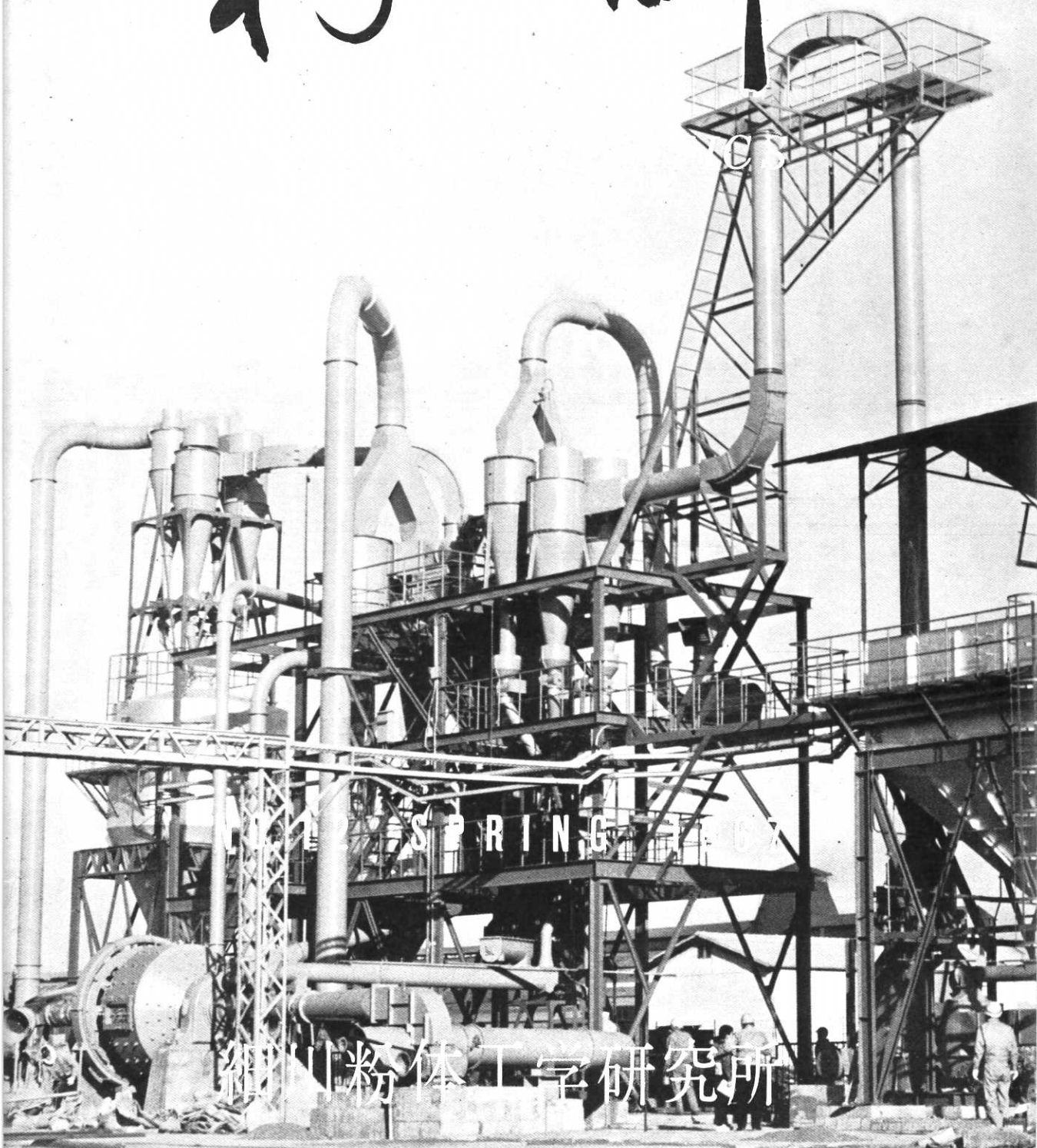


新 碎



細川粉体工学研究所

“粉 碎” 第 12 号 昭和42年 春 季 号 目 次

【特別寄稿】	粉体とその応用……………日本電池株式会社 岡田辰三…(1)
【報 文】	ミクロンセパレーターによる フライアッシュの分級試験について… 関電フライアッシュ株式会社 生産部試験所 谷口一昭…(4) パーコ型分級機によるセメントクリンカ 分級粒子砕のSO ₃ の挙動……………名古屋工業技術試験所 山内史朗 三菱セメント株式会社 柳正光…(7) 技術研究所 微粉炭燃焼灰微粒子群の Micro-topography に関する研究……………微粉炭燃焼灰研究所 中村喜義…(11) 非等速吸引によるバイジン量の誤差について…九州工大 上金滝原具貞清…(25) 造粒に関する研究(第二報) グラニューライザーによる造粒機構の解析……………大阪市立大学 向阪保雄…(29) 細川粉体工学研究所 豊立勝二 【文献紹介】 食品エーロゾルについて……………光岡幸恵…(35) 井伊谷 鋼一 固体混合機における解混合の原因と対策……………細川粉体工学研究所 講崎元清…(39) 【解 説】 粉粒体のふるい分け機……………細川粉体工学研究所 鈴木昭明…(46) 【技術資料】 石炭乾燥粉碎分級プラント……………細川鉄工所 田中昭夫…(57) 鈴木 泰弘 ナウタミキサーよりの 連続排出方法についての実例……………細川鉄工所 田中昭夫…(59) 大坪 勲 パルスエアーコレクター性能試験……………細川粉体工学研究所 鈴木昭明…(61) 最近の興味あるテスト例……………細川鉄工所営業部技術課…(65) PMD社、ナウタ社のセールスカンファレンスと ロンドンにおけるホソカワ・フィルムショー……………細川鉄工所 横山藤平…(66) 研究部長 ホソカワニュース……………(70)

【表 紙】 石炭粉碎分級プラント
 詳しくは本分57頁を参照



粉体とその応用

日本電池株式会社

岡 田 辰 三

緒 言

粉体とその応用と題して述べることになったが、ご承知の通り粉体に関しては、その種類、形状、粒度とその測定法、および粉体の応用という問題も広い範囲にわたっている。それで今回は過去に私が京大工学部にいた時の仕事の内、ご参考になるような事項と、今一つは私が現在電池の仕事をしているから電池の活物質としての粉体の持つべき性質について下記内容の順序で述べることにした。

1. 粉末冶金用の粉体

1-1 粉末冶金法

粉末冶金用粉体は今日高熔融金属の線条、板、インゴットを造る場合、あるいは超硬質合金、磁性材料、フェライト、あるいは鉛、銅のケルメット合金用材料と漸次広範囲に应用されるようになった。

これらの粉末は、安易に金属塊の出きるものは粉砕で造られ、そうでないものには化学的に造られる。いつに粉末の製造にもっとも経済的な道をとる。

1-2 化学的に造る粉体

粉体の製造で酸化物を水素還元する場合、他の金属を還元剤として用いる場合、あるいは化合物の熱分解または電解還元などの方法でも造られる。

これらの還元方法で作られる粉体の純度、粒度が後の粉末冶金法に影響するところが多い。粉末冶金の原料の純度と粒度についての例として2、3の実例を述べてみよう。

タングステン酸の塩を酸分解でタングステン水加物を沈澱させるが、このような水加物を最終還元物とすると、水加物は膠質状になり易く、溶液中の不純物を吸着して、純度が落ちる。それでこの水加物を再びアンモニア水に溶解し、タングステン酸のアンモニア錯塩の結晶を造り、中間的に精製を行なう。このアンモニア錯塩をその結晶のまま加熱分解し、酸化物を造るか、あるいは

は酸分解し、再び水加物としてのタングステン酸化物として、特に加熱脱水、水素還元の前原料とする。この際の加熱分解の温度、時間、水素還元の温度、時間は生成金属粉末の粒度に大きな影響がある。これは WO_3 の高温における蒸気圧のため物質移動が起り、結晶が大となるに原因している。

1-3 機械的に造る粉体

金属を搗砕法で造ると扁平な粉体粒子ができて粉末冶金には適せず、塗料用の粉体として専ら用いられている。蒸溜による微粉末の製造、または熱分解による粉体の製造法が用いられている。搗砕法も粉体をつぎつぎと運び送る方法、あるいは生成粉体の表面の光沢磨き、あるいはうすを水冷して生成粉体の色をよくすることも工夫されている。

2. 電池活物質としての粉体

2-1 一次電池、二次電池と電池は二種類に別けられる。共に電極上に固体粉体をつめ、電解液と作用する化学反応が電気エネルギーに変換されることには変りはない。ところが二次電池では、電極上の活物質といわれる固体粉体を起電反応に利用した後、再び効率よく他の電源で充電によって電池の活物質をもとの状態に戻しうるものをいう。

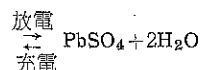
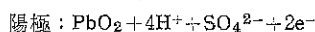
2-2 一次電池で今日実用されているものの代表者としてのマンガン乾電池は、陽極に粉体活物質として MnO_2 をもつ。この MnO_2 の活性と粒度が問題である。その活性についていえば MnO_2 は天然産の硬マンガン鉱、化学的に酸化して造ったもの、あるいは電解によるマンガン塩の陽極的酸化で造られている。この MnO_2 については、現在 $MnO_2 \cdot xH_2O$ の r 型のものが、天然のものや、化学的に造ったもの、または電解的に造ったもので使用しているが¹⁾、ここで粉体としての化学的活性と同時にやはり起電反応して、多くの電氣量を引きだし得るためには一定容積に充填しうる量も問題となる。化学的に酸化したものは活性粉体としては適性であ

るが粉体として見掛比重が大で一定容積に充填するに適しない粉体である。これは粉体としての活性度と物理的性質との関連性で困難な例の一つである。

2-3 二次電池の代表者は鉛電池で、今日最も広く使用されている。充電して新しい電池と変りない容量を効率よく持つ。移動用の小型電池では400回の充放電に耐え、また据置用電池では1,000回以上の充放電に耐える。

この鉛電池の陰極板は硬鉛製の格子に鉛の粉体と硫酸で練り、硫酸鉛を接着剤として充填してあり、陽極板は同じく、硬鉛製格子に PbO_2 の粉体がつめられて同じく硫酸鉛が接着剤となっている。鉛電池の陰陽活物質は、このような鉛の粉体と過酸化鉛の粉体からできているが、原料は鉛粉またはリサージ (PbO) の粉体である。鉛塊から鉛の粉体を作ることは古来困難な仕事とされていた。鉛を鉄皿で溶融し、表面にできる酸化物をかきとって粉碎して、先づ PbO を造り、次にこれを更に空気中で酸化して Pb_3O_4 光明丹を造る。 PbO を原料として硫酸で練って陰極につめて、電解還元して鉛粉体の陰極活物質となし、陽極は同じくリサージと光明丹とを硫酸で練り格子につめて電解的に酸化し、 PbO_2 にして陽極板を造る。以上は大正年代初期の鉛粉体の製造法であり、したがってこの粉体を原料としての電池極板を造る。原料鉛粉は独乙で早く機械的な粉碎をやっているにかかわらず、日本では大正7~8年頃までは前述のように加熱法による酸化物として粉体を作っていた。この原料で電池の活物質を造ると、その純度、粒度などの点で外国製電池と性能の同じ電池ができない。蓄電池の性能は一つに原料鉛粉の製造法による純度と粒度にあることをいち早く着眼された人は故島津源蔵氏である。氏は鉛球をボールミルで空気を供給して Pb と PbO の混合物を造る方法を發明された。この方法が日本で大正11年2月に特許となっている。また、独乙を除いた諸外国の特許もとられた。

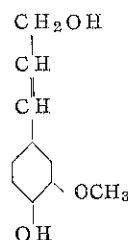
この特許が今日その期限が切れたので、一般に使用されて鉛の電池原料はもとより、他の顔料または工業用の用途にも鉛粉はこの方法で製造されている。粉体を作る場合、粉碎方法で粉体の形状の異なることは既にご承知の通りで、鉛のように展性にとんだ金属を搗砕法などでは粉碎不可能であり、鉛が空気で酸化するときに出す白熱を利用し、鉛塊の表面を酸化して、表面にできた金属鉛の酸化皮膜をその脆性の性質を利用してボールミルではがす仕組みである。この粉体は微細で2~5 μ の粒度のもので自燃性をもつ。次に陰陽活物は放電によって共に PbSO_4 になるが、充電反応では次の如く再び粉体の Pb と PbO_2 になる。



放電でできる PbSO_4 は少しではあるが溶解度があり、この反応は固体反応ではなくて水溶液中より沈澱を造る場合に似て充放電を繰返す度に起る。

すなわち陰極鉛粉の結晶成長は特にはなはだしい。そこで陰極表面積を縮少し、活物質全体が収縮する。したがって電池の容量が減少する。これを防ぐために1900年以前から BaSO_4 を少量参加して、これを核として PbSO_4 を生成し、微細な鉛粉を造る原料として、この薬品をエキスパンダーと称して用いられていた。

ところがその後隔離板の研究途上で木製隔離板を用いた電池は他の隔離板を使用した場合より容量が多いことから、木材中の有効成分についての研究が進められた。そして有機エキスパンダーとしてリグニンスルホン酸、アルカリリグニンなどのリグニン質が今日広く用いられるに至った。リグニン構造は現在まだ明らかではないが、一般的にはコニフェリルアルコールが重縮合したものと考えられている。



これを原料に対して0.5~1.0%添加すると、できた陰極板は多孔性を増し、電池使用中硫酸鉛結晶の成長を妨げ、特に低温始動容量を増大する。この種のエキスパンダーは1935年頃から一般に用いられ、これによって電池の容量を従来のほぼ2倍にもすることができた²⁾。

陽極活物質の PbO_2 も放電で PbSO_4 となり、充電でまた PbO_2 と変換されるため、同じく PbO_2 の結晶は一部ではあるが漸時粗大となるが、陽極酸化反応によって、いわゆる結晶微細化の作用の方が大である。

また PbO_2 については2つの結晶形がある。立方晶形の $\beta\text{-PbO}_2$ と正斜方晶形の $\alpha\text{-PbO}_2$ の二種がある。

$\beta\text{-PbO}_2$ は PbSO_4 の電気化学的酸化により、 $\alpha\text{-PbO}_2$ は金属鉛または PbOn ($n < 1.7$) の直接酸化によって生成されるものと考えられている。 $\alpha\text{-PbO}_2$ の生成条件として練液密度の高いほど、化成液硫酸濃度の低いほど、また化成温度は高い方が生成量大である。

両者の特性上の差異は α は β に比して非常に硬く粒子が粗大であり、平衡電位は一般には α の方が若干高いが放電能率は非常に小さい。また放電後の開路電圧の回復に長期間を必要とする³⁾。酸素過電圧は α の方が小である。

2-4 アルカリ電池について

陽極にはニッケル酸化物、陰極はカドミウム粉末を用いられている。陽極ニッケルの酸化物粒子は電解液、アルカリ溶液中で溶解度はほとんどない。固体として充電における酸化反応を受け、放電で2価のニッケル酸化物に還元される。

$\text{Ni}(\text{OH})_2$ の層格子から酸化で H の層から H が抜けだして OH^- は O^{2-} となる。

この酸化反応は $\text{Co}(\text{OH})_2$ の共存で促進されることが証明されている。またリチウム水酸物の添加の影響もしらべた⁴⁾。

また、陰極に用いられる Cd も電池活物質としてはカドミウム塩と鉄の塩に少量のニッケル塩を混合して電気化学的に共電析させると、活性を持つ陰極活性物質を造ると報ぜられている⁵⁾。この異物質の共析によって活性な活物質ができることは、格子欠陥の多い結晶が析出するためとの説明である⁶⁾。

3. その他の原料としての粉体で、その粉末の物理的性質をしらべた例を書いてみよう。

3-1 人造宝石原料アルミナの研究を行なった。人造宝石原料として硫酸アルミニウムと硫酸アンモニウムの複塩結晶を焼成してアルミナを造りこれを人造宝石単結晶の原料とする。そこでこの複塩焼成過程の物理的な粉体の変化を X 線回折像による熱分解過程の観察をした⁷⁾。

3-2 硫酸バリウム沈殿時に生ずる結晶の発育状況を電子顕微鏡で観察した⁸⁾。

3-3 懸濁粒子の圧縮率について

懸濁粒子として、容易に懸濁できるためアナターゼ型 (TiO_2) とルチル型 (TiO_2) を用い、分散媒には蒸留水、食塩溶液、およびグリセリン水溶液を用いた。超音波干渉計を用いて、断熱圧縮率を音速度法によって求める一つの試みを行なった⁹⁾。

3-4 タングステン線条が $2,000^\circ\text{C}$ 以上の温度に灼熱されると再結晶温度以上において物質の移動が原因となり、繊維状の細長い結晶の線条は漸時その安定な結晶形の大結晶になり、細線の直径と結晶の直径とが同じ程度になる。

従って結晶と結晶との境界にある不純物、または格子欠陥のため、電気抵抗が大となり昇華が甚しく、ますま

す抵抗が大となり、オフセッチングと普通にいわれる脆い線条となって断線する。この結晶の生成を防ぐため、高温で金属タングステンと化学反応を起さない安定な酸化物を不純物として混入せしめて、その目的を達している。これがエレクトロンエミッションの目的で入れる今日のトリエーテット・タングステンの起源である。

著者は多結晶および単結晶線の高温時の反応を Johanson 式電子顕微鏡による観察を行った¹⁰⁾

3-5 無機粉体の電子顕微鏡試料作成に関する考察と題して、粉体を水溶液から沈澱した後の乾燥法と分散状態とについて 1μ 程度の酸化チタンを原料として用いた¹¹⁾

3-6 レプリカの問題と題して、レプリカの方法で光学像と電子像との関連方法を求めるために行なったもので、光学顕微鏡で見た場所を、電子顕微鏡に移す方法の研究をした¹²⁾

3-7 最近燃料電池と称しているものは、多孔質の金属または炭素体を両極として、触媒を用いて還元性のガスまたは液体を陰極に外部から供給し、酸素、空気または酸化性のガスまたは液体を陽極に供給して、電解液中で燃焼によるエネルギーを電気エネルギーに変化するものである。

今日これに用うる多孔性の電極板の研究が種々行われている。ガス拡散より見た多孔質炭素極の孔径が論じられている¹³⁾。しかも電解液によるぬれが孔径に関係あり、従って原料粉末が問題となる。

結 言

以上、はなはだまとまりのないことを申しましたがここで私が特に結言として附言することは、固体結晶の成長、電池陰極活物質の結晶成長、陽極活物質の結晶の微細化と、常に粉体は変化してやまないことである。結晶型表面エネルギー、格子欠陥と、結晶の歪と種々の不安定な状態、すなわち活性状態にあるものが粉体である。

それで粉体は生きていますと申しあげ、この活性度を利用することを常に考えるべきである。

また一方粉体の活性度の保持をいかにして保つかという問題が重要である。

それは粉体で造ったものの寿命ということでも言い表わされる。

1) 上井, 京都工專論文集7, 72 (1950)

岡田, 上井, 電化15, 79~80 (1948)

2) E. Willinhneganj, J. Electrochem. Soc. 92, 281 (1947)

(45頁に続く)

ミクロンセパレーターによる フライアッシュの分級試験について

関電フライアッシュ株式会社

生産部試験所

谷 口 一 昭

1. はじめに

石炭燃焼の火力発電所にて産出する微粉炭灰は、シリカ及びアルミナを85%程度含む硝子質の球状微粉体であって、細粉は主としてセメント混和材として“フライアッシュ”と言う名称の下に各土木建築工事に広く用いられている外、耐火物其の他にも種々の利用面がある、又粗粉は“グリーンアッシュ”と言う商品名で耕土培養、特殊肥料として農業方面に全国的に使用されその効力を發揮している。

本報告においては、これらフライアッシュ、グリーンアッシュの生産過程において、アッシュ原料粉を細粉と

粗粉に分級する際に使用する分級器選定の資料を得るための性能試験を実施した結果の一部を略記したものである。

2. ミクロンセパレーターの長所

フライアッシュを細粉と粗粉に分ける分級限界が 45μ 前後で、比較的粒子径が大きい点及び微量の湿分により少し凝集性があるので、回転部を有する型式の分級器が有利と考えられる。この型の特徴としては、

- ① 分級精度が優れており、微粉の精密分級に最適。
- ② 分級範囲が $5\sim 100\mu$ 程度であって、ローターの回転数、羽根の枚数、分級空気量の調節等によ

Table. 1 分級試験条件及び結果

		Run No. 1	Run No. 2	Run No. 3	備 考
運 転 条 件	ローター回転数 (R/min)	680			
	羽根の枚数	6			
	羽根の直径 (m/m)	50	同	同	
	中 子	小			
	内 筒 (m/m)	20			
	1 次 空 気 量 (m ³ /min)	13			
	2 “ “ (“)	7	左	左	
	全 空 気 量 (“)	20			
	使用風車 スクリーフィーダー	25m ³ /min×700mmAq DH $\frac{1}{2}$ 20×8”(26R/min)			
試 験 結 果	供 給 量 (kg)	429.1	220.2	103.2	
	処 理 時 間 (min)	51	26	12	
	処 理 能 力 (kg/Hr)	505	508	512	供給量÷処理時間
	製 品 量 (細粉 kg)	309.3	150.7	58.9	
	製 品 能 力 (kg/Hr)	364	349	294	製品量÷処理時間
	戻 り 量 (粗粉 kg)	119.8	69.5	44.3	
	戻 留 り (%)	72	68.5	57.0	
	効 率 (%)	95.4	95.0	92.0	44 μ パスのみの 計算

運転条件は Run No. 1 No. 2 No. 3 とともに同一で試験した。

り、それぞれ独自に自由に粒度の調節が出来るため、同一装置で広汎な粒度の調節が可能である。

- ③ 原料の粒度分布の変動に対しても分級品の粒度は安定したものが得られる。
- ④ ローターと粒子が衝突する際に凝集した粒子を分散させる効果がある故、フライアッシュの如き凝集性を有する粉体には有利である。

3. 分級試験成績

細川鉄工所試験室におけるフライアッシュの分級試験結果を次に記す。

3.1 試験器及びフライアッシュ原料粉

使用分級器

細川鉄工所製、ミクロンセパレーター、MS-1型、

細粉の捕集にはパルスエヤーバッグフィルターを併用使用原料粉

原料粉の粉末度の異差による分級性を見るために、フライアッシュの細粉と粗粉を下記の割合に混合して、粉末度の異なる原料粉を作成して分級試験用原料粉とした。

原料粉-1. 細粉1部と粗粉1部を混合 (Run No.1)

原料粉-2. 細粉1部と粗粉2部を混合 (Run No.2)

原料粉-3. 粗粉のみを用いる (Run No.3)

但し分級した細粉の希望粒度を44 μ フルイ残分5%以下に規定して分級を実施した。

4. 試験結果の考察

粉末度の異なる3種の原料粉を同一条件で分級した結

Table. 2 分級品の品質及び分級効率

分級品の試料は Run No.1 は4回, Run 2, 3ではそれぞれ1回採取した。

	試料	比重	88 μ 篩残 (%)	44 μ 篩残 (%)	比表面積 (cm ² /g)	湿分 (%)	強熱減量 (%)
	使用材						
	細粉	2.25	5.8	15.6	3,720	0.12	1.51
	粗粉	2.15	22.5	39.3	2,670	0.12	4.44
	細粉:粗粉=1:1 混合原料粉	2.20	12.6	25.0	3,430	0.12	3.17
Run No. 1	分級細粉	2.30	0.4	2.8	4,040	0.17	2.43
	" 粗粉		41.4	82.2		0.11	4.84
	" 細粉	2.30	0.4	3.1	4,100	0.19	2.30
	" 粗粉		41.4	82.6		0.11	4.81
	" 細粉	2.30	0.4	1.9	4,040		
	" 粗粉		44.6	81.6			
	" 細粉	2.30	0.4	3.2	4,070		
	" 粗粉		43.2	81.0			
	平均						
	分級細粉	2.30	0.4	2.8	4,060	0.18	2.37
	" 粗粉		42.7	81.9		0.11	4.83
Run No. 2	細粉:粗粉=1:2 混合原料粉	2.17	17.0	31.0	3,000	0.12	3.50
	分級細粉	2.30	0.4	2.1	4,100	0.19	2.34
	" 粗粉		39.6	82.7		0.10	4.93
Run No. 3	粗粉のみ						
	粗粉原料粉	2.15	22.5	39.3	2,670	0.12	4.44
	分級細粉	2.30	0.4	4.6	4,040	0.15	2.66
	" 粗粉		43.2	84.5		0.08	7.26

注) ニュートンの全分級効率=細粉効率+粗粉効率-1

Run No.1 = 96.2 + 83.5 - 1 = 79.7%

" 2 = 97.3 + 81.5 - 1 = 78.8%

" 3 = 90.3 + 91.4 - 1 = 81.7%

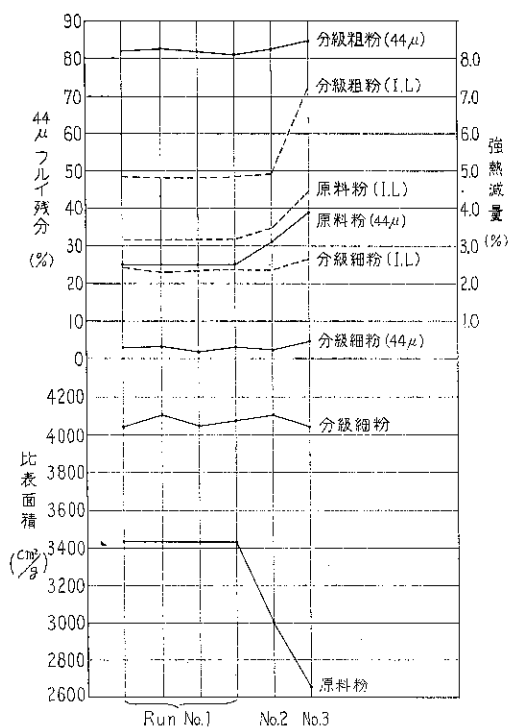


Fig. 1 原料粉と分級品の粉末度表

果, Fig. 1 よりも明らかな如く原料粉の粒度の変動にも拘わらず分級細粉の粉末度は殆んど変化なく, 44μ 残分で最小1.9%, 最大4.6%, 比表面積も同じく最小4,000 cm²/g, 最大 4,100cm²/gである。一方分級粗粉の粉末

度も44μ 残分で, 81~84.5%, 88μ 残分で39.6~44.6%の範囲にあり原料粉の粉末度の変化による分級品の粒度変化は小さい。

分級効率は細粉側で90%以上示しており, これは粒子の一部がローターで粉碎された影響を含むものかどうか明らかでないが, 全分級効率もニュートンの分級効率で80%に達しており, 一般に使用されている回転部のないフライアッシュの分級器 7.5T/Hr~18T/Hr の細粉側の分級効率60~65%に比べれば遥かに良好な成績を示すものである。しかし当試験値が分級器の大型化によってどの程度になるかは不明であるが分級効率の低下が余らないとすれば, 従来のものに代るべき最適の分級器になるものと考えられる。

5. む す び

ミクロンセパレーター・MS—1型にて粉末度の異なるフライアッシュ3種を分級した結果, 当試験の範囲内では, その分級効率は非常に良好であり, しかも原料の粉末度に変化しても, 分級品の粉末度は殆んど変わらず一定の粒度の製品が得られた。その結果フライアッシュの粉末度の均等性が良くなり, セメント混和材として使用した場合, 単位水量比, 強度等の物理的性質も著しく安定した品質になる。又他方高収率のために生産量も増大して高品質, 高収量でフライアッシュ製品が得られる事が本実験により判明した。

末筆乍ら試験に手をわずらわした細川鉄工所の関係各位に深謝するものである。



バーコ型分級機によるセメント クリンカ分級粒子群の SO_3 の挙動

名古屋工業技術試験所

山 内 史 朗

三菱セメント株式会社

技 術 研 究 所

柳 正 光

1. ま え が き

粉砕クリンカは粒子の大きさにより化学組成が異なり、とくにセメントにおいては添加せこうが微粉部に多く集まり、またクリンカ中の SO_3 , free CaO および Na_2O , K_2O も微粉となるにしたがって増加することが報告されている。¹⁾²⁾ これらの成分が、セメントの水和の際、凝結硬化に著しい影響を与え、クリンカ中のアルカリについては主要構成鉱物アリット、ベリットおよびアルミン酸塩への固溶、さらに SO_3 によるアリット結晶格子の拡大等についての報告^{3)~10)}があり、クリンカ中の微量成分としての SO_3 , Na_2O , K_2O について注目されてきた。

筆者らは、 SO_3 含有量の大きいクリンカをバーコ型分級機¹¹⁾で分級し、分級各粒子群についてX線回折をおこない、 Na_2SO_4 - K_2SO_4 の固溶体¹²⁾が存在することを確かめ、また水和作用により添加せこうと同様にクリンカ中の SO_3 もアルミン酸塩と反応して、カルシウムサルフォアルミネートを生成することを認めたので報告する。

2. 実験および考察

2.1 クリンカ中の SO_3 の形態

SO_3 を 0.85% 含むクリンカを、比表面積がブレーン値

で $3,000\text{cm}^2/\text{g}$ 、程度になるようボールミルで粉砕した後、バーコ型分級機で分級し微粉部（平均粒子径 0.5~1 ミクロン）および原クリンカの X 線回折をおこなった。なお、分級各粒子群の重量百分率と SO_3 および Na_2O , K_2O 量を Table 1 に、原クリンカおよび微粉部（粒子群 No. 1）の化学組成を Table 2 に示した。

実験にもちいたクリンカは特に SO_3 の多いクリンカであるが、微粉部は原クリンカに比べて相当化学組成が異なり、 SO_3 , Na_2O , K_2O の多くなることが認められる。

Table 1 粉砕クリンカ分級粒子群の SO_3 , Na_2O および K_2O の含有量

粒子群 No.	スロ ット No.	重 量 百分率 (%)	化 学 成 分 (%)		
			SO_3	Na_2O	K_2O
1	18	2.4	2.82	1.05	1.30
2	17	2.8	1.71	0.92	0.89
3	16	7.7	1.12	0.98	0.80
4	14	13.5	0.96	0.86	0.96
5	12	13.0	0.82	0.73	0.75
6	8	14.6	0.66	0.74	0.69
7	0	7.2	0.60	0.73	0.67
8	R	38.2	0.65	0.73	0.71
原クリ ンカ			0.85	0.78	0.75

Table 2 原クリンカおよび分級微粉部の化学組成

化学組成	強 熱 減 量	不溶解 残 分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	SO_3	遊 離 CaO	Na_2O	K_2O	計
原クリンカ	0.03	0.02	23.04	5.58	3.02	64.37	1.42	0.85	0.72	0.78	0.75	100.06
分級微粉部	1.83	0.43	20.43	6.30	3.29	60.72	1.81	2.82	1.58	1.05	1.30	99.98

これら二つの試料のX線回折の結果を Fig. 1 (a) (b) に示した。X線回折をおこなった装置は、理学電機製ガイガーフレックスであり、 $Cu K\alpha$, 35KV, 15mA, 時定数 2 sec, 走査速度10/min の条件でおこなった。図において、(a) の黒点で示した二つの回折線 $2\theta=30.48^\circ$ ($d=2.932\text{\AA}$) 31.54° ($d=2.836\text{\AA}$) は原クリンカの X線図では存在せず K_2SO_4 と Na_2SO_4 の固溶体グラスライトの回折線に相当している。

Fig. 2 に K_2SO_4 と Na_2SO_4 の2成分を配合し 800 $^\circ\text{C}$ に加熱したときの固溶体の格子面 (102) および (110) の格子間距離の変化を示した。これと Fig. 1 (a) の回折線の位置から K_2SO_4 と Na_2SO_4 が約 3 : 1 の組成を持つ固溶体であると考えられる。

Fig. 1 における他の回折線は普通ポルトランドセメントクリンカの主要構成鉱物アリット、ベリット、 $3CaO\cdot Al_2O_3$ およびセリットの回折線である。これらは一般にはクリンカの組成によりいろいろの成分を固溶するため一定の回折線を示さないが、それぞれの回折線に

相当する構成構物を示すと、

2θ	29.4°	アリット ($3CaO\cdot SiO_2$ 固溶体)
		ベリット ($2CaO\cdot SiO_2$ 固溶体)
	30.05°	アリット
	31.0°	ベリット
	32.2°	アリット・ベリット
	32.6°	アリット・ベリット
	33.2°	$3CaO\cdot Al_2O_3$
	33.8°	セリット ($2CaO\cdot F_2O_3$ より $6CaO\cdot 2Al_2O_3\cdot F_2O_3$ の範囲に変化する。固溶体)
	34.3°	アリット・ベリット

次に分級各粒子群について Na_2SO_4 と K_2SO_4 の固溶体を検討するため $2\theta=30^\circ\sim 32^\circ$ の範囲でX線回折を行なった。その結果を Fig. 3 に示す。

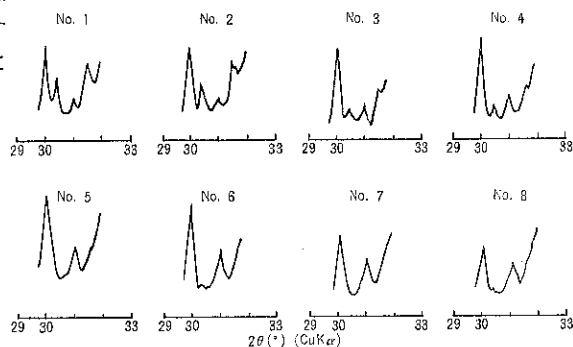


Fig. 3 分級各粒子群のX線図

この図において粒子群 No. 1 ~ 4 の微粉部では ($Na\cdot K$) $_2SO_4$ の回折線が認められ、No. 5 以上の粗粉部にはあらわれていない。これらの結果から、クリンカを粉砕した場合、硫酸アルカリが微粉部により多く存在することが認められる。

なお、この場合、No. 4 以上の粗粉はメノウ乳鉢で粉砕後、供試体とした。

2.2 クリンカ中の SO_3 による水和生成物

一般に普通ポルトランドセメント製造の際には、クリンカにせつこうを所定量添加後、ミルでブレン値3,000 $\sim$ 3,200 cm^2/g 程度に粉砕するものである。この添加せつこうは水和に際してクリンカ中のアルミン酸塩と反応し、粒子表面に不溶性のカルシウムサルフォアルミネート ($3CaO\cdot Al_2O_3\cdot 3CaSO_4\cdot 31H_2O$) を作り、結果的にはセメントの凝結に当って遅延作用を行なうことになる。これに対しクリンカ中の SO_3 成分が水和においてどのような水和生成物を作るかを検討した。

実験は前述の SO_3 0.85% を含むクリンカ粉末の分級微粉部 1 g に 2 cc の水を加え、ガラス管中に密閉し、20 $^\circ\text{C}$

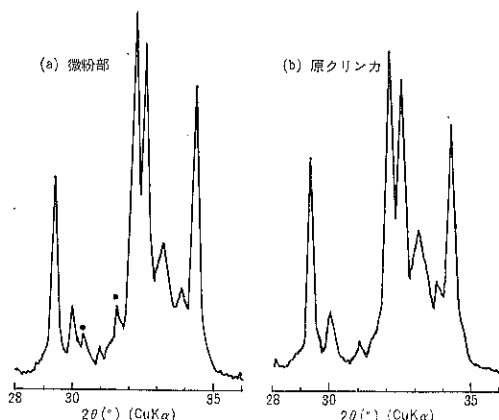


Fig. 1 粉砕クリンカのX線図

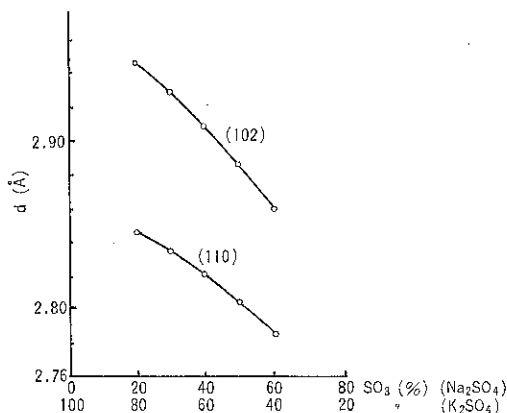


Fig. 2 ($Na\cdot K$) $_2SO_4$ の格子間距離の変化

Table. 3 市販普通ポルトランドセメントおよび分級微粉部の化学組成

化学組成	強熱減量	不溶解残分	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	遊離CaO	Na ₂ O	K ₂ O	計
ポルトランドセメント	1.38	0.70	20.90	5.45	3.23	63.86	1.65	1.59	0.38	0.50	0.69	99.93
分級微粉部	4.23	2.32	18.14	5.18	2.90	55.76	1.93	7.74	1.49	0.95	1.58	99.78

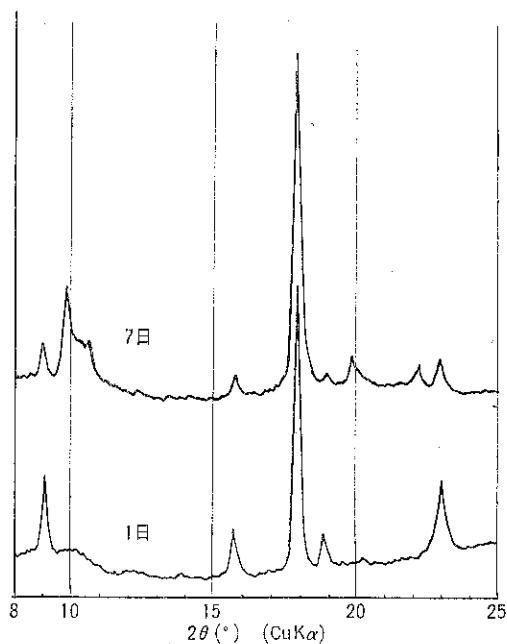


Fig. 4 クリンカ分級微粉部水和試料X線図

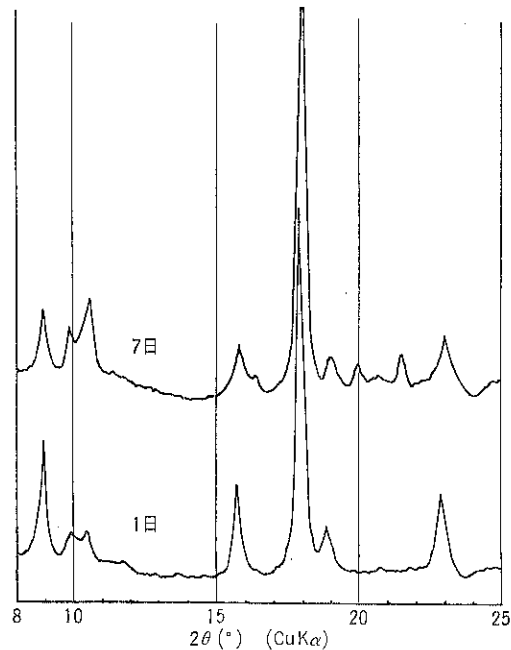


Fig. 6 市販普通ポルトランドセメント分級微粉部水和試料X線図

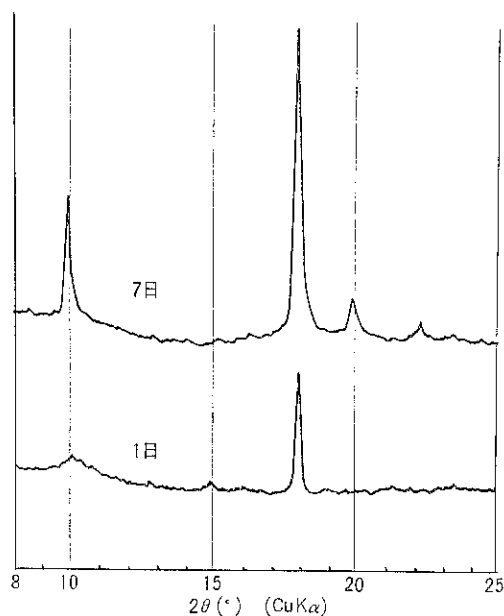


Fig. 5 原クリンカの水和試料X線図

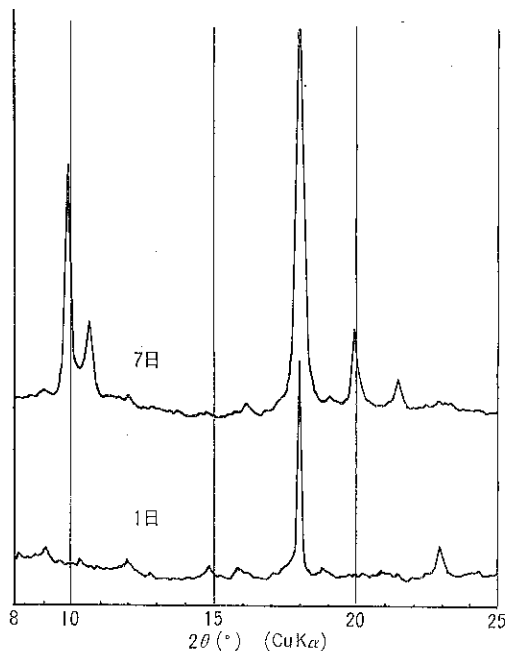


Fig. 7 市販普通ポルトランドセメント水和試料X線図

の一定温度で所定期間放置した。水和期間は1日、7日とし、比較のために分級前の原クリンカ粉末と、さらに市販普通ポルトランドセメント原粉末およびその分級微粉部について同様の処理をしたものについてX線回折を行なった。なお、市販普通ポルトランドセメントおよび分級微粉部の化学組成を Table 3 に示した。

試料は所定期間経過後とり出して、アルコール、エーテルで洗浄後減圧乾燥した。

Fig. 4 はクリンカ分級微粉部水和試料のX線回折図である。水和1日の試料に見られる、 $2\theta=9.1^\circ, 15.8^\circ, 18.9^\circ$ および 23.0° の回折線は、 $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot31\text{H}_2\text{O}$ の高硫酸型カルシウムサルフォアルミネートを示し、 18.1° の強い線は $\text{Ca}(\text{OH})_2$ である。水和7日の試料ではさらに低硫酸型のカルシウムサルフォアルミネート($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot12\text{H}_2\text{O}$)を示し、 $2\theta=9.9^\circ, 18.8^\circ, 19.9^\circ$ および 22.3° に回折線が現われる。また、 $2\theta=10^\circ\sim11^\circ$ の間に存在する回折線のうち、 10.8° のピークは、 $4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot13\text{H}_2\text{O}$ と思われる。

原クリンカ粉末の水和試験において1日の試料では、 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 以外は高硫酸型低硫酸型ともにほとんど認められず、7日で低硫酸型が認められた。他方 Fig. 6. 7 は市販普通ポルトランドセメントの水和のX線図であるが、クリンカの場合とよく類似している。微粉部では1日において高硫酸型を生じ、7日で低硫酸型およびカルシウムアルミネート($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot13\text{H}_2\text{O}$)を生ずるが、原セメントでは、1日で $\text{Ca}(\text{OH})_2$ の強い回折線以外、著しいものは認められず、7日のものに低硫酸型が現われている。一般に微粉部では化学反応が早く、結晶成長速度も大と考えられるが、本実験でも明らかなように SO_3 の存在は水和初期において不溶性の高硫酸型カルシウムサルフォアルミネートが生成し、これがセメントの凝結硬化に著しい影響を与えるものであると思われる。

3. ま と め

SO_3 を多く含む粉碎クリンカ(ブレン値 $3,000\text{cm}^2/\text{g}$)をバーコ型分級機によって分級し、クリンカ中の SO_3 の形態とその水和生成物につき検討した。

1) 微粉部に硫酸アルカリの固溶体が存在し、KとNaの比がモル比で、3:1の固溶体であることを認めた。

2) 分級粒子群において、限界粒子径 5μ 以下の粒子群中に上記固溶体が認められる、したがってクリンカ中の硫酸アルカリはより微粉碎されやすく、分級に際して微粉部に集まるものと考えられる。

3) 水和反応においては、せつこうを添加した場合と同様に、クリンカ中の SO_3 はアルミン酸塩と反応して、カルシウムサルフォアルミネートを生成する。水和1日において高硫酸型の $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot3\text{CaSO}_4\cdot31\text{H}_2\text{O}$ が現われ、7日において低硫酸型の $3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{CaSO}_4\cdot12\text{H}_2\text{O}$ がさらに現われることが認められた。

参 考 文 献

- 1) 山内史朗・松本秀夫・柳正光：名工試報 13 200 (1964)
- 2) Wieland, W. : Zement Kulk Gips, 6 253 (1958)
- 3) Brounmiller, L. T. and Bogne, R. H. : J. Res, N. B. S., 8 289 (1932)
- 4) Green, K. T. and Bogne, R. H. : ibid., 4 55 (1946)
- 5) Green, K. T. : ibid., 32 1 (1944)
- 6) Taylor, W. C. : ibid., 27 311 (1941)
- 7) Taylor, W. C. : ibid., 29 437 (1942)
- 8) Newkirk : Proceedings 3rd, International Symposium, London (1950)
- 9) Newkirk : ibid., 47 349 (1951)
- 10) 近藤連一：セメント技報, 17 42 (1963)
- 11) 山内史朗：名工試報12 544 (1963)
- 12) Bredig, M.A. : J. Phy. Ceme., 46 747 (1942)

微粉炭燃焼灰超微粒子群の Micro-topographyに関する研究

微粉炭燃焼灰研究所 中 村 喜 義

Study on Micro-topography of the Ultra-Fine Particles in the Ashes from Burnt Pulverized Coal.

by

KIYOSHI NAKAMURA

(Pulverized Coal Burnt Ash Research Institute, TOKYO)

The ultra-fine particles in the the ashes of burnt pulverized coal are artificial minerals. They are the product of burnt pulverized coal used as fuel in 16 modern power plants. About 140 samples of the pulverized raw coal and their ashes produced by pulverizing and burning them were collected from 16 different modern power plants in Japan and a study of the ultra-fine particles in the ashes of burnt pulverized coal by means of an electron microscope (Superscope type and Scanning type), and by X-ray powder method, and through chemical analysis and spectrum analysis was made.

The following results have been obtained.

(1) The particles in the ashes of burnt pulverized coal are below 44 micron in size, and many are spherical in shape. Their mineralogical composition are of many mullite (from $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$ to $2\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) and quartz, small non-crystalline alumino-silicates and a little non-crystalline carbon.

(2) The ultra-fine particles in the ashes of burnt pulverized coal are below 5 micron in size, and all spherical in shape. Their mineralogical composition are of many non-crystalline alumino-silicates and a little non-crystalline carbon.

(3) B_2O_3 is contained in volume in the ultra-fine particles below 5 micron in the ashes of burnt pulverized coal, varying in inverse proportion to the volume of the ashes.

1. 緒 言

微粉炭燃焼灰¹⁾ (Pulverized coal burnt ash 以下 PCBA と略記する) とは、昭和41年10月20日付官報に発表された農林省告示第1822号“火力発電所において微粉炭を燃焼する際に生ずるよう融された灰で、煙道の気流中から採取されるものをいう”のことである。

PCBAの主成分は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 Fe_2O_3 、 CaO 、 MgO 、 Na_2O 、 K_2O 、 C 、 SO_3 の9成分とされている。PCBA中には、これらの主成分のほかに、実におどろくほどの19種の成分が含まれていることが判明した。中でもゲルマニウム、ガリウムについては、とくに注目されているのである。本邦各地の石炭および亜炭について、地質調査所で、かなり詳しい調査研究が行なわれている。以上は、石炭および亜炭中の、微量成分が資源的な立場から注目されている例である。最近の文献によれば、米国およびソ連は、石炭や亜炭中に含有するウラン

について、多くの調査研究が行なわれている。石炭を原料とする場合は、そのすべての元素が燃焼灰中に濃縮されるから、PCBA中の微量成分を原料と考えることは、当然のことである。とくに近年は、鉱物科学の進歩と相伴って、従来あまり日の目を見なかった元素が、新しい用途のために、一躍脚光をあびるに至ることも考えられる。

トランヂスター、ダイオード用としてのゲルマニウムがあり、原子炉用のテルル、ビスマスがあり、また、最近一躍脚光をあびつつある硼素などもその一例である。

筆者は、10年来、PCBA中の微粒子群の未利用資源化について、Topochemical²⁾、Biochemical³⁾、Topomineralogical⁴⁾、Biomineralogical⁵⁾ に研究中であるが、PCBAを微粒子群と粗粒子群とに分級した場合、その結果のバラツキに今日までなやまされてきたのである。

物質の究極単位である分子や原子の単位の上に立って物質を取扱う方法は、Quantum mechanics, Statistics

mechanics の適用によって近代物性論の形に体系化されたのであるが、電子顕微鏡の大いさをもつ超微粒子系の特性はいわば中間的な性格を示し一義的な体系化に耐えるものではない。⁸⁾むしろこうした難点に、筆者の本研究の目的がひそんでいるのである。PCBA 微粒子の表面構造および幾何学的表面構造に関する正確な知識は、PCBA 超微粒子の研究に必要である。ここでは、微粉炭燃焼灰超微粒子群の幾何学的微細構造 (Micro-topography)⁴⁾ の探究を電子顕微鏡学的に行なうものである。

2 試料

実験に用いた試料は、本邦最新の 16 火力発電所 (江別、八戸、仙台、常磐、千葉、新東京、川崎、新名古屋、大阪、新宇部、西条、松山、新小倉、大村、荏田、若松) より産する微粉炭燃焼灰 128 種、その原微粉炭 8 種、原塊炭 4 種の計 140 個である。試料の grain size の grading analysis は、sedimentation method を用いその結果を顕微鏡法と比較検討した。試料の grain size は、Blain (cm^2/g) を用いた。

3 実験方法と装置

3.1 微量成分の検出

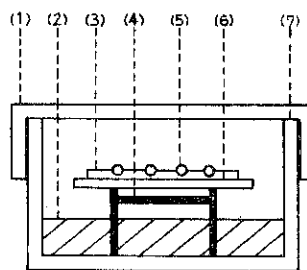
PCBA 中の微量成分の分析には、分光分析および蛍光 X 線分析を用いた。分光分析装置は島津製であり、蛍光 X 線分析装置は理学電機製である。

3.2 定量分析

定量分析は、化学分析⁵⁾、窯業分析⁵⁾、燃料分析⁵⁾、肥料分析⁶⁾、土壌分析⁵⁾等による。硼素の分析法は⁵⁾、公定分析法⁶⁾の Citric acid method (試料 1.0g に 2% Citric acid 150ml) を用いた。硼素の溶解度は、hydrochloric acid method の結果を 100 とし Citric acid method の結果との割合をもって、 B_2O_3 の solubility とした。

3.3 微構造実験

3.3.1 微粒子表面の構造 塵肺鉱物 (Pneumoconiosis minerals: $<5\mu$ 不溶性粒子群) 粒子の表面積は著しく大きく、したがって粒子表面の構造に関する正確な知識は粉体の諸性質や諸現象を研究するうえに、はなはだ必要である。塵肺鉱物粒子表面粗度および状態に関する研究は、いまだ国の内外をとわずなされていない。筆者等 (杉原和人、吉田稔、川村昭子の共同研究) が開発した、Two-stage self-molding replica method⁶⁾ なる方法を用いた。検鏡試料作成方法は、Fig. 1 に示す如く、acetyl cellulose film (以下 ACF と略記する) 2×3 cm の小片を methyl acetate (以下 MA と略記する) 中



- (1) culture dish cover (2) methyl acetate
(3) acetyl cellulose film (4) special stand
(5) sample (6) slide glass
(7) culture dish

Fig. 1 Attachment of sample frame

に 2~3 秒間浸し、手早くスライドガラス上に貼りつけ、常温硬化後、その上に粉体試料を平均に撒布する。適量の MA を注入した培養皿 (culture dish) の中に特殊台を置き、その上に前述のスライドガラスをのせて培養皿に蓋をし、50~60°C に加熱すると MA の蒸気が培養皿中に充満し、ACF は軟化して撒布された試料は自重で沈下を始めるのである。Judicious embedding state⁶⁾ のところでスライドガラスを培養皿より取り出し常温硬化後 Scotch magic mending tape を以て試料粒子を ACF から物理的に stripped off⁶⁾ して一段目レプリカが得られるのである。その後の処理は、普通の二段レプリカ法と同様に真空蒸着装置で Cr—C 蒸着を行なうのである。

蒸着膜に 2 mm 角程度の基盤目状のきずをつけパラフィンで固定し、ACF を MA で溶解し、なおパラフィンをも溶解して浮遊せしめ蒸着膜をアセトンを通して液面に広げて sheet mesh 上にすくいあげて検鏡試料が得られるのである。本実験に使用した電子顕微鏡は Fig. 2 に示す如く、日本電子製 Superscope type である。

3.3.2 走査型電子顕微鏡実験 走査型電子顕微鏡による塵肺鉱物および各種粉体微粒子に対する幾何学的微細構造 (micro-topography) の研究は、いまだ国の内外をとわず見あたらない。走査型電子顕微鏡 (Scanning type electron microscope 以下 STEM と略記する) は、極めて細く絞られた電子線で塵肺鉱物表面を走査し、この走査と同期した表示装置のブラウン管内にその拡大像を得る装置である。筆者の STEM 学的実験の目的は次の如し。

(1) 試料表面の粒子群の状態、粒子と粒子の関連性等を幾何学的形状で直接観察ができ、透過型電子顕微鏡のように試料のレプリカをつくる必要がないことである。

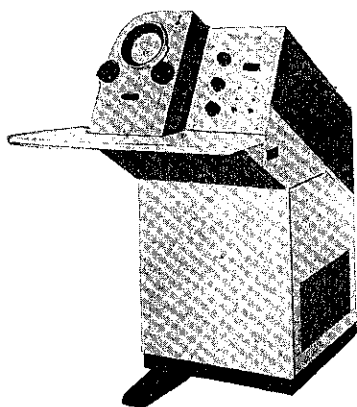


Fig.2 Superscope type electron microscope.

(2) 塵肺鉍物粒子表面の幾何学的形状のみでなく、物理的性質および化学的性質の観察もできることである。

(3) 塵肺鉍物粒子から発生する二次電子、反射電子、吸収電子に対する検出器を備えてあり、半導体素子に対しては、電子線照射により素子内部に発生する起電力を検出し、塵肺鉍物の持つ特性を画像として表示できる。像の種類と観察できる塵肺鉍物、粉体の主な性質は二次電子線像…二次電子放出率、電位分布、幾何学的形状。

反射電子線像…組成像（構成物質の平均原子番号）。

凹凸像（幾何学的形状）。

吸収電子線像…構成物質の平均原子番号。

素子内起電力像…素子内部の電気的性質。

(4) 焦点深度は、透過型電子顕微鏡および光学顕微鏡に比し、非常に大きく、塵肺鉍物微粒子の如く粒子自身の表面粗度のばげしい粉体、ばらつきのはげしい粒度を有する粉体の粒子間の関連性等の micro-topography を探求するに際して、立体感のある鮮明な像を得ることができる。

(5) 性能は、分解能において $500\text{\AA}$ であり、倍率において $\times 100 \sim 100,000$ であること。

検鏡試料作成方法は、Fig. 3. に示す如く、試料の塵肺鉍物あるいは粉体の微粒子が電子の表面での charge-up を防止するために蒸着された銅板あるいはアルミニ

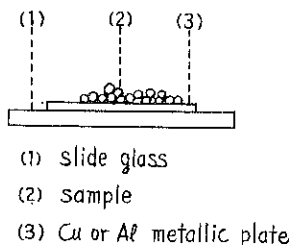


Fig. 3 Attachment of sample frame

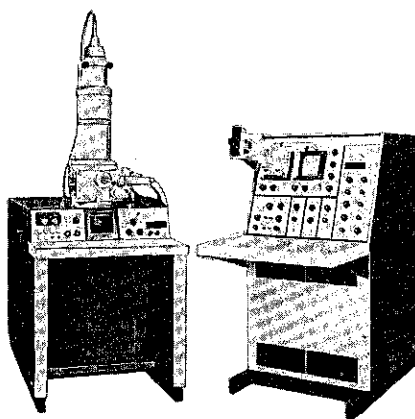


Fig.4 JSM Scanning type electron microscope.

ウム板上に試料粉体をのせて、その金属板をスライドガラス上にのせて検鏡試料が得られるのである。本実験に用いたSTEMは日本電子㈱製の本邦製STEM第1号装置であるJSM Scanning electron microscopeを採用した。

3.3.3 X線粉末回折実験 $>5\mu$ 粒子群のPCBAの鉍物学的組成は、mullite, Alpha Quartz の混合鉍物であり、粉末線の解析上、理学電機㈱および日本電子㈱のX線粉末回折装置を用い、粉末線について比較検討を行なった。

3.4 分級、混合、造粒実験

微粉炭燃焼灰粒子群に対する分級、加水混合、造粒の予備的実験を行なった結果、PCBA 粒子群の粒度測定において Blaine (cm^2/g) 値のバラツキ、PCBA 粒子群に対する粒度別礫素含有量および溶解度のバラツキ、PCBA 粒子群中、 $>10\mu$ 粒子群において Vessel type (Fish-basket type, Tea-Kettle type, Bird-nest type) の粒子が微粒子および超微粒子を抱き合っている状態が走査型電子顕微鏡実験により判明し、バラツキの原因もおのずから判明したのである。PCBA 微粒子群の Granulating test. Adhesion test において adhesion agent は水で充分であるが、その加水混合機の能率、混合度等のバラツキ、以上の3バラツキを解決せぬ限り、Granulating machine の Capacity のバラツキが生ずるのである。したがって、4バラツキの解決策は、すべて separator, mixer, granulating machine 等の関連性から選定が重要事項であることが明白である。本実験に用いた装置は、㈱細川鉄工所製の Micron Separator, スクリュー遊星運動型加水混合機、ロールとダイスによる押出型造粒機である。

4 実験結果および考察

4.1 微量成分の検出

Table I. Chemical composition of pulverized coal burnt ashes.

Sample number	Component(%)			SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	B ₂ O ₃ (ppm)	CaO	MgO	MnO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅
	Trademark	GrainSize(μ)	Power Plant											
49	EBETSU	G A	>74	57.16	0.10	25.40	4.98	760	3.84	1.13	0.08	1.68	0.91	0.64
50		F A	<44	56.93	0.06	26.12	5.08	2340	3.16	0.83	0.14	1.41	1.14	0.91
51	HACHINOHE	G A	>74	57.83	0.13	23.32	4.31	820	4.36	1.86	0.13	1.84	1.03	0.93
52		F A	<44	55.64	0.08	25.13	4.98	2360	4.08	1.18	0.18	1.19	1.21	1.06
53	SENDAI	G A	>74	57.06	0.11	23.51	5.26	860	4.23	1.48	0.19	1.58	1.04	1.03
54		F A	<44	55.34	0.04	26.15	5.46	2340	4.00	1.21	0.23	1.06	1.18	1.18
55	JOBAN	G A	>74	63.16	0.08	20.21	4.03	660	5.38	1.68	0.08	1.87	0.61	0.87
56		F A	<44	58.38	0.03	26.00	4.18	2280	4.96	1.16	0.12	1.31	0.88	1.41
57	CHIBA	G A	>74	56.85	0.06	21.06	7.13	1010	5.63	3.36	0.10	0.78	0.56	0.46
58		F A	<44	54.94	0.01	24.50	7.58	2480	4.96	2.41	0.16	0.58	0.61	0.68
59	SHINTOKYO	G A	>74	56.06	0.05	20.33	7.11	1030	7.28	2.96	0.08	0.86	0.67	0.73
60		F A	<44	54.33	0.01	22.40	7.26	2410	7.31	2.31	0.11	0.73	0.88	0.82
61	KAWASAKI	G A	>74	56.36	0.07	20.20	8.21	1140	5.36	2.98	0.12	0.68	0.87	0.71
62		F A	<44	54.90	0.02	22.10	8.68	2610	5.83	2.01	0.16	0.53	0.93	0.86
63	SHINNAGOYA	G A	>74	55.68	0.04	21.16	8.34	1080	5.09	1.18	0.08	1.89	1.11	1.03
64		F A	<44	53.90	0.01	22.61	8.46	2560	5.26	1.01	0.11	1.73	1.23	1.11
65	OSAKA	G A	>74	54.96	0.03	23.77	7.18	1110	4.38	1.36	0.06	1.93	1.21	0.98
66		F A	<44	54.13	0.01	24.00	7.61	2580	4.80	1.14	0.08	1.67	1.43	1.08
67	SHINUBE	G A	>74	57.16	0.04	21.01	6.85	840	5.13	2.06	0.12	1.67	0.88	0.68
68		F A	<44	55.83	0.02	22.41	6.90	2490	5.21	1.94	0.14	1.43	1.03	0.91
69	SAIJO	C A	>74	57.93	0.03	27.01	4.30	860	2.63	0.86	0.06	0.93	1.12	0.93
70		Gold A	<44	55.16	0.02	30.50	4.56	2450	2.11	0.92	0.07	0.68	1.00	0.99
71	MATSUYAMA	C A	>74	58.21	0.04	28.44	3.96	1070	2.41	0.81	0.05	0.84	0.96	0.86
72		Gold A	<44	55.35	0.02	30.69	4.13	2510	2.28	0.96	0.08	0.61	0.98	1.06
73	SHINKOKURA	G A	>74	61.07	0.04	23.63	4.26	780	1.46	0.86	0.04	0.96	0.96	0.86
74		F A	<44	57.11	0.02	29.18	4.38	2380	1.18	0.92	0.06	0.76	1.12	1.16
75	OMURA	G A	>74	58.31	0.04	26.10	3.06	1060	2.03	0.96	0.02	0.81	0.83	0.74
76		F A	<44	56.63	0.01	28.40	3.24	2510	1.83	1.09	0.04	0.58	1.02	0.96
77	KARUTA	G A	>74	58.83	0.03	26.30	3.19	910	2.41	0.83	0.04	1.23	1.06	1.12
78		F A	<44	56.24	0.01	27.81	3.43	2410	2.06	0.86	0.05	1.01	1.11	1.29
79	WAKAMATSU	G A	>74	63.44	0.02	25.46	2.96	640	1.41	0.96	0.05	1.41	1.14	1.31
80		F A	<44	59.73	0.01	29.13	3.11	2240	1.28	1.16	0.08	1.16	1.38	1.68

G A : Green ash, F A : Flyash, C A : Coarse ash, Gold A : Gold ash.

V ₂ O ₅	SO ₃	C	lg.loss	Total
0.14	1.21	1.28	1.21	99.83
0.11	1.01	1.06	1.13	99.51
0.16	1.31	1.26	1.21	99.66
0.09	1.11	1.15	1.08	99.48
0.14	1.31	1.23	1.16	99.32
0.09	1.08	1.02	1.10	99.40
0.06	0.63	0.66	0.36	99.75
0.03	0.27	0.43	0.21	99.59
0.08	0.93	1.14	1.36	99.78
0.06	0.76	1.06	1.18	99.77
0.11	1.06	1.03	1.43	99.86
0.07	0.89	1.00	1.28	99.64
0.09	1.34	1.16	1.53	99.79
0.05	1.08	1.11	1.26	99.79
0.11	1.21	1.23	1.58	99.84
0.08	1.16	1.46	1.26	99.65
0.08	1.06	1.06	1.53	99.70
0.06	1.04	1.01	1.36	99.67
0.09	1.16	1.23	1.43	99.61
0.07	1.11	1.14	1.36	99.74
0.14	1.21	1.31	1.16	99.73
0.09	1.06	1.11	1.12	99.64
0.18	1.18	1.21	1.21	99.61
0.06	1.03	1.09	1.06	98.66
0.84	1.46	1.58	0.86	98.98
0.48	1.29	1.43	0.66	99.59
0.68	1.38	1.46	1.06	99.59
0.16	1.28	1.31	0.88	99.67
0.56	1.42	1.51	0.96	99.69
0.16	1.18	1.40	0.68	99.64
0.04	0.36	0.54	0.26	99.48
0.01	0.21	0.41	0.10	99.68

検出された微量

成分は Ag, As, Sb, Cu, Pb, Zn, Ni, Co, Cr, Ge, Sn, Mo, V, Ti, Mn, Ba, Sr, B, W等の19種の成分であるが、すべて検出分析においては、検出限界に達しない場合には、たとえその元素が含まれていても検出されないのが当然である。したがって、前述の成分が実際に含有されている微量成分の全部であるとは限らない。

4.2 定量分析

定量分析の結果 Table I, から次のことが認められる。

(1) <44 μ 粒子群中の B₂O₃ の含有量がバラツキがなく平均化していることである。

>74 μ 粒子群中に含有する B₂O₃ において、相当のバラツキが認められる。

(2) B₂O₃ は SiO₂ と逆行して増減する。また前報で報告した如く、B₂O₃ は、微粉炭の灰分量と逆行して増減することも確認した。

B₂O₃は、Table II に示す如く、微粒子ほど溶解度が大きい。

きい。

(3) <44 μ 粒子群中の B₂O₃ のバラツキを防止するには mechano-chemical な作用をする Micron-Separator の如き分級機による separation がもっとものぞましい。

4.3 微構造実験

4.3.1 微粒子表面の構造 PCBA 中の微粒子自身の表面粗度 (Surface roughness) および表面構造 (Surface structure) に関する正確な知識を得るために、筆者が特に塵肺鉱物 (Pneumoconiosis mineral)^{2),18)} の動物実験に おいての バラツキの 原因究明に 過去15年間 microtopograph と取り組んできた結果、Two-stage self-molding replica method (以下 TSRM と略記する) なる方法が開発されたのである。Fig. 5 の(1)(2)(3)は本邦最新の江別、常磐、川崎の3火力発電所のPCBA中の微粒子群であるが、粒子自身の表面は一切見ることができなく、ただ球形さに多少の滑らかさがどの程度であるかを想定する位のものであることを示したのである。

(4)―1, (7)―1, (10)―1 の4つの Electron micrograph (以下 EMG と略記する) は、実験室で微粉炭 (<44 μ 粒子群) を電気炉内の750°C で灰化し900°C に温度を上昇せしめ、900°C になった時に手早く電気炉より取り出し常温冷却したものの表面構造が(4)―1であり、900°C 中に10分間放置して後取り出したものが(7)―1で、20分間放置して取り出したものが(10)―1である。(5)―2, (8)―2, (11)―2 は 1000°C の場合である。(6)―3, (9)―3, (12)―3 は 1100°C の場合である。(12)―3のみは実験室の粒子表面の構造のものと同一の表面構造を有する川崎火力発電所PCBA試料を比較のために引用したのである。Fig.6 は、Fig. 5 の実験の結果と本邦最新の16火力発電所より産するPCBA粒子群から Mullite の結晶形を顕著に粒子表面にあらわれているものの結晶の成長過程を説明しうるものを選定したEMGである。この Fig. 6 の EMG から次の3つの Mullite の結晶の成長過程^{7),8),9)} が16火力発電所PCBAに共通して認めることが出来る。

(1) 5000カロリー以上の高品位微粉炭が微粉炭燃焼用ボイラーの最高温部において灰化し直に十分の空気量のもとで、熔融状態を保った場合においてのみ、Mullite の電炉熔融合成法の高温部に生成する四角形の断面を有する柱状結晶の Mullite が得られるものと考えられる。Fig. 6 の(1)―(4)の如くである。

(2) 3000~4000カロリーの割合低品位微粉炭にして、ボイラーの高温部に灰化し、空気量が十分でない場合に、ぼんやりとした緻密な針状結晶の Mullite が得られる。Fig.6 の(5)―(8)の EMG の如くである。

(3) 5000~6000カロリーの高品位の微粉炭にして、それに多少の Kaolin clay mineral の存在する場合、ボ

Table. II Solubility of B₂O₃ in the ashes of burnt pulverized coal.

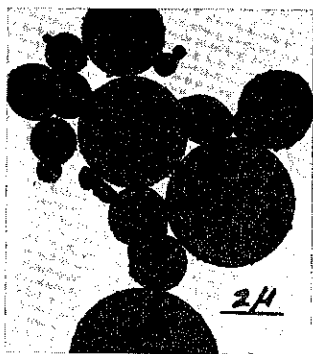
The over 77 micron particles in the ashes of burnt pulverized coal.						The below 44 micron particles in the ashes of burnt pulverized coal.					
Sample number	Fineness		¹ / ₁₀ N. Hydrochloric acid A (ppm)	2 % Citric acid B (ppm)	Solubility B/A × 100 (%)	Sample number	Fineness		¹ / ₁₀ N. Hydrochloric acid A (ppm)	2 % Citric acid B (ppm)	Solubility B/A × 100 (%)
	grain size (μ)	Blain (cm ² /g)					grain size (μ)	Blain (cm ² /g)			
49	>74	1960	1040	760	73	50	<44	3640	2750	2340	85
51		2240	1240	920	74	52		3680	2780	2360	85
53		2320	1280	960	75	54		3500	2760	2340	85
55		2580	870	660	76	56		5260	2600	2280	88
57		2400	1370	1010	74	58		4060	2880	2480	86
59		2480	1390	1030	74	60		4100	2890	2490	86
61		2500	1500	1110	74	62		4660	3040	2610	86
63		2420	1470	1080	74	64		4580	2980	2560	86
65		2540	1500	1110	74	66		4400	2920	2510	86
67		2200	1140	840	74	68		4180	2900	2490	86
69		2320	1170	860	74	70		4010	2860	2450	86
71		2200	1180	870	74	72		4280	2890	2490	86
73		2000	1050	780	74	74		3700	2800	2380	85
75		2100	1160	860	74	76		3860	2840	2410	85
77		2160	1130	840	74	78		4180	2840	2440	86
79		2620	860	640	77	80		6880	2550	2240	88
mean value	>74	2380	1209	895	74.02	mean value	<44	4310	2830	2430	85.86

イラーの高温部において灰化し、十分の空気量のもとで 1100°C 以上の温度で或る時間連続加熱された場合にのみ、粘土質シヤモット線瓦の高温変成部に生成する針山の如き鋭利な針状結晶の Mullite が得られるものと考えられる。

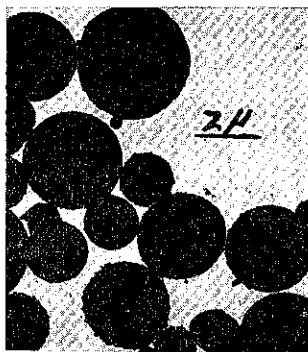
Fig. 6 の(9)~(12)に示す如くである。(12)は、川崎火力発電所 PCBA の Green ash を農業技術研究所早瀬研究室において 2 % Citric acid で (30°C) 20 日間浸し、浜過洗滌し乾燥した試料の代表的な針状結晶の EMG である。Fig. 7 は本邦最新の 16 火力発電所の PCBA 中より選定した代表的な EMG である。(1)は新宇部火力発電所の PCBA 中より発見した世界的に初めての Mullite の結晶と考えられる。これは現在鉱物学的に研究中である。X 線粉末回折の結果は、ASTM card 10—394 および 6—0258 の混成した Mullite に α—Quartz が混成したもののようである。とにかく、Mullite には間違いないものと確信し、筆者は、この結晶形を、鶴のとび立つ時の状態に似ているので、“Crane crystal”と命名した。即ち、“Crane Mullite”である。(2)は PCBA 中に含まれる重油灰の表面構造であり、(3)は Mullite の針状結晶で、これも世界的に初めての結晶形であるので筆者は、線状の皺(しわ)の如く見えるので、“Lines Crystal”即ち“Lines

Mullite”と命名した。(4)は、非晶質 PCBA の代表的な表面構造である。(5)は本邦産 PCBA 中に最も多く見られる針状結晶の Mullite である。(6)は、川崎火力発電所 PCBA 中より発見されたもので、研究の終果、非晶質シリカ 80% 以上含有する珪藻土であることが判明した。PCBA 中より Diatomaceous earth の発見されたのは世界で初めてである。

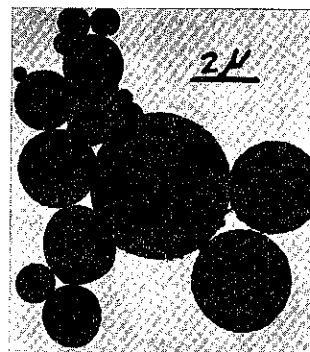
4.3.2 走査型電子顕微鏡実験 PCBA 粉体系の粒子群の表面状態、即ち、幾何学的微細構造 (Micro-topography) を探究するには、走査型電子顕微鏡の実験以外考えられないので、多年筆者は心がけてきた実験である。塵肺の吸塵防止の研究には、最も重要な実験である。Fig. 8, Fig. 9, Fig. 10 の示す通りである。Fig. 8 の(1)は、PCBA 粉体の集合系の幾何学的粒子表面の状態である。(2)と(3)および(4)と(5)は茶釜型の PCBA であって、微粒子群を多く抱き込んでいる状態を示しているものである。この茶釜型 PCBA を筆者は“Tea-kettle type”PCBA と命名した。(6)と(7)および(8)と(9)は、魚つりのときに用いる籠の形或は魚つりのかご等に似ている PCBA で筆者は、これを“Fish-basket type”及び“Bird-nest type”PCBA と命名した。Fish-basket type の PCBA は、その附近にブドウ状 (Grape type) に超微粒子の PCBA が



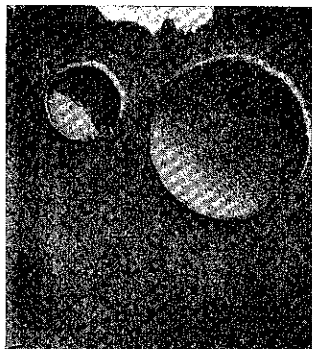
(1)
KAWASAKI Flyash



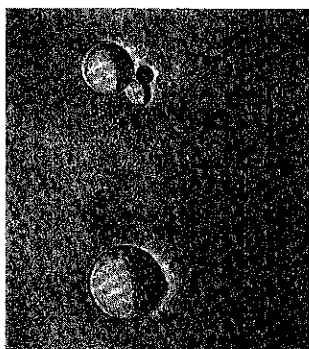
(2)
JOBAN Flyash



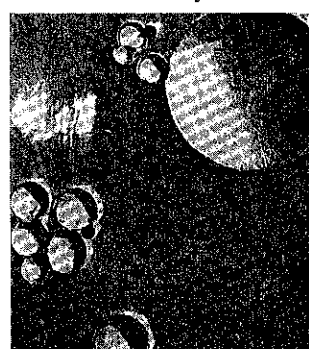
(3)
EBETSU Flyash



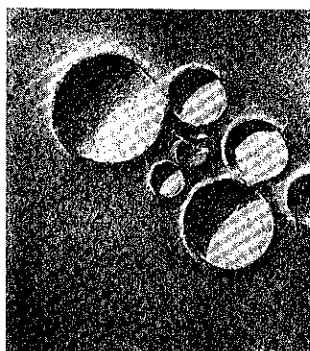
(4)-1
At 900°C



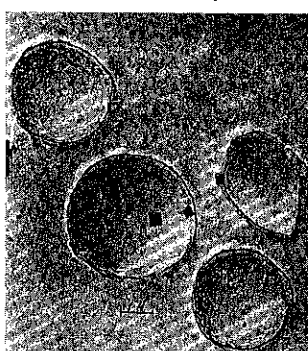
(5)-2
At 1000°C



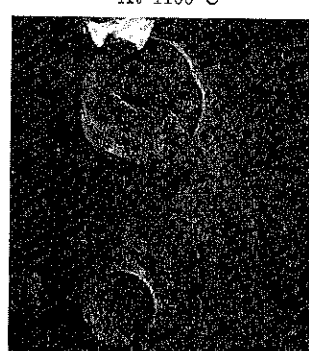
(6)-3
At 1100°C



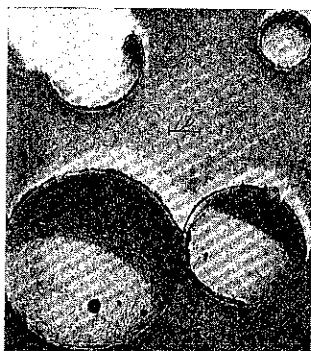
(7)-1
10min treated at 900°C



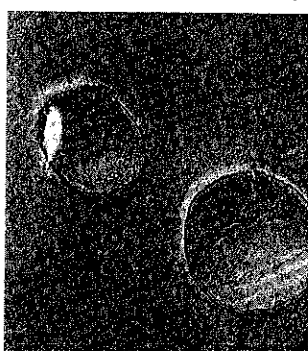
(8)-2
10min treated at 1000°C



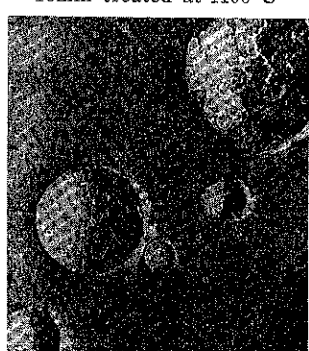
(9)-3
10min treated at 1100°C



(10)-1
20min treated at 900°C



(11)-2
20min treated at 1000°C



(12)-3
20min treated at 1100°C

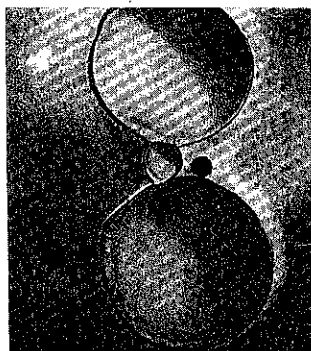
Fig. 5. Electron micrograph by superscope.

(1)~(3) : Electron micrograph of flyash of KAWASAKI, JOBAN, EBETSU, modern power plant.

(4)~(12) : Electron micrograph of the fine particles in the ashes of burnt pulverised coal by two-stage self-molding replica method.



(1)



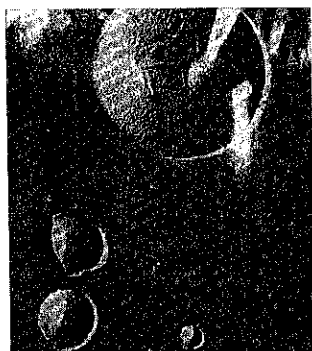
(5)



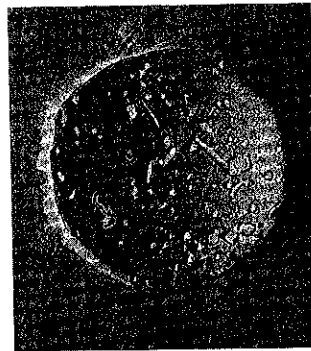
(9)



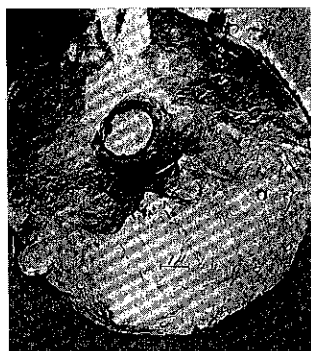
(2)



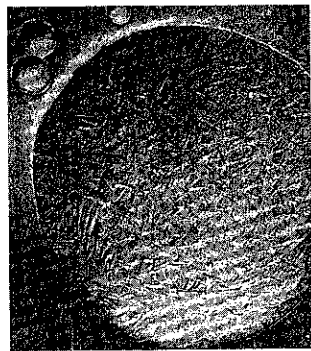
(6)



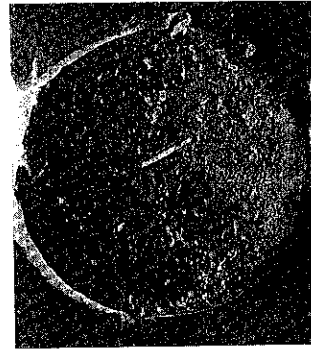
(10)



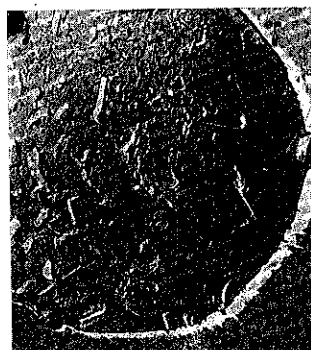
(3)



(7)



(11)



(4)



(8)



(12)

Fig. 6. Electron micrograph of surface structure of the particles in the PCBA by two-stage self-molding replica method.



(1)



(2)



(3)



(4)

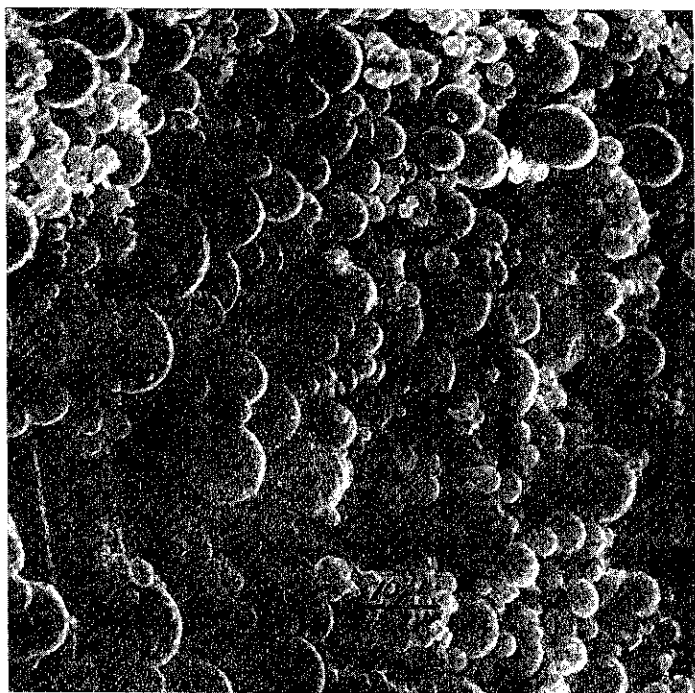


(5)



(6)

Fig. 7. Electron micrograph of surface structure of the particles in the flyash by two-stage self-molding replica method.



(1)



(6)



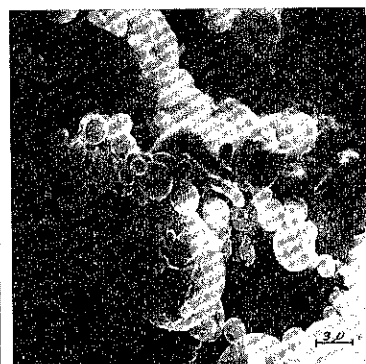
(7)



(2)



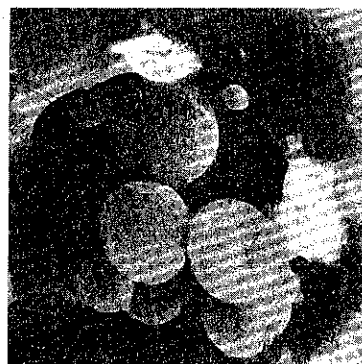
(4)



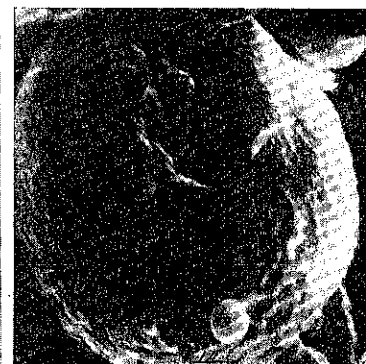
(8)



(3)



(5)

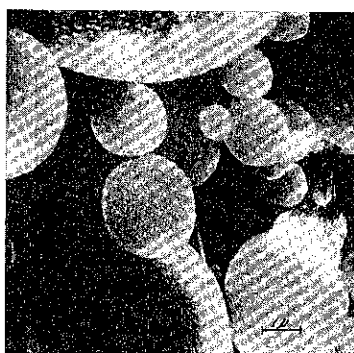


(9)

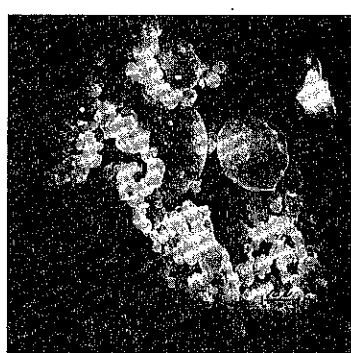
Fig. 8. Electron micrograph of surface structure of PCBA particles by scanning electron microscope.



(1)



(5)



(9)



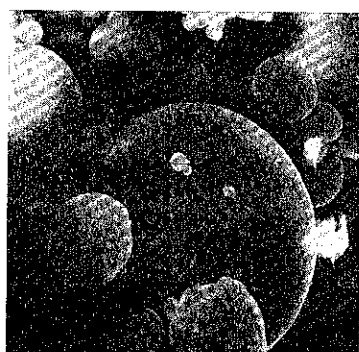
(2)



(6)



(10)



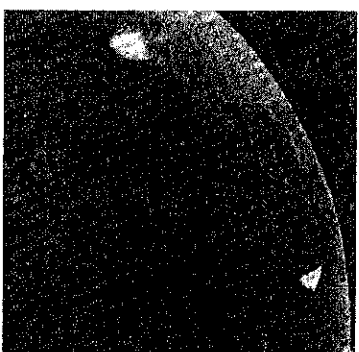
(3)



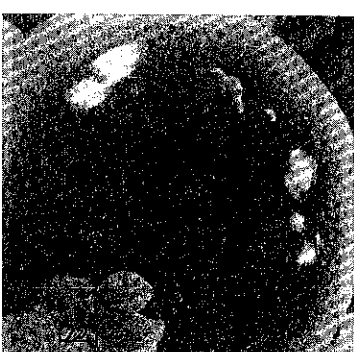
(7)



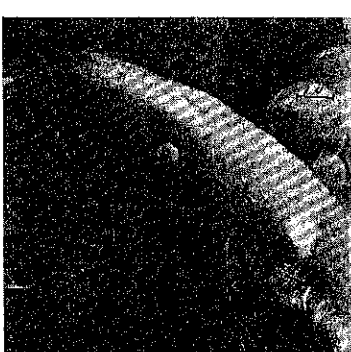
(11)



(4)



(8)



(12)

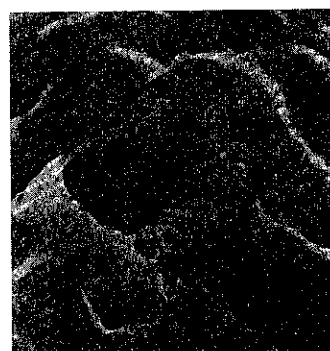
Fig. 9. Electron micrograph of surface structure of PCBA particles by scanning electron microscope.



(1)



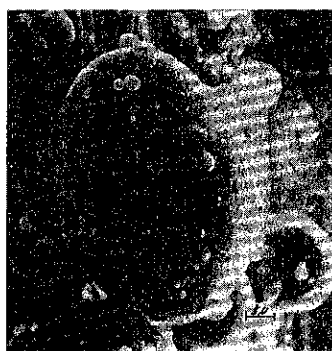
(2)



(3)



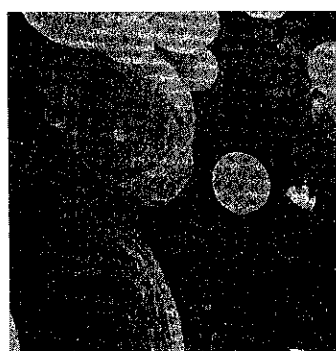
(4)



(5)



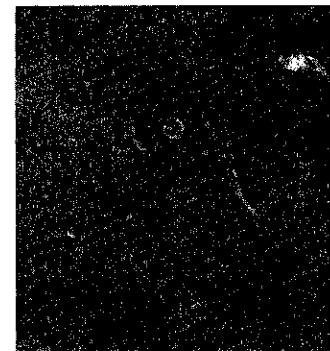
(6)



(7)



(8)



(9)

Fig. 10. Electron micrograph of surface structure of PCBA particles by scanning electron microscope.

凝集している状態が見られるのが特記すべき事項である。Fig.9 はPCBAの粗粒子、微粒子、超微粒子の凝集状態を示したものである。(9)は特に Grape type の代表的状態を示したものである。Fig. 10 は割合粒子の大きなものの表面に超微粒子が凝集している状態を示したものである。(2)と(3)は、農業技術研究所早瀬研究室で川崎発電所 PCBA の Flyash と Green ash を2% Citric acid 処理した粒子の表面構造を示したものである。(2)は Flyash で、その表面はよく2% Citric acid に溶解している状態が確かめることができる。(3)は Green ash でそのポーラスな表面と超微粒子の grape type になったものが抱き込まれている状態がみられる。

4.3.3 X線粉末回折実験 われわれは、粉体の微粒子に対する mineralogical composition の決定には、X線粉末回折法を採用する以外に、前述の電子顕微鏡学的に Micro-topography を探究する方法があるのみである。しかしながら、後者をもってしても確信ある決定はできないので、最終的 mineralogical composition の決定には、X-ray powder method 以外ないのである。実験の結果は、Fig. 11 に示す通りである。Fig. 11の(A)および(B)は、すべて同一条件下においての Chart である。ただ、Target が1 KW と2 KWの異っている点のみで

Table. III. ASTM card dÅ of
Mullite and Quartz

Mullite		Quartz		
10—394	6—0258	α -Quartz 5—0490	H—Quartz 11—252	β -Quartz 7—346
dÅ	dÅ	dÅ	dÅ	dÅ
5.38	5.36			4.43
		4.26	4.34	
3.78				3.42
3.42	3.41		3.40	
3.39	3.38			
		3.34		

ある。粉末線の解析で、Table III と Fig.11 とを比較検討すると(B)の方が Mullite と α -Quartz とを確実に解析ができる点の特点がある。筆者は、複雑な鉱物組成を有する物質の解析には、(B)の方が優れていると考えるものである。

4.4 分級、加水混合、造粒実験

PCBA 中の $<44\mu$ 粒子群を分級し、Adhesion agent として H_2O を使用し、造粒する場合、実験の結果、分級機は、mechano-chemical な作用をする分級機でなければ、前述の STEM の Electron micrograph に示された grape type の PCBA 超微粒子群および Tea-kettle type, Fish-basket type, Bird-nest type, の粗粒子に抱き込まれている微粒子および超微粒子を粗粒子群より分級することは困難である。Adhesion agent の H_2O を適量加えて混合する場合に、混合機の条件は、完全に平均化する混合機でなければ、目的の造粒はできないのである。造粒機は、ロールとダイスによる押出式造粒機(写真1)がもっとも好成績を得た。分級、加水混合、

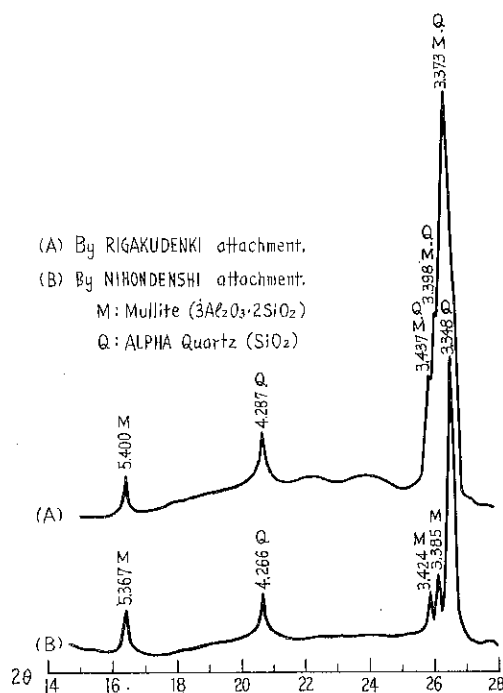


Fig. 11 X-ray powder diffractograms of the fine particles in the ashes of burnt pulverized coal. (Flyash of WAKAMATSU power plant.)

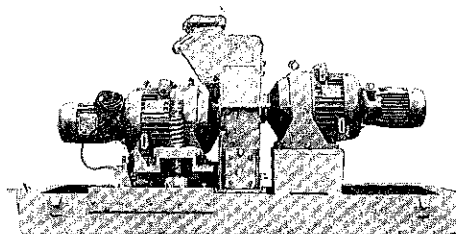


写真1 造粒機

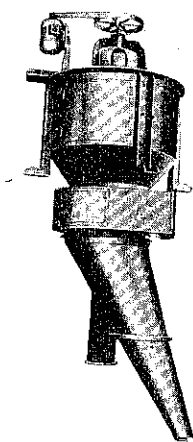


写真2 Micron-Separator

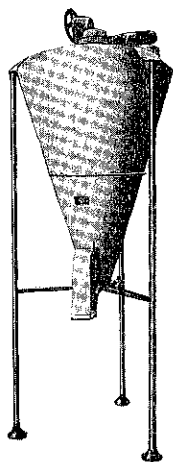


写真3 Nauta-Mixer

造粒の連続操作において、多くの種類の機械を使用し、実験の結果、分級機は mechano-chemical な作用を十分に発揮し空気分級を併用する“Micron-Separator (写真2)”が最高の成績であった。加水混合機は、スクリュウ遊星運動型加水混合機である Nauta-Mixer (写真3) がよい。この種の混合機では他に比較するものがない。

5 結 論

以上の実験結果から次のように結論される。

(1) 微粉炭燃焼灰の鉱物学的組成は、 $>5\mu$ 粒子群において Mullite, α -Quartz, Non-crystalline aluminosilicates, Non-crystalline carbon である。 $<5\mu$ 粒子群では、Non-crystalline aluminosilicates が主成分で、少量の Non-crystalline carbon が含まれている。

(2) 微粉炭燃焼灰中に含有する B_2O_3 は、微粒子ほど含有率が高く、溶解度も大きい^{11), 12)}。 B_2O_3 は、灰分量および珪酸量と逆行して増減する^{11), 12)}。

(3) 本邦最新の16火力発電所より産する微粉炭燃焼灰の $<44\mu$ 粒子群中の B_2O_3 には、バラツキが認められない。Trademark “Green ash” 中の B_2O_3 のバラツキは、Tea-kettle type, Bird-nest type, Fish-basket type 粒子に超微粒子の grape 状に凝集した粒子群および微粒子の抱き込み率に起因するものである。

(4) 本邦の土壤は、火山灰土壤がその大半を占めている現状である。火山灰土壤¹⁰⁾、花崗岩質土壤¹⁰⁾、石英

粗面岩質土壤¹⁰⁾は、硼素マンガン欠乏土壤¹⁰⁾であることは今更いうまでもないが、本邦火力発電所は、 $<44\mu$ 粒子群微粉炭燃焼灰年間50万超を普通硼素肥料として農業日本のために協力すべきである。

(5) 微粉炭燃焼灰微粒子群を原料とする普通硼素肥料は、塵肺予防、公害防止上農林省指示による造粒をすべきである。造粒方法は、現在の Flyash を mechano-chemical な作用を十分に発揮する分級機により $<44\mu$ 粒子群とし、 H_2O を adhesion agent として Nauta-Mixer による完全なる加水混合して造粒する方法を採用すべきと考える。造粒機は、本実験結果より H_2O を adhesion agent とする場合に限り、ロールとダイスによる押出式造粒機がもっとも好成績であった。

終りに本研究遂行にあたり、種々実験にご協力を賜った東電フライアッシュ部、フライアッシュ協会、東北大学農学部教授増井淳一博士、北海道大学理学部教授八木健三博士、細川鉄工所、農林省農業技術研究所早瀬研究室、日本電子機、興和機、理学電機機、大阪府農林技術センター理化学研究室に厚く御礼申し上げる次第である。

参 考 文 献

- 1) 昭和41年10月20日付官報
- 2) 竹田栄蔵, 金子博祐: 本邦における石炭中の微量成分(その一), (その二) 1961—3, 1963—3地質調査所地質ニュース
- 3) 中村喜義: 第2回防災化学研究発表要旨(1962) 日本化学会発行
- 4) 水渡英二: “材料”(1966) 第15巻, 第150号
- 5) 分析化学便覧(1965), 日本分析学会編
- 6) 中村喜義: 第4回粉体に関する討論会要旨(1966)
- 7) H. Lipson, W. Cochran: “The determination of crystal structure”. Vol I (1964)
- 8) “ ” Vol II (1965)
- 9) “ ” Vol III (1966)
- 10) F. J. Pettijohn: Sedimentary Rocks (1956)
- 11) 中村喜義: 材料, 第15巻第150号(1966)
- 12) 春山勲: “石炭中の無機成分について”地球化学, 第4号(1951)
- 13) 中村喜義: 材料, 第13巻, 第133号(1964)

非等速吸引によるバイジン量の誤差について

九州工大

上 滝 具 貞
金 原 清

1. ま え が き

煙道などのダクトを流れるガス中のバイジン量を測定するさい、サンプリング用のガスはダクト内のガスの速度に合わせて抽気することが理想であるが、実際に現場で測定を行なう場合には、ダクト内のガス流が変動したり、曲管の前後では断面内の流れが不均一になることなどのために、ピトー管等でダクト内の速度を予め測定してガスを抽気する方法では完全な等速抽気は望めないことがある。

本実験はこのような場合、非等速で抽気したガス中のバイジン濃度と、ダクトを流れるガスの真のバイジン濃度との誤差を測定し、この誤差量と抽気速度比との関係をダクトの速度やバイジン濃度または浮遊バイジンの粒度などをパラメータとして求め、さらにその原因について考究したものである。なお、本実験に関しては既に Watson, 井伊谷などの報告があるのでそれらとの関係についてものべる。

2. 実験装置

実験は Fig. 1 のような循環式風洞 (Göttingen 型) を使用し、この AA 断面から気流の一部を抽気してその中のバイジン量を測定した。基準になるダクト内のバイジン濃度は図の F 点からの微粉供給量によって調整する。なお実験風洞の一般的な性能は大体 Table 1 の通りである。

ガスの吸引に使用した抽気管は Fig. 2 に示すような特殊の構造をしており、抽気管の内圧および外圧の差を図の弁 V で適当に調節することにより、ダクトの速度と吸込み速度との比率を任意に変えることができるようになっている。Fig. 3 はこの抽気管の内外圧の差と抽気速度比との関係を示したものである。図から任意の速度比に対する抽気管の差圧を求めてこの差圧でガスを吸引し Fig. 2 のように 4 分円ノズルおよびフローメーター

で流量を再検定した。

ダクト内の気流速度は通常の煙道ガスの速度範囲である $7 \sim 20 \text{ m/s}$ にきめ、抽気ガスの速度比は $0.5 \sim 2.0$ の範囲とし、ガスのバイジン濃度は $1.0 \sim 15.0 \text{ g/m}^3$ とした。バイジンとして浮遊させる粉体は平均粒径 25μ 程度のフライアッシュと、 $5 \sim 10 \mu$ の炭酸カルシウム粉末である。

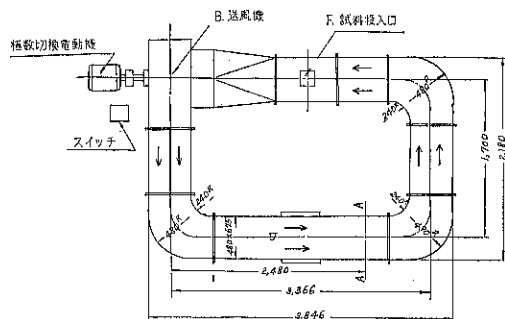


Fig. 1 Göttingen 型風洞

Table 1 実験風洞性能表
機器仕様

送風機の性能			電動機の性能	
型 式	リミットロード	型 式	極 数	切 換 導
動 力	3.7KW	動 力	3	
圧 力	75mmAq	回 転 数	505, 845, 1125	
風 量	166m ³ /min		1715r.p.m.	

測 定 断 面

タ テ × ヨ コ	673.6 × 473.6 mm
測 定 点	20点
速 度 範 囲	7.75 ~ 20.10 m/s
" 変 動 率	± 3 %
静 圧 範 囲	-0.70 ~ -4.50 mmAq
" 変 動 率	± 6 %

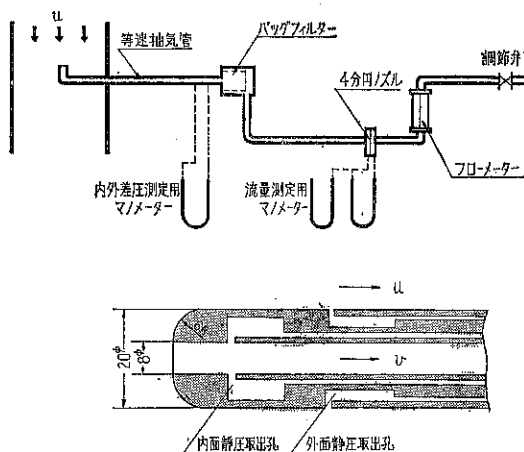


Fig. 2 抽気管及び抽気装置

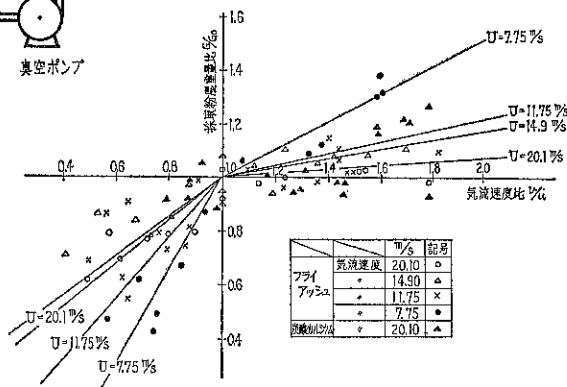


Fig. 4 採取粉塵量比と気流速度比の関係

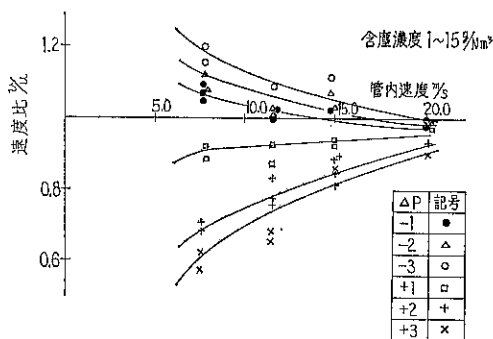


Fig. 3 抽気管特性図

Table. 2 実験条件及び実験範囲

	フライアッシュ	炭酸カルシウム
気流速度	7.75~20.10m/s	20.10m/s
含塵濃度	1~15g/m³	1~5 g/m³
速度比範囲	0.5~1.8	0.5~1.8
平均粒子径	約25μ	約5~10μ
比重	2.08	2.75

実験は気流の速度、濃度および粉体の種類を適当に変えて、吸引ガスのバイジン量を測定し、粉体の速度と質量による影響を調べた。実験条件および変化範囲はTable 2の通りである。

3. 実験結果

ダクト内の気流速度を U m/s, 抽気管内の吸引速度を v m/s とし、等速で吸引した場合の採取ダスト量を G_0 g, 非等速吸引の場合の採取ダスト量を G g としたとき、

$$\frac{G}{G_0} = \frac{v}{U} \quad (1)$$

であれば、抽気速度によるバイジン濃度の誤差はないわけであるが、実験から求められた G/G_0 と v/U の関係は Fig. 4 のようになり、(1)式の関係は成立しないことがわかる。図からつぎの現象が知られる。

$v/U > 1$ のとき

イ) ダクト内の気流速度が一定であれば、 G/G_0 は v/U に比例し、

$$\frac{G}{G_0} = k \frac{v}{U} \quad (2)$$

で表わされるが比例常数 k は $k < 1$ である。これは Watson らの報告と同様である。

ロ) 比例常数 k は気流の速度によって変わり、 U が大きくなるほど小さくなる。(2)式で明らかなようにバイジンの採取誤差は k が 1 より小さくなるほど大きくなるので、 U に比例して採取誤差が大きくなるわけである。

$v/U < 1$ のとき

イ) G/G_0 が v/U に比例することは $v/U > 1$ のときと同様であるが、比例常数 k は $v/U > 1$ のときより大きくなる。従って図4の G/G_0 線は原点で方向が変わる折線になる。なおこの場合、図から明らかなように k が大きくなることは G が小さくなることで、採取ダスト量は従来の実験値よりも少ない。

ロ) $v/U > 1$ のときの比例常数を k_1 , $v/U < 1$ を k_2 とすると大体

$$k_2 = (3 \sim 4) k_1$$

の関係にある。

なお浮遊粒子の大きさを変えた場合は Fig. 5 のようになり、気流速度が同一の場合粒径が小さいほど k が 1 に

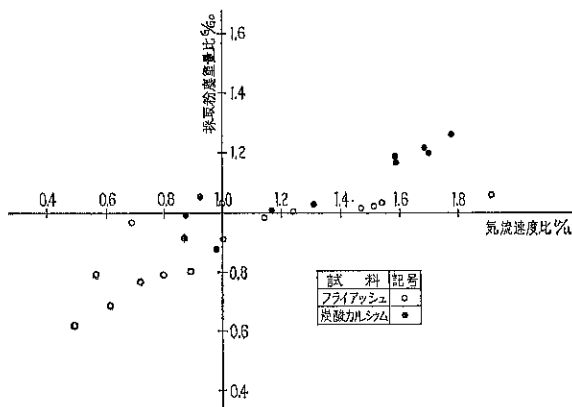


Fig. 5 気流速度20.1m/sに於けるフライアッシュと炭酸カルシウムとの比較

近付き非等速によるパイジンの採取誤差が小さくなることがわかる。

4. 分離数と遠心力

本実験に関するこれまでの報告は Fig. 6 のようであり、気流速度が一定の場合は $v/U \leq 1$ に無関係に $k = \text{const.}$ で直線的に変化する。k の値は前述の実験結果からも推察できるように、気流速度 U と浮遊パイジン粒子径 δ に反比例的であるから、いま

$$P = \frac{\delta^2 \rho_s}{18\mu} \cdot \frac{U}{r} \quad (3)$$

なる無次元関数を使うと Fig. 6 の各線は次式で表わされる

$$\frac{G}{G_0} = \frac{1}{2P+1} \cdot \frac{v}{U} + \frac{2P}{2P+1} \quad (4)$$

ただし $\delta = \text{浮遊パイジンの粒径 cm}$

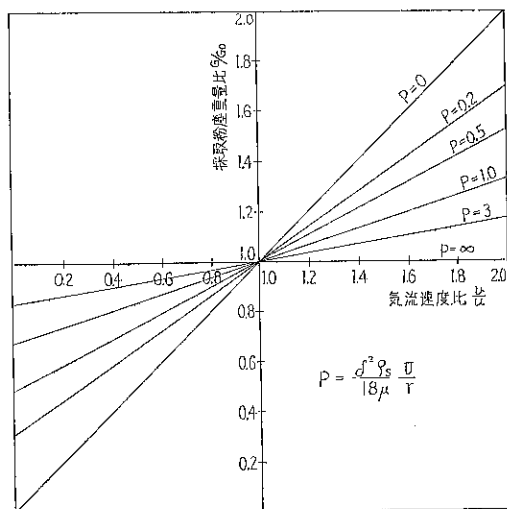


Fig. 6 採取粉塵重量比と気流速度比の関係

$\rho_s = \text{浮遊パイジンの密度 gs}^2/\text{cm}^4$

$\mu = \text{気流(ガス)の粘性係数 gs/cm}^2$

$r = \text{抽気管内径 cm}$

である。式中の P の値の $1/2$ を一般に分離数と呼び ψ で表わしている。この ψ または P の物理的な意味は明らかにされていないが、つぎのような種々の解釈が試みられている。

$$\begin{aligned} \psi &= \frac{P}{2} = \frac{\delta^2 \rho_s U}{18\mu D} \\ &= \frac{1}{18} \left(\frac{DU\rho}{\mu} \right) \left(\frac{\delta}{D} \right)^2 \left(\frac{\rho_s}{\rho} \right) \propto (R_s) (\text{面積比}) \\ &\quad \cdot (\text{密度比}) \quad (5) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= \left(\frac{\delta^2 \rho_s g}{18\mu} \cdot \frac{1}{v} \right) \left(\frac{U^2}{gD} \right) \propto (\text{速度比}) \cdot (F_r \text{数}) \quad (6) \\ &= \left(\frac{\delta^2 \rho_s U}{18\mu} \cdot \frac{1}{D} \right) \propto (\text{粒子の運動距離と管径の}) \quad (7) \end{aligned}$$

$$= (\text{粒子の無次元運動方程式の慣性項の係数}) \quad (8)$$

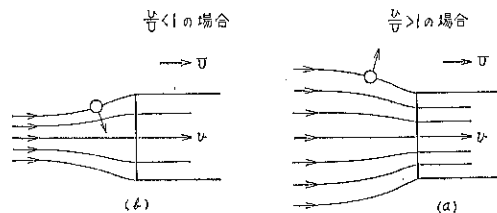


Fig. 7 抽気管入口付近の流線模型図(その1)

ただし $D = 2r$ が抽気管の直径に相当する。 ψ または P を上式に示された無次元項の関数と考えた場合、本実験ように抽気管入口で Fig. 7 のような流れの流線上を浮遊する粒子に対しては、上式の各項の物理的な意味が、慣性項の係数以外は、明らかでないように思われる。

いま粒子が Fig. 7 の外側付近の流線にそって流れている場合、図で明らかなように $v/D > 1$ のときは遠心力によって流線の外側に飛出し、 $v/U < 1$ のときは遠心力が反対方向に作用して吸引ガス中に粒子が飛込む可能性が大きい。従って吸引ガス中のパイジン量は抽気管入口付近で粒子に働く遠心力の大きさと方向によって左右されるものと考えることができる。この場合粒子には遠心力と反対の方向に抵抗が働くわけで、この抵抗がストークスの法則に従うものとする、 P は次式のように粒子に対する遠心力とストークスの抵抗の比で表わすことができる。

すなわち

$$P = 2\psi = \frac{\delta^2 \rho_s}{18\mu} \cdot \frac{U}{r}$$

$$= \frac{\pi \delta^3}{6} \cdot \frac{\rho_s}{3\pi \mu \delta U} \cdot \frac{U^2}{r} \propto \left(\frac{\text{粒子の遠心力}}{\text{ストークスの抵抗力}} \right) \quad (9)$$

上式でPが一定の場合粒子に働く力の関係は相似になり、理論的には同一運動と見なされるので $k = \text{const.}$ になるものと解釈することができる。

5. $v/U < 1$ の比例常数 k について

本実験では Fig. 4 のように、比例常数 k の値は $v/U > 1$ よりも $v/U < 1$ の方が大きくなり、Fig. 6 のように一定にはならない。すなわち、従来の報告または Fig. 7 の流れによると $v/U < 1$ の場合はバイジンが吸引されるガス中に飛込んで、吸引ガスのバイジン濃度は理想値よりも大きくなるわけであるが、本実験では k の値が大きくなりバイジン採取量が小さくなっている。従って本実験の結果は $v/U > 1$ の場合と同様に吸引ガス中に浮遊しているバイジンが吸引ガス流の外側に飛出しているわけである。

この理由は明らかでないが、本実験の場合は抽気管の内径がわずか 6 mm であるため、抽気管入口付近の流れが Fig. 7 (b) のように流れても流線の実際の曲率は極めて小さく、これによる遠心力は僅かであるから、このため吸引ガス中に飛込む粒子は実際には 0 に近いのではないと思われる。さらに本実験のように抽気管の壁が内径に較べて厚い場合は Fig. 8 で明かなように吸引ガスの外側の流線の曲率が途中で変わり、気流中に浮遊する粒子に働く遠心力はほとんど外側へ向う。このため吸引ガス中に飛込むバイジンよりも飛出す方が多くなり、 $v/U < 1$ でもバイジン採取量が減るものと思われる。

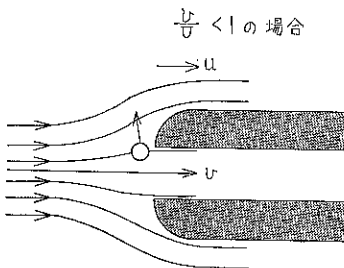


Fig. 8 抽気管入口付近の流線模型図 (その2)

6. バイジン濃度と抽気速度との関係

ガス 1 m³ 中のバイジン量を C_g とすると、 C_g/m^3 はバイジン濃度を表わす。式(4)を C で書き変えると

$$\frac{C}{C_0} = \frac{P}{P+0.5} \cdot \frac{U}{v} + \frac{0.5}{P+0.5} \quad (10)$$

となる。ただし、 C_0 はダクト内のガスのバイジン濃度 g/m^3 、 C は吸引ガスのバイジン濃度 g/m^3 である。(10) 式を図示すと Fig. 9 のような曲線群が得られる。図の曲線は $P = \text{const.}$ の場合であり、図の各点はフライアッシュの実験値であるが、図から気流速度が 20 m/s 前後の場合はほぼ $P = \text{const.}$ の線にそうが、気流速度が小さくなるほど $v/U < 1$ で P が小さくなる傾向が見られ、 $U < 12 \text{ m/s}$ 以下では $v/U \leq 1$ にかかわらず $|v/U - 1|$ が大きくなると濃度が小さくなる。従って $v/U < 1$ では $P = \text{一定}$ の曲線と逆になり、濃度が $(v/U)^n$ に比例して減少する傾向がある。 ($n < 1$)

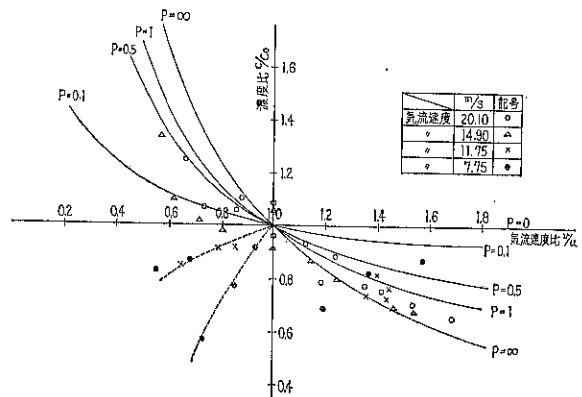


Fig. 9 濃度比と気流速度比の関係

要するにバイジン濃度の誤差は抽気速度誤差と比例的に増加するものであり、 $v/U > 1$ の場合は濃度が薄くなりその誤差は大体 v/U の 12~22% 程度である。この傾向はダクト内の気流速度が大きくなるに従って僅かではあるが大きくなる。 $v/U < 1$ の場合も比例的な傾向は同じであるが、気流速度が速いと濃度が大になり従来の結果と同様であるが、速度が 12 m/s 以下になると逆に小さくなるのが本実験の特徴である。

7. む す び

ダクトを流れるガスを非等速で吸引した場合のバイジン濃度誤差を抽気速度、ガス速度およびバイジンの種類を変えて調べたわけであるが、大体つぎのことが明らかになった。

1. 分離数 $\psi = P/2$ を粒子に働く遠心力とそれと反対方向に働くストークス抵抗の比と考えると、 δ や U に対する変化が説明でき、かつ実験結果から求められた次式、

$$G/G_0 = A(P) + k \cdot \frac{v}{U}$$

(45頁に続く)

造粒に関する研究（第二報）

グラニューライザーによる造粒機構の解析

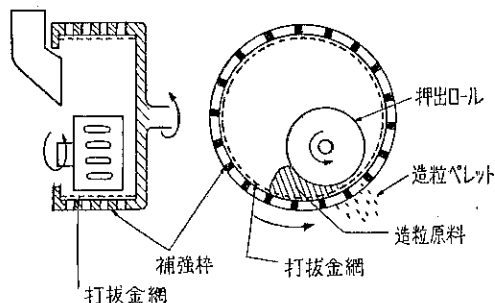
大阪市立大学 向 阪 保 雄

細川粉体工学研究所 豊 立 勝 二

§ 1 ま え が き

前報ではグラニューライザーによる造粒ならびにその球形化行程についての概要を報告したが、本報ではグラニューライザーによる造粒機構のみに対称をしばってこれについて得られた二、三の研究結果を報告する。

この造粒法による造粒過程は厳密には極めて複雑であるが、シリンダー内に入れられた原料をピストンで加圧し押し出す成型法と類似していることに着目し、この種造粒機的设计上考慮しなければならない諸因子を明らかにするため単純化した解析と実験を試みた。



編集部註 本報におけるグラニューライザーは前報造粒に関する研究（第一報）（松山，鈴木，粉碎 No.11, 20 (1966)）に発表されたグラニューライザーと同種のもので回転ダイスと押し出しロールを用いて湿潤粉体を造粒するペレットミルタイプの造粒機である。図のように円筒状の補強棒の内面に打抜金網を張ってダイスとなし、ダイス内側に近接して押し出しロールを配し、ダイスとロールを同方向に回転させる。あらかじめ適当な水分に調合した湿潤粉体を押し出しロールの前に投入すると、回転によりロールとダイスの間に噛みこまれダイスの打抜金網の孔より押し出されて円柱状のペレットを作る造粒機である。

§ 2 ロールとダイスの間にかみ込まれた湿潤粉体の押し機構

2-1 ロールとダイスの間にかみこまれた湿潤粉体の挙動

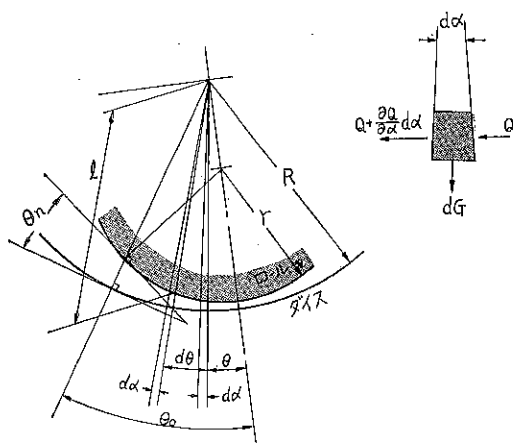


Fig. 1

Fig.1のようなグラニューライザーについてロールとダイスとの間にかみ込まれた湿潤粉体の挙動を考えると、

$$d(dW) = -(L \cdot \frac{\partial Q}{\partial \alpha} d\alpha) dt - dG dt \quad (1)$$

ここで $dW = \frac{1}{2}(R^2 - l^2) \rho L d\alpha$: $d\alpha$ 部分の粉体の重量

$dG = \rho u m R L d\alpha$: ペレットの流出量

$$\text{したがって } \frac{\partial}{\partial t} \left(\frac{R^2 - l^2}{2} \rho \right) = - \frac{\partial Q}{\partial \alpha} - \rho u m R \quad (2)$$

もし $\frac{\partial Q}{\partial \alpha} = 0$: θ 方向の粉体の移動量が一定
又は零

$\frac{\partial \rho}{\partial t} = 0$: 湿潤粉体の密度変化小

と出来ると

$$l \frac{dl}{dt} = R u m \quad (4)$$

以下 Eq (3) が成り立つものとして解析を行なう。

2-2 かみ込み角 θ_n

最大かみ込み角 $\theta_{n \max}$ は Fig. 2 のような角度で定義される。この $\theta_{n \max}$ に関しては、Bruce の報告²⁾ があり、乾燥した粉体では $\theta_{n \max} \approx 8 \sim 10^\circ$ 、粘着性のある粉体ではこれより高い値を示すこと、及びロールの回転数が上れば小さくなることが示されている。グラニューライザーにおけるかみ込み角 θ_n もロールとダイスの接線角で表わされる。Fig. 1 の θ_0 と θ_n との関係は

$$\theta_0 \approx \frac{r}{e} \theta_n \quad (5)$$

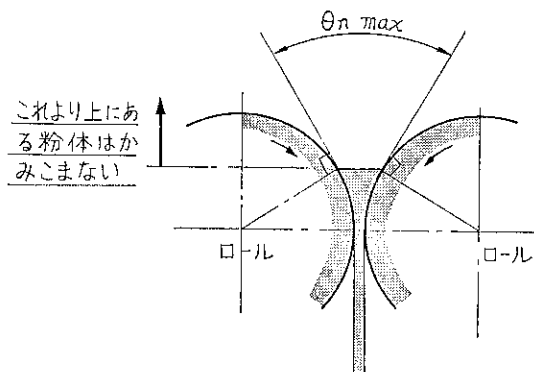


Fig. 2

原料の供給が少ないときには $\theta_n < \theta_{n \max}$ となり、供給される粉体は全てかみ込まれ2-1項の式が成り立つ。

2-3 ロールとダイスの近寄り速度: $\frac{dl}{dt}$

Eq (4) の $\frac{dl}{dt}$ はロールとダイスの近寄り速度を表わしており Fig. 1 より幾何学的に求まる。すなわち

$$l^2 + e^2 - 2le \cos \theta = r^2 \quad \text{より}$$

$$1 \approx A \left(1 - \frac{e}{r} \frac{\theta^2}{2!} \right) \quad \text{ただし} \quad \cos \theta \approx 1 - \frac{\theta^2}{2!} \quad (6)$$

$$\frac{dl}{dt} = \frac{dl}{d\theta} \cdot \frac{d\theta}{dt} = \frac{e}{r} A \theta \cdot \omega \quad (7)$$

2-4 ダイスからのペレットの流出速度: u

Eq (4) へ Eq (6), Eq (7) を代入して

$$u \approx \frac{\omega A^2 e \theta}{R_{rm}} \quad \text{ただし} \quad \frac{e}{r} \frac{\theta^2}{2} \approx 0 \quad (8)$$

$u_{\max}$ は Eq (8) に Eq (5) を代入して

$$u_{\max} \approx \frac{\omega R \theta_n}{m} \quad \text{ただし} \quad A \approx R \quad (9)$$

§ 3 ロールとダイス間にある湿潤粉体に作用する圧力: P

湿潤粉体に作用する圧力 P は、この種の造粒法においては、ダイスを通過するときの抵抗によって決るものと考えられる。

原料として湿潤粉体を用いるときは、ビンガム流体に

近い流動を示すものと予想されるので、この原料の流動式を次のように仮定する。

$$P - P_0 = K u^n \quad (10)$$

ここで

P_0 : ビンガム流体における降伏値

K : 粉体の種類、含水率、ダイス形状などによって決る定数

n : 流出速度 u 及び粉体の種類などによって決る定数

したがってこのような流動式で表わされる原料を用いるときには、ロールとダイス間の原料に生ずる圧力 P は Eq (10) に Eq (8) を代入して

$$P \approx K \left(\frac{\omega A^2 e \theta}{R_{rm}} \right)^n + P_0 \quad (11)$$

このような圧力が作用したときに、その原料粉体の高密度がどのように変化するかは圧力の加え方やその原料粉体の粉体特性によって異なる。もし圧力と歪みの関係がおもに塑性的に変化する粉体の場合を考えると、その粉体がペレットミル内で経験した最大の圧力 $P_{\max}$ Eq (10) に Eq (9) を代入して

$$P_{\max} \approx K \left(\frac{\omega R \theta_n}{m} \right)^n + P_0 \quad (12)$$

によって造粒物の高密度、換言すれば機械的強度がきまることになる。逆に造粒物の強度を大きくしたいときには Eq (12) の右辺を大きく選ぶように設計すればよい。

§ 4 処理能力

4-1 処理量: W

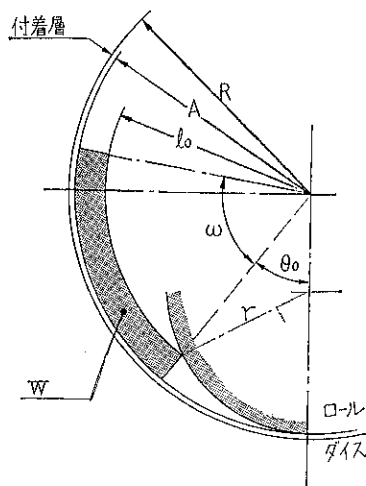


Fig. 3

処理量は Fig. 3 より

$$W = \rho (A^2 - l_0^2) \frac{\omega}{2} L$$

$$\Rightarrow \frac{\rho A^2 r \theta_n^2 \omega L}{2(R-r)} \quad \text{ただし} \quad \left(\frac{r \theta_n^2}{2e}\right)^2 \Rightarrow 0 \quad (13)$$

ここで $A \Rightarrow R$ として

$$W_0 \Rightarrow 60\pi \rho \frac{R^2 r}{R-r} \theta_n^2 L N \quad (14)$$

4-2 所要動力；E

原料粉体をダイスから押し出すのに要する動力Eは

$$E = \int P \cdot R d\theta \cdot L \frac{dl}{dt}$$

Eq (7) 及び Eq (11) を上式に代入して

$$E \Rightarrow \frac{RL\omega r A \theta_n^2}{e} \left[\frac{K}{n+2} \left(\frac{\omega A^2}{Rm} \right)^n \theta_n^n + \frac{P_0}{2} \right] \quad (15)$$

ここで $A \Rightarrow R$, ω を N にすると

$$E_0 \Rightarrow 1.395 \times 10^5 \frac{R^2 L r \theta_n^2 N}{R-r} \left[\frac{K}{n+2} \left(\frac{\pi}{30} N \frac{R \theta_n}{m} \right)^n + \frac{P_0}{2} \right] \quad (16)$$

4-3 処理能力(単位動力当りの処理量)；W/E

所要動力と処理量の関係は Eq (15) 及び Eq (13) より θ_n

$$\text{を消去し, } E \Rightarrow \frac{2W}{\rho} \left\{ \frac{K}{n+2} \left[\frac{2W}{m^2 \rho} \cdot \frac{\omega e}{rL} \right]^{\frac{n}{2}} + \frac{P_0}{2} \right\} \quad (17)$$

又 Eq (12) 及び Eq (15) より $A \Rightarrow R$ として

$$E \Rightarrow \frac{2W}{\rho} \left\{ \frac{1}{n+2} (P_{\max} - P_0) + \frac{P_0}{2} \right\} \quad (18)$$

処理能力を増大させるためには, $(\omega e)/(mrL)$ を小さくすればよい。しかしこの時 $P_{\max}$ は低下し硬い造粒物を

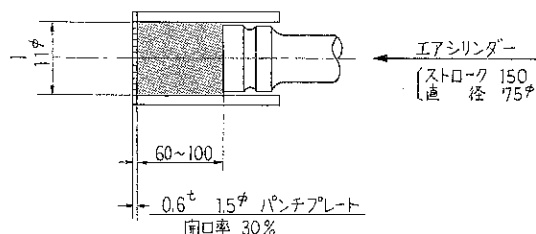


Fig. 4

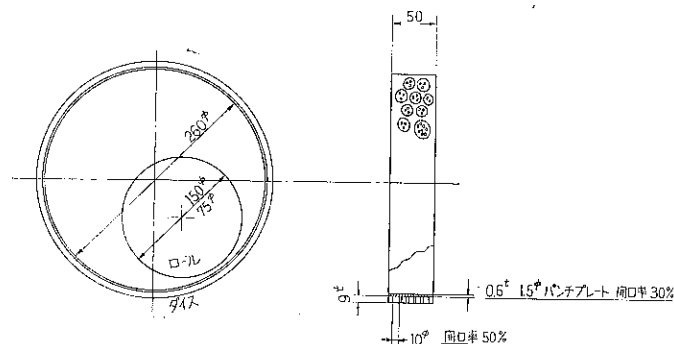


Fig. 5

得ることは出来ない。ある硬さの造粒物を得ようとするれば, $P_{\max}$ は決まり, したがって処理能力も決ってしまう。

§ 5 実験装置及び使用粉体

5-1 ピストン押しによる実験装置

Fig. 4 に示すようにシリンダーの先端にスクリーンをはり, ピストンはエアーシリンダーにより動作させた。測定時間は1~2秒である。グラニューライザーによる実験では使用粉体の水分は16%WBであるが、ピストン押し出しでは16%WBでは実験が困難であったので19%WBにて行なった。粉体とシリンダー内面の摩擦を少なくするため、シリンダー内面には十分グリースを塗布した。

5-2 グラニューライザーによる実験装置

Fig. 5 にペレットミルの実験装置を示す。ロールとダイスは同周速で回転され、ダイスには約4mmの粉体付着が形成されている。ダイスは孔径1.5φ 厚さ0.6t 開口率30%のパunchプレートで、補強のためその外側に開口率50%, 10φの孔をあけた補強板を張ってある。

5-3 使用粉体

粉体名：BKクレー

成分：I Gloss 3.45%

SiO₂ 75.59%

Al₂O₃ 20.2%

Fe₂O₃ 0.32%

MgO 0.44%

pH 4.7

真比重 2.55

湿潤粉体の水分 ペレットミル : 16%WB

ピストン押し出し : 19%WB

粒度分布(沈降式)

粒径(μ)	累積分布(篩下量)%
40	82.6
30	75.6
15	53.6
9	37.2

摩擦角(水分16%WB)

内部摩擦角 : 0.6

金属(SUS27, ▽▽)と粉体の

摩擦角 : 0.5

§ 6 実験結果及び考察

6-1 ピストンによる湿潤粉体の押し出し

Fig. 6 に湿潤粉体 (水分19% WBのクレー) による流動実験の結果を示す。これよりほぼビンガム流動をしていることがわかり Eq(10)~Eq(12) が使用できるものと考えられる。この実験では押し出し速度が極めて速い条件のもとで得られたものである。(u=15~60cm/sec)。押し出し速度をこれよりずっと遅くした時には、粉体層内で水分の移動が起こり、すなわち最初に水分を多く含んだ造粒物が押し出され、シリンダー内の水分が加圧後減少していく傾向が認められた。圧力と流出速度の関係については今後さらに厳密に調べる必要があるが、本実験で得られた値を次に示す。

$$P - P_0 = Ku^n$$

$$P_0 \approx 30 \text{ kg/cm}^2$$

$$K \approx 1.15 \text{ kg} \cdot \text{sec/cm}^3$$

$$n \approx 1$$

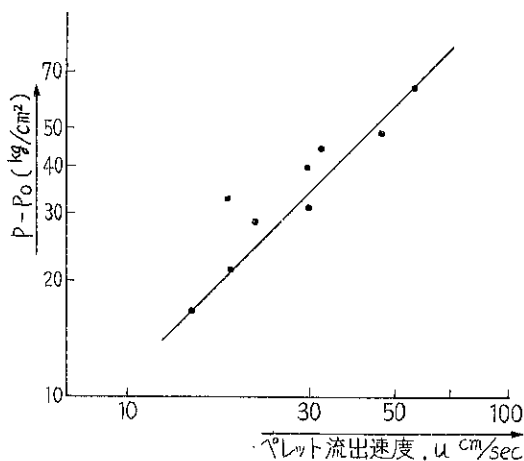


Fig. 6

6-2 ペレットミルによる造粒実験

(1) 処理量とかみ込み角

かみ込み角 θ_n を実測することは難しいので供給量を十分多くしてロールとダイスの間の原料粉体がつねに浮遊状態になるようにしてその処理量を比較した。これは粉体に応じて $\theta_{n \max}$ が決まると考えられるからである。実

験値を表 1 に示す。Eq(14) に表 1 の値を代入すると、

$$\text{計算値 } \frac{W_2}{W_1} = \frac{150 \times 114 \times 5.0 / (26 - 15)}{75 \times 154 \times 4.5 / (26 - 7.5)} = 2.77$$

$$\text{実験値 } \frac{W_2}{W_1} = \frac{(900 + 1300) / 2}{(350 + 400) / 2} = 2.80$$

これより計算値と実験値がよく一致していることがわかる。 $\theta_{n \max}$ については B K クレーでは約 13° でダイスの孔径が小さくなればいくぶん $\theta_{n \max}$ は小さくなるようである。又カーボンブラックについても大体同じ値が得られた。

ii) 造粒物の空隙率

湿潤粉体がかみ込まれてから後の圧力変化を測定することは難しいので、ここでは成型されたペレットの空隙率を調べた。Fig. 7 にその結果を示す。造粒物の空隙率は $P_{\max}$ に依存すると考えられるが、このことは、回転数及びかみ込み角の増加とともに空隙率が減少していくことから Eq(12) を定性的にはほぼ裏付けているものと考えられる。ただし回転数の効果が Eq(12) で示されるより小さいようである。

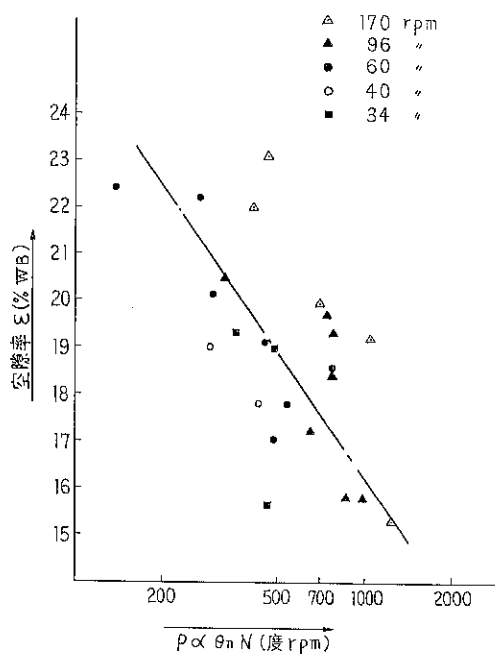


Fig. 7

表 1

番号	原料名	ペレット径	水分	能力 DB kg/hr	2 R ダイス径	2 r ロール径	N 回転数	L 巾
1	B K クレー	1.0φ	16% WB	350~400	26cm	7.5cm	154 R/M	4.5cm
2	B K クレー	1.0φ	17.4 "	900~1,300	26cm	15.0cm	114 R/M	5.0cm

iii) 粉体の圧縮特性と造粒物の空隙率

Fig. 8 に使用粉体の圧縮特性、空隙率および造粒機内で実際に作用したと考えられる最大圧力をプロットしたものである。本実験に使用した湿潤粉体は、充填構造が Funicular 域にあり、内部には空気が包含されている。したがってこのような湿潤粉体を加圧成型する場合には内部の空気を押し出す必要がある。圧力を十分長い間作用させる従来の圧縮特性 (P 対 ϵ) に対し、グラニューライザーでは加圧時間は $\frac{1}{30} \sim \frac{1}{100}$ 秒という瞬間的なものである。加圧時間が短いとすなわち空気を追い出す時間がほとんどない場合には原料内部に包含された空気は圧力が作用している間のみ断熱圧縮され、圧力を取り除くと圧縮された空気が膨張して加圧時より空隙率は大きくなるということが考えられ、グラニューライザー内ではこのようなことが起こっているのではないかと推測される。このことはダイスをゆっくり手で回すと極めて密なペレットが得られることから裏付けられる。このような動的圧縮の現象に関しては今後研究されねばならない。密な造粒物をうるためには、空気を前もって除く何らかの方法が必要と思われる。

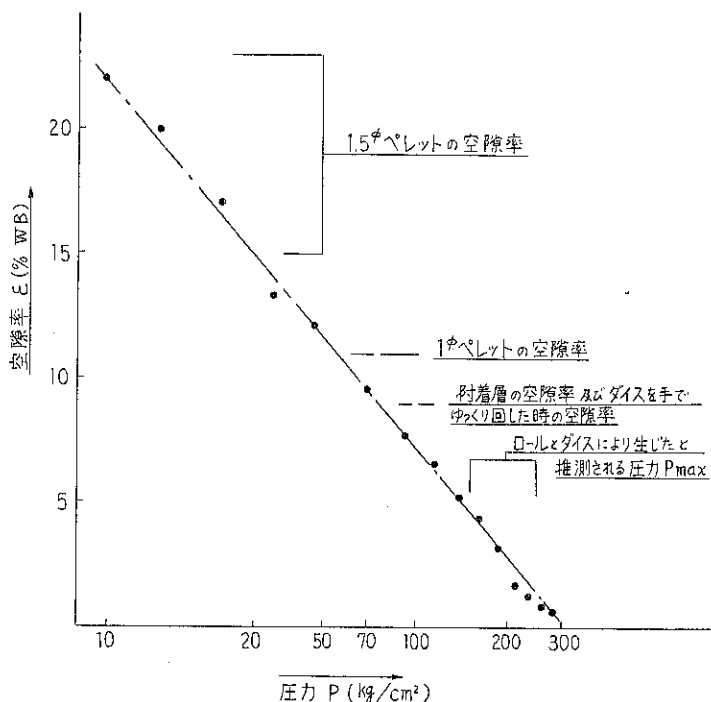


Fig. 8

6-3 動力

Fig. 9 および Fig. 10 は造粒機で実験して得られた動力とピストン押し出しのデータから計算された値を示

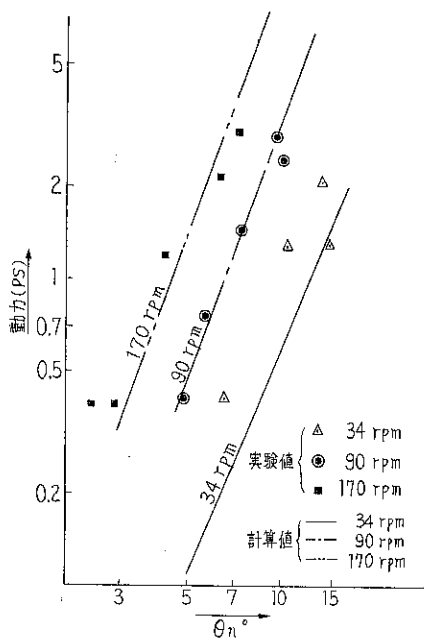


Fig. 9

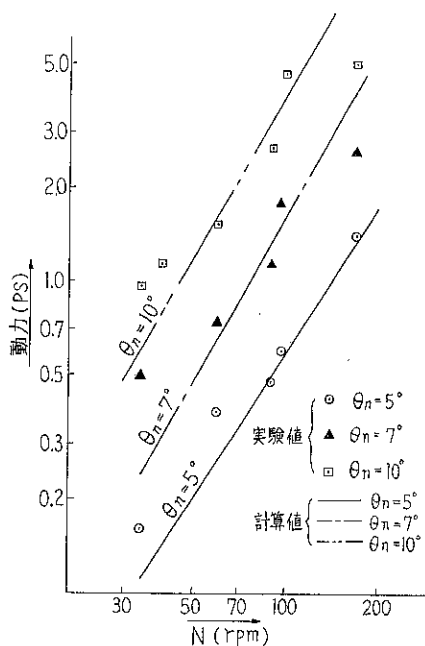


Fig. 10

したものである。粉体はかみこまれると圧縮が始まるが Eq (6) による計算値はこの過程を考慮しておらずかみ込まれた瞬間からダイスから成型物として出ていくとしているために所要動力の式は実際より大きく計算される。一方造粉機では水分16%WBのものを、ピストン押し出しでは19%WBのものを使用したので計算値は実験値より小さいはずである。

Fig 9, Fig.10 において計算値と実験値がほぼ一致しているのはおそらくこれら両者が影響しあったためと思われる。

Fig. 11 は 動力対処理量の実験値ならびに Eq(17) による計算値をプロットしたものである。処理量が同一でも回転数が変れば動力も変るが、この変化はとらえることは出来なかった。

したがって計算値は回転数の最大 ($N=170 \text{ R/M}$) と最小 ($N=34 \text{ R/M}$) の両者の計算値を示した。実験値は全ての回転数にわたってプロットした。

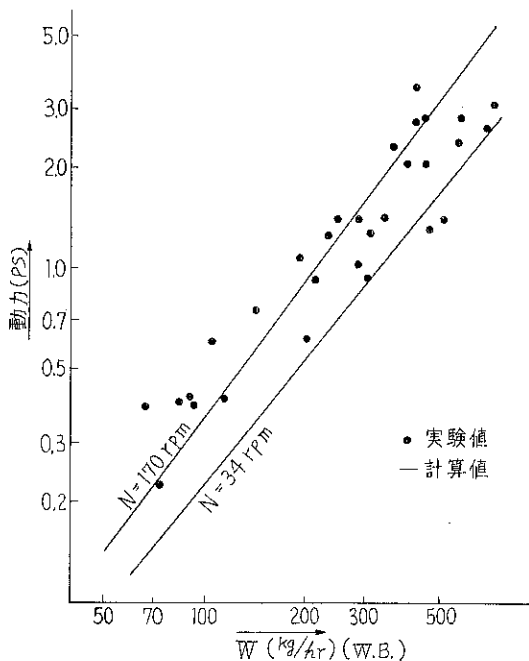


Fig. 11

§ 7 あとがき

グラニューライザーによる造粒では、ロールとダイスを同周速で回転した方がよい粉体と、むしろせん断を作用させるために異なる周速で回転した方がよい粉体とがある。実験に用いたBKクレーは前者に属し、比較的容易に造粒できるものである。本実験に用いた粉体はクレ

ー種であり、装置寸法、回転数といった操作条件も限られたものであるが大略次のような結論が得られた。

1. グラニューライザーによる造粒機構をピストン押し出しの機構を用いてほぼ説明することが出来た。
2. 設計上要求される処理量、所要動力、能力、粉体に作用する圧力等の計算式を得た。
3. 本実験装置のようなダイスの薄いグラニューライザーにおいては、ダイスからの原料の流出速度を変化（回転数、処理量を変化）させることによって、造粒物の充填度のある範囲でコントロールできること、および一段と密な造粒物をうるためには前もって原料中の空気をぬき取ることが必要であることがわかった。

記 号

θ : 固定座標系からみた角度	rad
θ_n : かみ込み角	rad
θ_0 : かみ込み角に対する θ	rad
α : ダイスに固定した座標から見た角度	rad
Q : θ 方向の粉体の移動量	kg
u : 造粒物（ペレット）のダイスからの流出速度	cm/sec
m : 開口比	
ρ : 比重量（原料）	kg/cm ³
R : ダイスの半径	cm
r : ロールの半径	cm
L : ロールの中	cm
e : ロールとダイスの中心間距離	cm
i : ダイスの中心からロールの周までの長さ	cm
ω : 角速度	rad/sec
t : 時間	sec
N : 回転数	R/M
W : 処理量	kg/sec
W_0 : 処理量	kg/hr
$A = e + r = R - C$	cm
C : 粉体付着層の厚さ	cm
$l_0 : \theta = \theta_0$ に相当する l	cm
P : 圧力	kg/cm ²
P_0 : 粉体がダイスから出るための最小圧力	kg/cm ²
K : 定数 ($n = 1$ の時)	kg·sec/cm ³
n : 定数	
E : 所要動力	kg·cm/sec
E_0 : 所要動力	PS

参 考 文 献

- 1) 松山, 鈴木 “粉砕” No. 11 20 (1966)
- 2) Bruce E. Kurtz “Chem. Eng. Prog” Vol. 56 No. 1 67 (1960)

食品エーロゾルについて

光 岡 幸 恵
井 伊 谷 鋼 一

は し が き

Chemical and Engineering News の1966年5月2日号に表題の解説がのっている。我国においても食品以外の薬品類のエーロゾル製品は可成り出廻っているし、アメリカでは生活の簡素化から非常な発達をとげている。それに対して食品関係のエーロゾルはアメリカでも未だ余り利用されていないので、その前途についてこのような解説がでたのであろう。しかし生活の合理化からは将来当然このような方向へ進むようにも思われる。

一方ここに言うエーロゾルはいわゆる煙霧質とはいささか趣をことにして、高圧ガスで容器から押出される泡沫状の物質で、ある意味では粉末の流状化したものともいえるので、粉体工学関係の解説としてあえて紹介してみた次第である。

1. 食品エーロゾルの歴史と未来への展望

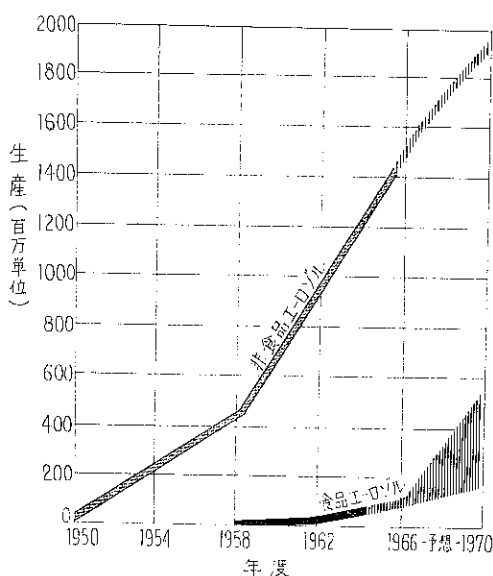
食品エーロゾルの歴史は約20年前、圧縮された whipped topping (ケーキにかける泡立ったデコレーション) が初めてお目見えした時にはじまる。昨年、エーロゾルの milk flavoring (香料入りミルク) が試験的販売から脱して大規模なものに発展したのがその第二步目であった。この間ずいぶん長い年月を要している。そして現在エーロゾル工業は2つの難問をかかえている。1つは食品エーロゾルの次の段階は何かということ、もう1つは年間85兆ドルもの食品販売市場へ無限の可能性をもって進出していく日はいつかということ、誰も明確には答えられない。

今後の食品エーロゾル工業の発展については楽観説から悲観説までさまざまであるが、もし見込みがあるとすれば今後の2、3年が山であろう。『現代は調法な食品のもてはやされる時代であるから、その便利さをもってすれば、非食品エーロゾルの総売上高など食品エーロゾルのどれか1つの品目だけで埋め合わせてしまう時がくるにちがいない』という見方をとる人もいるし、又それ

と反対に食品エーロゾルの高価な点をあげて、『いくら食品エーロゾルが便利であろうと、その価格の高いことをつぐなえないだろう』と指摘する人もある。

付図に示すごとく今後食品エーロゾルの発展は決してなめらかではなく、ストップアンドゴータイプのカーブを呈すると予想される。すなわちどれか1つの製品が試験的販売で当りをとって市場に受け入れられる段階に達し急速に伸びて飽和状態になる。それから伸びは次の新しい製品が市場で成功をおさめるまで段々細くなっていくだろう。たとえば1965年になされた食品エーロゾル生産の画期的な飛躍を今年は誰も期待していない。むしろ1億5千万単位に対して20%ぐらいの増加(昨年は60%の増加)を期待する程度である。

今月紹介される製品に Vogler 社(Philadelphia, Pa.) の Sala Trim というのがある。これはクリームとマヨ



(Chemical Specialties Manufacturers Assn.)

付図 食品エーロゾルの生産高

Table. 1

今年、幾種類かの食品エロゾル製品が試験的に市場へ出るであろう。それらが何であるかは正確には分からないが、大体次のようなものの中に入ると思われる。	
Barbecue sauce バーベキュー ソース	Mayonnaise マヨネーズ
Cake frosting ケーキ用の霜糖（卵白に砂糖を混ぜたものでケーキの上にかける）	Meat tenderizer ミート テンダライザー 肉を軟かくするもの
Canape spread* カナッペ スプレッド 塗布用のカナッペ	Meringue メリンゲ 卵白に砂糖を混ぜて軽く火にあてたもの
Catsup ケチャップ	Milk flavoring* 香料入りミルク
Cheese spread* チーズ スプレッド 塗布用のチーズ	Mustard からし
Decorative icing デコレーティブ アイシング ケーキ装飾用に上からかけて使う氷糖	Pancake batter パンケーキ バター ホットケーキのための、卵小麦粉、牛乳をこねたもの
Extracts エキス	Popcorn seasoning とうもろこし調味料
Fruit puree (Whipped) 果物の濃縮スープ(泡立ち)	Salad dressing (liquid spray) サラダ・ドレッシング(液状スプレー)
Honey (Whipped) 蜜(泡立ち)	Sour cream 酸性クリーム
Juice concentrate 濃縮ジュース	Syrup (flavored) シロップ(香料入り)
	Whipped cream topping ケーキ装飾用泡立ちクリーム

注 * 現在市場に出ているもの

ネーズの入ったエロゾルの whipped topping で、マヨネーズ会社として知られている同社ではフィラデルフィア市の食品市場や果物店でこれを宣伝しようとしている。もしこの宣伝と試験の計画がうまくいけば、Sala Trim は東部地方一帯を通して、特許体制のもとに市場へ進出していくであろう。価格はまだ定まらないが多分59から69セントのところに落ち着くと思われる。

今年度、試験的に市場に現われた製品に濃縮オレンジジュース、混合ジュース飲料、それに濃縮コーヒーと紅茶がある。現在市場にはこれらにつけ加えて milk flavoring(香料入りミルク)が登場しているかもしれない。今年は食品エロゾルにとって恐らく試験販売の年になるだろう。食品会社は試験販売に多くのエロゾル食品を出す計画を持っているということである。(Table 1参照)

2. 技術上の問題点

(a) 食品エロゾル噴出剤としての圧縮ガス

ほとんどの食品エロゾルの噴出剤としてつかわれて

いるのが圧縮ガスである。圧縮ガスのうち、液化炭素はごく少量使用されているにすぎず、今日市場にある whipped topping や milk flavorings のすべてを事実上圧縮しているのは亜酸化窒素であって一番ポピュラーなものである。それでも昨年はほんの150万ポンドの亜酸化窒素が食品エロゾル用に消費されたのみである。食品エロゾルを噴出させるのに使われるガスとしては他に炭酸ガスと窒素があるが、これらの売り上げ高は亜酸化窒素にははるかに及ばない。亜酸化窒素と炭酸ガスの混合物(15% CO₂)が whipped topping の噴出役に広く使われている。

この噴出剤の溶解性がその製品の形状をコントロールするのを助けている。溶けやすい噴出剤たとえば亜酸化窒素や炭酸ガスが霜ふりや泡立ち製品を作る。窒素はその低い溶解性のために罐から炭酸ガスを含ませた形に生産物を押し出す。食品エロゾルに関する限り圧縮ガスの主な問題はその価格である。たとえば亜酸化窒素は1ポンド30セントだが、商業的に食品噴出剤に利用されている2種類の液化炭素(どちらも Du Pont 製)は1ポンドにつき1.6ドルと2.5ドルもかかる。圧縮ガスはまだ他にも欠点がある。それは、特に溶けやすいものは食品の味にわずかではあるが影響を与えるということ。

(炭酸ガスが多すぎると酔っぱい味がする等) 圧縮ガスにとってこれらは小さな問題であってまだ2つの大きな問題をかかえている。それは容器の上部に広いスペースをとらねばならないことと、急速にその圧力を失ってしまうことである。この圧力の低下は食料品の噴出剤とその溶解性のタイプによって変る。しかし大体、室内温度 70°F で 100 psig. の初期圧力を達成するため、に、130°F, 140psig. で容器の中に亜酸化窒素と炭酸ガスの噴出剤を詰めたところ、主婦の手元にわたり製品を使

Table. 2

価格と技術上の問題および不適当な商品化が、食品エロゾルの伸び悩みの原因になっている。しかしその定式化と包装がうまくいけば食品エロゾルには数多くの長所がある。

たとえば、

- ・製品を有効に使える
- ・時間の節約になる
- ・貯蔵と取扱いが便利である
- ・部分的な使用が可能になる
- ・人目をひく包装の可能性がある
- ・長期保存に耐える
- ・最高の風味を維持する
- ・冷蔵庫が不用になる

う段には何と約 25psig に下がっているのである。圧力が非常に低くなったために噴出剤が罐を空っぽにしてしまえないこともよく起る。また噴出パイプが底まで挿入された容器が転倒した時にはしばしば圧力がむだに使用されることがある。これらのことで消費者は失望する。圧縮ガスで調整された適度の圧力を維持するためには、ボリュームで25~45%の大量のスペースを噴出剤に提供しなければならない。したがって容器に入る中味の量が限られてくるので、消費者側の払う単価は上るのである。

改良された液化ガスのうち他にブタンとプロパンがあるが、これらは処置なしの味がするので問題外である。

(b) 食品エーロゾルの開発に努力している会社一

Du Pont

噴出剤として商業的に見込みのあるのは液化弗化炭素だけだがその難点は高価なことである。弗化炭素を製造している6会社のうち Du Pont 社だけが弗化炭素の食品エーロゾル市場開発に重要な役割を果たしている。その製品 “Freon” C-318 (octafluorocyclo-butane) と “Freon” 115 (chloropentafluoroethane) が食品付加物としてFDAに認可されたただ2つの弗化炭素である。他の弗化炭素生産会社は見かけ上は待って情勢を見てみるという態度をとっている。Du Pont 社は約10年間弗化炭素と食品エーロゾルそのものの開発に努力を重ねて

Table. 3

約20年間試みた結果、食品工業は商業用として、つぎのわずか4種類の食品エーロゾル製品を開発しただけである。			
製 品	紹介された年	1965年度の販売高 (百万単位)	
Whipped cream or dessert topping 泡立ちクリーム又はデザートにかけるもの (50~60の会社)	1947	65	
Milk flavorings 香料入りミルク Hood's Blast National Sugar's Jack Frosted Pet Milk's Big Shot	1964 1964 1964	40	
Cheese spreads チーズ スプレッド National Biscuit's Snack Mate	1964	8	
Cake decorators ケーキ デコレーター Pillsbury Adams Extract's Betty Adams	1962 1963	7	
計		120	
(C&EN 概算)			

つぎの多くの製品が製造中止になった。

紹介された年	製 品 の 種 類	会 社	製 品 名
1956	Soft drink 軽飲料	C. C. Lang	Real Kool
1958	Barbecue sauce バーベキュー ソース	Heublein	Sizzl-Spray
1958	Coffee コーヒー	Kahan	Tasti-Cup
1958	Orange drink オレンジ飲料	Tropicana	Tropicana
1960	Chocolate dessert topping チョコレート デザートトッピング	Nestle	Zip
1960	Chocolate syrup チョコレート シロップ	Corn Products	Bosco
1962	Cheese spread チーズ スプレッド	Granny Goose	Betty Lou
1963	Vermouth ベルモット酒	Barton Distilling	Whisp
1963	Angel food cake エンジェル フード ケーキ	Broughton	Quikee
1963	Pancake batter パンケーキ原料	Pam	Pan Spray
1963	Cake decorator ケーキ デコレーター	Saunders Products	Cake Adorn
1964	Lemon juice レモン ジュース	Mutual Citrus Products	M.C.P.
そしてつぎの3つのものが今、市場で足がふらついている。			
1965	Dietetic sweetener 非栄養甘味料	Grober Products	Spreet
1965	Milk flavoring 香料入りミルク	Freddi Reddi Corp.	Freddi Reddi
1965	Milk flavoring 香料入りミルク	Bunlap	Touch'N Shake Touch'N Malt

いる。Du Pont 社の努力は食品会社、契約詰込会社また同業会社からも高く評価されている。噴出剤の開発に加えて、Du Pont 社では食品エーロゾル製品の詰込みにも工夫をし、自社の研究室において食品エーロゾル製品の調合法を研究している。又、会社はテレビその他あらゆる機会を通じて宣伝を行っているが、これらのねばり強い開発の努力にもかかわらず、弗化炭素噴出剤が食品エーロゾル市場へかろうじて進出したにすぎない状態である。whipped topping のいくつかは亜酸化窒素につけ加えて少量の弗化炭素を使っている。たとえ

ば Qwip 等数多くの whipped topping を作っている Avoset 社では Qwip に Freon 115 を使っている。また Kraft 社は亜酸化窒素、炭酸ガスそれに Freon C-318 の3つからなる噴出剤を使用している。他にも2、3の会社で弗化炭素を使用しているが、食品エーロゾルに使用される弗化炭素の量は、非食品エーロゾルにつかわれる年間2000万ポンドに比べれば微々たるものだろう。何といてもその高価なことが問題なのであるが、Du Pont 社の食品エーロゾル部の監督である Roewe 氏はこれに次のように反ばくしている。『16オンスの罐を詰めるには圧縮ガスで1ないし2セントしかかからないところ、Freon C-318 では大体10セント近くかかりはするが罐の頭にとらねばならないスペースは1/60 ですむ。3月15日に Du Pont 社は“Freon” 115 の値段を2ドルから1.6ドルに20%の値下げを行った。又“Freon” C-318 の値段は2.5ドルのままであるが、これも1962年までは5ドルであったし、初めて市販された時は20ドルであった』

(c) 過去の多くの失敗とその解決策

食品エーロゾル会社は過去何度か失敗をしてきた。幾種かの食品エーロゾル候補は処方と適当でなかったために日の目をみなかった。Aerosol Techniques, Inc. の市場研究部主任の某氏はこういっている。『現存するものを罐の中に入れることはできない。生産物が罐の中で発生するようにしなければならない。』このことこそまさしくエーロゾル容器の問題を解決するために系統的に研究されねばならないことだ。またバルブの欠陥と貧弱な包装設計という機械的な原因のためにある種のエーロゾル生産物は失敗をした。技術的には難のなかった生産物もまた会社側が効果的な販売計画をたてなかったために失敗した。(Table 3 参照)

食品エーロゾルが発展するためには次の条件を満たさねばならない。

- ・要求に答えるものであること。トリックがないこと
- ・消費者にアピールする新鮮なデザインにしてその効果を増進すること
- ・包装のコストを全体にできる限り安くすること
- ・消費者価格は競争相手の非エーロゾル会社の食品に比べて不当に高くあってはならないこと。

(d) バルブに関する問題

食品エーロゾル詰込上のあらゆる要素のうちで、もっとも大きな関心事はバルブである。現在食品エーロゾル用のほとんどのバルブは非食品エーロゾル用の最良のものを簡単に改良したものである。だからもともと食品エーロゾル用にデザインされたものではなかったということ、そしてもう1つ残念なことは非常に粘りけのある製

品を扱うことのできるバルブの開発が思うようにいかなかったために、完成予定の食料品が遅れているのである。バルブ会社は食品用の便利なバルブの技術が発展しないことでやかましくいわれてきた。しかしながらエーロゾル研究のある技術指導者がいっているように、新式のバルブを作るためのデザインと改良にかかる費用を市場側が受け入れてくれないのである。『市場を与えよ、そうすればバルブをお見せしよう』これが多くのバルブ製造会社の態度である。

そうはいいながらも新式のバルブの研究はだんだん進展している。食品エーロゾル用バルブの二大メーカーの1つであるニューヨークの Precision Valve 社はまもなく Preval と呼ばれる新バルブを登場させるということである。Preval は本質的には噴出剤のシリンダーを持った dip tube タイプのバルブである。Precision 社ではこのやり方で、放出されるまでは噴出剤と接触しないために噴出剤と混合できない製品にも Preval を使えるだろうと考えている。Preval を使えばエーロゾルの容器にプラスチックやガラス製品もつかえて、もっと人目をひく形のデザインが可能になるかもしれない。なぜなら Preval バルブを使えば容器はもはや圧力の容器の規制問題から解放されるからである。しかし Preval は将来は食品エーロゾルよりはむしろ非食品エーロゾルと結びつくのではないかと思われるようなところがある。すなわち、製品をただスプレーの形に調製するのみで、多くの食料品に必要なペースト状、泡雪状、小滴状、流状などにはできない限界を持っているのである。

またこの他に他社で開発されているバルブに、3段に分かれていて、その最上段を主婦がクリーニングのために容易にとりはずせるようになったものもある。

(e) 容器に関する問題

ある意味で、容器を作る側もバルブ製作者と同じ状態にある。食品エーロゾルの出始めの頃にあった容器についての技術的に困難な問題はもはや解決されているのに、ほとんどの容器製作者側は食品エーロゾルに特別の関心を抱いていない。犬の食料品だけでも年間20億個くらいの取引があると考えられるのに、食品エーロゾルに期待できるのが年間わずか2、3億の取引であることを思えばその気持も分かるであろう。

しかし、まだ罐製造会社と罐の原料供給会社の幾社かは食品エーロゾルに積極的である。たとえば American Can 社の支社である Bradley Sun 社では現在チーズやケーキのデコレーションに使われているピストンを開発した。National Can 社、Continental Can 社、Crown Cork 社、そして Seal 社でも又、食品エーロゾルの開発に積極的である。Continental 社は食品エーロゾルの

(45頁に続く)

「固体混合機における解混合※の原因と対策」

“Chemical Engineering,” September 12.

1966 抄訳

細川粉体工学研究所

講 崎 元 清

自由流動の粒子を円錐状に堆積した山の上に落すと分離が生じるように、ほとんどの混合機で普通解混合が生じている。著者らは、この解混合の原因を示すとともに、それをさける方法を2, 3示している。

Howard Campbell & W. C. Baucr

FMC Corp., Inorganic Chemicals Div.

いままで、固体混合の分野のほとんどの研究者が、混合の操作中の粒子層では、ランダムな状態が支配的であると考えていた。固体混合において、出来るならば最も良い分布はランダムな状態である。2, 3の普通の統計的計算を使用すれば、混合物では何が主なる変数か、推定することはやさしい。しかし実験データはだいたい推定したものよりはずれているものである。それはランダムな状態ではなく、解混合状態、過混合の状態になっているためである。貯蔵槽の中で円錐状の形を生ずるような固体混合物で色々の大きさの粒子の分離に関して研究と報告がなされているが、F. M. C. のガラス工学研究所もやはり実験室規模の装置と、プラント大の装置の両方で多くの型の固体混合機の解混合に関して数多くの実験を行った。混合機における解混合を起す原因と貯蔵槽における分離を起す原因と同じものであることがある理由から推定できる。解混合の研究は完全でないけれども、どのように解混合が生じ、なぜ解混合が起るかを我々は十分な実験データで納得している。適当に粒子径をコントロールすれば解混合は大部分防ぐことができることが知られている。しかし粒子径を適当にコントロールすることは困難である。ゆえにその問題を緩和するものとして他の手段がみつけれられている。固体混合に於てランダムということ支配することができれば、与えられているどのような粒子でもすきなような状態にもってくることができる。混合機に色々の成分が投入される

※demixing; 混合中における分離現象で解混合と訳した。

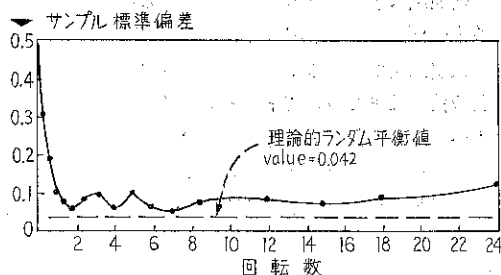


Fig 1 混合-解混合対時間(回転数)の代表的な例、ランダム混合が為ったところを見よ。

が、混合の間その混合物の均一性は回転が続いている間漸近線的にランダムな状態へと近づくことが一般に知られている。設計や混合時間のための方程式が提案されているが、それはランダムな状態に基礎をおいており、多くの場合そのとおりにはならない。混合中に生じる現象の典型的なものを Fig. 1 に示す。混合中に異なった時間ごとにランダムにサンプルをとり、その平均からの標準偏差からみて、混合物の均一な状態を表現している。

分離は普通のものである

混合してまもなく均一性はよくなり計算された統計的最適条件に近づき、ランダムな分布となることは Fig. 1 より明らかである。しかしながら混合が続けられていくと均一性は低下していく、そしてそれは混合の間中ずっと続いている。多くの研究者達は、この現象に注目し、それを静電気と凝集塊の存在にその原因があるとしている。我々自身の研究では、これに関係している自由流動

粒子のうごきに注目し、ある興味ある結果をえた。自由流動粒子は、貯蔵槽の口から容易に流れ出し、また再現性のある安息角をもつ特徴ある固体である。そのような固体においても粒子がすべて実質的に同じ大きさでなければ、混合でのランダム分散の達成は実際には不可能である。異なった力や機構は分離を起させる要素となる。このような Fig. 1 の混合行程において混合が充分長く行なわれるとすると解混合の相が支配的となる。我々の研究では、粒子の物理的なちがいが解混合を促進することを明らかに示している。これらの特性について考えるとき嵩や物理的な量のちがいが、定常状態での混合の均一性を主に支配している。

いかにして分離は起るか

Donald & Roseman が最近の論説の中でこの状態についてなっとくいく説明をよく知られている機構で行なっている。その理論は、啓蒙的なものであり、そしてそれは適当な実験的立証をもっているように思う。Fig. 2 の横断面図は水平ドラム混合機で簡単な循環路についての彼らの概念を表わしている。混合機が回転すると粒子は最大安息角がすぎるまで混合機の壁についてまわる。表面の粒子はまだついてまわっている粒子群のスロープをすべりおりる。底につくと粒子はふたたび層底と合流する。そして同じサイクルをくりかえす。このように研究者は図が表わしている「循環路」を明確にしている。底部では、粒子は静止体と合流する。外側の層で重力の下にこれらの粒子が落下するとき最大速度が得られる。しかしながらドラムにくっついていて粒子は、回転によりもちあげられ、そして反対側にうごいていく。従って粒子群のどこかに実質的にはぜんぜん動かないところが生ずる。このように循環路は粒子群中に速度勾配があることを Fig. 2 は示している。粒子が循環路を変えた時に、半径方向の混合が起る。互いの粒子が動いているのは表面層の動きのみであるので混合が起る場所はここだ

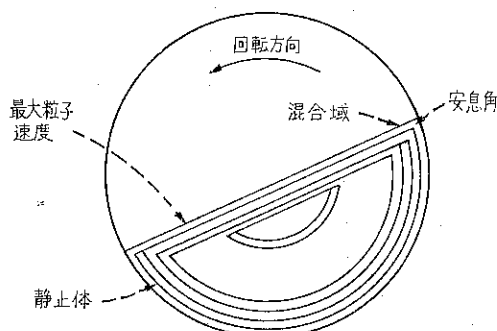


Fig. 2 水平ドラム混合機で速度こう配が自由表面でどのような影響をうけているか。

けである。これら表面の動いている層の中の粒子は層の上の速度勾配のはたらきにより粒子の上を通りすぎ、また層の下にある空間に入りこむ。それゆえその下にある空間に重力の作用である粒子は落ちこむがまた、ある粒子は落ちない。小さな粒子は大きな粒子と粒子の間に最も落ちやすいので、ゆるい速度かまたは粒子群が静止しているとその部分へ移動していく。もしサイクルが充分長くくりかえされると、定常状態となったときには小さい粒子の分離帯ができていく。Donald & Roseman は軸方向の粒子の動きに関して同じ理論を表わしているが、ここでは論じない。しかし速度勾配が生ずるところではどこでも分離が起っているということに注意すべきである。これは固体が動いている多くの場合に関していえることで単に混合機の中だけでなく貯蔵槽から他へ移すときもふくまれている。そして貯蔵槽ではよく知られている円錐状になる現象が投入されるときにも出すときにもそして固体をとりあつかう多くの操作においてよく見られるのである。

どのようにテストするか

混合機や固体を取りあつかう他の装置で分離現象は何回も確められてきた。Fig. 3 に示す混合機はおのおのの回転とともに試料をすくいとるためにとりつけられているこのサンプルカップをもち、透明なプラスチックにはしをとじたシリンダーである。サンプルカップはシリンダーが回るにつれて試料をすくったりまた空になるよ

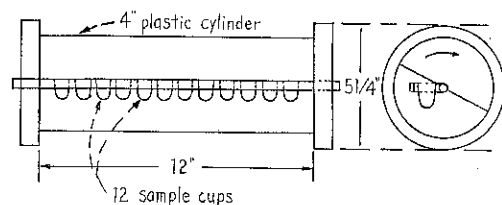


Fig. 3 ドラムタイプ実験用解混合機に12のサンプルカップをとりつける。

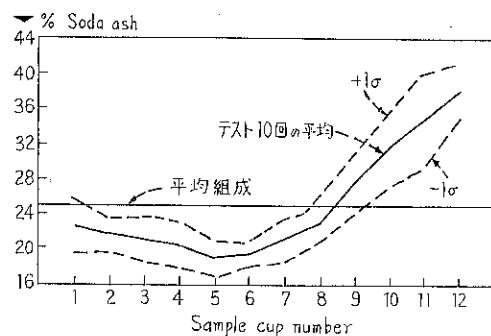


Fig. 4 解混合において25%のソーダ灰と、75%の砂を混ぜたとき、各サンプルカップにこれだけのちがいが存在する。

うにしてある。シリンダーは実験用ボールミルローラー上を回転する。各周期ごとに粒子が落ちていく表面層の中にカップがしずむぐらいに試料を投入する。実験は30分の回転期間で定常状態を作り出すのに十分であることを示している。Fig. 4に示される代表的な例は、混合物として、60~70meshのソーダー灰25%と30~40meshの砂を75%含んだものである。10回のサンプリングをし、それぞれのサンプルカップのソーダー灰を調べる。実線は夫々のサンプルカップの中のソーダー灰量の10回の平均%である。点線は標準偏差 $\pm 1\sigma$ 値を加えたものである。この場合砂とソーダー灰は混合機に入れる前にあらかじめよく混合したものである。また混合前には砂とソーダー灰をまぜずに混合機に別々に入れて混合するテストも行なった。しかし達することのできる定常状態の傾向は同じである。いいかえれば分離の平衡状態は両側から近づき、装置は混合機とも解混合機とも考えることができる。あらかじめまぜておくと均一な状態へと幾分なりともはやく達することができる。

解混合に影響を及ぼす各種変数

解混合機を用いて、我々は混合、解混合現象の上に数種の変数の相対的な影響を知るため広範囲にわたる研究をした。自由流動粒子の多くのタイプと大きさをガラス、肥料、清浄剤工業で使用されている物質で研究した。しかしここでは大部分砂とソーダー灰の粒子について説明する。テストにおいて使用した代表的な粒子の写真をFig. 5に示す。これはすべて同じ倍率である。砂は35~40 US meshで2.5 g/ccの比重の粒子である。2つの形のソーダー灰の写真は粒子の形のちがいをよくあらわしている。ソーダー灰Iは針のような形で35~40mesh

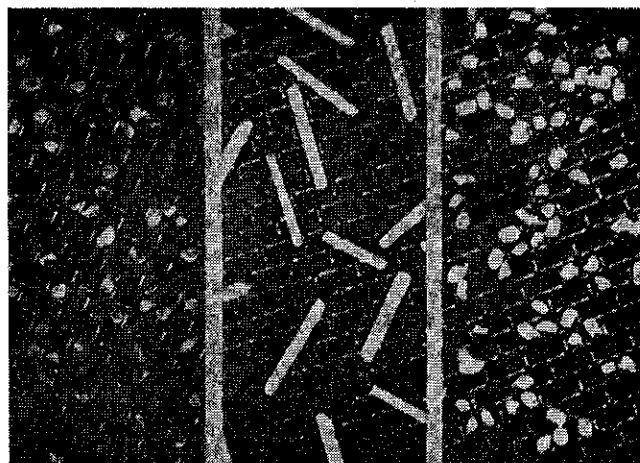


Fig 5 この研究でつかわれた粒子形。すべて 35~40 USmeshの大きさである。

である。なぜなら直径は砂やソーダー灰IIと同じように35meshのスクリーンを通過するが明らかに他の粒子よりも単位粒子において大きな体積をもっている。その比重は1.5g/ccである。ソーダー灰IIは実質的には球状の粒子であり、35~40meshの粒度でその比重は1.9g/ccである。すべてのテストにおいて、その解混合機は定常状態に確実に達せしめるために30分間運転した。その後その標準偏差を12コのサンプルカップからそれぞれ計算した。これらのシグマ値はえられた解混合の程度の基準として色々な図の相互関係に使用した。定常状態におけるこれらの値は、運転力とつりあっている。いいかえれば解混合力は相対的な割合であると推定できる。高いシグマ値は解混合や分離を起しやすい混合物であることを示し、低い値は理論的にランダムな状態にとくに近づいて

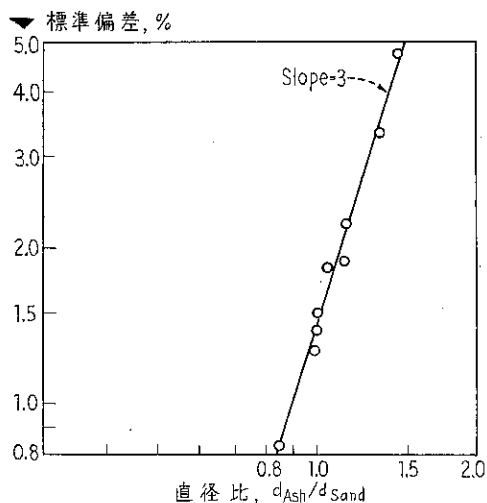


Fig 6 表のデーターからプロットしてソーダー灰Iと砂の混合物の粒子の大きさのちがいがいかに混合物の均一性に影響を与えるか。

いるもので相対的に安定な混合物を示している。粒径の影響や解混合の分散の度合を説明するために選んだデーターを表に示してある。ソーダー灰75%をもつRun 2のほかすべての混合物はソーダー灰25%と砂75%を含んでいる。Fig. 6は表のデーターをプロットしたものである。ここでは各々の混合物の平均標準偏差対ソーダー灰と砂の平均粒子径の比を示し、実験からえられた線は3の勾配をもち、標準偏差は直径比の3乗に比例していることを示している。相似形の固体（例えば球の場合直径の3乗）はその基本的ダイメンジョンの3乗に釣合ったものである。これは混合物粒子間の体積比がいかに効果的に混合が起るか、またいかに有効に解混合が阻止

混合する粒子径の特徴に関する実験データ

Run No.	ソーダー灰						直径比 d_{ash}/d_{sand}	実験標準偏差 (%)
	メッシュ	混合割合	平均直径 mm	メッシュ	混合割合	平均直径 mm		
1	-50 +60	25.0	0.274	-45 +50 -60 +70	37.5 37.5	0.278	0.99	1.26
2	-70 +80	75.0	0.194	-70 +80	25.0	0.194	1.00	1.50
3	-40 +45 -70 +80	12.5 12.5	0.290	-50 +60	75.0	0.274	1.06	1.85
4	-45 +50 -60 +70	12.5 12.5	0.309	-50 +60	75.0	0.274	1.13	1.90
5	-35 +40 -80 +100	12.5 12.5	0.311	-50 +60	75.0	0.274	1.13	2.27
6	-50 +60	25.0	0.274	-50 +60	75.0	0.274	1.00	1.42
7	-60 +70	25.0	0.230	-50 +60	75.0	0.274	0.84	0.84
8	-40 +45	25.0	0.387	-50 +60	75.0	0.274	1.41	4.81

されるかを決定することを示している。この結論は大きな粒子の間の空間を移動していく小さい粒子に関しての Donald & Roseman の概念とまったく一致する。この色々の固体-固体混合方式での研究で何度も3乗の関係を得たことは強調すべきである。明らかに色々の大きさの粒子の間では、効率よく混合し、また解混合を阻止する能力は、混合物の成分の粒径に大きく影響される。混合で一番よい混合物はすべて同じ大きさのもの、すなわち $d/d' = 1$ であるとき得られる。一般的条件においてデータはこれを確認している。混合成分の直径比が均一になる値からそれるとき混合効率、解混合の抗力がいかに減少するか明確にはわかっていない。代表的な工業的固体混合の個々の成分をせまい範囲にふるいわけよりも粒子径の配列を適当にならべる方がよい。しかしそのような物質を使用するとすでに述べているものと同じ結果を得る。これを説明するためにガラスと砂の混合物のテストをするためある解混合機を作った。それについてそのふるいわけの分類は Fig. 7 の実線により示す。タイプ I のソーダー灰はせまい範囲に注意深くふるいわけそしてこれらは砂の分布曲線に正確に合うように再混合される。又、ソーダー灰について Fig. 7 中に点線で示すように、砂よりも細かい篩目の 1, 2, 3, 砂よりも粗い篩目の 1, 2 に篩分けたものを用意した。横座標は大小両方のふるいわけサイズの数値で示し、それは6つの混合物の各々に関しふるいわけで計算した d_{ash}/d_{sand} の比と同じである。標準偏差はこれら6つの砂とソーダー灰の混合物の解混合より得られる。その標準偏差は砂よりもあらいかまたは細いかの数により Fig. 8 にプロットされている。右の方は傾斜3の線をデータは示している。この場合に最適 d/d' の値 (最低の標準偏差)

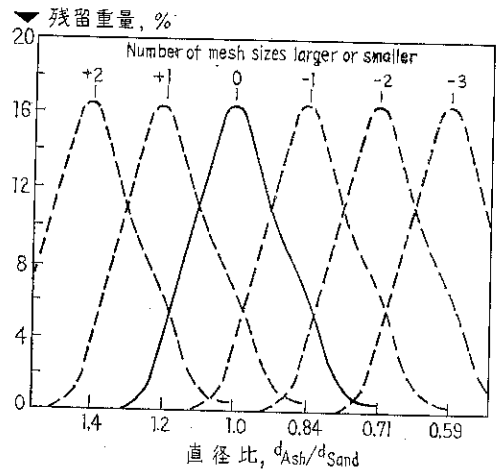


Fig 7 砂の大きさの分布は粒子径の配列の影響を研究するためにソーダー灰 I と一致させた。また大きいものも小さいものともに類似させた。

がソーダー灰の平均径の方が砂の平均径よりも2だけ小さい混合物に存在している。ソーダー灰を平均径が砂よりも3だけ小さいものが使われたとき、標準偏差は増加し、ふたたび直径比の3乗 (傾斜 = -3) となる。この一連のテストは小さい d/d' 比を含まないが、多くの他のテストはこの範囲であり、点線に示されるものが代表的なものである。ある点において標準偏差がふたたび比較的低い値に落ち始めるのが目を引く。計算されているほとんどすべての場合において小さい d/d' 比の混合成分は、大きい表面積をもつ小さい径になり粘着性のような表面効果が解混合の状態の上に支配的となる。又この場合は自由流動の特性がなくなっていることに注意

すべきである。この研究によって使われた大部分の物質については表面の影響が出はじめる粒径は普通 140～200meshである。

粒子形状の影響

粒子形状の影響の徴候はやはり Fig 8 の中に見い出される。解混合の影響が最も小さい、混合物はソーダー灰が砂より2つ小さい径であった。この結果は砂粒子とソーダー灰粒子との間に極端な形のちがいがることより説明できる。実験室的な測定でもし針状粒子をとりがし、この結果ボールになったときも同じ重さの球状の直径として個々の粒子重量より計算できる。この場合球直径はふるいわけにより得られた見かけの直径よりも2つ径の大きいことが証明されている。いいかえれば最も安定した混合物は事実上混合粒子が同じ重さの粒径をもつときである。ある粒子形状についてそれ自体の形により解混合に測定可能な影響をすこし見出した。しかしこの影響は粒子の事実上の体積の影響を比較したとき重要なものではない。この結論につけ加えるべき確認は Fig. 8 に示されてはいないがソーダー灰Ⅱを使用した一連のテストから砂とソーダー灰の粒子形状を比較し、ふるいわけ分析で $d_{\text{ash}}/d_{\text{sand}} = 1$ であったとき、最小の標準偏差を得たことからわかる。ここでソーダー灰

Ⅱの比重はソーダー灰Ⅰよりいくぶん大きくなっている。しかし、この比重のちがいに測定可能な影響は結果としておこらない。

粒子比重の影響

比重の影響が Fig. 8 の中にあらわれているが比較的重要なものでない。このテストのために真比重が約25% (1.9g/cc) 大きいものを除き、ソーダー灰Ⅰと類似している針状ソーダー灰を使用した。X点で示されているものは比重の影響として重要なものでない。データーの精密さの限度内で使用した2つのソーダー灰の比重の間に解混合傾向に大きな差はない。2つの比重の比は明らかに小さく、すなわち1.26である。しかしながら相互関係が示しているように1.26の直径のちがいは重要で、標準偏差の中に大体2倍のちがいが生ずる。通常最も普通の粒状の物質の粒子の比重の比の範囲は3:1よりも小さいものであり、実際にこの実験中、研究所で実験した多くの標準商業混合物は2:1よりも低い比重値を含んだものであった。極端な比重のちがいが生ずるある程度の影響はあるが我々の限られたデーターでは、この場合には、混合された粒子の粒度分布の方が混合、解混合に大きな影響を与えることを示している。

他の変数の影響

この実験の間、粒子の物理的特性と、混合機それ自身の大きさと操作、両方に関しての多くの他の変数を研究した。最も重要で興味ある結果をここで報告すると、統計的計算により予測された理論的標準偏差に一樣に近づいた自由流動混合物をえることは決してできない。これに関係している一連の特に興味あるテストがある。統一された砂粒子径は分子層状に放射性物質をコーティングし同じ粒子径の末処理の砂とまぜてテストした。しかしそれらはランダムな状態には達しない。解混合機で再現性のある分離傾向をもつものは何んでもなくてもコーティングすることにより表面効果に影響があらわれていた。

実際的应用

固体—固体混合装置の設計、操作およびテストにこの研究の結果を応用しようとする試みで簡単に性質上重要な結論を要約する。

◎自由流動粒子の動いている層中に個々の粒子のランダムな動きは、規則よりはかなり異なったものである。粒子の異なった物理的要素や特性は、ランダムな動きをさまたげる傾向を作る。粒子は同じ粒子とともに分離する傾向があり色で区別した粒子だけが統計的にランダムな混合物を作る。

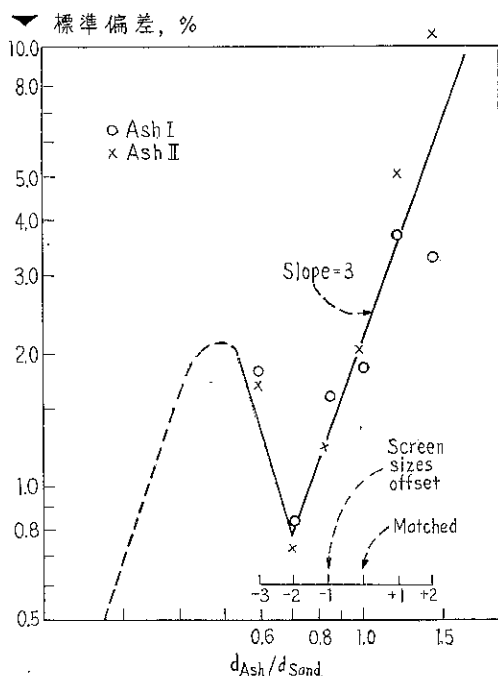


Fig 8 Fig 7 の6つの粒径配列のサンプルはこれら解混合の結果を与え、そして針状ソーダー灰Ⅰは砂よりも2つふるいわけが小さいものであるとき解混合は最小になる。

◎与えられた粒子の相対的な大きさ、または実際上の体積は、他の粒子とその混合の適合性を決定するのにすべて他のものを無視しようとするような要素である。最も安定した混合物は、すべての粒子が同じサイズであるときに得られる。この状態が得られないとき、与えられた混合物の均一性は（例えば、混合物からとったサンプルの標準偏差としていい表わすと）粒子直径比の 3 乗で変化する。

◎粒子のわずかな大きさそれ自体はやはり重要な要素である。なぜなら粒子がより小さくなると（例えば 140～200mesh より小さく）単位重量当りの表面積は、その表面効果が、個々の粒子の運動に大きな影響を与え始める点まで増加する。この状態においてはランダムな粒子の動き、ひいてはこの粒径の粒子のランダムな分散が可能となる。しかしながら通常このサイズの粒子はもはや、自由流動はしなく、また相対的な大きさのちがいにによりどんな程度にも、もはや影響されない。

◎普通、原料では比重のちがいが、そして粒子の形のちがいがからくる混合効率や混合物の安定性の影響は測定できるが主たる影響は大きさのちがいがからくる。すでに述べたが、混合機内で生ずる分離と貯蔵槽やコンベアのような粒子の相対的な動きにより生ずる分離傾向（例えば円錐形をつくる）の間には類似性がある。このような円錐を形づくった槽はたとえば、外側の壁にあらひ粒子を、また中心には小さい粒子をもつものである。槽から出すとき、中心にある小さいものが最初に動き、つづいてあらひ粒子が動く。だから明らかに貯蔵槽は解混合機である。たいていの混合操作において槽は上下の流れをもっているものなので槽の影響が無視出来ないのは明らかである。最も良い混合を得るために同一サイズの分布を原料で得ようとして、プラントではそのための費用をかなり使用している。しかしながら、これらの物質を混合する前に慣習的に中央に満した槽と中央に投入した槽を通したとき、混合機に送られた物質の粒度分布は、苦労して得た分布とは非常に異なっている。故に充填機や炉と同じように混合物の均一性をチェックする必要がある。混合機で粒径分布と粒子の特徴を関係づける方法はないので実験的研究にたよらなければならない。これは混合機の選定と最適条件の操作の決定にもあてはまる。試行法によって混合と解混合がバランスされ、最もよい均一なものが得られたときそのサイクルの正確なタイミングが決められる。粒子のランダムな分散が自由流動固体方式においてはめったに起らないので混合物の均一性をテストするためのサンプリングはランダムな場所よりも時間、位置、またその両方の点できめられた場所でサンプリングすべきである。

混合機の選定と操作

混合操作を考えると、まず最初に混合物の均一性をどの程度必要としているかを決定しなければならない。均一な混合物を必要としないのであれば単に経済的見地より混合物の選定がされ操作がなされる。しかしながら完全にランダム分散をした『一番良い』混合物を再々望むものである。物理的特性にちがいがあるとき、あまり均一性は望めず、経済的なハンディキャップをうめる方法を講じなければならない。またそのような場合は多い。肥料工場の乾式混合においては例えばすべての成分が 8～10mesh であるような粒径を組合せた物質を得ること以外に他の手段は見つけられてはいない。ここで化学的分離を黙認することはできない。これは解混合では極端な例の分離である。しかしどんな場合でもとるべき最初のステップとして可能なかぎり同じ効果的な粒径の分布をもつ原料を得ることである。原料を整粒することが価格的に実用にならないとしたら、その混合物の中に何か他の成分を加えることがなされている。これは粒子の自由流動をおさえることにより分離の問題を小さくしている。混合物を均一なものにするために原料中に水を加えることがガラス工業ではなされている。しかしながら明らかにハンディキャップがある。なぜなら湿った混合物の輸送や操作に機械的な困難が生ずるからである。それはとりあつかいの困難なことよりも均一性をもとめる方がより価格的につりあうからである。第 3 の改善法としては、原料を細かく粉末にして使用することである。このようにすることによって自由流動性を除き、本質的にランダム混合を行うことができる。しかしながらこの手段は経済的な困難と操作の大部分にわたって技術的欠点をもつ。特別にふるいわけたりまた大変こまかい原料をうるのに非常に費用がかかる。また混合をよくしても実用にならない場合もある。そのために混合機の選定や操作はより複雑になる。分離傾向をなくすように設計され、特別な形でまた特別な分離防止装置付商業混合機型がある。もちろん各々の設計効果は混合されるべき固体の物理的特性により異なる。それらの効果に広いちがいがあことは多くの工業的ユニット型でテストした結果見出し。これらの変化を述べるには、この論説範囲内でない。なぜなら各々の型の運転は混合物の特定の物理的特性によって影響される。しかしながらほとんどすべての場合において分離の定常状態の傾向にあるものはもし混合操作が十分な時間引延ばされるとしたら良くなることは事実である。例えば前に記述されている簡単な水平ドラム混合機の場合において固体混合を良くするため、そして再分散するためバッフルをとりつけた。

バッフルの位置のいかにかわらず特色ある分離傾向をつくり出している。その分離傾向は混合機が回転している間、固体の流れがその独特なバッフルの形の影響として一回転ごとに繰返えされている。一般的な回転型混合機において、一回転毎にある位置にある固体は重力の支配下にある。そこで解混合する速度勾配は確立され、そして微粒子の脈瘤は底の流速が最小である場所に広がる傾向がある。Donald & Roseman は商業的に使用さ

れている多くの混合機の設計においてこの解混合の影響を考えた。彼らの結論は通常ここで明らかにされてきたことに一致している。すなわち理想的な混合機は各々他の粒子が押しのけられることなく個々の粒子が連続的な動きを与えることに、その結論をもってきている。従って流動層というものが、完全混合をうるのに最もよいものであるかもしれないと提案している。

(3頁よりの続き)

- A. Cjachlin, J. Electrochem. Soc. **98**, 325(1951)
 3) P. R. Üetschi, J. Electrochem. Soc. **104**, 406 (1957)
 H. Bode, Z. für Elek. Chem. **60**, 1053 (1960)
 J. Electrochem. Soc. **110**, No. 8945
 4) 岡田, 白石, 工化**51**, 129~130, 130~132(1948)
 52, 37 (1949)
 53, 5 (1950)
 54, 16 (1951)
 5) P. B. Report.No. 42771, By P. E. Plehn.
 6) 久保, 化学と工業 **16**, No. 8, 901 (1963)

- 竹原善一郎, 博士論文(京大)
 7) 岡田, 桑島, 工化 **59**, 1301 (1956)
 8) 岡田, 河根, 京大工研 **8**, 198 (1951)
 水渡, 化学と工業 **16**, 974 (1963)
 岡田, 河根, Anal. Chem., **27**, 1481 (1955)
 9) 岡田, 桑島, 材料試験 **3**, 59 (1953)
 10) 岡田, 数原, 粉体 **2**, 95~99, 100~103 (1947)
 138 (1948)
 11) 岡田, 鈞, 京大工研彙 **2**, 61 (1952)
 12) 岡田, 鈞, 京大工研彙 **3**, 59 (1933)
 13) J. Electrochem. Soc. **110**, 932

(28頁よりの続き)

- のA, k が P の関数にならねばならないことから(4)式が説明できる。
 2. P 従って比例常数 k は v と U により変わるが、これが一定でも粒子径が大きく抽気管壁が厚い場合は、抽気管入口の流線の影響で $v/U \leq 1$ によって K の値が変わる。

従って、吸引ガス中のバイジン濃度は吸引速度が大き過ぎる場合、濃度は小さくなりダクト内の濃度との誤差量は抽気誤差の60~75%程度である。反対に抽気速度が小さ過ぎる場合は気流速度が大きいと従来の結果同様濃度は逆に60%前後大きくなり、気流の速度が小さい場合は従来と逆に濃度は小さくなることがわかった。

(38頁よりの続き)

引き受けている。恐らく食品エーロゾルのために罐製造側がやらねばならない一番必要なことは殺虫爆弾 (bug bomb) のイメージを与えないようなもっと人目をひくデザインを開発することであろう。

結 び

以上のべたように食品エーロゾルの未来はまだまだ疑

問の箇所が多い。技術的にもセールス的にも“不確かさ”これこそが事実上、食品エーロゾル工業の支配的ムードをもっともよく表現する言葉であろう。詰込会社や、噴出剤、バルブ、容器などそれぞれを作る会社では、食品エーロゾルの将来性に疑いを持ち、それに資本を投じる前に疑問の箇所が究明されるのを待っているのが現状である。

粉粒体のふるい分け機

細川粉体工学研究所

鈴 木 昭 明

はじめに

粉体をあつかう機器は粉体の性質が一義的に定義づけられない複雑さを持つため、いずれも理論よりも経験の方が優先している。粉粒体のフルイ分け機についてもその例外では無い。発達の歴史から見ても農業、精穀、製粉より出発したものと、鉱山、炭鉱より生れたものが二つの大きな流れとなり、近代では窯業、製鉄冶金、土建、化学工業、薬品とほとんどあらゆる分野のびて非常に多様なものとなっている。

本稿ではフルイの研究者として著名な三輪茂雄氏の文献を主体に他の文献を加えて、代表的なフルイ分け機の形態について、フルイ分けに関する諸因子について要約し、ついで実際例として細川鉄工所製のフルイ分け機の特性について紹介した。

§-1. フルイ分け機

1-1 フルイ分け機の種類

フルイ分け機の形態には各種のものがある。フルイ面の運動により分類すれば

- 1) 振動フルイ (vibrating screen)
- 2) 平面フルイ (flat screen)
- 3) 回転フルイ (rolling screen, Trommel)

網面の運動形状からは

- 1) 往復運動フルイ (open-path, reciprocating)
- 2) 閉曲線運動フルイ (closed-path)

フルイ面の駆動方法に着目すれば

- 1) 偏芯回転軸 (eccentric-drive)
- 2) 不均衡回転錘 (unbalance weight drive)
- 3) 電磁振動

が上げられ運動のフルイ面への伝達方式として

- 1) 強制駆動 (positive drive)
- 2) 自由振動 (flexible drive)

他に設置方式からいって傾斜フルイ、水平フルイ、あるいは床置き式 (floor-mount)、吊下式 (suspension) 等に分けられる。実際のフルイ機はこれらの分類の組合

せにより示される。詳しくは三輪氏の著書^{1), 8)}、その他⁹⁾に表として示されている。

1-2. 振動フルイ (Vibrating screen) ^{1) 2) 5)}

このタイプのもはフルイ面の運動がフルイ面に対して垂直の面の中で行なわれ、最も広く使用されているタイプである。駆動方式は偏芯駆動、不均衡回転錘が普通であるが電磁振動方式のものもある。

電磁振動方式のもは高振動数 (3,000~3,600cpm) 小振幅 (約1mm) が特徴であり振幅はコントローラーにより簡単に調節できる。このタイプのもでは Tyler 社の Hummer スクリーンが著名である。フルイ面に直接とりつけられたバーと電磁石の振動子を直結してフルイ面に直接垂直方向の振動を与えるもので比較的細粉に適す。粒子の輸送は重力に依存するので網面の傾斜角は大きく30°位である。

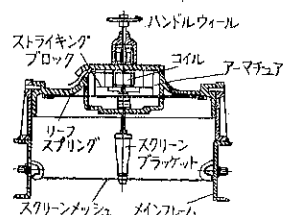
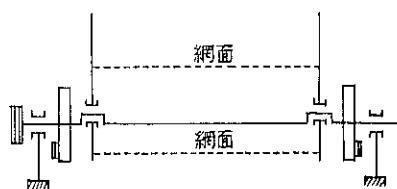
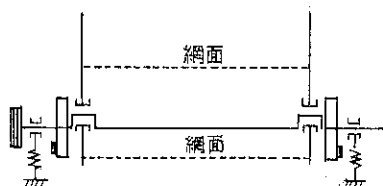


Fig 1. Hummer Screen の構造

偏芯駆動のもは4ヶの軸受けが2ヶずつ偏芯した軸にとりつけられ、2ヶはフルイ機本体に、他の2ヶは架合につけられて偏芯軸の回転によりフルイ面を強制駆動するものである。架合につけられる軸受けは完全に固定されているものと、スプリング、バネを介してとりつけ駆動軸受を浮かした full floating 式のものがある。前者では Tyler の Niagara screen, Robins の Gyrex screen, full floating の物では Ty-Rock screen 等が有名である。不均衡重錘を駆動方式とするものでは回転軸は弾性支持によって空間に浮かせてあるため、振動は自由振動で閉曲線運動である。駆動軸が重心を通るもの、上部に取付けられるもの、床置き式、吊下式等の種類

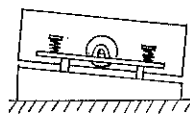


固定軸受け型



full-floating 型

Fig 2. 4軸受け式偏芯駆動 (固定軸受け型, full-floating型)

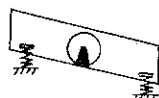


(1) Niagara

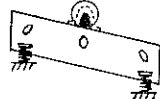


(2) Gyrex

Fig 3. 偏芯駆動式スクリーン
(1) Niagara, (2) Gyrex



(1) Ripl-Flo



(2) Aero-Vib

Fig 4. 不平衡重錘スクリーン
(1) Ripl-Flo (2) Aero-Vib

がある。Allis-Chalmers の Ripl-Flo, Aero-Vib, Tyler の Ty-Rocket 等がこれに属する。

4軸受式の偏芯駆動のものとは2軸受式の不均衡重錘駆動のものと較べると前者は強性振動であり振幅は供給により作用されないが、後者は振幅が荷重によって変わるので、破碎などで大塊が入る場合、供給ムラが大きく一時的に過剰供給となる場合は振幅が小となり目詰りの原因となることがある。しかし二軸受の場合構造が簡単、又

掘付面積、基礎の点で有利である。

不平衡重錘駆動のもので閉曲線運動でなく往復運動をするものに Low-head-Screen がある。その振動の機構は2個の重錘が互に反対方向に同一回転数で遠心力を振動の方向で一致させ、これと直角方向で打消すようにしたものである。フルイ面は水平におかれ振動の方向は原料の送り方向に45°である。石炭の湿式フルイ分け、脱水、水洗によく使用されていて振動数 850~1200rpm, 振幅 8~15mm 程度が普通である。

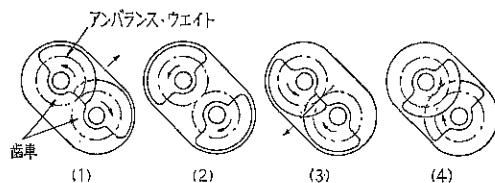


Fig 5. ローヘッドスクリーンの振動発生機構の作動図

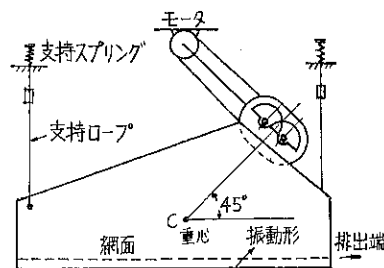


Fig 6. ローヘッドスクリーン

1-3. 平面フルイ^{1) 5) 4)}

旋回フルイ、旋動フルイといわれるものは、フルイ面の動きは網面と同じ平面内で行なわれ、一般に細粒のフルイ分けに用いられて正確さと効率をよく発揮する。振

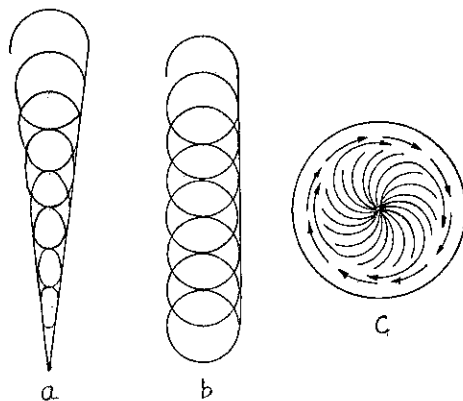


Fig 7. 平面フルイの振動
a) ジャイレートリースクリーン
b) サーキュラースクリーン
c) Sweco 型

動ブレイと較べて振動のフレームへの伝導も少なく、ダストタイトもしやすい。

旋動ブレイ (Gyratory screen) はフルイの動きが入口側で円運動、出口に近づくにしたがって往復運動となる。駆動機構はフィード側にあり、垂直シャフトに偏芯してスクリーン本体とカウンターウェイトがバランスするようにつけられ排出側はスライドベアリングでとめられる。回転数は Orwill Simpson の Rotex で 214~322 rpm, Sprout Waldron の Gyro-Saker では 610~630 rpm, ストロークは Rotex で 50~90mm, 傾斜はほとんど水平で 4° ~ 6° 位が多い。

旋回ブレイ (circular screen) は運動は入口から出口までずっと同じ円運動である。フルイの4つの角はフレキシブルなスチールロッドで支えられるか、偏芯駆動軸と同調するエキセントリックシャフトで支えられる。このタイプのものはスクリーンをつまかさねていくつもの分離をしたり、掘付面積が同じでスクリーン面を何倍にもすることが出来る。回転数は 150~300rpm 回転径 30~100mm 位で大部分は水平で運転される。

ふつうの振動ブレイでは 80mesh より微粉の分離は難かしいとされているが、scalping, dedusting, 固液分離など用途によっては粒径が小さくとも効率よく操作出来、又処理能力を落しても角度を少なくし、時にはカウンターローテーションにして効率よく運転出来、平面ブレイよりも設備費が少ない。平面ブレイでは振動ブレイよりも傾斜角がゆるく運動がおそく粉体がおだやかに拡がることなどにより粉体が網面に長くどまり、かつとびはねたりなどしないため一度網面に接した粒は長くどまり分離の鋭さや効率が要求される所では平面篩が有効である。

1-4. その他のフルイ分け機

Sweco型：このタイプのものは円形のスクリーンを使用し振動ブレイと平面ブレイの組合せのような運動を行なわせるものである。モーターのシャフトが垂直になるようにつけられシャフトの両方の端にはエキセントリックウェイトがついている。上のウェイトの回転で水平面の振動を起し下のウェイトでスクリーンを傾けて垂直からずらすような運動をさせる。上下のウェイトの位相をかえることにより網面上の粒子の運動をかえることが出来る。

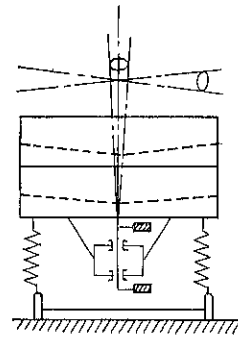


Fig 9 Sweco 型フルイ

ロッドデッキスクリーン：スクリーン面は金網でなくスチールロッドよりなり、駆動はエキセントリックウェイトを使用するが、ふつうの振動ブレイとことなり振動のメカニズムは排出口側につけられる。排出口側はスプリング、フィード側はゴム支持となっていてフィード側で往復運動、排出口側で円運動をし約 2 ft ごとに傾斜が変わって出口側に行くにしたがって徐々にゆるやかになるのが特徴である。即ち最初上下運動で微粉を除去し、しだい

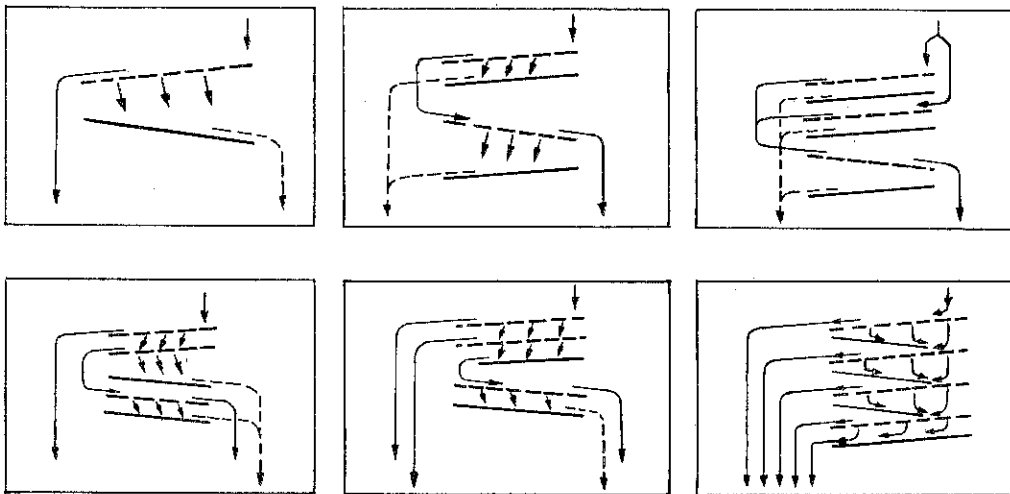


Fig 8. 旋回ブレイによるフルイ分け例

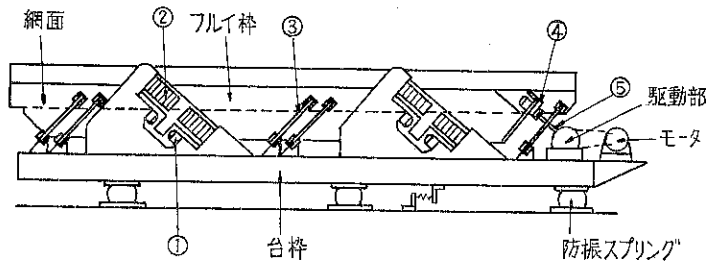


Fig 10 共振振動フルイ

に傾斜がゆるくなり、且つ円運動となって near size を分離する。振動数1120~1260rpmである。

共振振動フルイ：スプリングで支えられたフリイ棒の自然振動数に合せて外力を周期的に与えるとその力が小さくても大きな振幅で振動させることが出来る。この共振現象を利用したのが共振振動篩である。

フリイ分け機にはその他にもトロンメル、グリズリを初めその他新しいものが種々あるが省略する。

§ 2. フリイ分けに関する諸問題

2-1. フリイ分け効率の表示法

フリイ分け効率とはいかに鋭く分離できるかを表わすもので操作コスト、消費動力、処理能力等とは関係がない。

勿論一つのフルイで両者は相関関係にあるが意味する処は別で独立したものである点に注意すべきである。

代表的なフリイ分け効率の表示法について述べれば、

F：フィードの総重量

O：作業機による網上産物量

U：作業機による網下産物量

x_f ：フィード中の網上成分含有率

$(1-x_f)$ ：フィード中の網下成分含有率

x_o ：網上産物中の網上成分含有率

$(1-x_o)$ ：網上産物中の網下成分含有率

x_u ：網下産物中の網上成分含有率

$(1-x_u)$ ：網下産物中の網下成分含有率

網上成分回収率 $r_o = \frac{x_o O}{x_f F}$ (網上効率)

網下成分回収率 $r_u = \frac{(1-x_u) U}{(1-x_f) F}$

これは網下効率と呼ばれてよく用いられる。特にフルイの場合は網下産物中に網上成分は入らないと仮定すれば、

$$r_u = \frac{U}{(1-x_f) F}$$

又フリイ分け試験の結果だけから表せば、

$F = O + U$ $x_f F = x_o O + x_u U$ であるから

$$\frac{O}{F} = \frac{x_f - x_u}{x_o - x_u} \quad \frac{U}{F} = \frac{x_o - x_f}{x_o - x_u}$$

これより、

$$r_o = \frac{x_o(x_f - x_u)}{x_f(x_o - x_u)}$$

$$r_u = \frac{(1-x_u)(x_o - x_f)}{(1-x_f)(x_o - x_u)}$$

となる

ここで注意を要するのは網上効率、網下効率というのは厳密にはフルイの分離効率を表すものではない。

例えば極端な場合完全に目詰りして網下産物がなく網上産物がフィードと同じ組成でも網上効率は100%であり、全く分離されずに網上、網下に同じ組成に等分されても網下効率は50%である。しかしこの表示の網下効率はフルイの場合、網下産物中に網上成分が入らないという仮定が立て易いのと簡便かつ分かりやすいのでよく利用される。

フルイに限らず分離効率を表わすのに著名なニュートン効率がある。

a：フィード中の網上成分…………… x_f

b：フィード中の網下成分…………… $(1-x_f)$

u：網上産物中の網下成分…………… $(1-x_o)$

v：網下産物中の網上成分…………… x_u

$$\text{ニュートン効率 } \eta = \frac{(a-v)(b-u)}{a b (1-u-v)}$$

で表わされ、 r_o と r_u との関係はこれを変形して、

$$\eta = \frac{(x_f - x_u)(x_o - x_f)}{x_f(1-x_f)(x_o - x_u)} = \frac{(x_o - x_f)(1-x_u)}{(1-x_f)(x_o - x_u)} + \frac{x_o(x_f - x_u)}{x_f(x_o - x_u)} - 1$$

$$= r_u + r_o - 1 = \text{網下効率} + \text{網上効率} - 1$$

これはフリイ分け効率とやうものが理想的な分離では $r_u = 1$, $r_o = 1$ で $\eta = 1$ 、網上ばかりで網下がなかった時 $r_o = 1$, $r_u = 0$ で $\eta = 0$ 、又逆の $r_o = 0$, $r_u = 1$ でも $\eta = 0$ 、ある分離が行なわれた場合は $0 < r_u < 1$, $0 < r_o < 1$ で $0 < \eta < 1$ 、しかも r_o と r_u の式中における比重は等しく効率を示すのにふさわしいといえる¹⁾。フルイの場合、作業機の効率を作業機と同じフルイ網での分離効率で示す場合、近似的に網下産物中には網上成分は無いと仮定すれば、 $r_o = 1$ でニュートン効率 $= \eta = r_u + r_o - 1 = r_u = \text{網下効率}$ となる。

2-2. 網面の寸法

原則的にはスクリーンの幅は処理能力に影響し、その長さは効率に影響するといわれる。実際上は網面上の成層が適当でなく効率が低い場合などは幅を変化することにより層厚を変えて効率の上昇を見ることが出来るかも

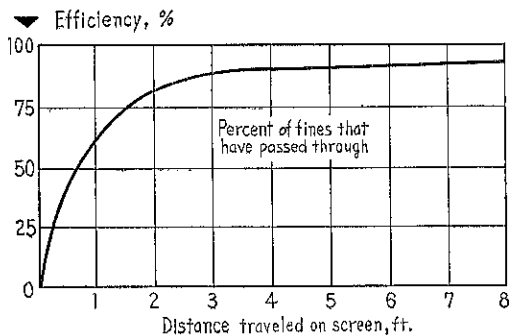


Fig 11.

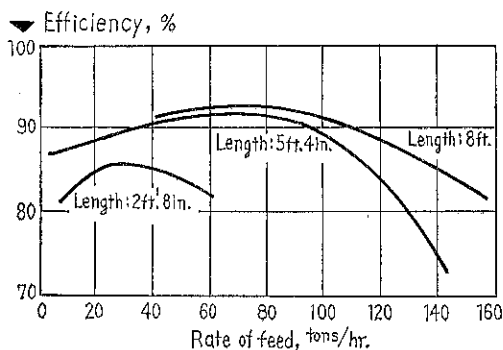


Fig 12.

しれないが、length for efficiency, width for loading の考え方は最も基本的な安全な考え方といえる。

Fig11 はスクリーンの長さで効率²⁾の関係を説明したものであるが最初の1/4の長さでスクリーンを通過すべきものの75%が通過した後は効率が徐々にしか上昇しない。Fig 12 はフルイの幅を一定のまま長さを三通りに変えて処理量と効率の関係を示したものである。短かすぎる2 2/3ftのフルイは処理量も小さく効率も悪い。しかし5 1/3から8ftにのばしても効率及び最適処理量もあまり変化しない。しかし長い方が処理量が最適値を超えた場合効率の低下がゆるやかである。普通のフルイ分け機の長さで幅の比は2~3倍である²⁾。

2-3. 振動数と振幅

フルイ分け機では粉体特性と操業条件に合わせて適当な振幅と振動数を選ぶ必要がある。例えば振幅が小さすぎると near size の粒子は網目にはまりこんでしまい、付着性の強い微粉の場合は目詰りがはげしい。又目詰り防止のために必要以上に振幅を上げれば粒子が網目をとびとして通過する機会を少なくして効率を下げる。又振動数はスクリーン表面と粒子の接触の数をきめて処理量を決定するものである。一般に振幅は大粒子のフルイ分けの方が小粒子のフルイ分けの場合よりも大きく、層厚の厚い場合、オーバーサイズの重い時に大きくとられ、振動数は振幅の大きな場合小さく、振幅の小さい時ほど大である。振動の強さを表わすのに全振幅×振動数=振動強度 (intensity) なる値が用いられている。各目開きに対する適当な振幅と振動数を Table 1 に示した²⁾。

Table 1 目開きと振動強度

Size Openings, In.	Speed, Rpm.	Travel, In.	Normal Vibration Intensity
0 to 0.063	1,200	0.10	120
0.064 to 0.125	1,200	0.12	144
0.126 to 0.3	1,200	0.15	180
0.31 to 0.75	1,000	0.22	220
0.76 to 1.50	1,000	0.25	250
1.51 to 2.0	900	0.3	270
2.01 to 3.0	900	0.35	315
3.01 to 4.0	900	0.4	360
4.01 to 6.0	900	0.5	450

最近では振動条件を表わす数値として遠心効果がよく使用される¹⁾

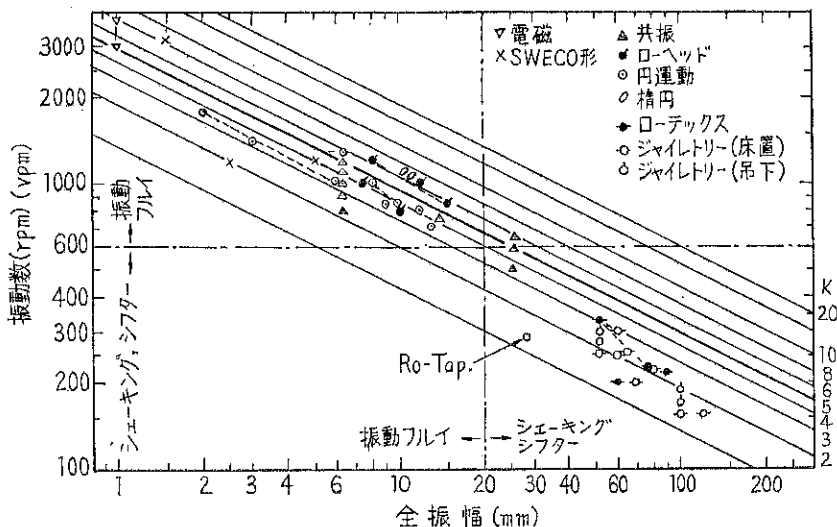


Fig 13. 振動数—振幅—遠心効果の典型的実用例

r = 片振幅 (cm) ω = 振動の角速度 (radian/sec)

g = 重力の加速度 (cm/sec^2)

遠心効果 $K = r\omega^2/g$

これは振動の最大速度を重力の加速度の倍数によって示したものであり、実用上は N : 振動数 (rpm) A : 全振幅 (mm) として

$$K = r\omega^2/g = 0.56 N^2 A \times 10^{-6}$$

Fig13は振動数-振幅-遠心効果と実用機の関係を示すものである¹⁾。人間が手でフルイを動かす場合は、 $K = 0.8 \sim 1.6$ ぐらい、フルイ分け効率の良い鋭い分離には $K = 2 \sim 6$ で特に $3 \sim 4$ が多い。遠心効果又は振動強度が大きすぎると駆動機構、特に軸受けの消耗がはげしく又網面の摩耗も著るしくなる。

2-4. 網面の傾斜

傾斜スクリーンは粉体の移送に重力の助けをかりるものであり、角度が強すぎる場合は充分フルイ分けが出来ず効率はおちるが、見掛上の処理能力は上る。ほとんどの振動篩は 12° から 18° で運転されているが分離の鋭さを要求される場合には $6^\circ \sim 10^\circ$ とされることもある。粉体の輸送を重力だけにたよる網面と垂直方向に振動する電磁振動ブレイでは 36° 以上のものもある。又平面ブレイでは $0^\circ \sim 10^\circ$ 位である。振動ブレイにおける傾斜角度、処理量の関係を Table 2 に示した²⁾。経験的には 23° 以上の角度では有効開孔率を減じうすい層となって流れてあまり利益は無い¹⁾。

Table 2 傾斜角による処理能力の変化

	% of Rated Capacity
Maximum angle	100
2.5° less than maximum	90 to 92.5
5.0° less than maximum	80 to 85
7.5° less than maximum	70 to 75
10° less than maximum	60 to 65

2-5. 粒子層の厚さ

フルイ面上の粒子層の厚さをどれだけにしたらいかがは難かしい問題である。理想的ないい方をすれば、全ての粒をその大きさに関係なくフルイ面全体に涉って抜け厚さを粒の径として全ての粒がフルイ面に接し他の粒の上にはのらない事である。これは実際には不可能であり、

又ある程度の粒子層は粒をスクリーンに接触させて通過させるために必要である。Gluck²⁾は経験的に $\rho b = 1.6$ の時、粒子層厚は目開きの4倍以下、 $\rho b = 0.8$ の時は目開きの2.5~3倍をこえてはならないとしている。

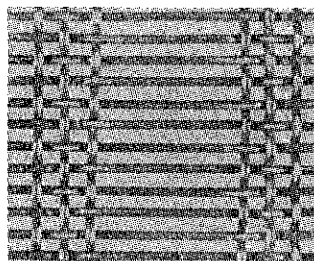
2-6. フルイ網

フルイ網は目開き、線径、空間率、織り方、材質などを基準にして選択される。フルイは通常メッシュと呼ばれることが多いが工業用フルイでは線径も各種のものが

使用されるので、実際の目開き、線径又は空間率を定めておくのが大切である。

空間率を決定するのは重要な問題である。フルイ網として実用される空間率の範囲は20~80%である。空間率の大きいほど目数が多くなり能力もふえ目詰りの危険は少ないが、スクリーンの寿命が短くなる。

スクリーンの寿命には網上処理量とその大きさ、摩耗性に関係し、そのはげしいものは当然空間率の小さい線径の太い網が使用される。又 Tyrod, Toncap と呼ばれる長方目のスクリーンも重要なものである。長方目網の特徴は空間率が増加するため処理能力が上昇する。長目方向の線は屈曲が少なく太い線が使用出来る。目詰りが少ない等の特色がある。スクリーンの消耗特に摩耗はスクリーンの織りめ、即ち線が重なる所で早く摩耗する。この欠点をさけるため網の凹凸を少なくするようにしたのが Flat-top screen である。特徴は線の太さの割には寿命が長い。網面上を粒子がスライドしやすくなり移動がスムーズになる反面、場合により効率の低下をきたす。



タイロッド織

トンキャップ織

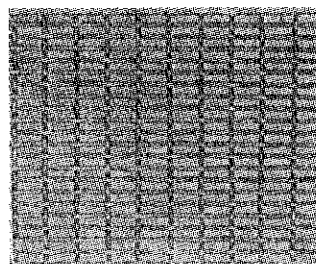


Fig 14 長方目網

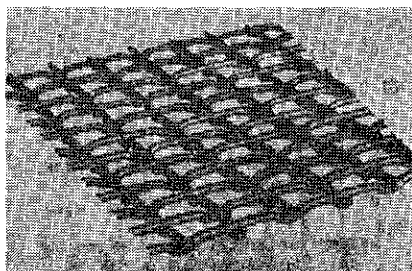


Fig 15. Flat-top Screen

Table 3 Gluck の処理能力計算式のファクター
Factor B (基準処理能力) tons/h·ft²

4 1/2	12.10	3	9.25	1 1/2	6.50	3/8	3.20
4 3/8	11.80	2 7/8	9.00	1 3/8	6.30	5/16	2.75
4 1/4	11.60	2 3/4	8.80	1 1/4	6.10	1/4	2.50
4 1/8	11.40	2 5/8	8.60	1 1/8	5.80	4 mesh	1.80
4	11.20	2 1/2	8.40	1	5.50	5	1.57
3 7/8	10.90	2 3/8	8.20	7/8	5.10	6	1.39
3 3/4	10.70	2 1/4	79.0	3/4	4.80	7	1.24
3 5/8	10.50	2 1/8	7.70	11/16	4.70	8	1.11
3 1/2	10.25	2	7.50	5/8	4.50	10	0.99
3 3/8	10.00	1 7/8	7.25	9/16	4.20	20	0.65
3 1/4	9.75	1 3/4	7.00	1/2	3.80		
3 1/8	9.50	1 5/8	6.80	7/16	3.50		

条件：正方目50%空間率，halfsize 40%，oversize 25%；嵩密度 100lb/ft³

Factor A (目開き形状)		Factor O (空間率)		Factor W (嵩密度)	
正方目	1.0	空間率 50%のとき O=1.0		100lb/ft ³ のとき W=1.0	
長 目 L/S=2~3	1.60	O=1-0.02(50-α)		$W = \left(\frac{\rho_B}{100} \right)$, $\rho_B = [lb/ft^3]$	
L/S=3~6	1.40				
L/S>6	1.10				
円 目	0.80				

Factor Y (粒子形状)				Factor I (傾斜角)		Factor D (段数)	
長い粒子の%	Y	長い粒子の%	Y	傾斜角 [度]	I	段 数	D
5	1.00	40	0.75	水 平	1.20	1 段目	1.00
10	0.95	50	0.70	5	1.15	2 "	0.90
15	0.90	60	0.65	10	1.05	3 "	0.80
20	0.85	70	0.60	15	1.00	4 "	0.70
30	0.80	80	0.55	20	0.95		

長い粒子の%というのは、長短径比が3以上で、短径が目開きの1/2~1 1/2の粒子の含有%である。

Factor Sh (halfsize) および So (oversize)

正方目をパスしない% (網上)	Sh	So	正方目をパスしない% (網上)	Sh	So
0	0.20	0.91	50	1.20	1.18
5	0.30	0.92	55	1.30	1.25
10	0.40	0.93	60	1.40	1.33
15	0.50	0.95	65	1.50	1.42
20	0.60	0.97	70	1.60	1.55
25	0.70	1.00	75	1.70	1.75
30	0.80	1.03	80	1.80	2.00
35	0.90	1.06	85	1.90	2.60
40	1.00	1.09	90	2.00	3.40
45	1.10	1.13	95	2.10	4.30

Factor M (湿式フルイ)				Factor Z (湿分)	
目開き [in]	M	目開き [in]	M	粘着性 (tenacity) あるいは表面水分条件	Z
1/82	1.25	3/8	2.25	湿った泥状あるいは粘った岩石：石こう，りん鉱石など	0.75
1/16	1.5	1/2	2.5	表面のぬれた採掘物：表面水分が6%以上であるが吸湿性でない堆積物	0.85
1/8	1.75	3/4	2.71	乾燥した Pit-run 物：乾燥，塊状，粉碎された化学製品表面水分4%以下	1.00
3/16	1.9	1	2.9	自然乾燥した未粉碎物，フルイ分けに先だって乾燥した物：hot のうちに，フルイ分けるもの	1.25
5/16	2.1				

このファクターは水をcu·yd/h当たり5~10gpmの割合でかけるときにつかう。

2-7. 処理能力の推定法

処理能力の推定法は Taggart⁵⁾ にいくつか紹介されているが、ここでは 三輪氏の 紹介している法⁶⁾ と最近 Gluck が示している方法³⁾⁸⁾ とを紹介する。

D_p : 粒子径 (フルイ目開き) (cm)

B : 網面の幅 (m)

L : 網面の長さ (m)

δ : 網上で粒子が最疎充填すると考えた時の粒子層数

U : 網上での粉体移動速度 (m/hr)

W_{of} : オーバーサイズについての送入力, ton/hr.
今オーバーサイズのみに着目すれば,

$$W_{of}/W = U/L$$

$$W_{of} = U \frac{W}{L} = U \left(\frac{W}{L \cdot B} \cdot \right) B$$

ここで W は任意の瞬間に網面上にのっているオーバーサイズの量である。1 個の粒子は疎充填ならば D_p^2 の面を占有するので単位面積当りの重量は

$$\frac{\pi}{6} D_p \rho_p = 0.523 D_p \rho_p$$

$(W/L \cdot B)$ は単位面積当りの オーバーサイズの重量であるから、

$$W_{of} = 0.52 D_p \rho_p \cdot U \delta B \text{ (ton/hr)}$$

この式で W_{of} が決定でき、フィードと網上量との比より処理量が決定出来る。問題になるのは U と δ である。 U は普通 10~30cm/sec (360~1,080m/hr) であり δ は 1~6 である。 U と δ の値を小さくするとほど分離効率は上る。

Gluck は各メーカーの推定法及び独自の経験をまとめて振動フルイについて次のような式を紹介している⁹⁾。

C : 処理能力 (ton/hr. f_t^2) 85% 効率

A : 目開きファクター

B : 基準処理能力 (ton/hr f_t^2)

O : 空間率ファクター

I : 傾斜角ファクター

W : 処理物重さのファクター

D : デッキ・ファクター

S_h : ハーフサイズ・ファクター

Y : 粒子形状ファクター

S_o : オーバーサイズ・ファクター

M : 湿式フルイ・ファクター

Z : 湿分ファクター

とするとき、

$$C = B \cdot I \cdot D \cdot S_h \cdot S_o \cdot A \cdot O \cdot W \cdot Y \cdot M \cdot Z$$

で示した夫々のファクターは Table 3 の通りである。

2-9. 目詰りに関する問題

網の目詰りはフルイ分けにとって最もやっかいな問題である。目詰りの形態には一つの開孔に二つ以上の粒子が寄合ってしまう複合目詰り、一つの粒が目をつさぐ単一目詰り、粒子が付着性を有する時に生じる付着目詰り、ナイロン網などに生じる静電気による目詰りなどが上げられる。目詰りの防止は非常に難しい問題であるが、まず網の空間率を大きくすること、遠心効果を 3 以上にすることにあるが、分離の鋭さが要求される場合は遠心効果は小さい方がよいのでロータリーシフターなどではボールトレイやブラシが使用される。付着性の原因が水分にある場合はフルイ面を電氣的に加熱するのも時には有効である⁷⁾。又長方目スクリーンも空間率が大きくなること、粒子がつまる場合 2 点支持になる点で有利である。

§ 3. フルイ分け機及びフルイ分けの実例

本章では実例として、幣社で扱っている二三のフルイ分け機についてその機構、特性、実施例などについて説明する。

3-1. バイブシフター A 型 (VSA 型)

本機の構造は Fig 16 に示す通りである。本体の四つの角はゴムサポーターで支えられ、偏芯軸の回転により振動させるが、偏芯軸の軸受けに板バネの中央部を固定しその板バネの両端がフルイ枠に連接されている。した

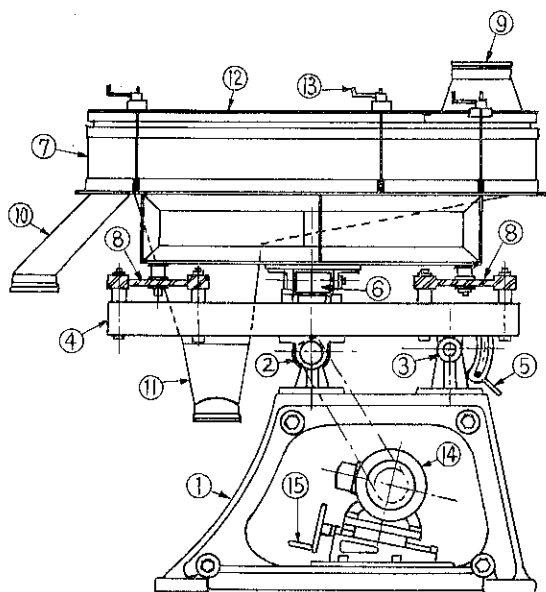


Fig 16. バイブシフター A 型

1) 架台 2) 回転軸 3) 傾斜調節軸 4) 台枠
5) 傾斜調節軸 6) 板バネ 7) 節棒 8) ゴムサポーター 9) 原料入口 10) 粗粉排出口 11) 微粉排出口

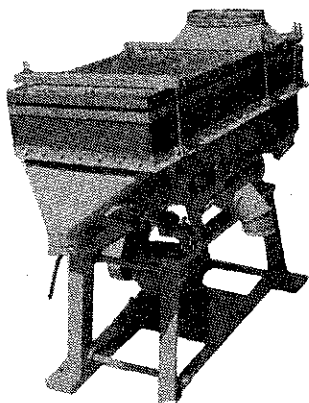


Photo 1. バイブシフター (VSA-1)

がって偏心軸の円運動はここで上下方向に引きのばされて、数秒の偏心運動が振幅数十mmのほとんど上下運動の振動となる。振幅は回転数の関係であり回転数は可変であるが約800rpm、振幅12mmで角度は0°~17°まで自由にかえられる。普通の振動ブレイが数メッシュの粗粒のフルイ分けに適しているのに対してこのタイプは100メッシュまでの微粉の中容量のフルイ分けの目的に対してつくられたものである。即ち振動形態はフルイ面に対して直角方向の上下振動であり、この振動形態のわりには振幅が大きく微粉の凝集を分散する効果が大い。

Fig 17はタルクの微粉(300mesh 99%pass)をVSA-1型(フルイ面積0.4m²)にて処理した時の処理量と効率を示すもので無理な投入量は非常に効率を低下させることを示している。Table 4は同じくVSA-1で網下効率を90%程度に選んだ時のフルイ目と能力の関係を示す。

微粉になるほどフルイ分けが困難になるのがよく現われている。これは微粉ほど粉体の凝集力、付着力が強く塊状となって分散せずあたかもオーバーサイズとして働

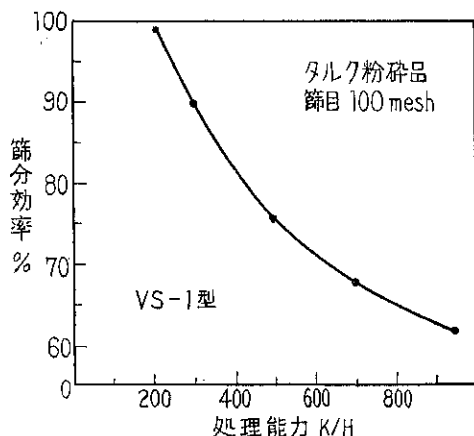


Fig 17. 篩分効率と処理能力との関係

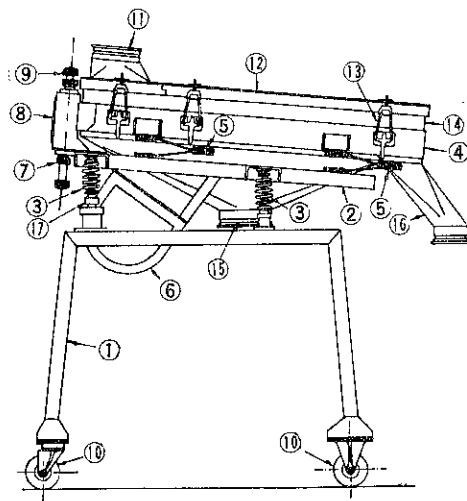
Table 4 各種原料篩分処理量 kg/H (VSA-1)

品名	50Mesh	80Mesh	100Mesh	150Mesh	200Mesh
タルク	1,000	400	250	85	40
メリケン粉	385	208	140	61.5	32
粉石鹼	670	540	400	350	
馬鈴薯澱粉	3,000	1,500	1,140	650	450
黒鉛	600	300	270	150	130
粉白粉	450	350	200	120	45

くので網下効率を下げ、付着性のため目詰りして処理能力を下げるからである。もちろんこの傾向も物性により異なるので処理能力の決定は小型機による実際のテストを通じて行うのが最も確実である。

3-2. バイブシフターB型 (VSB型)

このタイプは一種の共振ブレイであり、作動原理をFig 18について説明すれば架台と振動棒は4ヶのスプリングを介して接続され、振動棒には不平衡錘をもったバイブロモーターが固定される。この回転によって1800rpmの振動が与えられるが、そのままでは振動棒の振動は円運動に近く大きな振幅は期待できない。図のように振動棒の上に板バネで支えてフルイ枠をおき、その一端に衝撃板を固定し、振動棒に固定してこの衝撃板をはさんで衝撃ゴムを上下に配し振動棒に高速の振動を与える



バイブシフター (VSB-I型)

Fig 18. バイブシフター (VSB-1型)

1. 架台
2. 振動棒
3. つるまきスプリング
4. 篩棒
5. 板バネ
6. バイブロモーター室
7. 衝撃ゴム固定用ロックナット
8. 衝撃部カバー
9. 振巾調節ノブ
10. 車輪
11. 投入口
12. 上ブタ
13. 上ブタクランプ
14. 網棒
15. 細粉排出口
16. 粗粉排出口
17. 傾斜調節リング

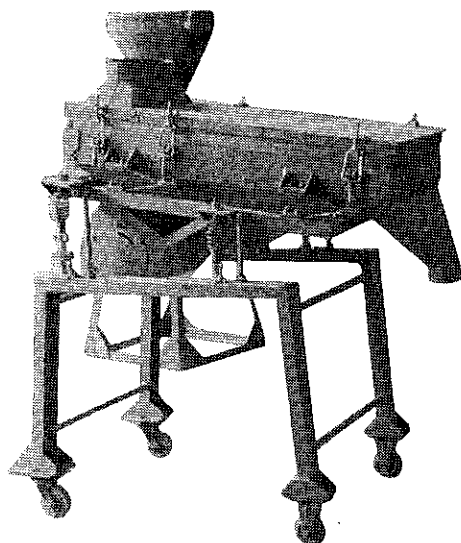


Photo 2. バイブシフター (VSB-1)

と、振動枠の振幅は1mm 足らずでも篩枠の振幅は6～8mm に達する。このB型はA型に比べて手がるに使用できること振巾は小さいが振動数が大きく、かなり大きな遠心効果が得られる。したがって微粉域に対して適当であるのはA型と同じである。

3-3. ウルトラシフター (US-1型) ¹⁰⁾

一般のフルイ分け機は先にも述べたごとく能率よくフルイ分けられるのは100メッシュより粗粒である。それ以上の微粉では粉体の凝集性が強く、一粒ずつ分散せず、且つ目詰りが激しく、効率よくフルイ分けようとするば非常に能力の低下をきたす。更に凝集性の強いものでは網面の振動によりかえって造粒作用を受けて凝集粒となり成長してフルイ分け困難となる。

ウルトラシフターはこのようなものを能率よくフルイ

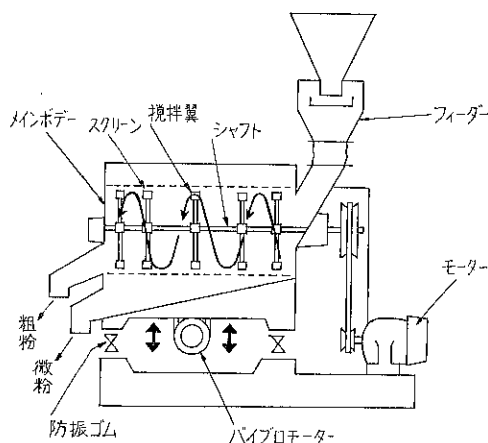


Fig 19. ウルトラシフターの構造

分けることを目的として開発されたものであり、従来のフルイ分け機概念とは異なるもので今後の発展は未知数であるが従来機では不可能であったフルイ分けの内のあるものを可能ならしめた点に期待できるものがある。

構造は Fig 19 に示す通りメインボデーの内部に円筒形にはられたスクリーンがあり、その内側に回転する攪拌翼があり、メインボデー全体はバイプロモーターにより振動が与えられる。本機では投入された粉体は円筒スクリーン内でバイプロモーターによる振動のためわずかに浮き上り流動化した状態の所を回転する攪拌翼によりスクリーン内部で巡回運動を行なうと同時に遠心力を与えられ、且つ凝集塊は分散され細粉はスクリーンの目を通して下のシュートに落ちる。このフルイ分け機は今までのフルイの概念からはなれて非常にあらばいフルイである。したがって正確な Sizing は勿論のぞめない。しかし従来のフルイ分け機でかかる凝集性の粉体をあつかう時は、篩下効率は非常に小さくなってしまふ。又個々の粒子が離れて拡散し一つづつ網目に達する確率は非常に少ない。この点このフルイの攪拌翼の効果は大きく凝集粉体を解砕すると共に粉体をよく攪拌し、粒子の網目への拡散速度を通過する確率を非常によくしている。

勿論、フルイ網の摩耗は普通のフルイ分け機よりも激しくなることは当然であるが、振動により浮き上っている処を攪拌するため、当初予想されたよりもはるかに少なく、現在ユーザーにて稼動しているものも充分な寿命を保っている。

Fig 20 は能力と網下効率の関係を示すものであり、従来機は先のバイブシフターA型のVSA-1ではほぼ同じ網面積を有するものである。このように従来機にくらべて一桁上の処理能力を示している。しかしこれはこのシフターの処理能力が大であるとうことよりも、かかる凝集性のある微粉域では従来のシフターではフルイ分

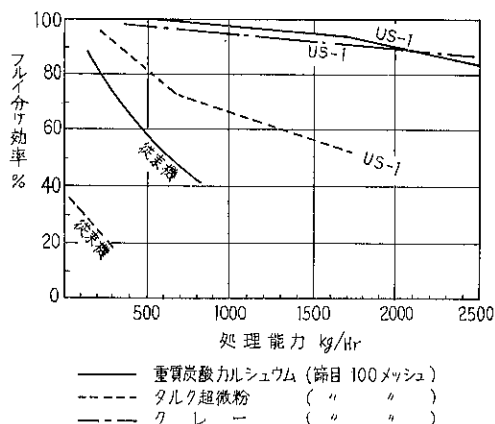


Fig 20. ウルトラシフターの処理能力
(フルイ面積 0.3m^2)

Table 5 ウルトラシフターによるフルイ分け能力例
(フルイ面積 0.3m^2)

原 料 目	篩 目 (メッシュ)	処理能力 (kg/Hr)	効率(%)
重質炭酸カルシウム	100	2050	90
“ “	200	1000	90
軽質炭酸カルシウム (超微粉)	100	210	98
軽質炭酸カルシウム	48	1000	87
ク レ ー	100	1500	93
“	200	1050	90
芒 硝	100	1500	90
“	“	2000	87
タル ク (超微粉)	“	900	70
CMC	“	430	90
亜 鉛 華 (超微粉)	“	215	98

(註 原料粒度は該篩目の篩下85~90%)

けが不可能に近く、このシフターではそれができるとい
うことを意味し、無理に能力比で表わすと桁が違うとい

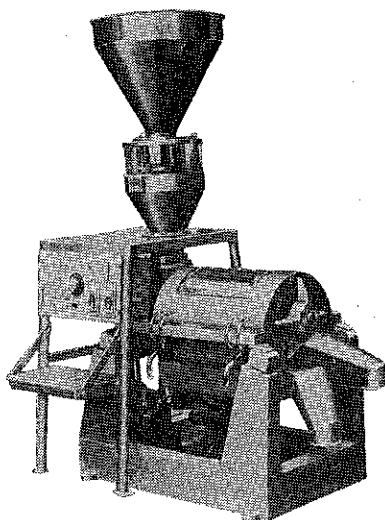


Photo 3. ウルトラシフター (US-1)

うことに外ならない、例えば分散性のよい 30mesh より粗粒の炭酸カルシウムでのフルイ分けで能力を比較するとかえって従来機より能力が低下する場合があるばかりでなくスクリーンの消耗が激しい。したがって本機の適用は従来機では不可能又は効率、能力を低くしか出来ない微粉のフルイ分け用である。もちろん摩耗性が大きい硬度の大きなもの、時々大粒子の混入するものではスクリーンの寿命の点で不適である。しかし今までフルイ分けがあきらめられていた分野、微粉中のわずかの粗粉の除去、凝集体をほぐしながらフルイ分ける分野等にかんがりの用途があると思われる。

おわりに

フルイ分けの歴史は非常に古く、その間、用途が広くなると共に、フルイの形態も多種、多様に発達して来た。現在ではほとんどの工業のどこかでフルイ分け操作がなされているが、その内には問題になる点も多々あるようである。その内の多くはフルイ分け機械自身の問題よりも、目的、容量、材料物性に適合した機種を選択、選択した機械に適した条件の決定などに多く問題があると見うけられる。

おわりに本稿をとりまとめるに際して引用させて頂いた文献は次のものであり、心から深謝いたします。

引 用 文 献

- 1) 三輪茂雄, 粉体のフルイ分け (1965) 日刊工業新聞社
- 2) Gluck, Chem, Eng, Feb, 15, (1965) p 151~
- 3) “ “ “ Mar, 15, (1965) p 179~
- 4) “ Chem, Eng, Oct, 25, (1965) p 131~
- 5) Taggart, Hand Book of Mineral Dressing.
- 6) 三輪茂雄, 化学工学, Vol 24, No. 3 p 179 (1960)
- 7) 今泉常正, 化学工学, Vol 22 No. 4 p 238 (1958)
- 8) 三輪茂雄, MOL, 昭41, 1月, p 100. (オーム社)
- 9) 化学工学, Vol 23, No. 3 p 179 (1959)
- 10) 粉碎, 11号, p 16 (1966)

石炭乾燥粉碎分級プラント

細川鉄工所

田 中 昭 夫
鈴 木 泰 弘

§ 1 緒 言

本プラントは石炭を処理して土壌改良アンモニア肥料を製造するための原料となる粉炭を調整するためのものである。先に昭和36年、パイロットプラントと小規模生産を兼ねて能力 1000kg/hr のプラントを建設し、以後テストを重ね、最近大規模な生産用の本プラントとして製品能力 3000kg/hr を有する一連の装置を完成した。

特徴とする処は要求される中間粒度の粉炭を過粉碎を避けて収率をよく得よう留意された点にある。

§ 2 プラント仕様

原料名	石炭（低品位炭）
原料水分	Max. 30% (W. B) (固有水分を含む)
原料粒度	10~15mm Max. 30mm
製品水分	16%以下 (W. B)
製品粒度構成	48 mesh all pass 60~200 mesh 90%以上 200 mesh pass 3%以下
製品能力	3,000kg/hr Max. 4,000kg/hr (粉碎過程における200mesh pass の微粉量は10%以内とする)

§ 3 プラントの概要

本プラントのフローシートを Fig. 1 に示した。全体は三つの系列、即ち気流乾燥系、粉碎分級系 (200 mesh 分級)、60 mesh 分級の三つに大別することが出来る。

i) 気流乾燥系

ここでは原料石炭の水分を調整して粉碎に適した水分を得、又あとの反応系に供給するために一定の水分とすることを目的としている。

Fig. 1-1 にしたがって説明すれば、原料タンク(1)に貯められた石炭は供給機(2)によりフラッシュインパクト(3)に送られる。フラッシュインパクトは下部にハンマー型式の粗砕機構と上部に遠心力を利用する分級機構

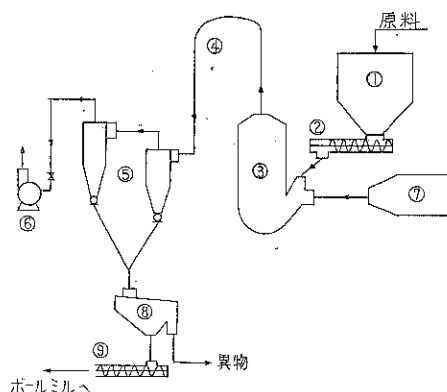


Fig 1-1

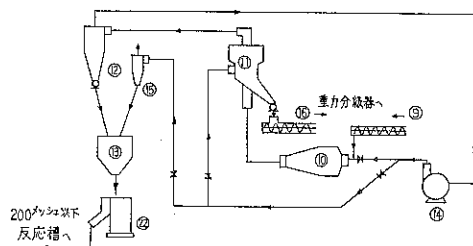


Fig 1-2

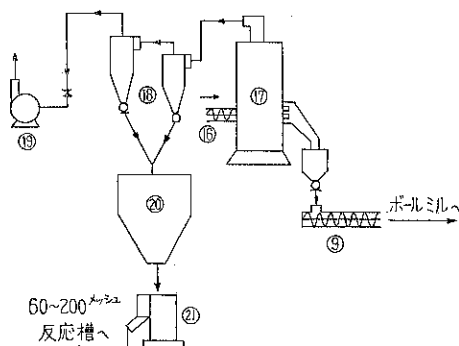


Fig 1-3

Fig 1. フローシート

①原料タンク、②供給機、③フラッシュインパクター、④乾燥管、⑤サイクロン、⑥ファン、⑦熱風炉、⑧異物分離機、⑨スクリーフィーダー、⑩コニカルボールミル、⑪ミクロンセパレーター、⑫サイクロン、⑬微粉タンク、⑭ファン、⑮サイクロン、⑯スクリーフィーダー、⑰重力分級機、⑱サイクロン、⑲ファン、⑳製品タンク、㉑㉒定量供給機

を有し別に熱風をとり入れる口があり、粗砕、分級、乾燥室を兼ね備えた機械であり、この場合30KWのものが採用された。フラッシュインパクターを出た原料は熱風の流れにのって乾燥管(4)を通りサイクロン(5)で捕集され、適度に粗砕、乾燥された原料石炭はスクリーフィーダー(9)によりコニカルボールミル(10)に送られる。

ここでの乾燥度合は後のボールミルでの粉碎の容易さと過粉碎即ち微粉の生成率との兼ね合いで定められねばならない。パイロットプラントの試験からこれは16%以下と定められた。Fig. 2に石炭の水分と粉碎能(ハードグロブ法)との関係を示した。

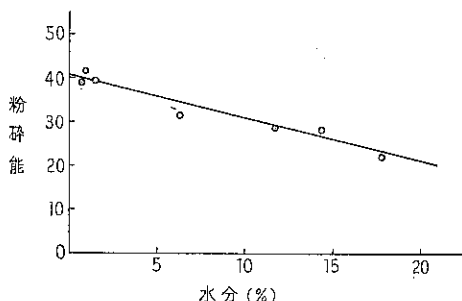


Fig 2. 原料石炭水分と粉碎能 (ハードグロブ法)

ii) 粉碎分級系 (200 mesh 分級)

この系の主要機械は75KWのコニカルボールミルと風力分級機ミクロンセパレーターMS-5である。即ち特に過粉碎品 (200 mesh pass) を極力減らすことに重点をおき、エアスエプト方式の閉回路粉碎を採用した。コニカルボールミルはエアスエプト効果、ミル内圧力損失などを重視してトラニオン部を大きくしたものが採用された。

前系にて乾燥された原料はスクリーフィーダー(9)にて後述する重力分級機(17)より排出される 60mesh より粗い大きな粗粉と合せて Fig. 1-2 のコニカルボールミル(10)に供給される。ボールミルにて適度に粉碎された石炭は空気の流れにのせてミクロンセパレーター (MS-5) (11)に供給され、ここで分離されサイクロン(12)で捕集されて微粉タンク(13)に貯められる。一方 200 mesh より粗いものは次の60 mesh 分級系に送られる。

iii) 60 mesh 分級系

ミクロンセパレーターで分離された 200 mesh より粗いものはスクリーフィーダー(16)で重力分級機(17)に送られる。重力分級機は流動層を利用した空気分級機で、粉体の分散及び機内の空気の流れに対して特別の配慮がなされている。

ここで60 mesh より粗いものは機頂より出てサイクロン(18)で捕集され製品タンク(20)に貯えられ次工程の原料となる。一方 60 mesh 以上の粗粉は機底より出てスクリーフィーダー(9)により、乾燥系より来る原料石炭といっしょにボールミルにかえされる。即ちコニカルボールミル、ミクロンセパレーター、動力分級機、コニカルボールミルとの経路でクローズドサーキッドを形成している。

§ 4 運転状況

初期の試運転では、乾燥度、ミクロンセパレーター及び重力分級機の分級効率、コニカルボールミルの粉碎能力の確認が行なわれ、単一装置として夫々充分に能力が発揮出来ることが確認された。

このプラントでの重要な問題は 200 mesh より細かい微粉の生成を極力少なくして、60 mesh~200 mesh の間の

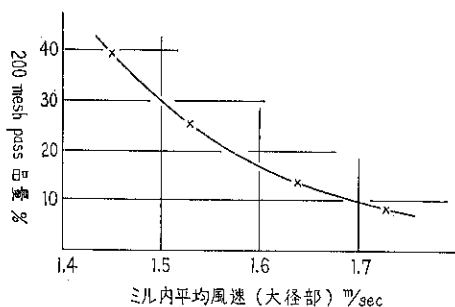
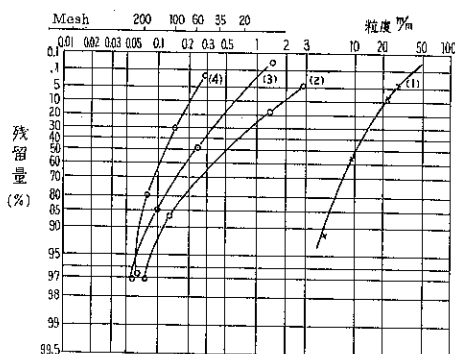


Fig 3. ミル内風速と微粉生成量



- (1) 原料炭
- (2) 乾燥品粒度
- (3) ボールミル出口
- (4) 製品粒度

Fig 4. 各所の粒度構成

製品の分留りを良くすることである。即ちボールミルに於ける過粉碎を出来るだけ避けることである。

この目的のためにミルのボール量、ミル内風速、粗粉循環量などの変数に対してテストがなされた。一例としてボールミル内風速に対する 200 mesh pass 品の生成量の変化を Fig. 3 に示した。

最終的には予期した以上の好成績で、処理能力を保持した上で製品の粒度構成、分留りに充分満足出来る運転条件が得られた。結果を各所の粒度構成として Fig. 4 に

示す。

尚、本プラントは運転条件設定後は計器室からの遠隔操作により監視員 1 人の手により連続運転されている。

§ 5 あとがき

以上石炭の乾燥粉碎分級プラントについてその概要を記したが本プラントは石炭のみならず化学工業、薬品工業、その他の産業で活躍し多くの実績が認められている。

技術資料

ナウタミキサーよりの 連続排出方法についての実例

細 川 鉄 工 所

田 中 昭 夫
大 坪 勲

1. ま え が き

ナウタミキサーについては粉碎 No. 10 ですでに説明済であるので省略する。現在ナウタミキサーの排出方法として Fig. 1 図に示す型式を標準型としている。

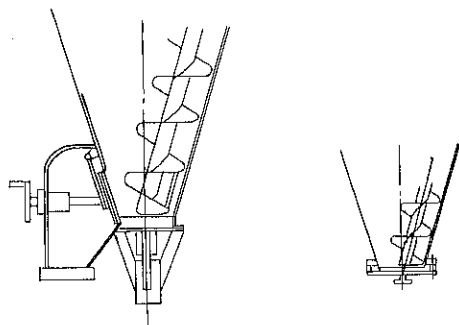


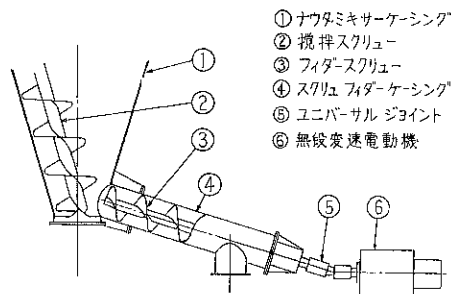
Fig 1

この排出方法では液添加の湿潤粉体では排出時の定量性が全然なく、通常はナウタミキサーの容量に合わせて受けタンク等が設けられている。これをなくし連続的且つ定量排出としてスクリュフィダーを考えた。本実例は農業の造粒前工程として液添加混合後連続的且つ定量

的に造粒機への供給装置としてとりあげた。

2. 構 造

Fig. 2 に示すごとくナウタミキサー排出部に円筒型のスクリュフィダーを円錐面に直角に取付る。このフィダーはナウタミキサーでの混合過程においてはフィダー羽根は逆転させ、ミキサー内へ送り込む向きの力とラビリンスシール効果によって粉体の飛散を防止する。ナウタミキサーで混合液添加練合過程を完了するとスクリュフィダーを正転させ連続且定量的に造粒機へ供給を開始する。スクリュフィダーよりの排出量は無段変速電



- ① ナウタミキサーケーシング
- ② 攪拌スクリュ
- ③ フィダー・スクリュ
- ④ スクリュー フィダー・ケーシング
- ⑤ ユニバーサル ジョイント
- ⑥ 無段変速電動機

Fig 2

動機によって十分調整出来る。次に本実験結果を示す。

3. 実験結果

Run. 1 実験機 NX—S型ナウタミキサー 自転 80R/M
内容積 30ℓ 公転 3.3R/M

使用粉体 クレー }
珪石粉 } + 農薬 + CMC 溶液 (14% 溶液)
ベントナイト }

仕上り液添加量 13% By Wet Base

フィダー仕様 50φ × 450 L

Fig. 3 に回転数による供給量の変化を示す

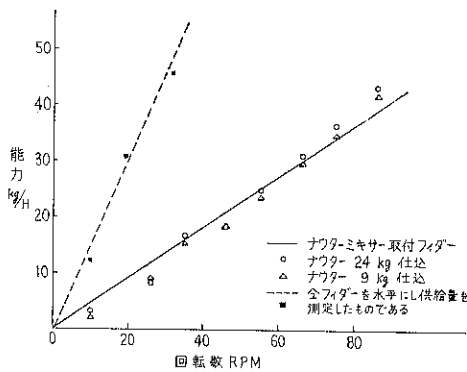


Fig 3

Run. 2 実験機 NX—10ナウタミキサー 自転 74R/M
公転 2.4R/M

使用粉体 Run. 1 と同じ

フィダー 150φ × 800 L

Fig. 4 に回転数による供給量の変化を示す

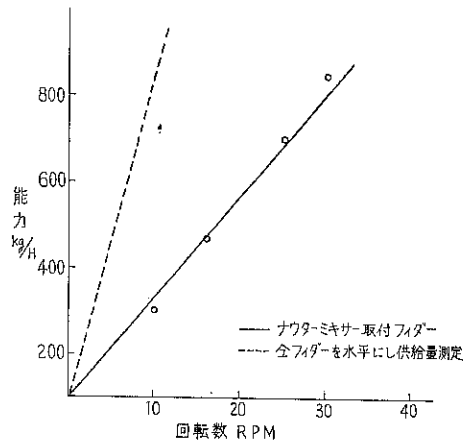


Fig 4

本実験により考えられるのは、ナウターミキサーヘスクリュウフィダー取付の時は、スクリュウの径、回転数の影響が大であることがわかった。

Run. 2 は某農薬メーカーと協同で実際に2基製作し現在運転中のものである。この実験に協力された某農薬メーカーに本文を持って謝意を表します。



パルスエアーコレクター性能試験

細川粉体工学研究所

鈴木 昭 明

§ 1. はじめに

当社にて米国PMD社と技術提携が成り、パルスエアーコレクターの製造をはじめてから既に5年を経過し、その間大小を合せて実に650台に余るパルスエアーコレクターが生産され、全国で稼働されている。したがってパルスエアーについての特性は既によく知られていると思われる。本報の内容も特に新しいものではなく、又体系づけられたものでもない。しかし本報の試験条件、試験結果、即ち処理風量、ダスト粒度、ダスト濃度、圧力損失、集塵効率の値はパルスエアーの用途の内でも標準的な値を示しているの、パルスエアーの性能の一つの基準として性能試験の詳細を説明する。

§ 2. 性能試験の概要

パルスエアーコレクターP48-6を用いて試験粉体としてタルク微粉を使用して次の諸点の測定を行った。

- 1) 処理風量；入口ダスト濃度を一定とし、タイマーの設定値噴射間隔を変えた時のバッグ圧力損失の変化。
- 2) 処理風量；タイマーの設定値を一定とし、入口ダスト濃度を変えた時のバッグ圧力損失の変化。
- 3) 上のテスト中に集塵効率を測定した。

§ 3. 試験装置

試験に用いたパルスエアーコレクターはP48-6型で下記の仕様のものである。

型 式	P48-6
濾過面積	31.6m ²
濾布数	6ft×48本
濾布材質	ウールフェルト(厚さ2mm)
電磁弁数	6ヶ(1系列8本の濾布に対して1ヶ)

圧 空 7kg/cm²G

全体はFig.1のように構成され、パルスエアー入口、出口は径30mmのダクトがつけられ、出口のファンにより空気が吸引される。ダストの発生はホッパーに入れられた粉体をフロートロン又はスクリーフィダーによって定量供給し分散機により空気に浮遊させた後空気の流れによってパルスエアーに送られる。

ダクトには風速測定のためピトー管を挿入する口とダスト濃度測定のスンプラーを挿入する口がつけられている。

§ 4. 測定方法

i) バッグ圧力の損失

パルスエアーの標準の位置に取りつけてあるマノメーターによる。したがって正確には下部ハウジングと上部ハウジングの圧力差を示す。計測は運転時間15分毎に行った。

ii) 風量の測定

ピトー管を用いて風速を測定し、平均風速より処理風量を算出した。平均風速はFig.2のようにダクト断面を等面積に8分しその夫々の中央点、8点を測定し平均した。

iii) 入口側ダスト濃度

望まれるダスト濃度、風量より、粉体供給速度を算出し、供給機の送り量を調節して最初にセットしておく。

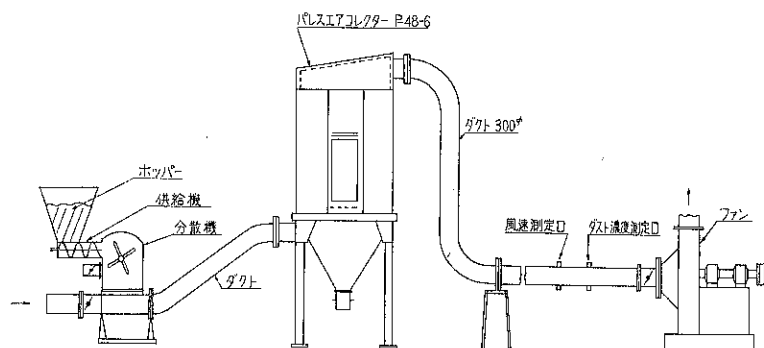


Fig. 1. 試験装置

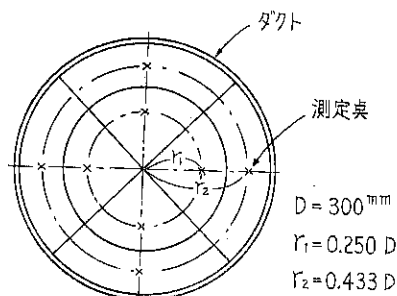


Fig. 2. 風速測定点

一回のテスト終了後、供給した粉体の全量と風量と全運転時間より平均ダスト濃度を算出した。

iv) 出口側ダスト濃度

ダストサンプリングにより直接濃度を測定した。測定装置は Fig. 3 に示すようにサンプラーと吸引装置よりなる。サンプラーは J I S 8808 の円筒濾紙を使用するものに準じて作られているが、円筒濾紙を用いずに、多数の孔をつけたガラスのセルに濾材として微細な繊維（径

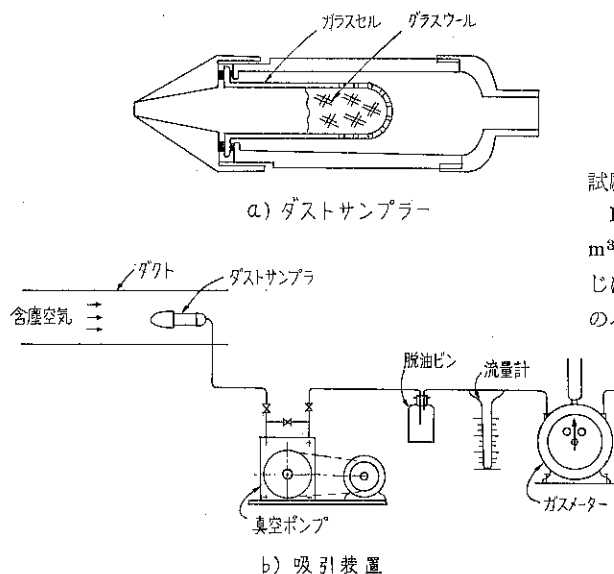


Fig. 3. ダスト濃度測定装置

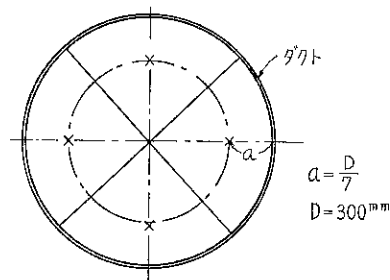


Fig. 4. ダスト濃度測定点

0.5μ) のガラスウールをつめこんだものを用いた。

測定はサンプラーにより一定量の含塵空気を吸引してセルに採取されたダスト重量と吸引空気量よりダスト濃度を算出する。含塵空気の吸引はダクト内風速とサンプラー吸入口の風速が等しくなるよう、あらかじめ測定点における風速を測定しそれに合う速度で吸引した。ダクト断面における測定点は Fig. 4 に示す4点とし、その平均値を排気中のダスト濃度とした。

§ 5. 試験結果

試験に用いた試料粉体はタルク微粉でその粒度分布を Table 1 に示した。粒度分布の測定は沈降天秤法による。

Table 1 試料粉体タルク粒度分布

粒 径	篩下累積量
20μ	76%
10μ	70%
8μ	53%
5μ	36%
3μ	24%

試験結果を Fig. 5, Fig. 6 に示した。

Fig. 5 は単位濾過面積当りの処理風量を $F=3.5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{min}$ と一定にし、且つ入口ダスト濃度もほぼ同じにした時のバッグのダスト払落しの周期を変えた場合のバッグの圧力損失の変化を示したものである。

Fig. 6 は他の条件は同じにして入口ダスト濃度を変えた時のバッグ圧力損失の差を示したものである。

Fig. 5, Fig. 6 の測定値に排気ダスト濃度、集塵効率を加えて Table 2 に示した。

この試験では運転時間、測定回数などの点でパルスエアーの一般的な傾向を示すまでに至らないので、参考例として別の装置で行なったテスト例を Fig. 7 に示した。Fig. 7 は、パルスエアー P 12A—6 (濾過面積 7.8 m^2) を用い試験粉体として炭酸カルシウム粉末を用いた時の種々の条件のもとでの圧力損失の動向を示すものである。

図中の噴射間隔 T はエアーパルスにより一列の濾布のダストが払落されてから次の系列の濾布が払落されるまでの時間を示す。P 12A—6 型では電磁弁 3 ケで濾布が 4 本づつ 3 系列の構成であるから、噴射間隔の 3 倍がパルスの 1 周期となる。又、空うち掃除とはパルスエアー

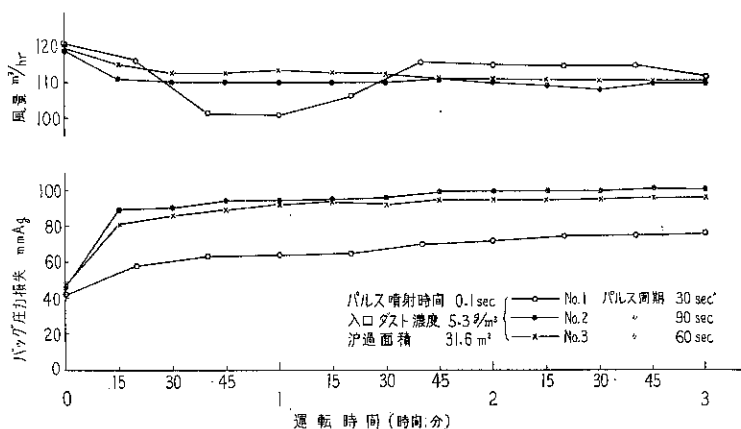


Fig 5. パルス周期によるバッグ圧力損失の変化

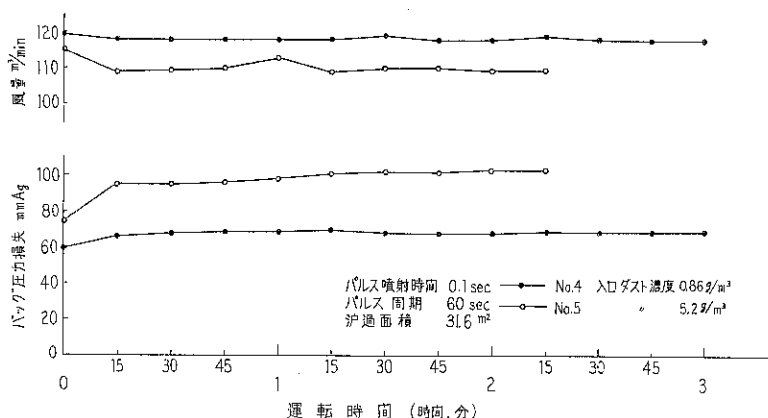


Fig 6. 入口ダスト濃度によるバッグ圧力損失の変化

一に空気を通すことなくエアパルスのみ作働させて汙布についたダストを払落すことを意味し、強制掃除とは汙布を外にとりはずし真空掃除機を使って汙布の内部に入ったダストまで完全に掃除をすることである。

Fig. 7 より明らかなことは汙布の前圧が圧力損失に

い、わずかにバッグ払落周期、入口ダスト濃度の変化による、圧力損失の変化の傾向の一端を示したにすぎない。

しかし Table 2 に示す数値はパルスエアコレクターが最もよく使用される条件に近いものである事と、テス

Table 2 パルスエアコレクターテスト結果

Run No.	平均処理風量	入口ダスト濃度	パルス周期	平衡バッグ圧損	排気ダスト濃度	集塵効率
No. 1	112m³/min	5.48g/m³	30Sec	78mmAq	—	—
No. 2	111m³/min	5.46g/m³	90Sec	101mmAq	—	—
No. 3	113m³/min	5.20g/m³	60Sec	97mmAq	12.8mg/m³	99.75%
No. 4	118m³/min	0.856g/m³	60Sec	69mmAq	4.1mg/m³	99.52%
No. 5	110m³/min	5.16g/m³	60Sec	103mmAq	13.1mg/m³	99.75%

試験機 パルスエア p48-6, 汙過面積 31.6m²

パルス噴射時間は全て 0.1 秒である。

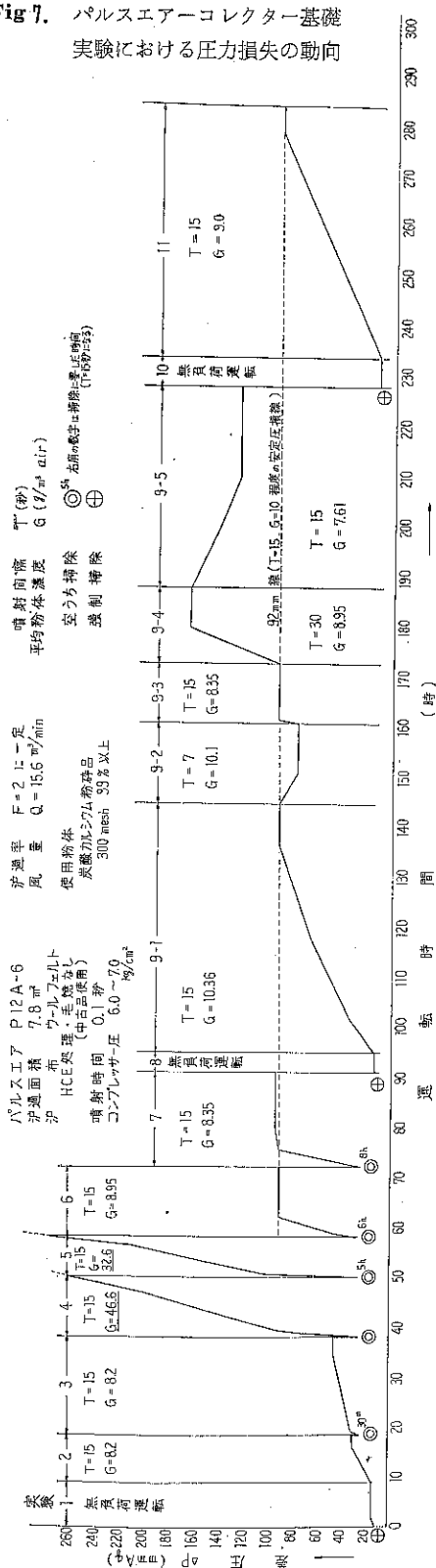
かなりの影響を持つことで、一度極端に圧力損失が上昇した汙布はその後パルスの清掃条件、その他の負荷の条件をかえてもなかなか元には戻りにくい。又エアパルスの空うちによる清掃は汙布内部に入ったダスト粒子までも完全に外にたたき出すものではない。このことは半面汙布フェルト内部での内部汙過の作用を助長し集塵効率を高めるのに役立つが、汙布を完全に元にもどすためには汙布をとりはずして強制掃除の必要がある。

このように汙布による汙過抵抗の履歴現象はかなり大きなものであるので性能試験において汙布の履歴を考慮することは勿論、実際の運転においてもバッグの圧力損失は必要以上に上げることなく常時最適な条件で稼動することが必要である。

§ 6. 結 語

これだけのデータでは、測定回数、運転時間共に不足で、勿論パルスエアコレクターの性能、諸変数に対する圧力損失、集塵効率の変化を云々する訳にはいかな

トに使用した P48—6 型は汚濁面積 31.6m^2 で実用されている中型機であること、又風量、ダスト濃度の測定に念を入れかなりの精度を出したこと等により、このデーターがパルスエアーコレクターの選択に当っての標準になり得るものと思う。



最近の興味あるテスト例

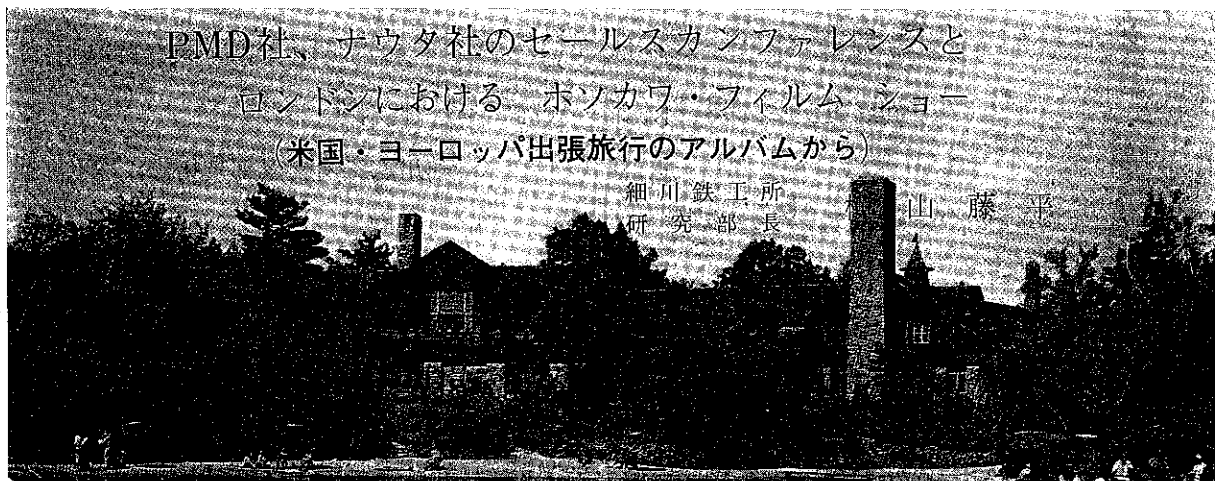
細川鉄工所営業部技術課

1966年度内に本社試験室では多数のテストを行いました。その中から興味あるテスト例を30件程さがし、次に記述しましたが、利害関係を考え記述は抽象的なものとなりました。

原 料 名	目的又は希望事項	使 用 機 械	テ ス ト 所 見
粉碎			
フェライト	微粉碎・7 μ 以下	スーパーミクロンミル	製品能力 25kg/hr 良好
二酸化マンガン	325M 95%pass 以上	スーパーミクロンミル	325M pass98~99%
加硫促進剤	(異物除去 200M 50%pass)	スーパーミクロンミル	可 能
α 澱 粉		パルペライザー	良 好
石 灰 石	アスファルト用微粉	パルペライザー	能 力 大
ポリスチレン	20M位にする	パルペライザー	良 好
発泡スチロール	5mm ϕ 位にする	アイスクラッシャー、ハンマーミル	良 好
合 板	マチ棒状にする	ハンマーミル	良 好
塩ビ添加剤	20~30Mに解砕	フェザーミル	良 好
粉碎分級			
棉実油カス	綿とカスの分離	パルペライザー +ミクロンセパレーター	良 好
塩ビ・スクラップ	ゴムとセンイの分離	パルペライザー (特殊) +ミクロンセパレーター	良 好
窒化珪素	粉碎分級、3 μ 以下	ボールミル +クミロンセパレーター	能 力 小
分級、篩分			
タ バ コ	タバコと砂の分離	ミクロンセパレーター	良 好
澱 粉	5 μ cut	ミクロンセパレーター	良 好
フェロシリコン	325Mcut, 20 μ cut	ミクロンセパレーター	良 好
芒 硝	微粉の除去	ミクロンセパレーター	良 好
黒 鉛	80Mのフルイ分け	ミクロンウルトラシフター	良 好
コンスターチ	80Mのフルイ分け	ミクロンウルトラシフター	良好 能力大
乾燥又は冷風粉碎			
カルシウムシリケート	(水分60% (W・B) を 5%に、出来るだけ細 かくする)	マイクロンドライヤー	仕上り水分3.5% (WB) 製品粒度 300Mpass 98.5%
ゴム 薬 品	100Mpass	マイクロンドライヤー (冷風)	100M 99.9% pass
染 料	仕上り水分、6% (W・B) 以下	マイクロンドライヤー	良 好
混 合			
セメント+塩化カルシウム+顔料	混 合	ナウタミキサー	良 好
飼 料	飼料、液の添加	ナウタミキサー	良 好
そ の 他			
有機薬品	1mm ペレット造粒	ミクロングラニューライザー	良 好
食 品	0.7mm ペレット造粒	ミクロングラニューライザー	良 好
除 草 剤	2mm 造粒、球形化	ミクロングラニューライザー、ナウ ウタミキサー	良 好
黒 鉛 + 油	能力400kg/hrの連続排出	バイブロスクリューフィーダー	良 好

PMD社、ナウタ社のセールスカンファレンスと
ロンドンにおける ボソカラ・フィルム・ショー
(米国・ヨーロッパ出張旅行のアルバムから)

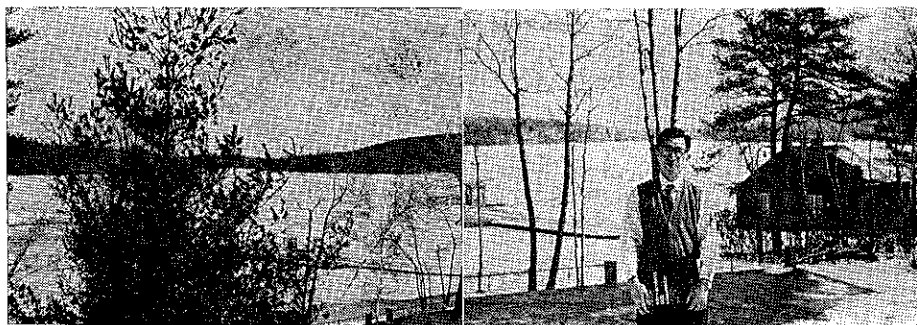
細川 鉄工所 山 藤 平
研 究 部 長



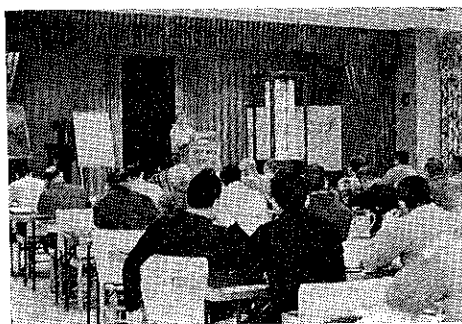
↑ P. M. D. のセールスカンファレンスが開かれた Split Rock Lodge の全景。

P.M.D. 社 (米国)

昨年 (昭和41年) 3月7～9日に亘って米国 PMD 社において Sales Conference (営業会議) が開催され、間島貿易部長と私が出席した。会場は工場から約 300km 離れた Split Rock Lodge と呼ばれる山荘に設けられ、参会者約 90名が3日間この美しい静かな環境に閉じこめられた。吾々はミクロンセパレーターについて解説し、ラウンドテーブルディスカッションでは活発な質問を受けて、米国各州のPMD代理店の人々に強い印象を与えた。



← Lodge の窓からみえる Lake Harmony はすっかり氷に閉され、美しい景色であった。



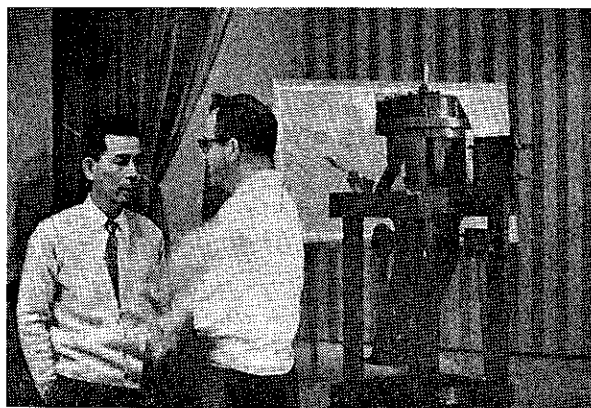
← 新製品マイクロパルシエクの紹介をする。
Mr. T. Folinus.



↑ Coffee Break のひととき

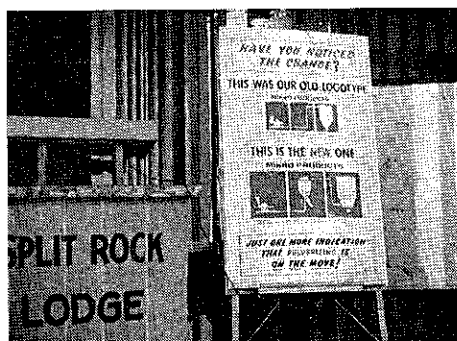


← 会場の片隅にはバンタムミルが陳列されていた。

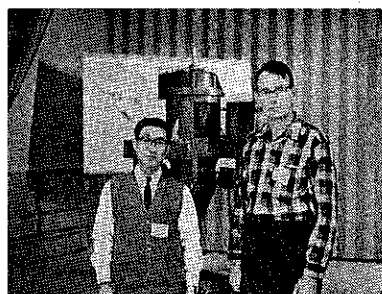


← 代理店の一人と話し合う間島貿易部長。壇上にはテリトリーを示す大きな世界地図をバックにミクロンセパレーター（MS-1）が飾られていた。

↓ P. M. D. ではトレードマークをこのカンファレンスを機会にチェンジした。新しいマークには中央にミクロンセパレーターのシルエットが加えられた。



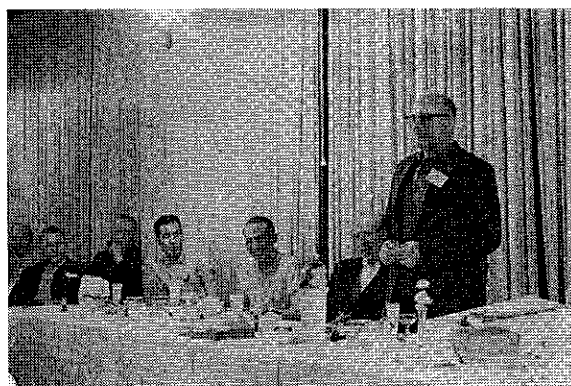
↑ コンパスルームにおける Roundtable Discussion の一駒。第2日は殆んど終日が Roundtable Discussion に費やされた。全員が5つのグループに分れて夫々のテーマについて約1時間討議し合う。吾々のグループではミクロンセパレーターについて活発な質問や意見が交された。



↑ 開発課長のダイキン氏と一緒に。



↑ 昼食のひととき。



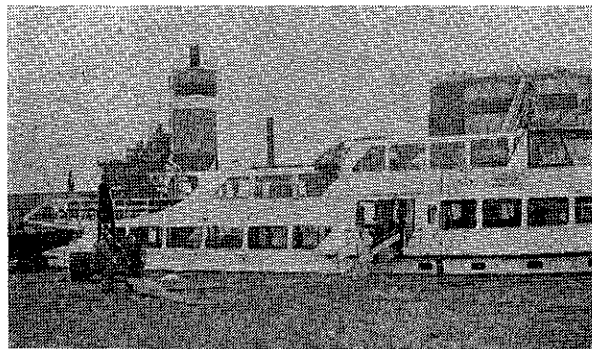
↑ カンファレンス第3日夜の Banquet で挨拶する営業部長のマックオーター氏、向って左ヘスリック社のエドワード社長、一人おいて間島貿易部長。

ナウタミクス社（オランダ）

4月20日から22日の3日間オランダのナウタミクス社で行われたセールスカンファレンスに細川専務に同行して出席し、スーパーミクロンミル、ミクロンセパレーター、フロートロンの解説を行った。ここでもヨーロッパ各国より集った約40名の参会者の販売意欲を大いに盛りあげた。



↑ アムステルダムからハーレムの工場まで毎日、Mr. de Jong が車で送ってくれた。30分のドライブにオランダの風景を楽しんだ。

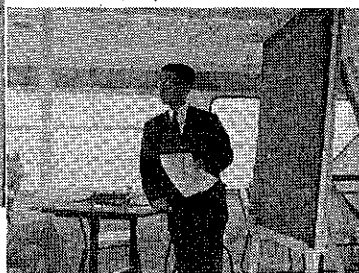


↑ オランダは水の国である。迷路のように運河が流れている。セールスカンファレンスは、このボートに会場が設けられた。

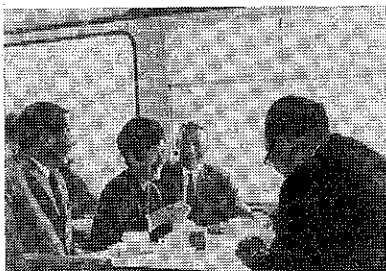


↑ 挨拶とミクロンセパレーターのプレゼンテーションをする細川専務。

↓ おぼつかない英語で私のフ
ロートロン・プレゼンテー
ション。



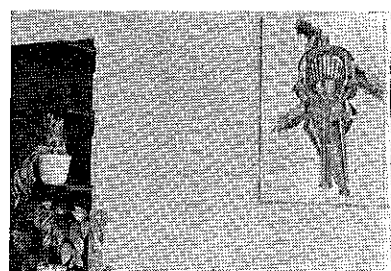
↑ 新製品の解説をする
Dr. Van Munster



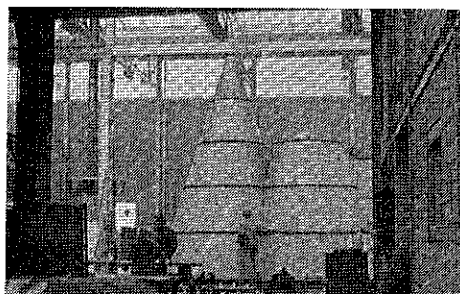
↑ ボートの中でのコーヒータイム。代理店の人達は遠く、スペイン、ベルギー、デンマーク、スイス、フランス、フィンランド、英国、ドイツ、南アフリカから集った。



↑ 休憩時、ナウタ社長の秘書と楽しげに語らう細川専務。

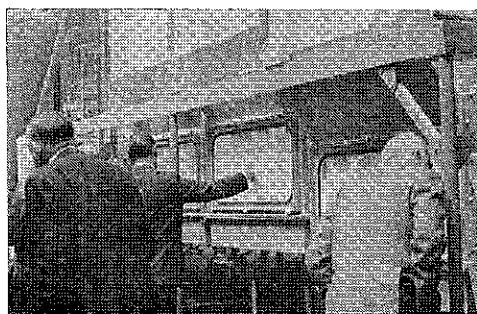


↑ ナウタ社の応接間の壁には、ミクロンセパレーターの模型図がかかっていた。



⇔ 工場見学、巨大なナウタコンビミキサーが組立てられていた。



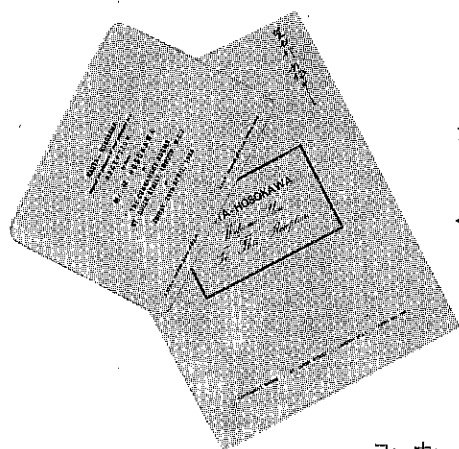


↑ 研究実験室での新製品のデモンストレーション。



↑ カンファレンスの余暇に植物園を見学した。チューリップの国オランダはどこへ行ってもカラフルな園であった。右から細川専務、英国代理店社長キング氏、ミセス・キング。

ロンドンにおけるフィルムショー



← フィルムショーのインビテーションカードとパンフレット。

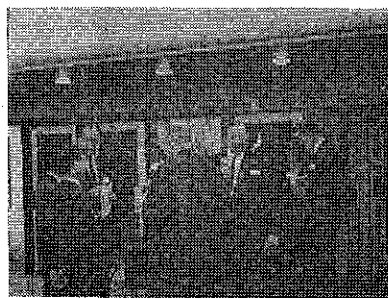
4月29日、ロンドンではナウタ社の英国代理店(社長Mr. G. T. King)と細川鉄工所の共催で Connaught Room においてホソカワ・フィルムショーが開催された。

招待者は学界、業界、商社、ジャーナリストの知名人約50名で、レセプションでは賑やかな交歓が行われた。

コーナートルームにおけるレセプションのスナップ。



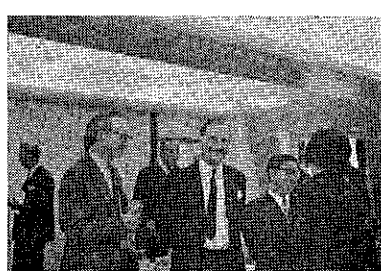
↑ Mr. King 夫妻と、右は King 氏の秘書



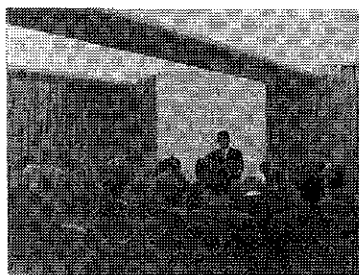
↑ こちらを向いている人左側、住友商事ロンドン支店水口氏、右側 Mr. King。



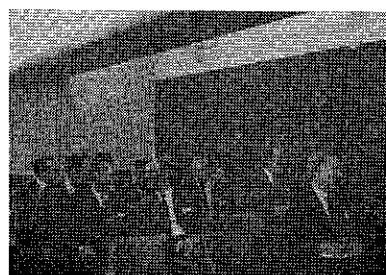
↑ 左隅の背の高い人 Mr. Langton (スペイン)



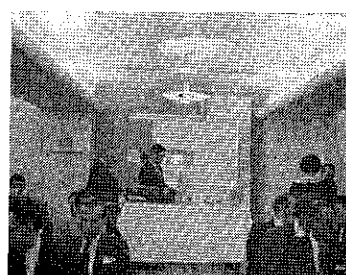
↑ 中央 Dr. R. H. S. Robertson.



↑ 挨拶する細川専務。



↑ スーパーミクロンミル、ミクロンセパレーター、フロートロンのフィルムショーが始まる。8mm カラーターキーで約1時間半、機械装置の解説を行い、非常に好評であった。



ホソカワ ニュース

☆ ホソカワ史上最高の受注高達成!!

昭和41年度春先より次第に活発化した機械受注は、盛夏前後より年末にかけて単一機械受注増に加えて各種プラント受注の激増をみるに至り、年間受注高はホソカワ史上最高の成果を達成することができた。

これを機種別にみると、2、3年低迷した珪産物業界の設備増を中心に、超微粉碎機スーパーミクロンミル、分級機ミクロンセパレーターの大型機が活発に動いた。特にミクロンセパレーターは各種業界のプラント受注の分級工程に繰り込まれ近年にない成果を挙げた。

集塵機ホソカワマイクロ パルスエアーは、各種プラントの粉体捕集装置として、特に飼料工場の活発な増設における最適集塵装置として、其の他各種合成樹脂、高度化成肥料、セメント、フライアッシュ、製粉等の適用技術経験による受注増により昨年比75%増の成長率を遂げた。

混合機ナウタミキキーも技術提携後4年、漸くその真価を高く評価され、食品、農業・医薬、合成樹脂、顔料染料を中心に、昨年の倍近い受注をみる事ができた。

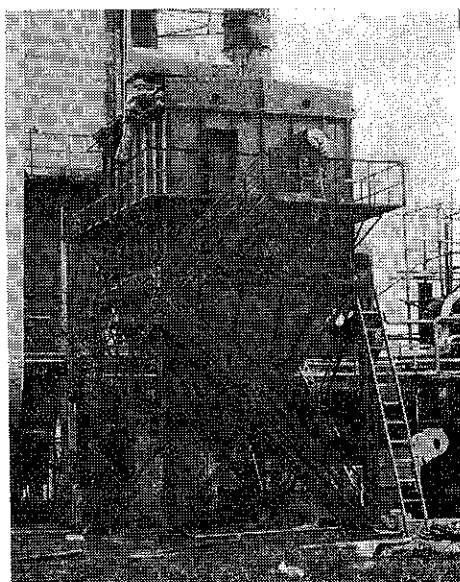
不況の昭和40年度においても快調であった粉体乾燥機ミクロンドライヤーは、その適用経験の拡大により地道に上昇を続けることができた。

其の他各種粉碎機、乳化機、篩分機共、昭和39年度のピークには及ばない機種もあるが、全体的にはホソカワ粉体処理機械・装置とその技術を更に大きく前進させた1年間であったといえよう。

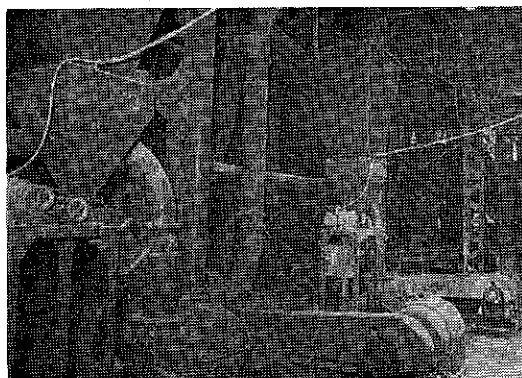
参考まで昭和41年度受注の主だったプラント名を記する。

- 〇〇 鉱 業 タルク粉碎・分級・捕集プラント
- 〇〇 化 成 石灰石粉碎・分級・捕集プラント
- 〇〇 鉱 業 ベントナイト乾燥・粉碎・分級・捕集プラント
- 〇〇 化 成 石炭 乾燥・粉碎・分級プラント
- 〇〇化学工業 セメントクリンカー粉碎・分級プラント
- 〇〇化学工業 高級脂肪酸粉碎、混合・捕集プラント
- 〇〇化学工業 染料乾燥・捕集プラント

- 〇〇化学工業 ゴム薬 粉碎・乾燥・捕集プラント
- 〇〇 農 薬 農薬 粉碎・分級・捕集プラント
- 〇〇 農 薬 農薬 粉碎・分級・混合プラント
- 〇〇 化 成 石炭酸樹脂成型材料製造プラント
- 〇〇化学工業 ユリヤ樹脂粉碎・分級・捕集プラント
- 〇〇化学工業 A B S樹脂粉碎・分級・捕集プラント
- 〇〇 パルプ 核酸酵母乾燥・捕集プラント
- 〇〇飼料工業 配合飼料粉碎・混合・空輸プラント
- 〇〇飼料工業 配合飼料 空気輸送プラント
- 〇〇 製 油 大豆しぼり粕粉碎・捕集プラント
- その他省略



核酸酵母捕集用ホソカワ/マイクロパルスエアー
P 2 G 2—48

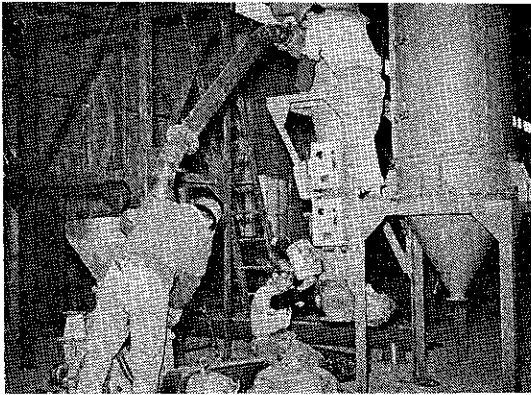


ベントナイト粉碎分散捕集
プラントの中、M 502 粉碎部門設置写真

☆ 下半期受注の活発化により 突貫体制に入つた製造・設計部門

前述の受注増は盛夏前後より、設計・製造部門の工程処理に集中化され、特に両部門は多忙を極めた。後述の有給休暇の実施にかかわらず、工場関係者は殆んど出勤のやむなきに至り、更には約定納期、特急依頼納期の関係から、日曜公休出勤、深夜残業、必要部門への他部門応援による協力強化等の突貫体制をとり、受注納期の消化に邁進した。この突貫体制の結果、一部需要家では納期遅延等の迷惑を避け得られない面も生じたが、全体的には大きなトラブルもなく無事に越年できた。

なお現在、今後更に予想される受注増——納期厳守に備えて、枚方工場建設による長期計画と共に、更には昨年新設された生産技術部による工程合理化計画の立案実施を初めとして、各部門の体制強化策により、いかなる受注急増に対しても対処消化できる体質確立にホソカワは全社を挙げて努力している。



深夜プラント仮組立に突貫作業する現場

☆ 週5日就労制を目指して……… 毎月第一土曜日有給休暇制の実施

海外との技術提携・技術交流により早くより諸外国の合理的労働システムの消化採用を心がけてきたホソカワは、将来における週5日制就労体制への第一段階として取りあえず毎月第一土曜日の休暇制を労働組合と検討の結果、昨年8月度より実施することになった。

勿論、各部門において労働時間短縮に伴う現行就労状況に対する各合理化策がたてられ、このテストケースの成功により暫時月2回土曜有給制→週5日制完全実施を目標に、全員ハッキリ業務に精励している。

☆ 将来の企業体質強化に備えて 新入社員を増強を図る

昭和41年度新入社員、大学卒9名以下全員34名の新入社員に引つづいて、本年度（昭和42年度）大学卒技術系7名、事務系4名、工業高校卒11名、其他14名合計36名を採用した。3月28日入社式を終え、女子社員は即日配属、男子社員は全員入社教育後現場実習中であり、訓練後各課に配属され、組織の強化が期待されている。

☆ 昭和41年度手続の特許件数 ——例年より少なかったが………

技術尊重を社是とし、「特色ある優れた技術」をモットーとするホソカワでは毎年特許関係の手続は数多く出願、登録されるが、昨年度（昭和41年度）国内特許関係は例年と比較すると少々少なく、国内特許出願5件、公告2件、登録3件に終った。来年度は質・量共に一層の研鑽とその成果が望まれている。

外国特許については下記の通りである。

出願	6件（米・英・西独・仏・和・加）
登録	2件（フランス）

☆ 第1回商社セールスカンファレンス 開催—昭和41年2月

於 大阪科学技術センター

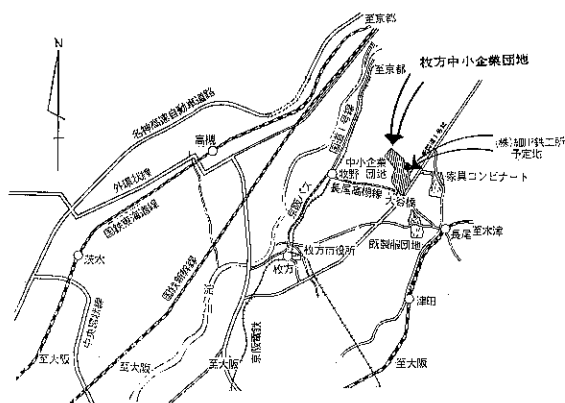
粉体技術52年を誇るホソカワの社歴に恥じない担当者の教育と訓練は、社内的にも大きな問題として実施されつつあるが、特にホソカワ製品取扱いの各商社マンの訓練と強化のため、昭和41年度より商社担当者のためのセールスカンファレンスを実施することになった。

第1回は、昭和41年2月17日、18日、2日間、大阪科学技術センター会議室で、講習、ケーススタディ、セールストレーニングを行ない、更に本社試験室における運転、分解組立の実習を実施した。

第1回の参加出席は住友商事、神鋼商事、東亜工業、東洋精機等本社営業部レトリリー関係担当者及管理者約50名であった。

☆ 大阪府枚方企業団地への移転計画 いよいよ一部着工に入る

大阪府がモデル工業団地として計画、ホソカワが6ヶ年長期計画の中心計画として検討を進めてきた——枚方企業団地への一部移転計画は、昭和41年度前半において、工場用地16,820m²、居住用地4,795m²の土地取得を終え、いよいよ下半期より着工計画の詳細な検討に入った。計画によれば、昭和42年度より暫次新工場建設に着工する運びに決定している。



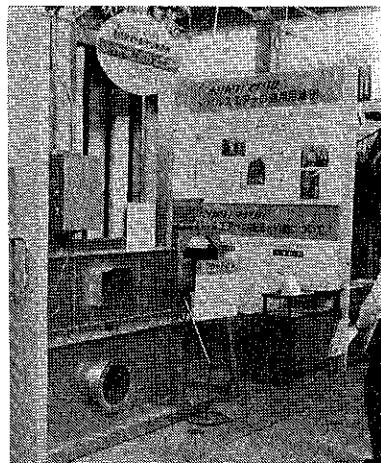
☆ 各地で開催、ホソカワ製品を出品した展示会のかずかず……

● 第7回大阪国際見本市(昭和41年4月9日～4月29日) 例年マンネリ化を批判される国際見本市出品について、一步でも前進打破するため、今回は集塵機ホソカワ/マイクロ パルスエアーの大型機(P-IC3型)を内部公開型として中心にぶって、2階建として自由に展覧願ったのが、比較的好評を博した。

出品小間数	4小間(3m×10m)
出品機種	ホソカワ/マイクロ パルスエアー P-IC3型 ホソカワ/マイクロパルペライザー AP-3型 ホソカワ スーパーミクロンミル M202型 ホソカワ ナウタ ミキサ NX-6型 フロートロン AV-2型 (他)

● 第1アジア薬科機器展(昭和41年8月15日～8月17日) アジア薬学大会(外国参加者約300名、国内参加者約1,500名)の附設展示会として東京赤坂全共連ビルにて開催。

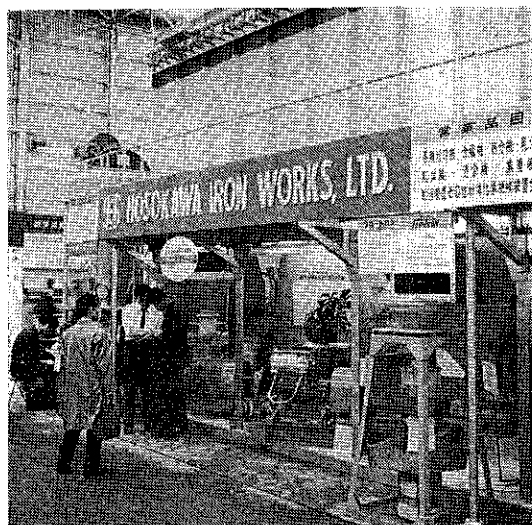
出品小間数	1小間(1.8m×1.9m)
出品機種	ホソカワ バンタムミル AP-B型 ホソカワ ナウタ ミキサ NX-S型



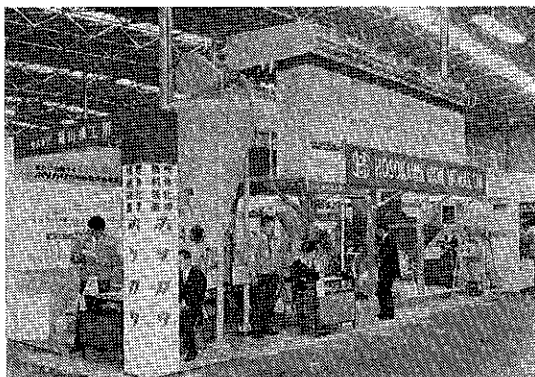
第13回全国優良機械展(名古屋)

● 第13回全国優良機械展(昭和41年10月8日～10月17日) 新築なった名古屋市吹上ホールのこけら落しの機械展に神鋼商事名古屋支店と協同出品、実演せるもの。

出品小間数	2小間(3.6m×1.8m)
出品機種	ホソカワ/マイクロ パルスエアー P-30A-8型 フロートロン AV-2型



第7回大阪国際見本市細川小間(1)



第7回大阪国際見本市細川小間(2)

● '66 化学プラントショー（昭和41年10月10日～10月15日）日）世界的に有名な西独の ACHEMA に匹敵する機械ショーとして化学工学協会と日本能率協会が中心になって開催され、第1回の試みにもかかわらず極めて盛況かつ好評であった。ホソカワとしてもこの種、化学機械専門見本市の今後の発展を期待している。

場 所 東京晴海 国際見本市会場

出品小間数 2小間 (5.4m×2.7m)

出品 機種 スーパーミクロンミル M52型
ミクロン セパレーター MS-1 型
ホソカワ/マイクロパルスエアー

P-20A-6 型

ホソカワ/マイクロパルベライザー

AP-1 型

フェザーミル FM-1 型

フロートロン AV-2 型

なお同時に会場で開催された技術会議に、当社横山研究部長が「粉体供給機」についての講演を行なった。

● 昭和42年度予定される展示会

- 1) 第7回東京国際見本市（昭和42年4月18日～5月7日） 於 東京晴海会場
- 2) 大阪府合理化機械展（昭和42年3月24日～3月28日） 於 大阪見本市会場
- 3) '67化学プラントショー（昭和42年9月25日～30日） 於 東京晴海会場
- 4) Jetro 主催日本機械展、於カルカッタ、ボンベイ 昭和42年2月20日～4月8日。

海外関係ニュース

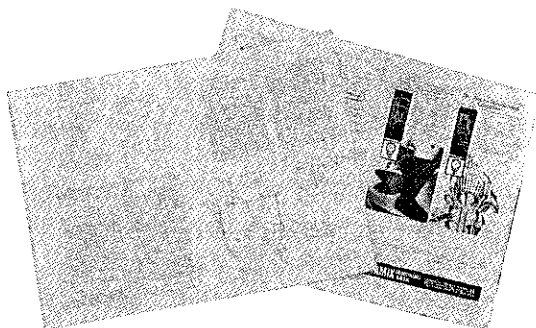
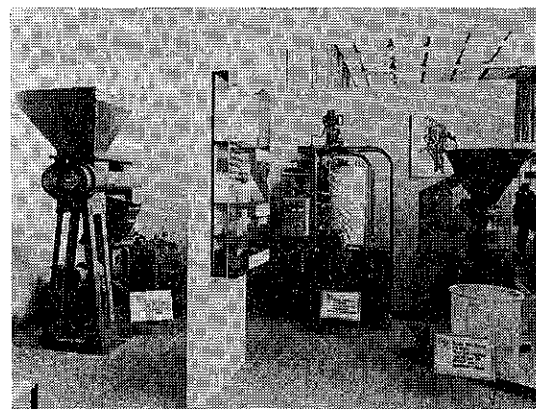
☆ ホソカワ技術輸出製品 各提携先にて本格的販売生産体制に入る

昭和38年5月 米国 Pulverizing Machinery 社と技術輸出の成立した超微粉砕機スーパーミクロンミル、分級機ミクロンセパレーター。続いて同年7月オランダナウタミックス N.V. と前記機種種の契約成立、更に同社とは引き続き、昭和40年4月粉体供給機フロートロン技術の輸出契約も成立。一これら一連の技術輸出は産業機械業界で広く注目を浴び、「世界のホソカワ」としての名声を高めるに至ったが、各技術提携先においては約2年、試作、テスト、市場調査、PR等マーケティング検討を終え、いよいよ昨年より本格的生産、販売体制に入った。

特に 各社共ミクロンセパレーターの sales promotion については大きな力を注ぎ、「Chemical Engineering」や「Aufbereitungs-Technik」等の国際的に著名な技術雑誌にしばしば広告掲載し、又欧米各種展示会に積極的にこれら機種種の出品展示を行なうなど、顕著なPR活動を展開し、生産・販売実績も日増しに上昇している。

このことは、ホソカワの——ひいては日本の技術の世界的進出として、まことに喜ばしい限りである。

Nautamix N.V. のユトレヒト展に展示された
ホソカワ製品



ナウタ社が各誌にセパレーターとフロートロンのRPを行ったもの

☆ 昭和41年度海外出張一覧

出張期間	渡航者名	出向地	用務
1月29日～2月7日 3月2日～3月22日	社長、小林貿易係長 間島貿易部長、横山 研究部長	韓国 米 国	代理店金星貿易公司業務支援 P.M セールスカンファレンス 出席及市場調査
2月28日～3月22日 3月25日～4月21日	太田営業一課長 幸光営業二課長	台湾 タイ 国	代理店恵中公司販売業務支援 泰友誼企業石灰石粉碎プラント 据付試運転指導
4月16日～5月28日	専務、ギラム貿易次 長 横山研究部長	ヨーロッパ 東南アジア	NAUTAMIXセールスカファレ ンス出席及び市場調査、各地代 理店業務支援
8月24日～9月2日	間島貿易部長	台湾	代理店業務支援

☆ 海外に於ける展示会

The chemical & Petroleum Engineering Exhibition,
6月15日～6月25日、於London. 技術輸出先Nautamix
N. V (オランダ) が、ミクロン セパレーター、フロ
ートロン等の細川製品を出陳紹介した。折しも出張中の
当社のギラム氏が期間中小間にアテンドした。

The Macroplastic Fair, 10月19日～26日、於 utrecht,
Holland. やはりオランダ Nautamix によって、ミクロ
ンセパレーター、フロートロン、スーパーミクロンミル
等の細川製品が欧市場で紹介された。

Achema Fair (67年6月) にも出品が準備されてい
る。

編集後記

- * 毎号とも発行が遅れがちになりましてお詫び申上げ
ます。
- * 12号では今まで連載の“化学者のための Mico-
meritics 入門”を北森先生の健康上の理由で休ま
せていただきました。次号には掲載の予定ですので
御期待下さい。
- * “粉碎” 誌も号を加えるにしたがい頁数も増加し成
長してまいりました。編集部一同更に内容の充実、
粉体専門分野に直結したユニークな編集を目標に努
力する所存です。読者諸兄の御愛顧をお願い致しま
す。

☆ 昭和41年度 主なる海外よりの 来訪者

- 4月6日～13日 フィリッピン代理店 U.I.E 社長
Mr. Horn 商用
- 4月7日～30日 タイ国代理店 United Victory
社長 Mr. Pongpravit, 商用
- 7月17日～8月6日 オーストラリア代理店 Mauri
Brothers 営業部長兼技術部長 Mr. Skidmore
- 9月18日～10月20日 台湾 代理店 恵中公司
販売部長 黄天註氏 技術習得

「粉碎」 No. 12 1967年 春季号

昭和42年5月20日 印刷

昭和42年5月25日 発行

編集者 鈴木 昭 明
(非売品) 発行所 細川粉体工学研究所
大阪市港区三ツ樋町13
印刷所 ナニワ印刷株式会社
大阪市北区川崎町38

ホソカワ

粉体処理機械装置

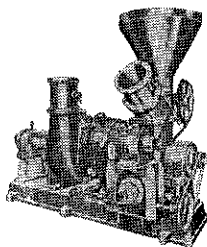
■【特許】超微粉碎機

スーパーミクロンミル

(特徴)

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

(型式) M52NC, 7.5HP
M202NC, 20〜30HP
M502NC, 50〜75HP



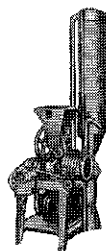
1957年 紫綬褒章受賞
1955年 発明賞受賞
日、米、英、仏、特許

■【特許】小型微粉碎機

ミクロンミルMon型(1HP)

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

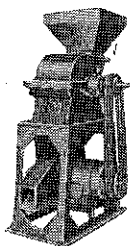
(型式) Mon (1HP)



■粗・中碎機ハンマーミル

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

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

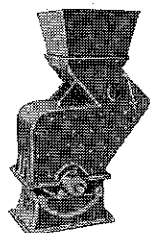


■破・粗碎機

ハンマーブレイカー

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

(型式) 上記ハンマーミルと同様

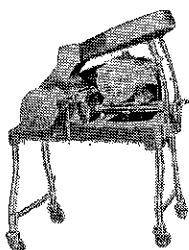


■中碎機

フェザーミル

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

(型式) 3〜5HP用



■【特許】湿式ミル

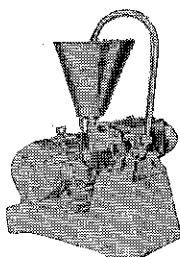
ミクロンニューコロイドミル

ミクロンミルの機構を取

入れた湿式粉碎機で。

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

(型式) NC-1 5HP



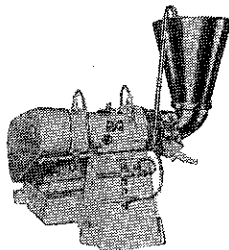
■乳化機 ディスパーミル

- 1 取扱分解掃除甚だ容易。
- 2 反覆循環可能。
- 3 発熱気泡少ない、分散乳化機である。

(4) ステンレス製。

(型式) D-1 (5HP)

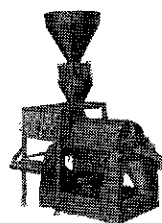
D-2 (7½〜10HP)



■【特許出願中】微粉用篩機 ミクロンウルトラシフター

- (1) 48〜200メッシュの微粉用専用シフター
- (2) 強力な振動と回転拡散翼の効果により従来不可能な粉体のフルイも可能
- (3) 最高の篩分効果で処理能力も従来の数倍以上の高性能を発揮、工業用フルイに最適

(型式) US-0, US-1, US-2



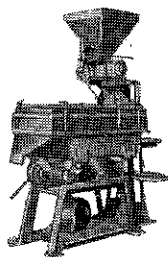
■【特許】篩機

パイプシフター (A型)

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

(型式) VSA-1 (¾HP)

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

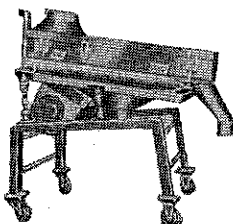


■【特許】篩機

パイプシフター (B型)

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

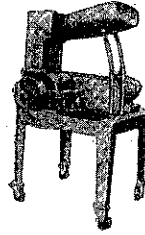
(型式) VSB-1 (¾HP)



■【特許出願中】特殊型粉碎機

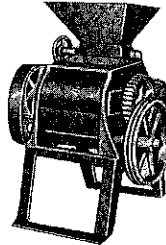
ニューカッターミル

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



■粗碎機 ロールミル

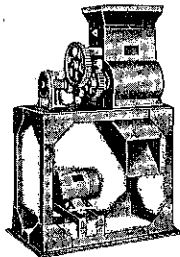
- 1 1/4～3/4"程度の粗碎40～80メッシュの中碎用。
- 2 特に水分、油分を含み他種粉碎機にては困難なものに便利、粒度の調節自由。
- 3 粉塵が立たず、掃除に便利。
- 4 低速回転で故障少なく安全（型式）2～20HP



■粗碎機

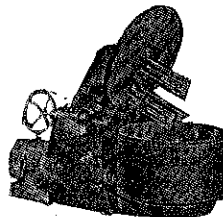
アイスクラッシャー

上機ロールミルの機構に鋭利な歯状突起がついている、化学工場の氷の割砕、レヂンその他大塊の中碎機として好適。（型式）1IP～4IP



■混合機 ポニーミキサー

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



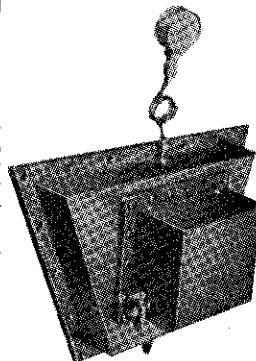
■ブリッジブレイカー

【実用新案出願中】

（粉体架橋現象防止装置）

貯蔵、ホッパー等から粉体を連続的に排出するとき、粉体の架橋現象を防止するためのコンパクトな装置です。特殊多孔質合成樹脂板を分散板として、少量の瞬間的コンプレッサーエアにて効果的にブリッジを防止します。

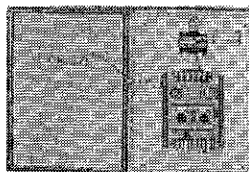
（型式）BB-1型
（噴射面積により3種）



■ホソカワ/マイクロ モニター

この装置はメインモーターのロードに応じてフィードモーターをコントロールし、自動的にオーバーロードを制御する装置です。

- 原料の連続的流量を保証
- 自動粉碎による増産への寄与
- コンパクトキャビネットによる取付簡易

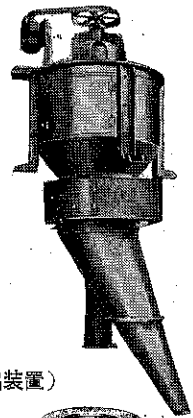


■【特許】分級機

日・米・英・仏・特許
独・加・瑞・特許出願中

ミクロンセパレーター

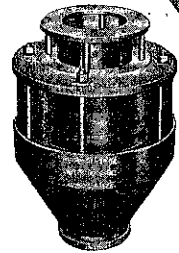
- 1 分級範囲が広い、0.3mmから2μm迄自由。
- 2 分級精度がシャープで回収率が高い。
- 3 構造簡単で運転と調節が容易。
- 4 各種粉碎機への附設が容易（型式）MS-0～MS-7 各種



■フロートロン（粉粒体供給排出装置）

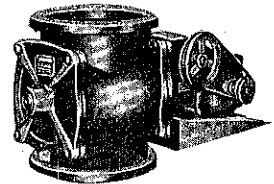
英・仏・特許
日・米・独・特許出願中

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



■ロータリーエアー ロックバルブ

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

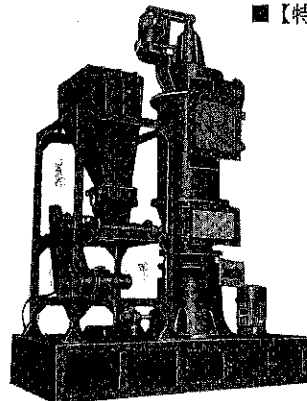


■【特許】粉碎乾燥機

ミクロンドライヤー

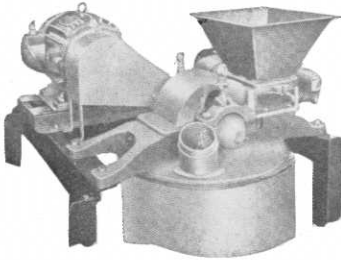
- 1 粉碎、分級、乾燥を一工程で処理。
- 2 卓越した乾燥効率を有し均一な乾燥が出来る。
- 3 極めて大きい能力を有しながら据付面積が小さく簡潔になっている。

（型式）MD-1～MD-5



粉体工学の
トップコンサルタント

米国 Pulverizing Machinery
社技術提携マイクロ製品



■ 微粉砕機 ホソカワ/マイクロ パルベライザー

- 1 荷付面積小さく能力大。
 - 2 容易に分解組立出来る。
- (型式) #1 SH #2 DH #3 TH
#4 TH その他

■ 低融点微粉砕機

ホソカワ/マイクロ パルベライザー S型

- 1 軟化低融点、靱性物質の微粉砕用、特殊型。
 - 2 標動水冷型
- (型式) 5 HP~75 HP



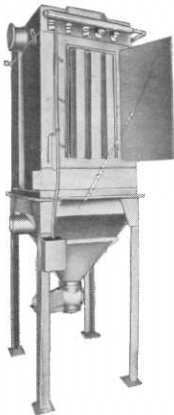
■ 小型微粉砕機 ホソカワ/
マイクロ バンタムミル

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



■ 実験用微粉砕機 ホソカワ/
マイクロ サンプルミル

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



■ ジェット集塵機 ホソカワ/
マイクロ パルスエアー

- 1 捕集効率99.99%。
 - 2 可動部分なし。
 - 3 含塵濃度が高くとも使用出来る。
 - 4 所要濾過面積は他種に比して最少。
- (型式) 12A-6 20A-6 30A-6
48-6 1C1その他各型式



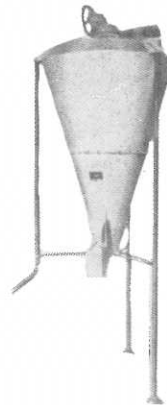
株式会社 細川鉄工所

ホソカワ

技術提携製品

オランダナウタ社技術提携

■ 高性能混合機 ホソカワ/ナウタミキサー



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

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

■ 複合型混合機 ホソカワ/ナウタ コンビミキサー



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

細川粉体工学研究所試験室の開放!

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

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

“あらゆる粉体処理の機械・装置の
ご相談はホソカワへ!”

本社・工場 大阪市港区三ツ樋町13番地
電話 (572) 5371 (代表)
東京支店 東京都中野区松ヶ丘町2丁目
電話 (386) 1156 (代表)
細川粉体工学 大阪市港区三ツ樋町13番地
研究所 電話 (572) 5371 (代表)

技術提携製品

ホソカワ/マイクロ

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

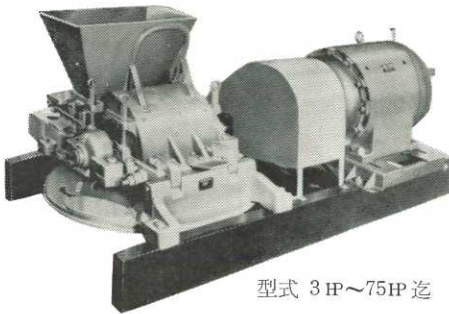
スーパー ミクロンミル
ミクロン セパレーター
粉体処理専門メーカー
細川鉄工所

微粉砕機

ジェット集塵機

パルベライザー

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



型式 3HP~75HP迄

(詳細お問合せは
機械第2部化工機械課まで)

販売総代理店



住友商事株式会社

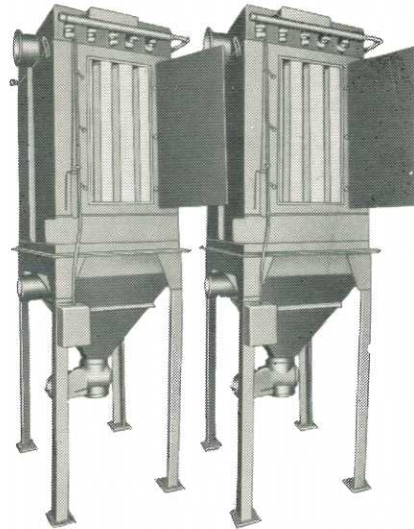
本店 大阪市東区北浜5丁目15
TEL (203) 1221 (大代表)
支社 東京都神田美土代町1 (住商ビル)
(294) 4111 (大代表)
支店 名古屋・札幌・福岡・神戸・仙台・横浜・
富山・京都・広島・宇都・高松・八幡・
長崎・新居浜
出張所 室蘭・釜石・新潟・千葉・和歌山・広島・
岡山・徳山

パルスエアー

すばらしいジェットアクションによる完璧な自動清掃機構を備えた集塵機です。

ジェット噴流→濾過面積小、処理風量大
ベンチュリー効果→所要圧縮空気量他種の1/10
機械的可動部分なし→濾布寿命半永久的
圧損一定→安全操業

集塵効率 99.99%
型式 $1\text{m}^3/\text{min}$ から無限大迄



(詳細御問合せは神鋼商事機械部迄)

販売総代理店

◆ 神鋼商事株式会社

本社 大阪市東区北浜3丁目5
TEL (202) 2231 (大代表)
東京支社 東京都中央区八重洲4丁目3
(272) 6451 (大代表)
名古屋支店 名古屋市中村区広井町3丁目98
(561) 1271 (大代表)
広島支店 広島市八丁堀 (28) 2336 (代表)
北九州支店 北九州市小倉区米町151 (53) 8981 (代表)
札幌支店 札幌市北四条3丁目1 (26) 2571
出張所 呉・富山・新潟・仙台