日本中央競馬会
特別振興資金助成事業

ドローンを活用した
ライグラス類播種・栽培技術

令和6年3月

一般社団法人　日本草地畜産種子協会

はじめに

都府県では公共牧場の牧草地が全牧草地面積の約1/3を占めるなど重要な自給飼料基盤となっていますが、傾斜が急な土地や石礫の多い土地などでは通常の作業機による作業が困難であることなどから植生悪化が進んでおり、利用率低下等の要因となっています。

また、西南暖地を中心に水田裏にイタリアンライグラスを栽培することが広く行われていますが、特に水稲立毛中にイタリアンライグラスを播種できれば十分な生育期間が確保でき、単収向上が可能であると見込まれます。

このため当協会ではJRAの支援を受け、令和３年度から３年間にわたり、近年急速に普及してきたドローンを用いて公共牧場の急傾斜地等へのペレニアルライグラス種子の追播による植生改善や水稲立毛中の水田へのイタリアンライグラス種子の播種による単収向上を省力的・低コストで実現する技術を実証するための「ドローン活用飼料増産技術実証・普及事業」を実施し、その結果をこのパンフレットにまとめました。本パンフレットが自給飼料生産に携わっておられる皆様のお役に立つことを願っております。

1　ドローンによるライグラス類播種

（1）ドローン利用のメリット

ドローンを利用することで、従来の作業機では作業できない急傾斜地・石礫の多い土地等への追播、水稲立毛中の播種などが行えます。また、短時間での作業が可能となり、省力化やコスト低減につながることが期待できます。

（2）ドローン利用の留意点

①　法令等の遵守

農業用のドローンを用いて種子等を散布することは「物件の投下」に該当します。このため、航空法に基づき国土交通大臣による飛行の許可を得る必要があります。

この他、機体登録など、ドローンを活用した播種には各種条件や手続きが必要ですので、最新の規制を下記の国土交通省ホームページ等で確認願います。

https://www.mlit.go.jp/koku/koku_tk10_000003.html

②　安全への配慮

ドローン作業にあたっては、人や周辺建物など、さまざまな安全への対応が求められていますので、必ず遵守してください。

- ドローンを飛行させる場合は、十分な基礎知識・操縦スキルを身に付けるとともに機体の点検・整備を行うことが必須であり、このための講習の受講が必須です。
- 安全確認等のために、オペレータ以外に補助者を配置してください。
- 作業者は保護帽等を着用してください。

- 公共牧場など山間部では天候が変わりやすいことから、事前の天気予報をよく確認し、補助者を含め当日の天候の変化に十分注意を払うようにしてください。特に雷はドローンの誤動作に繋がり危険ですので十分な注意が必要です。
- 傾斜地や不陸地からの離着陸は、着陸時のドローン転倒などの事故につながるので、平坦地からの離着陸や、板等を活用したヘリポートの設置など安全に離着陸できるように注意します。

２ ドローンの選択

ライグラス類の播種に用いるドローンの選択に際しては、価格や維持コストに加えて以下の要件について考慮してください。

（１）播種能力

①　散布装置

散布装置が目的とする種子の散布に適しているか、実際の種子を用いた吐出試験などにより確認することが望ましいです。なお、表１の機種についてはライグラス類の種子が散布ができることを確認しています（2024年３月現在）。

表1　ライグラス類種子の散布が可能なドローンの例

製造会社	機種（ホッパー容量）
DJI社	AGRAST10（10ℓ）、MGT-ISA（10ℓ）、MGT20（20ℓ）、AGRAST30（40ℓ）
（株）Drone Work System	AGR16B（16ℓ）、AGR24B（22ℓ）
Eavision社	EA-30XP（30ℓ）

②　積載可能量、飛行可能時間

一度に積載できる種子の量や一回のバッテリー交換で飛行可能な時間は作業効率を左右します。

なお、ライグラス類種子の容積重（１リットル当たりの重量）は概ね0.4kg /リットルですので、ホッパーの容積（リットル）に0.4を掛けることで概ねの種子の積載可能量（kg）を知ることができます。

（２）性能

①　自動航行

ドローンの自動航行には、離陸後、指定した範囲内を自動で航行し播種する完全自動航行方式を持つものから、長方形のほ場の一辺の両端の位置を記憶させ、そこから一定間隔で往復飛行しながら播種する方式まで、機種により様々なレベルがあります。

②　障害物回避、地形追従

機種により、障害物を回避する性能にも差があります。また、機種によっては地形追従機能（地表からの高度を一定に保つ機能）等を持つものもあります。

③　環境耐性

公共牧場などが多く分布する山間部等では、霧の発生や天候急変の可能性が高いため、不測の事態に備え、モーター部の耐水性や強風等に強い機種を選定することも考慮します（あくまでも非常事態時のリスク対策であり、悪天候時には作業を行わないことが前提です。）。

各ドローンの性能について十分確認のうえ、想定される使用場面（傾斜の有無や程度、障害物の多少、気象条件）に応じて必要な機能を持つ機種を選択してください。

３　播種の手順

（１）ドローン（散布装置）の設定

①　吐出試験により散布装置から一定時間に吐出される種子の量を確認します。

②　より詳細な散布状況の確認が必要な場合は、散布試験を行います。散布試験は、容器を並べた上を飛行させて種子を散布し、容器内に落下した種子の量を測ることで、散布状況を確認します（図１）。

③　①及び②の結果から、期待する播種量となるようにパラメータ（飛行速度、シャッター開度、播種幅（飛行の折り返しの幅）等）を設定します。

（２）播種範囲の確認

種子を散布する範囲が分かるよう、必要に応じて目印用にコーン等を配置します。

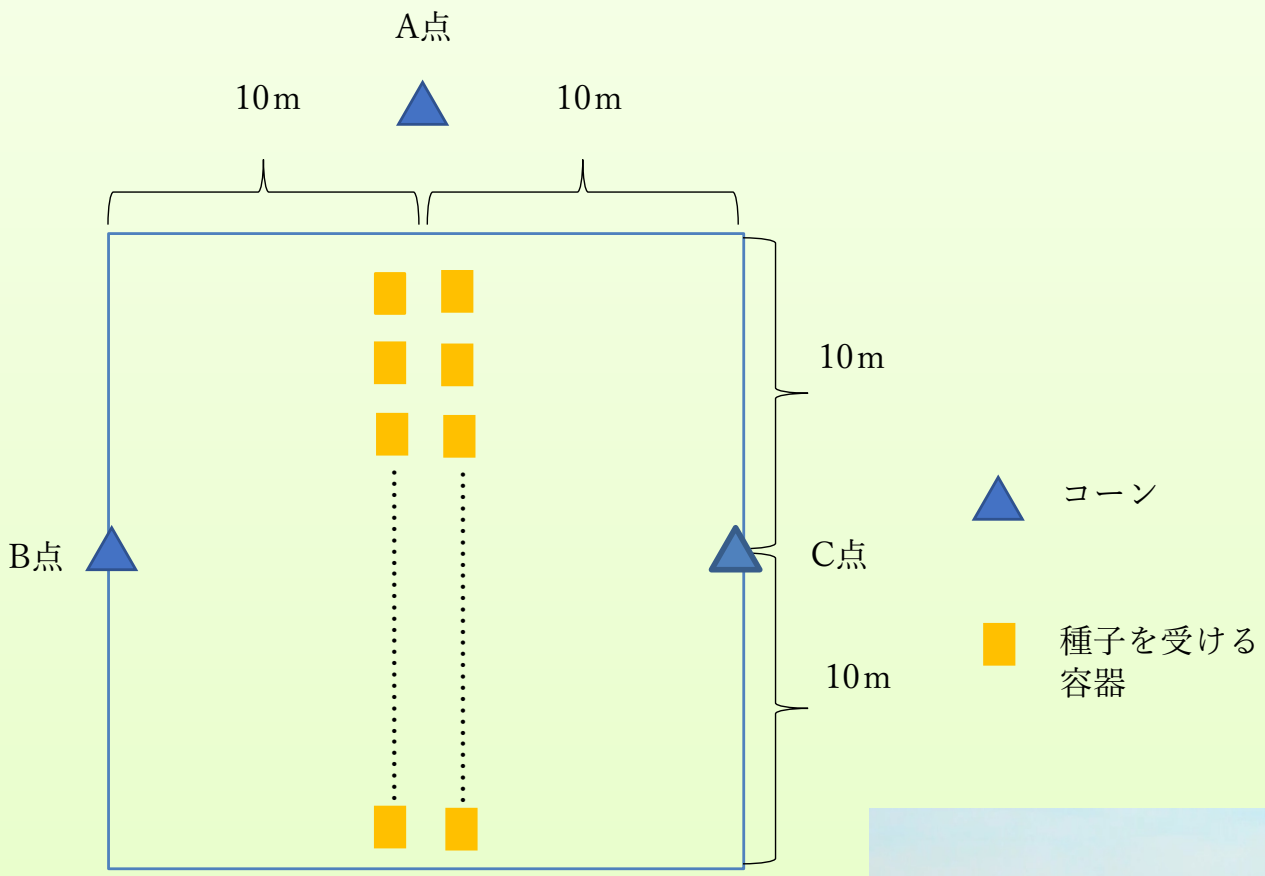
（３）機材搬入

飛行経路、地形などを考慮して離着陸地を決め、機材や種子等を離着陸地点まで搬入します。操縦者と十分な距離を確保でき、かつ機体が安定する平坦な場所を離着陸地とします。

（４）ヘリポート設置

傾斜地や不陸地で平坦な場所がない場合は、板などを水平に設置して、離着陸用のヘリポートとするとよいです。また、放牧地など、草が伸びている場所での離着陸はプロペラやインペラ（散布機構）に草が巻き込まれ、故障や事故の原因となる可能性があります。このような事故を防ぐうえでもヘリポートの設置は有効です。

コンパネを用いたヘリポートの設置例



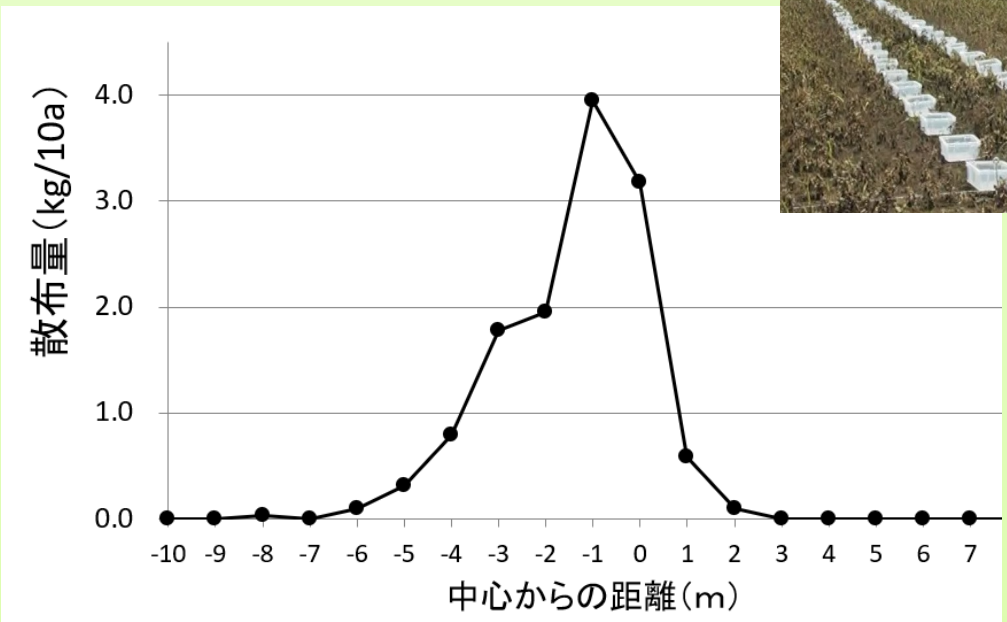


図1　ドローンによる種子の散布試験の例
　ドローンをB点からC点まで飛行させ、散布させた種子を容器で受け、各容器内の種子の重量を計測して分布を確認します。

（５）播種

ドローンの機能に応じて、自動又は手動操縦により播種します。なお、種子の吐出量を少なく設定して重ね播きとしたり、枕地や障害物の周辺部分を手動で追加播種することで、より均一な播種とすることが可能です。

４ ドローンを用いたライグラス播種の実際

（１）ペレニアルライグラス播種

栃木県下の２箇所の公共牧場（栃木県日光市・大笹牧場及び栃木県那須町・那須共同利用模範牧場）のご協力を得て、３年間に亘りドローンによる放牧地へのペレニアルライグラス播種試験を行いました。

放牧地へのペレニアルライグラス播種に用いたドローンの機種、各種パラメータの設定及び作業に要した時間等は表２のとおりであり、ホッパー容量20ℓ前後のクラスの機体であれば10a当たり９分程度で播種が可能でした。

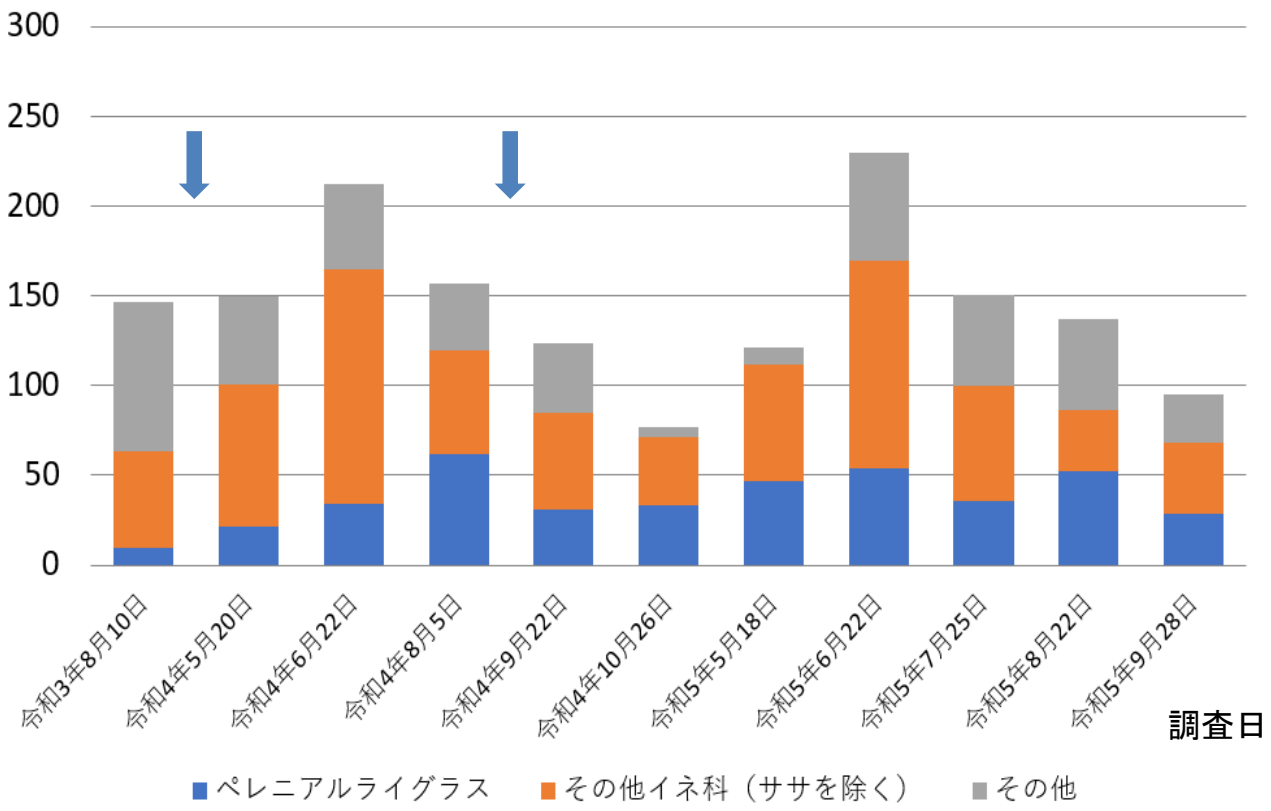
表2 ドローンによる放牧地でのペレニアルライグラス播種の概要

機種	ホッパー容量（積載可能量）	散布幅	飛行速度	飛行高度	吐出量	播種量	実作業時間（注）
AGR24B	22ℓ	3m	3m/秒	3m以上	2～3 kg/分	4.9～5.8 kg/10a	8.3～8.8分/10a
AGR16B	16ℓ						8.8～12.6分/10a
EA-30XP	30ℓ	4m	3m/秒	3m	自動	5.6kg/10a	4.0分/10a

注）飛行開始から最終回の飛行終了までの時間であり、バッテリー交換及び種子の補給時間を含む。

ペレニアルライグラス種子を不耕起の放牧地に散布した場合、定着率（散布した種子のうち芽生えとして生存していたものの割合）は平均で4％程度と、後述するイタリアンライグラスの水稲立毛中播種での値よりも低いです。しかし、この程度の定着率であっても５kg/10a程度の種子を散布することで50個体/㎡程度が確保でき、適正な放牧管理を行うことでペレニアルライグラスの割合を高めることができました（図２）。なお、放牧地に牛を入れ、前植生（牧草など）を短くなるまでよく食べさせ、さらに播種後の種子を踏みつけさせると、種子が土壌と密着し出芽がよくなり、定着率を高められます。

ペレニアルライグラスが
定着した牧草地（大笹牧場）



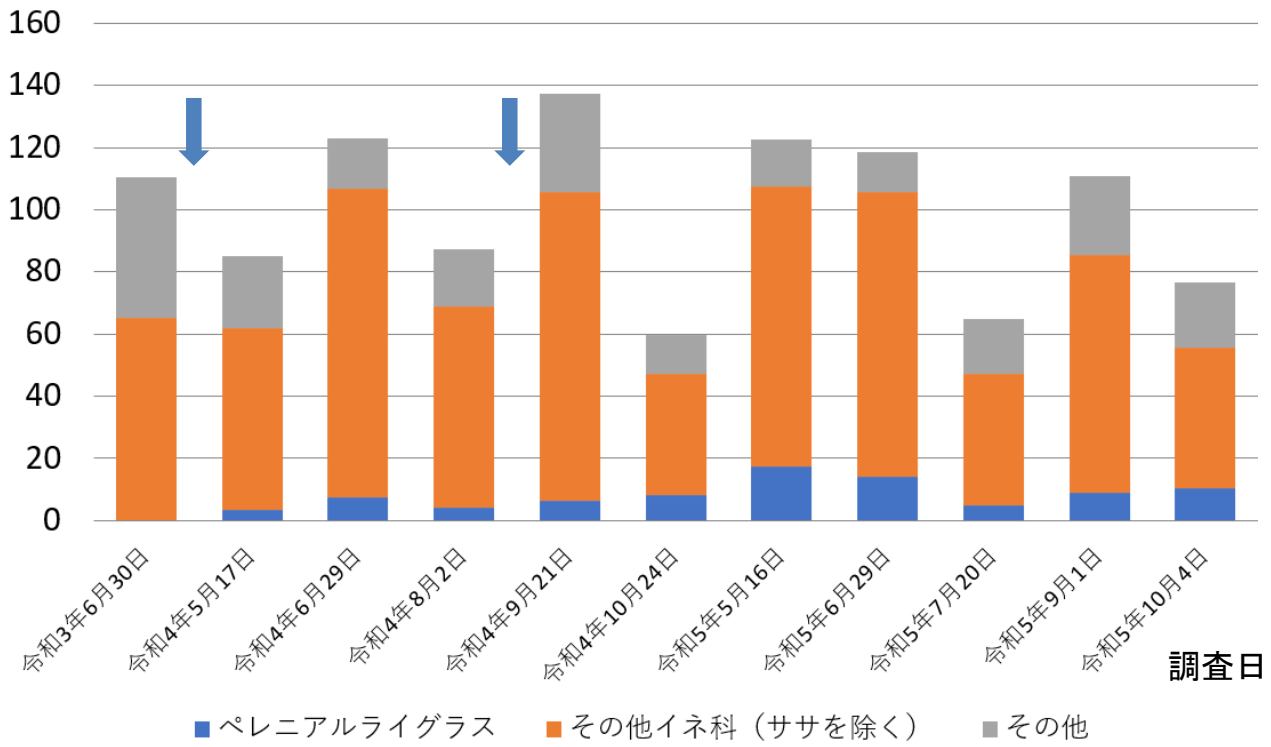


図2　放牧地での地上部乾物重（kg/10a）の推移
（上：大笹牧場、下：那須共同利用模範牧場）

矢印の時点で、ドローンによる種子の散布を行った

（２）イタリアンライグラス播種

茨城県稲敷市、熊本県玉名市及び鹿児島県肝付町の３箇所で、３年間にわたりドローンによる水稲立毛中水田へのイタリアンライグラス播種試験を行いました。

ドローンのホッパー容量と作業時間の関係を比較した場合、容量の大きいホッパーを搭載しているほど作業時間は短くなる傾向にあり、ホッパー容量20ℓ前後のクラスの機体であれば10a当たり７分程度で播種が可能でした（表３及び図３参照）。

表３　ドローンによるイタリアンライグラスの水稲立毛間播種概要

機種	ホッパー容量	散布幅	飛行速度	飛行高度	吐出量	播種量	作業に要した時間
AGRAST30	40ℓ	4m	3.3m/秒	3m	1.5 kg/分	4.0～4.2kg/10a	3.7～6.6分/10a
AGR24B	22ℓ	3m	5m/秒	3m	3.0 kg/分	6kg/10a	9.5分/10a
DJI-MGT20	20ℓ	4m	2.8～3.0m/秒	2m	2.0 kg/分	4.0～4.6kg/10a	5.1～7.9分/10a
AGR16B	16ℓ	3m	3.0m/秒	3m	2.4 kg/分	4.0kg/10a	4.1分/10a
AGRAST10	10ℓ	5m	3.6m/秒	2.5m	1.5 kg/分	4.0kg/10a	9.2分/10a
DJI-MGT-ISA	10ℓ	4m	4.0～6.6m/秒	2.5m	1.0 kg/分	3.8～4.5kg/10a	7.5～10.8分/10a

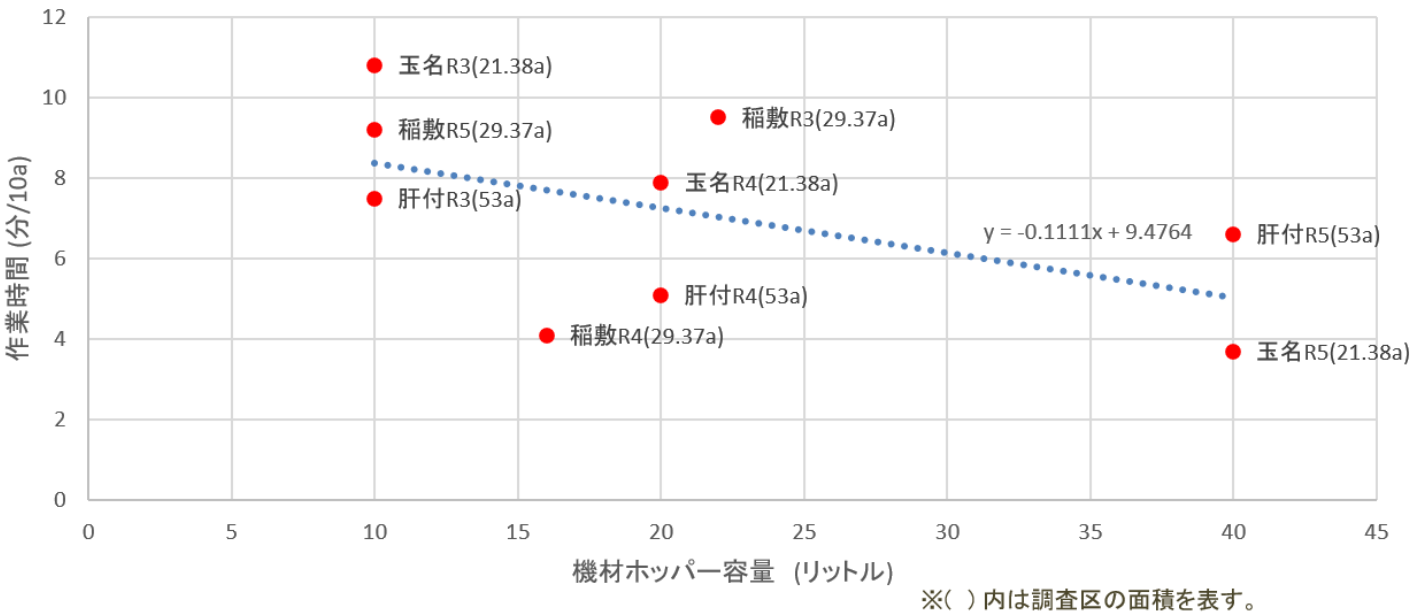


図３　散布機材のホッパー容量と10a当たり作業時間

イタリアンライグラスの定着率（散布した種子のうち芽生えとして生存していたものの割合）は、多くの場合、ドローンを用いて水稲収穫前に播種した区（ドローン区）よりも水稲収穫後に水田を耕起して播種した区（慣行区）の方が高い傾向を示しました（図４）。なお、鹿児島県肝付町の令和３年播種では慣行区がドローン区より定着率がかなり低い傾向を示しましたが、これは播種時期の前後にほとんど雨が降らず、特に慣行区の播種後は干ばつ気味となり発芽が妨げられたことが原因ではないかと考えられます。

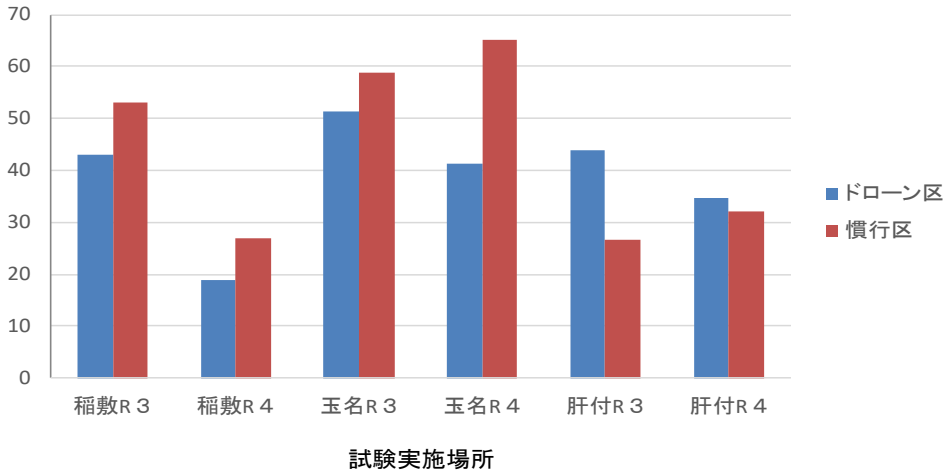


図4　イタリアンライグラスの定着率（%）

一方、越冬前の比較では、ドローン区の方が慣行区よりも生育が進んでいました。また、翌春のイタリアンライグラス一番草の収量では、稲敷での令和３年播種及び肝付での令和３年播種の例でドローン区が慣行区を大きく上回り、他の例では両者に大きな差はありませんでした（図５）。特に稲敷の令和３年播種の例では、ドローン区で定着率が慣行区を下回っていたものの、収量では大きく上回っており、定着率がある程度低くても生育期間中に挽回できることが示されました。これらの理由として、ドローン区の方が長い生育期間が確保できることが考えられます。

播種後約1か月のドローン区（左）と慣行区（右）の比較　（熊本県玉名市・令和4年播種）
ドローン区の方が慣行区よりも生育が進んでいる。

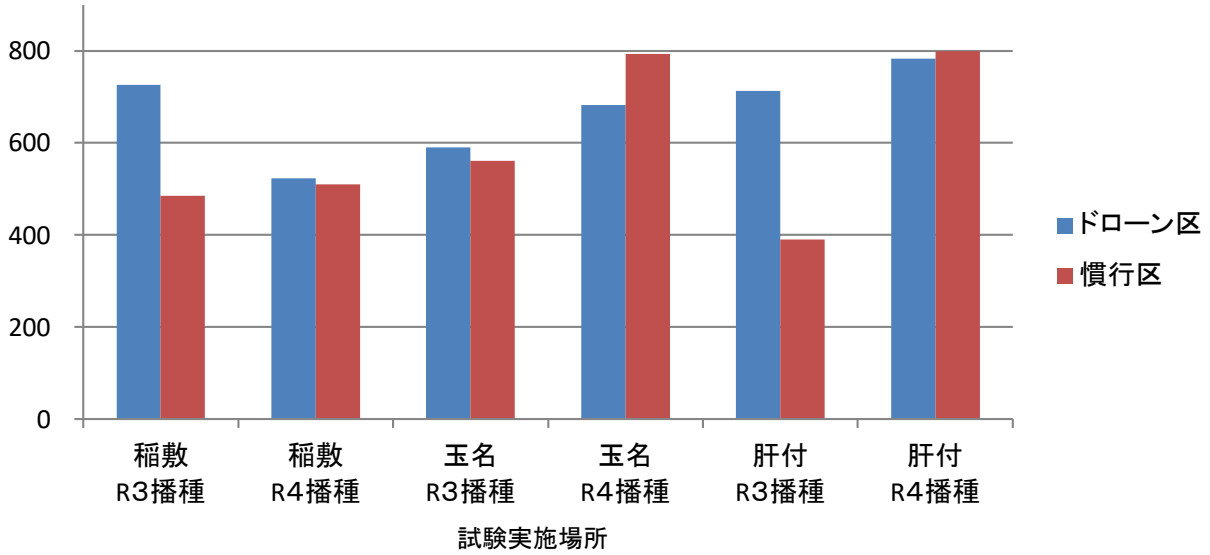


図5　イタリアンライグラス一番草の収量（kg/10a）

ドローンによる
イタリアンライグラス播種

（３）作業コストについて

ドローンの導入・維持に要する経費（固定費）を101万円/年と見込み、作業労賃及び充電用燃料代を加えて作業コスト（種子代を除く）を試算しました（表４）。時間当たりの作業コストは年間の総作業時間数[注]が増加すると低下し、年間の総作業時間が150時間となった時点で1万円/時を下回るようになりました。（図６）

注）総作業時間とは、作業者が様々なドローン作業に従事した時間の合計であり、ほ場内で実際に作業する時間（実作業時間）に移動や準備等に要する時間を加えたものをいいます。

表4　ドローンの導入･維持及び作業に要する経費（いずれも試算）

ドローンの導入・維持に要する経費（固定費）

導入経費	3,500	千円
機体等耐用年数	5	年
導入経費（年額）	700	千円/年
機体点検・整備	130	千円/年
保険料	180	千円/年
合　　計	1,010	千円/年

作業に要する経費

オペレータ及び補助者賃金	2,400	円/時
燃料費（バッテリー充電用）	500	円/時
合　　計	2,900	円/時

注１）導入経費には、機体本体及び付属品の購入並びに講習受講料を含む。
　２）ホッパー容量20リットルを想定

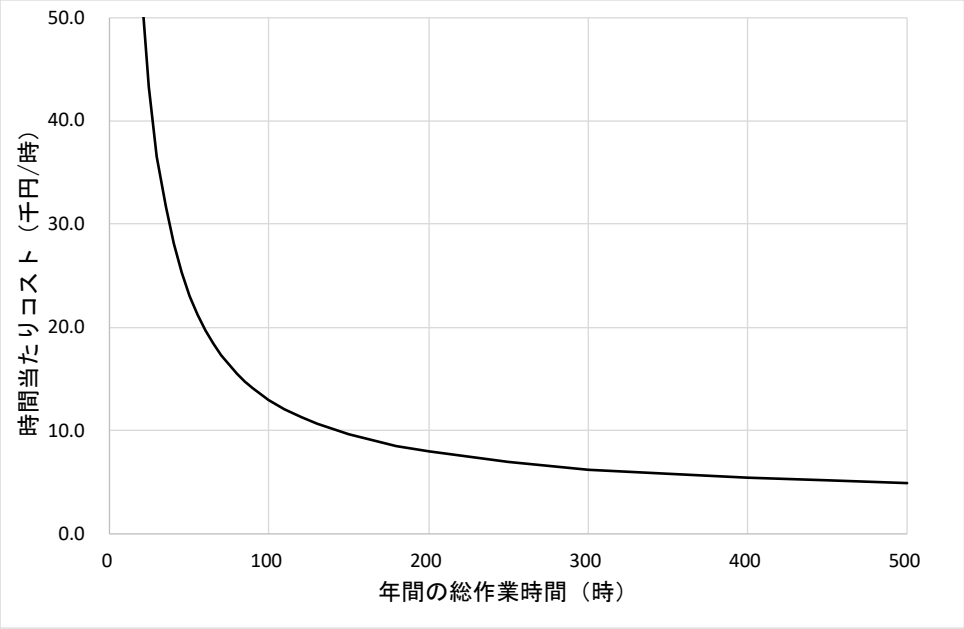


図6　年間の総作業時間と時間当たりコストの関係

ドローンにより播種を行える期間は限られており、播種作業のみで年間150時間も作業を行うことは難しいですので、経費を削減するには年間を通じて様々な用途にドローンを活用することで固定費の負担を抑えることが重要であるといえます。

ドローンによる播種に要する実作業時間は放牧地でのペレニアルライグラス播種で9.6分/10a、水田でのイタリアンライグラス播種で7.3分/10aでした。一方、慣行法による水田へのイタリアンライグラスの播種の実作業時間は75.4分/10aでした。これらの値から、総作業時間に占める実作業時間の割合（実作業率）をドローンでの播種は0.5、慣行法では0.7として面積当たり作業コストを算出した結果、表５のとおりとなりました。

水田へのイタリアンライグラス播種では、ドローンによる実作業時間は慣行法の概ね１割、作業コストは２分の１以下となり、ドローンにより作業時間及びコストが大幅に削減されることが分かりました。

表5　ドローン及び慣行法による播種の実作業時間及び面積当たり作業コスト

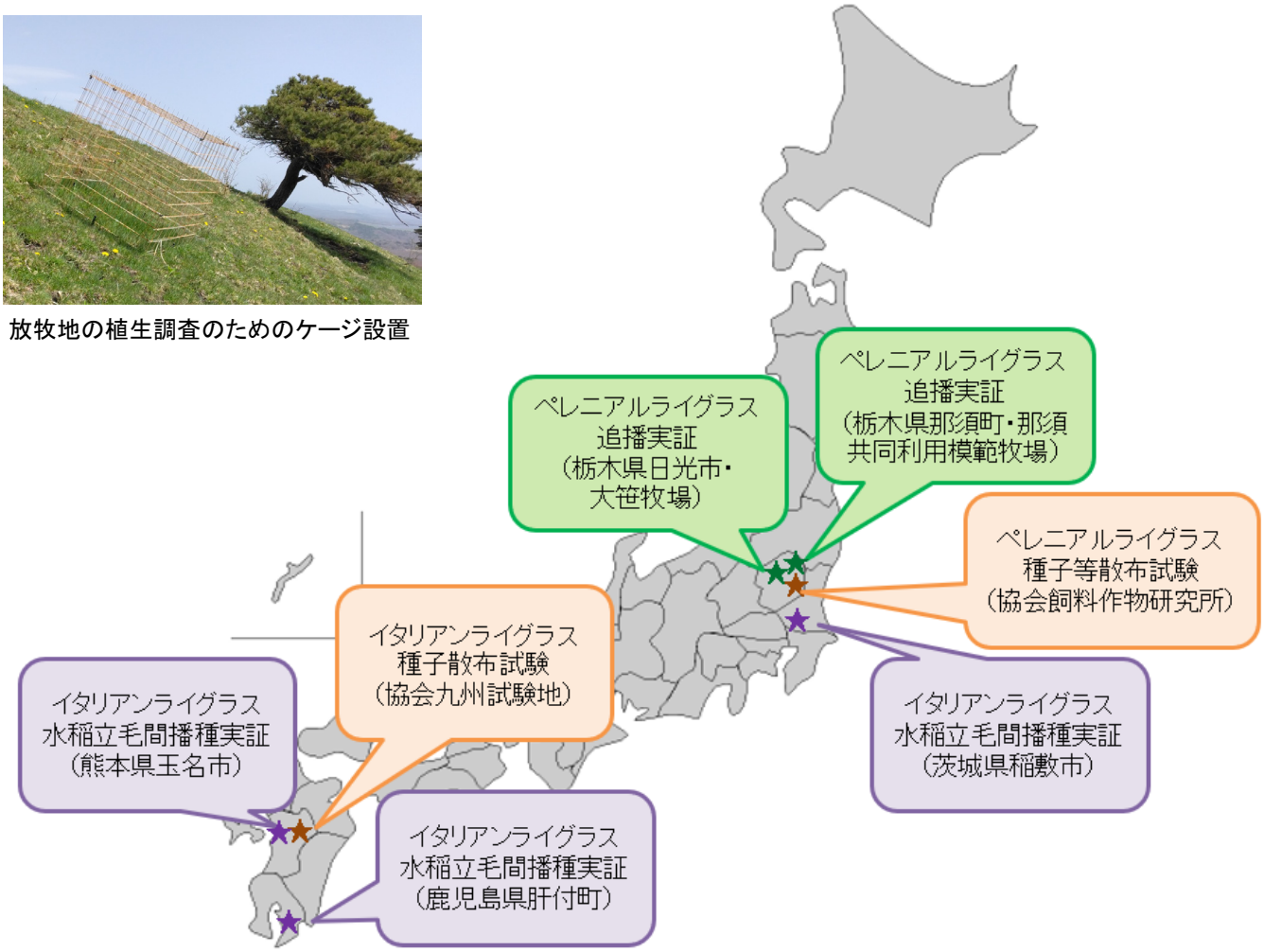
区　　分	ドローンによる年間総作業時間	実作業時間（分/10a）	面積当たり作業コスト（千円/10a）注1、２
放牧地へのペレニアルライグラス播種（ドローン）	150時間	9.6	3.1
	300時間		2.0
水田へのイタリアンライグラス播種（ドローン）	150時間	7.3	2.3
	300時間		1.5
水田へのイタリアンライグラス播種（慣行法）		75.4	4.6

注１）慣行法ではトラクターの年間総作業時間を750時間として試算した。

２）実作業時間が総作業時間に占める割合（実作業率）を、ドローン作業では0.5、慣行法では0.7と仮定した。

試験を実施した場所

放牧地の植生調査のためのケージ設置



ドローンによるライグラス類播種の様子について、以下から動画をご覧いただけます。

ドローン活用飼料増産技術実証・普及事業　動画URL

https://souchi.lin.gr.jp/feed_increase/2024_drone.php

発　　行：（一社）日本草地畜産種子協会
〒101-0035　東京都千代田区神田紺屋町8番地
NCO神田紺屋町ビル　4階
電話03-3251-6501　FAX03-3251-6507

編集協力：八洲電業（株）、（株）DroneWorkSystem