

# 促成イチゴ栽培における圃場内環境および作物生育情報を活用した局所適時環境調節技術による省エネ多収安定生産と自動選別・パック詰めロボットを活用した調製作業の省力化による次世代型経営体系の構築

JA阿蘇いちご部会委託部（熊本県阿蘇市）

## 背景及び取組概要

### <実証面積:37.3a イチゴ>

- 60a～1ha規模のイチゴ中・大規模営経営体等において、データの可視化技術を活用した多収省力型一貫作業体系を構築
  - ① 圃場内環境・生育情報を活用したCO<sub>2</sub>局所適時環境調節技術による省エネ多収安定生産の実現。
  - ② 共同選果施設において、自動選別・パック詰めロボットを用いた出荷調製作業の省力化、高品質果実出荷体系の構築。
  - ③ 導入技術の費用対効果の検証と、経営評価指標に基づくイチゴ品種の組み合わせによる経営の最適化を提案。

## 導入技術

①局所適時環境調節技術による多収安定生産技術



②画像情報と圃場内環境測定による生育環境・収穫情報の収集技術



③スマホ等を用いた情報の可視化



④選別・パック詰めロボット



栽培管理のスマート化  
多収安定生産技術

生育モニタリング  
生育量・収量予測

経営管理  
サポート

出荷調製の省力化  
高品質化

# 目標に対する達成状況等

## 実証課題の達成目標

- 慣行体系比で、10%の増収と20%の省力化、20%の省エネ(省資源)化の実現、環境情報可視化技術の社会実装。
- 圃場内環境・生育情報を活用して、生育特徴量計測精度90%、収量予測精度80%以上の検出予測精度を達成。
- 共同選果施設での自動選別・パック詰めロボットの活用により、慣行体系比で、生産コストを10%程度低減。

## 各研究項目の現在の達成状況

- ① 「恋みのり」を用いた局所適時CO<sub>2</sub>施用実証区(1,200ppm)では、慣行施用区(ハウス全体を400ppmで濃度制御)と比較して、換気条件下でも株周辺のCO<sub>2</sub>濃度を高く維持でき、5月末までで16%(年内収量は57%)の増収を達成。「ゆうべに」を用いた適時CO<sub>2</sub>施用区では、無処理と比較して3月末までで11%の増収を達成。また、3月末までのCO<sub>2</sub>施用にかかる灯油使用量は、適時CO<sub>2</sub>施用下で30%以上の大幅な削減を確認。(達成)
- ② 実証協力農家ハウス内にネットワークカメラによる生育特徴量(熟度別着果量、葉面積、草高等)と圃場の環境情報を精密測定が可能となる収穫・管理作業台車搭載式モニタリング装置、排液量ECセンサーを設置し、環境モニタリングデータ(温度、CO<sub>2</sub>濃度、日射量、排液量、排液中EC等)が収集できる情報インフラを構築した。(達成)
- ③ モニタリングデータを活用した収穫期・収量予測システムを構築し、生育特徴量計測精度平均83%を実現し、10日前予測で予測精度平均75%、14日前予測で平均73%となり、目標値80%に近い精度を得た。(概ね達成)
- ④ 排液ECモニタリング結果に基づく施肥管理の最適化や予測モデルで得た解析結果に基づく栽培管理の改善により、R2年作においては全生産者の実証圃において、増収(特に年内収量平均46%増)と需要期の適期出荷の実現により生産者の収益改善に繋がった(同時期平均2.7倍)。(達成)
- ⑤ 共同選果施設に自動選別・パック詰めロボットを設置し、調製作業の省力化を進めた。処理能力は1個当たり4.3秒であり、損傷程度を含めた果実品質、選果精度ともに、ヒトによる選果と遜色がなかった。(達成)
- ⑥ スマート農業技術の導入により、「恋みのり」の場合、対照区と比較して実証区では販売額は1.0%減少するが、10a当り経営費0.8%、労働費0.3%が低減し、収益性は農業所得2.1%、農業純利益2.0%増加し、費用削減により収益性の向上が図られた。さらに、得られた経営データから数理計画法による経営計画モデルを作成し、省力型品種「恋みのり」の導入割合を高めることで労働時間の低減が期待できることを明らかにした。(達成)

## 取組概要

○ 圃場内環境・生育情報を活用したCO<sub>2</sub>局所適時環境調節技術により、省エネ多収安定生産を実現  
(目標値) 慣行体系比、**10%の増収と20%の省力化**、

20%の省エネ(省資源)化の実現

(使用機器) 局所・適時CO<sub>2</sub>施用技術、  
ハウス内環境モニタリング、  
排液EC管理、イチゴ生育画像解析



局所適時CO<sub>2</sub>施用技術



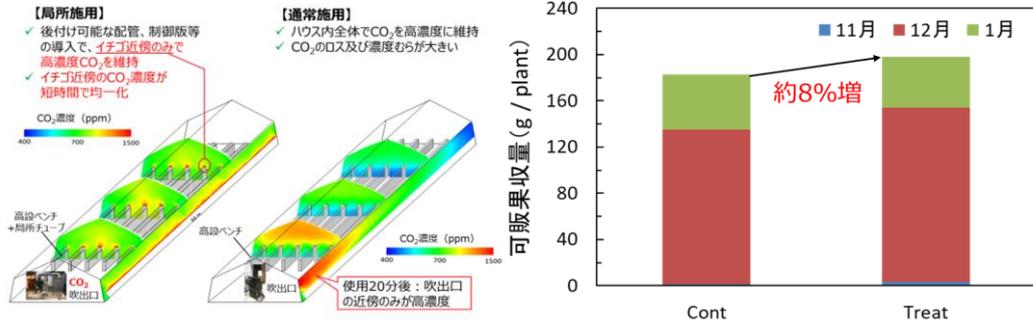
圃場内環境モニタリング技術、  
イチゴ生育画像解析システム(AGRI-VISION)

## 実証結果

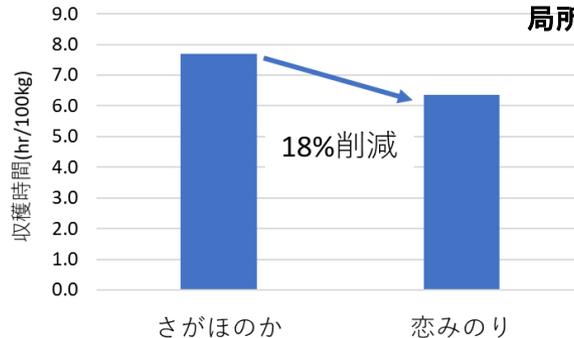
○ 局所適時CO<sub>2</sub>施用では、  
R元年度:慣行区よりも収量5%増。設備費を加えても5%増収。  
R2年度:8%増収(年内14%増)、灯油使用量30%削減(~3月末)。  
面積を拡大し、実証試験を継続中。

**増収効果5~8%、収穫作業の18%省力化(ほぼ達成)**

普及:局所適時CO<sub>2</sub>施用技術は自家施工(5件、導入済)、商品化検討中



通常施用と局所CO<sub>2</sub>施用下の  
CO<sub>2</sub>濃度分布(10分後)



局所適時CO<sub>2</sub>施用の増収効果(R2年度)

「恋みのり」の収穫作業時の  
省力化効果

### 取組概要

- 圃場内環境・生育情報を活用したCO<sub>2</sub>局所適時環境調節技術により、省エネ多収安定生産を実現 (目標値) 慣行体系比、10%の増収と20%の省力化、

20%の省エネ(省資源)化の実現

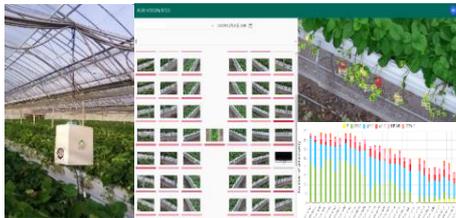
- (使用機器) 局所・適時CO<sub>2</sub>施用技術、ハウス内環境モニタリング、排液EC管理、イチゴ生育画像解析



局所適時CO<sub>2</sub>施用技術



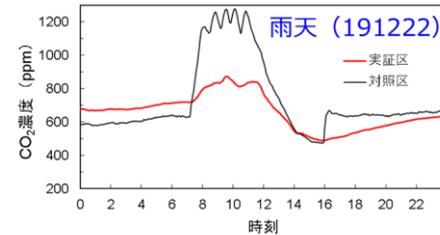
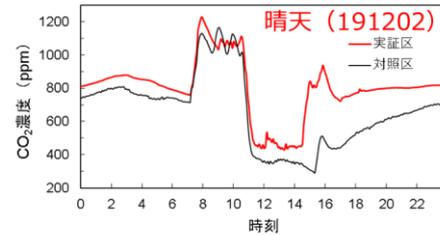
排水EC



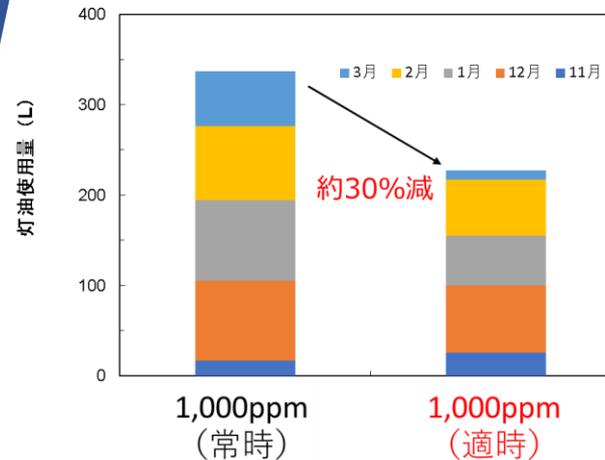
圃場内環境モニタリング技術、イチゴ生育画像解析システム (AGRI-VISION)

### 実証結果

- 適時CO<sub>2</sub>施用技術(日射量にあわせてCO<sub>2</sub>施用)により、**灯油使用量を約30%削減(目標達成)**



適時CO<sub>2</sub>施用技術によるハウス内CO<sub>2</sub>濃度



適時CO<sub>2</sub>施用技術による灯油使用量削減効果

# (令和2年度成果②) AGRI-VISION等による生育特徴量の見える化と収量予測

## 取組概要

○ 高精細カメラとAIによるイチゴの生育画像解析システム(AGRI-VISION)を用いて、花数、果実数、熟度、葉面積等の生育量を計測・収集するとともに、得られた情報から収穫期・収量予測を実証する。

(目標値) **生育特徴量計測精度90%、収量予測精度80%以上**

(使用機器) ハウス内環境モニタリング、

排水EC管理、イチゴ生育画像解析



- ①イチゴ生育画像の収集
- ・ネットワークカメラ設置
  - ・定点・定時撮影
  - ・撮影位置決定半自動化

- ②イチゴ生育画像解析の実行・評価
- ・生育画像の蓄積
  - ・画像解析・収量予測の日次処理

- ③解析データの提供
- ・生育画像推移の提供
  - ・生育状況の数値化
  - ・2週間後の収量予測値

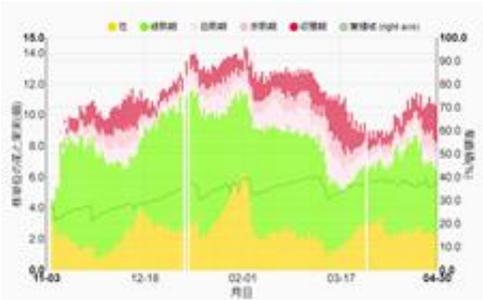
## 実証結果

- AGRI-VISIONにより、熟度別果数が精度よく推定可能。
- 果数、熟度、ハウス内環境情報を活用した収量予測は、精度よく収量予測が可能(平均絶対パーセント誤差:25%)。

**圃場環境情報の可視化サービスの提供(達成)**

**生育特徴量計測(83%)、収量予測精度(75%) (ほぼ達成)**

**普及: 排水量ECセンサー市販化済(2件)、AGRI-VISIONは、iPhoneを用いた生育特徴量解析技術として、実装予定。**

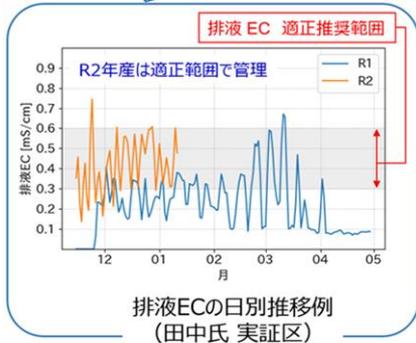


### 生育特徴量計測の精度

品種	R1年度 評価結果	R2年度 評価結果
恋みのり	0.737	0.821
さがほのか	0.837	0.859
ゆうべに	0.754	0.804
平均	0.776	0.828

・生育ステージ毎のF値の平均値を精度として使用  
・R2年は品種別に学習モデルを作成し、精度評価

### AGRI-VISIONによる熟度別果数推定



排水ECの日別推移例 (田中氏 実証区)

排水量ECセンサーを用いた  
肥培管理の最適化

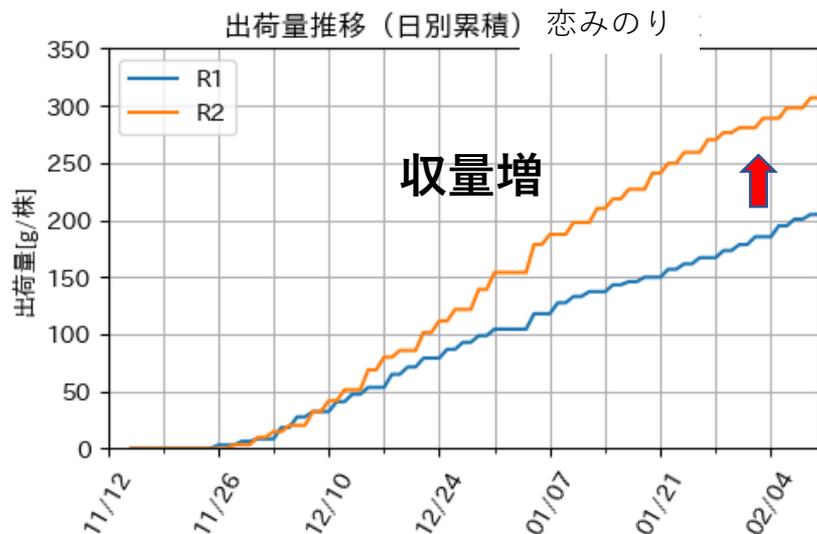
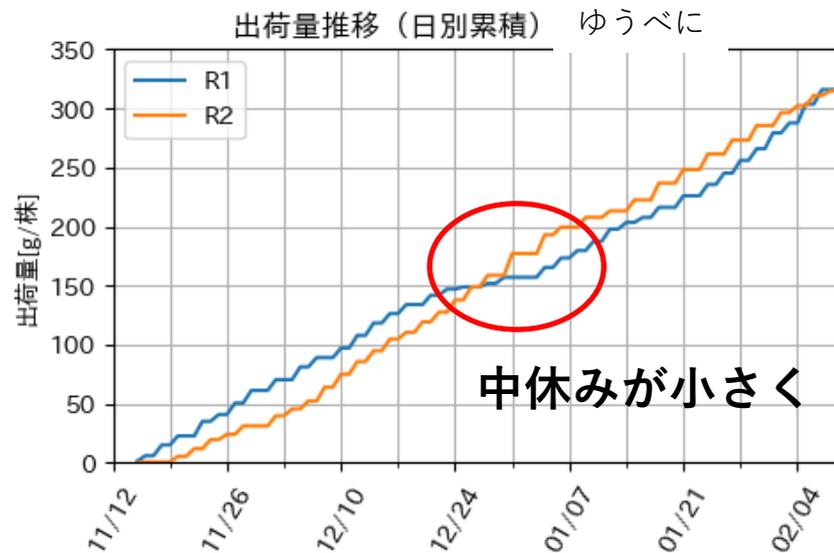
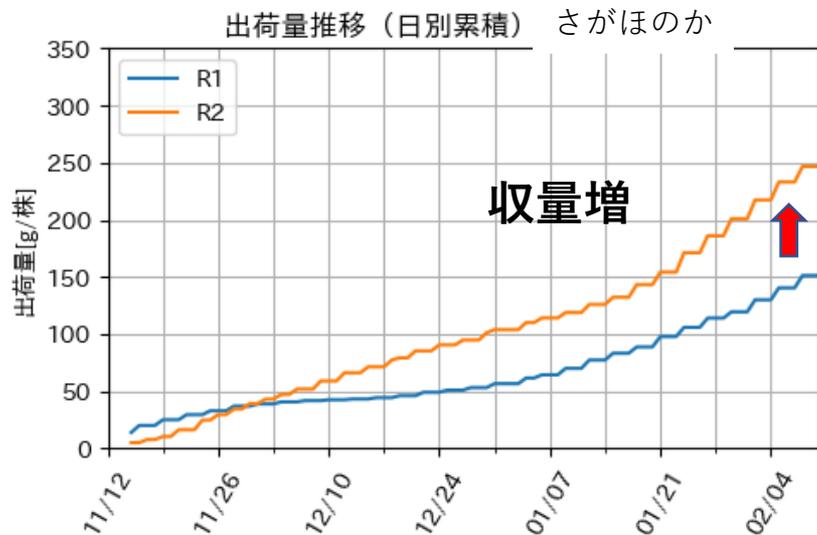
### 収量予測の精度(R2年度)

予測モデル	10日前	14日前
さがほのか	65	61
恋みのり	72	66
ゆうべに	89	92
平均	75	73

モデルパラメータ: 白熟期果数、日射量、有効温度(大津のみ) / 開花日近傍花数、日射量

予測精度[%]=100-MAPE(平均絶対パーセント誤差)

# スマート農業技術の導入による収量の推移（R元年度とR2年度の比較）



- CO<sub>2</sub>施用の最適化
  - AGRI-VISIONによる熟度別果数推定
  - ハウス内栽培環境情報の有効活用
- 排水量EC管理の徹底（施肥の最適化）、摘果の徹底



収穫の谷の軽減による収穫増、安定性が向上。

**前年比、同等～7割増で推移**

# (令和2年度成果③) 自動選別パック詰めロボット

## 取組概要

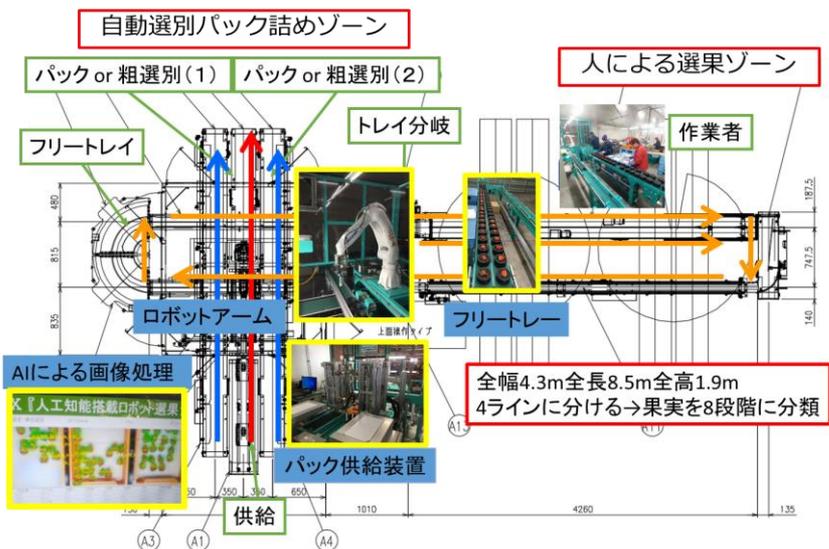
○ パッケージセンターへの自動選別パック詰めロボットの導入による省力効果を検証する。

(目標値) 慣行4人での作業を1台で実現。生産コスト10%削減。

(使用機器) 自動選別パック詰めロボット

ゆりカーゴ自動供給装置

### 現地導入した自動選別パック詰めロボットの概要



## 実証結果

- 令和3年1月より稼働中。
- 収穫コンテナ内の果実を検出、粗選別作業により最大8種類に分類可能。出荷容器を自動供給し、パック詰めが可能。
- 1個あたり調製時間は約4秒。
- 画像処理による質量測定、標準誤差は3g弱。
- 果実の損傷程度は、ヒトによる選果と同等。

### 調製作業の省力化(ほぼ達成)

普及: シブヤ精機(株)にて、受注生産。

### 自動選別ロボットの粗選別の処理時間

果重計測	ハンドリング方法	出荷容器	果数(個)	時間*(s)	処理時間(s/個)	備考
重量計	RH+吸着	粗選別コンテナ	199	1146	5.8	
重量計	吸着	ゆりカーゴ	62	266	4.3	模擬果実
画像処理	吸着	粗選別コンテナ	60	183	3.0	模擬果実

\*収穫コンテナ搬送時間(1回6s程度、3回/コンテナ)を除いた時間



自動選別パック詰め装置で選別した果実

# 事業終了後のスマート農業技術普及のための取り組み

## ● 局所適時CO<sub>2</sub>施用システムの利用

- 自家施工可能(40万円程度)。R2年度JA阿蘇管内の3件を含む5件の生産者に導入済。数回の見学会を通して有用性をアピール、令和9年までにJA阿蘇イチゴ部会員に広く普及。施工マニュアルの整備と市販化、補助事業の活用。
- 徐々に県下へも普及。さらに、メーカーと連携しパッケージ化、全国の促成産地に普及拡大めざす。

## ● 圃場環境・排液・収穫情報のモニタリングと可視化

- 令和9年までに、部会員が広く利用する状況に。  
(株)CITSのスマホアプリVisial BrainにAGRI-VISION、収量予測技術は実装予定。

## ● 自動選別・パック詰めロボットの利用技術体系の確立

- シブヤ精機(株)と連携して受注生産販売、展示会等への出展を通じてアピール。
- 令和4年までにJA阿蘇パッケージセンターでのパック詰めロボットの複数台の整備、果実の損傷、糖度等の品質評価装置の実装(R3年度スマート農業実証事業「阿蘇イチゴ輸出」にて実証中)

## ● 検証中の各種スマート農業技術については、可能な限り市販化を進める。

検証に必要なデータ収集を継続して行う。(R3年度スマート農業実証事業「阿蘇イチゴ輸出」にて検証中)

## ● 成果集として取り纏め、冊子、ホームページ等の電子媒体での配布(対応済)。

アグリビジネス創出フェア等の展示会への出展や現地見学の受け入れを進め、技術の周知を行い、先進的な経営モデルとして認知度を高める。

## 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

項目番号	作業内容	機械・技術名	技術的な課題
1	局所適時環境調節(CO <sub>2</sub> 施用)	局所適時CO <sub>2</sub> 施用システム	更なる省エネ化を実現するCO <sub>2</sub> 施用のスマート化のため、窓換気と直接的に連動したCO <sub>2</sub> 施用技術とハウス内のCO <sub>2</sub> 濃度分布や光合成量の可視化情報を踏まえたスマート制御の開発が必要。
2	圃場環境・排液・収穫情報のモニタリングと可視化	環境・収穫情報および排液量・ECモニタリングシステムと可視化技術	利用者増加に対応したサーバーサイドのスケーリングや費用抑制ノウハウ及び技術が必要。
3	生育特徴量計測・収量予測	高精細カメラとAIによるイチゴの生育特徴量計測システム	<ul style="list-style-type: none"><li>・出荷量予測の精度向上のために、生育特徴量の計測精度の向上とデータの蓄積、積算有効温度、光合成速度などの生育に寄与する前処理済み環境データの活用が必要。</li><li>・検出精度の向上のため、対象物の近接撮影が可能なスマホ等のカメラの利用。</li></ul>
4	選別・パック詰め	自動選別・パック詰めロボット	産業用のロボットアームを使用しているため、オペレーション教育を受けた人以外は操作しないことが前提であり、現場でロボットを使いこなす人材確保が課題。安価で導入可能な装置の開発が必要。

### 2. その他

安価で定額で導入可能な情報通信ネットワークの構築が望まれる。

## ○ 問い合わせ先

農研機構九州沖縄農業研究センター研究推進室 (Tel: 096-242-7515、e-mail: smart-karc@naro.affrc.go.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/>