

スマート菜花米実証コンソーシアム
資料2021-①



鯖江市における スマート農業技術の導入事例



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・低コスト水田農業体系の確立

「スマート菜花米実証コンソーシアム」

2021年3月

1 鯖江市の農業の概要

鯖江市は福井平野の南部に位置し、水田作が盛んです。稲作では「コシヒカリ」を中心に、早生の「ハナエチゼン」等が栽培され、近年は極良食味で中生の「いちほまれ」や、多収で中晩生の「あきさかり」の導入も進められており、用途に応じた作付けがなされています。また、水田の高度利用のため、麦類では大麦の「ファイバースノウ」、大豆では「里のほほえみ」、「エンレイ」、さらには露地野菜のキャベツ、ブロッコリー、長ネギ等も増えており、多様な作物が栽培されています。

しかしながら、農業従事者の高齢化や後継者不足から担い手は年々減少して基幹的担い手に農地が集積して、30ha以上の大規模層が増加しています。2025年頃には市内の耕地面積の半分以上を大規模な担い手が耕作すると予想されます。

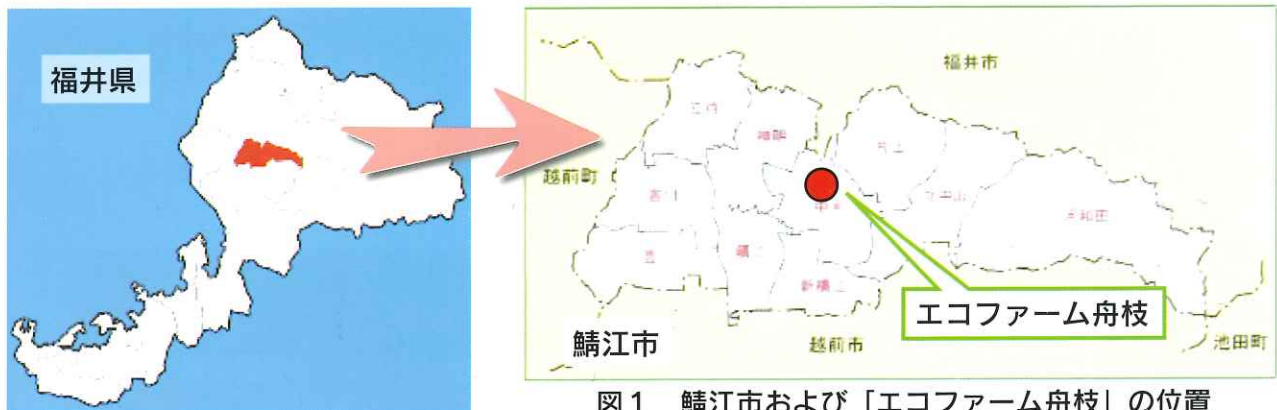


図1 鯖江市および「エコファーム舟枝」の位置

2 エコファーム舟枝の概要

鯖江市東部の舟枝地区に位置し、稲作と大麦、大豆、露地野菜、さらにハウス園芸の組み合わせにより、経営面積30haで2014年（平成26年）1月に法人化しました。とりわけ稲作では、福井県特別栽培認証制度1（無農薬、無化学肥料）から認証制度3（減農薬、無化学肥料）の「コシヒカリ」を中心に「さばえ菜花米」ブランドで販売しています。

「さばえ菜花米」は菜花を緑肥栽培し、春には一面の菜の花の景観を楽しむことができ（図2）、その後緑肥として鋤き込んで有機肥料として活用します（図3）。

熟年者を主力に作業を進めてきましたが、農業の継続を図るためには、作業の効率化と省力化を推進して収益の向上に努め、若手後継者を確保して魅力ある農業を確立することが重要と考えます。

そこで、スマート農業技術を導入して省力化と緻密な栽培管理を行い、収量と品質の改善を図り、収益の向上を目指す「スマート農業実証プロジェクト」に取り組みました。



図2 菜花が開花した頃



図3 菜花の鋤き込み

3 導入したスマート農業技術

導入技術

- ①自動走行トラクター ②直進アシスト田植機 ④自動給水栓、
④農薬散布用ドローン ⑤リモートセンシング用ドローン
⑥食味・収量計測汎用型自動走行コンバイン ⑦営農管理システム (KSAS)



図4 実証プロジェクトで用いたスマート農業機器

4 達成目標

- ・スマート農業技術を用いた精度の高い作業と精緻な管理で収量の向上を目指します（水稻 13%、大麦 27%、大豆 42%、野菜作（ブロッコリー） 21%の向上）。
- ・自動走行技術や高能率・省力作業体系で労働時間の削減を目指します（水稻 30%、大麦 12%、大豆 15%、ブロッコリー 2%の削減）。
- ・稲・麦・大豆作の省力化による余剰労力で露地野菜の作付けを拡大し、経営全体の収益向上を図ります（売上額 19%増、営業利益の黒字化）。

5 導入技術の効果

自動走行トラクター



図5 自動走行機＋有人機の協調運転による代かき作業

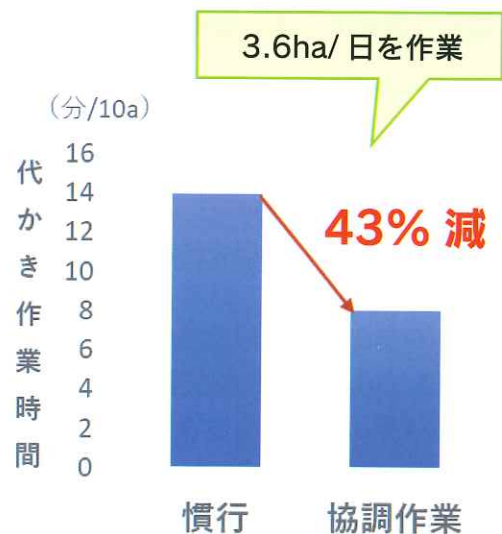


図6 慣行作業と協調作業の作業時間比較



図7 直進アシスト走行による明渠の作溝作業の直進精度向上（排水性の改善）

- 1人のオペレータが自動走行機の作業を監視しながら、有人機を操作する協調作業（図5）を行うことで、有人機を1台用いるだけの慣行作業に比べて作業時間を43%削減することができました（図6）。
- 大麦や大豆の播種、野菜類の畝立て、明渠の作溝等において、直進アシスト走行することで直進精度が向上し、その後の管理作業や野菜の植え付け作業が容易になり、排水性の改善等の効果も期待できます（図7）。

直進アシスト田植機



図8 直進アシスト田植機による移植作業

(分/10a)

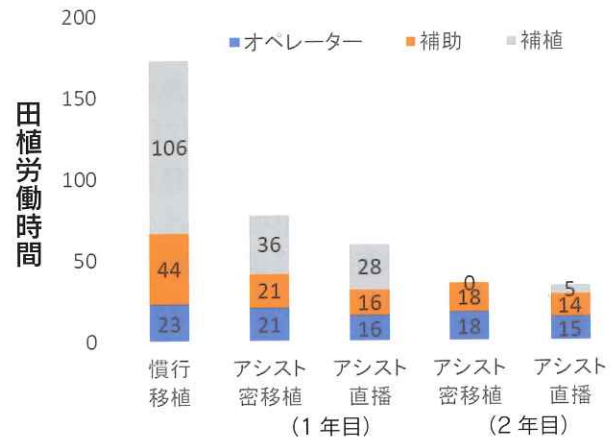


図9 移植・直播作業時間の比較

- 直進アシスト走行することによって、回転時に条合わせを行った後はハンドルを手放しても真っ直ぐに植え付けることができます。これによってオペレータの疲労が軽減されます。また、経験の浅いオペレータでも熟練者に劣らない精度で作業できます。
- 密苗疎植により、従来の栽植様式に比べて苗箱数が少なくなり、苗補給回数が減少することで、3人から2人の組作業で対応することが可能になりました（図8）。
- 密苗育苗の習熟と移植精度の向上で補植を省略することができ、従来の慣行苗移植に比べて労働時間を81%削減し、湛水直播並みの高能率化と省力化ができました（図9）。
- 密苗疎植に対応した水管理と肥培管理を行うことで、従来並の収量を確保することができました。

自動給水栓を用いた水管理



図 10 自動給水栓の設置状況

15 圃場 (9ha)
に設置



図 11 自動給水栓の設置の様子

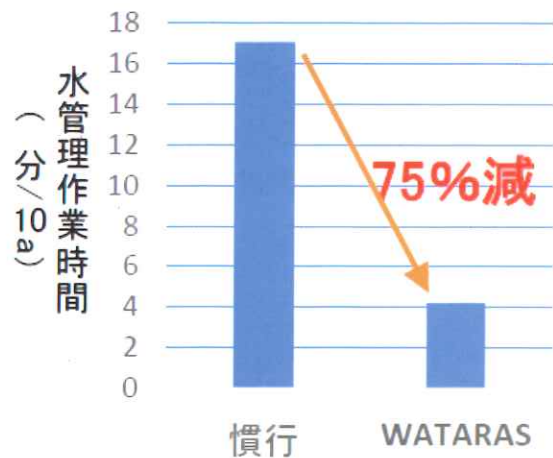


図 13 水管理に要する作業時間の比較 (9ha で調査)



図 12 情報端末により水深の監視や給水・止水の制御が可能

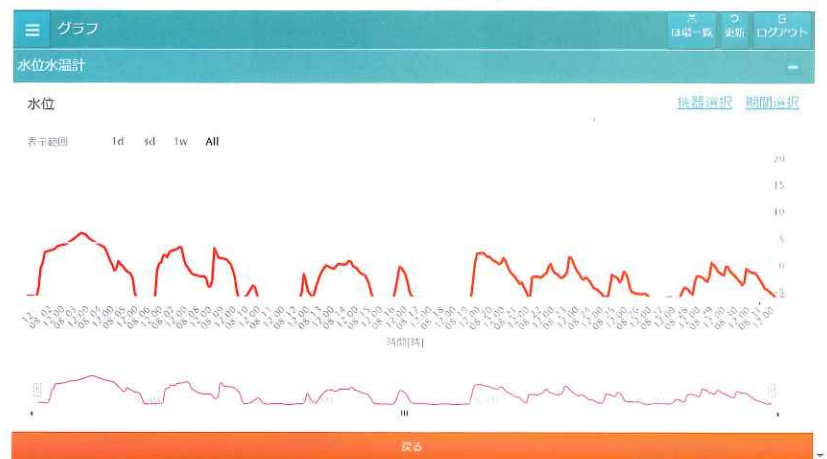


図 14 情報端末による水深管理の状況

- ・ 事務所から 1 km 圏内の圃場 15 筆 (9ha) に自動給水栓を設置しました (図 10・11)。
- ・ 普段は情報端末で水深を監視し (図 12)、必要に応じて水位を調整するための給水 / 止水の制御を行いました。実際に圃場を見回りするのは 2 回 / 週程度に減りました。
- ・ この水管理方法により、慣行に比べて作業時間を 75% 削減でき、大幅な省力化が得られました (図 13)。
- ・ 自動的に水位制御されることにより水深が安定し (図 14)、水稻の生育も良好になりました。とりわけ高温になった夏場には深水で管理することで、目立った高温障害も発生しませんでした。

防除用ドローン



図 15 ドローンによる液剤散布の様子

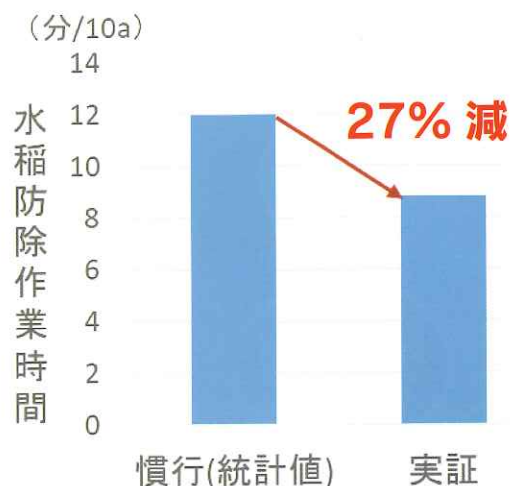


図 16 水稻防除の作業時間比較

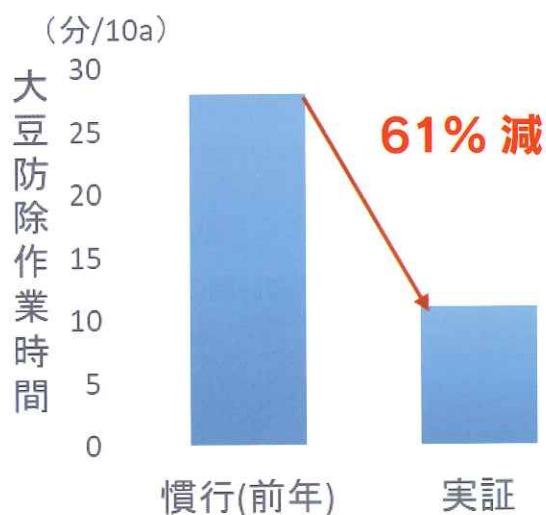


図 17 大豆防除の作業時間比較



図 18 菜花種子の散播作業

- 従来、作業委託によるラジヘリ散布で対応していた防除を、ドローンを用いた自前の作業で行うことにより、適期に効率よく防除ができるようになりました（図 15）。
- 液剤を少量散布することで作業能率が高く、慣行に比べて作業時間を 27%短縮することができました（図 16）。
- 粒剤散布装置を用いて大豆や大麦の除草剤を散布する作業では、慣行の背負い動噴を用いて散布する作業に比べて、作業時間を 61%短縮することができました（図 17）。
- 粒剤散布装置を用いて菜花種子を散播する作業にも適用できました（図 18）。従来のロータリシーダを用いて条播する方式と同程度の苗立ちを確保することができ、大幅に省力化されました。

ドローンによる生育診断



図 19 「コシヒカリ」の幼穂形成期の VARI 画像と追肥判断



図 20 ドローン計測から施肥対応までのプロセス

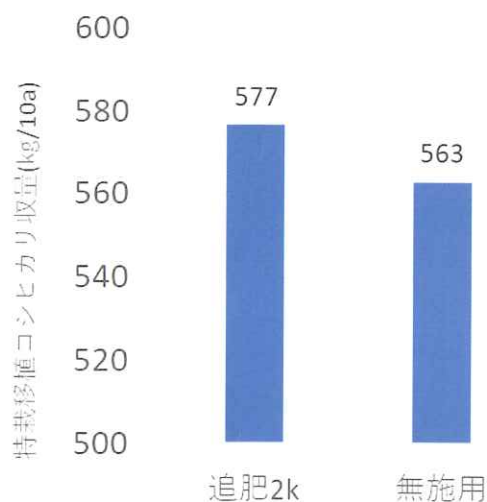


図 21 「コシヒカリ」の生育診断による追肥の効果

- 水稻の幼穂形成期にドローンによる空撮を行い、生育状況を調査しました (図 19)。
- VARI 画像 (可視大気抵抗植生指数) によって葉色が淡く生育不良と判断された領域を抽出し、次に NDVI によって生育良好と生育不良の差を求めて追肥量を判断しました (図 20)。
- 「コシヒカリ」の例では、追肥窒素量を 2 kg / 10a 施用することで、生育不良箇所の収量を挽回することができました (図 21)。

大麦栽培



図 22 直進アシスト走行による明渠施工（左）は慣行（右）に比べて直進精度が高い



図 23 大麦の播種条も真っ直ぐで管理作業が容易になる



図 24 茎数、葉色ともに良好な止め葉期頃の生育状況



図 25 穂揃いが良く、良好な条件での収穫作業（コンバインは有人監視下での自動走行）

- 直進アシスト走行により明渠を精度良く作溝することができ（図 22）、湿害を避けることで苗立ちや初期生育を良好にすることができました（図 23）。
- 茎立ち期の生育を調査し、生育の劣る部分には追肥を行い、生育のバラツキが少なく斉一化され（図 24）、高収量を得ることができました（図 25）。

大豆栽培



図 26 苗立ちが不良となった「里のほほえみ」



図 27 多湿な条件でも苗立ちのよかった「エンレイ」

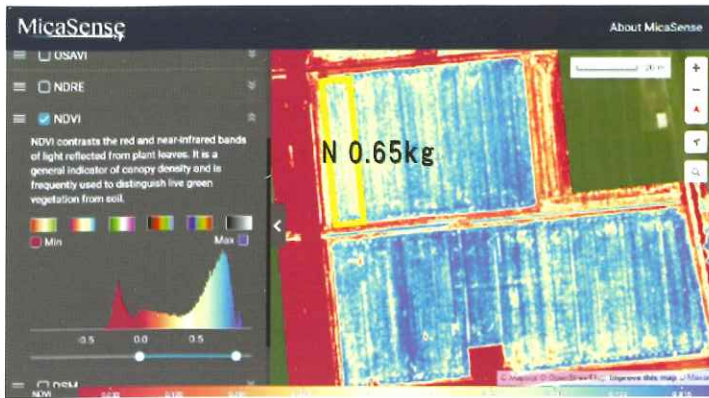


図 28 大豆の7月中旬のNDVI画像と追肥

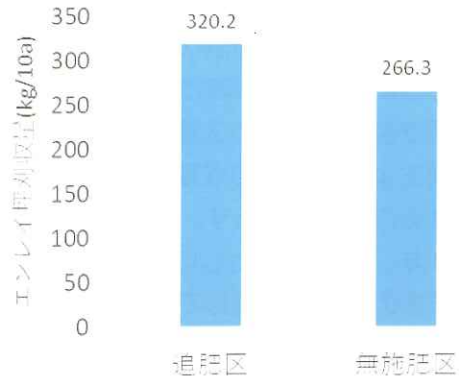


図 29 大豆「エンレイ」の坪刈収量比較

- 大豆は、実証を行った2年とも、播種後の梅雨時期に湿害や寡照、梅雨明け後に高温や少雨の影響を受け、苗立ち不足や乾燥ストレスによる着莢数の減少で低収になりました(図26)。ただし、直進アシスト走行による播種精度の向上、明渠の作溝による排水対策の励行等で、収量の大幅な低下を抑避けることができました(図27)。
- 7月中旬にドローン空撮を行い、生育診断(図28)により、生育量が不足する部分に追肥を行った結果、生育不良部の収量にある程度挽回することができました(図29)。

食味・収量計測コンバインによる収穫



図 30 食味・収量計測コンバインによる水稲の収穫作業

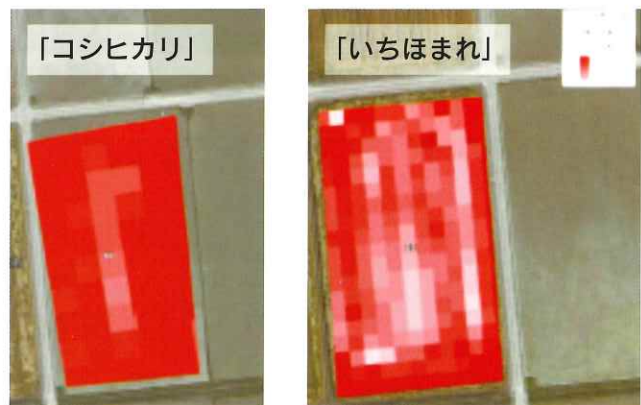


図 31 収量マップの計測例

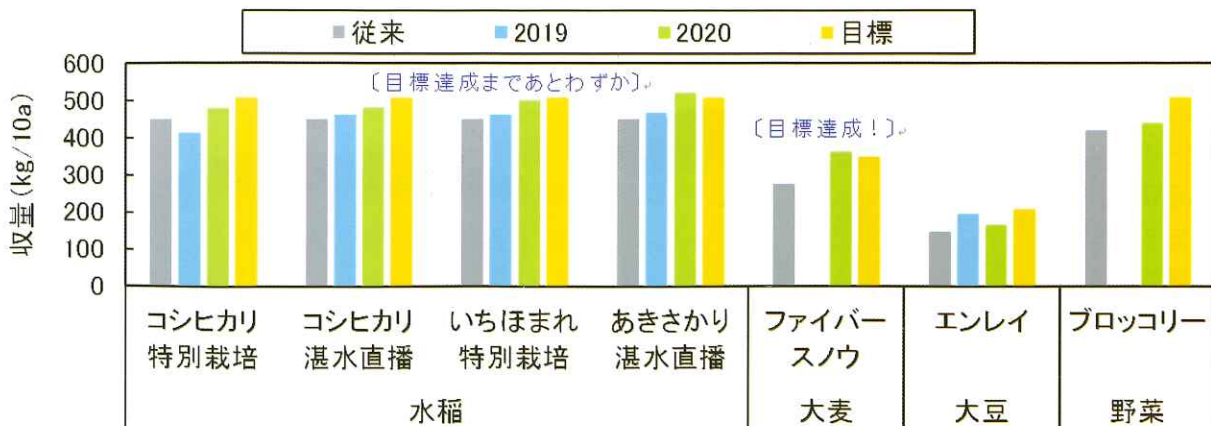


図 32 実証期間における収量の推移

- 食味・収量計測コンバインで収穫作業を行いました（図 30）。汎用型コンバインは倒伏への適応性が劣りますが、中程度の倒伏には十分対応できました。
- 圃場ごとに収量とタンパク質含有率を計測するとともに、圃場内の収量分布を収量マップで把握することができました（図 31）。
- 圃場間および圃場内の収量のバラツキをもとに、次作の施肥量の増減や圃場内の生育ムラの改善に反映させることができます。
- 2019 年、2020 年ともに梅雨時期の日照不足や梅雨明け後の高温の影響を受けましたが、スマート農業技術の習熟度が増して精緻な栽培管理を行うことで収量の向上を図ることができました（図 32）。また、圃場ごとに収量を把握して、低収圃場の要因の対策・改善をすることで、収量の底上げを図ることができました。

菜花緑肥

【トラクターによる散播体系】



図 33 トラクターによる播種作業



図 35 （トラクター散播）菜花の初期生育の様子



図 37 （トラクター散播）菜花の開花期の様子

【ドローンによる散播体系】



図 34 ドローンによる散播作業



図 36 （ドローン散播）菜花の初期生育の様子



図 38 （ドローン散播）菜花の開花期前の様子

- ・従来のトラクターによる散播（図 33）と、ドローンを用いた散播（図 34）の体系を比較しました。ドローンによる散播は短時間で省力的に播種することができました。
- ・苗立ちや生育に顕著な差はなく（図 35・36）、緑肥鋤込み時の生産量はほぼ同等でした（図 37・38）。
- ・ドローンによる散播は極めて省力的ですが、播種後の条件が苗立ちに影響しやすいことが推測されることから、引き続き検討を行い、安定性を確認する予定です。

野菜作（ブロッコリー）への適用



図 39 直進アシスト走行によるブロッコリーの畝立て作業

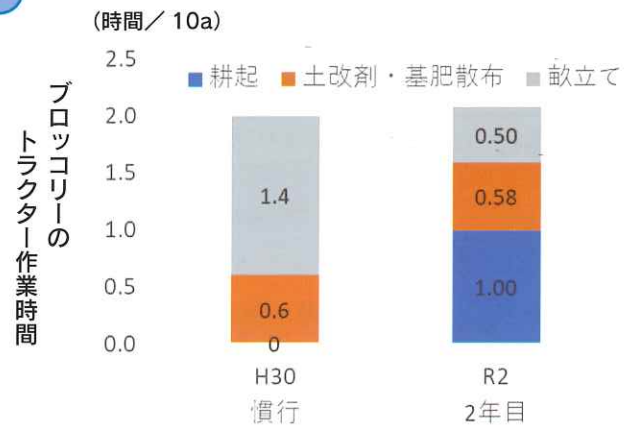


図 40 ブロッコリーにおけるトラクター作業時間の比較（慣行は、アップカットロータリによる畝立て1工程作業）

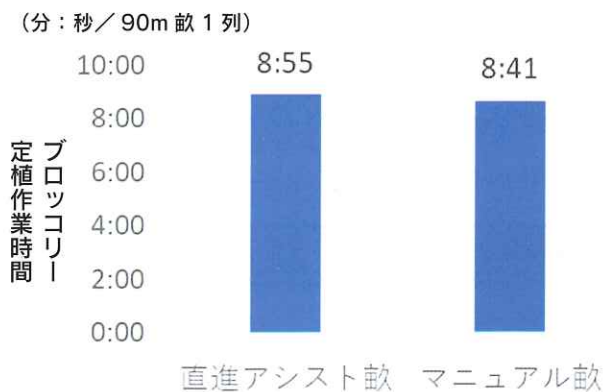


図 41 ブロッコリーの定植作業時間の比較



図 42 直進アシスト走行で施工した畝におけるブロッコリーの定植作業

- ・直進アシスト走行によるブロッコリーの畝立て作業（図 39）では、慣行のアップカットロータリによる畝立て作業に比べて作業時間を 64%削減できましたが、畝の碎土率を上げるために事前の耕起作業が必要となり、耕起から施肥、畝立てまでの作業を合計した時間で比較すると慣行とほぼ同等となりました（図 40）。ただし、直進アシスト走行により、直進精度の高い畝が施工でき、運転操作におけるオペレータの疲労を軽減できました。
- ・ブロッコリー苗の定植作業において、直進アシスト走行で施工した畝は、慣行体系で施工した畝とで定植作業時間はほぼ同等（図 41）でしたが、畝が真っ直ぐであることから蛇行した畝に合わせる運転操作が少なく、定植作業が容易になりました（図 42）。

6 営農管理システムの活用

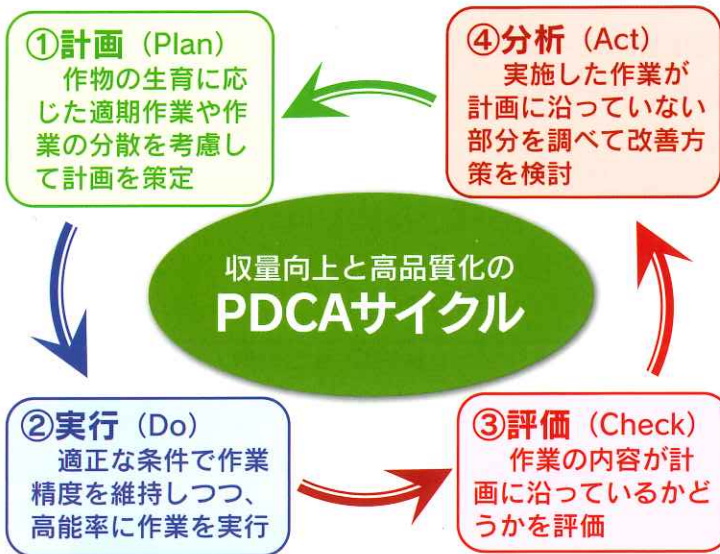


図 44 営農管理システムの活用

図 43 PDCAによる作業・営農の継続的な改善の取り組み

- ・ 従来の紙ベースによる作業日誌の記録に代わって、営農管理システム (KSAS) を用いたデータの管理を行い、作業計画の策定、作業履歴や栽培管理、投入資材の確認、見直し等に活用しています (図 43)。
- ・ 当初はデータ入力が煩雑でしたが、習熟度が増すにつれて取り扱いが容易になり、作業の進捗確認や改善の取り組み、情報共有のツールとして有効に活用されています (図 44)。

7 経済評価

1) 労働時間の短縮による労働費の削減

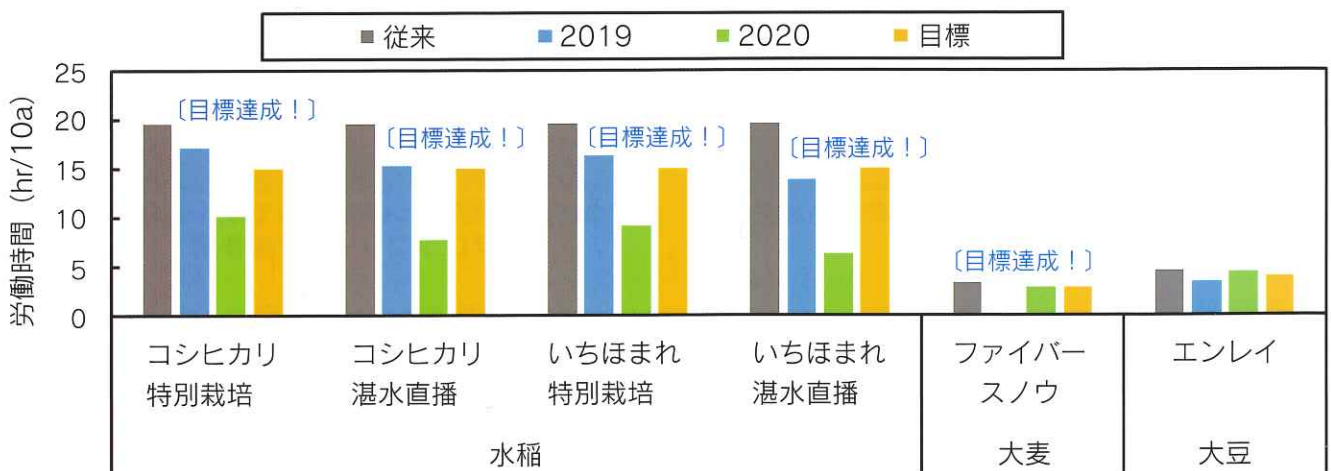


図 45 労働時間短縮目標の達成状況

表1 スマート農業技術導入による経済性の可能性分析 (円/10a)

	水稻 (慣行) 20ha	水稻 (可能性) 22ha	大麦 (慣行) 9ha	大麦 (可能性) 9ha	大豆 (慣行) 15ha	大豆 (可能性) 15ha	野菜類 (慣行) 0.5ha	野菜類 (可能性) 1ha
収入	141,322	157,770	84,140	92,000	69,800	81,500	243,092	254,912
(収量 kg/10a)	449	510	276	400	148	210	420	510
(労働時間 h/10a)	19.5	15.0	3.3	2.9	4.6	4.0	67.2	66.1
経費	56,379	86,789	53,138	58,801	33,181	53,784	131,600	130,053
(内機械費)	9,177	22,290	6,119	11,782	7,279	12,942	5,812	4,265
労働費	41,763	25,000	5,079	4,888	7,083	6,625	87,675	90,875
利益	43,180	43,180	25,923	28,312	29,536	21,091	23,817	33,984

表2 慣行体系とスマート農業技術による可能性分析の比較

体系	慣行 (H30)	スマート農業技術 体系による可能性	比率 (慣行対比)
作付け面積 (ha)	44.5	47.0	5.6%拡大
総労働時間 (h)	5,218	3,713	28.8%削減
純利益推計値 (千円)	17,151	21,464	25.1%増加

- 水稻作に、スマート農業技術を用いることで10a当たりの労働時間が短縮され、概ね目標を達成できました(図45)。
- スマート農業技術を用いて利益を最大化するために、水稻・大麦・大豆・野菜作の面積を可能な限り拡大し(44.5→47ha)、収量も向上させることで経済性を試算しました。分析結果は、スマート農機の機械費(減価償却費)を上乗せしても、大半の作物で、慣行体系に比べて利益は向上し、経営体全体の純利益推計値は増加すると試算されました(表1・2)。
- これらの試算では、経営体の運営経費等は含まれておらず、また、毎年安定的に高い収量が得られとも限りませんが、スマート農業技術を導入することで、データに基づく緻密な生産管理が可能となり、労働時間短縮による余剰分を野菜作の拡大につなげて収益を向上させる等、多様な経営戦略につなげることが可能になります。

8 実証プロジェクトの取り組みの様子



図46 推進会議の開催



図47 コンソーシアムメンバーによる進捗状況の確認

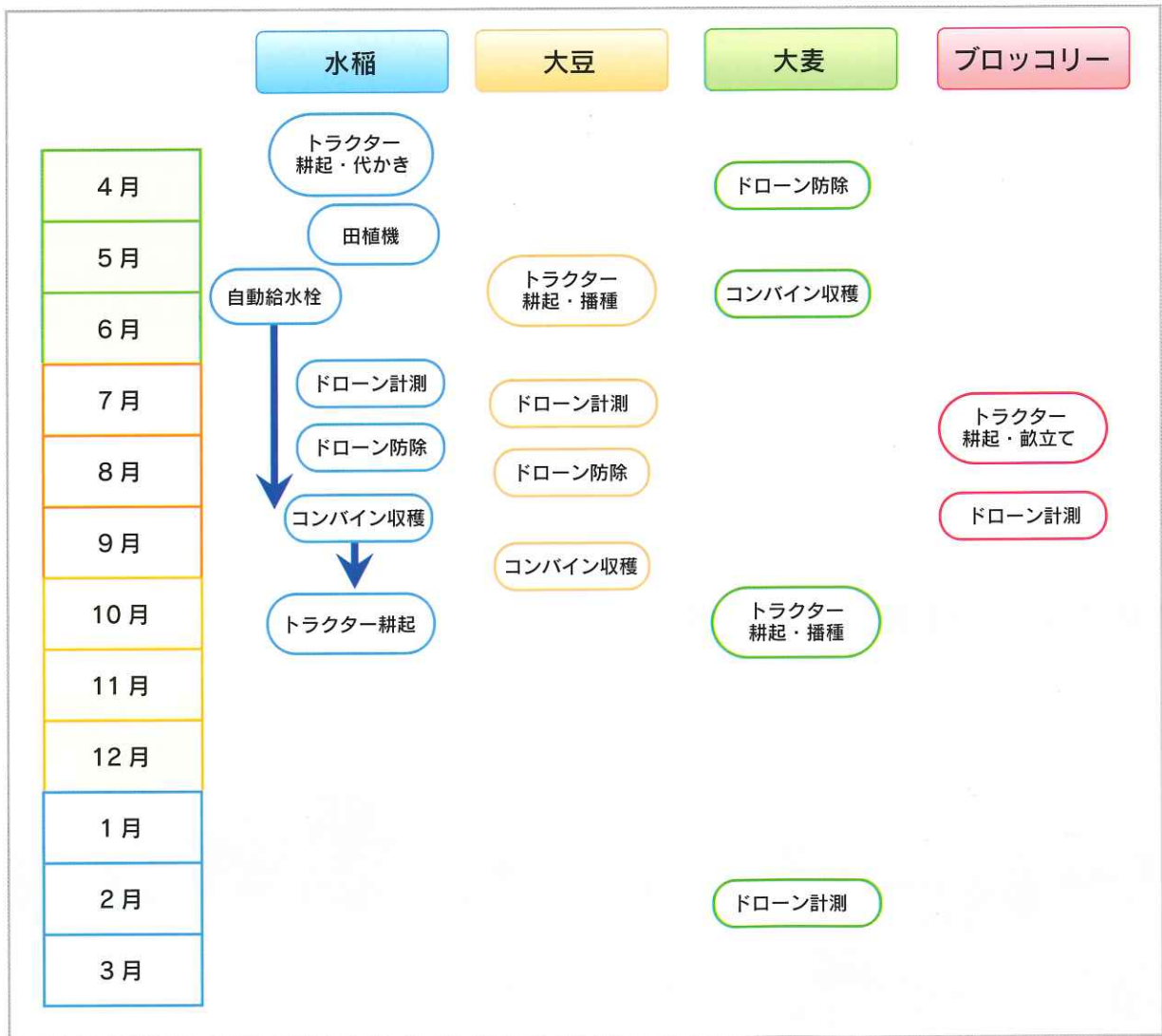


図 48 実演会の開催



図 49 研修希望者への技術講習

9 スマート農業技術の作業暦



10 生産者の声

1) スマート農業技術を導入しての率直な感想

項目	好評価	検討すべき課題
スマート農業機械を使って みての感想	<ul style="list-style-type: none"> 直進アシスト走行の田植機やトラクター、ドローンを用いた防除作業、自動給水栓による水管理等は導入が容易で、すぐに省力化の効果が得られる。 	<ul style="list-style-type: none"> ロボット（自動走行）トラクターやロボットコンバインは、省力化や高能率化等の導入効果が十分発揮できるような圃場整備や作業方法の検討が必要である。
作業性や収益 確保について	<ul style="list-style-type: none"> 地域への関心が高く、後継者の確保に有効。 非熟練労働者でも熟練者に劣らない作業能率や精度の高い作業が可能。 	<ul style="list-style-type: none"> すぐに収量の向上やコスト削減等の効果は得にくいため、継続した取り組みが必要である。 機械の導入にあたっては、規模拡大や高収益園芸作の導入等、導入コストに見合うだけの経営戦略を、事前に十分検討しておく必要がある。

2) 個別の課題と対応について

- 自動走行トラクターによる耕起や代かき作業では、雑草等に障害物検出センサー反応することや、明渠を片側車輪が走行して機体が傾き傾斜センサーが反応することで、トラクターが停止する。この事象が頻発すると作業能率が低下するため、対応方策として、事前に雑草や明渠の処理等の対応を行っている。
- 直進アシスト田植機について、初年目は密苗育苗に不慣れで、田植機のかき取り本数も安定しなかったこと、浮き苗が多発したこと等の課題があった。2年目は密苗育苗に習熟し、本田の条件に応じて植付け深さを適宜調整すること、直進アシスト走行の効果もあつて、植付け精度が大きく向上し、非熟練オペレータでも十分対応できるようになった。
- 防除については、従来、ラジヘリ作業委託であったものを、ドローン防除による自前作業にしたことで、作業計画を立てやすく適期に防除できるようになり、病虫害に対して十分な防除効果が得られた。8個のバッテリーを用意し、6.4haを連続して作業することで、短時間に効率的な作業を可能にした。
- 自動給水栓を15個使用し、水稲作付面積9haを自動化しており、水管理を大幅に省力化できている。開水路に設置していることから、枯れ草等が流れ込み、ゲートの開閉作動の支障になる問題があり、適宜ゴミ除去の点検を行っている。
- ドローン計測による生育調査により、地上からでは判断しづらい生育ムラを上空から俯瞰して把握できるようになり、ムラ直し等の栽培管理に役立っている。計測データに対する追肥の判断は品種ごとに異なることから、今後、継続して追肥診断方法を確立したい。
- 食味・収量計測コンバインを用いることで、圃場間や圃場内の地力のバラツキを把握できるようになったことから、次作の施肥量の増減に反映させている。とりわけ緑肥の生産量が次作の稲作の収量に影響しやすいため、化成肥料の増減に注意する必要がある。

本資料は、農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト(課題番号: 中 D03)」(事業主体: 農研機構)により実施された成果を取りまとめたものです。



スマート菜花米実証コンソーシアム

農事組合法人エコファーム舟枝
福井県丹南農林総合事務所
鯖江市農林政策課
福井県農業協同組合 丹南基幹支店
株式会社北陸近畿クボタ
株式会社クボタアグリサービス金沢事務所
ドローン・ジャパン株式会社
株式会社日本農業サポート研究所

資料番号: 2021-①
発行: 2021年3月
制作: スマート菜花米実証コンソーシアム
代表機関: 農事組合法人エコファーム舟枝
<<http://ecofunaeda.com>>