



2017.11.29 アグリ技術シーズセミナーin沖縄

ICT & IoTを基盤とした果実生産システム

琉球大学 研究推進機構 研究企画室
副室長 上席リサーチ・アドミニストレーター
殿岡 裕樹

研究シーズ：琉球大学 工学部 玉城 史朗
琉球大学 農学部 諏訪 竜一



2

本日の講演の概要

マンゴーなどのトロピカルフルーツやイチゴをターゲットとし、CO₂施用やLED補光、環境計測や遠隔操作などICTを活用した施設園芸における栽培支援システムの開発について紹介

1. CO₂施用と冬季補光による
亜熱帯果実増収量システム
2. 亜熱帯環境下のハウス内における
果菜類に対するCO₂局所施用技術



1. CO₂施用と冬季補光による 亜熱帯果実増収量システム

研究シーズ：琉球大学 工学部 玉城 史朗



H28年度 沖縄科学技術イノベーションシステム構築事業の助成を受け実施

4

沖縄県のマンゴー：県内で最も産出額が多い重要な果物

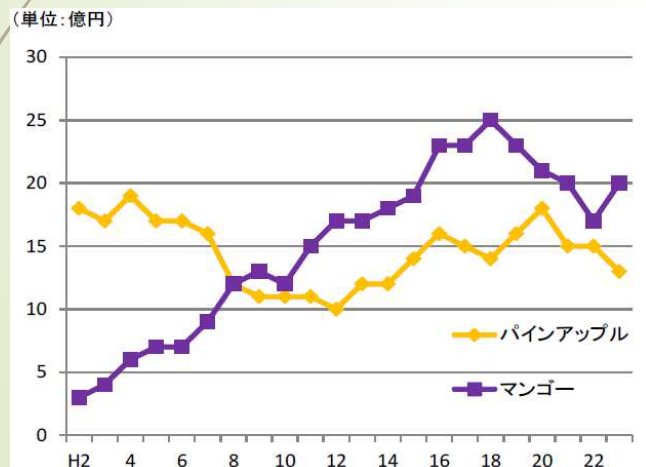


<http://www.utopia-farm.net/>

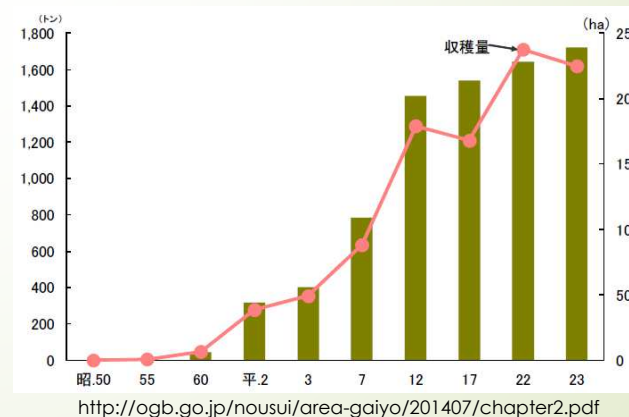
平成23年度

- ・ 結果樹面積 239 ha
- ・ 収穫量 1,620 t
- ・ 産出額 約20億円
- ・ 国内生産量の48%を占める
- ・ 労働集約的、高コスト高付加価値

全国 1 位



マンゴーとパインの農業産出額



<http://ogb.go.jp/nousui/area-gaiyo/201407/chapter2.pdf>

マンゴーの結果樹面積と収穫量の推移



5

マンゴー栽培の問題

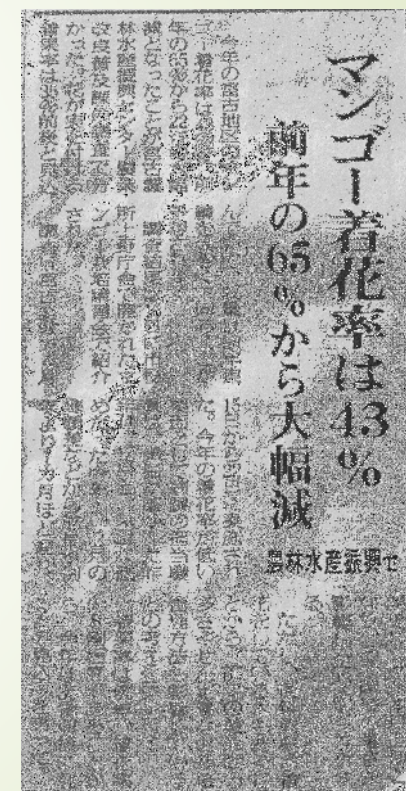
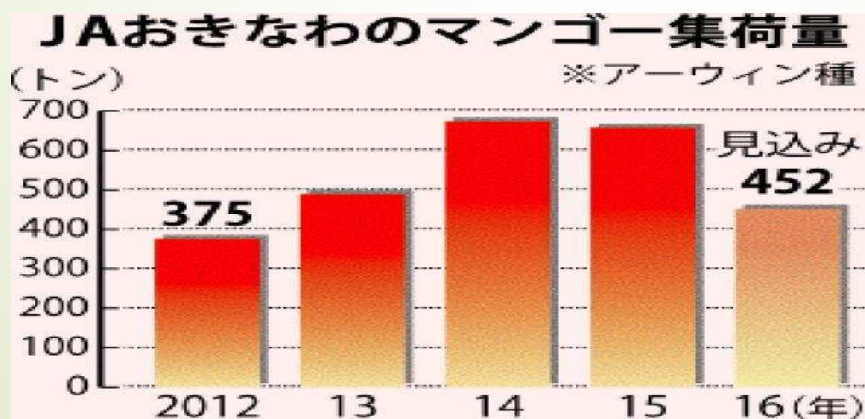
天候不順
台風 など

典型的な高コスト・高付加価値な果物のため、ロスが即収入減に結びつきやすい

2016年 沖縄のマンゴーは記録的な不作に見舞われた

不作の原因：長雨、日照不足、11-12月の高温、1-2月の寒波

県農林水産部園芸振興課は2016年産マンゴーの生産見込み量をまとめた。宮古地区の生産見込み量は**前年比 4 割減**の454ト。気象条件に恵まれず開花が少なく、着果に影響した。県全体の生産量は1292トが見込まれており、宮古地区の生産量が占める割合は35%。ちなみに前年度生産高は765トンである。



宮古毎日新聞 記事

6

沖縄県のマンゴー栽培状況（事例：長北ファーム@宮古島市）



昨年の被害状況：前年度の半分

主な原因：平年と比べて、1月は30時間ほど日照量が少なかったため、日照不足が原因と考えられている。

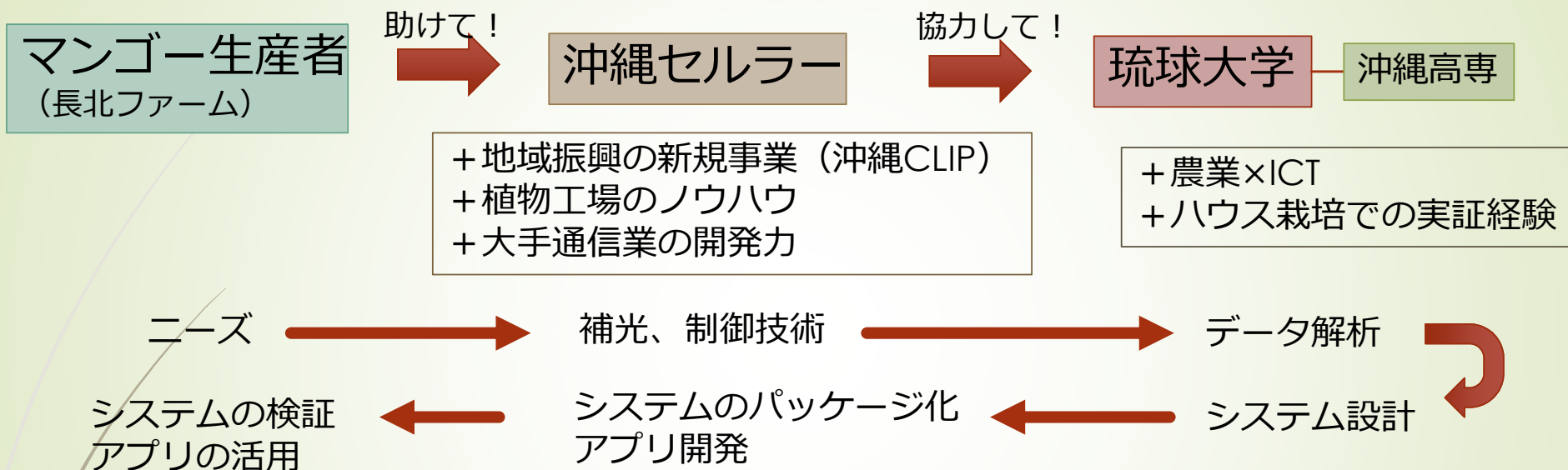
生産者の課題

- ・収量や品質が環境変化に大きく左右される。
- ・限られた空間内での、生産性の向上に限界を感じている。
- ・暗黙知（経験則）に頼った栽培方法に不安を感じている。



7

生産者ニーズから研究開発へ



現状と課題

- ・施設園芸における環境制御は先行研究があるが、マンゴーでは事例がない (LED補光、CO2添加、反射シート、等々)
- ・既に実用化されている農業×ICTソリューションは、遠隔監視とエネルギー節約のものがあるが、高価なシステムが多く導入する生産者が少ない
- ・日本語で使える農業×ICTモバイルアプリがほとんどない (畑らく日記：記録アプリ)



研究開発のねらい

日本一のマンゴー生産県であるという地位を確固たるものとし、ICT & IoTを用いたより高品質・高収量のシステム開発を目指す。

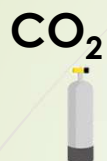
- 生産者の智恵、経験を常にフィードバックすることにより、最適なマンゴー生産システムを確立する。
- マンゴー生産にICT & IoTを導入することにより、農業生産システムの省力化・高精度化を図る。→ 他の果実・野菜生産にも応用
- マンゴー生産者と、マンゴー生育環境の調和を図る

将来はこの生産システムを他の熱帯地域へ！！



9

研究開発における検討項目



CO₂

局所施用方式による葉の裏面への施用
(JST事業にてイチゴ、エダマメ栽培で実証済み)

光



日照不足時の補光+反射シート
補光はLEDを用い、波長の選択、照射条件の検討を行う

温度



ハウス内で20℃を下回ることを無くし、
理想値平均25℃を目指す

品質



収穫した果実の品質は専門家の評価を受ける
(琉球大学農学部：平良栄三准教授：近赤外線分光法)

暗黙知

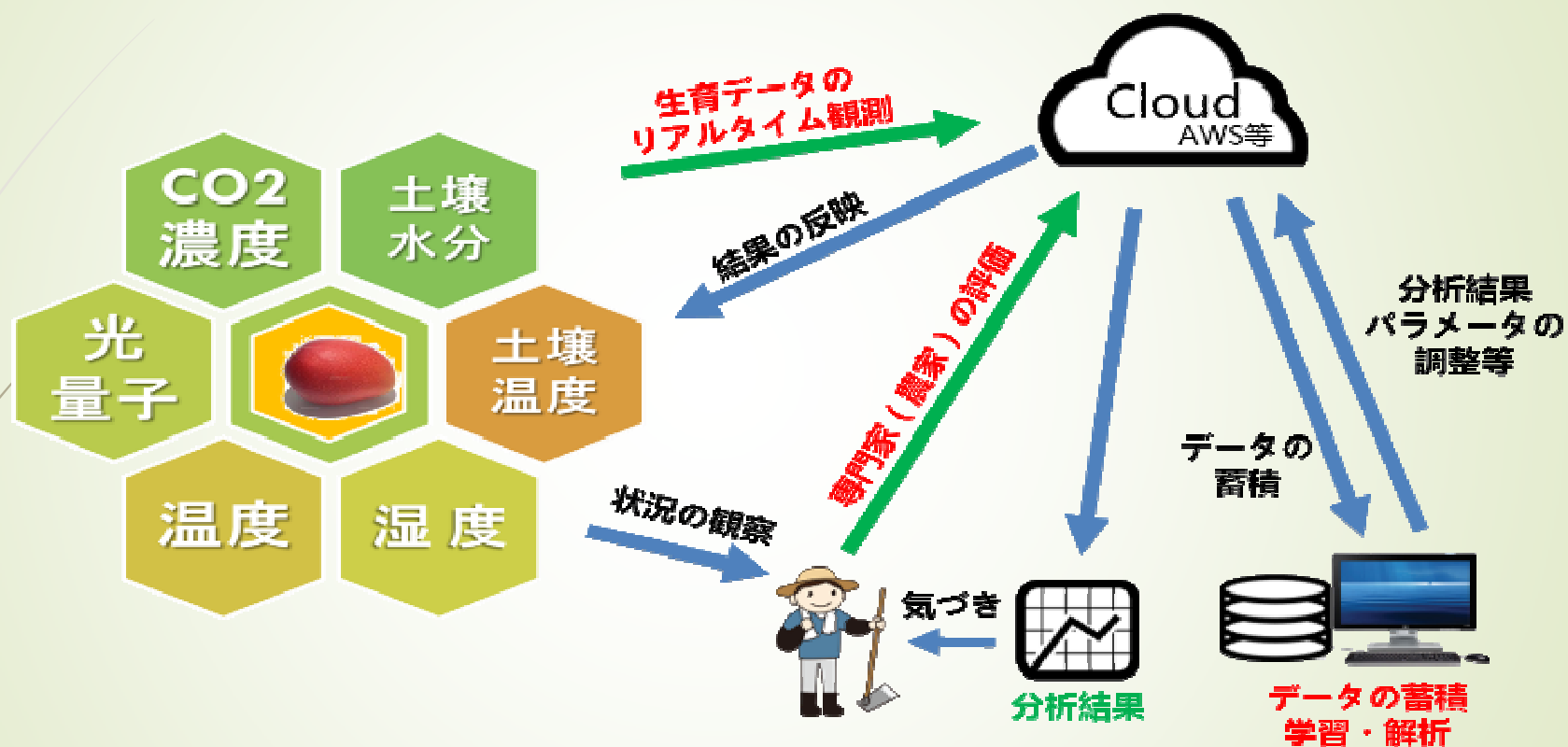


生産者のノウハウを抽出し、制御系に応用



目標...第一段階：減収をなくす 第二段階：育成期間の短縮 第三段階：収量増

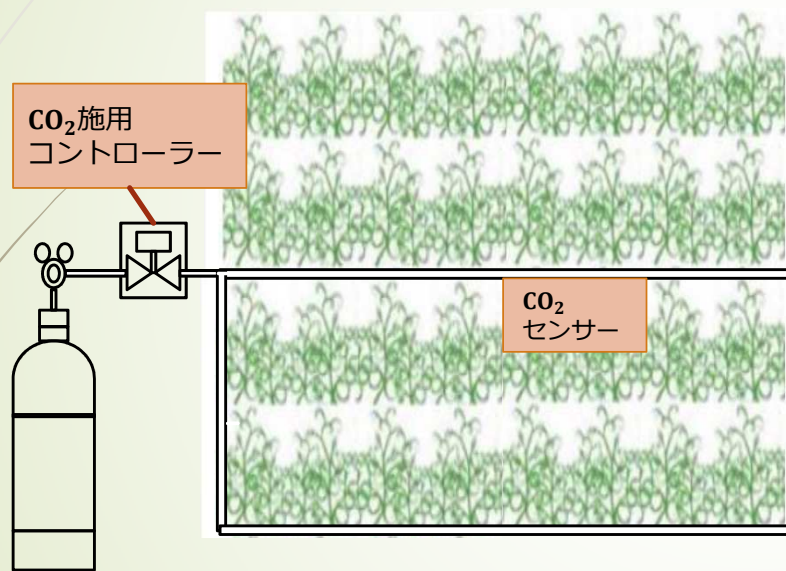
IoT & クラウドコンピューティングシステム



作物栽培の品質、収穫量向上に向けた、データ蓄積用
ワイヤレス環境計測制御システムの開発

CO₂の局所施用

CO₂施用装置の概要



CO₂施用システム



CO₂噴射弁

12

CO₂施用装置の構成



コントローラ



CO₂制御装置



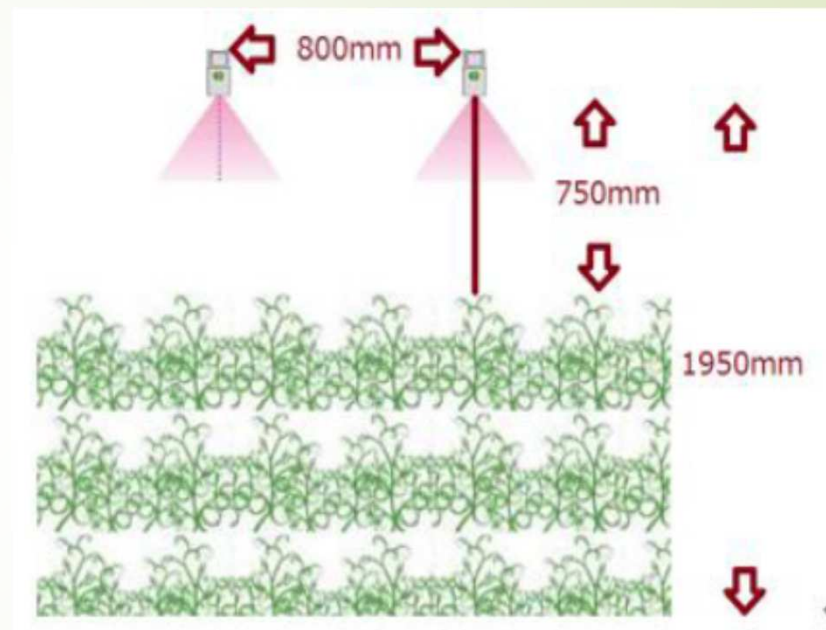
圧力調整弁



CO₂センサー

LED補光システムの概要

- LED補光システムの幾何位置は地面から1950 mm 高さに設置されており、LED間の間隔は800 mm LEDからマンゴー樹頂端までの平均部分間隔は750 mmである。
- ここでの波長域は400nm – 700nm、要求光量300 – 340 $\mu\text{mol/s/m}^2$ である。
- 2016年11月より、午後5時～8時までの3時間、CO₂施用、LED補光を行った。



LEDとマンゴー樹の幾何学的位置

※LEDはPhilips社のPhilips Green Power LED toplighting module DR/W MB 200Vを使用





LED補光システムの稼働状況



LEDを全照射



LED補光時のマンゴー樹



LED補光時のマンゴー樹 (引き)



LED + 反射シート



マンゴー生育実験の結果（2017年 4月上旬）

CO₂施用、LED補光区と対照区との差異 着花時



対照区



CO₂ and LED 区

マンゴー生育実験の結果（2017年 5月下旬）

CO₂施用、LED補光区と対照区との差異 着果時



対照区



CO₂ and LED 区

マンゴー生育実験の結果（2017年 6月下旬）

CO₂施用、LED補光区と対照区との差異 収穫前



対照区



CO₂ and LED 区

ICT & IoTを基盤としたマンゴー生産システムの開発 現状

- マンゴー栽培においてCO₂施用LED補光は初めて（新規性）
- その結果、収穫時期が2週間程度早くなった。また、品質の向上も見られた
- ICT & IoT技術として、低価格な無線計測システムを開発し、多地点でのマンゴー生産環境（温度、湿度、日照、土中水分、土中温度）の観測が可能になった。

Bigデータ→クラウドに蓄積→知的情報処理による生育システムの最適パラメータの決定+生産者のノウハウのフィードバック



19

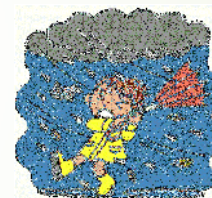
標準的なマンゴー生産の1年

将来の展望

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
・収穫4ヶ月後に開花、受粉を行う ・光、温度は天気まかせ			・果実が成長。摘果を行う		・収穫時期			・収穫後の樹の手入れ ・養生、樹勢の回復		・成長は寒さで緩慢になる ・病気の駆除を行う	

本プロジェクトが目指すマンゴー生産の1年

1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
・環境情報の取得 (通年) ・開花準備と受粉管理 ・CO2施用 ・LED補光 ・温度管理 ・病気の駆除			・果実が成長。摘果を行う (ノウハウの継承) ・CO2施用、LED補光、温度管理		・収穫時期 ・生産者の経験値による収穫 ・経験と計測値、および画像情報を融合したデータベース化			・収穫後の樹の手入れ ・養生、樹勢の回復 ・土壌データに基づく追肥		・CO2施用 ・LED補光 ・温度管理 (成長促進) ・病気の駆除 ・開花準備	

早生で
市場優位台風が来る前に
収穫が終わる!



2. 亜熱帯環境下のハウス内における 果菜類に対するCO₂局所施用技術

研究シーズ：琉球大学 農学部 諏訪 竜一（島田 信隆）

H27年度 JSTマッチングプランナープログラム探索試験の助成を受け実施

沖縄県におけるイチゴをめぐる現状

- 沖縄県は他県から年間約100トン輸入している。
- 近年、沖縄県で生産・出荷され始めてきている。



表1.イチゴの県内・県外・外国産地別取扱高 数量(t)

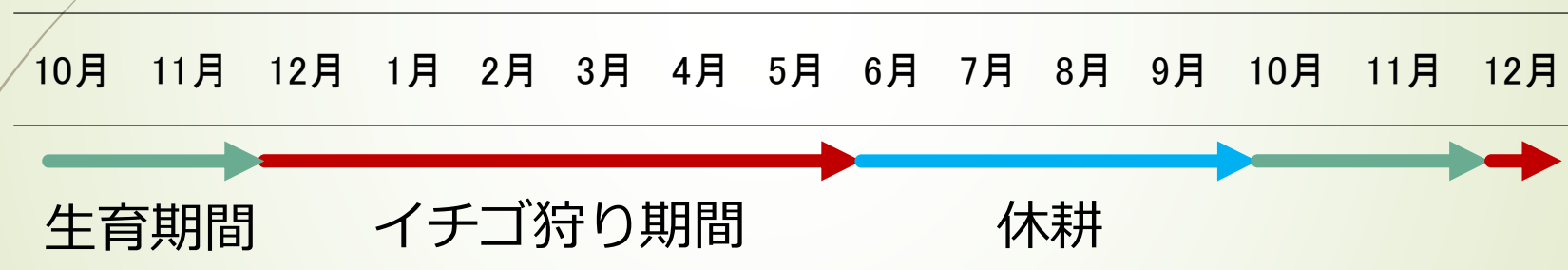
年度	県内	県外	外国	総計
平成23年	0	196	0.67	197
平成24年	0	101	0	101
平成25年	0	104	0.68	105
平成26年	0.20	92	0.11	92
平成27年	0.53	103	0.13	104

引用：沖縄県中央卸売市場
「市場月報」平成23年から平成27年

沖縄県におけるイチゴ生産の課題

- ・ 生育後期である5月上旬に**なり疲れ**を引き起こす場合がある
- ・ 夏季の高温は栽培に不向きで、長い休耕期間がある

沖縄県におけるイチゴ生産者の年間スケジュール





23

イチゴのハウス栽培における増収技術（従来技術）

高濃度CO₂条件下で果菜類は収穫期に新鮮重，乾物重，収量の増加がみられる(織田 1975)



ボイラー排ガスを用いたCO₂施用技術

CO₂と熱を同時に取り込み，光合成を促進させる技術

本土

低温のため、加温で生育適温の20℃を越える際も換気すれば使用可能

沖縄

高温のため、加温により生育適温の20℃を越えてしまい使用不可



CO₂局所施用技術の活用を検討（ボイラーを炊かずにCO₂のみ添加）

CO₂局所施用技術（新技術）

CO₂を局所的に滞留させて光合成を促進する技術



- ボンベから直接CO₂ガスを施用するため熱を放出しない。
- CO₂をピンポイントに施用することができるため、
少量で効率的にCO₂を供給することができる。

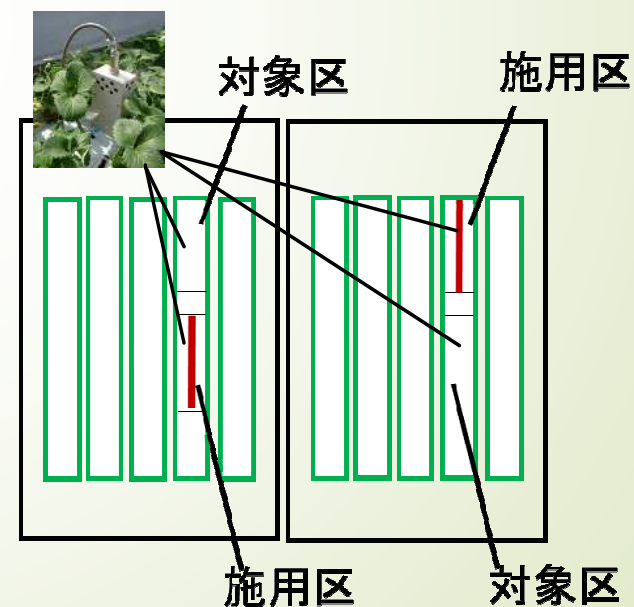
材料と方法 1

期間 2015年10月1日～2016年5月22日(施用は3月3日から)

供試材料 さちのか (*Fragaria* × *ananassa* Duch. cv. Sachinoka)

栽培地 イチゴ農場(中城村)
→高設栽培棚へ千鳥植えで定植

処理 800～1000ppmのCO₂施用を
6:00～19:00の間行う
施用区と対照区を
約80個体ずつ用意



刈り取り調査

処理開始後、約1か月4月7日(T1) 生育終期の5月22日(T2)に実施

収量調査

収穫適期の実の収穫 小果 < 6g ≤ 可販果 とした

糖分析

分散機 (ULTRA-TURRAX, IKA)を用いて実をつぶし、搾汁液を用いてポケット糖酸度計 (PAL-1, ATAGO)で糖度を測定

光合成測定

T2前に携帯型光合成装置(LI-6400, LI-COR)を用いて、ガス交換速度のCO₂に対する日変化を測定

分析：2016年4月と
5月中の収穫果を使用





27

結果 1

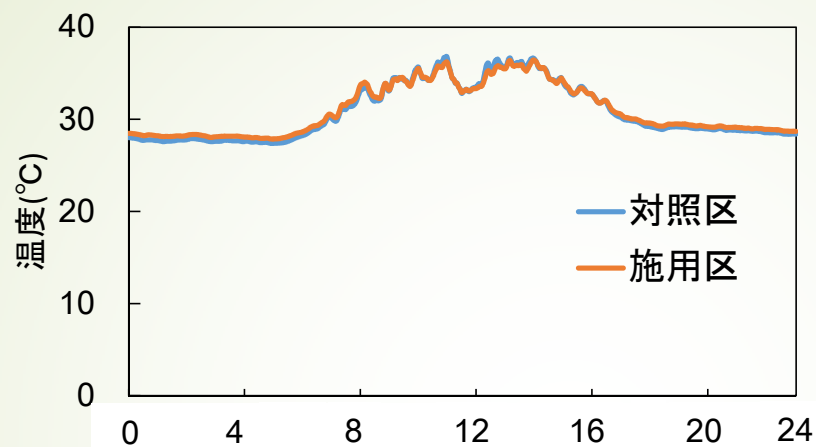


図1 ハウス内の温度の日変化 (5月9日)

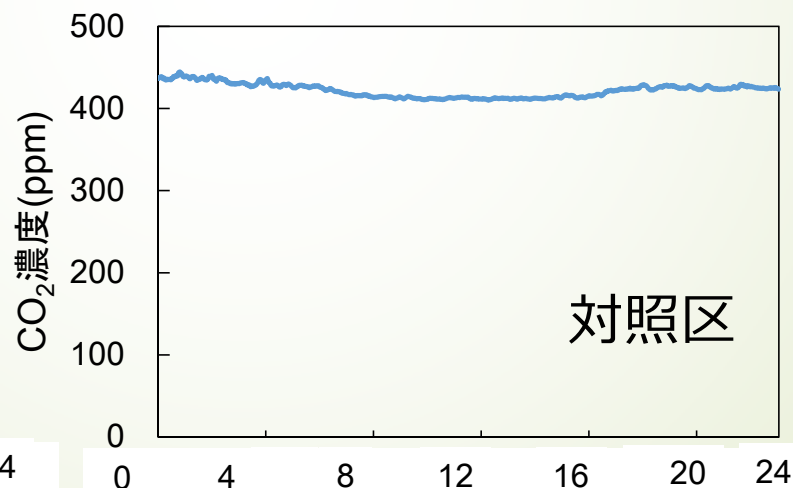
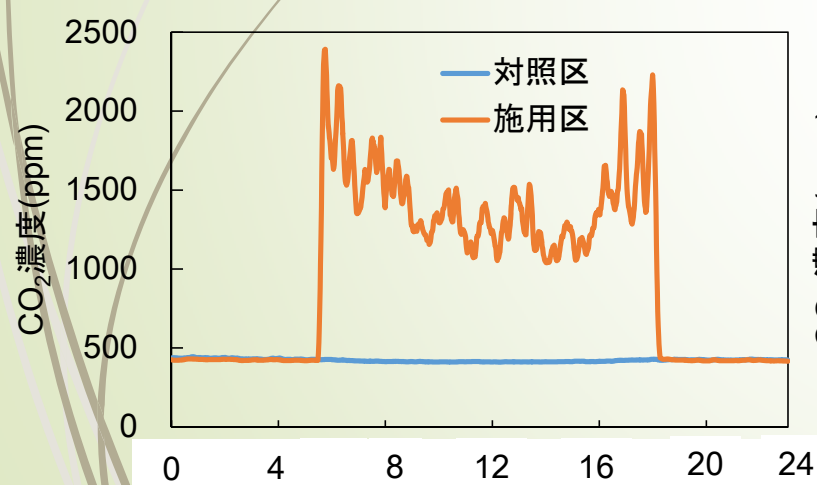
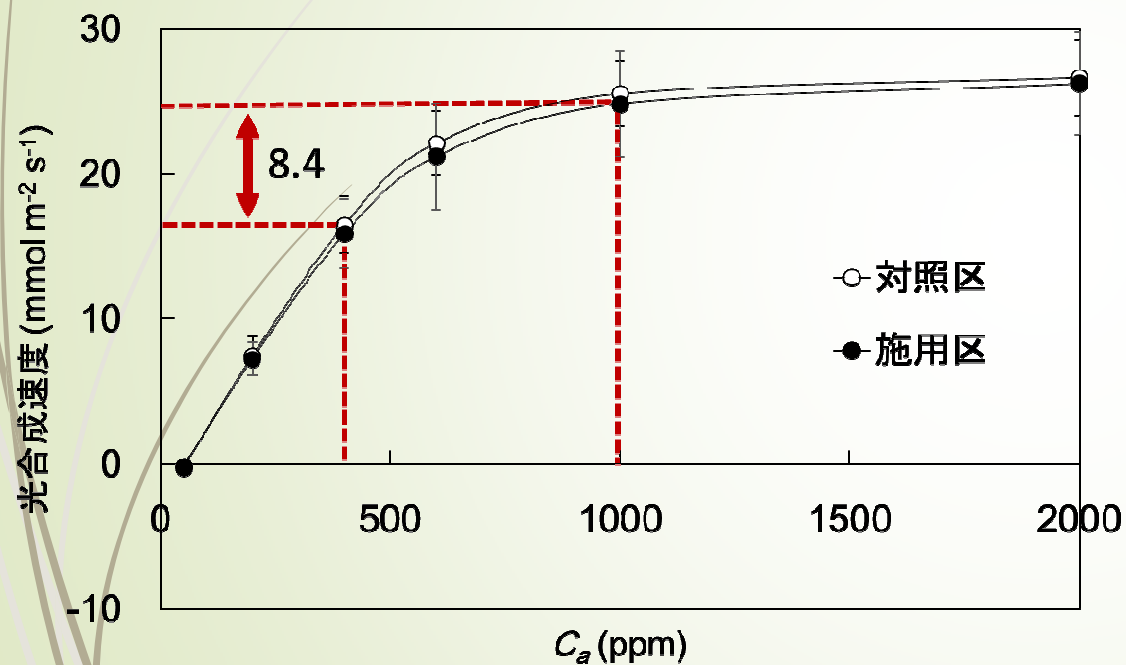
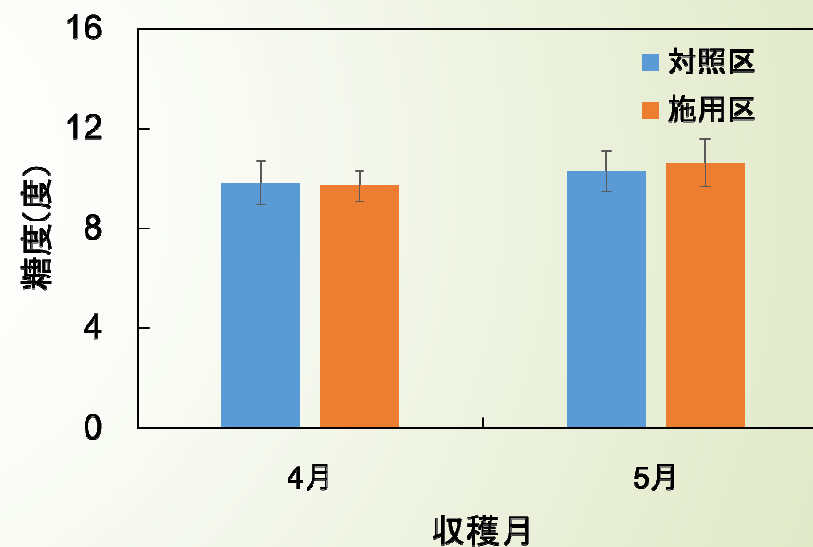


図2 ハウス内のCO₂濃度の日変化 (5月9日)

図3 CO₂-光合成曲線


注) バーは標準偏差を示す(n=8)

図4 4月と5月の実の糖度の平均



注) バーは標準偏差を示す(T検定, 4月 n=18, 5月 n=22)

収量調査

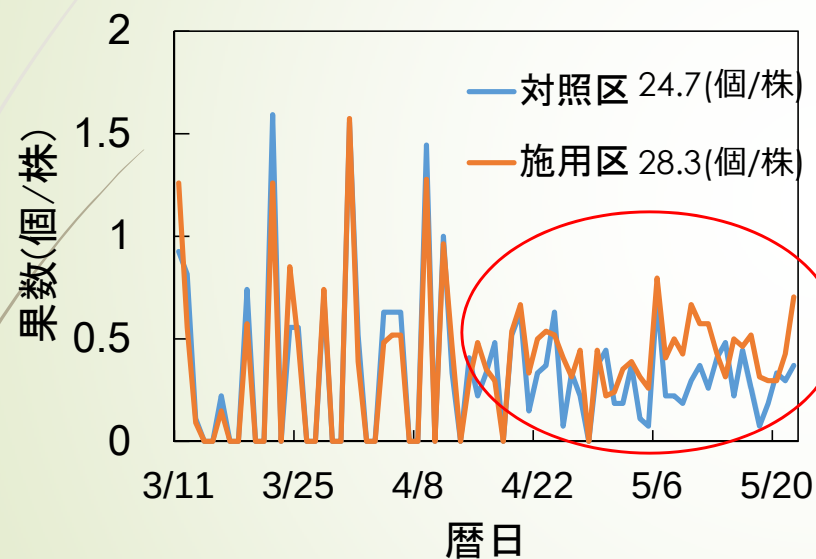


図5 実験期間における収穫果数の推移

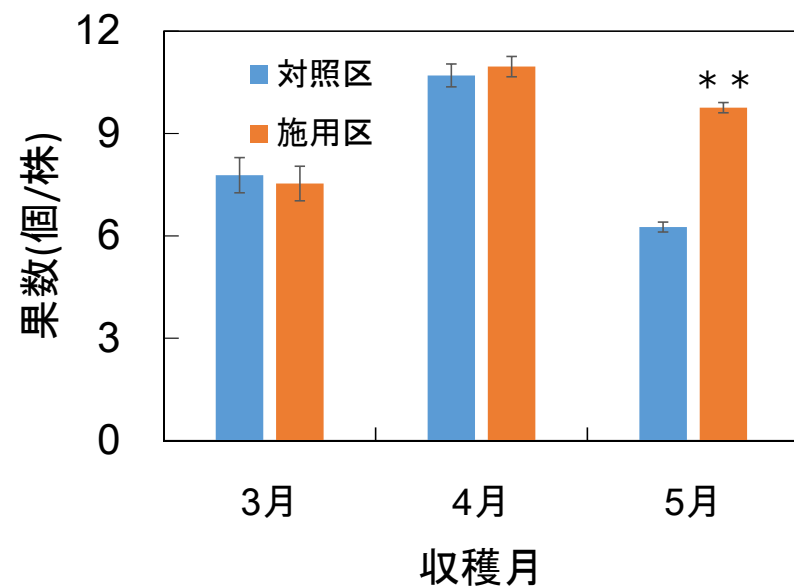


図6 月別の収穫果数の比較

注1) バーは標準偏差を示す

注2) ** は1%水準で平均値に有意差があることを示す
(T検定, 3月 n=29, 4月 n=30, 5月 n=22)



CO₂の局所施用により

果実数の増加により、なり疲れの予防と
収量増加が可能と示唆された



収穫果数・子実数が増加することにより、亜熱帯地域の気候
においても収量の増加を可能とする技術であると示唆された



ICT & IoTを活用した施設園芸技術...沖縄の農業のさらなる発展へ

Thank you !

Mail to: tonooka@lab.u-ryukyu.ac.jp