

佐渡市棚田水稲における先端的畦畔草刈機，水田除草ロボおよび遠隔水管理技術による減農薬・無農薬一貫農業体系実証 丸山営農組合（新潟県佐渡市）

背景及び取組概要

27.7ha(水稲 24.6ha、柿 3.1ha)うち実証面積:水稲 24.6ha

- 佐渡市では朱鷺(トキ)の放鳥とともに、農薬や化学肥料の使用を削減した米の栽培を推進。
- 「朱鷺と共生する佐渡の里山」として日本で初めて「世界農業遺産(GIAHS)」に認定(2011年)。
- 減農薬、無化学肥料栽培の面積拡大を目指しているが、労力を要する棚田が多く、難しい状況。

本事業では以下の実証を実施

- 【実証1】:スマート農業技術(草刈機・水田除草ロボ)による環境保全・省力化・軽労化・収量維持実証。
- 【実証2】:シェアリング実証
(畦畔状況に応じた最適な草刈機の選択手法の確立、機器シェアリングの可能性検証等)。
- 【実証3】:棚田の高度水管理による効果実証(水管理自動化システム導入による多収化・省力化)

導入技術

草刈機、水田除草・抑草ロボ



ドローン空撮を活用した草刈作業マップ



自動給水、高度水管理



目標に対する達成状況

実証課題の達成目標 ①:シェアリングを効果的・効率的に進める目標、
②:生産コスト低減、収量・品質向上の目標、③:経営改善の目標

実証項目	達成目標	主な成果	評価
1.畦畔草刈り機 (ラジコン草刈機、 親子式草刈機)	①「最適作業マップを作成 ①慣行の刈払機・畦草刈機使用時に 比べて作業時間50%削減	・「最適作業マップ」と「マニュアル」を作成。 ・ラジコン草刈機で作業時間を58%削減	◎:作業時間削減 に有効
2.水田除草ロボット・ アイガモロボット	②慣行の乗用除草機使用時に 比べて作業時間の50%削減 ②慣行対比で無農薬無化学肥料 栽培の収量を80%確保	・無農薬無化学肥料栽培を実証したが、水田除草 ロボットのスタックやアイガモロボットの座礁が 発生して作業時間が増加 ・2年目は夏場の高温・少雨で収量低下	△:圃場条件整備が 必要
3.高度水管理	①給水自動化で水管理時間 を60%削減 ①遠隔監視で水見回り時間を 40%削減 ②収量の10%向上	・給水自動化で水管理時間を平均31.7%、農繁期 で58.4%の時間削減 ・遠隔監視で水見回り時間を平均40.4%、遠隔地 圃場で最大87.5%削減 ・1年目は増収したが、2年目は夏場の高温・少雨 で慣行と同等の収量	○:省力化の効果は 得られたが、増収効果 は不安定
4.販売促進	③環境保全栽培米の販売価格を 現行から50%向上	・農薬50%減化学肥料50%減(認証米相当)を50% 向上価格で、240kg販売、無農薬無化学肥料米 (プレミアム米相当)を100%向上価格で270kg販 売	○:販売促進できたが、 販売数量がまだまだ 少ない
5.人材育成	スマート農業により就農希望の 高校生を25%増加	・スマート農業の授業により、就農希望の生徒が 75%増加	○:小中高生向けの一 貫した教育プログラ ムが必要
6.シェアリングビジネ スモデル	①シェアリング面積を畦畔1.4ha、 水田面積換算で6.6ha以上で実証 ①「シェアリングの仕組み」を新たに 構築	・シェアリング面積を畦畔3.8ha、水田面積換算で 40.2ha実証 ・利用者アンケートでラジコン草刈機を82%が利用 希望、料金価格帯は1,000~4,000円/時間。	◎:シェアリングビジネス モデルのマニュアルを 作成
産地形成(事業終了 後3年以内)	③産地の経営面積10%増加、 売上げ額5%増加、利益5%増加	・シェアリングによる余剰労力で地域の水田作付 面積を17ha→18.7ha(10%up)に増加して、 売上げ11%向上、利益11%向上できると試算	

(実証項目別成果1) 棚田の畦畔草刈機の実証

取組概要

- 棚田における畦畔草刈作業に先端的草刈機を導入し、作業時間を削減する。
(使用機器) ハイブリッドラジコン草刈機 アテックス 神刈RJ700(図1)
ハスクバーナ 親子式草刈機 KHM400W(図2)
(実証面積) 慣行区:0.56ha、実証区:0.56ha



図1:ラジコン草刈機



図2:親子式草刈機

実証結果

- ラジコン草刈機では慣行区に対して43.5~65.5%の作業時間が削減され、実証区全体では51.9%の時間削減(図3)。
- ドローン空撮と3D測量で得られた斜度および面積などの情報から、畦畔に応じた草刈り機種種を選択する「最適作業マップ」を作成。(図4・5)

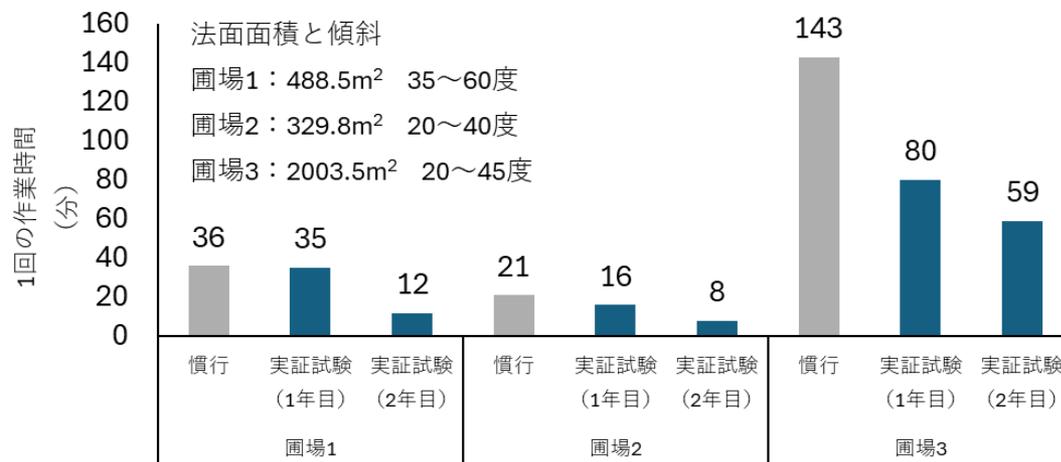


図3:実証圃場における畦畔草刈作業時間

(実証項目別成果1) 棚田の畦畔草刈機の実証

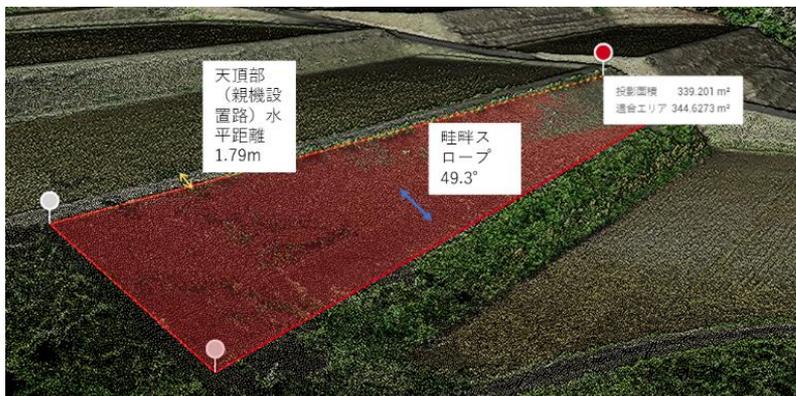
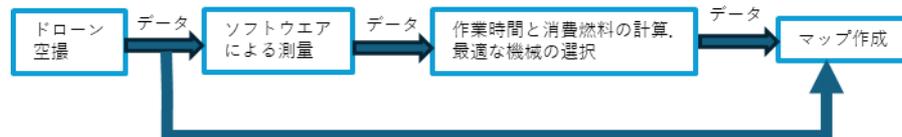
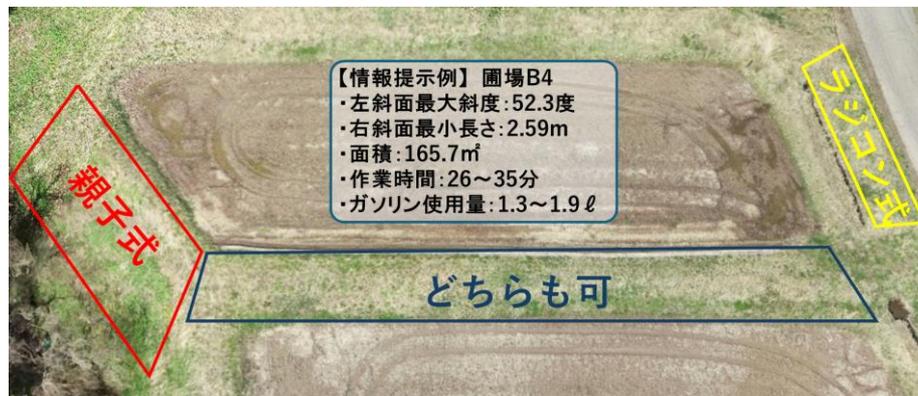


図4: 空撮データにより作成した「最適作業マップ」

表1: 3D測量データの例

4	畦畔呼称(pptと統一)	B4正面	B4左	B4右
5	平均斜度[deg]	23.61667	33.611	32.2
6	最大斜度[deg]	28.1	52.3	42.4
7	斜面方向長さ[m]	5.1	7.12~10.55	2.59
8	最小斜面長さ[m]	5.1	7.12	2.59
9	最大斜面長さ[m]	5.1	10.55	2.59
10	横幅[m]	33.21	14.75	8.45
11	縦横比	6.5	#VALUE!	3.3
12	目安長方形面積[m^2]	169.4	#VALUE!	21.9
13	面積[m^2]	165.7	110.2	19.7
14	面積小計[m^2]			295.6
15	天端平均幅[m]	1.024	0.96	道路
16	天端最小幅[m]	0.96	0.85	道路
17	アプローチ			
18	備考		天端下に水路あり	法面下に水路あり



空撮データベース(傾斜角など)適切な機械を選択し、かつ面積から作業時間及び消費ガソリンを予測

図5: 「最適作業マップ」の情報提示例

残された課題と対応

- ドローン空撮にはノウハウが必要。また、急斜面での草刈機の操作には習熟が必要。
- 技術の横展開を図るため、「ドローン空撮と草刈り機の適性を考慮した草刈り機の最適利用計画」を作成(図6)。

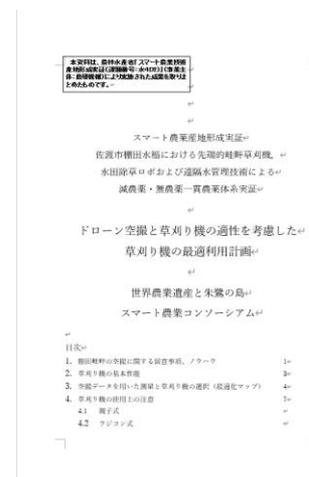


図6: 作成した「ドローン空撮と草刈り機の適性を考慮した草刈り機の最適利用計画」

(実証項目別成果2) スマート農業技術による環境保全・省力化・収量維持のための水田除草ロボ導入による無農薬無化学肥料栽培実証

取組概要

- 水田除草・抑草ロボットにより作業を行い、作業時間を抑制しながら無農薬・無化学肥料栽培を行う。

(使用機器)

水田除草ロボット(農研機構開発中機体、図7)
井関農機自動抑草ロボット「アイガモロボ」IGAM(図8)



図7: 水田除草ロボット



図8: アイガモロボ

(実証面積)

- (図9) 慣行区(農薬・化学肥料50%減、除草剤散布): 0.18ha
実証区(農薬・化学肥料80%減、水田除草ロボット): 0.16ha

- (図10) 慣行区(無農薬無化学肥料、乗用除草機): 1.4ha
実証区(無農薬無化学肥料、アイガモロボ): 0.2ha

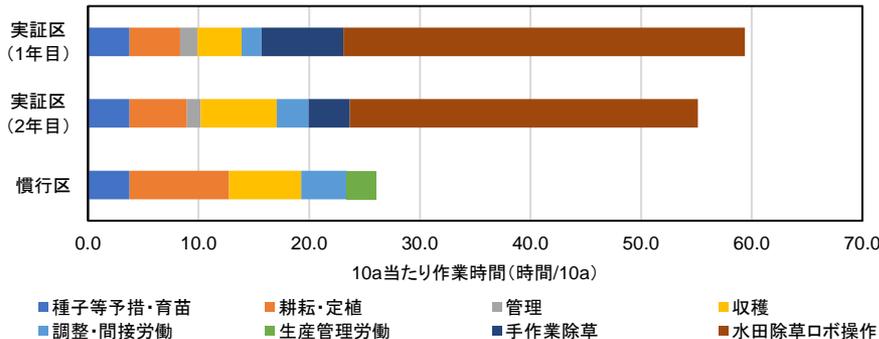


図9: 水田除草ロボットを用いた栽培作業時間

実証結果

- 水田除草ロボットは35.2時間/10aを要し、軟弱な土壌にクローラが対応できず、スタックした。走行性が改善されて無人運転が実現されると4.7時間/10aまで削減できる見込み(図9)。
- アイガモロボは圃場の不陸に座礁して、この対応に8.3時間/10aを要したため慣行区よりも作業時間が増大した。圃場の均平性と十分な水深が確保され、座礁対応が発生しなければ1.4時間/10aであり、慣行区4.2時間に比べて67%の削減が見込まれる(図10)。
- 実証区の収量は慣行区に比べて、1年目は21%減、2年目は39%減であった。

残された課題と対応

- アイガモロボは座礁対応に時間を要しているため、浅瀬を避ける等の制御が必要と考えられる。

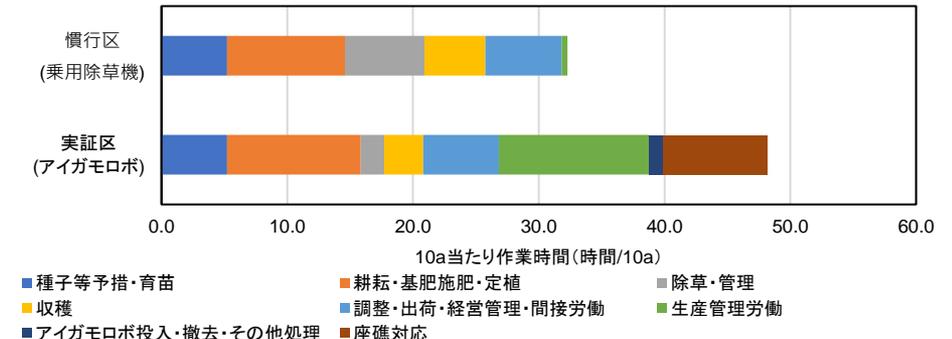


図10: アイガモロボを用いた栽培作業時間

(実証項目別成果3) 棚田の高度水管理による多収化・省力化の実証

取組概要

○多収化

夜間でも自動で水管理が可能となる自動給水栓の機能を活かし、圃場と用水の水温が近いタイミングで入水を実施し、稲への負担を減らし多収化への促進を促す。

○省力化

自動給水装置と遠隔監視ICTセンサーを導入し、給水と圃場水見回りの作業省力化を実現する。

(使用機器)

- ①給水自動化・・・自動給水装置「田門」×9式
- ②水見回り・・・遠隔監視ICTセンサー「MIHARAS」×12式
(実証面積) ①給水自動化・・・対象面積合計:70a
②水見回り・・・対象面積合計:1364a

●目標

- ・多収化:10%増収
- ・省力化:60%削減(自動給水化)、40%削減(水見回り)

実証結果

○多収化

出穂期から登熟期間においては極めて少雨の条件であったため用水量が少なく、自動水管理の効果が得られなかったことから、草丈および茎数、収量ともに実証区と慣行区で顕著な差はなかった。

○省力化

「田門」(給水自動化)、「MIHARAS」(水見回り)の利用により(図11)、給水では平均31.7%、農繁期で最大58.4%、水見回りで平均40.4%、農繁期で最大87.5%の時間削減効果が得られた(表2)。

表2:自動給水装置の使用による省力化効果

水管理技術	5月	6月	7月	8月	平均
給水自動化による時間削減率(%) (上段:平均、中段:最大) 下段:給水見回り時間(分)	29.9 38.7 13.1	24.7 58.4 17.6	44.6 49.1 17.1	27.7 53.6 17.3	31.7 50.0 16.3
遠隔監視による水見回り時間削減率(%) (上段:平均、中段:最大) 下段:水見回り時間(分)	43.9 86.2 12.4	52.2 87.5 11.1	50.2 82.5 11.6	15.2 60.0 11.4	31.7 50.0 11.6

残された課題と対応

○設置場所によっては小動物がセンサーケーブルを切断するトラブルがあり、塩化ビニル等で被覆する対策が必要である。

○MIHARASの画面が見にくいとの声があったので、UIを改良していく必要がある。



自動給水装置「田門」 ICTセンサー「MIHARAS」子機 ICTセンサー「MIHARAS」親機

図11:自動給水装置「田門」・遠隔監視ICTセンサー「MIHARAS」

(実証項目別成果4) 高付加価値化に伴う経済効果向上の検証

取組概要

○ 高付加価値化に向けて以下の取り組みを実施。

1) 販売企画

・アイガモロボやラジコン草刈機の導入により、減農薬栽培米面積を拡大し、その販路を拡大する可能性を検証した。販路として、直販(法人)、直販(個人)の2区分設定し、販売先、単価、数量を想定し企画した。

2) 販売方法

・法人から注文受付。
・直販(オンライン)は今後検討。

3) 事業終了後の取り組みへのフィードバック

・R6以降の継続的拡大を目指し、販売企画を検討

● 達成目標: 買取価格を現行から50%向上して販売

実証結果

【実証1年目】(表3)

○ 農薬50%減化学肥料50%減米(認証米相当)を販売(収穫量全体の約2.5%)。

○ 農薬80%減米(プレミアム米相当)を販売(収穫量の全量)。

【実証2年目】(表4)

○ 農薬50%減化学肥料50%減米(認証米相当)を50%向上価格で、240kg販売(収穫量全体の約0.4%)。

○ 無農薬無化学肥料米(プレミアム米相当)を100%向上価格で270kg販売(収穫量の全量)。

残された課題と対応

○ 無農薬無化学肥料米の省力的で安定した生産。

表3: 実績(令和4年度)

販路区分	商品種別	販売先	数量	備考
直販(法人)	農薬50%減化学肥料50%減(認証米相当)	H社(おかゆの原料)	1140kg	注文済
	農薬50%減化学肥料50%減(認証米相当)	N社	90kg	注文済
	農薬80%減(プレミアム米相当)	N社	30kg	注文済
	農薬80%減(プレミアム米相当)	A社	270kg	注文済
直販(個人)	農薬80%減(プレミアム米相当)	個人	60kg	注文済

表4: 実績(令和5年度)

販路区分	商品種別	販売先	数量	備考
直販(法人)	農薬50%減化学肥料50%減(認証米相当)	N社	240kg	昨年度購入のあった、H社については、前年度の在庫が残っており、在庫分を使用後、注文の見込み
	農薬80%減(プレミアム米相当)	—	0kg	今年度は栽培していない
	無農薬無化学肥料(プレミアム米相当)	N社、A社	270kg	注文済、全数販売済

(実証項目別成果5) 環境保全型農業に取り組む人材育成の検証

取組概要

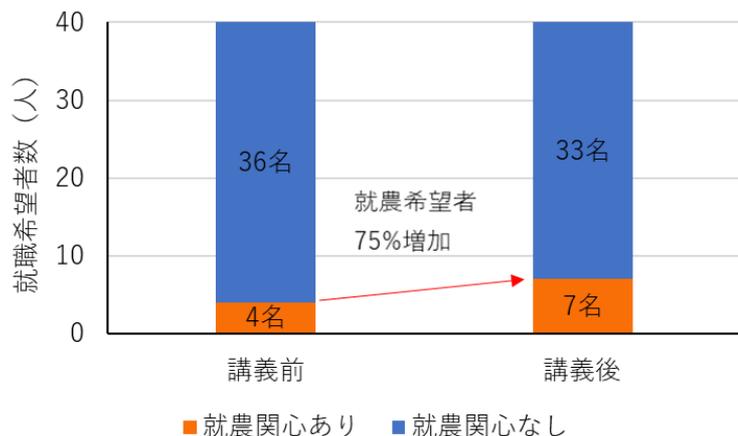
- スマート農業に関する人材育成を実施。
 - 1) 人材育成の対象
 - ・高校生(40名)
 - ・小中学生
 - 2) 人材育成の内容
 - ・スマート農業(事業紹介、親子式草刈機見学など)
 - ・農業政策(佐渡市など)
 - 3) 人材育成の効果測定
 - ・受講前後にワークシートを配布回収
 - ・スマート農業の認知度、就農意向等の変化等

実証結果

- 授業前後に生徒へのアンケートを行い、授業前には「就農関心ありが4名のところ、授業実施後では7名に増加し、就農希望者が75%増加(図12)。

残された課題と対応

- 1事例の調査であるものの、人材確保に向けて農業教育プログラムが一定の効果を見込めるものと考えられる。高校生だけではなく、小中学生も含めて、体系的なスマート農業教育プログラムの確立、講師役の育成、実施校の拡大が必要。



講義前就農希望者 4名
講義後就農希望者 7名
(75%増加)

図12:スマート農業授業による高校生の関心程度の変化

取組概要

- ラジコン草刈機と親子式草刈機のシェアリングを実施
- シェアリング促進のため、草刈機体験会、ご利用案内チラシ作成・配布を実施(図13、14)
- 利用者に対するアンケートを実施。

(使用機器) ラジコン草刈機(RJ703)

親子式草刈機(KHM400W)

(実証面積) 23.4 ha



図13:草刈機体験会

実証結果

- 草刈機の作業効率(a/h)と作業時間により草刈機シェアリング運用実績(面積)を算出。ラジコン草刈機で30.6ha、親子式草刈機で9.6haのシェアリング運用実績を得られ、延べ面積40.2haで運用を実施(いずれも水田面積換算、表5)。
- 運用時の意見を取りまとめ、集落間でのシェアリング運用に関するノウハウを蓄積し「シェアリング運用マニュアル」を作成(図15)。
- 草刈機利用者に対するアンケートにより、今後のシェアリングによる草刈機利用意向、利用料金に関する支払意思額を把握することができた(図16)。

残された課題と対応

- 草刈機利用に関するサポート人材の育成。
- 草刈機落下・故障時における責任所在の明確化、緊急対応方法、修理料金負担方法等の整理。

表5:草刈機シェアリング運用実績(延べ面積)

※水田面積換算 2023年5月～9月1日

草刈機	合計	丸山営農組合	法人かわも
ラジコン草刈機	30.6 ha	20.8 ha	9.8 ha
親子式草刈機	9.6 ha	5.2 ha	4.5 ha
合計	40.2 ha	25.9 ha	14.3 ha

(実証項目別成果6) シェアリングによるビジネス化可能性検証・地域展開検証

ラジコン草刈機・親子式草刈機貸出のご案内 スマート農業産地形成事業（農研機構）



農事組合法人丸山菅農組合の
ラジコン草刈機・親子式草刈機を利用できます。



ラジコン草刈機
許容傾斜角度：前後25度 左右45度
目安作業効率：11.4 a/時

親子式草刈機
許容傾斜角度：20度～60度*
（50度～55度まで 16 以上稼働）
目安作業効率：4.9 a/時

ラジコン式草刈機・親子式草刈機で、
効率的な草刈作業を体感してみませんか。

- 貸出料金：無料（令和5年度期間中）
- 草刈機の運搬：お申込者が以下倉庫まで往復運搬
※丸山菅農組合倉庫：佐渡市丸山184番地5

お問合せ・お申込はこちら
ご利用日の1週間前までにご連絡をお願いします。

<丸山菅農組合草刈機貸出事務局>
Tel：03-5213-4198 NTTデータ経営研究所 前島
Mail：sado-agri@nttdata-strategy.com

ラジコン草刈機・親子式草刈機 ご利用にあたっての留意事項

- お申込み
 - ① 以下電話番号もしくはメールアドレスよりお申込下さい。
<丸山菅農組合草刈機貸出事務局>
Tel：03-5213-4198 NTTデータ経営研究所 前島
Mail：sado-agri@nttdata-strategy.com
 - ② お申込の際は、以下をお伝えください。
●お名前・ご所属
●ご利用する草刈機：ラジコン草刈機/親子式草刈機
●ご利用日時
●親子式草刈機の説明書有無※1
※1親子式草刈機を初めてご利用される方は、説明書の受領が必須です。説明書の目録調整が必要となるため、ご希望する日時でご利用できない可能性があります。予めご了承ください。
 - ③ お申込をキャンセルされる場合、事務局にご連絡下さい。
- ご利用
 - ① 草刈機の運搬はお申込者※2をお願いいたします。ご利用日時に丸山菅農組合倉庫（佐渡市丸山184番地5）まで以下運搬車でお越しください。
●ラジコン草刈機：トラック（軽トラック不可）
●親子式草刈機：軽トラックでも可
※2諸事情によりお申込者で運搬できない場合は、代理の方の氏名・連絡先を、事務局にご連絡ください。
 - ② ご利用前に所定の草刈機利用簿に記載をお願いいたします。
 - ③ 草刈機は燃料を満タンにしてご返却ください。
 - ④ 操作で不明な点があれば丸山菅農組合にお問合せください。
 - ⑤ 草刈機の返却はお申込者※2で、丸山菅農組合倉庫まで運搬をお願いいたします。
※2諸事情によりお申込者で運搬できない場合は、代理の方の氏名・連絡先を、事務局にご連絡ください。
 - ⑥ 返却時に所定の草刈機利用簿に記載をお願いいたします。
 - ⑦ 草刈機の利用者について、お申込者本人のご利用が原則となりますが、近隣の複数の方でご利用されない場合、お申込の際に、その旨ご連絡ください。利用される方のお名前・連絡先をお願いいたします。また、利用される方それぞれについて、返却時に所定の草刈機利用簿に記載して頂きますので、お申込者で以下データをお控え頂ければと思います。
●ラジコン草刈機：アワーメーターの値（開始時/終了時）
●親子式草刈機：開始時間、終了時間、実作業時間
- 故障・事故時等の対応
 - ① 草刈機の故障を発見、又は故障を起こした際は、直ちに事務局にご連絡をお願いいたします。
 - ② 草刈機の故障・事故後の対応は丸山菅農組合にて行います。（令和5年度期間中）
 - ③ 草刈機使用中の事故について、丸山菅農組合、及び事務局は一切の責任を負いません。予めご了承ください。

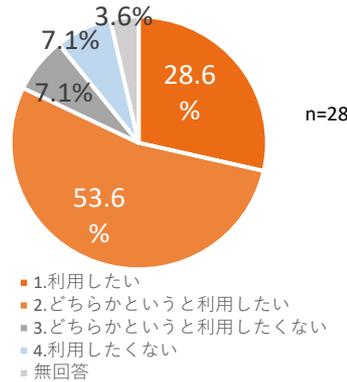
以上

図14:ご利用案内チラシ

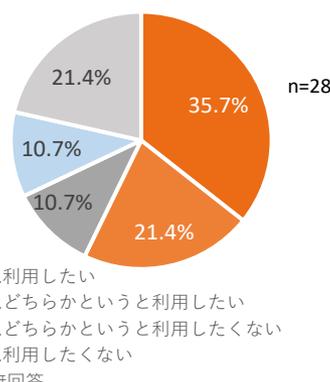


図15:シェアリング運用マニュアル

<ラジコン草刈機の利用意向>



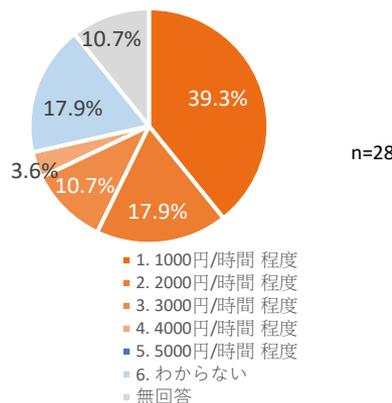
<親子式草刈機の利用意向>



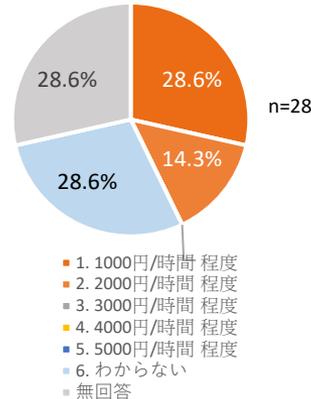
○ ラジコン草刈機、親子式草刈機で、それぞれ回答者の82.1%、57.1%が「利用したい」、「どちらかというとうり利用したい」と回答。

<利用したいと思う価格:機器貸出>

ラジコン草刈機



親子式草刈機



○ 利用したいと思う価格帯は

1000～4000円/時間

図16:利用者アンケート

(終了時成果(全体)) 実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

技術的な課題

今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1 除草	水田除草ロボ	スタックが頻発したため、実際には自動運転が機能せず、作動中は作業者が常時監視する必要があり作業時間の増大を招いた。現状の走行方法(クローラー)が水田に適応していない可能性がある。
2 除草	アイガモロボ	棚田という本来想定されていない条件であり、さらに細長い形状であり両端での水位差が生じやすい圃場であったため座礁が頻発し、救助に時間を要した。平地の正方形の圃場で使用することで効果が得られると考えられる。また、座礁箇所を学習し避けて航行する機能があれば、実証圃場であっても効果が得られる可能性がある。
3 水管理	遠隔水見回り	MIHARASの画面が見にくいとの声があったので、UI(ユーザーインターフェース)を今後改良していく必要がある。

○問い合わせ先

実証全体について

新潟大学 社会連携推進機構 高島 徹 (Email : takashima@ccr.niigata-u.ac.jp)

Tel. 025-262-6755

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（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/>