水稻種子生産の収穫調製機械化技術体系に関する研究

第2報 自脱型コンバインの利用技術と損傷粃の発生*

岩井昭衛・猪原明成・笠原正行・飯田周治

Studies on the Mechanized System of Harvesting and Preparing of Rice Seed Production.
II. Utilization Technique of the Head Feeding Combines and Occurrences of the Damaged Rough Rices.
Syoei IWAI, Akinari INOHARA, Masayuki KASAHARA, Syuzi IIDA

1. 緒言

稲作の機械化，特に機械移植により密植化および植付本数の増加に伴って種粃の需要が急激に増加しているが，これを生産する農家は種粃としての機能を低下させないため，現在も手作業を主とした作業体系で行っている。このため収穫作業は機械化されておらず，採種農家の維持増大が困難な状況になってきた。

そこで筆者らは既存の自脱型コンバイン利用による採種の機械化収穫調製作業体系の確立をめざし本報の研究課題に着手した。

自脱型コンバインを利用して種子生産を行う場合発芽率に最も影響を及ぼす要因は抜胴の回転数と収穫時の粃含水率であることを報告した。すなわち収

穫時の粃含水率に応じて抜胴回転数を規制すれば，種粃としての高水分粃を収穫することができる。

本報では市販されている5銘柄の機種別の標準回転数を基準にして損傷粃の発生程度と発芽能力を比較検討し，そのときの作業性能と損傷粃の発生要因を調査したのでその結果をとりまとめ報告する。

2. 試験材料と方法

収穫条件の厳しい高水分粃を用い，5機種の自脱型コンバインを使用し，富山農試ほ場で行った。各機種の標準回転数を基準にして比較検討し，粃の損傷と発芽率にどのように影響を与えるかについて調査した。

1) 供試材料

機種別による損傷粃の発生程度と発芽率について

第1表 作物の概要

品 種	ハウネンワセ
移植月日	成苗手植5月21日
栽植密度(株/㎡)	16.1
(条間cm×株間cm)	28.5×21.8
稈長(cm)	82.0
穂長(cm)	19.4
穂数(本/㎡)	30.1
一穂着粒数	68.0
10a当り収量(kg/10a)	56.1

第2表 収穫時の供試材料

出 穂 期	7月28日
収 穫 期	8月27~30日
黄化粃の割合(%)	70~78
水分(%)	28.8
茎 葉	77.3
玄 米	81.8
精 玄 米	11.2
透明青米	7.0
未 熟 粃	3.2
異 常 粃	0.5
亀 裂 粃	3.7
計	0
胴 重 度	1.3
割 軽 度	21.6
15%玄米千粒重(g)	

第3表 作物の概要

品 種	日 本 晴
移植方法, 月日	2条田植機 5月14日
出 種 期	8月25日
収 穫 期	10月6~8日
栽植密度(株/㎡)	23.5
条間cm×株間cm	31.0~13.7
稈長(cm)	88.7
穂長(cm)	19.4
穂数(本/㎡)	45.6
一穂着粒数	73.7
10a当り収量(kg/10a)	65.8

* 昭和52年5月10日受理

** 富山県農業試験場 富山市吉岡1124-1

+ Toyama Agr. Exp. Station, 1124-1, Yoshioka, Toyama-shi, 930-11.

第4表 供試機種種の脱穀部の仕様

機 種	扱胴径 (mm)	扱胴巾 (mm)	扱歯高さ (mm)	受網目の 内寸(mm)	扱 歯 の 種 類 (本)				扱胴標準 回 転 数 (イネrpm)
					整梳歯	補強歯	並歯	計	
K 型	420	510	68	9	12	8	52	72	480
I 型	380	500	75	12	9	3	42	54	460
Y 型	420	650	72	10	9	3	49	61	500
M 型	407	481	68	12	12	8	52	72	470
O 型	424	480	68	10	12	4	52	68	470

はハウノンワセ（早生）を供試した。収穫時の供試材料は第1表と第2表に示した。高水分粳を得るため出穂後30日前後の早期に試験を行った。したがって黄化粳の割合が80%未満で、青米が18%余り混入し、粳含水率は28.8%であった。

種粳収穫時の作業性能と損傷粳の発生要因に関しては日本晴（晩生）を用いた。作物の概要は第3表に示したが、本年度（1976年）の晩生種は低温と日照不足のため出穂期、成熟期ともに平年より1週間余り遅れた。

2) 供試機種

供試機は現在市販されている2条刈り自脱型コンバイン5機種を用いた。供試機種種の脱穀部の仕様は第4表に示した。I型は上扱ぎ方式で他の4機種は下扱ぎ方式である。

3) 試験区構成

① 刈取時期と品種：出穂後日数，30～33日，ハウノンワセ，42～44日，日本晴。

② 粳含水率：28～30%

③ 扱胴回転数比率：80，90，100，110%
ただし回転数比率は機種毎のイネの扱胴標準回転数を基準にした。

④ 刈取速度：0.4～0.7 m/sec.

⑤ 試験項目

⑦ 機種別の粳の損傷率と発芽力

① 低回転数比率における作業性能

② 2番選元の有無と損傷率

③ 受網目の大きさと損傷率

⑥ 調査項目：発芽率，損傷率，選別精度

4) 乾燥方法

試験区の構成にしたがって収穫した粳を規定含水率15%まで乾かすのに，静置型常温通風乾燥機を

用いた。推定風量は0.8 m³/sec—100 kgで，毎時乾減速度は約0.3%であった。

5) 調査方法

(1) 発芽率：調査粳50粒をシャーレで3連制に，処理温度は30℃で置床後7日めに調査した。発芽基準は芽長10 mm以上で根が1本以上出ているもの

を完全発芽とし，供試粒数に対する割合で示した。

(2) 損傷率：乾燥した粳300粒を手で脱ぶし，その玄米を水に30分浸して水を切り，ヨード，ヨードカリ液に30分間浸漬後，胚乳部に受けた傷を染色し1.0 mm×1.0 mm以上の大染色斑が認められたものを損傷粒とした。ただしヨード，ヨードカリ液は水100 ccに対してヨード0.05 g，ヨウ化カリウム1.5 gを溶解したものを用いた。

(3) 粳含水率：生脱穀中に1番口より，穀粒約10 gを秤量缶に取り，通風恒温乾燥法（105℃—24 hr法）で乾燥し，3点平均の湿量基準で示した。

3. 結果および考察

1) 機種別における粳の損傷率および発芽率と選別精度

(1) 機種別による回転数比率と損傷率および発芽率

第1報で述べたように，機種別の損傷粳の発生は扱胴の周速度で比較した場合，機種間差が認められた。そこで本報では市販されている刈巾750 mmの2条刈り自脱型コンバイン5機種について，各機種

第1図 機種別による回転数比率と損傷率及び発芽率

100, 110%の4段階で、粃の損傷率および発芽率の機種間差を調査した。その結果が第1図の通りである。

機種間の損傷率は回転数比率80%において4.3~6.3%, 90%では6.6~8.7%, 100%では10.3~11.7%になった。このように標準回転数以下では機種間による差が2%以内で小さな値であった。標準回転数より10%高めると損傷率は17.0~21.7%でその差が、4.7%に開いた。このようにメーカーが標準回転数を決めているのは、これ以上に回転数を上げると粃の損失量の増加、とくに脱稃米の発生量が顕著になるからである。しかし自脱型コンバインで稲を収穫する際、標準回転数で収穫するように指導が徹底されているため、それ以下で収穫する場合、機種間の差は小さく、ほとんどないものと判断された。このときの扱回転数比率と損傷率との間の相関係数は $r = 0.941$ で相関関係は高かった。

一方、発芽率は損傷率とは逆に負の相関関係で、 $r = -0.942$ であった。回転数比率80%において、各機種間の発芽率は95.0~97.3%で機種間差が2.3%以内であった。また、回転数比率90%では93.3~96.0%, 100%では89.0~92.0%, 110%では84.7~88.0%になり、回転数比率が低くなるほど機種間差が損傷率と同様に小さくなった。

以上のことから機種間による発芽率の差異は標準回転数以下では3%以内にとどまり、農産物規格規定の水稲種子の発芽率の最低許容限界は90%であるが、機種間差を考慮して発芽率95%以上を確保するためには、第1図から回転数比率で約85%, つまり各機種の扱回標準回転数より15%減じた回転数で収穫すれば良いことが推察される。また、そのときの粃の損

第2図 機種別による損傷率と発芽率

期になるまでには粃水分が低下するので、15%減の回転数で収穫すれば発芽率はより確実に向上する。

(2) 機種別による損傷率と発芽率の関係

粃の損傷率と発芽率の関係は第1報で述べたように、粃含水率別にみてもと相関関係が非常に高かった。本報は機種間による損傷率が発芽率にどのような関係があるかをみたのが第2図である。

その結果、機種間による差はほとんどなく、相関係数 $r = -0.949$ で損傷率と発芽率との間には高い相関関係が認められた。そこで、損傷率をX、発芽率をYにして回帰式： $Y = 99.4 - 0.7X$ を求めた。この式より発芽率95%を確保するためには $X = 6.3$ となり、先に述べたように損傷率は約7%以下にとどめるべきであるということとほぼ一致した。粃の損傷の大きな発生原因は脱穀時に扱歯で粃を脱粒するときの打撃、そして脱粒された粃が扱室内面に飛散し衝突して受ける傷、またスローワー部で受ける傷がほとんどである。

そこで粃の損傷を少なくするためには今まで述べてきたように扱回転数の低下はもちろんのこと、

第5表 穀粒流量と粃の損傷及び発芽率

機 種	I 型		K 型		Y 型		M 型		O 型	
傷率は約7%以下に抑えられる。	28.2		29.1		28.7		29.4		28.9	
このことは高水分	90		90		90		90		90	
分粒(28.8%)	414		432		450		423		423	
の厳しい条件下	0.38		0.41		0.47		0.37		0.58	
で行ったもので	420	220	470	220	540	250	540	250	600	260
あるが、収穫適	6.6	9.3	8.0	10.0	8.0	9.7	8.7	10.6	8.0	9.0
	96.0	93.3	94.0	92.7	94.3	92.3	93.3	92.7	95.3	93.3

扱室内面や扱歯にクッション材を使用して傷害防止に役立てることも考えられる。²⁾

(3) 穀粒流量と粃の損傷率および発芽率

穀粒流量は2条刈りと1条刈りを行って流量に差をつけた。機種間により流量は異なるが、2条刈りでは420～600kg/h、1条刈りでは2条刈りの約半分であった。また、機種の扱胴回転数比90を一定にして損傷率と発芽率の関係を調査した。その結果は第5表の通りである。

各機種とも穀粒流量が少なくなると損傷率は増加した。穀粒流量が多い場合には、機種間の損傷率は6.6～8.7%，少ない場合には9.0～10.6%で約2%余増加した。このように穀粒流量の多少による損傷率の増加は標準回転数以下では小さかった。しかし流量が増加すると損傷率がやや低下するのは、穀粒流量が増加することによって、扱室内で穀粒間の干渉があり、粃間の衝撃力が弱まるためと考えられる。

しかし、このことは発芽率にもわずかに影響し、穀粒流量が少ないと発芽率は約1～3%低下した。第1報で述べたように回転数を低下させるほど穀粒流量の多少が粃の損傷率および発芽率への影響は小さくなる。このことから回転数比率を85%にすると発芽率の低下は、また一段と小さくなることが推察される。しかし穀粒流量は選別精度や異常粃の発生等も考慮して、不足きみよりも適流量で収穫したほうがより発芽率の向上につながる。

(4) 機種別による選別精度と異常粃の発生

機種別による穂切れ粒と枝梗付着粒の発生率は、第3図にみられるように、回転数の増加とともに減少した。しかし脱ぶ粒の発生は回転数の増加に伴ってわずかであるが、発生し、標準回転数以上になると急増する。また機種間による差は標準回転数以下ではI型はやや多く、Y型はわずかに少ない傾向であった。一般的な特長として上抜き方式は下抜き方式よりも枝梗付着粒と穂切れ粒および脱ぶ粒の発生がやや多いということとほぼ一致した。しかし上抜き方式は脱穀所要動力が下抜き方式よりも少なくてすみ、脱穀能率の向上につながるという特長をもっている。

このように選別精度は機種間において差が認められるが、各機種とも高水分粃で穂切れ、枝梗付着粒の合計値が³⁾1.0%以下であったので、循環型乾燥機にかけても運転上支障がないものと考えられる。

第3図 機種別による選別精度

第4図 機種別による異常粃の発生

また第4図にみられるように、異常粃（開穎粃＋亀裂粃）は選別精度とは反比例して、回転数が増加するほど発生率は高まり、概して穎の結合部以外の部位で裂皮する亀裂粃の増加率が高い。

機種別にみるとM型は生脱穀しても異常粃の発生率は立毛中のものとほとんど変わらなかった。ここでも上抜き方式のI型は異常粃の発生率が他の下抜き方式の4機種よりもやや高い傾向がみられる。Y、O型は次いで多く、そしてK型の順でM型は最も少なかった。

このように異常粃の発生に関し、機種間に差がみられた。しかし回転数比率80%でも異常粃の発生が5%前後でかなり多く発生した。これは立毛中における発生率が約4%近くみられるように粃割れのしやすい品種であったことが影響している。

2) 種粃収穫による作業性能と損傷粃の発生要因

(1) 扱胴の回転数低下時における作業性能

日本晴の高水分粃を収穫時に扱胴回転数を標準回

第6表 扱胴の回転数低下時における作業性能

機 種	I 型						K 型					
	2速	3速-	4速-	2-	3-	4-	2速-	3速-	4速	2-	3-	4-
変速位置と刈取速度(m/s)	0.33	0.39	0.49	0.35	0.43	0.57	0.28	0.82		0.31	0.37	0.44
無負荷回転数(rpm)	368	368	368	414	414	414	384	384	384	408	408	408
穀粒流量(Kg/h)	647	684	792	697	792	936	510	550		540	576	648
負荷時回転数(rpm)	345	338	332	400	395	390	365	355		390	380	370
低下率(%)	(6.2)	(8.2)	(9.8)	(3.4)	(4.6)	(5.8)	(4.9)	(7.6)	二つま ろー ワー の	(4.4)	(1.9)	(9.3)
有効刈取巾(m)	0.6	"	"	"	"	"	0.60	"		"	"	"
有効作業量(a/h)	7.1	8.4	10.6	7.6	9.3	12.8	6.0	6.9		6.7	8.0	9.5
損傷率(%)	3.4	2.3	3.3	6.3	5.3	5.7	3.0	2.7		7.0	4.7	5.3
発芽率(%)	97.3	98.7	98.0	98.0	98.0	98.7	97.3	97.3		98.7	96.7	95.3

注 1) 籾水分28.9%, 茎葉水分75.4%

第7表 2番還元の有無と損傷率, 発芽率及び選別精度

機 種		I 型						K 型					
穀粒口		1番口				2番口		1番口				2番口	
2番還元		有り		無し		無し		有り		無し		無し	
回転数比率		90	100	90	100	90	100	90	100	90	100	90	100
刈取速度(m/s)		0.39	0.44	0.39	0.44	0.39	0.44	0.39	0.45	0.39	0.45	0.39	0.45
穀粒流量(Kg/h)		544	720	477	592	67	128	540	684	502	601	38	83
2番還元率(%)		12.3	17.8	0	0	0	0	7.1	12.2	0	0	0	0
選別 精度 (%)	精粒	89.7	90.3	91.7	91.9	81.5	85.4	95.7	96.1	95.7	96.3	90.6	91.0
	穂切れ粒	3.8	3.2	2.2	2.2	4.5	2.3	0.7	0.2	1.0	0.9	3.2	1.2
	枝梗付着粒	6.5	6.5	6.1	5.9	11.2	10.2	3.5	3.6	3.3	2.8	3.9	5.8
	脱粒(含砕粒)	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0	0
	わら屑	-	-	-	-	2.8	2.1	-	-	-	-	2.3	2.0
損傷率(%)		6.6	12.0	4.7	6.3	19.0	20.0	5.3	13.0	4.3	9.0	18.3	27.3
発芽率(%)		96.7	94.7	96.7	96.0	93.3	92.7	98.0	94.7	98.7	96.0	93.3	92.0

注 1) 籾水分24.9%, 茎葉水分70.2%

転数より15%低下させた場合, 作業性能にどのような影響を及ぼすかについて検討した。その結果は第6表に示した。

自脱型コンバインI型は回転数を20%および10%低下させて2条刈りした場合, 刈取速度を0.33~0.57m/sの範囲内では正常に稼動した。そのときの無負荷時の回転数比率80%では負荷時には穀粒流量が多くなるにつれて, 回転数が6.2%から9.8%まで低下した。回転数比率が上って90%になると3.4%から5.8%まで低下し, 回転数比80%よりも回転数の低下率は小さかった。

またK型では回転数を20%低下させて4速で収穫したところ, 2番スローワに詰まりが生じた。しかし15%低下では機械的な異常はみられなかった。このときの回転数低下率は4.4%から9.3%であった。

また作業能率は有効刈取巾を0.6mとして有効作

業量を求めると, 回転数比率85%では0.4m/sの速度で収穫すると1時間当たり約8.6aになり, 圃場作業効率を70%に規定した場合には圃場作業量は1時間当たり約6aの能率となった。このときの損傷率は7%以下で, 機種間の差はほとんどなく発芽率もすべて95%以上確保できた。このように回転数を15%低下させて2番スローワ部および脱穀部内に詰まり現象が生じない程度で収穫すればよいものと考えられる。

(2) 2番還元の有無が損傷率および発芽率と選別精度に与える影響について

収穫時の扱胴回転数は標準回転数とそれより10%低い回転数で行った。その結果は第7表の通りである。

I型の2番還元率は回転数比率90%で12.3%, 100%では17.8%であった。K型は回転数比率90%で7.1%, 100%で12.2%になり, 回転数と穀

粒流量が増加するにつれて2番還元率も上昇した。このように機種間による差はやや認められるが、回転数比率を85%に低下させると2番還元率は10%以下になるだろうと推察される。

損傷率は2番口で取り出したものが2番スローワの羽根の衝撃も加算されて約20%発生した。回転数比率85%の場合、2番還元率が10%以下であれば、理論的には還元するものは、還元しないものより2%以下の範囲内で損傷率は増加する。第7表からもみられるように回転数比率90%で2番還元のあるものはないものよりも損傷率は1.0~2.0%増加し、5.3~6.6%の発生率であった。このように損傷率は2番還元の有無によりわずかに増加したが、7%以下であるため発芽率は96%以上でほとんど差がなかった。回転数比率100%で2番還元すると損傷率は4~6%増加し、12~13%の発生率であった。そのときの発芽率は94.7%で1.7%低下した。回転数比が高くなるにつれ、2番還元の有無が損傷率および発芽率に影響してくる。しかし回転数比率85%では2番還元の有無が損傷率に及ぼす影響は小さく、発芽率にも殆んど差が認められなかった。このことから回転数を15%減すれば2番還元しても損傷率の増加は小さく、無視することができる。

一方、I型機の選別精度は穂切れ、枝梗付着粒の合計値が2番還元有りが約10%、無しが約8%、K型機では還元の有無にほとんど関係なく、約4%の発生率で、機種間には若干差が認められた。

(3) 受網目の大きさが損傷率および発芽率と選別精度に与える影響について

受網目の大きさは9、12、15mmの3段階に変え、粒の損傷、発芽および選別精度を調査した結果を第8表に示した。また穀粒流量、刈取速度は2番還元の試験項目に準じた。

粒の損傷率は回転数比率90%では受網目の大きさによる差が1.2%でほとんど影響しなかった。しかし回転数を上げ回転数比率100%では受網目の大きさによる影響がみられ、9mm区の損傷率が最も高く12%、12mm区は9%、15mm区は10%で、そ

第8表 受網目の大きさと損傷率、発芽率および選別精度

機 種		I 型					
受 網 目 の 内 寸 (mm)		9 × 9		12 × 12		15 × 15	
回 転 数 比 率 (%)		90	100	90	100	90	100
選別精度 (%)	精 穂 切 れ 粒	95.9	96.0	92.4	94.1	88.4	90.0
	枝 梗 付 着 粒	0.5	0.3	2.6	1.3	5.0	3.3
	脱 ぶ 粒 (含碎粒)	3.3	3.0	4.9	4.4	6.5	6.5
	異 常 粒 (含)	0.3	0.7	0	0.2	0	0.1
異 常 粒 (%)	開 穎 粒	0.5	0.8	0.4	0.5	0.2	0.5
	亀 裂 粒	0.7	2.1	0.3	0.7	0.1	1.0
	計	1.2	2.9	0.7	1.2	0.3	1.5
損 傷 率 (%)		5.6	12.0	5.3	9.0	4.4	10.0
発 芽 率 (%)		94.0	90.0	94.0	93.3	95.3	93.3

注 1) 粒水分28.8%, 茎葉水分70.3%

の差が3%であった。

このことは発芽率にも影響し、回転数比率90%では9mmおよび12mm区が94%、15mm区が95.3%でほとんど差はみられないが、回転数比率が100%になると損傷率の最も高い9mm区の発芽率の低下が大きく90%になった。しかし12mmおよび15mm区は93.3%で発芽率の低下は小さかった。このように受網目の目合いが大きくなるほど、受網からの濾過が早く、粒の損傷はまぬがれやすい。

しかし、標準回転数より15%低下させた場合には、受網目の大きさの相違による損傷率の差もますます小さくなり発芽率への影響は少ないものと考えられる。

また選別精度の穂切れ、枝梗付着粒は受網目の大きさが大きくなるほど、多く発生し15mm区では回転数比率90%で両者合わせて10%以上発生した。

開穎粒、亀裂粒の異常粒の発生は垂井⁴⁾も述べているように、開穎粒は抜胴の回転数が上昇してもそれほど増加しないが、亀裂粒の増加は大きかった。そして受網目の小さい9mm区が他の12mmおよび15mm区よりもやや多く発生した。

すなわち選別精度、異常粒の発生は生粒が室内に滞留する時間に影響される。しかし損傷率は標準回転数より15%低下では、受網目の大きさによる差は小さく発芽率にほとんど影響しないが、選別精度と異常粒の発生率からみて受網目の大きさは12mm区が適当であった。

4. 要 約

水稻種子生産の機械化をはかるため、本報では自脱型コンバインの機種による差が、粃の損傷と発芽率にどのように影響し、そのときの作業性能と損傷粃の発生要因について検討した。

(1) 自脱型コンバインの損傷率は標準回転数を基準に、それ以下で収穫した場合、機種間の差は小さく発芽率への影響も少なかった。

種粃としての発芽率の安全性を考慮して、発芽率95%確保するためには扱胴回転数を機種の標準回転数より15%減が適正回転数で、損傷率7%以下に抑えることが肝要である。

(2) 穀粒流量の不足は標準回転数以下ではわずかに損傷粃の発生を促し、発芽率の低下をきたす。また選別精度は機種間に若干の差がみられるが、高水分粃で穂切れ粒と枝梗付着粒の合計値が10%以下であれば循環型乾燥機の運転上、支障はきたさない。

(3) 扱胴の回転数を標準から15%減で、2番スローワ部等に詰まり現象が生じない程度の速度で収穫すればよく、そのときの圃場作業量は普通収穫時よりも20~30%低下する。

(4) また前述の条件で収穫すれば、2番還元および受網目の大きさは損傷粒の発生および発芽率の低下には影響が少ない。

5. 摘 要

(1) 岩井昭衛, 猪原明成, 笠原正行 (1976) 水稻種子生産の収穫調製機械化技術体系に関する研究。第1報 自脱型コンバインによる粃の損傷と発芽率について, 農作業研究, 第27号, P14~20

(2) 小林一, 三輪精博, 伊藤正人, (1976) ピール麦における吸収力積と傷の関係 農業機械学会関西支部報, 第39号, P35~39

(3) 富山農試機械研究室 (1971) コンバイン収穫粃の選別程度が乾燥調製機の性能に及ぼす影響に関する試験, 農業機械試験研究成績書, 第11号, P137~150

(4) 垂井不二男 (1966) 水稻生粃の脱穀と乾燥に関する実験的研究, 福井農試特別報告, 第2号, P22~26