

YoshiMax?

一体なんなの?

何ができるの?

## YoshiMaxビギナーズマニュアル

イチゴ栽培の基本と季節ごとの環境制御設定



＜低コスト園芸用ハウス標準化コンソーシアム＞  
2020年2月

# はじめに

イチゴの促成栽培で高い収量と品質を両立させるためには、ハウス内の気温やCO<sub>2</sub>などの環境条件をできる限り好適に維持する必要があります。しかし、換気扇や天窓による換気とハウス内のCO<sub>2</sub>濃度制御を、サーモスタットやCO<sub>2</sub>濃度計などでそれぞれ独立して動作させるだけでは、時々刻々変化する天候や季節的な変動に対応して好適条件を維持し続けることが難しく、人手でのオン・オフや頻繁な設定値変更が必要になります。

複合環境制御装置 YoshiMax（ヨシマックス）は岡山大学を中心に開発されたもので、イチゴ栽培に必要な各種の設備を自動協調運転させることができる低コストで導入可能な司令塔です。YoshiMaxには複合環境制御のプログラムが組み込まれていて様々な制御が自動化できます。また、従来のタイマーなどによる個別運転と比べて、長い時間にわたって最適な生育条件を維持することが可能になり、燃料や水・肥料の無駄も減らすことができます。

複合環境制御のプログラムは、「換気とCO<sub>2</sub>施用の連動制御」と「日射量に応じた給液量の自動制御」を中心に、栽培現場での工夫から省力化につながるよう考えた動作シナリオを積み重ねたものです。特に難しいものではありませんが、馴染みのない皆さんの中には、「どんな設定にすれば何がどうなるのか、さっぱりわからない」ので、まず導入すべきかどうか判断できないという方も多いと思います。

「低コスト園芸用ハウス標準化コンソーシアム」では、気象条件の異なる地域やそれぞれの品種に合った運転方法を明らかにするため、生研支援センターの支援を受け、高設式養液栽培でYoshiMaxの実証研究を実施しています。このたび、その成果を踏まえて、

- \* YoshiMaxに何ができるのか？
- \* イチゴ栽培に何が重要なのか？
- \* YoshiMaxを生かすために、何をどう設定するのか？

を簡単にこのマニュアルにまとめました。

まずは、YoshiMaxを導入して複合環境制御に取り組んでみたいと考えている皆さんは【1. 複合環境制御装置？ YoshiMaxってなに？】から、これから使い始めるという時には【6. YoshiMaxの使用法—PCの接続と用語解説—】から読んでみてください。

このマニュアルは、10a以上の連棟ハウスを想定して作られています。5aまでの単棟ハウスだとYoshiMaxは過剰投資になると思いますが、大型の連棟ハウスであれば、高設栽培でなくとも応用できます。養液土耕や終盤だけ液肥を利用するような一般的な土耕栽培でも、イチゴの高品質・多収を実現するためのヒントが見つかるはずです。

# 目 次

1. 複合環境制御装置？ YoshiMaxってなに？
2. 収益向上のための戦略－収量・品質の向上－
3. 篤農家の土耕ハウス内環境は何が違うのか？
4. イチゴの複合環境制御－温度とCO<sub>2</sub>管理－
5. 養液栽培の培養液管理
6. YoshiMaxの使用法－PCの接続と用語解説－
7. YoshiMax設定の実際－山陽地域を標準とする事例－
8. 導入時の栽培システム構成と設定値の調整

## <参考文献>

- Yoshida, Y., Y. Morimoto and K. Yokoyama. 1997. Soil organic substances positively affect carbon dioxide environment in greenhouse and yield in strawberry. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 65: 791-799
- 吉田裕一 編著. 1997. 'らくちん'栽培マニュアルVer. 2.0. 香川らくちん研究会  
伊谷慈博, 原 圭美, ワサナ ナ ファン, 藤目幸擴, 吉田裕一. 1999. ピートバ  
ッグ栽培におけるイチゴの収量, 果実品質と養水分吸収に及ぼすCO<sub>2</sub>施用と  
栽植密度の影響. 生物環境調節. 37 : 171-177
- Petrovic, A., Y. Yoshida and T. Ohmori. 2009. Ammonium in foliar tissue: a  
possible cause of interveinal chlorosis in strawberry (*Fragaria*  
*xananassa* Duch. cv. Nyoho). J. Hortic. Sci. & Biotech. 84: 181-186
- 稲角大地, 吉田裕一, 後藤丹十郎, 村上賢治. 2012. 培養液濃度と施用量が高  
CO<sub>2</sub>濃度条件下で育てたイチゴ'さがほのか'の生育・収量と果実品質に及ぼす  
影響. 岡山大農学報. 102 : 15-20
- 農文協 編. 2016. イチゴ大事典. 社団法人農山漁村文化協会
- 西日本農業研究センター編. 2019. 高収益イチゴ経営を目指して－複合環境制  
御装置YoshiMax導入パンフレット－. 農研機構西日本農業研究センター
- 河崎 靖 編. 2019. 成長点局所加温とCO<sub>2</sub>施用を組み合わせたミニトマト栽培技  
術【2019年度改訂版】. 農研機構西日本農業研究センター

# 1. 複合環境制御装置？ YoshiMaxってなに？

施設栽培する際に、環境をモニタリングすることが増えてきました。モニタリングを実施すると、施設の環境を制御したくなるのではないのでしょうか。日本では、複数の環境制御機器を制御するコントローラが広く普及していません。コントローラは価格が高く、データが収集できるものになるとさらに高価になります。コントローラを利用しながら制御機能を学習可能で、安価なコントローラを提供したいというのがYoshiMaxの基本的なコンセプトです。

## YoshiMaxってどんなことができるの？

もともとは、岡山大学のイチゴ栽培温室の環境制御方法を移植するために開発しました。移植すると同時に、ICTを利用しやすくするため、ユビキタス環境制御システム（UECS）に準拠させています。

機能的な特徴は、CO<sub>2</sub>施用を効率的に実施できること、日射比例灌水に対応していること、データ確認が簡単でクラウドサービスなどICTを活用できることです。

### (1) CO<sub>2</sub>施用

- ・ 気温によってCO<sub>2</sub>施用の目標値を変えられる。
- ・ 強制換気する場合にはCO<sub>2</sub>施用をSTOP！
- ・ CO<sub>2</sub>濃度をモニターしつつ、 燃烧式CO<sub>2</sub>発生装置を補助暖房として利用できる。

### (2) 日射比例灌水

- ・ 日射量に比例した灌水が可能です。つまり、晴れの日が多く、雨や曇りの日は少なく、自動的に調節できます。

### (3) その他の環境制御と測定項目

- ・ CO<sub>2</sub>施用機、自動灌水（1点のみ）、暖房機、保温・遮光カーテン（各1点）、換気扇、天窓および側窓開閉器（各2点）の制御が可能です。
- ・ 気温、CO<sub>2</sub>、日射、雨（感知のみ）センサーが標準で付属します。湿度はオプションです。

### (4) データ収集

- ・ YoshiMaxに実装されているデータ保存機能
- ・ クラウドサービスを利用
- ・ UECS用モニタリングソフトウェアの利用

の3種類の方法でYoshiMaxの動作状況をリアルタイムに把握できます。

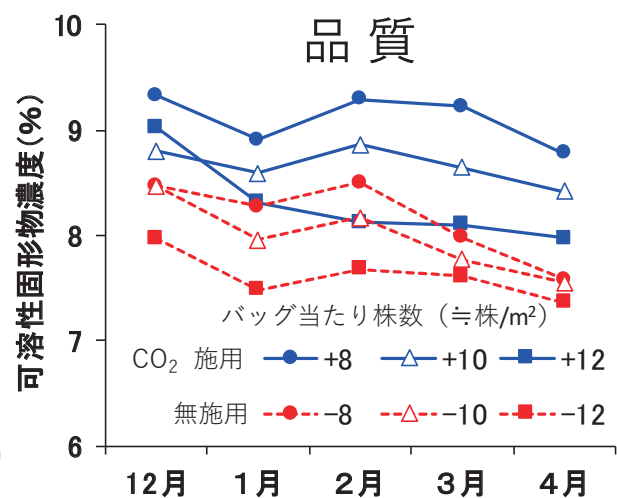
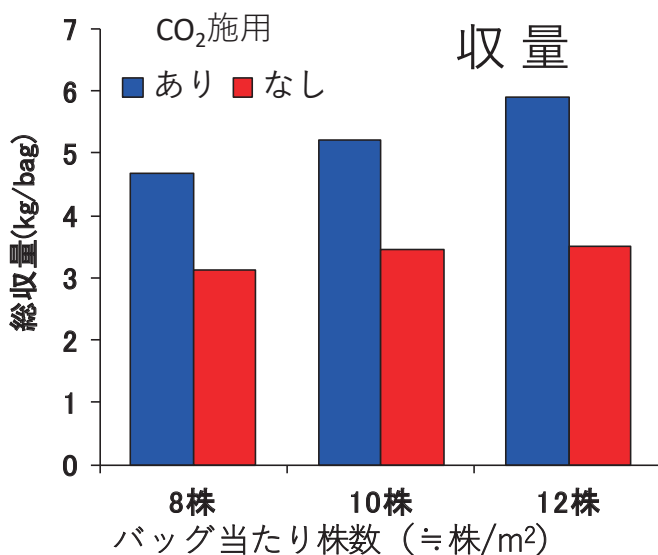
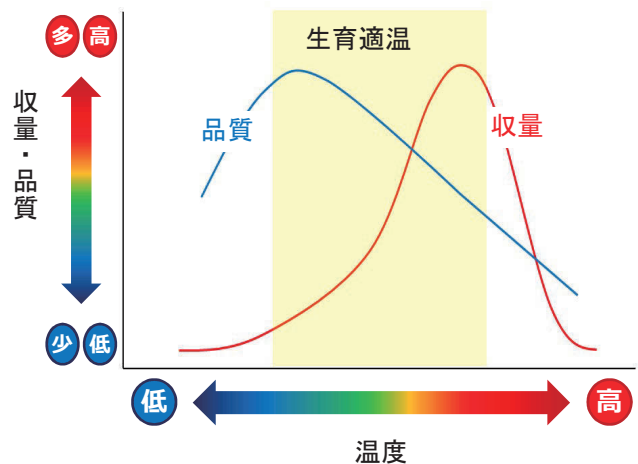
## 2. 収益向上のための戦略 —高収量・高品質化の両立—

### 収量と品質の向上による収益の向上

イチゴの生産で収益を向上させるためには、**品質の良い(ばらつきの少ない)果実をより多く収穫**することがポイントです。収量と品質はトレードオフの関係にありますが、栽培温度を生育に適した温度域内で高めに保ち、そこにCO<sub>2</sub>施用を効率よく組み合わせることで、**収量と品質**の両方を高めることができます。

一般的には、高めの温度管理で草勢の低下を避けることによって収量性は向上し、低めの温度管理で果実の成熟を遅らせることで、糖の蓄積と酸の低下が進む傾向にあります。ただし、過度の低温管理は草勢の低下を招いて品質まで低下することがあります。また、低温管理が品質向上に効果的な品種と高めの温度管理で十分なCO<sub>2</sub>濃度を維持するほうが高品質の果実を得るのに効果的な品種(女峰や紅ほっぺなど)とがあるので注意が必要です。

収量重視で着果数や栽植株数を増やした場合には、下図のように品質に対する効果は小さくなります。販売戦略として品質を求めするのであれば、強めの摘果で着果数を制限することで、品質向上による高付加価値化と収穫調整労力の削減を達成することが可能になります。



CO<sub>2</sub>施用と栽植株数(ピートバッグ当たり定植株数)が女峰'のピートバッグ当たりの総収量と果実の可溶性固形物濃度に及ぼす影響(伊谷ら、1999)

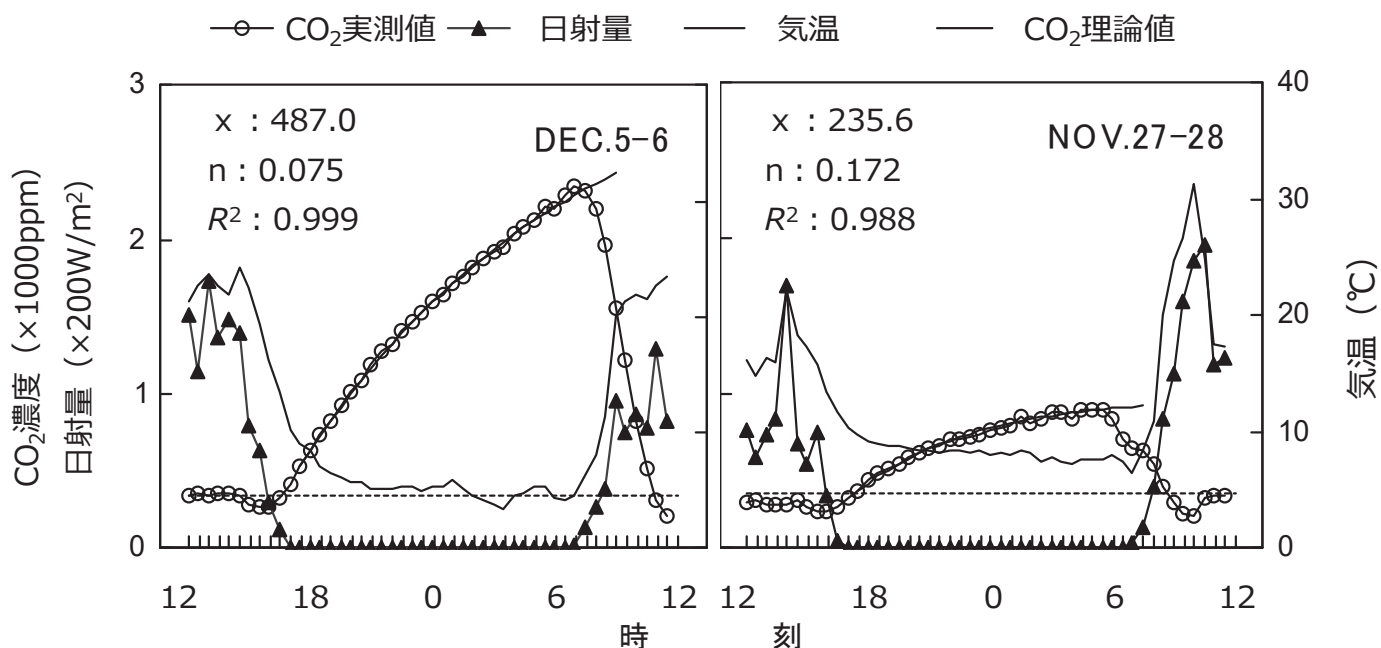
### 3. 篤農家のハウス内環境は何が違うのか？

#### 有機物の多量施用によるCO<sub>2</sub>環境の改善

各産地で優秀な成績を上げている篤農家の多くが、完熟たい肥や稲ワラなど多量の有機物を投入したり、夏の間にはソルゴーを作付けて鋤き込むなど熱心に「土作り」を行っています。このような農家の話を聞けば、ほとんど必ず「土作りをしなければイチゴはとれない」という答えが返ってくるはずで、下の図はイチゴハウス内のCO<sub>2</sub>濃度の典型的な変化を示しています。左側は、10年間以上にわたって、イチゴの収穫終了後に緑肥としてソルゴーを栽培して鋤込み、10a当たりで2t相当量の牛糞たい肥に加えて、稲わらを2t程度（40a相当）投入し続けてきたハウスであり、右側は、2tの牛糞たい肥だけしか投入していないハウスです。

有機物投入量が多く、土壌中炭素濃度が3%を超えているハウスでは、毎時500 ml/m<sup>2</sup>近いCO<sub>2</sub>が土壌から供給されます。500 ml/m<sup>2</sup>/時という量は、10a当たりで1日に12 m<sup>3</sup>、およそ10 Lの灯油を燃焼させて発生する量になります。土壌から供給されるCO<sub>2</sub>は夜間ハウス内に蓄積され、密閉度の高いハウスであれば、夜明け前のCO<sub>2</sub>濃度が2000 ppm以上になります。

夜明け前のCO<sub>2</sub>濃度が高いハウスでは、高CO<sub>2</sub>濃度が維持される時間が長いのにに対して、1000 ppm程度だと、晴れた日の9時半頃には外気の濃度以下に低下します。CO<sub>2</sub>飢餓状態になって、ほとんど光合成ができなくなります。大量の有機物施用は特に光合成促進に大きな効果を持っているわけです。



土耕栽培のイチゴハウス内CO<sub>2</sub>濃度の変化 (Yoshidaら、1995)

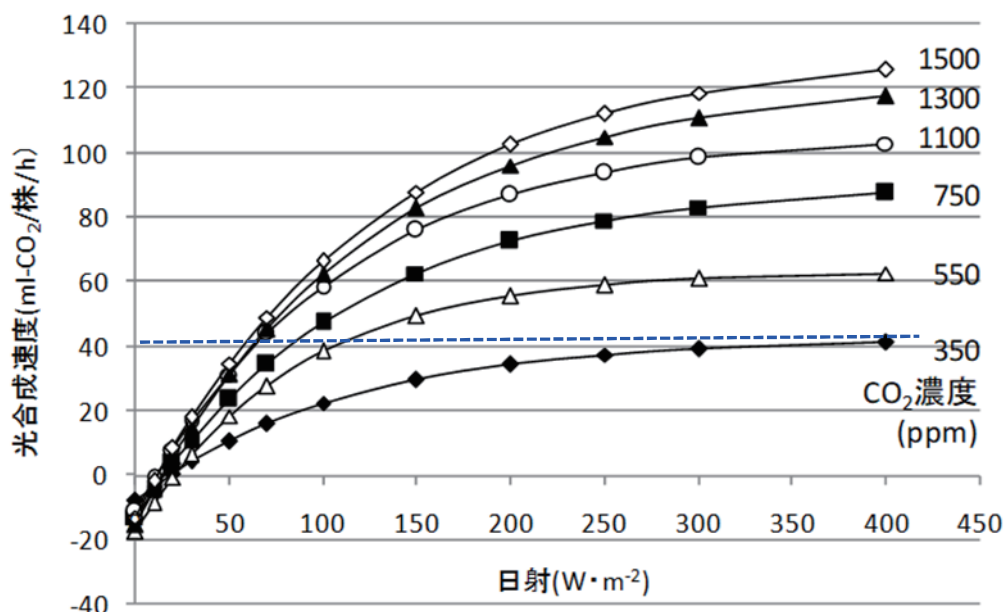
左：土壌中炭素濃度3.1%(1992年12月5-6日)、右：土壌中炭素濃度1.8%(1992年11月27-28日)  
 x : CO<sub>2</sub>発生速度(ml/m<sup>2</sup>/H)、n : 換気回数 (回/H)

## 4. イチゴの複合環境制御 —温度とCO<sub>2</sub>管理—

### イチゴの光合成特性

多くの植物の光合成システムは今よりも高いCO<sub>2</sub>濃度に適応して進化してきたものなので、1500 ppm程度までは、CO<sub>2</sub>濃度が高いほど光合成速度が高くなります。一方、CO<sub>2</sub>濃度が400 ppm以下になると光合成速度は直線的に低下し、50~100 ppm程度でCO<sub>2</sub>補償点に達し、光合成速度と呼吸速度がつり合っただけの見かけの光合成速度はゼロになります。前頁の図に示したように、十分な土づくりをしたハウスでも冬の晴天日に閉め切った状態では、CO<sub>2</sub>補償点付近にまで低下することもまれではありません。

下の図に示したように、イチゴ群落の光合成速度はCO<sub>2</sub>濃度350 ppmでは400 W・m<sup>-2</sup>（自然光で約4万lx）程度で光飽和に達し、頭打ちになります。群落の光合成速度は、栽植密度や芽数・葉数など株の管理状態によって多少変動しますが、1芽仕立ての‘女峰’の場合、株当たり葉数7枚程度でほぼ飽和し、それ以上多くなっても見かけの光合成速度はあまり変化しません。CO<sub>2</sub>濃度の影響についてみれば、750 ppmでの光合成速度は350 ppmの約2倍になります。濃度が高くなるにしたがって光合成促進効果は徐々に小さくなりますが、1500 ppmだと、350 ppmの3倍弱近くになります。青色の破線がCO<sub>2</sub>濃度400 ppmの時の最大光合成速度だとすると、750 ppmだと100 W・m<sup>-2</sup>（真冬の晴天日の9時ごろ）、1500 ppmだと70 W・m<sup>-2</sup>（同8時半ごろ）の光強度でほぼ同じだけの光合成速度が得られます。光合成促進のための高CO<sub>2</sub>管理は、光が弱い時ほど重要だということになります。



イチゴ‘女峰’群落の光—光合成曲線（吉田・難波、1995）

## CO<sub>2</sub>制御は必須の技術

香川県では1990年代初めに石油ストーブによるCO<sub>2</sub>施用が導入されました。この時、土作りに熱心な篤農家では目立った効果が見られませんでした。土作り以外には熱心取り組むけれども平均的な収量しか得られていなかった農家では、顕著な効果が認められました。

高設栽培では、分解の早い有機物が培地に利用されることはまれで、CO<sub>2</sub>発生源となる有機物がハウス内に投入されることはほとんどありません。何もしなければ、日中はほとんどの時間帯でCO<sub>2</sub>飢餓状態にあります。そのような状態でCO<sub>2</sub>施用を行えば、収量は2倍程度になりますが、それでも収量は名人が土で育てたイチゴを超えることはまれです。つまり、高設栽培では積極的なCO<sub>2</sub>施用が何よりも重要な必須の技術といえます。

## CO<sub>2</sub>濃度 = 光合成を重視した温度管理

イチゴハウスの温度管理については、以前から午前中は25～27℃の高温管理、午後は20～22℃を目標に低温管理を推奨してきた産地が多いと思います。この基準は、有機物の豊富な土耕ハウスで土壌から発生するCO<sub>2</sub>を有効に利用するために適した方法だといえます。午前中は夜間ハウス内に蓄積したCO<sub>2</sub>をイチゴに吸収させ、午後には温度が適温から外れない範囲で外気から積極的にCO<sub>2</sub>を取り込んでCO<sub>2</sub>飢餓を避けるという、篤農家が経験的に到達した理にかなった管理方法です。

よほど熱心に土作りに取り組まない限り、イチゴの高品質・多収を達成するにはCO<sub>2</sub>施用が絶対に必要という結論になります。それでも、夕方閉め切った後のCO<sub>2</sub>飢餓は避けることができません。効果的に、無駄なく(温室効果ガスであるCO<sub>2</sub>の大気中への放出を最小限にとどめて)イチゴの光合成を促進するためには、換気による日中の温度管理とCO<sub>2</sub>濃度管理とを効率的に連動させることが必要です。そこで、複合環境制御装置であるYoshiMaxの出番になります。





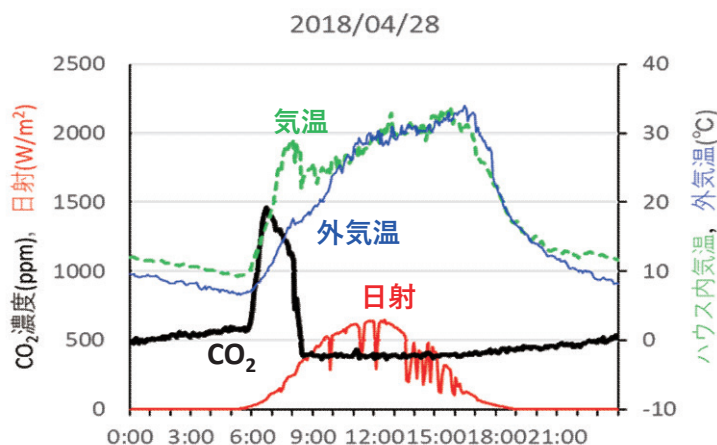
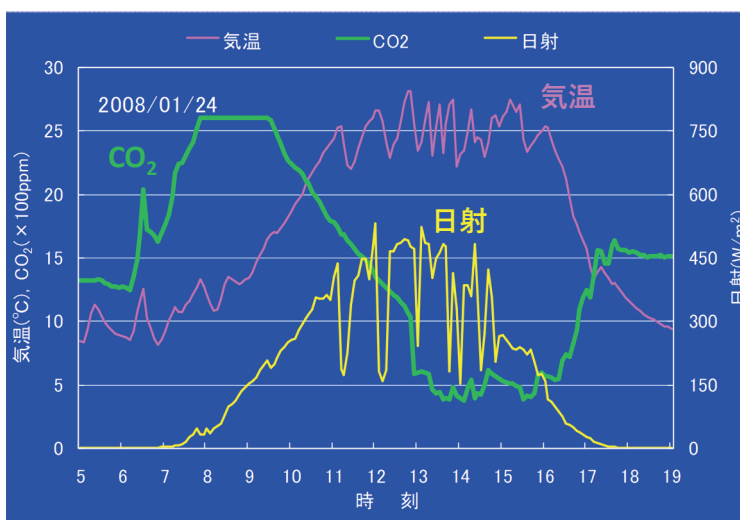
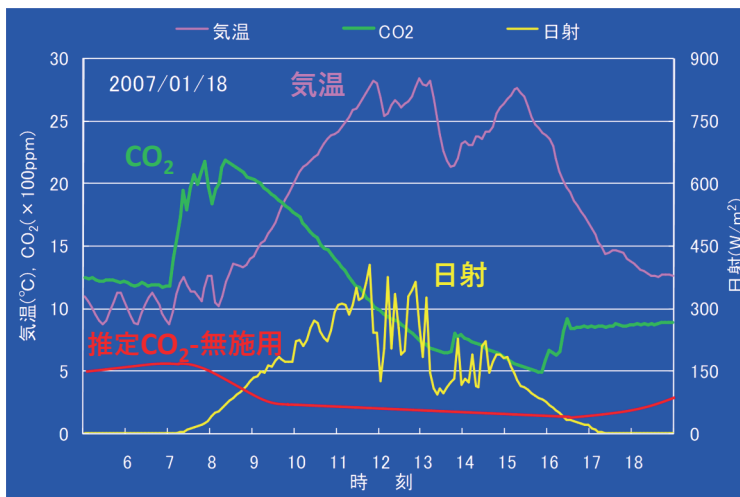
## 目標とするハウス内環境

このページの図はすべてのぞみふあーむ（岡山市）の実測値です。3年前までは、懐かしいPC-98の自作のプログラムでグリーンキットというA/Dコンバータを動かしていました。

上の図は、真冬に一度も換気が起こらなかった日の様子です。珍しいことですが、灯油を燃焼させて出たCO<sub>2</sub>がほぼすべて有効にイチゴに吸収されています。こんな日に、もしCO<sub>2</sub>施用を行っていなかったとすると、赤線で示したように9時前から1日中飢餓状態で経過すると考えられます。

中央の図では、プログラムを改良し、早朝から燃焼式のCO<sub>2</sub>発生装置を補助暖房に利用して加温のために発生したCO<sub>2</sub>を有効に利用する機能が加わっています。早朝加温や雪の日の日中など暖房機が作動するときには同時に発生装置を動かしています。13時ごろに換気扇が稼働して濃度が1000 ppmから600 ppmに低下していますが、この時排出されたCO<sub>2</sub>はすべて早朝加温のために使われた灯油の副産物ということになります。

下の図は、YoshiMaxで初めて実現した制御です。日の出ごろから8時過ぎまでハウス内のCO<sub>2</sub>濃度を1000 ppm以上に高めて光合成速度を高めています。PC-98では巻き上げによる谷換気が独立して稼働していたため、自動運転で早朝だけ閉めるというような制御は不可能でした。しかし、YoshiMaxでは時間帯ごとに換気設定温度を変更できるため、夜間は谷換気を解放して低温管理とし、朝の1~2時間だけ閉め切ってCO<sub>2</sub>施用を行うという制御ができます。



## 5. 養液栽培の培養液管理

### 点滴灌水装置の選び方（給液の精度とコスト）

給液には一般的にタイムスイッチが利用されていますが、作物の吸水量は曇雨天時と晴天日で大きく異なるため、養水分のロスや一時的な不足を引き起こすことは避けられません。YoshiMaxには日射比例灌水制御機能があり、効率的な養水分管理が行えます。ただし、複数の電磁弁とポンプを個別に制御する機能は備えていないので、外部入力信号に対応した電磁弁制御機能を持つ装置、インジェクション式の「液肥混入器（OATアグリオ）」や「よくばりタイマー(住化農業資材)」などが必要です。

高設栽培での培養液の供給には、均一な供給が可能な点滴方式が必須です。コストを意識するあまり、安価な点滴チューブが利用される場合が多いですが、低価格のテープ型点滴チューブはわずかな高低差が吐出量に大きく影響する上に、チューブの中に水が充満するまで配管の接続口付近と末端の吐出量が一定になりません。養液土耕栽培のように、10分単位で1日数回給液する場合は吐出量のばらつきはほとんど問題になりませんが、2～4分程度の給液を頻繁に繰り返すと吐出量のムラが目に見えて大きくなります。緩効性肥料で水だけを供給する場合であっても給水ムラは生育の不揃いを引き起こします。吐出量が少ないところに合わせて調整することが必要になり、水と肥料に加えて無駄な労力と精神的負担が増えることは避けられません。イチゴの高設栽培においても、トマトやパプリカの養液栽培と同様に、耐久性に優れ、均一な灌水が可能な点滴チューブ（圧力補正機能のついた肉厚のチューブや独立式のドリッパー）が必要です。そもそも、テープ型は耐圧性能が劣り、目詰まりを起こしやすいので、1～2年での更新が必要になります。長い目で見た場合のコストは必ずしも低くなりません。

市販の点滴給液資材の性能と標準的な価格（10a，ベッド延長800m当たり）

名称	ピッチ (cm)	耐圧 (MPa)*	吐出量** (L/hr/m)	単価	
				(円/m)	(千円/10a)
ポットドリッパー-2型***	40	0.4	5 (2×2.5)	(427)	341
アロドリッパー+ウッドペッカー***	40	0.4	5 (2×2.5)	(319)	255
ユニラム17CNL(圧力補正機能付き)	20	0.4	8 (1.6×5)	240	192
タイフーン20-02	20	0.25	9 (1.8×5)	110	88
スーパータイフーン100-02	20	0.12	8 (1.6×5)	90	72
ストリームライン80-02	20	0.1	5.1 (1.05×5)	60	48

\* 1MPa = 10kg/cm<sup>2</sup>

\*\* 水圧0.1MPaのとき（ユニラムは0.1～0.4MPaで吐出量一定）

\*\*\* 株間20cm・2条植え(8000株/10a) で4株に1つ設置した場合

## 施肥と培養液管理

一部の地域では、高設栽培でも140～180日型の被覆緩効性肥料を中心に用いた施肥が行われています。しかし、培養液栽培と比べてフィルム展張後の肥効が不安定、果実の収量・品質が劣る、培地加温が必要など様々な問題点が指摘されています。これまでの実験結果から、被覆肥料に起因する問題は単なる肥料成分の過不足ではなく、被覆肥料中に含まれる全窒素の半分以上を占めるアンモニア態窒素の過剰が関与していると考えられます。もちろん成功事例はありますが、失敗するリスクが大きいことは間違いありません。被覆肥料にしたから液肥混入器が不要になるわけでもないので、始めから培養液を利用すべきでしょう。台風常襲地域で無被覆で定植するという場合には、40日型の被覆肥料を株当たり2g程度施用して、被覆後培養液に切り替えるのが最も簡便です。

培養液を施用する場合には、市販の配合済み肥料の利用が一般的です。硝酸カルシウムや硝酸カリなどの単肥をそれぞれに購入して自家配合することも可能ですが、コスト削減効果より配合ミスなどのリスクのほうが大きく、間違えると取り返しのつかない結果を招くことがあります。培養液としてはホーランド溶液や園試処方に準じた組成の市販の肥料の利用を推奨します。

適切な培養液管理を行うためには、供給する培養液と排出される排液の量とEC(電気伝導度)を1週間に3回以上（できれば毎日決まった時間に）測定し、記録することが重要です。給・排液の量とECを測定するだけで、イチゴの生育状況はおおよそ把握することができるようになります。培養液の過不足を判定して排液率が20～25%となるように給液量を決定し、濃度調整の目安としますが、これらの数値には葉面積の増加や光合成活性の変化のほか、液肥混入器やCO<sub>2</sub>発生器のトラブルなど様々な状況の変化が反映されてくるので、培養液管理の基本であると認識して確認を習慣化することが重要です。コストを掛ければこれらの数値も自動でモニタリングすることが可能ですが、生育が順調な時にはデータの確認を怠ることが多くなり、「気づいた時には手遅れ」というのがよくある失敗のパターンです。

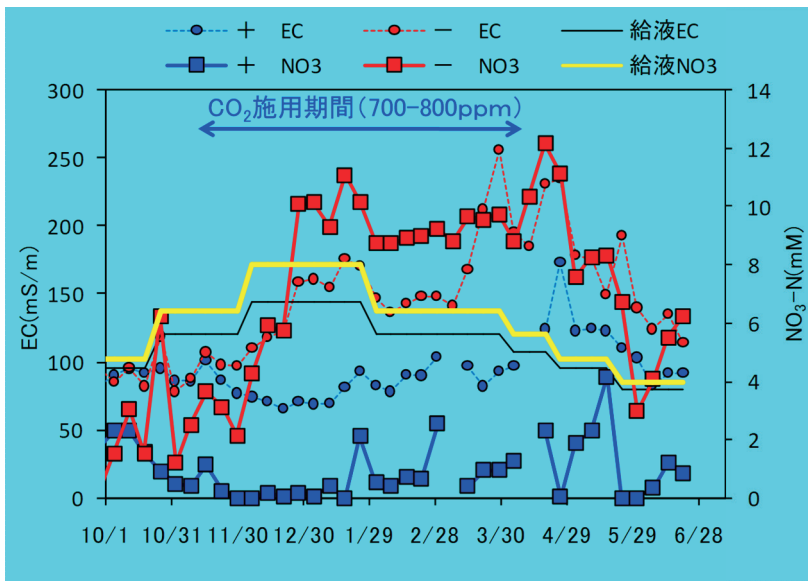
主な培養液処方と市販液肥の肥料成分の濃度。市販品は保証成分または公表された標準成分量から算出、単位はmg/L。

培養液処方	希釈率 <sup>2</sup>	N			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO	S	Fe	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>
		全窒素	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N							
2液式											
園試処方 1/2濃度	—	121	112	9	46	188	112	40	32	1.5	0.8
大塚A処方 1/2濃度	1%	128	117	12	60	203	115	18	24	1.4	0.2
マイティアアップ1号, 2号	1%	132	112	20	60	178	142	32	22	2.0	0.2
旭化学BK処方	1%	110	101	9	60	205	86	32	37	2.7	2.5
1液式											
タンクミックスA&B	1%	135	124	(6)	65	195	110	35	?	1	0.9
OK-F-1 (1100倍)	0.09%	135	60	(60)	90	153	54	18	0	0.9	0.9

<sup>2</sup> 所定量を希釈・溶解して濃厚原液を200L作成したときの希釈率。

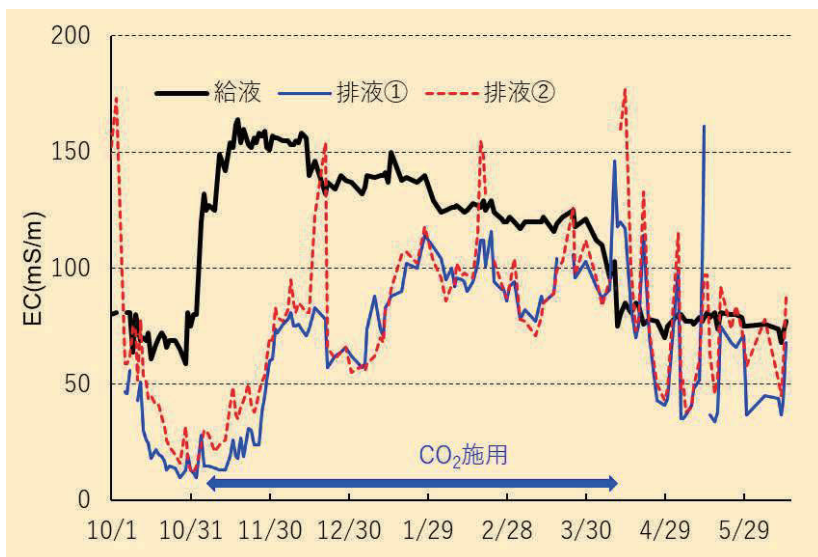
<sup>3</sup> 含有するが濃度は公表されていない。

## 培養液管理のポイント



給・排水のECとNO<sub>3</sub>-N濃度の変化に及ぼすCO<sub>2</sub>施用の影響。(伊谷ら, 1999)

以上に吸収することはありません。窒素の施用量を増やすだけではイチゴの成長を促進することはできませんが、CO<sub>2</sub>施用を行う場合には成長に必要な肥料成分、特に窒素の施用量を増やす必要があることを意味しています。



のぞみふぁーむにおける給・排水ECの変化(2008-2009). 排水①は初期生育が旺盛であったバッグ, ②は初期にハダニの食害を受けたバッグ. 11月10日から4月9日までCO<sub>2</sub>施用, 早朝2000-3000ppm, 日中500-700ppm, 夕方800-1000ppm

日射量が増え始める1月下旬頃から光合成による光利用効率が低下するため相対的に水の要求量が増加し、ECは徐々に上昇します。また、4月以降にハウスを開放すると急激に吸水量が増加するため、排水ECの上昇にあわせて培養液濃度を少しずつ低下させます。ほとんどの品種は、いずれもこれに沿った培養液管理で問題なく生育しています。ただし、'さがほのか'、'章姫'、'紅ほっぺ'など草勢の強い品種については、保温開始期以降の培養液濃度を'女峰'より2割程度低くする方がよい結果が得られています。

CO<sub>2</sub>無施用で栽培するとハウス内の濃度は日中常に外気より低くなり、光合成が抑制されます。その結果、排水の養分濃度とECは供給する培養液より高くなりますが、日中700-800ppmのCO<sub>2</sub>施用を行うと、上の図のように培養液中の硝酸はほとんどが吸収され、排水のECも常に培養液よりも低い値で推移します。

つまり、光合成によって炭水化物を合成しなければ、植物は施用した肥料を必要

下の図は、のぞみふぁーむの'女峰'栽培における給排水ECの変化です。定植後25~30%濃度の園試処方(EC10mS/m程度の原水で、60~80mS/m)でスタートします。20日ほど経過して新しい葉が3枚程度展開すると急激に排水のECが低下し、好天が続けば20mS/m以下になることもあります。保温・CO<sub>2</sub>施用開始に伴って養分吸収量が急激に増大するため、給液濃度を高くしてもしばらく排水のECは高くなりません。

本マニュアルで基準とした大まかな栽培歴は以下のとおりです。具体的な設定値の詳細は21ページ以降を確認してください。気象条件の異なる地域については、21～27ページに寡日照地域として島根県、温暖で日射の豊富な地域として静岡県の設定条件の変更時期について示しています。

のぞみふぁーむ(岡山市)における'女峰'の栽培歴

月	生育状況 (生物季節) 環境・培養液管理	培養液濃度 (BK処方)	主要病害虫
6月	栽培株ランナー発生開始 収穫終了	25%	
7月	挿し苗(中旬) *1		タンソ病
8月	培養液(N60～70mg/L, EC約70mS/m)施用開始 *2 培養液施用停止(定植20日前) *3	25～30%	
9月	定植 培養液施用開始(70～80ml/株/日) (定植1週後から4～5日間給液停止) *4 (給液再開後排液率20%を目標に給液量を調整)	30%	ヨトウムシ
10月	出蕾 (排液EC40～80mS/m) *5	40%	アブラムシ ハダニ
11月	開花始め 保温・CO <sub>2</sub> 施用開始 加温・電照開始	50%	ウドンコ病
12月	収穫始め 内張開閉開始	60%	灰色カビ病
1月	草勢が強い場合、4～5日サイクルで 間欠的に電照を停止	50%	
2月	節分 電照停止	40%	ハダニ 灰色カビ病
3月	桜開花 内張開閉停止 谷換気開始		ウドンコ病
4月	早朝のみCO <sub>2</sub> 施用 (排液EC70mS/m以下) *5 (排液量30ml/株/日以上) *6	30%	アザミウマ類
5月	CO <sub>2</sub> 施用停止 (排液量40ml/株/日以上) *6	25%	
6月	収穫終了		

\*1 挿し苗後昼間30分、夜間3時間ごとに散水、1週間後から徐々に頻度を下げる。

\*2 挿し苗約10日後から施用、過剰→タンソ病多発、不足→苗の充実が遅れ花芽分化不斉一化。  
EC(電気伝導度)100mS/m = 1mS/cm = 1dS/m。BK処方50%液は110mS/m+原水のEC。

\*3 停止後7～10日ごとに1回培養液を施用、極端な栄養不足は花芽分化を抑制。

\*4 Nの代謝異常による生育抑制、新葉に発生する葉脈間クロロシ回避。

\*5 CO<sub>2</sub>施用開始後は40mS/m未満または80mS/m以上が1週間続いた場合濃度を変更。  
4月以降(CO<sub>2</sub>終日施用停止後)は70mS/mを超えないよう適宜濃度を下げる。

\*6 4月以降は株当たり25ml/日以上以上の排液があれば排液率20%にこだわらなくてよい。  
(5月下旬以降は40ml/日以上が目標)

## 6. YoshiMaxの使用法—PCの接続と用語解説—

YoshiMaxは多機能な複合環境制御コントローラです。環境制御に利用する設定項目が多くなるので、従来型のコントローラのように制御機器本体のスイッチやボタンを使って入力するのは大変な作業になります。その負担を軽減するために、YoshiMaxではブラウザ（Microsoft EdgeやGoogle Chromeなど）を使って環境制御の設定を行います。ブラウザを使用するためにはいくつかポイントがありますが、まずは導入編を御覧になり各種設定を行ってみてください。

### （1）導入編 – パソコンとの接続と初期設定 –

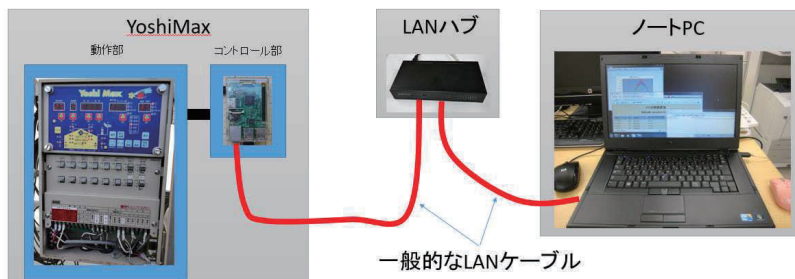
YoshiMaxにブラウザを使ってアクセスするためには、YoshiMaxとパソコン（PC）をLANケーブルで接続するのが最も基本的な方法になります。YoshiMaxでは環境制御の設定を行うために、YoshiMax自体にネットワーク経由でパソコンのブラウザを利用してアクセスする必要があります。普段パソコンを利用してインターネットで色々な情報を検索するのと使い方として大きな違いはありません。一つだけ違うのは、**パソコンのネットワーク環境を設定する必要があります**ということです。手順に従って実施すれば難しいことはありません。まずは、YoshiMaxとパソコンを接続しましょう。

#### <YoshiMaxとパソコンとの接続>

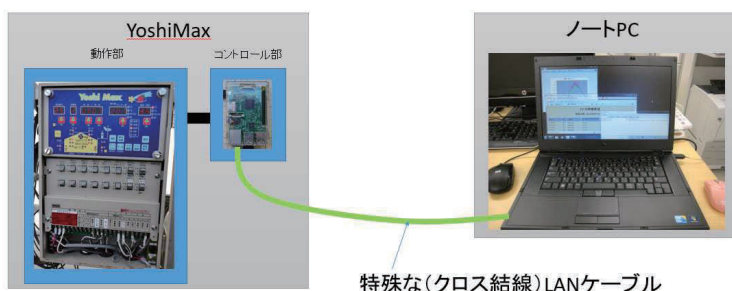
必要なもの： YoshiMax、PC、LANケーブル、LANハブ

下記の図を参考にパソコンとYoshiMaxを接続してください。一般的なLANケーブルを使用する場合は（A）を、特殊なLANケーブル（クロス結線）を使用する場合は（B）の方法で接続してください。

（A）一般的な市販のLANケーブルを使用



（B）特殊な（クロス結線）LANケーブルを使用



YoshiMaxは、温度等の表示パネルのほかに入力用接点、制御用の出力接点、手動・自動の切り替えスイッチを持つ動作部（名前が書かれた金属製の筐体、写真左）とワンボードマイコン（Raspberry Pi、ラズベリーパイ）が入ったコントロール部の2つに分かれています。プラボックスに入ったラズベリーパイ（写真右）とパソコンをLANケーブルでつなぎます。

# <YoshiMaxに接続するためのパソコンの設定>

## ・ Windowsの場合

Windowsには様々なバージョンがありますが、どのバージョンでもLANケーブルで接続する場合のネットワークの設定はおなじです。

ローカルエリア接続のプロパティ→

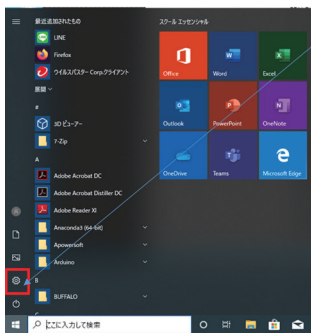
インターネットプロトコルバージョン 4 (TCP/IPv4) のプロパティのところを設定します。ここで、

IPアドレス： 192.168.0.111 (111の部分は70以外の任意)

サブネットマスク： 255.255.255.0

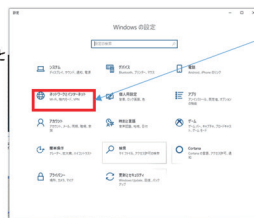
デフォルトゲートウェイ： 192.168.0.1 (なくても大丈夫ですが一応設定)

と設定します。画面の出し方は下記を参考にしてください。



設定  
ボタンを押すと  
右の画面が  
現れます。

Windows画面の通常左下にあるスタートボタンを押してください。その後設定ボタンを押してください。



ネットワークと  
インターネット  
を選択すると  
右の画面が  
現れます。

Windowsの設定画面が現れますので、  
ネットワークとインターネット  
を選択してください。すると右の画面が現れます。



ネットワークと  
共有センター  
を選択すると  
左下の画面  
が現れます。

ネットワークの状態を示す画面が現れますので、  
ネットワークと共有センター  
を選択してください。すると左下の画面が現れます。

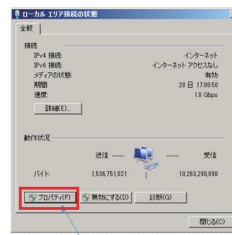
## (Windows10の例)



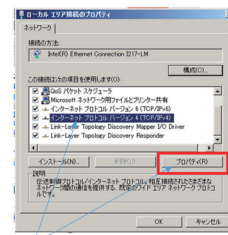
ローカルエリア接続  
を選択してください。  
左下の画面が現れま  
す。

この画面は使用されているパソコンによって変わりますが、LANケーブルを使って使用している場合はここで

ローカルエリア接続  
を選択してください。右の画面があらわれます。



このボタンを押すと  
右の画面が表示される



インターネットプロトコルバージョン4 (TCP/IPv4)  
を選択し、プロパティボタンを押すと  
右の画面が表示される。

この画面を設定することがYoshiMaxを利用する際に必要になります。

最後にOKボタンを押してください。

もともとパソコンに設定してあったこの画面の内容は記録しておいてください(YoshiMax接続に接続する場合以外はこの設定を使用する必要があります)

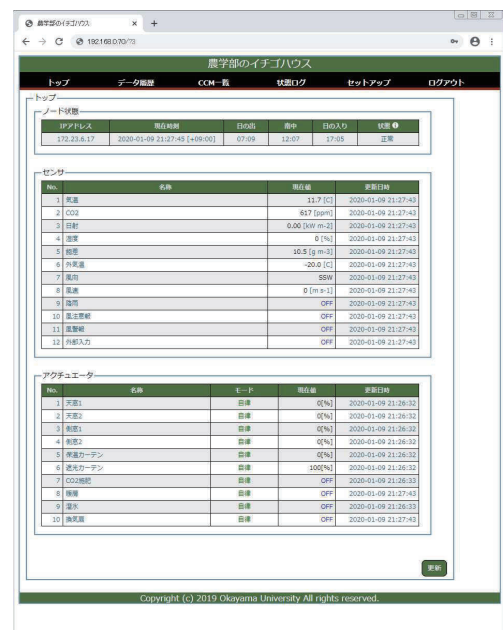
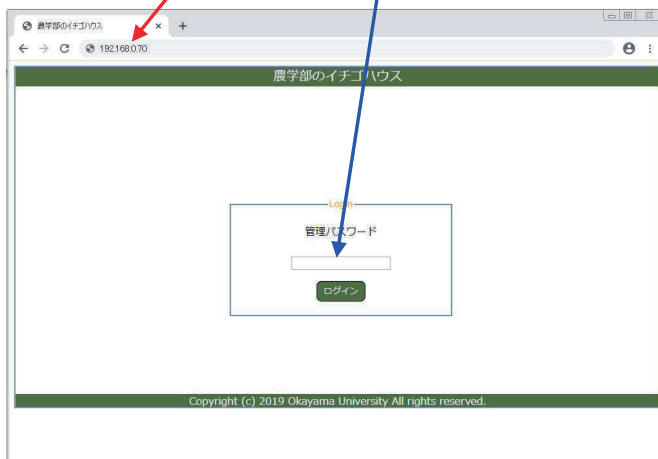
この設定画面のように書き換えてください。IPアドレスの最後の数字である「111」はYoshiMaxのアドレス(工場出荷時は70です)以外であれば大丈夫です。

以上でYoshiMaxに接続するためのネットワークの設定は終了です

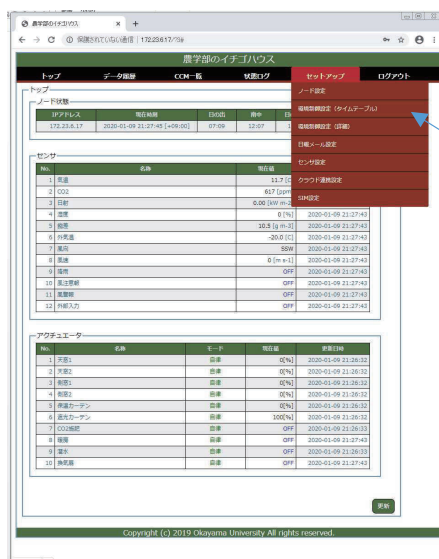
## ＜パソコンを利用したYoshiMaxへのアクセス＞

ブラウザ（EdgeやGoogle chromeなど）を立ち上げて、アドレスを入力する部分に**192.168.0.70**と入力すると以下の画面（左）が表示され、LAN経由でYoshiMaxにアクセスできるようになります。

管理パスワードに**admin**（YoshiMaxの初期値です）と入力すると、以下のような画面（右）が表示されYoshiMaxの設定が可能になります。



環境制御の設定は、セットアップにマウスをあわせたときに表示される環境制御設定（タイムテーブル）および環境制御設定（詳細）をクリックしたときに現れる画面を利用して行います。



ここをクリックで設定変更できます。



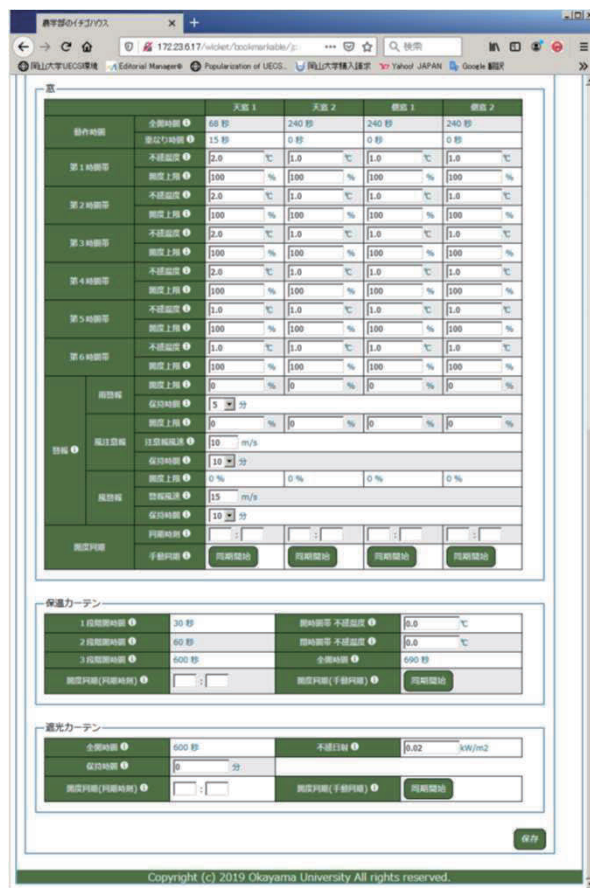
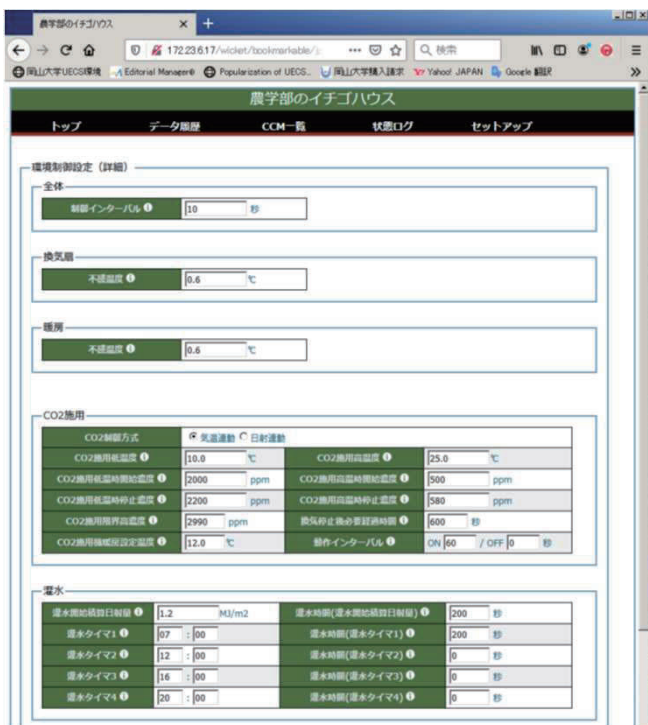


## 環境制御設定 (タイムテーブル) の画面

テーブル下のスクロールバーを使うことですべての項目を設定できます。

換気扇、暖房機、換気窓の作動設定温度を6段階の時間帯ごとに設定できます。灌水やCO<sub>2</sub>をONに設定した場合には環境制御設定 (詳細) で設定したタイミングで制御を実施します。

遮光カーテン、保温カーテンの動作は上記の設定と独立に動作します。



## 環境制御設定（詳細）の画面

本設定画面では、環境制御設定（タイムテーブル）で設定する以外の項目を設定します。具体的には

- ・ 環境制御のインターバル
- ・ 換気扇、暖房機の不感温度（頻繁なON/OFF動作を抑制するために設定）
- ・ 炭酸ガス施用方法（気温連動制御、濃度制御）や炭酸ガス施用濃度の設定
- ・ 灌水の設定（日射比例・タイマー灌水）
- ・ 換気窓の時間ごとの開度の設定や雨、風に対する警報時の動作の設定
- ・ 保温・遮光カーテン動作の設定

などです。

各設定項目の内容については、次ページ以降の用語解説と画面上のインフォメーションボタン（白抜きのみ）で呼び出されるヘルプ情報を参考にしてください。

## 用語解説－環境制御設定(タイムテーブル)

- **時刻**・・・1日を6つの時間帯（TZ1～TZ6）に分けてそれぞれの時間帯が始まる時刻を設定します(本ガイドの設定では概ね以下のとおりです)。

TZ1：早朝加温開始

TZ2：午前中 高温管理開始

TZ3：高温・高CO<sub>2</sub>中断（換気 → 温度・CO<sub>2</sub>濃度低下によるミツバチ活性化）

TZ4：一時的低温低CO<sub>2</sub>管理終了(厳寒期)・外気導入優先管理開始(春季)

TZ5：夕方 保温優先管理開始

TZ6：夜間 保・加温優先管理開始

時間帯	時刻 ①	換気扇 ①	暖房機 ①	CO <sub>2</sub>		遮水 ①	天窓1		天窓2	
				温度制御 ①	暖房利用 ①		開始温度 ①	開始温度 ①		
第1時間帯	6 : 0 ~	28.0 °C	12.0 °C	● ON ● OFF	● ON ● OFF	● ON ● OFF	35.0 °C	35.0 °C		
第2時間帯	8 : 0 ~	28.0 °C	13.0 °C	● ON ● OFF	● ON ● OFF	● ON ● OFF	35.0 °C	35.0 °C		
第3時間帯	12 : 0 ~	26.5 °C	15.0 °C	● ON ● OFF	● ON ● OFF	● ON ● OFF	30.0 °C	35.0 °C		
第4時間帯	12 : 20 ~	27.0 °C	14.0 °C	● ON ● OFF	● ON ● OFF	● ON ● OFF	30.0 °C	35.0 °C		
第5時間帯	15 : 30 ~	27.0 °C	13.0 °C	● ON ● OFF	● ON ● OFF	● ON ● OFF	30.0 °C	35.0 °C		
第6時間帯	17 : 0 ~	27.0 °C	10.0 °C	● ON ● OFF	● ON ● OFF	● ON ● OFF	29.0 °C	35.0 °C		

- **換気扇・暖房機設定温度**・・・維持したい平均温度を設定します。20℃設定で「詳細」で設定する不感温度が1℃であれば、  
換気扇は21℃でON/19℃でOFF、暖房機は19℃でON/21℃でOFF
- **CO<sub>2</sub>濃度制御**・・・「詳細」で設定する濃度範囲でCO<sub>2</sub>施用を行う時間帯はON、行わない時間帯はOFFに設定します。
- **CO<sub>2</sub>暖房利用**・・・早朝や日中CO<sub>2</sub>発生機を補助暖房に利用する場合にはONに設定します。気温が暖房設定温度より低い場合、濃度制御の上限を超えても「詳細」の限界高濃度に達するまで、または気温が暖房設定温度＋不感温度に達するまで動作します。
- **天窓・側窓開始温度**・・・設定した温度に達すると窓(または巻き上げ換気)を15%開きます。その後「詳細」で設定する不感温度の分上がるごとに35%、65%、100%と大きく開き、気温が下がると段階的に閉まり、気温が「開始温度－不感温度」になると全閉になります。
- **遮光カーテン**・・・設定した時間帯に日射量が設定値を超えたときにカーテンが開きます。利用する場合には日射センサーをカーテンの外側に設置します。
- **保温カーテン**・・・第1～6の時間帯とは別に作動します。設定した時間以後に温度が設定値を超えたときに開き、下回ったときに閉まります。

遮光カーテン ①	保温カーテン ①
08 : 00 ~ 18 : 00 1.0 kw/m <sup>2</sup>	08 : 30 ~ 開温度 ① 15.0 °C
全開 ▼	18 : 00 ~ 閉温度 ① 14.0 °C

## 用語解説－環境制御設定(詳細)

- **制御インターバル**・・・条件の変化を判断して制御を実行する間隔
- **不感温度**・・・基準値から変化したと判断して動作をON/OFFする温度の幅

**換気扇、暖房機** = 暖房の設定温度10℃で不感温度0.5℃の場合

センサー出力値9.5℃でON、10.5℃でOFF。この時CO<sub>2</sub>施用機暖房設定温度が10℃であれば、CO<sub>2</sub>施用機の補助暖房は、10℃でON、10.5℃でOFF。

**窓、カーテン** = 窓の設定温度26℃、不感温度1.0℃設定の場合

全閉状態から気温が上昇する場合、センサー出力27℃で15%開、28℃で35%開、29℃で65%開、30℃で100%開。

100%開いた状態から温度が低下する場合、28℃で65%、27℃で35%、26℃で15%、25℃で全閉。

天窓（谷換気）、側窓については**時間帯ごとに設定が必要**。

- **開度上限(窓)**・・・「全開時間」を100%として指定した値までしか開きません。50%に設定すると、実際の窓の開度は7.5%－17.5%－32.5%－50%となり、低温時には急激な温度変化を避けることができます。
- **CO<sub>2</sub>制御方式**・・・通常は換気中CO<sub>2</sub>施用を停止する<温度連動>で使用します。<日射連動>はトマト等に対応するため換気窓が開いた状態で低濃度施用を行うためのモードで、このマニュアルでは対応していません。
- **CO<sub>2</sub>施用**に関する設定値を以下のように設定すると、温度変化に従って次ページの図の青線と赤線のようにCO<sub>2</sub>発生装置を制御します。

<b>CO<sub>2</sub>施用低温度</b>	10℃	<b>CO<sub>2</sub>施用高温温度</b>	25℃
<b>低温時開始濃度</b>	1500ppm	<b>高温時開始濃度</b>	450ppm
<b>低温時停止濃度</b>	1700ppm	<b>高温時停止濃度</b>	550ppm

CO <sub>2</sub> 制御方式	● 気温連動 ● 日射連動		
CO <sub>2</sub> 施用低温度 ⓘ	10.0 ℃	CO <sub>2</sub> 施用高温温度 ⓘ	25.0 ℃
CO <sub>2</sub> 施用低温時開始濃度 ⓘ	1500 ppm	CO <sub>2</sub> 施用高温時開始濃度 ⓘ	450 ppm
CO <sub>2</sub> 施用低温時停止濃度 ⓘ	1700 ppm	CO <sub>2</sub> 施用高温時停止濃度 ⓘ	550 ppm
CO <sub>2</sub> 施用限界高温濃度 ⓘ	2900 ppm	換気停止後必要経過時間 ⓘ	600 秒
CO <sub>2</sub> 施用機暖房設定温度 ⓘ	12.0 ℃	動作インターバル ⓘ	ON 60 / OFF 0 秒

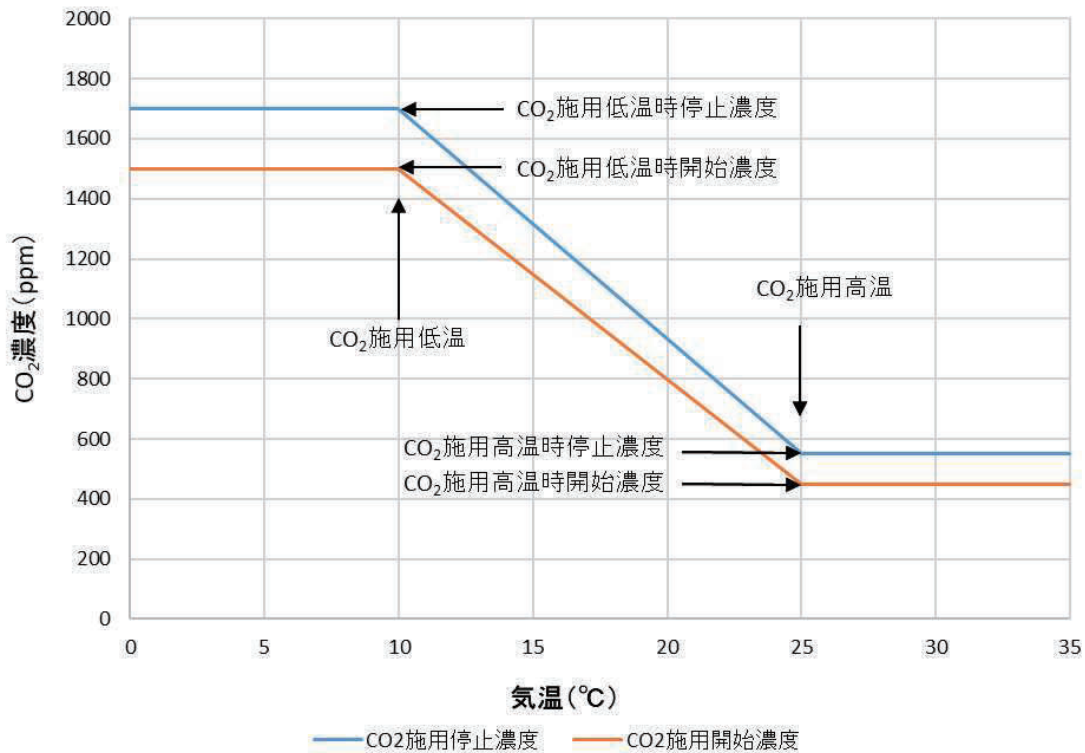


図 CO<sub>2</sub>施用動作イメージ

- **換気停止後必要経過時間(CO<sub>2</sub>)**…換気停止後設定した時間が経過しないとCO<sub>2</sub>発生機が作動しません。0にすると換気停止後すぐにCO<sub>2</sub>発生機が作動します。
- **CO<sub>2</sub>動作インターバル**…暖房利用でない時間帯に、設定した時間でON/OFFを繰り返します。OFF時間を0にすると連続運転になります。
- **灌水開始積算日射量・時間**…前回の灌水開始からの積算日射量が設定した値を超えたら、設定した時間だけ灌水します。多チャンネル制御には対応していません。「よくばりタイマー」などを利用してください。日射計をハウス外に設置する場合には、積算日射量を20～40%大きくします。
- **灌水タイマ1～4**…日射量と関係なく強制的に灌水を開始する時刻を1日4回まで設定できます。一般的には朝1回目の給液開始時刻を設定します。
- **日射比例灌水の設定**…給液が不足する場合には<灌水開始積算日射量> ↘ または灌水時間 ↗、曇雨天時に対して晴天日の給液が過剰の場合には<日射量> ↗、不足する場合には日射量 ↘

灌水開始積算日射量 ①	1.2 MJ/m <sup>2</sup>	灌水時間(灌水開始積算日射量) ①	200 秒
灌水タイマ1 ①	07 : 00	灌水時間(灌水タイマ1) ①	200 秒
灌水タイマ2 ①	12 : 00	灌水時間(灌水タイマ2) ①	0 秒
灌水タイマ3 ①	16 : 00	灌水時間(灌水タイマ3) ①	0 秒
灌水タイマ4 ①	20 : 00	灌水時間(灌水タイマ4) ①	0 秒

## (2) 応用編

YoshiMaxは拡張性の高い環境制御コントローラで、導入編で使用方法を理解して慣れてしまえば、下記のようなより高度な方法での利用が可能です。

- ・ (株)Wabitのクラウドサービスの利用、日報サービスの利用(要インターネット接続)
- ・ UECS (ユビキタス環境制御システム) 対応ソフトウェアの利用
- ・ YoshiMaxを2台目導入時の屋外センサ情報の共有

などです。

これらの情報につきましては、YoshiMaxの取り扱い説明書や新設を予定している下記のサイトなどの情報をごらんください。

岡山大学野菜園芸学研究室HP

<http://www.okayama-u.ac.jp/user/vegetres/kenkyu/>

西日本農業研究センター

<http://www.naro.affrc.go.jp/laboratory/warc/>

### \*天窓、谷換気などが少し開いた状態でのCO<sub>2</sub>施用について(日射連動モード)

温暖な地域では、厳寒期でもハウス内の温度が上昇しやすく、特に換気扇を設置していないハウスでは、天窓等を少しだけすかせて換気する状態が長く続くことがあります。CO<sub>2</sub>制御方式が標準の<温度連動>の場合は、このような状態だとCO<sub>2</sub>発生装置が作動しないため、CO<sub>2</sub>濃度が外気濃度を下回る時間が続くこととなります。それを避けて換気をしながらCO<sub>2</sub>施用を行うため、「環境制御設定(詳細)」の画面でCO<sub>2</sub>制御方式を<日射連動>に切り替えることで、外気並みの濃度を維持するように制御することができるようになります。

この方法でCO<sub>2</sub>施用を行うには、開口部から暖かいCO<sub>2</sub>が逃げ出すことを避けるためにハウス内の空気を十分に攪拌してイチゴの群落にまで届けることが必要です。最低でも十分な数の循環扇は必須で、暖房機のダクトを利用して発生したCO<sub>2</sub>をハウス全体に分配するなどの付帯設備の導入が必要です。

このマニュアルでは無駄なくCO<sub>2</sub>利用する方法についての記述にとどめています。窓換気をしながらのCO<sub>2</sub>施用については、効率的で環境負荷の少ない施用方法について検討したうえで、「応用編」として上記のサイトにアップロードする予定です。

これに関連する情報は、同じプロジェクトの成果として成長点局所加温とCO<sub>2</sub>施用を組み合わせたミニトマト栽培技術【2019年度改訂版】に掲載されています。下記の農研機構HPからダウンロードすることが可能です。

[https://www.naro.affrc.go.jp/publicity\\_report/publication/pamphlet/tech-pamph/133091.html](https://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/pamphlet/tech-pamph/133091.html)

## 7. YoshiMax設定の実際—山陽地域を標準とする事例—

### イチゴ栽培時の季節ごとの基本的な制御設定

(有)のぞみふぁーむ (換気扇付き連棟ハウス、15a)

谷換気(天窓) <自動開閉、誠和マグネット盤>

サイド巻き上げ <手動>

CO<sub>2</sub>発生能力 10.8 kg(5.9 m<sup>3</sup>) /hr/10a

<ネポンCG-554T2(3.2 L/hr) 2台/15a>

- ✓ 気象条件の異なる地域については、島根県(冬季寡日照地域)、静岡県(温暖地域)の事例を参考に設定値変更時期を調整してください。
- ✓ 日の出の時刻も地域によって異なります。東から宇都宮、三島、奈良、岡山、佐賀の順に、約10分ずつ日の出時刻は遅くなります。東側に光を遮る山や建物がある場合も、早朝加温を始める時刻(TZ1)や保温カーテンを開ける時刻の設定値を調整する必要があります。

### 定植時(初期値=前作終了時の設定値)

環境制御設定(詳細)	灌水	日射量**	1.5MJ(ハウス内)	CO2停止後時間	600秒	換気停止後CO2発生装置が作動しない時間
制御インターバル	10秒	灌水時間	120秒	CO2限界濃度	この値を超えるとCO2発生装置は作動しない	
換気扇不感温度(固定)	0.6℃	タイマ1	8:00-12:00	CO2暖房設定温度	この温度(12℃)でON, +暖房不感温度(12.6℃)でoff	
暖房不感温度(固定)*	0.6℃	積雪地帯	タイマ2 (12:00-12:00,島根)	*暖房不感温度:暖房機は-0.6℃でON,+0.6℃でoff, CO2は±0℃でON,+0.6℃でoff		

の項目はすべて(詳細)ページで設定(窓の不感温度以外は24時間一定) \*\*灌水日射量:日射計をハウス外に設置する場合は1.8~2.5MJ

9月~ 原則解放 降雨時のみ:天窓-閉 台風接近時のみ設定変更

培養液濃度 初期値:園試(大塚A)処方 20~25%濃度 (EC 0.5~0.8dS/m=50~80mS/m)

保温カーテン 常時-開 側窓 常時-開

時間帯	暖房	CO2	CO2暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度	
TZ 1	5:30	off	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 2	7:00	off	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 3	9:30	off	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 4	9:50	off	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 5	16:30	off	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 6	18:00	off	off	off	off	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%

● 原則全面開放して可能な限り気温を下げる

● 台風接近時のみ設定変更

換気扇<手動-ON> +天窓1, 2<手動-閉> または

換気扇<15~20℃> +天窓1, 2<28~32℃>

# 10月25日頃～ 早朝・夕刻のみCO<sub>2</sub>施用 (島根 10月15日頃, 静岡 11月始め)

10月25日頃～ 早朝・夕刻のみCO<sub>2</sub>施用開始, 天窓優先換気 開花始め, 最低気温<12℃ **島根: 10月20日～ 静岡: 11月始め～**  
 培養液濃度 ↗ : 園試(大塚A)処方 30~35%濃度 (EC 0.8~1.1dS/m=90~100mS/m)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	1500ppm	1700ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定	天窓自動制御がない場合にはCO <sub>2</sub> 施用は行わず, 培養液濃度は30%のまま					
	高温	25℃	600ppm	700ppm	2000ppm	300秒	10℃						
保温カーテン		常時-開						側窓 常時-閉					
時間帯	暖房	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> _暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度		
TZ 1	6:30	10.0	ON	ON	ON	35.0	27.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 2	8:00	10.0	ON	ON	ON	35.0	27.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 3	10:30	12.0	ON	off	ON	27.0	22.0	1.5	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 4	11:30	12.0	ON	off	ON	27.0	22.0	1.5	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 5	16:00	12.0	ON	ON	ON	28.0	25.0	1.5	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 6	17:30	8.0	off	ON	off	28.0	15.0	2.0	100%	35.0	2.0	100%	

- 天窓優先換気
- 早朝(日の出前)から密閉してCO<sub>2</sub>施用(27~28℃で換気開始)  
\*TZ 1の設定については, ハウス面積当たりのCO<sub>2</sub>発生能力によって施用中の全期間について変更が必要  
 (本設定は10kg-CO<sub>2</sub>/hr/10a以上が基準, 能力が半分程度なら日の出ごろ2000ppm目標に30分以上早く)
- 日中は22℃前後の低温管理(曇雨天時のみ密閉してCO<sub>2</sub>施用)
- 夕方は再度密閉して施用し, 日没後は低温管理(15℃目標)  
(一次腋花房の分化安定化, 草勢過剰の回避)
- 夜間CO<sub>2</sub>暖房利用のみON, 暖房機OFF (12℃目標)

# 11月上旬(立冬)～ 終日保温・CO<sub>2</sub>施用 (島根 10月下旬, 静岡 11月中旬, 最低≒10℃)

11月上旬～ (最低気温<10℃) 終日保温開始 換気扇優先(暖房機off) **島根: 10月下旬～ 静岡: 11月中旬～**  
 培養液濃度 ↗ : 園試(大塚A)処方 40%濃度(EC 1.0~1.1dS/m=100~110mS/m) (のぞみふあーむの女峰は50%)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	1500ppm	1700ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定						
	高温	25℃	700ppm	800ppm	2000ppm	100秒	11℃						
保温カーテン		8:00-開温度10℃, 17:00-閉温度15℃						側窓 常時-閉					
時間帯	暖房	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> _暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度		
TZ 1	6:30	10.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 2	8:00	10.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 3	12:00	12.0	ON	ON	ON	26.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 4	12:20	12.0	ON	ON	ON	26.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 5	16:00	12.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 6	17:00	8.0	off	ON	off	28.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	

自動で開閉制御しない場合でも天窓・側窓の「開」信号が出るとCO<sub>2</sub>発生器が動作しない。自動運転していない天窓・側窓は常時「閉(0%)」になるよう30℃以上に設定  
 (トップ画面の「アクチュエータ(YoshiMaxで制御可能な装置)」の一覧表で確認が必要)

- 最低気温10℃以下で終日保温開始, 保温カーテン運用開始
- 夜明け前から日没までCO<sub>2</sub>施用(28℃で換気開始)
- 正午ごろに一時換気して湿度・CO<sub>2</sub>を下げる(ミツバチ活性化)
- 終日CO<sub>2</sub>暖房利用ON (曇雨天時・低温時の平均気温確保)



# 11月15日(最低<8℃)～ 電照開始・終日CO<sub>2</sub>施用 (島根 11月上旬, 静岡 11月末)

11月15日頃～ (最低気温<8℃) 暖房機運転開始, 電照開始

島根: 11月上旬～ 静岡: 11月末

培養液濃度 →: 園試(大塚A)処方 40%濃度(EC 1.0~1.1dS/m=100~110mS/m) (のぞみふあーむの女峰は50%)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	1500ppm	1700ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定
	高温	25℃	700ppm	800ppm	2990ppm	100秒	13℃

保温カーテン 8:15-開温度14℃, 17:00-閉温度18℃ 側窓 常時-閉

時間帯	暖房	CO2	CO2_暖房	灌水	換気扇	天窗1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度	
TZ 1	7:00	12.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 2	8:30	14.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 3	12:00	14.0	ON	ON	ON	26.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 4	12:20	14.0	ON	ON	ON	26.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 5	15:30	13.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 6	17:00	9.0	off	off	off	28.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%

- 暖房機運転開始, 電照開始
- 曇雨天時は日中も14~15℃に加温(ミツバチ, ビーフライ活性化)
- 夜間のCO<sub>2</sub>暖房利用はOFF
- TZ 1の時刻設定については, ハウス面積当たりのCO<sub>2</sub>発生能力によって変更が必要(本設定は10kg-CO<sub>2</sub>/hr/10aが基準, 能力が低い場合はハウスに日が差すころ(日の出後約30分後)のCO<sub>2</sub>濃度2000ppmを目標に早い時刻に設定する)

冬季換気扇優先換気

# 11月15日(最低<8℃)～ 電照開始・終日CO<sub>2</sub>施用 (島根 11月上旬, 静岡 11月末)

11月15日頃～ (最低気温<8℃) 暖房機運転開始, 電照開始

島根: 11月上旬～ 静岡: 11月末

培養液濃度 →: 園試(大塚A)処方 40%濃度(EC 1.0~1.1dS/m=100~110mS/m) (のぞみふあーむの女峰は50%)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	1500ppm	1700ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定
	高温	25℃	700ppm	800ppm	2990ppm	100秒	13℃

保温カーテン 8:15-開温度14℃, 17:00-閉温度18℃ 側窓 常時-閉

時間帯	暖房	CO2	CO2_暖房	灌水	換気扇	天窗1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度	
TZ 1	7:00	12.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 2	8:30	14.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 3	12:00	14.0	ON	ON	ON	26.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 4	12:20	14.0	ON	ON	ON	26.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 5	15:30	13.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 6	17:00	9.0	off	off	off	28.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%

- 暖房機運転開始, 電照開始
- 曇雨天時は日中も14~15℃に加温(ミツバチ, ビーフライ活性化)
- 夜間のCO<sub>2</sub>暖房利用はOFF
- TZ1の設定については換気扇のあるハウスと同じ

換気扇なし(周年天窗/谷換気)

## 2月4日(立春=節分)～ 培養液施用濃度変更 (島根 2月中旬, 静岡 2月始め)

2月4日頃～ 日射増大期

培養液濃度低減

島根：2月半ば以降 静岡：2月上旬

培養液濃度 ↓：園試(大塚A)処方 35%濃度(EC 0.9~1.0dS/m=90~100mS/m)

(のぞみふぁーむの女峰は40%)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	1500ppm	1700ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定
	高温	25℃	700ppm	800ppm	2990ppm	300秒	13℃

保温カーテン 8:00-開温度14℃, 17:30-閉温度18℃ 側窓 常時-閉

時間帯	暖房	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度	
TZ 1	6:30	12.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 2	8:00	14.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 3	12:00	14.0	ON	ON	ON	26.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 4	12:20	14.0	ON	ON	ON	26.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 5	16:00	13.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 6	17:30	9.0	off	off	off	28.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%

- 日射量増大→葉面積・吸水量(蒸散速度)の増大に合わせ、培養液濃度を下げる(肥料分に対する供給する水の割合を上げる)
- 保温カーテン開閉時刻を変更

## 3月20日(春分, 最高15℃)～ 日中天窓優先換気 (島根 3月20日頃, 静岡 3月上旬)

3月20日頃～ 最高気温>15℃ 日中谷換気優先(11:00~16:00)

島根：3月20日頃 静岡：3月上旬

培養液濃度 ↓：園試(大塚A)処方 30%濃度(EC 0.8~0.9dS/m=80~90mS/m)

(のぞみふぁーむの女峰は35%)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	1500ppm	1700ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定
	高温	25℃	600ppm	700ppm	2000ppm	600秒	10℃

保温カーテン 常時-開 側窓 常時-閉

時間帯	暖房	CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> 暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度	
TZ 1	6:00	10.0	ON	ON	ON	27.5	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 2	8:00	10.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 3	11:00	12.0	ON	ON	ON	30.0	24.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 4	12:00	12.0	ON	ON	ON	30.0	22.0	1.5	100%	35.0	2.0	100%
TZ 5	16:00	12.0	ON	ON	ON	27.0	30.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%
TZ 6	18:00	8.0	off	off	off	28.0	16.0	2.0	100%	35.0	2.0	100%

- 日射量増大に合わせて培養液濃度を下げる
- 花芽分化停止を避けるため、夜間低温管理、保温カーテン開放
- 早朝から密閉してCO<sub>2</sub>施用(27.6℃で換気開始)
- \*TZ 1の設定については、ハウス面積当たりのCO<sub>2</sub>発生能力によって日の出ごろ1000ppmを目標に早める
- 日中は天窓優先管理、23℃前後(曇雨天時CO<sub>2</sub>施用)
- 夕方は再度密閉してCO<sub>2</sub>施用し、日没後は低温管理

# 4月10日(桜散る, 最低 $\geq 8^{\circ}\text{C}$ ) ~早朝のみCO<sub>2</sub>施用 (島根 4月10日頃, 静岡 3月下旬)

4月10日頃~ 最低気温 8~15℃ 日中側窓解放 (自動制御の場合は天窓と同じ)

島根: 4月10日頃 静岡: 3月下旬

培養液濃度 ↳: 園試(大塚A)処方 25~30%濃度(EC 0.7~0.9dS/m=80~90mS/r (のぞみふぁーむの女峰は30~35%))

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	900ppm	1100ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定
	高温	25℃	500ppm	600ppm	1500ppm	600秒	10℃

保温カーテン		常時-開					側窓		日中-高温時のみ開(自動の場合は天窓と同期)				
時間帯	暖房	CO2	CO2_暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度		
TZ 1	5:30	10.0	ON	ON	ON	27.5	29.0	2.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 2	7:00	10.0	ON	off	ON	27.0	29.0	2.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 3	9:30	12.0	off	off	ON	30.0	24.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 4	11:00	12.0	off	off	ON	30.0	20.0	1.5	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 5	16:30	12.0	off	off	ON	27.0	12.0	2.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 6	18:00	8.0	off	off	off	28.0	12.0	2.0	100%	35.0	2.0	100%	

- 花芽分化停止を避けるため, 夜間は低温管理(暖房機停止)

- 早朝のみ密閉してCO<sub>2</sub>施用(27.6℃で換気開始)

\*TZ 1の設定については, ハウス面積当たりのCO<sub>2</sub>発生能力によって日の出ごろ1000ppmを目標に早める

- 側窓は夕方 (TZ5)に閉め、日中 (TZ3~4)は原則開放

- 日中は20℃前後の低温管理, 強風時のみ風上の側窓を閉鎖

# 4月末頃~ 全面開放 (島根 4月末~5月始, 静岡 4月中旬)

4月末ごろ 最低気温 14℃以上 側窓天窓常時全開-CO2完全停止

島根: 4月末~5月初 静岡: 4月中旬

培養液濃度 ↳: 園試(大塚A)処方 25%濃度(EC 0.7~0.8dS/m=70~80mS/m) (のぞみふぁーむの女峰は25~30%)

CO <sub>2</sub>	低温	15℃	900ppm	1100ppm	限界濃度	停止後時間	暖房設定
	高温	25℃	500ppm	700ppm	1500ppm	600秒	10℃

保温カーテン		常時-開					側窓		常時-開				
時間帯	暖房	CO2	CO2_暖房	灌水	換気扇	天窓1, 2	不感温度	開度	側窓1, 2	不感温度	開度		
TZ 1	5:30	10.0	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	2.0	100%	
TZ 2	7:00	10.0	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	-	-	
TZ 3	9:30	12.0	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	-	-	
TZ 4	9:50	12.0	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	-	-	
TZ 5	16:30	12.0	off	off	ON	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	-	-	
TZ 6	18:30	8.0	off	off	off	35.0	10.0	1.0	100%	35.0	-	-	

- 全面開放, 雨センサーによる天窓開閉のみ

- 強風時には風上側の天窓・側窓開度を制限

YoshiMax 標準設定値 (冬季換気扇優先換気、岡山標準)

太字黄色塗りつぶしは、島根、静岡における設定値変更時期

ピンクセル内は変更後の数値

環境制御設定(詳細) table with columns for control parameters like 制御インターバル, 換気扇不感温度, etc.

以下の表の項目はすべて(詳細)ページで設定(時間帯を問わず、24時間一定) \*暖房不感温度: 暖房機は-0.6°CでON,+0.6°CでOFF, CO2は±0°CでON,+0.6°CでOFF

\*\*灌水日射量: 日射計をハウス外に設置する場合は1.8~2.5MJ, 給液が不足する場合には日射量または灌水時間入, 晴天日の給液が過剰の場合には日射量入

9月~ table showing environmental control settings for the month of September.

10月25日頃~ 側窓-閉 開花始め 早朝・夕刻のみCO2施用開始 天窓優先換気 島根: 10月20日~ 静岡: 11月始め~

Table for October 25th settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

11月上旬~ (最低気温<10℃) 終日保温開始 換気扇優先(暖房機OFF) 島根: 10月下旬~ 静岡: 11月中旬~

Table for November 1st settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

11月15日頃~ 最低気温<6℃ 暖房機運転開始, 電照開始 島根: 11月上旬~ 静岡: 11月末

Table for November 15th settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

2月4日頃~ 日射増大期 島根: 2月半ば以降 静岡: 2月始め

Table for February 4th settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

3月20日頃~ 最高気温<20℃ 日中換気優先(11:00~16:00) 島根: 3月20日頃 静岡: 3月上旬

Table for March 20th settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

4月10日頃~ 最低気温 8~15℃ 日中側窓解放(自動制御の場合は天窓と同じ) 島根: 4月10日頃 静岡: 3月下旬

Table for April 10th settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

4月末ごろ 最低気温 14℃以上 側窓天窓常時全開-CO2完全停止 島根: 4月末~5月初 静岡: 4月中旬

Table for April end settings, detailing CO2 concentration and fan operations.

\*台風襲来時: 換気扇<手動-ON>+天窓1,2<手動-閉> または 換気扇<15~20℃>+天窓1,2<28~32℃>



## 8. 導入時の栽培システム構成と設定値の調整

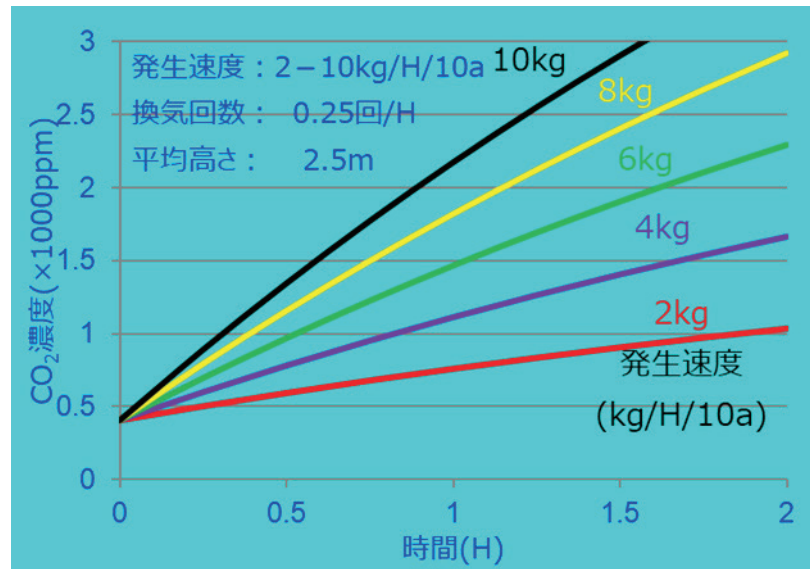
### CO<sub>2</sub>発生装置の能力とハウス内CO<sub>2</sub>濃度変化の関係

設置されたCO<sub>2</sub>発生装置の能力が小さいと、標準の設定では早朝のハウス内CO<sub>2</sub>濃度を十分に高めることができません。CO<sub>2</sub>発生能力が10a当たりで、1時間に10kg(10kg/H/10a)だと、1時間で約5m<sup>3</sup>N/10a (5000L/H/10a)のCO<sub>2</sub>が発生します。これだと1時間で平均高さが2.5m (2500m<sup>3</sup>/10a)で密閉度が高いハウスのCO<sub>2</sub>濃度をおよそ2000ppm上昇させることができます。

つまり、CO<sub>2</sub>発生装置の能力が半分(5kg/H/10a)しかない場合には、夜明けの30分ぐらい前から作動させてもせいぜい1000ppm程度までしか濃度が上昇しないこととなります。

日が昇るころに2000ppmを確保するためには日の出の1時間30分以上前から作動させる必要があります。

右の図と下の表を参考に、YoshiMaxで制御するハウスのCO<sub>2</sub>発生装置の能力を確認して、CO<sub>2</sub>発生装置の暖房利用による早朝加温の開始時刻 (TZ1)を調整してください。



CO<sub>2</sub>発生装置の能力と濃度変化の関係(夜間)

燃焼式CO<sub>2</sub>発生装置の能力比較

メーカー	型式	CO <sub>2</sub> 発生量		燃料消費量	
		(kg/H)	(m <sup>3</sup> N/H)	灯油 (L/H)	LPガス (kg/H)
ダイニチ	RA-43K	1.1	0.54	0.4	(最大)
タケザワ	PSA-2	6.2	3.16	2.5	—
	PSA-3	8.2	4.18	3.2	—
ネボン	CG-205SL	3.1	1.58	—	1.0
	CG-254S1	4.3	2.18	1.7	—
	CG-254S1G	3.4	1.71	—	1.1
	CG-554T2	8.1	4.11	3.2	—
	CG-554T2G	6.9	3.51	—	2.3
	CG-854T2	13.4	6.81	5.3	—
バリテック	ML-60S	1.5	0.74	—	0.5
	TC-2000S	5.1	2.58	—	1.7
フルタ	ZO453	6.2	3.15	2.5	2.0
	ZO653	9.6	4.87	3.8	3.2
	ZO953	14.4	7.32	5.7	—

## YoshiMaxと制御対象機器の接続

YoshiMaxの制御出力は**無電圧接点**です。温風暖房機、換気扇制御盤等の施設園芸用設備機器については、ON/OFF式の外部入力接点を持っているので接続可能です。

以下のことを確認したうえで設置工事店さんと相談してください。

- ・ネポンの温風暖房機など外部入力接点の有電圧の場合には、注意が必要です。
- ・タイマーを内蔵しているCO<sub>2</sub>発生装置については、機器内蔵のタイマーがONの状態でないとは作動しません。YoshiMaxから制御する場合には、内蔵タイマーを常時ONに設定してください。

### 換気窓の開閉制御(YoshiMaxまたは開閉装置の販売店さんと相談してください)

#### ・子機付き天窓、突き出し窓、引き違い側窓（従来型平屋根型温室）

一部例外もありますが、ほとんどの子器（マグネットボックス）は有電圧入力です。YoshiMaxの無電圧接点にリレーなどをつないで有電圧接点と接続してください。

#### ・巻き上げ窓（サイド巻き上げ、谷窓等）

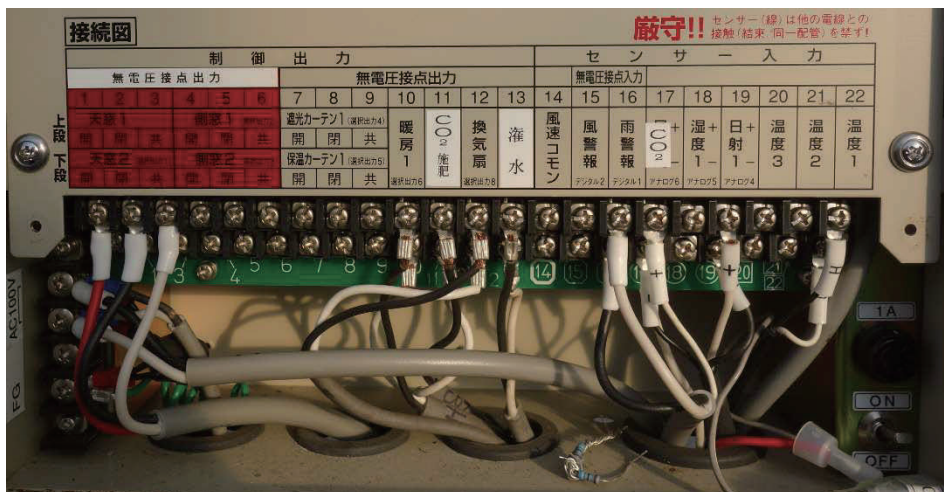
以下の機器が動作確認済みです。

#### 誠和製 くるファミAceⅢ、トランス盤+マグネット盤

ウインドリーマーはマグネット盤を制御する制御器です。ウインドリーマーの制御信号の代わりにYoshiMaxの信号を接続してください。

#### 東都興業製 電動カンキットトランス盤

その他、オンガエンジニアリング、サンクル製品については、オプションの接続ボックスがメーカーから購入可能です。



YoshiMaxの入出力接点(左)、ラズベリーパイとモバイルルータ(右)



本マニュアルは、生研支援センターの革新的技術開発・緊急展開事業（うち経営体強化プロジェクト）「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」の成果として作成されました。

## 低コスト園芸用ハウス標準化コンソーシアム

国立研究開発法人農業・食品産業技術総合研究機構西日本農業研究センター

吉越 恆（研究代表者）、矢野孝喜、山中良祐、山崎敬亮

国立大学法人岡山大学農学部

吉田裕一、安場健一郎

奈良県農業研究開発センター

西本登志、矢奥泰章、東井君枝、嶋岡龍平、厚見治之

島根県農業技術センター

金森健一、椋 重芳、石津文人

静岡県農林技術研究所

河田智明、松田考平、井狩 徹（現静岡県中部農林事務所）

複合環境制御装置（YoshiMax）は、農林水産省の攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）「地域間連携による低投入型・高収益施設野菜生産技術体系の実証」を活用して開発されました。

## 「YoshiMaxビギナーズマニュアル」

発行・編集 国立大学法人岡山大学農学部 吉田裕一・安場健一郎

本資料の複写・転載または引用にあたっては、作成者の承諾を得てください。