

横手地区（横手市）
3.6ha 大区画ほ場における
有人+無人トラクタの
2台協調作業

スマート農業を支える 基盤整備指針

Ver 1.20

秋田県農林水産部
農地整備課

高野尻地区（北秋田市）
ターン農道を利用した代かき

AKITA
NOGYO
NOSON
SEIBI

目 次

1. はじめに	1
(1) 背景	1
(2) スマート農業について	1
(3) 整備指針の対象	6
(4) 整備指針作成までの流れ	6
【ほ場整備編】	
2. 区画規模及び作業体系	7
(1) 区画規模の現状	7
(2) 区画規模等を決定する際の留意事項	9
(参考) 区画規模及び作業体系の実証結果(自動走行農機)	12
3. ターン農道	16
(1) ターン農道の概要	16
(2) ターン農道を導入する際の留意事項	17
(参考) ターン農道の実証結果	18
4. 畦畔・溝畔(草刈り作業)	20
(1) 草刈り機種及び性能	20
(2) 草刈り作業の省力化に向けた畦畔・溝畔に係る留意事項	21
(参考) 草刈り作業の実証結果	22
【水管理編】	
5. ICT水管理システム(遠隔操作型給水栓を利用したシステム)	24
(1) ICT水管理システムの整備	24
(2) ICT水管理システムを導入する際の留意事項	26
(参考) ICT水管理の実証概要	33
6. コラム	42
7. 今後の実証課題	43
8. あとがき	44
【モデル地区実証結果】	
(1) 農地中間管理機構関連ほ場整備事業「高野尻」地区(北秋田市綴子)	46
(2) 農地集積加速化基盤整備事業「松ヶ崎」地区(由利本荘市松ヶ崎)	52
(3) 農地集積加速化基盤整備事業「横手」地区(横手市赤川)	58
【ICT水管理システムを採用した地区の概要及び結果】	
(1) 農地中間管理機構関連ほ場整備事業「大沢」地区(北秋田市栄)	64

1 はじめに

(1) 背景

秋田県では、ほ場の区画整理や暗渠排水等の水田利活用・自給力向上の基礎となる生産基盤を整備するとともに、地域農業を牽引する農地所有適格法人等の担い手へ農地を集積し、農業生産性の向上と経営規模の拡大による効率的かつ安定的な農業を確立するため、ほ場整備事業と併せて大規模園芸拠点整備（旧：園芸メガ団地）等の園芸振興施策や農地中間管理事業による農地集積を三位一体で行う「あきた型ほ場整備」を計画的に推進している。

こうした取組を進めている一方、本県の農業は、農業従事者の高齢化や人口減少を背景とした労働力不足が顕在化し、今後も農業者の大幅な減少が見込まれる中にあり、ロボットやAI、IoTなどのデジタル技術を活用した「スマート農業」に対する取り組みは、作業効率の向上や生産コストの削減等、様々な効果が期待されている。

そこで、「スマート農業」の更なる普及・拡大を見据え、ロボットトラクター等の自動走行農機の作業に適した農地の大区画化や農道の整備、またICT水管理システムによる遠隔制御・監視等のスマート技術の導入を各地域における営農形態や地形、取水方式等の各種条件に応じて適正に実施するため、本指針を策定したものである。

本指針については、農業農村整備事業の計画・実施に携わる実務担当者を対象としているが、広く農業関係者の方々にも参考としてもらいたい。

(2) スマート農業について

① スマート農業の概要

「スマート農業」とは、ロボット技術や情報通信技術（ICT）を活用して、省力化や精密化、高品質生産の実現等を推進している、新たな農業である。

日本の農業現場では、依然として人手に頼る作業や熟練者でなければできない作業が多く、省力化や人手の確保、負担の軽減等が重要な課題となっている。



②農業分野におけるICT、ロボット技術の活用

スマート農業は、作業の自動化、情報共有の簡易化、データの活用など様々な技術があるが、ここでは基盤整備に関連した技術について抜粋し記載している。

a. ロボットトラクター（自動走行トラクター）を用いた作業

ロボットトラクター（以下、ロボトラ）は、GNSS衛星からの位置情報と地上の固定基地局からの位置補正情報をもとに、精密な位置情報を取得して、オペレーターが乗車しなくても耕起や代かき作業ができるトラクターである。現在の技術レベルでは、ロボトラの自動運転での作業実施に当たっては、安全性確保のため、目視による監視者を置く必要があり、またほ場の枕地を含む外周部2～3周は有人による操作が必要となる。

また、有人運転においては、ハンドル操作をしなくても直進走行を可能とする直進アシスト機能や自動旋回機能も有している。

ア. 無人-有人協調作業

ロボトラの自動運転では、目視による監視者を置く必要があり、監視者がロボトラとは別のトラクター（以下、有人トラクター）で作業しながら、ロボトラを監視することで1人のオペレーターが2台のトラクターで作業する「協調作業」を行う事ができる。

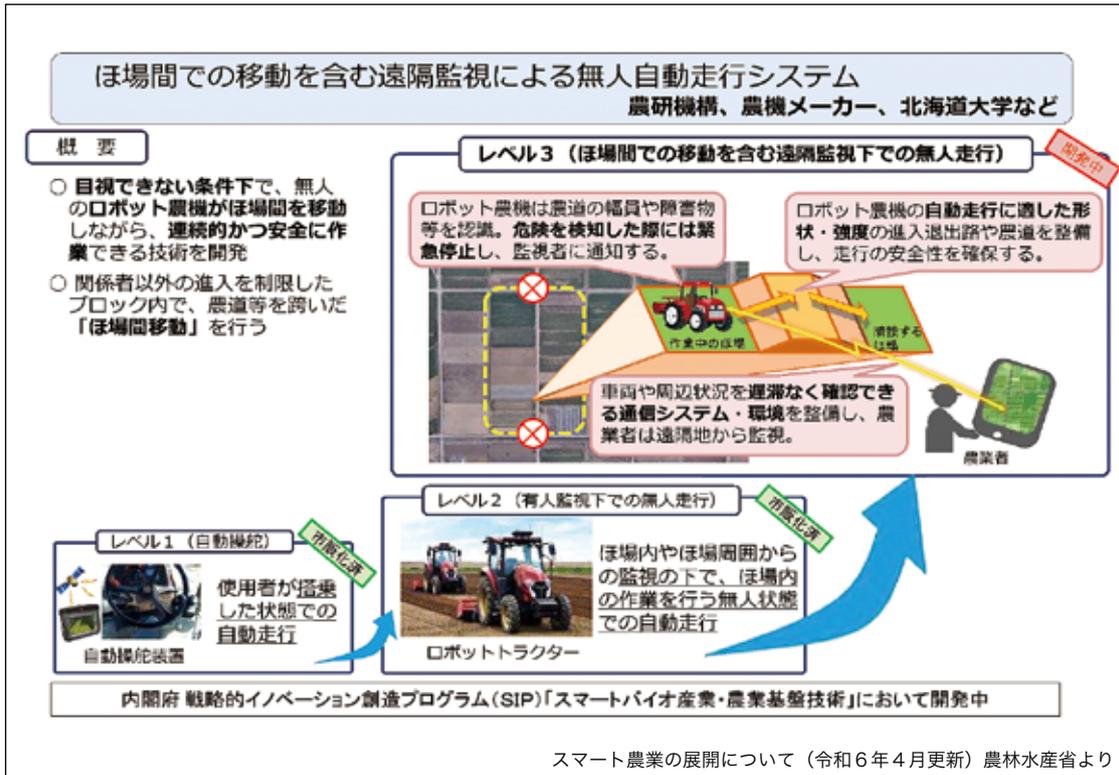
イ. ロボトラの直進アシスト機能を用いた作業

直進アシスト機能は、直進作業の始点と終点を設定し、その始終点の直線と平行して、作業幅に応じた走行ラインを決定し、その走行ライン上に沿って走行するようアシストする機能である。オペレーターは、運転席のモニター表示に従い、その走行ラインに合わせ作業することで、直進走行が可能となる。

また、直進アシスト機能を用いた作業では、一方向からの隣り合わせた作業だけでなく、1作業幅飛ばしの作業も可能であり、旋回時の半径を大きくすることで、枕地を痛めることなく、スピーディーに旋回することができる。

自動走行トラクター	北海道大学、ヤンマーなど（北海道岩見沢市）
取組概要	<ul style="list-style-type: none">○ 耕うん整地を無人で、施肥播種を有人で行う 有人-無人協調作業を実施（2018年市販化）○ 慣行作業と比較した省力化効果や作業精度等について検証するとともに、リスクアセスメントに基づく安全性の評価を行う
システムの導入メリット	<ul style="list-style-type: none">○ 限られた作期の中で1人当たりの作業可能な面積が拡大し、大規模化が可能に
	<p>ヤンマー（株） 機械名：ロボットトラクター[88～113馬力] 価格：1,403～1,760万円（税込） 2018年10月 販売開始</p> <p>出典：ヤンマー（株）Webサイトより</p>
内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」において開発	

スマート農業の展開について（令和6年4月更新）農林水産省より



b. 直進アシスト田植機による作業

直進アシスト田植機は、トラクターの直進アシスト機能と同様に、直進作業の始点と終点を設定し、その始終点の直線に平行な作業ラインに沿って田植えを行うことができる田植機であり、経験の浅いオペレーターでもベテランオペレーターと同様な田植えが可能となる。

近年では、旋回も自動で行う自動走行田植機も開発されており、より自動化が進んでいるが、外周部の田植えについては、オペレーターによる操作が必要となる。

直線キープ機能付田植機 (株)クボタ

- 直進キープ機能により操作が不慣れでもまっすぐな田植えが可能に
- 熟練者においても労力が軽減されることで作業効率が向上

(株)クボタ
機械名: NW6S-GS 6条植
価格: 301万円(税込)~
2016年9月 販売開始



出典: (株)クボタWebサイトより

自動運転アシスト機能付コンバイン (株)クボタ

- オペレータが搭乗した状態での自動運転による稲・麦の収穫が可能に
- 収量センサでタンクが満タンになることを予測し、最適なタイミングで事前に登録しておいた排出ポイント(運搬用トラック)付近まで自動で移動

(株)クボタ
機械名: WRH1200A2
価格: 1,760万円(税込)~
※1 別途、GPSユニット(基地局)が必要
※2 GPSユニット(基地局)は既存のもので代用可
2021年4月 販売開始



出典: (株)クボタWebサイトより

スマート農業の展開について (令和5年1月更新) 農林水産省より

ロボット田植機

井関農機株式会社

無人 ① ティーチング工程

はじめに外周3辺を手動で植え付けすることで、ほ場の形状を取得します。(ティーチング)
同時に作業経路作成を行います。



無人 ② 往復工程

オペレータは降車し、リモコンを操作して、無人での往復工程を開始します。あぜクラッチ(乗切り)を使って、自動で乗数調整を行います。



無人 ③ 内周工程

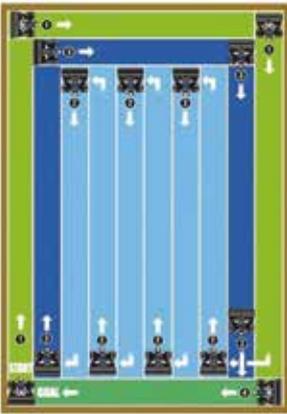
残った内周3辺8条分を植え跡を踏むことなく自動で植え付けます。



無人 ④ 仕上げ工程

内周工程を終えると停止しますので、再度降車して残った1辺を植え付けて完了です。





システム概要

○GNSS(全球測位衛星システム)を活用した自動操舵技術により、オペレータが監視・遠隔操作することで、安全性を確保しながら田植機での無人作業を可能にしました。

井関農機株式会社
機械名：PRJ-R
価格：メーカー希望小売価格
630.3万円(税込)～

スマート農業の展開について(令和6年4月更新) 農林水産省より

c. リモコン式自走草刈機

遠隔で操作する草刈り機は、人力での草刈りに比べ労働負担が少ないことや傾斜などの危険な場所での除草作業が可能なることから安全性が高い。

近年では、多数のメーカーで取り扱っており、性能や価格も幅広いことから、除草を対象とする場所に見合った性能を検討する必要がある。

リモコン式自走草刈機

三陽機器(株)

システム概要

- アーム式草刈機の技術と油圧・マイコン制御の技術を組み合わせ、リモコン操作可能な草刈機を開発

システムの導入メリット

- 人が入れない場所や急傾斜(最大傾斜40°)のような危険な場所での除草作業もリモコン操作で安全に実施可能に
- 軽量コンパクトで、軽四輪トラックでの移動が可能
- 作業効率は慣行作業の約2倍(3a/hr→6a/hr)



三陽機器(株)
価格：160万円(税込)
2018年4月 販売開始

出典：三陽機器(株) Webサイトより

革新的技術創造促進事業(事業化促進)にて農研機構生研支援センターの支援のもと研究開発

スマート農業の展開について(令和6年4月更新) 農林水産省より

d. ほ場の水管理システム

スマートフォンで操作する水田の水管理システムなど、先端技術による作業の自動化により規模拡大が可能となる。また、熟練農家の匠な農業技術をICT技術により、若手農家に技術継承することが可能となる。

近年では、センシングデータ等の活用・解析により、農作物の生育や病害を正確に予測し、高度な農業経営が可能となっている。

水田の水管理を遠隔・自動制御化するほ場水管理システムの開発
農研機構、(株)クボタケミックス

システム概要

- 水田の水位・水温などのセンシングデータや給水・排水装置の状況をクラウドに送り、ユーザーがモバイル端末等でモニタリングしながら、遠隔または自動で制御するシステムを開発

システムの導入メリット

- センシングデータなどを活用して、水管理を最適化（品種・作期・栽培方法・気象条件に応じて適正に制御）

【軽労】水位計測値に基づいて、給水口を自動開閉して水位を一定に制御することで、**水管理労力を80%削減**

【節水】給排水両側設置により、**用水量は50%減少**

【収量・品質】最適な水管理により、安定生産に貢献

【安全】暗い夜間や早朝でもタイマー設定した時間に給水、雨天時にも自宅で状況把握

【見える化】水管理・気象情報の履歴をデータ化、グラフ表示

【スケジュール化】稲作暦の水管理を登録してスケジュール運転

出典：(株)クボタケミックスWebサイトより

(株)クボタケミックス（製品名：WATARAS）

価格：<機器> 通信集約LoRa型電動アクチュエータ:15.4万円
(税込) 水位水温計（有線）:3.85万円
通信中継機（LoRa用）:31.9万円

<通信システム> システム利用料:0.88万円/年・中継機1台
※その他、取付工事費等が必要です。

2019年4月 販売開始 2024年4月出荷分より上記価格

内閣府 戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）「次世代農林水産業創造技術」において開発

スマート農業の展開について（令和6年4月更新）農林水産省より

(3) 整備指針の対象

本指針において対象とするスマート技術は、県内でも導入が進んでいる自動走行農機（ロボットトラクター、直進アシスト機能付田植機）のほか、営農の効率化に資する遠隔操作型給水栓、自走式草刈機を対象とし、主に「ほ場整備」と「水管理」及び「農地の維持管理」について整備指針を取りまとめたものである。

(4) 整備指針作成までの流れ

基盤整備事業実施中の県内3箇所のモデル地区において、実装されたスマート技術の運用データを収集・分析及びスマート農機等の使用者である農業法人等へ聞き取りを行い、その結果を反映したものである。

また、学識経験者や農業法人、土地改良区等で構成される検討会を開催し、同検討会委員からの提言を反映させて整備指針を作成したものである。

なお、本指針は国資料「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」R2.2制定（R5.3改定）を引用・追記したもので、今後の技術進展や現場の声などに応じて適宜改訂を行うものとする。

参 考

【実証事業】

「スマート農業を支える基盤整備実証事業」
(実施期間：令和2年度～令和4年度)

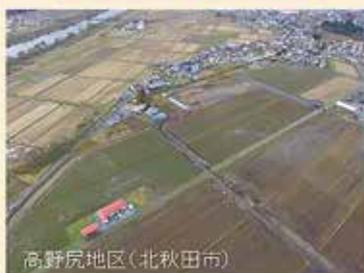
【実証モデル地区】

- 農地中間管理機構関連ほ場整備事業 「高野尻」地区
- 農地集積加速化基盤整備事業 「松ヶ崎」地区
- 農地集積加速化基盤整備事業 「横手」地区

地区位置図



総合実証モデル



高野尻地区(北秋田市)

ターン農道の有効性や、水管理労力の削減及び用水節減効果など、スマート農業技術を総合的に実証。



ターン農道

自動給水栓
(パイプライン用)

中山間モデル



松ヶ崎地区(由利本荘市)

中山間地における草刈りや水管理に係る労力削減に向け、アーム式モアによる草刈りやICT水管理を実証。



急傾斜地での
アーム式モアによる
草刈り

自動給水栓
(開水路用)

スーパー大区画モデル



横手地区(横手市)

3.6ha区画と1ha区画及び40a区画のほ場において、自動走行農機の導入に向けた作業時間等の比較による区画規模の実証。



自動操舵田植機

自動操舵トラクター

2 区画規模及び作業体系

(1) 区画規模の現状

秋田県における標準区画は、長辺165m～215m、短辺48m～62mの1.0ha区画が主流となっている。区画規模の決定に当たっては、現況区画の長辺3枚～4枚を1枚にした区画を目安（下記標準配置図参照）にしており、施工性や経済性を重視した区画となっている。

ただし、市町村道路や河川等の影響を受ける地域は、地形条件に合わせた区画となり、大区画化が難しい場合もある。

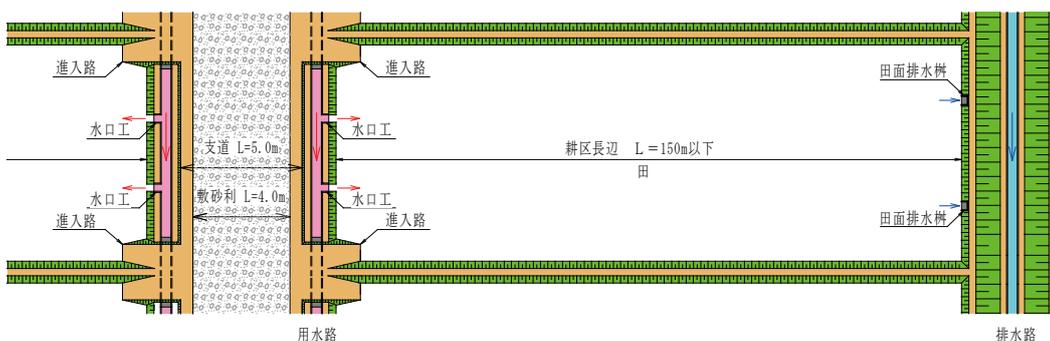
①秋田県の区画例

年代別区画規模の推移

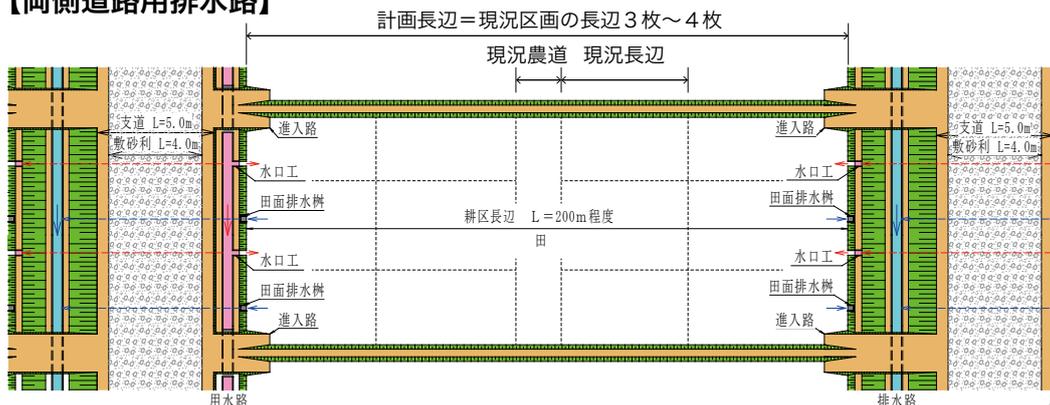
年代	長辺長×短辺長	区画規模	道路・用排水路配置
昭和39年～	100m×30m	30a	片側配置
平成元年～	100m×50m	50a	片側配置
平成5年～	150m×68m	1ha	片側配置
平成15年～	165m×62m	1ha	両側配置
	200m×51m	1ha	両側配置
	215m×48m	1ha	両側配置

標準配置図

【片側道路用排水路】



【両側道路用排水路】



②ほ場区画の種類

a. 耕区

道路、用排水路、畦畔で区切られた区域で、通常「区画」とはこれをいう。

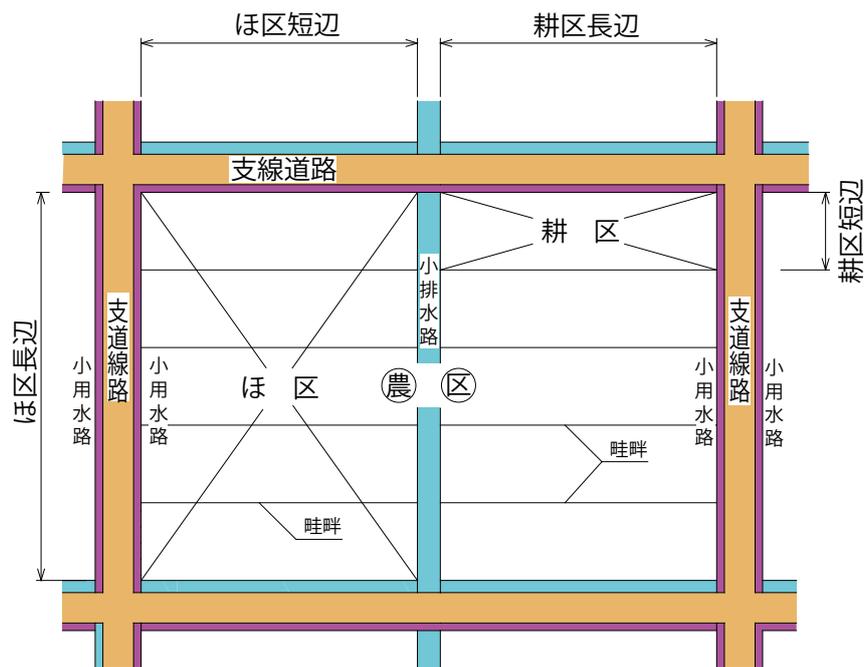
b. ほ区

耕区が数枚集まり、道路、用排水路で区切られた区画。

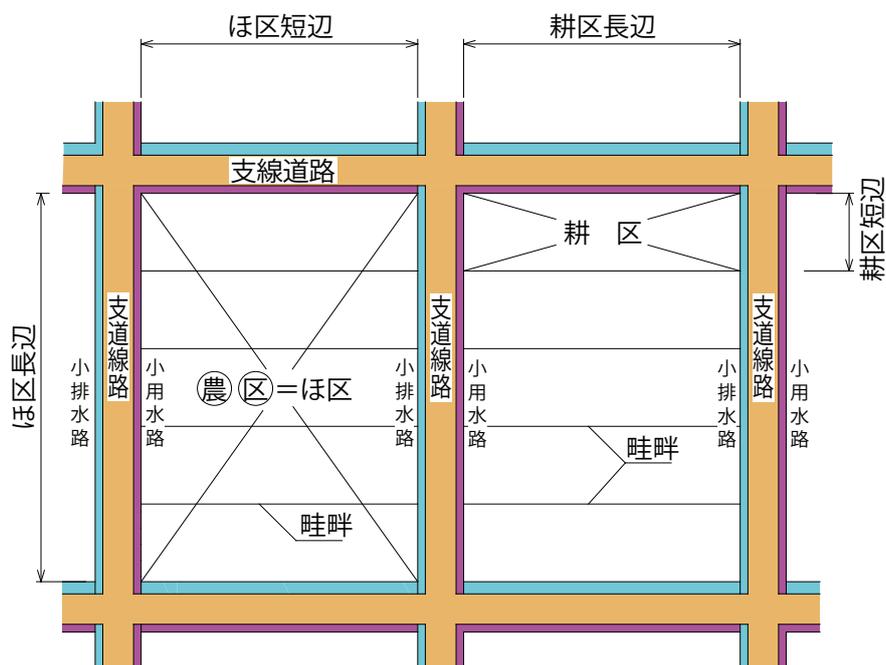
c. 農区

周辺を道路等で区切られた最大規模の区画。

【片側道路用排水路】



【両側道路用排水路】



(2) 区画規模等を決定する際の留意事項

参考とした資料：「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」 令和2年2月制定
(令和5年3月改定)

農林水産省農村振興局整備部農地資源課 出典 (一部引用)

青字：本県の実施例及び実証事例等からの知見による追記

①区画規模

a. 作業時間の考慮

区画規模を決定するにあたっては、農業機械1台当たりの利用面積の拡大や農業機械の使用に要する時間の削減等が図れるよう考慮する必要がある。農業機械の使用時間には、ほ場内における実作業時間（農業機械の稼働時間）、農業機械格納庫からほ場、又はほ場間の移動時間等があり、基盤整備の際は、これらを低減できるよう区画規模を検討する必要がある。

道路の直線化、区画形状の直線化（なめらかなカーブ）、端田区の鋭角部や凹凸部の解消などに考慮する必要がある。

b. 適正な長辺・短辺の設定

農業機械格納庫からほ場、又はほ場間の移動は、自走もしくはトレーラーによる運搬移動となることから、区画規模を大きくし、ほ場間の移動回数を減らすことや耕区の集団化を図ることで、ほ場間の移動時間を軽減させることが必要となる。ほ場内における実作業時間を削減するには、トラクター等の作業方向となる耕区長辺長をできるだけ長くすることが望ましい。

実証においても、長辺長が長いほど作業時間が少なくなる傾向にはあるものの、極端な省力化には繋がらない結果となっている。

また、長短辺長が違う1ha区画の場合であっても、機械の作業幅が短辺長に適合していないと、逆に効率が悪くなることもあり、スマート農業に対応した基盤整備とするためには、地区の地形条件を考慮しつつ、導入する農業機械の能力や作業幅等を勘案し、適正な短辺長を設定することが必要である。

※詳細については、②長辺長・短辺長で述べる。

c. 大区画化の周辺条件・整備内容

自動走行農機による効率的な営農を行うためには、耕区長辺長をできるだけ長く取れるよう区画を大きくする必要があるが、大区画化について、現行の計画基準では、おおむね1ha又はそれ以上の規模を目安とすることとしている。また、地域の立地条件、農業機械の作業効率、水利条件、社会経済条件、均平^(※1)を十分考慮する必要がある。1haを大きく超える大区画水田では、代かき用水等の初期用水を多く必要とする場合があり、確実にほ場内に配水ができるよう用水路の配置や縦断勾配等を検討する必要がある。

(※1) 大区画化を進める上での留意事項・・・次項参照

d. 大区画での用排水路の敷高

平坦地では将来の畦畔除去等による大区画化が可能となるよう、均平化を考慮した区画配置が必要である。その際は、用水路が田面より高い浮き水路になることや排水路が深くなることに留意する必要がある。場合によっては、水路の管路化の検討も必要である。

e. 傾斜地での区画配置

傾斜地で大区画化する場合には、つぶれ地や工事費用など増大しないよう、現況の畦畔位置に計画畦畔を合わせたり、短辺長を短くした50a区画にするなど、等高線区画を考慮した区画配置により農作業機械が効率的に作業できるよう留意する必要がある。

大区画を進める上での留意事項

①地域の立地条件

- ・風による浮き苗の問題が生じないか。地域によって東西、南北方向の確認が必要。
- ・既存の道路や用排水路等を有効活用することで経済的な整備内容となっているか。また、支線用・排水路の既設利用等が可能か検討が必要。
- ・土工量が増加し整備費の増大を招かないか。

②農業機械の作業効率

- ・農業機械による適時の資材の積み込み（防除作業に使用する動力散布機のタンクへの薬剤投入、田植機への苗の積み込みなど）や収穫物の積み下ろし（コンバインのグレーンタンクから運搬トラックへの積み下ろしなど）が効率的に行えるか。長辺長が150m程度以上の場合、両側に道路を配置するなどの検討が必要。

③水利条件

- ・所要の用水を供給し、排水を流下させる能力が確保されているか。水口や田面排水口の設置箇所を、3000㎡程度に1か所を目安とする。

④社会経済条件

- ・区画拡大するため換地による所有権の移転や共有地化が地権者に受け入れられるか（依然として農地を資産として所有する傾向が強い等の要因から所有権の移転等が進みにくい場合がある。）

ただし、ほ場整備の際は、地域の担い手に農地の集積・集約化を進める計画とし、利用権設定等を考慮し換地配分を行っていることから、特に問題とはなっていない。なお、集積・集約化に当たっては、農地中間管理事業を活用している。

⑤均平度

- ・作物の収穫や品質を安定させるためには、ほ場面の均平化が必要であり、農家によるトラクターを利用した効率的なほ場均平作業が可能か（重粘土など土質条件が悪い場合は、田面の不均平となりやすく、区画が大きいとブルドーザーによる相応の作業が必要となる。）なお、秋田県においては、整地仕上げの際、均平度を±5cmで施工管理している。

②長辺長・短辺長（設計基準等における基本的な考え方）

a. 計画設計基準等における基本的な考え方

現行の土地改良計画設計基準では、ほ区の長辺長については、ほ区の長辺に沿う小用水路の許容延長を基に300～600m、ほ区の短辺長（耕区の長辺長）については田面の用排水操作や農業機械の許容延長を基に100～150mが適正範囲とされている。

秋田県においては、耕区の長辺長が150m程度以上の場合、両側に道路、進入路等を設置した区画としているが、今後、田植えの密苗移植、直播、防除技術等の進展により、さらに長辺長を長くした区画の検討が必要となる可能性がある。

b. 田面の用排水と農業機械の作業効率

耕区の長辺長を決定する要因は、田面の用排水と農業機械の作業効率となる。農業機械については、耕区の長辺長が長ければ長いほど農業機械のターン回数が少なくなることから効率的な作業が可能となる一方、適時の資材の積み込みや収穫物の積み下ろしが難しくなることを考慮したうえで決定する必要がある。

特に防除作業に使用する動力散布機のタンク容量、田植機に一度に積載できる苗箱枚数、コンバインのグレーンタンクの積載量は作業に与える影響が大きいが、長辺長を決めるうえで用排水操作上の利便を主たる要因として考えた方が妥当である。

- ・用排水操作では、耕区の長辺長が長くなると用水よりも排水の迅速な排出が難しくなるため、耕区の長辺長の決定は主として田面排水の難易度によって決まると考えてよく、大区画水田の調査結果等から勘案すると、耕区の長辺は100～150mとするのが適当と考えられる。

なお、秋田県においては、耕区の長辺長が150m程度を超える場合、耕区の両側に排水路を設置し、排水距離を150m以内とすることで排水性を確保しており、耕区の長辺が約220mの事例がある。

- ・耕区の長辺長を長くすることは、農業機械の作業効率を高めるだけでなく、用排水路の密度を減少させることで、整備費の節減だけでなく、水位調整等の水管理に掛かる費用、整備後の点検操作や補修にかかる維持管理費、草刈り等の労力の低減にも資するところである。また、状況に応じ、給水口1箇所での可能取水流量を増加させ、給水口設置数の削減も考えられる。

c. ロボットトラクターの導入と長辺長

現状の自動化レベル2（本指針P3参照）で市販化されているロボットトラクターでは、目視による監視が基本となるが、必要に応じ、モニター情報などによる確認で目視を補うこととしているため、目視での監視が可能な距離に留意したうえで、適正な長辺長を検討することが望ましい。また、監視者が万が一の際にロボットトラクターを停止できるよう監視者が持つ非常停止装置とロボットトラクターの間は常に通信を行っており、これらの通信可能距離にも留意したうえで、適正な長辺長を検討することが望ましい。

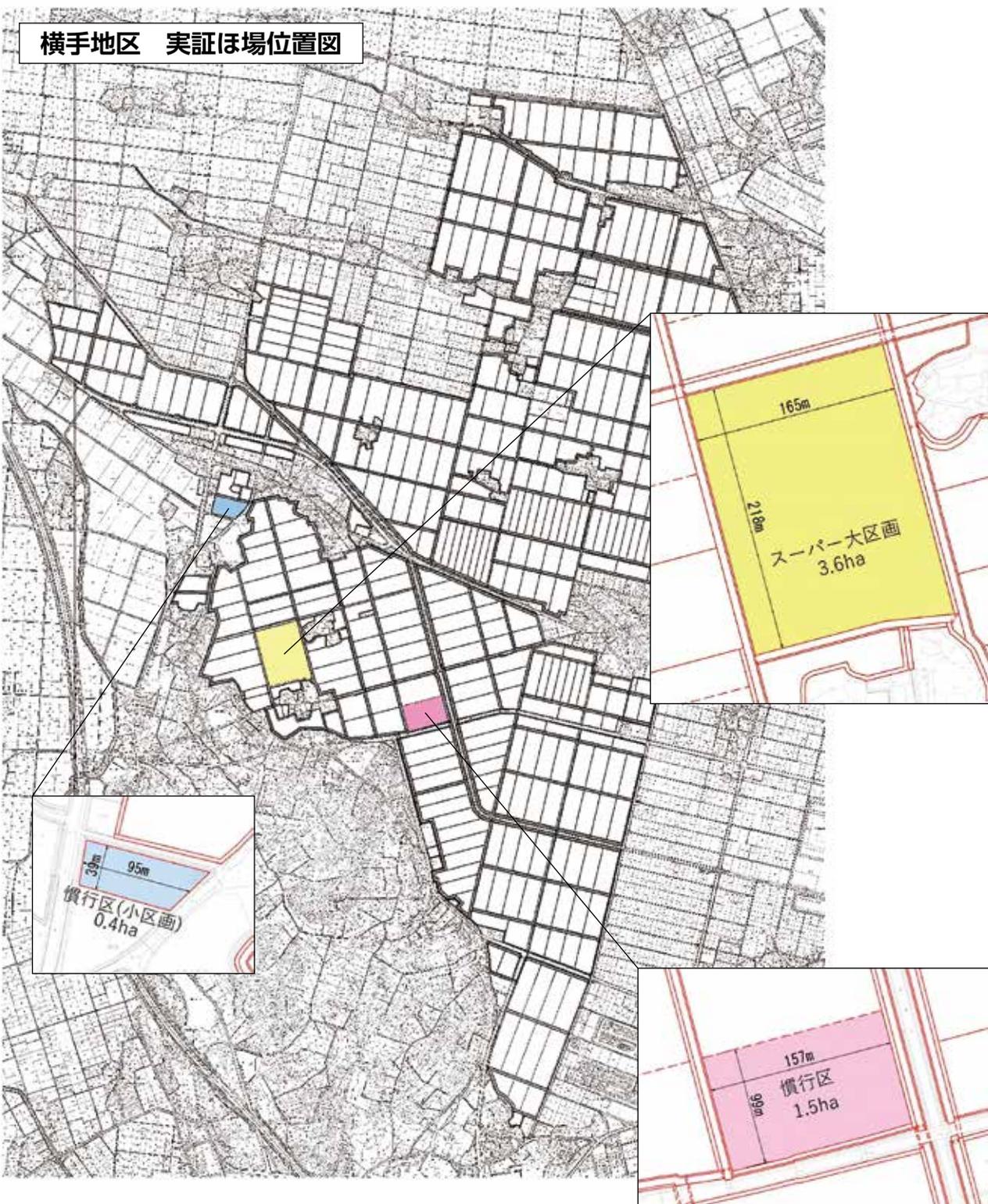
d. トラクターの協調作業

協調作業は、有人トラクター、ロボットトラクターの2台とも同じほ場に入って作業する方法と隣接するほ場でそれぞれ作業する方法があるが、2台のトラクターが接近し過ぎると危険である一方、離れ過ぎると電波が途切れ（約150m以上）ロボトラが停止してしまう。また、50a程度以上の耕区では、ロボトラが先行して1作業幅とばしに作業し、有人トラクターがロボトラの作業しなかった部分を作業することで、接近し過ぎや離れ過ぎを回避できる作業体系となる。

この場合、2台のトラクターの作業幅や作業速度を揃えることで効率的な作業が行われることに留意する必要がある。

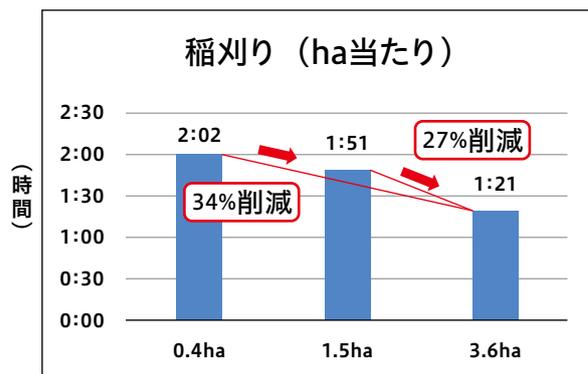
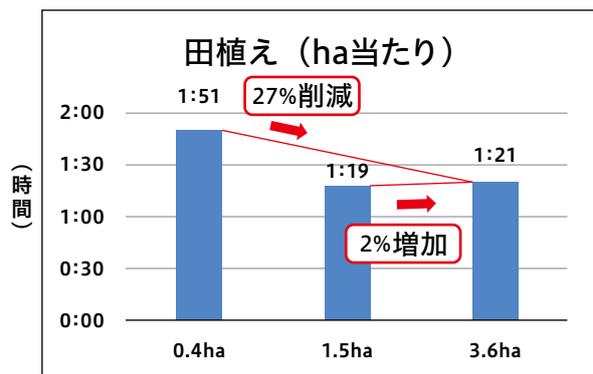
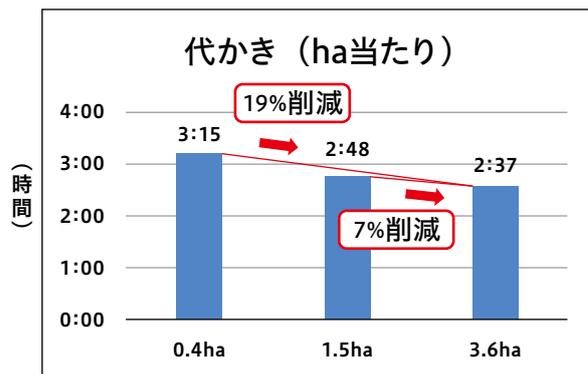
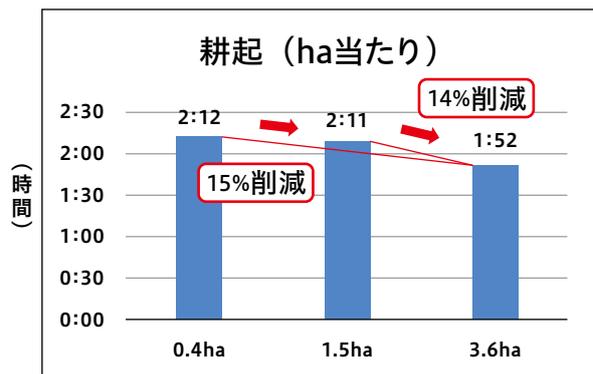
①区画規模による作業時間

今回の実証では、実証モデル地区である横手地区において、小区画（0.4ha）、大区画（1.5ha）、スーパー大区画（3.6ha）の3つの区画で耕起、代かき、田植え、稲刈り作業のデータ収集を行い、作業時間や作業効率等の実証を行ったものである。



(実証結果①：1台作業による区画別作業時間の比較)

	耕起	代かき	田植え	稲刈り
作業時間	<ul style="list-style-type: none"> 全ての区画において、トラクター（88ps）1台による作業 3.6ha区画は、1.5ha区画より14%、0.4ha区画より15%作業時間が削減 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての区画において、トラクター（88ps）1台による作業 3.6ha区画は、1.5ha区画より7%、0.4ha区画より19%作業時間が削減 	<ul style="list-style-type: none"> 全ての区画において、自動操舵田植機で作業 3.6ha区画は、0.4ha区画より27%作業時間が削減 	<ul style="list-style-type: none"> 3.6ha区画は、1.5ha区画より27%、0.4ha区画より34%作業時間が削減



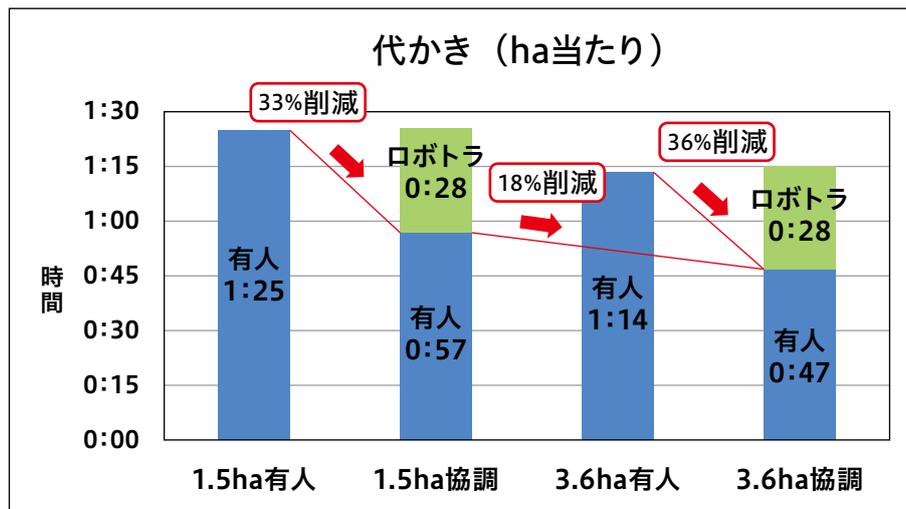
- ※ 1 作業時間には、走行時間のみ計上し、停止時間（田植えの苗積み、稲刈りの籾排出等）は含まない
- ※ 2 機械性能、作業速度、天候などの条件の違いにより、多少の誤差が発生する。
- ※ 3 耕起及び代かきの使用機械は、トラクター（ヤンマー YT488A（88ps））1台による作業。
- ※ 4 田植えの使用機械は、田植機（ヤンマー YR8D（8条植え））、直進アシスト付きによる作業。
- ※ 5 稲刈りの使用機械は、コンバイン（ヤンマー YH6115（6条刈））による作業。

②作業体系別の作業時間比較

横手地区の実測データを基に作業時間を算定すると、代かきにおける体系別（協調作業、単独作業）の作業時間として、以下の結果が得られた。

（実証結果②：2台協調作業と1台単独作業の体系別作業時間の比較）

作業体系	1.5ha区画	3.6ha区画	備考
1台単独(有人)	1:25	1:14	
2台協調(有人+ロボトラ)	0:57	0:47	3.6ha区画の方が1.5ha区画より18%作業時間が削減
単独作業と協調作業の比較	協調作業の方が単独作業より33%作業時間が削減	協調作業の方が単独作業より36%作業時間が削減	



- ※ 1 2台協調とは、有人+無人トラクターによる2台作業で、作業時間の比較は、有人トラクタによる作業時間とする。
- ※ 2 代かき作業は、1回目の作業（荒かきのみ）を対象とした。
- ※ 3 使用機械は、トラクター（ヤンマー(YT488A(88ps)- 無人)、(YT457A(57ps)- 有人)）



代かき協調作業
（前方：無人ロボトラ、後方：有人トラクター）

GPSロガーによる走行軌跡



○上図は、スーパー大区画3.6haの代かき作業をロボットトラクター（無人）と有人トラクターの2台で協調作業した走行軌跡である。

赤線がロボットトラクターの軌跡、黄緑線が有人トラクターの軌跡であり直線作業を1作業幅とばしで交互に走行してしている。また、外周の2～3周は溝畔に設置された付帯物に接触しないように、有人トラクターでの作業となる。

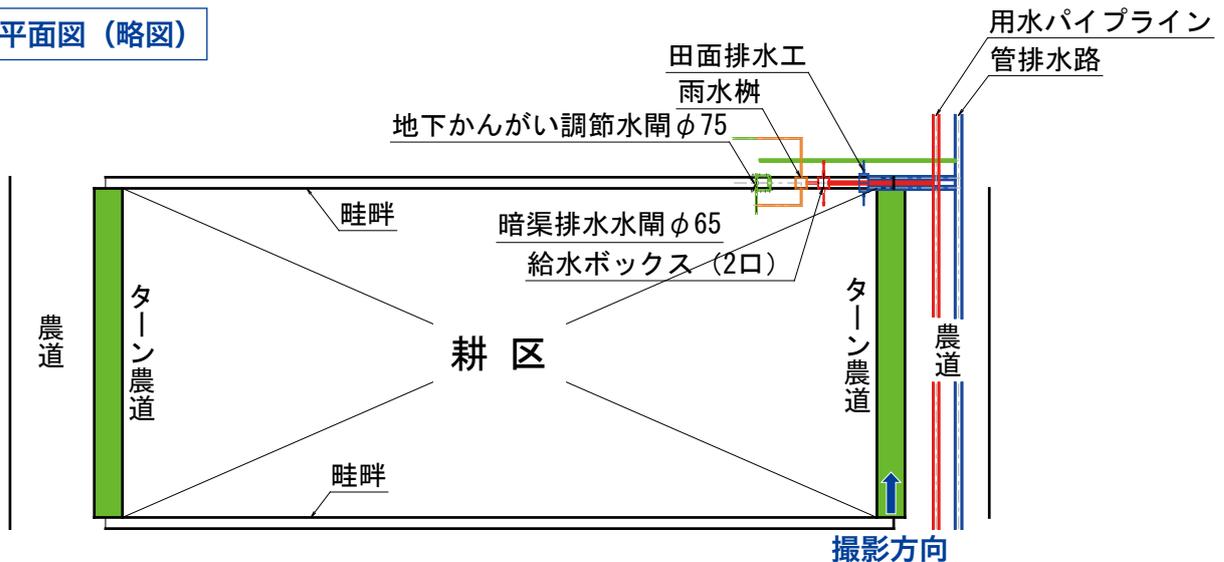
3 ターン農道

(1) ターン農道の概要

ターン農道とは、ほ場内で農業機械の旋回によって生じる枕地部分の繰り返しによる排水不良や生育不良を防止するため、ほ場外で農業機械が旋回できるように設けたスロープである。ターン農道によって農作業の効率化が図られるとともに、農業機械による農道とほ場間の安全な進入・退出に有効である。

【ターン農道の事例：高野尻地区】

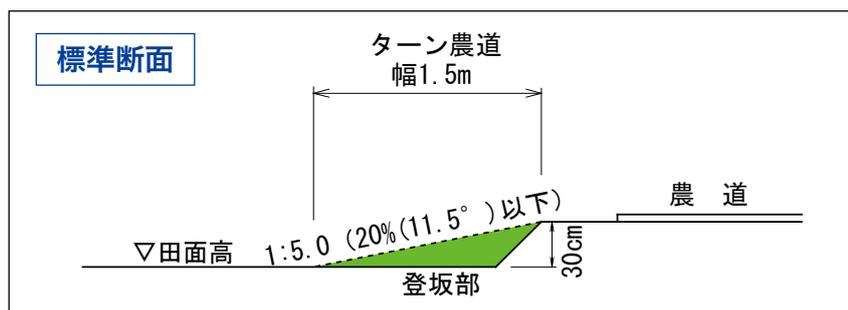
平面図（略図）



ターン農道設置状況



標準断面



(2) ターン農道を導入する際の留意事項

参考とした資料：「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」 令和2年2月制定
(令和5年3月改定)

農林水産省農村振興局整備部農地資源課 出典 (一部引用)

青字：本県の実施例及び実証事例等からの知見による追記

a. 運搬車両による作業への配慮

ターン農道では、ほ場内での旋回による枕地部分の生育不良を防ぎ、その後の施肥、除草等の管理作業を容易にするため、農道を利用して農業機械を旋回させるものである。大区画水田においては、あらゆる農作業を機械化させて作業の効率を上げることが特に重要であるため、ターン農道方式の採用は有効である。ターン農道の計画に当たっては、資材搬入車両や収穫物搬出車両が駐車できるスペースや安定して駐車できる傾斜等も考慮することが重要である。

b. ターン農道登坂部の設計

自動化レベル2（本指針P3参照）の自動走行農機の導入に当たっては、ターン農道への出入口周辺に電柱等の障害物がないこと、ターン農道（登坂部）表面はできる限り凹凸がないことが望ましい。スロープの勾配により、周囲の障害物をセンサーの誤認識や、登坂中に路面を捕捉できずに停止する等、機械の安定性、低下を招くおそれがある。そのため、ターン農道は、導入機械も勘案した上で、可能な限り勾配を緩くすることが望ましい。

実証では、ターン農道の登坂部勾配は進入路に合わせ1：5.0（11.5°以下）としており、勾配をこれ以上急にすると農業機械がターンする際に危険が伴う場合がある。また、道路を挟む左右の田差が大きい場合等は低い田面側のスロープを長くとる必要があり、つぶれ地等についても十分な検討が必要である。

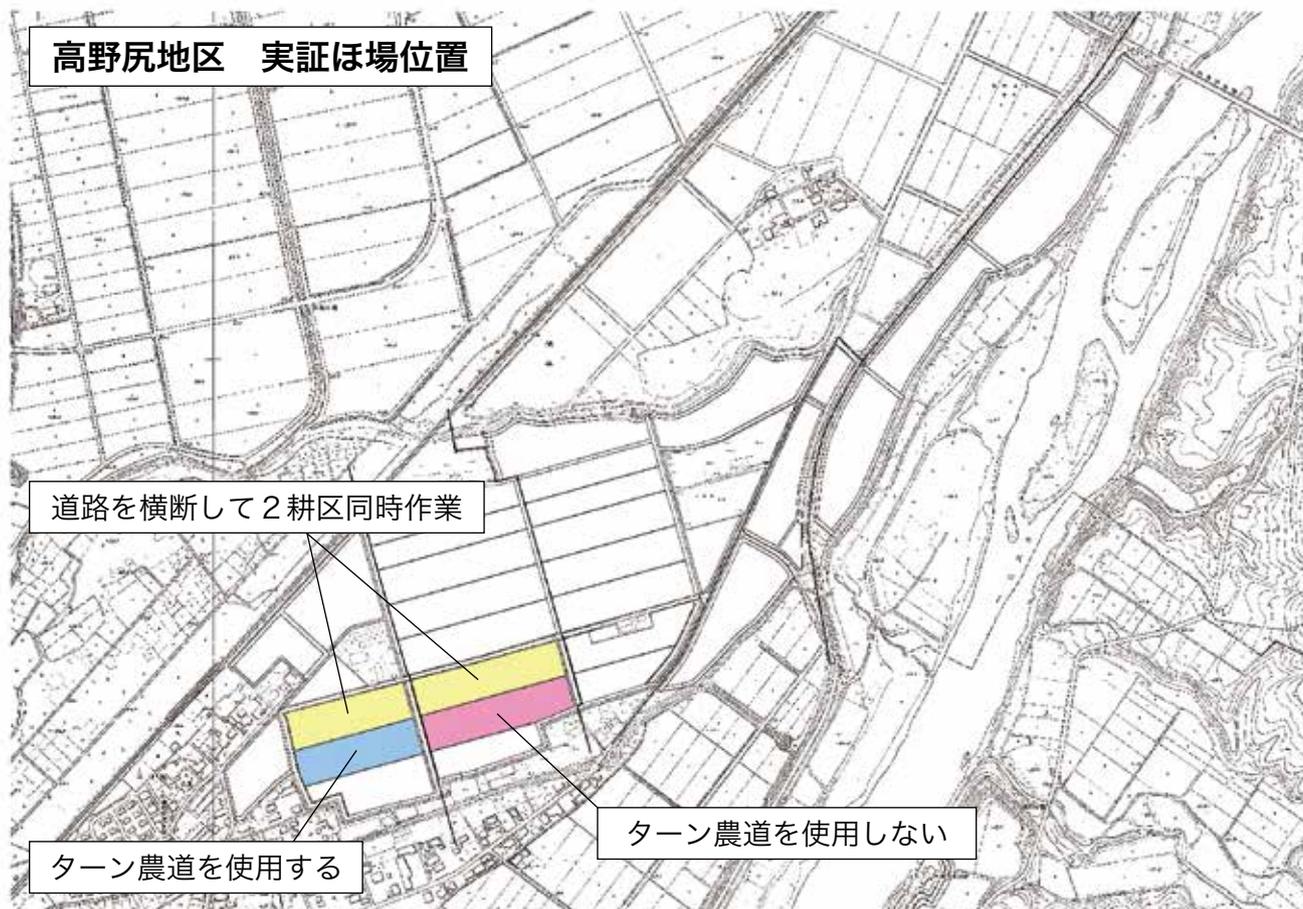
- ・ターン農道を設置することにより、営農の利便性の向上や作業の効率化等が図られるといったメリットがある一方、つぶれ地が大きくなるというデメリットが生じることから、農地の利用方法について農家の意向を十分に踏まえて計画する必要がある。
- ・営農の効率性を重視するため、ほ場の枕地部分は農業機械を旋回するための用地として作付けしない事例が出てきているが、この場合、ターン農道と違ってほ場内だけでの旋回が必要になるため、ターン農道よりもつぶれ地が大きくなる。ターン農道の設置に当たっては、将来の地域営農を見据えた上で、その必要性を検討する必要がある。
- ・登坂部の盛土材は、機械の走行や旋回する部分であり、水に飽和された状態でこね返しや車輪跡の凹凸により、進入退出が困難になることや降雨時の登坂部の崩れが発生する可能性があるため、こね返しなどに耐えることのできる土質の盛土材が必要である。

c. ターン農道による用排水路の管路化

ターン農道の設置場所によっては、用排水路（開水路）を管路化し、営農に支障がない構造とする必要がある。管路化については、コスト面で費用が掛かり増となるため、将来の営農方針を踏まえ十分に検討する必要がある。

参考 ターン農道の実証結果

今回の実証では、実証モデル地区である高野尻地区において、1 ha区画のターン農道を使用した場合と、使用しない場合、道路を挟んで1 ha区画の2 耕区同時作業した場合のデータを収集し、作業時間を比較したものである。



ターン農道を使った作業状況（代かき作業）

【旋回】



【横断（2 耕区同時）】

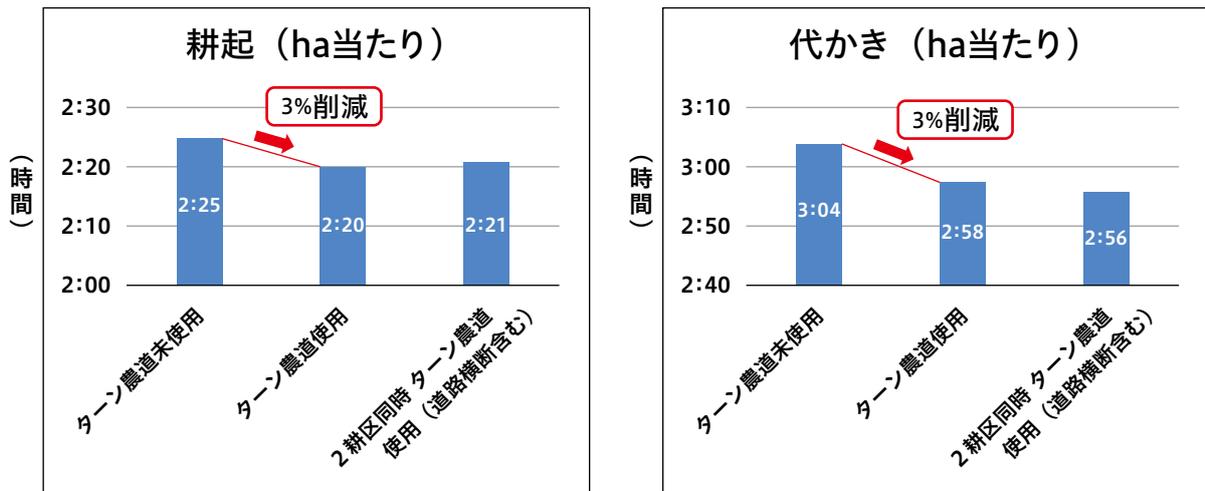


【ターン農道の作業時間の比較及び巡回時間データ】

高野尻地区の実測データを基に作業時間を算定すると、耕起及び代かきにおけるターン農道を使用した場合と使用しない場合の作業時間として、以下の結果が得られた。

a. 作業時間の比較

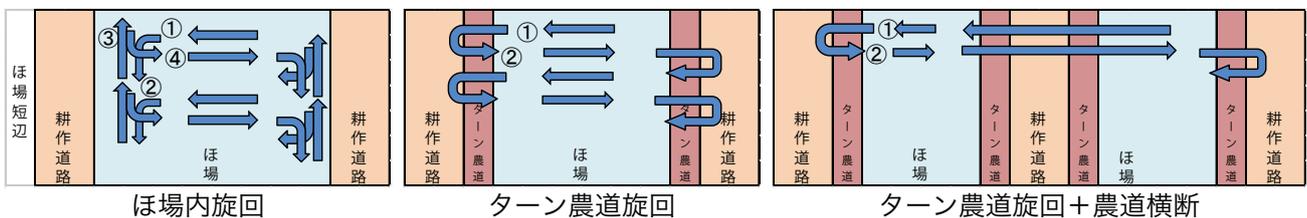
- ・耕起作業において、1 ha区画でターン農道の作業時間を比較すると、ターン農道を使用した方がターン農道を使用しない方より3%作業時間が削減
- ・代かき作業において、1 ha区画でターン農道の作業時間を比較すると、ターン農道を使用した方がターン農道を使用しない方より3%作業時間が削減
- ・道路横断による2耕区同時作業においては、ターン農道を使用した場合の作業時間と耕起、代かき作業ともに同程度であった。



- ※1 作業時間には、走行時間のみ計上し、停止時間（農機の状態確認等1分以上の停止）は含まない。
- ※2 機械性能、作業速度などの条件の違いにより、多少の誤差が発生する。
- ※3 耕起及び代かきの使用機械は、トラクター（クボタMR87(87ps)）による作業。

b. 巡回時間の比較

- ・耕起及び代かき作業時の巡回時間を比較すると、ターン農道を使用した方が枕地での切り替えしがなくなるため、ほ場内巡回よりも短縮される。
田植えについては、苗補給があるため、極端な短縮とはならない。
また、道路横断による2耕区同時作業においては、ターン農道と同時間である。



作業区分	ほ場内巡回			ターン農道巡回			ターン農道巡回+農道横断 (2耕区同時作業)						
	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	巡回時間 (秒)	巡回時間 (秒)	1巡回回数 (回)	巡回時間 (秒)	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	巡回時間 (秒)	1農道横断時間 (秒)	横断回数 (回)	農道横断時間 (秒)	巡回+横断時間 (秒)
耕起	34	4	136	15	4	60	15	2	30	15	2	30	60
代かき	30	4	120	15	4	60	15	2	30	15	2	30	60
田植え	29	4	116	25	4	100							

- ※1 ほ場内巡回、ターン農道巡回は、巡回回数を2往復とし算定し、ターン農道巡回+農道横断の2耕区同時作業は、1往復で巡回時間を比較

4 畦畔・溝畔（草刈り作業）

ほ場内の畦畔及び溝畔の法面を維持管理していく上で草刈り作業は必要であり、作業の多くは人力に頼っており、省力化、負担の軽減、安全性の確保が重要な課題となっている。そのため、これらを実現できる技術の導入、基盤整備の推進が重要となっている。

（1）草刈り機種及び性能

草刈り機種には、人力草刈りの他、トラクターに搭載することのできるアーム式モアや無線遠隔操作草刈り機（ラジコン式草刈り機）などがある。

①草刈り機（人力）

草刈り機には、エンジン式と充電式があり、両手ハンドル肩掛けや背負式ループハンドルなど多数メーカーで取り扱っている。

草刈り機種で一般的であるが、労働負担は大きくなる。

②草刈りモア（人力）

草刈りモアは、手押し式エンジンが主流であり、平場以外の法面や畦畔なども刈り払いできる機種もあり、多数メーカーで取り扱っている。

人力草刈り機に比べ、労働負担は少ない。また、長い法面には適さないこともある。

③無線遠隔操作草刈り機（ラジコン）

ラジコン式草刈り機は、人力草刈り機に比べ労働負担は少なく、ラジコンを操作するオペレータ1人で広範囲の刈り払いが可能である。

また、法面も傾斜角40～45度程度まで走行可能であり、人力草刈りに比べ安全性が高い。

その他、ラジコン以外に乗用タイプもあるが、急斜面の法面には適さない。

④アーム式モア（トラクター）

トラクターに搭載するアーム式モアは、平場以外にある程度急な法面も刈り払いすることができる。また、人力草刈りに比べ作業効率が良く、労働負担も少ない。ただし、トラクターが走行するための作業幅確保やアーム式モアに見合うトラクターの大きさや重量が必要であり、初期投資費用は大きくなる。

また、車や人が通る農道では、作業中に小石などが飛ぶので注意する必要がある。



(2) 草刈り作業の省力化に向けた畦畔・溝畔に係る留意事項

参考とした資料：「自動走行農機等に対応した農地整備の手引き」 令和2年2月制定
(令和5年3月改定)

農林水産省農村振興局整備部農地資源課 出典 (一部引用)

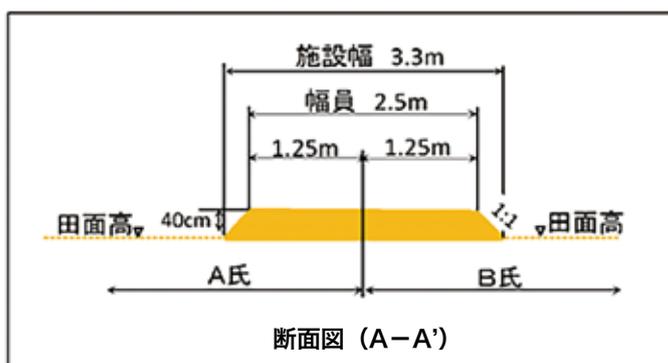
青字：本県の実施例及び実証事例等からの知見による追記

a. 幅広畦畔

維持管理労力を軽減するため、草刈り機のアタッチメントを装着したトラクターが走行できる「幅広畦畔」とすることが有効である一方、つぶれ地が大きくなり耕地面積が減少してしまうことに留意する必要がある。また、将来的に畦畔除去といった簡易な整備手法による区画拡大が難しくなるといった課題が生じることから、導入に当たっては農家等の意向を踏まえて計画する必要がある。

幅広畦畔の導入が困難な場合、無線により遠隔操作が可能な草刈り機（ラジコン式草刈り機）があり、導入機械の能力に応じた畦畔構造を検討することが望ましい。

トラクターによる草刈りの場合、走行の安全性を考慮し、作業幅は2.5m～3.0mを確保する必要がある。



トラクターによる草刈り

b. 法勾配・法面被覆

畦溝畔・法面については、肩掛け式の動力刈払い機による人力作業が一般的であり、それに対応した法面の構造や形状で整備されている。近年ではトラクター等に取り付けるアーム式モアや無線で遠隔操作する草刈り機（ラジコン式草刈り機）を導入している例もある。

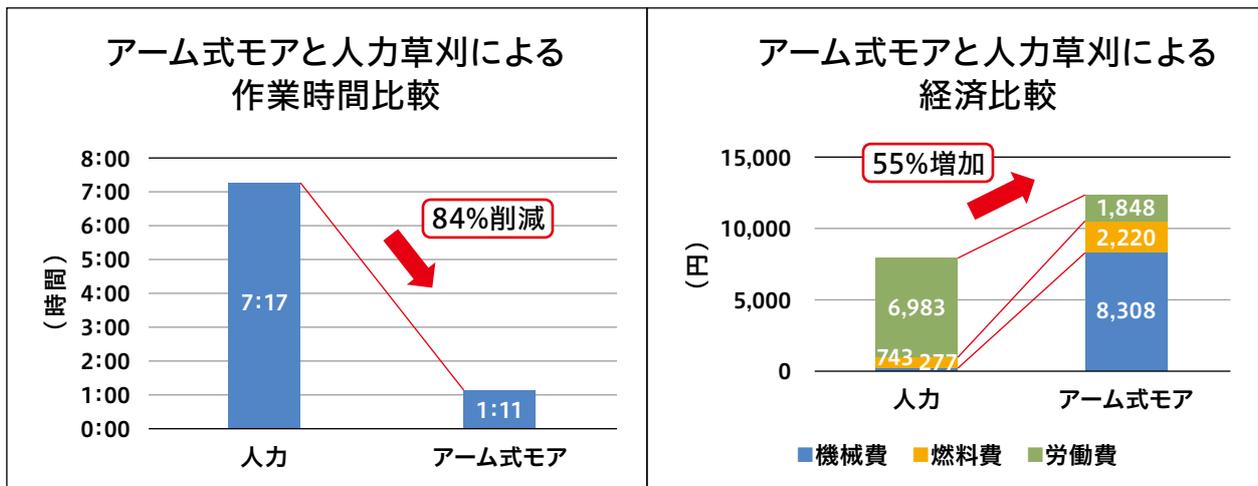
ラジコン式草刈り機は多数の製品があり、作業傾斜角度は、地質・土壌・製品性能・作業条件により異なるが、40～45度程度まで対応可能であり、最大50度まで対応している製品もある。秋田県のは場整備の標準としては、畦畔や用水路の法勾配は1：1.0（45度）、排水路の法勾配は1：1.2（39.4度）を標準設定していることから、ラジコン式草刈り機での対応も可能である。また、除草作業時の足場確保については、農家等の意向を十分に踏まえ、必要に応じて法先小段や法面中段の小段を設置する必要がある。

※ラジコン式草刈り機の性能（例：カタログより）

メーカー	型式	質量	最大出力	刈幅	刈高さ	作業速度	最大傾斜角
クボタ	ARC-501	142kg	3.85ps	500mm	40～64mm	1.1～2.2km/h	40度
アテックス	RJ703	365kg	13.4ps	700mm	45～95mm	0.0～3.1km/h	45度
T I M A N	RC-751	345kg	14.0ps	750mm	25～80mm	6.0km/h	50度

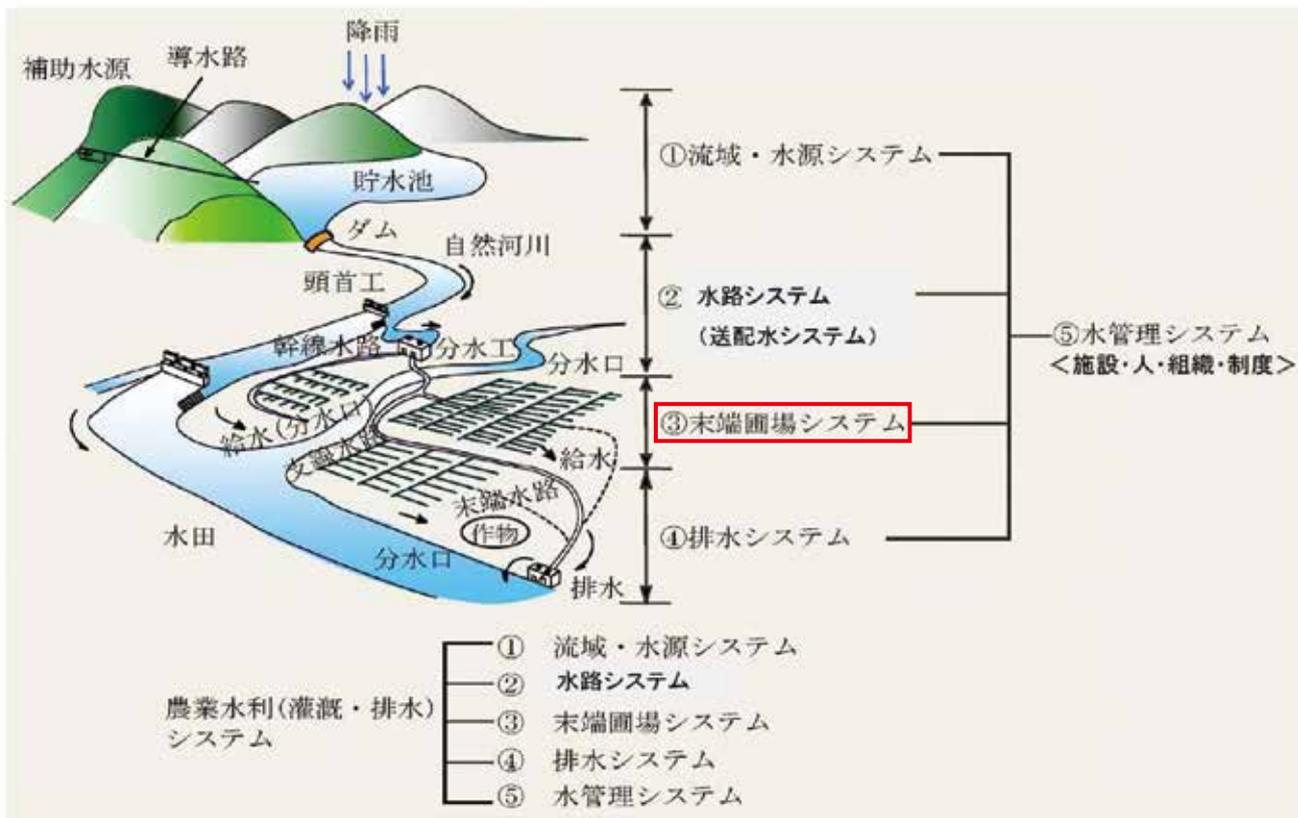
【草刈りの作業時間比較（アーム式モアと人力草刈りの作業時間および燃料消費量）】

- ア. 実証路線945㎡を対象とした結果、アーム式モアの草刈りは人力草刈りと比較して作業時間は84%削減するが、経費の比較では55%増加した。
- イ. 人力草刈りにおいては人件費が87%を占めるが、アーム式モアにおいては機械費が67%を占める。
- ウ. 法人で実際に運転した感想として、自動走行により草刈りに集中できたことや労力的に断然楽だった事を実感した。また、法面が長ければ危険を伴うが、機械での草刈りは安全であり、1人のオペレータで作業ができるので、省力化される。
- エ. トラクターによる草刈の場合、走行の安全性を考慮し、作業幅は2.5m~3.0mを確保する必要がある。



5 ICT水管理システム（遠隔操作型給水栓を利用したシステム）

本整備指針でのICT水管理システムについては、ほ場レベル（③末端圃場システム）の水管理を対象としたものであり、水源、幹線・支線レベルの水管理は、対象としていない。



中・樽屋著：「水路システム工学」より引用

(1) ICT水管理システムの整備

スマートフォンやPCから出した制御命令により、ほ場の給・排水栓を遠隔操作するシステムで、給・排水開始、または停止となる水位や時間の設定を行うことができる。

ほ場に水位水温センサーを設置することにより、水位水温のデータを受信、保存することができる製品もある。

遠隔操作型給水栓や水位の遠方監視装置の導入により、作業場（家屋）から管理するほ場等への移動時間が多くを占める見回りや水管理労力の軽減が図られることが期待される。

【ICT技術を活用した水管理システム機器】

ICT技術を活用した水管理システム機器（遠隔操作型給水栓）一覧

開閉方式	取水ソケット開閉方式	ゲート方式①	ゲート方式②	バルブ方式
製品	 ※写真は、開水路取水口用	 ※写真は、開水路ゲート用	 ※写真は、開水路ゲート用	 ※写真は、管水路バルブ用
設置水路形式	開水路取水口、 管水路バルブ用は別製品	開水路ゲート、 管水路バルブ方式対応可能	開水路ゲート、 管水路バルブ用は別製品	管水路バルブ方式、 開水路ゲート対応可能
水位操作	<ul style="list-style-type: none"> 水位設定による自動給水及び遠隔操作が可能 水位・給水状況が確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 水位設定及びタイマー設定による自動給水や遠隔操作が可能 水位・水温・給水状況が確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> 水位、水温及びタイマーの設定による自動給水や遠隔操作が可能 水位・水温・給水状況が確認できる。 	<ul style="list-style-type: none"> タイマー設定による自動給水、設定水位での止水及び遠隔操作が可能 給水状況が確認できる。
付帯物	<ul style="list-style-type: none"> ソケットホース 	<ul style="list-style-type: none"> 開水路：固定台と開閉ゲートが必要 管水路：バルブによりアタッチメントが必要 	<ul style="list-style-type: none"> 水路により調整板等が必要 	<ul style="list-style-type: none"> 開水路：固定台と開閉ゲートが必要 管水路：自社専用バルブが必要
電源	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電と内蔵バッテリー 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電と内蔵バッテリー 	<ul style="list-style-type: none"> アルカリ電池（単一型×6） ソーラーパネルオプション有 	<ul style="list-style-type: none"> 太陽光発電と内蔵バッテリー
通信方式	<ul style="list-style-type: none"> 中継機経由で給水口に配信 中継機は平野部で3kmの通信エリアを有す ※屋外中継器の場合、約6～8km対応可能 データ保存先：クラウド 	<ul style="list-style-type: none"> 通信集約（LoRa）型 中継機経由で給・排水口に配信、中継機は2～5kmの通信エリアを有し、中継機1台で最大40機（無線ボックス増設により80機）まで対応可能 直接通信（LTE-M）型 携帯通信網を利用しアクチュエーターと直接通信する。中継機を必要としない データ保存先：クラウド 	<ul style="list-style-type: none"> 中継機経由で給水口に配信 2km程度の通信エリア（拡張アンテナ設置により5km）を有し、最大1000機まで対応可能 データ保存先：クラウド 	<ul style="list-style-type: none"> 中継機経由で給水口に配信 中継機は2km程度の通信エリアを有し、100機程度まで対応可能 データ保存先：クラウド
異常時の対応	<ul style="list-style-type: none"> スマホ等に通知を送信 	<ul style="list-style-type: none"> スマホ等に通知を送信 異物をはさんだ場合、自動開閉を繰り返して、異物を排除する。 	<ul style="list-style-type: none"> スマホ、PC等に通知を送信 サポートディスクから連絡 	<ul style="list-style-type: none"> スマホ等に通知を送信 異物をはさんだ場合、自動で開閉を3回繰り返して、異物を排除する。
維持管理	<ul style="list-style-type: none"> 内蔵バッテリー交換5年（3,000円） 冬季の取り外しと春先の再設置 	<ul style="list-style-type: none"> 内蔵バッテリー交換3年（2,000円） 冬季の取り外しと春先の再設置 	<ul style="list-style-type: none"> 電池交換（シーズン毎） 独立センサの取り外しと再設置 	<ul style="list-style-type: none"> 内蔵バッテリー交換2年（5,600円） 冬季の取り外しと春先の再設置
価格帯	<ul style="list-style-type: none"> 中継機 無料貸付 給水口 約5万円 水位計 約2万円 通信費 無料 	<ul style="list-style-type: none"> 中継機 約38万円～ 自動給水装置 管水路 約25万円～ 開水路 約38万円～ （水位水温計、ゲート、アタッチメントなどの付帯により価格差あり） 通信費（年間システム使用料） 通信集約型（1基）約9千円 直接通信型（1台）約3千円 	<ul style="list-style-type: none"> 中継機（アンテナ含む） 約12万円～ 給水口 乾電池モデル 約21万円 ソーラーバッテリーモデル 約26万円 通信費（1基/年） 約7千円 	<ul style="list-style-type: none"> 中継機（アンテナ含む） 約19万円～ 自動給水装置 管水路用 約14万円～ （上限水位計含む） 開水路用 約15万円～ 通信費（1基/月） 約1千円

※栃木県「次世代型生産基盤技術導入指針」令和3年12月を参考に作成

(2) ICT水管理システムを導入する際の留意事項

①基本事項

a. 現状の把握と課題抽出

ICTの導入にあたっては、地区によって条件が異なるため、農業用水の不公平配分、無効放流の発生、維持管理労力の負担等の課題を整理したうえで、これらの課題を解決する方策として、ICT水管理の導入が有効かどうかを事前に確認する必要がある。

また、ICT機器を設置する用水路の形式（パイプライン、開水路）や、用水の管理方式（需要主導、供給主導）によっても得られる効果に違いがあるため、あらかじめ十分な検討が必要である。

b. 基幹水利レベルと末端ほ場レベルの連動

ICTの導入により、揚水機や分水ゲートの遠方監視・制御（基幹水利レベル）とほ場に設置した遠隔操作型給水栓（末端ほ場レベル）を連動させて運用する場合は、対象の末端受益地の正確な用水需要を把握し配水する必要があることから、末端ほ場レベル側からは基幹水利レベル側に対し、適切に需要量をフィードバックさせる必要がある。また、ICTの導入により、末端の用水需要に応じた送配水が可能となるが、これに伴い取水量のピークが変化するような場合は、幹線水路の送水量の調整や、無効放流を削減するための工夫等を検討する必要がある。

c. 機器の互換性、操作の習熟

ICT機器は、様々なメーカーで販売しているため、メーカー毎にシステムの規格・仕様が統一されておらず、互換性がない場合が多い。このため、同じ地区内で複数の互換性のないシステムを利用する場合は、個々のシステム毎に別々の画面を確認しなければならないなどの不便が生じる。ICTを導入する際は、可能な限り互換性のある機器を導入することが望ましい。

また、機器の操作に不慣れである場合、ICT導入の効果が十分に発揮されない可能性がある。このため、操作の習熟のためのサポート態勢の整備の検討や、ユーザーインターフェースの改良などにより操作が簡単なシステムとすることが必要である。

実証においても、「ICT機器の操作に慣れるまで、時間を要する」、「正常に動作しているか心配で、現地で確認をした」という声が聞かれた。

d. 機器の設置環境の確認

ICT機器を設置する際は、設置場所に留意する必要がある。良好な通信環境を確保できるように、基地局やサーバーの設置・使用状況を事前に確認するほか、機器の電力を太陽光バッテリーで確保する場合などは、日当たりや天候にも留意する必要がある。また、営農者の農作業に支障がないことにも留意する必要がある。

秋田県内においては、降雪による機器の破損等が考えられるため、冬季の取外しについても留意する必要がある。

e. 機器の導入範囲

ICT機器は、一般的に高額であるため、地区内のすべての施設に設置するのはコスト面で難しい場合もある。このため、地区にとって効果的な導入範囲を検討する必要がある。

f. データ連携の検討

基幹施設、送水施設、末端施設のそれぞれがデータ連携することで、効率的な送配水やほ場での適時適量の給水が同時に実現する。ただし、このようなデータ連携による理想的な整備が、現状の課題に対してオーバースペックにならないかを十分に検討する必要がある。ICT導入範囲の検討にあたっては、施設の重要度、将来の管理体制、地元の意向などを十分踏まえ、施設間のシステムの互換性や管理水準の調和、セキュリティの確保に留意しつつ、経済性に配慮することが必要である。

g. 中山間地域における導入

中山間地域は、耕作条件が悪いため担い手が集まりにくい状況であり、耕作放棄地が生じやすい。通信環境が整備されやすい平場でICT導入を進めるだけでなく、中山間地域においても、農村地域の通信インフラの整備との連携等により、ICT導入を検討していくことが望ましい。

h. 機器の維持管理

遠隔操作型給水栓の故障や水位・水温センサーの不具合などが発生する可能性もあることから、ICT導入による効果を十分に発揮させるためには、ユーザー自身によるICT機器の適切な維持管理も求められる。

②技術面

a. 遠隔操作型給水栓の設置箇所

遠隔操作型給水栓の設置範囲について、大区画ほ場のように1筆に複数の給水栓がある場合は、すべての給水栓を遠隔操作型給水栓にする必要はなく、普通期に使用する給水栓のみを遠隔操作型給水栓にするだけで十分と考えられる。

ほ場整備実施地区では、概ね3,000㎡に1か所の割合で取水口を設置しているため、例えば1ha区画の場合、4か所の取水口が設置されることとなる。

今回の1ha区画の実証において、普通期に使用する1カ所のみ遠隔操作型給水栓を設置し水管理を行った結果、特に支障はなかった。

以上のことから、1ha区画程度の場合でも、1区画に1か所の遠隔操作型給水栓の設置を基本とするが、地形条件等（長辺長、均平度、用排水路の配置）により、別途検討が必要な場合がある。

b. 用水需要ピーク時への配慮

ICTを導入する配水施設（揚水機場や分水ゲートなど）の自動制御化を行うことにより、末端ほ場の用水需要に応じたきめ細やかな送水が可能となると、従前と比べて、各ブロックにおける用水需要のピーク時に分水量が大きくなることが想定される。水利権等の制約により、水源からの幹線水路への供給量が末端の用水需要に連動しない場合、上流側の配水施設に分水量が用水需要のピークに合わせて大きくなると、下流側の配水施設で必要量を分水できないなどの影響が生じる可能性がある。

このため、下流側への影響を緩和する方法として、既設の調整施設を有効活用するほか、取水ルール調整による用水需要ピークの分散やICTを活用した番水の効率化などの工夫を行うことが重要である。

今回実証した高野尻地区では、揚水機～末端ほ場までを管水路化し、一部のほ場に遠隔操作型給水栓を設置している。（その他は、手動による給水栓を設置）

揚水機の運転は、インバータ制御（推定末端圧一定）されており、給水栓からの取水により、自動運転するシステムであり、需要主導型となっている。

このような場合、幹線用水路に設置された揚水機での取水が需要主導型化するため、幹線下流域の水利用に影響が出る可能性があり、用水配分に注意が必要である。

c. 機器の互換性

ICT機器のシステムの規格・仕様がメーカー間で必ずしも統一されておらず、同一地区で互換性のないシステムが混在すると、システム毎に別々の画面を確認する必要が生じてしまい、利用者にとって不便である。

ICT機器を導入する際は、管理者と農家とでICT導入の目的を明確化し、必要な機器を事前によく検討したうえで、可能な限り互換性が確保されるシステムとすることが望ましい。

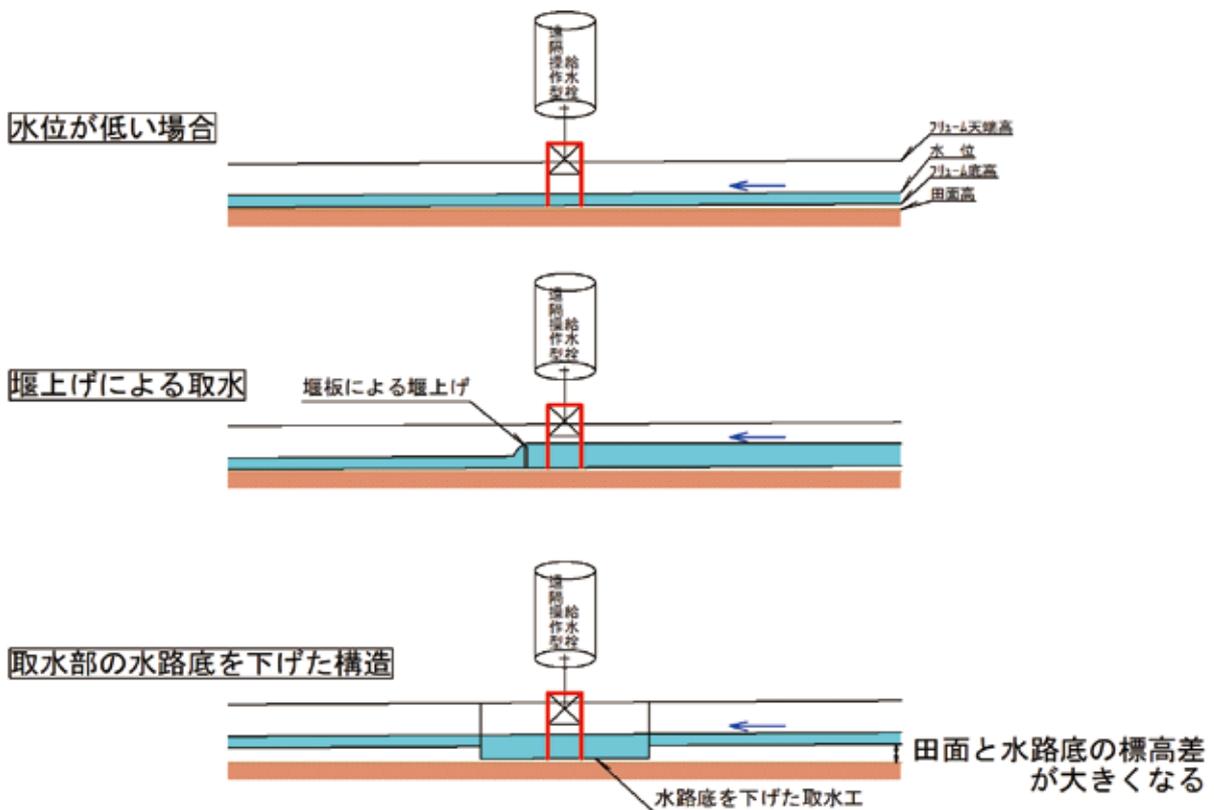
d. 開水路における配水量確保

開水路に遠隔操作型給水栓を設置する場合には、水路の流量不足や深水管理期間に用水停止期間があることなどにより、ほ場へ給水できない期間が生じるケースがあるため留意が必要である。

このため、末端ほ場の用水需要を適切に配水施設等の管理者にフィードバックして、遠隔操作型給水栓の稼働に必要な配水量を確保する必要がある。

従来の水管理では、フリューム内の水位が低い場合、取水口の下流側に堰板を設置し、堰上げすることにより水位を確保している。しかし、遠隔操作型給水栓を設置しても、現地での堰上げ等の水管理が必要となり、省力化にはならない。

今回実証した松ヶ崎地区では、堰上げなしにほ場への給水が確保できるように、取水部の水路底を下げた構造としている。





取水部水口工を下げた施工例

取水部の水路底を下げた構造とする場合には、取水部の底高を田面と同程度の高さにする必要があるので、上流部のフリュームの底高と田面の標高差が大きくなり、通常より高い標高でのフリューム設置としなければならない。

上流分土工の分水位が決まっている場合や、揚水機の吐出し水位等の検討の際には、留意が必要である。

③立地・設置条件

a. 遠隔操作型給水栓の設置環境、通信環境

遠隔操作型給水栓について、山影に設置された場合や天候不順が続いた際に、太陽光発電が出来ずにバッテリー低下が起こり、通信環境が不安定となる可能性がある。

ICT導入にあたっては、基地局やサーバーの設置・使用状況を事前に把握するとともに、これを踏まえた設置場所の検討や通信環境の整備が必要であり、ICT機器（制御装置）、基地局、サーバー及び携帯情報端末の間で良好な通信環境となるように導入計画を立てる必要がある。

基地局は、複数の制御装置から通信が可能な位置に設置するように計画し、できるだけ高い位置になるようにすることにより通信環境を向上できる。基地局をICT機器（制御装置）と同様の標高面に設置する場合には、作物の草丈を考慮した高さを確保するよう留意する必要がある。

遠隔操作型給水栓については、直接通信するタイプと中継機経由で通信するタイプのものがある。中継機経由の場合は、中継機と給水栓の通信可能距離（2km～5km程度）を考慮し、中継機の設置位置を検討しなければならない。また、遠隔操作型給水栓の設置場所を変える場合もあることから、あらかじめその位置をカバーできるような設置位置とすることが必要である。

b. 機器の維持管理

ICT機器の維持管理において、水位・水温センサー等の設置場所、ゴミ流入・詰まり及び野鼠の食害などに係る課題が挙げられている。

ICT導入による効果を十分に発揮させるためには、これらの課題に留意しながらICT機器を設置して維持管理を行う必要がある。

- ・水位・水温センサー等の設置場所は、ほ場内に設置するため、農機などの障害物となることがあり、設置場所や時期についても考慮する必要がある。
実証では、ICT機器の設置を田植え後に行い、稲刈前に撤去し、耕起、代かき、田植え、稲刈りの農作業に支障がないようにした。
秋田県内においては、降雪による機器の破損等が考えられるため、冬季の取外しについても留意する必要がある。また、輪作により畑作物を作付けする場合においても留意が必要である。その際、撤去後の保管場所、再設置の据付・調整、通信確認等の作業について、事前に確認しておく必要がある。
- ・開水路での使用の際は、流草や土砂の詰まりが故障の原因になりやすく、ゴミ除去等の点検が煩雑となる。
- ・波により正確な水位を計測できない可能性があるため、水位センサーを保護する波板や水位計を格納する保護柵の設置が有効と考えられる。
- ・給水栓、水位・水温センサーおよび接続ケーブル等が草刈り作業の邪魔となることや、誤って損傷することがないように注意が必要である。
- ・ほ場が均平でない場合、水のかかりにくい標高の高いところがあるため、給水栓の水位センサーが有線の場合は、設置位置に注意が必要である。

④機器操作性

ICT機器を導入しても、操作が不慣れである場合、その効果が十分に発揮できない可能性がある。高齢者が新たにスマートフォン等の端末を保有することや、その操作に慣れるための訓練なども求められることなどに留意が必要である。

実証による聞き取りでも、「スマートフォン等の端末を使用して水管理を行う際、機器の操作に不慣れで、操作に慣れるまで時間を要した」、「ICT機器が正常に動作しているか心配で、現場で確認した」という声もあった。

⑤経済性

a. 遠隔操作型給水栓の導入・運用費用と効果

遠隔操作型給水栓の導入にかかる初期費用が高いことに加えて、通信費等（バッテリー等の部品交換、通信機器等の点検、プロバイダ料金等）をはじめとした維持管理等の費用も高いため、農家が自費で機器を導入することは難しい状況である。

また、輪作を行う農家では、水稻を作付けするほ場が毎年変わるため、遠隔操作型給水栓の設置時の工事費用負担が増すことがある。

ICT導入にあたっては、見回り労力や操作労力の節減及び無効放流の縮減等の導入効果、ライフサイクルコストなどの経済性、将来の管理体制及び地元の意向などの観点を十分踏まえて、現場状況を踏まえた最適な整備水準を検討する必要がある。

b. 遠隔操作型給水栓の設置範囲

水管理の省力化に関して、日中に行う作業労力をICT機器の導入により軽減することを目的とする場合は、効果を発揮させるために比較的まとまったほ場のほとんどに遠隔操作型給水栓を設置することが必要であると考えられる。

ただし、導入費用等の経済性の面から、一部のほ場にしか導入できない場合は、効果が発現されやすい通作（作業場（家屋）から、管理するほ場等への移動）に時間がかかるエリアへの設置が有利である。通作に時間がかかるエリアとしては、中山間地のほ場が想定されることから、導入検討の際は、経済性に加え、通信状況についても確認することが必要である。

⑥その他

a. 機器導入による水稲品質向上への期待

気候変動の影響として、高温による水稲品質への影響が西日本等を中心に発生している。品質への影響を抑えるため、深水かんがいや掛け流しかんがい等が推奨・実施される地区もある。深水かんがいや掛け流しかんがい等は、土地改良区等と水利権量や配水能力を考慮・調整したうえで実施しないと、用水需給のバランスに影響をきたす可能性がある。

水位・水温センサーを導入し水路やほ場の用水温度を把握することで、水稲の高温障害対策としての深水かんがいや掛け流しかんがい等を、より効果的に実施可能となることが期待される。

b. スマート田んぼダム

近年の災害状況を踏まえ、ICT導入によるスマート田んぼダムを活用した流域治水へ貢献するなどの付加価値も期待できる。

スマート田んぼダム：水田の水位に応じて自動制御する排水装置を用いて、豪雨前の一斉落水、豪雨中の一斉貯留や流出抑制、豪雨小康状態時の排水等を行う方式である。

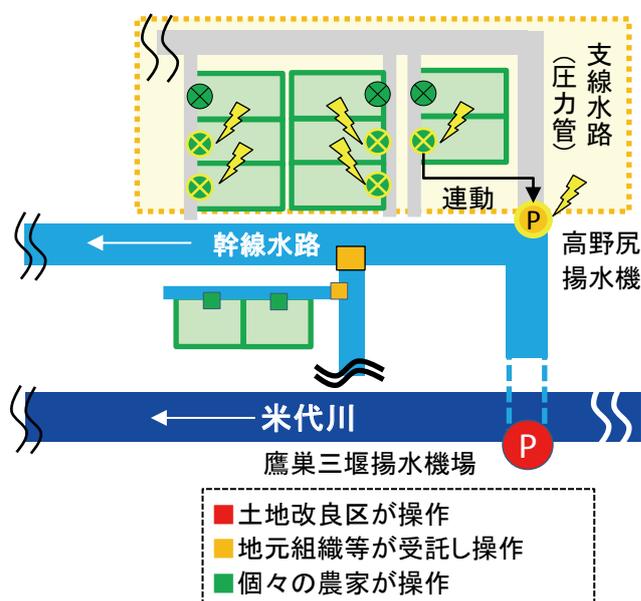
参考 ICT水管理の実証概要

高野尻地区、松ヶ崎地区及び大沢地区へスマートフォンによる遠隔監視・操作が可能な遠隔操作型給水栓を用水口に設置し、水田の水管理、見回り及び移動時間について、実証を行ったものである。

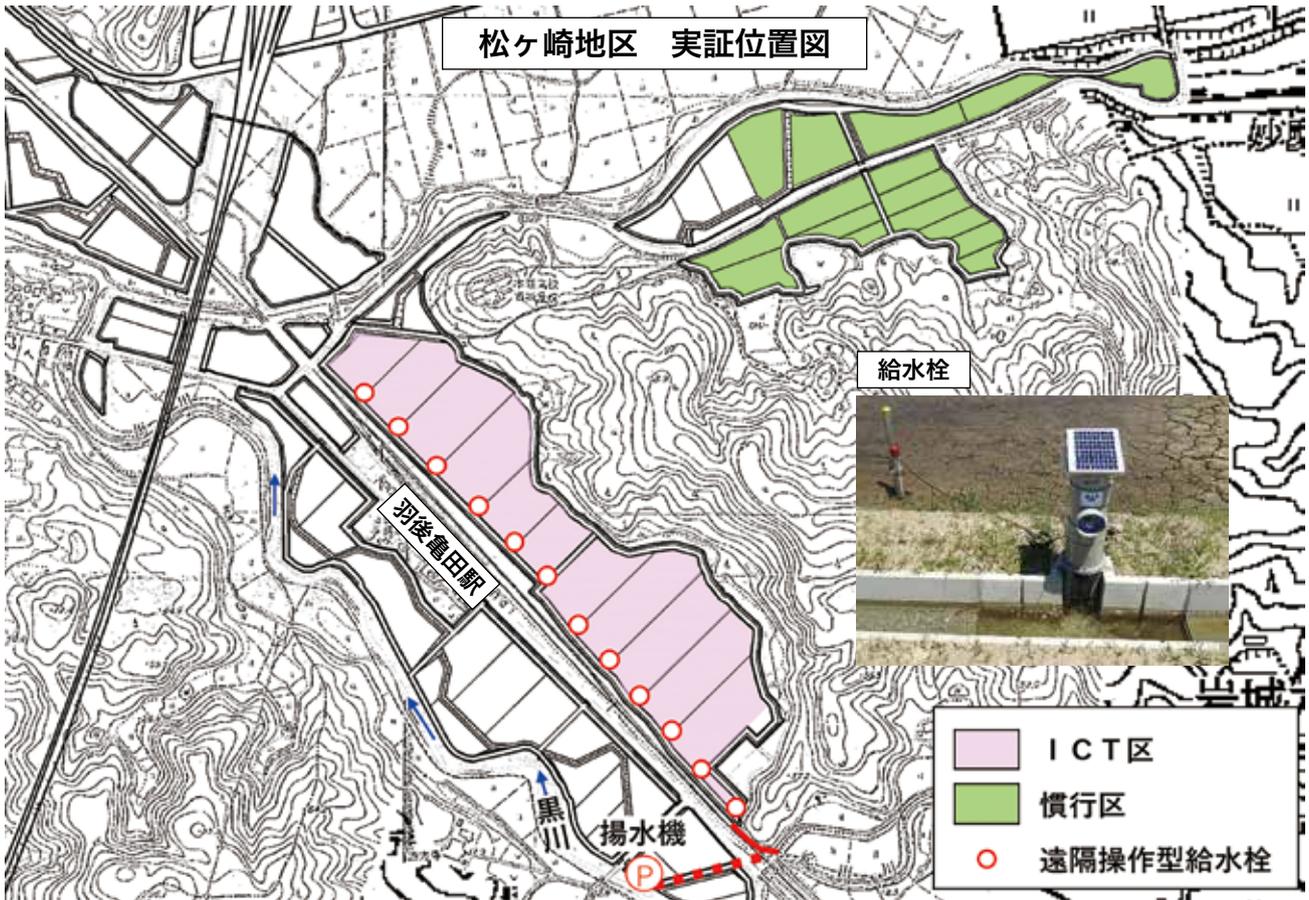
【高野尻地区】



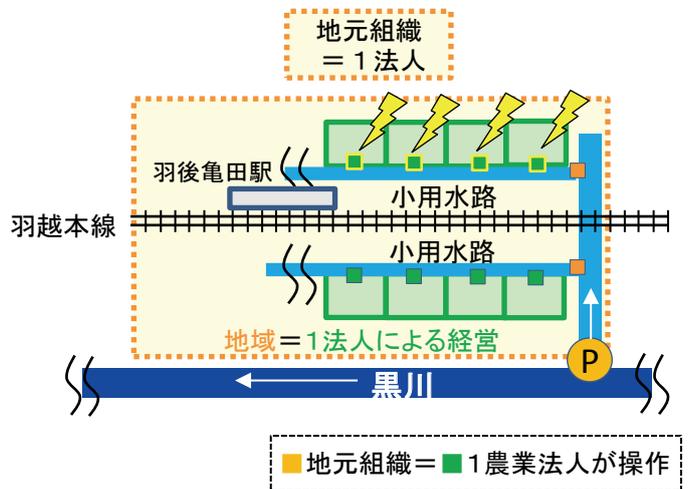
- ・支線水路に設置するポンプ～末端ほ場までを管水路化し、一部のほ場に遠隔操作型給水栓を設置（その他は、手動操作による給水栓を設置）
- ・高野尻揚水機は遠隔操作型給水栓からの取水による管水路の圧力を感知し、インバータ制御により自動運転するシステムであることから、実証ほ場を含めた地区全体が、需要主導型となっている。



【松ヶ崎地区】



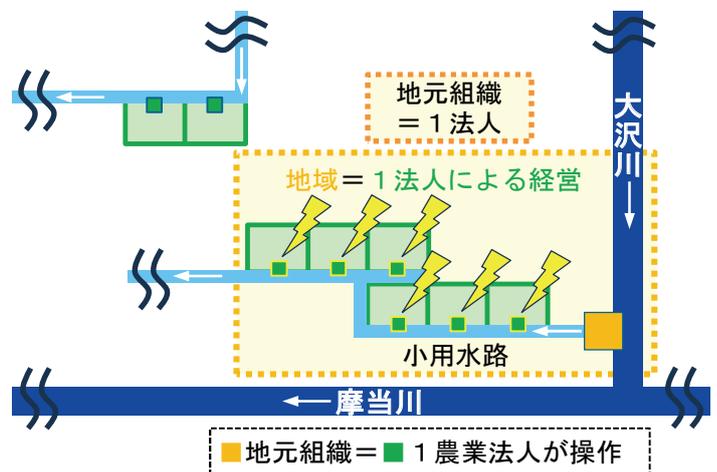
- ・ほ場整備により1法人に集積しており、水源ポンプ～地区内小用水路～末端ほ場給水栓まで当該法人が操作している。
- ・R4実証では、1路線の小用水路（開水路）ブロックのほ場すべてに遠隔操作型給水栓（ゲート式）を設置。
- ・揚水機は、ON-OFF運転のみで、吐出水槽からは開水路となるため、供給主導型となっている。



【大沢地区】



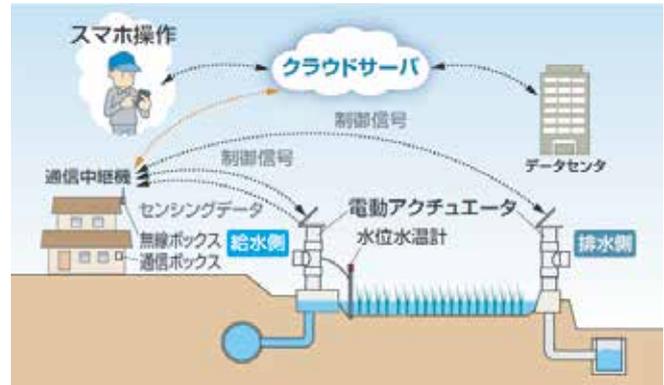
- ・ほ場整備により1法人に集積しており、河川取水工～地区内小用水路（開水路）～末端ほ場給水栓まで当該法人が操作している。
- ・R5実証では、河川取水工の灌漑ブロックのほ場すべてに遠隔操作型給水栓（ゲート式）を設置。
- ・河川取水工の操作により開水路への用水供給が可能となるため、本地区は供給主導型となっている。



①水管理時間の比較

考え方：慣行区は1日2回の見回り、ICT区はスマホによる遠隔操作型給水栓の操作によりそれぞれの水管理時間を比較

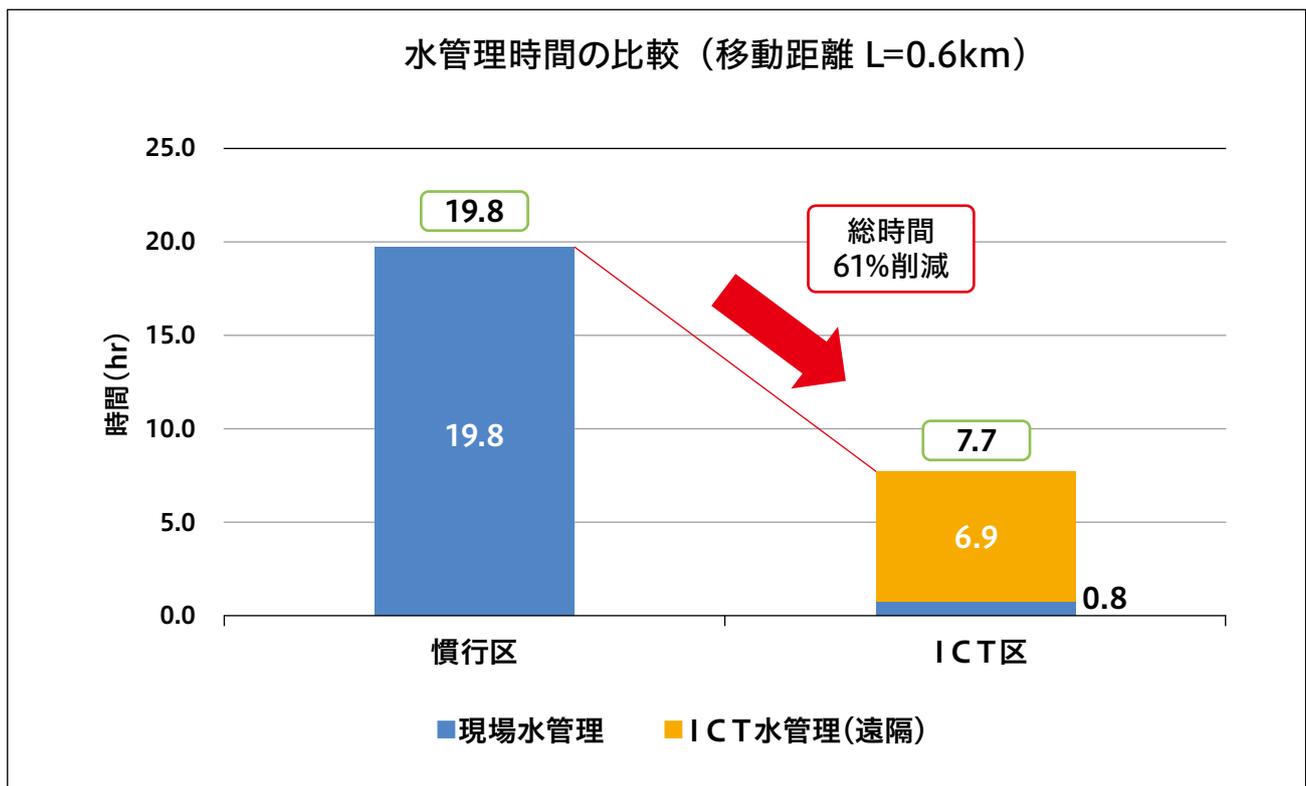
○水管理状況



クボタ WATARAS システム概要と構成機器より引用

【高野尻地区】

- ・移動距離：L = 0.3km (片道) × 2(往復) = 0.6km
- ・総時間：ICT区は慣行区より61%軽減



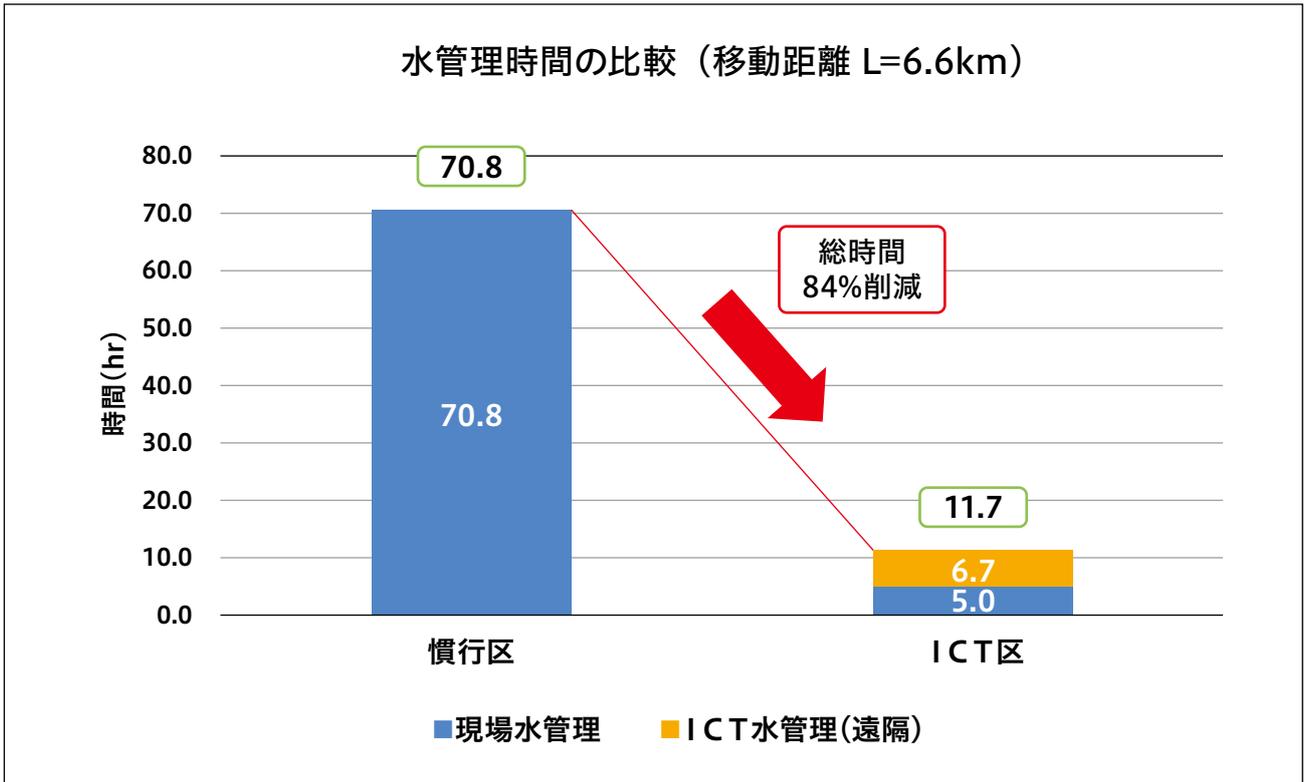
(単位：ほ場1枚当たり)

地区名	地形条件	施設構造	区域の種類	水管理日数 (日)	現場水管理				ICT水管理								総時間 (時間)			
					作業				移動		閲覧				操作			計		
					作業回数/日 (回)	作業時間/回 (分)	回数 (回)	総作業時間 (時間)	移動時間/1往復 (分)	総移動時間 (時間)	現場水管理総時間 (時間)	閲覧回数/日 (回)	閲覧時間/回 (分)	総閲覧回数 (回)	総閲覧時間 (時間)	操作時間/回 (分)		総操作回数 (回)	総操作時間 (時間)	ICT作業総時間 (時間)
高野尻	平地	パイプライン	慣行区	85	2	3	170	8.5	4	11.3	19.8	-	-	-	-	-	-	-	-	19.8
			ICT区	85	-	3	7	0.4	4	0.5	0.8	2	2	170	2	37	1.23	6.9	7.7	

※慣行区の場合：実証期間中は毎日現場に行くため①×②、ICT区の場合：必要に応じ現場に行った実数 (注) 移動時間は「平均時速20km+車の乗降時間(2分)」と想定

【松ヶ崎地区】

- ・ 移動距離：L = 3.3 km (片道) × 2 (往復) = 6.6 km
- ・ 総時間：ICT区は慣行区より84%軽減



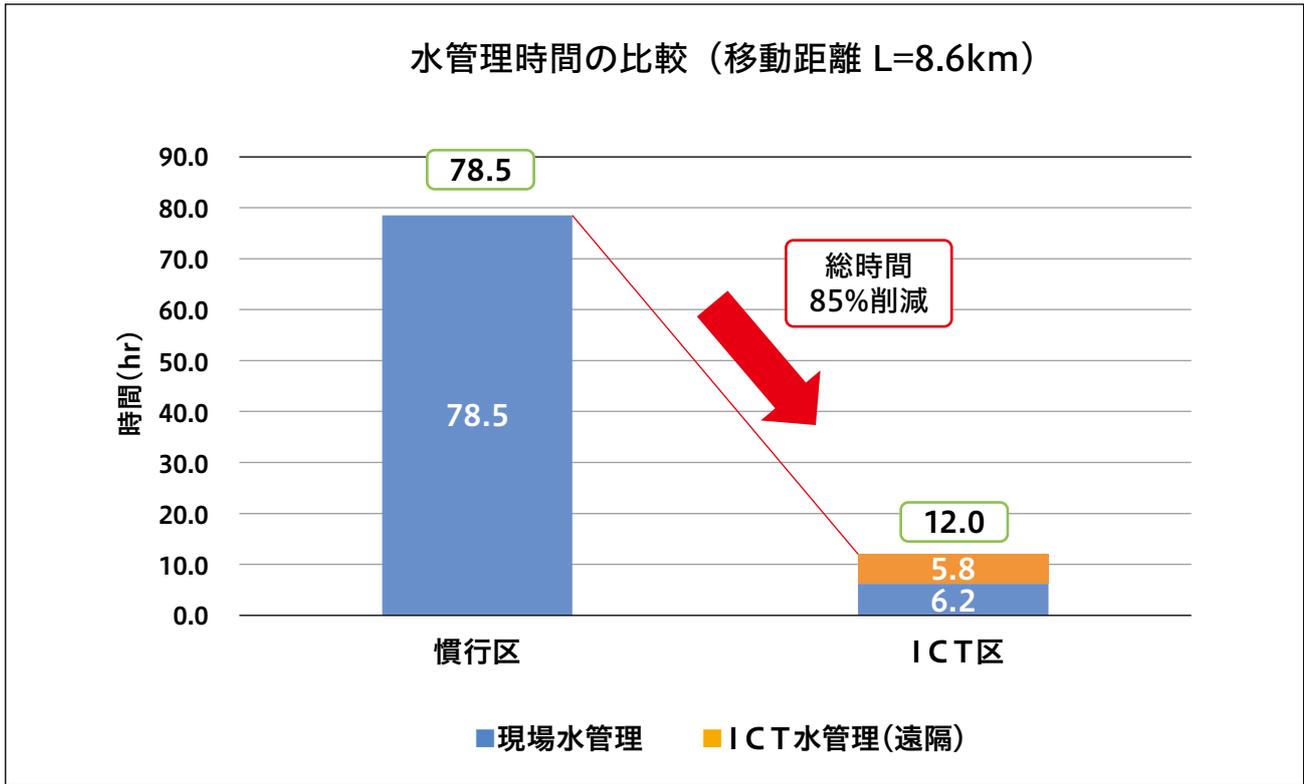
(単位：ほ場1枚当たり)

地区名	地形条件	施設構造	区域の種類	水管理 日数 (日)	現場水管理					ICT水管理						総時間 (時間)				
					作業			移動		計	閲覧			操作			計			
					作業 回数 /日 (回)	作業 時間 /回 (分)	回数 計 (回)	総作業 時間 (時間)	移動 時間 /1往復 (分)	総移動 時間 (時間)	現場 水管理 総時間 (時間)	閲覧 回数 /日 (回)	閲覧 時間 /回 (分)	総閲覧 回数 (回)	総閲覧 時間 (時間)		操作 時間 /回 (分)	総操作 回数 (回)	総操作 時間 (時間)	ICT 作業 総時間 (時間)
松ヶ崎	中山間	開水路	慣行区	85	2	3	170	8.5	22	62.3	70.8	-	-	-	-	-	-	-	70.8	
			ICT区	85	-	3	12	0.6	22	4.4	5.0	2	2	170	5.7	2	30	1.00	6.7	11.7

※慣行区の場合：実証期間中は毎日現場に行くため①×②、ICT区の場合：必要に応じ現場に行った実数 (注) 移動時間は「平均時速20km+車の乗降時間(2分)」と想定

【大沢地区】

- ・ 移動距離：L = 4.3 km (片道) × 2 (往復) = 8.6 km
- ・ 総時間：ICT区は慣行区より85%軽減



(単位：ほ場1枚当たり)

地区名	地形条件	施設構造	区域の種類	水管理 日数 (日)	現場水管理				ICT水管理							ICT 作業 総時間 (時間)	総時間 (時間)			
					作業		移動		計		閲覧			操作				計		
					作業 回数 /日 (回)	作業 時間 /回 (分)	回数 計 (回)	総作業 時間 (時間)	移動 時間 /1往復 (分)	総移動 時間 (時間)	現場 水管理 総時間 (時間)	閲覧 回数 /日 (回)	閲覧 時間 /回 (分)	総閲覧 回数 (回)	総閲覧 時間 (時間)			操作 時間 /回 (分)	総操作 回数 (回)	総操作 時間 (時間)
大沢	中山間	開水路	慣行区	76	2	3	152	7.6	28	70.9	78.5	-	-	-	-	-	-	-	-	78.5
			ICT区	76	-	3	12	0.6	28	5.6	6.2	2	2	152	5.1	2	20	0.7	5.8	12.0

※慣行区の場合：実証期間中は毎日現場に行くため①×②、ICT区の場合：必要に応じ現場に行った実数 (注) 移動時間は「平均時速20km+車の乗降時間(2分)」と想定

② 用水量の削減

高野尻地区、松ヶ崎地区において、ICT区と慣行区の排水路への無効放流量を田面排水口地点で測定し、無効放流量の水量について実証を行った。

a. 慣行区、ICT区における無効放流量の比較

【高野尻地区】

ア. R3は、水管理方法が水位管理ではなく、水温を確認して給水したため、ICT区においても、無効放流量が発生している。

イ. それでも、ICT区の方が細やかな水管理により、無効放流量が少ない傾向にある。

ウ. R4は、ICT機器の操作に慣れたことや、機器の信頼度が増したことにより、遠隔操作型給水栓による水位管理で給水調整することができたため、ICT区の無効放流量がなくなっている。

なお、慣行区においては、R3の実績を踏まえ、田面排水口の角落としを高く設定し、無効放流量が発生しないような水管理を行った結果、無効放流量が0となっている。

【R3】

地区名	高野尻地区				
調査期間	R3.6/7～9/5 91日間				
区分	慣行区	ICT区			
田番	田番43	田番39	田番35	田番34	計
面積 (ha)	0.67	0.95	1.11	1.11	3.17
無効放流量 (m ³)	1,083	240	783	64	1,087
無効放流量 (mm/day)	1.78	0.28	0.78	0.06	0.38

【R4】

地区名	高野尻地区				
調査期間	R4.6/6～9/8 95日間				
区分	慣行区	ICT区			
田番	田番43	田番39	田番35	田番34	計
面積 (ha)	0.67	0.95	1.11	1.11	3.17
無効放流量 (m ³)	0	0	0	0	0
無効放流量 (mm/day)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

【松ヶ崎地区】

ア. R3の慣行区では無効放流が生じていたが、ICT区では無効放流はなかった。

イ. R4は慣行区を設定せずICT区的位置を変え、観測場所も増とした結果、無効放流は、なかった。

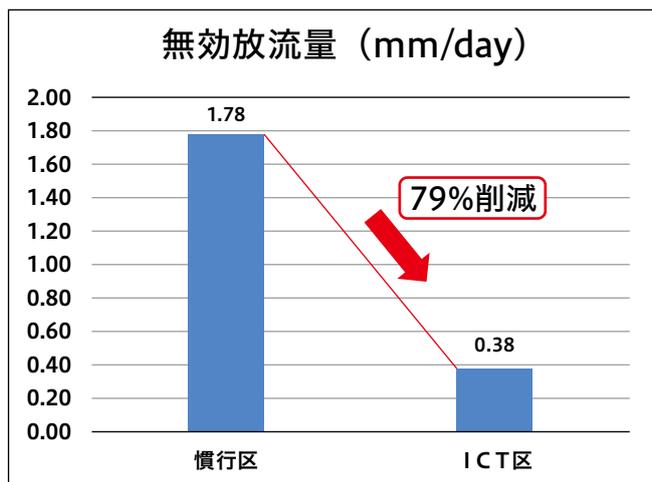
【R3】

地区名	松ヶ崎地区						
調査期間	R3.6/11～9/5 87日間						
区分	ICT区			慣行区			
田番	田番17	田番18	計	田番47	田番48	田番55	計
面積 (ha)	0.53	0.99	1.52	0.63	0.73	0.51	1.87
無効放流量 (m ³)	0	0	0	—	53	84	137
無効放流量 (mm/day)	0.00	0.00	0.00	—	0.08	0.19	0.08

【R4】

地区名	松ヶ崎地区							
調査期間	R4.6/20～9/8 81日間							
区分	ICT区							
田番	田番64-1	田番64	田番66	田番68	田番71	田番72	田番74	計
面積 (ha)	0.19	0.87	1.03	1.03	1.06	1.03	0.52	2.61
無効放流量 (m ³)	0	0	0	0	0	0	0	0
無効放流量 (mm/day)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

b. 高野尻地区における検証結果（R3）



ICT区は、田面の水位を確認し、こまめな水管理を行うことが可能である。一方、慣行区は、夕方から朝という時間での給水管理を行っていることから、必要以上の給水を行う傾向にあり、無効放流量が多い。

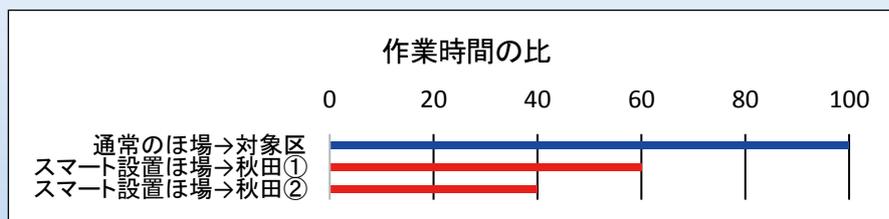
慣行区とICT区の無効放流量の比率では、21%であり、無効放流量の削減率は、79%であった。

なお、無効放流については、遠隔操作型給水栓の操作の慣れや、水位設定による自動管理を利用することによって、ほぼ0mmとすることも可能である。

③ユーザー（実使用者）からの感想

【水管理労力の軽減】

- ・ 朝通勤などで水田に寄って、目視により稲の生育状況や水位を確認する場合もあるが、全部の水田は見ないし、スマートフォンで水位、水温、給水開度を確認できることや給水も遠隔で操作できるため、水管理労力は格段に減少した。
- ・ スマートフォン画面で水位や水温を確認できるため現地へ行く回数が減り、労力を半減できた。



※大仙美郷地区スマート田んぼダム実証事業 美郷町千畑土地改良区からの聞き取り

【メリット】

- ・ 従来の管理方法は、夜に水を掛け流して朝に止めに行っていたが、整備後は水管理システムによって時間や水位を設定できる。また、水位を調整しやすくなったため、除草剤の効果も良くなった。
- ・ 遠隔で操作できるため、夜間でも操作が可能であると共に、大雨予報時には事前に遠隔にて排水操作が可能である。
- ・ スケジュール管理により年間の水位設定などが可能となり、きめ細かな水管理が出来る。（雑草防止や生育段階の水調整が可能）

【デメリット】

- ・ 遠隔操作・監視を導入した揚水機や分水ゲートも必要と感じた。
- ・ 遠隔操作で機器が正常に動いているか慣れるまで心配であった。
- ・ 設置費用が高いため、補助金頼りになってしまう。
- ・ 冬季の機器撤去作業や収納場所の確保、春の再設置に労力が掛かる。
- ・ スマートフォンの操作に慣れるまで、時間を要する。

【その他】

- ・ 1.0haの水口箇所数は概ね4箇所としており、代かき期においては4箇所より取水しているが、普通期の取水は1箇所で購入することから、遠隔操作型給水栓は1耕区1箇所の設置で取水可能である。
- ・ ポンプの稼働状況や田面の水位をライブカメラなどで監視できるほうが効果はある。
- ・ 遠隔操作型給水栓については、開水路よりパイプラインの方が断然有利であると考えている。
- ・ 開水路の場合、水管理機器設置にあたり水口の構造を変更する必要がある、畑地化する場合など将来の営農方針を十分考えなければならない。

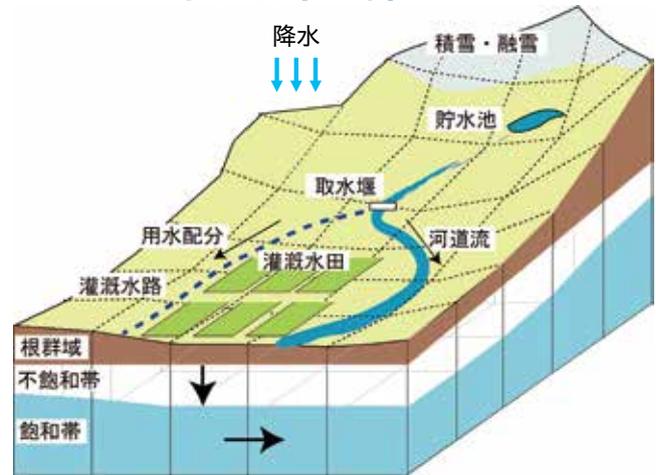
秋田県立大学大学院生物資源科学研究科での研究内容の紹介

ICT水管理の広がりがもたらす節水効果を探る

■ポイント

高野尻地区のようなICT水管理（管水路＋自動給水栓）が広域で行われた場合に、農業用水の節水効果はどの程度になるのかを、数値モデルを活用して探ることができる。

ここでは、灌漑地区の農業用水の動きを可視化できる「分布型水循環モデル」を活用する。これは、流域を分割したメッシュ（1km四方）に入力される降水等データに基づき、多様な流出過程を計算するモデルである。



分布型水循環モデルの概要図

■モデルによる算定

需要主導型の管水路では、管路内を満水として用水が必要に応じ順次送水される。

この特性のモデル化として、まず灌漑地区の最上流に始点分水工を設定し、そこから灌漑地区全体の粗用水量（＝純用水量＋送水損失水量）分を地区に送水する構造とした。次に、地区内の個々のメッシュでは、水稲作に必要な純用水量を管水路から取水する。純用水量は、全てのほ場で水田湛水深を一定に保ち続ける設定として（20mmに設定）、水田の水収支から算定した。これらにより、ICT水管理が完備された地区の送水量（粗用水量）が推定可能となる。

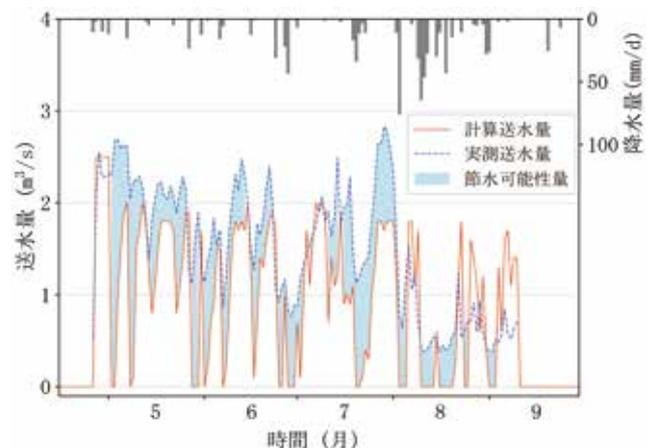
■農業用水の節水効果

構築したモデルを、管水路地区であり送水量が実測されている能代地区（水田受益面積1,666ha）へ適用した。始点分水工からのモデルでの計算送水量と実測送水量（施設管理者から収集）を2018～2022年で相互比較した。図に、2022年の結果を例示する。

まず実測送水量をみると降水時に減少しており、農業者が日々の水管理に尽力している状況が分かる。また、全体的に計算送水量が実測送水量を下回っており、その時の両者の差（図中の着色部）は、ICT水管理による節水効果を示し、栽培管理用水など節水に繋がる可能性のある量と考えられる。これは特に降水時に多く、モデルでは降水量が加味され粗用水量（計算送水量）が鋭敏に減少するのに対し、人力の水管理では取水栓の閉塞が一部できず、取水が続く実態を示している。

これは今後、ICT水管理の導入により実際に現場で節水が期待できる量であり、水源での取水をポンプに頼る地区では節電の可能性もいえる。

このような節水可能性量が実測送水量に占める割合は、5年間平均で35%であった（各年では29～38%）。



計算送水量と実測送水量の比較（2022年）

謝辞：本稿に記した研究の実施においては、農林水産省東北農政局西奥羽土地改良調査管理事務所、秋田県能代地区土地改良区から多大なる協力を得た。ここに記して謝意を表す。

7 今後の実証課題

- ・ I C T機器の耐久性
- ・ 不具合発生時の対応方法
- ・ 今回の実証事例での課題、留意点等が中期的にどのようになっているか
- ・ 頭首工、ため池及び幹線水路の分水工等、上流側施設における I C Tを活用した水管理方法の検討

8 あとがき

秋田県では、「スマート農業」に関する各種の情報を整理し、農業者による現地実装を促進するため、「秋田県スマート農業導入指針」を策定しているが、本指針は「スマート農業」の実用化を基盤整備の観点から推進することを目的にしており、基盤整備事業実施中のモデル地区において効果検証を行い、有識者や農業法人、土地改良区等で構成される検討会の助言・指導を得ながら、「スマート農業」の効果や課題等を整理し、本指針を策定したところである。

本指針の冒頭でも述べたとおり、「スマート農業」に対する取り組みは、農業従事者の高齢化や人口減少を背景とした労働力不足等の課題を解決する手段として、その効果が期待されているところであり、今回の効果検証においても農作業の省力化や効率化に繋がることが示されたものと考えられる。

「スマート農業」の実用化に向けては、特に導入に伴うイニシャルコストや実装後のランニングコスト等の費用面における負担や、近年の資材価格の高騰などコスト面の課題がある。一方、全国的に様々なスマート技術の導入が進められており、その効果が発揮できる諸条件や課題が明らかになりつつある。そのため、スマート技術の導入による営農の効率化・コスト縮減の面と設備投資コスト等の面を比較するとともに、各地区の実情や課題、規模に見合ったスマート技術の選択について地区ごとに検証を行い、導入を進めていく必要がある。

農業の担い手や労働力不足が深刻化する中であって、秋田県の広大な農地を維持・活用するには、効率的な生産体制の確立が求められており、今後、基盤整備と共に「スマート農業」の普及・拡大が進んでいくものと期待される。更にこうしたICT化の取り組みを通じ、地域農業が持続・発展することにより、農村の活性化にも繋がることが期待される。

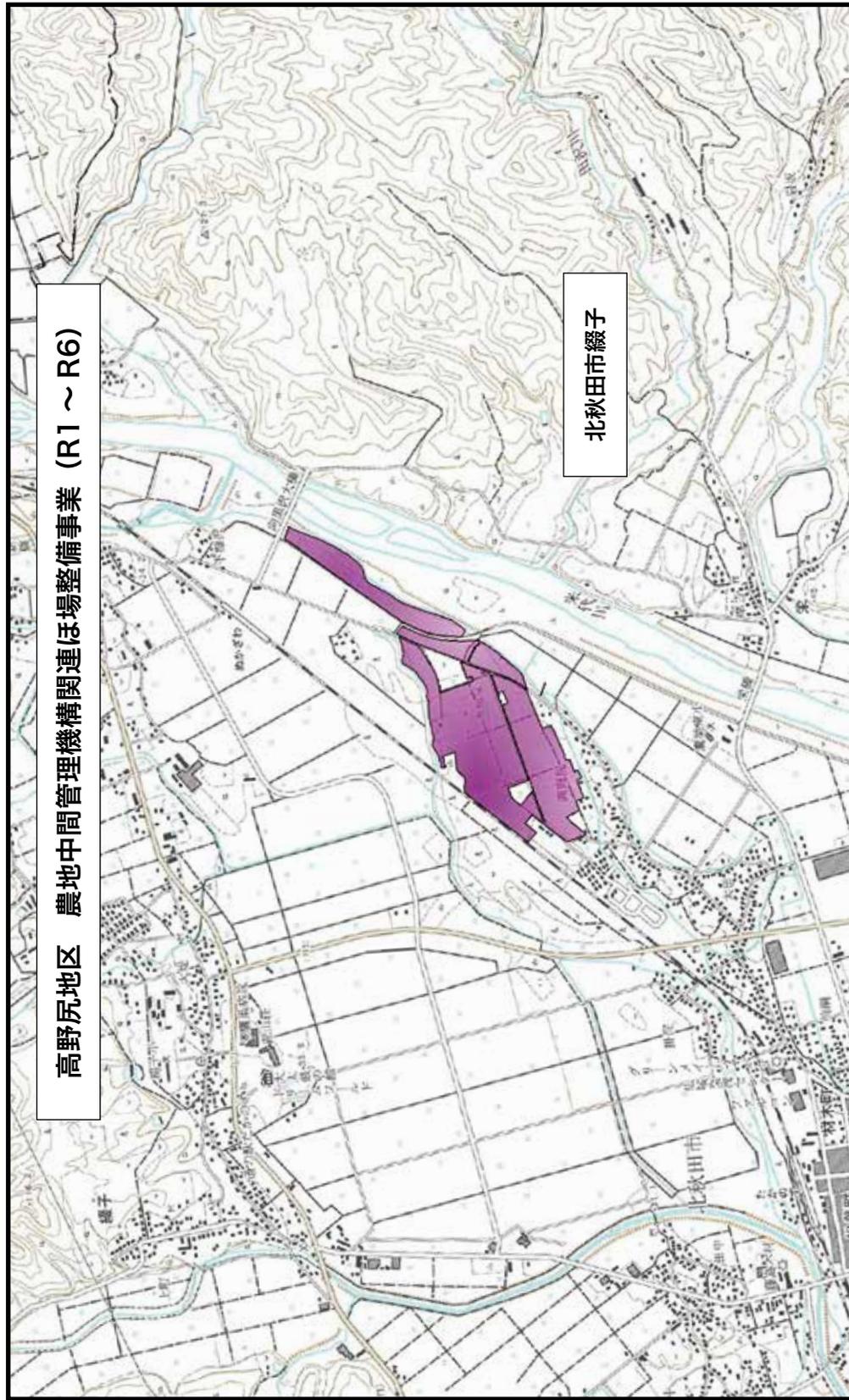
今後、基盤整備におけるスマート技術の導入を推進するにあたり、本指針が基盤整備事業に携わる皆様方の一助として御活用頂ければ幸いである。

【モデル地区実証結果】

高野尻地区の実証結果

1. 地区の概要

パイプラインやターン農道を整備した1haの大区画ほ場において、法人所有の自動走行農機を用い、水管理と併せて基幹作業の省力化等について総合的に実証する「スマート農業基盤整備総合実証モデル」とする。



関係土地改良区：北秋田市土地改良区 モデル実証区域営農者（法人）：ホクヨウ農産 株式会社

3. 実証内容の概要

実証区分	区分	検証目的	調査項目	調査方法
水管理労力の軽減	検証 I-1	水位・水温状況を現地で確認する労力を、ICT 機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・拠点から現場までの移動時間 ・天気・見回り回数・見回り時間	作業日報
	検証 I-2	給水栓（水口）の現地での操作労力を、ICT 機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・給水栓（水口）操作の有無 ・給水栓（水口）操作方法	
	検証 I-3	排水口の現地での開閉操作労力を、ICT 機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・排水口操作の有無	
	検証 I-4	ICT 区、慣行区の水管理手法で、品質、収量に違いがあるか検証する	・作物の品質、収量	営農者への聞き取り
	検証 I-5	水路形式の違いにより水管理労力に違いがあるか検証する	・水路形式毎の水管理データ	開水路、パイプライン形式の水管理データの比較
	検証 I-6	適切な ICT 機器の数、組合せを検討する	・営農者の実感から、適切な ICT 機器の数、組合せを検討	営農者への聞き取り
用水量の削減	検証 II-1	無駄な放流軽減や、きめ細やかな水管理による節水効果があるか検証する	・排水口への流入量 ・近傍気象台の雨量データ ・排水口の高さ	水位センサーによる排水量データの取得 近傍気象台の雨量データの取得 排水口の高さ（慣行区は実測）
	検証 II-2		・揚水機の電気料金	揚水機使用電気料の聞き取り
	検証 II-3	適切な ICT 機器の数、組合せを検討する	・営農者の実感	営農者への聞き取り
適正区画規模の検討	検証 III-1	基幹作業時間を、区画規模によってどの程度軽減できるか検証する	・耕起作業時間および軌跡 ・代かき時間および軌跡 ・田植え又は播種時間および軌跡 ・収穫時間および軌跡	GPS ロガーによる作業軌跡、作業時間データの取得 作業日報
	検証 III-2	基幹作業時間を、長辺長の違いによってどの程度軽減できるか検証する		
	検証 III-4	自動走行農機導入により作業労力がどの程度軽減できるか検証する	・営農者の実感	営農者への聞き取り
	検証 III-5	大区画化及び ICT 機器導入に伴い、水口、排水口の適正な数、規模を検証する	・営農者の実感	
	検証 III-6	適切な区画規模を検討する	・営農者の実感 ・農業機械の作業効率 ・用水、排水排除状況・均平	
	有効施設の	検証 IV-1	様々な農作業を、ターン農道によってどの程度軽減できるか検証する	・枕地での切り返し時間（作業別 ^(※1) ） ・ターン農道利用状況（作物別）
検証 IV-2		適切なターン農道の配置を検討する	・営農者の実感	営農者への聞き取り

4. 検証結果

実証区分	区分	検証結果
水管理労力の軽減	検証 I-1	(ほ場1枚当たり) <ul style="list-style-type: none"> ・水管理時間：慣行区 8.50 時間 → ICT 区 7.25 時間 15% 削減 ・移動時間：慣行区 11.33 時間 → ICT 区 0.47 時間 96% 削減 ・見回り回数 (直接)：慣行区 170 回 → ICT 区 7 回 96% 削減 ・水管理 + 移動時間：慣行区 19.83 時間 → ICT 区 7.72 時間 61% 削減
	検証 I-2	・給水栓操作回数：慣行区 170 回 → ICT 区 37 回 78% 削減 (ほ場1枚当たりで給水、止水操作を各々1回とする)
	検証 I-3	・操作しない
	検証 I-4	・品質は同等、コンバイン収量計では1俵近くの増
	検証 I-5	・パイプラインのため水管理が容易で、スムーズに給水でき非常に良かった
検証 I-6	<ul style="list-style-type: none"> ① ICT 機器を使用しての実感は <ul style="list-style-type: none"> ・水位、水温を手元で確認し、こまめな対応が可能なことに加え、水管理時間の削減効果が高く非常に良い ② ICT 機器導入に伴う課題は何か <ul style="list-style-type: none"> ・導入コストと用水源 (揚水機) との連携 ③ ICT 機器の適切な設置数、組合せは (用水、排水) <ul style="list-style-type: none"> ・用水：ほ場に1カ所、排水：不要 ④ その他 (水管理軽減について) <ul style="list-style-type: none"> ・導入当初は試行錯誤したが、パイプラインの水管理では非常に有効 	
用水量の削減	検証 II-1	①無効放流量 (ha 当たりの実測値と比較)：慣行区 1.78mm/day → ICT 区 B 0.38mm/day 79% 削減 (ICT 区 A は慣行区として設定したため比較なし) ②水管理手法による用水量 (A=28.2ha、85 日間の計算値と比較) ・総給水時間：慣行区 1,020 時間 → ICT 区 395 時間 61% 削減
	検証 II-2	・電気料金 (ha 当たりで比較) R1：100,720 円 → R3：38,073 円 62% 削減 考えられる要因 ①適切な水管理、②パイプライン方式への変更、③揚水機運転制御方式の変更 (インバータ制御)
	検証 II-3	①用水量削減に必要な ICT 機器や整備水準は 用水：1ha ほ場であれば最低1箇所 排水：田んぼダムなどを行わないのであれば不要 その他：水位、水温センサーは必須 ②その他 (用水量の削減について) ・ICT 機器導入により無駄水はなかつた

実証区分	区分	検証結果																																																																																																											
	検証III-1	<p>横手地区実測データで比較 (P61)</p> <p>① 3.6ha、1.5haの代かき作業は有人トラクターとロボットトラクターによる協調作業の実施耕起、田植え、稲刈りは1台単独作業による実施とし、作業時間は軽減される。</p> <p>作業時間の比較 (ha 当たり)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="3">作業時間 (時間)</th> <th colspan="3">作業時間比</th> </tr> <tr> <th>40a</th> <th>1.5a</th> <th>3.6ha</th> <th>40a</th> <th>1.5a</th> <th>3.6ha</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耕起</td> <td>2:12</td> <td>2:11</td> <td>1:52</td> <td>101%</td> <td>100%</td> <td>85%</td> </tr> <tr> <td>代かき</td> <td>3:15</td> <td>2:48</td> <td>2:37</td> <td>116%</td> <td>100%</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td>田植え</td> <td>1:51</td> <td>1:19</td> <td>1:21</td> <td>141%</td> <td>100%</td> <td>103%</td> </tr> <tr> <td>稲刈り</td> <td>2:02</td> <td>1:51</td> <td>1:21</td> <td>110%</td> <td>100%</td> <td>73%</td> </tr> </tbody> </table> <p>※作業時間には走行時間のみとし、停止時間 (田植えの苗積み、稲刈りの糞排出など) は含まないものとする。 また、1.5ha区画を100%として比較した。</p>		作業時間 (時間)			作業時間比			40a	1.5a	3.6ha	40a	1.5a	3.6ha	耕起	2:12	2:11	1:52	101%	100%	85%	代かき	3:15	2:48	2:37	116%	100%	93%	田植え	1:51	1:19	1:21	141%	100%	103%	稲刈り	2:02	1:51	1:21	110%	100%	73%																																																																		
	作業時間 (時間)			作業時間比																																																																																																									
	40a	1.5a	3.6ha	40a	1.5a	3.6ha																																																																																																							
耕起	2:12	2:11	1:52	101%	100%	85%																																																																																																							
代かき	3:15	2:48	2:37	116%	100%	93%																																																																																																							
田植え	1:51	1:19	1:21	141%	100%	103%																																																																																																							
稲刈り	2:02	1:51	1:21	110%	100%	73%																																																																																																							
	検証III-2	<p>横手地区実測データを引用 (P61)</p> <p>① 1ha区画は作業時間の合計から見ると長辺200mが一番作業時間が短い ② 長辺が長くなると直線時間、旋回時間は短縮されるが、外周距離が長くなり作業時間が増えることや各種作業の1列当たり作業幅と短辺長との関係により、無駄な作業 (重複) が発生するため一様な結果とならない ③ 2ha区画以上の場合は長辺長が長いほど作業時間が少なくなっているが、区画規模の違いによる作業時間はそれほど変わらない</p> <p>作業時間の比較 (ha 当たり)</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">区画規模</th> <th colspan="6">作業時間</th> <th colspan="6">作業別順位</th> </tr> <tr> <th>150m</th> <th>165m</th> <th>200m</th> <th>220m</th> <th>300m</th> <th>150m</th> <th>165m</th> <th>200m</th> <th>220m</th> <th>300m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">合計</td> <td>1ha</td> <td>4:33</td> <td>4:34</td> <td>4:24</td> <td>4:29</td> <td>4:30</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>103%</td> <td>104%</td> <td>100%</td> <td>102%</td> <td>102%</td> </tr> <tr> <td>2ha</td> <td>4:26</td> <td>4:22</td> <td>4:16</td> <td>4:13</td> <td>4:10</td> <td>21</td> <td>17</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>101%</td> <td>99%</td> <td>97%</td> <td>96%</td> <td>95%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">耕起</td> <td>3ha</td> <td>4:23</td> <td>4:19</td> <td>4:14</td> <td>4:13</td> <td>4:06</td> <td>19</td> <td>14</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>3</td> <td>100%</td> <td>98%</td> <td>96%</td> <td>96%</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td>4ha</td> <td>4:23</td> <td>4:19</td> <td>4:13</td> <td>4:09</td> <td>4:06</td> <td>18</td> <td>15</td> <td>7</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>100%</td> <td>98%</td> <td>96%</td> <td>95%</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">田植え</td> <td>5ha</td> <td>4:22</td> <td>4:17</td> <td>4:13</td> <td>4:09</td> <td>4:05</td> <td>16</td> <td>13</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>99%</td> <td>97%</td> <td>96%</td> <td>95%</td> <td>93%</td> </tr> </tbody> </table> <p>※作業時間比は整備実績の多い1ha (長辺200m) を100%として算出している 作業時間は走行時間のみで比較している</p>	区分	区画規模	作業時間						作業別順位						150m	165m	200m	220m	300m	150m	165m	200m	220m	300m	合計	1ha	4:33	4:34	4:24	4:29	4:30	24	25	20	22	23	103%	104%	100%	102%	102%	2ha	4:26	4:22	4:16	4:13	4:10	21	17	12	9	6	101%	99%	97%	96%	95%	耕起	3ha	4:23	4:19	4:14	4:13	4:06	19	14	11	10	3	100%	98%	96%	96%	93%	4ha	4:23	4:19	4:13	4:09	4:06	18	15	7	5	2	100%	98%	96%	95%	93%	田植え	5ha	4:22	4:17	4:13	4:09	4:05	16	13	8	4	1	99%	97%	96%	95%	93%
区分	区画規模	作業時間						作業別順位																																																																																																					
		150m	165m	200m	220m	300m	150m	165m	200m	220m	300m																																																																																																		
合計	1ha	4:33	4:34	4:24	4:29	4:30	24	25	20	22	23	103%	104%	100%	102%	102%																																																																																													
	2ha	4:26	4:22	4:16	4:13	4:10	21	17	12	9	6	101%	99%	97%	96%	95%																																																																																													
耕起	3ha	4:23	4:19	4:14	4:13	4:06	19	14	11	10	3	100%	98%	96%	96%	93%																																																																																													
	4ha	4:23	4:19	4:13	4:09	4:06	18	15	7	5	2	100%	98%	96%	95%	93%																																																																																													
田植え	5ha	4:22	4:17	4:13	4:09	4:05	16	13	8	4	1	99%	97%	96%	95%	93%																																																																																													
		検証III-4	<ul style="list-style-type: none"> ・自動走行システムが部品不足のため導入できず効果は不明 																																																																																																										
	検証III-5	<ul style="list-style-type: none"> ・水口は代かき以外は1箇所管理し、排水口は中干し、落水時に手動で板を外す以外は調整せず、代かき、落水を考えると設置数は現状で良い (両側用排水のため1haに水口、排水口ともに4箇所) 																																																																																																											
	検証III-6	<ul style="list-style-type: none"> ① 農業機械の作業のし易さはどうか (長辺長や区画の大きさ等) ・長辺が長く作業効率の良いほ場で1ha区画で良かった。慣れれば1haでも小さいと感じるかもしれない ② 用水、排水の機能に過不足はあったか ・現状の機能で問題ない ③ ほ場の均平を保つのは容易だったか ・今年度は春工事で業者が整地仕上げをしたものを耕作しているのが均平は保たれた状況であったが、均平については問題ない ④ その他 (適正な区画規模について) ・団地化しているので作業効率も良く1ha区画で良かった 																																																																																																											

検証結果																																																																																						
美証区分	検証結果																																																																																					
区分	<p>①ターン農道を使用したことによる作業はどの程度軽減したか ・耕起、代かき、田植え、稲刈り、追肥、肥料散布など全ての作業で使用したが、枕地の掘り返しが無く良かった ②枕地の掘り返しによる排水不良 ・まだ1年目であるが、ターン農道の利用により掘り返しも無く排水不良もない ③ターン農道の利用状況（作業別） ・全ての作業で利用したが、それぞれの作業による利用状況は耕起（60%）、代かき（60%）、田植え（60%）、追肥（60%）、収穫（70%） ④ターン農道でターンする場合と越える場合の違い ・ターン：15秒、越える：15秒と変わらない ・耕起作業において、1.0ha区画でターン農道の作業時間を比較すると、ターン農道を使用した方がターン農道を使用しない方より3%作業時間が削減 ・代かき作業において、1.0ha区画でターン農道の作業時間を比較すると、ターン農道を使用した方がターン農道を使用しない方より3%作業時間が削減 ・道路横断による2耕区同時作業においては、ターン農道を使用した場合の作業時間と耕起、代かき作業ともに同程度であった。</p> <p>ターン農道の作業時間の比較（1ha当たりの時間）</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">1耕区巡回</th> <th colspan="2">2耕区同時作業</th> </tr> <tr> <th>使用しない</th> <th>使用する</th> <th>使用する</th> <th>使用する</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耕起</td> <td>2:25</td> <td>2:20</td> <td>2:20</td> <td>2:21</td> </tr> <tr> <td>代かき</td> <td>3:04</td> <td>2:58</td> <td>2:58</td> <td>2:56</td> </tr> </tbody> </table> <p>ターン農道の作業時間の比較</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">作業区分</th> <th colspan="2">ほ場内巡回</th> <th colspan="2">ターン農道巡回</th> <th colspan="6">ターン農道巡回・農道横断（2耕区同時作業）</th> </tr> <tr> <th>1巡回時間 (秒)</th> <th>巡回回数 (回)</th> <th>巡回時間 (秒)</th> <th>巡回回数 (回)</th> <th>1巡回時間 (秒)</th> <th>巡回回数 (回)</th> <th>1巡回時間 (秒)</th> <th>巡回回数 (回)</th> <th>農道横断 時間 (秒)</th> <th>農道横断 回数 (回)</th> <th>農道横断 時間 (秒)</th> <th>農道横断 回数 (回)</th> <th>巡回・横断 時間 (秒)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耕起</td> <td>34</td> <td>4</td> <td>136</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>60</td> <td>4</td> <td>60</td> <td>2</td> <td>30</td> <td>2</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>代かき</td> <td>30</td> <td>4</td> <td>120</td> <td>4</td> <td>15</td> <td>4</td> <td>60</td> <td>4</td> <td>60</td> <td>2</td> <td>30</td> <td>2</td> <td>60</td> </tr> <tr> <td>田植え</td> <td>29</td> <td>4</td> <td>116</td> <td>4</td> <td>25</td> <td>4</td> <td>100</td> <td>4</td> <td>100</td> <td>2</td> <td>30</td> <td>2</td> <td>60</td> </tr> </tbody> </table>		1耕区巡回		2耕区同時作業		使用しない	使用する	使用する	使用する	耕起	2:25	2:20	2:20	2:21	代かき	3:04	2:58	2:58	2:56	作業区分	ほ場内巡回		ターン農道巡回		ターン農道巡回・農道横断（2耕区同時作業）						1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	農道横断 時間 (秒)	農道横断 回数 (回)	農道横断 時間 (秒)	農道横断 回数 (回)	巡回・横断 時間 (秒)	耕起	34	4	136	4	15	4	60	4	60	2	30	2	60	代かき	30	4	120	4	15	4	60	4	60	2	30	2	60	田植え	29	4	116	4	25	4	100	4	100	2	30	2	60
	1耕区巡回		2耕区同時作業																																																																																			
	使用しない	使用する	使用する	使用する																																																																																		
耕起	2:25	2:20	2:20	2:21																																																																																		
代かき	3:04	2:58	2:58	2:56																																																																																		
作業区分	ほ場内巡回		ターン農道巡回		ターン農道巡回・農道横断（2耕区同時作業）																																																																																	
	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	1巡回時間 (秒)	巡回回数 (回)	農道横断 時間 (秒)	農道横断 回数 (回)	農道横断 時間 (秒)	農道横断 回数 (回)	巡回・横断 時間 (秒)																																																																									
耕起	34	4	136	4	15	4	60	4	60	2	30	2	60																																																																									
代かき	30	4	120	4	15	4	60	4	60	2	30	2	60																																																																									
田植え	29	4	116	4	25	4	100	4	100	2	30	2	60																																																																									
区分	<p>①ターン農道の配置、整備水準 ・ほ場の両側にターン農道が配置されたことから配置としては良いが、ほ場より農道が高い場所は若干使いにくい ・春工事で完成したばかりで農道の敷砂利も転圧されておらず、ターンするたびに敷砂利が掘られ、また法面も締め固まっていなかったため機械が通過すると法面が掘られ、ターン農道の場合は敷砂利や法面の締め固めも考える必要がある ②その他（ターン農道を利用した営農について） ・全ての作業で枕地の掘り返しがなく、また稲刈りでは回転スペースの刈り取りが不要で良い</p>																																																																																					



遠隔操作型給水栓



水位センサー（排水口からの流出算定用）

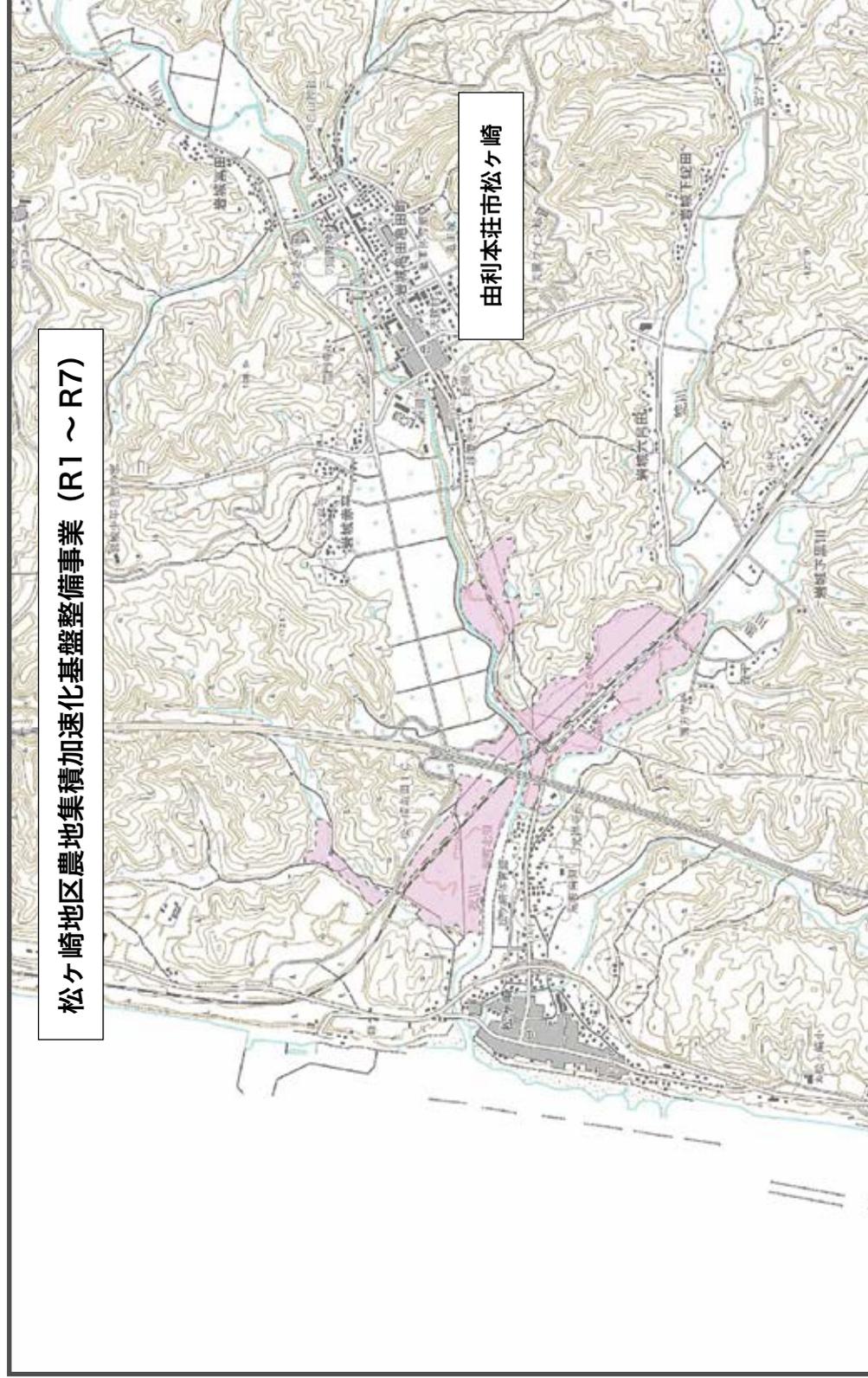


両側ターン農道全景

松ヶ崎地区の実証結果

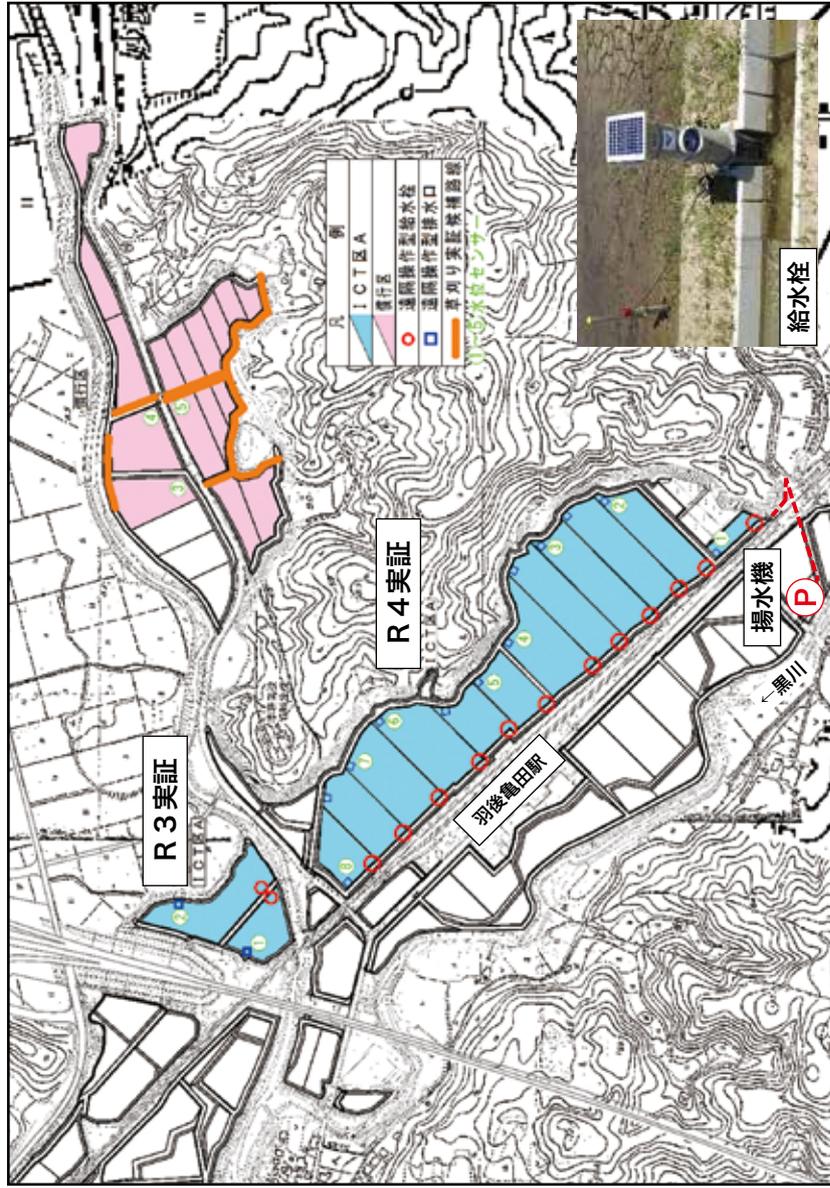
1. 地区の概要

用排水路を開水路タイプで整備する大区画ほ場において、中山間地域での水管理の作業時間、省力化、用水節減効果やアーム式モアによる草刈り作業の軽減効果等について実証する「ICT水管理実証モデル（開水路タイプ）」とする。



関係土地改良区：由利本荘市土地改良区 モデル実証区域営農者（法人）：有限会社 折林ファーム

2. モデル実証区域・実装機器



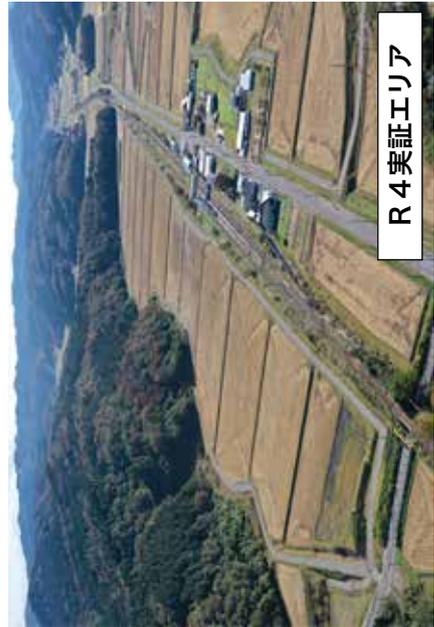
【検証ほ場】

- ◆ ICT区A [1.5ha 2耕区] (R 3実証)
[9.7ha 12耕区] (R 4実証)
- 遠隔操作型給水栓：各ほ場 1機
- 水田センサー：各ほ場 1機
- 遠隔操作型排水口：各ほ場 1機
- ◆ 慣行区 [5.4ha 16耕区]

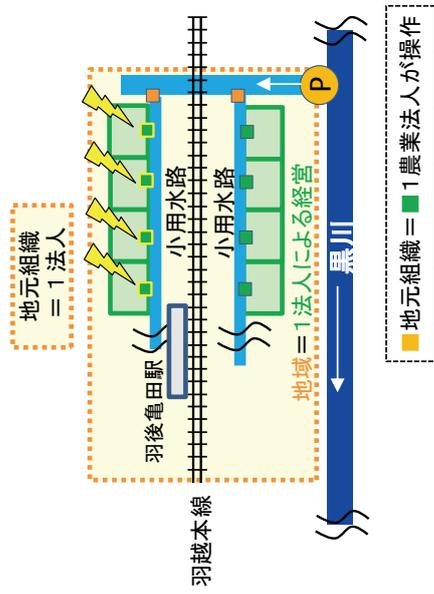
従来の水管理



R 3実証エリア



R 4実証エリア



遠隔操作型給水栓装置導入エリア全景

3. 実証内容の概要

実証区分	区分	検証目的	調査項目	調査方法
水管理労力の軽減	検証 I -1	水位・水温状況を現地で確認する労力を、ICT機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・拠点からほ場までの移動時間 ・天気・見回り回数・見回り時間	作業日報
	検証 I -2	給水栓（水口）の現地での操作労力を、ICT機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・給水栓（水口）操作の有無 ・給水栓（水口）操作方法	
	検証 I -3	排水口の現地での開閉操作労力を、ICT機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・排水口操作の有無	
	検証 I -4	ICT区、慣行区の水管理手法で、品質、収量に違いがあるか検証する	・作物の品質、収量	
	検証 I -5	水路形式の違いにより水管理労力に違いがあるか検証する	・水路形式毎の水管理データ	
用水量の削減	検証 I -6	適切なICT機器の数、組合せを検討する	・営農者の実感から、適切なICT機器の数、組合せを検討	営農者への聞き取り
	検証 II -1	無駄な放流軽減や、きめ細やかな水管理による節水効果があるか検証する	・排水口への流入量 ・近傍気象台の雨量データ ・排水口の高さ	水位センサーによる排水量データの取得 近傍気象台の雨量データの取得 排水口の高さ（慣行区は実測）
	検証 II -2 検証 II -3	適切なICT機器の数、組合せを検討する	・揚水機の電気料金 ・営農者の実感	揚水機使用電気料の聞き取り 営農者への聞き取り
適正区画の検証	検証 III -5	大区画化及びICT機器導入に伴い、水口、排水口の適正な数、規模を検証する	・営農者の実感	営農者への聞き取り
	検証 V -1 検証 V -2	草刈りの作業労力をアーム式モアでどの程度軽減できるかを検証する アーム式モアと人力（草刈り機）作業で要する燃料消費量を検証する	・草刈りの作業時間（人力、アーム式モア） ・アーム式モアと人力（草刈り機）の燃料消費量	作業時間の計測 燃料消費量の計測
草刈り労力の軽減	検証 V -3	アーム式モア導入による労力の負担軽減、作業の安全性向上を検証する	・営農者の実感（作業労力軽減、安全性の向上）	営農者への聞き取り
	検証 V -4	適切な道路配置、法勾配と小段の組合せを検討する	・営農者の実感（ほ場の区画配置）	

4. 検証結果

実証区分	区分	検証結果
水管理労力の軽減	検証 I -1	(ほ場1枚当たり) <ul style="list-style-type: none"> ・水管理時間：慣行区 8.50 時間→ ICT 区 7.27 時間 14% 削減 ・移動時間：慣行区 62.33 時間→ ICT 区 4.40 時間 93% 削減 ・見回り回数 (直接)：慣行区 170 回→ ICT 区 12 回 93% 削減 ・水管理 + 移動時間：慣行区 70.83 時間→ ICT 区 11.67 時間 84% 削減
	検証 I -2	・給水栓操作回数：慣行区 170 回→ ICT 区 30 回 82% 削減 (ほ場1枚当たりで給水、止水操作を各々1回とする)
	検証 I -3	・操作しない
	検証 I -4	・水管理が出来たほ場は、過去最高の収量で品質も良い
	検証 I -5	・少量の水でも取水位置が低いためほ場に給水可能で水の無駄がなくなる
用水量の削減	検証 I -6	① ICT 機器を使用しての実感は <ul style="list-style-type: none"> ・良いと思うが、不安定な天候だと優先順位の一番は水管理の軽減よりもデータが取れ蓄積できることで今後の営農に生かせること ② ICT 機器導入に伴う課題は何か <ul style="list-style-type: none"> ・導入コストと用水源 (揚水機) との連携 ③ ICT 機器の適切な設置数、組合せは (用水、排水) <ul style="list-style-type: none"> ・用水：ほ場に1カ所、排水：不要 ④ その他 (水管理軽減について) <ul style="list-style-type: none"> ・手動でポンプを動かす為、結局は現地に行かなくてはならず、ポンプ自体もスマホでの操作が可能になれば、更に効率的
	検証 II -1	検証から除外
	検証 II -2	検証から除外
	検証 II -3	検証から除外
	検証 III -5	・水口は代かき以外は1箇所管理し、排水口は中干し、落水時に手動で板を外す以外は調整せず、代かき、落水を考えると設置数は現状で良い (両側用排水のため1haに水口、排水口ともに4箇所)
適正区画の検証		

表証区分	区分	検証結果																																																																																																				
草刈り労力の軽減	検証V-1	<p>アーム式モアと人力草刈りによる作業時間の比較</p> <p>① <u>作業時間</u>：人力草刈り 7.17 時間 → アーム式モアによる草刈 1.11 時間 84% 削減</p> <p>※人力草刈の燃料消費量は、草刈機（肩掛け式）φ 255mm の運転 1 時間当たり燃料消費量 0.76L/hr から算定。アーム式モアの燃料消費量は、トラクターのエンジン回転数約 1,700rpm、PTO 回転数 540rpm と仮定した場合の燃料消費量 15.7L/hr から算定。</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">路線名</th> <th colspan="2">草刈り区域</th> <th colspan="2">アーム式モア</th> <th colspan="2">人力草刈</th> </tr> <tr> <th>延長 (m)</th> <th>面積 (㎡)</th> <th>作業時間</th> <th>燃料消費量 (軽油)L</th> <th>作業時間</th> <th>燃料消費量* (混合油)L</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>①</td> <td>765</td> <td>765</td> <td>57分</td> <td>14.9</td> <td>5時間53分</td> <td>4.5</td> </tr> <tr> <td>②</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>7分</td> <td>1.8</td> <td>42分</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>③</td> <td>90</td> <td>90</td> <td>7分</td> <td>1.8</td> <td>42分</td> <td>0.5</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td>945</td> <td>945</td> <td>1時間11分</td> <td>18.5</td> <td>7時間17分</td> <td>5.5</td> </tr> </tbody> </table>	路線名	草刈り区域		アーム式モア		人力草刈		延長 (m)	面積 (㎡)	作業時間	燃料消費量 (軽油)L	作業時間	燃料消費量* (混合油)L	①	765	765	57分	14.9	5時間53分	4.5	②	90	90	7分	1.8	42分	0.5	③	90	90	7分	1.8	42分	0.5	計	945	945	1時間11分	18.5	7時間17分	5.5																																																											
	路線名	草刈り区域		アーム式モア		人力草刈																																																																																																
延長 (m)		面積 (㎡)	作業時間	燃料消費量 (軽油)L	作業時間	燃料消費量* (混合油)L																																																																																																
①	765	765	57分	14.9	5時間53分	4.5																																																																																																
②	90	90	7分	1.8	42分	0.5																																																																																																
③	90	90	7分	1.8	42分	0.5																																																																																																
計	945	945	1時間11分	18.5	7時間17分	5.5																																																																																																
検証V-2	<p>アーム式モアと人力草刈りによる経済比較実証路線 (945㎡)</p> <p>① <u>草刈り経費</u> (実証路線で比較)：人力草刈り 8,003 円 → アーム式モア 12,376 円 55% 増加</p> <p>② 人力草刈においては人件費が 87% を占めるが、アーム式モアにおいては機械費が 67% を占める</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">名称</th> <th rowspan="2">単位</th> <th rowspan="2">単価</th> <th colspan="2">アーム式モア</th> <th colspan="2">人力草刈</th> </tr> <tr> <th>数量</th> <th>金額</th> <th>数量</th> <th>金額</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="3">労働費</td> <td>オペレーター</td> <td>人</td> <td>8,800</td> <td>0.21</td> <td>1,848</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>一般作業</td> <td>人</td> <td>6,650</td> <td></td> <td>1,848</td> <td>1.05</td> <td>6,983</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>1,848</td> <td></td> <td>6,983</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">燃料費</td> <td>軽油</td> <td>L</td> <td>120</td> <td>18.5</td> <td>2,220</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>混合油</td> <td>L</td> <td>135</td> <td></td> <td></td> <td>5.5</td> <td>743</td> </tr> <tr> <td>計</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>2,220</td> <td></td> <td>743</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">機械費</td> <td>トラクター</td> <td>時間</td> <td>2,710</td> <td>1:11</td> <td>3,207</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>アーム式モア</td> <td>時間</td> <td>2,300</td> <td>1:11</td> <td>2,722</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>自動操舵システム</td> <td>時間</td> <td>2,010</td> <td>1:11</td> <td>2,379</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>草刈機</td> <td>時間</td> <td>38</td> <td></td> <td></td> <td>7:17</td> <td>277</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>8,308</td> <td></td> <td>277</td> </tr> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>12,376</td> <td></td> <td>8,003</td> </tr> </tbody> </table>	区分	名称	単位	単価	アーム式モア		人力草刈		数量	金額	数量	金額	労働費	オペレーター	人	8,800	0.21	1,848			一般作業	人	6,650		1,848	1.05	6,983	計				1,848		6,983	燃料費	軽油	L	120	18.5	2,220			混合油	L	135			5.5	743	計				2,220		743	機械費	トラクター	時間	2,710	1:11	3,207			アーム式モア	時間	2,300	1:11	2,722			自動操舵システム	時間	2,010	1:11	2,379			草刈機	時間	38			7:17	277	合計					8,308		277						12,376		8,003
区分	名称					単位	単価	アーム式モア		人力草刈																																																																																												
		数量	金額	数量	金額																																																																																																	
労働費	オペレーター	人	8,800	0.21	1,848																																																																																																	
	一般作業	人	6,650		1,848	1.05	6,983																																																																																															
	計				1,848		6,983																																																																																															
燃料費	軽油	L	120	18.5	2,220																																																																																																	
	混合油	L	135			5.5	743																																																																																															
	計				2,220		743																																																																																															
機械費	トラクター	時間	2,710	1:11	3,207																																																																																																	
	アーム式モア	時間	2,300	1:11	2,722																																																																																																	
	自動操舵システム	時間	2,010	1:11	2,379																																																																																																	
	草刈機	時間	38			7:17	277																																																																																															
合計					8,308		277																																																																																															
					12,376		8,003																																																																																															
検証V-3	<p>①作業労力の軽減</p> <ul style="list-style-type: none"> ・自動走行機能により草刈り作業に集中できた ・法面の草刈りについては、今回の場所は 3 人掛かりで作業を行っていたが、アーム式モアであれば 1 人のオペレーターで作業が出来るので省力化され、労力的に断然楽である <p>②安全性の向上</p> <ul style="list-style-type: none"> ・法面が長ければ草刈り作業に危険を伴うが、アーム式モアでの草刈りは安全だと感じた 																																																																																																					

草刈り労力の軽減	<p>①理想的な道路配置</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理想としては4辺が道路に接し、どこからでも進入可能なターン農道が出来れば良い ・両側に道路が必要だが、法面の長い畦畔にも対策は必要であり、地権者が減歩を良しとすれば畦畔幅を3m(2mでは怖い)にすることで道路機能を補完し、トラクターの走行やアーム式モアの草刈りによる草刈りも可能となる <p>②理想的な水路溝畔幅、畦畔幅は(作業機械別)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・アーム式モアの草刈等を考慮すると法面の長い溝畔、畦畔幅は3m程度は必要 ・現状の草刈機(ウイングモア)であれば畦畔幅50cmを往復して草刈をしているが、今後両面刈れる草刈機が出来れば、その機械幅や重量に対応可能な畦畔、溝畔幅また構造となれば良い <p>③理想的な法勾配、小段の組合せ</p> <ul style="list-style-type: none"> ・法勾配は緩くすると減歩も大きくなることから1:1.5が良い ・高さ1mごとに小段を設置し、また、小段が痩せたり崩れたりしてするため小段幅0.5mが確保できるよう小段幅は0.7m程度で施工出来れば良い <p>④その他(ほ場の区画配置について)</p> <ul style="list-style-type: none"> ・理想としてはターン農道やICTを導入できる区画配置が望ましく、計画当初から地元合意を得て整備できれば良い ・耕作者としては作業効率を考えると3m溝畔、幅広畦畔を配置できれば良いが、地権者は未だに減歩を嫌い土地が潰れる整備を望んでいない状況と温度差があり苦慮している ・地権者の合意を得られた箇所と得られない箇所のどちらかの意見を潰してしまうと遺憾が残るため、合意の有無によって整備水準を変更することも考えなければならぬのではないかと。この場合、工事できず使用しなかった予算について自動草刈機の購入などに補助してもらえれば良い
検証V-4	



遠隔操作型給水栓



水位センサー

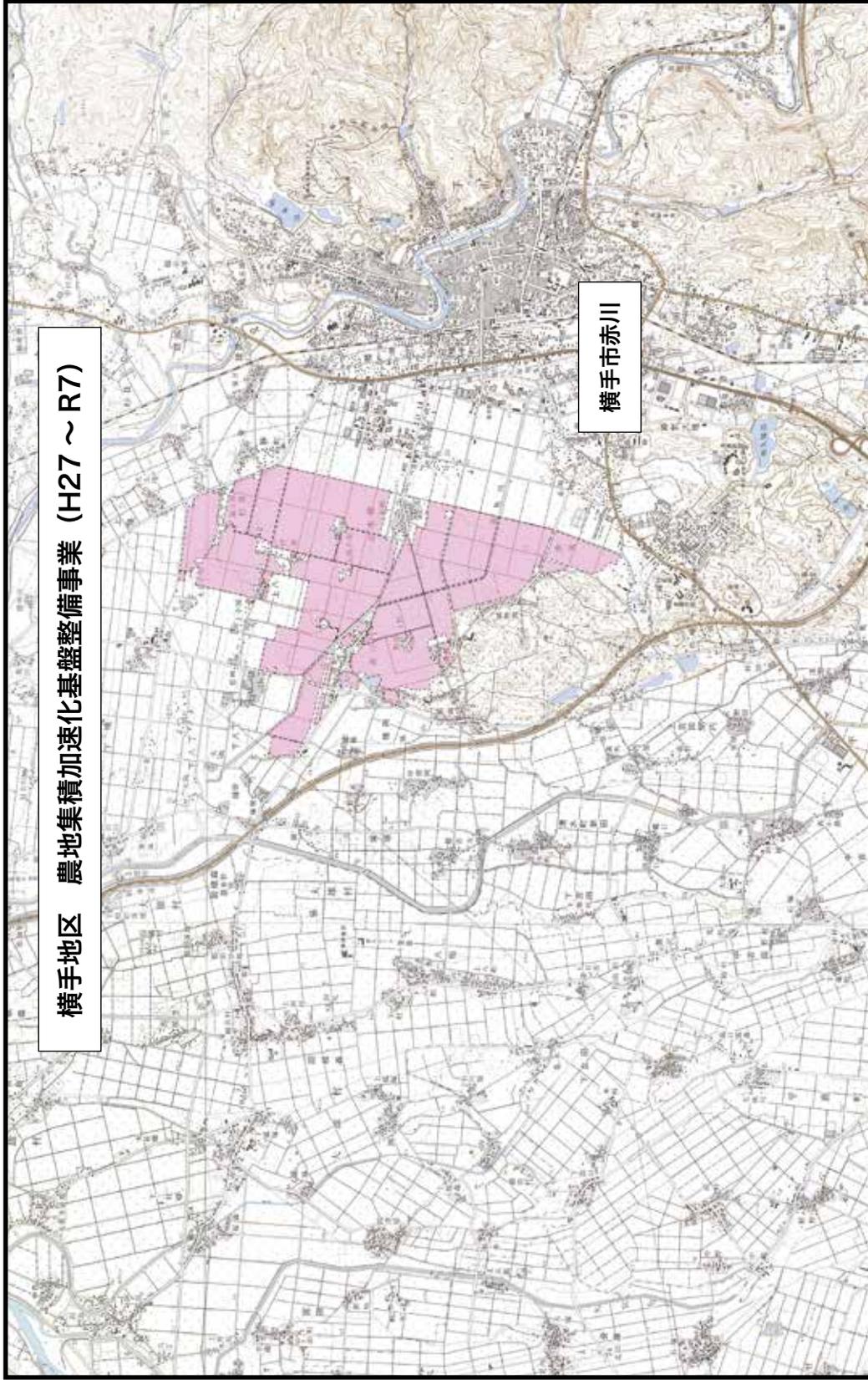


アーム式モア(イメージ)

横手地区の実証結果

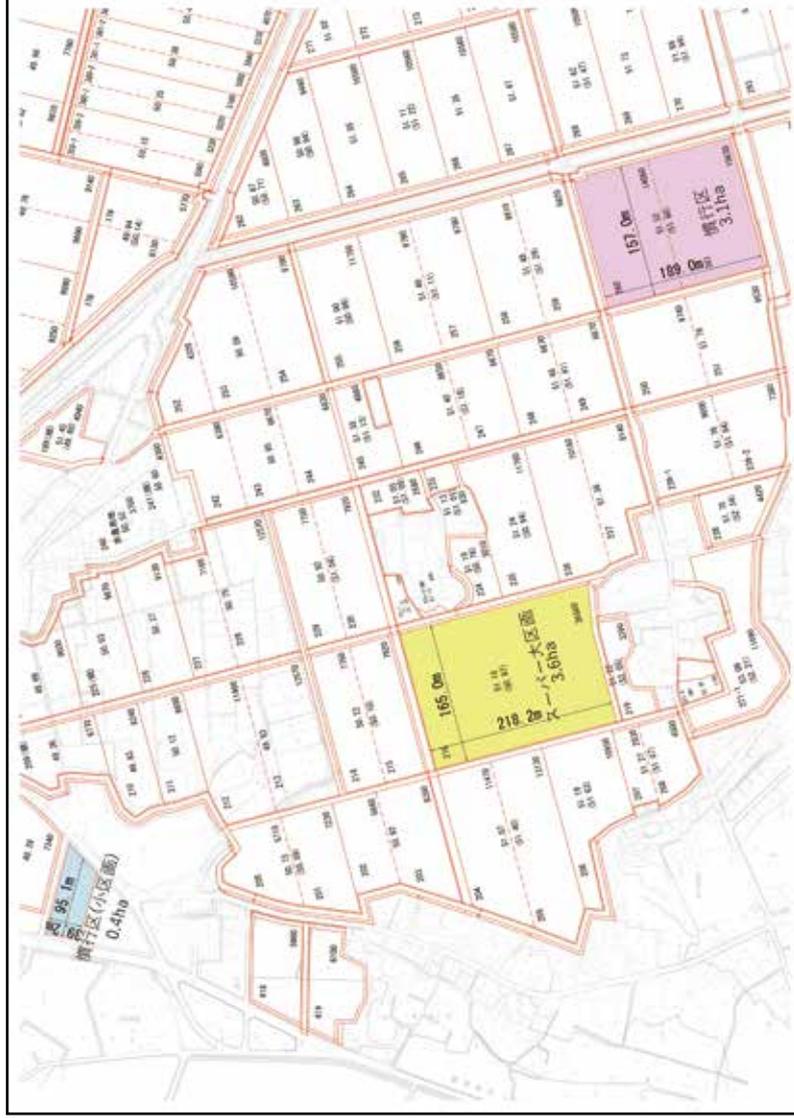
1. 地区の概要

3.6haの大区画ほ場等において、法人所有の自動走行農機を用いて基幹作業の省力化等について実証する「スーパー大区画実証モデル」地区。



関係土地改良区：秋田県南旭川水系土地改良区 モデル実証区域営農者（法人）：農事組合法人 塚掘農事生産組合

2. モデル実証区域・実装機器



【検証ほ場】

◆ スーパー大区画 [3.6ha 1 耕区]

◆ 慣行区 [3.1ha 2 耕区]

◆ 慣行区 (小区画) [0.4ha 1 耕区]

※全て従来の水管理

自動走行システム

・GNSS ガイダンス + 自動走行システム

・ヤンマー ロボットトラクター YT488A

・ヤンマー 自脱型コンバイン YH6115 ※1

(※1) コンバインは自動走行非対応



スーパー大区画 全景

3. 実証内容の概要

実証区分	区分	検証目的	調査項目	調査方法	
適正区画規模の検討	検証Ⅲ-1	基幹作業時間を、区画規模によってどの程度軽減できるか検証する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 耕起作業時間および軌跡 ・ 代かき時間および軌跡 ・ 田植え又は播種時間および軌跡 ・ 収穫時間および軌跡 	GPSロガーによる作業軌跡、作業時間データの取得 作業日報	
	検証Ⅲ-2	基幹作業時間を、長辺長の違いによってどの程度軽減できるか検証する			
	検証Ⅲ-3	自動走行農機導入により作業労力がどの程度軽減できるか検証する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 2台体制の耕起作業時間および軌跡 ・ 2台体制の代かき時間および軌跡 		
	検証Ⅲ-4				<ul style="list-style-type: none"> ・ 営農者の実感
	検証Ⅲ-5	大区画化及びICT機器導入に伴い、水口、排水口の適正な数、規模を検証する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 営農者の実感 		営農者への聞き取り
	検証Ⅲ-6	適切な区画規模を検討する	<ul style="list-style-type: none"> ・ 営農者の実感 ・ 農業機械の作業効率 ・ 用水、排水排除状況・均平 		

4. 検証結果

実証区分	区分	検証結果																																																																																																																			
	検証III-1	<p>① 3.6ha、1.5haの代かき作業は有人トラクターとロボットトラクターによる協調作業の実施 耕起、田植え、稲刈りは1台単独作業による実施とし、作業時間は軽減される。</p> <p style="text-align: center;">作業時間の比較 (ha 当たり)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="5">作業時間 (時間)</th> <th colspan="3">作業時間比</th> </tr> <tr> <th>40a</th> <th>1.5ha</th> <th>3.6ha</th> <th>40a</th> <th>1.5ha</th> <th>3.6ha</th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>耕起</td> <td>2:12</td> <td>2:11</td> <td>1:52</td> <td>101%</td> <td>100%</td> <td>85%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>代かき</td> <td>3:15</td> <td>2:48</td> <td>2:37</td> <td>116%</td> <td>100%</td> <td>93%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>田植え</td> <td>1:51</td> <td>1:19</td> <td>1:21</td> <td>141%</td> <td>100%</td> <td>103%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>稲刈り</td> <td>2:02</td> <td>1:51</td> <td>1:21</td> <td>110%</td> <td>100%</td> <td>73%</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※作業時間は走行時間のみとし、停止時間 (田植えの 苗積み、稲刈りの糞排出など) は含まないものとする。 また、1.5ha 区画を 100%として比較した</p>		作業時間 (時間)					作業時間比			40a	1.5ha	3.6ha	40a	1.5ha	3.6ha				耕起	2:12	2:11	1:52	101%	100%	85%				代かき	3:15	2:48	2:37	116%	100%	93%				田植え	1:51	1:19	1:21	141%	100%	103%				稲刈り	2:02	1:51	1:21	110%	100%	73%																																																												
	作業時間 (時間)					作業時間比																																																																																																															
	40a	1.5ha	3.6ha	40a	1.5ha	3.6ha																																																																																																															
耕起	2:12	2:11	1:52	101%	100%	85%																																																																																																															
代かき	3:15	2:48	2:37	116%	100%	93%																																																																																																															
田植え	1:51	1:19	1:21	141%	100%	103%																																																																																																															
稲刈り	2:02	1:51	1:21	110%	100%	73%																																																																																																															
	検証III-2	<p>① 1ha 区画は作業時間の合計から見ると長辺 200m が一番作業時間が短い ②長辺が長くなると直線時間、旋回時間は短縮されるが、外周距離が長くなり作業時間が増となることや各種作業の 1 列当たり作業幅と短辺長との関係により、無駄な作業 (重複) が発生するため一様な結果とならない ③ 2ha 区画以上の場合は長辺長が長いほど作業時間が少なくなっているが、区画規模の違いによる作業時間はそれほど変わらない</p> <p style="text-align: center;">作業時間の比較 (ha 当たり)</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">区分</th> <th rowspan="2">区画規模</th> <th colspan="5">作業時間</th> <th colspan="5">作業別順位</th> <th colspan="3">作業時間比</th> </tr> <tr> <th>150m</th> <th>165m</th> <th>200m</th> <th>220m</th> <th>300m</th> <th>150m</th> <th>165m</th> <th>200m</th> <th>220m</th> <th>300m</th> <th>150m</th> <th>165m</th> <th>200m</th> <th>220m</th> <th>300m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>合計</td> <td>1ha</td> <td>4:33</td> <td>4:34</td> <td>4:24</td> <td>4:29</td> <td>4:30</td> <td>24</td> <td>25</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>23</td> <td>103%</td> <td>104%</td> <td>100%</td> <td>102%</td> <td>102%</td> </tr> <tr> <td>耕起</td> <td>2ha</td> <td>4:26</td> <td>4:22</td> <td>4:16</td> <td>4:13</td> <td>4:10</td> <td>21</td> <td>17</td> <td>12</td> <td>9</td> <td>6</td> <td>101%</td> <td>99%</td> <td>97%</td> <td>96%</td> <td>95%</td> </tr> <tr> <td>代かき</td> <td>3ha</td> <td>4:23</td> <td>4:19</td> <td>4:14</td> <td>4:13</td> <td>4:06</td> <td>19</td> <td>14</td> <td>11</td> <td>10</td> <td>3</td> <td>100%</td> <td>98%</td> <td>96%</td> <td>96%</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td>田植え</td> <td>4ha</td> <td>4:23</td> <td>4:19</td> <td>4:13</td> <td>4:09</td> <td>4:06</td> <td>18</td> <td>15</td> <td>7</td> <td>5</td> <td>2</td> <td>100%</td> <td>98%</td> <td>96%</td> <td>95%</td> <td>93%</td> </tr> <tr> <td></td> <td>5ha</td> <td>4:22</td> <td>4:17</td> <td>4:13</td> <td>4:09</td> <td>4:05</td> <td>16</td> <td>13</td> <td>8</td> <td>4</td> <td>1</td> <td>99%</td> <td>97%</td> <td>96%</td> <td>95%</td> <td>93%</td> </tr> </tbody> </table> <p>※作業時間比は整備実績の多い 1ha (長辺 200m) を 100%として算出している 作業時間は走行時間のみで比較している</p>	区分	区画規模	作業時間					作業別順位					作業時間比			150m	165m	200m	220m	300m	150m	165m	200m	220m	300m	150m	165m	200m	220m	300m	合計	1ha	4:33	4:34	4:24	4:29	4:30	24	25	20	22	23	103%	104%	100%	102%	102%	耕起	2ha	4:26	4:22	4:16	4:13	4:10	21	17	12	9	6	101%	99%	97%	96%	95%	代かき	3ha	4:23	4:19	4:14	4:13	4:06	19	14	11	10	3	100%	98%	96%	96%	93%	田植え	4ha	4:23	4:19	4:13	4:09	4:06	18	15	7	5	2	100%	98%	96%	95%	93%		5ha	4:22	4:17	4:13	4:09	4:05	16	13	8	4	1	99%	97%	96%	95%	93%
区分	区画規模	作業時間					作業別順位					作業時間比																																																																																																									
		150m	165m	200m	220m	300m	150m	165m	200m	220m	300m	150m	165m	200m	220m	300m																																																																																																					
合計	1ha	4:33	4:34	4:24	4:29	4:30	24	25	20	22	23	103%	104%	100%	102%	102%																																																																																																					
耕起	2ha	4:26	4:22	4:16	4:13	4:10	21	17	12	9	6	101%	99%	97%	96%	95%																																																																																																					
代かき	3ha	4:23	4:19	4:14	4:13	4:06	19	14	11	10	3	100%	98%	96%	96%	93%																																																																																																					
田植え	4ha	4:23	4:19	4:13	4:09	4:06	18	15	7	5	2	100%	98%	96%	95%	93%																																																																																																					
	5ha	4:22	4:17	4:13	4:09	4:05	16	13	8	4	1	99%	97%	96%	95%	93%																																																																																																					
	検証III-3	<p>①耕起作業 欠測 ②代かき作業 1.5haの協調 0:57 時間→3.6ha 協調 0:47 時間 18%削減 1.5haの有人 1:25 時間→協調 0:57 時間 33%削減 3.6haの有人 1:14 時間→協調 0:47 時間 36%削減</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th>作業体系</th> <th>1.5ha区画</th> <th>3.6ha区画</th> <th>備考</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1台単独(有人)</td> <td>1:25</td> <td>1:14</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2台協調(有人+ロボット)</td> <td>0:57</td> <td>0:47</td> <td>3.6ha区画の方が1.5ha区画より18%作業時間が削減</td> </tr> <tr> <td>単独作業と協調作業の比較</td> <td>協調作業の方が単独作業より33%作業時間が削減</td> <td>協調作業の方が単独作業より36%作業時間が削減</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	作業体系	1.5ha区画	3.6ha区画	備考	1台単独(有人)	1:25	1:14		2台協調(有人+ロボット)	0:57	0:47	3.6ha区画の方が1.5ha区画より18%作業時間が削減	単独作業と協調作業の比較	協調作業の方が単独作業より33%作業時間が削減	協調作業の方が単独作業より36%作業時間が削減																																																																																																				
作業体系	1.5ha区画	3.6ha区画	備考																																																																																																																		
1台単独(有人)	1:25	1:14																																																																																																																			
2台協調(有人+ロボット)	0:57	0:47	3.6ha区画の方が1.5ha区画より18%作業時間が削減																																																																																																																		
単独作業と協調作業の比較	協調作業の方が単独作業より33%作業時間が削減	協調作業の方が単独作業より36%作業時間が削減																																																																																																																			
	検証III-4	<ul style="list-style-type: none"> 代かきや田植え時に水が多くてもマーカーの必要が無く、作業がスムーズに行える 																																																																																																																			
	検証III-5	<ul style="list-style-type: none"> 水口は代かき以外は1箇所で管理し、排水口は中干し、落水時は手動で板を外す以外は調整せず、代かき、落水を考えると設置数は現状で良い (両側用排水のため 1ha に水口、排水口ともに 4 箇所) 																																																																																																																			

適正区画規模の検討

適正区画規模の検討	検証III-6	<p>①農業機械の作業のし易さはどうか（長辺長や区画の大きさ等） ・長辺が長く作業効率の良い場合は1ha区画で良かった。慣れれば1haでも小さいと感じるかもしれない</p> <p>②用水、排水の機能に過不足はあったか ・通常3.6ha耕区では12箇所の水口及び排水口が整備（1haに各4箇所の水口、排水口）されるが、現状それぞれ8箇所の水口および排水口で十分対応できる ・スマート農機を導入しているので、水が十分排水されなくとも代かき、田植え作業に支障がないことも理由の一つである</p> <p>③ほ場の均平を保つのは容易だったか ・ほ場が出来てから4年経過（実証時）するが、均平は保たれている</p> <p>④その他（適正な区画規模について） ・スマート農業には2ha以上の区画が望ましいと考えており、1ha区画でも均平区（2枚を同じ高さ）とすることで、将来の2ha区画を確保できるのではないかと ・区画が大きくなると畦畔数が減るため、草刈労力も軽減可能と考える</p>
-----------	---------	--



耕起（ロボトラ）



作業確認用タブレット



代かき（2台協調）



田植え（直進アシスト）



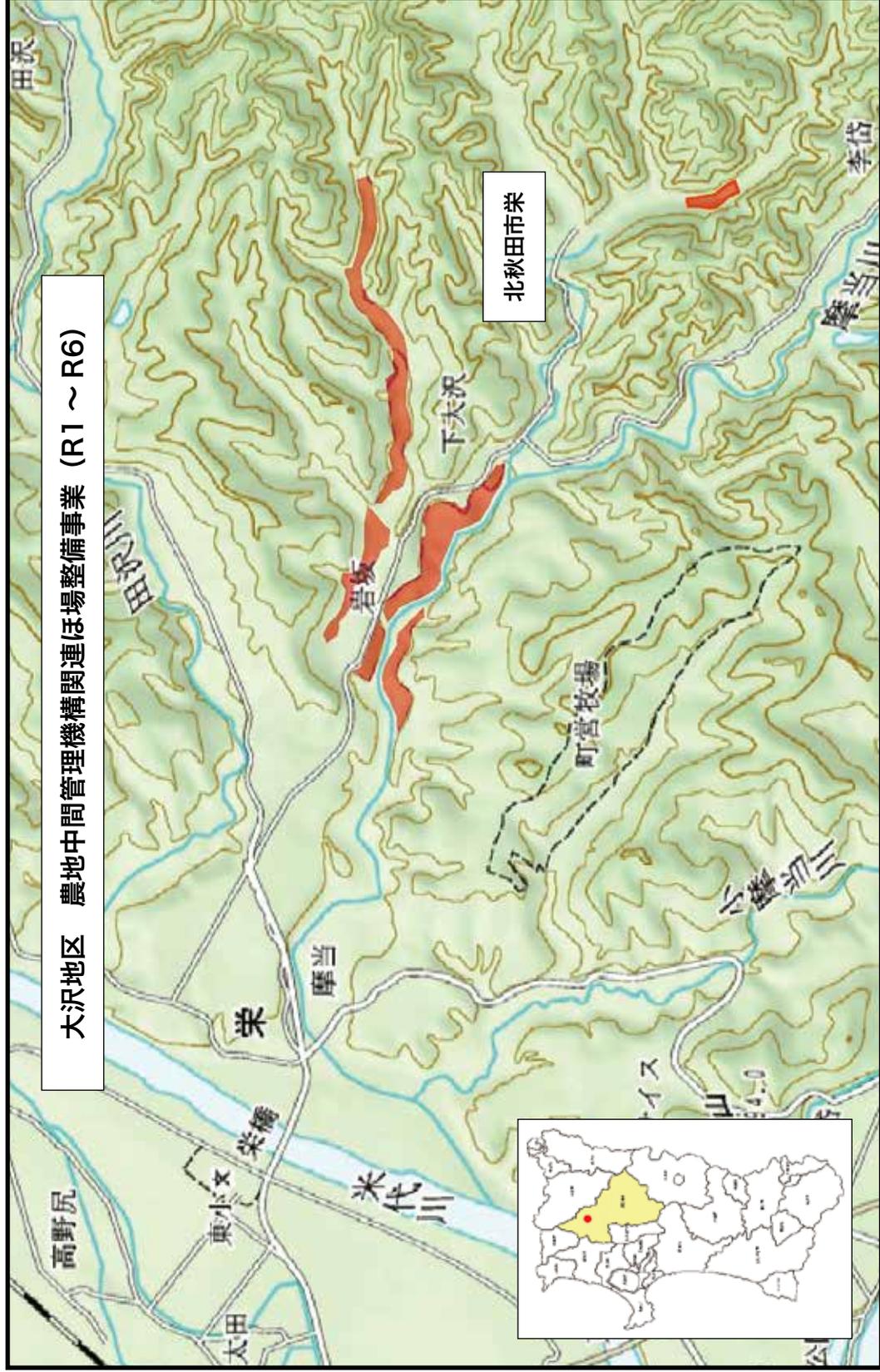
稲刈り（コンバイン）

【ICT水管理システムを採用した地区の概要及び結果】

大沢地区の実証結果

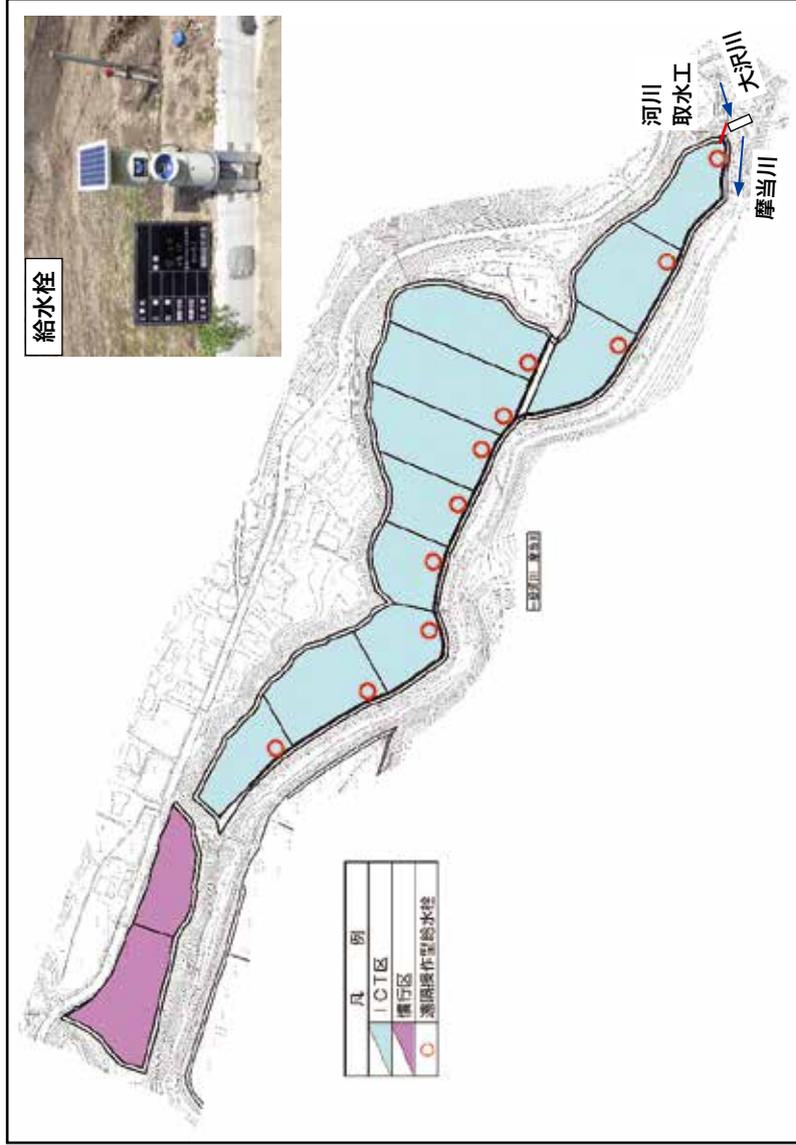
1. 地区の概要

山間部に位置する開水路タイプのほ場整備地区において、ICT水管理による作業時間等の省力化等を実証する。



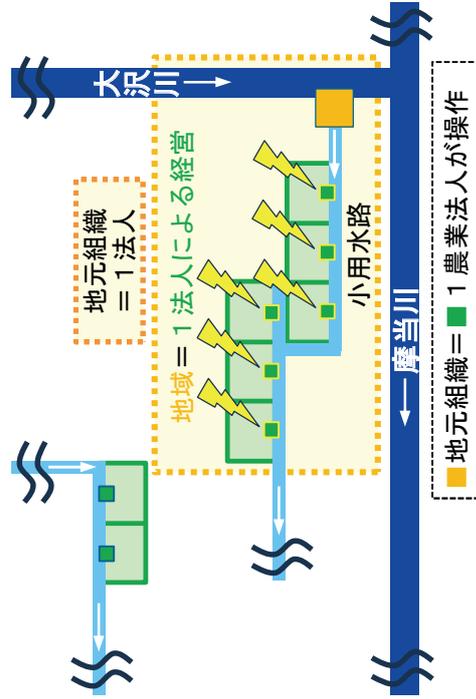
関係土地改良区：北秋田市土地改良区 実証区域営農者（法人）：ホクヨウ農産 株式会社

2. モデル実証区域・実装機器



【検証ほ場】

- ◆ ICT区 [4.7ha、11 耕区]
遠隔操作型給水栓：各ほ場1機
水田センサー ：各ほ場1機
- ◆ 慣行区 [0.8ha、2 耕区]
従来の水管理



遠隔操作型給水栓装置導入エリア全景

3. 実証内容の概要

実証区分	区分	検証目的	調査項目	調査方法
水管理労力の軽減	検証 I -1	水位・水温状況を現地で確認する労力を、ICT機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・拠点からほ場までの移動時間 ・天気・見回り回数・見回り時間	作業日報
	検証 I -2	給水栓（水口）の現地での操作労力を、ICT機器導入によってどの程度軽減できるか検証する	・給水栓（水口）操作の有無 ・給水栓（水口）操作方法	
	検証 I -4	ICT区、慣行区の水管理手法で、品質、収量に違いがあるか検証する	・作物の品質、収量	営農者への聞き取り
	検証 I -6	適切な ICT 機器の数、組合せを検討する	・営農者の実感から、適切な ICT 機器の数、組合せを検討	営農者への聞き取り

4. 検証結果

実証区分	区分	検証結果
水管理労力の軽減	検証 I -1	（ほ場 1 枚当たり） <ul style="list-style-type: none"> ・水管理時間：慣行区 7.6 時間→ICT区 0.6 時間 92% 削減 ・移動時間：慣行区 70.9 時間→ICT区 5.6 時間 92% 削減 ・見回り回数（直接）：慣行区 152 回→ICT区 12 回 92% 削減 ・水管理 + 移動時間：慣行区 78.5 時間→ICT区 12.0 時間 85% 削減
	検証 I -2	・給水栓操作回数：慣行区 152 回→ICT区 20 回 87% 削減 （ほ場 1 枚当たりで給水、止水操作を各々 1 回とする）
	検証 I -4	・土質の違いもあるため単純比較はできないが、ICT区の方が生育は良いと感じた。
	検証 I -6	① ICT機器を使用しての実感は <ul style="list-style-type: none"> ・水位及び水温をスマートフォンで確認できること。水管理時間が大幅に削減できること。 ② ICT機器導入に伴う課題は何か <ul style="list-style-type: none"> ・導入および機器更新コスト ③ ICT機器の適切な設置数、組合せは（用水、排水） <ul style="list-style-type: none"> ・用水：ほ場に 1 カ所、排水：不要 ④ その他（水管理軽減について） <ul style="list-style-type: none"> ・開水路の取水部に流下ゴミや草等が引っかかり、機器がエラーとなったため、その対策が必要だと感じた

令和5年3月発行（令和5年8月〔第1回改訂〕）
（令和6年12月〔第2回改訂〕）

スマート農業を支える基盤整備指針

編集・発行 秋田県 農林水産部 農地整備課
〒010-8570 秋田市山王四丁目1番1号
（秋田県庁本庁舎 4階）
TEL：018-860-1824 FAX：018-860-3863



松ヶ崎地区（由利本荘市）
アーム式モアによる草刈り

高野尻地区（北秋田市）
遠隔操作型給水栓



秋田県HP
「美の国あきたネット」

農地整備課



この資料に関するお問い合わせは…

秋田県農林水産部
農地整備課 農地整備チーム

TEL:018-860-1824 FAX:018-860-3863

Eメール：nseibika@mail2.pref.akita.jp