

スマート生産技術の導入による次世代イチゴ生産モデルの構築

(国研)農研機構九州沖縄農業研究センター 曾根 一純

「阿蘇イチゴスマート農業実証コンソーシアム」(施H6,R1-R2)

「阿蘇イチゴ輸出スマート農業実証コンソーシアム」(施3H6輸、R3-4)

本研究は農林水産省「スマート農業技術の開発・実証プロジェクト」により実施中の課題である。

実証試験地：熊本県JA阿蘇管内

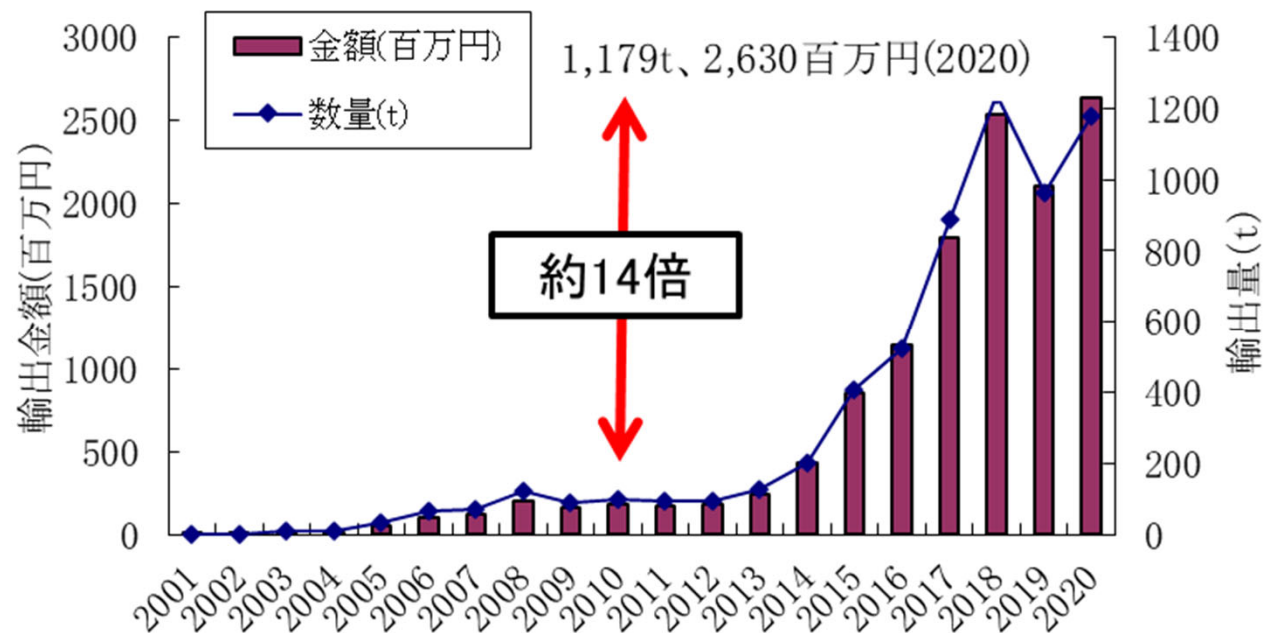
60a～1ha規模の中・大規模営経営体

【背景・課題】

- J A阿蘇イチゴ部会は、雇用労働力を有効活用した高収益中・大規模生産者により営農され、全量共同選果による有利販売の実現と生産者の負担軽減を進めた先進産地。
- 更なるイチゴ生産拡大と収益力向上を図るため、中・大規模栽培での環境制御技術を導入した高設栽培と共同選果施設を活用した高収益生産システムの構築が切望されている。
- スマート農業技術の導入による生産基盤の強化と輸出需要に対応した販売体制を構築し、新たな販路拡大による収益力拡大を図りたい。



- ・日本産イチゴの輸出量は、この10年で**約14倍に急増**。
そのうち、98%が香港、台湾を含む東アジア向け。
- ・2018年以降は輸出量、輸出金額とも伸び悩み。
- ・2025年度 輸出目標額**86億円**が示されている。

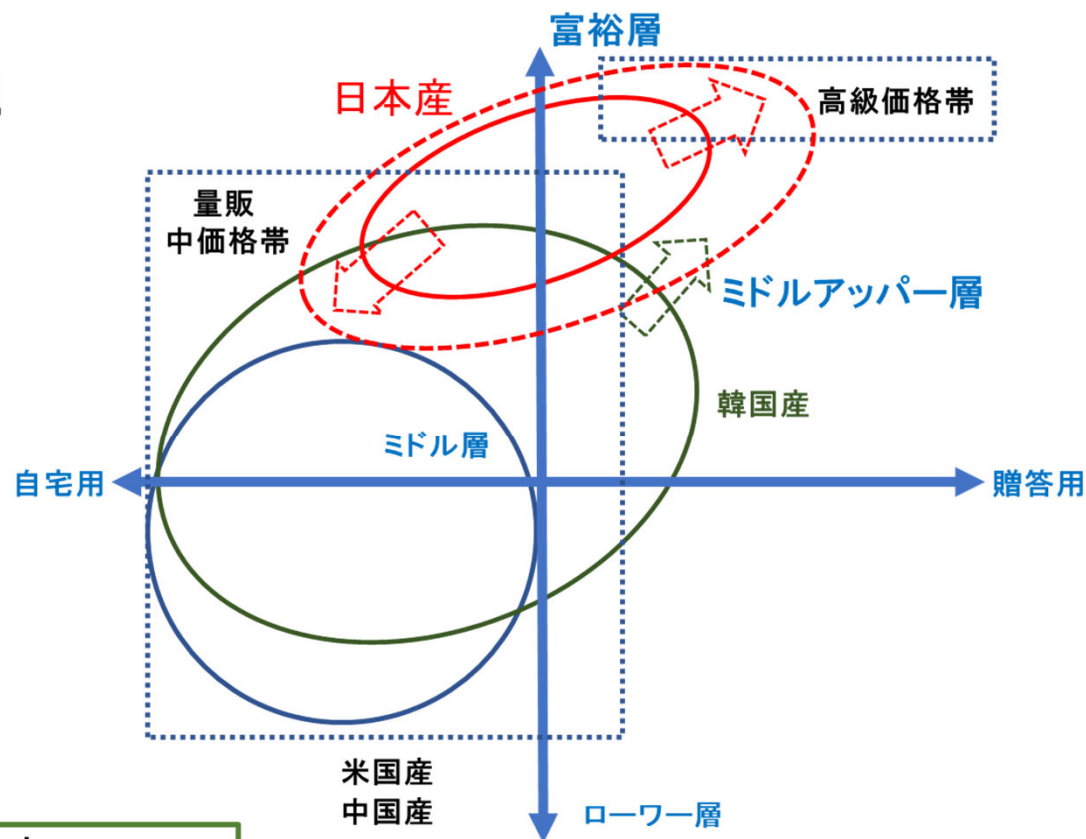


日本産イチゴ輸出数量及び金額の推移

出展：農林水産省「農林水産物輸出入概況」

更なる需要拡大には、韓国産等が主体の中価格帯での商品の充実が必要。

- ◆ 輸出目標(2025年86億円) 実現には、出荷量**2.7%**を輸出に。(2019年 0.6%)
- ◆ **高級価格帯の充実**とともに、相手国ニーズにあった**中価格帯輸出対応規格品**を提供し、輸出競争力を強化、**収益力向上**。
- ◆ 現地バイヤーからの聞き取りでは、中価格帯売価の希望として韓国産の**1.5倍以内**に。



日本産イチゴの強みを活かした、**スマート農業技術**を活用した**輸出対応型栽培体系モデル**の構築が必要。

実証する作業の概略



CO₂貯留型局所適時CO₂施用
(無駄炊きを防ぎ、イチゴ群落内へ効率的にCO₂施用)

- ・ハウス内環境情報提供システム
- ・果実熟度別着果量、収量予測
- ・遠隔業務支援システムの活用で、栽培指導の効率化
販売戦略策定支援、GAP取得コスト低減

情報共有

非破壊果実品質評価(果皮色、果実損傷、糖度)

自動選別パック詰めロボットによる省力化

輸出適果実の提供

輸出試験
(低コスト高鮮度輸送
技術、嗜好性評価)

経営評価 (収益性の検証、輸出対応型生産モデル提示)

イチゴ生産におけるCO₂施用のスマート化

- ・近年、九州でもCO₂施用（濃度制御，タイマー制御）の導入が増加
- ・施用の濃度や時間帯についての改良が進みつつある。

しかし、

環境条件（日射量や温度等）によって動的に変化する光合成に関係なく 長時間の連続的なCO₂施用が行われている。

エネルギーや資源の過剰投入

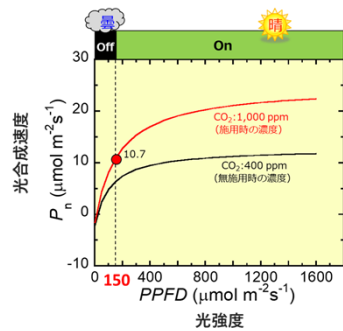


CO₂施用

スマートCO₂施用技術



局所適時CO₂施用技術



受光量と連動したCO₂施用

受光量センサ

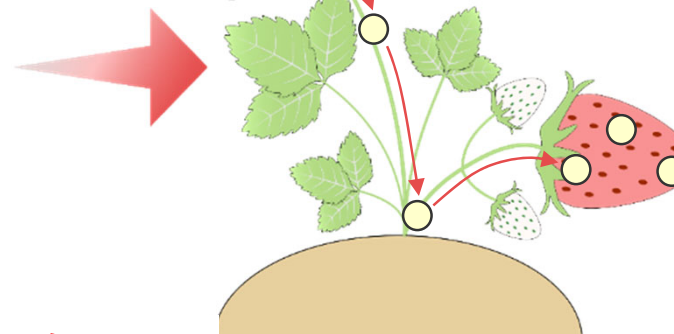


株元だけに高濃度CO₂施用

光合成 CO₂

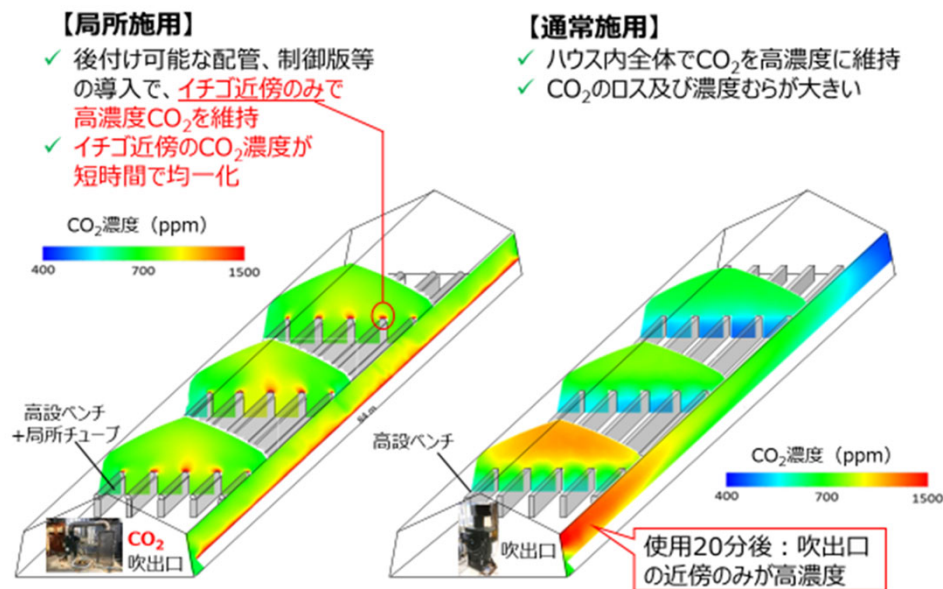
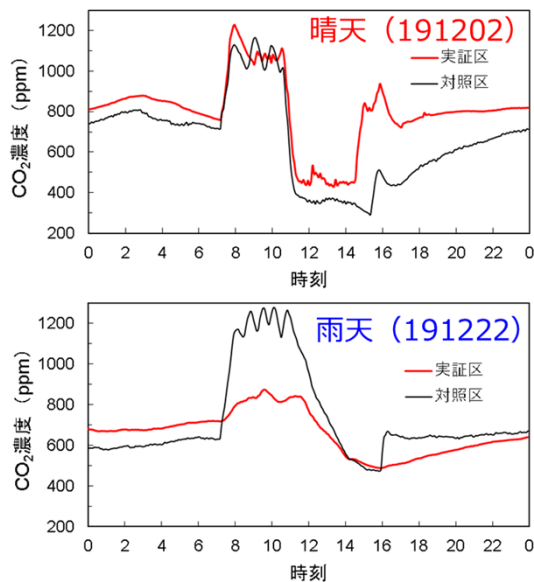


転流

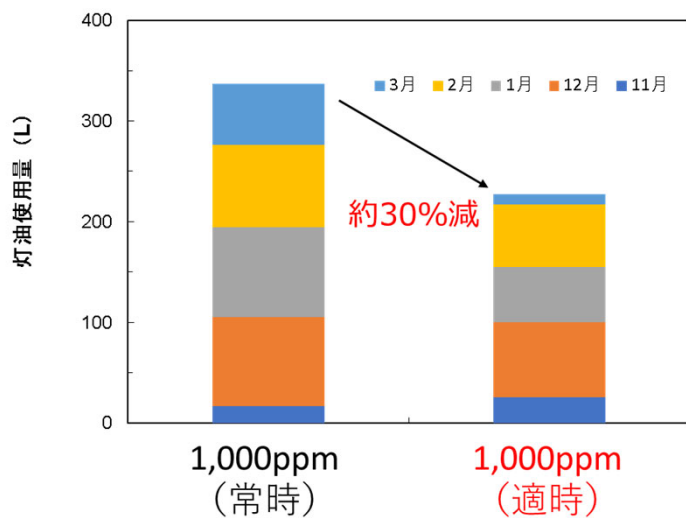


- ・ 5～8%の増収
- ・ 20%の省エネ (省資源)

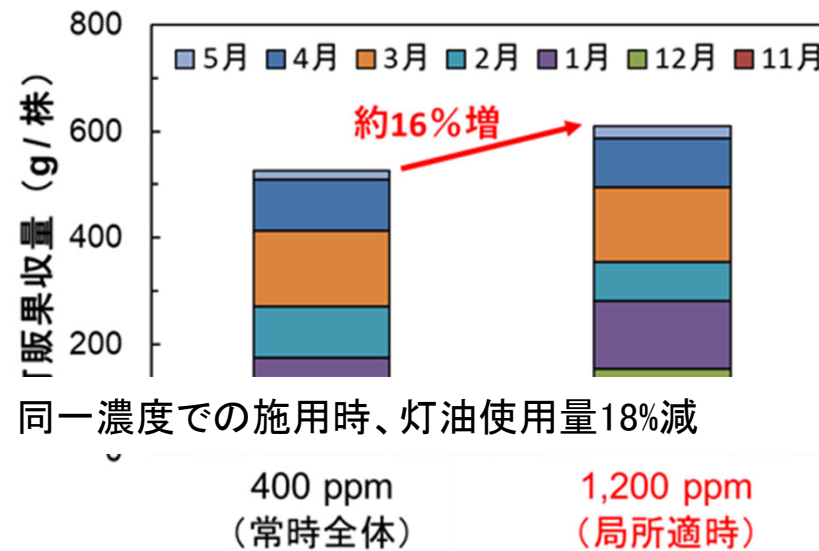
スマートCO₂施用技術による多収安定生産技術



適時CO₂施用（日射量にあわせてCO₂施用）技術によるハウス内CO₂濃度



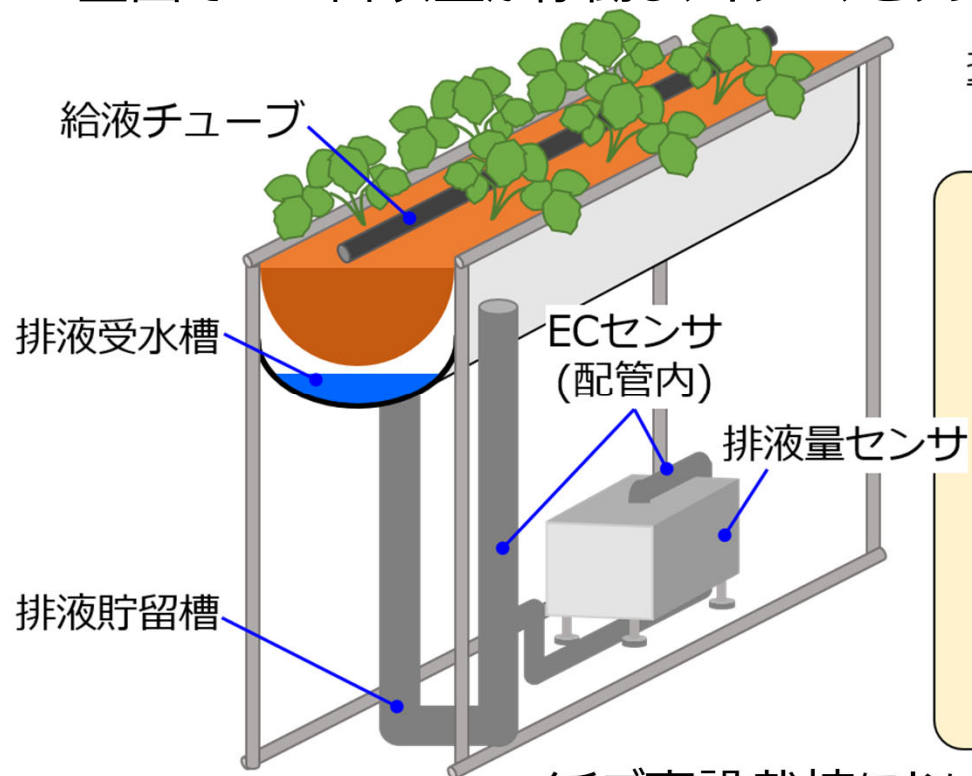
通常施用と局所CO₂施用下のCO₂濃度分布(10分後)



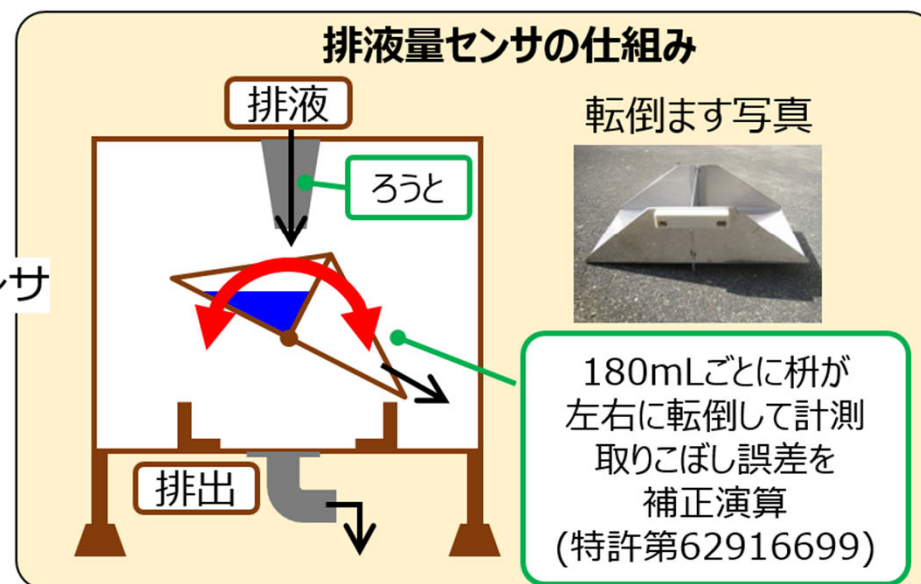
排液に着目した灌水 & 肥培管理

最新農業技術2021採択技術

- ・開発した排液量センサ(特許第62916699)と市販ECセンサで排液情報を収集し、灌水 & 肥効を見える化。
- ・メーカー (IT工房Z、ホーリー・アンド・カンパニー) へ技術移転後、2018年から市販。全国で100台以上が稼働し、イチゴ、きゅうり、ナス、トマトの養液栽培で活用。



排液経路 受水槽→貯留槽(EC計測)→
排液量センサ(排液量計測)→排水処理

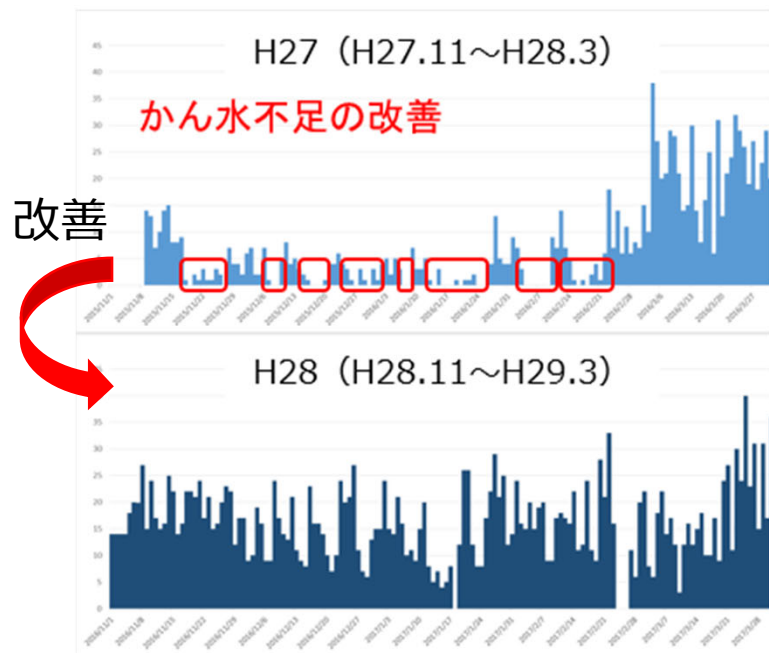


イチゴ高設栽培における液肥の給排システム

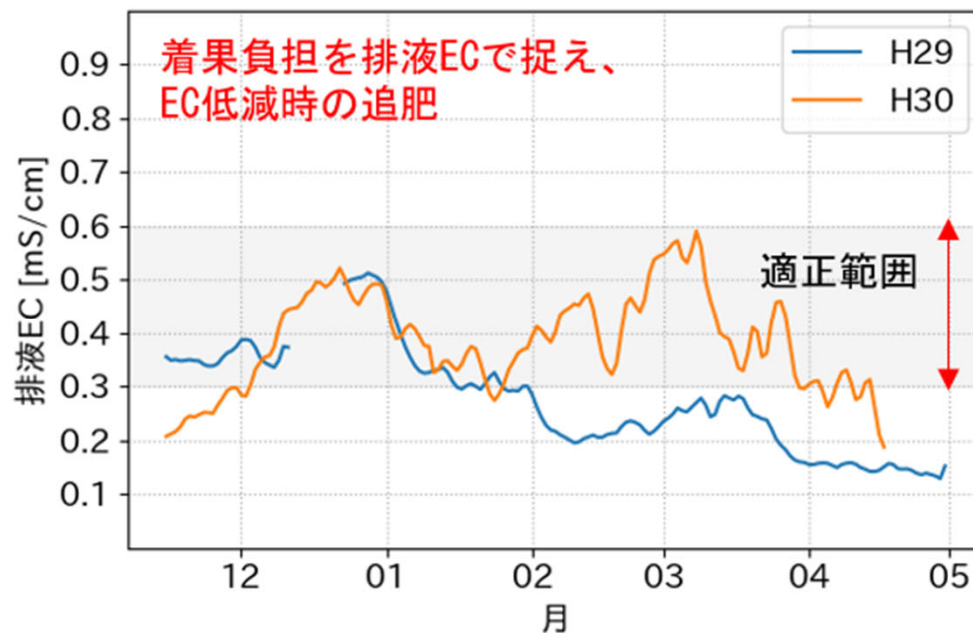
資料提供：大分県産業科学技術センター

生産現場での活用例

- ・ 灌水を改善した実証圃Aで出荷量が**10%UP**
- ・ 排水EC計測によって肥培管理を改善した実証圃Bで出荷量が**20%UP**
- ・ 大分県作成の「イチゴ高設栽培における排水計測を活用したかん水・肥培管理マニュアル」



灌水改善事例
(排水量[L/day])



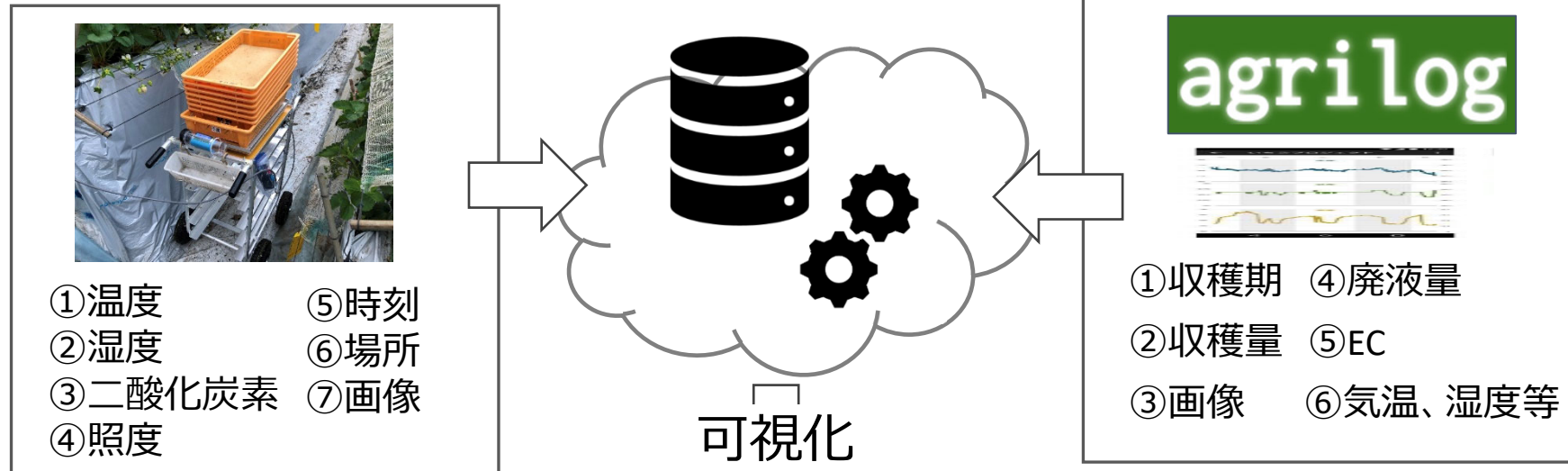
肥培管理改善事例
(排水EC[mS/cm])

ハウス内環境モニタリングシステム概要

収穫台車を用いた
環境モニタリング

全協力農家に情報提供

定点モニタリング



圃場内環境モニタリングインフラの構築



[表示デバイス]
・スマートフォン

[表示情報]
・グラフ (時系列変化)
・画像 (視覚情報)
・ヒートマップ (空間分布)

イチゴ生育画像解析システムの概要

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、イチゴの花数、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。

達成目標：生育特徴量計測精度90%、収量予測精度85%以上

イチゴ生育画像解析システム (AGRI-VISION)

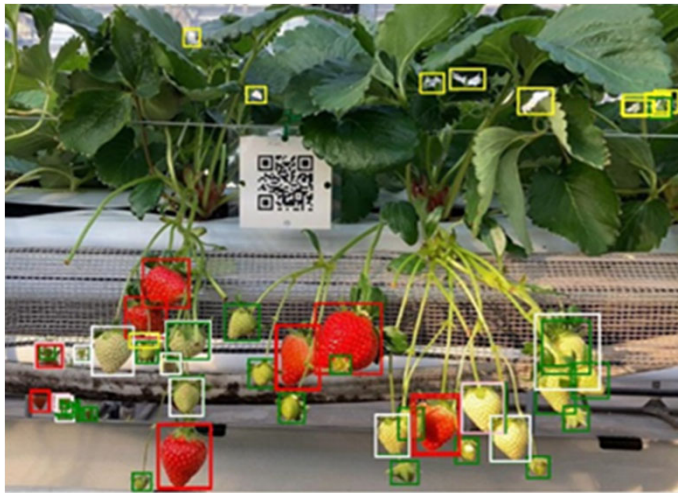


- ①イチゴ生育画像の収集
 - ・スマートフォンで撮影
 - ・撮影支援機能 (撮影ガイドによる定点撮影)

- 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

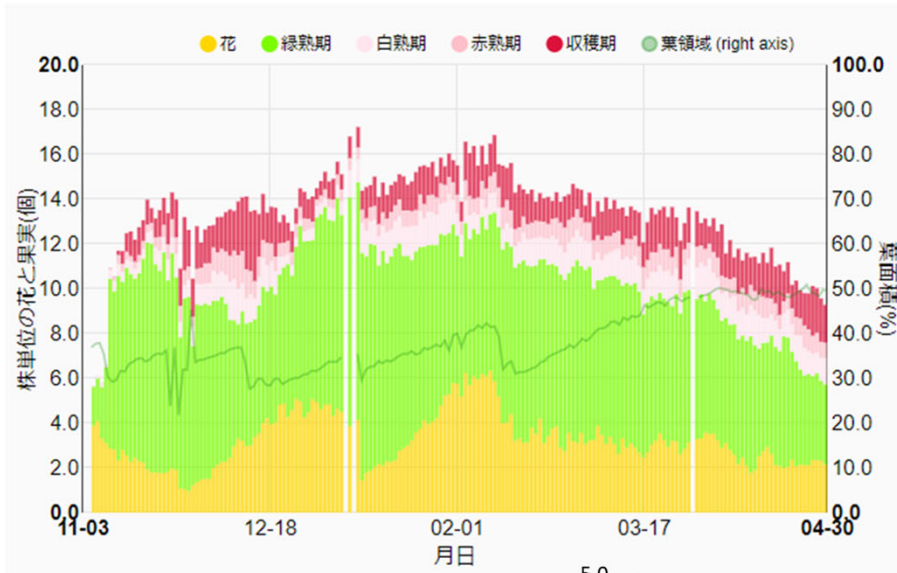
- ③解析データの提供
 - ・生育画像推移の提供
 - ・生育状況の数値化
 - ・2週間後の収量予測値

スマートフォン画像を活用したAGRI-VISIONを用いた 果実熟度の自動計測精度



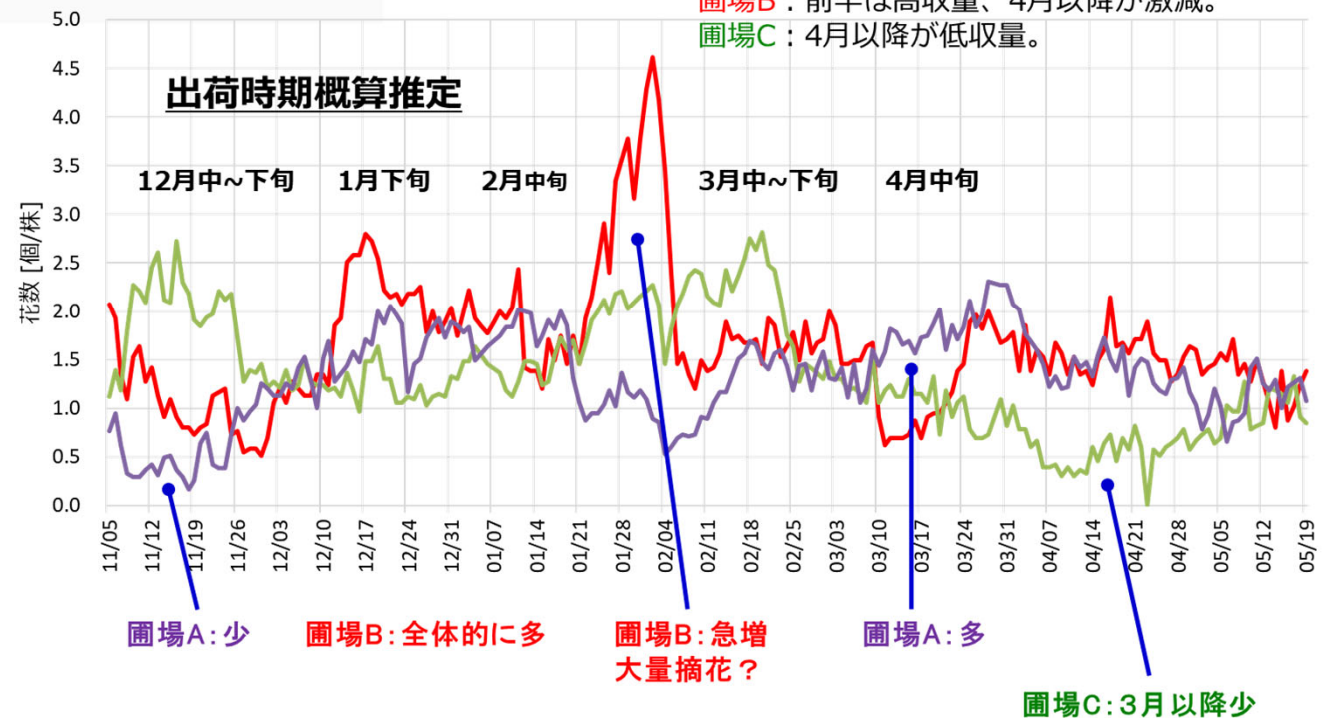
品種	検出精度
恋みのり	0.950
さがほのか	0.938
全体平均	0.943

AGRI-VISION を用いた花数及び出荷時期の推定

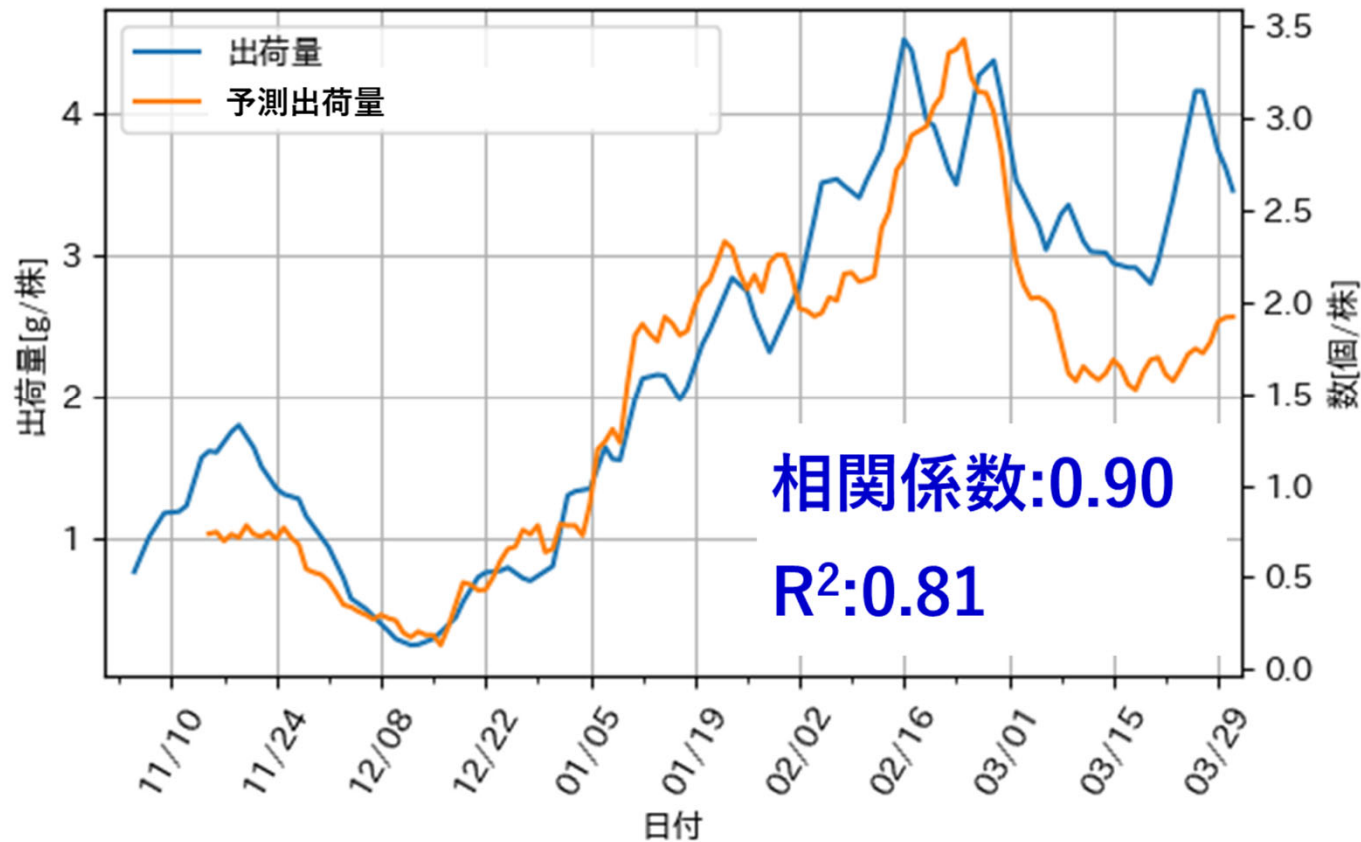


AGRI-VISION を用いた生育特徴量 (花数、熟度、葉面積) の推定

- 圃場A: 年内が低収量、4月以降が高収量。
- 圃場B: 前半は高収量、4月以降が激減。
- 圃場C: 4月以降が低収量。

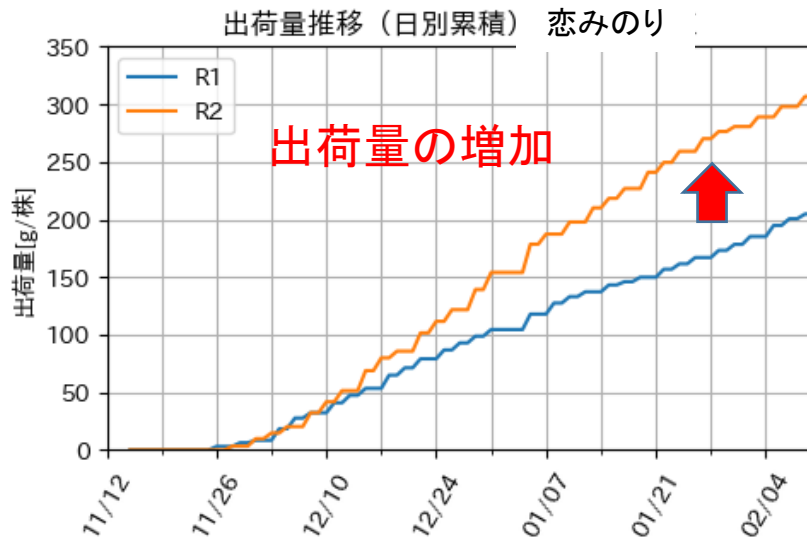
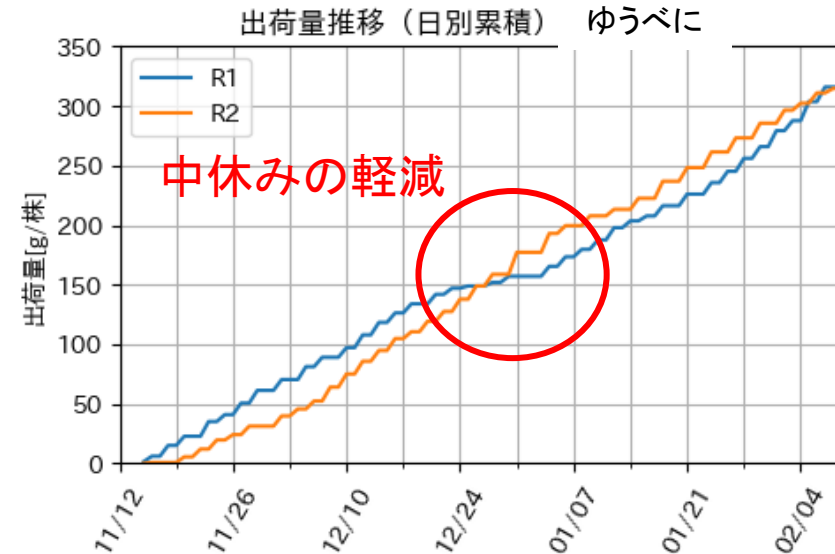
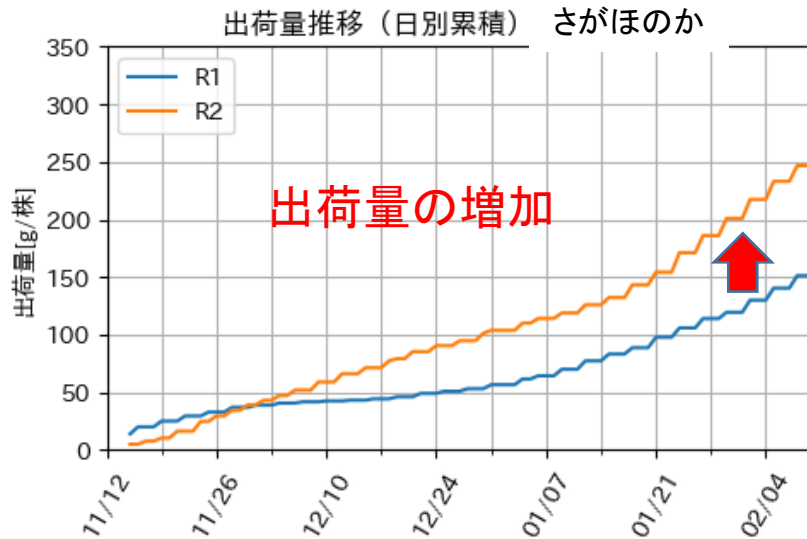


AGRI-VISION（果数、熟度情報）とハウス内環境情報を活用した収量予測



圃場管理、パッケージセンターにおける作業員の配置に活用
 収穫時期、他品種での予測精度確認と年次間の安定性を検証中

スマート生産技術の導入による収量の伸びの変化



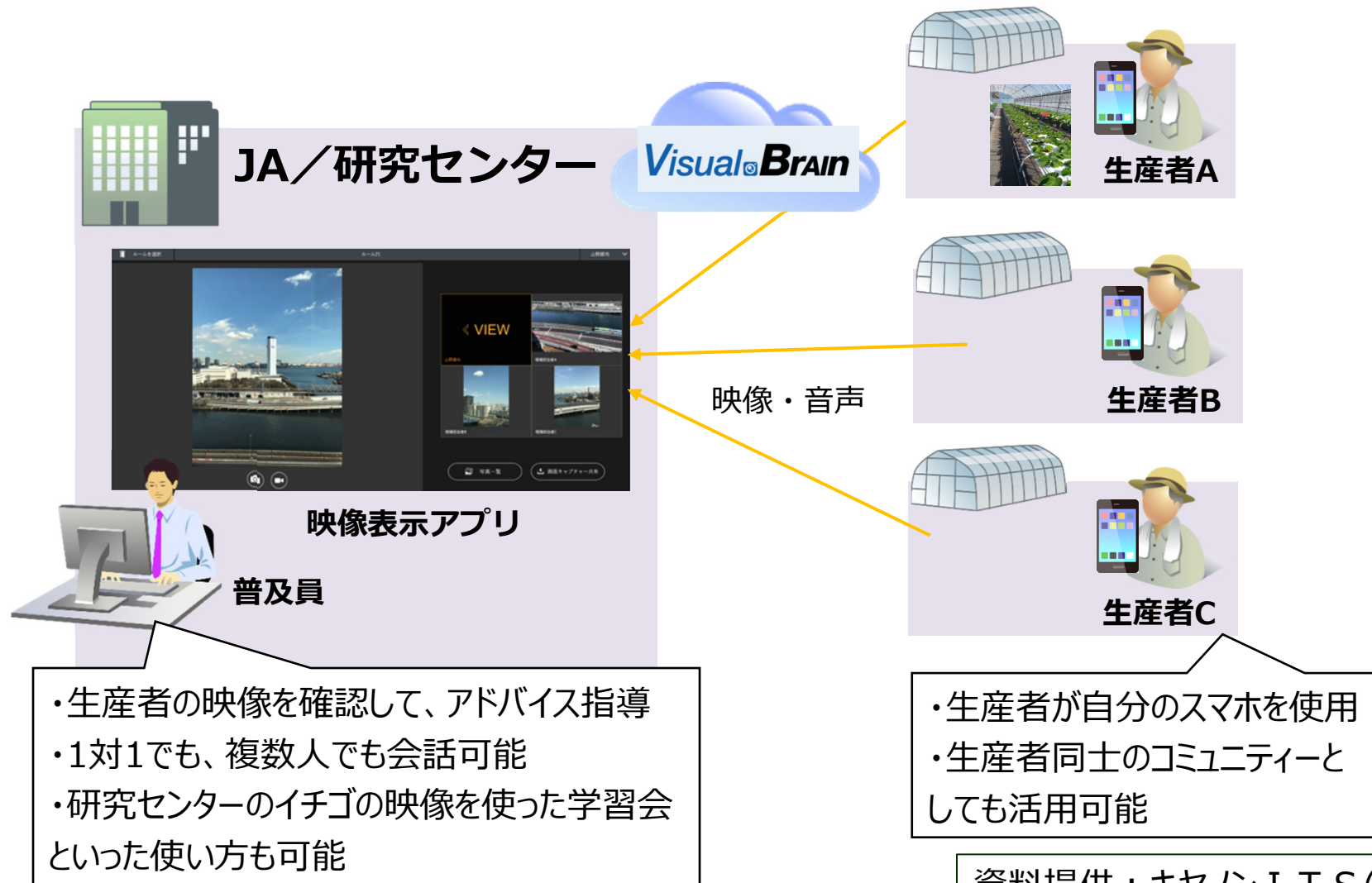
- ・CO₂施用の最適化
 - ・AGRI-VISIONによる熟度別果数推定
 - ・ハウス内栽培環境情報の有効活用
- 排水量EC管理の徹底(施肥の最適化)、摘果の徹底



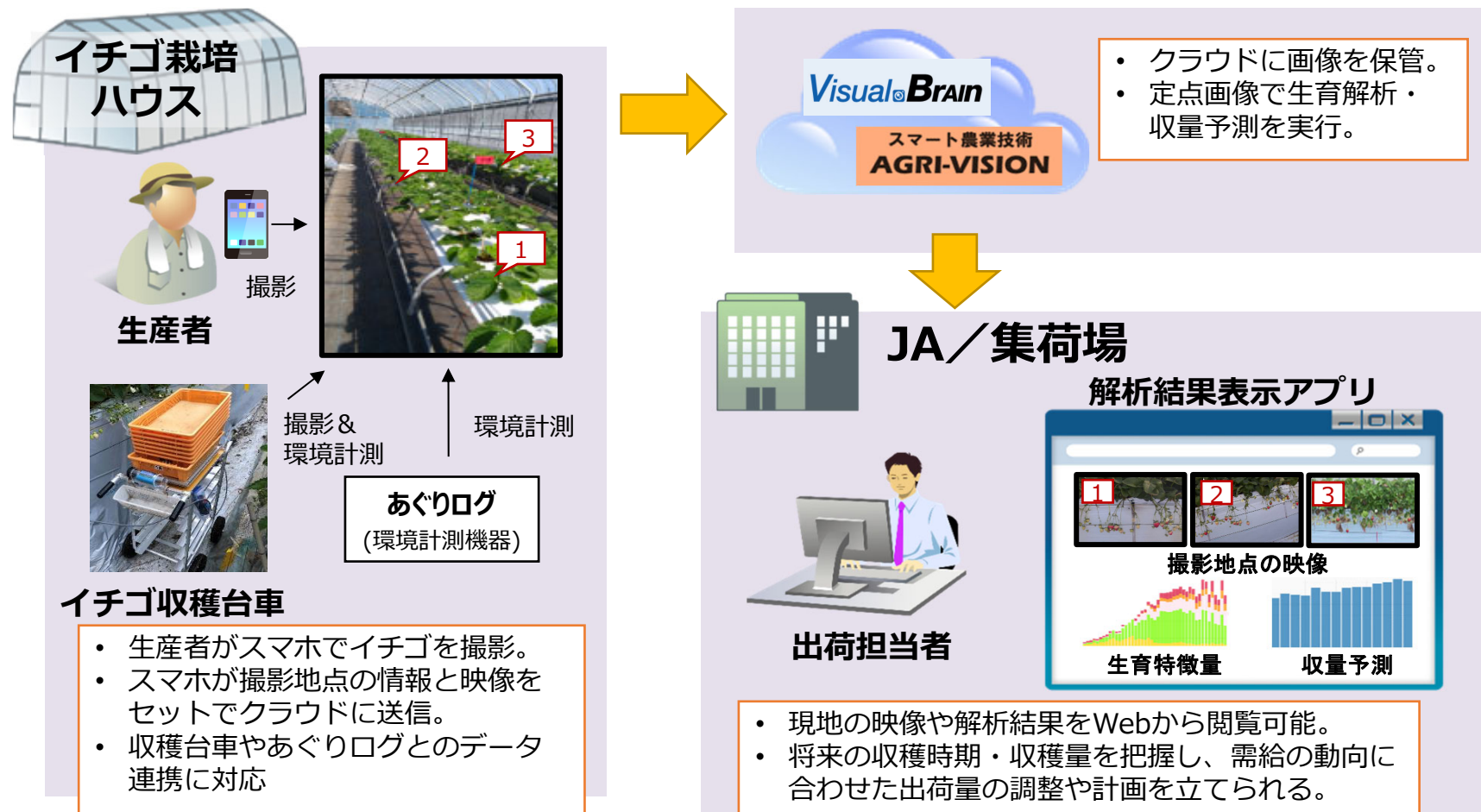
収穫の谷の軽減による収穫増、安定性が向上。

昨年比、同等～7割増で推移

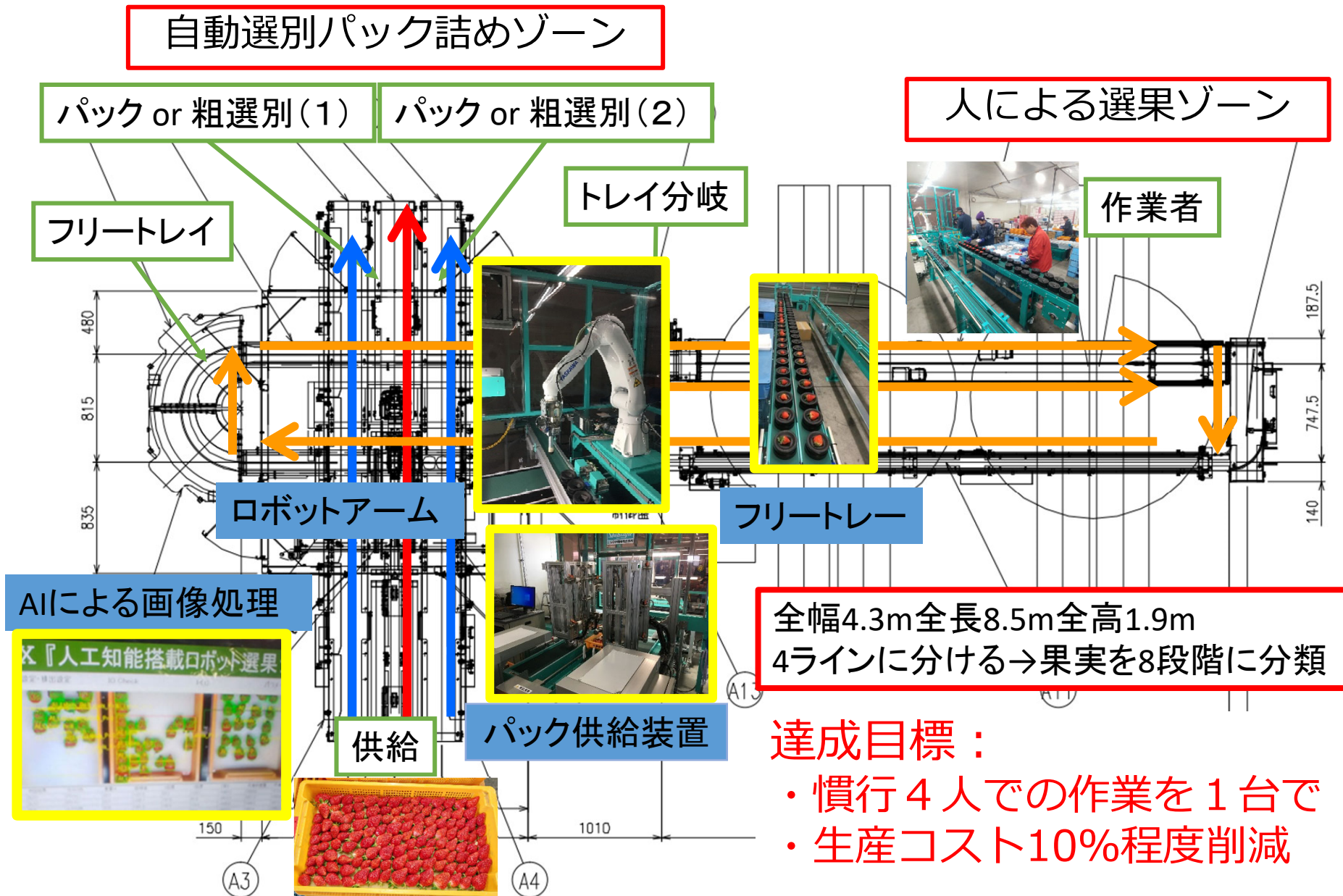
遠隔地からの果実着荷状況等の確認や生産者への遠隔指導に活用



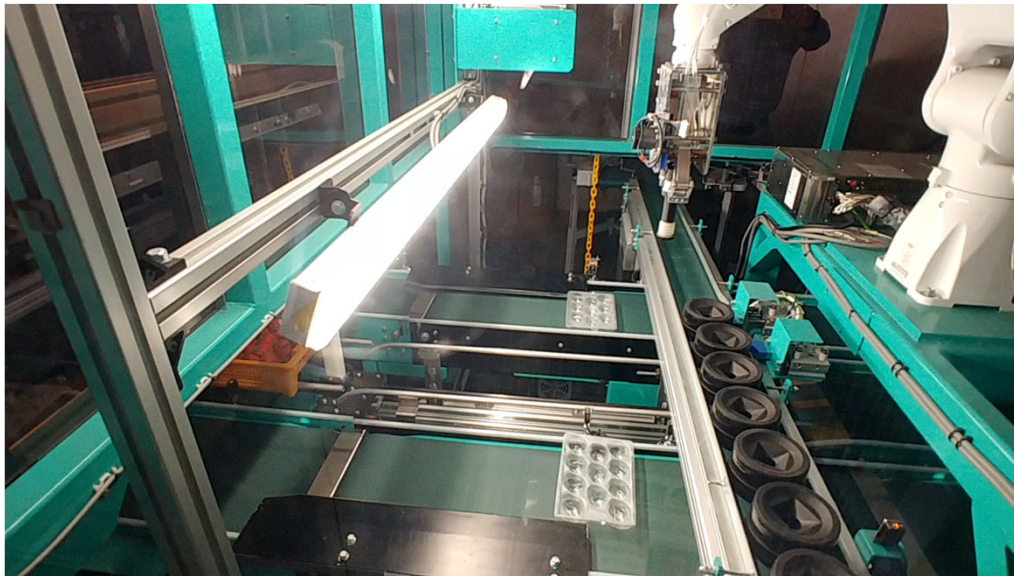
スマートフォン、収穫台車等から得た画像情報とハウス内環境情報を用いて、果数、熟度、葉面積の自動計測と収穫期・収量予測技術の高精度化



自動選別パック詰め装置概要



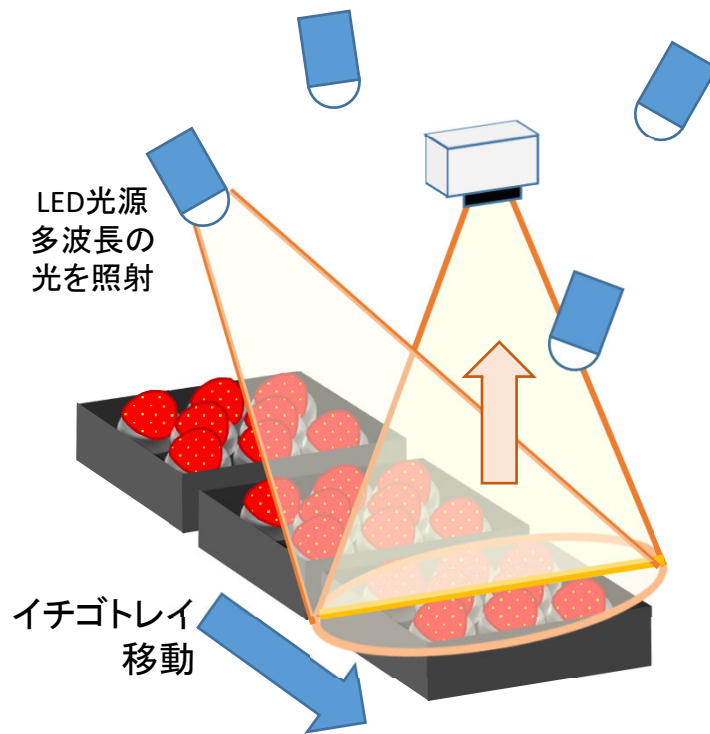
自動選別パック詰め装置の概要



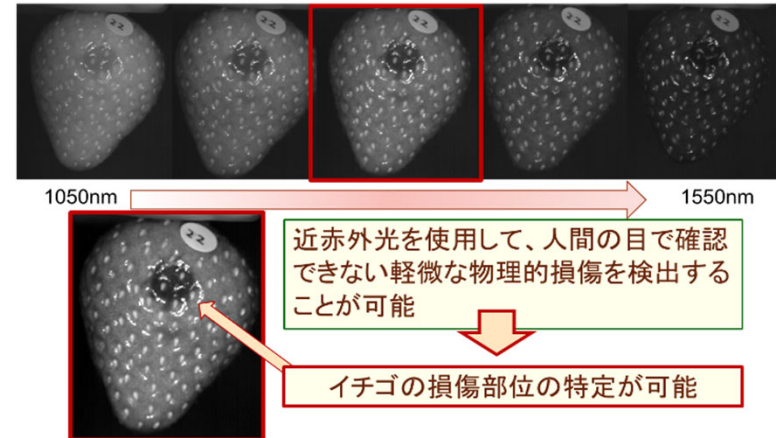
自動選果パック詰めロボット
による選果した果実

- ・ 粗選別作業により最大8種類に分類可能
- ・ 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
- ・ 課題点;更なる処理能力向上、果実の損傷評価のため、検品が必要

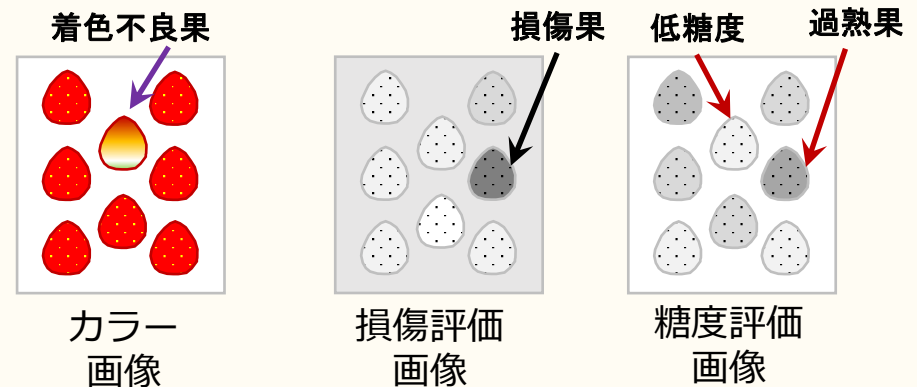
輸出に適した果実の選果の徹底 非破壊品質評価システムの導入



●イチゴの物理的損傷を可視化する



多波長画像解析による品質評価



収穫箱の最適化、非破壊品質評価機能付き自動選別パック詰め装置の導入で、低品質果実(低糖度、損傷果)を80%除去、慣行比15%損傷率軽減。事前選別により、熟練作業員不在でも高精度・高能率で作業可能

自動選別パック詰め装置の機能向上

- 現状機の機能を粗選機能を残し、2レーン+選別外の収穫箱に分ける
- フリートレーンを撤去し、果実選別機を2台設置し、処理能力の拡充
- 非破壊検査装置による事前選別を行い、粗選と直接パック詰め機能を付与



- 果実品質評価機能付与(糖度、損傷評価等)を画像処理、選別連携
- 重量推定精度: $\pm 2g$ (慣行: $\pm 3g$)
- 処理コンテナ数(粗選別): 10コンテナ/h(慣行: 5コンテナ/h)



事前選果および収穫箱の形状の違いがパック詰め作業の効率化に及ぼす効果

収穫箱形態	平トレー 出来数	パック当り 作業時間(s)	慣行比	作業時間の 変動係数 (%)	効率化の 評価 ²	講評
従来型	10	41.8 a ²	100	33	—	パック詰め作業後半で、該当する果実を探すのに手間が必要。
縦置き	11	32.4 ab	77	17	○	大きさを揃える手間は大幅に軽減。果実の形状が分かりづらい。
横置き	10	28.2 b	68	16	◎	大きさ、形状も分かりやすく詰めやすい。積載効率向上を希望。

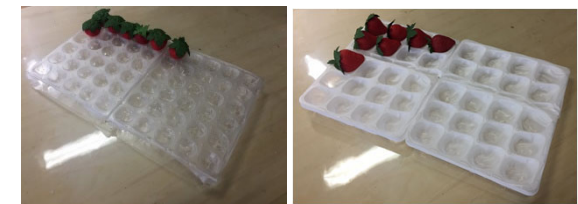
平トレー(270g)、Tukey-Kramer多重比較(n=10~11)

²○: 優れる、◎: 極めて優れる

慣行収穫箱比で、**事前選別**することで**23~32%の効率化**。
事前選別区ではパック詰め作業時間の変動係数が小さく、安定して作業が可能。
横置きの方が縦置きより作業効率が高い。

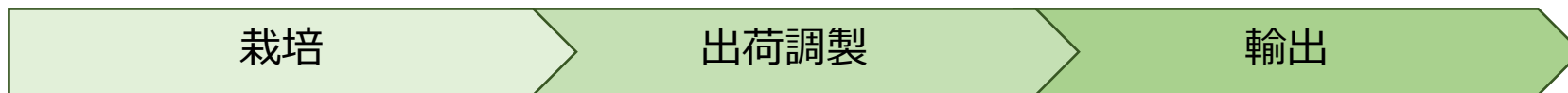


非破壊品質評価システム
自動選別ロボットを用いて検証
作業効率慣行比30%向上
人との協働作業の実現を目標に



縦置き

横置き



従来の課題

- 輸出拡大には、需要量が多い中価格帯向けの商品を拡充し、輸出相手国の嗜好にあった商品提供と低コスト生産流通システムの構築が必要。
- 世界的な商流ではGAP取得を推奨（取得件数：全生産者の1%）



スマート技術による解決



損傷軽減容器の活用



フレッシュバンクコンテナ

水温と電場を活用

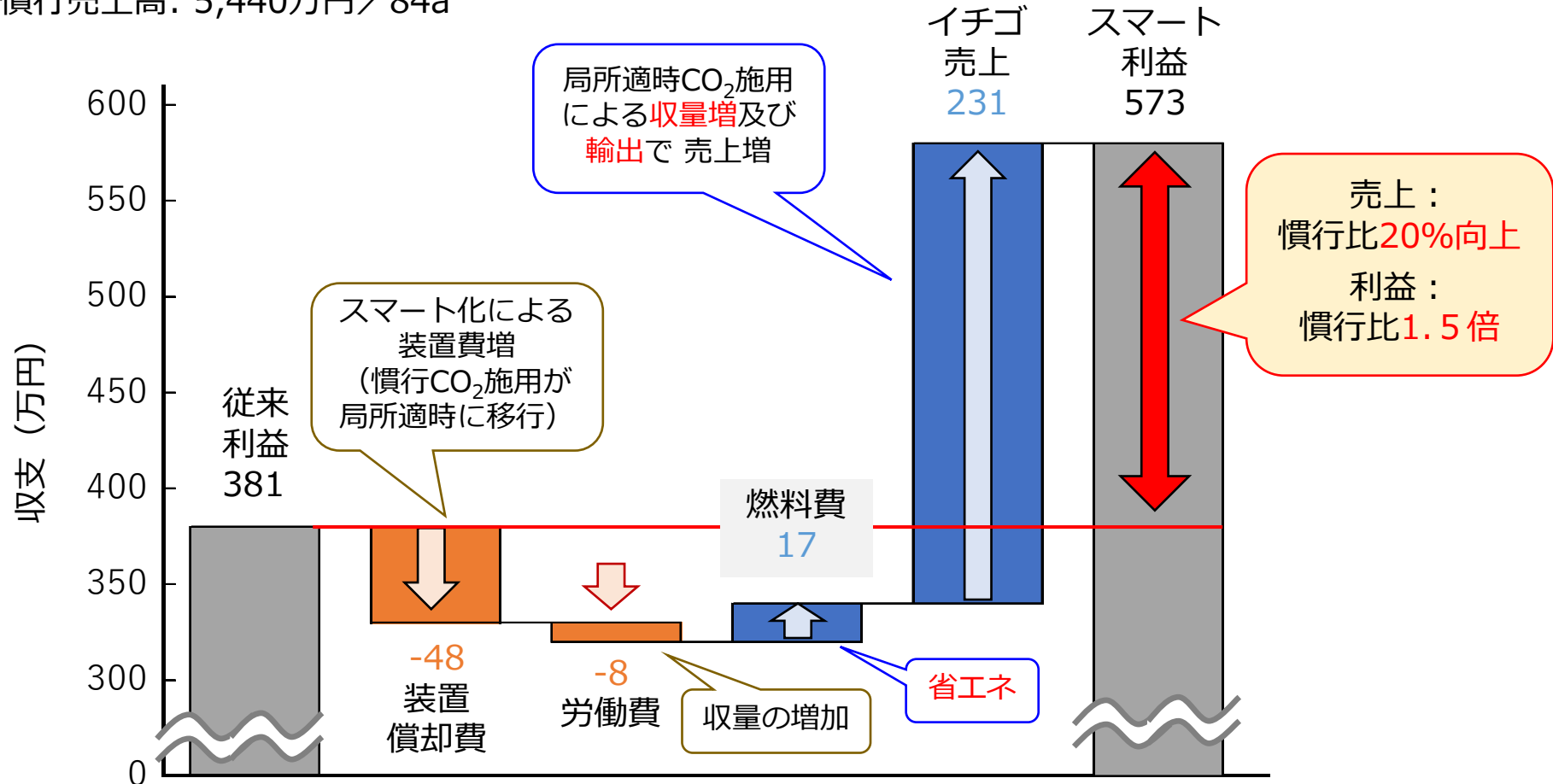
- ✓ 非破壊品質評価技術の活用で、低品質果実を80%除去、輸出に適した果実を供給。
- ✓ 電場冷蔵コンテナ船便輸送技術の最適化、損傷軽減資材の活用で、着荷時の減損率を20%軽減。品質保持期間を4日程度に延長。
- ✓ 遠隔指導システムの活用で、GAP取得コスト低減（旅費50%削減）。



中価格帯の売価を韓国産イチゴの1.5倍以内に抑え、売上向上。

全出荷量の5%を輸出に
振り向けた場合を想定

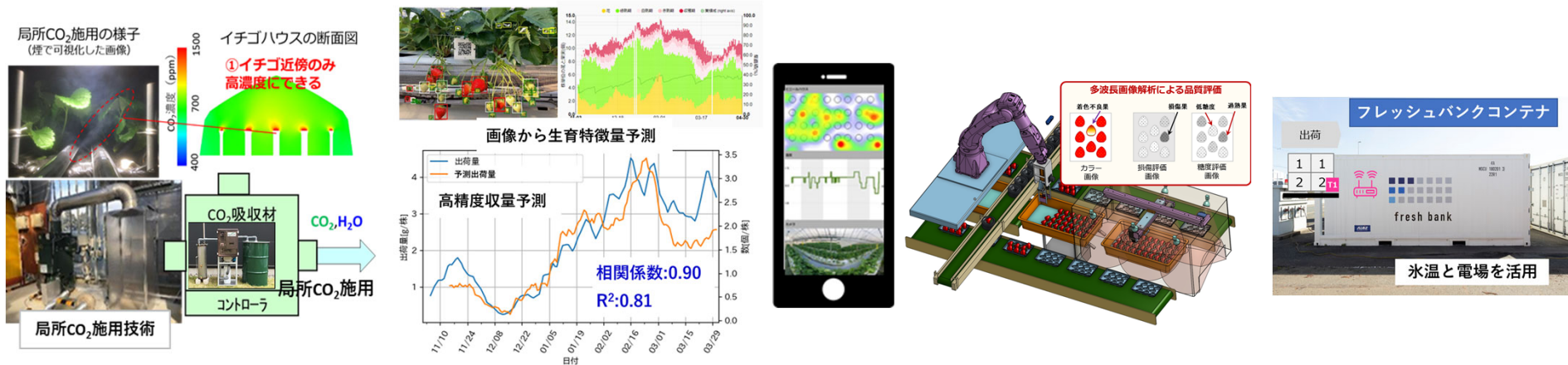
慣行売上高: 5,440万円/84a



JA阿蘇いちご部会の協力により、スマート農業技術を活用し、 輸出需要に対応した高品質イチゴの低コスト生産流通体系を構築

【実証目標】

- 慣行区比5%増収と25%の省エネ(省資源)化、20%以上の着色向上により商品性の向上を実現。
- 生育特徴量計測精度90%以上、収量予測精度85%以上達成とスマートフォン等を活用した情報提供を実現。
- 共同選果施設での自動選別ロボットの活用で、低品質果実を80%除去、パック詰め作業効率を30%向上。
- 着荷時の減損率を20%軽減し、品質保持期間を4日程度に延長させ、韓国産比売価1.5倍以内を目指す。



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

長期間鮮度保
持輸送技術

スマート農業技術を生産、出荷調製、流通に活用し、シームレスな輸出対応型生産体系を検証

- 多収省工ネ技術の導入により、**5%増収**、燃料コスト**25%削減**。
- 圃場内環境情報提供システムを導入し、**果実熟度計測精度90%以上**、**収量予測精度85%以上**の達成。
スマホ等を活用した遠隔指導、労務管理、販売戦略策定に貢献。
- 選別ロボットを導入し、パック詰め作業効率**30%向上**。
- 非破壊選果技術と長期間鮮度保持技術を活用し、着荷時の**減損率を20%軽減**させ、品質保持期間を**4日程度に延長**。
- 中価格帯の日本産イチゴ売価を韓国産の**1.5倍以内**に抑える。



- **生産者の農業所得20%向上**
- **輸出対応型の中・大規模経営のモデル提示**
- **2025年度輸出目標額86億円達成に貢献**