行つた場合の充填特性への効果

特 性	第一粒子	第二粒子	第三粒子	第四粒子	第五粒子
径	d	$0.414d$	$0.225d$	$0.177d$	$0.116d$
相 対 数	1	1	2	8	8
粒 子 の 体 積	$0.524 d^3$	$0.037 d^3$	$0.006 d^3$	$0.0026 d^3$	$0.0008 d^3$
加わつた粒子の体積	$0.524 d^3$	$0.037 d^3$	$0.012 d^3$	$0.021 d^3$	$0.0064 d^3$
粒子を加えた場合の全粒子体積	$0.524 d^3$	$0.561 d^3$	$0.573 d^3$	$0.595 d^3$	$0.602 d^3$
混合体の空隙率	0.2595	0.207	0.190	0.158	0.149

知っていて損ではない製品のいくつか：(4)

○過熱蒸気乾燥器

Dorr-Oliver Inc. (Stamford, Conn.)

熱に敏感な物質の乾燥に過熱溶媒を用いると有利である。ドルオリーバ社では1960年に年間54万ポンドのポリプロピレンを乾燥する装置を作つたと最近報告している。大阪市大でも1959年にアセテート系ファイバーの製造を行なつて成功している。ドル社よりも1年ほど早かつたと思う。

(OCU—TY)

ヨーロッパの粉砕・粉体工学研究

東京大学工学部化学工学科 神 保 元 二

私は、1 昨年从去年、つまり1961年から1962年までの約1年間、London 大学、King's College の Rose 教授のもとに留学し、粉砕の研究をして参りました。その間イギリス国内でいくつかの大学、研究所を訪問し、また帰途はオランダ、ドイツで若干の大学、研究所、会社を訪ねる機会をもちました。その中で「粉砕」を中心に粉体工学に関係のある見聞をほんの1 わりご報告したいと思います。

イギリス

London 大学：何時でも説明に困るのがイギリスの大学の組織、なかでも London 大学のそれです。全国で大学が二十いくつしかないイギリスですから、もちろん London には、London 大学1 つしかありませんが、London 大学=東京大学というわけではない。東京大学を小さくしたような大学を3 つか4 つ分散させ、それぞれに Kings College, University College などと名前をつけ、そのほか一橋大に London School of Economics, 東工大に Imperial College などなどと名づけ、そのほかいくつかの附属研究所やら病院やらもいれて、それを全部一括して東京大学と名づけたものと思つていただければいいかと思います。その中で King's College は一番古い方に属し、古いだけに場所はテムズ河畔、Waterloo Bridge のかたわら、Trafalgar Square から St. Paul 寺院に向う目抜き通り Strand に面しているという立派さですが、それだけ建物は古色蒼然（もちろん堂々たる石造り）法学部と神学部とが有名とかいう有様で、工学部は規模も小さく（これはもしかしたらいい点でしょう）スタッフもあまり感心しませんでした。もつとも理料系では生物系統がなかなかいいようで、去年生物物理の研究でノーベル化学賞をもらった Prof. Wilkins はこの物理の教授でしたが。

Rose 教授はこの King's College の Dept. of Mechanical Engineering の教授ですが、正式には London 大学本部 直属の Powder Science Laboratory の教授ということになっています。まだできたての新しい研究室ですから、子分といつても PhD の学生が2~3 人いる位、研究室もあまり条件のよくない場所に広くない部屋

が2 つあるだけ。思つたよりずっと貧弱な体制です。しかし Rose さんの意気は天をつくばかりで、「君、本当に指導できる弟子の数は4 人以下だよ。」といった調子で、それだけ実に熱心に学生の指導をしていました。テーマも粉砕を中心にオーソドックスに、粒度測定→ボールミル→振動ミルとえらび、じつにがつちりと蓄積していつていました。私は振動ミル中の金属磨耗の実験をやりましたが、これとこれの間の径のボールがほしい、と思うとたいていのボールがそろえてあるのなどにはやはり感心しました。

実験に対してもじつに厳格で、1 例をあげますと、振動ミルの動力測定をやつていた PhD の学生の1 人が、Rose さんの訪日中の留守の間に研究をまとめて PhD の論文にし、その翌年（'62年）の Frankfurt でのヨーロッパ粉砕シンポジウムにも出そう、と張り切つて実験をやリ、タイプもうち、さて帰国した Rose さんにお目にかけたところ、先生じつに刻明にレポートをチェックした上、ごく一部に少しおかしいデーターを発見されました。さあ翌日は朝から実験室につめて当の大学院生といつしよに色々と検討し、結局高回転数のときにスプリング型トルクメータのスプリングがかすかにカバーに接触している疑いがあることがわかりました。というよりそれよりほか説明がつかないわけです。どうもわれわれが考えると、疑わしい部分のデーターだけを捨て、疑わしい部分もとりあえず適当に装置に手を加えとか、補正値を求めるとかして、大部分は生かせそうに思えるのですが、Rose さんは一部分にでも疑わしいデーターがでた方法は全部だめ、ということで、PhD 氏、全部はじめからやり直しを命じられました。もちろんシンポジウム発表もだめになつたわけで、はたからみて何とも痛ましいことでした。その学生ははじめは大分がつくりしていましたが、すぐに新しい動力測定装置をつくりはじめ、私の帰る頃には立派なデータを出していました。

この実験は振動ミルへの入力を動力測定から厳密に求め、一方でスプリングのヒステリシス・ロスとベアリング・ロスを求め、ミル本体によつて消費されたエネルギーを正確に知る一方、粉砕に伴う発熱量も正確に測定し

て粉砕機のエネルギー収支を求めようというものです。これは振動ミルを使うからこそできることですが、同時にボールミル以来の長いミル動力測定の実験があればこそその実験ということができましよう。この研究はまだ発表の段階になつていませんでしたが、まとめかた次第では粉砕研究の上で重要なエポックメイキングになるのではないかと思います。ただ Rose さんの視野のせまさ（例えばボンドの法則のみを認め他は一切無視する、といったような）のため、経験主義的限界にとどまつて、新しい本質的な研究方法の提示にまで至らない恐れは感じられるのですが。

このほか粉砕としては例のガラスの球を空気銃で撃ち出して破砕する実験（これは Prof. Rumpf のところでも、Prof. Kiesskalt のところでもやっている。）をやつていましたが、まだまとめた結果はでていなかったようです。また混合の実験を PhD の学生がやつていて、これはモンテカルロ法を導入して電子計算機を使って混合の基礎式をえようというなかなか野心的なものでしたが、そろそろどこかに発表されるのではないかと思います。そのほか私が振動ミル中の金属磨耗の研究をや（H.E. Rose, G. Jimbo, Trans. Instn. Chem. Engrs. 41 147 (1963)), また Rose さんは Differential Grinding についての計画ももつていたようでした。Rose さんはホッパーからの流出の実験も手がけていましたが、これは卒論の学生がひきつぎでやつていて、あまり大したものではありません。

London 大学の中で理工系専門校として有名な Imperial College of Science and Technology は、スタッフ、設備ともに第一級ですが、粉砕、粒子形状係数などで名高い Dr. Heywood はすでに去り、また造粒を手がけていた Prof. Newitt も退かれていて（造粒の研究装置は現在 Cambridge に移っています。）粉体工学の方はほとんど全くやつていませんでした。ただ Spray Forming の研究のところで、光走査式粒度測定法の新しいものが使用されていました。これは2重像法で、回路的に粒子のイメージを2重にずらし、重なった部分をカウントして、ずれの大きさと重なり合いの数を数えていくものです。私も光学的な2重像法を考えていたので大変興味深かったのですが、この方法だとふつうの光走査法よりずっと安くできるそうです。

このほか London 大学で忘れてならないのは、London School of Hygiene の Dr. Davies です。衛生工学の立場から粉塵の問題をやつておられるのですが、空気中の粒子の運動についてこつこつと基礎的な計算をやつておられました。粒度分布測定についてもいろいろ研究していて Mullard の光走査法について伺つたとこ

ろ、専門の operator を1人つけ1年間いろいろやつてみたら大変便利な装置になるだろう、と笑つていました。どうも光走査法はまだイギリスでも実用の段階にはないようです。

研究組合・政府研究所：粉砕の研究で意外に面白かつたのが、Coal Utilization Research Association、ご承知のように石炭を利用する産業界が金を出し、それに政府が補助金を出して運営している研究所ですが、ここには粉砕やホッパーからの流出などで有名な Mr. Brown がおられ、また光走査法の研究で知られた Hawkesley や、粉砕粒度分布のマトリックス表示を提案した Callcott と Broadbent がいたところで、もともと粉体工学にとつて非常に注目すべき研究所です。現在は Hiorns というひとが基礎的な粉砕の研究を非常に地道に行なつていました。Brittle なプラスチックの円板をつくり、これを高速衝撃してその応力伝播と破壊過程を光弾性と高速度カメラでとらえようという研究を準備中でしたし、石炭を機械的に Split してその仕事量を求め、粉砕の所要仕事量との比較を行なつたりしていました。また実用的な面では、ジェット粉砕機の試作を計画していましたし、なかなか意慾的なひとでお互いに話が弾んだことが忘れられません。

政府研究所として化学工業、鉱山関係を担当している Warren Spring Laboratory は、Hughes, Gilbert が粉砕助剤の研究をしていました（Frankfurt の粉砕シンポジウムで発表）が、現在は電磁分離に主テーマを移していたようです。大気汚染の研究もしていますが、その director の話しによると、粉塵による汚染はすでに全国的な研究課題ではなくなつたので、目下はガスによる汚染のみをとりあげている、ということでした。

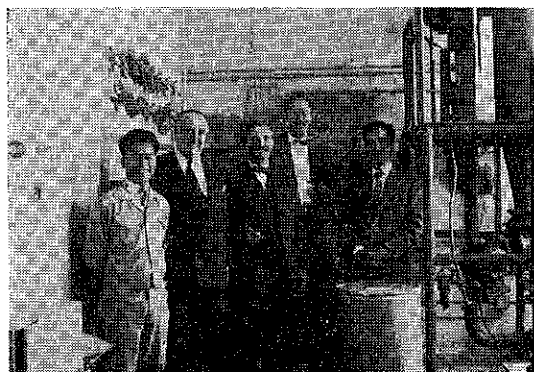
あまりに有名な Harwell の Nuclear Energy Lab. は研究所構内を定期バスが走るという大規模なものです。この化学工学部門では流動層の研究を Dr. Rowe を中心に大々的に行なつています。これについてはいろいろ発表されているのでご存知の方も多いでしょう。また粒度分布測定を中心テーマとしている研究室があつて、Laundy という若いひとが中心で、例の β 線による沈降分析だとか、遠心中にピペットでサスペンション液をすい上げる方法などをやつていました。目的を原子力関係にしばつていたので面白い研究ではありますが、やや一般性に乏しいように感じました。

その他：Cambridge の化学工学は Prof. Danckwerts にひきいられてアカデミックな雰囲気、満ち印象深いところですが、粉体工学関係ではここにはやや場違いの感を抱かせる造粒（トロンメル型）の研究だけとは残念でした。

Birmingham 大学でせんいによる集塵のモデルとし

て電解質液中の円柱のまわりの電流分布を空気流の流線とアナログに考え、粒子の受ける抵抗を電流密度で表わすことにし、これをアナログ・コンピューターの回路に組み込んで粒子の軌跡を計算させている研究などが印象に残りました。Loughborough College of Advanced Technology は、最近 university と同格になった College なのでむしろ大学教育体制の面からの興味で尋ねたのですが、化学工学の Dr. Hassett というひとが待ち受けていて化学工学の専門的観点からだけ案内して下さったので驚きました。流動層と沈降分離をやつていて、後者については京都の吉岡先生と交通をもつたことがある、と得意でした。吉岡先生によろしく伝えてくれとのことで、最近の沈降分離の研究についてかなり長い講義を受けましたが、どうもよく理解できなくて申し訳なく思っています。一体にどこでも日本の研究に対する関心は思つたよりずっと高いようで、研究の交流を非常に望んでいました。

イギリスの最後になりましたが、Hosokawa International の Billingshurst の試験室も帰国間際に訪問



Hosokawa International (Billingshurst) にて

左から佐藤さん、セールさん、この試験室の家主？、ラングトンさん、筆者。

する機会に恵まれました。個人的にもいろいろお世話になつた、Sale さんの Citroen で夏のイングランド南部のドライブを楽しみながら行つたわけですが、日本の運転手さんの鈴木さんがちやうど休暇で一緒にできなかったのが残念でした。Langton さんも大張り切りで耐摩耗性材料のこととか、フィード量を一定にするコントローラーをつくつた苦心とか、を論じていました。佐藤さんも大変元気で試験室を一人できりもりしておられました。何か伝えることは、と伺つたら、実験室の床がちり一つないほどきれいなことを伝えてくれ、ということでした。そういえば砂ぼこりというもののないイギリスでは、どこもごみがありませんでしたが、粉碎実験室も

また大変きれいでした。衝撃式粉碎機として日本の技術もヨーロッパに根を下ろしつつあるように感じ、これも楽しい1日の訪問でした。

国際会議

年中国際会議が開かれているヨーロッパではありませんが、ちやうど私の滞欧中、私の専門に関係ある学会が2つあつたのは大変幸運でした。ヨーロッパには勿論各国に化学工学の学会がありますが、それが連合して European Federation of Chemical Engineering を組織しています。これが非常に active で3年に一辺全体的な congress を開きます。第1回がオランダ、第2回がドイツ、そして私が出席した第3回がちやうどロンドンで開かれたわけです。この federation はまだあまり強力なものではなく、それぞれ開催地の学会が会議を主催することになつていて、ロンドンの場合は勿論イギリスの The Institution of Chemical Engineers が当番になつていました。第2回に出席された方が、たまたまドイツで会議があつたためか、European Federation=Dechem^a といつていい、というようなことを正式な報告中で書いておられましたが、まことに無責任なことです。ちやうど第2回が Achema の Messe と時期を合わせていたように、第3回も同じ場所で、Second Chemical and Petroleum Engineering Exhibition を行なつていました。

なおこの Federation には日本の化学工学協会も準加入しているようで、おかげで私も registration fee が安くなつて助かりましたが、日本からは旭ガラスの八幡屋さんと私が個人として参加しただけで、正式の Contact はなかつたようです。正式のヨーロッパ連合と連絡をもたずに、ヨーロッパ的にみれば地方的な Achema に視察団を派遣するのは、学会的見地からは、はなはだ奇妙なことで再考を要するのではないでしょうか。

さてこの Third Congress of the European Federation of Chemical Engineering は4つのテーマでシンポジウムを行なつたわけですが、そのうちの2つ ("Interaction between fluids and particles" と "the handling of solids") が粉体工学に関係していて大変参考になりました。しかしいずれも報告と討論は Trans. Instn Chem. Engrs (London) にのせられましたので、ここでご紹介の必要はないと思います。

この European Federation は年々数種のかなり大々的な専門的な symposium を行ないますが、その1つが Frankfurt で行われた Symposium Zerkleinern です。これは Karlsruhe の Prof. Rumpf が組織し、粉碎だけの国際的な会議としては最初のもので、こういふさま

いテーマで世界各国から研究者が集まって研究の交流を行なうのが最近の世界の学会の傾向と思われますが、それにしてもドイツの Rumpf, Kiesskalt, イギリスの Rose, デンマークの Andreasen とかねて令名を聞き及んでいた方々と一度にお目にかかれて、まことに幸運でした。私としては、アメリカの Piret, ドイツの Patat, オーストリアの Hüttig など、もう少し巾広くお集りいただけたらと思い、やや Pumpf 色が強すぎたのではないかと感じましたが、これもこれから当番が移っていくに従い正されていくでしょう。

日本からは東大の森先生と私が参加、森先生と北大の田中先生(代読)が報告されました。このシンポジウムの発表については、すでに“Symposium Zerkleinern”という一冊の本になつており、また Chem.-Ing.-Techn., British Chemical Engineering などにもかなり詳しく紹介されていますので、ここではふれません。必要があれば別の機会にご紹介したいと思います。

ただ2つの会議に出席した印象を簡単に述べますと、いずれも討論が非常に盛んで、また遠慮のないこと、これをまず第一に感じました。そして質問や質問の形にことよせた意見の発表が正式の報告とほぼ同等にとり扱われることに感心しましたが、これは日本の研究を世界に知らせるためぜひ利用すべき点だと思いました。例えば日本からの出席者以外の日本の研究者の研究に近い報告があつた場合、出席者にとつては専門外のことで、すかさず質問に立つて日本の研究を紹介しておくようなことがもつと行われていいと思います。その場ではなかなかできなければ、多くの場合 written statement が学会終了後まで受けつけられることが多いようなので、それを利用してもいいでしょう。そのためにやはり国内の体制というものが必要と思いますが、少なくとも粉碎の分野だけでも次の Symposium on Size Reduction までにはこういうことを考えておきたいものです。それにしても異なつた国の研究者が気軽に集つて discussion をしているのは全くうらやましく、学問的にも日本は遠い国だとしみじみ思いました。

ドイツ・オランダ

オランダでは Delft の工科大学を訪ねましたが、これはここに Nijman というひとがいてボールミルの研究をやっているのをみたかつたからです。連続ボールミルの混合というわれわれと同じようなところに目をつけているなどなかなか着目のいいひとでしたが、研究はあまりつつこんでやっているものではないようです。それにしても陶器で有名な運河に囲まれた古い町に、実に大きい工科大学がつくられつつあるのには驚きました。オラン

ダの学生が相手ではなく、全ヨーロッパの学生を対象にしているのだそうです。

ドイツではまず Dusseldorf に近い Duisburg の Siebtechnik を訪ねました。ここは振動ミルの元祖でちょうど横山工業との提携が進み、日本から技術者がきておられたところのようでした。後の Alpine もそうですが、いずれも思つたより小さい会社で、ただ専門的に非常に蓄積をしていくやり方のようでした。

ドイツでの収穫は Battelle Institut (Frankfurt) で、これは同名のアメリカの研究会社の子会社のような形で出発したが現在はほとんど完全に独立しているそうです。ここに Dr. Krupp という方がおられこれが粉体の附着力について基礎的な研究を行なっていますが、この研究はクリーニング産業からの委託とかで、産業の問題を基礎的に究明する研究会が成立している点に注目させられました。Dr. Krupp の附着力の研究については私も粉体工学研究会の文献紹介で紹介しました。しかしむしろ今後の研究こそ注目すべきでしょう。

ドイツでの主目的は勿論 Karlsruhe の Rumpf さんのところですが、ちょうど新しい粉体工学専門の研究所の建物がほぼ完成し引越す寸前のところであわただしい雰囲気の上、Prof. Rumpf もお留守で、どうも真髓にはふれられませんでした。しかし衝撃、圧縮各粉碎の基礎実験、附着力測定、粒度分布測定法の比較研究、などなど、じつに巾広いテーマについて数多くやつていました。聞けば研究室の研究メンバーは40~50人いるとか、1つ1つの研究でとくに感心したものはありませんでしたが、底浅く巾広くとも Rumpf さんは1つの構想をもつて進められるようで、これも今後注目したいと思いました。Rose さんの狭く深く、Rumpf さんの浅く広く、とこの両者は正反対のいき方ですが、やはり両者ともどもしばらく粉碎の研究をリードしていくように思われました。

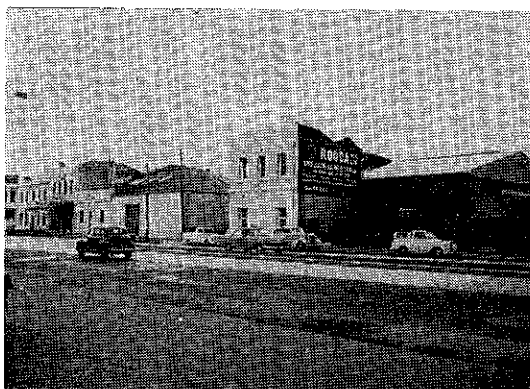
そのほか München では Technische Hochschule に粉碎速度への温度の影響をやっている Prof. Patat を訪ねたり、近くの Augsburg に Alpine 社を訪ねたりしましたが、前者では Prof. Patat も休み、直接研究しているひとでも留守であり要領をえず、実験室をみせてもらつて、これなら大したことはやつていない位で帰つてきましたし、後者も案内者の英語が下手なため、つつこんだ討論もできず、新しい粉碎機 Duoplex が分級器との組合わせに苦心しているところ位を記憶にとどめたに終りました。

München までくればそろそろ商売根性も捨てたくなる頃。心はすでにイタリーへと傾いていたのかも知れませんが、やはり馳け歩きでは収穫も少なく、心残りの点も多かつた次第です。(おわり)

オーストラリアの 粉 碎 工 場

細川鉄工所 研究部

横 山 藤 平



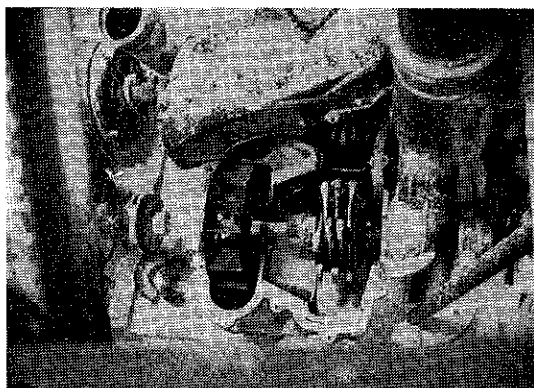
メルボルン港に面した Rodda の粉碎工場

1ヵ月に亘るマニラでの仕事を終えて、私がメルボルンについたのは5月17日で、丁度冬に入つたばかりの此処は、小雨が降つて寒い南風が吹いていた。

Rodda PTY. LTD. はメルボルン港の近くに海に面してある粉碎工場で、珊瑚礁の炭酸カルシウムを主とし、その他バーライト、カオリンなどを粉碎している。殆んどがペイント用であるが、国内需要ばかりでなく、ニュージーランドへも輸出している。その他炭酸カルシウムに硫酸銅やマグネシウムなど多種のミネラルを混ぜた牛の配合飼料もつくつていた。

経営者の Rodda 氏はオーストラリアでのこの業界を一手に納めているようで、Adelaide, Sydney, Allendale, Mt. Egerton その他に独立した鉱山と粉碎工場をもっている。メルボルンの Rodda PTY. LTD. もその一つで1935年創立の古い工場であつた。ここでの私の仕事は納入したミクロンセパレーター (MS-4 Full Set) の試運転である。

最初の日、私は Manager の Bill Murphy の狭い部屋で、工場長の Jack Murray に紹介された。6尺豊かな腹のつきで大きな男であつた。彼は早速工場を案内してくれた。



Van Gilder 社の Duplex Hammer Mill の内部

あらゆる設備が創業以来のものかと思われる程古いものであつた。ジョークラッシャーを除いた微粉碎機は、すべてオーストラリアの Van Gilder 社製の Duplex Hammer Mill で 4 set が稼動していた。このミルは独立した二つのミルのシリンダーが一ヵ所でくつき双子になつている。原料の供給は、ロータリーフィーダーからふたまたのシュートで分れて、おのおののミルに入り、粉碎品の排出口もそれぞれのシリンダーからでて、1本のダクトになり、サイクロンへ導かれる。各ミルは25HPと30HPの別々のモーターで直結運転され、回転は同方向である。ローターは4列程のスイングハンマーで、コンカル部に分級翼がついていた。

原料の炭酸カルシウムは10%程の水を含んでいるので、重油炉で間接加熱した360°C位の熱風をミルに入れて、ここで0.3%位まで乾燥している。

このミルの能力は製品粒度 240mesh 位で 1800 lbs/h 位だそうで、これで10μ以下の微粒子が60%程含まれている。

珊瑚礁の炭カルは、結晶性のいわゆるカルサイトと異り、非常にポーラスでやわらかく、粉碎能はカルサイト



炭酸カルシウムの原石を粗砕する作業員

に比べて約倍位大きい。

Bag Filter はやはり Van Gilder 製の もので 4 部屋程に分れており一室づつ順番にダンパーを切換えて、空気を逆流して掃除していた。ケーシングは木製で30年近く使っているものだそうである。

総員60人位の会社で、現場の従業員は約30人ばかり、人種は実に国際色豊かで、英国、ユーゴスラビア、ギリシャ、フランス、アメリカ、チェコ、ハンガリヤ、マルタ島と全世界に亘っており、そこえ日本人の私が入っても、彼等にとつては何んの珍らしいことでもなかつたらしい。

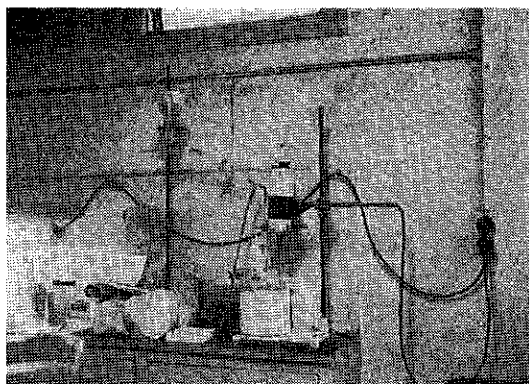
共通した言葉は勿論英語であるが、レコードで3ヵ月程練習した英語では、とても物の役に立たない。こんなものはあつさりすてて、郷に入れば郷に従えの気持ちになると案外やつてゆけるものである。George Kassourinis というギリシャ人の工員が親しくしてくれたが、彼は、「ここではまともな英語を使っている者は誰もいない、オーストラリア人の英語そのものが英語ではないから、気にすることはない」といつてくれたのに甘んじた。

ここには機械専門の工場があつて、ここに5人の人が働いている。その長は Stan Shepherdson というオーストラリア人の技術者で、4人の工員を使つてフルに活動していた。故障したモーターの取替、ダクトのやり直し、ミルやバッグフィルターの修理などにかかりきつていた。これだけ工場が古いと毎日どこかに手がかかるらしい。そのかわりなれたもので、3mもあるエアースライドなど半日で作つてしまふし、シュートの変更など頼むとみるうちにやつてくれた。この機動力には感心した。

この工場では据付けられたばかりのミクロンセパレーターの大きなセットと、これを集中制御する配電盤だけが、廻りの古ぼけた機械の中で真新しく不似合いであつた。ギリシャ人の George が私にこの装置の値段をきいてから「それは安い、これをオーストラリアでつくつたら、おそらく3倍はかかるだろう」といつていた。

工場とは別棟にラボラトリーがある。ここでは Chief Chemist の Deniss Swan の下に年配の Bruce Howell 若い Peter Morton, 他に2人の若い人がいた。ここでは製品の品質管理と開発研究をやつており、狭い部屋に上等ではないが充実した測定装置や分析器具が並んでいた。Swan は大学で化学を専攻した人だそうで、40才位の学者肌の人であつた。ミクロンセパレーターの試運転の成績は徹底したdataをとつた。

製品の粒度分布測定はアンドレアゼンピペットを用い



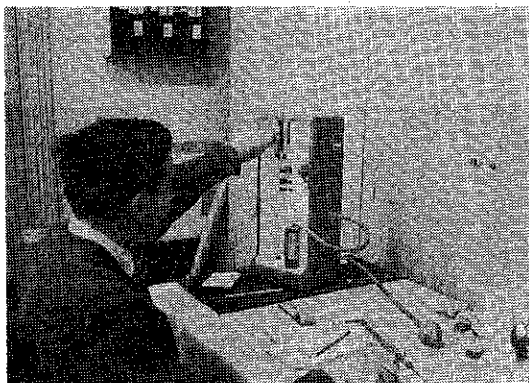
手製のアンドレアゼン粒度分布測定器

た。この測定装置は手製のもので、直径 15cm 位の槽を用い、高速回転の小さな攪拌機を挿入して、最初の分散を確実にしていた。また吸上げた液量だけ別に追加して、常に液面の高さを一定にしていた。

新しい粒度測定器の話もでたが、Swan は今のところこの自製のアンドレアゼン法が、時間はかかるが最も信頼できるものだといつていた。

そのほか、比表面積の測定、グレインゲージ、それに顕微鏡を併用した。とにかく粒度の測定は試料の分散が第一だといつて、これに細かく気をつかつていた。例えば、グレインゲージの測定では、100C.C.のピーカーに亜麻仁油 80C.C.と分散剤としてトリエタノールアミン 20C.C.を混ぜた液をつくり、これに10gの粉を入れて、小型の攪拌翼を 10000 R.P.M 位で5分間廻したものをつかつていた。標準篩は5cm角穴のものから 400meshまできれいに整頓して並べられていた。

Peter は比表面積の測定が専門で、1時間毎に工場に来て Sampling していつた。



比表面積の測定をする Peter Morton

ミクロンセパレーターの試運転は順調に進んだ。

Manager の Murphy のこの機械に対する要求は、

Van Gilder mill の粉碎品を分級して 10 μ Cut, 処理能力 2000 lbs/h, 製品能力 500 lbs/h であったが, 分級条件を調節して, 実験を繰返し 1 週間程後に, この要求を満足する結果を得た。

その後 Van Gilder mill 2set とミクロンセパレーターを接続して連続粉碎, 分級プラントに切換え運転したが, 製品能力 700 lbs/h を得て要求能力を上廻り, 喜ばれた。またクレーの分級を試みたが, クレー中に含まれる鉄分と砂の分離が非常にきれいにできて, 白度を向上させることもでき, 思わぬ成果に Murphy も Jack も Swan も上気嫌であった。



工場の Jack Murray

工場長の Jack Murray は毎朝 9 時かつきりに Hotel へ私を迎えに来てくれ, 夕方 6 時か 7 時頃に Hotel まで車で送ってくれた。私はメルボルンでの 20 日余りを殆んど彼と共に過した。昼食は何時も彼が方々のレストランへつれていつてくれた。何時も同じ所では面白くないだろうというのと, 日の短い冬の此処では, 昼休みが何よりの Sight Seeing の時間であつたからである。

昼食は大抵パブリックバーでカウンターによりかかつて 4, 5 杯のビールをのみ, おそえもののようにチキン

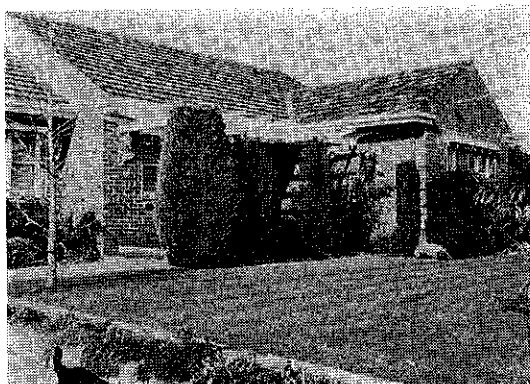


メルボルンのパブリックバー

ローストやスパゲッシーをたべた。

物価は日本の 2 ~ 4 倍はするが, ビールは 1 杯 40 円位で一番安い, 毎日仕事が終わると, 皆んな工場の隣のバーでビールの立ちのみをする, お茶がわりのものである。しかしここも 6 時になると閉店するから, 30 分程の間で後は Hotel へ直行する。

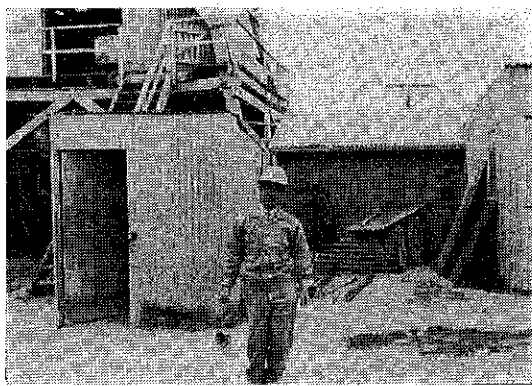
Jack は美しい赤レンガでつくつた立派な家を持つてゐる。彼自身の手で作り上げた家だそうで, これが彼の自慢であつた。彼の奥さんの話によると, まだ半造りの時は囲いの出来上つたばかりの一部屋で, 親子 3 人が起伏したそうである。作り始めてから完成するまで 4 ヶ年かかつたとのことで, How to make your House とかいう本を読みながら材料を買い集めて作つたといつていた。Jack は君もやれといつて, 彼の家の設計図の Original を私にくれた。



自分の手で築いたという Jack Murray の家

5 月 28 日 Jack は私を Mt. Egerton と Aliendale にある採破粉碎工場を見学に連れていつてくれた。

Mt. Egerton はメルボルンから北東へ 100 km 程離れた所にある。人里はなれたこの山の中にやはり Rodda が経営しているカオリンの採掘場 Industrial Rock Mines



Mt. Egerton での私

PTY. LTD. があつた。

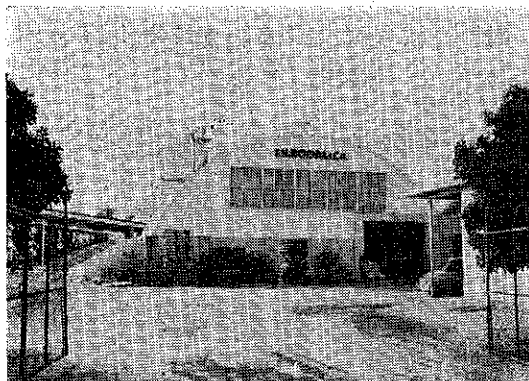
30cmもあるかと思われる大きな革靴にはきかえて、ヘルメットをかぶり、カンテラを持った私は、Jack と共に小さなエレベーターで、300ft の地下にもぐった。

大変な仕事場である。闇と泥の中においカンテラの光をたよりに、腰をかがめて白いカオリンの層を追う。

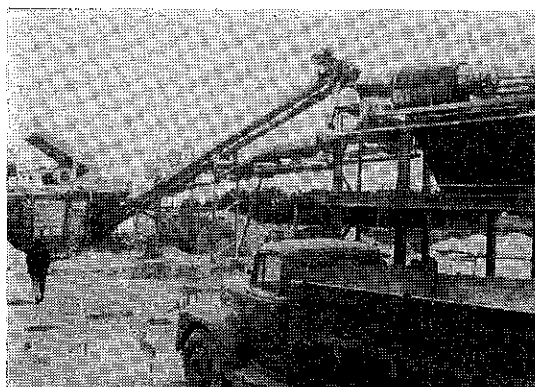
60年も掘り続けた山だそうで、横穴と縦穴が迷路のようにからみあつていた。この採掘場の見学は私の身体をくたくたにした。

ひる前こを辞し、50kmばかり北に走つて Allendale の珪石の露天掘りをしている山についた。ここはメルボルンの Rodda PTY. LTD. に属している。

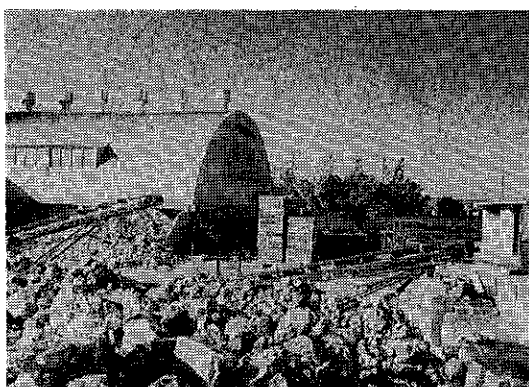
掘り出した原石をトロンメルで篩い、ジョークラッ



アデレードの S.N. Rodda Co. の正面



Allendale の珪石採鉱所



原石置場より

ヤーにかけて、その後、直径 8 ft の大きなコンカルボールミルと簡単な分級機を組合せた閉回路で粉碎して 200 mesh 程度の製品をつくつていた。

このコンカルボールミルのライニングは Belgian Sillex という石を輸入して使つており、年に一度張りかえるそうで、30cm角位に切つた表面の不規則な石が、沢山ストックしてあつた。

6月5日、メルボルンでの仕事を終えた私は、Chief Chemist の Deniss Swan と一緒に Eastern Parade という田舎町にある S.N. Rodda Co. に向つた。ここはアデレードの街から10kmばかり離れた郊外にある。

この Hinsbury というホテルのような宿屋から、毎日 Swan と一緒に工場に通つた。ここでも同時にミクロンセパレーター (MS-4 Full set) が納入されていた。

S.N. Rodda Co. はメルボルンの工場と違つて7年程前に建つたばかりの新しい近代的な工場であつた。

粉碎製品は主にタルクであるが、その他マイカ、カルサイト、クレーなど多くの種類の珪石を粉碎していた。

主粉碎機はレイモンドのリングローラーミルで75IPで

廻している。このミルのタルクの能力は3000~4000lbs/hで240mesh~300mesh 程度の粉である。このミルが廻ると物凄い大きな音をたて地びびきがした。この工場はメルボルンのようなラボラトリーはもつていない、職長の John Horsell はまだ若くメルボルンの Jack のようにはてきぱきとはいかなかつた。

ここでは Swan がすべてを切り廻して実験をすすめた。比表面積計と顕微鏡はメルボルンから提げてきた新品で、各実験毎に厳密な測定を繰返した。

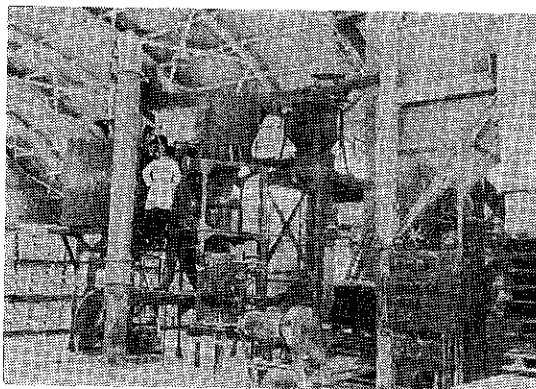
ここでも試運転の結果は良好で、タルクの分級の場合、分級された細粉の比表面積が16400cm²/gで粗粉が、5000cm²/gの結果を得たときは節分けしたように Clear に分離していた。Swan は顕微鏡をのぞきながら度々 "excellent" といつた。分級点は20μであつた。

また分級によつてタルクの白度を向上することができた。これがこの工場の製品の品質向上の key point だそうである。

マイカの分級を試みたところ、細粉は繊維状のものが殆んどで綿状になるが、粗粉はすべて粒状で流動性が極

めてよくなった。Swan は “very interesting” とつぶやいた。

この工場には20人ばかりの作業員がいたが、その殆んどが車で通っていた。すべてオースチンやフォルクスワーゲンの小型か中型の大衆車で、新車ありおんぼろ車あ



納入したミクロンセパレータープラント

りであるが、真白になつて粉の袋詰めをしているドイツ

人の老工員は新車の Holden を自慢していた。もう一つ驚いた事は、土曜日の休みに事務所を掃除に来る小母さんが、掃除がすむと道具を車のトランクにほり込んでさつと帰つていった。

Swan にどれ位の給料があると車もてるのかときいたところ、あの袋詰めをしているドイツ人が週給16,000円位で、そのうち4分の1位を車の費用にかけているとのことであつた。日本流に考えると物価の高いここでは決して楽な給料ではない、しかし社会補償制度が高度に発達しているときいているここでは、彼等はあくせくせずに生活をエンジョイしているようである。そういえば、1ヶ月の滞在中浮浪者らしきものを1人もみかけなかつた。

オーストラリアでのすべての仕事を終えた私は、6月15日、次の仕事の待っているニュージーランドに向けてシドニー空港を飛び上つた。

〔後記〕

オーストラリア滞在中は住友商事㈱の小川氏、久米氏にいろいろとお世話になりました。ここにあらためて厚く御礼申し上げます。

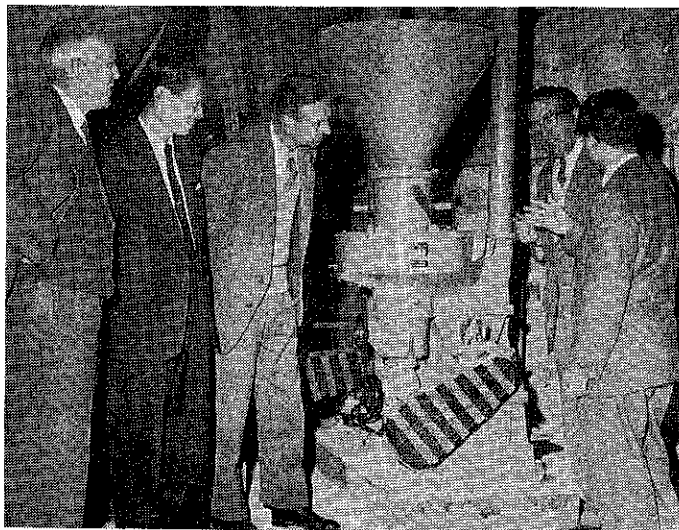
ニュージーランドのスーパーミクロンミル

New Zealand の Lime & Marble 社にスーパーミクロンミル (M202 30 IP型) が納入された。

ここは炭酸カルシウム、クレー、カオリン等の粉碎をしている。New Zealand でとれる原石はあまり良質のものではない。クレー中に含まれる多量の遊離珪石、その他の異物の除去が、スーパーミクロンミルで可能かどうか、興味の中心であつた。

レイモンドのローラーミルで粉碎された300 mesh 程度のクレーをスーパーミクロンミルに通してみた。

製品の見掛比重は 0.25 g/cm^3 で、粒度は 325 mesh all pass, フィッシャーの比表面積からの平均粒径 0.85μ という数字を得た。異物排出口からでてきたものは、見掛比重 1.10 g/cm^3 , 粒度 300 mesh 篩上80%という黒い粗粒であつた。製品の分留りは82%で、白度は極めて向上した。スーパーミクロンミルが、異物分離に威力を示した一例である。 (横山)





水 車 は 廻 る

武田薬品, 技術本部

大 貫 延 雄

最近の粉碎機及び粉碎技術の進歩には著しいものがあり、大抵の職場にミクロンミルとかマイクロアトマイザー或は更にジェットミルの如きものが利用されるようになってきた。お蔭で私達のように製薬会社に勤務して毎日エマルジョンやらサスペンションの技術を勉強し、錠剤、液剤、軟膏等の諸製剤の研究を行っている者にとって、割合簡単に望みの粒度の微粉碎薬品が得られるようになった。ところがどうにも困るのが粘性を有するものとか草根木皮の粉碎である。砂糖の如ききれいな結晶でも長く粉碎機を使用していると熱をもつて来て途中で一服しなければならなくなる。草根木皮即ち所謂生薬類は最新式の粉碎機でも仲々うまく行かないことが多い。

そこで人づてに聞いたのが河内国は金剛山の麓、K製粉所という殆んど個人経営に近い小さい製粉会社である。そこでは蓄電池に使うエボナイトから砂糖、ココア更に薑黄その他の生薬に到るまで殆んどあらゆる難物の粉碎を引受けて大量の粉物を出しているとのことである。

真夏の太陽が照りつける暑い日だった。私達一行四人はたまたま成薬品の粉碎を頼むためにK製粉所を見学することにして大阪を出発した。近鉄富田林駅からタクシーを走らせて山路を登ること約30分で目的の製粉所に到着した。平和な山村であつた。車を降りた眼の前に大きな邸宅兼工場がある。古風な水車が二台ゆつたり廻つていた。案内を乞うと所長さん自らお出迎えで工場内を案内して下さいました。

先づ第一番目は砂糖を粉碎している部屋だった。薄暗い小部屋の内は甘い粉塵が立ちこめ、暫くは視界もはつきりしなかつたがよく見ると壁際で多数の細長い杵が上下に動いている。水車又はモーターでこの杵を上下させ、下の臼との協力で少しづつ、然も割合能率的に砂糖が粉碎されるのだ。僅か一坪か二坪の部屋で毎時 150kg

程度の砂糖が 100μ 以下に粉碎されているのである。次にカカオ豆の粉碎現場を見せて貰つた。ここも同じような広さの部屋で先の砂糖の粉碎の場合とはやや異つた形の杵が上下している。カカオ豆の大きな用途はチョコレートである。予め 105~110° で焙焼し、香味を附したカカオ豆の粉碎は砂糖よりやや時間がかかつて、一時間に 15kg から 20kg 程度らしい。この古ぼけたといえば失礼だが、事実古くさい狭い部屋で毎月数トンのカカオ豆を粉碎していると聞かされて驚いてしまった。この動力は水車のこともあるし、電気のこともあるそうである。

以上の他、二三品目の粉碎現場を見せて貰つてから 1 キロほど離れた別の工場へ案内された。そこは水車専門で蓄電池用のエボナイトを粉碎している所であつた。蓄電池のケースその他に使われるあの黒いエボナイトは蓄電池が老朽化して駄目になつても廃棄されることなく回収され、この工場で粉碎され、再びきれいな蓄電池のケースとなつて何回でも使われるらしい。深緑の山村に黒つばいトタンぶきの屋根、内部は黒い粉がもうもうと立ちこめている。ここには年配の夫婦が住みこみで働いているそうである。若い人はいくら高給を出しても来れないと所長さんが嘆いていた。なるほど浮世ばなれしたこの里で真黒になつて動くのは当世の若者には向かないことかも知れない。

夕刻、親切な所長さんに送られて帰途についた私達は何度もこの古ぼけた建物と静かに廻る大きな水車を振りかへつた。産業の機械化、オートメ化の進んだ現在、このような山村に昔ながらの水車が依然として廻り続け、私達の生活に密接な関係を持つていることは驚くべきことである。もつと能率的なものときれいな機械がないものだろうか、独創的な機械の出現すべき技術のエアーポケットがここにもあると泌々感じた次第である。

ホソカワの海外活動

細川鉄工所

貿易部長 間島淳一郎
企画部長

1. 社は“世界の細川”

昭和28年～32年の第1次5ヶ年計画の遂行によつて、新経営方式を採り入れ社業を強固安定の軌道に乗せた細川益男社長は、昭和33年で始まつた第2次5ヶ年計画では“世界の細川”を主題とした。即ち「特色ある企業—技術を売る企業、特色を生み特色を生かす」の経営方針に沿つて第2次計画の目標は「粉碎並に粉体技術に関し世界的に卓絶せる地位を確立する」ことを宣言した。当時も熱心な製品の輸出努力はあつたとは云へ、“世界の細川”のイメージは従業員にすんなりピンと来ないものがあつた。

然し計画は着々と実現された。活発な輸出活動、積極的に機会をつかんだ海外見本市、展示会への参加出品、社長以下従業員の海外出張、そして昭和35年欧州総代理店ホソカワインターナショナルの創設、昭和37年米国バルベライジングマシンリーとの技術交流、本年実現したオランダナウタ社との技術交換及びそれに伴う世界販売網の整備等々が進んだ。

今では“世界の細川”のイメージは全社に浸透し、18～20才の青年工員が海外出張の夢に胸をふくらませている。ホソカワは世界に羽搏いているのである。

以下に少しく細川の海外市場に対する考へ方や海外活動の姿を紹介しよう。

2. 世界市場に対する考へ方

細川社長の世界市場に対する考へ方はこうである。第2次大戦後急速に発展したわが国の工業生産力は、もはや国内市場だけでは賄いきれない。昨年の景気後退の因が早くも設備投資の過大にあつたとされ、特に生産財に於ては国内需要の余力は少い。然るに吾が企業は限りなく生々発展しなければならない。茲に海外市場への進出は日本産業にとつても、吾が企業にとつても宿命となる。然し日本の一般企業にとつても、大資本にものいわせた独占形態も、マスプロに依る価格競争も、世界市場的には考へられないことであろう。残された途は、特殊な



Photo 1 左から 細川専務、セール氏、細川会長
高橋達之助氏、細川社長 於 当社

技術を以て独特の製品を造つて提供する以外にはない。特殊な技術の開発にも資本、人材、時間を要する。われわれ中小企業にとつて、これを可能ならしめる手段は、もてる技術力を間口狭く奥行深く局限集中することのみである。

モデルケースは、われわれ自身の中にある。創業者細川永一会長は大正5年細川鉄工所を創立自営してより48年、ただ一すじに微粉碎機の研究、改良に没頭し世界的に著名な“ミクロンミル”を完成した。

結論は技術の尊重と精力の局限集中である。現在細川鉄工所は、微粉碎機並に分級、乾燥、混合、集塵等粉体処理技術の分野に専門化している。

輸出価格に関しては、現在われわれの生産—販売価格は先進技術国に対して絶体コンペティティブである。特に米国、英国に対しては約50%であり余力充分である。ましてや、吾が製品の如く耐久生産財の場合、重要な競争要素は価格ではない。ユーザーにとつては、その機械によつていかに良質の製品が能率よく生産されるかが比較の要素である。価格上の競争余力は、値下げよりは寧ろ製品の品質効用の向上や、アフターサービスの改善、または将来の技術開発投資や広告宣伝投資にあて、将来

の発展に供へるべきだと考へる。

また当社の経営方針に曰く「備あれば憂なし一來らざるをたのむ勿れ、我に備へあるをたのむ」と。即ち海外発展の目標達成のためには、自分でその手段を持つべきであるとする。ホソカワ・インターナショナルやホソカワ・インダストリアル・ディヴィジョンの設置、海外見本市の参加、従業員の海外派遣等はみなこの考へ方の実現である。

3. 企業別外貨収支

現在は世界流通経済時代であつても、国民経済的諸制約は免れない。輸出の伸張、外貨の獲得は、わが国民経済の至上命令である。細川社長は、国民経済的には極めて徹々たる自己企業内に於ても外貨収支のバランスを考へる。製品輸出、技術輸出による外貨プラスはもとよりであるが、技術導入の場合もそれによる輸入の防遏と製品の協定地域内への輸出増加を計量する。近頃新聞で伝えられることであるが、社員の海外出張は能う限り日航利用である。国内の一つ、一つの企業に於て外貨収支予算を発表させたらとは近頃社長の提言である。

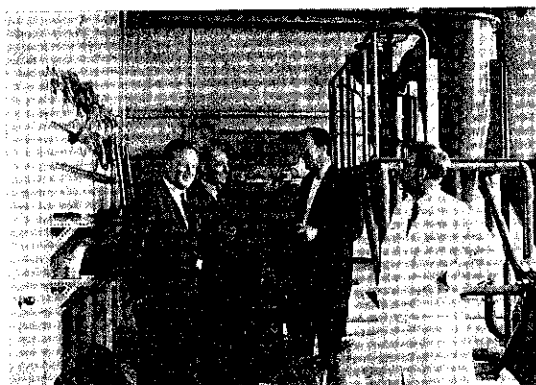


Photo 2 ホソカワインター試験室
右から二人目ラングトン氏

4. ホソカワ・インターナショナル

1956年（昭和34年）春、英國の銀行家で著名な親日家 G. セール氏が突然当社を訪問された。ひどい風雨の日であつた。用件は欧州製の良い微粉砕機があるからこれを日本に導入しないかという提言であつた。その後同氏の熱心な勧奨に依り同年8月、細川社長は田中設計係長を滞同して欧州へ出張した。ドイツに於てその製造工場を訪問し、あらゆる技術観点から検討のあげく、貴重な外貨を支払つてまでは導入に値しないとの結論に達し交渉を打切つて帰国した。この時検討の比較に用いられたのが当社で数十年間に亘つて研鑽蓄積した技術データであつた。

この事実を契機として、セール氏は凡ゆる技術比較に於て該欧州機より優れた細川機械に着目し、細川製品の欧州総代理店ホソカワインターナショナルの設立となつた。1960年2月のことである。ロンドンの中心部、コプトホールアベニューに事務所をもち、郊外の田園都市ビルリグスハーストに、スーパーマイクロミル、ミクロンセパレーター等の細川代表製品の展示実験室を設置した。支配人ラングトン氏の下に数名の事務、技術職員をおき、当社からも社員を常駐せしめている。

今にして思うことであるが、社長渡欧時、若し一種の外国崇拜観から該機の技術導入をしておれば今日のホソカワインターはなく、又世界活動も一歩のおくれをとつていたことであらう。



Photo 3 佐藤 功君 於 ロンドン

5. 佐藤青年と増田青年

佐藤功君は、昭和33年中学校卒15才で入社した。営業部試験室勤務3年、その間府立西野田高工定時制在学中昭和35年ホソカワインターへ派遣された。N.H.K 国際局のルイスブッシュ氏 (Mr. Lewis Bush) は英國に於て佐藤に会い大いに感心して、文芸春秋7月号と JAPAN TIMES 8月6日付に英國に於ける日本熱について随筆を寄せ、その文中「大阪の人々は、例の小型ヨット・マーメイド号を操つて単身大太平洋を押し渡つた堀江青年と同様に佐藤君の存在を大いに誇るべきだと思う——この

青年は世界中どこへ行こうが常に最高級の仕事をしている人間だと感じた」との賛辞を与へた。佐藤はこの10月米国へ渡りスリック社 P.M.D へ技術輸出した細川製品の紹介指導の新任務につく。

増田昌弘君も、やはり昭和34年中学卒で入社した。営業部試験室、技術部設計課で4年余働く間に今春、府立泉尾高工定時制を終へた。20才である。去る9月佐藤君の後任として英国へ渡り元気に働いている。われわれは彼もまた佐藤と同様に、英国人をして、何と日本の青年は勤勉優秀であることよと讃嘆せしめることを確信している。佐藤君や増田君は、われわれ細川のそして日本の若い力である。

6. 外国特許

海外市場へ進出の場合、外国特許による権利保護があれば長期継続的な宣伝投資が可能である。また技術輸出は特許がなければ成り立たないことは当然である。独創的技術とともに多額の資金を要することで困難を伴うのであるが、当社は政府補助金の援けもあり現在下記特許を保有している。

微粉碎機スーパーミクロンミル——米国、英国、フランス、スイス、カナダ
 粉末分級機ミクロンセパレーター——米国、英国、フ

ランス、スイス、カナダ

粉体供給排出装置フロートロン——英国、フランス、西ドイツ。

尚、スーパーミクロンミルとミクロンセパレーターは西ドイツ、出願中、フロートロンは米国へ出願中である。

7. ブランド（商標）

また、われわれはブランド（商標）を非常に重視している。近時世界各地に於て「日本、細川の粉碎機」の名声が大いに高まつてきたことは喜ばしいことである。米国、欧州へ対するわが製品の技術輸出契約に於ても、「ホソカワスーパーミクロンミル」「ホソカワミクロンセパレーター（又はクラシファイヤー）」のブランドの世界統一使用とともに製品、ネームプレートには必ず「Manufactured under license from HOSOKAWA IRON WORKS, OSAKA, JAPAN」と明示することを強く規制している。

8. 技術輸出と技術導入（技術交換）

導入の場合も輸出の場合も、外国側企業との条件交渉に於ては両当事者平等互恵の原則に立ち Fair play を心がけた。

◇技術輸出

（相手会社名）	（国名）	（機 種）	（契約日）	（期間）	（対価支払法）	（備考）
Slick Industrial Co.	U. S. A.	{ スーパーミクロンミル ミクロンセパレーター	1963年5月	10年	ローヤリティ	
N.V. Nautamix	オランダ	ミクロンセパレーター	1963年7月	10年	ローヤリティ	
" "	"	{ スーパーミクロンミル フロートロン ミクロンドライヤー				交渉中
Geo. Adlam & Sons Ltd.	英 国	{ スーパーミクロンミル ミクロンセパレーター				交渉中
Durgapur Engg. Co.	印 度	スーパーミクロンミル				交渉中

◇技術導入

（相手会社名）	（国名）	（機 種）	（契約日）	（期間）	（支払方法）
Slick Industrial Co.	U. S. A.	{ マイクロパルペライザー マイクロパルスエアー等	1961年4月	10年	ローヤリティ
N.V. Nautamix	オランダ	{ ウルトララビッドミキサー コンビミキサー	1963年7月	10年	ローヤリティ

9. 海外見本市、展示会への参加

東京と大阪で毎年開かれている国際見本市に欠かさず出品して来日のバイヤーにPRしているほか、海外に於ける展示会にも努めて参加してきた。

1956年10月～12月 北京上海日本工業展 中 国
 1956年12月～57年3月 第1回日本産業巡航見本市（日昌丸） 東南 亜

1958年5月 細川製品展示会 香 港
 1958年～59年 香港日本機械常設展示場 JETRO 香 港
 1960年10月～61年2月 第3回日本産業巡航見本市（安芸丸） 豪 洲、N. Z 東 南 亜
 1960年11月 サイゴン日本機械展示会 JETRO 南ベトナム
 1961年1月 カルツーム日本商品展示会 JETRO スーダン
 1961年 ボンベイ日本機械展 JETRO 印 度



Photo 4 巡航見本市さくら丸当社展示

1962年10月 ～63年2月	第4回日本産業巡航見本市 (さくら丸)	中近東 アフリカ
1963年3月	クアラルンプール日本機械 見本市 JETRO	マラヤ
1963年10月 ～12月	北京、上海日本工業展	中国

10. 従業員の海外出張

社長以下幹部の外国出張、従業員の海外巡査には極めて積極的である。中学卒、高校卒の若い人にも機会が与へられていることは注目さるべきだ。

1956年 井上設計課長—中国

1957年 細川専務—東南亜8ヶ国

1958年 細川社長—香港

1959年 細川社長—東南亜8国、細川社長、田中設計
係長—欧州及び東南亜諸国

1960年 松山技術部長—欧州及び東南亜、佐藤営業部
員—英国(滞在中)、村井東京支店営業課長
—豪、NZ、東南亜

1961年 細川社長—米国

1962年 細川専務、谷口製造部長—米国、豪、NZ、
東南亜、細川社長—欧州、米国

1963年 横山研究課長—豪、NZ、東南亜、森本技術
係長—ギリシャ、エジプト、英国(滞在中)、
増田設計課員—英国(滞在中)、幸光 営業課
長—中国(滞在中)、中本設計課員—中国(予
定)、中野製造課員—韓国(予定)。

11. 輸出実績

輸出は逐年向上し、現在自社製品の総売上額に対する比率は約15%であるが、最短期間にこれを25%にまで向上させることがわれわれの目標である。ここ数年の輸出の足どりを次表に見る。(昭和35年基準100)

	昭和38年 (1～8月)	昭和37年	昭和36年	昭和35年
	380	310	150	100

12. 輸出版売網

当社製品の輸出版売ネットは、本年契約締結した米国スリック社 P.M.D. 及びオランダナウタ社に対する技術提携に伴い次の如くなった。

販 売 権 利 者	販 売 機 種	販 売 地 域	摘 要
スリック・インダストリアル社 (P.M.D.) (米国)	スーパーミクロンミル ミクロンセパレーター	北米、中米、南米	独占、製造権与
N. V. ナ ウ タ ミ ッ ク ス (オランダ)	スーパーミクロンミル ミクロンセパレーター フロートロン	欧州諸国(英国を除く、共 産諸国は非独占)	独占、セパレータ —製造権与
ホソカワ・インターナショナル社 (英国)	スーパーミクロンミル ミクロンセパレーター フロートロン	英国、エジプト、南阿連邦	独占、英国内は P. M.L が Sub Agent
細 川 鉄 工 所	細 川 製 品	アジア州、大洋州、アフリ カ(南阿、エジプトを除く)	香港—東洋綿花
"	MIKRO 製品	東径 45°～180°(英連邦、 共産国を除く)	独占
"	ナウタ製品	東南亜諸国(インド、パキ スタン、インドネシアは非 独占)	独占

13. ホソカワ・インダストリアル・デヴィジョン(貿易部)

1960年当社の貿易部として設置した、製品の輸出活動とともに海外企業との技術交流等の渉外業務を担当する。I部とII部にわかれ、I部は自社製品を、II部は他

社製品を扱う。II部に於ては、積水化学工業㈱の化成品、日本理器㈱の手工具、その他の対豪輸出代理権を獲て年額約 6,000万円の輸出を行っている。

米国人 M.C. グラム氏が社員として、貿易部次長の資格でわれわれと共に日常勤務していることも珍しいケースであるだろう。

(以上)

年中行事

☆神鋼商事集壁装置パルスエア

(37年7月)

☆住友商事微粉碎機パルペライザー の独占販売契約成る

(37年12月)

37年政府認下された米 P. M. C 社と技術提携による新製品については首記の通り独占販売契約が結ばれ、全国に亘る販売組織が確立された。パルスエアは3月、パルペライザーは9月、夫々生産合理化による大巾値下げを断行した。

☆合理化月販メーカーに指定される

(大阪 38.4.5 名古屋 38.8.9)

中小企業の設備機械購入の際の資金圧迫を避ける為各府県単位で月賦販売の損失補償の制度が研究され、制度化されつつあるが、今般大阪府では37年度に引続いて38年度のメーカー指定をうけた。次いで愛知県の同制度のメーカー指定も本年8月決定された。

☆人事移動及組織変更

(38.3.20)

製造部設計課を技術部設計課に、営業部試験室を技術部試験室に、製造部工作課が製造課と名称変更、製造部業務課より資材課分離独立。営業部第二課新設

(新人事) 工場長東門栄一、製造部長谷口浩、技術部長丹羽久雄、営業一課長(代)太田鉄之助、営業二課長(代)幸光敬一郎、資材課長(代)八木節男、営業係長森本大蔵、(支店)営業係長上田遷、他若干の移動があつた。

尚営業課長藤井博は住友商事機械二部、化工機課技師として出向。

☆新入社員入社式

(38.3.22)

社長、各部長出席のもとに、本年度採用新卒業生23名の入社式を本社にて行つた。

☆第十六回医学会総会に展示 (38.4.1~5)

会場 大阪府立体育館 日本医学会主催

会期 4.1~4.5 5日間

展示 パルスエア P6-IB 実演共

☆第二工場・新研究所竣工披露パーティ

(38.4.18)

総工費1億3千万の予算で昨年暮、旧研究所跡に着工したが、この程完成、創立記念式と日と同じくして新第二工場内にて竣工式を挙工した。当日住友商事川村常務殿、神鋼商事山内常務殿夫々より丁重なる祝辞を頂戴、取引先、その他関係者招待して、披露パーティに移り、工場見学或は歓談に時を過し盛会裡に終了した。

面積 研究所 666m² 第二工場(製缶部門) 1142m²



☆創立48周年記念式

(38.4.18)

新工場竣工式と日と同じくして多数の来賓を迎へ新工場内で盛大に挙行された、恒例の通り優良社員、永年勤続社員、年間皆精勤社員の表彰が行なわれた。



☆社員琴平一屋島に慰安旅行

(38.5.3)

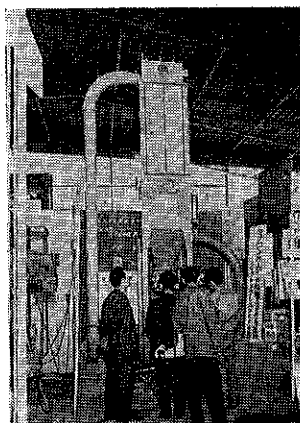
細川厚生会主催に依り全社員の春季慰安旅行は、関西汽船より丸にて高松、栗林公園を経て琴平にて一泊、翌日金比羅参拝、屋島經由の一泊旅行に浩然の気を養い、楽しく一同無事旅程を終つた。

☆第三回西日本総合機械展 (38.5.18~27)

会場 小倉市旧陸軍造兵廠 福岡県, 小倉市 主催
会期 5.18~5.27 10日間
展示 パルスエアー P9-6 実演共

☆第三回優秀機械工業見本市 (38.5.22~29)

会場 大阪市見本市恒久会場 日刊工業新聞 主催
会期 5.22~5.29 8日間
展示 新製品, ホソカワ/マイクロ パルスエアー
P9-6, 一式



展示 パルベライザーS型 SAP-1型
" AP-B型
フロントロン AV-1 各1台 実演共



海外関係

☆第四回日本産業巡航見本市

(さくら丸)に参加 (37.10.~38.2.14)

中近東及アフリカ, 12ヶ口の巡航見本市に住友商事より出品, マイクロパルベライザー等4機種を2小間に展示, 実演, 説明に大活躍した。(別項記事参照)

☆韓国, 東洋粉体工業, 金社長等来社

(38.1.17~30)

カオリン粉砕プラント約2,700万の商談成立, 7月に船積を了し, 11月据付試運転に製造部, 中野秀章を派遣する事になっている。

☆マラヤ日本機械展示会に出品

(38.3.1~5)

場所 クアラランプール JETRO 主催

会期 38.3.1~3.5日迄

展示 スーパーミクロンミル30HPに住友商事を経て出品, 受託成約された。

☆地方巡回出張

(38.8月.9月)

販売促進, 技術サービスを兼ね暑中御挨拶に本店スタッフを動員して受持地方を定め歴訪して, 新規引合の発掘に又, 苦情処理に大変喜ばれた。

九州地区 細川専務, 東門工場長 10日間

北陸 " 細川東京支店長, 松山研究部長 7日間

中国 " 丹羽技術部長, 太田営業一課長 9日間

名古屋 " 細川専務, 横山研究課長, 森本営業係長 6日間

☆新製品S型(樹脂用粉碎機)の発表

(38.9.14)

米P.M.C社との協同研究によるホソカワ/マイクロパルベライザーS型はかねて樹脂と同様の柔軟性, 靱性に富んだ物質等の粉砕機として世界注目の新形式であったが, 8月12日限定発表会を開き; 9月14日日本経済新聞, 日刊工業新聞等にて製品発表が行なわれた。

(別項記事参照)

☆粉体に関する機器展示会 (38.10.7~7)

会場 京都市公会堂 第一回粉体討論会 主催

☆比島 Island Industrial powders

社長来社

(38.3.20~4.23)

同社 Yapchinchay 社長夫妻, 来社, スーパーミクロンミル75HP用の買付交渉及技術指導について懇談, 程なく同機及ミクロンセパレーターMS-4が納入, 横山研究課長が訪比した(別項記載)

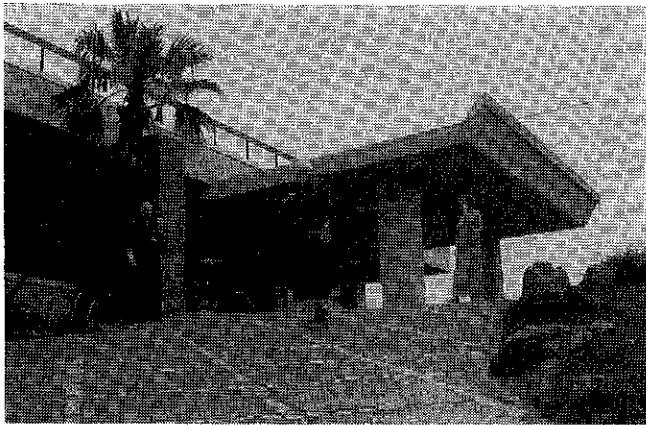
☆米国 Slick 社首脳陣来社 (38.5.1~5.13)

当社の技術提携先である Slick Industrial Co. の社長

D, A, Edwards 氏夫妻, 及 P. M. D 社総支配人 D, C, Bradley 氏, 及同技術部長 E, L, Timm 氏が来社, マイクロ製品に関する契約改訂と共に, 細川製品の技術輸出契約を締結, 調印した。Timm 氏は合せて細川製品の生産技術及販路実態の調査に従事。細川, Slick 両首脳間で楽しい交歓を重ね両社の友好関係を一層緊密にした。

これに依り米国 Slick 社と細川の技術交換は完全となり, 細川のスーパーミクロンミル, 及ミクロンセパレーターは程なく米国内で生産, 販売される。

本件は7月1日政府認下された。



☆ホソカワインター社長 Sale 氏来日

(38.5.14~6.29)

Mr, G, Sale は5月14日来社, 折から来日中の Slick 社首脳部と欧州, 米洲に於ける, ホソカワ製品の販売 Policy に就て細川社長主唱の会談を重ねた。又ホソカワインターと細川との欧州総販売代理店の改訂契約書に調印を了した。

☆オランダ, ナウタ社

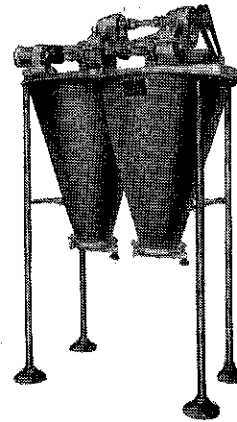
Dr. Van Munster 氏来社 (38.5.24~6.5)

ナウタミキサーで著名な Nauta 社技術部長兼 Vometec 技術研究所所長 Dr. Van Munster 氏が当社研究所及工場の見学及技術交換打合せの為来社した。

☆ Nautamix 社と技術交換契約締結

(38.7.12)

細川よりオランダ, ナウタ社に対し, ミクロンセパレーターの欧州に於ける製造販売権を許可する契約と, ナウタ社より細川に対しナウタミキサーの日本及東南アジアに於ける製造販売権を供與する契約がクロスライセンスの形で同時締結調印された。



☆東南亜石粉廠(マラヤ)洪社長来社 (38.7.23)

同社はクララランプールに於て既にスーパーミクロンミル30IP 3台を使用中であるが4台目の注文の為来日彼の事業の盛業の最大要因である本機について特に丁重な謝辞を受け我々又感謝を新にし, 一層の発展を願った。

☆東パキスタンへ農薬粉碎プラント輸出 (38.8)

東 Pakistan の The Chemical Industries of Pakistan. 社向, B, H, C の粉碎プラント一式を大機ゴム経由輸出した。

☆英国, Mr, Summers 等来社 (38.9.30)

英国の銀行家 Sale & Co, London の Managing Director Mr, M, E, Summers とその秘書が来日, 当社工場を見学した。

☆北京, 上海日本工業展覧会に参加

(38.10.5~12.12.21)

機進展実業を通じて参加, 北京会場10月5日より, 上海会場12月1日より, 夫々3週間の予定で当社製品スーパーミクロンミルM52型, ミクロンパルペライザーMP-2型他優秀製品2機種を出品, 幸光営業2課長が, 中国市場の調査, 販売促進, 展示商談に派遣された。更に中本設計課員も近く出発する。

海外出張

細川社長欧米へ

(37.10.2~12.4)

ホソカワインターナショナル, ロンドンの組織拡張,

他一般業務推進、及西独に於ける粉体機械の調査、及オランダ、ナウタ社のウルトララピッドミキサーの技術交換の交渉、更に米国 P, M, C に対する技術輸出の細目打合せの為出張、多数の成果を得て12月4日無事帰国した、

森本 益弘 (企画係長) (38.3.3~9ヶ月の予定)

- 1) ホソカワインターの技術援助
- 2) ギリシャ、エジプト夫々に於てスーパー75HP MS-5の据付試運転
- 3) 西独、に於ける粉体機器の技術研究
- 4) オランダ、ナウタ社の製造技術調査

横山 藤平 (研究課長) (38.4.14~7.5)

- 1) 比国マニラ、スーパー75HP及MS-4の据付試運転及全般の技術指導
- 2) 濠洲、メルボルン、アデレード夫々の地で、MS-4の試運転指導
- 3) ニュージーランド、スーパー30HPの試運転指導、その近辺各所で技術指導を行い盛大な観迎と大いなる感謝を受けた。香港経由帰国。

佐藤 功 (技術部)

ホソカワインターロンドンに駐在中の佐藤は過去3年間各地で技術指導に大活躍をしたが、今回米国 P, M, C へ出向を命ぜられ10月 ロンドンより直接赴任する。

増田 昌弘 (技術部) (38.8.31~向う2年)

佐藤の後任としてホソカワインター勤務を命ぜらる。向う2年の予定。

幸光敬一郎 (営業第二課長) (38.10.5~12.21)

北京、上海日本工業展に参加、別項記事参照

中本 正弘 (技術部設計課) (38.11~1.21)

同上の上海会場の専任として参加

中野 秀章 (製造部製造課) (38.12~1)

韓国、東洋粉体工業会社へカオリン粉砕プラントの据付試運転技術指導の為、別項記事参照

東京支店便り

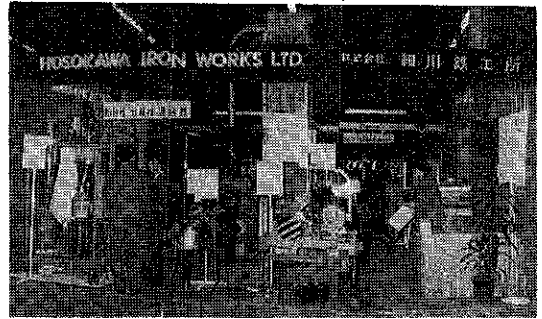
☆第五回東京国際見本市 (34.4.16~21)

会場晴海ふ頭にて21日間盛大に開催された。当社は11号館に4小間を以て新製品パルベライザー、パルスエアー、他当社優秀代表製品各種計12機種を出品展示、インクワイアリー 1,026件の多きに上り、種々活発な質問で賑わい、担当係員は繁忙を極めた。今回は住友商事にも特別小間を配し熱心な関係者の注目を集めた。

☆カシュー塗料株式会社

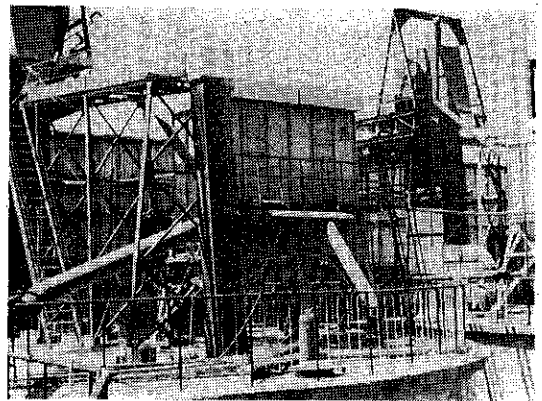
より感謝状を受領 (昭38.6.10)

当社製ミクロンセパレーター、パルスエアー、各種粉砕装置を納入し好評を受けた。



☆日立セメント株式会社へ マイクロパルスエアー納入

セメント 原料処理部門新設工事に10数台 (3,000m³/min) 38年6月納入、8月試運転完了、現在順調に稼動中。



☆第11回プラスチック機械展

後楽園会場

(昭38.10.5~11)

新製品樹脂粉砕機ホソカワ/マイクロパルベライザー S型、ニューカッターミル、ナッタミキサーを展示、斯界の反響を呼んだ。

☆第3回神奈川県産業公害防止展

横浜役所

(昭38.10.8~14)

ホソカワ/マイクロパルスエアーを出品注目をあびた。

※粉 砕※ No. 9 1963年 冬季号

昭和38年11月20日 印刷

昭和38年11月25日 発行

編集者 横 山 藤 平

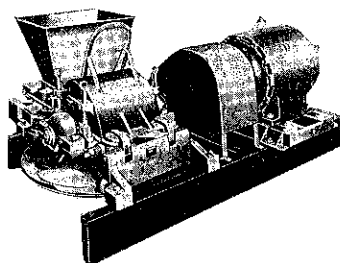
発行所 細川粉体工学研究所

大阪市港区三ツ樋町11番地

(非売品) 印刷所 K K ナニワ印刷所

大阪市北区川崎町38

米 国 P.M.C 技 術 提 携
マ イ ク ロ

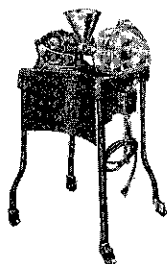


■ HOSOKAWA-MIKRO PULVERIZER

- 1 摺付面積小さく能力大.
- 2 容易に分解組立出来る.

■ HOSOKAWA-MIKROPULVERIZER S TIPE

- 1 軟化低融点、韌性物質の微粉砕用、特殊型.
- 2 標準水冷型
(型式) 5 HP~75 HP

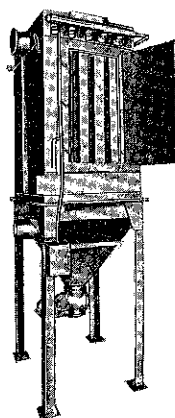


■ HOSOKAWA-MIKRO
BANTAM MILL

- 1 粉塵が立たず組立掃除容易
- 2 自動フイダー
(型式) 1 HP (3 相)

■ HOSOKAWA-MIKRO
SAMPL MILL

- 1 研究所、試験室用.
- 2 運転容易、掃除簡単.
- 3 ステンレス製
(型式) 1 HP (3 相)



■ HOSOKAWA-MIKRO
PULSAIRE COLLECTOR

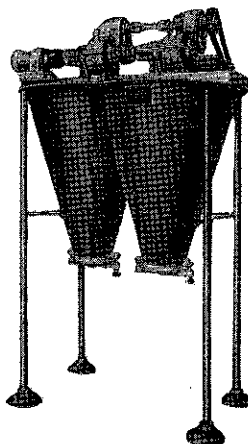
- 1 捕集効率99.99%.
 - 2 可動部分なし.
 - 3 合塵濃度が高くとも使用出来る.
 - 4 所要濾過面積は他種に比して最少.
- (型式) 9-6, 20-6, 30-6,
1A1, 1C1その他各型式

ホソカワ

技術提携製品

オランダナウタ社技術提携

■ ホソカワ/ナウタミキサー



自転するスクリーナーが円錐型容器の壁に沿って公転し、ミキサー全体にクマとヨコの流れを生じさせる、いわゆる交叉流混合効果により、極めて完全かつ迅速な混合を行なう。

- 1 交叉流効果により、極めて小さい動力消費で能力が大 (2000ℓで5 HP)
- 2 大容量回分混合が可能のため、少ない時間で大量の精密分散が出来、広い用途を持つ。
- 3 水冷、加熱、液体添加容易
- 4 機構簡単、取扱、掃除容易
- 5 安全運転。
(型式) 30ℓ~10000ℓ

■ ホソカワ/ナウタ
コンビミキサー



- 1 高混合比および混合時間の短縮に最適.
- 2 連続投入方式も可能
(型式) 400ℓ~6000ℓ

細川粉体工学研究所試験室の開放

当社には別に上記研究所を設け学界、実業界の権威者を網羅し、粉体工学部門の開拓、研究に我国最高の智識を結集して、各位のご相談を承っておりますがまた、多数の実験機を設備してご遠慮なくご利用を願っております。

絶えずご需要家のご便益に奉仕し緊密な接触を保てることが当社の念願であります。

“あらゆる粉砕のご相談は細川へ”



株式会社 細川鉄工所

本 社 工 場 大阪市港区三ツ樋町13番地
電 話 (571) 5631(代表)~5634
(工場) 5678(代表)~5679
東 京 支 店 東京都中野区松ヶ丘町2丁目
電 話 (388) 1156(代表)~1157
細川粉体工学 大阪市港区三ツ樋町13番地
研 究 所 電 話 (571) 5631(代表)

ホソカワ

粉体化学機械装置

■【特許】超々微粉砕機

スーパーミクロンミル

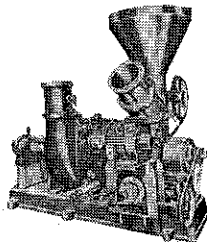
(特徴)

- (1) 平均粒径 3~5 ミクロンの超々微粉砕。
- (2) 特殊ノズル式分離機により鋭敏な分級効果を示すと共に異物の除去排出をして粒度の均一、製品の純度向上に卓越した性能を示す。
- (3) 粉砕室の 2 段階合による粉砕効果の増大、その他。

(型式) M52NC, 7.5HP

M202NC, 20~30HP

M502NC, 50~75HP



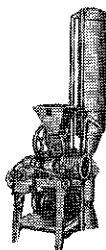
1957年 紫綬褒章受賞
1955年 發明賞受賞
日、米、英、仏、特許

■【特許】小型微粉砕機

ミクロンミルMon型 (1HP)

- 1 300 メッシュ以上の超微粉砕可能。
- 2 金網を使用せず粒度調節自由。
- 3 特殊ノズルを備え分級異物の除去可能。

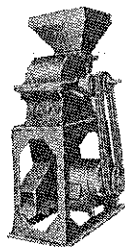
(型式) Mon (1HP)



■ 粗・中砕機ハンマーミル

- 1 粗・中砕を目的とした鉱石、肥料、食糧品、薬品など広い範囲に用いられる。
- 2 処理能力著しく大、粒度調節可能。
- 3 構造堅固で取扱容易である

(型式) H-8 (1HP) H-12 (3HP), H-15 (5HP)
H-18 (10HP) H-24 (20~30HP)

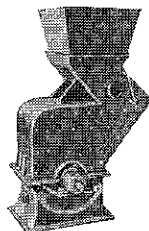


■ 破・粗砕機

ハンマーブレイカー

- (1) ハンマーミルでは投入困難な大塊の原料用で粉砕比が大
- (2)(3) 上記ハンマーミルと同様

上記ハンマーミルと同様

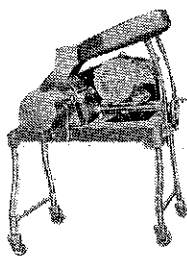


■ 中 砕 機

フェザーミル

- 1 医薬品、食品の造粒用に最適。
- 2 粉体接触部はステンレス製で異物が入らない。
- 3 取り扱いと調節が簡単。
- 4 処理能力が大きく、所要動力が少ない。

(型式) 3~5HP用



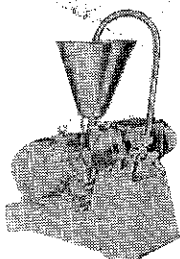
■【特許】湿式ミル

ミクロンニューコロイドミル

ミクロンミルの機構を取入れた湿式粉砕機で。

- 1 固体粒子と液体の混合懸濁及び微粉砕。
- 2 液体と液体の混合懸濁反応の促進。
- 3 ペイント、顔料、飲料、化粧品などの薬品工業用。
- 4 ステンレス製

(型式) NC-1 5HP

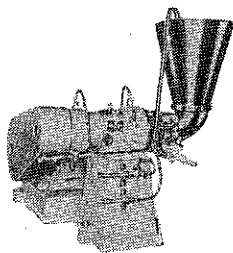


■ 乳 化 機 ディスパーミル

- 1 取扱分解掃除容易。
- 2 反覆循環可能。
- 3 発熱気泡少ない、分散乳化機である。
- (4) ステンレス製。

(型式) D-1 (5HP)

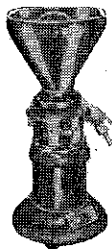
D-2 (7½~10HP)



■ 堅型乳化機

堅型ディスパーミル

上機ディスパーミルを縦型にしたもので左の写真はVD-1 (実験室用) で単相用 ¾HP で研究用に好適
(型式) VD-1 (¾HP) 100v



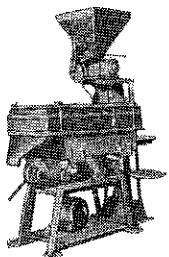
■【特 許】篩 機

バイブシフター (A型)

- 1 凝集性大なる粉状、粘着性のものも可能。
- 2 金網面の閉塞がない。
- 3 高性能で小型、所要動力小
- 4 創意の垂直旋動運動 1 段式及 2 段式有り。

(型式) VSA-1 (¼HP)

VSA-2 (1HP) VSA-3 (2HP)

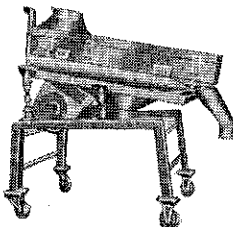


■【特 許】篩 機

バイブシフター (B型)

- 1 2 3 は上機と同様。
- 4 振動は本機内部に吸収されるので基礎不要
- (5) 伝導用モートルは不要で可搬型である。

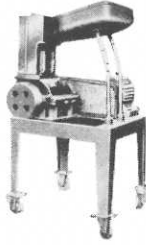
(型式) VSB-1 (¾HP)



■【特許出願中】特殊型粉碎機

ニューカッターミル

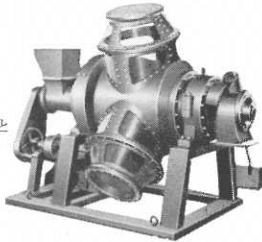
- 1 軟質、低融点物質の微粉碎に最適（1回掛8～80メッシュ）。
- 2 完全剪断粉碎のため発熱僅少。
- 3 固定刃回転刃は超硬質特殊鋼使用。
- 4 原料供給容易、清掃容易。
（型式）NK-1（5～10HP）



■【特許】混合機

ブロックスー“Y”

- 1 正確にそして高能力。
- 2 簡単に粉塵が出ない。
- 3 プログラム制御の方式をとっている。
- 4 連続混合が出来る。
（型式）150型（150ℓ）3HP
500型（500ℓ）7½HP



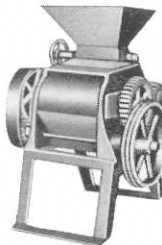
■混合機 ポニーミキサー

- 1 特に高比の粉体の混合用として
- 2 又、粉体に少量のペースト状のものの添加混合に極めて、卓越せる性能を示す。
- 3 混合翼、スクレーパーとタンクが逆転し変速可能にして、取出し容易。
- 4 ステンレス製。
（型式）20, 30, 50, 60ガロン用



■粗砕機 ロールミル

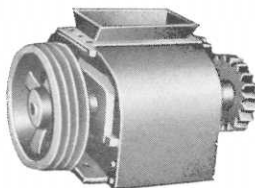
- 1 ¼～¾”程度の粗砕40～80メッシュの中砕用。
- 2 特に水分、油分を含む他種粉碎機には困難なものに便利、粒度の調節自由。
- 3 粉塵が立たず、掃除に便利
- 4 低速回転で故障少なく安全
（型式）2～20HP



■粗砕機

鬼歯ロールミル

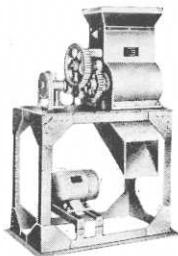
上機ロールミル表面に鬼歯状突起を有し比較的大塊を圧壊するに便利
広範な用途有り。
（型式）2～20HP



■粗砕機

アイスクラッシャー

上機鬼歯ロールミルの鬼歯の代りに鋭利な鉤状突起がついている、化学工場の氷の割砕、レジンその他大塊の中砕機として好適。
（型式）1HP 5HP

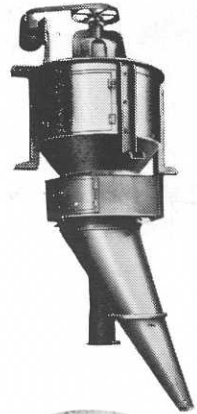


■【特許】分級機

日・米・英・仏・特許
独・加・瑞・特許出願中

ミクロンセパレーター

- 1 分級範囲が広い、0.3mmから2μまで自由。
- 2 分級精度がシャープで回収率が高い。
- 3 構造簡単で運転と調節が容易。
- 4 各種粉碎機への附設が容易
（型式）MS-0～MS-6各種



■フロートロン

英・仏・特許
日・米・独・特許出願中

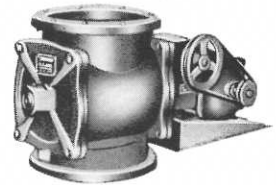
- 1 モートルを使用する事なく粉体の供給排出用として珍しい機構を有している。
- 2 簡単な機構で巾の広い調節可能。
- 3 摩擦部分がなく粒体を破壊する事なく排出出来て粘着もなく円滑な排出が出来る



■ロータリーエアー

ロックバルブ

- 1 気密を要するホッパー、サイクロンなどの粉粒体の定量の取出し供給用として、用途が広い。
- 2 空気の漏洩がなく故障が少ない。
- 3 取扱い簡単。
（型式）各種あり

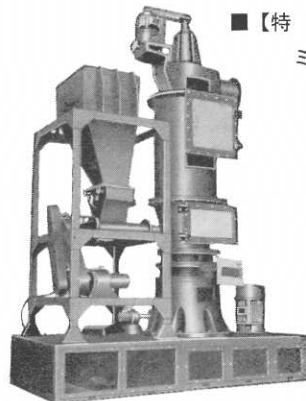


■【特許】粉碎乾燥機

マイクロドライヤー

- 1 粉碎、分級、乾燥を一工程で処理。
- 2 卓越した乾燥効率を有し均一な乾燥が出来る。
- 3 極めて大きい能力を有しながら搬付面積が小さく簡潔になっている。
（型式）

MD-1～MD-5



粉体工学の
トップコンサルタント

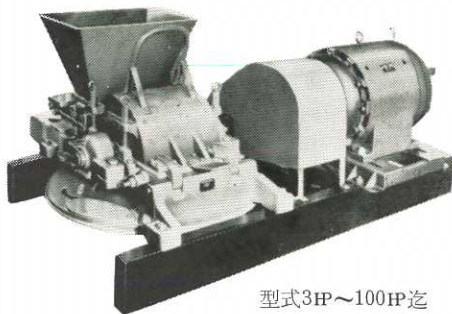
マイクロ アトマイザー
マイクロ パルベライザー
マイクロ パルスエアー
米国 P.M.C 社

技術提携製品
ホソカワ/マイクロ

スーパー シクロンミル
ミクロン セパレーター
粉体処理専門メーカー
細川鉄工所

パルベライザー

ホソカワ/マイクロ パルベライザーは取扱いが簡単で、運転費が安く、機械的には堅牢であらゆる種類の原料の混合、造粒、微粉砕に用いられます。更にこのホソカワ/マイクロパルベライザーは、粉砕と混合、分散が一度に出来ると共に、熱に敏感な物質、粘着性のもの、引火性物質等の粉砕を乾式、湿式、いずれの方法でも能率よく出来る特徴をもっています。低融点、靱性、繊維状物質には特殊型パルベライザーS型があります。



型式3HP~100HP迄

(詳細お問合せは

本店機械第2部化工機械第2課まで)

販売総代理店



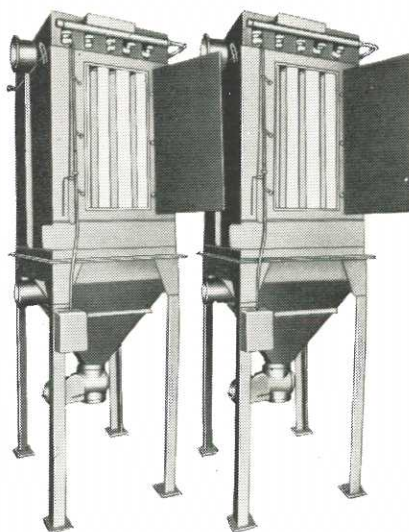
住友商事株式会社

大阪 大阪市東区北浜5丁目15番地(新住友ビル)
電話 大阪(203)1221(大代表)
東京 東京都千代田区丸の内1丁目8番地(新住友ビル)
電話 東京(211)0111(大代表)
支店 名古屋・札幌・福岡・神戸・仙台・横浜・富山・
京都・広島・宇部・高松・八幡・長崎・新居浜
出張所 室蘭・釜石・新潟・千葉・和歌山・広島・岡山・
徳山

パルスエアー

すばらしいジェットアクションによる完璧な自動清掃機構を備えた集塵機です。

ジェット噴流→濾過面積小、処理風量大
ベンチュリー効果→所要圧縮空気量他種の $\frac{1}{10}$
上下動リングなし→濾布寿命半永久的
圧損一定→安全操業
集塵効率 99.99%
型式 $1\text{m}^3/\text{min}$ から無限大迄



(詳細御問合せは神鋼商事機械部迄)

販売総代理店



神鋼商事株式会社

本社 大阪市東区北浜3丁目5番地
TEL(202)2231(大代表)
東京支社 東京都中央区京橋2丁目2番地(京橋ビル)
TEL(281)6361(代表)
名古屋支店 名古屋市(名古屋ビル)TEL(56)1271(大代表)
呉支店 呉市今西通1丁目6番地TEL(2)6481(代表)
出張所 福岡・小倉・広島・富山・新潟・仙台・札幌

製造元 株式会社 細川鉄工所

大阪・東京