

スマート農業技術導入手引き書 (水田作(稲WCS))

水田作稲 WCS 栽培におけるスマート農業技術(ドローン・栽培管理支援システム・需給情報共有システム)の活用を通じた省力化・効率化、並びに稲 WCS の流通効率化を目的とした品質情報共有システムの手引き

令和7年2月27日

実施グループ名: 南丹天王スマート農業推進コンソーシアム
(活用支援ID: 援F36)

代表機関: 株式会社アルケミックス

目次

はじめに	2
第1部 手引き書の概要	3
1. 手引き書で取り上げる営農体系と品目	3
2. 手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目	3
3. 手引き書でとりあげる技術	3
4. 産地の現状と取り組む目的	3
5. 期待される成果	4
6. この手引き書の活用面と留意点	4
第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント	5
1. 手引き書で伝えたいポイント	5
2. 技術導入前コンサル型	5
3. 導入技術活用型	10
4. データ駆動型経営改善型	16
STEP3-7: 導入技術の定着のための要件	24
第3部 スマート農業技術活用産地支援の実施状況 (ケーススタディ)	25
1. 南丹市における技術導入前コンサル型の事例(技術導入前コンサル型)	25
2. 南丹市における稲WCSとドローン直播の事例(導入技術活用型)	29
3. 南丹市における各技術の経営評価(経営評価型)	37
第4部 参考資料	47
この手引き書の著作権について	48
この手引き書の問い合わせ先	48

はじめに

近年、中山間地においては耕種生産者の高齢化、担い手不足、耕作放棄地の増加が共通の課題となっている。スマート農業技術を導入することにより個々の耕種生産者の省力化、効率化をはかり、課題解決に一定の効果があることは既に様々な事業等において実証されている。しかし、これらの課題が加速度的に進行する中、空いた農地の生産を引き受ける意欲ある担い手にキャパシティーを上回る圃場が集まりつつある現状も見られる。このため、今後は担い手一人当たりが管理できる面積を拡大していくことが求められており、作業分散と作業省力の両方が不可欠である。その実現手法としてスマート農業への期待が高まっている。

こうした背景を踏まえると、稲WCSの栽培は、作業分散の観点から非常に有力な手段であると考えられる。稲WCS生産・流通過程にスマート農業技術を活用することで省力化、効率化をはかり、一人当たりの担い手の耕作可能面積の拡大に寄与することが期待される。本手引き書では、これらの取組について論じ、同様の課題解決に取り組む地域の一助としたい。

手引き書では、新たな技術導入を検討する産地に対し、地域の現状や課題の分析から導入効果の試算、導入・普及に至るまでのプロセスとケーススタディを取りまとめた。具体的な技術としては、スマート農業（ドローン）を活用した稲WCSの導入を取り上げ、作業時期の集中度やピーク時の労働負担について、時系列で比較・整理している。あわせて、ドローンによる直播等の活用方法や、栽培管理支援システムを用いた衛星画像による圃場管理手法についても整理した。さらに、二次元バーコード（QRコード※）を活用した栽培履歴及び成分情報の「見える化」による流通支援について、表示すべき項目や運用方法を示している。加えて、これらの技術導入に当たり、機械を購入する場合と作業を委託する場合の選択についても整理し、産地の実状に応じた導入判断が可能となるよう記載した。

※QRコードはデンソーウェーブの登録商標です

令和 7年 2 月 27 日

代表機関：株式会社アルケミックス

森田 吉公

・ 免責事項

- ・当該実施グループ及び農研機構は、利用者が本手引き書に記載された技術を利用したこと、あるいは技術を利用できないことによる結果について、一切責任を負いません。
- ・本手引き書に掲載された情報の正確性や完全性について、農研機構が保証するものではありません。技術を利用することによる効果については、作物を栽培する地域、気候条件及び土壌条件等により変動することについて留意してください。
- ・製品の基本的な取り扱いについては、付属する説明書等を参照してください。

第1部 手引き書の概要

1. 手引き書で取り上げる営農体系と品目

- ・水田作（稲WCS）

2. 手引き書で取り上げるスマート農業技術活用産地支援の項目

- ・新たにスマート農業技術の導入を検討する産地に対し、経営課題の解消に有効・効果的な技術の選択を促すための、現状分析に基づく導入効果の試算とアドバイス（技術導入前コンサル型）
- ・導入した（又はする）スマート農業技術の有効・効果的な活用（導入技術活用型）
- ・圃場毎の投下労働時間や資材投入量、生育・収量等の各種経営データに基づく経営改善（データ駆動型経営改善型）

3. 手引き書でとりあげる技術

1) ドローン

ドローンを活用した直播栽培体系への転換（併せて稲WCSに適した品種の導入や肥培管理など直播に適した栽培体系に生産方式を変更することで省力効果を発揮）

2) 営農支援システム

生育状況等の分析データの活用（耕種生産者が持つ生育状況等のデータから施肥量や収穫時期を分析し産地・地域と連携して分析結果に応じた作業方法に転換）

3) 生産管理システムから生成した品質情報付きQRコード活用による新たな出荷方式の導入（品質情報を耕種生産者と酪農（畜産）生産者が共有するシステムを活用し、新たな出荷方式への転換）

4. 産地の現状と取り組む目的

京都府南丹市の農地は中山間地に位置する圃場が多く、主な作物は水稻である。2020年農林業センサスによると、水稻生産を行う経営体は1,600件あり、そのうち法人は37経営体にとどまっている。経営者の平均年齢は70.8歳で、65歳以上が全体の78.5%を占めるなど、高齢化が深刻な状況にある。

一方で、1経営体当たりの耕地面積は平均65.8aであり、中山間地特有の圃場間の勾配や小区画といった条件不利に加え、更にはシカやイノシシ等による鳥獣害が面積拡大の上での阻害要因になっている。これらの課題を解決するためには、作業性の良くない中山間地の圃場においても、1経営体当たりの作付面積を拡大することに繋がる作業分散と作業省力化の技術確立が求められている。

そこで、本取組では、南丹市と隣接し、同じく中山間地域の農業課題解決に取り組んできた

実績を有する大阪府能勢町の天王ナチュラルファームのスマート農業を活用した稲WCSの取組を提案した。これにより、担い手一人当たりの耕作可能面積の拡大を図り、地域農業の維持・継続につなげていくことを目指す。

5. 期待される成果

水田の作付け面積をこれ以上増やすことが難しい耕種生産者においても、作業分散につながる稲WCSを導入する際に、ドローンを活用した直播や防除等のスマート農機を組み合わせた省力的な作業体系を構築することで、より作業時間及び労働負担の大幅な削減が可能となる。これにより、限られた労働力でも対応可能な作業量が拡大し、結果として水田の経営面積拡大が可能となる。

更に、栽培・収穫履歴から成分分析結果までの情報を情報通信技術（ICT）により共有できるシステムを導入することで、耕種生産者と稲WCSを利用する酪農（畜産）生産者との間の情報共有が高度化し、品質の安定化及び取引の信頼性向上が図られる。これにより、耕畜連携の強化と安定的な稲WCS生産・流通体制の構築が可能となり、中長期的な生産物の取引に貢献する。

6. この手引き書の活用面と留意点

本書は、水稻を主作物とする中山間地域で、経営面積を拡大しにくい地域を対象としている。各経営体がスマート農業を活用した稲WCSを導入し、経営面積の拡大を図るための「導入手引き」として活用できる。

ただし、圃場条件や流通環境、酪農・畜産の状況は地域によって異なるため、本書の内容がそのまま適用できない場合もある。本書を参考としつつ、地域ごとに最適な方法を検討することが望ましい。

第2部 スマート農業技術活用産地支援を成功に導くポイント

1. 手引き書で伝えたいポイント

本手引き書は、普及指導員や営農指導員、先進的な農業者が、農地を引き受けて経営面積の拡大に取り組む経営体に対し、技術導入を効果的に推進するための手順を体系的に整理することを目的とする。

また、導入に当たっては複数のステップを段階的に踏み、活用・定着を着実に進めることが重要である。本手引き書では、そのためのステップを体系的に示すとともに、具体的な取組事例をケーススタディとして第3部に掲載する。

特に以下の点に重点を置く。

- ・課題把握、体制構築のための会議・イベントの開催、圃場分析、導入効果の試算といった実際のプロセス(手順)を体系的に整理する。
- ・地域の営農実態に即した技術の選定・導入判断ができるよう、技術ごとの導入効果についてケーススタディとして整理する。
- ・作業分散や省力化を通じた担い手一人当たりの作付面積拡大という“仕組みの構築”までの視点から取り組む。

2. 技術導入前コンサル型

スマート農業を活用した稲WCSを、面積拡大の手法の一つとして検討する産地に対し、課題整理や関係者の合意形成等、適切な導入技術の選択と導入に向けた体制構築について手順を示した。

STEP1-1: アンケート・ヒアリングによる産地課題の抽出

地域の耕種生産者が、経営面積の拡大に向けてスマート農業技術や稲WCSの導入が必要かどうか、また導入に当たってどのような課題を抱えているのかを整理することを目的として、経営状況に関するアンケート及びヒアリング調査を実施する。

■実施内容

1) 離農等により発生した農地の耕作を引き受けており、今後の面積拡大に意欲はあるものの、現状の設備や人員では拡大が難しいと感じている耕種生産者をして選定し、経営状況に関するヒアリング調査を打診する。

2) 下記に示すアンケート内容に沿って、耕種生産者から経営の現状や課題について聞き取り

を行う。

■実施対象者

ヒアリングから、規模拡大に取り組む担い手の属性を整理する。

(以下は本事業を実施した南丹市での事例)

経営体 ： 法人 or 個人

作物/面積 ： 水稻のみで数十ha規模 or 水稻+その他(園芸、畜産等)で10ha前後

年代 ： 30代~50代

■実施時期

ヒアリングは、比較的農作業の落ち着く時期であり、次年度以降の計画が具体化する前の10月~12月で実施する。ただし、地域の事情に合わせて調整が必要である。

1) 対象者抽出 10月~

2) 代表者ヒアリング 11月~

3) 類似の耕種生産者紹介、ヒアリング 12月~

■アンケート内容例

耕種生産者への聞き取り項目は、主に以下の内容を想定する。

- 現在の経営状況(作付面積、人員体制、保有機械・設備 等)
- スマート農業技術の導入状況
- 稲 WCS の導入状況及び検討経験
- 今後の面積拡大意向と、
- その際に想定される課題

これらの項目について意見交換を行い、今後の技術導入の必要性や取組の方向性を整理する(図2-1)。

農業経営に関するアンケート

現在の農業経営について、以下の通りご回答を頂けると幸いです。

※個人情報の使用目的について

ご記入いただいた個人情報は産地状況の把握のみ使用し、本人の同意なく第3者に開示・提供いたしません。

■共通設問

氏名（会社名）		年齢	
作業員数	人		
農場場所	市町村名を記入ください		
作付け品目と面積	記入例（水稲/5ha、大豆/2ha）		
所有機械（アタッチメント含む）	記入例（30馬力トラクター1台、ロータリー1台）		
今後の経営面積のご意向	1. 拡大したい。 2. 拡大意向はあるが、現実的に難しい。 3. 現状維持で良い。 4. 面積は縮小していく。		
上記の回答理由をご記入ください（自由回答）			
1及び2の回答の場合は以下の設問をご記入ください。			

今後、農地の引き受けの話があった際に、ネックとなることはありますか？	はい / いいえ
「はい」の場合、耕作面積を拡大するに際しネックとなることは何になりますか？（複数回答）	設備投資の負担 / 労働力不足 / 農産物流通 / 圃場の距離が遠い / 圃場条件が悪い / その他（ ）
特に作業負担が高い工程は何になりますか？	
スマート農業やデータ活用技術は導入されていますか？	はい / いいえ / 検討中
「はい」の場合、導入されている物をご記入ください	
導入しているものは、面積拡大に寄与しますか？	はい / いいえ
上記の回答理由をご記入ください（自由回答）	
稲WCSの導入を検討されたことはありますか？	1. 現在導入している / 2. 検討はしたが導入していない / 3. 検討した事がない
上記の回答理由をご記入ください（自由回答）	
2と3の回答の場合、もし収穫機、収穫物運搬や売先などの環境が整えば、実施したいと思いますか？	はい / いいえ
上記の回答理由をご記入ください（自由回答）	

その他、ご意見ご要望ご感想などお聞かせください

--

ご協力ありがとうございました。

図2-1：農業経営に関するアンケート例

■回答結果の活用

本アンケートの結果から、経営面積の拡大意向はあるものの、人員や保有設備の制約により面積拡大が困難である耕種生産者については、スマート農業技術を活用した稲WCSの導入によって、作業分散や省力化を通じた面積拡大につながる可能性があると考えられる。これらの耕種生産者対話を重ねた上で、稲WCSの導入に前向きな意向が確認できた場合には、次の段階である「STEP1-2」へ進む。

STEP1-2: 会議・イベントによる稲WCSの技術導入意義と目的意識の共有

■ 誰にどのような手段で情報周知、ネットワーク構築を進めるか

1) 稲WCSに関わる関係者の整理

スマート農業を活用した稲WCSの栽培・流通を進めるに当たっては、水田を耕作する耕種生産者の多くが稲WCS専用の収穫機を保有していないことに加え、販売先が確保されていないという課題があり、耕種生産者のみで栽培から収穫、流通までの一連の作業を完結させることは難しい。

そのため、稲WCSの収穫作業が可能な事業者や、稲WCSを利用する酪農（畜産）生産者、飼料流通事業者、さらにスマート農業技術を提供・サポートする事業者との連携が必要となる。そこで、稲WCS導入目的を関係者間で共有し、円滑な相互連携体制を構築することを目的として、以下の要件に該当する関係者を整理する。

（耕種生産者）

- ・離農により空いた農地を引き受け、耕作する意欲が有る水稻生産者。
- ・現状の設備や人員では、水田面積の更なる拡大が難しいと感じている。
- ・経営形態は問わず、個人、法人、集落営農、いずれも対象とする。

（酪農（畜産）生産者）

- ・地域周辺で酪農畜産を営んでおり、稲WCSの使用に前向きである。
- ・稲WCSの収穫調製に修正しました。及び運搬に必要な設備を所有していることが望ましい。

（飼料流通事業者）

- ・稲WCSを買取り、流通させている事業者。
- ・稲WCSの収穫調製及び運搬が可能な事業者情報を有していることが望ましい。

（スマート農業関係の事業者）

- ・ドローンを所有し水稻直播や防除を一通り実施可能な事業者。

2) 情報共有の会議・イベントの企画

関係者の整理後、次に関係者を一堂に集め、事業の目的や各々の取組や課題感を共有する会議・イベントの企画をする。企画主体は地域の普及所やJAが主体となることが望ましいが、難しい場合には民間事業者等へ依頼することも検討する。

（プログラム例）

- ・事業の目的や意義についての発表。
- ・技術についての概論（稲WCSとは、スマート農業技術とは、等）。

- ・関係者同士の意見交換。
- ・理解促進のための圃場実演。

3) 情報共有の会議・イベントの周知

会議・イベントの周知についても、企画と同様に普及指導センターやJAが主体となることで、広域に情報を広げることができるため、望ましい。加えて、地域の農業公社や地町村の農政担当部などと連携することも有効な手法である。

4) 情報共有の会議・イベントの運営

会議・イベントの企画及び周知後、関係者を一堂に集めて実施をする。地域として前向きに進められる意見が出た際には、以下の点について確認し、導入に向けての段取りを進めていく。

(耕種生産者)

- ・現状で稲WCSやスマート農業技術を導入しているかどうか。
- ・導入技術の選択と活用方向性。

(酪農(畜産)生産者)

- ・稲WCSの調製及び運搬作業の実施可否。
- ・作業受託を行う場合の費用水準。

(飼料流通事業者)

- ・稲WCSの運搬対応の可否。
 - ・近隣における関連機械のレンタル可否。
- ※作業受託が可能な酪農(畜産)生産者がいない場合を想定。

(スマート農業関係の事業者)

- ・ドローン作業受託に関する料金体系。
- ・最低受託面積等の条件設定。

STEP1-3: 金融上や税制上の特例活用を検討

スマート農業技術を用いた稲WCSを実施するに当たり、生産者は、農業の生産性の向上のためのスマート農業技術の活用促進に関する法律(令和6年法律第63号)第7条第1項に規定する生産方式革新実施計画の認定を受けることで金融上や税制上の特例を活用することができる。事業を進めるに当たり、代表者の住所地を管轄する地方農政局等へ相談の上、申請について協議をすることが望ましい(申請は農業者又はその組織する団体が対象です)。

本手引書の取組におけるスマート農業技術の活用と当該技術に合わせた生産の方式を導入には以下の点が該当する。

1) ドローン

直播栽培体系への転換（ドローンの活用と併せてWCSに適した品種導入や肥培管理など直播に適した栽培体系に生産方式を変更することで省力効果を発揮）

2) 営農支援システム

生育状況等の分析データの活用（耕種生産者が持つ生育状況等のデータから施肥量や収穫時期を分析し産地・地域と連携して分析結果に応じた作業方法に転換）

3) 生産管理システムから生成した品質情報付きQRコード活用による新たな出荷方式の導入（品質情報を耕種生産者と酪農（畜産）生産者が共有するシステムを活用し、新たな出荷方式への転換）

3. 導入技術活用型

アンケート・ヒアリングによる産地課題の抽出（技術導入前コンサル型STEP1-1）により、導入済み、又は導入予定のスマート農業技術について、具体的な活用方法や運用上の留意点を整理し、効果的な現場での定着についての取組について手順を示す。

技術導入前コンサル型の取組であるSTEP1-1～3を経て、スマート農業を活用した稲WCSの導入が決定した耕種生産者に対し、次に圃場でどの様に技術を導入・実践していくかについて、栽培方法をどうするか、スマート農業技術を購入するのか委託するのか、経営面積拡大のメリットになるかどうか、の観点で検討する。

STEP2-1：ドローン播種における稲WCSの品種選定

新たにスマート農業技術の導入には初期コストがかかる。スマート農業技術の効率的な運用を図る手段として、作期拡大や圃場規模拡大などが求められる。経営面積の拡大意向はあるものの、人員や保有設備の制約により面積拡大が困難である耕種生産者については、収穫時期の異なる稲WCS専用品種の導入など直播面積拡大に適した栽培体系に生産方式を変更することで、スマート農業技術のうち農業用ドローンの活用と併せた省力化効果を発揮することが可能となる。稲WCSの品種については、主食用米品種及び稲WCS専用品種のいずれも使用することが可能であるが、品種によって収穫適期が異なるため、ドローンの活用を図るうえで作期拡大や作業体系に応じた複数品種の組み合わせが重要となる。

品種選定の考え方は以下の通りである。粳は難消化性の堅い粳穀で覆われており、さらに玄米表皮も消化されにくいいため、主食用米品種を稲WCSとして利用する場合は、出穂後およそ10日程度の乳熟期で、粳内部がまだ硬化していない時期での収穫が望ましい。一方で稲WCS専用品種は、登熟完了する頃に茎葉部への糖の蓄積が最大となるため、登熟完了後に収穫することが望ましい（図2-2）このような品種特性を踏まえ、稲WCSの品種選定に当たっては、播種だけでなく生産方式全体にかかる以下の3点を総合的に考慮して品種選定とドローン播種の実施時期を判断する。

2) 収穫時期は主食用米の前か後か

稲WCSの収穫時期を、主食用米の収穫前に設定するか、後に設定するかは、前述の収穫体制や各経営体の作業計画を踏まえて播種時期を判断する必要がある。一方、鳥獣害が深刻な圃場では、主食用米の収穫後に圃場内に残る稲WCSが誘引源となり、鳥獣害を助長することで、周辺の主食用米への被害が拡大するおそれがあります。そのため、このような圃場では、主食用米の被害軽減を図る観点から、主食用米の収穫前に稲WCSを収穫できる作期となるよう播種時期を設定することが有効な場合もある。

3) 稲WCSを作付けした圃場を、主食用に戻す可能性があるかどうか。

稲WCS専用品種を作付けした圃場において、次年度に主食用米を作付けする場合、収穫時に落下した粃（こぼれ種）が翌年に発芽し、主食用米に混入するリスクが生じる。このため、次年度以降に主食用米へ戻す可能性がある圃場については、主食用米品種を用いて稲WCSを作付けしておくことで、次年度作における品種混在のリスクを回避することができる。

本事例の南丹市においても、「コシヒカリ」や「キヌヒカリ」といった主食用米品種を用いて稲WCSを作付けしている事例も見られる。

STEP2-2:稲WCSのドローン直播の実施調整

1) 圃場選定

ドローン水稻直播を実施する場合に圃場として適しているのは、入水及び排水が比較的容易に実施可能な圃場である。ドローンによる播種後は、苗立ちの安定化、除草剤の効果発現のために、適切な水管理を継続して行う必要がある（図2-4）。

一方で、水の入水が困難な圃場で本技術を導入した場合、十分な入水ができずに発芽不良を引き起こすことや、除草剤の効果が十分に発揮されないといった問題が生じることがある。排水不良の圃場では、発芽したとしても長期間の湛水により苗の根が浮き、生育不良や失敗につながる懸念もある。

特に技術導入の初期段階においては、こうしたリスクを回避するため、地域内でも比較的条件の良い圃場を選定し、作業手順や水管理方法を確立した上で、段階的に条件が悪い圃場への導入を目指していくことが望ましい。

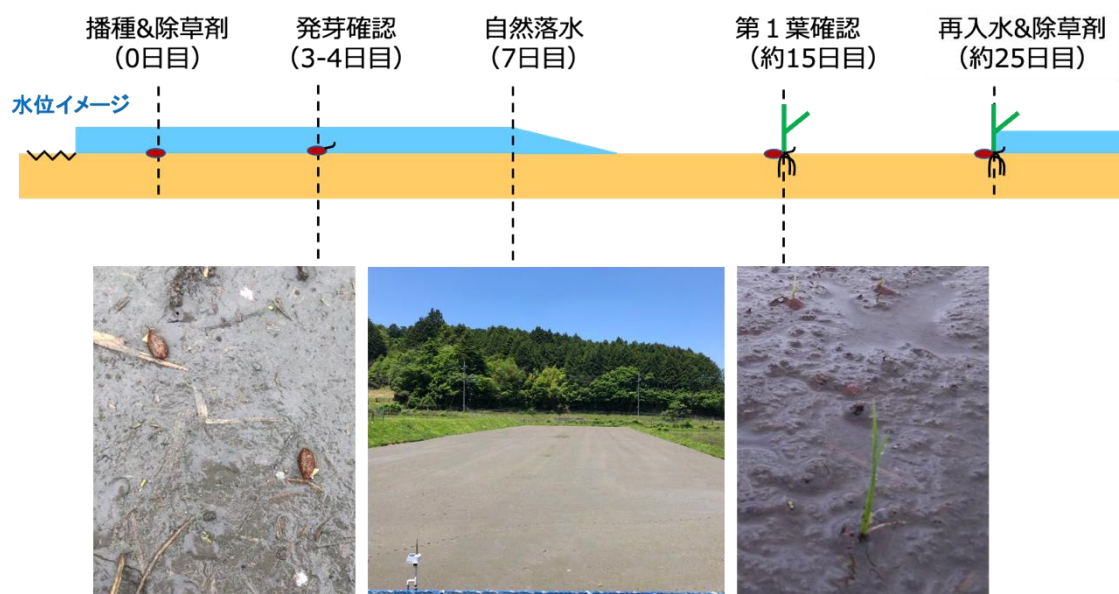


図2-4:ドローン播種後の水管理イメージ

水はけの悪い圃場でドローン直播を実施する場合には、代掻き後に一度落水し、地表面を適度に固めた上で溝切りを行い、排水性を高めることで対策とすることができる(図2-5)。一方で、溝切り作業は追加の作業工数を要するため、すべての圃場で必須とするものではない。圃場条件を確認した上で判断することが望ましい。



図2-5:京都府南丹市での播種前圃場の様子

2) 播種時期

播種時期は、①地域の気温、②品種、③収穫時期、の3点から検討をする。

中山間地域であっても、日平均気温がおおむね15～18℃前後で晴天が続く条件下では水温が上昇し、播種後3～4日程度で発芽が確認される。このため、過去の気象データ等を参考に、地域においてこの条件が満たされる時期がいつ頃であるかを把握することが重要である。あわせて、スマート農業技術の効率的な運用を考慮して技術導入前コンサル型の取組であるSTEP1-1で整理する「収穫をいつ・誰が行うか」「品種を主食用米品種とするか、稲WCS専用品種とするか」といった検討を踏まえ、播種時期を設計する。

参考として、中山間地域である大阪府能勢町では、毎年5月中旬頃に播種を行っている。気象条件にもよるが、播種後おおむね3～5日で発芽が確認される(図2-6)。その際の水温は日平均気温+3～5℃程度となり、条件によっては1日の最高水温が25℃前後まで上昇する場合もある。播種から7日ほど湛水を保った後に落水管理を行い、苗立ちを促進し、1.5葉期～2葉期に達するまでに約25日程度を要している。

一方で、発芽後の生育日数や出穂時期は、各地域の気温や日照条件によっても違ってくる。そのため、技術導入初期においては、すぐに大規模に展開するのではなく試験的な導入から開始し、生育状況や作業時期に関するデータを蓄積しながら、地域に適した最適な栽培体系を段階的に構築していくことが重要である。

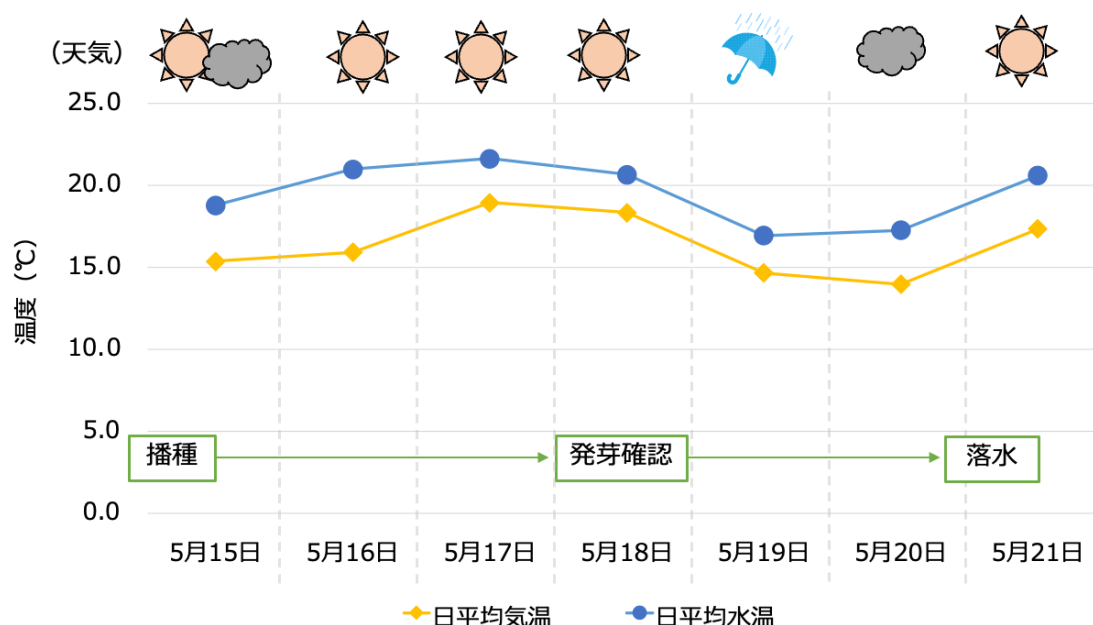


図2-6: 中山間地域(大阪府能勢町)における播種後の気温、水温、発芽状況の例

STEP2-3: 稲WCS直播圃場の生育調査

地域への技術導入初期は、導入結果の評価や結果の横展開を進めるために、営農支援システムを活用して圃場の記録をする。取得する項目は以下の内容とし、必要に応じ追加をする。

(資材の暦)

- ・栽培品種
- ・haの種子量
- ・種子コーティングの種類(直播の手法)
- ・肥料の銘柄、成分値、散布量
- ・除草剤の銘柄、散布量
- ・病虫害防除剤の銘柄、散布量

(圃場の暦)

- ・耕耘、代掻きをした日時
- ・播種日
- ・播種前～播種後25日程度の苗立ち期間における水位変化
- ・除草剤散布日
- ・病虫害防除散布日
- ・収穫日

(生育の暦)

- ・圃場内での発芽観測日
- ・第1葉の展開観測日
- ・播種後30日目頃の圃場全体の苗立ち状況
- ・出穂日
- ・収穫日と収穫量

STEP2-4: 営農支援システムの導入(生育管理/可変施肥)

農業者が持つ生育状況等のデータから適切な生育管理や可変施肥等の適正化を分析するための営農支援システムは種々リリースされている。営農支援システムを用いて衛星画像データを活用した元肥の可変施肥(ブロードキャスト利用)を実施するなど、品質・収量の向上を実現する。また、蓄積したデータを流通段階(STEP2-5)での情報共有に活用する。

STEP2-5:流通段階での二次元バーコード(QRコード)による情報共有

稲WCSを生産する際に、耕種生産者と酪農(畜産)生産者が異なる場合には、必ずしも酪農側が求める品質のものが入手できないこともある。それは耕種生産者の圃場管理において雑草が混入したり、収穫時期を見誤ったりすることに起因する。そこで、圃場の管理状況についてQRコードを用いて見える化し、それを酪農(畜産)生産者に提供をすることで、安心した取引が可能となり、スムーズに耕畜連携が進む体制の構築ができる。

(使用するツール)

農業用の作業記録ソフトの中には、入力した使用資材や作業履歴の情報を一覧化し、QRコードとして出力できる機能を有するものを使用(選定)する。そのQRコードをシールとして印刷し、稲WCSのロール外面に添付する。

これにより、出荷先である酪農(畜産)生産者が、いつ、どんな管理をすることで、その品質になったかを簡易に確認することが可能となる。その結果、品質への信頼性向上やトレーサビリティの確保につながり、耕種生産者と酪農(畜産)生産者間の円滑な取引関係の構築に寄与することが期待される。

(入力データ/QRコードで閲覧可能となるデータ例)

- ・農園名
- ・地域
- ・品種名
- ・植え付け時期
- ・収穫日
- ・農薬使用履歴

※成分分析値

- ・Vスコア
- ・CP(粗タンパク質)
- ・NFC(炭水化物量)

4. データ駆動型経営改善型

スマート農業を活用した稲WCSを実施するに当たり、必要となる作業機器については、自ら機器を購入して実施する方法と、外部へ作業委託する方法がある。

データを活用して経営改善を図るための作業機器利用方法の判断のためには、機器購入に要する費用(減価償却費、維持管理費等)と、委託作業に要する費用を、面積当たりのコストとして整理し、比較・検討することが必要である。これらの点を踏まえ、機器購入と作業委託のいずれが経営体にとって合理的な選択となるかを判断するための試算の考え方について示す。

STEP3-1:ドローン購入と作業委託に要する費用の試算

ドローンを活用したスマート農業を実施するに際し、機体を購入して自ら作業を行う場合と、外部事業者へ作業を委託する場合について、面積当たりのコストを算出し、両者のコストメリットを比較することで、経営体にとって適切な実施方法を検討する。

(ドローン購入の試算)

ドローンを購入して自ら作業を実施する場合について、以下の項目をドローンメーカーや販売事業者等から情報収集し、整理する。なお、想定する機器スペックは「1日8時間(朝から夕方まで)連続して作業が可能な能力」及び「粒剤、液剤どちらも散布可能」なものとする。

1) イニシャルコスト

- ・ドローン本体価格(粒剤散布装置、液剤散布装置含む)
- ・ドローンバッテリー価格及び1日8時間フライトに必要な数。
- ・バッテリー充電器
- ・発電機
- ・免許取得費
- ・その他、散布に必要な器具類

2) 年間維持費

- ・修繕費
- ・保険代
- ・減価償却費 ※減価償却費はイニシャルコストを基に算出し、耐用年数は7年とする。

(ドローンの作業委託)

ドローン作業を外部に委託する場合については、ドローン作業受託組織にヒアリングを行い、以下の作業ごとにha当たりの作業単価を整理する。

- 1) ha当たりの水稻直播作業費
- 2) ha当たりの除草剤散布作業費
- 3) ha当たりの病虫害防除作業費

あわせて、最低受託面積や作業可能時期等の条件についても確認しておくが良い。

(比較方法)

ドローン購入時のha当たり費用は、以下の式により算出する。

ha当たりの年間コスト＝

(年間減価償却費+修繕費+保険料+ドローン作業に要する人件費)÷作業面積

ドローン本体や付属機器の購入に伴う初期投資を耐用年数で按分した減価償却費に加え、ドローン維持に必要な修繕費、保険料、及び実作業に要する人件費を合算し、それらを年間の作業面積で割ることで、ドローン作業を自ら実施した場合の面積当たりコストとして試算するものである。この面積当たりの年間コストを、水稻直播、除草剤散布、病害虫防除の各ドローン作業委託費用（ha当たり）と比較することで、ドローンを購入して自ら実施する場合と、外部に作業を委託する場合のいずれが費用的に有利であるかを評価する。

（留意点）

実際の検討に当たっては、作業面積の大小や圃場間の移動距離によってha当たり費用が変動する可能性がある点に留意する。また、単純な作業費用の比較だけでなく、作業時期の制約や最低受託面積、繁忙期における対応可否なども考慮する必要がある。

STEP3-2: 稲WCS直播導入の省力効果の試算

稲WCSの作付けに際して、従来の移植と直播の作業時間の比較をし、直播導入による省力効果を明らかにすることで、各経営体が手法選択の検討をできるようにする。

（作業時間の比較試算）

鉄コーティング直播の場合、耕耘代掻きといった圃場準備及び苗立ち以後の水管理、防除といった管理は基本移植と同様となる。そのため、比較する作業時間の内訳は両者で作業内容が大きく異なる初期工程に限定し、以下の区分で整理する。

移植：育苗～移植～活着完了

直播：種子コーティング～直播～苗立ち完了

作業時間はha当たり延作業時間（作業時間×人数）で算出する。

（移植/育苗作業の延作業時間の取得）

育苗の播種作業において、1回当たりの苗箱の処理枚数、ha当たりの苗箱使用量、育苗合計作業時間（育苗作業内訳毎の延作業時間の合計値）から、ha当たり作業時間を算出する。取得項目については以下の図2-7の通り。

計算例）

1回当たり300枚の苗箱を作成し、その300枚の育苗管理に延4,800分かけ、
haで150枚の苗箱を使用とすると、 $(4,800分/300枚) \times 150枚/ha = 2400分/ha$

【育苗作業時間の計算】		【育苗作業内訳】			
1回あたり苗箱枚数（枚）		作業確認			
10aあたり苗箱使用枚数（枚）		作業内容	作業時間（分）	作業人数（人）	延作業時間（人分）
育苗合計作業時間（分）		温湯消毒			
10aあたり作業時間（分/10a）		種粒浸種			
		脱水			
		播種機の整備・試運転			
		播種事前準備			
		播種機稼働			
		ハウスへの苗箱配置			
		太陽シート設置			
		太陽シート剥がし			
		灌水換気/状況確認			
		育苗合計作業時間（分）			

図2-7：育苗作業時間の試算例

（移植/移植作業の延作業時間）

移植作業については、機械のメンテナンス～移植作業（移動含む）～機械清掃までを作業時間とした。なお、メンテナンスや清掃は全圃場に対しての作業となるため、作業時間を作付け面積で割ることでha当たりの時間として算出した（図2-8）。

【移植作業】		作業確認		
作業内容	作業時間（円/10a）	作業人数（人）	延作業時間（人分）	
移植機メンテナンス				
移植作業				
機械清掃・片付け等				

図2-8：作付け作業時間の試算例

3) 直播/種子コーティングの延作業時間の取得

種子コーティング作業は耕種生産者自身で実施する or 外部委託両方の選択肢があるが、外部委託をすれば作業時間は0となる。自身で作業する場合は以下の項目について整理する（図2-9）。

【コーティング作業】	
1 回あたり処理量 (kg)	
10aあたり播種量 (kg)	
1 回あたり処理時間 (分)	

合計入力

【処理時間内訳】			
作業内容	作業時間 (分/10a)	作業人数 (人)	延作業時間 (人分)
浸種作業時間			
コーティング作業時間			
乾燥調整時間			
準備、片付け時間			

図2-9:種子コーティング作業時間の試算例

計算例) 1 回当たり20kgの種子コーティングをし、その20kg製造に延60分かけ、
haで30kgの播種を使用とすると、 $(60分/20kg) \times 30kg/ha = 90分/ha$

4) 直播/播種作業の延作業時間の取得

播種(播種同時の除草剤含む)作業は外部委託をすれば、作業時間は0となる。
自身で実施する場合は、ドローン飛行にかかる準備、操縦、片付けの時間を取得する。

5) 直播/2回目除草剤作業の延作業時間の取得

直播においては、播種から20-25日頃を目処に2回目の除草剤が推奨される。
その作業時間を取得する。自身で実施する場合は、ドローン飛行にかかる準備、操縦、片付けの時間を取得する。

■比較方法

算出した各延作業時間の合計値について比較をする。

STEP3-3:収益効果の試算(衛星画像を用いた生育管理/可変施肥)

衛星画像を用いた元肥の可変施肥を実施する場合、費用については以下の通り。

(衛星画像を用いた可変施肥の試算)

1) イニシャルコスト

・可変施肥対応のブロードキャスター

2) 年間維持費

・修繕費
・減価償却費

・システム導入費

※減価償却費はイニシャルコストを基に算出し、耐用年数は7年とする。

(衛星画像を用いた可変施肥導入費用)

ha当たり費用は、以下の式により算出する。

ha当たり可変施肥実施費用＝

(減価償却費＋修繕費＋システム使用量)÷作業面積

※機械をレンタルする場合は、減価償却費＋修繕費がレンタル費に置き換わる

(可変施肥導入効果の試算方法)

可変施肥の導入効果については、「収量増加による効果」と「肥料削減による効果」の両面から評価を行う。試算方法は以下の通りとする。

可変施肥圃場

＝ha当たり出荷売上－肥料費－可変施肥実施費用

慣行施肥圃場

＝ha当たり出荷売上－肥料費

上記2つの差分、すなわち

(可変施肥圃場)－(慣行施肥圃場)

が正の値となる場合、可変施肥導入による経済的効果が得られていると評価する。

STEP3-4:収益効果の試算(稲WCSの収穫機購入と作業委託の比較)

稲WCSの収穫に際し、稲WCSの収穫機類自らを購入して作業を行う場合と、外部事業者へ作業を委託する場合について、面積当たりのコストを算出し、両者のコストメリットを比較することで、経営体にとって適切な実施方法を検討する。

(稲WCSの収穫に必要な機械の試算)

以下についてメーカー等へのヒアリングを実施する。

1) イニシャルコスト

- ・微細断収穫機価格
- ・ラッピングマシン価格
- ・ベールグラブ価格
- ・機械運搬車(8tトラック)価格 ※酪農(畜産)生産者が所有していなければ導入が必要

2) 年間維持費

- ・資材費（ラッピング、乳酸菌）
- ・メンテナンス費
- ・保険費
- ・減価償却費（→イニシャルコストから算出）

（専用収穫機の作業委託）

以下について稲WCSの収穫作業受託組織へのヒアリングを実施する。

作業単位はhaとする。

1) 専用収穫機による稲WCSの作業費（ha当たり）

2) 運搬費（ha当たり）

（比較方法）

稲WCSの収穫機械の購入時の費用は、以下の式により算出する。

ha当たり費用＝

（年間減価償却費＋修繕費＋保険料＋作業人件費＋資材費）÷作業面積

スマート農業技術の導入を含めて、稲WCSの収穫に必要な一連の機械購入に伴う初期投資を耐用年数で按分した減価償却費に加え、機械維持に必要な修繕費、保険費、及び実作業に要する人件費、資材費を合算し、それらを年間の作業面積で割ることで、稲WCSの収穫作業を自ら実施した場合の面積当たりコストとして試算するものである。この面積当たりの年間コストを、外部作業委託費用（ha当たり）と比較することで、機械を購入して自ら実施する場合と、外部に作業を委託する場合のいずれが費用的に有利であるかを評価する。

STEP3-5: 収益効果の試算（品種「たちすずか」導入による経営改善効果）

（試算目的）

経営面積拡大が難しい耕種生産者にとって、スマート農業技術を導入した稲WCSやスマート農業の導入と併せ、直播の課題を解決するために、直播適性の高い品種の導入など直播に適した栽培体系に生産方式を変更することによる省力化効果を試算し、作付け方針の参考にする。

（耕作可能面積の推定方法）

以下について耕種生産者へのヒアリングを実施する。

1) 現状の全作付け品目の面積

2) 各作業工程における作業時間、移動時間、作業人数、延作業時間（図2-10）

3) 主食用米の米価

※ヒアリング内容の例

【圃場作業内訳】

作業内容	作業確認			
	作業時間 (分/10a)	移動時間 (分/10a)	作業人数 (人)	延作業時間 (人分/10a)
土壌改良剤				
畦塗り				
秋起こし				
春起こし				
荒起こし				
育苗				
荒代				
本代				
移植				
水管理				
畦除草				
病虫害防除				
収穫				
運搬				
粃運び				
乾燥機への投入				
乾燥				
粃摺り				
選別				
袋詰め				
機械清掃/メンテナンス				
合計 (分/10a)				0
時間換算 (時/10a)				0.0

図2-10: 各作業工程の延作業時間の確認例

(比較方法)

取得した内容から各月毎の作業時間を割り出し、稲WCSが入ることでの様に作業分散が可能になるかと、主食用米の価格からどの程度の面積から稲WCSの導入が収益面でもメリットになってくるかの試算をする。最大利益を目的関数としてそれを得るための合理的な作付構成を試算する。試算には線型計画法(XLP)を用いる。

STEP3-6: 事業、ネットワーク継続のため必要なこと

事業を継続的に続けていく為には、1年に1回は耕種生産者、酪農生産者、稲WCS流通業者、スマート農業関係事業者等が一同に会する場を作り、意見交換をしていく。実施タイミングとしては、作付け時や収穫時に実際の作業を見ながら実施することで各々の理解が深まる為に望ましいが、一方で生産者が多忙な時期でもあるため、集まるのが難しい時期でもある。その場合、作付け前の4月か、収穫後(11月～12月頃)に実施する。

STEP3-7:導入技術の定着のための要件

①ドローン、②営農支援システム、③QRコードシステムについて下記に一部のスマート農業技術について例を示す。

① ドローン

自ら機体を購入して実施するパターンと、作業を外部に委託するパターンのいずれでも実施は可能である。ただし、機体を購入して自ら実施する場合、導入費用は数百万円規模となり、加えて年間の維持管理費も数十万円程度発生する。そのため、購入による導入は10ha以上の作業面積を有する経営農家での導入が適しており、小規模経営農家においては作業委託による対応が望ましい。

購入を検討する場合には、実施面積に応じた単位面積当たりの費用を算出し、作業委託と比較して、いずれが費用面で有利かを検証することが重要である。本件における算出例については、第3章に記載する。また、ドローンの使用場面については、播種や除草剤散布などへ活用することで、年間を通じた使用頻度を高め、ドローン導入の費用対効果を向上させることが可能である。

一方、作業を委託する場合には、委託先との実施日調整が必要となるが、当日が降雨や強風等によりドローンの飛行が不可能となった場合、別日での再調整が困難となる、あるいは次回の実施日まで日数が空いてしまうといったリスクがある。そのため、地域内の作業委託先との連携体制を構築することや、作業時期の異なる他地域との共同利用を行うことで、こうしたリスクを軽減することが必要である。

② 営農支援システム

小規模経営農家でも導入可能である。

営農支援システムは、初期導入コストや月額利用料が比較的安く、スマートフォンやタブレットから利用できるものも多いため、小規模経営農家においても導入のハードルが低い。

作業記録や作業計画の可視化、圃場ごとの栽培管理の一元化が可能となり、経営規模に関わらず日常的な営農管理の効率化に寄与する。

③ QRコードシステム

小規模経営農家でも導入可能である。作業記録ソフトの中には、入力した栽培履歴や作業履歴を一覧化し、QRコードとして出力できる機能を備えたものがある。既に使用しているソフトが当該機能を有している場合、小規模経営農家でも容易に活用できる。

第3部 スマート農業技術活用産地支援の実施状況 (ケーススタディ)

STEP2の各導入の取組において、京都府南丹市において実施した事例や結果についてケーススタディとして記載する。

1. 南丹市における技術導入前コンサル型の事例(技術導入前コンサル型)

STEP1-1: アンケート・ヒアリングによる産地課題の抽出

(現状把握のヒアリング)

南丹市において、経営面積の拡大意向を有する耕種生産者5名を対象に、現状に関するヒアリング調査を実施した。調査対象者の経営面積は、5～10haが3名、15ha以上が2名であり、面積拡大意向についてはいずれの耕種生産者も「有」と回答した。

スマート農業技術の導入状況については、5～10ha規模では3名中1名、15ha以上規模では2名中2名が導入済みであった。導入されているスマート農業技術としては、ドローンや直進アシスト機能などが挙げられ、経営規模が大きくなるほどスマート農業技術の導入が進んでいる傾向が確認された。

一方、稲WCSの導入状況については、5名中1名のみが導入済みであった。未導入の4名のうち、2名は過去に検討した経験はあるものの、専用機械を保有していないことが主な要因となり、導入には至っていない状況であった。

現時点では、スマート農業機器の導入や機械の大型化により、既存の設備・人員体制のままでも主食用米での面積拡大が可能との認識が多く、当面は稲WCSではなく主食用米による規模拡大を志向する回答も多かった。

ただし、今後さらに面積拡大を進める中で、獣害が深刻な圃場や入水が困難な圃場など、条件の悪い圃場が増加した場合や、現状以上に作業分散や作業省力化が求められる状況となった場合には、稲WCSの導入を改めて検討する必要があるとの意見も聞かれた(図3-1)

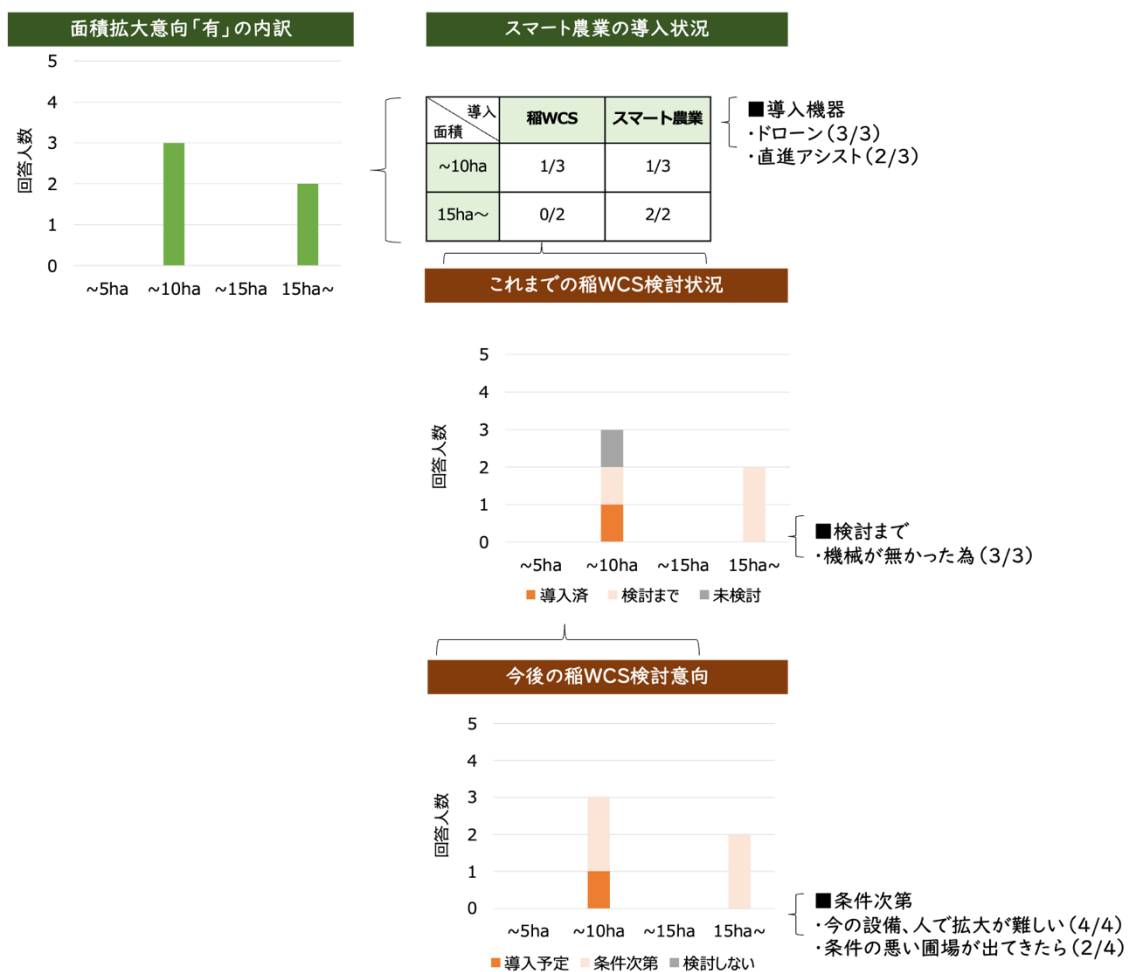


図3-1：南丹市の耕種生産者へのヒアリング結果

(本手引き書で取り扱う技術で対応可能な要望の抽出結果)

経営面積拡大を進める上で、スマート農業は既に導入している経営体もあることから、本手引き書で取り扱う以下の技術が適応できると考えられた。

- ・ドローン直播
- ・経営管理ツールを用いた圃場管理
- ・稲WCSの導入
- ・QRコードシステム

STEP1-2:会議・イベントによる事業意義と目的意識の共有

本事業において、地域の関係者を集めたイベントを実施し、取組内容の共有などを実施した。そこに至る経緯と実施内容については以下の通りである。

（イベントに至る経緯）

既にスマート農業を活用した稲WCSの取組を推進していた天王ナチュラルファームと南丹市の生産者（以後：Aさん）ヘドローンを活用した稲WCSの栽培や導入効果について意見交換がなされ、Aさんとして導入を決めた。一方で、稲WCSは栽培した後の収穫や酪農畜産側への引き渡し過程も含めた体制が大事になる点も整理された。そこで、地域内での連携体制を構築することを目的として、関係者を集めたイベントを企画することとした。

（イベントの企画）

天王ナチュラルファームの協力のもと、イベントの目的や構成を整理し、当日のプログラム内容の作成を進めた。具体的には、稲WCS及びスマート農業技術に関する情報提供、ドローン直播の実演内容、参加者同士の意見交換の場を組み合わせることで、理解促進と今後の連携につながる構成となるよう調整を行った。

（イベントの周知）

イベントへの参加者としては、耕種生産者、酪農生産者、JA関係者、行政関係者、民間企業など、稲WCSの生産・利用・普及に関わる関係者を幅広く対象とした。周知に当たっては、Aさんから地域の地域振興会及びJA関係者へ案内チラシを配布し、そこから各関係機関・関係者へと情報が伝達され周知を進めた。

（イベントの運営）

イベント当日は、天王ナチュラルファーム及びAさんが運営・事務局となって、5月下旬に開催した。はじめに、大阪府能勢町におけるスマート農業を活用した稲WCSのこれまでの取組内容や、そこから得られた導入効果、新たな可能性について説明を行い、参加者の稲WCSに対する理解を深めた。

続いて、ドローン直播に関する講演及び圃場での実演を実施し、スマート農業技術の具体的な活用イメージや、省力化効果について理解してもらう機会を設けた。

さらに、同年7月には稲WCS栽培に関する外部専門家を招いた講習会を実施し、技術的な理解の促進や、関係者を集めた意見交換会を開催し、導入に向けた課題整理や情報共有を進めていった（図3-2）。



現状と課題（スマート農業と飼料米栽培について）

《地区の農業経営の現状/課題》

（要因/現状）

1. 化学肥料の高騰
2. 輸入飼料の高騰
3. 農業機械の高騰及び燃料費の高騰
4. 電気料金の高騰

（課題）

1. 畜産農家の飼料が高騰し経営悪化。
2. 稲作栽培でも肥料・燃料・電気料金の高騰により担い手不足に輪をかけて農業経営の悪化。

《目指すべき取組とは》

1. スマート農業を活用し、経費削減、作業効率を向上させることで持続可能な環境農業が求められている。
2. 肥料/飼料の価格高騰対策や脱炭素経営に向けて、環境負荷が少ない循環型農業が求められている。
3. 以上等の状況から、コンパクトな耕畜連携モデルの実証に取組み、内外に強くアピールする必要性を感じた。

中山間地域におけるコンパクトな耕畜連携モデルを実証し、畜産農家、水稻栽培農家、そして「新しい兼業農家」の意識改革を目指す!!

（当日、発表した内容の一部）

図3-2:南丹市におけるスマート農業を活用した稲WCSの研修会の様子

2. 南丹市における稲WCSとドローン直播の事例（導入技術活用型）

本取組においては、稲WCSの品種として、主食用米品種である「キヌヒカリ」と稲WCS専用品種である「たちすずか」の2品種において、ドローン直播による作付けを実施した。その実施内容は以下の通りである。

STEP2-1：稲WCSの品種選定

稲WCSの品種については、主食用米品種及び稲WCS専用品種のいずれも使用することが可能であるが、品種によって収穫適期が異なることを活かして、ドローンの活用による省力効果を最大限に図るうえで作期拡大や作業体系に応じた複数品種の組合わせた生産方式に変更することが重要となる。品種選定に当たっては、作付け期間の異なる主食用米品種「キヌヒカリ」と稲WCS専用品種「たちすずか」を用いた。稲WCSの品種については、主食用米品種及び稲WCS専用品種のいずれも使用することが可能であるが、生産方式を考えるうえでは、播種だけでなく収穫や次年度の作付けも考慮することが重要となる。

<品種選定に関わる要素>

1) 収穫は誰がするか

→生産者が自ら収穫をした。

2) 収穫時期は主食用米の前か後か

→前と後、両方で実施した。

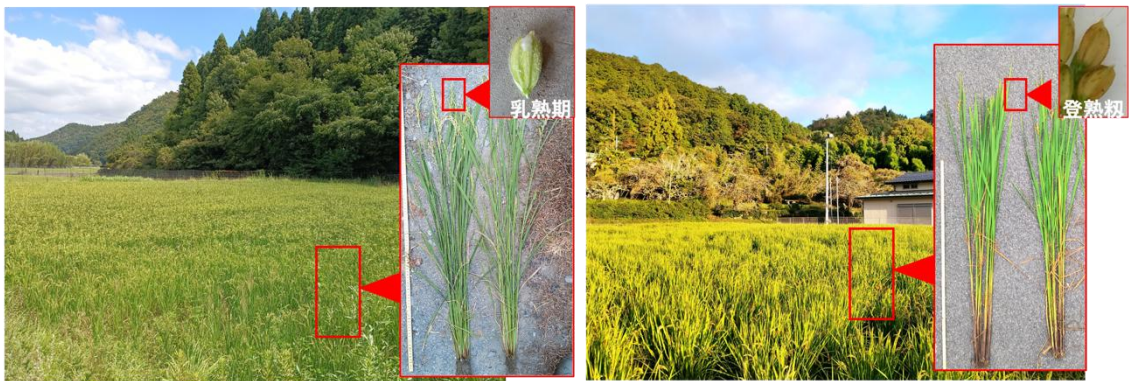
3) 次年度の作付け考慮

→条件が悪い圃場は次年度も稲WCSにする前提で「たちすずか」を導入した。

各品種の播種時期、出穂時期、収穫時期は以下の通りである。「キヌヒカリ」は出穂後、10日ほど経過した乳熟期に収穫することで、主食用米の収穫前に作業を終わらせる暦となった。一方で「たちすずか」は、登熟を完了させた状態で収穫することとし、その時期が10月25日となり、主食用米の収穫後に作業をする暦となった。その点では、狙い通りの作期分散になった（図3-3）。

●:播種日 △:出穂期(走穂確認) □:収穫日 ←→:主食用米の収穫時期

	5			6			7			8			9			10		
	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下	上	中	下
キヌヒカリ			● 5/26									△ 8/20頃	□ 9/3	←→				
たちすずか			● 5/23										△ 9/10頃					□ 10/25



キヌヒカリの直播圃場の様子(8/28)

たちすずかの直播圃場の様子(10/15)

図3-3:ドローン直播をした稲WCSの収穫日と収穫前の様子

STEP2-2:稲WCSのドローン直播の実施

本事業においては、スマート農業を活用した稲WCSの取組として、ドローン直播(湛水直播/鉄コーティング直播)が実施された。その結果は以下の通りである。

(圃場選定)

稲WCSのドローン直播を実施した圃場は、入水がしやすい圃場を選定した。更に代掻き後に溝を掘ることで排水を促し、苗立ちしやすい環境を整えた。その結果として、播種後7日程度は湛水を保ち種子の発芽と除草剤の処理層形成を促しつつ、その後に少しずつ落水し、9日目には地表面が見える程度まで落水ができた。その適切な水管理を行なった結果として、圃場全体での苗立ち揃いとなった(図3-4)。

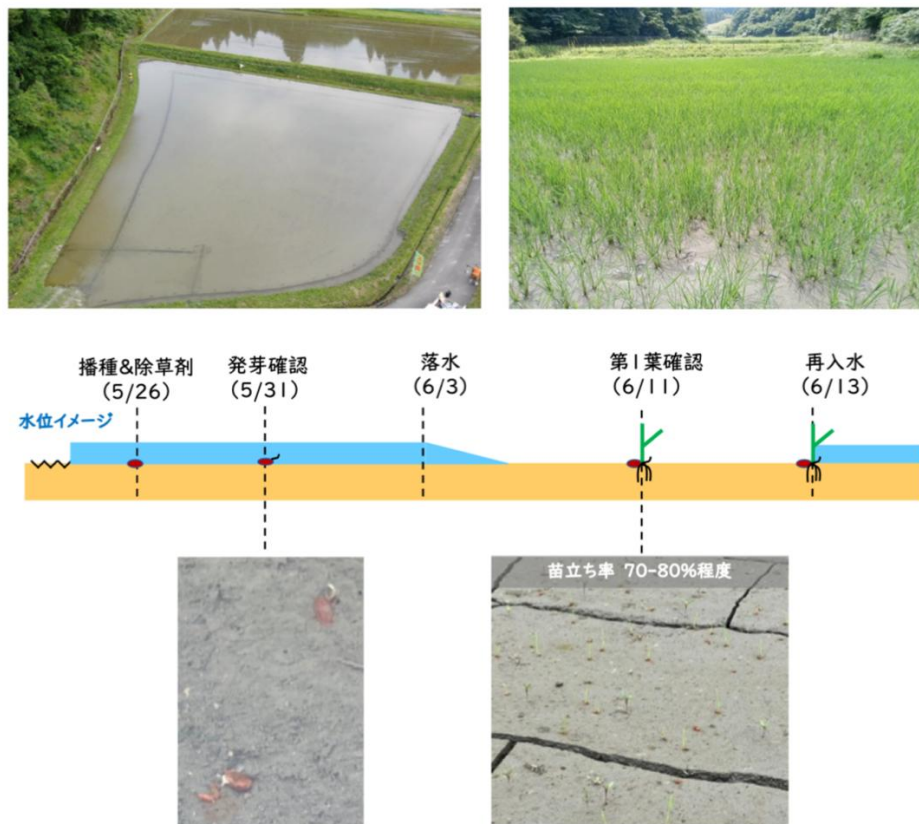


図3-4:ドローン直播の圃場の様子や播種後の水管理

(播種時期)

播種時期については、主食用米品種である「キヌヒカリ」は主食用米の収穫前に出穂する様に、稲WCS専用品種である「たちすずか」は主食用米の収穫後に登熟完了することを狙い、気温が平均20℃を超え発芽条件が良好になる5月20～25日頃を播種時期と決定し播種をした。その結果はSTEP2-1に記載した通りである。

(播種作業)

本事例の播種作業において、飛行は手動によるコントロールで実施した。その際のドローンの設定は、種子の播種においてはシャッター開度70%、飛行速度4m/s、回転数500rpmで、除草剤散布においてはシャッター開度17%、飛行速度4m/s、回転数1200rpmで実施した。ただし、これはドローン機種によって異なってくる為、参考値となる。

STEP2-3: 稲WCS直播圃場の生育調査

(圃場実績の概要)

本事業で実施した稲WCSドローン直播の圃場において、播種～収穫までの各時期における生育ステージと、その過程で実施した作業（播種、雑草防除、水管理、収穫）を整理した（図3-5）。以下は「キヌヒカリ」における事例であるが、「たちすずか」も作業時期や作業内容は同様であった。ただし、生育ステージとして出穂が「キヌヒカリ」より遅く、登熟完了した10月後半に収穫をした点が異なる。

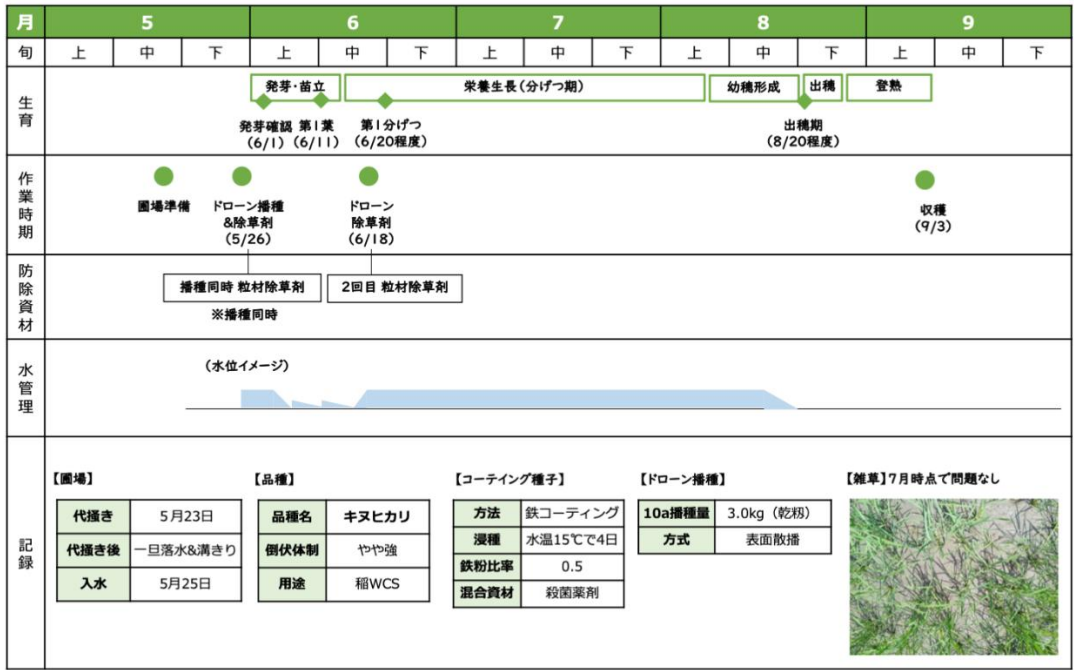


図3-5: 稲WCSのドローン直播圃場の暦

(苗立ちの記録)

播種後、25日目における苗立ちの調査を実施した。圃場内で左側（水口付近）、中央、右側（水尻付近）に1m×1mの区画を作り、区画内の苗立ちした株数と未発芽種子の確認をした。未発芽種子については、本件では鉄コーティング種子を用いた表面播種であったため、目視可能であった。苗立ち数は、ドローンによる散播のため場所によるバラツキがあったが、苗立ち率については概ね70-80%程度であった（図3-6）。

(苗立ちの様子 / ㎡区画の一部拡大 / 6/25確認)

● 苗立ちした株 ● 未発芽種子

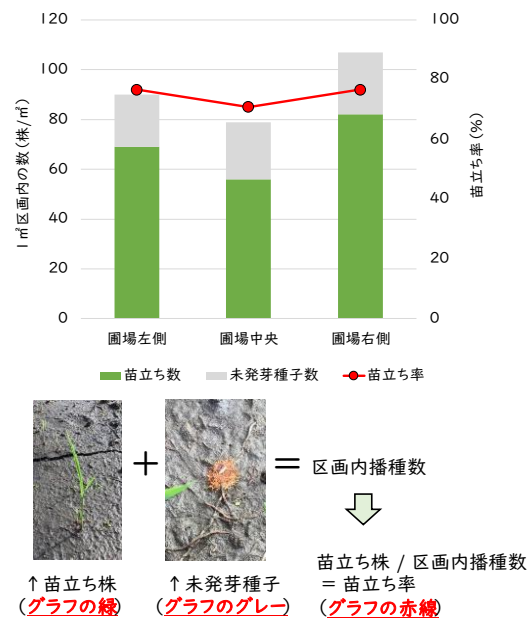
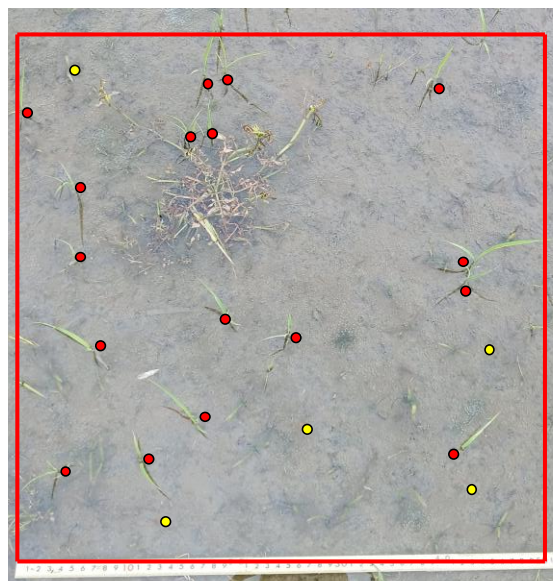


図3-6: 稲WCSのドローン直播圃場の苗立ち確認

(生育ステージの記録)

「キヌヒカリ」、「たちすずか」のおおよその生育段階を整理した(図3-7)。播種してから発芽までの期間や第1葉観測までの期間に大きな差は見られなかったが、出穂日については品種特性が見られ、「たちすずか」の方が遅い結果となった。

確認項目	キヌヒカリ	たちすずか
播種日	5/26	5/23
発芽確認日	5/30	5/27
第1葉観測日	6/8	6/5
分けつ開始日	6/30	6/25
出穂日	8/20	9/10

図3-7: 各品種の生育確認をした日付

(資材の記録)

稲WCSの直播栽培において使用した資材については整理した(図3-8)。直播で懸念となる雑草の発生については、適期に除草剤による処理をしたことで、播種後53日目においても雑草の繁茂は見られなかった。除草剤は播種同時に1回、播種後25日後に2回目を投入し、いずれも粒材をドローンで散布した。

施肥については、可変施肥で元肥を投入した。その結果についてはSTEP2-6で記載する。

項目	詳細	
種子量(乾籾)	30kg/ha	種子表面は鉄コーティング
除草剤(1回目)	1kg粒材	直播水稻/は種時登録のある薬剤
除草剤(2回目)	1kg粒材	直播水稻 登録のある薬剤
施肥	一発肥料	Nとして6kg/可変施肥で元肥を実施
病虫害防除	液剤	出穂期に実施



図3-8:資材使用量と53日目時点での雑草発生状況

(収穫量)

今回、実施した2品種については、いずれも南丹市内において移植栽培による稲WCSの作付けがされており、その収穫量を地域における移植栽培の平均的な収穫量として直播圃場の収穫量と比較をした(図3-8)。その結果、「キヌヒカリ」はドローン直播圃場の収量が地域移植と同程度であり、「たちすずか」は地域の移植栽培よりも2ロールほど少ない結果となった。

ただし、「たちすずか」については獣害により収穫できない部分もあった事が要因であり、それが無ければ地域の移植栽培と同程度の収穫量が見込めた。播種後の水管理や雑草防除を適切に行うことで、ドローン直播による稲WCS栽培においても、一定水準以上の収量を安定的に確保できると見込めた。

品種	キヌヒカリ	たちすずか
直播栽培による 稲WCSの収穫量	60ロール/ha (地域の移植栽培と同程度)	100ロール/ha (地域の移植栽培より-2ロール)

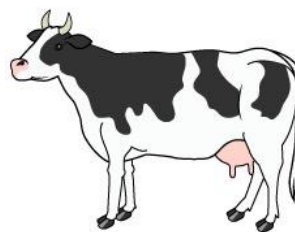
図3-9:ドローン直播の移植に対する収量比較

これを、近隣で牛80頭がいる酪農牧場で使用した際の試算をした(図3-10)。牛1頭当たりどれ位、稲WCSを給餌するかは他飼料との組み合わせ等で変わってくるが、1日1頭当たり4kg給餌する条件で想定した。

この牧場においては、牛1頭4kg×80頭で1日当たり稲WCSを現物重量として320kg使用する。1ロール当たり現物重量として約300kg(※水分量で前後する)とすると、ha当たり「キヌヒカリ」で60ロール=18,000kg収穫できた為、約56日分の給餌が生産されたことになる。

WCS用イネ / 1ロール当たり約300kg(現物重量)

牛の給餌量 / 1頭1日当たり原物で5kg前後
※牛の大きさや資料の組合せにもよる



<酪農側>

搾乳牛が80頭ほどいる牛舎 = 4kg(牛1頭1日の給餌量) × 80頭 = 320kg

<耕種側>

1ロール = 約300kg(現物重量)

ha当たり収量 = 60ロール = 約18,000kg(現物重量)

10aあたり
約56日分の餌

図3-10:稲WCSの給餌試算

STEP2-4:営農管理システムの導入(生育管理/可変施肥)

稲WCSのドローン直播を実施した圃場においては、衛星画像と連動した元肥の可変施肥を実施した。営農支援システムを用いて事前に実施した圃場全体の地力分析結果を踏まえ、施肥量を圃場内で可変制御できるシステムと連動したブロードキャスターをレンタルし元肥を散布した(図3-11)。その結果、圃場全体の収量(収穫ロール数)は、STEP2-3に示したとお

り、移植栽培と同程度となった。

また同様の可変施肥を移植圃場においても実施したが、可変施肥を行っていない慣行施肥圃場と比較しても収量に差は無かった。これらの結果から、営農支援システムを用いた衛星画像及び地力データを活用した可変施肥により、コスト（肥料代）を削減しながら、慣行栽培と同水準以上の収量を確保できる可能性が示唆された。



図3-11：ブロードキャスターによる可変施肥実施中の様子

STEP2-5：流通段階での二次元バーコードによる情報共有

収穫した稲WCSについては、播種日、農薬使用履歴、収穫時期などの栽培履歴を管理システムに入力し、その情報をQRコードとして出力した。作成したQRコードは印刷し、稲WCSロールの側面に添付した。出荷先の酪農生産者は、このQRコードを読み取ることで、どの圃場で、どのような管理が行われた稲WCSであるかを確認できる様にした（図3-12）。

水田で稲WCSを栽培する耕種生産者と、それを利用する酪農生産者が異なる場合、品質に対する意識の違いから、雑草の混入が多い、泥が混入して腐敗している、粃が登熟完了している（主食用米品種の場合）などの問題が生じることがある。これらは飼料としての品質低下につながり、場合によってはロールを丸ごと廃棄となるケースもある。

こうした課題に対し、QRコードによる栽培履歴の可視化を行うことで、酪農生産者は入庫した稲WCSの品質と栽培条件を把握することが可能となる。仮に品質に問題があった場合には、その履歴をもとに耕種生産者へ改善要望を伝えたり、継続取引の可否を判断したりすることが可能となった。

一方で、誰がその履歴を取りまとめQRコードに落とし込むか、も考える必要がある。本件においては、栽培履歴の入力は耕種生産者が自ら実施し、QRコードの印刷及び添付はサポート企業が行った。



生産者名	
生産者画像	
生産者自己紹介	
農産物画像	
品目	稲
品種名	キヌヒカリ
農産物情報	
品目	稲
品種名	キヌヒカリ
栽培期間	2024年5月～2024年9月
播種日・定植日	2024年5月26日
収穫期間	
出荷期間	2024年9月11日
栽培方法	ドローン湛水直播

図3-12:QRコード添付の様子と読み込み内容

3. 南丹市における各技術の経営評価（経営評価型）

STEP3-1:収益効果の試算（ドローン購入と作業委託に要する費用の試算）

ドローンによる各作業を実施する際に、自らドローンを購入し実施する場合と、作業委託で実施する場合どちらが良いかを判断するために、面積毎にかかる費用を試算し比較をした。本試算では、ドローン機体については実際に地域で作業受託をしている組織が所有する機体で試算し、作業委託費も同組織の委託料金としているため、他事例においては数字が変わる可能性もある。

(ドローン購入)

面積毎のドローン費について、以下のとおり試算した。本件における試算結果は、
ha当たりの費用として約826,000円となった。

ドローン購入のha当たり年間費用

$$\begin{aligned} &= (\text{減価償却費}^{*1} + \text{修繕費} + \text{保険代} + \text{散布人件費}^{*2}) / \text{面積} \\ &= 520,000\text{円} + 100,000\text{円} + 200,000\text{円} + 6,000\text{円} / \text{面積} \end{aligned}$$

*1:減価償却費は、周辺設備含む以下の購入費を耐用年数7年で割り算出した。

(減価償却費に含む)

- ・ドローン本体 1台
- ・バッテリー 4台
- ・充電器 1台
- ・発電機 1台

※その他、計量器や水タンクなど、散布に必要な器具類は既存のものを
使用することとし、本件からは除外した。

*2:散布人件費は、ha当たり準備及び移動を含め90分かかると想定し、
オペレーターが2名(操縦+合図)、人件費を2,000円/時として算出した。

(ドローン作業委託費)

1haにおけるドローン作業委託費について、作業毎に以下の通りとした。

- | | |
|-------------------------|---------------|
| ・播種+1回目除草剤 | : 60,000円/ha |
| ・播種+1回目除草剤+2回目除草剤 | : 80,000円/ha |
| ・播種+1回目除草剤+2回目除草剤+病虫害防除 | : 100,000円/ha |

(ドローン購入と作業委託の比較)

ドローンを購入した場合の面積毎の費用を算出し、ha当たりの作業委託費(直播、除草剤
散布、病虫害防除)と比較した(図3-13)。作業委託をするよりも、ドローン購入をした方が
1ha当たりの費用として安くなる面積は以下の通りとなった。

- | | |
|------------------------|--------|
| 播種+1回目除草剤 | : 15ha |
| 播種+1回目除草剤+2回目除草剤 | : 11ha |
| 播種+1回目除草剤+2回目除草剤+病虫害防除 | : 9ha |

本事業を行った南丹市においては、担い手の水田面積がおおよそ5-10ha程度であり、今

後稲WCSによる面積拡大を考慮したとしても、直播を10ha-15ha実施するまでは段階を踏んでいく必要がある。それを踏まえると、現状においては、ドローンを自ら購入するのではなく、外部の作業受託を活用する形でスマート農業技術を導入する方が、初期投資リスクを抑えつつ、経営的にも合理的であると評価できた。

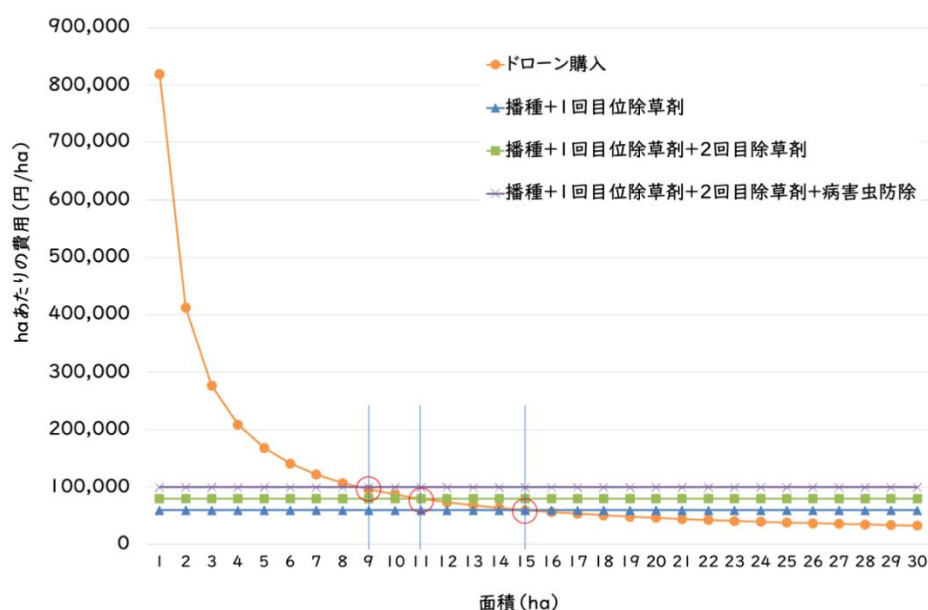


図3-13:ドローンの購入による費用と作業委託費用の面積毎の比較

STEP3-2:稲WCS直播導入の省力効果の試算

稲WCSにおいて直播を導入した場合の省力効果について、移植栽培と比較をするために、作業工程ごとのha当たりの延作業時間(作業時間×作業人数)を指標として整理した。

(直播と移植作業の作業工数)

本事業における直播と移植の作業工程について整理した(図3-14)。

直播の作業工数については、本事業では種子コーティング及び播種作業を外部委託としているため、生産者自身が実質する作業は、播種後の水管理及び2回目の除草剤散布のみとなる。移植の作業工数及び作業時間については、生産者が普段実施している方法について、ヒアリングし整理した。

●:実業

○:外部委託作業

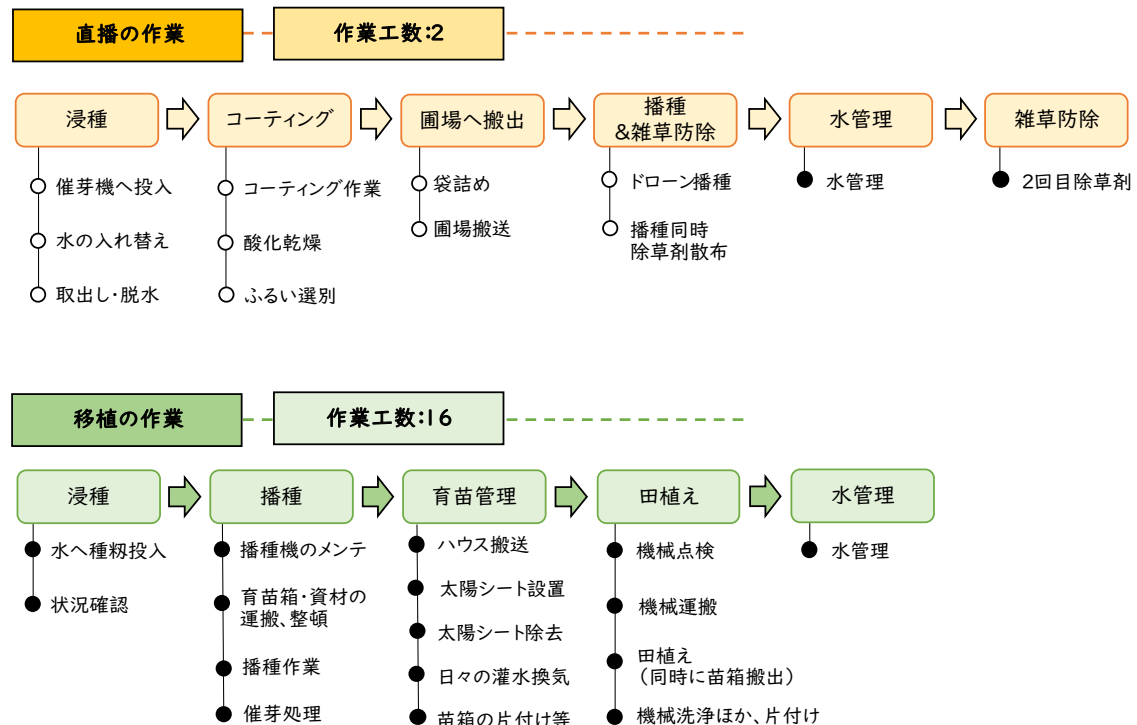


図3-14: 直播と移植の作業工程と作業内容

(移植作業の延作業時間)

各作業の工程について、ha当たりの作業時間と作業人数を確認し、延作業時間を算出した。ただし、育苗作業については1回当たり苗箱を500枚作る形で実施しており、ha単位での作業では無いため、以下の様に整理した。

1) 図3-14の浸種～育苗管理の各作業の作業時間と人数を確認し、育苗に要する延作業時間(時間×人数)は、3000分=75.3時間となった。

2) 以下の様にha当たりの育苗時間について算出した。

ha当たりの育苗時間

$$\begin{aligned}
 &= \text{育苗延作業時間} / \text{1回の苗箱作成枚数} \times \text{ha当たり苗箱枚数} \\
 &= 75.3\text{時間} / 500\text{枚} \times 170\text{枚} \\
 &= 26\text{時間}
 \end{aligned}$$

移植においては、育苗時間に移植作業（ハウスからの運搬作業、機械オペレーション、移動時間、清掃）の延作業時間も加え、比較した（図3-15）。ドローン直播（作業委託）においては、移植作業よりも延作業時間でha当たり33時間近く削減された結果となった。

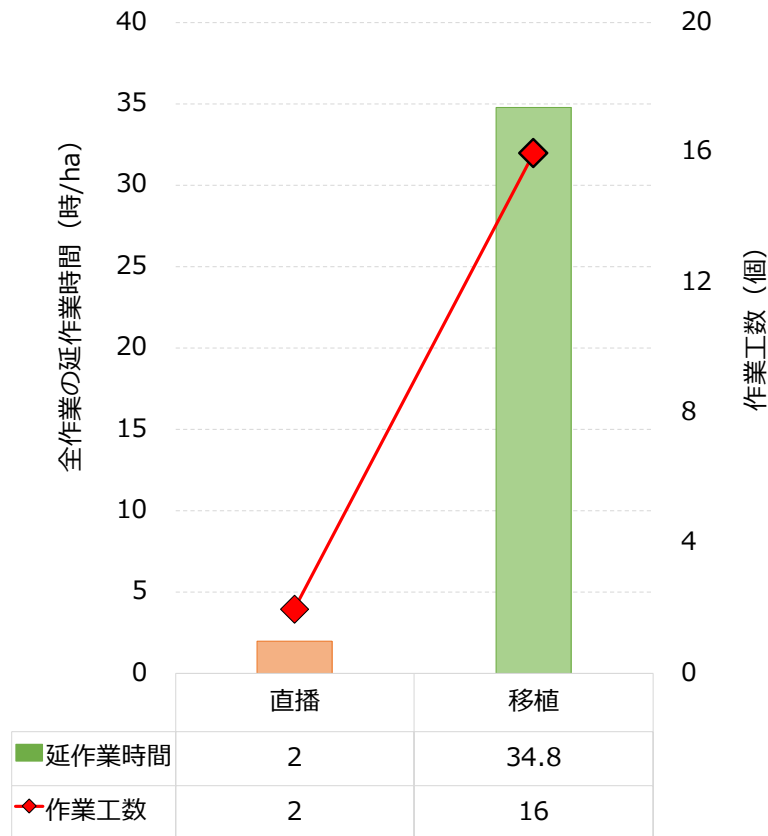


図3-15: 直播と移植の作業工程と作業内容

STEP3-3: 収益効果の試算（衛星画像を用いた生育管理/可変施肥）

本件における可変施肥を実施した際に発生したコストは以下の通りとなった。

（可変施肥導入による追加コスト）

- ・可変施肥マップ作成を含めた衛星画像ソフト: 10,000円/ha
- ・可変施肥可能なブロードキャスターレンタル費: 20,000円/ha

（肥料代及び施肥量の比較）

一発肥料価格（窒素成分27 / 15kg / 4,000円）を以下の通り散布した際のコストは以下の通りとなった。

- | | | |
|---------|---------------|---------------|
| ・慣行圃場 | : 約90,000円/ha | 一発肥料 N として9kg |
| ・可変施肥圃場 | : 約48,000円/ha | 一発肥料 N として5kg |

収穫量については同様であった事を踏まえてha当たりのコストを整理すると以下の様になった。

・慣行圃場のコスト

= 肥料代

= 90,000円/ha

・可変施肥圃場のコスト

= 衛星画像ソフト + 可変施肥ブロードキャスターレンタル費 + 肥料代

= 78,000円/ha

以上より、通常の施肥と比較して可変施肥を導入することで、12,000円/haの削減効果の試算となった。

STEP3-4:収益効果の試算（稲WCSの収穫機購入と作業委託の比較）

稲WCSの収穫において、機体を購入し自ら収穫することと稲WCSの収穫を外部へ作業委託することについて、面積毎にかかる費用を試算し比較をした。

（収穫機の購入）

面積毎の稲WCS収穫費について、以下のとおり試算した。本件における試算結果は、ha当たり5,520,000円となった。

稲WCSのha当たり費用

= (減価償却費*1 + 修繕費 + 保険代 + 人件費*2) / 面積

= 5,100,000円 + 200,000円 + 200,000円 + 20,000円 / 面積

= 5,520,000円/面積

*1:減価償却費は、以下の購入費を耐用年数で割り算出。

耐用年数は、積載車（8t）のみ15年で、それ以外は7年とした。

（減価償却費に含む）

・微細断収穫機	1台
・ラッピングマシン	1台
・ピッカー	1台
・積載車（8t）	1台

*2:人件費は、ha当たり準備等含め300分かかると想定し、

オペレーターが2名（収穫+ロール+運搬）、人件費を2,000円/時として算出した。

（稲WCS作業委託費）

稲WCSの作業委託費について、ha当たり300,000円として算出した。

（稲WCS収穫機の購入と作業委託の比較）

稲WCS収穫機を購入した場合のha費用を算出し、作業委託費を並べたのが以下の図である。21ha程度を自ら実施することで、機械を購入し自ら収穫をする費用と作業委託をする費用が同程度となった（図3-15）。

本事業を行った南丹市においては、担い手の水田面積がおおよそ5-10ha程度であり、今後稲WCSによる面積拡大を考慮したとしても、21ha実施するには段階を踏んでいく必要がある。それを踏まえると、当面は作業委託による収穫をするのが望ましいと評価できた。

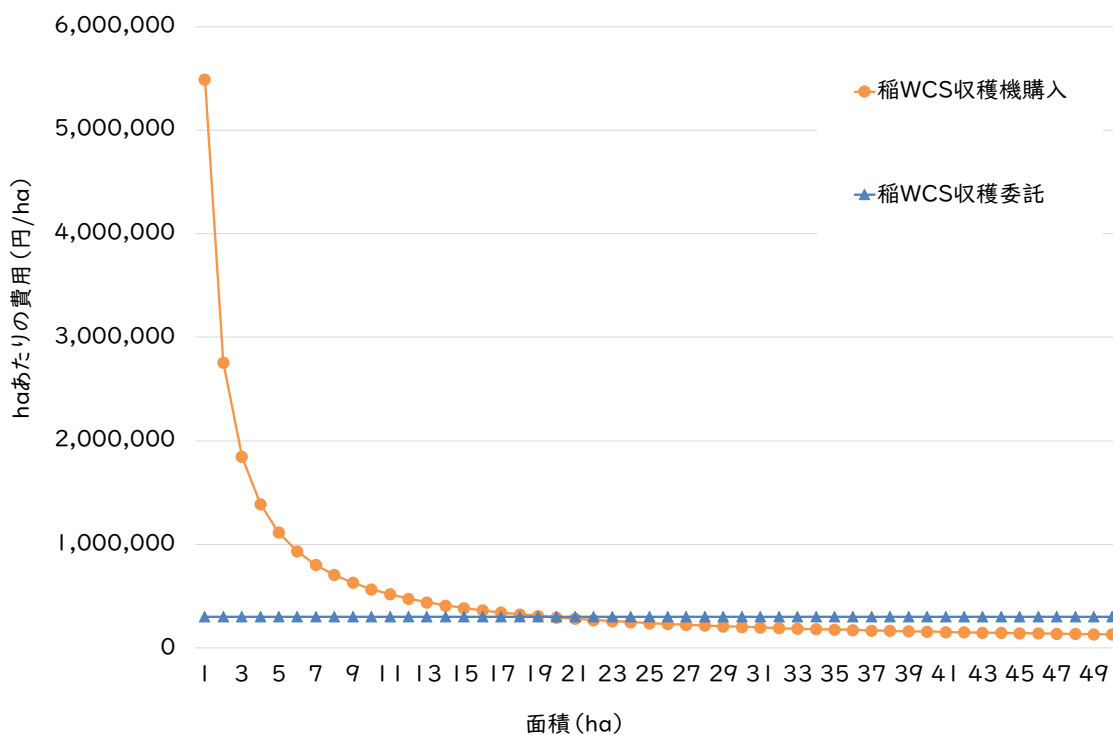


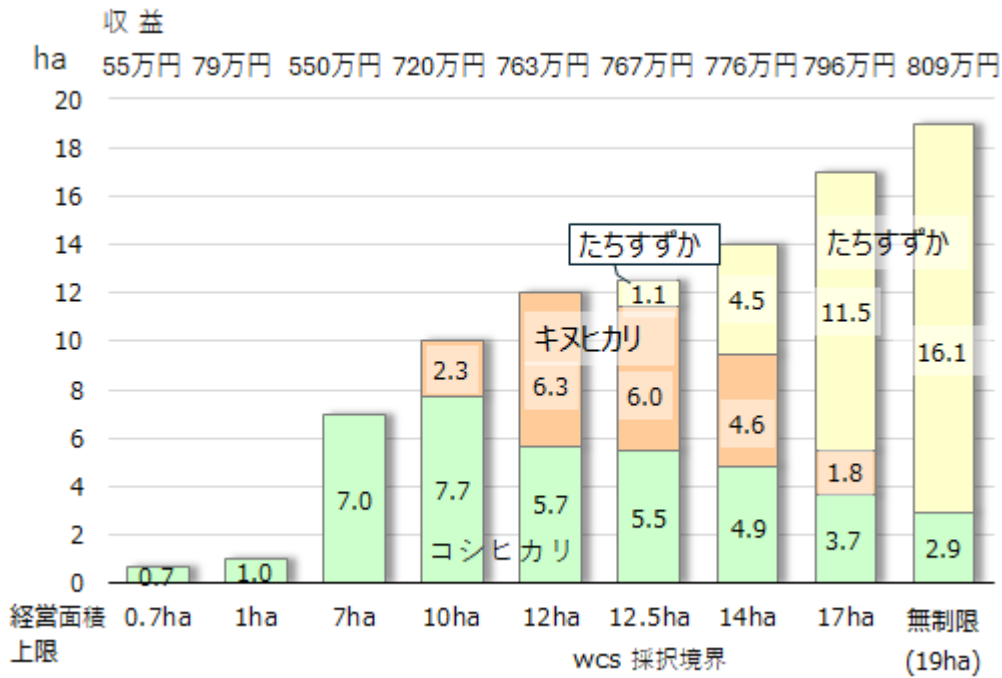
図3-16: 稲WCS収穫機の購入による費用と作業委託費用の面積毎の比較

STEP3-5:収益効果の試算(ドローン播種の効率的運用に資する品種「たちすずか」導入による経営効果)

(「たちすずか」(稲WCS)が採択される経営規模)R6生産者売渡米価に基づく試算)

① 「たちすずか」導入に合理性がある経営規模

令和6年の米価における経営規模別の収益的な「たちすずか」の導入合理性を試算した(最大利益を目的関数としてそれを得るための合理的な作付構成を試算した。試算には線型計画法(XLP)を用いた。なお、本試算に用いた作物は便宜上水稻のみとし、そのうちの主食用米品種はJA京都管内作付けシェアの大きい「コシヒカリ」と「キヌヒカリ」とした)。
これによると、経営面積上限が約12.5haから「たちすずか」が導入されはじめる(図3-17)。まとまった規模で数ha導入されるのは、約14ha以上となる(後述)。



- 注
- 1)労働人数2人×8時間/日
 - 2)経営面積上限の0.7haは南丹市の経営体数が最高頻度の層、1haは南丹市の平均経営面積(2020年)
 - 3)試算に用いた食用米販売単価、及び生産費は、南丹市下間経営の2024年(R6)の実績に基づく
 - 4)各経営面積上限で選択された作物面積の合計は、各0.7ha、1ha、7ha、10ha、12ha、12.5ha、14ha、17ha、19haとなる
 - 5)収益は、試算の性質上固定費を差し引かれていない金額となる。

図 3-17:「たちすずか」導入に合理性がある経営規模(R6 米価)

② R6米価における各経営規模での労働時間

上記の令和6年米価において、「たちすずか」が導入されない12ha規模での水稻品種別の年間労働時間によると(図3-18)、「コシヒカリ」の田植えピーク時の4月下旬~5月上旬では、160時間の労働上限まで労働投入している。一方、経営面積が12.5haに増加すると、「コシヒカリ」、「キヌヒカリ」の主食用米で労働が限界に到達したところから「たちすずか」に入れ替え、圃場を有効に利用・管理することにより収益増加を確保している。

さらに、「たちすずか」が最大限採択される経営規模19ha以上での年間労働時間によると、コシヒカリとキヌヒカリの面積を減少させた労働時間に、「たちすずか」の労働時間を埋めることで、増加した経営規模の合理的な利用が可能となっていることがわかる。

以上のことから、「たちすずか」等稲WCSとドローン技術の導入は、労働力不足下の制約された労働力において圃場を有効に利用・管理していくことに寄与すると考えられる。

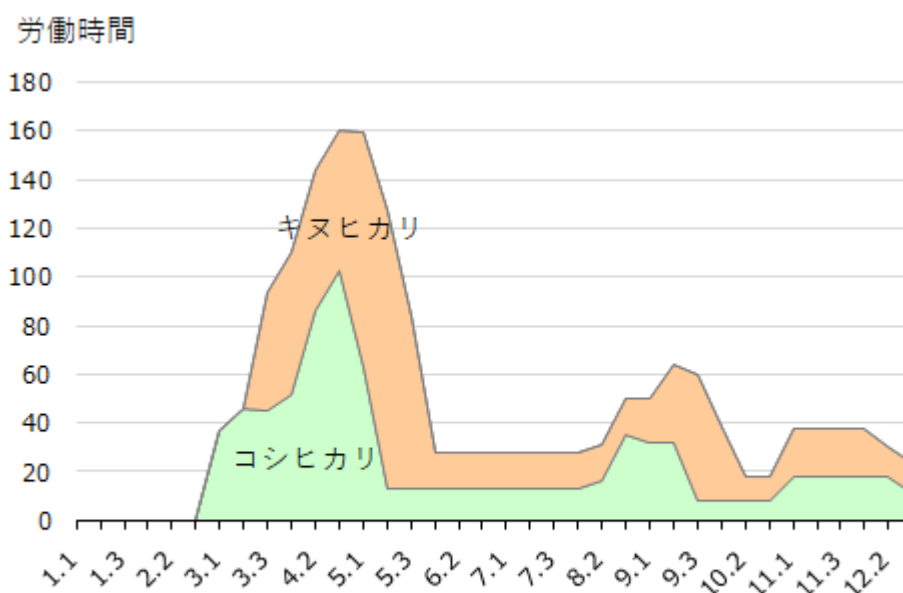


図3-18: R6米価及び経営規模12haでの労働時間

③ R6年生産者米価の時点と生産者米価がR6年比 80%に下落した局面で、合理性のある「たちすずか」の導入面積割合を示した(図3-19)。

上記各条件において、「たちすずか」がまとまった割合(3割程度: 赤点線)が導入される経営規模を示した。南丹市の担い手の水田規模は約5~10ha (p.38)であり、R6年米価では、南丹の担い手規模では「たちすずか」が導入されず、約14haまで3割を超えないが、生産者米価がR6年比80%に下落すると、その規模での「たちすずか」の導入がみられ、約11haでは3割を超えることから、R6年時点に比較して小さな経営規模から導入され、南丹市の担い手規模においても導入が期待できる。

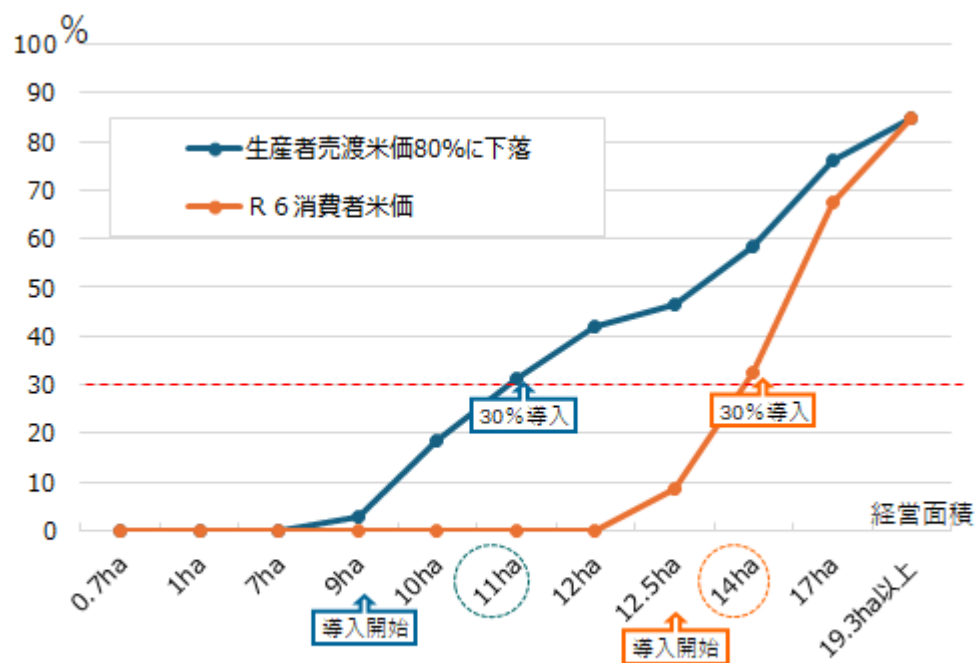


図3-19: 合理性のある「たちすずか」の導入面積割合

第4部 参考資料

本事業でも用いた各種機器・システムについては以下の通り。

1) ドローン

https://flyaero.jp/product/product_AD616J.html

2) 営農支援システム

(可変施肥/営農支援システム)

<https://agriculture.basf.com/jp/ja>

(可変施肥/ブロードキャスター)

https://www.ihico.jp/iat/star/seihin/seihin03_4.html

3) QRコードシステム

(QRコードで出力可能な管理システム)

<https://www.alchemics.co.jp/products/alche-farm/>

この手引き書の著作権について

本手引き書の著作権は国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構に帰属します。

この手引き書の問い合わせ先

事業の全般について：(株)アルケミックス

<https://www.alchemics.co.jp/contactus/>

手引き書の記載内容について：(株)マイファーム

<https://myfarm.co.jp/contact/business>

本事業は、農林水産省「スマート農業技術活用産地支援事業」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ

<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>