

現地実証展示圃成績（令和元年度）

担当機関名 部・室名	富山県農林水産総合技術センター 農業研究所 栽培課																																										
実施期間	令和元年度～令和2年度、新規開始																																										
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	リモートセンシングを活用した水稻の追肥診断および収穫適期診断による 高品質・良食味米生産技術の開発																																										
目的	<p>富山県における水稻栽培では、生育診断に基づいた追肥や適期収穫による高品質・良食味米生産を推進している。しかし、労働力の不足や農業者の高齢化により、水稻の生育を面的に把握して、的確な追肥や収穫時期を診断することは技術的、労力的に困難である。</p> <p>そこで、NDVI 測定カメラを搭載したドローンを活用し、当県の主力品種「コシヒカリ」について、迅速かつ的確な追肥および収穫適期判断のための生育診断技術を開発する。</p>																																										
担当者名	所属：農業研究所 栽培課、役職・氏名：研究員・金森 大智																																										
<p>1. 試験場所 富山県農林水産総合技術センター 農業研究所内圃場</p> <p>2. 試験方法</p> <p>(1) 供試機械</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>撮影日</th> <th>ドローン</th> <th>カメラ</th> <th>高度、速度</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>7/9</td> <td>M600</td> <td>KMカメラ</td> <td>15m、2.1m/s</td> </tr> <tr> <td>7/22、9/5</td> <td>Inspire2</td> <td>REカメラ</td> <td>22.5m、2.1m/s</td> </tr> </tbody> </table> <p>(2) 供試圃場 114、115、205B 号圃（沖積砂壤土）</p> <p>(3) 供試品種 コシヒカリ</p> <p>(4) 供試肥料 LPss コシヒカリ 1号（N：21%、P：14%、K：14%）</p> <p>(5) 耕種概要</p> <p>1) 試験区の構成</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>試験区</th> <th>移植日 (月/日)</th> <th>栽植密度 (株/m<sup>2</sup>)</th> <th>基肥窒素 (kg/10a)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5/1植区</td> <td>5/1</td> <td>19.9</td> <td>10.2</td> </tr> <tr> <td>5/7植区</td> <td>5/7</td> <td>19.8</td> <td>8.8</td> </tr> <tr> <td>5/15植0.0kg区</td> <td>5/15</td> <td>20.3</td> <td>0.0</td> </tr> <tr> <td>5/15植5.0kg区</td> <td>5/15</td> <td>20.3</td> <td>5.0</td> </tr> <tr> <td>5/15植7.8kg区</td> <td>5/15</td> <td>20.3</td> <td>7.8</td> </tr> <tr> <td>5/15植9.3kg区</td> <td>5/15</td> <td>20.3</td> <td>9.3</td> </tr> </tbody> </table> <p>注1) 5/15 植の区には基肥窒素量を 0.0～9.3kg/10a に変えた区を設けた。 注2) 7.8kg 区、9.3kg 区で追肥試験を実施。</p> <p>2) 除草体系 プレキープフロアブル（移植3日後）、 スマートフロアブル（移植2週間後）</p> <p>3) 主な病虫害防除 フルターボ粒剤（移植時）、ブラシンバリダ粉剤 DL（穂孕期）、 ラブサイドキラップ粉剤 DL（穂揃期）、スタークル粉剤 DL（傾穂期）</p> <p>4) 試験項目</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ドローンによる測定：NDVI 値、植被率 撮影日：7/9（幼穂形成期頃）、7/22（出穂10日前頃）、9/5（成熟期頃）</li> <li>慣行の測定：草丈、茎数、葉色（群落、SPAD 値）、窒素吸収量、籾黄化率</li> </ul> <p>3. 試験結果</p> <p>(1) 5/15 植区では、基肥量が多いほど幼穂形成期の草丈は長く、茎数および窒素吸収量は多くなる傾向があったが、葉色の差は小さかった（表1）。また、基肥量が多いほど穂数、m<sup>2</sup>当たり籾数および収量が多くなり（表3）、幼穂形成期の草丈×茎数×SPAD 値/10000（以下、生育量とする）と m<sup>2</sup>当たり籾数との間に正の相関が認められた。</p>				撮影日	ドローン	カメラ	高度、速度	7/9	M600	KMカメラ	15m、2.1m/s	7/22、9/5	Inspire2	REカメラ	22.5m、2.1m/s	試験区	移植日 (月/日)	栽植密度 (株/m <sup>2</sup> )	基肥窒素 (kg/10a)	5/1植区	5/1	19.9	10.2	5/7植区	5/7	19.8	8.8	5/15植0.0kg区	5/15	20.3	0.0	5/15植5.0kg区	5/15	20.3	5.0	5/15植7.8kg区	5/15	20.3	7.8	5/15植9.3kg区	5/15	20.3	9.3
撮影日	ドローン	カメラ	高度、速度																																								
7/9	M600	KMカメラ	15m、2.1m/s																																								
7/22、9/5	Inspire2	REカメラ	22.5m、2.1m/s																																								
試験区	移植日 (月/日)	栽植密度 (株/m <sup>2</sup> )	基肥窒素 (kg/10a)																																								
5/1植区	5/1	19.9	10.2																																								
5/7植区	5/7	19.8	8.8																																								
5/15植0.0kg区	5/15	20.3	0.0																																								
5/15植5.0kg区	5/15	20.3	5.0																																								
5/15植7.8kg区	5/15	20.3	7.8																																								
5/15植9.3kg区	5/15	20.3	9.3																																								

(2) NDVI 値、植被率の推移

5/15 植区の NDVI 値は、幼穂形成期から出穂 10 日前まではほぼ同水準で推移したが、成熟期には低下した (図 1)。基肥量別に見ると、0.0~7.8kg/10a の範囲では、基肥量が多いほど NDVI 値は高く推移したが、7.8kg 区と 9.3kg 区ではいずれの調査時期においても差はなかった。幼穂形成期の植被率は、5.0、7.8、9.3kg 区で 50~52%と差は小さく、0.0kg 区で 44%と低くなった。幼穂形成期から成熟期にかけては、5.0、7.8、9.3kg 区では同程度からやや低下したが、0.0kg 区では高くなった (図 2)。

(3) 幼穂形成期の生育診断

幼穂形成期では、植被率が 51%前後で茎数が約 550 本/m<sup>2</sup>程度、44%で 329 本/m<sup>2</sup>となった (図 3)。NDVI 値と SPAD 値との相関は高くなく、0.0kg 区と 7.8kg 区は NDVI 値の差が 0.1 以上あったものの、同程度の SPAD 値を示した (図 4)。また、NDVI 値×植被率が高まるに伴い、生育量および窒素吸収量は増加し (図 5、6)、m<sup>2</sup>当たり粒数との間にも正の相関が認められた (図 7) ことから、粒数予測に活用できる可能性が示唆された。

(4) 出穂 10 日前の葉色診断

NDVI 値が高いほど SPAD 値は高くなる傾向が認められ、平成 30 年度とほぼ同様の回帰式で NDVI 値から SPAD 値を推定することができた (図 8)。出穂 10 日前の目標 SPAD 値 32 を下回った試験区の内、5/15 植の 7.8、9.3kg 区で追肥試験を行った結果、追肥区は無追肥区に比べ出穂期の SPAD 値が高くなり、基・背白粒発生率が低下した (図 9)。

(5) 成熟期の刈取判断

NDVI 値と粒黄化率の間には相関は認められず、成熟期を推定することはできなかった (図 10)。

4. 主要成果の具体的データ

表 1 幼穂形成期における生育

試験区	草丈 (cm)	茎数 (本/m <sup>2</sup> )	葉色		窒素吸収量 (g/m <sup>2</sup> )
			SPAD値	群落	
5/1植区	69.3	577	35.1	3.8	4.86
5/7植区	69.6	534	33.9	3.8	3.81
5/15植0.0kg区	62.0	329	33.6	4.0	2.13
5/15植5.0kg区	66.3	529	32.2	3.9	3.24
5/15植7.8kg区	70.9	522	34.2	4.1	4.53
5/15植9.3kg区	71.7	575	34.8	4.1	4.60

表 2 7/22 の葉色および 9/5 の粒黄化率

試験区	7/22		9/5
	SPAD値	群落	粒黄化率 (%)
5/1植区	33.6	4.0	95
5/7植区	30.7	4.0	83
5/15植0.0kg区	28.2	4.0	60
5/15植5.0kg区	28.5	3.9	62
5/15植7.8kg区	31.8	3.9	68
5/15植9.3kg区	30.0	3.9	64

表 3 生育ステージ、収量および収量構成要素

試験区	幼穂 形成期	出穂期	成熟期	穂数 (本/m <sup>2</sup> )	1穂粒数 (粒)	m <sup>2</sup> 当たり 粒数 (×100粒)	登熟歩合 (%)	千粒重 (g)	収量 (kg/a)
	(月/日)	(月/日)	(月/日)						
5/1植区	7/4	7/27	9/1	452	63.7	287	88.3	21.5	56.0
5/7植区	7/7	7/31	9/6	361	71.5	258	90.1	21.9	51.3
5/15植0.0kg区	7/13	8/5	9/11	256	77.2	198	86.7	22.4	38.6
5/15植5.0kg区	7/12	8/4	9/11	351	61.7	217	91.2	22.6	44.4
5/15植7.8kg区	7/11	8/2	9/10	365	72.7	265	86.5	22.5	52.6
5/15植9.3kg区	7/11	8/2	9/11	392	67.3	264	90.1	22.6	53.3

表4 NDVI 値および植被率と生育データ項目との相関係数

	7/9			7/22		9/5
	茎数	SPAD値	窒素吸収量	茎数	SPAD値	籾黄率
NDVI値	0.86 *	0.65	0.95 **	0.96 **	0.87 *	0.46
植被率	0.95 **	0.31	0.89 *	0.97 **	0.84 *	0.43
NDVI値×植被率	0.92 **	0.54	0.95 **	0.97 **	0.88 *	0.49

注) \*\* は1%、\* は5%水準で有意

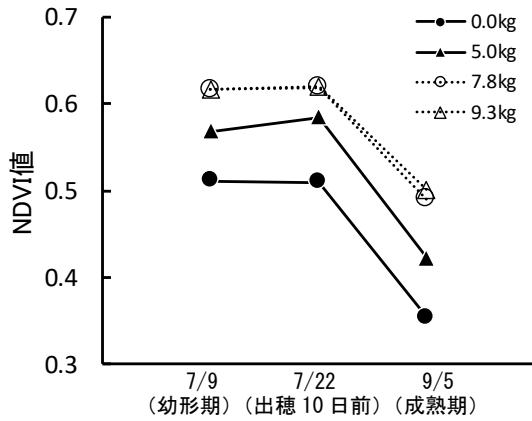


図1 NDVI 値の推移 (5/15 植区)

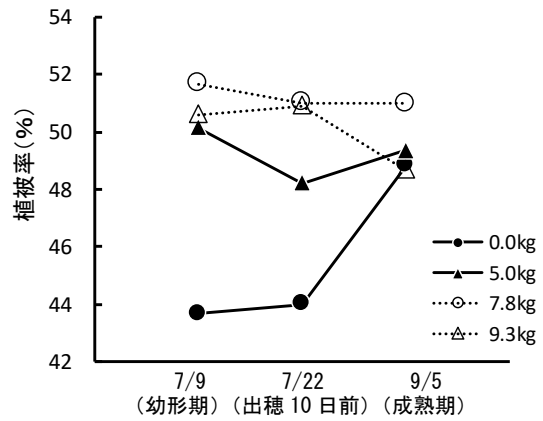


図2 植被率の推移 (5/15 植区)

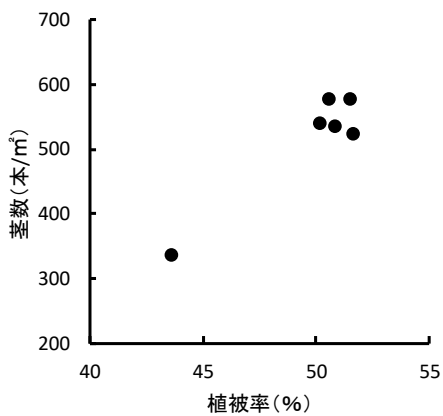


図3 幼穂形成期の植被率と茎数の関係

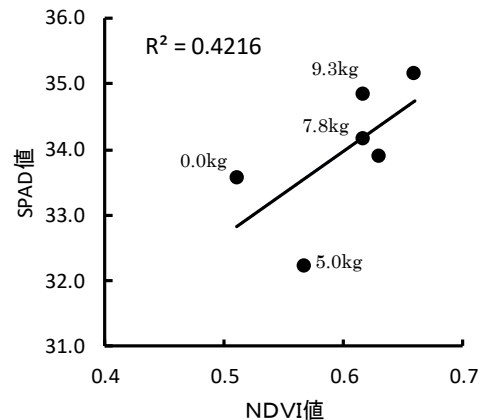


図4 幼穂形成期の NDVI 値と SPAD 値の関係

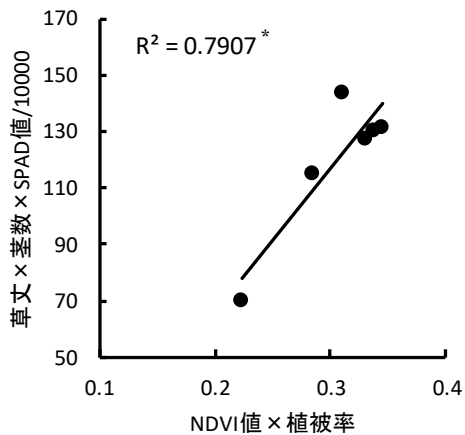


図5 幼穂形成期の NDVI 値×植被率と生育量の関係

注) \* は5%水準で有意

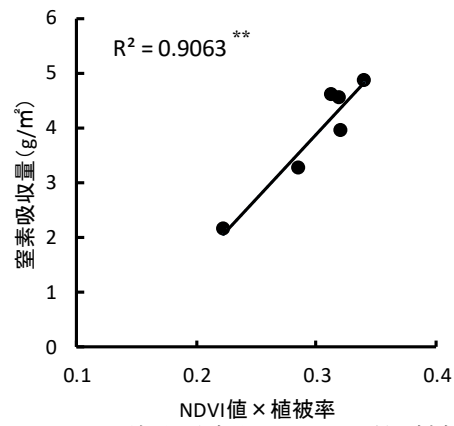


図6 幼穂形成期の NDVI 値×植被率と窒素吸収量の関係

注) \*\* は1%水準で有意

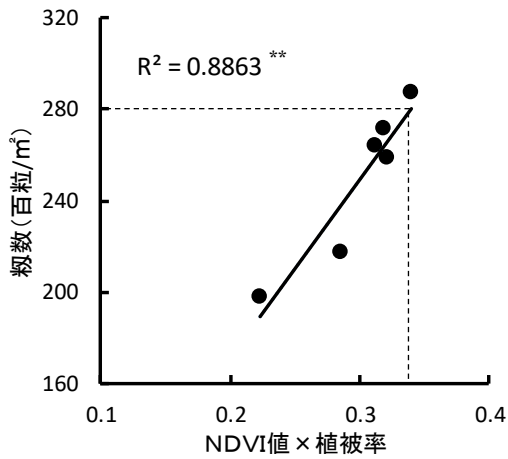


図7 幼穂形成期のNDVI値×植被率とm<sup>2</sup>当たり粒数の関係

注1) 幼穂形成期の目標粒数280(百粒/m<sup>2</sup>)  
 注2) \*\* は1%水準で有意

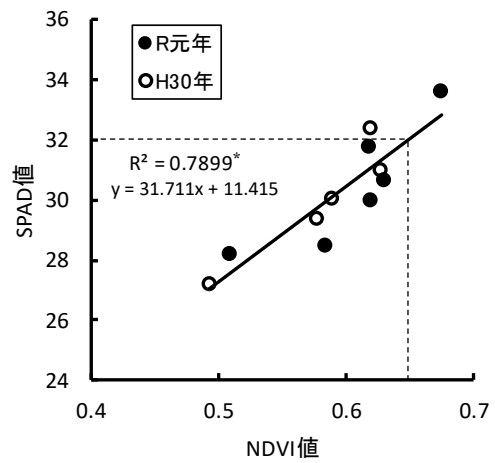


図8 NDVI値とSPAD値の関係(7/22測定)

注1) H30年は基肥窒素量3.6~11.1kg/10a  
 注2) 出穂10日前調査  
 注3) \* は5%水準で有意

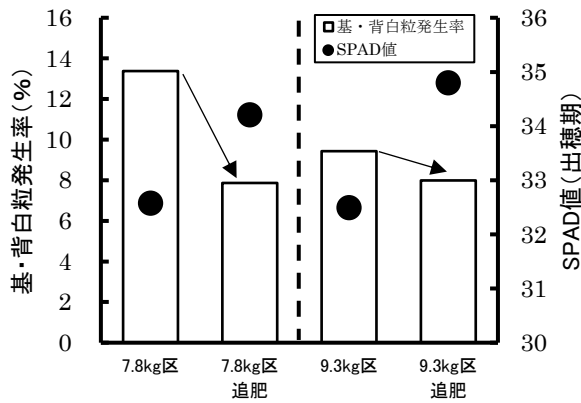


図9 追加穂肥がSPAD値および玄米品質に与える影響(5/15植区)

注1) 追肥時のSPAD値は7.8kg区:31.8、9.3kg区:30.8  
 注2) 追肥窒素量は1.0kg/10a

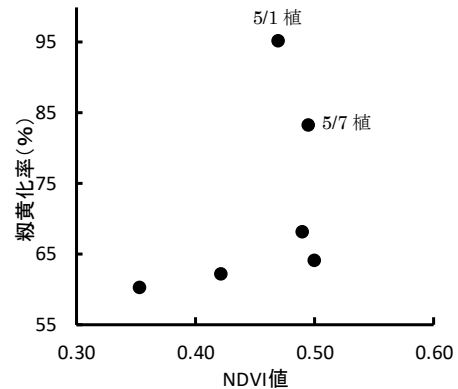


図10 NDVI値と粒黄化率の関係(9/5測定)

## 5. 成果の普及

年次を重ね、異なる品種でも解析を進め、追肥の診断技術として情報提供する予定。

## 6. 考察

### (1) 幼穂形成期の NDVI 値および植被率による生育診断

「コシヒカリ」において、幼穂形成期の NDVI 値×植被率と、生育量や窒素吸収量との間に高い正の相関関係が認められた。これまでの報告より m<sup>2</sup>当たり籾数と窒素吸収量との相関が高いことから、籾数予測や生育不足時の追肥診断に利用できると考えられた。幼穂形成期では、5/15 植 0.0kg 区の SPAD 値が他の試験区と大きな差異がなかったにもかかわらず、NDVI 値が明らかに小さくなったことから、NDVI 値は葉色だけでなく茎数および草丈の影響を受けるものと推察された。

### (2) NDVI 値を活用した追肥診断

当県の肥効調節型基肥栽培では、出穂期 7~10 日前の葉色が SPAD 値で 32 未満の場合、追肥を指導している。そこで、出穂 10 日前の NDVI 値と SPAD 値との関係をみると高い正の相関が認められ、NDVI 値 0.65 で SPAD 値 32 と推定できた。実際に NDVI 値が 0.65 未満の試験区で追肥を行った結果、玄米品質が向上したことから、追肥診断に活用できると考えられた。

### (3) NDVI 値による成熟期の推定について

5/15 植の異なる施肥量の試験区の籾黄化率は 60~68%と差が小さかったものの、NDVI 値は 0.35~0.50 と大きな差があった。また、施肥水準がほぼ同等で移植時期の異なる試験において、籾黄化率が 64~95%と大きな差があったが、NDVI 値はいずれも概ね 0.48 程度であった。以上のことから、NDVI 値による刈取適期の判断は難しいと考えられた。

## 7. 問題点と次年度の計画

年次変動の確認。