

ビッグデータ・AI解析に基づく地域営農支援システムの高度活用によるさとうきびスマート産地モデルの実証 (有)サザンドリーム(沖縄県南大東村)

背景及び取組概要 <経営概要:17ha(さとうきび) うち実証区 さとうきび10ha 慣行区 同7ha>

背景:南大東島は、さとうきびの収穫面積約1,200ha、農家数約200戸、農家一戸当たり経営耕地面積約8haのさとうきび産地で、機械化一貫栽培体系を構築しているが、熟練オペレータ不足など大きな不安要素を抱えている。

取組概要:

- ①膨大なさとうきび関連データを「地域営農支援システム」で一元管理し、ビッグデータ・AI解析によって、地域全体で高度活用する「さとうきびスマート産地モデル」の形成を図る。
- ②南大東島で最も重要な課題の一つである株出の増収技術および作型構成の適正化などに関して、植付と収穫は生産法人と中核農家、栽培管理は生産農家でシェアリングする基本構造を確立し、産地機能の向上を図る。
- ③低炭素化栽培体系の確立など、「みどりの食料システム戦略」などを視野に入れたスマート産地モデルを形成する。

導入技術

<h3>①地域営農支援システム・AI解析</h3> <p>品質取引データ、生育データ、作業データなどのビッグデータの高度活用</p>	<h3>②GNSS自動操舵機械化一貫体系および低炭素機械化体系</h3> <p>・植付と収穫の分業化(受委託)によるスマート産地形成</p>	<h3>③データ駆動型スマート灌漑</h3> <p>・微気象データ(特に蒸発散量)に基づく高効率な地中灌水システム</p>	<h3>④微気象・CO₂観測システム</h3> <p>・さとうきび生産および地域の排出量の見える化。CO₂排出量の削減を模索</p>
<p>サーバーセンター+解析センター ユーザー(農家・農業生産法人等) インターネット 解析情報の提供 ドローン 微気象ポスト 灌漑管理装置 GNSS自動操舵農機 モバイルNIR モバイル端末 製糖工場</p> <p>営農支援システムの構成とデータ収集・解析・情報提供</p>	<p>自動操舵整地 自動操舵植付 自動操舵収穫 フェロモンチューブ散布</p>		<p>微気象観測システム 光合成能力の計測 観測サイト別降水量 南大東島におけるCO₂濃度の推移</p>



目標に対する達成状況等

実証課題の達成目標

1) 作業集約又はシェアリングを効果的・効率的に進めるための目標

- ① 営農支援システムを構築し、希望農家全員の使用を可能にする(使用満足度5段階中4)。
- ② GNSS自動操舵を導入し、植付の分業化を図る(産地の新植(春植+夏植)面積約250haの100%実施)。
- ③ 品質取引制度で得られるNIRスペクトルデータより検量モデルで収穫圃場のN/P/K値算出(収穫面積約1,200haの100%実施)

2) 生産者における生産コスト低減、収量・品質向上等についての目標

- ① 微気象観測ポストとスマート遠隔灌水システムの利用による単収20%増(対無灌水区)
- ② ハリガネムシ防除用フェロモンチューブのドローン散布装置の開発・実証(海岸保安林10ha)

3) 産地における経営全体の改善についての目標

- ① 機械作業の低炭素化のため、ロータリ作業機をけん引式作業機に変更し、労働時間50%削減、燃費40%削減
- ② 厳しい干ばつ年であっても総生産量6万トン(最低ライン)を確保

目標に対する達成状況

1) 作業集約又はシェアリングを効果的・効率的に進めるための目標

- 構築した営農支援システムの使用満足度5段階中4
- 産地内で3台のビレットプランタによる分業体制(受委託体制)による完全GNSS自動操舵化植付を245.3ha(新植面積の98.1%)で達成(表1)。これまで植付前に必須であった線引作業を省略できた。1組織では新入オペレータがこれまで難しかった植付を担当。これによって産地最大の課題であったオペレータ不足問題を解消できる見通しが立った。
- 品質取引由来のNIRスペクトルデータによるN/P/K算出を全収穫圃場(実績面積約1300ha*)で達成。
(*計画では1200haが見込まれたが実績値はこれを上回った)。

表1. 令和5年度GNSS自動操舵ビレット植付面積

受託組織	春植面積(ha)	夏植面積(ha)	合計(ha)
アグリサポート南大東	64.3	13.3	77.6
JAおきなわ南大東支店	52.3	15.8	68.1
大城健実	80.0	19.6	99.6
計(ha)	196.6	48.7	245.3
達成率(%)			98.1

目標に対する達成状況等(つづき)

2)生産者における生産コスト低減、収量・品質向上等についての目標

- 南大東島で標準的な点滴灌水用チューブを地中埋設し、さらに微気象ポストデータからさとうきびの蒸発散量を算出して、不足水量に応じた効率的な灌漑を実施した。このデータ駆動型スマート灌水技術の実施により、無灌水區に対して収量が20%以上増加した(図1)。
- ハリガネムシ防除用フェロモンチューブのドローン空中散布装置の改良、散布方式の工夫等で海岸保安林約300haすべてに散布を実施できた(R6年4月確認)。

3)産地における経営全体の改善についての目標

- 耕耘・整地(植付準備)および中耕・培土作業で多用されているPTO駆動ロータリ作業機をけん引型作業機に変更し、作業能率向上および燃料消費量削減を可能とする「低炭素機械化体系」の開発・実証を行った。

作業時間削減率:20.8%、燃料消費量削減率:26.2%

- 産地の経営は、地域全体の生産量に大きく依存するので、最低(6-10月降水量350mm以下)6万トン以上、好条件(同520mm以上)では9万トン以上を目標。これらの中間降水量帯では直線(350,60000)-(520,90000)より上の領域を目指す。

・R4/5年期の収穫実績:86,760トン

・R5/6年期の収穫実績:70,869トン(R6年4月確認、図2)。

- 産地全体で上記生産量を確保することによって、個別農家の経営の安定とともに、製糖工場の経営も安定する。

また、経済波及効果によって地域経済の活性化につながる。

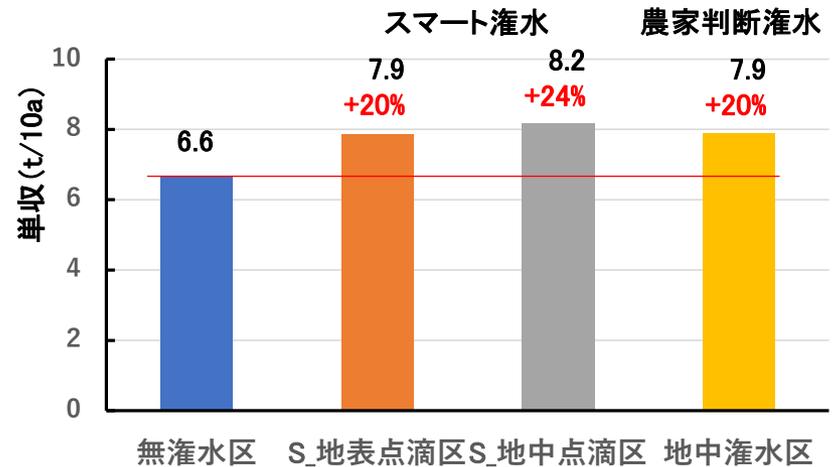


図1. データ駆動スマート灌水による増収効果

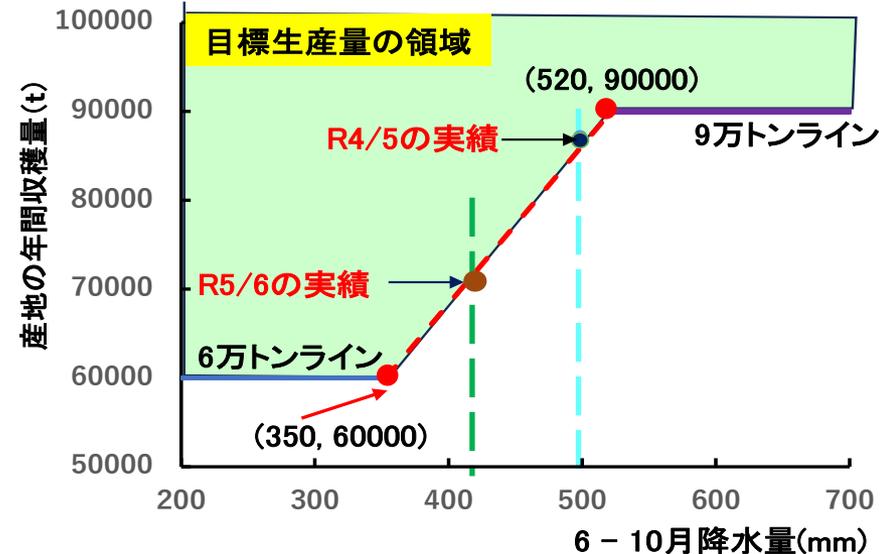


図2. 産地の経営改善のための目標生産量の設定
赤の破線は6-10月の降水量350 - 520mm区間

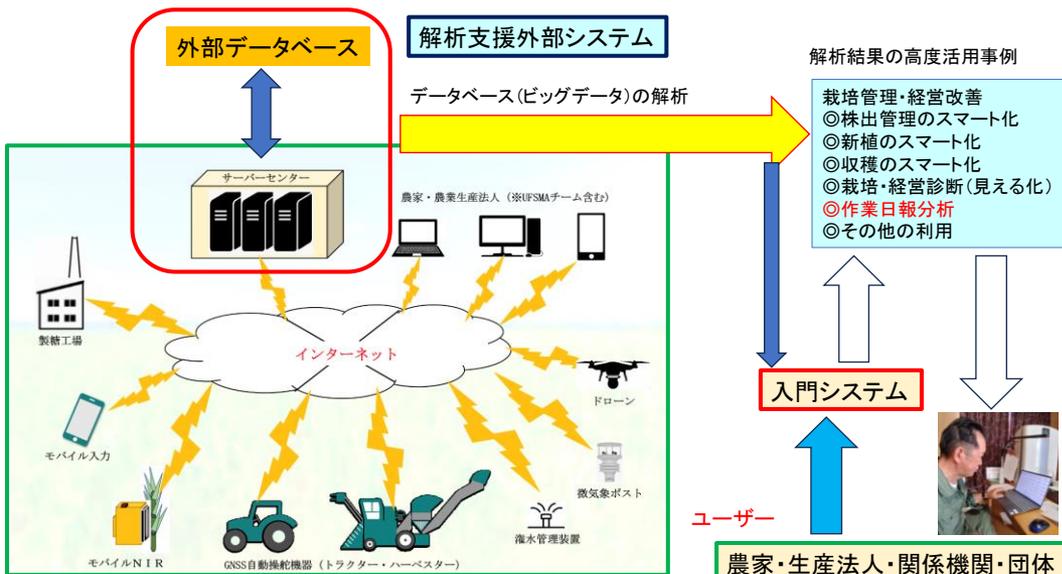
(実証項目別成果①-1) 情報(ビッグデータ)による産地モデルの機能強化・スマート化

達成目標

- 品質取引データを取り込んだ営農支援システムの活用
 - 一般農家向けにシステムの大幅機能拡張・改修 (満足度5段階評価で4以上)
 - 株更新・生育診断などによる経営改善への活用 (950haの30%で実施)
- ビッグデータの高度活用
 - 製糖工場や圃場などで生成されるビッグデータを解析して農家の栽培・経営に有益な情報に変換して提供(実証圃場10ha)
 - NIRスペクトルデータから蔗茎のN/P/K算出による土壌成分の推定(計画:1,200ha)

実証結果

- 作業日報、圃場毎の作業時間、空撮画像等を取り込んだ一般農家向けの営農支援システムを構築(図3)。(満足度5段階中4)
- 営農支援システムの活用で950haの42%(400ha)の圃場について株更新の判断や生育診断が行えた。
- 実証圃場(10ha)において品種のマッチング評価を行い、現品種で問題の無いことを明らかにした。
- NIRスペクトルデータを解析し、収穫実績面積1,300ha(100%)の圃場の土壌成分を推定できた(図4)。



営農支援システムのデータ収集機能とデータベース

図3. 地域営農支援システムの構成とその利用

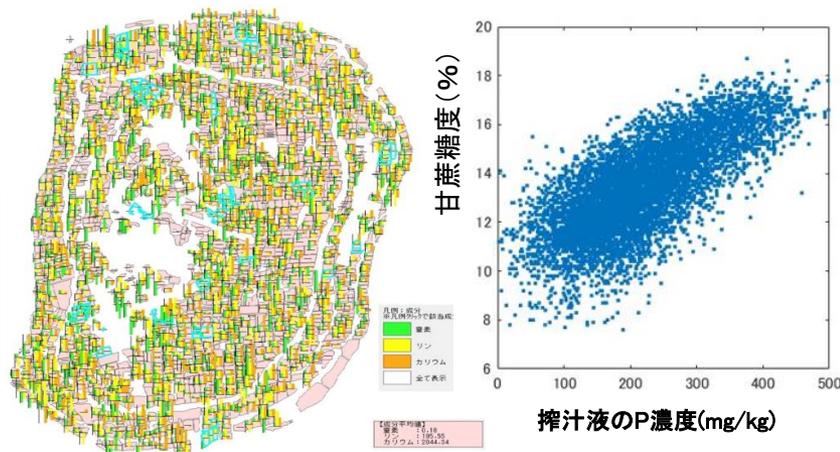


図4. NPK成分のマッピング例(左)、P濃度と甘蔗糖度(右)

今後の課題と対応

- 農作業中の営農支援システム利用に必要なリアルタイム入力システムの運用方法を検討中。複雑な現場作業に対応した入力システムの検討。

(実証項目別成果①-2) 中核農家等による植付と収穫の受託(シェアリング)

達成目標

- 南大東島全体の分業・受委託体制(シェアリング)を強化するためにGNSS自動操舵システムを導入
- 特に、機械化体系の中で最も重要な植付作業の完全自動操舵化の推進(目標面積250ha)
- 収穫面積(1,200ha)の70~80%について収穫の分業化を図り、一部で自動操舵化を実施。

受託組織A JAおきなわ南大東支店	受託組織B(中核農家) 大城 健実	受託組織C アグリサポート南大東株式会社
		
GNSS自動操舵	GNSS自動操舵	GNSS自動操舵

旧体系

線引
(自動操舵)



プランタによる植付
(手動, 自動操舵)

新体系

ビレットプランタによるダイレクト植付
(自動操舵)

図5. 自動操舵植付による分業体制(シェアリング)(上)と線引作業の省略(下)

実証結果

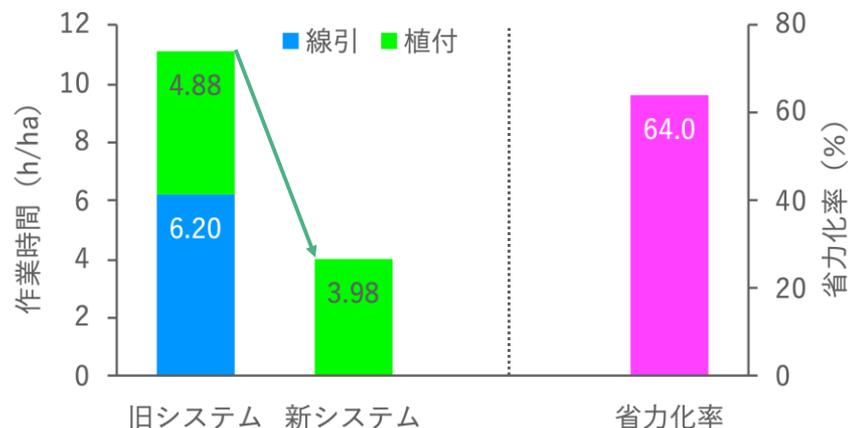


図6. 線引作業の省略による作業時間の短縮
大幅な省力化が可能になり、全体の作業面積が拡大

- 固定基地局を整備し、全島で自動操舵運用が可能になった。
- 植付作業の自動操舵化により、従来行っていた線引き作業が不要になり(図5)、作業時間が64%短縮された(図6)。これにより245.3ha(98.1%)で中核農家等による植付の分業化が行えた。また、難しい植付作業を新入オペレーターでも担当できるようになった。
- 収穫の分業化は達成されているが、自動操舵化は試験的運用にとどまった。

今後の課題と対応

- 受託圃場の自動操舵基準線(ABライン)の管理
- 適期植付に向けたプランタ台数の検討

(実証項目別成果①-3) 微気象観測システムの高度化とビッグデータ利用

達成目標

○前プロジェクト(畑H06)で南大東島全域に設置し、継続使用している微気象ポストの「頑健化」と「高い柔軟性」を実現し、実証後の維持管理が容易なシステムに進化させる(目標:無欠損データの提供)。

実証結果

- 風雨、昆虫侵入等外的要因による機能停止の防止や複数の通信方法の導入等により機器類の信頼性が向上し、データの欠損はほぼなくなった
- 一般農家等のアクセス数などから日常的によく利用され、産地形成に不可欠な情報インフラとなった。特に「雨が降ったらUFSMA!」と、機械作業の可否判断や灌水の判断に利用されている(図8)。
- 移動可能ポストとメンテナンスフリーの新圃場ポストによってシステムの強靱性・利便性向上を実現(図7)。

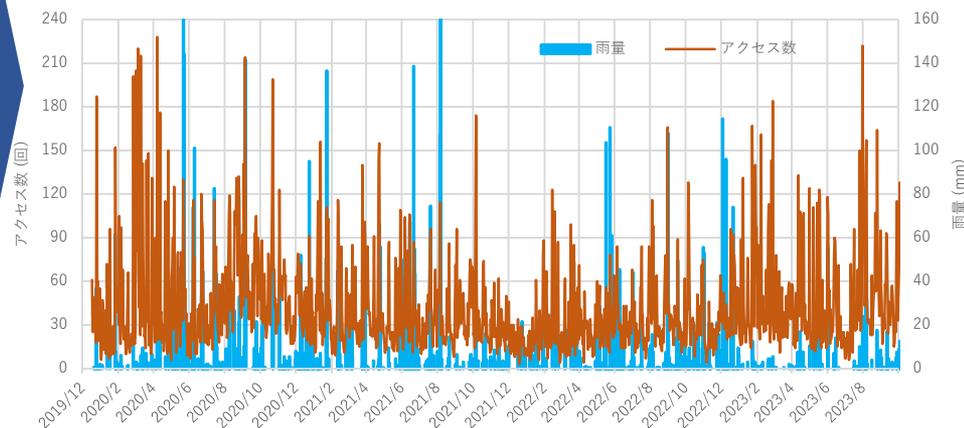


図8. アクセス数からわかる「農器具の一部となったシステム」(情報提供開始から直近までのアクセス数と降水量)

今後の課題と対応

- 微気象観測システムの現地住民自身による保守(継続的メンテナンス)の重要性を啓発。
- 蒸発散量による灌水判断機能などを実装中。

図7. 微気象ポストの種類と設置状況

(実証項目別成果②-1)ドローンによるさとうきび生育情報の高効率な取得

達成目標

- 1) 圃場(群落)単位の生育情報を効率的に把握するためにドローン利用技術を開発(補植や防除のスマート化)。圃場内の欠株および雑草を検出し、それぞれ効果的・省力的な補植および防除を実施(収量5%増)。
- 2) ドローン画像によるNDVI値とモバイルNIR実測糖度により圃場内の平均的な糖度(圃場糖度)を推定し(図9)、それに基づいて収穫スケジュール決定。



図9. 開発したモバイルNIR糖度センサーと空撮用ドローン

実証結果

- 1) ドローン空撮画像より欠株と雑草を効率的に検出できた。株出では5月、春植は5・6月の画像が適している(図10および表2)。欠株率に準じた補植を行ったが、極端な干ばつで収量が低下したため、増収は確認できなかった。
- 2) 収穫直前のさとうきび生葉の色や量は変化するので、NDVIだけでは糖度の予測精度は低い。そこで、モバイルNIRによる実測糖度を組み合わせ、圃場糖度を精度よく推定する技術を開発(図11)。収穫のスマート化に利用可能であることを示し、現場での運用方法を検討中。

表2 欠株率(上)および雑草面積(下)の算出

	畑面積(ha)	欠株面積(ha)	割合(%)	撮影日
A畑	1.74	0.14	8.05	5月
B畑	2.24	0.04	1.79	5月
C畑	2.6	0.03	1.15	7月
D畑	1.34	0.01	0.75	7月
E畑	1.53	0.01	0.65	7月

	畑面積(ha)	雑草面積(ha)	割合(%)	撮影日
A畑	1.74	0.21	12.07	5月
B畑	2.24	0.02	0.89	5月
C畑	2.6	0.01	0.38	7月
D畑	1.34	0.01	0.75	7月
E畑	1.53	0.03	1.96	7月



図11. 圃場糖度(Brix)の測定例

- ・欠株率は補植だけでなく株更新の判断材料。
- ・補植作業などには位置情報が重要。

NDVI値をモバイルNIR実測値で補正。これによって圃場糖度の推定精度が大幅に向上。

今後の課題と対応

- 欠株や雑草の位置情報を後続の作業機との共有。
- 多数枚のドローン空撮画像の編集および解析の迅速化。

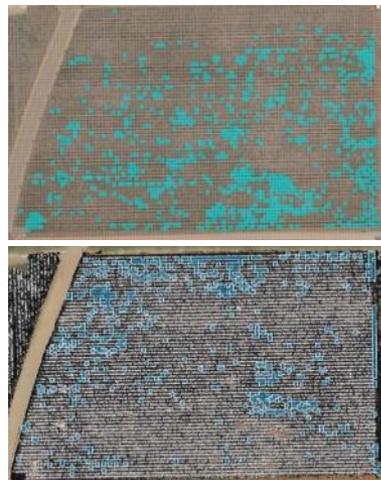


図10. R5年5月の空撮合成画像(上)と算出した欠株分布(右上)および雑草分布(右下)

(実証項目別成果②-2) 点滴チューブの地中埋設とデータ利用スマート灌水

達成目標

○台風や管理作業の度に撤去や移動の必要な点滴チューブを地下埋設し、大幅な労力低減を図る(図12、図13)。

○微気象データ(蒸発散量)に基づくスマート灌水によって増収(20%)と節水を図る(図14)。



図12. 地表灌水から地中灌水へ

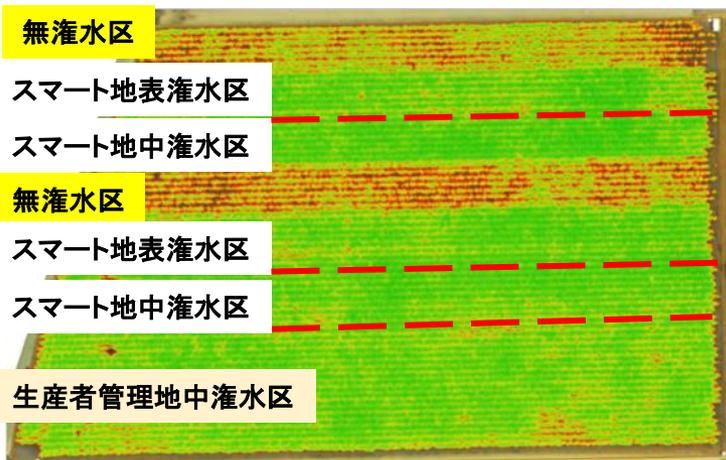


図13. 灌水試験圃場(165×107m)における試験区の設定とNDVI分布例 (R5年7月26日ドローン空撮)

実証結果

○R5年度は春から夏にかけて80年に一度の干ばつ(年間降水量は平年値の約半分)であったが、無灌水区に対し20-24%増収(図15、表3)。

表3. スマート灌水の効果

令和5(2023)年度	単収 (t/10a)	* (%)	甘蔗糖度 (%)	粗収益 (万円/10a)
無灌水区	6.6	100	14.3	11.2
S_地表灌水区*	7.9	120	13.4	11.4
S_地中灌水区A**	8.2	124	13.5	12.1
地中灌水区B***	7.9	120	13.3	11.4
令和4(2022)年度				
無灌水区	9.0	100	14.6	16.4
S_地表灌水区*	9.7	108	13.9	15.3
S_地中灌水区A**	10.3	114	13.9	16.5
地中灌水区B***	9.4	104	13.4	14.3
*S_地表灌水区	(データに基づくスマート地表灌水区)			
**S_地中点滴区A	(データに基づくスマート地中灌水区)			
***地中灌水区B	(生産者管理による地中灌水区)			

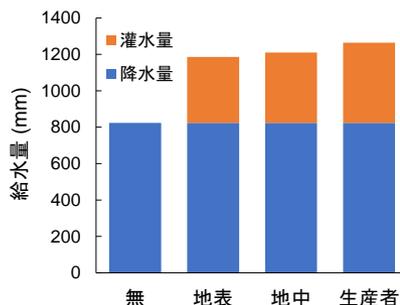


図14. 試験区別給水量(降水量+灌水量)



図15. スマート地中灌水区のチューブと根の分布 (令和6年2月19日)

今後の課題と対応

- スマート地中灌水技術の普及方法に関する検討
- 微気象データに基づくスマート地表点滴灌水面積の拡大

(実証項目別成果②-3)ドローンによるハリガネムシ・フェロモンチューブ散布

達成目標

- 交尾期の交信攪乱技術によるハリガネムシ防除用フェロモンチューブ設置が人力作業では困難な南大東島の海岸保安林で、フェロモンチューブのドローン散布を実施。
- フェロモンチューブを空中で1m程度の長さに切断・落下させ、地上1~2m高さの木の枝に掛ける(薬効の関係)作業が必要。これまで開発した散布装置の改良・実用化を目指す。
- 現地の海岸保安林での実証テストの実施(目標:10ha以上散布)。



図16. R6年2月の散布試験および改良した新型散布装置(南大東島夕日の広場)散布作業は担当の(株)くみきで実施。

実証結果

- ドローンに搭載する散布装置を開発し試験飛行を行った結果、空中切断・散布方式が最も効果的であった(図16)。
- 空中切断装置をドローンに搭載するためのアタッチメントとして、4ロール搭載タイプと8ロール搭載タイプを開発。4ロール式の方が作業性は良好であった。
- 散布テストでは、海岸保安林のほぼ全域に対するフェロモンチューブの散布を完了し、散布面積は336.5haとなった(表4、図17)。
- フェロモンチューブの積載量の増加、アタッチメントの素材の軽量化、切断装置の改良等を行った結果、ドローン1台で実施でき、大幅なコスト削減の可能性を確認した。

表4. 散布試験の結果

作業期間	R6年2月6日~3月24日
作業日数	16日
飛行距離	33,647 m
散布幅	100 m
散布面積	336.5 ha
使用ロール	600 巻
作業人員	3 名
使用ドローン	1 台



飛行軌跡
(白線)

外周道路

図17. 散布試験における飛行軌跡の例

今後の課題と対応

- 本格運用に向けた南大東村内の散布実施体制づくり
- 試行錯誤による散布試験であったため、作業期間短縮等に向けた作業方法の検討

(実証項目別成果③-1)産地全体の目標生産量の達成

達成目標

- 産地全体の経営改善に直結する生産量は年度によって大きく変動(図18)し、農家および製糖工場の経営、さらには地域経済に大きな影響を与えている。これを安定化させるために、干ばつ等の気象災害が厳しい時でも最低ラインとして6万トンを維持。好条件の豊作年では9万トン以上の生産量を確保。
- 産地全体の増産に必要な複数のスマート農業技術の組合せの模索。

実証結果

- R4年度は86,760トン、R5年度は70,869トンの生産量を達成した。
特に、R5年度の年間降水量は平年値の約半分しかない大干ばつ下での達成となった。
- 南大東島で最も有効な増収技術は灌水であるが、慣行の地表点滴灌漑はチューブの設置・撤去および移動に多大な時間と労力を要するので、チューブを地中に埋設した地中灌漑が有効であることを示した(②-2)。特に、データ駆動型のスマート灌水は節水も含めて効果大きい。
- 株更新時における金川方式(慣行法では行わない株更新時の休閑と緑肥栽培、植付前の有機資材投入、および、欠株の補植を組み合わせた栽培法)は増収に効果大きいことがわかった。
 - 1) 慣行栽培と金川方式の株出平均単収の比較
 - ・令和4年度南大東村の株出平均単収: 6.44t/10a
 - ・同金川方式株出平均単収: 9.56t/10aこれらは灌水を行っている圃場も含む
 - 2) 灌水試験圃場(株出)の無灌水区の株出単収との比較
 - ・令和4年度無灌水区(金川方式)の単収: 9.0t/10a灌水を行わない場合でも高単収を達成

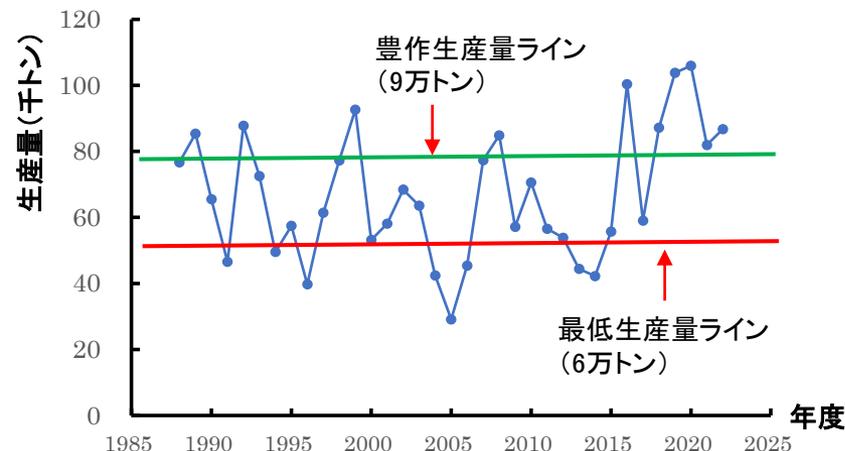


図18 南大東島における生産量の推移と目標生産量

今後の課題と対応

- 効果の高い地中灌漑の普及には時間を要するので、地表点滴灌漑のスマート化を促進する(微気象観測システムの利用)。
- 本プロジェクトで実証した各スマート農業技術が生産量にどのように影響するのか、営農支援システムを活用した分析を進める。
- 「金川方式」は効果が大きいため、要因の解明と普及方法を検討。

(実証項目別成果③-2) 低炭素さとうきび機械化体系の開発と評価

達成目標

- さとうきび栽培における植付前の耕耘・整地、および中耕・培土作業において多用されているロータリ型作業機をPTO駆動式から牽引型に変えることにより(図19)、①燃料消費量の低減、②作業時間の短縮・能率向上を図り、個別経営および産地全体での低炭素化を目指す(作業時間50%削減、燃料40%削減)。
- 新植圃場を設定し、作業体系全体についてCO₂排出量削減効果を評価する(自動操舵で10%削減+牽引式で30%削減)。生育調査を実施(収量10%増)。

実証結果

- 慣行(現行)栽培体系に対する低炭素機械化体系の削減率作業時間: 20.8% 燃料消費量: 26.2%(表5)
- CO₂排出量換算消費燃料: 慣行1,447kg/haに対し、1,068kg/ha
- 試験圃場における生育調査の途中経過では慣行体系と低炭素機械化体系の生育差は認められない

表5. 低炭素機械化体系の燃料消費量と作業時間の比較

項目	苗準備	植付	肥培	防除	収穫	運搬	移動	合計	
		(ほ場準備含)	管理						
作業時間 h/ha	慣行	1.8	21	10.6	6.44	4.58	4.58	3.4	52.4
	低炭素	1.8	14.6	4.7	6.44	4.58	4.58	4.8	41.5
燃料消費量 L/ha	慣行	27.1	298	78.3	5.37	108	27.6	16.9	561
	低炭素	27.1	204	9.0	5.37	108	27.6	32.5	414

植付準備(耕耘・整地)および植付作業

体系	株破碎	耕起及び心土破碎	粗耕うん	植付前耕うん	植付け
慣行体系					
作業時間 h/ha	4.04	3.90	3.24	6.56	3.26
燃料消費量 L/ha	60.9	48.6	42.5	98.8	47.1
牽引型体系					
作業時間 h/ha	1.69 2回作業	2.08	1.05 2回作業	6.56	3.26
燃料消費量 L/ha	13.2 2回作業	31.5	13.6 2回作業	98.8	47.1

共通作業

春 除 ・ 夏 植 体 系 機			
	除草剤散布 (ブームスプレーヤ) 1.9 h/ha 1.15 L/ha	除草剤散布1回(小型防除機) 及び殺虫剤散布1回 2.27 h/ha 2.11L/ha	収穫(大型ハーベスタ) 4.58h/ha 108L/ha

図19. 新植における圃場準備から収穫までの低炭素機械化体系

赤の破線部で異なる作業機を利用小型機械(ブルトラ)による中耕・除草は図中に含まれていない。

今後の課題と対応

- 作業の簡略化等によるさらに効率的な「低炭素機械化体系」の模索
- 牽引作業におけるGNSS自動操舵による高速化と安定性の把握

(実証項目別成果③-3) さとうきび産地の炭素収支・LCA解析

達成目標

- さとうきびは高いCO₂吸収能力を有する一方(図20)で、栽培に大型農機を必要とするためCO₂排出量も少なくない。
- さとうきび生産における吸収量と排出量より収支を算出して、将来に向けた削減方法を模索する基礎資料を得る。
- 南大東島で一般的な慣行栽培体系のLCAと休閑・緑肥・有機資材投入等による土づくり等を行った低炭素栽培体系(金川方式)のLCAによってCO₂収支を求めた。

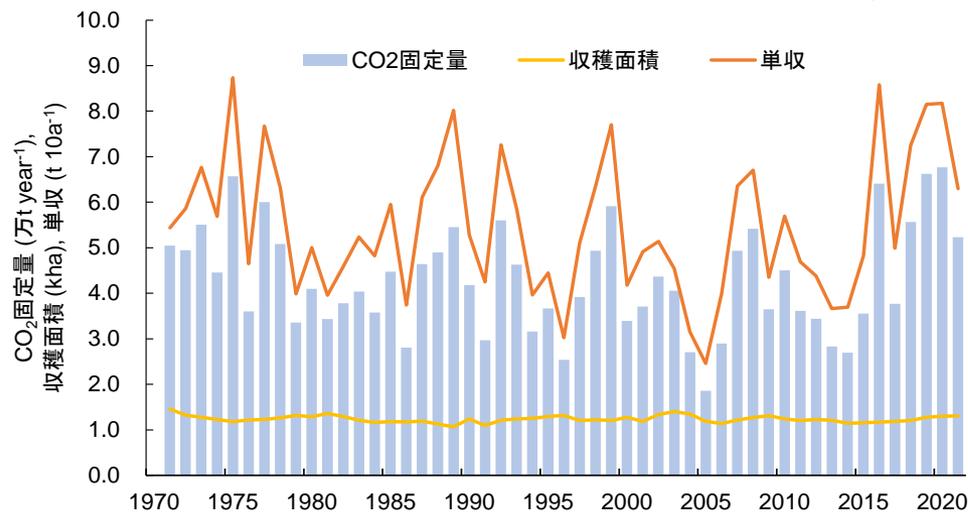


図20. 南大東島におけるさとうきびの生産とCO₂吸収・固定量(生産量より算出)

実証結果

- 南大東島におけるさとうきび生産に係るCO₂収支は大きくプラス(吸収)であった(図21の慣行栽培)。
- 低炭素栽培体系(金川方式)は慣行栽培より単収が高いため固定量が大きく、さらに排出量が減少(図21注)し、CO₂収支に大きな影響を与えた。

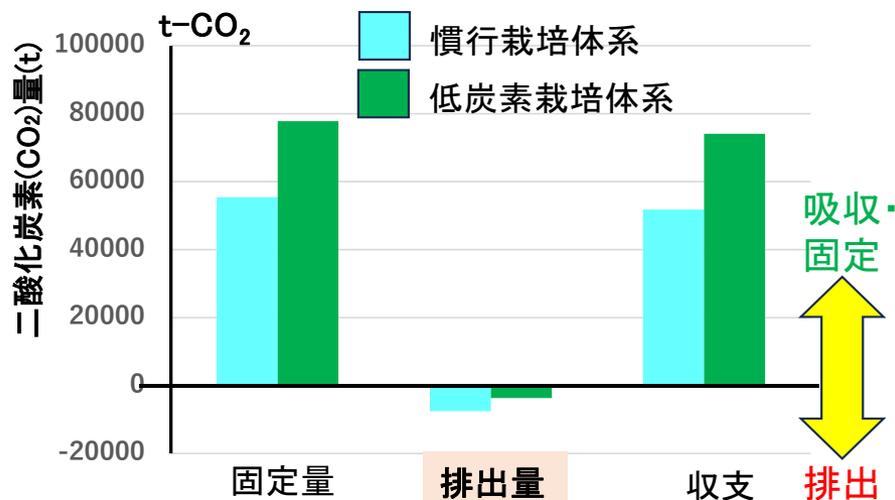


図21. 南大東島の慣行栽培体系と低炭素栽培体系のCO₂収支

(注)低炭素栽培体系は、株更新・新植時の作業量は慣行より多いが、株出回数が2倍程度と長いため排出量は少。

今後の課題と対応

- 製糖工程～砂糖出荷までを含むLCA、および、低炭素機械化体系と低炭素栽培体系を組合せた「総合的低炭素栽培体系」におけるLCAの実施。

実証を通じて生じた課題

実証を通じて生じた課題

1. 今回の実証で導入したスマート農業機械・技術

	作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1	データ利用	営農支援システム	作業現場ではモバイル端末の操作が難しいため、データ入力を自動化することが望まれる。
1	植付・収穫作業	自動操舵農機	圃場の周辺地形や防風林などによるRTK信号の不安定さの解消が必要。
1	生育環境把握	微気象観測ポスト	曇天時などの太陽光発電の停止とバッテリー枯渇による稼働の中断。アリや鳥などによるシステムの障害や精度低下。
2	生育診断・予測	ドローン、モバイルNIR	ドローン空撮画像の編集・解析に長時間必要。

2. その他

- 1) さとうきびの畝間で防除作業など多様な用途に使用される小型トラクタ(ブルトラ)の自動操舵化
(さとうきびの茎葉列による電波の通り難さの解消)
- 2) クローラ型ハーベスタ(作業機)の自動操舵化: 南西諸島で一般的な小型・中型ハーベスタはクローラ式走行装置を装備し、レバー式操向のため、これに対応した後付け自動操舵装置の開発が必要
- 3) 作業用ドローンの用途拡大: 農薬散布や野鼠剤(粒状)散布などに用途が拡大すればドローンの利用(導入)環境が大幅に改善すると期待

○ 問い合わせ先

琉球大学 農学部 川満 芳信 (e-mail kawamitu@agr.u-ryukyu.ac.jp) Tel. 098-895-8733 (農学部総務係)
平良 英三 (e-mail e-taira@agr.u-ryukyu.ac.jp)

本実証課題は、農林水産省「スマート農業実証プロジェクト」（事業主体：国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構）の支援により実施されました。

農研機構スマート農業実証プロジェクトホームページ
<https://www.naro.go.jp/smart-nogyo/>