

委託試験成績（平成30年度）

担当機関名 部・室名	地方独立行政法人青森県産業技術センター 農林総合研究所 作物部、生産環境部																												
実施期間	平成30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	NDVI測定を活用した水稻栄養診断技術の確立と可変施肥機による収量・食味向上の実証																												
目的	ブランド米による低蛋白米や多収品種による高品質米を安定生産するには、圃場内・間の水稻生育のバラツキを考慮した施肥管理が必要である。本研究では、専用NDVI測定カメラ搭載ドローンによる幼穂形成期頃の栄養診断技術を確立し、追肥用可変施肥機（無人ヘリ）の有効性を検証する。平成30年度は青森県的水稻奨励品種「まっしぐら」、「青天の霹靂」について、栄養診断を行うための相関式を作成する。																												
担当者名	農林総合研究所 作物部 研究管理員 木村 利行 農林総合研究所 生産環境部 主任研究員 福沢 琢磨																												
<p>1. 試験場所 青森県産業技術センター農林総合研究所内試験圃場 北A2</p> <p>2. 試験方法</p> <p>施肥量、栽植密度、植え付け本数で水稻の生育量ならびに葉色値に幅を設けたグラデーション圃場において、NDVI測定カメラ搭載ドローンでNDVIならびに植被率を測定し、青森県の基幹品種である「まっしぐら」、「青天の霹靂」の追肥時の栄養診断を行うための相関式を作成する。</p> <p>(1) 供試機械名 NDVI測定カメラ撮影ドローン（ファームアイ社）</p> <p>(2) 試験条件</p> <p>ア. 圃場条件 沖積・軽植土</p> <p>イ. 栽培等の概要</p> <table border="0"> <tr> <td>品 種 名</td> <td>まっしぐら、青天の霹靂</td> </tr> <tr> <td>耕 起</td> <td>5月8日</td> </tr> <tr> <td>代 掻 き</td> <td>ドライブハロー、5月13日</td> </tr> <tr> <td>選 種</td> <td>風選</td> </tr> <tr> <td>種子消毒</td> <td>スポルタックスターナ SE、200倍・24時間浸漬</td> </tr> <tr> <td>浸 種</td> <td>水に11日間</td> </tr> <tr> <td>催 芽</td> <td>32℃でハト胸状態になるまで約18時間加温</td> </tr> <tr> <td>播 種</td> <td>4月16日、乾籾播種量100g 灌水時に「とかすだけ」（g/箱：N-P-K=2.5-2.5-2.5）、タチガレエースM液剤（1cc/箱）、ダコニール1000（1cc/箱）を灌注。</td> </tr> <tr> <td>育 苗</td> <td>大型育苗施設内に平置きして管理（育苗期間：36日）</td> </tr> <tr> <td>施 肥</td> <td>基肥（kg/a）N：0.2、0.6、1.0 P-K：1.0-1.0 追肥は各処理区の生育診断基準によりN：0～0.3kg/aで行った。</td> </tr> <tr> <td>移 植</td> <td>5月22日、栽植密度（株/m<sup>2</sup>）：18、24、植付本数（本）：2、5、8</td> </tr> <tr> <td>除 草</td> <td>ゲットスター顆粒、5月31日、80g/10a、畦畔から散布</td> </tr> <tr> <td>水 管 理</td> <td>移植翌日から湛水を開始し、その後慣行に従い管理した。</td> </tr> <tr> <td>病虫害防除</td> <td>ラブサイドフロアブル（8月1日）、スタークルメイト液剤10（8月16日）</td> </tr> </table>		品 種 名	まっしぐら、青天の霹靂	耕 起	5月8日	代 掻 き	ドライブハロー、5月13日	選 種	風選	種子消毒	スポルタックスターナ SE、200倍・24時間浸漬	浸 種	水に11日間	催 芽	32℃でハト胸状態になるまで約18時間加温	播 種	4月16日、乾籾播種量100g 灌水時に「とかすだけ」（g/箱：N-P-K=2.5-2.5-2.5）、タチガレエースM液剤（1cc/箱）、ダコニール1000（1cc/箱）を灌注。	育 苗	大型育苗施設内に平置きして管理（育苗期間：36日）	施 肥	基肥（kg/a）N：0.2、0.6、1.0 P-K：1.0-1.0 追肥は各処理区の生育診断基準によりN：0～0.3kg/aで行った。	移 植	5月22日、栽植密度（株/m <sup>2</sup> ）：18、24、植付本数（本）：2、5、8	除 草	ゲットスター顆粒、5月31日、80g/10a、畦畔から散布	水 管 理	移植翌日から湛水を開始し、その後慣行に従い管理した。	病虫害防除	ラブサイドフロアブル（8月1日）、スタークルメイト液剤10（8月16日）
品 種 名	まっしぐら、青天の霹靂																												
耕 起	5月8日																												
代 掻 き	ドライブハロー、5月13日																												
選 種	風選																												
種子消毒	スポルタックスターナ SE、200倍・24時間浸漬																												
浸 種	水に11日間																												
催 芽	32℃でハト胸状態になるまで約18時間加温																												
播 種	4月16日、乾籾播種量100g 灌水時に「とかすだけ」（g/箱：N-P-K=2.5-2.5-2.5）、タチガレエースM液剤（1cc/箱）、ダコニール1000（1cc/箱）を灌注。																												
育 苗	大型育苗施設内に平置きして管理（育苗期間：36日）																												
施 肥	基肥（kg/a）N：0.2、0.6、1.0 P-K：1.0-1.0 追肥は各処理区の生育診断基準によりN：0～0.3kg/aで行った。																												
移 植	5月22日、栽植密度（株/m <sup>2</sup> ）：18、24、植付本数（本）：2、5、8																												
除 草	ゲットスター顆粒、5月31日、80g/10a、畦畔から散布																												
水 管 理	移植翌日から湛水を開始し、その後慣行に従い管理した。																												
病虫害防除	ラブサイドフロアブル（8月1日）、スタークルメイト液剤10（8月16日）																												

試験区の構成（グラデーション圃場）

	坪60株設定			坪80株設定		
	N0.2kg/a	N0.6kg/a	N1.0kg/a	N0.2kg/a	N0.6kg/a	N1.0kg/a
2本/株	○		○			
5本/株	○	○	○	○	○	○
8本/株				○		○

注) ○について実施した（10区/品種）。

3. 試験結果

- (1) 水稻の生育ステージは、両品種とも幼穂形成期が7月13日、出穂期が8月5日であった。NDVI測定カメラによる撮影は7月2日と7月12日に実施した。撮影日の生育は、「まっしぐら」のSPAD値が32.8～49.4、生育量（草丈×茎数/m<sup>2</sup>）が0.9万～4.8万、生育指標（生育量×SPAD）が38万～183万に分布した。「青天の霹靂」ではSPAD値が36.3～48.7、生育量が1.3万～4.6万、生育指標が62万～182万に分布した。
- (2) 植被率と生育量との相関は、有意な正の相関関係が認められた。NDVIとSPADとの相関関係は、7月2日と7月12日の2時期を込みにした場合には負の相関関係が認められ、7月12日のみでは無相関であった。以上のことから、NDVIによるSPAD値の正確な観測は困難であることが考えられた。
- (3) 生育指標と窒素吸収量、窒素吸収量とNDVI、NDVIと収量との間には有意な正の相関関係が認められた。以上のことから、NDVIは生育指標を反映した生育診断基準に利用できると考えられた。また、NDVIと窒素吸収量には、品種による差はみられず、「まっしぐら」と「青天の霹靂」で共通した回帰式を利用できると考えられた。2品種を込みにした稲体窒素吸収量の実測値に対する推定値のRMSEは、生育指標が0.66、NDVIが0.76であった。
- (4) 「まっしぐら」の栄養診断基準について、生育量とSPAD値から生育指標ならびに窒素吸収量を算出し、追肥が可能な範囲内において可変施肥時の追肥量を無追肥～3kg/10aの範囲で段階的に設定した。玄米蛋白質含有率に出荷基準が定められている「青天の霹靂」ではSPAD値が追肥実施の判定に大きく関わることから、適正な基準を示すためにはNDVIとSPAD値の関係性を再検討する必要がある。
- (5) 収量と玄米蛋白質含有率には、1%水準で有意な負の相関関係が認められ（ $r=-0.65^{**}$ ）、玄米蛋白質含有率の抑制には、可変基肥による生育量（NDVI）の確保が重要であることが示唆された。

4. 主要成果の具体的データ

表1 NDVIカメラ撮影日のグラデーション圃場の生育

品種	撮影日	SPAD			生育量(×百)			生育指標(×万)		
		最大	最小	平均	最大	最小	平均	最大	最小	平均
まっしぐら	7月2日	49.4	40.4	44.9	343	87	211	152	38	95
	7月12日	42.7	32.8	37.0	479	158	331	183	54	123
青天の霹靂	7月2日	48.7	40.4	45.4	289	127	199	133	62	90
	7月12日	41.5	36.3	38.9	460	245	320	182	95	125

注) 生育量=草丈(cm)×茎数(本/m<sup>2</sup>)、生育指標=生育量×SPAD値

表2 NDVI ならびに植被率と各調査項目との相関係数

撮影時期	項目	SPAD	生育量	生育指標	乾物重	窒素含有率	窒素吸収量
2時期 (n=40)	NDVI	-0.67***	0.87***	0.76***	0.92***	-0.54***	0.86***
	植被率	-0.54***	0.90***	0.82***	0.91***	-0.43**	0.89***
7月12日 (n=20)	NDVI	0.43	0.94***	0.94***	0.91***	0.41 <sup>ns</sup>	0.94***
	植被率	0.45*	0.82**	0.83***	0.70***	0.41 <sup>ns</sup>	0.77***

注) \*, \*\*, \*\*\* はそれぞれ 0.5%, 1%, 0.1%水準で有意であることを示し, ns は有意でないことを示す。

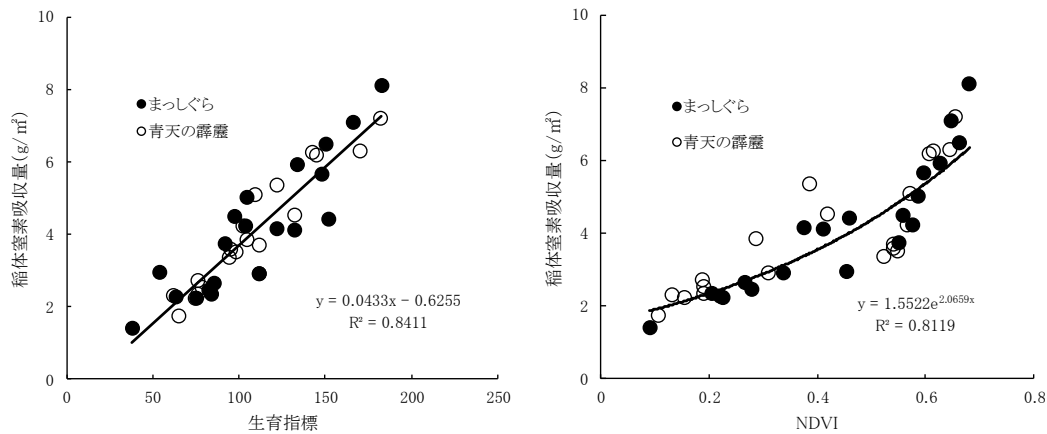


図1 稲体窒素吸収量と生育指標ならびにNDVIの関係

表3 各調査項目と収量ならびに玄米蛋白質含有率との相関係数

調査項目	生育指標	窒素吸収量	NDVI
精玄米重	0.62**	0.66**	0.67**
玄米蛋白質含有率	-0.40 <sup>ns</sup>	-0.52*	-0.51*

注) \*, \*\*はそれぞれ 0.5%, 1%水準で有意であることを示し, ns は有意でないことを示す。

表4 「まっしぐら」の窒素吸収量に対する可変追肥量 (可変施肥時の設定)

まっしぐらの栄養診断基準と生育量とSPAD値から換算した窒素吸収量				可変追肥時の追肥量	
生育量 (×10000)	SPAD	追肥対応(穂肥1回体系)	窒素吸収量 (g/m <sup>2</sup> )	窒素吸収量 (g/m <sup>2</sup> )	追肥量 (kg/10a)
3.0未満	33以下	2~3kg+必要に応じて減分期に1~2kg	~3.7	~3.9	3kg
3.0~3.5	34~36	2~3kg	3.8~4.8	4.0~4.4	2kg
		37以上	葉色の低下後、減分期までに2~3kg	4.2~5.0	4.5~4.9
3.5~4.0	34~36	減分期に2~3kg	4.5~5.6	5.0~	0kg
	37以上	追肥を中止	5.0~5.8		
4.0以上		追肥を中止	—		

## 5. 経営評価

今年度試験は、栄養診断を行うための回帰式の作成が目的であるため、経営評価を行うことができない。経営評価は、次年度に実施する。

## 6. 利用機械評価

NDVI 測定カメラ撮影ドローンにより短時間で被植率ならびに NDVI の測定値を得ることができ、植被率から生育量、NDVI から稲体窒素吸収量を推定することが可能であった。ただし、NDVI と SPAD 値（窒素含有率）の傾向については、年次変動を確認して評価する必要がある。

## 7. 成果の普及

区画整備等による一筆圃場の大規模化に伴い、圃場の地力ムラに応じた適正な施肥管理が重要となっている。NDVI による施肥基準を用いた可変施肥技術は、「まっしぐら」の収量ならびに品種の高位安定、「青天の霹靂」の収量・食味の安定に寄与する。

## 8. 考察

- (1) 「まっしぐら」と「青天の霹靂」の草型は同じ偏穂重型であり、NDVI と窒素吸収量との関係には品種間差がみられず、共通した回帰式を利用できると考えられた。
- (2) NDVI は生育指標を反映した生育診断基準に利用できると考えられた。NDVI と稲体窒素吸収量との関係式には指数関数の当てはまりが最も高く、既知の研究事例（携帯型測定機で水稻の窒素吸収量を簡易に推定する（東北農業研究センターたより 52（2017））と同様の傾向を示した。
- (3) 「青天の霹靂」では玄米蛋白質含有率の出荷基準が定められているが、基肥窒素の過度な減肥が収量の低下ならびに玄米蛋白質含有率の上昇を招いている事例も見受けられている。従って、「青天の霹靂」については、基肥の可変施肥の検討が重要と考えられた。

## 9. 問題点と次年度の計画

問題点：年次変動の確認、可変施肥の実証

次年度の計画：今年度と同様の試験を行い、関係式作成のためのデータ蓄積を行う。加えて、作成した「まっしぐら」の追肥基準に基づく可変施肥の実証を行う。

## 10. 参考写真



写真1 NDVI 測定カメラ撮影ドローン

