

中山間地農業を支える集落営農におけるスマート農業技術を駆使した先進的水田複合経営の実証

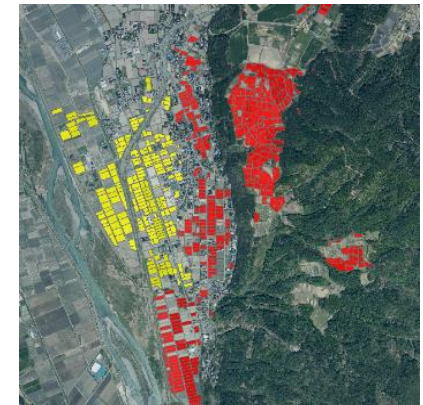
(農) 田原 (長野県伊那市)

背景及び取組概要

<経営概要 44.5ha(水稲34.5ha、小麦7ha、長ネギ1.5ha、りんご1.5ha)
うち実証面積:水稲15ha>

○中山間地農業を支える集落営農の直面する課題(高齢化、後継者不足、小規模水田、圃場分散、コスト高など)を打開するため、水稲と園芸品目を中心に、44.5ha農地の維持管理を担う農事組合法人「田原」において、各種スマート農業技術を体系的に導入し、削減される夏秋の労働時間を活用して、園芸品目を拡大する。

○到達目標は、水稲部門にスマート農業技術を導入して、省力化を実現し、その効果を活用して園芸作物を拡大し、経営全体の販売総額を10%程度向上。



田原経営農地
●・・・実証圃場エリア(約15ha)
●・・・実証圃場エリア外(慣行エリア:約30ha)

導入技術

自動運転トラクター

・耕耘、代かき作業の大幅な省力化の実現

直進アシスト 田植機

高密度播種苗導入及び軽労化の実現

自動水管理

・水管理の大幅な省力化を実現

マルチローター

・除草剤、殺虫剤散布の効率化、空撮による生育診断、作業受託

リモコン式 草刈り機

・畦畔管理の効率化実証

食味・収量コンバイン と乾燥システム

・効率的でタンパク質仕分けによる高収益化の実現



耕耘、代かき

田植え

水管理

防除、センシング、
(作業受託)

畦畔管理

収穫

目標に対する達成状況等

実証課題の達成目標

スマート農業技術を中山間に位置する実験農場に体系的に導入し、慣行体系と比べた経営的な効果を下記の目標として実証する。①自動運転トラクター：作業時間30%削減 ②直進アシスト田植え機：作業時間10%削減 ③自動水管理：作業時間50%削減 ④マルチローターによる雑草・病害虫防除：作業時間10%削減 ⑤空撮画像による生育管理：収穫量5%増加 ⑥リモコン畦畔草刈り機による畦畔管理：作業時間50%削減 ⑦食味・収量コンバインと連動した乾燥システム：販売価格10%向上 ⑧経営評価：販売額10%向上

各研究項目の現在の達成状況

- ①自動運転トラクターにより耕起及び荒代かきで50%作業時間が短縮した。
- ②直進アシスト田植機は、慣行機と比べ使用苗箱数と施肥量のばらつきが小さくなった。
- ③自動給水栓では水管理作業時間で83%削減となった。
- ④マルチローターによる雑草防除は、慣行作業に比較し移動・作業時間が66%となり、殺虫剤散布では約40%削減となった。
- ⑤水稻の生育センシングデータを基にした追肥試験では7%の増収効果が確認できた。
- ⑥リモコン草刈り機により、畦畔草刈り作業時間が刈払機の70%に削減された。
- ⑦前年度の食味・収量コンバインデータに基づく基肥可変施肥では、減肥しても収量、品質が向上した。食味・収量コンバインと連動した乾燥調製システムでは、タンパク質含量率による仕分け乾燥を行い、有利販売を行うことができた。
- ⑧スマート農業実証区は、水稻の10a当たり投下労働時間が7.7時間減少した。減少した作業時間はネギ33aの年間労働時間に相当し、販売額の10%向上の目標達成が可能と試算された。

(成果①) 自動運転トラクターによる耕起・代かき作業時間の短縮

取組概要

1 自動運転トラクターの評価

令和元年度は秋耕起、令和2年度は代かき作業において、自動運転トラクター（60PS、ロータリ耕耘幅220cm）（以下、無人機）の基本性能（自動運転、安全性等）を評価した。

2 中山間地域における小区画に対応した効率的作業方法の検討

①オペレータ1人での無人機+有人機（直進アシスト機能付加、100PS、ロータリ耕耘幅220cm）の協調により、複数圃場での同時作業を実施した。

②外周2工程の作業面積と内法隣接往復作業面積が、ほぼ1:1となる圃場区画は20a程度であり、これをもとに作業効率が最大化するよう作業計画を作成し、このサイズに近い圃場が連続して配置されたエリアにおいて、図1に示す手順により作業実証を行った。

実証結果

- ①自動運転は設定内容に従い正確に行われ、障害物停止センサーは正常に作動
- ②耕起作業において協調作業によりオペレータの作業時間が55%削減
- ③代かき作業において協調作業によりオペレータの作業時間が50%削減

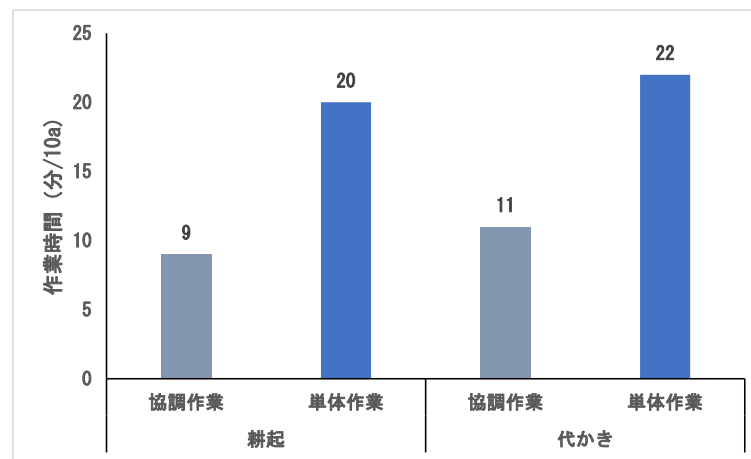


図2 無人・有人トラクタ協調作業の効率性

注1) 耕起作業は基地局設置等を含む。調査圃場数は協調8、単体1、圃場平均面積は協調16.4a、単体14.9a、令和元年度秋実施

注2) 代掻きは圃場内作業のみ。調査圃場数は協調5、単体3、圃場平均面積は協調28a、単体19a、荒代作業で調査、作業機（代かきハロー）幅が耕起作業機（ロータリ）のほぼ2倍のため自動運転は隣接往復でなく、一工程飛ばし行程で行った。単体作業は無人機を手動運転させた。

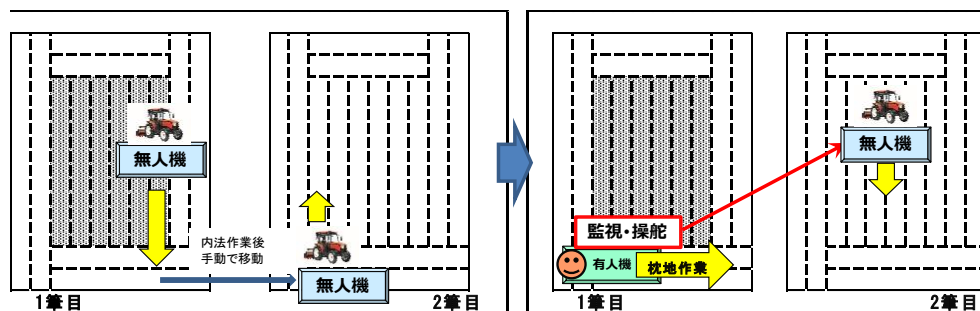


図1 無人機+有人機（直進操舵アシスト機能付き）による協調作業手順
※この手順を連続して実施する

目標とした作業効率30%削減を達成

(成果②) 直進アシスト田植え機による作業精度の向上

取組概要

8条直進アシスト田植え機（側条施肥機付き）で移植した場合の10aあたり使用苗箱数、直進性、移植精度、施肥量、苗に係わる経費、作業強度について、慣行の7条田植え機（側条施肥機付き）と比較した。

実証結果

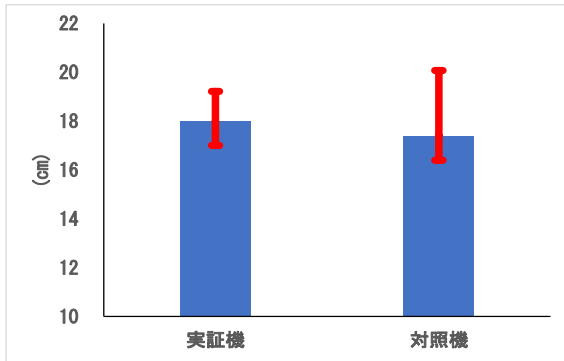


図3 機種別の株間
エラーバーは標準偏差

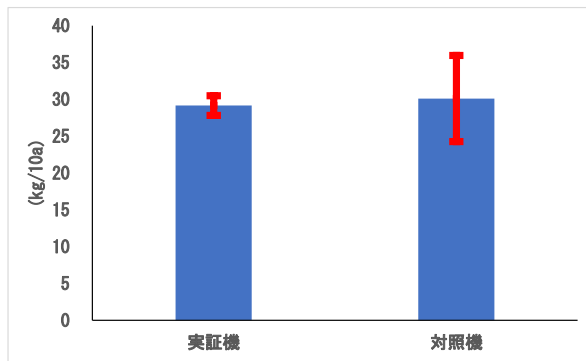


図4 機種別の施肥量
肥料現物ベース、エラーバーは標準偏差

- ①実証機は、対照機に比べ、株間、施肥量のばらつきが縮小し、作業の正確性が向上した（図3,4）。
- ②熟練者と非熟練者との作業精度（条間、株間）の差は慣行機に比べ実証機では小さかった。
- ③空撮解析（信州大学）を行ったところ、慣行機に比べ直線逸脱力所が少なく直進性が高かった。
- ④高密度播種苗の使用により苗箱数は、慣行（中苗）の23.5箱/10aに対し11.9箱/10aとなり、49%削減。また、苗に関わる経費は、30%以上削減された。
- ⑤機械利用経費の試算では、実証機を年間19ha以上稼働すると、対照機よりも経費が抑制される。
- ⑥慣行（技術導入前）の4人組作業体制が3人に削減（植え付け条のマーカ指示補助者が不要となった）。
- ⑦慣行機に比べ作業後の疲労感が明らかに低減した。

育苗及び田植えに関する経費30%削減の目標は達成

(成果③) 自動給水栓による水管理作業時間の短縮

取組概要

自動給水栓と水田センサー（水位の確認のみ）の水管理時間の削減効果を調査。また、自動給水栓は設定した水位に合わせて自動で灌水できるため、栽培管理・生育状況に合わせて水位を設定し、設定水位の維持状況を確認した。

実証結果

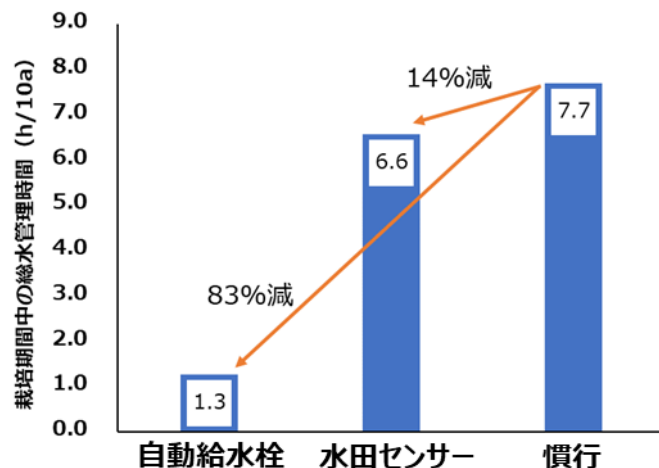


図5 水管理労働時間の比較

- 1) 調査した栽培期間は5月22日～9月14日の116日間
- 2) 自動給水栓及び慣行は同一人物が各28枚のほ場を管理
- 3) 自動給水栓導入ほ場は各8～32a、合計342a、慣行ほ場は各4～30a、合計307a

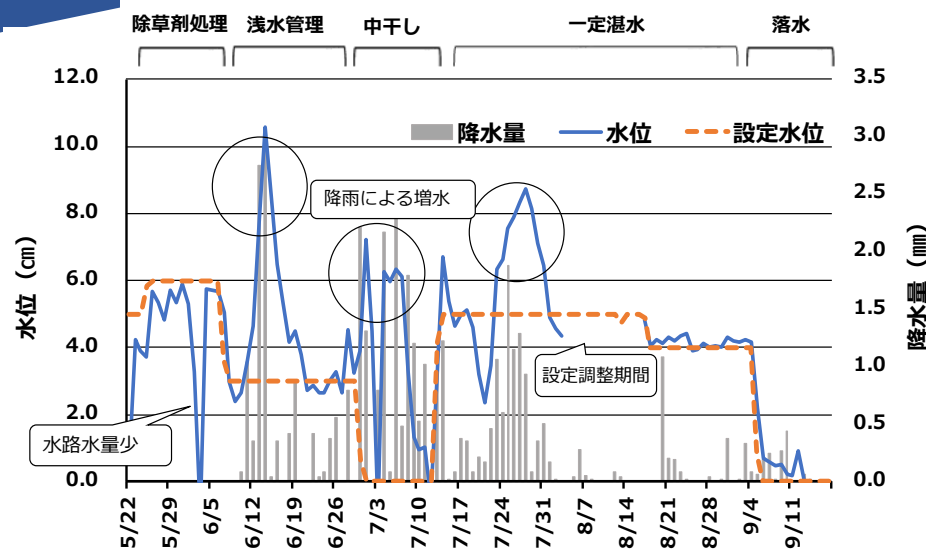


図6 自動給水栓の設定水位の維持状況

- 1) 設定調整期間は豪雨のため機械調整が必要となり、データはない。

作業時間50%削減の目標を達成

- ① 自動給水栓による管理では、ほ場に出向く回数が大幅に削減され、作業時間が慣行人力水管理対比83%減と大幅な省力化が図られた（図5）。
- ② 生育状況に合わせて設定水位に維持されていることを確認した（図6）。
- ③ 水管理方法による収量・品質の差はなかった。

(成果④) マルチローターによる防除作業時間の短縮と受託経費試算

取組概要

産業用マルチローターを雑草・害虫防除（斑点米カメムシ対策）に用いて防除作業を効率化する。

また、今後利用面積が増加し、実証経営体の収益増加のため、点在する地域内のほ場を面的に作業受託することを想定した実証を行う。

実証結果

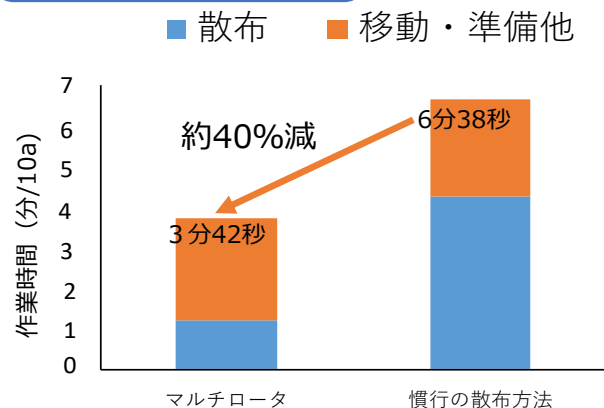


図7 散布法別作業時間

使用機（タンク容量10L）、スータクル豆つぶを250g/10a、散布面積300a、慣行の地上散布は69a（3枚連続）実施、8月1日にキラップ1キロ粒剤を1kg/10a背負い式動力散布機利用、3人組作業、作業範囲は約1km四方、区画は7～20a矩形、一部不整形、複数筆連続作業を基本、資材の運搬は軽トラ使用

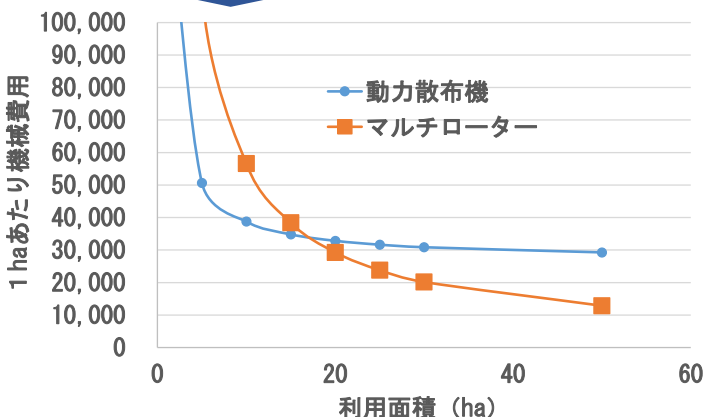


図8 機種別、利用面積別の経費試算

（高性能農業機械等の試験研究、実用化の促進及び導入に関する基本方針参考資料（平成25年9月農林水産省生産局）による）

**作業時間10%削減の目標を達成
作業受託のビジネスモデル策定が可能となる**

- ①面的散布における除草剤散布（5.6ha）は3分22秒/10a、殺虫剤散布（3.0ha）は3分42秒/10a（図7）と、いずれも慣行の散布方法に対して、作業時間が約40%短縮された。
- ②豆粒剤を用いドリフト（ほ場外への飛散）なく、慣行の散布方法と同等の防除効果を得た。
- ③実証経営体では令和元年をもって地上散布を廃止、全面的にマルチローターによる防除に切り替えた。
- ④30ha規模で利用した場合の機械利用経費は20,000円/haと試算され（図8）、料金設定のモデルとなる。

(成果⑤) 水稻生育モニタリングに基づく追肥の効果

取組概要

- ① 出穂前にマルチローターによる空撮を行い、得られた画像からほ場ごとの正規化レッドエッジ指数 (NDRE ; 植物の繁茂状態や葉色の濃淡を示す指数) を算出し、全ほ場の水稻葉色値のマップを作成
- ② マップから葉色値が低いほ場を特定し、追肥を実施、増収効果を検討

実証結果



写真1 経営体全体の空撮生画像
高度130m、2021年7月29日、観測圃場 = 297筆



図9 NDRE画像変換
数字はKSASシステムの圃場番号

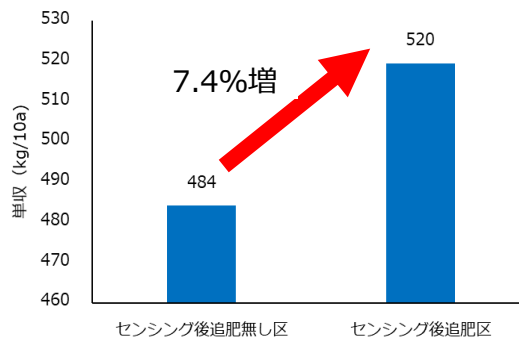


図10 植生指数が低いほ場の追肥効果 (2021年)

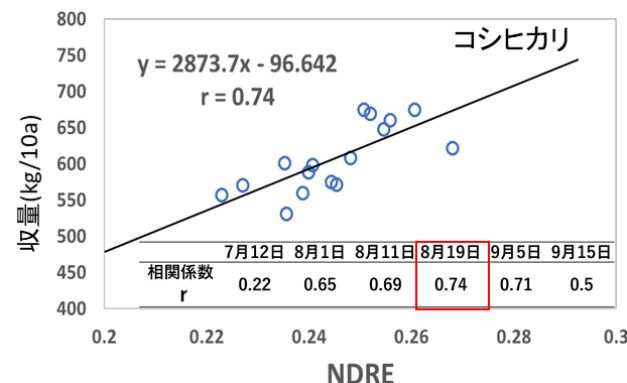


図11 NDREと収量の関係

- ① NDREから葉色値を推定 (図9)、葉色値が低いほ場への追肥により7.4%増収 (図10)。
- ② NDREから水稻の収量を推定するモデルを策定 (図11)

センシング手法の確立と
収量増5%の目標を達成

(成果⑥) 畦畔草刈り機による畦畔管理の効率化

取組概要

急傾斜の水田畦畔における、人力による刈払い作業の危険性が回避でき、さらには作業時間の削減を目的に、リモコン草刈り機2機種を用いて高斜度(23~36°)畦畔で草刈り作業を行い、作業効率・精度を刈払機と比較した。

実証結果

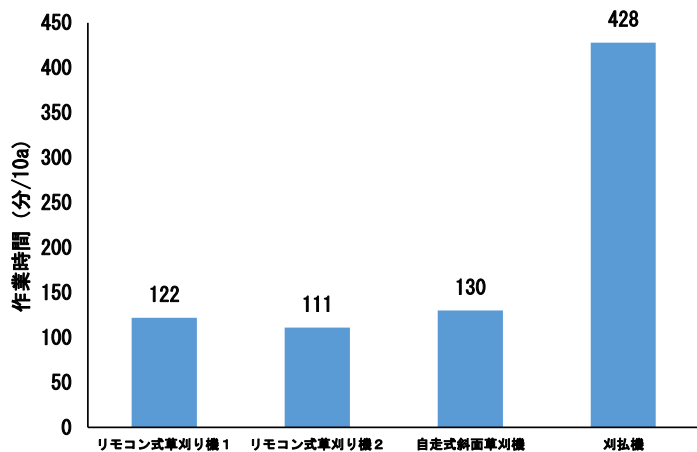


図12 機種別作業時間の比較



写真2 リモコン草刈り機1の作業状況
リモコン操作、走行駆動：モーター
バッテリー、草刈：2サイクルエンジン
刈幅：63cm、重量：65kg



写真3 リモコン草刈り機2の作業状況
リモコン操作・動力：2サイクル
エンジン、刈幅50cm、重量124kg

中山間畦畔への適用、作業時間50%削減の目標を達成

- ①作業時間は、刈払機の428分/10aに対して、リモコン草刈り機1、リモコン草刈り機2ともに約70%の削減となった(図12)。
- ②両機種とも刈取後の草丈は、刈払機より短くなった。
- ③リモコン草刈り機1は斜度45°、リモコン草刈り機2は斜度40°まで作業が可能であった。(通常土壌水分と一般雑草主体のコンディション)
- ④軽量で取り回しの良いリモコン草刈り機1を用いた場合、気温30℃を越す猛暑の中で、疲労感なく4時間以上の作業が可能であった。

(成果⑦) 食味・収量コンバインデータに基づく基肥可変施肥の効果と乾燥システムとの連携による高品質米の有利販売

取組概要

①食味・収量コンバインデータに基づく施肥試験

- 1年目：ほ場ごとの収量・タンパク質含有率を営農管理システムに記録
- 2年目：営農管理システムの記録でタンパク質含有率の高かったほ場を減肥

②食味・収量コンバインで収穫したほ場筆数・面積、乾燥調製（タンパク質含有率による仕分け）の実績を調査し、販売量・価格、乾燥システムを初めて稼働した感想を聞き取り

実証結果

食味(タンパク)・収量の分布図

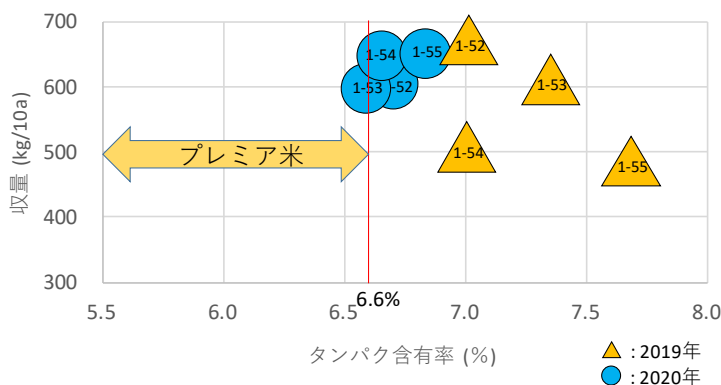


図13 食味・収量コンバインデータによる減肥が及ぼす収量・品質向上効果

2019年の倒伏2ほ場(1-54, 1-55)でNを0.6kg/10a(6.3%)減肥

施肥量5%削減、倒伏損失回避、収量5%増。
仕分け販売も可能となり、収益増の道筋がつく。

①食味・収量コンバインデータに基づく施肥試験

減肥した2年目は、倒伏程度の軽減等により収量が11%増収し、また、タンパク質含有率については低下が見られた(図13)。

②法人で販売するコシヒカリ10.4ha(76筆)のうち、食味・収量コンバインの計測により、タンパク質含有率6.6%以下のものを「プレミアム米」とし、区分して収穫、乾燥調製(390俵分)を行ったところ、それ以外のコシヒカリより約2,300円/俵高い単価で販売できた。

③法人では乾燥施設の運用は初であったが、特にトラブルや夜中の施設点検の必要もなく稼働できた。

表2 区分別販売俵数、単価及び販売額の比較

コシヒカリ区分	タンパク含有率による仕分け区分	販売俵数(俵)	単価平均(円/俵)
プレミアム米	6.6%以下	390.5	15,850
プレミアム米以外	6.7%以上	2163.0	13,557
単価差			2,293

実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

1. 今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

項目番号	作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1	耕起・代かき	自動運転トラクター	RTK基地の移動が必要で、移動の労力を要す。センサーの過度な反応があった。
2	移植	直進アシスト田植機	直進アシストは一定の直進走行後でないと機能ONにならない。小規模ほ場で直進性能の効果がでない。
3	水管理	自動水管理システム	自動給水栓は導線のネズミの被害、大雨による多量の水による故障があり、改良の余地がある。また導入費用が多額となり、導入には補助事業等の支援が必要。
4	雑草病害虫防除	マルチローター	豆つぶ剤の散布において、散粒機の粉詰まりがあった。対策が必要。
5	畦畔管理	リモコン式畦畔草刈機	リモコン式草刈機2は重く、傾斜地で転倒、水田内に侵入した時に1人では対応できない。
6	収穫	食味・収量コンバイン	当初の網目では、粒選別が悪く、網目を変更した。食味・収量情報の簡易な田植機への情報伝達機能が望まれる。
7	経営管理	営農管理システム	他社農機データは手入力が必要。

2. その他

- ・今回導入した自動運転トラクターは、耕起、代掻きのみ対応となっており、肥料散布、畔塗り、農薬散布（ブームスプレーヤ）などの作業もできないようにならないと投資に見合った効果は難しい。

○ 問い合わせ先

長野県農業試験場（e-mail:nogyoshiken@pref.nagano.lg.jp）

作物部 上原 泰（Tel:026-246-9783、e-mail:uehara-yasushi@pref.nagano.lg.jp）..