

混合物の分離に関する基礎研究 (第2報)[※]

大小粒子の混入がふるい分け性能におよぼす影響

岩尾俊男・田辺一^{※※}

Toshio IWAO and Hajime TANABE

Studies on the Physical Properties of Grains to be Separated (2)

Screening Characteristics of Mixing Material of
Different Size of Grains

I 緒 言

供給量が少なく、粒子がふるい面に一様に分布する混合材料の分離は、前報¹⁾で報告したベルト搬送分離装置によっても可能性があるが、供給量が多い場合は、選別のふるい面に供給される材料は網面上を層をなして移送されるので、その移送間に粒子相互の物理的性状差によって上下の2層に分離し、そのうち、網目より小さい粒子は網目を通過し分離選別が行なわれる。

連続式ふるいにおけるふるい分けはこの原理を応用したもので、この場合、粒子の沈下速度は連続ふるい分け装置の設計上大切な要素である。また層流の深さと移送速度が分離性能に影響し、これらは時間の関数²⁾³⁾として取り扱うことができる。

粒度測定に用いられる回分式 (Ro-Tap shaker) においては、ふるい分けは時間の関数⁵⁾として表わせるので、本研究は、連続ふるいの層流の場合のふるい分けの基礎資料を得るために、Ro-Tap shaker を用いてふるい分けにおける大小粒子の混合の影響を調査したもので

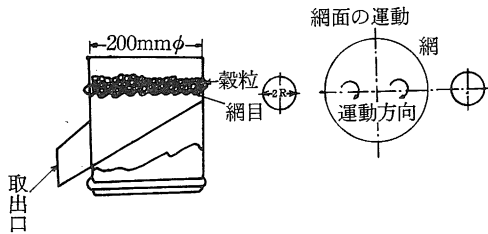
ある。

II 実験装置および実験方法

第1図は供試実験装置の概要である。供試機は一般に粒度測定用として利用されている回分式の Ro-Tap shaker である。網面の運動は Tap 運動を行なわない場合で、振幅 14mm、振動数 300rpm で、粒子径に等しい通過網目を持つ網面は水平円振動を行なう。網下の通過量は第1図に示す取出口からの単位時間ごとの粒子の通過量を天秤により測定した。

供試材料は大豆、えんどうなどの球形に近い穀粒と、もみ、玄米、長豆などの短軸、長軸の長さの異なる穀粒である。第1表に供試材料の性状を示す。

供試材料は標準ふるいで5秒間のふるい分けにより得られたもので、粒子径の表示は粒子の通過網目をもって表わした。網下量は測定間隔 2, 4, 6, 8, 10, 15, 20秒と、20秒以上については10秒ごとに測定した。

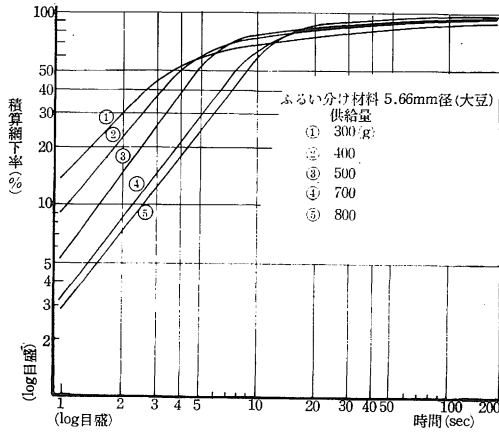


第1図 供 試 実 験 機

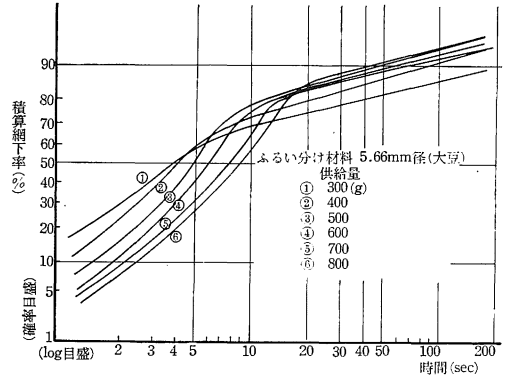
第1表 供 試 材 料 の 性 状

種 類	粒 径 (mm)	比 重	み かけ 比 重	含 水 率 (%)	500g当り200mmφ 網中の穀粒層深さ (mm)
大 豆	7.93	1.18	0.755	14.0	28
	6.73	1.18	0.750	14.0	22
	5.66	1.18	0.750	14.0	21
も み	3.36	1.14	0.610	12.9	28
玄 米	2.83	1.12	0.810	12.0	19
長 豆	6.00	1.25	0.751	15.0	15
そ ば	4.00	1.06	0.647	14.0	24
小 豆	5.66	1.25	0.78	13.5	21

※ 農業機械学会講演 (1969年) 東京
 ※※ 農業機械工学研究室



第2図(A) 供給量別のふるい分け時間と積算網下率との関係



第2図(B) 供給量別のふるい分け時間と積算網下率との関係

III 実験結果および考察

1. 材料の供給量と積算網下率との関係

第2図(A・B)は整粒された大豆5.66mm径の粒子を、5.66mm網目により供給量別にふるい分けた場合のふるい分け時間と積算網下率との関係で、約10秒までの範囲(ここではふるい分け初期とする)では両対数紙上において直線関係となり、ふるい分け時間の大きい範囲(ふるい分け後期とする)では対数確率紙上で直線関係となる。これに対し、山口氏⁶⁾は、ふるい分け時間0~100秒の範囲で黄銅鋳1500gについて実験し、ふるい分け時間と積算網下率は両対数紙上で直線関係にあると報告している。

本研究の目的は連続ふるいの性能判定への推定資料を得ることにあり、また一般に連続ふるい上の粒子の移送時間は10秒以下¹⁾であると考えられることから、ここではふるい分け初期の過程が重要である。

ふるい分け初期におけるふるい分け時間と積算網下率の関係は次のように表わせる。

供給量(g)	供給量(g)
300 $\eta = 16.10t^{0.922}$	700 $\eta = 6.43t^{0.704}$
400 $\eta = 12.77t^{0.819}$	800 $\eta = 5.87t^{0.779}$
500 $\eta = 11.00t^{0.739}$	

すなわち、これらの関係は

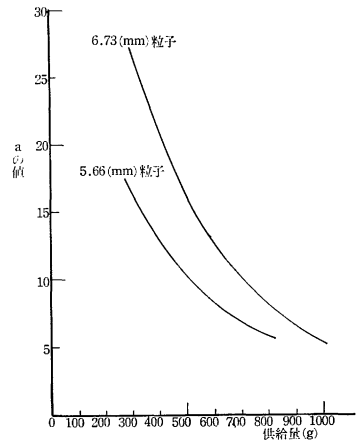
$$\eta = at^b \quad \eta: \text{積算網下率}(\%)$$

$$t: \text{ふるい分け時間}(\text{sec})$$

$$b: \text{定数}(0.7 \sim 0.92)$$

$$a: \text{供給量に關係する定数}$$

山口氏⁶⁾によれば、 b の値は0.8215であると述べている。けれども、本実験では0.70~0.92の範囲であった。積算網下率は供給量の増加により小さくなる傾向があ

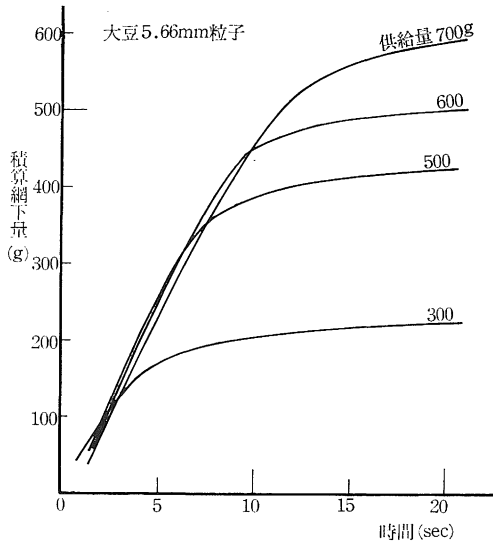


第3図 a の値と供給量との関係

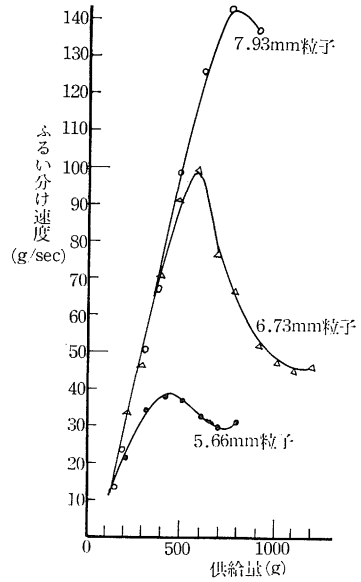
り、一方 b の値の変動範囲の小さいことから、積算網下率を左右するのはおもに a の値であると考えられる。 a の値と供給量の関係は第3図のように与えられ、供給量の増加とともに減少の傾向がある。

つぎに、その絶対値である積算網下量について考える。第4図は5.66mm粒子のふるい分け初期におけるふるい分け時間と積算網下量を示す。積算網下量はふるい分け時間とともに増加し、供給量の増加にかかわらず近似した積算網下量を示す範囲が存在する。これは第5図より明らかなように、ふるい分け速度が近似した値であることにほかならない。

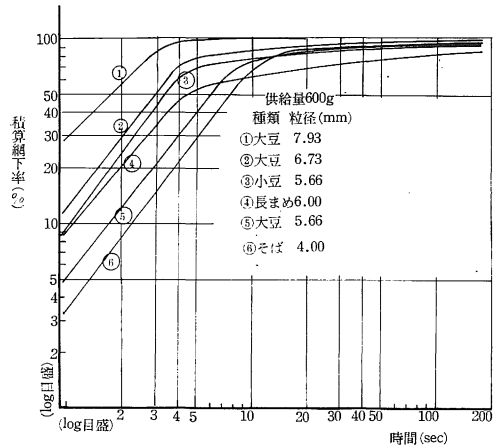
第5図は5.66mm, 6.73mm, 7.93mm粒子の供給量とふるい分け3秒後のふるい分け速度との関係を示す。ふるい分け速度は供給量の変化により増減し、ふるい分け速度を最大にする供給量が存在する。その供給量は粒子の大きさにより異なり、粒子径が大きくなるにしたがい大きい供給量へ移行する傾向にある。これは網面上の粒子の数と密接な関係があるものと思われる。



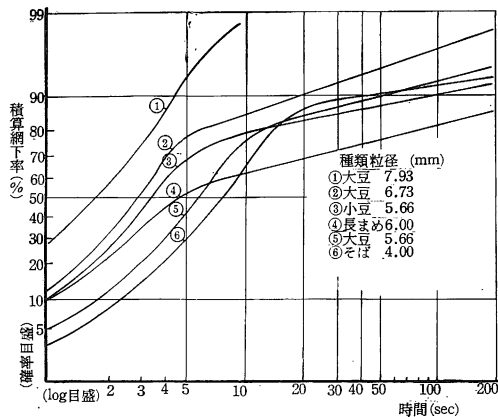
第4図 供給量と積算網下量



第5図 ふるい分け3秒後のふるい分け速度と供給量との関係



第6図(A) 供給材料の種類と積算網下率との関係



第6図(B) 供給量の種類と積算網下率との関係

2. 供給材料の種類と積算網下率との関係

第6図(A・B)は整粒された大豆7.935mm, 6.73mm, 5.66mm, そば4.00mm, 小豆5.66mm, 長豆6.00mmの粒子600gのふるい分け時間と積算網下率との関係を示す。

供給材料の種類すなわち粒子の大小, 長軸, 短軸の長さ比, 形状などが異なる場合においても, 標準ふるいにおいてふるい分けられ整粒された粒子であれば, ふるい分け時間と積算網下率との関係は, ふるい分け初期においては両対数紙上で直線となり, 後期においては対数確率紙上で直線となる。

ふるい分け初期における関係は次のように表わせる。

材料の種類

$$\text{大豆}(7.93\text{mm}) \quad \eta = 28.63t^{1.015}$$

$$\text{大豆}(6.73\text{mm}) \quad \eta = 16.21t^{0.825}$$

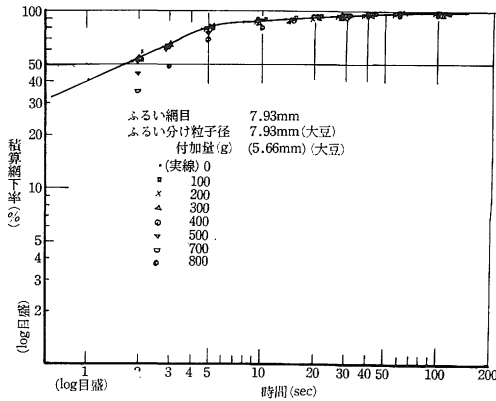
$$\text{小豆}(5.66\text{mm}) \quad \eta = 13.96t^{0.733}$$

$$\text{長豆}(6.00\text{mm}) \quad \eta = 11.62t^{0.818}$$

$$\text{大豆}(5.66\text{mm}) \quad \eta = 8.79t^{0.732}$$

$$\text{そば}(4.00\text{mm}) \quad \eta = 5.58t^{0.759}$$

これらの関係は供給量の変化の場合と同じように $\eta = a_1 t^{b_1}$ として表わせる。材料の種類が異なった場合においても, b_1 の値は 0.8~1.015 の範囲にある。よって積算網下率は材料の種類により異なるもので, おもに a の値により左右されているものとみなしう。これには粒子の形状からの検討が必要であるだろう。



第7図 小粒子の付加量別のふるい分け時間と積算網下率との関係

3. 小粒子の混入と積算網下率との関係

第7図は大豆 7.93mm の粒子の重量 600g に大豆 5.66mm 粒子を付加混入した場合のふるい分け時間と積算網下率との関係を示す。この場合のふるい分け初期における積算網下率は、付加量の少ない場合には積算網下率の低下は見られないが、付加量がある範囲を越えると低下の傾向が見られる。これはふるい網目の数が一定であるから、付加量の増加により粒子の絶対量が増加するからであると考えられる。このことから、連続ふるいのような短時間のふるいでは、多量の小粒子の混入は分離性能を低下させる原因となる。

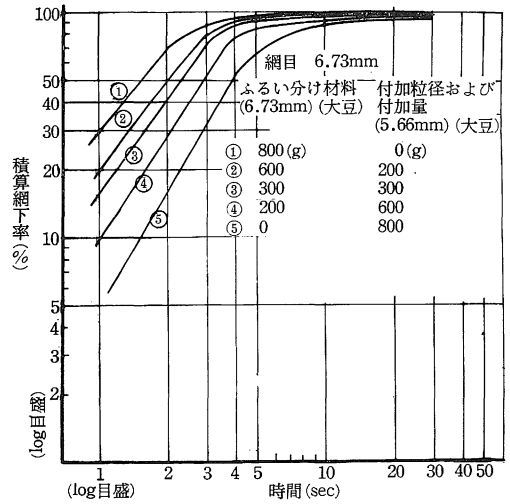
一方、ふるい時間の長い後期における積算網下率は、小粒子の付加量に影響されるところが少なく、付加しない場合の積算網下率と同じ値である。これは細粒子ほどふるい分けの早い時期に網目を通過してしまうので、ふるい時間を長い時間にわたって取り得るふるいにおいては、ふるい分け初期における通過率の低下はあまり問題とならなくなると推定される。

第8図は全供給量 800g を一定にし、大豆 6.73mm と付加小粒子 5.66mm (大豆) の付加比の変化別のふるい分け時間と積算網下率の関係を示す。付加の小粒子の混入率を 3 : 1, 5 : 3, 1 : 3 と増加させた場合のふるい分け曲線は、しだいに付加小粒子のふるい分け曲線に近づく傾向がある。

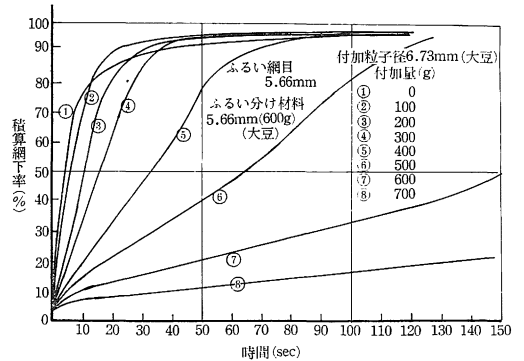
4. 大粒子の混入と積算網下率との関係

第9図は大豆 5.66mm 粒子 400g に大豆 6.73mm の網上粒子の混入によるふるい分け時間と積算網下率との関係を示す。

ふるい分け時間と積算網下率の関係はこの場合、ふるい分け初期において、整粒された粒子の場合と同じよう



第8図 材料の構成率の変化によるふるい分け時間と積算網下率との関係



第9図 網上粒子の付加量別のふるい分け時間と積算網下率との関係

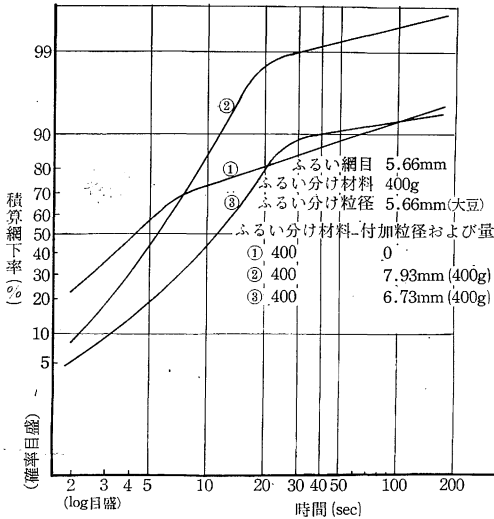
に、両対数紙上で直線によって表わされる。しかしこの場合、付加粒子の増加によってふるい分け速度は低下する傾向がある。これは、網目より大きい粒子の混入により大きい粒子が網目をふさぐことと、付加量の増加により網目よりの通過の確率が低下する結果、小さい粒子の網目通過が妨げられるためと考えられる。

また、網上粒子を混入した場合の積算網下率の曲線は、ふるい分け時間の経過とともに、両対数紙上で直線となる範囲と算術目盛上でほぼ直線となる範囲と対数確率紙上で直線となる範囲よりなる。この傾向は網上粒子量の増加とともにより一層明らかになる。

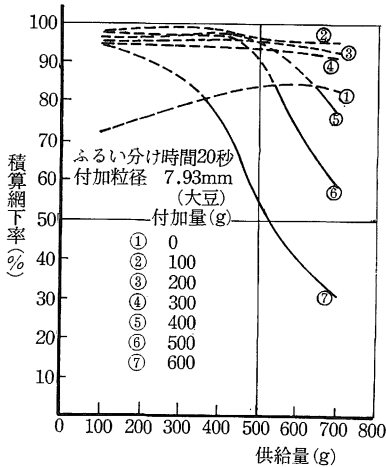
ここにふるい分け初期の関係は次のように表わされる。

付加量 (g)

$$100 \quad \eta = 5.2856t^{1.0532}$$



第10図 付加網上粒子径別のふるい分け時間と積算網下率との関係



第11図 ふるい分け20秒後における網上粒子の付加量別の供給量と積算網下率との関係

200	$\eta = 4.3939t^{0.9771}$
300	$\eta = 5.1337t^{0.7639}$
400	$\eta = 4.9105t^{0.5649}$
500	$\eta = 4.4415t^{0.6143}$
600	$\eta = 3.3390t^{0.5025}$
700	$\eta = 3.5883t^{0.2953}$

ふるい分け初期における積算網下率は $\eta = at^b$ の式で表わせるが、付加量の増加とともに b の値がしだいに減少する傾向にある。また、この場合の積算網下率は大粒子を付加しない場合より低いが、ふるい分け時間の増加とともに積算網下率が付加量により付加しない場合の積算網下率より大きくなる場合がある。

第10図は大豆 5.66mm の網下粒子 400g に網上粒子径 6.73mm, 7.93mm の大豆粒子 400g を付加した場合のふるい分け時間と積算網下率の関係を示す。積算網下率はふるい分けの初期においては網上粒子の付加しない場合のほうが高い値である。ふるい分け経過後、積算網下率は、7.93mm 粒子では8秒前後、6.73mm 粒子では20秒前後においては付加しない場合より大きい値になる。

これは、網上に残る網下粒子が少なくなったとき網上粒子となる大きい粒子が混入すると、網下粒子の自由な運動が拘束され網下粒子の網目への遭遇回数を増大させ、網目より漏下する確率が大きくなるからであると推定される。また、付加粒子の大きいほどその傾向が大きいようである。

第11図はふるい分け20秒後の網下粒子大豆・5.66mm に大豆 7.93mm 粒子の付加量別の供給量と積算網下率の関係である。破線①は付加粒子のない場合の積算網下率を示す。この場合、大粒子の混入による効果が認められる範囲は破線①より上の破線で示す部分の付加量の占める範囲である。しかし、破線より下の付加量の範囲は逆に積算網下率の低下を示す範囲である。

以上の結果より、ふるい分け時間がかかり長時間におよぶ場合に、網上大粒子の付加によってふるい分け効果が認められる場合もあるが、連続ふるいのようにふるい分け時間の短いものでは、積算網下率は、網上大粒子の付加によって向上されることはなく、一般に低下するものと推定される。

IV 摘 要

本研究は大小二種の粒子からなる供給材料が、網面上に層状をなす場合の分離特性を、Ro-Tap shaker を用いて検討したものである。

1. 整粒された粒子では、積算網下率のふるい分け時間に対する関係は、供給量、供給材料に関係なく、ふるい分け初期では両対数紙上で直線となり、 $\eta = at^b$ の関係がある。ここに η ；積算網下率、 t ；ふるい分け時間、 a ；供給量、および、供給材料の性状により異なる定数 b ；定数 (0.7~1.1)。ふるい分け後期では対数確率紙上で直線関係となる。

2. ふるい網目より小さい粒子が混入すると、ふるい分け初期において積算網下率は細粒子の付加量の増加により若干低下するが、ふるい分け時間が長い場合はほとんど影響されない。

3. ふるい網目より大きい粒子が混在するときは、積算網下率は一般に付加粒子量の増加とともに低下する。 b の値は付加量の増加とともに減少する傾向がある。

引用文献

- 論文集 28 (18) : 485-492, 1962.
1. 岩尾俊男・田辺一：島大農研報 4 : 169-174, 1971.
 2. 田辺一・岩尾俊男・中尾清治：島大農研報 1 : 175-182, 1967.
 3. 谷口修・坂田勝・鈴木康之・小山内泰生：機械学会
 4. 岩尾俊男・川村登：農機学会講演要旨 : 155, 1967.
 5. 三輪茂雄：粉体のフルイ分け 日刊工業 東京 1966, p. 171-173.
 6. 山口吉郎：The journal of the faculty of Engineering Tokyo university 19 (10) : 350-369, 1929.

Summary

This study deals with the screening characteristics of the mixing material of two sizes of grains, being in layer on the screen, using the *Ro-Tap Shaker*.

1. On the uniform size of grains, the relation of the yield ratio screened to the screening time is given by the parabolic function in the earlier period, and is represented by the following equation,

$$\eta = at^b$$

where, η = the yield ratio of grains screened
 t = screening time
 a = constant varying with the sort of grain and feeding rate
 b = constant (0.7-1.1)

After then, the relation given above changes into the relation of the logarithmic probability function.

2. The yield ratio decreases only a little with the increase of mixing rate of smaller size of grains in the earlier period, but this effect disappears and becomes the constant ratio, in the long screened time.

3. The yield ratio decreases, in general, with the increase of the mixing rate of larger size of grain over the screen hole, and the value of b tends to decrease similarly.