

新 石 卒

THE MICROMERITICS

新工場事務所竣工記念号

No. 7

AUTUMN

1961

細川粉体工学研究所



【巻頭言にかえて】

創立46周年を迎えて

(速記録より)

細川鉄工所会長
細川粉体工学研究所所長

細川 永一

本日は当社の創立46周年記念日と新社長就任式ならびに新工場事務所竣工式とおめでたいことが三つも重なってこんな嬉しいことはありません。私がこの度社長の席を辞して今後は会長として後見役をつとめることになりましたが、決して隠居をしたわけではなく、まだまだ気は若く新しい機械の研究も大いに続けてゆきたいと思っております。

このよき日に当つて私が今日まで歩いて来た道をここで振り返つて皆さんにお話してみたいと思います。

私は明治22年12月14日、淡路島の農家で生れた。農業

のかたわら製粉業も営んでおり、まだアメリカからメリケン粉の入っていない頃で水車で小麦を粉にしていたのを覚えている。洲本の中学校を卒業しても将来何をやるか決心がつかなかったが、小学校の先生になるのも面白くないし、父が家を建てゝやるから百姓をせよといつたがこれも気のりがしない。そんな或る日ひるねをしていた私に姪がふとこんなことをいつた。「おぢさんはアホやな、勉強さえしておけば誰にもとられることはないに」この言葉が私に深い感銘を与えて、友達と一緒に東京の予備校にゆく決心をした。上京した私は学もしなずんば死すとも帰らずと肝にきざんで一生懸命勉強した。

翌年、名古屋高等工業の機械科へ10倍の競争率で入学することができ、大正3年卒業すると直ぐ京都の島津製

“粉 碎” 第7号 昭和36年 秋季号 目次

【巻頭言にかえて】

創立46周年を迎えて 細川鉄工所会長 細川粉体工学研究所所長 細川 永一 1

【論 説】

粉碎の基礎法則に関する2, 3の提案 東京大学工学部 神保 元二 3

【報 文】

円筒槽における粉粒体の流速分布について 9

大阪大学工学部教授
大阪大学工学部

“

大 竹 伝 雄
東 稔 治
黒 田 博 之

Y型連続混合機 細川鉄工所会長 細川鉄工所社長 細川粉体工学研究所 細川 永一 13

細川鉄工所社長
細川鉄工所社長
細川粉体工学研究所

細川 益 男
細川 益 男
横山 藤平, 中本 正弘, 福本 史郎

空気透過法による新しい直示式平均粒度測定装置 17

京都大学化学研究所

荒川 正文

【解 説】

粉体急速混合機について 細川粉体工学研究所 松山 卓蔵 21

最近の食品工業における粉碎と粉碎機 武田薬品工業㈱研究所 美間 博之 23

異物質分離装置としてのスーパーミクロンミル 34

細川鉄工所社長
“ 企画室

細川 益 男
森 本 益 弘

【文 献 紹 介】

粉碎法則と粒度計算 粉体工学研究会 三輪 茂男 30

流路内壁における微粉末の附着について 37

金沢大学工学部教授

田中 達男

“MICROMERITICS” No. 7 AUTUMN 1961

〔特 許 紹 介〕

粉砕機械に関する最近の特許発明について	43
特許庁審査第2部 安達 功	

〔技 術 資 料〕

マイクロンドライヤーの実際について	47
細川粉体工学研究所 丹羽 久雄	

〔座 談 会〕

粉とびある記	51
※ 東大物性研究所について	12
東京大学物性研究所 斉藤 喜彦	
※ 有機化学への振動ミルの応用	22
細川粉体工学研究所 松山 卓蔵	

〔HOSOKAWA'S NEWS〕

Y型連続混合機	55
微粉砕乾燥機 ミクロンドライヤー	56
最近の興味あるテスト例	57
年 間 行 事	58
原 稿 募 集	29
編 集 後 記	60

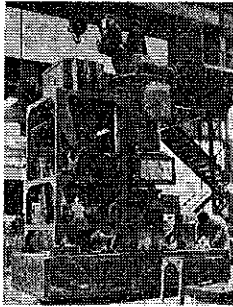
表紙説明

ミクロンドライヤー3号 (MD-3)

本装置は有機泥状物の乾燥装置として、某製薬会社へ納入したものである。

据付面積 主要部分 12m×3m×6m高

バッグ部 3.5m×3m



主要設備及び馬力

粉碎部	T型ハンマー	3,000 r/m	15kw
分級部	ローター	900 r/m	1.5kw
供給部	グラニレーターとスクリー		0.75kw
排風機	プレート型	100m ³ /min	23kw
空気加熱器	エロフィン型	5 kg/cm ² G	蒸気
入口温度	150°C	出口温度	70°C
原料水分	62%W.B.	製品温度	2%W.B.

処理量 (原料) 200kg/H

作所に就職した。その後志願して高槻の工兵隊に入隊、大正4年12月に除隊となった。

大正5年1月自営の決心をたて、工場を建てたが、4月18日に落成式を行ったのでこの日をもって創立記念日としたわけである。その頃は旋盤4台と、ほかにボール盤、セーバー位の設備で下請の下請の様な仕事からはじめた。しかしその当時から正しい見積りをする事の大事なことを知って原価、人件費、経費についてはしつかりした考えをもっていた。

大正7,8年の一次大戦で景気がよくなり、一応の資金もできたので大正9年川口（大阪市西区）に工場を買ったが12月の財界の恐慌で倒産が多く手付をうつて流してしまった。大正10年島津社長の紹介で桃谷順天館の専属工場となり、それ以来桃谷さんとの縁は深い。そのころはポンプやフィルタープレス等々をつくった。大正12年関東大震災で現在弁理士をやっておられる鶴田氏が罹災され工場に入った。そして私はこの人から特許に対して大いに啓蒙されることになった。この頃は不景気の絶頂であつた。

昭和3年8月15日、不幸にして工場が全焼した。350円の復興資金で工場再建にかかったが、出入していた近所の人々が、困っていた私達に家具や寝具を出してくれたり、桃谷さんからは毎日14,5人の人がきて約半月かゝつて焼跡の整理をしてくれた。私はこのとき程人情の有難さを感じて知ったことはない。そういつたとき、おめでとうと、お祝いを云ってくれた身内のものがある。その人のいうことが面白い。「あなたがこのまゝで鉄工所を続けていたら、一年たゝぬに死んでしまう。今の工場の方位がよくない。焼けて結構だ。焼け残った木をもつていつて、どこか別の場所で工場を建てなさい。きつとあなたは成功する」私は方位の良し悪しは大して気にならなかつたが、この火事がきつかけで現在研究所のある土地を桃谷さんの御好意で借りることができた。この間桃谷さんからはあらゆる面で援助を受けた。

その頃、微粉碎機の優秀なものが国産ではなかつたので、アメリカのレイモンド社から買入れてこれの研究をはじめたが、これが私の微粉碎の研究に没頭する端緒となつた。そしてミクロンミルの第一号機ができ上つた。

粉碎と云う仕事には理窟で割り切れぬむづかしい問題がある。ある時は機械を反対に廻したら細かい粉がとれたり、今日の結果は昨日の成績と一致しなかつたりした。私は紙、石、オガクズと何でも私の造つた粉碎機にかけてみた。そして鉛の粉碎には最も苦心した。その中私は、餅は熱くて粘くても小さくできる、それはとり粉があるからだ、鉛の粉碎にもこれが必要だと云うことに気がついた。この考えで空気銃の弾を粉碎したところ立

派に粉になつた。

その頃、島津源蔵氏の鉛粉製造機がアメリカと特許抗争に勝つたばかりで、私の鉛の粉碎法は大いに島津を刺激して、10万円の権利で売れといつて来た。その頃の10万円は今と違って大変な額である。このとき桃谷順天館の先代社長である桃谷幹次郎博士の次の言葉が、粉碎機一本でたつという私の決心を固いものにしてしまった。

「売るのはやめなさい。あなたの苦心の機械は人に渡せばそれで終りです。せんなりやつる一筋のひさごかなで一つのものゝ老舗こそ金に代えられぬものです。」

このときはミクロンミルが特許を得てから既に3年がたつていた。この間に武田薬品、塩野義製薬等に多くのミクロンミルを納めた。昭和9年には室戸台風による大水害を受けて工場は完全に水浸しになつた。

その後もミクロンミルは好評で日本化学からは30HP、17台の注文を受けたり好調な歩みが続けたが、昭和14年第二次世界大戦のきざしが現われ世間は非常事態勢、物価の昂騰と何となくものさわがしくなつてきた。

昭和16年私は喉頭癌との診断を受け医者からは癒る見込みはないと宣言された。その頃はもう小さい工場はすべて合併、合併で独立を許されないような情勢にあつた。私の工場も20数軒が集まつて別会社をつくる計画があつたが、工場を閉鎖するか、合併するかの会議が私の病室で始まつた。そのとき私は合併中止を決断した。

昭和20年8月、終戦の頃には間に合う人達はすべて兵隊にとられていた。残つていたのは老人と子供ばかりであつた。その年の12月に私は一まず工場を閉鎖しようと考えた。ところが解散して間もなく今度はジエーン台風で又工場は水浸しになつた。このとき今まで居た職人がみんな集つてきて機械の掃除をやってくれたが、これがきつかけとなつて再び工場の機械は動きはじめた。このころは粉食が盛んで粉碎機はよく売れた。

昭和24年に株式会社組織に切換え、現社長と専務が実務を執ることになり、そのとき以来積極販売にふみきつた訳である。私はミクロンミルの発明によつて昭和30年に発明賞、昭和32年には紫授褒賞を受けた。

現在の工場をみると、私の歩んできた道が喜びも悲しも走馬灯のように懐しく思い出されてくる。最後に皆さんにいいたいことは、月並な言葉ではあるが、実感として、「人生は浮き沈みの連続である。どんなときにも失望するな。」ということです。

【これは昭和36年6月24日創立46周年記念日における会長挨拶の要約である。約40分間の講演をこの紙面につめたので充分に意をつくしてないと思われるが御了解を乞う。】

文責 横山

粉碎の基礎法則に関する 2, 3 の提案

東京大学工学部

神 保 元 二

1. は し が き

筆者はこの数年来、ジェット粉碎¹⁾²⁾³⁾ ボールミル粉碎⁴⁾⁵⁾ 振動ボールミル粉碎⁶⁾などの微粉碎機構について実験・研究・考察を行ってきたが、その過程で、全く新しい原理ないし方法を基礎とする粉碎機・粉碎操作では、その粉碎方法の特長を見出し、将来の発展方向を体系的に推測する上で、従来の粉碎法則が余り役に立たないことを痛感した。そしてまた、従来の法則はそれをもとにして、解析的により基礎的な物理的な法則と結びつけ、具体的な模型を仮定していく上でも不適當であることを見出した。

従つて筆者は、新しい粉碎機構の解析において、一応従来の粉碎法則と関係ないいくつかの基本的な仮定をかなり大胆に設け、それを解析の方法とするとともに、新しい粉碎理論の仮説として提案しておいた。それは個々の具体的解析の中ですでに述べてきたが、まだまとまつた形で示したことがないので、本誌面を拝借できる機会にとりまとめておきたいと思う。

もとよりこれは若干の仮定にすぎず、しかもまだ充分に確証されたものではないが、1つの考え方としてご批判をおきたいと思う次第である。

2. 粉碎の仕事法則

2-1 従来の仕事法則

粉碎機を設計したり、粉碎操作の基準を定めたりする場合まず問題となることは、希望する量だけ希望する粒度変化をもたらすには、どれだけの仕事が必要かということであろう。これは要するにエネルギー収支についての問題であるが、一般に工学の法則は、まずこのエネルギーないし物質収支の効率または収率を把握することからはじまるもので、この点従来の粉碎の仕事法則は、投入エネルギー（消費エネルギー） E の変化に対する粒子の代表長さ（ふつう粒径） x の変化の比であらわしている。すなわちこの場合の効率 η_E は、

$$\eta_E = \frac{dx}{dE} \quad \dots\dots\dots(1)$$

であらわされ、これが粉碎の工学法則の基礎式といふことができる。この場合 η_E は種々の因子で表されるが、いままでの粉碎理論では、まずもつばら粒子の代表長さ x の関数としてとつている。そして簡単のために、一般に x^n という関数形をとる。すなわち

$$\eta_E = \frac{dx}{dE} = kx^n \quad \dots\dots\dots(2)$$

という Lewis の一般式がえられるわけである。この式を $n = 1, \frac{3}{2}, 2$ について積分すると、それぞれ Kick, Bond, Rittinger の式をえるわけで、これらを粉碎の 3 大法則という。

これと方法論的にほぼ同じ考えとしては、粉碎の限界比表面積を仮定した田中の式⁷⁾があり、また Holmes は 3 大法則をより一般的にとり扱うことを試みている。⁸⁾ また Bond が Bond の式から仕事指数 (Work Index) を導き、これが現在同一粉碎機を用いた場合の粒子粉碎能の比較値として広く用いられていることも周知のことである。これは明らかに仕事法則の有用性を示している。

しかし従来の仕事法則は、粉碎機設計上の基本法則としてはかなり限られた適用性しか有しない。というのは後でも述べるつもりであるが、本来平均粒径をきめてその粒径減少速度を一義的に定めることは粉碎のように複雑な現象の場合あまり意味がない上、粒度差による仕事量の算出はじつさい上あまり必要がない。もともと1つの粉碎機、粉碎方法ではそれほど大きい粉碎比をとれないので、粒度差を充分にとる場合はほとんど2つ以上の粉碎機をシリーズに使用するが、仕事指数は粉碎機が異なった場合使うことができないからである。

2-2 粉碎機容量効果指数の提案

現在じつさいに粉碎機の設計を行い、かつ作業条件を決定する場合には、試験用の粉碎機を用いてテストを行い、その結果を用いて実用機の条件を推定することが多い。つまり、前節で述べた粒径変化の推定式よりも粉碎機のスケールアップに関する推定式の方が必要とされることが多いのである。

スケールアップについては常識的には粉碎機の容量に比例するようと思われるが、じつさいには粉碎機の容量

が大きくなるとその効率も上昇することが、いくつかの粉砕機種について経験的に知られている。たとえば、林不二太郎氏によれば、径 d の試験ボールミルの処理量が q の場合、処理量 Q (径 D) のミルの所要容積 V は次のようにあらわされる。⁹⁾

$$V = \frac{Q}{q} \times \frac{1}{K_d \times K_f \times K_a \times K_n} \quad \dots\dots\dots(3)$$

ここで K_f , K_a , K_n はそれぞれ供給サイズの相違による補正, ミルの型式による補正, 回転数の大小による補正であつて, K_d がミル直径増大による効果である。これは

$$K_d = \left(\frac{D}{d}\right)^{0.5} \quad \dots\dots\dots(4)$$

であらわされるということである。つまりミル容量は処理量の増加分よりかなり小さく見積つていいということを示している。これは粉砕機の効率がミル容量の増加によって大きくなることを示している。

(4)と同じ関係は田中達夫氏も基礎研究の結果として導いている。それについてはまた後に触れるつもりであるが、いずれにせよミルのスケールアップは決して単純な比例式では役立たないことは広く知られている。

従つて、エネルギー収支にもとづく工学的効率式として、粒径基準に対応して粉砕機基準のものも考える必要ができたわけであるが、筆者は次の効率式を提案したいと思う。すなわち粉砕機処理量を G とすると、

$$\eta_G = \frac{dG}{dE} = f(D) \text{ or } f(G) \text{ or } f(H) \quad \dots\dots\dots(5)$$

のように、粉砕機の大きさ(径 D)または所要馬力(H)の関数でとつた効率式が考えられる。

これを

$$\frac{dG}{dE} \propto \frac{dG}{dH} = k'H^{\sigma} = k\sigma H^{\sigma-1} \quad \dots\dots\dots(6)$$

とおくと積分して

$$G = kH^{\sigma} \quad \dots\dots\dots(7)$$

がえられるが、この式は筆者がジェット粉砕の研究で導いた。

$$G = kH^{2.5} \quad \dots\dots\dots(8)$$

を一般化したもので、 σ を粉砕機容量効果指数と名づけたと思う。¹⁾²⁾

この σ の値については、幸いにして化学工学協会粉体技術委員会が1959年に行つたアンケート調査の、きわめてすぐれた報告があつて、そこに G と H の関係として対数紙にプロットしたデータがあり、 σ の値が直ちにわかるようになっている。¹⁰⁾

その結果をみると、ボールミル、チューブミル、コニカルミル、ロールミル、ハンマーミル、エッジランナ、遠心力ボールミルはいずれも $\sigma = 1.2$, ジャイレトリ,

コーン、塔式高碎機は $\sigma = 1.2$ または 1.5 , ディスインテグレートは $\sigma = 1.5$, となつている。ロッドミル, ジョークラッシャも $\sigma = 1.0, 1.2, 1.5$ のような値を与えてあるがこれはいずれもそれより直線がなれており、 1.0 に近いものと思われる。

いずれにせよ粉砕機種にかかわらず $\sigma \geq 1.0$ の関係があり、粉砕機のスケールアップに関して新しい問題を提起していることは疑問の余地がない。では何故粉砕機は大きくなるに従つて効率が増加するのであるのか。次にボールミルを中心にしてこの点を検討してみよう。

2-3 ボールミルの粉砕機容量効果指数

(i) 粉砕機容量効果指数のデータ: 粉体技術委員会のデータは Fig. 2, 3 に示すとおり、全体の平均としてほぼ $\sigma = 1.2$ が求まつているが、他のデータからもこれに近い関係はえられる。¹⁰⁾ たとえば Brown の Unit

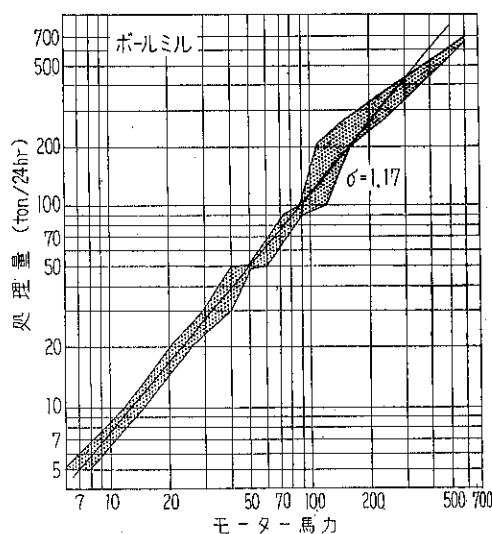


Fig. 1 モーター馬力と処理量の関係 (ボールミル) (Brown による)

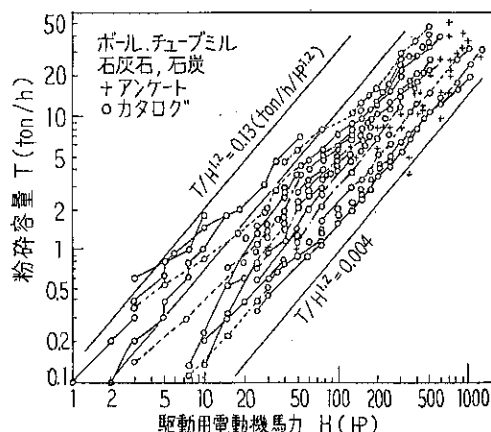


Fig. 2 モーター馬力と処理量の関係 (ボール, チューブミル)

Operation 所載のボールミルのデータからは、Fig. 1 のようにほぼ $\sigma \approx 1.17$ が求められた。もつとも、Allis-Chalmers のデータのように $\sigma \approx 1.10$ にしかならないものもある (Fig. 4) が、これとて1.0はかなり大きくこえている。(図中ロッドミルは σ が1.0に近い、ことに注意のこと。) なおこの場合、モータの効率、動力に関する安全率が大きいミルほどよくなる(安全率は小さくなる)という条件を考えなければならないが、じつさいの操業データについてみると、これはほとんど無視しうることがわかる。

さてこのような動力—ミル処理量の関係は、ボールミルの場合ミル径との関係を仲介として考えることができる。すなわち Fig. 5, Fig. 6 に示されているように、

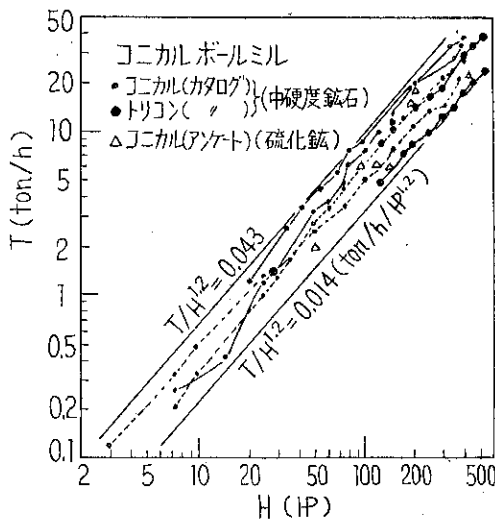


Fig. 3 モーター馬力と処理量の関係 (コニカルミル)

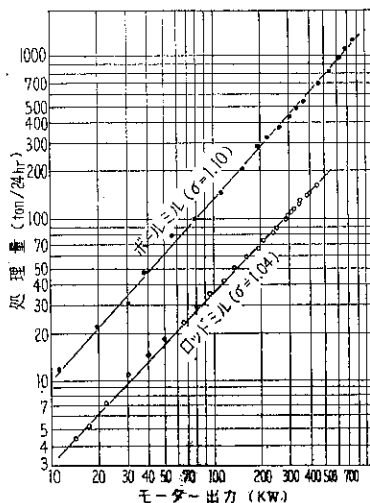
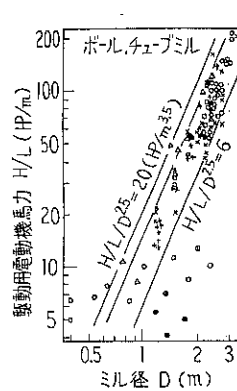


Fig. 4 モーター出力と処理量の関係 (Allis-Chalmers)

ミル径 D の所要動力、処理量に及ぼす影響はかなり常識を越えて顕著なものがあ、各個別に検討する必要がある。

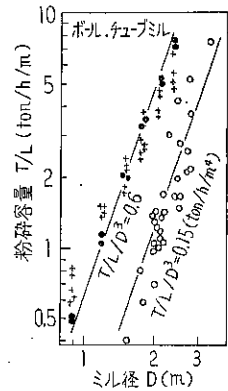
(ii) ミル径と所要動力の関係: Fig. 5 はミル径と所要動力 H の関係が $H \propto D^{2.5}$ であることを示しているが、この関係は他の実験でも、また理論的研究でもほとんど例外なく認められている。

ボールミルの動力式は数多くあるが



× 石 炭 (アンゲート)
○ セメント (開閉回路)
△ 合金鋼 (開閉回路)
● 同分ミル (アンゲート)
+ メーカーカタログ

Fig. 5 ミル径と馬力 (ボールミル)



○ 石 炭 (アンゲート)
#100M/in 通過量
● 中硬質鉱石 (比重2.5)
+ カタログ

Fig. 6 ミル径と処理量の関係 (ボールミル)

$$\textcircled{1} \text{ Barth の式 } H = k \cdot W \cdot \sqrt{D} \quad \dots\dots\dots (9)$$

は、ボール充填率一定とすればボール充填量 $W \propto D^2$ となつて、 $H \propto D^{2.5}$ となる。

$$\textcircled{2} \text{ Rose の式}$$

$$H = D^5 N^3 \rho \left(1 + \frac{0.4 \sigma}{\rho} \right) \left(\frac{L}{D} \right) \left(\frac{N_c}{N} \right)^2 \cdot \phi_s \quad (J) \quad \dots\dots\dots (10)$$

も、 $N = C/\sqrt{D}$, $\frac{L}{D} \approx \frac{1}{D}$ ($L = \text{const}$), $N_c/N = \text{const}$ J (ボール充填率) = const とすれば、 $H \propto D^{2.5}$ となる。

③ 同様な関係は Hancock の式, Hukki の式からも求められる。

しかし一方, Gow, Fahrenwald, Coghill は,

$$\textcircled{4} \quad H \propto D^{2.6} \quad \dots\dots\dots (11)$$

の関係を主張しており, Perrow & Brand は

$$\textcircled{5} \quad H \propto D^{2.5} \sim D^{2.6} \quad \dots\dots\dots (12)$$

の間にくるといつている。

いずれにせよ、ミル所要動力は大体径の2.5乗に比例

し、多くても2.6乗をこえることはない、ということができよう。

(iii) ミル径と処理量：これについてのデータはきわめて少ないが、Fig. 7に示したデータは、 $\sigma = 2.82 \sim 2.86$ でかなり粉体技術委員会の求めた値 (Fig. 6, $\sigma = 3.0$) に近い。Hukki はミル重量との関係で求めているが、¹¹⁾ (Fig. 8) これが D^2L に比例すると考えると図より

$$\text{ボールミル: } G/L \propto D^{2.86} \quad \dots\dots\dots(13)$$

$$\text{ロッドミル: } G/L \propto D^{2.60} \quad \dots\dots\dots(14)$$

の値が求まり、ボールミルではほとんど Fig. 7 の結果と一致する。(ロッドミルの値が小さい点に注目のこと) また田中達夫氏は小型実験ミルの結果から、きわめて明瞭な

$$G \propto D^{3.0} \quad \dots\dots\dots(15)$$

の関係を導いた。¹²⁾ (ラジアルミルでは $G \propto D^{2.6}$)

このようにボールミルの粉砕処理量 G は、径 D の2.8乗から3.0乗に比例することはまず推定してきしつかえ

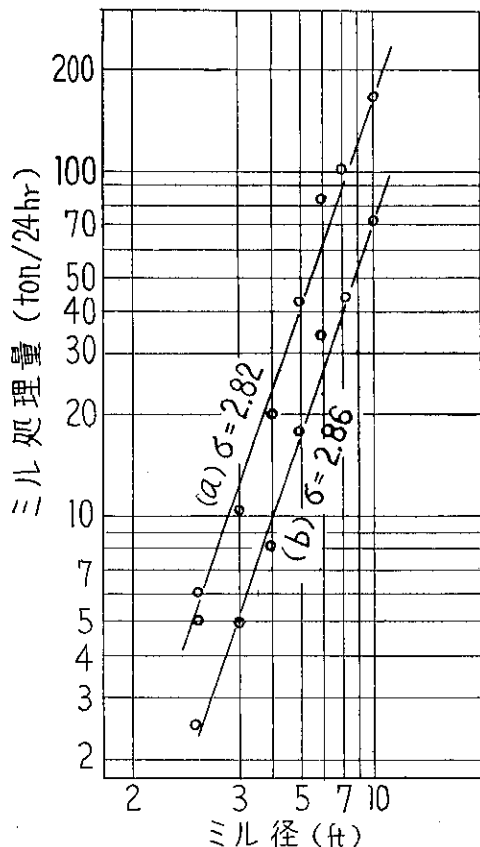


Fig. 7 ミル径と処理量の関係 (ボールミル, Brown による (a) $\frac{1}{2}$ in を 48# まで粉砕 (b) $\frac{1}{4}$ in を 100# まで粉砕

ないであろう。

こうして、(ii), (iii) の関係から、 σ の値は一番小さく見積つても1.08, 大体は1.20に近い値を示すことが導かれるのである。

この関係はすでに田中達夫氏も見出されたものであるが、(ii) の方は容易に理解できるが、(iii) の方はまことに不思議な現象というほかない。ミル径を大きくした場合、まずミル断面積 (従つて容積) が D^2 に比例して増加することは当然であるが、その上もう1乗分だけ処理量が増すのである。連続ミルの場合であれば、ミル径に比例してミル中の粒子の通過速度が大きくなるのである。このように例えばミル径を2倍にした場合、粒子が2倍の速さでミルを通り抜けても同じ粒度のものがえられる、というのは何故であろうか。ミル中の粒子の混合がよくなるとか、ボールと粒子の接触確率が増えるとかいうことは考えられないことはないが、この現象の説明とするわけにはいかない。

このように粉砕機容量効果指数という考えは実用的なスケールアップ式として出発したわけであるが、そこに包まれた問題は粉砕機構の本質と関係してくる。いいかえれば σ の値を比較解析することによつて、異つた粉砕機構を比較検討できる可能性が考えられるのである。

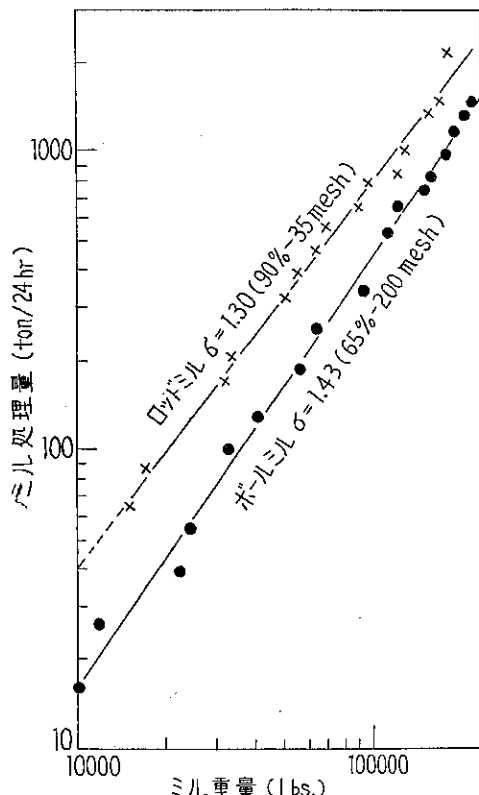


Fig. 8 ミル重量と処理量の関係 (Hukki による)

3. 粉碎力と粒子の粉碎能

粉碎機容量効果指数 $\sigma > 1.0$ 、とくにボールミルにおいて $\sigma \approx 1.2$ である点の説明は、すでに田中達夫氏がラジアルミル ($\sigma \approx 1.04$) との比較検討において行っている。それによると、ボールミルにおいては衝撃力のみが作用するが、その力は D に比例するので、その1乗分だけ処理量が増加する、ということである。一方ラジアルミルでは摩擦力的みで衝撃力は働かないので D が関係しない。¹²⁾

筆者もこの説明に賛成なのであるが、なおあいまいな点が残っているように思われる。すなわち衝撃力の増加に応じて粉碎処理量が増加する場合、もし衝撃力のミル中における総和（それはミル所要動力に比例する）が影響するのであれば、それはすでに動力式（§. 2, 2-3, (ii)）の方で考慮されているはずである。もし衝撃力の総和が等しいにもかかわらず、1つ1つの衝撃力の強さが異なることによって粉碎の処理量（または粉碎速度）が異なるならば、それについては別な説明が必要と思われる。そしてそれは単に粉碎衝撃力の問題ではなく、粒子の粉碎能の方にも関係する問題と思われる。

筆者はこの点について、きわめて大胆ではあるが、次のような仮定を行ってきた。すなわち、固体粒子の粉碎能は粉碎力（衝撃粉碎では粉碎衝撃力）によって影響され、粉碎力大なるほど粉碎能は大きくなる。これは別に理論的根拠はないが、最近の種々の基礎的研究（とくに材料強度学の）が明かにした諸点は矛盾しない。

とくに中川、奥田氏の行つた重錘落下式粉碎装置による衝撃粉碎の実験で、“純粋衝撃破碎に必要な正味のエネルギーは落高が大きいほど、すなわち撃速の大きいほど、小さくなる関係にあるといえる。” ことを見出しておられることは注目に価する。これは筆者の仮定をほぼ証明しているものと思われる。¹³⁾

筆者はこのような粉碎力と粉碎能の関係を、粒度分布の分布状態から推測しようと試みた。すなわち粉碎の衝撃力の大きさによって粒度分布はいちじるしくその形状を異にし、力が大きいときは固体粒子が大きく破れるように粉碎が進み、その粒度分布は頻度曲線でいつて山が1つのままで次第に小さい方に移るような形をとるのに対し、力が小さいときは固体粒子は表面から微粉をけずり取るように粉碎が進み、粒度分布は山が粗粒側（原料側）と微粉側の2つに分れるような形を示す。Fig. 9, Fig. 10 にこの2つの粉碎形式と粒度分布状態を模型的に示したが、じつさいの分布はこの両形式の中間にくる。そこでこの両形式をそれぞれ体積粉碎と表面粉碎と名づけ、この2つの分布状態とどう関係があるかを

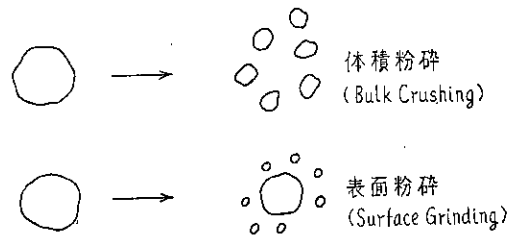


Fig. 9 粉碎の2形式

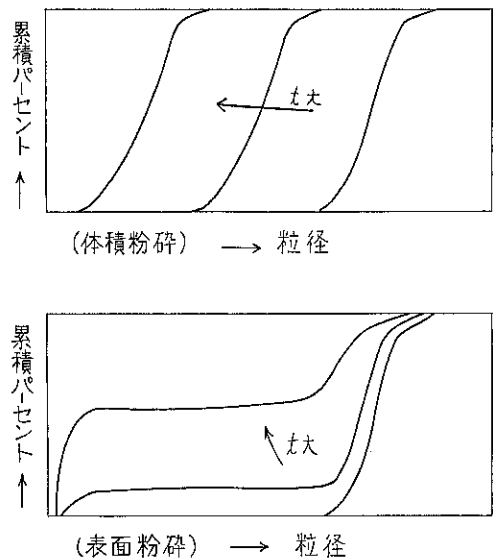


Fig. 10 粒度分布の2形式

粉碎力を推定しようと考えた。

これはボールミル中のボールの大きさ（ミルが一定であれば粉碎の衝撃力を決定する）を変えることによって粒度分布が表面粉碎と体積粉碎のような変化を示すことによって（本誌No. 4, P.17 の拙文⁵⁾参照のこと）、またジェット粉碎と振動ボールミル粉碎とボールミル粉碎の実験結果を比較することによって（表面粉碎→体積粉碎の関係が明かに示されている）、実験的にも確かめることができたと考えられる。

従つて固体粒子は加えられる粉碎力によって粉碎生成物の粒度分布は異なり、それに応じて当然粉碎能は異なる。

（なお粒度の分布形状を2種に分類して粉碎機構と結びつけようという試みは、すでに田中達夫氏によって行われている。¹⁵⁾ 氏の提案された均一粉碎と確率粉碎の2概念は当然筆者のものと関連しあう面もあると思われるが、まだ充分検討を行っていない。）

4. 粉碎確率と粉碎速度式

以上述べてきたように、固体粒子に加える粉碎力は、粉碎速度を決定する上でもっとも重要な因子であるが、(1), (2), (6), (7)の諸式はあくまでエネルギー収支に関する効率式であつて、平衡関係をあらわしても速度式とはならない。

粉碎速度式としては筆者は特に新しい考えをもっていないが、問題整理の上で、一応次のような形の基礎式を提案しておきたいと思う。

$$X = k \cdot F \cdot \eta_m \quad \dots\dots\dots(16)$$

ここでXは粉碎速度をあらわす値（理論的には原料粒子中粉碎されて粒度が減少した確率、じつさいは原料粒度の下限に近い粒度以下に何パーセントの粒子が移行したかという割合でとるのがいい）、Fは固体粒子の粉碎能、 η_m は粉碎の機械的効率（粉碎機の、ではない）である。

Fについては前章で述べたように、粉碎力fに比例するので

$$F = k' \cdot f \quad \dots\dots\dots(17)$$

となり、(16)式は

$$X = k'' \cdot f \cdot \eta_m \quad \dots\dots\dots(18)$$

のようになる。

粉碎の機械的効率とは、粉碎媒体がエネルギーをえて粉碎力を働かせる場合、それが粒子ないし粒子層に有効に伝達されずに、媒体同志、あるいは媒体一壁の間のエネルギー伝達で消費されてしまうか、単なる空気の攪拌などに費されてしまう点を考慮した効率である。粉碎のエネルギー効率が極端に低いことは広く認められているが、これは単に粉碎エネルギーが粒子に伝えられても破壊にいたらない変形に費されてしまうという理由だけでは説明できず、じつさいの機械的効率が低い点も重視すべきである。弾性限界内変形説（Bond 説）を衝撃脆性破壊に適用することは適当でないし、またそれだけで粉碎のエネルギー効率が極端に低いことを説明することはできない。

この効率は、粉碎媒体と粒子が接触し、かつ確実に粒子に力が加えられるにいたる確率でできるが、この確率現象をボールミルについてもっとも典型的な模型として提案したのは H.E. Rose である。筆者もほぼその線にそつてかつてボールミルのボール粒子の衝突確率を検討したことがある。

(18)式からわかるように粉碎速度をあげるには、まず粉碎力 f を大きくすることが望ましいが、一般に f を大にすると粉碎確率 η_m が下がる傾向がある。例えばボールを大きくすればボール数が減り、衝撃板の回転数を上

げれば粒子の気流にのる逃げが増加することなどが考えられる。従つて同時に f と η_m の両方を上げることが考へる必要があるわけである。ジェット粉碎機で(8)式のような関係をえられるのは、すいこみ速度を増すと衝撃力が大きくなるだけでなく、粒子のすいこみ量が増え衝撃回数も増えてくるからと推定される。

しかしこれらの効率の具体的な検討は今後の実験的研究にまづほかかないと思う。

5. 結 び

以上簡単であるが粉碎理論の基本的な方法論について私見を述べ、現象の平衡論的考察と速度論的考察の2面からのアプローチが必要である点を指摘し、前者については粉碎の仕事法則として新しい効率式(7)式および粉碎機容量効果指数を提案し、後者については粉碎速度式として(16)式を提案した。これらはなお充分具体的事実と結びつけられていないが、方法論的にみて重要な問題を含むものと思う。広くご検討、ご批判をお願いする次第である。

文 献

- (1) 森 芳郎, 神保元二: 化学工学, **22**, 363(1958)
- (2) 森 芳郎, 神保元二: *ibid*, **25**, 477 (1961)
- (3) 森 芳郎, 神保元二: 粉碎(細川粉体工学研究所) 1958年, No. 2-Winter, p. 4~8.
- (4) 森 芳郎, 神保元二: 化学工学, **23**, 138 (1959)
- (5) 森 芳郎, 神保元二: 粉碎(同上) 1960年, No. 4-Spring, p. 17~21.
- (6) 森芳 郎, 神保元二: 化学工学協会第 26 年会研究発表会で発表 (1961.4.4, 東京)
- (7) 田中達夫: 化学工学, **19**, 157 (1955)
- (8) Holmes, J. A. : Trans. Inst. Chem. Engrs., **35**, 125 (1957)
- (9) 林不二太郎: 第 7 回粉体工学研究講習会, 昭和35年 11月, 名古屋.
- (10) 化工協会粉体技術委員会; 化学工学・粉碎分級特集号, Vol. 23, No. 11 (1960)
- (11) Hukki, R. T. : Min. Eng., **10**, 581 (1958)
- (12) 田中達夫: 化学工学, **19**, 587 (1955)
- (13) 中川, 奥田, 遠坂: 化学工学, **20**, 240 (1956)
- (14) Rose, H. E. : Trans. Inst. Chem. Engrs., **35**, 87 (1957)
- (15) 田中達夫: 化学工学, **19**, 152 (1955)

円筒槽における粉粒体の流速分布について

大阪大学工学部教授 大 竹 伝 雄
 大阪大学工学部 大 東 稔 節 治
 大阪大学工学部 黒 田 博 之

1. 緒 言

粉粒体供給装置としてオリフィスやホoppaが広く用いられ、その流量が多くの研究者らによって測定されてきている^{1,2)}。粉粒体がオリフィスやホoppaに供給される時、装置上部と底部で可成り混合されることが知られており³⁾、最近オリフィスならびにホoppaにおいてその底部の壁近くに静止粉体層が存在し⁴⁾、このために槽内の粉粒体移動速度が比較的槽上部にまで影響をうけることがみとめられている⁵⁾。これらのことより著者らは円筒槽において粉粒体排出口がオリフィスならびにホoppaなる場合の槽内粉粒体流速分布を測定し、排出口径、粒子径、ホoppa角度の影響をしらべた。

2. 実験装置および実験方法

装置の概略を Fig. 1 に示した。本体はメタアクリル樹脂製円筒（内径 10cm, 高さ 10cm）その下部にオリフィスあるいはホoppaを付したもので、オリフィスならびにホoppaの形状は Table 1 に示した。試料としては砂を用いこの物性定数については Table 2 の通りで、このとき粒子径としては各篩目間隔の幾何平均をとった。実験方法としては砂を本体上部より連続的に供給し

Table 1 オリフィスおよびホoppa形状

オリフィス

 D_o [mm]—6, 8, 11, 12

ホoppa

 D_o [mm]=6, 8, 11 ϕ [°]=60 D_o [mm]=8 ϕ [°]=30 D_o [mm]=8 ϕ [°]=90

Table 2 砂の物性定数

Tyler mesh	D_R [mm]	ρ_s [gr./cc]	ρ_b [gr./cc]	θ_r [°]
20~32	0.644	2.56	1.56	36.0
32~48	0.419	2.56	1.40	36.1
48~60	0.291	2.56	1.35	37.5
60~80	0.208	2.56	1.33	38.2
80~100	0.160	2.56	1.25	40.5

排出流量をメスシリンダによって測定した。槽内の粉粒体流速分布の測定として、矢木ら⁶⁾が行った方法がある。この方法に従うと槽内を数コのリング筒に分け、各リング筒に着色砂を入れて1~2mmの標線をつくり、下部から適量流した後の槽内の標線の形から流下距離の比を求めるのであるが、流速の値が近似的になるので、著者らは槽内に直接ガラス管（内径6mm, 外径8mm）を挿入し、ガラス管に付した標線を着色砂が落下する時間より流速を求め、これを半径方向に中心軸を入れて5点軸方向に14~15点測定した。ガラス管挿入による粉粒

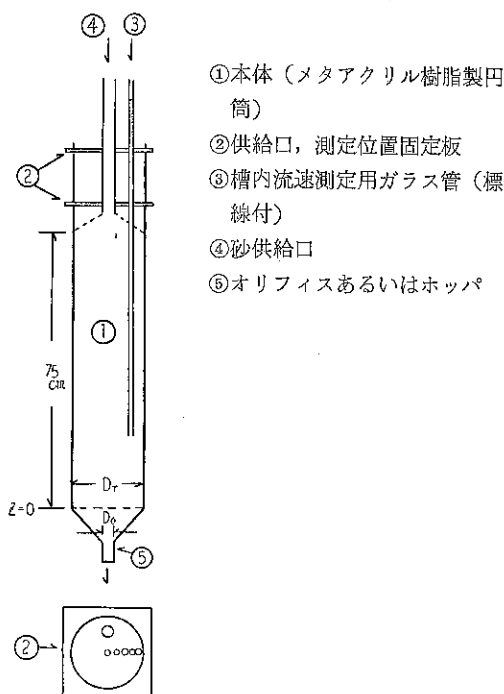


Fig. 1 実験装置

体流速の乱れ，ガラス管壁の影響は無視できた．なお粉粒体供給高さは75cm一定で行った．

3. 実験結果および考察

3-1 オリフィスならびにホッパよりの排出流量

オリフィスならびにホッパよりの粉粒体の流出量は粉粒体の充填高さに無関係で，排出口径，粒子径およびホッパ角度によつてきまつてくる．著者らの用いたオリフィスについて流出量を測定するとその関係は植松の式⁶⁾

$$Q = \frac{\pi}{4} C (D_o - D_p)^2 \sqrt{g(D_o/3)} \mu \quad (1)$$

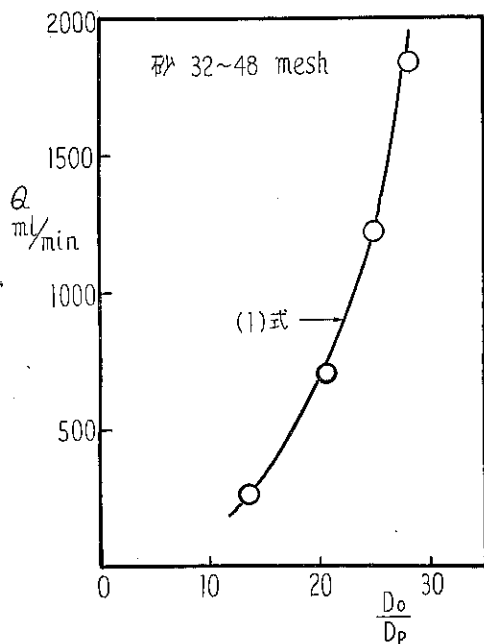


Fig. 2 オリフィスの排出流量

で表わし得，実測値と(1)式よりの計算値との比較を Fig. 2 に示した．

ホッパにおける流出量については田中らの式⁷⁾

$D_p/D_o > 0.10$ について

$$Q = 0.18 \sqrt{g} D_p^{2.5} (\mu \tan \phi / 2)^{-0.82} (D_p/D_o)^{-2.70}$$

$0.10 < D_p/D_o < 0.23$ について

$$Q = 0.10 \sqrt{g} D_p^{2.5} (\mu \tan \phi / 2)^{-0.82} (D_p/D_o)^{-3.0}$$

…(2)

で表わし得，実測値と(2)式よりの計算値との比較を Fig. 3 に示した．なお流出係数 $C=0.60$ ，摩擦係数 $\mu=0.73$ を用いた．

これらの一致から著者らの用いたオリフィスならびにホッパは従来のものと類似形状のものと見做しうる．

3-2 槽内の流速分布

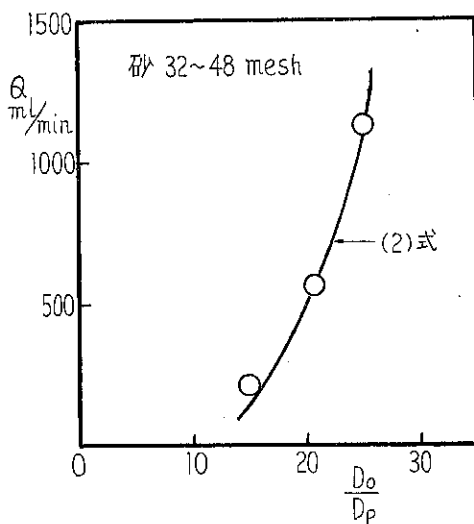


Fig. 3 ホッパの排出流量

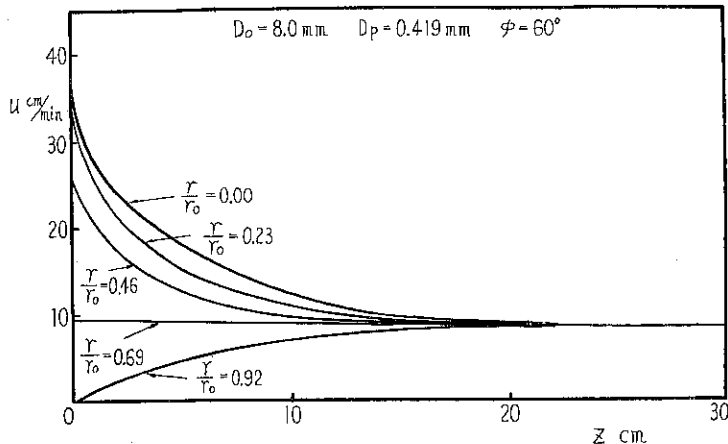
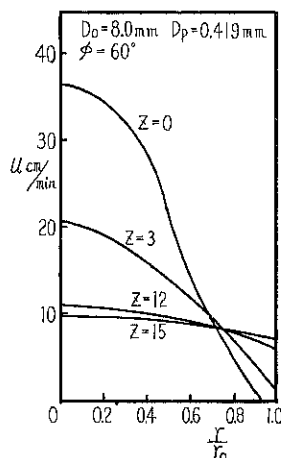


Fig. 4 槽内の実測流速分布 (a) 半径方向 (b) 軸方向

槽内の半径方向、軸方向の流速分布の測定値を示すと Fig 4 (a), (b) の如くであり、槽内の粉粒体流れは一樣でないことがわかる。なお軸距離 Z は流出端を O としてそれより上部供給口へ測つたものである。

上部槽内における供給速度の平均を u_0 とすると槽内の任意 Z における平均流速は u であり、これより異なる流速 $(u-u_0)$ と u_0 との比は点綴された流速分布より次の式で表わされるものと考えられる。

$$\frac{u-u_0}{u_0} = \left\{ a' + b' \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \right\} e^{cZ/D_T}$$

ここに r は半径距離、 r_0 は槽半径、 D_T は槽径である。

槽内の平均流速は u_0 一定であることから定数 a' 、 b' は定数 a で表わされ、次式が得られる。

$$\frac{u-u_0}{u_0} = a \left\{ \frac{2}{n+2} - \left(\frac{r}{r_0} \right)^n \right\} e^{cZ/D_T}$$

ここに a 、 n 、 c は粒子径、排出口径、ホッパ角度によってきまる実験定数である。

実測の流速分布から定数 a 、 n 、 c を算出すると排出口径 D_0 、粒子径 D_P 、ホッパ角度 ϕ について Table 3 の通りである。これらの数値からわかるように粒子径と

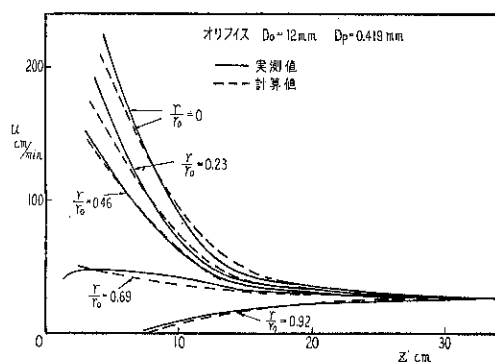


Fig. 6 流速分布の実測値と計算値との比較

ホッパ角度の影響が最も大きい。なおオリフィスはホッパ角度 $\phi = 180^\circ$ とおいた時に相当し、その関係は Fig. 5 に示される。このことからオリフィスはホッパの延長として扱うことがわかる。

つぎに実測流速分布と(3)式よりの計算値とを比較すると Fig. 6 の通りで(3)が実験式として充分利用できる。

Table 3 実測流速分布より算出した定数 a 、 u 、 c 値

a) オリフィス

D_0 [mm]	D_P [mm]	a	n	c
8	0.644	14.0	1.72	-0.85
8	0.419	15.0	1.70	-0.73
8	0.291	15.8	1.20	-0.50
8	0.208	13.5	1.18	-0.40
6	0.419	11.2	1.58	-0.69
11	0.419	13.8	1.48	-0.75
12	0.419	12.5	1.15	-0.75

(b) ホッパ

D_0 [mm]	D_P [mm]	ϕ [°]	a	n	c
8	0.644	60	4.0	1.40	-1.22
8	0.419	60	6.5	1.60	-0.83
8	0.291	60	13.2	1.70	-0.40
8	0.208	60	10.0	1.65	-0.38
8	0.160	60	15.0	1.72	-0.38
6	0.419	60	5.8	1.80	-1.05
11	0.419	60	7.0	1.70	-0.70
8	0.419	30	2.5	1.55	-1.35
8	0.419	90	12	1.40	-0.95

4. 結 論

粉粒体の連続供給は操作の安定化、自動化に必要であり、定量的に供給することは粉粒体を処理する工業では

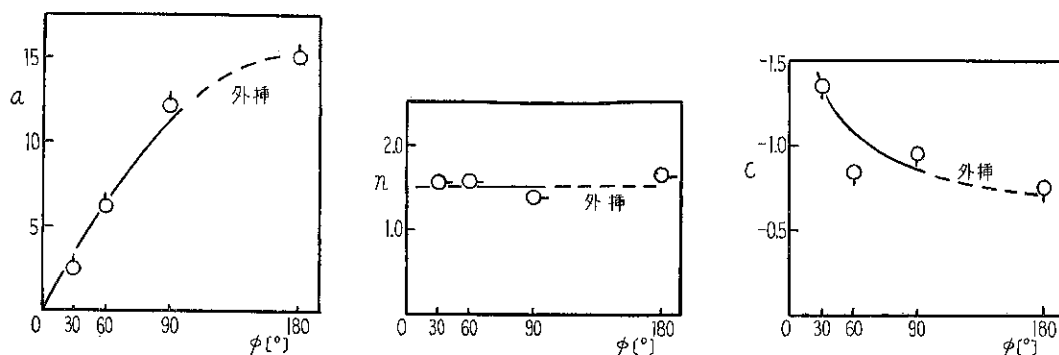


Fig. 5 定数 a 、 n 、 c と実験因子との関係

強くのぞまれることである。しかし粉粒体は架橋現象や噴出旺盛など供給その他に問題があり、槽内の流速分布の測定はその一考察として役立つであろう。最近移動層反応装置における粉粒体の滞留時間分布について考えられてきているが、これに対して以上の結果が適用できよう。

記号

C: 流出係数 D₀: オリフィスあるいはホッパ口径
D_p: 粒子径 D_T: 槽径
g: 重力加速度 r: 半径距離
r₀: 槽半径 u: 粉粒体流速
u₀: 粉粒体の槽内平均流速 Z: 軸距離
φ: ホッパ角度 μ: 粉粒体の摩擦係数
θ_r: 粉粒体の安息角 ρ_b: 粉粒体の見かけ密度

ρ_s: 粉粒体の真密度

文 献

- 1) 青木 化学工学 **21**, 156 (1957)
- 2) Fowler, R.T., Glastonbury, J.R., *Chem. Eng. Sci.*, **10**, 150 (1959)
- 3) Rose, H.E., *Trans. Instn. Chem. Engrs. (London)*, **37**, 47 (1959)
- 4) Brown, R.L., Richards, J.C., *Trans. Instn. Chem. Engrs. (London)*, **37**, 108 (1959), **38**, 243 (1960)
- 5) 矢木, 国井, 鶴来, 化学工学協会第 23 年会, 東京 (1958年 4 月)
- 6) 植松, 化学機械技術 **5**, 187 (1953)
- 7) 田中, 川合, 化学工学 **20**, 144 (1956)

東京大学物性研究所について

昨年 4 月より物性研究所に勤務することとなりましたので、この研究所について紹介を試みたいと思います。

物性研究所は、昭和 31 年 5 月日本学会議から政府に対して、「物性物理学の総合的かつ基礎的な研究を行い、それによつてわが国の科学水準を高め、工業技術の発展に貢献する」ことを目的とした研究所をすみやかに設置するよう要望があり、これがもとになつて昭和 32 年 3 月東京大学附置研究所として設置されました。茅誠司教授が初代所長に任命されました。以後部門（講座）は逐年拡充され、昭和 36 年度において最初の計画通り 20 講座が完成される見込みとなりました。現在所長は武藤俊之助教授であります。

以下、粉体工学に関連がありそうな講座名と教授、助教授の名は次のとおりです。

結晶 I（三宅静雄，細谷資明），結晶 II（齊藤喜彦，星埜慎男），格子欠陥（神前照，小林浩一）塑性（鈴木平，井村徹）

当研究所は東京都港区麻布新竜土町にあり、もとの麻布三連隊のあつた場所です。

三連隊の兵舎は 9,000 坪コンクリート造の大建築で昔はモダン兵舎として有名でしたが、終戦後一時接収されその後解除されました。この建物は大部分には千葉市にある東大生産技術研究所が入ることになり、既に本年 2 月から移転が始まっています。物性研究所もこの建物の約 1/4 を改修して使用し、事務室など管理部門、工作室、図書室、大型計算機室などが入っています。

一方実験関係の研究室は大部分が新造建築の本棟 1, 500 坪（地下 1 階，地上 5 階）にあります。この建物は

本年度に 2,500 坪に近くなる予定です。

粉体工学の対象は大部分が結晶ですから、結晶 I, II の部門について簡単に紹介します。

結晶 I は X 線，電子線などの結晶による回折現象の物理的な面に重点をおくのに対し，結晶 II は構造的な面に重点をおくのが異なっています。

結晶内部の原子配列すなわち結晶構造を決定すること，その構造と結晶のもつ種々な物性との関係を知ることが重要な目標となっています。また結晶の原子配列のみならず結晶内に存在する種々の欠陥の性質をしらべることも目標の 1 つです。これらの目的のために，X 線と電子線を用いて結晶を研究する設備が完備しています。（1 講座当り平均 3,500 万円，共通設備を除く。）

重要なことは、物性研究所が全国共同利用研究所としての性格をもち、外部すなわち他の大学、官庁、会社などの研究者がこの研究所の諸施設を直接利用し、研究の実効を全体として高めることも目的の 1 つとしていることです。このような共同利用には、研究の規模、協力の度合、期間について種々の場合があることを考えて、外来研究員の制度が設けられています。

従つて、官庁、会社の別を問わずこの制度を利用なされたい方があれば、物性研究所長宛に申出て下さればよいのですが、実際にはその研究内容に関連したいろいろの問題がありますから、一番関係の深い教授又は助教授の方に御相談下さい。

この制度に関する御問合せを歓迎しております。

宛名 東京都港区麻布新竜土町 10

東京大学物性研究所 庶務掛（文責 齊藤喜彦）

Y 型 連 続 混 合 機

細川粉体工学研究所 所長
細川鉄工所 会長

細川 永 一
細川 益 男

細川粉体工学研究所

横山 藤 平・中 本 正 弘・福 元 史 郎

1. は し が き

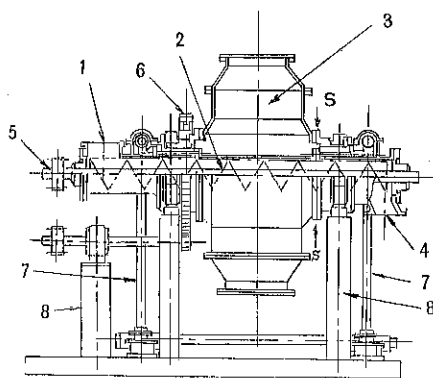
近年、プラスチック工業をはじめとして化学工業はめざましい発展をとげてきた。それにともなつて生産装置も小容量の Batch system から Automation による Mass Production へと日進月歩の進歩をみせている。しかるに化学工業にとって不可欠の Unit Operation である粉体処理機械は、まだまだ飛躍の余地を残しながら、今もつて古い型式の装置の使用を余儀なくされる場合が多く、殊に粉体混合機は処理能力の大なる理由から従来のV型、ダブルコーン型、箱型、チューブミル型等が広く用いられている。又、この種の装置の混合に関する学問的な研究は極めて少いが国内では矢野氏等が^{2,3}の研究結果^{1),2),3)}を発表しておられる。

最近では国内外でも高速回転ローターを用いた連続混合装置が市販されているが、能力、供給装置、設置費等の点でV型、ダブルコーン型が好んで採用される例が多い。前者は固定された混合槽の内部で特殊な形状のローターを高速回転し、異種の粉体を同時に強い剪断力の場合

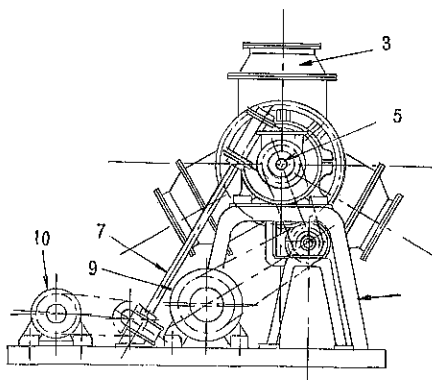
において強制的に分散混合せしめようとするもので、純連続式のもの、Batch 式のものがある。純連続式のものには機内の滞留時間が短いので、異種の粉体の定量比供給が混合度の重要因子となり、このため混合機よりも、むしろ供給装置に困難な問題がある。殊にプラスチックと顔料の混合の如く1000:1あるいは10000:1の量比の混合ではこれの定量比連続供給は非常にむづかしい問題である。

Batch 式の場合は連続供給の必要がないので、大きな量比の混合に適しているが、この種の混合機では処理容量に比較して大馬力を必要とするため、機内の発熱が大きく低融点物質の混合には粘着、融着等の心配があり、1回の処理容量が制限される。

V型、ダブルコーン型等の型式は周知のごとく容器自体を回転させ内部の粉体に、分割、集合、剪断すべり、たたみかえし等の作用を与えて混合を行うものであり、これらは1回の処理で大容量の混合ができ、構造が簡単で、発熱が少い等の利点があり、現在尚広く用いられて



(a) 正 面 図



(b) 側 面 図

Fig 1 Y型連続混合機全体図

- | | |
|----------------|------------------------|
| 1. 供給口 | 6. ドラム回転用ギヤー |
| 2. リボンスクリュー | 7. ブレード及シャッター開閉用自動シャフト |
| 3. Y型ドラム | 8. 梁台 |
| 4. 排出口 | 9. 主電動機 |
| 5. リボンスクリュー駆動軸 | 10. ブレード及シャッター開閉用電動機 |

いる。しかしこの型式は粉体の装入，排出が非常に厄介であり，その度に現場員の手をわずらわせ，又集塵設備が完全でないと現場は粉煙に包まれて，環境衛生上にも大きな問題があり，これが従来の回転容器型混合機の最大の悩みであった。

吾々はここに着目して数年来新しい型式の粉体混合機の研究を行ってきたが，こゝに処理容量の大きい回転容器型に混合効果を高める強制混合機構を組合せ，更には完全な防塵，無人操作のために粉体の装入，排出をすべてプログラム制御によつて完全自動化せしめたY型連続自動混合機を完成したので，これを紹介する。

2. 構造および動作

本機の外観を Photo. 1 に示す。その構造は Fig. 1 に示すごとく，1の供給口から 1 Batch 分の被混合粉体が秤量機——Bucket Elevator を通して供給される。混合部は最初ダブルコン型で試作したが，後設置容積が同じでも処理容量を倍増でき，混合効果の良好なY型にかえた。機胴中心部を貫通して，2のリボンスクリュー

ーがY型ドラムとは反対の方向に回転しており，これが feeder となつて粉体は機胴内に仕込まれる。Y型ドラムは 150l 処理のもので 28r.p.m.，リボンスクリューは 420r.p.m で回転している。

混合作用はY型ドラムの回転によつて粉体は重力により分離，集合，たゞみかえしの効果を受け，更にリボン

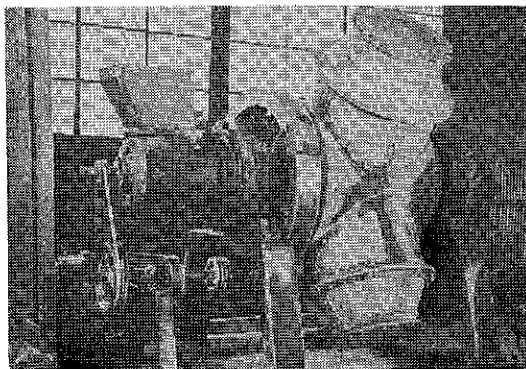


Photo. 1 Y型連絡混合機

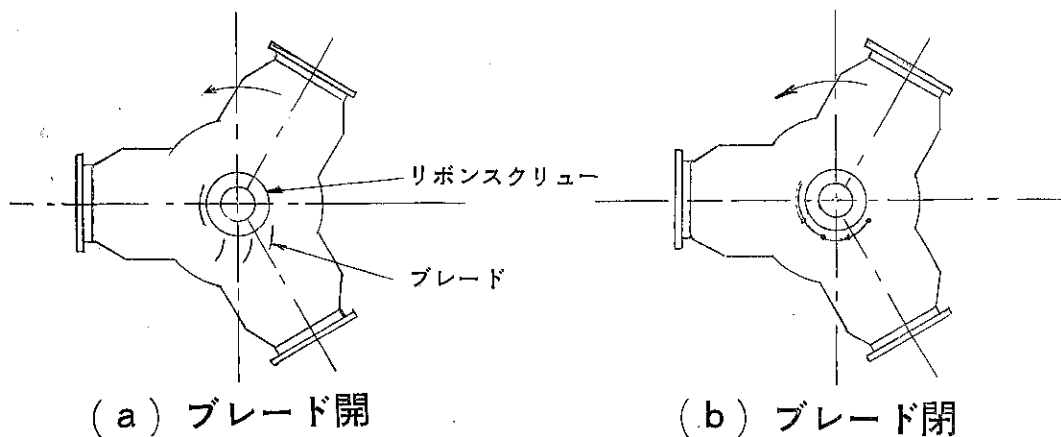


Fig. 2 ブレード開閉の状態

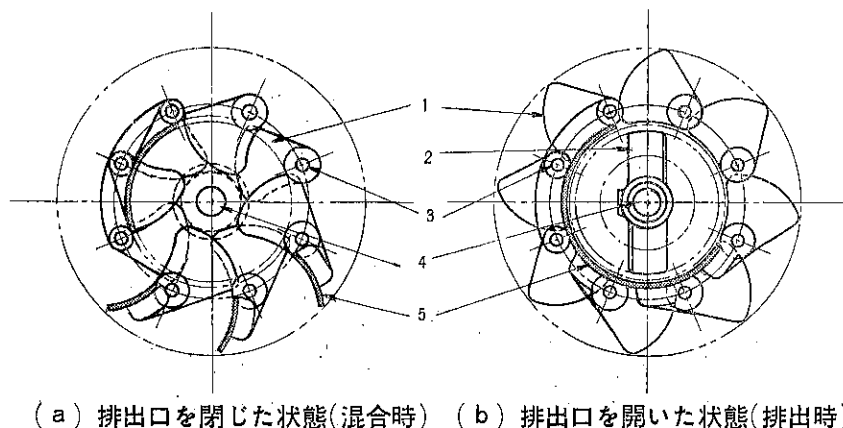


Fig. 3 シャッターの開閉状態

(a) 排出口を閉じた状態(混合時)

(b) 排出口を開いた状態(排出時)

1. シャッター羽根
2. リボンスクリュー
3. シャッター羽根支点

4. リボンスクリュー軸
5. ブレード

スクリーンの高速回転によつて強制的な分散効果を受けることになる。リボンスクリューの下部半円周は4枚のブレードによつて囲まれており、内3枚のブレードはリンク機構によつて Fig. 2 のように開閉出来るようになっている。すなわち混合時はこれが Fig. 2 (a) のように開いており上方のドラムから落下する粉体は回転するスクリーンに衝突して分散作用を受け、ブレードの間隙を通つて下部ドラム内に落下し其び上方へ持ち上げられ混合が繰返される。一定時間の混合が終ると自動的にこのブレードは Fig. 2 (b) のように閉じて樋を形造り、この上に落下する粉体はリボンスクリューの Conveyance 作用によつて Fig. 1 右方排出シリンダー中に送られ4の排出口より外部ホッパーに排出される。一定の排出時間が過ぎるとブレードは (a) の位置に戻り、再び新しい粉体原料が供給される。これを自動的に繰返して Batch 混合方式による連続操作が行える訳である。又供給から排出まで完全密閉が可能であるから粉塵の発生がなく人手を要しない。この機構において最も苦心したのは、Y型ドラムと排出口側シリンダー部との仕切り (Fig. 1 中Sの位置) でスクリーンの回転方向は常に一定であるからここに仕切りがないと混合作用中ブレードは開いていても一部の粉体が排出側に送られる。これを防ぐため、Fig. 3 に示すごとくシャッターを組み込み、これをブレードのリンク機構に接続して、ブレードが開くとき (混合時) は Fig. 3 (a) のごとく閉じ、ブレードが樋を形成するとき (排出時) は (b) のごとく開く様に考案した。これによつて混合作用中に粉体が外部へ漏れ出すことを完全に防ぐことができた。

150I 型について更に詳細に説明すると、主電動機は3HPギヤードモーターを用い、Y型ドラム(28r. p. m.) リボンスクリュー (420r. p. m.) を駆動し、別に $\frac{1}{2}$ HP モーターによつて減速機、ウォームギヤを介してブレードおよびシャッターのリンク機構を可逆的に駆動する。バケットエレベーター等の供給装置の駆動は別に設けた電動機により動作せしめる。

リボンスクリュー-外径 220mmφドラムの dimension は中央部ドラム内径 800mmφ、巾 700mm、枝ドラム内径 600mmφ、最大回転半径 800mmである。全内容積は約 0.68m³ で運転装入量は容積で 150I 処理が可能である。

供給、混合、排出を一定時間毎に自動的に行う制御装置の外観を Photo. 2 にその内部を Photo. 3 に示す。

操作の繰返し時間の設定の一例は Fig. 4 の通りで一周時間はギヤの交換によつて 6.5分、8分、12.5分、15分、と4段階に調節でき、別に任意の設定も可能である。

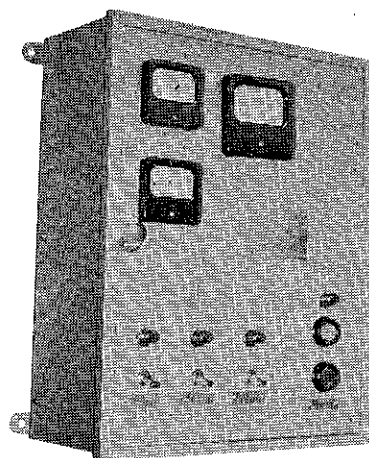


Photo. 2 プログラム制御用電源函

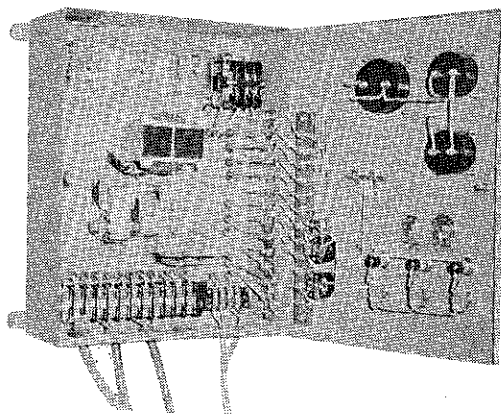


Photo. 3 電源函の内部

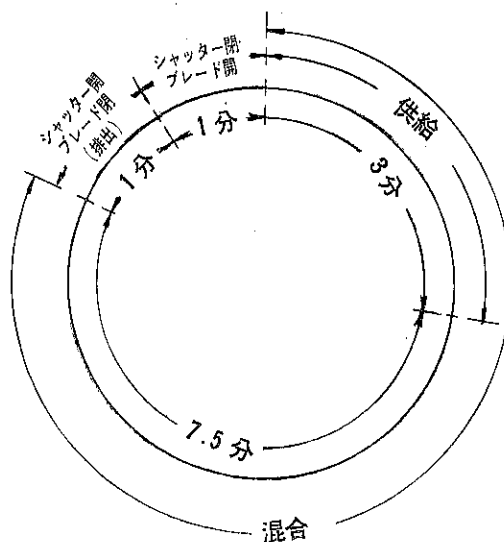


Fig. 4 操作繰返し時間の一例

3. 混合効果

本機の混合効果を調べるために、タルク粉砕品(200~300 mesh 程度)と、同じ程度の粒度の無水炭酸ソーダ(Na_2CO_3)の混合について実験を行った。混合粉体の真比重はタルクが 2.7, Na_2CO_3 は 2.5, 又見掛比重は夫々 0.45 および 0.3 である。混合機への供給は、上記二成分の粉体を定量同時に供給口より投入した。

二成分粉体の混合比は Table 1 の如く 5 種について実験を行った。

Table 1 混合粉体の仕込み割合

タルク 真比重 2.7, 見掛比重 0.45 (粒度は何れも)
 Na_2CO_3 " 2.5, " 0.30 (300mesh程度)
 w_a : 仕込み Na_2CO_3 重量 (kg), w_b : 仕込みタルク重量 (kg)

Run No.	1	2	3	4	5
重量混合率 $\frac{w_a}{w_a + w_b} \times 100$	50%	30%	20%	10%	5%
仕込量 (kg)					
タルク	27	41	49	58	62.5
Na_2CO_3	27	17.6	12.3	6.4	3.3

何れも Total 見掛容積は約 150l となる。

混合効果(混合度)の測定は矢野氏の報文¹⁾を参照して、標準偏差 σ をもってあらわした。すなわち一定時間混合の後、機械の運転を止め、上方にある枝ドラムのふたを開いてドラム中の試料の上, 中, 下および夫々の左, 中, 右の 9ヶ所より 約 1~2gr 程度の試料を採取し、この試料中の炭酸ソーダの量を 0.1N HCl により

滴定して求めた、この炭酸ソーダの重量を w_A とし採取試料の重量から w_A を差引いてタルクの重量 (w_B) を求め、これより採取試料中の Na_2CO_3 の混合度 C_i (Wt. %) を(1)式より算出した。

$$C_i = \frac{w_A}{w_A + w_B} \times 100 \quad (1)$$

尚、全体の混合比よりタルクと炭酸ソーダが完全に混合した状態における炭酸ソーダの混合比 C_o を(2)式により算出し、これにたいする標準偏差 σ を(3)式により計算して混合度をあらわした。すなわち、

$$C_o = \frac{w_a}{w_a + w_b} \times 100 \quad (2)$$

こゝに w_b , w_a , は夫々混合機に仕込んだタルクと炭酸ソーダの重量である。又

$$\sigma = \sqrt{\sum^n (C_i - C_o)^2 / n} \quad (3)$$

Run No. 1~5 までの測定結果を図示すると、Fig. 5 となり混合時間 θ (分) (またはドラムの回転回数 $N\theta$) 後における混合状態をみる事ができる。この結果から混合比の比較的小さい場合は 2~3 分 ($N\theta =$ 約 50~80 後に混合が達成され、混合比の比較的大なる場合でも 5~6 分 ($N\theta =$ 約 140~170) 後には同程度の混合が行われる。この時間は従来の回転容器型の結果 [Fig. 5 中点線は Double Cone Type Mixer, 混合比 13.5% (vol. %) の場合の結果である。矢野氏の報文²⁾より] と比較するとかなり短時間で良好な混合が行われており、Y 型による $\frac{3}{2}$ の混合回数の上昇と、リボンスクリューの分散効果によるものと思われる。

4. 後 記

Y 型連続混合機の混合効果については更に各種の粉体について、その性質の差異、粒度、回転数等の影響を調べる実験を現在も続行しているが、ここには機械の紹介と混合効果の 1 例を報告するに止めた。

現在 150l 処理のものを実験用として使用しているが別に 500l 用の製作もすすめている。その仕様は 56 頁を参照されたい。

参考文献

- 1) 矢野, 蟹瀬, 田中; 化学工学, **20** 156, (1956)
- 2) 矢野, 蟹瀬, 波多野, 倉橋; 化学工学, **21**, 420, (1957)
- 3) 矢野, 蟹瀬, 田中, 倉橋; 化学工学, **22**, 758, (1958)

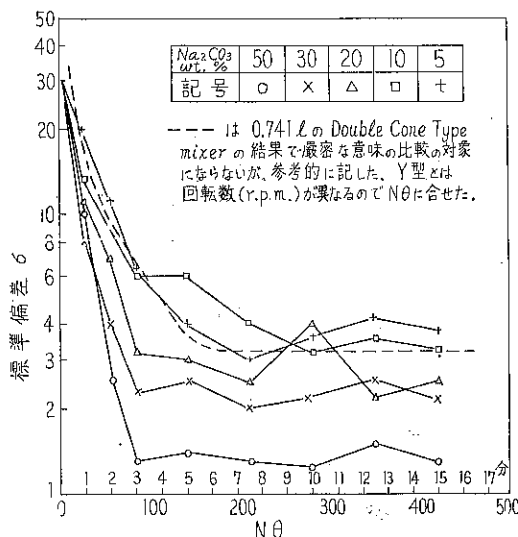


Fig. 5 回転回数(混合時間)と標準偏差

空気透過法による新しい直示式 平均粒度測定装置

A New Apparatus for the Mean Size Determination
of Powder — “Permeasizer”

京都大学化学研究所 水渡研究室 荒 川 正 文

ま え が き

現在、我国で使用されている空気透過法による粒度測定装置は Blaine法¹⁾, Lea-Nurse法²⁾, Subsieve Sizer³⁾ 恒圧通気式比表面積測定装置⁴⁾, Autosizer⁵⁾ などである。この中、Subsieve Sizer (米, Fischer社) は計算図表の巧みな利用により、また Autosizer (島津製作所) は電気的な計算回路の附与によつて試料粉体の平均粒子径が直示される。したがつてこの二装置は測定後の計算をおこなわずに直ちに試料粒度がわかるので便利であるが、高価なために普及していない。そこで比較的簡便な装置で試料粒度がメーターに示される新しい装置を製作したので報告する。

装置の原理と構造

空気透過法はよく知られているように、粉体充填層に対する流体の透過度とその粉体の平均粒度 (比表面積) の関係を示した Kozeny-Carman 式により試料粉体の粒度を測定する方法である。Kozeny-Carman 式は充填

層を構成する粉体の平均粒子径 (比表面積径) d_m について(1)式のごとく書かれる。

$$d_m = \frac{6}{14} \sqrt{\frac{\eta L Q}{\Delta p A t} \cdot \frac{(1-\varepsilon)^2}{\varepsilon^3}} \quad \dots\dots(1)$$

$$d_m = 6/\rho S_w$$

η は透過流体の粘性系数, L は試料層の厚さ, A は試料層断面面積, Δp は試料層両端の圧力差, Q は t 秒間に通過した流体の量, ρ は試料粉体の比重で、充填層の空隙比 ε は(2)式で与えられる。

$$\varepsilon = 1 - \frac{W}{\rho A L} \quad \dots\dots(2)$$

Gooden, Smith の方法 (Subsieve Sizer) のごとく試料採取重量 W を ρ と等しくすると, $W/\rho = 1$, したがつて $\varepsilon = 1 - 1/AL$ であり, A は装置によつて一定であるから ε は L の関数となる。したがつて(1)式を整理すると

$$d_m = K \sqrt{\frac{Q}{t} \cdot \frac{1}{\Delta p} \cdot f(L)} \quad \dots\dots(3)$$

K は装置定数を含めた定数である。最初に述べた現用

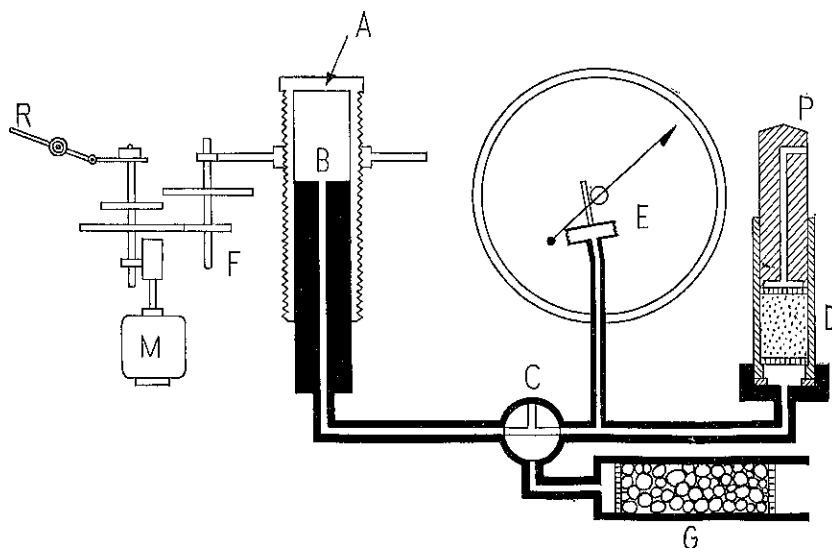


Fig. 1 装置の原理図

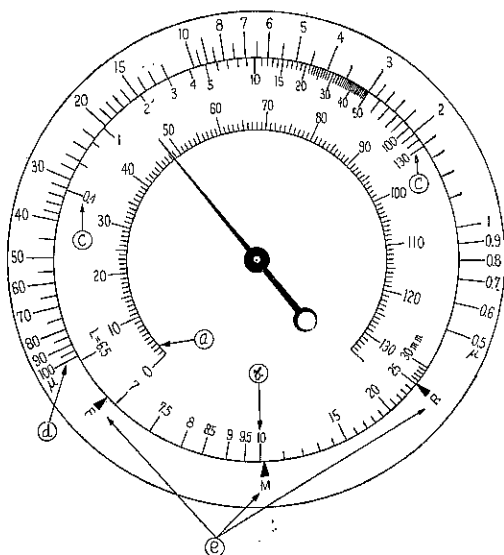


Fig. 2 圧力計目盛板

の装置はすべて Δp を一定として透過流速 Q/t を測定して d_m または S_w を求める方法であるが、この装置では Q/t を一定として Δp の値から d_m を求めるものである。

この装置の原理図を Fig. 1 に示した。A は同期電動機 M により一定速度で上下するシリンダーで、これが下降すると一定流速の空気が B から流出し、三方コック C を経て試料筒 D に達する。P は試料充填用プランジャーである。試料層の透過度は圧力が増すにつれて大きくなるから試料層入口側の圧力が次第に増加して、試料層透過流速が与えられた Q/t に達すると圧力 Δp は一定値を示す。この Δp の値はアネロイド型気圧計 E で示される。こうして Q/t と Δp が定まれば試料層の厚さ L を知れば(3)式から d_m は求められる。気圧計 E の目盛板は二重になつていて(3)式の計算を簡単におこなう計算尺を兼ねている。すなわち Fig. 2 のごとく、内側は a が圧力目盛 (0 ~ 135 g/cm²)、b は試料層の厚さ L (5 ~ 30 mm)、c は a の圧力の対数目盛である。外側は d が平均粒子径 d_m (0.5 ~ 100 μ)、e は Q/t で試料粒度によつて粗粉体用 (60 cc/min)、中粉体用 (6 cc/min)、微粉体用 (0.6 cc/min) の中で適当なものを選定する。 Q/t の選定は Fig. 1、R のレバーにより F の変速ギヤの組合せでおこなう。A が下降してしまうとモーターを逆転させ、C をまわして G の乾燥剤を通つた乾燥空気を A に吸入する。

装置の全景は Photo. 1 に示した。また Photo. 2、3 は内部構造である。①の蓋をはずすと試料筒②があり、

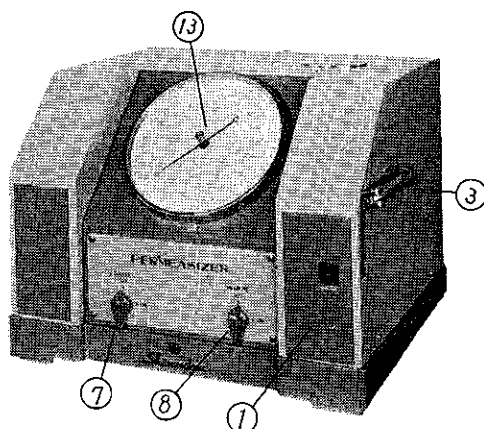


Photo. 1 装置の外観

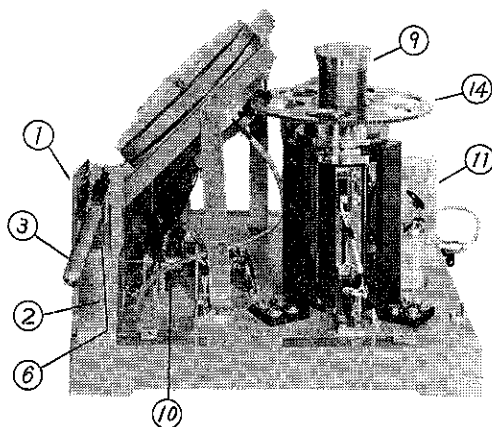


Photo. 2 装置の内部(側面)

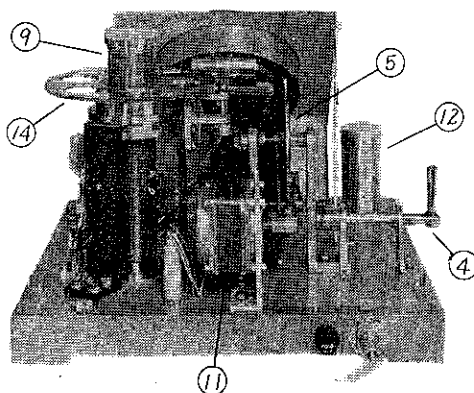


Photo. 3 装置の内部(裏面)

この中に試料を $W/p=1$ になるように採取し、プランジャー⑥をはめて装置にセットしプレス③で充填する。プランジャーには副尺のついた目盛が附してあるから前面の小窓から L が読める。試料の大体の粒度によつて横のギヤ交換レバー④によつてチェンジギヤ⑤を変えて Q/t を設定し、前面のマノメーター目盛の外側を廻して選んだ Q/t (Fig. 2 の e) と、 L 目盛 (Fig. 2 の b) を一致させる。すなわち、Fig. 2 では Q/t は中粉体用 ($Q/t=6 \text{ cc/min}$) で L は 10.1 mm である。ケース前面の電源スイッチ⑦を入れ、モータースイッチ⑧を Rev にするとモーター⑪は逆回転してシリンダー⑨が上昇し、一番上で停止する。スイッチ⑧は三方コック⑩に連動しているので、このときは吸入空気は試料層を通らず乾燥剤⑬を通つてシリンダー内に入る。スイッチ⑧を ON にすると三方コック⑩は試料筒側に開き、シリンダーは下降して与えられた流速で空気を試料層に送り、 Δp は増加して気圧計の針⑫は捨針と共に上昇し一定圧となれば停止する。シリンダーは下降してしまうと自動的に停止するから Δp は下がり指針⑫は低下するが指針は最高の Δp を指示している。その指示値 (a 目盛) を c 目盛 (a の対数値) で見るとその対応する d の目盛が試料の平均粒度を示している。Fig. 2 では Δp が 48.5 であるから平均粒子径は 3.05μ である。(なお Fig. 2 の目盛は実物より多少簡略にしてある。)

結 果

この装置の測定精度はシリンダーを上下する駆動装置

の誤差に左右される。これが常に一定速度で働かなければ Q/t が変化するので測定結果に誤差を与える。シリンダーを駆動する最終ギヤ (写真 3 の ⑭) の回転速度の各 Q/t におけるバラッキは表 1 のごとく 1% 以内で一定であつた。次にシリンダー上部に荷重を加えてその影響を見た結果は Fig. 3 のごとく 3 kg 程度を加えて約 3

Table 1 シリンダー駆動速度の精度

	1	2	3	4	5	平均
Rough	56.3	56.6	56.8	56.6	56.4	56.5 R/min
Medium	5.61	5.61	5.61	5.60	5.61	5.61 R/min
Fine	6.00	5.99	6.00	6.00	6.00	6.00 R/10min

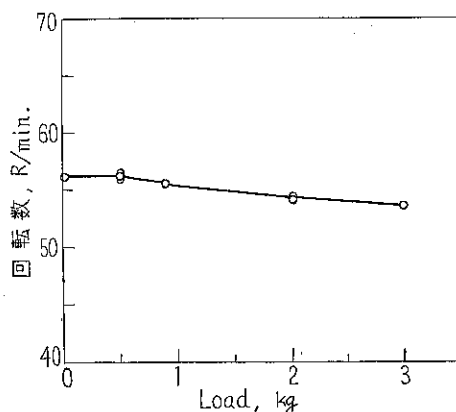


Fig. 3 シリンダーに対する荷重の影響

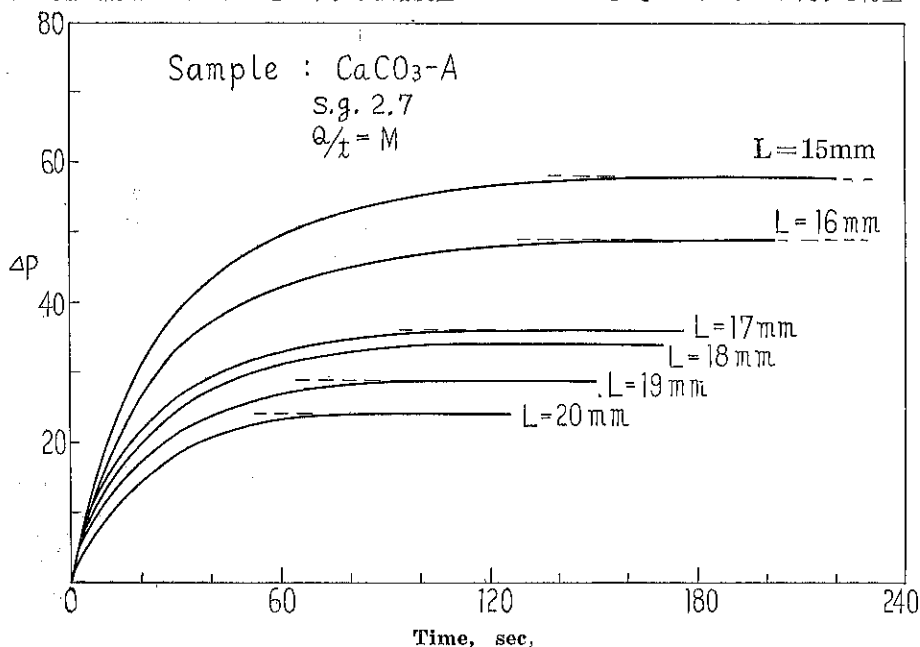


Fig. 4 充填度による Δp と測定時間

Table 2 測定結果

試料	比重	L, mm	Q/t	Δp	d_m, μ	T, sec	平均粒子径 μ		
							透過法	沈降法	顕微鏡法
CaCO ₃ -局	2.7	13	M	6.8	5.3		5.0	4.2	5.9
		12	M	9.3	5.0				
		11.5	M	11.2	5.1				
		11.5	R	105	5.2				
		11.5	R	106	5.2				
CaCO ₃ -A	2.7	20	M	24.2	1.61	90	1.6	1.8	1.5
		19	M	29	1.6	120			
		18	M	34	1.61	160			
		17	M	36	1.61	160			
		16	M	49	1.58	185			
		15	M	58	1.58	210			
澱粉	1.5	9.5	R	45	11.2	15	12	約10	
		9.5	M	5	10.8	5			
		9.5	F	0.5	9.9	5			
		9.0	R	51.5	11.6	21			
		9.0	M	5.7	11.5	10			
ガラス球	2.8	10.1	R	54.2	8.6	18	8.1		8.0
		10.0	R	58.0	8.9	22			
タルク	2.6	10.0	M	77.0	2.4	305	2.3		
		10.0	F	8.0	2.2				
塩化ビニル	1.6	19.2	R	9.8	26.5			28	35

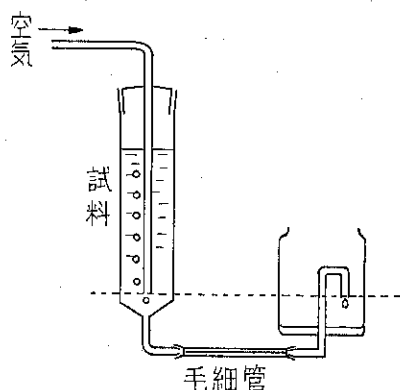
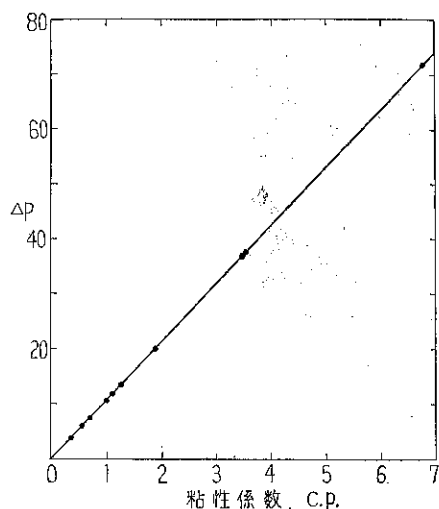


Fig. 5 粘度測定用セル

Fig. 6 粘性係数と Δp の関係

%の変化にすぎず、冬期の潤滑油の粘度増加などによる

モーターへの負荷増加に対しても充分に満足出来ることがわかる。

この装置による2,3の粉体の測定例をTable 2に示した。測定中、Fig. 4のごとく Δp は最初は急激に増すが次第にゆるやかになり、やがて一定値に達する。Table 2において T は圧力が一定になるまでの時間、 Q/t の R 、 M 、 F はそれぞれ粗粉体、中粉体、微粉体に適した流速を用いたことを示している。全く未知の試料では最初 R で測定すると、もし微粉体であれば Δp が急激に上昇して Scale out するから簡単に適当な流速を選定出来る。尚、ここで用いた粗粉体、微粉体などの言葉ははつきりと粒子径によつて定義されるものではなく、比較的粗であるとか微細であるとかの意味である。したがつて試料によつては R でも M でも測定出来るものもあり、その時の Δp の値は10:1の比で変化

する筈である。炭酸カルシウムについて、空隙比 ϵ をいろいろに変化させて測定した Δp の時間的变化はFig. 6のごとくである。すなわち、同一試料では ϵ が大きい程測定所要時間が短い。また ϵ が一定であれば粒度が小さい程測定時間は増すが、 Q/t を適当に選ぶと数秒〜数十秒で測定出来る。また表2に見られるように、この方法は試料空隙比 ϵ の変化による測定値の変動がきわめて少い。

なお、この装置はたとえば Fig. 5 のような装置を試料筒を外して連結すると液体の粘度測定に使用出来る。Poiseuille の式によりニュートン流動の液体の粘性係数 η は次式で与えられる。

$$\eta = \frac{\pi a^4 l \Delta p}{8 l Q} \quad \dots (4)$$

すなわち、半径 a 、長さ l の水平定常流において流速 Q/t が一定であれば η は Δp に比例するから圧力計の読みは直ちに η を示している。数種の液体について測定した η と圧力計の読み Δp の関係は Fig. 6 のごとくで満足な結果を示した。

この装置の試作にあつて島津製作所安達政一氏の御協力による処がきわめて大きかつたことを附記して深謝する。

文 献

- 1) R. L. Blaine A.S.T.M. Bull., **108**, 17(1941), **123**, 51 (1943)
- 2) F. M. Lea, R. W. Nurse, J. Soc. Chem. Ind., **58**, 277 (1939)
- 3) E. L. Gooden, C. M. Smith, Ind. Eng. Chem., Anal. Ed., **12**, 479 (1940)
- 4) 水渡英二, 荒川正文, 高橋允, 工化誌, **59**, 307 (1956)
- 5) 荒川正文, 水渡英二, 材料試験, **7**, 267 (1958)

粉体急速混合機について

細川粉体工学研究所 工学博士 松 山 卓 蔵

§ 1. 粉体混合機の種類

粉体混合機は回分式，連続式，半連続式等その能力と混合精度に応じて次の各種が現用されている。

- I 回分式混合機
 - (i) 容器回転型混合機
 - (a) 水平円筒型混合機（リフター又は邪魔板のあるもの，ないもの）
 - (b) 傾斜円筒型混合機
 - (c) V型混合機（高速攪拌機のあるもの，ないもの）
 - (d) 円錐型混合機（リフターのあるもの，ないもの）
 - (e) 二重円錐型混合機（邪魔板のあるもの，ないもの）
 - (f) 水平四角型，水平六角型，立方体型混合機
 - (ii) 容器固定型混合機
 - (a) リボン型混合機（単軸型，複軸型）
 - (b) スクリュー混合機
 - (c) 垂直スクリュー型混合機
 - (d) ナウター型混合機（倒立円錐リボン型）
 - (e) 急速混合機
- II 連続式混合機
 - (i) 容器回転型混合機
 - (a) セメントミキサー，パグミル
 - (b) Y型混合機（プロセス制御）
 - (ii) 容器固定型
 - (a) Impact wheel型
 - (b) 微粉砕機類

V型等の緩速混合機で充分工業的目的を達し得る。他方プラスチック成形材の混合，化粧品，医薬品等では混合比が99：1～99.99：0.01の如く極端に大きく，且つ高度の均一さを要求される場合が屢々ある。斯かる場合緩速の混合機では不可能に近く，微粉砕機（スーパーミクロン等）中での混合の如く，粉体の凝集を解砕して一次粒子状態での混合が望ましい。此の場合は完全な定量比供給が必要であるが，此れ又極端に難しい操作である。一例を挙げればスーパーミクロンミルM202 30HPに於て運転中に粉砕室に滞留する粉体 hold up は凡そ200～500 grで，その $\frac{1}{1000}$ 量は0.2gr～0.5grなる事より容易に想像し得よう。斯かる場合，従来は予備混合機，又は仕上げの混合機（緩速で大きい holdup のもの）又は粉砕機を二回以上繰り返えし通過せしめるの手段により，高精度混合方法として居た。フラッシュミキサー型（Impact wheel）でもこの難点は全く同一である。

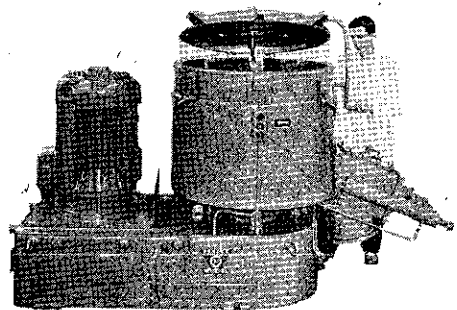
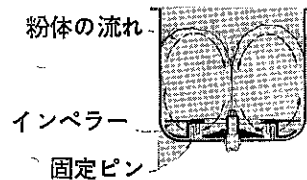


Fig 1 Podex-Henschel 型粉体急速混合機

§ 2 粉体混合における問題点

粉体の混合において技術的に困難な問題点は，

- (1) 微粉における凝集甚しい時
- (2) 水分による凝集甚しい時
- (3) 混合比著しく大なる時
- (4) 混合体粒度に著しく差のある時
- (5) 微視的に迄均一混合を要求される時

等であろう。斯かる粉体の混合では緩速の混合機で充分満足すべき結果は得難いのである。農薬の混合，飼料の混合の如く，混合比が3：1～5：1の如く大きく且つ左程の均一精度を要求せぬ時は水平円筒型，リボン型，

§ 3. 急速混合機の照介

上述の諸問題を解決する方法として，(1)混合比の正確さを確保する為には回分式なること，(2)回分量を出来るだけ大量にする設計(3)混合効果を最大限に高める為には粉砕機の如き高速攪拌が採られねばならぬ。此の方面の実用機として照介されたのが，Chemical Engineering Feb. vol. 20 1961 P108 Prodex-Henschel mixer である。

Fig. 1 原理は円筒状容器底部に Pin disc mill の如きインペラーに植えられた多数のピンと固定のピンが相対して居て、ロータは周速50~70m/secで回転する。又インペラの外周にはミキサー底部に粉体群の dead space をなくする Scraper と粉体群に Fig 1 説明図の如き器内流動循環運動を与える為の Blade がある。此の照介記事を試みるべく家庭用ジュースミキサーに微粉末タルクに少量の顔料を加えたもので乾式混合を試みて、その優秀な混合効果を確めた。瞬間的に混合が行われる事は肉眼的に観察し得る。引続き 50%, 150% のものを試作し当社独自の粉体急速混合機を開発中である。現在研究段階のこととて詳細に涉り説明し得ぬが、その性格および、今後の問題を述べる。40%容のもので約 5~10kg, 150% のもので 7~20kg の粉体を回分混合出来るが、この量はインペラの構造により大きく変動し、動力により決定される。勿論粉体の性質、粒度が関係すること当然で、この点は粉碎機と同様に考えて宜しい。微粉凝集体を混合する場合には1分間でも肉眼的には均一である。粉碎を伴う時には時間と共に均一化が進むが、大約10分間では

ば高度の均一さを達成し得る。以上は 99.99 : 0.01 の如き、従つて 10kg の試料に対し 1gr の顔料を混ぜるといつた混合比の高い場合である。何れにしても、密閉回分型の粉碎機に近いので、インペラーに加えられた仕事は、熱となるので、弱熱物質に対しては冷却が必要である。研究の重点としては、粉碎部、スクレーパー、ブレード、容器の設計が大切で、それに附属して、投入部、排出部の位置、大きさ、取扱い易い設計等今後幾多の問題がある。

ドイツ Henschel 社のカタログでは上述の如き粉体の乾式混合以外に、粉体群への少量液体の均一添加、加熱装置をジャケットに施して P. V. C., 可塑剤、顔料、マスターバッチを本機で加熱混合して (50~100°C) Emulsion 又は Suspension 型の可塑性原料を作り、カレンダーロールを省略して、直ちにエクストルダ成型機にかけ得る如き状態まで、もたらず操作につき述べている。当研究所においても御要求に応じて此の方面の研究に協力する態勢にある事を附言する。

有機化学への振動ミルの応用

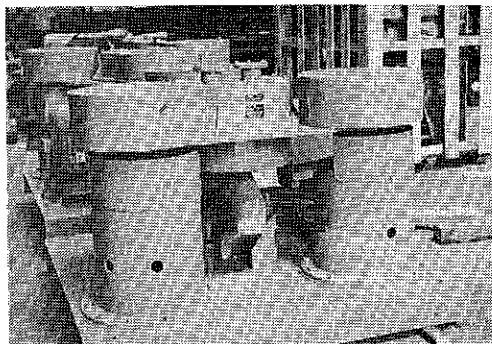
細川粉体工学研究所 工学博士 松 山 卓 蔵

粉碎誌 No. 6 P. 3~7 に於て当所に於ける振動ミル研究を述べた。その後 8% と 30% のものを製作し一部は細川鉄工所より販売されている。応用方面としてはグラファイト、珪石、金属粉等、従来の粉碎機では困難な摩耗性材質の粉碎、高価又は有毒で粉末の飛散を嫌う場合の粉碎に適して居る。これに加えるに最近石油化学系触媒の粉碎、(活性アルミニウム、 $TiCl_3$ 等) に対して振動ミルの応用が Ziegler 等により喧伝された。Metallorganische Verbindungen XIX Ann 589 91~121 (1954) P. 110~111 ibid XXVI Ann 629 1~13 (1960) P. 6~9

これは従来のポットミルより遙かに能率的に金属アルミニウムを活性状態のままに粉碎し、活性アルミより Al-trialkyl を製するに偉力を出して居るからである。報告では Al のチップ 10 部と Al-trialkyl 100 部を窒素気流中で振動ミルに封入し、粉碎媒体の鋼球 12mm を用いて 8~12 時間粉碎する。ミル内媒体の充填率はミル容積の約 80% であり、充填液量はミル容積の約 50% が標準である。アルミニウムの活性化は粉碎に伴つて新たに作られた表面積に比例しているかどうかは今の所明確ではないが、媒体ボールと金属との間の強烈な摩擦作用が重要な因子となつて居るらしい。この辺りが Pot-mill と振動

ミルのアルミ活性化に対して大きな差異を生ずる理由であり反応促進の為に触媒作用を機械的に振動ミルが果して居るとも考えられる。彼等は 90mm ϕ ×130mm ϕ 0.9%, 170mm ϕ ×210mm ϕ 5%, 50% の三種の振動ミルで研究し、何れの場合もアルミニウムの活性化に画期的な成果を挙げた事を報告している。

振動ミルは固体流体の異相系反応に応用されれば更に多方面に斯くの如き成果を挙げ得るのではないかと思ひ照介した。



細川鉄工所製 30% 振動ミル (7.5HP)

最近の食品工業における粉碎と粉碎機

武田薬品工業株式会社研究所

薬学博士 美 間 博 之

食品工業において粉碎という問題が極めて重要であることは今さら言をまたない。小麦を粉碎して小麦粉を作り、これが欧米人の主食となつていることから考えてもその問題が食品工業において如何に重要であるかが分るであろう。ここでは最近の食品工業で粉碎および粉体がどのように問題になつているかということと、どのような粉碎機が用いられているかについて、近着の文献を中心に総説してみよう。

食品工業における粉碎は、食品の最終の製品という点でも、また中間で用いられる基礎原料という点でもその品質を大きく左右する。殊に食品の色彩、臭、味、舌ざわり、きめ、ねばり気、あるいは安定性など、粒子の大きさが直接食品の品質に影響することが大きいので、これを粉碎し、その粒度を測定し、粒子を分級することは食品工業にかかすことは出来ない。そこでまず粒子の大きさが食品の品質にどのように影響するかを調べてみよう。

1) 色

食品の粒子の大きさや形はその色に影響する。一般にあまり細かい粒子が多いとフラットな糊状に見える。たとえば小麦粉を入れたトマトソースを作る場合、あまり微粒子の小麦粉を入れるとフラットな、むしろ白いソースに見える。しかし大きな粒子のものを入れるとまだらな色になる。これを均一な適当な大きさの粒子に統一すると明るい赤色のソースが出来るのである。

2) 味

粒子の大きさが味に関係するのは特にザラザラした感じが問題になる場合である。たとえばコーティングに使うココアの粉末、アイスクリームなどの砂糖の粒子、その他菓子パンなどである。ところがこの場合、粒子の大きさよりむしろその形が問題であり、これは節でふつても粉碎しても避けることは難しい。

3) 臭

香辛料を作っている人々は100~400メッシュにすると臭がよく出るようになることを知っている。勿論粒子が小さくなると表面積が大になり、臭もよく出るということなのである。また細かく粉碎したものは他のものと

の混合もよく、均一にまじることになる。

4) 粘 度

粒子の大きさと食品の粘度との関係はたとえばスープにビーフとか野菜のような材料を入れる場合、これらを粉碎して入れるとスープが非常に粘稠になる。またケチャップの場合も中に入るセシイ質の固体の粒度によつて粘度は勿論色も味も影響される。

5) 安 定 性

ベビーフード、ココア、冷凍濃厚ジュース、スープ、サラダドレッシング、マスタード、コーヒなどでお湯や水を入れて使用する場合、成分が分離して沈澱したりすることは絶対に避けねばならぬことである。この為には粒子の大きさをなるべく一定し、適当に小さくすることが必要である。たとえばココアは100メッシュ以下(150ミクロン以上)の粒子が1%以上あればカップの底に泥のようにたまるのである。

6) 再分散性

ドライミルクは再分散性がむづかしいが、これをポータスな粒子にするとお湯がこの中に入り、再分散性が良くなる。トマトの粉末はあまり細かい粒子だと浮いてしまつて濡れ難いことがある。

7) 製造行程における影響

食品を製造する場合、その粒子の大きさが影響することはしばしばある。たとえばバナビーンズを粉碎すると抽出がし易くなるとか、流動の場合微粒子より果粒の方が流動し易いとか、包装の場合粒度が一定していると重さをはかるのに容量で測れるとかいう問題である。この外ジュースとかその他の飲料に香料を入れる場合、その粒子の大きさが濁り具合や安定度に大きく影響する。このように食品における粉碎と粒子の問題はあらゆる方面で影響する所が大きい。そこで現在どのような粉碎機が実際に用いられているかを調べてみよう。

最近の食品用粉碎機

1) Alexander Separator Co. Ltd.

この会社の *Dakmi* 粉碎機は餌料、骨粉、肉などを粉碎するもので、完全な粉碎機であり、他の付属装置はつ

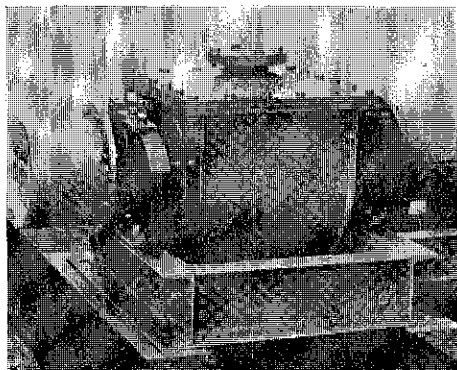
いていない。これには鉄粉を取り除くための電磁石がついている。原料はまず粉碎ロールを通り、磁石で鉄が取られ、粉碎ドラムで必要な大きさに粉碎され、篩にかけられて袋に入る。室の中にゴミがたまらないようになっている。その能力は 1,500~2,500ポンド/時間、モーターは18~20馬力である。使用電力は9 KW/hrを越すことはない。

2) Apex Construction, Ltd.

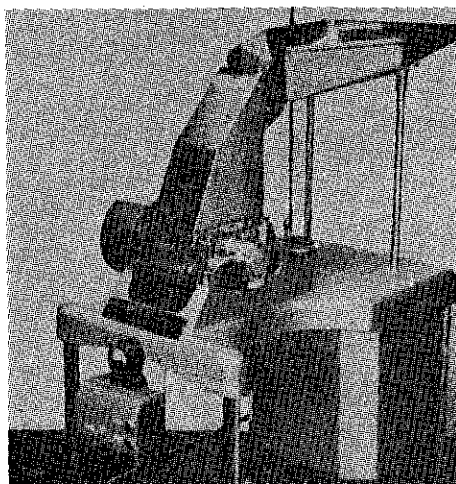
この会社はカッターミル (No. 116), 振動ボールミル (No. 163) Comminuting mill を作っている。カッターミルはセンイ状のものたとえば砂糖キビ、穀物、ココアの実、ゼラチンなどを粉碎するのに適している。この粉碎は剪断力によるものであり衝撃によるものではない。

ボールミルはミルの回転によるボールミルの落下ではなく、振動によつて粉碎する型のものである。振動が激しくなると球が強く物質に衝撃を与え、同時に円運動する。これにより1ミクロン以下に粉碎され、他の機械より早くしかも他の方法では出来ないものでも粉碎できる

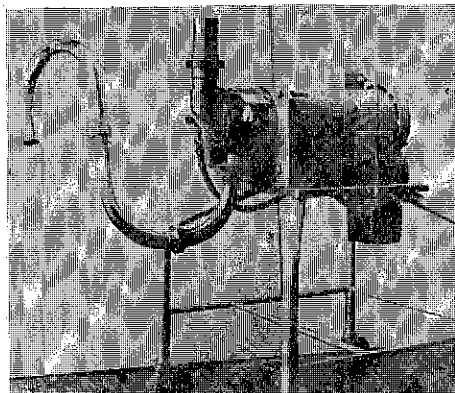
Photo 1 Apex 社の製品



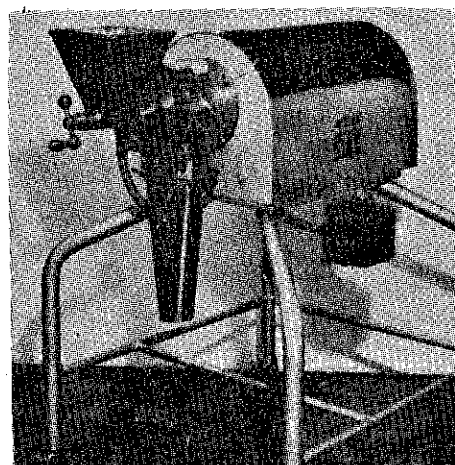
Vibratory ball mill No. 163



Comminuting mill No. 114



Homonutor No. 151



Comminuting mill junior No. 160

Comminuting mill はいろいろの目的に用いるいろいろの種類のものがある。その目的としてはフルーツドリンク、朝食用穀物、インスタントコーヒー、ビスケット製造、スープ用の野菜の製造、ベビーフードなどである。この機械はステンレス鋼製で、清掃や殺菌が容易であり、高出力が出せる。一番小さい型は No. 160 で少量生産や実験用に適している。No. 151 Homonutor はエマルジョン、サスペンションを作るのに適しており、その用途はソース、マヨネーズなどの製造である。最近のものとしては熱に敏感な物質を、温度コントロールした条件下で粉碎することができるようになっている。すなわち粉碎室とフィーダーは完全に水のジャケットがついており、粉碎機は完全密閉されたモーター (5~7½ hp) で動かされている。3つのローターのスピードは5,000 r.p.m. までが標準であり、高速は10,000 r.p.m. である。

3) Baker Perkins, Ltd.

この会社の水平板式ココア液体粉碎機は小さい床面積で高性能が出せるようになったものである。そして摩砕行程の数を増し、どの行程でも粒度を調節している。

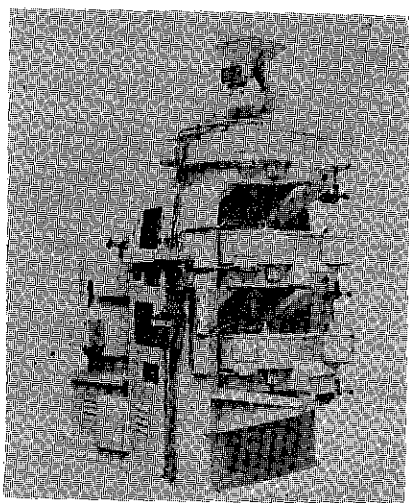


Photo 2 Baker Perkins 三重水平板式ココア液体粉碎機

製品は特別に設計された硬い金属プレートの間で粉碎される。各粉碎部は4つの円板からなり、そのうち外側2つは静止し、内側の2つは回転しその両側は凸面になっているのである。

粉碎されるココアの実は機械の上部の注入口から入れられる。ココアの実は管の中に落ち込み、ここでフィードスクリーンで粉碎室に運ばれる。この管は掃除のために取り外しが容易になっている。あらかじめ粉碎されたものを入れる場合にはこのような注入部は必要である。

粉碎された液は各粉碎部の前面からとり出され、通路を通って出て来る。これは3つの粉碎部から連続的に集まるようになっていて、またこの液の通路にはサンプルを出せるようになっていて。

4) W.S. Barron & Son, Ltd.

この会社で作った衝撃粉碎機の最近の型は No. 7 で、これは簡単なものであり、高性能を有している。モーターは150 hp であり、その性能は50 hp のモーターのついた No. 4 衝撃粉碎機3つに匹敵する。出来たものは粉碎板で区切られたいろいろのメッシュの6つのスクリーンによつて分級される。スクリーンは柔軟な高炭素鋼で作られ、粉碎中必要ならばめ込んだり取りはずしたりする。

この会社で作られている他の粉碎機としては "Dreadnought" impact rotary pulveriser, "Pep" mill がある。前者には2つの型があり、そのうちD型は2つの垂直の粉碎石からなっていて1つは固定し他の1つは回転している。DP型は同じ構造だが、石の代りに金属円板で出来ているのである。

"Pep" mill は小さいもので、手動か1 hp のモーターで動かす。カバーは道具を用いなくてもとれ、2、3分で掃除が可能である。スクリーンフィーダーであらかじめ粉碎した後2つの冷剛した鉄で作った4 $\frac{3}{4}$ インチの板で粉碎が行われる。出来たものの粒度は付属したスクリーン調整機で調節される。

5) Wm. Brierley, Collier and Hartley, Ltd.

この会社で最近作った機械はアーモンド、ハザルナツ

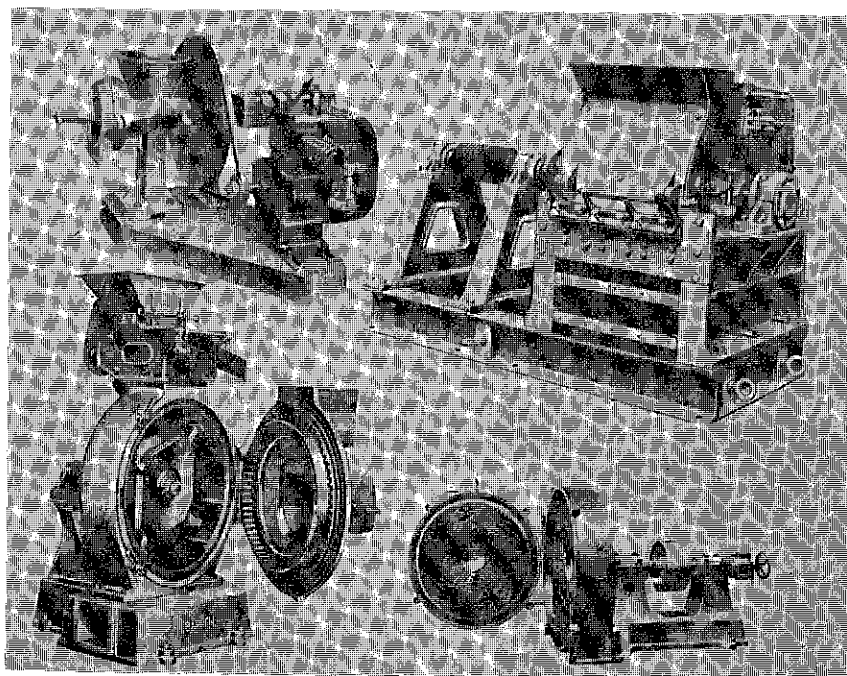


Photo 3 Barron & Son 社の製品、上左 "Pep" mill 上右 No. 7 Impact grinder 下左 No. 5 Impact grinder 下右 "Dreadnought" grinder

ツ、ブラジルナッツ、ピーナッツなどを粉碎するものである。この機械は切断に必要なように調節出来る組合さったローラーであり、これはいろいろのナッツに適したように速度が変えられる。これでナッツの実は $\frac{1}{8}$ インチ角に切られる。その他の大きさのものでも粉になるのを出来るだけ少なくして切断出来るのである。

この他の機械としては3段ローラーミルがある。これはお互に異った速度で動いている3つのミカゲ石のローラーから出来ており、No. 1は8hrで6/8 cwtの能力、No. 2は8hrで8/10 cwtの能力がある。

また2段ロールアーモンドミルというのがあり、これはマーチペイン（アーモンドをすりつぶした菓子）やブラーリン（クルミを入れた砂糖菓子）などを作るのにナッツをペーストにするものである。

さらに pin disc pulveriser でアルブミン、アーモンド、カシューナッツ、チョコレートの粉、ココア、ココナッツ、砂糖、乳糖、オレンジジュース、アザラシの脂肪というようないろいろの材料に適した粉碎機がある。これらの機械の特徴はごみが出ず粉碎出来ること、温度上昇が少ないこと、管理および清掃が極めて容易であることである。

6) Doulton Industrial Porcelains, Ltd.

この会社では“Dosilain”という硬質の磁器から出来たボールミルを作っている。直径2ftから7ftまでであり独特のデザインで最近作り始められたC401という型のものがある。

粉碎ボールは Dosilain の硬質磁器で作られており、直径 $\frac{1}{2}$ インチから3インチまでである。また Roydalox というアルミナ50%を含んだ磁器がある。これは比重が大であり、Dosilain より摩擦抵抗が大きい。

7) Follisain Wycliffe Foundries, Ltd.

この会社の“Pulmac”という粉碎機は実験用から工業生産のものまでそろっている。この機械の特徴は粗粉碎から指でさわつても分らぬ位の微粉碎まで出来るように調節出来ることである。

粉碎はローターとステーターの間で起る。ローターとステーターの突出部の角度およびスペースは粉碎に重要な役割を演ずる。

粉碎される物質は粉碎機の上端についているホッパーから入れられ、ベルトでローターシャットから導かれる。注入されたものは調節の可能な sliding gate を経て振動盆の上へ行く。これによつて原料を滑降路へ導く。この滑降路から pulverising door を通じて spinning-rotor の中心に入る。原料は高速度で射出され、spinning rotor で stator の鋸歯の ring におつけられる。このようにして剪断、打撃、圧縮、摩擦などの作用が行わ

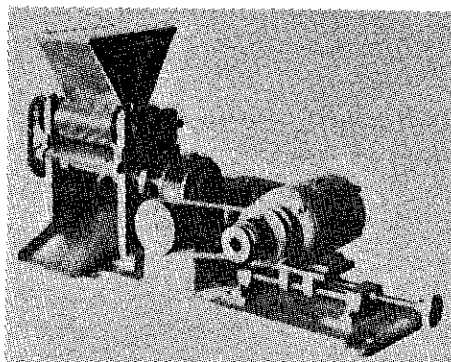


Photo 4 Wm. Brierley, Collier and Hartley 社で作られたナッツ切断機

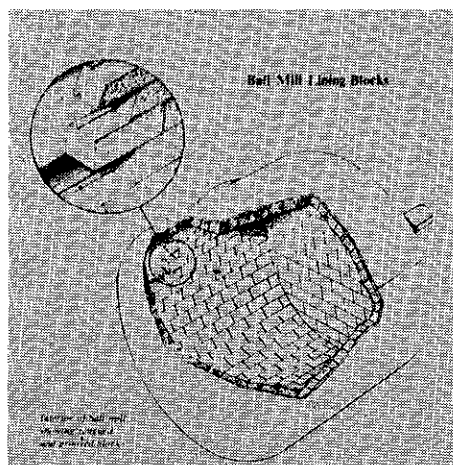


Photo 5 Doulton 社のボールミルの内部

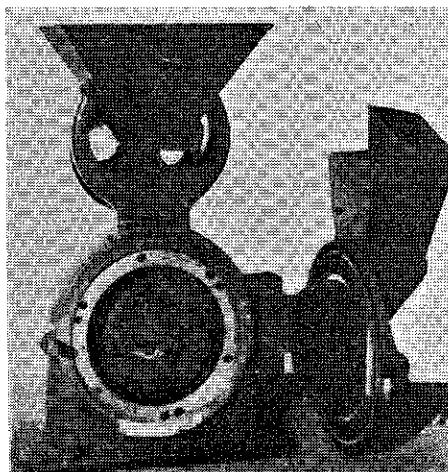


Photo 6 Follisain-Wycliffe 社の“Pulmac”高速粉碎機
れる。高速ローターで入った空気のと遠心力で原料はローターの外方に飛ばされ、そこでスクリーンにかけられる。

粉碎の度合はローターとステーターの巾を変えたり、

スクリーンのメッシュサイズを変えて調節する。このスクリーンは0.1 mm から10.0 mm まであり、すばやく取換えることが出来る。

8) International Combustion Products, Ltd.

この会社では air-swept 型の高速度粉砕機を作っており、密閉型で空気分級機, cyclone collector などがついている。Raymond Impax pulveriser No.3, No.51はいずれもハンマーが円板についた swing hammer type である。系の中には空気が循環するためのファンがありこれらの間に1セットの刃があつて、その先のクリアランスが製品の粒度を調節する。No. 3 は 1,800 r.p.m. でココアを BSS 200メッシュに 90 %通る位の粒度にする場合、20 hp のモーターをつけて 600 lb/hr の能力を有している。

Raymond Automatic type の粉砕機は粉砕室があつてその前はドアがついており、ドアを開くと検査が出来るようになってい。主軸は 2,600 r.p.m. で回転し、beater のくつついた円板が回転するようになってい。これには粉砕室の中で高度の乱流を起すために反対角でセットされている。

ファンは粉砕シャフトにくつついているか、または必要な場合は別のユニットとして備えつけられている。その他 空気分級機、相互に連絡しているダクトのついた cyclone collector, bagfilter などがある。

No. 00 Raymond Automatic pulveriser は乳糖を 1 インチ角のものからBSSの 200 メッシュを90%通る位の粒度に 250 lb/hr の速度で粉砕するのに用いられる。

Raymond Laboratory mill は試製用のもので、分析

や小規模生産に適している。これは 1½hp のモーターで 10,500r.p.m. で回転し、粉砕室の直径は 6 インチである

9) Kek, Ltd.

この会社で作られている最近の標準の機械は 1~1½ hp から30~50 hp までの4つの種類の pin disc mill である。この機械の粉砕部は2つの円い金属円板からなりこの円板に同心円状に金属ピンがついており、中心部は粗だが周辺部は密になっている。下の方の円板は上に向けたピンがついており高速で回転する。上の方の円板は固定しており、下の方を向いたピンは下の円板のピンの間に入るようになってい。原料は上の円板の中央の穴を通して注入され、高速回転する 下の円板の上に落ちる。そして遠心力でふりとばされ、クリアランスになったピンの列を通して必要な粒度になり、collecting hopper に達する。篩や格子が全くないので、これにひつかかつて停滞するようなことがない。

No. 4 B型 mill は 5 hp のモーターで動かされておりicing sugar を 6 cwt/hr の能力で、また粉砂糖を 1 ton/hr の能力で生産する。その他アーモンドの粉砕、乳漿粉末の生産、ピーナッツからピーナッツバター、プロテインの含量に合せて小麦粉を粉砕するなどの目的に用い。この他空気分離装置のついた pin disc mill は乳糖やソルビトール、ワニリンなどを微粉砕するのに適している。

10) Lavino (London) Ltd.

この会社から "Contraplex" という広粉砕室の粉砕機を出している。これでは柔かいものから中位に硬いものまで粉砕が出来る。これは pin disc mill で、両方の円

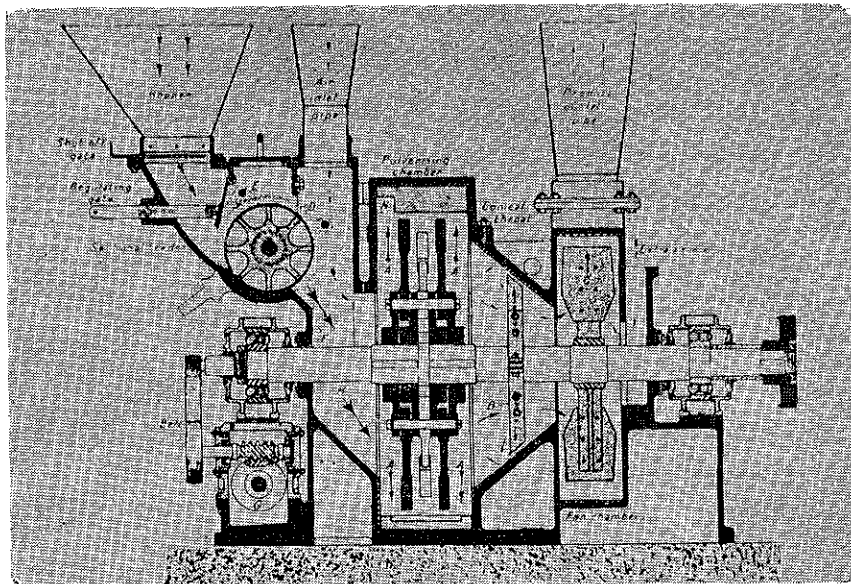


Photo 7 International Combustion Products, Ltd. のImpax pulveriser の断面

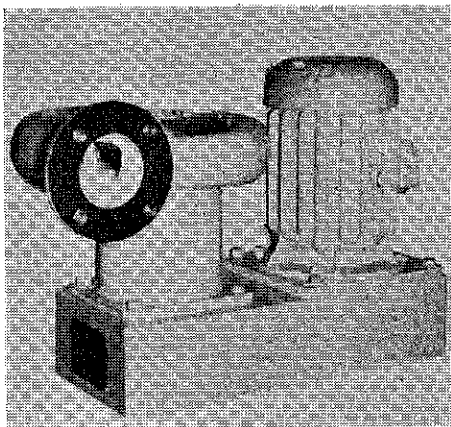


Photo 8 Kek 社の 4 B 型 mill

板が 690ft/sec までの相対速度で回転する。各円板の回転速度と方向は原料によつて適するように変えられる。

また“Mikroplex”という型のはラセン形の空気分級で、ある粒度以上のものはもう一度 mill を通すように設計されている。そして微粉の混合物をある粒度より大きいものと小さいものにシャープに分離出来る。

11) Manestry Machine, Ltd.

ここでは最近新しい Comminuting mill が作られている。“Fitz mill”は新鮮な冷凍果物の製造、ベビーフードやスープ種のためのピューレの製造、こまぎれ食品、ローラーで乾燥したミルク、ガムその他の物質の粉碎、魚のヒレ肉の切断、topping（食後の菓子）や脱水食品のサイジングなどに用いられている。

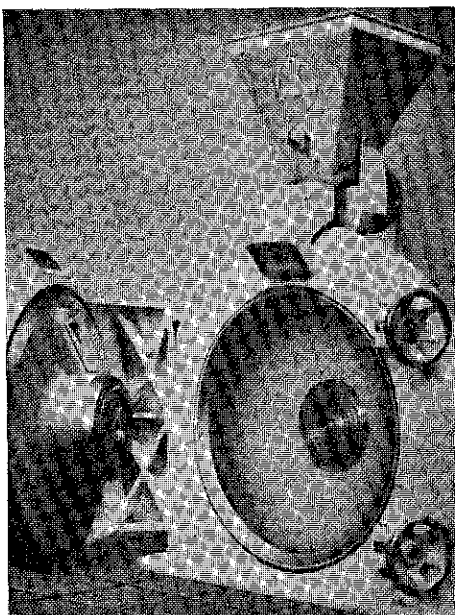


Photo 9 “Contraplex” 広粉碎室粉碎機

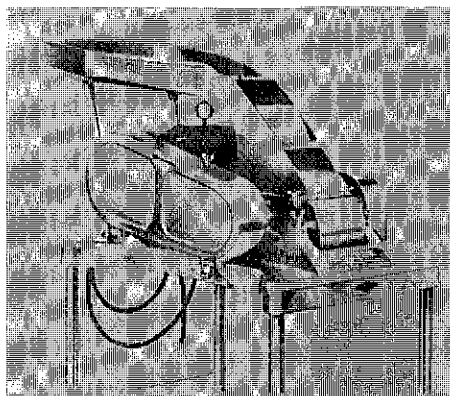


Photo 10 Manestry 社の Fitzmill D 型

普通の型のものの外に水冷式のものがあり、香辛料や油のようなものを低温で粉碎するのに用いられる。

凡ての機械はステンレス、スチールで出来ており、ごみが入らないようにして操作する。スクリュー、刃および操作速度をいろいろ組合せて湿つたものや乾いたものを粉碎出来るようになっていいる。

12) George Scott & Son (London), Ltd.

Scott-Rietz Vertical Disintegrator は狭い範囲で均一な粒子径のものを作るように設計されており、湿つたものを取扱うのにも適している。そして全く振動しない。ハンマーが垂直軸についていて水平に回転し、また原料に広いスクリーンの面積を与えるために360°スクリーンが取り囲んでいる。注入した原料は振動、スクリューまたは予粉碎フィーダーで機械の中に導入される。予粉碎フィーダーは予粉碎と同時に注入を調節する。

粉碎された物質はスクリーンを通るが、通らなかつたものはハンマーの部分から落ちて別の出口から出る。

Scott-Rietz Angle Disintegrator は上と同じ原理でハンマーは垂直に対し45°かたむいた面で回転し、360°スクリーンで取囲まれており、排出口もついている。この機械はステンレス製で、ベビーフード、ピン詰の肉、魚のペースト、果物や野菜のピューレ、トマトジュース、フルーツジュースなどを作るのに用いる。

Scott-Rietz Prebreaker は高いトルクと低いスピードを利用した機械である。回転シャフトについたハンマーはボデーについた固定カナトコの間を通る。カナトコの間でとらえられた原料はハンマーによる衝撃と圧縮によつて剪断される。このものは低速度であるから高いトルクがかかるようになり、最低の電力しか使わないように設計されている。このものはスープ種のグリーンボーンを粉碎したり、野菜や魚を料理する前に予備粉碎したりするのに用いる。

Scott-Rietz Extruder は Prebreaker の一変種で、

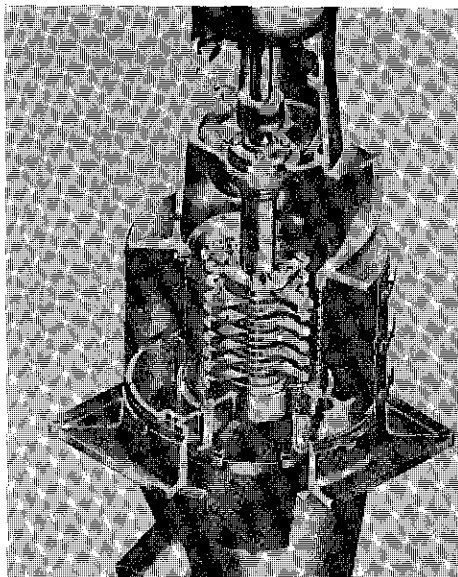


Photo 11 Scott Rietz Vertical Disintegrator

冷凍肉のかたまりや、油脂部分の除去、医薬、チーズの mulling と mixing、動物食品の製造などに用いられる。

13) Henry Simon, Ltd.

この会社で作ったG型ローラーミルは小麦粉の粉碎に用いる。すべての主なローラーは均一の硬さの冷剛した鋳物で作っており、長い寿命と第1級の摩擦表面を持っている。粉碎ロールはつや消した仕上げで、すばらしい粉碎効果を出すようにしてある。この機械は特別の注入機構がついており、ロールの全部にわたって原料が均等に分散するようになっている。原料が粉碎されると、出来たふすまや胚乳の混合物は篩分けられる。この目的に最近 Senior sifter という水平篩がつけられた。これは比較的小さい空間で大きな効果的な篩面積が得られるようになっている。

S型 purifier というのは最新型のもので、小麦を粉碎した際出来るふすまや胚乳を空気で分級するのが目的である。これはコンパクトな機械で掃除が容易になっている。底面積が制限されている場合や、粗い小麦が出来る場合に、もう一度精製するような場合、2つ積み重ねることができる。

衝撃粉碎機は“Entoleter” impact mill と言つて、食品工業で数百トン进行处理するのに用いられる。その主な目的は高性能で正確な粒度のものをうるのにある。粉碎されるものは回転ローターの上に注入され、ここで原料は遠心力によつて外方にとばされ、衝撃ピンにおつかり粉碎される。このローターのスピードを調節することにより、粒度が調整される。

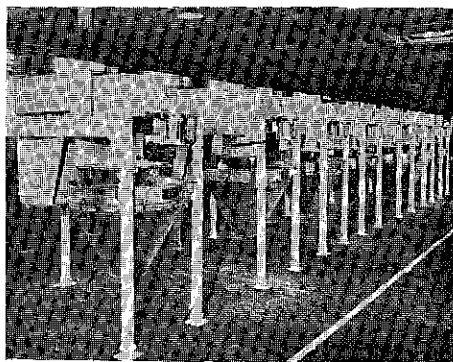


Photo 12 Henry Simon, Ltd. の“Entoleter” impact mill

以上は最近の Food Manufacture 誌(1960年1月号)にのつていた欧米の食品工業に用いられている粉碎機の紹介である。この外にこのような目的に使用されている機械は数多くあると考えられるし、国産の機械については更に多くのものが使用されていると思うが、この種の紹介の記事があまり見られないので、上に書き綴つた次第である。

最近の食品工業は、比較的簡単な加工により、使用に便利な形態にすることが発達しており、特にインスタント食品のように、粉末化して乾燥したものが冷凍と共に加工の中心技術となりつつある。従つて、他の工業に比べて粉体あるいは粉碎という問題が占めるウェイトは大きいと思われる。このことは今後食品工業に対するこれらの学問や技術の発達の可能性を示すものであり、この方面の一般の関心も更に深まることと考える。

原稿募集

“粉碎”第8号は昭和37年3月発行予定です。粉碎に限らず粉に関係のある事ならなんでもお気軽に原稿をお寄せ下さい。

- 研究報文 ○解説・講義 ○新技術紹介
- 文献紹介 ○随想 ○一枚程度の埋草
- 粉体関係の記事ならなんでも結構です。
- 原稿〆切 制限はありませんが第8号分は昭和37年1月末位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。

粉碎法則と粒度計算

アンドレーエフ

トヴァロフ

共著

ペロフ

C. E. Анареев

B. B. Товаров

B. A. перов

« Закономерности измельчения
и исчисление характеристик
гранчлометрического состава »

Москва (1959)

437頁

粉体工学会 三 輪 茂 雄

まえがき

本書は、次の3部に分けて記述されている。

〔I〕 粉碎粒度の法則性

〔II〕 平均粒径の計算

〔III〕 ボールミルにおける粉碎過程の法則性

第I、II部は、粒度法則に関する諸研究の概説でとくに目新しいところもないが、詳細な説明がなされており、詳しい粒度に関するテキストといった感じである。

本書の重点は第III部におかれていて、粉碎理論を、ボールミル粉碎を基礎として展開し、従来の諸理論の統一を試みている。われわれになじみ深い西欧諸国の研究者の文献36の他に、ソ連の文献99を引用して、広汎な紹介を行っている。

以下では、第III部の基礎的な部分のみに限って、大要を紹介することにした。

なお、限られた紙面では、ほんの抄録程度しか紹介できないし、筆者の不勉強から、真意を伝えることができない点も多いと思われるが、その点前もつてお断りしておく。

1. 粉碎速度の基本式（理想条件）

粉碎研究の基礎は、粉碎速度の研究にあるとし、まず粉碎産物の網上残滓量（一定サイズ以上の粒子の量）が

粉碎時間によって、どう変るかについて考えている。

ボールミルにおける粉碎過程の法則性を明かにするため、最も簡単な次の場合について検討する。

a) ミルにチャージしたボールのサイズと重さは均一

b) ボールのサイズは十分大きく、1回の打撃によって、所定の細かさまで碎ける。

c) 碎料は均一サイズで、粉碎抵抗も均一である。

d) 碎料の粉碎抵抗は、粉碎の全過程において一定で細かくなつても変らない。

e) 限界サイズ（そこまで粉碎を行う限界）はフィード粒子のサイズに近い。

f) 碎料は、作用空間の自由体積一杯に均一に拡がる

g) 粉碎は、粉碎帯におけるボールの命中によって行われる。

次に、基本的術語は次のように定義する。

絶対粉碎速度： ボールの一サイクルの間、あるいは単位時間に、所定のサイズまで粉碎される網上残滓重量または体積

相対粉碎速度： ボールの一サイクルの間、あるいは単位時間に粉碎される残滓量と、その瞬間にミル中に存在する、そのサイズの粒子量との比。

作用空間： ボールと、碎料から成る回転チャージの外郭が占める体積。

自由体積： 作用空間の体積から、ボールが占める体

積を差引いた体積。

砕料濃度：単位自由体積中にある砕料の重量または体積。

絶対粉碎速度（重量）を a_w とすると

$$a_w = C_v \cdot \rho \cdot \Sigma M \quad (1)$$

C_v ：砕料濃度（体積）

ΣM ：粉碎帯の体積の和

ρ ：砕料の密度

すなわち、絶対粉碎速度は、粉碎帯の体積の和、自由体積中の砕料濃度、砕料密度に比例する。

相対粉碎速度（重量）を K_p とすると

$$K_p = \frac{C_v \Sigma M}{V_f C_v} = \frac{\Sigma M}{V_f} \quad (2)$$

すなわち、相対粉碎速度は、砕料濃度に無関係に一定である。

以下バッチ式ミルについて考える。

第1回目の粉碎サイクルで、体積 Δv の砕料が粉碎されると、

$$v_1 = v_0 - \Delta v = v_0 - K_p v_0 = v_0 (1 - K_p)$$

v_0 ：粉碎前の砕料の体積

v_1 ：1サイクル後に粉碎されずに残っている砕料の体積

K_p ：相対粉碎速度

$$1 - K_p = K_0 \quad \text{において}$$

$$v_1 = v_0 K_0$$

第2サイクルでは、 Δv_2 だけ粉碎されたとすると

$$\Delta v_2 = K_p v_1 (1 - K_p) = K_p v_0 K_0$$

第2サイクルで、粉碎されずに残る砕料の量は

$$\begin{aligned} v_2 &= v_1 - \Delta v_2 = v_0 (1 - K_p) - K_p v_0 (1 - K_p) \\ &= v_0 (1 - K_p)^2 = v_0 K_0^2 \end{aligned}$$

n サイクルでは、同様にして

$$\Delta v_n = v_0 K_p (1 - K_p)^{n-1} \quad (3)$$

$$v_n = v_0 (1 - K_p)^n = v_0 K_0^n$$

n サイクル後に、粉碎されずに残っている砕料の重量を W_n とすると

$$W_n = v_n \rho = v_0 (1 - K_p)^n \rho = v_0 K_0^n \rho \quad (4)$$

$n-1$ サイクルでは

$$W_{n-1} = v_0 (1 - K_p)^{n-1} \rho$$

(3)式より

$$\begin{aligned} \Delta W_n &= \rho \Delta v_n = v_0 (1 - K_p)^{n-1} \cdot \rho \cdot K_p \\ &= W_{n-1} \cdot K_p \end{aligned} \quad (5)$$

ここに ΔW_n は、 n サイクルの絶対粉碎速度であつて、

それは、そのサイクルのはじめに、ミル中にある砕料（未粉碎の）に比例する。

次に n サイクルでの相対粉碎速度は

$$\frac{\Delta W_n}{W_{n-1}} = \frac{v_0 (1 - K_p)^{n-1} \cdot \rho \cdot K_p}{v_0 (1 - K_p)^{n-1} \cdot \rho} = K_p \quad (6)$$

すなわち、相対粉碎速度は、サイクル数に無関係に一定であることが示される。

上述では、サイクル数 n と、未粉碎の砕料重量をとつたが、これを、粉碎時間、 t および、残滓率 R におきかえても、関係は変わらない。便宜上、同じ定数の記号を用いて、(4)式は次のように書ける。

$$R_t = R_0 (1 - K_p)^t \quad (7)$$

または

$$R_t = R_0 K_0^t \quad (8)$$

R_0 ：粉碎前の砕料の残滓率

R_t ： t 時間粉碎後の砕料の残滓率

K_p ：相対粉碎速度

$$K_0 = 1 - K_p$$

$$K_0 = 10^{-k} \quad k = -\log K_0$$

とにおいて、次のように書いてもよい。

$$R_t = R_0 \cdot 10^{-k \cdot t} \quad (9)$$

(7), (8), (9)式を、以下、粉碎速度の基本式と呼ぶことにする。 K_p , K_0 , k は粉碎速度定数と呼ぶ。

2. 粉碎速度の基本式（実際条件）

上記の式の誘導過程からわかるように、簡単化のためのいくつかの条件が入っている。実際には、粉碎過程で粒子サイズは大きく変るし、粉碎抵抗も変り、更に、いくつかの複雑な条件が入ってくる。そこで、半経験的定数 m を導入し、次のように、実際の粉碎条件における粉碎速度の基本式を表わすことにする。

$$R_t = R_0 (1 - K_p)^{tm} \quad (10)$$

$$R_t = R_0 \cdot K_0^{tm} \quad (11)$$

$$R_t = R_0 \cdot 10^{-k \cdot tm} \quad (12)$$

$$R_t = R_0 \cdot e^{-k \cdot tm} \quad (12')$$

ここに m は、粉碎過程における相対粉碎速度の変化を特性化するパラメータで、理想条件では1である。

(12)式は、2回 $\log$ をとつて

$$\log \left(\log \frac{R_0}{R} \right) = m \cdot \log t + \log k \quad (13)$$

3. K_p , m の物理的意味

(2)式で表わされる K_p の値は、ボールミル粉碎の機構を考え、次式で表わされるとした。

$$K_p = \frac{C_4 \cdot D^{2.5} \cdot L \cdot \varphi^{\frac{1}{2}} K_u \cdot \delta}{v_m \cdot z} \quad (14)$$

C_4 : 定数

D : ミル径

L : ミル長

φ : ボール充填率

δ : < 1 , ある係数

K_u : 速度係数 (普通 28~32)

(ミル1回転中のサイクル数に關係)

δ : ボールの密度

v_m : 砕料の全体積

z : 砕料の打撃抵抗を示す値

v_m はミル体積に比例するから, 比例定数を C として

$$v_m = C \frac{\pi D^2 L}{4}$$

(14)式に上式を入れ

$$K_p = C_5 \cdot \sqrt{D} \cdot \varphi^{\frac{1}{2}} \cdot \delta \quad (15)$$

$$C_5 = \frac{C_4 \cdot 4 \cdot K_u}{C \cdot z \cdot \pi}$$

次に m の値は, 相対粉碎速度の時間的变化を示すもので $m=1$ なら K_p 一定, $m>1$ なら大きくなり $m<1$ なら小さくなる. m の値は, 粉碎過程における砕料の粒度変化, 粉碎抵抗の変化, および粉碎条件に關係する.

一般に, K_p が小さいことは, 大きい粉碎抵抗を示し m が大きいことは, 砕料が均一なことを, m が小さいことは砕料が不均一なことを示す. また, K_p の値は, 不均一砕料の場合には非常に大きい.

4. 粉碎粒度の研究への応用

2つの異なる目開き a および A のコントロールフルイについて粉碎速度式を次のように書く.

$$R_a = R_{0a} \cdot e^{-k_a t^{m_a}}$$

$$R_A = R_{0A} e^{-k_A t^{m_A}}$$

この差をとると, 2つのフルイの間の粒度群含有率をうる. すなわち

$$R_a - R_A \quad (A > a) \quad (16)$$

この粒度群の量が最大になる時間を決定することは実用上重要である. 微分が0になる t を求めると $m_A = m_a$ のとき

$$t = \frac{m}{k_a - k_A} \frac{\ln \delta}{\delta}$$

$$\text{ここに } \delta = \frac{R_{0a} \cdot m_a \cdot k_a}{R_{0A} \cdot m_A \cdot k_A}$$

そのときの $R_a - R_A$ は

$$R_a - R_A = R_{0a} e^{-k_a \frac{m}{k_a - k_A} \frac{\ln \delta}{\delta}} - R_{0A} e^{-k_A \frac{m}{k_a - k_A} \frac{\ln \delta}{\delta}} \quad (17)$$

となる.

工業ミルの粉碎産物粒度のコントロールは, コントロールフルイ1個の網上残滓率のみによつて行うことが多い. この値から, 他のフルイ上残滓率を求める必要が生ずる. この可能性は, 次のようにして求められる.

2つのフルイ目開きを, A, a とし

$$R_A = R_{0A} \cdot 10^{-k_A t^{m_A}}$$

$$R_a = R_{0a} \cdot 10^{-k_a t^{m_a}}$$

第1式より

$$t = \sqrt[m_a]{\frac{\log \left(\frac{R_{0A}}{R_a} \right)}{k_A}}$$

これを第2式に入れて

$$R_a = R_{0a} \cdot 10^{-k_a \left(\sqrt[m_a]{\frac{\log \left(\frac{R_{0A}}{R_a} \right)}{k_A}} \right)^{m_a}}$$

$$= R_{0a} \cdot 10^{\frac{-k_a}{k_A^{m_a/m_A}} \left(\log \frac{R_{0A}}{R_a} \right)^{m_a/m_A}}$$

$$\frac{k_a}{k_A^{m_a/m_A}} = k', \quad \frac{m_a}{m_A} = m' \quad \text{とすると}$$

$$R_a = R_{0a} \cdot 10^{-k' \left(\log \frac{R_{0A}}{R_a} \right)^{m'}} \quad (18)$$

$$\frac{m_a}{m_A} = 1, \quad R_{0a} = R_{0A} = 100 \quad \text{の場合には}$$

$$R_a = 100 \cdot 10^{-k' \cdot \log \left(\frac{100}{R_a} \right)} \quad (18')$$

(18), (18') 式は, フルイ A の残滓からフルイ a の残滓率を計算する可能性を与える.

5. 粉碎速度と粒度特性との統一式

Rosin-Rammler の式は, 次のようである.

$$R = 100 e^{-b d^n} \quad (19)$$

ここに

R : d なる目開きのフルイ上残滓率

d : フルイ目開き

b, n : 定数

(12')式の粉碎速度式において

$$k = a d^n$$

とおきうことは, ペロフおよび著者達によつて実験的に証明されている. 従つて次のように書くことができる.

$$R = R_0 \cdot e^{-a d^n t^m} \quad (20)$$

この式は、粉碎速度と、粒度特性の統一式と呼ぶことができる。すなわち、残滓%を、 d と t の2つの変数の関数として表わしており、 d が一定なら粉碎速度式になり t が一定なら、粒度特性式となる。

Rosin-Rammler式 との関係は

$$b = at^m \quad (21)$$

で表わされ、Rosin-Rammler 式の定数 b の値は、粉碎時間 t と、砕料の不均一性の度合を表わす m に関係することが示される。また、前述したように

$$k = ad^n = -\log K_0 = -\log(1 - K_p)$$

である。不均一砕料では、 K_p 大、従つて k 、 n は小さくなり均一砕料では n は大きくなることが示される。

なお、この統一式は、まだ完全ではない。実験によると、砕料の粉碎が進むにつれ、 n の値自身も増大するが上式は、このことを示していない。

6. 粉碎速度の一般式

上記の粉碎速度の基本式では、粉碎時間にたいするフルイ上残滓%の関係を示した。これは、他の粉碎条件が一定の場合に成立する関係である。実際には、残滓、ミル処理量および単位重量の粉碎産物当りのエネルギー消費(比エネルギー消費)の関係を知らることが重要である。

ミルが消費するエネルギーは、粉碎継続中、一定であるとすれば、比エネルギー消費は、次式で与えられる。

$$\vartheta = \frac{Nt\eta}{P} \quad (\text{バッチ式})$$

$$\vartheta = \frac{N\eta}{B} \quad (\text{連続式およびバッチ式})$$

ϑ : 比エネルギー消費

t : 粉碎時間

η : エネルギーの利用効率 (有効動力が粉碎過程で利用される割合)

P : (バッチの) ミルへチャージした砕料の重量

B : ミル処理量

N : 有効動力 (m-ルが砕料に加える動力)

粉碎速度の基本式の t の代りに、上記の値を入れると

$$R = R_0 \cdot 10^{-k' \left(\frac{Nt\eta}{P} \right)^m} \quad (22)$$

$$R = R_0 \cdot 10^{-k' \left(\frac{N\eta}{B} \right)^m} \quad (23)$$

上式の N の値は、モーターが消費する動力におきかえ対応する η の値(前より小さい)を入れても成立する。あるいは、次のように書いてもよい。

$$R = R_0 \cdot 10^{-a_d \left(\frac{N\eta}{B} \right)^m} \quad (24)$$

d : コントロールフルイの目開き。

(24)式を、粉碎速度の一般式と呼ぶ。上式から種々の特殊の場合の式をうることができる。

(a) 比エネルギー消費と、残滓%との関係

上式の $\frac{Nt\eta}{P}$ 、 $\frac{N\eta}{B}$ は、比エネルギー消費であるから、

そのまま、この関係を示している。

(b) バッチ式ミルにおける粉碎時間と残滓%の関係
この場合 N 、 P 、 η は一定である。

$$k' \left(\frac{N\eta}{P} \right)^m \equiv K_t \quad \text{において}$$

$$R = R_0 K_t t^m \quad (25)$$

これは (11)式になる。

(c) 処理量と残滓%との関係

この場合 N 、 η は一定である。

$$K(N\eta)^m \equiv K_B \quad \text{において}$$

$$R = R_0 \cdot K_B \left(\frac{1}{B} \right)^m \quad (26)$$

(d) 連続式チューブミルにおけるフィード端からの距離と残滓%との関係

ミルのフィード端から砕料が通過した距離を l とすると、単位長当りのエネルギー消費を N_1 として

$$N = N_1 \cdot l$$

従つて

$$R = R_0 \cdot K \left(\frac{N_1 l \eta}{B} \right)^m$$

この場合 N_1 、 η 、 B は一定である。

$$K \left(\frac{N_1 \eta}{B} \right)^m \equiv K_0 \quad \text{において}$$

$$R = R_0 \cdot K_0 l^m \quad (27)$$

(e) 他の変数に対する処理量の関係

(23)式より

$$B = \frac{N\eta \cdot m \sqrt[m]{k'}}{\sqrt[m]{\log \left(\frac{R_0}{R} \right)}} = \frac{N\eta K'}{\sqrt[m]{\log \left(\frac{R_0}{R} \right)}} \quad (28)$$

上式の K' の物理的意味は次のように説明される。

$$K' = \left\{ \log \left(\frac{R_0}{R} \right) \right\}^{\frac{1}{m}} \cdot \frac{B}{N\eta}$$

$R = 0.1 \cdot R_0$ のとき

$$K' = \frac{B_{10}}{N\eta} \quad (29)$$

B_{10} : 残滓%がはじめの $\frac{1}{10}$ になつたときの処理量。

従つて、 K' は、残滓%が、はじめの $\frac{1}{10}$ になつたとき(36頁へつづく)

異物質分離装置としてのスーパーミクロンミル

細川鉄工所 社長 細川 益 男

企画室 森 本 益 弘

§ 始めに

固体原料中に含まれる異物質除去の方法としては、物理的性質を応用した篩分、風篩、沈降、磁力、静電気等が原料の物性及び、その目的と応じて用いられて来た。細川鉄工所のスーパーミクロンミルは、粉砕と同時に混合異物質の粉砕能 (Grindability) の差を用いて選択粉砕すると云原理を応用し、一挙に異物質の分離が行なえると言う甚だ特色ある粉砕機である事は周知の事である。しかるに最近、英国始め欧米諸国に於いて特にこの特性に注目され、先に本誌で紹介した R.H.S. Robertson 等により種々研究され、大変興味ある報告がなされると共に、欧米の特にクレイ業界に一大センセーションを起しつつある。最近流行の逆輸入の様な形とはなるが、ここに今迄に得たこの種目的に用いた本機の成果を概括して産業界の再認識を深め度い。

§ スーパーミクロンミルの異物質分離の原理

もともとスーパーミクロンミルは、超微粉砕機として汎用され、最も微細な粉末を作るに偉力を発揮している乾式粉砕機であるが、本機的设计当時狙いは、二段粉砕により、粉砕効率を上げると共に粉砕製品の粒度のバラツキを最少限に留め、更に原料中の異物質及び粉砕物中の粗大粒を取り除く為に、粉砕室は大小二つの室に区切り、各々その底部に透孔を設け、大なる径の第二粉砕室は小なる第一粉砕室に比し、その内径に於いて約10%大きくした。従つて第二粉砕室の衝撃力は20%程度大きくなり、機内通過風速は20%程度遅くなつており、機内での分級機構が遠心力と流体抵抗のバランスによるものとする、分級限界径は第二粉砕室に於いては第一粉砕室それよりも約75%の小くなり、粉砕効果と分離効果を上げる如くなつてゐる。又各粉砕室内には独特の形状をした二組の粉砕翼 (ランナー) が内蔵されており、上記の目的達成を促進している。

スーパーミクロンミルの異物質分離という特性は、これらランナーが少しの無駄もなく有効に働いてゐるために始めて発揮出来る特性である。すなわち供給された原料は先ず第一ランナーにより破碎され、(機械各部位名は Fig-1 参照の事) 露出した異物質は一般に純物

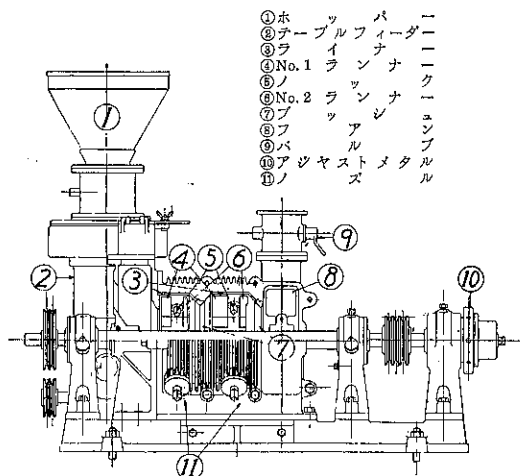


Fig 1 スーパーミクロンミル内部説明図

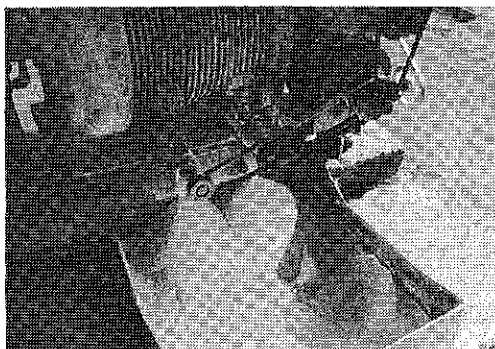
質よりも比重 (いわゆる Bulk Density と云う意味ではない。この場合は粒子一つの重量を考えている) が大となされている為、常に大きな遠心力を受ける様になり、粉砕室内の外周方向にかたよつて純物質とは分離して運動している。この分離して運動している異物質は連続的に下部透孔に落ち込み取り出されている。この様な操作がより効果的に第二粉砕室でも行なわれ得られる製品の品位を向上せしめている。斯くの如く、純物質と異物質を分離させ運動させる如に本機ランナーの組合せの妙があり、スーパーミクロンミルに於いてこそ始めてなし得る特性と言えよう。

§ 異物質分離の実例

先ず最初に逆輸入の例に従つて R. H. S. Robertson 氏の "Chemical age" 中の報文よりその1例を引用しよう。彼はこの中であたかも魔法にかかった人の様に次の如く述べてゐる。

私は或る日、英国 Sussex の Billingshurst にあるホソカワインターナショナル社の実験室に17%の遊離石英を含み、90%が1μ以下の粒子であるボールクレイを持つて訪ずれた。そこには、日本の細川鉄工所製の革命的な設計になる微粉砕機のスーパーミクロンミル M52NC 型があつた。これでこの異物質を除去しながら粉砕しよ

うと云うのである。これは、恐ろしく困難な仕事である。今迄乾式の粉碎機で誰がこの仕事をなし得たであります。然し、実際にしかしである。この粉碎機はこの困難な仕事をなしとげたのである。私の目の前で、この粉碎機は高度の分離効果を上げた。ノズルからは製品よりもはるかに見掛比重の大きな、異物質を多量に含む製品が連続して排出された。このテストでは、10%のシリカ分の多い異物質がノズルより取り除かれた。この時ノズルの開閉度は一方が $\frac{1}{2}$ で他方は $\frac{1}{8}$ であつた。彼はこように述べた後、更にその驚きをかくす事なく二、三



Photo—1 ノズル排出状態

の実験例について説明している。(Photo—1はノズルの排出状態を示す写真である。)

クレーの粉碎分離の例について述べてみよう。

紙にコーティングするクレーは、その中に少しでも異

Table—1 スーパーミクロンミルとミクロンセパレーターによる異物分離テスト結果

原料名	品 名	収 率 (%)	見掛比重 (g/cc)	不純物 (%)
ク レ ー	原 料	100	—	15
	第1ノズル排出品	6.88	0.690	20
	第2ノズル排出品	10.00	0.875	70
	粉 碎 製 品	83.12	0.22	8
	分 納 粗 粉	33	0.502	20
	分 納 微 粉	50	0.169	2

物質或いは粗粒子を含んでいると、紙面に傷を付けてしまう。しかるにクレーの原鉱には10~20%或いはそれ以上の異物質を含んでいるのが普通である。Table—1はスーパーミクロンミルとミクロンセパレーターにより、粉碎分離を行なった例である。原料中には15%の石英砂を中心とした大きな粒子の異物が含まれていた。第1ノズルから出て来たものは、表に示されている如く第2ノズルより排出されたものに比し見掛比重が小である。これは第一粉碎室では完全に粉碎されないかなりの量の異物がそこから排出されている事を示している。第1ノズル排出品の粒度は、ほとんど24メッシュよりも粗かつ

た。第2ノズルからこの場合最も多くの異物質が排出され全異物量の約半量がこの部で取り除かれている。又この排出品はほとんど40~60 μ であつてわずかに150 μ 程度のものが混在していた。粉碎製品には未だ8%もの不純物を含んでいるが、この異物のごく一部は10 μ よりも小さくなつている。しかしほとんどは10~30 μ であつた。この粉碎製品をミクロンセパレーターで分級したが、この製品にはわずか2%以下の異物質の混入があつたが、これは全部10 μ 以下でこの程度のものであれば、製紙用クレーとしては充分使用出来るであろう。分級粗粉には20%の異物が存在している。その最大径は60 μ であつたが、ほとんどが、30~10 μ できれいに分級されている。このテストの結果では、粉碎製品中に異物質が未だ多く含まれている様にも見えるが、ノズルより余り多量に出す事は、経済的ではなく、この程度の排出量が最

Table—2 スーパーミクロンミル (M52NC) による異物分離テスト表

原 料 名	供 給 量 (kg/m)	ノズル排出量 (kg/m)	異物除去率 (%)
ドロマイト	192	12	60
蛇 紋 岩	50	11	—
カ オ リ ン	40	10	80
硅 藻 土	180	27	—
粘 土	189	29	70
酸 性 白 土	84	24	90

注) 異物除去率とは 原料中の異物質が何%ノズルから排出されたかを示す数値である。

も良い様に思われる。本テストの場合の様に分級機で粉碎製品を分級し、しかる後その粗粉を粉碎機に戻し、循環粉碎、分離する方が得策であろう。

クレーの場合について少しくわしく説明したが、Table—2は、クレーと同様な天然鉱石についてスーパーミクロンミル M52NC で粉碎分離した場合の例である。ドロマイト、カオリン、粘土等は、クレーの場合と同様、原鉱中に含まれているシリカ分の除去を目的としたものである。酸性白土は、この原料中に相当量の砂が含まれており、そのまゝでは商品として用いられないものであつた。処がこの粉碎分離を行なつた結果はすこぶる良好で、納入先に於いて非常に喜ばれている。硅藻土も酸性白土とは同様な目的であるが、更にこの様に異物質を除去することにより、吸着能を著しく増大させる事が出来た。同じく吸着剤として用いられている活性炭の場合に、次の様な笑えぬ悲喜劇に遭遇した。すなわち水蒸気法により賦活した活性炭を作っていた某社で、当社の古いミクロンミルで粉碎を行なつていたが、需要先の要求により製品の粒度をそろえねばならなくなり、この粉碎機にミクロンセパレーターを附設した処、粗粒として取り出される粉体中に多量の賦活不完全なものが含

まれていた。その為閉回路系にしたこの粉碎装置では、時間の経過と共に粉碎能力が減少し、ついには運転不可能になる状態で、運転員が一定時間毎に分級粗粉を取り除かねばならなかった。そこでこの不便をさける為、この粉碎機をスーパーミクロンミルに取り変えた。その結果、今迄20HPのミクロンミルで得ていたと同じ製品量をM52NC型7½HPで生産する事が出来、生産の合理化に役立つ事が出来た。しかるに、ここで困った事が一つ起り、この解決に苦心しなければならなかった。それは、余りにもスーパーミクロンミルが完全に賦活不充分なものを取り除いてしまうので、今迄の製品に比し吸着力が大きくなり過ぎ、需要先より苦情が出たと云う事である。

以上の外に、変った使用例として我が国では、大豆粕の粉碎と同時に皮の分離、ゴム屑からゴムと繊維との分離等に用いられており、欧米ではアスベストより異物の分離の研究が行なわれている様である。その他 ZnO TiO_2 SbO 等の白色顔料中に微量混在する Zu Sb その他の未酸化物の除去は規格外顔料又は製造ミス品より効率よく再生する道を開いた。苦汁工業よりの $Mg(OH)_2$ $MgCO_3$ より製造工程中に混入する異物除去に成功した例（粉碎 No. 5 P. 52 “赤穂海水工業株式会社を尋ねて”）亜鉛精製炉のフライアッシュ中よりの重金属の分離（ Pb , Hg , $Geetc$ ）蛇紋岩、ゼオライト、 MnO_2 黒鉛

の粉碎に於ける硬い異物質除去と製品の品質向上、摩耗の軽減等に偉力を発揮しており、除虫菌、甘草、天然調味料の粉碎においては、繊維分を分離して、有効成分の濃縮、薬効、舌触り等の品質向上に寄与している。スーパーミクロンミルのこの特性は、現代科学の最先端でも応用されている。すなわち日本の原子力科学者のほこる半均質炉の原子燃料棒より、フィッションプロダクト及び減速剤の黒鉛より未反応の UO_2 を分離回収する目的に、このスーパーミクロンミルとミクロンセパレーターの組合せを粉碎プラントにより研究を行なっている。又、最近米國カルフォニヤ大学ロスアラモス研究所からも同様に UO_2 の分離にスーパーミクロンミルとミクロンセパレーターを使用出来ないか？との問合せに接し、我々は米國原子力業界に於いてこの粉碎機が活躍してくれる日を夢みている。

§ 結 語

結語に代えて、再びここで Robertson の言葉を引用しよう。

私がこの粉碎機を見学し、かつ実際に使用して得ました強い印象は、“このスーパーミクロンミルには、この分野に於けるあらゆる工業技術をはるかに超越したすばらしい着想と設計がほどこされている”と云う事です。

(33頁より)

の比処理量（単位エネルギー当りの処理量）となる。比処理量は、粉碎抵抗に関係するから、 K' の値は、砕料の粉碎性の定量的特性値の役割を有している。

図式は、次のように書くことよい。

$$B \left\{ \log \left(\frac{R_0}{R} \right) \right\}^{\frac{1}{m}} = N\eta K' = \text{一定} \quad (30)$$

$\log \left(\frac{R_0}{0.1R_0} \right) = 1$ であるから $R = 0.1R_0$ の場合の B の値を B_{10} として

$$N\eta K' = B_{10} = \text{一定}$$

かくて、残滓率が、フィードの $\frac{1}{10}$ のときの処理量として定数を決定しうる。

(f) 比処理量と、残滓率との関係

比処理量（単位エネルギー消費当りの粉碎産物量） b_R は、次式で与えられる。

$$b_R = \frac{B}{N\eta} = \frac{K'}{\sqrt[m]{\log \left(\frac{R_0}{R} \right)}}$$

$R = 0.1R_0$ のとき $b_{10} = K' = \text{一定}$ であるから

$$b_R \left(\log \frac{R_0}{R} \right)^{\frac{1}{m}} = b_{10} = \text{一定}$$

以上のように、粉碎速度の一般式は、簡単な式によりボールミル処理量、比エネルギー消費、および残滓率の間の関係を、砕料の特性と粉碎条件を考えに入れて表わす可能性を与える。

む す び

さらに、著者達は、粉碎過程における表面積の変化の法則性について詳しい考察を行い、Rittinger, Kick, Bond その他の多くの理論の統一の説明に進んでいるがそれらについては、別の機会に紹介したいと考える。

多くの研究者と、自らの実験データによる証明の部分は、すべて割愛したので、甚だわかりにくい紹介になったが、お許し願いたい。

(1961. 5. 21)

以 上

流路内壁における微粉末の附着について

Dr. Ing. H. Rumpf 著

金沢大学工学部教授 田 中 達 夫 訳

〔訳者註〕

本稿は

Über das Ansetzen fein verteilter Stoffe an den Wänden von Strömungskanälen Chemie-Ingenieur-Technik, Heft 6, 317, (1953)

の訳である。原著は10頁以上の長論文で、完訳はこの際不適当かつ不必要と認めたので、各項目について最も興味ありと思われる部分をとつて意識するに努めた。原文の意味と、その期する処を誤らなかつたことを希望するとともに、たとえば超微粉碎機内での粉末の附着などでトラブルをもつ方々の参考になれば幸いである。尚、省略した式、図、写真その他については是非原著を参照していただきたい。

多くの化学工業装置や機械において遭遇する壁への附着現象は、長い間組織的な研究の対象となることが少なかった。以下、空気その他の媒体中に粉末が分散懸吊している流れにおける附着現象の形成や予防に関する、いくつかの基本的条件を追究する。これらは乾式粉碎、風力分級機、空気輸送などにおける実験や観察に基いたものである。

問 題 点

粉末状物質はしばしば細かい状態では壁に附着する傾向がある。この附着物は粉末の堆積場、ガスや液体中などでもよく出遭うが、ここでは粉末とガスの混合物の場合に限ることとする。この場合、附着は流れ管の壁に起るが、ここにのべる管はせまい意味での管ではなくて、流れの空間的な限界として用いる。従つて管は勿論、機械のケーシング、サイクロン、乾燥室、ベンチレータのロータや衝撃粉碎機の軸の空間その他のものでもよい。

壁における附着現象は多くの場合好ましいものではない。時にはプロセス全体を中断することもある。流れの空間をせばめるため、これを取除く必要があるからである。しかしまた附着物自体が希望される場合、またはそれがその操作の目的である場合もある。電気集塵などはその一例である。

巨視的にみる限りの附着物は、常に粒子の凝集体から

成つてゐる。ただし微視的に決定できる附着の開始は、後述のように、一箇の粒子（流れの中に既存する凝集体でもよい）の附着にある。次の各項は悉く附着のプロセスにあづかつてゐる。即ち流れの媒体、壁、箇々の粒子附着層などで、壁の附着には次の2つの問題点がある。

1) いかなる条件で附着が起るか、または、いかにしてそれを避け、取除きうるか。

2) 附着層の強度はどのくらいか。

a) 粒子の凝集体自身 b) 壁と附着層の間の条件

附着の条件ならびに層の強度は、とくに、壁との接触に関係する。ここでは、流れの条件のみが壁に対して決定的である場合と、粒子が別の方法、たとえば粉碎によつて壁に押しつけられるようなプロセスとを区別しよう。後者の例はチューブミルにおけるセメントクリンカーのフレークの生成である。

また附着に対し時には決定的に重要な熱的過程では、附加的な熱の授受によつて影響される。たとえばセメントロータリキルンにおける附着物の生成である。

このような附加的な機械的、もしくは熱的要求の下に生成する附着物は一般に流れの条件には無関係である。そこで、ここでは流れの条件が決定的な影響をもつ附着現象の考察に限つて論をすすめたい。

附着現象は多くの物質特性により支配され、種々雑多であり、一切をつくした総括は到底不可能である。また附着の真の物理的課程は明かにされていない。しかし工学者としての見方において、その現象を認識し評価せねばならない。

流路における壁への附着

附着は、一方では粘着力により生じ、一方では分解力により妨害される。粘着力、分解力ともに多くの変数により影響を受ける。主なものは次の通りである。

- 1) 取扱う物質および壁の特性（化学的、物理的特性、微細構造）
- 2) 物質、壁及び流体の物理的状态（例えば温度、湿度、電荷、前処理の爲の表面の状態）
- 3) 粒子の粉末度

4) 物体および流体の運動状態、場合によつては壁の運動)

粘着力の大きさは、1, 2, 3 と 4 に関係する。分解力は本質的には運動の課程と粉末の細かさにより制限される。先ず粘着力が(1)から(3)までに関係するとしてそれに関して運動の状態の側から、粘着力と分離力との反作用を検討すべきである。

物質の性質と物理的状态

附着の傾向をもつ多くの物質には、粘着力に関係するいくつかの特性的なグループがある。

タイプA： 融点または軟化点の低い物質、たとえばロー、熱可塑性物、イオウ、有機染料、殺虫剤など、何れも比較的少量の熱で、たとえば運動の際の摩擦熱などで表面がとけたり軟化したりする。粘着は熱的な熔接により起る。附加的な圧力により、熔接部分は拡大し、附着は安定化する。

タイプB： 熱または圧力により生じた流動または熔融部分をもつ物質群、たとえば油や脂肪分をもつ植物など。大抵の場合、附着は熱的熔接より起り、流動部分は結合を固定する。

A, B 群は大体同じ附着条件をもつ。

タイプC： 非常に小さい粒大の一次粒子(1 μ 以下)より生じた凝集体、例えば鉛丹、カーボンブラック、酸化チタンの如き無機性顔料。顕微鏡写真によると白顔料は0.2 μ 大の一次粒子のブドウ状集団である。附着は、二次粒子同志又は壁との接触において、凝集力の形で働く。この力については未だ明かでない。

結論として、粘着力の本質は、接触面における分子または原子のひき合う力であり、温度による粘着力の変化は絶対温度の融解温度の比により与えられる。したがって粘着は、このひき合う力の作用における低温熔接とみなさるべきである。

タイプD： 附着の傾向が湿度につよく関係する物質。これに属するものは、吸湿性物や可燃性の塩類で表面水を貯える傾向をもつものである。粘着は表面張力によつてこの水分を仲介とする。場合によつては本質的に非常の少量の水のことがある。物体や壁が高温度のときには附着妨害の作用をすることがある。洗滌した白亜は、たとえば熱い状態ではくつつかない。冷却するとにわかには附着のつよい傾向が現われる。これは湿度に大きい差がない場合でもそうである。

タイプE： 電荷に特種の傾向をもつた物質。粘着力は負荷の大きさと粒子や壁及び流体の電気伝導度に関係する。電気的附着力の大きさは、粒子や内壁が絶縁体か導体であるかによつて大いに異なる。最大の粘着力は、両方

の中一方が導体、一方が絶縁体であるときである。たとえば、絶縁体の粒子と導体の壁、またはその反対の場合である。粒子と壁とが絶縁物の場合は最も小さい粘着力が生れる。粒子と壁が共に導体であれば全く電気的附着は起らない。1つの導体の壁は安全のためにアースすべきである。でないと非常に高電圧に帯電する可能性がある。

総括すると、電気的に荷電する傾向のある物は一般に不良導体である。壁への電気的附着力を小さくするには導体の壁は好ましくない。

タイプF： フェルト状のセンシ性物質、附着は粒子の形状と壁の形の相互関係できまる。

あるものでは、これら代表的な特性のいくつかが組合わされる。たとえば微細構造Cと湿度D、またはCと同時に電荷群Eという工合である。

粘着力の大きさに特に影響をもつものは、すべてのタイプに共通に、個々の粒子の表面状態である。ここでは幾何学的形状がその役割を演ずる。巨視的、微視的な粗さと、さらに化学的、物理的、酸化とか吸着のごとき限界表面現象である。表面の状態は、その前の処理により種々である。例えば粒子表面が粉砕によつて生ずれば、物質の結合の強制的な分割によりエネルギーの集中が破砕面近くに結合し、さらに微粉砕によつて部分的にアクティヴになつて、高温度や電荷の変化などに敏感となり何れにせよ粘着に影響がある。

物質の特性のほかには壁の性質についても考慮せねばならぬ。電荷については略述したが、壁の形については、後の流れ課程の考察のところで述べよう。

粘着力における粒大の影響

物質タイプAからEまでは、粉末度が大きいほど附着の傾向が増すのは共通である。表面の1つまたはそれ以上の点にあらわれる粘着力は、粒子の重さ、回転機械のある部分では遠心力、または空気の間引く力と平衡を保つべきである。たとい表面に起る軟化(Type A)、油の浸出(B)、表面にあらわれる分子引力(C)水分による表面張力(D)、そこに現われる電荷(E)によるものであれ、その大きさは一般に物体の表面積に(即ち粒子の細かさ)関係する。

物質Fでは表面力でなくて、粒子のセンシの形状が大きく物を言う。一般に一定の粒径より細かい部分の存在が、壁の附着に対して大きく働いておる。先ず最も細かい粒子の附着層を作り、それに対して、次にそれより大きい粒子が固着する。かくのごとく層の厚みが成長する。このような場合、微粉の存在が避けられれば、附着は起らない。これについては改めて流れ条件の処で述べ

る。

附着条件における流れの影響

さて附着の条件，すなわち流れの中の附着力と分解力との相反作用を考える。

水平流における壁に存在する粒子の分解力について

この節の結論として得られることは，壁に附着する粒子に作用する分解力は

a) 粒子が大きいほど

b) 壁近くの流れの速度勾配の大きいほど

大きくなることである。

附着層における粘着力について

粘着力は少くとも分解力よりも大きくあらねばならぬ。流れによつて層の上に働く剪断力は，圧力降下に平衡を保つところの層における剪断応力にひとしい。

Table 1 には，200mm 直径の管内空気流れの種々の速度に対して計算された剪断応力が与えられている。4 列目は平滑面の場合である。

Table 1

管内流における壁の剪断応力 τ_w 。

管直径 200 mm，流体純粋空気および 1 kg/kg air の粉末負荷をもつた空気

1	$\bar{u}$		15	50	m/s
2	R_e		2.1×10^5	7×10^5	—
3	空気のみ	λ_{Glatt} (平滑)	0.016	0.012	—
4		τ_w Glatt (平滑)	0.006	0.05	g/cm ²
5		λ_{rauh} (粗面)	0.038	0.038	—
6	空+	λ_{rauh} (粗)	~0.076	~0.076	—
7	気粉	τ_w raugh (粗)	~0.03	~0.3	g/cm ²

ただし空気流内の粒子の負荷及び壁の粗度を考慮すべきである。もし 1 kg/kg 空気の負荷を仮定すると，密度は 2 倍の値となるが，無造作に 2 倍の剪断強度というわけにはいかない。即ち物の輸送に費されるエネルギーがいかにかに附加されるか，そしてどのようにしてこのエネルギーが壁に移行するかがわかっていないからである。しかし穀物の輸送では約 2~3 倍の流体抵抗がかかるようだから，簡単のために 2 倍と仮定しよう。表の 5 列目は λ の値，7 列目は剪断強度である。この強度は，附着層によつて堪えられるべきものである。層厚が 1 cm の order に達すると実際の粘着力は，壁の剪断応力から計算した最小値の約 10 倍の大きさとなる。

も 1 つの見解は塊状フレークの生成の場合である。これは薄膜のまわりの流れの違いによつて説明されるべきで，この薄膜が一層成長すると，即ち流れの中に突出すると，上下に差圧ができる。3 mm の高さの薄膜を考えると

と 15m/sec で (200mm 管) は，約 10m/sec の速度層まで突出す。これは 0.6g/cm² の圧から計算した最小値の 20 倍である。すなわち粘着力は，分解力から計算した最小値の 10 倍の order をもつ。

附着層の生成と成長の条件について

附着した層の強度は，作用する分解力の大きさに関係する。1 つの粒子と壁との接触において発生する熔接位置の強度は，圧縮による押圧力が問題になる。電気的引力，曲管内の遠心力，または壁に斜めのまたは垂直なる衝撃力など。粒子が止まるためには，たとえば衝撃に際して，瞬間的にある粘着力に到達せねばならぬ。故に附着には壁の粗さが優先する。衝撃力が大きいほど，より大きい塑性変形のために附着は一層強固になる。衝撃力の大きさは当然流れ条件により変る。

附着発生の確率について

分解力が大きいほど，即ち壁の近傍の流体エネルギーが大きいほど附着は少くなる。それぞれの物質において同様に与えられた物理的条件下で，壁の近くの流れのエネルギーによつて特性づけられる附着形成には，1 つの臨界条件がある。壁近くの流れがこれよりエネルギーに富めば，附着の確率は 0 になり，それより弱くなれば確率は 0 となる。

1. 壁近くの流れのエネルギーがよくなれば，附着の確率は 0 となり，附着は一層早く生成し，しかもその層はゆるいものになる。

2. エネルギーに富めば確率は小さく，しかし附着層の強さは大きくなる。

3. 限界状態の少し前では，確率は，比較的小さい。とくに附着条件に適した粒子に対してのみ与えられている。

4. 壁近くのある一定のエネルギー源については，確率は 0 になる。

5. この臨界点は，物質の粉着傾向が大きいほど，流れのエネルギーの大きい方に移る。

ただし (1) 電気的引力や遠心力は無視される。(2) いろいろの流れの中の物質は附着のあり方が本質的に不変。このような仮定に基くものとする。

種々の型の物質に対する附着の条件について

上述の総括をスキーマチックに示すと，先ず温度に敏感なものとそうでない物質についての附着のあり方の差異に対し，**Fig. 1** (原著では Bild 5) は分解力と粘着力の基礎的な傾向を示す。分解力は両方の例 (a と b) で，同じように速度に関係する。

粘着力は b の示すように，速度上昇とともに増大する。何となれば粒子は大きい速度で壁に当るからである。又一方附着の形成に際して作用する分解力が大きい

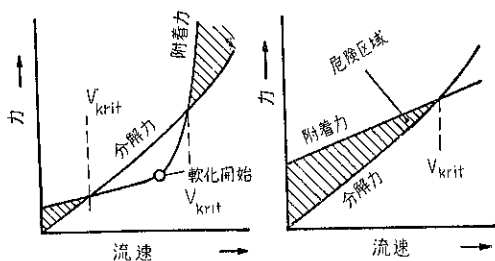


Fig 1 種々の物質の附着条件における速度の影響

【壁に平行な流れに対するスキーマチックな図である】

左 温度に敏感な物質 (グループ A, B)

右 " でない " (グループ C より E まで)

ほど、附着は一層硬くなるという一般的関係も成立つ。何故なれば、壁との接触の際、分解力より小さい附着力の作用するすべての粒子は流れにより持去られるからである。流速をあげる、すなわち壁附近のエネルギーが増すと、最後には附着の確率が 0 になる点に達する。即ち分解力がすべての附着の可能性に打克つのである。

温度に敏感な物質 (タイプ A と B) では、たとえばココア粉末 (20% の脂肪分を含む) においては臨界速度は約 15~30 m/sec である。即ち始めに小さい粘着力がいかに分解力に打克つか (この速度以上では附着が起るために) が図示されている。これと比較するためにタイプ C の TiO_2 では臨界速度は 100 m/sec、細鉄粉では 50~80 m/sec のオーダーである。

300 m/sec という極端に高い速度では、1 つの温度に敏感なものとそうでないものの実験結果、何ら附着は起らなかった。すなわち温度に敏感な物でも高い速度では分解力と粘着力に対する曲線に別の新しい交叉がなければならぬ。附着粒子の熱的熔接の結合力は一定の大きさをもち、流れ条件に無関係と仮定すれば、粘着力の曲線は一定の高さで水平な経過をたどり、一定の速度の点で再び分解力曲線と交叉する。

附着の開始について

今までにのべた壁の近傍の流れのエネルギーに関する附着生成の確率条件は、たとえば粒体の空気輸送における観察に支えられている。この際問題になるのは、附着が起り得る条件の下にいかなる方法でこれが形成してゆくかということである。中でも興味のあるものは、いかなる大きさの粒大が主として附着に参加するかである。

はじめに、既に知られた経験、すなわち細かい粒子の存在が附着生成に対しての前提であつた。ここに附着開始の現象を追跡するために壁に平行な流れの簡単な実験

を行つた。直線状 4 角のダクトの中に、速度調整ができる空気流を通し石灰粉末を同伴させる。流路の中で、流れに平行なプリキ片を横たえ、流れはその両側を通る。窓からそのプリキ表面を観察できる。プリキ表面はサンドペーパーで磨かれている。石灰粉末は 12μ 以下 99% (6μ 以下 20%) の細粉と 12μ 以上 97% の粗粉とを用いた。

粗粉のときは 20~55 m/sec では附着は全くなく、これに対し微粉末のときは先ず流れの当る端部分に、ついで流れ距離のいくつかの部分に点々と始まり、やがて全面が蔽われる。顕微鏡でみると、たといそれが肉眠では附着がなくとも、完全には ansaßfrei ではなくて、すでに多数の粒子が壁の粗い部分に固着することが認められた。この粒大は 2μ 以下で、壁の粗さもこのオーダーである。しかもとくに $2\sim3\mu$ 以下の粒子の分別作用が起っていることが別の顕微鏡写真より判つた。これから一般的な論断はゆるされぬとしても、とにかく細かい粒子の優先的な附着という事実が示されたと考えるべきであろう。

種々の形の流れにおける附着について

曲管内の流れにおいては遠心力が入ってくる。衝撃力及び表面の圧力が高くなるために、この遠心力は粘着力を大きくする結果になる。一方流れの曲りににおける凹面の壁には、流れのエネルギーが高く、したがつてこの位置の分解力は一層大きい。これがひどくなるほど、分解力または粘着力は附着の条件を重ねるわけである。

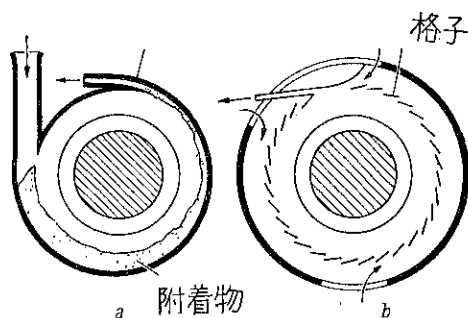


Fig. 2 危険な壁をシャベル型の格子に分割して附着をさける方法

a 図の附着はケースの下部に始まり、そこから前後に成長して遂には入口、出口を完全に閉塞するに至る。

Fig. 2 (原著では Bild 10) は流れ距離の長さの影響、すなわち前駆流動における比較を示す。流路に起る流れは距離に沿つて壁の摩擦エネルギーによりひつぱられ、壁近くの流れは、長さの増加とともに貧しくなり境界層が厚くなる。したがつて流れ距離を多くの短い路に区切ることによつて物の附着を避けることができる。

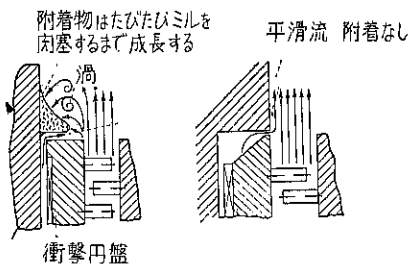


Fig. 3 空気の鳥による附着生成

左：衝撃ミルの円盤の縁、円盤の端の後ろの渦の中で壁に当る粒子は強い附着物を作る。

右：改良型におけるこの位置の図解：平滑壁における渦流生成をさげると附着のない粉砕ができる。

Fig. 3 (Bild 11) では、左側では管路流れに突然の拡大がある。この本質は、衝撃粉砕機の回転円盤の縁に附着形成のある流れのことである。左の図では、円盤の縁の後ろで流れがはぎとられ、渦の多い、エネルギーの貧しい蔭ができて、この中に物が附着することが認められる。さらに渦により、またそれによつて与えられる粒子の遠心力が附着の傾向を一層強化するであろう。Fig. 3の右側では、いかにして附着を避けられるかを示したものである。すなわちエネルギーに乏しい流れ域は、附着物で充たされるという傾向を知った。附着は流れがより健全になるようにふりあてられるのである。そこで適当な流路を決定するのにこの附着の傾向を利用できる。

ディフューザにおける流れはエネルギーの乏しい壁流れに対する好箇の例である。流れ方向の圧力勾配は、連続の法則により与えられる平均流速のおくれ以上に、境界層流をおくらせる。これにより境界層は厚くなり、この結果、圧力勾配が一層大きければ、壁近傍の流れは十分にブレーキのかかった状態になりうる。これは附着が優先する区域である。

曲管内流れの写真を見ると（空気中に $1 \sim 10 \mu$ の石灰粉末の懸吊せるもの）、エネルギーに富む流れは凹面に押しやられて、そこでは附着が起らない。一方内側の壁では附着が起っている。

附着生成における物質の影響について

物質自身によつて附着が避けられるか、または取除かれるかという問題である。

1) 先ずあり得ることは、衝撃された粒子は直接附着層を分解する。これは粗い粒子が共存する場合である。細粉がわずかに混在するときには附着の危険性は少ない。

2) 第二の可能性は、物によつて壁近くの層の流れのエネルギーが供給されること。すなわち境界層における流体インパルスが輸送され、境界層の厚さが減少する。

いずれにしても、粒子の負荷を高めると、一定の空気

流速においては壁近くの流れはエネルギーに富み、たとえ粒子が全断面に均一に分布しているか否とにかかわらず、粒子の負荷は附着を邪魔する影響をもつと考え得る。

一方粒子濃度が増えることにより、附着の確率がふえる。何となれば接触の頻度が比例的に増加するからである。そして一方ではアグロメレーションや団子の生成の危険が高まつて微粉の附着をうながすことになる。この効果は、その団子が境界層をより大きい速度でとび抜けることができ、1箇の粒子として壁に命中すると説明すべきである。結果として団子の中の細粉に対して一層大きい粘着力が生ずるのである。

重力の影響について

細かい箇々の粒子に対する重力が、流体の力や遠心力に比較して小さくとも、重力の影響は驚くべきほど大きい。それは、垂直または吊り下つている壁の附着物は、ある一定の厚みに達した後落ちてしまうと説明することができる。水平の壁ではそのまま、とくに粉末負荷が大きいとかダクトが長いと、流管の下方では濃縮され流れは遅くなり、附着の危険が高まる。

衝撃粉砕機における附着について

衝撃棒のついている回転円盤は、物の種類や粉砕条件によつていろいろの固い附着物を作りうる。Photo 1 は

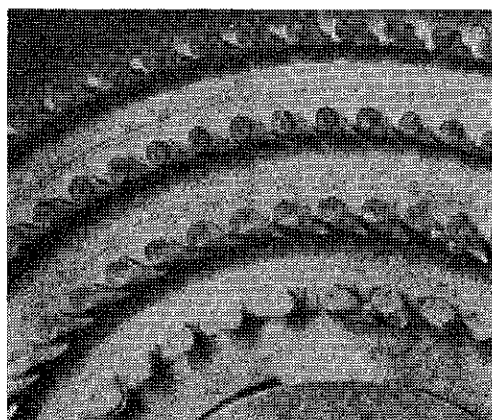


Photo 1 壁衝撃粉砕機の回転円盤における附着

衝撃棒径 10mm, DDTの粉砕、時計の針と同じ回転方向粉砕物は棒の列を中から外へ飛び抜ける。

非常に硬い附着物の写真で、DDTの粉砕の際、1つの円盤や衝撃棒についたものである。その本質は流れの分岐点における融解附着で、粒子は棒から棒へ、大きい速度で投げとばされるので衝撃力は非常に大きい。流路がどのようになっているかがよく判る。附着は、高い遠心力にも拘らず起っている。これは分解力の大きさが自ら生成する附着物の固さを決定するという事柄を示すよい一例である。しかも、流れの蔭において外側に附着が起り、遠心力をもちこたえていることもわかる。

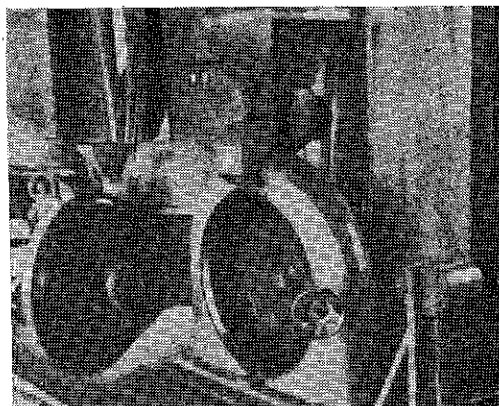


Photo 2: 反対回転のStiftmühle, Type250 Contraplex Weitkammer

附着の傾向のつよい物質には節のない衝撃粉砕機がよく使用される。しかしこれにも安全限界があり、衝撃棒やケーシング内の附着により条件づけられている。

実際上の構造に関する推論

Table 2 Contraplex 粉砕における変化の可能性

変 数	効 果
両円盤の平均回転速度大	空気通過量大、即ち冷却粉砕しかし少し粗くなる。
両円盤の相対速度大	微粉砕可能、しかしAとB型物質では、しばしば衝撃棒に附着する
各円盤の絶対回転速度大	継続的な棒の附着物のふりとばしがある。
衝撃棒間隔を広くする	棒の閉塞を防ぎ、粉砕度大
円盤の外に補助空気を与える	円盤を離れた後、粉砕物の急速な凝結がある。
砕料の大きさ	物によつて、製品粉末度及び棒への附着性に影響する。
砕料処理量小、	いくらかより細かく粉砕可能、温度変化あり。

ここでは Contraplex-Weitkammermühle をとりあげる。Photo 2 (原著ではBild16) に示す粉砕機の主な特質は異つた回転数でまわる円盤と、この円盤に較べて広いケーシングである。

Table 2 を参考にして、いろいろの影響量を選択することにより、衝撃棒の附着は大抵さけられ、または許し得る限界におくことが可能である。この項目を組合せると、適当な粉末度を得る操作方法をみ出すことができる。

砕料の粒大は、最後の粉末度と処理量により影響をうける。一般に砕料の中の微粉は不利に作用する。すなわち衝撃棒における緩衝作用は粉砕作用を感じ、しかも附

着の危険を高めるからである。

砕料の処理量は、物の種類に著しく関係する。粉砕しにくい物質では、通過量の増加は負荷過大、過熱、附着しかも砕製物の粉末度が小さいという結果になる。し易いものでは、とくにアグロメレーションの砕解では、より大きい通過量は、冷却とか、附着がないとか、またしばしば大きい粉末度を齎すことがある。

その他の影響を与える量は、正面の衝撃棒とそれに対する円盤の間の流れの関係、棒の数と間隔、棒の直径と長さなどで、これも円盤が変れば当然変化し得る。

Weitkammer の原理は、投入室からはなれるガス—粉末混合物の附着のない捕集の可能性ということである。Contraplex-mühle では、衝撃棒円盤から去るときは、たとえば円周速度が 100m/sec であるが、壁に沿つて流れが導かれ、流れの拡大によつて約 5 m/sec までゆるめられる。非常につよい附着性のものでは、ゆるい附着が起るが、一定の厚さに達すれば重さで落ちてしまう。

温度に敏感なものは、高速度範囲にある中は壁の接触から遠ざけておくことになる。Weitkammer の原理は、Contraplexmühle のほかに、特別の Mikrop lex-Spiral Windsichter でも用いられている。Contraplex-Weitkammermühle は、到達し得る粉末度に関しても、また連続操作における trouble-free な仕事においても本質的な進歩を齎したものである。

総 括

1. 粘着力は物質の種類、物理的状态、粒子の細かさ及び流れのプロセスに関係がある。
2. 分解力は流れ条件と物の粉末度によつてきまる。
3. 電荷による附着性をとくに考慮し、それは就中、問題の物質の電気伝導度に関係する。
4. センキ性物質は本質的には形状に関係したものである。
5. 粉末の細かさは特に重要である。その附着は細かいフラクションが優先する。壁の粗さも 1 つの影響をもつ。
6. 温度に敏感な附着性物質は、一定の限界速度以上では附着の危険がある。
7. その他の附着性物では、壁近くの流れのエネルギーが大きいほど、附着の確率が大きく附着物は固くなる。それ以上の速度で附着のつかない速度限界値は、物によつて異なる。
8. 彎曲運動では、限着の条件は粒子の遠心力とエネルギーリッチな流れの層の延長によつて変化する。
9. 水平管ではとくに附着の危険がある。
10. 附着により 流れは自身の適した流路を造ろうとする。

附着の傾向のある物の微粉砕には、2 つの異なる高速回転円盤と広いケーシングをもつた Contraplex-Weitkammermühle が好適である。衝撃室から出る気固混合物の附着物のない捕集を一般に可能にすることが Weitkammer の原理である。

粉碎機械に関する最近の特許発明について (1)

特許庁審査第2部 安 達 功

粉碎機械に関する最近の特許発明のうち、特に近頃注目されている流体エネルギーを使用する粉碎方法についての特許発明と、ジスポーザーについての特許発明とについて以下数例を紹介したい。

固体物質を粉碎分解する方法

(昭和36年特許出願公告第3245号, 出願人コールスヴァ, ジェルンヴェルクス, アクティエボラード, スエデン国)

本発明の目的は、従来のミル又はグラインドすることによつて粉碎する方法によつて生じる粒度の不揃や粉碎費の高価な欠点を除却し、効率よく且つ低廉な費用で粉碎乃至分解を達成し、しかも $0.1 \sim 100 \mu$ 程度の小さい粒を良好且つ均一に得させることである。

本発明による方法は、固体物質がガス媒体内で衝撃波を受けて粉碎又は分解されることを特徴とする。又本発明は、超音振動数 (ultrasonic frequency, 20000 c/sec 以上) で可動波頭 (movable wave front) 及び超音波 (Supersonic Speed) をもつ非静止衝撃波を固体物質上の小さい区域又は点に内方に集斂することを特徴とする。

本発明による装置の実施例を図面について説明すると第1図に於て、湯溜1はその中に導入された金属3 (鉛又は亜鉛等) を熔解する為の電氣的加熱装置2を備えている。湯溜1の底の孔4を通して熔金の噴流が流れ、これは衝撃波発生器7の中央溝6中に流出する。粉碎された金属は容器7a中に集められる。

Fig. 2 に示す如く、衝撃波発生器は3個の主部分8、

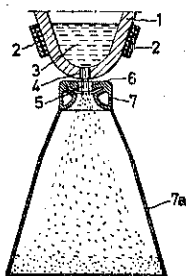


Fig. 1 本発明を実施する装置の垂直断面図

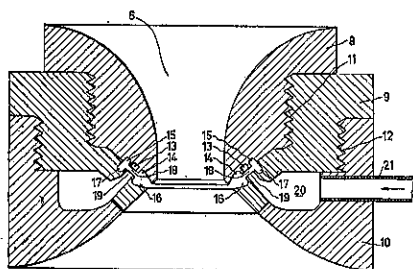


Fig. 2 Fig. 1の一部拡大図

び共振窩と称する。スリット18が孔15, 17から孔13を超えて中央溝6中に延びている。孔13と同心に排出口19が配置され、この孔19は部分9, 10内に設けられた環状圧力室20と導通する。この室に高圧のガス (20~40気圧のガス) がパイプ21を通して供給される。

本装置は次の如く作動する。

圧縮された空気がパイプ21を通して供給され孔19を通して流出すると、衝撃波が発生し、これは超音振動数を持ち、スリット18を通つて溝6の中心線に向けられ、そこで被粉碎固体物質5に衝突し、これを粉碎する。

衝撃波は非常に高いエネルギーを持ち、小さな点又は区域に集斂され、従つて強力な粉碎効果が得られ、これは原則的に迅速な加熱をも生ぜしめる。粉碎された物質は容器7a中に落ちる。

固体物質、例えば金属が粉碎中に加熱されて白熱温度に上昇するとしても、この工程が空气中で実施されるにもかかわらず容器7a中の粉碎された物質の酸化の割合は非常に低い。

この装置内に於ける衝撃波の発生は大体次の如く行われる。

- (1) 空気が超音速で孔19を逃出する時に、第1次衝撃波が発生する。
- (2) 窩13内で超音可聴波が発生する。
- (3) アーチ形の波頭をもち間隙18内で不安定な第1次衝撃波は超音可聴波の影響の下に高いエネルギー及び可動波頭 (movable wave front) をもつ第2次衝撃波が発生する。

この第2次衝撃波は弛緩波の特性をもち、これは超音可聴波によって不安定状態の為に出来る。斯くして、第2次衝撃波は、発生された超音可聴波と同じ周波数をもつパルスの列より成る。

孔19を通じて超音速で出る空気は斯くして衝撃波頭をつくり、これは窩13の口に対し前後に振り動く。衝撃波頭は不安定で従つて往復ピストンの如く作用し、これは非静止第2次衝撃波(弛緩波)をつくる。

音の速度をもつ超音波は室15, 17内で反射される。スリット18内で形成されたこの衝撃波は窩14, 16の壁によつて部分的に偏倚され溝6の中心線に向けられ集中せしめられる。衝撃波の集中点は溝6の中心線に沿つて軸方向に振動し、被粉碎材料のロッド又は噴流に沿つて或る超離上下に振り動く。振動は材料の上に弛緩期間の交替するパルスを生じ、斯くして該材料上に働く力はその方向を間断なく変化する。高いエネルギー密度をもつこれ等の非静止2次衝撃波は固体物質によつて僅かに反射されるにすぎず、斯くて、これは極度に迅速な圧縮力及び膨脹力が生じて非常に大なる粉碎効果を得る程度に固体物質によつて吸収される。

<特許請求の範囲> 固体物質を粉碎乃至分解する方法に於て、超音振動数(20000c/secより大なる振動数)で超音速及び可動波頭をもつ非静止衝撃波を該物質に當つて、この衝撃波を固体物質上の小区域又は点に内方に集斂せしめることを特徴とする方法。

固体物質の粉碎方法

(昭和36年特許出願公告第2640号, 出願人テキサコ, デベロップメント, コーポレーション, 米国)

本発明は流体エネルギーを使用することによる固体物質の新規な粉碎方法に関するものである。

従来石炭、滑石、重晶石、アルミニウムなどの物質の固体粒をガス中に懸吊しその結果得られる分散物を長さ300 ft, 直径 $\frac{1}{2}$ in, の鋼製粉碎管の如き小直径の長い管中を高速度で過激に流通することにより粉碎することは知られている。

この方法では好結果の粉碎が得られるけれども粉碎管の容易ならぬ浸蝕が起り、装置の寿命を減じ又製品に悪影響を与える。

本発明は以上のような欠陥を除くため分散物流の速度を浸蝕が實質上起らない程度に減じて而も充分な粉碎効果を得られる如く改良したものである。このため本発明に於ては分散物を2又はそれ以上の別々の流に分割し、これら別々の流れを比較的大きい容積の室内に高速度で射入し、ほぼ180度の角度で互に衝突させることにより、浸蝕を生じない安全限度内の分散物流速度を以て充分な粉碎効果を奏せしめるのである。

この方法を実施する装置の1例を図面について説明すると、Fig. 3に示す如く、被粉碎粒は初めに槽11中に泥漿を作るために蒸発し得る液体と混合する。この槽は電動機で動く羽根の如きを有する攪拌器を備える。この泥漿は油或はガス炉の如き加熱器19内の一対の管15及び17にポンプ13によつて同じく分配される。液化せるガスを蒸発するため加熱器19はスプレーノズル或いは管と関係する熱交換に於ける水の如き熱交換液体を導く装置を備える。

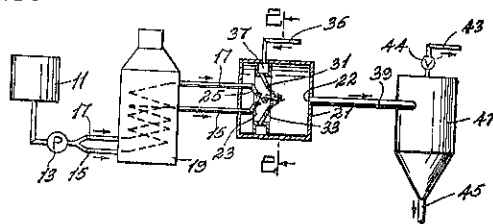


Fig 3 本発明方法を実施する装置の一部
切取側面

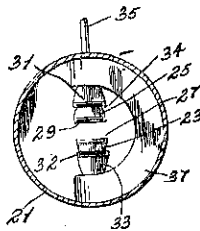


Fig 4 Fig 3の2-2を通じた通路の残部に流れ線に合う横断面図

加熱器19内で管15及び17中の泥漿の蒸発温度以上に加熱され、かくて管を通ずる分れた通路にガス中に固体粒の流動する分散物が形成される。この分散物は低速度即ち1秒間に10~100 ftで管15及び17

を通じて通路の残部に流れ線に合う横断面図

ある粒の初期の粉碎が加熱器の管を流通する間に互に衝突して起る。管15及び17の放出端は比較的大容量の碎解室21内に配設され、かくて分散物は急に非常に圧力が減ぜられる。管の端に於ける放出ノズル23及び25は室21の出口22に向つて傾斜され、互に対向し分散物の流は互に約同量且つ同速度で放出される。前記の傾斜角はほぼ180度である。ノズル23及び25は放出された粒の高運動量を貯えるために充分閉鎖しておかるべきである。Fig. 4に示す如く、比較的大く且つ薄い平行オリフィス27及び29を持たせることがノズル23及び25によつて有利であつて分散物は一対の広く且つ薄い相交わる板状の流として室21に射出される。かくして、極めて微細な状態への粒の粉碎が浸蝕無しに室21内で起る。

本発明の粉碎効果は適當のノズル装置から分散物に対し1つ或いはそれ以上の補助の高速度のガスの噴射を放出することにより更に増大され得る。この目的のために2つの反対のノズル31及び33は射出される分散物の反対側に於てノズル23及び25の下流の所に置かれ、分散物の流れの方向に傾斜される。斯くして激しい攪流が分散物中に発生し、それによつて粒は互に衝突し更に大きさが減ぜられる。操作条件は泥漿の液体の性質により泥漿

は管を過剰に浸蝕することなく粒を運ぶために充分な速度を確保するためその沸騰点以上充分なだけ加熱される。管15及び17に於ける背圧が高ければ高いほど高い温度が必要である。

＜特許請求の範囲＞ 蒸発し得る液体中に於ける固体物質粒の流体状混合物を形成し、この混合物を加熱し前記液体を蒸発させて蒸気中に於ける前記固体物質流の分散物を形成することを含む固体物質粉碎方法に於て、前記分散物を2又はそれ以上の別々の流に分割し、これ等別々の流を比較的大きい容積の室内に高速度で射入し、これ等射入流をほぼ180度の角度で互に衝突させて攪乱を生ぜしめ、以て前記固体物質粒をその相互衝突に依て粉碎することを特徴とする固体物質粉碎方法。

二段ジェット式粉碎装置

(昭和31年特許出願公告第5036号、出願人住友化学工業株式会社)

乾式微粉碎機の新型式として空気又は加熱蒸汽等の流体エネルギーを使用して微粉碎を行う流体エネルギーミル、別名ジェットミルは既に公知であり、この型式の粉碎物の粒度は粉碎強度により左右されることは周知の通りである。

このような型式の流体エネルギーミルの粉碎強度は粉碎に使用される流体のエネルギー $E \text{ kgm/Hr}$ と粉碎機へ供給される被粉碎物の供給量 $W \text{ kg/Hr}$ との比によって表現される。即ち

$$\text{粉碎強度} = E/W \frac{\text{kgm/Hr}}{\text{kg/Hr}}$$

である。

従つて此の型式の粉碎機に於て粉碎物の粒度を調節するための流体エネルギーの調節法としては流体圧、流体量、流体噴出口の口径或いは流体噴出口の数を変化させることにより、又被粉碎物の供給量調節法としては、スクリウフィーダー等の機械的供給法によつて其の操作条件等を変化させて粉碎強度を調節している。

之等は粉碎室を必要とすとか、或いは給粉ホッパー系全体をノズル高压側に耐え得る耐圧容器とする必要があり、又流体エネルギーの調節と被粉碎物の供給量の調節を各々別個に行つて粉碎物の粒度を変化させるのであるから、広範な範囲に亘つて任意にしかも容易に粒度を変化させることは困難である。従つて流体エネルギーと被粉碎物供給量とを同時に且つ容易に調節する手段を見出すことが出来れば、広範囲に亘つて容易に粒体を所望の粒度に粉碎することが可能となる筈である。

本発明はこのような観点からなされたものである。即ちホッパーに接続する第1次ジェットの排出管を第2次ジェットの吸入室と直結することによつて、粉碎強度を

支配する要因をジェットの操作だけによつて調節しようとするものである。従つてノズルの取り替えとか粉碎室等を設ける必要はなく広範囲に亘つて容易に所望の粒度の製品が得られる。

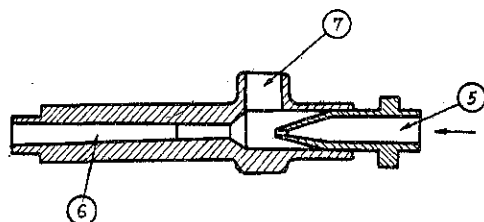


Fig. 5 本発明の装置に使用するに適するジェットの横断面図

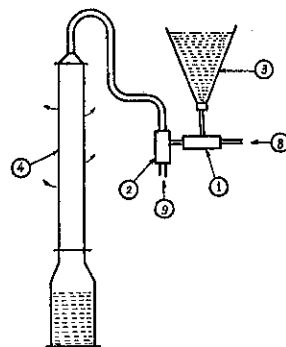


Fig. 6 本装置の一態様を示す説明

ジェットの構造は図面に示されるようなものであつて流体を噴出させるノズル5、流体を膨脹させるディフューザー6及び吸引室に連る被粉碎物流入口7を有している。1次ジェットのノズル口径の大きさは2次ジェットのそれと同様か、或いはそれより小さな口径である方が得策である。

之を本発明の装置使用の1例を示す Fig. 6 について説明する。

今1次1及び2ジェット2のノズル5を通じて流体8,9を噴出させると、ジェットはインゼクターの作用をしてホッパー3内の被粉碎物を3の下方より吸引し、被粉碎物は先ず1次ジェット1の被粉碎物流入口7より1次ジェット内に入り、ノズル5を通じて導入された高いエネルギーを持つ流体と共に、ディフューザー部6を通る。このとき流体は圧力が大気圧近くまで膨脹して、その流体の圧力の低下に相当して速度が増し、流体と被粉碎物間の摩擦、被粉碎物同志間の摩擦等によつて被粉碎物は予備的な粉碎を受け、更に1次ジェット1の排出口より2次ジェット2の吸引室へ流入せられ、更に2次ジェット2への送入流体9により、1次ジェットの場合

と同様の機構により主粉碎を受けて粉碎物は流体と共に捕集器4に至つて分離捕集される。

この際の各ジェットの作動を見ると、2次ジェットに於ては主として被粉碎物の吸引と主粉碎とが行われ、1次ジェットはそのノズルより噴出される流体によつて2次ジェットによる被粉碎物の吸引力を妨碍して、被粉碎物が1次ジェット及び2次ジェットの系統へ過大に供給されるのを抑制すると共に予備的な粉碎が行われる。

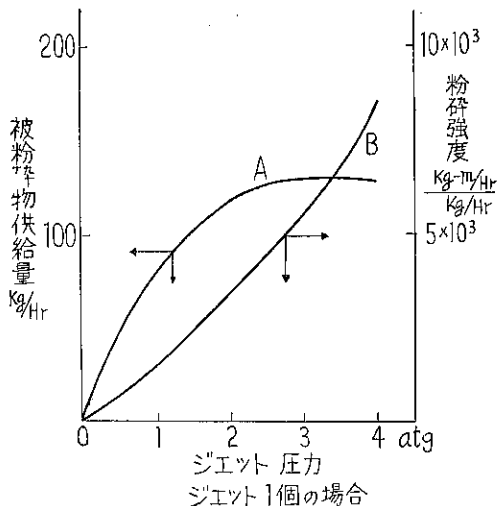


Fig. 7 本装置の特性を説明するための図

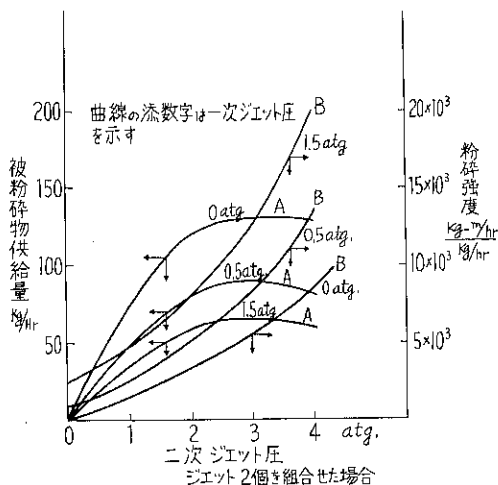


Fig. 8 本装置の特性を説明するための図

本発明に於て最も注目しなければならないことは、1次ジェットの作用である。これについてFig. 7, Fig. 8を

参照して詳述する。

Fig. 7は2個のジェットの組合せによらないで、1個のジェットだけを作動させた場合の1例を示す特性図である。図中の曲線Aはジェット圧に対する被粉碎物供給量の変化を左方縦軸の目盛で示し、曲線Bはジェット圧に対する粉碎強度の変化を右方縦軸の目盛で示す。

このように1個のジェットだけを作動させた場合は、ジェットにかかる流体圧を上昇させると流体量も増加し従つて流体のエネルギーは増加するがそれと共に被粉碎物の供給量も流体圧に応じて変化し粉碎強度は1つの曲線で定まつてしまう。従つて粉碎強度及び被粉碎物の供給量はジェットにかかる流体圧だけで定まつてしまう。即ち被粉碎物の処理量が定まれば粉碎強度は定まつてしまい粉碎強度の変化は極めて小さい。

Fig. 8は本発明のように2個のジェットの直結して作動させた場合の1例を示す特性図である。

図中曲線群Aは2次ジェット圧に対して1次ジェット圧を変化させた場合の被粉碎物供給量の変化を左方縦軸の目盛で示し、曲線群Bは2次ジェット圧に対して1次ジェット圧を変化させた場合の粉碎強度を右方縦軸の目盛で示したものである。尚B曲線群が(1次ジェット圧 0atgを除く)2次ジェット圧 0atgのときの粉碎強度の値を示しているのは2次ジェットを作動させないで1次ジェットだけを作動させた場合も粉碎が行われていることを示している。但しそのときの被粉碎物供給量は図中に示していない。この曲線より分かるように、2次ジェットの流体圧の同圧に対して1次ジェットの流体圧を上げると被粉碎物の供給量は減少し、粉碎強度は増加する。又1次ジェットの流体圧の同圧に対して2次ジェット圧を上げると、被粉碎物の供給量は増加し、粉碎強度は増加する。

以上の2つの事実は被粉碎物の供給量を一定にしてその粉碎強度を変化出来ること及び粉碎強度を一定にして被粉碎物の供給量を変化出来ることを意味する。

Fig. 7 Fig. 8. 中の流体圧はゲージ圧 atg を示し、又流体のエネルギーは1次及び2次ジェットのノズル前に於ける高圧流体がジェット後に於ける圧力まで等温膨脹するときの仕事量 kg-m/Hr であり、ジェット1個のときは1個の仕事量であり、ジェット2個のときは1次ジェット及び2次ジェットの2個の仕事量の和で示し、粉碎強度は上記の仕事量 kg-m/Hr と被粉碎物の供給量 kg/Hr との比である。

<特許請求の範囲> 給粉ホッパーと接続した第1次ジェットの排出口を第2次ジェットの吸引室に接続させたことを特徴とする2段ジェット式粉碎装置。

(未完)

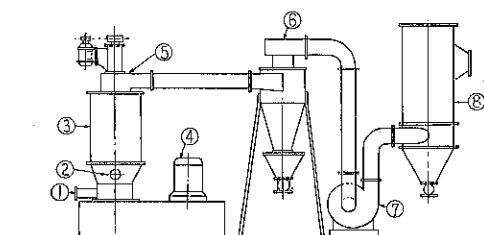
ミクロンドライヤーの実際に就て

細川粉体工学研究所 丹 羽 久 雄

1) 緒 言

弊所はさきにミクロンドライヤー—M.D.—(マイクロドライヤー)なる微粉碎乾燥機を発表し、其の後この装置が各方面に納入され好結果を得ている。乾燥、粉碎、分級の三操作を一挙に行ない得、而も乾燥仕上り水分の調整、均一化、高い熱効率及び粒度調整まで可能であり、装置として大部分が(一)圧であるので発塵箇所が少ない等々の特色のため、ミクロンドライヤーは通気乾燥機、一般気流乾燥機に比べ斯界に高く評価されている。本装置に就ては本誌で機能に就て記しているので、
1)2)今回はその実際の面に主にふれてみたい。

2) 装 置 概 要



第1図 MD各型番標準配置図

- | | |
|-----------|----------|
| ①加熱空気入口 | ⑤分級部 |
| ②原料供給機接続部 | ⑥サイクロン |
| ③乾燥機本体 | ⑦排風機 |
| ④粉碎機用電動機 | ⑧バグフィルター |

本装置は大きさにより、MD—1よりMD—4まで4型式に分かれ、各型式の概略大きさ及び据付面積は下表の通りである。

Table 1 : ミクロンドライヤー型式一覧表

	MD-1	MD-2	MD-3	MD-4
本体胴直径mm	360	550	750	1,100
本体胴高さmm	800	1,200	1,600	2,400
本体全高さmm	2,800	3,250	3,800	5,500

粉碎部所要動力 KW	3.7~7.5	7.5~15	15~37	37~56
分級部所要動力 KW	0.37~	0.75~	1.5~2.3	2.3~3.7
概略据付面積 a × b mm ²	3,100 × 5,200	4,185 × 8,500	9,000 × 18,000	13,000 × 26,000

Fig 1及び概略寸法表よりミクロンドライヤー本体部より、寧ろ附属機器—サイクロン及びバグフィルター等—で据付面積をとるのであるが、気流乾燥装置、流動乾燥装置、いずれにしてもこの部分は必要となるものであつて、以下の運転実績表により如何にミクロンドライヤーが最少の据付面積で高能率をあげているかを例示したい。

3) 運 転 実 績

MD—1, 2, 3に就ての代表的運転結果を第2表に示す。本装置は一般気流乾燥機と異り、粉碎部があり、投入された原料がここで微粉化され、熱風と共に上昇する。この粒子は上部の分級機にて処定の乾燥度、粒度以外は製品としてサイクロンへ到達されない事と、内部上昇気流の分級部の攪拌による乱流の為に、空気との熱交換が再び盛んとなる。これが本装置で高含水率より低含水率まで一段で可能な原因ともなっている。一般の気流乾燥装置に於ての熱交換は粒子の相対速度の変化によつて急減し、桐柴氏が研究された様に熱容量係数 ha の値は計算値の $\frac{1}{10} \sim \frac{1}{20}$ 即ち、実際は $800 \sim 1,000 \text{ Kcal/m}^3 \text{ hr}^\circ \text{C}$ となる。³⁾ ここで我々はミクロンドライヤーでは低温であつても $\approx 2,000 \text{ Kcal/m}^3 \text{ hr}^\circ \text{C}$ と高い値を示し得る分級部の攪拌作用を見逃す事は出来ない。

4) 粉碎機としてのミクロンドライヤーの使用例

主として含水塩の粉碎の際に使用される。

a) 硫酸第1鉄 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

7水塩の硫酸第1鉄を200Mesh 1%残まで粉碎するに弊所のミクロンパルペライザー (M.P.) では、スクリーンの摩耗多く、運転経費の内この消耗部品代が相当かかるが、ミクロンドライヤーにて処理すれば殆んど摩耗を認めず、而も同一馬力で処理能力は増加する。Table 3にその比較表を示す。

Table 2 : 運 転 結 果

	M D — 1							MD—2		MD—3
原 料 名	カーボン ブラック	”	炭酸カル シウム	硫 酸 アルミナ	水和硫黄	タルク	有機薬品	糖 類	澱 粉	菌 体
原 料 状 態	ミソ状 0.4 μ	ミソ状 0.2 μ	粉 状	塊 状 1~2mm	ポロポロ	粉 状	ミツ状	粉粒体	粉 体	
原料水分 D.B%	150	400	12	50	35	40	100	3.0	15	170
製 品 希 望 水分 D.B%	2	5~3	0.5	10	5	10	0.5	0.5	5	2
製 品 希 望 粒度	—	—	300Mesh all pass	30Mesh 以下	—	200Mesh all pass	120Mesh all pass	100Mesh all pass	—	—
制限 空気温度 °C	600	600	170	140	180	150	150	140	150	160
入 口 熱 風 温度 °C	400	400	165	160	146	135	150	135	145	155
出 口 空 気 温度 °C	70	100	65	90	70	60	60	108	120	78
粉 砕 機 回 転 機 r/m	5,000	”	”	”	”	”	”	4,000	”	3,200
分 級 機 回 転 機 r/m	350	450	450	350	2,100	450	450	950	1,000	900
空気量 m ³ /mm	9.0	10	11.0	10.1	9.0	12.0	10	32	19	100
処理量 kg/hr	60	45	190	60	50	14.5	26	200	160	190
製品水分 D.B%	2.8	3	0.1	10	0.2	10.0	0.5	0.18	4.8	1.8
製 品 粒 度	—	—	300Mesh all pass	50Mesh all pass	300Mesh 1 % 残	200Mesh all pass	—	100Mesh 2 % 残	—	200Mesh all pass
熱 容 量 係 数 kcal/m ³ hr°C	2,850	2,000	2,040	1,950	2,500	3,800	2,100	—	—	—

b) 含水石膏 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

含水石膏の粉碎の場合、一般には原料を乾燥してから、粉碎するのであるが、乾燥した原料の粉碎では過供給すると粉碎機内部で熔着を起し、その掃除に30分以上もかかり、工程管理上好ましくない面がある。マイクロンドライヤーでは乾燥と粉碎を同時に行なう故、品温40°C位で連続微粉碎が可能で、Table 4 に結果を示す。

Table 3 $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 粉碎比較

	マイクロンドライヤー No. 1	No. 2	マイクロン パルペライザー
原料粒度	30~50 Mesh	"	"
前処理	120°C 処理	処理せず	処理せず
入口空気温度°C	150	155	
出口 " °C	102	105	
品温 °C	30	30	
風量 m^3/min	10.5	10.5	5
分級機 r/m	2,000	2,000	—
粉碎機 r/m	5,000	5,000	5,000
処理能力 kg/hr	90	60	75
粒度 200Mesh	100%pass	99.9%pass	99%pass
摩 耗	0	0	単時間にてランナーライナ摩耗

Table 4 $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 粉碎例

	No. 1	No. 2
入口空気温度°C	103	122
出口 "	80	65
空気量	80	70
処理能力 kg/hr	35	50
製品温度°C	40	38
粒度 300Mesh	100%pass	100%pass

5) ミクロンドライヤー設計上の諸問題

a) 原料供給機

本乾燥装置では原料及び乾燥が強い吸湿性又は極端な附着性がなければ、総て適用出来る。同一原料でも高含水率と低含水率の場合、及び粘度の変化により、その物理的性質が違うので原料供給機はその都度設計されなければならない。その代表的なものに就て記せば

イ) テーブルフィーダー

ロ) スクリューフィーダー

共に低含水率の原料供給に用いられる。

ハ) フロートロン及びスクリューフィーダー

低含水率の粉粒体及び30%位の粒体原料の場合に用いられ、ホッパー内の原料はフロートロンで気密定量供給されスクリューコンベアーで本体へ供給さ

れる。この際にはホッパーへ細川ミクロンレベコンを取付け、ホッパー内原料レベルを制御する事も出来る。

ニ) グラニレーター及びスクリューフィーダー

比較的高含水率の原料の場合に主として用いられる。この際にバグフィルター下部よりの乾粉をマップしてスクリュー部の附着を防ぎ、粉碎機にての微粉化を容易にすることも出来る。

b) 熱 源

高低温及び製品品位等の関係で熱源は下記のいずれをも使用出来る。

イ. 蒸気；一般工場低圧蒸気圧を 5~6 kg/cm² とすれば蒸気ヒーターを使用して、入口空気温度は 150°C 位である。それ以上の場合には夫々順応した蒸気圧が必要となってくる。

ロ. 電気；フィン付電熱ヒーターを使用するが、運転経費が高つくので推奨出来ない。

ハ. 都市ガス又はプロパンガス；高温を必要とする場合に設備する。この場合簡単な炉体を作る。設備、操作は簡単であるが運転経費が高い。

ニ. 重油又は灯油等の液体燃料

(1) 直熱式、燃焼ガスそのものを熱風として吹きこむ。300°C~600°C 位までに使用出来る。

(2) 間接加熱、カーボン、硫黄分等の混入を製品が絶対に認めず高温を必要とする場合にはステンレス製の熱交換器をとりつけ、燃焼ガスと清浄空気とを熱交換させて使用する。この時の空気温度は最高 300°C とし、一種の消耗品と考えなければならない。

ホ. 熱媒体；上記(2)と全く同様の要求のある場合に使用する。ダウサム又はSKオイルを用い低圧で高温度が得られる。

c) 製品粒度調整

(1) 粉碎部：粒度要求により粉碎機のハンマー形状、本数、回転数を決定する。

(2) 分級部：(1)と同様羽根枚数、回転数により所定粒度を得る様にする。(4)

d) サイクロン

製品粒度によりマルチクロンを使用する事もある。サイクロン下部にはレシーバー、ロータリバルブを取付けて連続排出する。

e) 排風機

プレートファン又はターボファンを使用し、個々の容量、配置により仕様決定する。

f) バグフィルター

最終捕集機器として一般にはバグフィルターを使用する。微粉性状等によりスクラッパーにする事もある。

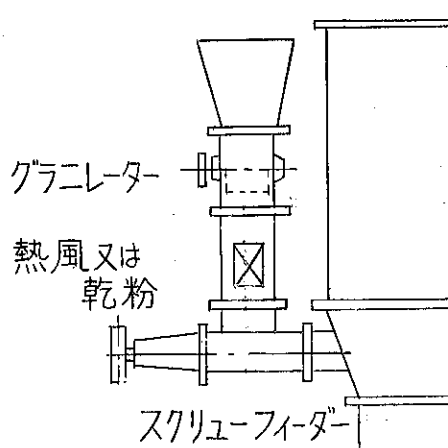
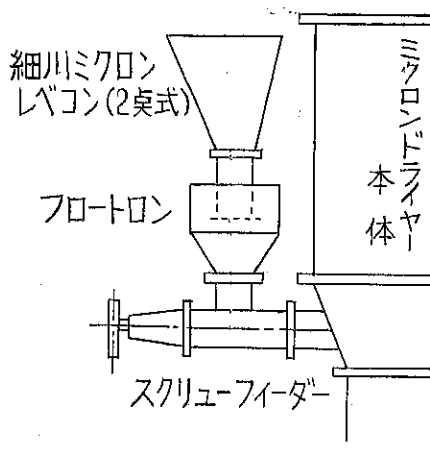
6) 結 論

以上の如くマイクロンドライヤーは、微粉碎乾燥機として数々の特徴を持っているが、弊所としてはこれが進歩、改善に日夜努力を重ねております故、納入先関係各位におかれては其の後お気付きの点あれば何かと御教示賜われれば幸甚と存じます。

最後に本稿なるに当つては松山技術部長、安芸研究助手の御援助による事大なるを附記させて頂く。

参 考 文 献

- 1) 細川, 松山, 森本: "粉碎" No. 4, 11 (1960)
- 2) 細川, 松山, 森本: "粉碎" No. 5, 22 (1960)
- 3) 桐 栄: 化学工学 (1961)
- 4) 細川鉄工技術部: "粉碎" No. 4, 43 (1960)



マイクロンドライヤーテスト表

原 料 名	原料水分 %	原 料 状 態	製品水分%	製 品 粒 度
硫 酸 ア ル ミ	48% (結晶水共)	2 ~ 3 % 塊 状	13%以下	50Mesh all pass
水 酸 化 ア ル ミ	90%	ク リ ー ム 状	18%	100Mesh all pass
タ ル ク	45% D.B	ボ ロ ボ ロ	5%	200Mesh all pass
カーボンブラック	40% D.B	粉 状	10.0%	200Mesh
活 性 炭	60% W.B	ク リ ー ム 状	2.5%	
フェニール醋酸水銀	24% D.B	200~300Mesh ボロボロ	5%	200Mesh all pass
ステアリン酸カルシウム	27.2% D.B	粉 状	0.169%	300Mesh 99%
リン デ ン	47% W.B	ク リ ー ム 状	2.6%	200Mesh all pass
澱 粉	50% W.B	ク リ ー ム 状	1%	120Mesh all pass
	18% W.B	粉 状	10.0%	200Mesh

座談会 “粉飛び歩る記”

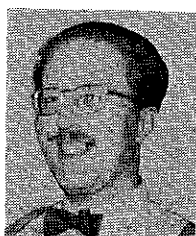
Hosokawa International の営業部長, Adrian Langton 氏が5月31日来日し当社にて業務打合せを行った。この座談会はその多忙中の2時間を載いて粉体工学研究所のメンバーと交歓した時の記録である。

A. Langton 氏は7尺近い長身 カナダ 国籍の英仏混血である。現在再度ロンドンにあつて、英国を始め、ヨーロッパ各国の工業界に細川鉄工所製の各種機械の紹介、販売に尽力して居られる。(松山記)



松山 I'm very glad to see you. 今日、御多忙中の処御無理御願ひしてすみません。日本の印象は如何ですか?

ラングトン Very Fine! 全くすばらしいです。先日は汽車の窓から富士山を見る事が出来ました。更に一昨日奈良と京都へ案内していただきましたが、特に私は二条城の美しさに心を打たれました。ともかく私にとっては日本へ来るのがよい間の宿願で、これがかなえられたことは私には非常な喜びでした。しかもこちらに参りました細川鉄工所の皆様にいろいろ



御親切にさせていただくと共に立派な工場をみて、今後はより自信をもつて機械を売る事が出来ると強く感じました。

今日の座談会に就いて昨日細川さんから御話がありましたが、この様に細川鉄工所の技術者の皆様と話合ひが出来るとは、私が英国を立つ時には思いもよらなかった事で大変うれしく思つて居ります。しかし、もし前もつてこの事を知らしていただいで居ればもつと勉強して来たでしょうが、突然の事で充分皆様の御期待にそえないのではないかと心配です。

スーパーミクロンミルは単なる粉碎機でない

横山 では先ずラングトンさんがどの様にしてスーパーミクロンミルを英国始め欧州各地へ売り込まれたか? 又どんな苦心があつたか? もし何か面白い話でもあればそれを加えながら話をしていただきたいのですが。
ラングトン 機械を売り込むには各国各様いろいろな方法があります。例えば、英国ではプライベートな関係が大切です。幸な事に私は以前ある研究所に勤務して居りました関係で化学者に多くの知人がありました。そこで、私はスーパーミクロンミルは単なる粉碎機ではなく、プロセスをつかさどるものだと言ふ考へ方で

話を進めました。何故ならば欧州特に独逸にはすぐれた粉碎機があり、これらが欧州市場で広く使用されて居ります。従つて単に新しい粉碎機と言ふだけでは売り込めないと考えたからです。

スーパーミクロンミルには、ノズルがあり、これが異物質の除去と言ふ作用を行つて居ります。この様な作用は、今迄欧州に売られている粉碎機には無いもので、粉碎と製品の精製と言ふプロセスをこのスーパーミクロンミルは行つてくれます。私はスーパーミクロンミルで出来た製品と原料をもつて先ず知己の化学者を訪ねました。この様にして成功した最初の例が English Clay に於ける 売り込みです。English Clay は Clay 中の異物質を除去したいと望んで居りましたが、これがこのスーパーミクロンミルで見事に成功しました。彼等は実験室用に小型の M52NC を買つてくれました。そして現在も実験を続けて居りますが、既に M502NC (75HP) の機械も買つてくれました。

次に学者連中を知ると言ふ事が大切です。しかし私には幸な事に Dr. Robertson と云うクレーのエンジニアが一緒に仕事をしてくれました。又彼は、Chemical ageその他に種々の報文を寄稿してくれました。この様に雑誌に単なる広告ではなしに、ある報文をのせると言ふ事はこれ又販売に非常に有利な事です。



横山 売込みに大変苦心された様子がよく解りました。

Billingshurst の実験室で何か面白い事はなかつたですか?

ラングトン これは日本でも同じでしょうが、テストに来た会社で新しい原料を持つて来た場合、

秘密の保持にうるさい事です。例えば某社がプラスチックの様なものを持つて来た時ですが、彼等は三人の監視人を連れて来て、吾々の行動を常に監視し、少しのサンプルもくれませんでした。

佐藤青年は何か機械がうまく動かないことがありますとすぐハンマーを持ち出して機械をたたくのです。

不思議な事に必ずスムーズに機械は動き出します。

彼のニックネームは Japanese hammer となりました。

松山 スーパーミクロンミルについて何か意見はないですか？

ラングトン 実はいろいろ英国を巡つ時考えて居りましたが、昨日研究所を見せていただいて、私が考えていた事がほとんど全部研究なさつて居るのを見ました、ですからもう何もありません。

横山 ミルのクリアランスについて何か御意見ありませんか？私はこのクリアランスは製品粒度よりもむしろ能力に大きな影響を与えていると思っていますが…

ラングトン 一般的には私も同意見です。しかしアスベストの粉碎の場合は話が違つて来ます。

某社よりアスベストを 325Mesh 85%以上通過する微粉にし、不純物を取り除いて欲しいと云う要求がありました。私はかつてキューバで砂糖キビの粉碎を試みた事もありましたのでこの仕事に大変興味を持ちました。そこでいろいろテストを行つてみました。先ず最初ノックを取り除いて原料を供給し、すぐに粉碎機を止め、中を見たのですが、アスベストファイバーが機械の周囲に一杯つまつていました。そこでクリアランスを6mmに調節して粉碎した処、見事に成功しました。今迄欧州ではこの様な成功例はありませんでした。

横山 ノックは無しで粉碎したのですか？

ラングトン そうです。アスベストの場合ノックを入れるとミルの内容積が小となるので余り良くありません。

松山 ではノックについてどの様に考えていますか？

ラングトン ノックはアスベストの様な例外を除いて、必ず必要です。特にクレーの様に内部に不純物をだき込んで居る様な物質の粉碎には不可欠のものです。



丹羽 粉碎機は摩耗が相当あるがヨーロッパの粉碎機の材質はどの様なものが使用されていますか？

ラングトン 欧州では、人件費が高いので機械の価格は余り問題となりません。だから例えば替

刃等はタングステンカーバイトでも良いと思うが…

松山 替刃全部をタングステンカーバイトで作るという意味ですか？ライニングすると云う程度で良いのではないかと思います…

ラングトン 勿論その程度でよいわけです。

丹羽 粉碎は、だんだん大型化されつつあると云うが欧

州ではどうですか？

ラングトン 大型化されつつある様です。例えばスーパーミクロンミルでも M502NC の2倍以上の能力のあるものがあれば良いと考えています。

(松山技術部長がしきりに水を飲んでいるのを見て)

ラングトン 英国では食後に消化剤として水を飲むのですがドクターマツヤマ、今おなか一杯なのですか？

松山 NO、日本では腹がへつた時に水を飲む習慣があります。今私は腹がへつた状態です。(笑)

横山 ではこの辺で話題をミクロンセパレーターの方へ移したいと思います。

分級機いろいろ

ラングトン ミクロンセパレーターにとつては、ドイツ、アルパイン社のマイクロブレックスが最大の競走相手です。マイクロブレックスは全欧州で各種原料に広く用いられています。しかし既に二三の原料については、ミクロンセパレーターの方がはるかにすぐれていると云う報告がなされており、小麦粉の分級がその良い例です。ドイツの三種類の分級機で行つたいずれのテストよりも良い結果が得られております。

松山 小麦粉の分級にどんな分級機が用いられたのですか？

ラングトン はつきり判りませんがハートマンと云うのも用いられたと聞いています。

けれども名前だけで見た事はありません。帰国後出来るだけ調査して報告しましょう。



森本 私はマイクロブレックスの実物を見た事はないのですが、ミクロンセパレーターの方が調節箇所も多くあり、構造も簡単なので運転は容易なのではありませんか？

ラングトン 例へば某社の技師がミクロンセパレーターを見て、余りにも簡単な構造で、しかも頑丈に出来ているのを見て驚いていました。彼等は今迄マイクロブレックスを使用していたので、そのデリケートな事は充分知つて居り、分級機とはこんなものだ云う考えを持っています。彼等は最初、この様な簡単な機械で分級が出来るとは考えられないと大きな声で云つて居りました。しかし、彼等が持参した原料、ステアリン酸亜鉛をスーパーミクロンミルで粉碎した後、この分級機で分級したのですが、得られた製品は 5μ 以下 90% 以上ありました。彼等の驚き／何故ならば今迄欧州ではこれ程細かいステアリン酸亜鉛が得られなかつたからです。

松山 仲々面白い話ですネ、その外に何か？

ラングトン スーパーミクロンミルについては、私が前に少し粉碎と云う仕事をした事もありますので勉強するにも余り時間がかかりませんでしたが…どうもミクロンセパレーターについては不勉強なので余り意見ありません。私は流体力学がにが手なものですから…

ともかく現段階に於いては 5 μ で完全に、しかも容易に分級出来る様に改良して欲しい、欧州から眺めた場合全世界のあらゆる業界はだんだんと細い粉体を要求して居り、そのとどまる処を知らない様に思えます。今でも 2 μ 以下で分級出来ればと云う希望が相当あります。

森本 需要家の希望が段々細かくやると云う事はよく解ります。私がこの会社へ入つて 6 年目ですが最初の 2 年位は 300~325 メッシュでしたが、それから年々細くなり、30 μ 、20 μ 、10 μ 、今では 5 μ 、もう 5 年もすると 1 μ 以下になりかねません。この調子で希望粒径が細くなつて行くとするとそれを追いかける吾々も並大抵の苦勞ではありません。

ラングトン 全くおつしやる通りです。

これは私の意見ですが、どうも 4 つのバルブの操作がやつかない様に思うのですが… (Billingshurst の実験室にあるミクロンセパレーターには 4 つのバルブが配管の途中に設けられている) 例えば、陽圧でミクロンセパレーターを使用してバルブを 2 つにしたらどうでしょうか？

森本 ミクロンセパレーターを陽圧で使用した例は一、二あります。その一つについて私が納入先に出向きいろいろテストしましたが陰圧の場合よりもむしろ操作はやつかいました…

ラングトン そうですか、ともかく私にとつてはあの 4 つのバルブがかなわんのですよ。では空気を循環させないで、全部の空気を Bag-Filter に抜く様にすればどうでしょうか？

松山 私達も最初はその様にしていたのですが、バッグフィルターの圧力変動がそのまま分級の効果に影響しますので、今の様に改造したのです。

ラングトン 最近では優秀なバッグフィルターが製作されているから…

松山 しかしそれらは高価過ぎる様に思います。もつと安価で優秀なバッグフィルターが出来ればと思つています。

丹羽 シャーププレス社のスーパークラシフアイヤーについて話をして下さい。

ラングトン これは比重の大きなものの分級には良い結果をもたらしますが、比重の軽いものには充分とは云

えません。たとえばタルクの場合 20 μ 以下で分級するのは困難な様です。先程話をしました English Clay では大きな型のシャーププレスの分級機を持つて居りますがミクロンセパレーターの小型を買つてくれて、今種々研究しています。仲々よい結果が出ている様で今後が楽しみです。

森本 パーコの方分級機はどう思いますか？

ラングトン パーコの方分級機は良く知っています。これはすばらしい分級機ですが、粒度分布測定用としてしか用いられていません。しかし私は粒度分布の測定に日本から送つてもらつた島津の沈降式粒度分布測定機を使用しています。これは仲々簡単に測定が出来るので大いに活用して居ります。

ミクロンセパレーターは特別の意味で欧州では大変興味が持たれています。

松山 と云いますと、どんな面ですか？

ラングトン ミクロンセパレーターでは 30 μ 以下の分級が効率良く、簡単に分級出来ると云う事です。レイモンド社のダブルホイッサーは 40 μ 程度迄は効率よく分級出来るのですが、それ以下になるとどうも…

横山 レイモンドミルは欧州では広く用いられていますか？

ラングトン 勿論あらゆる分野で広く用いられて居ります。又、各国で作られて居ります。この機械は能力が大きいと云う点が強味です。

横山 ではこの辺で話題を変えて当社製の機械以外の粉体処理装置について話を進めたいと思いますが、先ずジェットミルについて如何ですか？

ラングトン ジェットミルが発明された頃は、すばらしい勢で延びた様ですが、最近はずぐれた分級機が出て来ましたから…例えばマイクロプレックスとかミクロンセパレーターの様な、ですから最近ではもつぱら特殊なものの粉碎にのみ使用されているのではないでしようか？

丹羽 と云うと例えば細川でジェットミルを作ると云う事に関してはどう考えられますか？

ラングトン 細川鉄工所でコンプレッサーを作りますか？でなかつたらどうもコンプレッサーのメーカーを喜ばすだけの結果になると思うのですが。

森本 昨日新日本化精に見学に行つた時に、スエーデンでタルクの粉碎をジェットミルで行つて、生産コストが ton 当り 1000 円と云う様な事を聞きましたが、どうも合点がいかないのですが…

ラングトン いや ton 当り 1 万円ですよ。

森本 どうも、それでは私の聞き間違いですネ、それなら話が解ります。

ラングトン ジェットミルよりもむしろ振動ミルの方が面白いのではないかと思います…英国では相当使用されて居ります。

松山 例の Vibro Energymill ですか？

ラングトン そうです。あれ以外にもアリスチャーマーズ社の振動ミル、独国の Vibratom 等も使用されています。

丹羽 主にどの方面ですか？

ラングトン そうですね、硬度の高い物質の微粉碎、穀粒の混和等に用いられている様です。とにかくボールミルに比し能力がすばらしく良い機械です。

森本 私も振動ミルの研究をしばらくやりましたが、すばらしい粉碎力をもつて居ります。振動ミルは仲々研究のテーマとしても面白いと思います…

ラングトン “粉碎” 誌の中での振動ミルに関する報告を佐藤青年の助けを借りて見ましたが、引用してある文献の Dr. Rose はすごくこわい先生ですよ。典型的な英国人と云う感じです。私は一度島津式のセグメントグラフを売込みに行つて鼻先であしらわれました。

森本 そうですか、そんな事を知らなかったものですから、無茶も出来たのですネ。Data を並べて書いて、

横山 次にカッターミルについて何か？

ラングトン 前にドクターマツヤマが英国へいらした時に御渡ししたカッターミルのインホームেশョン何と云う名だったでしょう？

松山 ユニバルバーですか？

ラングトン そう、ユニバルバーです。とにかく最近ではカッターミルも高速化しつつあります。前に送つていただいたサンプル、確かエチルセルローズを貴社のミクロンパルベライザーで粉碎したものでしたが、これは上手く粉碎出来て居りまして、これから考えてミクロンパルベライザーを改良するとすぐれたカッターミルになるのではないかと思います、例えば固定カッターを一つか二つ付けて…

丹羽 ミクロンパルベライザーはハンマーとライナーの間にカッティングエフェクトがあるので上手く粉碎出来るのでしょネ。

ラングトン そうだと思います。とにかく高速にする事が大切なのではないでしょうか？

横山 次にバッグフィルターに付いて何か？

ラングトン 欧州では自動洗滌式が広く用いられて居ります。特に最近では環境衛生がどこの国でもうるさくなつて来ましたので。

森本 この間、高温ガス用のバッグフィルターが作られているとの話を下さつたが…確かガラス繊維のフ

ilterを用いて。

ラングトン そうです。洗滌方法は超音波と機械的振動とを用いて居ります。

森本 超音波は、ダストの凝集の為に使用され、凝集したダストを機械的な振動で落す様にしていると思われるが、

ラングトン 私もその様に思います。

話は変わりますが、スーパーミクロンミルで乾燥も同時に行えないでしょうか？

松山 粉碎と分離も同時にと云う意味ですか？

ラングトン そうです。クレーの乾燥、粉碎、分離が出来れば…今英国では、Attritor Mill でクレーの乾燥を行つて居ります。これは粉碎も同時に行つて居ります。

森本 Attritor Mill のカタログ送つていただきましたが、あの程度のものであれば当社のミクロンドライヤーでより効果的に出来ると思いますが、

ラングトン スーパーミクロンミルで異物の除去も一度に行いたいのですが。

松山 今のまゝでは高温の熱ガスを投入出来ないと思います。機械の材質、構造に少し無理があるようです。

ラングトン もしスーパーミクロンミルでこの操作が出来るのであれば、勿論材質その他は変更しなければならぬでしょう。とにかくこちらでテストして下さいませんか？

丹羽 日本のクレーを用いてですか？

ラングトン 勿論それで結構です。

松山、丹羽 出来るだけ早急にテストしてみましよう。

横山 どうも永い間ありがとうございました。予定時間が来た様ですからではこの辺で…

一同 どうもごころうさんでした。

後記、この外 Billingshurst での佐藤青年の活躍振りやプラハに於けるクレー国際会議の模様、府大の北浦先生が Billingshurst に訪れた時の話などがあつたが割愛した。又、その時は判っているつもりで話合つたのだが、いざこの様を書くに当りテープレコーダーを再度聞いてみると録音不完全な処が一部にあり、英語の意味も充分解しかねる処など多々あり、一部意の通じない処もありますが御許しを乞う次第です。(文責 森本益弘)

出席者

Adrian Langton

松山卓蔵 細川粉体工学研究所

横山藤平 “ (司会)

丹羽久雄 “

森本益弘 細川鉄工所 企画室



HOSOKAWA'S NEWS

新製品紹介

Y型連続混合機

(特許番号 276272)

1. はしき

従来のV型或いはダブルコン型の混合機では仕込み一運転混合一取出しの操作は総てバッチ式で行われるため操作に人手を要し粉塵発生等色々の不便がありました。本機は混合効果の良いY型コンによる混合操作、原料投入、混合排出をすべてプログラム制御により完全に自動化したもので従来のバッチ操作に於ける種々の問題を解決したものであります。

即ち二種以上の混合物の一定量が供給装置によつて混合室の中に投入され一定時間の混合の後自動的に製品が排出されます。排出が終ると未混合の原料が自動的に投入され再び混合が始まります。

本装置は投入から排出まで完全密閉式でありますから粉塵の発生がなく極めて衛生的で混合性能及び作業能率を著しく向上せしめた新しい型式の粉体混合機であります。

2. 構造及動作

本機の構造は Fig 1 に示す通りで供給口(1)に投入された数種の原料はリボンスクリュー(2)により混合室(3)に送られY型ドラム(3)の回転によつて混合されると同時にリボンスクリューの回転により分散作用を受け良好な混合が行われます。ドラム内のリボンスクリューの下半分は数枚のブレードによつて囲まれこれが混合作用中は開放さ

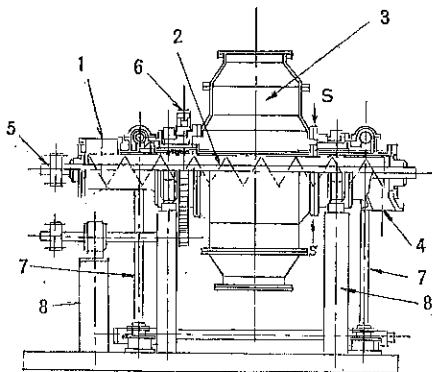
れていますが一定の混合時間が終るとリンク機構によつて自動的にリボンスクリューを抱く様に閉まり種状となり混合された粉体はドラムの回転に依りこの種の中に落下し、リボンスクリューによつて排出口(4)に送られ排出されます。

混合室と排出口の間には混合中に粉体が漏出するのを防ぐため特殊設計のシャッターが取付けられブレードの開閉と同じリンク作用に依り開閉します。即ち混合のためにブレードが開放する場合はシャッターは排出口を塞ぎ混合が終りブレードが種を形成すると同時にシャッターは開放して粉体を送り出します。

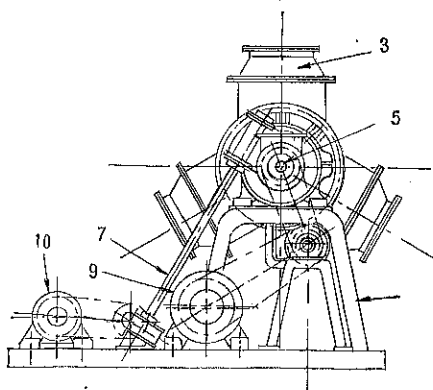
以上の操作はすべてセットされたプログラム制御により各駆動モーターを一定時間毎に運転し連続的に自動操作致します。

3. 特 徴

1. Y型コンとリボンスクリューの回転により混合効果が非常によく高性能である。
2. 原料供給口及排出口が回転又は摺動しないため完全密閉式である。
3. プログラム制御により完全自動運転である。
4. プログラム制御器内の歯車の掛替により操作時間の調整が簡便である。



(a) 正面図



(b) 側面図

4. 仕 様

型 式	150 型	500 型
1 回 処 理 量	150 l	500 l
所 要 馬 力 (ドラム駆動用)	3 HP $\frac{1}{15}$ ギャード モーター	7 $\frac{1}{2}$ HP $\frac{1}{15}$ ギャード モーター
〃 (ブレード開閉用)	$\frac{1}{2}$ HP $\frac{1}{15}$ ギャード モーター	1 HP $\frac{1}{15}$ ギャード モーター
ド ラ ム 形 状	600 ϕ ×3 Y型配置	900 ϕ ×3 Y型配置
ド ラ ム 回 転 数	28. R. P. M	24. R. P. M
投 入 及 排 出 機	220 ϕ リボン スクリュー	280 ϕ リボン スクリュー
リボンスクリーン回転数	420RPM	350RPM
操作所要時間 (投入から排出迄)	6~15 min	10~20 min

(註) 150型の試験機の備付けあり。テスト歓迎。

— 製 品 案 内 —

微粉碎乾燥機

ミクロンドライヤー

(表 紙 参 照)

1. は し が き

乾燥と粉碎に要するエネルギーの量は危大なもので従来は乾燥と粉碎を別々の機械装置で操作し複雑な工程と共に貴重な労力とエネルギーが浪費されていました。これは乾燥と粉碎の工程一元化が非常に困難であつたからであります。この度弊社技術陣の絶えざる研鑽と40有余年に亙る貴重な経験の結実に依りミクロンドライヤーを完成致しました。

本機は上述の二工程に分級操作を新しく加味せしめ乾燥・微粉碎・分級の三工程を一元化し湿粗原料から一挙に乾燥微粉を得る全く画期的独創的機構を誇る新型式の高性能微粉碎乾燥機であります。

2. 構 造

ミクロンドライヤーの本体は下部にスインクハンマー型の高速衝撃式粉碎機があり。上部には微粉末分級機ミクロンセパレーターを改良した分級装置が取付けられ各

々粉碎部・分級部を構成しています。原料供給機は適宜その型式を選定しなければなりません表紙の写真はM.D—3型は最も一般的なスクリーンフィーダーを付けた場合を示します。乾燥プラントを設置する場合その熱源としてエロフィンヒーター、重油炉、L. P. G 燃焼装置及其他廃ガスを利用する事が出来ます。更に捕収装置としてバグフィルターに代りに各種スクラパー例えばベンチュリースクラパー、サイクロンスクラパー等を使用する事が出来ます。

3. 特 徴

1. 工程の簡易化
2. 熱効果がすぐれている。
3. 能力が大で乾燥ムラがない。
4. 適用範囲が広い。
5. 据付面積が少い。

4. 型 式

型 式	M. D—0	M. D—1	M. D—2	M. D—3	M. D—4
仕 様					
機胴直径 m/m	200	360	550	750	1,100
機胴高サ m/m	550	800	1,200	1,600	2,400
粉碎部所要動力HP	2 ~ 3	5 ~ 10	10 ~ 20	20 ~ 50	50 ~ 75
分級部所要動力HP	$\frac{1}{4}$ ~ $\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$ ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 5

(註) M. D—1 型の試験機備付けあり。テスト歓迎。

最近の興味あるテスト例

細川鉄工所営業部試験室に於ける最近のテスト例の中興味あるものを次に掲げます。御実験者の利害を考へて記述は抽象的にしました。

	原 料 名	粒 度	テ ス ト 機
無	アルミダライ粉	30Mesh 程度	ハンマーミル+ファン+バイブシフター VSA—1
	アルミ箔	約 1%	ハンマーミル
	水晶砂	100~200Mesh	スーパーミクロンミル
	サバ長石	250Mesh 96%	スーパーミクロンミル
	マグネシヤクリンカー	150Mesh 98%	スーパーミクロンミル M202NC
	蛭石	335Mesh 99%	スーパーミクロンミル M52NC
	醋酸加里	14Mesh 800kg/h	バイブシフター VSA—1
	過塩素酸アンモン	60~150 Mesh	特殊ハンマーミル
	二酸化マンガン	300Mesh 99%	スーパーミクロンミル M52NC
	酸化銅	325Mesh pass	スーパーミクロンミル M52NC
	磷酸カルシウム	325Mesh pass	スーパーミクロンミル M52NC
	フェロマンガ	20~150Mesh	ハンマーミル H—12
	リサ—ジ	200Mesh	ミクロンセパレーター MS—1
	第二磷酸カルシウム	5 μ 100%	スーパーミクロンミル M52NC
	化成肥料	12Mesh	ハンマーミル H—15
	チタン酸バリウム	2~3 μ	スーパーミクロンミル M52NC
有	米	200Mesh 80%	ミクロンパルベライザー
	フグ乾物	100Mesh 70%	サンプルミル
	乳糖	30Mesh	特殊ハンマーミル
	トウガラシ	30Mesh 程度	サンプルミル
	脱脂大豆	12~60Mesh	コーンパルベライザー
	ト—モロコシ	5Mesh	カッターミル
	"	60~100Mesh	スーパーミクロンミル
	魚粉	100~200Mesh	ミクロンパルベライザー
	ステアリン酸カドミウム	200Mesh pass	ミクロンパルベライザー
	除虫菊	30Mesh	ミクロンパルベライザー MP1
	"	80Mesh 700kg/h	バイブシフター VS—A—1
	モミガラ	70~80Mesh	ミクロンパルベライザー MP—1
	海草	100Mesh 95%	ミクロンパルベライザー MP—1
	コルク	約 5%	カッターミル 5HP
	"	20~30mesh	ミクロンパルベライザー MP—1
	タンニン	約 500Mesh	スーパーミクロンミル M52NC
	尿素	150~200Mesh	サンプルミル
	アラビアゴム	200Mesh 97%	ミクロンパルベライザー MP—1
	松炭	20~100Mesh	ハンマーミル H—12
	カーボンブラック	見掛比重 0.07	スーパーミクロンミル
	シリカゲル	10 μ	ミクロンセパレーター MS—1
機	塩ビフィルム	50Mesh	ミクロンパルベライザー MP—1
	ポリエチレン	100Mesh	ミクロンセパレーター MS—1
	"	50Mesh	特殊ハンマーミル
	CMC(水媒法)	100Mesh	サンプルミル
	"	80Mesh 97%	ミクロンパルベライザー MP—1
	"		

年間行事

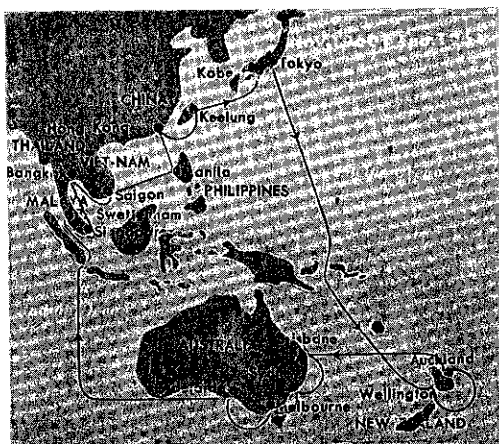
☆第三次日本産業巡航見本市

(昭35.10.31~36.2.18)

見本市船安芸丸は昨年10月31日東京港発掲示の九ヶ国13港を歴訪して2月18日神戸港に帰港した。

当社は2小間に微粉碎機スーパーミクロンミルM52型、微粉碎機ミクロンパルベライザーMP-1型、粗砕機ハンマーミルH12型、微粉碎機ミクロンミルMON型と分級機ミクロンセパレーターMS-O型を連結した実験プラント、乳化機デイスパーミルD-1型とVD-1型、簡易粉碎機コンマーミルの7種を展示した。

東京支店営業課長村井二郎は空路派遣団に参加し、本船に前後して各地を訪問しPRとアフターサービスに当り2月14日無事伊丹空港に帰着した。



☆細川粉化工業(株)の設立 (2.16)

細川鉄工所が製作する機械を使用し、細川粉体工学研究所が研究する技術を以て、顧客の依頼に応じて賃加工のベースで粉体の処理・加工(粉碎、分級、篩分、乾燥、混合、攪拌、乳化等)を業とする目的を以て設立せられた。事務所及事業所を港区高尾町2丁目30番地の旧工場跡におく。

粉体の処理・加工に特殊の技術を要するとき、本設備以前の試製とか応急生産、又は工場機械の設備することが困難な場合等に御下命、御利用下さい。

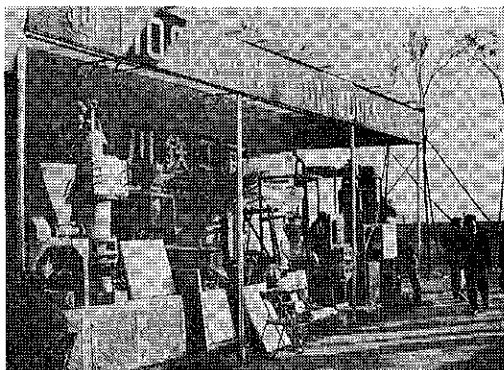
☆従業員伊勢、鳥羽方面慰安旅行

(3.26~27)

細川厚生会の主催に依り本社従業員全員の慰安旅行を行つた。伊勢にて神宮参拝、鳥羽にて一泊、翌日鳥羽湾、真珠島に遊び良き Recreation をもつた。

☆東京国際見本市 (4.17~5.7)

第四回東京見本市は上記期間、東京晴海会場で開催され、当社東京支店の担当を以て、屋外小間3小間に、乾燥粉碎機ミクロンドライヤーMD-1型、微粉碎機スーパーミクロンミルM52型、分級機ミクロンセパレーターMS-1型、振動篩機バイブシフターVSA-1型、湿式粉碎機ミクロンニューコロイドミルC-1-M型、及実演用として粉体連続排出装置フロートロン2機に粉面制御器ミクロンレベルコントローラーを連結した自動制御装置を出陳した。

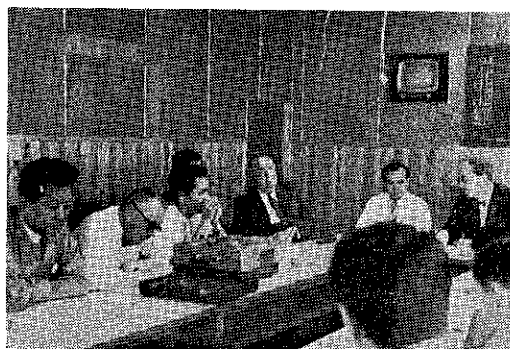
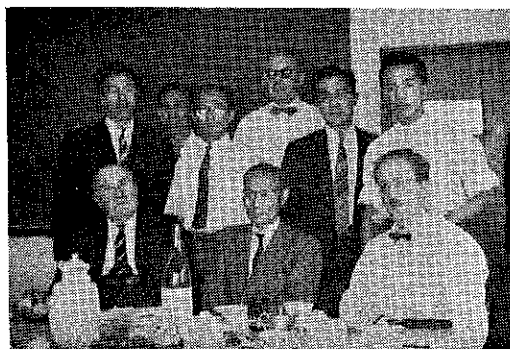


☆細川インターの G. Sale 氏等来社

(5.23~6.3)

英国細川インターナショナルの代表ジョージセール氏とマネジャー兼主任技師Aラングトン氏が来日し、上記12日間大阪に滞在し、当社製品の欧州市場へのMarketing及技術知識の交換、総代理店契約の改訂等について極めて真摯な会議をもつた。

年初来H. インター向輸出は活発であり特に English Clay 社(英)向スーパーミクロンミル75HPと7½HPの2台、ミクロンセパレーターMS-2型、Henry Hawkins 社(英)向スーパーミクロン75HP、F.W. Berk 社(英)向スーパーミクロン7½HPとミクロンセパレーターMS-1型、Turner Bros.社(英)向スーパーミクロン7½HP、Union Carbide Nuclear(原子力)会社(米)向ミクロンセパレーターMS-1型等の輸出は、日本製産業機械の欧米進出事例として特記に値すると自負している。



☆西日本機械展 (5.26~6.7)

福岡県、小倉市、九州産業技術連盟の主催を以て小倉市旧陸軍造兵廠跡の特設会場で開かれ、当社よりはスーパーミクロンミル7 $\frac{1}{2}$ HP、ミクロンパルペライザー5HP、ハンマーミル3HP、フロートロンを出陳した。当小間来訪者1700名で盛況であった。

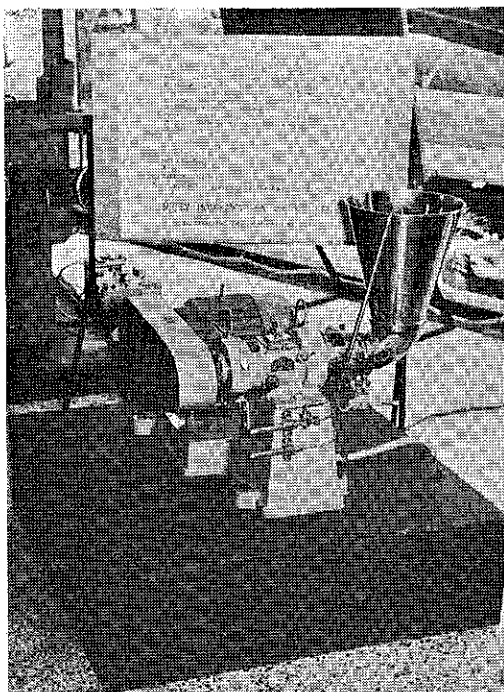
☆当社役員改選 (4.18)

細川鉄工所創立46周年の記念日に当り、創立者細川永一氏は社長の任を専務細川益男氏に譲つて第一線を引退され、爾後は相談役として諸般の御指導をいただくことになった。新役員と業務担当次の通り。

相談役	細川 永一	取締役	松山 卓蔵
取締役社長	細川 益男	技術部長	間島 淳一郎
専務取締役	細川 明彦	営業部長	松岡 三平
大阪工場長	納 五平	総務部長	田村 信次
取締役	細川 豊	監査役	伊藤 晋三郎
東京支店長			

☆ボンベイ日本中小企業機械展 (6.12~22)

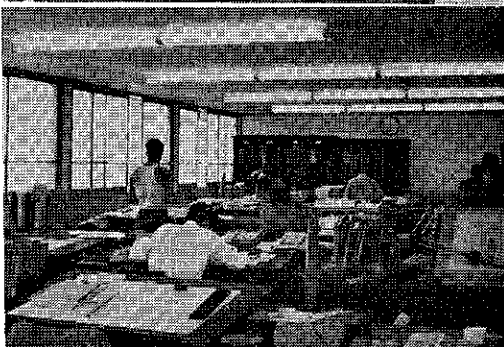
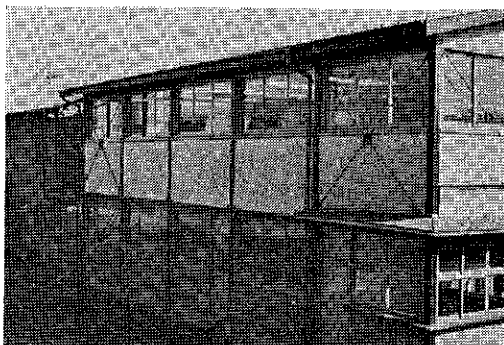
Tetro の主催を以てボンベイ機械センター開設3周年記念行事として開催され、当社よりは粗碎機ハンマーミル5HP用と乳化機デイスパーミル5HP用を協賛出品した。



☆新工場事務所竣工 (6.24)

3月着工の新工場事務所、軽量鉄骨造二階建延293平方米が完成し6月24日完工式を挙行了した。

階下に製造部事務室、工場長室、応接間等をおき、階上を設計室とした。これを以て一部附帯工事を残して昨年



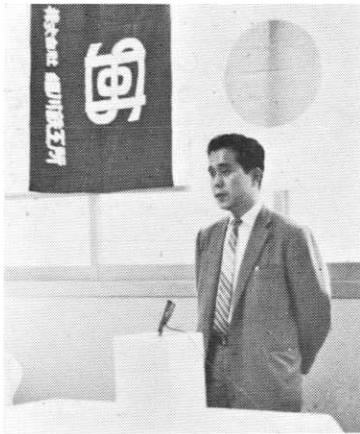
来の新工場建設計画 5 棟 2,723 平方メートルを完工した。

☆創立46年記念式 (6.24)

定例は 4 月 18 日であるが、今年は新工場事務所の完成を待つてその竣工式を兼ねて挙行了した。

この席に於て、特に前社長細川永一氏より「創立46年の回顧」と題して創業の経緯、苦難時代、発展時代等と種々の挿話をおりまぜての訓話があり一同感銘した。

会社より贈呈の胸像除幕式を行い優良社員、永年勤続社員、年間皆精勤社員の表彰が行われたのち祝宴をもつた。



社長挨拶



会長胸像除幕式

☆粉碎試験室の利用状況

(昭35.12月~36.7月)

期間中における顧客の当社試験室の利用状況は次の通り、御利用を歓迎します。

年 月	昭35 12月	昭36 1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	合 計
件 数	79	32	56	56	107	85	70	79	564

東京支店 便り

本年に入り業務益々繁忙を極め、本社との連絡激増のため、かねてテレックス設置を計画中であったが、ようやく 2 月 28 日開通し、円滑な業務運営が出来るようになった。第三次日本産業巡航市に支店村井営業課長を派遣し、大いに成果をあげたことは別記の通り。

6 月 15 日、化学工学協会主催の“最近の粉粒体供給装置について”の懇話会が八重州口ビル 7 階ホールで開催され当社より横山技術課長が“フロートロン”について説明した、来会者約 150 名で盛会であった。

昨年末より本社より田中設計課長を支店に迎え、技術部の設置、強化に伴って各種プラント類の受託倍増し、支店処理の外注加工が多方面に亘つてとみに増加している。東京支店における試験室の利用状況は次の通りである。(7 月 20 日現在)

	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月
台 数	35	34	43	36	27	22	39	39
件 数	30	25	32	29	20	19	34	29

編 集 後 記

- ※ まず最初に第 7 号の発行が大変遅くなりましたことをお詫び申し上げます。
- ※ 7 月末発行予定が 3 ヶ月もおくれ、熱心な読者からたびたびおしかりを受けました。
- ※ その度に編集子は恐縮したり喜んだりしております。
- ※ 今後は年 2 回の発行を守つてゆきたいと思います。
- ※ それにつけても貴重な御執筆原稿を下さいました各先生方に厚く御礼申し上げます。
- ※ “だんだん協会誌みたいになるんじゃないか”そんな声なき声がかこえたりしてきますが、できるかぎり“粉碎”誌の独自の味を保ちたいと思つております。
- ※ 9 月 16 日の 18 号台風では 研究所の実験室も 65cm の浸水で泥水につかりました。
- ※ 最後にお見舞をいただいた多くの方々誌上より厚く御礼申し上げます。(Y)

„粉 碎” No. 7 1961 年 秋 季 号

昭 和 36 年 10 月 15 日 印刷

昭 和 36 年 10 月 20 日 発行

編 集 者 横 山 藤 平

発 行 所 細川粉体工学研究所

大阪市港区三ツ樹町 11 番地

印 刷 所 K.K ナニワ印刷所

大阪市北区川崎町 38

(非売品)

細川の粉碎機

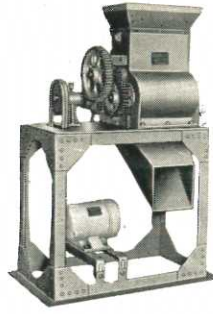
粉碎・乳化・分級・篩分・輸送・集塵 その他 粉体化学機械装置 設計 製作



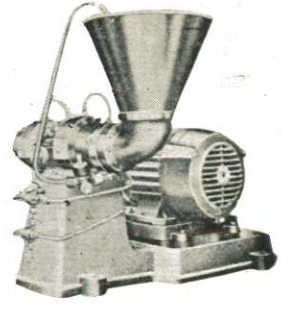
ミクロンセパレーター



サンプルミル



アイスクラッシャー



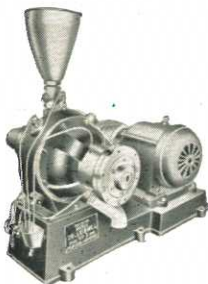
ディスペーミル



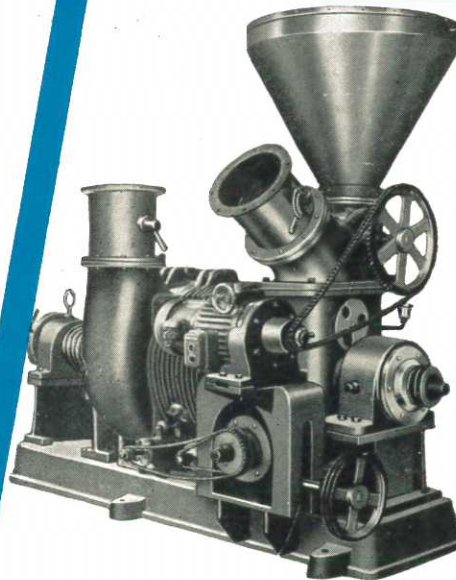
縦型ディスペーミル



ハンマーミル



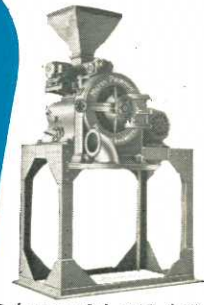
コロイドミル



スーパーミクロンミル



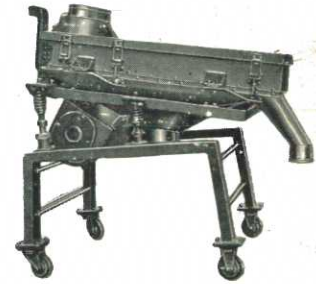
ボニーミキサー



ミクロンバルペライザー



パイプシフターA型



パイプシフターB型

株式会社 細川鉄工所



本社工場

大阪市港区高尾町2丁目30番地
電話本社築港(57) 代表 5631~4

工場

代表 5678~9

細川粉体
工学研究所
東京支店

大阪市港区三槌町11番地
東京都中野区新井町12番地
電話 中野(386) 3434

(本社局番号1962年2月4日より(571)に変更します)