

ドローンを活用した施肥方法

1 はじめに

近年、温暖化により一括肥料を使用している水稻や大麦においても生育途中に追肥を必要とする場面が多くなっています。一方で肥料価格の高騰により農業者への負担が拡大しており、分施による施肥量の適正化等による肥料費の削減技術が求められています。

しかし、分施体系の転換に必要な追肥作業について、従来の動力散布機を使用した作業は重労働となるため、経営規模の農業者が実践するのは困難です。

このため、大規模農業者でも可能な分施体系への転換手法として、ドローンによる施肥方法について実証しましたので報告します。

2 技術内容

今回の実証目的は①ドローンによる施肥方法の確立②ドローン施肥による経費削減効果の検証です。

まず施肥方法の確立にあたっては、肥料の積載量を軽量化するため、窒素含有濃度が高い単肥（大粒尿素、大粒硫安）で実証しました。また、施肥方法の確立に向け、肥料ごとの散布幅と施肥量に応じたシャッター開度を決定しました。

またドローンによる大麦の追肥作業をドローンで行い、その作業時間を計測しドローンの導入効果について検証しました。

1) ドローンの仕様

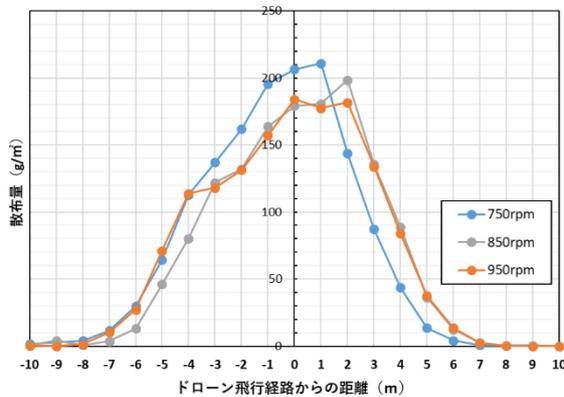
ドローンを施肥に用いる場合、肥料の単位面積あたりの投下量は除草剤等の薬剤に比べ多いため、大型で大容量のタンクが搭載可能なドローンが適しています。今回使用したドローンは令和3年10月にリリースされ、現在、日本で販売されているドローンの中で、最も大きなタンクを搭載できるドローンです。

DJI 社 AGRAS T30 (クボタ社 T30K)
総重量(バッテリー含まず) 26.4 kg
サイズ 2,858 mm × 2,685 mm × 790 mm (アーム、プロペラを伸ばした状態)
T30 粒剤散布システム 3.0
最大容量 40 kg
最大吐出量 20 kg/分

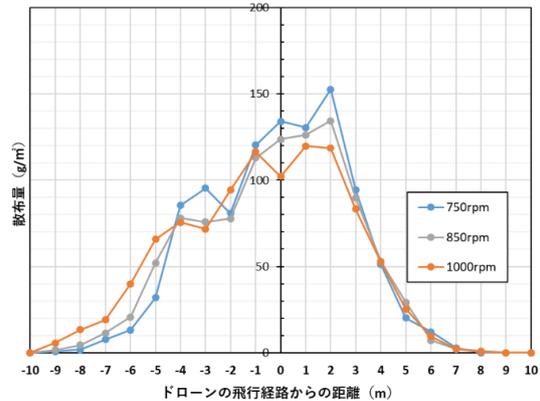


2) 肥料銘柄の違いによる散布精度

大粒尿素および大粒硫安のインペラ回転数と肥料の飛散距離の関係を調査した結果、インペラ回転数を上げることで肥料の飛散距離が拡大することを確認しました。また肥料の種類によりその飛散距離は異なり、大粒尿素と大粒硫安を比較すると尿素の方がムラが小さく、より遠くまで飛散することを確認しました（第1図、第2図）。



第1図. 大粒尿素のインペラ回転数と飛散距離の関係



第2図. 大粒硫安のインペラ回転数と飛散距離の関係

3) インペラ回転数と有効散布幅

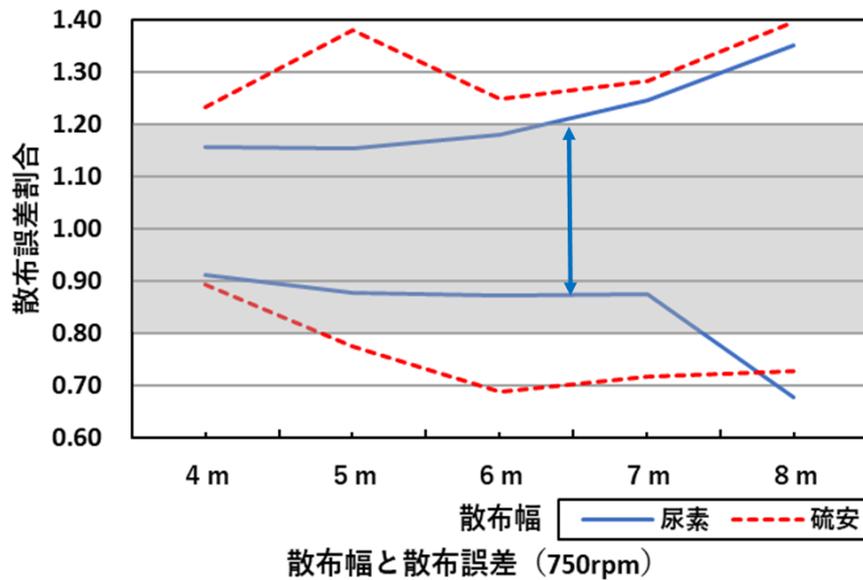
圃場に肥料をムラなく散布するためには肥料の飛散距離を基に有効散布幅を決定する必要があります。

大粒尿素、大粒硫安それぞれの肥料においてインペラ回転数ごとに散布幅を4～8mの間とした場合を想定し、その散布誤差をシミュレーションしました（第3～5図）。

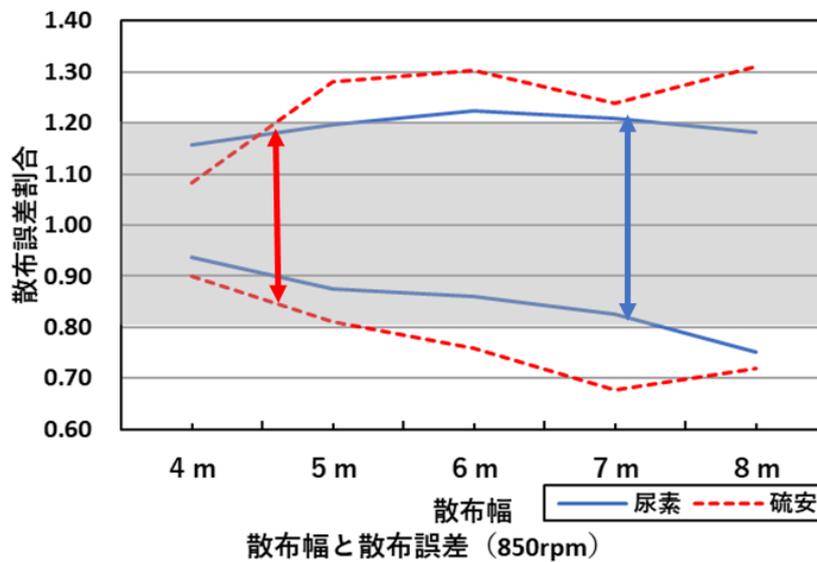
散布誤差が±2割以下となる場合を有効散布幅とした場合、インペラ回転数との関係は第1表のとおりです。

第1表. 大粒尿素と大粒硫安のインペラ回転数と有効散布幅

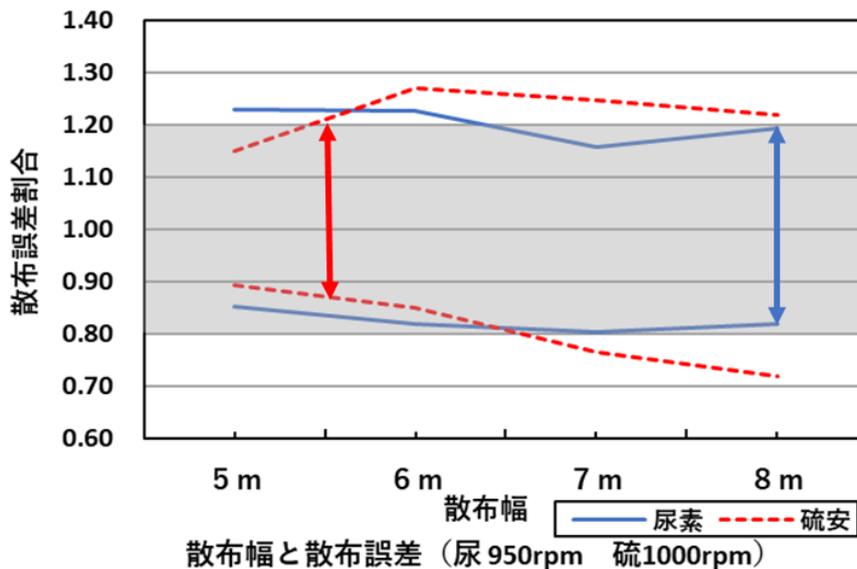
		有効散布幅	
		大粒尿素 (比重 0.73)	大粒硫安 (比重 1.00)
インペラ回転数	750rpm	6.5m	—
	850rpm	7m	4.5m
	950rpm	8m	—
	1000rpm	—	5.5m



第3図. インペラ回転数 750rpm 時の散布幅ごとの散布誤差割合 (シミュレーション)



第4図. インペラ回転数 850rpm 時の散布幅ごとの散布誤差割合 (シミュレーション)



第5図. インペラ回転数 950rpm、1000rpm 時の散布幅ごとの散布誤差割合 (シミュレーション)

4) マニュアル飛行で散布する場合の施肥量とシャッター開度の関係

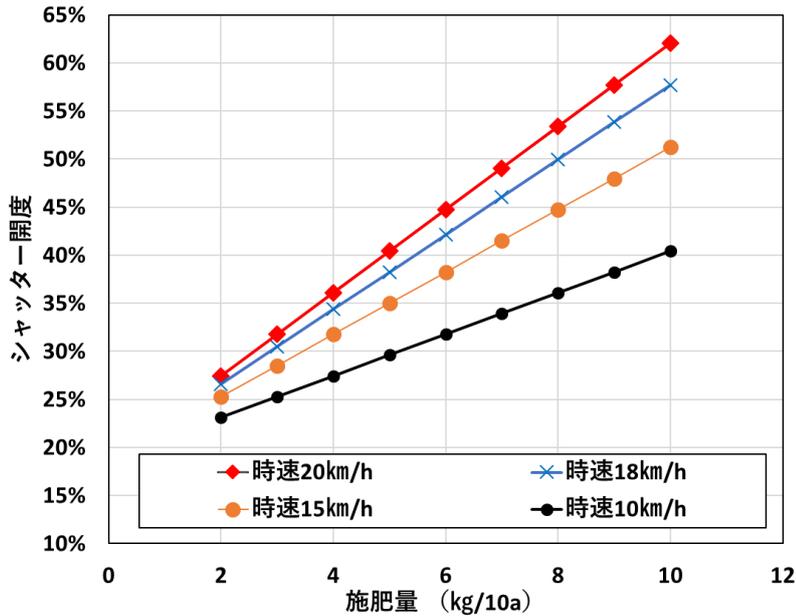
施肥量を調整するためには、散布幅と飛行速度に応じてシャッター開度を調整する必要があります。大粒尿素および大粒硫安の吐出量の調査の結果、施肥量に対するシャッター開度の設定方法は下記の計算式により求められます。

また、それぞれの施肥量とシャッター開度の関係を第6、7図で図示しました。

大粒尿素

$$\text{時速 (km/h)} \times \text{散布幅 (m)} \times \text{施肥量 (kg/10a)} \times 1/60 = \text{吐出量}$$

$$\text{シャッター開度} = (\text{吐出量} + 10.877) / 57.832$$

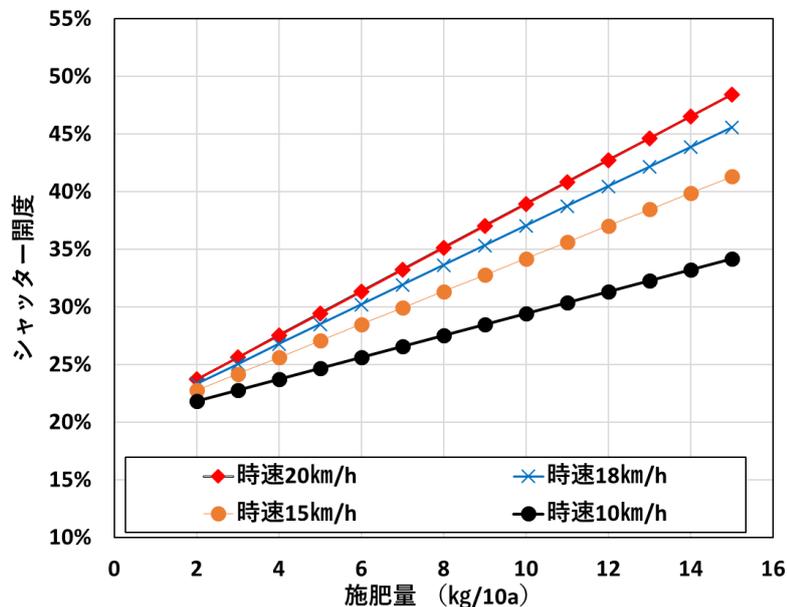


第6図. 大粒尿素の施肥量とシャッター開度の関係

大粒硫安

$$\text{時速 (km/h)} \times \text{散布幅 (m)} \times \text{施肥量 (kg/10a)} \times 1/60 = \text{吐出量}$$

$$\text{シャッター開度} = (\text{吐出量} + 17.444) / 87.642$$



第7図. 大粒硫安の施肥量とシャッター開度の関係

5) ドローンによる追肥作業時間

ドローンによる追肥について作業性を検証するため、大麦の越冬前追肥を次の条件で行い、作業時間をまとめました。

下記の条件での大型ドローンによる施肥作業時間は第3表のとおりで全面積 3.6ha の圃場を散布するのにかかった時間は1時間41分でした。このことから10aあたりの作業時間は2.8分/10aとなります。

(第2表) 肥料銘柄ごとの粒剤タンク (T30 粒剤散布システム 3.0) の最大容量

	最大容量
大粒尿素	25 kg
大粒硫安	30 kg

(第3表) ドローンによる散布作業時間 (作業面積 : 3.6ha)

作業内容	作業時間合計	作業回数	作業平均時間
ドローン移動・準備	17分43秒	4	4分26秒
肥料散布	46分00秒	23	2分00秒
肥料補充 (バッテリー交換含む)	37分41秒	21	1分48秒
	1時間41分24秒		

※10aあたり作業時間 : 2.8分/10a

バッテリー交換回数 : 8回 (肥料補充 2.9回に1度バッテリー交換)

【散布条件】

①作業操作モード

Mプラスモード (※作業操作モードについてはP7参照)

②飛行および散布方法

施肥量 : 大粒硫安 14 kg/10a (N2.9 kg/10a)

飛行高度 2.5m、飛行速度 18 km/h、散布幅 7.5m、インペラ回転数 1200rpm

③肥料積載量等

1フライトごとに大粒硫安 25 kg/10a

1往復 (約 15a) ごとに肥料を追加

④散布面積

1団地 (3.6ha) と 2筆 (変形田含む)

⑤作業体制

オペレーター、ナビゲーター、補助者 (肥料およびバッテリー交換) 計 3名

6) 技術の効果およびコスト

一括肥料から分施肥体系に転換した場合、肥料費は水稲（N9kg/10a）で4,600円/10a、大麦（N12kg/10a）で3,300円/10a削減することが可能です。

一括肥料からドローンを活用した分施肥体系への転換による経費削減効果を経営規模40ha（水稲25ha、大麦15ha）の経営体で想定すると435,000円/年の経費削減効果が得られると考えられます。一括肥料から分施肥への転換は増収につながる可能性もあるため、これ以上の導入効果も期待できます。

また、ドローンは農薬散布など施肥以外の多様途にも活用することができるため、ドローンの用途を拡大により経費削減効果が高まると考えられます。

(第4表) ドローンによる施肥技術導入効果シミュレーション（経営面積40ha想定）

	作付面積	一括肥料	分 施			導入効果
			肥料費	労務費	ドローン導入経費	
水稲	25ha	3,056千円	1,909千円	150千円	923千円	435千円
大麦	15ha	1,644千円	1,148千円	135千円		
合計	40ha	4,700千円	4,265千円			

○肥料費

水稲（N9kg/10a）

一括肥料：12,223円/10a（中晩生一発522）

分 施：7,634円/10a（アグリフレッシュ444+大粒尿素）

⇒削減効果：4,589円/10a

大麦（N12kg/10a）

一括肥料：10,962円/10a（大麦一発523）

分 施：7,651円/10a（アグリフレッシュ444+大粒尿素）

⇒削減効果：3,311円/10a

○ドローン導入経費

購入費用 4,060,721円

減価償却費 580,103円/年（※7年償却）

保険料 186,000円/年

メンテナンス 157,300円/年

923,403円/年

ドローン購入内訳

ドローン本体	1台
粒剤散布機	1台
バッテリー	8個
充電ステーション	2台
発電機	2台
送信機予備バッテリー	1個
トランシーバー	1台
ドローン操作免許	1人

○散布にかかる労務費

作業員：3名（オペレーター、ナビゲーター、補助者）

労務単価：2,000円/h/人

作業時間：3分/10a

(参考) ドローンの作業用操作モードについて

ドローンの散布飛行については、下表（第5表）のとおり4つの操作モードがあります。

マニュアルモード以外は施肥量、散布幅、飛行速度を設定することでドローンが自動でシャッター開度を調整します。

(第5表) ドローン (AGRAS T30) の作業用操作モードの特徴

操作モード	特徴	散布機のシャッター開度の設定
マニュアル (M) モード	<ul style="list-style-type: none">・ドローンの移動、旋回、速度および高度維持、肥料 (薬剤) 散布のすべてを手動で行う。・離陸時、着陸時はすべてこのモードで行う。	手動
マニュアルプラス (M+) モード	<ul style="list-style-type: none">・機首の方向、高度を固定した状態で作業を行う。・上限速度を設定することができる。・機体移動中に自動で散布を行い、ホバリング中は散布が自動で停止する。・散布幅をあらかじめ設定し、ボタン操作で設定した幅で横移動する。	施肥量、散布幅、飛行速度の入力によりシャッター開度は自動で作動
ABポイント (AB) モード	<ul style="list-style-type: none">・圃場内の端から端までをA - B点で結び、高度、飛行速度、と散布量を設定することで、A - B間の自動散布飛行が行える。	
自動飛行 (F) モード	<ul style="list-style-type: none">・事前に圃場を登録し、飛行ルートを設定することで、自動 (着陸を除く) で飛行、散布する。	