

# 粃の静的脱稈性について

小嶋和雄\*・宮地豊房\*\*・池見隆男\*・土居栄城\*

(\*農学部農業機械学研究室・\*\*機械工学研究室)

## Static Hulling Properties of Paddy

Kazuo KOJIMA\*, Toyofusa MIYADI\*\*,

Takao IKEMI\*, Eiki DOI\*

(\*Laboratory of Agricultural Machinery, \*\*Laboratory of Mechanical Engineering, Faculty of Agriculture)

The hulling properties of paddy are much investigated up to date, but the results show different inclinations. This may depend on that it was difficult to get simply the results since a substantial rubber roll or a pendulum type hulling device was used in those tests.

In our tests, the properties are measured statically by a shearing apparatus with a single shear surface, and the results are as follows.

(1) The hulled ratio was about 100% at the vertical load of about 2.4 kg when the hulling direction of paddy was in lengthwise, but in the across hulling the ratio was only 40% at the vertical load of about 3.6 kg. Accordingly, it became clear that the lengthwise hulling was easy to hull considerably.

(2) The hulling energy of a grain of paddy was about 2.1 kg·mm at the hulled ratio of 100% when the hulling direction of paddy was in lengthwise, but in the across was 2.7 kg·mm at the ratio of 40%.

(3) The movement of paddy was 2.1~2.2 mm independently of the hulling direction, the vertical load and the hulled ratio, but only the case which the movement was 2.7 mm under the load of 1 kg, in the lengthwise hulling.

(4) The ratio of the horizontal resistance for hulling to the vertical load, or the coefficient of friction between rubber and paddy, was about 0.5 independently of the hulling direction and the hulled ratio.

## I. 緒 言

粃の脱稈性についてはこれまで多くの研究があるが、必ずしも同一の傾向を示しているとはいえない。

庄司<sup>1)</sup>によると粃が長軸を水平にしてゴムロールに流入する場合が最も脱稈作用が悪い。

最も脱稈性が高いのは護穎を上位にして流入する場合で、次いで護穎上位の斜め方向の流入の場合であるとしている。

中村<sup>2)</sup>は庄司が単粒体について調査したのに対し、流体としてゴムロールに流入するときの姿勢、脱稈作用などについて測定しているが、庄司と同じように、粃が水平方向、つまり横姿勢で流入する場合が最も脱稈率が低く、脱稈率が高いのは護穎を上位にした場合、次いで護穎を下位にした場合つまり縦姿勢が良いとしている。

実験方法は異なるが、岩尾<sup>3)</sup>も同様な結果を得ている。

狩野<sup>4)</sup>が振り型脱稈性能試験機によって測定した結果によると、縦方向が同一間隙において脱稈率は低く、横方向のものは相当広い間隙でも100%の脱稈率を示す。また脱稈率100%に到達する最低所要エネルギーは横方向がはるかに低くなっている。

著者の二人<sup>5)</sup>も脱稈エネルギーは同一間隙で横姿勢の方が小さい結果を得ている。

藺村<sup>6)</sup>は振り型脱稈試験機などは、通常の粃摺ロールとは異なった圧力状態が発生するものと考えねばならないので再考を要するとし、粃の供給姿勢と脱稈性の関係は縦横両姿勢について優劣

は簡単に決められないが、一般に縦に供給した方が発生圧力が安定していて好ましいと述べている。

以上のように20年来ゴムロールによる籾の脱稈性について、各種の試験が数多く行なわれたにもかかわらずその結果はまちまちで、明らかな結論を得るに至っていない。これは籾の形が均一でなく、また品種や含水状況などでその特性が変化するなどに起因するかも知れないが、ゴムロールによって籾の脱稈性およびそれに関連する脱稈エネルギーの測定を正確に行なうのは困難であることを示している。そこでゴムロールによる脱稈と条件は異なるが、一面せん断試験機を用いて籾の脱稈性および脱稈エネルギーを測定したところ2～3の傾向が判明したので報告する次第である。

## II. 実験方法

土の一面せん断試験機（丸東式、SO7b-10型、せん断面の直径5cm）の下のせん断箱にゴム板をはめ込み、籾をその上に乗せ上方よりまたゴム板をあててこの上から垂直に荷重をかけながら下のせん断箱を水平に移動して脱稈した。このときの垂直力、水平力、下方せん断箱の移動量（籾の移動量）を測定し脱稈エネルギーを算出した。

垂直力、水平力の測定はせん断試験機のプルービングリングにストレインゲージを貼付し、自動平衡式記録計に記録した。下方せん断箱の移動量はポテンショメータ（緑測器研究所、LP-50S型、1Kオーム）を取り付け同じように自動平衡式記録計に記録した。せん断箱の送り速度は0.1～0.11 mm/sとした。

装置の外観は Photo. 1 に示す。

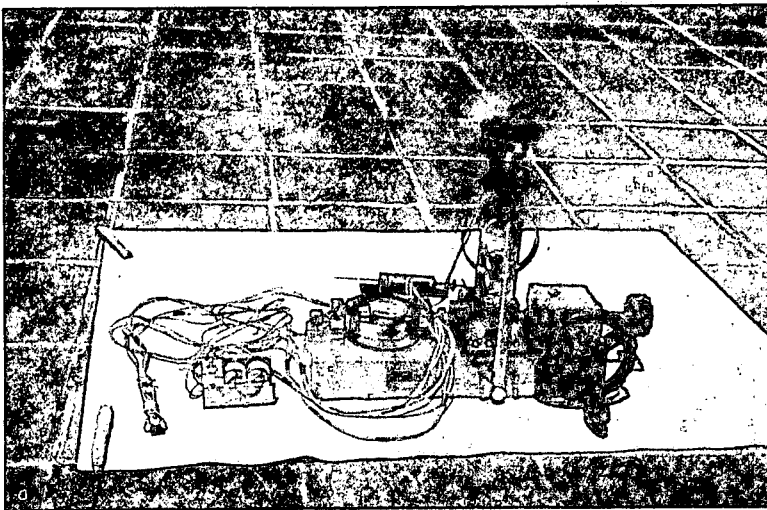


Photo. 1 Experimental apparatus

籾の脱稈方法をも少し詳しく述べると、せん断箱の内径に合致するゴム円板（厚さ10mm、ショア硬度75度）を作り、下方せん断箱の中に微細な砂を入れて上記ゴム板の上縁がせん断箱の上縁と一致するようにした。このゴム板上に籾を乗せさらにその上に同形のゴム板を置いてこの上から垂直力を加えたのであるが、垂直力は直ちに一定値を示さないで、水平力は垂直力の値が安定したのちかけるようにした。

籾の姿勢は移動方向に対して籾の長さ方向が平行な場合（これを脱稈方向縦とする）と、直角な方向の二種類とした。当脱稈方法では護穎の方向、内穎、外穎の方向には無関係であるので、籾は

この点に関しては無作為に置いてよいわけであるが、一応脱稈方向が縦の場合は脱稈を籾の進行方向に向け、横の場合は内籾を籾の進行方向に向けるように統一した。

籾はゴム板上に正三角形の頂点の位置に1粒づつ置き、計3粒を一度に脱稈した。同一種類の試験は30回測定してその平均値を求めた。

垂直力は100%脱稈するまで漸次増加したが、横方向の場合は垂直力に対する脱稈率の値が低く、100%に到達前に上下ゴム板が接触するようになったので、この時点で垂直力の増加を中止した。目標とした垂直力は縦方向の場合 3.0, 4.5, 6.0, 7.5 kg で、1粒当りに換算すると、1.0, 1.5, 2.0, 2.5 kg となるが最初一定の垂直力をかけていても水平力を作用させるに従って変化する。原則的にいえば垂直力の変化は常に調節して一定値をかけるようにすべきであるが、上記の変化の度合は小さく、また試験中常に調節することがむづかしかったので水平力作用中修正せず、全試験行程における平均値を記録線図より求め垂直力とした。

横方向の場合も同じであるが、目標とした垂直力は 7.5, 9.0, 10.5 kg で1粒当たり 2.5, 3.0, 3.5 kg となる。

当脱稈試験はゴムロールによる方法と異なりロール間隙の調節ができない。しかしながら上記垂直力の値はロールが籾に与える法線力に等しいので、垂直力を変えることはロール間隙を変えることに相当する。

園村ら<sup>6)</sup>が籾1粒にかかる垂直力を測定した結果は、ロール間隙 1.9, 1.5, 1.0, 0.6 mm のとき縦方向の場合はそれぞれ約 1.9, 2.4, 4.0, 5.5 kg、横方向の場合それぞれ約 2.0, 2.9, 4.0, 4.4 kg である。これを当実験にあてはめると、縦方向の場合はロール間隙が 1.5 mm までの垂直力、横方向の場合はロール間隙 1.0 mm までの垂直力を加えたことになる。

著者の二人<sup>5)</sup>は Fig. 1 より籾にかかる法線力  $N$  を算出する次の式をみちびいている。

$$N = \frac{RW}{r} \times \frac{1}{\sin 2\left\{\alpha - \left(1 - \frac{c}{r}\right)\varphi\right\}} \quad \dots\dots\dots (1)$$

Fig. 1 において  $A, B$  は半径  $r$  (cm) なるゴムロール、 $C$  は半径  $R$  (cm) なる目盛り加重兼用円板、 $D$  は籾である。円板  $C$  に荷重  $W$  (kg) を加えたときゴムロールは籾  $D$  に  $N$  (kg) なる垂直力が作用する。(1) 式で  $\alpha$  は籾をロール間隙に垂直に入れて静止したとき、籾の曲率中心がロールの中心を結ぶ線となす角度、 $c$  は籾の輪郭曲率半径 (cm)、 $\varphi$  はロール回転角、今ロール回転角 ( $\varphi$ ) とロール表面にかかる荷重 ( $RW/r$ ) の関係を調査した結果を示すと Fig. 2 のようである。Fig. 2 の結果を (1) 式に代入して籾に加わる垂直力を計算すると Tab. 1 のようになる。この表において、籾はロールの回転角が  $5^{\circ}44'$  で脱稈される。当実験に用いた垂直力は縦方向の場合は、上記の計算結果からロール間隙が 0.86~1.28 mm の場合籾にかかる垂直力に大体等しいようであり、横方向の場合はロール間隙 0.86 mm の場合籾にかかる垂直力に近い。以上 2 つの研究結果から考察するに、当実験に用いた籾にかける垂直力の値は縦方向脱稈の場合は実際のロール間隙 (籾厚の約  $1/2$ ) より幾分大きめの場合に生ずる垂直力に等しく、横方向脱稈の場合は大体籾厚の  $1/2$  に相当するロール間隙の場合に生ずる垂直力に等しいといえる。

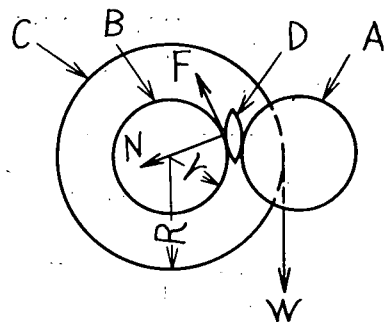


Fig. 1

籾の脱稈の基準としては、(1) 穀と玄米が分離したもの、(2) かるくもむと穀と玄米が分離した

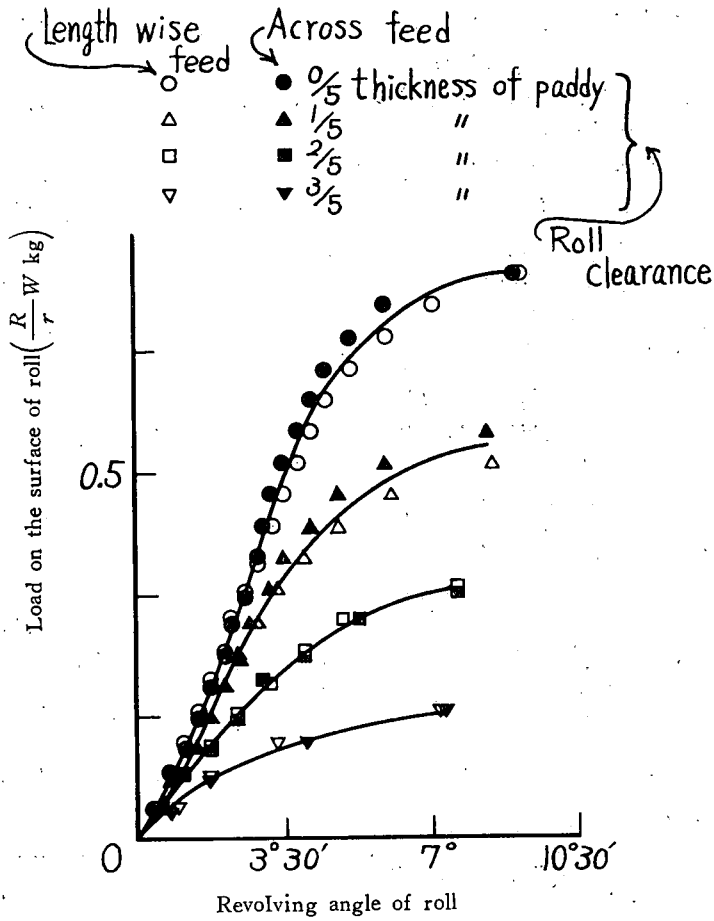


Fig. 2

Tab. 1 Calculation of normal force exerted on the paddy

Roll clearance (mm)	$\alpha$ (°-')	Feeding direction	Revolving angle of roll (°-')	Normal force (g)	W (g)
0.00 (0/5 thickness of paddy)	9 - 43	Lengthwise feed	0 - 38	246	30
			1 - 55	887	95
			3 - 11	1,795	164
			4 - 28	3,030	231
			5 - 44	4,350	264
	9 - 59	Across feed	0 - 38	243	30
			1 - 55	872	95
			3 - 11	1,898	176
			4 - 28	3,250	248
			5 - 44	4,650	279
0.43 (1/5 thickness of paddy)	8 - 50	Lengthwise feed	0 - 38	205	22
			1 - 55	775	74
			3 - 11	1,565	125
			4 - 28	2,450	160
			5 - 44	3,710	180
	9 - 04	Across feed	0 - 38	141	16
			1 - 55	784	76
			3 - 11	1,675	135
			4 - 28	2,725	175
			5 - 44	4,175	198

Roll clearance (mm)	$\alpha$ (°-')	Feeding direction	Revolving angle of roll (°-')	Normal force (g)	W (g)
0.86 (2/5 thickness of paddy)	7 - 40	Lengthwise feed	0 - 38	200	19
			1 - 55	688	55
			3 - 11	1,320	85
			4 - 28	2,200	107
			5 - 44	3,690	122
	7 - 53	Across feed	0 - 38	195	19
			1 - 55	675	55
			3 - 11	1,313	85
			4 - 28	2,220	107
			5 - 44	3,930	122
1.26 (3/5 thickness of paddy)	6 - 23	Lengthwise feed	0 - 38	164	13
			1 - 55	540	34
			3 - 11	1,000	47
			4 - 28	1,760	55
	6 - 33	Across feed	0 - 38	160	13
			1 - 55	534	34
			3 - 11	1,010	47
			4 - 28	1,830	55

もの、(3) 穀の半分以上が分離したものを、脱稈米とした。

供試籾は昭和44年高知県産の初錦で、含水率は14±0.5%であった。籾の厚さにかなりのばらつきがみられたので、厚さ2.10~2.30mmのものをマイクロメータで測定選別した。

脱稈エネルギーは次式により算出した。

$$E = \alpha \cdot \beta \cdot \gamma \cdot A \quad \dots \dots \dots (2)$$

$E$ : 脱稈エネルギー (kg・mm),  $\alpha$ : 水平力に関する係数 (kg/mm),  $\beta$ : ポテンシオメータの係数 (mm/mm),  $\gamma$ : オツシログラフの水平目盛に関する係数 (mm/mm),  $A$ : オツシログラフ上で籾が脱稈するまでに水平力線図が占める面積 (mm<sup>2</sup>)

籾に一定の垂直力をかけながら水平力を働かせると、せん断箱の移動にともない水平力は上昇する。脱稈方向が籾の縦方向の場合は脱稈による水平力の減少がオツシログラフ上に明らかに現われるので、脱稈の終了が確認でき脱稈終了までに水平力線図が占める面積を測定すればよい。100%脱稈しないときは水平力線図の最終位置の決定がむづかしいが、予備実験の結果からこれ以上水平力を加えても全粒脱稈しない限度が大体判明しているのでこれによった。脱稈方向が横の場合は縦の場合ほど明らかでないが、それでも脱稈された場合は水平力線図は下降するので、これを目安とし、全粒脱稈しない場合も縦方向の場合と同じ方法をとった。

水平力線図が占める面積を測定しても、これを直ちにエネルギー値とはできず、チャートの送り速度に応ずる水平距離の修正、水平力、せん断箱の移動量にキャリブレーション係数を乗ずる必要上脱稈エネルギーは(2)式によって算出した。

### III. 実験結果および考察

#### (1) 垂直力と脱稈率の関係

籾にかけた垂直力と脱稈率の関係は Fig. 3 のようである。全般的に籾にかかる垂直力が増加するほど脱稈率は上昇している。これは前述のように垂直力の増加はロール間隙の縮小を意味するので当然といえる。

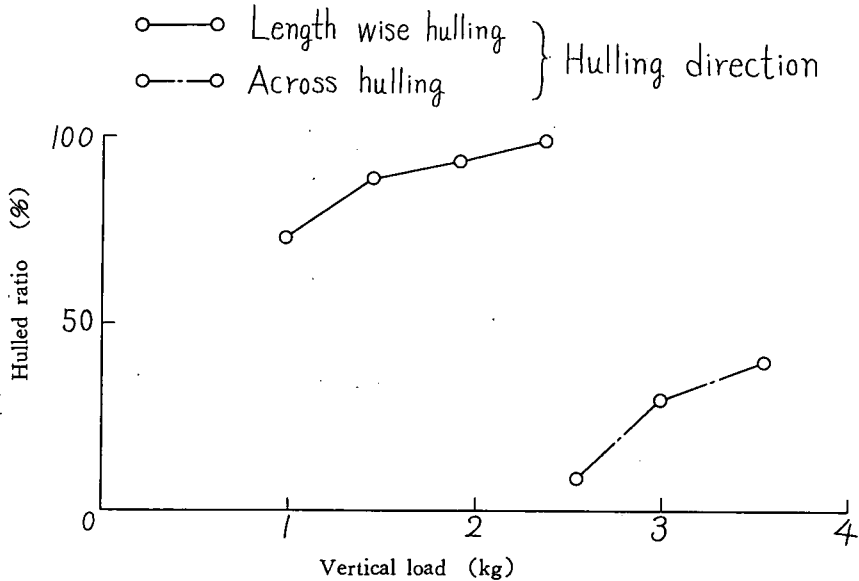


Fig. 3 Relation between vertical load and hulled ratio

脱稈方向が縦の場合は垂直力が 2.370 kg で脱稈率 98.9%を示している完全脱稈といえる。

垂直力 2.370 kg はどの程度のロール間隙のとき生ずるかを藺村ら<sup>6)</sup>の実験結果より考察すれば約 1.5 mm に相当している当実験の脱稈方法がロールによる脱稈の場合より脱稈しやすいようである。

脱稈方向が横の場合は縦の場合より著しく脱稈し難く、垂直力 2.543 kg で脱稈率はわずかに 8.9%、3.553 kg でも 40.0%を示すに過ぎない。これ以上垂直力を増加すると上下のゴム板が接触するようになるので、100%脱稈にはどの程度の垂直力を要するかは不明である。藺村ら<sup>6)</sup>によると垂直力 3.553 kg はロール間隙約 1.2 mm に相当し初厚の $\frac{1}{2}$ に近いので、ロールによる脱稈の場合粉が横方向に流入するときは、一般にその 40~50%しか脱稈されないとみてよいであろう。庄

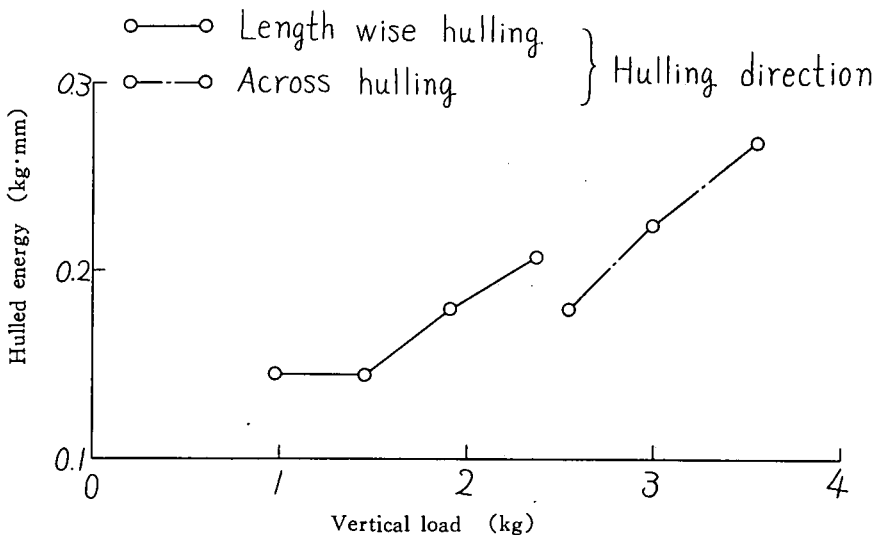


Fig. 4 Relation between vertical load and energy

司<sup>1)</sup>, 中村<sup>2)</sup> のロールによる実験も大体同じような結論を得ている。

(2) 垂直力と脱稈エネルギーの関係

籾にかけた垂直力と脱稈エネルギーの関係は Fig. 4 のようである。

脱稈方向が縦の場合垂直力 0.976 kg (脱稈率 73.3%) のとき脱稈エネルギーは 0.145 kg・mm, 垂直力 2.370 kg (脱稈率 98.9%) のとき脱稈エネルギーは 0.208 kg・mm である。横方向の場合は垂直力 2.543 kg (脱稈率 8.9%) のとき脱稈エネルギーは 0.181 kg・mm, 垂直力 3.553 kg (脱稈率 40.0%) で脱稈エネルギーは 0.269 kg・mm である。垂直力と脱稈エネルギーの関係のみからみれば, 同一垂直力の場合脱稈エネルギーは脱稈方向が縦の場合と横の場合とは大差ないか, かえって横の方が少ないように見えるが, 脱稈率を考慮すれば明らかに横の方が脱稈エネルギーは大きい。

脱稈エネルギーの値を狩野ら<sup>4)</sup> や著者の二人ら<sup>5)</sup> の実験値と比較するに, 脱稈方向と脱稈の難易の傾向は全く逆の結果を示しているので直接の比較は困難と思われるが, 狩野らの値は当実験値の  $\times 10^2$  のオーダーでかなり大きい。著者の二人らの結果はロール間隙が籾厚の  $\frac{2}{5}$  のとき 33~37 gr・cm で当実験値に近い。どちらが真の値に近いかは不明であるが, 実験装置, 方法, 実際の脱稈所要馬力の面から考えると著者の二人の値や当実験値の方が実際に近いと思われる。

(3) 籾の移動距離

脱稈時の籾の移動距離は Fig. 5 のようである。籾の移動距離は脱稈方向が縦の場合垂直力が

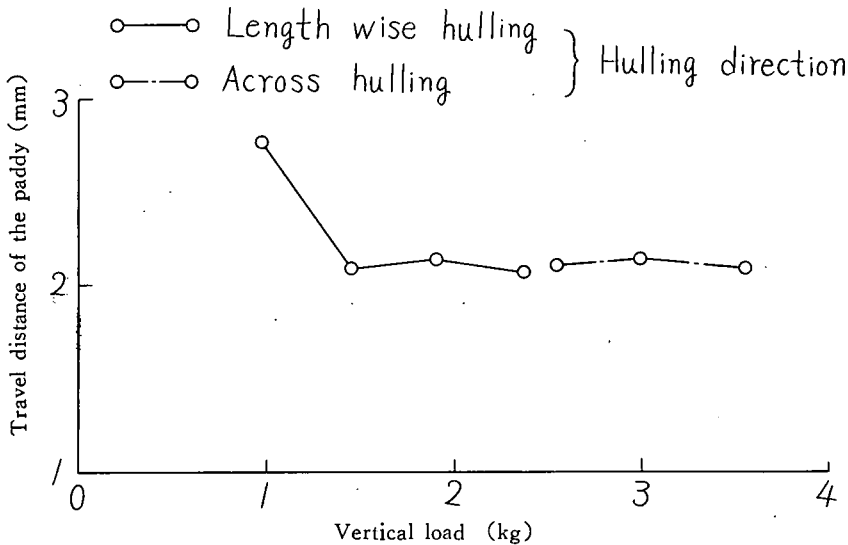


Fig. 5 Travel distance of the paddy by hulling

0.976 kg (脱稈率 73.3%) のとき 2.71 mm とわずかに大きい外は脱稈方向, 垂直力の大小に関係なく大体 2.10~2.20 mm の範囲内にある。横の場合は 2 mm 以上の移動距離つまりずれ量を与えても 100%脱稈はむつかしいと思われる。もちろん籾の移動量の増加により幾分か脱稈率の向上ははかれると思うが, 脱稈エネルギーの増加, さらに肌ずれ, 胴割れの増加をきたすので賢明な方法とはいえない。

(4) 垂直力と水平力の関係

籾にかけた垂直力と脱稈に要する水平力の関係は Fig. 6 のようである。これは籾とゴム板の摩擦係数となるが, 水平力が垂直力より小さく, 籾の脱稈方向, 脱稈率の大小に関係なくその値は約 0.5であった。藪村ら<sup>6)</sup> によると完全脱稈された場合の両者の比は, ロール間隙が小さい場合は当

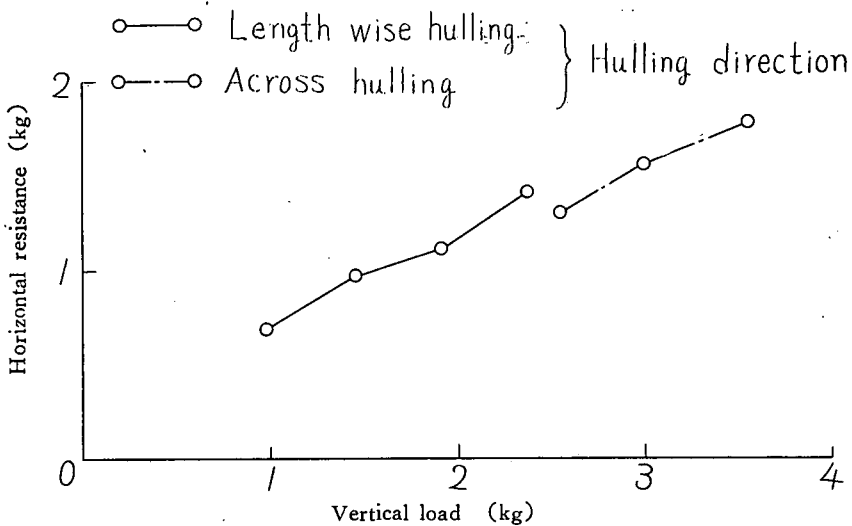


Fig. 6 Relation between vertical load and horizontal resistance

実験と同じように水平力が垂直力より小さく、その値は速度差26.6%のとき0.9~0.4くらいで平均約0.7であり当実験値に近い値となっている。

#### IV. 摘 要

籾の脱稈性についての研究はこれまで数多くあるが、必ずしも同一の傾向を示していない。これは現物のゴムロールを用いたり、振り式脱稈装置を用いているので脱稈現象が複雑となり、単純に脱稈性の良否を判定しがたいためと思われる。そこで土の一面せん断試験機を利用して静的に測定したのでその結果を報告する。

(1) 籾の脱稈方向が縦の場合は、垂直力約 2.4 kg で脱稈率はほぼ 100% になるが、横の場合は垂直力約 3.6 kg で脱稈率は40%にすぎず、縦方向が著しく脱稈しやすいことが判明した。

(2) 1粒当りの脱稈エネルギーは脱稈方向が縦の場合、100%脱稈で 2.1kg・mm であるが、横の場合は脱稈率40%で 2.7 kg・mm を要した。

(3) 籾にかかる垂直力と籾の移動距離の関係は、縦方向脱稈の場合垂直力 1 kg の場合 2.7mm であった以外は脱稈方向、垂直力、脱稈率の大小に関係なく 2.1~2.2 mm であった。

(4) 籾にかかる垂直力と脱稈に要する水平力の関係、つまり籾とゴム板の摩擦係数は、水平力が垂直力より小さく、脱稈方向、脱稈率の大小に関係なく約 0.5 であった。

#### 参 考 文 献

- 1) 庄司英信：ゴムロール機構による籾粒の脱稈性と脱稈率に関する研究，農機誌，第11巻，第2号，昭24，p. 50~55.
- 2) 中村忠次郎：籾摺機の改良に関する実験的研究，岩手大学農学部，昭36，p. 215~223.
- 3) 岩尾俊男：籾摺機の研究，農機学会関西支部報，昭34，p. 21~25.
- 4) 狩野秀男ほか：籾摺機に於ける脱稈率の向上に関する研究，新農林社資料室，昭34.
- 5) 宮地豊房・土居栄城：ロール型脱稈機構に関する2，3の知見，高知大学学術研究報告，第13巻，自然科学Ⅱ，第11号，昭39.
- 6) 藪村光雄・川村 登：籾摺ロールの脱ぶ作用力に関する研究（第2報），農機誌，第22巻，第3号，昭35，p. 103~106.

(昭和45年9月18日受理)