

委託試験成績（令和元年度）

担当機関名 部・室名	茨城県農業総合センター農業研究所 作物研究室、環境・土壌研究室
実施期間	令和元年度～令和3年度、新規
大課題名	V 情報処理等先端技術の活用による高生産システムの確立
課題名	ICTを活用した省力的な水稻栽培技術の実証
目的	<p>茨城県では、平成30年度より「茨城モデル水稻メガファーム育成事業」が開始され、県をあげて100ha規模の経営体を育成することで「茨城発、儲かる農業」の実現を目指している。</p> <p>大規模経営における本県の主力品種「コシヒカリ」栽培では、倒伏させずに多収を得ることが重要である。このため、ICTを活用した水稻栽培技術（可変施肥技術）により、地力や生育の変動に対応した安定多収栽培技術を確立・実証し、大規模経営体の育成を支援する。</p>
担当者名	作物研究室 主任研究員・皆川 博、 研究嘱託員・大和田 興 環境・土壌研究室 主任・宮本 寛

試験1. 地力差の無い圃場における生育制御技術（所内試験）

地力差の無い所内圃場において、追肥時の生育量を変動させ、ドローンによる生育診断に基づく可変施肥の効果を検証する。

1. 試験場所 所内圃場（茨城県水戸市上国井町）

2. 試験方法

(1) 供試機械名

- ①ドローン（DJI・Matrice600Pro）およびマルチスペクトルカメラ（コニカミノルタ）
- ②可変施肥対応型無人ヘリ（ヤンマー・YF390AX）
- ③収量コンバイン（ヤンマー・YH6115）

(2) 試験条件

ア. 圃場条件 地力差の無い所内圃場（土壌型：表層腐植質多湿黒ボク土）

イ. 栽培等の概要

供試品種	栽植密度 (株/㎡)	基肥 (月/日)	移植 (月/日)	センシング (月/日)	追肥 (月/日)	出穂期前日数	坪刈り (月/日)
コシヒカリ	15.2	4/25	5/10	7/8	7/17	16日	9/5

基肥はアグリフラッシュ(14-14-14)、追肥はNK2号(16-0-16)を使用した。

ウ. 試験区構成

試験区	基肥窒素量 (kg/10a)	追肥窒素量 (kg/10a)	面積 (㎡)
施肥体系	基肥量		
	N4.5	4.5	200
可変追肥	N6.0	6.0	200
	N7.0	7.0	200
慣行		6.0	110

※基肥量を変えて生育量を変動させ、2通りの施肥幅で変量追肥した。

試験2. 地力差の大きな圃場における生育制御技術（現地試験）

地力差の大きな現地の合筆圃場において、可変施肥対応型ブロードキャストおよび無人ヘリ、ドローンによる生育診断等、ICT活用による高収量・省力化を目指した水稻栽培技術を実証する。

1. 試験場所 現地圃場（茨城県龍ケ崎市下地内）

2. 試験方法

(1) 供試機械名

- ①可変施肥対応型ブロードキャスト（IHI アグリテック・MBC300PN）
- ②ドローン（DJI・Matrice600Pro）およびマルチスペクトルカメラ（コニカミノルタ）
- ③可変施肥対応型無人ヘリ（ヤンマー・YF390AX）
- ④収量コンバイン（ヤンマー・YH6115）

(2) 試験条件

ア. 圃場条件 現地水田（平成 30 年 2 月に地力差の大きな 2 圃場を合筆した圃場・下図）



合筆
(H30.2)



H30産水稻栽培後の可給態窒素

	可給態窒素(mg/100g)	
	表層	下層
地力高	22.9	19.3
地力低	16.7	9.9

表層0~15cm、下層15~30cm

イ. 栽培等の概要

供試品種	栽植密度 (株/m ²)	基肥 (月/日)	移植 (月/日)	センシング (月/日)	追肥 (月/日)	坪刈り (月/日)	全刈り (月/日)
コシヒカリ	15.2	4/18	5/8	7/2	7/11 出穂期前日数	9/3	9/6

基肥はアグリフラッシュ(14-14-14)、追肥はNK2号(16-0-16)を使用した。

ウ. 試験区構成および施肥法：下記①~③を地力差の大きな同一の合筆圃場に設けた。

試験区	基 肥		追 肥		収穫
	供試機種等	施肥量(kg/10a)	供試機種	施肥方法	
①ICT区 (可変基肥+ 可変追肥)	可変施肥対応型 ブロードキャスト	前年産の生育量データに応じ N2~6の範囲で変量施肥 (平均実施量N4.7)	可変施肥 対応型 無人ヘリ	本年の生育量データに応じ N0~3の範囲で変量施肥 (平均実施量N2.3)	収量コン バイン
②既存技術区 (土壌診断基肥+ 生育診断追肥)	人力	N2(地力高)、N5(地力低) (土壌診断に基づく)	ミスト機	N2(地力高・地力低とも) (生育診断に基づく)	※収量ム ラの把握 のため
③慣行区 (均一施肥)	ブロードキャスト	N5	ミスト機	N2	

3. 試験結果

試験 1. 地力差の無い圃場における生育制御技術（所内試験）

センシングで得られた NDVI は地上部窒素吸収量と高い正の相関関係が認められた（図表略）。

幼穂形成期の地上部乾物重は基肥窒素量に応じて変動が認められたが、収量では基肥量の違いによる差は認められなかった。可変追肥の変量幅（最小-標準-最大）は、N0-3-6kg 区に比べ N1-3-5kg 区で収量がやや高い傾向が認められた（図 1）。

試験 2. 地力差の大きな圃場における生育制御技術（現地試験）

ICT 区の基肥は、前年産の生育量データに応じて窒素 2~6 kg/10a の設定範囲で変量施肥し、平均実施肥量は 4.7kg/10a であった。また、ICT 区の追肥は、本年の幼穂形成始期における生育量データに応じて窒素 0~3 kg/10a の設定範囲で変量施肥し、平均実施肥量は 2.3kg/10a であった。幼穂形成始期に相当する 7 月 2 日に実施したセンシングで得られた 1m メッシュデータより、生育量（NDVI×植被率）は、ICT 区および慣行区では地力高区が地力低区に比べ高い傾向が認められた。一方、既存技術区では、地力高区が地力低区に比べ低い傾向が認められた（図 2）。また、同メッシュデータより算出した施肥体系別の生育量（NDVI×植被率）のばらつき程度（変動係数）は、ICT 区

(6.5) と慣行区 (6.4) が同程度で、既存技術区 (5.6) で低い傾向が認められた (図2)。

成熟期は、何れの施肥体系においても地力高区が地力低区に比べ遅かった。成熟期の稈長、穂数、 m^2 当たり粒数は、既存技術区で地力の違いによる差が小さかったが、ICT区および慣行区では地力高区の生育量が地力低区より大きかった (表1)。収穫時 (9/6) の倒伏程度は、ICT区および既存技術区で低いとともに、地力の違いによる差が小さかった。一方、慣行区では地力高区において、倒伏程度が高かった (図3)。

坪刈収量 (精玄米重) は、ICT区および既存技術区で地力高区と地力低区の差が5%以内で、慣行区に比べ小さかった。施肥体系別の10a当たり全刈収量は、慣行区 (452kg) に比べ ICT区 (465kg) および既存技術区 (470kg) でやや高い傾向が認められた。玄米タンパク質含有率は、ICT区と既存技術区で地力の違いによる差が小さかった (表2)。

4. 主要成果の具体的データ

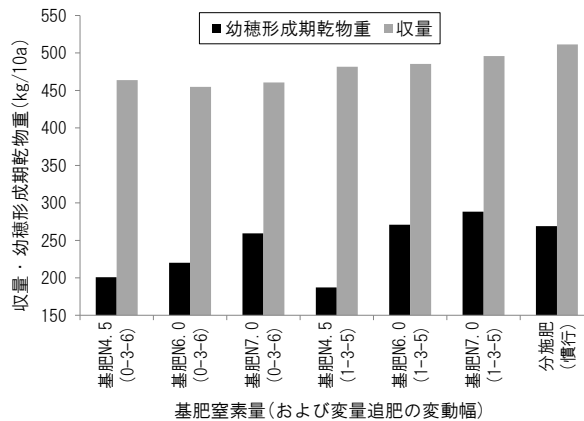


図1 基肥量を変動させたグラデーション圃場における可変追肥およびその変量幅が幼穂形成期の生育および収量に及ぼす影響 (所内試験)

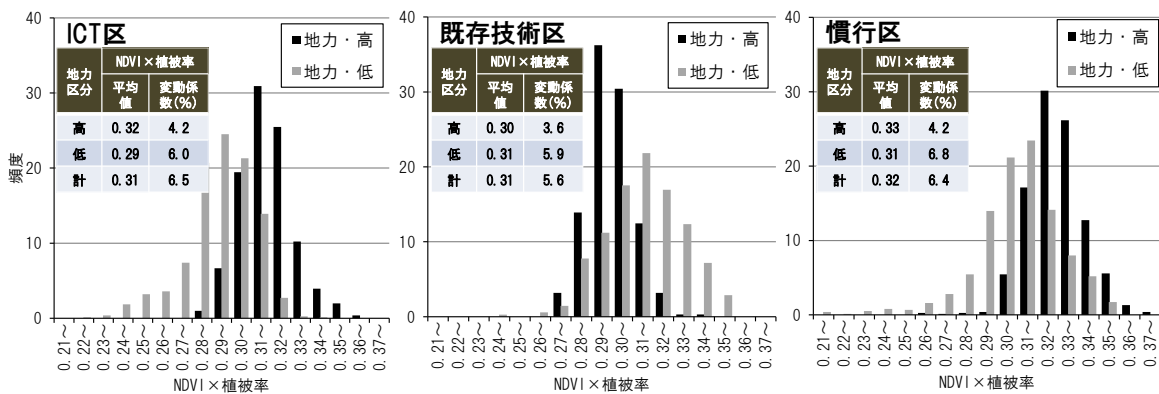


図2 施肥体系がセンシング時 (7/2・出穂期前31日) の生育に及ぼす影響 (現地試験)

表1 施肥体系が成熟期の生育に及ぼす影響 (現地試験)

試験区	成熟期	稈長		穂長	穂数		1穂粒数	m^2 当たり粒数		登熟歩合	
		(月/日)	(cm)		比	(本/ m^2)		比	(百粒)		比
ICT区	高	9/6	96.1	108	19.0	401	113	81.7	328	128	72.8
	低	9/5	89.3	(100)	19.3	355	(100)	72.5	257	(100)	79.0
既存技術区	高	9/7	92.1	101	18.9	361	97	86.5	312	104	74.8
	低	9/6	90.9	(100)	19.3	372	(100)	81.0	301	(100)	76.0
慣行区	高	9/8	96.2	108	19.1	408	116	89.5	365	130	68.8
	低	9/6	88.8	(100)	19.4	351	(100)	79.8	280	(100)	78.8

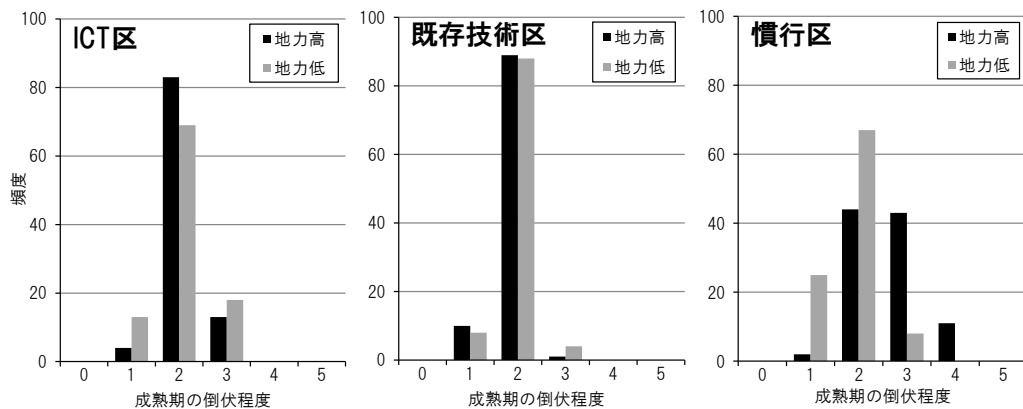


図3 施肥体系が収穫時の倒伏程度に及ぼす影響（現地試験）

表2 施肥体系が収量および品質に及ぼす影響（現地試験）

試験区	地力	坪刈収量				全刈収量 精玄米重 1.80mm調製 (kg/10a)	玄米品質				
		粗玄米重		精玄米重			千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク質含有率 (%)		
		(kg/10a)	比	(kg/10a)	比						
ICT区	高	564	510	512	101	494	99	467	20.4	69.4	7.0
	低	533	510	508	(100)	496	(100)	465	21.0	67.1	6.9
既存技術区	高	540	516	505	96	494	96	460	20.8	69.5	7.0
	低	557	516	527	(100)	505	(100)	470	20.7	69.3	6.9
慣行区	高	565	496	514	107	495	105	469	20.2	69.1	7.3
	低	505	496	478	(100)	483	(100)	452	21.0	64.3	6.8

- 注) 1. 現地実証経営の玄米調製が1.80mmのため、坪刈収量は1.80mm調製重を併記し、全刈収量は1.80mm調製重を示した。
 2. 全刈収量は、実証圃を個別乾燥・調製(1.80mm)後に計測した玄米重、各試験区の面積および坪刈収量を基に算出した。
 3. 玄米品質は、1.85mm調製後に計測した。

5. 経営評価

現地実証試験より得られたデータを基に、技術の経済性を評価した。ICT区の収量は、慣行区に比べ13kg/10a増加し、粗収益はICT区で3,146円/10a増加したが、支出はICT区が3,827円/10a増加し、収益はマイナス681円/10aと試算された(表3)。なお、本技術体系で増収益を達成するには、慣行に比べ16kg/10a以上の収量増加が必要である。

表3 現地実証試験の経済性評価

項目	試験区	試験区		備考
		ICT区	慣行区	
収入	収量 (kg/10a)	465	452	実証試験における全刈収量
	販売額 (円/kg)	242	242	実証経営のR1産コシヒカリ販売単価
	(円/10a) (A)	112,530	109,384	
支出	農機具費 (円/10a)	82		可変施肥対応型ブロードキャスト差額
	委託料 (円/10a)	1,500		センシングおよびマップ作成作業委託
	(円/10a)	2,500		無人ヘリ追肥作業委託
	労働費		255	慣行(ミスト機)追肥作業時間の減
合計	(B)	4,082	255	
収入-支出	(A)-(B)	108,448	109,129	
慣行区との差額		▲681		

- 注) 1. 農機具費は、可変施肥対応型ブロードキャスト(750,000円)と標準モデル(348,000円)の差額に係る減価償却費を現地実証経営の水稲作付け面積(70ha)で除した。
 2. 労働費は、ミスト機による追肥作業時間(0.17hr/10a)に労働単価1,500円/hrを乗じた。
 3. 実証試験における総施肥窒素量は、両区とも同じであったため、肥料費は算入していない。

6. 利用機械評価

- ・可変施肥対応型ブロードキャストは、設定量に応じて基肥散布量が変動している様子が目視で確認された。また、慣行区の基肥散布作業も本機を用いたが、設定施肥量（N5 kg/10a）に対し実施肥量 4.98kg/10a で、極めて精度が高かった。
- ・可変施肥対応型無人ヘリは、設定施肥量の多い所と少ない所に予め設置した枠内に落下した施肥量を調査した結果、設定施肥量の多少に応じた散布量が確認された。

7. 成果の普及

令和元年7月11日に、農業研究所主催の現地検討会を開催し、農業者、関係機関等145名が出席した。また、本検討会は報道機関により4件報道され、実証技術を公知化した。

8. 考察

試験1. 地力差の無い圃場における生育制御技術（所内試験）

幼穂形成期の乾物重は基肥窒素量に応じて変動が認められたが、収量は基肥量の違いによる差は認められず、可変追肥により生育量の平準化が可能であった（図1）。可変追肥の変量幅（最小-標準-最大）は、N0-3-6kg区に比べN1-3-5kg区で収量がやや高い傾向が認められた（図1）が、これは幼穂形成期の生育量も同様にN1-3-5kg区で高かったことが影響したと考えられ、可変施肥における最適な変量幅は明らかでなかった。

試験2. 地力差の大きな圃場における生育制御技術（現地試験）

センシング時の生育量（NDVI×植被率）およびその変動は、ICT区と慣行区で同程度であった。また、ICT区、慣行区とも地力低区に比べ地力高区の生育量が大きかった（図2）。このことから、前年産の幼穂形成期における生育量データを基にした基肥の変量幅（窒素2～6kg/10a）は、当該圃場における地力差の是正には小さく、更に大きな変量幅の設定が適切と考えられた。

収穫時の倒伏程度は、ICT区および既存技術区で低いとともに、地力の違いによる差が小さかった。一方、慣行区では地力高区において、倒伏程度が高かった（図3）。このことから、ICT区は、成熟期の生育差を平準化し、倒伏程度およびそのバラツキを小さくすることで、倒伏させずに多収を得るために有効な技術となり得ると考えられた。坪刈収量（精玄米重）および玄米タンパク質含有率は、ICT区および既存技術区で地力の違いによる差が小さく（表2）、地力差による収量および品質の変動を抑えることが可能であった。

現地実証結果を基に試算した経済性評価より、本年度における実証技術の収益は慣行に比べマイナス681円/10aと試算された（表3）。本年度は、当該圃場の倒伏程度が小さく、最も倒伏程度の大きかった慣行・高地力区においても最大倒伏程度は4であった。今後は、より倒伏程度の大きい条件下でデータを蓄積する必要がある。

9. 問題点と次年度の計画

- ・センシングで得られた生育差に対する最適な基肥および追肥の変量幅が明らかでない。このため、所内（地力差無）および現地（地力差大）圃場において、反応速度論による土壌からの窒素溶出パターンを加味した適正な追肥量および変量幅を明らかにする。
- ・本年度は、所内試験、現地試験とも全ての試験区で倒伏程度が小さかったため、同様の試験を継続し、より倒伏程度の大きい条件での検討が必要である。

10. 参考写真



写真1. 可変施肥対応型ブロードキャスタ（左：シャッター開閉機構、中：肥料物性の確認、右：施肥作業）



写真2. ドローンによる生育量センシング



写真3. 無人ヘリによる可変施肥作業（左）および施肥量の確認（右）



写真4. 現地検討会の開催（左：室内検討、右：可変追肥作業の実演）



写真5. 収量コンバインによる収穫作業