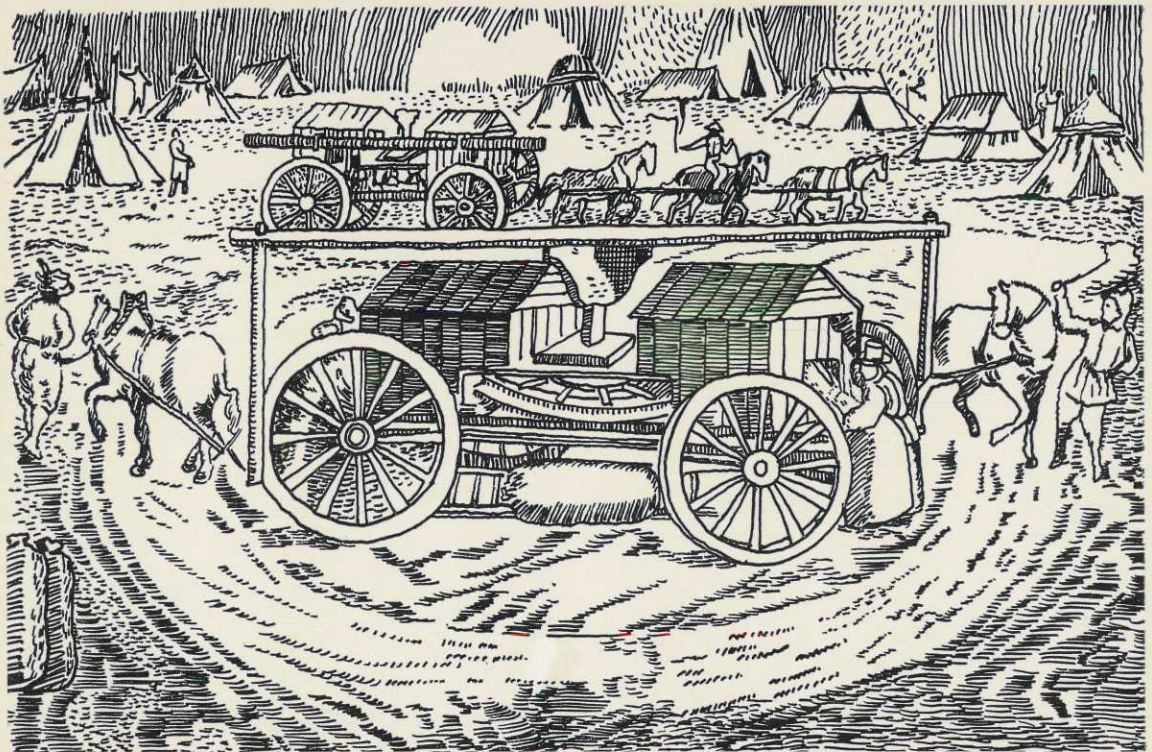


新 碑

THE MICROMERITICS



No.4

SPRING

1960

細川粉体工学研究所

粉碎機の特性と粉体の粒度分布

京都大学工学部 教授 中 川 有 二

粉碎という仕事はなかなか厄介な仕事である。ただ材料を砕けばよいというのなれば、至つて簡単なことであるが、砕かれた状態を指定されると粉碎は非常に難しい仕事になる。材料が砕かれる場合、材料は特有の破壊を起してなかなか思うようにならない。種々の粉碎条件すなわち、粉碎物の条件に合致するような粉碎を能率よく成し遂げる粉碎機を設計製作せよとなると尚更困難な問題となつてくる。ところが大抵の粉碎機で粉碎された結果をみると、その粉碎物の粒度分布は、測定してみると、Rosin-Rammler の式で示されるような分布か、あるいはこれに近い分布になつていようである。これは粉体という集団に粉碎という操作が行われるときに、粉体全体が抵抗する挙動が割合に共通的な性質をもっているためである。しかし、一方考えてみると、粉碎機というものは勝手に構造に設計して、勝手に運動をするように造ることができるものであるから、粉碎が行われた後の粉碎物の粒度分布はかなり自由に変えられるはずである。粗いものは砕き、細かいものはなるべく砕かぬような仕組にすれば粒度分布は様なものに近づくはずである。従つて、粉碎が行われたら、どのような粒度分布になつていかる測定することによつて、その粉碎機の特徴を知ることができると考えられる。粉碎機の特徴というものは、この粉碎機でどのような粉碎が行われるかということと、粉碎機がどのような能力をもっているかということである。このうち後者は特性というよりも、性能の問題であつて、これを改善するには、機構上の問題もさることながら、主として機械部品の選択とその改善に帰せられる。従つて、機構上の改善には主として前者に注目する必要がある。このように粉碎機の特徴を考えると、特性の第一はどのような粒度分布になるように粉碎するかということにある。次に特性の第二は粉碎物の粒子の形状に対する特性である。これを要するに、前者は主として量に関係し、後者は主として質に関係する。

私はここで、この量に関係の深い粒度分布について少し、自分の見解を述べて、この方面の専門家の注意を喚起し、あわせて各位の御批判を期待する次第である。

まずある粉碎機が与えられると、その機械の構造と、操作によつて、粉碎物は機構の構造に特有な粒度分布を

示すものと考えられる。しかるに最初、この機械にかけられる材料の粒度分布はこれまた勝手に選ぶことのできるものである。すなわち、原材が任意に規定されるのに結果が定まつてくるとか、等しい分布になるという訳にはいかないはずである。当然、粉碎の初期においては原材の粒度分布に近い曲線で示される粒度分布曲線をもつた粉体がえられるものと考えねばならぬ。私はこのような考えのもとに、粉碎による粒度分布と加えられた正味仕事と粉碎機の特徴との間になりたつ関係を求めようと研究を続けている。新しいことはいずれ学会誌とか適当な機関誌をかりて発表したいと思つている。私はこのような考えのもとに粉碎機を分類するのも一案であり、興味あるものと考えている。また学術的な分類法ではないかと思つている。従来のような外観上の形状とか機構上の種類などによる分類は、単に展示会の出品物のように宣伝上は有効であるが、その間になんらの関連性もなく、勿論理論上の連続性もない。

最後に、本誌の3号43頁に掲載された「お説拝聴」で松山博士との座談で述べられた新日本化精工業の西田氏の「粉碎は遺伝する」という意見は非常に興味深いもので、私は上記の意味で遺伝は当然と考えていることを記して結びとする。

粉 碎、 第 4 号 昭和35年 春季号 目 次

〔巻 頭 言〕

◎ 粉碎機の特徴と粉体の粒度分布

京都大学工学部 中 川 有 三... 1

〔寄稿・報文〕

◎ Micromeritist in U.S.A.

金沢大学工学部 田 中 達 夫... 2

◎ 整粒粉碎について

京都大学工学部 中 川 有 三... 4
同 中 松 井 有 国 夫

◎ 粉碎機の無人操作運転について

細川鉄工所 細 川 益 男
細川粉体工学研究所 松 山 卓 藏... 6
同 横 山 正

◎ 微粉碎乾燥機に関する研究(第一報)

細川粉体工学研究所 松 山 卓 藏...11
同 森 本 益 弘

◎ 微量粉末のX線分析

大阪市立大学理学部 齊 藤 喜 彦...16

Micromeritists in U. S. A.

金沢大学工学部 教授 田 中 達 夫

(在米国ミネソタ大学)

——拝啓 御無沙汰しています。先般「粉碎」誌になにか寄稿せよとの話がありましたが、十分かけるだけの capacity もありませんのでお断りした次第ですが、9月はじめより2週間あまりちよいちよい東の方の粉碎機の会社をまわつたり、また同月末ミネソタ州セントポールで開かれた A. I. Ch. E の National Meeting に出席したりしましたので、そのときの印象を以下に書きますので、よろしければ埋草にでもつかつていただき、粉碎分級関係に関心のある日本の方に少しでも参考にして頂ければ望外の喜びです。それでもし掲載誌がいただけるようでしたら一部是非留守宅の方へお送りねがいたいのです。女房が小生がアメリカへ来てバーばかりに出はいるしとて思っているかも知れませんが、女房へのデモ(?)かたがた、一寸こんなこともしているんだということ位しらせてやる必要がありますので、いやどうもとんだ冗談で恐縮です。——

1. 米国の粉碎機工場のエンジニアとの会話

ミルウォーキーにあるアリスチャーマーズ社で、例の粉碎の第3法則の提案者として有名な F. C. Bond と丸一日共にすごすことができた。丸々と太つた余り鋭どそうな人ではないが、30年の経験に物いわせての貫録は十

分である。いろいろ話したが彼の意見によると、現在ジェット粉碎機はあちこちで作られてはいるが、効率がよくないために特殊の場合を除いてはあまり興味を感じない。それより将来興味があるのは “grinding rock in itself” つまり大きい粒子が小さい粒子を粉碎するような機械の発達が望まれる。たとえば乾式では Aerofall mill、湿式では Rockone と呼ばれる粉碎機など。これによると fines が少く、閉回路にして比較的均一粒子が得られるということである。それから high frequency の Vibration mill、大体1秒に2~3メガサイクルの振動数を与えるので、Work Index は同じか、少しよくなる程度だが粉碎速度が非常に速いのが魅力だということ。

次に検討中であるのは、ソ連において研究の行われた “breaking rock by hydro-electricity” で、これは水槽の中へ岩石をおいて、これに 33,000 volt から最高 10万 volt の放電を与えることによって岩石を砕く方法だそうである。目下の所まだ実用の段階にはならないが、この方法だと岩石の隙間にストレスが集中して効率もよくなるので、特に Rock drilling に向いているようで、将来多くの可能性をもっていると思うということであつた。

また閉回路湿式粉碎機には最近昔の分級機にかわつて液体サイクロンがどんどん使用されるようになってきて

“MICROMERITCS” No. 4 1960 SPRING.

◎ 粉碎粒度分布に関する若干の考察	東京大学工学部 森 芳 郎...17
	同 同 神 保 元 二
◎ 粉体混合に関する一二の知見	松下電工株式会社 蟹 瀬 巖...23
◎ ねちコンペアーの動力と設計方法	大阪大学工学部 植 松 時 雄...28
	同 同 中 村 貞 男
◎ ベビーサイクロンの集塵性能	大阪大学工学部 新 津 靖...32
◎ 平均質核燃料の再処理	日本原子力研究所 矢 島 聖 使...36
	同 同 岩 本 多 美
[文 献 紹 介]	
◎ 乾燥粉碎装置に関する熱精算	亀 井 三 郎...39
[技 術 資 料]	
粉体空気輸送に関する 2,3の所見	水平管路について
	大阪府立大学工学部 北 浦 嘉 之...25
	同 同 長 瀬 洋 一

◎ ミクロンセパレーターの操作因子が	分級に及ぼす影響について
	細川鉄工所技術部...43
[随 筆]	
◎ 会 話 雑 感	上 田 敏 之...21
◎ ヨーロッパの乞食と泥棒	細 川 益 男...22
◎ 無 題	細 川 明 彦...47
[お 説 拝 聴]	
◎ 備北粉化工業株式会社を尋ねて	45
[HOSOKAWA'S NEWS]	
◎ 最近の興味ある試験例	48
◎ 製品案内(その三) Micron Separatorについて	49
◎ 新製品紹介(1) オート・バルバー	51
	(2) 密閉型パイプ・フィーダー...52
◎ 年 間 行 事	53
[micromeritist の Idea]	
◎ 自動秤量装置の一工夫	15
※ 原 稿 募 集	35
※ 表 紙 説 明	52
※ 編 集 後 記	54

いる。Bond 自身の定義による分級効率率は 80~85% で大した変化はないが、運動部分がなくしかも安いのが魅力とのことである。とくに分級の鋭い機械といえば、University of Toronto で研究の行なわれた Hultaine Infrasisizer というのが best device だと思ふとのこと。ただしどのような原理であるかはきき洩した。

分級の鋭どさの問題については Pittsburgh にある Majac 社 (ジェット粉碎機のメーカー) のある Sales manager は、1 μ 附近で clear cut をなすような機械を目標にしているといっていた。ただし現在では 5 μ 附近でもなかなかむづかしいようである。この粉碎機は分級の鋭どさを調節できる点が特色であり、またジェットを正面衝突させて粒子のエネルギーを最高に利用するために効率もよいということであつた。

Boston にある我が国でも有名な Sturtevant 社の Chief Engineer である Glynn 氏は目下小麦のジェット粉碎の研究をしており、特に蛋白質の多い粒子を得ることを目的としていると語っていた。ここで昔から製造されている風力分級機に関連してその分級性能を問いただした所、氏は、なるほど clean cut という点ではもちろん不十分だが、これはこれで例えばセメント工場などで十分役に立っている。その容量といい製品の性質といいコストといい十分に要求にマッチしている。単に分級の鋭どさということならドイツの Mikroplex などが優れているだろう。若い科学者や技術屋はとにかくといえば鋭い分級というようなことばかりに関心を向けたがるが、実際にはそればかりではない。とくに我々エンジニアにとつては、何が一番重要かということは時によつてどんどん変化して行くのだということを云っていた。目下の所小麦のジェット粉碎とセメントの閉回路粉碎に一番関心をもっているということであつた。

2. 米国における粉碎関係の研究問題

9月27日から30日までミネソタ州 St. Paul で American Institute of Chemical Engineers の41回目の National Meeting がありました。発表された論文は76件、幾つかの Symposium にわかれて盛大に行われました。たとえば Process Control, Safety in Air Separation and Ammonia Plant, Mixing 等。この中で粉碎部会で発表されたものは次の通りです。

- (1) Slow Compression Crushing in Single Particle of Glass. E. L. Piret and W. J. Kenny (Univ. of Minn.)
- (2) The Dissipation of Energy in Single Particle Crushing. R. H. Zeleny and E. L. Piret (Univ. of Minn.)

- (3) Evaluating the Resistance of Abrasive Grits to Communion. D. E. Cadwell and E. J. Duwell (Minn. Min. Manu. Co)

- (4) The Ball mill for Pigment Dispersion and Grinding. R. H. Jebens (Patterson Foundry and Machine Co. Ohio)

Equipment の部分で興味のあつたのは

- (5) Particle size Reduction Equipment-Its operation and Maintenance. A. J. Tenner (Safety Ind. Hamden Conn.)

- (6) Fluid Energy Grinding

Stephanoff & Albus, (Fluid Energy Process and Equip. Co. Philadelphia, Pa.)

他の会場の講演の都合もあり、上記の全部は聞けませんでした。この中で (6) は我が国でも有名な Jet-O-Mizer の紹介とそのいろいろな用途とデータを示して説明しましたが、粉碎だけでなく、たとえば濡れて sticky な物質でもこれによつて dehydration や drying も同時に行わせ得るので有用になるということでした。又同時にガスの用い方によつて反応も併用できるわけです。Micronizer と Jet-O-Mizer とどちらがよいのかという質問をした人がいましたが、それぞれ特徴はあるが、Micronizer で砕き得ないものでも Jet-O-Mizer で簡単にくだける所をみるとこつちの方がよいのだろうといつて笑っていました。

これも段々と大型の、しかも変型したものができているようです。隣りに座っている Allis 社の若い技師が発表される図面をさかんにパチパチカメラにおさめていました。

この Allis-Chalmers 社に行つた時に気付いたのですが、私のいるミネソタ大学の Piret 教授の研究室のペーパーに大変注目して、その内容を早く知りたがつていることです。(1) (2) はその一部ですが、エネルギーがどのように使われているかというまことに基礎的な研究で、一寸実用の面からは遠いと思えるのですが、現に Allis 社の若い技師は私に研究室を見せてくれといつて、一通り見て行きました。

粉碎分級といった分野は鉱山関係の仕事でもあり、むしろその方に仕事も多いのですが、この国でも全体として研究者の数は非常に少いといわれております。M. I. T. でもとくに注目すべき仕事はやつていないように思われました。(前にいた鉱山の Charles 教授が General Electric 社に行つて基礎的な仕事をやつている以外には、) 液体サイクロンも必ずしもいい結果は出ていないように小生を案内してくれた Gaudin の下の若い助教授はいつていました。

整粒粉碎について

京都大学工学部化学機械学教室

中 川 有 三

松 居 国 夫

1. 緒 言

特定の粒大範囲内の碎片をなるべく多量獲得し、不必要な過度の微粉の生成を防止するには、どんな粉碎機をどのような操作条件で用いたらよいか、また碎片の形状を一定の形状に揃えようとするには、どうしたらよいか。昭和32, 33年度の粉体技術委員会において、全国の粉碎機の利用者に対して、粉碎における問題点についての調査を行ったところでは、この種類の問題が、かなりの部分を占めている現状であつた³⁾。この問題を取扱った報告をほとんど見ることができないので、問題を解決するための参考資料の一つとして私見を述べる。

2. 碎片の粒度分布

碎片の粒度分布の法則について、筆者らは、別の報告²⁾で、次式

$$R = e^{-(x'/\bar{x})^n} \quad (1)$$

$$1/x' = 1/x - 1/x_0 \quad (2)$$

を提案した。ここで R は x を限界粒径とする篩の残滓量を重量比で表わしたものである。 x_0 は原材料の粒大、 x' は上式で定義する粒大である。 $x \ll x_0$ のときは $x' \approx x$ となり、上式の近似的な関係式として次式

$$R = e^{-(x/\bar{x})^n} \quad (3)$$

が成立つ。(3)式は、Rammler らによつて提案された周知の式⁴⁾に一致するものである。

3. 碎片の粒大の調整あるいは一定の粒大範囲の碎片をなるべく多量獲得するための効果的条件の選定

粉碎にさいして、加えた仕事量に対して、仕事量当りの粉碎量を最大にするための効果的条件は、加えた仕事と粉碎の正味仕事との関係を明らかにすれば解決できる。筆者らが、別報^{1, 2)}で示した正味仕事の提案式は、この条件を選定するための一つの手がかりとなる。以下、正味仕事、あるいは(1)式中の $\bar{x}'$ が一定の場合について、粉碎製品の最大量を獲得するための効果的条件について述べる。

粉碎製品の最大粒大だけが制限されて、最小粒大はどれほど細かくても差支えない場合もあるが、製粉製品の

用途についての研究が進むにつれ、一定の粒大範囲の製品を要求する傾向がある。この際、一定の下限粒大以下の微粉の生成は、無駄なエネルギーの消費であるばかりか、種々の弊害を生じ、この微粉の処理に困却することが多い。たとえば、高炉作業における鉄鉱石の破碎においては、高炉装入時に、炉頂から出るガスに飛ばされないよう、また炉内の空隙率の点から考えて、最小粒大を10mm程度に制限している。

いま、碎片のうちで、粒大 x_1 から x_2 までの範囲を粉碎製品として要求するものとする。 x_1, x_2 を限界粒径とする篩の残滓量を R_1, R_2 とすると、(1), (2)式から次式をえる。

$$R_1 = e^{-(x_1'/\bar{x}')^n}, R_2 = e^{-(x_2'/\bar{x}')^n} \quad (4)$$

$$\text{where } 1/x_1' = 1/x_1 - 1/x_0, 1/x_2' = 1/x_2 - 1/x_0 \quad (5)$$

$$x_1'/x_2' = m \geq 1$$

$$R_2 - R_1 = e^{-(x_1'/\bar{x}')^n/m^n} - e^{-(x_1'/\bar{x}')^n} \quad (6)$$

$$R_2 - R_1 \text{ が最大値をとるときの } x_1'/\bar{x}' \text{ の値は (6) から}$$

$$(x_1'/\bar{x}')^n = \log_e m^n / (1 - 1/m^n) \quad (7)$$

となる。よつて、 m, n が既知ならば、 $R_2 - R_1$ が最大値をとるときの $x_1'/\bar{x}'$ 、 $R_1, R_2, R_2 - R_1$ の値を(4)~(7)式で、算出することができる。Fig. 1 は $1/m$ に対して、Fig. 2 は n に対して、これらの関係を図示したも

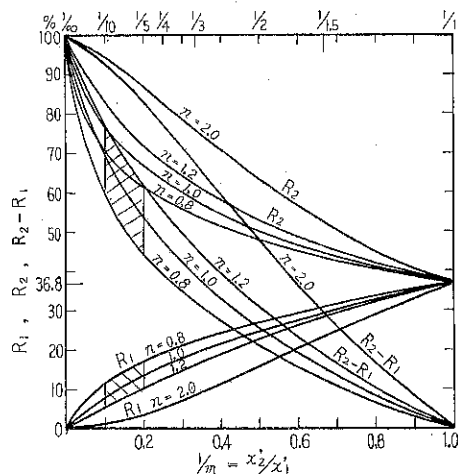


Fig. 1 一定の粒大範囲の碎片量 $R_2 - R_1$ が最大となる条件 (R 対 $1/m$)

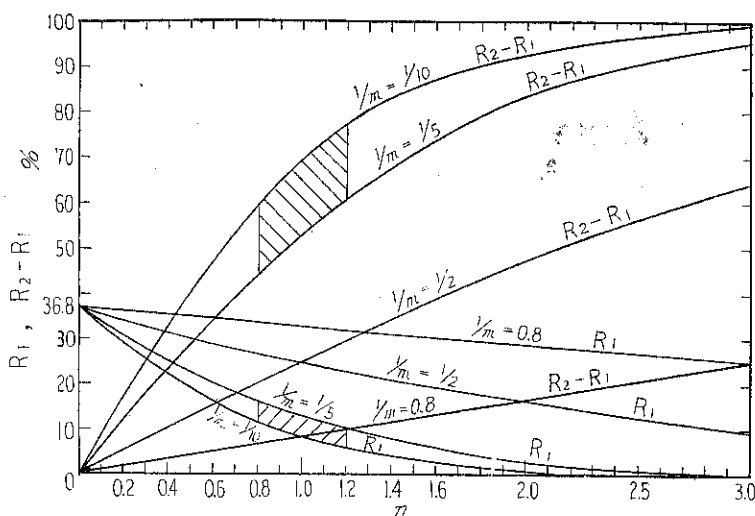


Fig. 2 一定の粒大範囲の碎片量 R_2-R_1 が最大となる条件 (R 対 n) のである。

実際の操作における最適条件の選定は、最大粒大 x_1 に対する R_1 の値を計算値に一致するように、操作の全般にわたって調整すればよい。 x_1 より大きいもの、すなわち、粉碎不充分のものは篩、その他の適当な方法で選別した後、再び元の粉碎機に返すか、または他の適当な補助粉碎機に送る。調整操作としては、原材料の粒大と供給量、粉碎機内に原料が滞留する時間、粉碎機の粉碎有効距離、粉碎機各部の寸法と速度、分級機の設置位置分級機の性能と還流量など、考慮すべき点は多方面にわたる。過粉碎を避けようとするれば、回分式あるいは開回路式粉碎の場合でも、粗粒を保有したままの、ある調整点で粉碎を中止する方法を採用するのがよく、必然的に閉回路式へ進むこととなる。

Fig. 1.2 の図中に斜線で、 $n=0.8\sim 1.2$, $1/m=1/40\sim 1/6$ の場合の最適条件の範囲を示した。経験によれば、一般の破砕機では、希望粒大に対し12~15%の篩上のある程度に調整するのがよく、この方法で1HP/h当りの粉碎容量が最大となり、かつ微粉の生成が最小となると、文献⁵⁾に示されている。これは上掲の斜線範囲にはほぼ一致しているが、本文で述べたように、 n と m の値から R_1 の値を定めるのが、さらに合理的である。

一定の粒大範囲の碎片を獲得する積極的手段は n の値の増大をはかることにある。 n の大きい機種を選定し、 n がなるべく大きくなるような操作条件をさがすことである。鋭利な刃物で原材料を剪断して、同一寸法に近い断裁片がえられたら、 n の値は極度に増大する。しかし粉碎の対象となる原材料は脆性材が多く、剪断破壊が行われにくく、実際には衝撃、圧縮、曲げ荷重による引張破壊が行われている場合が多い¹⁾。また荷重をうける面積が大きく、材料内部の多数個所で破壊が起り、大小種々の碎片を生ずるのが普通である。荷重をうける面積

を小さくして、なるべく線の形にして、材料内部に単一方向の極めて大きい引張応力が発生するように努めれば、 n の値の増大に有効であろう。ジョー、ジャイレトリ、ロールの粉碎部に刃状突起を設けたものや、カッターミルなどはこの種の粉碎機として有効であろう。

4. 碎片の形状の調整

粉碎製品の用途の点から、碎片の形状を塊状、球状あるいは扁平状などの一定形状に調整する要求がある。たとえば塗料用金属粉では、光沢、被覆力の点から扁平状の碎片を

望む。また研削材の研磨布用では、鋭角部に富む碎片を、研削材のそのほかの用途には球状の碎片を要求する。一般に単一方向の圧縮粉碎による碎片は扁平状で、かつ鋭角部分に富む。衝撃、非衝撃の圧縮速度は、碎片の形状と粒度分布指数 n の値のいずれにも、ほぼ無関係である¹⁾。多方向の衝撃粉碎では塊状碎片が増すが、鋭角部分に富む。摩擦粉碎による碎片のみの形状と、碎片のみの粒度分布指数 n は、衝撃圧縮粉碎時のそれらとはほぼ一致している。しかし碎片を剝離された後の残留体の形状は、鋭角部分が少なく、球状に近い。 n の値は碎片と残留体の割合によつて変化し、一定の値をとりがたい¹⁾。たとえば、粒大が揃つて、 n が極めて大きい原材料の摩擦粉碎では、試料全体の細粒化の観点からの、全体に対する n の値は、微粒域では極めて小さく、粗粒域では依然として大きい値を保つ場合が多い。

大塊の原材料を経済的に細粒化するためには、摩擦粉碎でなく、高能率の衝撃粉碎を用いるのが効果的である。希望する粒大附近に達した後、粒大の微細な調整と、碎片の球状化を目的とする最終段階においては、摩擦粉碎の採用が効果的である。

5. 結 言

一定の粒大範囲の碎片を獲得するための操作条件、ならびに碎片の形状を一定の形状に調整するための操作条件の選定法について述べた。整粒粉碎を実施する際の参考資料になれば幸いである。

文 献

- 1) 中川・松居：化学工学 p 349, No.7, Vol. 19(1955) ; p80, No.2, Vol. 21 (1957)
- 2) 中川・松居：化学工学 p694, No. 11, Vol. 23(1959)
- 3) 粉体技術委員会：化学工学 p774, No. 11, Vol. 23 (1959)
- 4) Rammier : Z. VDI Beih. Verf. p 161, No. 5(1937)
- 5) 亀井三郎：粉碎 (産業図書) p 94 (1943)

粉砕機の無人操作運転に就て

細川鉄工所専務 細川 益 男
 細川粉体工学研究所 工博 松 山 卓 蔵
 細川粉体工学研究所 横 山 正

I 緒 言

戦後、あらゆる分野に亘る生産工業が急速にオートメーション方式に切換えられた事によつて、製品の均一性コストの低下、保健上の安全性等多くの利得を実現し第二の産業革命をもたらしたとさえ云われている。

昔は何百人かの女工を要した紡績工場が、現在では数人の監視のみで無人運転することが可能であり、手工業に頼った包装作業も今は一台の機械が何百人分かの能力を発揮している。又各種の単位操作が複雑に組合わされた化学工場の製造プラントでさえ、調整室における測定器類と指示灯の監視のみで殆んど無人で活躍している。

この様に殆んどの産業が自動化されているにも拘らず、粉砕機を使用する各種の工場、特に製粉工場に於ては未だ完全な自動運転装置は採用されていず、数米先が見えない粉煙の中で人間が粉砕機のフィーダーのゲートを調節しているのが大方の現状である。

従つて粉砕機における完全自動運転（無人運転）の研究と実施は、製品粒度の均一性、Costの低下、能率の向上、製造工程の合理化、保健衛生上からも当然要求される問題で、大きな研究テーマの一つであると考えられる。

こゝに過去の経験と二、三の試作実験のデーターからその方法と可能性を検討し、粉砕機と埃はつきものと云つた古い考えを一掃する、無人無塵粉砕プラントの試案をまとめてみた。

II 粉砕機の自動運転に必要な条件

粉砕機を自動制御運転するに必要な条件としては次の如きものが考えられる。

1. 原料供給の自動化

原料を粉砕機のホッパーに供給するのに人手によつて入れる場合、原料貯蔵槽から直接入れる場合、Convayor による場合等使用状況に応じて種々の場合が考えられるが、何れにしても粉砕機のホッパーが空になれば、報知、あるいは自動供給を行う。自動供給の場合はホッパーが一杯になれば、自動的に供給を停止

する。

2. Feeder の流量制御

粉砕機を常に最高能力で運転するため、その粉砕能力に応じて供給量の調節を行う。

3. ノズル粗粉の連続循環装置

スーパーミクロンミルでは機外に排出されるノズル粗粉を連続的にホッパー、あるいは粉砕室に戻す。

4. 製品の連続排出

Cyclone あるいは Bag Filter から製品と空気を分離して連続的に排出する装置。完全な air lock Valve が必要となる。

5. Bag Filter の圧損の検出

Open Circuit で運転する場合、Bag Filter の圧力損失の変動を検出して、Bag Cleaner を仿かせ、過抵抗を常に一定に保つ。これによつて風量の変動を防ぎ、製品粒度と能力を安定させる事が出来る。

又、自動制御には直接関係はないが、当然要求される条件として

6. 集塵装置

7. 防音装置（防音装置を施した密室に粉砕機を入れる）。

8. 異物除去装置（例えばマグネットセパレーターの取付け）

等の配慮が必要で、その他調整室には、

9. 風量測定装置

10. 製品生産量の指示装置

11. ホッパー貯蔵量指示装置

等の監視計測器が必要となる。

III Table Feeder の自動流量調節装置

先に吾々は Table feeder の自動流量調節装置を製作して特許（第239974号）を得た。これは粉砕機の motor 電流量をある値に設定し、この過不足に応じて feeder の Knife の位置を調節する機構のものである。即ち、8秒間隔で動作する電磁石と、互いに反対方向の2組のラチェットを Knife に組合せ、電流の過不足によつてこのラチェットの爪を何れか一方に切替えて、Knife を

出入させた。

この装置は比較的供給し易い材料に対しては広く使用されているが、必ずしも万能とは云えない。これは上述した機構があらゆる種類の粉体に対して万能でない事と、電流の変化量と Knife の動きに量的な関係がないため、急激に起る過大な負荷を直ちに補正することの出来ない欠点があった。しかし、後に述べるように粉砕機（特に微粉砕機）においては供給量と負荷の関係は常に比例的でなく、非常に不規則な形で突発的に過大な負荷のかゝることがしばしばある。又、自動調節を行う粉砕機の feeder は特に粉砕材料の性質に合せて選ぶ必要がある。こう云つた種々の場合を考えて、今回は出来る限りの広い範囲に利用出来る自動調節供給機の研究を行った。

IV Screw feeder による on-off 方式の予備実験

粉砕機にミクロンミル (M₂S 型) を用い feeder を Screw feeder に替えて供給量の自動制御実験を行った。装置は前回の table feeder 用の Controller の一部を改造して、on-off 方式としたものである。

最初、炭酸カルシウムを用いて実験したところ Screw の回転は 17r.p.m. 一定で、電流は 13~19Amp. (15Amp. に設定) の範囲を短い週期で変動した。

タルクを用いた実験では炭カル程大きな変動はなく週期も長いが、やはり 4~5 Amp. の範囲を往復する。

このうち、feeder に無段変速機をつけて、その回転数を 13.5r.p.m. に調節したところ炭カルで 14~16Amp. の僅かな変動範囲で 10kg/25 分を一定状態で運転する事が出来た。

これに依つて feed 量さえ適当に調節しておけば、on-off 方式でも十分に安定した制御を行う事が出来る事が分つた。

V 粉砕機における負荷の自動制御方式の検討

i) 検出と制御の方法について

粉砕機にかゝる load の過不足を検出する方法として今迄は motor の電流変化を利用する方法で考えて来たのであるが、これについて再検討すると次の方法が考えられる。

1. 粉砕室内の圧の変化を利用する方法

粉砕室内が Over charge で Hold up が大きくなると、空気抵抗が大きくなり当然粉砕室に於ける圧力損失が大きくなる。これを検出して feed 量を調節する方法である。

2. ミルの回転数の変化を利用する方法

誘導電動機は一定の負荷の範囲内では大体定速回転するが load が大きくなると slip を起して回転数が低下する。この変化を検出する方法

3. Shaft にかかる torque の変化を利用する方法
over load の場合の Shaft の捩れを Strain gauge 等により検出して feed を調節する。
等が考えられ又 load の調節には

1. feeder の能力を直接調節する方法

2. 粉砕室内に滞留している碎料を瞬間的に機外に排出する方法。スーパーミクロンミルではノズル孔を利用して瞬間的に全開にする。この様にすれば極度の過負荷により motor が停止焼損する事を防ぐ安全装置となる。

以上の様な種々の方法が考えられるが、最も簡単で確実なのはやはり、motor の電流量を目安にして供給能力を調節する方法であろう。

ii) 連続動作方式か？ on-off 方式か

連続動作方式と云うのは load の大小の程度を検出してこれを調節装置に送り、その変化の程度に応じて、feeder の流量を調節する方式である。

この場合の on-off 方式とは設定値以上に load が増えた時は feeder を停止させ、設定値迄下つた時再び feed する方式でこの場合は feeder の供給能力は一定である。

ここで粉砕機に於ける feed と負荷の状態を motor の電流を目安にして考えて見ると、粒度の揃つた比較的定量的供給のし易い原料の場合は、一定の電流に於て安定した運転を続ける事が出来るが、粒度が揃ひで供給むらの激しい原料の場合は電流は絶えず変動する。

粉砕室の容量が小さく、motor の能力一杯で運転すると、瞬間的に供給量が多くなつた場合大きな負荷がかかり回転数は激減し、粉砕能力は低下して粉砕物の排出が悪くなる。一度こう云つた状態になると、供給を中止しても、なかなか元に戻らない。遂には運転を中止せざるを得なくなる。即ち、粉砕機の過負荷はそれを検出して、偏差量を feed back し供給機を調節するのでは既に遅く、たとえ over load の状態で運転が出来たとしても、供給量を減らしたのでは定常に戻る時間が非常に長くなり自動調節にならない。この様な時は機内へ入つた余分の碎料を直ちに機外に排出するか、あるいは供給を完全に停止するのが最も早く粉砕機を定常に戻す方法である。従つて粉砕機の負荷制御を行う場合の調節方式は連続動作方式よりも、むしろ機構の簡単な on-off 方式の方がその目的に沿うと云う事が出来る。

但しこの on-off 方式の一番大切な事は feed 量の設定で、これが大きすぎると電流は短い周期で広い範囲を

往復する。又少な過ぎると調節装置は無用の長物となり粉砕機はその能力を十分に發揮する事が出来ない。この適当な feed 量の設定を自動的に行う事が粉砕機に於ける自動制御装置の重要な Key point であると思われる。このためにも調節が容易で運転中供給量の変動の少ない feeder が要求される事になる。

VI Feeder について

Feeder は粉砕機に於ける自動制御装置の最も主要な部分であり、これの選定の適否が制御の性能の良否を決定する事になる。粗塊から微粉迄の原料を供給する feeder は種々の型式のものが考案されているが、一応微粉砕機を対象として考えると次の如き型式に大別される。

- i) Shaking feeder ii) Screw feeder
- iii) Rotary feeder iv) Table feeder
- v) Vibratory feeder

等をあげる事が出来る。

次に自動制御装置としての feeder に要求される条件を考えて見ると、

- 1) 流量調節の方法が簡単な事。
- 2) 遠隔操作が容易に行える事。
- 3) 流量の調節範囲が広い事。
- 4) 連続供給が出来て、流量の変動の少ない事。

以上4点は Automatic feeder としての必須要件である。この外に具備すべき条件をあげると

- 5) 簡単で故障の少ない事。
- 6) 占有容積の小さい事。
- 7) Air seal が出来る事 (加圧又は減圧された pipe line 中に供給する場合)。

等があげられる。

今この条件のうち主なものについて、上記5種の

Table 1 自動制御装置用としての各種 feeder の比較

項目 \ feeder	Shaking	Screw	Rotary	Table	Vibratory
遠隔操作による流量調節の難易	困難	remote Control の出来る無段変速機を必要とする。		回転数を変える為には左同様。Knife の調節は機械的に複雑になる。	電氣的に容易に行える。
流量調節の範囲	広い範囲に変えられるが微調節は困難である。	回転数の制限を受けるから広い範囲の調節は困難。		Knife の調節により広い範囲に変えられるが、粉の種類によつては流量の変動が大きい。	広い範囲に調節でき比較的流量は安定している。
流れ具合	連続供給出来る	だんご供給		連続供給出来る。	
スペース	最も小さい	基準として		最も大きい	小さい
価 格	安い	remote control 用の無段変速機を必要とし非常に高くなる。			安い
消費動力	小さい	Vibratory に比べてはるかに大きな動力を要する。			極めて小さい
Air Seal	不可	可	可能	不可	可

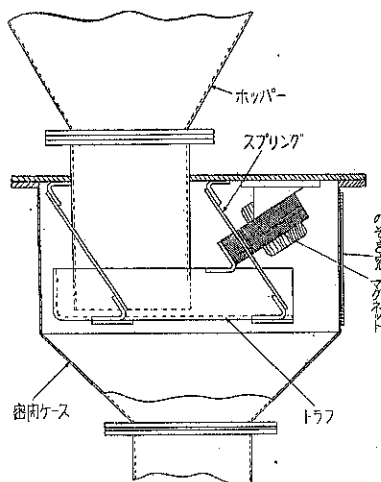


Fig. 1 密閉型 Vibratory Feeder

まゝホッパーと直結すれば何れの feeder も粉体に依つて air seal することが可能である。ただ Vibratory feeder はトラフ自体が高い周波数で振動するため投入口部分やホッパーとの連結部分に面倒な工夫が要り、特に air seal を必要とする場合はとにかく敬遠され勝ちであり、未だ常用 feeder として粉砕機に組み込まれたものを見ない。

しかし下記の表に依つても分る通り、Vibratory feeder は自動制御装置の feeder として最も都合のよいものである。

こう云つた考えから Fig. 1 (photo. 1) の如き密閉型の Vibratory feeder を試作し実験した所ホッパー中の粉体により完全に air seal が出来、BHC、カオリン、甘草、二酸化マンガ、炭カル、タルク等の一般的な材料について非常に良好な結果を得た。巾 75 mm のトラフを用いたが、タルクで最高約 600kg/h の能力がある。消費電力約30Wであつた。

feederを比較してみたのが Table 1である。

表中 Air seal の出来るのは rotary (air rock) valve のみであるが、粉砕装置の輸送圧は比較的低いからその

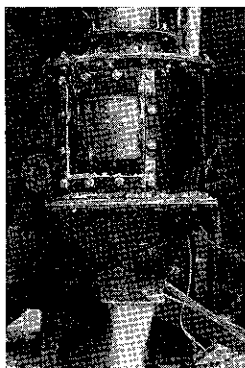


Photo. 4 電磁振動式
連続排出装置 (Auto-
Valver)

型 Cyclone をセルロイドで作つてホッパーの上に配管でセットした。(Photo. 2 参照) Cyclone 下部には簡単な弁バルブをつけて、負圧を利用して Seal し粉体がたまればその重量で自然に垂れ流れる様にした。弁バルブの Seal が完全に出来なかつたので少し空気がもれ込んだが、粗粉は十分に捕集出来た。又、ノズル粗粉をホッパーに戻さず直接粉砕機に戻す場合の事も考慮

して、Fig. 2 点線のように配管が出来るようにした。

以上の装置に依つて一応原料供給から製品排出迄を完全自動操作に依つて運転してみた。別室の Controller の電流計のみを時々監視したが、15Amp. の設定電流 (5HP motor を使用したので少し over load であるが)、に於て炭カルの場合もタルクの場合も約 1 Amp の変動範囲

で Constant な運転が出来た。一回の運転時間は約30分間である。ホッパーの原料がなくなつて Hopper Indicator が閃くと Controller のパイロットランプがつきブザーが鳴つて空になつた事を知らせる。製品は Cyclone 下の排出バルブから出て受箱の中に溜つており、十分に無人運転の目的を達した。只、feederの流量の設定は最初に電流計の動作をみながら適当に定める必要があるが、これは最初に決定しておけば、その後の変動は自動的に補正されるから不便はなかつた。

VIII 結 語

以上自動制御装置としては初歩的な段階ではあるが、粉砕 plant の無人操作運転に就ての試みと可能性について述べた。費用も他のオートメーション装置に比べ非常に安価に出来る。

何れ今後の粉砕、分級 plant はこう云つた方向に切換えられる事は明かで更に高度の自動化が要求されるであろう。Fig. 4 に一つの粉砕・分級プラントのオートメ化の構想を画いて結語とする。

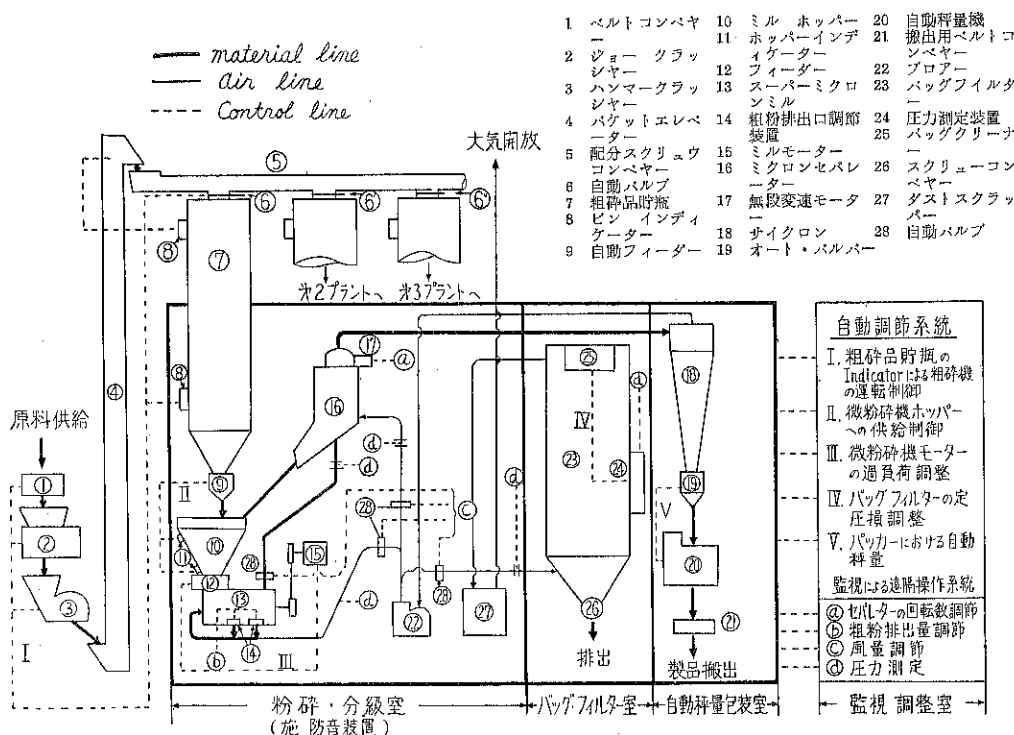


Fig. 4 自動化された粉砕・分級プラントの試案

微粉碎乾燥機に関する研究 (第一報)

細川粉体工学研究所 工 博 松 山 卓 蔵

細川粉体工学研究所 森 本 益 弘

(1) 緒 言

乾燥微粉末を要求する声は、化学工業界始めあらゆる分野に於いて、最近特に大きくなりつつあるが、今迄はこれらの要求に対してはあらかじめ何らかの方法で乾燥した原料を、微粉碎機によつて粉碎するのが常道であった。私達は Flash Dryer に於いて、乾燥面積を極度に増大せしめ気流中に材料を分散させ効率の良い乾燥を行っている点に注目し、これを更に改良し、より大なる乾燥面積を材料に与える事の有利性に着目すると共に、私達の多年にわたる微粉碎と分級の技術を生かし、微粉碎、分級、乾燥の三工程を一元化する事により、業界の要求に答えるのが、課せられた義務の一つであろうと考へ、これら三工程を一度に行い得る微粉碎乾燥機を考案し、その性能等について検討を加えたので、ここにその1例を報告する。

(2) 実験装置

Fig. 1 に実験装置の概略を示す。なほ実験の初期にはバグフィルターに代りに、風車の前で、水をスプレーし除塵を行つたが、実験の進捗と共に予想以上に熱伝達が良好で、その排気ガス温度の低いことが分り、バグフィルターの使用が、可能となつたのでこれを採用した。熱源としては灯油を毎時 11~31 燃焼させ得るロータリーバーナーを用い、供給機としては内径 65φのスクリュューフィーダーを採用し、出来るだけ急勾配のホッパーを取り付けた。材料の種類、状態によつては、ホッパー内でブリッジを作るものもあつたが、出来るだけブリ

ッジを作らない様な状態にして実験を行つた。

微粉碎乾燥機は、Fig. 2 に示す様な構造で、その下端には 4000~8000r.p.m. の強力な高速衝撃式粉碎機が、それに対向してミクロンセパレーター (MS-1) を改良した

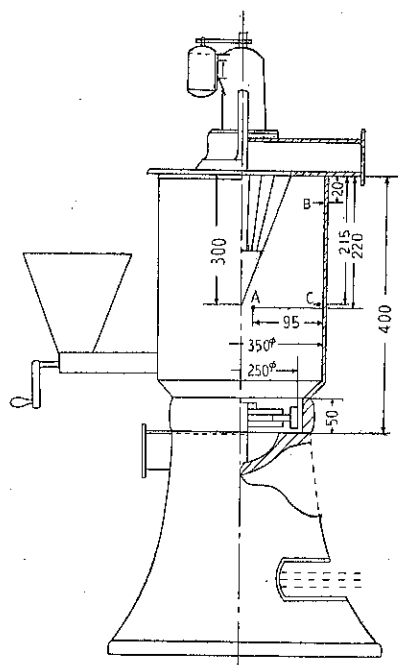


Fig. 2 微粉碎乾燥機説明図

分級機が取り付けられて居り、各々粉碎部と、分級部を構成している。乾燥管は乾燥機出口と、サイクロンを結ぶ最短長さで連結された平均直径 120φ、長さ 1m のものである。集塵機として用いたサイクロンは直径 400φ、高さ 2m のもので、10m³/min. の常温空気を用了場合に、100mmAq の圧力損失を示す如く設計され、その下端には、ロータリーバルブを取り付け、製品を連続的に取り出している。送風機はターボプロアーで 2300 r.p.m., 3HP で運転している。バグフィルターは、帆布としてネル地を用いた、濾過面積約 10m² のものを採用した。

(3) 実験結果

(A) CaCO₃ の粉碎乾燥

CaCO₃をハンマーミルで粗砕し、30mesh の篩で篩分けた篩下品に水を加えて、含水率の異なる原料を作り

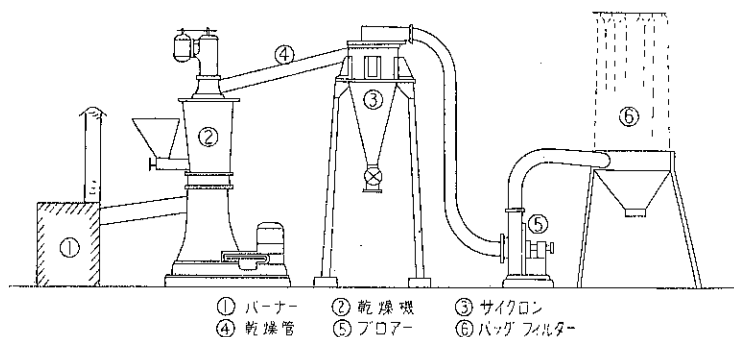


Fig. 1 実験装置概略図

Table-1

CaCO₃ の粉碎乾燥データ

Run No		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
原料 状態	粒 度	30 mesh all pass	30 mesh all pass	30 mesh all pass	100 mesh pass	100 mesh pass	100 mesh pass	30 mesh pass	30 mesh pass	30 mesh pass	30 mesh pass	Hamm er mill 粗砕品
	温 度 [°C]	30	31	26	29	30	28	29	26.5	26	27	21
	含 水 率 [%]	16	22.4	8.7	21	9.4	26.6	24.6	22.9	22.1	19.9	24
	供 給 量 (kg/hr)	120	96.5	96	102	240	150	145	100	84	154	173
室 温 [°C]		30	30	29	31	30	30	28	28	28	31	22
運 転 条 件	ミル回転数 [r.p.m]	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	8000	4000	4000	5600
	分級機回転数 [r.p.m]	500	500	500	500	500	500	500	1000	1000	500	1000
	ミル所要馬力 [HP]	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	7½
	ガ ス 量 (kg/hr)	435	480	460	360	390	500	530	320	360	485	440
	ガス 温度 分布	ミル入口 [°C]	166	187	125	233	208	280	195	240	190	268
		ミル出口 [°C]	75	69	68	77	76	93	62	102	98	70
		サイクロン入口 [°C]	73	67	66	74	74	91	58	98	95	66
		排 気 [°C]	69	64	63	67	68	78	53	75	67	73
	混 合 比 (kg/kg gas)	0.248	0.164	0.192	0.222	0.565	0.237	0.22	0.254	0.192	0.264	0.322
製 品 状 態	温 度 [°C]	57	53	48	54	65	61	53	69	55	53	52
	含 水 率 [%]	0.4	0.1	0.4	0.4	0.3	0.8	0.2	0.15	0.1	0.2	0.5
	製 品 量 (kg/hr)	103.8	78.8	88.3	84.5	220	118.5	116.5	81.4	68.8	128.7	141.4
	粒度 (300メッシュパス %)	88	80.4	78.5	89.1	93	94.3	79	99.5	97.1	87	98.5
蒸 発 水 分 (kg/hr)		16.2	17.7	7.7	17.5	20	31.5	28.5	18.6	15.2	25.3	31.6
効 率 [%]		69.1	74.1	70.8	72.9	173.1	77.5	81.4	69.2	66	77.3	75.5
ha (kcal/hr m ³ °C)		5810	6300	3600	4600	7400	7400	11500	3400	2500	7800	4800

(注) (i) 含水率は全て Dry-Base である。

(ii) 効率は $\eta = \frac{\text{使用されたエネルギー}}{\text{Dryer 入口ガスの有するエネルギー}} \times 100\%$ で表してある。

(iii) 混合比は 無水物重量/乾燥ガス重量 で示した。

(iv) ha は乾燥機全内容積基準。

一連の実験を行ったが、比較の為に 100mesh 篩下品、及び、ハンマーミル粗砕品そのままのものをを用いた場合もある。CaCO₃ に関する一連の実験は、運転条件の変化による本機の性能について検討を行ったものであるがその一例を Table. 1 に示した。

Table. 1 によると、分級機の回転数の差によって明らかに得られる製品の粒度は変化している。又微粉を原料とした方が能力は大となるが、必しも効率は良くなっていない。粉碎機の回転速度が乾燥に与える影響につい

ては、この実験範囲内では判らないが、能力に及ぼす影響はハッキリと表われている。更に、粉碎に用いる動力の問題は、Run No. 11 が Run No. 8 に比して、その粉碎機の回転数が小であるにもかかわらず、能力、効率共に大きくなっている事は注目すべきである。

Fig. 3 に入口温度と ha (乾燥機全内容積基準の熱容量係数) との関係を示したが、二三の例外を除いて、分級機ローター回転数をパラメーターとする二つの群に分れ回転数が小の場合の方が ha が大きくなっている。しかし

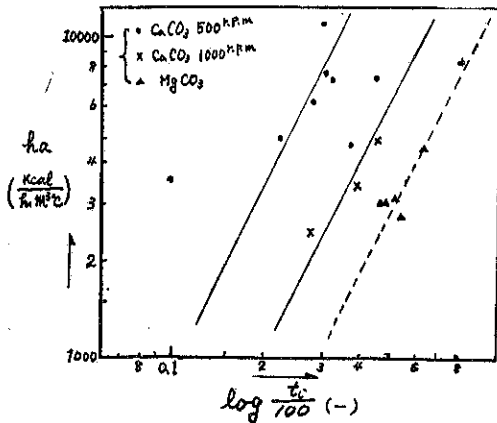


Fig. 3 ha と入口温度の関係

いずれの場合も入口ガス温度の上昇と共に、 ha は増大する傾向を示している。

$CaCO_3$ の粉碎乾燥の場合、全ての実験に於いて、機

壁への材料の附着は、全く認められなかつた。更に供給ムラに対しても、製品の乾燥ムラは全然無いのは乾燥機中の粉碎 Hold-up が大であるからで、本機の一特長といえよう。

(B) $MgCO_3$ の乾燥

$CaCO_3$ の場合は、粉碎、分級、乾燥の三操作を一度に試みた例であるが、 $MgCO_3$ のスラリー状物質の分級乾燥を試みた。その結果の一例を Table. 2 に示す。

用いた原料は、ポンプでも輸送可能な流動性をもつ状態で、従来であれば、Flash Dryer で行うよりもむしろ棚型、或いは Spray Dryer によつたであろう様なのである。

Run No.1~3 は、内部条件が変つたにもかかわらず、 ha の変化は認められなかつたが、内部条件がほぼ同一のRun No.3~5に於いて、入口温度の変化に従つて、 ha が大きく変つている。この場合の入口ガス温度と、 ha

Table. 2. $MgCO_3$ の分級乾燥データの一例

Run No.			1	2	3	4	5
原料状態	供 給 量 [k.g/hr]		40	55	49.5	47.5	76
	含 水 率 [%]		260	147.5	193	146	168
	温 度 [°C]		19	19	19	11	11
室 温 [°C]			22	21	23	13	15
テ ス ト 条 件	ミ ル 回 転 数 [rp.m]		5600	5600	5600	5600	5600
	ラン ナ ー 本 数 [本]		4	6	6	6	6
	分 級 機 回 転 数 [r.p.m]		1100	1500	2500	2500	2500
	ガ ス 量 [kg/hr]		400	400	400	400	400
	温 度 分 布	ミ ル 入 口 [°C]	315	290	300	325	425
		ミ ル 出 口 [°C]	155	145	150	170	150
		サイクロン入口 [°C]	130	126	129	151	123
		排 気 [°C]	65	145	68	78	65
	混 合 比		0.029	0.062	0.0488	0.0488	0.0798
製 品 状 態	温 度 [°C]		54	53	48	54	49
	含 水 率 [%]		6.8	11.8	14.9	1.2	13.2
	製 品 量 [kg/hr]		11.6	24.8	19.5	19.5	31.9
	見 掛 比 重 [g/cc]		0.34	0.325	0.32	0.29	0.325
蒸 発 水 分 [kg/hr]			28.4	30.2	30	28	44.1
効 率 [%]			60.9	71.8	68.2	58	69.3
ha [kcal/hrm ³ °C]			3096	3071	3040	2737	4501

(注) 含水率、効率、混合比、 ha は Table. 1 と同じ

の関係を参考の為に、Fig. 3 に点線で示したが、 CaCO_3 の場合の分級機ローター回転数 500 r.p.m., 1000 r.p.m. のいずれの場合よりも下方にその線が表われているが、スロープは大略同一である、又、乾燥機内の一部に多少の附着は見られたが、運転に支障を与える程のものでない。

しかし、排気ガスの湿度が高いためか、サイクロン下部製品取り出し口附近に、時として水が凝縮することがあった。これは、製品取り出し用ロータリーバルブから、少量の冷空気が洩れ入し、ガスを急冷するため一部ガスが、露点以下に低下するためであろう。バルブよりの洩入を完全に防止した場合は、この様な現象は認められなかった。

(4) 考 察

以上二つの材料を中心に、数種の材料に就いて乾燥実験を行つたが、これらからこの乾燥機の性能をうかがい知るには不十分であるが、これら一連の実験で表われた二三の特異な傾向について検討した。

(i) 分級機ローターの回転数の増大によつて h_a が小さくなることであるが、この原因は未解決である。粉碎乾燥機の乾燥粉碎機構について先ず検討を加え、しかる後にこの原因を考察したい。

投入された原料は粉碎部に落下し、ここで強力なランナーの衝撃を受け粉碎されると共に、励起される熱ガス流れ中に完全に分散し、その流れとほぼ同一の速度を与えられ、乾燥が行なわれるが、乾燥微粉のみこのガス流れにより上方に設けられている分級機により分離され、機外に運び出される。一方未乾燥粗粉は、更に粉碎、乾燥が続けられると共に、分級機により分離され、機内を循環し、再度粉碎部に戻され粉碎、乾燥、分級が繰り返される。

この時、ガス流れの乱れが大である程、すなわち Re が大である程、 h_a が次式に従うとすれば

$$Nu = 2 + 0.54 Re^{1/2} \dots \dots \dots (1)$$

但 Nu : ヌッセルト数、 Re : レイノルズ数

大となるはずで、分級機ローター回転数が大であればある程 Re は増大する様に考へられる。処がガス入口に高速 (50~100m/sec) の旋回流を作らせる 粉碎翼が存在するためガスはこれによつて高速に加速されるが、一方分級ローターの旋回は低速なることによりむしろ減速されているのではないかと考へられる。その為、ローター回転数の小なる方が、気流の攪乱には有効であるらしい。この事實は、Fig. 2 に於ける点 A, B, C の各々で測定した静圧分布、及び切線方向の速度分布 (Table 3, Fig. 4, 5) にも表われている様に考へられるが、セパレーターローターにより励起される旋回流は、必しも切線方向速度のみを有しておらず、三次元的流れである事

Table-3 乾燥機内静圧及び切線方向速度分布

ローター 回 転 数 (r.p.m.)		0	490	730	1400	2500
A	静 圧 (mm/Aq)	-119	-116	-120	-125	-131
	風 速 (m/sec)	60.7	58.8	59.2	59	58.3
B	静 圧 (mm/Aq)	-104	- 96	- 96	- 95	- 88
	風 速 (m/sec)	52.5	48.9	48.9	48.4	47
C	静 圧 (mm/Aq)	-110	- 99	- 99	- 97	- 93
	風 速 (m/sec)	55.2	51.1	50.8	49.9	48.6

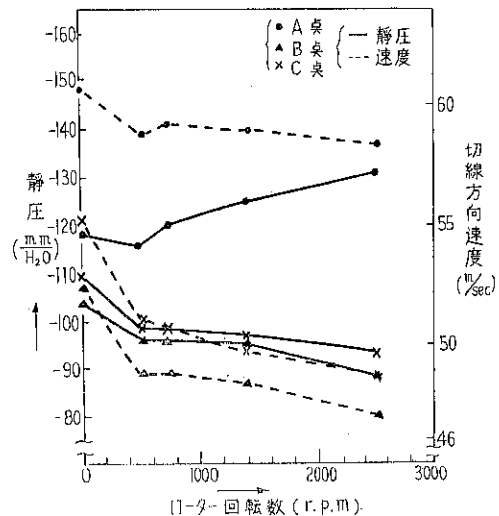


Fig. 4 ローター回転数と静圧、及び速度分布

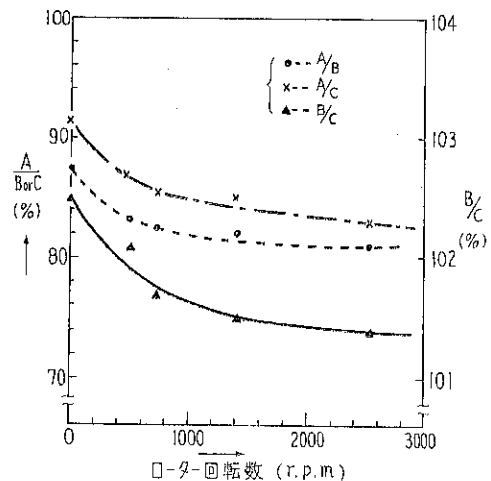


Fig. 5 ローター回転数と各点速度の比の関係

は、ミクロンセパレーターに関する研究等からも明らかで、Fig. 4, 5 のみで、この問題を解決し得るとも云えない。しかし、分級は Micro Sizer の研究 (1) に於い

て、その分級機構を明らかにした如く、強制渦流型であるため、回転数の変化により顕著に製品粒度にその差が表われて来ている。

(ii) 次に ha が入口ガス温度と共に変化することである。

ha は 次式により求めた

$$Q_M = G C_H (t_i - t_o) = ha V (\Delta t) \ln$$

$$\therefore ha = Q_M / V (\Delta t) \ln \dots\dots\dots 2$$

但し Q_M ; 乾燥機内で使用された熱量 (Kcal/hr)

G ; ガス量 (Kg/hr)

C_H ; ガスの湿潤比熱 (Kcal/kg $^{\circ}$ C)

t_i, t_o ; 入口, 出口ガス温度 ($^{\circ}$ C)

$(\Delta t) \ln$; 対数平均温度 ($^{\circ}$ C)

V ; 乾燥機容積 (m^3)

ha ; 熱容量係数 (Kcal/ m^3 hr $^{\circ}$ C)

が Fig. 3 の結果によると、 ha は

$$ha = \alpha \left[\log \left(\frac{t_i}{100} \right) \right]^{\beta} \dots\dots\dots (3)$$

但し、 α, β : 定数 (-)

と云う形で表わされ、入口温度の函数になつて居る。

今仮に、今後の研究に於いても、この様な数式で ha が表わされるとなると、今迄の熱容量係数から離れた考へ方を、この乾燥機の容量係数に与えなければならなくなつて来るが、これは今後更に研究を進めた上で、詳細に検討したい。

(iii) 又、粉体量と、ガス量の割合による ha の変化が認められないが、本乾燥機の乾燥機構を回転乾燥機の変形と考えても又微粉の気流乾燥と考えても今迄の実験結果 (2) (3) 等とは一致しない。

$CaCO_3$ 及び $MgCO_3$ の乾燥を中心に、粉碎、分級、乾燥を一度に行い得る微粉碎乾燥機を試作し、その性能等に就いて検討したが、まだ実験例も少く、充分理解出

来ない点も多々あるが、本報告はその第一報として諸彦の批判を仰ぎたい。

最後に本機の特長等について、今迄の研究結果より列記説明したい。

(i) 工程が簡略化さる。

本機は、粉碎、分級、乾燥が一度に行え、各々が確実にに行い得るので、今迄の様に、二乃至は三工程によつていた三操作を一度に、効果的にに行い得る。

(ii) 熱効果がすぐれている。

150 $^{\circ}$ C 程度の低い温度のガスを用いても効率は60%以上を示し、容量係数は3000~10000kcal/hr m^3 $^{\circ}$ C にもなる。

(iii) 能力が大で乾燥ムラがない。

機内クローズドサーキットシステムを採用したため、粉碎能力の増大、過粉碎の防止、乾燥ムラの完全除去が行なわれる。

(iv) 適用範囲が広い。

ポンプで輸送し得る様なスラリー状の高含水率のものでも直接乾燥出来、仕上り水分が少い上に Flash Dryer の特長を全てかねそなえている。

(v) 据付面積が少い。

従来の Flash Dryer の如く、長い乾燥管を要しないので、床面積、高さが数分の一で済む。等の甚だ誇り得る構成をもつものである。

参 考 文 献

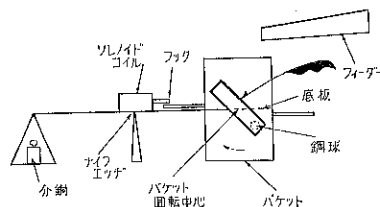
- (1) 細川, 松山, 森本, “粉碎” No. 3 p8 (1959)
細川粉体工学研究所刊
- (2) 亀井三郎編 “化学機械の理論と計算” P 340 (1959) 他
- (3) 相栄良三 “化学機械技術” P 143 (1959) 他

micromeritist の Idea.

自動秤量機における一工夫

粉体を自動定量供給する場合、誤差範囲を1~2%以内にとどめようとする、どうしても Batch 式に秤量しながら送る他はない。秤る量が少いときは真中に底をつけた転倒式のバケツを用いると便利である。図をみていただければ分ると思うが、電磁石は30秒間隔で瞬間的に缶くようになつて居る。つまり30秒たつとフックが外れてバケツが転倒し秤量物が排出される。と同時に下側の空の部分为上を向く。この装置のみそは矢印に示す斜めに取付けた筒で、この中に鋼

球が入れてある。何んの働きをするかと云えば、つまり、バケツがひつくり返るたびに鋼球は右側に転がってくるから、右側が常に重くなり、バケツの位置を安定させると共に、バケツを常に同じ方向に回転させることになる。(Y)



微量粉末のX線分析

大阪市立大学理学部

斉 藤 喜 彦

ここに何物とも知れぬ粉末がごく少量、たとえば芥子1粒ぐらいあつたとする。それが何であるか知りたいが、その試料が無くなつては困るという場合、X線を利用すると非常に好結果が得られることがある。X線回折を利用する化学分析はよく知られているが、極めて微量の試料でも好結果が得られることはあまり知られていないように思われるので、ここに筆者が最近経験したことを紹介して読者各位の参考に供したいと思う。

粉末試料に対し、一定波長の細い平行X線束をFig. 1(a)のように入射させて、試料より回折されるX線を、

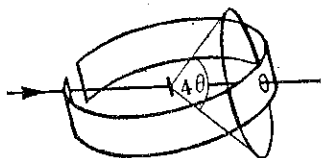


Fig. 1(a)

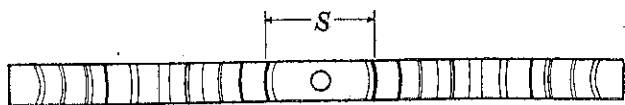


Fig. 1(b)

図に示すように試料軸を中心とする円筒型フィルムに記録させると、Fig. 1(b)に示すような写真が得られる。これを粉末図型と言うが、これはその物質特有のものである。

つまり粉末図型は人間の指紋のようなもので、現場に残された指紋をたよりに、犯人が明らかになるのと同様粉末図型の線の位置と強度の分布をしらべて、台帳*を繰ってゆくと、大ていの化合物ならば何であるかわかるのである。註に記した文献には2500種の化合物について、X線回折像の記載がある。試料はX線を照射するだけであるから、少しも変化がなく、消耗することはない。また通常の化学分析と異つて、成分元素のみならずその化合物態——すなわち酸化物か炭酸塩かなど——がわかるので都合がよい。次に試料が混合物であればX線回折像は面図型を重ね合せたものになるから、各成分が

何であつて、混合割合はどの位かを知ることができる。

最近筆者は名古屋大学のY教授より依頼されて、古代ガラス風化物のX線分析を行つた。試料は主として北九州方面の古墳から出土した勾玉、管玉の類で、何れも緑色をした鉛ガラスで作られているが、一千年以上の年月を経たため表面が白色～淡黄色の粉末で蔽われている。この粉末はガラスが長年の間に風化変質して生じたものであるが、あまり少量のため、化学分析だけでは何であるかはつきりしないので、X線でしらべることになつた。

送つて来る試料は薬包紙に包まれているが、開いて見ても、一寸のぞいただけでは一体入っているのかいのかかわからない位少量である。これをどうしてX線カメラに移すかという、まず自分の息で吹き飛ばさぬ様用心しながら、ぬい針の先端にグリースをつけ、これを指頭で軽くこすり取つてから、粉末に近づけると、僅かに残つたグリースで粉末が附着する。これを静かにX線カメラの試料台へ移すのである。試料台の先には、細いガラス棒(直径0.2mm)があつて、この先端にグリースをあらかじめ塗っておき、ここへ試料を附着させる。この操作は少し練習すれば誰にでもできるようになる。この様にしてX線回折像を撮影するのであるが、スリット

は孔の小さいものを用い、試料が少いから露出時間を長くするだけで他に変わった点はない。これで結構美しい写真が撮れ、鉛ガラスの風化物は主として炭酸鉛であることがわかつた。一回の実験に用いた試料は5~10r(1=百万分の1グラム)でぬい針の孔を通る位の量である。これに勢を得て、種々の試料をお送り願つて、各種の古代美術品に使用してある顔料の判定も行つた。顔料などは色の異つた粒子をよりわけて、別々にしらべる事もできる。試料がこんなに少くても成功したのは、重金属塩類であつたためであらう。

いわゆる雀の涙ほどの粉末で、その分析を行いたいという要求は、古美術品に限らず、工場、研究所等ではしばしば起り勝ちと思う。そのとき、この記事を思い出していただければ幸である。

*たとえば、久保輝一郎 X線回折による化学分析 日刊工業新聞

粉砕粒度分布に関する若干の考察

東京大学工学部 教授 森 芳 郎

助手 神 保 元 二

§1. は し が き

粉砕機構の理論的解析は、従来主として2つの側面から行われた。筆者らはこの2つを「仕事法則」と「分布法則」と呼んで整理することを提唱し、またこの両法則を結びつけた上で各粉砕機の具体的な機構解析とも関連させていくことが今後の粉砕理論の課題であろうと述べた。この線に沿って、筆者らはジェット粉砕機およびボールミル粉砕機の研究において、粉砕の衝撃力と粉砕速度の関係は、粉砕の粒度分布の変化によつて推察される物質の粉砕能によつて説明されることを見出した。この文ではこの考えを紹介しながら、他の粉砕機における粉砕結果にも触れて前説を補いたいと思う。

§2. 粉砕粒度分布の多成分説

粉砕生成物の粒度分布（累積曲線）を単一の式で表わそうという試みは古くからあつて、いくつかの提案が行われている。その中でも Rosin-Rammler, Gaudin-Schuhmann, 対数正規の諸分布則が名高い。

しかし最近、分布を単一の式や一直線であらわさずにいくつかの山からなる複雑な分布と考え、その山の状態を検討することによつて粉砕現象を検討しようという考

えが注目されている。

例えばイギリスの Heywood は、粉砕生成物は一般に2つの山をもつ分布を示すことを見出し、それをボールミル、ジョークラッシュャにおける実験結果で確認している。ジョークラッシュャの結果は Fig.1 のようであつて Heywood は粗粒側の粉砕条件によつて影響される山を Transient Component, 影響されない微粉側の山を Persistent Component と名づけている。(1)

筆者らはジェット粉砕実験において、粉砕粒度分布がやはり2つ以上の山から成っていること、そしてその分布の状態によつて粉砕の形式が体積粉砕（粒子が大きく破れていく粉砕）と表面粉砕（粒子の表面が削りとられるように進む粉砕）に分類されうること、さらにこの両状態は粉砕力の加え方と粒子の物理的性質によつて決定され、粉砕力大で脆性粒子の場合は体積粉砕、粉砕力小で変形しやすい粒子の場合は表面粉砕になることを見出した。これは本誌第2号などでややくわしく説明したのでご参照いただきたい。(2)(3)

§3. ハードグローブ法の粒度分布

ジョークラッシュャのような自由圧縮粉砕（粒子の破砕作用がはじまると同時に粉砕力は消滅する）やボールミル、ジェット粉砕のような衝撃粉砕以外の粉砕機構でもこの分布の多成分説が成立するか否かを検討した。圧縮粉砕機としてはボールベアリングミルの1種であるハードグローブの粉砕能試験機を用いた。周知のようにハードグローブ法は ASTM: D 409-51 に規定されている粉砕能試験法で、最近ではわが国でもボールミル法に代つて広く用いられはじめているが、これは試料粒径としては $1.190\mu \sim 590\mu$ のものというかなり巾の広い範囲を規定しているだけである。(4) この場合はじめの粒度がハードグローブ粉砕指数に影響を及ぼすか否かを検討した。

実験としては、石油ピッチコークスを 14#~16#, 16#~20#, 20#~24#, 24~35# に篩分したものと、ガラスを 14#~16#, 16#~24# に篩分したものと、セメントクリン

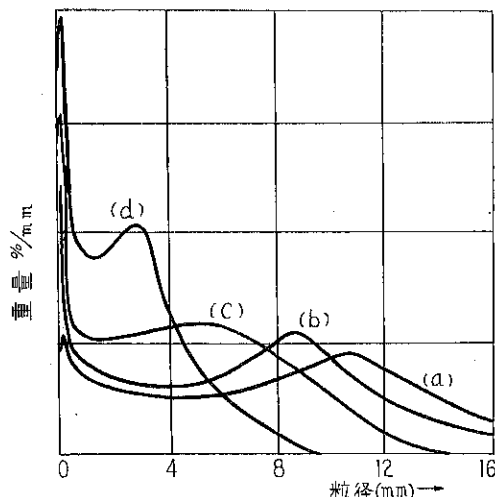


Fig. 1 ジョークラッシュャ粉砕による粒度分布

(a) ジョークラッシュャ 9.9mm, (b) 7.4mm, (c) 5.3mm, (d) 2.8mm.

※ハードグローブ試験機は、資源技術試験所、日本セメント中央研究所のものを使用させていただいた。

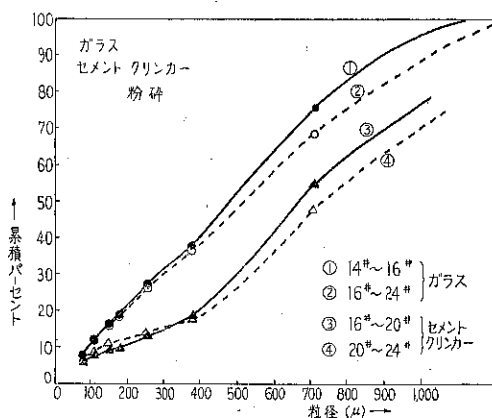
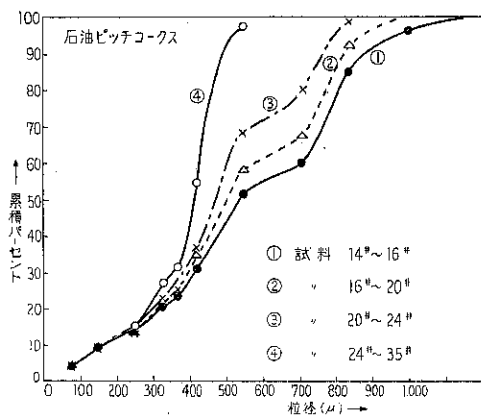


Fig. 2 ハードグロブ法粉碎における
粒度分布

カーを16#~20#, 20#~24#に節分したものを用いた。以上の試料を規定に従って粉碎し粉碎生成物の粒度分布を節分によって求めた結果が Fig. 2 に示してある。図より明らかなように、粉碎生成物の分布は粗粒部分では試料粒子の粒径にいちじるしく影響されているが、微粉部はほとんど全く一致している。セメントクリンカーのみ逆転がいちじるしいが、分布状態(山の位置、形状)は一致している。これは微粉部は Heywood の言う Persistent Component に相当し、その成分は試料粒子の大きさに影響されないこと、またこの Persistent Component の範囲内で比較すれば粉碎能の比較値は求まるわけで、必ずしも200#で節分しなくてもいいことが分る。

但しこの分布も詳細に検討するとかなりばらついている。-200#のパーセントを Table. 1 に示したが、いずれも試料粒子径が大きいほど微粉生成が多い。これは衝撃粉碎ではみられないことで、恐らく圧縮粉碎では Persistent Component に相当する微粉の生成機構が異なり破断面積に影響されるからではないかと考えられる。これは粉碎理論上も、粉碎能測定の精度の上からも注目す

	試料粒子径	粉碎生成物 -200#%
石油ピッチ	14#~16#	3.82
	16#~20#	3.76
コークス	20#~24#	3.66
	24#~35#	3.32
セメント クリンカー	16#~20#	6.37
	20#~24#	5.84
ガラス	14#~16#	7.87
	16#~24#	7.24

Table. 1 ハードグロブ法における試料粒子径の
影響

べき現象である。

§ 4. ボールミル粉碎の粒度分布

4-1. 筆者らの研究

筆者らはボールミル粉碎においてボール径、ボール比重が粉碎生成物の粒度分布に及ぼす影響について実験を行った。(5) その結果の1例を Fig. 3 に示してあるがこれからボールが大で廻転数が多い場合、分布は微粉の生成割合が少なく、その逆の場合は大となることがわかる。ここで全粒子中、中間粒径粒子のしめる割合であらわす分布特性 β を仮定する。(詳細は文献2参照のこと) β 大なるほど微粉の生成割合は小さいことになる。 β の値とボール1個の重さの関係を図示すると Fig. 4 の

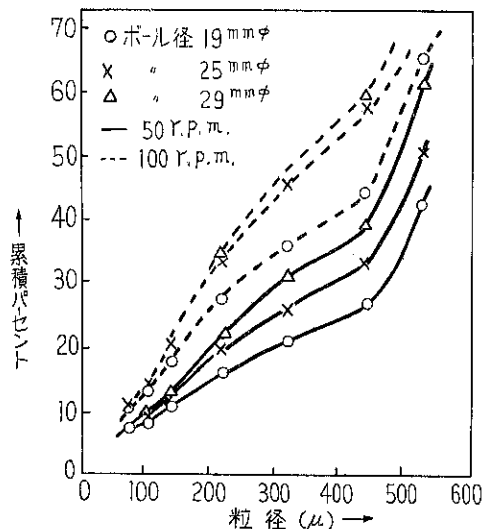


Fig. 3 粒度分布のボール径による影響[ガラス16#~24#]

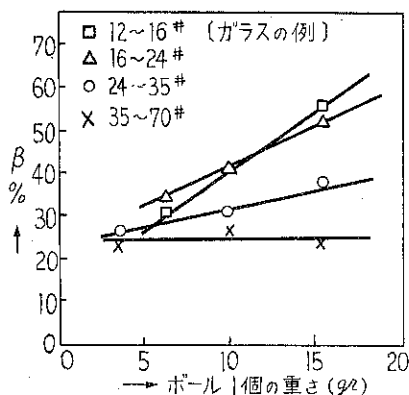


Fig. 4 ボール重量による分布特性の変化

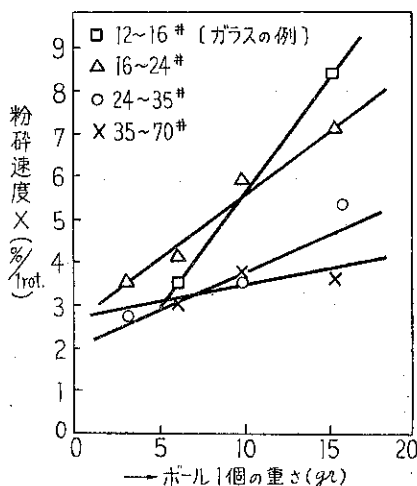


Fig. 5 ボール重量による粉砕速度の変化

ようになる。また粉砕速度 X (この定義も文献 5 を参照されたい) とボール重量の関係の求めると Fig. 5 のようになつて、Fig. 3 の関係とちょうど対応関係を示していることがわかる。但しここでは粉砕確率を考えていないが、これらの関係から粉砕確率を推定することができる。(5)

筆者らはさきに粉砕現象は粒子が大きく破れていくような破砕と、表面からけずれていくような粉砕の 2 つの現象に分類でき、前者を体積粉砕、後者を表面粉砕と名づけ、体積粉砕の方が粉砕速度を規制することが多く、微粉砕では表面粉砕が重要となると述べた。ここでボールミル粉砕でみられる 2 成分分布は、それぞれこの両粉砕様式に対応するものと考えられ、ボール大なるほど体

※従来、衝撃粉砕、摩擦粉砕という分類が用いられていたが、体積粉砕、表面粉砕は必ずしもこれと対応しない。衝撃粉砕でも表面粉砕が起るしその逆も可能である。いわば粒子の方に着目した分類と考えてよい。

積粉砕が多く、小なるほど表面粉砕が多いと考えることができる。

4-2. 他 の 研 究

粉砕媒体の差異によつて粉砕生成物の粒度分布が異なることは最近次第に注目されはじめている。

ドイツの Patat u. Langemann は、ボールの大きさおよび比重を変えたボールミル粉砕実験を行い Fig. 6 のような結果をえている。(6) これによるとボール径を大

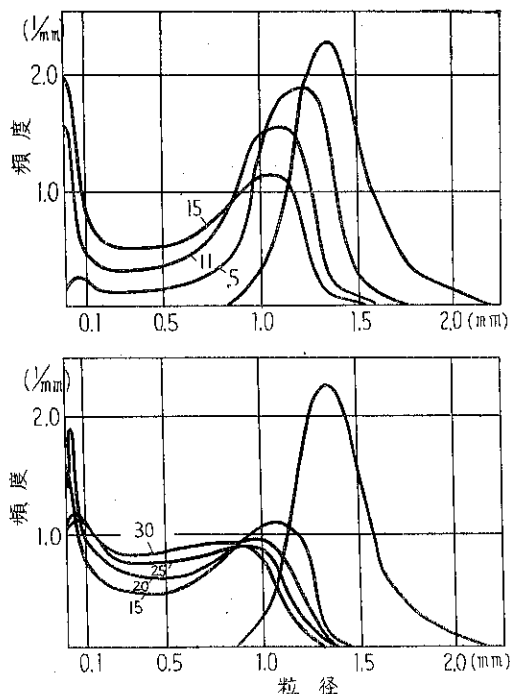


Fig. 6 微粉生成量に及ぼす粉砕媒体の影響(6)

きくするに従い次第に微粉生成量は増加するが、ある粒径(ここでは 15mmφ)を越えると逆に微粉生成量は減少する。ボール径 5mmφ は 1.3mmφ の珪砂粒子を粉砕するには余りに小さすぎて誤差が大きいのと思われるの

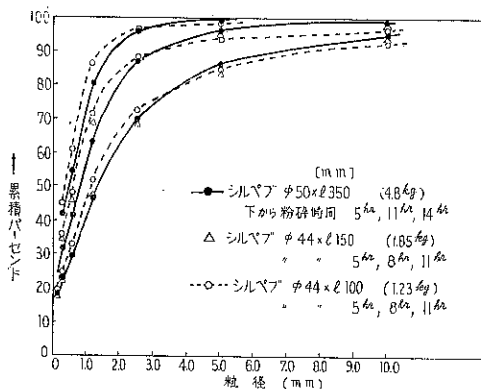


Fig. 7 上述の粉砕媒体の粒度分布に及ぼす影響(7)

で除外すると、11mmφと15mmφもβのような値をとれば15mmφの方が大きくなると思われるので、筆者らの実験結果と全く一致している。

また小野田セメントの久住氏らのシルペブを用いたボールミル粉碎実験⁽⁷⁾のデータより累積曲線を求めるとFig. 7 のようになって、ここでも明らかに粉碎媒体の重量が小となるに従ってわずかながらも微粉生成量が増すことが示されている。

§ 5. サンプルミル粉碎における粒度分布

媒体の影響が粉碎力によつてもたらされたものとすれば、衝撃式粉碎機においても同様な現象がみられるはずである。この場合衝撃力の大きさは衝突板の廻転速度によつてきまるはずであるから、廻転数と粒度分布の関係について検討した。

衝撃式粉碎機としては細川鉄工所のサンプルミルを使用した。(細川鉄工所に設置のもの)サンプルミルは粒子排出口に粒度調節用の金網を張るのが普通であるが、この場合なるべく1回だけの衝撃粉碎に止め、くり返し粉碎及び摩擦粉碎を少なくするため、金網は除去して実験を行った。しかしやはりかなりのくり返し粉碎および摩擦粉碎が避けられなかつたようで、データはかなりばらついた。

その結果から、粗粒部と微粉部の任意の2つの粒径(cとf)をきめ、その点までの累積パーセント $R(f)$ および $R(c)$ を求めると分布の廻転数による影響はFig. 8 のようになる。すなわち廻転数を上げると微粉生成量の

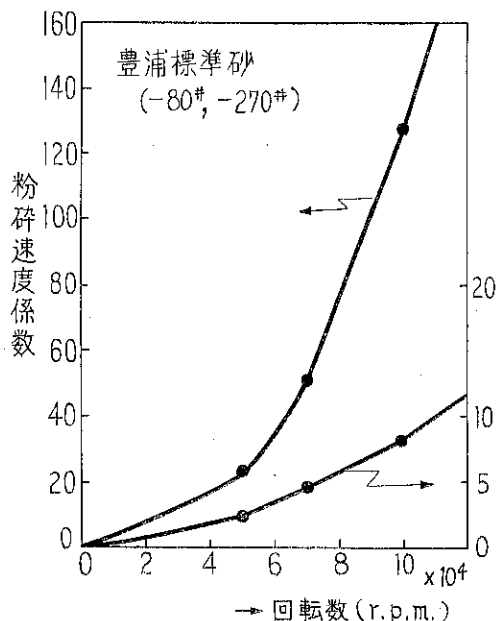


Fig. 8 サンプルミル粉碎における廻転数の影響。(粉砕速度係数は、粉砕時間0におけるミル1回通過当りの粉砕生成物増加パーセント)

増加を上まわる速度で粗粒生成量が増加する。これは衝撃力が大きくなるに従って体積粉碎の割合が増すためと考えられる。

この結果から粒度分布の粗粒と微粉の割合をあらわす特性値として次のような値を考え、

$$\frac{R(f)}{R(c)} = \alpha \dots \dots \dots (1)$$

このαと $R(c)$ との関係とを求めると、任意の粉碎進行度における微粉の生成割合を比較することができる。これを図示すればFig. 9 になる。珪砂の場合に1部逆転現象がみられるほかはすべてかなり顕著に廻転数が小さいほど微粉の生成割合が大きい(αが大きい)ことが示されている。

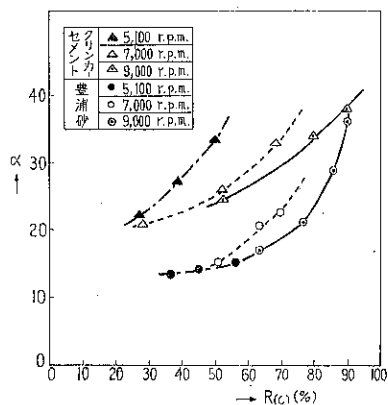
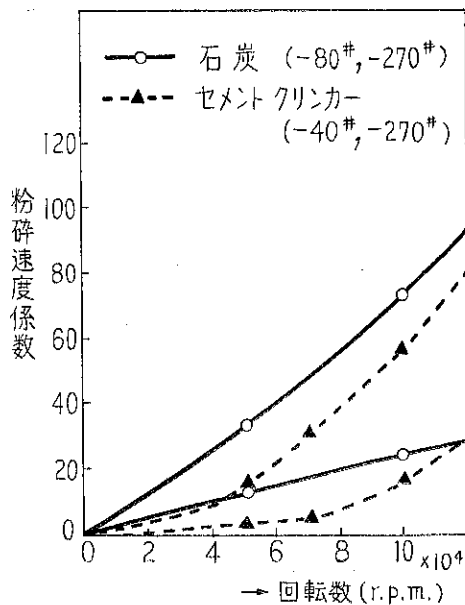


Fig. 9 サンプルミル粉碎における分布特性値と廻転数の影響。



§6. む す び

先に筆者らがジェット粉碎とボールミル粉碎実験とにおいて見出した分布の2成分説と、その2成分が粉碎力によつて影響され、粉碎力大なるほど体積粉碎多く粗粒部の割合が大となり、その逆に粉碎力小なるほど表面粉碎が多くなつて微粉部の割合が大となる現象が、他のボールミル粉碎実験でも確かめられていることを述べ、次にサンプルミルを用いた実験を行い、衝撃式粉碎機でもこれらの現象が見出されることを確かめた。またボールベアリングミルのような圧縮粉碎機でも分布の多成分説が成立し、Heywood のいうPersistent Componentが見出され、その範囲内では試料粒子径にかかわらずハードグローブ 粉碎能はほぼ同じ値を示すことを確めた。

文 献

- (1) Heywood, H., Principles of Crushing & Grinding, in "Chemical Engineering Practice" Vol.3. (1957) London.
- (2) 森, 神保: 化等工学, 22 363 (1958)
- (3) 森, 神保: 粉碎, No.2冬季号, p4 (1958)
- (4) ASTM Designation: D409-51, その他, 通地: 日本機械学会誌 62 583 (1959)
- (5) 森, 神保: 化学工学 23 138 (1959)
- (6) Patat. u. Langemann; Chem.-Ing.- Technik 31 567 (1959, No. 9)
- (7) 久住 et al: 小野田研究集報 9 237(1957, No.3)

随 筆

会 話 雑 感

上 田 敏 之

細川専務の今度の外遊の留守中に、社内の若手社員に是非共英会話が出来る様にと、外人講師を招いて英会話教室が開かれた。出席しませんかとお誘いを受けて、週二回あつましく出掛けしている。

大東亜戦争が始まった時に、広東から香港へ進駐を命ぜられ、香港に着いて本当に困った。広東では日本語が通じたので別に不自由は無かったが、香港では日本語は中国人に通じないし、中国語はこちらが判らない。その時、約10万坪程の九竜船渠の警備を約50人の兵隊でやれと言う事になったので困った。

一步構外に出れば中国人が大勢居るので、うつかりすると塀を境にして誤解が生じたら大変と思つて、思い切つて毎日通りがかりの支那人に手当たり次第に英語で話した。

そのうちに幾組かの家族にも知り合いが出来て、家に遊びに行く様になり、約1ヶ月位経つた頃に気がついた事は、英語はお互の母国語ではないのに、唯方弁として第三国語を介して、始めてお互の考えている頭の中の様子を理解出来ると言う、極めて当然の事に驚いた。

始めは相手が異国人であると思つて居たが、又その頃は何か自分の考えて居る事とは異つた種類の事を考えてでもいる様な気がするが、話して見ればそう大して違いはない事に気がつく。

終には自分の顔を鏡で見ながら話して居るのではないから、自分の目の前に来て話す外国人の顔に何時しか馴染さえ感じて、自分との違いを意識しなくなる。之は錯覚ではなくて、一視同仁を感じるのだと思う。国籍、風俗、習慣、貧富等は人間が殊更設けたものである事を痛感する。

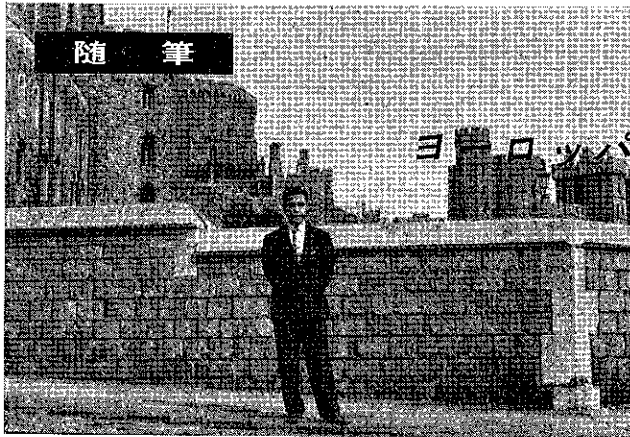
そんな気持ちで暮して居ると、故郷を遠く離れての淋しさも忘れ、毎日が環境の中に溶け込んで愉快に送れた。そうなる頃には多くの中国の人達が「九竜船渠の上田隊長」と親しんで呉れ、数年前には細川専務の香港行の時に会つて来て貰つた事もある。

人間が会社に於ても家庭に在つても、集団社会生活を営んでいる限り、毎日が対人交渉の明け暮れだが、之があまりにも当然と思はれる為に、却つて自分の考えを相手に諒解して貰い、又同時に相手を諒解する事の大切であるのを疎かにし勝ちである。

ジェット機の出現により、世界は益々距離が縮まり人々の往来は頻繁となり、自分が態々外国に出かけなくとも、世界の人々に会う機会が益々多くなる。

単に日本語の判る相手に限らず、更に英語で意見の交換が出来る様になれば、自分の人生が更に幅広く、更に興味深くもなると夢を見て居る。(34.11.18)

(三井化学大阪営業所勤務)



ヨーロッパの乞食と泥棒

細川鉄工所
専務取締役

細川 益 男

日本人が旅行する場合、その殆んどの人がカメラとか8ミリを携行する様である。御多分にもれずかく言う私も、カメラと8ミリを持つて此の度のヨーロッパ、東南アの旅行に出かけたものである。出発前の或る日、日頃親しいY氏がやつて来て、次の様な意見を述べられた。海外旅行者の帰朝試写会等と言うものは退窟でいけない。絵はがきを並べた様なものを一時間も二時間も見せられるのは有難迷惑である。貴方もどうせ8ミリ等と言うものを持つて行くのであろうが、つまらぬものは撮らずに、専らヨーロッパの乞食とか、ぬすつとの生態を写して来て欲しい。これなら少々退窟でも辛棒して見てあげましようとの事である。なる程私の経験からしても、乞食をテーマにした海外旅行記録のフィルムと言うものはまだお目にかかつていないし、カラーの美しい異国の風物のフィルムは、撮影した本人にとつては、その一コマコマが、生々しい記憶の裏付けに依つて、楽しいものであつても、第三者にとつては時間と共に退窟になつて来る事も事実の様である。Y氏の御満足を得られるかどうか分らぬが、その土地を訪問した事のある人達とか自分丈に興味を感じ得るのではなく、もつと多くの人に、共感を呼ぶフィルムを撮つてきたいものだと思つてみたりしたものである。

旅行中は何かにつけて、多忙であつて又、始めの間業務上必要な種類のフィルムを撮るのに追われ、多忙をぬつてカメラをいぢくる事もおつくうになり勝ちであり、時に感興を催してカメラを向けるのはやはり美しいと思つたり、素晴らしいと思つたりする時になり勝ちで、その土地にゆつくり滞在している人ならいざ知らず、我々には庶民の生活に深く立ち入つた様なシーンはなかなか撮れないものである。

それでも心掛けて乞食を捜して見た。ヨーロッパではそのものすばり、これが乞食であると断定出来る程日本の乞食に類似したものはなかなか見当らない、実在する

のかしないのかも判明しない。土地の英国人とか、ドイツ人スイス人等に乞食を撮影したいが何処にいるか教えて呉れと言うのも何か相手を侮辱した様で言えない。それでもこれが乞食であらうと思われるもの、あるいは乞食的な種類の人達の風俗を写して見た。

一般に英国、スイス等には、泥棒乞食の類は捜すのが困難の様である。非常に良く秩序が保たれ、又豊かなのであろう。日本ではいろんな場所で、外套、帽子、傘、写真機その他の手荷物を番号札を引き換えに預ける様であるが、英国等は、オープンな掛け釘にチョイと引つ掛けて置く丈で良い。写真機等の高価な物でも掛けて置く丈で、誰も他人の物を取つたりしない様である。スイス当りでも手荷物を特に頼んで預ける必要はなく、駅のベンチの上さえも、置きつばなしで大丈夫の様である。結局盗難がないのか、或いは極度に少いと言う事は国民が豊かであり従つて、乞食と言うものも極度に少いか、ないかのどちらかであらうと思はれる。

所が、イタリアと言う国はそうでない様である。泥棒も相当に多く、あまり安心出来ない所で乞食的なものもちよいちよいとお見掛けする。

丁度ローマ滞在中の事であるが、ローマに有名な噴水があつて、銭をその噴水池に投げ込むと再び、ローマに来れると云われる言い伝えがあり、沢山の観光客が、50リラ、100リラ等の硬貨を其の池に投げ込んで居る。我々も何と言う事なしにローマへ来て、せつかくその噴水池の前迄来たんだから一枚位投げ込んでやろうと言う不思議な心理状態で、コインを投げ入れたものである。所が、その池に夜泥棒が入つて池の底にたまつた莫大な銀貨をどつそりと盗んで行つたものがあつたらしい。此の男が警察につかまり丁度、裁判が行はれていた。その事情を土地の人が面白く説明して呉れたのだが、弁護人の言い分に依ると、これは泥棒でないと言う事である。此

の池にお金を投げ込む人達は、何と言う事なしにお金を捨てて居るのである。此のお金は落したり、失つたりしたと言うものでなく捨て去つたものである以上それを拾つても泥棒とは言えない。又神社、お寺等にあげるお賽銭の如く、明かに宗教的な裏付けに依つて、神に寄進すると言うお金とは、投げ入れる人間の心理状態に於て全く違つた性質のものである。人間が不要だからとごみだめに捨て去つたものを拾つた人間を泥棒呼ばわりするのはおかしいと言う趣旨であるらしい。成程そう言われて見れば私自身お金をほおり込んだ心境と言うものを振り返つてみて弁護士もなかなかうまく言つたものだと感じた次第である。ローマッ子達も此の裁判の判決如何に

と野次馬気分で話題を咲しているとかの事であつた。

イタリアの街はこんな例でも分る様に、他のヨーロッパの国と違つて面白い雰囲気、風俗に接する事が出来、Y氏の御期待に沿える様なフィルムを数々撮り得たと自負して喜んだ次第である。ローマを出発する前日ヨーロッパ到着以来の苦心の力作であるフィルム10本を一纏めにして、ローマのある写真屋に現象を頼み、航空便で日本への郵送を依頼してローマを去つた。以来七十日英国で写した粉碎機に関するフィルムは、とつくに到着したが、Y氏を喜ばす乞食、或は乞食的な姿を写したフィルムは遂にイタリアで盗難にあつたのであろうか行方不明となつて未だに帰つて来ない。(34.11.25)

寄稿・報文

粉体混合に関する一、二の知見

松下電工株式会社化学材料事業部

蟹 瀬 巖

“混合”というとなんだかきまぜることかということになる。ところが、粉体は低粘性の液体や高粘性の物質と違つて、その性質が十分にわからず、しかも不連続的確率的な運動をするため最も仕末に悪いものである。だから、粉体混合はいまだに Art であると言われている。

1953年を境として粉体混合に関する理論的研究や実験結果がかなり数多く発表されてきた。しかし、ある粉体を混合する場合、どのような混合機を選択し、どのように設計し、そしてどのような条件で操作したらよいかということになると行詰つてくる。

粉体混合機を大別すると、混合容器自身が回転する型式のもの(回転型混合機と名付ける)と混合容器は固定して混合翼あるいは気流を利用して混合する型式のもの(固定型混合機と名付ける)にわかれる。

1. 回転型混合機

回転型混合機には古くから水平円筒型がもちいられているが、近年、双子円筒型、二重円錐型、正立方体形、Ycone 型、Pyramid 型、傾斜円筒型、断面六角形型などの混合機が紹介され、まことに混合機のファッションショウの感がある。

しかし、これらの設計上あるいは操作上のデータということになるとあまり見当らない。

設計上、操作上必要な最適回転速度および最適粉体装入率を代表的な混合機について種々の実験値を整理して見た。

まず、最適回転速度 N_{op} については一定形状の混合

機で粉体の種類に無関係で、粉体の粒径および混合機の大きさに関係する。

Fig. 1 は双子円筒型(N型)および水平円筒型(HC型)混合機について、種々の粉体および粒径の試料についてえられた実測値を最適回転速度 N_{op} 対最大回転半径 R_{max} で整理した図であつて、図に見るごとく、 N_{op} は混合機の回転半径 R_{max} の $1/2$ 乗に比例する結果がえられた。したがつて、修正フルード数 $(R_{max} \cdot N_{op}^2/g)$ 対平均粒径 d_{av} を両対数グラフに点描して見ると Fig.

2 に示すように混合機の形状に応じて一本の直線上に実験値を整理することができる。この関係から、 N_{op} は次式からもとめることができる。

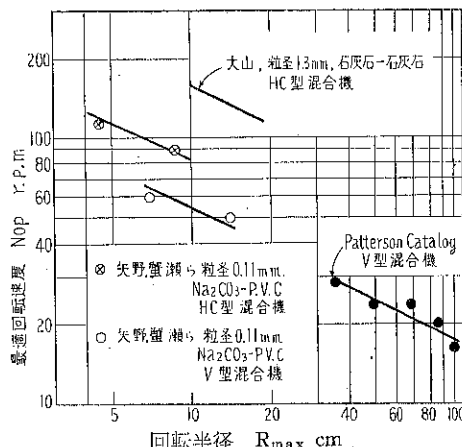


Fig. 1 最適回転速度 N_{op} 対混合機最大回転半径 R_{max}
 $(R_{max} N_{op}^2/g) = C_1 d_{av}$

$$N_{op} = \sqrt[3]{C_1 g} \sqrt[3]{d_{av}/R_{max}}$$

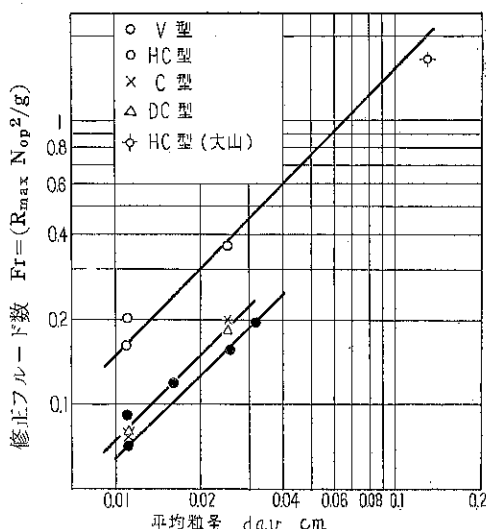


Fig. 2 修正フルード数 Fr 対平均粒径 d_{av}

なお、通常よくもちいられる粉体に働く重力と遠心力の平衡よりえられる限界回転速度 N_{cr} と N_{op} の関係は次式で示される。

$$N_{op} = C_2 N_{cr}, \quad C_2 < 1$$

次に、最適粉体装入量は粉体の見掛け容積を基準として混合機の内容積の約 30 % である。実際の操作においては、混合時間が少々長くなることを覚悟すれば粉体装入率 50 % までは混合度はあまり大差がない。

次に、希望の混合度をえたい場合はどのような条件で操作したらよいか、あるいは何時間後にはどのような混合度になるかを推定する場合は次式で近似的にもとめられる。

$$I_g = 1 - M_D = \sqrt{\frac{L}{2\pi^2}} \cdot \frac{\sin C_A \pi}{C_A(1-C_A)} \cdot e^{-\pi^2 \cdot M' / \theta}$$

$$\left(\frac{\phi}{\pi^2 N}\right) = \left(\frac{M'}{NL}\right) = K' \left(\frac{R_{max} \cdot N^2}{g}\right)^a \left(\frac{V^{1/3}}{d}\right)^b \cdot (\Delta C_R)^c$$

但し $d_A/d_B = 1 \sim 0.7$, $E_b/V = 0.3$

上式において、 I_g は未混合度、 M_D は混合度であり、 L , R_{max} および V はそれぞれ、最大混合距離（混合機の回転軸方向の長さ）最大回転半径、および混合機の内容積である。また、 C_A , d , ΔC_R , N , F_b および g はそれぞれ A 成分の仕込比率、平均粒径、A/B 両成分の動的物性常数の差、混合機の回転速度、粉体の見掛け装入量および重力常数である。また ϕ , M , θ はそれぞれ混合速度係数、混合係数、混合時間である。

2. 固定型混合機

固定型混合機には古くからせん型、りぼん型がもちいられ、最近では Flash mixer, Fluidizing mixer などが紹介されている。

Fluidizing mixer type の混合機にとりかかるまえの予備実験として、流動層の実験を行つて見たが面白い結果がえられた。

通常の流動層における粉体の運動をながめて見ると、空気流量の増大とともに充填層は順次固定層、流動化第一段階（Boiling 状態）、流動化第二段階（一部の粉体は流動化、一部の粉体は Boiling）完全流動化および輸送の状態変化を呈する。これらの状態変化の過程において Boiling 状態では殆んど数分内で良好な混合状態がえられる。

結果の一例を、Fig. 3 に示したが、図は等量の比重が比較的良好に似た Na_2CO_3 と Sand の粉末を Boiling 状態で流動化した場合にえられた時間毎の採取試料中の Na_2CO_3 の濃度変化をしめしたものである。図に見るごとく、1 分内でよい混合状態がえられ、しかも、時間が経過しても安定した混合状態がえられる。しかし、当然のことながら、物性の差（たとえば比重差）がある粉体では一成分が Boiling 状態の風量でも他の成分（比重の小さい成分）が流動化第二段階または輸送状態になり両成分が完全に分離する。反対に、比重の小さい粉体を Boiling させる程度の風量では、比重の大きい粉体は静止層または Bubbling 状態を呈するにすぎない。これらの結果から比重や粒径などの物性の差が少くない二成分粉体の混合に流動層型あるいは jet 気流交互型の混合機をもちいて粉体の連続化を行うことも可能である。この意味から Fluidizing mixer などは興味深い連続または回分式の混合機である。

一、二の実験結果を難然と述べたが何らかの参考資料になれば幸いである。

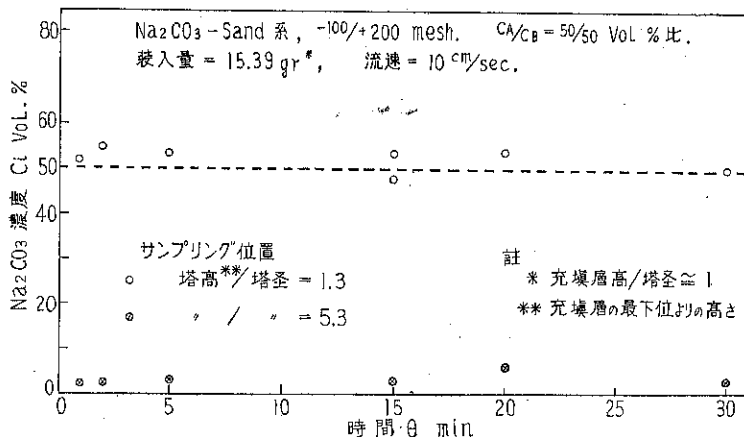


Fig. 3 Na_2CO_3 濃度 C_i 対 混合時間 θ

粉体空気輸送に関する 2, 3 の所見

水平管路について

大阪府立大学工学部 北 浦 嘉 之

“ 長 瀬 洋 一

は し が き

粉粒体の空気輸送は古くからおこなわれているが、近来、高濃度で固体を圧送する方法が採用されるようになり、その利用度が更に増してきた。しかし、輸送管内の粒子運動に関する理論的解明は非常に困難な問題であるために、例えば圧力損失について実験者ごとに様々な表現法が用いられているようで、実際に管路を設計するには実験によつて確かめねばならない場合が多い。本文は粉体を空気輸送する場合の 2, 3 の現象について概括的な検討を加え、設計の一指針とすることを目的としたものである。

実 験 装 置

実験装置は圧送方式で、その概要は Fig. 1, 2 に示すように、ロータリーバルブ型のフィーダーと 2" ガス管の回路よりなる。大量処理の必要上粉体は循環させて実験した。水平管部の圧力勾配は 100 cm おきに設けた水平に対向する 2 つのタップを集気瓶に集め、マンオメーターに接続して測定した。使用した粉体は極微粉のタルク、炭酸カルシウム、クレー、タルクの 4 種で、金網を通して自然堆積させたときの見掛け比重は夫々 0.15, 0.6, 0.34, 0.42 である。

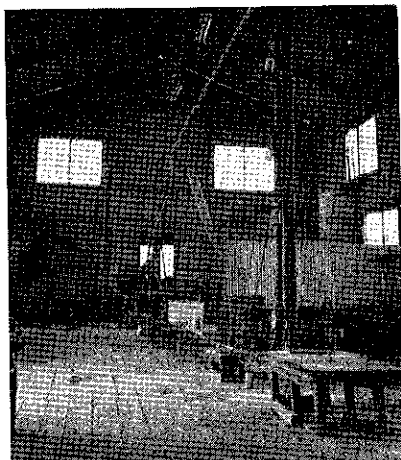


Fig. 1 実験装置

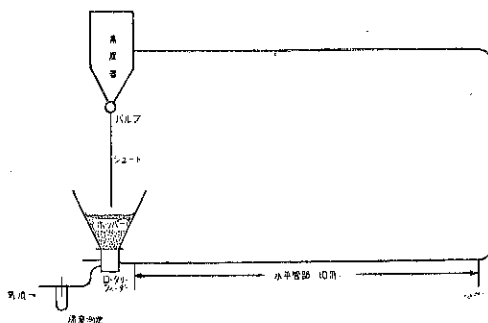


Fig. 2 装置概略図

粉体の輸送状態

ロータリーバルブで粉体を輸送管に供給するので、断続挿入となり、フィーダー部で激しい圧力変動を生ずる。水平管入口部、中央部、終端部にガラス管を挟み、内部を観察した結果によると、最初入口で断続的ではあるが、断面にわたつて一様に分散流入した粉体は、漸次管底に沈積しながら流れるようになる。ここで固体混合比 m が小さい場合は Fig. 3(a) の如く、管路に沿つて常に濃度の濃淡を生じ、加速と減速を繰返しながらかれる。 m が大きくなるにつれて、管底をほふくする粉体量が増し、濃淡の差が明瞭ではなくなり、比較的一様に管底を

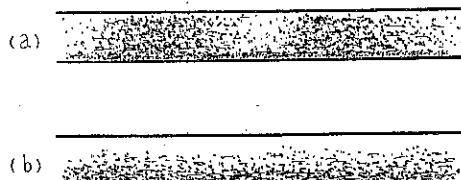


Fig. 3 粉体流動状態

滑るようになる。(Fig. 3b) 終始均一に分散して流れるのは m が非常に小さいときのみで、通常は上記 a, b のいずれかをとつた。いずれにしても管内にはかなりの圧力変動があり、これとフィーダー部の変動が重複してマンオメーターの変動は非常に激しいものであつた。従つて圧力は出来るだけ平均化して測るようにならねばならない。測定した平均圧力の変化は一般に Fig. 4 の如くに

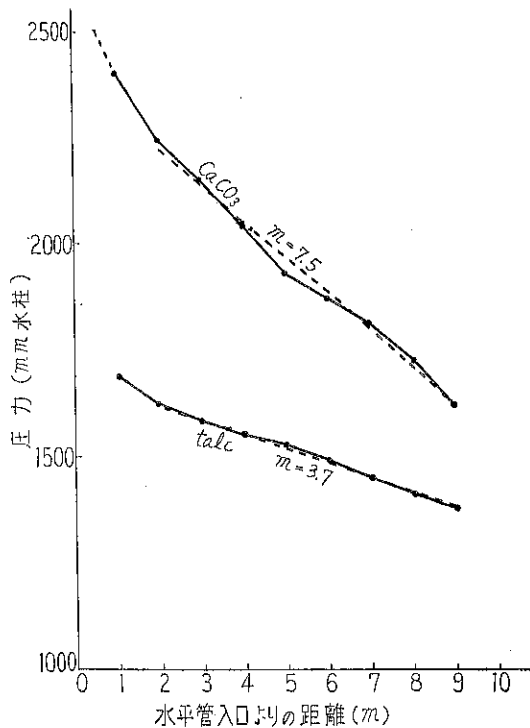


Fig. 4 管路の測定圧力

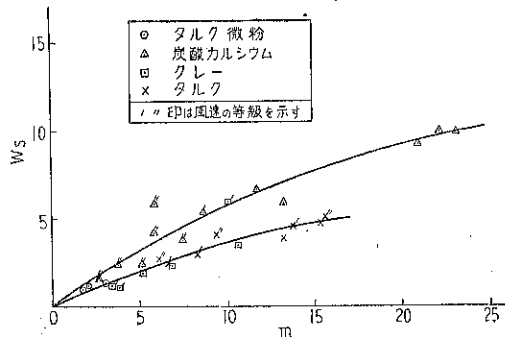


Fig. 5 W_s vs. m

なり、供給装置の構造によるためか、固体が供給されてから圧力降下が一様化するまでの加速区間はかなり短かく1.5~2.5m程度であった。それ以後は圧力降下がほぼ一定し、定速状態に達するとみなして差支えないようである。

固体の速度

固体の速度 u_s は後に述べるように重要な因子であるが、これは運転中に管路の2点を急閉し、その間の粉体滞留量 W_s を測ることによって知ることが出来る。

いま定速域における管内の固気混合物密度を ρ_{ds} 、固体滞留量を W_s とすると

$$\rho_{ds} = \frac{W_s}{AL} \quad \dots\dots\dots (1)$$

である。また単位時間当りの固体輸送量を G_s とすると

$$\frac{G_s}{A} = \rho_{ds} u_s \quad \dots\dots\dots (2)$$

であるから

$$u_s = \frac{G_s}{\rho_{ds} \cdot A} = \frac{G_s}{W_s} \cdot L \quad \dots\dots\dots (3)$$

となる。 W_s の測定は曲管部、垂直管部を含む管路についておこなつたために、かなりの誤差を含んでいるが、これより算出した u_s と平均ガス流速との比 u_s/u_a は、従来の文献にみられる如く、 m と u_a によつて変化しており、タルク微粉で0.1~0.15、炭酸カルシウム0.1~0.2、クレイ0.12~0.2、タルク0.1~0.22の程度であった。真の値はもつと大きくなるものと思われる。一般に大粒子になる程、また凝集しやすい粉体程管底に堆積しやすいからこれらの W_s は大きくなり、(3)式より u_s は小さくなつてくる。 W_s を混合比に対して点綴するとFig. 5の如く炭酸カルシウムはタルクやクレイに比して W_s が大きく出ている、粉体の種類差を示している。

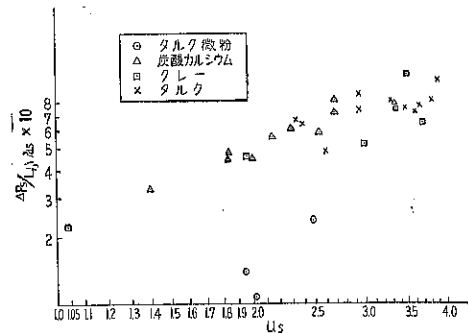


Fig. 6 $\Delta P_s/L. \rho_{ds}$ vs. u_s

圧力損失の表示法について

ロータリーフィーダーの構造が複雑で粉体の加速による損失のみを別個に測ることが出来なかつたので、定常域の圧力損失について若干考察してみる。水平管の圧損失について Gasterstädt らは m が支配的であるとして、

$$\frac{\Delta P_t}{\Delta P_a} = 1 + cm^k \quad \dots\dots\dots (4)$$

(c, k は常数)

なる式を提案している。(4)式を用ると、井伊谷氏¹⁾のべているように殆どどのデータは $k=1$ 、 $c \leq 1$ となるが、正しくは粉体ごとに実験して c, k を定めねばならない。更に c は u_a が増すにつれて幾分減少するといわれている。

次に定常域で固体の存在による附加圧力損失が粒子一流体間の抗力によるとし、単一粒子に対する抗力の可成性を認めると、全粒子による抗力 τ は相対速度 $U_r = U_a$

— u_s を用いて

$$\tau = \frac{C_R \cdot \Sigma a_p \cdot \rho_g \cdot U_r^2}{2g_c} \quad \dots\dots\dots (5)$$

Σa_p は粒子の流れ方向に対する断面積の総和で

$$\Sigma a_p = \frac{3W_s}{2\rho_s d_p} \quad \dots\dots\dots (6)$$

また C_R は, u_r を用いた Re 数 Re_r により

$$C_R = \frac{\alpha}{Re_r^\beta} = \frac{\alpha}{(d_p \rho_g U_r / \mu_g)^\beta} \quad \dots\dots\dots (7)$$

(α, β は Re_r によつて定まる常数)

と書ける。

固体の存在による附加圧力損失 ΔP_s は仮定により τ/A に等しく, $\Delta P_s = \Delta P_t - \Delta P_a$ であるから, (5), (6), (7) 式より

$$\frac{\Delta P_s}{L} = \frac{3\alpha \cdot W_s \cdot \rho_g \cdot U_r^2}{4g_c \cdot A \cdot L \cdot \rho_s \cdot Re_r^\beta \cdot d_p} \propto W_s U_r^{2-\beta} \quad \dots\dots\dots (8)$$

即ち同一粉体に対して ΔP_s は $W_s U_r^{2-\beta}$ に比例せねばならない。且つ Re_r は乱流域にあるから $\beta \approx 0$ となろう。しかし実験結果をみると, $\Delta P_s / (W_s \cdot L)$ と U_r のとの間に一義的な関係を認めることは出来なかつた。この結果は粒径差が圧力損失に余り影響しないといわれていることから予測される。圧力損失には粒体の抗力の他に多くの要素を含み, これら総ての要素を考慮するためには多くの仮定と複雑な実験的補正を必要とすることになる。

先に記したごとく, 粉体を輸送する場合は常に塊状となつて移動するので, 簡単に単一固体塊の移動と仮定すると, ΔP_s は固体塊と管壁との運動まきつ力 F と関連する。このときは Coulomb の法則により

$$\frac{\Delta P_s}{L} = \frac{F}{LA} = \lambda \frac{W_s g}{L \cdot A \cdot g_c} = \frac{\lambda \cdot \rho_{ds} \cdot g}{g_c} \quad \dots\dots\dots (9)$$

(λ は固体塊速度 U_s の函数)

上式を

$$\frac{g_c \Delta P_s}{g \cdot L \cdot \rho_{ds}} = \lambda = f(U_s) \quad \dots\dots\dots (10)$$

と書きかえ, $g_c \Delta P_s / (g \cdot L \cdot \rho_{ds})$ 対 U_s の関係を求めると Fig. 6 の如く, タルク微粉を除いて, ほぼ一致した傾向を示した。(10式の方法は Chin—Yunig Wen ら²⁾ が求めた方法に一致している。彼等は粒体の濃厚相を輸送する場合に

$$\left(\frac{\Delta P_t}{\rho_{ds} L} \right) \left(\frac{D_t}{d_p} \right)^{1/4} \approx 2.5 U_s^{0.45} \quad \dots\dots\dots (11)$$

[但し $U_s = \text{ft/sec}$]

なる関係のあることを示した。濃厚相においては $\Delta P_s \approx \Delta P_t$ となるので, (10式の ΔP_s の代りに ΔP_t を用い

ても差支えない。いまの実験では管径をかえていないので管径の影響を確かめることは出来ない。それで粉体の代表粒径を重量平均径にとり, D_t/d_p の指数を $1/4$ とすると, タルク微粉を除く, すべてのデータは

$$\left(\frac{g_c \Delta P_s}{g \cdot L \cdot \rho_{ds}} \right) \left(\frac{D_t}{d_p} \right)^{1/4} \approx 1.9 U_s^{0.85} \quad \dots\dots (12)$$

[但し $U_s = \text{m/sec}$]

で表された。

結 言

以上大まかではあるが, $W_s, U_s, \Delta P_s$ 等について, 既往の結果と比較してみた。圧力損失を粒子—流体, 粒子—管壁, 粒子間, 流体—管壁などの間の抵抗力の和として求める従来の方法は非常に複雑となるので, 簡単に固体塊と管壁の間のまきつ抵抗として求めてみた。この方法は特に混合比の大きい場合に実用的であるといえそうである。(11), (12) 式は次的に不完全であるが, 圧力損失においてまきつ抵抗が主要素となることを示している。また一般に粉体輸送は粒体輸送と区別する必要はないが, 塊状になり易いことに注意せねばならない。

終りに本報告がいくらかでも実用に供しえれば幸いである。

(付記) 本実験は細川粉体工学研究所の御厚意によつて同研究所内でおこなつたことを付記し, 厚く感謝の意を表する次第である。

文 献

- 1) 井伊谷ほか; 化学工学 23, No.6 ('59)
- 2) Chin—Yug Wen; A. I. Ch. E 5 No.2, 263 ('59)

記 号

A	= 管路の断面積	[L^2]
L	= 管路の長さ	[L]
ρ_g	= 気体の平均密度	[ML^{-3}]
μ_g	= 気体の平均粘性係数	[$ML^{-1}T^{-1}$]
ρ_s	= 粉粒体の密度	[ML^{-3}]
ΔP_t	= 全圧力損失	[FL^{-2}]
ΔP_a	= 気流のみによる圧力損失	"
ΔP_s	= 附加圧力損失 = $\Delta P_t - \Delta P_a$	"
d_p	= 代表粒子径	[L]
ρ_{ds}	= 気体—固体混合物の密度	[ML^{-3}]
m	= 混合比 = $G / \rho_g \cdot A \cdot U_a$	[—]
G	= 単位時間当りの固体輸送量	[MT^{-1}]
D_t	= 管路の直径	[L]
U_s, U_a	= 固体ガスの流速	[LT^{-1}]

ねじコンベヤの動力と設計方法

大阪大学工学部 教授 植 松 時 雄

大阪大学工学部 中 村 貞 男

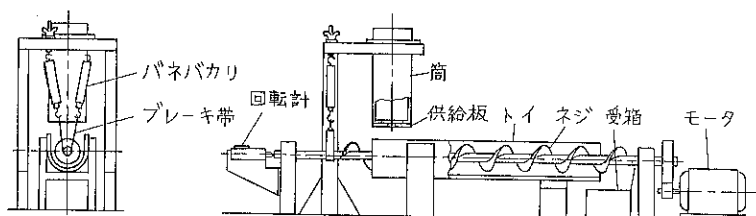
1. 緒 言

ねじコンベヤは効率が高い上に、おもに短距離用にしか用いられないため、輸送機械として重要視されず、研究の対象に取り上げて系統立てて調べられることもなかった。しかしこの輸送機械は古くから使われてきたし、今なお多く用いられる状態にあり、その上一般に粉粒体の輸送の研究は少いので、ねじコンベヤについて実験と理論とから調べることは、ねじコンベヤだけでなく、他の輸送機械の研究に対しても役立つと思われるのである。ねじコンベヤの研究は全然ないわけではなく、OWEN⁽¹⁾の動力の計算や、植松⁽²⁾の1箇の粉粒体を送る場合の理論があるが、非常に複雑であつたり、あるいは実際の場合に適用するには更に拡張しなければならないものである。

著者らはねじコンベヤの動力、体積効率、総効率などを調べ、実験結果を理論解析して、性能の良いねじの寸法と運転条件を定める一つの方法を得ることができた。ここにはねじコンベヤの設計や性能解析に特に役立つ動力についての実験と理論とによる解析、および性能の良いねじコンベヤの設計方法に至る著者らの考え方をまとめることにした。

2. 動力の実験

Fig. 1は実験装置であり、そのおもな部分のねじの寸法をTable 1にまとめた。表の記号の d_1 は鋼製のねじの外径、 p はピッチ、 d_0 はねじの軸径、 d_2 は鋳鉄製のといの底の径である。輸送距離は $l=457\text{mm}$ とした。粉粒体には大きさが $0.3\sim 0.6\text{mm}$ 、みかけ比重量



トルク測定部

Fig. 1 実験装置

Table 1 ねじとといの寸法

ね じ	I	II	III
外 径 d_1 mm	45.9	45.5	45.8
ピ ッ チ 比 p/d_1	0.55	1.11	1.66
軸 径 d_0	13.4	13.7	14.3
トルク測定部 d_0' mm	20.2	20.0	20.1
と い	A		B
とい底径 d_2 mm	50.3		54.4

$\gamma=1340\text{kg/m}^3$ 、内部摩擦係数 $\mu=\tan\psi=0.659$ 、ねじ山との摩擦係数 $\mu_s=\tan\psi_s=0.632$ の乾燥川砂を用いた。粉粒体はコンベヤの中ではFig. 2のように送られていて、横断面で粉粒体を、ねじ山の通るXの部分、ねじ山でかき上げられてすきまにきたYの部分、といの底に常に静止しているZの部分に分けて、Xを輸送部、Yをすきま部、Zを静止部ということにする。

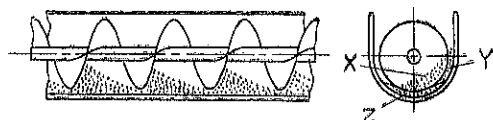


Fig. 2 砂の流れ

砂の運動が定常になったとき、砂の供給を止めて、といの中の砂を吐出してしまうと、ねじの駆動に用いた直巻整流子モータのトルク速度特性から、ねじの回転数は砂が定常に送られていたときの値 n よりも大きくなる。

このときねじの軸にブレーキ帯を掛け、その両端に掛けてあるばねばかりを調節して、回転数が n になるようにする。その場合のブレーキ帯の張り側とゆるみ側の張力 W_1 、 W_2 をばねばかりで読むと、ねじの軸トルク T は $T=(W_1-W_2)d_0'/2 \dots\dots(1)$ から計算できる。この式の d_0' はブレーキ帯の掛けられている部分のねじの軸径である。したがって

ねじコンベヤの動力は $2\pi nT$ になる。輸送重量を Q とし、ねじの1回転で送られる量を

$$\phi = (Q/n) \{(\pi/4) r d_1^3\} \dots\dots\dots (2)$$

のように無次元で表わし、 ϕ を輸送比ということにして、軸トルクを輸送比について整理すると Fig. 3, Fig. 4 の点で示したようになる。Fig. 3 はすきま比 $(d_2 - d_1)/d_1$ の小さなとい A とピッチ比 p/d_1 の値の異なる3種類のねじ I, II, III を用いて、ねじのピッチ比を変えた場合である。軸トルクは同じ輸送比に対して、ピッチ比の最も小さなねじ、最も大きなねじ、中間のねじの順に小さくなる。すなわちねじのピッチ比が大き過ぎても小さ過ぎても軸トルクは大きくなる傾向があつて、性能の良いねじのピッチ比の値のあることを示している。それぞれのねじについて輸送比が一定の値になると、軸トルクの増し方が急に大きくなり、したがって総効率が急激

に小さくなる。このときの輸送比の値は、ピッチ比の中間のねじ、最も小さいねじ、最も大きいねじの順に小さくなる。砂の運動状態を見ると、軸を越して漏れる砂の量が多くなつていて、そのための損失トルクが加わつて軸トルクが急上昇するのである。

Fig. 4 はピッチ比が1に近いねじ II に対して、2種のといを用いて、すきま比を変えた場合である。軸トルクはすきまの大きい方が大きくなつていて、所要動力には、砂を輸送するための輸送動力だけでなく、すきまにおいても動力が消費されて、損失動力のあることを示している。したがつてすきまはできるだけ小さい方が良く、実験によると粒径のそろつた粉粒体の場合にはその平均径の3倍位にすると良い。

3. 動力の計算

コンベヤの中で粉粒体は Fig. 2 のように複雑な運動をするから、理論解析では運動状態を適当に仮定しなければならない。その場合簡単な方法は粉粒体表面の軸方向の傾斜を無視することである。OWEN⁽¹⁾ もこのような場合について輸送動力を計算したのであるが、微小部分の運動に注目したため図式積分を含む複雑な計算を行つた。著者らは微小部分の代りに粉粒体の重心の運動を考え、この重心に対し、1個の粉粒体を送る場合についてすでに行つた植松⁽²⁾ の理論解析を利用して、計算が複雑にならないようにした。

重さ w の質点には Fig. 5 のような重力、ねじ山からの力 P 以外に、それらによる摩擦力が働いている。これ

らの力を受けて質点が軸方向に一定速度で進む状態を解析すると、横断面で質点は鉛直面から一定の偏角 θ_0 を保つて送られ、 θ_0 はその場合の力のつり合いから得られる

$$\theta_0 = \tan^{-1} \{ \mu_t \times \tan(\beta + \psi_s) \} \dots\dots (3)$$

で計算できる。この式の β はねじのリード角であり、 μ_t は質点とねじ山の摩擦係数である。質点を進めるにはといおよびねじ山との摩擦抵抗にうちかつて送る必要があつて、そのための動力すなわち輸送動力 N_t は $N_t = 2\pi n w r_g \sin \theta_0$ (4) になる。 r_g は軸心から質

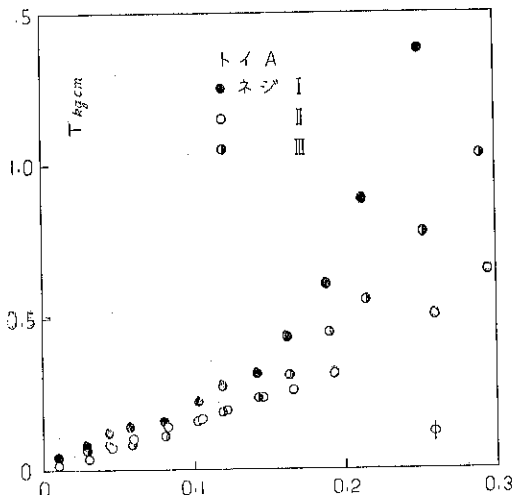


Fig. 3 軸トルク

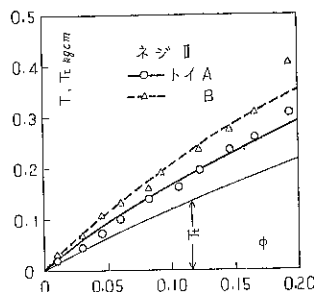


Fig. 4 軸トルクの実験値と計算値

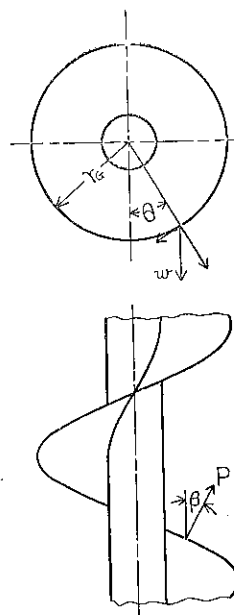


Fig. 5 質点の運動

点までの距離である。

粉粒体を送る場合には、その輸送部の重心を今考えた質点に対応させる。すなわち粉粒体は横断面で Fig. 6 のように、輸送部の重心が鉛直面から θ_0 傾く。粉粒体表面は平面になり、すきま部では図のように水平面になっているとする。すきま部と静止部の境の面は水平面と粉粒体の内部摩擦角で傾斜していると考える。

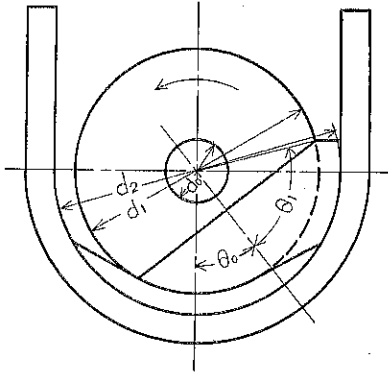


Fig. 6

ねじの軸心から輸送部の粉粒体の重心までの距離 r_g は Fig. 6 の記号を用いると

$$r_g/r_1 = \{2/(3\pi)\} (1/\phi) (p/d_1) \sin^3 \theta_1 \dots\dots\dots (5)$$

であり、 θ_1 と ϕ の関係は

$$\phi = (1/\pi) (\theta_1 - \sin \theta_1 \cos \theta_1) p/d_1 \dots\dots\dots (6)$$

になる。(5)と(6)とから ϕ に対して r_g を求めることができる。この r_g におけるねじのリード角 β は

$$\beta = \tan^{-1} \{p/(2\pi r_g)\} \dots\dots\dots (7)$$

になる。

輸送部の粉粒体は静止部の粉粒体の上を滑って動くから、 μ_t を μ とし、(5)、(6)、(7)から(3)を計算して θ_0 を求め

$$w = r\phi (\pi/4) d_1^3 l/p \dots\dots\dots (8)$$

の関係を用いて(4)を計算すると、それぞれの輸送比のときの輸送動力が得られる。

実験結果からわかったように、ねじコンベヤ所要動力は輸送動力の他にすきまによる損失動力 N_1 がある。 N_1 は粉粒体がすきま部で、静止部との境の面から粉粒体表面まで、ねじと同じ角速度を持つ同心円通路を通って動くときの単位時間の位置のエネルギーの増加から計算でき

$$N_1 = (\pi/12) n r l (d_2^3 - d_1^3) \{ \cos(\psi + \bar{\theta}) - \cos(\theta_0 + \theta_1) \} \dots\dots\dots (9)$$

と表わせる。この式で $\bar{\theta} = \cos^{-1} \{2d_1/(d_1 + d_2)\}$ である。

ねじコンベヤの動力 N_t , N_1 を計算し、それを $2\pi n$ で割って軸トルク T_t , T_1 を求めて実験値と比較すると、その1例は Fig. 4 のようになる。粉粒体の運動状態をかなり粗く仮定して動力の理論式を導いたが、計算値は実験値に良く一致する。Fig. 4 の T_t と T_1 の割合を見ると、実験に使ったねじコンベヤはすきまが大きく損失動力が大きいことがわかる。

4. 軸トルクの急上昇

実験結果から、輸送比が大きくなると軸トルクの増し方が急に大きくなることがわかった。このときの粉粒体の運動状態は、軸を越して粉粒体が漏れていて、さらに粉粒体が1ピッチ前のねじ山の後に漏れた粉粒体に触れて、軸を越す漏れ量が一層多くなっている。この現象を理論的に解析すると、軸トルクの急上昇するときの輸送比を計算できるはずである。

この場合には実際の粉粒体の状態を解析するのであるから、動力の式を導いたときよりもより実際に近くなるように運動状態を仮定しなければならない。その場合にも計算が複雑になり過ぎないように考え、運動状態は Fig. 7 のようになっているとする。すなわちねじを実際のつる巻き状の連続したねじ山の代りに不連続な平面を持つたものに置換え、このねじの中で粉粒体の表面は、横断面だけでなく軸方向にも傾いている場合を考えるのである。

このようなねじコンベヤで粉粒体が軸を越し始めるときを、横断面で粉粒体表面が傾斜して、図のA点すなわ

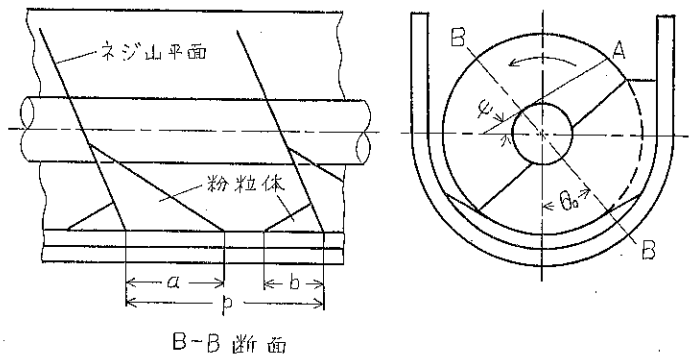
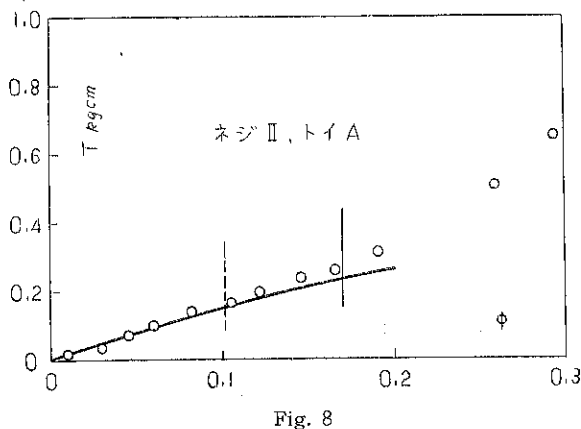


Fig. 7

ち軸に上側で接し水平面と内部摩擦角で傾く面とねじ外径円との交点を越えるときであるとする、このときの輸送比の計算はねじⅡとてAに対して Fig. 8 の縦の破線で示した値になる。

粉粒体の表面が1ピッチ前で漏れた粉粒体に触れる場合を、ねじ山の後に漏れた粉粒体が Fig. 7 のようにくずれ、図の $a + b = p$ になったときとして計算すると、そ



のときの輸送比はねじ II といい A に対して Fig. 8 の縦の実線で示した値になる。図には粉粒体の運動状態をこの章のように仮定して、前章と同様に動力の式を導いて計算した精度の良い値を実線で記入してある。しかしその値は前章の式による値との差が少いから、動力の計算はより簡単な前章の式で十分である。

Fig. 8 で実線で示した計算値と実験値を比べると、粉粒体が軸を越して漏れ始める点から軸トルクの値は計算値よりやや大きくなり、粉粒体表面が 1 ピッチ前のねじ山の後に漏れた粉粒体に触れる点で、更に激しく軸トルクは増大する。いずれの場合にも軸を越す漏れ量のために動力損失が大きくなるのであるから、この二つの現象が同時に起るようにねじの寸法を定めて、そのねじについて軸トルクが急上昇し始める状態、すなわちそのときの輸送比で運転すると、性能の良いねじコンベヤが設計できると考えられる。

ねじ軸径とねじ外径の比 d_0/d_1 を 1/5, 1/3, 粉粒体の内部摩擦角 ψ を 20° から 35° など普通に用いられると

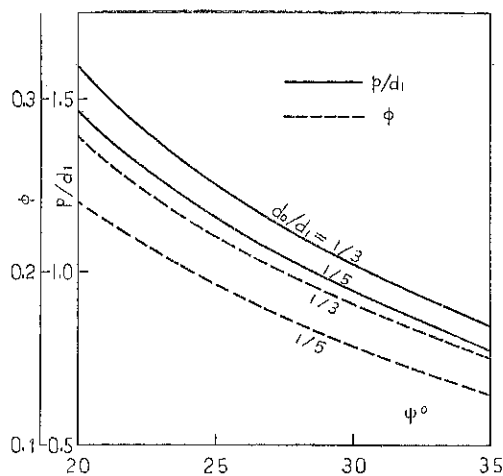


Fig. 9 ねじ寸法と輸送比計算図

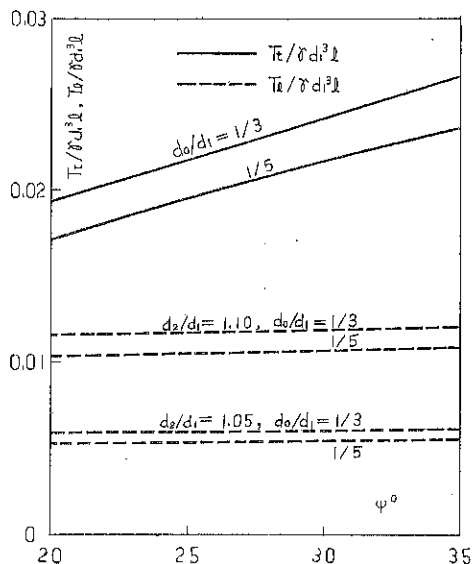


Fig. 10 軸トルク計算図

思われる値によつて、今考えたような解析方法で、ねじのピッチ比および軸トルクが急上昇し始めようとするときの輸送比を求めると、これらの値は粉粒体の内部摩擦角に対して Fig. 9 のようになる。この図で得られるねじと輸送比で粉粒体を輸送するときの輸送トルク T_t と損失トルク T_l は Fig. 10 になる。なおこの図の計算値は粉粒体の運動状態をこの章のように仮定した場合の精度の良い値である。

5. 設計方法

前章の結果を利用して、粉粒体の種類と輸送量および輸送距離を与え、ねじコンベヤを設計する方法をまとめてみよう。

ねじコンベヤのねじ回転数には適当な値があるはずであつて、その値として南大路⁽⁹⁾は n を rev./min. d_1 を m で表わしたとき

$$n = 45/\sqrt{d_1} \quad \text{.....(10)}$$

を与えている。著者らも実験によつてこの値が適当であることを確めた。

輸送量の式

$$Q = r(\pi/4) d_1^3 \phi n \quad \text{.....(11)}$$

の n に (10) を用い、Fig. 9 により粉粒体の内部摩擦角から ϕ を求めると、(11) はねじの外径を定める。再び Fig. 9 で p/d_1 を求めるとねじのピッチも定まつて、ねじの寸法が決定する。このねじによる所要動力は、ねじといたのすきまを粉粒体の平均径から定めると、Fig. 10 から求めることができ、ねじコンベヤの設計ができる。

(35頁へ続く)

ベビー・サイクロンの集塵性能

大阪大学工学部教授 新 津 靖

1. ま え が き

われわれの研究室で処理風量約 $0.3\text{m}^3/\text{min}$ 、中の砂塵を除去する必要があつたので、従来から発表されている大形のサイクロンの設計基準をそのまま縮小した、最も単純な形の胴径数 cm という非常に小さいサイクロンを試作し、このような小形サイクロンでも大形の場合と同様の除塵性能をもつかどうか、さらに小形化するために円すい部を短くしたらその性能はどうなるか、また傾けて使用すればどうかというようなことを調べたので、ここにこれらの結果について述べる。

2. 供試サイクロン

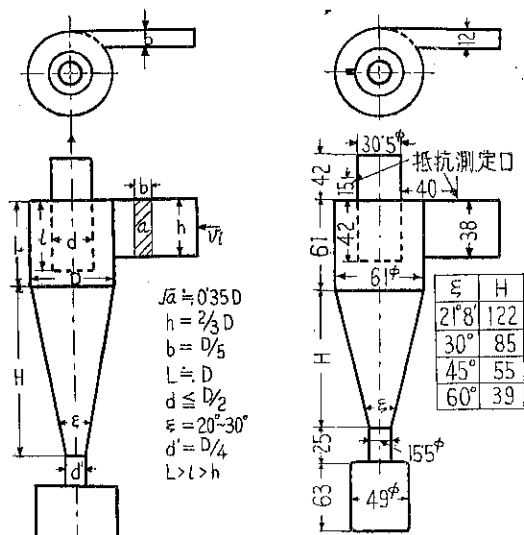


Fig. 1 サイクロン寸法比

Fig. 2 供試サイクロンの寸法

サイクロンを試作するにあたり、Fig. 1 に示すような寸法比を用いた。これはいままでに発表されたサイクロンに関する文献の中から、うず巻室などをつけない最も単純な形の寸法比を参考にして決めたものである。著者は胴径 6.1cm とし、この比で各部の寸法を決め、さらに円すい角を 60° まで 4 段階変えたものを作ったが、この寸法を Fig. 2 に示す。図

において $\xi = 21^\circ 8'$ のものが Fig. 1 の寸法比に相当するもので、ここでは標準型と呼ぶことにする。この実物写真を Photo. 1 に示す。これらのサイクロンは、円すい部は丸棒から削り出してめっきし、他の部分は真ちゅう板で突合せ接合にして、内面の平滑仕上げにはとくに注意した。



Photo. 1 供試標準型サイクロン

3. 実験方法

実験装置の概略図を Fig. 3 に示す。図において①が供試サイクロンで、②が捕集びんである。乾燥した供試砂塵が③のみぞ付きレール上に一様に散布され、レールの移動とともに順次サイクロンで吸い上げられる。④は砂塵供給用のホッパーで、この中に計量した砂塵を入れ、⑥のバイブレータでホッパーに振動を与える。レールは⑥のローラで糸を巻いて算速移動させ、⑦はそのおもりで、⑧は可変モータである。サイクロンを出た空気中の砂塵を⑨のフィルタ箱で除去し、サイクロン吸入風量は⑩のオリフィスで測定し、⑪のバイパスで調節する。⑫は空気タンク、⑬は回転圧縮機、⑭はその電動機である。サイクロンの圧力損失 ΔP_{mm} 水柱は⑮のマノメー

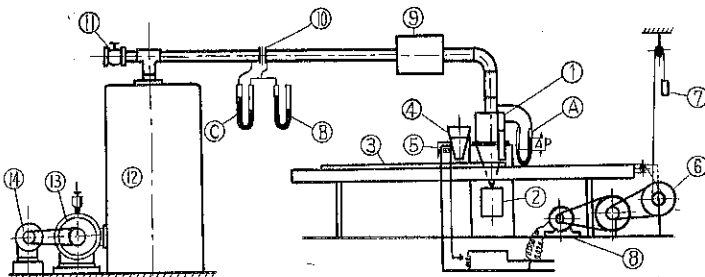


Fig. 3 実験装置の概略

タで測定し、吸入風量は⑥、⑦のマノメータの測定値から算出する。サイクロンは自由に傾けられるように取付けたが、その模様を Photo. 2 に示す。

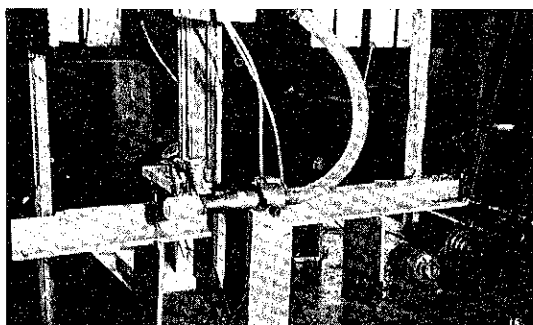


Photo. 2 実験装置

4. 供試砂塵

試験用粉体として Tyler 200 メッシュふるいを通過した乾燥砂塵を用いたのであるが、実験途中で砂塵の粒度が変わるのを防ぐために、一時に作った充分多くの砂塵で終始同一砂塵を用い、一度使用したものは捨てるようにした。

供試砂塵の顕微鏡写真を Photo. 3 に示すが、これはヘキサ・メタ燐酸ソーダ 0.03 mol 溶液を分散液としてこの中で砂塵を分散させ、カバーガラス上に滴下して乾燥したものを検鏡したものである。同様に捕集塵も検鏡した。

またサイクロン通過後の空気中から労研式塵埃計で採取した砂塵の顕微鏡写真を Photo. 4 に示すが、これは

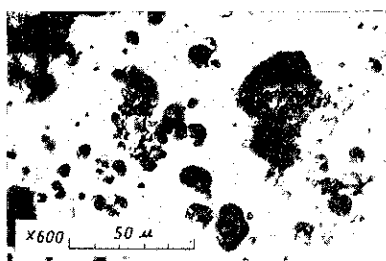


Photo. 3 供試砂塵

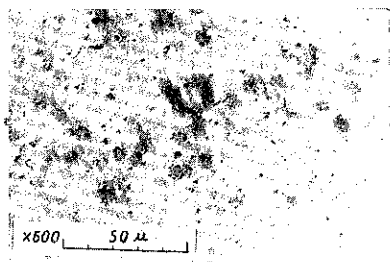


Photo. 4 通過砂塵

標準型サイクロンで吸込風速を 18 m/s にしたときに得たものである。

これらの顕微鏡写真から各砂塵の粒度を計り、粒度分布を求めた結果を示すと Table 1 のようになる。試料のカバーガラスが数十枚しかなかったため断定できないが、このサイクロンで 5 μm 以上の砂粒子はほとんど完全に捕集できることがわかった。

Table 1 砂塵粒度の粒数分布

粒の大きさ	供給砂塵	捕集砂塵	通過砂塵
< 1μ	40.3%	49.3%	24.8%
1~5	33.2	30.2	75.2
5~10	18.3	10.0	0.0
10~20	6.0	6.9	0.0
20~40	1.2	2.9	0.0
40~74	1.0	1.6	0.0

5. 集塵効率

1) 円すい角の影響

できるだけサイクロンを小さくするために、Fig. 2 に示したように 4 段階に円すい角を変え、いろいろな吸込風速に対する集塵効率を求めたが、その結果を示すと Fig. 4 のようになる。図からわかるように、風速が大きくなるにしたがって集塵効率が増大し、15~18 m/s で最高値となり、標準型ではそのまま 99% 近い効率を保

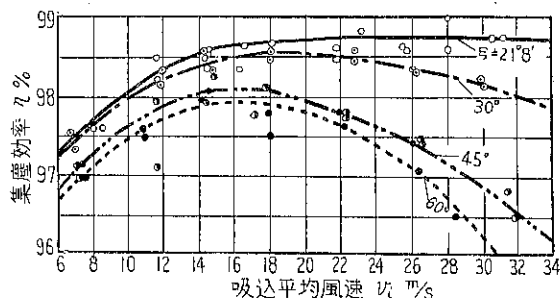


Fig. 4 吸込風速とサイクロン円すい角に対する集塵効率

っているが、円すい角が大きくなると、その後風速の増大とともに集塵効率が低下している。そしてこの下向する傾向は円すい角が大きくなるほど大きくなり、また最高効率も低くなってくる。

サイクロンでは吸出管下端延長と円すい面との交点までの円すい部長さ、いわゆる有効長の長いことが集塵効率の向上に寄与することから、この場合も円すい部が細

長いほど集塵効率が上がっている。

ii) 傾斜角 θ の影響

サイクロン軸を傾けて、その傾斜角の集塵効率に及ぼす影響を調べたが、その結果を示すと Fig. 5 のようになる。図からわかるように、傾斜角が 80° を過ぎるまで

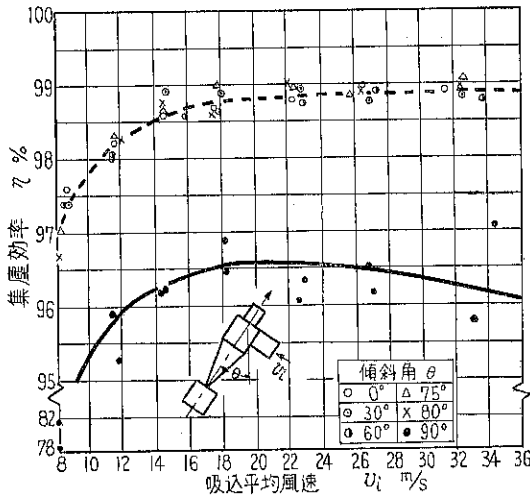


Fig. 5 集塵効率と傾斜角の関係

集塵効率は全然低下せず、 $\theta = 90^\circ$ すなわち水平に置いたときのみ低下している。サイクロンを水平に置けば円すい面下部の母線は、吸込口よりも捕集びんの方が高くなって、砂塵が停滞したりして効率の低下をきたしているものと考えられる。しかし従来からいわれている限界傾斜角 45° よりもはるかに大きく、Linden Type のようなもともと効率の劣る特殊な水平型サイクロンを用いるよりも、むしろ普通型サイクロンを傾斜させて使用の方が効果があるともいえる。

iii) 塵埃濃度の影響

塵埃濃度がサイクロンの集塵効率に与える影響をみるため、Fig. 3 の実験装置に示したレールの移動速度を変えて実験を行った。すなわち吸込風速を 18 m/s 一定とし、 5 g の砂塵を 4 分 まで給塵時間を変えて集塵効率を求めた結果を示すと Fig. 6 のようになる。図の横軸に

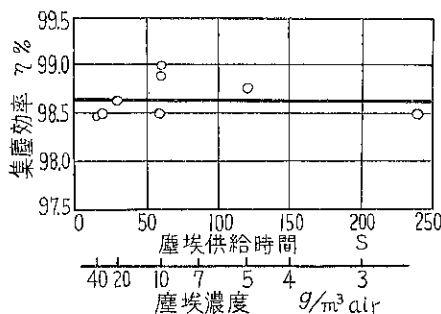


Fig. 6 集塵効率と塵埃濃度の関係

給塵時間とともに塵埃濃度を示してある。図からわかるように、サイクロン集塵の場合に塵埃濃度は効率にほとんど影響しない。

また給塵時間が集塵効率に影響するかどうかをみるために、一定量の供試砂塵を捕集びんに入れて空運転したが、びんの中の砂はびん中で旋回するのみで減量しなかった。このことから一たん捕集した砂塵が運転中にふたたび吸上げられることがなく、したがって給塵時間の長短は集塵効率に影響しないと考えられる。

6. 圧力損失

Fig. 2, 3 に示したようにサイクロンの吸込口と吸出口に付けた測定口の静圧差により圧力損失 ΔP mm 水柱を測定したが、給塵中は圧力損失が若干低下し、また変動が激しいので、給塵しないで空運転中の圧力損失を求めた。標準型供試サイクロンにおける吸込風速と圧力損失の関係を示すと Fig. 7 のようになり、Fig. 4 の結

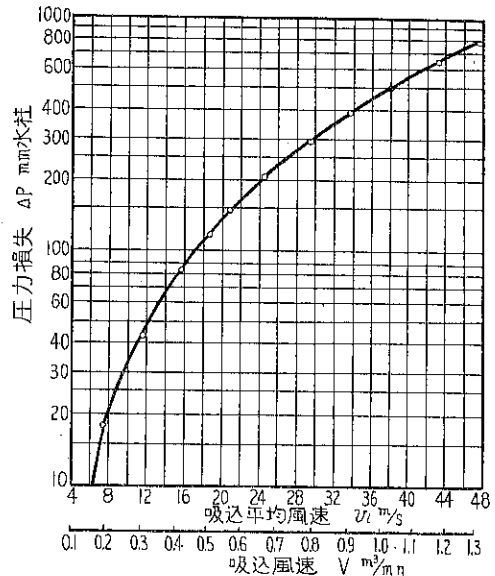


Fig. 7 標準型サイクロンの圧力損失

果から集塵効率が最高になる 18 m/s の吸込風速に対して圧力損失は $\Delta P = 105\text{ mm}$ 水柱となることがわかる。

一般にサイクロンの圧力損失 ΔP は吸込風速の速度水頭 $\gamma v_i^2 / 2g$ (ここに γ : 吸込みガスの比重 kg/m^3 , g : 重力の加速度 9.8 m/s^2 , v_i : 吸込平均風速 m/s) に圧力損失係数 F を掛けた形で表わされるが、円すい角を変えて行つた著者の実験結果から計算した F の値は Fig. 8 に示すようになる。

この F には、サイクロンの各部寸法比のみの関数として最も簡単な形で表わした井伊谷式¹⁾、これをさらに複雑にした First 式²⁾、また吸込風速およびサイクロン全体の大きさを加味した原田・市毛式³⁾などいろいろの実

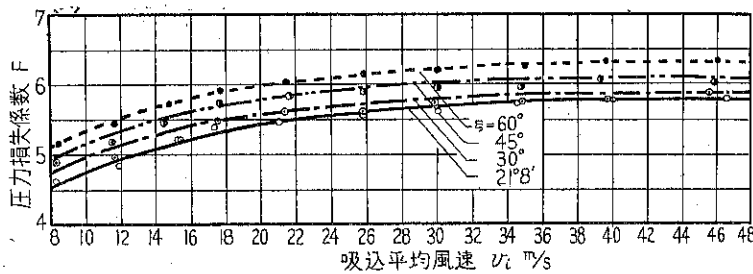


Fig. 8 圧力損失係数

験式が発表されている。そこで供試サイクロンの寸法を入れてこれらの実験式で計算した F の値と、著者の実験値を比較すると Table 2 に示すようになる。すなわちここに引用した三つの実験式による値よりも、円すい角のいずれの場合も著者の値の方が低くなっている。

Table 2 圧力損失係数の比較

円すい角	著者	井伊谷	First	原田・市毛
21°8'	5.3	8.5	9.3	7.3
30°	5.5	9.4	10.4	7.6
45°	5.7	10.7	12.2	8.0
60°	5.9	11.5	13.7	8.3
備考	$v_1=18\text{m/s}$	$k=30$		$v_1=18\text{m/s}$

また Fig. 8, Table 2 からわかるように、著者が用いたような小形サイクロンにおいても、他の実験式と同様に円すい部が細長いほど圧力損失は低くなっている。

サイクロンを傾斜させても圧力損失には無関係であることはもちろんである。

7. む す び

著者は非常に小さいサイクロンの必要に迫られて、胴径 6.1cm という小形サイクロンを従来から用いられている寸法比をそのまま

縮小して試作し実験したのであるが、その特性は大形におけるのと同様な傾向（たとえば円すい角は小さいほど性能がよい、吸込風速は 18m/s 位にとるのがよいということなど）を得た。しかし小形にすれば圧力損失は低くなり、集塵効率が上昇して大形よりも性能が向上している。このことは現在サイクロン除塵には、大形単一筒よりも小形マルチサイクロン形式が普及している傾向と一致している。

またサイクロンをかなりの角度まで傾斜させて使用しても、集塵性能は全然落ちないことがわかったが、このことからサイクロンは、垂直定置式に使用するのみでなく、可搬式にしたり、設置場所によつては斜にすえ付けたり新しい用途もでてくるものと考ええる。

注：

- 1) 井伊谷、八木；集塵装置，日刊工業新聞刊，87ページ
- 2) Heating & Ventilating, 45, 7, (1948-7) P. 80.
- 3) 機械学会論文集 21, 105 (昭-30) 367ページ。

(31頁より続く)

6. 結 言

実験と理論解析とによる著者らのねじコンベヤの研究から動力の式および一つの設計方法を得るに至った経過をまとめて、ねじコンベヤの性能を明らかにし、設計に役立たせるようにした。また粉粒体の輸送についての研究は少いから、ここに書いた研究方法是他の粉粒体輸送機の研究にも応用できるであろう。

文 献

- (1) J. H. OWEN, Engineering, 142 (1936) 291.
- (2) 植松時雄，化学機械技術，5 (昭28) 197.
- (3) 南大路謙一，運搬機械，(昭14) 2，共立社。

原 稿 募 集

“粉砕”第5号は7月に発行の予定です。粉砕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 ○綜説 ○講義 ○新技術紹介
- 文献紹介 ○随筆 ○一枚程度の埋草
- 特に「micromeritist の Idea」を歓迎致します。

○原稿締切 制限ありませんが第5号分は5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

半均質核燃料の粉体工学的問題

日本原子力研究所

矢 島 聖 使

岩 本 多 実

1. 半均質燃料とは

原子炉はウランの原子核分裂を持続的に起させる装置である。この装置の性質は減速剤と核燃料の組合せ方、核分裂を起す中性子エネルギーおよび冷却材の三つの因子によつてほとんど特徴づけられ決定される。

原子炉の類別法として均質型原子炉と不均質型原子炉に区別する場合がある。均質型の例としては、東海村の原子力研究所のウォーターボイラー型があり、ウラン塩を普通の水に溶解したものが燃料と減速剤である。不均質型原子炉の例はギイリスのホルダーホール型原子炉があり、この原子炉では黒鉛の堆積にかけたチャンネルの中に天然ウランの棒がならべてある。半均質燃料を使つた半質炉は大ざっぱにいつて、減速材と燃料の組合せ方がその中間にある。つまり、核燃料として粒径数ミクロン以下の酸化ウランまたは炭化ウラン粉末が減速材である黒鉛粉末中に均一分散した状態である。このような状態がどのような特徴をもつかは次節で述べる。

酸化ウラン中のウラン 235 の濃縮度 (^{235}U と ^{238}U の比率)、酸化ウランと黒鉛の混合比率、さらに増殖を目的とした酸化トリウムの混入率などは原子炉工学的な問題と関連して決められるものであるが、一応、20%濃縮酸化ウラン1、酸化トリウム3、黒鉛50の重量比の混合物が半均質燃料として想定されている。黒鉛は天然黒鉛が用いられるので、バインダーを添加することなくみかけ比重 1.6 程度から 2.1 程度のペレットに容易に成型することができる。このペレットはいくつか重ねて黒鉛サヤにおさめられ燃料要素となる。その1例を Fig. 1 に示す。

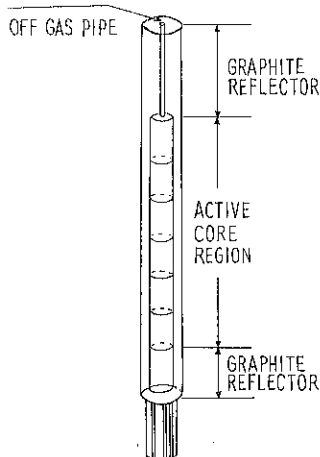


Fig. 1 半均質燃料要素

2. 半均質燃料の特徴

半均質燃料では、減速剤を基底物質にしてその中に二

酸化ウラン（酸化トリウムも混入しているが、これは増殖を目的とした親物質であるからここでは略す）の細粒が均一分布している状態で、ウラン 235 が核分裂現象を起す。よく知られているように、分裂にさいしては龐大なエネルギーが発生するが、そのエネルギーの大部分はウラン 235 が二つに割れた破片、すなわち核分裂片の運動エネルギーとしてあらわれる。この核分裂片は核分裂生成物（以下 FP と略す）といわれて、いわゆる“死の灰”とも呼ばれているものであるが、ウラン原子が割れた直後は運動エネルギーを持つているために物質中を飛躍する。飛躍しながらまわりの物質にエネルギーを吸収されそれは熱に変換し核分裂片は静止する。ウラン原子が割れて分裂片が静止するまでの時間は極めて短い。生じた熱が適当な冷却材によつて熱交換器に運ばれ発電を行うことになる。

核分裂片の飛躍する長さは主として通過物質の種類によつて異なり、酸化ウラン中で約10ミクロン、黒鉛中で約20ミクロンである。したがつて酸化ウランの粒径が10ミクロン以下であれば、その酸化ウラン球中に生じた核分裂片はすべてその球から跳び出してまわりの黒鉛に突入する。しかし黒鉛の量が少なくて隣接酸化ウラン球が近接しているならば黒鉛を通過しさらに余力をもつて隣接球に再突入することになる。第1節で記した様に酸化ウラン1、酸化トリウム3、黒鉛50の割合の混合物ペレットでは90%以上のFPは黒鉛に捕獲され、酸化ウラン、酸化トリウム中にはその残りが分布することが明らかにされた。当然、核分裂片の運動エネルギーの大部分も黒鉛で消費され、黒鉛に直接熱を与える。この核分裂片の挙動が半均質燃料では最も特徴的である。

この特徴は原子炉工学的にはどのような利益があるか考えてみる。

(i) よく知られているように黒鉛は熱の導体としてすぐれた性質をもっており、熱衝撃に強く、高温と放射線損傷によく耐える。半均質燃料では発生した分裂エネルギーの大部分が黒鉛中で直接熱に変換するので、上述の性質と相まって原子炉工学的に極めて利益がある。一言にしていえば、燃料の単位重量あたりの出力、すなわち比出力を UO_2 燃料、金属ウラン燃料に比べて非常に大きくとることが可能である。

(ii) 半均質燃料では黒鉛中にFPは捕獲される。捕

獲されたもののうち、ガス状物質は黒鉛結晶の層間を比較的容易に拡散して外部に漏出する。ところがこの拡散量は黒鉛の結晶生長度と深い関連性があることが明らかとなった。結晶のよく発達した天然黒鉛では拡散の割合は人工黒鉛に比較してはるかに大きい。この原因は結晶の dislocation と深い関連性があることが明らかにされた。

平均質燃料の形状の1例を Fig. 1 に示したが、材料黒鉛は天然黒鉛である。このような燃料要素はいくつか集まって燃料集合体となりビスマス冷却材の中につけられる。炉心上部の空隙は不活性ガスでカバーされ、そのガスは常圧⇄減圧のサイクルが繰返されている。燃料要素上部に細管があげられているので、不活性ガスは内部の燃料ペレットに浸透し、黒鉛粒子表面に拡散したガス状 FP は炉心上部に搬出され、そこから適当な方法によって炉外に出し、分離、固定する。

ガス状 FP のうちでセシウム 135 は極めて熱中性子吸収断面積が大きいので、このような方法によって neutron poison を連続除去することは炉の中性子経済を良好にする。また放射性物質を炉外に持ち去ることにより炉の安全性を高めることができる。

(iii) 燃料は燃焼中に与えられる種々の損傷、また neutron poison の蓄積（ここでは不揮発性 FP）のためにいつかは取替えが必要になる。そのさい使用済み燃料は再処理を行ない、FP を除去する。一般には使用済み燃料を溶媒抽出法とかフッ化物蒸溜法や高温冶金法などにより化学処理して核燃料と FP とを分離している。(注) このような化学処理法は龐大な設備を必要とし、発電コストの相当部分を占めている（一般に10%前後といわれている。また燃料の refabrication もやつかいである）。

平均質燃料では前記したように酸化ウラン粉末と黒鉛粉末の重量比を適当に加減することにより、生じた不揮発性 FP の大部分を黒鉛中に止めることができる。したがって使用済み燃料ペレットを微粉碎したのち、風篩法重液分離法、浮遊選鉱法などにより比較的簡単に FP の大部分を分離、除去することが原理的に可能である。この問題については第4節でもう少しく詳しく論議される。

(iv) 平均質燃料は平均質系混合物とそれを取巻く黒鉛のサヤから構成されている。しかも前記したようにガス状 FP は連続除去が行われている。材料として中性子吸収の大きい物質は使用されていない。したがって中性子経済が良好で増殖炉としてもしくは高い転換比の原子炉としての設計が可能である。

(v) 燃料製造費の低廉。数ミクロン以下の細粒である酸化ウラン、酸化トリウムを数10ミクロンの粒径をもった大量の天然黒鉛中に均一分散させることは確かに問

題がある。しかしどの程度で混合すべきかは再処理、熱計算などから決まるものであり、また混合に致命的隘路は見出されていない。この問題が解決されれば、天然黒鉛は焼結剤なくして作製可能である。

平均質燃料は高温、強放射線による変形に対して許容度が大きく、サヤとペレットの接合部分は熱伝達の問題だけに絞って考慮すればよい。またサヤ自体の組合せ部分はビスマス冷却材を考える限り、それほど密な接合を考える必要はない。

製造費は遠隔操作による refabrication も含めて相当大幅に低廉であると考えられる。

3. 平均質ビスマス冷却炉

平均質燃料とビスマスを組合せた場合の merit は原子炉工学的観点から論ぜられなければならない。ここではくわしいことは省略するが、その組合せの大きな理由の一つは黒鉛が 1000°C 程度の熔融ビスマスと長時間接触してもおかされないことである。

この炉は増殖を目的として、炉心燃料部分とそれを取りまくブランケット部分の二領域である。炉心燃料ペレット構成成分は前記したとおりである。ブランケットは黒鉛約10、酸化トリウムまたは炭化トリウムまたは微細粒の形状の金属トリウムが約1の混合物である。ブランケットもやはり圧縮成型されている。これらを配置固定する格子枠は主として不溶性黒鉛でできている。炉心容器は不透過性黒鉛板を材料にしてその接合部はネジ込み、ハメ込み、またはモリブデン帯によるシメツケで行われる。炉心燃料最高温度は 1000°C 以下、ビスマスの出口温度 800°C 以下、入口温度 500°C 以下が考えられる。その他熱交換器、ポンプ等の材質、形状について多くの論議が必要であるがここでは省略する。

4. 平均質燃料の粉体工学的問題

ふつうの原子炉では FP は核燃料物質 (U, Th, Pu, これらの酸化物、その他合金など) 内に、ときには減速材の中に入りこんでおり、再処理はこれらを炉から取りだして液状またはガス状の均一状態（核燃料物質と FP がまじりあっているという意味）にしてから抽出や蒸溜その他の手段で分離を行ない、希望するものを回収したり不要のものを除去している。そして回収され除染された核燃料物質は refabrication されて再使用している。ところで平均質燃料の再処理 (refabrication も含めて) はどうかというに、前記したように FP が酸化ウラン内にのこらず黒鉛相に移っている点に着目して次のように考えられる。酸化ウランと黒鉛を分離して FP を黒鉛と共に除くか、またはなんらかの方法で FP または酸化ウランのみをうまくとってしまうか、の方法がふつうの再

処理の手を経るより得策である。FP と酸化ウランが別々になつてゐるものを一緒にしてから分離をするというのは他に方法がない場合にとるべき最後の手段である。

使用済み燃料体から酸化ウランのみ、または FP のみをとりだすということは現在のところ目途がついていない。それよりも燃料体を砕いて微粉にし、黒鉛と酸化ウランとを各々が別々に単独にわかれた状態にまでして、これに既知の機械的な分離手段を加えて酸化ウランを回収するというのがよい。回収された酸化ウランは黒鉛または濃縮酸化ウランを加えて再び燃料として使われる。この工程をとるとしたとき、工学的に次の単位操作を踏まねばならぬことがわかる。すなわち、粉碎、分離、混合である。つぎにこの各々について説明する。

(i) 粉碎 燃料体要素の大きさは未定であるが大体直径 4cm 程度である。長さは未定であり再処理や、燃料の取換え 操作の 難易などから 決定されるものである。これを上述のように、黒鉛と酸化ウランとの分離ができる程度に微粉砕せねばならない。燃料体成型時の数ミクロンという値以下にせねばならないだろう。しかしまた、燃料体の再使用を重ねるうちに酸化ウラン粉末が脆弱化またはこれに類した現象によつて細かくなりすぎるといふようなおそれもあるが、これは微粉砕をうまくコントロールする研究とともに今後にまたねばならない。

どんな型式の粉砕機を使うかについてははまだ決められない。この仕事が高放射性物質を取扱うため、全装置を遠隔操作でやらねばならぬ点と、どんな粉砕法が好ましいかについてなお研究せねばならぬからである。

微粉砕の程度を知るメジャーとしては、粉末の粒度測定（沈降法、透過法、顕微鏡法など）と、被粉砕微粉を分離してしらべた結果との両方から推している。とくに片刃が問題であつて、これを知るには粉末を分離してみても推算したり、あるいは、粒径測定に酸化ウランを原子炉で放射化して γ 線で検出する沈降法を採用して、燃料体ペレットの原料の酸化ウラン粉末の粒度分布と、粉砕してできた粉末中の酸化ウランのそれとを比較するなどして推定している。なお、酸化トリウムのまじつた増殖炉も考えられているから、酸化ウラン—酸化トリウム—黒鉛の混合粉末の各成分の粒度をも測定せねばならないので、やはり放射化による γ スペクトルの違いを利用して測定している。

(ii) 分離 微粉砕されてできた黒鉛—酸化ウラン粉末を処理して黒鉛成分と酸化ウラン成分とに分離することである。黒鉛と酸化ウランとは比重が各々、2.2 と 10.8 で相当にちがふことと、黒鉛が液中で比較的浮揚し凝集しやすい点とが分離のキポイントとなる。そこで方法としては浮遊選鉱法、静電分離法、磁気選鉱法、凝集—懸濁分離法、重液選鉱法などについて予備実験をして浮遊選鉱法と凝集—懸濁分離法と重液選鉱方式とに活路を見出している。なお他に風篩法も原理的に可能である。これらのうちどの方法によるかは、放射性物質を扱うに便利でしかも効率のよいものという基準で判定

せねばならず目下研究中の事柄である。

(iii) 混合 分離によつて分けられた酸化ウラン成分は再使用のため加工成型される。このさい、新たに必要なら濃縮酸化ウランを加え、天然黒鉛に混合して圧縮成型する。この黒鉛と酸化ウランとの混合であるが、その重量比は 50 対 1、容積比は約 250 対 1、酸化ウラン粒径数ミクロンという条件下での混合であるから均一混合には充分注意せねばならない。黒鉛粒径は混合に便利に大きさにすればよいのであるが数 10 ミクロンという大きなものではないけなくて、同等か少し大きい目になるであろうが、これも結局は実験によつてきめられるものである。混合の均一度の測定にもやはりウランの放射化による γ スペクトルの分布をしらべるることによつて可能である。

以上簡単に述べたがこれらを模式的に示せば Fig. 2 のようになる。

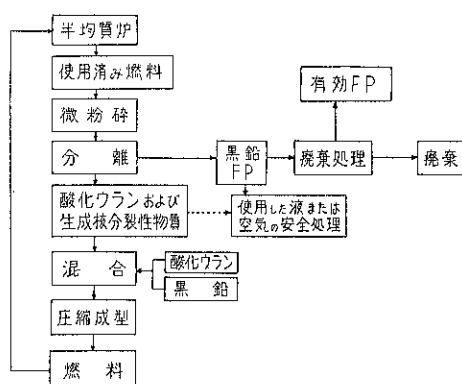


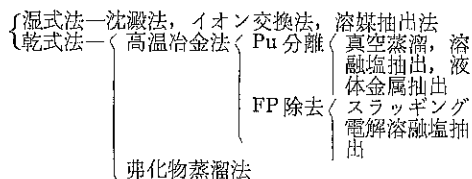
Fig. 2 燃料のサイクル

5. あとがき

以上で燃料よりみた平均質炉の概要と粉体工学への関連について述べたが困難な問題が山積している状態であつて、読者の方々から種々御教示ねがえれば幸いである。

おわりに平均質炉のように黒鉛を基底としたセラミック系の高温用原子炉が米国、英国、ドイツなどで研究され、期せずして研究の方向が各国で一致していることは興味深いことである。（ただし外国では FP を黒鉛中に捕獲できるほど酸化ウランの粉末は細かくなり、この点は平均質炉と異なっている。したがつて再処理も従来の方法^(注)を適用しようとしている。

(注) 燃料再処理の方式



乾燥粉碎装置 (Mahltrocknungsanlagen)

に関する熱精算

京都大学名誉教授 亀 井 三 郎

要約 乾燥粉碎装置における所要熱量は経験的に 900 ~ 1,100 kcal/kg (蒸発水量) にとられる, 次に述べるのは熱風による乾燥粉碎装置に関する熱精算を数学的に導き, それによつて, 斯る装置の種々の運転条件を計算的に把握できるようにするためである. ある与えられた粉碎装置にこの計算法を適用した結果を報告する.

1. 研究した乾燥粉碎装置の構造及び条件

熱精算は Fig. 1 に示した粉碎装置で行つた. 砕料はバンカーからテーブルフィーダー *a* によつてチューブミル *b* に送入され, 熱風炉からの熱ガスは *c* からミルに導かれ, 砕料の乾燥と粉碎が同時に行われる. 碎製物は排風機 *d* で引き起こされる気流に乗つて分離機 *e* に上げられ, 分離され, 目的の製品はサイクロン *g* で捕集, *h* から取り出されるが, 粗粒は樋 *f* を通つてミルの入口へ返される.

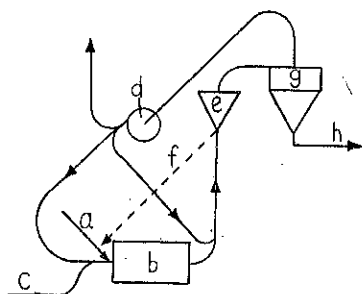


Fig. 1 粉碎装置系統図

a 砕料入口, *b* ミル, *c* 熱ガス入口, *d* 排風機, *e* 分離機, *f* 粗粒返路, *g* サイクロン, *h* 製品出口

排風機を去る流通空気の一部は還流ガスとしてミルの入口に返されて新しい熱ガスに混合され, 他の一部はミルの出口に送られて流通空気に加えられ, 残部は

系外に排出される.

2. 粉 碎 容 量

チューブミルにおける粉碎容量は生成された碎製物の表面積に関係し, 表面積が増加するに従つて減少する. チューブミルで粉碎と同時に乾燥を行う場合は蒸発すべき水分の量が粉碎容量に決定的影響を及ぼす. 砕料の水分が増せば粉碎容量は減少する.

閉回路粉碎装置では碎製物粗粒の還流比を大きくするに従つて製品の比表面積を大きくする事ができる. 比表

面積従つて粉碎度を高める事と粉碎容量との関係は既知¹⁾であるから, ここでは省略する.

乾燥粉碎装置の所要熱量は蒸発すべき水分量の加熱に影響される所

が大きい, 一方実際の装置の測定の結果も, 水分蒸発量が増すに従つて粉碎容量が減少する傾向²⁾がある.

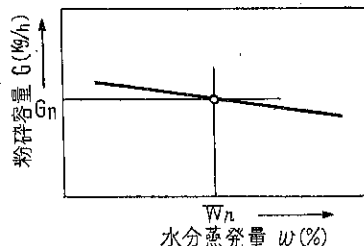


Fig. 2 水分蒸発量と粉碎容量の関係

砕料の標準の含水率 5 ~ 15 % のものを 0.5 ~ 1.5 % に乾燥する場合は Fig. 2 に示すような, 傾斜 8° の直線関係がある. 従つて粉碎容量と蒸発水分との関係は, 式(1)で表わされる.

$$G = G_n - 140 (w - w_n) \quad \text{kg/h} \quad \dots\dots\dots (1)$$

但し G_n , G は含水率 w_n 及び w % に相当する, 粉碎容量 (製品として) [kg/h]

次に粉碎系から排出される水蒸気量は

$$W = V_A' x \quad \text{kg/h} \quad \dots\dots\dots (2)$$

ここで W は水分蒸発量 [kg/h] V_A' は排気量 [Nm³/h] で流通空気量の約 25 %, x は関係水蒸気量 [kg/Nm³] で温度と共に上昇し, 普通最高飽和度の 50 % 位になる³⁾.

w % の水分蒸発に対して湿潤材料の量を N とすれば

$$N = 100 W / w \quad \text{[kg/h]} \quad \dots\dots\dots (3)$$

$$\text{又は } N = 100 G / (100 - w) \quad \text{[kg/h]} \quad \dots\dots\dots (4)$$

3. 所 要 熱 量

1) 蒸発水分の加熱及び蒸発

$$q_w = i'' - t_w = 639 - t_w \quad \text{[kcal/kg 水分]} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$Q_w = q_w W \quad \text{[kcal/h]} \quad \dots\dots\dots (6)$$

ここに q_w , Q_w はそれぞれ 1kg の水分及び全水分の加熱及び蒸発に要する熱量 [kcal/kg] 及び [kcal/h]

i'' は水蒸気の 100°C における全熱量 [kcal/kg]

t_w は湿潤材料の温度 [°C]

2) 砕 料 の 加 熱

$$q_k = c_m G (t_b - t_a) \quad [\text{kcal/kg 碎料}] \quad \dots\dots\dots (7)$$

$$Q_k = q_k G \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (8)$$

ここに q_k , Q_k はそれぞれ 1 kg の碎料及び全碎料の加熱量 [kcal/kg] 及び [kcal/h]

$C_m G$ は碎料の比熱 [kcal/kg°C]

t_a, t_b はそれぞれ碎料の送入温度及びミル内の温度 [°C]

3) 輻射及び伝導熱損失

粉碎装置のすべての部分から、その外周壁の温度が外気の温度よりも高い時には、熱損失がある。

熱伝達の計算式は次の如くである。4)

$$Q_{sL} = Fk \Delta t_m \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_H} + \frac{1}{\alpha_S + \alpha_L} + \sum \frac{\delta}{\lambda}} \quad [\text{kcal/m}^2 \text{h}^\circ \text{C}] \quad \dots\dots\dots (10)$$

$$\Delta t_m = t_1 - t_L \quad [^\circ \text{C}] \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$\alpha_H = \alpha + 10 \sqrt{u} \quad [\text{kcal/m}^2 \text{h}^\circ \text{C}] \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$u = v/f \quad [\text{m/s}] \quad \dots\dots\dots (13)$$

$$\alpha_S = \frac{C \left(\frac{T_M}{100} \right)^4 - C \left(\frac{T_L}{100} \right)^4}{T_M - T_L} \quad [\text{kcal/m}^2 \text{h}^\circ \text{C}] \quad \dots\dots\dots (14)$$

k を計算した後、 T_M 及び T_L を仮定して次の計算をする、

$$q_{sL} = k \Delta t_m \quad [\text{kcal/m}^2 \text{h}] \quad \dots\dots\dots (15)$$

次に式

$$t_M = t_L + q_{sL} / (\alpha_S + \alpha_L) \quad [^\circ \text{C}] \quad \dots\dots\dots (16)$$

を用い、上に仮定した外周壁温度 $T_M = 273 + t_M$ の正否を確かめる。

ここで

Q_{sL} は輻射及び伝導熱損失 [kcal/h]

F は上記の起る外周面積 [m²]

t_1 は流通ガスの温度 [°C]

T_L, t_L は外気の温度 [°K 及び °C]

T_M, t_M は外周壁の温度 [°K 及び °C]

k は総括伝熱係数 [kcal/m²h °C]

α_H は流通ガスから内壁に対する熱伝達係数

[kcal/m²h °C]

α_S, α_L はそれぞれ外壁から外気へ輻射及び伝導による熱伝達係数 [kcal/m²h °C]

u, v, f , はガスの流通速度 [m/s], 流通量 [m³/s] 及び流通断面積 [m²]

δ は周壁厚 [m]

λ は熱伝導度 [kcal/m h °C]

C は輻射係数 [kcal/m²h °C⁴]

q_{sL} は単位面積からの損失熱量 [kcal/m²h]

3a) ミ ル

ミル内の流通断面積はミルの全断面積の 70% と考

る。回転円筒に対し Hinlein⁵⁾ は次の値を得た。

$$\alpha_L = 2.20 \text{ kcal/m}^2 \text{h}^\circ \text{C} \quad (\text{円筒静止の場合})$$

$$\alpha_L = 10.96 \quad \quad \quad (\text{周速 5m/s} \quad \quad \quad)$$

粉碎円筒の周速を s , 回転数を n [r.p.m], 外径を D [m] とすれば

$$s = \pi D n / 60 \quad [\text{m/s}] \quad \dots\dots\dots (17)$$

α_L を上の数値から内挿法で求める。

チューブミ

ル内の温度経過は、“ミルの負荷に関係なく、ミルの中心部における温度 t_m は変りない”，との簡単な仮定をすれば、種々の入口温度に対し Fig. 3 の如くなる。

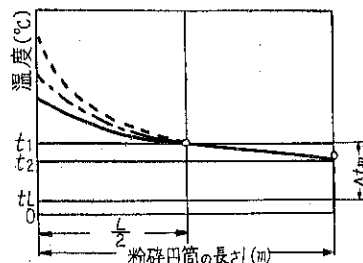


Fig. 3 種々の入口温度におけるチューブミル内の温度経過
 t_1 碎料の入口温度, t_2 碎料のミル内温度
 t_L 外気温度

3b) 配 管 部

配管の各部につき k を求める、勿論断熱塗装部はその考慮をする。

3c) 風節器、サイクロン及び排風機

簡単のため夫々に連続している配管部の k の値を採用する。

3d) 輻射及び伝導による全熱損失

$$Q_{sL} = \sum (Fk \Delta t_m) \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (18)$$

3e) 図 的 評 価

Fig. 4 は外周壁温度と輻射及び伝導熱損失との関係を示している。Guye⁶⁾ の求めた値とよき一致を示している。

Guye の曲線は建物内にある回転炉について求めたも

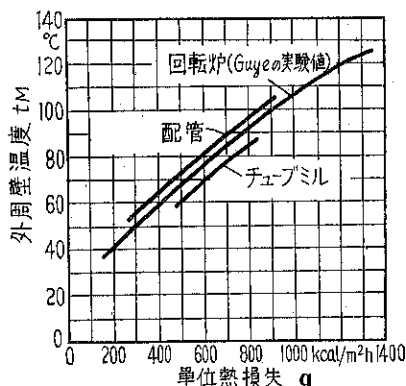


Fig. 4 輻射及び伝導による熱損失

のである。粉碎円筒は回転炉よりも円周速度が大きいので熱損失も大きい、動かない配管部は同様の理由で熱損失が少ない。

3f) 熱 風 炉

熱風炉の熱損失は炉の効率も含める。

3g) 排気による熱損失

$$q_A = c_{PA} (t_A - t_L) \quad [\text{kcal/Nm}^3] \quad \dots\dots\dots (19)$$

$$Q_A = q_A V_A' \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (20)$$

ここで q_A , Q_A は単位容積の排気による熱損失
[kcal/Nm³] 及び全排気による熱損失 [kcal/h]

t_A , c_{PA} は排気の温度 [°C] 及び比熱
[kcal/Nm³ °C]

3h) 製品による熱損失

$$q_s = c_{mB} (t_s - t_L) \quad [\text{kcal/kg}] \quad \dots\dots\dots (21)$$

$$Q_s = q_s G \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (22)$$

ここで q_s , Q_s は製品による 単位熱損失 [kcal/kg] 及び全熱損失 [kcal/h]

t_s , c_{mB} は製品の温度 [°C] 及び比熱 [kcal/kg °C]

4. 熱 収 入

4a) 還流空気による熱量

$$Q_R = c_{pR} V_R' (t_R - t_L) \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (23)$$

ここで Q_R は還流空気による熱量 [kcal/h]

V_R' , t_R は還流空気量 [Nm³/h] 及び温度 [°C]

4b) 粉 碎 熱

チューブミルにおける粉碎効率は甚だ低く約 $\eta_Z = 0.3$ の位であつて、運転動力の大部分は熱となつて失われるが、乾燥粉碎装置ではこれが熱収入の一部となる。

この値は次の如くである。

$$Q_M = 860 N_M \eta_M \eta_G (1 - \eta_Z) \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (24)$$

ここで Q_M はミル内における摩擦熱 [kcal/h]

N_M はミルモータの動力 [kW]

η_M , η_G , η_Z はそれぞれモータ、運転系統及びミルの効率 [%/100]

5. 熱 収 支

$$Q = \underbrace{(Q_w + Q_k + Q_{sL} + Q_A + Q_s)}_{\text{熱支出}} - \underbrace{(Q_R + Q_M)}_{\text{熱収入}} \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (25)$$

この熱収支による差額 Q が熱風炉から供給されねばならない

熱風炉において熱損失を考慮すれば

$$Q' = Q / \eta_H \quad [\text{kcal/h}] \quad \dots\dots\dots (26)$$

粉碎装置での消費熱量を 1kg の蒸発水分当りで表せば

$$q = Q' / W \quad [\text{kcal/kg}] \quad \dots\dots\dots (27a)$$

熱風炉も含めると

$$q' = Q' / W \quad [\text{kcal/kg}] \quad \dots\dots\dots (27b)$$

ここで Q は粉碎装置における全熱消費 [kcal/h]

Q' は熱風炉における損失も含めた同上の値

[kcal/h]

η_H は熱風炉の効率 [%/100]

q は 1kg の蒸発水分当りの消費熱量 [kcal/kg]

q' は熱風炉も含めた同上の値 [kcal/kg]

Fig. 5 は蒸発水分 W [kg/h] 又は w [%] に関する熱消費の有様を图示したものであつて、径 2.2m、長さ 4.4m のチューブミルによる乾燥粉碎装置における値である。これを見れば水分蒸発量が少ない時は Q_k , Q_{sL} , Q_A , Q_s , 或は Q_R , Q_M が全熱量の大部分を占める事がわかる。従つて水分蒸発量が増せば単位重量当りの熱消費は減少する。

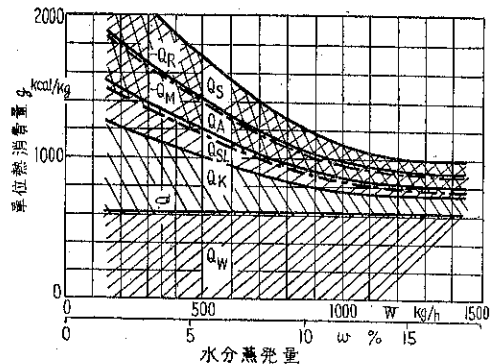


Fig. 5 蒸発水分に基く熱消費量

6. 流通空気の割合

調節弁によつて各配管系統へ所定の割合で流通ガスを分配する。すなわち一部は蒸発水蒸気を選び出すため排気として取り出し、一部はミルの入口に還流して碎製物を運び出すためのミル内の流通ガスを補助し、残部はミルからの碎製物を分離機まで空気輸送するのを強化するため、上昇管の下部で流通ガスに加えられる。

以上述べた関係を、独逸マゲデブルグ市 Ernst Thälmann 工場製チューブミル (径 2.2m、長さ 4.4m) を用い閉回路式乾燥粉碎を行い、粉碎容量が製品として 7,860 kg/h、水分蒸発 10 % の場合に測定して実証した結果を Fig. 6 に示す。

6a) 熱 ガ ス 送 入

水分蒸発に必要な熱量は熱風炉で生成されるか又は他の熱源から受ける。この熱ガスは温度 t_G であつて、ミルの入口で温度 t_R の還流ガスと混合されて温度 t_m でミルへ送入される。

$$t_m = \frac{C_{pG} V_G' t_G + C_{pR} V_R' t_R}{C_{pG} V_G' + C_{pR} V_R'} \quad (^\circ\text{C}) \quad \dots\dots\dots (28)$$

この温度は軸受の許容温度の関係もあつて、300~500 $^\circ\text{C}$ に制限される。

ここで V_G' は熱ガス量 [Nm³/h]、

C_{pG} はその比熱 [kcal/Nm³ $^\circ\text{C}$]

C_{pR} は還流ガスの比熱 [kcal/Nm³ $^\circ\text{C}$]

6b) 露 点

Faltin⁸⁾によればガスと水蒸気の混合物の絶対湿度 H は

$$H = \frac{R_g}{R_d} \frac{\varphi P_s}{P - \varphi P_s} \quad [\text{kg/kg}] \quad \dots\dots\dots (29)$$

$$\therefore P_s = \frac{HP}{\varphi(H + R_g/R_d)} \quad [\text{kg/cm}^2] \quad \dots\dots\dots (30)$$

この飽和圧には一定の飽和温度 t_s がある、この温度が露点であつて、水蒸気表から求められる。

粉碎装置の場合は

$$H = \frac{W}{(V r_u) - W} \quad [\text{kg/kg}] \quad \dots\dots\dots (31)$$

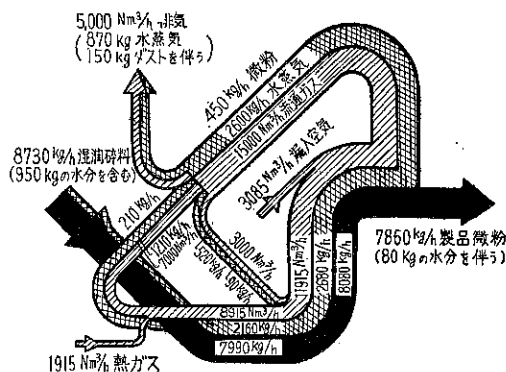


Fig. 6 乾燥粉碎装置（水分蒸発10%）における物質収支の図的表示（粗粒の循環は考えてない）

Fig. 6 に示した粉碎装置の場合の種々の運転条件に対する露点を Fig. 7 に示した。運転の間流通空気は露点以上にあらねばならない、そうすれば亜硫酸による腐蝕が避けられる。然し粉碎装置の起動並びに休止の際はこの温度になることがあるので、長年月の間には多少の腐蝕は避けられない。

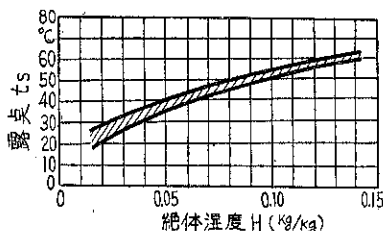


Fig. 7 乾燥粉碎装置における露点の範囲

ここで R_g 及び R_d はそれぞれ流通ガス及び水蒸気に対するガス恒数 [mkg/kg $^\circ\text{C}$]

φ は関係湿度

P 及び P_s はそれぞれガス混合物の全圧及び飽和圧 [kg/cm²]

V 及び r_u は流通ガス量 [m³/h] 及びその密度 [kg/m³]

文 献

- (1) Anselm. W. : Zerkleinerungstechnik und Staub Deutscher Ingenieurverlag, Düsseldorf 1950.
- (2) Bornschein, G. : Luftstrom-Mahlanlage für Kohle. Ingenieur - Abschlußarbeit, Fachschule für Maschinenbau und Elektrotechnik, Leipzig 1953.
- (3) Gumz : Kurzes Handbuch der Brennstoff- und Feuerungstechnik. Springer-Verlag, Berlin 1953.
- (4) Nusselt, Gumz u. a. : Verschiedene Arbeiten, siehe z. B. Literaturhinweise in (3).
- (5) Hütte, Des Ingenieurs Taschenbuch, Band II. Verlag Wilhelm Ernst & Sohn, Berlin 1908.
- (6) Radex-Rdsch. (1949) Nr. 5
- (7) Mittag, G. : Die Hartzzerkleinerung. Springer-Verlag, Berlin 1953.
- (8) Faltin : Technische Wärmelehre. VEB Wilhelm Knapp Verlag, Halle 1953.

以上は

G. Bornschein : Die Wärmerechnung für Luftstrom-Mahl- und Trocknungsanlagen, Silikatechnik, 7 162 (1956) の直訳である。

ミクロンセパレーターの操作因子が分級に及ぼす影響に就いて

細川鉄工所 技 術 部

ミクロンセパレーターの運転操作因子の内2,3の因子について、それ等を変化させた場合に分級性能に及ぼす影響について以下簡単に説明する。

1. 風 量

風量は次のローター回転数と共に、ミクロンセパレーターの分級限界粒径を求める理論式よりも明らかな如く、分級粒径を決定する大きな役割を持つ因子である。Fig. 1 は MS-1 号型分級機を用いクレの微粉末を分

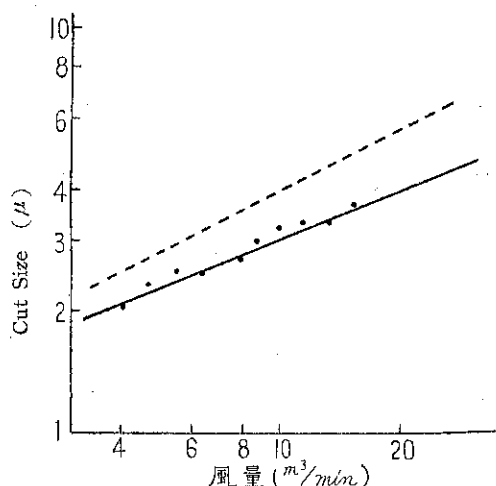


Fig. 1 風量の変化が分級粒径に及ぼす影響

級した場合、(この場合風量以外の因子は全然変化させていない)、の風量と実際に得られた微粉の分離粒径との関係を示すものである。図中に点線で示したスロープは理論式に従って求めた理論値である。この様に風量の変化による分級粒径の変化は理論とよく一致している。

2. ローター回転数

風量は理論式に従うとその $\frac{1}{2}$ 乗に比例するがローター回転数は1乗に比例する。この事からも判る様に分級粒径を決定付けるのはローターの回転数であるとも云える。Fig.-2 に MS-1 により CaCO_3 を分級した場合の、

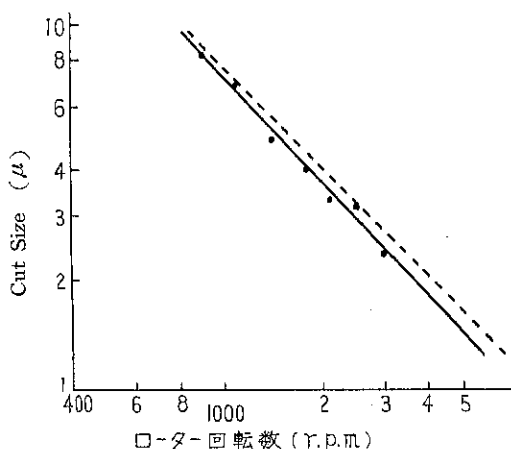


Fig. 2 ローター回転数が分級粒径に及ぼす影響

回転数と分離粒径との関係を示したが理論式がよく適用出来る事が如実に物語られている。点線は理論式より求めた数値である。

3. 羽根板枚数

風量及び、ローター回転数は理論的にも分級に及ぼす

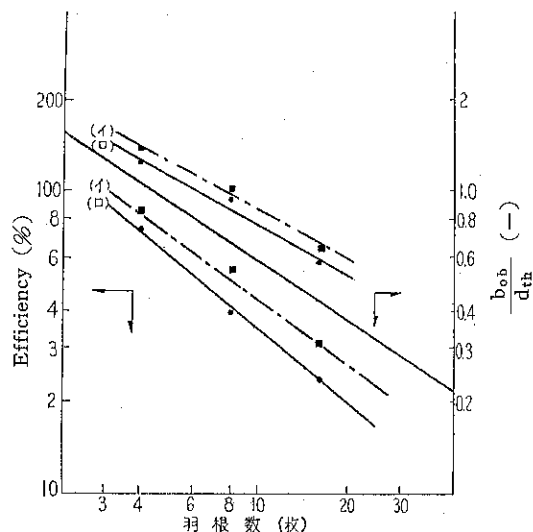


Fig. 3 羽根数と効率及び理論粒径との関係

影響については解析する事が出来るが、その他の操作については、実験的に確かめる以外に方法がない。

Fig-3 はカオリンを MS-1 で分級した場合の羽根数の変化にともなう効率、及び実際の分離粒径の分離理論径との割当の変化を示すものである。なおこの場合簡単の為に効率としては次式で表わされるものを採用した。

$$Y = \frac{\text{製品中の Cut Size 以下の Weight}}{\text{原料中の Cut Size 以下の Weight}} \times 100 \%$$

(注) 上式中 Cut Size は実験値を採用する。

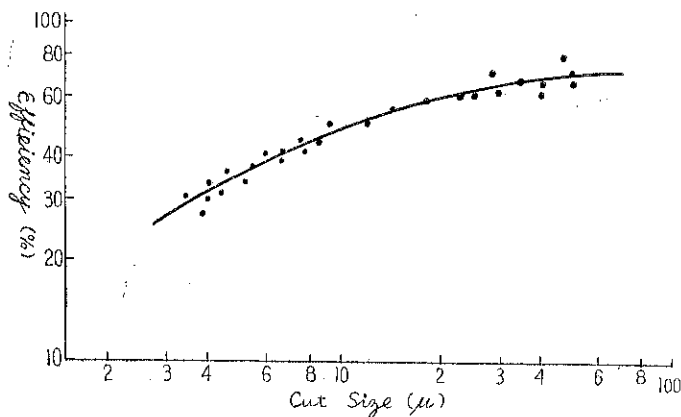


Fig. 4 分級粒径と効率との関係 (CaCO₃使用)

図によると羽根数の増加と共に Cut Size は小さくなる。それと共に効率が低下する。これは単に羽根数の増加にのみ起因するばかりでは無く、Cut Size の移動に

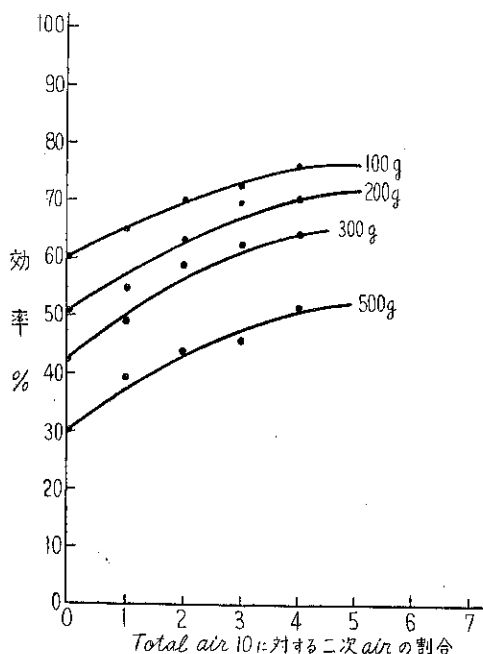


Fig. 5 二次空気と効率との関係

も原因している。Cut Size の変化による効率の変化については Fig. 4 に CaCO₃、クレー、カオリンを MS-4H で分級した場合について示した。なおこの図の効率はニュートンの分離効率を採用している。羽根数の変化にともなつて Cut Size が 変化する原因については理論的には解析するすべもないが、羽根による衝突効果の差異に原因される細い粒子の粗粉側への混入が容易になるため、粒度分布の上にその結果が表れて来るのであろう。

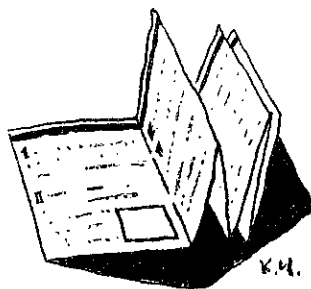
4. 二次 空 気

二次空気はセパレーター内の風篩部に於ける風篩効果を左右するもので効率に著しい影響を与える。

Fig-5 は 粉体濃度をパラメーターとした二次空気と一次空気の割合と効率の関係を示すものである。この場合もやはり Cut Size の多少の移動があるがここにはこれを省略する。

上述の如く風量及びローター回転数は分級点を決定するには欠くべからざる要素であるが、羽根数及び二次空気の割合は分級点よりも、むしろ効率を上げるのに有効な要因である。本報に於いては使用粉末としてクレー、カオリン、CaCO₃ の様な無機鉱石による実験例を用いて説明したが、今迄の経験によると、特に凝集性の強い粉体を除いて、比重の軽重、形状の差異、その他物理的、化学的性質の異なるあらゆる物質について、その影響され具合は（大小はともかく）ここに説明したと類似の傾向を示している。

なお原料の粒度分布が効率に及ぼす影響も見逃し得ないのは事実であるが、これについての検討は省略した。



備北粉化工業株式会社

を尋ねて



炭酸カルシウムの微粉末は、現在、ゴム、ペイント、塩化ビニールを始め多くの化学工業や、製紙、食品工業から切離す事の出来ない原材料となつている。そしてその粒度は、こゝ数年の間に10 μ から5 μ 、更に1 μ と極めて超微粒子が要求され、それを追つて粉砕分級技術も又日毎に研究改良が続けられている。

今回はその炭カル一本で新しい販路を開拓しつつ、平均粒径1 μ の超微粉（ソフトンSS）の量産に成功し、重炭微粉の最右翼と定評のある備北粉化工業株式会社を礎かれた加藤齊社長に粉砕について的一家言を伺つた。

きゝ手 当研究所 松山 卓蔵

松山「先づ炭カル粉砕の歴史から」

加藤「今から約25年程前に日本化学工業KKという工場が広島県の東城というところに出来たのが最初でしょう。尤もその工場は現在はなくなつて居ますがその頃の需要は極めて少なく大量に製造しても売れない時代で売れる時はつくり、売れない時は全くの休業です。重質炭酸カルシウムが各種工業に本格的に使用されたのはなんと云つても、大東亜戦争に入つてから後のことではないでしょうか。……」

その後岡山県新見地方にも良質の原石が発見されたので昭和16年に始めて新見に工場をつくりました。之がわが備北粉化の前身工場です。それから続々この地方に新しい工場が出来まして現在では約全国生産の六割強をしめて居ります。」

松山「するとその頃はどうか云つた方面で使われていたのですか？」

加藤「殆んどが食品の増量剤や家畜の飼料に使われていた様です。」

松山「その頃の粉砕技術について……」

加藤「この仕事はかなり古くから行われていましたが、まだ粉砕の技術が現在程進んでいなかった時代で、スタンプミル、フレットミル等で気長に砕いてこれを水簾すると云う極めて原始的な方法が一般に用いられていました。つまり水を使わずに微粉砕する方法がなかった訳です。日本化学の設立当時、丁度細川さんのミクロンミルが売出された頃で、原石をもつて行つて試験すると、非常に能率良く細かい粉がとれたものから、早速12,3台を設置して仕事を始めたという話

です。これが重炭が乾式で粉砕された最初ではないでしょうか？私の方はそれ以来ずっとミクロンミル一本でやつて来ていますが、一時は殆んどの業者がミクロンミルを使つていました。その後戦争中に大阪でミクロンミルの模倣乾式粉砕機を作つて売り出した会社がありましたが、ミクロンミルの取扱いの便利な点、例えばシリンダーが二つ割りになつて掃除がし易いとか、粉砕間隙が外部から自由に調節出来る点等は他の粉砕機にはなく、ミクロンミルは一段進歩した機械として使用者から重宝がられました。

私は思うのですが、炭カル粉砕工業の歴史と細川さんの歴史は丁度同じ頃に生れ、平行して進んで来たのではないのでしょうか。」

松山「現在の使用機械は？」

加藤「粗砕用のジョークラッシャー20HP、ハンマークラッシャー（15HP）が各1台に微粉用ミクロンミルが20台あります。これは30HPと50HPのものがあつて、一部をノズルを用いて分級専用に使つています。それにミクロンセパレーターが3台です。」

松山「こゝにあるミクロンセパレーターは細川鉄工所から出した第一号機で、因縁が深い訳ですね。

ところでこちらには多くの製品の種類がありますが、どの様に分類しておられるのですか？」

加藤「私の方では分級の段階で大体5種類の級に製品を分類しています。」（次頁の表参照）

月産は約2000ton位ですがこの中、ソフトン、特選級以上の超微粒子が50%を占めています。又一級二級品も広い用途と販路をもつていますので、粉砕に依つ

製品名	ソフトン SS	ソフトン	特 選	一 級	二 級
粒 度	平均 1 μ 400mesh all pass	325mesh all pass	325mesh 99.95%pass	325mesh 99.5%pass	325mesh 99%pass
見掛比重	0.4以下	約0.4	約0.5	約0.6	約0.8

て総てを超微粉にする必要がないのです。」

松山「それは賢明な方法ですね、現在のところ超微粉を作る粉碎仕事の weight は殆んど分級にかかっていると思います。それぞれの粒度範囲の粉をとり、それ相応の用途を開拓するのが最も良い方法でしょう。粉碎で全部を細かくしようとするのは大きな loss です。」

加藤「同感です。今迄細かい粉を得る為には粉碎だけが考えられ勝ちですが、どんな場合でも粉碎だけでは決して解決しません。必ず篩分とか分級と云う操作を加えなければならない。むしろこの方が重要な仕事ではないですか。」

松山「そう云う事が云えますね、私共の研究室でも長い間かかつて研究を重ねていますが、今だにはつきりした粉碎のメカニズムが掴めていません。最近どうやら粉碎機だけでもとび粉のない分級品程度の粉がとれる様になりましたが、これも能力の点から云つて、決して飛躍的な進歩とは云えませんし、私はやはり粉碎は粉碎、分級は分級と切離して考えた方が能率的の様に思います。」

加藤「そうですね、それに私は、粉碎の能率をあげるためにはむらのない原料を入れ、一定の電流で Constant に運転する事が第一の要件であると思つています。そのため供給機にも、相当意を払いましたが、現在のところ、Shaking feeder でうまく行つています。これに供給量を制限する装置をつけて、自動的に over-charge を防いでいます。」

松山「供給むらは製品粒度に影響するでしょね。」

加藤「確かに影響します。けれども私の方では比較的大

馬力の機械を使つていますので、粉碎室に余裕があるせいか、その点自動的に訂正されている様です。」

松山「なる程、5 HPよりも30HPの方が影響が小さい訳ですね。大馬力の話になりましたが、こちら

では50HPのものを使つていられますが、成績は如何ですか。」

加藤「大体能率は馬力に比例してますね。」

今後の粉碎機の傾向としては大型か、小型か、どちらへ向くのでしょうか。」

松山「そうですね。一般に回転数を上げる傾向にあるので馬力当りは小型化してゆくのではないのでしょうか。小型化しても、回転数が上ると Hold up を大きくして、粉体相互の摩擦による粉碎効果を強めるとすれば、所要馬力は当然大きくなるでしょう。」

加藤「粉碎機の大きさと適当な回転数については多くの問題があると思いますが、この関係について何か結論的なものが出ていますか。」

松山「これは難しい問題です。衝撃効果をあげるためには回転数の大きい方が、効果的ですが、ミル内の分級が困難になり、一得一失の感がありますね。」

加藤「私は粉碎機の回転数は 3000rpm 位が適当でこれ以上高速化する事は、無理があるのではないかと思うのです。殊に私共の場合の様に24時間ぶつ続けの連続運転では……」

松山「しかしそれは機械的な問題で、適当な方法をとれば高速化する事に依つて、更に新しい粉碎機構の分野が開けるのではないかと私は考えているのです。」

加藤「なる程、私共の場合炭カルの粉碎についてより話せませんが、とにかく Ton 当りの消費電力を如何に少なくするかと云う事は、大きな問題です。原価の殆んどが電気代なのですから……」

以前電力の消費を少なくする目的で回転数を上げた事もありますが、確かに能率は上がりましたが、Ton 当りの電気消費量も増えました。粉が特に細かくなつたと云う事はありませんでした。」

松山「粉碎機の消耗はどの程度ですか。」

加藤「ライナーは2、3年に一回位、ランナーは2、3ヶ月に一回位ですね。炭カルはタルクと違って、不純物が殆んどなく、99%位はカルシウムですから、粉碎のための摩擦についてはタルクの場合程大きい問題ではありません。しかし、粉碎能力の点では炭カルはタルクの約1/2程度になりますが、これはやはり硬度の差によるものでしょう。」



松山「他に何か試みられた事は……？」

加藤「ランナーの角度については色々をやってみました
が粉碎効果に直接の影響はなく、結局元に戻しました。
けれども粉碎機と云うものは非常に微妙なものです
同じ機械でも組立様に依つては能率の良い時もあるし
又悪い時もある。どこが違うのか分らない。」

松山「その点こちらの様にぶつ続けで使えば、機械のく
せと云いますか性能がはつきり揃めるのではないです
か。とにかく粉碎という事は非常に難しい仕事です
ね。」

最後に重炭の粉碎工業に就て何か御意見を……」

加藤「そうですね。最近では利用される向きがソフトン
級以上の超微粉に移つて来ています。非常に高度の品
質が広く要求される訳で、この為には何んと言つても
高性能高効率な粉碎機と分級機が必要になつてくる訳

で私達は一日も早くこう云つたものが完成される事を
期待しています。

炭酸カルシウムの微粉を作るのに焼いて作るものを
いわゆる軽質、粉碎に依つたものを重質と云つていま
すが、私はこの分け方は今はもう通用しないと思つて
いるのです。粉碎分級に依つた製品も最近ではその粒
度が1~2 μ と云つた超微粉ですから、これは当然軽
炭として扱えるものです。外国では焼いて作るものよ
り、粉碎によつて作る方が盛んの様です。とにかく
20年余り前に重炭工業は乾式粉碎機の出現に依つてそ
の量産工業化の道が開かれ、今又分級機に依つて第二
の革命が行われていると云えるのではないでしょう
か。」

松山「どうも長い間ありがとうございました。」

随 筆

無 題

東京支店長 細 川 明 彦

先日、一人の相当のお年寄りのお客様が、はるばる
千葉県奥から当支店にお出でになつた。見れば一抱
え程の海濱のサンプルを持つて居られる。実地粉碎に
ついて、色々とお話している内に、どうもこのお客
様、粉碎には相当苦労してられる様子、なかなかく
わしい、それも古い古い時代の粉碎の事例を多数御承
知で、その後どう改良されたか、どんな機械が出来た
か等々、の御質問がありました。勿論お年寄りの事でも
あるので、話しがくどい様な点も御座いましたが、
物知りなのには閉口致しました。“なかなかおくわし
いですね”と問いかけると、“私は貴方のお父さんの時
代から色々粉ばかり扱つて来た。お父さんには私がある
会社に居た時随分色々面倒を見て貰いましたよ。その
後細川さんのお店が東京にも出来た事を知つて、一度お
伺ひして、色々新しい機械を見せて貰おうと、かねがね思
つていました”……。

等々、こんなやりとりがありました。幸いお客様の
テストは非常にむづかしいテストでしたが、結果が思
いの外上乘で大変喜んで歸つて頂きました。恐らくお
年は既に七〇才を越えて居られたでしょう。いまだに
粉の“とりこ”となつて、長い生活を粉碎に明け暮れ
して居るのでしょう。私は限りない畏敬の気持ちで一
杯になりました。私達、当社の技術の人達、又営業の
人達が短時日を以つて、如何にも粉碎のエキスパート
の如く心得、又振舞う人があつたとしたら、それは大
いに反省しなくてはなりません。大いに戒心すべき事
です。

技術を売る店として一徹な当社の社長が40年それ
以上も古い昔に、どの様な話をされたのか、そのお客
様は今の“細川鉄工所”の歩み、成長に、大きい期待
を持つて居られました。私達の背には50年に垂々とす
る光榮ある伝統の歴史があります。又達は更に50年
それ以上長い長い未来への期待が皆様から注がれて
います。この伝統を一層輝いものに、大きい希望を
以つて社業を進展出来まう様協力してやつて行きたい
と考えています。(34.12.2)

最近の興味ある粉碎、分級試験例

株式会社細川鉄工所の粉碎試験室では御需要家の御要望に応じて毎日各種の粉碎、分級等の実験が行われ、種々なる技術上の難問題が解決されて技術の進歩と能率の

向上が行われています。

ここに本年下半期の試験日誌に目を通して比較的興味ある実験例を摘記してみました。(営業部試験室)

No.	原 料 名	目 的 又 は 用 途	テ ス ト 所 見
1	西 洋 栗 の 実(乾燥品)	200mesh に微粉碎し製薬用にする	ハンマーミルにて粗砕後ミクロンパルペライザーにて良好。
2	弁 柄	325mesh pass95%以上	スーパーミクロンミルにて良好。ノズルの作用で珪砂等不純分の除去が優秀
3	コ コ ア 粉 末	180mesh 篩分	バイブシフターA型にて良好歩溜95%
4	アルミのドライ粉	20~30mesh	ハンマーミルにて良好歩溜50%篩機併用循環粉碎が良い
5	活 性 炭	5~20mesh 粒径を揃える	ハンマーミルにて良好 " " "
6	塩 安	4~10mesh 歩溜50%	ハンマーミル(特殊仕様)にて良好
7	硫 安	40mesh pass	ハンマーミルにて良好歩溜約 90%
8	鉛 粉	見掛比重 1.15~1.30	スーパーミクロンミルにて良好。
9	歯 科 用 セ メ ン ト	20 μ で分級	ミクロンセパレーターにて良好歩溜 77%
10	硫 酸 カ ル シ ウ ム	325mesh pass 99.5%	ハンマーミルで粗砕後 スーパーミクロンミルにて良好
11	木 粉	200mesh 篩分	バイブシフターA型にて良好歩溜 62%
12	モノグリセナイト (低融点)	30mesh pass	G ロールミルにてほぼ良好
13	酸 化 チ タ ン + 水	分散乳化	ディスパーミルにて概して良好
14	ア ル ミ 箔	箔を粒状にする(脱酸用に する)	ハンマーミルにて良好
15	ジュ ナ イ ト 鉱	325mesh pass97%(農薬用)	スーパーミクロンミルにて良好
16	フ ェ ナ セ チ ン	100mesh 篩分	バイブシフターA型にて良好歩溜 80%
17	ファンデーション (化粧品)	分散乳化	ディスパーミルにて良好
18	ア ル ミ ナ	100mesh 篩分	バイブシフターA型にて良好歩溜 94%
19	B.H.C. + タ ル ク	B.H.C. が十分分散する様に 混合粉碎	自動篩付粉碎機にて良好
20	尿素樹脂を添加したリ ンターパルプ	200mesh pass 80%	ミクロンパルペライザーとミクロンセパレーターの直 結型にて良好
21	テトロン製糸屑の塊	5mesh 程度	ハンマーブレーカー(特殊仕様)の風車吸引型式にて良好
22	シリコンオイル	分散乳化	ディスパーミルで良好
23	酸化鉄(ボールミルの 粉碎品)	200mesh(セメント着色剤)	ミクロンパルペライザーにて良好
24	リンターパルプ	解砕と粉碎	特殊ハンマーミルで成功
25	結 晶 葡 萄 糖	30mesh	G ロールミルにて良好
26	無 水 芒 硝	超微粉	スーパーミクロンミルにて良好
27	鶏 卵 黄	卵黄とカラザとの分離	バイブシフターA型にて成功
28	鯨 骨	200M	ミクロンパルペライザーにて可
29	硫 黄	5 μ cut	ミクロンセパレーターにて可
30	カーボランダム	研磨機10M~50M	ハンマーミルにて良好
31	テ ン グ サ	乳 化	ディスパーミルにて良好
32	ゲ ル マ ニ ウ ム	超微粉	ミクロンパルペライザーにミクロンセパレーター直結 型にて良好。

(註) 本記録は実験の一例であり特に機密を要する物は除外しましたが、御実験者の利害を考えて記述は出来るだけ抽象的簡略なものとしました。

製品案内 その三

特許微粉末分級機

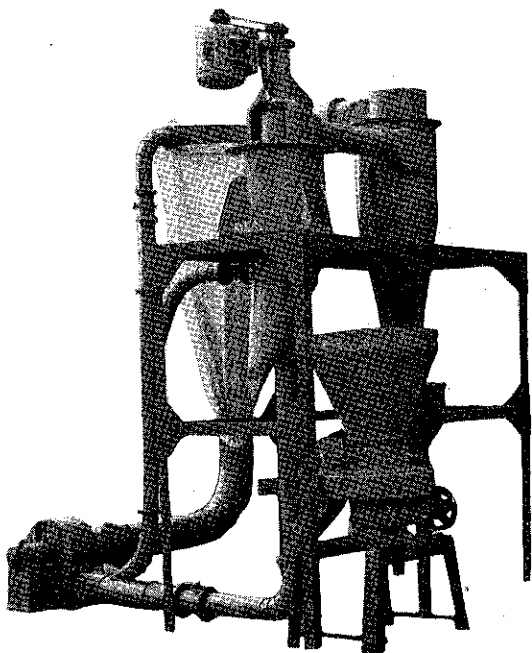
ミクロンセパレーター

1. まえがき

吾々は今、英国の化学協会 Society of Chemical Industry から粉体工学に関する Symposium の案内を受取りました。(別掲の頁)これにみられるごとく今や粉体工学の分野に於ける諸研究は化学工業の先進諸国に於ける世界的課題であります。

こゝには数多くの問題がありましようが、吾々のスーパーミクロンミルは Fine milling の問題を、そしてミクロンセパレーターは粉末 size の均斉化の問題を解決します。粒度の均斉化 Uniformity は単に粉末製品の見かけの美しさにとゞまらず、粉末が物理的・化学的に名理される場合とは大きい要素として採り上げられなければならない。

吾々に身近かな例を挙げてみても、医薬の散薬には口中で最ものみごちのよい粒度があろうし、又錠剤に打錠される場合には粒子の size や shape が大きい影響を与へるに違いありません。清酒の精製につかわれる活性炭が微粉に過ぎて余りに長時間液中に浮遊してもてまるとし、最近流行のゴムスポンジの製造工程に於て気泡



の均一とは発泡剤の粒子の均一と同義であることも当然であります。

混合の工程に於て粒度の粗・微に亘る大きい差異は、その効果を大きく妨げるとされ、又溶解・反応の工程に於て size の差は溶解の所要時間或いは反応度のコントロールを著しく困難なものとなるであります。

吾がミクロンセパレーターは永年の基礎研究の後1955年製品第1号を発表して以来、改良に改良を重ねて今や最も鋭敏な高性能分級機として、いづれの外図製品に対しても断然優位に立っていることは、幸いにして需要家各位の立証賜るところであります。

2. ミクロンセパレーターの機構

本機は流体力学にもとづいた風力分級機であり、その構造は分級機胴とその内部で回転する円錐形のローターとより成っています。ローターは数葉のブレードで形成され、輸送空気はこのブレードの間隙を外部より内部へ通つて分級室上部より排出されます。

分級の原理を簡単に説明しますと、空気によつて送られた粉体はローターの回転によつて一定の遠心力を受け外方に飛び出そうとする力と、空気流に乗つてローターの内部に流れ込もうとする力を同時に受けます。この二つの逆方向の力の差を利用して分級が行はれます。

3. ミクロンセパレーターの特徴

① 分級可能範囲が広いこと

100メッシュ～5,000メッシュ($150\mu\sim 2\mu$)の間で任意の所要粒径範囲の製品が得られます。

SURFACE ACTIVITY GROUP

Powders in Industry

A Symposium to be held on
29th and 30th September, 1960
at

The Royal Institution, London
Tentative Programme.

Section A Principles of Production

A1 Mechanical Production by Filling

A2 Physical and chemical production
by controlled precipitation.

A3 Recovery and processing of Natural Powders

Section B Properties of Powders

B1 Surface Energy

B2 Adsorptive Properties and Inter-
particle Adhesion in liquids and
gases

B3 Optical and Electrical properties

B4 Size, Shape and Surface Area

B5 Flow Properties

- ② 微粉回収率が高いこと。
最高95%迄可能であります。
- ③ 分級の信頼性が高いこと。
- ④ 機械的構造が簡単のため操作が容易であること。
- ⑤ 所要馬力が少ないこと。
- ⑥ 既設の各種粉砕機への附設が容易であること。
4. ミクロンセパレーターの型式

型 式	大 き さ		ミ ク ロ ン セ パ レ ー ター 所 要 動 力	処 理 風 量 m ³ /min	処 理 能 力 タルク基準	備 考
	径	高 さ				
MS-00	160mm	670mm	1/4 HP	2~3	8~12kg/h	研究所実験室向き 小規模生産用 生産用 " " " 微粉末分級用 " 超微粉末分級用
MS-0	250	900	1/2	3~5	20~30	
MS-1	350	1500	1~2	6~15	50~130	
MS-2	510	2100	2~3	20~25	180~250	
MS-3	770	2700	3~5	40~60	400~700	
MS-4L	1100	3200	2~3	70~130	800~1500	
MS-4H	1100	3300	5~7 1/2	70~130	800~1500	

5. ミクロンセパレーター実施例の一端

実施例は数百を数へますがその一部を摘記して御参考
ミクロンセパレーター適用例

に供します。但し御使用事業場の御利害を考慮して記述
はできるだけ概観的にとどめましたことを御了承ねがい
ます。

No.	原 料 名	使 用 機 種		製品量 kg/h	製品粒度	使 用 目 的 そ の 他
		M.S型式	接 続 機 械			
1	イルメナイト	MS-4L	コニカル ボール ミル	1,000	325M 99%	チタン白製造用, 反応速度の調整
2	重 質 炭 酸	MS-4L		350	10μ下90%	ゴム, 合成樹脂へ充填材
3	軽 質 "	MS-2		300	300M100%	" "
4	タ ル ク	MS-1	スーパーミクロン ミル 7 1/2 HP	28	6μ下99% 2μ下50%	化粧用白粉
5	硅 藻	MS-4L	自動篩付粉砕機	500	100M	炉過助剤
6	鉛 粉	MS-2		180	5~20μ	蓄電池用粒度調整
7	活 性 炭	MS-1	スーパーミクロン ミル 7 1/2 HP	120	150M100%	炉過速度, 吸着性能の調整
8	銅 粉	MS-1		40	200M	電極用, 粒度調整
9	二酸化マンガン	MS-4L	コニカル ボール ミル	1,800	200M 98%	粉砕機能増大, 粒度調整
10	酸 化 亜 鉛	MS-4L		200	10μ下90%	顔料用, 粒度調整
11	亜 鉛 末	MS-4L		100	10μ下97%	粒度調整
12	ア ル ミ ナ	MS-1	自動篩付粉砕機	50	5μ下	特殊塗薬用
13	ウ ラ ン 砒	MS-00	ミクロンミル 1 HP			粉砕能力増大, 粒度調整
14	蛇 絞 岩	MS-4L	スーパー ミクロ ンミル 50HP	400	325M	耐火煉瓦用
15	カ ン ラ ン 岩	MS-4L		800	粗粉中に	鑄物砂用, 特殊粒度
16	カ ー ボ ン	MS-4L	ボールミル			電気炉用カーボン電極, 粒度調整
17	フ ェ ラ イ ト	MS-0	ミクロンミル 1 HP		5μ	粉砕能力増大, 粒度調整
18	塩 化 ビ ニ ー ル	MS-1		70	200M 98%	製品の粒度向上
19	P. V. C.	MS-1		160	325M99.9%	合繊用ポリマー
20	C. M. C.	MS-2	ミクロンパルベ ライザー 15HP	40	200M 98%	製品の粒度向上
21	弁 柄	MS-2	ミクロンパルベ ライザー	150	300M100%	塗料用, 粒度調整
22	顔 料	MS-1	" 3 HP	50	5μ下	プラスチック着色用
23	フェノールレジン	MS-2	" 15HP	200	150M99.5%	粉砕能力の増大, 粒度の調整
24	有機染料	MS-1	ミクロンミル 5 HP			低融点, 粉砕能力の向上
25	ベ ニ シ ー ル	MS-0	パルベライザー	20	20μ下	アンプル用粒度向上, 低融点
26	サイアジン	MS-1	ミクロンパルベ ライザー 3 HP	100	20μ下80%	乳液製造用
27	発 泡 剤	MS-1	ミクロンパルベ ライザー 3 HP		325M100%	粉砕能力の増大, 粒度調整
28	B. H. C.	MS-4(B)	ミクロンミル 20HP	250	300M 98%	農薬用原株, 粉砕能力の増大, 低融点
29	ジルコンサンド	MS-1		20	5μ下98%	窯業塗薬用
30	甘 草	MS-1	スタンプミル	10	150M100%	医薬用
31	モリブデン合金	MS-1		59		通信機用, 粒度調整
32	水酸化マグネシ ウム	MS-1		51	300M100%	粒度調整
33	水酸化アルミニ ウム	MS-2	パルベライザー	150	20μ下	煉炭磨用, 粒度向上

“新製品紹介 1”

オート・バルバー
(AUTO-VALVER)(電磁振動式粉体連続排出装置)
(Pat. pend. 37185)

1. はしき

新製品“オート・バルバー”は新しい形式の粉体バルブで、従来のロータリーバルブに代って広い範囲に利用出来るものであります。

普通、バッグフィルターあるいはサイクロンの下より空気と分離して粉体を取り出す場合は、簡単な方法では、貯瓶を設けてふた又はスルースダンパーにより適時に取出したり、又はロータリー・バルブやスクリー・フィーダーによつて連続的に排出することが出来ます。しかし連続排出の場合は air seal の点と機械的摩擦部分の損耗が絶えず問題となり、特に附着性の強い粉体ではロータリー式のものは使用が困難となり、止むを得ず Batch 式を採らざるを得ない場合が往々にして起ります。

オート・バルバーはこう云つた問題を解決するために考案されたもので、新しい排出、供給装置として広い用途をもっております。

2. 構造および動作

その構造は Fig. 1 に示す通りで、フランジ①を原料ホッパーや、バッグフィルターあるいはサイクロンに接続して用います。排出口⑦はそのまま開放して粉体を容器に受けるか、又は Packer に直接接続する事も出来ますし、又粉碎、分級プラントの原料供給口につなげばそのまま feeder として使用出来ます。

排出作用を Fig. 2 によつて説明しますと、振動槽を停止して粉体を Charge しますと図 a のように粉体によつて Seal され容器内に粉体が溜ります。電源装置より半波整流された電圧を電磁石に加えると振動槽は上下の振動を始め振動槽内の粉体は激しいたたき上げ作用を受けて液体の如く流動化し、容器内の粉体圧によつて振動槽を溢出し下部の排出口より機外に出ます(図 b)。この振動槽は 2 枚の斜めに固定されたスプリングで支持されているので実際の振動方向は斜上下の振れるような振動となり、粉体は槽内を旋廻しながら溢れますから、排出効果が非常に良好です。粉体がなくなると(図 c)の如く容器内の圧力差で釣合つて空気を吹出しません。負圧で使う場合も同様です。但し陽圧でも負圧でも高圧の

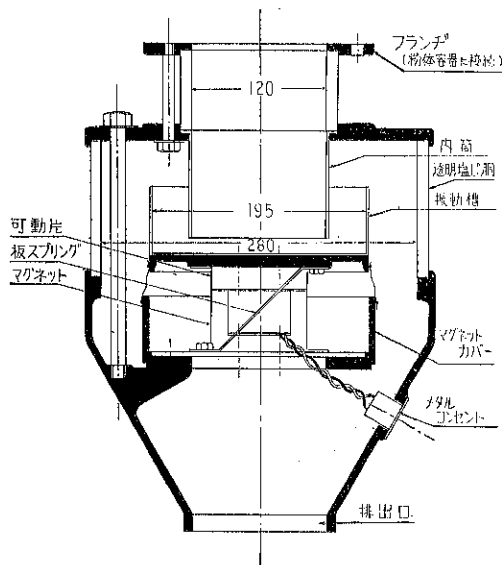


Fig. 1 Auto-Valver 断面図

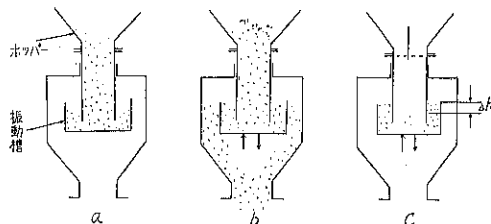


Fig. 2 動作説明図

場合は図の点線の位置で排出を止める必要があります。試作機による使用状態を本誌10頁Photo.4で御覧下さい

3. 特徴

本機は次の様に多くの特徴を有しています。

1. 連続排出が可能で流量の変動がない。
2. 遠隔操作が自由に出来、排出量の調節が容易で範囲が広い。
3. 回転部分がないから損耗箇所がなく、故障がない。
4. 電流を切ると、瞬間的に排出を停止するから、Packer と直結して、自動秤量装置の feeder として使用出来る。又、振動によつて粉体の見掛け比重が増すので Packing には特に都合がよい。
5. 容器内が陽圧でも負圧でも使用出来る。
6. 消費電力が極めて少く (30W) 大きな排出能力を有する。
7. 他の連続排出装置に比較して安価である。
8. 軽量のため手軽に取付けが出来る。

4. 仕 様

オート・バルバー (制御電源函付)

型 式	AV.—2 型
使用電源	AC. 100V 50/60 cycle
入 力	80VA.
消費電力	30Watt
直流電流	0.8Amp (max.)
標準排出能力	約500kg/h (炭酸カルシウム粉砕製品)

附属電源函 セレン半波整流式 (Photo. 2)

直流電流計, 流量調節用スライダック

パイロットランプ, 電源スイッチ付

〔註〕 振動槽の深さは 2, 4, 6, 8cm の 4 種があり, 粉体粒度, 見掛比重, その他の性質及び粉体容器内の圧等使用の状態に合せて適当に選びます。

“新製品紹介 2”

密閉型パイプ・フィーダー

(Pat. pend.61858)

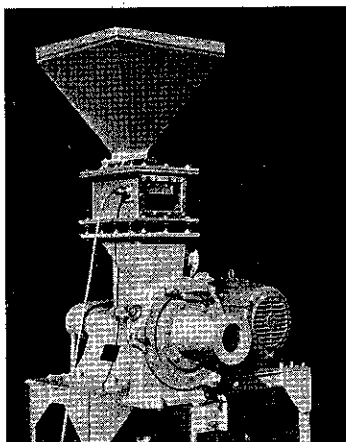


Photo. 1 特殊型ミクロンパルベライザーにとりつけられた密閉型パイプ・フィーダー

本機は空気循環式の粉砕装置あるいは分級プラント等のフィーダーとして広い用途をもっております。構造は本誌9頁に記しましたので省略致します。

特 徴

1. 最低から最高迄の調節範囲が広く, 且無調段に節出来ます。
2. 遠隔操作が容易で, 自動調節装置の併用によつて粉砕機を無人運転する事が出来ます。

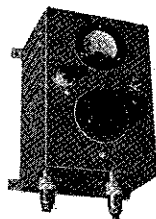


Photo. 2 制御電源函

3. ホッパー及び装置供給部への取付けが簡単です。
4. Air Seal が完全に出来ます。
5. 回転部分がないから故障がありません。
6. 消費電力が少く, 設備費が低廉です。

仕 様

密閉型パイプ・フィーダー (制御電源函付)

型 式	HVF—2AT
使用電圧	A.C.100V 50/60cycle
入 力	80V. A.
消費電力	30Watt

直流電流 0.8Amp (max)

標準排出能力 約600kg/h (タルク粗砕品にて)

附属電源函 セレン半波整流式 (Photo. 2)

直流電流計, 流量調節用スライダック

パイロットランプ, 電源スイッチ付

〔表紙説明〕

中世紀の軍隊用製粉機

中世の軍隊での最大のものはデルグリュックに依れば1347年のカペー王家のエドワードの軍隊で, 約32,000の兵を擁していた。当時としてはかくの如く大きな軍隊を統制すること, 更にこれを給養し銃器, 火薬をもつて保障することなどは並大抵の問題ではなかつた。それには当時の手工業的技術のあらん限りを極度に動員せねばならなかつた。

かくの如き多数の人間の集団はそれに率仕する特殊の手段を要求した。かかる多人数のためにパンを焼く事でさえ当時としては容易ならぬ仕事であつて, 特殊の機械を必要とした。資本主義時代に至るずつと以前に軍隊での必要から移動製粉機, 捏粉機, 行軍用の大量パン焼籠等が考案されていた。

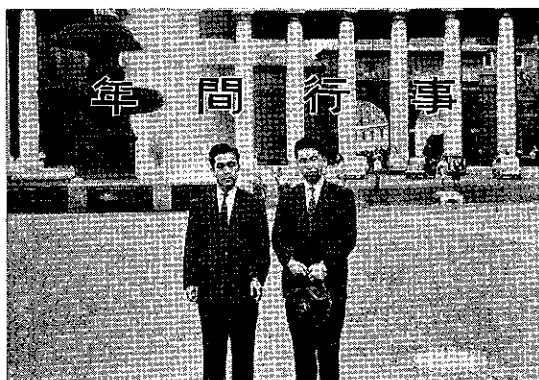
例えば1607年パツアで出版されたツオンカの著書の中に馬力伝導装置を具えた行軍用の製粉機が見出される。

(表紙-Vittorio Zonca: Novo teatro di machine et edifici, Padua 1607) 捏粉機は既に古代ローマに於て知られていた。ヴィトルヴィウスは水車によつて動かされる機械の事を記述している。古代の他の著作家やボンベイで発見された捏粉機の遺物もこれを物語っている。又吾々は中世紀の著作家の労作中にも捏粉機を見出す。

ブランカはその機械に関する著書その他の中で, かなり複雑な構造の捏粉機を提案している。既に1670年に流れ作業によるパン焼籠の設計が現われている。本質的にはこれは現在窯業に広く応用されている型のトンネル炉である。

ヴェ・ダニエフスキー著

“近代技術史”(1932)より



セント・ピーター寺院にて(ローマ)

本社営業部

☆ 細川専務等欧州へ出張

(昭和34.8.30~10.24)

当社細川益男専務は設計係長田中昭夫と共に8月30日羽田発、ロンドンへ向い9月27日迄1ヶ月彼地に滞在して英・独・仏・瑞・伊の諸国に於ける粉碎機及その他の化学機械の現況を調査した。

この調査に当り当社製品に関し、彼等の技術を比較検討する数多くの機会に恵まれて、吾々の技術水準が彼等に優ることがあつても劣ることは極めて少く、同時に吾社製品の世界市場への進出の可能性が現実の問題として認められるに至つた事は大きい収穫であつた。

9月28日より帰途につき印度、タイ、マラヤ、シンガポール、比島、香港の南方亜細亞諸国を歴訪して10月24日羽田に帰着した。

これら東南亜細亞諸国は1昨年の巡航見本市以来、昨年5月、本年4月と度々訪問し当社機械の納入先も多く、そのアフターサービスと共に新販路開拓に大きい成果を挙げた。

☆ 中小企業輸出振興展 (昭34.9.21~10.12)

横浜会場 シルクセンター

神戸会場 王子体育館

主催 中小企業庁他 後援 通商産業省他
輸出振興の趣旨に沿ひ当社よりは全ステンレス製サンプルミル1台と乳化機ディスペーミル(3台)を出陳した

☆ 新製品紹介講演会 (昭34.9.22)

化学工学協会の主催を以て上記講演会が大阪市府立教育会館に於て行われた。

当社よりは振動篩機バイブシフターを出品し技術部横山正係長が説明に当つた。

☆ 乾燥に関する講習会 (昭34.11.9)

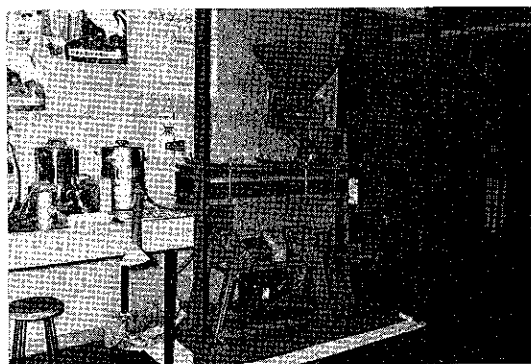
燃料及燃焼社の主催を以て上記講習会が大阪市府立労働会館で行われた。

当社よりは技術部森本益弘が出講して「温材の粉碎乾燥機」と題して新研究マイクロドライヤーの解説を行った。

☆ 発明振興展 (昭和34.11.24~11.29)

大阪府発明協会の主催、特許庁、科学庁等の後援を以て大阪市難波高島屋3階会場に於て行われた。

当社は特許振動篩機バイブシフターを出品実演しその趣旨に協賛した。



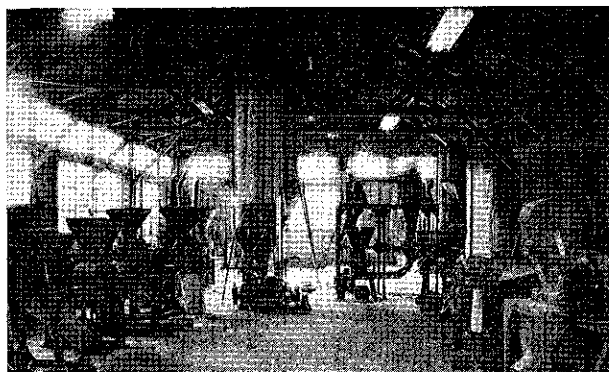
☆ 技術士試験に当社3氏合格 (昭34.11.2)

技術士法に基く科学技術庁第2回技術士本試験の合格者が発表されたが、当社より受験せる技術部長兼研究所副所長松山卓蔵、製造部次長兼設計課長井上貞敏、製造部次長東門栄一の3氏が揃つて合格した

☆ 粉体工学に関する講習会

(昭34.11.30~12.2)

日本工業新聞社の主催により東京都産経会館に於て行われた。当社よりは技術部長兼研究所副所長松山卓蔵が「新しい粉碎機」と題して出講した。



本社粉碎試験室

☆ 粉碎試験室の利用状況

当社の試験室が一般に広く開放され「需要家各位の為の試験室」として御利用願っていることは御案内の通りであるが本年7月以降11月迄の利用状況は次の通りである。

年 月	昭34 7 月	8 月	9 月	10 月	11 月
件 数	39	41	42	32	39

東京支店

1960年新製品見本市 (昭34.10.27—11.5)



於 東京都立産業会館横 鉄骨組立スタジアム

日刊工業新聞社主催

新製品見本市と銘打つての今回の催しには粉碎機の需要の増加に伴い最近益々増大して来た篩機の要望に比べ、又従来の篩機では飽き足らない客先の希望もあつ

て、新鋭篩機二種ミクロンバイブシフターA型B型、と実験用篩機の三台を出品した。

出品機は総て実演、取分けホッパー、フィーダー付のA型は、ニュークな型式で来客の注目を浴び、今後の進出が期待されると信ずる。

今回は小規模な催しであり地味なものではあつたが、それ丈に目的を持った熱心な客が多く、且篩機の間合せの外に粉碎の相談が多数あり有意義であつた。

試験室引用の状況 (10.20現在)

月区分	1~6	7	8	9	10	11	計
台 数	179	43	28	24	21	30	325
件 数	131	28	51	38	32	23	303



編 集 後 記

※ 第4号を予定通り発行することができました。本号は3号に劣らない豊富な内容を盛ることができ、よるこんでいます。

※ 御寄稿下さいました諸先生方に厚く御礼申し上げます。

※ 3号に同封致しましたアンケートのはがきは、本社、東京支店関係を合せて約500通の御回答をいただきました。又その他にも約20通のお便りをいただきました。

※ 何れも熱心に御意見をおきかせいただき編集室一同感激しております。

※ 早速、綴込み用のパンチを入れる事から実行させていただきました。

※ 「micromeritist の Idea」は大変好評です。是非現場において、又研究室において良い Idea がありましたら差支えない程度におきかせ下さい。

※ 多くの方から1号2号の back number の御申込みを受けました。誠に残念ですが残部がなく、お送り出来ませんでした。一々御返事申上げませんでしたがこゝでおことわりとお詫びを申し上げます。

※ お正月が目の前に近づきました。では皆様よいお年をお迎え下さい。(Y)

“粉 碎” No.4 1960年 春季号

昭和34年12月20日 印刷

昭和34年12月25日 発行

編 集 者 横 山 正

発 行 所 細川粉体工学研究所

(非売品)

大阪市港区三ツ樋町11番地

印 刷 所 KK ナニワ印刷所

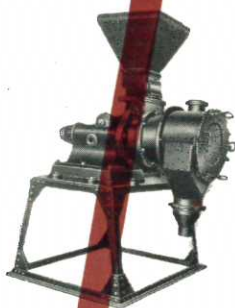
大阪市北区川崎町38

細川の粉碎機

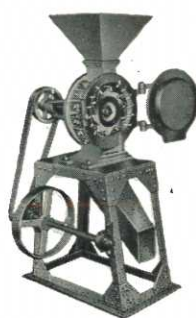
粉碎・乳化・分級・篩分・輸送・集塵 その他 粉体化学機械装置 設計 製作



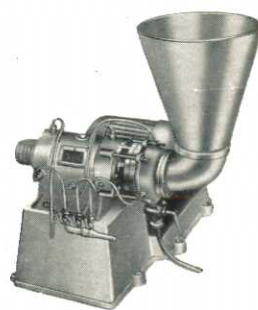
ミクロンセパレーター



コニカルバルベライザー



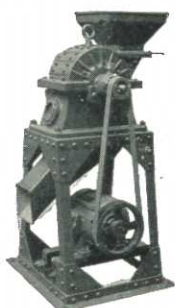
カッターミル



ディスペーミル



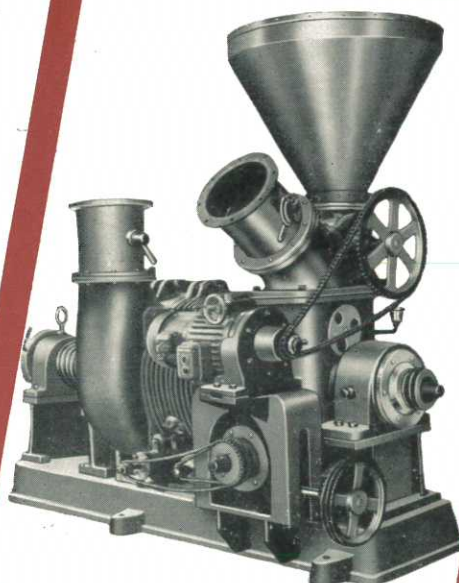
堅型ディスペーミル



ハンマーミル



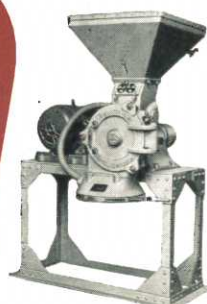
ハンマーブレイカー



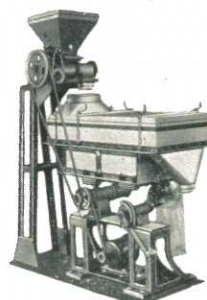
スーパーミクロンミル



ポニーミキサー



ミクロンバルベライザー



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) 1097・2313・2213
工場 1512 4795

東京支店

東京都中野区新井町12番地
電話 中野 (38) 9 4 3 4

細川粉体
工学研究所

大阪市港区三槌町11番地
電話 築港 (57) 2 3 6 0