

委託試験成績（平成30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、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	上空からのNDVI測定活用による水稲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>宮崎県の普通期水稲「ヒノヒカリ」は、平成27年度に初めて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、水稲経営の大規模化を踏まえた作業省力化や品質の均一化は喫緊の課題となっている。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> <p>試験1年目（平成29年度）は、主に追肥可変施肥機における収量、食味、品質の均一程度や施肥精度等について一定の効果を確認できたことから、2年目（平成30年度）は、それに加えてNDVI等の各センシング値と生育量及びSPAD値との相関について、さらに精度の高い解析を行う。</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、NO.100-2 30a）
2. 試験方法	<p>2ほ場を用い、各ほ場において試験1、試験2を実施。</p> <p>試験1： 基肥・穂肥量及び栽植密度を変えた葉色グラデーションほ場を設置し、ドローンによるセンシングを行い、NDVI等の各センシング値と実測生育量及びSPAD値との相関について、栽植密度別のより詳細な解析を実施する。</p> <p>試験2： 基肥量の異なる区を設定し、穂肥における通常（動力散粒機）散布と、ドローンを用いたNDVI測定結果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>
(1) 供試機械名	<p>ドローン（DJI社製） 専用NDVI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>
(2) 試験条件	<p>供試品種 「ヒノヒカリ」 種子消毒 5月18日開始 24時間浸漬 「テクトールCフロアブル」200倍+「スミオン乳剤」1,000倍 播種 5月22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5日 施肥 基肥 6月5日、穂肥（試験1）8月6日、（試験2）8月3日 移植 （試験1）6月12日 45、60、85株/坪、（試験2）6月12日 60株/坪 水管理 7月19～26日 中干し 除草 6月14日 一発除草剤：「Mr.ホームランジヤンボ」10個（500g）/10a 病虫害防除 6月11日 「ビールドールフェルテラチェス粒剤」50g/箱 6月11日、6月19日 「スクミン」4kg/10a 8月28日 「ダブルカットバリダフロアブル」+「スターカル液剤10」各1000倍 150L/10a 葉色等測定 7月27日、8月3日、8月17日 SPAD測定 7月27日、8月3日、8月17日 ドローンによるNDVI等測定</p>

(3) 試験区の構成

試験区 NO.	栽植密度 (株/坪)	基肥 (N)	穂肥 (N)
1.	85	1.0	1.0
2.	85	3.0	1.0
3.	85	5.0	1.0
4.	85	7.0	1.0
5.	60	1.0	3.0
6.	60	3.0	3.0
7.	60	5.0	3.0
8.	60	7.0	3.0
9.	43	1.0	5.0
10.	43	3.0	5.0
11.	43	5.0	5.0
12.	43	7.0	5.0

注) 基肥: BB066(10-16-16)、穂肥: BB追肥2号(14-0-17)
動力散粒機での地上散布

試験規模 各区(2.5a)

基肥	N7	4	8	12
	N5	3	7	11
	N3	2	6	10
	N1	1	5	9
栽植密度(坪当)				
		85株	60株	43株
穂肥				
		N1	N3	N5

試験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		

注) 基肥: BB066(10-16-16)、穂肥: BB追肥2号(14-0-17)
穂肥: 可変施肥量(可変施肥機搭載無人機による空中散布)
慣行量(SPAD値からの施肥量換算による動力散粒機での地上散布)

試験規模 1、3、5区(7.7a)、2、4、6区(各3.3a)

5	6
3	4
1	2
可変施肥	
慣行	

3. 試験結果

試験1

(1) 幼穂形成期(出穂前28日)の各センシング値と生育の関係(図1)

- 「植被率(センシング)」と「茎数(実測)」の関係については、特に栽植密度43株/坪において有意に高い相関が認められ、60株/坪についても相関が高く、85/坪は低かった。
- 「NDVI×植被率(センシング)」と「草丈×茎数×葉色(実測)」の関係については、特に栽植密度株60/坪において有意に高い相関が認められ、43、85株/坪についても相関が高かった。

(2) 幼穂形成期～穂ばらみ期のNDVI値とSPAD値の関係(図2)

- 7月27日(出穂前28日)のセンシングにおいては、栽植密度60、85株/坪において相関が高かったが、43株/坪の相関は低かった。
- 8月3日(出穂前21日)のセンシングにおいては、栽植密度85株/坪の相関が高く、60株/坪においても一定の相関が認められたが、43株/坪及びほ場全体の相関は低かった。
- 8月17日(出穂前7日)のセンシングにおいては、栽植密度の異なる各区においては相関が低かったが、ほ場全体の相関は高かった。

試験2

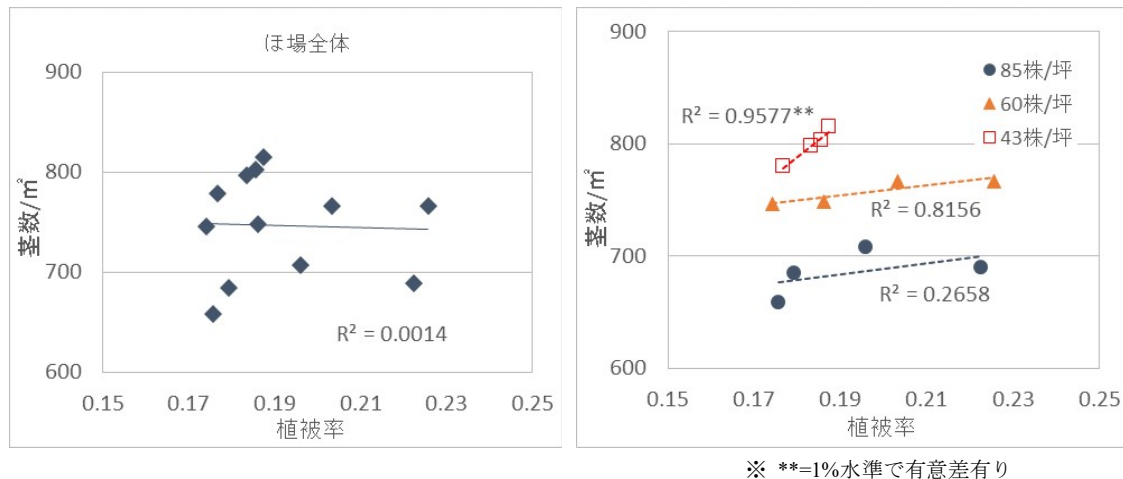
(1) 中間生育は、基肥量が多いほど草丈が高く茎数が多くなり、基肥量と同じ場合、各区において大差はなかった(表1)。

(2) m²当穂数は、基肥量と同じ場合、穂肥の可変施肥機区が慣行区より少ない傾向が見られ、2カ年の試験結果において基肥量及び穂肥施肥法による有意差が認められた(表2)。

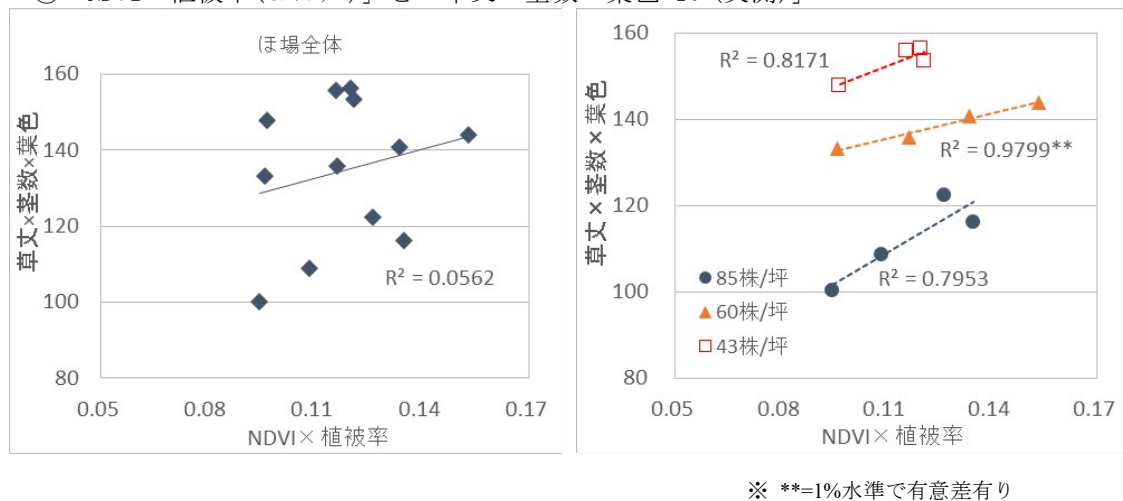
- (3) 穂長は、基肥量が同じ場合、全ての区で穂肥の可変施肥機区が慣行区より短く、2カ年の試験結果において穂肥施肥法による有意差が認められた(表2)。
- (4) m^2 当粒数は、基肥量が同じ場合、全ての区で穂肥の可変施肥機区が慣行区より少なく、2カ年の試験結果において、基肥量及び穂肥施肥法による有意差が認められた(表3)。
- (5) 登熟歩合は、基肥量が同じ場合、全ての区で穂肥の可変施肥機区が慣行区を上回り、2カ年の試験結果において、年次との交互作用により限定的であるものの、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表3)。
- (6) 玄米千粒重は、基肥量が同じ場合、全ての区で穂肥の可変施肥機区が慣行区より大きく、2カ年の試験結果において、年次との交互作用により限定的であるものの、穂肥の施肥方法による有意差が認められた(表3)。
- (7) 収量は、精玄米重について基肥量が同じ場合、各区に大差はなく、2カ年の試験結果において、穂肥の可変施肥機区が慣行区より標準偏差の値(バラツキ)が小さくなった(表4)。
- (8) 玄米タンパク含有率は、2カ年平均において、可変施肥機区は5.9と、同慣行区の6.1より低くなるとともに、標準偏差の値(バラツキ)も小さくなった(表4)。
- (9) 農産物検査において、2カ年平均において、可変施肥機区は5.3と、同慣行区の6.2と比べ品質が上回った(表4)。

4. 主要成果の具体的データ

① 「植被率(センシング)」と「茎数(実測)」

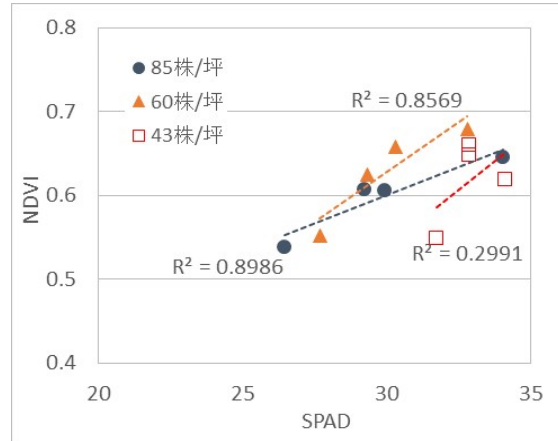
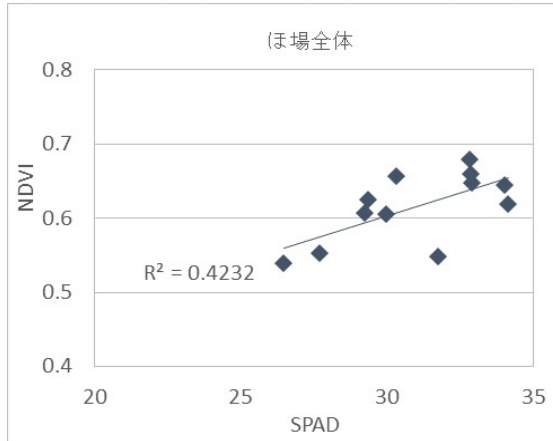


② 「NDVI×植被率(センシング)」と「草丈×茎数×葉色 10⁴(実測)」

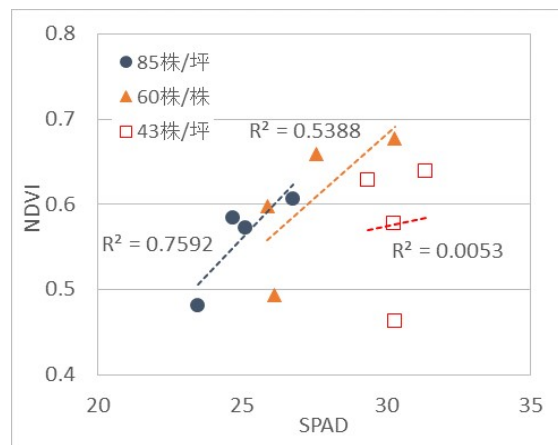
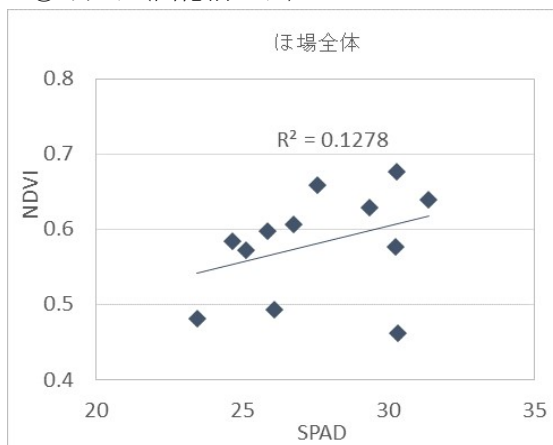


(図1) 幼穂形成期(7月27日:出穂前28日)のセンシング値と生育の関係
ほ場全体:n=12、各栽植密度:n=4

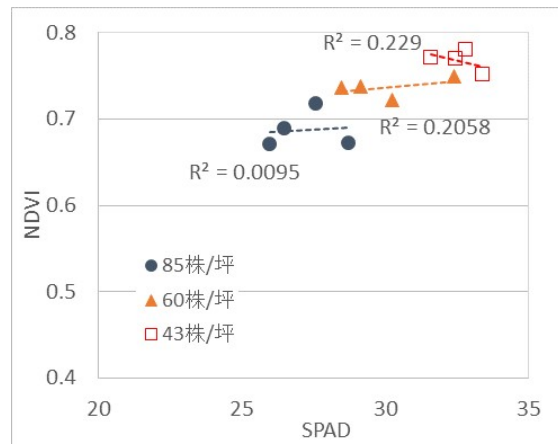
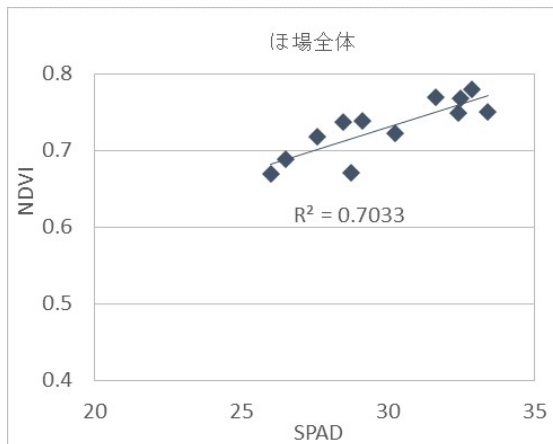
①7月27日(出穂前28日)



②8月3日(出穂前21日)



③8月17日(出穂前7日)



(図2) 幼穂形成期～穂ばらみ期のNDVI値とSPAD値の関係
ほ場全体:n=12、各栽植密度:n=4

(表1) 中間生育

試験区NO.	移植後+45日	
	草丈 (cm)	茎数 (本/m ²)
1. N3+可変施肥機	49.8	511
2. N3+慣行	51.5	537
3. N5+可変施肥機	56.7	584
4. N5+慣行	55.2	550
5. N7+可変施肥機	60.0	598
6. N7+慣行	60.4	626

【平成29～30年度(2カ年とりまとめ)】

(表2) 成熟期等

年次	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)			
H29	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		
H30	1. N3+可変施肥機	68.5	19.5	16.1	298	中	8月24日	10月3日
	2. N3+慣行	70.0	20.0	17.6	326	少		
	3. N5+可変施肥機	74.2	19.1	19.0	352	中		
	4. N5+慣行	75.0	19.9	18.3	338	中		
	5. N7+可変施肥機	76.9	19.4	19.6	363	中		
	6. N7+慣行	77.8	20.0	20.2	373	中		
分散分析								
	年次(A)	**	n. s.	n. s.	n. s.			
	基肥量(B)	**	n. s.	**	**			
	穂肥施肥法(C)	**	**	**	**			
	A×B	**	n. s.	n. s.	n. s.			
	A×C	**	n. s.	n. s.	n. s.			
	B×C	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.			
	A×B×C	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3) 収量構成要素等

年次	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)		
H29	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
H30	1. N3+可変施肥機	56.2	1.0	69.5	207	88.8	23.0
	2. N3+慣行	57.4	1.4	69.0	225	88.4	22.9
	3. N5+可変施肥機	59.6	0.9	67.1	236	88.8	23.4
	4. N5+慣行	60.0	1.1	74.5	252	86.8	23.1
	5. N7+可変施肥機	61.7	1.3	69.6	253	87.5	23.6
	6. N7+慣行	63.9	1.4	73.7	275	86.7	23.2
分散分析							
	年次(A)	**	-	**	**	**	*
	基肥量(B)	**	-	n. s.	*	n. s.	n. s.
	穂肥施肥法(C)	*	-	n. s.	*	**	*
	A×B	n. s.	-	n. s.	n. s.	n. s.	**
	A×C	n. s.	-	n. s.	n. s.	**	*
	B×C	n. s.	-	n. s.	n. s.	n. s.	n. s.
	A×B×C	n. s.	-	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) 収量及び品質、玄米分析

年次	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
H29	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
H30	1. N3+可変施肥機	45.0	5.9	82	5.5	心白
	2. N3+慣行	45.5	5.8	82	6.0	充実
	3. N5+可変施肥機	48.0	5.9	82	6.0	心白
	4. N5+慣行	48.3	5.9	83	6.0	心白
	5. N7+可変施肥機	49.2	5.8	83	5.5	心白
	6. N7+慣行	51.1	6.0	81	6.0	心白
平均値	可変	49.9	5.9	82.2	5.3	
	慣行	51.6	6.1	80.7	6.2	
標準偏差	可変	3.34	0.10	0.92	0.65	
	慣行	4.54	0.23	2.09	0.58	
分散分析	年次(A)	**	**	-	-	
	基肥量(B)	**	n. s.	-	-	
	穂肥施肥法(C)	n. s.	*	-	-	
	A×B	n. s.	n. s.	-	-	
	A×C	n. s.	n. s.	-	-	
	B×C	n. s.	n. s.	-	-	
	A×B×C	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

5. 経営評価

NDVI測定に基づく穂肥の可変施肥は、慣行に比べ玄米タンパク含有率が低く、品質が向上し、それぞれ均一化されたことにより、良食味米生産等の観点から有利であると考えられた(表4)。また、無人ヘリによる上空からの穂肥散布は、労力負担軽減に大きく寄与するとともに、短時間での作業が可能である。

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、短時間かつほ場全体を面的に捉えることが可能である。

また、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、ほ場内への踏み入れによるダメージを与ることなく、2分/10aと非常に短時間であると同時に、収量調査の結果から精度の高い散布が可能であると考えられた。

7. 成果の普及

試験最終年である平成31年度の結果を踏まえた詳細な分析を行い、生産現場等へ情報提供する。

8. 考察

試験1

幼穂形成期の各センシング値と生育、SPAD値の関係について検討した結果、「NDVI×植被率(センシング)」と「草丈×茎数×葉色(実測)」の関係において各栽植密度での相関が高く、穂肥施用

時の活用が可能であることが示唆された。また、「植被率(センシング)」と「茎数(実測)」の相関関係については、疎植のときに高く、密植のときに低くなり、幼穂形成期のNDVI値とSPAD値の相関関係については、密植のときに高く、疎植のときに低くなる傾向があると考えられた。

試験 2

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、玄米タンパク含有率は低くなり、品質が向上した。玄米タンパク含有率については、 m^2 当粒数が少なく、登熟歩合が高くなった(2カ年分の試験結果でそれぞれ有意差有り)ことが要因であると考えられた。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。

9. 問題点と次年度の計画

幼穂形成期の生育及びSPAD値と各センシング値の関係については、栽植密度の違いによって関係性の強弱が確認されたことから、年次変動を含め再検討をする。また、NDVI測定～可変施肥機を搭載した無人ヘリによる穂肥散布について最終検討を行う。