

分野:水田作 作業の省力・分散技術を活用した寒地型水稲輪作体系

試験研究計画名:道産米の国際競争力強化と持続的輪作体系の両立に向けた実証

研究代表機関名:国立研究開発法人農研機構北海道農業研究センター

開発のわらい

北海道の水田作は、主食用良食味品種から冷凍米飯等の業務用まで幅広いニーズへ対応した稲作を特徴としています。今後は畑作・酪農地帯に比べて急激な農家人口の減少とそれともなう規模拡大が予想される中で、いかに水田作地帯を維持・発展させていくかが問われています。

そのような中で北海道の水田作で解決すべき技術的課題としては、短い春に育苗、移植等の作業が集中することから、慣行の移植栽培では家族経営の場合、移植水稲の作付け面積 20ha、経営規模にして 40~50ha が限界であると考えられています(図1)。一方で、春作業の軽減で期待される水稲直播栽培では北海道の低温条件では発芽・苗立ちが安定しないこと等の制限があります。

また、春作業の軽減とともに、転作率の高い北海道では収益を確保するための小麦や大豆などの転換畑における畑作物の生産安定化も重要な課題となっています。

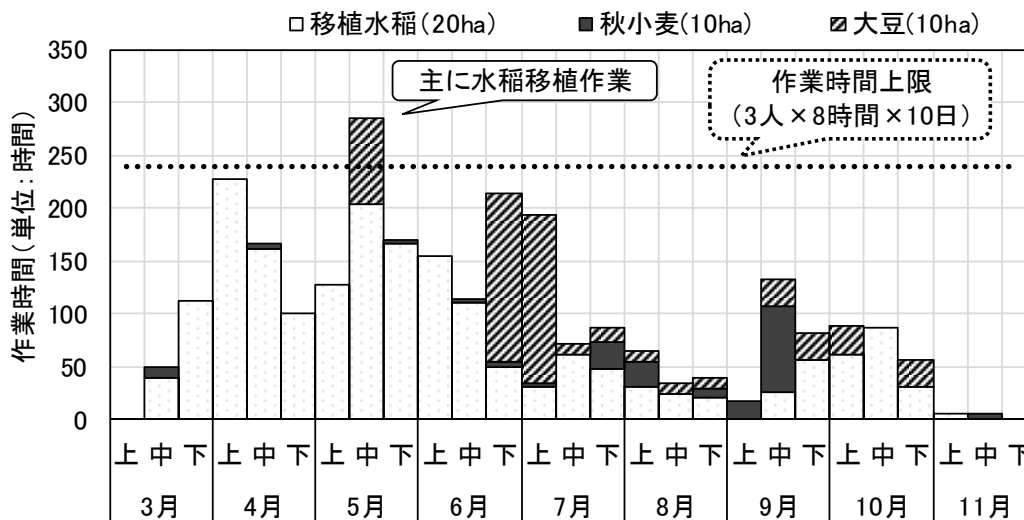


図1 標準的な水稲移植体系を用いた40ha規模の経営における旬別作業時間の試算
北海道農政部編(2013)「北海道農業生産技術体系第4版」のデータをもとに試算した。

そこで本課題では、水稲移植栽培に加えて乾田直播栽培を導入して田畑輪換を実践する地域を対象として、乾田直播栽培での前作の秋まき小麦収穫後の前年整地による春作業の分散や、ICTやロボットトラクタ等の自動化技術により春作業の省力を図るとともに、地下灌漑を利用して水稲直播栽培や畑作物収量の安定化を図る技術体系を開発し、北海道水田作地帯の家族経営における限界規模を超える営農を実現し生産コストを低減することと所得の向上を目的としています。

技術体系の紹介:

1. 作付け体系と導入技術の概要

提案する技術は、地下灌漑可能な大区画圃場での乾田直播水稻—移植水稻—大豆—秋まき小麦のという4年4作の輪作体系への導入を想定しています。乾田直播については秋まき小麦収穫後に整地を行う前年整地を導入して春作業の負担を軽減します。情報・自動化技術を導入して作業の省力・省人化。さらに低コストな排水改良技術を導入します。これらにより、水稻において慣行の移植体系に比べて費用を25%削減し、なおかつ専従者3人で経営耕地面積規模50ha、水稻作30haの水田作経営が実現できる寒地型水稻輪作体系を確立します。

体系を構成する主要な要素技術とその特徴を以下に紹介します。

2. 地下灌漑の乾田直播と畑作物での利用

地下灌漑は水稻乾田直播での苗立ちの安定化や畑作物の干ばつリスクの回避に効果があり、輪作体系での安定生産に貢献できます。

これまでの研究成果を活用し、気温や降水量及び今後の降水予測から地下灌漑（北海道で導入が進みつつある集中管理孔方式）による給水のタイミングを決定しました。農研機構のメッシュ農業気象データを利用した、地下灌漑利用支援ソフトウェアを利用することにより簡便に、それらタイミングを確認することができます（図2）。



図2 地下灌漑利用支援アプリケーション(タブレット端末で利用可能)

2年間の水稲乾田直播栽培試験の結果、苗立ち率は地下灌漑が整備される以前の2012年と比較して大幅に向上しました。また、実証試験を実施した2014年と2015年の2年間はいずれも収量は地下灌漑利用区が対照区や地域の平均を上回りました(表1)。畑作物についても、干ばつ傾向にあった2015年度産のきたほなみ(秋まき小麦)が、対照区との比較で26%の増収の748kg/10a、2014年度産のいわみくろ(大豆)が対照区比較で6%増収の338kg/10aと明確な効果が認められました。

表1 M町における乾田直播の苗立ち、坪刈収量(品種:ほしまる)

年次	苗立ち率 (%)	苗立ち本数 (本/m ²)		収量 (kg/10a)	
	現地実証圃場	現地実証圃場	妹背牛町平均	現地実証圃場	妹背牛町平均
2012	45	141	217	575	390
2014	62	188	182	720	563
2015	65	185	175	530	523

品種は「ほしまる」。いずれもグレーンドリル播種。

2014年、2015年は給水適期の判断支援情報を利用。

2015年の現地実証圃場は3圃場の平均値(苗立ち率は2圃場)。

3. 前年整地による水稲乾田直播の春作業軽減

水稲乾田直播栽培は慣行の移植栽培に比べ省力的ですが、播種前後の作業工程が多く天候にも左右されるため、播種適期に限られ春作業が繁忙になるデメリットがあります。そこで乾田直播栽培の前年中(前作の秋まき小麦の収穫直後)に圃場を整地し、冬期間の積雪と融雪によって鎮圧と同様の効果が得られることを利用して鎮圧作業を省き、翌年春は播種するのみとした栽培体系を開発しました(図3)。なお、泥炭土壌では春に均平作業で手直しが必要になることが多いですが、手直しする場合にも図4に示すような圃場高低差マップを併用することで作業時間を1.9時間/10aから1.1時間/10aへ最大42%の節減が可能でした。

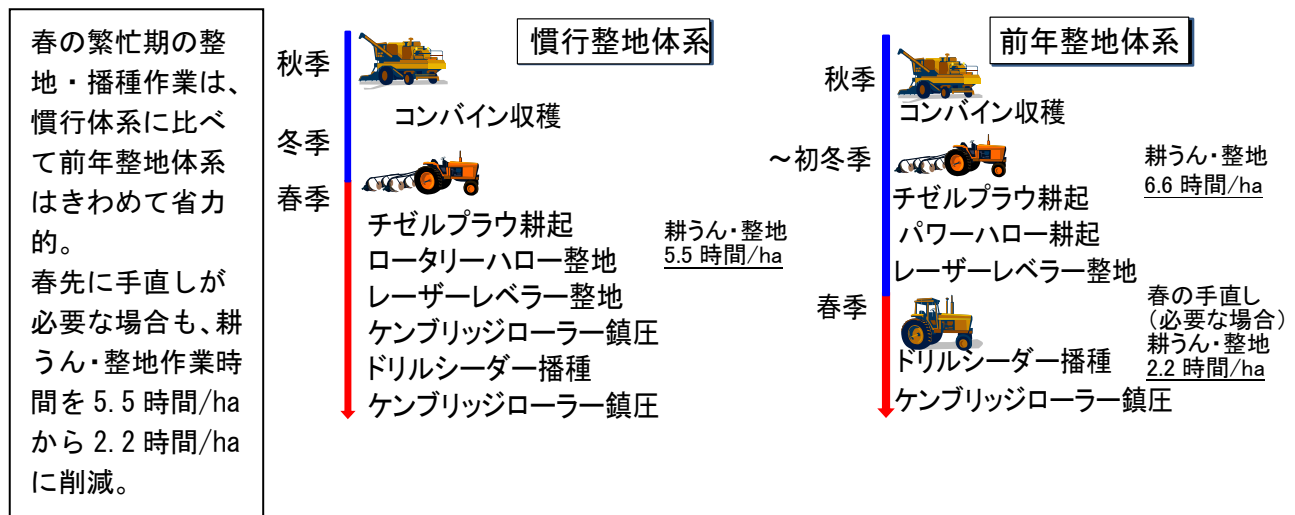


図3 前年整地体系での作業の分散効果
(作業内容・作業機等は例であり、この限りではない)

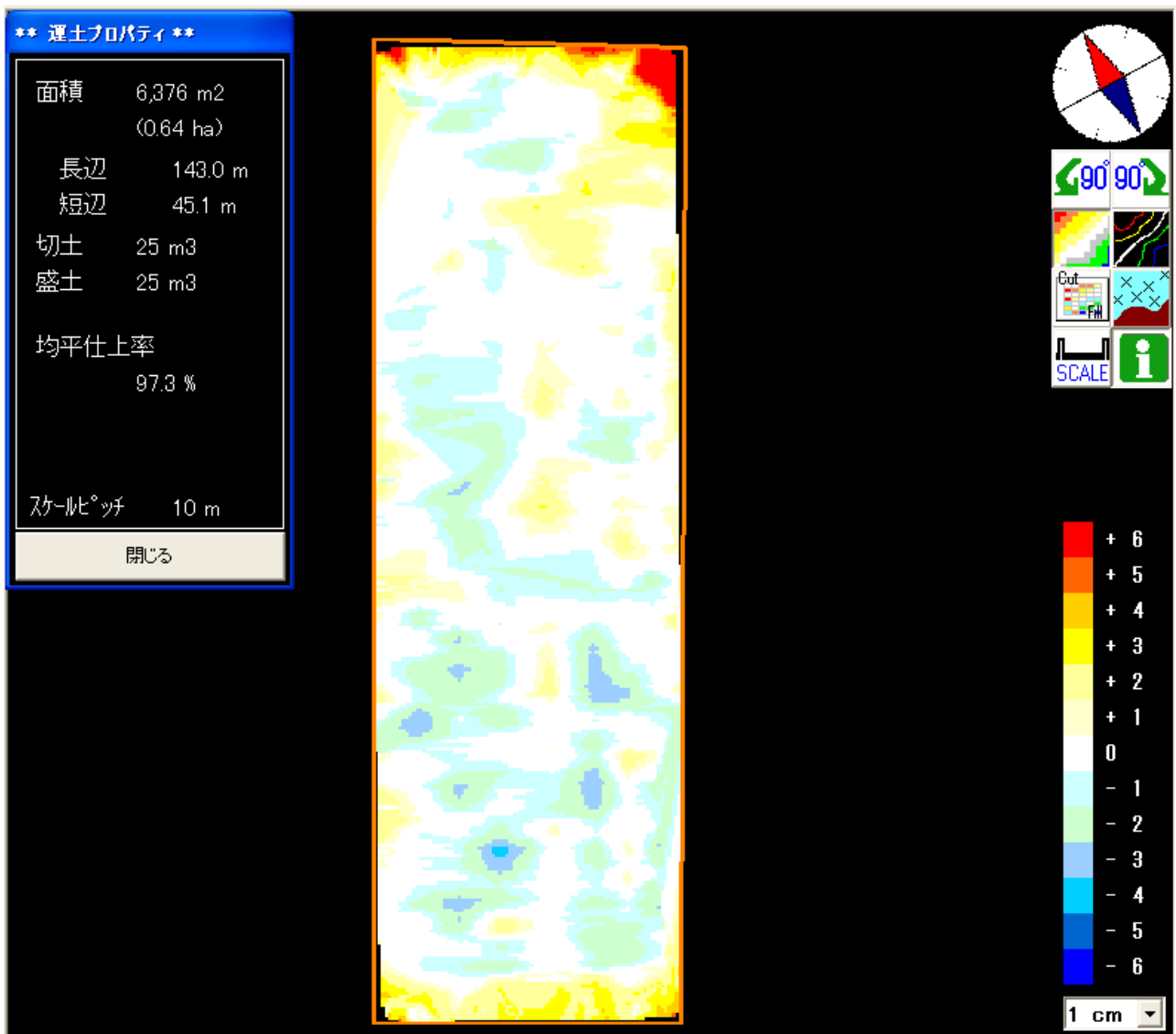


図4 前年整地圃場でのRTK-GPS（高精度GPS）搭載車両での測定により作成した高低差マップ（高低差を1cm単位で色分けして表示）

4. 生産者ができる低コストな排水改良施工

前年整地に向けた排水性確保および作物収量の向上のために、有材補助暗渠カットソイラと穿孔暗渠カットドレーンの2種類の施工機の施工性と土壌改良効果を検証して、田畑輪換の栽培体系での多様な発生残渣の特徴や土壌特性などの条件に対応した低コストな営農排水改良に向けた技術マニュアルを策定しました（図5、国営農地再編整備事業妹背牛地区営農マニュアルに活用）。

有材補助暗渠機カットソイラと穿孔暗渠機カットドレーンの施工費は1haあたり数万円程度で、従来のモミガラ心土破碎（30万以上）や暗渠排水に比べて極めて低コストであり、耕うん作業並のコストで排水対策が可能となり、写真1に示すようにその効果を現地にて確認済みです（Web参照：http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2013/13_001.html 及び http://www.naro.affrc.go.jp/project/results/laboratory/nkk/2015/15_003.html）。



カットソイラ 施工圃場 ←→ 未施工圃場

写真1 秋播き小麦収穫後の秋の耕耘・整地前にカットソイラ並びに
カットドレーンを施工した圃場とその隣接未実施圃場の状況

項目	表面滞水	耕盤が硬い	下層が硬い	下層が粘質 又は泥炭
表面 排水	 「溝掘り・溝切り機」 前年整地後の対策	—	—	—
耕盤 破碎	 「心土破碎などの耕盤破碎」・前年整地後の対策 *乾性土壌では表面排水対策より心土破碎が有効		 	 
下層 改良	—	—	「有材補助暗渠 カットソイラ」 前年整地前の対策	「穿孔暗渠カットドレーン」 「有材補助暗渠カットソイラ」 前年整地前の対策
判断 目安	降雨後数日 経過しても 滞水がある	土を親指で押してもへこまない		重粘土・泥炭

図5 水稻乾田直播のための前年整地に組み合わせる排水対策事例

5. ロボットトラクタによる2台同時作業と自動操舵装置による運転支援

既存の大型トラクタ（105馬力）のシステムに加えて、新たに中型トラクタ（53馬力）のための2台のロボットトラクタによる協調作業システム、および安全に作業を行うためにオペレータが遠隔操作できるユーザーインターフェースを開発しました。

2台併走による耕うん作業（写真2）や代かき作業、カットソイラとロータリーカルチをそれぞれ装着した2台縦走による排水改良・整地作業を実施、その有用性を実証しました。

ロボットトラクタの省カメリットですが、並走の場合2行程（2畦）空けて作業することで先行ロボットと後続ロボットで1往復の待ち時間を隣接作業の46秒から10.4秒に最大77%縮減できました。この巡回時間の短縮効果により、開発システムでの耕うん作業能率は、工程を空けてターンをすることができない慣行の1台トラクタ作業（1.78時間/ha）と比

較して2倍以上となります(0.81時間/ha)。

夜間の協調作業も昼間と同等の速度、走行精度で可能でした。オペレータは周辺監視のみに集中すれば良く、非熟練者の作業補助の実現にも寄与できます。GPS ガイダンスシステムにより夜間作業が可能となることで、春季繁忙期の作業時間が13.5時間/日まで拡大でき、後述する図8のとおり経営面積拡大に寄与できます。



写真2 ロボットトラクタ(105馬力)による2台協調耕うん作業

技術体系の経済性は：

【乾田直播(前年整地、地下灌漑利用による苗立ち安定化) 水稻の生産コスト低減】

水稻の生産コスト(費用合計)の低減状況は図6のとおりです。気象条件が比較的良好だった2014年のM町における実証結果について、乾田直播の前年整地体系(前年整地、地下灌漑利用による苗立ち安定化)と慣行の移植体系の生産費を示しています。実証農家の実績をもとに両者を比較すると、移植栽培とそんな色ない単収水準を確保できれば、乾田直播の前年整地体系は慣行の移植体系に比べて、60kgあたり10千円強から約8千円弱へと最大25%の生産コストの削減ができると見込まれます。

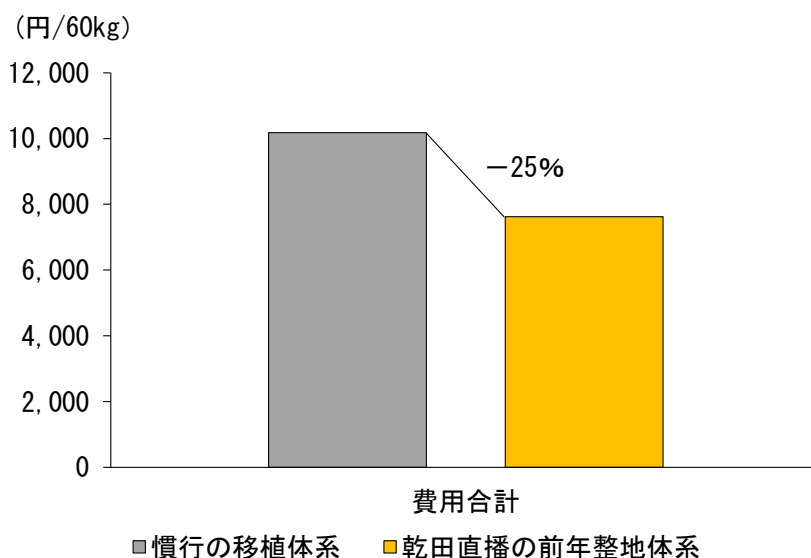


図6 水稻の生産コストの比較

【開発技術体系の収益性】

線形計画法という手法で作成した経営モデルをもとに開発技術体系（乾田直播の前年整地体系、小麦、大豆における地下灌漑の利用等）の収益性を分析した結果を図7に示しました。実証農家の実態にあわせて作付面積を42haに設定し、慣行技術体系を想定した経営モデルを試算しました。さらに、そこに乾田直播の前年整地体系や地下灌漑の有効利用による小麦、大豆の収量向上といった開発技術を導入した経営モデルを試算しました。農業所得は慣行体系1,700万円弱から開発技術体系では2,300万円弱になると試算されました。

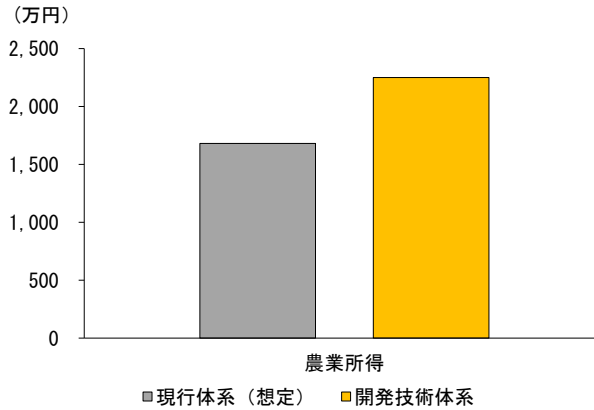


図7 農業所得の試算 (経営モデルによる)

注)前年整地、地下灌漑及びGPSガイダンス未導入の4年4作

【GPSガイダンスシステムを導入した作付面積拡大の可能性】

線形計画法という手法で作成した経営モデルをもとに開発技術によって得られる省力化の効果を検討しました。開発技術を導入することで節減される労働時間を作付面積の拡大に充てた場合、農業所得を最大にしてどの程度まで面積を大きくできるか試算しました(図8)。面積をいくらかでも拡大できるという前提のもと、開発技術体系において作業競合の著しい春季作業にGPSガイダンスシステムを導入して夜間作業ができる(機械オペレータが春の忙しい時期に13.5時間/日作業できる)として試算を行うと、50.8haまで拡大が可能で、農業所得は2,800万円弱になる結果が得られました。現段階ではロボットトラクタについては販売価格の設定がないため、農業所得の試算はできませんが、作付面積の拡大効果についてはGPSガイダンスの導入効果以上を見込めると考えられます。

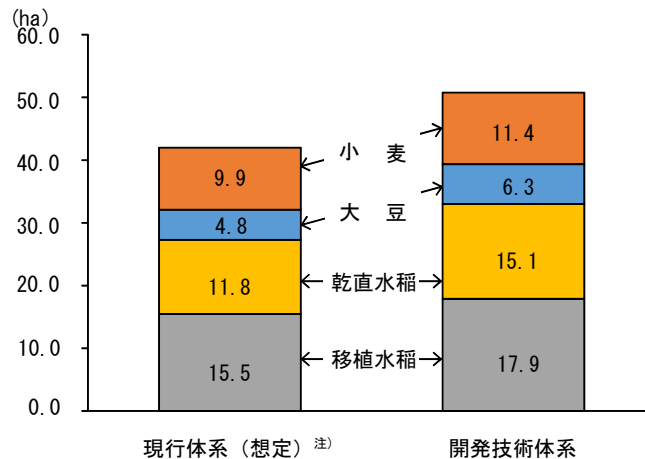


図8 作付面積拡大の可能性の試算 (経営モデルによる)

こんな経営、こんな地域におすすめ：

開発技術体系は北海道の上川南部以南の大区画圃場や地下灌漑が整備されていることが条件となります。また、高精度 GPS の基準局の設置など、地域として ICT 活用に積極的であることが望まれます。

家族労働力 3 人で経営耕地面積が 30 ha 以上の家族経営で、現状の水稲の作付け面積を維持しつつさらなる経営耕地面積の規模拡大を志向する生産者に向けた技術体系です。

技術導入にあたっての留意点：

北空知における地下灌漑を備えた大区画圃場（一区画 2.2ha と 4.4ha）での実証試験結果に基づく成果ですのでこれら条件が整わない地域では圃場整備の取り組みと併せて導入を検討して下さい。

なお、前年整地は、移植水稲の収穫後は厳しく、基本的には前作秋まき小麦の収穫後に実施します。

研究担当機関名：農研機構北海道農業研究センター、地方独立行政法人北海道立総合研

究機構中央農業試験場、国立大学法人北海道大学、農研機構農村工学研究所、ヤンマー株式

会社

お問い合わせは：農研機構北海道農業研究センター産学連携室

電話 011-851-9141（代表）または

電話 011-857-9212（コミュニケーター番号）

E-mail cryoforum@ml.affrc.go.jp

執筆分担（北海道農業研究センター 牛木純、島義史、根本学、林怜史、村上則幸、北海道大学 野口伸、石井一暢、農村工学研究部門 北川巖）