

# 北陸の中山間重粘土壤水田におけるスマート農業技術による麦、大豆、露地野菜や 緑肥栽培米（菜花米）の収量向上と省力・低コスト水田農業系の確立 （農）エコファーム舟枝（福井県鯖江市）

## 背景及び取組概要

<経営概要 48ha(水稲 20ha、大麦 9ha、大豆 15ha、ソバ3ha、露地ブロッコリー 1ha)

うち実証面積 水稲 17ha、大麦 9ha、大豆 9ha、ブロッコリー 1ha>

北陸地域特有の重粘土壤で排水性が悪く、畑作物の収量が低いため、自動走行制御技術を活用した圃場排水性の改善とドローンにより、生育診断を組み合わせ、畑作物と緑肥を活用した特別栽培米等の収量向上を目指す。

### ○ 取組概要

- ①ロボットトラクタ(有人直進アシスト)で明渠施工と播種作業の直進精度を向上し、さらに明渠を増設することで圃場排水性を改善。
- ②各種スマート農機による省力・低コスト化。
- ③ドローンリモートセンシングにより各作物の追肥と収穫期を判断し、生育と収穫作業を最適化。
- ④営農管理ソフトによる圃場ごとの計画的な作業管理を実施するとともに、労働時間や生産実績の見える化を図ることで生産管理を最適化。

## 導入技術

### 営農管理ソフト

・圃場毎の生産管理と見える化

### ロボットトラクタ

・協調作業による耕起・代かきの効率化  
・直進精度向上

### 直進アシスト 田植機

・田植作業の効率化と作業精度の向上

### 遠隔水管理 システム

・水管理作業の効率化  
・圃場モニタリング

### 生育センシング

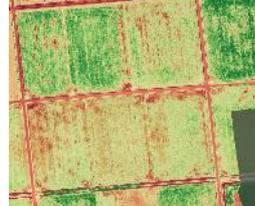
・追肥と収穫適期判断

### ドローン防除

・病害虫防除および水稲除草剤散布作業の効率化

### 自動運転・ 収量コンバイン

・収穫作業の効率化と収量食味計測



生産管理

溝切・耕起・播種

田植

自動水管理

生育センシング

防除

収穫

# 目標に対する達成状況等

## 実証課題の達成目標(平成30年度実績に対する目標の増減率)

### ①経営規模の拡大

米 10%、ブロッコリー 100%

### ②収量向上

米 13%、大麦 27%、大豆 42%、ブロッコリー 21%

### ③労働時間削減

米 30%、大麦 12%、大豆 15%、ブロッコリー 2%

### ④収益性

売上高 19%増、営業利益黒字化

## 各研究項目の達成状況

○スマート農機の利用による緑肥の生育向上や明渠施工による排水性向上により、米の収量は10%、大麦の収量は45%向上した。大豆は大雨による発芽不良の影響を受けて6%の増収にとどまった。

○労働時間の削減率は、米で41%、大麦で12%と目標を達成した。大豆は長雨による生育不良や雑草多発のため1%の削減、ブロッコリーは夏季の高温により2%増加した。

○収益に関しては、売上高が12%増加した。

# ロボットトラクタによる菜花すき込み・代かきの効率化

## 取組概要

- ①ロボットトラクタ(無人)と有人トラクタとの2台協調作業により、菜花(緑肥)のすき込み作業3.6haと、代かき作業を4.1ha実施。
- ②直進アシスト機能を用いた大麦や菜花(緑肥)の排水用明渠の作溝作業を22ha実施(大麦7.8ha、菜花14.2ha)。

(使用機器) ロボットトラクタ…60PS

アタッチメント…ロータリ2.1m、ドライブハロー、トレンチャー

有人トラクタ…80PS

アタッチメント…ロータリ2.4m、ツインハロー



図1 有人・無人機の2台協調運転による菜花すき込み作業



図2 有人・無人機の2台協調運転による代かき作業



図3 直進アシストによる排水用明渠の作溝作業

## 実証結果

- ① 有人・無人機の2台協調作業による菜花すき込み作業では、無人機の停止回数が多く、慣行1台のトラクタ作業とほぼ同じ作業時間となった(図4)。
- ② 代かき作業の協調作業では、無人機の停止はかなり少なく40%程度の時間短縮を図ることができた(図5)。
- ② 作溝作業の高精度化で圃場の連続滞水を回避でき、大麦、菜花(緑肥)ともに前年よりも40%程度増収した。

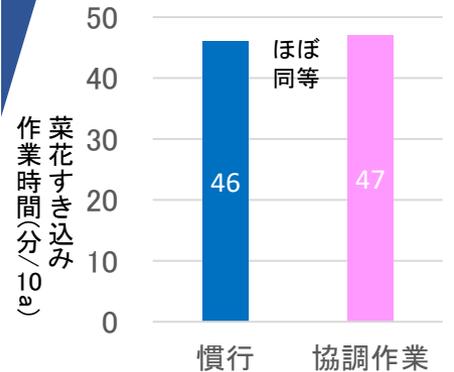


図4 トラクタの慣行作業と協調作業体系(隣接圃場)による菜花すき込み作業時間比較

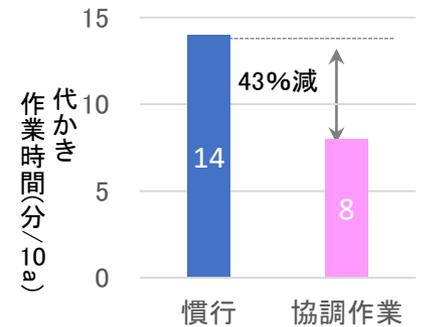


図5 トラクタの慣行作業と協調作業体系(同一圃場)による代かき作業時間比較

### ○ 残された課題と対応

無人走行においてトラクタのセッティングに時間を要することと、耕起作業で障害物検出センサが過敏に反応して停止することが多い。

# アシスト田植機による田植作業の効率化

## 取組概要

- ① 直進アシスト田植機の導入で、従来3人の組作業であった移植作業を、オペレーターと補助者の2人組作業で実施。
- ② 慣行苗(20枚/10a)に対して、密苗(乾籾235g/箱)を11枚/10a植え付ける移植様式と直播栽培に作付け全体の7割程度を切り換え、省力化と低コスト化に取り組んだ。
- ③ 直播圃場では、1倍重のカルパーコーティング種子に加温処理を加え、2.1~2.4kg/10aの設定で播種するとともに、施肥量も品種ごとに見直し、多収品種の「いちほまれ」および「あきさかり」では緑肥+8Nkg/10aの多肥栽培に取り組んだ。



図1 直進アシスト田植機における2人組作業の様子

## 実証結果

- ① スマート技術体系の移植作業は36分/10a、直播作業は34分/10aとなった。植付け精度が向上したことで補植作業が省略され、2018年の慣行移植(173分/10a)よりも、移植で79%、直播で80%削減することができた(図2)。直進アシストによりオペレーターの疲労度は、従来の田植え機に比べ減少した。
- ② 密苗移植を習熟できたことから、2019年に比べて浮き苗が減少して苗の活着が良好になり、施肥量も見直したことから、平均収量は移植「コシヒカリ」特別栽培で494kg/10aと、19%の収量増加が得られた。また、多収性の移植「あきさかり」特別栽培では550kg/10aと高収量を得た。
- ③ 直播栽培では発芽苗立ちは良好であったが、7月の日照不足の影響で倒伏が顕著になり、倒伏抑制の観点で施肥量等の再検討が必要となった。

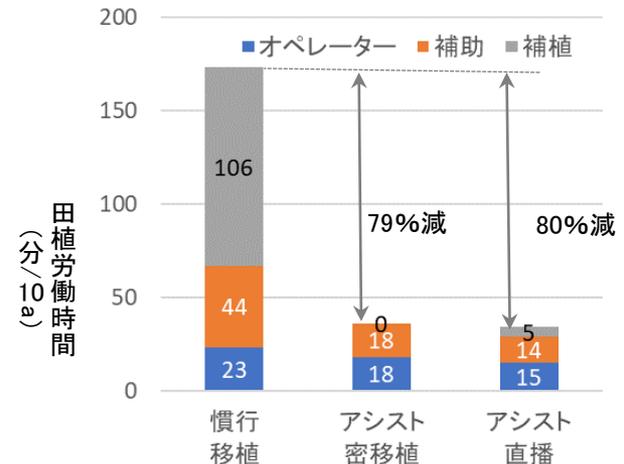


図2 田植労働時間比較

# 自動給水栓による水管理の効率化

## 取組概要

- 自動水管理システムを15筆の圃場に設置し(図1)、水管理に要する労働時間や、水管理の精緻化による雑草の発生状況等を調査した。



図1 自動給水栓の設置状況

図2 端末による水管理の状況

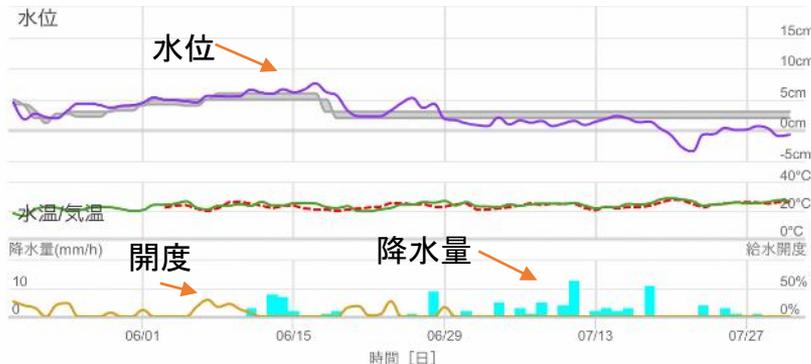


図4 水位および水温と降水量、給水開度の経過 (令和2年5~7月)

## 実証結果

- 自動水管理システムを用いた水管理では、普段はスマホのアプリによる端末画面で水位をモニターし(図2)、数日ごとに圃場を巡回して実際の水位や異常の有無を確認することで、水管理に要した労働時間は、慣行水管理に比べて1/4に短縮され(図3)、格段に省力化された。
- 水位が安定化することで(図4)、移植後に散布した初中期除草剤が有効に作用し、雑草の発生量が少なく、除草剤の散布回数を2回から1回に削減できた。

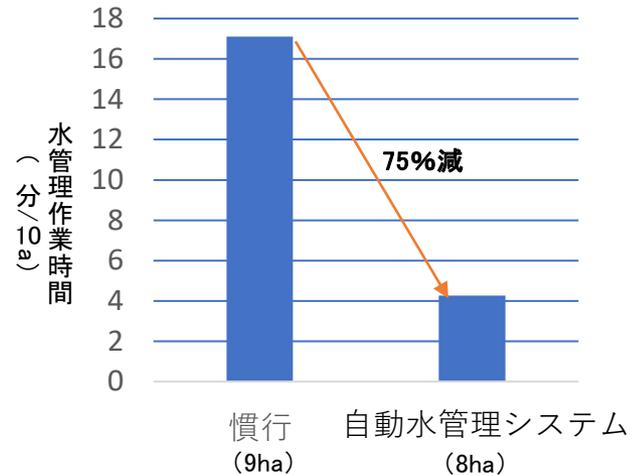


図3 水管理作業時間の比較

- 残された課題と対応  
自動給水栓を開水路に設置していることから、用水路に潤沢に水が流れていなければ円滑に給水ができなかった。また、開水路を流れるゴミ等(草刈りによる枯れ草等)による詰まり除去のため巡回点検を要した。

# ドローンによる防除作業等の高能率化・省力化

## 取組概要

○ ドローンをを用いて水稻や大麦、大豆栽培における除草剤等の粒剤散布、殺虫・殺菌剤等の液剤散布、菜花の種子散布など、多様な資材の散布や播種作業に適用し、作業の効率化や省力化の検討を行った。

## 実証結果

- ・水稻の病害虫防除は、カメムシ防除(通常2回/シーズン)を従来JAに委託(ラジヘリ防除)し、その補助作業のみ(前年慣行)行ってきたが、ドローンによる自前の作業で実施した結果、オペレーター分の増加により労働時間は増加したが、統計値と比較して1年目は10a当たり10分と19%低減し、2年目は10a当たり8.8分と27%低減することができた(図1)。
- ・大麦の赤かび病防除は、従来のブームスプレーヤでの作業(前年慣行)に対して、ドローン防除により作業時間を58%削減することができ概ね目標を達成できた(図2)。
- ・大豆は、従来のブームスプレーヤでの作業に対してドローン防除で、2年目はドローンでの作業に習熟し、作業時間を61%削減することができ、概ね目標を達成した(図3)。

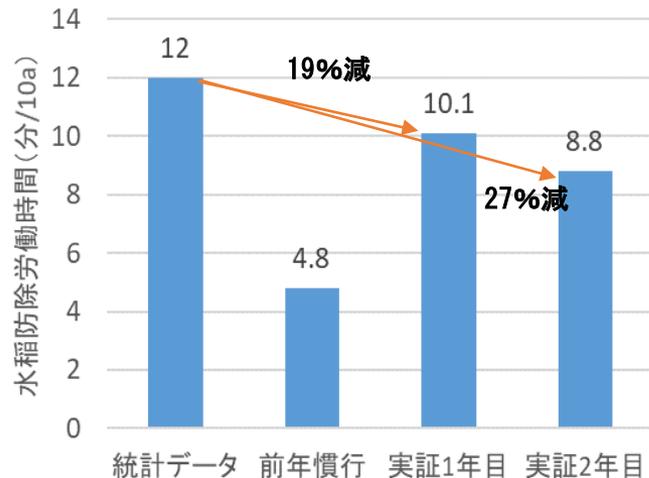


図1 水稻の防除作業時間

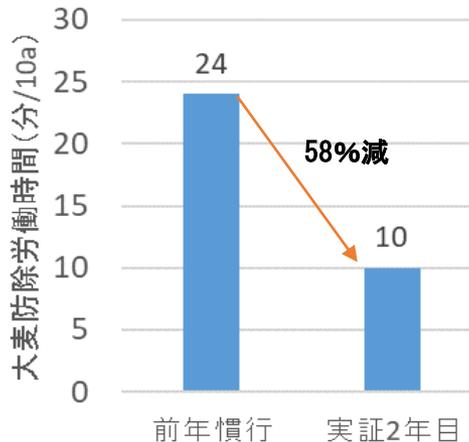


図2 大麦防除労働時間比較

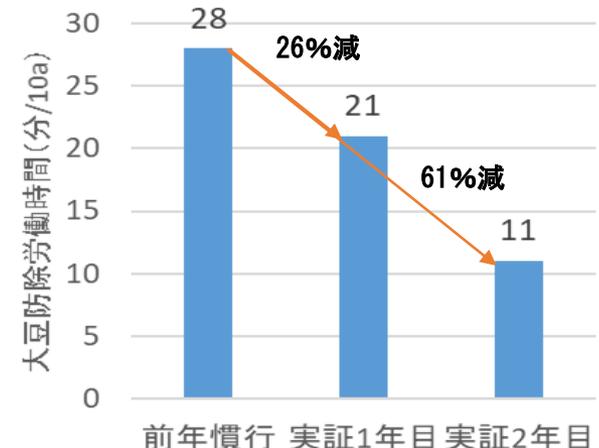


図3 大豆防除労働時間比較

## ○ 残された課題と対応

バッテリーを4組準備して6haの連続作業を可能とする対応をしているが、さらなる作業面積の拡大には、バッテリーの追加購入によるコスト増や急速充電の繰り返し使用による性能劣化等の懸念がある。

# ドローンリモセンによる生育のモニタリングと施肥対応

## 取組概要

### 1) 水稻の穂肥診断

水稻移植「特別栽培コシヒカリ」において、幼穂形成期頃に空撮によるNDVI画像とVARI画像を取得し穂肥判断を実施した。



図1 移植コシヒカリの幼穂形成期のVARI画像と穂肥判断

### 2) スポット追肥による収量向上

- ・大麦の茎立ち期追肥と穂肥追肥の要否判定のため、12月、2月に空撮によるNDVI画像を得た。
- ・大豆の生育状況を把握し、追肥の要否判定のため、7月中旬に空撮によるNDVI画像を得た(図3)。

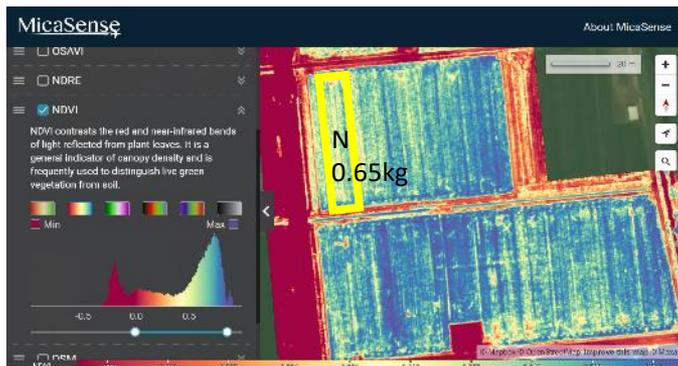


図3 大豆の7月中旬頃のNDVI画像

## 実証結果

- ・コシヒカリの穂肥判断には葉色が最も重視されるため、葉色値との相関が強いVARIを基にして、穂肥をN成分2kg/10a施用する区を設定(図1)したところ、収量向上効果が認められた(図2)。

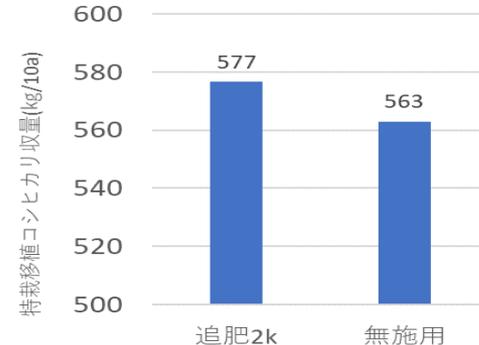


図2 特栽培移植コシヒカリの坪刈収量比較

- ・大麦の越冬前と茎立ち期の生育量に応じて追肥窒素量を1~2kg/10aの範囲で増減し、茎立ち期以降の生育を促進させたことで、平均収量364kg/10aの多収を得た。
- ・大豆はNDVI画像を基に、生育不足の場所に7月下旬の開花期頃に窒素0.65kg/10a追肥を行ったところ、収量向上効果が確認できた(図4)。

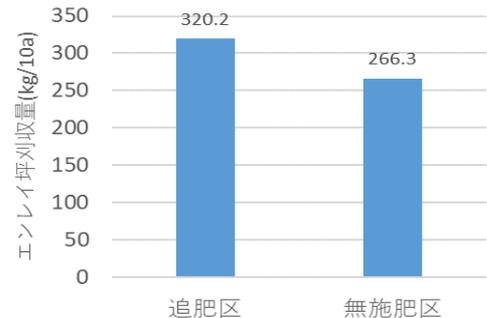


図4 大豆(エンレイ)の坪刈収量比較

### ○ 残された課題と対応

実証農場が自らドローン計測やデータのクラウドアップ・分析結果のダウンロードを行っており、分析コストや人件費の確保が課題。詳細な穂肥診断や刈取予測をするには更なるデータの蓄積による分析が必要である。

## 取組概要

- 収量・タンパク計測機能付自動走行コンバインを用いて水稲「コシヒカリ」「いちほまれ」や大麦「ファイバースノウ」の収穫を行い、圃場ごとの収量とタンパク値を調査した(図1・2)。



図1 収量・タンパク計測自動走行コンバインによる大麦の収穫作業



図2 収量・タンパク計測自動走行コンバインによるコシヒカリの収穫作業

## 実証結果

- ① 大麦では圃場毎の収量データが取得でき、また自動運転により運転操作による疲労感が軽減された。
- ② 水稲「コシヒカリ」と「いちほまれ」は倒伏したため自動運転はできなかったが、収量やタンパク値データが取得できた。
- ③ 圃場毎に収量やタンパク値が示されることで次作の栽培管理の改善につながる。また、収量やタンパク値のマップがメッシュ状に示される(図3)ことで、圃場内のバラツキの改善に役立つ。



図3 水稲「コシヒカリ」(左)・「いちほまれ」(右)の収量マップ

- 残された課題  
普通型コンバインでは、特に自動運転するために倒伏を抑制する必要がある。

# スマート農業技術の普及に当たっての具体的課題

## 実証を通じて生じた課題

### 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	無人走行における耕うん作業	ロボットトラクター	障害物検知センサーが雑草に過敏に反応したり、轍による僅かな傾きを異常と判断して停止することが多いため改良が必要である。
2	耕起作業(有人)	ロボットトラクター	条間の設定など走行パターンを柔軟に設定できないため作業しづらい。
3	田植え	直進アシスト田植機	苗や肥料の補給を走行中にできるよう運転台の改良や安全対策などの改善を行うと、より効率的な機械になると考えられる。
4	水稻収穫	自動運転・収量コンバイン	走行パターンの関係で圃場周縁部を相当に刈らないと自動運転に入れず、大面積圃場でないと効率が悪い。現状では30a圃場ではほぼ半分しか自動運転で刈ることができない。より効率的な走行パターンへの改善を望む。籾排出の自動化も必要。
5	農薬散布	ドローン	作業時間の短縮は確認できたが、バッテリーの持続時間が短いため、交換のための着陸回数が増えたり、交換用バッテリーのコストが懸念材料となる。
6	リモートセンシング	ドローン	解析画像を数値化し、それに基づいた施肥量決定へのアルゴリズムが確立していない。一方で、生育診断と施肥以外にも雑草の検出などの用途開発の可能性がある。
7	労務管理	営農管理ソフト	2年間の使用で習熟が進み、データ入力や円滑履歴確認、作付け計画や作業計画も容易になった。作業改善や経営改善につなげるためのアドバイスや診断の機能があれば、よりいっそう活用が進むものと考えられる。

## ○ 問い合わせ先

福井県丹南農林総合事務所 主事 山影祐也 (Tel:0778-23-4532、e-mail:y-yamakage-rq@pref.fukui.lg.jp)