

委託試験成績（平成29年度）

担当機関名 部・室名	宮崎県総合農業試験場 作物部																																																														
実施期間	平成29年度～平成31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	上空からのNDVI測定活用による水稻生育の見える化と可変施肥による収量と食味の向上																																																														
目的	<p>宮崎県の普通期水稻「ヒノヒカリ」は、平成27年度に日本穀物検定協会主催の食味ランキング「特A」を取得し、継続的な食味向上栽培技術が求められている。また、水稻経営の大規模化を踏まえた生産コスト低減及び生産効率向上は喫緊の課題となっている。</p> <p>そこで、専用NDVI測定カメラを搭載したドローン等を活用し、省力かつ精度の高い施肥による収量・食味・品質の向上、均一化等を行う新たな栽培技術の開発を検討する。</p>																																																														
1. 試験場所	宮崎県総合農業試験場ほ場（宮崎市佐土原町） 灰色低地土（NO.100-1 30a）																																																														
2. 試験方法	<p>基肥量の異なる区を設定し、穂肥における通常（ミスト機）散布と、ドローンを用いたNDVI測定結果から作成された生育MAPに基づく可変施肥機（無人ヘリに搭載）散布との比較を行い、収量、品質、玄米タンパク含有率及び生育MAPに基づく可変施肥による穂肥の均一程度や精度等を確認する。</p> <p>(1) 供試機械名 ドローン（DJI社製） 専用NDVI測定カメラ（コニカミノルタ社製） 穂肥用可変施肥機、無人ヘリ（ヤンマーアグリジャパン社製）</p> <p>(2) 試験条件 供試品種 ヒノヒカリ 種子消毒 5月18日開始 24時間浸漬 「ヘルシードTフロアブル」200倍 + 「パダンSG水和剤」3,000倍</p> <p>播種 5月23日、150g/箱 育苗 出芽器（30℃、3日間）で出芽後、育苗ハウスにて平置育苗（期間：21日） 植代 6月6日 施肥 6月6日 基肥、8月10日 穂肥 移植 6月13日、株間18cm×条間30cm 60株/坪 水管理 7月21～30日 中干し 除草 6月13日 一発除草剤：「Mr.ホームランL1キョ粒剤51」1kg/10a 病虫害防除 6月5日 「ビルダーフェルテラチェス粒剤」50g/箱 6月13日、6月20日 「スクミノン」4kg/10a 8月22日 「ダブルカットバリダフロアブル」 + 「スタークル液剤10」各1000倍 150L/10a 葉色測定 7月24日、8月3日、8月10日、9月10日 SPAD測定 8月3日、8月10日、9月10日 ドローンによるNDVI測定</p> <p>(3) 試験区の構成</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2">試験区NO.</th> <th colspan="3">基肥</th> <th colspan="3">穂肥</th> </tr> <tr> <th>N</th> <th>P</th> <th>K</th> <th>N</th> <th>P</th> <th>K</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. N3+可変施肥機</td> <td>3.0</td> <td>4.8</td> <td>4.8</td> <td colspan="3">可変施肥量</td> </tr> <tr> <td>2. N3+慣行</td> <td>3.0</td> <td>4.8</td> <td>4.8</td> <td colspan="3">慣行量</td> </tr> <tr> <td>3. N5+可変施肥機</td> <td>5.0</td> <td>8.0</td> <td>8.0</td> <td colspan="3">可変施肥量</td> </tr> <tr> <td>4. N5+慣行</td> <td>5.0</td> <td>8.0</td> <td>8.0</td> <td colspan="3">慣行量</td> </tr> <tr> <td>5. N7+可変施肥機</td> <td>7.0</td> <td>11.2</td> <td>11.2</td> <td colspan="3">可変施肥量</td> </tr> <tr> <td>6. N7+慣行</td> <td>7.0</td> <td>11.2</td> <td>11.2</td> <td colspan="3">慣行量</td> </tr> </tbody> </table> <div style="text-align: right; margin-top: 10px;"> <p>((ほ場図))</p> <table border="1"> <tr> <td>5</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>2</td> </tr> </table> <p>可変施肥 慣行</p> </div> <p>注) 基肥：BB066(10-16-16)、穂肥(BB追肥2号(14-0-17)) 穂肥：可変施肥機(可変施肥機搭載無人ヘリ)による空中散布 慣行量(SPAD値からの施肥量換算によるミスト機での地上散布)</p>		試験区NO.	基肥			穂肥			N	P	K	N	P	K	1. N3+可変施肥機	3.0	4.8	4.8	可変施肥量			2. N3+慣行	3.0	4.8	4.8	慣行量			3. N5+可変施肥機	5.0	8.0	8.0	可変施肥量			4. N5+慣行	5.0	8.0	8.0	慣行量			5. N7+可変施肥機	7.0	11.2	11.2	可変施肥量			6. N7+慣行	7.0	11.2	11.2	慣行量			5	6	3	4	1	2
試験区NO.	基肥			穂肥																																																											
	N	P	K	N	P	K																																																									
1. N3+可変施肥機	3.0	4.8	4.8	可変施肥量																																																											
2. N3+慣行	3.0	4.8	4.8	慣行量																																																											
3. N5+可変施肥機	5.0	8.0	8.0	可変施肥量																																																											
4. N5+慣行	5.0	8.0	8.0	慣行量																																																											
5. N7+可変施肥機	7.0	11.2	11.2	可変施肥量																																																											
6. N7+慣行	7.0	11.2	11.2	慣行量																																																											
5	6																																																														
3	4																																																														
1	2																																																														
試験規模	1、3、5区(各7.7a)、2、4、6区(各3.3a)																																																														

3. 試験結果

- (1) 葉色は、穂肥後(移植後+85日)のSPAD値の平均において、基肥量が同じ場合、穂肥の可変施肥機区が慣行区を下回り、穂肥の施肥方法による有意差が認められた。また、最大値-最小値について、可変施肥機区は穂肥前(移植後+58日)の1.7から穂肥後(移植後+85日)1.2と小さく平準化され、同慣行区は0.3から1.2とバラツキが大きくなり、NDVI測定による生育MAPでも同様の傾向が確認された(表2、図1)。
- (2) 稈長は、6区(N7+慣行)、4区(N5+慣行)が長くなり、穂肥の施肥方法による有意差が認められた。また、4区、6区は少発生の倒伏が確認された(表3)。
- (3) m²当穂数は、6区(N7+慣行)が最も多く、基肥量が同じ場合、穂肥の可変施肥機区が慣行区を下回り、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表3)。
- (4) 穂長は、基肥量が同じ場合、穂肥の可変施肥機区が慣行区より短く、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表3)。
- (5) m²当初数は、6区(N7+慣行)が最も多くなり、基肥量が同じ場合、穂肥の可変施肥機区が慣行区を下回り、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表4)。
- (6) 登熟歩合は、1区(N3+可変施肥機)及び5区(N5+可変施肥機)が最も高くなり、基肥量が同じ場合、穂肥の可変施肥機区が慣行区を上回り、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表4)。
- (7) 玄米千粒重は、各区ともほとんど差が無く、穂肥の施肥方法による有意差も認められなかった(表4)。
- (8) 収量は、精玄米重において、4区(N5+慣行)が最も多く、基肥量による有意差が認められた。また、穂肥の施肥方法別における最大値-最小値は、可変施肥機区(4.7kg/a)が、慣行区(5.7kg/a)より小さくなった(表5)。
- (9) 品質は、農産物検査において、可変施肥機区は全て2等(中)となり、慣行区は2等(下)~3等(上)となり、格下理由は主に心白であった(表5)。
- (10) 玄米タンパク含有率は、可変施肥機区は全て6.0%、慣行区は6.2%~6.5%となり、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表5)。
- (11) 食味官能試験は、基肥量が同じ場合、総合評価において穂肥の可変施肥機区が慣行区を上回ったが、穂肥の施肥方法による有意差は認められなかった(表7)。

4. 主要成果の具体的データ

表1 生育調査

試験区NO.	移植後+51日	
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)
1. N3+可変施肥機	64.9	601
2. N3+慣行	67.8	651
3. N5+可変施肥機	69.6	610
4. N5+慣行	68.9	659
5. N7+可変施肥機	69.9	642
6. N7+慣行	70.5	682

表2 葉色の推移 (SPAD)

試験区NO.		移植後日数			
		+41	+51	+58 出穂前12日 (穂肥日)	+85 出穂後15日 (穂肥後31日)
1.	N3+可変施肥機	29.7	27.4	27.3	26.1
2.	N3+慣行	30.7	27.9	28.7	27.5
3.	N5+可変施肥機	33.2	29.3	28.5	26.6
4.	N5+慣行	32.4	28.5	28.4	28.7
5.	N7+可変施肥機	32.8	27.9	26.8	27.3
6.	N7+慣行	30.7	29.0	28.4	27.7
平均値	可変	31.9	28.2	27.5	26.7
	慣行	31.3	28.5	28.5	28.0
最大値-最小値	可変	3.5	1.9	1.7	1.2
	慣行	1.7	1.1	0.3	1.2
分散分析	基肥量 (A)	-	-	-	n. s.
	穂肥施肥法 (B)	-	-	-	**
	A×B	-	-	-	*

注) 葉色 (SPAD) : コニカミノルタSPAD-502

分散分析 : *, **はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す

図1 葉色の推移 (NDVI測定による生育MAP)

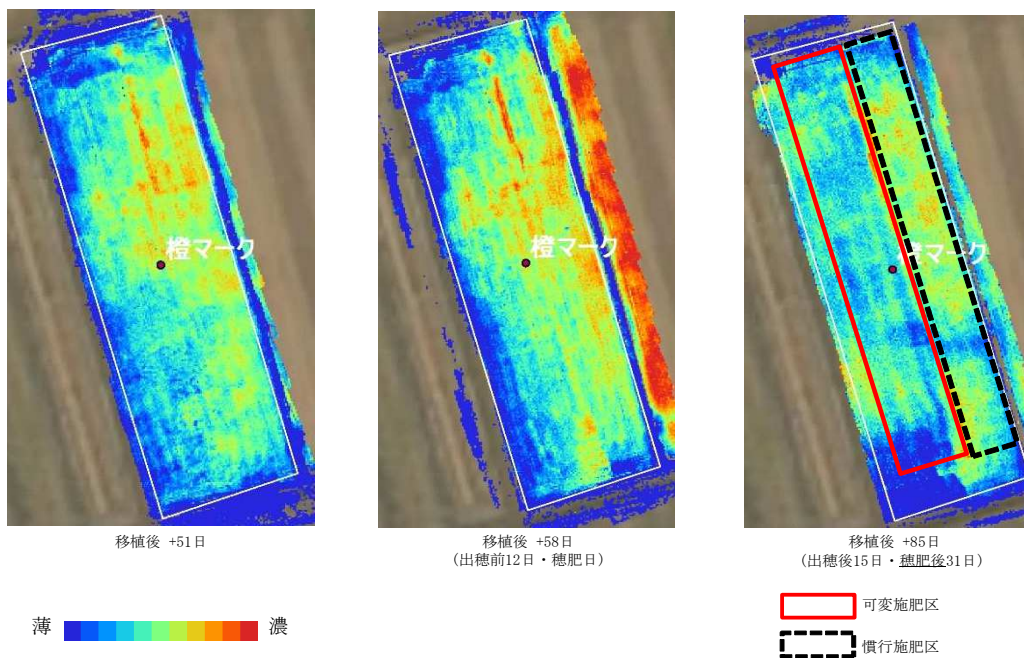


表3 成熟期等

試験区NO.	稈長 (cm)	穂長 (cm)	有効穂数		倒伏 程度	出穂期	成熟期
			株当 (本)	m ² 当 (本)			
1. N3+可変施肥機	72.5	19.0	16.5	306	無	8月22日	9月27日
2. N3+慣行	77.1	20.0	19.3	357	無		
3. N5+可変施肥機	74.9	19.4	17.0	314	無		
4. N5+慣行	79.8	20.3	19.1	354	少		
5. N7+可変施肥機	77.5	19.0	18.9	349	無		
6. N7+慣行	79.9	20.5	20.0	370	少		
基肥量(A)		*	n. s.	n. s.			
分散分析	穂肥施肥法(B)	**	**	*	*		
A×B		n. s.	n. s.	n. s.	n. s.		

注)分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す

表4 収量構成要素等

試験区NO.	精籾重 (kg/a)	屑米重 (kg/a)	籾数		登熟 歩合 (%)	玄米 千粒重 (g)
			1穂当 (粒)	m ² 当 (百粒)		
1. N3+可変施肥機	60.6	1.8	82.1	251	83.9	23.2
2. N3+慣行	66.7	2.6	83.6	298	78.5	23.0
3. N5+可変施肥機	65.8	2.0	85.4	268	84.2	23.0
4. N5+慣行	74.0	3.1	88.5	313	75.4	23.1
5. N7+可変施肥機	69.6	2.3	83.6	251	83.9	23.0
6. N7+慣行	72.4	2.6	86.2	319	77.6	23.0
基肥量(A)		n. s.	-	n. s.	n. s.	n. s.
分散分析	穂肥施肥法(B)	*	-	n. s.	**	**
A×B		n. s.	-	n. s.	n. s.	n. s.

注)分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す

表5 収量及び品質、玄米分析

試験区NO.	精玄 米重 (kg/a)	玄米分析		品質		
		タンパク 含有率 (%)	スコア	農産物 検査	格下理由	
1. N3+可変施肥機	50.1	6.0	82	5.0	心白	
2. N3+慣行	51.2	6.2	81	6.0	心白	
3. N5+可変施肥機	52.4	6.0	82	5.0	心白	
4. N5+慣行	56.9	6.5	78	7.0	心白・充実	
5. N7+可変施肥機	54.8	6.0	82	5.0	心白	
6. N7+慣行	56.3	6.4	79	6.0	心白	
平均値	可変	52.4	6.0	82	5.0	-
	慣行	54.8	6.4	79	6.3	-
最大値-最小値	可変	4.7	0.0	0	0.0	-
	慣行	5.7	0.3	3	1.0	-
基肥量(A)		*	n. s.	-	-	-
分散分析	穂肥施肥法(B)	n. s.	*	-	-	-
A×B		n. s.	n. s.	-	-	-

注)玄米分析：静岡製機食味分析計AG-RDによる測定

農産物検査：等級1上～規格外(1～10)で評価

分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す

表6 品質分析

試験区NO.	整粒	胴割粒	乳白粒	基部未粒	腹白粒	青未熟粒	その他未熟粒	部分着色粒
1. N3+可変施肥機	80.1	0.0	3.0	3.2	0.4	0.6	13.9	0.1
2. N3+慣行	76.2	0.0	3.0	5.4	0.8	0.1	14.1	0.2
3. N5+可変施肥機	78.3	0.0	3.0	3.1	0.4	0.4	14.4	0.0
4. N5+慣行	76.3	0.0	3.7	4.5	0.6	0.1	14.4	0.2
5. N7+可変施肥機	78.5	0.0	3.0	3.2	0.4	0.6	13.9	0.1
6. N7+慣行	76.0	0.0	2.6	5.0	0.5	0.0	15.5	0.0

注) 穀粒判別器：サタケ社製RGQ120A

表7 食味官能試験

試験区NO.	食味官能試験						味度値
	外観	香り	味	粘り	硬さ	総合	
1. N3+可変施肥機	-0.11	0.00	0.00	0.44	-0.22	0.11	91
2. N3+慣行	0.22	-0.11	0.11	0.00	0.11	-0.11	93
3. N5+可変施肥機	-0.20	-0.10	0.40	0.20	-0.10	0.20	96
4. N5+慣行	-0.10	0.20	0.00	0.10	0.10	0.10	84
5. N7+可変施肥機	-0.11	0.11	0.22	0.33	0.33	0.56	90
6. N7+慣行	-0.22	0.00	0.33	0.22	0.22	0.33	86
分散分析 基肥量(A)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	*	*	-
分散分析 穂肥施肥法(B)	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-
分散分析 A×B	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.	-

注) 味度値：東洋ライス社製味度メーターにより計測

分散分析：*、**はそれぞれ5%、1%水準で有意差有り、n. s. は有意差が無いことを示す

対照区は場内産「ヒノカリ」を用いた

表8 収益試算

試験区NO.	収益 (千円/10a)
1. N3+可変施肥機	120
2. N3+慣行	123
3. N5+可変施肥機	126
4. N5+慣行	137
5. N7+可変施肥機	132
6. N7+慣行	135
平均 可変	126
平均 慣行	132

注) 収益試算は、県内A地区JAのH29年産「ヒノカリ」仮渡金単価(等級別)に基づく

表9 穂肥作業の所要時間と施肥量

穂肥施肥方法	所用時間(分)		施肥量(kg)	
	10a	ha (換算)	10a	ha (換算)
可変施肥機	2	20	11.7	117
慣行	11	110	11.8	118

5. 経営評価

NDVI測定に基づく穂肥の可変施肥は、慣行より品質(等級)が高く均一化されたことで収益単価が向上し、収益試算においては、ほぼ同等の結果となった(表8)。また、玄米タンパク含有率は慣行より平均で0.4%低く、均一化(全て6.0%)されたことで、良食味米生産等の観点からは有利であると考えられる(表5)。また、穂肥作業の労力負担軽減とともに、所要時間は慣行比約20%と大幅に削減されたが、施肥量については小幅な削減率に止まった(表9)。

6. 利用機械評価

専用NDVI測定カメラを搭載したドローンについては、上昇～水平飛行～制止といった一連の運動能力が非常に高く安定しており、今回は、曇り及び晴天の天候条件において、高度30mから3分/30aほどのフライト、測定であった（ただし、雨天時、強い雨の場合はカメラのレンズに水滴が付着することから測定できない）。また、生育確認においても、これまで数カ所のサンプリングに限られていたものが、ほ場全体を面的に捉えることが可能であることから、有用性は高いと考えられる。

可変施肥機を搭載した無人ヘリによる穂肥の散布については、非常に短時間での作業(表9)が可能となり、精度についても、施肥後の葉色や収量調査の結果から、生育MAPのデータに基づき正確に散布されたものと考えられる。

7. 成果の普及

今後、さらなるデータの追加と分析を行い、生産現場等へ情報提供する。

8. 考察

ドローンによるNDVI測定～可変施肥機を搭載した無人ヘリによる穂肥散布を検討した結果、品質は向上し、玄米タンパク含有率は有意に低くなった。玄米タンパク含有率については、 m^2 当収数が少なく、登熟歩合が高くなった(それぞれ有意差有り)ことが要因であると考えられる。さらに、収量、品質、玄米タンパク含有率ともに、慣行に比べ均一化されたことから、その有効性が示唆された。

ドローンによるNDVI測定については、SPAD測定による数カ所のサンプリングに比べ、短時間でほ場全体の生育状況を面的に捉え、生育MAPとして「見える化」することが可能である。また、これと連動した無人ヘリによる穂肥の可変施肥については、生産者の穂肥散布の負担軽減に寄与するとともに、短時間かつ精度も高いことから、有効な技術であると考えられる。

9. 問題点と次年度の計画

今回は、基肥量について3水準(N量:慣行、慣行 \pm 2kg/10a)の異なる区を設け、穂肥における可変施肥と慣行施肥の比較試験を行ったが、地力差が小さかったことにより、葉色値(SPAD値)の差が小さくなり、収量や穂肥量の削減率について明確な差を確認できなかった可能性がある。このようなことから、次年度は基肥量等の差を大きくし、葉色値(SPAD値)の最大値-最小値が大きく(目安:7以上)なるように、はっきりとした地力差のあるグラデーションほ場を設置して試験を行う。

10. 参考写真



ドローン (NDVI測定カメラ搭載)



無人ヘリ (可変施肥機搭載)