

事業区分	経常研究(基盤、応用)	研究期間	令和2年度～令和5年度	評価区分	事後評価
研究テーマ名	水稻のリモートセンシングによる生育診断と生育予測システムによる効率的栽培管理技術の確立				
(副題)	(「なつほのか」、「にこまる」の NDVI 生育診断と中干し、幼穂形成期予測技術の確立)				
主管の機関・科(研究室)名	研究代表者名	農林技術開発センター作物研究室 古賀潤弥			

＜県総合計画等での位置づけ＞

長崎県総合計画チャレンジ 2020	戦略8 元気で豊かな農林水産業を育てる ③農林業の収益性向上に向けた生産・流通・販売対策の強化
新ながさき農林業・農山村活性化計画	基本目標 I. 収益性の向上に向けた生産・流通・販売対策の強化 I-2品目別戦略を支える加工・流通・販売対策 ⑤品目別戦略を支える革新的新技術の開発

1 研究の概要(100 文字)

大規模化に対応した水稻の効率的栽培管理技術を確立するため、「なつほのか」と「にこまる」について、NDVI による生育診断法と生育予測に基づく中干し、幼穂形成期予測技術を確立する。	
研究項目	①NDVI 値と生育、収量各要素との関係解明 ②NDVI 生育診断の現地実証 ③栽培条件、気象条件と生育速度(㎡莖数、葉数、幼穂形成)との関係解明

2 研究の必要性

1) 社会的・経済的背景及びニーズ	本県では高温耐性水稻品種「にこまる」、「なつほのか」の普及が進んでいる。これらの品種は既存品種より高い収量性を有するが、生産者や圃場ごとには収量のばらつきがみられ、平均単収は品種本来の収量性より低い実態がある。今後、担い手不足や規模拡大が進んでいくと、生育に応じた管理が行き届かなくなりさらに減収する恐れもある。これらの課題に対応するためには ICT などを活用し効率的で生産性の高い圃場管理技術を導入していく必要がある。現在、気象予測に基づく生育予測やドローンによるリモートセンシング技術の開発が進んでいる。これらの技術が活用できれば、広範囲の生育状況を効率的に把握し生育に応じた栽培管理ができると考えられる。しかし、これらの技術は現状では本県の品種に活用できる段階ではない。実用化のためには、本県の品種や栽培条件に対応できる技術として確立する必要がある。
2) 国、他県、市町、民間での実施の状況または実施の可能性	NDVIによる生育診断について全国的に広く作付けされている「コシヒカリ」等について国や各メーカーでの研究が行われているが、県単育種品種などについては県での対応技術が検討されている。鹿児島県では早期栽培で「なつほのか」、九州沖縄農業研究センターでは「にこまる」のドローンによるリモートセンシング技術の研究が実施されている。しかし、作型(早期、普通期の別)や施肥体系、目標とする生育が異なるため、本県の栽培条件に適した NDVI 指標の設定が必要である。

3 効率性(研究項目と内容・方法)

研究項目	研究内容・方法	活動指標		R 2	R 3	R 4	R 5	単位
①	NDVI 値と生育、収量各要素との関係解明	調査ステージ	目標	3	3	2	2	ステージ
			実績	3	3	2	2	
②	NDVI 生育診断の現地実証	試験力所	目標			1	1	ヶ所
			実績			1	1	
③	栽培条件、気象条件と生育(㎡莖数、葉齢、幼穂形成)との関係解明	栽培条件	目標			3	3	条件
			実績			4	4	

1) 参加研究機関等の役割分担

作物研究室: 水稻栽培試験、土壌肥料研究室: 水稻窒素吸収量、可給態窒素等の調査

農業イノベーション推進室技術普及・高度化支援班、島原振興局、島原雲仙農協: 現地実証試験および普及についての協力

2) 予算

研究予算 (千円)	計 (千円)	人件費 (千円)	研究費 (千円)	財源			
				国庫	県債	その他	一財
全体予算	29,546	24,743	4,803			198	4,605
2年度	7,548	6,260	1,288			33	1,255
3年度	7,466	6,232	1,234			33	1,201
4年度	7,349	6,123	1,226			66	1,160
5年度	7,183	6,128	1,055			66	989

※ 過去の年度は実績、当該年度は現計予算、次年度以降は案

※ 人件費は職員人件費の見積額

(研究開発の途中で見直した事項)

生育診断の生育ステージについて穂首分化期、枝梗分化期、穎花分化期の3ステージのうち従来から診断を行っていた枝梗分化期について診断指標がまとまったが、試験以前のデータが無い穂首分化期については、より精度の高い診断を行うため、R4も試験を継続した。また、現地では「なつほのか」専用の基肥一発肥料の普及が進んでおり、基肥一発肥料栽培について枝梗分化期の生育診断についてR4から試験を実施した。

参加協力機関を現地試験圃場変更のため県央振興局から島原振興局に変更した。

4 有効性

研究項目	成果指標	目標	実績	R2	R3	R4	R5	得られる成果の補足説明等
①	NDVI 生育診断技術	1品種	1品種	0	0	0	1	「なつほのか」のNDVI測定による窒素吸収量、粒数、収量の予測技術
②	生育予測技術	2品種	2品種	0	0	0	2	「なつほのか」「にこまる」の中干し時期および幼穂形成期ステージ予測技術

1) 従来技術・先行技術と比較した新規性、優位性

長崎県の栽培条件と品種に応じたNDVIの指標値を設定することで、ドローンを使って広範囲を効率的に生育診断ができるようになり、圃場ごとの生育のばらつきが見える化され、施肥の改善にもつながる。また、生育予測では、従来の出穂期や成熟期の予測や移植適期の推定に加えて、中干し時期の予測ができるようになると、栽培条件や当年の気象条件にあわせた体系的な管理が実施できるようになり、過剰分げつや、穂肥の遅れなどが回避でき、適正な生育量の確保による収量・品質が向上し所得の向上が期待できる。

2) 成果の普及

■研究の成果

1. リモートセンシングを活用した水稻「なつほのか」の生育診断

分施肥体系における「なつほのか」穂肥前適正なNDVIは0.55であり、穂肥前にNDVI測定することで穂肥の可否判断が可能となる技術を開発した

2. NDVI 生育診断の現地実証

現地圃場において、前年の幼穂形成期のNDVIの数値を基に次年度の基肥を減肥し、確実な穂肥を実施したところ、前年と比べて収量品質ともに向上した

3. 栽培条件、気象条件と生育(㎡茎数、葉齢、幼穂形成)との関係解明

生育予測式により算出した発育指数と生育量の関係を明らかにし、気象データから水稻の中干し開始時期を予測することができた。

■研究成果の社会・経済への還元シナリオ

研究成果は成果情報で紹介するほか、地区別報告会、新聞、ホームページ等で紹介する。技術の活用については、生育診断技術ではリモートセンシングデータをもとに指導機関で処方箋を作成し施肥の可否判断ができるようにする。さらに、生育予測については既存の水稻生育予測シミュレーションに指標を反映させるほか、生育予測情報をホームページ等で取得できるようにする。

■研究成果による社会・経済への波及効果の見込み

増収効果 10a 当たり収量 60kg 増 現状 480kg 目標 540kg

経済効果 100ha 規模 10.5 百万円の所得増

(研究開発の途中で見直した事項)

種類	自己評価	研究評価委員会
事前	(元年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必要性:A 今後の大規模経営においては、広域に多くの圃場を管理するための効率的な栽培管理法が必要であり、そのためには生育予測やリモートセンシングなどを活用した技術の必要性は高い。 ・効率性:A 生育予測はこれまでに開発した水稻の出穂期、成熟期を除く、中干し開始時期、幼穂形成期の予測とし、リモートセンシングについては穂肥前の3生育ステージでのNDVIを活用した生育診断を行うよう目標を明確化している。また、1回の試験で多くのデータがとれるように条件を設定し、短期間で効率的にデータを取り、現地実証に移せるように計画しており効率性は高い。 ・有効性:A 品質や収量の向上技術については本県で開発した水稻生育予測シミュレーションや栽培技術マニュアルが現地で活用され、これらの技術を中心に生産振興が行われている。これらの技術に新たな生育予測項目やリモートセンシング技術が加わることで、これからの大規模経営に対応した技術となることが見込めるので有効性は高い。 ・総合評価:A 本研究の技術確立で現在より品種の特性や生育にあわせた栽培管理が大規模経営でも実施できるようになり、収量の高位平準化による収益性の向上に貢献できる。	(元年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必要性:A 水稻生産の現場では、高齢化や人手不足により担い手農家への農地集積が想定を超えるスピードで進んでおり、生産効率化や省力化を大幅に改善できるスマート農業技術の導入は、喫緊の課題である。スマート農業の基盤技術の開発は農研機構や大学、民間企業などが進めているが、生育診断や生育予測のためのパラメータが地域や品種によって異なり、普及拡大の隘路になっている。このため、本県主要2品種で技術確立に取り組む意義は大きい。 ・効率性:A 対象とする生育ステージを絞り込むなど、目標が明確化されているとともに、短期間にデータを取って現地実証に移せるよう工夫するなど効率的である。但し、生育予測モデルのパラメータ決定には多数のデータが必要となるので、過去のデータ等多くのデータを集め予測精度が高まるよう留意すべきである。また、スマート技術は日進月歩であり、研究期間中の基盤技術の発達に応じて計画を修正することも検討してほしい。 ・有効性:A すでに活用されている生育予測モデルや栽培マニュアルに本課題で開発される技術情報を付加することで、迅速かつ効果的な技術普及が期待される。 ・総合評価:A 本技術の開発・普及で、栽培特性に合わせた栽培管理を大規模経営でも対応でき、経営の高位安定化や、本県に多く存在する小規模農地への本技術の転用が期待されることから研究に取り組む意義は大きい
		対応 生育予測データは過去のデータも活用し予測精度が高くなるように留意する。また研究機関中にもスマート農業に関する情報収集を行い、必要に応じて計画の修正を行うようにする。

途 中	(4年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必 要 性:A 担い手不足等による1経営体への農地集積がすすみ、作業の効率化や省力化は解決しなければならない課題となっており、リモートセンシングなどのスマート農業技術の早急な導入が求められている。技術を活用し効率化していくために地域や品種に応じた指標を明らかにするための生育診断や生育予測の試験研究が必要。 ・効 率 性:A 対象とする生育ステージを絞り込むなど、目標を明確化し、2年間で現地試験に必要なデータが取れ、NDVIの診断指標を示すことができた。3年目には計画どおり生育診断を現地試験に移せるようになり効率性は高い。 ・有 効 性:A すでに本県で開発し現地で活用されている水稻生育予測シミュレーションや栽培技術マニュアルに新たな生育予測項目やリモートセンシング技術が加わることで、技術がより効率的、効果的に活用されることが期待され有効性は高い。研究開発で指標ができれば、業者に発注して測定したデータをもとに指導期間で処方箋を作成し農家が活用できる。 ・総合評価:A 本研究の技術確立でリモートセンシング技術による適正施肥量の設定及び生育予測による中干しや穂肥時期の計画が可能になり、現在より品種の特性や生育にあわせた栽培管理がより効率的に実施できるようになり、規模にかかわらず水稻安定生産や収量の高位平準化による収益性の向上が期待される。また、施肥量が過剰な圃場では適正量へ減肥することで、肥料コストの低減にもつながり、肥料の価格高騰へも対応することができる。	(4年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必 要 性:A 担い手への農地集積が進み、作業の効率化、省力化のため、リモートセンシングなどのスマート農業技術の早急な導入が求められている。リモートセンシング技術を活用・効率化していくためには、地域や品種に応じた指標を明らかにし、生育診断や生育予測の技術確立が必要であり、この技術が省力化や多収化につながるものであることから、本研究の必要性は高い。 ・効 率 性:A 研究の対象とする生育ステージを絞り込む等、効率的に研究を進めており、水稻の生育診断の指標となる NDVI 値の診断基準を示すなど順調に進捗している。計画通り R4 年度より生育診断の現地試験を開始したことから効率性は高い。 ・有 効 性:A 既に関係され、現地で活用済みの水稻生育予測シミュレーションや栽培技術マニュアルに本研究結果を付加することで、技術がより効率的、効果的に活用されることが期待され、当初計画した成果が得られる見通しがあることから、本研究の有効性は高い。 ・総合評価:A 本研究は NDVI 値等を活用して生育予測を行い栽培管理に役立てる研究であるが、これまでの結果により、データを活用することで収量向上が期待され、施肥量が過剰な圃場では減肥による肥料コストの低減にもつながる。大規模経営のみならず、小規模農地への活用も期待できることから波及効果は大きく、本研究の継続は妥当である。
		対応 リモートセンシング技術については、NDVI 値の指標が明らかになったことから、現地試験を行い技術の実証をすすめる。また、令和4年からは中干しや穂肥時期の生育予測についても検討し技術を確立する。

事後	(6年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必 要 性:A 担い手不足による規模拡大が進んでいくと、生育に応じた管理が行き届かなくなり減収する恐れがあり、気象データを活用した生育予測やドローンによるリモートセンシング技術の導入により広範囲の生育状況を把握し、効率的に栽培管理する技術開発が求められている。リモートセンシング技術を活用・効率化していくためには、品種に応じた指標を明らかにし、生育診断や生育予測の技術確立が必要である。 ・効 率 性:A 対象とする生育ステージを絞り込み効率的に研究を進めたことで、NDVI の診断指標のデータを取り、現地試験に必要なデータを計画的に取得することができた。また、近年普及が進んでいる基肥一発肥料条件下での NDVI の診断指標も示すことができ、効率性は高い。 ・有 効 性:A 中干し時期の発育指数 DVI の数値が明らかになったことで、既に本県で開発し現地でも活用されている水稻生育予測シミュレーションにおいて中干しの開始時期の予測が可能となった。また、リモートセンシング技術が栽培技術マニュアルに加わることで、より効果的、効率的に活用されることが期待され有効性は高い。 ・総合評価:A 本研究の技術確立で手作業による生育調査をせずとも、平均気温や日長のデータ、ドローンによるリモートセンシング技術により中干や穂肥の計画が可能になり、品種の特性や生育に合わせた栽培管理が効率的に実施できる。また、NDVIを活用した生育予測技術により、栽培の規模にかかわらず水稻安定生産や収量の高位平準化により収益性の向上が期待される。さらには、慣行の施肥が効率的な施肥となることで、肥料コストの低減やみどりの食料システム戦略の推進にもつながり波及効果は大きい。	(6年度) 評価結果 (総合評価段階:A) ・必 要 性:S 水稻栽培において、担い手不足やそれに伴う農地の集約に対応するために、気象データやセンシング等を活用した生育予測と効率的な栽培管理を支援する技術や肥料コスト削減技術の確立が必要であるため、本研究の必要性は非常に高い。 ・効 率 性:A 対象とする生育ステージを絞り込み、研究期間内に NDVI診断に必要なデータを取ることができていること、また、現地の栽培状況に対応したNDVI診断指標を示すなど、計画通りに進捗したことから、効率性は高い。 ・有 効 性:A 気象データとドローンセンシングにより、中干しや穂肥の可否判断ができるようになるなど、栽培条件や当年の気象条件にあわせた体系的な管理が可能となり、水稻の省力的・安定多収、施肥コストの削減につながると期待されることから、有効性は高い。 ・総合評価:A 本研究の開発技術は、水稻栽培において直ちに普及に応用できるものであり、水稻の省力的・安定多収につながるものと期待され、概ね計画を達成した。今後の普及にあたっては、ドローンの実施体制にかかる整備が必要となることから、各地域で体制構築を進めてほしい。
	対応	関係機関と連携し、開発技術の普及に努めるとともに、ドローンによるセンシングの実施体制構築を進め、効率的な水稻生産で安定多収及び所得向上を図ります。