



# クラウド制御による 養液土耕自動化支援システムの開発



農業に休日を！

AI灌水施肥システム「ゼロアグリ」



ルートレック・ネットワークス

喜多 英司

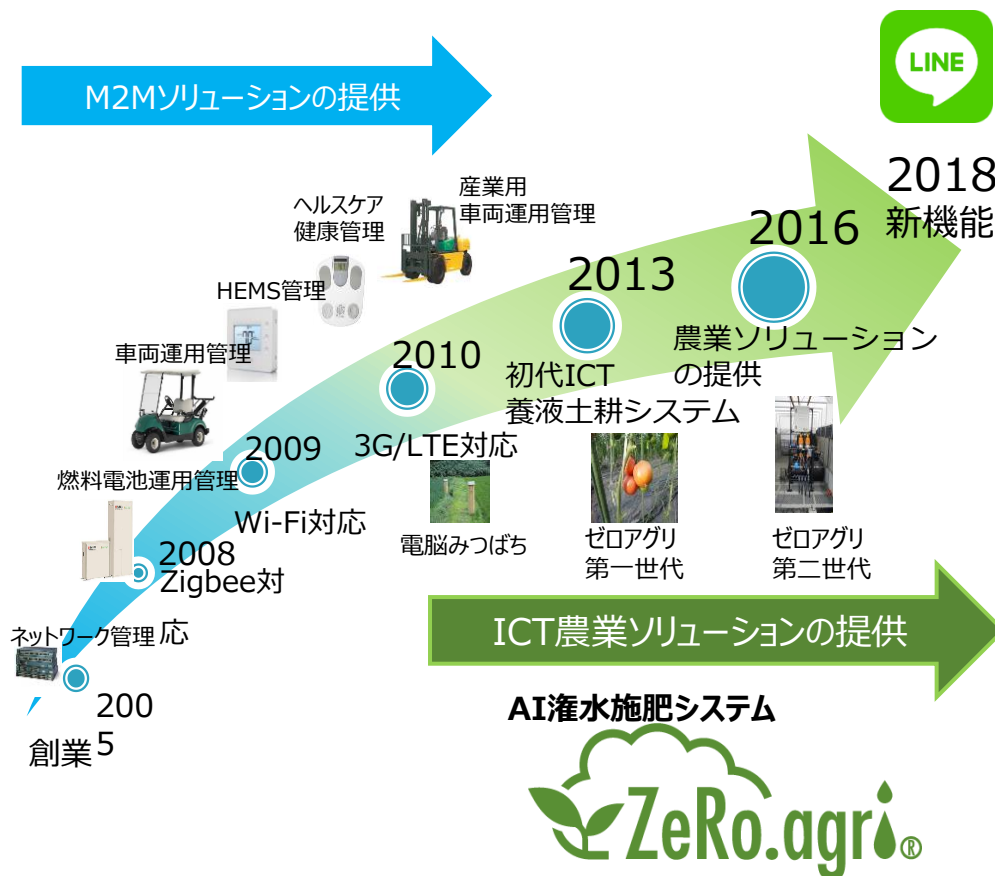
# 【会社概要】ルートレック・ネットワークスについて



## 【企業概要】

会社名	株式会社ルートレック・ネットワークス (英語表記: Routrek Networks, Inc.)
代表者	佐々木伸一
資本金	1億円
従業員	21名 (パートタイム従業員含む)
住所	【本社】 神奈川県川崎市麻生区万福寺1-1-1 新百合ヶ丘シティビルディング6F  【福岡オフィス】 福岡県福岡市博多区東比恵3-4-2 ZS福岡ビル3F
連絡先	044-819-4711
URL	<a href="http://www.routrek.co.jp">http://www.routrek.co.jp</a>
主要取引銀行	三井住友銀行 みずほ銀行
主要株主	佐々木伸一 オイシックス・ラ・大地 (株) JFE商事エレクトロニクス (株) JX ANCI (株) 農林中央金庫 (株) 東京大学エッジキャピタル (株) グロービス・キャピタル・パートナーズ 合同会社テックアクセルベンチャーズ

## 【会社沿革】



明治大学農場と共同研究でゼロアグリを開発

# IoTの力が発揮できる農業分野の一つ 養液土耕栽培



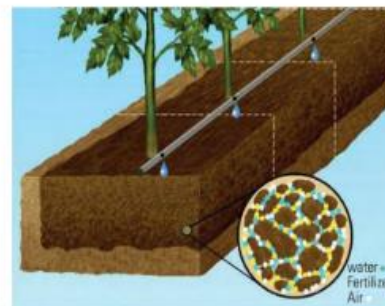
## 【養液土耕栽培】

土壤に作物を栽培し**点滴灌水**に肥料を溶かして  
水と肥料を同時に**必要な量だけ供給**する栽培方法  
過剰な培養液は根の健全性を損ないやすい



### 点滴灌水とは

必要なときに、必要な量の水と肥料を、  
点滴によってゆっくりと与える方法で、  
(1) 水と肥料の利用効率が高まる  
(2) 植物の生育が良くなる  
(3) 肥料で環境を汚染しない  
など多くのメリットがある。



水・酸素・肥料の  
バランスが良い

活性の高い根  
が多く発生

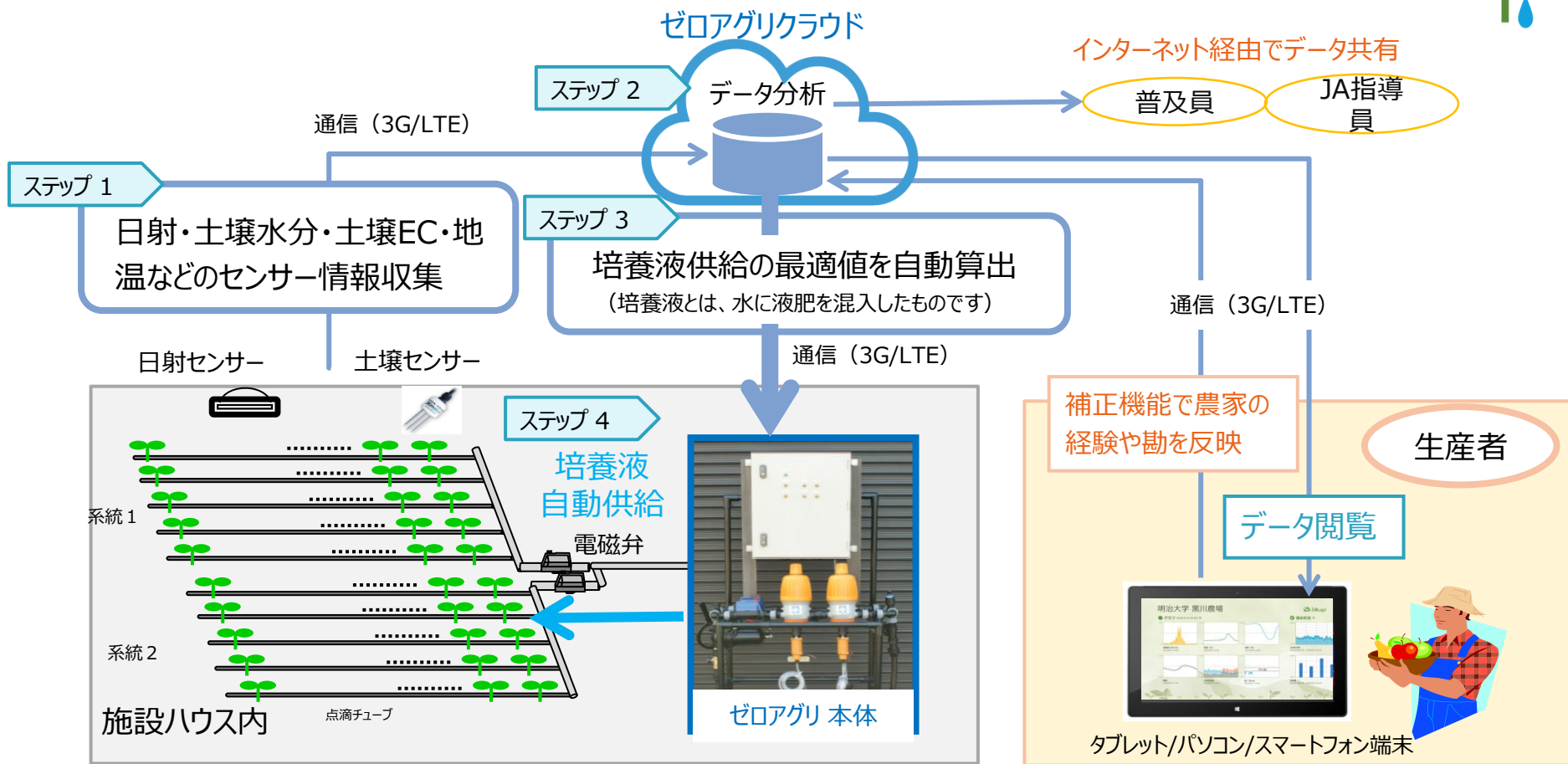


11

NETAFIM IRRIGATION

養液土耕栽培は**養水分の利用効率が高く**、省力的かつ環境保全型の栽培法

# ゼロアグリ概要図



ゼロアグリはセンサーで土壤環境を分析

かん水施肥を自動化し、収量品質UP/作業時間を削減

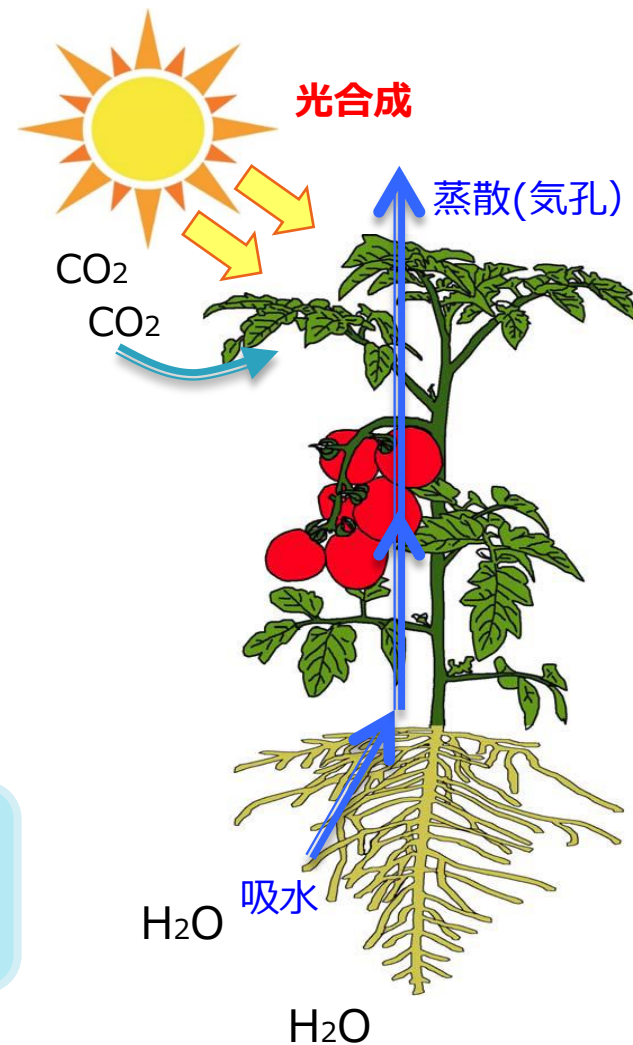
# 【特長1】 灌水施肥の自動化が可能（1）



ゼロアグリはセンサーデータ（日射データ+土壌水分データ）で灌水量を決定

## 【灌水量決定の考え方】

- 植物の蒸散量は日射量に比例すると仮定する
- 生育ステージごとの植物体の大きさや葉面積などの変化を考慮した蒸散量の推定が必要なため、土壌水分の計測値を活用

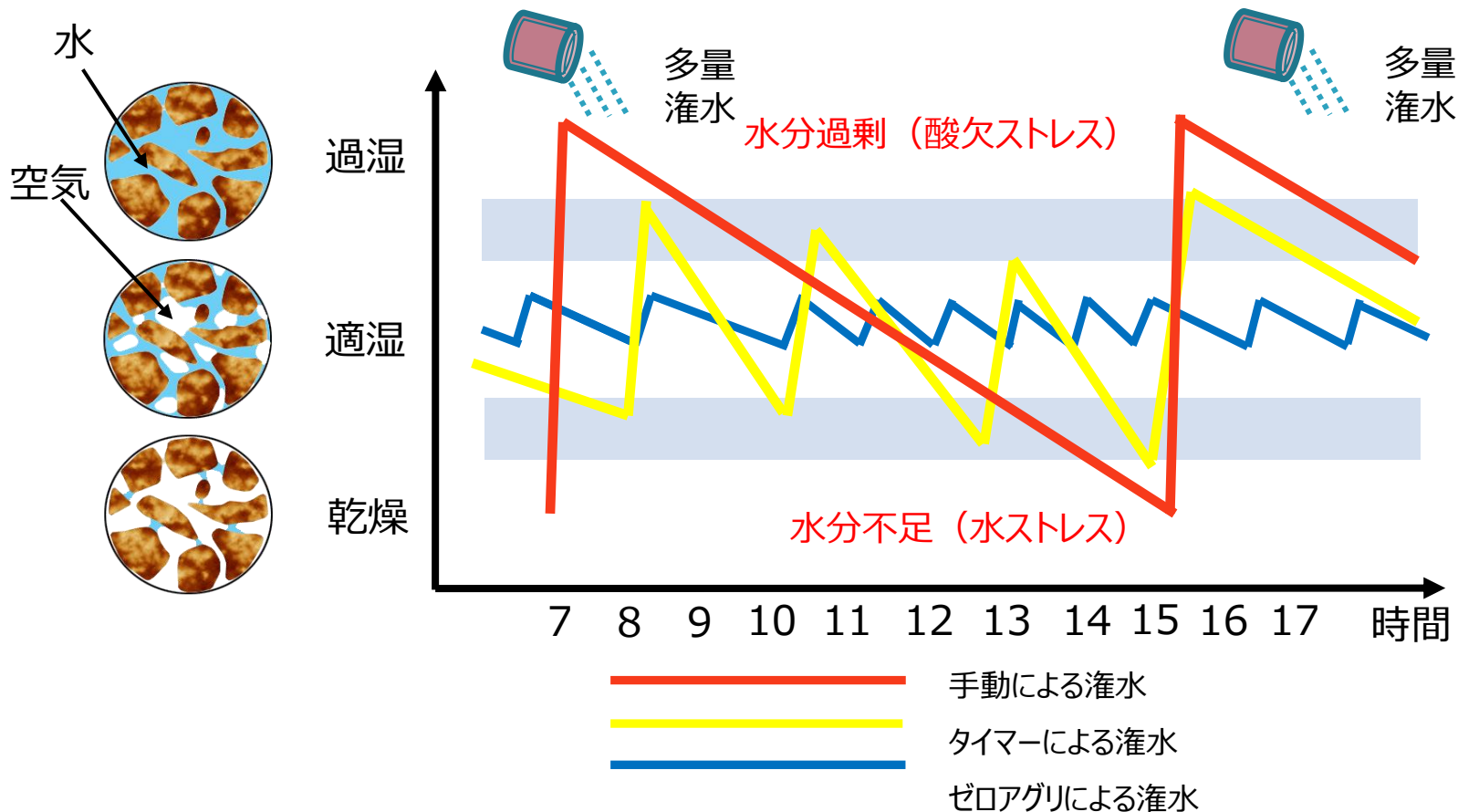


ゼロアグリはセンサーデータから  
作物の生育ステージに合わせて灌水量を決定

# 【特長1】 灌水施肥の自動化が可能（2）



## 少量多灌水の自動制御による根圏環境の改善効果



**作物に水ストレスを与えずに育て、収量・品質向上へ寄与**

# 【特長2】 栽培の見える化・共有が可能（1）



パソコン、スマートフォン、タブレットで  
栽培・センサーデータと水と培養液の供給量がリアルタイムで把握できます

センサーデータ表示

水・液肥の供給状況の表示



本日の液肥供給履歴

系統	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	合計	
[1]									72 12L 3		90 13L 3		136 17L 3	65 9L 2		115 15L 3	64 10L 2								542 76L 27%	
[2]										91 14L 3		85 13L 3	69 10L 3		98 13L 3		95 13L 2								438 63L 27%	
[3]																									0 0L	
[4]									300 3L 1	300 2L 1	300 2L 1	300 2L 1	300 2L 1	300 2L 1	300 2L 1	300 2L 1	300 3L 1								2700 20L 10%	
[5]																										0 0L
[6]																										0 0L

※数値: 液肥供給時間(秒)、液肥供給量、液肥混合比率  
※背景色: 緑(液肥)、水色(水)、斜線(予定)

# 【特長2】 栽培の見える化・共有が可能（2）



## 栽培状況を記録・共有し、さらなる技術の向上を図れます

天気予報の情報提供

写真の記録

緯度: N35.609438  
経度: N139.452915  
[Maps で表示](#)

48時間先までの天気予報

2019/09/09 03:00	2019/09/09 04:00	2019/09/09 05:00	2019/09/09 06:00	2019/09/09 07:00	2019/09/09 08:00	2019/09/09 09:00	2019/09/09 10:00	2019/09/09 11:00
雨	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ	晴れ
25	26	27	28	29	29	30	31	31
65	57	56	53	57	56	59	57	53
北	北	北	北	北	北	北	北	北
13	9	7	5	4	3	3	3	3
30	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0

情報提供: 株式会社ハレックス

2018年11月 [すべて表示](#)



2018/11/02 / 定植日から56日目  
5段目着果、一段目収穫11...



2018/11/02 / 定植日から57日目  
華おとめ誘引線まで到達。一...



2018/11/02 / 定植日から56日目  
収穫開始。適葉で落果してし...

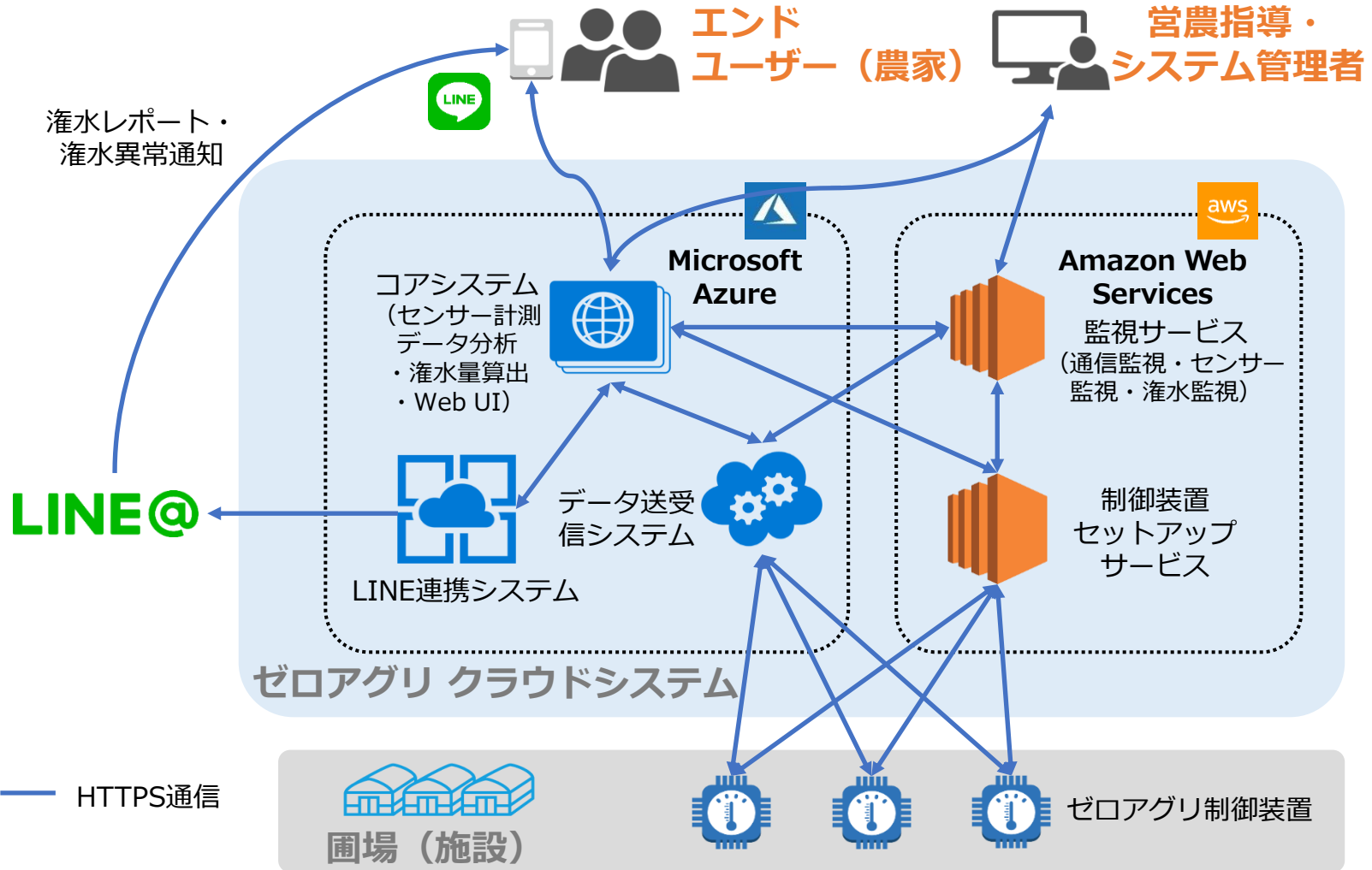


2018/11/02 / 定植日から59日目  
脇芽をきっちり取りすぎ、樹...

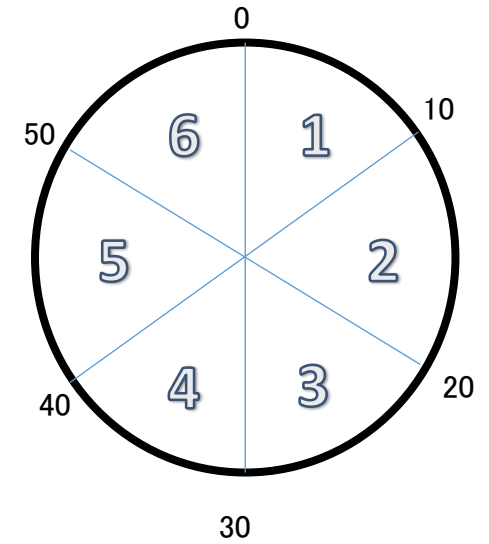
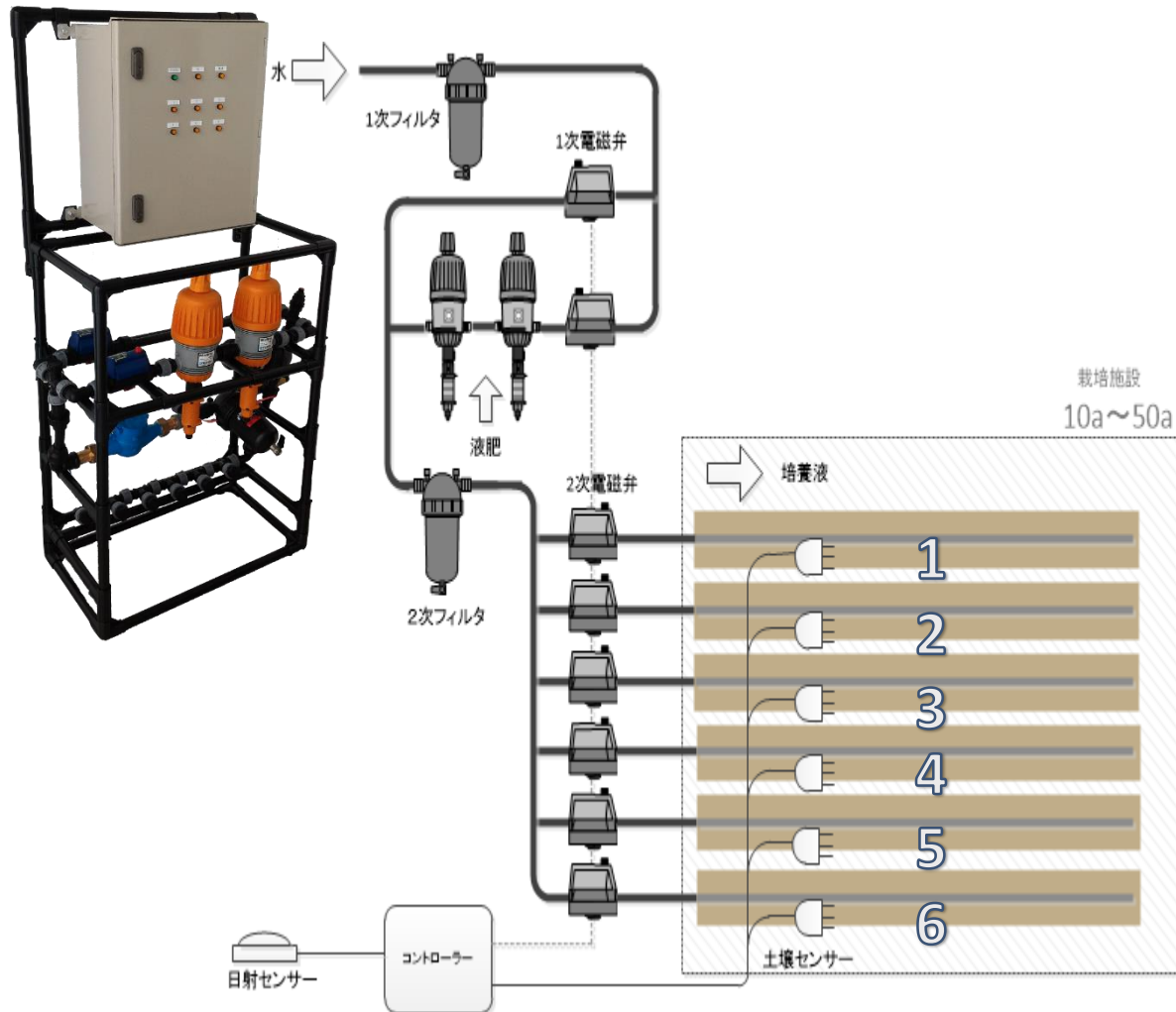
ハウスを起点に1kmメッシュ範囲の  
**48時間分の天気予報**を表示

栽培記録や、指導員との情報共有が円滑に





# 6区画独立制御





## Stevens HydraProbe

- 50MHz電磁波放射の反射波振幅分析による土壌誘電率計測センサー
- 計測項目：
  - 体積水分率
  - 比誘電率
  - 地温
  - EC



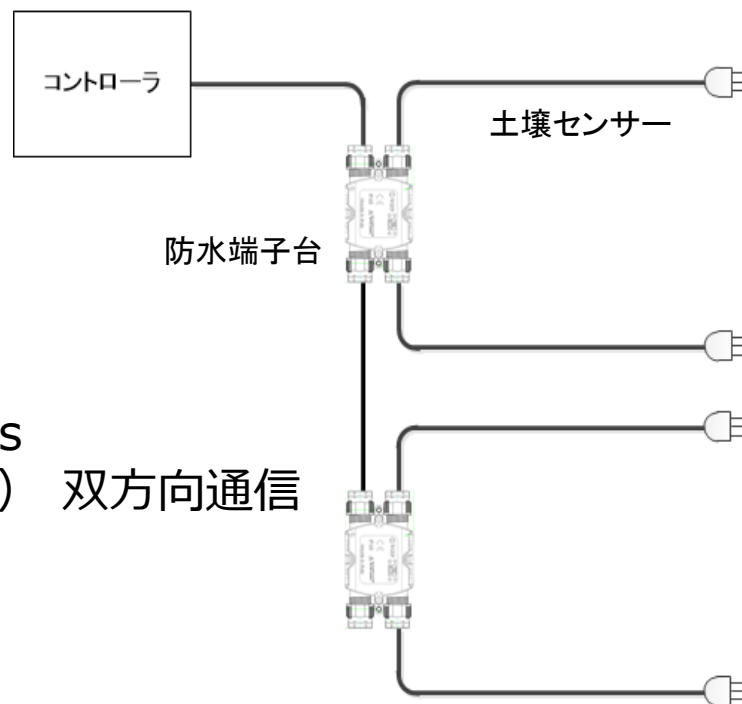


## SDI-12 デジタルインターフェース

- 0～5V信号 調歩同期 シリアルバス 1200bps
- 3線式（電源12V・GND・データ） 双方向通信
- 全線長 60m（規格）

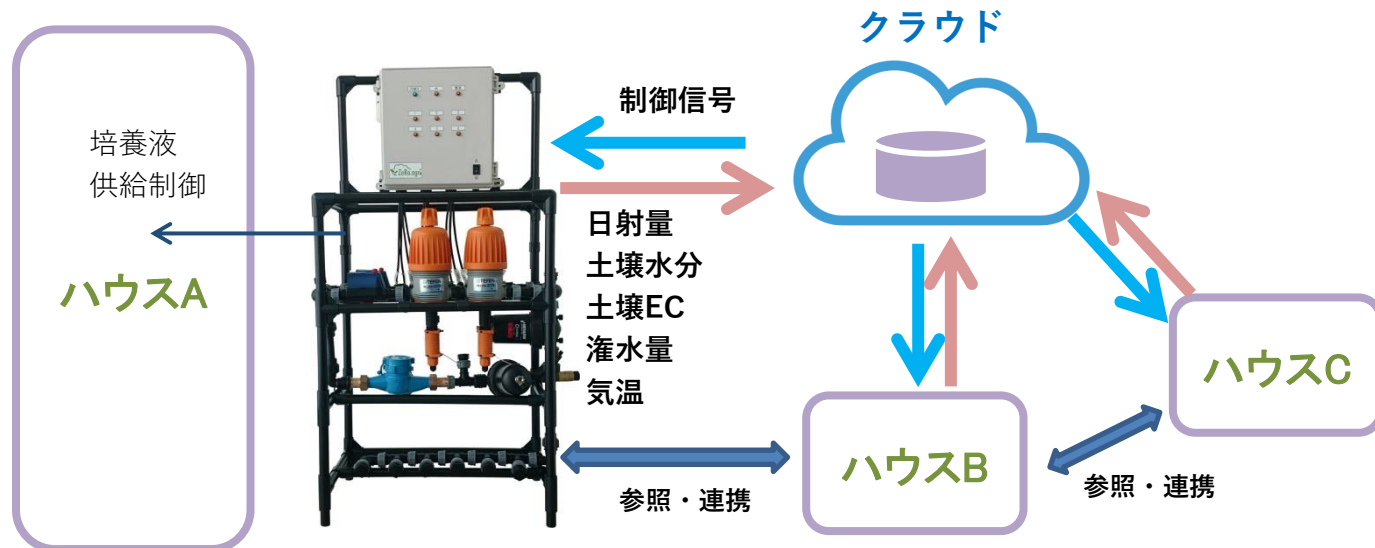
## RS485 デジタルインターフェース

- 差動信号 調歩同期 シリアルバス 1200bps
- 4線式（電源12V・GND・データA・データB） 双方向通信
- 全線長 1km程度（400mまで評価済み）





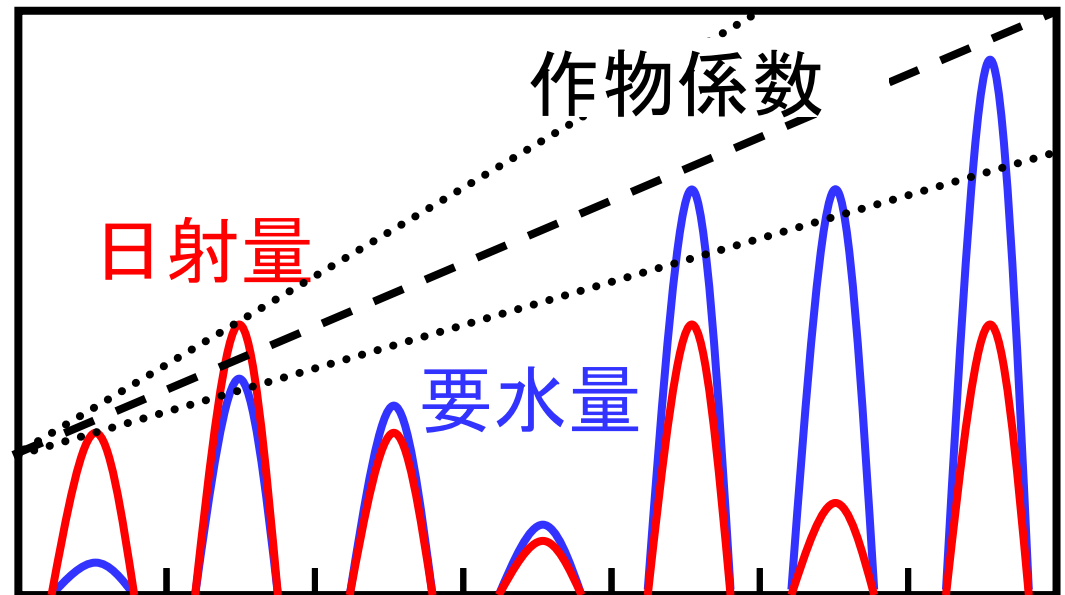
- 制御ロジックの変更が遠隔からいつでも可能
- 制御パラメータの変更が遠隔からいつでも可能
- 複数のゼロアグリを使った連携が可能
- 運転状況の監視が可能 → 装置故障による栽培・研究の失敗を防止する





- 蒸散量は日射量に比例すると仮定する。
- 蒸散量に等しい水分の供給をしたい。
- 日射量が最大の場合（ポテンシャル日射量）の灌水量が計算上必要となる。これをポテンシャル灌水量と呼ぶ。

葉面積依存期の  
日射量、要水量、作物係数の経時変化



ただし、生長段階、地上部の大きさに応じて要水量は変化する



## • 土壌水分の定値制御とは

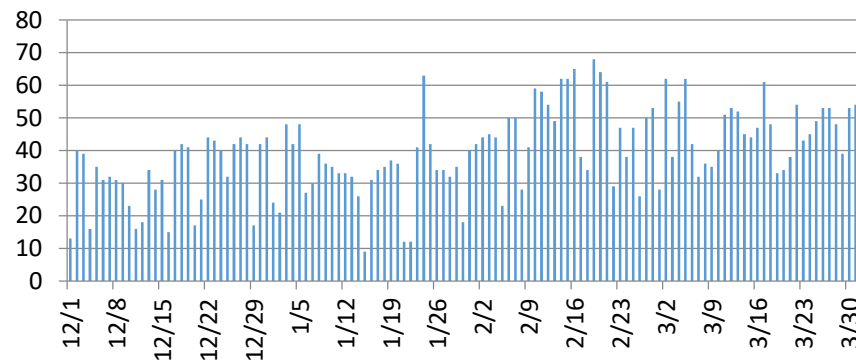
### 1) ポテンシャル灌水量

- 晴天の日の推定蒸散量
- 仮に決めた値から始める
- 土壌水分の変化を評価し、ポテンシャル灌水量を増減する

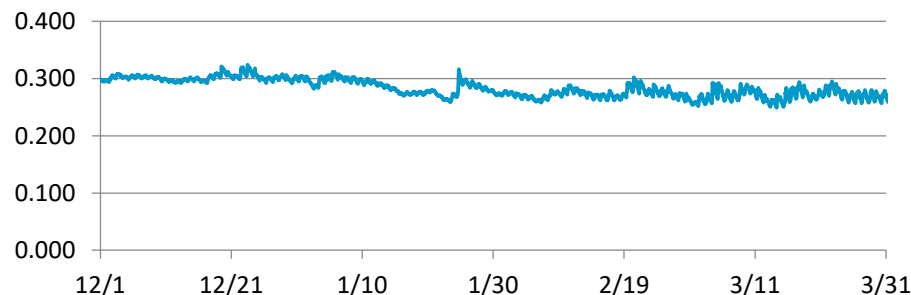
### 2) 灌水量の決定

- 灌漑時刻までの積算日射量とその日のポテンシャル灌水量から実灌水量を決定

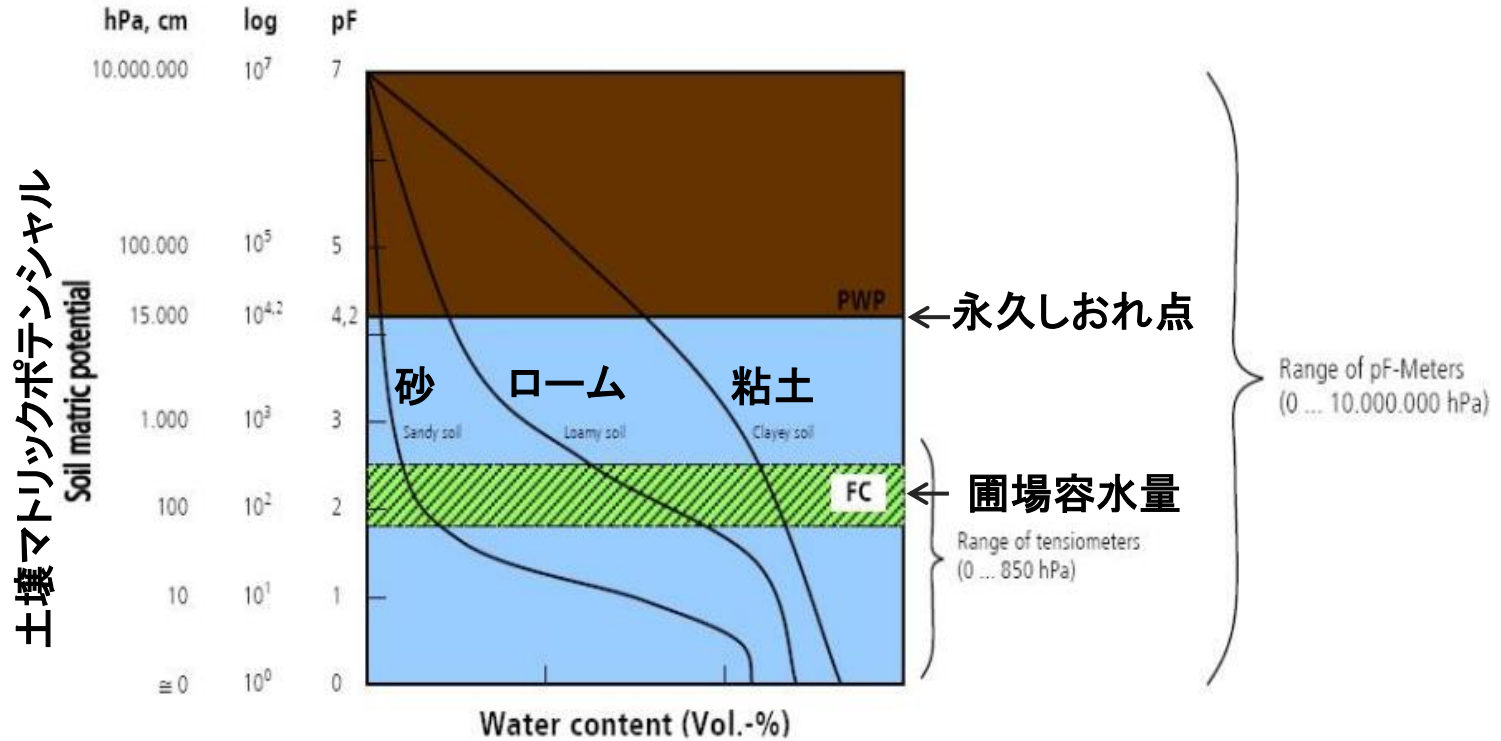
培養液供給量



土壌水分



作物の蒸発散を補う水分を供給することができる



Not plant-available water

Plant-available water

**PWP** Permanent wilting point; pF 4,2 or 15.000 hPa (cm H<sub>2</sub>O) **永久しおれ点**

**FC** Field capacity, pF 1,8 ... 2,5 (60 ... 300 hPa) **圃場容水量**

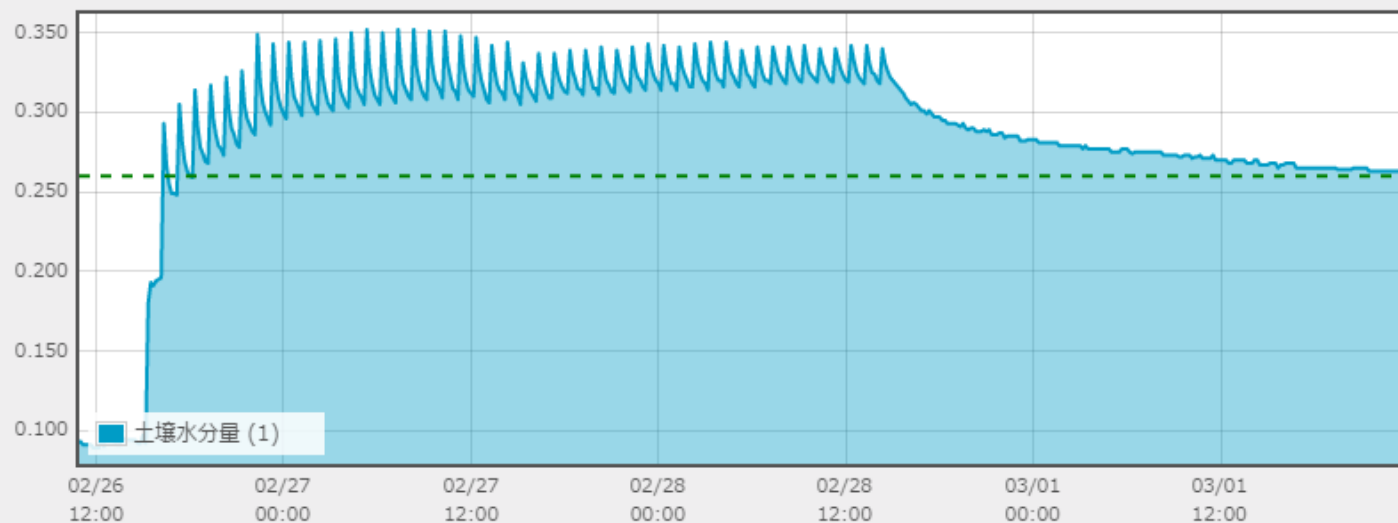




連続供給

## 土壌水分量 (1)

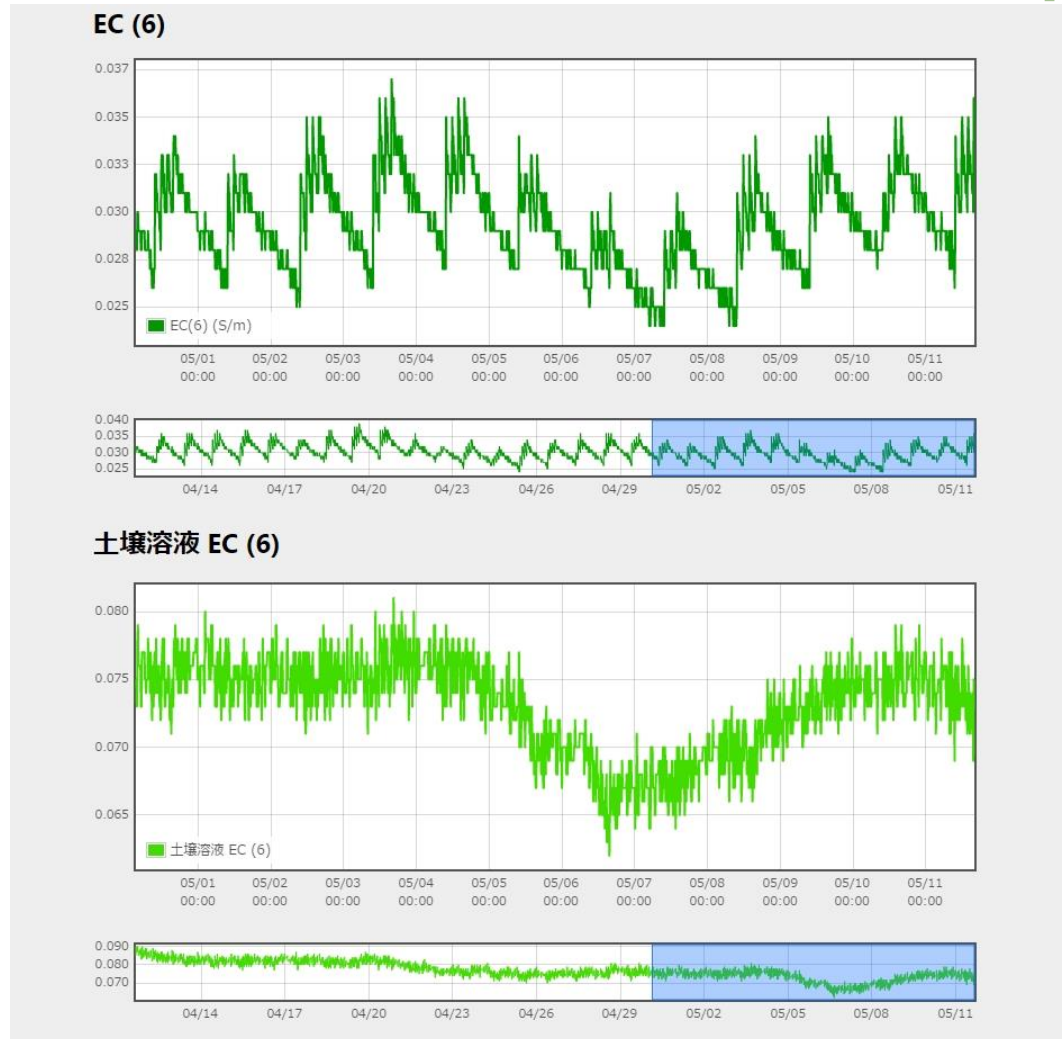
目標水分量: 0.260



土壌水分が飽和した状態から48時間待ち、下がり方が緩やかになった所を圃場容水量とみなし目標水分とする



- センサーでは土壌ECが計測できる。これは土壌そのものの電気伝導度である。
- 土壌の比誘電率と土壌ECから、土壌溶液ECを推定する。





- 発動条件
  - 午前7:30から11:30までの平均気温が設定値を超えた場合
  - 23.5℃で実施
  
- 液肥混入率の変更
  - 気温が高くなる時間帯に、液肥混入率を下げ土壤の水ポテンシャルを上げる
  - 任意の濃度が選択できるよう開発、この実験では水の供給とした
  
- 液肥投入量の回復
  - 通常時と比較して液肥投入量が減少してしまうことへの対策
  - 下げた液肥混入率と培養液供給量から液肥減少量を計算し、それを自動的に補完・回復させる（液肥混入率を増加させる）

時刻	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
----	---	---	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

培養液供給

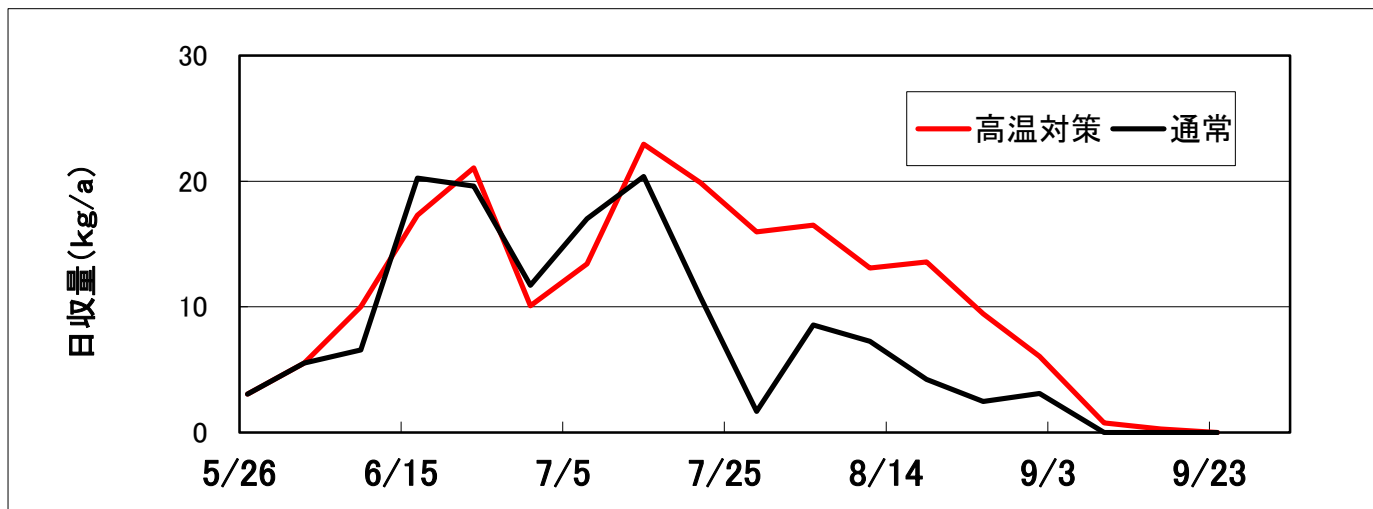
通常濃度

低濃度

回復濃度



2015年

**結果 40%増収**

- ① 栄養塩濃度が低く水ポテンシャルが高い培養液ほど作物は吸収しやすい。
- ② 作物の栄養塩吸収ピークが12時ごろと20時ごろにある (Okuyama et al., 2015)。
- ③ 根が部分的に高濃度溶液にさらされても、他の根が適正濃度領域にあれば高濃度障害を受けにくい (小沢, 1998)。

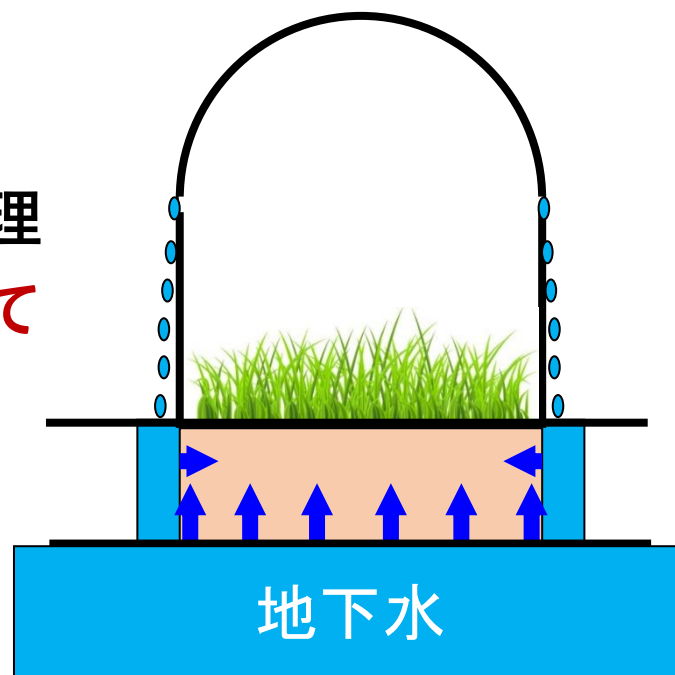


## 湿潤地における灌水施肥制御

① 灌水以外の水分が土壌に供給され  
必要灌水量は減少する。

② このとき、一定の液肥濃度で管理  
すると施肥量は灌水量に比例して  
少なくなる。

降雨、地下水位の影響で  
施肥量が左右されてしまう。



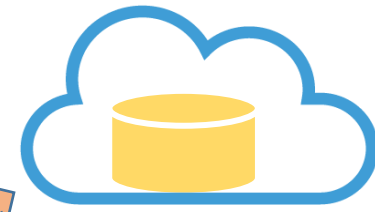
灌水量と独立した施肥量制御が必要



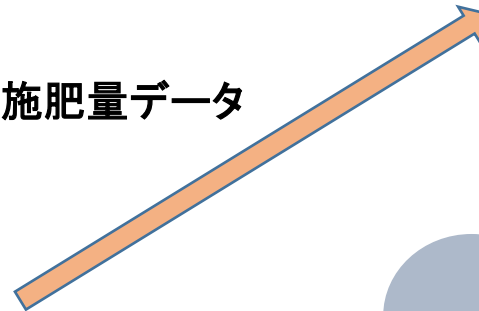
地下水から隔離したベッド(ライシメータ)でトマトを栽培したデータからポテンシャル施肥量を推定、参照して施肥量制御する。

分析・  
ポテンシャル施肥量推定

ゼロアグリクラウド



灌水量・施肥量データ



参照制御



研究農家  
(八代市郡築)



研究農家  
(八代市鏡町)

熊本県農業研究センター  
アグリシステム総合研究所

農林水産省 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)  
「パイプハウスで高収益を実現するICT利用型養液土耕制御システムの汎用化とその実証」



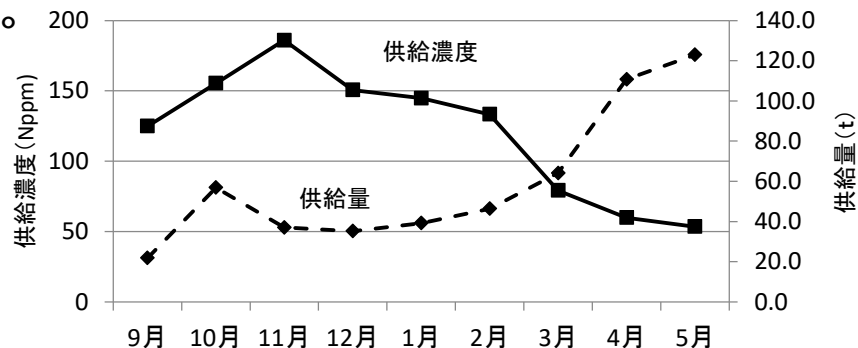
干拓地八代地域での養液土耕栽培の課題：  
 冬季の必要灌水量が減少するため、必要な栄養塩量を供給するための培養液濃度制御が難しく、煩雑である。



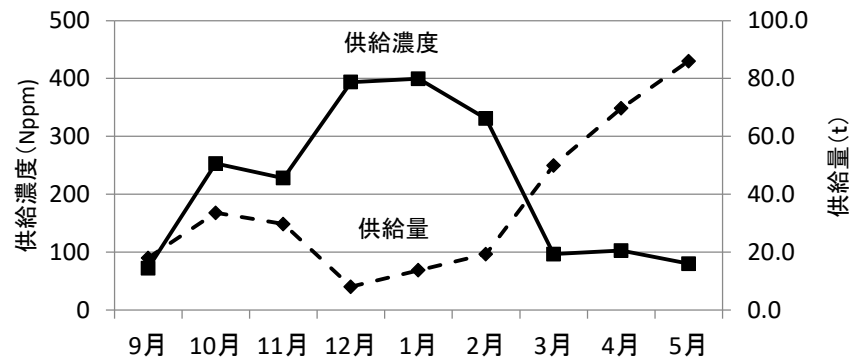
不透水シートを使用して作成したライシメータを用い、地下水の影響を受けない栽培で必要栄養塩量を算出。



算出した必要栄養塩量を、通常の養液土耕栽培区と2戸の実証農家に適用。

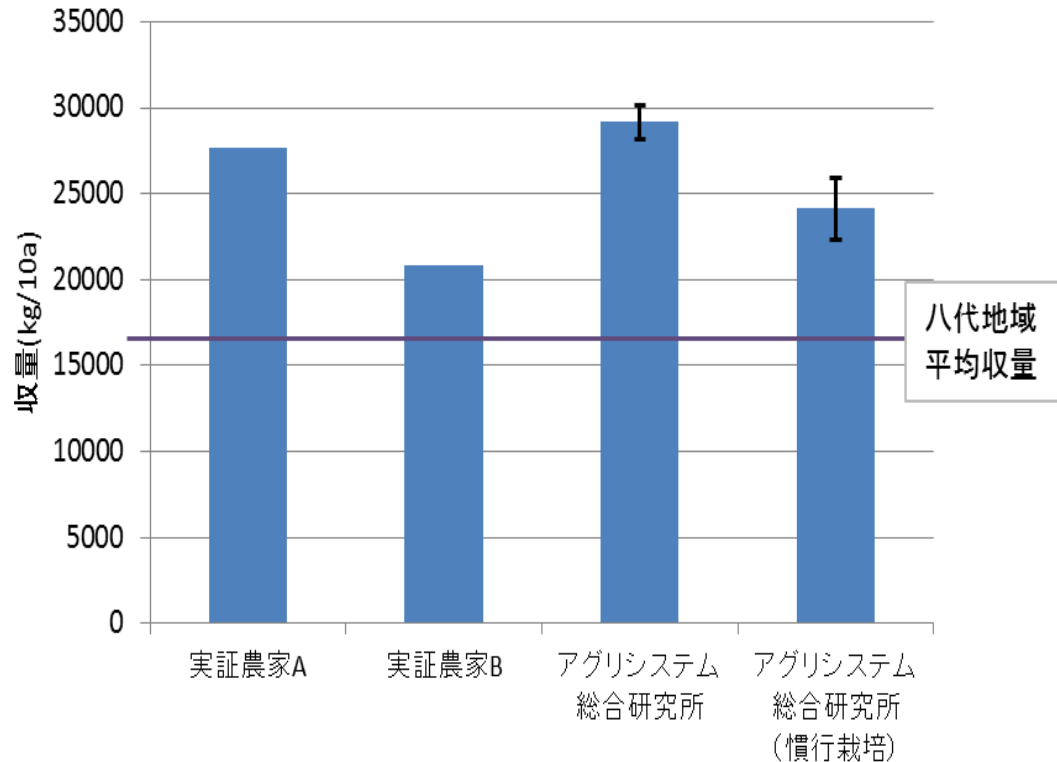


ライシメータ区での供給量・供給濃度  
 (2017-2018年, 熊本県アグリシステム総研)



通常土耕区での供給量・供給濃度  
 (2017-2018年, 熊本県アグリシステム総研)

本研究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(うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。



アグリシステム総合研究所では、慣行栽培区に対し24.1%優位な収量を記録した。

実証農家においても地域平均収量を大きく上回った

## トマトの可販果収量 (2017-2018年, 熊本県)

本研究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(うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。





収量5%増以上の場合システムが採択され、5%増収の場合ハウス面積は6%増加、所得は7%増加、10%増収の場合ハウス面積は6%増加、所得は29%増加する。

		ゼロアグリ導入 収量10%増(A)	ゼロアグリ導入 収量5%増(B)	慣行(D)	(A)/(D)%	(B)/(D)%
ハウス面積(a)		74	74	70	106	106
ゼロアグリ装置(セット)		2	2	—	—	—
作付面積(a)	うちゼロアグリ	74	74	—	—	—
	うち慣行	0	0	70	0	0
収量(kg/10a)		16,500	15,750	15,000	110	105
農業所得(万円)		741	615	576	129	107
家族労働時間(時間)		6,176	6,176	6,711	92	92
うち経営者(時間)		570	570	963	59	59
家族労働1時間当たり所得		1,200	996	858	140	116
前提条件						
ハウス建設可能農地(a)		200	200	200	—	—
可能労働時間(時間/月)	経営主	176	176	176	—	—
	その他家族(2人)	352	352	528	—	—

注1: 八代地区における標準的なハウストマト栽培体系(抑制長期栽培)にゼロアグリを導入した場合を想定している

注2: 労働力については家族2世代(3人)が就農すること想定している

注3: 雇用については必要な時期に1000円/時で雇用できることを想定している

注4: 農業所得は、販売経費も除いてある。

本研究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(うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。



## キュウリ栽培での適切な灌水量を明らかにし、増収と省力化により経営を改善する

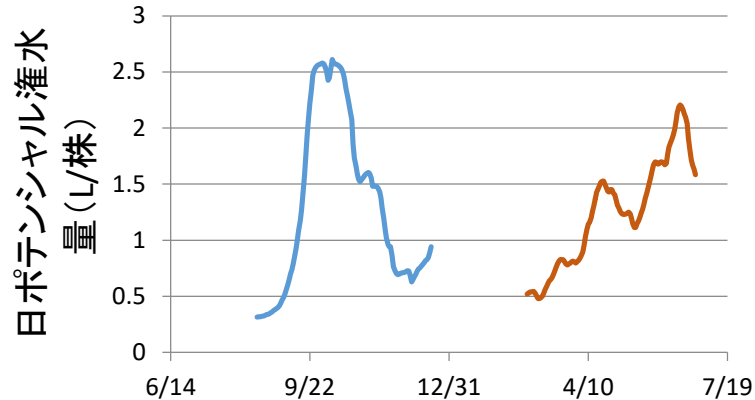


図2 灌水量推移

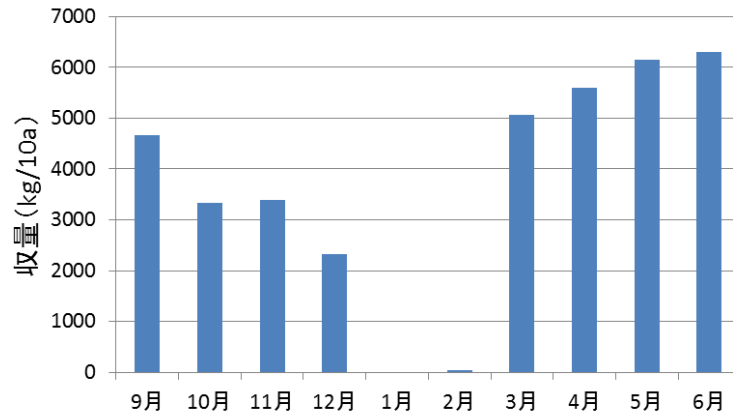


図3 キュウリ収量の推移

佐賀県杵島の実証農家の圃場は排水性が悪く、灌水の管理に苦労していた。平成28年8月～29年6月の作において、システムを導入し適切な灌水量制御を明らかにする試験を行った。

1作目は、灌水量が多すぎると考えられた。

2作目では目標土壌水分を1作目より低く設定した管理を行った(図2)。この結果、2作目は1作目より収量が良好に推移した(図3)。

※ポテンシャル灌水量：  
システムが計算する、晴天日の灌水量。ポテンシャル灌水量と積算日射量により実際の灌水量を決定する。

本研究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(うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。



佐賀県JA 面積当たり出荷実績 (t/10a)			
	28年度	29年度	増収率
実証農家	29.36	36.88	25.6%
JAさが・みどり地区平均	22.01	21.47	-2%
佐賀県JA平均	18.08	18.78	4%

システムによる効果を比較すると、増収と省力化による作付可能面積の拡大により、家族労働1時間当たりの所得（労働生産性）は慣行栽培に対し42%増となる。

		ゼロアグリ導入後(A)	ゼロアグリ導入前(B)	地域平均 (D)	(A)/(D)%	(B)/(D)%
ハウス面積(a)		12	12	10	120	120
ゼロアグリ装置 (セット)		1	0	-	-	-
作付面積	うちゼロアグリ	12	0	-	-	-
	うち慣行	0	12	10	0	120
収量 (kg/10a)		36,880	30,000	18,000	205	167
農業所得 (万円)		450	350	200	225	175
家族労働時間 (時間)		2,790	2,487	1,765	158	141
うち経営者 (時間)		1,221	1,588	1,478	83	107
家族労働1時間当たり所得		1,613	1,407	1,133	142	124
前提条件						
ハウス建設可能農地 (a)		30	30	30		
可能労働時間 (時間/月)	経営主	160	160	160		
	その他家族 (1人)	160	160	160		
※1. 導入前(B)・導入後(A)にて比較している。						
※2. 農業所得には、事業主労賃含む。						
※3. 繁忙期 (900時間) は家族からの加勢もしくはパート採用にて対応						
※4. ゼロアグリ導入後、経営主は管理作業に従事し、収穫は主に家族+パートで行うようになった。						

本研究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(うち経営体強化プロジェクト)」の支援を受けて実施した。



## 供給時刻の指定

時間制御

系統 オプション

供給時間

[1] あさいち 供給  off

[2] マニュアル供給

[3] マニュアル供給

[4] マニュアル供給

[5] マニュアル供給

[6] マニュアル供給

タップ(クリック)

供給時間 - KUROKAWA01 [1]

供給時間

時刻枠をクリックし、液肥供給時間、供給タイプ (緑:液肥、水色:水) を選択してください。

0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11



## 目標土壌水分の指定



タップ(クリック)





## 液肥濃度の指定



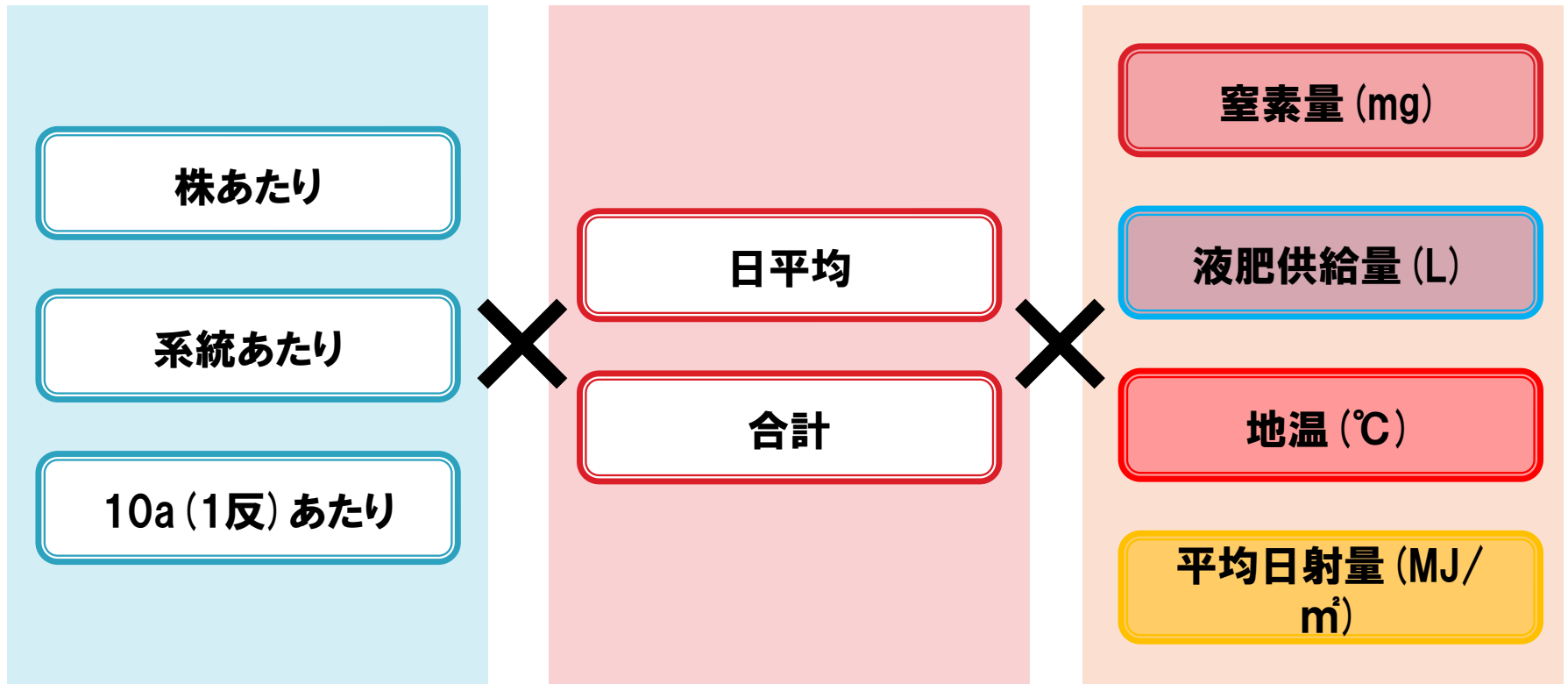
タップ(クリック)





## 供給レポート機能とは？

施肥した推定の窒素量 (mg)、供給量 (L)、地温 (°C)、平均日射量 (MJ/m<sup>2</sup>) を様々な切り口からデータとして閲覧できる機能。





## 供給レポート機能とは？

お好みの単位で分析が可能

単位 株あたり 系統あたり 10aあたり 面積を設定

期間	日平均 窒素量 (mg)	日平均 液肥供 給量 (L)	平均 地 温 (°C)	平均日射量 (MJ/m <sup>2</sup> )
√ 2019/06/24(月)~ 2019/07/20(土) [4週間]	1.62	0.02	23.40	0.00
√ 2019/05/27(月)~ 2019/06/23(日) [4週間]	10.02	0.15	22.13	0.00
√ 2019/04/29(月)~ 2019/05/26(日) [4週間]	55.42	0.15	21.67	0.00





## 供給レポート機能の活用方法

### ケース① 各自治体・団体の養液土耕栽培マニュアルとの比較

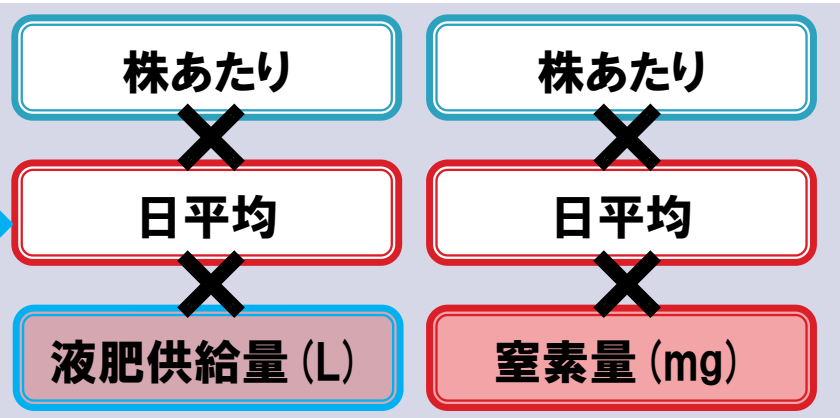
各自治体、JAなどの団体がすでに養液土耕栽培のマニュアルを公表していることもあります。

例えば・・・

第1果房肥大期～摘心は

- ・窒素施肥量：90 (mg/株・日)
- ・かん水量：180 (ml/株・日)

という目安があった場合



栽培マニュアルと実際の供給状況を比較することができます。



## 供給レポート機能の活用方法

### ケース② 種苗店や資材店との相談

例えば・・・生理障害などが発生した場合

今までの液肥供給量や窒素施肥量をもとに種苗店や資材店に相談ができます。



ユーザー様

最近・・・の症状が出ているのだけどなにか理由はあるかな？

ここ最近の供給量は1日・・・リットルで、窒素施肥量は1日・・・mg/株くらいなんだよね。

この品種は・・・なので、もう少し窒素量を抑えたほうがいいかもしれない。

なるほど。



種苗店・資材店



## 2.5a相当のハウスにゼロアグリを導入した時の価格見積もり例（ゼロアグリ2500ℓ/時）



日射センサー

土壌センサー

	項目	金額
ゼロアグリ 基本機器	本体価格	120万円
	オプション・設定費 (例)	68万円

通信・データ	クラウド利用料 (年間)	12万円
--------	--------------	------

▶ 毎年の利用更新ごとにクラウド利用料 年間12万円が発生

その他	管材およびポンプ費 (例)	60万円
	点滴チューブ (例)	40万円

合計 (税込)		324万円
---------	--	-------

**ゼロアグリ<sup>®</sup>の流量は2,500ℓ/時または5,000ℓ/時の2タイプ**