

菜豆の裂莢性および子実の破碎性に関する試験

誌名	北海道農業試験場彙報
ISSN	00183415
巻/号	98
掲載ページ	p. 74-79
発行年月	1971年3月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波事務所
Tsukuba Office, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council Secretariat



菜豆の裂莢性および子実の破碎性に関する試験

阿部 篤郎* 我妻幸雄* 長田 進* 西田 初生*

CRACKING OF KIDNEY BEAN PODS AND BEANS UNDER MECHANICAL LOADING

By Tokuro ABE, Yukio AZUMA, Susumu NAGATA and Hatsuki NISHIDA

I 緒 言

農産物の機械収穫および搬送・処理過程で、機械的荷重に対する収穫物の性質が問題となる。この点について一部の農産物ではすでに研究されているものもあるが、豆類についての研究は少ない。

豆類については、刈取り(またはピックアップ)過程での機械的衝撃による裂莢に起因するほ場損失を防ぐこと、脱穀過程では未脱損失をできるだけ減少させること、また、脱穀・搬送過程では子実の破碎による損失を防止することが必要である。

本試験は、菜豆の裂莢性および子実の破碎性を明らかにして、これらの作業工程を改善するための資料を得る目的で行なった。

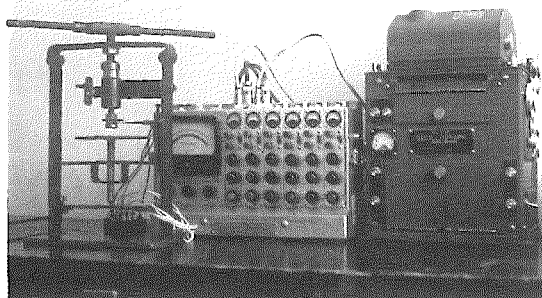
試験を行なうにあたり、実験装置の製作に御尽力いただいた業務科森俊夫技官ならびに本稿を御校閲いただいた畑作部長戸田節郎技官に深甚の謝意を表す。

II 試験材料および方法

1. 子実の破碎試験

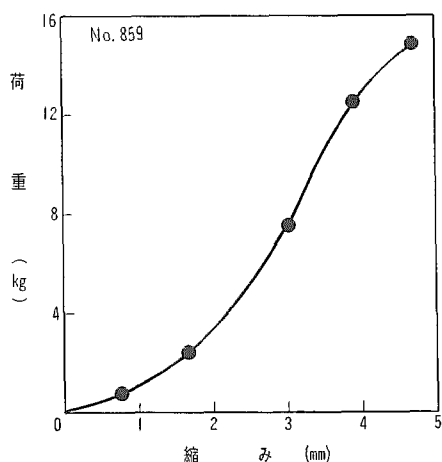
(1) 静荷重による子実の破碎試験

菜豆「大正金時」「大手亡」を供試して、第1図に示す実験装置によって子実の臍の方向から垂直に圧縮荷重を加



第1図 子実の破碎試験器 (ストレインメータ電磁オシログラフに接続した状態)

えて破碎し、ストレインメータおよび電磁オシログラフで荷重と縮みを記録した。記録紙を読み取って、荷重—縮み図(第2図)をえがき、この面積を測定して子実の破

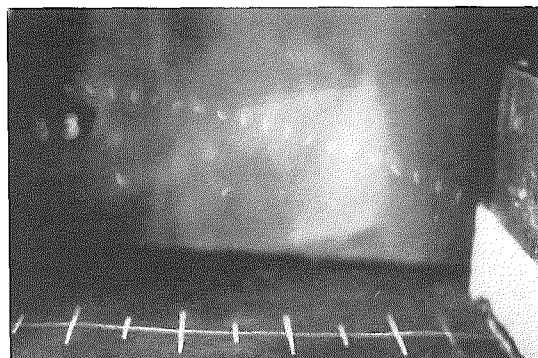


第2図 静的な圧縮荷重において破碎にいたるまでの荷重—縮み図(「大正金時」)

碎に要するエネルギーを求めた。子実含水率は通風乾燥(60°C)24時間の後98°C24時間乾燥によって材料を個別に測定した。

(2) 衝撃荷重による子実の破碎試験

試験には菜豆「大正白金時」,「大正金時」,「大手亡」を



第3図 衝突前後の子実のストロボスコープ写真

* 畑作部 機械化栽培研究室

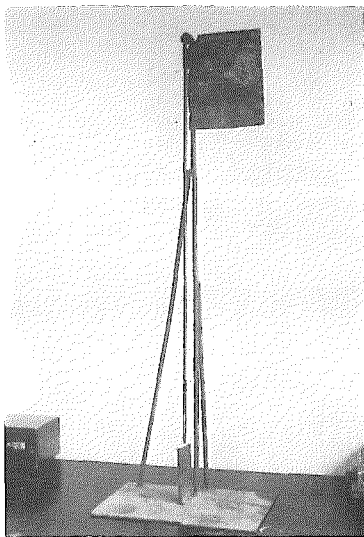
供試した。

「大正白金時」を用いた実験では、子実をゴムバンドにはさみ、種々の速度で投射して固定壁(鋼製ブロック)に垂直に衝突させた。同時にストロボスコープを発光して上方および側方から写真撮影し、衝突前後の速度を求めた(第3図)。衝突後の材料は回収して破砕の有無を調査し、98°C、48時間乾燥によって含水率を測定した。

また、「大正金時」「大手亡」についてはあらかじめ上記と同様の方法でゴムバンドの伸びと衝突直前の速度との関係を求めた後、所定の速度で衝突させた。子実含水率は上記と同様に測定した。

2. 裂莢試験

菜豆「大正金時」「大手亡」を供試した。裂莢試験には、振り式の裂莢試験器(第4図)を作成し、振り先端に供試莢を針で止



第4図 振り式の裂莢試験器

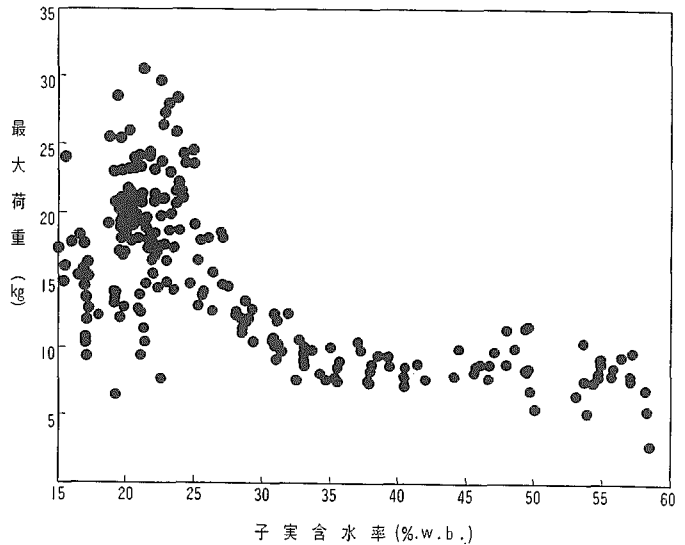
めて振りおろし、最下点で固定壁に衝突させた。試験に先立って、種々の持ち上げ角から振りおろしたときの、最下点での振り先端の速度(莢の固定壁への衝突速度)を求めておいた。試験時には振り重心位置に対する供試莢重量の影響は無視した。固定壁への莢の衝突方向は、莢縫合面に対して垂直方向とした。

III 試験結果および考察

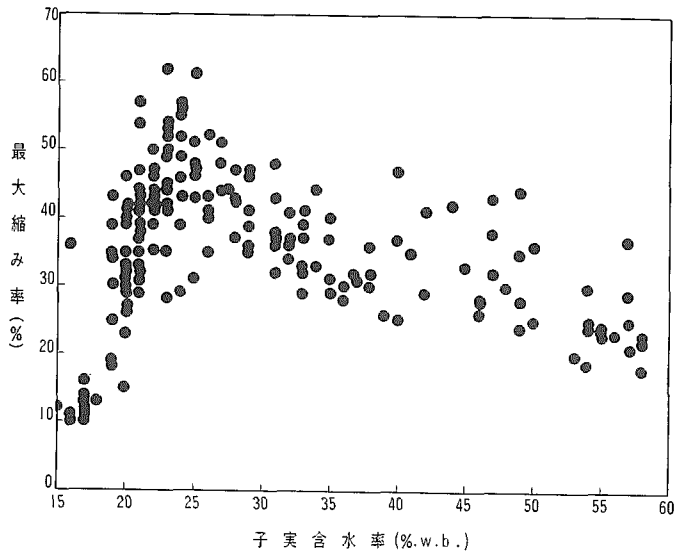
1. 子実の破砕試験

(1) 静荷重による子実の破砕

荷重——縮み図の破砕にいたるまでの全面積(全仕事量)



第5図 子実含水率と最大荷重との関係(大正金時)



第6図 子実含水率と最大縮み率との関係(大正金時)

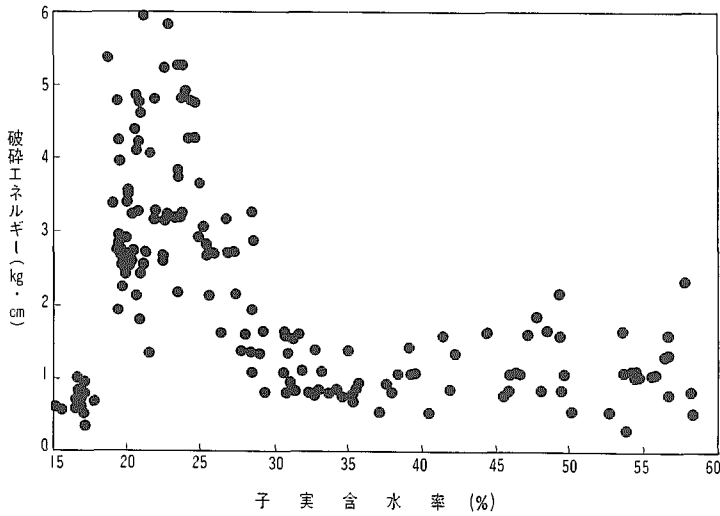
を子実の破砕エネルギーとみなし、子実含水率と破砕エネルギーの関係について実験した。

実験時の圧縮速度とその変異は第1表に示した。

第1表 圧縮速度とその変異

品 種	項 目	供試粒数	圧縮速度 (mm/sec)	同変異係数 (%)
大 正 金 時	項目	188	0.66	27.8
	供試粒数			
大 手 亡	項目	92	0.47	24.0
	供試粒数			

⁵⁾ ZOERBらは Yellow dent corn について実験し、圧縮速度を変化させると、降伏点および圧縮強さは変化するこ



第 7 図 圧縮破砕における子実含水率と破砕エネルギーとの関係 (「大正金時」)

とを認めているが、その影響は大きくはない。本実験も、第 1 表に示した程度の圧縮速度の変異は圧縮強さに大きな変化を与えないと考えて行なった。

「大正金時」の圧縮強さ(最大荷重)および最大縮み率を含水率に対してプロットすると、第 5, 6 図に示したように特徴的な分布を示した。この結果、これらと函数的な関係を示す破砕エネルギーは第 7 図に示したようにきわめて特徴的な傾向を示した。すなわち、子実含水率 30% 以上では破砕エネルギーはおおむね 1~2 kg·cm の範囲にあり、ほぼ一定であったが、20~25% 付近では破砕エネルギーが急激に増加する傾向が認められ、最大値は約 6 kg·cm に達した。子実含水率が 20% 以下では含水率低下にしたがって破砕エネルギーは急激に減少し、15% 付近では 1 kg·cm 以下となった。以上の結果から、「大正金時」の子実は、含水率 30~60% の範囲では子実含水率のいかんにかかわらず破砕に対する抵抗性は変化しないが、20~25% では急激に抵抗性が増加し、20% 以下では含水率の低下とともに急激に抵抗性が減少することが推察される。

「大手亡」の実験結果は第 8, 9, 10 図に示した。これも「大正金時」の結果と同様な傾向を示したが、破砕エネルギーのレベルは「大正金時」より若干低く、最大値は約 5 kg·cm、子実含水率 30% 以上ではおおむね 1 kg·cm 以下であった。「大正金時」と「大手亡」の間の破砕エネルギーレベルの差は、子実の大きさの差によるものと考えられる。

えられる。

(2) 衝撃荷重による子実の破砕

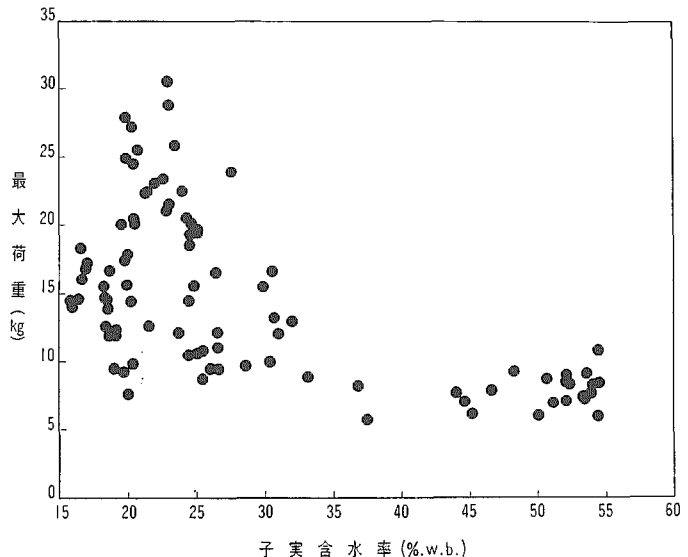
「大正白金時」の子実含水率と衝突速度、破砕との関係は第 11 図に示した。破砕が発生しはじめる衝突速度(破砕発生速度)は子実含水率によって異なった。すなわち、子実含水率 45% 付近からしだいに上昇して、25% 付近でピークを示し、その後は下降した。破砕発生速度は 40~50% 以上では低く、約 15 m/s であったが、ピーク付近では 35~40 m/s と推定され、この部分で破砕に対する抵抗性が急激に増加する傾向を示した。また、20% 以下では急激に低下した。

第 11 図において、破砕発生速度付近にあたる破砕粒の衝撃破砕エネルギーを求めた。近似的に、衝突の直前、直後の運動エネルギーの差(衝突時の消費エネルギー)を衝撃破砕エネルギーとみなして計算した。

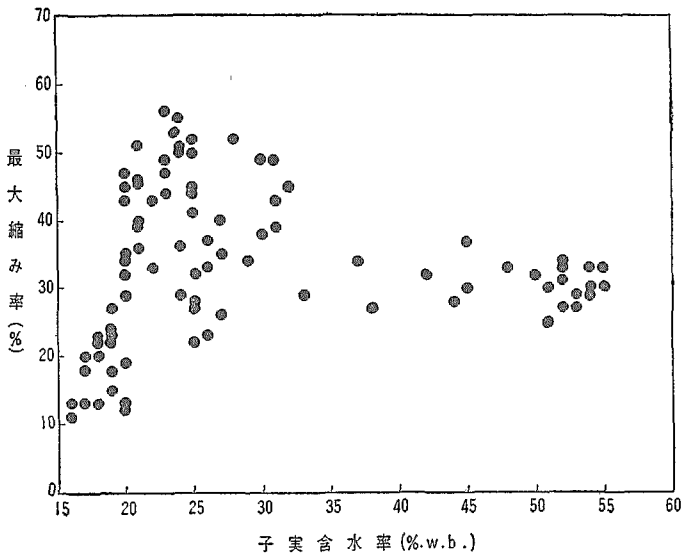
$$E_c = \frac{W(v_1^2 - v_2^2)}{2g}$$

- ここに E_c : 衝撃破砕エネルギー
- W : 子実の重量
- v_1 : 衝突直前の運動速度
- v_2 : 衝突直後の運動速度
- g : 重力の加速度

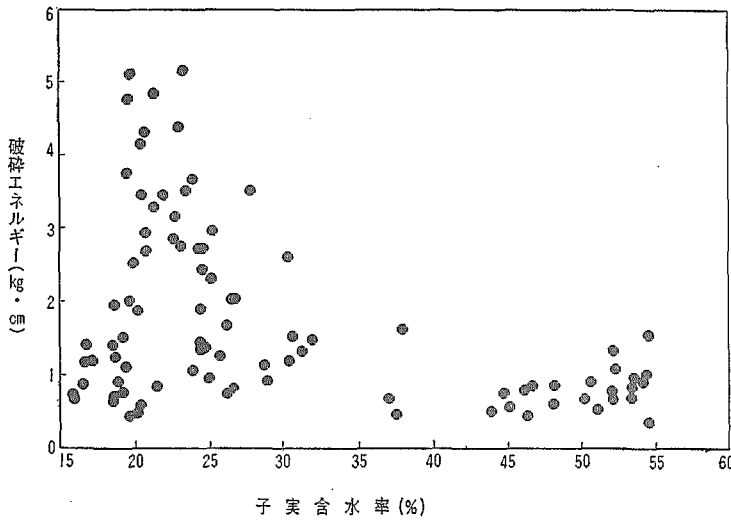
衝突直前、直後の運動速度は、上方および側方から同時に撮影したストロボスコープ写真から次のように計算した。(第 12 図参照)



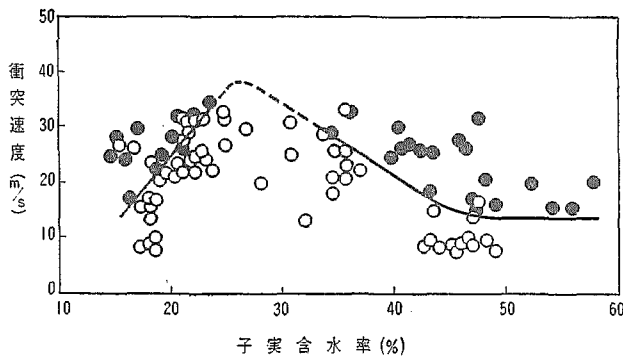
第 8 図 子実含水率と最大荷重との関係 (大手亡)



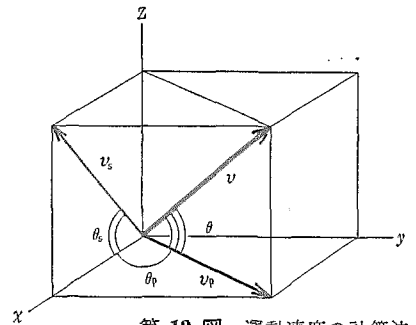
第9図 子実含水率と最大縮み率との関係 (大手亡)



第10図 圧縮破碎における子実含水率と破碎エネルギーの関係 (「大手亡」)



第11図 子実含水率、衝突速度と子実の破碎との関係 (「大正白金時」)
(黒点が破碎した子実)



第12図 運動速度の計算法

$$\tan \theta = \frac{v_s \sin \theta_s}{v_p}$$

$$v = \frac{v_s \cos \theta_s}{\cos \theta \cdot \cos \theta_p}$$

ここに v : 運動速度

v_s : v の x, z 平面投影

v_p : v の x, y 平面投影

θ : x, y 平面からの v の偏角

θ_s : x 軸からの v_s の偏角

θ_p : x 軸からの v_p の偏角

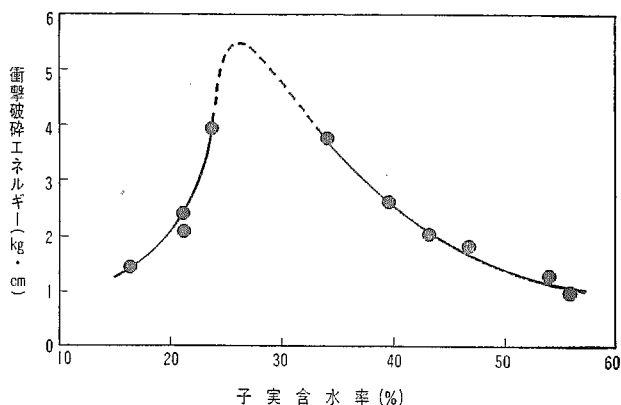
結果は第13図に示したように、衝撃破碎エネルギーは子実含水率25%付近でピークを示し、ピーク値は5~6 kg·cmと推定された。この結果は、前述の静的な圧縮破碎試験の結果とほぼ同様な傾向を示し、また、破碎に要したエネルギーのレベルもおおよそ近似的な値を示した。

以上のように、破碎エネルギーが子実含水率25%付近でピークを示す菜豆子実の特徴的な傾向は、静的な破碎、衝撃破碎のいずれにおいても認められた。

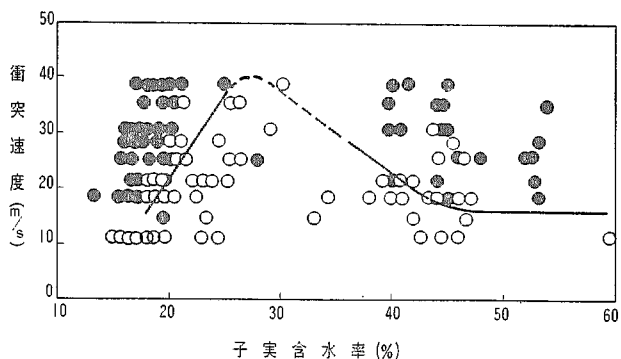
「大正金時」、「大手亡」を供試して、子実含水率と破碎発生速度との関係について試験し、結果を第14, 15図に示した。「大正金時」「大手亡」共に測定値が若干不足であったが、第11図に示した「大正白金時」の実験結果ときわめて似た傾向を示した。いずれの品種でも、20~30%の間に破碎発生速度のピークが認められた。両品種とも「大正白金時」同様、子実含水率15%以上では衝突速度15 m/s以下のとき破碎の発生する危険はきわめて少なくなることが明らかである。

2. 裂莢試験

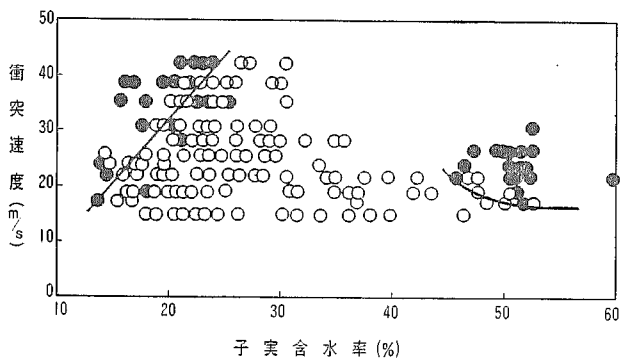
「大正金時」「大手亡」を供試して莢含水率、衝突速度と裂莢の有無について実験を行なった。衝突速度は振子の持ち上げ角



第 13 図 子実含水率と衝撃破砕エネルギーとの関係
(「大正金時」)



第 14 図 子実含水率、衝突速度と子実の破砕との関係
(「大正金時」)



第 15 図 子実含水率、衝突速度と子実の破砕との関係
(「大手亡」)

を変化させて 3.1~5.3 m/s の範囲で行なった。

「大正金時」では裂莢の発生速度 (y) は莢含水率 (x) と直線的な関係 ($y = 0.5x - 5.5$) を示し、莢含水率の低下にもなって裂莢の発生速度は低下する傾向を示した。また、「大手亡」においても「大正金時」と同様、裂莢の発生速度は莢含水率と直線的な関係を示したが ($y = 0.5x - 3.1$),

莢含水率が同じであれば「大正金時」よりも「大手亡」の裂莢発生速度が大きな値を示した。

IV 摘 要

菜豆の機械収穫・搬送・処理過程で、子実の破砕性あるいは裂莢性が問題となる。本試験は、菜豆の子実、莢の機械的特性を明らかにするため、子実に対しては静荷重および衝撃荷重をあたえ、莢に対しては衝撃荷重をあたえて裂莢性および子実の破砕性について下記の結果を得た。

1. 子実に静的な圧縮荷重をあたえて破砕したとき、破砕にいたるまでの仕事量 (子実の破砕エネルギー) は、子実含水率と密接に関係し、25%付近にピークを持つきわめて特徴的な分布を示した。ピーク値は 5~6 kg·cm であった。
2. 子実に衝撃荷重をあたえて破砕したときの子実の破砕エネルギーは、静荷重による実験結果とおおよそ同様な傾向を示した。子実の運動速度を 15 m/s 以下とすれば広い範囲の子実含水率において衝突による破砕の危険はきわめて少なくなると考えられる。
3. 莢を固定壁に衝突させたときの莢含水率と裂莢発生速度との関係は直線的で、莢含水率が低下するにしたがって裂莢発生速度は低下した。

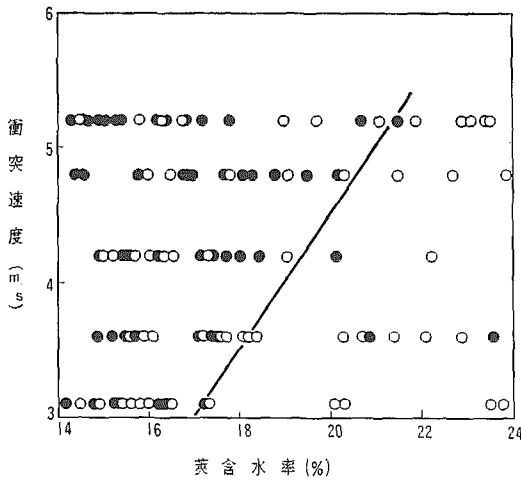
参 考 文 献

- 1) GELALD, C. Z. (1967): Instrumentation and measurement techniques for determining physical properties of farm products. Trans. ASAE, Vol. 10.
- 2) 北・農・試・農業物理部(1956): 昭和 31 年度試験成績書。
- 3) KIRK, I. W. and H. E. McLEOD (1967): Cotton seed rupture from static energy and impact velocity. Trans. ASAE, Vol. 10.
- 4) PERRY, J. S. and C. W. HALL (1965): Mechanical properties of pea beans under impact loading. Trans. ASAE, Vol. 8.
- 5) ZOERB, G. C. and C. W. HALL (1960): Some mechanical and rheological properties of grains. Jour. Agr. Engr. Res., Vol. 5.

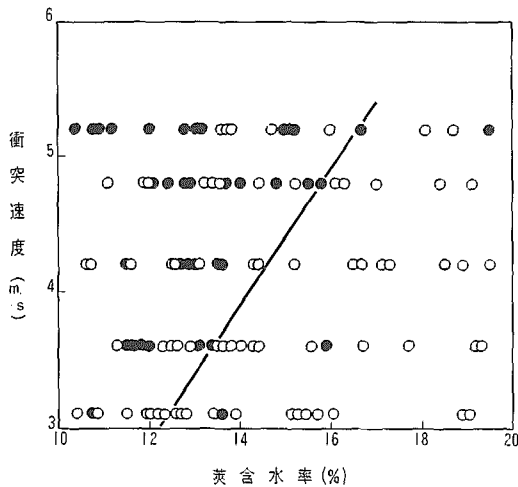
Summary

It is necessary to obtain a better understanding of mechanical properties of beans and pods for the improvement of mechanical harvesting, handling and processing practices of kidney beans.

The present paper deals with the cracking energy of



第16図 莢含水率、衝突速度と裂莢との関係
(「大正金時」)
(黒点が裂莢した莢)



第17図 莢含水率、衝突速度と裂莢との関係
(「大手亡」)

beans under static and impact loadings, and also the allowable impact velocity of the pods at different moisture content of both beans and pods.

Results may be summarized as follows:

1. According to a compression loading test with two varieties of kidney beans, using an apparatus as shown in Fig. 1, the cracking energy of beans under static loading was closely related to their moisture content and showed a peculiar distribution. As shown in Fig. 7 and 10, the cracking energy reached a peak of about 5-6 kg-cm at a moisture content of about 25% (wet basis).

2. In an impact loading test, the energy absorbed by cracking a bean was assumed to be nearly equal to a quantity of kinetic energy depression at the impact, so the following equation could be applied:

$$E_c = \frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$$

where E_c is kinetic energy absorbed by cracking a bean, m is a mass of the bean, and v_1 and v_2 are velocities of bean just before and after impact.

The energy absorbed was calculated with the equation for cracked beans which were distributed on the border of the cracked and uncracked range in Fig. 11.

As a result (Fig. 13), it was found that the energy peak and cracking energy absorption were almost the same as those obtained in the static loading test.

The allowable impact velocities were determined with two varieties of beans (Fig. 14 and 15).

3. By using a pendulum-type impact tester (Fig. 4), the allowable impact velocity showed a linear relation to the moisture contents of pods at a velocity range of 3.1-5.3 m/s (Fig. 16 and 17).