

# 石抜振動ふるいによる玄米と石の分離性能に関する研究<sup>\*\*</sup>

岩尾俊男<sup>\*</sup>・田辺一<sup>\*</sup>

Toshio IWAO and Hajime TANABE

Studies on Separating Capacity of a Sand Separator

## I. 緒 言

この研究は、精米過程の前処理として、小規模な精米所から大規模な精米工場まで広く用いられている石抜振動ふるいにおいて、玄米と石の分離性能を明らかにし、石抜振動ふるいの性能向上に資することを目的とするものである。

石抜振動ふるいにおける風は、網面上において玄米を浮き上がらせ、石と玄米の相互摩擦の影響を少なくし、その比重差により分離を助ける効果を持ち、一方振動は、流動層下に沈んだ石に対する前進運動と玄米層の流下促進の効果をもつもので、それらの相互作用によりより効果的な分離が行なわれているものと考えられる。

石抜振動ふるいの分離性能に影響を及ぼす要因には、機械的要因（振動数、振幅、振動角、傾斜角、網の形状、供給量、風速、送風方法など）<sup>1)</sup>と供給材料の物理的要因（比重差、石のサイズ、玄米の含水率、摩擦係数など）<sup>2)</sup>が考えられる。

本報は、石抜振動ふるいを用いて、送風と吸引風の場合について、種々な振動数、風速、供給量および石のサイズの条件の下において、玄米と石の分離性能について調べた。

なお、供試の石抜振動ふるいは、佐竹製作所のご好意により提供いただいたものであること、および昭和54年度科学研究費補助金一般研究(C)による研究の一部であることを記してここに謝意を表す。

## II. 実験方法

図1は、供試の石抜振動ふるいの概略図である。供試

の実験機は、石抜振動ふるい（サタケ GA-10）を実験用に改良したものである。この振動機構は、クランク軸①の回転運動が揺動アーム②の上下運動に変換され、4つのばね帯鋼により垂り下げられたふるい③が左右に振動されるものである。網はステンレス製の打抜網目（幅1 mm、長さ10 mm）であり、幅が200 mm、長さ420 mmである。ふるいの振幅は12 mm、振動角は46°、網の傾斜角は13°30′である。

玄米の供給は、ホッパー④より、また石はホッパーの下に設けた石の投入口⑤より行なわれる。供給された玄米と石は、網の上部に供給され、網の振動と風の作用により玄米は網の下部の玄米の排出口⑥から、一方石は上

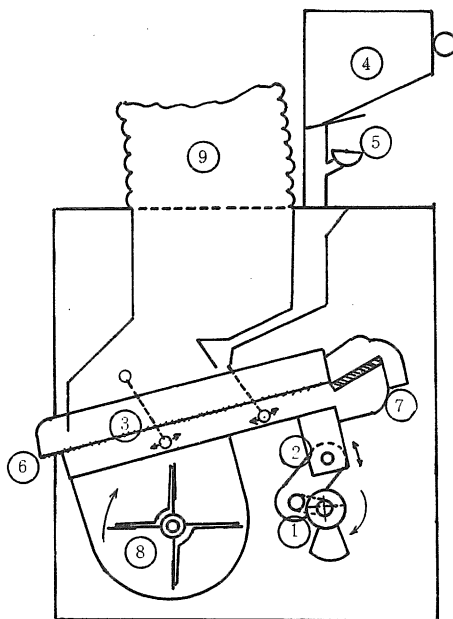


図1 供試石抜振動ふるい

\* 農業機械工学研究室

\*\* 昭和54年4月農業機械学会講演（東京）

部の石の取出口⑦より回収される。

送風は網下にある送風機⑧により吸引風は機外の送風機を用いてホッパーの上部に取り付けた吸引口⑨より吸引する。

図2は、送風、吸引風の場合における網中央の風速を1としたときの割合である。風速は網の上部で低い値となっているが、網の中央より下部ではほぼ均一な分布と見なされる。風速は、網上に粒子が存在しないときの網目における風速を直接マンメータ風速計により測定した最大値である。

図3は、精米工場の石抜機より回収された石の粒径分布である。石は0.5 mm から 6.0 mm までの範囲の粒径である。

図4は、供試の粒径の度数分布である。供試石は川砂を標準ふるいによりふるい分け、玄米との判別を容易にするため、ポストカラーで着色したものである。

実験条件は、振動角、振幅、傾斜角を一定にした状態で、送風と吸引風の場合について、振動数(0~600 cpm)、玄米の供給量(100~400 kg/h)、風速(0~10 m

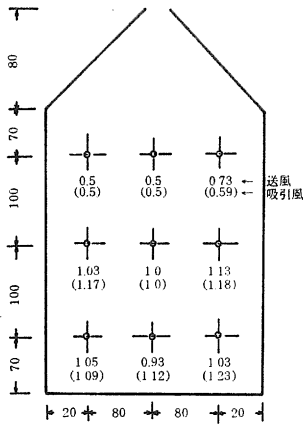


図2 送風、吸引風の場合の網面での風速分布

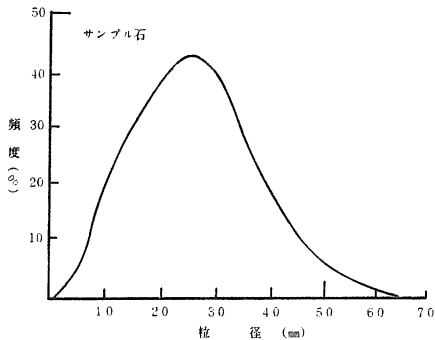


図3 振動石抜ふるいにより回収された石の粒径分布

/s)、石のサイズ(0.5~6.0 mm)を変えた場合である。また、測定時間は、玄米の排出が一定の状態になった後、石(50個)を供給し、30秒間隔の5分間である。石の回収は、玄米の排出口と石の取出口において同時に行なわれた。

### III. 実験結果および考察

#### 1. 送風の場合

1). 風速と石の累積回収率 石の回収率とは、フィード中に含まれる石と石の取出口において回収された石の割合である。この場合に網上に残留した石は未回収の石と見なした。それは、残留された石は、長時間のふるい分け後も玄米の排出口に排出されるとは限らないけれども、石を回収する目的から考えると、回収不可能な石

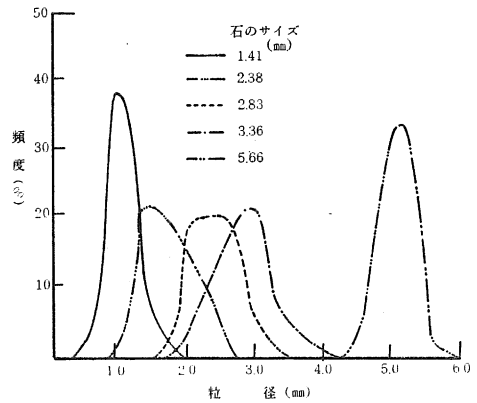


図4 供試石の粒径の度数分布

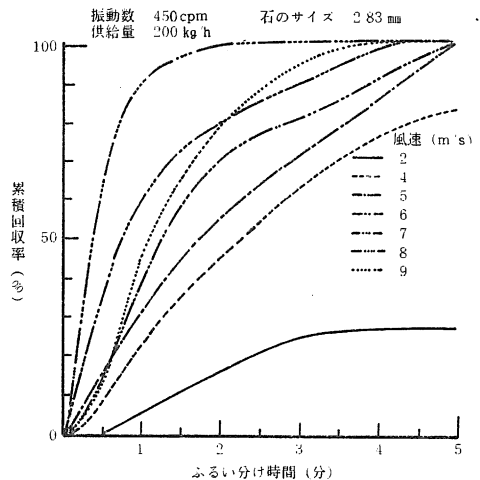


図5 風速別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係

として取り扱う方が適当であると考えたからである。

図5は、振動数 475 cpm, 供給量 200 kg/h, 石のサイズ 2.83 mm における風速別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係である。石の累積回収率はふるい分け時間の増加とともに増加する。風速 8 m/s において 100%の石の累積回収率となるふるい分け時間は、ふるい分け約3分後であり、他の場合より短い値であった。風速が6, 7と 9 m/s においては、ふるい分け約5分後において石の累積回収率が100%になる。すなわち100%の石の回収率を得る上限の風速は、9と5 m/s と考えられる。これらのことから、風速は、石と玄米の分離に不可欠の要素であり、その最適値は約 8 m/s であろうと考えられる。

2). 石のサイズと石の累積回収率 図6は、振動数

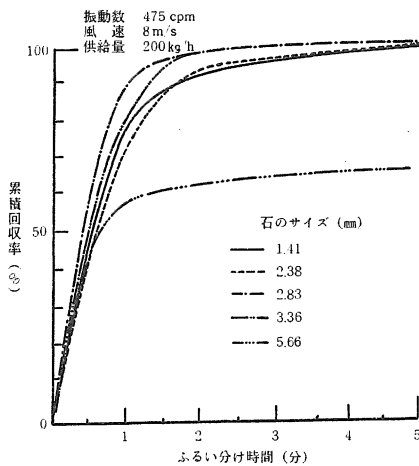


図6 石のサイズ別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係

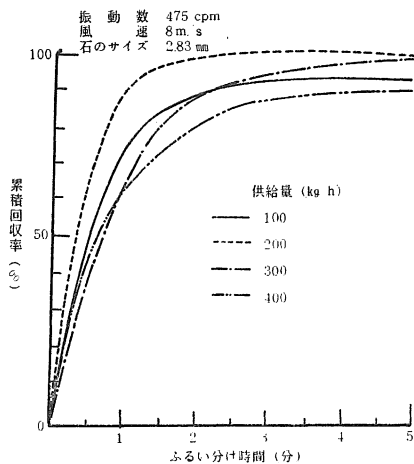


図7 供給量別のふるい分け時間と累積回収率との関係

475 cpm, 風速 8 m/s, 供給量 200 kg/h における石のサイズ別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係である。石のサイズが 1.41~3.36 mm の場合の石の累積回収率は、ふるい分け時間の増加とともに増加し、いずれの場合もふるい分け5分後に100%に達する。一方 5.66 mm では、石の累積回収率は、ふるい分け後約1分で約60%になりほぼ一定の値となる。すなわち、5.66 mm の石の場合に石の回収率が低いことは、石が玄米層を通過する速度が、小サイズの石に比べ遅いために、ふるい分けにおいて、石が玄米層の上層に存在することになり、玄米層の流下による影響を受けたことによるものと考えられる。

3). 供給量と石の累積回収率 図7は、振動数 475 cpm, 風速 8 m/s, 石のサイズ 2.83 mm における供給量別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係である。石の累積回収率は、供給量が 200 kg/h ではふるい分け約3分後に、300 kg/h ではふるい分け5分後に100%に達する。しかし供給量が 100 kg/h では、それはふるい分け5分後で約87%, 400 kg/h では約85%であった。したがって最適の供給量は 200 kg/h であると考えられる。供給量が 100 kg/h の場合において石の累積回収率が低いことは、玄米層が薄いために玄米と石の分離が十分に行なわれないことにあり、一方供給量が 400 kg/h では、玄米層が厚くなり、玄米層を攪拌するに十分な風が不足したものと考えられる。

4). 風速と石の回収速度 回収速度とは単位時間の回収率のことである。この場合、ふるい分け後約2分間の累積回収率がそれぞれのふるい分け条件における特性を表わしているの、単位時間に対する回収率の割合は、それらの条件によって異なった値になっているから、

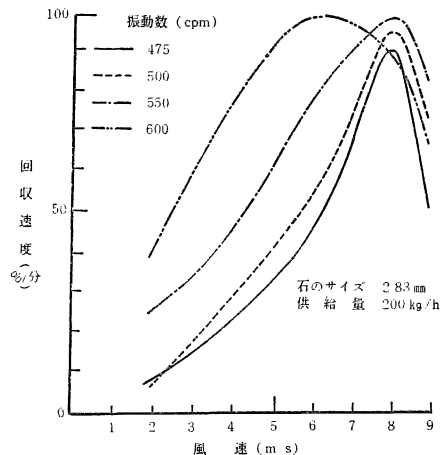


図8 振動数別の風速と石の回収速度との関係

回収速度でもって表わせば、ふるい分け条件の因子間の関係が比較できるものと考えられる。

図8は石のサイズ 2.83 mm, 供給量 200 kg/h における振動数別の風速と石の回収速度との関係である。回収速度は、風速の増加とともに増加し最大値となり、その後減少の傾向となる。回収速度が最大値となる風速は、振動数が 475, 500, 550 cpm では約 8 m/s であり、600 cpm では約 6 m/s である。また回収速度は、振動数の増加によって増加する傾向にある。しかし振動数の増加は、石の取出口への玄米の排出量の増加となるため、石のみの回収を目的とする場合に問題がある。回収速度を振動数と風速についての分散分析では、危険率 1% で有意な差が認められ、これらの因子が回収速度に強く影響を及ぼしていることが明らかとなった。

5). 石のサイズ比と石の回収速度 石のサイズ比は石のサイズ 2.38 mm を 1 とした時の値である。図9は、振動数 475 cpm, 供給量 200 kg/h における風速別の石のサイズ比と石の回収速度との関係である。回収速度は、風速 7~8 m/s では、石のサイズ比の増加とともに減少する傾向にある。しかし、他の風速の場合においては、石のサイズ比と回収速度との関係は明らかでない。

回収速度と風速との間には、分散分析の結果 1% の危険率においても有意差が認められたが、回収速度と石のサイズ比の間には、有意差が認められなかった。

6). 供給量と石の回収速度 図10は、振動数475cpm, 風速 8 m/s における石のサイズ別の供給量と石の回収速度との関係である。回収速度は、供給量の増加とともに増加し、約 200 kg/h で最大値となり、その後減少

する傾向となる。供給量が少ない場合は、風と振動の影響を受け易くなり石の玄米の排出口への流下が行なわれる。また供給量が多い場合は、石が玄米層を通過する時間が玄米の網全長の流下所要時間を超過するために、分離時間の不足をきたし回収速度が低下するものと考えられる。回収速度と供給量、石のサイズについての分散分析では、5%の危険率において有意差のあることが確められた。

2. 吸引風の場合

1). 風速と石の累積回収率 図11は、振動数500 cpm, 供給量 200 kg/h, 石のサイズ 2.38 mm における風速別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係であ

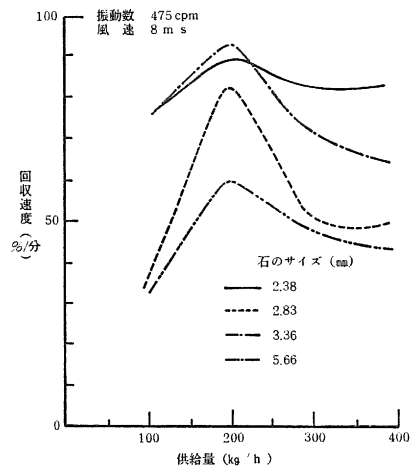


図10 石のサイズ別の供給量と石の回収速度との関係

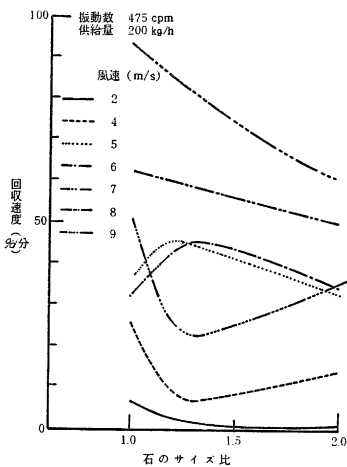


図9 風速別の石のサイズ比と石の回収速度との関係

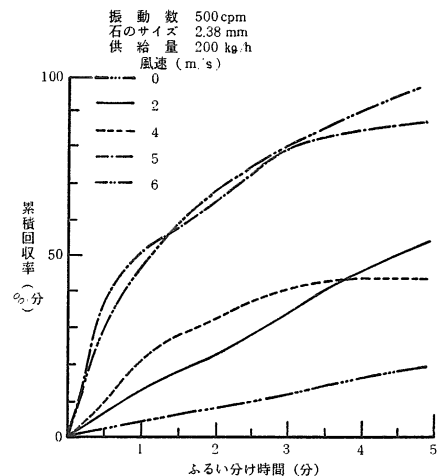


図11 風速別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係

る。吸引風の場合においては、玄米層の表面より吸引するため、風速の大きい場合には表層の玄米が飛び上る。このために、風速の大きさには限界があり、この場合には、風速約 7 m/s で回収が不能であった。

石の累積回収率は、ふるい分け時間の増加とともに増加し、その上、風速の増加により大きい値となる。しかし、風速 5 m/s でふるい分け 5 分後における石の累積回収率は約95%であり、石の回収性能は送風の場合に比べ劣っているものと考えられる。

2). 石のサイズと石の累積回収率 図12は、振動数 500 cpm, 供給量 200 kg/h, 風速 5 m/s における石のサイズ別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係

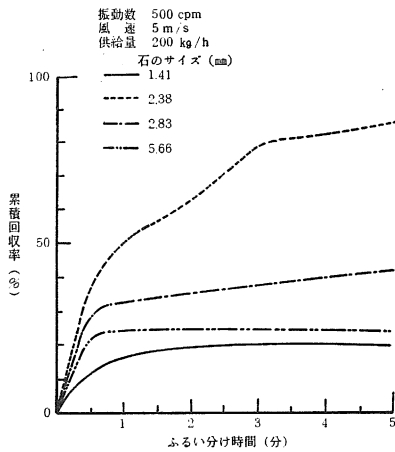


図12 石のサイズ別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係

である。石の累積回収率は、石のサイズにより明確な差が認められる。この差はふるい分け時間の増加によって改善され得ない。石の累積回収率は、石のサイズが2.38, 3.36, 5.66および1.41 mm では、ふるい分け 5 分後においてそれぞれ約85, 40, 22と20%であった。これらの場合には、石は網上に残留し、玄米の排出口には排出されていない。これらの改善の方法としては、振動数の増加によって行なうことができるだろう。

3). 供給量と石の累積回収率 図13は、振動数 500 cpm, 風速 6 m/s, 石のサイズ 2.38 mm における供給量別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係である。累積回収率は、供給量によって影響される。その値

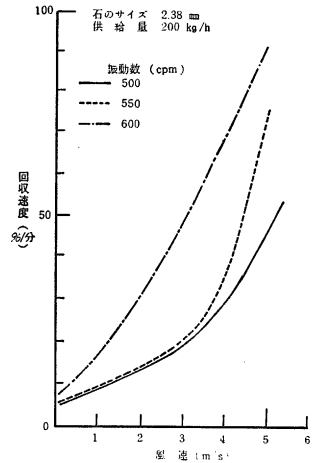


図14 振動数別の風速と石の回収速度との関係

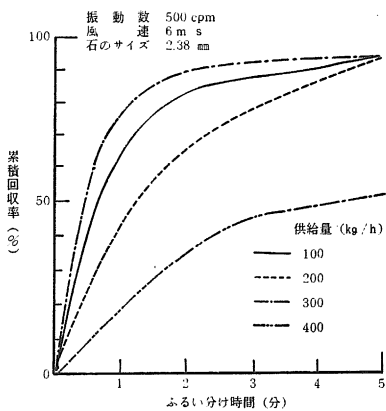


図13 供給量別のふるい分け時間と石の累積回収率との関係

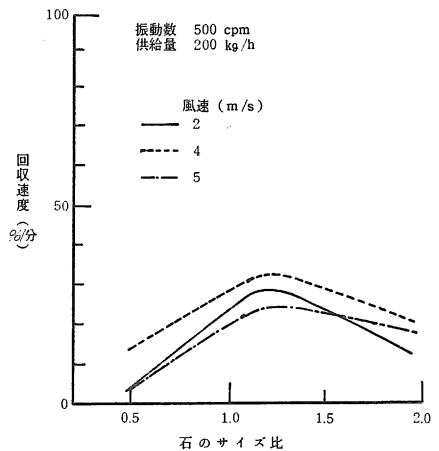


図15 風速別の石のサイズ比と回収速度との関係

は、供給量 300 kg/h で最も高く、100, 200, 400 kg/h と低い値になっている。しかし、ふるい分5分後における 100~300 kg/h の累積回収率は約90% でほぼ同じ値になるが、400 kg/h では約50%であった。これらのことから、吸引風の場合は、供給量が 300 kg/h が適当であろうと考えられる。

4). 風速と石の回収速度 図14は、供給量 200 kg/h、石のサイズ 2.38 mm における振動数別の風速と石の回収速度との関係である。回収速度は、振動数が 500, 550 と 600 cpm の場合は、風速の増加とともに増加する傾向がある。振動数が 600 cpm の場合は、他の場合より高い回収速度となっている。すなわち、振動数が増加すれば、高い回収速度が得られることは明らかである。しかし、送風の場合と同様に、振動数が 600 cpm においては、石の取出口への玄米の排出量が増加するので、石のみの回収を行うことの観点からすれば、適当な振動数とは言い難い。一方、振動数が 450 cpm 以下では回収速度は 0 であった。

回収速度と振動数、風速との分散分析において、危険率 1% で有意差が認められ、これらの因子が回収速度に強く関係していることが明らかとなった。

5). 石のサイズと石の回収速度 図15は、振動数 500 cpm、供給量 200 kg/h における風速別の石のサイズ比と石の回収速度との関係である。回収速度は、石のサイズ比が約1.2において最大になる。これらの回収速度は送風の場合より可成り低い値である。回収速度と石のサイズ比、風速との間の分散分析では、危険率 5%

で有意差が認められ、それらの因子が相互に回収速度に影響を及ぼしていることが推察されるが、その中でも石のサイズ比の影響は小さいものであった。

6). 供給量と石の回収速度 図16は、振動数 500 cpm、石のサイズ 2.38 mm における風速別の供給量と石の回収速度との関係である。回収速度は、供給量が約 200 kg/h で最も高い値となり、100, 400 kg/h では低い値となっている。また、回収速度は、風速 5, 6 m/s では供給量が 400 kg/h よりも 100 kg/h の場合の方が大きい値である。これは網面上において、玄米層が薄い方が玄米と石の分離が容易であることによるものとする。回収速度と供給量との間の分散分析では、有意差のないことが明らかとなった。

以上のことから、送風、吸引風の場合において、分離の影響因子の主なもの、風速と振動数であり、供給量と石のサイズは補助的なものと考えられる。

吸引風の利用による分離性能は、送風の場合より劣るけれども、吸引風は分離と塵埃の処理の両方に利用できる利点がある。

以上の研究から、今後の性能向上のための方向としては、送風と吸引風の複合利用がより効果的な方法であるとする。

#### IV. 摘 要

この研究は、石抜振動ふるいを用いて、送風と吸引風の場合について、振動数、風速、供給量および石のサイズと玄米と石の分離性能との関係を明らかにしたものである。風速は網目の最大風速である。また供試石は、川砂を標準ふるいによりふるい分け、ポスターカラーで着色したものであり、石のサイズは 0.5~0.6 mm である。

おもな結果は次のとおりである。

1. 石の分離因子間の関係は、石の回収速度を用いることにより比較検討が可能になった。
2. 玄米に混入する石のサイズは、0.5~6.0 mm の範囲にあり、2~3 mm の粒子の分布が多い。
3. 石の累積回収率は、送風の場合、風速 8 m/s、供給量 200 kg/h、振動数 475 cpm において、100%に達するが、吸引風の場合、風速 5 m/s、供給量 200 kg/h、石のサイズ 2.83 mm、振動数 500 cpm において、約95%に達する。
4. 石の回収速度は、風速と振動数の増加とともに増加する。しかし、送風の場合は風速 9 m/s、吸引風の場合は風速 7 m/s を越えると回収速度は低下する。
5. 振動数と風速は、玄米と石の分離に関係するおも

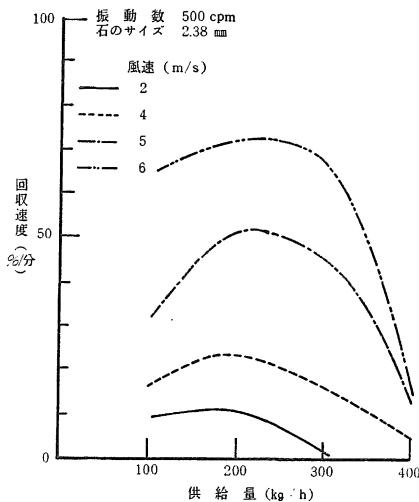


図16 風速別の供給量と石の回収速度との関係

な因子であることが明らかとなった。

### 参 考 文 献

1. 岩尾俊男・田辺一・中尾清治：島根大農研報1：175-182. 1967
2. 岩尾俊男・田辺一：農機誌35：192-199. 1973

### Summary

This study was concerned with the relationship between separating capacities of brown rices and sands and separating factors of frequencies, wind velocities, feedings and sand sizes, using a sand separator with the blast or suction fan. The wind velocity was represented by the maximum of it in an opening of the screen. Sands used were river sands which were screened with a standard sieve, and their sizes ranged from 0.5 mm to 6.0 mm. And they were painted by water colors.

The main results were as follows ;

1. The relation between separating factors of brown rices and sands might be represented by using the rate of recovery of sands.
2. The sand sizes mixing in rices ranged from 0.5 mm to 6.0 mm, and the sand sizes of 0.2 mm to 0.3 mm consisted of mainly of them.
3. In the case of blast, the accumulating recovery of sands was arrived at the value of 100 % under the condition of wind velocity 8 m/s, feedings 200 kg/h, frequency 475 cpm. And in the case of suction, it was arrived at the value of about 95 % under the condition of wind velocity 5 m/s, feedings 200 kg/h, sand size 2.83 mm and frequency 500 cpm.
4. Though the rate of recovery of sands increased with the increase of both wind velocities and frequencies, it decreased when the wind velocity was over 9 m/s in the case of blast and 7 m/s in the case of suction.
5. It is clear that the main factors of sand separating are frequencies and wind velocities.