

## 令和4-6年度豆類振興事業試験研究

## 「小豆のコンバイン収穫向け系統選抜の取組み」

(地独)北海道立総合研究機構十勝農業試験場  
豆類畑作グループ研究主任 長澤秀高

## 1. 北海道の小豆収穫体系について

北海道の小豆生産は国産の94%を占め（農林水産統計、令和5年）、国内最大の産地です。北海道産小豆は実需者から品質を高く評価され需要が高い一方、気象や病害虫の影響を受け、生産年によって生産量が大きく増減するため、安定した作付面積の確保が必要です。しかし、担い手不足に伴う一戸あたり作付面積の増加から、より省力的な栽培体系が求められているものの、小豆は収穫作業に10aあたり4.2時間と同じ豆類である大豆の1.9時間と比較して、2倍以上の時間を要しています（図1）。

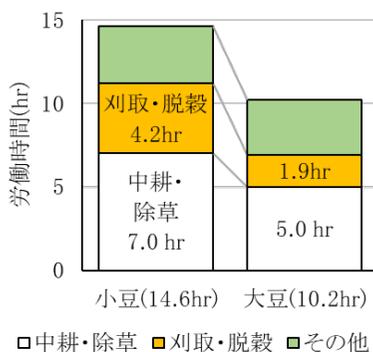


図1 小豆および大豆の10aあたり作業別直接労働時間（農林水産統計、2003年）

小豆の収穫体系はピックアップ収穫体系（以後、ピックアップ収穫）とコンバインによるダイレクト収穫体系（以後、ダイレクト収穫）の大きく分けて2種類あります（図2）。ピックアップ収穫はビーンカッターと呼ばれる乗用型の刈り倒し専用機により茎を地際で切断し倒した後、ビーンスレッシャーと呼ばれるトラクタ牽引型の機械またはピックアップヘッダを装着した汎用コンバインにより拾い上げと脱穀を行う方法です。一方、ダイレクト収穫は刈り取り、拾い上げ、脱穀を1工程で行うため、ピックアップ収穫よりも省力的に収穫可能です。ダイレクト収穫で使用される刈り取り部（ヘッダ）には、畦ごとに刈り取る豆類専用のロークロップヘッダと、水稻・麦類・大豆を収

穫可能で刈り取り部の幅全体を面で刈り取るリールヘッダの2種類があります。ロークroppヘッダは丸鋸刃により地際で刈り取り拾い上げるため、収穫ロスを少なくすることが可能で、2条刈りと4条刈りがあります。しかし、ロークroppヘッダでは畦にヘッダを合わせるため、特に4条刈りでは操作が難しく能率が下がる点、豆類専用であることから豆類の作付面積が小さいと過剰投資となる点がデメリットです。一方で、リールヘッダは汎用性が高く、海外製の大型コンバインの様に広い刈り幅で作業効率が高い機体もありますが、刈り取り幅が広がるほど凸凹したほ場内で刈り刃の高さを地際から10cm以下にキープして収穫することが難しく、倒伏しやすく地上10cm以下に着莢がある小豆は収穫ロス低減が難しいことが問題です。これらのことから、ダイレクト収穫への関心は高いものの、北海道における小豆の収穫体系はより時間のかかるピックアップ収穫が未だ首位となっています(図3)。

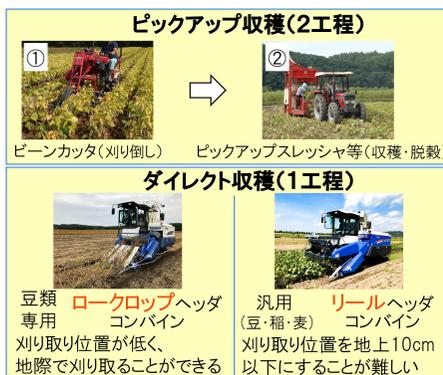


図2 北海道における小豆の収穫体系

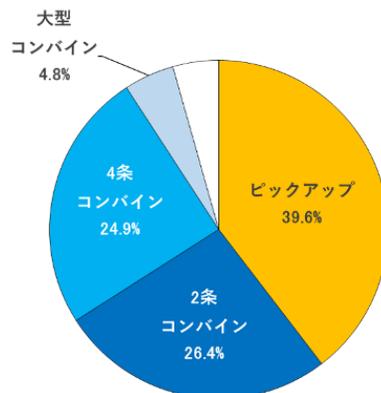


図3 北海道における小豆の収穫体系別割合(北海道農政部調べ、令和5年)

## 2. 北海道立総合研究機構におけるコンバイン収穫向け小豆品種開発の取組み

ピックアップ収穫よりも省力的なダイレクト収穫を可能とするために、北海道立総合研究機構(以下、道総研)では20年ほど前から地際の着莢が少ない草型を有する小豆品種の育成に取り組んできました。地際の着莢を少なくするため、地際から初生葉節まで(胚軸)が長い特性を有する長胚軸系統の開発を進めておりましたが、初期の育成系統はいずれも既存品種より耐倒伏性が劣り、低収であったことから、コンバイン収穫向け小豆品種の需要は高まる一方で新品種育成は実現しておりませんでした。加えて、小豆主産地で

ある道東地域におけるリールヘッドコンバインによる収穫試験事例は少なく、小豆の草型特性が収穫ロスに及ぼす影響、および、小豆のリールヘッドコンバイン収穫による収穫ロスがどのように発生するのか明らかになっておりません。さらに、コンバイン収穫では、脱穀選別部における廃わらの詰まりを軽減するため、植物体が乾燥するまで収穫を待つことが多く、リールヘッドコンバイン収穫においては乾燥条件でリールに叩かれた莢が刈取り時に裂莢し、収穫ロスになることが懸念されます。しかし、小豆の難裂莢性についてはこれまで検討されていません。これらを解決するため、令和元年より豆類振興事業の助成を受け、コンバイン収穫向け新品種開発を強化してきました。ここでは豆類振興事業“道東畑作地帯における小豆コンバイン収穫適性向上のための系統選抜指針の作成（令和元～3年）”、および“小豆コンバイン収穫向け系統における選抜・評価体系の最適化と開発強化（令和4～6年）”の2課題における成果を紹介いたします。

豆類振興事業“道東畑作地帯における小豆コンバイン収穫適性向上のための系統選抜指針の作成”において、小豆の草型特性が収穫ロスに及ぼす影響およびリールヘッドコンバインによる収穫ロスがどのように発生するのかを明らかにすること、長胚軸系統を選抜する際の指針の開発、既存品種より裂莢しにくい遺伝資源の探索を目標に試験を実施しました。

リールヘッドコンバインによる収穫試験を実施し、刈り取り部でのロス（以後、ヘッドロス）と脱穀選別部ロスを合わせた総収穫ロスにおいてはヘッドロスと総収穫ロスがほぼ一致することから、ヘッドロスが大部分を占めるこ

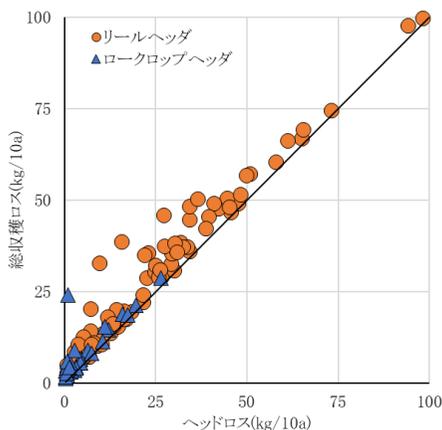


図4 リールヘッドおよびロークロープヘッドコンバインのヘッドロスと総収穫ロスの関係

とを明らかにしました(図4)。さらに、主茎長や胚軸長など様々な草型関連形質がヘッドロス発生に影響すると仮定し、草型関連形質について変数選択およびパラメータ推定を実施しました。その結果、地上10cm莢率が低いほどヘッドロスは少なくなり、既往の選抜方法の妥当性が検証されました。このことから、長胚軸系統の選抜においては地上10cm莢率を選抜の指針にすることが望ましいと考えられました。

加えて、小豆既存品種よりも裂莢しにくい特性を付与するため、裂莢性の評価方法の確立と難裂莢遺伝資源の探索を実施しました。裂莢性の評価方法として、浸水処理4時間後、60℃48時間熱風乾燥処理し、裂莢程度を算出しました。令和2~3年で13品種、24育成系統、138遺伝資源の裂莢程度から成熟莢の裂莢性を評価し、累年で6点を難裂莢と判定しました(表1)。また、令和3年度に「WyR-5058」を母本とした交配を実施し、現在、別課題において集団選抜を実施しながら世代を進めています。

表1 品種・系統および遺伝資源の裂莢程度

分類	品種系統名	試験年次	裂莢程度	非裂莢率	分類	品種系統名	試験年次	裂莢程度	非裂莢率
現行品種	きたろまん	R2	5.0	78.0	遺伝資源及び育成系統	WyR-8091	R2	1.3	92.9
		R3	10.8	51.4			R3	1.4	91.4
		平均	7.9	64.7			平均	1.4	92.2
	エリモ167	R2	8.4	64.5		十育153号	R2	1.4	93.5
		R3	9.3	56.4			R3	3.9	75.0
		平均	8.9	60.5			平均	2.7	84.3
遺伝資源	WyR-5058	R2	0.0	100.0		十育175号	R2	1.4	91.9
		R3	1.2	94.3			R3	2.1	86.8
		平均	0.6	97.2			平均	1.8	89.4
	WyR-8090	R2	1.2	91.1		小豆(W69)	R2	2.7	91.5
		R3	1.7	92.5			R3	2.1	88.2
		平均	1.5	91.8			平均	2.4	89.9

注1) 処理は4時間浸水処理後、48時間60℃で熱風乾燥。

注2) 裂莢程度および非裂莢率は2反復の平均。莢数は各反復39~74莢。

注3) 裂莢程度 =  $\sum(\text{各指数} \times \text{当該個体数}) / (4 \times \text{調査莢数}) \times 100$

注4) 裂莢指数は、0: 無裂開、0.5: 莢長の半分以下の隙間、1: 莢長の半分以上の隙間、2: 莢の半分未満が裂開、3: 莢の半分以上が裂開、4: 完全裂開。

注5) 非裂莢率 = 裂莢指数“0”の莢数 / 調査莢数  $\times 100$

この課題の残された問題として、コンバイン収穫向け系統の選抜指針の有効性検証のため、地上10cm莢率および胚軸長を重要視した系統選抜を実施し、選抜された有望系統についてリールヘッダコンバインによるダイレクト収穫でのヘッドロス評価を行う必要がありました。加えて、コンバイン収穫試験は調査人員および時間、試験区面積を多く必要とするため、より効率的な試験方法の検討が必要でした。これらの問題解決のため、豆類振興事業“小豆

コンバイン収穫向け系統における選抜・評価体系の最適化と開発強化”において、コンバイン収穫向け中後期世代系統についてコンバイン収穫向け選抜指針に基づいた有望系統の選抜、およびコンバイン収穫試験による有望系統のヘッドロス評価、並びに効率的なコンバイン収穫試験方法の検討を実施しました。

コンバイン収穫向け中後期世代系統（F<sub>6</sub>世代）について1区当たり3㎡、2反復で栽植し、コンバイン収穫向け有望系統の選抜指針を基に他農業特性も加味して選抜を実施しました。3年間でのべ71系統を供試し、令和4年は後の「十育187号」を含む7系統、令和5年は後の「十育189号」を含む8系統、令和6年は11系統を有望として新十系系統として選抜しました。

次に、効率的なコンバイン収穫試験方法に検討についてです。従来のコンバイン収穫試験（慣行法）は、走行速度や脱穀選別部の内部流量の安定を図るため、助走として15m程度収穫しながら走行した上で、続く10m走行区間の収穫された子実（タンク収量）およびコンバイン後方から排出される廃わらを回収します。その後、地際から茎切断部上端までの刈高さの計測、刈り取り部で地上に落ちた子実の回収、およびコンバイン収穫区間付近での坪刈り（1坪程度を手刈りで収穫し、草型および子実重を調査）を実施するという手間のかかる方法で行います。このため、コンバイン収穫試験を実施するためには少なくともコンバインオペレーター1人、子実回収1人、廃わら回収2人、調査区の始めと終わりの合図や走行停止等を指示するためさらに1人を加えた5人が必要です（図5,6,7）。廃わらに含まれる子実のみ分別したものを脱穀選別部ロス、刈り取り部で落ちた子実をヘッドロスとし、タンク収量と脱穀選別部ロス重およびヘッドロス重を足した値を調査地点の収量とします。調査地点の収量に対する脱穀選別部ロス重またはヘッドロス重の百分率をそれぞれ脱穀選別ロスまたはヘッドロスとしています。加えて、調査地点の収量と坪刈り収量を比較することでタンク収量および収穫ロスがうまく回収できたかを確認します。このように、慣行法では広い試験区が必要な上、多大な労力がかかることから、供試できる品種・系統数が限られていました。そこで前課題で収穫ロスの大部分がヘッドロスであることが明らかになったことから、簡略法としてヘッドロス調査のみで系統評価が可能ではないかと考えました。調査対象をヘッドロスのみとし、脱穀選別部ロス調査をなくすことで廃わら回収の省略および助走区間の短縮につながり、省力化と試験区面積の

縮減から複数系統の評価が可能となります。さらにタンク収量の調査を省略し、坪刈り収量を試験区の収量とすることで労力の削減が可能です。簡略法の検証のために令和4～5年において、慣行法と簡略法のコンバイン収穫試験を実施し、得られた値を比較しました。その結果、前課題と同様に総収穫ロスに占めるヘッドロスの割合は高く、慣行法と簡略法の標準偏差は同様でした。さらに供試した3品種・系統のヘッドロスの順位は簡略法と慣行法で同様でした。加えて、簡略法の投下労働時間は0.72人時と慣行法の2.81人時と比べ大幅に削減されました（表2）。以上より、簡略法の妥当性と省力性が確認されたことから、簡略法によるヘッドロス調査結果を系統選抜に活用しました。

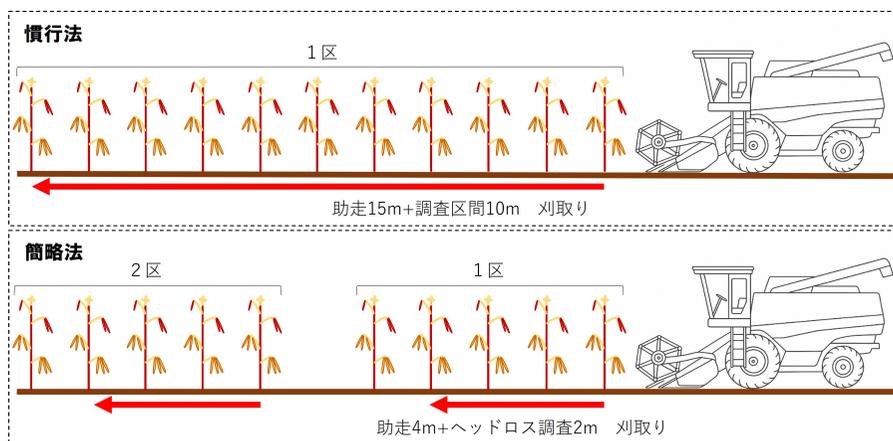


図5 コンバイン収穫試験イメージ



図6 慣行法のコンバイン収穫試験



図7 ヘッドロス調査(刈取部で地上に落ちた子実、莢や刈残しの回収)

表2 慣行法と簡略法によるコンバイン収穫試験結果と投下労働時間

試験方式	品種系統名	コンバイン収穫試験 (n=4)						投下労働時間 (人時)
		子実重 (kg/10a)	倒伏程度	刈高さ (cm)	収穫損失			
					頭部	脱穀選別部	総計	
(%)								
慣行	きたろまん	279	3.0	6.6	7.8	3.3	11.0	2.81
	きたいろは	456	2.3	7.0	5.4	2.1	7.5	
	十育186号	387	3.0	8.3	11.4	1.8	13.2	
簡略	きたろまん	385	3.0	6.0	8.2	-	-	0.72
	きたいろは	374	2.0	7.8	4.0	-	-	
	十育186号	369	3.0	9.2	14.5	-	-	

注1) 子実重：慣行法はコンバイン収穫による子実重、簡略法は坪刈りによる子実重。  
 2) 収穫損失：坪刈り子実重に対する頭部損失、脱穀選別部損失、総損失の重量比。以下、同様。  
 3) 投下労働時間：1試験区あたりに要する圃場および室内調査に係る人時の合計値。

コンバイン収穫試験の簡略法の検討と並行して、コンバイン収穫向け有望系統の簡略法によるヘッドロス調査を実施しました。十系および十育系統について1区当たり19㎡、2反復で栽植し、2条リールヘッダコンバインによるヘッドロス試験を1区当たり2反復実施しました。令和4年は「十育180号（きたいろは）」、「十育185号」を含む12系統、令和5年は「十育180号」、「十育186号」を含む9系統、令和6年は「十育187号」を含む12系統を供試し、ヘッドロス結果を系統選抜に活用しました。

加えて、令和5年に育成したコンバイン収穫向け品種「きたいろは」（詳細は後述）について、「きたろまん」を比較品種とし、芽室町農家圃場において、海外製大型リールヘッダコンバインにより150aのコンバイン収穫を実施し、収穫ロス調査を5.4㎡、2反復および坪刈り調査からタンク収量と総収穫ロスを概算しました。「きたいろは」の総収穫ロスは「きたろまん」より低く、タンク収量は同等であることを実証できました（図8）。

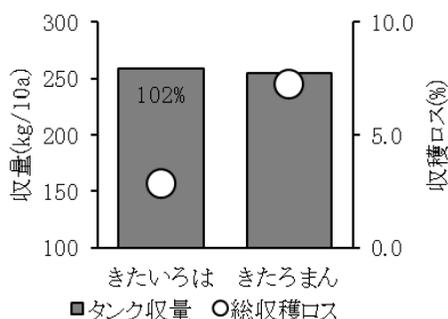


図8 デイレクト収穫によるタンク収量と総収穫ロス (令和5年、芽室町現地圃場)

注) グラフの百分比は「きたろまん」に対する「きたいろは」のタンク収量比を示す。

### 3. 「きたいろは(十育180号)」の育成について

道総研では上記の豆類振興事業助成を受け、令和5年にコンバイン収穫向けの早生普通小豆品種である「きたいろは(十育180号)」を育成いたしました(豆類時報 No.111、長澤秀高、令和5年6月)。「きたいろは」は対照品種の北海道で最も作付面積が広い「きたろまん」(作付面積8,728ha、令和5年)より、胚軸長が長いため着莢位置が高いことから、コンバイン収穫による収穫ロスが少ない特徴があります。加えて、10a規模で「きたいろは」および「きたろまん」の栽培試験を行い、コンバイン収穫を実施した結果、「きたいろは」の方が「きたろまん」より収穫ロスは少なく、実際にコンバインで収穫できた「きたいろは」の実収量は「きたろまん」並~やや多収となりました。しかし、「きたいろは」の全道の普及見込み地帯における手刈りによる子実重は「きたろまん」対比94%(令和2~4年、のべ31か所の平均値)と少ないことから、ピックアップ収穫等収穫ロスが出にくい収穫方法では優点をいかせない場合があります。

### 4. 今後のコンバイン収穫向け小豆品種開発について

道総研では継続してコンバイン収穫向け小豆品種開発に取り組んでおります。手刈りによる子実重においても既存品種より多収となるコンバイン収穫向け新品種や中生のコンバイン収穫向け新品種の育成等を目標に品種開発を進めております。既存品種に置き換えてコンバイン収穫向け品種が普及することにより、北海道における小豆生産の省力化が見込まれ、国内の小豆生産の安定化が図れると考えております。