

EOD 加温制御簡易マニュアル

促成ナス栽培における利用方法

第 1.0 版

作成者	福岡県農林試・筑後分場
初版作成日	2020年2月10日
最終更新日	2020年2月10日

目次

EOD 加温制御簡易マニュアル	1
目次	2
1. EOD 加温とは	3
(1) EOD 加温のねらい	3
(2) 促成ナスでの効果	3
2. EOD 加温制御の概要	4
(1) EOD 加温の方法	4
(2) EOD 加温制御に必要な機能	4
(3) EOD 加温制御が可能な制御機(市販品)	4
3. EOD 加温制御の設定方法	5
(1) 加温温度設定のねらい	5
(2) 実際の設定方法	5
4. ハードウェアの製作(汎用品を組み合わせた制御機の作成例)	8
(1) はじめに	8
(2) EOD 加温制御機(自作)の基本構成	9
(3) ハードウェアの製作(自作)	12
(4) ソフトウェアのセットアップ(初期設定)	13
(5) 制御機に必要な主要パーツ類	14
5. 拡張機能	15
(1) 加温制御以外にも利用できる	15
(2) クラウド連携(有償サービス)	15
6. 関連する情報の入手先	16
(1) 制御ノード関連	16
(2) 参考書籍	16
7. お問い合わせ	16

1. EOD 加温とは

促成ナス栽培において、日没前後の加温温度を高めることで果実肥大を促し、不良果の発生を軽減できる EOD 加温技術を開発しました。本章では、EOD 加温のねらいと促成ナス栽培における効果について解説します。

EOD は end-of-day の略で日没の時間帯を指します。

(1) EOD 加温のねらい

日射量の少ない冬季は曲がり果や首細果の発生が多くなり、果実の外観品質が低下しやすい時期です。これら不良果発生の原因は光合成量の減少もしくは果実への転流不足などが考えられます。

果菜類では一般的に、適温の範囲内では果実温が高まると果実肥大が促進されます。

そこで、日中に葉で生産された光合成産物を効果的に果実へ転流させ果実肥大を促し、曲がり果や細果の発生を少なくすることを目的として、1日の積算日射量に合わせて日没前後の加温温度を高める EOD 加温技術を開発しました。

なお、日中は CO₂ 施用や加温により光合成量を増加させるハウス内環境を整えることが前提となります。

(2) 促成ナスでの効果

1日の光合成量はその日の積算日射量によって異なります。日射量が多い晴天日では光合成量も多く、転流にも時間を要します。これに対し、日射量が少ない雨天日は光合成量が少ないため、呼吸による消耗を抑え樹勢を維持する必要があります。このため、本技術では当日の積算日射量に応じて日没前後の加温時間を3パターンに分けました。即ち、屋外の日積算日射量が 9MJ/m² 以上(主に晴天日)では日没後 60 分までを 20℃加温、4~9MJ/m² (主に曇天日)では日没後 30 分までを 20℃加温、4MJ/m² 以下(主に雨天日)では日没までを 20℃加温とします(図 1)。

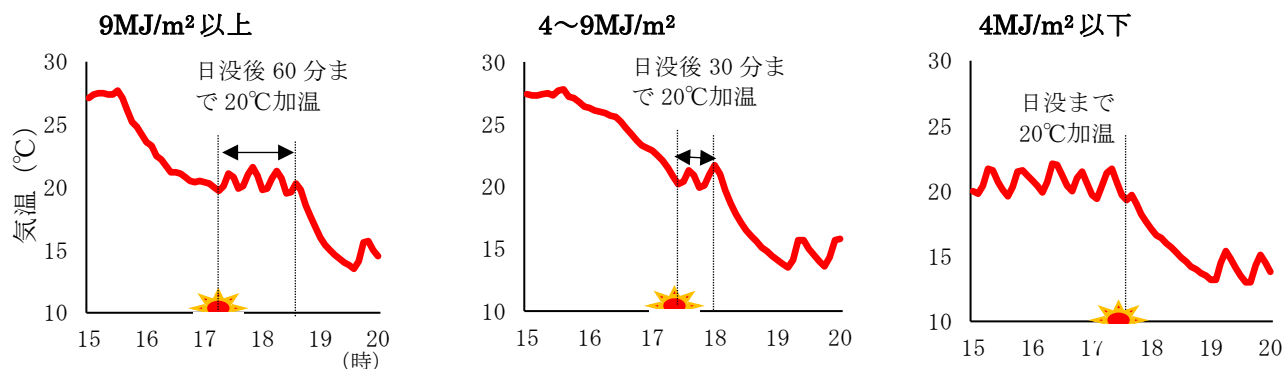


図 1 日積算日射量に応じた日没後加温制御 3 パターン(1 月)

☀️ は日没時刻:17 時 20~30 分

H29 年度と H30 年度の 2 か年にわたり、上記の EOD 加温を行った結果、「PC 筑陽」では曲がり果と細果の発生が減少し上物果の割合が高まりました(図 2)。一方、暖房経費は 16%増加し、制御装置に約 5 万円の経費がかかりますが、外観品質向上により 17 万円/10a の収益増と試算されました(図 3)。

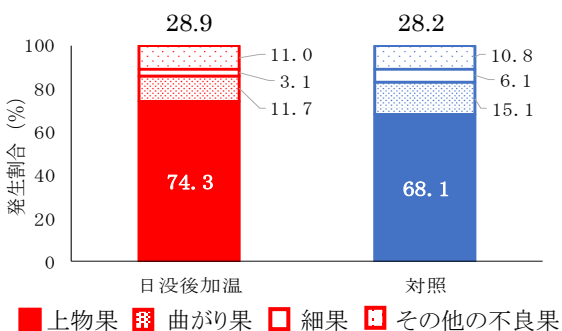


図 2 日没後加温による上物率の上昇効果

注) グラフ上の数値は総収量

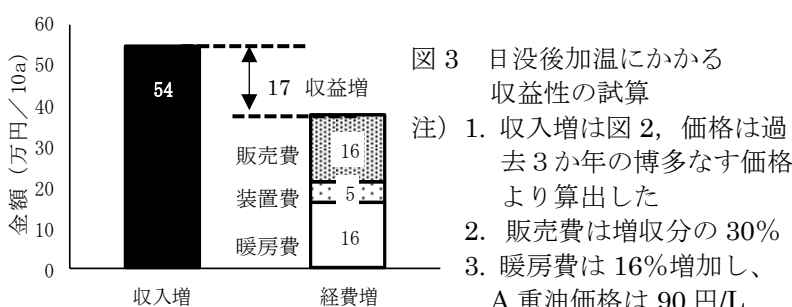


図 3 日没後加温にかかる収益性の試算

注) 1. 収入増は図 2、価格は過去 3 年間の博多なす価格より算出した
2. 販売費は増収分の 30%
3. 暖房費は 16%増加し、A 重油価格は 90 円/L

2. EOD 加温制御の概要

本章では、EOD 加温制御の概要を解説します。

(1) EOD 加温の方法

EOD 加温は、気温や日射を計測できる「EOD加温制御機」を既存の「加温機」に接続(外部入力接点)して制御します。



(2) EOD 加温制御に必要な機能

EOD 加温制御とは、日没までの積算日射量を指標として日没後の加温設定温度を日別に変更し、加温機を制御するものです。EOD 加温制御を自動的に行うためには、次の機能を有する制御機が必要です。

- ①屋外の日射量を計測し、日没までの積算日射量を自動演算
- ②日没後に加温する時間や温度(EOD 加温)を、当日の積算射量の多少に応じて自動設定
- ③自動設定された温度等の情報により、加温機を制御(ON/OFF)

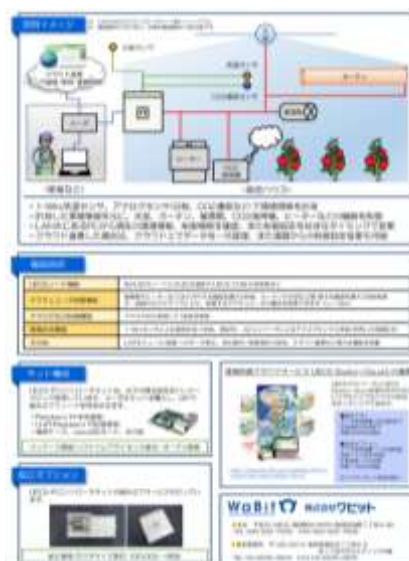
※日射量が多い日は、光合成産物が多く、果実への転流に必要なため、日没後の加温時間を延長するため。

(3) EOD 加温制御が可能な制御機 (市販品)

充実した機能と拡張性を有する施設園芸用の環境制御機(UECS-Pi DIY 制御ノード、ワビット社製)が市販されており、EOD 加温制御に利用できます。



※ソフトウェアは専用の UECS-Pi Uni(有償)を使用します。



製品カタログ http://www.arsprout.net/wp-content/uploads/2016/05/UECS-PI-Controller-Kit_Leaflet.pdf

3. EOD 加温制御の設定方法

本章では、ナスの促成栽培向けに開発した加温温度等の設定方法を解説します。

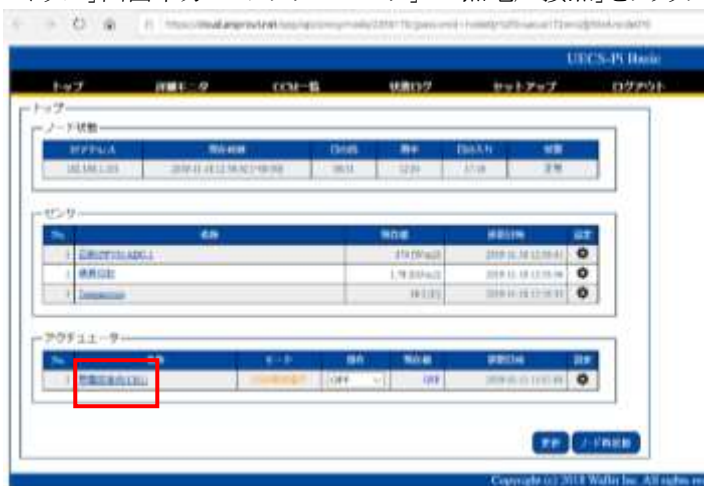
(1) 加温温度設定のねらい

果菜類では一般的に、果実温が高まると果実肥大が促進され、適温とされているのは概ね 20～25℃です。気温が低くなると転流が抑制され果実肥大が遅くなり、気温が高くなると呼吸による消費が大きくなり果実肥大が抑制されます。

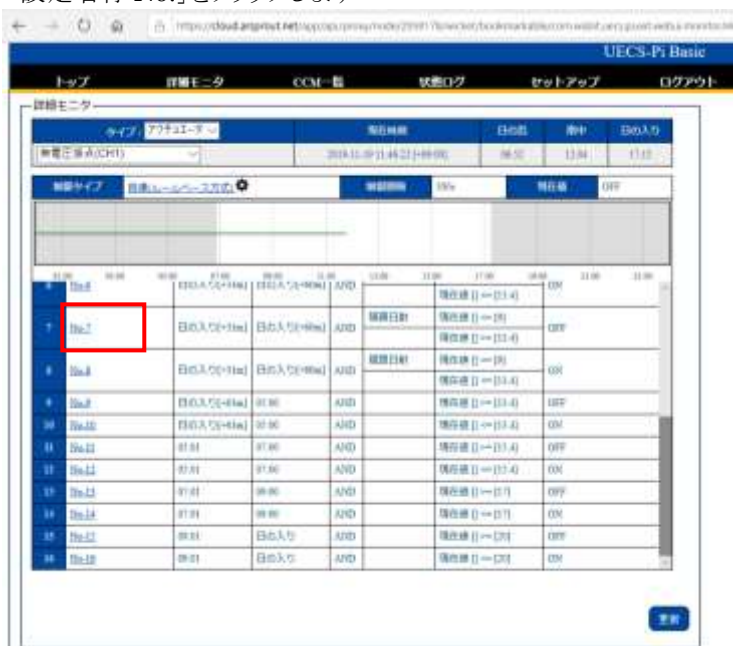
このため、日中の光合成産物を効率的に果実へ転流させるために日没前後の加温温度を 20℃とします。また、制御時間帯は日射量が多い日は日没後 60 分まで、日射量が少ない日は日没までとすることで、当日の光合成量に応じた転流促進が可能となります。

(2) 実際の設定方法

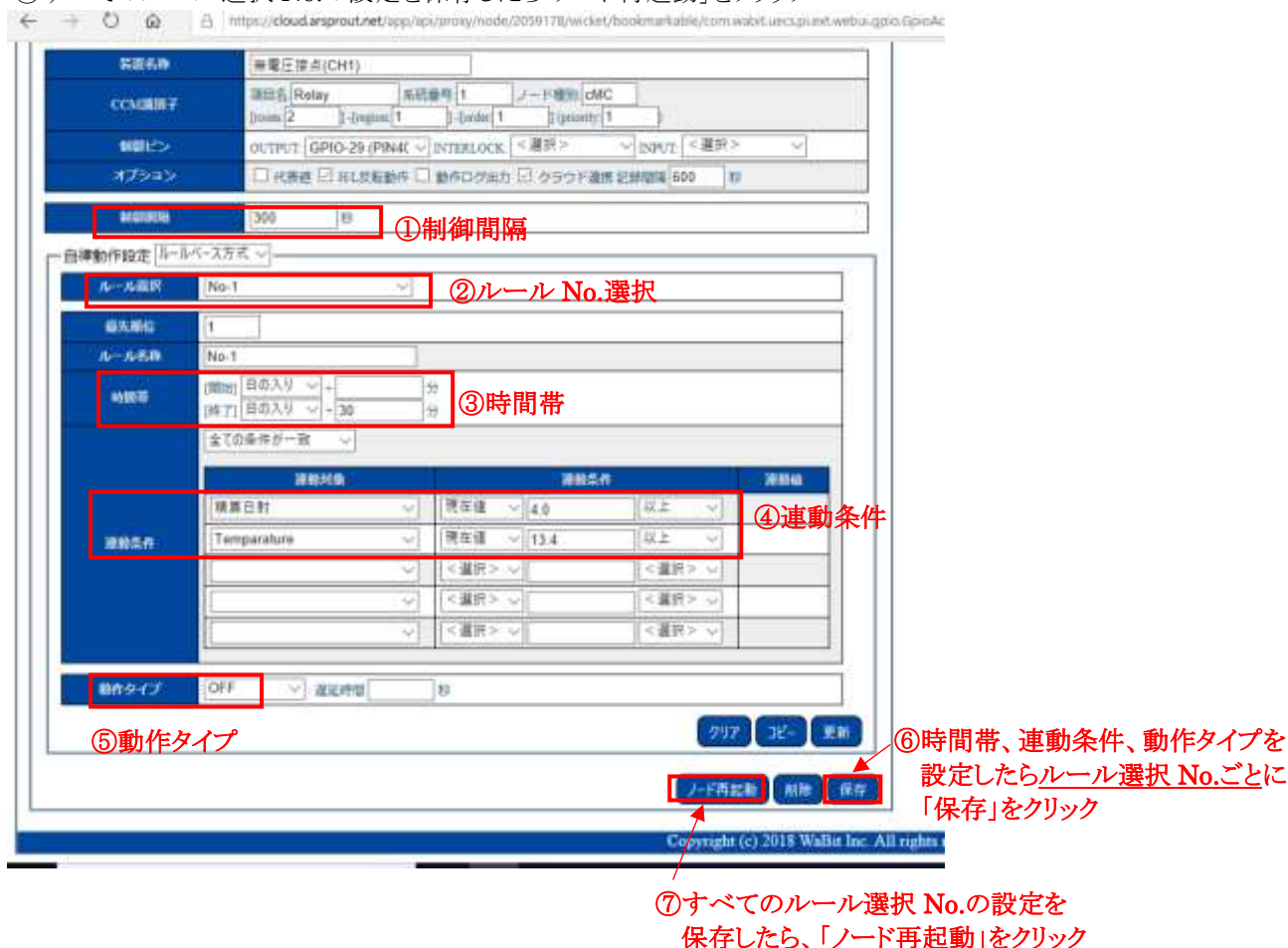
UECS-Pi (Basic モデル, wabit 社製) で設定します。
「トップ」画面下方の「アクチュエータ」の「無電圧接点」をクリックします。



「設定名称 No.」をクリックします



- ①制御間隔(暖房機の1回の着火時間)を設定します(300~600秒程度)。
- ②「ルール選択 No.」をクリック
- ③「時間帯」、④「連動条件」、⑤「動作タイプ」を設定します(設定一覧は下表参照)。
- ⑥時間帯、連動条件、動作タイプを設定したら「ルール選択 No.ごと」に「保存」をクリック
- ⑦すべてのルール選択 No.の設定を保存したら「ノード再起動」をクリック



③「時間帯」、④「設定条件」、⑤「動作タイプ」の設定一覧

日没時の時間帯ごと((日の入り+1分~日の入り+30分, 日の入り+31分~日の入り+60分)に, 積算日射と気温を条件とした動作(加温)の ON/OFF を設定します。

ルール 選択	時間帯		積算 日射	気温	動作 タイプ	
	[開始]	[終了]				
No.1	日の入り+1分	日の入り+30分	4.0以上	20以上	OFF	4MJ以上では日の入り30分まで20℃加温
No.2	日の入り+1分	日の入り+30分	4.0以上	20以下	ON	
No.3	日の入り+1分	日の入り+30分	4.0以下	13以上	OFF	
No.4	日の入り+1分	日の入り+30分	4.0以下	13以下	ON	
No.5	日の入り+31分	日の入り+60分	9.0以上	20以上	OFF	9MJ以上では日の入り60分まで20℃加温
No.6	日の入り+31分	日の入り+60分	9.0以上	20以下	ON	
No.7	日の入り+31分	日の入り+60分	9.0以下	13以上	OFF	
No.8	日の入り+31分	日の入り+60分	9.0以下	13以下	ON	

これで, 日の入り+1分~日の入り+60分までの設定が完了です。

また、日没時以外の時間帯においても気温を条件とした夜間や日中の加温、さらに日の出時刻に合わせた早朝加温も以下のように設定できます。

	ルール 選択	時間帯		積算 日射	気温	動作 タイプ	
		[開始]	[終了]				
夜間	No.9	日の入り+61分	日の出-120分		13以上	OFF	温度のみで 制御
	No.10	日の入り+61分	日の出-120分		13以下	ON	
早朝	No.11	日の出-119分	日の出		15以上	OFF	日の出時刻 に合わせて 温度制御
	No.12	日の出-119分	日の出		15以下	ON	
	No.13	日の出+1分	日の出+120分		17以上	OFF	
	No.14	日の出+1分	日の出+120分		17以下	ON	
日中	No.15	日の出+121分	日の入り		20以上	OFF	温度のみで 制御
	No.16	日の出+121分	日の入り		20以下	ON	

さらに、CO₂濃度センサと既存の「CO₂施用装置」を接続(外部入力接点)することで、ハウス内気温と連動したCO₂濃度の設定ができます。

例えば、日の出～日の出後120分において換気温度(25℃)以下では800ppm、換気温度以上では400ppmとし、日の出後121分～日の入りにおいて換気温度(28℃)以下では500ppm、換気温度以上では400ppmを維持する設定とすると以下のようになります。

ルール 選択	時間帯		気温	CO ₂ 濃度	動作 タイプ
	[開始]	[終了]			
No.1	日の出	日の出+120分	25以下	800以上	OFF
No.2	日の出	日の出+120分	25以下	800以下	ON
No.3	日の出	日の出+120分	25以上	400以上	OFF
No.4	日の出	日の出+120分	25以上	400以下	ON
No.5	日の出+121分	日の入り	28以下	500以上	OFF
No.6	日の出+121分	日の入り	28以下	500以下	ON
No.7	日の出+121分	日の入り	28以上	400以上	OFF
No.8	日の出+121分	日の入り	28以上	400以下	ON

このように、日射、温度、CO₂濃度センサと既存の暖房機やCO₂施用装置を組み合わせることで、日中のCO₂施用や加温、日射量に応じたEOD加温が自動制御できるようになります。

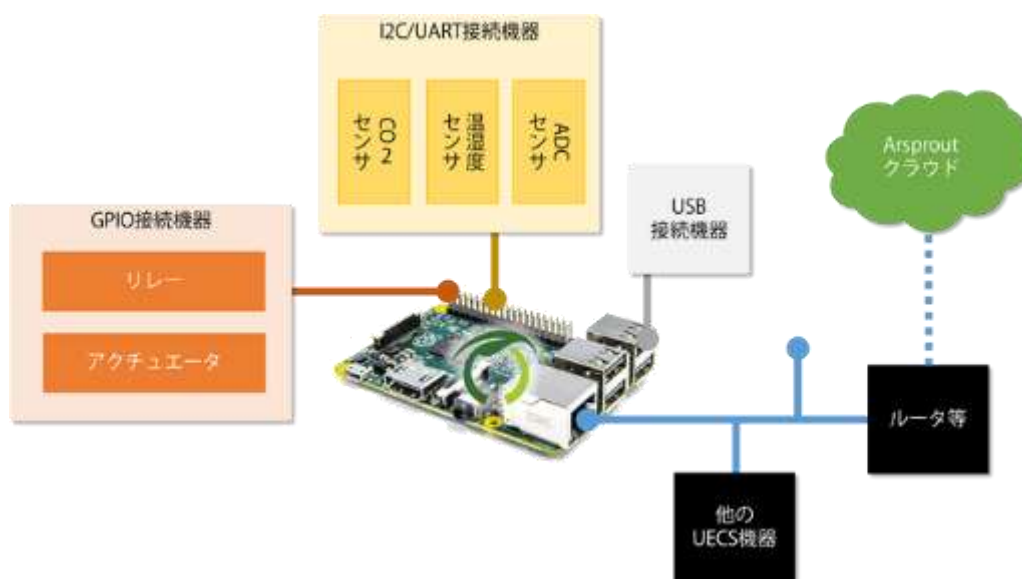
4. ハードウェアの製作（汎用品を組み合わせた制御機の作成例）

本章では、EOD 加温制御機を自作した事例を紹介します。

一般に市販されている汎用品を組み合わせて2. (3)の市販品と同等の機能を有する制御機を自作することもできます。必要最小限のパーツで構成するため、多機能な市販品と比較し、極めて低コストで導入可能となります。

(1) はじめに

本章で紹介する EOD 加温制御には、株式会社ワビット(福岡県北九州市)が提供する UECS-Pi(ウエックスパイ)のうち、無償で提供される「UECS-Pi Basic」を使用しています。



ワビット社の HP: <https://www.arsprout.net/arsprout/uecs-pi/>

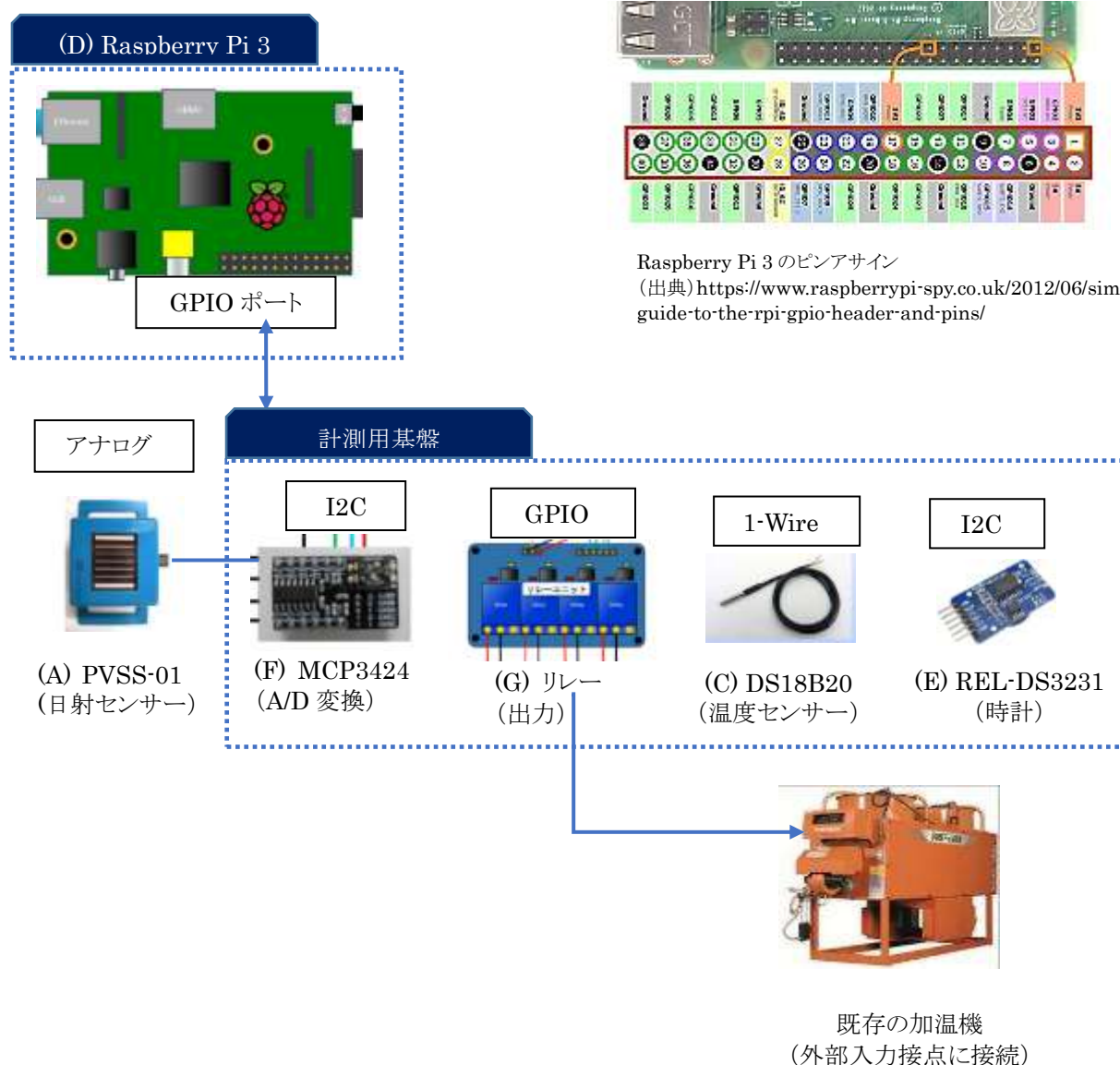
※1. UECS-Pi は、通信方式に UECS を搭載し、低価格シングルボードコンピュータ「Raspberry Pi(ラズベリーパイ)®」で動作する汎用 DIY 環境制御ソフトウェア。

※2. UECS とは、ユビキタス環境制御システム(Ubiquitous Environment Control System)の頭文字を表し、「ウエックス」と読みます。植物を生産するためのガラス室・ハウス(温室)、植物工場などの園芸施設の環境制御を実現するための優れた自律分散型システム。

(2) EOD 加温制御機（自作）の基本構成

【基本構成】

(D)シングルボードコンピュータ(Raspberry Pi 3 Model_B, RS 社製)および Raspberry Pi に接続するセンサー計測用基板を使用。計測基盤は、(A)日射センサ(PVSS-01, 三弘社製)から出力されたアナログ電圧や気温を計測するために使用。計測基盤の電源は、Raspberry Pi から DC5V が供給される形式。アナログ電圧は(F)18ビットの AD 変換器(MCP3424, Microchip 社製)で測定し、基準電圧は Raspberry Pi の GND と 3.3V 端子間の電圧とした。ハウス内の気温計測には(C)1-Wire 方式の温度センサー(DS18B20, Maxim Integrated 社製)を用いた。その他、オフライン時の時刻計測用に、RTC モジュール(REL-DS3231, switch-science 社製)を使用した。各種センサーは、Raspberry Pi 基板上の I2C および GPIO 端子に接続。出力は、無電圧のリレー接点(4チャンネル5V リレーモジュール, sainsmart 社製)としました。

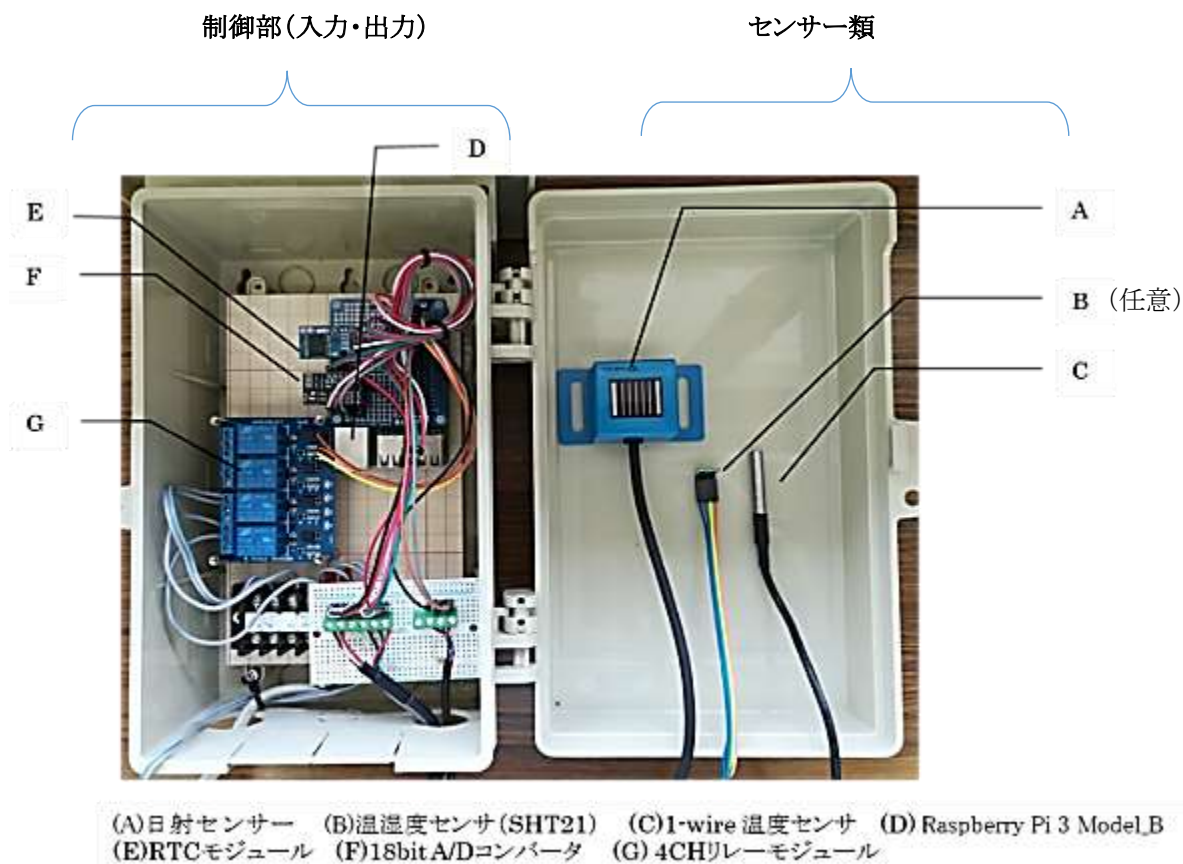


【機能】

計測した日射量およびハウス内の気温等をデータ通信文としてネットワークに送信するとともに、日没までの積算日射量を指標として日没後の加温設定温度を日別に変更して、加温器を制御する機能を有します。

【センサー類の実装例】

先に紹介した基本構成どおりにセンサー類を実装した EOD 加温制御機の作成例です



【信頼性】

市販されている汎用製品を組み合わせて製作した制御機の接続・動作を場内の温室で実証・確認 「2018年11月～2019年12月(夏季は太陽熱消毒のため、ハウスから撤去して保管)まで加温制御に使用した結果、不具合は発生せず、安定して稼働」 しましたが、すべての環境で機能・性能・信頼性を保証するものではありません。

また、使用環境において部品の劣化度合が異なりますので、定期的なメンテナンスお勧めします。

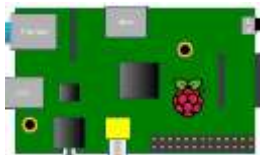
[ソフトウェア]

UECS-Pi (Basic モデル, wabit 社製)で動作します

イーサネットとXML(Extensible Markup Language)を利用した情報交換により環境制御を実施するユビキタス環境制御システム(UECS)の通信実用規約に準拠。



ソフト UECS-Pi (Basic モデル, wabit 社製)は micro SD カードに書き込んで Raspberry Pi へ

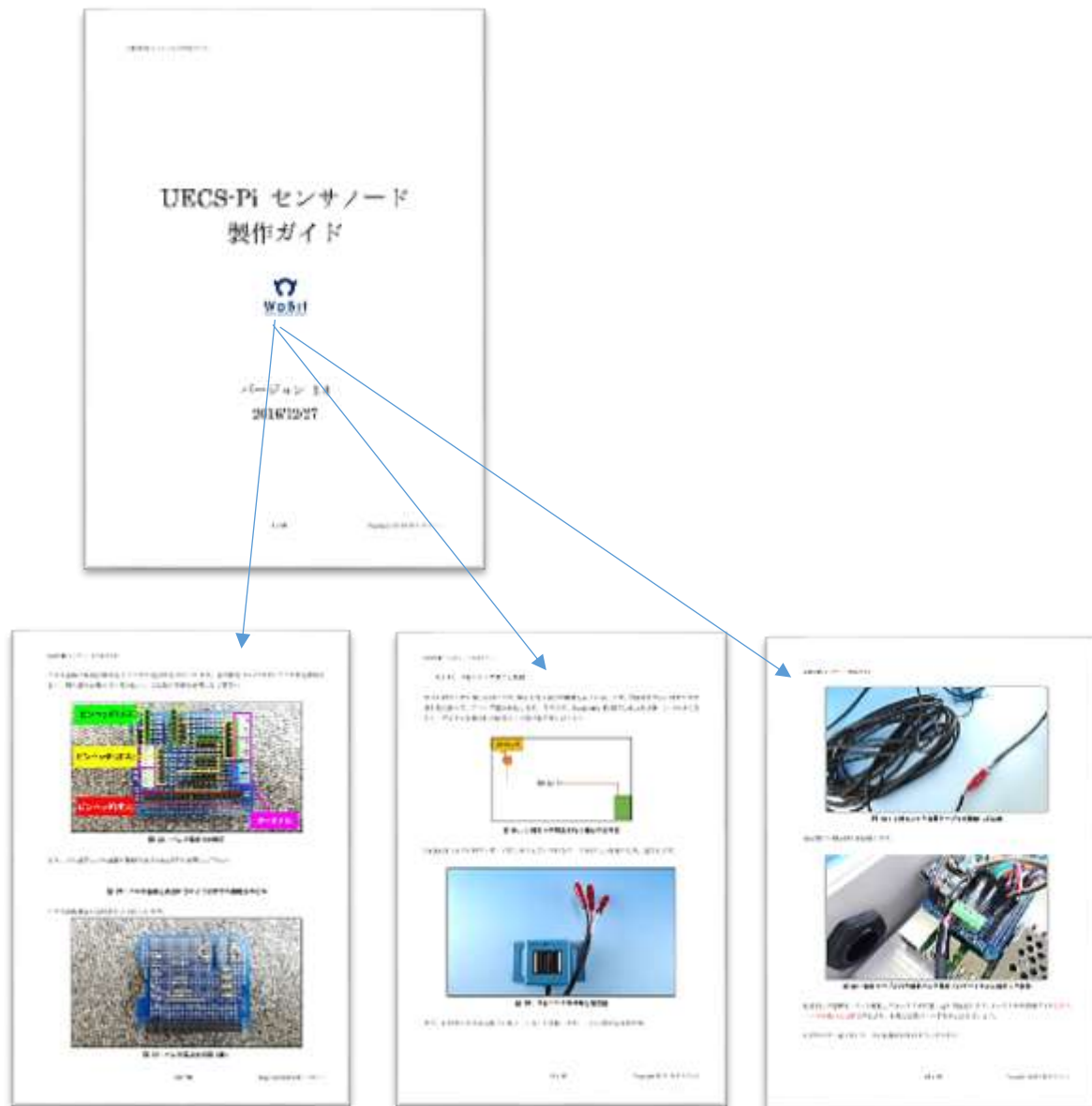


ソフトはワビット社の HP で入手できる <https://www.arsprout.net/archive/firmware/> 最新のファームウェア (UECS-Pi Basic ver.20191031)



(3) ハードウェアの製作（自作）

ハードウェアを制作する場合には、次のガイドが参考になります。
具体的な配線方法やソフトウェアのセットアップ方法とともに必要な工具類まで、詳細に紹介されています。



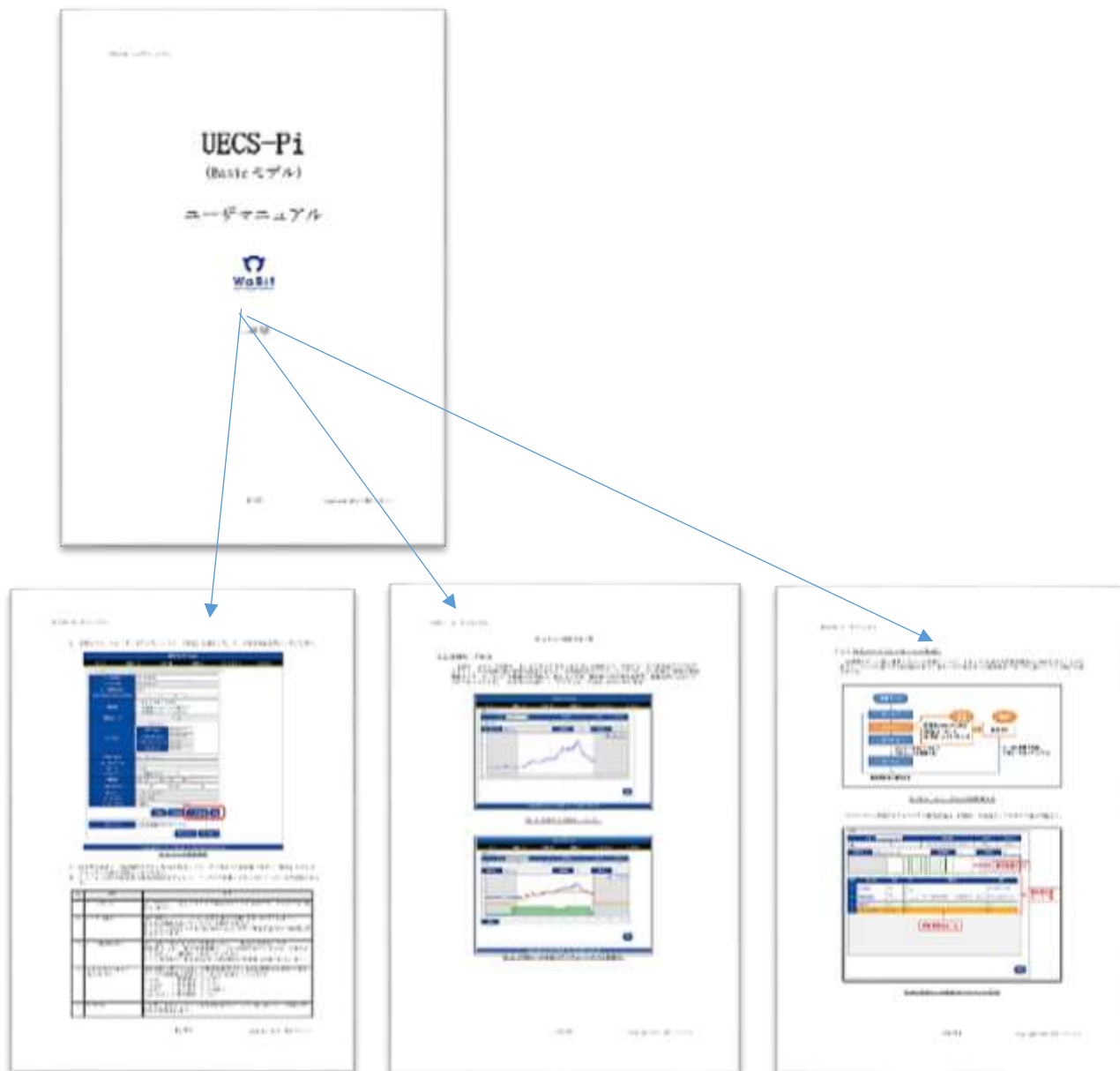
完全自作内気象ノード製作 Ver.1.4

https://www.arsprout.net/?smd_process_download=1&download_id=527

【留意点】本ガイドを用いて自作する場合、すべて自己責任で行ってください。
本ガイドを作成した wabit および福岡県は、ユーザが本商品に接続して使用する機器類やプログラム等一切の動作について、サポートや動作保証を行いません。また一切の責任を負いません。

(4) ソフトウェアのセットアップ (初期設定)

具体的なソフトウェアのセットアップ方法等が詳細に紹介されています。
セットアップが終了したら「3. EOD 加温制御の設定方法」のとおり、加温温度等を設定します。



UECS-Pi Basic ユーザマニュアル Ver.1.34

https://www.arsprout.net/?smd_process_download=1&download_id=2057

【留意点】本マニュアルを用いて自作する場合、すべて自己責任で行ってください。
本ガイドを作成した wabit および福岡県は、ユーザが本商品に接続して使用する機器類やプログラム等一切の動作について、サポートや動作保証を行いません。また一切の責任を負いません。

(5) 制御機に必要な主要パーツ類

1. 本体およびセンサー周辺部品

メーカー	パーツリスト	型式 規格	税込単価 (参考)	数量	金額(参考)
RS	Raspberry - Pi3+	Raspberry Pi 3 Model B_Single	4,320	1	4,320
RS	DesignSpark ACアダプタ 5V dc	RASPW303180530	1,102	1	1,102
スイッチサイエンス	バニラ基板	SSCI-019057	756	1	756
スイッチサイエンス	M2.6スペーサセット(スペーサ4個、ネジ8個)	SSCI-022682	200	1	200
Picotec International Co.,Ltd	ユニバーサル基板	ブレッドボード配線パターンタイプ	154	1	154
SainSmart	2チャンネル5Vリレーモジュール		899	1	899
スイッチサイエンス	RTCモジュール	REL-DS3231	1,954	1	1,954
株式会社三弘	PVアレイ日射計(バラ線)	PVSS-01	18,000	1	18,000
DFROBOT	MCP3424搭載ADC4チャンネル基板		2,980	1	2,980
GB	ターミナルブロック 8極 2.54mm	GB-TBW-25LG-8P	137	1	137
GB	ターミナルブロック 4極、2.54mm	GB-TBW-25LG-4P	74	1	74
Transcend	マイクロSDカード*	TS8GUSDHC10 8GB	1,280	3	3,840
スイッチサイエンス	ピンヘッダ 10本セット	ANYM-P-001	378	1	378
スイッチサイエンス	ジャンパワイヤ(メス～メス) 10本セット	EIC-0116-71905-22-015	432	1	432
WINGONEER	1-wire温度センサー DS18B20防水仕様	DS18B20	649	1	649
タカチ電機工業	BCAP型防水・防塵開閉式ブラボックス	BCAP172711G	1,990	1	1,990
タカチ電機工業	BMP-P型プラスチック取付ベース	BMP1525P	379	1	379
タカチ電機工業	RM型 Mネジケーブルグランド	RM16S-8S	82	1	82
タカチ電機工業	RM型 Mネジケーブルグランド	RM12S-7S	73	1	73
春日電機	組端子台 T10	T 10 06	399	1	399
				小計	38,798

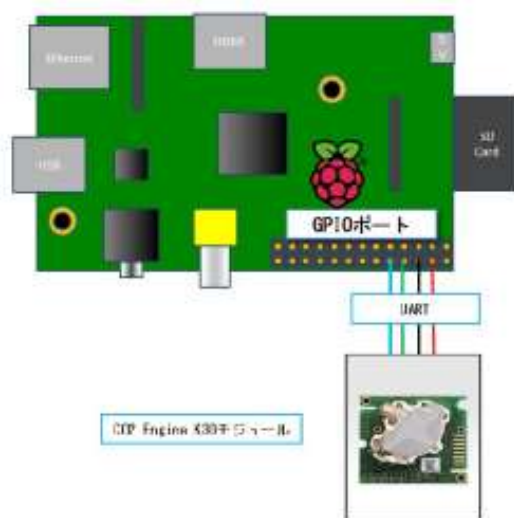
パーツリスト	参考HP
Raspberry - Pi3+	http://jp.rs-online.com/web/p/processor-microcontroller-development-kits/1225826/?sra=pmpn
DesignSpark ACアダプタ 5V dc	https://jp.rs-online.com/web/p/ac-dc-adapters/1827131/
バニラ基板	https://www.switch-science.com/catalog/1905/
M2.6スペーサセット(スペーサ4個、	https://www.switch-science.com/catalog/2268/
ネジ8個)	
ユニバーサル基板	http://akizukidenshi.com/catalog/g/gP-04303/
2チャンネル5Vリレーモジュール	https://www.amazon.co.jp/dp/B00570C6D8/?th=1
RTCモジュール	https://www.switch-science.com/catalog/3036/
PVアレイ日射計(バラ線)	http://www.sanko-web.co.jp/assist2/20140604_PVSS-01.pdf
MCP3424搭載ADC4チャンネル基	https://www.dfrobot.com/product-1182.html#VbrEzftlBc
板	
ターミナルブロック 8極 2.54mm	https://www.marutsu.co.jp/pc/i/594932/
ターミナルブロック 4極、2.54mm	https://www.marutsu.co.jp/pc/i/594930/
マイクロSDカード*	https://direct.sanwa.co.jp/ItemPage/TS8GUSDHC10U1
ピンヘッダ 10本セット	https://www.switch-science.com/catalog/92/
ジャンパワイヤ(メス～メス) 10本セ	https://www.switch-science.com/catalog/2295/
ット	
1-wire温度センサー DS18B20防	https://www.amazon.co.jp/exec/obidos/ASIN/B01DCY9G0K/tanevats0b-22/
水	
BCAP型防水・防塵開閉式ブラ	https://www.monotaro.com/p/8821/7534/?t.q=172711
ボックス	
BMP-P型プラスチック取付ベース	https://www.monotaro.com/p/8822/0946/
RM型 Mネジケーブルグランド	https://www.monotaro.com/p/8836/5602/?t.q=RM16S-8S
RM型 Mネジケーブルグランド	https://www.monotaro.com/p/8836/5566/?t.q=RM12S-7S
組端子台 T10	https://www.monotaro.com/p/0694/5477/

5. 拡張機能

本章では、EOD 加温制御が有する拡張機能を解説します。

(1) 加温制御以外にも利用できる

CO₂ センサーを接続することで CO₂ 施用機の制御も可能になります。



(2) クラウド連携 (有償サービス)

計測データをクラウド連携することで、環境計測のモニタリングや制御機器の遠隔操作、異常警報通知、CSV ファイル出力などができます。また、VPN 連携を行いクラウドから遠隔操作も可能になります。



USB Dongle: 3G
(容易にクラウド連携可能)



モニタリング画面
(EOD 加温制御を行っている圃場)

6. 関連する情報の入手先

本章では、加温制御に関連する情報の入手先を解説します。

(1) 制御ノード関連

株式会社ワビット スマートアグリ事業特設サイト
<https://www.arsprout.net/arsprout/uecs-pi/uecs-pi-basic/>

(2) 参考書籍

ICT 農業の環境制御システム製作



7. お問い合わせ

福岡県農林業総合試験場・筑後分場
<http://www.farc.pref.fukuoka.jp/sosikizu/member/chikugo.html>

〒830-0416
福岡県三潴郡大木町八町牟田 1003
TEL 0944-32-1029
FAX 0944-32-0977