

ある。また籾の運搬は圃場から乾燥庫までの距離によって影響されるところであるが、運搬距離を2 km程度のとき1回に20アール分の籾を運搬するとすれば積込、荷降しを含め10アール当り、およそ1.2人時となる。したがって10アール当りのべ乾燥労働時間は生籾の場合5.0～5.5人時、半乾籾の場合4.2～4.7人時となる。

4. む す び

以上の結果から、水稻収穫作業における生脱穀方式が、省力効果が高いことがわかる。

第1図は代表的な作業体系について整理したものであ

るが、とくに集束型刈取機利用と生バラ脱穀、結束型刈取機と生脱穀方式が省力的でのべ所要労力は慣行のおよそ1/2程度となる。なお、このような方式を採用するに当たってはとくに脱穀作業が気象条件によって左右されるので適宜生脱穀および半乾脱穀方式を組み入れる必要があり、一方式に固定することは望ましくない。また刈取機、脱穀機、乾燥機の能力とその適正組合せ機械の効率的利用を行なうための共同作業と、人員配置の適正化を図ることが大切であり、さらに収穫作業の機械化を推進するためには圃場の整備、および作物倒伏の軽減が欠かせぬ要件となる。

籾の乾燥が米質におよぼす影響に関する研究

—玄米内水分較差と乾燥環境条件について—

阿 部 宇 吉・浅 野 功 三・橋 本 重 雄

(山形県農試)

1. ま え が き

水稻の収穫作業において、東北では普通型コンバインの普及がむずかしく、また今までの慣行等もあって生籾乾燥は消極的であったが、バインダーの普及に対抗する自脱型コンバインの市販化に伴って再び生籾からの乾燥が重要になってきている。

しかし、生籾乾燥が実際に現地の農家で行なわれようとしているのに、完全に籾乾燥理論が明らかにされたかというところではなく、特に東北ではそうで、メーカーから売り出されている乾燥機が、その設計の段階で果して使用する場合の操作面まで指摘したかどうか疑問で、今までの経験を基にして組み立てられているものが多いようである。農家で使用する機械によって、実際はいろいろ使用法の指示があるが、機械が違えばそのつど異なり、どの機械についても共通の最適乾燥法となると明らかにされているものはない。それゆえ、機械に慣れるまでは胴割米を出したり、変質・高水米を出して経験を積む必要があり困惑しているのが現状である。

筆者らは、今まで多くの研究者によって行なわれた乾燥試験の結果と若干筆者への結果を総合して (1)乾燥方

法 (2)水分変化、(3)乾燥条件、(4)胴割増加等について検討を行ない、何か共通の点を見い出すよう努めてみた。

2. 方法および機材

測定器機

風温・風速・風圧・アネモマスター型熱電対式風速計
空気湿度・乾湿球温度計

籾温・風温：電子管式自記温度計、サーミスター温度計
棒状温度計

籾水分：籾水分含有率はすべてW・W法にて表示する。

10 gサンプルを赤外線水分計にて測定。

胴割：200粒について肉眼鑑定する。基準は「胴割の分級基準」（農業機械全国研究協議会資料・昭和40年4月）

供試乾燥機：

ニューホーランド・グレンドライヤー 765E型
(循環式)

アポロPC—250, A—30 (吹上循環式)

山本式パレット号 (4～7石型)

供試籾：

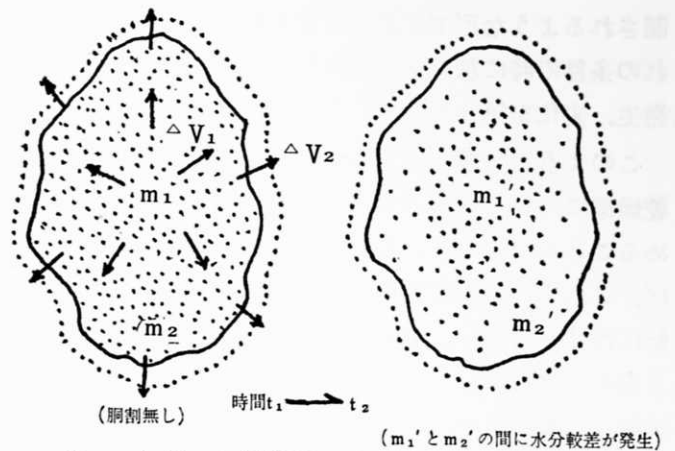
湛水直播・乾田直播・移植栽培のコンバイン収穫籾、

乾田直播栽培の自脱による生脱粒。

3. 試験結果および考察

筆者らが今問題とする品質変化は、搗精歩合に直接響く胴割れで、この胴割れの発生については長戸氏等の明らかにした水分較差による膨脹・収縮の歪力が原因であるという考え方の上に考察を進めていく。水分較差が発生するところは、玄米上下の勾配・腹側と中心部等もあるが乾燥中に発生する較差は玄米の内部と周縁部との間に起るものが最も大きいと考える（この場合の内部・周縁部の区分がどこにあるのかはまだ筆者らも観念的段階であるが）。

乾燥前の生粒は、全体に高水分であり特別の場合を除いては胴割れが見られない。いま、玄米内の水分についてみると、内部の水分含量は内部から外周部へ移行する水分量に、外周部の水分量は内部からの移行水分の量と表面からの発散の量に左右されて決定される。この関係を模式的に第1図に示した。この時の水分量のある時間区切ってみると、それは水分の移行速度・発散速度として考えることができる。これら速度にそれではどのような要素が影響して、速めたり遅くしたりしているであろうか。これには、玄米内部に起因するものと外からの条件による2つのものが考えられる（第1表参照）。このうち筆者等が乾燥中にコントロールできるのは外的条件だけで、作物的なものは登熟中、立毛中に決定されることである。外的条件で移行速度 V_1 に関する加温は、実際では送風温度による粒温の変化という形で現われる。粒温が高くなることによって移行速度が促進され速く内部が乾燥するものと考えられる。加温される温度も熱エネルギー量と移行速度の関係を表わす数式が決定されていないが、これは近い将来に明らかにされるものと考えている。もし、この数値の傾向、最大値が明確になればもっと現在の熱風送入が科学的に改善されるようになるだろう。また、発散速度 V_2 については、要素の数が多くなるものと考えられ、第1に表面から発散するエネルギー源となる温度、次に発散される周囲の空気湿度・温度ならびに空気量と乾燥の方式・機構の種類等が問題になる。この要素と操作あるいは測定したり、調節可能なものとの結び付きを第2表のように考えることができる。これは、操作面を通して要素の関与する影響力をある程度コントロールしてやる事で、この逆を辿ると、乾燥試験結果からそれぞれの要素がどのように粒に影響したか推定することができる。だが、第2表に示した各測定項目について検討しようとするともた複雑になってし



V_1 : 内部から周縁部に移行する水分の速度
 V_2 : 周縁部から周辺に発散する水分の速度
 m_1, m_2 : ある時点における含有水分

第1図 穀粒中の水分移行の模式図

第1表 水分の移行・発散におよぼす要素

移行・発散速度	要素	
	外的条件	玄米自体による内的条件
内部から周縁部への移行速度 V_1	加温	玄米水分 玄米の組織構造
周縁部から空気への発散速度 V_2	加温・空気湿度 通風量(温度) 乾燥機の機構	玄米水分 表層の組織構造等

第2表 各要素と実際乾燥での測定法

	要素	具体的測定
V_1 移行速度	加温 玄米内部水分	粒温として測定 (熱風温度を参考に) する 方法不明
V_2 発散速度	加温 空気湿度 通風量(温度) 乾燥機の機構	粒温・熱風送風温度 外気温度・熱風温度 風速・風圧(熱風温度) 構造・操作法

まうので、玄米内での速度に関しては粒温、発散速度ならびに発散した後の空気状態を乾燥環境として過発散・十分発散・不十分発散の三段階にわけ、その時の玄米内での水分変化を考えようとした。過発散とは乾燥環境条件の粒からの脱水作用の力が強く周縁部からの発散が間に合わなく玄米・粒の外周部が過乾（内部あるいはその段階での平均的水分量に比して）の状態になる場合を指し、十分発散とは内部から周縁部への移行・周縁部からの発散と脱水力が釣り合うか、発散と脱水作用が均衡を破らない場合とし、不十分発散は粒を包む空気状態が脱水、吸湿力に乏しくむしろ、粒（玄米）からの発散が抑

制されるような形で乾燥が行なわれている時で、それぞれの条件の時に籾水分・籾温によって玄米内水分較差の発生、変化を第3表のa, b, cに推定した。

このような分級表は、たとえ機種異なる機構の違う乾燥機についても同じような観点から検討、考察をすすめることができるし、もしその内容が良いものであれば、これらの条件を再現するようにそれぞれの機械を運転操作すれば良い。筆者等はこれらの考え方に立って第3表の分級表において胴割れするような水分較差の発生が無く、できるだけ効率高い乾燥環境条件・籾温のと

ころを選んで組み合わせを作ったので、その一例を第4表に示す。この「間断を用いた乾燥法」によって実際行なった乾燥試験を第5表に示した。

これらの結果からは、十分な成果は得られなかったが、それでも筆者らが目的とした多くの乾燥機について共通のところで乾燥というものを論ずる事ができるということ、これによって理論的に良いものは、他機構のものにも応用する機会が与えられること、また、乾燥作業を行なう時にこのような考え方で行なえば、効率の高い、品質の良い乾燥になると考える。

第3表 乾燥条件（乾燥環境）と籾水分の移行および胴割発生

a. 高水分籾（大体20%以上）の場合

籾温	乾燥条件	過 発 散	十 分 発 散	不 十 分 発 散
高 籾 温	50~40°C	内 部 —— 周縁部 (高水分) (低い水分) 水分移行は、低くならうとして内部から拡散しているが、それ以上に周縁部が脱水され、内部が高く外周部が非常に低い水分になり胴割発生。 (乾減率 1.6~ 2.5%)	内 部 —— 周縁部 (低い方向) (低) 外周部は脱水と発散が均衡し籾温が高いので内部からの移行も速く、胴割になる水分較差が出来ない。	内 部 —— 周縁部 (低い方向) (高) 外周部は発散を抑えられ高水分のままであるが、内部は高籾温のため移行が促進されて相対的に低いため胴割発生する。ただし籾水分20%前後では外周部も低~中程度の水分のため胴割せず。 (0.2~0.3%)
中	40~35°C	(1.1~2.0%)	上に同じ	内 部 —— 周縁部 (中位の水分) (高い) 胴割になる程の水分移行がない。
低 籾 温	35~25°C		内 部 —— 周縁部 (高い水分) (低) 外周部は発散と脱水が釣り合って低水分になるが、内部は拡散がおそいので比較的高水分となり胴割。	内 部 —— 周縁部 (高い水分) (高) 外周部は発散をおさえられ内部よりの拡散は低温のため低く比較的相方高水分のため胴割無し。

b. 低水分籾（大体20%以下）の場合

高 籾 温	50~40°C		内 部 —— 周縁部 (高) (低) 周縁部は発散と脱水が釣り合って低水分になっているが全体として低水分籾なので移行拡散がしにくくなり、相対的に内部が高水分になるので胴割。	内 部 —— 周縁部 (低) (低い) 全体の水分が低いままあまり水分の移行拡散が少なく、絶対量で相方とも低水分で胴割無し。 (0.1~0.2%)
中	40~35°C			
低 籾 温	35~25°C		内 部 —— 周縁部 (高い水分) (低) 外周部のみ発散して内部からの拡散は温度が低いので更にしにくくなり、胴割発生。しかし、更に低水分にある場合は、(中高) — (低) で無い。	内 部 —— 周縁部 (低) (低) 速やかな水分移行はなく、徐々に拡散発散するが、絶対的には低水分で較差なく胴割無し。 (0.0~0.1%)

c. 余熱後の低水分籾（大体20%以下）の場合

高 籾 温	50~40°C		内 部 —— 周縁部 (低い方向) (低) 外周部に移行した水分が十分発散により脱水され低水分になるが内部も低いので胴割無し。	
中 籾 温	40~35°C		内 部 —— 周縁部 (中低) (低) 外周部からの発散と脱水が釣り合い内部からの拡散は低水分のためややおそいが胴割にならない。 (0.5~1.0)	b表の不十分発散に同じ
低 籾 温	35~25°C		内 部 —— 周縁部 (中) (中低) 胴割発生無し (0.3~0.4)	

ただし、このc表の適用範囲は、余熱後2~3時間で、それ以上経過したらb表に移行し、水分が高い場合はa表を用いる。

第4表 間断（余熱・テンパリング）を用いた乾燥方法

籾水分	操 作	工 程	籾水分 (%)	所要時間の目安	籾内水分変化	乾燥環境（条件）の分級表	おおよその毎時乾減（率）	その他の操作
高水分籾	高温送風乾燥	I	高水分 28~24	時間 2.5~3	籾殻・玄米外周部の水分が発散・脱水される。	a表過発散 (低~中籾温 20~35°C)	%/hr 1.6~2.5	おくり循環あるいは攪拌
			24~20	2~2.5	籾が加温されその熱が玄米内部水分の拡散を促進	a表十分発散 (高籾温 50~40°C)	1.1~2.0	
	余熱	II	高水分と低水分の境界 20.5~19.5	3以上	(加温された熱により促進されて)玄米内部水分の拡散および周縁部水分の表面発散	a表不十分発散 (中籾温 40~50°C) (あるいは)不十分発散 (高籾温 40~50°C)	0.2~0.3	ある程度籾からの熱湿気が抜けられるようなホッパー
低水分籾	熱風乾燥 (籾温の送入)	III	低水分 20~16.5 (or 17)	3~4	外周部へ拡散された水分の発散ならびに内部水分の周縁部への移行	c表十分発散 (中籾温 40~35°C)	0.5~1.0	送入する熱風温に留意すること
	余熱張込乾燥	IV	低水分 17~14.5 或は (16.5)	24~48 (あるいはそれ以上)	全体水分の発散 (内部水分の周縁部への移行および外周部水分の発散 籾自体の熱利用乾燥ムラの均一化)	b表不十分発散 (中~低籾温 35~25°C)	0.0~0.1	周囲から逆に籾が吸湿しないような張込を行なう。
低水分籾	仕上余熱	IV-1	低水分 17.5~16.5 (或は 17.0~15.5)	4~5	低水分時の玄米内部水分の拡散ならびに外周部水分の発散	b表不十分発散 (中~低籾温 35~25°C)	0.1~0.2	上にほとんど同じ
	温風乾燥 (籾温の送入)	IV-2	低水分 (仕上り) 水分 16.5~14.5	1.5~2	外周部への水分移行および余熱により均一化された水分の発散	(c表) 十分発散 (↓) b表 (低籾温 30~25°C)	0.3~0.4	送入温に注意すること。

第 5 表 粿乾干燥試驗試案

水分		機 種		NHグレンドライヤー		アポロPC-250		アポロ A-30		山本式 パレット号			
				工程 操作		20℃		20℃		20℃		20℃	
				30 40		30 40		30 40		30 40		30 40 50	
高水分	I	高送乾	高温風乾燥	← 23% 3.3h		← 27.5% 6.3h		← 25.5% 3.5h		← 27.5% 5.2h 約18~19%			
				17.5% 3.3h		20.5% 2.3h		17.5% 3.3h		19%			
低水分	II	余熱	(粗温程) 度の熱風送入乾燥	17.0% 4h 15.0%		約20% 3h 約17%		{ 上15.5% 下17.5% } 3h 14.5%		3h 約17~18% 3.2h 約16%			
				IV 余熱張込乾燥		上部14.5% 下部16.0% 48.5h		A級のものが約50% 強胴割が4~6% みられた					
粗	IV' 1	余熱	(粗温よりわず) か低い温風送入乾燥	精粗について 強胴割増加なし 軽胴割A級 (最も軽微なもの) 10%増		A級胴割 10~15% 見られただけ		軽胴割 50% 強胴割 2.5% が見られた		3h 約15.5%			
				IV' 2		1.5h 15.0%				1.7h 14.5%			