

委託試験成績（令和2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、継続
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	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。 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。
担当者名	作物研究室 主任研究員・皆川 博、 研究員・大和田 興 環境・土壌研究室 室長・吉尾卓宏、 研究員・森谷智恵

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、基肥量の増減により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・Phantom4）およびマルチスペクトルカメラ
- ②可変施肥対応型無人ヘリ（ヤンマー・YF390AX）

(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	基肥	移植	センシング	追肥	
	(株/m ²)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	(月/日)	出穂期前日数
コシヒカリ	15.6	4/30	5/11	7/8	7/15	21日

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	追肥		窒素施肥量(kg/10a)	
		供試機種	可変施肥	基肥	追肥
①可変施肥区(分施肥)	全面全層施肥 (速効性肥料)	無人ヘリ	あり	4.0	生育に応じた 可変追肥 (変量幅N1～5)
				6.0	
				8.0	
②対照区(分施肥)		人力	なし	4.0	3.0, 4.0
				6.0	2.0, 3.0
				8.0	1.0, 2.0

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。前年度の実証区は、慣行に比べ13kg/10a増収したが収益はマイナスであった。本年度も同じ技術体系の実証を継続し、より多収な条件での技術評価を目指す。

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・Phantom4）およびマルチスペクトルカメラ
- ③可変施肥対応型無人ヘリ（ヤンマー・YF390AX）

(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		坪刈り (月/日)	全刈り (月/日)
					(月/日)	出穂期前日数		
コシヒカリ	15.2	4/28	5/7	7/5	7/10	25日	9/9	9/10

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	
	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 N0~8の範囲で変量施肥 (平均実施量N4.5)	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N1.9)
②既存技術区 (土壌診断基肥+ 生育診断追肥)	人力	N3(地力高)、N6.4(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)
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）

リモートセンシングで得られた「NDVI」および「NDVI×植被率」は地上部窒素吸収量と高い正の相関関係が認められた（表1）。

基肥量をN4、N6、N8kg/10aと変動させ、幼穂形成期の生育量に応じて可変追肥した区の収量は、基肥量を同一とし均一追肥した区に比べ平均で15kg/10a増収した（図表略）が、増収程度は地力差の大きな圃場（試験2参照）に比べ少なかった。

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）

ICT区の基肥は、前年産の生育量データに応じて窒素0~8kg/10aの設定範囲で変量施肥し、平均実施量は4.5kg/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0~3kg/10aの設定範囲で変量施肥し、平均実施量は1.9kg/10aであった。幼穂形成始期に相当する7月5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、慣行区では地力高区が地力低区に比べ高いのに対し、ICT区では地力による差は認められなかった。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1）。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、慣行区 (9.5) に比べ、ICT 区 (8.6) でやや低い傾向が認められた (図 1)。

成熟期は、慣行区では地力低区が地力高区より 4 日早かったが、ICT 区および既存技術区ではその差が 1 日に短縮された。成熟期の稈長は、慣行区で地力高区が地力低区に比べ長かったが、ICT 区および既存技術区では地力による差は認められなかった (表 2)。成熟期頃 (9/8) の倒伏程度は、ICT 区および既存技術区では地力の違いによる差が小さかったのに対し、慣行区では地力による差が大きく、地力高区において 4~5 程度の倒伏箇所が多く認められた (図 2)。

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 2% 以下と小さかったのに対し、慣行区では地力による収量差が大きく、地力高区が地力低区に比べ 14% 高かった。施肥体系別の 10a 当たり全刈収量は、慣行区 (452kg) に比べ ICT 区 (497kg) および既存技術区 (481kg) で高かった (表 3)。

4. 主要成果の具体的データ

表 1 各調査項目と窒素吸収量との相関 (所内試験)

試験区	地上計測					リモートセンシング			乾物重 (g/m ²)	窒素 吸収量 (g/m ²)
	草丈 (cm)	茎数 (/m ²)	葉色 (SPAD)	草丈× 茎数	草丈×茎数 ×葉色	NDVI	植被率	NDVI× 植被率		
基肥 N4 (東1)	69.0	387	28.4	26731	757813	0.43	0.47	0.20	290	3.6
基肥 N4 (東2)	72.7	421	29.5	30607	902912	0.49	0.49	0.24	297	3.6
基肥 N4 (西1)	73.4	369	30.6	27105	828071	0.51	0.47	0.24	230	2.9
基肥 N4 (西2)	73.0	476	30.1	34733	1045475	0.54	0.49	0.26	369	2.9
基肥 N6 (東1)	71.6	374	31.6	26801	846905	0.50	0.49	0.25	271	3.4
基肥 N6 (東2)	70.5	377	30.5	26579	809315	0.48	0.48	0.23	257	3.2
基肥 N6 (西1)	74.7	387	31.8	28926	919843	0.53	0.46	0.24	316	4.1
基肥 N6 (西2)	76.1	452	31.8	34420	1094559	0.59	0.52	0.31	377	4.9
基肥 N8 (東1)	72.3	411	28.8	29680	854793	0.51	0.49	0.25	302	3.6
基肥 N8 (東2)	76.1	471	30.6	35805	1093837	0.52	0.50	0.26	336	4.2
基肥 N8 (西1)	74.4	484	29.9	35988	1074239	0.62	0.51	0.32	411	5.2
基肥 N8 (西2)	80.0	538	32.5	43056	1397167	0.64	0.52	0.33	502	6.5
窒素吸収量 との相関係数	0.79**	0.75**	0.48	0.81**	0.83**	0.80**	0.72**	0.83**	0.87**	1.00

注) **は、相関係数が 1% レベルで有意であることを示す。

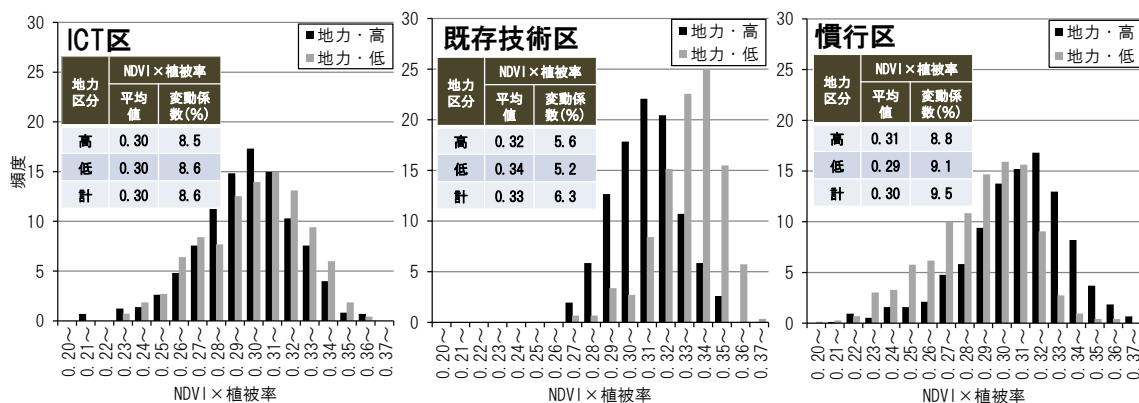


図 1 施肥体系がセンシング時 (7/5・出穂期前 30 日) の生育に及ぼす影響 (現地試験)

表 2 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	登熟歩合
施肥体系 地力	(月/日)	(cm) 比	(cm)	(本/m ²) 比	(粒)	(%)
ICT区	高	9/8 91.1 102	19.5	374 100	81.4	57.1
	低	9/7 89.2 (100)	19.5	373 (100)	73.7	66.9
既存技術区	高	9/8 91.5 101	18.7	351 91	76.9	63.6
	低	9/7 90.5 (100)	18.6	385 (100)	75.8	62.7
慣行区	高	9/10 92.9 108	19.2	371 106	73.5	58.3
	低	9/6 85.8 (100)	18.8	349 (100)	73.5	64.3

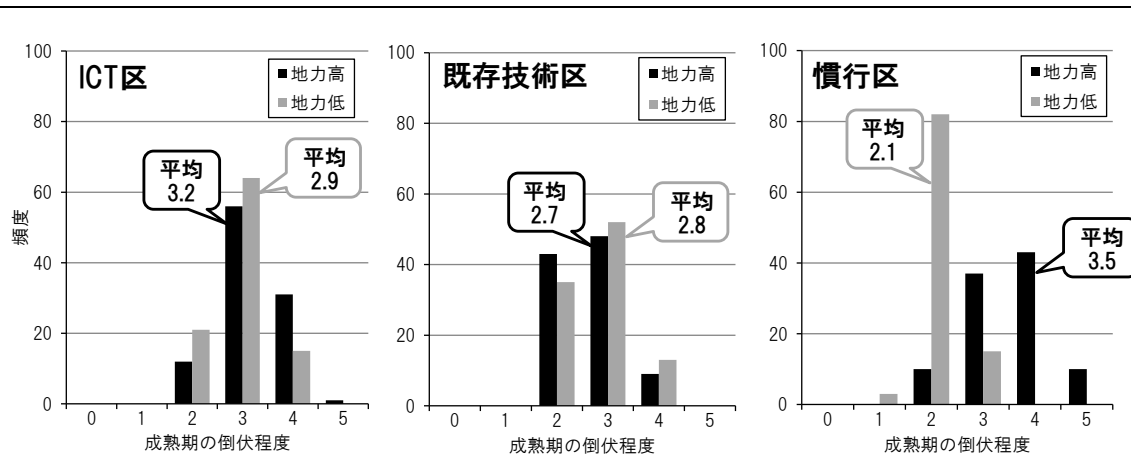


図2 施肥体系が成熟期頃の倒伏程度に及ぼす影響（現地試験）

表3 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 (kg/10a)	玄米品質			
		粗玄米重 (kg/10a)	精玄米重 (kg/10a)		比	千粒重 (g)	整粒歩合 (%)	タンパク質含有率 (%)
ICT区	高	582	538	497	500	21.0	62.5	7.0
	低	556	535		495	21.4	58.9	6.5
既存技術区	高	550	520	481	486	21.0	70.1	7.0
	低	536	515		476	21.0	64.7	6.8
慣行区	高	556	489	452	482	21.1	64.7	6.8
	低	471	457		423	21.4	53.8	6.4

注) 全刈収量は、実証圃を個別乾燥・調製(1.85mm)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。

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45kg/10a増加し、粗収益はICT区で9,765円/10a増加した。支出はマップ作成および追肥作業委託料等の増によりICT区が3,827円/10a増加した。粗収益から支出を減じた収益はプラス5,938円/10aと試算された(表4)。なお、本技術体系で増収益を達成するには、慣行に比べ概ね17kg/10a以上の収量増加が必要である。

表4 現地実証試験の経済性評価

項目		(参考)R1		R2		備考
		ICT区	慣行区	ICT区	慣行区	
収入	収量 (kg/10a)	465	452	497	452	実証試験における全刈収量
	販売額 (円/kg)	242	242	217	217	実証経営の各年産コシヒカリ販売単価
	(円/10a) (A)	112,530	109,384	107,849	98,084	
支出	農機具費 (円/10a)	82		82		可変施肥対応型ブロードキャスタ差額
	委託料 (円/10a)	1,500		1,500		センシングおよびマップ作成作業委託
	(円/10a)	2,500		2,500		無人ヘリ追肥作業委託
	労働費		255		255	慣行(ミスト機)追肥作業時間の減
	合計 (B)	4,082	255	4,082	255	
収入-支出	(A)-(B)	108,448	109,129	103,767	97,829	
慣行区との差額		▲ 681		5,938		

注)1. 農機具費は、可変施肥対応型ブロードキャスタ(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、両区とも同程度であったため、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（N5kg/10a）に対し施肥量5.12kg/10aで、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（写真3右）。

7. 成果の普及

令和2年7月10日に、県農業総合センター主催の現地検討会を開催し、農業者、普及指導員、関係機関等38名が出席した。

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）

リモートセンシングで得られた「NDVI」および「NDVI×植被率」は地上部窒素吸収量と高い正の相関関係が認められ（表1）、これは昨年度と同様の結果であった。

地力差の無い圃場における可変追肥区の収量は、均一追肥区に比べ15kg/10a増収した（図表略）が、増収程度は地力差の大きな圃場（試験2参照）に比べ少なかった。

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）は、慣行区では地力高区が地力低区に比べ高いのに対し、変量幅を窒素0～8kg/10aで基肥を可変施肥したICT区では地力による差は無く均一な生育となった（図1）。変量幅を窒素2～6kg/10aとした前年度の試験における同時期の生育は、地力高区が地力低区に比べ高かった（図表略）ことから、当該圃場の地力ムラを補正する変量幅は窒素0～8kg/10aが適当と考えられた。また、このように、実証技術は試行と評価を繰り返すことで、圃場の特性に応じた最適な肥培管理技術の構築に資することが可能であると考えられた。

成熟期は、慣行区では地力低区が地力高区より4日早かったが、ICT区および既存技術区ではその差が1日に短縮された（表2）。また、倒伏程度は、ICT区および既存技術区では地力の違いによる差が小さかったのに対し、慣行区では地力による差が大きかった（図2）。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）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3）、地力差による収量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プラス5,938円/10aと試算された（表4）。

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追肥量が明らかでない。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。
- ・地力差の無い所内圃場および地力差の大きな現地圃場で試験を継続し、3年間の試験結果を通じて、本技術が経営的に有益となる条件を明らかにする。

10. 参考写真



写真1. 可変施肥対応型ブロードキャスタによる可変施肥作業



写真2. 生育量センシングに供試したドローン



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（可変追肥作業の実演）の開催