

ドローン空撮で取得した GNDVI を利用した 水稲 ‘コシヒカリ’ の基肥における鶏糞の可変施肥方法

1 栽培マニュアルの内容

(1) 背景・目的

近年、スマート農業技術の普及と併せて、環境に配慮した農業推進が図られており、効率的かつ環境負荷を低減した技術の開発や導入が課題です。そこで、ドローンで空撮した水稲生育状況のセンシングデータ（以下「GNDVI」）を活用し、鶏糞を基肥利用する際に、**ほ場別の生育状況の変位に対応した可変施肥**を行うことで、**収量の向上と平準化**を目指します。

(2) 栽培マニュアルの要約

‘コシヒカリ’の幼穂形成期にドローン空撮で得た GNDVI により、各ほ場の生育量を把握し、任意で定めた基準 GNDVI と各ほ場毎の GNDVI との比に応じて次年度基肥の鶏糞散布量をほ場毎に算出します。これに基づき可変施肥を行うことにより、生育及び収量性の向上と平準化が図られます。

2 栽培マニュアルの概要

(1) 可変施肥を開始する前年度 (N0 年) に、ドローン空撮画像と専用の画像解析用ソフトを使用して取得した幼穂形成期のほ場別 GNDVI を基に、N0 当年で食味値や収量性が高く GNDVI が平均的なほ場の値を基準として設定 (以下「基準 GNDVI」) し、N0 当年の標準的な慣行施肥量を基準施肥量 (F_{n0+1}) として、基準 GNDVI (基準 G_{n0}) / ほ場別 GNDVI (ほ場別 G_{n0}) 比を乗ずることで、可変施肥 1 年目 (N0+1 年) の鶏糞散布量 (ほ場別 F1) を前年のほ場別 GNDVI の値に応じて算出できます (表 1, 2)。

(2) 可変施肥 2 年目 (N0+2 年) 以降は、前年度幼穂形成期の空撮画像より取得及び設定した基準 GNDVI (基準 G_{n0+1}) / ほ場別 GNDVI (ほ場別 G_{n0+1}) 比に、前年度のほ場別可変施肥量 (ほ場別 F1) と、前年の経営全体における作柄水準に応じて加減して任意に設定した当年基準施肥量 (F_{n0+2}) / 前年基準施肥量 (F_{n0+1}) 比を乗じて可変施肥 2 年目の鶏糞施用量 (ほ場別 F2) を算出し、**鶏糞の基肥施用を繰返すことで生育と収量性を平準化**することができます (表 1, 2)。

表 1 GNDVI の取得と可変施肥量の算出方法

手順/年次	N0年 (開始)	N0+1年 (可変施肥1年目)	N0+2年 (可変施肥2年目)
①ドローン空撮	幼穂形成期1回		
②GNDVI取得	PIX4Dfieldsで解析		
・基準GNDVI設定	基準 G_{n0}	基準 G_{n0+1}	基準 G_{n0+2}
・ほ場別GNDVI	ほ場別 G_{n0}	ほ場別 G_{n0+1}	ほ場別 G_{n0+2}
③基準施肥量設定	—	基準 F_{n0+1}	基準 F_{n0+2}
④可変施肥量算出	—	ほ場別 F1 = 基準 F_{n0+1} × 基準 G_{n0} / ほ場別 G_{n0}	ほ場別 F2 = ほ場別 F_{n0+1} × 基準 G_{n0+1} / ほ場別 G_{n0+1} × 基準 F_{n0+2} / 基準 F_{n0+1}

注) 画像解析ソフト (PIX4Dfields) による GNDVI 取得は、ソフトのマニュアルに従って実施する。

表2 空撮に必要な機材及び飛行設定

○必要な機材	
機体	P4 Multispectral Camera (DJI社製)
送信機	本体付属
送信機装着端末	iOS端末
バッテリー	本体付属
自動飛行設定アプリ(飛行ルート等の設定)	DJI GS Pro (iOSのみ)
画像保存用メモリーカード	書き込み速度15 MB/s以上のmicroSDカード。 最大容量 : 128 GB クラス10またはUHS-1規格が必要
○自動飛行設定アプリによる飛行設定 (DJI GS Proより設定)	
カメラ方向	コースと平行
撮影モード	等時間間隔で撮影
飛行経路生成モード	区域内モード
撮影間隔	2.0SEC
飛行高度	57.0M
飛行速度	4.3M/S
航路上のオーバーラップ率	78%
航路間のオーバーラップ率	37%

注1) 2022年は7月11日に撮影、撮影面積約5ha、撮影時刻9時27分～9時34分、9時41分～9時50分、飛行時間16分、天気晴れであった。
 注2) 2023年は7月12日に撮影、撮影面積約5ha、撮影時刻9時25分～9時32分、9時44分～9時53分、飛行時間16分、天気曇りであった。

(3) ‘コシヒカリ’の幼穂形成期に、ドローンを用いて空撮して得たGNDVIは、地上調査データから得た指数(以下「地上調査」と正の相関が見られ、**多筆ほ場においても効率的に、ほ場別の生育状況をドローンで把握できます**。また、累年のGNDVIと地上調査との相関と比較して、各単年のGNDVIと地上調査との相関が強いことから、**次年度の可変施肥量の算出に利用するGNDVIは、累年データよりも直近前年度の単年データの方が適します**(図1, 2)。



図1 空撮に用いたドローン及び操縦に使用した送信機

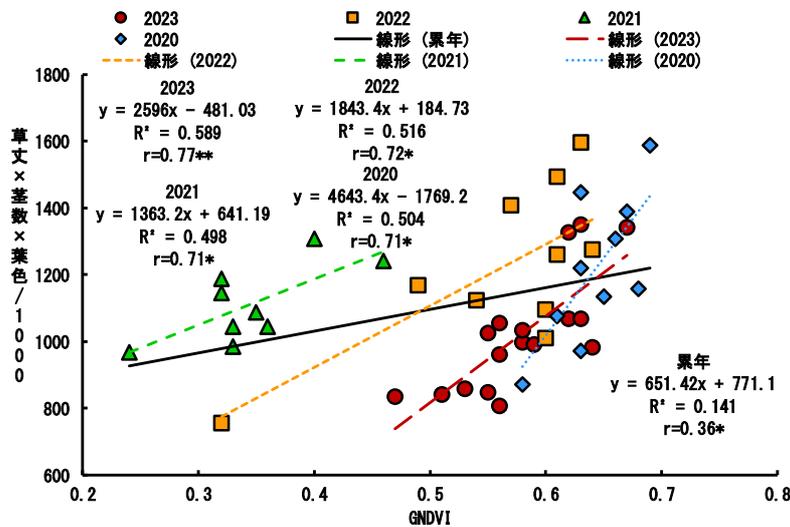


図2 単年及び累年データによるドローンから空撮したGNDVIと地上調査データとの関係

(4) ブロードキャストにより基肥の鶏糞をほ場別に可変施肥した場合（以下「可変施肥」）、全ほ場を基準施肥量としてほ場毎の可変施肥を行わない場合（以下「対照」）と比較して、**可変施肥の2年継続によってGNDVI及び収量が向上する傾向にあり、変動係数は小さくなる傾向にありました（図3～5）。**



図3 ブロードキャストによる基肥鶏糞散布及び使用した鶏糞

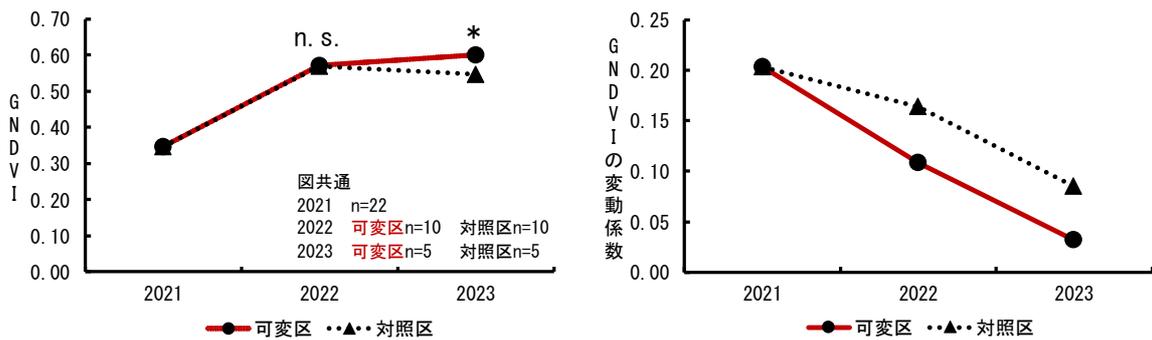


図4 複数年の施肥区分別によるGNDVIと変動係数の推移

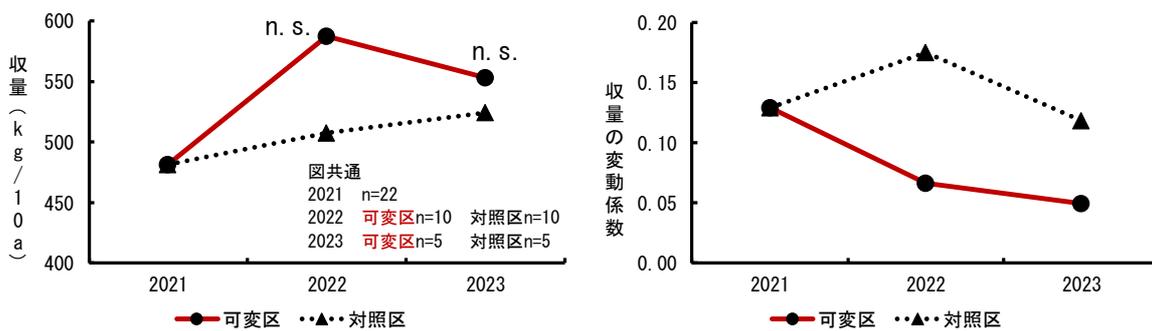


図5 複数年の施肥区分別による収量と変動係数の推移

図4～5共通

注1) t検定による*は5%水準で有意差があることを示し、n. s. は有意差がないことを示す。

注2) 収量は篩目1.85mmのライスグレーダーで調整し、水分15%換算して示した。

注3) 変動係数は標準偏差÷平均値により算出。

- (5) **2年間可変施肥継続**の3ほ場と同対照3ほ場のGNDVIを可変施肥前と比較すると、**可変施肥ほ場のGNDVIは基準GNDVIより高い水準**になるとともに、**GNDVIのほ場間変動も対照ほ場より小さくなりました**（図6）。

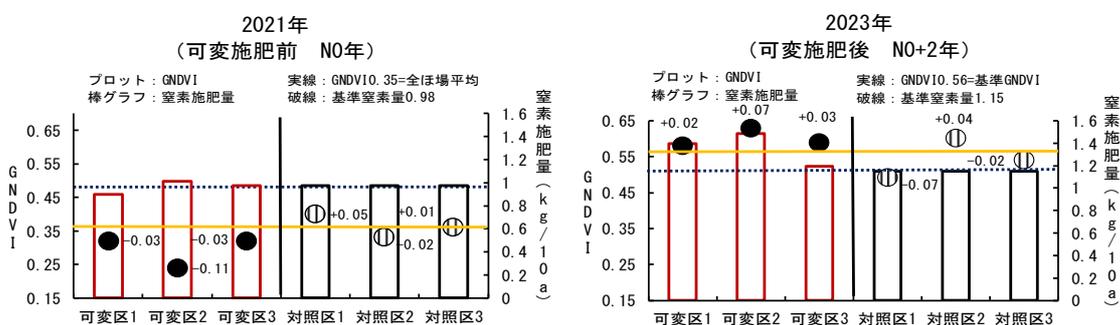


図6 可変施肥実施前と実施後におけるGNDVI値と窒素施肥量の違い
注) 図中の-、+は実線（基準GNDVI）を基準とした区ごとの多寡を示している。

- (7) 基準施肥量 100kg/10a による可変施肥の鶏糞+機材費は、対照と比較して約 18,200 円/10a の経費高となりますが、粗収益では対照と比較して収量が向上することで約 8,000 円高くなります。鶏糞費は、2年間の可変処理によって増加する傾向ではありますが、可変処理をさらに継続すると、ほ場間の施肥量相殺によって安定することが想定され、**機材費の経費高のみで試算すると、粗収益の向上によって約3年で回収可能**と推測されます（表3）。

表3 可変施肥による費用対効果

施肥区分別	10aあたりの鶏糞代	ブロードキャスト代	ドローン代	解析ソフト代	鶏糞+機材代	収量	粗収益
	円/10a	円/10a	円/10a	円/10a	円/10a	kg/10a	円/10a
可変区 (100kg)	1,684	26,000	15,000	3,000	45,703	553	153,828
対照区 (100kg)	1,447	26,000	0	0	27,447	524	145,811

注1) 鶏糞は217円/15kg、ブロードキャストは130万円/台、ドローンは75万円/機、解析ソフトは15万円/個で計上した。

注2) それぞれの10aあたりの機材代は、実証規模5haにより算出した。

注3) 買取単価は、「令和6年産米の個人調整概算金単価及び施設仮持込概算金単価」の施設仮持分の「コシヒカリ」JA米278円/kgを使用した。

注4) 収量は2023年の株刈り精玄米重である。

注5) ドローンに係る付属品代及び修理費はここでは省略する。

3 利用上の留意点

- (1) 空撮に用いたドローンは‘DJI Phantom 4 Multispectral’で、RGBカメラ1台、マルチスペクトラルカメラ5台の計6台搭載しています。幼穂形成期に高度57mで撮影し、GNDVIの取得に画像解析ソフト‘PIX4Dfields’を用いました。
- (2) GNDVI (Green Normalized Difference Vegetation Index) は緑正規化植生指数のことを指し、近赤外光と緑色光の反射率 (NIR-Green) / (NIR+Green) から算出します。
- (3) 基肥に使用した鶏糞は成分N:2.3%、P₂O₅:5.4%、K₂O:2.9%のペレットで、推定無機化率は50%とし、ブロードキャスト‘ヤンマー MGC401PN’を使用して散布しました。
- (4) 対象品種は‘コシヒカリ’であり、鳥取県八頭郡八頭町内の法人が管理するほ場で、牛糞堆肥を毎年約2t/10a施用する条件で、穂肥は無施用です。また、試験ほ場は標高約57mの礫質普通灰色低地土です。
- (5) 鶏糞を基肥利用した試験であるため、その他資材を使用する施肥体系の場合は基準散布量の設定に別途検討が必要です。