



Title	唐箕に関する研究
Author(s)	南部, 悟; NAMBU, Satoru
Citation	北海道大学農学部邦文紀要, 7(2), 217-277
Issue Date	1970
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/11796
Type	departmental bulletin paper
File Information	7(2)_p217-277.pdf



唐箕に関する研究

南部 悟

(北海道大学農学部農業工学科農業機械学教室)

Studies of winnowing fan

Satoru NAMBU

(Department of Agricultural Engineering, Faculty of Agriculture,
Hokkaido University, Sapporo, Japan)

Received July 29, 1969

目 次

緒 言	219
第 1 章 唐箕の意義	219
第 1 節 人力用唐箕	219
第 2 節 動力用唐箕	219
1. 単独唐箕	219
2. 脱穀調製機用唐箕	220
第 2 章 唐箕の形態及び作用	220
第 3 節 人力用唐箕の形態及び作用	220
第 4 節 脱穀調製機用唐箕の形態及び作用	221
1. 脱穀機用唐箕	221
2. 糶摺機用唐箕	223
第 3 章 唐箕の性能に関する実験	223
第 5 節 本実験の意義及び目的	223
第 6 節 本実験を施行するに至る経過	224
第 4 章 穀粒落下分布測定装置の構造	224
第 7 節 予備試験装置	224
第 8 節 実用試験装置	226
第 5 章 実験方法	226
第 9 節 送風馬力の測定	226
第 10 節 風速測定	227
第 11 節 穀粒落下経路	227
第 12 節 穀粒分布測定	227
第 13 節 風力調節方法	228
第 6 章 供試材料	228
第 14 節 供試材料の諸条件	228
第 7 章 所要馬力及び平均風速	229
1. 脱穀機用唐箕	230
2. 試作送風部	231

第8章 風速分布及び風速偏差率	235
1. 脱穀機用唐箕	235
2. 試作送風部	236
第9章 穀粒落下経路	239
第15節 吹上角度別に見た穀粒落下経路	240
第16節 穀粒落下経路の総括	242
1. 穀粒落下経路	242
2. 穀粒風選指数	244
3. 風選指数の検討	247
第10章 穀粒落下分布	248
第17節 粳の落下分布	248
1. 平均風速	248
2. 風速分布と風速偏差率	250
3. 落下分布の解析	250
第18節 小麦の落下分布	251
第19節 大豆の落下分布	252
第20節 吹上角 30° における落下分布	253
1. 小麦の落下分布	255
2. 大豆の落下分布	255
第21節 穀粒落下分布における総括	255
第11章 風力調節と落下分布	256
第22節 風力調節と風速偏差率	256
第23節 粳の落下分布(吹上角 0°)	257
第24節 小麦の落下分布(吹上角 30°)	257
第25節 最良、最悪分布状態の材料別比較	262
1. 吹上角 0° における材料別比較	263
2. 吹上角 30° における材料別比較	264
第26節 風力調節と落下分布の総括	265
1. 風力調節と風速偏差率	265
2. 粳の落下分布	265
3. 小麦の落下分布	265
4. 各種穀粒の分布比較	265
5. 風力調節法への試案	266
第12章 唐箕機構及び取扱に関する諸問題	266
第27節 単独唐箕の機構及び取扱	266
第28節 脱穀調製機用唐箕の機構及び取扱	268
1. 脱穀機用唐箕	268
2. スレッシャー用唐箕	269
3. 粳摺機用唐箕	270
第13章 結 論	270
1. 所要馬力及び平均風速	271
2. 唐箕の特性曲線	271
3. 唐箕の風速分布と風速偏差率	271
4. 穀粒落下経路と風選理論の検討	272

5. 出口風速分布と穀粒落下分布との関係	272
6. 風力調節と落下分布	272
参 考 文 献	273
英 文 摘 要	274

緒 言

唐箕は穀物選別用器具に属し、選別方法としては比重選別方法を原理として、稲、麦、豆類、菜種、甜菜等の各種作物種実から稃皮、塵埃を除き更に完全粒、不完全粒、碎粒等に分離する場合に使用される。

北海道においては畑作物の種類及び品種が極めて多いにも拘らず、畑作地帯の農家では1台の唐箕によって、各種作物の選別を行なっている。従って広範囲に亘る各種作物の種子を選別するところに唐箕の性能上の特徴があり、使用技術上の問題がある。

唐箕の機構について述べるならば、手廻用唐箕の如く人力により単独に使用する場合と、スレッシャ、脱穀機、糶摺機等の穀粒選別仕上装置として使用し、有機的に作業を進める場合とがあり、何れもかなりの穀粒選別機能を発揮することができる。前者については主として種実から稃皮、塵埃等を除くのに使用され、後者においては主として完全粒、不完全粒、碎粒及び茶稃屑等を分離するのに使用されている。

唐箕の機能としては、穀粒落下装置、送風部、選別風路及び各穀粒選別口があり、共通した問題として取り上げられるべきものに次の各項がある。

即ち

- (1) 一般に所要馬力の高いこと。
- (2) 風速分布状態の不規則なこと。
- (3) 風力調節方法の不規則なこと。
- (4) 送風装置(特に渦巻室、羽根車の形状)の不備なこと。
- (5) 穀粒落下量、羽根車回転数、吸気口、整流板、仕切板等の調節が微妙なこと。

等がある。

唐箕に関する研究としては以上の如き諸問題について系統的に行なわれた研究は欧米及び我が国においても極めて少なく、唐箕そのものの理論的、基礎的研究も又数少ないようである。本研究においては先ず基礎的実験により、空転時の所要馬力、所要風速及び風速分布について測定し、更に実験を継続して穀粒落下状態と空転時風速分布との関連性を究明した。又風力調節問題にまで進展せしめ、現在行なわれている風力調節板による影響に

ついて詳細に実験研究した。穀粒の落下経路については風路内における落下経路について比重の異なる各種穀粒の観察をなし、均一なる精選粒を得るための条件及び仕切板の調節位置等についても比較検討した。本研究が唐箕の設計並びに取扱いについて、今後の参考資料となるならば幸甚の至りである。

本研究には大学院5か年に亘り終始適切なる御指導と御教示を賜わった常松教授に対し心からなる感謝の意を表すると共に、実験に際しては吉田富徳助教授、岡村俊民助教授に、各部測定に際しては、松居勝広、池内義則、太田亨、松見高俊、佐々木利安、坪田久広、上出順一、高畑英彦、藤原順子、樋口節子の諸氏及び農業機械学専攻学生小坂橋淑而君の御協力によるものであり、実験装置製作に際しては上田義勝、松見高俊、福本保雄、今野繁雄氏等の熱烈な協力を得たことを特筆して謝意を表明する次第である。尚、経費の一部は北海道科学研究費の補助(昭和33年度)によるものであることを併記して感謝の意を表する。

第1章 唐箕の意義

唐箕は比重による種子選別中最も能率的な農機具であり、使用する動力から人力用及び動力用に分類することができるし、作用から単独唐箕と脱穀調製機用唐箕とに分類することができる。

第1節 人力用唐箕

手廻唐箕ともいい、ハンドルを手廻しすることによって羽根車を回転させながら、穀粒の選別を行なうもので、作業者は右手にてハンドルを廻し、左手にて穀粒を落下せしめる。選別方法には2つの方法があり、1つは第1回目を強い風速で運転し、3番口には穀粒以外の稃皮、茶稃屑類を飛ばし、第2回目は風速を少しく減じ、2番口のを再選別する。他の方法としては第1回目に弱い風速で運転し、第2回目は1番口のを強い風速の下で再選別する。

第2節 動力用唐箕

1. 単独唐箕

これは上記手廻唐箕を電動機によって運転するもので、通常は1馬力以下の单相整流子電動機が使用される。今日、農家では穀粒の仕上精選用としてこの種単独唐箕を使用しており、従って人力用唐箕と同じく稲麦、菽豆

類及び菜種、稗、稲黍、蕎麦、エゴマ類に至る広範囲の穀粒を取扱うことができる。

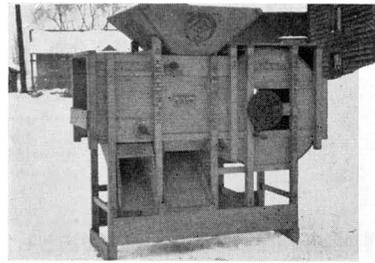
2. 脱穀調製機用唐箕

脱穀機、スレッシャー並に粳摺機の1部を構成しているもので、他の回転部分より動力をとり、送風部を回転させ、1回の選別作業において完全粒、不完全粒、碎粒、稗皮、茎稈屑、塵埃を分離する能力を持つ専用唐箕である。通常、2個の唐箕によってこれらの選別作業を分担する場合が外く見られるが、我が国農機具の中で独自の発達普及を見た動力脱穀機、全自動脱穀機、小型スレッシャー及び全自動粳摺機の選別基準を決定させる主原因が唐箕の性能如何にあると断言しても過言ではない。特に脱穀機、スレッシャー等では唯一度の選別工程において1番口の精粒歩合を95%以上にまで引上げることが必要とされている。

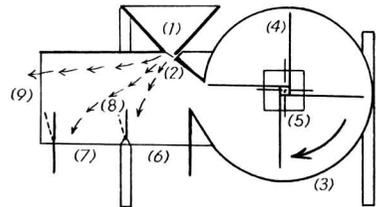
第2章 唐箕の形態及び作用

第3節 人力用唐箕の形態及び作用

手廻唐箕の多観は第1図に示す如く総木製であり、材料供給漏斗、起風胴、選別風胴、選別口の4部からなっている。その縦断面図を示すと第2図の如くである。漏斗(1)は普通2~2.5斗位の容量を有する四角錐形の容器で、その落下口には落下量調節板(2)がある。送風部(3)はその中に4枚の羽根を有する羽根車(4)を収めた太鼓型又は渦巻型の室で、送風部中央両側羽根車軸附近には方形の吸気口(5)がある。選別風胴は送風部から送られる風の通路で、機幅33~45cm位、断面方形の中空洞であり、その下側に1番口(6)、2番口(7)及びそれらの境界に調節仕切板(8)が設けられる。3番口(9)は風胴の吹出



第1図 手廻用唐箕の外観

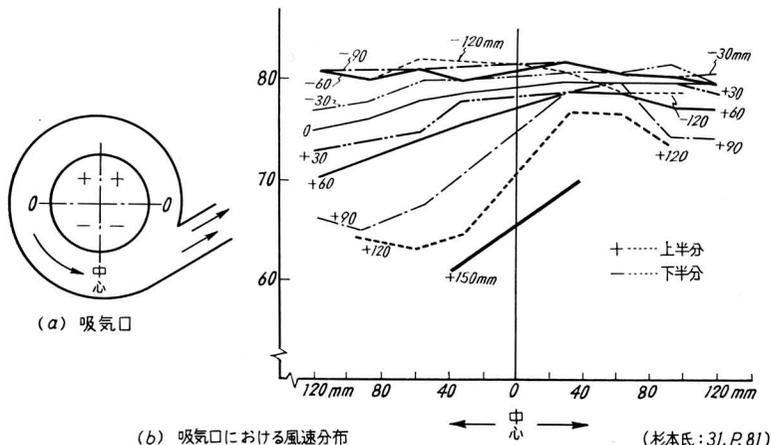


第2図 同上断面図 (庄司氏: 27, p. 307)

口となっている。羽根車の回転は通常、鋳鉄製小歯車と内側歯車との組合せのものが外く、約2.5~4倍の増速比である。ハンドル回転数は30~130 r.p.m. 羽根車は70~300 r.p.m. 位である。

作用について述べると、ハンドルの回転によって風を起し、漏斗の落下量調節板を開くと、粳の選別を例にすれば比重の大きい精粳等は1番口に、秕・碎米類は2番口、比重の小さいわら屑、稗皮(粳穀)等は3番口へと夫々分離される。

既に述べた如く、手廻唐箕は流体機械として見ると、送風部については先ず送風効率を上げることが必要であ



(b) 吸気口における風速分布

(杉本氏: 31, P. 81)

第3図 吸気口の風速

る。即ち唐箕の送風馬力を A (hp)、羽根車軸馬力を B (hp) とすれば送風効率 η (%) は次式で示される。

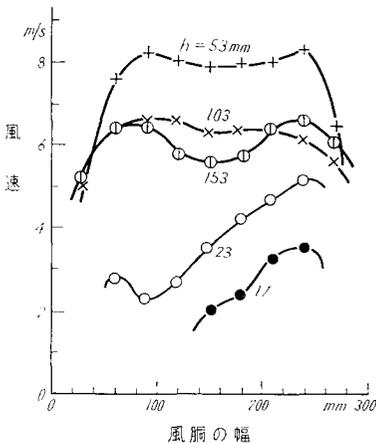
$$\eta = \frac{A}{B} \times 100 (\%)$$

従って、規定風速にまで達しようとして羽根車を早く回転すれば、所要馬力は回転数の3乗に比例する⁴¹⁾ので B は一層増加し、 η は低下する。これは小型唐箕の場合に注意しなければならないところであり、規定風速を望む場合にはその送風部の性能が悪ければ、所謂馬力の高い唐箕となるので、羽根車、渦巻室及び吸気口の形態、大きさ等に考慮を払う必要がある。

木枠の関係上吸気口は矩形が多く、吸気口の位置及び面積が A の増加に対して必要な要素である。吸気口位置については杉本氏³¹⁾は次の如く述べている。第3図(a)において空気は紙面と直角に上方から裏面に向かって流れ込み、羽根車は矢印の方向に廻っている。第3図(b)によれば、空気は吸入口の主として下半分より流入し、下半部の流入速度は上半部のものより大であり、又羽根が下方から上方へ運動する部分、即ち図の右側部分は、羽根が上方より下方へ運動する部分即ち図の左側の部分より流入速度が大である。換言すれば、吸入口に向って上半部の左側の部分において空気の流入は少ないことがわかる。

この実験は後述の風力調節方法に重要な参考となっている。

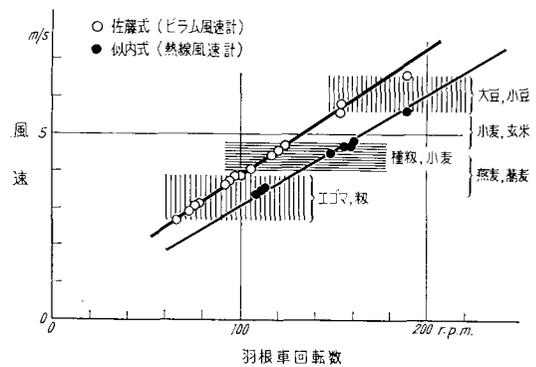
手廻用唐箕の風速分布について、杉本氏³¹⁾は次の如く述べている。第4図は風路内において穀粒落下点附近の風速分布を示す。即ち風路底面からの高さ30 cm以下で



第4図 風胴(穀粒落下点)横断面の風速分布 (hは風路底面からの高さ) (杉本氏：31, p.77)

は乱流となり、53 cm 以上では規則正しい分布を示し、常に風路の中央部における風速が低下している。

実用試験としては常松、西村氏³⁴⁾等は各作物別にみた農家の唐箕使用について次の如く述べている。供試穀粒は大、小豆、小麦、粳、種子粳、玄米、燕麦、ソバ、エゴマ等で、供試唐箕は北海道において発達した似内式、佐藤兄弟式の2機を使用して夫々の唐箕使用技術に長じた3氏に各材料について風選作業を依頼した。然して経験に基づき選別状況の最適状態において羽根車回転数を計測しておき、これを空転状態にした場合に測定した所要風速(3番口)から各穀粒毎の適当選別風速を見出し、



第5図 手廻用唐箕の出口風速

一括比較して見ると第5図の如くである。即ち似内式では、(1)大、小豆の5.6 m/s、(2)ソバ、燕麦、種子粳等の4.5~4.8 m/s、(3)粳、エゴマの3.4~3.6 m/sである。佐藤式では、(1)大、小豆の5.5~6.6 m/s、(2)粳、種子粳、小麦、玄米等の4.05~4.7 m/s、(3)エゴマ、ソバ、燕麦及び粳の2.65~3.9 m/sであり、適当選別風速は2.65~6.6 m/sの間において凡そ3群に分類することができる。

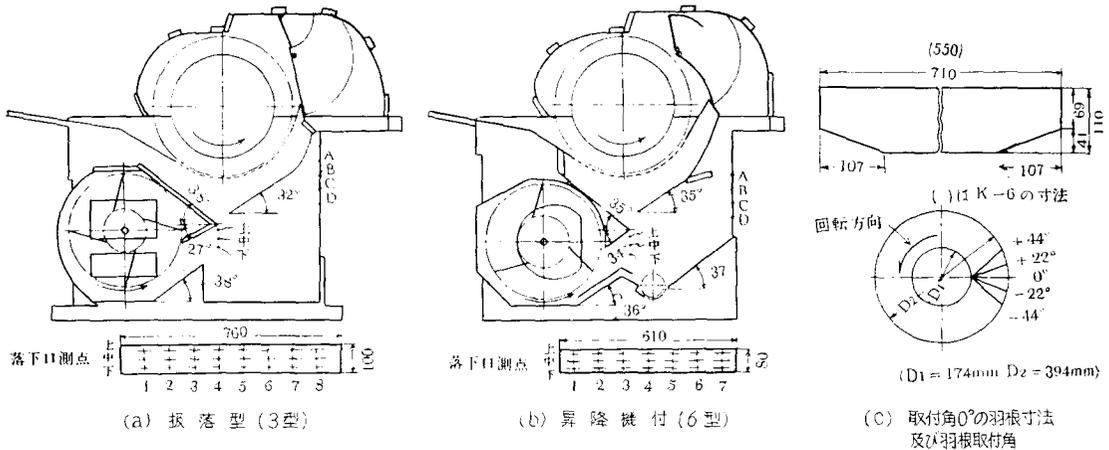
第4節 脱穀調製機用唐箕の形態及び作用

1. 脱穀機用唐箕

脱穀機用唐箕を分類すれば、扱落型用及び昇降機付脱穀機用として夫々個有の形態を有し、近年全自動脱穀機の小型化に伴い、これに附属する唐箕も小型化する傾向が見られるようになった。扱落型及び昇降機付脱穀機を図示すれば第6図の如くである。

夫々に使用されている唐箕の寸法諸元は第1表の如くである。

吸気口は前者が角形上下2段、後者はほぼ円形であり、前者において整流板4枚が吹出口に取付けてあり、後者においては1番選別の分流板を有する。吸気口における風力調節方法については第7図(a)、(b)に示す如く、前者



第6図 供試脱穀機断面図

第1表 脱穀機用唐箕の諸元

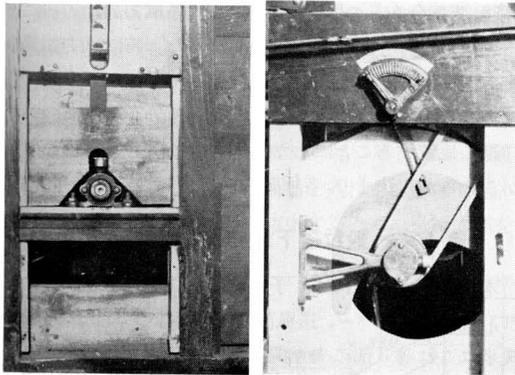
型 式		K — 3	K — 6
羽根車	外 径 (内径) mm	394 (174)	394 (174)
	幅 mm	710	550
羽 根	形 状		
	材 料 枚 数 取 付 角 度	1 mm 鉄 板 4 枚 -44°	1 mm 鉄 板 3 枚 -44°
風 路 幅 mm		760	610
吸 気 口 吹 出 口 高 さ mm		矩 形 (上, 下2段) 100	お よ そ 円 形 80
動 力 伝 達		平 ベ ル ト	V ベ ル ト
扱 胴 と の 回 転 比		1 : 1.25	1 : 1.15
指 定 回 転 数 と 風 速 (所要馬力)		稲用 688r.p.m. = 8.4m/s(0.20) 麦用 937 " = 11.4 " (0.48)	633r.p.m. = 8.5m/s (0.14) 863 " = 11.6 " (0.31)
備 考		整 流 板 (4枚) 有	1 番 選 別 分 流 板 有

は上段の吸気口を閉じ、後者は三カ月形の鉄板によって上部又は上後部を閉じるようになっている。羽根車は何れもプレート・ファンに属し、動力伝達は扱胴軸より受ける機構となっている。

作用としては扱落型では受網から傾斜板を経て落下した材料が風選を受けて各口に溜る。他の型は1番口スクリーンがあってここに集められる穀粒を分流板からの二次的送風によって完全粒、不完全に分離する。この種脱穀機においては1回の選別によって精粒、不完全粒、稈

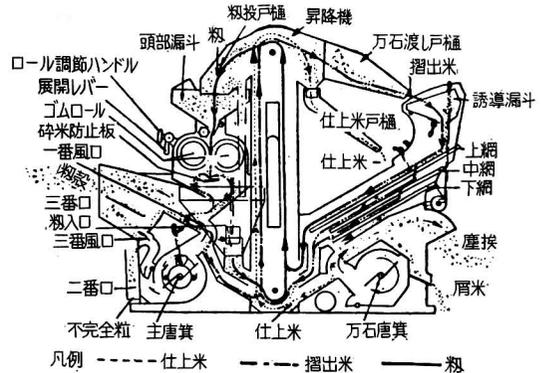
皮、稈層屑及び塵埃等に分離するのを唐箕の特徴としているが、送風部及び選別風路の構造については各機種各様であるため、機能向上に関する研究は極めて必要である。

空転時における馬力について述べると、扱落型では0.1~0.35 hp で空転時全所要馬力の約32~65%を占め、全自動脱穀機では0.3~0.4 hp で全体の約33~69%を占めている¹³⁾。小型スレッシャー用唐箕では0.8 hp で全体の66%を占めている。即ち唐箕の設計及び取扱を懸



(a) 落下型用 (b) 昇降機付型用

第7図 風力調節板



第8図 ゴムロール型全自動籾摺機断面図 (中村氏：19, p. 537)

るとその所要馬力は全体の65~69%に及ぶことがあるので、唐箕の所要馬力に関する研究極めて重要である。

選別性能を左右する要素としては大森氏²³⁾によれば、送風機の風速、落口傾斜角、風の吹上角、風路幅、穀粒の形状及び重量等を挙げており、羽根車及び渦巻室(ケーシング)については一般手廻用唐箕と全く同じようなことがいえる。羽根車について述べるならば、羽根の形状、枚数、取付角及び回転数等が消費馬力、平均風速及び風速分布を左右する重要要素であり、ケーシングについて述べるならば、渦巻室の形状、羽根先端間隙、吸気口面積、開口比等が主として風速分布に関連した要素となり、特に吸気口形状については風力調節の場合に最も重要な要素と考えられる。

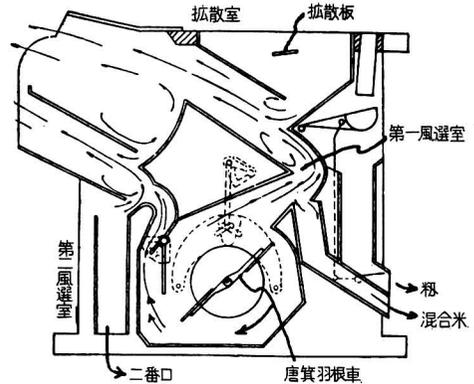
脱穀方法としては、束扱、バラ扱、投込、自動送り、1人扱、2人扱等があり、束扱を分けると、裏返し扱法と左右反転扱法とがあり、夫々材料の落下量及び受網下の分布も異り、自動束送りでは、たえず片方から材料の脱穀がなされるため、風路全域に対する風速分布の程度も一層重要視せねばならぬところである。

2. 籾摺機用唐箕

第8図はゴムロール型全自動籾摺機の断面及び各部名称を示す。即ち唐箕は脱穀部及び萬石選別部に装着しており、前者は主唐箕といい、摺落したもから粗穀、塵埃等を分離し、後者は仕上唐箕と称して玄米中の碎米、籾皮等を分離する働きがある。

主唐箕の構造は第9図に示す如く、次の3要素よりなっている。

- イ. 拡散板を備えた漏斗型の拡散室
- ロ. 摺落混合物を風選する風選室
- ハ. 風選のための起風装置



第9図 籾摺機用主唐箕 (狩野氏：13, p. 257)

即ち1個の羽根車で1, 2番風選を行ない、風路内の気流の風の流れ方は矢印の如くである。

詳しい作用の説明並びに研究論文については省略するが、最近の発表には田村、竹内氏³²⁾等の籾摺機用唐箕に関する研究がある。

第3章 唐箕の性能に関する実験

第5節 本実験の意義及び目的

唐箕の性能に関する研究については1932年 G. Kühne 氏のスレッシャー用唐箕の研究があり、我が国においては1948年、杉本氏の手廻唐箕の研究を嚆矢とするが、あまり多くの発表がなされていない。

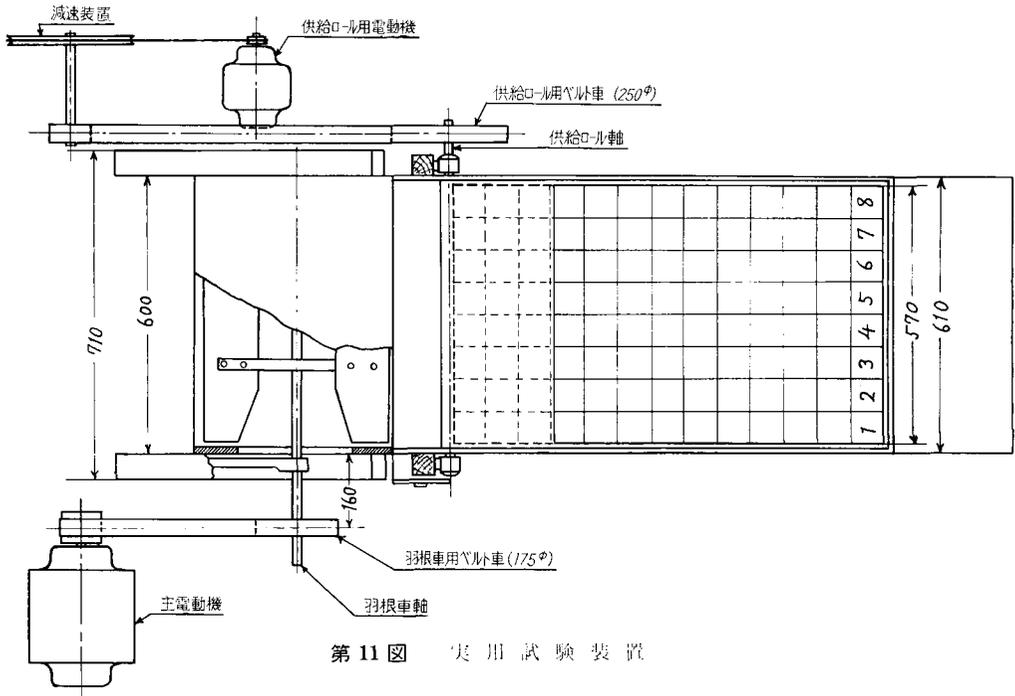
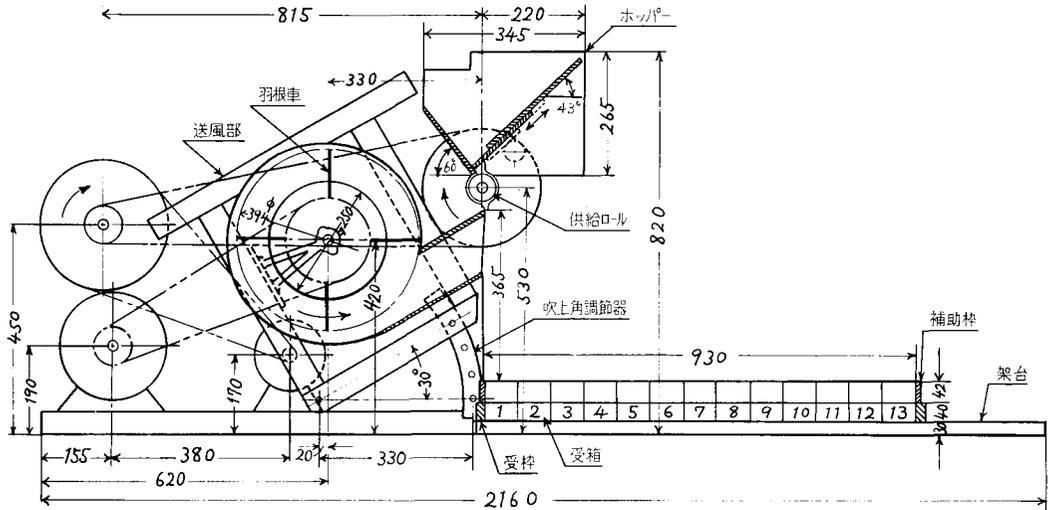
本実験を始めるに至った動機は常松、西村氏等の唐箕に関する研究(第1報：各作物別に見た農家の唐箕使用について)によるもので、緒言に述べた如く、1台の唐箕における使用法は、使用目的並びに使用者によって全く異った方法で使用されている。従って農家の使用状態、

て、風路幅8-570mm 8-71.5mm を1辺とする正方形の紙箱とした。深さは40mmとしたが、穀粒の落下する際に跳ね上げるのを防止するべく、更に高さ42mmの補助紙枠を作り、箱枠の上に重ねた。受箱は左右8コ、前後13コ、合計104コで、これらの箱を厚さ2cmの木枠で囲み、底板を附して全体の出し入れを容易とした。穀粒が左右に飛散するのを防止する為、風路両側を

遮蔽した。片方は硝子張りとし、他方は黒板を配し、落下経路の観察と撮影に便ならしめた。これ等の遮蔽板は受枠と共に上下することは勿論である。硝子には穀粒落下口より縦横10cm毎に白線を附し、穀粒の落下経路の撮影観察を一層容易とした。

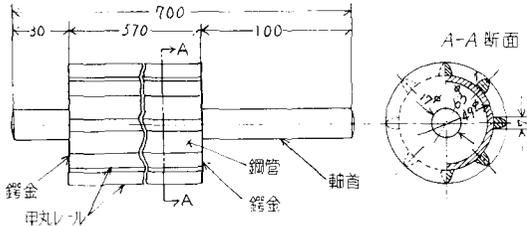
第8節 実用試験装置

1. ホッパー



第11図 実用試験装置

扱については予備試験によって落下は自然落下で、充分な結果を得られたが、その他の穀粒については落下の際、穀粒とホッパー及び穀粒相互の摩擦による不均一落下を軽減するべく、ダンパー下部に穀粒供給ロールを装置し、補助電動機(100V 単相 0.5hp/600~3000 r.p.m.)にて回転させ、強制落下せしめた。ロールの構造を示すと第12図の如くである。即ち外径49mmの鋼管に、高



第12図 供給ロール

さ7mm、幅7mmの甲丸型鉄レールを周間に8本熔接し、その両端には軸首部が熔接してある。片方には直径250mm、幅40mmのベルト車を取付け平ベルトにて動力を伝達する。

2. 送風部

ホッパーはそのロール下端が吹出口上部に接するように取付ける。しかし吹出口につけた底板は次に述べる吹上角の変化によって傾斜角も変化するのでロール下端部は相対的に同一条件を保つべく装着した。

送風部の吹上角調節には0°(水平)より40°迄10°毎に送風部吹出口を持ち上げることにした。

吸気口における風力調節については第3報と同様に同心円絞り50%と半円絞り(45度毎に移動させる)について夫々調節板を附した。

3. 受 枠

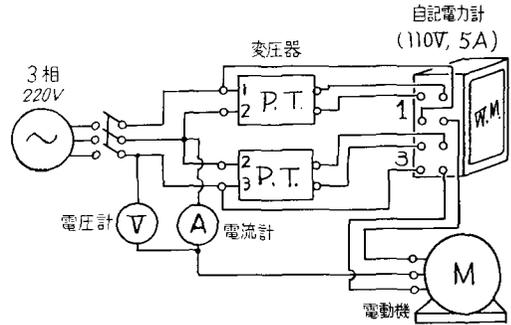
これは吹上角調節に対して穀粒の落下高さが常に一定(吹出口下部より25cm)となるように枠組高さを調節できるようにした。

第5章 実験方法

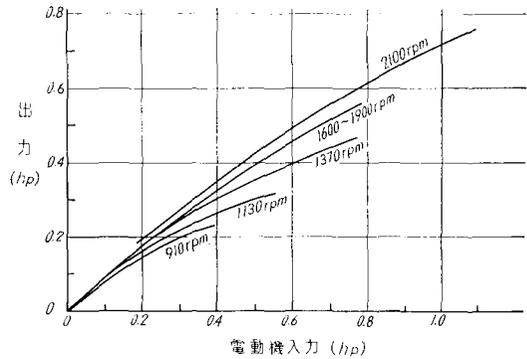
唐箕の所要動力、吹出口風速、穀粒落下状況、穀粒分布等に関する測定計器及び測定方法について述べると次の如くである。

第9節 送風馬力の測定

電動機は3相分巻電動機(0.5-0.16hp/2000-650 r.p.m.)を使用し、平ベルトにて動力を伝達し、所要馬力の測定には自記式電力計(横河製 110V, 5A)を使用して自記させた入力を電動機特性曲線より求めた出力に換算して



第13図 自記式電力計結線図



第14図 電動機校正線図

羽根車の所要馬力とした。自記式電力計の結線は第13図の如くである。電動機の特性能曲線は第14図に示す如く、各回転毎に校正曲線を作成しておいた。即ち、この曲線によって各日盛に対する軸馬力を求めることができる。

回転数測定には、島津製作所製ハスラー型回転計を使用した。羽根取付角及び枚数の比較に際しては、すべて同一回転数とし、吸気口における風力調節の場合でも規定回転数(主として600及び800 r.p.m.)で測定した。

なお総括効率 η を次式によって求めた。

$$\eta = \frac{A}{B} \times 100(\%)$$

茲に、A: 送風馬力、B: 軸馬力であり、

$$A = \frac{JP \cdot Q}{75}$$

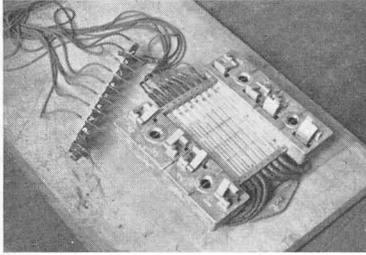
ただし、JP: 風圧(水柱 mm)、Q: 空気の流量(m³/s)である。

第10節 風速測定

1. 農機協会式8点同時測定風速計

本計器は故佐藤正氏の考案によるもので、その構造は

第15図に示す如く、傾斜ガラス管(勾配1:10)及び銅管よりなるピトー管があり、ガラス管と周囲の水槽とは



第15図 8点同時測定風速計

ゴム管によって接いである。風速測定範囲は0~20 m/sである。今、傾斜管の水柱に相当する長さを l mm とすれば風速 V (m/s) との間に次の如き関係がある。

$$l = \frac{V^2}{16} \times 10 \text{ mm}$$

筆者は比重0.84のアルコールを使用し、感度を上げ、銅管は指向性を考慮して、外径6 mmを4 mmとし、鋳物の支持金具も空気の抵抗の少ないものとした。なお、本風速計による値は目安としては比較できるが、正しい値を求めるには次のピトー管が信頼性がある。

2. ピトー管式風速計

これはゲッチンゲン標準型ピトー管及び精密圧力計(島津GT-I型)を組合せたもので、ピトー管先端は吹出口断面と直角にして測定した。

風速の算出式は次の如くである。

$$v = \sqrt{2g H_v}$$

茲に v : 風速 (m/s) g : 重力の加速度 (9.8 m/s²)
 H_v : 動圧

ピトー管使用の場合では

$$v = k \sqrt{2g H_v}$$

となり k : ピトー管係数 ≈ 1 とする。

湿り空気の単位体積重量 γ_w は次式で表わされる。

$$\gamma_w = \frac{1.293}{(1+0.00367t)} \times \frac{h}{760} \left\{ 1 - \left(0.378 \frac{\varphi F}{h} \right) \right\}$$

但し t : 温度 °C

h : 圧力を0°の水銀柱高さ mm で表わした値

F : 含有する水蒸気最大張力 mmHg

φ : 相対湿度

今、相対湿度75%、気温15°C、大気圧760 mmHgとすれば、 $\gamma_w = 1.22 \text{ kg/m}^3$ となり、これを水の重量 $\gamma = 1000 \text{ kg/m}^3$ に比較すると比重 ρ は

$$\rho = \frac{\gamma_w}{\gamma} = \frac{1.22}{1000} = 0.00122$$

となる。従って $k=1.0$ として、水柱 H_v (m) は

$$H_v = \rho H_r = \rho \frac{v^2}{2g}$$

の関係があるので、風速 v (m/s) は

$$v = \sqrt{\frac{2g}{\rho} H_v}$$

において、アルコール比重0.84とすれば、次式によって求めることができる。

$$v = \sqrt{\frac{2g}{0.00122} \times H_v \times 0.84} = \sqrt{13500 H_v} \text{ (m/s)}$$

第11節 穀粒落下経路

落下口より自然落下する穀粒は風によって加速され、放物線を描いて落下するが、条件としては風力調節の中で最も均一性のある半円「上後閉」の状態、各回転数毎に、吹上角別に穀粒落下経路を観察することにした。その方法としては主に写真記録によるもので、主光源として500 W、補助光源として300 Wのフラッド型リフレクター電球を使用した。カメラまでの距離は210 cmで、撮映条件としてはフジフィルムネオパンSS (ASA 100) 絞り4、シャッター速度1/50秒で十分に感光したが、電気露出計によると落下口附近の照度は65~130ルクスであったので、秕及び稈等の感光性悪い材料には20,000ルーメンの閃光電球を使用し、カラーフィルム(ASA 10)にも充分な同調写真を記録することができた。尚、使用カメラはアサヒフレックスIIA型及びライカM3型で流れのほぼ中央にレンズが位置するようにした。

第12節 穀粒分布測定

第7節に述べた如く、予備試験においては主として粉について測定し、左右出来る限り均一に落下するようにせしめ、落下調節板の開度10 mmで3秒間自然落下せしめた。穀粒は一旦落下して後、ホッパー下部の傾斜板上を流下し、吹出口上部の傾斜板に再び衝突して流下するため、穀粒の初速は殆ど=0と見てよいものと思われる。落下量は約1 kgであるが、これは毎時1200 kgに相当し、選別量としては一般自動脱穀機における毎時350~400 kgの工程よりはかなり多い。

落下量の影響については落下調節板開度を5~14 mmとし、5段階について比較測定した。

実用試験については供給ロールを1定回転(55 r.p.m.)させ、落下調節板開度10 mmとし、大豆、小豆、小麦は1.5 kg (770~900 kg/hr) 粉、燕麦は1 kg (515~600 kg/hr) として全量を落下せしめることにした。供給ロー

ルの周速度を求めてみると、外径 $D=63$ mm、回転数 $N=55$ r.p.m. における周速度 v_r は

$$v_r = \frac{\pi DN}{60} = \frac{\pi \times 6.3 \times 55}{60} = 18.1 \text{ cm/s} \\ 0.18 \text{ m/s}$$

即ち、 $v_r=0.18$ m/s を穀粒の持つ初速とすることができ

る。落下して受枠の紙箱に分布した穀粒は1個ずつ秤量する(田中式土皿秤秤1kg感量0.5g、0.1gまで秤量可能)。

以上は全面分布について述べたが、次に縦分布について述べると、半円絞りの上後閉が極めて平均化した分布と思われるので、落下経路もほぼ均一と見做し、左右各行を各列毎に集計したものである。全落下量に対する各列の集計重量比率(%)を縦分布という。縦分布は風速=0の場合は1列目が100%となり、風速の増加するにつれて最高分布の位置が遠方へ移動する。又、同一風速においても吹上角を0度以上にすると、より遠方へ分布する。

第13節 風力調節方法

既に第3報において述べた如く、同心円絞りを50%並に半円絞りを(8区分)について落下分布を測定した。即ち何れも左右の吸気口面積を1/2に絞り、前者は同心円的に、後者は半円的に調節するもので、半円絞りにおいては左右の吸気口調節板を同時に45度ずつ回転させる。

この方法は風力調節にとって最も有効で且つ機構の比較的容易な方法であるが、前者の同心円絞りで実用的には複雑な機構を要すると思われる。

第6章 供試材料

供試した穀粒の品種、形状、比重、含水率及び1000粒

重等については第14節に述べる通りである。

第14節 供試材料の諸条件

各種唐箕の取扱う材料はあらゆる条件のままで風選される。例えば稲については、粳、秈、不稔粒、粳殻及び茶屑等があり、大豆については、完全粒、不完全粒及び豆殻等があり、それ等についての風選状態について測定することは重要な問題であるが、本実験においては、主として完全粒の風選状態を主体として測定した。稲については、粳、秈、不稔粒及び粳殻の4種を供試した。

供試穀粒はすべて北海道大学附属第1農場産で、夫々の品種、比重、1000粒重、大き及び含水率を一括して表示すれば第2表の如くである。

第2表中、大豆の大小粒とは丸目篩5.5mm以上のものを大豆(大粒)、5.5mm以下のものを大豆(小粒)と称している。

比重の測定に際しては、ゲーリュサック氏比重瓶を使用し、含水率の測定にはケット式赤外線含水率計を使用した。

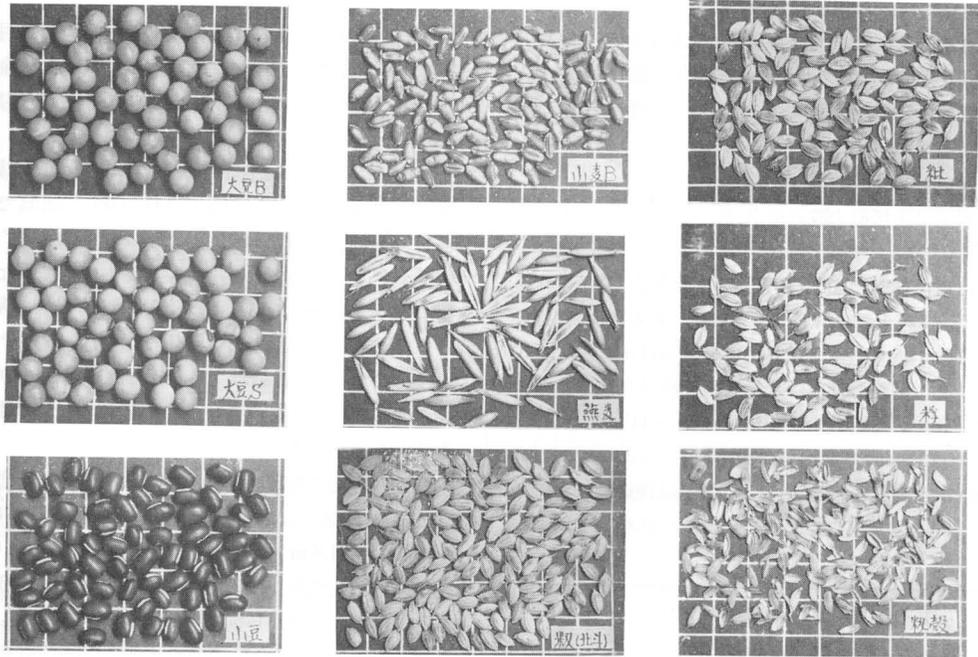
各穀粒の選別に際しては大屋式小型選別唐箕を使用し、羽根車回転数300 r.p.m.で風選し、1番口を集められたものについてのみ供試することにした。

粳及び小麦については更に縦目振盪篩を使用し、2.2mm目以上のものを精粒として篩別し、1.9~1.7mmのものを糞とした。不稔粒とは稔実せずに白穂となったもので米粒の全く形成していないものであり、粳殻とは、精粳を粳摺機にて摺落した際に3番口に排出されたものである。

尚、実用試験に際しては供給ロールによる穀粒の損傷が見られたが、微々たるものであまり問題とはならない。主として大豆の損傷は半分に分れ、小豆は粒の1部が欠

第2表 供試材料

穀粒	品 種	比 重	1000粒重	厚み：幅：長さmm (比 率)	含 水 率
大 豆(大粒)	十 勝 長 葉	1.25	208.64 g	5.94:7.10:7.11 (1:1.20:1.20)	8.0%
大 豆(小粒)	"	1.25	152.81	5.47:6.46:6.46 (1:1.18:1.18)	8.0
小 豆	円 葉 早 生	1.32	114.21	4.62:4.91:6.82 (1:1.06:1.48)	10.0
小 麦	札 幌 秋 小 麦	1.36	38.78	2.66:3.13:6.58 (1:1.18:2.48)	11.0
燕 麥	ビクトリー1号	1.05	29.96	2.27:2.69:6.28 (1:1.18:5.8)	11.0
粳	北 斗	1.185	26.02	2.22:6.85:3.55 (1:1.6:3.08)	9.0



第 16 図 供試穀粒 (1 cm 方眼)

ける程度であり、粘は玄米と粘穀に分かれる。

第 7 章 所要馬力及び平均風速

送風機を使用した農機具としては散粉機，ミスト機，乾燥機等があるが，これ等作業機に使用せられている送風機は渦巻送風機及び軸流送風機（プロペラ・ファン）が使用されている。唐箕に使用されている送風機は渦巻送風機に属し，羽根車直径に比して幅が広く，風路内の風速分布が均一で更に効率を高めねばならぬところに一般送風機とは異なった使用目的がある。

唐箕送風部は唐箕全体の一部を構成するもので，送風部が選別風胴と一体となって始めて唐箕としての機能を発揮できるものである。従来の唐箕としては，主として木製のものが大部分を占めているため，各部について検討すれば，プレート・ファンと称する羽根車は 2~4 枚の板又は鉄板の羽根からなり，渦巻室の形状は本来ならば流体機械として当然である対数渦線又はアルキメデス渦線をとるべきであるのに，未だに考慮されていない形態が度々見られる。吸気口は角型或るいは円型で，羽根車の内，外径との関係は何等の法則もなく，経験的合理化に頼るところが大部分である。

唐箕の所要馬力は，かかる送風部の形状によって大きく変化し，近年に至る作業機の小型化に伴う唐箕作業幅

は，従来の唐箕より狭くなり，更に作業機の自動化（全自動脱穀機，全自動籾屑機等）に伴い，羽根車回転数を必要にして且つ充分なる風速を得る限度以内とすれば，所要馬力も必然的に抑えられて最低限に近づくものと思われる。これは吸引式唐箕或いは吸引式排塵装置にも関連したことで，全空転馬力にも影響するのであるから今後一層の研究を必要とする。

一般に送風機の回転数を変えて運転せしめると， N_0 r.p.m. のときの風量，風圧，軸馬力を夫々， Q_0, H_0, P_0 とし， N_1 r.p.m. のときの夫々の量を Q_1, H_1, P_1 とすれば次の如き関係がある。

$$\frac{Q_1}{Q_0} = \frac{N_1}{N_0}$$

$$\frac{H_1}{H_0} = \left(\frac{N_1}{N_0}\right)^2$$

$$\frac{P_1}{P_0} = \left(\frac{N_1}{N_0}\right)^3$$

即ち，風量は回転数に比例し，風圧は回転数の 2 乗に比例し，所要馬力は回転数の 3 乗に比例することになり，風量 Q_0 は風速 V_0 に比例するから風速と回転数の間に次の如き関係がある。

$$\frac{V_1}{V_0} = \frac{N_1}{N_0}$$

本章においては現用脱穀機及び試作送風部等について、所要馬力及び平均風速を測定した結果を述べる。即ち、羽根取付角、枚数、渦巻室と羽根先端間隙、風路幅、吸気口面積、羽根形状等について夫々の差異を比較して見た。

1. 脱穀機用唐箕

先ず現用2人扱動力脱穀機2種について、その所要馬力及び平均風速を求めてみた。

機種は既に述べた如く、片倉3型(扱落型)及びこれを改良した6型(1番口スローア付)で、前者は4枚羽根、後者は3枚羽根であり、風路幅は夫々760mm及び610mmである。羽根取付角は片倉式脱穀機3型及び6型に使用せられている唐箕の羽根取付角が -44° (後退羽根)であるため、 -44° を後退角の限界とし、 $-22^\circ, 0^\circ, +22^\circ, +44^\circ$ の5種類とした。但し、記号 $-$ は後退角、 $+$ は前傾角で、 0° は羽根出口傾斜角 $\beta_2=90^\circ$ であり、放射羽根

と呼ぶ。羽根車外径394mm、内径174mmで一定としたため、取付角 0° に対し、後退又は前傾角では羽根幅は広くなり、原型の羽根には両端内側を斜めに切除してあるので、各々の取付角の羽根もこの部分を同一勾配で切除した。

夫々2, 3, 4枚の場合の所要馬力を比較すれば第17図(a), (b)の如くである。即ち、4枚 $+44^\circ$ が最高で、2枚 -44° が最低である。3型では3, 4枚共に -44° が似た値を示し、2枚では取付角による馬力の差は少なく、6型においても同様であった。第18図(a), (b)は落下口での平均風速と所要馬力との関係を示すが、6型では、3, 4枚が殆ど同一値を示し、2枚では3, 4枚より幾分高い。即ち、2枚羽根が余計の馬力を必要とし、且つ効率の低いことを示す。

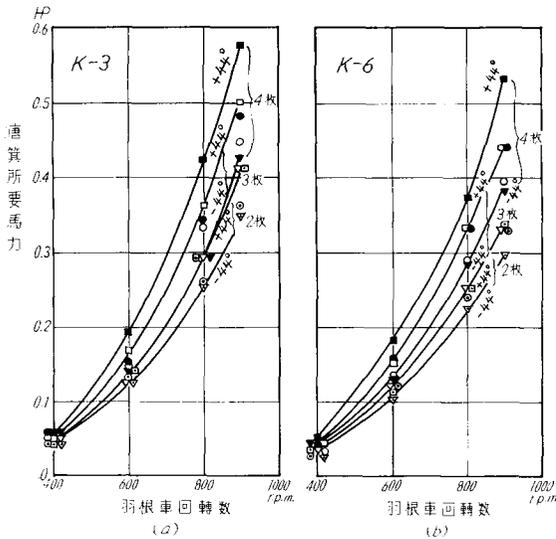
夫々の唐箕の指定回転数における平均風速と所要馬力との関係については第1表に示す如く稲用8.4~8.5m/s、麦用11.4~11.6m/sにして、所要馬力は3型稲用0.20hp、麦用0.48hpであり、6型稲用0.14hp、麦用0.31hpである。即ち、稲用から麦用に風速を上げようとして適当風速を1.36倍とすれば、唐箕の所要馬力は3型で2.4倍、6型で2.21倍となり、何れも所要馬力は急増する。

平均風速10m/sにおける枚数毎の所要馬力を比較すれば、2, 3, 4枚において3型は0.34, 0.32, 0.29hpで、6型は0.23, 0.20, 0.19hpであるから、6型の効率が優れていることが認められる(第18図(a), (b)参照)。

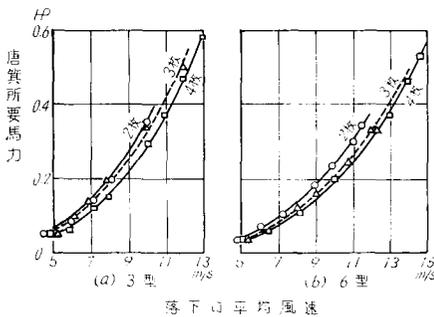
落下口における平均風速(V)は枚数、取付角に関係なく、すべて羽根車回転数(n)に正比例する。 V と n は次の如き関係がある。

$$V = a \cdot n$$

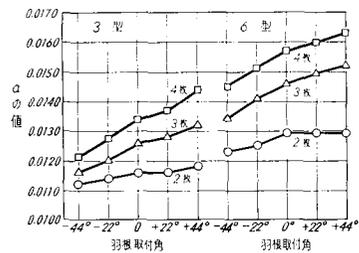
ここに、 a は比例常数で、第19図に示す通り、4枚前傾角が高く、後退角になると取付角 0° に比して低下することが判然としている。3枚では4枚に近く、2枚では 0° より前傾角にしても効果がない。概して2枚では取付角の影響を受けないようである。風路幅の狭い6型の方が3型よりも風速は高まっている。



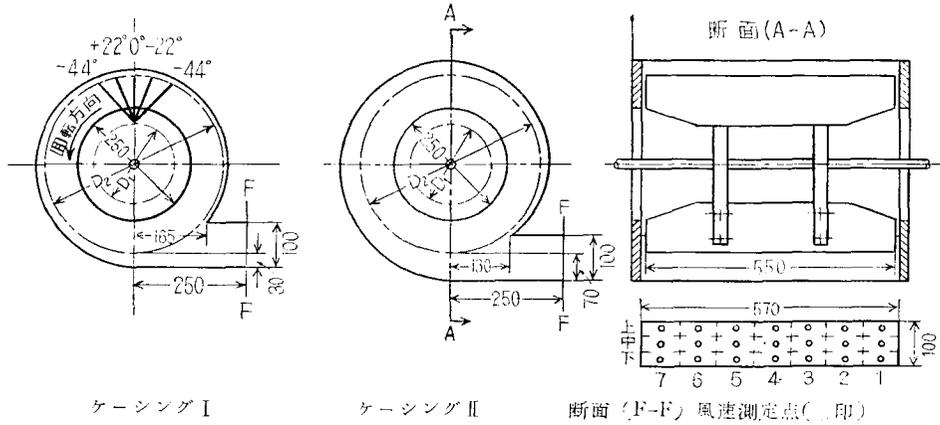
第17図 羽根車回転数と所要馬力



第18図 平均風速と所要馬力



第19図 落下口におけるaの値

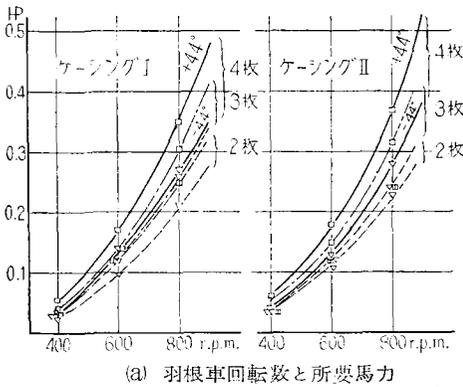


第20図 試作送風部寸法 ($D_2=394$ mm, $D_1=174$ mm)

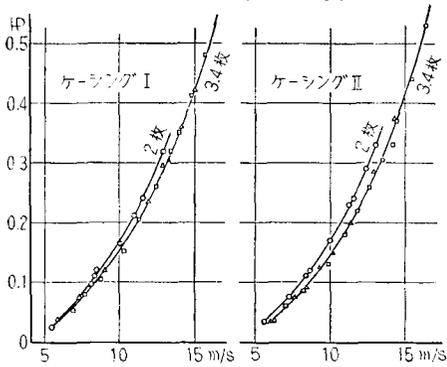
2. 試作送風部

試作送風部を大別すれば、次の3群に分けることができる。

- ① 原型は片倉式6型脱穀機の唐箕より基本的寸法を得、渦巻室の形態を変化した。
- ② 送風部断面寸法は、同一とし、風路幅を変化した。



(a) 羽根車回転数と所要馬力



(b) 平均風速と所要馬力

第21図 所要馬力及び平均風速

- (3) 吸気口面積を広狭し、一定風路幅に対する適当開口比及び $D:L$ を求め、更に流体力学的羽根形状を見出す。

次に夫々の所要馬力並に平均風速を求めて比較する。

(1) 渦巻室形態との関係

試作した渦巻室の形状並びに寸法は第20図に示す如く、羽根先端間隙を吹出口高さの1/3のものをケーシングI、2/3のものをケーシングIIと称し、断面はアルキメデス渦線に準じ、両者の最小先端間隙10mm、吸気口直径250mm、吹出口面積 570×100 mm²、羽根車軸中心から吹出口までの距離250mmとした。

羽根車回転数と所要馬力との関係は第21図(a)に示す如く、ケーシングI、II共に4枚、+44°が高く、2枚-44°が低い、所要馬力は羽根車回転数の凡そ3乗に比例する。4枚+44°の800 r.p.m.における所要馬力及び平均風速を片倉3型及び6型の唐箕と比較して表示すれば第3表の如くである。

第3表 送風部の所要馬力と平均風速

機種	所要馬力 hp	平均風速 m/s
ケーシング I	0.35	13.9
" II	0.37	14.5
片倉 3型	0.42	11.5
" 6型	0.38	13.0

(4枚、+44°、800 r.p.m.)

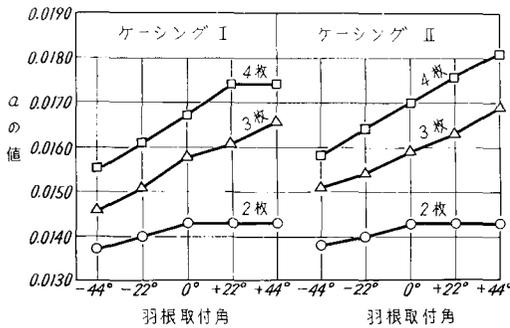
即ち、ケーシングIIの方が所要馬力・平均風速共に高い。これはケーシング内の空気の流れがIの場合では妨害するような形状となり、IIの方が層流化するためと思わ

れる。

平均風速と所要馬力との関係を示せば第21図(b)の如く、3枚は4枚とほぼ同一曲線となり、2枚は3、4枚よりも若干上廻っていることは片倉式と同様である。ケーシングによる差異は殆どない。

平均風速 V は羽根車回転数 n に正比例し、 $V \propto a \cdot n$ の関係があり、 a の値を取付角並びに枚数毎に求めて図示すれば第22図の如くである。

ケーシング I では4枚が $+22^\circ$ まで直線的に増加するが $+44^\circ$ ではその限界を越えて増加しない。3枚は $+44^\circ$ が高い。2枚では $-44^\circ \sim 0^\circ$ 間に増加し、前傾角にしてもその効果がない。ケーシング II では3、4枚共に $-44^\circ \sim +44^\circ$ 間に直線的に増加するが、2枚は前傾角の効果がなく、一般に I よりは風速が強い。羽根先端間隙が I より II の方が広いことに起因するものと思われる。



第22図 試作送風部における a の値

次にケーシング I, II について吸気口面積を同心円的に全開 (100%) から 40% まで絞った場合について平均風速、軸馬力等を図示すれば第23図の如くである。但し、羽根車回転数は常時 800 r.p.m. とし、開口比は 1.72 (全開) \sim 0.69 (40%) である。

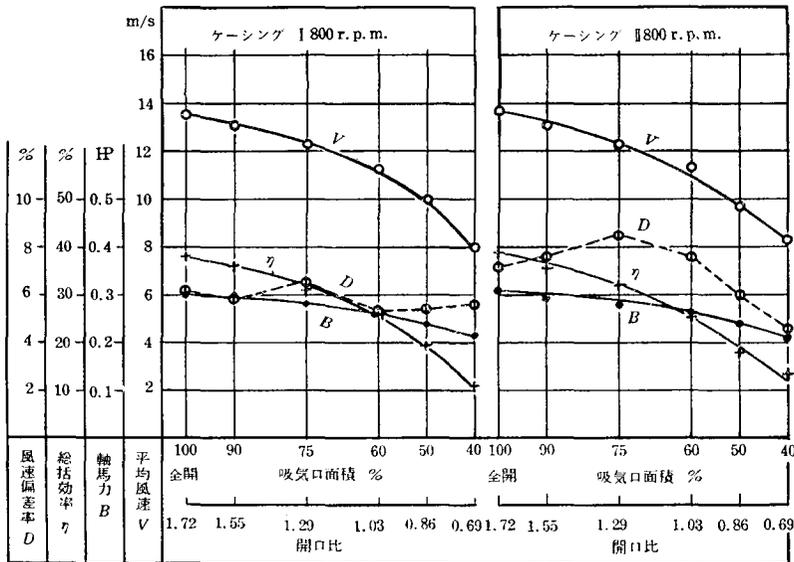
即ち、平均風速 V は 13.5 \sim 13.7 m/s から 8.0 \sim 8.3 m/s に、軸馬力 B は 0.3 \sim 0.31 hp から 0.21 hp に減少し、総括効率 η は 38 \sim 39% から 11 \sim 13% に減少する。吸気口は全開の方がより高くなる。

(2) 風路幅との関係

送風部断面寸法はケーシング I と同一で風路幅は 820 \sim 300 mm とし、次の4種類である。但し、矩形羽根、取付角 0° 、羽根枚数は 2, 3, 4 枚、送風部名称 B (原型) とはケーシング I の意である。

第4表 送風部寸法

送風部名称	A	B (原型)	C	D
風路幅 (L) \times 高さ mm	820 \times 100	570 \times 100	420 \times 100	300 \times 100
風路幅比	144	100	74	53
吸気口直径 (D) mm	250	250	250	250
開口比	1.20	1.72	2.34	3.27
D : L	1 : 3.28	1 : 2.28	1 : 1.68	1 : 1.20
羽根長さ mm	800	550	400	280



第23図 送風部特性曲線 (同心円絞り)

即ち、A では3, 4枚同一馬力であるが、Dになると、むしろ3枚が2枚の方に近く。

平均風速と所要馬力の関係は3, 4枚とも同一馬力であり、Dでは2, 3, 4枚が同一曲線に重り、羽根枚数の効果が明確でないことを示す。V=10 m/sにおける軸馬力を比較すれば第5表の如くである。

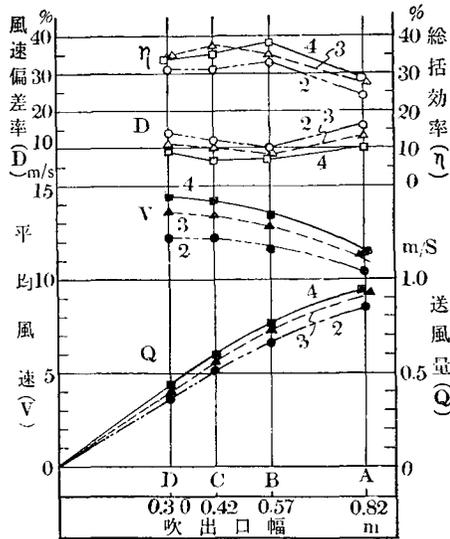
平均風速におけるaの値を表示すれば第6表の如くである。即ち、風路幅をD以下としても風速増加の傾向が見られず、2枚では殆ど一定風速になる。逆に風路幅を

第5表 V=10 m/s の軸馬力 (hp)

送風部名称	羽根枚数	
	3, 4枚	2枚
A	0.24	0.29
B	0.14	0.16
C	0.11	0.12
D	0.09	0.09

第6表 a の値

送風部名称	羽根枚数		
	4枚	3枚	2枚
A	0.0144	0.0142	0.0130
B	0.0168	0.0160	0.0145
C	0.0177	0.0167	0.0153
D	0.0180	0.0170	0.0153



第24図 風路幅と諸特性

A以上にすれば、風速は急減する。

総括効率を比較すれば、一般に4枚が高く、Bでは39%、C、Dでは3枚が高く、夫々37、35%である。Aでは30%以下となる(第24図参照)。

(3) 吸気口面積と羽根形状との関係

送風部Cにおける吸気口直径を第7表の如く327~126 mmに変化せしめ、風路幅(=420 mm)を一定とした場合の吸気口直径の最大限界を求めて見た。

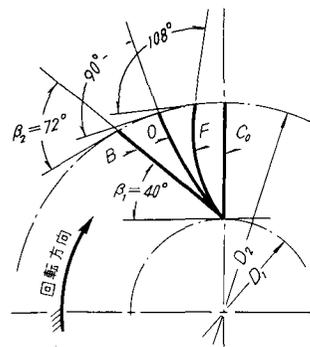
吸気口を絞った場合の寸法を表示すれば第7表の如くである。

羽根車の選定に際しては、単なるプレート・ファンを使用するよりは、送風機の羽根理論を適用して羽根流入角 α_1 及び入口角 β_1 を決め、これを一定とし、羽根出口角 β_2 を3種の基本的角度とし、これ等を総称して2次の曲面羽根と名付けた。第25図によれば、従来の放射羽根をC₀、 $\beta_2=108^\circ$ 、 90° 、 72° の羽根を夫々F、O、Bと称することとした。但し、 $108^\circ (=+44^\circ)$ 、 $90^\circ (=0^\circ)$ 、 $72^\circ (= -44^\circ)$ に相当する。 α_1 及び β_1 は吸気口絞り3(直径=250 mm、在米型)を基準として夫々 90° 及び 40° としたが、羽根Bは羽根断面が一直線となり、片倉式脱穀機の羽根取付角 -44° と一致する。

各羽根における各絞り毎の所要馬力(B)と、平均風速

第7表 吸気口絞り寸法

吸気口絞り呼称	1	2	3	4	5	6
吸気口面積 m ²	0.168	0.134	0.098	0.074	0.049	0.025
吸気口直径 mm	327	292	250	216	176	126
開口比	4.00	3.20	2.34	1.75	1.16	0.60
D : L	1:1.28	1:1.44	1:1.68	1:1.94	1:2.38	1:3.33



第25図 羽根断面図 (D₂=394 mm, D₁=174 mm)

第8表 所要馬力と平均風速

絞りの羽根	平均風速 V(m/s)	所要馬力 B(HP)	絞りの羽根	平均風速 V(m/s)	所要馬力 B(HP)		
						絞りの羽根	平均風速 V(m/s)
1	C ₀	14.4	0.265	4	C ₀	13.4	0.235
	F	14.2	0.26		F	13.7	0.25
	O	13.9	0.25		O	13.2	0.22
	B	13.5	0.235		B	12.9	0.23
2	C ₀	14.4	0.255	5	C ₀	11.2	0.21
	F	14.6	0.26		F	11.5	0.215
	O	14.3	0.24		O	11.1	0.205
	B	13.6	0.225		B	10.9	0.20
3	C ₀	14.4	0.255	6	C ₀	6.7	0.15
	F	14.5	0.255		F	7.0	0.185
	O	14.2	0.24		O	6.9	0.15
	B	13.7	0.23		B	6.9	0.15

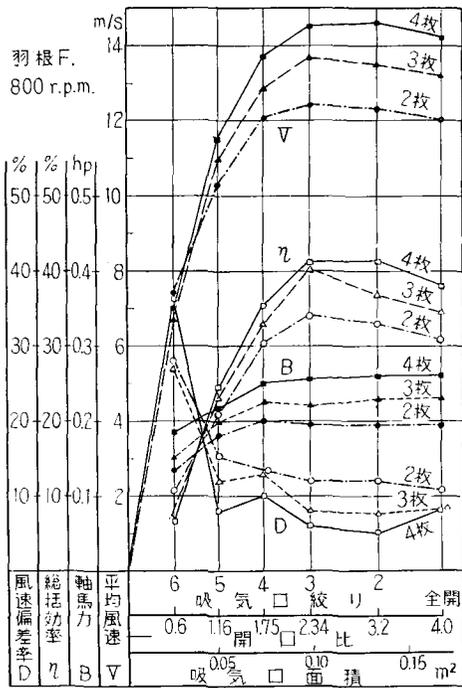
(V)を示すと第8表の如くである。

即ち、所要馬力は絞り4以上としても殆ど増加せず、平均風速は絞り3が最大となり、これ以上吸気口を拡げると、却って風速低下の傾向が見れる(例えば第26図

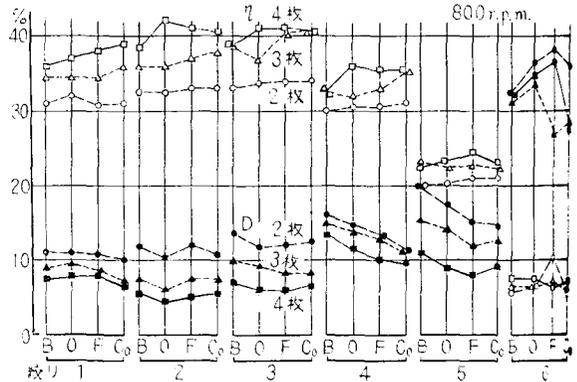
参照)。

羽根形状について比較すれば、一般に前傾曲面羽根は後退羽根より若干風速が強く、絞り3以下になると風速低下が著しく、羽根形状による差は殆どない。所要馬力と平均風速との関係を羽根枚数毎に比較するならば、3, 4枚がほぼ同一曲線上に重なり、2枚がこれより僅かに高い馬力を必要としている。

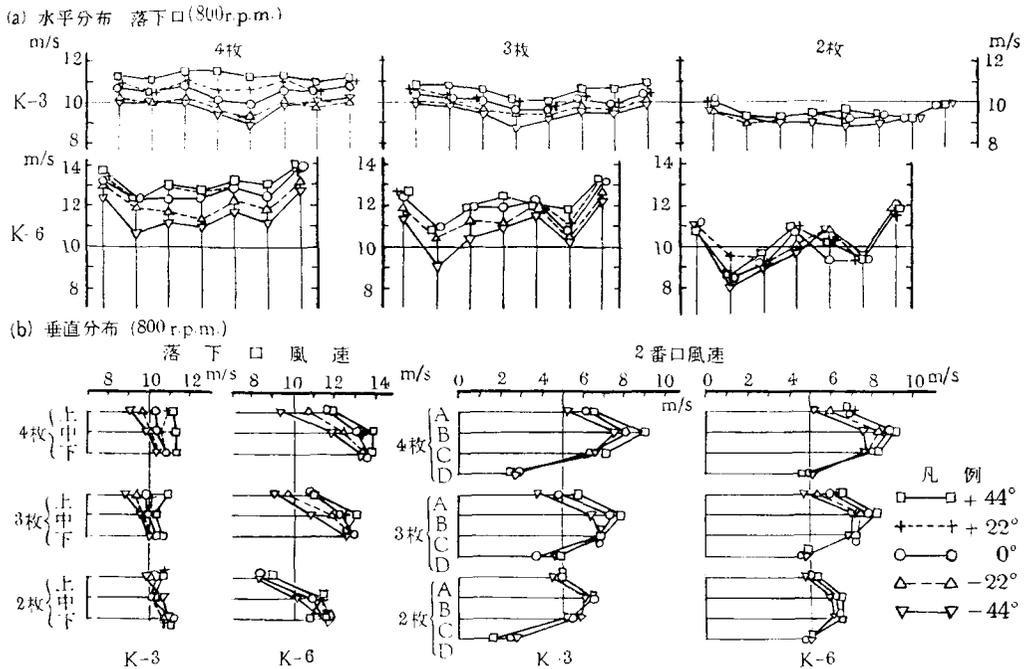
800 r.p.m. における総括効率を比較すれば、2, 3, 4枚の順に高くなる(例えば第26図参照)。各羽根について比較すれば、第27図に示す如く、4枚では羽根F及びOが高く(41%)、羽根Bでは39%、3枚ではF及びC₀が40.5%、Oが37%、2枚ではF, O, C₀が34%、Bが33%である。本装置では絞り3付近が効率高く、開口比23



第26図 試作送風部空転時特性図 (羽根F, 800 r.p.m.)



第27図 総括効率(η)及び風速偏差率(D)



第28図 脱穀機用唐箕の風速分布

付近が最適である。

第8章 風速分布及び風速偏差率

風路断面における上下方向の風速分布を垂直分布、左右方向のを水平分布と称し、水平分布の程度を比較するのに風速偏差率(D)で表現した。即ち、水平分布の平均風速をM(m/s)、各測点の標準偏差をσとすれば、Dは次式で表わされる。

$$D = \frac{\sigma}{M} \times 100 (\%)$$

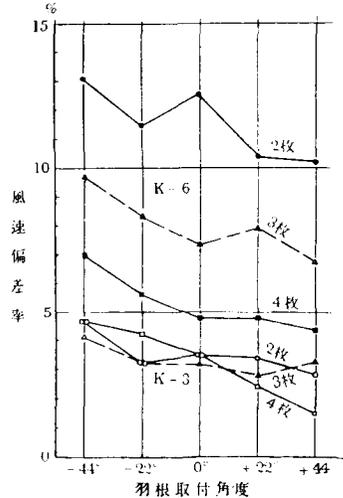
Dによって羽根取付角及び枚数による水平分布平均化の程度を比較することができる。Dの値は低い程、均一性に優れていることになる。

第7章同様に2項目に分けて実験結果を比較して見ることにする。

1. 脱穀機用唐箕

落下口直下の分布及び2番口の分布について測定結果を述べると、垂直分布では上、中、下と次第に強くなり、前傾角では上、中段が強くなって来る。但し、取付角0°以下では急激に低下し0°以上ではあまり明確に効果が現れない。2枚より4枚の方が一層効果的である(第28図(b)参照)。

水平分布は第28図(a)に示す如く、3型は中間分布、

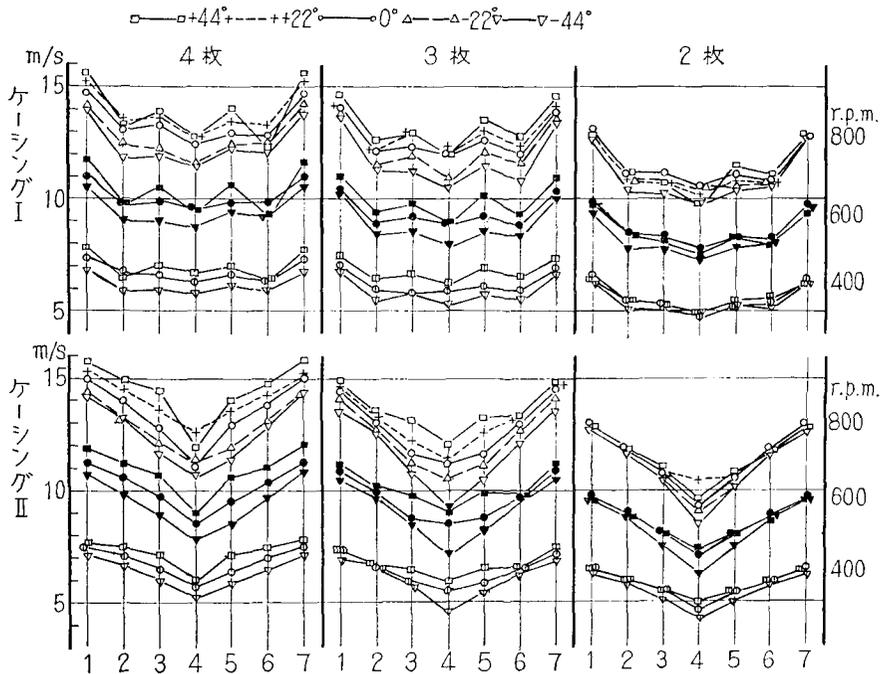


第29図 落下口風速偏差率

6型はW字型分布を呈し、何れも吸気口側は強い。3型は概して平均化している。2枚では取付角の影響少なく、4枚では前傾角にすれば両端又は中央の強い部分が更に強くなる。2枚ではW型の傾向が明確である。

風速偏差率によって取付角及び枚数の影響を比較することが容易である。

第29図によれば後退角が偏差率高く、0°より前傾で



第30図 試作送風部の風速分布

は明確に低下しない。6型では4枚は2枚の約1/2に低下して平均化している。4枚で取付角0°~+22°が5%以下で他よりも良いことが知られる。

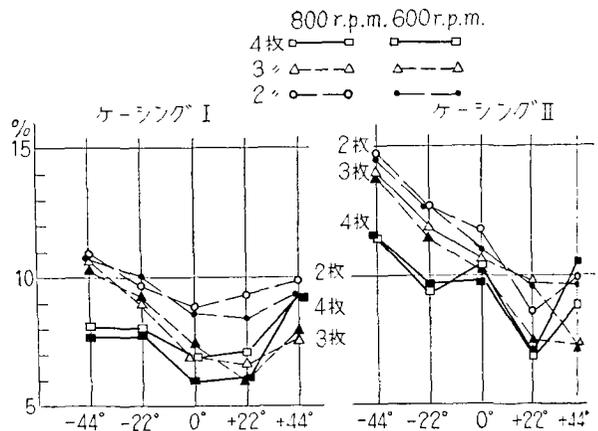
2. 試作送風部

(1) 渦巻形態との関係

羽根車回転数は400, 600及び800 r.p.m.とし、夫々羽根取付角及び枚数の影響を比較した。第30図(a)によれば、ケーシングIは-44°が上、中、下と直線的に増加しているが、+44°では上、中段が強くなる。ケーシングIIでは3枚で-44°から+44°までは平行して増加するが、2枚では判然とした差別がつかない。

水平分布は第30図(b)に示す如く、ケーシングIでは中央部のやや低いW型に似た分布を呈し、IIではV型分布を呈する。即ち、吸気口側は強く、4枚では前傾角は後退角の水平分布に似て各点の風速は増加し、+44°では2, 4枚共に凹部は取付角0°よりも減少し、凸部は更に増加する。IIでは3枚で+44°, 4枚で+22°において凹部が緩和されてくる。

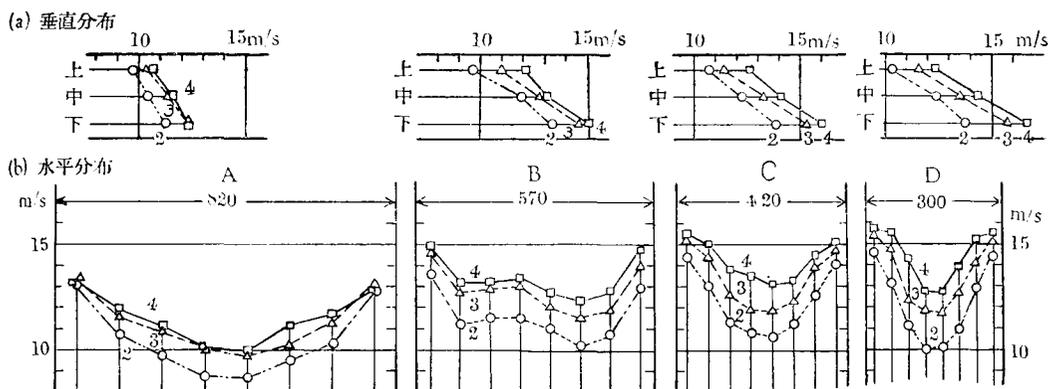
以上の結果を風速偏差率によって比較すれば、第31図の如く一層明確となる。600, 800 r.p.m.において、Iでは0°~+22°が低く、3, 4枚では8%以下となり、IIでは2, 4枚が+22°で10%以下3枚は+44°で8%以下



第31図 風速偏差率

となる。2, 4枚は+44°になると偏差率が増加し始めるので均一性に欠けていることを示している。

一般に羽根先端間隙を広くすれば中間のV字型分布となり偏差率が比較的高く、先端間隙が狭くなると、中央部の凹部部分が強くなり、W字型分布となる。従って偏差率は却って低く、平均化した分布となる。羽根取付角は0°~+22°即ち、やや前傾角の優れていることが知られる。



第 32 図 風路幅と風速分布 (800 r.p.m.)

2 風路幅との関係

第 24 図に示す如く、 $L=420\sim 570\text{ mm}$ において 4 枚羽根が偏差率 8% 以下で優れている。風速分布において、3 枚の分布は風路幅が広いと 4 枚に近すぎ、狭いと 2 枚との中間位に分布する (第 32 図 (a), (b) 参照)。

3 吸気口面積と羽根形状との関係

例えば第 33 図 (a) に示す如く、垂直分布は絞り全開より 3 の方が上下の風速差大きく、下部が一増強い。羽根 F は B よりも上下の風速差少なく、2, 3 枚よりも 4 枚の方が風速差大である。絞り 5 になると、上下の風速差極めて少なく、絞り 6 では中、下部が弱くなる傾向があ

る。即ち、6 の水平分布は第 33 図 (b) に示す如く、両側は弱く中凸型分布となる。

羽根毎に比較すれば、羽根 F は他よりも若干強く、O の分布は F と大差がない。B では中間の傾向強く、絞り 6 では開口比 1 以下のため吹出口両端下段に逆風を生ずる。

風速偏差率 D によって比較するならば、4 枚における絞り 2, 3 では 5~6% で低い。絞り全開 (開口比 = 4.0) では 8% に増加する。開口比 3.2 では羽根 F 及び O が低く (4.5~5.0%)、開口比 2.34 でも低い (6%)。

吸気口直径 D と風路幅 L の関係を総括すれば、 D を一定 (= 250 mm) とした場合は $D:L=1:2.28$ が適当であり、2, 3, 4 枚共 10% 以下の偏差率で 4 枚が最も良い (開口比 = 1.72)。 L を一定 (= 420 mm) とした場合は $D:L=1:1.4\sim 2.1$ (開口比 = 1.75~3.2) で偏差率は 5~10% であり、最も平均化している。開口比は 2.34 以上としても、もはやその効果は現われない。

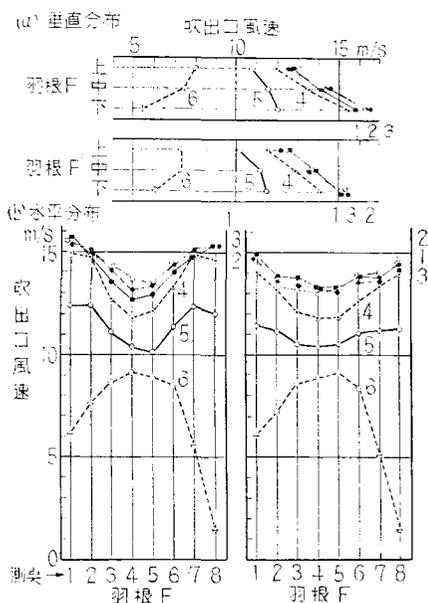
(4) 風力調節との関係

理論的には吸気口又は吹出口面積を絞って風力調節を行なうことは考えられるが、實際上広く見られ、且つ容易なる方法として吸気口面積を絞ることが考案されている。これにも同心門的に絞る方法と、半門的に片側から絞る方法とがあり、後者の方法が一般的である。

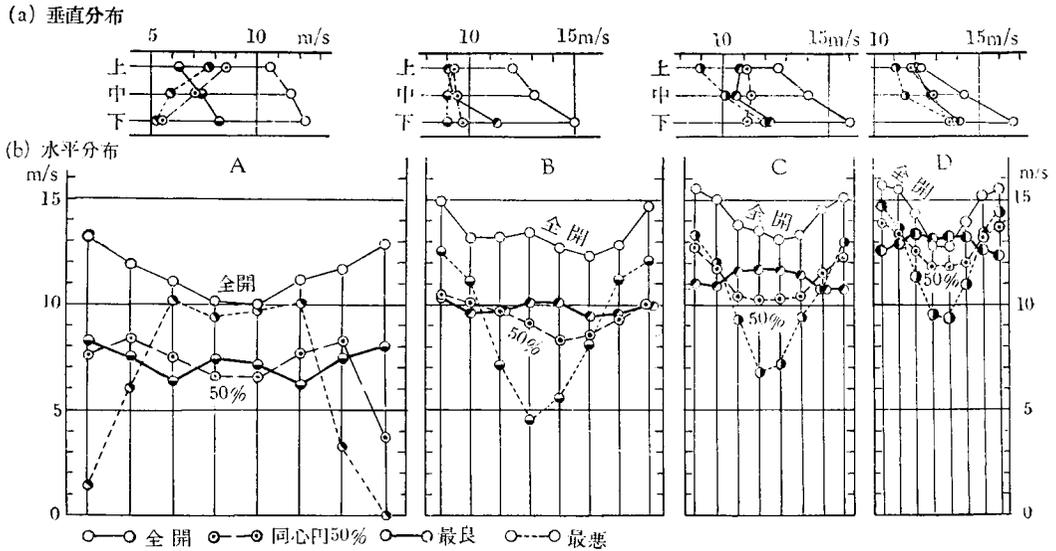
風路幅を異にした場合の吸気口全開時の風速分布については既に (2) において述べたが、同心門調節及び半門調節について述べることにする。

同心門 50% 閉では第 34 図 (a) の垂直分布によれば、A は全開時よりも下部風速が減少し、B, C では上下の風速差少なく、D では全開時と平行して下部風速が強い。

第 34 図 (b) の水平分布では全般的に中間の傾向を持つが、全開時と似た分布を示す。但し、A のみ吸気口側が



第 33 図 吸気口絞りと風速分布 (4 枚, 800 r.p.m.)

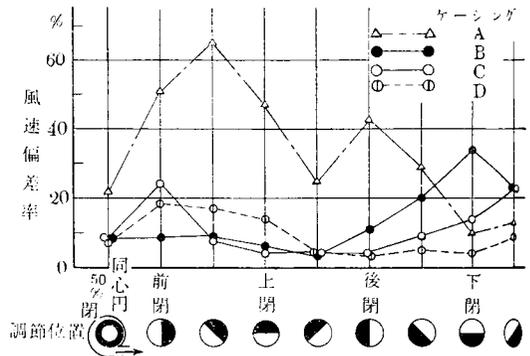


第34図 風力調節と風速分布 (4枚, 800 r.p.m.)

弱く、これは吹出口下部に負圧の生ずるためである。即ち、Aではこれ以上の風力調節は意味のないことを示している。第35図は夫々の風速偏差率を一括して図示したもので、B、C、Dでは全開時と大差なく、7~8.5%であるが、Aのみ21.5%で全開時の凡そ2倍となる。従って $L \leq 570 \text{ mm}$ では同心円50%閉は差支えないが、 $L > 570 \text{ mm}$ では好ましくないことがわかる。

半円閉においては、第35図によって偏差率を比較すれば、Aでは下閉が10%で最良、「前—上」閉が65%で最悪分布となる。Bでは「上—後」閉が3.5%で最良、下閉が34%で最悪、Cでは「上—後」閉が4%で最良、前閉が24.5%で最悪、Dでは後閉が3%で最良、前閉が19%で最悪、となる。即ち、風路幅が異なれば、風速分布の最良及び最悪の調節位置を異にしていることが知られた。夫々の風速分布は第34図(a)、(b)に示す通り、最良分布では水平分布はやや中凹の傾向があり、垂直分布も全開時同様下部が強い。最悪分布を比較すれば、B、C、Dが何れも中凹のV字型分布を呈するに對し、Aでは吸気口側に負圧を生じたために極端な中凹の分布を呈し、垂直分布も従って下部が弱い。

(1)において各ケーシングの吸気口を40%まで絞った場合の風速分布について述べると、第36図に示す如く、垂直分布は全開(100%)で下段が強いのに反し、絞り50~60%付近より下段が弱くなり始める。水平分布はIでは絞り60%よりW字型からU字型となり、IIでは75%でV字型の傾向最も強く、40%では緩かなU字型



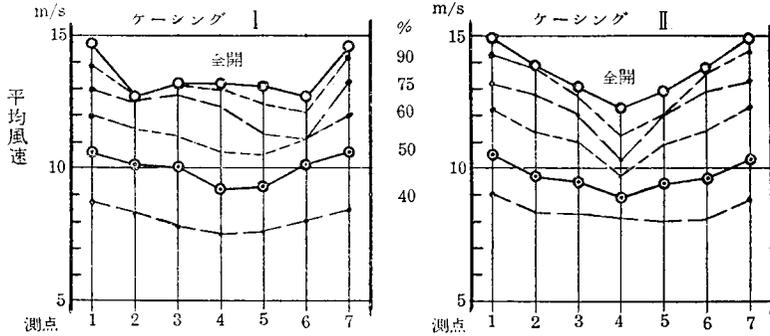
第35図 風力調節方法と風速偏差率 (4枚, 800 r.p.m.)

となる。風速偏差率は第23図に示す如く、絞り75%をI、II共に高く(6.6~8.5%)、IIでは絞るにつれて漸減し、左右の水平分布が良好なることを示している。Iでは5.3~6.6%で、吸気口絞りによる風速分布の乱れは認められない。

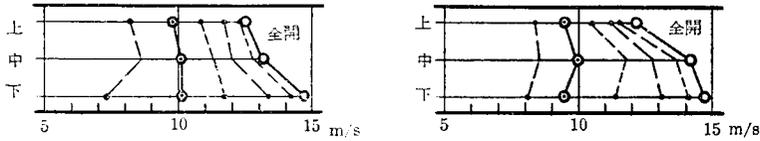
以上の結果を総括して列記すれば次の如くである。

- (1) ケーシング寸法はアルキメデス・スパイラルに従って決め、最大羽根先端間隙は吹出口高さの1/3(30mm)とした方が、2/3(70mm)より偏差率が低く、平均化している。
- (2) 最大羽根先端間隙が30mmの方は4枚・取付角0°、2~3枚では取付角0°~+22°が偏差率低く、+44°の前傾角では却って偏差率高く、風速分布の乱れが現

水平分布



垂直分布



第 36 図 同心円絞りと風速分布 (4 枚, 800 r.p.m.)

- れてくる。先端間隙 70 mm の方は 4 枚では取付角 $+22^\circ$ 、3 枚では $+22^\circ \sim +44^\circ$ 、2 枚では $+22^\circ$ が偏差率低く平均化している。枚数を比較すれば、後退角では 3 枚の偏差率は 2 枚に近く、前傾角では 4 枚に近くなる。2 枚の偏差率は 8% 以上で、最も均一性が劣る。
- ③ 風速分布は羽根形状によっても異なるが、一般に吸気口側が強く U 字型又は W 字型分布を呈するが、羽根先端間隙 70 mm では V 字型分布となり、風路中央部の弱い分布となる。風路断面について垂直分布を見ると、後退角は上、中、下の順に直線的に強くなり、前傾角になれば、上、中段が強くなり、上、下の風速差は小となる。2 枚羽根では取付角の影響少なく、4 枚では前傾角になれば分布の乱れが明瞭に現われる。
 - ④ 風路幅を 300~820 mm とした場合に、風路幅が広いと、3 枚の風速分布は 4 枚に近すぎ、狭いと 2 枚との中間に分布する。最適風路幅は 420~570 mm で 4 枚の偏差率は 6.5~7% で最も平均化している。
 - ⑤ 風路幅を一定として吸気口直径を 126~327 mm とすると、4 枚では直径 250~292 mm が偏差率低く、3 枚、2 枚の順に高くなる。直径 176 mm 付近より中門から中門分布となり、偏差率は急上昇し、水平分布は乱れ、垂直分布は中、下段が弱くなる。
 - ⑥ 羽根形状については前傾曲面羽根が偏差率低く、放射羽根と殆ど大差がない。羽根の両端内側を斜めに切落すよりも、効率は若干下がるが外側を切除した方が効果的に偏差率は 5% 以下となる。

- (7) 吸気口直径 D 、風路幅 L とすれば、 $D:L=1:1.4 \sim 2.3$ が均一分布の最適比率である。
- (8) 風力調節は同心円閉が一般に優れているが、半円閉においても最良分布の位置では更に平均化した分布となる。但し、その取付位置を誤ると最悪分布となり、偏差率は 30% 以上で、中央下部の風速が極端に弱くなる。

半円閉の最良分布位置は風路幅によって異なり、 $L=820$ mm では下閉、 $L=570$ mm では、上~上後閉、 $L=420$ mm では上~後閉、 $L=300$ mm では上後~後閉が夫々最良分布となる。

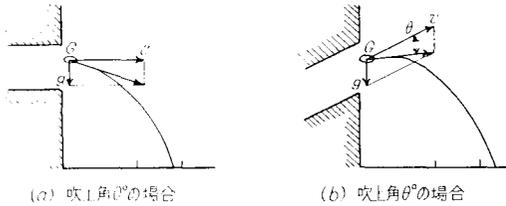
均一な風速分布を求めることが唐箕本来の使命であるから、唐箕の設計、製作に際しては、一応風速偏差率の低いものが平均化した分布であり、仮に、3乃至4枚羽根として、送風部を設計するとしても、羽根取付角の選定を誤らぬことが大切である。又、風路幅及び吸気口直径、開口比、風力調節板の取付方法に際しても偏差率の大小によって良否を決定することができる。

第 9 章 穀粒落下経路

ホッパーの落下口から落下、風選される穀粒の飛行経路を明確にすることは風路内の仕切板高さを決定すること、即ち精粒を得るために最も重要な問題である。然して比重形状を異にする各種穀粒においては、吹上角及び風速の変化に伴って飛行経路は全く異なっている。こ

れは又、落下量、風路に入る際の初速、位置によっても相違している。

今、穀粒 G が単に重力の加速度 g によって自然落下する場合、一定風速 v によって吹上角が 0° 及び θ° において第37図の如き落下経路が予想される。通常、脱穀機用



第37図 穀粒落下経路

唐箕の吹上角は $30 \sim 40$ 度であるため、初速、 $v_0 = 0$ とすれば、拋物体の運動方程式によって、到着距離 L は

$$L = \frac{v^2 \sin 2\theta}{g} \quad \text{であり、}$$

$\theta = 45^\circ$ において最大距離 L_{\max} は

$$L_{\max} = \frac{v^2}{g}$$

で表わされ、所要風速 v の2乗に比例し、吹上角 $\theta = 45^\circ$ の場合に最大距離を必要とする。しかし、穀粒の持つ g は空気の抵抗及び落下姿勢によって決定できるものではない。

一例を、籾、秕、不稔粒について、落下速度を測定してみた結果は第9表の如くである。

第9表 落下速度

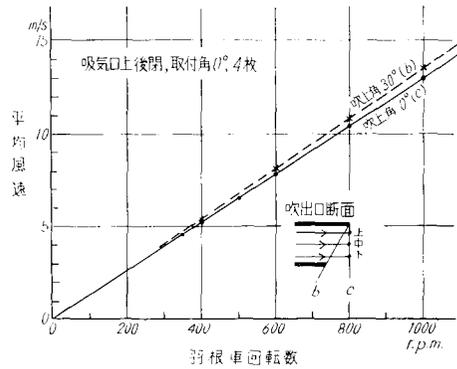
材 料	籾 (24.75g/1000粒)	秕 (9.5g/1000粒)	不稔粒
落下速度 m/s	4.04	2.86	1.8~1.96

これは30秒ストップウォッチによって室内高さ3.33mから落下させた場合の実測によるものであるが、空気との摩擦抵抗は不稔粒が大で、落下速度は籾の1/2以下となる。実際には傾斜板上を流下することによって若干の初速が与えられ、不齊なる風速を受けて飛行するので、必ずしも同一穀粒が同一経路に沿って飛行するものとは限らない。

第15節 吹上角度別に見た穀粒落下経路

予備試験としては主として、籾、秕、不稔粒及び籾殻について350~800 r.p.m. におけるタテ分布を落下高さ6, 15及び25 cm に変化して測定した^(注)。上後閉にお

(注) ホッパー底部からの落下高さは、17, 26及び36 cm である。



第38図 半円閉における平均風速

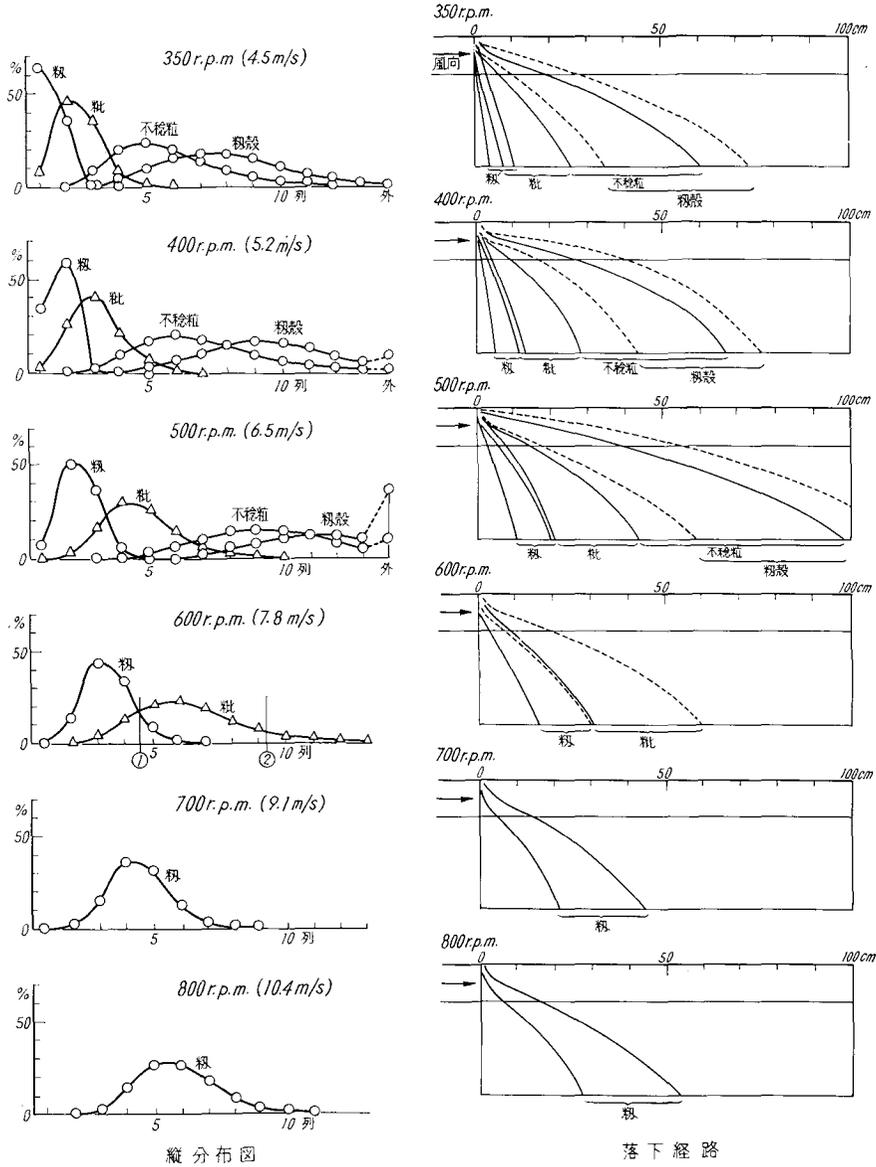
る平均風速と羽根車回転数との関係を示せば第38図(実線)の如くである。この実験装置では、吹出口から外方へ吹出す風向は水平とはならず、若干下向となって吹きおろす状況にある。従って落下高さ6 cm では受枠上において遠方へ飛行する比重の小さい秕、籾殻等はこの影響を受ける。又、落下高さ25 cm では主風の影響を受けず、風路からは籾の自重と風速の合力が初速となって拋物線状に落下する。

上後閉の垂直風速分布を見ると、上、中、下の順に強くなり、上、中は風速差僅少で、下段は平均風速の約10% 増である。

羽根車回転数別に落下経路を観察すれば、第39図(右)に示す如く、主風は左より右へ水平に吹き、穀粒は上隅より拋物線を描いて落下する。

落下高さ6 cm において籾は500 r.p.m. (6.5 m/s) 付近よりやや拋物線状に飛行するが、主風路中では直線的に飛行する。700 r.p.m. (9.1 m/s) 付近より主風路中においても拋物線状に飛行する。籾、秕及び不稔粒は夫々飛行経路が重なり合って落下するようである。不稔粒は600 r.p.m. (7.8 m/s) から風路に沿って飛行し、枠外への飛散分布量も多くなる。落下高さ15 cm において、全般に主風路内の飛行距離が短かくなり始め、これは受枠が主風の影響を受けていないものと推察できる。各材料の飛行経路が重なっている。

落下高さ25 cm において主風が受枠に及ぼすことは殆ど見られず、落下口直下に受箱を置いたため、400 r.p.m. (5.2 m/s) でも不稔粒及び籾殻の枠外飛散が始まっている。500 r.p.m. では籾及び秕の飛行経路が分かれ始め、600 r.p.m. では分離していることが観察できた。第40図は各高さ別に材料の飛行距離と羽根車回転数との関係を

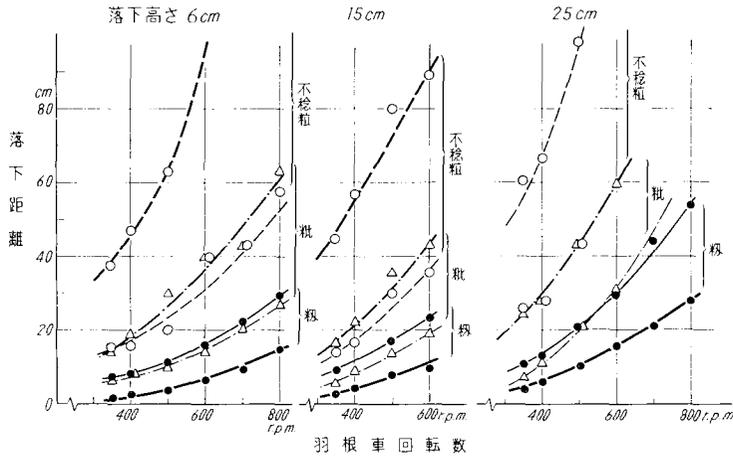


第 39 図 予備試験 (高さ 25 cm) における籾その他の縦分布及び落下経路

示したもので、高さ 25 cm において、600 r.p.m. のところで籾と秕の限界線の分離していることがわかる。この場合の風速は 7.8 m/s である。秕及び不稔粒は高さ 6 及び 15 cm では分離せず、これも 25 cm において 400 r.p.m. から分離している。第 39 図は落下高さ 25 cm における飛行経路 (右側) と縦分布 (左側) を示す。

各材料における回転数毎の飛行経路及び縦分布を比較することによって、混合した材料を成る程度まで風選し

得る良好なる限界を見だし、仕切板の適当なる位置及び適当風速を求めることができる。籾殻の分離は 400 r.p.m. において僅少となっていることが観察できる。600 r.p.m. において、距離 29 及び 63 cm に仕切板を設けると良いことになる。但し、籾中に秕 15% が混入し、秕中に籾 10% が混入している。落下高さ 15 cm 以下では夫々の混入量が多くなり、分離は次第に困難になる傾向が見られる。



第40図 落下高さと落下距離

実用試験における吹出口の形態は第4章第7節の予備試験のものとは若干異なり、上部落下位置が5cm前方に張り出し、吹出口下部とは10cm前後している。従って風速測定断面は第38図Cが水平位置、bが傾斜($\theta=40^\circ$)の位置となり、何れも材料が直接受ける吹出口断面の風速を測定した。これは第38図の点線で示す如く、傾斜断面では僅かに平均風速が高い。

吹上角 0° では、小麦、燕麥の分布に殆ど差が見られず、600 r.p.m.以上において若干の差異が出来る。落下経路も判然とした区別が見られず、燕麥が僅かに遠方へ飛行している。小麦においては、700 r.p.m. (9.1 m/s) 付近より分離が明瞭となり、800 r.p.m. (10.4 m/s) では大、小豆とは分離しているが、粳及び燕麥は約30%混入している。大、小豆では1000 r.p.m. (13 m/s) から分離し始めているが飛行経路では2~4cm前方へ移動する程度で、判然としない(第41図参照)。

吹上角 10° では600 r.p.m.で小麦、粳の分離が悪く、800 r.p.m.にして漸く分離してくるが、 0° よりは良くなる(第42図参照)。

吹上角 20° においても 10° と殆ど変わらないが主風による影響を受け始め、800 r.p.m.においては粳及び燕麥の遠方飛行経路が急に長くなる(第43図参照)。

吹上角 30° においては500 r.p.m.より粳、燕麥は主風の影響を受け始め、その上限は600 r.p.m.で水平、800 r.p.m.で上向となる。両者は500~600 r.p.m.でタテ分布に変化を示している。小麦、粳は800 r.p.m.で判然としている。大、小豆は800 r.p.m.で分離し始め、1000 r.p.m.では主風の影響を受けて3及び4列目に夫々最大量を入れ、吹上角 0° よりは判然としている(第44図

参照)。

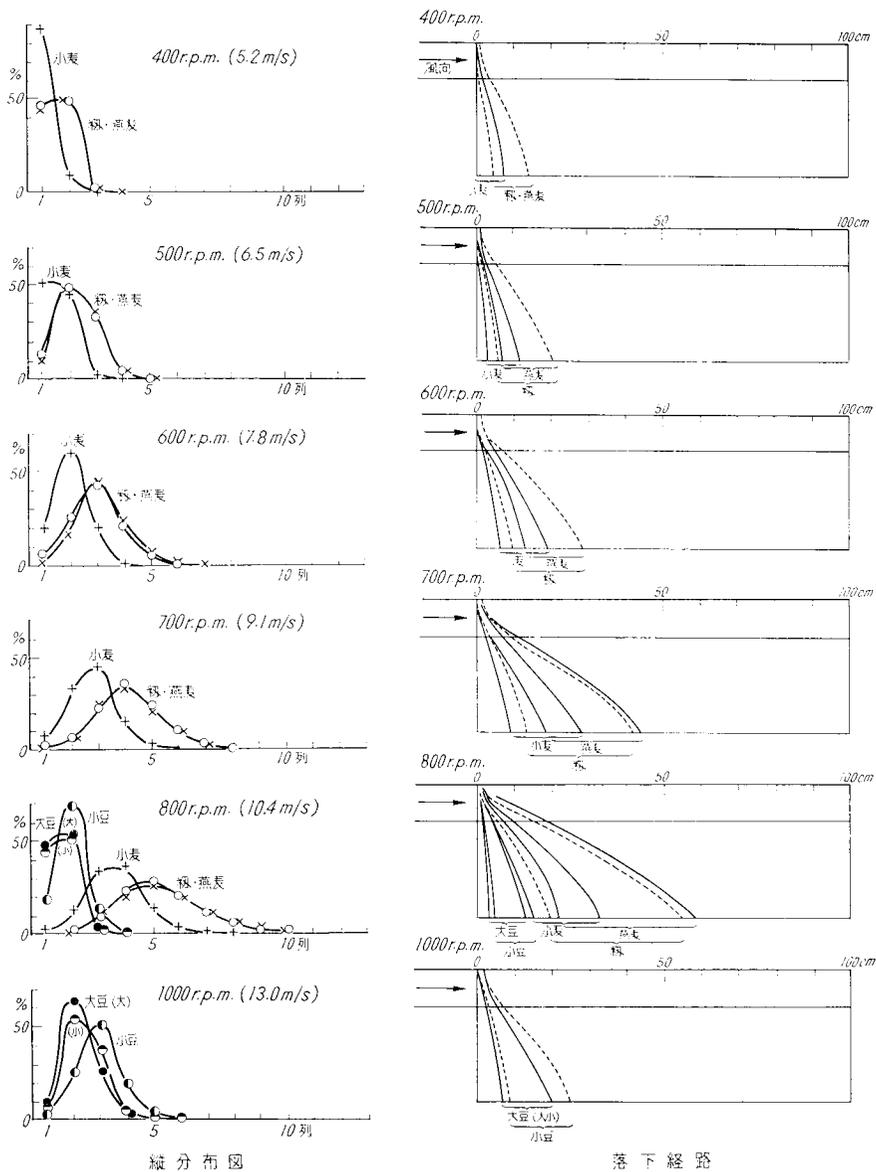
吹上角 40° では400 r.p.m. (5.3 m/s)における粳、燕麥を比較すれば、粳、燕麥の限界線は主風下部より次第に交叉するので、却って吹上角 0° よりも分離が悪く、この場合は仕切板を上げて主風に近づける方が良いと思われる。燕麥は上風に沿って 40° 上方へ吹き上げられ、失速した状態で落下する。この状態は写真で明瞭に観察できる。500 r.p.m. (6.8 m/s)では燕麥が既に前の燕麥と同様に失速した状態で落下するので粳分布と重複し始める。従ってこれ以上風速を強くしても逆効果となるわけである。800 r.p.m.にすれば、大、小豆の分離が明瞭となり、吹上角 30° よりも効果的となって現われている。粳及び燕麥では俵外分散7及び14%で、飛行経路は粳、燕麥、燕麥の中、燕麥が主風の影響を受けて粳より高く吹き上げられている(第45図参照)。

第16節 穀粒落下経路の総括

1. 穀粒落下経路 (第41~46図)

吹上角 0° における予備試験では落下高さ25cmで主風の影響が受俵に及ぼさず、600 r.p.m. (7.8 m/s)では粳及び燕麥の限界線が分離し始める。400 r.p.m. (5.2 m/s)で既に不稔粒及び燕麥の俵外分散が始まるので風選の効果は充分にあるものと考えられる。落下高さ15cm以下では各々の落下経路は重複し、風速の変化と関係がない。従って主風に影響の受けない位置に仕切板を取付け、飛行落下する穀粒が抛物線状に落下する程度の風速を必要とする。即ち、粳は7.9 m/s以上、不稔粒は6.5 m/s以上、燕麥は5.2 m/s以上あれば分離し易い状態となる。

飛行経路を比較すれば、350 r.p.m. (4.5 m/s)では不稔粒、燕麥等は既に主風の影響を受け、400 r.p.m. (5.2 m/s)



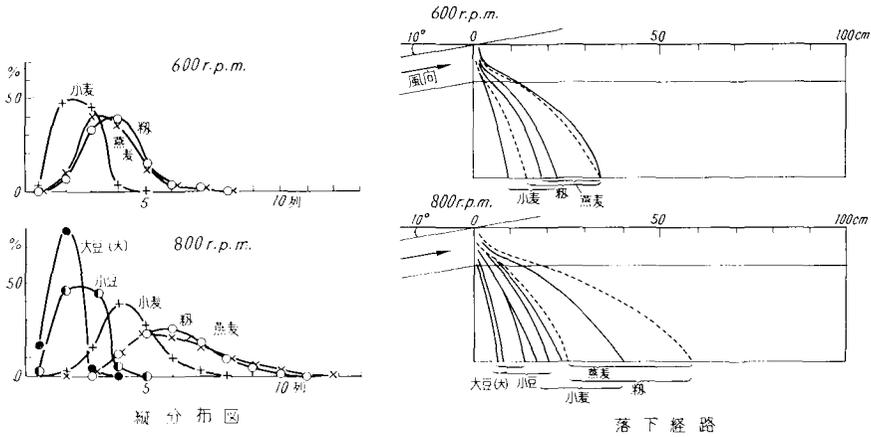
第 41 図 穀粒の縦分布及び落下経路 (吹上角 0°)

では秕が風路中段より曲折し始め、不稔粒は上段より曲折する。

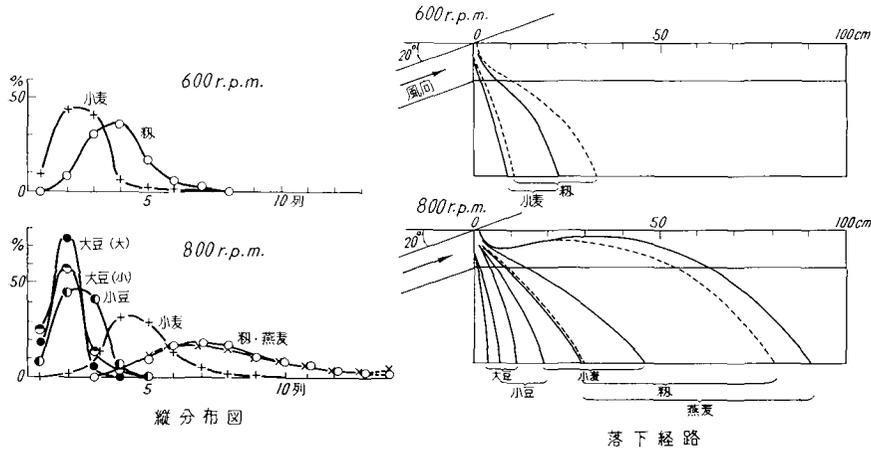
500 r.p.m. (6.5 m/s) では粳が主風により風路中段より曲折し始め、秕は斜め前方 45° へ落下するので落下高さ 25 cm では粳の限界線と丁度一致し、更に風速が増加すれば、粳と秕は分離することがわかる。不稔粒、粳殻は既に風路最上部から曲折し、やや直線的に落下するが一部は枠外へ飛散する。

吹上角の効果を各穀粒について比較すれば、第 46 図

に示す様に粳は 600 r.p.m. で吹上角 0° では 3 列目が最大分布量となり、 10° で 4 列目、 40° で 4 列と 5 列との中間に移動する。燕麦もほぼ似た分布を示し、共に $30^\circ \sim 40^\circ$ では変化が少ない。小麦では 600 r.p.m. 0° で 2 列目が最大分布量となり、 30° では 3 列目に移動する。800 r.p.m. において、小豆は $0^\circ \sim 40^\circ$ では最大点が 2 列目から 3 列目に移動するが、大豆では 30° において 2 列目が最大点となり、大粒も小粒も大差がない。即ち、吹上角 0° よりも 40° の方が材料は遠方へ飛行し、 30° から材料



第42図 穀粒の縦分布及び落下経路 (吹上角10°)



第43図 穀粒の縦分布及び落下経路 (吹上角20°)

吹上力の効果がでてくるが拋物体の法則により 45° 以上では最早や効果がない。

800 r.p.m. における吹上角別のタテ分布を比較すれば、大小豆は 40° において、判然と分離し、小豆、小麦は 0° よりも 20° の方が効果的となる。小麦、稲は 30° の方が良いと思われる。

しかし、稲、糶、糶殻の分離では吹上角 0° の方が優れ、40° にするときは仕切板の位置を出来る限り上げて、風路に近づけた方が良い。この場合の風速は前者が 7.8 m/s を必要とするのに対し、後者では 6.0 m/s で充分と思われる。

即ち、穀粒 1 個重の大きい豆類では空気との摩擦抵抗が少ないので拋物体の法則に従って遠方に飛ぶが、稲、燕麦の如き穎の付着したものでは飛行中における抵抗が

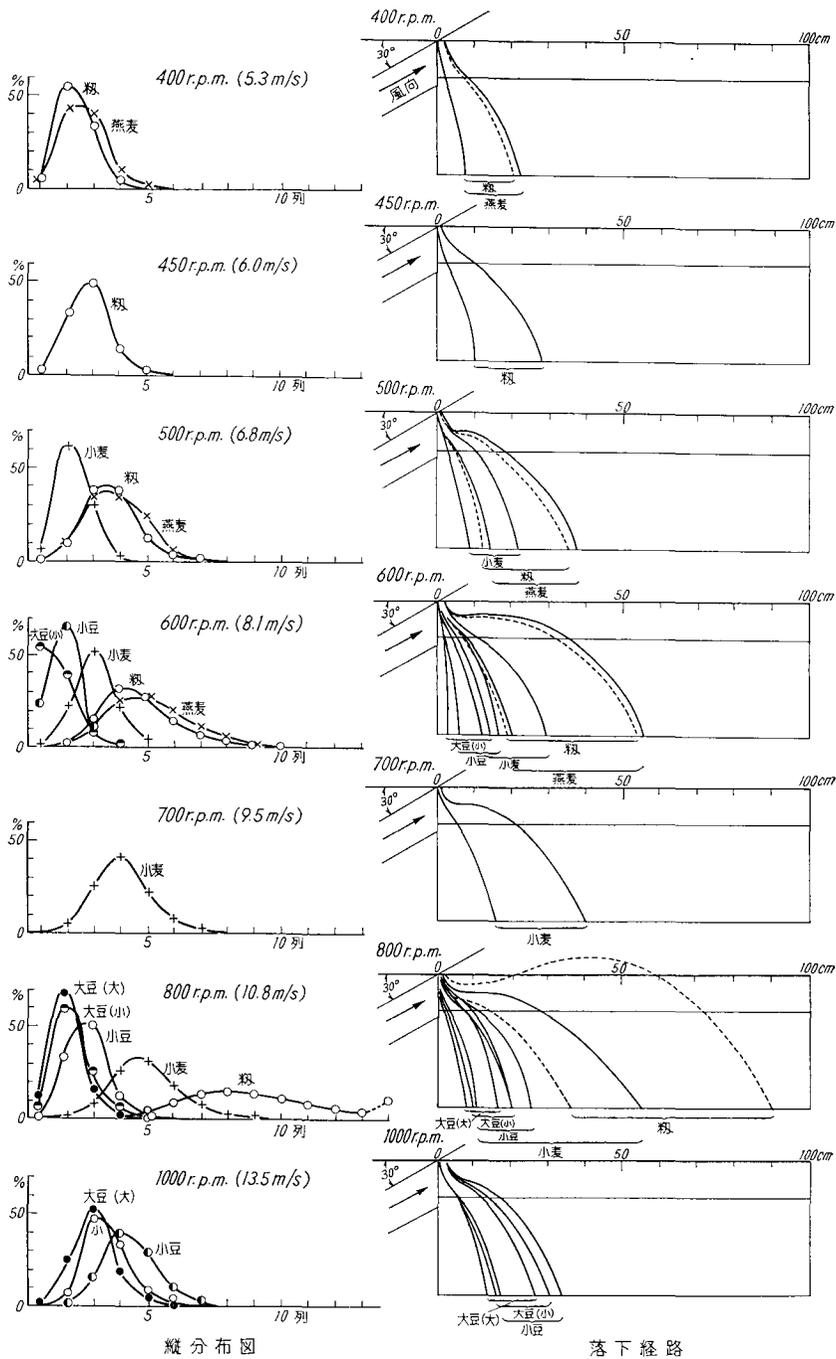
大きくなり、吹き上げられて失速した状態となる。従って実際の唐箕においては或る角度で吹き上げ、更に上方では傾斜板があって風が整流されるが、豆類では、この吹上角が影響し、糶、糶殻等では整流板に沿って飛行するので、仕切板を上げて風速の方が良いと思われる。

2. 穀粒風選指数

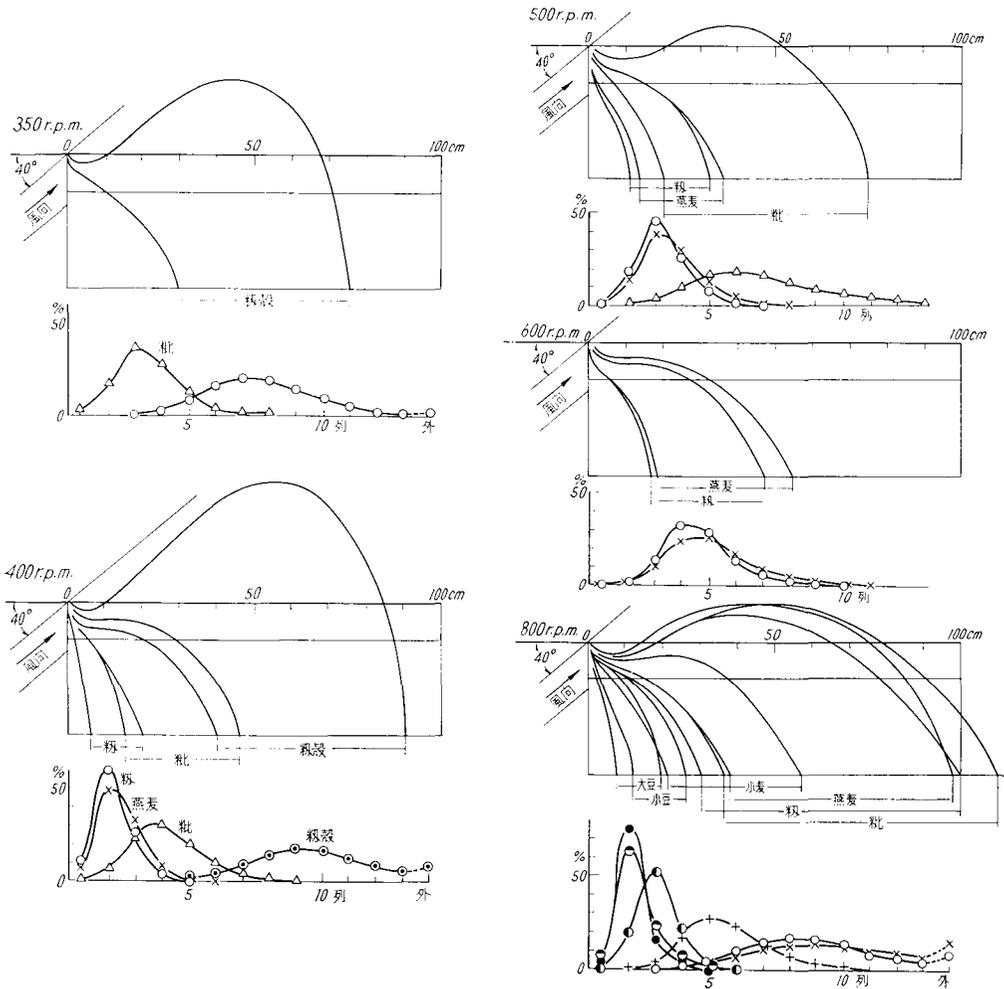
各材料について同一縦分布をしている場合の適当回転数を吹上角 0° 及び 30° にて比較して見ると第 10 表の如くである。

本表は主として吹上角 30° において凡その回転比率を掲げたもので、吹上角 0° の場合は指数から逆算して、r.p.m. を求めたものである。

規準として精稲を選び、縦分布の同一のものを適当回転数として稲の 450 r.p.m. に於ける指数を 1.00 とした。



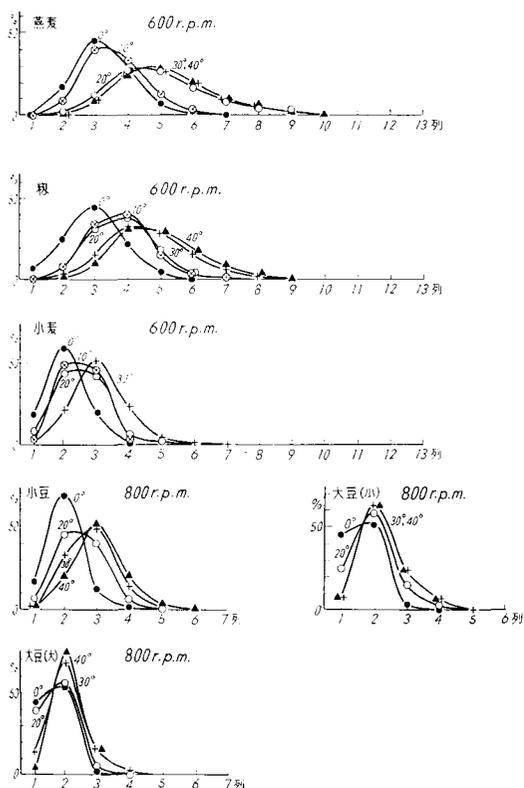
第 44 図 穀粒の縦分布及び落下経路 (吹上角 30°)



第 45 図 穀粒の縦分布及び落下経路 (吹上角 40°)

第 10 表 材料別適当回転数 (上後閉)

供試材料	吹上角 0°		吹上角 30°	
	羽根車回転数 r.p.m.	指 数	羽根車回転数 r.p.m.	指 数
粳	500	1.12	450	1.00
燕 麦	500	1.12	425	0.94
小 麦	660	1.48	600	1.33
小 豆	880	1.98	800	1.78
大 豆 (小粒)	1000	2.23	900	2.00
大 豆 (大粒)	1110	2.48	1000	2.23



第 46 図 吹上角と縦分布

即ち、吹上角 30°では大豆(小粒)が粳の 2 倍の回転数を必要とし、大豆(大粒)では更に 20% 増とする必要がある。逆に燕麥では 5% 弱で充分であるといえる。しかし、吹上角 0°では 30°よりも 11.2% 増の回転数を必要とし、粳と燕麥は全く同一分布であるため回転数も同一であり、他は吹上角 30°と同一比例指数にてほぼ充分であると思われる。

羽根車回転数と風速とは正比例するのであるから、この指数はそのまま風速の比例指数にもなる。一例を第 1 層の片倉 6 型脱穀機について比較すれば、稲の規定風速は 8.5 m/s で、麦は 11.6 m/s である。即ち、8.5:11.6=1:1.36 であるから、上表の指数 1.33 は小麦として適当であることが証明できたことになる。この指数は脱穀機、スレッシャー等の唐箕設計に対する規準となるものであるから、目的に応じてベルト車の直径を変えて羽根車回転数を加減する場合の直径を決める比例指数としても活用することができる。

3. 風選指数の検討

穀粒の風選に関する初期の有力説として重量による選

別を基礎としていたが、個体の性質、不規則の形状或いは各穀粒の混合物として取扱う場合に所謂比重選別なる定説が広く採用されるようになった。その後 Walther. G. Brenner 氏⁶⁾によれば穀粒の空気力学的性質を考慮して、粒の細長程度、抵抗力、種皮の状態等から風選の基本となるのは G/F 比によるものであると述べた。ここで G は個体重量、 F は吹きつけられた種子の面積である。H. Blenk 氏³⁾によれば落下速度 w は次の式で表わされる。

$$w = \sqrt{\frac{2 \cdot G}{\rho \cdot C_w \times F}}$$

茲に ρ : 空気の密度

G : 種子の重量 (kg)

F : 粒の断面積 (m²)

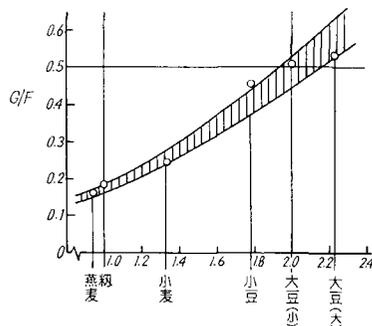
C_w : 抵抗係数

(種子の形状、落下姿勢により異なる)

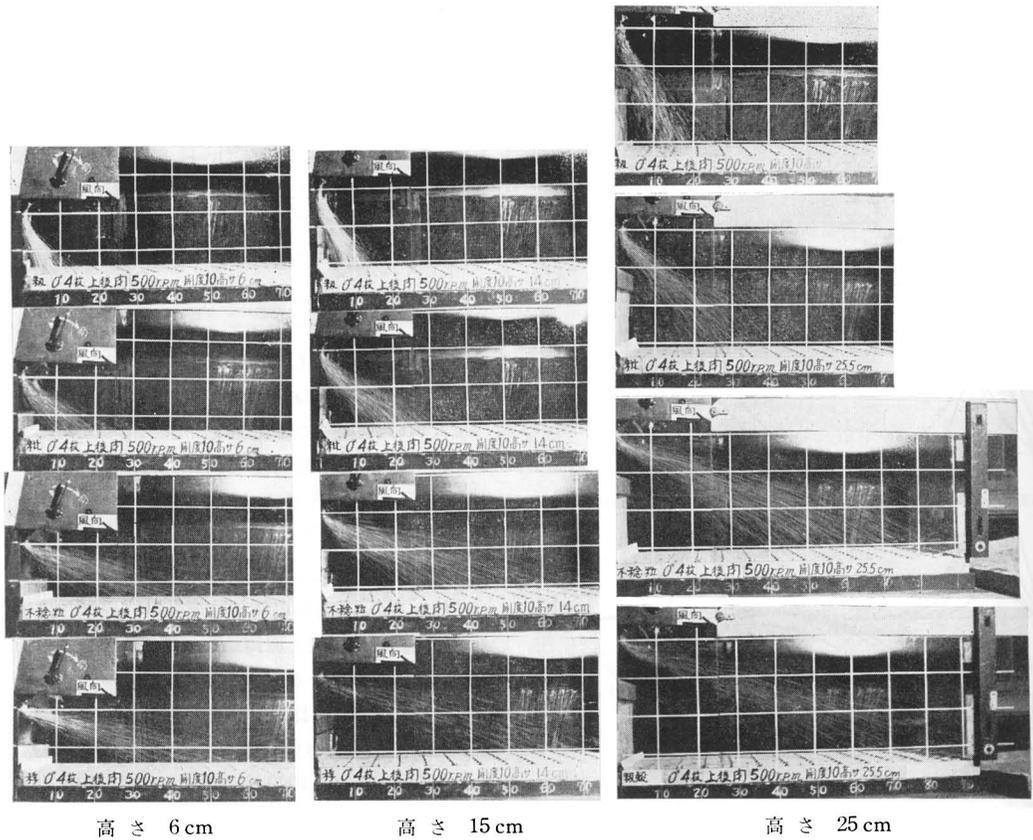
即ち、 C_w を加えることにより、経験と一致したことを述べているが、長方形の種子は飛行中に G/F 比は変化してくるが長軸が風向と直角になったとき、最も遠方へ飛行するといわれている。

第 2 表によれば、比重は小麦が 1.36 で一番大きく、燕麥が 1.05 で最も小さい。即ち、小麦、小豆、大豆、粳、燕麥の順となるが、1000 粒重では、大豆大粒・小粒、小豆、小麦、燕麥、粳の順に小さくなる。しかし、これでは実際の風選指数の順序とは、燕麥、粳が入れ替わっている。次に G を粒の 1 個重 (g)、 F を粒の長軸を含む断面積 (cm²) とすれば夫々の G/F 比及び風選指数の間には第 47 図に示す如き関係ができた。

即ち、ここに示した指数は吹上角 30°における値であるが、これを仮に手廻唐箕の羽根車回転数を粳と他の穀粒について調べると第 11 表の如くである。但し、穀粒の含水量或るいは 1000 粒重が異なれば全く絶対的指数とはならないが、風選しようとする穀粒の G/F 比を求め



第 47 図 風選指数 (吹上角 30°)



第48図 予備試験の籾等落下経路(格子は10cm)

第11表 手廻唐箕の風選指数

穀粒	エゴマ	蕎麦	麦	燕麦	籾	種子籾	小麦	玄米	大豆
指数	0.69	0.74~0.88		0.95	1.00	1.12	1.19	1.12	1.82

ることにより、その風選指数がわかるので、唐箕使用或いは設計する際の基礎的数値となる。

種子の個体については、例えば燕麦の2粒種や護穎の付着した場合においては、 F の値が大きくなり、従ってタテ分布の落下距離は更に増加する。完全球形に近い種子においては落下分布距離は短いものと思われる。

第10章 穀粒落下分布

吹出口における風速分布と穀粒落下分布との関連性を見出すために、先ず羽根枚数及び取付角について比較することとした。即ち、空転時における風速分布が羽根枚数及び羽根取付角によって夫々特徴ある分布となっているが、穀粒を吹出口全域に亘って直上より落下せしめた

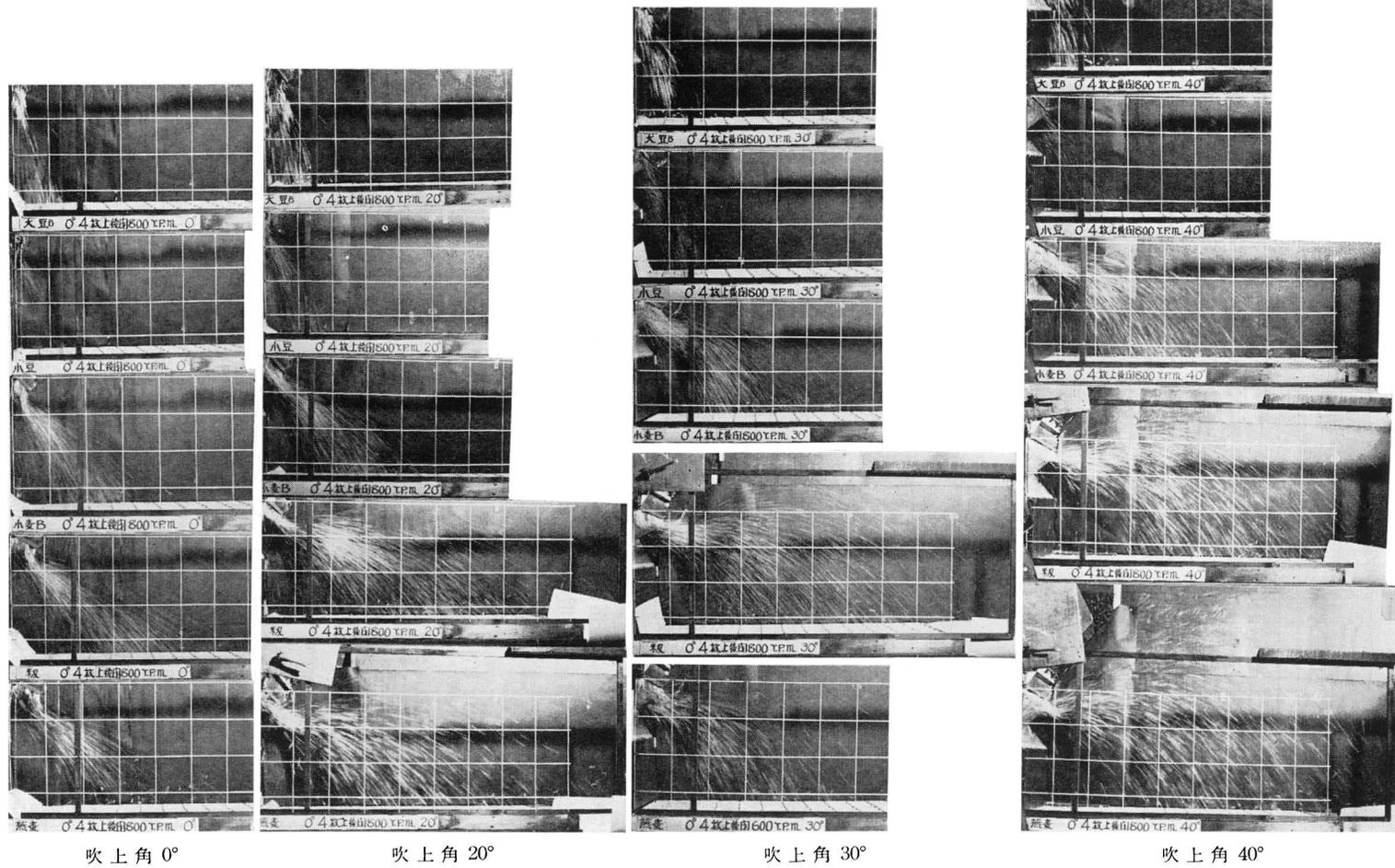
場合について受枠上の落下状態を規制された回転数において比較した。

予備試験では籾を供試し、500及び600 r.p.m.にて落下せしめ、実用試験では吹上角 0° で、籾、小麦及び大豆(大粒)を供試し、回転数は400、500及び800 r.p.m.であり、吹上角 30° では小麦及び大豆(大粒)を供試し、回転数は400、600及び800 r.p.m.である。吸気口は全開とした。

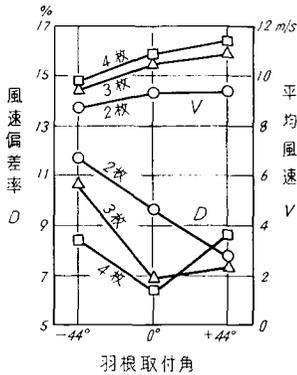
第17節 籾の落下分布

1. 平均風速

2, 3, 4枚における取付角毎の V 及び D について図示すれば、第50図の如くである。羽根車回転数600 r.p.m.における平均風速 V は3枚羽根は4枚に近くな



第 49 図 各材料の落下経路 (格子は 10 cm)



第50図 平均風速(V)及び風速偏差率(D)
(600 r.p.m. 全開)

り、 -44° よりも 0° の方が強くなるが、 $+44^\circ$ にしても増加程度は少ない。

2. 風速分布と風速偏差率

2, 3, 4枚における取付角毎の風速分布について図を示せば第51図の如くである。垂直分布においては上、中、下段と直線的に増加するが、取付角が前傾となれば、上、中段が強くなる。水平分布では -44° から 0° へと平行的に増加しているが $+44^\circ$ では、4枚で吸気口側より内側部で増加せず、W字型分布となる。3枚、2枚となれば、前傾羽根の効果がないようである。第50図における風速偏差率Dを比較すれば、4枚では 0° (6.3~6.5%)、3枚では 0° (6.9~7.3%)、2枚では $+44^\circ$ (7.9%)となっている。即ち、取付角 0° 又は前傾の方が良いことになるが、この問題については第2報³⁷⁾において詳細に述べてある。

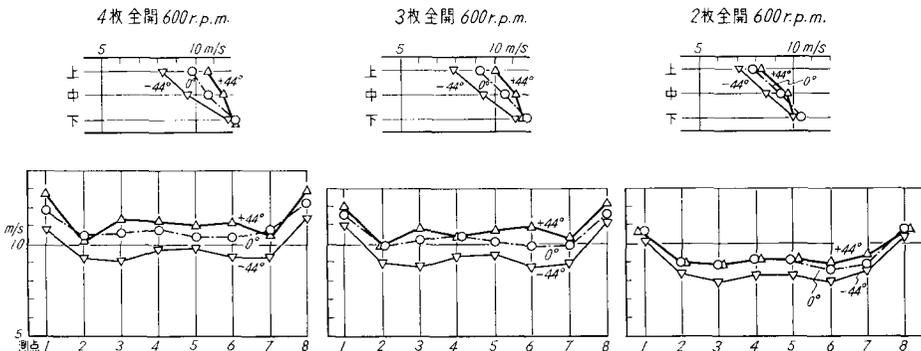
3. 落下分布の解析

羽根取付角別の上、中、下段の水平風速分布を比較すれば、下段は何れも緩いU字型分布であり、 -44° では上、中段がW字型分布を示す。 0° では中央部が平均化し、 $+44^\circ$ では両側が強くなり、再びW字型を示す。次に落下分布の等分布量曲線³⁸⁾について比較すれば、第52図より4枚羽根において -44° では全体がW字型分布となり、 0° では遠方が緩いU字型で6%以上の線は3列目にほぼ平均化して分布している。 $+44^\circ$ では再びW字型分布となり、風速弱い分布の個所は3分され、6%線(6%等分布量曲線の略)が3カ所に生じている。これは風速分布における結果とほぼ一致した分布となり、風路、上、中段の水平風速分布が落下分布に影響するところ大であるといえる。

3枚羽根において、 -44° では2列目を頂点として前後にやや同一勾配で分布しているが、 0° 及び $+44^\circ$ では3列目を頂点として前後にやや似た勾配で分布している。 $+44^\circ$ では6%線が4列目に及び、両側の1%線が強くなってくる。 0° では4枚の方が均一性に優れていると思われる。

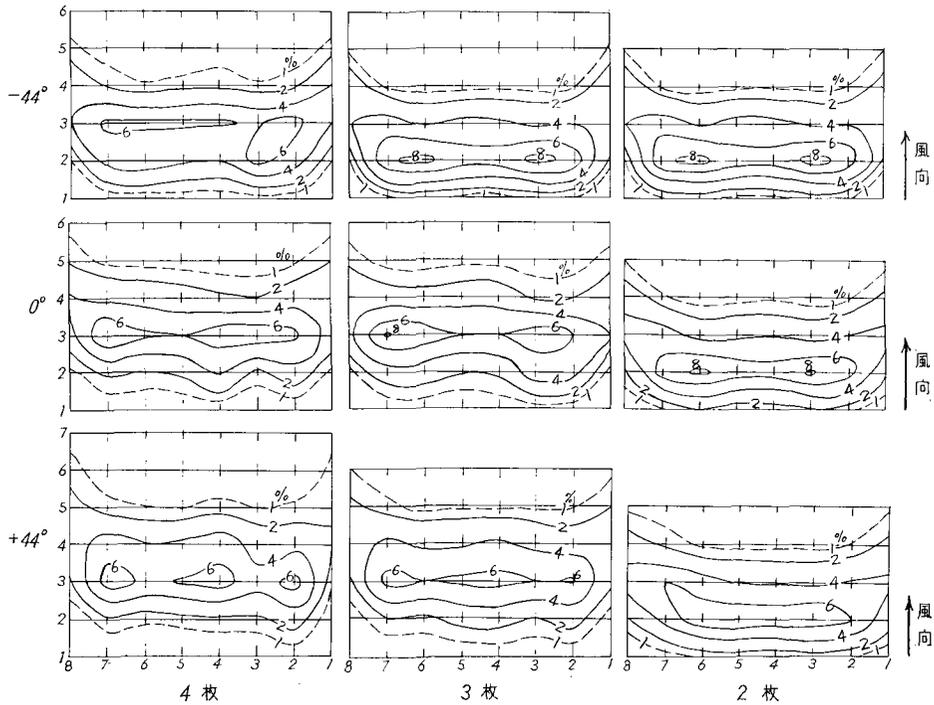
2枚羽根の場合は、 -44° も 0° もW字型分布を呈し、ほぼ似た分布であるが、4%線が前方へ流れ始めている。 $+44^\circ$ では8%線がなく、より均一な分布となっている。これは風速偏差率が前傾角では7.9%に減少し、他より低いことから推しても均一な分布の起り得るところである。

W字型分布が著しくなればホッパーから均一に落下しても、風速分布の弱い個所に粉が流れ込むような現象を生じ、たとえ耕中の粉を縦方向に累計しても左右均等



第51図 予備試験における風速分布

(注) 図は下方から上方へ風が吹いており、1列目から列と直角に材料が分布し、写真と同一分布になる。横の耕耘を「列」、縦の耕耘を「行」と呼ぶ。各耕耘の%は分布総重量に対する百分率を示す。同一%を結んだ線は等分布量曲線と称し、地図の等高線に相当する。



第 52 図 予備試験における粉の落下分布 (600 r.p.m.)

とはならない。これは風速偏差率が8%以上になると現われ、10%以上では、その傾向が明瞭となり、2, 3及び6, 7行目に特に多く分布する。

500 r.p.m.についても取付角別に比較したが、4枚, 3枚を通じて取付角0°付近が比較的良好な分布を示している。500 r.p.m.における偏差率は第50図に示す如く、600 r.p.m.と殆ど大差がなく。変化の傾向は全く似ている。

以上の結果の中で最低の偏差率を示す羽根枚数について落下分布の良いものを一括して表示すれば第12表の如くである。即ち、3~4枚では取付角0°, 2~3枚では0°~+44°が最適落下分布を示すものと思われる。既に述べた如く、風速偏差率は何れも8%以下であり、一般

に偏差率の低いものが落下分布も均一に近いので、偏差率の低いものに落下分布の良否を決定する判定規準を置いて、差支えないものと思われる。

以上は落下高さ6cmにおける落下分布の結果について述べたが、次に実用試験、即ち、落下高さ25cmにおける粉分布について述べる。

第55図(a)は400 r.p.m.における吸気口全開前の取付角による分布の変化につき等分布量曲線を示したものである。即ち、-44°においてはW字型分布を呈して3行目、6, 7行目に6%線ができてはいるが、0°では6%線が3列目にほぼ一直線に分布し、前後に同一勾配で分布し、且つ前方の2%及び1%線は極めて直線化している。+44°では再びW字型分布となり、6%線は頂点の3列目に3カ所に亘り分布している。両側の風速が強いので2%及び1%線はW字型に分布している。従って落下高さ6及び25cmにおいて、落下分布は空転時の風速分布の平均化したものほど、良い結果を示し、且つ偏差率は羽根車回転数に関係なくほぼ一定なので、取付角別の変化が比較出来る。

第 18 節 小麦の落下分布

吸気口全開、4枚 500 r.p.m.における取付角の影響を小麦について比較すれば、第55図(b)の如くである。

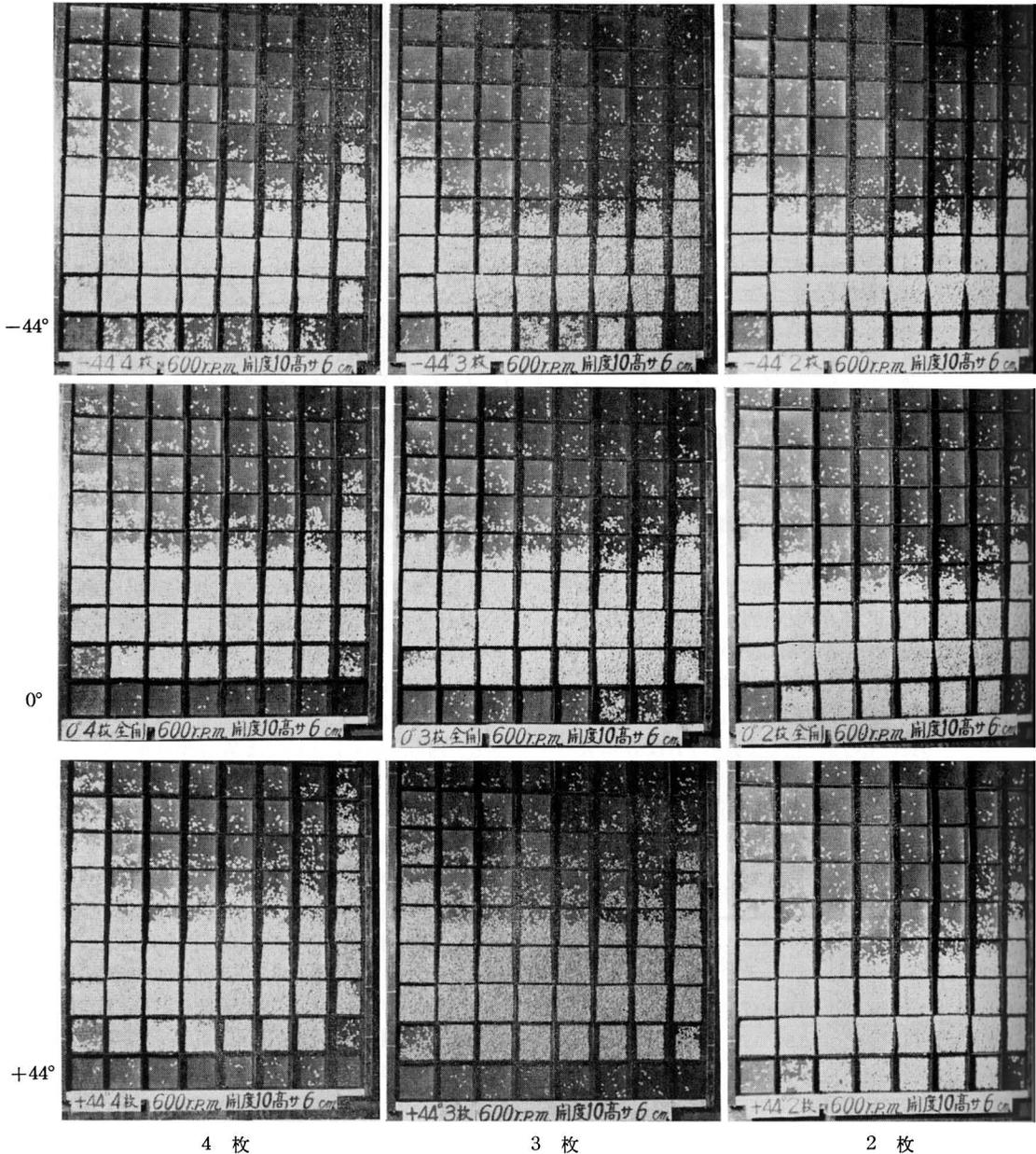
第 12 表 粉の最適落下分布条件

羽根車 回転数 r.p.m.	羽 根 枚 数	羽 根 取 付 角	標準偏差 m/s	風 速 偏差率 %	落下分布の 平均化した 取付角
600	4	0°	10.9 ± 0.71	6.5	0°
600	3	0°	10.5 ± 0.73	6.9	0°
600	2	+44°	9.4 ± 0.74	7.9	+44°
500	4	0°	9.0 ± 0.57	6.3	-44°~0°
500	3	+44°	9.1 ± 0.64	7.0	0°

-44°では緩かなW字型分布を呈し、2列目に最大分布線が並び、3及び6行目に最適分布量を残している。0°では3列目に6%線が平行し、一般的にW字型を呈するが平均化している。次に+44°では両側の風速が強くなるので再びW字型が明瞭化し、6%線が左右に2分してしまっている。2%及び1%線はW字型に分布していることが観察できる。

第19節 大豆の落下分布

吸気口全開、4枚800 r.p.m.における取付角の影響を大豆(大粒)について比較すれば、第55図(c)に示す如くである。-44°において、W字型分布を示していることは、既に粳及び小麦の分布に述べた如くである。最大分布は2列目で、8%線が2、3及び6、7行目に2分して分布している。0°においては上、中段の風速が高まるた



第53図 予備試験における粳の落下分布

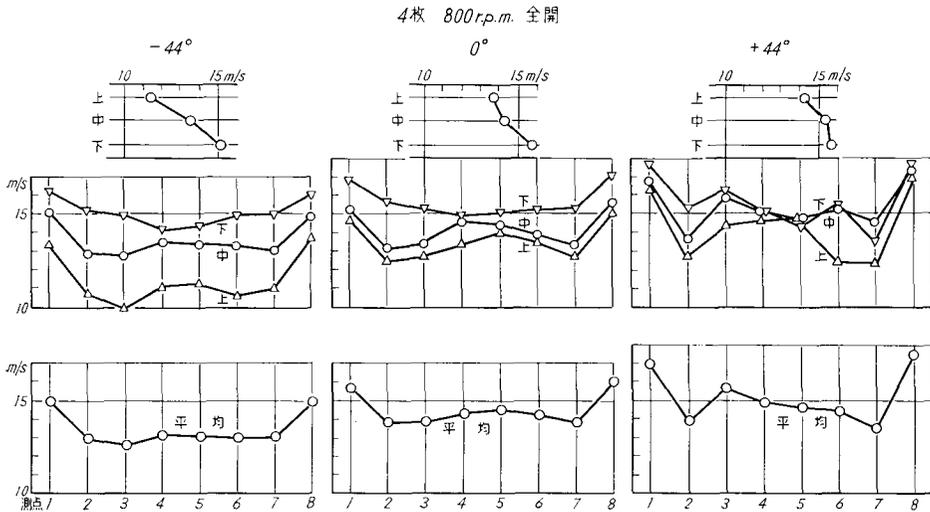
め、最大分布は3列目へ移行し、6%線が2,3列目両方に亘って分布している。4,2,1%線は4列目に平均して平行し、両側が若干飛び出している。+44°においては更に風速が強くなるので全般的に1列遠方へ移動し、W字型分布の傾向は明瞭となり、粳、小麦と同様に最大分布(8%)の個所が3カ所に見られる。

大豆においても、他の穀粒と同様に取付角0°の落下分布がより均一性に近い状態となっていることが判明

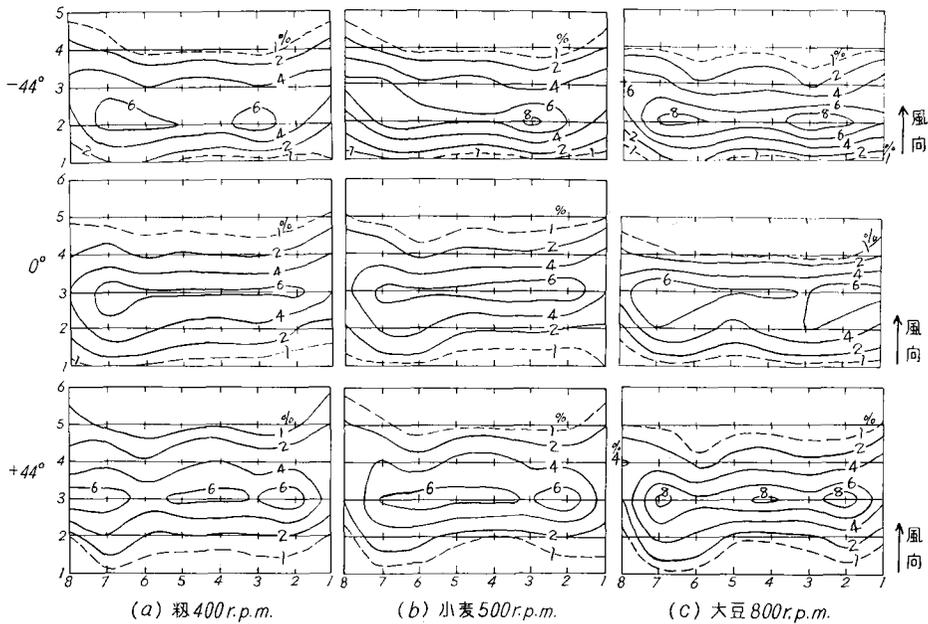
した。

第20節 吹上角30°における落下分布

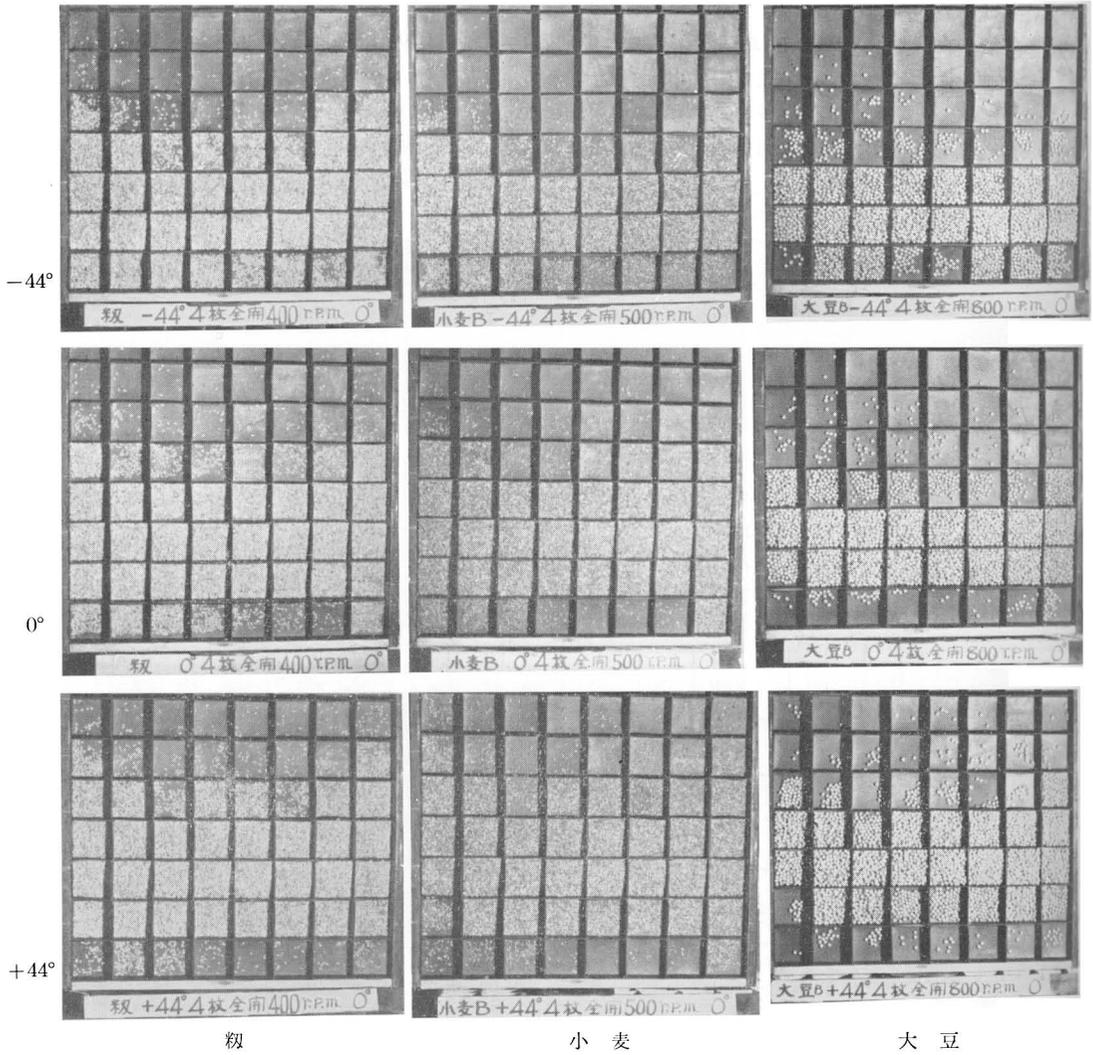
吹上角0°即ち、主風が水平方向に吹いている場合は、受枠の高さが6cmでも25cmでも羽根取付角の影響は実に明瞭に現われていることを知った。本節においては吹上角30°即ち、主風が30°上方へ向って吹き上げている場合について、羽根取付角の影響を比較して見た。供試材料は小麦及び大豆(大粒)である。



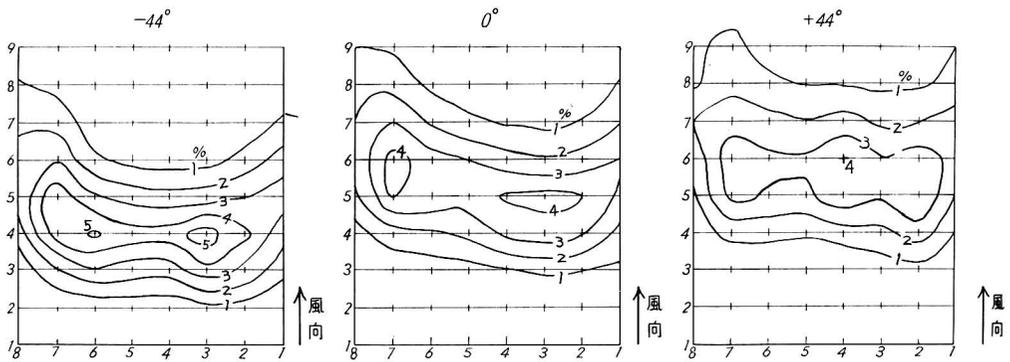
第54図 吹上角0°における風速分布



第55図 吹上角0°における落下分布



第56図 吹上角0°における落下分布



第57図 吹上角30°における落下分布 (小麦 600 r.p.m.)

1. 小麦の落下分布 (第57図)

装置の都合上から供給ロールの取付が極めて困難であるため、穀粒の落下は若干右下りの分布となった。従って全般的に右下りの緩やかなU字型分布となる。400 r.p.m.について比較すれば -44° で2列目に8%線が多く分布しているのに対し、 $+44^\circ$ では6%線が3列目にも及び、2%及び1%線を比較すれば、 $+44^\circ$ において両側が強い影響を受けている。600 r.p.m.の風速は $-44^\circ \sim +44^\circ$ において10.3~11.6 m/sに変化するので400 r.p.m.よりは遠方に分布している。即ち、 -44° では4列目に4%線があり、3及び6行目に5%線があるのでW字型分布の影響を受けていることがわかる。 0° においても4%線が2分しているのでW字型分布の傾向が残り、 $+44^\circ$ では3%線が5~6列目に分布し、一見良い分布の如く観察できるが、2, 4, 7行目に3.9, 4.0, 3.7%の分布量があるため、風速を下げると、これ等が最大分布を示すことが考えられる。従ってW字型の傾向が強くなるものと思われる。さほど明確ではないが、 0° が比較的平均化し

ているといえることができる。

2. 大豆の落下分布 (第58図)

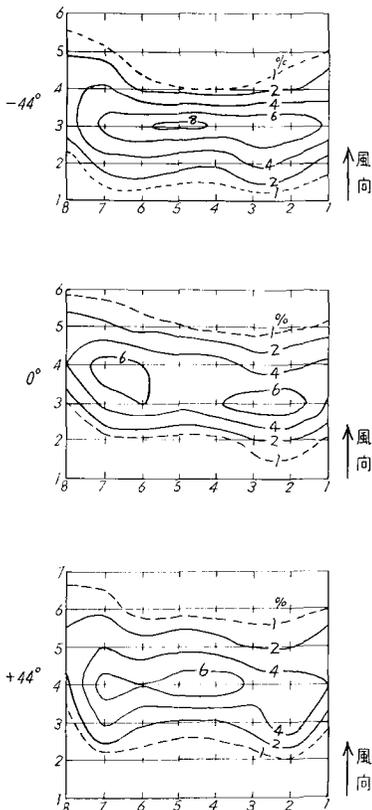
大豆(大粒)においては第55図(c)同様に800 r.p.m.において比較した。 -44° ではW字型分布を示し、3列目に最大分布が現われるが、8%線が5行目にできている。 0° では緩いW字型となり、6%線が3, 4列目に拡がり、2分しているが中央部の中間は殆どない。 $+44^\circ$ では再びW字型となり、4列目の最大分布量が3カ所のできる状態にある。従って大豆(大粒)においても取付角 0° において平均化した分布であることは、小麦の場合と非常に似ている。

第21節 穀粒落下分布における総括

籾、小麦及び大豆を供試しての落下分布測定結果を総括して述べる。吸気口全開、適当回転数において羽根枚数及び取付角の影響について比較して見る。一例を600 r.p.m.にとり、平均風速を比較すれば、前傾羽根が最も強く、3枚羽根は4枚に接近している。風速分布は後退角がW字型分布を呈し、吸気口側が強いのにに対し、放射羽根(取付角 0°)では緩やかなW字型となる。前傾羽根では両側及び中央部が強くなるので再びW字型を呈するが、2枚羽根では放射羽根と似ている。羽根取付角を前傾に変化しても、上、中段のみ強くなり、下段は変化しない。風速偏差率によってこれ等を一括すれば第50図に示す如く、3, 4枚では 0° 、2枚では $+44^\circ$ が最低値を示し、6.5, 6.9及び7.8%である。この偏差率は羽根車回転数によって変化することが少ないので、空転時における平均化の判定規準を8%以下と決めた。

主風の上、中、下段における水平風速分布を取付角別に比較すれば、下段は何れも緩いU字形分布であり、 -44° では、上、中段がW字型分布を示す。 0° では中央部が平均化し、 $+44^\circ$ では上、中段共向吸気口側が強くなり、再びW字型を呈する。かかる状況は3枚羽根においても見られるが2枚では取付角の影響が少ない。

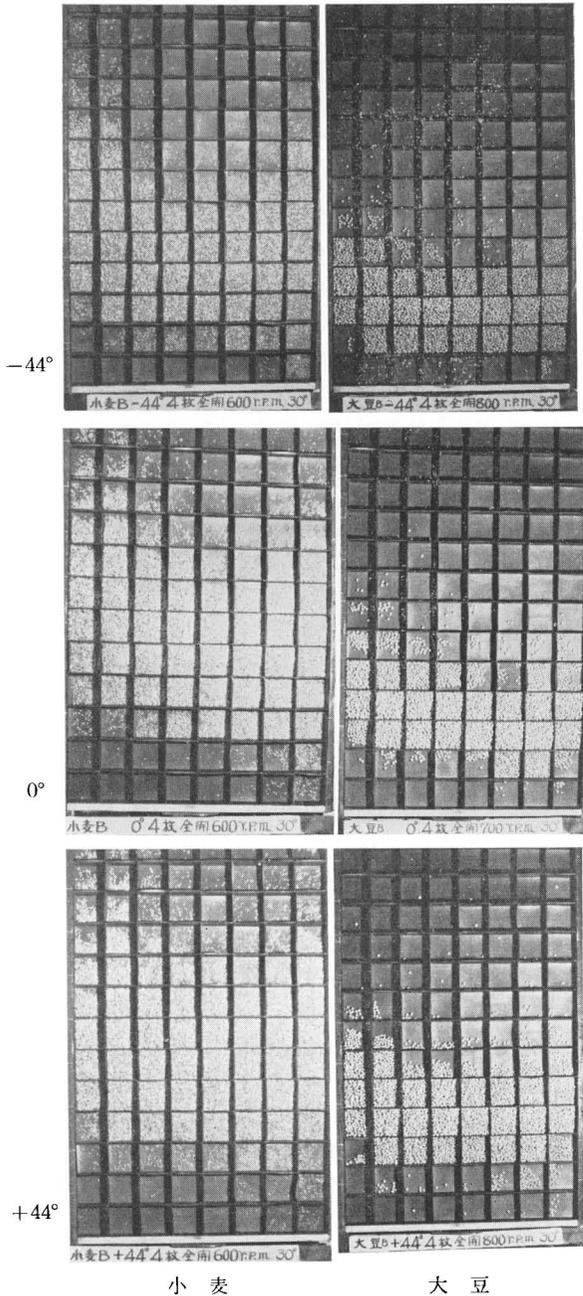
受枠の落下分布を比較すれば、 -44° は緩いW字型分布を呈し、 0° では外形が緩いW字型であるが、最大分布位置は平行し、前後共同均配で分布する。 $+44^\circ$ では両側が強遠方に分布するのでW字型の傾向が強まり、しかも最大分布位置は3分される。3枚羽根でも似た傾向があり、2枚羽根では $+44^\circ$ が平均化している。原因は主風の、上、中段の風速分布の型に大きく支配されるものと考えられる。受枠高さ6~25 cmにおいて殆どこの傾向は変化せず、又、吹上角 30° においても判断とはしないがW字型分布の傾向が残されたU字型分布を呈している。



第58図 吹上角 30° における落下分布(大豆 800 r.p.m.)

3, 4枚では取付角0°, 2, 3枚では取付角0°~+44°が最適落下分布を示すものと思われる。枚数については4枚が優れているが, 3枚でも偏差率は4枚に近いので2枚よりは効果的である。

これ等の結果については, 粳, 小麦, 大豆についてもほ



第59図 吹上角30°における落下分布

第13表 供試回転数及び風速 (取付角0°, 4枚)

供試材料	吹上角 0°		吹上角 30°	
	r. p. m.	m/s	r. p. m.	m/s
粳	500	9.0	400	7.35
	600	10.8	—	—
小麦	500	9.0	400	7.35
	—	—	600	11.0
大豆	800	14.4	800	14.7

ほ同様の結論を得ることができたので, 取付角0°付近が最適分布であると断定して良い。

上記測定における材料別の回転数と風速を示せば第13表の如くである。

第11章 風力調節と落下分布

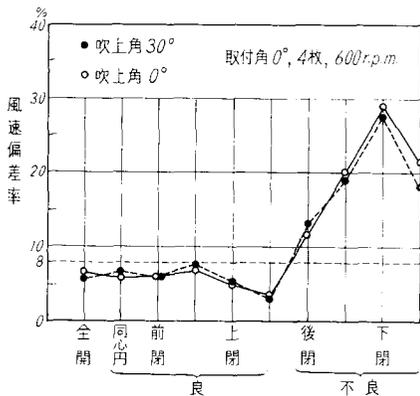
風力調節板の取付位置によって風速分布は広範囲に変化し, 吸気口全開時の風速分布とは全く型を異にしていることは, 既に詳述³⁸⁾したところである。手廻用唐箕の吸気口における流入風速については, 第2章第3節に述べた如く, 吸気口の下半分が上半分よりも強く, これが単に, 唐箕風速のみを支配するのではなく, 風速分布にも極めて重要な意義のあることが予想される。従って空転時における風速分布の型が果して穀粒落下分布と如何ような関係があるかについて測定し, 単独唐箕及び専用唐箕に広く応用されるべき結果を得ることができた。しかして, 風速偏差率の最も低いものが均一なる落下分布を示し, 最も高いものが不均一分布を示すことが判明したのである。

本実験に際しては吹上角0°, 600 r.p.m.において, 粳の落下分布を比較し, 吹上角30°, 600 r.p.m.において, 小麦の落下分布を比較した。装置としては, 前者が予備試験, 後者が実用試験なるため, 風力調節板による風速分布は夫々別個に測定した。

第22節 風力調節と風速偏差率

羽根取付角0°, 4枚, 600 r.p.m.における吸気口全開, 同心円閉50%, 半円閉8区分について夫々の風速偏差率を図示すれば, 第60図の如くである。即ち, 吹上角0°について述べると, 全開では6.5%, 同心円閉50%では5.7% 半円閉8区分について比較すれば, 前閉から上後閉までの4区分において3.5~6.7%であり, 共に判定規準8%以下にある。後閉から下前閉までの4区分は, 11.5~29.0%と急激に増加している。

以上の結果について, 第3報³⁸⁾において既に発表したものと同一傾向にあり, 吹上角30°においても偏差



第 60 図 風力調節と風速偏差率

率は 0° の値とあまり変化しない。従って全開時の 6.5% のものが同心円閉 50% 及び半円絞前閉から上後閉において偏差率は 3.5% になっているのは、却って風速分布が平均化したことを示しており、他の 4 区分、即ち、吸気口の下半分から流入する空気を遮断すれば、風速分布に乱れを生じて空気が吹出口中央にまで吸入されず、V 字型分布を呈するものと思われる。平均風速について比較すれば、全開時 10.9 m/s のものが、吸気口を 50% 絞ることにより 7.8~7.9 m/s 即ち 27~28% 減少する。

次に籾及び小麦の落下分布について風速分布と比較しながら述べることにする。

第 23 節 籾の落下分布 (吹上角 0°, 第 61~63 図)

同心円閉 50% から半円閉の前閉より上後閉までを一括して比較すると、風速分布では、同心円閉で、上、中、下共緩やかな U 字型分布を示し、平均水平分布と大差ないが、前閉では上が U 字型、下が逆 U 字型となり、前上閉は W 字型、上閉は両端が低い。(下段において著しい)

上後閉では下部が強いが、殆ど平均化した分布と見て良い。

落下分布について述べると、同心円閉では中間の U 字型分布を呈し、前閉では両端よりも内側 2 桁目が弱いのので、8% 線が左右に 2 分し、前上閉では W 字型分布となり始め、2 分した 8% 線は側方へ移動して 10% 線もできている。上閉では 8% 線が前閉と同様に 1, 2, 3 及び 6, 7, 8 行目に 2 分し、両端の風速が弱いことを示すが、遠方 1% 線は殆ど一直線となり平均化している。上後閉では緩やかな W 字型分布を呈するが、6, 4, 2% を見ても殆ど平均化していることがわかる。

偏差率の高い V 字型分布を呈する部分について述べると、後閉では吹出口の中、下段の中間分布が始まって

U 字型分布を呈し、8% 線は 3, 4, 5, 6 行目の中央部に集中している。後下閉では全体的に V 字型となり、6, 8% 線において明瞭である。下前閉では、上中段が V 字型であるため、落下分布も V 字型となり、4 行目では 10% 線ができている。下閉の風速分布は上中段が V 字型で、下段の分布は広げられた U 字型を呈するため、V 字型落下分布は、その極に達する。1 列目中央には 10% 及び 12% 線まで発生している。

以上の 4 区分は V 字型群として、何れも風速分布と非常に良く似た傾向の落下分布を示しており、分布図及び写真(第 61~63 図)からも容易に観察することができる。

以上の分布を写真によって示せば第 63 図の如くである。即ち、同心円閉から半円閉 4 区分 (前閉より上後閉まで) は 2 列目を最大量として 3 列目まで、やや平均して分布している。

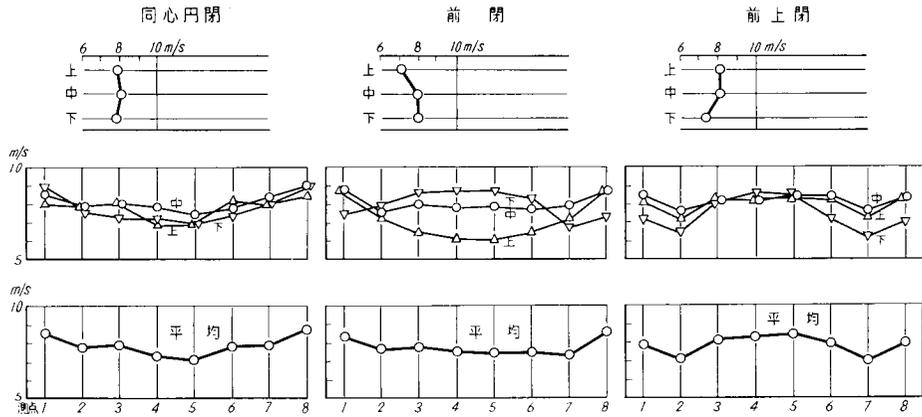
同心円閉、前閉、前上閉では 4 列目両側へも分布し W 字型分布の傾向を呈するが、上閉及び上後閉では、1, 2, 3 列目内に収まって平均化していることが観察できる。後閉からは次第に V 字型分布となり、後下閉、下閉及び下後閉では一層明白である。

第 24 節 小麦の落下分布 (吹上角 30°)

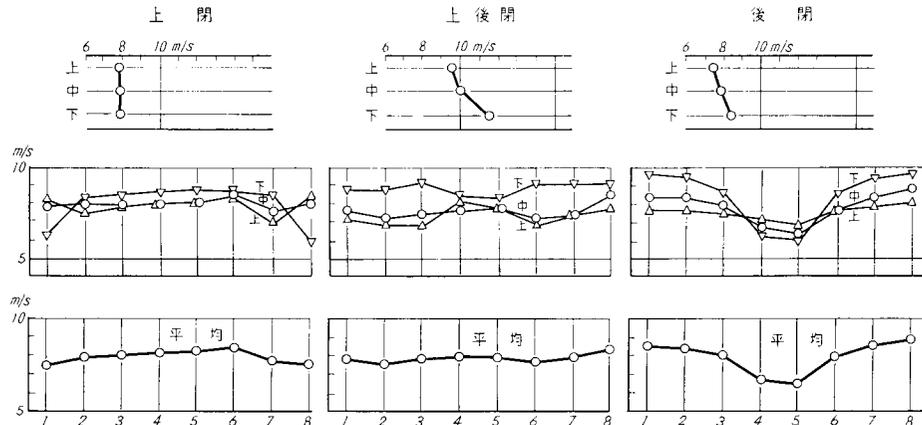
吹上角 30° における風力調節について、その風速分布を示せば第 79 図の如くであり、吹上角 0° と同一傾向を示している。風速偏差率を示せば第 14 表の如くであり、図示すれば第 60 図の如くである。即ち、同心円閉、並びに前閉から上後閉の 4 区分は偏差率が低く (3.0~6.6%)、後閉から下前閉までの 4 区分が高く (13.0~27.4%) になっている。

第 14 表 吹上角 30° における風力調節と偏差率

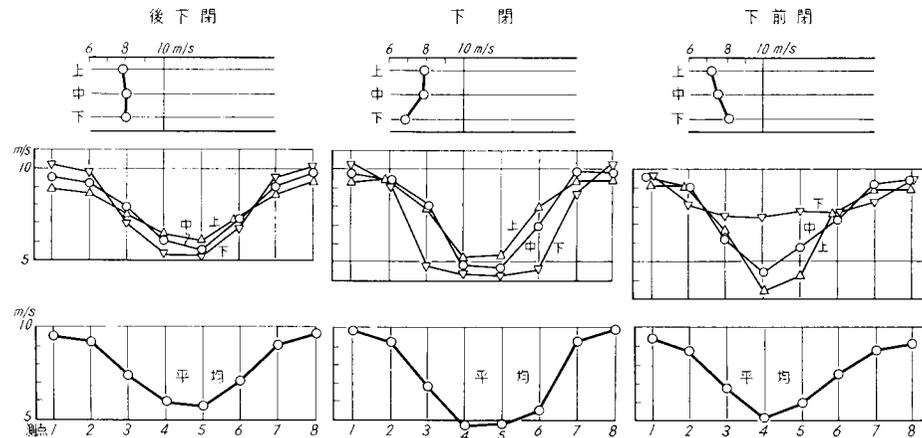
吸気口調節	標準偏差 m/s	風速偏差率 %
全開	11.2 ± 0.62	5.5
同心円閉 50%	7.9 ± 0.52	6.6
前閉	7.8 ± 0.46	5.9
前上 "	7.9 ± 0.59	7.4
上 "	7.9 ± 0.40	5.1
上後 "	8.1 ± 0.24	3.0
後閉	7.8 ± 1.01	13.0
後下 "	8.1 ± 1.53	18.9
下 "	7.7 ± 2.11	27.4
下前 "	7.7 ± 1.40	18.2



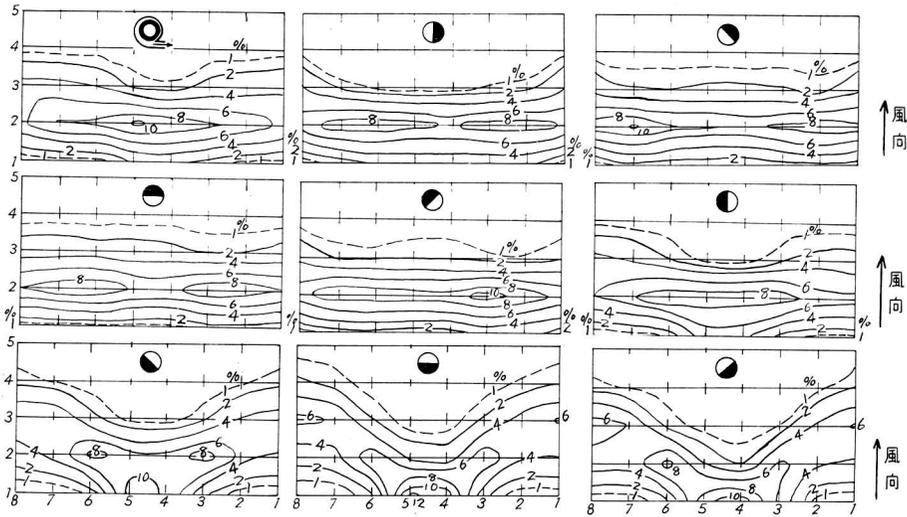
第 61 図 (a) 吹上角 0° における風力調節と風速分布
(羽根取付角 0° , 600 r.p.m.)



第 61 図 (b) 吹上角 0° における風力調節と風速分布
(羽根取付角 0° , 600 r.p.m.)



第 61 図 (c) 吹上角 0° における風力調節と風速分布
(羽根取付角 0° , 600 r.p.m.)



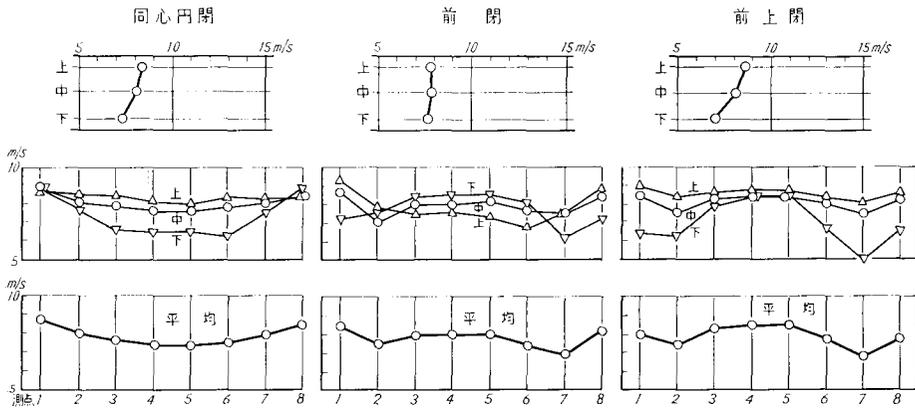
第 62 図 風力調節と落下分布 (吹上角 0°, 籾, 600 r.p.m.)



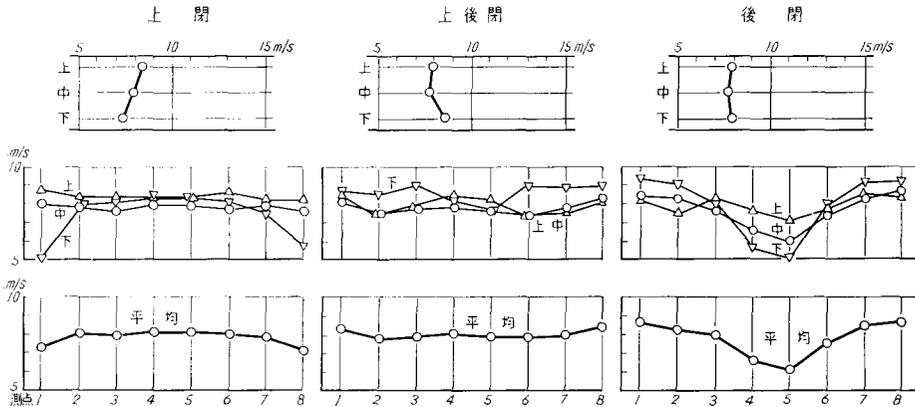
第 63 図 風力調節と落下分布 (吹上角 0°, 籾, 600 r.p.m.)

同円円閉では全開時よりも偏差率1%高いが、風速分布は上、中、下と次第に中凹のU字型分布となり、落下分布は全般的に緩やかなU字型を呈し、3列目に最大量が列状に分布している。

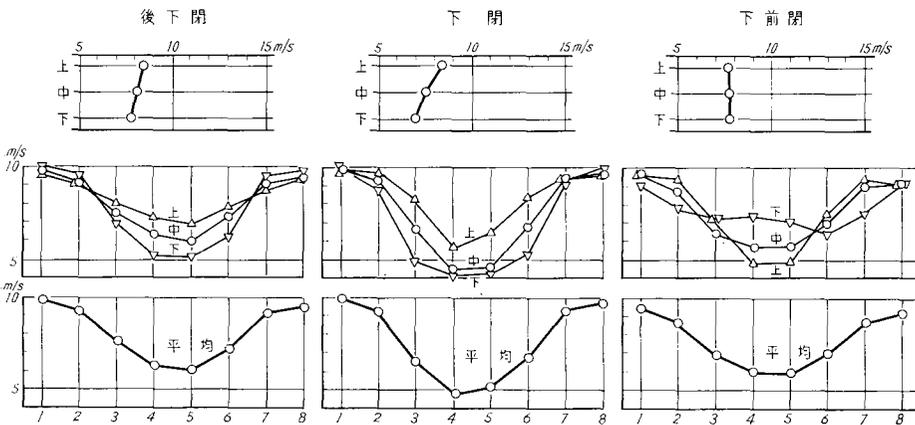
半円閉では調節位置によって上、中、下段の風速分布が全く異なり、しかも主風向が33°上向であるため、風速分布による落下状態の差異は敏感に響くものと思われる。この場合も吹上角0°における籾の落下分布と同じ



第64図 (a) 吹上角 30° における風力調節と風速分布
(羽根取付角 0° , 600 r.p.m.)



第64図 (b) 吹上角 30° における風力調節と風速分布
(羽根取付角 0° , 600 r.p.m.)



第64図 (c) 吹上角 30° における風力調節と風速分布
(羽根取付角 0° , 600 r.p.m.)

く、前閉から上後閉の4区分が平均化して分布し、残りの4区分がV字型分布を呈している。既に第20節1.に述べた如く、本装置においては全般的に右下りの分布となっているため、平均化といっても右下りの状態で平均化して分布している。

等量分布線(図第65図)によれば、遠方へ落下する穀粒は上段の風の影響を受け、近くに落下する穀粒は下段の風の影響を受けるものと思われる。今一例を、前上閉及び上閉と比較すれば、前上閉は下段がW字型分布をしているのに対し、上閉の下段は、逆U字型の中凸分布を呈している。

落下分布によれば、前者は緩いU字型であり、両端が列と平行又は上り気味であるのに対し、後者は全般的に両端は列と平行か、下り気味となっている。上後閉の6%線は3列目に平行し、近くに落下したものは下段の風速分布に影響されて、4, 2, 1%線はやや中間の分布となっている。

V字型分布について述べると、後閉では上、中段がU字型、下段がV字型分布を呈し始め、後下閉及び下閉では下段中央部が一層弱くなっているのに反し、両側が強くなり極度のV字型分布を呈するが、下前閉では逆に、上段中央部が弱くV字型分布を呈している。落下分布においても実に明瞭に現われており、下前閉と後下閉を比

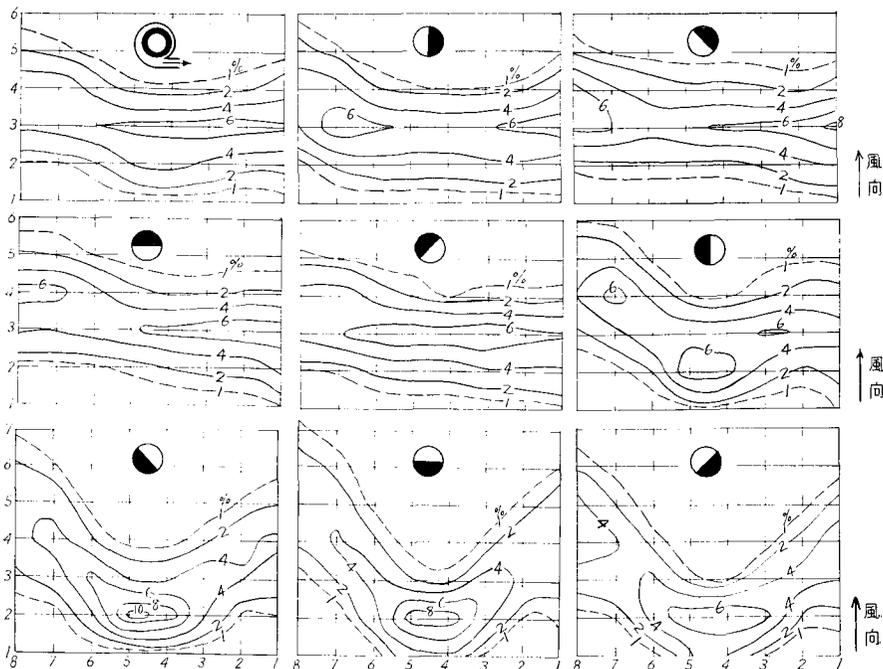
較すれば前者は6%線しかないのに、2.1%線のV字型分布が著しいのは、上段の風速分布によるところが大きいことを示している。後者は4及び6%線がV字型分布し、中央部には8及び10%線まで発生している。

後閉には8%線がなく、6%線が3カ所に分かれV字型分布は緩和されてくる。

以上平均化した分布と、V字型分布について述べたのであるが、何れも風速偏差率8%を判定規準として、8%以下では均一分布、8%以上は不均一分布と見做して良いことになる。

材料の落下状況について述べると、均一分布では各行の合計値が左右8行共大差ないのに対し、V字型分布では風の弱い中央部の落下量が多くなる。この原因はホッパーから落下した粒が風路と平行に飛行せず、風の弱い方へと流れ込み、比重の小なる材料では雪の吹きだまりと同様に主風向とは全く別に流下するものと思われる。供試した穀粒の大きさ、水分含量及び比重が必ずしも同一物でないために、或るいはホッパーから左右均一に落下させることが困難なために厳密な均一落下条件は得られなかったが、以上の実験方法により空転時の偏差率を以って判定することが極めて容易であり、且つ明確に優劣を比較することができた。

吹上角 30°における小麦の落下分布を各調節法毎に比



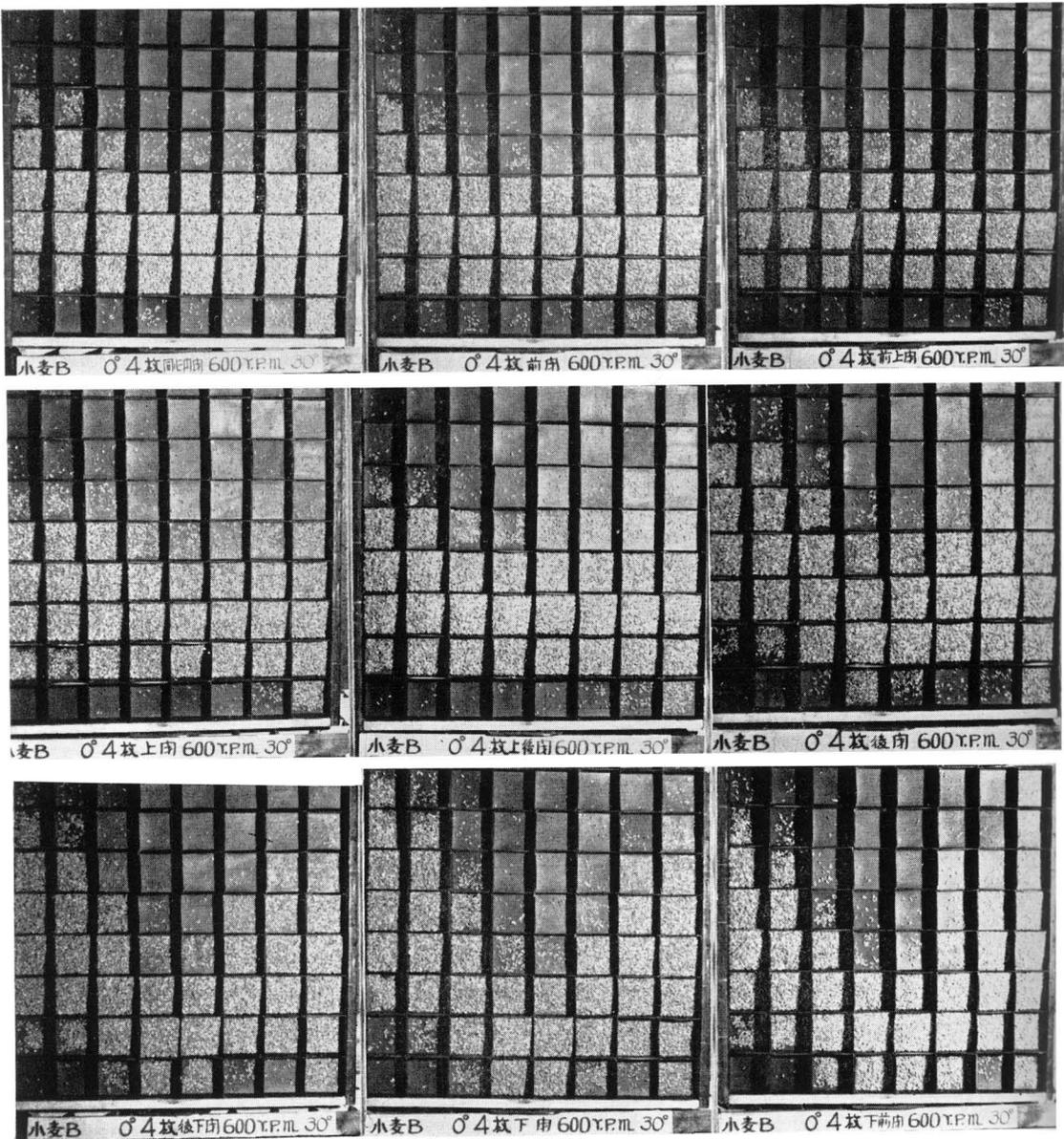
第65図 吹上角 30°における風力調節と落下分布 (小麦、600 r.p.m.)

較すれば、第66図に示す如くである。即ち、全般的に右下りの分布ではあるが、同心円閉から半円閉の前半4区分(前閉から上後閉まで)は2, 3, 4行列目に分布するが、5列目の分布状態を比較すれば、同心円閉と前閉はU字型分布、前上閉と上閉は似た分布であるが、上後閉が6列目日少なく、最良分布となっている。後半4区分では後閉から1列目中央にも分布し、V字型の傾向が始まる。後下閉及び下前閉ではV字型の両端が8列目にも及ん

でいるが、最悪分布の下閉では9列目にも及び、上後閉に比して明確なる差異を認めることができる。

第25節 最良、最悪分布状態の材料別比較

唐箕における風選状態の良否を判定するのに、吹出口における風速分布の偏差率が8%以下のものを「良」とし、10%以上のものを「不良」と称することができる。第11章、第23, 24節によれば、粳及び小麦の落下分布において、空転時における風速偏差率の低いものが落下



第66図 風力調節と落下分布 (吹上角30°, 小麦, 600 r.p.m.)

分布も、ほぼ平均化し、高いものが落下分布も不均一となっている。以上の比較検討によって、吹上角 0° 及び 30° においても同心円閉50%及び半円閉前4区分が比較的良く、後4区分がV字型分布であり、もはや吹上角の変化に関係なく、上後閉を最良分布、下閉を最悪分布と仮定して、他の穀粒についても再確認して見た。

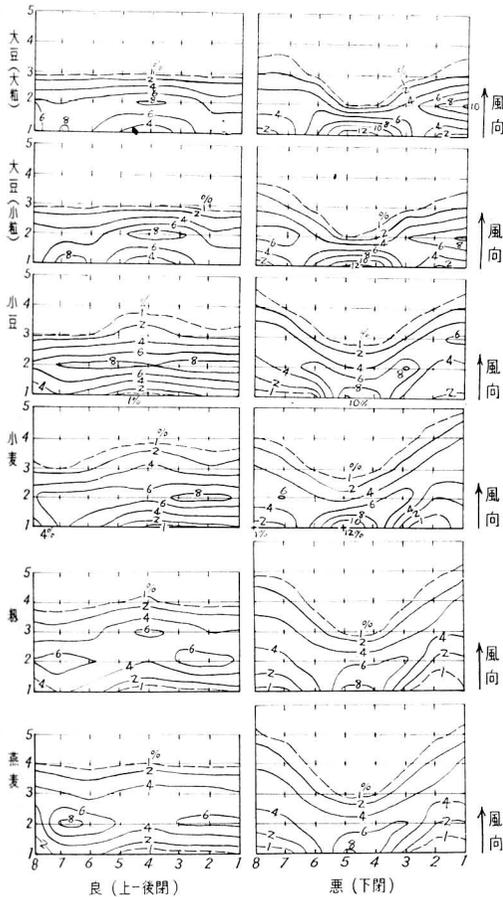
供試穀粒は大豆(大粒・小粒)、小豆、小麦、粳及び燕麦で、吹上角は 0° 及び 30° とし、羽根車回転数は分布状態が容易に判別できるような適当回転数とした。尚、羽根取付角 0° 、4枚である。

1. 吹上角 0° における材料別比較(第67~68図)

(1) 大豆(大粒)(800 r.p.m.)

風速が不足したため分布距離は短い、4, 2, 1%線と比較すれば、容易に判別ができる。最良状態では列と平行し、最悪状態ではV字型分布を示し、6~12%線が、1列目中央に集中している。

(2) 大豆(小粒)(800 r.p.m.)



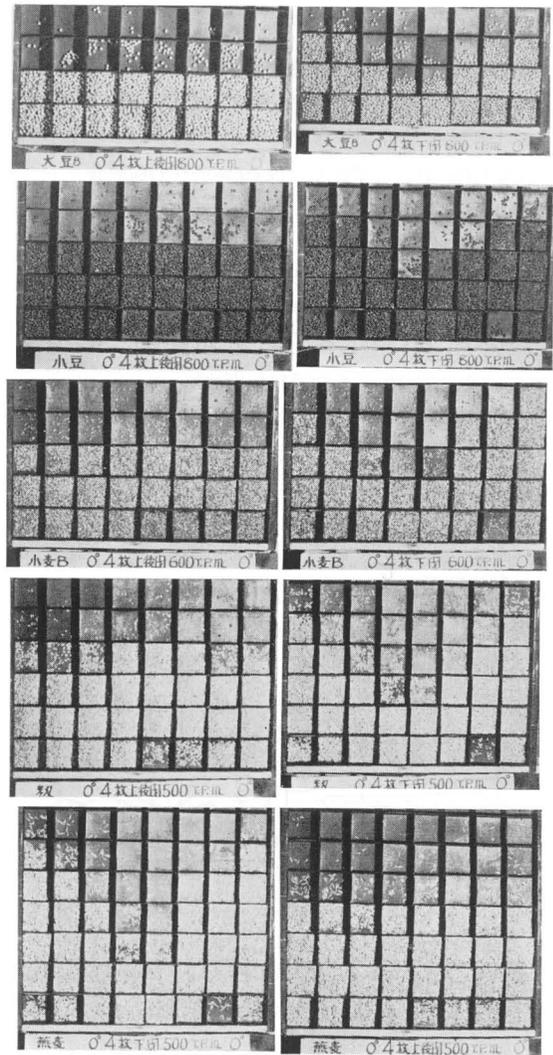
第67図 最良, 最悪分布 (吹上角 0°)

これも風速が不足しており、供給ロールから均一に落下しなかったが、2, 1%線は3列目以内に平行分布している(最良状態)。

下閉では6及び8%線が1列目中央と2列目両側に3分し、1列目中央には大豆(大粒)と同じく12%線が発生している。以上の結果を写真によって観察すれば、第68図に示すように、上後閉は2列目まで、下閉は3列目まで分布し、大粒も小粒もほぼ同様の傾向であることがわかる。

(3) 小豆(800 r.p.m.)

これは比較的均一に落下した場合で、上後閉では、8%



第68図 最良, 最悪分布 (吹上角 0°)

線は2列目に殆ど均一に平行して分布している。一方、下閉ではV字型分布の傾向を示し、6%線が3カ所に分布している。4, 2, 1%線はV字型を呈している。写真によれば、前者が3列に平行して分布し、後者は4列に亘って分布、V字型の傾向が観察できる。

(4) 小麦 (600 r.p.m.)

上後閉では落下状態が右に多く分布しているが、殆ど平行して分布する。下閉では小豆同様に、4, 2, 1%がV字型分布し、1列目中央には8及び10%線が発生している。写真によれば、前者は2列目に集中し、3列目は少量であり、後者は4~5列目に及び、3列目中央部は少量である。

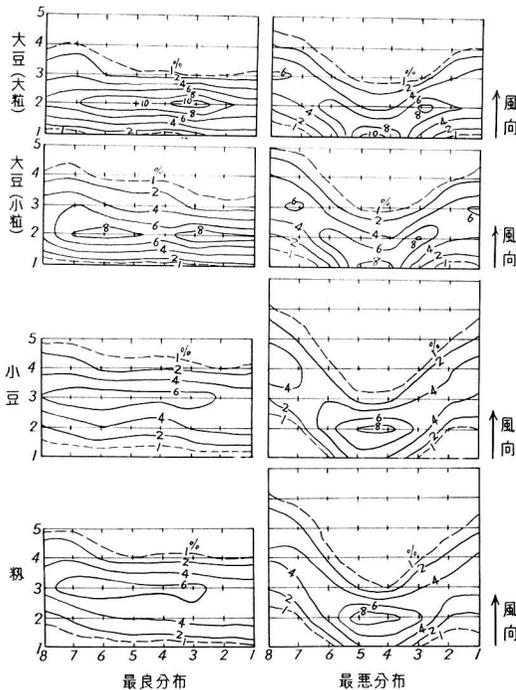
(5) 粳 (500 r.p.m.)

上後閉は少しく中凸型分布であり、6%線が3分して均一落下しなかった。下閉では小麦分布と似ており、4, 2, 1%線はV字型分布を呈する。写真においては、前者は4列に亘って平行し、後者は5~6列に亘りV字型に分布している。

(6) 燕麦 (500 r.p.m.)

落下分布は上後閉は左側に多く分布したが、2, 1%線は殆ど平行している。下閉は粳の分布と全く似ている。写真においても粳の分布と異なるところがない。

2. 吹上角 30° における材料別比較 (第69~70図)



第69図 最良, 最悪分布 (吹上角 30°)

(1) 大豆 (大粒) (800 r.p.m.)

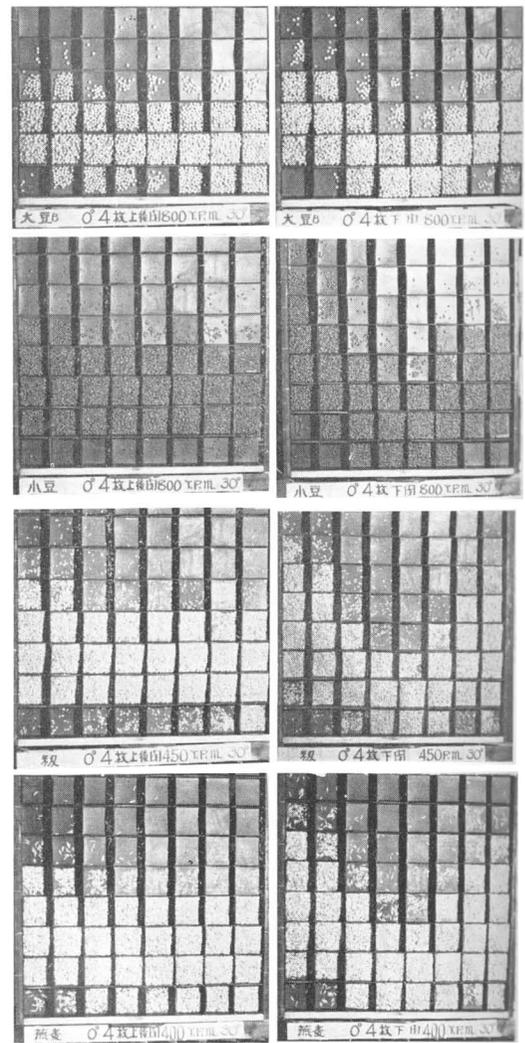
上後閉ではやや右下りではあるが均一分布を示し、2列目に8%線が平行している。下閉では、吹上角0°よりもV字型の傾向は明瞭である。

(2) 大豆 (小粒) (800 r.p.m.)

大粒よりも少しく遠方へ飛行し、上後閉では、8%線が2列目に2分しているが各線がほぼ列と平行している。下閉は大粒よりも明瞭に分布し、この状態は写真により判然とする。

(3) 小豆 (800 r.p.m.)

小後閉では6%線が3列目に平行し、前後に均一に分布し、左右もほぼ均一な落下状態である。下閉では6.8%



第70図 最良, 最悪分布 (吹上角 30°)

線が2列目中央に分布し、V字型となる。

4) 小麦 (600 r.p.m.)

小麦については第24節において詳細に述べたので、ここでは省略する。

5) 粳 (450 r.p.m.)

これは小豆の分布と実に相似した分布を示し、写真により比較すると明白である。即ち、吹上角 30° における粳450 r.p.m.の縦分布に相当する。小豆の回転数は800 r.p.m.で風速指数は $450:800=1:1.78$ となる。

6) 燕麦 (400 r.p.m.)

落下分布の状態は写真によって観察して各々その特徴を比較することができる。

第26節 風力調節と落下分布の総括

1. 風力調節と風速偏差率

羽根取付角 0° 、4枚、600 r.p.m.における風力調節方法について夫々の風速偏差率を比較して見ると、同心門閉並びに半門閉の前閉から上後閉に至る4区分では5.7%及び3.5~6.7%で何れも判定規準の8%以下にあるから、均一分布に近する。残りの4区分、即ち、後閉から下前閉までは11.2~29.0%となり、就中、下閉の偏差率は上後閉の約8倍にも達し、風速分布は乱れ、極端なV字型分布を呈する。吸気口面積を50%に絞ると、全開時の風速の凡そ27~28%減少する。

2. 粳の落下分布

吹上角 0° における予備落下試験において、同心門閉では水平風速分布と同様に中間の緩いU字型分布を呈し、前閉及び前上閉はW字型分布になりはじめている。上閉及び上後閉では殆ど均一分布となり、最高量の頂部を比較すれば、上後閉において最良分布であることが認められる。

後半4区分については、後閉が中間分布なので、最高分布量は中央部へ集中し始め、後下閉では全体的にV字型分布となる。下閉では主風下部が弱く、大きなU字型分布をするために落下分布も典型的V字型分布となり、1列目中央には特に多量の材料が流れ込む。

3. 小麦の落下分布

吹上角 30° における実用落下試験において、材料は主風とは 30° 傾斜して落下することになるので、風速測定点は吹上角 0° とは 30° 傾斜した垂直断面についての測定値であるが、風力調節に対する風速偏差率は吹上角 0° の場合に比較して、傾向は全く類似している。

従って偏差率8%以下のものを挙げると、同心門閉、前閉乃至上後閉で、偏差率は夫々6.6%、3.0~7.4%であり、後半4区分では13.0~27.4%で下閉の偏差率は上後

閉の約9倍に達し、水平風速分布はV字型である。

落下分布は粳と似ており、同心門閉並びに前閉乃至上後閉では均一分布し、上後閉が優れ、後閉乃至下前閉ではV字型分布を呈し、下閉が最悪分布となっている。以上の結果を写真によって観察すれば、実に明瞭である。

落下分布は一般に主風の水平分布に依って大きく左右されるもので、どちらかといえば、下段の水平分布が重要であるが、比較的軽い材料は上段の水平分布に左右されることが大きいので、仕切板近くに落下する材料の風速を良くするためには上段の水平分布を均一化することが望ましい。特に風路幅広き、2人扱脱穀機、あるいはスレッシャーにおいては重要な事項である。

半門調節を誤ると、V字型分布となり、精選粒は風路中央に集中落下し、風路の両側(吸気口側)は風速も強いので、精粒は2番口に入り、中央部には不完全粒も混入することが考えられる。

4. 各種穀粒の分布比較

上記実験の結果、最良分布は上後閉、最悪分布は下閉を選び、吹上角 0° 及び 30° にして各種穀粒(大豆、小豆、小麦、粳及び燕麦)を供試して落下分布を比較し、写真にて一括比較を容易とした。落下状態に関係なく最良、最悪分布の型が明白に現われ、風力調節に際しては最適落下条件を得るために、風速偏差率を8%以下とすることが望ましい。従って風力調節に際しては、同心門閉か、又は前閉乃至上後閉の間で調節することが重要である。

風力調節については単に吸気口面積を半分絞る場合においても、同心門又は半門的に絞ったとしても以上の如き全く分布の異なる場合が現われるので、如何に重要な問題であるか認知することができた。上記の最良、最悪分布において、夫々の風速偏差率は羽根車回転数の増減とは殆ど無関係なので、単独唐箕或いは専用唐箕において使用上の主眼となるのは風力調節機構にあると考えられる。しかして、風路又は仕切板の機構によって適当風速を与えるべく羽根車回転数を規制すれば良いことになる。

唐箕送風部の各部形態寸法の差異が風速分布並びに落下分布に及ぼす影響が極めて大きく、吸気口付近に取付けるベルト車軸受部の位置及び大きさ等によっても吸入空気の流速に直接的影響がある。例えば兼用脱穀機又は複刷型脱穀機においては、唐箕軸のベルトを直径の異なる他のベルト車と交換して羽根車の回転速度を変化させて、粳、麦類及び豆類に至る各種穀粒を風速する場合に、取付位置、大きさ等を充分に考慮し、併せて風力調節に際しても偏差率の高くならぬよう注意を払うことが大切

である。

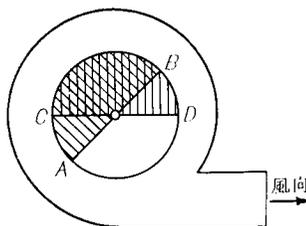
5. 風力調節法への試案

風力調節法には、(1)吸気口面積を絞る方法、(2)送風部渦巻室の一部を開閉する方法、(3)吹出口を開閉する方法の3方法があり、今日では(1)の方法が広く採用されている。即ち、この方法には次に述べる2条件を具備しなくてはならない。

- (イ) 風力調節範囲の広いこと。
- (ロ) 風力調節によって全開時よりも風速分布が乱れず平均化していること。

風力調節板の取付及び有効絞面積は出来る限り大きいことが望ましく、北海道の稲作においては、冷害、凶作の折には、1束の籾重量も軽く、秕、不稔粒が多く付着し、籾の脱粒抵抗も大きく、茎稈の混入も多くなるので、抜回回転数は府県の籾脱穀よりも凡そ10%増して使用することが多い。従ってベルト伝動機構上、唐箕の羽根中回転数も10%増加した状態となるので、風力調節を充分に考慮しておかぬと、精籾の2番口飛散も多くなる。

風力調節方法として、同心円調節は製作技術及び機構上から見て困難であるが、半円調節の方がむしろ容易である。上記実験の結果、上閉及び上後閉が全開時よりも偏差率低く、従って第71図の如き状態に開閉するような機構が最も良い方法と思われる。



第71図 吸気口最適調節位置
(斜線部分)

図において、 \overline{CD} は風向と平行、 \overline{AB} は風向と 45° 傾き、前者が上閉、後者が上後閉である。従って三カ月型調節板を取付ける場合には一方を支点、他方を可動部とするが、A 又は D 点を支点として、 \overline{ABCD} を閉じることが理想的である。逆に \overline{AD} を閉じるとは風速分布の乱れを招くので避けるべきである。たとえ吹上角が変わっても、図における ABCD の位置は相対的に変化するのみである。但し、本方法は $D:L=1:1.68\sim 2.28$ ^(注) において最も効果的方法である。第35図によれば吸気口直径 D が一定で、風路幅 L が 570 mm 以上となるときは、風力調節方法によって最良、最悪の位置が全く異なる

(注) 吸気口直径 $D=250$ mm, 風路幅 $L=420\sim 570$ mm.

るので、上記 $D:L$ 比を守ることが望ましい。

第12章 唐箕機構及び取扱に関する諸問題

手廻用唐箕は使用者の取扱方法ひとつで、高能率で汎用性に富む穀物精選用機具であるが、それだけに経験と熟練を必要とする。農家の使用方法を見るに、例えば蕎麦の選別方法を挙げると次の2方法がある。即ち、第1の方法は最初ハンドル回転数を上げて風速を強め、完全粒を1番口に落とし、荒ゴミ及び不完全粒を2番口に吹き分ける。次にハンドル回転数を下げて低風速とし、2番口に落された荒ゴミ及び不完全粒を再風選し、不完全粒中比較的良好なものを1番口に落す。

第2の方法は、最初低風速で完全充実粒と不完全粒を1番口に集め、次に1番口の粒を最初より少しく強い風速の下で再選別し、この中の不完全粒を分離する方法であり、前者と後者は全く逆の方法となる。簡単と思われる手廻用唐箕においてすら、使用農家によって全く逆の取扱方法がなされている。

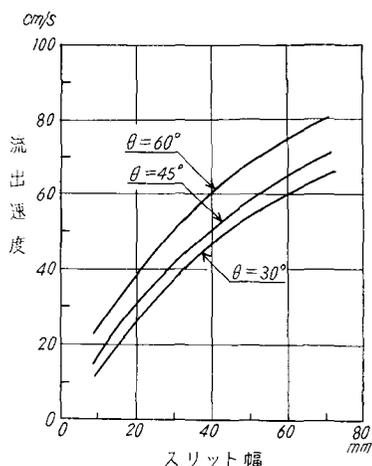
近年、手廻しの代わりに小型電動機を使用する動力用唐箕が普及し始め、変速電動機又は吸気口を絞って風力調節を行なう場合とがある。

第27節においては手廻用及び動力用唐箕について、ホッパー傾斜板角度、落下量調節板開度、傾斜板、送風部形状、選別風胴の形状、仕切板の取付位置等についての機構並びに取扱上の諸問題を述べ、第28節においては脱穀機用唐箕の受網下の脱穀物分布、生脱穀傾斜板、風路高さ、穀粒の初速、吸引式排塵装置との関連性、北海道で使用の際に考慮すべき点等を述べ、スレッシャー用唐箕の特徴、 $D:L$ 比、籾摺機用唐箕の羽根枚数及び取付角、取扱等について夫々の問題点を、既に述べた各種実験結果に基づいて述べることにする。

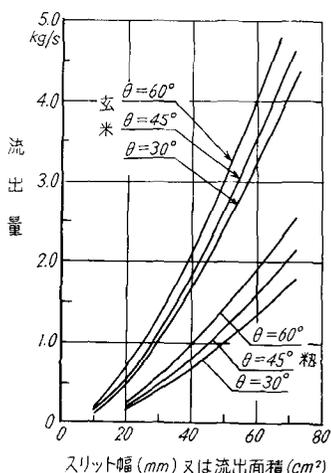
第27節 単独唐箕の機構及び取扱

1. ホッパー

ホッパーは容量が1~2斗で、下部の落下調節板を除々に開いて穀粒を落下せしめるが、ホッパー底部の傾斜板角度及び各種穀粒に適合した調節板開度があれば、ホッパー内の穀粒は停滞することなく、規定の落下量を保持しながら落下連続することができる。しかし、ホッパー底部傾斜板角度が不適當な場合では、ホッパー内の穀粒流動状態が変化し、穀粒の表面粗滑程度、芒の有無、粒の形状及び含水率等によって均一な落下が得られないことがある。



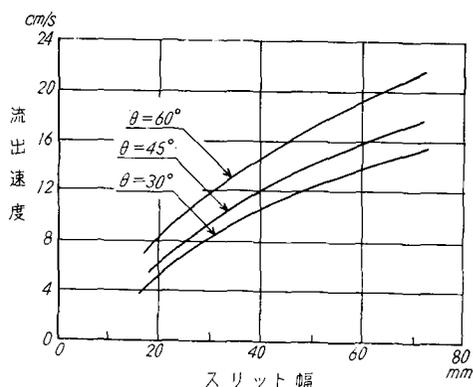
第72図(a) 玄米の流出速度
(庄司氏：28, p. 35)



第72図(c) 流出量の関係
(庄司氏：28, p. 37)

ホッパーに関しては庄司、小笠氏等の詳細なる研究²⁸⁾があるので、その一部を載せることにした。

傾斜板の角度及び底板の開度が流出速度及び流出量に及ぼす影響について玄米及び粳の特性は第72図(a), (b), (c)に示す如く、傾斜角の大なる程、流出速度は大となっている。同一開度においても傾斜角 $0^\circ \sim 30^\circ$ では割合除々に、 $45^\circ \sim 60^\circ$ では急に速度が増大する。これは開度調節板直上中央部の流下速度最も大なる部分を摩擦その他の作用で干渉している両側の穀粒群が、傾斜角の大なる程、底の斜面で滑かに誘導された配列方向を整えられると共に、しかも底の斜面方向に沿って流動する粒子群の水平分速度は益々小となって垂直流下部への合流的干渉



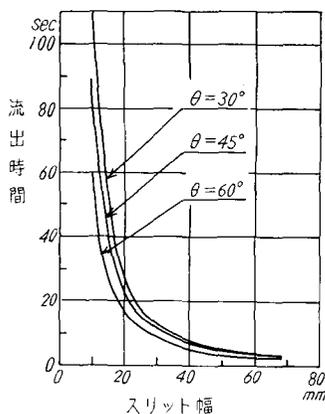
第72図(b) 粳の流出速度
(庄司氏：28, p. 36)

作用を小ならしめるためであると考えられる。

粒子の流出速度は、同じ容器に対しても収容する粒子の性状によっても異なり、又、底面傾斜角及び開度等によっても支配されるものであって、しかもこれらの関係は粒子の流出量の増減ということに関連してくる故、開度調節によって流出量を加減しようとする実際問題の上には重要な意味を持っている。玄米の一定量を流出するに要する時間と開度との関係を示せば第73図に示す如くである。

自然流出する最小限界開度は傾斜角 0° で玄米では約7mm、傾斜角 60° では6mmである。粳では有芒種のため粒面も玄米に比して粗雑なため、玄米の如く種子厚さの3倍とはならず、傾斜角 0° では17mm、 $30^\circ \sim 60^\circ$ では10~12mmとなった。

以上の研究結果によると、穀粒表面の粗滑程度のみで、既に底板の開度は2倍の差が生じている。又、粳の如き



第73図 玄米(一定量)の流出時間関係
(庄司氏：28, p. 38)

表面粗雑な穀粒では傾斜角を 30° 以上とすれば、開度も狭くてすむことが知られる。しかし、種子籾、ビート砕粒種子等を精選して完全粒を得るには、できる限り小量を絶えず均一に落下させるために、底板即ち落下量調節板を若干振動させて種子相互の摩擦によるホッパー内の停滞を避けるようにして使用することがある。この際に底板開度を一気に拡げることは流出量を増大せしめるので、風選状態の不良を来たす原因となる。

手廻用唐箕の作業工程は $500\sim 700$ kg/hr であり、落下調節板開度は凡そ 15 mm (風路幅 380 mm) においてビート砕粒種子でも $500\sim 680$ kg/hr となるから、各種子に応じた規定開度を守るように開度調節目盛板を付し、均一なる風選を受けるようにすることが大切である。開度調節機構としては、ラック・ピニオン歯車によるものが多いが、鋳造後の不完全な手仕上げと塗装とによって歯面の遊びに広狭を生じ、ピニオン歯車軸を廻しても開度目盛と実際の開度寸法とが一致しないことが少なくない。ピニオン歯車の中心孔も偏心することなく明けられていることはいうまでもないことである。

2. 送風部

手廻しハンドルの増速比は $2.5\sim 4$ 倍であるが、増速比が小さいとハンドル回転数が多くなり余計疲れるし、大きいとハンドル回転数が少なくて済むが、大なるトルクを要するので回転ムラを生じ易くなる。手廻しの連続作業によって、或いはハンドルのトルク大きいため、右手にてハンドルを時計方向に廻すときは、ハンドルが右半分を回転する場合は早くなり、左半分を回転する場合は遅くなる傾向がある。即ちこれは羽根車回転数の不均一を招き、均一なる風速が得られないことになる。

風力調節範囲は3番口において $2.5\sim 6.6$ m/s あれば充分とされており、仮に増速比 $2.43\sim 2.75$ の唐箕では、ハンドル回転数は凡そ $30\sim 80$ r.p.m. となる。

次に電動機使用唐箕について述べると、電動機には次の2種類が使用される。

- (1) 単相誘導電動機
- (2) 単相整流子変速電動機

(1) の場合は定回転のため、風力調節によって上記風速範囲を守ることができ、しかも規定風速を明記することが望ましい。この場合、吸入風量の大小によって電動機の速度変動が生じないことが大切である。但し、吸気口に取付けた風力調節板は規定位置に適宜固定することができて、しかも風速分布の乱れない位置で調節できることが必要である。

(2) の場合は柵子位置を移動して電動機の回転速度を

上下せしめるが、この種電動機においては、しばしば柵子固定方法が不確実であるため、或いはその調節範囲が狭いにも拘わらず、回転速度は大きく変化する場合が多い。従って回転速度の微調節を行なうことができると便利である。又、電圧の上下によっても回転速度は変動し、電源コードの太さや長短によっても電圧の変化が起るので注意を要する。

規定風速を与えるために、羽根車直径を大きくするよりも、吸気口面積を或る程度拡げると風速は強くなり、羽根取付角は後退角よりも放射羽根或いはやや前傾角の方が強い風速が得られる。

唐箕小型化に伴ない送風部も小型にする場合には、羽根車回転数を上げて規定風速を得ることがあるので、この場合に、送風部の効率を低下してはならぬ。

3. 選別風胴

送風部より吹出された風は、そのまま3番口に吹き送られるものではなく、一旦風胴天井の整流板に向って吹き上げ、次に整流されて3番口に送り出される。即ち、落出口における主風の吹上角は、 $30^\circ\sim 60^\circ$ であり、吹上角の大きいことは比重大なる穀粒の風速に適し、整流板は比重小なる籾殻、糞、茎屑等を分離するために重要な役目を果たす。

仕切板は主風の影響を受けない範囲で出来る限り上限の位置で上下せしめ、風路中の調節範囲を広くする。ホッパー下部の落下調節板の下に、傾斜板があり、これが角度調節出来る装置を有しているものは、仕切板との相互関係によって、1, 2番口への風選量を加減することができるので便利である。仕切板の上方に逆風を生ずる場合(線香又は煙草の煙で容易に判明する)は、たとえ仕切板を上げて、その又上方に逆風箇所ができるので、籾殻等の比重小さきものの分離には充分な注意と観察が必要である。

第28節 脱穀調製機用唐箕の機構及び取扱

1. 脱穀機用唐箕

脱穀された材料は脱穀方法或いは扱歯の配列等によって風路全域に亘って分布するものとは限らず又、傾斜板角度及び流下長さによっても穀粒の初速は異なり、風路に入る際の落下エネルギーは異なる。

庄司氏等の研究^{29), 30)}によれば、受網下の脱穀物分布について1人扱ひ並びに2人扱ひの場合、自動送込式の場合に次の如き結果が発表されている。動力脱穀機の運転条件と扱ぎ方とが同一ならば、脱穀物はほぼ一定の分布型を示すものであって、その形は穂束の挿入位置によって定まる。例えば、1人扱ひではW字型、2人扱ひではV

字型の如くで、裏返し法、左右反転法の別には殆ど関係しない。同一機でも回転数が変化するに従い、分布型の特性も違ってくる。

自動送込式では一方に偏した分布型で、束の横送り供給方法と、穂の性状とによって規定される。しかし、2番処理作用によって分布型は出口の方へならされる傾向がある。量的には稲、小麦とも扱幅の最初の1/3の範囲における受網を通じて脱穀物全量の2/3が落下する。

以上の結果と唐箕の風速分布との関連性は極めて重要であり、脱穀物の落下分布と風速分布とが全く逆の場合には、最悪の風速状態となる。即ち、動力脱穀機及び自動送込式では脱穀物の落下分布に夫々特徴があり、唐箕の設計製作においても、上記結果を加味しなければならぬ。

稲の生脱穀については、稲刈機への発展に対してその研究が始められ、土居原氏等¹⁰⁾の研究結果によると次の如くである。穂切れ及び小枝梗粒の発生率は何れも刈り取り2日後のものが大きく、扱幅回転数の増加と共に減少する。しかしてこの場合の刈取直後における水分含量は概32.8%、茎積は76.0%であるから、一般の脱穀適当水分18%に比してはるかに大きい。実際の生脱穀を行なう場合に、かかる穂切れや小枝梗粒の風選をする意味においても、唐箕使用の範囲は広められるわけである。

受網下の傾斜板、風路高さ、風選を受ける籾の初速等については大森氏²³⁾の研究があり、その結果を要約すれば傾斜板角度は湿った材料でも流下しうる最小角度とし、籾の初速は1 m/s程度とすることが良い風選を受け、2 m/s以上では不良となる。風路高さを増すよりは、風速を高めることが先決である。

籾の落下姿勢については若林氏⁴³⁾の研究がある。即ち、傾斜板上に縦溝を作り、常に粒の落下姿勢を一定とし、これが均一風速によって風選される場合は極めて好結果を得るといわれる。G. Kühne氏⁶⁾も、手廻唐箕の傾斜板に深さ3 mm、幅6 mmの縦溝を設けるときは小麦等の風選に良いとされている。若林氏によれば、風路高さを狭くすると、供試材料の気流に曝される時間が短くなり、多量の材料を供給するときは、材料同志の干渉により選別が不確実となる。特に籾は風路を外れると、風路中で充分飛行速度を与えられていても、質量小さいため、運動エネルギーを容易に喪失して機外まで吹き飛ばされない。従って風路高さは広い方が良く、100 mm前後(片倉式では3型100 mm、6型主風路100 mm、1番口スクリュウ分流路20 mm)が適当のようである。

分流板は主風の一部を1番口スクリュウへ吹き分ける

もので、流穀板の下方から上方へ板の傾斜に沿って吹き上げる。これが選別によく働き、1番口の精歩合は良好となる。主風は又、2番口のわら受線の茎積層を吹きとばし、3番口へ排出するが、自動吸引式排塵装置を3番口の代りに取付けた自動脱穀機等について、唐箕送風量と吸引装置の吐風量との均衡の問題がある。吸引装置の排出管直径は排出される茎積層の大きさによって、或いは束こぎ、バラこぎ等によって茎積排出量が異なるので、最小限界がある(例えば直径308 mm、幅178 mmの片側吸込4枚羽根を使用して排出パイプの直径186 mmで、1400 r.p.m. 13.2 m/sあれば作業中の支障はない⁴⁵⁾)。

筆者は特に北海道において使用される脱穀機の特殊な条件を取り上げておきたい。これ等を列記すれば次の如くである。

(1) 気象的条件

秋期多雨にして又、降雪早く、戸外の作業は勿論室内作業も気象的制約を受け、作業日数が極めて短い。冷害、凶作時にも完全作業が望まれる。

(2) 作物の性状

稲では特に遅れ穂が多く、稲わらの乾燥不十分であるにも拘わらず、穂首もろく子実が脱粒し難いこと。

(3) 農家経営規模の大なること

水田地帯では、何れの農家も3~7 ha経営し、畑作経営では7~9 haの範囲内に入る農家も多々ある現状である。

(4) 作業様式の相違

燕麦、菽豆類等においては、直接間場中に脱穀機を持ち込み、バラこぎ又は投込みの場合が多く、特に唐箕の選別性能向上が問題となる。

(5) 対象作物の多様性

これは兼用脱穀機(例えば複刷式)による麦豆兼用の脱穀が必要とされ、夫々受網を着脱して規定の網目とし、唐箕替ブリー等によって羽根車回転数を規制できるようにしたものである。畑作地帯で広く普及している。

一例を稲脱穀について述べると、適当周速度は2200~2500 尺/分(660~760 m/min)といわれているが、北海道では2645 尺/分(800 m/min)を適当とする。扱幅回転数を上げると、唐箕羽根車回転数も上がるので、風力調節範囲はより一層広いことが要求される。冷害、凶作の年においても確実に風選のできる必要がある。

2. スレッシャー用唐箕

スレッシャーは投込式専用であり、材料は脱穀部を経て、茎積は茎積排出回転板(Beater)により掻き送られ、

茶程排出抑制板 (Deflecting Board) を経て、茶程移送装置 (Straw Rack) によって順次機外に排出される。脱粒した種子は塵芥等と共に受風間隙より落下し、振動篩 (Ridder) にて篩別される。茶程移送装置の格子板 (鍍板) より落下した屑粒、茶程屑及び豆莢等は流下板に沿って流下し、振動篩の屑粒と合流する。精粒は主風によって、その中の屑粒、茶程屑、豆莢等と分離される。

スレッシャー選別風胴中には振動篩があって、精粒が傾斜板を流下する際に主風を受ける場合と、一旦篩別されて篩の端より流下する際に風選を受ける場合とがある。しかし前者には主風が篩面に沿って吹く場合と、篩面下部より吹き上げる場合の2種がある。大型スレッシャーにおいては2個の唐箕によって夫々使い分けすることもあり、概して1個唐箕を使用して、2個所に風を送る場合が多い。小型スレッシャーにおいては送風部吹出口に分流板を設け、豆用或いは麦用として夫々傾斜角が調節できる。この場合、風量よりは風速が問題であり、送風部の効率を下げずに、しかも風路内の風速を均一化することが大切である。G. Kühne 氏⁶⁾によれば風路断面全域に亘り殆ど均一な風速を供給するために風路幅 (L) の狭いこと及び吸気口直径 (D) の大きいことが必要である。これ等の関係は $1:1.28$ である。より広い風路幅 ($L > 700$ mm) と比較的小さい吸気口直径、即ち、 $D:L = 1:4.5$ の唐箕では不均一の風速分布となり、もしも風速調節のため吸気口を絞るならば、風速分布は根本的に悪くなる。筆者の実験によれば、 $D:L = 1:2.28$ が適当であり、4枚羽根が優れていることを知った。風力調節板の位置は L が $300 \sim 820$ mm において全く異なった風速分布を示し、第35図に夫々の偏差率が一括比較できるように示されてある。偏差率の低いものが平均化した分布である。

3. 糶摺機用唐箕

全自動糶摺機といえ、糶摺作業の完全自動化したものであり、ゴムロール型糶摺機の総称である。ロール幅 $2\frac{1}{2} \sim 6$ インチにおいて、毎時仕上げ米量は $720 \sim 1800$ kg にも達し、使用される唐箕の内幅は $30 \sim 60$ cm であるから、比較的幅の狭い方に属する。

ゴムロール直下の拡散板から落下した摶落物は傾斜板を経て風路中を落下するが、主唐箕はこれを糶、糶、糶に分離し、仕上げ唐箕は玄米、糶殻、屑米、碎米等に分離する。特に比重小さい糶殻を風選するには第2章第4節に述べた如く、極めて複雑な形態の選別風胴を必要とし逆風箇所を減らし、吹き溜りの現象を生じないようにすることが大切である。

田村、竹内氏等³²⁾によれば、唐箕の羽根取付角及び枚数について次の如く述べている。全般的に見て取付角は $0^\circ \sim +30^\circ$ の範囲が有効であり、羽根枚数は2枚より3枚への効果はあるが、3枚より4枚へは少なく、最適枚数は3枚である。即ち、前傾角が良いとされている。

糶摺機選別性能としては良玄米の99%以上の仕上げ米量を要し、しかも、屑米、碎米が少なく精糶や糶の混入は絶対少ないものでなくてはならぬ。糶は1合中に1.2等標準品で5粒、3等標準品で10粒、4.5等標準品で15粒である。多少仕上げ唐箕2番口に良玄米を出してもこれは万石に2度がけして再選別が容易にできるので、仕上げ米中の糶だけは抜き取るように心掛けなければならぬ。主唐箕2番口には特に玄米が出てはならぬし、3番口には全穀粒の0.1%以上の穀粒が吹き飛ばされてはならない。即ち、主唐箕の選別不良は万石の性能を著しく低下させるものであり、更に仕上げ唐箕へも影響する。全体の作業工程を減少せしめる因となるわけである。

第13章 結 論

唐箕は風力を利用して種子選別する高能率な農機具であり、その普及状況は1農家当り1台といわれる程一般化されている。北海道においては畑作物の種類及び品種が極めて多いにもかかわらず、特に畑作地帯では、1台の唐箕によって各種作物種子の選別を行なっている。

唐箕の使用法について見ると、次の2方法がある。

- (1) 作物種子から夾雑物を除去する方法
- (2) 穀粒を完全粒、不完全粒に分離する方法

所謂、手廻用唐箕においてはハンドル回転数を変化してこれ等の方法を使い分けしている。即ち、(1)においては回転数を下げて風を弱くして作業し、(2)においては回転数を上げて風を強くする。しかしながら、この種、手廻唐箕の取扱方法については多年の熟練と経験を必要とし、コツを要する。

他方、脱穀機、スレッシャー及び糶摺機に装着されている唐箕は上記2方法を1回の作業中において行なうところに調節方法の困難がある。糶摺機用唐箕としては玄米、碎米及び糶殻を分離するのみであるのに対し、脱穀機及びスレッシャー用唐箕は稲、麦類及び菽豆類を対象としているため、これ等種子性状を知って始めて唐箕の適確な使用取扱いができる。

次に唐箕を構成している主要部は送風装置であるが、これが一般送風機として取扱って見た場合、如何なる特性を有するかについて検討すれば、一般に所要馬力が高く、風速分布及び風力調節の不規則なこと、渦巻室、羽

根車の形状が不備なこと、穀粒落下量、羽根車回転数、吸気口、整流板、仕切板等の調節が微妙なこと等が挙げられる。

本研究はこれ等諸問題を解決すべく脱穀機用唐箕の研究に端を発し、幸いにも常松教授の御指導の下に教室員諸氏の御協力を得て系統的に実験を進め、基礎的実験によって得たものを更に実用実験によって再確認し、唐箕に関する基礎的一般的要素について論究することができた。しかして、脱穀機、スレッシャー、穀摺機用唐箕はもとより手廻用、あるいは動力用唐箕に対する取扱い並びに設計に対する基礎資料となることを信ずるものである。

1. 所要馬力及び平均風速

唐箕送風部は1個のプレート・ファン及び渦巻室からなり、羽根車を一定条件の下で回転すれば、所要馬力(軸馬力)は凡そ回転数の3乗に比例して増加することが判明した。前傾角で4枚羽根が最も高く、後退角は所要馬力も少ないが、平均風速も少ないので効率は低い。2枚羽根は平均風速の割合に所要馬力が高く、3枚羽根では4枚羽根と大差がない。

平均風速は吸気口の状態を一定にするときは羽根車回転数に正比例して増減する。4枚羽根は前傾角が強くと、3枚では4枚に近づき前傾角が強くと、2枚では取付角の影響が殆どない。但し、4枚羽根では $\beta_2=99^\circ$ 以上の前傾角としても、もはや風速は増加しないことがわかった。一般に放射羽根($\beta_2=90^\circ$)より後退角($\beta_2<90^\circ$)にすると風速の低下は著しい。

唐箕の出口風速を増加せしめんとして羽根車回転数を増加すると、所要馬力は3乗に比例して上昇するものであるから、比重の大きな、大、小豆の風速に際しては充分なる注意を必要とする。

脱穀、調製機用唐箕としては、主軸から動力の伝達を受けているため、作業中における負荷の変動に際しては、主軸と一体になって回転するので、唐箕羽根車軸の変動によって風速は増減することになる。従って主軸の回転が過負荷によって低下した場合には、一旦作業を中断し、正常回転に復元せしめ、唐箕の風速に適正なる風速を与えてから作業を進めることが常道である。

これは定回転の原動機よりも中速又は高速内燃機関を使用する際に最も注意すべきことで、小型内燃機関のガバナ特性による機関回転速度の変動をも考慮して原動機を選択することである。しかし、スレッシャーにおいてはトラクターの動力取出口からベルトにて動力を伝達することもあり、この際の負荷による回転速度の変動に

についても全く同様なことが考えられる。

手廻唐箕の出口風速は2.65~6.6 m/s あれば、菜種、エゴマ類から大豆に至るまで選別可能である。

2. 唐箕の特性曲線

これは唐箕送風部を一般送風機として取扱って見たものであり、プレート・ファンの羽根枚数、羽根取付角及び形状等について吸気口面積を変化させた場合について測定したものである。即ち、羽根取付角は 0° とし、羽根車回転数は一定回転とした。

- (1) $D:L=1:1.68$ の送風装置において平均風速、軸馬力、総括効率は共に4, 3, 2枚の順に低くなる。しかも、開口比 $=2.34$ 以上としても殆ど増加せず、平均風速及び総括効率は却って低下する。開口比 $=1.16$ 以下では風速、効率は共に減少する。風速偏差率は開口比 $=2.34\sim 3.2$ の間で4枚が低くと、3枚、2枚の順に高くなる。これも開口比 1.16 から以下では急昇する。例えば $\beta_1=40^\circ$, $\beta_2=108^\circ$ の前傾曲面羽根において開口比 $=2.34$ では4枚、800 r.p.m.で風速14.3 m/s、馬力は0.26 hp、効率は41%、風速偏差率6%であった。
- (2) 吸気口面積を一定とし、風路幅を変化せしめると、30~82 cmにおいて送風量は4枚、800 r.p.m.において $0.45\sim 0.94$ m³/sとなり、風速は逆に $1.44\sim 1.15$ m/sに低下する。風路幅(L)を30 cm以下としても風速は殆ど上昇しない。効率は $L=57$ cmでは4枚が高く(38%)、 $L=42$ cmでは3枚が37%で4枚より高い。風速偏差率は $L=42\sim 57$ cmにおいて、4枚が6~7%で他より低くと、平均化していることを示している。
- (3) 以上の結果から第2報に述べた試作送風部の風路幅 $L=570$ mm、吸気口直径 $D=250$ mm ($D:L=1:2.28$, 開口比1.72)においては吸気口面積を広くして開口比 $=2.34$ としても有効であることが認められる。羽根枚数は4枚が他より優れ、取付角(羽根出口角)は $\beta_2=90^\circ\sim 99^\circ$ のプレート・ファンで充分である。流体力学的に見て羽根入口角 $\beta_1<90^\circ$ として、空気の流入を容易にしても、曲面羽根としての効果は放射羽根に比し大差がない。羽根形状については吸気口内側、即ち、空気の流入する箇所を斜めに切り落した形状が多く見られるが、単なる矩形羽根とするか、むしろ、外側両端を斜めに切り落した方が左右吸気口側の高い風速が抑えられ、風速偏差率の低くなることが認められ、風速分布は若干平均化する。

3. 唐箕の風速分布と風速偏差率

垂直分布では風路上段は弱くと、下段は強くなっているが取付角 -44° ($\beta_2=72^\circ$)では直線的に下段が強い。

0°では上、中段が強くなり始め、前傾角では更に増す。但し下段では取付角の影響が少ない。3, 2枚で同様であるが、2枚では殆ど取付角の影響が見られない。

水平分布においては一般に両吸気口側が強く、W字型分布を呈し、取付角0°を中心に見ると、前傾角の方は増加程度少ないが、左右又は中央部の強い個所は一層風速を増している。後退角では中間み著しくなり中だるみのW字型分布となる。垂直分布と同様2枚では取付角の効果は少ない。

以上の風速分布を定量的に表現し、比較することは実用落下試験に際して極めて重要である。

水平分布の平均化したものは偏差率が低く、風速偏差率によって枚数及び取付角の関係は全く明瞭となる。既に述べた如く、2, 3, 4枚の順で低下し、取付角0°~+22°($\beta_2=90\sim 99^\circ$)が最も低く、3枚では4枚と殆ど差がない。従って放射羽根で充分であることがわかった。

吹出口における羽根先端間隙は出口高さの1/3とすれば、2/3よりも均一化した分布が得られる。

風力調節に關しては、この偏差率によって大きく影響し、簡単にして便利な表現法であることを知った。

4. 穀粒落下経路と風選理論の検討

取付角0°, 4枚において、上後閉の偏差率が最も低いので、この平均化した状態においてホッパーから落下した各種穀粒が飛行する経路について観察すれば、吹出口より下25 cmにおいて、受枠は主風の影響を受けず、5.2 m/sで穀粒が分離し、不稔粒は6.5 m/s、糞は7.8 m/sで夫々分離する。上、中、下段について、主風の影響を受けて曲折するのは穀粒、不稔粒は4.5 m/s、糞は5.2 m/s、糞は6.5 m/sからである。

穀粒別に吹上角毎のタテ分布を比較すれば、糞600 r.p.m.で0°~10°において3~4列目に最高量が移動し、40°では4と5列の中間に移る。即ち、0°で7.8 m/sのものは30°では6.0 m/sで同一分布を得ることができる。更に糞及び糞の選別には仕切板を上げた方がよい。燕麦の分布は糞と略々似ている。小麦600 r.p.m.では0°~30°で2~3列目に移動し、小豆800 r.p.m.では0°~40°で2~3列目に、大豆800 r.p.m.では30°で2列目が最大分布となっている。比重小さい穀粒は吹上角0°、豆類の如き比重大きいものは吹上角40°の方が分離し易い。仕切板も前者は低く、後者は高くするとよい。

風選指数によれば、吹上角30°において糞の適當風速を1とすれば、大豆(大粒)2.23・(小粒)2.00、小豆1.78、小麦1.33、燕麦0.94の順であり、風速は大豆(小粒)において糞の約2倍にも達している。吹上角0°にすれば

1.12倍の風速増加を必要とする。上記順序は単に比重とか1000粒重によって決定できるものではなく、G/F比即ち、個体重量と吹きつけられた粒の面積との比に従って風選されるものであることが判明した。これは、G. Kühne氏の著書⁶⁾において明記してあるものと全く一致した。第47図にG/F比と風選指数の関係が示してある。即ち、この図によれば穀粒のG/F比を求めることにより、糞に対する風速或いは羽根車回転数の適當指数がわかるので、唐箕の設計並びに取扱いに際して各穀粒の適當選別風速を決めるに役立つものと思われる。

しかし、1個の穀粒を風選する際にもFの値は変化し、球状の種子よりも細長い種子ほど落下経路の幅も広くなり、表面の粗滑程度によっても異なるので、護穎の長い燕麦、2粒種の燕麦種子、ビート種子(全粒、碎粒)等においては分布距離も長くなり、甚だ複雑な経路を辿るものと思われる。

5. 出口風速分布と穀粒落下分布との関係

吹上角0°における糞の落下分布によれば、後退角では緩いW字型を呈し、0°では外形は緩いW字型であるが、最大分布位置は列と平行する。前傾角では左右両側の風速が強くなるので再びW字型分布の傾向は強まる。最大分布率は3分される。3枚でも似た傾向があり、2枚では前傾角が平均化している。吹上角30°においても分布の型は明確ではないが、W字型分布ではU字型分布として差支えない。結局3~4枚では取付角0°、2~3枚では0°又は前傾角が最適落下分布し、枚数については4枚が優れるが、取付角によれば3枚の方が偏差率が低くなることもあるので、穀粒の均一落下分布を得るためには偏差率の低い(約10%以下)ことが重要である。

以上の結果は大豆、小麦についても同様の結論が成立することを知った。

6. 風力調節と落下分布

空転時における風速偏差率を比較すれば、同心円閉50%及び半円閉の前閉乃至上後閉では5.7%及び3.5~6.7%で、判定基準の8%以下にある。残りの後閉乃至下前閉では11.2~29.0%で下閉では上後閉の8倍にも達し、極端なV字型分布となる。落下分布においても水平分布とはほぼ似た分布であり、上閉或いは上後閉が最も平均化し、下閉では1列目中央部に集中して等量線もV字型を呈する。これは吹上角30°の場合の小麦分布においても実に判然とした結果を得ることができた。即ち、その傾向は吹上角0°の糞分布と全く一致している。

落下分布は一般に主風の水平分布によって大きく左右

され、下段の水平分布が重要である。比較的軽い穀粒では上段の水平分布の均一性が重要であるが、下段の分布が乱れると全体的に落下分布も乱れる。何れにしても水平分布の均一なことが最も重要であり、風力調節によって、全開時よりも偏差率が高くなるようなことがあっては好ましくない。偏差率8%以下を「良」、8~10%を「やや良」、10%以上を不良として判定しても差支えない。

単に吸気口を同心円的或いは半円的に絞った時でも、その位置、形状及びベルト車の取付位置等によって風速分布は全く異なるものであるから、既に述べた諸条件を守って風力調節を行えば平均化した分布となり、脱穀機、スレッシャー及び糶摺機用唐箕に、或いは単独唐箕に広く応用できる。

参考文献

- Bainier, Roy: Principles of Farm Machinery. Wiley, 1955.
- Blenk, H.: Luft Strömungen in der Landtechnik. Grundlagen der Landtechnik, Heft 1, 1951.
- Blenk, H.: Die Sortierung von Saatgut mit Besonders Gleichmässigem Querwind. Grundlagen der Landtechnik, Heft 2, 1951.
- Davidson, J. B.: Agricultural Machinery. Wiley, 1931.
- Henderson, S. M. and Perry, R. L.: Agricultural Process Engineering. Wiley, 1955.
- Kühne, G.: Handbuch der Landmaschinentechnik. II Band, I Lief, 1932.
- Segler, G.: Entwerfen Landwirtschaftlichen Fördergebläse. Grundlagen der Landtechnik, Heft 1, 1951.
- Segler, G.: Maschinen in der Landwirtschaft. Paul Parey, 1956.
- Smith, H. P.: Farm Machinery and Equipment. McGraw-Hill, 1929.
- 土居原 一三・鈴木茂己・戸田 貢: 籾の生脱穀に関する基礎調査. 農業機械学会北海道支部会報第6号, 昭和34年12月.
- 藤本武助: 流体の力学と流体機械. 養賢堂 昭和23年.
- 池谷武雄: 流量測定法. オーム社 昭和29年.
- 狩野秀男: 脱穀と糶摺. 農業機械化協会 昭和31年.
- 葛原定郎: 唐箕に関する実験的基礎研究(第1報). 農業機械学会誌 16巻3, 4号 昭和30年3月.
- 真島正市・磯部 孝: 計測法概論 下巻. コロナ社 昭和29年.
- 長広仁藏: 農用作業機とエンジンの作業時間連負荷特性に関する研究. 農業機械学会北海道支部会報 第4号 昭和32年11月.
- 永井威三郎: 作物栽培各論. 第一巻 養賢堂 昭和27年.
- 中橋勇作・井沢敏郎・荒井 有: 風選に関する基礎的研究. 農業機械学会誌 14巻3, 4号 昭和28年8月.
- 中村忠次郎: 農機具綜典. 朝倉書店 昭和29年.
- 日本機械学会: 機械工学便覧. 日本機械学会 昭和29年.
- 日本機械学会: 學術用語集, 機械工学編. 技報堂 昭和29年.
- 農業機械学会: 農業機械ハンドブック. コロナ社 昭和32年.
- 大森幸衛: 動力脱穀機の選別理論について その1. 農業機械学会誌 10巻1号 昭和23年3月.
- 大森幸衛: 動力脱穀機の選別性能の構造的判定. 農業機械学会誌 10巻3号 昭和23年9月.
- 佐藤正・大森幸衛: 回転脱穀機に関する若干の理論と実験. 農業機械学会誌 11巻3号 昭和25年3月.
- 生源寺順: 渦巻ポンプ講義. 養賢堂 昭和18年.
- 庄司英信: 農業機械学概論. 養賢堂 昭和28年.
- 庄司英信・小笠隆夫: 穀粒の槽内流動に関する実験的研究. 農業機械学会誌 1巻1号 昭和12年.
- 庄司英信・佐野文彦・志賀重信: 動力脱穀機の受網下における脱穀物分布に関する研究. (第1報) 下扱式一人扱並に二人扱の場合について. 農業機械学会誌 16巻3, 4号 昭和30年3月.
- 庄司英信・吉田実夫: 動力脱穀機の受網下における脱穀物分布に関する研究(第2報)自動送込式の場合について. 農業機械学会誌 19巻3号 昭和32年12月.
- 杉本正雄: 唐箕の研究(第1報). 農業機械学会誌 10巻3号 昭和23年9月.
- 田村 豊・竹内竜三: 唐箕における羽根取付角及び羽根枚数の研究. 農業機械学会誌 17巻3号 昭和31年2月.
- 手島寅雄: 栽培学前篇. 種物 北方出版社 昭和24年.
- 常松 栄・西村喜夫: 唐箕に関する研究(第1報). 農業機械学会誌 12巻3, 4号 昭和26年12月.
- 常松 栄・西村喜夫: 北海道に発達した脱穀機の2, 3の考察. 農業機械学会誌 13巻1, 2号 昭和27年6月.
- 常松 栄・南部 悟: 唐箕に関する研究(第1報). 脱穀機用唐箕について. 農業機械学会北海道支部会報 5号 昭和33年6月.
- 常松 栄・南部 悟: 唐箕に関する研究(第2報). 脱穀機用唐箕におけるケーシングの形態について. 農業機械学会誌 19巻1号 昭和32年6月.

- 38) 常松 栄・南部 悟：唐箕に関する研究 (第3報).
脱穀機用唐箕の風力節方法について. 北海道大学農学部邦文紀要 3巻1号 昭和33年.
- 39) 常松 栄・南部 悟：唐箕に関する研究 (第4報).
風路幅が性能に及ぼす影響について. 農業機械学会北海道支部会報6号 昭和34年12月.
- 40) 常松 栄・南部 悟：唐箕に関する研究 (第5報).
風力調節方法並びに2次的曲面羽根の影響について. 農業機械学会誌 20巻1号 昭和33年6月.
- 41) 内丸最一郎：送風機及び圧縮機. 技報堂 昭和31年.
- 42) 上田富三郎：ファンとブロワー. 産業図書 昭和28年.
- 43) 若林嘉一郎：唐箕における穀と秕の飛行距離に対する研究. 農業機械学会誌 11巻2号 昭和29年9月.
- 44) 南部 悟：北海道に発達した1スレッシャーの構造力学的考察. 卒業論文 昭和28年3月.
- 45) 常松 栄・岡村俊民・南部 悟：協和A57型吸引装置付自動脱穀機の性能について. 農業機械学会北海道支部会報第6号 昭和34年12月.

Summary

The winnowing fan developed in Japan, is widely used for the processing of various crop seeds. It mainly consists of a fan, wind duct, and grain separating boards. The winnowing fans may be classified as (1) fanning mill and (2) grain cleaning and separating fan.

The fanning mill (indigenous TOMI) is a simple, convenient and efficient grain cleaning machine, widely used by farmers to clean small seeds of sizes, ranging from rape-seed, hog millet, segmented seed of sugar beet to beans. The fanning mill in question was primarily constructed to perform the following two functions: (1) to air clean the seed, and to separate the desired grain from all chaff, straw, dust and dirt, (2) to separate the developed grain from mixed grain.

The grain cleaning and separating fan is used as a part of the thresher, combine, and rice huller.

The operation of a fanning mill requires the skill of many years of experience. When the grain cleaning and separating fan used as a part, it is extremely efficient as an air cleaning device for crop seeds.

The present investigation was conducted to determine the performance of the minnowing fan used for the threshing machine, which was operated under loadless (air distributing only) and loaded

conditions (with grain).

This paper summarizes the fundamental experiments on three basic performances which are largely responsible for the characteristics of the plate fan: Namely,

- (1) the required power, the wind velocity, and the overall efficiency.
- (2) the wind distribution at the wind duct and the rate of wind velocity deviation.
- (3) the effect of the fan blinds and blade shapes.

The main purpose of this paper is in obtaining basic functional data for the determination of an even grain distribution and elucidation of cleaing characteristics.

A series of studies from Jul. 1956 to Oct. 1959 were conducted in the following heading order:

1. Fundamental performance under no-load conditions (air only).
 - (1) The required power and the mean wind velocity.
 - (2) The characteristic curve of the winnowing fan.
 - (3) The distribution of wind velocity and the rate of wind velocity deviation.
2. Grain cleaning and separating tests.
 - (4) The drop course of the grain and the principle of grain cleaning.
 - (5) Wind distribution and grain distribution.
 - (6) On the influence of fan blinds and the grain distribution.

A brief description of the experiments performed on each item will be given in the above order.

- (1) The required power and the mean wind velocity.

Power required varies as the cube of the impeller speed. The forward slant blade fan with four blades requires more power than the backward slant. In the relation of the required power and the wind velocity, three blades show a similar efficiency to four blades, while two blades show lower values.

The mean wind velocity at the outlet varies directly as the impeller speed. In the case of three blades, the results were similar to four blades. Forward slant blades showed higher values than the other blade angles. In the case of two blades, angling of the blades had no effect on the wind velocity. In four blades, however, the wind velocity is not increased by the forward slant blade over outlet blade angle β_2 of 90° .

Generally, the backward slant blades show a lower wind velocity at all fan speeds, as compared with the radial blades ($\beta_2=90^\circ$). In other words, the overall efficiency of the forward slant blades is high. The highest efficiency is obtained at β_2 of 99° , 108° , and 90° , respectively, for the four, three, and two blades.

Since the required power of the winnowing fan increases much more rapidly than the increase in impeller speed, it is indicated that a mere increase in impeller speed, for instance in the processing of beans, means a loss in power.

If the grain thresher is operated under overload conditions, the impeller speed decreases in accordance with the cylinder speed decrease (as much as 10%). Therefore, in the case of using an engine with a smaller torque, overloading should be avoided as much as possible.

2) The characteristic curve of the winnowing fan.

The present investigation was conducted in order to clarify the relation between the opening at the suction port and the number of blades. These performance tests were attempted on radial-four blades and constant speed.

The performance of the four blade fans is superior to two or three blade fans. When the proper magnitude of the opening ratio is considered, it was noted to be most effective in the region of 1.16 to 2.34. For instance, with the opening ratio at 2.34, the impeller speed should be 800 r.p.m. with four blades. The required power, the overall efficiency, and the rate of wind velocity deviation are 0.26 hp, 41%, and 6% respectively.

As regards the width of the delivery port, experiments were performed on widths from 30 to 82 cm with the diameter of the suction port at 25 cm. The capacity varies from 0.45 to 0.94 cu m of air per sec. The wind velocity, on the other hand, varies from 14.4 to 11.5 m per sec.

The wind velocity failed to increase when the width of the delivery port was less than 30 cm, and the preferable width was found to be within a range of 42 to 57 cm. In this case, the range of the ideal opening is from 2.34 to 1.72 and $L/D = 1.68 \sim 2.28$, where L is the width of the delivery port and D is the diameter of the suction port.

According to aerodynamic studies of the impeller shape, the performance of the forward-curved-

blade fan is similar to the straight-blade fan. The performance of the impeller with four out-corners sheared off was higher than when four in-corners were sheared off.

According to laboratory tests on the fanning mill, the wind velocity at the third spout is from 2.65 to 6.6 m per sec.

(3) The distribution of the wind velocity and the rate of the wind velocity deviation.

The vertical distribution of wind velocity is lower at the upper half of the outlet as compared with the lower half. In the forward-slant-blade the wind velocity increases in the upper half.

The horizontal distribution of wind velocity is similar to the W-type and V-type, respectively at housing I and II. Generally, the wind velocity at the suction port side is higher than the middle of the wind duct. The rate of wind velocity deviation is from 9 to 11% respectively in two-blade fans, and from 7 to 9% in four blade fans. It is found that the minimum rate occurs at about 0° to $+22^\circ$ tilted blade angle.

It is noted that the wind velocity deviation is lowest when an even wind distribution is maintained. The proper tip clearance is one third of the height of outlet (housing I).

In most cases the winnowing fan employed fan blinds, at each end of the fan housing, to regulate the amount of air. The rate of the wind velocity deviation varied with the position of the fan blinds. In this case also, a uniform distribution of the wind velocity means the lowest rate of the wind velocity deviation. The rate of the wind velocity deviation is classified as follows: under 8% good, from 8 to 10% fair, over 10% bad.

(4) The drop course of the grain and the principle of grain cleaning.

The drop course of the grain in the wind duct is influenced by the angle of inclined board; the initial velocity of the grain; the angle of grain in the air blast; size, shape, surface characteristics; specific gravity; moisture of grain, etc.

The functional relationship between the type of grain and the blast angle of fan was studied in the present paper.

The experimental device introduced here is shown in Fig. 11. The diameter of fan rotor is 397 mm, the width of wind duct 600 mm and the fan is driven by a $\frac{1}{2}$ horse power electric motor. The

hopper is located just above the outlet, with a 'black board' placed strategically behind the wind duct while a sheet of glass was placed parallel to the 'black board' to observe the drop course of grain. Under the wind duct, a grid arrangement of grain boxes indicate the grain distribution.

The wind velocity should be distributed evenly at the outlet under no-load and grain cleaning conditions. Because wind velocity distribution was equalized by the blade angle and number of blades, the straight and four blade fan (with the lower half moon opening at the air suction ports) can be used for this grain drop test.

Since the drop course of the grain can easily be measured by photographs with flash bulbs, the definite position of the TOMI seed separating board located in front of the wind duct was determined by the drop course of the grain. The purpose of the board is to uniformize the product.

The variety of materials are rough (unhulled) rice* (well-developed rice, under-developed rice, and removed hull), oats, wheat, adzuki beans, and soybeans (large and small are respectively over diameter of 5.5 mm and under 5.5 mm).

When the height of outlet was 25 cm from the grain boxes, the proper wind velocity of grain separation of removed hull and under-developed rice were 5.2 and 7.8 m/s respectively. The influence of air blast at the outlet beginning from 4.5, 5.2 and 6.5 m/s are respectively hull, under-developed seed, and developed seed of rough rice. At the blast angle of 0° in rough rice with the fan speed at 600 r.p.m., the grain distribution of 7.8 m/s was similar to those of 6.0 m/s at a blast angle of 30°. When the developed and under-developed seeds of rough rice were separated the TOMI seed separating board was 25 cm lower than 6 cm.

The distribution of oats is similar to rough rice. At the separation of adzuki beans with the fan angle at 30° or 40°, the TOMI seed separating board was higher than the rough rice or oats.

When the index number for the volume of air required for ideal separation of rough rice with the blast angle at 30° is expressed as 1, larger soybeans required 2.23, smaller soybeans 2.00,

adzuki beans 1.78, wheat 1.33, oats 0.94. It was found that the ideal wind velocity in smaller soybeans was twice of that required in rough rice. The wind velocity of separation at the blast angle of 0° should be increased 1.12 times against the blast angle of 30°.

The principles of grain cleaning and separating are not affected by the thousand grain weight or specific gravity of grain, as generally accepted, but approximately coincide with the G/F ratio where G is the grain weight and F is the surface area or angle of a grain in the air blast. As indicated, this agrees with the theory of grain separation as set forth G. Kühne (1932). The relationship between the rate of G/F in each grain and the index number of cleaning is shown in Fig. 47.

In order to determine the proper fan speed for a certain unprocessed grain, the G/F ratio can be always determined by comparing with the grain cleaning standard in rough rice. Further, it is pointed out that the magnitude of F is varies with the angle of each grain in the air blast. Thus, the drop course of the spherical or slender seeds tend to spread out while various patterns are to be expected in accordance with the shape and surface of the seed.

For instance, the surface characteristics of seed may be rough or smooth, since there are oats with empty glumes, single, two or three grained type of oats, whole or segmented seed of sugar beets, and rough rice with rachis (branchlet) or awn.

(5) Wind velocity distribution and grain distribution (Grid pattern).

At the blast angle of 0°, the distribution of unhulled rice are W figure shaped in the grid box and indistinct W figure shaped, which indicate a more even distribution with respect to the backward slant and straight blade. Besides, the distribution of the forward slant blades tends to take on the W figure shaped, because the grain piles divide into three parts and the wind velocity at the side of suction port is higher than the middle wind duct.

The grain distribution in three blades fan shows a similar pattern to four blades, but the results

* Sei-momi; well-developed rice, Shiina; under-developed rice, Momikara; hull.

in two blades are generally uneven.

At the blast angle of 30° , W-type distribution changes to U-type. Three or four blade fans with straight blades show better results as compared with others. Two or three blade fans are distributed evenly at the straight or forward slant blades. Therefore, it is noted that in order to insure uniform grain distribution the number of blades and the blade angle should be determined scientifically.

The distribution of soybeans or wheat shows a similar result to rough rice. The rate of wind velocity deviation should be under 10%.

(6) On the influence of fan blinds and grain distribution.

This investigation was conducted to determine the type or position of air blinds for effective regulation of air in concentric 50% openings and half moon openings.

When the suction ports on each end of the fan housing is regulated the concentric 50% opening, the wind velocity decreases by approximately 40% of the full opening, the rate of wind velocity deviation of concentric 50% opening is 5.7%. The results of lower half moon opening and upper half moon opening are respectively from 3.5 to 6.7% and from 11.2 to 29.0%. In former, the wind velocity distribution is even, while in the

latter the distribution changes to V-type. Thus, the grain distribution is similar to the horizontal wind distribution. It may be said that the lower half moon opening has an even distribution, while the upper half moon opening shows an uneven V-type distribution. This is due to the fact that in the upper half moon opening the air blast in the center is nullified and the grain merely drops through the duct and piles up snow drift fashion. The air blast on both sides of the opening is high.

In the case of the distribution in wheat, the tendency at the blast angle of 30° is similar to the distribution in rough rice at the blast angle of 0° .

Grain distribution, generally, is affected by the wind velocity distribution of the lower half.

The separation of light seed is affected by the wind velocity distribution in the upper half, while heavy seed is affected by the lower half.

From the investigation with grain, the rate of wind velocity deviation is classified again as follows: under 8% good, from 8 to 10% fair, over 10% bad.

Since the wind velocity distribution varies with the position or from of suction port and the location of fan pulley, a fan blind should be employed in order to obtain an even air flow at the suction port.