

## 豆類脱穀機の脱穀特性

山 島 由 光\*

### Investigation of Factors on the Beans Threshing

Yoshimitsu YAMASHIMA

本試験では畑作地帯の重要な作目である豆類を対象として、作付規模および収穫条件にみあった収穫機を開発することをねらいとして、実験機を試作し、とくに子実損傷を生ぜしめる要因の抽出、また脱粒、分離性能さらに損失の有無などについて検討を行なった。

その結果まず子実損傷を発生させる要因としては、子実含水率とシリンダ回転速度の影響が極めて大きく、反面、シリンダツース形状、原料の供給量は比較的小さいことを明らかにした。

次にシリンダの脱粒率についてはツース形状の影響が大きい、英含水率、シリンダ回転速度との関係は明確さを欠いた。さらにストロウオカの分離性能ではツース形状が異なっても、ほとんど影響がなく同様の傾向を示した。

また、未脱穀莢とささり粒など、通常損失とみなされるものの発生についてはツース形状、シリンダ回転速度と強い関係が当然認められ、とくに未脱穀莢の発生はワイヤーツースで多いことを知った。

しかしささり粒は英含水率が異なっても少ないことを認めたが、ストロウオカのユニットの形状、作動方法との関係については未検討である。

### 緒 言

北海道における豆類作付面積は 122,400 ha で、畑作総面積の 36.3%ときわめて高く(1970年度)、畑作専業地帯の重要な作目、農家経営上大きなウエイトを占めている。

豆類の栽培は道内でも特に十勝、網走地域が主産地で、品質の点でも他の地域に比べて優れていることが明らかにされている。

ところで近年十勝、網走をはじめとする畑作地帯における機械化技術進歩は非常に目覚しく、根菜類などはほとんど一貫機械化栽培されているといっても過言でない。しかしながら豆類については刈取作業がビーンハーベスタによって機械作業におきかわっただけに過ぎず、収穫乾燥調整部門は依然として刈取後にお積乾燥、脱穀選別調整、袋詰出荷など人力依存度の高い作業に終始しているのが実情である。

このように収穫時の一貫機械化がおこなわれている理由としては、豆類はそれぞれの種類によって特有の性状

を有していること、すなわち菜豆、小豆では、一般に収穫適期に達していても、莢実の熟度が不均一であるなどがあげられる。従って刈取後直ちに脱穀すると子実損傷をおよび損失を生じ、さらに色沢の汚損など、子実品質の低下を招き、これが直接消流時の販売価格に大きな影響を与えるためである。

このため圃場内に仮集積して、長期間自然条件による乾燥を必要とする関係から現状においてはどうしても連続作業は困難であるものと考えられる。

しかしながら現状の収穫体系における乾燥部門を、人工的な操作によって、もし解決がはかれるならば、組立作業の単純化、能率の向上、さらに完全機械処理など可能性が期待できることになる。

豆類の収穫脱穀乾燥などに関する研究は過去においてきわめて乏しく、一部収穫時の子実損傷に関する研究が多少散見するのみで十分な解明がなされていない<sup>2)</sup>。さらに乾燥などの分野に関して成果が乏しい。

以上のことから筆者等は、豆類の機械化収穫を取り上げる中で、一方法として考えられ刈取脱穀機、すなわち豆用コンバインの製作を試みているが、その前段として実験機を用いてシリンダ形状シリンダ周速度と

1975年2月7日受理

\* 北海道立十勝農業試験場 河西郡芽室町

子実損傷、損失量との関係および脱粒分離、性能ならびに問題点の究明などについて、種々検討を行ない若干の成果を得たのでここに報告する。

本研究を取りまとめるに当り北海道立十勝農業試験場 楠隆氏に本稿の校閲を賜った。また研究の遂行に際し、終始有益な示唆をいただいた、中央農業試験農業機械部長 斎藤 亘氏の各件に深謝する。

なおこの研究を行なうに当り一部は豆類基金協会から援助をいただいた。ここに報告し、お礼申し上げる次第である。

## 研究経過

豆類の脱粒に関する実験は1969年から予備試験として始めたが、豆類は多種におよんでいるため、機械処理を前提とした場合、裂莢および子実損傷が比較的発生しやすい品種を選び、これに対して機械の適応性を高めることが重要になる。したがって一連の実験で供試した品種は、一般に作付面積が多く、さらに品種の性状を考慮に入れると子実損傷および裂莢が他のものよりやや高く、大粒の性状を示す大正金時が適当しているものと考え、これを供試材料として選定した。

1969年は品種選択などの少量脱穀に用いられる系統用小型脱穀機を使い、圃場から毎日刈取った3株(約5~6本)を3秒間投入し、その時の子実損傷および裂莢度合について検討を行なった。

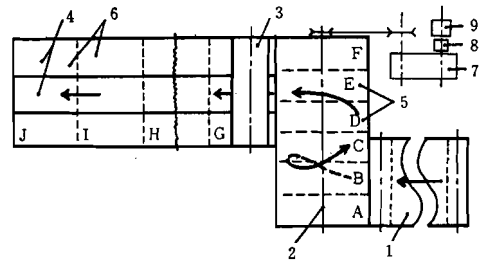
その結果、子実含水率が20~25%間で子実損傷は最小になることを明らかにした。しかしこの含水率の前後においてはいずれも損傷度合は高まった。すなわち子実の乾燥が進み、含水率が20%以下では半分は破碎するものが大部分で、子実含水率15%では損傷率が50%にもおよんだ。また子実含水率が25%以上の未熟、不乾子実については子実の変形、圧碎、ちぎれなどの部分的な損傷なり、子実含水率40%で損傷率は3~5%認められた。さらに裂莢率では成熟期前10日で80%を示し、成熟期で95%強と成熟期に達していても未熟莢と完熟莢が混在していることが明らかになった<sup>3)</sup>。

## 試験方法

### 1 実験機

供試した実験機の行程略図を図1-1、図1-2に示したが、この型式は1969年の予備試験で得られた成果を基にして試作したものである。

すなわち供試材料の通過方式を軸流型とし、シリンダへ投入した材料はシリンダ外周を回転しながら移動



- 1 供給コンベヤ 2 シリンダ 3 ビータ
- 4 ストロウオカ 5 シリンダ下部サンプル受箱
- 6 ストロウオカ下部サンプル受箱 7 変速機
- 8 動力測定装置 9 動力源

注 A, B, C……Jは下部に装置したサンプル受箱記号である。

図1-1 供試実験機(脱穀工程平面図)

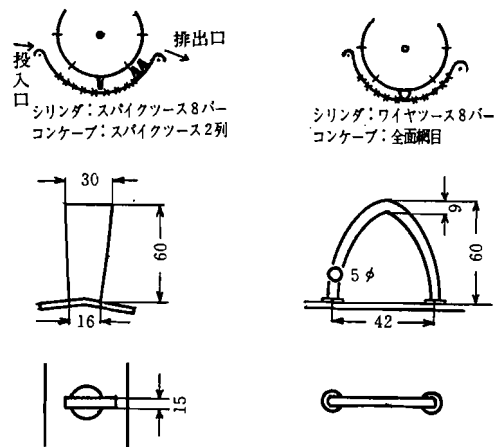


図1-2 供試シリンダのツース形状(単位 mm)

する。その間にシリンダ(扱胴)とシリンダ下部のコンケーブ(受網)によって衝撃あるいは摩擦作用が加えられ、裂莢し、子実は下部へ落下する。その他のものはストロウオカ(分離装置)を経て機外へ排出する機構を有している。

したがって完熟莢、未熟莢が混在している状態のものを脱穀する場合、完熟莢のみを裂莢させ、未熟莢は損傷を与えずに機外へ排出させるなどの作用が容易である。

さらにシリンダツース(扱胴に植込まれている爪)の衝撃度を比較するため、シリンダ(長さ1,100mm 外径540mmφ)をスパイク(ナタ刃状爪)ワイヤ(山形状爪)の2種類を随時交換可能にし、シリンダ回転数も増減速できるようにした。

またシリンダ後部にストロウオカ(長さ1,500mm

×幅 200 mm×3 連)を備え、必要な分離面積が検討できるようにした。これらシリンダ、ストウオカで脱粒、分離した子実はその下部で採集するためサンプル受箱を装置した。

## 2 方法および計画

1970, 1971 年の 2 ケ年にわたって行なったが、試験に当っては全く同様の方法を用いた。すなわち実験機を室内に定置し、供試材料を供給コンベア(長さ 8,000 mm×幅 400 mm)上に定量(2 畦用ビーンハーベスタが作業速度 1.0 m/s で走行した時の処理量)を載せ、シリンダへ投入を開始してから終了迄を一試験とした終了後は脱粒、分離量、未脱粒、ささり粒については全量調査を行なったが、子実損傷については受箱に採集した量の半量を調査した。

## 試験結果

### 1 シリンダツース形状、周速度および供給量が子実損傷に与える影響(1970年)

図 2 はシリンダツース形状すなわちスパイクおよび

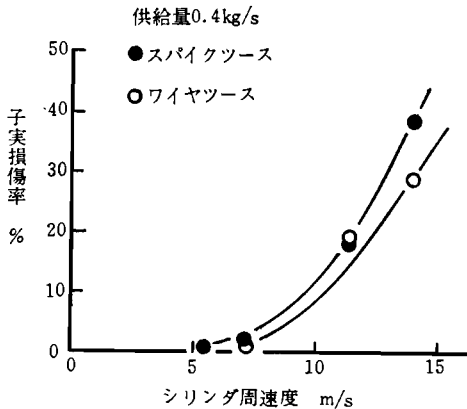


図 2 シリンダツース形状、周速度と子実損傷率  
ワイヤツースを用いて子実損傷率との関係をみたものである。スパイク、ワイヤともにはほぼ同様の傾向を示したが、全般的にワイヤが若干低下した。しかし両ツースともに周速度 7 m/s 近辺から子実損傷率が急激に高まり、周速度 7 m/s で 1~2% であったものが 10 m/s になると 8~10% 認められた。ただしこの時の供試材料の子実含水率は 22.3% であった。

したがって、子実損傷の点からシリンダ周速度を決定しようとする場合、7 m/s かそれ以下が適当しているものと推論できる。またツース形状については実用時の耐久性を考慮するとワイヤよりもスパイクが優れるものとする。

次に子実損傷を発生させる要因として脱穀部の流量

シリンダ：スパイクツース  
シリンダ周速度：11.4 m/s

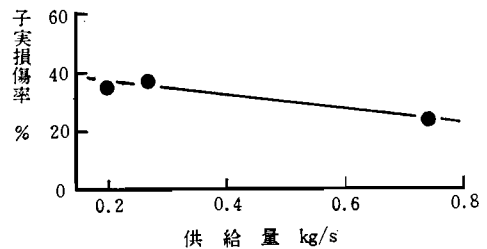


図 3 供給量と子実損傷率の関係

すなわち供給量があればられる。そこで供給量と子実損傷の関係を図 3 に示した。

供給量を 0.2 kg/s から 0.8 kg/s へ増加してゆくと子実損傷率は若干減少する傾向がある。これは供給量を高めるとシリンダ内部で材料間の緩衝作用が生ずるためであるものとする。

ただしこの時のシリンダ周速度は 11.4 m/s と多少高い値で行なったため当然子実損傷率は相対的に大きくなっている。

以上のことから供給量の差が子実損傷に与える影響はきわめて小さいがむしろ、供給量を高めると子実損傷が発生しにくいことが認められた。

さらに子実損傷に関してのシリンダ条件としては、当然ツース本数の影響が考えられるが、これらの件に関しては 1971 年に行なった。

すなわちシリンダのツース植込み本数が多ければ多いほど脱穀材料との接触頻度が高くなり、脱粒率が大きくなるが、反面子実損傷の可能性が増すことになる。試験ではツース本数を 176 本と半分の 88 本を用いた。

ここでシリンダ周速度を 5~10 m/s の範囲内にした。下限を 5 m/s に設定した理由としては、既存脱穀機のシリンダ周速度が 5~6 m/s 間か、それ以下になると成熟莢でも未脱穀莢として機外に排出されることが明らかにされているからである。これは結果として損失量を増すことになり、子実の損傷および損失との関係を考慮すると 5 m/s が当然限界になるであろう。

また上限の 10 m/s については 1970 年の結果で明確である。

結果を図 4 に示した。シリンダ周速度を高めて行くと子実損傷率は増大するがこの傾向はすでに 1970 年に得られている。ツース本数 176 本とツース本数 88 本を比較してみると後者で若干子実損傷率が減少したが、差は顕著なかつた。すなわちシリンダ速度が 6.0 m/s 前後で子実損傷率はツース 176 本、88 本ともに

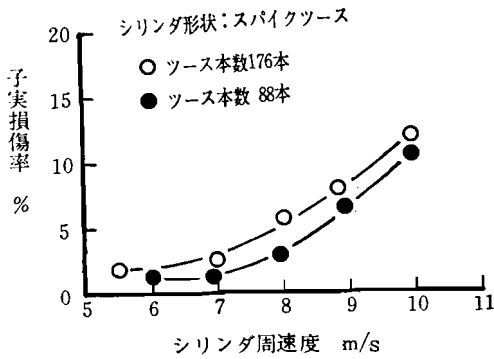


図4 スパイクツース本数とシリンダ周速度

1.5%と極めて低くなることが認められた。

これらは、ツース本数が多くても少なくとも子実損傷率に与える影響はやや小さいことを現わしている。ただしこの性能は供試材料の子実含水率によって多少変動を生ずることが考えられる。

2 シリンダ、ストロウオカの脱粒、分離性能とその分布

次に供試実験のシリンダ下部には脱粒子実を採集するため6ケの受箱を装置した。

そのためシリンダ内で脱粒した子実は受箱に落下し、各位置での脱粒量が明確になる。脱粒子実中の損傷粒についての分布をみたものが図5である。

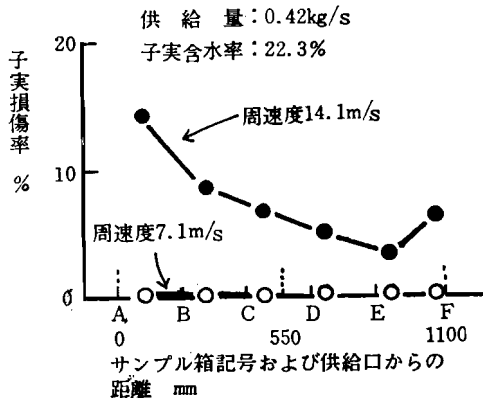


図5 シリンダ下部における脱粒子実分布率

シリンダ周速度を14.1, 7.1 m/sで行なった比較では、当然周速度が高いと損傷率は大きくなり、損傷粒の大半は供給口側が高く、遠ざかるにしたがって減少する傾向がある。しかしながら周速度が7.1 m/sと小さくなると損傷率は全般的に極めて少なくなり、供給口からの距離に関係なく、ほぼ同量で経過していることがわかる。これは子実損傷を起す要因としては周速度の影響が大きいことを示し、周速度が遅くなると、

子実がシリンダツースに数回接触しても子実損傷が出にくいことを表わしている。

以上の通り子実損傷の面から種々分析検討を加える可能な限り損傷量の減少をはかることに主体において実験を進めてきた。しかしながら実作業では脱粒率をできるだけ高めることが必要条件になる。このことは圃場走行時において損失量を最小限に止めることと背反の関係にある。

そこで実験機を基にして豆用コンバインの各主要部の能力を推定するために、シリンダおよびストロウカの処理能力と分布量について検討を加えた。

図6に英含水率2種類を用いてシリンダの脱粒率およびストロウオカの分離をみたものである。図中横軸

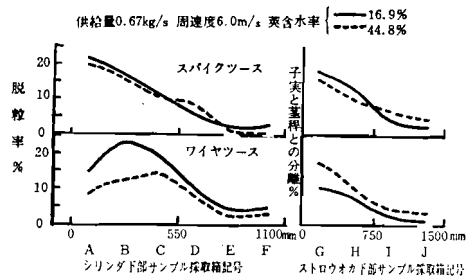


図6 シリンダ、ストロウオカ下部における脱粒および分離子実の分布

のAからF迄はシリンダ下部の受箱で、A, Bがほぼ供給口になる。またGからJ迄はストロウオカ下部の受箱になり、各位置で分離された子実がこの受箱で得られる。すなわちこの分布を検討することにより、シリンダでの脱粒、ストロウオカの分離が的確に行なわれているかどうか明らかになる。

このことからスパイクツースの作用をみても、英含水率が異なってもABブロックの供給口位置で全体の45%が脱粒し、次第に減少してF位置では1~2%と極端に少なくなった。しかしワイヤツースではスパイクツースの作用とは若干異なり英含水率が高くなると供給口よりも内部での脱粒率が高まった。この現象はツース形状の影響であろうと推定される。

またストロウオカでの分離についてはシリンダに近い位置ほど分離量は多くなった。この傾向は、通常普通型コンバインの分離性能でも明らかであり、遠ざかるにしたがって低下する。

なわちスパイクツース、ワイヤツースともに同じ様相を示し、J位置での分離量は2~3%に止まった。さらに機外に排出したさきり量は前述した通り英含水率に関係なく全般的に少ないことを確認している。

またシリンダ周速度との関係を図7に示したが周速

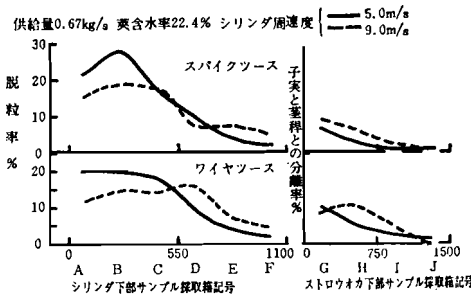


図7 シリンダ、ストロウオカ下部における脱粒および分離子実の分布

度 5.0 m/s, 9.0 m/s で行なった場合である。スパイク、ワイヤツースともに分布は同様の傾向を示し、周速度差による分布量については明確さが得られず、この周速度の範囲内では脱粒分布はほとんど変化が生じないものとする。

これらのことから莢含水率が脱粒率に及ぼす影響はワイヤツースで若干認められたが、スパイクツースでは莢含水率に多少差があっても脱粒率は高くなった。

またストロウオカの分離性能はツース形状に全く関係なく、スパイクツース、ワイヤツースともにほぼ同様の傾向が認められたが、シリンダ周速度との関係については明確さを欠いた。

3 シリンダツース形状、シリンダ周速度と未脱穀率およびささり損失の関係

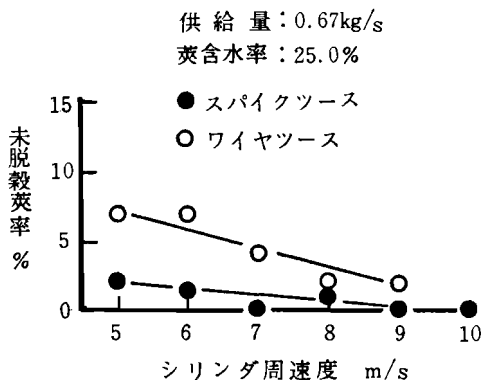


図8 シリンダ周速度と未脱穀率

図8より明らかであるが、未脱穀率はシリンダ周速度の増加によってともに減少する傾向があるが、ワイヤツースは既存の脱穀機などに用いられている山形の爪で、スパイクツースとは全く形態が異なる。(図1-2参照) すなわち材料に対しての接触角度が多少小さくなるようにしてあるため、未脱穀発生量が高くなる。ワイヤツース周速度を9.0 m/sに増加してもスパイクツースの周速度5.0 m/s時とほとんど同様の

結果を得た。

したがって乾燥が悪く、半熟莢が多いような材料条件においては、ワイヤツースを用いると、強制裂莢を防止し、子実品質の均一化がはかれるものとする。またスパイクツースではシリンダ周速度が9.0 m/sから5.0 m/sに低下しても未脱穀率の発生は少なく、ツース形状の効果は極めて高いことを示している。

これらのことからシリンダツース形状、シリンダ周速度が未脱穀損失に及ぼす影響は著しいことが認められた。さらに莢含水率が異なると多少差が生ずるものとする。

供給量：0.67 kg/s  
周速度：6.0 m/s

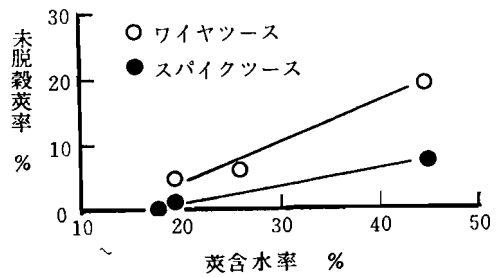


図9 莢含水率と未脱穀率

供給量：0.67 kg/s  
周速度：6.0 m/s

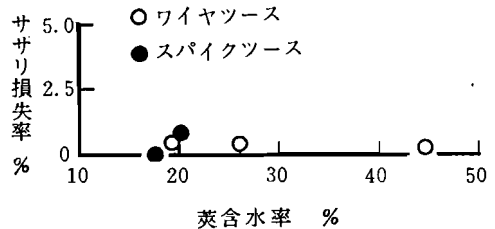


図10 莢含水率とササリ損失率

図9は未脱穀率、図10はささり損失について莢含水率との関係をみたものである。未脱穀率損失は莢含水率が減少すると少なくなる傾向を示すが、この傾向はスパイクツースがワイヤツースより顕著であった。すなわち 莢含水率が20%近辺になると未脱穀率はほぼ0に近くなる。これは莢、子実ともに成熟している、脱粒率が高くなることを意味している。未脱穀率は可能な限り少なくなることが望ましく、この点を考慮しながら実用時の耐久性も考えに入るとワイヤツースよりもスパイクツースが効果的であろうと推論できる。

一方ささり損失については莢含水率が高くて低く

でも損失はほとんど同様な値を示し、極めて少ないことを認めた。

通常ささり損失はシリンダ通過後、機外へ排出する迄の過程で分離されずに茎葉に混入して損失となるもので、これには分離に要する長さおよび分離幅、すなわちストロウオカの面積が関与する。ストロウオカの長さとしさり損失については水稻で背反の関係があることが報告<sup>4)</sup>されている。また小麦では少しくらい長くしてもあまり変わらないことが認められているので、ある一定以上の長さよりむしろ形、振動の影響が大きいたことが考えられる。ストロウオカが過度に長くても移動トラブルなどの問題を生じるので、兼ね合いが大切であろう。

本供試実験機はストロウオカ長さが1,500 mmで、3連の交互作用を与えている関係で分離に要する面積が広くなり、莢含水率に関係なくささり損失が少なくなった。したがって、極めて良好な作用が得られたものとする。

## 考 察

本試験は1969年に予備的な試験を行ない、1970、1971年の2ケ年にわたって試作実験機を用いて、特に子実損傷、損失量の発生要因の究明を行ない、さらに脱粒特性ならびに分離性能について種々検討を行なった。

### 1 子実損傷

豆類は粒形、色沢が販売時の価格決定に直接影響をおよぼすため、できるだけ脱粒時の子実損傷を少なくすることが望ましい。

豆類とくに子実はそれぞれ固有の性質をもち、衝撃、摩擦などの物理的な作用には弱く、きわめて簡単に損傷を生ずるが、これらは人為的な操作でも大部分防止することが可能であるものとする。

供試品種は前述したごとく本試験を通じて豆類の中でも特に機械脱穀に対する適応性の低い菜豆(大正金時)一品種を選定した。1969年では子実含水率が子実損傷に与える影響についてみたが、子実損傷に極めて強い関係があり、子実含水率20~25%近辺で最小値を示した。

図2はシリンダツース形状(スパイク、ワイヤ)の違いによる子実損傷は若干認められたが、子実損傷発生要因としては比較的小さい。しかしシリンダ周速度については顕著に現われ、周速度6~7 m/s近辺が損傷発生のはげ点になるものとする。

また1970、1971年で、図3に示した供給量の増減と

の関係を見た。その結果子実損傷を起す要因としては比較的小さいことを明らかにした。さらにシリンダツース本数についても同様で図4に示したごとく、ツース本数差が子実損傷率に与える影響は小さいものとする。

以上のことから子実損傷について考察すると、子実含水率、シリンダ周速度が発生要因の主なものとして指摘でき、その他は比較的小さい。すなわち脱粒時の材料乾燥度とシリンダの回転速度を考慮することにより子実損傷は最小限に止めることが可能になる。

### 2 脱粒、分離性能

一般にシリンダの脱粒率は高いことが要求されるが、脱粒に関しては莢含水率、シリンダ周速度が直接関係する。図6、7はそれを示したもので、莢含水率が高くても、スパイクツースは供給口で大半脱粒してしまうのに対して、ワイヤツースは移動過程での脱粒が特に優った。

さらにF位置すなわちシリンダの片隅での脱粒率はきわめて少なかった。

また分離率は莢含水率、周速度が異なってもほぼ同様の傾向を示し、I、J位置は特に少なかった。

これらのことから実験機の脱粒、分離性能について判断すると、シリンダの処理能力は十分認められ、F位置での脱粒が少ないことから考えるとむしろ若干シリンダ長さが短くても脱粒に大差がないことを確認した。

さらにストロウオカも同様のことがいえるが、実用機の連続的な処理を考慮すると分離に要する長さは実験機が有する長さ程度は必要であろうと考える。

### 3 損 失 量

供試実験機で対象となる損失は末脱穀莢、ささり損失で、末脱穀率率はシリンダの脱粒性能、ささり損失はストロウオカの分離性能にそれぞれ影響を受ける。

末脱穀率率はシリンダツースの形状および莢含水率の差によって異なるが、その結果については図8、9に示した。すなわちシリンダツース形状ではツースの形状の面からスパイクがワイヤよりも損失量は減少し、シリンダ周速度が大になると、その効果は一層高まった。

また莢含水率との関係ではスパイクで効果が高く、莢含水率が低くなるとスパイク、ワイヤともに末脱穀率率は低下する傾向がある。

さらにささり損失については図10に示した通り、莢含水率に関係なく全般的に低下した。

したがって損失量について考察すると、シリンダ

ース形状はスパイクツースが適当で莢含水率は低いほど脱粒率は高まり損失量が少なくなった。

#### 引用文献

- 1) 常松 栄 1973：農業機械化の知識第2巻 畑作，酪農，稲作編，編集委員会 農業技術研究会。
- 2) 阿部篤郎，我妻幸雄，西田初生 1969：豆類の機械収穫適期の推定，農業機械学会 第28回講演要旨。
- 3) 北海道立十勝農業試験場 1971：農業機械科試験成績書。
- 4) 江崎春雄 1968：コンパインの性能向上に関する研究，農業機械化研究所報告書。

## Investigation of Factor on Beans Threshing

Yoshimitsu YAMASHIMA\*

### Summary

Some experiments were tried for the investigation of factors on beans threshing by using kidney beans variety (Taisho-kintoki); the following are the results obtained.

1 It was found that damage on a grain is influenced by its moisture content.

2 The shape of a cylinder and its feed rate constitute a comparatively slight factor as to the degree of damage on a grain.

3 Grain damage increased rapidly when the circuit velocity of the cylinder exceeded 7.0 meters per second; grain damage varied depending of the number of the cylinder tooth; when the circuit velocity was 6.0 meters per second, grain damage was 1.5 % in each case.

4 In case a pod had a lower moisture content, an unthreshed loss was 1.5 % at the spike teeth, and 5.0 % at the wire teeth. And no separating loss was less than 1.0 % when a pod had a moisture content from 18.5 % to 46.0 %.

5 When a special axial-flow-type thresher was used, distribution or damage on a grain due to threshing was not recognized to depending on the differences in the moisture content of a pod or the circuit velocity of a cylinder. However the differences in damage occurred, more or less, as a result of differences in the type of the tooth of a cylinder, and the separating efficiency of a straw-worker, which was indicated to have the same tendency under different testing conditions.

---

\* Hokkaido Prefectural Tokachi Agricultural Experiment Station, Memuro, Hokkaido, 082, Japan.