

振動中のわら層のもみの通過特性について

岩尾俊男[※]・田辺一[※]

Toshio IWAO[※], Hajime TANABE[※]

Studies of the Flowing Property of Paddy through
Vibratory Straw Beds

I. 緒言

この研究は、わらともみの選別を取り扱う機械を対象に、振動中のわら層のもみの通過性、わら層中にあるもみの分離について、これに関係する要因、すなわち振動条件と材料の物理的特性との関係につき一般性のある関係を見出し、分離性能改善の資料を得ることを目的としたものである。

わら層中のもみをふるい落す方法としては、コンバインのストローラックのような振動選別機構の大振幅で低振動数のものが一般的である。これらの振動条件は、機械の機構上から決められているように考えられる。

一般に、振動ふるい分け機械は、振動条件が用途に応じて種々様々であるから、ある1つの形式のみの実験結果から他の場合を類推することは不可能であるように思われる。したがって、わら層中のもみの分離の基礎的な実験としては、上下方向にほぼ正弦振動を行なう振動を用いてこれらの特性を検討することがより一般性があるだろう。

したがって、今回の研究は近似的に上下方向に正弦振動を行なう加振機を用いて、主としてもみの通過要因としての振動数、振幅、わら層高さ、およびわらの含水率を変えた時の、もみの単位時間当りの通過量を測定し、それらの相互の関係の検討を行なったものである。

この研究は文部省科学研究費の交付による研究の一部でありここに謝意を表す次第である。

II. 実験および実験方法

1) 実験装置

Fig. 1 は実験装置の概略図である。それは起振部、ふるい部、供給部および流量測定部から成っている。起振部は、スライダクラン機構で、ピストン⑧に取り

つけたふるい④が上下振動を行なうところである。振幅は 5~60mm の範囲で、5mm ごとにクランク①取り付け位置の変更により選択が可能である。コネクティングロット長はふるいの振動を正弦振動に近似させるため、振幅の10倍以上とした。

ふるい部には、受け網付きの透明なビニール円筒⑤(内径 200mm) を取り付けただのもので、受け網目はもみの通過が容易でわら切れを通さない大きさとするため、目開き約 9.5mm のものである。

供給部は、もみがわらの上に一時に均等に落下分布するために設けた10個のビニール円筒⑥(内径 28mm) をホッパーとして、電磁シャッタの開閉により供給が行なわれる機構である。流量は3個のロードセル⑧(500g) により検出される。この際、収納袋へのもみの流下衝撃を緩和するために衝突板⑨を設けた。

2) 供試材料と実験方法

供試材料のもみ、わらの含水率は、それぞれ低水分、

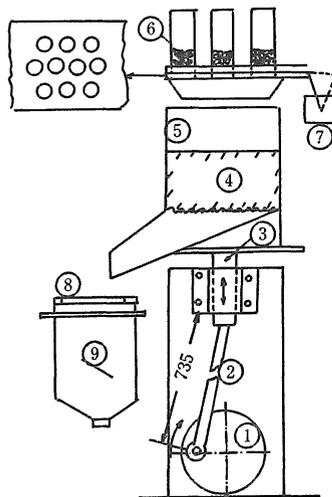


Fig. 1 実験装置

高水分別に13, 23と11, 55%である。

供試わらは、脱穀後のわらを想定して、約 500g のわらを100回 3kg の木ハンマーで均等に打ち柔軟にしたものである。

わら層高さは、わら層上に重量 100g, 直径 19cm の鉄板を置きふるい網目からの距離を外周に沿って均等に8軸測定し平均した値である。

振動中のわら層は、圧縮あるいは膨張が行なわれるものである。それは多少の弾性がありできるだけ安定した状態に戻ろうとする性質があることから、平均的に静止の状態で測定されたわら層高さが保持されるものと考えられる。したがって与えられたわらの重量に対して振動中でも相当するわら層高さが保たれているものと仮定した。

高密度のわら層とは、成形圧縮された体積を保つためわら層を糸によって上下にわら層を貫いて結んだものである。供試わら層のみかけ密度は、それぞれ 0.0015~0.016g/cm³ (低水分低密度), 0.023~0.028g/cm³ (低水分高密度) と 0.32~0.5g/cm³ (高水分低密度) である。

III. 実験結果および考察

1) ふるい分け時間とわら層高さ

オシログラムには流下量, 振動数, 変位, 加速度およびふるい分け時間が記録される。このふるい分け時間に

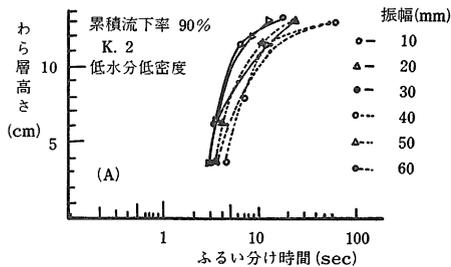


Fig. 2 (A) わら層高さとふるい分け時間

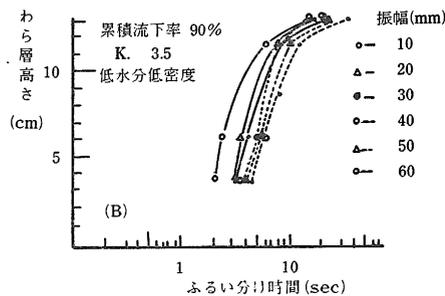


Fig. 2 (B) わら層高さとふるい分け時間

はホッパーのシャット開閉時刻が記録されるので、ホッパーからわら表層上への到着、わら中の通過、網目通過、シュート流下およびシュートから袋までの流下時間などが含まれることになる。

したがって、実際のふるい分け時間は、わらを入れない時の流下時間をこのふるい分け時間から差し引いて求めた値である。

Fig. 2 (A)(B)は、累積流下率90%、遠心効果2, 3.5でのわら層高さとふるい分け時間との関係である。

わら層高さが大きくなるにしたがいふるい分け時間が増大する。すなわち、もみの通過性が低下する。わら層高さが約 12cm 以上になればふるい分け時間が急激に増大する傾向となる。これらの場合には、振動条件(振幅, 振動数)の選択によって、もみの通過性の改善を計ることは困難であるものとする。これらは供試材料の物理的性質(わらの密度, 含水率, もみの含水率)によって影響されるものであろう。

もみの通過特性は、遠心効果が大きくなればなるほど振幅により影響される傾向が明らかになり、とくに大振幅より小振幅の方が通過性を改善するようである。

2) 累積流下割合と流下速度

累積流下割合は、全流下量を1としてそれぞれの積算時間当り流下量の全流下量に対する割合である。平均流下速度とは、それぞれの累積流下量を所要時間で割った値である。

Fig. 3 (A)(B)は、わら層高さ 6.2cm, 遠心効果1, 2の場合の累積流下割合と平均流下速度との関係である。

平均流下速度は、累積流下割合の増加とともに低下する傾向にある。累積流下割合の比較的小さい範囲(流下初期)においては、振幅によって平均流下速度が左右されるとは言い難いが、大きい範囲(後期)においては小振幅の方が高い平均流下速度となっている。

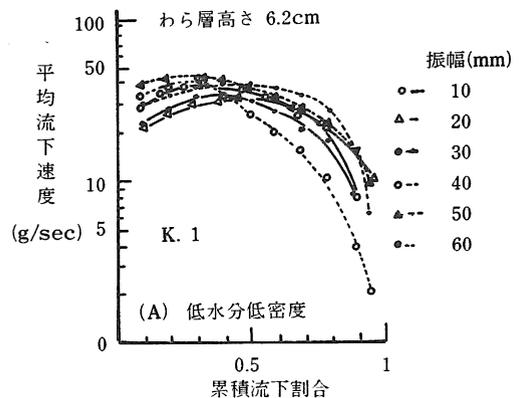


Fig. 3 (A) 累積流下割合と平均流下速度

以上の関係は、流下速度とふるい分け時間との関係を調べることにより明らかになると考えられるので、流下速度とふるい分け時間との関係について検討する。

Fig. 4 (A)(B)(C)は、流下状態が比較的良好とみなされる遠心効果 2.0, 振幅 10, 30, 60mm のときの流下速度とふるい分け時間との関係である。

流下速度とは測定間隔 0.4sec ごとの流下量の平均値である。流下速度はわらの含水率、密度によって異なるが、ふるい分け時間の経過とともにピーク値をとり、その後低下の傾向となる。このピーク値の生ずる時間の早いほど、その後の流下速度の低下も大となり、流下完了はより早期に達成されることになるだろう。これらの場合は、もみの分散性より通過性が大きく影響しているものと考えられる。

3) 遠心効果とふるい分け時間

遠心効果($K = \frac{r\omega^2}{g}$)は、一般的に、ふるい分けにお

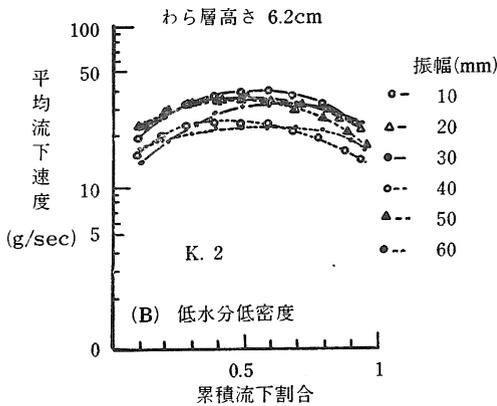


Fig. 3 (B) 累積流下割合と平均流下速度

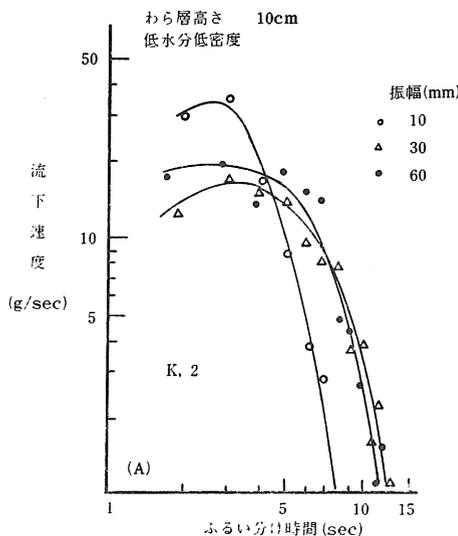


Fig. 4 (A) 流下速度とふるい分け時間

いて振動、振幅を含めた振動の強さの尺度として用いられる。

Fig. 5 (A)(B), Fig. 6 (A)(B)は、累積流下率がそれぞれ 50, 90%, わら層高さ 13, 6.2cm のときの遠心効果とふるい分け時間との関係である。わら層高さ 13cm, 遠心効果 0.5 ではもみの流下は起らない。わら層高さが 62cm では流下は起るが、もみがわら層上に滞留するため全粒子の完全流下は不可能に近い。

累積流下量50%のとき、ふるい分け所要時間は遠心効果の増加とともに減少する傾向にある。また大きい遠心効果では、相対的に小振幅の方が大振幅に比較してふるい分け時間が短い。すなわち通過性が良好であるといえる。

累積流下率が90%のとき、ふるい分け時間は遠心効果の増加とともに著しい減少となり最小値に達し、その後時間の経過とともに増加の傾向がある。しかし、わら層高さ 6.2cm, 振幅 10, 20mm, 遠心効果が 2.5 以上の場合のように、ふるい分け所要時間が減少する傾向になる場合もある。遠心効果が1以下の場合において、長時

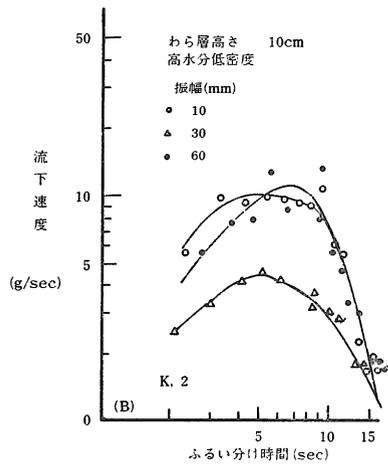


Fig. 4 (B) 流下速度とふるい分け時間

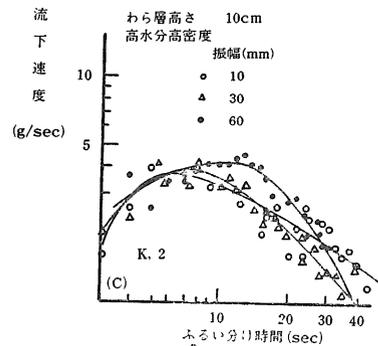


Fig. 4 (C) 流下速度とふるい分け時間

間のふるい分けを必要とすることは、わらともみの間に相対運動が起らないためであり、言い換えれば、わら、もみ、ふるいが同一速度で運動していることによるものであろう。

ふるい分け時間が最小になる遠心効果は、わら層高さ、振幅によって異なるものであり、低いわら層では比較的小さい遠心効果の範囲に、逆に高い層では比較的高い遠心効果の範囲になる傾向がある。

以上の結果より、安定したふるい分けを目的とするならば、むしろ遠心効果の高い範囲での利用、すなわち、高振動数、小振幅の振動条件が推奨されるべきである。

4) ふるい分け時間と累積流下率

Fig. 7 (A)(B)は、わら層高さ 6.2cm, 振幅 10,60mm の場合のふるい分け時間と累積流下率の関係である。

ふるい分け時間と累積流下率との関係は、対数確率紙上でほぼ直線的な関係となる傾向がある。これらの関係は、振動ふるい¹⁾において、粒子が粒子層を通り抜けて網面に達する過程と全く類似の関係である。

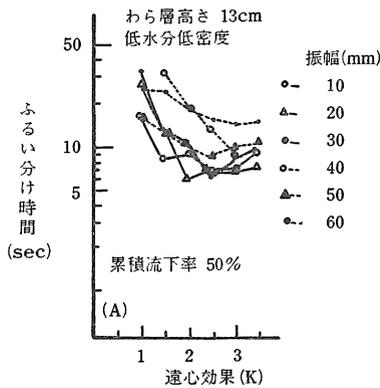


Fig. 5 (A) ふるい分け時間と遠心効果

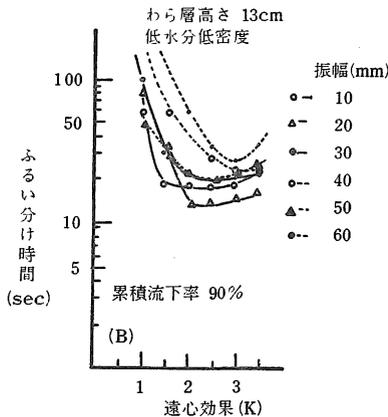


Fig. 5 (B) ふるい分け時間と遠心効果

わら層の中のもみの通過過程は、振動中のわらより受ける振動によりもみは種々な方向に分散されるもので、ただ単に下方向への移送作用のみが働いている場合の運動ではなくして、むしろランダムな運動の下での確率的な通過として考えるのが適当であるだろう。したがって、もみの流下は粒子に作用する重力、もみの下方向へ

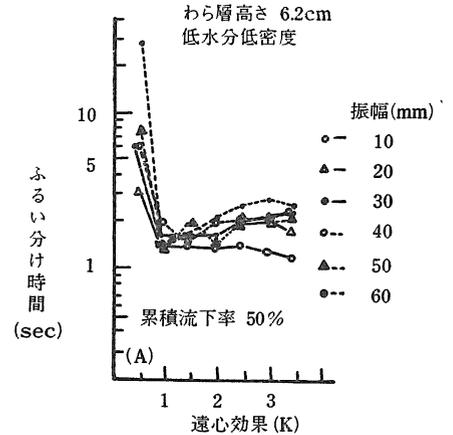


Fig. 6 (A) ふるい分け時間と遠心効果

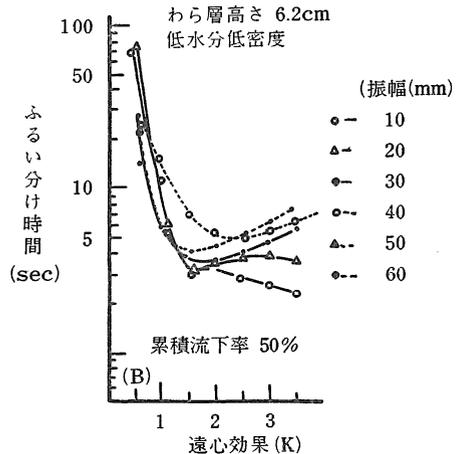


Fig. 6 (B) ふるい分け時間と遠心効果

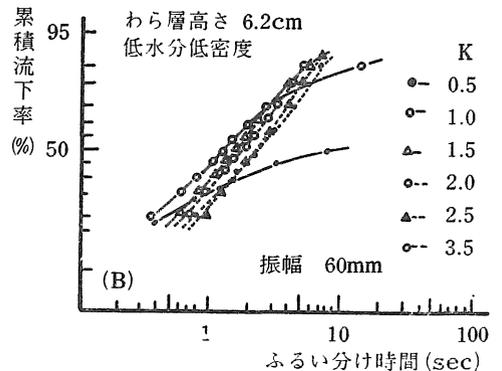


Fig. 7 (A) ふるい分け時間と累積流下率

の反撥分散，振動作用などの種々な影響を受けた結果によるものであるだろう。これらの関係を厳密に求めることは不可能に近いものである。わら層中のもみ通過の過程が，振動中の粒子層を粒子が通過する拡散過程に類似

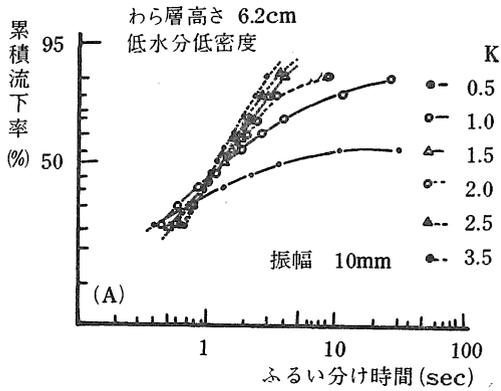


Fig. 7 (B) ふるい分け時間と累積流下率

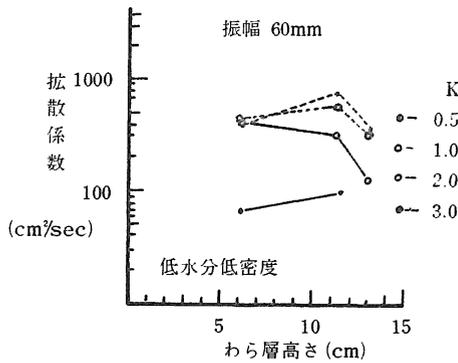


Fig. 8 (A) わら層高さ と 拡散係数

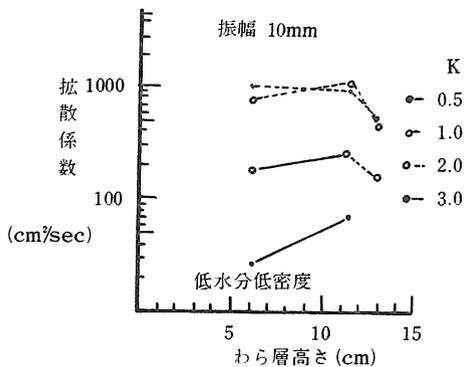


Fig. 8 (B) わら層高さ と 拡散係数

していることから，これらの関係に拡散的な取り扱いをシュミレーションとして用いることは意義あることである。

5) 拡散方程式によるシュミレーション²⁾

供給されたもみがわら層を通り抜ける過程を拡散過程とみなし，拡散するもみが，わらの密度に比例し線形であるとすると，それは半無限の拡散として次のようになる。

$$\frac{\partial C}{\partial t} = \frac{1}{2} D \frac{\partial^2 C}{\partial t^2} \quad (1)$$

D: 拡散係数, C: 濃度

解は,

$$C = \frac{1}{\sqrt{2\pi DC}} \left[\exp\left(-\frac{(z-z_0)^2}{2Dt}\right) - \exp\left(-\frac{(z+z_0)^2}{2Dt}\right) \right] \quad (2)$$

z_0 : もみの投入位置

時間 t までに通過する確率は,

$$W = 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{z_0}{2\sqrt{Dt}}\right) \quad (3)$$

$$\text{ただし } \operatorname{erf}\left(\frac{z_0}{2\sqrt{Dt}}\right) = \frac{2}{\sqrt{\pi}} \int_0^{\frac{z_0}{2\sqrt{Dt}}} \exp(-x^2) dx$$

累積流下率 (ϵ) は, (3)式より近似的に

$$\epsilon \approx W = 100 - 102\gamma \quad (4)$$

$$\text{ただし } \gamma = \frac{1}{\sqrt{2Dt}}$$

$$\text{拡散係数は, } D = \frac{(102 \cdot z)^2}{2 \cdot t(100 - \epsilon)^2} \quad (5)$$

また，連続ふるいの場合の有効網長 (L) は,

$$L = \frac{(102h)^2 V}{2D(100 - \epsilon)^2} \quad (6)$$

V: 移送速度

以上の(5)(6)式より，拡散係数，有効網長の試算が可能になる。

6) 拡散係数，有効網長の試算

Fig. 8 (A)(B)は，振幅10, 60mmの場合のわら層高さ と 拡散係数の関係である。

拡散係数は遠心効果，振幅およびわら層高さにより異なった値になっている。拡散係数はわら層高さが 12cm 以上では低下の傾向となり，そして遠心効果が 0.5 ではその値は 100cm²/sec 以下であった。

Fig. 9 は，わら層高さ 6cm，移送速度 50cm/sec のときの連続ふるいの有効網長とふるい分け効率との関係である。

拡散係数が大きくなればなるほど，有効網長が短く高

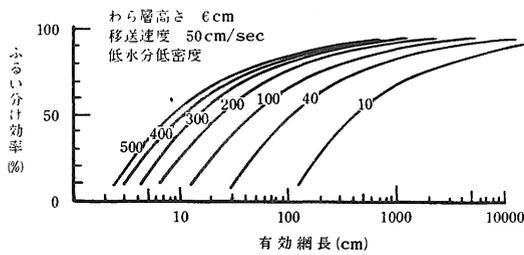


Fig. 9 有効網長とふるい分け効率

いふるい分け性能が得られることが明らかである。

IV. 摘 要

この研究は、わら層中のもみの選別を目的として、上下振動を行なう供試振動実験機を用いて、振動条件（振動数、振幅）によるわら層中のもみの通過性を検討したものである。

主な結果は次のとおりである。

1. わら層中のもみ流下は、供試材料の物理性状によ

って著しく影響を受ける。わらの含水率が大きくなればますます流下抵抗が大となる。

2. 遠心効果が1以下では、長いふるい分け時間が必要である。これらの条件のもとでは、もみがわら層中に停滞する場合が大部分である。

3. 大振幅で高い遠心効果の場合には、もみの反撓運動が大となり、もみの流下が妨げられる傾向にある。

4. もみの通過性は、遠心効果が大きくなればなるほど振幅により影響される。

5. わら層中のもみを分離する振動条件は、小振幅で大振動数である。

6. わら層中のもみの流下をモデル化して、有効網長の推定を試みた。

V. 引用文献

1. 岩尾俊男・田辺一：農業機械学会誌35：192-199, 1973
2. 岩尾俊男・田辺一：島大農研報6：90-102, 1972

VI. Summary

On the objective of separating paddy from straw beds, this study was concerned with flowing properties of paddy through straw beds under vibrating conditions. The experimental vibratory apparatus used took place an approximate sinusoidal motion in the vertical direction.

The main results were as follows :

1. The flowing of paddy through straw beds may be concerned with the difference in the property of materials. Principally the larger water contents of straws are the larger flowing resistances of paddy become.
2. Under the centrifugal effect ($1 > K$), a long screening time is needed. In this condition, it is frequently that the paddy is kept on the surface of straw beds.
3. In the case of high centrifugal effect under large amplitudes, the jumping motion of paddy is so large that the flowing of it is obstructed.
4. As the results of increasing of centrifugal effects, the flowing property of paddy through straw beds may be more and more affected by the magnitude of amplitudes.
5. It is apparent that the reasonable vibratory condition may be large frequencies with small amplitudes.
6. Taking the approximate treatment of the flowing process of paddy through straw beds, the screening length is presumed by mathematical simulations.