

良質・良食味米安定生産・出荷のための栽培技術
—産米のタンパク質含有率低下、売れる米づくりを目指して—

VI 良質・良食味米生産のための収穫・乾燥・調製と稲わら収集

1 収 穫

2 乾 燥

3 調 製

4 稲 わ ら 収 集

VI

執筆：(地独)北海道立総合研究機構 農業研究本部 中央農業試験場 農業システム部
農業システムグループ 専門研究員 稲 野 一 郎

1 収 穫

1) 収穫適期の判断

コンバイン収穫における収穫時期は米の品質を左右する。刈り取りが早すぎると未熟粒や青米が増加し、収量は減少する一方、刈り遅れると着色米・胴割米が増加し、茶米の発生、玄米白度の低下につながり、倒伏等によってさらに品質が低下する。

一等米を目標とするならば収穫、乾燥、調製後の整粒歩合が基準を満たすように刈り取り日を決定する必要がある。そのためには、圃場ごとに籾の状態を把握して成熟期を予測した上で試し刈りを行い、乾燥・籾摺り後に玄米の組成をよく観察して、適期かどうかを判定する。以下に手順を示す。

(1) 積算温度による成熟期の予測

出穂期以降の日平均気温の積算値が950℃に達する日を成熟期と予測する。積算値は品種や籾数の多少によって異なる。これから一週間後が収穫適期の目安と考えるが、あくまでも予想である。近年、秋期の気温が平年より上回ることが多いので、到達日数も早まっている。

(2) 籾の熟色による成熟期の判定

積算気温により予測した成熟期が近づいたら、好天日に1株中の黄化籾の割合を目視で確認する。成熟期は全籾の90%が完熟籾となったときである。完熟籾かどうかは籾の付け根にある護穎が黄色になっていることで判断する。見る時は太陽を背にし、籾の裏側も忘れずに確認する。

(3) 試し刈りをして玄米により収穫適期を判定する。

積算温度や籾の熟色で成熟期が近づいたら、試し刈りをして玄米にし、整粒歩合で収穫適期を判断する。試し刈りは各圃場ごとに実施する。圃場の中で中庸な稲株を5株ほどランダムに刈り取るが、ばらつきの多い圃場では株数を増やす。これを生脱穀して乾燥、籾すりの後、篩選別を行って整粒歩合を確認する。登熟は1日に2～3%進むことが知られており、整粒歩合が70%以上となれば収穫適期とみなす(図1-1)。

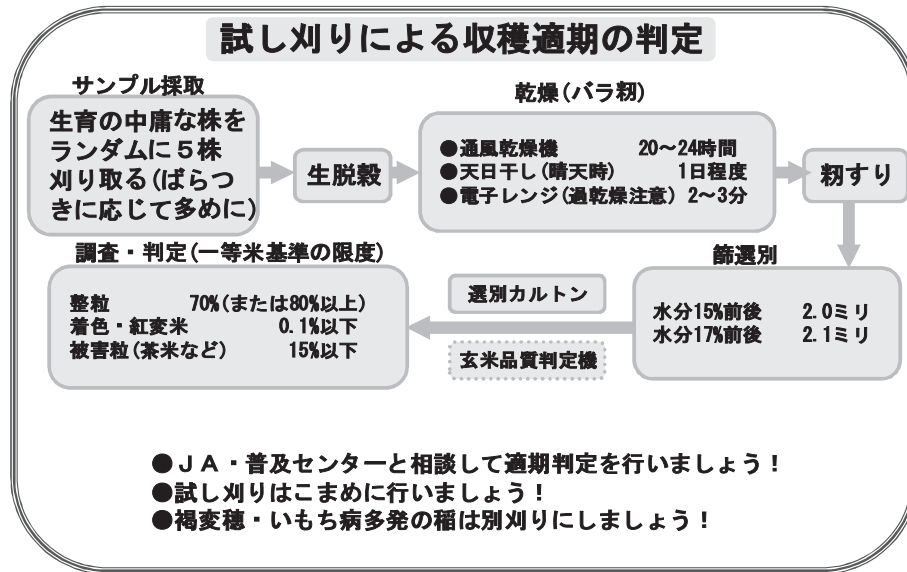


図1-1 試し刈りによる収穫適期判定の手順

2) コンバインの調整・整備、清掃

収穫作業を始める前には、コンバインの入念な整備が不可欠である。点検整備や調整にかけた時間は、収穫作業中のトラブルを最小限に留め、快調な作業で十分取り戻すことができる。機械の適切な調整により収穫損失や損傷を低減でき、良好な粳の選別は良好な乾燥仕上がり、良好な品質につながる。

整備箇所とその方法は点検整備マニュアルや取扱説明書に記載されているので、毎年必ず一度は目を通して把握しておく。自脱コンバインは構造が複雑であり、自動方向制御を始め、流量・速度の自動制御、刈り高さ、扱ぎ深さなどの自動調整装置など点検整備箇所も多いが、事故を予防し、機械の性能を十分引き出すため、整備を怠ってはならない。

機械の清掃も重要である。夏、麦刈りに使用したコンバインは、異種穀粒の混入を防止するため、コンプレッサや掃除機を使って徹底的に清掃する。水稻の品種が切り替わる時も同様である。

清掃にあたっては、一度清掃した箇所に再び穀粒が混入しないように上から下へ行くことを意識する。まず、シートを敷いて排出オーガ、グレンタンクを清掃し、掃除用フタやカバーを取り外し、還元装置、脱穀装置、選別部とカッタを清掃し、外したカバーなどを清掃し、カバーを取り付ける。カバーの着脱レバーの裏側、フィードチェーンや排わらチェーンの間隙も良く掃除する。

3) 圃場の準備と刈り取り計画

出穂後の適切な期間、間断灌水などにより登熟向上や倒伏防止を図るとともに、生育期には溝切り、中干しなどを行い地耐力の確保に努める。コンバインは接地圧が小さく、湿田でも走行できるが、田面が軟らかすぎると走行が困難となり作業能率が低下する他、圃場表面を過度に練り返して(泥濘化)透水性を極端に劣化させる。これは皆が経験済みのことであろう。

品種の熟期構成、乾燥機や調製・選別機的能力、作業人員、特に天候などを総合的に判断し、適期に刈り取りが終わるように計画を立てる。作業計画には天候を考慮して、ゆとりをもたせ、作業事故を未然に防止することが重要である。

4) 収穫作業

(1) 高水分時の収穫

収穫時の籾水分は高く、単粒水分のばらつきが大きい。汎用コンバインで高水分収穫を行うときは、送塵弁、シーブの目開き、選別風量を調整し、選別・分離機能が低下しないようにする。自脱コンバイン・汎用コンバインともに、チェーンやベルトの緩みは傷籾の発生や選別不良のリスクを増大させるので、作業前にテンションプロケット（プーリ）の張り具合やVベルトの傷・割れを確認し、必要があれば調節・交換する。適正状態は取扱説明書で確認する。

脱穀選別損失の量は、収穫する時刻によっても異なる。稲に朝露があると、わら、穂切れなどの付着や引っかかりが多く、網目が詰まって籾の漏下が悪くなり、機外への飛散や傷籾が多発するため、早朝の収穫は避ける。

(2) 倒伏した稲の収穫

自脱コンバインは、株元をフィードチェーンで挟んで把持し、扱ぎ胴に穂の部分を入れて脱穀する。掴みしろを必要とし、適応可能な草丈（稈長+穂長）は55cm以上130cm程度である。草丈70cm以下の場合は、刈り高さを地際すれすれに低くし、120cm以上の場合には高刈りして、扱ぎ深さを一定に保つようにする（図1-2）。

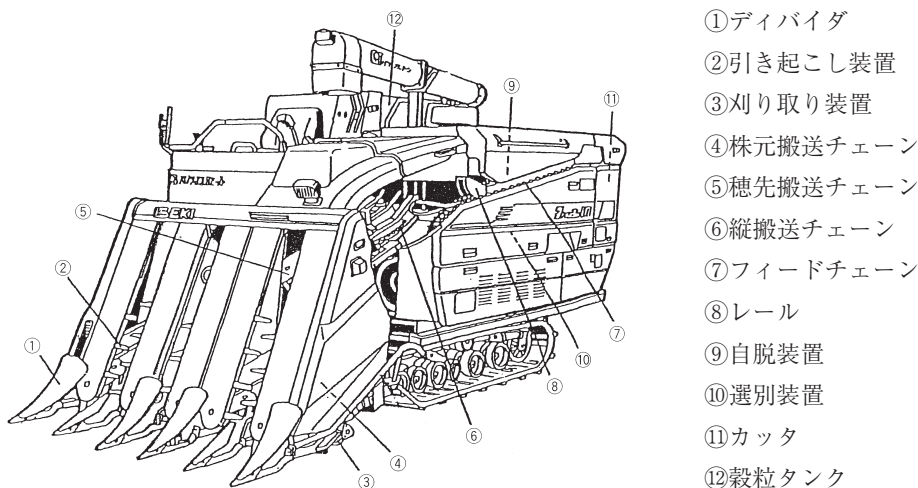


図1-2 自脱コンバインの構造

倒伏した稲はわらが弱くて切れやすく、扱ぎ室でのわら屑の発生が多く脱穀部が詰まりやすい。また、引き起こし装置の爪に掛かる負荷が増加し、搬送部で稲が乱れて穀粒損失が増大するなどの問題が生じる。自脱コンバインで稲の倒伏角が60度以内の場合、作業速度0.5~0.8m/sであれば、どの方向からでも刈り取りが可能である。しかし、さらに倒

伏角が大きくなると刈り取り方向によっては収穫損失が多くなり、作業速度も遅くしなければならない。この場合、作業能率が大幅に低下するとともに、穀粒損失も急激に増加することがある（図1-3）。

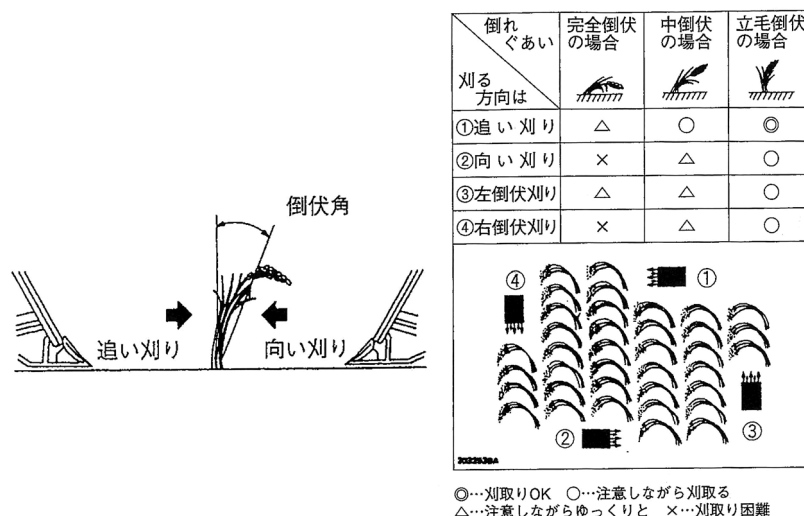


図1-3 自脱コンバインの倒伏稲への適応

(追い刈りと向い刈り方法：農機メーカー 自脱コンバイン取扱説明書)

汎用コンバインでは、稲をリールで引き寄せながら作業するため、倒伏した稲でも比較的自由に作業方向を選択できる（図1-4）。

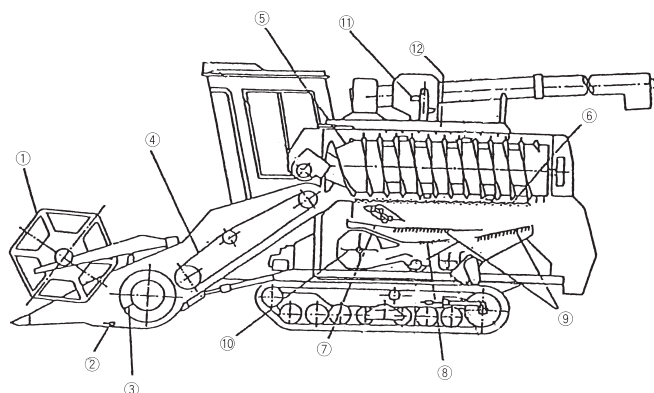


図1-4 汎用コンバインの構造

- ①リール、②刈刃、③オーガ、④チェーンコンベヤ、⑤脱穀シリンダ（スクリューロータ）、⑥受け網、⑦グレンパン、⑧グレンシープ、⑨チャフシープ、⑩選別ファン、⑪バケットコンベヤ、⑫グレントタンク

(3) 収穫による籾の損傷を防ぐ

走行速度が速すぎた時や送塵弁開度が開きすぎた時に脱穀部のわら量が急激に減少することがある。これらの条件や扱ぎ胴（シリンダ）の回転数が高い場合に、完熟した籾に過大な摩擦や衝撃力が加わり、脱ぶ（籾殻が外れること）が発生しやすくなる。脱ぶ粒の混入がわずかであっても、収穫後の工程で品質、食味の低下を起こす原因になるので、収穫時にはグレントタンク中の脱ぶの有無を時折観察することが推奨される。通常の発生割合は

自脱コンバインで0.1%、汎用コンバインで0.1~1.0%程度である。規定のシリンダ回転速度を守ってわらや穀粒の流れが急激に変化しないように心がける。特に脱穀作業中のエンジン回転数は常にフルスロットルで維持し、旋回時にエンジン回転数を下げることや、脱穀クラッチを切ることがないように心がける。

生粃は物理的衝撃によって傷が付きやすく、粃中の玄米も損傷を受けやすい。粃が損傷を受けると腐敗や乾燥時の胴割粒発生の要因となり品質低下につながるため、収穫時には留意する。

自脱コンバインで傷粃を発生させないためには、①作業速度を上げすぎない、②扱胴（シリンダ）回転数を指示回転数にする、③必要以上に扱ぎ深さを深くせず、扱ぎ残しがない程度に浅くする、④排塵を適正に調整するため風量調節を行う。作業速度を上げすぎると2番還元量*が増え、粃に対するシリンダの衝撃力が増し粃の損傷につながる。刈遅れ等で立毛時に胴割粒が発生した場合は作業速度を落とし、2番還元量を少なくさせ、粃への衝撃を小さくすることが必要である。扱ぎ深さを浅くするのは、深くすると扱室内のわら屑が増加して傷粃、脱ぶ粒が生じやすくなり、所要動力も増大するためである。

汎用コンバインは脱穀機構が自脱コンバインと異なり、作業時のシリンダ周速度は自脱コンバインよりも大きく、グレンタンク内の穂切れや枝梗付着粒割合は多いが、粃の損傷は少ない。粃及び玄米への損傷が少ないため、低温での発芽率や苗立ち率の低下が少ない特徴がある（図1-5、図1-6）。

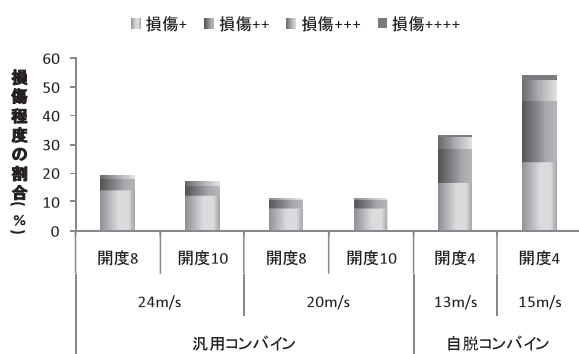


図1-5 機種別の粃損傷程度 (中央農試)

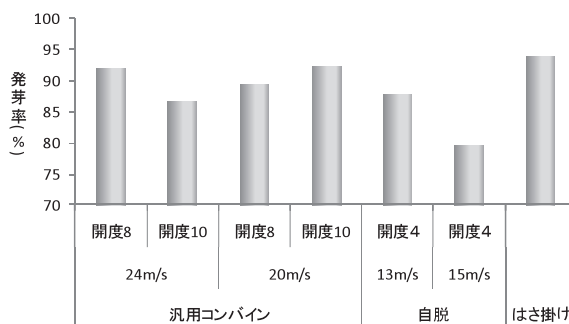


図1-6 機種別の脱穀条件と低温発芽率 (中央農試)

* 2番還元：穂切れ粒など完全に脱粒されていない粃が選別されて脱穀部に戻され、再脱穀されること。

(4) その他の注意

圃場内において倒伏している箇所や、登熟が遅れている箇所の稲は、その他の稲と一緒にすることで品質低下を招く恐れがあるので別刈りする。褐変穂やいもち病発生のある場所も同様である。生粃のまま長時間放置すると玄米が変色するので収穫した生粃は速やかに乾燥機にかける。

収穫前には圃場毎の作付け品種を確認し、異品種混入を避ける。品種が切り替わる時は、前述のようにコンバインを十分に清掃する。また、刈り取り時に泥や石などが入らないよ

う注意する。

北海道における自脱コンバインによる傷害事故件数は、平成25年から令和4年の10年間で65件である。その多くは作業中にわら屑などの詰まりや引っかかりを除去する際に、刈取り・搬送部でのチェーン・ベルトへの巻き込まれ事故が発生している。令和4年度にはグレンタンク内で巻き込まれ事故が発生し、死亡事故として報告されている。このような場合、必ずエンジンを止めてから整備を行わなければならない。

2 乾 燥

乾燥は、粳の品質を損なわずに貯蔵可能な水分まで低下させることが目的である。主要穀物の出荷時水分の上限は農林水産省の農産物規格規定で定められており、玄米の上限水分は15.0%である。

また、収穫後、乾燥終了までの過程で不適切な処理を行うと製品である米の外観品質や食味を損なうこともある。米の食味を低下させず、品質の高い「商品」として出荷するには注意すべき基本事項がある。

1) 乾燥前の貯留

収穫後の粳は、水分が高いほどそのまま貯留すると異臭の発生や発芽率低下による品質の劣化を起こしやすく、速やかに乾燥する必要がある。

2) 乾燥前後の粳水分

粳の成熟期は株毎の出穂時期、1株内での出穂時期、1穂内での開花時期などにより、30日ほどの差が生ずると言われている。その結果、1穂中の単粒水分にはばらつきが大きく、圃場全体でみた場合には更にばらつきが大きい。成熟期の圃場における粳の単粒水分の分布幅は収穫適期といわれている成熟後0～5日頃に最も大きくなる(図2-1)。水分

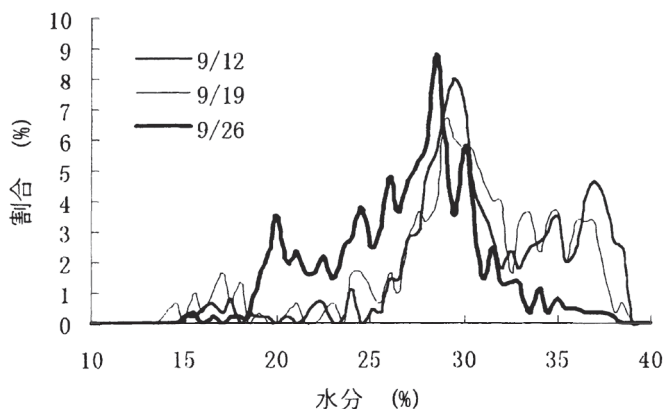


図2-1 コンバイン収穫粳の単粒水分分布
(中央農試)

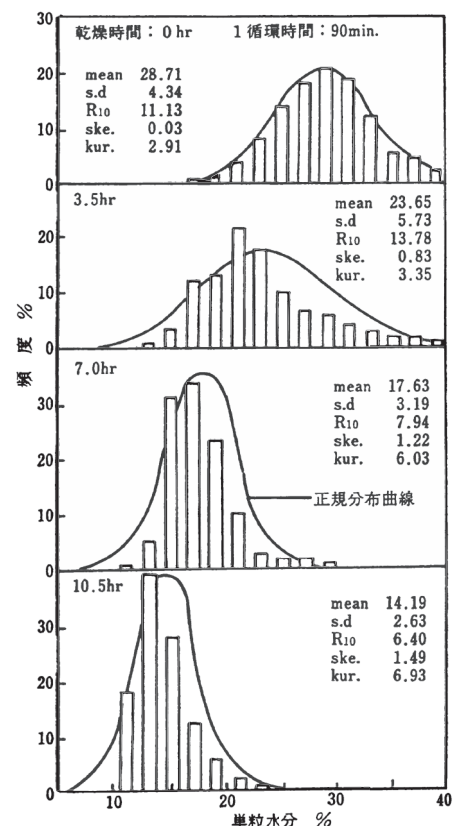


図2-2 乾燥中粳の単粒水分分布
(笠原ら)

の大きく異なる籾を一定の水分に仕上げ、品質の良い米に乾燥するためには、一粒毎の籾の状態を考慮に入れた合理的な乾燥を行うことが必要である。

一般に乾燥の経過とともに、単粒水分の分布は低水分側に移り、分布幅が狭くなる（図2-2）。

3) 乾燥途中の貯留（テンパリング）の水分特性

乾燥途中に貯留を行うと高水分粒から低水分粒へ水分が移動し、単粒水分のばらつきが減少する。水分約20%の籾を35℃の定温器で密閉貯留した場合の水分経過を見ると、高水分の籾は放湿し、低水分の籾は吸湿するため水分のばらつきが小さくなる。粒間の水分移行は概ね24時間で85%が完了し、2日間で平衡に達する（図2-3）。一次乾燥終了後（平均水分16.8%）の籾を約24時間貯留した後の籾の単粒水分分布を見ると、貯留により平均水分に変化は認められないが、単粒水分の分布幅が狭くなる（図2-4）。これを応用したのが二段乾燥である。

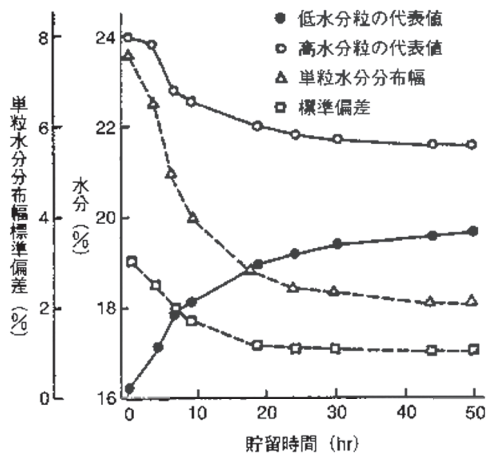


図2-3 貯留中の粒間水分移動

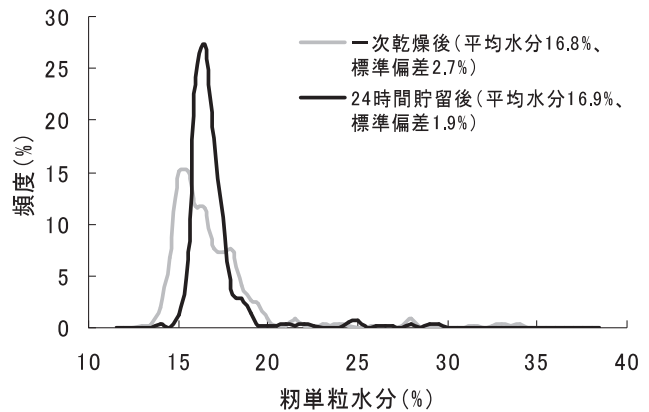


図2-4 貯留時の単粒水分分布の変化
(中央農試)

4) 二段乾燥

二段乾燥は一次乾燥で18%程度まで乾燥させた後、一時貯留し、二次乾燥で15%まで乾燥させる技術である。一次乾燥での乾燥時間を短縮することで、荷受けが集中することへの改

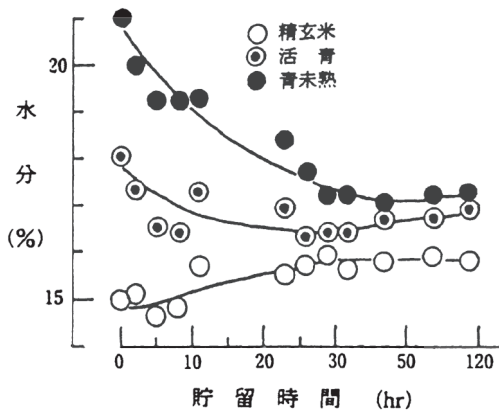


図2-5 一次乾燥後の水分変化 (山形農試)

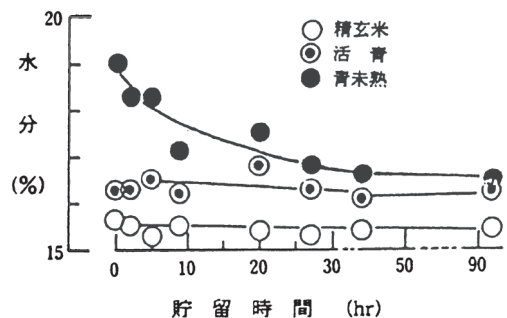


図2-6 二段乾燥後の水分変化 (山形農試)

善や乾燥施設の利用期間の延長が図られ、結果として乾燥処理能力を増強させる。また、この技術は一時貯留時に高水分粒と低水分粒の間での水分移行を促す方法であり、循環式乾燥機において水分のばらつきをできるだけ解消するために有効な技術である。乾燥終了時点での精玄米と青未熟との水分差は2～4%であり、時間の経過とともにわずかではあるが差が縮まり、全体的に水分が減少する。特に、精玄米では二段乾燥後の貯留中に水分が高く戻ることではなく、むしろ低下する(図2-6)。つまり、放冷後の水分の戻りが起こらないので目標水分どおりに乾燥を終了させることができる。一次乾燥終了時の水分は、高い場合には変質する危険性があり、また低い場合には低水分粒の過乾燥が避けられないため、18%程度が目安とされている(図2-5、図2-6)。なお、一時貯留時の青米の水分変化等から判断すると、一時貯留時間は24時間以上とするのが望ましい。

5) 胴割れと食味

胴割れは手で籾殻を除き、胴割れチェッカーなどを用いて、玄米を透視して胴割粒(表2-1)を判別する。胴割米は検査等級格下げの原因となるだけでなく、精米時には碎米の発生原因となり、食味にも悪影響を及ぼす。碎米の混入率の高い米飯は外観、粘りが劣り、食味総合評価が低下する。

胴割れは籾の乾燥速度や玄米の吸湿速度が早い時に発生する。乾燥速度を高めると、粒内部と外部の水分差によってひずみが生じ、胴割れが発生する。熱風乾燥では毎時乾減率が0.8%/hを超えると胴割れの発生が増加し、さらにその発生は立毛時の胴割れが多いほど増加しやすい。乾燥速度は乾燥温度が高いほど、あるいは同じ乾燥温度でも籾水分が高く入気湿度が低いほど速くなり、胴割れが発生しやすくなる。このため乾燥時は毎時乾減率が過大とならないように、気象や張り込み条件に合わせて熱風温度の調節に努める。例えば晴天日など空気が乾燥している日では曇天日より乾燥速度が速くなるため、熱風温度を下げる。また、張り込み量が少ない場合には、満量張り込み時よりも乾燥速度が速くなるので熱風温度を低く設定する。立毛時に軽い胴割れが発生している場合は、乾燥によって重胴割れへと進行しやすいので、このような場合には毎時乾減率を0.5～0.6%程度になるよう乾燥温度を低く設定する。近年の乾燥機では乾燥速度を下げるモードが搭載されているので、それを利用する。テンパリングを行うと貯留中に粒の内部から外部へ水分移行が行われるため、連続乾燥に比べて胴割れの発生が少なくなる。

また、前述のとおり籾水分にはばらつきがあることから、40℃程度の熱風温度においても過乾燥となり胴割れを生じるリスクが現場から報告されている。乾燥中は、こまめに籾の状態をチェックして対応することが重要となる。

表2-1 胴割米の定義と分類

1. 胴割米の定義	胴割粒とは、玄米の胚乳部に亀裂の生じている粒をいう。
2. 胴割粒の分類	
① 軽胴割粒	…精米上の影響が少なく、政府の買入検査の際に被害粒として計数されない程度の胴割粒
② 重胴割粒	…検査の際に被害粒として計数される程度の粒
③ 全胴割粒	…軽胴割粒+重胴割粒

6) 過乾燥と食味

過乾燥米は米粒が硬いため、搗精時には搗精むらや砕粒が増加するほか白度も低下する。過乾燥米を搗精した精米を水に浸漬すると、玄米水分が低いほど表面亀裂が多く発生する。その結果、過乾燥米は砕米率が低くても、炊飯時に澱粉の溶出が多くなり、食味が低下する。また、過乾燥で硬い玄米は糠層の除去が不十分となりやすく、炊飯時に糠臭が発生する場合もある。

北海道米は青米の混入率が高く、1粒毎の籾水分を均一に乾燥するのは大変難しい。乾燥時に籾水分の測定を行うが、青米や屑米を混入して水分を測定すると水分は高く表示されるため、これらを除いた精玄米で測定しなければならない。過乾燥防止の決め手は、原料籾を良く選別し、水分差を小さくすることである。このためには、圃場の生育むらを可能な限り小さくし、収穫時は畦畔周囲や暗渠の周辺、水口や倒伏している場所を区別して、出来るだけ水分が均一となるように配慮する。

7) 発芽率と食味

発芽率は種子用では高いことが必須であるが、食用であっても発芽率は食味と関係があり、発芽率の低くなった米の食味が低下することが知られている(図2-7)。初期水分が高いほど低い温度で乾燥しないと発芽率は低下するので、食味も低下する恐れがある。水分25%程度の籾では40℃以内の送風温度で乾燥する必要がある。

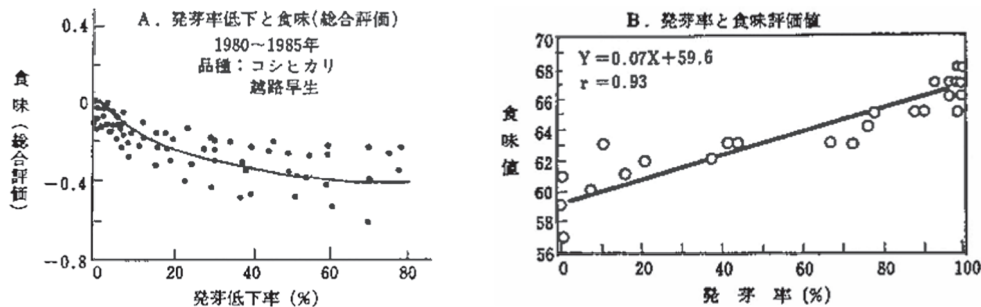


図2-7 籾の発芽率と食味

8) 乾燥機

(1) 遠赤外線乾燥機

品質維持と、より効率的でエネルギーコストの低い乾燥システムとして開発された遠赤外線乾燥は、近年籾乾燥の主流となっている。遠赤外線は穀物内の水分に吸収されやすいエネルギーであり、遠赤外線放射エネルギー量は、放射体温度の4乗に比例する。この原理を利用し、バーナで放射体を加熱し、遠赤外線を放射させるとともにその排熱を利用して熱風乾燥を行うのが遠赤外線乾燥機である

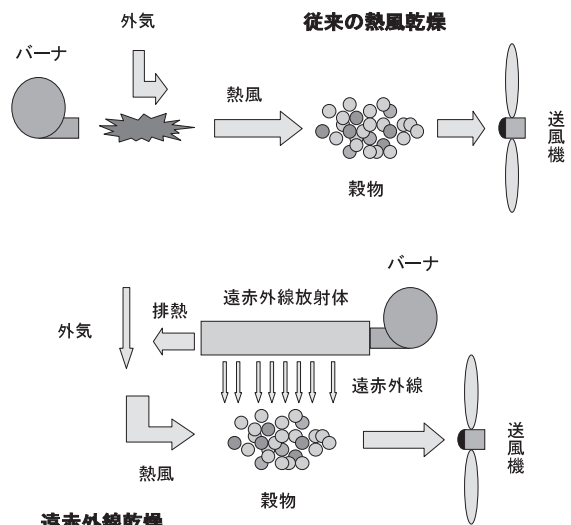


図2-8 遠赤外線乾燥の模式図

(図2-8)。遠赤外線乾燥では、穀物水分の除去に必要なエネルギーが送風される空気を媒体とせず穀物へ伝達されるため、送風量を少なく設計できる。遠赤外線乾燥機は放射体の設置位置により、熱風路内設置型と集穀室内設置型に大別される(図2-9)。

遠赤外線の有効照射距離は1cm程度であるため、集穀室内設置型では穀物を薄い層で流下させ、むらなく全粒に遠赤外線が照射される。容量約30トンの遠赤外線乾燥機では、熱風乾燥機よりも乾燥時間が約30%短縮され、灯油消費量は10%程度、消費電力量は40~50%程度削減される(図2-10)。これは遠赤外線のエネルギーが籾の中心部に届くことで、籾の表層部を加温する熱風乾燥機に比べ、穀温の上昇が早くなるためである。また、遠赤外線乾燥のメリットとして胴割れ発生の軽減がある。図2-11は、同じ容量の遠赤外線乾燥機と熱風式の循環式乾燥機による胴割率の比較である。立毛胴割れが多い原料での試験結果であるが、前述

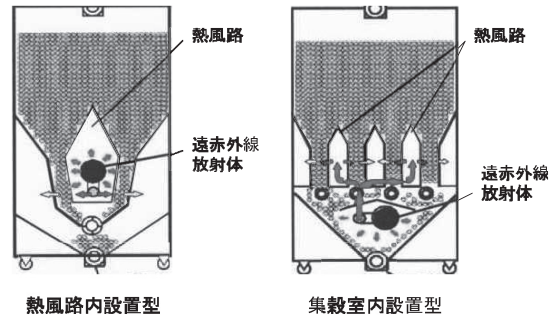


図2-9 遠赤外線乾燥の種類

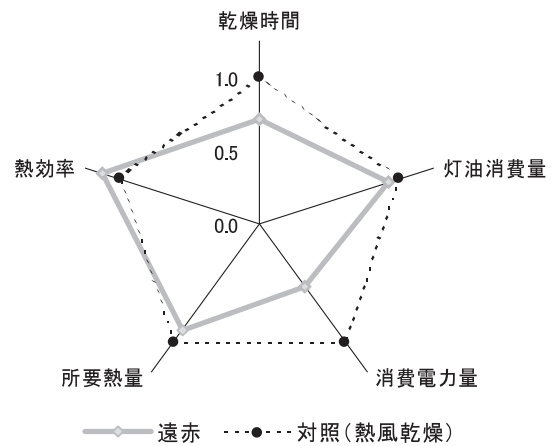


図2-10 遠赤外線乾燥の省エネ効果

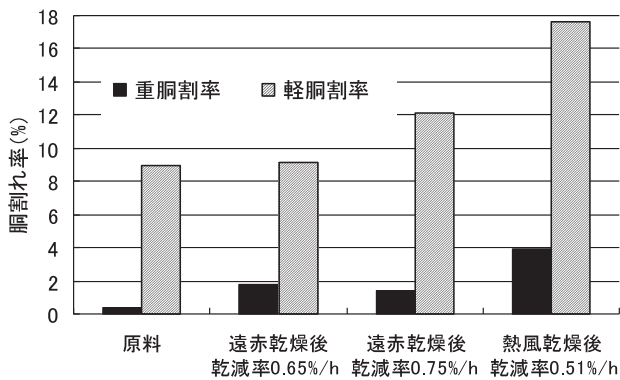
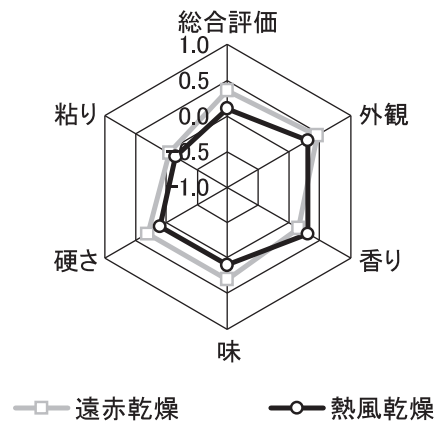


図2-11 乾燥条件と胴割率



H13 道内産「きらら397」
図2-12 乾燥法と食味

のように胴割れは乾燥速度を高めると発生しやすいのに対し、遠赤外線乾燥は熱風乾燥機より乾燥速度が早い場合でも、胴割れの発生が少ない。また、遠赤外線乾燥した米の食味は熱風乾燥と同等もしくは若干優ると評価される場合が多い（図2-12）。その他、遠赤外線乾燥機には送風量を少なくできること、バーナの燃焼を放射体内部で行うため騒音が低減するなどの利点がある。

(2) 加温管を利用した乾燥方式

遠赤外線乾燥機と同様に、穀温を効率よく上昇させ、水分が蒸発しやすい状態にしてから、低温少風量で乾燥を行う方式の加温部を設けた乾燥機がある。この方式ではバーナにより加熱された加温管からの伝導熱と加温管から放射される放射熱（遠赤外線）、および対流熱（熱風）を利用して乾燥する（図2-13）。この方式も遠赤外線乾燥機同様に燃料および消費電力量の節減効果と、稼働音の低減効果がある。

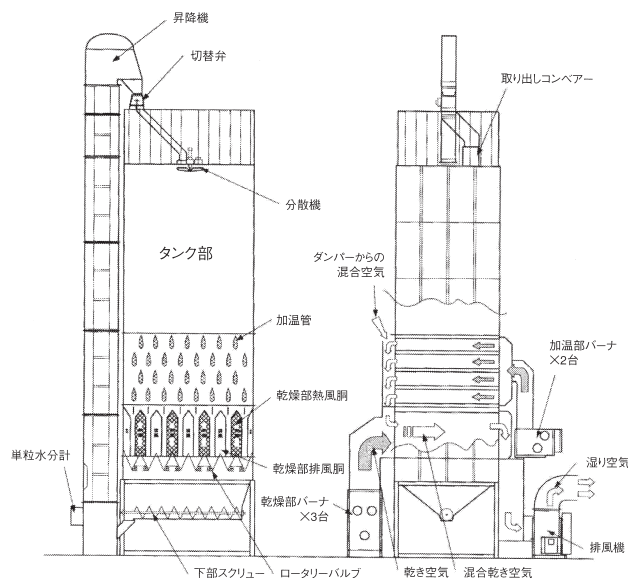


図2-13 加温管方式の乾燥機

(3) 合理的な乾燥制御

近年、乾燥中の穀物水分や穀温、熱風温度、環境湿度を随時測定しながら制御する乾燥機が普及している。高水分時には熱風温度を低めにし、水分が減少するにつれて熱風温度を高める逐次昇温乾燥法や、高水分時および胴割れの危険性の高い低水分時には熱風温度を低くし、品質面からみて安全な水分域では熱風温度を上げる高低水分域規制乾燥などがある。

(4) 乾燥機の点検

乾燥機内部に付着した残存物は細菌やカビの発生源となり、また別の穀物を乾燥する際の異種穀粒の原因となることから、排出が終わったら必ず正しい手順で清掃・除去する。目標乾燥水分で乾燥を終えるために、乾燥機に内蔵されている水分計の特徴を把握し、適宜補正をする。特に収穫シーズン最初の乾燥では手動型水分計との差を確認し、補正する。また、些細な故障や埃が火災などの思わぬ事故につながることもあるため、定期的な点検を行うことが重要である。

3 調 製

良質米生産において、玄米を傷めず整粒歩合を高めるための調製作業（粃摺り、選別）は重要な最終工程である。代表的な粃摺り、選別調製ラインを示した（図3-1）。

1) 粃摺り

粃摺機には単独の粃摺機のほか、共同乾燥調製施設には粃摺機と揺動選別機が一体となった機種があり、一回の粃摺りで脱ぶできなかった粃を選別し再度粃摺りを行う構造になっている。粃摺りを行う粃摺機にはゴムロール式のほか、衝撃によるインペラ式粃摺機の使用も増えている。ゴムロール式は、小型から大型まで種々の処理能力の機種が製造されており、インペラ式は農家用の小型機が大半である。インペラ式は、脱ぶ率が高いこと、やや水分の高い粃にも使用できるなどの特長がある。ゴムロール式では、ロール間隙によって脱ぶ率が変化し、ロール間隙が狭いと脱ぶ率は良くなるが、玄米表面に傷が付く肌ずれ米を生じさせ、品質の劣化の原因となる。一方、ロール間隙が広いと脱ぶ率が悪くなり、処理能力が低下する。このため、ロールの回転数と間隔、粃流量を調整し、脱ぶ率が80~90%になるように設定する。異径ロール式粃摺機の場合、この調整は摩耗量を考慮しながら基準の間隙値より少しずつ広くするように行う。また同径ロール式の場合は、ロール間隙をやや狭め、主軸と副軸のロールを入れ替えて周速度差率の変化を少なくし、肌ずれ米の発生を抑制するように調整する。ゴムロールに偏摩耗（片減り）が見られる場合や、ゴムの厚さが新品の4分の1以下まで減っている場合は、直ちに新品と交換する。また、粃摺機の振動が激しい場合も碎米が発生するので、定期的に各部ネジの締め付けを行い、緩みがないことを確認する。

肌ずれ米は吸湿しやすく、カビの被害を受けやすいので貯蔵性が劣る。肌ずれ米の大部分は粃摺機のゴムロールによる搗精時に発生する。同じ粃摺機を使っても、粃の温度が高いと肌ずれ米発生率が高くなる（図3-2）。玄米水分を安定させるため、乾燥終了後5~7日間程度の調湿期間を置き、粃温度が低下してから粃摺りを行うことが望ましい。

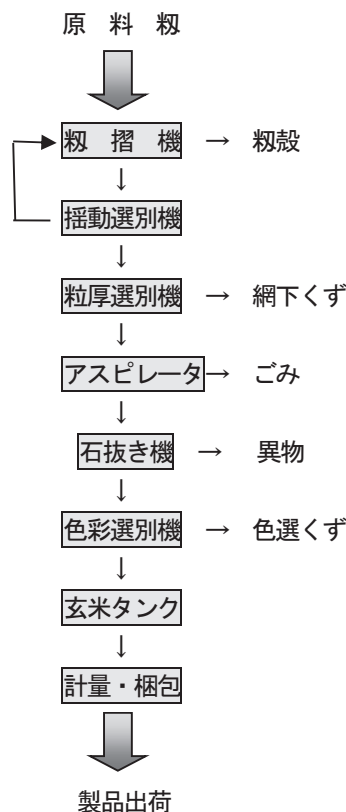


図3-1 粃摺り，選別，調製ライン

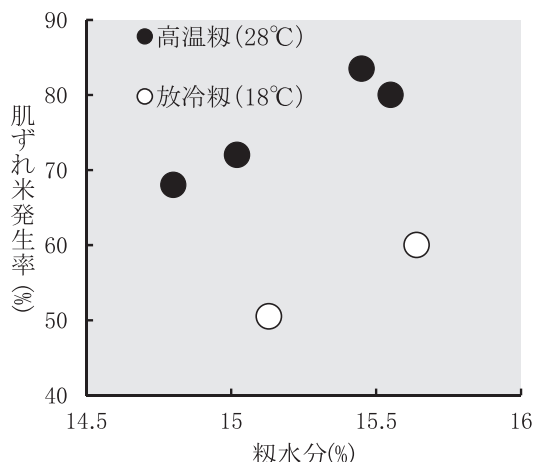


図3-2 粃温度と肌ずれ米発生率

2) 選別

粃摺り後の選別工程は形状選別による粒厚選別、粒厚選別時に取り切れなかった粃殻などのごみを気流による終末速度の違いで取り除くアスピレータ、比重差で石などの異物を取り除く石抜き機、玄米の色で選別する色彩選別機から構成される。

(1) 粒厚選別機

米の充実度は玄米の粒厚と相関が高い。粒厚選別はこの関係を利用した選別方式であり、粒厚の小さい未熟粒や死米などを除去することで、整粒割合を増加させ、玄米の品質を向上させることができる。北海道において粃摺り後の玄米の選別は、共同乾燥調製施設や農家とも粒厚選別機で行われるのが一般的である。粒厚選別機は円筒形状の篩の内側に玄米を供給し、篩もしくは篩内側のロータが回転することで玄米が流動し、篩目より小さい玄米は篩の外に、大きい玄米は内側に残留する。横型は円筒篩が投入口から製品口に傾斜を持たせてあり、流動しながら最下端の製品口に流下する。縦型は篩の内側に取り付けられている回転するロータに玄米を供給し、玄米は流下しながら篩目で選別される仕組みである。

従来使用されていた横形回転篩選別機にかわって、縦形回転篩選別機が急速に普及している。長所は、シリンダ全面が選別に作用するのでシリンダを短くできることと、縦形であるため設置面積が小さく、狭い場所でも使用可能なことが挙げられる。また電子秤を利用して、装置の上部に運ばれた穀粒を連続的に計量・袋詰め作業を行うことができる。回転篩選別機の場合、網目筒の回転数を上げすぎると肌ずれが生じることがあるので、指定された回転数で使用することが大切である。

縦線米選機の場合は線間を米粒にあわせ、各線の間隔を一定にすることが大切である。傾斜は玄米の走り方を見て調整し、玄米の流量は有効幅一面に一粒ならびに流下する程度とする。

(2) 石抜き機

玄米と小石などの異物の比重差を利用した選別機である。比重選別機を小型化したもので、揺動する傾斜スクリーンの下から送風することで、比重の大きい小石は上方向へ、小さい玄米は下方へ移動し選別される仕組みである。大型のものでは傾斜スクリーンが2段になっている。

(3) 色彩選別機

色彩選別機はシュートを流れる玄米に光を当て、反射光および透過光をRGBカメラや近赤外線カメラで一粒ずつセンシングし、着色粒（斑点粒）、未熟粒、被害粒、死米、碎粒や石、ガラス、プラスチック、金属片などの異物を高圧空気の噴射によって選別する。個人利用では数チャンネルの色彩選別機が使用されているが、道内のントリーエレベータなどの選別調製施設では数百チャンネルの色彩選別機が使用されており、全ての玄米の選別に利用されている（図3-3、図3-4）。

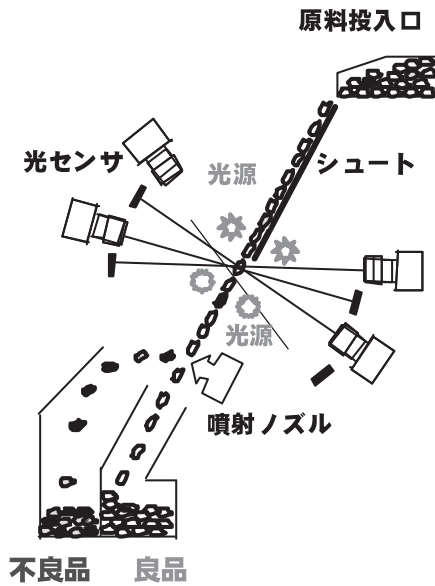


図3-3 色彩選別機の選別方法



図3-4 色彩選別機

(4) 粒厚選別機と色彩選別機の組み合わせによる歩留・検査等級・整粒割合の向上

従来は粒厚選別を行う際、網目サイズ（目幅）が1.90mmの篩が使用されていたが、近年は良品質米生産のために目幅を大きくする傾向にある。その結果、現在の標準的な篩の目幅は、「きらら397」では2.00mm、「ほしのゆめ」では1.95mmとなっている。しかし、目幅を2.00mm（または1.95mm）と大きくしても、1等玄米を調製できない場合もあり、そのような時には、さらに大きな目幅で選別する例もある。近年は整粒割合を高くして1等玄米の出荷比率を高めるために、網目サイズを大きくする傾向にある。このように篩の目幅を大きくすると、歩留が低下し、網目下（選別くず）に整粒が混入し、生産者にとって損失が大きくなる。

北海道では米の乾燥調製貯蔵工程の合理化と高品質で均質な大ロットの北海道産銘柄米の確立を目的に、1996年以降、カントリーエレベータの建設が進んでいる。このような最新の大型施設では、玄米から異物（小石等）や着色粒を除去するために、粒厚選別の後に色彩選別を行う例が増えている。そこで、粒厚選別の篩目幅を0.1mm小さくし、「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mmで選別した後、色彩選別機

により未熟粒や着色粒などをしっかり取り除くことで製品玄米の品質や歩留向上の検討が行われている。すなわち、高品質米（1等米）の調製と歩留の向上とを同時に実現するために、粒厚選別と色彩選別とを組み合わせた玄米選別技術である（図3-5）。

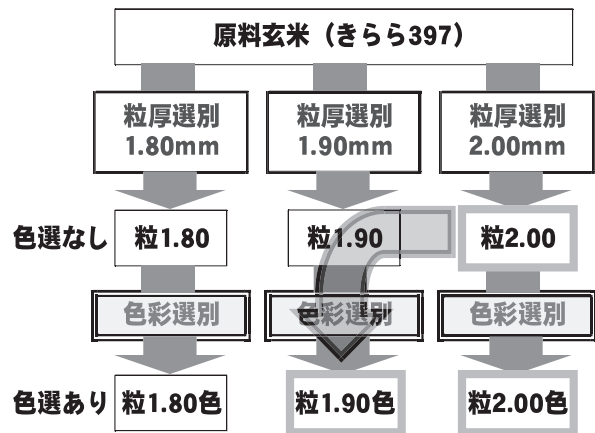


図3-5 粒厚選別と色彩選別を組み合わせた選別方法（北大・中央農試 2002）

上記の篩目幅設定（「きらら397」では1.90mm、「ほしのゆめ」では1.85mm）で選別し、その後色彩選別機による選別を行った結果、歩留の4～11%増加、検査等級の1級への向上、整粒割合の0.1～3%増加、搗精歩留の0.2～0.3%増加、食味評価がわずかに向上する、などの良好な結果が得られている（図3-6、図3-7、表3-1）。

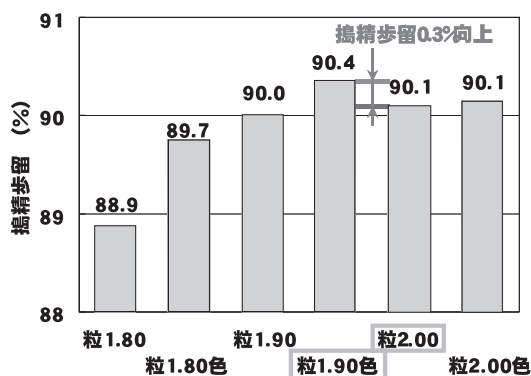


図3-6 搗精歩留 (北大・中央農試 2002)

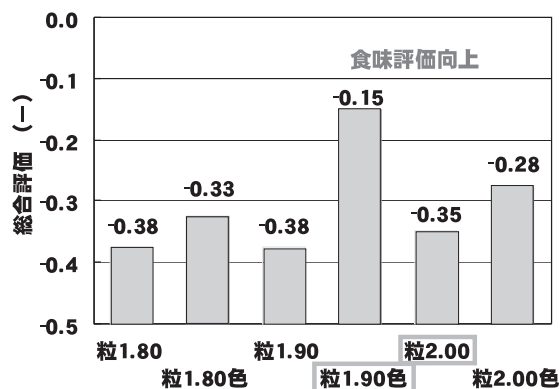


図3-7 食味試験の総合評価

(北大・中央農試 2002)

表3-1 粒厚選別機と色彩選別の組み合わせによる歩留・検査等級、整粒割合の向上

(北大・中央農試 2002)

試料	色彩選別の有無	歩留 (%)			検査等級			整粒割合 (%)		
		粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅			粒厚選別の篩の目幅		
		1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm	1.80mm	1.90mm	2.00mm
2001年北村産 きらら397	色選なし	97.3	94.1	84.0	等外	等外	3(中)	73.4	74.9	78.4
	色選あり	88.2	88.2	81.5	1(下)	2(上)	2(上)	80.6	80.8	79.3
2002年北村産 きらら397	色選なし	98.5	95.9	84.5	3(上)	2(下)	2(中)	70.6	72.3	75.8
	色選あり	89.6	89.5	81.9	1(下)	1(下)	1(下)	75.5	75.9	75.9
2002年長沼産 きらら397	色選なし	98.1	92.5	72.3	等外	等外	3(下)	74.0	76.4	81.8
	色選あり	84.9	83.6	67.3	1(中)	1(中)	1(中)	85.6	84.6	85.3
		1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm	1.75mm	1.85mm	1.95mm
2001年美唄産 ほしのゆめ	色選なし	97.5	94.1	79.7	3(下)	3(中)	2(中)	68.7	69.8	75.2
	色選あり	85.9	85.6	76.9	1(下)	1(下)	1(下)	77.5	78.1	77.0

4 稲わら収集

圃場での稲わら焼却は原則禁止されており、健康被害や交通障害の原因となるばかりか、産地評価の低下にもつながるため極力行わないと指導されており（令和5年営農改善指導基本方針、北海道農政部）、収集と搬出による適正な処理が求められている。収集にはレーキを、梱包にはロールベアラを使うのが一般的で、天気の良い場合はテッダにより反転を行うことが乾燥促進に有効である。乾燥が進んでいけば牧草収穫と同じ大型のけん引式ロールベアラを使用できるが、水田の圃場面は基本的に軟弱であり、車輪で圃場を練り返す危険があるため、多くは小型の直装式あるいはけん引式ロールベアラ、フルクローラの自走式ロー

ルベアラが使用される。これらのロールベアラで長わら、切断わらのいずれも梱包可能だが、収集率は長わらの90～98%に対して、切断わらでは50～97%と、やや劣る場合がある（表4-1）。梱包作業能率は毎時0.1～0.3haであり、負担面積は年10～30ha程度となる。

収集した稲わらは堆肥化して圃場還元されるほか、良質なものは家畜の敷料や飼料として利用される。堆肥化する場合には、土砂の混入があっても支障はなく、乾燥を行う必要もないが、敷料や飼料として利用する場合には、水分が低くてカビの発生がみられず、土砂の混入が少ないことが求められる。土砂の混入を避けるには、自脱コンバインでわらを切断せず、ノッタ・ドロップで結束することが望ましい。

表4-1 稲わら収集機と作業能率

	馬力 (PS)	わらの状態	回収率 (%)	ベールの大きさ 直径(m)×幅(m)	作業能率 (ha/h)
自脱コンバイン	32	長わら	100	-	収穫と同時
自走式ロールベアラ	40	長わら	90～97	1.2×1.2	0.34
		切断わら	50～69		
自走式ロールベアラ	6	長わら	-	0.5×0.63	0.13
		切断わら	-		
直装式ロールベアラ	トラクタ 18～30	長わら	96～98	0.5×0.7	0.35
		切断わら	97		