

粉砕

THE MICROMERITICS

ホソカワ インターナショナル設立記念号

No.5

SUMMER

1960

細川粉体工学研究所

粉 砕 第 5 号 昭和35年 夏季号

目 次

〔巻頭言〕技術と世界市場……………	細川鉄工所 専務	細 川 益 男… 1
〔寄稿・報文〕衝撃粉碎における材料の破壊抵抗について……………	京都大学工学部	奥 田 聰… 2
沈降法による最近の粒度測定装置について……………	名古屋大学工学部	井伊谷 鋼 一… 6
	"	木 村 典 夫
新しい自動粒度測定器について……………	京都大学化学研究所	荒 川 正 文…14
粉体の円錐状堆積層内の応力分布について……………	横浜国立大学工学部	青 木 隆 一…18
微粉碎乾燥機に関する研究（第2報）……………	細川鉄工所専務	細 川 益 男…22
	細川粉体工学研究所	松 山 卓 蔵
	"	森 本 益 弘
高圧静電気による粉碎と分級……………	電気塗装株式会社社長 細川鉄工所 取締役	納 五 平…25
ヨーロッパの粉体技術管見……………	細川粉体工学研究所	松 山 卓 蔵…26
標準フルイについて……………	粉体工学研究会	三 輪 茂 雄…30
砂を造るの記……………	東邦電化株式会社	早 坂 幹 夫…38
ガス吸収および集塵用スクラパーの選択……………	大阪市立大学工学部	吉 田 哲 夫…41
〔文献紹介〕最近の粉碎と粉碎機……………	武田薬品工業株式会社	美 間 博 之…45
〔お説拝聴〕赤穂海水工業株式会社を尋ねて……………		52
〔資 料〕化学工業と粉碎機……………	細川鉄工所 営 業 部	55
〔技術資料〕オート・バルバーの特性とその応用……………	" 技 術 部	58
〔HOSOKAWA'S NEWS〕		
○Chemical Age に紹介されたスーパーミクロンミル 51	※Ballistic Particle Size Separator……………	37
○製 品 案 内（その4）……………61	※粉碎異色10題……………	54
○巡回講演会について……………62	※Das Permeabilimeter……………	57
○最近の興味あるテスト例……………62	※粉碎機の基礎と伝導ベルト……………	61
○年 間 行 事……………63	原稿募集（51） 編集後記（65）	
	〔表紙〕農薬粉碎分級プラント（E社提供）	

The "MICROMERITICS" No. 5 1960 SUMMER.

Contents of the Original Papers.

On the Crushing Resistance by Impact…………… 2	Grinding and Classifying with high voltage……………25
by Satoshi Okuda,	by Gohei Osame
Recent Apparatus for Particle Size Measurement	Test Grinding in Hosokawa International Ltd. ……26
by Sedimentation Methods…………… 6	by Takuzo Matsuyama
by Koichi Iinoya	Notes of Testing Sieves by Shigeo Miwa ……30
Norio Kimura	Communication on the Sand Preparation crushed
On the New Type Sedimento-graph……………14	Olivine by Mikio Hayasaka ……38
by Masabumi Arakawa,	On performance of Gas Scrubber and Dust Scrubber
On the Pressure distribution in a conical pile of	by Tetsuo Yoshida ……41
powder by Ryuichi Aoki ……18	Recent developments in Grinding and Grinding
Study of the Micro Dryer by Masuo Hosokawa 22	Machinery in the Pharmaceutical and Fine
Takuzo Matsuyama	Chemical Industry by Hiroyuki Mima ……45
Masuhiko Morimoto	

技術と世界市場

ホソカワ、インターナショナルの発足に際して

株式会社細川鉄工所 専務 細川 益 男



一昨年来の事である。英国の著名な親日的実業家S氏を通じて、日本に対する新型粉砕機の技術導入に就いての申入れがあつた。

折衝を重ねた後、昨秋先方の招きにより私は設計係長の田中をつれてその技術的検討のため欧洲へ出かけた。主として英国、ドイツに於ける実情の調査と共に、あらゆる角度からその新粉砕機の性能を検討した。そして結論は、ロイヤリティを払つて迄日本に導入する程の機械でないと言う事であつた。ロイヤリティの多寡が問題でなく、むしろ先方は極度の譲歩を示したのであるが、根本的に技術面から導入する価値を認め得ないという強い断定的な結論を出したのである。先方は驚ろいたようであるが、その気持の裏には日本或は日本人と言うものの中にある寒心すべき舶来崇拝の精神を彼等が認識していると言う事である。言いかえれば僅かばかりのロイヤリティで日本に導入出来るものなれば技術的内容はさておき役に立たぬものでない限り導入すれば何とかなのではないかと考える日本人が居り勝ちなのではないかと言う事である。

我々は専門的に慎重な検討の末、はるばるヨーロッパ迄来た事ではあるが先方の好意を謝絶して帰つた次第である。勿論此の検討に当つては我々が携行した当社粉砕機に関する数多の技術資料にもとずき科学的な比較等を

行つたものであつてデータの示す数字にいささかの独善や偏見が許されるものではなかつた。

此の交渉の過程3週間に亘つて一つと行を共にされたS氏は我々の結論を尊重すると共に、却つて当社の製品に関心をもち遂には逆に当社製品を欧洲アメリカ市場に導入すべきだとの見解に達し、その目的のため欧米洲に亘るホソカワインターナショナルの設立に至つた訳である。既にロンドンには実演工場が完成し当社松山技術部長が約2カ月の要務を終えた後引き続き試験係の佐藤係員がロンドンにあつて業務推進中であり、そして欧米粉砕業界に異常な反響を呼びつつある現情である。

思えば妙な経過を辿つたものであるが、例えば粉砕機に就いて使用電力量、処理能力、粉砕粒度、製産コスト等々の測定基準が現に世界共通のものである以上、此処には国境もなく民族感情等の介入をも許さぬ厳正なものがあると言う事である。

此の経過に於て私は技術の尊厳と言う事を強く感じるそして我々のような小企業にとって技術的に特色ある専門化と言う事の重大性を新たに認識するものである。

今一つ感を強くする事は市場の国際性と言う事である。欧米に於てはたいていの企業が世界市場を対象として、日常物事を考えて居るようである。日本ではどうであろうか？ 少くとも我々に属く機械工業の分野に於ては中小企業は勿論大企業に於ても常に国際市場に立脚した感覚と言うものが残念乍ら欧米に較べて数段以上に劣る事は否定出来ない。徳川300年の鎖国が生んだ一つの悲劇と言うのは大げさだが、今後国際競争場に立つ日本人が宿命的に背負された大きなハンデキャップと言えるだろう。交通の発達により世界は急速に狭りつつあり、まして貿易の自由化が不可避の現状に於ておやである。過日、日本の著名な機械メーカーの社長がロンドンで、我々の試験工場を視察され「日本の産業機械は斯く海外に進出すべきだ」と大いに賞讃されたとの事である。

我々は此れら一聯の事をもつていささかも心おごるものではない。機械メーカーの端につらなるものとしてそのあり方は経営の分野は勿論大切だが専門分野の技術に深く入る事と世界市場を認識する事否、世界市場に売れるものを考え、創り出す事だと痛感する次第である。

衝撃粉碎における材料の破壊抵抗について

京都大学工学部 奥 田 聰

1. 緒 言

実際の粉碎機の粉碎は圧縮、摩擦、剪断、引張などの単一粉碎が複雑に組合わさつたものであるといわれている。またこれらの応力状態において荷重速度が大きいいわゆる衝撃が粉碎に有効であることも経験的によく知られていることである。しかし一般に衝撃現象はきわめて瞬間的であつて、衝撃力および衝撃変形などの諸量の測定が困難であつたため、衝撃粉碎の基礎となるべき材料の衝撃荷重に対する抵抗力および破壊抵抗についてはほとんど解明されていない状態であつた。最近電子技術の発達により、このような高速現象の測定がようやく可能となつてきたので、筆者らは特に考案した抵抗線ひずみゲージ式検力器およびブラウン管オシログラフで脆い材料の衝撃圧縮による粉碎機構を検討したのでその結果を報告する。

2. 実験装置

衝撃装置としては、普通の落重型衝撃装置⁽¹⁾を用い、衝撃抵抗力の測定に使用した電気抵抗線ひずみゲージ式検力器は Fig. 1 に示すように径15mmの硬鋼製円筒の周囲に抵抗線ゲージ(Wire strain gage)をはりつけたもので、この検力器の荷重-ひずみ関係は予め静的圧縮試験により校正されている。

従つてこの検力器の上に試験片をのせて、一定の撃力を加えた場合、検力器のひずみ変化から試験片に加わつた荷重を知ることができる。衝撃はきわめて短時間の過渡現象であるため、検力器からの出力を特に設計した広帯域増幅器(100 kc/secまで一様な周波数特性を有する)にて増幅し、ブラウン管オシログラフに導き単掃引時間軸に対しての現象波形を写真に撮影した試料としては白雲陶器(ド

ロマイト30、木節粘土23、陶石47を1100°Cで焼成したもの)の15mm立方体および砕いてえられる各種サイズの粉体を用いた。

3. 最大破壊抵抗力

白雲陶器の衝撃圧縮において、その材料の示す抵抗力の最大値と落重の落高との関係を示したものが Fig. 2 である。図より明らかなように、0-a間は無破壊の状

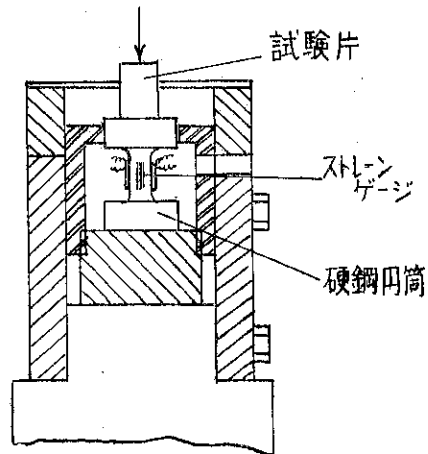


Fig. 1 抵抗線ひずみゲージ検力器

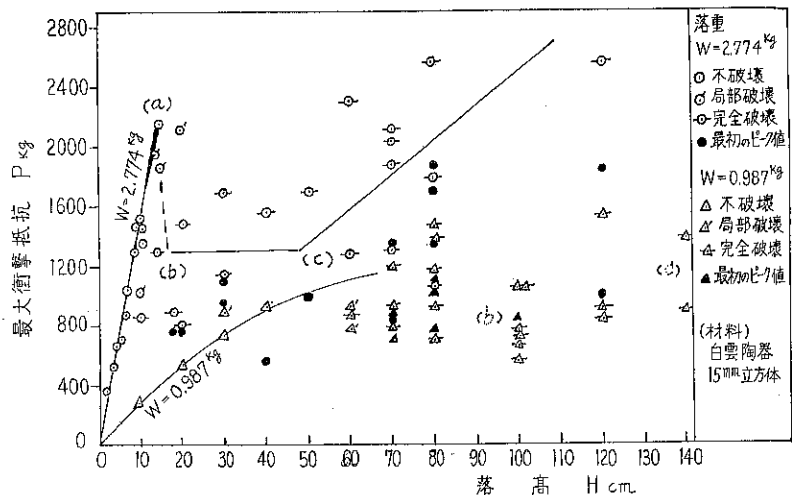


Fig. 2 白雲陶器の衝撃破壊における最大抵抗力と落高との関係

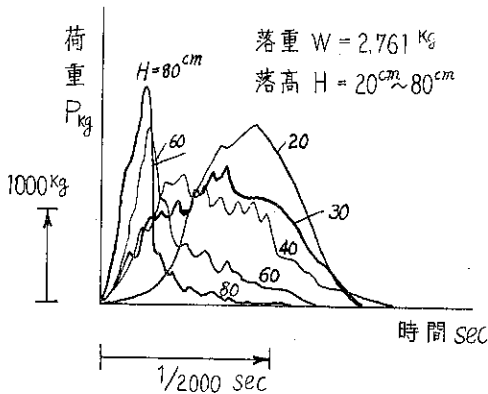


Fig. 3 白雲陶器の衝撃圧縮による抵抗力—時間波形

態にあり、弾性体に近い挙動を示し、抵抗も相当大きい。この部分の最後において試料の一部が破壊を起す。次に落高を増し、試料が完全に破壊される程度のエネルギーが加えられると、そのときの抵抗力は落高の増加に無関係にはば一定の値を示すようになる。この部分がb—c部である。落重 $W=2.774\text{kg}$ のとき、この抵抗値は約 1300kg 、 $W=0.987\text{kg}$ のとき、約 1000kg 程度である。これに対して次に述べる波形の最初のピークは材料に最初の破壊が起きる点であると考えられるが、この最初のピーク値は●、▲印で表わされているように、ほぼ $800\sim 1200\text{kg}$ の間にあり、この値はまた材料の静的圧縮による破壊抵抗 $800\sim 1200\text{kg}$ と一致し、材料固有の破壊抵抗と見てよい。次にさらに落高を増していくと、C点以後は再び抵抗が増加していく。

4. 衝撃破壊抵抗力—時間波形

衝撃抵抗力の波形が落高によつてどのように変化するかを示したものがFig. 3である。これから明らかなように、落高の増加に従つて衝撃時間（衝撃荷重が加えられている時間）が短くなり、また衝撃の開始時より最大抵抗力に達するまでの時間は低落高では全衝撃時間の $1/2$ 附近にあるが、落高の増加とともに最大抵抗は次第に前方に移行することがわかる。また前節において述べたo—ab—c、c—の3領域はこの波形の上でも明確に区別できる。すなわち未破壊のo—a部分ではほぼ左右対象なsin波形であり、一定な最大抵抗を示すb—c部では破壊の進行を示す不規則な山が現われるが、波形は割合に平坦で、破壊はかなり小荷重ではじまり、除々に進行し山の最高値も余り大きくならない。最高点以後の不規則な山はハンマの圧下とともに残余のエネルギーで砕片をさらに細かく砕くときの抵抗力を示している。最後のc—部分では、最高点が左にづれ、ついに最初の山と一致する傾向をとり、落高の増加とともに最初のピークの

値が増大するが、その増大の様子はハンマエネルギーより計算される弾性体のひずみエネルギーから推定される抵抗力よりはるかに小さいものである。落高が大となると波形は再び正弦波形に近づいてくるが、これはこの実験では試料を臼の中に入れていないので、試料は最初の衝撃でかなりの量が飛散し、続いての破砕に多くの試料があづからないためであると考えられる。いずれにしても波形の終りに近い部分はハンマの圧下にとまなう初期砕生物の二次的粉碎と圧密の過程であると考えられる。

なお脆弱な試料では圧密、つき固まりの状態に入りやすく、最初の山で完全破壊をなし、さらに余つた大きいエネルギーで圧密され、圧密での抵抗力が大きいピークとして現われるようになる。

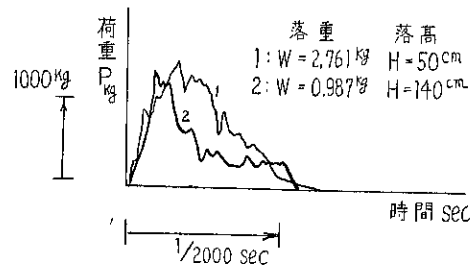


Fig. 4 同一負荷エネルギーに対する破砕曲線の比較

Fig. 4 は異なつた重量のハンマについて同一負荷エネルギーに対して波形を比較したものであるが、衝撃速度の大きい曲線2の方がピークが鋭くなり、やや前方にきたる傾向が認められる。

次に、ハンマを衝撃後一定のくい込み（3 mm）のところで受けとめて、3 mm しか変形を許さず、圧密がほとんど入らぬようにした時の破砕抵抗はFig. 2のb—c部の抵抗力と相等しく、また静的圧縮破壊抵抗のほぼ近くにある。以上の事実から従来粉碎に際して試料が受けると考えられていた力は、固体試料をかなり純粋に衝撃的に破砕するに要する力と、一たん破砕されたものを、さらに圧縮および粒子相互の擦擦などにより、細かく砕く力と、さらにエネルギーが余つた場合には、その破砕されたものを圧密し、つき固める力とに分類して考えられる。衝撃によつて試料を初めて単に破砕するのみの場合を仮に“純粋衝撃破壊”と呼ぶことにすると、ぜい性固体の衝撃粉碎の過程はつぎのように分けられる。

(撃力) ① ②
 団体 → 純粋衝撃破壊 → 粉粒体としての二次的粉碎
 ③
 → 粉粒体としての圧密・つき固め

この3過程はハンマ・エネルギーが充分に大きい場合に起るもので、硝子などのように一次的破壊（純粋衝撃破壊）に多くのエネルギーを要するものでは、ハンマ・エネ

ルギの小さい場合には第1段階のみで終る場合も考えられる。すなわち材料の力学的性質と加えられるハンマ・エネルギーの大きさおよびハンマの荷重条件（ハンマ重量および撃速）によってこの3過程の何処まで入ってくるかが決ってくる。

5. 粉碎過程と粉砕量

衝撃による砕生物の粒度分布は概して Rosin-Rammler の式でよく表わされるが、Fig. 2 の b-c 部すなわち低落下高粉碎においては粒度分布は大して変化しないがこの b-c 部の後期より落下高の増加、すなわちハンマ・エネルギーの増加に対して、粉碎効果が大幅に増加する落下高範囲が存在する。さらに圧密状態に入ると粉碎よりむしろ固結の問題となる。また前記のハンマの圧下量を制限した純粋衝撃破壊に近い操作では、粒度分布は低落下高の場合のそれとほとんど一致し、前節のような3過程の存在が粒度分布の方からも裏づけされる。

次に Fig. 5 はハンマの制限圧下量を順次変化させた場合の硬質チョークの粉砕量とハンマ圧下量との関係を示す。すなわちこの図は一定のエネルギーのハンマでたた

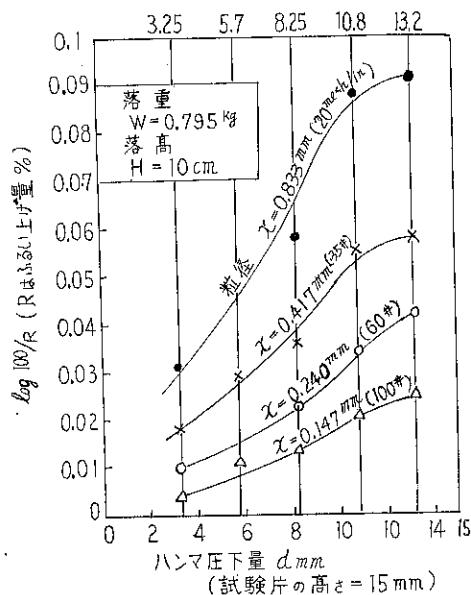


Fig. 5 粉砕量とハンマの圧下量との関係

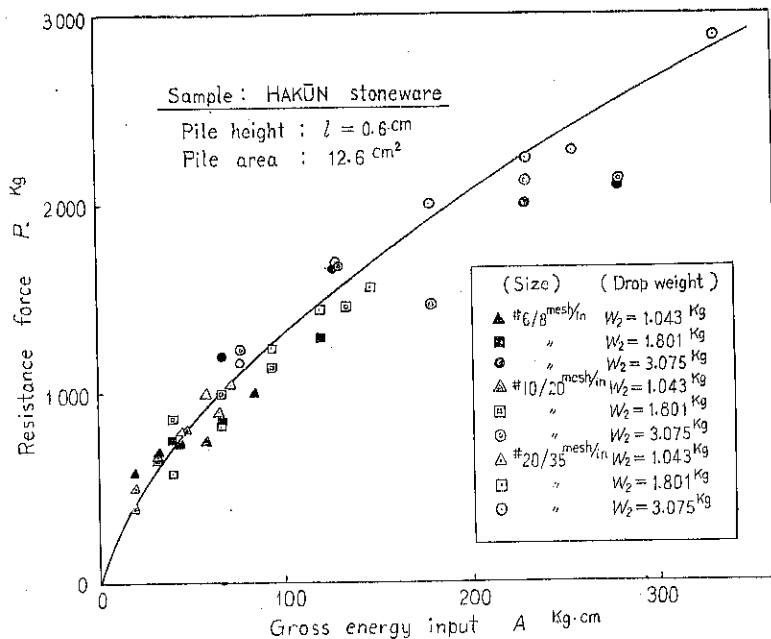


Fig. 6 充てん高さが低い場合の粉体層の衝撃抵抗力

いた場合のハンマの圧下にとまなう粉砕量の増加を示すものであるが、粉砕量はハンマの圧下量の大きいほど勿論大きく、曲線の形としては、圧下量の小さい所と大きい所では粉砕量の増加はそれほど顕著でないが、その中間の $d = 6 \sim 10 \text{ mm}$ の範囲で粉砕量の増加が著しい。ハンマ圧下量の小さい範囲は、純粋衝撃破壊直後の状態であり、最後の圧下量の大きい範囲は、圧密・つき固めに近い状態である。この中間の粉砕効果の著しい範囲が前述の粉粒体としての二次的粉碎の過程である。Fig. 3 に示したようにこの二次的粉碎での抵抗力は一次的破壊での抵抗力よりも小さい値であり、そのためこの二次的破壊では一次的破壊に較べて小さいエネルギー消費で有効に粉砕が進むものと考えられる。なお図からわかるように、純粋衝撃破壊によって生じた砕生物のうち粒子の大きいものほど、ハンマの圧下が進むに従って先に有効に碎かれることがわかる。

6. 粉粒体層の衝撃圧縮抵抗力

実際の粉砕においては固体単体試料よりも粉粒体としての試料に対する粉砕がより一般的である。また前述のように固体試料の粉砕においても純粋衝撃破壊に続く粉粒体としての二次的粉砕が大きい意味を有している。粉体層の衝撃粉砕に与る要素はきわめて複雑で、粉体の種類、形状、粒度、充てん方法などによって影響されることが大きく、粒子個々の力学的特性よりもむしろ粉体層全体としての力学的挙動に左右されることが大きい。し

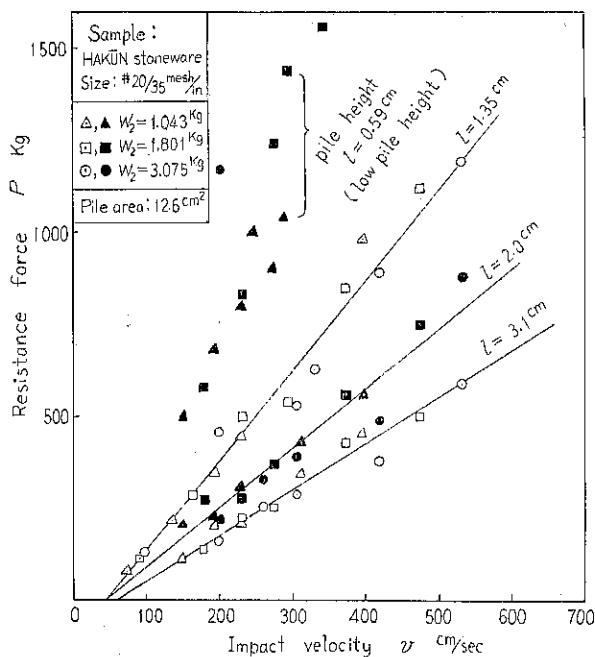


Fig. 7 充てん高さが高い場合の粉体層の衝撃抵抗力

たがつて衝撃に対する抵抗力も粒子個々の性質によることは勿論であるが、それよりも増して粒子の充てんによる集合状態に影響されることが大きい。

Fig. 6 は白雲陶器の粉体試料を臼の中に入れて、その上にプランジャを置き、落重型衝撃装置によりたたいた場合の粉体層の示す抵抗力であるが、充てん高さが低い場合には外部から加えられるポテンシャルエネルギー A によつてよくまとめられる。(2) (ただし $A = (W_2/W_1$

曲線 No.	1	2	3	4
落重 Wkg	1043	3075	1801	1043
落高 Hcm	130	70	130	210
ポテンシャルエネルギー A_0 kg cm	136	215	234	219
外部エネルギー A_0 kg cm	84	178	172	135
撃速 Vcm/sec	312	306	372	396
プランジャ重量	0.644 kg		"	

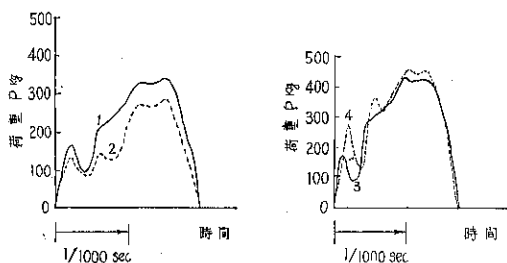


Fig. 8 充てん高さの高い粉体層の示す抵抗力一時間曲線

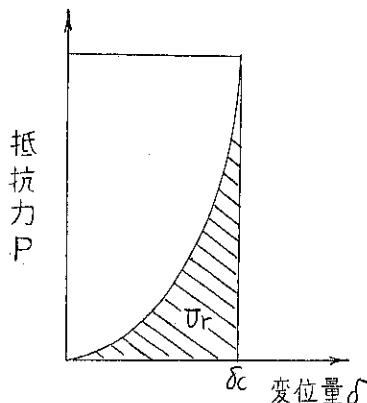


Fig. 9 抵抗力一変位曲線

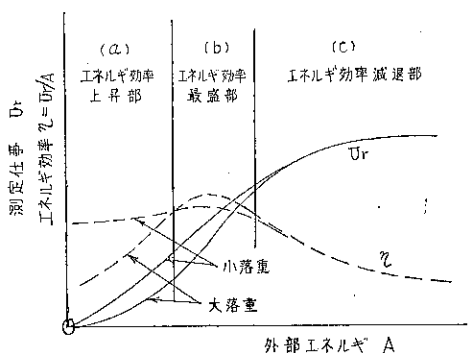


Fig. 10 測定仕事 U_r と外部仕事 A およびエネルギー効率 η と外部仕事 A との関係

$+W_2) \cdot A_0$ W_2 = 落重, W_1 = プランジャ重量, H = 落高, $A_0 = W_2 \cdot H$ しかし充てん高さが大きくなると, A ではまとめられず, Fig. 7 に示すように $V (V = (W_2/W_1 + W_2) \cdot V_0, V_0 = \sqrt{2gH})$ でよくまとめられるようになる。Fig. 8 はそのような場合の抵抗力一時間曲線を示す。硬質チョークのように脆弱で小さいエネルギーで全体的によく粉砕されやすい材料ではかなり高い充てん高さまで落重条件に影響されず、外部エネルギー A より定まる粉砕状態が存在することが別の実験でわかるが、一方粉体層の変位量についてみると、一般に一定の飽和変位量 δ_c を有しており、材料が脆弱であるほど、充てん高さが低いほど、粒径が小さいほど、まだ空けき比が小さいほど小さいエネルギーで飽和変位量すなわち圧密状態に入りやすいことがわかる。以上の抵抗力 P および変位量 δ の結果を $P-\delta$ 曲線に示すと Fig. 9 に機型的に示したような曲線がえられるが、この曲線の囲む面積が粉体層のなした仕事に相当する。このようにして求めた測定仕事 U_r および U_r と外部から加えた仕事 A と比すなわちエネルギー効率 η を求めて、 (13頁へ続く)

沈降法による最近の粒度測定装置について

名古屋大学工学部 井 伊 谷 鋼 一
" 木 村 典 夫

§ 1 は じ め に

粉体の粒度測定についてはすでにOrr¹⁾ その他多くの書物^{2)~4)}などに詳しく書かれており改めて取上げてみることもないが、ここでは主として液相および気相沈降法による今までに余り知られていない測定装置や最近の文献にあらわれた改良型、および新しい測定法などに重点をおいて取扱い上の問題点などにもふれながら総括的に述べ御参考に供したい。

なお液相沈降法による粒度分析では粉体の分散解膠ということが重要な問題となるが⁵⁾、身近かな粉体の解膠剤の選択についてはすでに紹介してあるので適当なものを選らばよい⁶⁾⁷⁾。

§ 2 液 相 沈 降 法

A 増分法 (Increment Method)

これは沈降管中の任意の面におけるサスペンション濃

1 ビベット法: Fig. 1はAndreasen pipette法の改良型でStairmand⁸⁾が試作したものである。このような形にすれば測定時の個人誤差も小さくなり且つまた沈降管内の液を乱すことも少なくなるので大変都合のよい形式である。Fig. 2も同じ方式のものであるが、ビベット内に付着した粒子を洗浄出来るようにして測定精度を一層向上するための工夫である⁹⁾。なお粒子が2~3 μ 以下になれば重力沈降では非常に測定

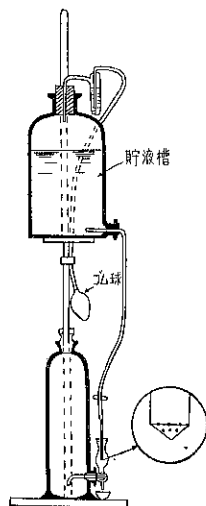


Fig. 2 改良型ビベット装置 (その2)

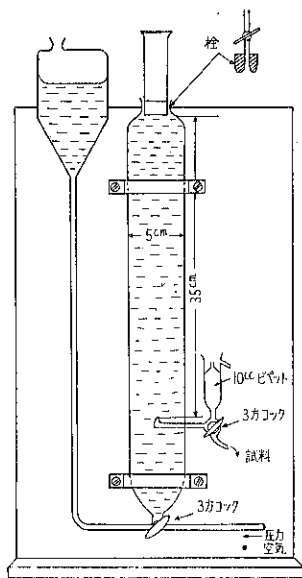


Fig. 1 改良型ビベット装置 (その1)

度の時間的变化を直接しらべる方法で、ビベット法、比重計法、差圧法、放射線透過法、光透過法、などが増分法の関係である。

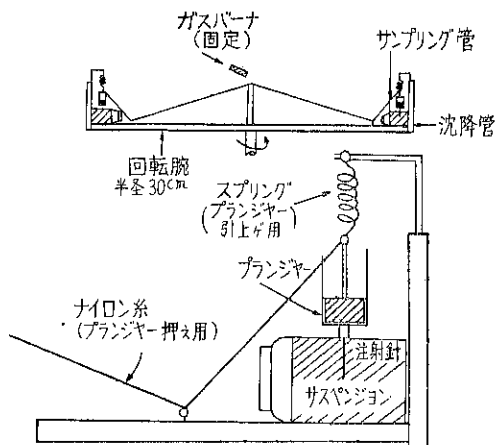


Fig. 3 遠心式ビベット装置

時間が長くなるのでビベット数本を沈降距離をかえて沈降管内に挿入して測定時間の短縮を計った考案もあるが¹⁰⁾¹¹⁾、最近では重力の代りにビベット装置を内蔵する遠心沈降器が用いられつつある。遠心ビベット装置の考案はKamack, H. J.¹²⁾のものが最初であるが、その後Gupta¹³⁾が Fig. 3 のごとき構造簡単なものを発展させた。回転腕半径は 30cm でその端に沈降管が取付けられており沈降管上部にはスプリング式自動サンプリング装置^{2cc)}

が付属している。サンプリング用プランジャーは最初ナイロン糸で押下げておき回転中心部にその端を固定しておく。この装置の最大回転数は 600r.p.m で重力の約100倍の遠心力を生ずる。サンプリング時にはガスバーナなどでナイロン糸を焼き切りプランジャーを自動的に働かせて 2 cc のサスペンションを吸上げるように工夫されている。このサンプルは回転停止後乾燥秤量などして従来の手続きにより粒子濃度を求めればよい。なおサンプリング点および沈降管回転半径位置を 2, 3 かえて取付けておけば短時間で数点の測定ができ大変率率的である。つぎに、Pipette 装置におけるサンプル吸引速度およびサンプル管の形ちと寸法も測定精度にかなりの影響があ

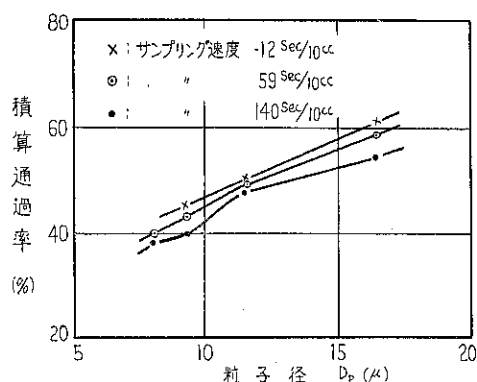


Fig. 4 ピペット法におけるサンプリング速度の影響

り 標準法として他装置との比較試験に用いるのには特に注意しなければいけない。Fig. 4 に示すものは普通のAndreasen Pipette 装置を使つて試料吸引速度を12, 59, 140sec/10cc と三種にかえた場合の測定粒径分布におよぼす影響をしらべたもので¹⁴⁾、サンプリング速度が速いほど全体に分布は細かくあらわれてくる。すなわち急速にサンプルする場合はサンプル面付近の粒子を吸上げるのではなく基準面より下へ沈降した粒子をも吸引するため見掛け濃度が大きく出るものと思はれる。なおこの場合のサンプリングは $(T - \frac{t}{2})$ で始め $(T + \frac{t}{2})$ で終了するようにしてある。ここに t は吸引時間、 T は沈降時間である。

Table 1 ピペット先端の形ちと大きさの影響

沈 降 時 間 (min)	粒子径 (μ)	ピ ペ ッ ト 先 端 の 形 ち			
		やや太い 	やや太い毛細管 5 mm ϕ 	普通の毛細管 1 mm ϕ 	細い毛細管 < 1 mm ϕ 
20	14.3	59.6	62.6	66.7	67.0

つぎにサンプリング・ピペット先端をTable 1 に示すごとく4種にかえその形ちおよび寸法が粒径分布におよぼす影響¹⁴⁾をながめてみるに水平吸引型が最も小さく、縦型の細い毛細管の場合が最も濃度が大きくなっているこれは普通のAndreasen装置では一回のサンプル量が10 ccで、沈降距離は 20cm であるが、ピペット内径が大きくなればその内容積が大きくなり〔例えば5mm ϕ で3.92cc 1mm ϕ で0.157cc〕ピペット先端付近のサスペンション濃度を正しく吸引できないためと思はれる。しかし1mm ϕ 程度のもを用いればほぼ満足な結果をうることができる。

2 比重計法；比重計単独で用いる方法は J I S でも規定せられており土木、窯業方面では取扱いが簡単のた

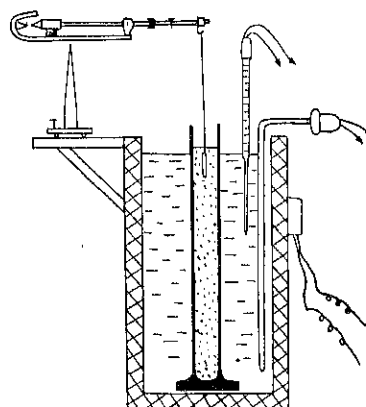
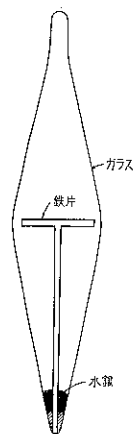


Fig. 5 ウェスト・ファール比重計の利用

め利用されつつある。Fig. 5 に示すものはウェスト・ファール比重計を用いた比重直読式のもので粒子沈降にともなう定点濃度変化を容易にしらべることができる¹⁶⁾ またいま一つの方法としては鉄片を内蔵している比重既知の小型ガラス製浮子(Diver)¹⁶⁾¹⁷⁾ (Fig. 6) を用いる方法で沈降管中へこの浮子を挿入すればサスペンション濃

Fig. 6 浮子(Diver)



度と平衡した位置でその浮子は停止するから沈降管の外部から適当な方法（例えばコイルを巻きつけ電気容量変化によりその位置を知る）でその位置をしれば沈降距離がわかり、またその点の濃度も同時に知ることができる。この測定操作は測定時刻15sec前ぐらいにDiverをサスペンション内へ入れ沈降粒子の付着による比重変化の誤差を小さくしてやる。なお比重の違った Diver数ヶ

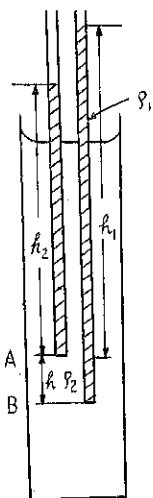


Fig. 7 差圧マノメータ法説明図

を同時に用いれば一度に粒径分布を求めることができおもしろい。

いま ρ_1 を分散媒の密度、 ρ_0 を最初のサスペンション密度、 ρ_t を t 時間後 h cm の深さにおけるサスペンション密度とすれば粒径 D_p より小さい粒子の積算百分率 S は

$$S = \left(\frac{\rho_t - \rho_1}{\rho_0 - \rho_1} \right) \times 100 \quad (1)$$

と与えられる。

3 差圧力法；この方法はすでによく知られている圧力法と原理的には同じことであるが、Fig. 7 に示すごとく2本のサンプリング管の液中挿入深さにわずかの差 h を与えたものでサンプリング管内には清浄分散媒 ρ_1 を封入する。

またA、B間のサスペンション平均密度を ρ_2 とすれば

$$h_1 \rho_1 + h \rho_2 = h_2 \rho_1 + h \rho_2$$

$$\therefore (h_1 - h_2) = h \left(\frac{\rho_2}{\rho_1} - 1 \right) \quad (2)$$

すなわち2本のマノメータの差圧の変化はA～B間のサスペンション濃度変化に比例することになる。 h を比較的小さくとれば、これは丁度 Andreasen Pipette法におけるピペット先端附近の濃度変化に相当するもので時間0のときの差圧と t 時間後の差圧との比 $[\Delta h_t / \Delta h_0] \times 100$ により直接粒子積算分布を求めることができる。差圧法の簡単な形としてはFig. 7のごとくマノメータ上端を大気開放にしてもよいが精度は余りよくない。Heywood らの研究¹⁹⁾ではFig. 8のごとき密閉型マノメータにすれば精度はかなり向上することができる。これは2本のマノメータ上端を水銀アスピレータに接続した空気タンクに連結しておき粒子の沈降にともなうて移動するメニスカスを視測に都合のよい高さに調節するようにしたもので測定断面のマノメータ直径は11mmφほどにして表面張力の影響を小さくする工夫がされている。またこの拡大部以下のマノメータ管は直径2.5mmφの細いものを使っている。差圧の測定はFig. 8右下に示すど

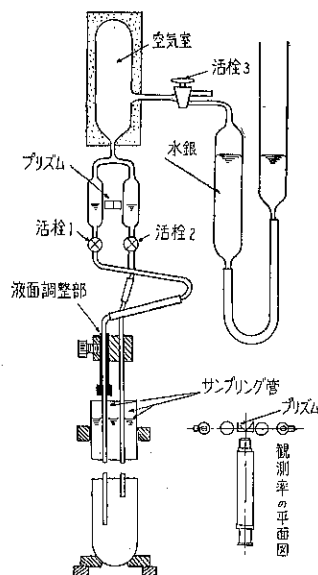


Fig. 8 密閉式差圧マノメータ法

とくプリズムを使って2つのメニスカスを望遠鏡などで同時に読みとるようにする。

4 放射線の利用；放射線を使った方法としては Radio-activation法¹⁸⁾、Two-Layer遠心法¹⁹⁾ ($5 \sim 0.1 \mu$)、あるいは光透過法における光源の代りに γ 線を用いる γ 線透過法²⁰⁾ などがあり、ここでは γ 線透過法につき述べることにする。粒子沈降にともなう粒子層の γ 線透過率が Beer-Lambert の法則に従うとすれば、

$$\ln(I_w/I) = \frac{\mu}{\rho} C x \quad (3)$$

となる。また粒子の積算百分率は

$$S = C_t / C_0 \quad (4)$$

であるから結局

$$S = \frac{C_t}{C_0} = \frac{\ln(I_w/I_t)}{\ln(I_w/I_0)} \quad (5)$$

とあらわせる。ここに

I_w ：分散媒のみのときの透過 γ 線強度

I_0 ：時間0における均質サスペンション透過の γ 線強度

I_t ：任意の時間 t における透過 γ 線強度

μ/ρ ：粒子層による放射線吸収係数

x ：粒子層の厚み

C ：粒子濃度 g/cm^3

である。光透過法では粒子径が小さくなると光の散乱などの影響が入り信頼精度が落ちるが、 γ 線法によればこのような粒径による影響もなくまた粒子濃度と (I_w/I) との関係も直線となるので都合がよい²⁰⁾。

以上は増分法による粒子径分布の測定法であるが、こ

Table 2 増分法による各種測定法の精度と適用範囲

測定法	ピペット法	比重計法	浮子法 (Diver)	開放式 差圧マノメータ	密閉式 差圧マノメータ	γ線透過法	光透過法
適用範囲	0~45 μ	0~25 μ	0~30 μ	12~53 μ	8~53 μ	0.3~40 μ	0~25 μ
粒子濃度	1%wt	0.01 Susp.	0.01 Susp.	0.01 Susp.	0.01 Susp.	0.2%vol 以下	0.01% vol
測定精度	$\pm 0.5\%$	0~25 $\pm 1.5\%$ 25~35 $\pm 2.5\%$	$\pm 1\%$	$\pm 15\%$	$\pm 1.5\%$	$\pm 4\%$	0~25 $\mu \pm 3\%$ 0~53 $\mu \pm 6\%$
操 作	簡 単	非常に簡単	非常に簡単	やや難	簡 単	簡 単	簡 単

の他にタービディメータとして知られる光透過法などもあるがここでは省略する。なお以上数種の装置の測定精度および適用可能粒子径範囲などを参考までにTable 2に一括して示す。

B 累積法 (Cumulative Method)

累積法としてはすでによく知られているごとく天秤法圧力法、などがあるが最近には粒子沈降量をしらべるのに放射線を利用する方法なども開発されつつある。なおこの累積法による場合はいわゆる沈降曲線(沈降量~時間)より図解法によつて真の粒子積算分布を求めなければならない。

1 天秤法; 天秤法は1915年 Oden が最初研究したもので、その後も色々なアイディアによる同種の研究^{21)~24)}があるが、現在のところ市販品としては大体つぎの三種があるようである。自動記録式のものとしては水渡一荒川式で有名な島津の Sedimentograph, および独乙の Satorius 沈降天秤²⁵⁾の二種があり、記録しない型式としては英国の Bostock²⁶⁾が研究したトーション・バランスを利用したGallenkamp沈降天秤²⁷⁾がある。

ここではGallenkamp 沈降天秤を御紹介しよう。構造はFig. 9に示す。受皿と沈降管との間隔は0.5mm になっており受皿はトーション・ワイヤ(ニッケル80, クロメル20, 28 S.W.G)を中心にしてサオにより吊り下げ、サオの他端は長い指針(28cm)の下端にとりつけられている。この指針の先端には目盛板があり天秤受皿の動きに応じてガラス板上へスケールが投影される。受皿の動きに対する目盛板の拡大率は約6倍で受皿3mmの動きに対して目盛板は20mmほど動く。なおGallenkamp天秤では受皿が沈降管下端で全面をおおっているが、普通の沈降天秤では受皿が沈降管中に懸吊している場合が多い。この様な場合には受皿の構造や大きさにより粒度分析結果が違ってくるから注意を要する。例えば Fig. 10, aの平らたい受皿では皿が下方へ動くたびに受皿裏側の清浄液の上向き流れが生じ沈降粒子側が乱されるが、bの如き沈降型受皿にすればこれらの乱れによる問題は一応解消できる²⁸⁾。また受皿と沈降管との直径比によつても

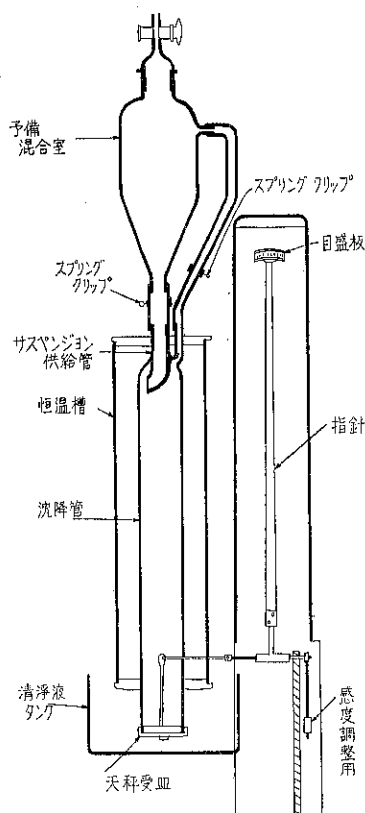


Fig. 9 Gallenkamp 沈降天秤装置

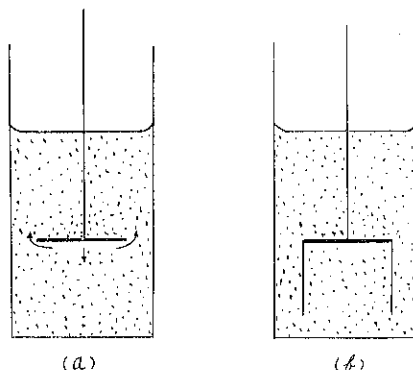


Fig. 10 沈降天秤用受皿構造の説明図

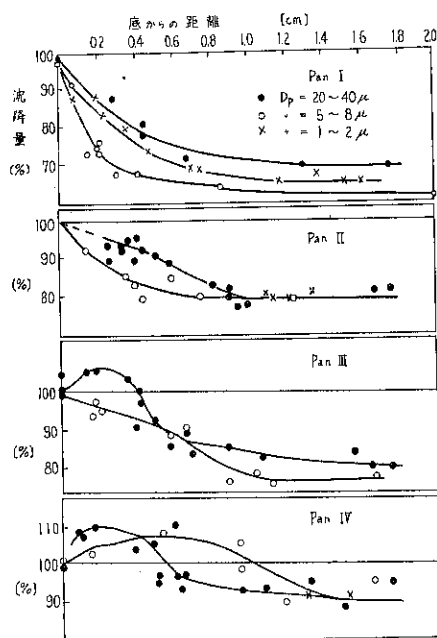


Fig.11 沈降天秤法における天秤受皿大きさの影響

かなり測定結果は違ってくるからこの選択も大切なものである。Fig.11は3種の粒子群 ($A=20\sim40\mu$, $B=5\sim8\mu$, $C=1\sim2\mu$) を用いて管径11.9cm, 沈降距離20cmの沈降管で受皿直径を Table 3 の如くかえてその影響をしらべたもので²⁰⁾、横軸には底から受皿までの距離をとっており、縦軸には受皿上に沈降した真の粒子量を計算粒子量に対する百分率で示してある。

Pan I の場合は受皿が大きいかにかかわらず受皿上への沈降粒子百分率は少なく且つまた供試粉体の細かさによっても受皿上への沈降粒子量が違うので正しい粒度分析は出来ない。Pan II になると底からの距離が1cm以上であれば粒度差による沈降量変化はなくなる。すなわち沈降管と受皿との面積比は $\frac{1}{2}$ 程度にするのがよいということがわかる。

一方面積比をあまり小さくしてもまたPan III, IVのごとく不規則な関係となるので好ましくない。

Table 3 供試受皿の諸元

Pan	直径 cm	リームの深さ cm	面積比 (A_p/A_c)	支持の方法
I	10.28	0.47	0.75	外周3点支持
II	7.56	0.40	0.40	"
III	6.95	0.92	0.34	中央1点支持
IV	3.88	0.47	0.11	外周3点支持

A_p : Panの断面積。

A_c : 沈降管の断面積。

2 放射線の利用；増分法の項でも放射線利用の方法を述べたが、累積法による場合にも β 線利用の研究が Connor³⁰⁾らによつて進められた。これは Fig.12のごとく底の薄い(15"/1000)Perspex 製沈降管の下方より放射線(^{90}Sr 1mmキュリー)を照射して粒子沈降(累積)にともなう粒子層よりの β 線反射強度をシンチレーション・カウンタで測定するものである。この方法の欠点としては原子番号16以上の物質(粉体)でないと測定精度がわるくまた液相では沈降粒子量が $0.1\text{gr}/\text{cm}^2$ 以上になると放射線反射強度が沈降量によらずほぼ一定になってしまうなどで、サスペンション濃度としては0.05%(vol.)以下にする必要がある。なおこの方法はAndreasan Pipette法や光透過法による結果ともよく一致し粒度測定範囲は重力法と遠心法とを組合せて用いれば一つの装置で $40\mu\sim0.2\mu$ 程度まで測定が可能である。

§3 気相沈降法

1 風篩法；風篩法による粒度分析は古くはGonell型とか我が国においては中条式などとしてよく知られている

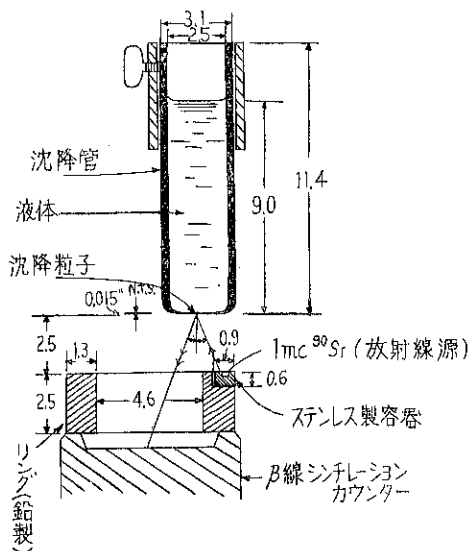


Fig.12 放射線反射型累積粒度測定装置

が、粒子が 15μ 以下の場合や比較的粘性の強い粉末の場合には風篩不能となり、いままでは粒度測定が出来ないとされていたが、1957年英国のHughes³¹⁾はこれらの欠点を補うため新しい構造のコンティナーを考案して風篩法に一つの光明を与えた。Fig. 13は普通の風篩装置の全体図であり、コンティナーの詳細はFig. 14に示す。供試粉末はCよりA内へ入れ、スロートE部の円板Dで軽く支えておく。粉末の供給速度はネジIによつて調節ができ、プランジャーFを振動器Hに

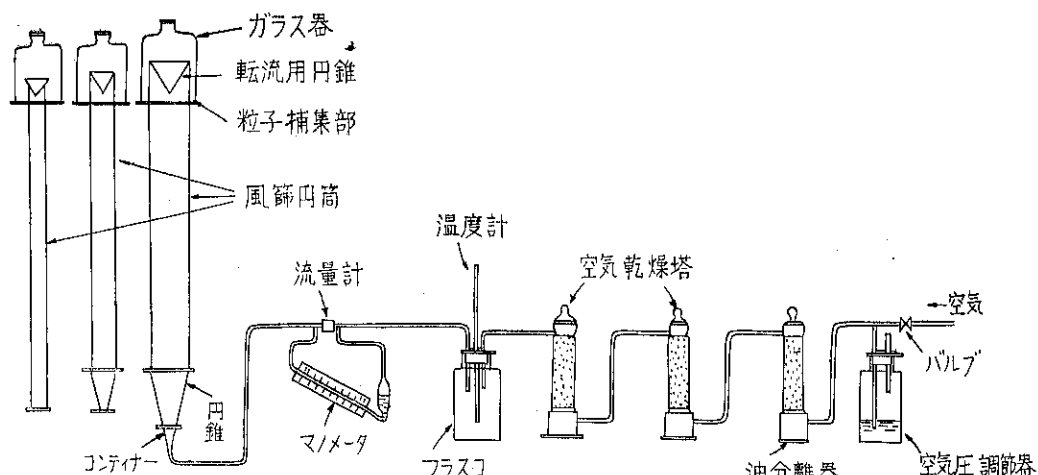


Fig. 13 風篩装置系統図

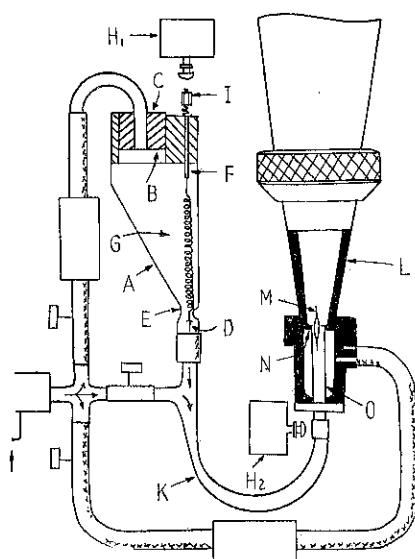


Fig. 14 改良型風篩器コンテナー詳細図

よつて打てば円板Dが振動して環状空間の面積がかわるので適量づつ供給できる。一方B部より空気を導入してEの部分より吹出す。そして主空気とともにU字管部Kへ送られ続いて風篩円錐部Lへ流入し風篩が行なわれる。Mはガラス製複円錐型ディフューザでノズル部の速度分布を一様にするためのものである。

なお環状空間Nは粗粒の取入口で粗粒とともに入ってきた微粉末を今一度バイパス空気流によつてNより再風篩するようにしたものである。

この装置を用いれば5μ程度の粒子でも風篩粒度分析が可能で風篩時間も短縮できるなど多くの利点をもっている。

2 その他の方法；風篩法以外の気相沈降法としては

Micromerograph³²⁾³³⁾ および Barcho 型遠心機³⁴⁾ などがある。MicromerographはSharples社製の重力沈降式のもので粉末分散の点で特に工夫されており分散器の詳細をFig.15に示す。粉末は高圧乾燥N₂ガスによつて中央ノズル部分より急速に(瞬間的に)噴出して剪断作用によつて分散してから自由沈降させ沈降粒子量を自動天秤によつて記録させる。

沈降管長さは85", 内径3 1/2"というかなり長いもので測定時間は大体15分間ぐらいで一つの粉体の粒径分布が求められる。なお本装置による大体の粒度測定範囲は次表のごとくで1回に用いるサンプル量は0.1gr 程度のものである。

§ 4 新しい電子管式自動粒度測定装置³⁵⁾³⁶⁾

以上は沈降法による粒径分布の測定法であるが、最近では液相懸濁粒子が細孔を通るときの懸濁液電気抵抗の変

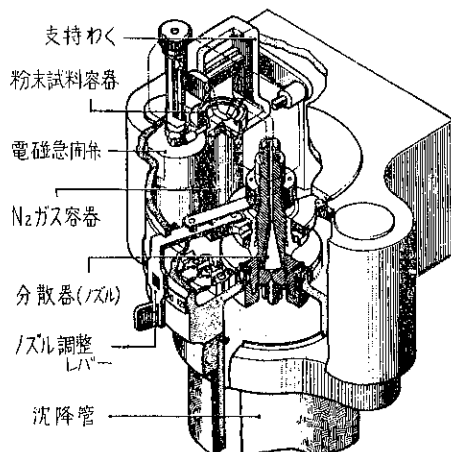


Fig.15 Micromerograph の粉末分散器の詳細

化を連続的に測定して粒子の粒径分布を求めるという全く新しい原理にもとづく方法が研究され、すでに Coulter Counter という名称で市販されている。いまのところ値段も高いので一寸手軽に入手できないが、なかなかおもしろい方法といえる。この装置の概略図は Fig. 16 に示すが粒子懸濁電解溶液中にある容器 B の細孔 A をへだてて両側に電極 C, D があり粒子は細孔を通して⊖側から⊕側へ流入し粒子が 1ヶ1ヶ細孔を通るとき粒子が細孔中の液と置換するので、その瞬間両電極間の電気抵抗

Table 4 Micromerograph による粒度測定可能な範囲例

物 資	比 重	粒径の下限 μ	粒径の上限 μ
樹脂系統の粉体	1.3	3	250
石 灰 石 粉	2.9	2	170
ニ ッ ケ ル 粉	8.9	1.2	90
炭化タングステン粉	15.9	0.8	70

は変化する。この電気抵抗変化は丁度粒子容積に比例したもので増巾器をへて電圧パルスとしてその大きさおよび粒子数が連続的に計測できるようになっている。この電圧パルスの大きさは通過粒子による抵抗変化と細孔内の電流および増巾率の積 ($\Delta E = G \cdot I \cdot \Delta R$) に比例したものである。いま細孔径を D, 球形粒子の直径を d, そして溶液および粒子の固有抵抗を夫々 ρ_0, ρ とすれば粒子が細孔を通るときの抵抗変化は次式で与えられる。

$$\Delta R = \frac{4 \rho_0}{\pi D^4} \left(\frac{d^3}{1 - \frac{\rho_0}{\rho} - \frac{d^2}{a D^2}} \right) \quad (6)$$

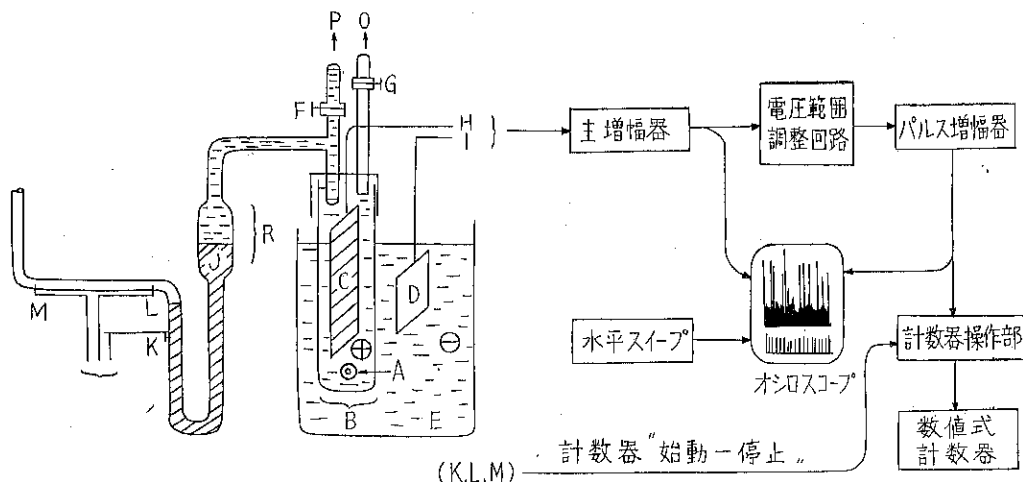


Fig. 16 Coulter Counter の説明図

なお係数 a は直径 d なる球形粒子と当価な容積をもつ円柱体 (直径 b d, 長さ a d) を考えるときの係数で

$$\left(\frac{1}{b^2} = 1.5 a \right) \text{ の関係にある。}$$

この方法の測定精度としては $\frac{1}{100} \mu$ 程度の直径変化も測定することができ、また温度変化に対する普通の電解質の電気抵抗変化は 1°F の変化に対して 1% 程度のものである。なお粒径範囲は $0.6 \sim 200 \mu$ に適用可能で細孔径は $10 \sim 1,000 \mu$ のものが用いられ、粒子濃度は 10 mg/cm^3 以下を常用し測定時間も 10 分以内で充分である。

§ 5 む す び

主として沈降法による比較的新しい粒度測定装置を中心に最近の動向を簡単に紹介してきたが、いずれの機会にまたその後の進歩発展などにつき展望を試みたいと考えている。本文が幾分なりとも粒度測定に関心をお持ちの方々に御参考とならば幸である。

引 用 文 献

- 1) Orr, C & J. M. Dallavalle; "Fine Particle measurement" (1959) Macmillan Comp.
- 2) Rose, H. E; "The measurement of Particle size in very fine Powders" (1953) Constable.
- 3) Cadle, R. D, ; "Particle size determination" (1955) Interscience Publ. Inc.
- 4) 井伊谷, 八木; "集塵装置" (1956) 日刊工業.
- 5) 森; "粉体工学"新化学工学講座 (1957) 日刊工業.
- 6) 水渡, 荒川, 馬場; 工業化学雑誌 **59**, 303, (1956).
- 7) 木村; 化学工学 **20**, 503 (1956).
- 8) Stairmand, C. J. ; Trans. Inst. Chem. Engr. Suppl. **25**, 77, (1947).

- 9) Kunciewicz, L. & Z. Krzyzewski ; Staub, **20**, 47, (1960).
- 10) Deshpande, V. & M. S. Telang ; Anal. Chem. **22**, 840, (1950).
- 11) Schwyer, H. E. ; Engg. Progress at Univ. Florida Bull. No. 54, (1952).
- 12) Kamack, H. J. ; Ind. Eng. Chem. Anal. **23**, 844 (1951).
- 13) Gupta, A. K. ; J. appl. chem. **9**, 487, (1959).
- 14) Johnson, R. ; Brith Ceram. Soc, Trans. **55**, 237 (1956).
- 15) Rossi, C. & R. Baldacci ; J. Appl. Chem. **1**, 44 6, (1951).
- 16) Jarrett, B. A. & H. Heywood. ; Brith. J. Appl. Phys. Suppl. No. 3, 21, (1954).
- 17) Berg, S. ; " A. S. T. M. Symposium. on Particle size measurement." (1959).
- 18) Abraham, B. M., H. Flotow, & R. Carlson ; Anal. Chem, **29**, 1058, (1957).
- 19) Connor, P, & W. H. Hardwick, B. J. Laundry ; J. Appl. Chem, **8**, 716, (1958).
- 20) Ross, C. P. ; Anal. Chem, **31**, 337, (1959).
- 21) Svedberg, & H. Rinde ; J. Am. Chem. Soc. **45** 943, (1923).
- 22) Rabatin, J. G. & R. H. Gale ; Anal. Chem. **28**, 1314, (1956).
- 23) Ioos, E ; Staub, **19**, 392, (1959).
- 24) 西村, 山本, 内藤 ; 名工試報告, **7**, 281, (1958).
- 25) Bachmann, D. & H. Gerstenberg. ; Chemie, Ing, Tech. **29**, 589, (1957).
- 26) Bostock, W. ; J. Sci. Instr. **29**, 209, (1952).
- 27) Cohen, L ; Instr, Prac, Auto, & Electr. **13**, 1036 (1959).
- 28) Murdoch, D. G. ; Trans, Faraday, Soc, **21**, 395 (1925). (Joint discussion).
- 29) Coutts, J. & E. M. Crowther ; Ibid, **21**, 374, (1925).
- 30) Connor, P., W. Hardwick. & B. Laundry. ; J. Appl. Chem. **9**, 525, (1959).
- 31) Hughes, T. ; The Engineer, **203**, 860, (1957). 粉体工学研究会文献紹介No. 33
- 32) Griffin, J. R. & A. S. Dunn. ; Sharples Corp. Tech, Rept. No. 1,000, (1949).
- 33) Trowbridge, M. ; Ind, Chemt. **31**, 195, (1955).
- 34) Batel, W. ; Chemie Ing. Tech., **29**, 581, (1957).
- 35) Mattern, C., F. Brackett & B. Olson. ; J. Appl. Physiology, **10**, 56, (1957).
- 36) Berg, R. H., ; "A. S. T. M. Symposium, on Particle size measurment." p. 245, (1959).

(5頁より続く) 種々の条件下のものをまとめて模型的に示すと、Fig. 10 のようになる。すなわち Ur—A 曲線は S 字型曲線を描き、初期のエネルギー上昇部 a と効率最盛部 b および効率減退部 c の三つに大別される。材料が強くと、充てん高さの大の場合には a ないし b 部に相当し、材料の脆弱または充てん高さの小の場合には c 部近くになりやすく、荷重条件（撃速）の影響が表われなくなる。このように粉体層の衝撃に当つては衝撃抵抗力、変位量、仕事、エネルギー効率および粉砕量は試料条件の影響を大きく受け、(1)簡単に外から粉体層に加えられるエネルギーのみにより、これらのものが決る場合と、(2)落重、撃速の荷重条件によつて決つてくる場合と二つの場合が存在する。(1)はまた応力が粉体層に均一に浸透していると思はれる場合であるが、(2)は応力および粉砕の不均一性が顕著なときにおこる。事実このような場合には上部の打撃面は粉砕し、すでに圧密状態に入っているにもかかわらず、中心部ではほとんど変化がない。

7. 結 言

以上、固体試料を衝撃圧縮により粉砕する場合の破壊過程が負荷エネルギーの大きさによつて異なるが三つの過

程に分けられること、ならびに純粋衝撃破壊抵抗は材料の固有値であることがわかつた。また定性的であるが粉粒体試料においては材料の個々の粒子の破壊抵抗の影響もあるが、試料の充てん条件の影響をうけることが大きく、試料層が厚い場合には特に不均一荷重および不均一粉砕になりやすいことを示した。材料の破壊に要するエネルギーについては正確に測定することは困難であるが、抵抗力のほかに変形量を測定するならば、少なくとも材料の破壊するまでに要する仕事はわかるはずであり、このような仕事と粉砕量との関係から粉砕の法則についても従来の外部エネルギーよりも一歩進んだエネルギーについて検討できるものと考えている。このような試みについては一部発表したが⁽¹⁾⁽²⁾、さらに精密な測定により突きとめたいと考えている。また本報では定性的にしか示すことのできなかつた粉粒体の衝撃下の挙動についても、さらに材料の物性および粉砕性と関連をつけたく研究を進める予定である。

文 献

- (1) 中川, 奥田, 遠坂, 化学工学50, 5, P.240(1956)
- (2) 中川, 奥田, 稲村, 八島, 化学工学, 22, 10, P. 624 (1958)

新しい自動粒度測定器について

京都大学化学研究所 水渡研究室

荒 川 正 文

1 ま え が き

いろいろの粉体粒度測定法の中で、沈降法は原理的に簡単で測定範囲もかなり広くしかも粒度分布が測定出来るので広く利用されている。言うまでもなく沈降法は粉体粒子の媒体中における沈降速度から粒子の大きさを求めるもので、基礎となるのはよく知られているStokes式である。すなわち、密度 ρ_1 、直径 d なる球形粒子が密度 ρ_2 、粘度 η の流体中を沈降するときの速度 V は次式で示される。

$$V = \frac{H}{T} = \frac{(\rho_1 - \rho_2)g}{18\eta} \cdot d^2$$

H は沈降距離、 T は沈降所要時間、 g は重力定数である。したがって適当な方法によつて粒子の沈降速度を測定すると粒子径を知ることが出来る。この沈降速度すなわち沈降量の時間的変化を求めるために多くの装置が考案されている。筆者ら¹⁾が先に発表した天秤法による粒度分布測定装置、いわゆる自動粒度測定器もその一つであるが、最近、この装置を改良した新しい測定器を試作したのでその概要を述べることにする。

2 天秤法の特長

沈降法にはいろいろの測定装置があるが、原理的に累積型と増加型にわけられる。ある高さ H に沈積する粒子量または H 以上に存在する粒子全量を測定する方法を累積型 (cumulative type)、一定の高さ H における粒子濃度を測定する方法を増加型 (increment type) と称する。現在利用されている主な沈降分析装置の原理は Fig. 1 に示したごとくである。圧力法は沈降管の下部から細い側管を出して、粒子の沈降にともなう懸濁液の比重の変化を側管中の媒液のメニスカスの動きから測定する方法で、いわゆるWiegner管である。多くの変型があり自動記録式にしたもの²⁾もある。天秤法は沈降する粉体重量を時間毎に秤量する方法で幾つかの型式³⁾が発表されている。増加型の代表的なものはピペット法である。ある時間毎にピペットによつて試料懸濁液の一定深さから液を吸出し、乾燥秤量して試料量を求める。一般にはAndreasenのピペットがよく知られている。比重計法は沈降による懸濁液の比重変化を比重計⁴⁾または浮子⁵⁾で測定して沈降量を測定する。濁度法⁶⁾は沈降管の一定高さに

水平に光を入射し沈降による粒子濃度の変化を濁りから知る方法である。累積型と増加型では得られる沈降曲線の意味が異なるから解析法も違っている。

以上のごとく数多くの測定法があるが、筆者が天秤法を選んだのは他の方法に比較して特に有利な特長を有し

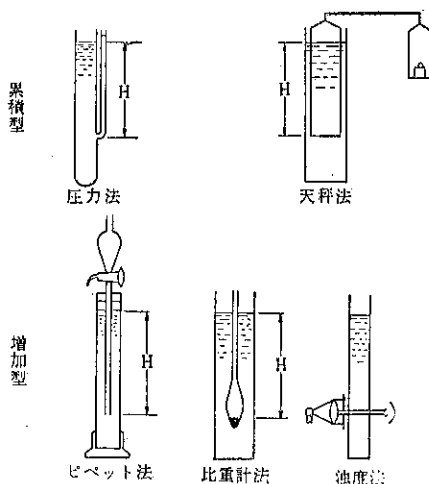


Fig. 1 沈降法の測定装置

ているからである。Stokes式に示されるとおり、粒子の沈降速度は粒子径の自乗に比例するから粗粒子はきわめて沈降時間が早く微粒子では非常に長時間を要する。したがって粗粒子では測定が変化に十分追従し得るように、また微粒子では測定時間が出来るだけ短縮し得るように条件を選ぶ必要がある。しかし一定試料について沈降所要時間 T を変えるには分散媒の選定による ρ_2 、 η の変化かまたは沈降距離 H を変える以外には方法がない(微粒子に対しては重力定数 g を変える遠心法があるが測定範囲の点から一般性に乏しい。)分散媒の選定は沈降法における最も重要な課題である試料粒子の凝集と関連するので簡単に変えることは出来ない。そこで沈降距離 H が適当に加減出来る方法が一般的な粒度測定装置として非常に有利である。圧力法は H を小とすると当然側管のメニスカスの変化も小となり測定誤差が増大する。これを避けるには試料懸濁液の濃度を増せばよいが後述のごとく試料粒子の凝集の原因となるから好ましくない。またピペット法では吸入口の乱流による誤差を、比重計

法では比重計自身の長さを考えると、これらの方法ではいずれも H を20~30 cm以下にすることは出来ない。この距離はたとえば 2μ の炭酸カルシウム粒子が、16時間半~25時間を要して沈降する距離である。これが2 cmになれば僅か1時間40分で沈降してしまう。一方、濁度法は自由に H を変更することが出来るが、微粒子の光散乱効果のために光に対する粒子の陰蔽力が粒子径に比例せず、その誤差が 25μ 位の粒子ですでにあらわれて光の波長に近づくにつれて非常に大きくなる。この補正に関しては詳細な研究がなされているが取扱いが面倒である。天秤の振動による試料懸濁液の攪拌効果は天秤法の欠点であるが、振巾をきわめて小さくすると(0.5 mm以下)天秤皿と液のダンパー効果のために充分無視出来る範囲に押えられる。以上、天秤による方法は一般的な沈降分析装置としてすぐれた特長を有している。

3 試料懸濁液の濃度

沈降法による粒度測定では沈降の際に試料粒子の相互作用があつてはならない。したがつて出来るだけ稀薄な試料懸濁液で測定出来ることが望まれる。しかし、濁度法以外の測定装置では、機構上濃度が高く変化量の大きい方が精度が上がる。そこで粒子の相互作用がどの程度の濃度から影響してくるかをしらべて見た。勿論、沈降法においては粒子の凝集を防ぐために分散剤が不可欠である。これは個々の試料によつて選定するものであるからここでは触れない。以下の各測定結果は既に分散剤が明確にわかっている試料について、その最適条件でおこなつたものであることをおことわりしておく。

炭酸カルシウムを試料として懸濁液濃度による粒度分布曲線の変化を示すと Fig. 2のごとくである。2%と3%ではほとんど差が認められず、しかもこのときの粒度は電子顕微鏡や吸着法、透過法などと良い一致を与える。しかし5%になるとやや大きくなり、10%では約2倍の粒度を示している。分散剤の効果が充分であるとすると、この粒度の変化は粒子の衝突による凝集が大きい原因であろう。濃度が低い程粒子の衝突の確率は減少するわけであるが、その限界濃度がこの試料では3%附近であることがわかる。しかし試料の比重や粒子径がことなるとこの濃度は当然変化する。たとえば酸化チタン(アナターゼ)の 0.3μ 、 0.5μ 、 1.0μ の粒子について濃度と平均の粒子間隔 ΔS の関係をみると Fig. 3のごとくである。すなわち同濃度においても粒子径が2倍であれば粒子間隔も約2倍となる。また 1μ の粒子について1%の濃度でその比重と粒子間隔の関係は Fig. 4のごとく比重が大になるにつれて粒子間隔も大きくなる。したがつて粒子が小さく、比重の軽い試料では測定に用いる試料

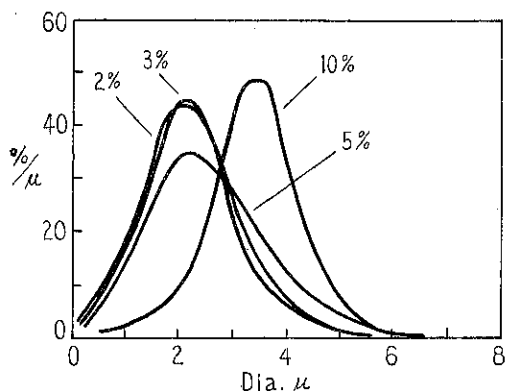


Fig. 2 懸濁液濃度による粒度分布の変化

濃度を低くしなければならない。この点から測定装置に対して稀薄な懸濁液についても充分に測定し得る感度が要求される。

4 自動粒度測定器の改良

ここで筆者らが先に考案した天秤法による沈降分析装置、いわゆる自動粒度測定器について簡単に説明する。構造は Fig. 5のごとくで、沈降管Aに入れた懸濁液粒子の沈降による重量増加を天秤Cで測定するもので、天秤の皿B上に一定重量の試料が沈積するとに接点Pが入つて上のラチェットFから小球を他方の皿に落し、同時に時計で回転する記録紙K上に記録する。したがつて記録紙上に縦軸が沈降重量、横軸が時間の沈降曲線が階段上のグラフとして記録される。沈降管Aの容量は400ccであつて、たとえば比重2の試料を濃度2%の懸濁液とすると8 gを分散させる。その中で皿B上に沈積するのは約 $\frac{1}{2}$ であるから水中での浮力を差引くと2 gが天秤に

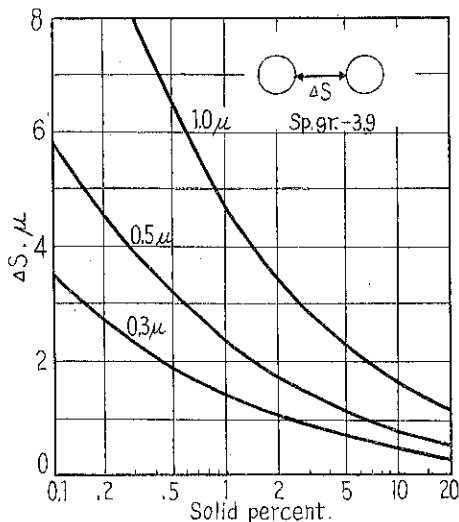


Fig. 3 懸濁液濃度と粒子間隔の関係

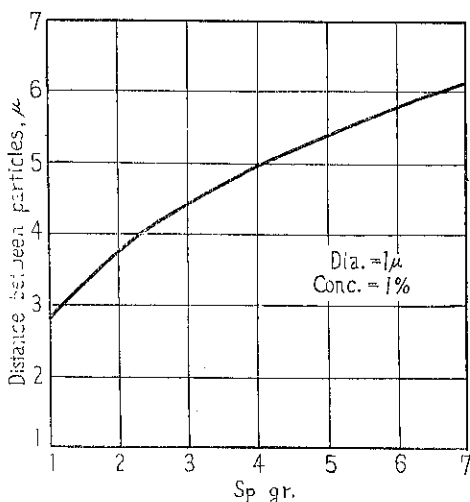


Fig. 4 試料比重と粒子間隔

対する実感量である。小球は1個50mgであるから40回の測定点が記録され充分な精度を得ることが出来る。しかし試料の比重が更に小さくなると粒子の受ける浮力の影響は急激に大きくなる。試料の比重と浮力補正の関係はFig. 6のごとくである。したがって比重の小さい有機顔料などでは装置の性能を充分に発揮するためにはきわめて高濃度の懸濁液を必要とし、そのために粒子の相互作用が無視し得なくなる欠点があった。この点を解決するために天秤の感度を上げてもつと少量の試料で測定し得る装置を試作したのである。現在のままの装置で小球の重量をもつと軽くすると汚れや錆による誤差が無視出

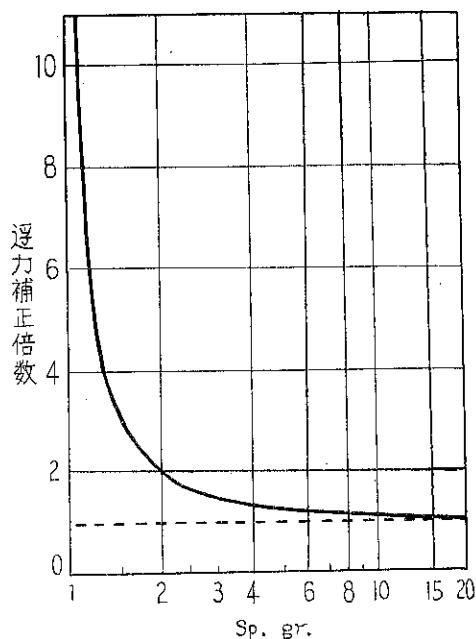


Fig. 6 試料の比重による浮力補正

なくなり取扱上不便であるので、ワイヤートーションを用いることにした。しかし天秤の感度を上げれば無限に試料量を減すことが出来るわけではない、それはたとえば天秤の沈降皿を吊した針金と水との表面張力などが影響するからである。この針金は強度の点で径 1 mm 以上は必要であるが、直径 1 mm のときその表面張力は約 1 mg ある、二本の針金で吊してあると 2 mg となり、したがって天秤の感度を 2 mg 以下にすることは無意味である、この点を考慮して 10 mg 荷重で接点位置において 0.2 mm の間隔になるタングステンワイヤーのトーションバランスを用いた、構造の原理図は Fig. 7 に示した。沈降管 A に入れた懸濁液の粒子が皿 B 上に沈積して荷重がかかると天秤 C は傾いて接点 P が入り、電磁石 D によってラチェット F が一駒送られる。W がトーションワイヤーである。このトーションバランスは $\frac{3}{4}$ 回転で 500 mg で、その間を 50 等分してあるから一回 10 mg になる。F は裏側に摩擦板があり、E が外れてもとに戻らない。したがって B 上に試料が 10 mg 沈積するごとに天秤が作動し、F と同軸のプーリー G が回転してペン H を移動させ、シンクロモーターで回転するドラム I 上の記録紙に階段状のグラフを記録するのである。測定終了後は E をはずして F を原位置に復帰させるが、このときに第 1 の歯車を越えてアタリ S まで回転させることによってトーションワイヤーのヒステリシスを避けている。試料により皿 B に対する浮力が異なるから測定の最初に天秤のバランスをとる必要があるがそれは J のつまみをまわして W

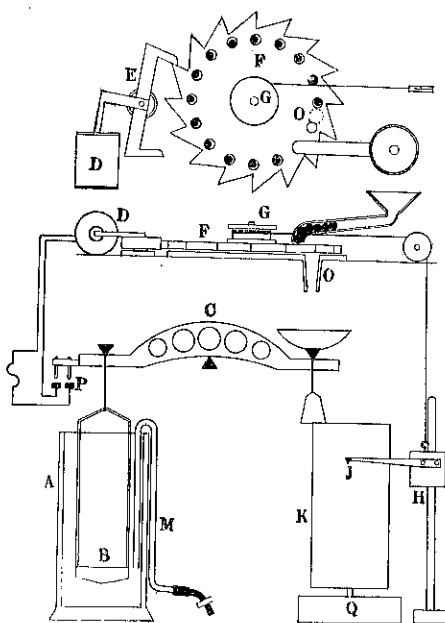


Fig. 5 現在の自動粒度測定器原理図

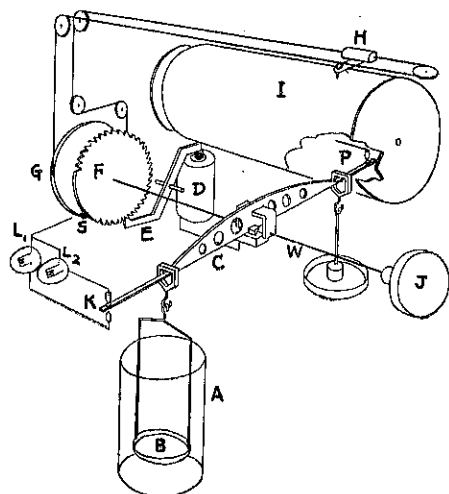


Fig. 7 改良した自動粒度測定器原理図

に適当なトーションを与え、接点Kが上下どちらにも入らず指示灯L₁, L₂がどちらも消えると丁度バランスしたことがわかる。Fの送りに追従モーターを用いれば連続した沈降曲線が得られることは当然考えられるが、このままでは天秤の感度の限界があるので非常に不規則な階段状グラフになり、かえって後の解析誤差が増す。勿論もつと精密な装置にすれば解決出来るが複雑で高価なものとなり、一般性が乏しくなるのでこの機構を採用したのである。

装置の外観はPhoto. 1に示した。記録用ドラム前面の蓋を上を開いて記録紙の交換、ドラム回転速度の変更（15分、1時間、3時間、12時間、）試料懸濁液の注入などをおこなう。前面の指示灯は上記のL₁, L₂である。左側面のつまみは下がE解除用、上がF復帰用である。Photo. 2は蓋を除いた状態で上面左前方にドラム回転速度を変えるクラッチレバーが見える。Photo. 3は右側面の扉を開いた処で一番前中央にJのつまみ、その奥に天秤、ラチェット歯車Fなどが見える。尚、沈降管は沈降距離が8 cm、2 cmを標準とし、さらに長いものは装置の下部につけるようにした。この装置による測定例としてFig. 8にフェライトの沈降曲線とその解析結果を示した。この測定に用いた試料は0.8 g、濃度0.2%である。

5 む す び

以上、改良した自動粒度測定装置のあらましを紹介した。すなわちトーションバランスによつて天秤の感度を上げたのでまえの装置に比して試料の所要量のはるかに少くなつた。したがつて試料の凝集による誤差が減じ、更に以前測定出来なかつた比重の小さい粉体の粒度測定も可能になつた。（21頁へ続く）

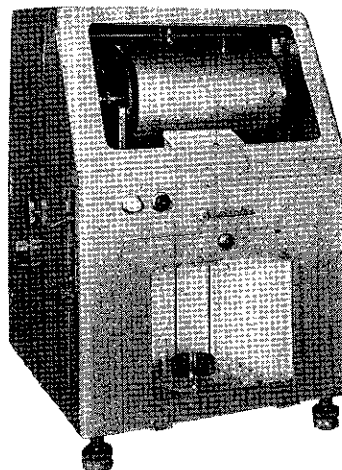


Photo. 1 改良した自動粒度測定装置の外観

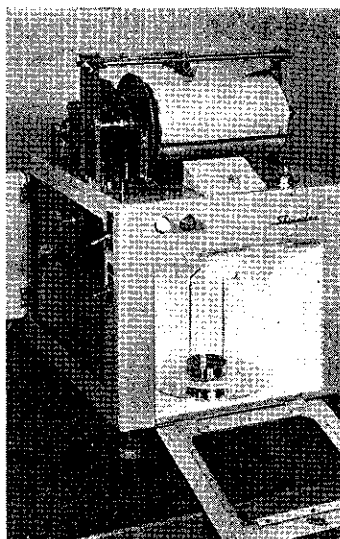


Photo. 2 上部の蓋を外した状態

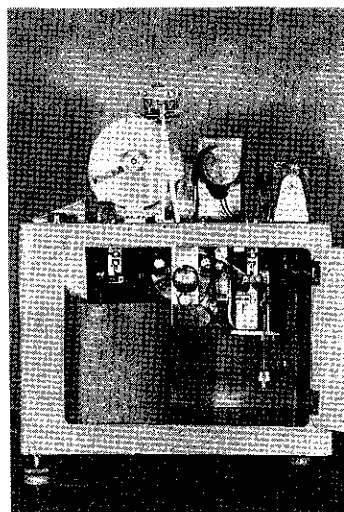


Photo. 3 右側面

粉体の円錐状堆積層内の応力分布について

横浜国立大学工学部 青 木 隆 一

1 緒 言

粉体を漏斗やオリフィスなどから平面上に連続的に供給して自然に円錐状に堆積させたときその円錐の母線と底面との間の角が安息角 ϕ_r (angle of repose) であり、粉体層の力学的特性値の一つとして粉体の嵩移動などの問題に広く用いられている。これは——付着性のある粉体では困難だが——測定が比較的簡単で再現性があるため便利である。この円錐状堆積粉体層内の応力状態は頂点に粉体を供給する速度が大きくない限り限界状態* または極めてそれに近い状態にあるので方法を一定にすれば剪断法による内部摩擦角や壁面摩擦角よりも測定値のばらつきは少く、材料の差が比較的是つきり表わせる。すなわち充填方法により応力状態がかなり変化する容器内粉体層にくらべて円錐状堆積層では理想的な応力状態

に近いと考えられるので、抵抗線歪計を用いて測定してその程度をしらべてみた。

2 理論的考察

堆積粉体の自由表面が水平であり外力が働かない場合は粉体層内の主応力線は垂直および水平で前者が最大主応力、後者が最小主応力である。すなわち、

$$\left. \begin{aligned} \sigma_1 &= \sigma_y = \gamma y \\ \sigma_2 &= \sigma_x = (1 - \sin \phi_i) / (1 + \sin \phi_i) \gamma y \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

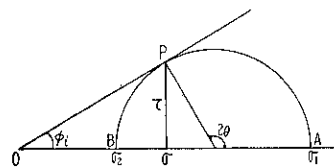
したがって Fig. 1 のごとくこの粉体層を垂直壁で支えると壁には表面からの深さに比例する側圧 σ_x が働いている。ここでこの壁を支えている力を徐々に減じて行くと粉体層には自重による滑りが生ずるがまさに滑りが開始されようとする限界状態では滑り面は最大主応力の方向と $\pi/4 - \phi_i/2$ なる角度をなす。而して壁を完全に

(註)

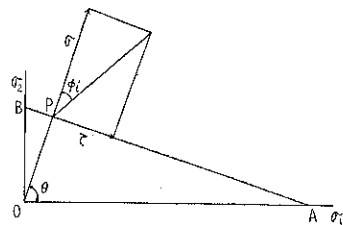
*粉体内の応力状態を連続固体と同様に考え2次元応力を取扱ってみると最大および最小主応力をそれぞれ σ_1 , σ_2 として図(a)に示すように Mohr の応力円が画ける。すなわち粉体内の各点における任意の方向の応力状態は同円周上の点で表わされる。例えばその面の垂線方向と最大主応力の方向とが θ なる角をなす面内では(図(b)), 垂直応力 σ および剪断応力が τ 働き、その大きさは図(a)のようにして求めることができる。しかるに静止粉体層ではその内部摩擦角を ϕ_i とすると生ずる剪断応力は、 $\tan \phi_i \leq \tau/\sigma$ なる制限を受ける。而して $\tan \phi_i = \tau/\sigma$ なる場合は粉体層にまさに滑りが生じようとするときの応力状態であるから、かかる場合を限界状態といい、この場合には図(a)においてOから Mohr の応力円に引いた切線の傾斜が ϕ_i 、最大剪断応力の生ずる面(滑り面)と主応力線方向との間の角が $\pi/2 - \theta = \pi/2 - \frac{1}{2}[\pi - (\frac{\pi}{2} - \phi_i)] = \pi/4 - \phi_i/2$ となる。また最小および最大主応力の比 k は $k = \sigma_2/\sigma_1 = (1 - \sin \phi_i) / (1 + \sin \phi_i)$ であることも図(a)から容易にわかる。円錐状堆積粉体層内においては層の形成に当つて表面は絶えず滑り面をなしているから、層内は限界状態になっている

と考えることができる。これに対して容器内に任意に充填された層では必ずしも限界状態にあるとはいえず応力状態は充填方法によって大きく左右される。剪断法による内部摩擦角測定における測定値のばらつきは主としてこのためであると考えられる。

(a) Mohr の応力円



(b) 主応力およびこれと任意の傾きをなす面における垂直および剪断応力



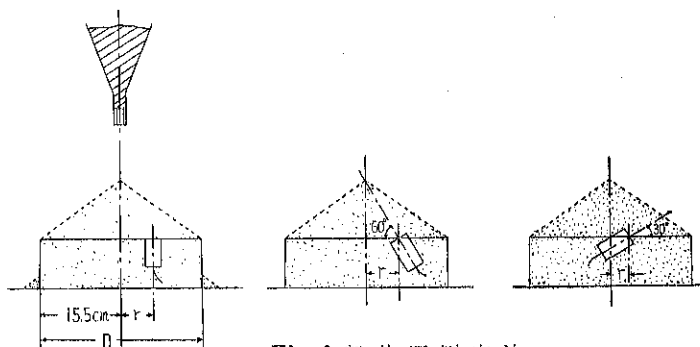


Fig. 6 粉体圧測定法

らの主応力線の長さに比例するから中心部及び円周部に向って直線的に減少して B, D 点では 0 となる。一方 σ_2 は同様に自由表面から底面までの主応力線の長さに比例するから B 点において最大で

$$\begin{aligned}\sigma_{2\max} &= \gamma \cos \theta \cdot \overline{BC} = \gamma \cos \theta \cdot 2y_0 \cos \theta \\ &= 2\gamma y_0 \cos^2 \theta\end{aligned}$$

となる。したがってこれらの応力の y 方向の成分の分布は Fig. 4 に示す通りとなる。

$$\left. \begin{aligned}\overline{AF} &= \gamma y_0 \sin^2 \theta \\ \overline{BE} &= 2\gamma y_0 \cos^4 \theta\end{aligned} \right\} \quad (5)$$

ゆえに全底圧分布は BEF'D のようになる。ここに $\overline{AF'}$ は

$$\overline{AF'} = \overline{AF} + \overline{BE} \times \frac{1}{1 + \sin \phi} = \gamma y_0 \sin^2 \theta + \frac{2\cos^4 \theta}{1 + \sin \phi} \quad (6)$$

$\phi = 30^\circ$ とすれば $\theta = 60^\circ$ したがって

$$\begin{aligned}\overline{AF} &= \gamma y_0 \sin^2 \theta = 0.75\gamma y_0 \\ \overline{BE} &= 2\gamma y_0 \cos^4 \theta = 0.125\gamma y_0 \\ \overline{AF'} &= 0.833\gamma y_0\end{aligned}$$

となる。

3 測定値および結果

3.1 測定法 使用ゲージは Fig. 5 に示すとき非接着型の抵抗線歪計で受圧板の有効直径は 3.0 cm である。これを Fig. 6 に示す通り直径 31 cm の円筒容器の砂層中に埋め円筒の中心部直上より 8 mm ϕ のオリフィスにより豊浦標準砂を供給して円錐を形成して圧を測定する。

3.2 安息角について 付着性のない粉体の安息角は堆積円錐の寸法により多少変化し、豊浦標準砂では円錐底面の直径 D を 7.29, 16.29, 31.0 cm と変えて測定するとそれぞれ $36^\circ 40'$, $35^\circ 50'$, $34^\circ 30' \sim 29^\circ 40'$ となり、D が大きいほど ϕ_r は幾分か小さい値になる。また同種類の材料を同一の D において比較すると粒子径の大きいものの方が大きな値となる。例えば相馬標準砂は 16 $\sim$ 20# で粒子真密度は豊浦標準砂と完全に等しく形状もほとんど同一であるが、D = 7.29 cm において $\phi_r = 37^\circ 40'$ である。

ϕ_r の測定方法が異なるが粒体の範囲では田中の測定値²⁾も同じことを示しているしたがって粒径の異なる材料の ϕ_r は、D/dp の等しい値において比較すべきであり、単に粒子径の大きい方が大きな値になるということとはできない。なお相馬砂と豊浦砂とその他の諸摩擦角は内部摩擦角をのぞいてはどれも豊浦砂の方が大であり、 ϕ_r も D/dp = 一定において比較すれば豊浦砂の方が大きくなる。もちろん、

D/dp の変化によつて ϕ_r が限りなく増加あるいは減少することは考えられないからその変化に上限および下限があるわけで、ただ上記の範囲 (豊浦砂では D/dp = 243 $\sim$ 1033) では D/dp の増加と共に減少している。而して他の多くの文献にも砂の ϕ_r は 35° 前後の値が出てから D = 31 cm の場合の ϕ_r の最大値 $29^\circ 40'$ は下限に近い値であると考えることができよう。さらにこれも粉体の供給速度と堆積量との相対的な割合に関係するが、D = 7.29 cm の場合は 4 mm ϕ のオリフィスから供給して比較的均一な円錐が形成されるが、D = 31 cm で 8 mm ϕ のオリフィスから供給した場合は斜面の形成が階段的で、あ

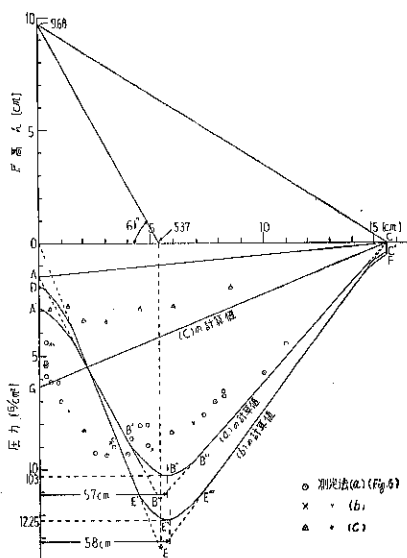


Fig. 7 粉体圧測定値および計算値

る程度傾斜が急になつた後に上層の一部が滑つて ϕ_r が減少し、これが繰返されて次第に大きな円錐になるという過程を辿る。したがって $34^\circ 30' \sim 29^\circ 40'$ の範囲が測定値として得られているわけである。

3.3 測定値 豊浦標準砂の内部摩擦角 ϕ_i の剪断法による測定値は $27^\circ 30'$ で ϕ_r より幾分か小さいが、 ϕ_i も厳密には荷重の関数となり、荷重が自重のみで軽い場合には

ϕ_r に近付くから¹⁾、目的によつては ϕ_r で代用することが合理的にもなる。円錐堆積層の自重のみによる底圧の場合も圧の値により一概にはいえないが ϕ_i の上述の測定値よりは ϕ_r に近い状態が内部を支配していると考えられるから、ここでは $\phi_i = \phi_r = 32^\circ$ とすると、最大主応力線の方向は水平面と 61° の角をなすことになり、Fig. 6の(b), (c)においてはほぼ最大および最小主応力の値を測定していることになる。

測定結果はFig. 7に示す通りである。Fig. 4に示した理論圧力分布をこの場合に画くと $\gamma = 1.4$ とすればFig. 7のABCのようになるが、受圧板が直径3 cmの面積を有しているのでゲージに表われる圧力は受圧板上の平均圧であるから、A'B'B'B'C'のようになる。

これと実測値とをくらべると大体において類似している。ただし最大値を示す位置が実測値ではやや中心部に近く垂直圧では $r = 3$ cm 附近、最大主応力の方向では $r = 5$ cm 附近となつている。一方圧の値は垂直圧、 60° 方向の圧ともに測定値は 9.4 G/cm^2 ぐらいで計算値（それぞれ $10.3, 12.25 \text{ G/cm}^2$ ）よりもやや小さい。また 30° 方向（ $\rightarrow$ 最小主応力方向）は理論値はGCの直線分布であり最大値は 3.5 G/cm^2 ぐらいで計算値 6.37 G/cm^2 よりかなり小さく出ている。これはゲージに受圧板の垂直方向よりも大きな直角方向の圧がかかるための影響もあると考えられるのでこの方向の測定値は信頼度が低い。傾向的には理論値と類似している。

3.4 結論 以上の結果から次のような結論および考察をうる。

(1) 粉体の円錐状堆積層を2次元応力問題として理想的な応力状態を仮定して求めた応力分布と実測の結果とは傾向的に類似している。したがつてこの粉体層内では応力状態がほぼ限界状態にあるということが出来る。（

円筒状、円錐状その他の容器内の粉体の応力状態は粉体の充填状態によつてかなり変化し、例えば円筒状容器の底圧は同一粉体を同一重量充填しても充填方法により2倍あるいはそれ以上も相異なることがある。）

(2) 2次元応力状態に近似して底圧分布を求めると底面のやく $\frac{1}{3}$ の位置に圧の最大の部分があり、それより中心に向つては急激に減少する。これは一見奇異に感ぜられるが実測の結果もこの事実を実証している。

(3) 容器内に粉体を充填する場合、容器の中心部分に連続的に投入して絶えずその上表面が安息角に近い傾斜をしている場合は底圧は最も低い。これに反して容器断面内に均一に供給し上表面が水平になつて充填される場合は底圧が大きくなる。これは前者が円錐状堆積層と同様に限界応力の状態にあるのに反し、後者ではその状態にまで達せず周壁の支持力が十分でないためと考えられる。

記号

D : 円錐堆積層底面の直径	(cm)
d_p : 粉体粒子の直径	(cm)
k : 主応力比 $= \sigma_2 / \sigma_1 = (1 - \sin \phi_i) / (1 + \sin \phi_i)$	(一)
r : 円錐堆積層底面における任意の位置の半径	(cm)
γ : 粉体の見掛け比重	(G/cm^3)
σ_1, σ_2 : 最大および最小主応力	(G/cm^2)
ϕ_i : 内部摩擦角	($^\circ$)
ϕ_r : 安息角	($^\circ$)

文献

- 1) 青木 : 化学工学, **24**, 598 (1960)
“粉粒体の摩擦角について”
- 2) 田中・川合 : 化学工学, **20**, 144 (1956)
“粉粒体がホッパーから流出する速度について”

文 献

(主なものだけを記した)

- 1) 沈降法一般に関して,
H. Gessner, “*Schlümanalyse*”, Leipzig, (1931)
水渡英二, “実験化学講座 I, 基礎技術(下)”,
p.469, 丸善 (1958)
- 2) 水渡英二, 荒川正文, 化研報告, **22**, 7 (1950)
- 3) 兵頭正, 電気試験所報告, No. 491, 1 (1948)
早川宗八郎, 柳津武, 高木亮一郎, 牧島象二, 工化誌, **60**, 1249 (1957)
- 4) S. Odén, *Proc. Roy. Soc., London*, **106**, 33 (1924)
J. G. Rabatin, R. H. Gale, *Anal. Chem.*, **28**, 1314 (1956)
- 5) G. L. Bouyoucos, *Soil Sci.*, **23**, 319 (1927)
- 6) A. N. Puri, *Soil Sci.*, **23**, 319 (1927)
- 7) H. E. Rose, *Nature*, **168**, 784 (1951), *J. Appl. Chem.*, **2**, 80 (1952)

(17頁より続く)

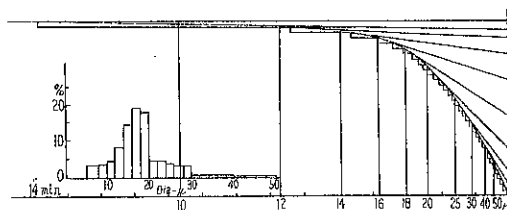


Fig. 8 測定例

ただ、試料の分散剤の問題はやはり重要な課題として残っている。

この装置の試作にあつて島津製作所の安達政一氏の御努力によることがきわめて大きかつたことを附記して感謝する。



微粉碎乾燥機に関する研究 (第二報)

(マイクロドライヤーに就いて)

細川 鉄工所 専 務 細川 益 男
細川粉体工学研究所 工学博士 松山 卓 蔵
細川粉体工学研究所 森 本 益 弘

(1) 緒 言

粉体を取り扱う業界に於いて、乾燥と、微粉碎と要するエネルギーは、尙大で、この節減が大きく生産コストの低下に役立つ事は、云う迄もないが、従来は、この二工程を別々の機械により行い、工程を複雑化すると共に、無駄な労力、エネルギーを消費していた。これは、これら二工程を一元化する事の困難であった事に起因しているが、本誌第四号に於いて報告した微粉碎乾燥機は、上述の二工程に加うるに、分級なる新たな操作をも加味せしめ、乾燥、微粉碎、分級の三工程を一元化し、湿原料より、一挙に乾燥微粉末製品を得んとする場合の

(2) 実 験 装 置

実験装置は、第一報と同様で、Fig-1 に示す通りであるが、熱源としては、3~15l/hrの重油を燃焼し得る重油炉(大阪重油炉製)を新たに購入し、これを用いた。

実験装置を説明すると、①は上記熱源バーナーで、重油燃焼により得られた高熱ガスを、空気で適当に薄め、任意の温度の熱ガスを発生せしめている。②は、マイクロドライヤー本体で、これは別記する如き構造を有している。③は輸送管で平均直径 120mmφ 長さ1mのもので、アスベストにより保温している。④はサイクロンで、その直径は 400mm、高さ2mのもので、10m³/min

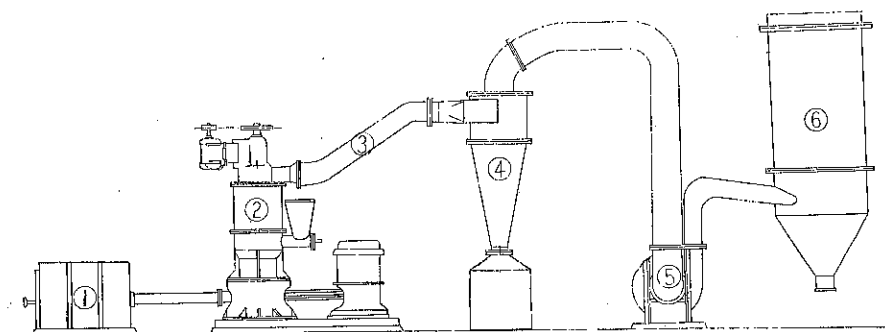


Fig. 1. 実験装置 (Flom Cheet)

工程を簡易化するに役立ったばかりで無く、投入された原料が、強烈なる攪拌と、大なる衝撃力により微粉子化される為に、今迄の各種乾燥機に比して、熱効率も高く、エネルギーの節減に大きく寄与し得るものであると自負し、これをマイクロドライヤー (Micro Dryer) と名付けて、本年始めに業界に発表し、絶大なる声援を受けている。

(1) 第一報に於いては、重質炭酸カルシウムを用いて、微粉碎と乾燥を同時に行う場合の性能について、炭酸マグネシウムを用いて、本機に直接供給し得る最大含水率の検討を行い、いわゆる本機の基本的な性能の検討結果を紹介したが、ここでは、その後各種物質を用いて行った結果について報告する。

の常温空気を用いた場合に、100mm/aqの圧力損失を示す如く設計されて居り、下端に製品ピンをそなえ、約 50mm、厚さの、珪藻土による保温がほどこされている。⑤の風車は、標準仕様は、3,000r.p.mに於て 25m³/min、700mm/aq 7½HPのターボブローアであるが、これを2,300 r.p.m 3HPで通常は使用し、要に応じて、回転数を

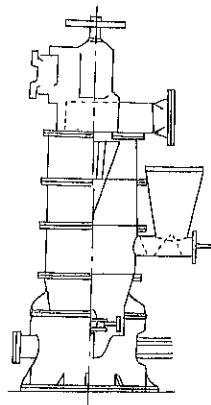


Fig. 2 Micro Dryer本体

増減せしめる如くしている。⑥は、汙過面積約 10m²、汙布材ネル地のバックフィルターであるが、バイパスを設け必要に応じて排気をそのまま外氣中に放出出来るようしてある。

マイクロドライヤー本体は、Fig-2 に示す如く、下端に、高速回転するスイングハンマー型式の強力なる、衝撃式粉碎機構を設け、そのすぐ上に、原料をスクルーフィーダーにより供給する如くし、粉碎部に対向し、上端出口に連通して、ミクロンセパレーターを改造した分級ローターを取り付け、分級部を形成せしめ、この粉碎部と、分級部を機胴により連結している。第一報に於いて、報告した実験は、この機胴長さが400mmであったが、その後、検討した結果、むしろこの機胴長さが長い方が運転が容易であり、かつ又効率もすぐれている事が判つたので、800mm に延長し、これを4つに区分し、必要に応じて任意の長さに変更し得る如くした。実験 Data にも示す如く、特殊な細工をする場合にのみ、この区分が役立ち、乾燥、微粉碎の為には、ほとんど短くする必要がなかつた。特に内部水分を蒸発しようとする場合には一層延長する事を予測している。

(3) 実験結果

(3-i) 軽質炭酸カルシウムの乾燥

軽質炭酸カルシウム(軽炭)は、個々の粒子自体は数ミクロン以下であるが、これらが凝集し、数十ミクロンの大粒子になつて居る。従来は、棚型による天日乾燥

Table-1 軽質炭カルの乾燥データ

Run No	1	2	3	4
原料状態				
温度(°C)	7	7	7	7
含水率(%)	130	130	130	130
供給量(kg/hr)	80	96	120	139
室温(°C)	15	15	14	13
運転条件				
ガス量(kg/hr)	710	620	538	478
Dryer入口ガス温度(°C)	250	330	450	550
Dryer出口ガス温度(°C)	57	65	68	69
排気温度(°C)	54	61	62	61
製品状態				
温度(°C)	48	47	41	37
仕上り水分(%)	2.5	3.1	2.2	6.3
製品量(kg/hr)	35.6	43	53	63.8
蒸発水分(kg/hr)	44.4	53	67	75.2
oil量(l/hr)	5.7	6	7.2	7.9
熱効率(%)	66.6	71.5	74.4	76.3

(注-1) 含水率、及び仕上り水分は Dry-Base である

(注-2) 使用 oil はB重油である

(注-3) 効率は乾燥に使用された熱量 $\times 100(\%)$ で表入口ガスの有する熱量
わてゐる。

を主体とし、場合に応じて最後の仕上げ乾燥のみ、適当な乾燥機を用いて行い、しかる後に粉碎機によつて、微粉化し、製品とする方法が採用されていた。これを、本機により、天日乾燥を行う前の状態から一挙に最終製品迄乾燥、粉碎しようと試みたのが Table-1 に示す実験結果である。

上述の如く、従来天日乾燥によつていたものであるから、この場合最も乾燥に要する経費が問題となるので種々入口温度を変え、使用oil量、及び能力、効率等について検討を行った。Fig-3 は入口ガス温度と効率及び能

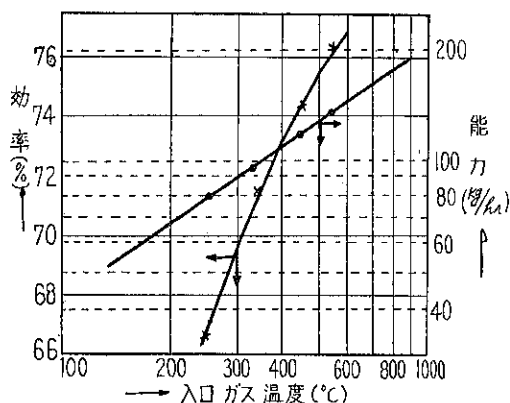


Fig. 3 能力の関係

力の関係を示す図であるが、入口ガス温度の変化に従い能力は著しく変つて居るが、効率は余り変らない。これは、反面本機が入口ガス温度に関係なく、高い効率を示す事を表わしている。

軽炭の某メーカーに於いて、これらの結果を種々の立場より検討を加えた結果、450~550°C の入口ガス温度を採用すると、従来の方法に比しコストダウン及び、生産の合理化が行い得るとの結論に達したのであるが、重油の燃焼ガスを直接熱ガスとして用いた場合、微量のススの混入により、製品の白さ(白度)が低下する。これは実際的には使用熱源の選択により防止される筈で重油の燃焼ガスを直接に用いず熱交換により清浄熱ガスを得る方法、もしくは気体燃料を燃焼させて熱ガスを得る方法等により解決される。

(3-ii) その他の実験例

Table-2 は、各種原料の乾燥実験例である。

膠質土は、Si, Al(OH)₃等を主体とする吸着剤であるが、原料中には、雲母、長石、石英等の異物が約30%混在する。又、製品用途が吸着剤である関係上、余り微粉碎すると、吸着操作後の処理、汙過、遠心分離、沈澱濃縮等の操作に不便を感じる。従つて、この乾燥実験は、異物の除去と、150mesh全通、200mesh 程度をピークと

Table—2 各種原料の乾燥データ—

原 料 名		膠質土	澱 粉	澱 粉	クレー	珪 酸	酸化鉄	糖 類
原料状態	温度(°C)	5.5	11	15	7.5	17	12	18
	含水率(%)	132	54.8	23.9	32	455	21	4
	供給量(kg/hr)	83	125	157	171	89	138	117
室 温(°C)		5.5	14	18	10.5	23	13	24
運転条件	ガス量(kg/hr)	400	582	853	406	465	430	380
	分級部回転数r.p.m	650	1,400	1,750	650	1,300	2,500	1,500
	砕 動 力(HP)	5	5	7½	10	7½	7½	5
	Dryer入口ガス温度(°C)	350	250	200	360	600	250	150
	Dryer出口ガス温度(°C)	70	63	80	69	75	70	73
	排 気 温 度(°C)	60	61	75	65	71	63	68
	製品状態							
製品状態	温度(°C)	60	55	71	42	48	57	52
	仕上り水分(%)	14.3	6.6	1.4	1.21	32.5	0.3	0.35
	製品量(kg/hr)	40.8	86	128.5	130	19.3	115	113
蒸発水分(kg/hr)		42.2	39.2	28.5	40.4	69.7	23	4
備 考		異物除去率 95%						

(注) 含水率等は Table—1 と同じ

する狭い範囲の粒度分布を有する製品への粉碎を主体とした実験である。これに対し、粉碎部のハンマーを特殊な形状のものに変え、完全に過粉碎を防止する如くし、更に分級部に於いても、Fig—4 に示すような異物排出装置を設け、Table—2 の如く、異物除去率 95 %、150 mesh全通、300mesh数%通過と云う狭い粒度分布の製品を得る事が出来た。

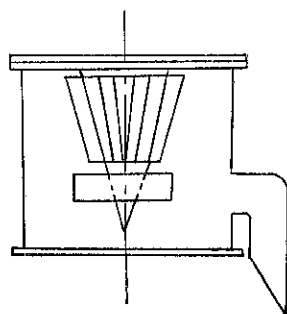


Fig. 4

澱粉は、低温に於いて変質する性質があるので、初期のテストでは、出来るだけ低い入口温度に於いて、乾燥を行い、徐々に入口温度を上げて、表に示したような高温ガスを用いても、何ら変質しない事を確認する事が出来た。これは、気流乾燥機に於いては、入口ガスの飽和温度に於いて、水分の蒸発が行なわれ、水分蒸発の間は常に粒子の表面が、水膜によりカバーされると共に蒸発熱をうばわれるために、高い周囲温度にもかかわらず、粒子の温度は上昇しないからであるが、本機の場合は他型式の気流乾燥機に比し更に高いガスの使用が可能である事を確め得た。澱粉のデータと共に糖類のデータにも表われているが、この範囲の乾燥は、表面水分乾燥の域を脱し、内部水分乾燥区

間に入つて居る。すなわち、従来の気流乾燥機であれば内部水分乾燥を行う事は困難を伴う操作で普通は、表面水分の蒸発にのみ用いられが、本機では、これらデータが示すように、内部水分の乾燥が、比較的容易に行なわれる。これは、本機のホールドアップが大であるからで、本機のすぐれた特長と云えよう。

クレーは、乾質炭カルと略同様な性状で、その乾燥方法も、従来は軽質炭カルに類似して居たもので、生産の合理化に本機が有効である事を確認し得た例である。珪酸は

第一報に於いて報告した炭酸マグネシウムの場合よりも更に原料含水率の高い場合について実験を行つた代表例で、排気湿度は91%にも達している。

糖類の乾燥の場合は、排気湿度が低いので、排気の大半を循環使用する事が出来る。その場合には、熱効率は70%以上になる。

以上、第一報に引き続き、乾質炭カルを始め、各種原料の乾燥、粉碎を本機を用いて試みたが、その結果、このマイクロドライヤーの特長として、粉碎機構と、分級機構を各々独立して設け、任意に調節し得るようにし、Hold-up が他型式の気流乾燥機に比して大であるため、入口温度にほとんど無関係に効率が良く、乾燥ムラは、多少の供給のバラッキに対しても全く認められなかつた。更に前述の如く、内部水分乾燥区間の乾燥もある場合には、本機を用いれば可能である。又、完全な機内クローズドシステムを採用したために、能力が著しく増大し、過粉碎の防止、異物除去のような操作も、少し設計を変更するだけで容易に行い得る等、すぐれた点が数多く確認し得た。

最後に本機の特長を列記する。

(1) 工程が簡易化される。

粉碎、分級、乾燥の三工程が一元化され、更に異物等の分離操作も一度に行い得る。

(2) 熱効率が高く、乾燥ムラがない。

(3) 能力が大で容易である。

(4) 適用範囲が広い。

(5) 据付け面積が少く、空間を有効に利用出来る。

写真でも判るように、ドライヤー本体よりもむしろアクセサリの方が大なるスペースを取っている。

参 考 文 献

松山、森本、"粉碎" No.4 p11 (1960) 細川粉研刊

高圧静電気による粉碎と分級

電気塗装機株式会社 社長 納 五 平
株式会社細川鉄工所 取締役

粉 碎

粉碎とは概して硬いものを粉にすることと考えるのが常識であるが、軟い材料、更に極端に言う、液体を粉にする事も粉碎の一過程と考えてもよいのではないであろうか？牛乳を粉乳にする事もその一例であろう。

粉乳の製法は一樣では無かろうが、牛乳を噴霧し、瓦斯状態で長い乾燥器を通過せしめ、その間に水分を蒸発し、粉乳を沈降せしめるのが工業的製造法だと聞いている。この間、水飴の粉末製法で表彰された人の記事が新聞に出ておつたが、その内容を詳にする事が出来なかつた。多分粉乳の製法に似たものではないかと思う。

以上の2例は水溶液を粉末にする方法であるが、溶剤は水に限らない。本年初め本社（細川鉄工）の会議室でビニールの粉末を造る方法を求めておる人があるように聞いたが、この場合にもビニールを適当な溶剤で溶かし、その液を噴霧して液体を蒸発すれば粉乳と同様にビニールの粉末が出来るように思う。

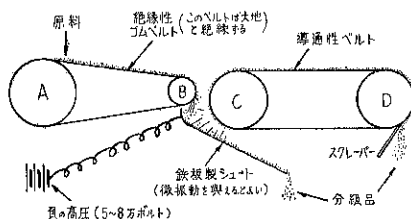
ここで一考を要する事は霧化の方法である。水溶液の場合は高圧空気を使つて噴霧機で霧化すればよいが、この場合でも過剰の空気を使う事は粉末の回収率を低下し且つ凝縮器の容量が大きくなる不利を伴う。殊に溶剤を使う場合、空気を混合すると引火の危険があるので圧搾空気の噴霧機は適当でない。ここで私は高圧電気による霧化を提案したいのである。静電塗装の場合と同様に液体を高圧電気で霧化すれば空気の混合を避け、溶剤の回収も非常に能率よく出来る利点がある。然し空気を使わない液体霧化の方法は必ずしも高圧電気に限らない。2～3年来工業化されて来たエアーレス、スプレーも一つの方法である。エアーレス、スプレーと云うのは液体にポンプで20～50 kg/cm²の高圧をかけ、適当なノズルから噴射せしめればよいのである。何れの方法を選ぶべきかは現実に即して決定すべきである。

高圧電気による分級

この方は確に一つの新規な分級方法でないかと思う。分級せんとする材料を出来るだけ薄い層でベルトコンベヤーに載せて移動せしめ、このコンベヤーの一端に取付けた傾斜シュートに落す。このシュートの上部に導通性のベルトコンベヤーを設け、シュートは大地と絶縁して負の5～8万Voltの電圧を印架する。こうしてコンベヤー

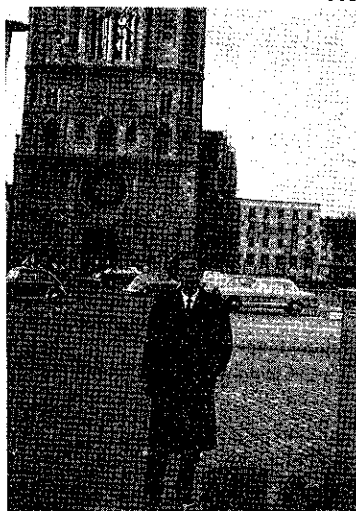
を運転すると、分級すべき材料は上のコンベヤーからシュートの上端に落下し、シュートに沿つて下の容器に入る。この際シュートには高圧がかかっているからシュート上の材料は負に荷電され、シュートと上のコンベヤーとの距離及び電圧の強さに応じて所要の大きさの粒子が上のベルトコンベヤーに吸着せられ分級の目的が達せられる。但しこの場合分級される粒子の大きさは比重によつて一様でない。分級すべき材料が均一の比重であれば同一粒度のものが吸着されるが、比重の異なるものが混合している場合には一粒の目方が大凡同じようなものが分級される事となる。これは一つの特色で質の選別に利用する事も出来るのではないかと思う。

例えば古タイヤからゴムを再生する場合に、タイヤを粉碎してゴムと繊維を分離するが、これを分別することはなかなかむづかしい事である。現在風篩等の方法で軽い繊維を吹飛ばしているようであるが完全には分別しにくい。このような場合高圧分離法を用いると効果的ではないかと思われる。



図のA～Bがベルトコンベヤーでこの上に成るべく薄層にして材料を載せる。C～Dは2次コンベヤーでBロールの下に鉄板製の傾斜シュートを催え、これに微震動を与えるとよい。この鉄板に5～8万Vの電圧を印架する。A～Bは絶縁性のゴムベルトを使用する。A～Bのベルトが移動し材料がシュートに落ちるとCロール面とシュート面との距離及び電圧の強さに応じて所要の分級が出来る訳である。勿論Bロールは大地と絶縁して支持されねばならない。所要電気は極めて少量で経費の負担になる程度ではない。

以上は現在のところ、私の頭に浮かぶアイディアに過ぎない。しかし、これは決して実現不可能な単なる思いつきではない。何んとか実験をして確かめてみたいものである。



ブラウンスユバイク
の町にて筆者

ヨーロッパの粉体技術管見

(欧 洲 出 張 報 告)

細川鉄工所 技術部長

工 博 松 山 卓 蔵

細川鉄工所の欧米進出を目的とした Hosokawa International, Ltd. の設立は昨秋細川専務等の渡欧により具体化し、英国某資本家と細川鉄工所の協同出資で本社をリヒテンシュタイン、バザーに、事務所をロンドンに、代表機械の展示及び実験工場をロンドン近郊に設くるの骨子を決定したのは昨年12月であつた。この新会社の設立当初の技術指導と営業協力に筆者がロンドンに派遣されることになり、本年2月11日羽田発、ロンドンの事務所1ヶ月実験工場に1ヶ月滞在した。その際に経験した、狭い見聞を基に欧米技術の管見を述べて見よう。

I Hosokawa International, Ltd.

吾々の事務室はロンドンのビジネスセンター Bank 地区の一面に4室程のものであり、実験工場は南イングランド、サセックス州のトーマス・キイテイング Co の機械工場内の一隅30坪程の美しい田園風景に囲まれた茶煉瓦作りの建物である。

昨年未発送した機械はスーパーミクロンミル M52 No 7.5HP ミクロンセパレーター-M.S-1、実験用ミクロンミル Mox1.5HP の三種で、これを実験工場内に設置した。こゝで欧米化学工業各社の依頼に応じて粉碎、分級のテスト、並びに技術相談に与ったが、その二三について述べよう。

クレーの粉碎と分級 世界最大といわれる English Clay の依頼で各種クレーを原料として、クレー中の約5%の珪砂をスーパーミクロンミルのノズル分離機構により粉碎中に除去し—325mesh 100%のクレー粉末を得るのが目的であつた。先方より Woodhouse 氏という工場次長格の技師が来社し、実験はまことに見事に成功し、印象的であつた。欧米の粉碎工業にデヴェューしたスーパーミクロンミルの偉力を遺憾なく発揮し得たと思つ

て居る。英国のクレーは大変軟質で M52 7.5HP で 250 kg/hr 以上の能力が出て日本産のものより余程品質が宜かつたのも幸であつた。ミクロンセパレーターの説明を行い、カタログ中の10 μ maxのカオリン粉碎、分級データには一驚して居た如くで、これこそ吾々の求めているものだと後日のテストを約した。この会社は毎月数万 ton の製紙用クレー・カオリンを欧米各地の製紙会社に輸出しているが、殆んど湿式粉碎、水搬分級、乾燥によつて居り、吾々の機械で乾式製造法の研究に着手する模様で、近く発注される筈である。尚日本のクレー工業について紹介したが極東の島国が大した技術をもっているのに驚きの表情を示して居た。

クレーに関して他2社のクレー中のパイライト、リグナイトの分離と粉碎をテストしたが何れも同様の好結果であつた。

化学薬品 米国 Union Carbide 社の技術部長 Spedden 氏が粉碎、分級テストの打合せに来社した。MnO₂ 250~300mesh の粉碎、分級が主目的である。スーパーミクロン、ミクロンセパレーターを説明し、簡単なテストを行つた。粉碎に於ては摩耗が問題であるが米国人らしくチップ、ライナーの摩耗は当然で、その取換えにどれ程の時間を必要とするかを実際に測定して、作業分析に近いもの迄観察して居た。分級機はカタログにある如く 100mesh から数 μ までの広範囲の分級点がこの機械で可能かと質問をうけたが、説明により直ちに諒解した。「お前の機械は Rugged 簡単で頑丈な点が気に入つた。ドイツの Mikroplex は時計の如く精巧すぎて、不注意な取扱ひでは忽ち壊れて了い現在は使っていない。」とも評して居た。米国の Super Classifier も同様の評判であり、慎重な取扱ひを必要とすることは日本の某製粉会社より聞いて居た。総体に吾々の機械は構造簡単で、実用的なことは誇つて宜い。ロンドン塔内に陳列されているヨーロッパ中世紀の精巧な芸術品ともいふべき火器と、同様に陳列されている日本刀の単純さに対比すべき異質文化ともいえよう。

English Monsanto Co, Ltd. より Jones という技師が来社し合成ゴム配合薬品の微粉碎テストを行つたが融点180°C 軟化点150°C と称するがスーパーミクロンミルのノズルより分離されたものが非常に低融点物であり、化学操作の如く分離が出来る点に甚大な興味を寄せた。彼の報告により、吾々の機械の性能に適した薬品の粉碎がモンサント系各社より紹介されることになった。

エナメルフリットの分級 ELM Works Co Ltd の Earl of Strafford 伯爵が来社された。彼はエナメルフリットの製造工場のオーナーであり、英国貴族らしい上品な風格の紳士である。ミクロンセパレーターの構造と分級性能を説明したが 300~600mesh の如き狭い粒度分布の分級が可能かとの質問である。工業的ではないが二台直列すれば出来ると答える。伯は実験室用ミクロンミル MoN と持参した島津 セディメントグラフを購入決定し、ミクロンセパレーターの分級テストを約した。

重晶石、黒鉛の粉碎 Collin Stewart 社長の Wilson 氏が来社された。彼はボールミル、フレットミル、ジェットミルを用いて各種鉱石類の粉碎工場を大規模に経営している。吾々の機械を視察し、クレーその他を砕料として粉碎テストを行つた。流石にエキスパートらしく自ら篩分テスト、その他の粒度テストを行つて、推察したより粒度が宜いと評して居た。この会社はスーパーミクロン M₂₀₂ 30HP を購入して、尚 M₅₀₂ 型 75HP も引合中である。

以上は筆者自が行つたテストであるが、その他アメリカの A. C. C より顔料の粉碎と分級、仏ペシネー社のアルミナ分級、スイス Geigy 社の農薬、医薬品の粉碎、Raymond mill で有名な International Combustion. より分級部へのミクロンセパータを採用するの件等多数の技術的問題に接した。これら提示された内容から推察して、欧米の粉体技術の水準は日本のそれと同程度であり、吾々が平常手掛けている粉碎テスト又は納入実績より引用し得るものが可成ある。欧米の粉碎機では後述の Braunschweig 工科大学で見学したものと、英国で Mikro Atomizer を一台見学したのみであり、他はカタログより推察した位であるが、衝撃粉碎機の方では粒度の細さ、ノズル機構で吾々のものが勝っている。Mikro Atomizer の使用現場では 80mesh 位の篩機に製品を通過せしめて製品中の粗粒を除いて居り、我が国の如く粉碎機だけで微粉を得ようとする如き考えは無さそう。又カタログの構造から推して当社の機械程微粉碎される筈がないと思われる。外国のカタログで粒度と能力の厳密な記述のあるのは皆無といつて宜い。吾々もその性能については学術雑誌より得る位に留まる。分級

機についても同様のことが言える。

但し吾々として外国製粉碎機に見習うべき点は、集塵設備、砕料の自動供給等附属器類である。又注目すべき粉碎機としては振動ミルが可成応用分野を拡めている事であり、ジェットミルは余りに運転費、設備費のかさむことで特殊な分野に限られている状態である。

Hosokawa International, Ltd. には現在当社試験室係員佐藤功君18才が筆者と交替して一年間の予定で英国に出張して居り、次々に寄せられる報告に活潑な活動振りが見られて、今後の発展を期待し得る段階である。

II ブラウンシュバイク工科大学粉碎研究所訪問記

滞英中は不幸にして外国の粉碎工場を視察するの機会に恵まれなかつたので、帰途ドイツの Institute für Mühlwesen der Tech. Hochschule Braunschweig に Dr. W. Friedrich 教授を訪ねて、歐洲粉体技術の一端を窺うことにした。4月13日ロンドン空港発、ケルン経由でハノーバー着。其所で一泊して汽車にてブルンスウィック（英国流の読み）着。市郊外の大学に行く。建物は真にお粗末な平家モルタル塗りのもの 300 坪位か。案内の婦人助手の話では戦時中の捕虜収容所であつたそうで近く新築のビルに移るよし。兎も角英国の余裕ある環境に比べて、ドイツは頗る質素儉約である。Friedrich は米国民党のスチブソン氏に似た半禿 45 才位の温和な人物であるが、英語が不得手、小生又ドイツ語がスムーズでなく困難を予想されたが、幸い名古屋大学寺田助手（内燃機専攻）が当地に留学されて居り、意味の通ぜぬ所の助太刀を賜つたので助かる。以下 Dr. F の発表された論文を中心とした対談を記憶を辿り、論文に従つてまとめて見た。

Dr.F. よく来て呉れた。時間が分つていたら駅まで迎えにいく積りだつた。何の問題について議論するか希望をのべて呉れ。

松山 飛行機の予約がロンドンでとれなかつたので連絡できなかつた今日は貴発表論文 Der Zerkleinerungsvorgang in Hammermühlen. ハンマーミルの粉碎について Die Mühle Heft 48.49 1959 の内容を討議して載いて、後高速度撮影フィルム、所内の見学をお願いしたい

Dr.F 諒解した、この研究所はドイツの粉碎技術の研究センターであり、幾多の会社の依頼研究と独自の基礎研究を行つて居る。（註粉碎技術に関してはドイツは世界に冠たりの強い自信を持つて居る話し振りである。又産業界との結びつきの緊密なこと羨しき限りである。この研究所の同建物の中で基礎研究と応用研究と同時に密な連絡の下に遂行されて居るのは見習うべき点である）

Dr.F 先づ粉碎機構より粉碎機を分類して、第1に粉碎がミルの粉碎面より直接粉碎力を受ける形式にジョークラッシャ、ボールミル、ローミル、カッターミル挽臼、フレット、最近の振動ミルもこれに属する。第2類は粉碎が空気、水の如き液中で可成自由動き、従つて高速度の粉碎面に触れて、極く短時間の衝突で粉碎力が加えられる。この場合粉碎力としては粉碎面への砕料の衝突、粉体相互間の摩擦があるが、この二つを定量的に分析し難い。高速度の衝撃粉碎機がこれに属する。第3類は砕料への外力は媒体を介して加えられる形式で、例えばペースト状顔料をロール機によりペーストの粘性による剪断力によって砕く場合である。

松山 大麦面白い分類である。自分は主として衝撃粉碎機に関係しているが、吾々の場合は粉碎ランナーへの衝撃と共に砕料間の摩擦が重要な役目を果して居る。数10メシンの粗砕、中砕はとも角、数 μ の超微粉碎では摩擦が重要である。(こゝでスーパーミクロンの英訳カタログを手渡し、説明する。粉碎データーの各々について興味を示した模様である。)

Dr.F. 数 μ の粒度の測定はどの様な方法か。

松山 沈降分析法が主で、島津式セディメントグラフ・又はアンドリアゼン法である。

Dr.F. 我々の所でもアンドリアゼン法が標準である。さて衝撃粉碎についてであるが、粉碎が進行する為には砕料内にある圧縮状態が作られねばならぬ。これが進行して弾性限界を越えると組織内の欠陥部又は結晶粒間隙又は夾離物を中心に破壊が進行する。衝突により生じた圧縮応力に関して Rumf の導いた式では

$$\frac{\sigma_{\max}}{E} = \text{const} \left(\frac{\rho v^2}{E} \right)^n \quad (1)$$

v は衝突速度・ ρ は密度 $\sigma_{\max}$ 最大応力 E 弾性係数である。この式では物体の形状、大きさについては述べていない。若し衝突が偏心的に行われたとすれば重心に対して回転モーメントが与えられ、粉体は回転を始める。これが後で示す高速度映画によく見られ衝撃粉碎の特徴とも言える。若しこの回転モーメントを与える衝撃が充分強ければ、粉碎は衝撃をうけた箇處でなくベンディングを受ける所から破壊されるので細長いものであれば真中辺りから砕ける。(1)式では砕料の形状、大きさについて述べていないが質量 m 曲率半径 r 、代表長さ l の砕料の最大応力は材料力学より

$$\sigma_{\max} = \text{const} \cdot E^{\frac{4}{5}} \cdot \frac{l^{\frac{3}{5}}}{r^{\frac{3}{5}}} \cdot v^{\frac{2}{5}} \cdot \rho^{\frac{1}{5}} \quad (2)$$

この式から衝撃粉碎機の考え方に何等かの指針が得られる。しかし(2)式では衝突速度 v 以外は砕料の性質のファクターである。よく知られている如く現在の粉碎機の効率は数%という低効率であることは、砕料の粉碎性に因

る。例えば衝撃の瞬間に亀裂が入り分裂する効率が低いといったことが考えられる。

松山 面白い考え方。超微粉碎では急激に粉碎抵抗が増えるのは、固体粒の欠陥とか歪みが小さくなるからと考えている。砕料の前処理、例えば加熱、急冷、とかロールで砕料に歪み、亀裂を与えておくといった方法で粉碎能力を高める工夫をしている例が日本にもある。前の(2)式の各項の検討を進めて載かう。

Dr.F. 先づ弾性係数だが、大抵の場合砕料の方が粉碎機の衝撃部の E より小さいので、砕料のみについて考えれば宜い。例として大麦の粉碎では水分の増加と共に砕料は粘弾性を増し、水分10%位から粉碎能力が落ちる。従つて大麦では乾いたほうが衝撃粉碎に宜い。次に衝撃の際の曲率 r について述べれば、砕料の曲率 r_1 と衝撃板の r_2 の関係は $1/r = 1/r_1 + 1/r_2$ は(2)式のそれである。砕料が大きくて衝撃板が薄鉄板状の場合には r_2 が支配的であつて、一実験では8mmの薄板型ハンマーより3mmのハンマーの方が15%能力を高めることが分つた。

松山 粒度分布が違うのではないか、吾々の実験では薄鉄板ハンマーは能力は上がるが、一方過粉碎物が少いつまり平均粒度は粗い筈だ。又ナイロン塊粗砕の時に平鉄型ハンマーでは砕けなかつたものが、つるはし型ハンマーの尖端の尖つたもので成功した例がある。

Dr.F. とび口型ハンマーは面白い着想だ。次に衝撃速度 v について議論しよう。吾々の実験に用いたものはスクリーンミルで2.3.4mmの穴明き板を用いた時、72m/sec位の周速では60m/sec. 88m/secの周速より結果が悪かつた。理論上は周速の高いことが望ましいが、スクリーンミルでは高速にすぎるとスクリーンを通過する遠心力成分が減少する為に、排出速度が低くなる。周速を幾らにするかは砕料の粉碎性質、粒度より決定すべき複雑な問題である。

松山 我社のスーパーミクロンミルでは周速75m/sec位であり粉碎も単なる衝撃粉碎でなく、粒子間の摩擦が働くのでミル中の hold up が大切である。その為高速必ずしも有利ではない。又ミクロンパルベライザーは衝撃粉碎を主とするので100m/secの周速をもつ。貴国の Alpine 社の contraplex は逆回転ランナーで200m/sec以上の相対速度をもつが、文献に参照しても、吾々のデーターより優れているとは言えぬ。高速衝撃粉碎に限界がある様に思っている。

Dr.F. これは空気抵抗の問題である。この場合の空気抵抗といつてもミル空転時の空気抵抗と、砕料がミル中を飛行する空気抵抗がある。例えば1mm径の比重1

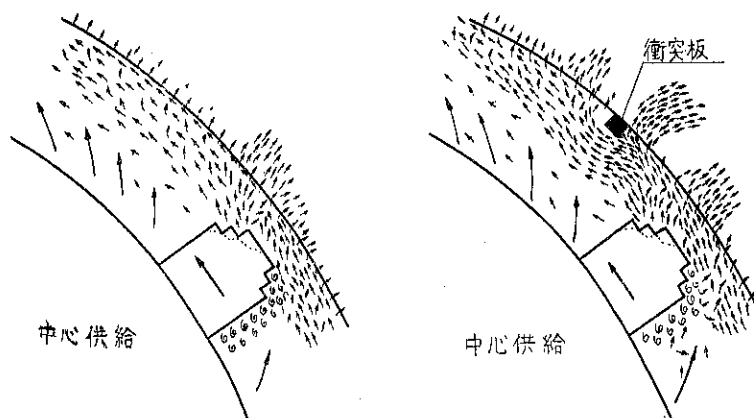


Fig 1 ハンマーミル中の碎料の流れ、右図では衝突板のある時を示す。

の粒子が 10m/sec の初速でなげられると 6 m 位飛ぶが同条件で、0.1mm の碎料は、0.16m、10 μ では約 5mm となる。勿論初速が速ければ当然粒子の飛行距離も長くなるがランナーとステーターの粉碎間隙を決定する重要なファクターである。

松山 粉体が数 μ ともなれば所謂衝突効率が悪くなつて粉体とランナーが直接衝撃を受けてこわれる確率が低くなることも考えられる。

Dr.F. 超微粉碎は余り経験がないので明確には言えぬが、ありうることだ。裸麦を粉碎した時の結果はランナーとスクリーンの間隙が 2.8. 17. 26mm の場合、17. 26mm では粒度が粗すぎる。2mm. 8mm の場合は粒度は余り変らぬが、8mm の方が 10~35% 程能力が宜い。2mm の間隙では衝撃粉碎の他に、ランナーとスクリーンの間に碎料が噛みこまれ、大きなエネルギーを消耗される為と思われる。結論としてこの間隙は原料粒子が自由に通過出来る最小限度が良い。吾々の高速度撮影では、有効な衝撃粉碎である為には碎料がハンマー衝撃面に又は固

定壁面にある速度で真正面にブツかることが必要である。原料の投入口附近ではこれがよく行われ、粉碎室の中では空気の回転によつて、碎料がともまわりし相対速度が低下する様である。それを防ぐ為にライナーに突起又は衝突板を備えることは有効である。Fig. 1 はスクリーンを通過する粒子の動きの撮影であるが、衝突板の前で碎料が濃縮されスクリーンを通る速度も速い。相対速度も改善される筈である。7~8mm 角の衝突板を置いて能力を 15% までしている

松山 衝突板を非常に多く、極端にはライナー全面をカバーしたテストを行つたか。

Dr.F. この時には非常に細い碎製品を得たが、能力は問題にならぬ位小さい。

松山 Fig. 1 の写真はどの様にして撮したか。

Dr.F. 毎秒 7000 駒だがストロボの発光時間が長かつたので粒子の軌跡として得た。Fig. 2 は毎秒 7500 駒だが露光は 0.00013 秒、ストロボ発光は 0.00001 秒である。碎料はマイクロで、ランナー周速 90m/sec の時である。図の数字の 0~75 は駒数で、粒子とハンマーの動きを分解している。0 駒は碎料がミル内に落下した所、5~20 駒はミル内の空気流で碎料が加速され 2~3. 35m/sec である 23 駒では粒子の駒がハンマーに叩かれ、少し碎けるが、衝突が偏心なる故三次元的回転を始める。相対速度は 90-3. 35=86. 65m/sec である。23~40 駒は 9. 38m/sec 43 駒では低い相対速度の為ライナーに当たつても砕けず方向が変わり摩擦で速度が 6. 30m/sec になるのみで 43~70 駒に進む。74 では衝撃が粒子中央に近く粉碎が行われる相対速度 90-9. 3=80. 7m/sec 75a は破片で 19. 2m/sec. 75b は 38. 2m/sec で飛散する。

松山 Wunderbar の衝撃粉碎の実態の能く分る素晴らしい研究だ。この映画をとるのに何年位かゝつたか。

Dr.F. かれこれ 10 年に近い、カメラは米国製 Fastax I、ストロボはドイツ製である。

以上の御説拝聴は筆者が相当潤色したことを謝つて居く。これ以外にも粒度測定、小麦の粉碎、日本の粉碎機、粉体技術にも言及したが省略した会談後 Bemag 社の Titaum 型ハンマーミルによる石灰岩の粗砕映画を拝見し所内を見学した。Baumeister のターボ型衝撃ミル、Miag の製粉機 Alpine の風篩分析機、エアージェット篩、Vibro 社の Vibroatom 振動ミル等、各社の代表機械が設置されて居た。全体を通じてドイツ流のコツコツと一歩々々前進する堅実な学風に大いに敬服し、厚く礼を述べて碎去した。

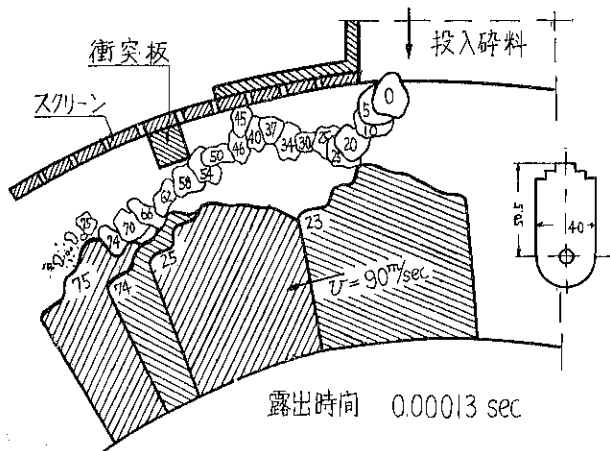


Fig 2 ハンマーミルに於ける衝撃粉碎

標準フルイに関する2, 3の知識

粉体工学研究会 三 輪 茂 雄

は し が き

標準フルイは、粉粒体の研究上欠くことのできない実験器具の一つであるが、そのまとまつた知識をうるに便利な邦書が殆どない現状なので、文献紹介を兼ねて、2, 3の常識的な事項について述べることとする。

§ 1 標準フルイの歴史

標準フルイの歴史を知るには、Mac Calman および Ivers の著述が参考になる。それらには非常に多くの表がかかげてあるが、その詳しい紹介は、ここでは紙面が許されないで、概要のみ記すことにする。

a) Sparre シリーズ (1858年)

ドイツのある鉱山主であつた Julius von Sparreは、液体中における固体(鉱石)の沈降に関する研究をなし、“Der Bergwerksfreund”誌に、1858年から1859年にわたり、“Beiträgen zur Aufbereitungskunde”と題する200頁におよぶ論文を発表した。そのなかで「一定の沈降室によつて、比重の異なる物質の分離を行うには、取扱う混合物中に含まれている粒子の、最大径と最小径はつねに一定の比率でなければならない。」

とのべ、比重の異なる球を用いた実験で、この比率は、1:2であることを明かにした。しかし実際の鉱石では球ではないから、比重分離を行うための整粒に用いるフルイの目開きは $\sqrt{2}$ の比率にとるべきであるとし、次のような目開きを与えた。

8, 5.657, 4, 2.828, 2, 1.414, 1, 0.707,

0.5, 0.354, 0.225, 0.177, 0.125

また、 $3\sqrt{2}$ の比率も与えた。ただし当時は、尺度はリニア (Linie = $\frac{1}{2}$ ”)であつた。

b) Rittinger シリーズ (1862~1867年)

有名なドイツの選鉱学の大家である von Rittinger は、自ら出版していた雑誌“Erfahrungen in berg- und hüttenmännischen-, Bau- und Aufbereitungswesen.”に出した論文“Die Gesetze des Falles fester Körper in Flüssigkeiten”の中で、前述の Sparre のフルイシリーズを借用している。しかし、序文で簡単に Sparre の論文にふれているのみで、本文の中では何ものべていない。そして、実験に使つたフルイ・シリーズを、ミリメートル

ル単位で示している。

16, 11.3, 8, 5.6, 4, 2.8, 2, 1.4, 1, 0.71, 0.5.....

また、1867年に出した、“Lehrbuch der Aufbereitungskunde”でも、Sparreの名をあげずにフルイ比のことをのべ、64mmまで拡大した。

c) Richards シリーズ (1903年)

アメリカの有名な選鉱学者 Richards は、Rittinger の上記の著書から $\sqrt{2}$ のフルイ比を知り、これを、Rittinger シリーズと呼んだので、その後 $\sqrt{2}$ のフルイ比に、Rittinger の名が冠せられるようになった。しかし本来は Sparre シリーズと呼ぶべきである。

(Ivers は、さらに多くの証拠をあげて、このことを説明している。)

Richards は $\sqrt{2}$ のフルイ比を拡張して $4\sqrt{2} \approx 1.189$ を提案し、これを“Double-Rittinger”シリーズと呼んだ。これは有名な彼の著書、“Textbook of Ore-Dressing” (1903)で公表された。起点(first term; Basis)は1mmにとつた。

d) De Kalb (1905年)

アメリカの De Kalb は、幾何級数ではないフルイ・シリーズを提案した。これは、相隣る目開き間隔の差を一定 ($\frac{1}{1000} \text{ in} = 0.0254 \text{ mm}$ とし、起点を ($\frac{3}{1000} \text{ in}$ としたものである。粗、中に多く、細において少くなるフルイ・シリーズとなるが、実用されなかつた。

e) I.M.M シリーズ (1907年)

イギリスの Committee on Standards of the Institution of Mining and Metallurgy が制定したこのシリーズは、目開きに全く規則性がなく、フルイ比は、1.11~1.6の間にあり、基準点もなかつた。しかし、空間率(網面積中に占める目開き面積の%)を25%一定に保ち、目開きと線径とが等しく、太い線を用いて目ズレを防いだ点に特徴があつた。1932年に廃止された。

f) Hoover シリーズ (1909~1910年)

Hoover は、フルイ比 $3\sqrt{2} = 1.259$ を提案し、最大目開きを1inにとつたので、15番目のフルイは、 $0.03937 \text{ in} \approx 1 \text{ mm}$ となり、in単位でもmm単位でも、用いるという利点があつた。このシリーズでは、あるフルイに留まる粒子の平均体積は、その一段下のフルイに

留まる粒子の平均体積の2倍になる関係にある。このような立方根シリーズは、さきにのべたように、Sparreが使ったことがあり、Richardsも考えた。しかし、従来のフルイと全くちがひ、特別の製網機を要するために、実際には作られなかつた。だが、 $3\sqrt{2} \approx 1.259$ は、 $10\sqrt{10} = 1.2589$ に非常に近い点で、重要である。このことについては、後にのべる。

g) Tyler シリーズ (1910年)

アメリカのタイラー社は、Richards および Rittinger 従つて Sparre シリーズに従つて、1910年に、有名なタイラー・シリーズを発表した。これはフルイ比 $\sqrt{2}$ によつて主シリーズをつくり、Richards の $4\sqrt{2}$ で補つたもので、基準点は No. 200 フルイ 目開き $0.0029 \text{ in} = 0.074 \text{ mm}$ 線径 $0.0021 \text{ in} = 0.053 \text{ mm}$ にとつた。このように基準点を選んだのは、すでに多くの産業分野で、No. 200 のフルイを、最小のフルイとして決定しており、また、米國標準局で、認められていたことによる。

タイラー・シリーズは、針金が、慣用されているゲージに合っており、実用的、かつ経済的であつたこと、および、後に制定された U. S シリーズの許容差内に入る目開きを有するので、世界的に普及し、現在も、広く実用されている。しかし、針金の径とメッシュについて、慣用に従つたため、厳密には規則性に欠けているところが多い。

h) 旧 U. S シリーズ (1913~19年)

米國標準局 (U. S. B. S.) は 1913 年頃より検討をはじめ 1916 年には関係者が会合して、1 mm を基準点として、1~8 mm の間には、 $\sqrt{2}$ を、また 0.044~1 mm の間には $4\sqrt{2}$ を、フルイ比としてとることを勧告し、線径、メッシュは、慣用にとられないものを選んだ。またメッシュでフルイを呼ぶのは混乱をまねくので目開きによつて呼ぶことになつた。1 mm を基準とし $4\sqrt{2}$ のフルイ比で厳密に計算すると、

$1 : 4\sqrt{2}^{15} \approx 1 : 1.18926^{15} = 0.07606 \text{ mm}$ となり、 $4\sqrt{2} \approx 1.189$ とすると 0.07713 mm となるが、既に確立された 200 メッシュのフルイを含めるため、このフルイだけは例外として、 0.074 mm にすることになつた

1919 年には、8~0.044 mm の全範囲について $4\sqrt{2}$ をとることになつた。しかし、すでにこのシリーズと、いくらも違わないタイラー・シリーズが、アメリカ国内のみでなく、国外にも驚くべき早さで普及しているのに、これとならんで、とくに著しい利点があるわけでもない新しいシリーズを採用することには、Tyler 社をはじめとして、多くの反対があつた。

i) 改正 U. S シリーズ、A. S. T. M シリーズ (1924年)

米國標準局で、Judson により、非常に多くのフルイ

について、数年にわたつて研究された結果、前の規格は変更した方が、フルイ・メーカーにも、ユーザーにも、よいことがわかつた。線径の差は、フルイ分け結果に影響することは確かで、線径が規格よりも甚だしく外れているのは不利であり、細すぎれば、網が破れやすいし、太すぎれば pocket を形成し、フルイ分け結果に影響する。しかし、線径の影響よりも、目開きの変動の方が、はるかに大きい影響をもつことが、明かにされた。そこで、線径を変更し、またその許容差を緩和し、一方、メッシュの許容差を廃止して、平均目開きと、最大目開きの許容差を規定することになつた。No. によつて呼ばれたが、呼び No. とメッシュとは一致しない。同じ規格が 1926 年に、A. S. T. M によつて採用されたが、No. ではなく、目開きのミクロンによつて呼ばれることになつた。A. S. T. M Designation : E11-26 がそれである。その後 1939 年、A. S. T. M Designation : E11-39 において、5660、37 ミクロンのフルイが追加され、目開きの許容差、線径などが多少修正され、さらに 1958 年 A. S. T. M Designation : E11-58 T で、62 ミクロンが 63 ミクロンに変更され、許容差の一部も修正されて、今日に至つてゐる。

j) 旧 D I N シリーズ (1926~34年)

さきにのべたように、幾何級数 $\sqrt{2}$ に基づいてフルイを構成する方式は、はじめてドイツの Sparre によつて考え出され、さらに Rittinger によつて、世界的に知られるようになったものである。しかしながら、1926 年に出了たドイツの標準フルイ規格 D I N 1171 は、その輝かしい伝統を受けつがなかつた。その目開きには、全く法則性がなく、フルイ比は 1.11 から 1.5 の範囲にあつた。しかし空間率は大体 36% に保たれていた。またフルイの呼び No. は cm^2 当りの目数により表わされ、同時に cm^2 当りの目数も書かれていた。

その後 1934 年に改正され、呼びは、目開き mm に改め cm^2 当りの目数も、表から除外された。フルイ比の改正については、すでに前の規格が、ドイツのみでなく、ヨーロッパの各国に導入されていたので、余り議論されなかつた。

k) AFNOR シリーズ (1928年)

フランスの標準フルイ AFNOR (L' Association Française de Normalisation) は、1928 年に制定され、はじめて、標準数列 $10\sqrt{10} \approx 1.25$ をフルイ比に、とり入れた $10\sqrt{10} \approx 1.2589$ をまるめた比率の値である。

1) B. S シリーズ (1931年)

イギリスの標準フルイ B. S シリーズは、まず、1925 年に、セメント用のフルイが規定されたのにはじまる。これは 180、76、30 メッシュの 3 種である。その後、1926

年に, O. C. Ellington⁵⁾ が整粒用の金網の規格表を提案したが, これは, それより先に, P.E. Mastersが行った論議に基づいたものであつた. Masters はとくに, 針金は, British Standard Wire Gaugeから選ぶべきことおよび空間率は, なるべく一定にし, 25~44%の範囲にすべきことを提案したが, Ellington の表は, この条件を満していた, Table 1.

次に1927年, British Engineering Standards Association (B.E.S.A) は, I.M.Mシリーズおよび上記のEllington, Masters の提案などを検討した結果, U.S シリーズに準ずることにした. シリーズは次の三つに分けた.

粗粒用 (Coarse)……18 in 径のワクを用い, 打抜網に

よる. $\frac{1}{2}$ "~2"

中粒用 (Medium)……12 in 径のワクを用い, 織網で

$\frac{1}{32}$ "~ $\frac{1}{2}$ "

細粒用 (Fine)……8 in 径のワクを用い, 織網で $\frac{1}{480}$ "

~ $\frac{1}{8}$ "

このうち, 細粒用のみに $\sqrt[4]{2}$ のフルイ比を適用した. 空間率は, Ellington に基き, 35~44%, 起点は,

$\frac{3}{1000}=0.076\text{mm}$ である. 1931年に, B.S—410 (1931) とし

て制定され, B.S—410 (1943) で, 許容差が少し修正された.

m) 新D I N シリーズ (1957年)

前述したように, 旧D I Nシリーズは, 目開きに法則

Table 1 Ellington の提案した標準金網表

"Aperture Number"	目ひらき in	線 径 in	線 番 S.W.G	空 間 率 %	目ひらき 線 径	メッシュ	目ひらき mm
4	0.120	0.080	14	36	1.50	5	3.05
5	0.103	0.064	16	38	1.61	6	2.616
6	0.087	0.056	17	37	1.55	7	2.210
6.5	0.077	0.048	18	38	1.60	8	1.955
8	0.060	0.040	19	36	1.50	10	1.524
9	0.055	0.036	20	37	1.53	11	1.397
10	0.051	0.032	21	38	1.59	12	1.295
12	0.044	0.028	22	37	1.57	14	1.118
13	0.039	0.024	23	38	1.63	16	0.991
14	0.034	0.022	24	37	1.55	18	0.864
16	0.030	0.020	25	36	1.50	20	0.762
20	0.0253	0.0164	27	37	1.54	24	0.643
25	0.0197	0.0136	29	35	1.45	30	0.501
30	0.0170	0.0108	32	37	1.57	36	0.432
35	0.0138	0.0084	35	38	1.64	45	0.351
40	0.0124	0.0076	36	38	1.63	50	0.315
50	0.0099	0.0068	37	35	1.45	60	0.251
60	0.0083	0.0060	38	34	1.38	70	0.211
70	0.0073	0.0052	39	34	1.40	80	0.185
80	0.0060	0.0040	42	36	1.50	100	0.152
90	0.0055	0.0036	43	37	1.53	110	0.140
100	0.0051	0.0032	44	38	1.59	120	0.130
120	0.0044	0.0028	45	37	1.57	140	0.112
130	0.0039	0.0028	45	34	1.39	150	0.099
140	0.0035	0.0024	46	35	1.46	170	0.089
150	0.0033	0.0020	47	39	1.65	190	0.084
200	0.0026	0.0016	48	38	1.62	240	0.066
300	0.0017	0.0012	49	34	1.42	350	0.043

(注1) "Aperture number" は, その逆数の $\frac{1}{2}$ が, 目ひらき(in)の近似値を与えるようになっている.

(注2) 線径は, British S.W.Gに合わせてある.

性がなく、明かに不合理なものであつた。この改正のための基礎的研究は、第二次大戦以前よりなされ、Ivers は、その著書²⁾を、丁度終戦時に印刷完了していたが、爆弾のぎせいになつた。

1950年、DNA (Deutsch Normenausschuss)による Fachnormenausschuss Siebtechnikは、活潑な活動をはじめ、適当な標準数に基づく科学的な基礎の上に立つて標準フルイと、一般のフルイ目開きの幾何級数を新しく規定する努力を行なつた。後にのべる国際標準フルイ規格制定の仕事についても、Ivers らのドイツの活動が、主動的役割を果すようになったが、1957年、DIN 1171とは全く異なる合理的なフルイシリーズを用いることになつた。新しいシリーズは、標準数R10に基づき、フルイ比を $10\sqrt{10}=1.25$ にとり、起点を1mmにおいた。ただし、従来慣用されているフルイで、とくに必要なもの、例えば土木方面で用いる18mmの目開きなどには、R20 R40によつて補足した。新シリーズは、1960年より、全面的に実施された。

n) JIS標準フルイ (JIS Z 8801 (1956))

わが国の標準フルイシリーズは、昭和12年に、日本標準規格JES第408号が制定されたが、フルイの目開きに国際性がなく、(法則性もなく)、戦後、1953年に、日本工業規格JIS Z 8801として制定され、さらに、1956年、針金の径について、改正されて、今日に至っている。

JISのフルイは、目開きについてはA.S.T.Mに従い、線径はTylerに準じている。許容差は、大体A.S.T.Mに準じているが、細かい網については、多少大きい許容差になつてゐる。A.S.T.Mは、前述のように1958年に、62ミクロンのフルイを63ミクロンに変えたが、JISは、変つていない。

§ 2 標準数と、標準フルイ・シリーズ

a) 標準数とフルイ・シリーズ

標準数 (Normzahlen) とは、次の比率で段階的に変る幾何級数である。(RはReiheの略)

$$5\sqrt{10}=1.6\cdots\cdots R 5$$

$$10\sqrt{10}=1.25\cdots\cdots R 10$$

$$20\sqrt{10}=1.12\cdots\cdots R 20$$

$$40\sqrt{10}=1.06\cdots\cdots R 40$$

わが国では、JIS Z 8601 (1954) (標準数)に規定されている。(ドイツではDIN 323 (1952)).

$4\sqrt{2}$ シリーズはR40から導かれるR40/3にもつとも近いので、JIS Z 8801の制定のさい、このR40/3を採用すべしという提案があつた。

(b) 世界各国の標準フルイの現状と、国際標準

現在、世界各国で用いられている標準フルイ・シリーズは、19種類といわれ、いづれも、少しづつ違つているそれらは、R10およびR20すなわち $10\sqrt{10}$ 、 $20\sqrt{10}$ シリーズと、 $4\sqrt{2}$ シリーズとに大別される。

Table 2 世界各国の標準フルイ・シリーズ

$4\sqrt{2}$ シリーズ	$10\sqrt{10}$, $20\sqrt{10}$ シリーズ
アメリカ	フランス
イギリス	ドイツ
日本	ソ連
インド	イタリア
カナダ	ハンガリー
ウルグァイ	ポーランド
アルゼンチン	スペイン
アイルランド	

これらの混乱した状態をなくし、国際標準を作ろうという努力は、1932年頃よりはじめられ、1939年までに、ウィーン、ミラノ、パリ、ヘルシンキで、多くの国際会議が開かれたが、当時はフランス、オーストリアが主導的立場にあつた。そして国際標準フルイISA/TC24が作られたが、戦争によつて中断された。

戦後ISAはISO (国際標準化機構)と改名され、1952年、ドイツがISO/TC24の議長となり、1956年のデュッセルドルフ、1957年のフランクフルトの各国際会議で、イギリス、インド、フランス、オランダ、チェコ、およびアメリカの各参加国が、ドイツの提案した $10\sqrt{10}$ シリーズに基本的に賛成し、単一の国際標準を作る努力を続けることになつてゐるが、なお問題は多いようである。

Table 3~5は、現在用いられている主要なフルイ・シリーズの比較表である。網の特性の比較のため、目開き、線径、メッシュ(インチ間)、空間率を示した。規格表にないものは計算値である。

C) 特殊実験室用標準フルイ

カナダの規格 Canadian Government Specification Board 8-GP-1a (1953) では、ASTMにならつて普通の標準フルイを制定しているが、これとは別に、常用のフルイの検査や、あるいは一般の規格よりも、もつと公称目開きに近いくことが必要な、特殊目的用として、“Special Laboratory Standard Sieves”を規定している。Table 6はその規格表である。

しかし、このようなフルイは、いつでも任意に作ることはできず、多くのフルイの中から特別の検査によつて選り出すことによつてのみ得られるもので、かなり高価

になるとしている。74ミクロン以下は、まだ製作困難なので規定していない。

Table 3 J I S, A S T M, Tyler, B. S 比較表(細粒用)

J I S Z 8801 (1956)				A. S. T. M E11-58T				Tyler Standard				B. S -410 (1943)			
目開き μ	線径 mm	メッシュ シユ	空間率 %	目開き μ	線径 mm	メッシュ シユ	空間率 %	目開き μ	線径 mm	メッシュ シユ	空間率 %	目開き μ	線径 mm	メッシュ シユ	空間率 %
5660	1.600	3.5	60.8	5660	1.68	3.5	59.4	5613	1.651	3.5	59.7				
4760	1.290	4.2	61.8	4760	1.54	4	67.0	4699	1.651	4	54.8				
4000	1.080	5	61.8	4000	1.37	5	55.5	3962	1.118	5	60.8				
3360	.870	6	63.5	3360	1.23	6	53.6	3327	.914	6	61.5	3353	1.727	5	44.6
2830	.800	7	60.8	2830	1.10	7	51.8	2794	.833	7	59.4	2812	1.422	6	44.1
2380	.800	8	56.0	2380	1.00	8	49.5	2362	.813	8	55.4	2411	1.219	7	44.1
2000	.760	9.2	52.5	2000	.900	10	47.5	1981	.838	9	49.4	2057	1.118	8	42.0
1680	.740	10.5	48.2	1680	.810	12	45.5	1651	.889	10	42.2	1676	.869	10	43.5
1410	.710	12	44.2	1410	.725	14	43.8	1397	.711	12	44.0	1405	.711	12	44.1
1190	.620	14	43.3	1190	.650	16	41.8	1168	.635	14	42.0	1204	.610	14	43.6
1000	.590	16	39.5	1000	.580	18	40.1	991	.597	16	38.9	1003	.584	16	39.9
840	.430	20	43.8	840	.510	20	38.6	833	.437	20	43.0	853	.559	18	36.5
710	.350	24	44.9	710	.450	25	37.4	701	.358	24	43.8	699	.457	22	36.6
590	.320	28	42.0	590	.390	30	36.2	589	.318	28	42.2	599	.417	25	34.8
500	.290	32	40.2	500	.340	35	35.4	495	.300	32	38.8	500	.345	30	35.0
420	.290	36	35.0	420	.290	40	35.0	417	.310	35	32.9	422	.284	36	35.7
350	.260	42	32.9	350	.247	45	34.4	351	.254	42	33.7	353	.224	44	37.2
297	.232	48	31.5	297	.215	50	33.6	295	.234	48	31.1	295	.193	52	36.5
250	.212	55	29.3	250	.180	60	33.8	246	.178	60	33.7	251	.173	60	35.0
210	.181	65	28.8	210	.152	70	33.7	208	.183	65	28.3	211	.142	72	35.7
177	.141	80	31.0	177	.131	80	33.0	175	.142	80	30.5	178	.122	85	35.2
149	.105	100	34.4	149	.110	100	33.1	147	.107	100	33.5	152	.102	100	35.8
125	.087	120	34.8	125	.091	120	33.5	124	.097	115	31.5	124	.086	120	34.9
105	.070	145	36.0	105	.076	140	33.7	104	.066	150	37.4	104	.066	150	37.4
88	.061	170	34.9	88	.064	170	33.5	88	.061	170	34.9	89	.061	170	35.2
74	.053	200	34.0	74	.053	200	33.8	74	.053	200	33.9	76	.051	200	35.8
62	.040	250	36.9	63	.044	230	34.2	61	.041	250	35.8	66	.041	240	38.0
53	.038	280	33.9	53	.037	270	34.6	53	.041	270	31.8	53	.030	300	40.8
44	.034	325	31.9	44	.030	325	35.4	43	.036	325	29.6				
				37	.025	400	35.6	38	.025	400	36.4				

Table 4 J I S, A S T M, Tyler 比較表(粗粒用)

J I S Z 8801(1956)			A. S. T. M E11-58T				Tyler Standard			
目開き mm	線径 mm	空間率 %	目開き		線径 mm	空間率 %	目開き		線径 mm	空間率 %
			in	mm			in	mm		
101.6	7.7	86.1	(4.24)	107.6	6.4	89.1				
88.9	7.3	85.5	4	101.6	6.3	88.7				
76.2	6.3	84.9	3½	88.9	6.08	87.6				
63.5	5.8	84.0	3	76.2	5.8	86.4	3	76.2	5.26	87.5
			2½	63.5	5.5	84.6				

50.8	5.2	82.3	(2.12) 2	53.8	5.15	83.3				
44.4	4.7	81.7	1 $\frac{3}{4}$	50.8	5.05	82.7	2	50.8	4.88	83.2
38.1	4.5	80.0	1 $\frac{1}{2}$	44.4	4.85	81.2				
31.7	4.2	78.0	1 $\frac{1}{4}$	38.1	4.59	79.7	1.5	38.1	4.11	81.5
				31.7	4.23	77.8				
			(1.06)	26.9	3.9	76.4	1.050	26.67	3.76	76.7
25.4	3.9	75.0	1	25.4	3.8	75.6				
22.2	3.7	73.5	$\frac{7}{8}$	22.2	3.5	74.6	0.883	22.43	3.43	76.8
19.1	3.5	71.4	$\frac{3}{4}$	19.1	3.3	72.8	0.742	18.85	3.43	71.6
15.9	3.1	70.0	$\frac{5}{8}$	15.9	3.0	70.7	0.624	15.85	3.05	70.4
			(0.530)	13.4	2.75	68.9	0.525	13.33	2.67	69.5
12.7	2.8	67.1	$\frac{1}{2}$	12.7	2.67	68.3				
11.1	2.5	66.6	$\frac{7}{16}$	11.1	2.45	67.1	0.441	11.2	2.67	65.2
9.52	2.3	64.7	$\frac{3}{8}$	9.52	2.27	65.1	0.371	9.423	2.34	64.2
7.93	2.0	63.7	$\frac{5}{16}$	7.93	2.07	62.9	0.312	7.925	2.24	60.8
			(0.265)	6.73	1.87	61.2	0.263	6.68	1.78	62.4
6.73	1.8	62.2	$\frac{1}{4}$	6.35	1.82	60.4				

Table 5 DIN, AFNOR比較表

標準数値	DIN (ドイツ)			AFNOR (フランス)		
	目 開 き m m	線 径 m m	空間率 %	目 開 き m m	線 径 m m	空間率 %
R10						
25.0	25.	5.	69.4			
20.0	20.	5.	64.			
	18.	4.5	64.			
16.0	16.	4.	64.			
12.5	12.5	4.	57.6			
10.0	10.	4.	51.			
8.00	8.	3.15	51.			
6.30	6.3	2.5	51.			
5.00	5.	2.	51.	5.00	1.04	68.5
4.00	4.	1.6	51.	4.00	1.00	64.0
3.15	3.15	1.25	51.	3.15	0.93	59.6
2.50	2.5	1.	51.	2.50	0.83	56.4
2.00	2.	1.	44.4	2.00	0.74	53.3
1.60	1.6	1.	37.9	1.60	0.64	51.0
1.25	1.25	0.8	37.9	1.25	0.55	48.2
1.00	1.	0.63	37.9	1.00	0.47	46.3
0.800	0.8	0.5	37.9	0.80	0.40	44.4
0.630	0.63	0.4	37.9	0.63	0.33	43.1
0.500	0.5	0.315	37.9	0.50	0.28	41.1
0.400	0.4	0.25	37.9	0.40	0.23	40.3
0.315	0.315	0.2	37.9	0.315	0.190	38.9
0.250	0.25	0.16	37.9	0.250	0.156	38.0
0.200	0.2	0.125	37.9	0.200	0.129	37.0
0.160	0.16	0.1	37.9	0.160	0.107	36.9
0.125	0.125	0.08	37.9	0.125	0.085	35.4

§ 3 標準フルイのワクについて

JIS Z 8801には、ワクの標準寸法を規定しているが、標準寸法に許容差がなく、ワクの厚みも十分でない。そのため、二つのフルイを重ね合すとき、うまくはまらなかつたり、使用中にワクが変形して、非常に困難を感ずることが多い

ASTM, 8 in 径のフルイの場合、上面から3/16 in, 下の内径の許容差を(8+1/32) in とし、フルイ面から下の部分(Sieve skirt)の内径は8.00~7.970 in とし、どのフルイにも容易にすべり込むように作るよう指定している。

また、B.S—410 1943では、S.W.G 26 0.457mmの真鍮板でワクをつくり、Sieve skirt の下端は折まげて補強するか、あるいは8"径フルイの場合、S.W.G 18の真鍮 (1.218mm)厚みで作り、変形を防いでいる。またASTMと同じくフルイ面より上の部分は、内径を(8+1/32 in, Sieve skirtの外径は8-1/64 in と、明確に許容差を示している。

また、ASTM, B.S とも、網のつけ方について注意を与え、網とワクとの接ぎ目に、solder をなめらかにつめるよう指示している。

0.100	0.1	0.063	37.9	0.100	0.070	34.6
	(0.09)	0.056	37.9			
0.080	0.08	0.05	37.9	0.080	0.057	34.1
	(0.071)	0.045	37.9			
0.063	0.063	0.04	37.9	0.063	0.046	33.4
	(0.056)	0.036	37.9			
0.050	0.05	0.032	37.9	0.050	0.0375	32.7
	0.045	0.028	37.9			
0.040	0.04	0.025	37.9	0.040	0.0305	32.7

望外の幸である。

1) Mac Calman, D.,
The Industrial Chemist **13**,
464~470 (1937)
507~513
14, 64, 101, 143,
197, 231, 306,
363, 386

JISには、この考慮が払われていないので、実用上問題が多い。今後の進歩が望まれる。

§ 4 標準フルイの検定法

JIS Z 8801に、標準フルイの検定法が規定してあるが測定上の詳しい注意がない。その際、A.S.T.MおよびB.Sの方法が参考になる。

ASTMでは、光学的拡大装置について詳しくのべ、また、適当かつ便利な倍率として、次のように書いている。

590ミクロン以上 45倍

500~250ミクロン 90倍

210~37ミクロン 250倍

また、メッシュ計を用いる方法の併用が便利なことものをべている。これは筆者も試用して確かめた。

B.Sには、測定個数について、Table 7を与えており、測定には、Fig. 1のmaskを用いる。

また測定の便利のため、Fig. 2(a), (b)のような特殊目盛のスケールをすすめている。

なお、実効目開きを求める方法としては、ガラス球状粒体を用いる方法が⁸⁾、かなり普及しており、例えば、8-GP-1A(カナダ)規格によると、1サンプル、10ドルで、標準粒体が販売されているようである。

§ 5 む す び

以上、標準フルイについて、2, 3の文献から得た知識をもとにして書いたが、筆者の不勉強から、十分役に立ちうる記述をなし得なかつたことを、おわびする。何かの参考にしていただく点があれば、

Table 6 カナダ規格8-GP-1aによる特殊実験室用標準フルイ

呼び寸法 μ	許 容 差 (タテ, ヨコ方向別)		呼び寸法 μ	許 容 差 (タテ, ヨコ方向別)	
	平均目開き %	最大目開き %		平均目開き %	最大目開き %
5660	± 2	+5	590	± 3	+ 8
4760	2	5	500	3	10
4000	2	5	420	4	10
3360	2	5	350	4	10
2830	2	5	297	4	10
2380	2	5	250	4	10
2000	2	5	210	4	10
1680	2	5	177	4	20
1410	2	5	149	4	20
1190	2	5	125	4	20
1000	3	8	105	4	20
840	3	8	88	4	20
710	3	8	74	4	20

Table 7 測定すべき目の個数

公称メッシュ Nominal mesh number	測定個所の数 No. of field	各方向に測定すべき連続した目開きの最小数	
		各測定個所 につき	全測定個所 につき
5	10	3	30
6	10	3	30
7	10	4	40
8	10	4	40
10	10	5	50
12	10	6	60
14	10	8	80

16	10	9	90
18	10	10	100
22	10	12	120
25	10	15	150
30	10	15	150
36	10	20	200
44	10	25	250
52	10	30	300
60	10	30	300
72	15	20	300
85	15	20	300
100	15	25	375
120	15	25	375
150	15	25	375
170	15	30	450
200	15	30	450
240	15	30	450
300	15	30	450

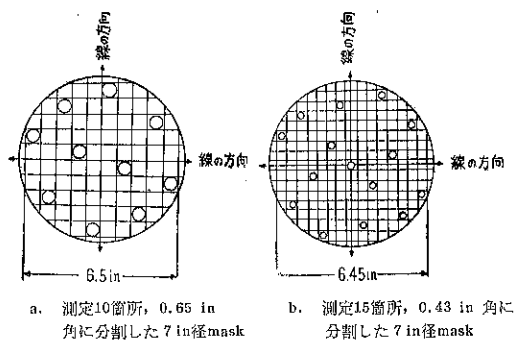


Fig.1 提案の Masks

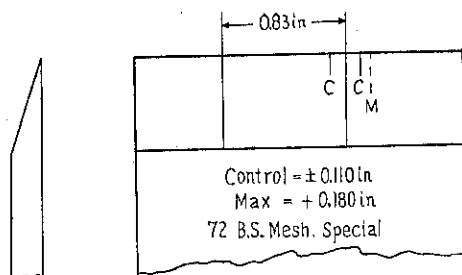


Fig.2 (a) 最大径, intermediate dimension と最大径の間にある目の測定

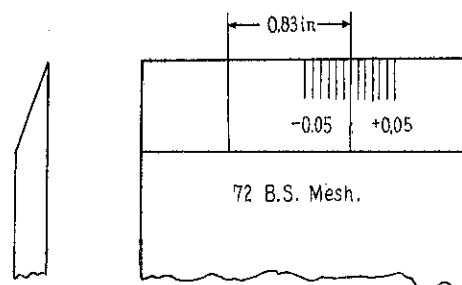


Fig.2 (b) 平均目開き測定用

- Ivers, E. J., [Book] (1951)
„Siebnormung, Kennlinien für Gebrauchs- und Prüfsiebserien.“
Berlin, Verlag Technik GmbH 全93頁
- De Kalb, Eng. Min. J. **80**, 151 (1905)*
- Hoover, T. J., Trans. Inst. Min. & Met. **20**, 486 (1909~1910)*
- Ellington, O. C., J. Soc. Chem. Ind. Trans., **45**, 128 T(1926)
- Ivers, E. J. Staub **19**, [5] 146~148 (1959)
- 三輪 計量管理 **8**, [4] 135~141 (1959)
- 三輪 粉体工学研究会文献紹介 No. 31
研究資料 No. 14 (1958)

以上

Ballistic Particle Size Separator

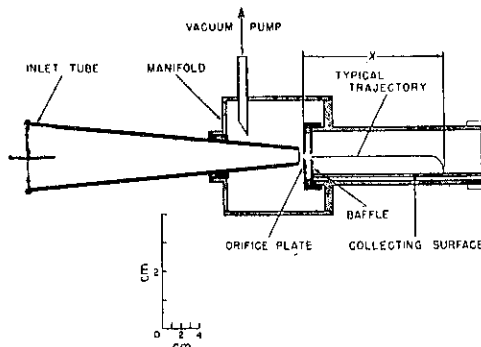
(軌道による粉分子分級機)

J. H. McGinn & T. Mac Waters

Rev. of Sci. Instruments **31**, [5] 513 (1960)

これは空気で飛ばされた粒子をその粒度によつて分級するという新しい型の装置である。その原理は図に示すようなもので、入口から高速度で吸い込まれた粒子がその粒子の大きさによつて到達する距離が異なるが、その到達する場所を区切れば、ほぼ同じ大きさのものが揃うことになる。これによつて液体や固体の分級に用いることができるわけである。これに用いられる粒子の直径は大体10 μ から100 μ の間である。

この機械は特にエアゾルの分級に用いられている (善間)



砂を造るの記

東邦電化株式会社 早坂幹夫

カンラン石を粉碎、篩分けして鑄物砂を作る仕事に手を染めてから一年半余りになるが、元来此の方面の智識も才覚も無い者が無茶苦茶に事を始めた許りに大変難儀をした、と同時に技術的に纏れるものが余りに乏しく、手探り同然に、ケースバイケースの試験を繰り返して条件を見付けねばならなかつた。

鑄物砂の講釈は本誌「粉碎」には縁が遠いと思うので省くが、最近精密鑄造や高級鋼、合金の鑄物が盛んになるにつれ人造珪砂、ジルコンサンド、或いは又オリビンサンド等の所謂造られる砂の需要が益々拓けて来るものと思う。以下石を砕いて砂を作る工程を申述べるが参考となれば幸いである。

吾々の仕事は、先づ山から原石としてのカンラン石を切り出すことに始まる。北海道日高山系のカンラン石はMgO 46~49%、名の通り美しいオリーブ色黄緑色の艶々しい石で、研ぎ上げた色沢は抹茶羊かんの色と肌合を持つ。硬度はモース6~6.5、真比重3.5、含有水分は殆んどゼロである。

塊石の破碎抵抗は普通珪石より大きいらしいが細片の粉化は却つて容易となる。

岩肌には薄い剝離性のササクレがあり、之の碎片は至つて粉化が容易であることから、砂を作る上では却つて一つの障害となつていとも言えそうである。珪石には大体65 meshに基本粒径があり、其の壁を破つて細い粒を作ることが難しいと言われるに反して、オリビンは如何にして粉化を防ぐかに粉碎の難しさがあると言うことが出来る。兎に角珪石の粉碎を手掛けた方々には妙に思われる粒度構成の砂となるわけである。

石の紹介は如上に止め以下、工程について述べると、先づ山から工場に持ち込まれた塊状の原石は、附着水を乾燥する目的で相当日数の間、屋根掛けした小屋に貯えられる。此の風乾を怠ると篩の細かいmeshで目詰りの障害で大変な目に遭うことになる。

偕、鑄物砂として需要の多いのは5、6、7号で細かい方の粒分のものである。Fig. 1に大約の号別粒分の区分を示したが、砂は夫々の号に於いて基本粒分のピークを2個又は3個混有すべきであると言われている。

ところが吾々の需要内で最も多量に欲しい粒分は65~100 meshで、之れを旨く多量に作ることが砂作りの眼

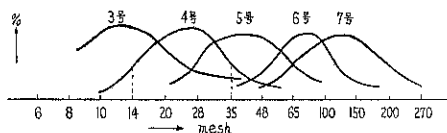
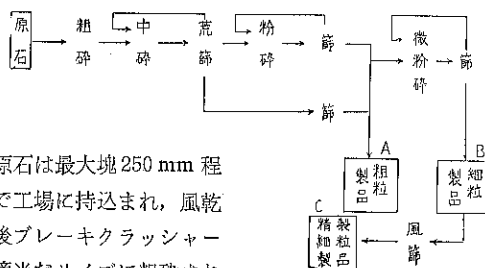


Fig. 1 砂の号別とその粒分

である。次に面倒なのはシェル鑄物に強く要求されるパン-270 meshのものを言うの混入を、3%以下程度に減少せしめる点である。フェノール、レジン、パウダーをバインダーにするので砂に極微粉が多いと、その表面積をコートするレジン量が増えて経済的でないと言う理由の他に通気性を害したり、悪い影響が強くなるためであると言うが、砂作には辛い制限である。大体270 meshを篩で分別することが如何に至難なものであるかは、大方の熟知せられている通りである。

Fig. 2はフローシートである。

Fig. 2 フローシート



原石は最大塊250 mm程度で工場に持ち込まれ、風乾の後ブレーキクラッシャーで適当なサイズに粗砕される。

此処で適当なサイズとはFig. 3に示す中砕工程で得られる砂の収率及び運転効率から決められるものである。

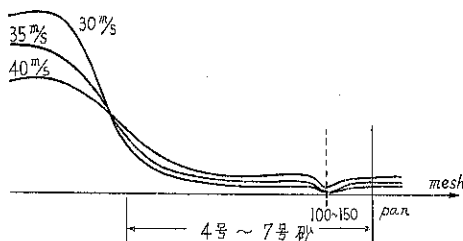


Fig. 3 中砕インペラー周速と粉碎物の粒度別収率

Fig. 4は中砕インペラーに供給される投入塊の大きさと粉碎された砂の粒度状況の概況を示す。

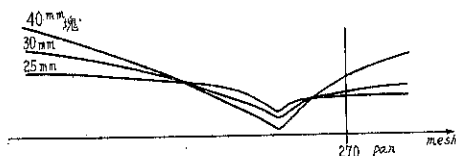
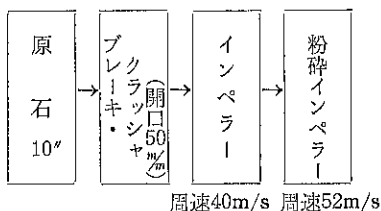


Fig. 4 中砕インペラー，供給サイズと粉砕状況

中砕機には反撥式粉砕機を使用した。その理由は他の如何なる粉砕機よりも能率が良いことの外、前述した製品に混入する pan の性状についての数個の実験例から粉砕と同時に分散化を行わせて所望の砂に pan の附着することを避けるにあり、Grinding crusher では定性的な作ら拙いことが知られたためである。吾々が之の爲めに行つた試験としては、(イ)開口を極小としたブレーキ・クラッシャー (叩き潰し) (ロ)フレットミル (ハ)プルベライザー型 (ニ)ボールミル (ホ)反撥型としては所謂インペラーの外スイング・ハンマー型のもの (ヘ)塔式粉砕機等々である。Fig. 5, 6 はその一例を示す。

大部分の試験は初めの定性試験で振い落され、結局反撥型が残る、可成詳細な試験の後運転条件が決められた。



ところが、シェルに使う砂は湿式で作るわけには行かないので終始ドライのままで作業することは粉塵に悩む

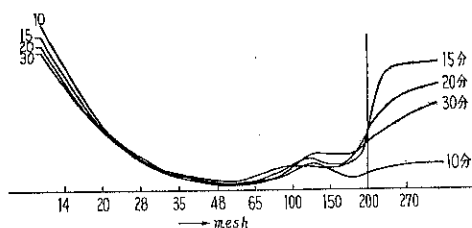


Fig. 5 フレット・ミルによる粉砕粒度
(200mesh 以下は測定誤差が大きくて此のカーブは信頼性がない)

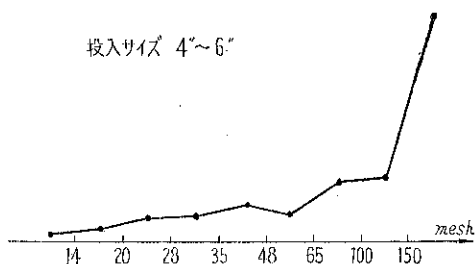


Fig. 6 ボール・ミルによる粉砕

の外ダストによる消耗が甚だしい。インペラー其の物は元来消耗性の機械であるが、旋回する粉塵気流は思いがけない悪さをするものである。インペラーの衝撃刃、打撃板は高マンガン鋼の外、クロム鋼、クロム、モリブデン鋼 (铸造品、鍛造品) 高炭素鋼等を使用して比較試験を行つた。

中砕インペラーは投入質量が大きいので頑丈な刃でなければならない、之は結局次の組成のものに落付いた。

C 0.5 % Si 0.47 % Mn 0.23 %
Cr 5.2 % Mo 0.12 %

消耗量は原石屯り、70 gr であり、高マンガン鋼の1/2 である。粉砕インペラーは投入質量が小さいので破砕エネルギーは専ら高い周速で与えねばならぬ。吾々の選んだ周速 52 m/s については批判もあるだろうが Fig. 7 (B) (C) を得るために定めた速度であつた。

此の機械の刃には初めステライトが、2 組使われた。然しステライトが傷む前に地金の軟鋼の部分がスクわれて肝心のステライトが浮上つて遂に剝離して終う。此の間30時間足らずであつた。次いで、铸造クロム・モリブデン鋼、鍛造クロム・モリブデン鋼、肌焼鋼、高炭素鋼等をもつばら焼入硬度をショウ-80 から85 に近付ける試みが種々行われ、水焼入、高周波焼入等を行つたが、寿命は20~30時間の間の差違に過ぎずコスト的に行き悩んだが自社製のクロム鑄鉄に間に合うことが解つて現在は他からの購入は止めている。

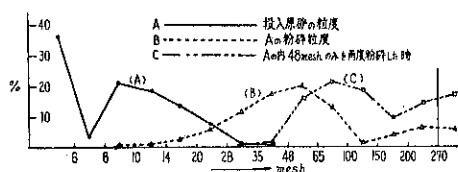


Fig. 7 高速粉砕機による粉砕粒度 (於周速52m/s)

所謂、市販インペラーは汎用に作られており、石灰石でも石炭でも唯スピード・チェンジだけの变化しか与えられない。従つて吾々の如く全くデータのない石を扱う場合には万事高い授業料を払わねばならなかつた。

殊に石が硬くて消耗の激しいのでローターそのものが数ヵ月しか保たない有様で、その磨耗過程を見ているとサイド、ギャップの影響を無視出来ない事が知られた。又、刃の減り方は、カンラン石では、中高に残るが適当な度合いで交換しないと徒らに無効な仕事となるばかりか却つて傷めなくてもよい部所を潰して終うことになる。

吾々は之の見地で対症療法的なインペラー・ローターの改善を企てている。

篩は当初に、機種選定の為めの試験を色々行つて見たが、結局は電磁バイブレーター装着の簡単な傾斜篩に落付いた。電磁の代りに圧搾空気を利用したピストンハンマーを試作した。試験の段階では震度、震動数及びその調整法等では満足すべきものであつたがコンプレッサーの容量が増設の際ネックになつて電磁程安易でないのが難点であつた。

荒い粒分のところでは難しいことは無いが 65mesh を境として急に篩分けが困難になつて来る。特に石が湿気を帯びている時や高湿度の気候の頃は大変である。吾々は生産工程上は 150 mesh が限度であるとしている。従つて前記 pan 270 mesh を分限として区切ることは篩では行はない建て前とした。

バイブレーター篩は、始めはフレーム震動型から出発したが金網が強く張れないので、いきおい強力なバイブレーションを加えることになり金網の損耗が甚だしくて閉口した。次いで骨を入れて震動を区切つた単位網面毎に与える型に改めた、之れに依つて篩面 m^2 当り 80Watt 位に切り下げられた。最近では金網が強く張れるようになったので再びフレーム型に直す所存である。

65 mesh 以下の細い砂にはフレーム型がよく、65mesh 以上の粗い砂はどの型式でもよいが載荷重量が大きいだけに動力は余計要する理である。網目毎の振巾、振動数、傾斜度等の相関を規定する理論がなく、

$$NB^{0.585} = 2000 \sim 2500$$

N = 振動数 (毎分) B = 振巾 mm

と言う式が設計の一つの目安を与えるだけである。

然し mesh 数の大きいものでは金網の死面率が大きくなつて金網と言うよりは連続した膜をバタ付かせているのと大差なく、殊に振巾を大きくすると金網上に定常波が出来て微粉の一部は舞い上つたまま降りて来なくな

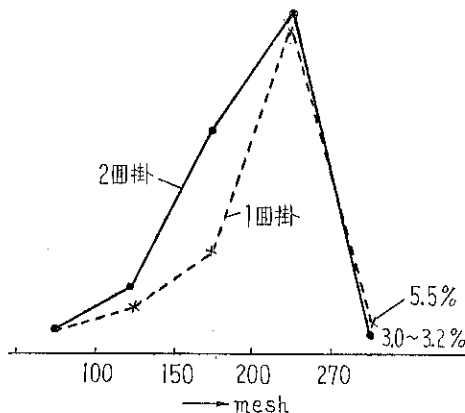


Fig. 8 ミクロン・セパレーターによる粗粒物の粒度分布

る。この型の篩に就いては名工試に優れた実験研究があつて大変有難かつた。

風篩：——前述の次第で金網を使つた篩は 150mesh 程度に留め其れ以下のもの特に 270 mesh で区切る為めには細川鉄工所のミクロンセパレーターを使つて見たわけである。半年間の使用実績では Fig. 8 の如く一応目的を果たしたようである。今後湿度の高い入梅時の経験を経なければ安定した評価は出来ないと思うが。

Fig. 8 の試験では装入物中の pan は 36.5~40.0% であつた。又、微粉回収分の粒度分布は -270 mesh (pn) が 93.8~97% である。

このデータは、流石のミクロン・セパレーターでも 1 回掛では不十分で 2 回掛けしなければ製品規格には入らないことを示している。然し乍ら毎時 1 屯を上回る処理能力があり金網篩とは比較にならぬ作業量を消化してくれる。尤も砂のような品物を取扱うには勿体ない高価な設備ではあるけれども、吾々は日高工場、千葉工場各々に 1 セット宛持つことになつた。

今後は 100mesh 程度を分ける工夫——流線の作り方、旋回速度、ニュートラル・プレーンの作り方等の研究を進められて——も願ひ度いものである。他社の風篩試験では、150mesh を分限として粗粒中に残る pan は 9.7% (3 回掛け位) であつた。試験回数も少く条件度数も少いので評価する段階ではないが原理的にも吾々の希望は達せられ相もなかつたので試験は打ち切つた。

其他の附帯設備中には、粉体輸送に空気コンベアーを 2 系列入れた。これは唯輸送することが目的のではなく若干でも pan を少くしようと言うためのもので、態々サイクロンの効率を下げた微粉を飛ばすことを行つてゐる。ダスト対空気比は、300~500 gr/m³ である。

篩間の掃除窓は合計延長 30m あり、扉をつけると開閉が憶性でつい掃除が不十分となる。10 分置き位に各篩の目詰りを掃除して除去させる為めには窓は常に開いて置き度いので一つの試みとしてエアーカーテン方式を行つた。窓の上下開きは最大 750 mm、吸吐を 1 台の送風機で開閉路で行わせる。吸気 300 m³/分、吐出 60 m³/分で、吐気は残量は捨てる予定。今後データを取つて有効な条件を見付け度いと思つてゐるから上記は設備としては当てずっぽうなものに過ぎない。

最後に厄介な問題として吸塵であるが、幸か不幸か千葉の工場は街外れとは言へ千葉市内であり、且又、木更津国道に沿うてゐるので唯単なる工場内の粉塵処理の外に公害防止迄設備として取り入れねばならない。機器の内、インペラー型粉碎機、篩間、輸送機器、シュート等で粉塵の発生する場所には必ず、pan 吸引を兼ねて 100 mm 水柱の吸引排気をつけてゐる。(44 頁へ続く)

ガス吸収および集塵用スクラバーの選択

大阪市立大学工学部 教授 吉 田 哲 夫

吸収装置や集塵装置の性能を NTU (Number of Transfer Unit) と消費電力であらわす方法が I.E.C. (Industrial and Engineering Chemistry)¹⁾ に掲載されているがこの方法を用いて、目的に応じて、いかなる装置が適当であるのかを示めしてみよう。

A. 性能のあらわし方

(1) NTU Chilton-Colburn がガス吸収や、蒸溜を充填塔で行う時、その考察に移動単位数すなわち NTU なる考えを導入したが、この概念を捕集効率にも適用してみよう。

ガスの濃度を y (モル分率) 液面に接するガス濃度を y_1 (モル分率) とすれば、比較的气体濃度が薄い場合には $k_g a \cdots$ ガス側の物質移動容量係数 ($\text{kgmol}/(\text{m}^3 \text{hr } \Delta y)$) or ($\text{kg}/(\text{m}^3 \text{hr } \Delta y)$)

$G \cdots$ ガスの質量速度 ($\text{kg}/(\text{m}^2 \text{hr})$)

$A \cdots$ 装置の単位容積あたりの気液有効接触面積 (m^2/m^3)

$Z \cdots$ 吸収装置の高さ、あるいは長さ (m) とおけば

$$\int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_1} = \frac{k_g a}{G} \cdot Z \quad (1)$$

が成立する。ここに $G/k_g a = (\text{HTU})_G$ とおいて

$$\int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_1} = \frac{Z}{(\text{HTU})_G} \quad (2)$$

(2)式の左辺は吸収のむづかしさを表す尺度と考える事が出来、これが大となると、吸収装置の高さ Z が大となる。言い換えれば、吸収率を上げようとすれば Z が大なる事が必要である。HTU (Height per Transfer Unit) は周知の如く、1 移動単位あたりの高さであり、長さの dimension をもつもので、物質移動速度によつて影きようされる。 $k_g a$ が大、すなわち HTU が小である事は Z が小ですむ事を意味する。従つて HTU も性能判定の大きな目やすとなるものであるが、サイクロンスクラバーやベンチュリースクラバーでは a がよくわからない事と、気液接触期間中におけるガス速度の変化が極めて激しく、かつ気液接触道程の長さがよくわからないので、あまり用いられない。

これに対して(2)式の左辺を

Table 1 N_t と η (%) との関係

N_t (NTU)	η (%) 捕集効率	N_t (NTU)	η (%) 捕集効率
0.10*	9.5	5.50	99.39
0.50	39.35	6.0	99.752
1.0	63.21	7.0	99.909
2.0	86.47	8.0	99.967
3.0	95.02	10.0	99.9955
4.0	98.17		

* 0.10以下の N_t の値は分率であらわした η の数値に近似的に等しい

$$N_t = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y - y_1} \quad (3)$$

とおいて、無次元数である N_t を移動単位数 (NTU) と云い、吸収効率が高かければ N_t が大であるが、 N_t が大であると云う事は(2)式より分る如く、塔の高さも吸収効果をあげるように足るだけ十分であり、かつ HTU が小である事を物語るものである。測定して得られた効率の大小をこの N_t で表現しておけば、装置の性能測定とその内訳を分析する事が出来、かつ Table 1 でみる如く high efficiency の部分を非常に拡大して示す事が可能である。

今、洗滌液の流量が多い場合、あるいは洗滌液が新しい間は、 $y_1 = 0$ と考えられるので、(3)式は

$$N_t = \int_{y_2}^{y_1} \frac{dy}{y} = \ln \frac{y_1}{y_2} \quad (4)$$

$$\text{一方、} \quad \eta = 1 - \frac{y_2}{y_1} \quad (\eta \text{ は効率}) \quad (5)$$

$$(4), (5) \text{式より} \quad N_t = \ln \left(\frac{1}{1 - \eta} \right) \quad (6)$$

となる。

この様な表現はガス吸収の場合だけでなく、固体や液滴粒子を捕集する場合にも適用出来る。一般の捕集効率 η は process variable の e のべき数であらわせるので、

$$\eta = 1 - e^{-N_t} \quad (7)$$

$$\text{とおけば、} \quad N_t = \ln \left(\frac{1}{1 - \eta} \right)$$

となり、(6)式と同じ表現になる Table 1 はこの表現を用いて、 N_t と η との数字的關係をあらわしたもので、

りの値の大なる部分が拡大されている。

(2) 理論消費動力 捕集効率はガス流速や注水量、注水圧力によつて影きようされるのであるが、これらが η や N_t におよぼす影きようを各単独に考えるよりも、これらが共に含まれた次の如き理論消費動力の項であらわす方がより实际的であり、便利であらう。

P_G ……ガス 1000 m³/min (ガス温における体積) あたりのガス流による理論消費動力 (HP)

P_L ……ガス 1000 m³/min (ガス温における体積) あたりの注水による理論消費動力 (HP)

とすると、ガス 1000 m³/min あたりの全理論消費馬 HP は

$$P_T = P_G + P_L \quad (8)$$

$$P_G = 0.219 \Delta H \quad (9)$$

$$P_L = 600 P_F L / T \quad (10)$$

但し、 ΔH は装置の全圧力損失 (mm 水柱), P_F は注水圧力 (kg/cm² ゲージ), L は注水率 { ℓ /Nm³ = 毎分注水量 (ℓ)/毎分ガス量 (Nm³) (標準状態)}, T はガス温度 (°K) である。

B. 性能表現の実例

(1) 吸 収 アルカリ溶液による SO₂ の吸収と、HF の吸収とは同じ要因(ガス膜支配)によつて Control されるので、大体似た様な構造の吸収器が使われるのが普通である。Fig 2 はこれらのものを

装置	G	棚段充填塔
"	S	スプレー室あるいは塔
"	C	サイクロンスクラバー
"	W	湿式繊維充填層
"	V	ベンチュリースクラバー

Fig 1 参照

の装置において、SO₂ と HF について得られたデータを示すものである。総括的に見て同じ程度の N_t をうる のには充填塔が一番所要動力少なく、ベンチュリーが最も所要動力が大であり、又スプレー塔、サイクロンスクラバーも少ない動力で良い効果をあげうる。繊維充填層はやゝ入力が大きいく、次にこれらをすこし詳細に眺めてみよう。棚段充填塔においては N_t は $P_G^{0.1}$ に逆比例し P_L には $\propto$ 比例する事が確められている²⁾ すなわち

$$N_t : \frac{P_L^{0.1} \sim 0.6 Z^{0.6} \sim 1.0}{P_G^{0.1}}$$

の如くあらわれ、結局 N_t は液相あるいは気相に導入される動力に實際上あまり関係しないで、大部分直接に塔の高さに比例する。従つて Fig 2 のデータは

ガス相に導入された動力を一定に保ち、液相に導入される動力は塔の高さ Z によつてのみの変化するとして掲げられたものである。

サイクロンスクラバーの性能もスプレー塔のそれも液体の微粒化に導入されるエネルギーに負うところが多いので主として P_L 支配である。装置 S₂ と S₄ は HF の吸収液として石灰水を用い、その他の装置による HF の吸収はみな水によるものであり、又 SO₂ の吸収はアルカリ溶液によつて行われた事に注意する必要がある。なお装置 S₃ と S₅ は類似の装置であるが、その構造によつて又、水の使用量によつてその性能が相当相違している事にも注視する必要がある。(Table 2 参照の事)

繊維充填層もアルカリ溶液による充填塔に比較すると案外よけい入力が必要であると云う結果に出ているが、これは液滴の霧化のために導入された動力の内あるものは吸収が十分完了しない前に繊維にひかゝつて有効接触面積を減少する液滴があるために消費されるのが原因と考えられる。

次にベンチュリースクラバーは液の微粒化は高速ガスによつておこなわれるので、主として気相に導入される動力によつて支配される。これは Table 2 によつても良く知る事が出来よう。又 Fig. 2 においてベンチュリースクラバーのみ P_L をパラメーターに P_G について N_t をあらわしている。ある一定の吸収を遂行するためにはベンチュリースクラバーは大体アルカリ液によるスプレー塔の約 100 倍、繊維充填層の約 10 倍の動力を必要とする事になる。

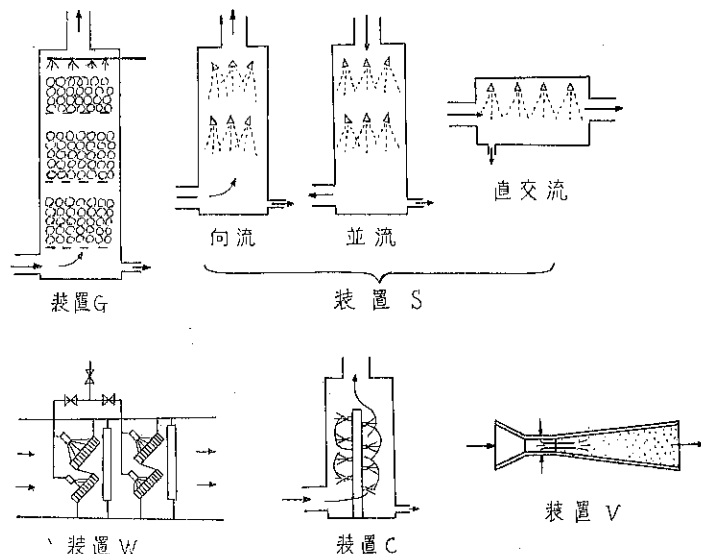


Fig 1 各種スクラバー

(2) 集塵 これにおいては各種のスクラバーについて比較したデータを示す事は出来ないが、 N_t を $P_T=P_G+P_L$ についてまとめた一例を Fig 3 Fig 4 に示めそう。

Fig 3 にベンチュリースクラバー、パイプラインスクラバーおよびオリフィススクラバーによつてタルクを捕集した時のデータと、ベンチュリースクラバーによつてシリカヒュームを捕集した時のデータとが合せ示めされている。なおこれらは分離器としてサイクロンを含めての $N_t:P_T$ である。又ここに云うパイプラインスクラバーとは単管中を20~30 m/secでガスを流し、これに低圧で注水する形式のものであり、オリフィススクラバーはパイプ中にオリフィス（あるいは堰）を入れ、そのくびれて流速が速くなつた処へ注水するものである。さてタルク捕集の場合について考えると、同じ N_t に対してベンチュリーは他のものより約30% P_T が軽減されている。又この図において同じベンチュリーをタルクとシリカヒュームに用いた場合とでは N_t に明白な差があらわれている。このさい同じ N_t を得ようとすれば約16倍 Power をかける必要があるがわかる。

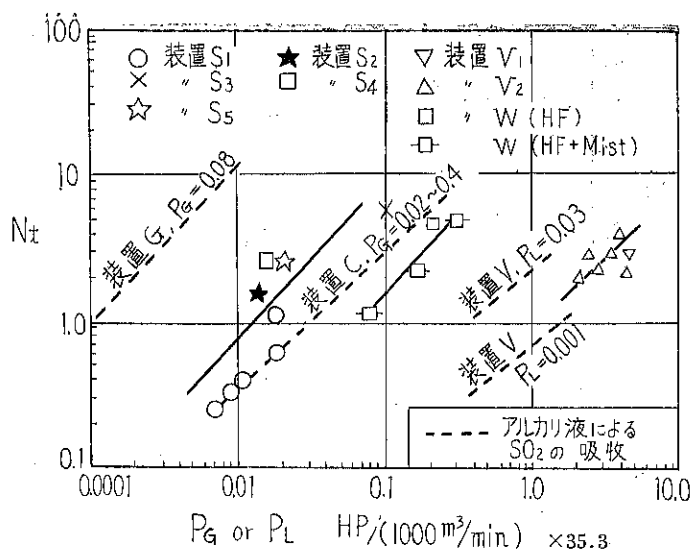


Fig 2 各種スクラバーによるHFならびにSO₂の吸収 (Fig 1 Table 2 参照)

Fig 4 には硫酸塩再生炉からのヒュームをベンチュリースクラバー、サイクロンスクラバー、パイプラインスクラバーで捕集した結果を示めている。ベンチュリーのみ、ベンチュリーとサイクロンスクラバーとの組合せのもの、サイクロンスクラバーのみ、これら3つについてのデータ群とパイプラインスクラバーのデータ群とは違った直線によつて代表されており、前者の群の方が同

Table 2 HF の 吸 収 (Fig 1 Fig 2 参照)

装 置	装置の形式	吸 収 液	ガス量 kg/m ² hr	液 量 kg/m ² hr	$P_G \times 35.3$ IP(1000m ³ /min)	$P_L \times 35.3$ IP(1000m ³ /min)	k_g^a kgmol/m ² hratm	N_t
S ₁	直 交 流	水	10,300	352	~0.0067	0.0089	~176	~0.33
"	"	"	9,200	352	~0.0056	0.0098	~192	~0.38
"	"	"	10,180	505	~0.0067	0.0067	~192	~0.25
"	"	"	8,950	412	~0.0067	0.017	~240	~0.62
"	"	"	6,850	450	~0.0061	0.017	~400	~1.09
S ₂	直 交 流	石灰水	10,000	514	~0.006	0.013	~560	~1.52
S ₃	向 流	水	9,800	3,920	~0.2	0.10	144	~5.85
S ₄	並 流	石灰水	68,500	18,600	~0.23	0.017	817	2.58
S ₅	向 流	水	9,800	1,860	0.24	0.02	~69	2.5
V ₁	"	"	373,000 ^a	205,000	4.7	0.071		2.9
V ₂	"	"	~342,000 ^a	~194,500	2.1	0.074		2.0
"	"	"		318,000				
"	"	"			2.4	0.11		2.7
"	"	"			2.9	0.071		2.3
"	"	"			3.5	0.095		3.0
"	"	"			4.0	0.12		3.9
"	"	"			4.5	0.13		2.3

a, 喉の断面積に計算の基礎を置いている

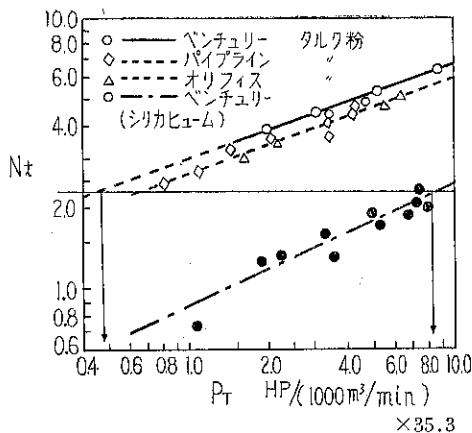


Fig 3 タルク粉およびシリカヒュームの捕集

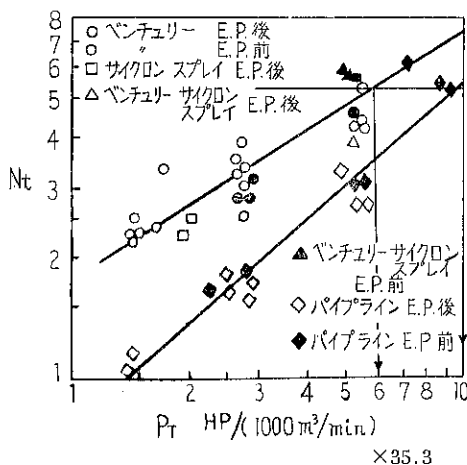


Fig 4 硫酸塩再生ヒュームの捕集(E.P.=電気集塵器)

じ入力 (P_t) に対して大きい N_t を得る事を知る。

こゝにかゝってある再生炉からのヒュームの除塵には実際の装置では電気集塵器 (E. P.) を使っているが、この E. P. の前あるいは後からガスを抜きとつてスクラバーによつて test した結果のデータが Fig 4 に示めされ

(40頁より続く) 之の系列はサイクロン圧損、排風機前後の水洗ダストキャッチャーの圧損から450mm水柱の排風機30HPを使用した。

之の外製砂場は延100坪、気積1800 m³ に対しシロッコファン (ダクト排気)、300 m³/分を設備した外、2階には600 mmの換気扇2台つけた。粗砕室は100坪、気積1500 m³ に対して、100 m³/分のプロペラーファン (ダクト) 系列の外、600 mm換気扇4台を使った。

換気扇の外は全て独立した水洗スクラバーで洗つた後大気放出するのであるから吸塵排気には思わぬ費用がかつた

たものである。ガス中のダストローディングはE.P.の後では前の約 $\frac{1}{2.5}$ であるので、このダストローディングの影きようおよび粒子径の影きようが Fig 4 に含まれている。ベンチュリーとサイクロンスクラバー組合せのものについて考えると、E. P. 前では非常に大きい N_t を示めし、E. P. 後でのデータはそれの約 $\frac{1}{4.5}$ におちている。ベンチュリースクラバーのみの運転データをみるとE. P. 後の主としてサブミクロン ($<1\mu$) の極微粒子に対しては運転入力 of 如何によつて非常に N_t に差が生ずる事がわかる。

又この図にはサイクロンスクラバーのみをE. P. 後に付けて試験した場合のデータが2個記入されているが、低位の N_t をあたえている。サイクロンへの注水圧力を高めればよい結果が得られる事は従来から分つているがしかしいくら注水圧のみを高めたとしても高速気流のベンチュリースクラバーほどの N_t をうる事は至難ではなかるうか。

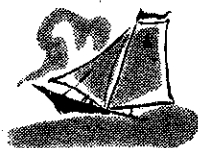
一方パイプラインスクラバーでもダストローディングの高いところではよい効果が得られているが、ベンチュリーに匹敵する程の N_t を得ようとすれば約1.5~2倍の運転入力が必要とする。

C. 結 論

この方法は各種のスクラバーを一まとめにしてその性能を表現するのに便利であるが、一種類のスクラバーにおいても各部分の構造によつてデータにばらつきが生じ必ずしも一本の直線で表現される訳ではない。けれども一応 N_t - P_t 線図上でその位置する範囲を知る事が出来て、装置選定の一つの目安となし得る。

文 献

- 1) K. E. Lunde ; I. E.C., 50, 293, (1958)
K.E. Lunde and Lapple, et al. ; I. E. C., 50, 1613, (1958)
- 2) Johnstone, H. F. and Single, A.D. ; I. E. C., 29, 286~97 (1937)



最近の粉碎と粉碎機

特に欧米の Fine Chemistry の分野に於ける*

武田薬品工業株式会社研究所

薬 博 美 間 博 之

§ 緒 論

我々が製品を作る上に於いて、原料を粉碎し、均一に混合する事は必要な行程である。しかしその工業の規模、原料の性質、製品の形態等に依つて、その工程は必ずしも同じではない。特に製薬工業を始めとして、食品、化粧品、顔料、染料、等一般に fine chemistry と呼ばれている分野では、粉碎機の処理量が少ないが、その代りに微粒子が要求され、又異物の混入や汚染が起らない様にする必要がある。此の様な目的にどの様な粉碎機構と粉碎機械が用いられているか、その1例として Manuf. Chem. 1958年12月号に掲載されているこの方面の最近の状況¹⁾²⁾について紹介しよう。

§ 何をどうして粉碎するか。

一般に粒子を小さくする方法としては、粒子の大きさ或いは原料の性質によつて差はあるとしても、大別すると、四つの方法があり、市販の粉碎機として用いられている。

1) 圧縮 (Slow Compression)

- 2) 衝撃 (Impact)
- 3) 摩砕 (Attrition)
- 4) 切断又は引裂き (Cutting or Tearing)

粉碎と言つてもその程度によつて方法が異なるので、粉碎されたものの粒子の大きさによつておおよそ分類される。即ち

粗粉碎は 6~35メッシュ

中粉碎は 35~70%が200メッシュを通る。

微粉碎は 70%以上が10ミクロン以下。

化学工業では取扱い難いもの或いは見かけの悪いものをお客の気に入る流動の良い粉末にする為に粉碎せねばならぬ事がしばしばある。又一方反応性を良くする為に粉碎する事もある。勿論製造業者によつてその粉末の粒子の大きさや均一性は様ではない。だから1つの粉碎機でどんな目的にも充分使えろと言ふ訳には行かない。粒子の大きさ、硬度、強靱性、不純物の量、化学的性質、水分、其の他の因子が違えば当然設計を変える必要があるのである。そこで上記各種粉碎法を組合せ、又原料や粒度に依つて最も適した機械を選ぶ必要がある。

第 1 表 粉 碎 機 の 型 と 性 能

型	作 用	原料の 大きさ	製品の 大きさ	処理容量 t/hr	必要馬力 HP-hr/t	適用範囲	不適範囲
ジョークラッシャー	圧 縮	6~72 in	1~11in	10~1000	0.3~1	中及び硬岩、石	柔、ねばいもの
大型回転粉碎機 Gyratory large	"	"	"	35~3500	0.2~0.7	"	"
同 上 小 型	圧 縮 衝 撃	1~10	1/4~1 1/2	10~600	0.5~3	"	"
円筒型ロールミル	圧 縮	1/4~3	1/8~5/8	3~150	1~1 1/2	中及び強靱	すべすべしたかたまり
鬼齒ロールミル	剪断、摩砕、衝撃	3~20	2~8	5~1,000	0.2~0.5	もろいもの	硬岩石
回転ロッドミル	摩 砕(衝撃)	1/2~1	4~28 mesh	3~120	0.5~4	予粉碎	微粉碎
ボールミル・ペブル ミルチューブミル	摩 砕、衝 撃	30 mesh~1in	200 ~200 mesh	0.5~75	10~20	微粉碎 研摩剤原料	柔かいもの
衝撃ハンマーミル	衝 撃	10 mesh ~10in	48 mesh ~1/8in	0.2~600	0.5~10	研摩剤原料	微粉碎
スイングハンマ ーミル	衝 撃、摩 砕	20 mesh ~40in	325 mesh ~2in	0.05 ~400	1~200	研摩剤でないもの	研摩剤原料
カッターミル	切 断	1~12in	4~100 mesh	0.1~10	10~25	柔かいかたまり 繊維ゴム、プラスチック	硬いもの
リングロールミル	圧 縮	20 mesh~1in	325~ 20 mesh	0.02~20	5~200	柔かいもの 可なり硬いもの	研摩剤原料
摩砕粉碎機	摩 砕	1/8~1in	200~20 mesh	0.2~5	15~200	柔かい繊維状	硬いもの
流動粉碎機	衝 撃(摩砕)	100 mesh ~1/2in	1~ 30ミクロン	0.1~10		中位に硬い 飛散し易いもの	柔かく ねばいもの

*Recent Developments in Grinding and Grinding machinery in the Pharmaceutical and Fine Chemical Industry

fine chemistry の工業では比較的微粉碎が必要だが、間接的には全部の型の粉碎機が要求されることになる。ここでは主に中微粉碎機について述べる事とする。

中間粉碎

最近10年間の粉碎機の改良の内で最大のものは、殆んど完全に1つ1つの機械が動力化したと言う事である。動力モーターを直結する事に依つて、プラントの配置の融通性が増大した事は、化学技術者にとって明らかに便利である。しかし装置の効率の改善という点ではあまりはつきりしたものは無い。しかしベルトとか、プーリー系に駆動される力は非常に大きく、ギヤーのない機械でさえ全動力の12~15%が計上されている。一般に粉碎に用いられているエネルギーは、行程別に考えても又国内或いは世界的に考えても大きなものである。例えば1928年度の年間全世界セメント生産量は9千万 ton であるが、この為に2億五千万 ton の石炭とクリーカーが粉碎され、100億 kw/hr の電力が用いられている。これは大ベルリンの1929年の全電力の7倍にあたる。この様に粉碎のエネルギーは大きいので、そのエネルギーのロスを少なくする事は極めて重大な事になる。

色々の粉碎機についてのもう1つの一般的な改良は閉鎖した系の中で行えるようにした事である。小さな粒子を作るには粉碎域から篩別域へ移動させる為に空気や水が用いられ、特に穀物の様に食品を取扱う場合は芥等が混入しない様にしている。又衛生及び健康管理の必要なシリカとか危険性のある化学薬品を粉末にするには、芥の入らない、空気をきれいにする装置のついた粉碎機が絶対必要である。空気を処理する装置のついた粉碎機では湿った物をうまく粉碎する為に、熱した空気を供給する事が出来る様になっている。同様に酸化し易い物の分解を少なくし、或いは火災や粉塵爆発を防ぐ為には不活性ガスをを用いる事がしばしばある。米国の火災予防協会の粉塵爆発危険会議は色々の工業に用いる17条項を作り、その予防に積極的である。何んな粉塵でも閉鎖した状態で粉碎する場合、輸送管の表面に静電荷を帯びる様な条件下では強い爆発性物質が出来る。この静電荷を防ぐには放射性物質を用いると言うのは見逃がせない方法の1つである。⁵⁾

次に中間粉碎で良く用いられる粉碎機の1つ1つについて説明する。

1) Swing hammer mill (photo. 1)



photo. 1 高速 swing hammer mill: British. Jeffrey-Diamond Ltd.

Swing hammer mill は習慣的に繊維性物質を分解するのに広く用いられている。例えばアンゲリカの根、キナ皮、ショウガ、甘草等広範囲の商品を粉碎するのに用いられている。ハンマーミルは粉碎操作を止めないで、スクリーンを交換する必要がある様な場合に用いると便利である。この特長は同じ薬品を粉碎しその最終の粒子の大きさが色々の物を得る様な場合に利用される。

fine chemistry の工業で用いられる新しい型の粉碎機としては、完全にステンレスで作られており、ナイフエッジ、又はハンマーフェースがついた回転アームがある。⁶⁾そしてローダーの回転方向を逆転すると一方から他へ変える事が出来る。又スクリーンの面積が大きく、スクリーンの交換は秒単位で行われる。ミルの速度は5:1の比率以上に変えられる。fine chemistry 用としては200メッシュ迄分級出来るスクリーンがついている。⁷⁾抗生物質を含む医薬品に用いるのは水冷式が必要である。英国で作られている“Atomill”粉碎機⁸⁾には1/4馬力の実験室用から15馬力の生産用迄あり、色々の粒度の物が作れる様になつている。

2) Disc mill 及び peg mill

この方式では4,500回/分位の速度で回転して粉碎する傾向になつている。ローターはピンや peg のついた円板になつており、これが容器の中の同じ様な形の突起部或いは反対回転をするローターとびつたりくつついて回転するのである。その粉碎作用は衝撃と摩砕の組合せによるものである。この種の高速粉碎機の興味ある特色は、遠心力によつて空気の流れを起こし、ミル内の粉碎物を排出する事が出来る。Hek 粉碎機⁹⁾は新しい空気分離装置がついており、又火災や爆発の事故を最小にする様に不活性ガスをミルに吹き込む様に改良されている。他のディスクミルには円板の間隙を調節する為に水圧式レギュレーターのついたものがある。¹⁰⁾このミルは顔料、インク、チョコレート等の粉碎に用いられて

いる。ローターが高速度で回転すると言う事は樹脂状物質をゴム化させない様に衝撃を与えるのに是非必要な事である。Cronan¹¹⁾は円板直径27インチ、回転速度28,000 ft/minのピンのついたディスクミルについて報告しているが、このミルはポリ塩化ビニールとか、その他強靱性の物質の粉碎に特に適している。ステンレススチールやブロンズのピンが古くなつて来ると衝撃を与える物体に対して新しい面が出る様に1/4回廻される。

ピンディスクミルは流動の良い結晶性固体、医薬品等の粉碎に適している。

3) ボールミル

ボールミルは万能の微粉碎機であり、固いものも柔らかいものも、乾燥したものも湿つたものでも、色々の条件で用いられるものである。CoghillとDevaney¹²⁾は、ボールミルの作用について実験を行い湿つたものを粉碎するには乾いたものの場合に比べて39%も多くの機能が必要だとし、26%も高い効率が必要である。又摩滅したボールの効率は新しい球形のボールより11%低い。これ等の結果は1つの条件だけに適用され、ボールミルで粉碎するすべての場合、特に柔らかい物質を処理する場合にはあてはまらない。ボールミルは酸化マンガソ、重晶石、石膏、木材、小麦粉と言う様な非常に広範囲な物質を色々の粒度に粉碎する為、化学工業で広く用いられている。タルク、顔料、クリームの微粉碎にはvibratory ball millが適している様に思われる。此の様な式の空気をふき込む型のミルは入口の原料と出口の粉碎物を分けるバフフルプレートがあり、軸上にかゝっている不均衡錘に依つて振動を起す。¹³⁾¹⁴⁾不均衡錘が入口の端に強く作用して、端に強い振動効果が得られる。又周転円の運動を起させると同じ様な効果が得られると考えられる。¹⁰⁾

微 粉 碎

コロイドミル

化学薬品や医薬品を超微粉碎するのに最近用いられている粉碎機として幾つかの型がある。

Kingston¹⁷⁾はMicronizerという液体エネルギージェットミル流動粉碎機について書いているが、これは5ミクロン以下の粒度の物を作るのが目的である。この型の粉碎機は固体を液体に分散して粉碎室に注入する。そこで圧搾空気又は水蒸気の高速ジェットにあい、相互の衝突に依つて粉碎が起るのである。粉碎エネルギーは100 p.s.i.に圧縮された空気又は100~200 p.s.i.の水蒸気に依つて供給される。粉碎機の操作温度は0°C以下(空気をういた場合)から650~750°Cの範囲である。

そして原料粒子に最適の温度で粉碎が行われる。能力は

2 inch millの場合 1/2~4 lb/hrであり、30 inch millの時 500~3000 lb/hrである。Micronizerは化学薬品や医薬品の広い分野に用いられ、爆薬等の場合には消火装置の工夫がなされている。微粉碎用にこの様な流動粉碎機を使用する事が次第に増えて来ている。

Leclercq¹⁸⁾は10μ以下の微粉が与燃性のガスの中を運動している時には静電発火又は爆発を起す可能性があると考えており、硫黄、砂糖、polymethyl methacrylate, tetryl 及び Cordite についての綿密な実験データを示している。

細かい分散をすると医薬品や化粧品に効力を非常に良くするし、嗜好品の味や耐久力を強くする。それ故化学工業では“grinding”と言う言葉は“dispersion”と言う意味の操作と考えて用いられる事がしばしばある。

“Dispersator”と言う商品は分散と粉碎を適当に組合せたものであり、この機械はいわゆるコロイド状混合物又は乳化製品を作る為のものである。市販のコロイドミルは分散相を1μ程度の小さい粒子にする為、剪断方法を用いたものである。又コロイドミルの1つとしてpin millの形式を用いたものがある。

Steel-Shawの実験用粉碎機は非常に良く用いられており、その大型のもの(10 gal.能力の型)は現在でも盛んに用いられている。この機械は湿式又は乾式何れでも原料を粉碎し、ペイント、インク、染料、化粧品の実験的製造に広く用いられている。

化学薬品の微粉碎に依つて生じる塵埃は労働者の健康上しばしば脅威となつている。この為にファンやダクトが危険な箇所に取りつけられている。しかし最も理論的かつ経済的な方法はその発生箇所で塵埃をとり除く事である。Fuller-Kinyon ポンプ装置は50~1000 ft以上の距離からでも白土、ソーダ灰、粉末アスピリン、澱粉等の粉末材を取扱うのに有効な装置である。

実験用粉碎機

研究室から工業化実験室又は工場へ移行する場合、グラム単位からトン単位と化学薬品を同一粒径、粒状にして作らねばならない事があるが、此の様な場合に最も有効な道具はAngle-Disintegrator¹⁹⁾である。この機械は、crushing, grinding, pulverizing, shredding, triturating, 及び defibrising, するのに適当であり、又同時にhomogenizing, blending, dispensing, beating, dissolving, 又は mixing にも適している。多孔板式のステンレスの筒が鉄製のローターの排出部を蔽つておりローターの中心上に供給された原料はスクリーンの方向へと投げられる様になつている。

Sturtevant Engineering Co. は重晶石、ボーササイ

ト、長石の様な中位の硬さの物質や柔かい化学薬品を取扱える様に設計された小さなハンマーミル型の実験室用サンプル調整クラッシャーを製品として出している。

実験室用の jaw crusher には色々の製品が出ている。Casella 穀物粉碎機は実験用に穀物を粉碎する様特に設計されたものである。その他 vibratory crusher の原理を用いたものがあるが、これは数個の粉碎用ドラムがスプリングのついた枠にとりつけられたものである。超微粉碎用としては、“Polytron²⁰”という機械がある。これは強力な超音波発生機で240キロサイクル/秒迄の振動数及び1½ kw 迄の出力があり、コロイドを作るのに適している。

文 献

- 1) Exceeding Small. Manuf, Chem, 12 505. (1958)
- 2) Size Reduction Machinery. Manuf, Chem, 12 509 (1958)
- 3) J, C. Smith. Chem, Eng, August, (1952).
- 4) H. R. Broron. Chem, & Eng, News 29 502 (1951)
- 5) Atomics, March (1951). p 71.
- 6) W.C. Peck; Chem. & Ind, March 10, 157 (1956)
- 7) Chem, & Process Engineering 34, 115 (1953)
- 8) Chem. & Process Engineering 34, 143 (1953)
- 9) Brit, pat, 748, 813.
- 10) Brit, pat 789, 359.
- 11) C. S. Cronan. Chem. Eng. 10, 256, (1955)
- 12) Coghill, Devaney; U. S. Bureau of Mines Technical Paper, No 581.
- 13) U. S, pat, 2, 789, 773.
- 14) U. S, pat 2, 818, 220,
- 15) U. S. pat. 2, 819, 849
- 16) German pat. 1, 018, 946.
- 17) H. E. Kingston; Brit. Chem. Eng, May 30, (1956)
- 18) R. Leclercq; L' Industrie Chimique, Belge, 15, 3 (1950).
- 19) Lab, Practice January 41, (1954).
- 20) Chem, & Process Eng. July 37, 248 (1956).

§ どんな粉碎機が売られているか。

1) 摩 碎 粉 碎 機

“Atritor” 乾燥粉碎機 (Alfred Herbert Ltd.) と言うのは乾燥と粉碎が同時に行われ、空気を吹き込む型の摩砕機で、乾燥用の熱風はミルについている小さなコークス又は油のストーブから供給される。乾燥は物質が完全に乾燥されるか、湿気を残しておくかに依つて調節出来る様になつている。又製品を完全に細かくするか、或る程度大きなものにするか、要求に応じて調節出来る様になつている。(photo, 2)

この機械は泥、フィルターケーキ、半液体の様なべたべたしたものを満足に取り扱う事が出来る。高湿度の物

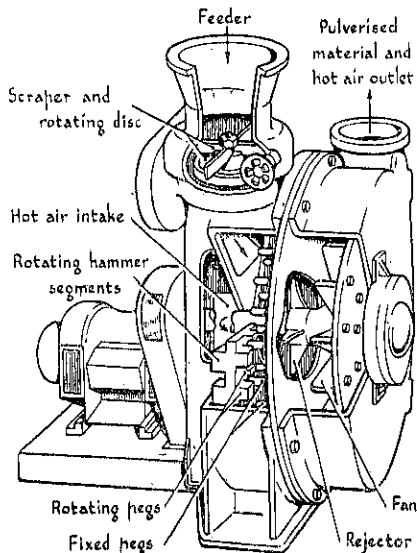


photo-2 “Atritor” dryer pulverizer

を取扱う場合には行程にかかる前に材料を調整しておく必要がある。湿度80%迄の物質は処理出来、乾燥効果は75~80%が普通と言われている。

2つ以上の物質をあらかじめ混合しておけば、乾燥及び粉碎中に同時に混合する事が出来る。

この機械のスピードはあまり高いものではなく、又そのデザイン、粉碎部の特別の材料のおかげで維持費は安い。

ファンが外にある型の Atritor は内部にファンのある普通の型の物から進歩した物であり、この目的は粗粉碎である。これは機械のスピードを落し、外にファンをつけて、ローターのスピードに関係なく大量の空気を機械の中に通し、各種粉碎に必要な限度内の空気量を調節出来る様にしたものである。

ファンが外にあるこの機械はもし必要なら微粉碎も出来る。それには単にスピードを変え、内部にレジエクターアームを必要な数だけ装備すれば良い。

Atritor の機械の7種の内5種は内部及び外部ファンのどちらにも使える型で、他の2種は内部専用である。

Torrance が最近出したものには1ミクロン以下の粒子を作る attritor がある。(photo, 3) この機械は¾インチ以下の大きさの小さい粉碎エレメントがタンクの中に入っている。攪拌機が内に入っているものを動かし、その結果急速に微粉碎が得られる。温度調節する為にタンクの周りに冷却用ジャケットが取り巻いており、もし必要なら加熱出来る。パイロット用¾パイポットの容量から大きい生産用迄、何んな粒度の物でも用いられる。

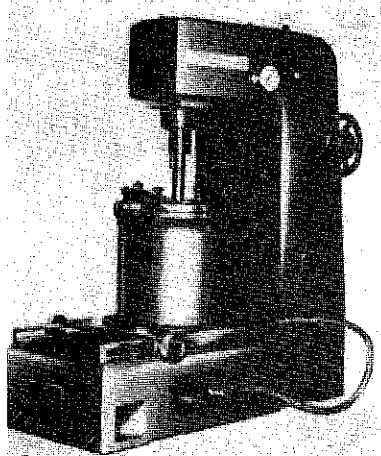


photo. 3 Torrance Attritor

2) Vibration Mill.

Podmore-Boulton の Vibro Energy Mill は特別な grinding 方式で、小さな力を高頻度に作用させると言う原理である。粉碎容量は粉碎室の少なくとも95%と言われ、grinding に用いられるスペースは媒体の空隙の容積である。mill の中で普通用いられる媒体は Alorite と言つて摩耗に抵抗するアルミナ体であり、円筒形をしていて、化学的に不活性で、酸やアルカリに犯され難い。このものはその硬さの為に摩耗速度が小であり、その密度が高く、あまり水を使わないで高粘度で湿潤粉碎を行う事が出来る。Alorite を使つても金属が混じり込む事はない。しかし原料が金属の混入を許す場合には steel-ball が同じ様に使用出来る。

この機械の長所は効率の良い微粉碎が容易に出来る事、汚染しない様にして粒子の大きさを厳密に調整出来ると言う事である。

粉碎室の全重量とその内容物は高抗張性の鋼のスプリングでさへえられ、heavy bearing の必要がない。始動のトルクは低く、従つて始動機を直接動かせる。それでクラッチやギヤーが不要である。粉碎行程中に起る熱は容器の一番上から抜ける。又粉碎された粉末を取り出す間も動いている。そしてチクソトロピックな物質の取扱いを容易にしている。又テスト用サンプルを機械を止めずに取り出す事も可能である。

この機械は6種あり適用範囲としては乾いたものも湿つたものも粉碎するのに向いている。mill は open circuit 又は close circuit でバッチ式でも連続式でもどちらでも調整出来る。

3) コロイドミル

Moritz Chem. Eng. Co, Ltd. は標準の縦型コロイド

ミルの他に水平型の仕上げ用のミルを作つた(photo.4)。これはその効率を増大させる為に切断作用を特に強くさせている。凹型のステーターの内で高速度に回転する凸型の円錐形の講のついた粉碎部分に水平のシャフトがついている。粉碎機にはローターとステーターの間隔を調整する度盛りのスケールのついた微細な調節装置がある。これによつて最終製品の粒度を調整する事が出来るし、かなり長い間動かした後も故障を保障する。

(photo. 5) に示した mill は研究室用だが、工業的用途或いは高出力用等広範囲に用いられている。



photo. 4 コロイドミル (Mortizchem, Eng. Co, Ltd.)

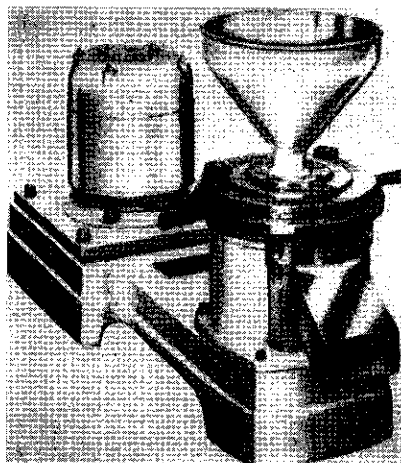


photo. 5 コロイドミル (Premier Colloid Mills Ltd.)

4) Comminuting Mill.

Apex construction Ltd. で研究された新しい No.170 の comminuting mill は、1~25ミクロンの超微粉碎を得る目的のものである。(photo, 6) この機械に依つて湿つた果粒や乾いた果粒、湿つた粉末や乾いた粉末を激しく混合する事が出来る。この機械は No. 114 の

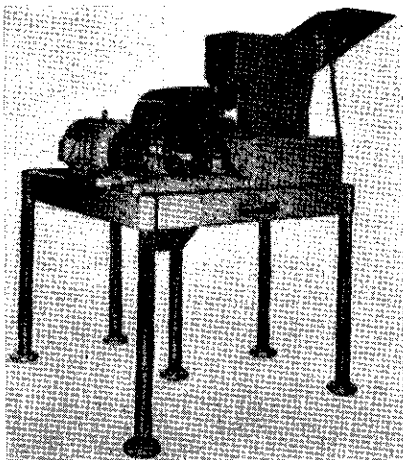


photo. 6 Comminuting mill
(Apex Coustruction Co.)

commin-uting mill を大型にした物であり、この設計には幾つかの改良した様式が入っている。即ち粉碎室の横の面は垂直な平面からなっており、これによつてねばねばした物質がつまらないで粉碎室を通れる様になっている。更にベアリングは迷宮型のグリースシールで設計されている。各ベアリングはグリースバルブで取り付けられており、このバルブによつて過剰のグリースや用の終つたグリースが取はずし可能なグリースカップに排出される。

ミルは15HPのモーターで直接動かされ、そのモーターは同時に、6 inch のスクリーフィードを動かしている。普通は 6,000 r. p. m. の速度が標準であり、連続的に生産する為に原料がエレベーターで feed される様にホッパーを設計してある。機械はステンレススチールで作られており、6,000 lb/hr 迄出力がある。

5) "Tornado" Mill.

F, J. Stokes Corp. は "Tornado" Mill を作った。これは 360° の篩部分のついた粉碎及び混合機である (photo. 7)。そしてこの機械は3つの大きさに使われる。原料は普通の垂直シャフトにくつついた回転刃のクラッシュャーで粉碎及び混合される。これに依つて空気の流動が起り、ローターの回りを完全にとり囲んだ円筒形のスクリーンに高速度で粉体を外の方へはね飛ばす。この行程で原料は特別に細かいものを除き均一な粒度のものにする事が出来、完全に混合される。

特別な原料の場合には一番良い結果が得られる様に刃の数と配置を変える事が出来る。即ちローターのシャフトに2~14本の刃をつける事が出来、一方スクリーンの目は希望の粒度に変えられる。原料と接触するミルの凡ての部分はステンレススチールで作られている。

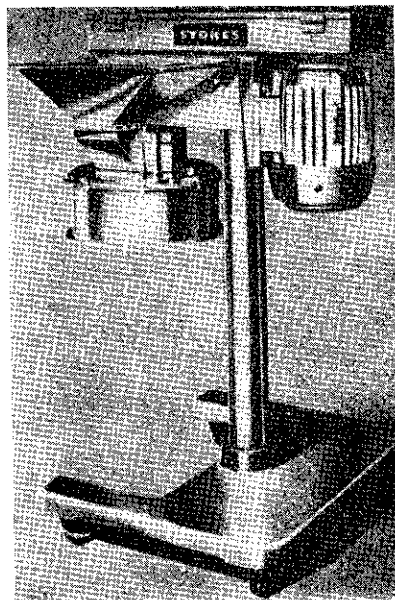


photo. 7 "Tornado" mill
(F. T. Stokes Corp.)

この mill は写真で見える様に垂直の柱に横棒がさゝえられ、これにモーターと粉碎ヘッドがぶら下つた簡単な装置である。粉碎スピードはモーターと grinder についた3段のプーリーによつて3つの比で加減出来る様に変えられる。ベルトは安全と清潔のために全部納められ露出していない。現在の標準ユニットは車の上にのせられており、持運びが便利である。

結 論

以上書き記した事は文献の単なる直訳に過ぎない。しかしここに書いてある事は我々化学者にとつては啓蒙の役に立つと思うし、機械の専門家にとつても幾つかの新しい事実を発見されると思つたので、あえて掲載した。この小文が少しでも読者の興味をひけば幸である。

(編集者よりのおわび)

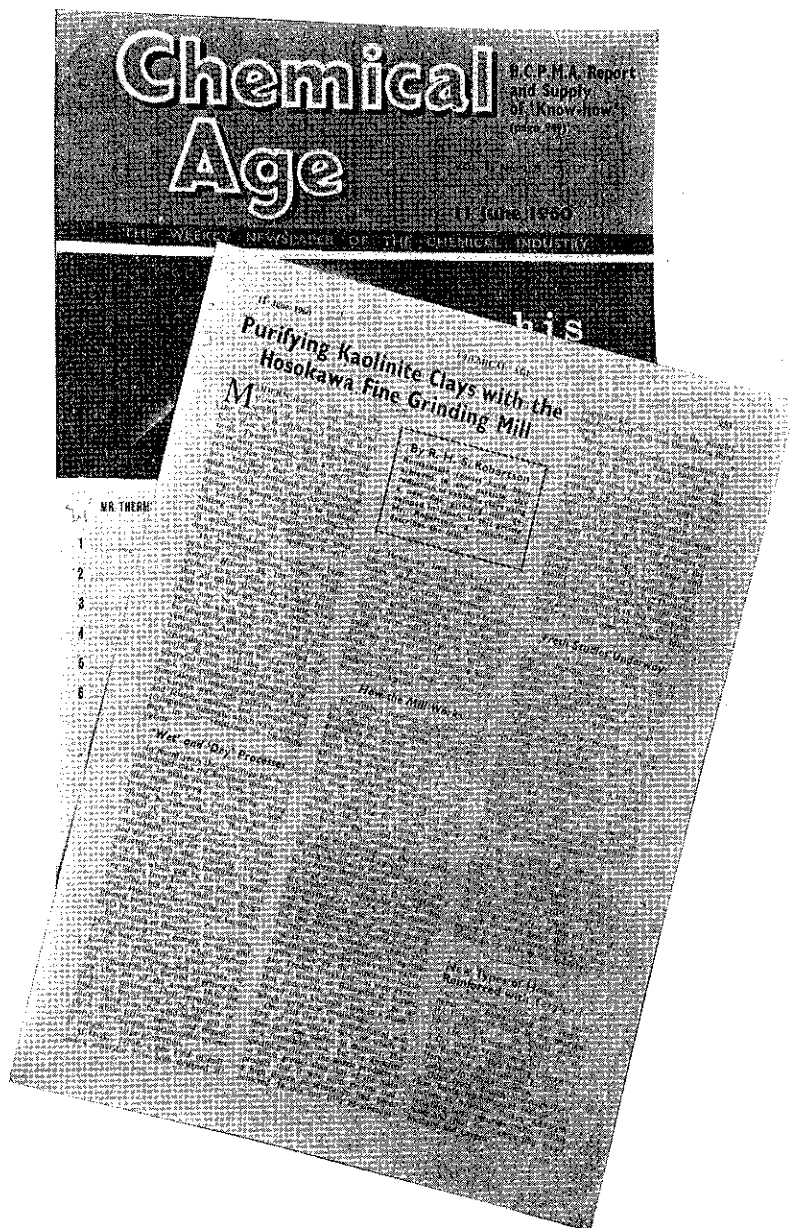
本文献紹介は紙面の都合により、前篇においては一次粉碎(粗砕)の項を、又後篇においては従来よりよく知られている粉碎機についての記事を割愛させて頂きました。ここに著者並に読者諸君に深くお詫び申し上げます。

Chemical Age に紹介されたスーパーミクロンミル

ヨーロッパに於ける著名な粉体工学コンサルタントR. H. S. Robertson氏がスーパーミクロンミルによるクレーの粉砕分離について紹介記事をChemical Age 11, June 1953 (1960)に執筆された。Robertson氏はスコットランド人で粉体工学に関して英国のみならずヨーロッパの主要化学工業会社のコンサルタントとして名声高く、見かけ比重、粉体の形状係数、Rugosity (多孔性係数)等のマイクロメリテックスの分野で研究発表が多く学術誌、業界誌に71篇の投稿をされている。3月23日Billingshurst, SussexのHosokawa International Exhibition Factoryに來られ、スーパーミクロンミルによるクレーの粉砕、分離テストを見学して紹介記事を出された。流石に粉体技術のエキスパートらしく、知識も経験も豊富であり、その討論と示唆に傾聴すべきものが多かった。

(註)スーパーミクロンミルは欧米に於てHosokawa Fine Grinding Millの名称で呼ばれている。

(松山)



◎原稿募集◎ ‘粉砕’第6号は12月に発行の予定です。粉砕に限らず粉に関係のあることならなんでもお気軽に原稿をお寄せ下さい○研究報文○綜説○解説○講義○新技術紹介○文献紹介○随筆○一枚程度の埋草等々○原稿に切制限ありませんが第6号分は10月末にまとめる予定です○原稿料若干○御申越次第専用原稿用紙をお送り致します◎

赤穂海水工業株式会社を尋ねて

初夏の薫風を切つて山陽路を紺のルノーがつまばしる。相生を過ぎて高取峠を越えれば、もう塩所赤穂の町である。大阪を出て三時間半の快適なドライブを満喫した私達は、目指す赤穂海水工業株式会社の正門をくぐった。

工場長河辺正氏は苦汁工業の権威で、吾が国で初めて高純度の水酸化マグネシウムの製造に成功し、利用の道を開かれた人。昭和31年紫綬褒章受賞の榮譽を受けられた。以下は氏と、細川鉄工所松山卓蔵技術部長の粉砕よもやまばなしである。



松山 先づ製塩と粉砕と云うことの結びつきから初めていただきましょうか。

河辺 私共の工場では海水から食塩を採る事が本来の仕事ですが、食塩を採った後の母液、つまり苦汁からマグネシウム分等の海水の主成分を分離して、二次製品を得ております。この工程に粉砕、分級、篩分等の仕事が入ってくるのです。

戦前でも海水から水酸化マグネシウムの製造はあったのですが、当時はマグネサイトが満州、北鮮から豊富に入っておりまして、あまり採用されていませんでした。純度も CaO として5%もありました。

戦後、高純度のマグネシウムを海水から採ろうと云うことが国策としてとりあげられまして私の方も苦汁から水酸化マグネシウムを造ることの研究に着手、昭

和24年頃には300mesh程度で純度98%位のもので得る事が出来ました、その頃、日本アスベストから相当量の需用があるからやつてみないかとの話があり、細川のミクロンミルなら出来るだろうと云う事で5IP型を購入したのが、確か昭和25年です。早速試験をしたところ、殆んど300mesh pass、不純物が CaO で1.5%と云う結果でした。その後、日本アスベストとtie upしながら現在のスーパーライトの製造に協力していましたが、月産100~150tonが要ると云う事になって昭和27年にミクロンミル20IP型を設備し工業的な生産にのり出しました。

苦汁中のマグネシウム分は石灰を加えて水酸化マグネシウムとして分離しますが、この中に不純物として酸不溶物、シリカ、重金属、更に Al_2O_3 、 Fe_2O_3 やまだ焼けていない石灰石もある訳です。これらが重いためにミクロンミルの機内に残留して負荷が大きくなり、終には運転を中止して掃除をしなければならない。何とかこの異物を運転中にも取出せないかと色々やつてみましたが、結局粉砕室に穴を開けて、ここから定期的にたまつた異物を取り出して、何とか300meshの品を造っていましたが、どうも能率がよくない。そんなとき京都大学の亀井先生がたまたま会社にお見えになつて、栓のあけたりしめたりをごらんになり、

「そんな事をしなくても細川鉄工所ではノズルと云うもののついた粉砕機が出来るとよ」と云うことで、それではと云うので現在のスーパーミクロンミルの20IPを買入れたのが昭和28年でした。その後、以前に買った旧型のミクロンミルもノズル式に改造し、昭和32年にも一台買入れて順調なスタートを切つた訳です。

松山 現在粉碎，分級関係の設備は？

河辺 粉碎機としては，スーパーミクロンミル5 IP 2台
20 IP 3台，粗砕機1 IP 1台，カッターミル5 IP 1台，
ハンマーミル10 IP 1台，ミクロンパルペライザー3 IP
1台です。その他ミクロンセパレーター一式，パイプ
シフター1台，輸送装置，マグネチックセパレーター
等がありますがこれらは全部細川さんの製品です。目
下御願ひしている乾燥，粉碎を一挙に行うマイクロド
ライヤーにも大いに期待しています。

松山 (すかさず) 毎度ありがとうございます。(笑)

河辺 いや私共の場合細川さんが性にあつたと申します
が，色々な問題をもつて行つては相談するのですが，
こう言う場合にはこの機械と縋てそちらで選定しても
らつて買つたものばかりですが，それが何時もびつた
りと合つて，お蔭で順調に今日まで来た訳です，殊に
何よりも私共の仕事にあてはまつたのはスーパーミク
ロンミルのノズル機構です。

松山 なるほど

河辺 私共がスーパーミクロンミルで粉碎する目的の一
つは勿論300mesh 以上に粉碎することですが，もう一
つの重要な目的は，これが精製装置として純度向上に
不可欠のものなのです。例えば乾燥した水酸化マグネ
シウムをスーパーミクロンミルに通すとノズルから滓
が1割程出ます。これによつて先程も申しました重い
異物が除去されて，水マグの製品の見掛比重は0.25～
0.3 になります。ノズルより排出されたものは殆んど
が不純物ですが，見掛比重は1.0 位です。ミルに通す
前の原料は $Mg(OH)_2$ が95～96%， SiO_2 0.15% R_2O_3
0.78% $CaCO_3$ (これはまだ焼けていない石灰石が混
つている) 0.44%と云つたものですが，これが製品
(工業用水マグ)になると MgO が67%， SiO_2 0.05%，
 CaO 0.3%， R_2O_3 0.07%に精製されます。化合の場合
にも不純物は除去されますが，殆んどはノズルで分離
除去されています。

松山 もつてこいのそのものずばりですね。(笑)

ノズルの分離効果は他にもクレー中のシリカの分離，
珪砂中の硫化鉄の分離，酸性白土中の砂の分離又は，粘
着性物質の機内粘着の防止等に甚だ有効ですが，ここ
の場合は私の経験の中でも最も顕著な例の一つです。

河辺 ミクロンセパレーターについても同じ事が云える
訳で，現在1,000 mesh 程度の製品を得ておりますが，
戻り滓によつて製品の純度を上昇させており，これも
分級装置であると同時に精製装置でもある訳です。私
共の場合純度上昇の目的に細川さんの機械がよく合つ
たと云う事が出来ましよう。

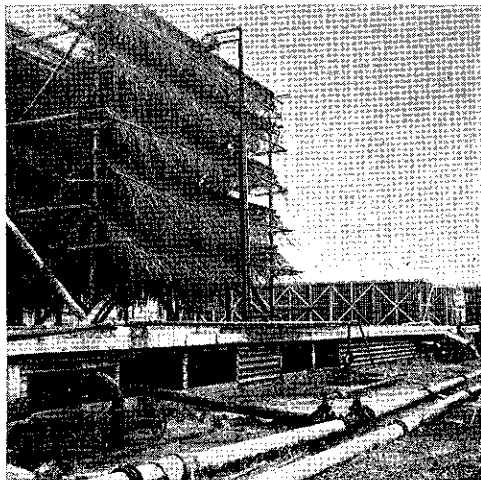
それから当所では MgO をミクロンミルで粉碎する

際に機械内の附着防止のため，焼いてまだ冷えきらな
い 200～300°C の原料粉をそのままミルに供給して成
功しています。

松山 それはよい方法ですね。現場的な工夫で大いに参
考になります。

現在この方面での製品はどう云つた用途に用いられ
ているのですか？

河辺 水酸化マグネシウムは工業用，国民医薬用，肥料
用に用いられています。又第二次製品としてこれを焼
いた酸化マグネシウムも工業用(いわゆる煅マグ)，
局方，又ゴムに使用する純度の高いもの，1700°C 位



で焼いた高純度のマグネシウムクリンカー，3,000°C 位
で焼いた電融マグネシウム等多種類の製品をつくつてい
ます。

松山 私は素人なのですが，工業用水酸化マグネシウム
は何に使われるのでしょうか？

河辺 焼灼して耐火物にも使われますが，私の方では大
部分が保温材に使われています。その他触媒や電気方
面です。

松山 電融マグネシウムのような高純度のものは？

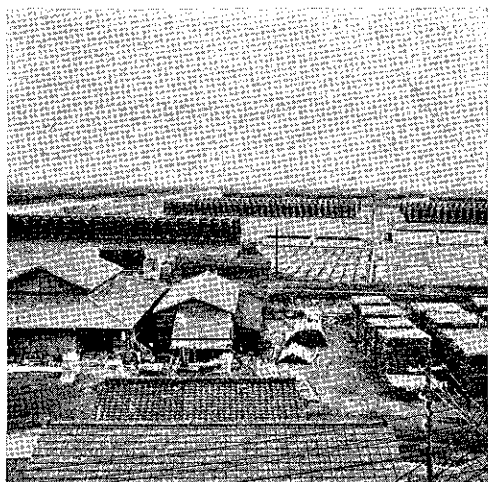
河辺 大部分電気方面です。電融マグネシウムは現在日本
では私の方のみが製造しております。

松山 高純度の炭酸マグネシウム，水酸化マグネシウム
をつくつているのはここだけですか？

河辺 最初にやり出したのは私共の方ですが，その後特
許もぼつぼつ出ております。私の方はその二次製品に
進歩しておりますが，高純度のものはだんだん広まっ
て来ました。

松山 何か細川の機械について御意見はありませんか？

河辺 ノズルは水マグの場合約一割が出ますが，もつと
多く出るようになりませんか？



松山 以前BHC用に大きな穴を開けたことがあります
が、あまり大き過ぎて全部出てしまった(笑)。まあ
調節が出来ればよい訳ですが……

河辺 ノズル穴は私共にとって誠に重要な問題で、粉碎
の能力にも影響しますし、loadの調節にも役立ちま
す。

松山 この場合は見掛け比重が小さいから、一割程度で
止まりますが、重いと大量が出る。最大公約数的には
むづかしい問題です。ノズルから出る水マグの量は何
の位ですか？

河辺 そうですね。MgOとして20%程度でしょうか。

松山 これは更に回収されるのですか？

河辺 いやこれはMgの含有量の少くてすむ肥料の方に
廻しています。肥料の方はシリカ、鉄、アルミナは微
量元素として役立つっておりますから、純度向上のため

に思いきつてノズルから出しても、肥料にミネラル物
質をそれだけ添加することになる訳です。

松山 どちらに転んでも損はしませんね(笑)

私はこの2月から5月までヨーロッパに居りました
が、ノズルの機構は世界的なものだと思います。外国
のEngineerも興味をもっておりましてし、クレー屋
等は非常に注目していました。

河辺 しかしあの時期まで、これを知らなかつたと云う
のは粉碎機屋さんにも大穴があつたものですね(笑)

私は思うのですが、一つの工業が進歩発展するため
には、その工業にぴつたり合った機械の選定が如何
に重大な問題であるか云う事です。余談になりますが
が、大学のある先生(確かミウラ化学の三浦貢氏が
大阪の市大で講師をしていられたときのことだと思
いますが)卒業を間近にひかえた学生達に、化学機械
の講義で、どう云う原料に対してはどのような型式の
機械があり、又これらの機械はどのメーカーで造られ
ており、特徴はこうである、と云つた内容の事を話さ
れたとききましたが、これは本当に実社会に出て直ぐ
に役立つ親心だと思つて感心した事があります。理論
も勿論大切ですが、こう云つた実面知識も現場の
技術者には明日から必要なものでしょう。

松山 その通りですね。私も大学のメシを長年喰つてき
ましたが、今の大学ではそれが少し欠けております
ね。大学で教えている応用化学は実面とどうも浮き
上るので、卒業生は実社会に出てからもう一度勉強し
直す必要に迫られるのではないかと思います。

いや、とんだ所へ話が飛びました。

(まだまだ話はつきないが、紙面の都合上割愛せざる
を得ない。乞御容赦。編集子)



粉 碎 異 色 10 題

粉碎の難問題を提出します。
頭をひねつてそのものズバリ解決して下さい。
どうしても迷案(?)が浮ばないときはどうぞ85頁を……。

1. 豆腐を 300 mesh 位に粉碎して下さい。
2. 木の葉の粉碎
3. 葱の粉碎(一寸難問、微塵切り等は粉碎の内に入らぬ)
4. ウイスキーの粉碎(新発売//粉末ウイスキー)
5. 水の粉碎
6. 馬鈴薯の粉碎
7. 津浪の粉碎(ノーベル賞ものです)
8. 鱒の粉碎
9. 大根の粉碎
10. 地球の粉碎(あまり物騒なものは考えないで下さい)

(G・O)

化 学 工 業 と 粉 碎 機

営 業 部

戦後、化学工業の発展に伴つて吾々の粉碎機も化学機械としての大きい役割を担うことになりました。微粉碎によって得られた粉体は後の工程の分級、捕集、集塵、輸送機等の粉体機械と密接に関係し、それらの装置の発展と改良を促します。吾々はこの一聯の分野の勉強を心がけています。

第二次大戦後化学工業の発展は加速度的に上昇し、それらに必要な生産機械も一段の発達を遂げました。その中であつて粉体工学機械の必要性も大きくもり上りレオロジーの問題がとり上げられるや、粉体に対する関心も益々高まつて参りました。弊社製機械も戦前に比べて非常に広範囲の業界で御使用を頂き、化学機械としての、重要な部門で役割を果たすように成りました。その傾向の一端として、粉碎機、分級機の用途は有機化学工業関係で飛躍的に増加し、就中高分子化学業界での必要性は驚異的であります。合成樹脂部門をはじめ合成繊維、パルプセルローズ、木材、皮革、ゼラチン等での粉碎機、分級機、混合機の需用は非常に大きい割合を占めております。これらは、反応速度の促進とか均質な混合と云う工程上の目的に属しますが、その他最終製品として品質管理上の目的の場合も多くなりました。吾々としては粉碎を反応速度の増加、混合、成分の分離以外に商品価値の向上の一項目をふやして考えています。高分子化学に次いで医薬、農薬、染料、油脂、燃料、樹脂、ゴム用増強剤、食品化学等への需要は倍加され、更に無機関係では農薬、顔料、鉱業、電池、金属、樹脂ゴム用充填剤、陶磁器窯業、研磨剤、その他の業界市場で御愛用願つております。

弊社では粉体工学機械の発展の為、欧米諸国の技術を研究し、各有名機械の性能を調査しております。一概に云つて吾国の粉体工学機械特に粉碎機分級機については外国商品に比し優に競争的立場にある事を知り更に研鑽に努めております。弊社製スーパーミクロンミル、ミクロンセパレーターは欧米市場でもその機構の優秀性を高く評価され、輸出も活潑になつてまいりました。

目下各産業界で御使用御研究願つている弊社製粉碎機分級機、混合機、乳化工機（デイスパーミル、コロイドミル）粉碎乾燥装置（マイクロドライヤー）等の内特に興味あるケースについて御紹介致します。

但し記述は御需用家の利害を考えて出来るだけ概念的な言葉を、詳細に亘つての御説明は致しておりません。

1. 合成樹脂の粉碎分級について

一般に樹脂は融点が低く、附着性強く、可塑性があり微粉碎は困難なものとされております。例えばフェノール樹脂の 200 Mesh 99% Pass の粉碎装置は粉碎機のみでは連続運転出来ず、短時間で融着を起します。この場合 ミクロンパルペライザーをサイクロン捕集にて、200 Mesh 60% Pass 程度の粉碎を行い、ミクロンセパレーターにて分級し、微粉を捕集し、粗粉を粉碎機にリターンする循環形式をとれば連続運転は可能であります。

2. パルプの粉碎

パルプの解砕は特殊ハンマーミルのサイクロン捕集によつて連続運転可能、又この場合原料形状は特殊のワイダーの使用により板状又はロール（シート）にて定量的に投入出来ます。

微粉碎は上記製品をミクロンパルペライザーの特殊タイプにフィードする事に依つて 70 Mesh 以上の製品を得る事が出来ます。尚この場合送入空気に冷風を使用すれば能力は増大し、製品の部分炭化を防ぐ事が出来ます。

3. ビニール系合成繊維の再生用粉碎

ナイロン、ビニロンの塊屑はハンマー先端の突がつた特殊ハンマーミルにて粉碎され、繊維屑はカッターミルにて切断され得、加工し易いチップ状にする事が出来ます。

4. ベニヤ合板用単板の粉碎

最近よく家具等に用いられるプライボードの中身になる、マッチ軸状木片はベニヤ単板をハンマーミルにかけける事によつて、均一な木片を得る事が出来ます。尚この場合吸引式にてサイクロンで捕集すれば微粉量を少くし均一度を高める事が出来る。

5. 医薬品の造粒に特殊ハンマーミル

錠剤関係にて使用する球状造粒機として弊社では特殊ハンマーミルを扱つています。これにはダンゴ状の湿潤塊を投入し、0.1%乃至数%程度迄の造粒及び粒度の均一化に非常に能力が有ります。

6. ステアリン酸誘導安定剤にガーネットロール

非常に融点の低い有機酸誘導物の安定剤又界面活性剤

の粉碎は普通の衝撃式粉碎にては瞬間的に溶解、機械内に融着凝固してしまいます。この場合原料の形を一定のブロック状としガーネットロールにて切削粉碎する事に依つて20~80 Mesh の粉碎は可能であります。葡萄糖の粉碎にも使用されております。

7. 水中での油脂の乳化

謠にもあるように水と油とは混り難いものの代表であり、普通の攪拌式乳化機では殆んど乳化出来ない場合が多々あります。高速度乳化機デイスパーミルは高能率にて長時間乳化の役割を十分果たします。

8. 鉱石、粘土類の微粉碎と異成分分離を同時に行うスーパーミクロンミル。

クレー、タルク、粘土をスーパーミクロンミルに掛ける事に依つて、製品は300Mesh 以下に超微粉碎され、特殊ノズル式分離機から酸化鉄、珪砂等の異物質を取り除く事が出来、品質の向上に優秀な効果を収めております。クレー、粘土はゴム充填剤として成分の均一性と超微粉が要求され、タルクは製紙用、化粧品用として使用される場合白度が要求されます。スーパーミクロンミル粉碎物はこれ等の要求に最適です。

9. 軽質炭酸カルシウムの乾燥粉碎にマイクロドライヤーの使用。

軽質炭カルはゴム充填剤としてそのまま又は脂肪酸でコーティングされて多量使用されていますがその工程は炭酸カルシウムを水中に浮遊沈澱物として生成させ、これを浮遊脱水し天日乾燥するが、これには広い乾燥場と長時間を必要とし、又天候による乾燥むらがあつた。

マイクロドライヤーは沈澱物に相当量の(60%)水分があつても乾燥、粉碎、分級操作を一挙に行つて最終製

品を得て革命的に工程の合理化が出来ます。

10. 顔料の微粉碎及び分級

無機顔料には、金属酸化物が多く、顔料の要求される特性として附着性が有ります。これは粉碎機にとつては非常に苦手の性質であつて、機内への附着の為連続運転は困難であります。これ等の粉碎分級機的良好結果例として、

イ、弁柄の粉碎にはスーパーミクロンミルを使用し、その微粉碎に成功している。この場合ノズル分離機は珪砂の除去に一役かつている。品質は向上し、大きな水洗タンク、湿式粉碎機、乾燥機、解砕は不要となりました。

ロ、酸化チタンは顔料の内でも特に附着性の強いものの一つで、機内、配管、シュート、ホッパー、タンク、サイクロン等と粉碎操作が長くなる程、各部分に粉体が附着成長し、遂には閉塞し、運転を中止しなければなりません。この場合閉塞の防止と、各機の掃除の簡便なる事が必要です。

ミクロンパルペライザーはこれらの点に便利よく作製され、重宝であります。更にミクロンセパレーターを附設して超微粉を得られます。

ハ、亜鉛華はチタンホワイトに匹敵する白色顔料ですが、附着性の強い点でも同様の性質をもつております。これの粉碎にはチタンホワイト同様ミクロンパルペライザーが使用されていますが、更に微粉を得る為にミクロンセパレーターに特殊の附着防止装置をつけ、優秀な分級性能を発揮しております。

その他興味のあるデータは多々あります。次表の如く代表例をとり産業別に記載致します。

業 種	原 料 名	機 種	業 種	原 料 名	機 種
有	医 薬	ペニシリン、サイアジン その他	合成繊維	ナイロン屑、ビニロン屑	特、H.
		錠剤用		ナイロン繊維、ビニロン繊維	Cu
		甘草その他生薬	繊維質	人絹、木絹、麻屑	M.P. Cu
		実験室 研究所用		パルプ、リンダーパルプ、 セルロース誘導物	特、H. M.P.
	農 薬	B.H.C. P.C.P. 農薬スプレー用	木材工業	ベニヤ合板	H
機				壁 剤	H
	合成樹脂	フェノール樹脂 ユリヤ樹脂、 エポキシ樹脂、メラミン樹脂、 スチロール樹脂、ポリエチレン樹脂、 アクリルニトリル樹脂		木 粉	H, M.P. S.M.
			油脂燃料	パラフィン、ステアリン酸 タールピッチ、水+油 の乳化	G.R. D.C.
	天然樹脂	ロジン	皮革及骨	牛皮、再生革 鯨骨、 (活性炭及ニカワ用)	H.

	ゼラチン, ニカワ	H.	ゴ ム	再生ゴム	C.P. V.S. M.S.
	魚粉	H. M.P.	肥 料	硫酸, 燐酸塩	H
食 品	葡葡糖, 砂糖	G.R. V.S.	顔 料	亜鉛華, 亜鉛華チタン白, 鉛白, 鉛丹, ホワイトカーボン	S.M. M.S. M.P.
	馬鈴薯	H.	鉱 業	酸性白土, 滑石, 礫石, グレー, 木節粘土, タルク, 消石灰, 石灰石, 珪藻土, カオリン, イルミナイト, カドニラン岩, ジルコンサンド, ジュナイト, ゲルマニウム, 蛇紋岩, ペントナイト, 重晶石, ウラン鉱, ボーキサイト, 雲母	H.S.M. M.S. M.S.
	小 麦	T.	金 属	マグネシウム, ラニーニッケル, 銅粉, 亜鉛末, モリブデン, アルミニウム, ダライ粉	M.S. H. M.
	ココア粉末, 西洋栗の実, 鶏卵黄, 酵母ウコン, ナット	M.P.	電 気	フェライト 鉛粉	S.M. M.S.
	米	T.	ゴム充填剤	軽質炭カル, 重質炭カル, 硫酸バリウム, グレー, カタルボ, 珪藻土, 硫酸マグネシウム, 炭酸マグネシウム, ホワイトカーボン	S.M. M.S.
	ナンバキビ	Cu. M.P.	陶 磁 器 業	アルミナ, カーボンランダム, ジルコンサンド	M.S.
食 品	澱粉	S.M. M.S. D.	窯 研 磨 剤, ガラス	ガラス	M.S. V.
	マヨネーズ	S.M. M.S. D.		珪 砂	M.S.
ゴム薬品	加硫剤, 加硫促進剤, 老化防止剤 安定剤, 発泡剤	S.M. M.S. M.P.		B ₄ C. W.C.	M.S.
染料及有機顔料	染料及びレーキ, 染料中間物	H. S.M. M.S. C.	氷	氷	I.C.
炭素関係	黒鉛	S.M.			
	コークス	M.S.			
	活 性 炭	I.C. V.C. M.S. V.S.			
	カーボンブラック	S.M. M.S.			
	木炭, 無煙炭	T.			
塗 料	ペイント, インキ	D.C.			

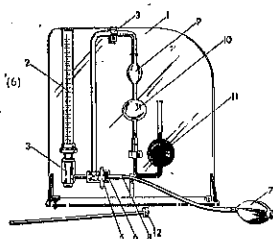
〔機種略号説明〕

S.M.	スーパーミクロンミル	(超微粉砕機)
M.	ミクロンミル	(微粉砕機)
H.	ハンマーミル	(粗, 中砕機)
特.H.	特殊ハンマーミル (切断, 造粒等の特殊用途)	
M.P.	ミクロンパルベライザー	(微粉砕機)
SaM.	サンプルミル	(試験機)
Cu.	カッターミル	(切断中砕機)
C.P.	コーンパルベライザー	(磨砕中砕機)
V.C.	バーチカルコーンミル	(解砕中砕機)
I.C.	アイスクラッシャー (氷, 樹脂等の粗砕機)	
T.	自動篩付粉砕機	(中, 微粉砕機)
D.	ディスパーミル	(高速度乳化機)
C.	ミクロンコロイドミル (高速度乳化湿式粉砕機)	
M.S.	ミクロンセパレーター	(分級機)
V.S.	パイプシフター	(篩分機)
V.	V型ブレンダー	(混合機)
P.M.	ポニーミキサー	(混合捏和機)
G.R.	ガーネットロール	(切削粉砕機)

Das Permeabilimeter

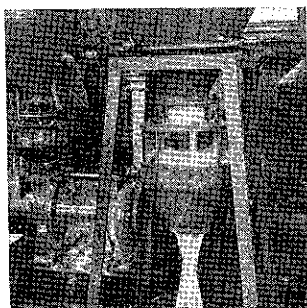
(フリードリッヒの比表面積計)

比表面積の測定は Blaine 法又は Lea-Nurse 法により行われるがこれ等は粉体をプランジャーで圧縮成形した試料を作ることによる。Dr. Friedrich の比表面積計は試料の成形は必要でなく、従つて軟質で、容易に変形し易いサンプルの比表面積測定に適する。構造は図に示す如くで、測定原理は Kozeny-Carman 式によることは勿論である。但し比表面積測定の範囲は 500~4,000 cm²/gr であり、超微粉の測定には適しない。応用できる粉体としては、メリケン粉等の穀粉、石炭粉、合成樹脂、重合体、塩類、ガラス粉、珪砂末、セメント等の如く (6) 中微粉が簡単に計れる。価格は D.M 500 マルク



参考文献

Chemie-Ing. Tech. Nr 2, 104 (1957) (松山)



オート・バルバーの特性とその応用

細川鉄工所 技術部

I. は し が き

本誌No. 4 にて発表したオートバルバーは新しいタイプの粉体処理機械として各方面より注目を集め、短期間に多くの引合いと注文を受けました。その後改良を重ね現在十数台がロータリーバルブやスクリーンフィーダーに替って陶器、電池、塗料、製薬等の工場で使用されております。

オートバルバーの最も大きな特徴は次の4点であります。

1. 回転部分と機械的摩擦部分がないので処理物を粉碎したり、粘着させたりする心配がない。
2. 調節範囲が非常に広く、且つ遠隔操作が容易である。
3. 振動の有効な利用によって bridge formation が完全に防止出来る。
4. 電流を切る瞬間的に排出を停止するから、自動秤量装置の feeder として使用出来る。この際振動によつて粉体の見掛比重が増すので袋詰めに有利である。

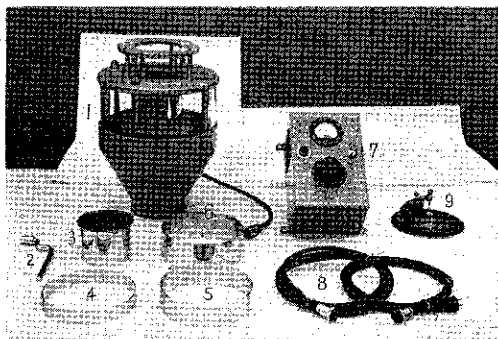


Photo. 1 オートバルバー (A.V-II) の完全セット

1. オートバルバー本体,
2. 専用ボックス
3. 内筒 ($\ell = 20\text{mm}$ 用) $\ell = 10\text{mm}$ 用は機内に装着
- 4, 5, 6, 調節輪,
7. 電源函
8. コード,
9. レベル・インディケーター

オート・バルバーの構造、動作については前回に説明致しましたので、今回は二三の性能テスト結果と使用法、応用例等について述べます。

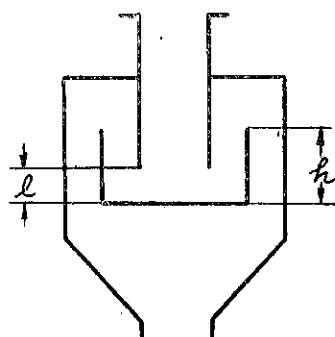


Fig. 1

II. オートバルバーの流量調節法

次の三点により排出能力を調節する事が出来ます。

1. 電源電圧 (E) の調節

これは運転中における調節法で、電源装置 (Photo. 1 中7) のスライダックの調節により遠隔操作で無段的に広範囲の調節が出来ます。

2. 内筒と振動槽の間隙 (ℓ) の調節 (Fig. 1)

3. 振動槽深さ (h) の調節 (Fig. 1)

上記二点は使用条件 (粉体粒度、見掛比重、流動性、容器内外の圧力差等) に応じて機内にてセットします。

このセットの仕方がオートバルバーを最も効果的に働

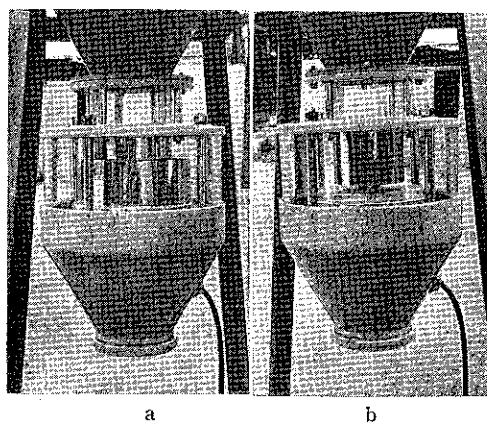


Photo. 2

かせる鍵となります。例えば、容器内外の圧力差が大きい時、又は粉体が自然流動性を持つ時、見掛比重の極めて小さい時等は振動槽深さ h を大きくします。(Photo. 2a)

又、材料が粒状で一定の安息角を持つ時は振動槽をFlatな皿にすると最大能力を発揮します。(Photo. 2b) 容器内外に圧力差のない場合は殆んど粉体はこの状態で使用出来ます。

l の調節は直接能力に関係しますが容器内圧が高い時は l を小さくして圧力による自然流出を防止します。

オート・バルバー (A.V. II型) には Photo. 1 に示す調節輪及び内筒が附属しています。

Photo. 3 は調節輪を交換する所です。

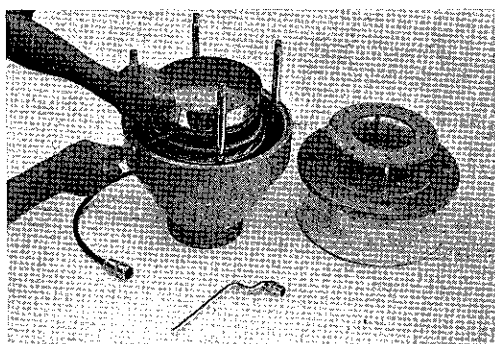


Photo. 3 調節輪の交換

Ⅲ. オートバルバーの排出能力と、各因子の関係

A.V. II型 (30W) について炭酸カルシウム粗粉 (30 mesh, Pass品, 見掛比重1.35) 及微粉 (300 mesh 99.5 % Pass品, 見掛比重0.68) タルク (300mesh all Pass品, 見掛比重0.15) 及び顔料 (200~300mesh 程度、見掛比重0.3) の4種の粉体について、電圧 (E), h , l 及見掛

比重の影響を調べたのが Fig. 2. 3. 4. 5.です。 E , h , l については一定の傾向で排出能力が調節出来ます。しかし各粉体自身の排出量は非常に複雑で見掛比重や粒度では、簡単に表わす事が出来ません。粉体の持つ形状、流動性、粘着性等に影響されます。例えば炭カルの粗粉は粒状のため微粉とは全く流出の状態が異り微粉よりも排出能力が落ちています。この点は従来の電磁供給機とその性質

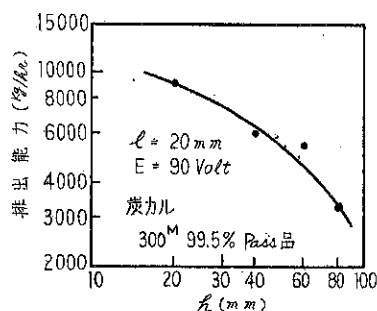


Fig. 3 排出能力と h の関係

を異にする最も大きな特徴です。

更に見掛比重が小さくなると能力は低下しますが、顔料のように粘着性のある粉体では、タルクのように流動性のある粉体より遙かに能力は小さくなります。

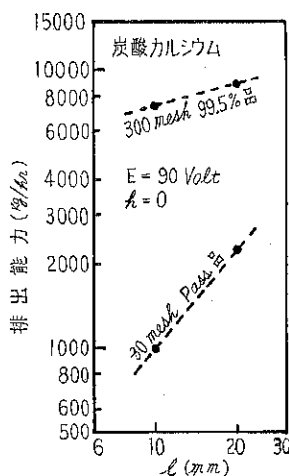


Fig. 4 排出能力と l との関係

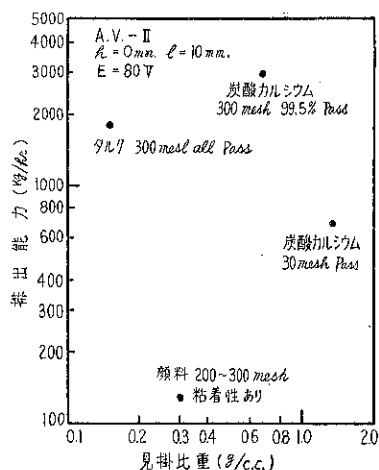


Fig. 5 見掛比重と排出能力

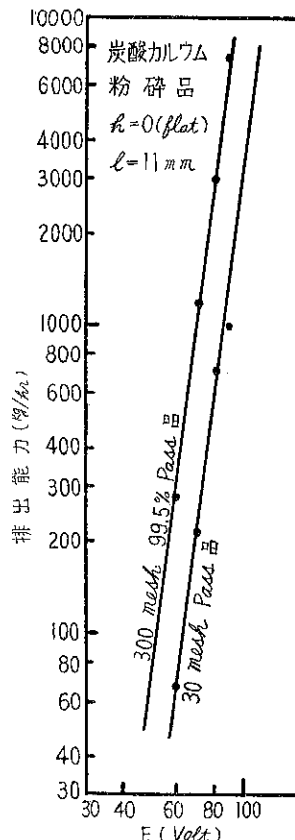


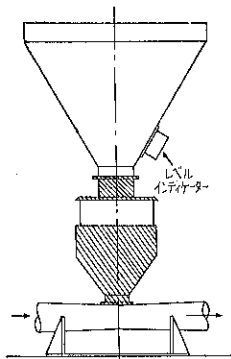
Fig. 2 排出能力と電圧の関係

IV. ブリッジ防止法

ブリッジを作りやすい粉体の場合は振動槽中心に固定したブリッジ防止用振動棒をホッパー中に立てる事により完全に防止する事が出来ます。又粘着性のある粉体はホッパー中の充填度が運転中変動して流出量が一定しない事がありますが、このような時、上記の方法を用うるとこれを防止する事も出来ます。

V. レベル・インディケーター (Photo. 1. 中9)

オートバルバーは容器内の粉体を排出する装置ですが容器内が加圧又は減圧されている時は粉体によってシールされています。従ってこのような場合、粉体シールが



a. 空気輸送装置又は分級装置の供給機として

破られる直前に排出を中止せねばなりません。これを自動的に行うのが Level Indicator です。

Photo. 4 は鉛粉製造プラントのサイクロン（—200mmAq）貯瓶に取付けられたオートバルバーと貯瓶右側に取り付けられた Level Indicator を示しています。

(写真 Y 社提供)

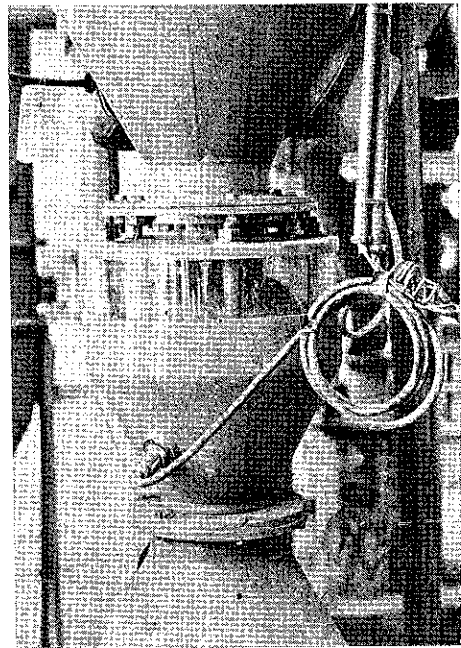


Photo. 4 鉛粉プラントにセットされたオートバルバー
この装置は下部に設けられた自動秤量装置とセットになって動作しています。

VI. 応 用 例

オートバルバーは非常に広い用途を持っていますが、Fig. 6 にその応用の数例を示しました。

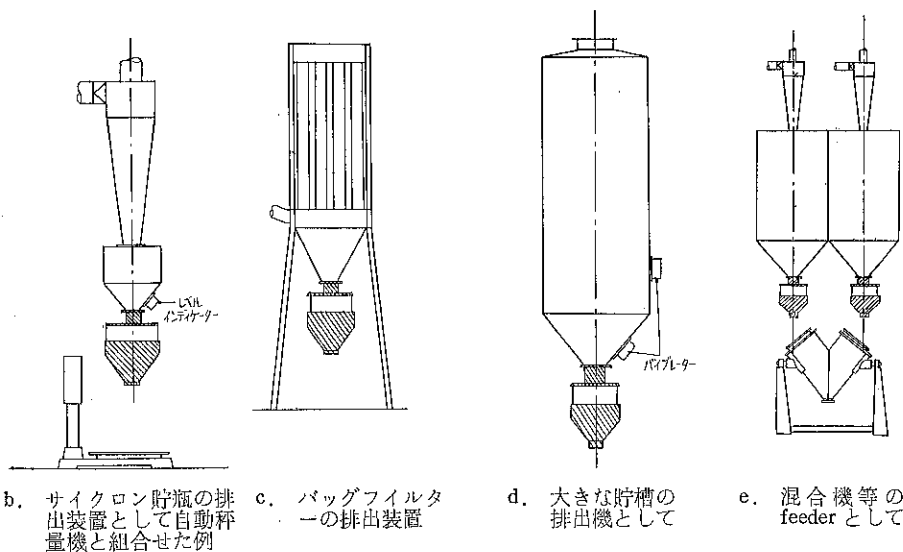


Fig. 6

製品案内 (その4)

実験用小型粉碎機

分級機の案内

研究所或は実験室用の機器としては

- イ) 1 IP 或は $\frac{1}{2}$ IP 以下の小型で而も優秀な性能を有する事、
- ロ) 少量の試料でも可能な事、
- ハ) 運転操作が容易であり、分解、掃除が簡便である事、
- ニ) 鉄錆その他不純物の混入を避けたい。

等の条件を具備したものが必要ですが、之等の条件を満す優秀な実験用機として弊社製品の数点を御紹介します

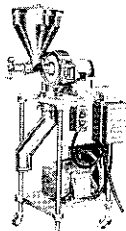
1) 【特許】ミクロンミルMON型1IP用

325 Mesh以上の超微粉碎可能
特殊ノズルを備え分級、異物の除去可能。ステンレス製可能



2) サンプルミル1IP用

超高速回転で300Mesh程度向
ステンレス製、粒度の調節容易
車台は移動自由、手動スクリー
ーフィーダー、自動スクリー
ーフィーダーの二種あり。



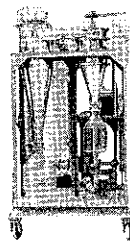
3. パーチカルディスパーミル, VD
— 1型 $\frac{1}{2}$ IP 用

超高速回転ホモジナイザー
ステンレス製, $\frac{1}{2}$ IP 単相モート
ル内蔵



4) 【特許】粉末分級機ミクロンセ
パレーターMS—00型 $\frac{1}{2}$ IP 用

独創機構の空気分離型式 100~
5,000Mesh迄自由に分級可能
車台は移動自由、ステンレス製
可能



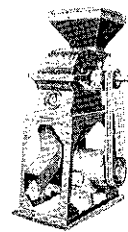
5) 【特許】篩機パイプシフターVS
— 00型

$\frac{1}{2}$ IP, 単相モートル付, 独特の
垂直旋動運動, 篩面直径250mmφ
凝集性, 粘着性の物も可能, 200
Mesh 微粉末の篩分可能, ステ
ンレス製可能



6) 粗, 中碎機ハンマーミルH—8"
型 1IP 用

スイングハンマー型式
構造堅固
粒度調節容易
ステンレス製可能



粉碎機の基礎と伝導ベルト

Hosokawa InternationalのExhibition Factory で
は粉碎機分級機等の取付法として慣用的な基礎ボ
ルトに代へてリーガルバックと呼ばれるフェルト
状の分厚い繊維板の両面に接着剤をぬり、コンク
リート床の上に固定した。工作機等の床面取附法と
しては既に広範囲に應用されているらしいが、粉
砕機の如き高速強力なものに対しては先方も始
めての経験らしい、特徴として、取附け頗る簡単
であり、振動防止、騒音防止の効果がある、細川
鉄工所の新工場の工作機類の取附けに應用する筈
である、

伝導ベルトも従来のVベルトに代わつて、ミラ
クルベルトと呼ぶ、皮革、ゴム、プラスチック等
の合成品で作られた平ベルトが欧米で流行しつづ
ある。勿論粉碎機の如く高速回転にも應用され、
長い寿命と、良好な動伝達、大回転比にも使
える等、注目すべきであつた。

リーガルバック及ミラクルベルトは Hosokawa
Industrial Division で輸入を取扱っている事をつ
け加えておく。(松山)

粉体工学に関する巡回講演会について

細川粉体工学研究所

当研究所の事業の一つとして粉体工学に関する研究、調査の成果を公にするため、顧問の諸先生方において御専攻分野の研究を発表願うことになりました。

然もある地域毎に当方より出張いたして各工場・事業場単位に講演会と御意見交換の場を持つものであり、恐らく始めての試みとして極めて有意義なものと存じます

今回は下記の通り山口県の有力三工場をお訪ねすることになりました。

幸に御支援により御好評を得ば、将来機会を増し出来るだけ各方面の多くの御工場へ参上したいと心得えます

第一回巡回講演会要領

(一) 日時及工場

昭35.8.3 (水)	帝国人造絹糸KK岩国工場	岩国市
" 4 (木)	武田薬品工業KK光工場	光市
" 5 (金)	徳山曹達KK本工場	徳山市

(二) 演題及講師 (内定)

- | | | |
|-------------------|-----------------------|-------|
| (1) 細川粉体工学研究所について | 細川鉄工所専務
細川粉研副所長 | 細川益男氏 |
| (2) 題未定 | 岡山大学工学部長
京都大学名誉教授 | 亀井三郎氏 |
| (3) 粉体の混合について | 大阪府立大学工学部教授 | 矢野武夫氏 |
| (4) 湿式集塵機について | 大阪市立大学理工学部教授 | 吉田哲夫氏 |
| (5) 分級装置概論 | 京都大学工学部助教授 | 吉岡直哉氏 |
| (6) 粉砕機の進歩 | 細川粉体工学研究所副所長
松山卓蔵氏 | |

(三) 会場及聴講者

会場は巡回先工場にお世話願う。

聴講者は当該工場関係者に限る。

(四) 経 費

細川粉体工学研究所が負担する。 以上

この企画に御関心の向は御意見等御聞かせ下さい

最近の興味あるテスト例

No.	原 料 名	目 的 又 は 用 途	テ ス ト 所 見
1	ココアの皮	200Mesh製菓用	スーパーミクロンミルにて良好
2	燐鉍石	100Mesh	ハンマーミル+ミクロンパルペライザーで良好
3	脱脂大豆粉	200Mesh, 300Meshの分級	ミクロンセパレーターで良好、効率75~85%
4	コーラル塗料		デイスパーミルで分散良好
5	アスファルト乳剤		デイスパーミルで分散良好
6	スポンジ	1~3cm	ハンマーミル(特殊型ハンマー付)で良好
7	セリウム	200Mesh	スーパーミクロンミルにて良好
8	珪酸ソーダ	20~30Mesh	ハンマーミル(特殊型ハンマー付)で良好
9	口中清涼剤	200Mesh	スーパーミクロンミルにて良好
10	ステアリン酸(板状)	30Mesh	特殊ロールミルにて良好
11	塩化ビニール	ペレット状 100, 200Meshの排出 供給用	オートバルバーにて処理良好
12	マグネシウムリカー	20~30Mesh	ハンマーミルにて良好
13	酸化亜鉛末及び亜鉛末	120Mesh篩分	パイプシフターA型で良好
14	クレオン屑	50Mesh	ハンマーミル(特殊ハンマー付)で良好
15	ポリエチレン	150Mesh	ミクロンパルペライザー+ミクロンセパレーターで良好
16	カーボン+塩ビ	100Mesh, 20k/hr	サンブルミルで良好
17	メラミン樹脂	粗砕なるもなるべく細かく。	アイスクラッシャー+ハンマーミルにて良好
18	ダライ粉	100Mesh	ハンマーミル+スーパーミクロンミルにて良好
19	中性硫酸ソーダ	60~80Mesh篩分	パイプシフターA型にて良好
20	農 薬	150%→2%, 5~10μ	マイクロドライヤーで良好
21	軽質炭カル	180%→2%以下	マイクロドライヤーで良好
22	濃 粉	20%→2%以下	マイクロドライヤーで良好

年 間 行 事

☆ 印度 Kusum 社へ技術供与の交渉

(昭34.12.12)

昨年印度カルカッタのKusum Engineering Co.より代表ボース氏が来朝し、当社のスーパーミクロンミルの製造技術を導入したいとの申込みを受け、12月更に関係者ゴース氏が来つて具体化の懇談を受けた。同国へは製品輸出が困難な事情から現地製造の線について原則的合意に達したが、尚特殊の外貨事情により調整を要する事項が多いので目下慎重に協議を重ねつつある。

☆ 細川Industrial Division(貿易部)の設置

(昭35. 2. 1)

細川インターナショナルの設立、東南亜地域への輸出の増進、外国との技術交流と、諸外国との交渉が非常に増加したので、これらの業務を処理するために2月貿易部を設置した。又当社製品のみならず他社製機械及商品の貿易業務も行うよう定款を変更した。米国人Mギラム氏を社員として招聘した。

☆ 細川 Internationalの設立 (昭35. 2.24)

昨秋細川専務等の渡英により英国ノースゲート、トレーダース社との間に当社製品の世界的販売を目的として細川 International 社設立のことが協議されたが、その後両者の真摯なる折衝とともに今春同社代表の来日推進により遂に協定成立に至った。即ち細川インターナショナルは当社の欧、米州総代理店として当社製品を世界的に販売しようとするものである。販売促進の手段として、



(ロンドンの展示室)

当社の代表製品スーパーミクロンミル7½H.P.、ミクロンセパレーターMS-1型、ミクロンミル MoN型1H.P.用の3機を輸出して展示室を設置し実際に諸種の粉砕、分級テストを行つて性能の優秀性をデモンストレートする。この展示室はすでにロンドン郊外に優秀なる装備を以て設置され多数の世界的著名会社が諸種の原料についてテストを行い顕著な成績を挙げて早くも輸出数件、有望引合多数に上り彼地に大きい衝動を引おこしていることは欣快の至りである。

☆ 松山技術部長の欧州出張

(昭35.2.10～5.2)

細川インターナショナルの発足に伴い、機械展示室の設立、整備、技術の指導、伝達、販売の促進援助等のほか欧州に於ける粉体工学界の実情調査を目的として松山技術部長が彼地に出張した。欧州に於て約2カ月間滞在して良く創設の困難な業務を達成して4月13日ロンドン発、欧大陸を経由して帰途につき、シンガポール、マラヤ、比島、香港の東南亜地域では市場開拓とともに数多くの納入先に対するアフターサービスに当り5月2日無事羽田に帰着した。



(英國に於ける松山部長 右から二人目)

☆ 大阪国際見本市

(昭35. 4. 9～4.26)

第四回大阪国際見本市は恒例に依り4月9日より18日間大阪市内数会場で開催された。見本市は逐年盛大になり今や世界一流の規模に発展したようであり国外バイヤーも多数に上った。

当社は屋根付屋外小間4小間に新製品・新意匠10種を展観した。乾燥、粉砕、分級を一元化した瞬間乾燥粉砕機マイクロドライヤーと、微粉砕機スーパーミクロンミルのリモートコントロールシステムは特に来会者の注目を集め大きい反響を呼んだ。

小間来訪者 4,300名に上り具体的引合と成約も多数に

上つた。見本市も規模の過大化とかフェスティバル化とかいろいろの問題が批判されるが、ともあれこの催しは戦後回を重ねるごとに充実し日本の国力の発展をそのまま誇示して来た。明春は東京で開催され当社も出品する



(大阪国際見本市)

☆ 創立45周年記念式 (昭35. 4.18)

大正5年現社長が市内西区本田に細川鉄工所を創立してより45年を迎へた。当日社長以下全従業員が一堂に会して記念式を行い社長の懷旧談、永年勤続者の表彰等のあと演芸大会にうつり職場団体及個人の芸能が競演され一同歓楽した。



☆ 従業員別府へ慰安旅行 (昭35.4.28~5.1)

ゴールデンウィークの良き日、薫風につて全従業員は別府温泉へ3泊4日の慰安旅行を楽しんだ。

☆ 試験室係佐藤青年の英国出張 (昭35.5.12)

松山技術部長の帰国後、ロンドンに於ける細川インターの展示室に於てテスト業務に当るため、本社試験室勤務の佐藤青年(18才)が単身で北極廻り Jet 機で丸一年



(英国に於ける佐藤青年)

間の予定で出張した。

短軀、若年乍ら快活、明朝こま鼠の如き敏捷な動作で立ち働き碧眼紳士の目を見はらせている。

☆ 新工場の地鎮祭 (昭34. 5.25)

新工場敷地内に鉄骨平屋建(一部二階) 403坪の工場一棟を新築することになり地鎮祭を執り行い工事を開始した。竣工九月末の予定。



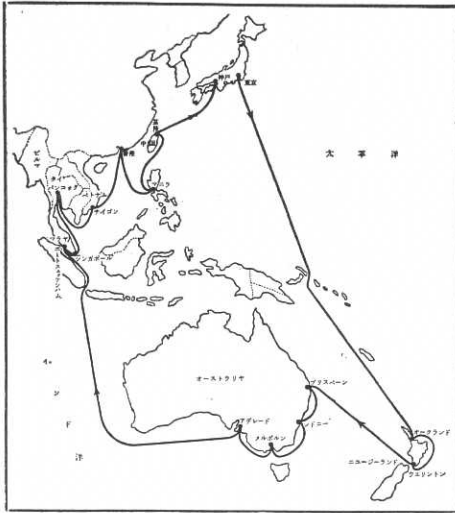
(新工場地鎮祭)

☆ 第三次日本産業巡航見本市に参加 (昭35. 6.15)

今次の「海のキャラバン」は安芸丸1万噸を改装して本年10月末より来年2月まで濠洲、ニュージーランド及東南亜の9カ国13港を歴訪する。

当社も例によつてこれに参加し各種新製品を積載(2小間)して市場開拓と納入先へのアフターサービスに当ることになった。

巡遊団(空路)には東京支店営業課長村井二郎が参加の予定である。



(巡航見本市歴訪地)

☆ 粉碎試験室の利用状況

(昭34.12月より本年5月迄)

期間中に於ける当社試験室の顧客による利用状況は下

記の通りである。御利用歓迎。

年 月	昭34 12	昭35 1	2	3	4	5	計
件数	33	25	32	35	39	24	188

☆ 東京支店拡張工事完了

東京支店開設以来業務繁忙につれ社員も追々と増加し今迄の社屋では甚だ手狭で、社員はもとより、来客にも不自由、御迷惑をかけていたが、本年三月予算 500万円で隣接地の買収、及事務所二階建の増改築、試験係予備室等の工事に着手、去る5月末この工事を完了して面目を改めた。

☆ 東京支店試験室利用状況 (5.20現在)

月区分	1月	2月	3月	4月	5月	合計
台 数	21	41	28	40	34	164
件 数	16	29	20	23	20	108

編 集 後 記

- ※ 暑中御見舞申上げます。
- ※ ミ粉碎、No. 5, またまた増頁のやむなきに至りました。現在のところ何頁を本誌のペースとすべきか一頭をかかえています。
- ※ 読者から「原稿の種切れないように……」との親身の御希望と御心配のお言葉をいただきており、
- ※ それにつけても、御執筆下さる諸先生方に感謝致し、御礼と共に今後共よろしくお願い申上げる次第です。
- ※ micromeriticsと云う専門分野に於て実際面と結びついた技術誌としてのユニークな編集を今後も続けてゆきたいと思っております。
- ※ 記事中で発表しました細川粉研主催の巡回講演会は恐らく全国でも初めての試みで、理論と実際の結びつきに大きな役割りを果たす事でしょう。
- ※ 読者から再三御希望のある粉体工学に関する基礎的な講義についても、現在計画中で、次号からは実現したいと思っております。
- ※ 本誌に対する一般読者からの御意見、御希望もどしどしお寄せ下さい。(Y)

粉 碎 異 色 10 題 解 答

1. 凍豆腐を粉碎する
2. 挽茶
3. 葱を開花結実させ種を採る
(粒度の実測値は約8~10 meshである)
4. 水で割る
5. 掻き氷
6. 澱粉の製造
7. さざなみ
8. 数の子
9. 大根おろし
10. 火山灰

ミ粉碎、No. 5 1960年 夏季号

昭和35年7月20日 印刷

昭和35年7月25日 発行

編集者 横 山 正

発行所 細川粉体工学研究所
大阪市港区三ツ樋町11番地

(非売品) 印刷所 KK ナニワ 印刷所
大阪市北区川崎町38

細川の粉碎機

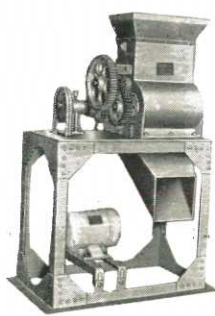
粉碎・乳化・分級・篩分・輸送・集塵 その他 粉体化学機械装置 設計 製作



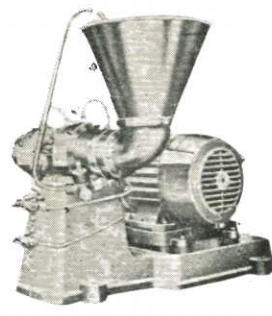
ミクロンセパレーター



サンプルミル



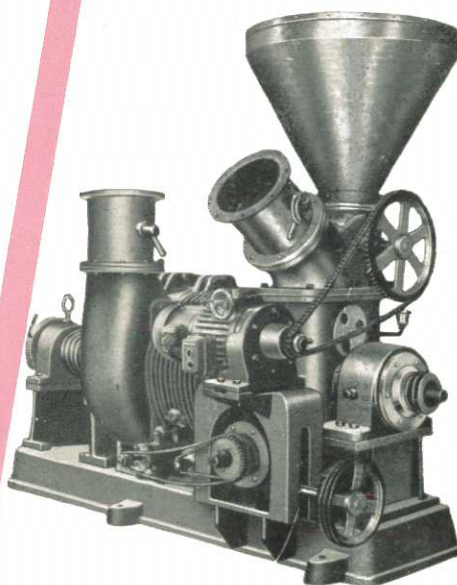
カッターミル



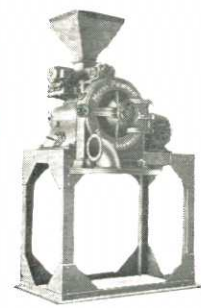
ディスパーミル



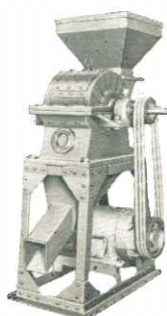
縦型ディスパーミル



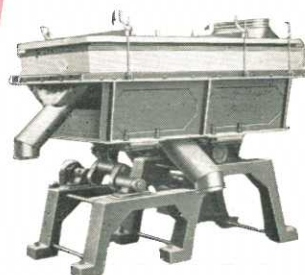
スーパーミクロンミル



ミクロンパルベライザー



ハンマーミル



パイプシフター A 型



コロイドミル



ポニーミキサー



パイプシフター B 型

株式会社 細川鉄工所



本社工場

大阪市港区高尾町 2 丁目 30 番地

電話 本社 築港 (57) 代表 5631~4

工場 代表 5678~9

東京支店

東京都中野区新井町 12 番地

電話 中野 (381) 9434

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) 2360