

自脱型コンバインの生脱穀に関する研究 (第1報)

脱穀作用について

石原 昂・寺田 優*

(鳥取大学農学部農業機械学研究室)

Studies on Wet Threshing by Small Combines with Self-feeding Type Thresher

I. Function of Threshing

Akira ISHIHARA and Masaru TERADA

(Department of Agricultural Machinery, Faculty of Agriculture, Tottori University)

Recently, small combines with a self-feeding type thresher have been introduced to many farmers in Japan. Grains were threshed under wet conditions in those combines. Therefore, the grain threshing process containing high moisture became very important. In this paper, the authors compared four kinds of small combines and six kinds of threshers with regard to each dimension of structure.

The performance of wet threshing was compared continuously with that of dry threshing, and also, the threshing power required was studied theoretically and experimentally.

緒 言

近年、自脱型コンバインの普及につれて、刈取り脱穀を同時に行なういわゆる生脱穀が行なわれるようになってきた。この生脱穀は従来の慣行脱穀法に比べて極めて能率的であるから、今後ますます普及するものと考えられる。しかるに、現在の自脱型コンバインの脱穀部および生脱穀兼用の自動脱穀機は、従来の乾燥扱ぎ用の脱穀部をそのままかあるいは改良してあるにしてもその極く一部を改良しているにすぎず、生脱穀特有の構造的諸条件が余り考慮されていない。したがって、生脱穀時には、選別不良、調整不良、機内の詰まりなどによる所要動力の増加や機体の著しい損傷などの問題が起こる。本研究は、これらの生脱穀における諸問題を定量的に究明するために行ったもので、脱穀作用と選別作用とを別々に検討した。本報ではその内脱穀作用について報告する。

市販脱穀機、自脱型コンバインの脱穀部についての現物調査

調査対象としては、全自動脱穀機6機種、自脱型コンバイン4機種を選定した。そして、(1)歯杆形状(歯杆の種類、寸法、数、配列法、回転間隔、重複数など)、(2)受網(受網の種類、目開き、線径、有効漏下面積、受網と歯杆先端との間隔、受網の垂線前後における扱胴包囲角など)、(3)扱胴(扱胴直径、幅、形状など)、などの各項目について計測した。

これらの調査結果より、全自動脱穀機と自脱型コンバインの脱穀部の類似点、相違点をまとめると次の如くであった。類似点は、(1)歯杆はすべて固定式、(2)整梳歯の種類、本数、形状、配列順序、配列方法、(3)扱歯、補強歯の種類、配列順序、(4)受網の種類、目開き、目形、(5)扱胴の形状、仕切板の数、位置、受刃の種類、などである。また、相違点は、(1)自脱型コンバインの扱歯、補強歯は補助歯を持つものが多く、歯杆総数も10本程度多い、(2)歯杆の植込み密度が高い、(3)扱胴、受網が少し大きい、などである。このように、若干の相違点は全自動脱穀機と自脱型コンバインの間に認められた。これは設計者の苦心の跡と推

察されたが、この相違を作るための理論的根拠はあまり明瞭ではない。したがって、本調査の結果、従来の乾燥扱き用脱穀機と生扱き用脱穀機との間には僅少の相違しかないことが明らかとなった。

生脱穀兼用全自動脱穀機による性能比較実験

(a) 実験装置および方法

A機、B機の供試全自動脱穀機を使用して、生扱ぎと乾燥扱ぎを行った。供試機の主要諸元および各調節部の調節位置を第1表に示す。供試稲は国光で平均子実歩合

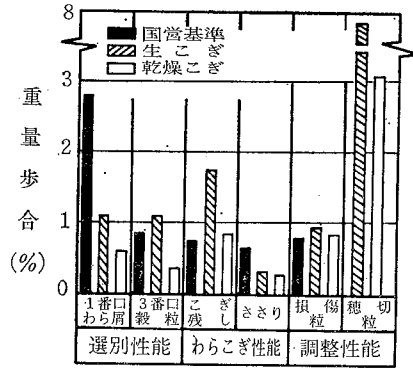
第1表 供試機の諸元と調節部

諸元調節部	供試機	
	A機	B機
扱 胴 幅 (mm)	390	360
扱 胴 半 径 (mm)	360	360
扱 胴 回 転 数 (rpm)	550	550
順 風 唐 箕 風 量	強	強
吸 引 唐 箕 風 量	普 通	普 通
送 塵 量 調 節	普 通	普 通
排 塵 量 調 節	普 通	普 通
糝 口 調 節	全 開	全 開
2 番 口 (環 元)	取はずし	取はずし

は約35%である。生扱きはバインダで刈った後、直ちに1Kgに結束したものを、乾燥扱きはバインダで刈った後、約20日間架干したものをそれぞれ脱穀した。水分検定は電気抵抗式水分計と赤外線水分計を使用した。脱穀方法は供給間隔3秒の束扱きとし、被脱穀物は1番口、2番口、3番口、機外から集め、全量を計量して後、篩、唐箕を使って粃と夾雑物に分離した。また、1番口被脱穀物150gを均等に取り、手選別により精粒、糝、枝梗付着粒、穂切、損傷粒、藁屑を分けて、それぞれの重量を計った。

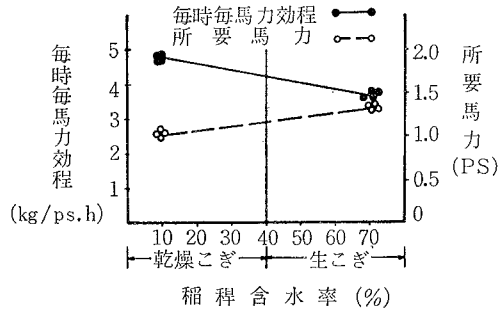
(b) 実験結果および考察

生扱き時と乾燥扱き時における兼用型自動脱穀機の諸性能の比較を第1図に示す。脱穀機国営検査基準を尺度として諸性能を比較すると、乾燥扱きでは全性能が基準以下の値をとり、自動脱穀機としての性能は十分発揮されている。他方、生扱きでの諸性能は検査基準以上の値を示すものが多く、その値は乾燥扱きの約2倍を示すものもある。したがって、生扱き時の性能は極めて悪く、自



第1図 兼用型自動脱穀機の諸性能

動脱穀機の生扱きへの適応性は低いことが明らかとなった。つぎに、脱穀能率を毎時毎馬力効程および所要動力と稲稈含水率の関係で示すと第2図のごとくなる。生扱きは毎時毎馬力効程は少なく所要馬力が大きく、乾燥



第2図 稲稈含水率と脱穀能率の関係

扱きと反対の傾向を示し、粃、稈における水分の影響が顕著に表われている。すなわち、粃含水率が1%増加すると所要馬力は約0.05%増加し、毎時毎馬力効程は約25Kg/ps.h低下して脱穀能率が低下する。

脱穀所要動力の理論的考察および実験

(a) 脱穀所要動力の理論的考察と数値計算

脱穀現象は極めて複雑な現象である。すなわち、脱粒機構は次のごとくである。扱胴の歯杆によって衝突を受けた不完全弾性の稲穂は、歯杆の運動エネルギーによりその一部の粒が脱粒され、それと同時にその慣性力によって歯杆に巻きつこうとする局所的な横振れ運動を起こす。しかしながら、高速度で回転運動をする歯杆には高速度(約8~15m/s)なるが故に巻きつきことが出来ず、歯杆による横振れや巻きつき運動は規制されて反力を受

ける。この反力により逃方向の横振れ運動を起こして隣接歯杆に接触や衝突して脱粒される。また、接触や衝突以外にも受網や扱胴表面との摩擦によって脱粒が行なわれる。これらの脱粒仕事に要する動力を脱穀所要動力とする。いま、 P_1 : 無負荷動力 (ps), P_2 : 正味脱穀動力 (ps), P_3 : 脱穀物の移送漏下に要する動力 (ps), とすると、脱穀所要動力 P (ps) は次式で示される。

$$P = P_1 + P_2 + P_3 \text{ (ps)} \dots\dots\dots (1)$$

こゝで、 $P_1 = I\omega \frac{d\omega}{dt} / 75 \text{ (ps)} \dots\dots\dots (2)$

たゞし、 I : 扱胴の慣性モーメント ($\text{kg} \cdot \text{m} \cdot \text{sec}^2$)
 ω : 角速度 (rad/sec)

$\frac{d\omega}{dt}$: 角加速度 (rad/sec²)

つぎに、 $P_2 = P_2' + P_2'' + P_2''' \text{ (ps)} \dots\dots\dots (3)$

たゞし、 P_2' : 脱穀に要する動力 (ps)
 P_2'' : 横送りおよび摩擦に要する動力 (ps)
 P_2''' : 茎秆切断に要する動力 (ps)

他方、力積、運動量理論の適用によって P_2' , P_2'' , P_2''' を求めると次のごとくである。

$$P_2' = \epsilon m V^2 / 75 \text{ (ps)} \dots\dots\dots (4)$$

$$P_2'' = \mu N V / 75 \text{ (ps)} \dots\dots\dots (5)$$

$$P_2''' = B (C - 1) D / 75 \text{ (ps)} \dots\dots\dots (6)$$

たゞし、 V : 歯杆および脱穀物の移動速度 (m/s)

$$= \frac{2\pi n r'}{60}$$

n : 扱胴の回転数 (rpm)

$$r' : \text{扱胴の有効半径 (m)} = r + \frac{1}{2} h$$

r : 扱胴の半径 (m)

h : 扱歯の高さ (m)

m : 脱穀物群の単位時間当りの質量 ($\text{Kg} \cdot \text{sec}/\text{m}$)

N : 歯杆による茎秆の圧縮力 (Kg)

μ : 歯杆と茎秆の動摩擦係数

A : 脱穀時の歯杆と茎秆の総接触面積 (cm^2)

ω : 脱穀物中に含まれる粒量で、 m の中のもの
 の比率 (脱穀係数)

B : 子実歩合

$(C - 1)$: 1本の茎秆より生ずるわら屑の数

D : 1秒間に扱胴内を横方向に移動する稈茎の
 重さ ($\text{Kg} \cdot \text{m}/\text{sec}$)

つぎに、脱穀物が停滞なく移送、漏下されているとして

$$P_3 = m V^2 / 75 \text{ (ps)} \dots\dots\dots (7)$$

したがって、(1)式に(2), (3), (4), (5), (6), (7)式を代入すると、

$$P = \frac{1}{75} \left\{ I\omega \frac{d\omega}{dt} + \epsilon m V^2 + \mu N V + B(C - 1) D + m V^2 \right\} \text{ (ps)} \dots\dots\dots (8)$$

これが脱穀部の脱穀所要動力を表わす一般式となる。いま、生脱穀時の所要動力を P_w , 乾燥脱穀時の所要動力を P_d とする。そして、生脱穀時と乾燥脱穀時における消費動力の差を求めると次のごとくなる。

$$P_w - P_d = \frac{1}{75} \left\{ N V (\mu_w - \mu_d) + V^2 (m_w - m_d) (\epsilon + 1) \right\} \dots\dots\dots (9)$$

たゞし、無負荷動力は生脱穀時も乾燥脱穀時も等しいから、

$$I_w \omega_w \frac{d\omega_w}{dt} = I_d \omega_d \frac{d\omega_d}{dt}$$

とし、茎秆切断力は生稲も乾燥稲も大差がないから、

$$B_w (C_w - 1) D_w = B_d (C_d - 1) D_d$$

とみなす。

ついで、上式を使って数値計算をする。いま、次の各数値を与えるものとする。

$\mu_w = 0.8$, $\mu_d = 0.4$, $N = 1 \text{ (Kg)}$, $m_w = 0.0103 \text{ (Kg} \cdot \text{sec}/\text{m)}$, $m_d = 0.0156 \text{ (Kg} \cdot \text{sec}/\text{m)}$, $\epsilon = 0.9$, $r' = 0.172 \text{ (m)}$, $n = 500, 550, 600 \text{ (rpm)}$ 。

その結果、

$$n = 500 \text{ (rpm)} \text{ では、 } P_w - P_d = 0.0298 \text{ (ps)}$$

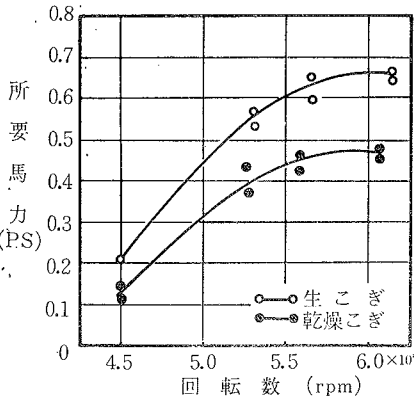
$$n = 550 \text{ (rpm)} \text{ では、 } P_w - P_d = 0.0397 \text{ (ps)}$$

$$n = 600 \text{ (rpm)} \text{ では、 } P_w - P_d = 0.0419 \text{ (ps)}$$

を得た。すなわち、生脱穀時の動力消費が乾燥脱穀時に比べて大きいことが分る。また、生脱穀時の茎秆や籾の動摩擦係数 μ_w は含水率、歯杆速度によって異なるが、 $0.3 \leq \mu_w \leq 0.4$ である。いま、 μ_w の増減による $(P_w - P_d)$ の値を(9)式で計算すると第3図のごとき関係となる。

(b) 脱穀所要動力の実験

籾水分の多少が脱穀部動力へおよぼす影響を調べるため、実験装置として手扱き式の動力脱穀機を試作した。この試作機の扱胴は自脱型コンバインのものを利用し、流穀板は傾斜度を可変し調節し得るようにした。また、



第3図 $(P_w - P_a)$ と μ_w の関係

脱穀部側面および扱胴カバーは内部の脱穀状態を観察するために無色のプラスチック板で作った。試作機の主要諸元を第2表に示す。上記の性能比較実験の場合と同様の脱穀方法で、生扱きと乾燥扱きを行ない扱胴軸に取付

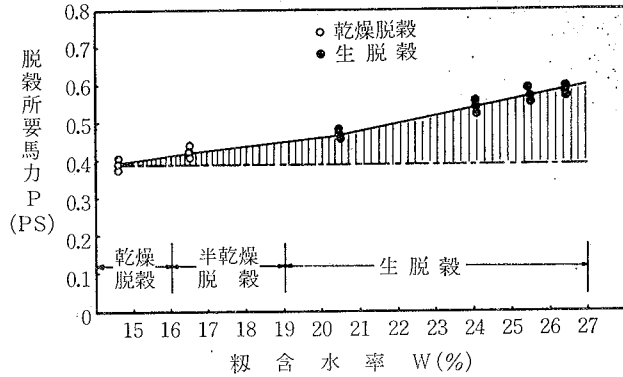
第2表 試作機の諸元

機名		試作機	
扱 胴	幅 (mm)	460	
	半径 (mm)	175	
	重量 (Kg)	15.3	
歯 程	総数 (本)	51	
	種類	整梳歯・補強歯・並歯	
	配列法	不規則	
	回転間隔 (mm)	最大70	最小10
歯程と受網の間隔 (mm)		最大60	最小10
受網の目合 (mm)		8 × 8	
扱胴ほう囲角 (度)		前 90	後 40
受網曲率半径 (mm)		183	
有効漏下面積 (cm ²)		2334	
受刃本数 (本)		前 4	後 0

けたスリップリングにより、ストレインメーターとペン書きオシロを使って所要動力の変化を測定した。

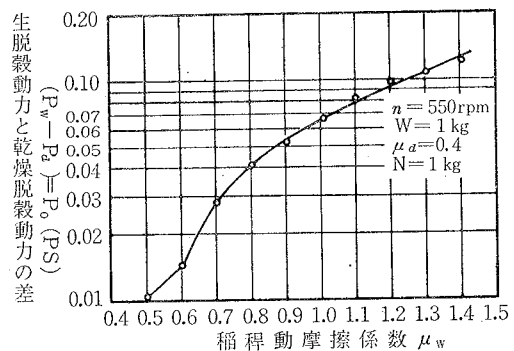
実験の結果、脱穀部の所要動力に及ぼす水分の影響は次の通りであった。すなわち、脱穀部における所要動力は、生扱きと乾燥扱きとでは生扱きの方が大きく、茎程

や粉の水分の影響が現われてくる。生扱きと乾燥扱きの



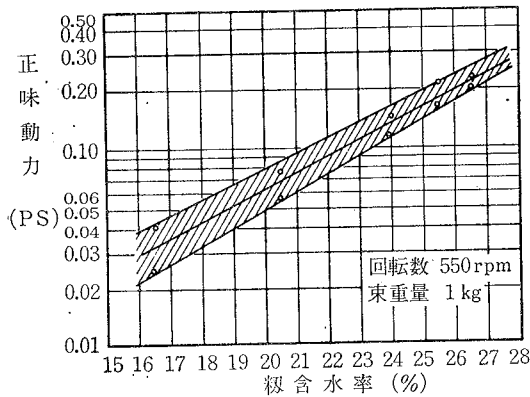
第4図 扱胴回転数と所要動力の関係

時の扱胴回転数と所要動力の関係を示す。生扱き、乾燥扱きとも回転数を大きくすると所要動力は増加するが、増加割合は一定でなく回転数の増加につれて増加割合は減少し、脱穀仕事の最も能率的な適正回転数の存在することが示された。水分の影響による生扱きと乾燥扱き時の所要動力の差は、約0.1~0.2psで回転数が高くなるとこの差が大きくなる。粉の含水率と所要動力との関係を第5図に示す。含水率が大きくなると所要動力は増加する。所要動力の増加率20%程度までは小さく一



第5図 扱含水率と所要動力の関係

定であるが、20%を越すと多少大きくなる。生扱きと乾燥扱き時の動力差、つまり脱穀部所要動力におよぼす水分の影響は最大 0.2ps であり、図のハッチング部分が所要動力の増加を示すことになる。以上の実験を総合して、正味動力 $(P_w - P_a) = Y$ (ps) と扱含水率 W (%) との関係の片対数方眼紙に描くと第6図のごとくであ



第6図 穀含水率と正味動力の関係

る。図によると、正味動力は生脱穀として考える範囲の含水率では最小 0.05ps, 最大 0.2ps 程度であり、図のハッチングを施した領域に包含される。このハッチング部分の実験式は

$$Y = 10^{(5.33 \pm \alpha)W - 0.233}$$

で表わされる。ただし、 α はハッチング部分の測定値のばらつきによる幅を考慮した定数であり、この実験では 0.23 となった。この実験式より $W = 1\%$ の増加は、 $Y = 0.02ps$ の正味動力の増加となる。したがって、脱穀部における水分の影響はあるがさほど大きくはない。したがって、生扱きの所要動力の増加は選別部や輸送部の影

響が大きいと思われる。

結 論

(1) 乾燥脱穀用自動脱穀機と生脱穀用自脱型コンバイン脱穀部の間には、機構的な相違は少なく生脱穀のための条件が加味されていない。したがって、乾燥脱穀では十分であっても生脱穀では不十分である。

(2) 脱穀部所要動力は生脱穀時の方が大きく、茎稈および籾の高含水率の影響が表われた。しかし、その増加率はさほど大きくはない。

(3) 生脱穀時のこの所要動力の増加は、脱粒仕事に要する動力よりもわら屑など夾雑物の発生増加によるものと考えられる。

参 考 文 献

- 1) 江崎春雄：コンバインとバインダ P.350~358 農業図書 K.K 1970
- 2) 東大農業工学教室：農業機械実験便覧 P.302~312 養賢堂 1966
- 3) 庄司英信・佐野文彦：高速度撮影による回転脱穀機の脱穀過程に関する一解析 農業機械学会誌 第19巻 第4号 P.167~170 1958
- 4) Kanafojski, C.(土屋功位訳)：コンバインの理論と実際 P.2~28 新農林社 1967