Ⅳ　小麦の収穫と乾燥

地方独立行政法人　北海道立総合研究機構

農業研究本部　中央農業試験場　生産システムグループ　主査　**鈴　木　　剛**

1．収穫適期

近年、コンバインの性能は向上し、収穫損失や損傷粒発生の点だけからみると40％近い高水分小麦の収穫も可能である。しかし、高水分でのコンバイン収穫は作業能率が低下し、乾燥に要する燃料費が増大するため、好天がしばらく続く場合は、できるだけ圃場で乾燥が進んでから収穫する方が経済的である。「きたほなみ」は「ホクシン」と比較して穂発芽に強いが、長雨などで収穫時期が遅れると品質劣化が懸念される。このため、乾燥機の容量や収穫量、天候を考慮し、収穫開始水分を決定して適期収穫に努めることが大切である。

収穫時水分が35％を超えると製粉性（ミリングスコア：製粉歩留と灰分の値から良い粉がどれほどとれるか補正した指標）などの品質が低下するため、収穫開始時における子実水分の上限は35％とする（図１）。なお、子実水分が35％になる時期は、葉が枯れ、穂首は完全に黄色になる。このときの粒色は鮮明で、子実をツメでちぎることはできるがやや抵抗を感ずる固さの状態である。

なお、収穫開始時期は、出穂期後30日目前後から穂を採取して熱風乾燥により穂の水分を測定することによって予測する「穂水分測定による成熟期予測法」（図２）が有効であるので、詳細はⅠ－７．適期収穫判定技術を参考にしていただきたい。

平成21年に十勝農業改良普及センターが管内７カ所にて、「きたほなみ」と「ホクシン」の穂水分の推移を比較調査しているが、穂水分の減少率は、「きたほなみ」1.01％、「ホクシン」1.27％となり、「ホクシン」に比較すると「きたほなみ」の減少率は0.26％少ない結果となった。調査年は降雨の多い年であったが、「きたほなみ」と「ホクシン」同様に、直線的に穂水分が低下することが確認されている。これらの結果を勘案して、「きたほなみ」では１日当たりの水分減少率を1.2％程度とすることで、現地で適期収穫の判断に利用可能と考えられる。ただし、成熟期前に低温や日照不足が続くと水分の減少率が設定値より小さくなることが多いので、天候に合わせて再調査を行うと精度をより高めることができる。

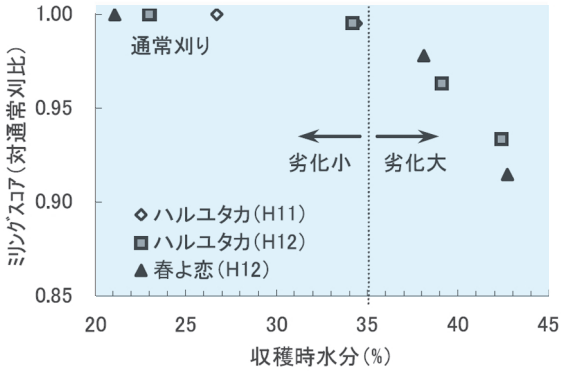


図１　収穫時水分と製粉性

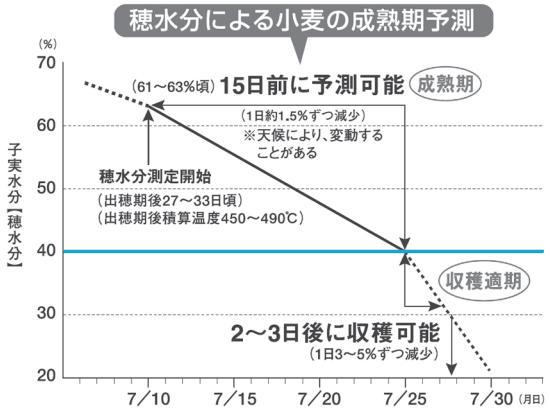


図２　穂水分による収穫適期の予測法

2．コンバインの構造

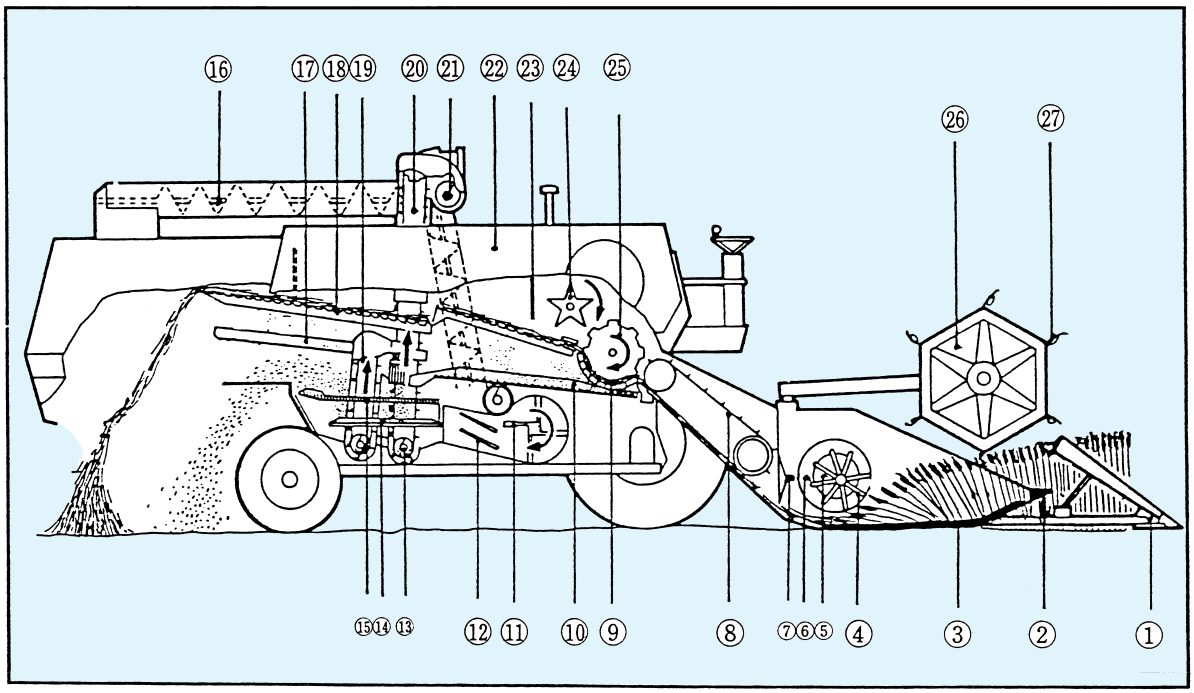
コンバインは基本的に、刈り取り、脱穀、選別分離を行う機械である。

小麦の収穫には、普通コンバインと自脱コンバインの２つのタイプのコンバインが用いられる。さらに普通コンバインは直流式（図３）と軸流式（図４）に分類される。以下に、各部の作用を直流式の普通コンバインを例にとって説明する。

刈り取り部では、まずデバイダ①で刈幅を決め、リール㉖で小麦をテーブル③側に引き寄せ、カッターバー②で小麦稈を切断する。刈り取られてテーブル③の上にのった小麦をオーガ⑤で中央に集めてコンベヤ⑧によって、脱穀部に供給する。

脱穀部では、コンベヤ⑧で供給された小麦は、シリンダ㉕とコンケーブ⑨の間の狭い隙間を通過し、子実が脱穀される。脱穀後の小麦稈は、シリンダ後方の選別分離部へ送られる。

選別分離部では、圧縮作用を受けた小麦稈をビーター㉔でほぐし、ストローウォーカ⑱で稈の中に混入している子実（ささり粒）を、揺動により分離しながら後方へ送り、機外へ排出する。



1	デバイダ	8	コンベヤ	15	チャフシーブ	22	グレンタンク
2	カッターバー	9	コンケーブ	16	アンローダ	23	カーテン
3	テーブル	10	グレンパン	17	リターンパン	24	ビータ
4	フィンガ	11	フ　ァ　ン	18	ストローウォーカ	25	シリンダ
5	オーガ	12	デフレクタ	19	テーリングスエレベータ	26	リ　ー　ル
6	フィン	13	グレンオーガ	20	グレンエレベータ	27	タ　イ　ン
7	ストリッパ	14	グレンシーブ	21	レベリングオーガ		

図３　普通コンバイン（直流式）の各部の名称と穀粒の流れ

脱穀後の子実はグレンパン⑩に落ちた後、後方へ送られチャフシーブ⑮、グレンシーブ⑭の上に拡散された時に、ファン⑪の風により選別される。製品となる子実は１番口に落ち、グレンオーガ⑬で集められ、グレンエレベータ⑳でグレンタンク㉒に運ばれる。

わら屑や「ふ」はチャフシーブ⑮から風で選別されて機外に排出され、穂切れや未脱粒は２番口に落ちた後、シリンダに戻されて再脱穀される。

自脱コンバインは普通コンバインより小型で、穂のみが脱穀部を通過すること以外は、基本的な作用は変わりない。また、方向・刈高さ・こぎ深さ・排わらなどのセンサーや警報装置が取り付けられ、自動化が進んでいる。

また、コンバインの精度向上により近年では小麦のコンバイン収穫試験事例が皆無であるが、平成27年１月に普通型コンバイン（小麦）の性能が指導参考事項として公開されている。ロータリセパレータを装備した普通型コンバイン（型式：レキシオン770）を供試して、「きたほなみ」における収穫精度と作業能率等を調査している。作業速度1.7～2.0m／sにおいて試験を実施した結果、刈取部損失は0.1～0.4%、脱穀部損失は作業速度に関わらず0.2%以下、総損失は0.2～0.5%であり、収穫物中の損傷粒は0.2～0.3%、夾雑物混入率は０～0.1%であった。また、平均作業速度2.10m／sにおける作業能率は2.61ha／h、燃料消費量は50.2㍑／hであった。

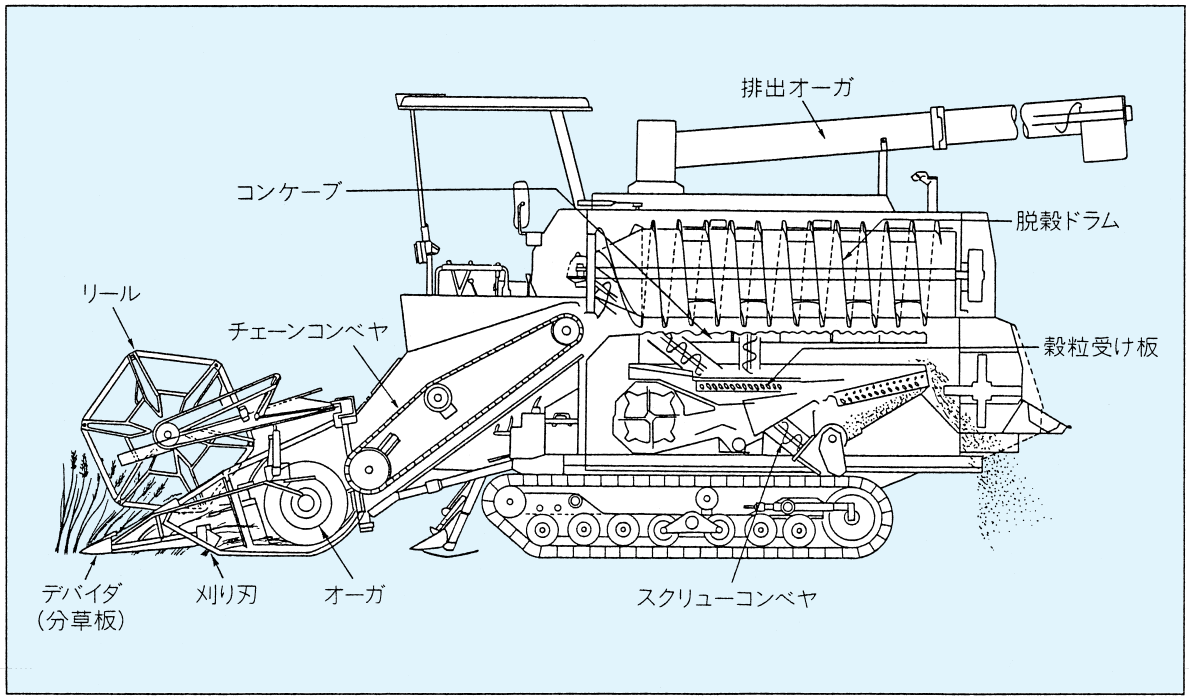


図４ 普通コンバイン（軸流式）の概観

3．コンバイン収穫作業のポイント

⑴　収穫作業開始前の準備

ア．コンバインの点検

コンバインを運行する前に、機体の点検を行い、必要なものについては、部品交換や整備を行う。特にＶベルトは、収穫作業中に摩耗により断裂して支障をきたす事例も多く見られることから、念入りに点検する。またカッターバーの刃についても研磨して、切れ味を確保する。

イ．圃場の準備と作業計画の樹立

雑草の多い圃場は、雑草の水分により子実水分が高まり、品質を低下させるので、雑草は前もって刈り取るなどの前処理を完全に行ってから収穫する。

地区内の圃場を巡回し、極端に生育の進んだ圃場や生育が不揃いの圃場、倒伏の見られる圃場などをチェックして、穂水分から成熟期を予測する手法などを組み合わせて、刈り取りの順番や荷受け後の保管について計画をたてる。また、途中で品種が変わる場合には、収穫以降の異品種混入（コンタミ）には十分留意し、機械内部の清掃を徹底する。

ウ．先端技術の活用

道東の大規模小麦栽培地帯では、衛星画像や気象メッシュ情報などの先端技術を利用して、全町的な成熟期予測マップを作成して収穫順位付けを行うことで、コンバインの効率的運用と乾燥費の低減を可能とする収穫支援技術が利用されている。詳細はＩ－８.「先端技術を活用した小麦適期収穫システムの開発」を参考にしていただきたい。

また、「レーザー式生育センサを活用した秋まき小麦に対する可変追肥技術」（平成24年普及推進事項）では、可変追肥により追肥時の窒素吸収量が高い箇所において追肥量が減量されており、圃場内の倒伏の軽減が図られている。本技術を活用することで、収量の増加と品質の均一化のみならず、計画的な収穫作業やコンバインの効率的運用に寄与することから、参考にして頂きたい。

⑵　各部の調整

コンバイン収穫を行う場合には、収穫損失と損傷粒の発生状況をチェックしながら、各部の調整を行う必要がある（表１）。

ア．刈り取り部

刈り取り部の主な調整項目は、刈り高さ・リール位置・リール回転速度の３項目である。

a．刈り高さ

稈重と子実重の比が１：１となる高さが望ましい。おおむね40cmが目安となる。

刈高さが高すぎると穂切れ粒が増加し、低すぎると稈の量の増加に伴い、扱き残しによる未脱損失やささり粒が増加する。このため、刈り高さは、損失や損傷粒の発生に応じて、収穫作業中に微調整を行う必要がある。

b．リール位置

前後位置はリールタインとオーガが接触しない範囲で、できるだけ手前に設定する。速度を上げたり、倒伏した小麦を収穫する場合には、リールを前方に出す。

c．リールの回転速度

作業速度の20～30％増しに設定する。

なお、作物条件が良好で適正な調整が行われた場合には、オペレータが運転席からカッターバーを見下ろすと、穂先が一様に手前方向に「さわさわ」なびくように見えると言われている。

イ．脱穀部

脱穀部で主な調整項目は、シリンダ回転数・コンケーブクリアランスの２項目である。

a．シリンダ回転数

シリンダの周速度が25～30m／sの範囲となるように設定する。速すぎると損傷粒が、遅すぎると未脱損失が増加するため、これらの項目をチェックしながら、回転数を調整する。

b．コンケーブクリアランス

メーカーの推奨値を目安とするが、狭すぎると損傷粒が、広すぎると未脱損失が増加するため、状況に応じて微調整を行う。

ウ．選別分離部

選別分離部の中で、ストローウォーカは基本的には工場出荷時の状態で使用する。

チャフシーブ・グレンシーブの開度とファンの風量は、飛散粒とグレンタンクの夾雑物の量に応じて調整を行う。飛散粒は、風選により機外に排出される穀粒で、チャフシーブの開度が狭すぎる、風量が多すぎる、チャフシーブを通過するわら屑量が多いなどの場合に発生が増加する。

エ．ロスモニタの活用

最近の機種には、穀粒のささり粒や飛散粒の発生をセンサーで測定し、運転席のモニタに表示するロスモニタが装備されている。このロスモニタの表示値の増減をもとに、作業速度や刈り高さを調整することで、損失を低減することが可能である。

⑶　農作業安全

コンバインによる作業中の事故発生を防ぐために、ヘルメット・安全靴の着用、エンジン始動・発進・後退時の合図の徹底、調整時のエンジンの停止など安全には万全の注意を払う。

表１　コンバイン収穫損失と損傷の発生要因

項　目	発生要因	
	作　物	機　械
頭部損失	①子実水分が低い ②倒伏の発生	①リール回転数が不適 ②作業速度が不適 ③リール作用位置が不適
未脱損失	①子実水分が高い	①シリンダ回転数が遅い ②コンケーブクリアランスが広い ③送塵弁の開度が大きい（国産普通型）
ささり損失	①わら水分が高い	①処理量が過多である （作業速度が速い・刈高さが低い） ②処理量の変動が大きい
飛散損失	①粒重の変動	①ファンの風量が大きい ②チャフシーブの開き量が不足している ③エクステンションシーブの開き量が不足している
損傷粒	①子実水分が高い	①シリンダ回転数が早い ②コンケーブクリアランスが狭い ③わら量が不足している（刈高さが高い）

４．収穫後の小麦の取り扱いと乾燥

⑴　一時堆積と実干し

小麦の収穫期は、気温、湿度が高いので、脱穀後の子実を放置すると異臭の発生や変質が起こりやすく、特に高水分の場合は急激に発熱し始め変質する。発熱は、子実や穀層内に存在する微生物の呼吸熱が蓄積するために起こるといわれており、通気を行う必要がある。

高水分時の刈り取りや降雨前の刈り取りでは、乾燥施設の能力以上の小麦が刈り取られ、一時的にトラックに積み置きされる例があるが、図５に示すように、穀層が厚くなるにしたがい発熱が多くなり、短時間の内に異臭や変質を引き起こしてしまうので十分注意が必要である。

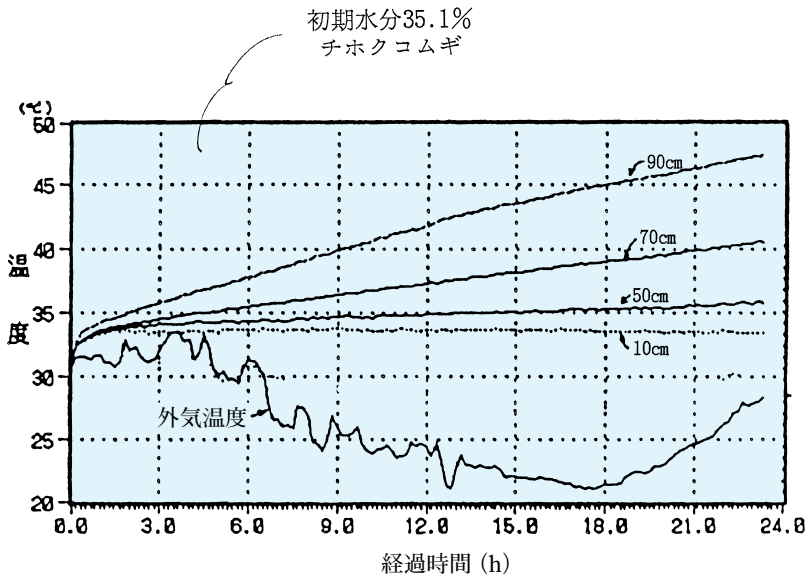


図５　高さ別発熱試験時の温度経過（十勝農試一部改）

⑵　乾燥

小麦の乾燥を行う場合、品質の維持向上の面から、熱風温度（穀温）・乾燥速度の２項目を考える必要がある。

ア．熱風温度（穀温）

小麦は高温乾燥を行うと、酵素力の低下、蛋白の変成、でん粉の変化に伴う加工適性の劣化等の品質低下を招くとされている。一般的に穀温が40℃以上となると、品質低下が発生しやすいとされており、熱風温度は穀温が40℃を超えないよう設定する。

送風温度と穀温の関係は、乾燥部と貯留部の容量の割合、風量比、乾燥部の流量などに大きく影響される。最近の乾燥機では、小麦用に合わせた温度管理を自動的に行う機種も増えてきているが、乾燥中の子実の状態や乾燥機の排気温度などをチェックして、乾燥による品質低下を防止することが必要である。

また、図６によると、送風温度によって穀温の上昇時期が異なり、送風温度が低い場合は穀粒水分が20％以下になるまでは穀温の上昇は少ない。しかし20％以下になると急激な上昇が見られる。また、送風温度が高い場合は、かなり早い段階から穀温の上昇が見られる。

さらに熱風温度は乾燥開始時の子実水分と密接な関係にあり、乾燥開始時の子実水分が高いほど熱風温度の上限は低くなる。なお、乾燥した麦が本来のあめ色にならないで白くぼけてしまう、いわゆる「退色粒」は、高水分小麦を高温乾燥した場合に発生する現象である。

発芽率について見た場合、乾燥開始時の子実水分が30％付近から熱風温度50℃区に発芽低下が見られ、45％の高水分子実の場合、熱風温度40℃でも60％程度に発芽率が低下する例が認められた（十勝農試）。なお、「春まき小麦では内部品質を考慮すると子実水分35％を上限に収穫し、熱風温度45℃以下で乾燥することが望ましい。」とされている（平成13年指導参考事項）。この収穫・乾燥方法は秋播小麦でも適応可能であるため、参考とされたい。

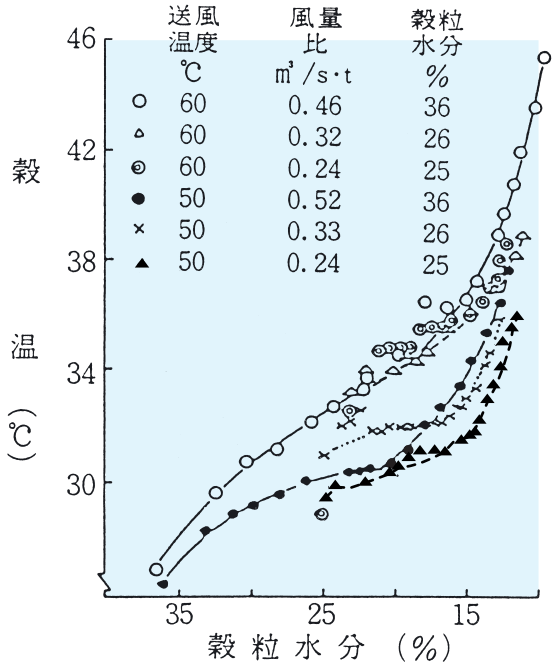


図６　乾燥条件が乾燥中における穀温上昇に及ぼす影響（1985）

（福井県農業試験場）

イ．乾燥速度

乾燥速度（毎時乾減率：％／時）が大きいと急激に乾燥が進み、品質低下を招く。熱風乾燥では、乾燥速度２％／時が発芽率を90％以上とする限界と考えられ、これ以下に設定することが望ましい。

⑶　二段乾燥

乾燥施設等の効率利用を図るため、一次乾燥の目標水分である穀粒水分17％に低下した時点で一時貯留を行い、数日以内に仕上げ乾燥を行う「二段乾燥」の体系が広く行われている。

この場合、一時貯留の状態は「乾燥途中」であることを十分認識し、貯留する前にあら

かじめ穀温を20℃以下に下げておく、原則的には通風装置のある貯留ビンで一時貯留を行うなどに留意する。また乾燥機が空いた時点で、すみやかに仕上げ乾燥を開始する必要がある。

なお、やむを得ず通風装置のないスチールコンテナやフレキシブルコンテナ（以下フレコンと称する）等で、一時貯留を行う場合には、穀温が高いほど貯留中にカビが発生するリスクが高まることから、穀温と通気性の管理がポイントとなる。

図７の事例では、１次乾燥終了後（子実水分約18%）、そのままフレコンに詰めて一時貯留した場合の穀温の変化を調べたものである。フレコンの上部を開放した状態でも穀温は一時上昇し、フレコン内部の穀温が張り込み時の穀温に戻るのに、おおよそ３日を要していることが示されている。

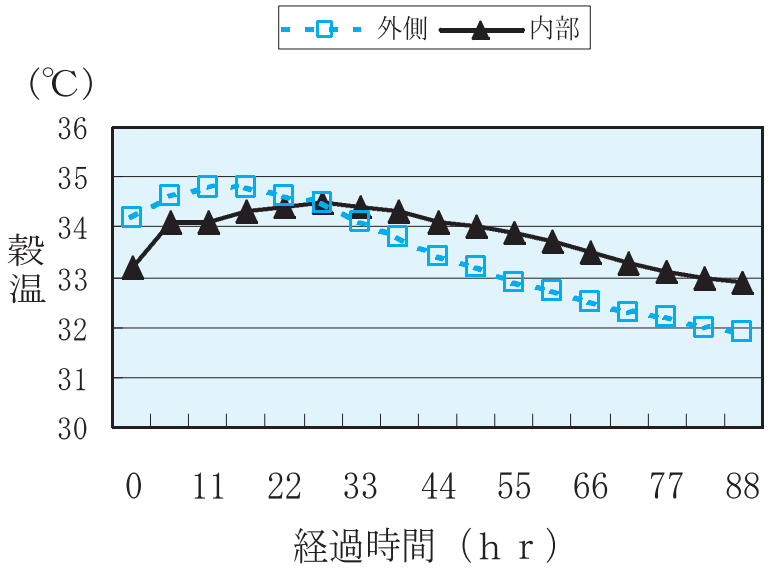


図７　一時貯留中の穀温の変化（子実水分18%、フレコン利用）
（中央農試技術普及部、空知南西部普及センター2001年（H13））

図８の事例では、一次乾燥終了後（穀粒水分16.7%）、常温通風して穀温を下げてからフレコンに詰めて一時貯留した場合の穀温の変化を調べたものである。この調査では貯留時の子実水分が低いにもかかわらず、10日後にはフレコン下部に異臭が発生し、２週間以内に２段積み下部のフレコンに白カビが発生していた。これはフレコンを２段積みした場合、荷重による圧縮によってフレコン内の通気性が低下し、フレコン内部に熱が蓄積することで、穀温の低下が妨げられたためと考えられる。

以上のことから、フレコンでは原則として積み重ねをしない、やむを得ず行う場合はフレコンをスチールコンテナなどに入れて圧縮を防止するとともに、フレコン上部を開放し、十分な空間を確保するなどに留意する。

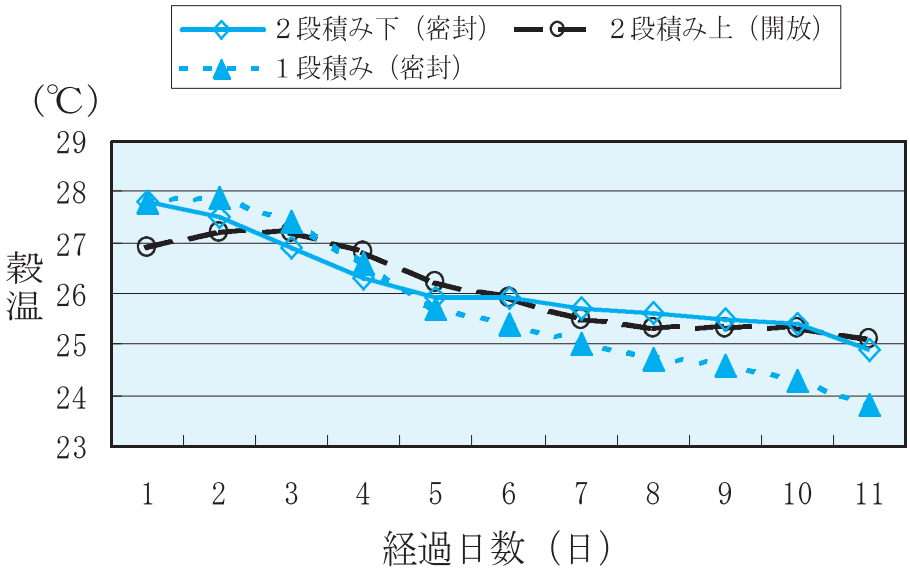


図８　フレコンによる一時貯留時の穀温変化
（中央農試機械科2001年）

５．高水分小麦の収穫乾燥作業

高水分の小麦を収穫する場合には、普通コンバインでは子実水分40％程度の小麦を収穫することは可能であるものの、退色粒などによる品質低下を防ぐために子実水分35％以下になってから、収穫を開始することが望ましい。

この場合、未脱やささりなどの損失や損傷粒が発生しやすいため、これらの項目をチェックしながら、刈り高さ・作業速度・シリンダ回転数・コンケーブクリアランス・シーブ開度・ファン風量などを調整しながら作業を行う。

なお高水分小麦の収穫作業能率は、適期収穫における作業能率の85％程度と見積もられている（十勝農試）。

高水分子実の乾燥を行う場合には、品質低下を防止するために、熱風温度は45℃以下、乾燥速度は２％／時程度が望ましい。

また高水分子実は夾雑物の混入が多く、流動性が悪いことから、乾燥機内でもトラブルを発生しやすい。このため、乾燥機への満量張り込みを避ける、粗選機を利用して夾雑物を除去するなどの対策が必要である。

６．DON濃度低減のための調製法

ここでは、平成17年普及推進事項「小麦のデオキシニバレノール汚染低減のための乾燥調製法」と、平成19年普及推進事項「デオキシニバレノール（DON）に対応した小麦調製法と貯

蔵中におけるDONの消長」から概要を抜粋して記述する。

(1) 半乾貯留中におけるDON 濃度の推移

図９は半乾貯留中のDON 濃度の推移を示し、貯留開始時の水分条件に関係なく、小麦中のDON濃度は徐々に増加し、特に貯留開始時のDON濃度が高い場合は、増加が顕著であった。このため一時貯留はできるだけ短期間とし、すみやかに仕上げ乾燥を行うことが重要である。

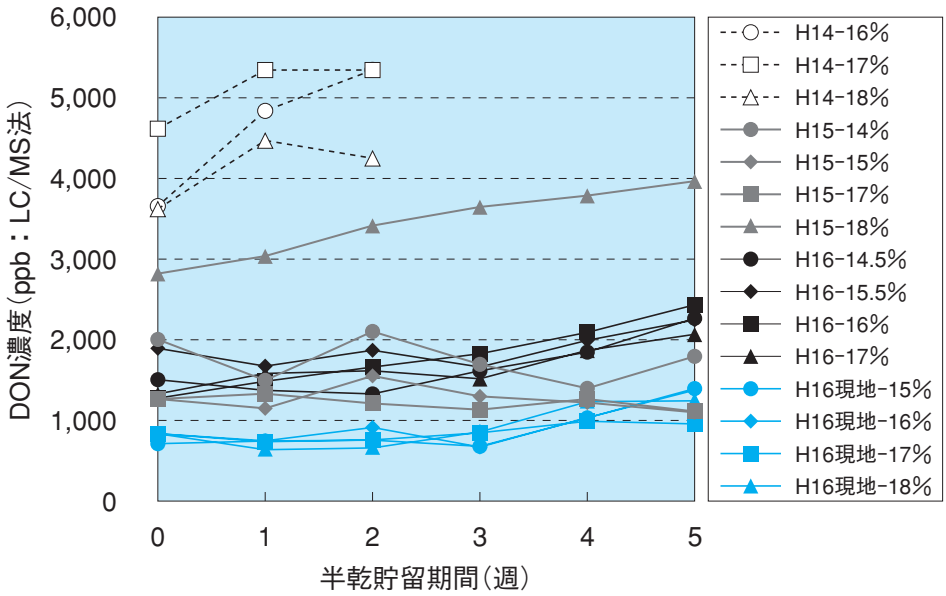


図９　半乾貯留中のDON濃度の推移

（H14「ハルユタカ」H15－16「春よ恋」：中央農試）

＊）DON 濃度はELISA 法（協和メデックス社委託）

(2) 選別機によるDON濃度調製法

ア．粒厚選別機による調製

表２に粒厚選別機によるDON濃度の低減例を示す。同一原料中においては子実の粒厚が厚いほどDON濃度が低くなる傾向にある。ただし、粒厚とDON濃度の関係は原料によって変動するため、粒厚選別のみでDON濃度を暫定基準値以下に調製することは困難である。

表２　粒厚選別機によるDON濃度低減例

年　度	品種名	区　分	篩目サイズ	流量 (t/h)	歩留（%）	DON濃度＊ (ppb)	赤かび粒率（%）	容積量 (g/l)
H14	「ハルユタカ」	原料		4.42	(100)	3,594	1.30	835
		製品	2.3㎜網上	3.12	71	1,815	0.20	840
		屑	2.2～2.3㎜	1.30	19	6,190	2.10	813
			2.2㎜未満		10	7,063	2.60	778
H15	「春よ恋」	原料		4.40	(100)	2,735	0.45	823
		製品	2.3㎜網上	4.30	97	2,453	0.15	840
		屑	2.3㎜未満	0.10	3	4,412	0.20	787

イ．比重選別機による調製

表３に比重選別機によるDON濃度の低減例を示した。原料によって歩留は大きく異なるが、DON濃度が2,000～3,600ppbの小麦でも比重選別機によって、製品のDON濃度を暫定基準値1.1ppm以下に調製することが可能であった。

表３　比重選別機によるDON濃度低減例（原料DON濃度が高い事例）

試験番号	機種名 品種名	区　分	流　量 (t/h)	歩　留 (%)	DON濃度＊ (ppb)	容積量 (g/l)	赤かび粒率（%）	備　　考
1	Max iCap4800 「ハルユタカ」	原料	11.28	100.0	2938	837	1.20	*ELISA法
		製品	10.34	91.7	707	848	0.40	（協和メデックス社委託
		くず	0.94	8.3	15880	799	6.20	分析）
2	Max iCap4800 「春よ恋」	原料	6.93	100.0	2154	844	0.15	*ELISA法
		製品	4.50	65.4	800	852	0.00	（協和メデックス社委託
		くず	2.37	34.6	5011	822	0.70	分析）
3	GA712 「ハルユタカ」	原料	0.71	100.0	3665	840	2.67	*ELISA法
		製品	0.40	93.3	852	861	0.03	市販キットベラトクスボミトキシン
		くず	0.03	6.7	43034	697	16.77	FAST DON 5／5

(3)　比重選別機でDON濃度を低減するためのELISAキット活用法

同一原料中において、原料、製品、屑試料の容積重とDON濃度には直線的な関係があることから、DON濃度の測定を市販のELISAキットを用いて、簡便に製品のDON濃度を目標値に近づけるよう調製することが可能である。

図10にELISAキットとブラウエル穀粒計を用いた比重選別機でのDON濃度調製法の流れを、表４にその手順を示した。調製原料毎に原料と予備稼働で得た製品および屑サンプルのDON濃度を市販のELISAキットで、容積重をブラウエル穀粒計でそれぞれ測定し、

この３点による回帰直線を求めることにより、選別機の仕切板を調節した後のおよそのDON濃度を簡便な容積重測定によって推定する。現場におけるDON濃度分析は、予備稼働によるサンプリング30分間を含め約95分間で行うことができる。

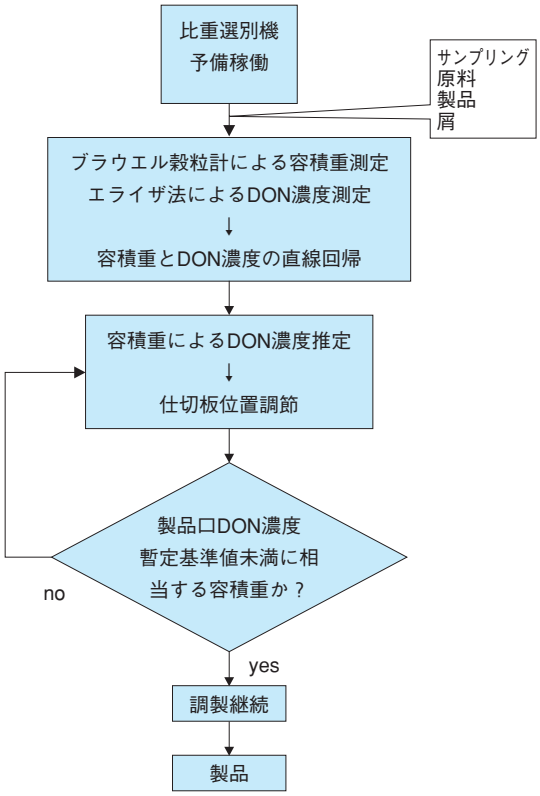


図10　ELISAキットを用いた比重選別機でのDON濃度調製法の流れ

表４　比重選別機での調製法におけるDON濃度分析手順

作業工程		作業内容	所要時間（分）
予備稼働	試料の採取	①原料、②製品、③屑	30
粉砕・抽出	水分測定	近赤外分析装置等を用いて子実水分を測定する	1.5
	粉砕試料の計量	小麦子実100ｇを計量する	1.5
	試料の粉砕	１㎜の篩を通過するよう粉砕	10
	抽出試料の計量	粉砕物５ｇを計量する	1.5
	抽出液の準備	蒸留水25㎖を計量する	1.5
	抽出	シェーカーで３分間振騰する	4
	分離	Whatman №１ろ紙で濾過する	10
DON濃度の分析	分析	ELISAキットにより分析する	30
	測定と算出	吸光度計で吸光度を測定しDON濃度を算出する	5
合計			95

図10、表４に示す方法で平成16年に室内及び現地施設における調製を実際に行った。30

分間の予備稼働により容積重とDON濃度の回帰直線（図11、図12、図13）を求め、想定したDON濃度での容積重になるよう調節を行った後、30分間本稼働での製品をサンプリングした。施設のオペレータによる比重選別機のデッキ出口仕切板の調節は５分程度で行えた。調製結果を表５に示す。予備稼働によって求めた回帰直線から目標としたDON濃度に相当する容積重になるよう仕切板位置等を調節し、設定したDON濃度に近い製品を得ることができた。現地試験２、試験３ではDON濃度が低い原料による試験であったが、試験１同様に想定したDON濃度に近い製品を得ることができた。

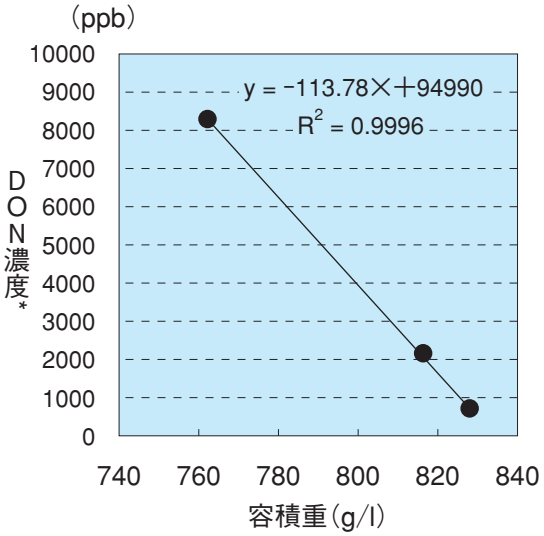


図11　予備稼働における容積重とDON　濃度（試験１）

＊)DON濃度は市販のペラトクスボミトキシン５/５（最低検出濃度100ppb、最低定量濃度250ppb）

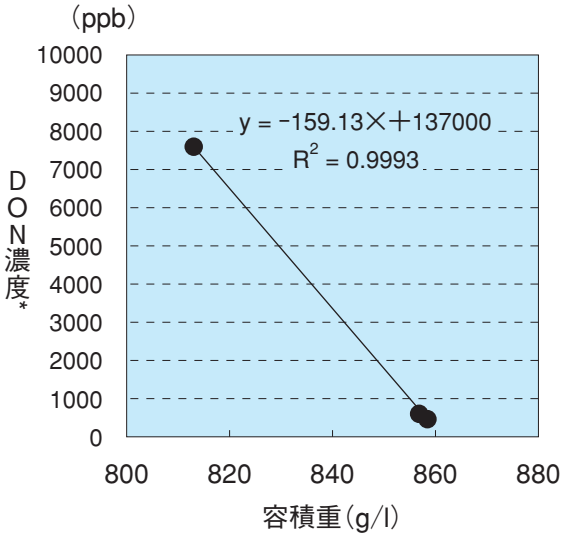


図12　予備稼働における容積重とDON　濃度（試験２）

＊)DON濃度は市販のペラトクスボミトキシン５/５（最低検出濃度100ppb、最低定量濃度250ppb）

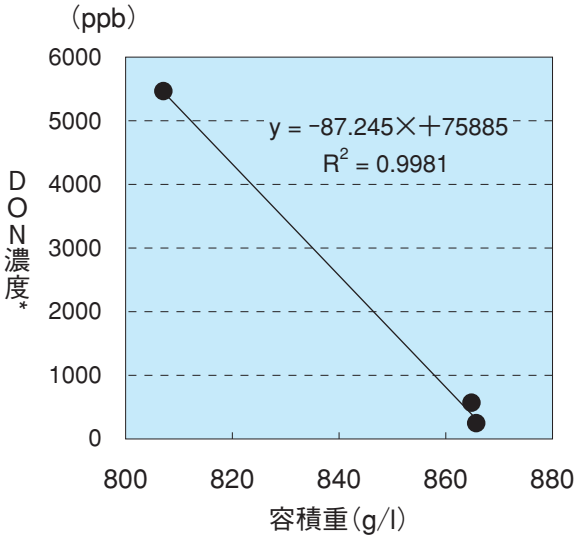


図13　予備稼働における容積重とDON濃度（試験３）

＊）DON濃度は市販のペラトクスボミトキシン５/５（最低検出濃度100ppb、最低定量濃度250ppb）

表５　比重選別機による調製結果

試験番号	区分	選別機予備稼働 DON濃度* (ppb)	容積重 (g/l)	流量 (t/h)	歩留 (%)	予備稼働からの設定値 調節	DON濃度* (ppb)	容積重 (g/l)	調製後 DON濃度* (ppb)	容積重 (g/l)	流量 (t/h)	歩留 (%)	備考
1	原料	2116	817	0.65	100.0	調節板開度を適宜調節	500	830	514	833	0.93	100.0	室内試験
	製品	714	828	0.48	98.3						0.39	83.2	GA712
	屑	8278	762	0.01	1.7						0.08	16.8	「春よ恋」
2	原料	520	857	5.43	100.0	仕切板	300	860	314	861	5.28	100.0	現地A
	製品	413	859	5.25	96.7	5mm狭める					4.73	89.7	MAXICap4800
	屑	7633	813	0.18	3.3	35mm広げる					0.54	10.3	「春よ恋」
3	原料	549	865	1.81	100.0	仕切板	150	868	153	872	1.38	100.0	現地B
	製品	202	866	1.67	92.1	19cm狭める					1.27	91.7	HiCap2400
	屑	5476	807	0.14	7.9	10mm広げる					0.12	8.3	「ハルユタカ」

この方法は原料のDON濃度が高く、予備稼働時の製品のDON濃度が暫定基準値を超えた場合に、暫定基準値以下に調製するために活用する。

例えば表６、図14のように、荷受けの段階からDON濃度が高いと想定された原料の調製に際し、施設のオペレータが経験に基づく調節を行って予備稼働を行い、原料、製品、屑口のサンプリングを行う。それらのDON濃度と容積重を求め、直線を当てはめる。当てはめた直線の回帰式を用いて、目標とするDON濃度を式に代入し、そのときの容積重を求める（外挿）。次に容積重が現状の848ｇ／ℓから３ポイント（ブラウエル値で0.5）大きい851ｇ／ℓになるよう比重選別機の屑口や戻り口の仕切板位置等を調節する。ここで、目標とするDON濃度は、最終的に機器分析による自主検査を受けるので、施設のオペレータが暫定基準値以下の値に決定すれば良い。しかし、使用する市販のELISAキットは測定値1.1ppmの時±400ppbの誤差を見込んでおり、700ppb以下であれば1.1ppmが保証されると判断して良い。

（参考：平成15年４月18日15食糧第166号）

表６　調製手順

手順			x：容積重 (g/リットル)	y：DON濃度* (ppb)
1	予備稼働	原料	825	3600
		製品	848	1500
		屑	770	11500
	回帰式を求める。y＝－131.32x＋112461			
2	目標DON濃度を設定する。		700	ppb
	容積重の目標値を計算する。		851	g/l
3	目標容積重に合わせて調節する。			

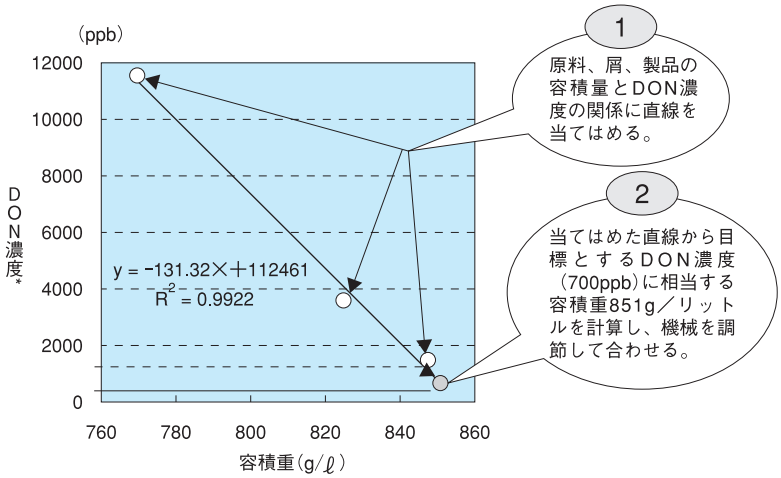


図14　ELISAキットを活用した比重選別機の調節法

なお乾燥調製施設では乾燥機の容量が大きく、荷受けした複数の原料を１つにして乾燥を行うことが多い。乾燥中、通風式貯留槽などへの投入・排出を繰り返し行うが、小麦は完全に均一になることはない。このため乾燥後、調製する前の原料小麦を調査した結果では、荷受け原料の違いに由来するDON濃度のばらつきが見られる（表７）。これらのことから、比重選別機本稼働による製品のDON濃度が、予備稼働で求めた直線から外れる場合があるため、原料のDON濃度が高い場合には、出荷前に製品のDON濃度を常にチェックする必要がある。

表７　同一の調製前原料におけるDON濃度のばらつき

	DON濃度（ppb M）	容　積　重（g/ℓ）	赤かび粒率（%）
1	420	833	0.05
2	380	842	0.00
3	470	840	0.10
4	600	842	0.05

注）20トンのロットを10分毎に同量サンプリングし、４試料に合成縮分した

また赤かび粒の混入が見られる原料を比重選別機を用いて選別する場合（ただし、赤かび粒率1.87%以下の条件）、製品口の赤かび粒率が0.049%未満となるように、比重選別機の仕切板の位置を調整することで、同時に整粒割合とDON濃度は、それぞれの基準値をクリアすることが確認されている（図15）。

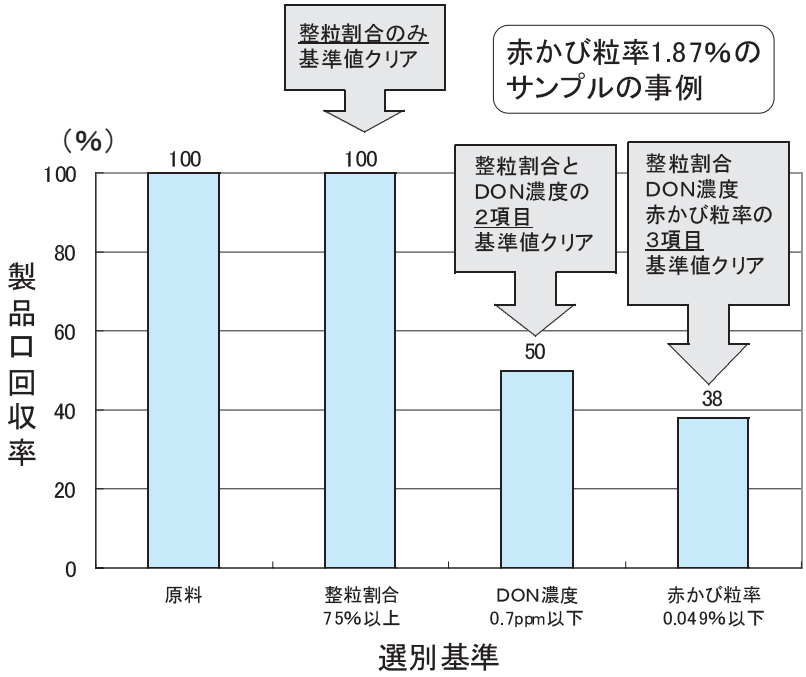


図15　選別基準別の比重選製品口割合（平16年、品種「春よ恋」）

(5)　光学式選別機を利用した新たな小麦調製体系

近年、近赤外線センサーに搭載した新たなベルト式光学式選別機が開発され、その活用方法が検討されている。

近赤外センサーを搭載した光学式選別機の原理としては、赤かび粒が健全粒に比べ近赤外線の波長域の光を透過しにくい特性に基づいており、より高精度な選別が可能である。

このベルト式光学式選別機について、選別後赤かび粒が0.05%未満とするためには、選別機を通す材料の赤かび粒（選別前の赤かび粒率）は、1.4%以下としなければならない（表８）。

表８　赤かび粒に対する光学式選別機の選別性能

機種 品種	赤かび粒率（%） 選別前	 選別後	除去率 （%）
Au－300 春よ恋	0.400	0.008	98.0
	0.800	0.028	96.5
	1.400	0.041	97.1
	1.964	0.123	94.0
	3.485	0.194	94.8

光学式選別機を利用した体系（図16）は、比重選別機だけを利用する体系と比べて、製品の赤かび粒率・DON濃度が低くなると同時に、製品歩留は大幅に改善される（表９）。

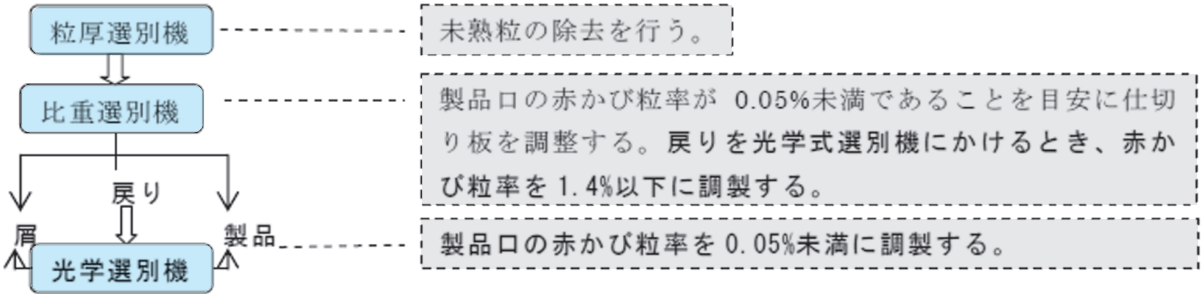


図16　光学式選別機を利用した新たな調製体系

表 9　選別体系の赤かび粒率・DON濃度・製品歩留

試験No.	原料				比重選戻り口			比重選別（戻りを再選別）						光学式選別機					
											製品組成（%）						製品組成（%）		
	整粒割合 (%)	赤かび粒率 (%)	DON濃度 (ppm)	容積重 (g/l)	赤かび粒率 (%)	DON濃度 (ppm)	容積重 (g/l)	赤かび粒率 (%)	DON濃度 (ppm)	歩留まり (%)	整粒 (%)	開溝未熟粒 (%)	病虫害粒 (%)	赤かび粒率 (%)	DON濃度 (ppm)	歩留まり (%)	整粒 (%)	開溝未熟粒 (%)	病虫害粒 (%)
1	73.6	0.70	1.39	835	0.08	0.53	837	0.045	0.40	87.6	86.1	6.3	7.0	0.004	0.30	90.8	90.7	4.2	3.6
2	83.3	0.16	0.74	833	0.07	0.41	822	0.045	0.37	90.5	91.6	2.4	4.4	0.008	0.19	92.9	90.6	5.0	3.3
3	73.0	0.13	0.76	816	0.18	1.06	838	0.046	0.63	51.0	86.1	10.0	3.2	0.008	0.47	89.5	92.3	5.2	1.9
4	89.9	0.68	1.18	839	0.45	0.87	830	0.041	0.00	76.0	90.7	7.2	1.8	0.000	0.00	91.9	84.8	12.9	1.9
5	86.6	0.19	0.93	839	0.25	0.26	831	0.026	0.00	76.0	91.0	7.8	1.1	0.000	0.00	90.9	87.9	10.5	1.5
6	71.2	0.24	1.41	829	0.19	0.67	817	0.038	0.35	80.8	90.6	6.6	2.2	0.000	0.30	91.6	88.1	9.2	1.9