

農業用ドローンを利用した 省力的な水稲一発処理除草剤の散布方法

Ver.1



令和6年3月

(地独) 青森県産業技術センター農林総合研究所

はじめに

農業用ドローン(本稿では農業用マルチローターまたは無人マルチローター, 無人マルチコプターを指す)は産業用無人ヘリコプターより安価で, 労働負担が大きい動力噴霧機等の代替機として利用できることから, 普及が進んでいます。また, 令和3年10月に散布性能が大幅に向上したドローンが販売され, さらなる省力化が期待されます。一方, 水稻では田植え後に一発処理除草剤を散布して雑草を防除します。この一発処理除草剤には様々な種類があり, その一つとして, 水田に散布すると水面に浮きながら, 自ら動くことで有効成分を水田全体に拡散し, 除草効果を発揮する自己拡散型の粒状の除草剤があります。

農林総合研究所では, この自己拡散型の「豆つぶ剤」という除草剤を農業用ドローンで散布することで, 省力的な雑草防除の技術を開発し, 本マニュアルを作成しました。マニュアル内では, はじめに農業用ドローンで薬剤を散布する際の手続きなどを説明し, 続いて令和2年までに発売された農業用ドローン(Agras T20, T20K, Agras MG1-S advanced)と令和3年以降に発売された機体(Agras T10, Agras T30, T10K, T30K)について, 「豆つぶ剤」を利用した省力的な散布方法を紹介しています。本マニュアルが生産者の軽労化に貢献できることを期待します。

【試験担当者】

青森県産業技術センター農林総合研究所

スマート農業推進室 千葉祐太, 高橋泰生

【お問い合わせ先】

農林総合研究所 スマート農業推進室 電話 0172-40-4525 (直通)

目次

1	農業用ドローンで農薬を散布するために	p. 3
2	農業用ドローンで散布するための手続き	p. 4
1)	購入時	p. 5
2)	散布前	p. 6
3)	散布時	p. 7
4)	散布後	p. 7
2	「豆つぶ剤」について	
1)	「豆つぶ剤」の特徴	p. 8
2)	使用する際のポイント	p. 8
3	農業用ドローンAgras T20, T20K, Agras MG1-S advancedでの散布方法	
1)	粒剤散布装置の設定方法（吐出量の最大化）	p. 9
2)	「豆つぶ剤」の充填	p. 9
3)	機体の設定方法	p. 10
4)	円盤目盛15での散布幅と散布経路	p. 10
5)	円盤目盛3での散布幅と散布経路	p. 11
6)	薬剤タンクに「豆つぶ剤」が残った場合	p. 11
7)	散布後のタンク内の清掃について	p. 12
8)	参考となる試験結果	p. 12
4	農業用ドローンAgras T10, Agras T30, T10K, T30Kでの散布方法	
1)	吐出量の機能向上について	p. 14
2)	「豆つぶ剤」の充填	p. 14
3)	機体の設定方法	p. 14
4)	散布幅と散布経路	p. 15
5)	薬剤タンクに「豆つぶ剤」が残った場合	p. 16
6)	散布後のタンク内の清掃について	p. 16
7)	参考となる試験結果	p. 16
5	導入に適した散布面積の試算	
1)	損益分岐点面積	p. 19
2)	最大作業可能面積	p. 20
3)	損益分岐点面積と最大作業可能面積の関係	p. 21

1 農業用ドローンで農薬を散布するために

農業用ドローンは、無人ヘリも含めて無人航空機に分類されます。

農業用ドローンには、①(一社)農林水産航空協会(以下、農水協)認定機、②DJI社及びクボタ社製機体、③①と②以外があります。①②を購入する場合は、事前に技能認定のための教習を受ける必要があります。①は機種ごとに決められた教習施設での教習、②はAGRAS農業ドローン協議会に認定された教習施設での教習を受けることとなります。③では教習は不要です。

①～③の全ての農業ドローンで農薬散布(空中散布とも呼びます)を行うためには、様々な法律や規制があり、それらを遵守しないと罰則の対象となります。また、ドローンで農薬散布するためには操縦者が、以下の条件を満たす必要があります。

- ・総飛行時間10時間以上の飛行経歴
- ・物件投下の経験回数5回以上

農薬散布を行うための知識を得ること、また操縦者の条件を満たすために、教習は必ず受講するようにしましょう。

①の購入を検討している場合は農水協のホームページ(https://mujin-heri.jp/nousui_air/multi/)から、②の購入を検討している場合はDJI社のホームページ(<https://utcagri.aeroentry.jp/#campus>)から教習施設を検索することができます。また、ドローンの販売代理店に聞くことでも確認できます。教習には料金が発生し、ドローンの機体や教習施設により料金は異なります。

農業用ドローンでの農薬散布には、補助者を配置する、風速3m/s以上や雨もしくは雨予報の場合は散布しない、第三者の上空では飛行させないなど決まり事があります。これらの内容については、「無人航空機飛行マニュアル(国土交通省)(<https://www.mlit.go.jp/common/001301400.pdf>)」や「無人マルチローターによる農薬の空中散布に係る安全ガイドライン(農林水産省)(https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/pdf/mujinmalti_guideline.pdf)」で必ず確認するようにしてください。

2 農業用ドローンで散布するための手続き

農業用ドローンで農薬散布をする場合には以下の手続きを行います。手続きは主に1)購入時, 2)散布前, 3)散布後に分けられます。

1)購入時には, ①機体登録, ②登録番号の発行と表示, ③リモートIDの取得を行います。この手続きは100g以上の無人航空機を購入した際に必要で, 農業用ドローンは100g以上になるため必ず行います。2)散布前には, ④飛行許可・承認申請, ⑤飛行計画の通報, ⑥飛行日誌の作成, ⑦立入管理措置, 3)散布後には ⑧飛行日誌の記載を行います(図1)。次のページから, それぞれの手続きの概要について説明します。

手続きについては, 購入した販売店などに問い合わせることも有効です。令和4年12月からドローンの国家資格として, 「一等無人航空機操縦士」「二等無人航空機操縦士」が指定試験機関で取得できるようになりましたが, ドローンで農薬散布を行う場合は, 国家資格の有無に関係なく飛行許可の申請などが必要になりますので, ご注意ください。

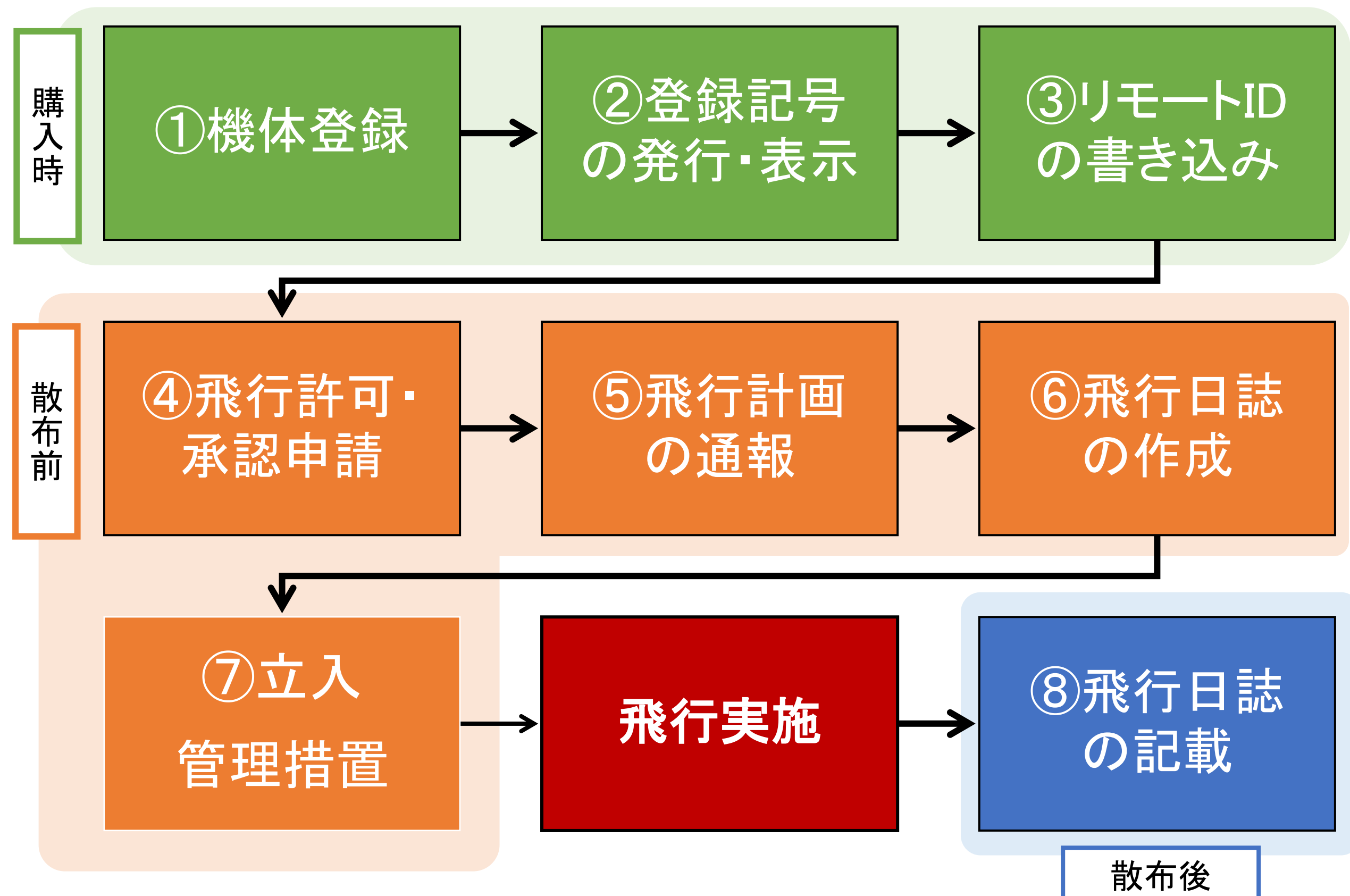


図1.無人航空機を使用した農薬の空中散布を行うために必要な手続きの流れ

1) 購入時

①機体登録

機体登録の申請はオンラインと郵送の2種類の方法があります。

オンラインの場合は、最初にドローン情報基盤システム2.0(以下, DIPS2.0)

(<https://www.ossportal.dips.mlit.go.jp/portal/top/>)でアカウントを作成します。作成したアカウントでDIPS2.0にログインし、トップページの「無人航空機の登録手続き」の項目から手続きを行います。

郵送の場合は、国土交通省のWebサイト「無人航空機の登録制度

(https://www.mlit.go.jp/koku/koku_ua_registration.html)にある登録申請書様式をダウンロードし、これに記載したものを、無人航空機登録申請受付事務局へ郵送します。

機体の登録には料金がかかります。料金は支払い方法により異なりますが、オンライン申請のうち、本人確認書類にマイナンバーカード(法人の場合はgBizID)を用いた申請では1台900円、それ以外(運転免許書やパスポート等)では1台1,450円になります。紙媒体の申請では1台2,400円になります(R6.3月現在)。

②登録記号の発行と表示

機体登録後に、国土交通省より登録記号(JUから始まる12桁の記号)が付与されます。登録番号は、DIPS2.0の「無人航空機登録申請メインメニュー」のページの「申請状況確認/取下げ/支払い」の項目から確認できます。登録記号は油性マジックやシールなどを用いて、機体に表示します(図2)。その際は、機体から容易に取り外しができない場所、かつ確認しやすい部分に表示してください。



図2 ドローンの登録記号の表示例

③リモートIDの書き込み

ドローンは飛行の際に識別するため、リモートID機器を搭載して、登録番号をリモートID機器に書き込む必要があります(初期設定)。ただし、登録が義務化される令和4年6月20日以前に機体登録をしたドローンはリモートIDの取得が免除されました。

令和3年以降に発売された機体は、リモートID機能が内蔵されているものがありますが、購入時に確認してください。リモートIDが内蔵されていない機体は外付け型のリモートID機器を販売店などから購入する必要があります。

リモートID機器への書き込みは、パソコンやスマートフォンにインストールした専用のアプリから行います。ドローン機種によってアプリが異なり、書き込み方法も異なりますので、販売店や製造メーカーのHPなどから確認してください。

2) 散布前

農業用ドローンによる農薬の空中散布は航空法の「特定飛行」になります。特定飛行の詳細は国土交通省のWebサイトから確認できます(https://www.mlit.go.jp/koku/koku_fr10000042.html)。)

散布する前には、④飛行許可・承認申請、⑤飛行計画の通報、⑥飛行日誌の作成、⑦立入管理措置を行います。

④飛行許可・承認申請

飛行許可・承認申請はDIPS2.0から行います。飛行許可・承認申請の審査には、一定の期間を要するため、飛行予定日の約1か月前に提出するようにしてください。

申請はDIPS2.0の「特定飛行を行う場合の手続き」の「飛行許可・承認申請へ」のリンクから専用ページへ移動し、「飛行許可・承認の申請書を作成する」から、新規であれば「新規申請」、変更であれば「変更申請」、飛行期間の更新であれば「更新申請」のタブをクリックして、申請書を作成します。

申請が承認されると許可証が発行され、DIPS2.0で確認可能です。

⑤飛行計画の通報

他の無人航空機(ドローンや無人ヘリ)との衝突を防ぐために、飛行計画の通報を行う必要があります。DIPS2.0の「特定飛行を行う場合の手続き」の「飛行計画の通報・確認へ」のリンクから「飛行計画通報メニュー」へ移動し、「飛行計画を登録」のタブから飛行計画を作成、通報します。また、「飛行計画の参照」のタブから、他者の無人航空機の飛行計画を確認することができます。

⑥飛行日誌の作成

農薬散布を含む特定飛行では飛行日誌の作成と散布時の携行が義務付けられています。飛行日誌は以下の3つで構成され、1機体ごとに作成・携行します。

- ・飛行記録 : 飛行の年月日, 離着陸場所・時刻, 飛行時間, 飛行させた者の氏名など
- ・日常点検記録: 実施した年月日・場所, 実施者の氏名, 日常点検の結果など
- ・点検整備記録: 実施した年月日・場所, 実施者の氏名, 点検・修理・改造・整備の内容・理由など

飛行日誌は国土交通省が発行する「無人航空機の飛行日誌の取扱要領

(<https://www.mlit.go.jp/koku/content/001574394.pdf>)」に記載されている様式などを利用して作成します。

散布する前には年月日や飛行させた者の氏名などを記載し、飛行時間などは散布後に記入することになります。

⑦立入管理措置

ドローンが飛行する範囲(飛行経路下と言います)において, 第三者(操縦者と補助者以外の者)の立入りを制限する必要があります。これは飛行する範囲に立入禁止の看板や三角コーンの設置, 補助者による監視や口頭警告などを行うことを指します。ただし, 一等操縦者技能証明と第一種機体認証を有する場合は必須ではありません。一等操縦者技能証明はp.4に記載した国家資格のことで, 無人航空機操縦士試験案内サイト(<https://ua-remote-pilot-exam.com>)から申込みできます。第一種機体認証とは特定飛行を行うことを目的とする無人航空機の強度, 構造及び性能について検査を行い, 機体の安全性を確保する認証制度で, 登録検査機関を国土交通省のHP(<https://www1.mlit.go.jp/koku/content/001572187.pdf>)から確認できます。

3) 散布時

農業用ドローンによる農薬の空中散布する時は補助者を配置する必要があります。補助者の役割は, ドローンの飛行状況や周辺区域を監視して操縦者に的確な誘導を行う, 飛行経路の直下及びその周辺に第三者が立ち入らないよう注意喚起を行うなどです。

補助者を配置せずに農薬散布を行うことも可能ですが, 飛行高度を対象物上の4m以下とする, 立入管理措置を実施するなどの条件があります。

また, 空中散布する際には様々な注意事項があります。農薬の空中散布に係る安全性の確保などについては「無人航空機飛行マニュアル(国土交通省)(<https://www.mlit.go.jp/common/001301400.pdf>)」, 「無人マルチローターによる農薬の空中散布に係る安全ガイドライン(農林水産省)(https://www.maff.go.jp/j/syouan/syokubo/boujyo/pdf/mujinmalti_guideline.pdf)」を, 散布前に再度ご確認ください。

4) 散布後

⑧飛行日誌の記載

散布後は, 飛行日誌に離陸場所や着陸場所, 飛行時間などを記載します。また, 不具合などがあった場合も, その内容や処置を記載します。

ここまでの情報は令和6年3月現在のものになります。

ドローンに関する法律や規制などは内容が変更となる場合があります。ドローンの運用に関する最新情報を確認し, 全ての法律と規制を順守することが重要です。国土交通省のHPや関連する公式情報源, 教習を行う機関や販売代理店などから最新情報を入手し, 安全に使用してください。

2 「豆つぶ剤」について

1) 特徴

「豆つぶ剤」はクミアイ化学工業(株)が開発した、直径が3~5mm、長さが約10mmの粒状の農薬です(図3)。水稲用一発処理除草剤のほか、中後期除草剤、殺菌剤や殺虫剤など、様々な種類が市販されています。

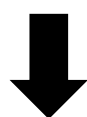
「豆つぶ剤」の特徴は以下の2つです。

① 散布重量が250g/10a

1キロ粒剤の1/4、フロアブル剤の1/2で、散布重量が少ない

② 高濃度自己拡散型(図4)

水田に散布した「豆つぶ剤」は、水面を自ら動き回り、除草成分を拡散するため、水田全体に均一に散布する必要がない



「散布重量が少なく、均一に散布する必要がない」

という特徴が農業用ドローンでの散布に適しています。



図3 「豆つぶ剤」の形状

豆つぶ剤の崩壊拡散状態

●:浮遊性担体(中空体) ★:有効成分

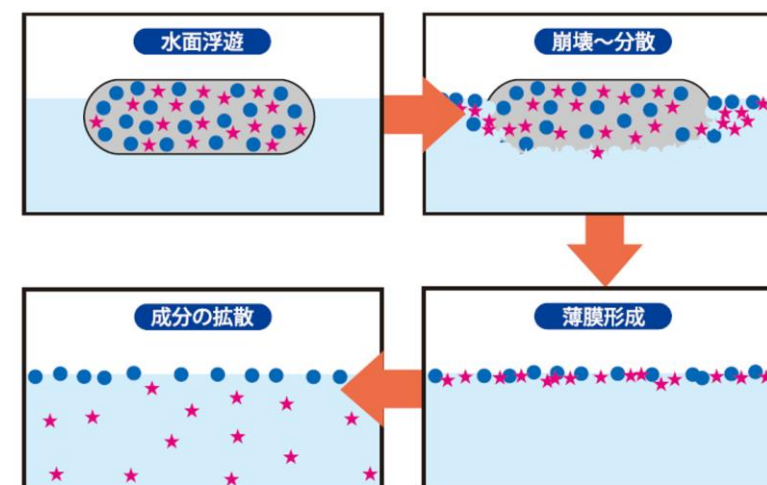


図4 「豆つぶ剤」の成分の拡散の仕組み

2) 使用する際のポイント

「豆つぶ剤」の水稲用一発処理除草剤を使用する際は、以下のポイントに注意してください。

① 代かきは丁寧に行い、田面を平らにする。

→ 田面が凸凹だと除草効果が十分に発揮できません。

② 散布の際は、水深5~6cm程度にして田面が見えない条件とし、水の出入りを止める。

→ 水深が浅いと除草成分が全体に拡散しにくくなります。また、田面が見えているところには除草成分が拡散しません。水が出入りしていると、除草成分が水田から流出してしまいます。

③ 散布後3~4日間は入水せず、散布後7日間は落水・かけ流しはしない。

→ 除草成分は3~4日間で拡散し、田面に除草成分が吸着するため、それまでに入水すると成分の偏りが生じます。また、周辺環境へ影響を及ぼさないことを目的に、散布後7日間は落水・かけ流しをしないようにします。

④ 農薬のラベルに記載された注意事項、安全使用上の注意などをよく読み、適切に使用する。

3 農業用ドローンAgras T20, T20K, Agras MG1-S advancedでの散布方法

1) 粒剤散布装置の設定方法 (吐出量の最大化)

Agras T20 (DJI社)などの粒剤散布装置(図5, 6)は, 1キロ粒剤など「豆つぶ剤」よりも小さい農薬の散布を想定し, 初期設定されています。そのため, 初期設定では「豆つぶ剤」の時間当たりの散布量(吐出量)が少なく, 「豆つぶ剤」のメリットが活かせません。ここでは, 粒剤散布装置の吐出量を最大にし, 「豆つぶ剤」に適した設定方法を紹介いたします。この方法は農業用ドローンAgras T20の他, T20K(クボタ社), Agras MG1-S advanced(DJI社)の粒剤散布装置で利用できます。



図5 Agras T20, T20K

左: 本体 (黄色丸が粒剤散布装置)
タンク容量16ℓ
右: 粒剤散布装置

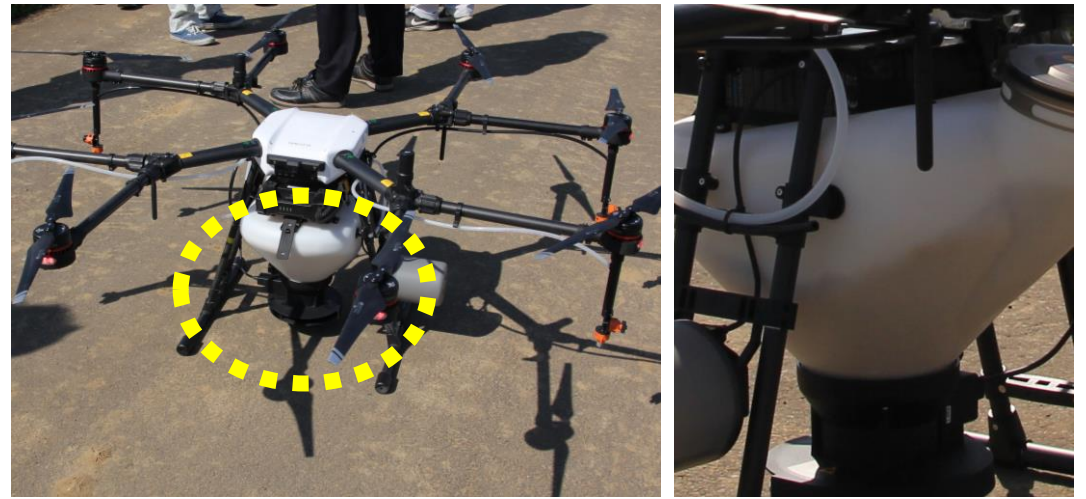


図6 Agras MG1-S advanced

左: 本体 (黄色丸が粒剤散布装置)
タンク容量10ℓ
右: 粒剤散布装置

インペラ内部円盤の目盛設定変更手順

- ① 粒剤散布機の底面にあるインペラを取り外す(六角レンチ, スパナを使用)(図7)。
- ② インペラ内部の円盤のM3×6ねじ(4個)を外す(プラスドライバーを使用)(図7)。
- ③ 円盤目盛を「15」に合わせる(初期設定は「3」)(図8)。
- ④ ②→①の順に, インペラを取り付ける

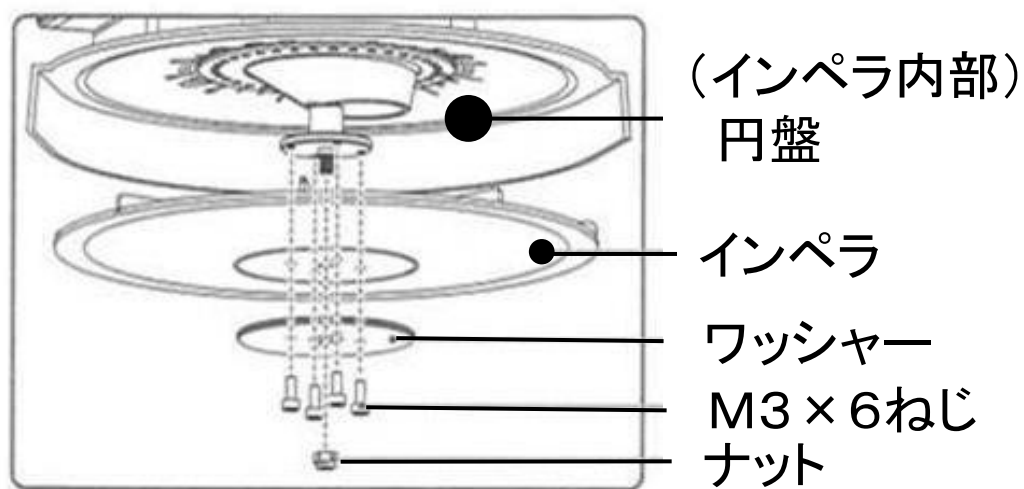


図7 粒剤散布機の内部構造
(DJI社 MG粒剤散布機ユーザーガイドより)



図8 円盤の目盛位置
左: 目盛3 右: 目盛15

2) 「豆つぶ剤」の充填

「豆つぶ剤」は, 農薬登録どおり250g/10aとなるように散布する必要があります。水田の面積から250g/10aになるよう散布量を計算し, 散布する水田ごとに「豆つぶ剤」を充填します。

3) 機体の設定方法

円盤目盛15と円盤目盛3では散布時のドローンの設定が異なります。表1をもとに飛行速度, シャッター開度, インペラ回転数, 散布幅の設定を行ってください。通常, 散布幅は農薬が散布され, 効果が表れる範囲を指します。しかし, 豆つぶ剤は自ら成分を拡散させ, 散布幅以上に効果が表れるため, 本マニュアルの散布幅はドローンの横移動の距離を示します。

ドローンのマニュアル作業モード以外(マニュアルプラス作業モードなど)では, 送信機で横移動すると, 設定した散布幅の距離分を自動で移動します。しかし, 散布幅の設定は最大10mです。そのため, 円盤目盛15で水田の短辺が100m以上では, 散布幅は15mとなりますが, その場合は散布幅を7.5mに設定し, 散布する際に送信機で横移動を2回行ってください(7.5m × 2回 = 15m)。

表1 円盤目盛ごとの機体設定値

円盤目盛	飛行速度	シャッター開度	インペラ回転数	散布幅	
15	10km/h	75%	300回転/分	短辺が100m未満	10m
				短辺が100m以上	15m ^注
3	15km/h	70%	300回転/分	5m	

注 散布幅15mでは, 送信機の散布幅の項目に7.5mを入力し, 散布する際に送信機で横移動を2回行う(7.5m × 2回 = 15m)

4) 円盤目盛15での散布幅と散布経路

散布幅は水田の短辺の長さで設定値を変えます(表1)。短辺30mの水田(例:長辺100m × 短辺30m, 30a)では散布幅10mで散布経路は1.5往復, 短辺50mの水田(例:長辺100m × 短辺50m, 50a)では散布幅10mで散布経路は2往復, 短辺100mの水田(例:長辺100m × 短辺100m, 1ha)では散布幅15mで3.5往復となります(図9)。ドリフトを防ぐため, 枕地は短辺(横)の畦畔から10m空けます。また, 長辺(縦)の畦畔からは5m空けます。短辺の長さによって, 反対側の長辺から5m以上空くことがあります, 「豆つぶ剤」は自ら成分を広げるため, 問題ありません。

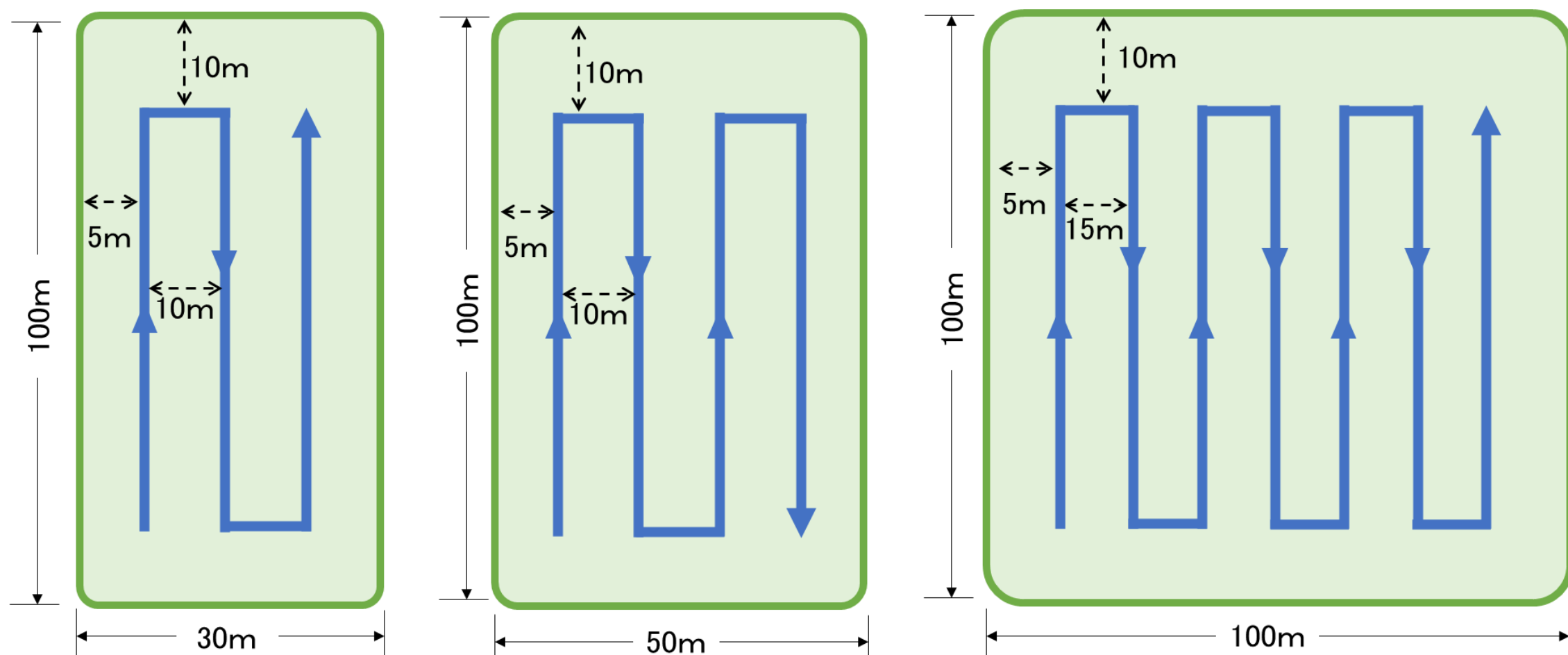


図9 円盤目盛15での散布経路の例

左: 30a(長辺100m × 短辺30m), 中: 50a(長辺100m × 短辺50m), 右: 1ha(長辺100m × 100m)

5) 円盤目盛3での散布幅と散布経路

円盤目盛3では吐出量が少ないため、水田の短辺に係わらず散布幅を5mとします(表1)。短辺30mの水田(例:長辺100m×短辺30m, 30a)では散布経路は2.5往復, 短辺50mの水田(例:長辺100m×短辺50m, 50a)では散布経路は4往復, 短辺100mの水田(例:長辺100m×短辺100m, 1ha)では9往復となります(図10)。円盤目盛15と同様にドリフトを防ぐため、枕字は短辺(横)の畦畔から10m, 長辺(縦)の畦畔からは5m空けます。こちらも短辺(横)の長さで、左右の畦畔で散布経路までの距離が違いますが、問題ありません。

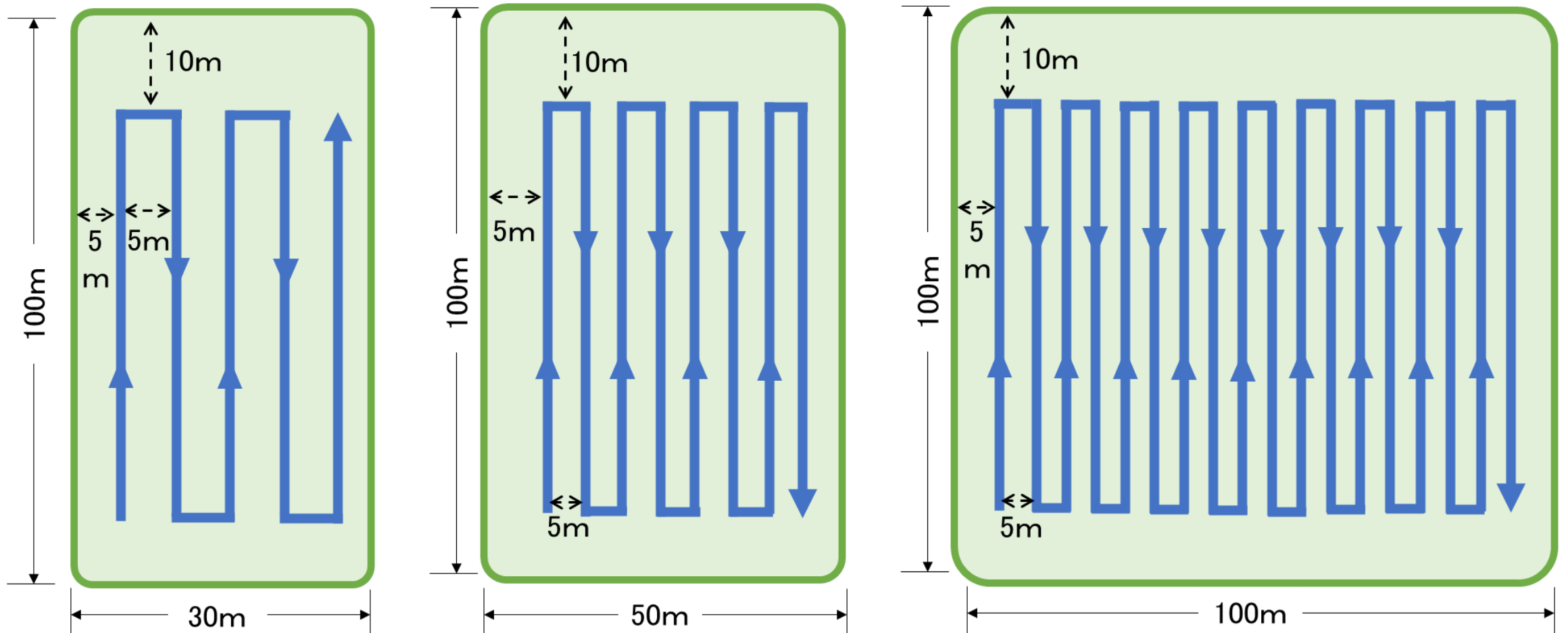


図10 円盤目盛3での散布経路の例

左: 30a(長辺100m×短辺30m), 中: 50a(長辺100m×短辺50m), 右: 1ha(長辺100m×100m)

6) 薬剤タンクに「豆つぶ剤」が残った場合

農業用ドローンで「豆つぶ剤」を散布した際、想定した散布経路を飛行しても「豆つぶ剤」がタンクに残ることがあります。原因は、飛行開始の際に速度を急激に上げて、シャッターが完全に開く前のある程度の距離を飛行してしまい、散布量が少ない時間が発生するためです。その際は、タンクに残った「豆つぶ剤」を散布しきるように風上側を中心にドローンを再度飛行させる、もしくは着陸後にひしゃく(図11)や手袋を着用した手などで、風上側の畦畔を中心に水田内に散布してください。

また、想定した散布経路の飛行が終わる前に散布が完了する場合があります。これは、向かい風などで飛行速度が設定よりも遅くなった、横移動に移る際にシャッターが閉まるのに時間がかかり、多めに散布されたなどが理由です。ただし、「豆つぶ剤」は自ら成分を拡散するため、想定より早く散布が終わっても問題ありません。



図11 散布器具の例(釣り用のひしゃく)

7) 散布後のタンク内の清掃について

散布後に、薬剤タンクに粉碎されて「豆つぶ剤」が残ることがあります。そのまま次の散布を行うと、固着しシャッターが開閉できないなどのエラーが発生する場合がありますので、散布が完了したら、タンク内を清掃するようにしてください。

8) 参考となる試験結果

① 散布時間(図12, 13)

「豆つぶ剤」のベッカク豆つぶ250を農業用ドローンで散布した際の散布時間(散布開始から完了まで)は円盤目盛15で3分20秒/ha, 円盤目盛3で8分1秒となり, 比較した「豆つぶ剤」の手散布(12分2秒/ha)やフロアブル剤(32分11秒/ha)よりも短くなりました。なお, Agras T20やT20Kに装備されている自動飛行(A-Bルート作業モード)を利用する場合は, 散布前に飛行経路設定のために長辺方向に飛行する必要があり, 長辺100mの水田で1分47秒要します。

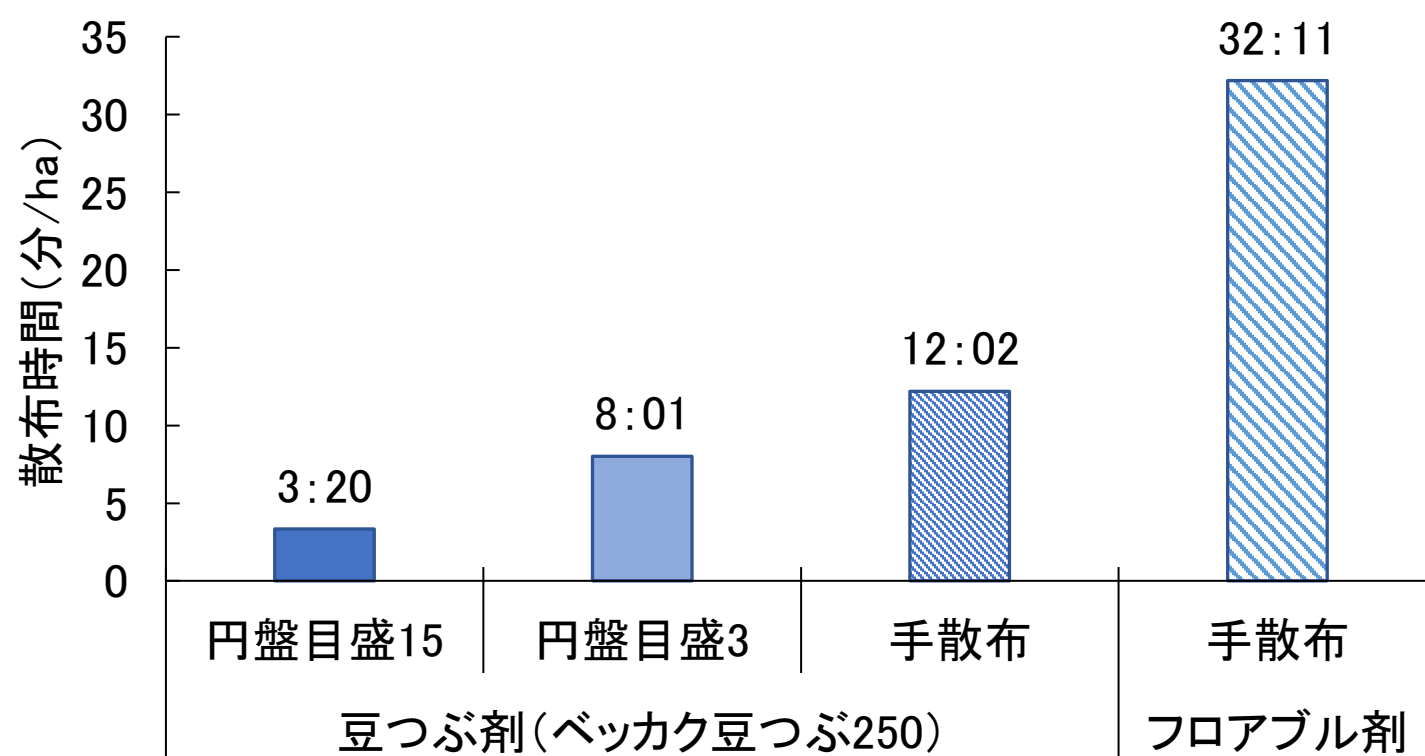


図12 農業用ドローンによる「豆つぶ剤」の散布時間

- 注1 使用したドローンは円盤目盛15がAgras T20, 円盤目盛3が Agras MG1-S advanced
注2 「豆つぶ剤」の手散布はひしゃく(図11)による畦畔からの投込み散布を 作業員3名それぞれが行った平均値
注3 フロアブル剤の手散布は畦畔と水田内で作業員1名が行った値



図13 Agras T20での「豆つぶ剤」の散布の様子

② バッテリー消費率(表2)

円盤目盛を15に変更することで散布時間が短くなります。これにより, 離陸から着陸までのバッテリー消費率は小さくなり, バッテリー交換までの散布面積が拡大されます。

表2 円盤目盛ごとのバッテリー消費率等

円盤目盛	バッテリー消費率(/ha)	バッテリー交換までの散布面積
15	30% ^注	2ha
3	70%以上 ^注	1ha

注 バッテリーの交換の目安は30%以下

③成分の拡散性(図14)

「豆つぶ剤」のベッカク豆つぶ250を円盤目盛15と3の農業用ドローンで、約91a(97.5×93.0m)の水田に散布しました。ドローンの設定は表1に従いました。散布後3時間、1日、3日でベッカク豆つぶ250に含まれる3つの除草成分(ピリミスルファン, フェノキサスルホン, フェンキノトリオン)の水田内の拡散性を調べました。その結果、いずれの円盤目盛でも、散布後3日で水田全体に成分が拡散しました。

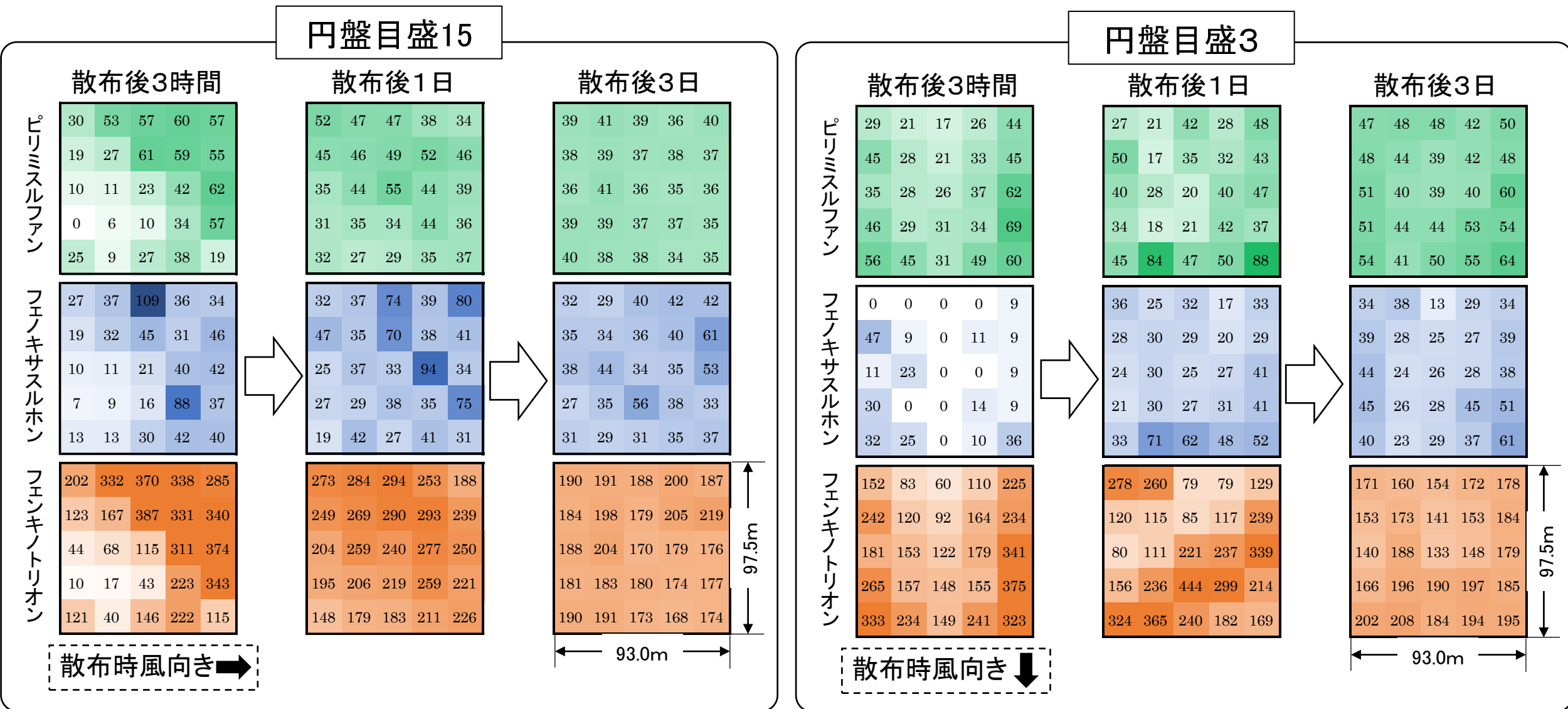


図14 円盤目盛15と円盤目盛3における有効成分の拡散性

注 図中の数字は各成分の田面水中の濃度(ppb)を示す

④除草効果と水稲への安全性(表3)

③で成分の拡散性を調査した水田では、円盤目盛に係わらず雑草の発生はみられず、高い除草効果が確認できました(図15)。また、水稲への薬害はみられませんでした。

表3 円盤目盛ごとの除草効果と薬害程度

円盤目盛	除草効果					薬害程度
	ノビエ	タマガヤツリ	コナギ	他広葉	ホタルイ	
15	◎	◎	◎	◎	◎	無
3	◎	◎	◎	◎	◎	無

注1 散布後55日の水田内5地点(0.25㎡/地点)の散布区及び無散布区の雑草を抜取り、雑草種別の風乾重を測定

2 除草効果は散布区の無散布区に対する雑草風乾重比を示す(◎:0~0.9%)

3 他広葉はアゼナ類, ハコベ類, チョウジタデなど

4 薬害程度の無は薬害による害徴が認められないことを示す



図15 散布区と無散布区から抜き取った雑草
上: 散布区, 下: 無散布区

4 農業用ドローンAgras T10, Agras T30, T10K, T30Kでの散布方法

1) 吐出量の機能向上について

令和3年10月に発売されたAgras T10(DJI社), T10K(クボタ社), Agras T30(DJI社), T30K(クボタ社)は、薬剤の吐出口が3カ所に増えたことで、農薬の吐出量が向上しています。

これにより、Agras T20などのように円盤目盛を変更する(p.9)ことなく、「豆つぶ剤」のメリットを活かせる吐出量に設定することが可能です。



図16 Agras T10
タンク容量8ℓ



図17 T30K
タンク容量30ℓ

2) 「豆つぶ剤」の充填

Agras T20などと同様(p.9)に、ドローンへの「豆つぶ剤」の搭載重量を、水田の面積から250g/10aになるように計算し、散布する水田ごとに「豆つぶ剤」を充填します。

3) 機体の設定方法

Agras T10などは、散布経路を往復散布や片道散布とする(p.15の図18を参照)ことが可能です。散布経路は、短辺が10m以下の水田では片道散布で、10~100mの水田では往復か片道散布で、100mより長い場合は往復散布とします。散布幅は、往復散布では短辺の約3分の1、片道散布では横移動しないため、計算の必要がありません。

往復散布する場合、水田の短辺が100mでは散布幅を30mとします。Agras T20などと同様(p.10)に、マニュアル作業モード以外で散布する場合は、送信機の散布幅を10mに設定し、散布する際に横移動を3回してください(10m×3回=30m)。片道散布の場合は、設定の必要がありませんが、送信機に散布幅を入力しなければいけないため、10m以下の数値を入力してください。

表4 散布経路ごとの機体設定値

散布経路	飛行速度	シャッター開度	インペラ回転数	散布幅
往復	15km/h	50%	600回転/分	短辺の約1/3 ^{注1,2}
片道	〃	70%	〃	(10m以下)

注1 往復散布の散布幅は、短辺が100mの水田では $100m \div 3 = 33.333\cdots \approx 30m$ とする

注2 散布幅30mでは、送信機の散布幅の項目に10mを入力し、散布する際に送信機で横移動を3回行う(10m×3回=30m)

4) 散布幅と散布経路

散布幅は散布経路で設定値を変えます(表4)。往復散布する場合は、短辺30mの水田(例:長辺100m×短辺30m, 30a)では散布幅10m($30\text{m} \div 3 = 10\text{m}$)、短辺50mの水田(例:長辺100m×短辺50m, 50a)では散布幅16m($50\text{m} \div 3 = 16.666\cdots \div 16\text{m}$)、短辺100mの水田(例:長辺100m×短辺100m, 1ha)では散布幅30m($100\text{m} \div 3 = 33.333\cdots \div 30\text{m}$)とし、飛行は短辺の1/3の地点から飛行するようにしてください(図18)。片道散布する場合は短辺の長さに関わらず、短辺の中央(1/2の地点)を飛行します(図19)。

ドリフトを防ぐため、枕字は短辺(横)の畦畔から10m空けます。また、長辺(縦)の畦畔からは5m以上空けますが、短辺が10mよりも長ければ、散布経路に係わらず畦畔から5m以上空きます。短辺10m以下の水田では畦畔から5m空けるため、片道散布を行ってください。

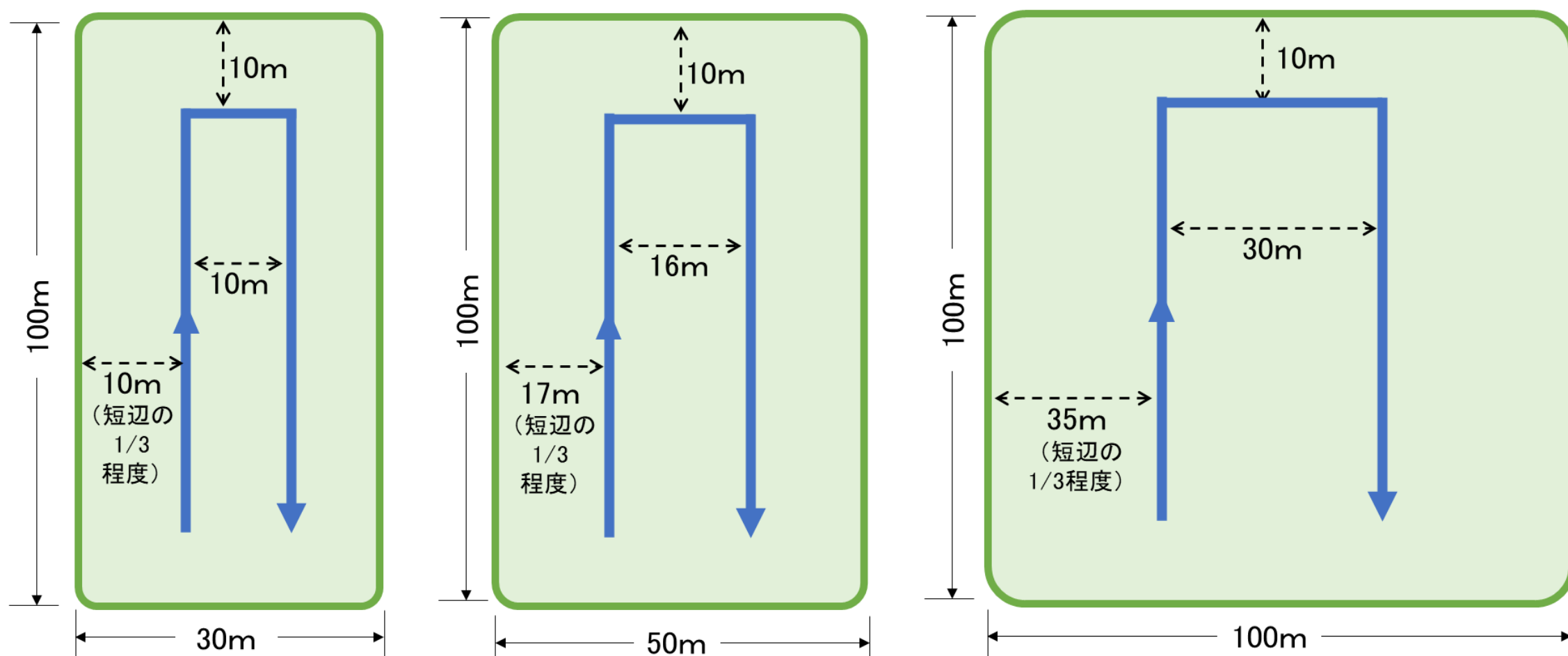


図18 往復散布での散布経路の例

左: 30a(長辺100m×短辺30m), 中: 50a(長辺100m×短辺50m), 右: 1ha(長辺100m×100m)

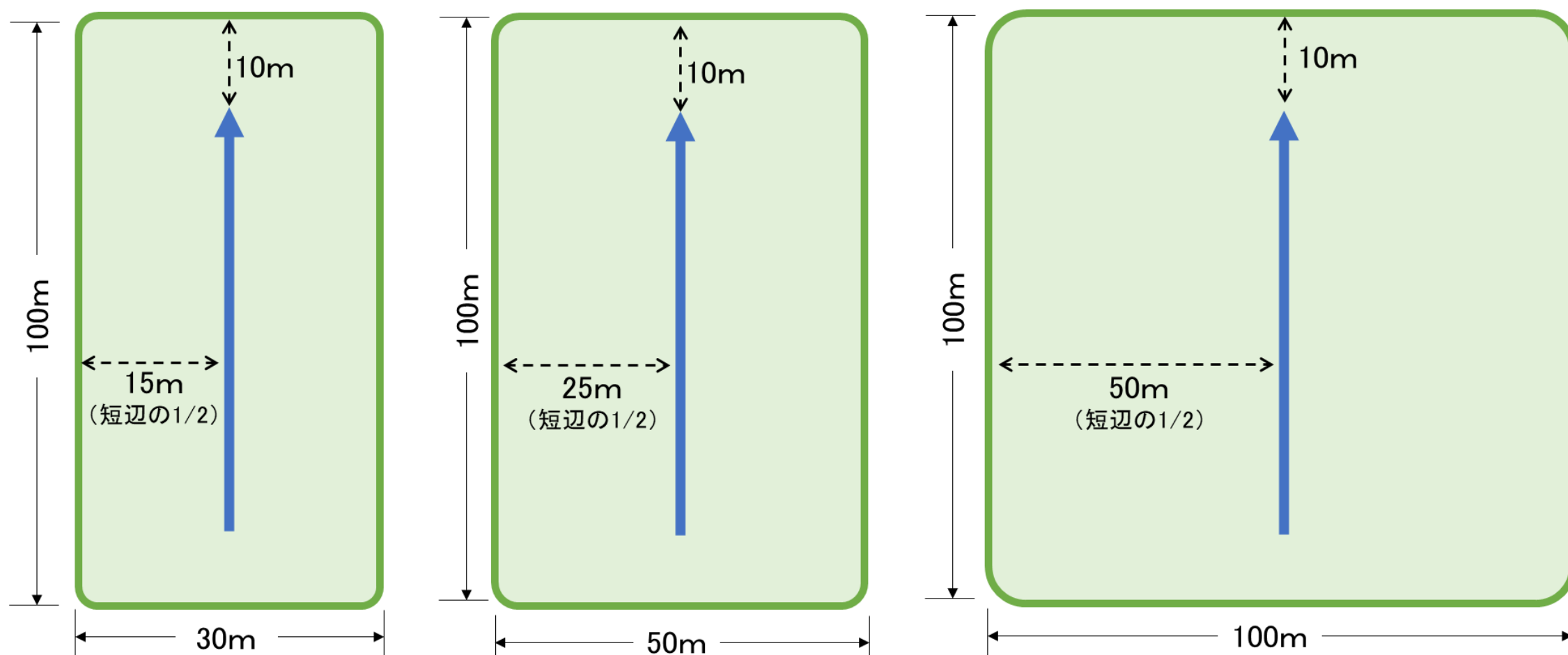


図19 片道散布での散布経路の例

左: 30a(長辺100m×短辺30m), 中: 50a(長辺100m×短辺50m), 右: 1ha(長辺100m×100m)

5) 薬剤タンクに「豆つぶ剤」が残った場合

Agras T10などでも、想定した散布経路を飛行しても「豆つぶ剤」がタンクに残ることがあります。理由はAgras T20などと同様です(p.11)。対応についても同様で、タンクに残存した「豆つぶ剤」を散布しきるようにドローンを風上側を再度飛行させる、もしくはドローンを着陸後にひしゃくや手袋を着用した手などで風上側の畦畔から水田内に散布してください。想定した散布経路の飛行が終わる前に、散布が完了する場合についてもAgras T20などと同様です(p.11)。

6) 散布後のタンク内の清掃について

散布後に農業用ドローンの薬剤タンクに粉碎された「豆つぶ剤」が残ることがあります(図20)。そのまま次の散布を行うと固着し、シャッターが開閉できないなどのエラーが発生する場合がありますので、タンク内を清掃するようにしてください。



図20 Agras T10で散布した後の薬剤タンクの底面シャッター付近に粉状になった「豆つぶ剤」が残る

7) 参考となる試験結果

① 散布時間(図21, 22)

「豆つぶ剤」のアカツキ豆つぶ250を散布した際の散布時間は、往復散布で1分0秒/ha、片道散布で0分40秒/haとなり、比較した「豆つぶ剤」の手散布(12分2秒/ha)やフロアブル剤(32分11秒/ha)よりも短くなりました。なお、自動飛行(A-Bルート作業モード)を利用する場合は、Agras T20などと同様(p.12)に、飛行経路設定のために、長辺100mの水田で1分47秒要します。

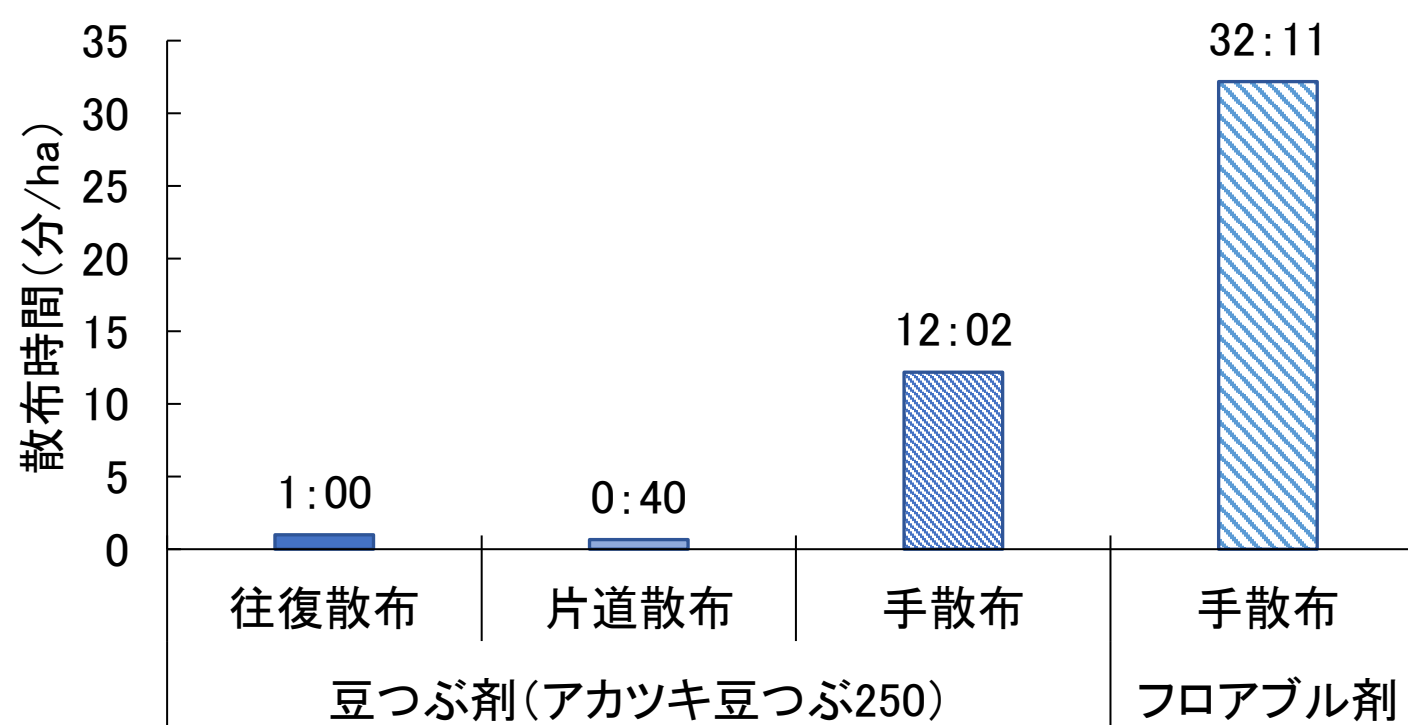


図21 農業用ドローンによる「豆つぶ剤」の散布時間

注1 使用したドローンはAgrasT10

注2 「豆つぶ剤」の手散布及びフロアブル剤の手散布は図12と同様



図22 Agras T10での「豆つぶ剤」の散布の様子

②バッテリー消費率(表5)

片道散布では往復散布よりも散布時間が短いことから、バッテリー消費率がやや小さくなりますが、バッテリー交換までの散布面積はいずれも4haです。

表5 散布経路ごとのバッテリー消費率等

散布経路	バッテリー消費率 (/ha)	バッテリー交換までの 散布面積
往復散布	19.5% ^注	4ha
片道散布	17.7% ^注	4ha

注 バッテリーの交換の目安は30%以下

③成分の拡散性(図23)

「豆つぶ剤」のアカツキ豆つぶ250を、往復散布(約92a, 98.4×93.9m)と片道散布(約91a, 97.5×93.0m)で散布しました。ドローンの設定は表4に従いました。散布後3時間、1日、3日でアカツキ豆つぶ250に含まれる3つの有効成分(メタゾスルフロン, フェノキサスルホン, フェンキノトリオン)の水田内の拡散性を調べました。その結果、いずれの散布方法でも、散布後3日で水田全体に成分が拡散しました。

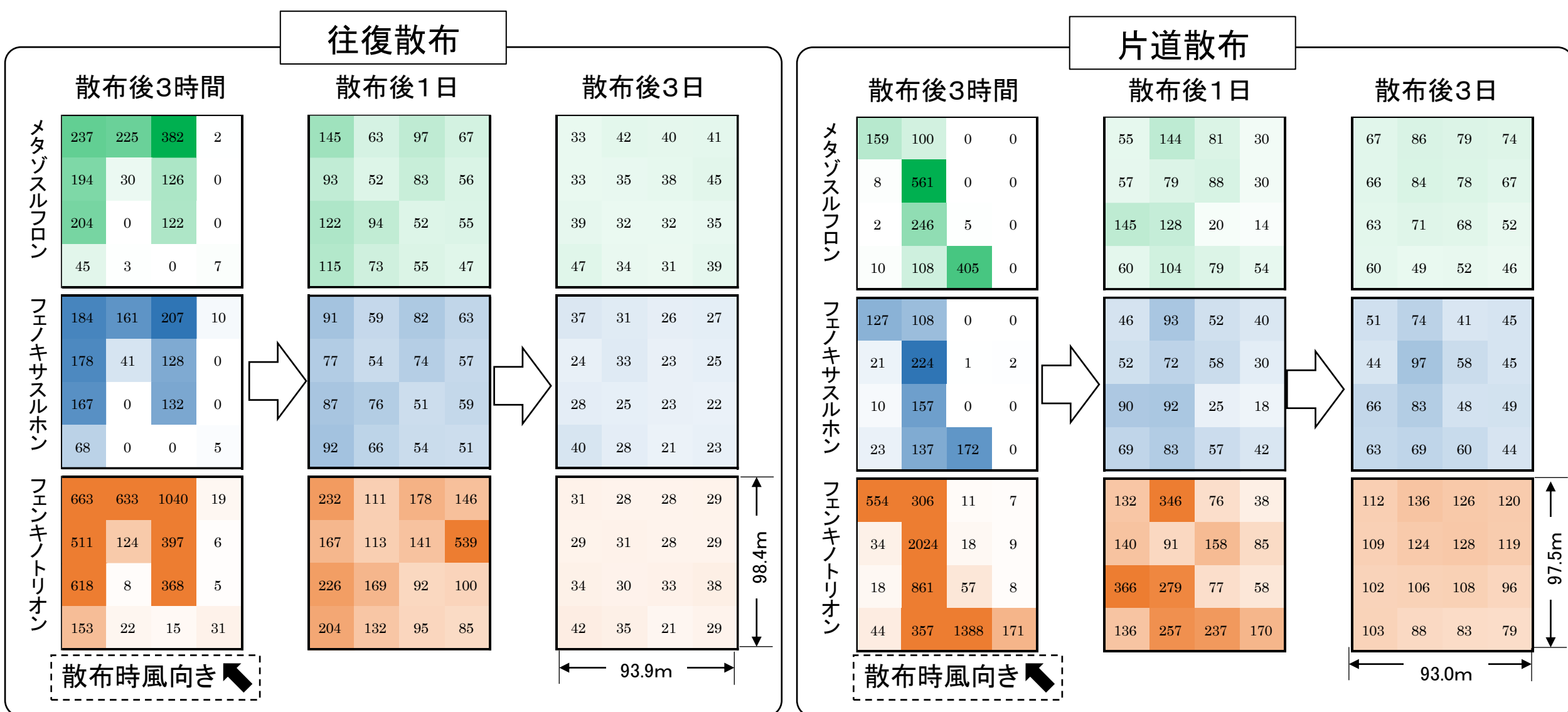


図23 往復散布と片道散布における有効成分の拡散性

注 図中の数字は各成分の田面水中の濃度(ppb)を示す

④除草効果と水稲への安全性(表6)

③で成分の拡散性を調査した水田では、雑草の発生がみられず、高い除草効果が確認できました(図24, 25)。ノビエは発生本数が少なく、除草効果の検証はできませんでしたが、農林総合研究所の他試験(除草剤適用性試験)ではノビエ3葉までの効果が確認されています。また、水稲への薬害はみられませんでした。

表6 円盤目盛ごとの除草効果と薬害程度

散布経路	除草効果					薬害程度
	ノビエ	タマガヤツリ	コナギ	他広葉	ホタルイ	
往復散布	—	◎	◎	◎	◎	無
片道散布	—	◎	◎	◎	◎	無

注1 散布後53日の水田内5地点(0.25m²/地点)の散布区及び無散布区の雑草を抜き取り、雑草種別の風乾重を測定

2 除草効果は散布区の無散布区に対する雑草風乾重比を示す(◎:0~0.9%)

3 表中の「—」は無散布区にノビエの発生がなかったため、除草効果を検証できなかったことを示す

4 他広葉はアゼナ類, ハコベ類, チョウジタデなど

5 薬害程度の無は薬害による害徴が認められないことを示す



図24 往復散布の雑草の発生状況
左:散布区, 右:無散布区, 撮影日:散布後53日



図25 片道散布の雑草の発生状況
左:散布区, 右:無散布区, 撮影日:散布後53日

5 導入に適した散布面積の試算

1) 損益分岐点面積

ドローンを「豆つぶ剤の一発処理除草剤の散布にのみ使用した」という条件で、損益分岐点面積 (ha/年) を試算しました(図26)。ここでの損益分岐点面積は、外部委託するよりも、自らドローンを購入して散布した方が機械利用費が安くなる年間当たりの散布面積を示します。

各ドローンの損益分岐点面積は、Agras T20を円盤目盛15で散布した場合は63.5ha/年、円盤目盛3では64.8ha/年となります。Agras T10の往復散布では50.3ha/年、片道散布では50.2ha/年、Agras T30の往復散布では74.3ha/年、片道散布では74.1ha/年となります。これらの面積が各農業用ドローンで豆つぶ剤を散布する時の導入の目安になります。また、豆つぶ剤の一発処理除草剤の散布以外にもドローンを利用することで、損益分岐点面積はさらに小さくなります。

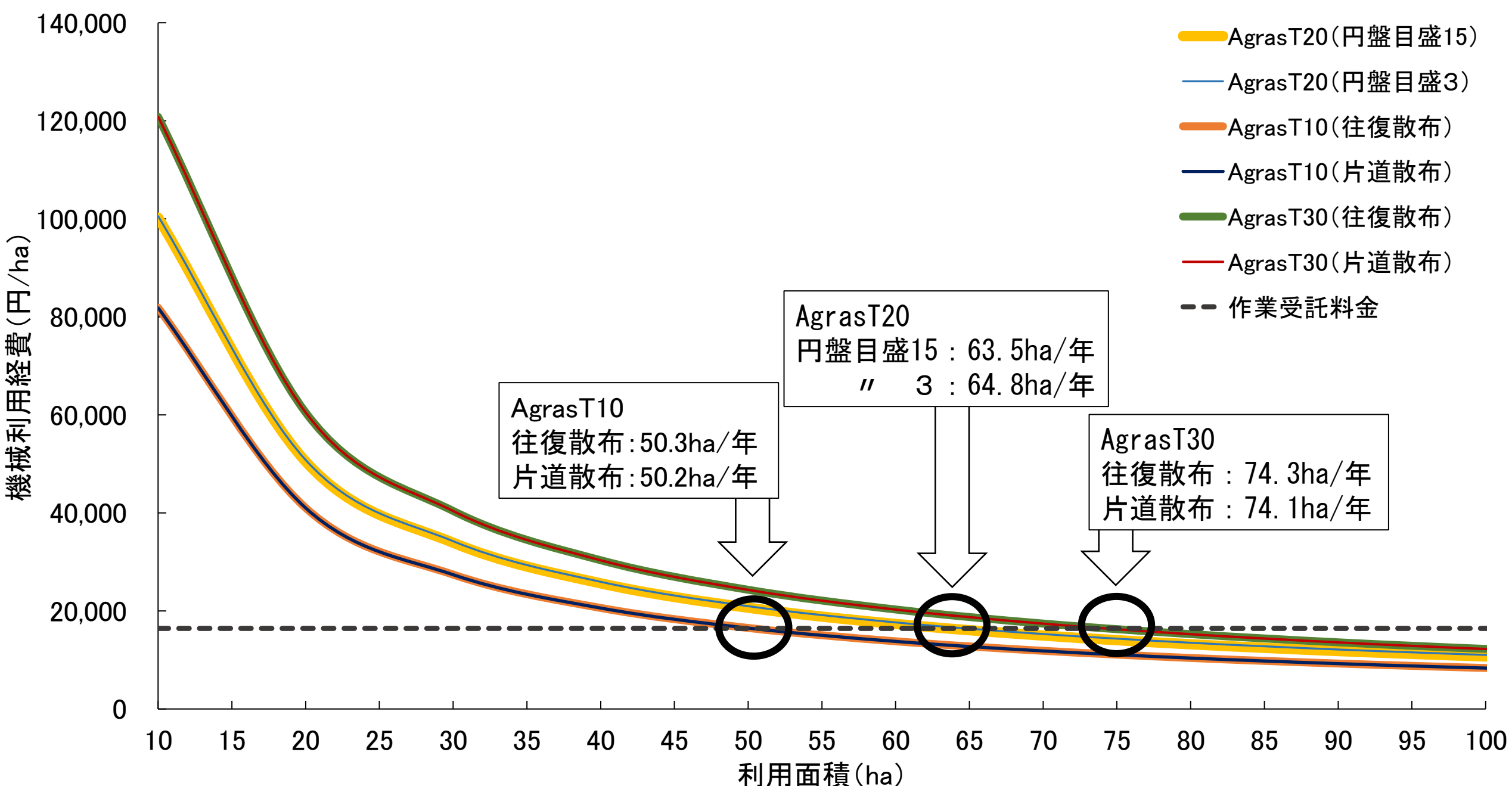


図26 利用面積と機械利用経費の関係性

- 注1 購入費は本体(液剤散布装置付き)1台、本体用バッテリー6本、バッテリー充電器1個、粒剤散布装置1個、液剤散布用予備タンク1個、送信機用バッテリー2個を購入と想定した。
- 注2 耐用年数は5年とし、年間固定比率の内訳は原価償却費20%、修理費5%、資本利子4%で試算した。
- 注3 バッテリー充電単価: Agras T20はバッテリー容量932.4Whで充電時間2.5時間とし、Agras T10はバッテリー容量430Whで充電時間10分とし、Agras T30はバッテリー容量1,502whで充電時間12分と想定し、電気料金の単価を31円/kwh(全国家庭電気整品公正取引協議会 令和4年度 事業報告の目安単価)として試算した。
- 注4 バッテリー使用数: 実測値よりAgras T20円盤目盛3は1個/ha、円盤目盛15は1個/2haとし、Agras T10及びT30は1個/4haとした。
- 注5 労費は「令和4年 農作業料金・農業労賃に関する調査結果((一社)青森県農業会議)」よりオペレーターはオペレーター(トラクター、田植機、コンバインの平均値)の日賃金を、補助者は農業臨時雇賃金の機械作業補助の日賃金を時給換算し、オペレーター(時給1,126円)×1人+補助者(時給898円)×1人=2,024円/時とし、作業能率から1haあたりに換算した。
- 注6 作業請負料金は「令和4年 農作業料金・農業労賃に関する調査結果((一社)青森県農業会議)」の防除(個人)の県平均賃金とした。
- 注7 ドローンの年間固定費に教習料金は含まれない。

2) 最大作業可能面積

ドローンで豆つぶ剤の一発処理除草剤を散布できる年間の最大の面積を、最大作業可能面積(ha/年)として試算しました(図27)。作業日数は散布適期とした田植え翌日から7日間のうち、降雨や休日などの影響を考慮し、散布できる日数を5日間としました。

各ドローンの最大作業可能面積は、Agras T20を円盤目盛15で散布した場合は91.7ha/年、Agras T20を円盤目盛3で散布した場合は66.3ha/年の試算となります。また、Agras T10の往復散布は333.3ha/年、片道散布は400.0ha/年、Agras T30の往復散布は333.3ha/年、片道散布は400.0ha/年の試算となりました。

豆つぶ剤は使用する一発処理除草剤により、使用時期が異なります。ラベルに記載されている使用時期を確認し、農薬登録の範囲内で散布するように計画してください。

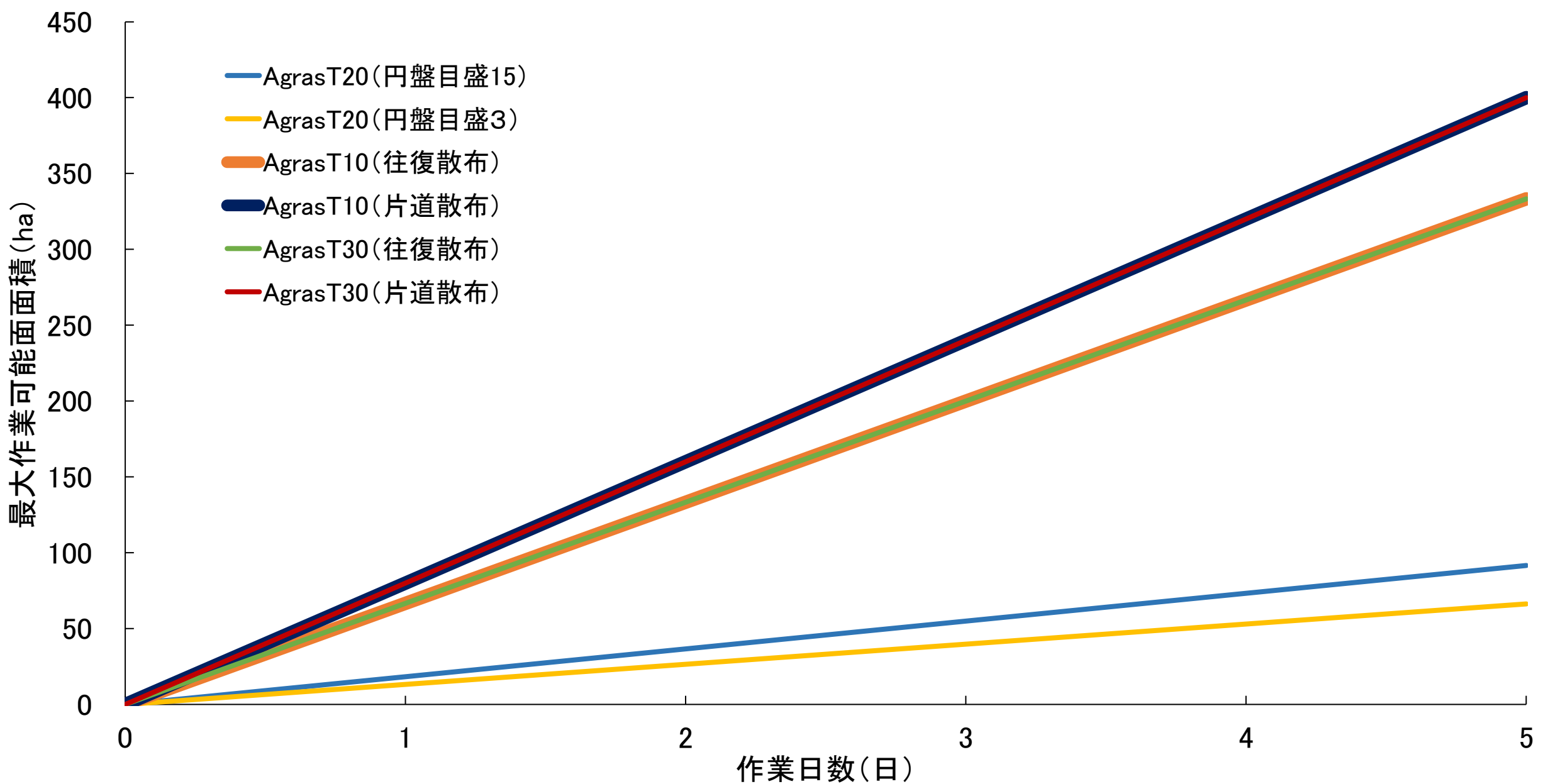


図27 作業日数と散布面積の関係性

- 注1 ドローンの水田作業効率は離陸から散布開始地点までの飛行時間、散布完了から着陸までの飛行時間、薬剤充填時間、バッテリー交換時間の実測値から算出した作業損失時間より試算した。
- 2 作業期間は田植終日の平年値(5月29日)の翌日から7日と想定。降水量の平年値より10mm以上の降雨があった日及び休日1日間を散布不可とした。

3) 損益分岐点面積と最大作業可能面積の関係

1) 損益分岐点面積(p.19)と2)最大作業可能面積(p.20)で示した数値の試算を表7に示します。

ドローンによる豆つぶ剤の一発処理除草剤の散布では機種や円盤目盛, 散布経路に係わらず, 損益分岐点面積より最大作業可能面積が大きい試算となりました。このことから, ドローンは豆つぶ剤の一発処理除草剤の散布作業だけでも, 経営的に導入メリットがある(作業委託するよりも機械利用費が安くなる)ことが試算されました。さらに, 豆つぶ剤の一発処理除草剤の散布以外にもドローンを利用することで, 損益分岐点面積はさらに小さくなり, 導入メリットは増大します。

表7 経営試算

対象機種	農業用ドローン							(参考) 産業用無人 ヘリコプター			
	搭載量16ℓ		搭載量8ℓ		搭載量30ℓ						
機種	AgrasT20		AgrasT10		AgrasT30						
作業条件	インペラ内部円盤目盛										
散布経路	3.5往復	9往復	往復散布	片道散布	往復散布	片道散布					
最大作業 可能面積	想定作業		水稻一発除草剤(豆つぶ剤)の散布								
	理論作業量	ha/h	①	15.4	8.3	75.0	150.0	75.0	150.0	21.1	
	圃場作業量	ha/h	②	4.7	3.4	17.1	18.8	17.1	18.8	7.3	
	圃場作業効率	%	=(②/①)×100	30.5	41.0	22.8	12.5	22.8	12.5	34.6	
	作業能率	h/ha	③	0.21	0.29	0.06	0.05	0.06	0.05	0.14	
	作業回数	回	④	1	1	1	1	1	1	1	
	作業時間	h/ha	⑤=③×④	0.21	0.29	0.06	0.05	0.06	0.05	0.14	
	作業時間合計	h/ha	⑥=⑤	0.21	0.29	0.06	0.05	0.06	0.05	0.14	
	1日の作業時間	h/日	⑦	7							
	実作業率	%	⑧	55							
	1日の実作業時間	h/日	⑨=⑦×(⑧/100)	3.9							
	作業期間(始)	月/日		5/30							
	作業期間(終)	月/日		6/5							
	作業日数	日	⑩	7							
	作業可能日数率	%	⑪	78							
作業可能日数	日	⑫=⑩×(⑪/100)	5								
作業可能時間	h	⑬=⑨×⑫	20								
最大作業可能面積	ha	⑭=⑬/⑥	91.7	66.3	333.3	400.0	333.3	400.0	142.2		
損益分岐点 面積	本体一式	千円	⑮	2,712	2,712	2,099	2,099	3,442	3,442	10,700	
	年間 固定費	固定比率	%	⑯	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	29.0	25.0
		本体一式	千円	⑰=⑮×(⑯/100)	786	786	609	609	998	998	2,675
		総合保障	千円	⑱	121	121	121	121	121	121	380
		点検料他	千円	⑲	86	86	86	86	86	86	138
	計	千円	⑳=⑰+⑱+⑲	994	994	816	816	1,206	1,206	3,193	
	変動費 (ドローン)	バッテリー充電単価	円/個	㉑	30.0	30.0	2.2	2.2	2.6	2.6	-
		バッテリー使用数	個/ha	㉒	0.5	1.0	0.25	0.25	0.25	0.25	-
		バッテリー使用費	円/ha	㉓=㉑×㉒	15	30	0.4	0.4	0.5	0.5	-
		労費	円/h	㉔	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	2,024	-
	計	円/ha	㉕=(㉑×(㉒/(⑧/100))+㉓	798	1,112	221	184	221	185	-	
	変動費 (無人ヘリ)	燃料単価	円/ℓ	㉖	-	-	-	-	-	-	140
		燃料使用量	ℓ	㉗	-	-	-	-	-	-	10
		燃料・潤滑油費	円/h	㉘=㉖×㉗×1.3	-	-	-	-	-	-	1,820
		労費	円/h	㉙	-	-	-	-	-	-	2,024
計	円/ha	㉚=(㉑×(㉒/(⑧/100))+(㉘/100)	-	-	-	-	-	-	959		
作業請負料金	円/ha/回	㉛	16,450	16,450	16,450	16,450	16,450	16,450	16,450		
損益分岐点面積(利用下限面積)	ha/年	=㉛/(㉛-(㉚×㉛/100))	63.5	64.8	50.3	50.2	74.3	74.1	206.1		
備考	1 ドローンの圃場作業効率は離陸から散布開始地点までの飛行時間、散布完了から着陸までの飛行時間、薬剤充填時間、バッテリー交換時間の実測値から算出した作業損失時間より試算した。										
	2 作業期間は田植終日の平年値(5月29日)の翌日から7日と想定。降水量の平年値より10mm以上の降雨があった日及び休日1日間を散布不可とした。										
	3 ドローンの本体一式は本体(液剤散布装置付き)1台、本体用バッテリー6本、バッテリー充電器1個、粒剤散布装置1個、液剤散布用予備タンク1個、送信機用バッテリー2個を購入したと想定。										
	4 ドローンの耐用年数は5年とし、年間固定比率の内訳は原価償却費20%、修理費5%、資本利子4%で試算。										
	5 バッテリー充電単価: Agras T20はバッテリー容量932.4Whで充電時間2.5時間とし、Agras T10はバッテリー容量430Whで充電時間10分とし、Agras T30はバッテリー容量1,502whで充電時間12分と想定し、電気料金の単価を31円/kwh(全国家庭電気整品公正取引協議会 令和4年度 事業報告の目安単価より)して試算した。										
	6 バッテリー使用数: 実測値よりAgras T20円盤目盛3は1個/ha、円盤目盛15は1個/2haとし、Agras T10及びT30は1個/4haとした。										
	7 労費は「令和4年 農作業料金・農業労賃に関する調査結果(一社)青森県農業会議」よりオペレータはオペレータ(トラクター、田植機、コンバインの平均値)の日賃金を、補助者は農業臨時雇賃金の機械作業補助の日賃金を時給換算し、オペレータ(時給1,126円)×1人+補助者(時給898円)×1人=2,024円/時とし、作業能率から1haあたりに換算した。										
	8 作業請負料金は「令和4年 農作業料金・農業労賃に関する調査結果(一社)青森県農業会議」の防除(個人)の県平均賃金をとした。										
	9 ドローンの年間固定費に教習料金は含まれない。										
	10 産業用無人ヘリコプターのその他の項目については「青森県特定高性能農業機械導入計画(青森県,平成26年)を参照した。										

本資料の無断転載を禁止します。使用の際は以下に、お問い合わせください。

問合せ先：地方独立行政法人青森県産業技術センター農林総合研究所スマート農業推進室

電 話：（代表）0172-52-4346

（直通）0172-40-4525

F A X：0172-40-4161

住 所：〒036-0522 青森県黒石市田中82-9

E-mail：nou_souken@aomori-itc.or.jp