

# 粉砕に関する若干の知見 (第2報)\*

小型ディスメンブレータによる穀粒の繰返し粉砕について

宮地 豊房・黒田 隆夫\*\*

(農学部 機械工学研究室, 株式会社佐竹製作所)

## Some Informations on Size Reduction (2)

### Study on Reiteration of Size-Reduction of Grain by Small Dismembrator

Toyofusa MIYADI and Takahumi KURODA\*\*

(Laboratory of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture,

\*\*Satake Engineering Co., Ltd.)

Employing the small dismembrator, we continued tests of reiterative size-reduction of unpolished rice. The following results were obtained.

(1) It seems that the rice powder, which is crushed by this instrument, is distributed following the Log-Normal Distribution Law.

(2) The screen of the dismembrator serves more chances of reduction to the rest of products in the case, as well as it decides the size of the products.

(3) Though the scalping of powder, which is already crushed to the size smaller than 500 micron, does not greatly save the needed power, it makes the specific surface of products larger.

(4) The products, one which passed through the screen with the hole of following diameter and the other which were crushed the following times, are isometric.

	diameter of screen hole	number of reiteration
On the view of specific surface	3.0 mm	6—7 times
	1.4 "	10—11 "
percentage of smaller particle diameter	3.0 "	5—6 "
	1.4 "	9—10 "

(5) In the case of practical produce of rice powder, it is more profitable to execute rough reduction without any screen as the preliminary process.

## 緒 言

粉砕という操作は昔の食品加工の大半を占めていたものであるが近世に到り、鋳工業、化学工業の勃興と共にその必要性が高まり、機械工業の発達に助けられてその方法も多種多様となりつつある。所で粉砕という操作の目的は一言にしていえば固体物質の流体への近接と固体表面の増加であり、これにより化学反応速度を増大し、時には固体物質の分類に資し、近代産業においては生産性向上のための連続操作を可能にし、いわゆる固体物質の流動化、すなわち連続処理を可能にするためのものと考えられる。従って今後その作業量はますます増大の傾向にあり、各種の研究、報告が行なわれている。しかしまだ粉砕機構そのものの解明は充分行なわれておらず一般の理論は確立されていない。すなわち各種粉砕手段についてそれぞれの所要動力、粉砕能力、到達粒径および粒度分布、等は実測によるか類似手段よりの類推によっている現状である。この解明の困難さはさらにその手段の多いことと相俟って被砕物の大きさ、形状、物性等の多様性、根本に遡れば物質破壊の

\* 第28回農業機械学会総会講演会(昭和44年4月東京)にて講演。

本源に迄到ることとなって、その度合をますます高め未だに暗中摸索の状態である。

従って我々も2, 3の特殊な方法を選び、被砕物としても極めて狭い範囲のものを取り上げて実用上の Data を得つゝ膨大な粉碎機構の一面を解明しようとするものである。すなわち比較的広範囲に使用され、且つ碎製物の粒度分布範囲の広い Dismembrator を取り上げ、被砕物としても穀粒、特に粒内構造の比較的均質と考えられる米粒を最初の対称に選んだ。

この場合、比較的流量の小さく、Screen の存在する実用領域については一部既報<sup>(1)</sup> したが目開きが小となると、通路の狭小を考慮に入れてもなお急激と考えられる所要動力の増大と可能供給流量の減少の傾向が現れた。衆知の如く Dismembrator に装着された Screen の機能は一方においてある大きさに制限された碎製物をうることであり同時にそれ以上の粒径の粒に再度粉碎の機会を与えることであると思われる。従って Dismembrator は粒体の繰返し粉碎と考えられ、本テーマの追求を行なった。

なお本報告および第一報においては若干追求不足の項目があるが本型式粉碎機による Data は単双曲線回転面を利用した粉碎機構との比較値として使用する目的でもあるため、不完全なものである。ただ Dismembrator は、その構造が簡単に粉碎機構も一見極めて直截的であるためかなりの大型なものから、極めて小型のものまで広く使用されているに拘らずその特性の報告されているものが少ないので不完全ながらその一部を報告するものである。

## 1. 実験装置

### (1) 供試粉碎機

本実験に使用した粉碎機はF社製万能粉碎機 Dismembrator U-1 型で、本実験では、これを標準仕様と一部条件を変えて使用した。第1図に粉碎部の概略を示す。

なお小型 Dismembrator の主要部は (1) 本体 (2) 固定盤 (3) 回転盤 (4) 供給装置 (5) Screen の各部より成り立っている。

#### i) 本 体

中空、鋳鉄製で上部に碎料ホッパーを有し回転盤を内蔵して、蓋には固定盤を固定できるようになっていて、碎料を回転盤に導くと共に碎製物を一カ所に集め下部の排出口より採取袋に送り出すような構造になっている。

#### ii) 固 定 盤

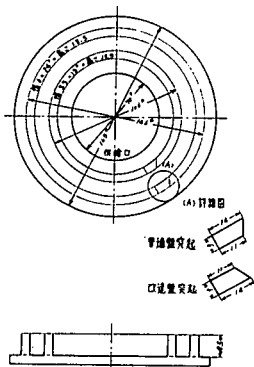
第2図に示すごとく、円盤蓋に bolt 留めされた内外2列の突起列よりなり、回転盤により、Energy を与えられた碎料を衝突させ、粉碎する構造になっている。

なお普通の固定盤は回転方向に対して外向きに $18^\circ$ の角度を持った突起を有するが改造の固定盤は回転方向に対して内向きに $18^\circ$ の角度を持った突起を有する。突起の詳細寸法を第2図および第1表に示す。

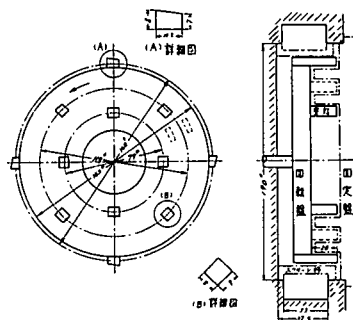
#### iii) 回 転 盤

第1図に示すごとく外、中、内の3円周上に各々4本の突起を持った円盤で原動機よりA型 belt 2本を経て得た動力により碎料を粉碎すると共に碎料に円周方向の運動 Energy を与え、固定盤に衝突させ粉碎を進めるものである。突起の詳細寸法を第1図および第2表に示す。

なお外周突起は、中間突起、内周突起同様、粉碎作用も行なうが、Screen を通らず下部に堆積した碎料を上にはね上げ、再び回転盤突起に当て、粉碎を進める役目もする。



第1図 回転盤



第2図 固定盤

第 1 表

名 称	取り付け半径 (mm)	突起寸法 厚み×幅×高さ (mm)
外周突起列	140	6×(11, 14)×18.5×24 本
内周突起列	100.5	5.5×(11, 14)×18.5×15 本
供給口	70 (口の径)	

第 2 表

名 称	取り付け半径 (mm)	突起寸法 (mm) 厚み×幅×高さ×個数
外径突起	160	(6, 8)×10.5×20×4
中間径突起	119	8×8×20×4
内径突起	79	8×8×20×4

iv) 供給装置

本体の上に取り付けられた高さ 250 mm の Hopper が主体でこの下側面に縦 40 mm×幅 25 mm の矩形の供給口を有し、供給口は Shutter により 0 kg/min から約 6 kg/min までの供給流量を調整出来るようになっており、底面は、主軸 Pulley から belt により連結された偏心軸により横方向に揺動し、砕料を供給樋を経て本体内に均一に供給する構造になっている。

v) Screen

第3図に示すごとく、幅 35 mm の鋼帯に円形の穴を開けた物を、直径 188 mm の Screen 取り付け枠に取り付けたものである。Screen は本体と回転盤の間にはめ込み、固定盤を取り付けてある本体の蓋により固定される。

本実験において目開き 3 mm, 1.4 mm の2種類の Screen を用いたので次に Screen の開度

$$\text{開度} = (\text{穴の全面積} / \text{Screen の全面積}) \times 100$$

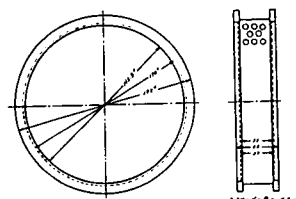
を参考までにあげると次の通り。

Screen 種類 (mm)	開度 (%)
開放 (∞)	100.00
3.0	23.76
1.4	15.90

(2) 原 動 機

原動機としてH製作所製、3相誘導電動機E型標準4極 Motor、電力 1.5 KW、回転数 1730 r・p・m を使用した。

なお所要動力は、本実験において電力計を使用したので電動機の電気入力と発生軸馬力の関係を



第3図 Screen

動力計により求めた校正曲線（第4図に示す）により決定した。

### (3) 篩装置

#### i) 篩

篩はT商事製標準篩を使用し、篩比、 $\sqrt{2}$ でその目開きは 2000  $\mu$ , 1410  $\mu$ , 1000  $\mu$ , 710  $\mu$ , 500  $\mu$ , 350  $\mu$ , 250  $\mu$ , 175  $\mu$ , 125  $\mu$ , 88  $\mu$ , の10種類と受皿を用いた。

#### ii) 振とう機

振とう機はN科学工業製 Ro-Tap 振とう機を使用した。

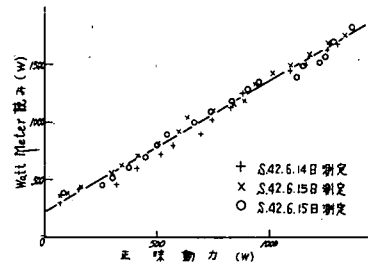
なお振とう機の上下打撃回数は毎分76回、偏心・軸回転数は 304 r·p·m 振幅は 30 mm とした。

以上の篩と振とう機を用いて10分間篩分けを行なう。7分間で篩分けは大体完了するが、余裕をみて10分間篩分けをした。

### (3) 計器類

粉碎の行なわれている間に電力、電圧、電流、粉碎機主軸回転数を次に示す計器を用いて測定し、消費動力を算出した。

計器名	製作所名	備考
三相指示電力計	S製作所	DPW-3型
電圧計	S製作所	JISC 1102
電流計	S製作所	JISC 1102
回転計	N製作所	時計式回転計



第4図 正味動力換算図

## 2. 実験方法

### (1) 砕料

試料は、昭和42年度高知県産農林22号を使用し、含水率は Kett 含水計により、 $12.5 \pm 0.4\%$  の値を得た。また平均粒形として100粒平均寸法は、縦 4.88 mm×横 2.82 mm×厚さ 2.11 mm である。

### (2) 実験方法

粉碎機主軸回転数を  $4750 \pm 50$  r·p·m に保ち、固定盤は、普通、改造の2種類、Screen の目開きは、 $\infty$  (Screen なし), 3 mm, 1.4 mm の3種類を用い、固定盤と Screen とを各々組合わせ、その全てについて Nomal feed と Scalped feed の実験を6回繰り返して、合計72種類の試料を得る。

なお Nomal feed とは始めの粉碎で得た砕製物全体を次の粉碎の砕料として順次繰返し粉碎を進めたものであり、Scalped feed とは、始めの粉碎で得た砕製物の中より粒径 500  $\mu$  未満の粉体を除去した物を次の粉碎の材料とする操作を順次繰返し粉碎を進めたものである。

粉碎が行なわれている間に消費動力、電流、電圧、砕料の供給流量を測定する。動力は消費電力計の値を用い、他の値は力率、その他の Check に用いた。

以上のようにして得た試料を前記の篩比、 $\sqrt{2}$  の10段階の篩に入れ Ro-Tap 振とう機にかけて10分間篩分けし、それぞれの篩上重量を感量 1 g の秤で測る。

10段階に分けた粉体の重量を網上積算重量 Percent に整理し、それぞれ対数確率紙に Plot して 80% 粒径や比表面積を求める。

なお Energy は有効消費電力と砕料の供給流量より算出した。

### 3. 実験結果および考察

#### (1) 粉碎機所要動力について

前述の如く本実験においては粉碎機所要動力を V belt 2 本掛け, 電動機, Watt-meter と可成り間接的に測定している。しかも本機の回転数は高いのでその測定値の信頼度を確める必要を感じた。そこで工業上, 用いられ, 各種粉碎機動力を比較的良好に表わすといわれている Bond-wang の線図に本実験 data を plot した。これを第 5 図に示す。本線図は単位重量当りの所要 energy を粉碎比, 砕製物 80% 粒径との関係を示したもので式で表わすと

$$P_n = K R^{0.25} / P^{0.5}$$

但し  $P_n$ : 所要エネルギー (HP-hr/short. t)

$R$ : 80% 通過粒径による粉碎比

$P$ : 砕製物の 80% 通過節目 (inch)

$K$ : 常数 (硬質材料に対し 1, 中硬質の場合  $\frac{1}{2}$ , 軟質の場合  $\frac{1}{4}$ )

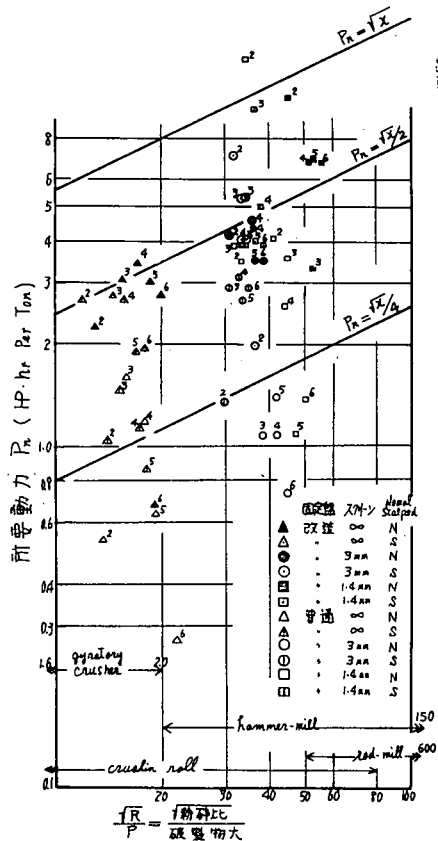
同図において粗粉碎にあたる Screen なしの場合の data は全部 gyratory crusher の領域にあり, Screen の有る場合は通常の hammer-mill (Dis-membrator と同系列の粉碎機) の範囲に治まっている。また 2, 3 の例外はあるが常数  $K$  の値としては中硬質と軟質物質の中間にあり, この硬さとは粉碎の難易度のことであると考えれば玄米の当然の性質と考えられる。従って本測定値は大體信頼出来るものである。

#### (2) 砕製物の粒度分布について

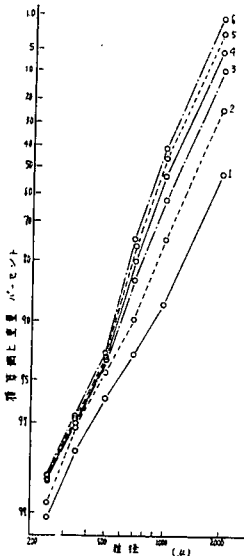
第 1 報<sup>(1)</sup> でも述べた如く本形式の粉碎機による米粉は Rosin-Rammler の分布又は対数正規分布に比較的近い。ただ前者とした場合でも 2 個の折線となるため比表面積の算出が困難である。これを 1 個の直線とみなして算出は可能であるが折直線として比表面積の算出出来る後者として取扱った方がより正確と考えて本報告の場合は対数正規分布とみなす。

Rosin-Rammler 線図であらわした 2~3 の例を第 6~8 図に示す。なお, 第 8 図の縦軸には途中で除去した砕製物も加算した時の積算網上重量百分率で, ある粒径以下の米粉を得るという目的の場合に便利な形式として示しているが, 上述のようにこの場合何れも 2~3 個の折線とみなすべきと考える。同じ砕製物, すなわち普通固定盤, Screen なしの場合のそれぞれ normal feed, scalped feed を 1~6 回繰返したものとおよび除去したものを加算した粒度分布を対数確率紙に Plot して第 9~10 図に示す。Rosin-Rammler 線図同様 2~3 個の折線とみなすが妥当と思われる形状となる。

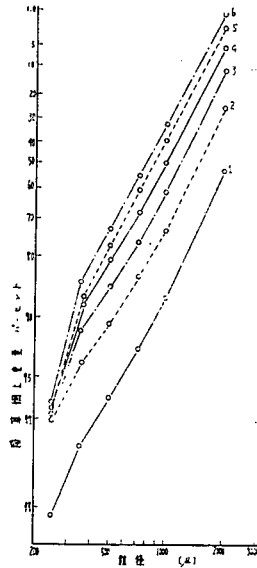
なお例えば, 第 9 図においては繰返し回数を増すに従って (但し 6 回迄) 非直線性が多少大とな



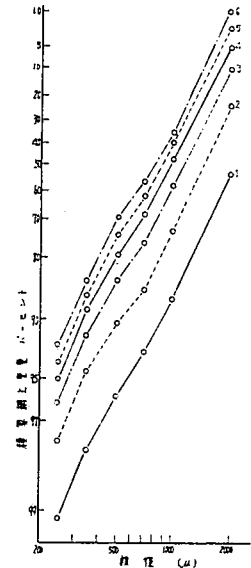
第 5 図 Bond-Wang の動力計算図



第6図 普通固定盤 Screen なし N. feed (数字は繰返し回数)

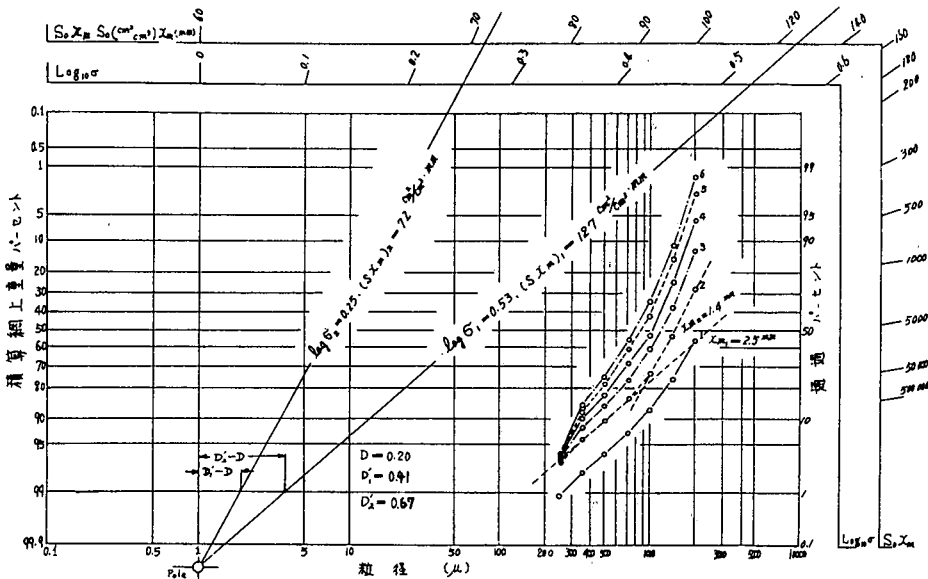


第7図 普通固定盤 Screen なし S. feed (数字は繰返し回数)

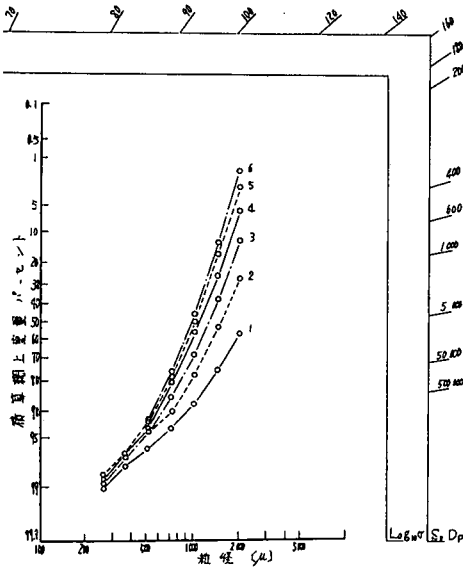


第8図 普通固定盤 Screen なし S. feed 部分除去盤を加算した場合 (数字は繰返し回数)

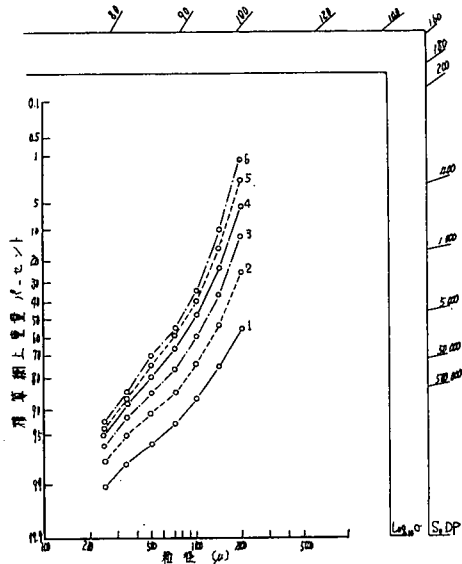
る傾向にあり、実際にこの繰返しが行なわれていると考えられる Screen を入れた場合はかなり一直線からずれる事が予測され、後述のような米粉の粒径により、その粉碎性に差違のあることが推論される。



第9図 普通固定盤 Screen なし N. feed の場合の対数確率紙による粒度分布 (数字は繰返し回数)



第10図 普通固定盤 Screen なし S. feed  
(数字は繰返し回数)



第11図 普通固定盤 Screen なし S. feed  
部分除去量を加算した場合 (数字は繰返し回数)

(3) 比表面積の算定

比表面積は粉碎本来の目的の一つである反応速度に最も関係の深い粉体の性質である。しかし実測は殆んど不可能であり、諸種の方法が提案されている<sup>(2)</sup>。本報告においては前述の如く、粒度分布を対数正規分布とみなし、藤野方式による2折線の比表面積算定法によることとした。すなわち

$X$ : 粒子径 (mm),  $X_m$ : 50%粒子径 (mm),  $\log \sigma$ : 幾何標準偏差の常用対数,  $D$ : 篩通過率 ( $<1$ ),  $S$ : 比表面積 ( $\text{cm}^2/\text{cm}^3$ ),  $\phi$ : 形状係数 (球の場合 6) とすれば

$$D_{x=x'} = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \log \sigma} \int_0^{x'} \exp\left\{-\frac{(\log x - \log x_m)^2}{2 \log^2 \sigma}\right\} d(\log x)$$

であり、粒径  $x'$  以下の粉体の比表面積は

$$S_{x'} = \int_0^{x'} ds = \frac{\phi}{\sqrt{2\pi} \log \sigma} \int_0^{x'} \frac{1}{x} \exp\left\{-\frac{(\log x - \log x_m)^2}{2 \log^2 \sigma}\right\} d(\log x)$$

である。しかるに

$$\frac{1}{x} = \frac{1}{x_m} \exp\left\{-2.303 (\log x - \log x_m)\right\}$$

$$\log x = \log X - 2.303 \log^2 \sigma$$

なる置換を行ない、上の篩通過率の積分式を代入すれば

$$S_{x'} = \frac{\phi \exp(2.65 \log^2 \sigma)}{x_m} \cdot D_{x=x'} = \frac{\phi \exp(2.65 \log^2 \sigma)}{x_m} D'$$

となる。従って碎製物全体の比表面積は

$$S = \frac{\phi}{x_m} \exp(2.65 \log^2 \sigma)$$

となり、対数確率目盛紙における分布曲線が一直線となる場合は図より求まる。2個の折線の場合は前述の砕製物の部分の表面積計算式に上式を代入して

$$S_w = \frac{(S \cdot x_m)}{x_m} D'$$

すなわち  $D'$  を求めればよい。この  $D'$  と折線の交点の篩通過率  $D$  との差 (図上での長さの差) を簡単に求める Pole (第9図に示す) の位置決めを藤野<sup>(3)</sup> は提案している。従って2本の折線の場合は図より求めた値を次式に代入することにより比表面積が算出出来る。

$$S = \int_0^{\infty} ds = \int_0^{x_{12}} ds + \int_{x_{12}}^{\infty} ds$$

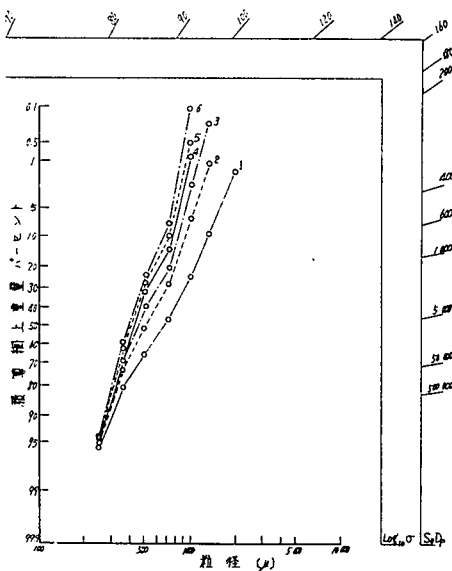
$$= \frac{(Sx_m)_1 D_1'}{x_{m1}} + \frac{(Sx_m)_2 (1 - D_2')}{x_{m2}}$$

第9図において第2回目粉碎後の砕製物の積算分布曲線より比表面積を積出す 実例を示してある。

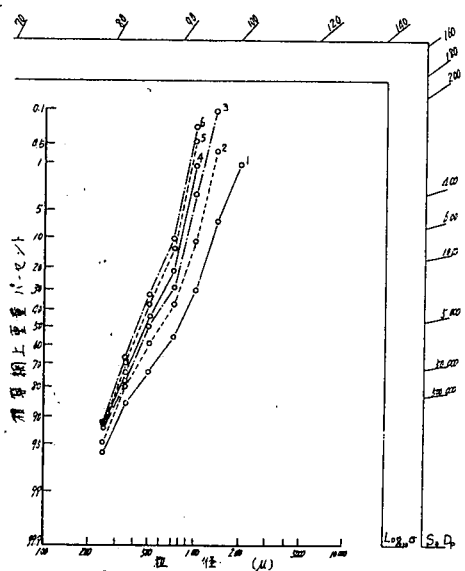
(4) 米粒の被粉碎性についての推論

対数確率紙における積算分布曲線 (直線) の傾斜は、粒度分布の問題としては標準偏差の対数の逆数を表わすが実用上ある粒径の砕料を粉碎した場合に得られる砕製物の積算曲線の傾斜として考えた場合、その傾きが大きい程、粉碎の困難なことを示し、小なる程微細な粒子が多く作られている事を示している。

第12, 13図はそれぞれ篩目開き 3 mm, 1.4 mm の Screen を取り着け、500 μ 未満の粒子をそ



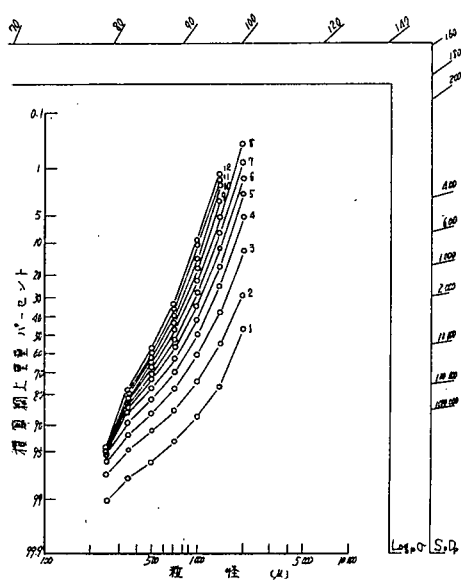
第12図 普通固定盤 Screen 3mm. S. feed 部分除去量を加算した場合 (数字は繰返し回数)



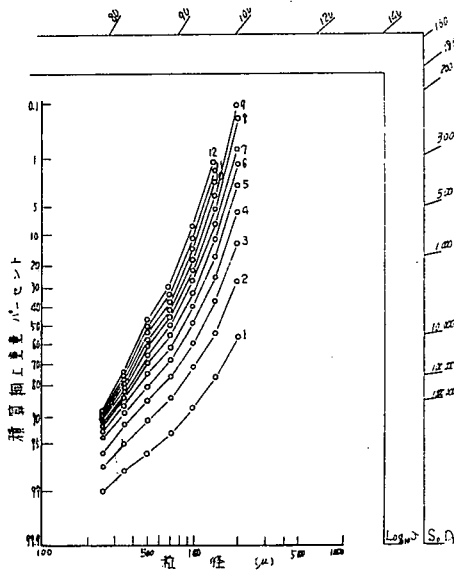
第13図 普通固定盤 Screen 1.4 mm. S. feed 部分除去量を加算した場合 (数字は繰返し回数)



の都度除去しながら繰返し粉碎した Scalped feed で、分布曲線は途中除去した微細粒を加算した上での積算分布を示している。第14, 15図は繰返し数を増して12回としそれぞれ normal feed, 加算 scalped feed の積算分布曲線を示す。



第14図 普通固定盤 Screen なし N. feed  
(数字は繰返し回数)



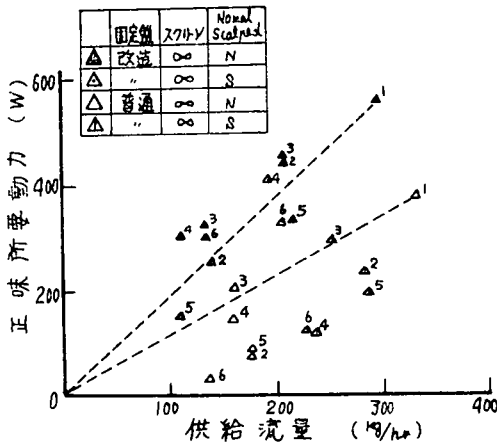
第15図 普通固定盤 Screen なし S. feed  
部分除去量を加算した場合 (数字は繰返し回数)

何れの場合も前述の如く、大体2本の折線で近似されると思われるが、第9~11図および第14, 15図における如く、Screen なしの場合には繰返し数を増しても大体900 μ付近で、また3 mm, 1.4 mmのScreenを装着した場合でも大体700 μ前後で曲線の傾斜が変化する。さらに図には現れないが粒径が250 μ以下でも分布曲線が急傾斜になることが予想される。従って曲線は3個の折直線の傾向を示すこととなる。これと前述の曲線の傾きに対する解釈と併せ考えるとこの形式の粉碎機で玄米を粉碎する場合、粒径0.7~1.0 mm (米粒を4~16個に分割する) とするには比較的困難であり、それ以下0.25~0.35 mm 前後迄の粉体は割合容易に得られるが、またそれ以下の微細粒を得ることは再び困難になることが示されていると考えられる。この前段の困難さは玄米が丸みを帯びて破壊されやすい角ばった箇所のないため最初の1~3回の破碎の困難によるものと考えられ、後段の困難さは限界比表面積に近づくための粉碎本来の困難によるものと考えられる。なお250 μ粒径で球とみなせば比表面積は240 cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>となり、第1報<sup>(1)</sup>で示した限界比表面積の280 cm<sup>2</sup>/cm<sup>3</sup>に近付いている。

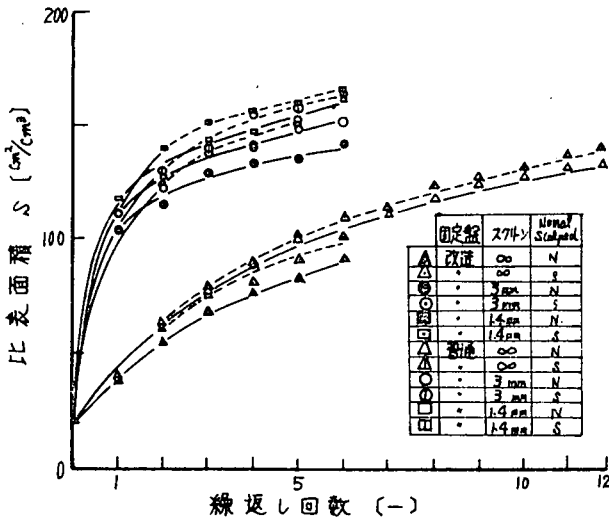
次に第9~15図何れの図においても各曲線全体としての傾斜は繰返し回数を増すに従って大となり、且つ曲線が上方に移行していることは微細粒の増加、すなわち粉碎効果の進んだことを示しているが、その間隔が次第に小となることは1回宛の効果は漸減し、特に第14図に示す normal feedの場合第15図と比較してこの傾向が強い。この具体的考察は後述する。

(5) 粉碎所要動力と供給流量の関係

第1報<sup>(1)</sup>において比較的供給量が少なく、米粒からの直接粉碎の場合は各回転数別にそれぞれ両者が比例することを示したが2回目以後、すなわち一度米粒の形をくづされるとその関係は保たれなくなるようである。その様子を第16図に示す。このことは形状大きさ一定な米粒からの粉碎に際しては両者の関係が比較的簡単であるが米粉となった場合、一般粉碎所要動力同様、複雑な関係



第16図 所要動力と供給流量の関係 (数字は繰返し回数)



第17図 繰返し回数と比表面積の関係

となることを示している。しかし米粒から粉碎の場合(第1回目)と原点を結ぶ直線の近傍にはあり、普通固定盤の場合や、小さい動力で粉碎されているようである。改造固定盤は失敗であり、衝突面はむしろ外向きにして機内の被碎物を外周方向に反撥させた方が有利とさえ考えられる。

(6) Screen 効果と繰返し回数  
の関係

粉碎操作が繰返されると代表粒径は次第に小となり、比表面積は漸増するがその効果は回を重ねるに従って減ずることは予測され、本実験においてもその傾向のあることを前述したがその数量的関係を求めた。

粉碎効果について実用上は次の両方面から表現すべきであると考えられる。

- i) ある比表面積以上の状態であること。
- ii) ある粒径以下のみの粉体であること。

i) については Screen の有無および、その目開きの大きさ、繰返し回数、さらに normal feed と scalped feed の場合、それぞれ得られた碎製物について比表面積を求めて plot したものが第17図である。何れの場合の場合でも曲線はそれぞれある飽

和限界の存在を暗示しているようで Screen を装着した方が早く飽和する傾向を示しているが、これは田中の限界比表面積説<sup>(4)</sup>とも一致し、第1報<sup>(1)</sup>の Screen 目開きを小さくして達せられる限界比表面積と繰返し回数を増すことにより達せられるそれが定性的に等しいことを示している。

次に Screen 効果であるが同図において 3 mm Screen, 1回は Screen なしの6~7回、前者の2回は後者の10~11回の繰返し粉碎結果の比表面積に等しい。1.4 mm Screen については、1, 2回がそれぞれ Screen なしの場合の7~8回、11~12回に相当している。

ii) については例えば第13図と第15図を比較して 1.4 mm Screen の場合1回で 500 μ 未満は30%に達するが Screen なしでは約6回が必要であり、2回の40%は約10回が必要である。3.0 mm Screen においては第12図と第15図の比較において 同粉体は25%に達し、2回で約37%に達するが Screen なしではそれぞれ5回、9回でほぼ達せられる。第14図の normal feed の場合はやゝ繰返し回数が増すが i) の比表面積の場合よりやゝ少な目の傾向にある。

何れにせよ Screen の効果は繰返し回数を相当減少する効果が認められ、実用上必要性の高い装

置であることが判明した。なお Screen を使用した場合は最初の 1 回で可成り限界比表面積への近づきが急激なため繰返し効果は比較的小さい。

(7) 砕料のある粒径以下の粉体を部分除去することの効果について

第17図において実線は部分除去しない normal feed の場合の比表面積を示し、点線は Scalped feed の場合（部分除去したものを加算して比表面積は求める）を示す。又 0 回とは米粒そのものの概略比表面積である。この図によれば Screen なしの場合、繰返し数を増せばある程度その効果が集積されるが各回についての部分除去の効果は割合小さい。Screen 装着の場合は可成り効果があり、逆に言えば細粉の存在が相当粉砕効果を妨げることを示し、機内より目的の大きさの砕製物は早く取り出す努力をすべきであり、また Screen 効果の内、部分除去の効果はこの型式では充分でないと思われる。すなわち Screen は砕料を長く機内にとどめるといふ効果の方が大きいようである。なお何れの場合も部分除去する粉体が 500 μ 未満であり、これは前述のように米粉としては難粉砕領域と考えられる部分が多いため多少、部分除去の効果が現れ難いとも考えられる。

(8) 所要動力よりみて有利に米粉を得るための一試案

前述のように本形式による砕製物の積算粒度分布が対数正規分布であるとすれば玄米の場合、中だるみ、すなわち中間に粉砕されやすい領域が存在すると考えられた。また Screen の部分除去効果は比較的小さく、通路開口度をかなり小とする故砕料の必要以上の機内滞留を起し、所要動力の増大を惹起する恐れがある。この二つの理由から 900 μ 迄の比較的粉砕されにくい領域の粗粉砕は Screen なしで、大流量、小所要動力の方式で行ない、所要粒度への粉砕は目的の Screen を装着して小流量で行なう 2 段階方式が有利と考えられる。本方式の結果を第 3 表に示す。Screen 目開は

第 3 表

1 回目スクリーン目開き (mm)	2 回目スクリーン目開き (mm)	合計所要エネルギー (PS·hr/short ton)	最終比表面積 (cm <sup>2</sup> /cm <sup>3</sup> )	スクリーン装着時の供給流量 (kg/hr)	合計処理時間 (hr/kg)
∞	—	0.6	39.42	355	0.00282
∞	3.0	12.2	122.06	127	0.01069
3.0	—	12.3	112.43	108	0.00926
∞	1.4	44.8	147.11	34	0.03213
1.4	—	50.0	145.78	24	0.04167
∞	0.8	53.9	149.52	17	0.06164
0.8	—	68.6	151.19	15	0.06667

3.0, 1.4, 0.8 mm の 3 種としたが何れも 2 段階方式の方が所要エネルギーは少なく、比表面積も大差ないものが得られ、処理に要する総計時間も後者がやゝ有利と考えられる。これ等を総合すれば Screen 目開き 3.0 mm の場合は比表面積で 2 段階方式がやゝ有利なだけであるが、それ以下の小さい目開きでは各項目共に有利と考えられる。従って米粉を製造する場合は粗粉砕用の流量のやゝ小さいものを Screen なしで運転し、細粉砕にはこれより大型のものに所要の Screen を装着して処理する方式が有利と考えられる。

(9) 改造固定盤の効果について

Screen の効果は前述のように第一義的には砕製物の粒径制限であり、この役目は当然果されているが副作用として砕料の機内滞留を引きのばして粉砕効果を高めることもあって考え、この副作用を助ける意味で中心向けの衝突面を作ったものが改造固定盤であった。これによって粉砕効果の向上を期待したが粒径、比表面積および所要エネルギー共に悪影響を及ぼす結果となった。この理由としては次のことが考えられる。すなわち本形式においては Screen の開口度が比較的小さく、上の副作用がむしろ強すぎる傾向があったため逆効果に終わったと考えられる。むしろ Screen 面積

を拡大する方法および機内砕製物を Screen の方に流すための方法を考えるべきであったと反省している。

## 結 語

前にもふれたように粉碎実験の困難さはその影響する factor の多いことがその一因であると考えて第1報における実験よりも更に単純化を目したがやはり解明し得ない現象が認められた。しかし、ともかく玄米の粉碎現象はかなりの再現性があり、理論的根拠は薄いが対数正規分布で取扱って大差ないことも判明した。なお米粉の粗粉碎、及び微細粉の製造には他形式の粉碎機が有利ではないかとの疑問も生じた。又この Dismembrator における Screen の役目も予測通りで微細粉を経済的に製造するためには開口度を高める必要があり、場合によっては2段階の操作が若干有利なことが確められた。なお頭初、比較的単純直截的と考えた本粉碎方法もやはり高速現象に共通の測定困難な部分があるためその判断が推測に終る事項もあったことは残念である。

頭書した如く本実験は単双曲線回転面利用の粉碎 Roller の比較 Data を得るのが目的であり、本粉碎機による本質的な、および他砕料例えば麦、そば、大豆の粉碎実験については他日にゆずる。ただ後者については Roller 型型式によるより不利になること（果皮の分離および粘質体の粉碎である点）が予測されるので上記の Roller 形の粉碎実験に着手することとする。

なお農産物の粉碎にとどまらず粉体が複合材料の構成因子とさえ（その作用は解明されていない）目される<sup>(5)</sup> ようになった現在、粉碎機構の解明はますます切望されるものであり、物性論への橋渡しも可能と考えられる。さらに粉碎そのものについてもその挙措は穀物自体、あるいは土壌に対しても応用可能<sup>(6)</sup> の面があると考えられているため併せて追求したい。最後ながら本実験に際し Data の整理、製図に関し本教室技官森田南海男君の協力を得たことを付記して謝意を表したい。

## 参 考 文 献

- (1) 宮地豊房, 吉崎 繁, 金出地卓郎, 農業機械学会誌 Vol. 31, No. 1 (1969) p. 32.
- (2) 例えば朝倉書店 粉体工学, ハンドブック p. 65~80, p. 48~50
- (3) 藤野 清, 化学工学, Vol. 24, No. 3 (1960) p. 121.
- (4) 田中達夫, 化学工学, Vol. 18 (1954) p. 160.
- (5) 久保輝一郎, 材料, Vol. 15, No. 150 (1966~4) p. 119.
- (6) 井伊谷鋼一, Powder Science, Vol. 16 No. 164 (1967~5) p. 283.

(昭和44年9月27日受理)