

各地域で輝く中堅園芸施設の UECS活用スマート化による 生産力アップの提案



**UECSスマート施設園芸
実証研究コンソーシアム**

まえがき

本冊子は、2016(平成28)年度から2018(平成30)年度の3年間で実施されました、農研機構生物系特定産業技術研究支援センタの「革新的技術開発・緊急展開事業」(うち地域戦略プロジェクト)実証研究型の「UECSプラットフォームで日本型施設園芸が活きるスマート農業の実現」で得られました代表的研究成果をご紹介します、各地域で施設園芸のスマート化に取り組まれている皆様に、ぜひご活用いただきたく広報するものです。

日本で2016年に約1,000 haの施設に高度環境制御装置が導入されております(導入率2.5%)。今後の施設面積の減少傾向に対して、新設及び既存施設のスマート化によるICTリニューアルを推進して、2025年に、高度環境制御システムの導入面積を2,000 ha(8,550セットの導入)にすることができれば、高度環境制御装置導入率10%超を達成することができると考えております。プロジェクトの成功裏の終結に伴い、各地域から、ぜひ低コストUECSを導入したいという関心が高まっており、その声に応需するため、本成果の製造・販売、および、各地域の課題に対応した新たな研究開発にご参画・ご協力いただける皆様と今後広く連携を図りたいと考えております。

得られた成果の大略は次の2点です。(1)UECSプラットフォームで動作する低コストハードウェア・ソフトウェアの開発により、10~20 a程度の中小規模施設に導入して10%程度の増収があれば、1~2年で償却可能な約60~98万円の機器導入コストの各種高度環境制御システムの提案を行うことができました。また、(2)試作システムを6県の中小規模生産者施設等に導入し実証栽培試験を実施したところ、イチゴで13~20%、トマトで7~10%、キュウリで16%、スイートピーで385%(11月期)・11~16%(3月期)増収を確認でき、さらに、各作物で10~60%の燃料消費削減を確認できました。

限られた期間、予算の中、コンソーシアムメンバーの皆様のご努力により、このような多数の成果を出すことができました。裏表紙に本プロジェクト研究に携わった共同研究者・技術者・農業者を記させていただきましてその労に深謝させていただきたいと存じます。限られた紙面でお名前を記すことができずに大変失礼とは存じますが、プロジェクトの推進にご協力賜りましたコンソーシアム各組織の代表者の皆様、経理ご担当者の皆様、システム開発および現地実証の実務でご尽力いただきました関係各位にも深く御礼申し上げます。最後に、本プロジェクトの推進につきまして有益なご指導ご鞭撻を賜りました、専門プログラムオフィサーの三重県農業研究所特別顧問の保科 次雄様、委託元プログラムディレクターの農研機構生研支援センター新技術開発部研究リーダーの宮崎 昌宏様に篤く御礼申し上げます。

2019年2月28日 研究代表者 近畿大学 星 岳彦

《目 次》

技術体系の概略	3
《共通技術開発事例》	
小型マイコンボードArduinoを利用した低コストUECSノード	4
Raspberry Pi版低コストUECS	5
920 MHz帯による離散施設のUECSネットワーク	6
リニューアルした環境制御コントローラYoshiMax	7
UECS無償アプリの利用(環境モニタUECS-GEARと制御ロジック開発ツール) ・	8
《現地実証事例》	
UECSを活用した効率的なCO ₂ 施用によるキュウリの増収技術	9
スイートピー促成栽培におけるヒートポンプを利用した温湿度制御	10
イチゴの大規模ハウス群のUECS統合環境制御による高効率・省力生産体系の構築	11
UECSを利用した統合環境制御によるスイートピーの生産性の向上	12
イチゴ本圃増殖法と高度環境制御の組合せによる高効率・省力生産体系 ...	13
都市近郊における中小規模複数温室を対象としたICTを活用した収益性向上 ・	14
施設野菜におけるUECS統合環境制御による高効率安定生産技術の確立 ...	15
研究に携わった研究者・技術者・農業者	16

技術体系の概要:

南北に長く、標高差の大きな国土は、多彩な気候気象資源を有する。この資源価値増幅装置である温室・ハウスを巧みに操り、各地の個性豊かな園芸作物の一層の高収益生産を実現するために、ICTで環境計測制御するスマート農業の実践が欠かせない。地域の中小規模施設に導入し得る環境計測制御システムを開発・実証し、施設園芸生産戦略を達成して地域活性化を目指す。

技術体系の特質:

日本の園芸施設面積の9割以上を占める各地の中小規模施設に導入し、持続的利用と増益を達成するために、ステークホルダーを限定しないオープンプラットフォームの採用と、機器導入コストの低下が重要である。そこでユビキタス環境制御システム(UECS)プラットフォームを採用し、最低1割程度の増益で償却可能な導入コストの機器と、フリーソフトを開発した(<https://smart.uecs.org/>)。



技術体系の経営評価:

中小規模施設で約60～98万円の機器導入コストになった。この体系を、宮崎県、山口県、岡山県、香川県、神奈川県、埼玉県、イチゴ、トマト、キュウリ、スイートピーの生産者施設で実証試験し、イチゴで13～20%、トマトで7～10%、キュウリで16%、スイートピーで385%(11月期)・11～16%(3月期)増収し、各作物で10～60%の燃料消費削減を確認した。

技術体系のターゲット:

地域の持つ各種資源を活用した特産物の施設生産を行う、10～30 a程度の中小規模施設を有する個人経営体やこれを複数擁する組合等。新規就農・放棄施設の再利用・省力化による生産規模の拡大や産地化、または、高度環境制御による作期の拡大・品質(単価)向上・増収・病虫害の軽減・省エネを目指す経営を実践するツールとしての利用。

技術導入に当たっての留意事項:

本体系は、技術情報を公開して汎用部品と低コストセンサの組み合わせで自作・自設も可能にし、システム導入生産者が目の届く範囲でまめに手をかけられる中小規模施設で活躍するように設計されている。百台以上の機器が稼働する大規模施設への導入では、コストは低くなるものの、保守点検にかかる人件費などの維持管理コストは逆に大きくなり、利点が少ないと思われる。

UECSプラットフォームで日本型施設園芸が活きるスマート農業の実現 (H28-30)

提案シーズ

平成16～17年度(農水高度化事業)
ユビキタス環境制御システムの開発
UECS研究会設立
<http://uecs.jp/>
UECSプラットフォームの策定

UECS研究会/スマートアグリコンソーシアムの会員企業の多彩な製品開発技術

平成25～27年度(科研費)
オープンCPU基板を用いた低コスト自律分散型施設環境計測制御情報システムの構築
<http://uecs.org/>

UECS研究会 Wabit Inc.
Raspberry Pi
UECS-Pi
<http://www.wa-bit.com/>

UECS機器の低コスト・オープン開発環境確立

現場のICT化のニーズ

・中小規模多棟分散の日本型施設が活きるUECSによる低コスト分散型環境制御システムを早く普及して欲しい。
・各地域の施設生産戦略をサポートするICT利用のスマート環境計測制御を実現したい。

地域研究機関・生産組合

コンソーシアム設置

近畿大学	宮崎県総合農業試験場 施設キュウリ・スイートピーで実証
岡山大学	山口県農林総合技術センター 施設イチゴで実証
西日本農業研究センター	岡山県農林水産総合センター 施設スイートピーで実証
九州大学	香川県農業試験場 施設イチゴで実証
三基計装(株)	神奈川県農業技術センター 施設トマトで実証
(株)ワビット	埼玉県農業技術研究センター 施設トマトで実証

企業・研究機関
の製品・シーズ

UECSプラットフォーム

共通部分は連携

地域戦略達成
のニーズ

生産現場での 実証で目標達成

・各地域戦略を実現する環境計測制御の実現により、システムの導入前と比較して1割以上の増益を達成。
・平成24年で1.3%の複合環境制御普及施設面積率を平成35年に10%に。

小型マイコンボードArduinoを利用した低コストUECSノード

農研機構西日本農業研究センター・近畿大学

背景と導入技術

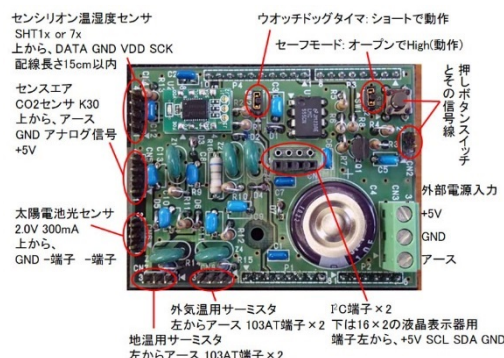


日本の施設園芸の大多数を占める中小規模施設が高度な環境制御の恩恵を受けるためには、装置の低コスト化が必要である。Arduinoは世界的に広く普及した小型汎用マイコンボードである。このようなハードウェアは量産効果により安価に手に入り、世界中に多数の利用者がいるため技術情報の入手も容易で、開発用ソフトウェアも無料で利用できる。このArduinoをUECSの中核部分に活用することで各種計測ノードや制御ノードを安価に製造することが可能となった。

成果の概要

(1) 計測・制御用拡張基板の開発

Arduinoに装着する拡張基板(シールド)を開発した。この基板は温湿度センサ、CO₂センサ、複数のアナログ出力センサ、液晶パネルの装着が可能で信頼性向上のため、WDTを搭載している。制御用基板では4つのリレーを制御できる。



(2) UECS用Arduino互換マイコン基板の開発

Arduinoの回路にWDTを付加しピンに抜け止め機構を設けるなどの改良を行ったArduino互換マイコン基板を開発した。各種センサと2つのリレーを装着できるほか、防水箱の大きさに合わせて設計されているため、簡単に固定できる。電源部分も改良されており、12V供給時にArduinoより70%消費電力を削減できる。

経済・経営評価

(1) 計測・制御ノードのコスト試算

基板をキット化して販売した時の価格は計測基板9,700円、制御基板14,000円と試算された。周辺部品を加え、気象計測、養液供給、カーテン制御、天窓制御、暖房、炭酸ガス施用の全機能を構成した場合、部品価格は19万円、組み立てを含む完成品価格は60万円と試算された。シールドの組立キット(基板・パーツのセット)の販売は、株式会社東亜製作所が担当している。



(2) UECS用Arduino互換マイコン基板の製造コスト試算

部品実装済みの完成基板は10台製造時で1台8,800円、50台製造時で1台7,200円となることが分かった。製造コストの54~57%が部品価格であり、残りが部品実装コストだった。実装コストは製造数を増やせばさらに下げられる見通しである。

(1)担当者連絡先(近畿大学生物理工学部・星 岳彦・hoshi@waka.kindai.ac.jp・0736-77-3888)

(2)担当者連絡先(西日本農業研究センター・黒崎 秀仁・kurosaki@affrc.go.jp・0877-63-8128)

Raspberry Pi版低コストUECS

株式会社ワビット

背景と導入技術



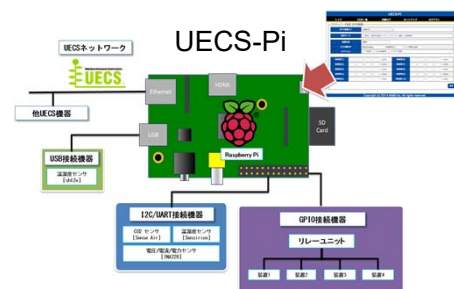
計測ノードキット



制御ノードキット

中小規模で計測制御要素が少ない施設には、これまでの多数の計測制御入出力点数を備えた複合環境制御装置はオーバースペックである。そこで、株式会社ワビットにて開発された、Raspberry Piを使った

計測制御ソフトウェア(UECS-Pi)と汎用部品を組み合わせたDIYハードウェアキットの技術を導入し、中小規模施設に適した低コスト環境制御システムを試作した。これを各地域の環境計測制御システムとして使用し、現地ユーザからの評価フィードバックを受け、ソフトウェア機能強化とハードウェア改良を行った。



成果の概要

実施地区で実用可能なRaspberry Piを用いた低コスト計測制御ハードウェアを完成させることができた。DIYキットは、加工済み部品をセットにすることで、製作を省力化し、手順を解説したマニュアルを作成した結果、数日で製作可能になった。計測制御ソフトウェア(UECS-Pi)は実証地域ユーザーからのフィードバックを元に機能改良され、多種の制御機器(窓、カーテン、暖房機、CO₂発生器、灌水装置など)の複合制御が可能になった。本成果をもとに、遠隔監視可能なクラウドサービスも組み合わせパッケージ化し、Arsprout(アルスプラウト)システムとして2018年10月より市販開始した。



制御機能強化



遠隔監視クラウドサービス

経済・経営評価

計測(気温・湿度・CO₂・日射・感雨)と制御(最大8系統リレー)の組み合わせで、ハードウェア費約65万円(製作費含む)、クラウド・通信費約5.5万円/年で導入可能なシステムとなった。

20~30 aの施設野菜作農家の平均年間農業粗収益は756万円(営農類型別経営統計、2014)、に対して、10%程度(75万円)増収できれば、導入コストは、僅か1年で償却可能である。

費目	費用
計測ノードキット	¥59,000
内気象センサー式	¥32,360
制御ノードキット	¥182,200
外気象センサー式	¥145,970
PC通信端末等	¥120,000
DIY製作費(2日)	¥50,000
クラウド利用費	¥55,000/年
計	¥644,530

担当者連絡先(株式会社ワビット・小林一晴・sag@wa-bit.com・093-932-7605)

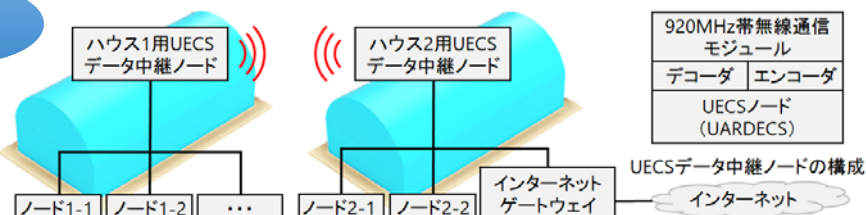
920 MHz帯無線を用いた分散園芸施設のネットワーク中継技術

九州大学

背景と導入技術

わが国の園芸施設は、中小規模が殆どで、施設が多棟分散化している場合も少なくない。このような園芸施設に普及可能なUECSネットワーク技術を構築することは、UECSの普及促進につながるものと期待される。

本技術は、市販の特定小電力(LPWA)920 MHz帯無線モジュール(IM920、インタープラン社製)を用いて、上図のように園芸施設ごとのUECSネットワークの中継を行うものである。



成果の概要

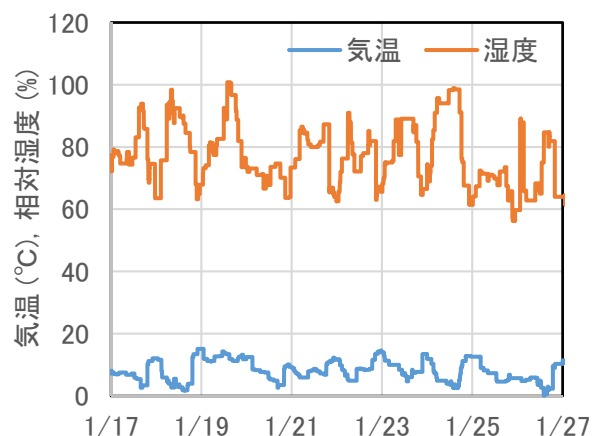
本技術は、Arduino向けUECSノード開発用ミドルウェア(UARDECS)をベースに920 MHz無線通信を利用するための機能拡張ライブラリで、現バージョンではブロードキャスト通信のみの対応で、ユニキャスト通信には対応していない。本ライブラリはUECS-CCMを920 MHz用通信文に変換するエンコーダ関数、920 MHz用通信文をUECS-CCMに変換するデコーダ関数、および定期・不定期にデータ中継を行う関数から構成される。

評価実験では、送信器を右図のように丘の上のビル(8階)に設置(受信器からの見通しが良いこと)した後、送信機と受信機の距離を徐々に増やしながら、受信信号強度(RSSI)の変化を調べた。本実験結果のように、有視界条件で機器間の接続ができれば、3kmを超えてもデータの送受信を行うことが可能である。

右図に920 MHz帯無線通信を用いて試作したUECSデータ中継ノード(左)および同ノードを用いて中継された圃場環境データの一部(右)を示す。本技術を利用することにより、分散化した園芸施設のUECSデータが参照できるようになる。



計測地点	受信信号強度 (RSSI)	距離(m)
No. 1	123	450
No. 2	131	700
No. 3	136	1050
No. 4	139	1610
No. 5	124	2370
No. 6	128	2830
No. 7	128	3060
No. 8	119	3300



経済・経営評価

本技術を用いたUECSデータ中継ノードの製作に必要な機器の一覧(参考価格)を右表に示す。分散化した栽培施設の情報を集約できるようになれば、通信費の節約が可能になる。

必要機器名 (販売元)	価格/個
IM920c (インタープラン) × 2個	3,990円
IM920c用変換アダプタ	1,500円
Arduino MEGA (Arduino) × 2個	4,500円
Arduino Ethernet Shield 2 (Arduino) × 2個	2,500円

担当者連絡先(農業生産システム設計学・岡安崇史・okayasu@bpes.kyushu-u.ac.jp・092-802-4632)

リニューアルした環境制御コントローラYoshiMax

岡山大学、三基計装

背景と導入技術

UECSは日本の施設園芸の情報を標準化する環境制御システムとして普及が進んでいる。その中でイチゴの高設栽培を効率的に実施する目的で環境制御コントローラYoshiMaxが開発され、イチゴの栽培現場での現地実証が進んでいる。ただ、YoshiMaxに制御できない機器が存在したり、完全にUECSに準拠していない部分があり、完全にUECSに準拠した高機能な環境制御機器として整備する必要があったため、YoshiMaxをより多くの品目で利用できるようにリニューアルした。

成果の概要

本プロジェクト期間中に、①換気窓開閉器、自動カーテン開閉器をUECS対応し、②飽差によって動作する細霧冷房噴霧制御、局所CO₂施用用のCO₂制御、ヒートポンプ冷暖房制御（冷房制御は通常の制御とスイートピーの落蕾防止用の制御）を搭載、③屋外気象の情報を受信可とすることで複数台のYoshiMax導入時のコスト低減、④複合環境制御コントローラ導入時に問題となる、各種環境制御設定の煩雑さを解消するための設定画面のヘルプ機能の導入等を行った。

CO₂センサも高精度のものを導入して、メンテナンス製を向上させるとともに、Raspberry Piとの通信が途絶えたときには、YoshiMaxの制御盤部のコンピュータに実装されている制御ロジックで動作するため、制御が破綻することがないような構成となっている。

本プロジェクト期間中にも、イチゴ、ミニトマト、キュウリなどで実証を行っているが、特に、イチゴでは導入希望が多く今年度中の市販を予定としている。

経済・経営評価

本コントローラは、温度、CO₂、日射、感雨センサ込みで98万円での販売を予定している。一般的なICT利用型の環境制御コントローラに比べて安価に設定できた。ベースとなるコントローラのハードウェアが10年以上にわたり利用されているものであるため、安定動作が約束されており、ハードウェアの開発費が不要であったことが影響していると考えられる。



図 リニューアルしたYoshiMax。右の制御盤と左のボックス内のRaspberry Piが接続される構造となっている。

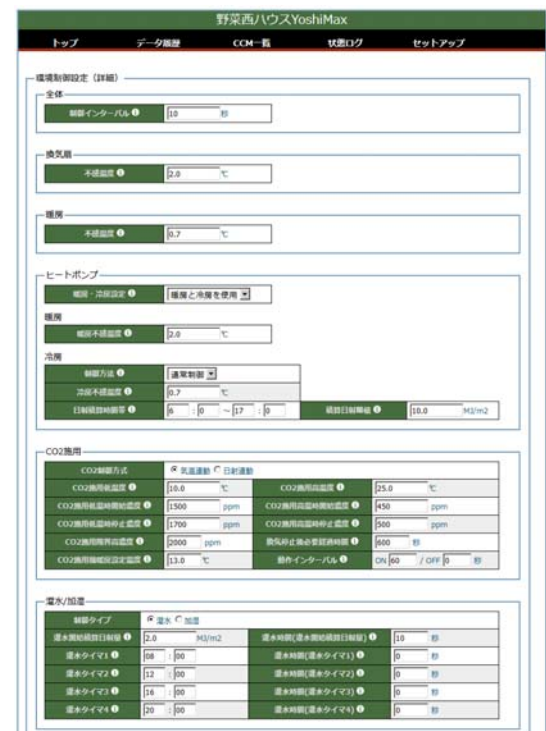


図 YoshiMaxの設定画面。各設定項目の横にインフォメーションボタンが配置され設定の手間が軽減。

UECS無償アプリの利用 (環境モニタUECS-GEARと制御ロジック開発ツール)

近畿大学・農研機構西日本農業研究センター

背景と導入技術

低コストUECS機器が市販されたり、キットで自作できるようになり、中小規模ハウスにも導入・普及するようになった(図1)。これらのUECS機器をネットワーク(ハウスLAN)に接続すると、パソコンやスマートフォンのインターネットブラウザを使って、現在の環境データを確認したり、制御設定値を入力したりすることができる。しかし、環境データを記録・解析したり、独自の高度な環境制御をしたりすることはできず、市販の環境モニタシステムや高度環境制御装置と比較すると機能が低い。そこで、パソコンで動作する応用ソフトウェア(アプリ)を開発した。



図1 計測用UECS機器が導入されたハウス

成果の概要

UECS機器は、図2の通りハウスLANに接続される。UECS機器は共通規格の通信(UECS-CCM)を送受信して連携することができる。そこで、このネットワークにパソコンを接続して常時動作をさせ、UECS-CCMを傍受したり、適宜UECS-CCMの電文を生成して送信するアプリを実行させれば、環境モニタ・解析、UECS機器を連携させた高度な制御ができるようになる。

そこで、(1)環境データの記録と解析を可能にする環境モニタのUECS-GEAR(図3)と、(2)機能をアイコン(図形)にして組み合わせることで簡単に複合環境制御を行わせることができる制御ロジック開発ツール(図4)のアプリを開発した。UECS-GEARは市販の環境モニタと同等以上の機能を備えている。



図2 開発アプリが想定する動作環境



図3 UECS-GEARの動作画面と機能概略

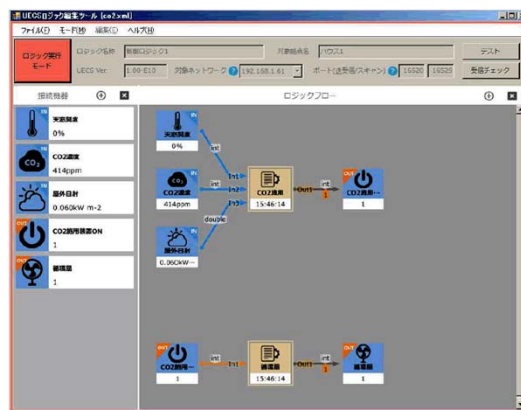


図4 制御ロジック開発ツールの動作画面

経済・経営評価

開発アプリは、Webページ(<https://smart.uecs.org/>)から無償で入手できる。低コストUECS機器導入施設で使用すると、高度環境計測制御装置と同等以上の機能を持たせられる。UECS-GEARについてはホルトプラン合同会社が今後の独自仕様製品開発等のビジネスに対応する。

- (1)担当者連絡先(近畿大学生物理工学部・星 岳彦・hoshi@waka.kindai.ac.jp・0736-77-3888)
- (2)担当者連絡先(西日本農業研究センター・黒崎 秀仁・kurosaki@affrc.go.jp・0877-63-8128)

UECSを活用した効率的なCO₂施用によるキュウリの増収技術

宮崎県総合農業試験場(岡山大学、三基計装株式会社、株式会社ワビット)

背景と導入技術



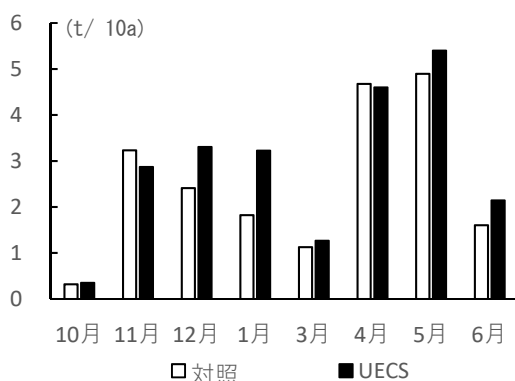
UECS環境制御機器YoshiMax(三基計装(株))

宮崎県は、豊富な日射量と温暖な気候を活かした施設園芸が盛んで、主要な品目であるキュウリの産地では、さらなる生産性向上を目的としたハウス内環境のモニタリングやCO₂施用技術が導入されている。

生産現場におけるCO₂施用において、ハウスが換気されている日中にCO₂施用すると施用したCO₂がハウス外に放出されてしまう点が課題であった。

そこで、目標とする環境制御を構築しやすいUECSの特性を活かし、日射量とハウスの換気程度に対応した効率的なCO₂施用技術の確立に取り組んだ。

成果の概要



UECS環境制御機器導入ほ場と未導入ほ場の月別10aあたり収量の比較

効率的なCO₂施用技術の導入のためにUECS環境制御機器YoshiMax(三基計装(株)製)とUECS Station Cloud((株)ワビット製)を導入した。

積極的にCO₂施用する日射量の値と換気無、換気小、換気大時の目標CO₂濃度を設定することにより日射量と換気程度に応じた効率的なCO₂施用技術を確立した。

試験場での実証後、現地キュウリほ場へ導入したところ、

9月と2月に定植する摘心栽培の2作型をあわせて収量が15%増加する成果を得た。

※実証ほ場の耕種概要

前作:2017年9月20日定植 後作:2018年2月22日定植

CO₂施用 2017年11月10日から2018年5月10日まで

目標CO₂施用濃度 日射量0.4kW/m²未満 400ppm

0.4kW/m²以上 換気無800ppm、換気小600ppm、換気大400ppm

経済・経営評価

表 キュウリ現地実証ほ場における経営評価(千円/10a)

		対照	UECS	増減	比(%)
粗収益	前作	3,253	3,982	730	
	後作	2,684	2,919	235	
	全体	5,937	6,901	964	116
技術導入コスト	環境制御機	0	140	-140	
	イニシャル				
	CO ₂ 施用機	0	40	-40	
	通信費	0	12	-12	
	ランニング				
	灯油	0	71	-71	
	通信費	0	43	-43	
粗収益－技術導入コスト		5,937	6,596	659	111

・UECS環境制御機、CO₂施用機は減価償却費7年で試算

・灯油709L@100

UECS環境制御機器とクラウドサービスの導入による日射量と換気程度に応じた効率的なCO₂施用により収量が15%増加したことにより、粗収益は964千円/10a(16%)増加した。

一方、導入にかかるコストは、306千円であり、収益は659千円/10a(11%)増加した。

生産現場への技術の導入にあたり、3GUSB dongleの活用により高機能のモバイルルーターに比べ、通信に係る導入コストを削減することができた。

担当者連絡先(宮崎県総合農業試験場野菜部・壹岐怜子
sogonogyoshikenjo@pref.miyazaki.lg.jp・0985-73-2332)

スイートピー促成栽培におけるヒートポンプを利用した温湿度制御

宮崎県総合農業試験場(岡山大学、三基計装株式会社)

背景と導入技術

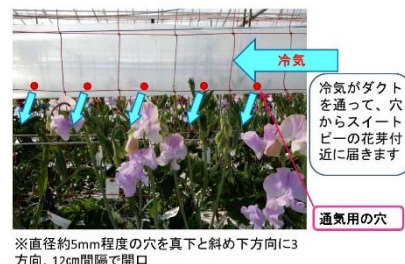


施設内における条間ダクトの設置状況

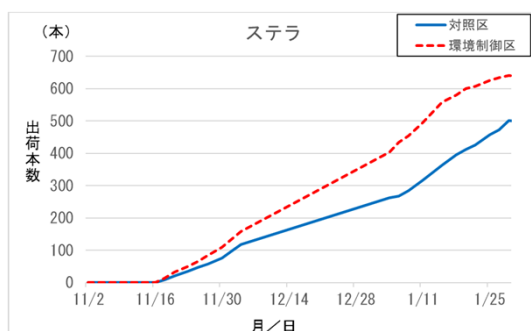
宮崎県では、冬期の温暖多照な気象条件を活かし、全国でも1位の生産量を誇る日本のスイートピー産地が形成されている。

しかし、近年は高温による生育障害の発生や高湿度による花シミの発生が出荷量に影響を与える大きな問題となっている。

そこで、ヒートポンプを活用した温湿度制御を行うことにより、高温による生育障害および高湿度による花シミの発生を軽減し、収量を増加させる環境制御技術の確立に取り組んだ。



成果の概要



図「ステラ」の出荷可能切り花本数推移
(2018年11月1日～2019年1月31日)

ヒートポンプ(菱名工業(株)製、3馬力)およびUECS制御機器Yoshimax(三基計装(株))製を導入し、ハウス内の環境制御を行った。

その結果、実証ほ場において、条間ダクトによる局所冷房を行うことによって秋期および春期の高温による生育障害を抑制し、同様に除湿を行うことによって春期の高湿度による花卉の花シミを効果的に抑制できることが明らかとなり、これらの効果によって出荷ロスが軽減し、出荷本数が平均で16%増加する成果を得られた。

※耕種概要

- ・局所冷房の設定: 23℃で稼働、20℃で停止
- ・除湿設定: 85%(2018)または90%(2017)で稼働、80%で停止

経済・経営評価

ヒートポンプおよびUECS環境制御機器の導入し温湿度制御を行った結果、収量が16%増加し粗収益が7,178千円/10a(16%増)となった。

一方、導入にかかるコストは1,344千円であり、収益は-354千円(6%減)となった。

生産現場への技術導入にあたっては、ヒートポンプのイニシャルコストの軽減が課題となる。

※1月末までの収量データを元に試算しているため、最終的な収益は増減する可能性がある。

表 スイートピー現地実証ほ場における経営評価(千円/10a/年)

			対照	UECS	増減	比
粗収益			6,188	7,178	990	116%
導入コスト	イニシャル	ヒートポンプ減価償却費	0	1,059	1,059	—
		Yoshimax減価償却費	0	96	96	—
	ランニング	ヒートポンプ電気料金	0	189	189	—
粗収益-導入コスト			6,188	5,834	-354	94%

※ヒートポンプ(3馬力×2台)およびYoshimaxは耐用年数7年で試算

※切り花収量および単価は宮崎県経営指針を使用

※収益向上率は供試品種の平均値(2018年11月1日～2019年1月31日)を使用

※電気料金は従量電灯B、300kwh超過分(25.63円/kw)とし、2018年10月18日～2019年1月31日までの平均値を用いて10/1～翌3/31まで稼働させた想定で計算

担当者連絡先(宮崎県総合農業試験場花き部・起汐一広
sogonogyoshikenjo@pref.miyazaki.lg.jp・0985-73-7094)

イチゴの大規模ハウス群のUECS統合環境制御による高効率・省力生産体系の構築

山口県農林総合技術センター

背景と導入技術

山口県山口市では、市場性の高いイチゴを地域営農の柱とし、JA出資型法人による大規模ハウス団地経営(株)ベリーロード:5.4ha)が始まった。通年雇用を中心とする大規模施設園芸の経営安定化に向けて、高効率生産体系および労務管理体系の構築が急務とされる。

イチゴ大規模経営向けの高効率・省力生産体系の構築を目指し、DIYで低コスト導入したユビキタス環境制御システム(以下:UECS)での統合環境制御と、育苗過程および育苗労力を削減する‘かおり野’子苗直接定植の組み合わせ実証を行った。

【UECS統合環境制御のDIY導入キット(株)ワビット:Arspout DIYキット)】

Arspoutは、低価格シングルボードコンピュータ「Raspberry Pi®」で動作する、内気象・外気象・制御の各種ノードで構成される。これらを運用する基本ソフトウェアは、同社HPより無償で入手できる。これら部材を自分で揃えてDIYで組み立てれば、生産者自身が環境制御システムを低コストに全て構築できる。

【イチゴ品種‘かおり野’の子苗直接定植】

極早性品種‘かおり野’の花芽分化特性を活かし、親株から切り離した子苗を直接本圃に定植する省力育苗技術である。育苗の省略による省力化、設備資材の削減および短期間に集中していた定植適期の分散が可能となる。定植時期は概ね8月中下旬であるが、栽培方法や定植時期に応じた使用資材や管理スケジュールを設定している※。



実証ハウスの概観(2017年)



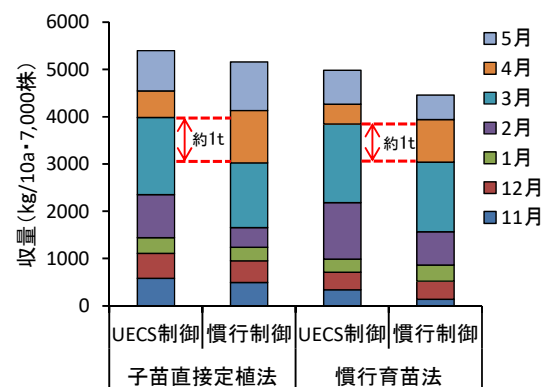
DIY製作講習(2016年)



定植時の‘かおり野’子苗

成果の概要

UECS制御ハウスは、側窓・天窓開閉装置と温風暖房機を連動させ、ハウス内気温変化を緩やかに適温維持する制御とし、日中の培地体積含水率を一定に維持する灌水制御とした。慣行制御ハウスは、これらを手動スケジュール管理した。両ハウスで、子苗直接定植は慣行育苗と同程度以上の収量であり、UECS制御ハウスでは(安定価格期である)3月末までに約1t/10aの増収効果を得た。



イチゴ‘かおり野’の収量(2016年作)

経済・経営評価

イチゴのハウス内温度管理と灌水管理の適正化で得た増収効果約1t/10aは約100万円に相当する。これに対し、実証ハウス(17a)に導入したArspout DIYキット(ハウス内気象計測ノード、外気象ノード、制御ノード、通信機器等)のコストは、関連機器(ハードウェア)導入費用が合計約60万円、クラウド・通信費用が合計約5万円/年であり、導入初年度より高い採算性を発揮できる。

上記に加えて、子苗直接定植技術による育苗労力や施設の削減や定植適期分散を組み合わせた本体系は、イチゴの大規模雇用型経営の収益性向上に寄与するものである。

※参考文献:鶴山浄真.山口農林総技セ研報(8).33-39

担当者連絡先(山口県農林総合技術センター・鶴山 浄真・
tsuruyama.johshin@pref.yamaguchi.lg.jp・TEL:(083)927-0211)

UECSを利用した統合環境制御による スイートピーの生産性の向上

岡山県農林水産総合センター

背景と導入技術

スイートピーには、蕾が生育途中に落ちる「落蕾」と呼ばれる生理障害があり、問題となっている。落蕾は、寡日照日が続くと発生しやすいとされてきた。しかし、近年、生産者の観察により、秋期の落蕾は、夜温が高いと、寡日照日が1日だけであっても発生することが明らかになってきた。そこで、夜間冷房による落蕾抑制効果の検討を行った。さらに、生産者圃場の統合環境制御のUECS化を図るとともに、夜間冷房による落蕾抑制および統合環境制御による暖房コストの削減に取り組んだ。

成果の概要

岡山県農林水産総合センター農業研究所内のガラス温室で栽培しているスイートピーに、落蕾処理(85-90%遮光)を行い、その日の夜に夜間冷房処理を行い、夜間冷房に効果的な冷房温度の検討を行った。

＜結果＞着生小花数(落蕾しなかった小花数)は、8℃冷房区で多く、夜間冷房による落蕾抑制が可能であり、冷房温度は、8℃が最も効果的であることが明らかになった(図1、2)。

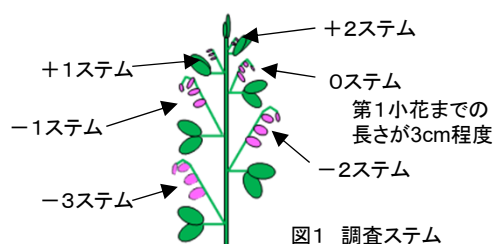


図1 調査ステム

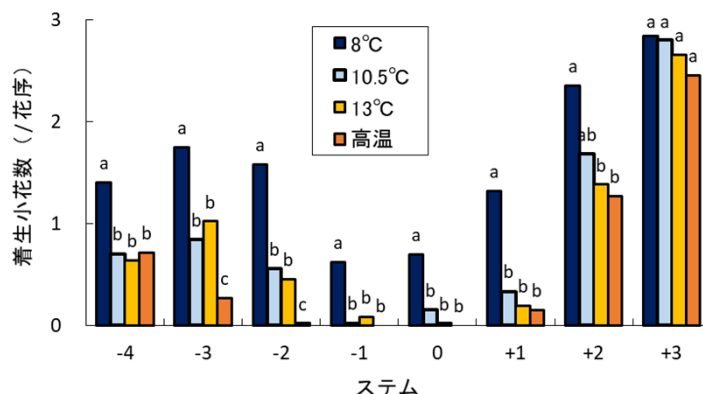


図2 夜間の温度処理が‘ラベンダー’の落蕾に及ぼす影響
同一英文字間には有意差なし(Tukey法、5%)

経済・経営評価

表1 11月～12月の規格別切り花本数(10a)

圃場	切り花本数					計
	4P2L	4PL	3P2L	3PL	3PM	
夜間冷房あり圃場	25,536	1,786	28,750	47,275	982	104,329
夜間冷房なし圃場	7	10	710	16,453	2,667	19,847
夜間冷房あり～夜間冷房なし(切り花本数)						84,482 本
夜間冷房あり～夜間冷房なし(金額)*						1,436,194 円

* スイートピー単価を17円として計算(出荷経費分減額済み)

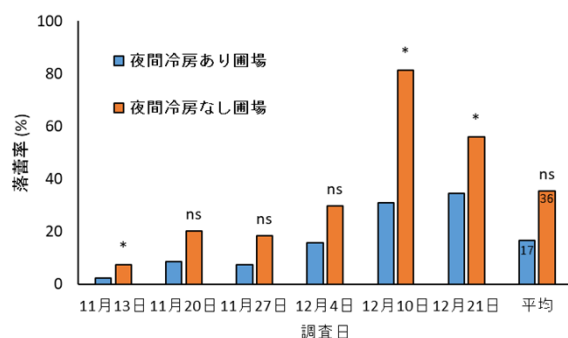


図3 夜間冷房が現地圃場のスイートピーの落蕾率に及ぼす影響
*は有意差あり、nsは有意差なし(逆正弦データ使用、t検定、5%)

10月からヒートポンプによる夜間冷房を実施していた生産者の圃場では、夜間冷房をしていない生産者の圃場に対して落蕾率が半分程度となり(図3)、11-12月の切り花本数が、84,482本/10a増加した(表1)。また、重油加温機とヒートポンプを統合制御することで、暖房コストは重油加温機のみで加温した場合より、73,161円/10a(18%)減少した(表2)。

夜間冷房に係る費用は10aあたり743,378円であるが、11-12月の切り花本数の差より、農業所得は1,436,194円の増加となり、夜間冷房に係る費用を差し引いても、692,816円の農業所得増加となる(表1および表2)。

表2 試算(10aあたり)

	ヒートポンプ未導入 (暖房は重油加温機のみ)		ヒートポンプ導入済み (夜間冷房と統合制御暖房)	
	ヒートポンプ電気代(冷房)	94,763 円	ヒートポンプ電気代(暖房)	241,378 円
夜間冷房に係る費用	ヒートポンプ減価償却費 ²	505,758 円	ヒートポンプ減価償却費 ²	241,378 円
	YoshiMax減価償却費 ^x	142,857 円	YoshiMax減価償却費 ^x	142,857 円
計		743,378 円	計	743,378 円
暖房費	重油代 ^y	407,659 円	重油代 ^y	93,120 円
	ヒートポンプ電気代(暖房)		ヒートポンプ電気代(暖房)	241,378 円
計		407,659 円	計	334,498 円
合計		407,659 円	合計	1,077,876 円

² 減価償却7年、周辺機器および設置、電気工事費込み、16.4馬力/10a

^x 販売予定価格(100万円)、減価償却7年

^y 重油単価:77.6円/L

担当者連絡先：岡山県農林水産総合センター農業研究所・森 義雄、笠原有加

e-mail:yoshio_mori@pref.okayama.lg.jp, yuka_kasahara@pref.okayama.lg.jp, TEL: 086-955-0277

イチゴ本圃増殖法と高度環境制御の組合せによる高効率・省力生産体系

香川県農業試験場

背景と導入技術

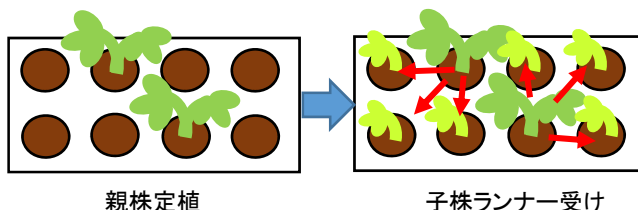
イチゴ生産では、ランナー増殖により定植株を確保するため、前作の作業と次作の育苗が重複する上、定植までの育苗管理（灌水など）が重労働である。

そこで、育苗の省力化に向けて、7月中に定植株数の1/2～1/8の苗を本圃へ定植し、残りの株は発生したランナーを受ける「イチゴ本圃増殖法」の開発に取り組んだ。

また、UECS統合環境制御機器（YoshiMax）は、早朝、午前中、午後など時間帯ごとのCO₂濃度や管理温度の設定が可能であり、高効率なハウス内環境制御が可能である。

そこで、香川県では、イチゴ本圃増殖法とUECS統合環境制御の組合せによる高効率・省力生産体系の構築に取り組んだ。

【本圃増殖法の概要】



成果の概要

UECS統合環境制御機器（YoshiMax）を活用し、香川型イチゴ高設栽培における時期別、時間帯別の最適設定値を明らかにすることで、効率的炭酸ガス施用方法を確立した。本施用方法により、炭酸ガス施用の燃料（LPガス）使用量を、慣行比で50%程度に抑えることができ、暖房燃油代についても、30%程度削減することができた。

本圃増殖法については、定植の最適時期が、2倍増殖では7月下旬、4倍増殖では7月中旬、8倍増殖では7月上旬であることを明らかにした。また、本圃における窒素中断を、バグ式栽培においては8月20日、ハンモック式栽培においては8月10日または15日に開始することで、慣行ポット栽培と同等の時期の開花が可能となり、これらの結果を踏まえて栽培マニュアルを作成した。さらに、収量については、統合環境制御との組合せにより、秀品重量が約20%増収した。

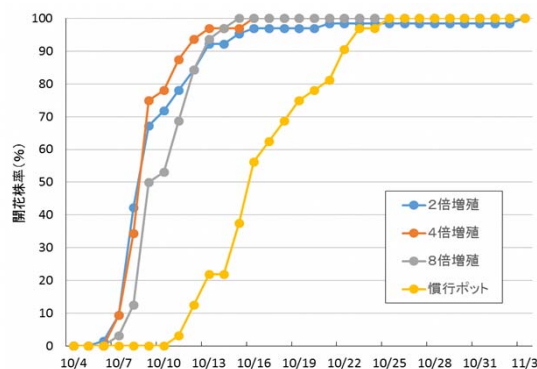


図 増殖倍率が開花に及ぼす影響

※窒素中断期間：2016年8月20日～9月14日

表 イチゴにおける環境制御の違いおよび本圃増殖法が収量に及ぼす影響（品種「さぬき姫」）（個、g/16株）

区名	秀品		不受精果外		総収量	
	個数	重量	個数	重量	個数	重量
実証区	620 (113)	11,139 (119)	23 (135)	298 (70)	643 (114)	11,437 (116)
慣行区	548	9,395	17	426	565	9,821

※実証区：環境制御温室における本圃増殖法（4倍増殖）

慣行区：慣行らくちん栽培温室における慣行ポット栽培

※（ ）内は慣行区対比

※収穫期間：2017年11月～2018年5月

経済・経営評価

イチゴ本圃増殖法は、育苗や定植の本数が減ることに加えて、夏季の灌水作業が不要となることから、大幅な省力化につながる。また、統合環境制御との組合せで、約20%の増収により約100万円程度の粗収益の増加が見込まれる。

さらに、高効率なハウス内環境制御により、炭酸ガス施用燃料約50%、暖房燃油約30%の削減により、合計約11万円のコスト削減が見込まれる。

以上より、導入効果約111万円は導入コスト約105万円（環境制御機器、通信費等）に対し、十分な採算性であると考えられた。

都市近郊における中小規模複数温室を対象としたICTを活用した収益性向上

神奈川県農業技術センター・近畿大学・三基計装株式会社

背景と導入技術

施設トマト栽培は、近年、市場価格の低迷と生産コストの上昇から生産性や収益性のさらなる向上が求められており、施設内環境制御技術（特にCO₂濃度や湿度制御）の導入が期待されている。

しかし、本県は1棟1,000㎡程度の施設を2～3棟所有する経営が主流で、施設の集約化や大規模化は困難な状況にある。また、施設更新や規模拡大を希望する生産者でも、現状施設で収量・品質を向上させたいが、初期投資は抑えたいという生産者が多い。

そこで、複数施設を一括管理する安価な環境制御システムとして活用が期待されるUECSの導入普及に向けて、既存の環境制御システム（「スーパーミニNT」）のUECSによる通信機能を付加するリニューアルの実証を行った。これにより栽培環境の見える化を図り、栽培管理の改善や生産への影響、導入経費等について検討を行うとともに、農業技術センターに同システムを導入し検証を行った。



図 リニューアルした環境制御システム

成果の概要

UECS対応システムの導入、機能向上、効果の検証、再リニューアルと、段階的に課題解決を図りながら、実証に取り組んだ結果、安定したトマト長期多段どり栽培を目指す経営において、UECS対応システムの利便性の向上、成育・収量・品質への影響、経済性等について明らかになった。

UECS対応システムを導入した現地実証ほ場における収量は25t/10aで、県指標値21tの約1.2倍となり、当初目標の売上10%増加が達成された。品質も実証ほ場の果実糖度が5.4度と、県農業技術センター試験ほ場の同一品種・同時期の糖度4.6度よりも優った。これは、リニューアルした実証システムに加えて導入したCO₂発生装置、ミスト発生装置等の環境制御機器類について適切な統合環境制御が行われたことによると考えられた。

さらに、既存の環境制御システムにモニタリング機能が付加され、栽培環境の見える化により栽培管理の改善点が明らかとなり、また、制御設定の作業性が向上したことにより、今まで設定の煩雑さから利用されていなかった詳細な設定も利用が進んだ。

経済・経営評価

平成29年度に検討したUECS対応システム導入コストは1,390千円であり、年間約200千円（償却期間7年）の所得増が必要と試算された（表）。

広く普及を図るには、さらなる低コスト化が望まれたため、廉価版の複合環境制御機のUECS化に取り組み、「ふくごう君Ⅱ」を開発した。導入コストの約200～300千円の低減が見込まれており、一層の低コストで省力化も図られるため、今後、現場への導入・普及が期待できる。

表 県内で普及がみられる環境計測制御機器との比較

製品名	本試験器	B社製	C社製
環境制御システム一式	1,390千円	約2,000千円	約2,700千円
導入経費例(10a一棟)			
通信費・利用料等	無し ^注	65千円/年	無し ^注 【会費 12千円/年】
年間減価償却額(千円)	199千円	286千円	386千円
償却期間7年			

注）インターネット環境は含まず

担当者連絡先：神奈川県農業技術センター・瀧口 武・北畠 晶子
e-mail: kiataba.0384@pref.kanagawa.jp ・電話：0463-58-0333

施設野菜におけるUECS統合環境制御による高効率 安定生産技術の確立

埼玉県農業技術研究センター・近畿大学・株式会社ワビット・三基計装株式会社

背景と導入技術



施設園芸に環境制御の導入が進んでいる中で、設備が高額であることが課題となっている。

そこで導入コストの安価なUECSを活用し、確実な稼働を確認するとともに、最も導入の進んでいるCO₂の施用を中心に、より効果的かつ増収する方法について、トマト生産農家のハウスで実証した。



内容は、UECSプラットフォーム上で統合環境制御によるトマトのCO₂局所施用の実証ハウスを設定し、従来の循環扇で拡散させるCO₂施用の対照ハウスと比較して、より高効率な生産体制を実証した。

成果の概要

表1 規格別出荷量の比較 (kg/10a換算値)

規格	対照ハウス		実証ハウス		比較 (実証/対照)		大玉(3L~M)と 小玉(S~6玉)の比較 (実証/対照)	
	1作目	2作目	1作目	2作目	1作目	2作目	1作目	2作目
3L	869	689	1,092	970	1.26	1.41		
2L	1,492	1,166	1,770	1,731	1.19	1.48		
L	6,771	5,804	8,229	7,499	1.22	1.29	1.18	1.19
M	6,300	6,894	7,192	7,245	1.14	1.05		
S	5,128	4,373	5,710	4,250	1.11	0.97		
4玉	4,540	5,380	4,750	4,831	1.05	0.90	1.06	0.90
5玉	2,098	1,777	2,113	1,361	1.01	0.77		
6玉	407	182	378	136	0.93	0.75		
計	27,606	26,266	31,234	28,023	1.13	1.07		

実証ハウスのトマト収量は、1作目(収穫期H29年1~7月)で対照ハウスと比較して、10a当たり13%増え、また、大玉(M~3L規格)の合計も18%増加し果実肥大が促進された。

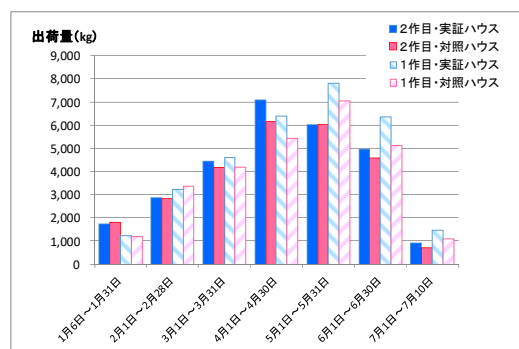


図1 時期別出荷量の推移

2作目(収穫期 H30年1~7月)は、収穫期後半に病気が発生し、対照ハウスと比較した増収率は、1作目より低下した(収量7%増、大玉規格19%増)。

実証ハウスのCO₂施用装置の燃焼時間は、1作目が対照ハウスと比較して16%短縮でき、CO₂施用装置の燃料消費量も16%減少した。2作目は両ハウスの濃度条件が同じ期間のみを比較し、実証ハウスが燃焼時間・燃料消費量ともに10%減少した。

生産者や指導機関が生体情報のデータを活用するために、トマトの生育状態を調査しCO₂施用や栽培管理作業へ活かすよう、研修会を行った。

経済・経営評価

実証ハウスの収量が対照ハウスより増加したことや、CO₂燃料エネルギー使用量が対照ハウスより少ないなど、CO₂局所施用がより高効率なCO₂供給方法であるという結果だった。

また、実証ハウスのCO₂局所施用に伴う経費の試算では、総収量や大玉果実の増加による実証ハウスの粗収益向上により、UECS制御やCO₂局所施用のコストを差し引いても、10a当たり174千円の増益となり、所得で10%増加に相当した。

表2 実証ハウスの対照ハウスに比較した経済性 (千円/10a換算値)

増収益	経費	所得
収量・大玉増加分	UECS制御・局所施用 設置・稼働費	
〔実証ハウス ー対照ハウス〕	〔機器・資材設備、 通信・燃料・電力〕	〔増収益 ー経費〕
420	245	174

担当者連絡先(埼玉県農業技術研究センター・山口敦
e-mail:yamaguchi.atsushi@pref.saitama.lg.jp・電話:048-536-6034)

研究に携わった研究者・技術者・農業者(役職・敬称略)

[研究者・技術者(共同研究機関)]

近畿大学・生物理工学部(先端技術総合研究所) 星 岳彦・瀧川 義浩・坂本 勝
株式会社ワビット 戸板 裕康・小林 一晴・永浦 修敏・森 隆志
岡山大学・環境生命科学研究科 安場 健一郎・後藤 丹十郎・吉田 裕一
農研機構・西日本農業研究センター 黒崎 秀仁
九州大学・大学院農学研究院環境農学部門 岡安 崇史
三基計装株式会社 木村 正行・松吉 明彦・竹林 一彦
宮崎県総合農業試験場 郡司 孝幸・加藤 三郎・野崎 克弘・中村 憲一郎・壹岐 怜子・
長友 広明・中村 薫・中村 広・起汐 一広
宮崎県農業経営支援課 黒木 正晶・藤原 明紀
宮崎県宮崎中部農林振興局 横山 英二
宮崎県南那珂農林振興局 宇藤山裕美
山口県農林総合技術センター 鶴山 浄真・日高 輝雄・重藤 祐司・西田 美沙子・木村
靖・平田 俊昭・尾崎 篤史・田中 進
山口県山口農林水産事務所 金治 直子
岡山県農林水産総合センター 森 義雄・笠原 有加・粒生 直義
岡山県備中県民局 池内 浩介・堀江 美穂
香川県農業試験場 香西 修志・松崎 朝浩・植田 舞世・中條 里映
香川県農業経営課 伊藤博紀・加藤伊知郎
神奈川県農業技術センター 瀧口 武・深山 陽子・高田 敦之・小泉 明嗣・北畠 晶子・曾
根田 友暁・増田 義彦・田村 律子・松村 知子・松田 広子・河田 隆弘・荒木 麻友子
埼玉県農業技術研究センター 山口 敦・齋藤 仁・阿見 真・岡山 研
埼玉県加須農林振興センター 小澤 貴弘・岩元 篤

[農業者(協力機関)]

(有)JAファームみやざき中央 有馬 和良
宮崎県スイートピー生産者 由良 隆彦
株式会社ベリーロード 原田 俊二・河村 武志
JA岡山西・フルーツフラワーセンター 片岡 剛志・難波 幸夫
JA岡山西船穂町花き部会 北村 明成
岡山県スイートピー生産者 木下 良一
香川県イチゴ生産者 藤谷昭憲
神奈川県トマト生産者 菊地 弘幸・飯田 卓
埼玉県トマト生産者 杉山 直樹



注1: 協力機関も含み、また、研究コンソーシアム構成員の登録組織より細分化している場合もあります。
注2: 所属は研究実施期間(2016年4月～2019年3月)の担当時のもので、現職とは異なる場合があります。
注3: 氏名の掲載順は研究項目別分担者表の記載順で職位順ではありません。
注4: 複数の研究項目に記載のある場合は初出時の順で記載しています。

謝辞: 本研究成果冊子は、農研機構生研支援センター「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域戦略プロジェクト)」の「UECS プラットホームで日本型施設園芸が生きるスマート農業の実現」の支援を受けて発刊いたしました。