

農業技術センターにおける 環境制御技術の開発について



2022.3.10 研究成果発表会
広島県立総合技術研究所 農業技術センター

1. 目指す姿



植物の声を反映

1. データ化

2. 制御プログラム

3. 制御・生産性向上

誰でも儲かる農業



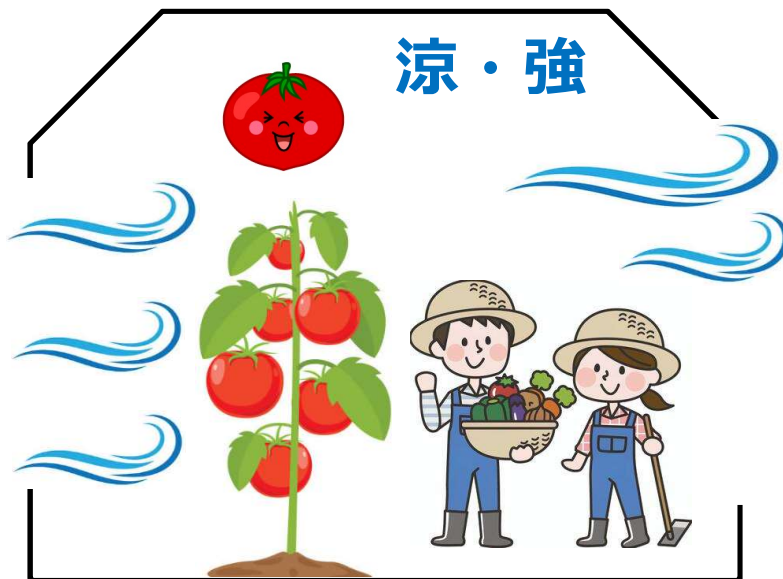
その他

2. 取り組み中の技術内容

3つのステップ



夏でも植物・作業者に
やさしい強靱なハウス



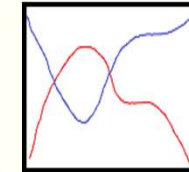
栽培の基本と植物の反応に基づく環境制御

1. 見える化



- 環境情報のデータ化
- 生体情報のデータ化

2. 分かる化



- 生体情報に基づく
環境制御プログラムの
組立

3. 動かす(見て, 分かって)



- 生体情報に基づく
環境制御による生産性向上

増収



2.1) ハウスを建てよう 足場管耐候性ハウス

【開発・連携機関】農研機構 西日本農業研究センター

- 価格の高い農業専用資材を避け、流通量が多く**安価な足場管**を利用
- **強靱性・快適性・自由設計** ⇒ 施工の**簡素化, 低コスト化**



両屋根型



片屋根型

OH26~27 革新的技術緊急展開事業「地域間連携による低投入・高収益施設野菜生産技術体系の実証」

OH29~31 経営体プロ「低コスト化・強靱化を実現する建設足場資材を利用した園芸用ハウスの開発」

OR2~6 イノベ事業「アスパラガス生産に働き方改革を!改植技術「桝板式高畝栽培」を基盤とした省力安定栽培システムの開発」

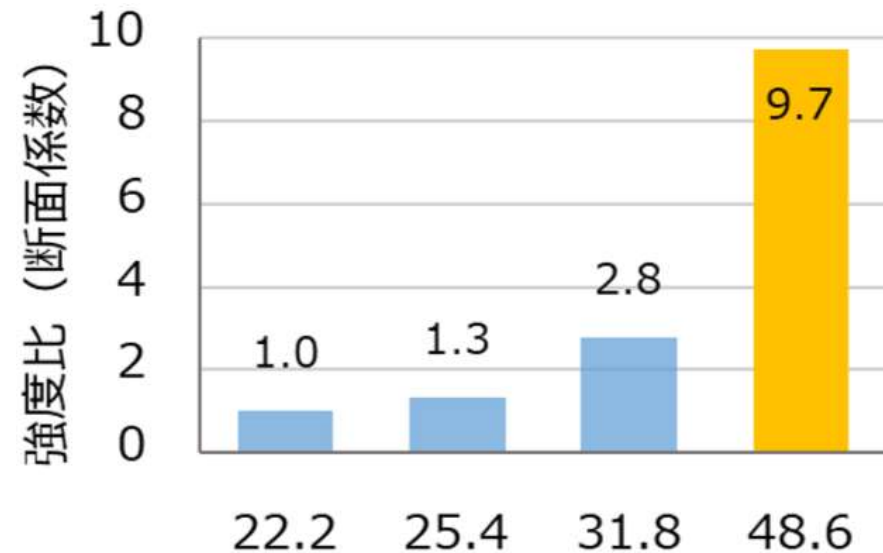
2.1) ハウスを建てよう 特徴

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



強 靱 性

農研機構 西日本農業研究センター



- **強度** : 22.2mmパイプの約10倍
- **施工** : 台風や雪対策に応じて補強も容易
(風速35~43m)

2.1) ハウスを建てよう 特徴



農研機構 西日本農業研究センター

快適性

容積に対し開口部をいかに大きくするかが重要



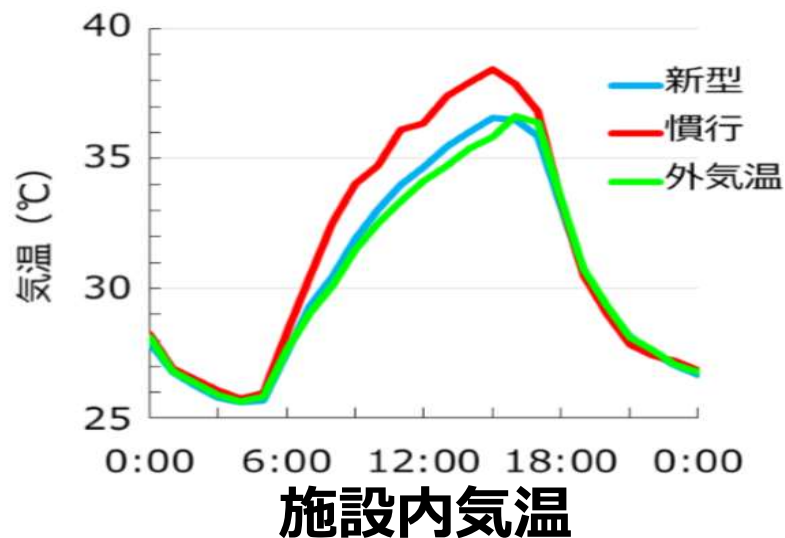
【足場管ハウス】



【従来ハウス】



夏でも涼しい



施設内気温

2.1) ハウスを建てよう 特徴

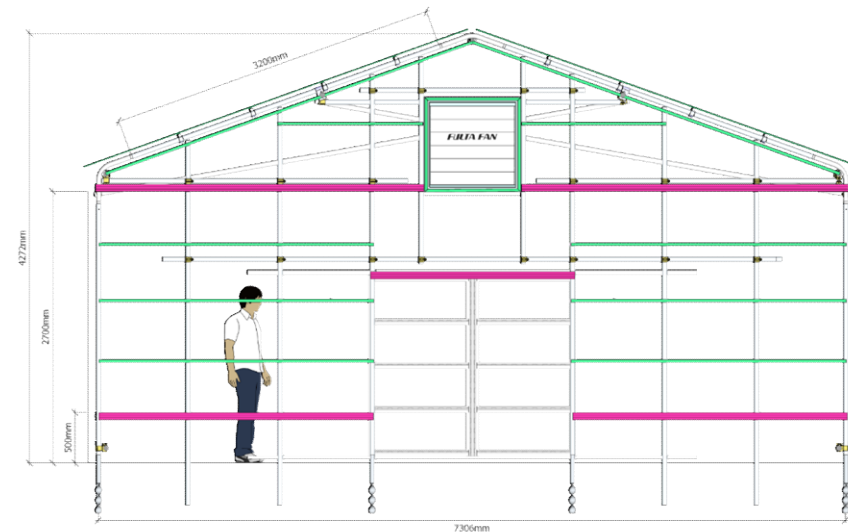
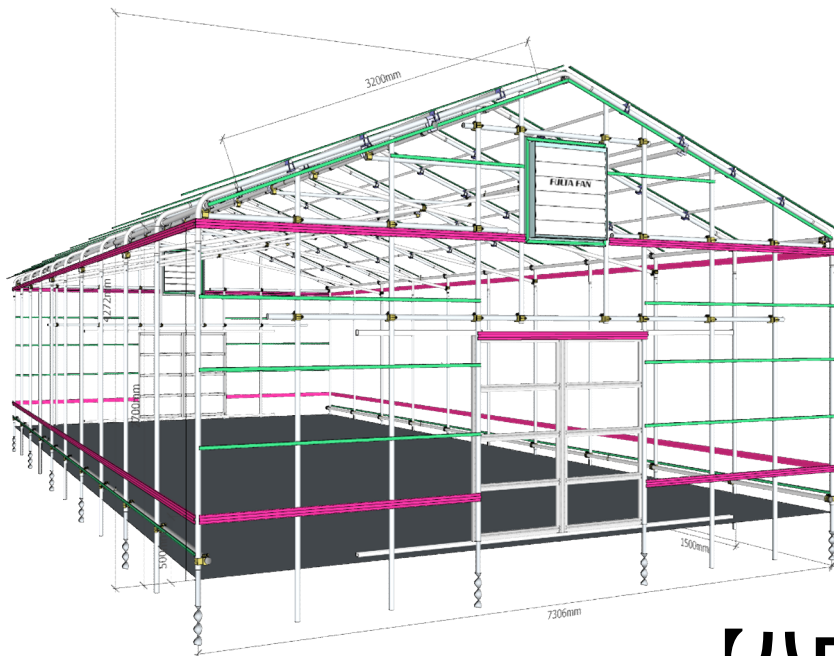
All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



施工性

農研機構 西日本農業研究センター

- **自由設計**
 - ・ 両屋根, 片屋根の選択
 - ・ 設置場所の条件や規模に沿った設計
 - ・ 詳細仕様の変更 (耐候性の強化等)
- **施工**: 農業専用部材が少なく**自家施工**も可能



【ハウス設計図】

2.1) ハウスを建てよう コスト・施工事例

【コスト・耐候性】

ハウス部材：～700万円/10a

施工費：～200万円/10a

耐風性：風速35～43m/s（骨材を増やし強化可能）

耐雪性：天井の角度で自在に調整

【施工事例】



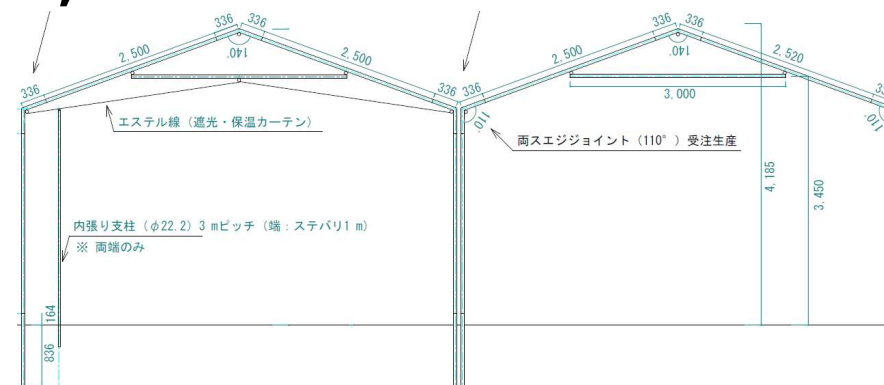
2.1) ハウスを建てよう 今後の取り組み



■ 現場普及の促進 随時アドバイス・技術支援中

- ・ 設計
- ・ 見積もり価格や仕様部材
- ・ 施工手順
- ・ 施工業者の選定

■ ハウスの建設・展示（単棟，連棟）



■ 施工の詳細部の簡素化・改良とマニュアル化

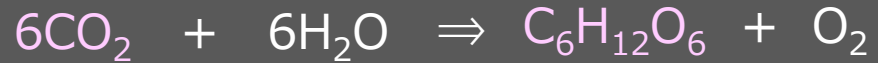


- ・ 施工時間
- ・ 強度計算
- ・ マニュアル化

2) 栽培技術の基本を理解 生産性向上のためには



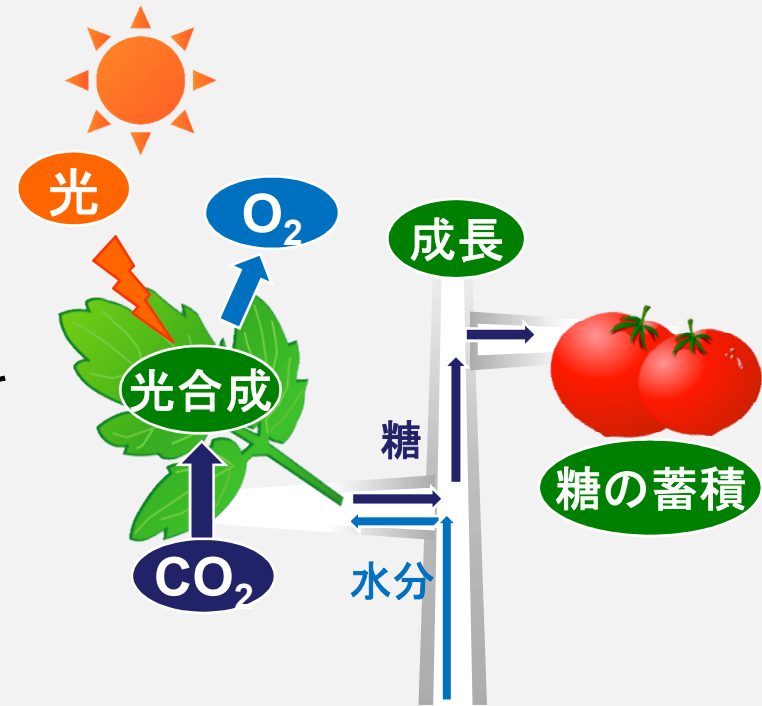
1. 【光合成を最大にするハウス内環境に】



二酸化炭素 水 光 炭水化物 酸素



【光合成に関する要因】



2. 【光合成が最大限できる環境に制御】

光合成を最大とする各環境条件を理解・把握
⇒ 「環境制御技術」に発展

2) 適正な環境に制御

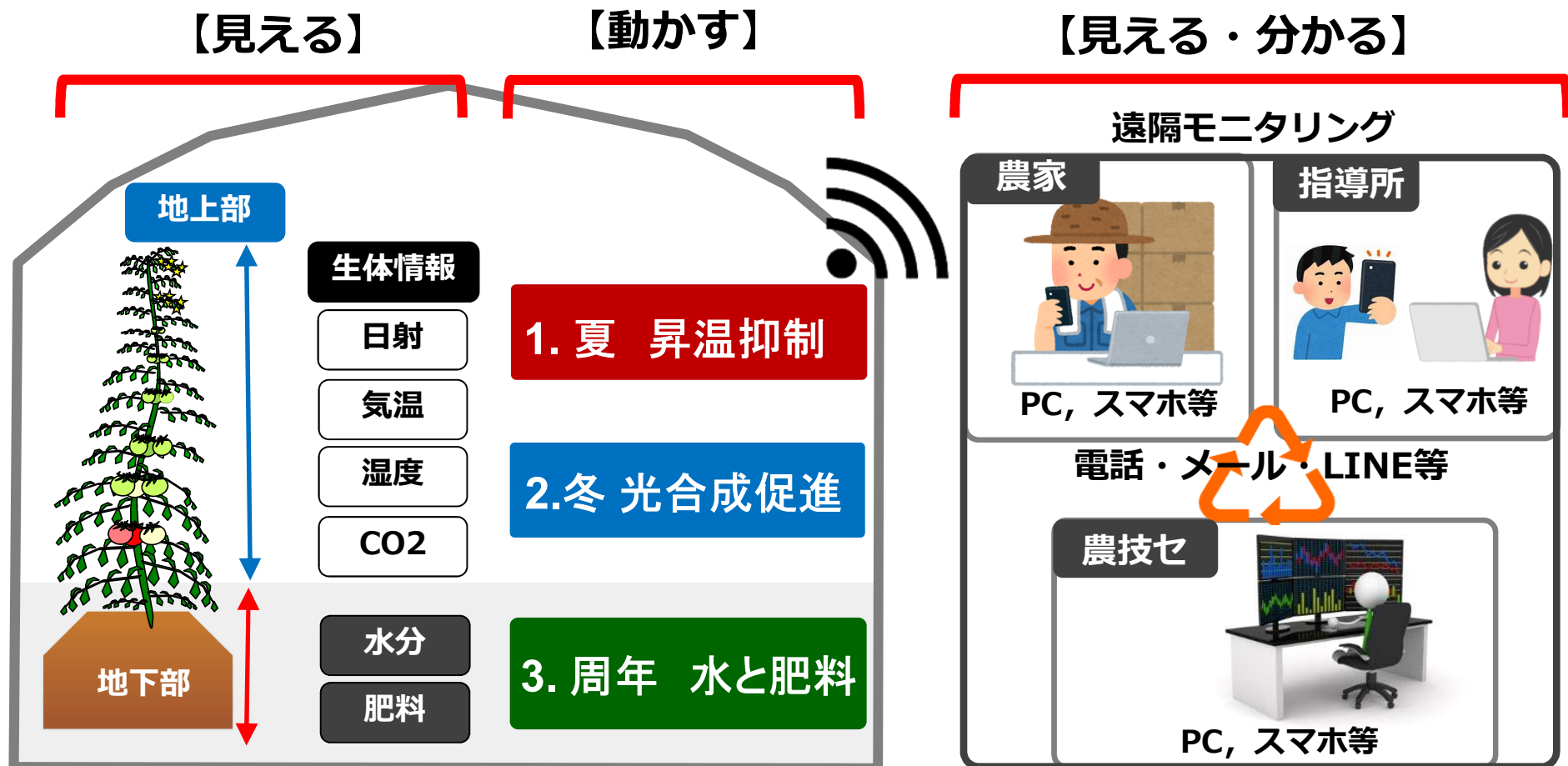


■ 環境をリアル把握, 植物の反応を解析, 最適環境に制御

(1) 見える

(2) 分かる

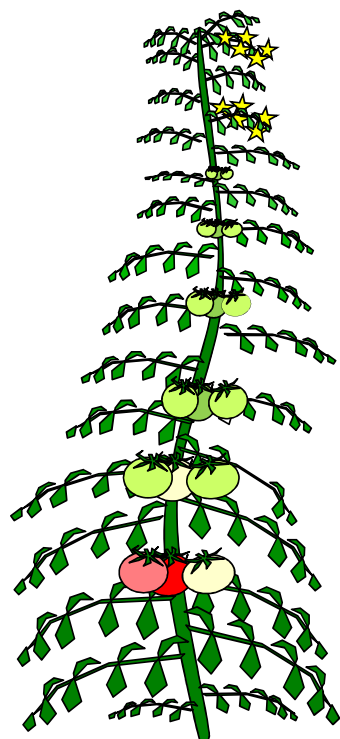
(3) 動かす



(1) 見える モニタリング機器について



【現在の見える項目】



- 日射
- 気温
- 湿度
- CO₂
- 風速
- 植物体温
- 茎径

- 土壌水分
- 水量
- EC

- 発売元の持続対応, アフター対応
- 初期コストやクラウド料
- 操作性



T&D HP抜粋

- 必要なものだけ子機化, 計測項目多数 (20~50項目)
- 広がるモニタリング項目
- クラウド料が格安 (月額数百円~)



(1) 見える

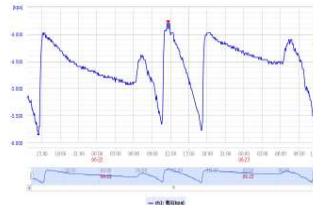
■ 各種教材作成と講習会の開催（遠隔モニタリング等）

AiTRU 広島県立総合技術研究所

遠隔モニタリング利用マニュアル
Ver.β1.2

AiTRU スムイン(Crit+) 技術研究所
広島県立総合技術研究所

遠隔モニタリングシステム製作マニュアル
～土壌水分編～ Ver.1.1



普及指導員



生産者（倉橋トマト，UECS版）

マニュアルを作成し公開予定，各種技術講習を開催，受け入れ中

(1) 見える 今後の取り組み

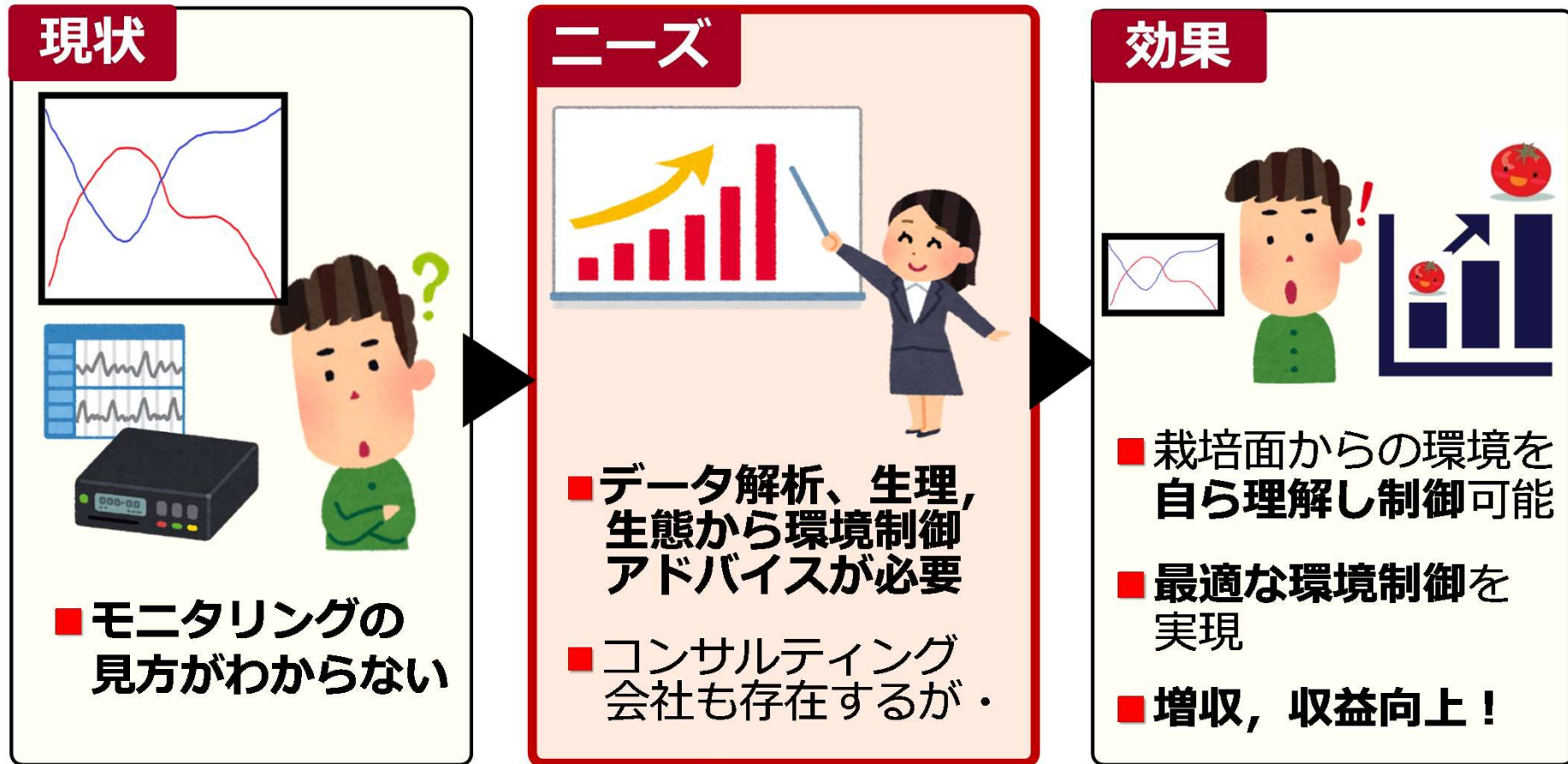


*ICT
network*



- リアルタイムで支援 ➡ 栽培技術のスキルアップ
- 具体的データ ➡ よりの確な環境の制御

(2) 分かる 本県の環境制御の考え方



植物の生理・生態からの環境制御方法へのアプローチ
⇒ 判断を支援するツールの製作

(3) 動かす 本県の環境制御の考え方

■ 必要に応じた技術の選択

A : 低サポート : 機器は自主製作で低コスト

⇒ 高度な制御機器の製作知識と栽培知識を有する生産者向き

製作講習会
で対応中

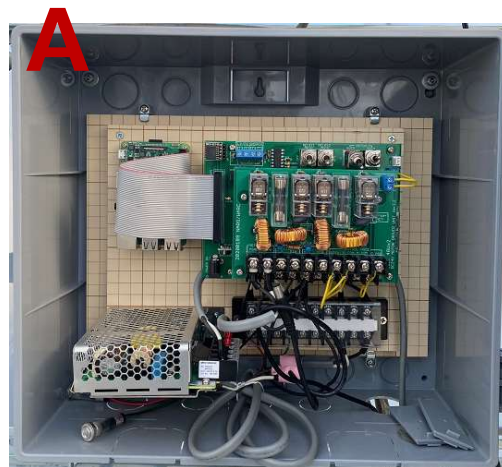
B : 高サポート : 統合的な環境制御が可能で、信頼性は高いが、採算性を考慮

⇒ 大型施設, 高コスト

C : ベストなサポート : 経営に応じ環境制御を取捨選択(カスタマイズ)

昇温抑制・土壌養水分・CO₂制御, 必要最低限の機器を効率的に制御

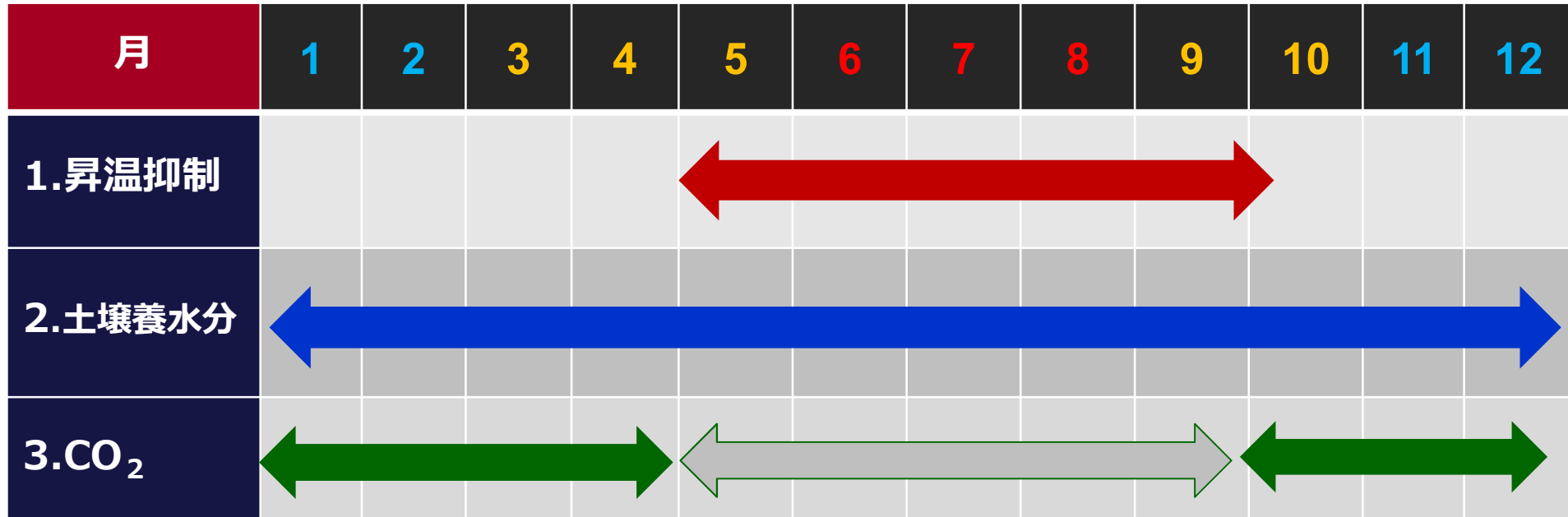
⇒ 当センターは主にここを支援!



(3) 動かす 本県に必要な統合技術



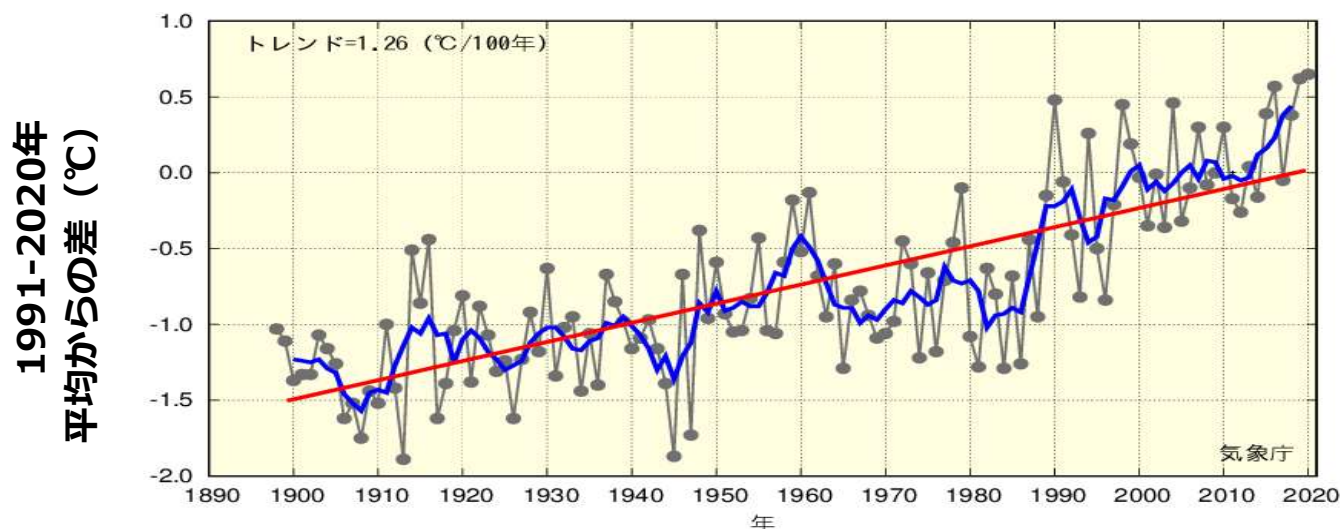
広島県における【ベストな環境制御】の取り組み



- ① 昇温抑制；夏季：光を確保しつつ，気温を下げる
- ② 土壌養水分制御；周年：根域全体の養水分状態を適正に
- ③ CO₂施用；冬季：：光合成を最大限とする効率的な施用

① 昇温抑制 課題

①夏季の高温, ②強日射, ③水ストレス



- 他品目でも同様の問題を抱えているのでは
- 県北部でも、**夏季の栽培がさらに困難に**

広島県の農業生産の最重要課題

① 昇温抑制 ハウス内の昇温抑制の考え方



【Step1】 換気の促進

⇒ハウス内気温を**外気温と同等**に



【Step2】 効率的な遮光

⇒必要な光は維持し**昇温抑制**



【Step3】 積極的な冷房

⇒**ハウス内気温が外気温より低い**



① 昇温抑制 Step1 換気の促進

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



開口部



両屋根型

ぜひ夏に
視察ください



片屋根型



ハウスの容積に対する開口部を大きくする

① 昇温抑制 Step1 換気の促進



【従来の換気】

側窓やつま窓を開放し、**施設内の熱気を抜く**



【これに対し】

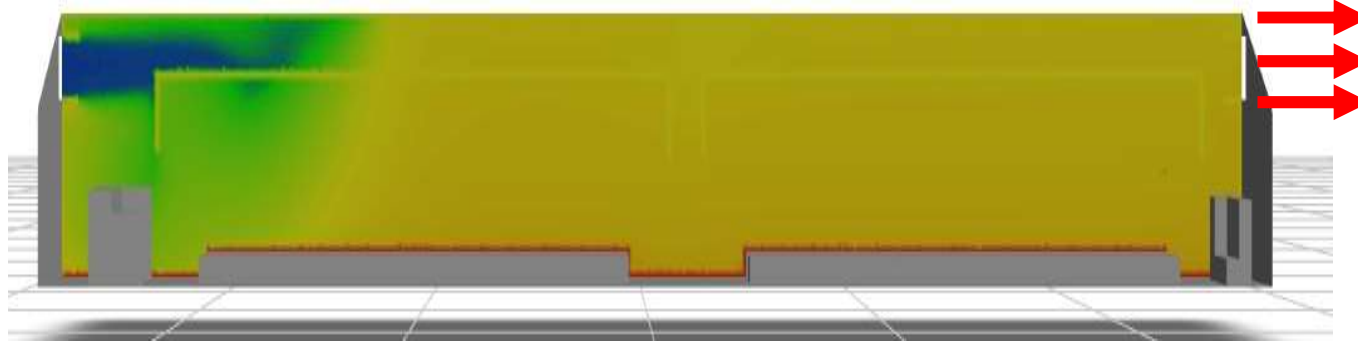
- 換気扇を吸気型（**強制的に外気を吸入**）の効果



- 高温時、いち早く**施設内気温が外気温と同等**になる？

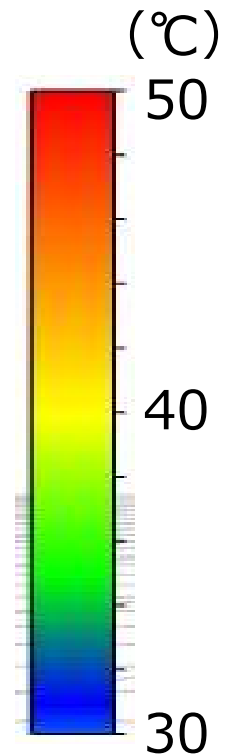
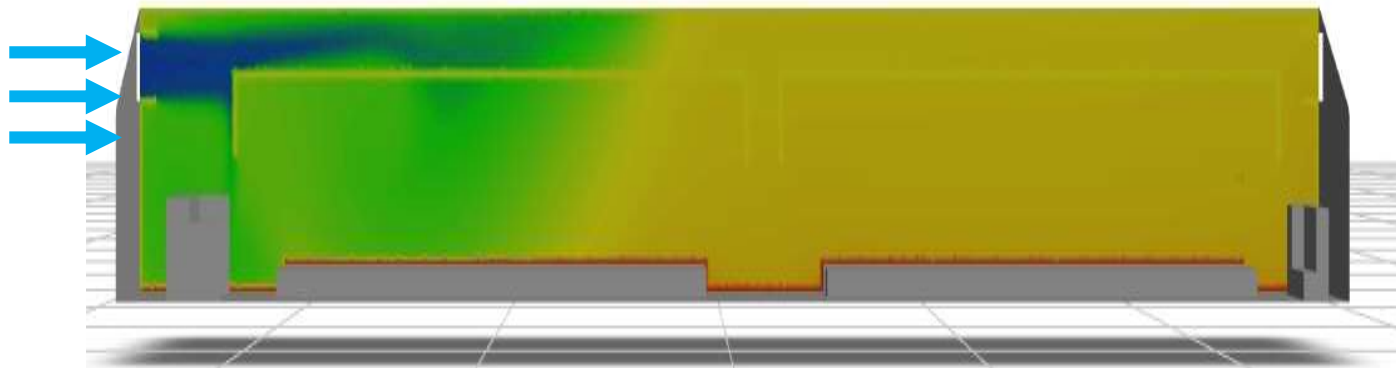
① 昇温抑制 Step1 換気の促進

【排気型】 (50秒後)



内気温 : 40℃
外気温 : 32℃

【吸気型】 (50秒後)



シミュレーションにより夏でもより涼しい換気方法を開発

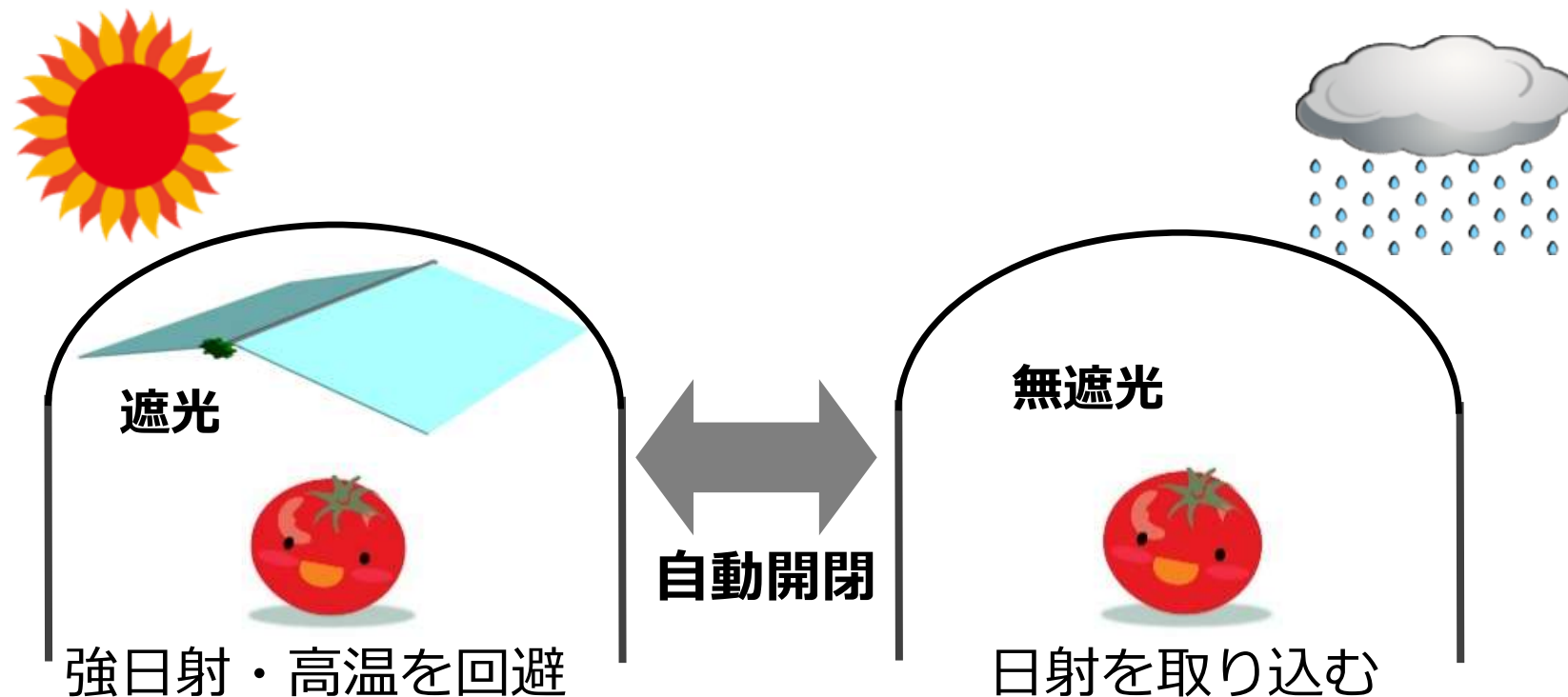
① 昇温抑制 Step2 効率的な遮光



【夏季の悩み】

- 高温・強日射による障害を避けるため**遮光したい**！
- 梅雨など曇天が続くと、**徒長，収量低下が心配**！

【結論】 天候に合わせて遮光資材を自動開閉



① 昇温抑制 Step2 効率的な遮光

日射操作くん



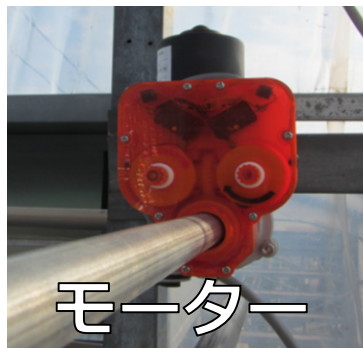
温度センサ



日射量センサ



制御盤



モーター

既存設備でもOK!

市販の内張り資材を自動開閉



遮光資材

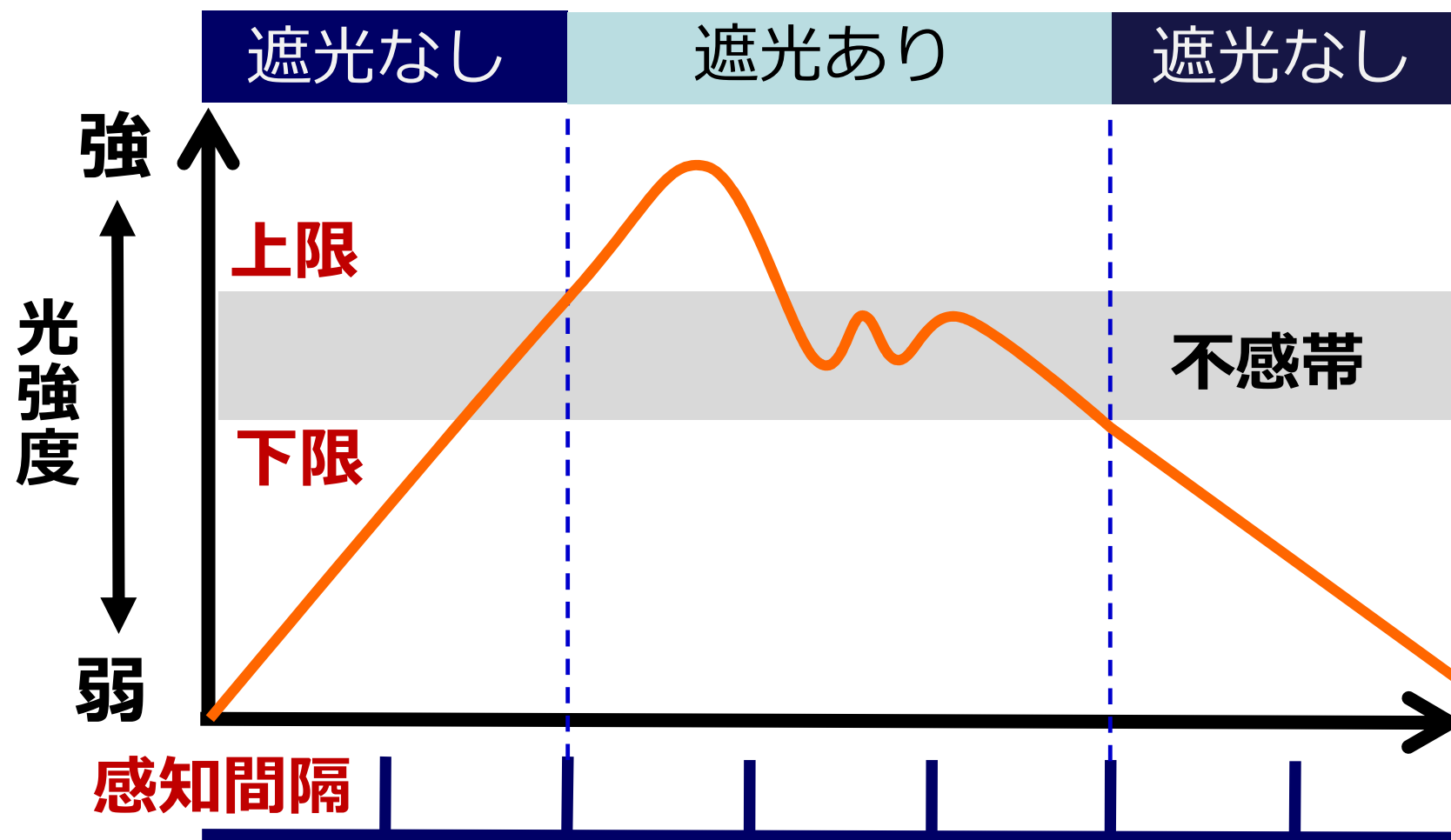
販売中

製造元：(株) 寿エンジニアリング
20万円代/台/10~20a

制御部

駆動部

① 昇温抑制 Step2 効率的な遮光



- 遮光資材開閉の上限・下限値：各品目の光合成特性から決定
- 感知間隔：遮光資材の開閉時間

① 昇温抑制 Step2 効率的な遮光

All Copyrights Reserved, Hiroshima
Prefectural Government, 2022



- **特許**：広島県；第6210384号. 第6252959号. 第6872760号
本技術を活用・営利の際は相談が必要
- **広報**：朝日新聞，中国新聞，全国農業新聞，日本農業新聞等
- **最新農業技術・品種2019**
- **県内各地に普及導入**（トマト，ミニトマト，ネギ，イチゴ等）



大玉トマト



ネギ



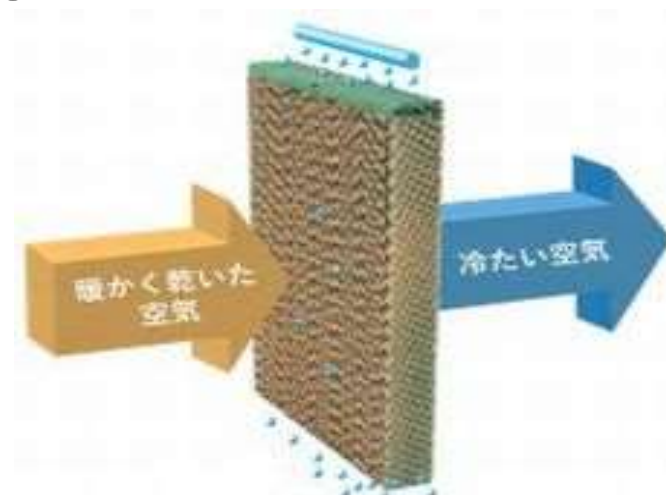
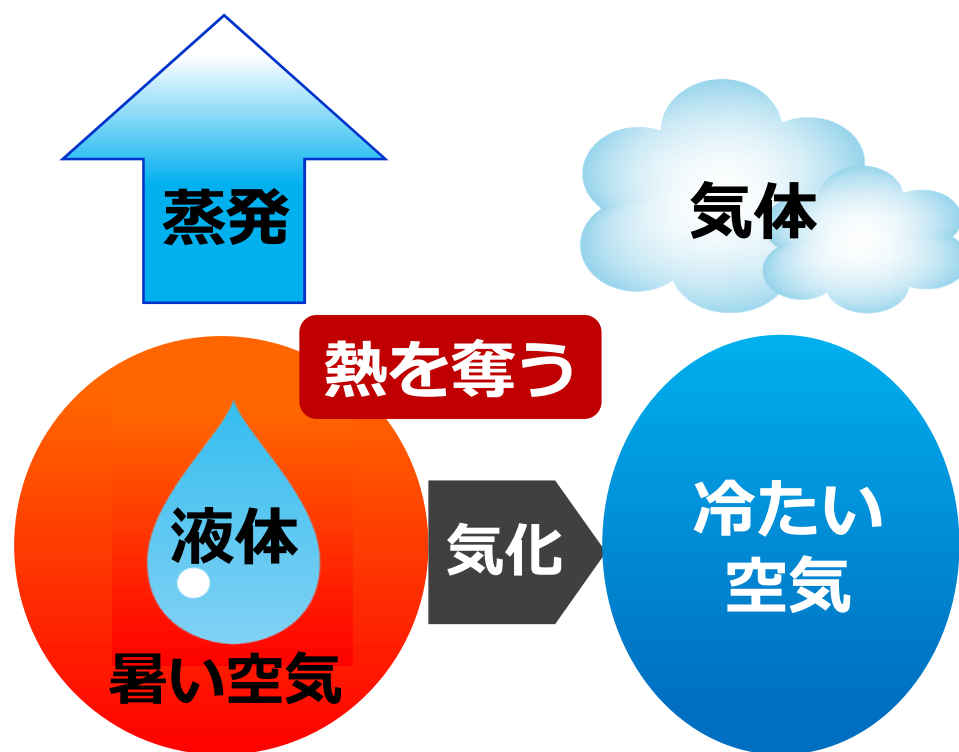
夏イチゴ

① 昇温抑制 Step3 積極的な冷房

- 農業分野ではコストの安い**気化冷却**が主流
- 気化冷却の方法は主に2種類



① ミスト散布

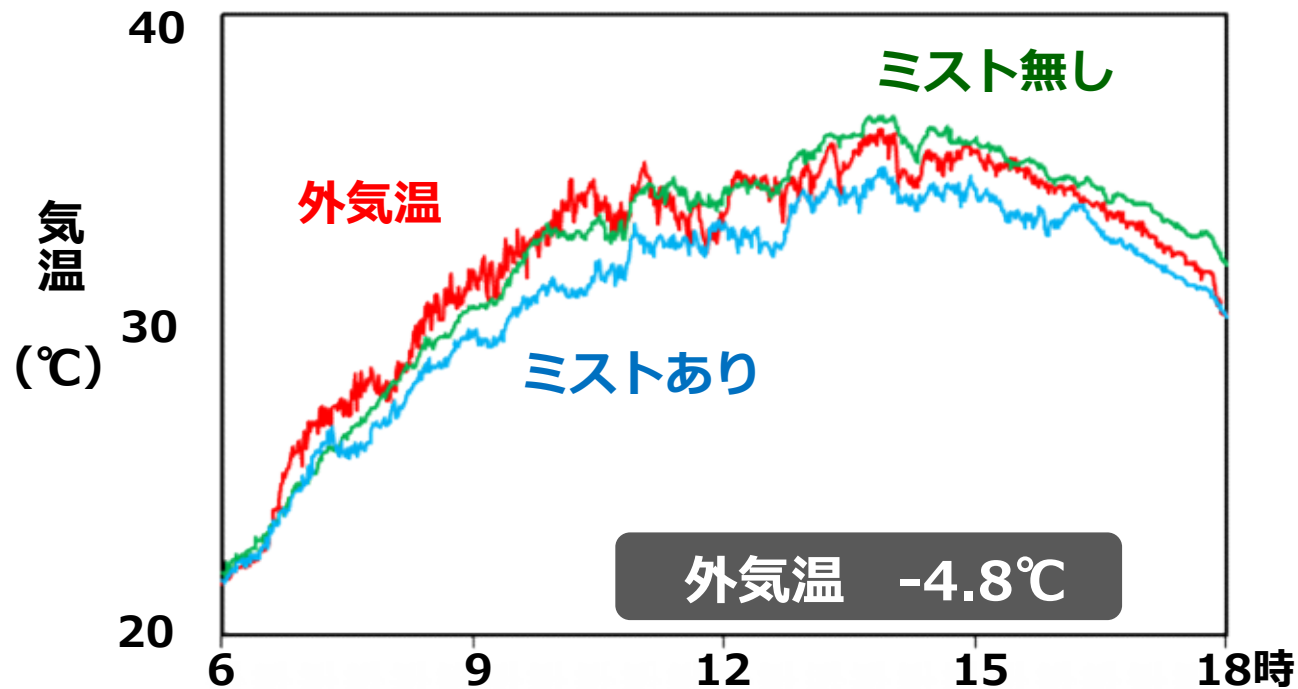


② パッドアンドファン

出典: (株)イーエス・ウォーターネットHP

① 昇温抑制 Step3 積極的な冷房

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



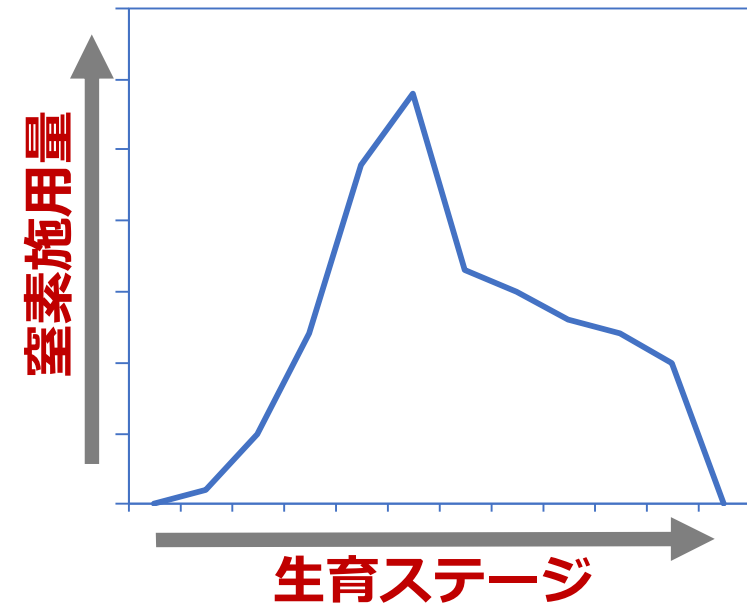
開発目標：病気を発生させないプログラムでミスト制御

- 高温時
- 強日射時
- 低湿度時のみ 70%RH以下

② 土壤養水分 課題

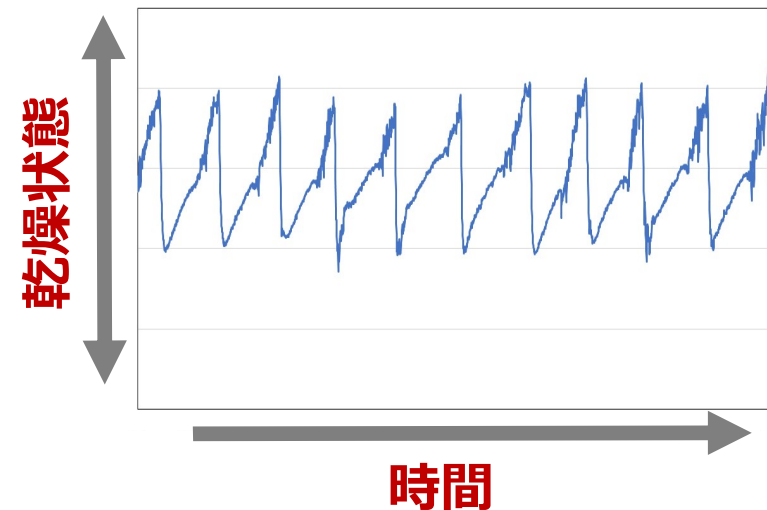
【土壤養分】

- 養液土耕とする
- 見える化したい
- マニュアルがない
- 効率的な施肥方法
(時期, 生育ステージ別, 適正量)



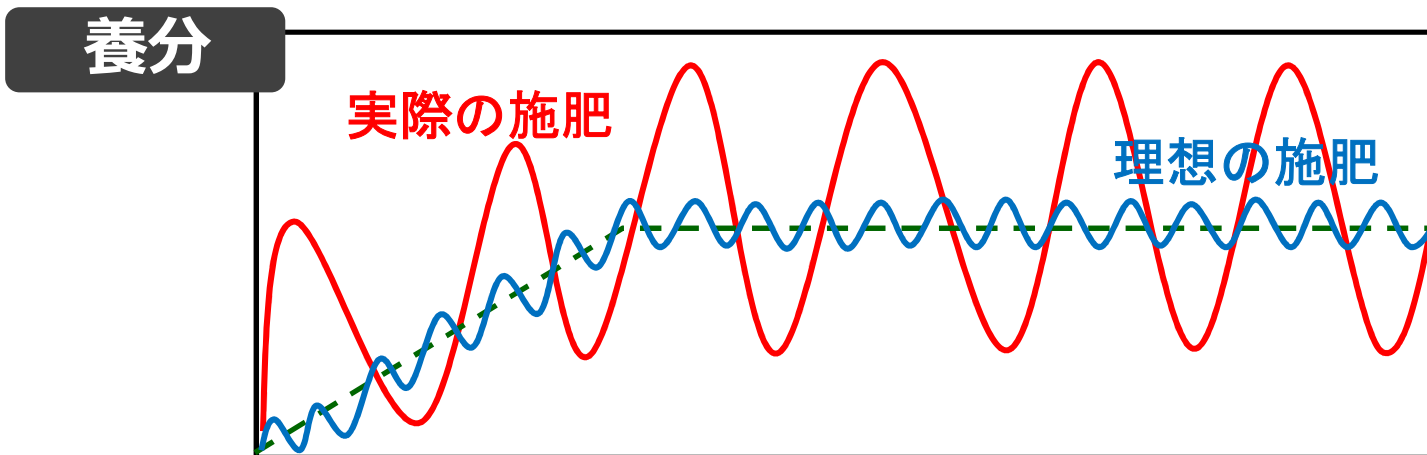
【土壤水分】

- 灌水を自動化したい
- 水分状態を見える化したい
- マニュアルがない
- 効率的な灌水方法
(灌水開始点, 灌水量)

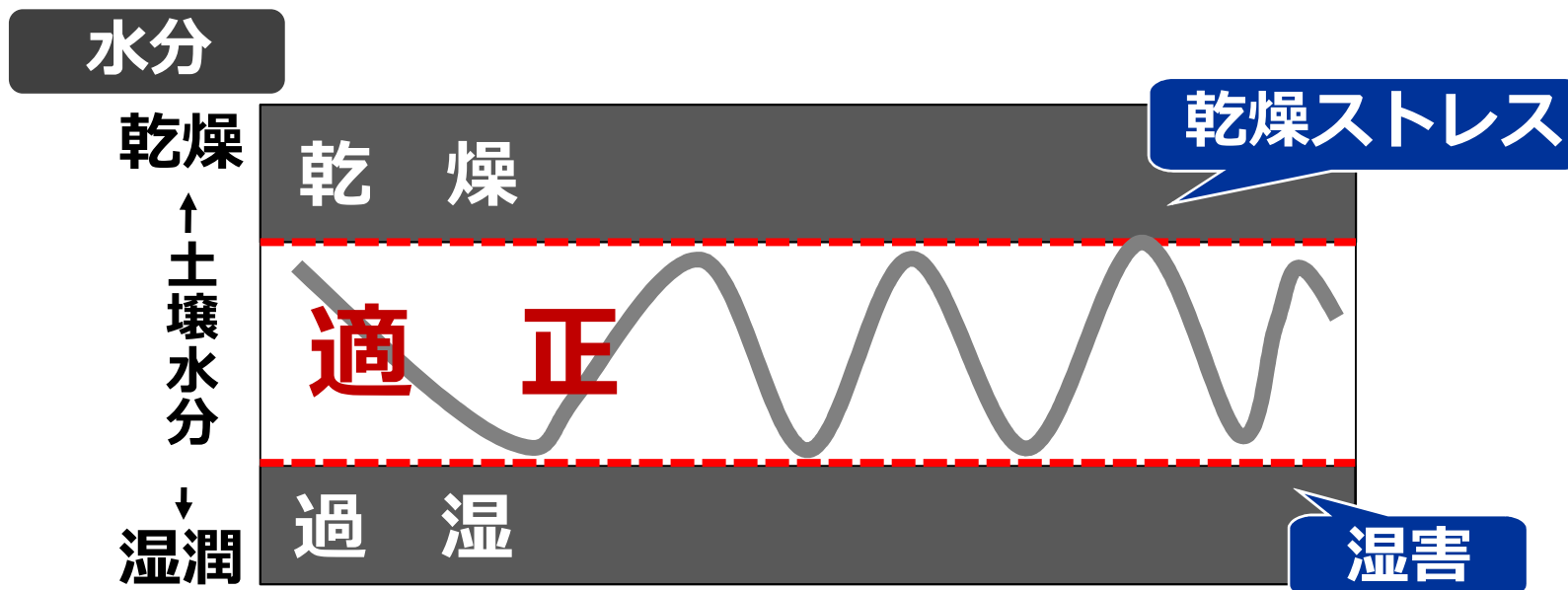


② 土壤養水分 理想の養水分管理

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



肥効の波を小さく，必要な時期に必要な施肥量を



② 土壌養水分

土壌養水分制御の考え方

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



【養分】

【Step1】 **まず栽培**

⇒一定量の肥料で栽培

【Step2】 吸収量の**解体分析**

⇒**時期別の吸肥量**

【Step3】 **常時根域の養水分状態を適正化**

●効率的な施肥

●適正な水分状態の維持

⇒ **水ストレス無く生育・収量の向上**

【水分】

【Step1】 **土壌水分状態を把握**

⇒**水ストレスの有無を明らかに**

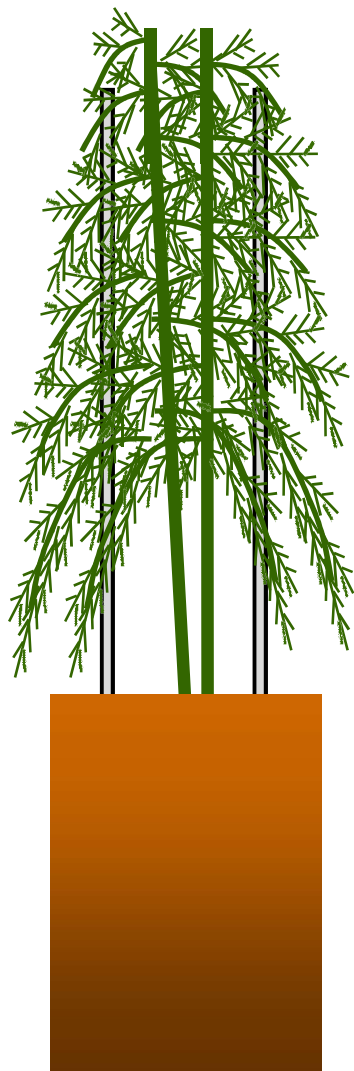
【Step2】 植物と水ストレスの関係

⇒**品目に応じた灌水制御**

② 土壌養分

施肥マニュアル作成の流れ

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



栽培



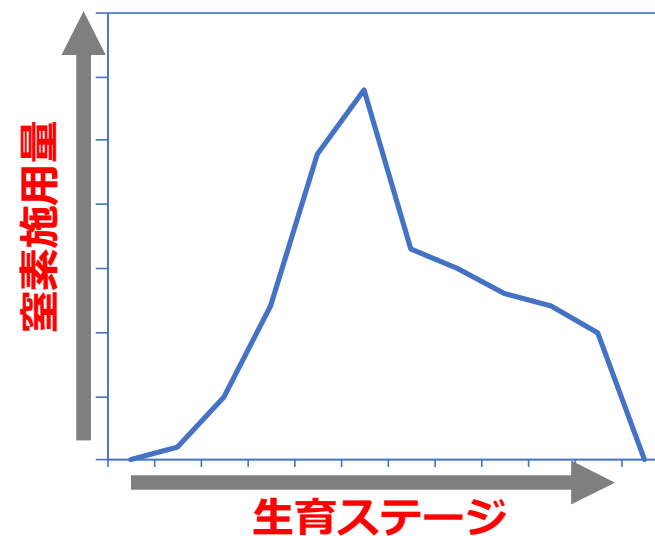
栽培後の植物体（根）



解体



吸収量の分析



最適な施肥方法の決定

② 土壌養分 マニュアル作成の流れ



【施肥マニュアルの策定】

トマト

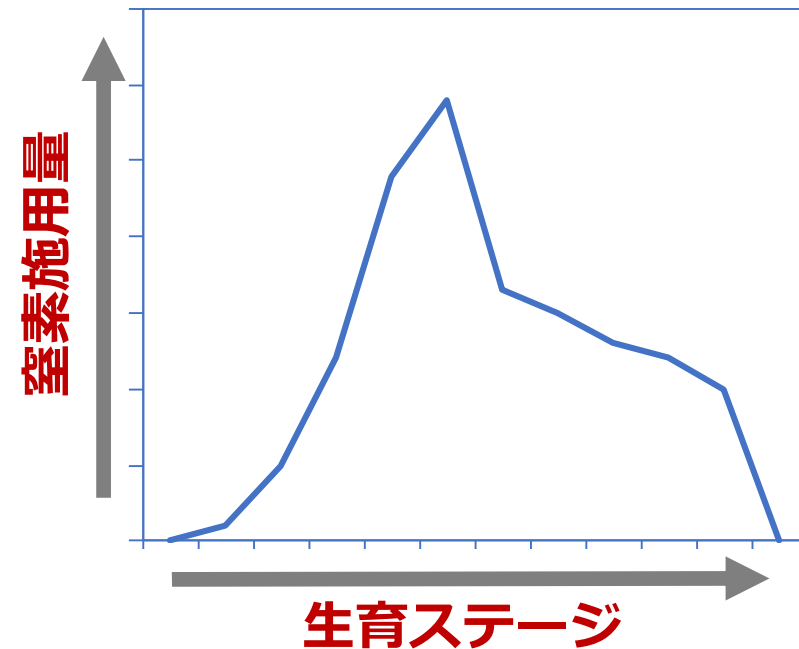
H29改訂
⇒現地で活用中

アスパラガス

レモン

取り組み中

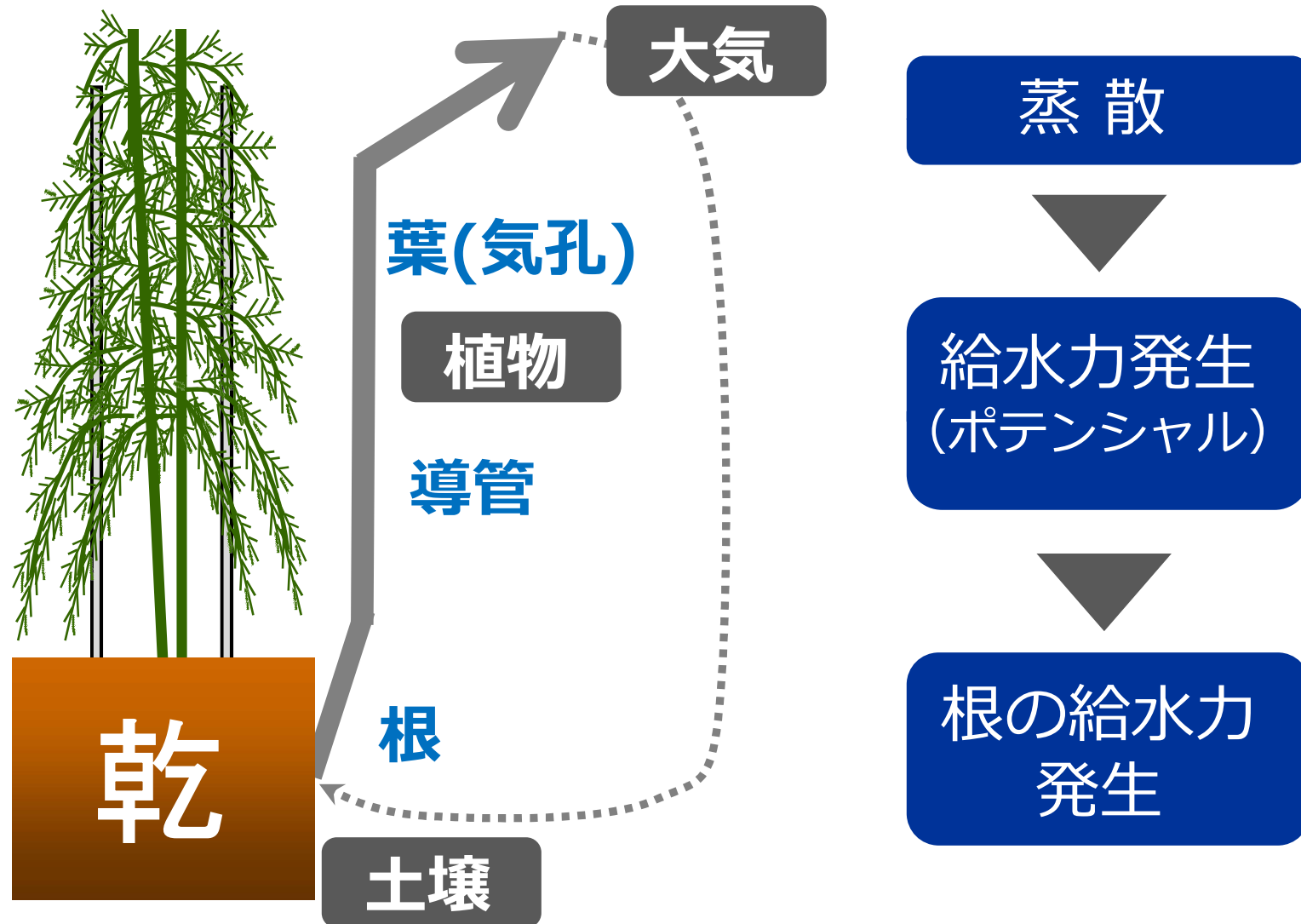
R4 策定予定
⇒ 現地導入を目指す



(2) 土壤養水分 植物体を通じた水の流れ



SPAC (Soil-Plant-Atmosphere Continuum)

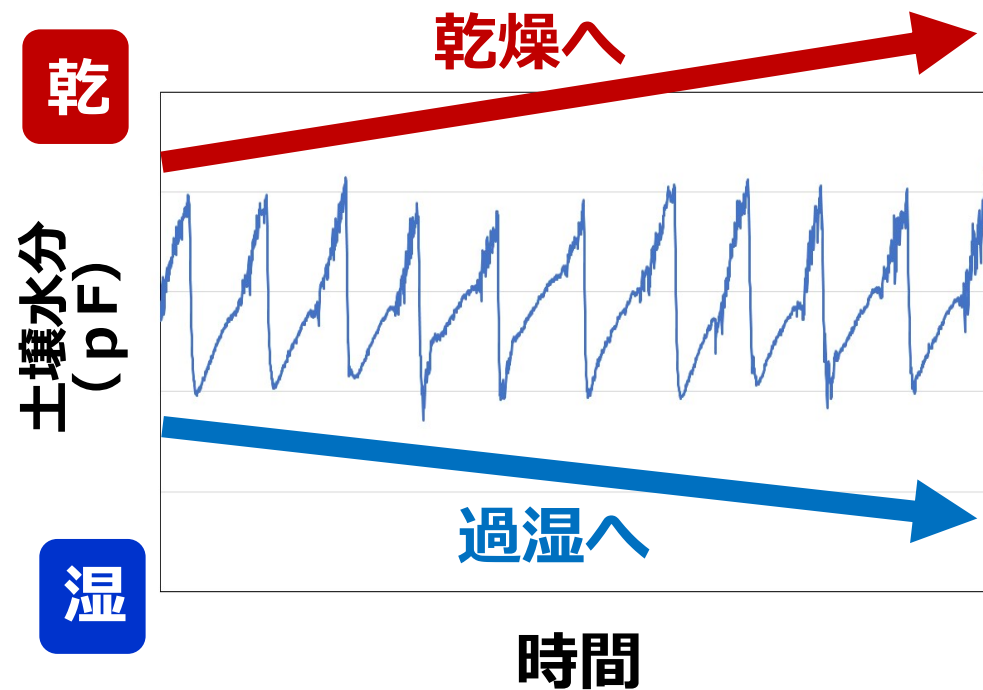


② 土壌水分 まずモニタリング

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



【センサー】 → 【発信】 → 【受信・モニタリング】



土壌の水分状態を可視（見える）化

② 土壌水分 制御方法



どれくらい乾燥したら、どれ位の灌水量が適正？

- よく聞く表現「灌水時間」
「朝に15分, 午後に10分…」
- どれ位の水の量が出ている？
現地での灌水方法の検討の際に判断が難しい

pF ○になったら, ○ L (mm) 灌水などの表現で！

【①灌水開始点】 【②灌水量】

例) **1mm灌水とは** : 1m^2 に1L $\Rightarrow 1,000\text{L}=1\text{t}/10\text{a}$

② 土壌水分 制御方法

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



【① 灌水開始点】

植物の茎・果実径の変化から植物の水分状態を把握

⇒ **水ストレスが発生する水分状態**を解明

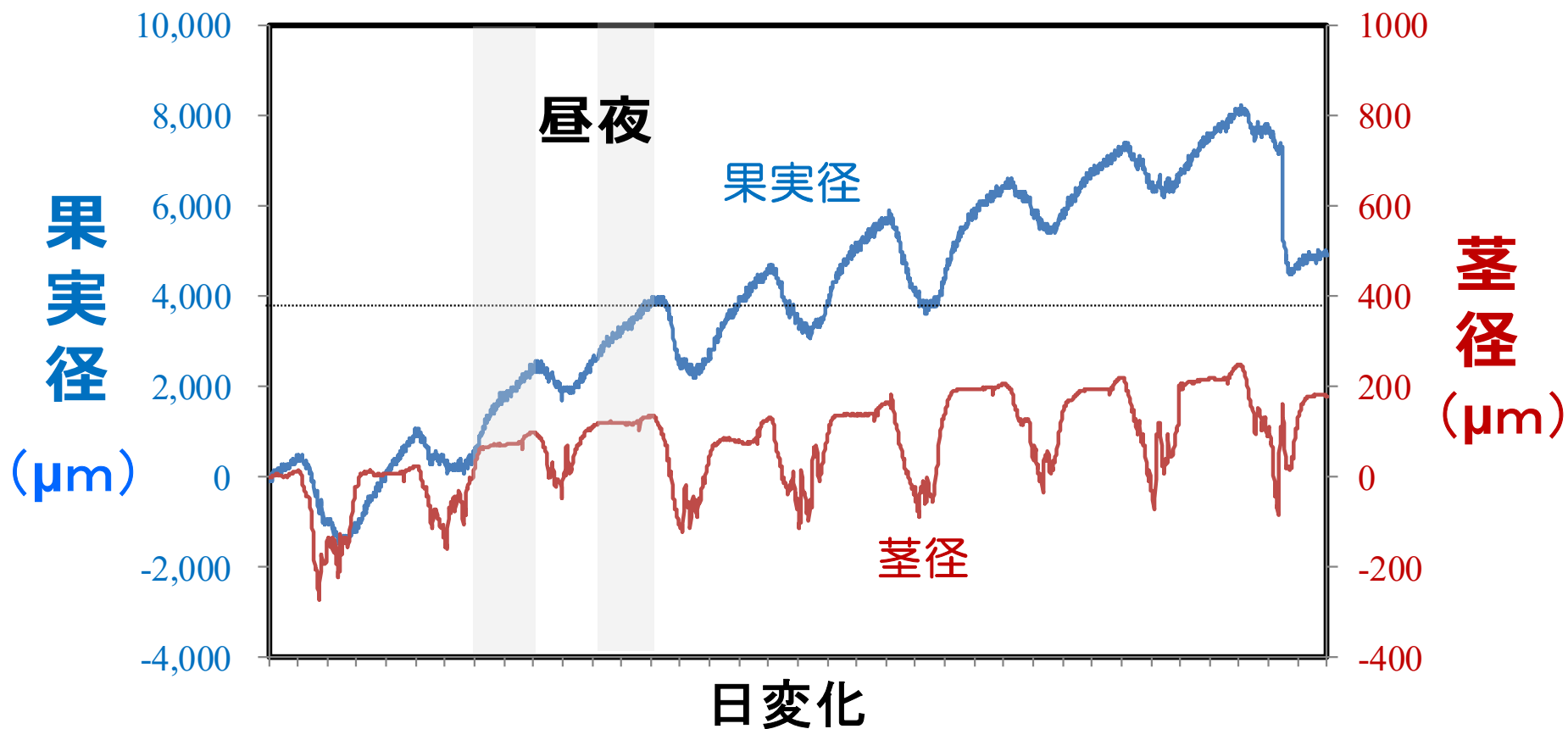


茎径変化の計測
(ひずみゲージ)



果実径変化の計測
(ひずみゲージ)

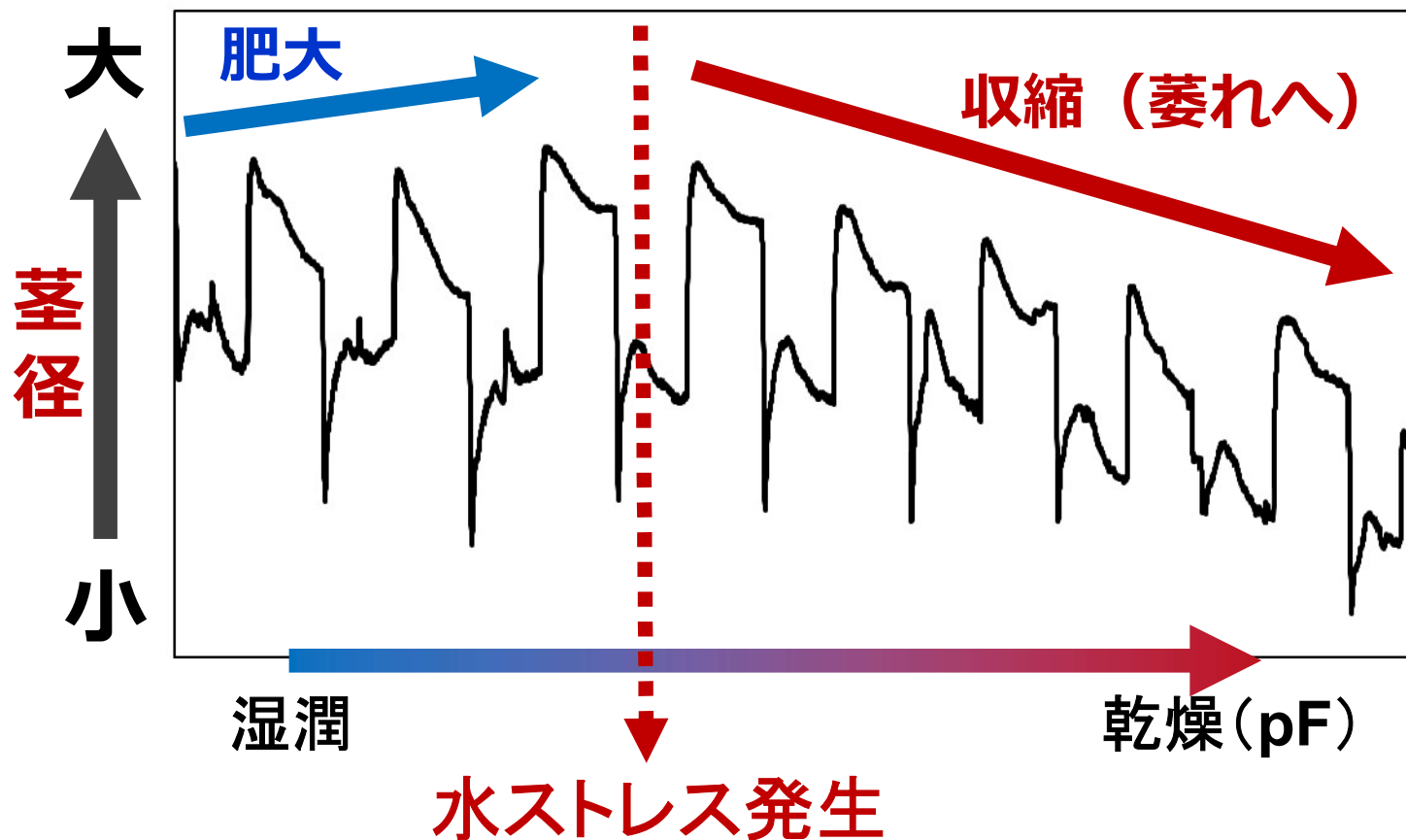
【① 灌水開始点】



夜間（暗期）に肥大, 日中（明期）に収縮 ⇒ 日々肥大

② 土壌水分 制御方法

【①灌水開始点】



水ストレスが発生する乾燥状態 ⇒ 灌水開始点 (pF)

② 土壌水分 制御方法

【② 1回あたりの灌水量】

例) 1mm灌水とは : 1m²に1L ⇒ 1,000L=1t/10a



裸地は50%蒸散

灌水量を変えて灌水

土壌水分の浸透を計測

根域全体を均一・適正な
水分状態とする灌水量

根域全体を最適とする灌水開始点と灌水量の決定

② 土壌水分 土壌の乾燥に応じて自動制御

All Copyrights Reserved, Hiroshima Prefectural Government, 2022



灌水開始点と灌水量が決まったら
⇒ まずは灌水の自動化



pFメーターと自動灌水指令機

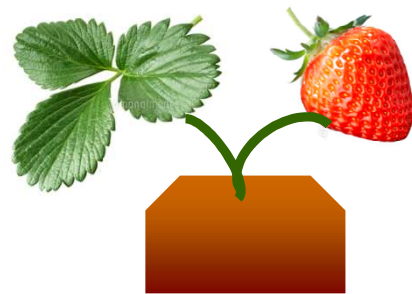
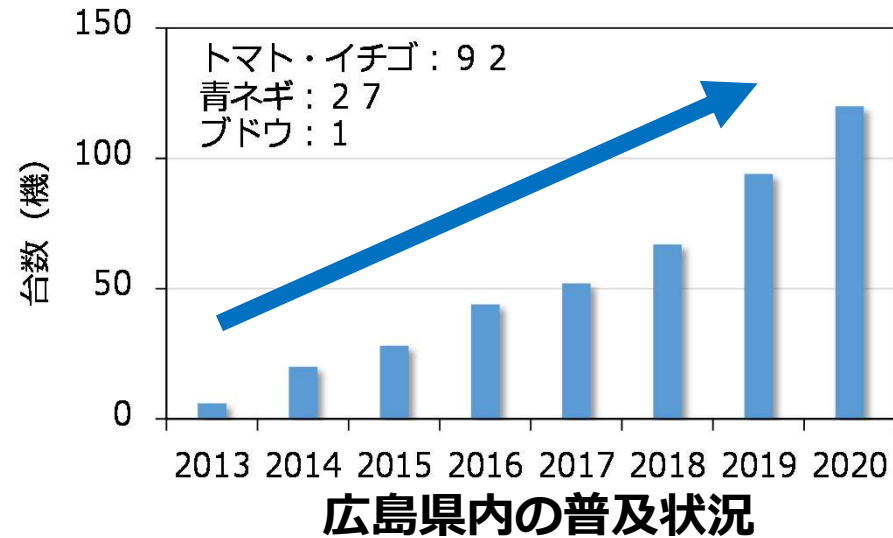
- ① 土壌水分連動 - タイマー
- ② 単動 - 連動
- ③ 過灌水防止機能
- ④ 電磁弁用電源 (24 or 100V)
- ⑤ デジタル pF メーター用電源
- ⑥ 遠隔モニタリング

製造元：(株) 寿エンジニアリング 技術：農技C
県内取扱店より販売中 (全国から問い合わせ)



③ CO₂施用 課題

- 日本のCO₂導入施設
0.14/5万ha (3%)
- オランダ型, 環境制御
SDGsで近年増加



【光合成】

【転流】

【環境要因】

- CO₂
- 光強度
- 気温
- 湿度
- 水
- 肥料

【果実】

- 肥大
- 成長

- 見えない ⇒足りてる, 足りてない?
- 風で拡散 ⇒ちゃんと施用できてる?
- 品目により制御値が異なる

③ CO₂施用 ハウス内のCO₂施用の考え方



【Step1】施設内のCO₂濃度の把握

⇒ハウス内CO₂濃度を**外気濃度以上**に



【Step2】**基礎データの取得**

⇒（各品目, CO₂・各環境条件・光合成特性）



【Step3】**効率的なCO₂施用**

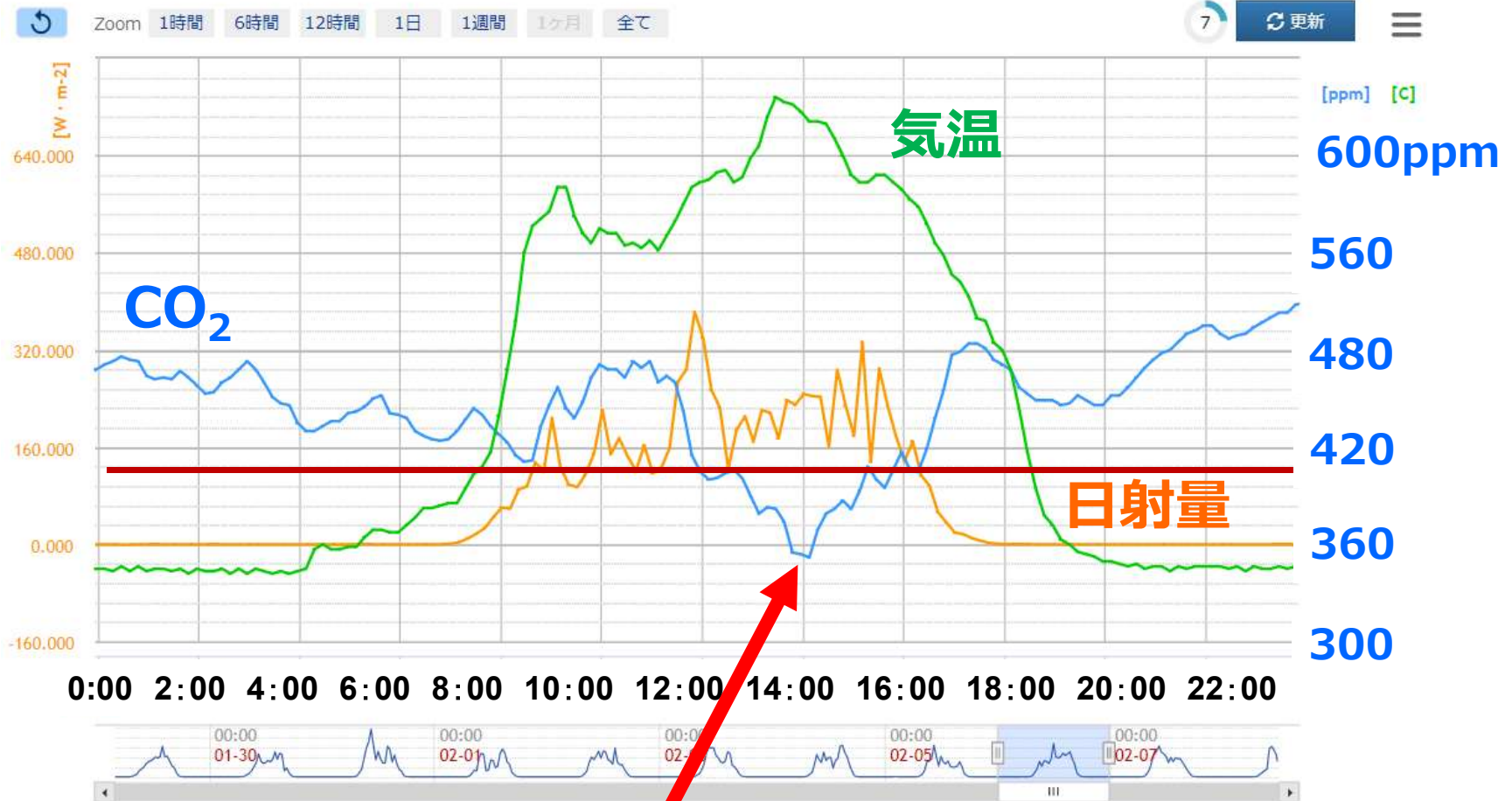
施用方法（生育ステージ, 環境条件, 濃度等）

⇒ **光合成増大** ⇒ **増収**

③ CO₂施用 濃度把握



je.jp/data/viewmulti.html?sn[]=52C221A1&sn[]=52C40A8E&bsn[]=52A01475&bsn[]=52A01475



T&D おんどとり Web Storage 抜粋

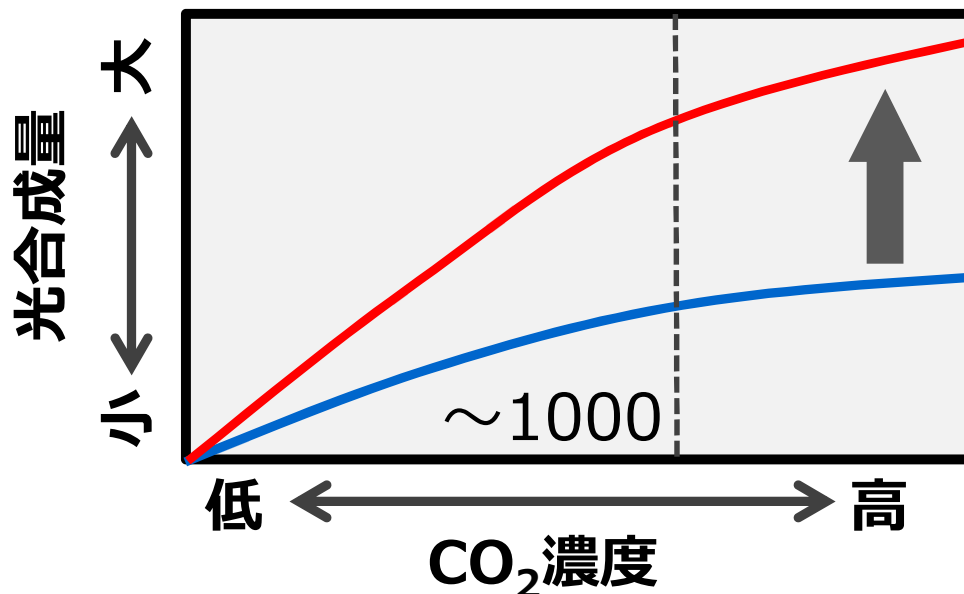
モニタリング ⇒ 日推移の把握, 外気 (413ppm) と比較
⇒ 施用方法 (ゼロ濃度, 積極的) の検討

③ CO₂施用 光合成特性からの決定



生体情報（光合成特性）

濃度：～1000ppm
光：必要最大限
気温：適温
湿度：60%以上
風速：50～100cm/sec



弱日射，強日射，
高温，低温，
低湿度，風速大等

基礎データを基に環境条件と連動した効率的な施用制御

③ CO₂施用 効率的な施用 制御と方法

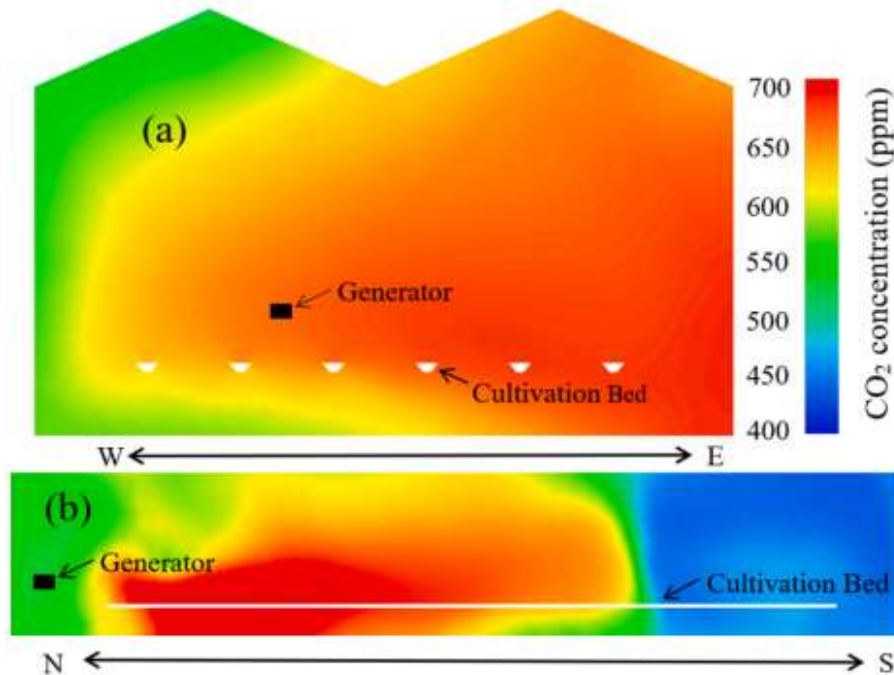


制御方法	特徴	コスト:初期	ランニング
濃度	効率的に制御可能, コストはセンサ次第	高	低
時間	濃度制御が困難, 施用時刻悩む	低	方法次第
連続	換気時はやめた方がよい	低	激高
目標技術	環境（日射, 濃度）に応じた効率的制御	中	低（効率的）

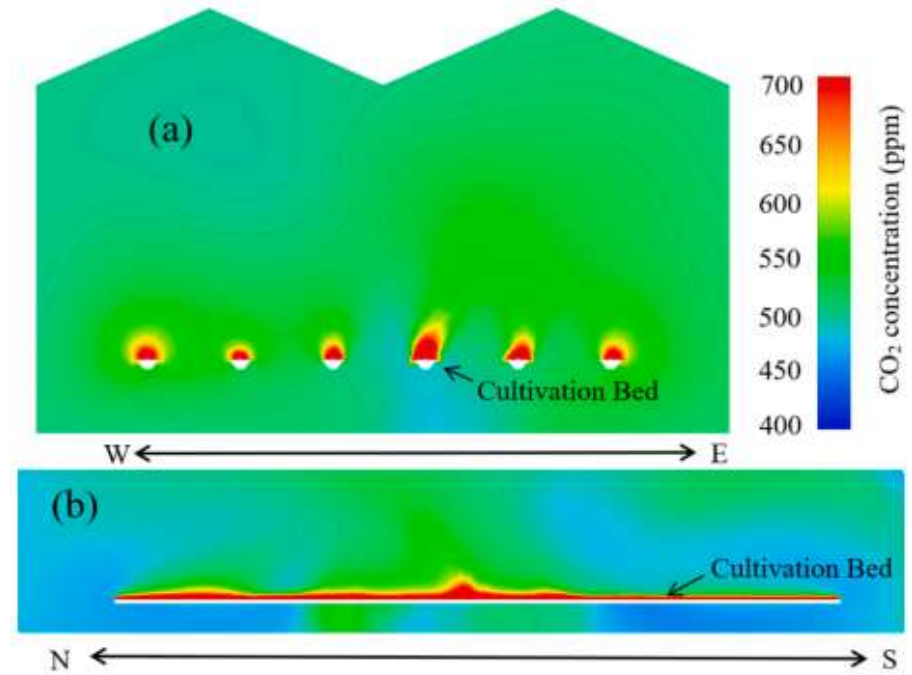
施用方法	特徴	長所	短所
燃焼・全体 (灯油・LPG)	 <p>施設内全体に施用</p>	設置が簡易	施設内の濃度ムラ
燃焼・局所	 <p>ダクト等で群落に局所的に施用</p> <p>九沖農研</p>	効率的	ダクト設置, 精密な制御

③ CO₂施用 効率的な施用

燃烧・全体



燃烧・局所



(Zhang et al., 2020)

- 上昇しハウス上部に溜まる
- 濃度ムラが大きい

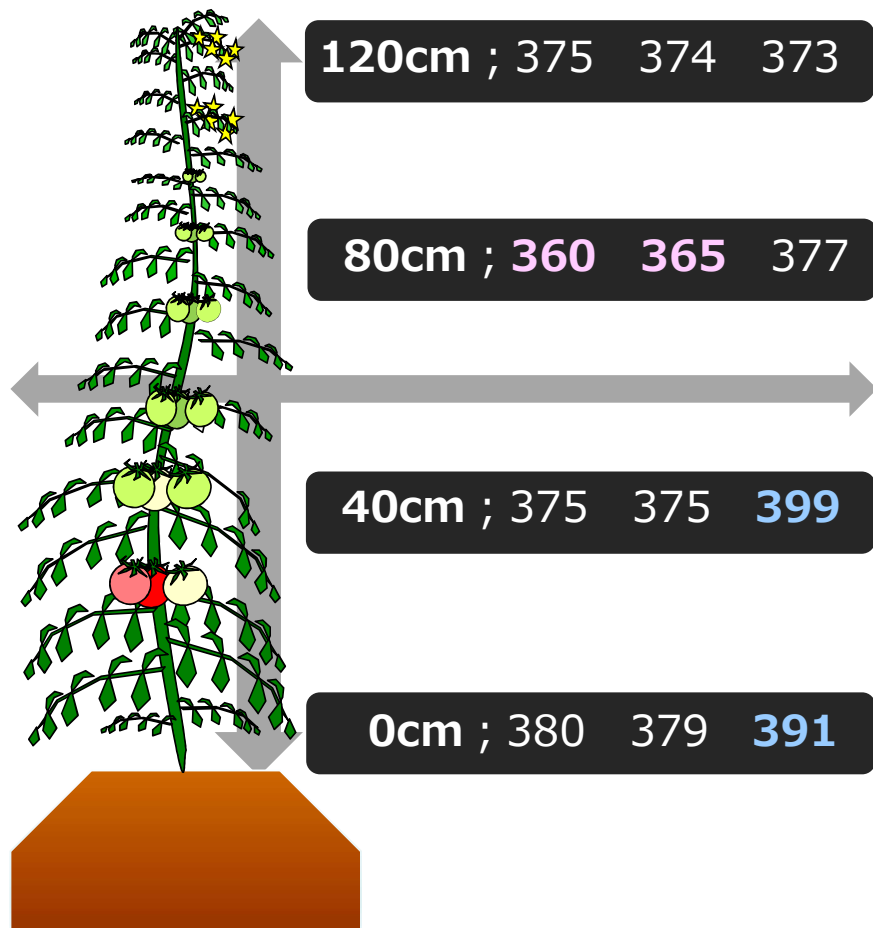
- 作物周辺のみ濃度維持
- 均一な濃度分布

局所施用を中心とした環境に応じた効率的な施用技術を開発中

③ CO₂施用 効果

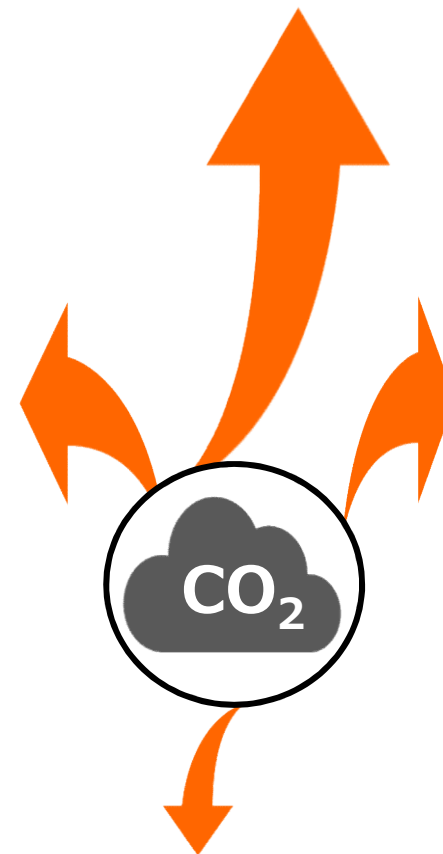


【群落内の濃度分布】



肥大期の果房近傍が低い

【群落内の濃度分布】

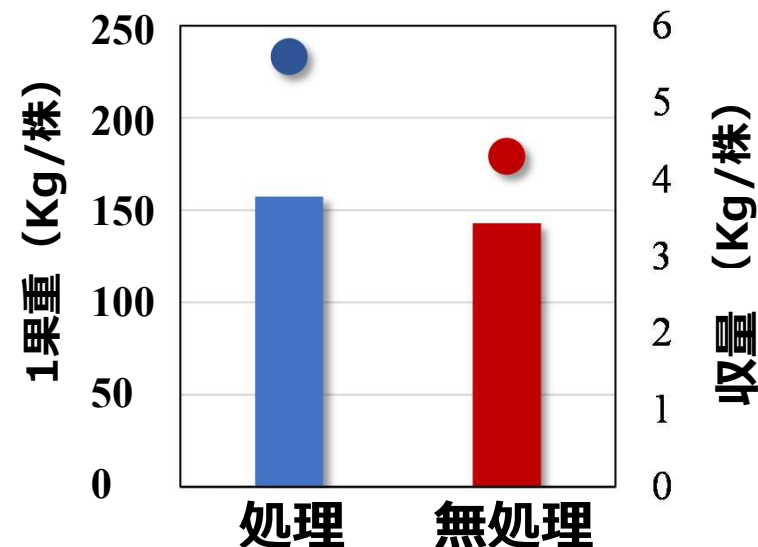
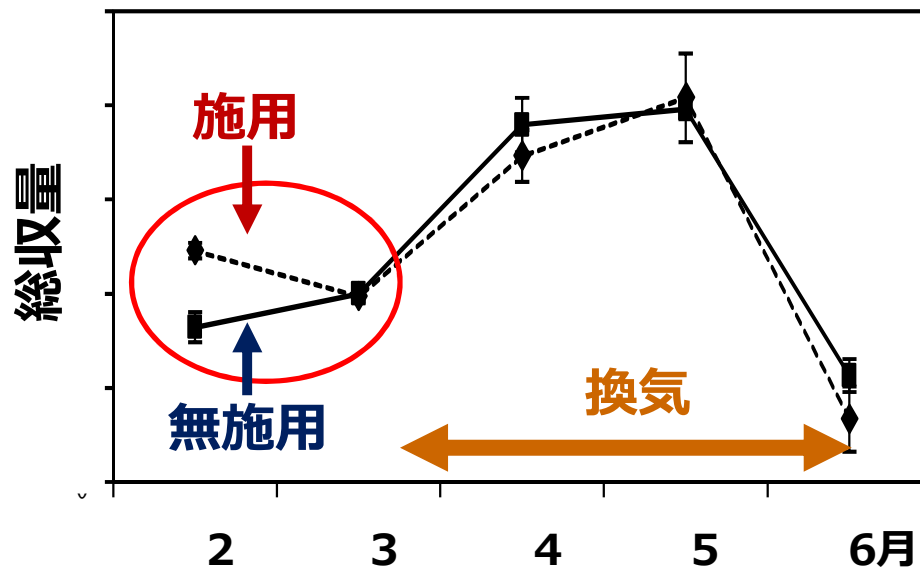


上昇気流で上昇する

③CO₂施用 効果



促成トマトでの効果



■ 施用効果 (燃烧・全体)

- 換気が少ない冬季が顕著
- 収量 : 10%増収 1果重:増加

■ コスト (LPG燃烧型)

- 発生装置 : 7万円/2a
- 燃料代 : 1.1万円/a /年

圃場見学 の受け入れ

■ 百聞は一見にしかず

いろいろな栽培技術を実証展示中

随時、視察受付中です。

お気軽にお問い合わせ下さい。

※新型コロナウイルスの状況によっては、制限する場合があります。



栽培技術 の対応

■ 栽培圃場を有する唯一の県の機関

- ・ 栽培技術・検証
- ・ 栽培制御と設備
- ・ 生理生態からの根拠あるアプローチ

