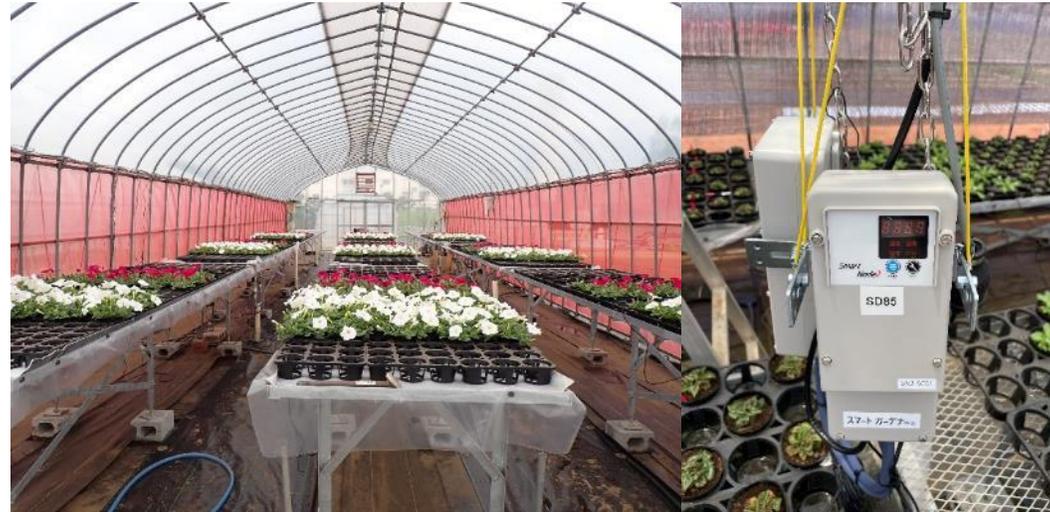


IoT・AI等の先進技術を活用した、新たな農業システムの技術検証

# 作業労力軽減を目指した鉢花等の高度底面給水システムの開発 報告書



令和6年3月29日

公益財団法人東京都農林水産振興財団

株式会社オネスト

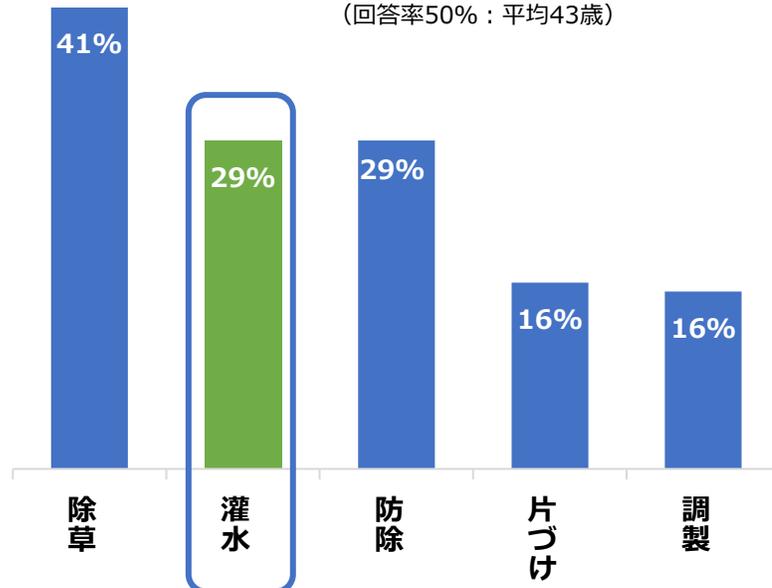
日本大学 生物資源科学部 生命農学科

# 背景

- 都内生産者へのニーズ調査で、経営の課題として「労働力不足の解消」が最も高く、また効率化自動化をしたい作業では、「灌水」の要望も多かった
- 花き栽培の自動灌水手法として、底面給水法があるが、高価なため生産者への導入が進んでいない
- 異常気象により栽培環境が不安定な昨今、経験や勘ではなく、データに基づいた栽培管理も重要

## ■ 効率化・自動化したい作業（上位5項目）

※都内生産者のスマート農業に関するニーズ調査の結果より  
 調査対象：JA東京青壮年組織協議会等の生産者  
 令和2年4月下旬から6月上旬に郵送で実施、回答者 128人  
 (回答率50%；平均43歳)



既存の底面給水システムは高価

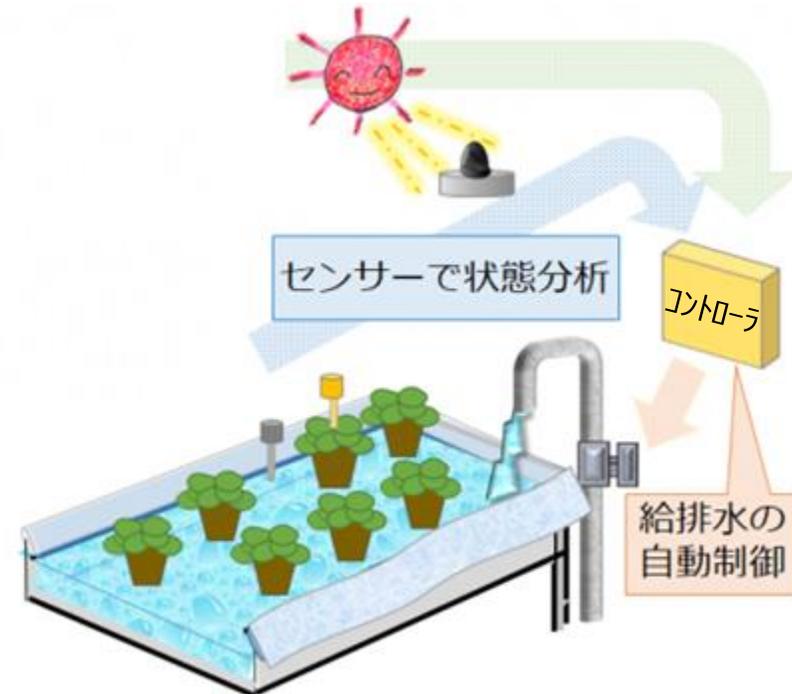
# 目的

- 既存の資材を利用した安価な底面給水ベンチを制作する
- 環境制御機器を用い、灌水を自動化するシステムを構築すると共に、市販のコントローラの適用試験を行う

(共同研究：日本大学・株式会社オネスト)

## 期待される効果

- ✓ 灌水の自動化による労働力不足の解消
- ✓ 成長に合わせた適正な栽培による品質の安定化



# 実施スケジュール

- 令和4年度：底面給水栽培用ベンチの試作、土壌水分計と小型コンピュータ（スマートリレー）を用いたペチュニアの自動灌水試験と農家実証
- 令和5年度：土壌水分計と小型コンピュータ（スマートリレー）を用いたガーデンシクラメンの灌水自動化試験  
ハウス栽培向け環境制御装置（スマートガーデナー®）を用いたペチュニアの灌水自動化試験



## 底面給水栽培用ベンチの作製

# 底面給水ベンチ

- エキスパンドメタルを敷設した鉢物用栽培ベンチに筋交いを設け、架台脚部のフィートレベラーで水平を調整
- ベンチ底面に排水口用の穴をあけ、排水口を設置、給水口はベンチ外側から立ち上げて設置
- 栽培ベンチは仕切り板で1.8m毎長に区切り、各区画に底板、防水用フィルム、給水マットの順に重ね、防水用フィルムはネオジム磁石でベンチ枠に固定を行い、深さ3.5cmのプールを設けた

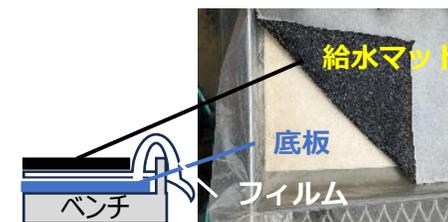
底面給水ベンチ	仕様
幅×長さ×高さ(mm)	930×20,300×730
プール面積(m <sup>2</sup> )	18
プール高さ(mm)	35
プール水平機構	フィートレベラー
仕切り板	CHIYODA社製 ガルバリウム鋼板 出隅
底板(mm)	発泡板 (1,800 x 900mm 厚さ 4mm)
フィルム	農業用ポリエチレン (厚さ 1.5mm)
給水マット	ユニチカ社製 ラブマットU (厚さ 2.2mm)
給水口	塩ビパイプ (呼び径13mm)
排水口	電磁弁付き内径25mm
電磁弁	CKD社製 ADK11(給水) / AB41(排水)



仕切り板と磁石

設置概観

フィートレベラー



(側面イメージ) 底面給水部 (上面図)



排水口の設置

# 給排水装置

- 給水口は、栽培ベンチの区画ごとに呼び径13mmの塩ビ管で上水を引き、栽培プールに給水
- 栽培ベンチの区画端から15cmの中央部に、フィルムの上から排水口を取り付け、呼び径13mmの塩ビ管で排水
- 給排水の開始と停止は、塩ビ管に設置した電磁弁を、2種類の土壌水分計と小型コンピュータを使用して制御

## 体積含水率測定用 土壌水分計

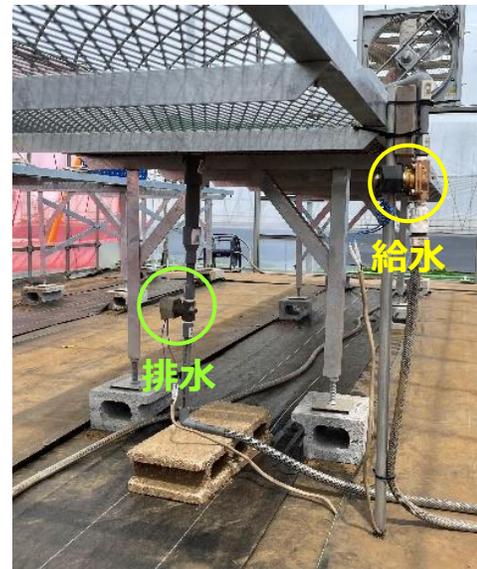


項目	仕様
型番	メータジャパン社製 TEROS 12
誘電率測定法	静電容量式
センサー寸法	9.4×2.4×7.5cm (プローブ長5.5cm)

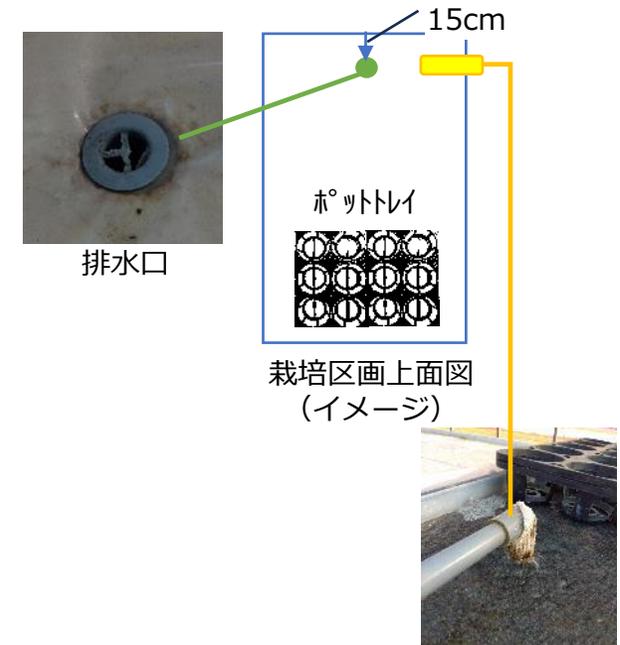
## 水位測定用 土壌水分計



項目	仕様
型番	大起理化工業社製 HS10
誘電率測定法	静電容量式
センサー寸法	14.5×3.3×0.7cm (プローブ長10cm)



給排水電磁弁

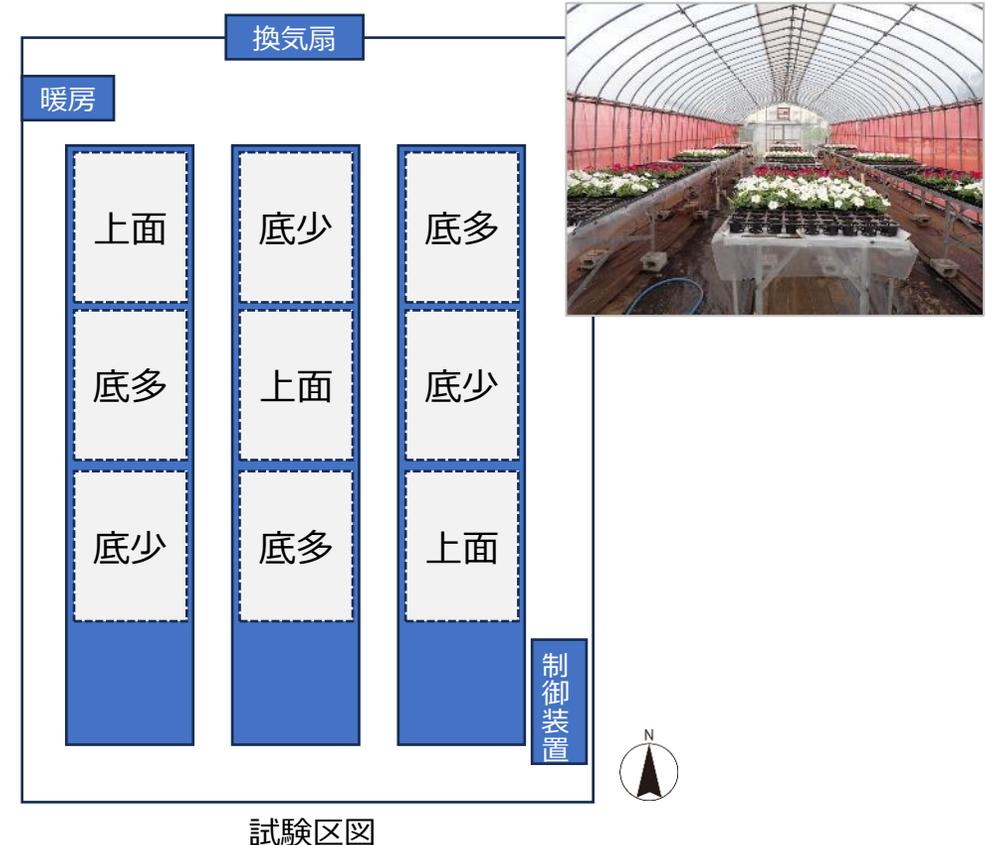


## 小型コンピュータを用いた灌水の自動化試験

# 自動灌水試験方法

- 試験 1 : 手灌水による上面区と、底面給水2区を設けて灌水方法の違いによる栽培期間が比較的短期のペチュニアの栽培試験を行い、成長度合いを調査
- 試験 2 : 試験 1 と同様のシステムでペチュニアより栽培期間が長く、東京で多く栽培されているガーデンシクラメンを栽培し、成長度合いを調査

	試験 1 (R4年度)	試験 2 (R5年度)
供試品種	ペチュニア 「バカラ ローズ、ホワイト」	ガーデンシクラメン 「SPベラノフジダークバイオレット」
供試用土	赤土 : ピートモス : 腐葉土 = 5 : 3 : 2 (容積比)	赤土 : 腐葉土 : ココピート = 5 : 3 : 2 (容積比)
試験区	灌水方法の異なる3区を用意 ・上面区 : 土壌表面が乾いたら手灌水を行う ・底面少区 : 鉢内体積含水率が30%を下回ると給水 ・底面多区 : 鉢内体積含水率が40%を下回ると給水	
サンプル数	n = 5, 3 反復	n = 5, 2 反復
試験方法	試験開始日を 0 とし、 0、7、14日目に各区の株 張・株高などを調査した	基肥として、用土 1Lあたり 過リン酸石灰 2.5g、マイク ロロング 3g、マグアンプ K 2g を施用した。鉢上げ後、 概ね 1か月毎に株張、株高、 電圧値の変化などを調査した



# 自動灌水システム（小型コンピュータ）

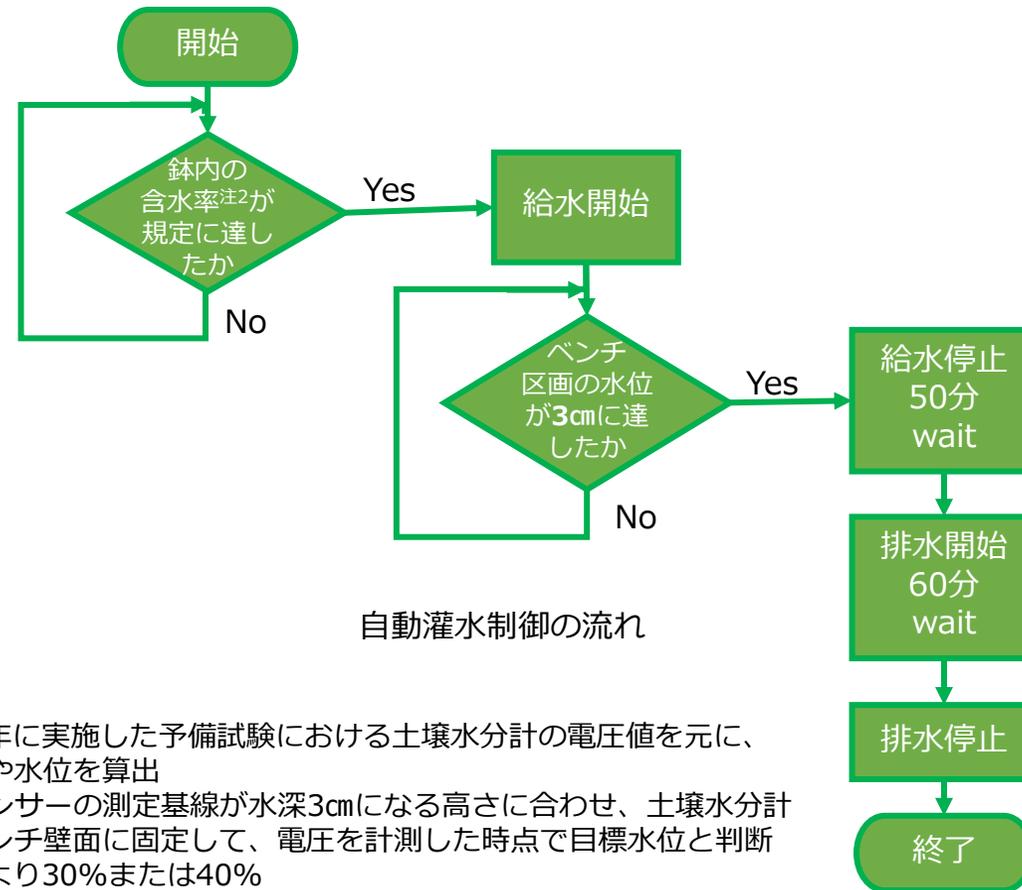
- 毎日6:00-16:00の間、IDEC社製のスマートリレーのプログラムを組み、給排水の電磁弁の開閉を実施
  - 鉢内に設置した土壌水分計で、体積含水率<sup>注1</sup>を監視し、設定値を下回ると給水を開始
  - 水位測定用土壌水分計で水位を取得し、プールの水深が3cm<sup>注1</sup>に達すると給水を停止
  - 50分間の湛水後排水を行い、60分後に排水弁を閉じて排水を停止

## スマートリレー

ハウス内の  
防水防塵  
BOXに格納



項目	仕様
型番	IDEC製 FL1F-H12RCE
電源	DC12/24V
出力	リレー出力
LCDディスプレイ	有
時計機能	付
入出力数（入力／出力）	12点（8点／4点）
質量	240g

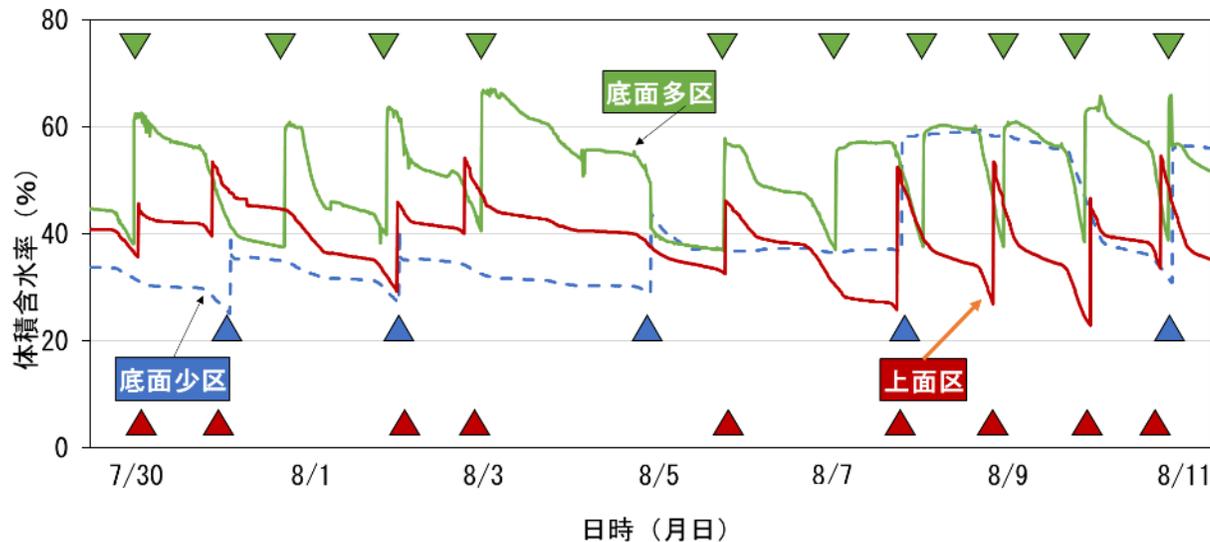


注1) 本試験の前年に実施した予備試験における土壌水分計の電圧値を元に、体積含水率や水位を算出  
水位は、センサーの測定基線が水深3cmになる高さに合わせ、土壌水分計を金具でベンチ壁面に固定して、電圧を計測した時点で目標水位と判断  
注2) 試験内容により30%または40%

# 試験結果 1 : ペチュニアの自動灌水栽培

- 自動灌水システムで、設定値通りの水管理を行うことができた
- 30%の体積含水率で底面給水することで、初期の相対成長速度を低下させ、慣行の上面給水よりもコンパクトなペチュニアを栽培することができた

各試験区の体積含水率の推移（2022年7月30日～8月11日）



- 注 1) 図中の三角印は各試験区で給水したタイミング  
 注 2) ▲ : 上面区、▲ : 底面少区、▼ : 底面多区  
 注 3) 上面区はハス口で手灌水  
 注 4) 底面少区と底面多区はプール水位3cmで管理

各試験区の出荷時における生育状況



品種	試験区	株張 (cm)	株高 (cm)	SPAD値	花径 (cm)
ホワイト	上面区	23.4	12.5	42.8	7.9
	底面少区	21.6	12.4	46.7	7.9
	底面多区	28.4	13.3	43.3	7.9
ローズ	上面区	22.4	14.3	41.0	7.5
	底面少区	20.5	13.6	44.4	7.4
	底面多区	25.9	15.8	41.2	7.4

# 試験結果 2 : ガーデンシクラメンの自動灌水栽培

- 底面多区および底面少区ともに、設定値どおりの自動灌水ができた
- 出荷時におけるガーデンシクラメンの生育状況は、試験区間で有意な差は認められなかった

各試験区の体積含水率の推移 (2023年8月11日~20日)



各試験区の出荷時における生育状況

試験区	株高 (cm)	株張 (cm)	葉枚数 (枚)	SPAD値	花蕾数 (輪)	芽点数 (個)
上面区	7.5 <sup>ns</sup>	14.1 <sup>ns</sup>	72.6 <sup>ns</sup>	39.9 <sup>ns</sup>	59.5 <sup>ns</sup>	7 <sup>ns</sup>
底面少区	7.5	14.5	71.6	38.8	69.9	6.7
底面多区	7.8	15.0	71.9	40.4	55.0	6.8

注) Tukey法による検定。nsは有意差なし



# 底面給水システムの実用性評価（R4年度）

- 底面給水システムを都内2戸（ビオラ栽培、パンジー栽培）の花き生産者に導入し、灌水作業の省力効果と使用感のアンケート調査を実施
- 底面給水システムを用いて、自動灌水によるビオラとパンジーの栽培ができた
- 出荷時の品質は、ビオラで徒長ぎみのものもあったが、問題なく出荷できた

		実証地 1	実証地 2
栽培品種		ビオラ 「ソルベXP」 「イエローピンクジャンプアップ」 など 	パンジー 「よく咲くスマレ」 「マーマーレード」など 
実証内容		底面給水システムによる自動灌水による栽培と、灌水回数や灌水時間の記帳を依頼 栽培終了後に使用感をヒアリング	
ヒアリング結果	作業労力軽減	実感できた	実感できた
	出荷時の品質（出荷率）	どちらともいえない（徒長ぎみ） （99.5%）	問題なし （100%）

# 底面給水システムコスト試算

- ハウス100㎡に既存の栽培用ベンチ（18m x 0.93m）を3基利用した底面給水システムを作製する場合、作成コストは約24万円であり、毎月の電気代は600円程度であった
- 底面少区の灌水コストを慣行の手灌水（上面区）と比較すると、水道代と灌水労力を合わせ、毎月3万円程度低減できる試算結果であった

## 試作した底面給水システムのコスト試算

項目	価格
底面給水ベンチ関係	101,550
給排水関係	45,910
制御関係	78,669
工事関係	12,864
<b>合計</b>	<b>238,993</b>

注) パイプハウス（20m\*5.4m）内に栽培ベンチ（18m\*0.93m）を3基設置した場合の試算値  
時給は1,072円で計算した（2022年度東京都最低賃金、表3も同じ）

**底面給水ベンチ設置概算： 約24万円**  
 栽培用ベンチ新設： + 約65万円  
**合計 約 90万円**  
 その他、プログラム開発費用、工事委託費など

市販品は  
同規模の底面  
給水ベンチで、  
工事費込み  
約500万円

## 表1：底面給水システムにかかる電気使用量および料金

機器の種類	使用量 <sup>a</sup> (kWh)	電気代 <sup>b</sup> (円)
スマートリレー	1.44	44
電磁弁	18.75	578
<b>合計</b>	<b>20.19</b>	<b>622</b>

- a) 機器のカタログ値（スマートリレーは2W、電磁弁10W）を基に、1ヵ月間使用時（スマートリレーは常時稼働、電磁弁は給水弁1回あたり30分、排水弁60分稼働）に換算して求めた  
 b) 電気代は1kWhあたり30.8円で計算した

## 表2：給水方法による灌水コストの違い

給水方法	使用量 <sup>a</sup> (L)	水道代 <sup>b</sup> (円)	灌水労力 <sup>c</sup> (円)	電気代 <sup>b</sup> (円)	灌水にかかるコスト(円)
上面(慣行)	20,670	4,961	32,480	0	37,441
底面	15,066	3,616	0	622	4,238

- a) 上面からの使用量は花きチームの現場職員3名による1ポットあたりの灌水量から試算した（1ポットあたり灌水量\*ポット数\*灌水回数）  
 底面給水の使用量は、(ベンチ面積\*水位3cm\*灌水回数)/1000  
 灌水回数は、ペチュニアの栽培試験の結果（頭上20回、底面10回）を基に試算した（1ヵ月稼働を想定）  
 b) 上水を使用し、1Lあたり0.24円で計算した  
 c) 上面からの灌水労力は花きチームの現場職員3名による1ポットあたりの灌水時間から試算した（1ポットあたりの灌水時間\*ポット数\*灌水回数）\*時給/3,600

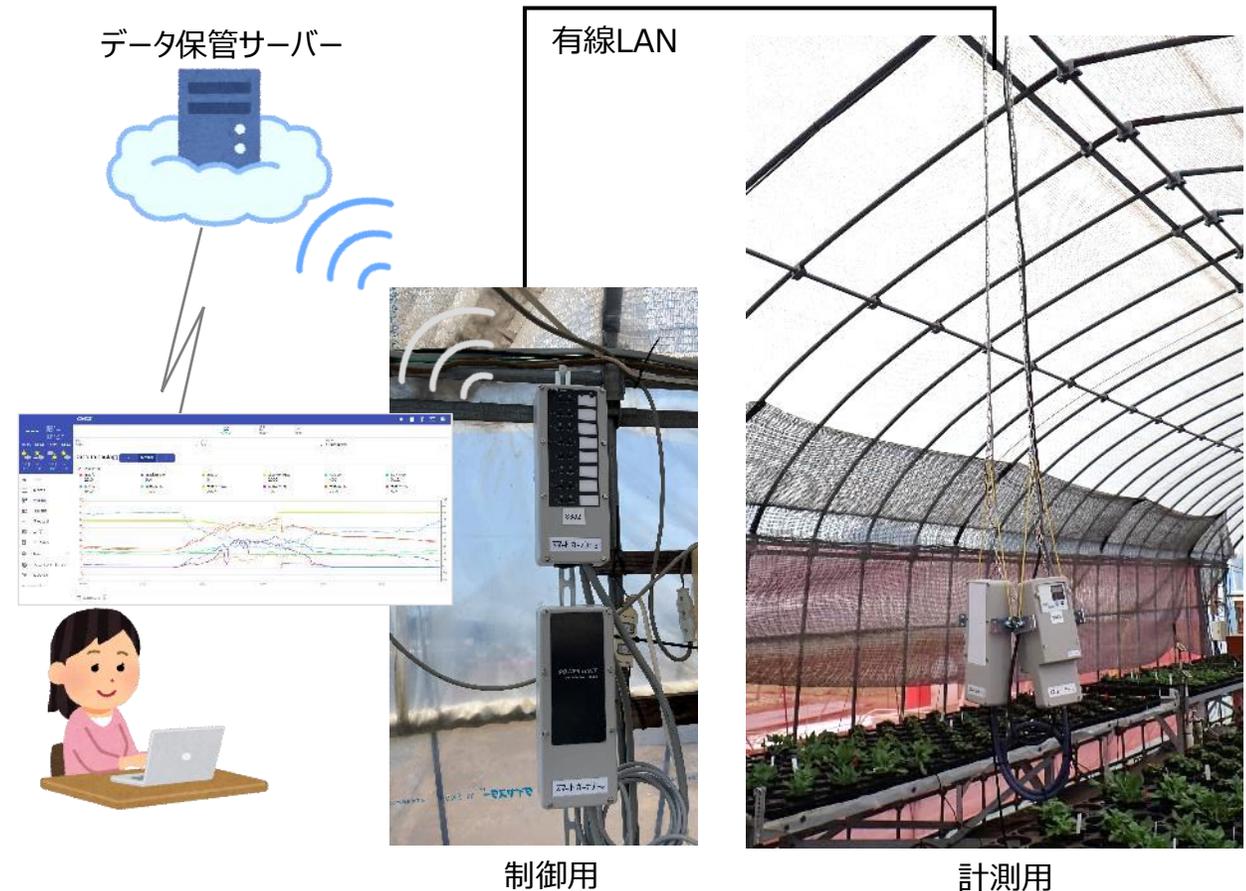
## ハウス栽培向け環境制御装置を用いた灌水の自動化試験

# ハウス栽培向け環境制御装置の設置

- Webアプリの条件入力で簡単に制御プログラムを設定できる、ハウス栽培向け環境制御装置を用いて自動灌水試験を実施
- 花きハウス内に、オネスト社製のスマートガーデナー®を設置し、給水条件を設定
- 開発した底面給水システムでペチュニアを栽培し、自動灌水制御を検証

## スマートガーデナー®

	制御用		計測用	
品名	拡張制御ユニットA		スマートノード2 TypeS	
型番	CU-S800		SN2-SB01	
仕様	LAN(10Base/T) : 1CH 無電圧2a接点出力 (AC250V) : 8系統		内蔵センサー : 温度、湿度、照度	
品名	電源ユニット (制御ユニットの付属品)		センサー拡張ユニット TypeM	
型番	CU-PU200		SC2-D101	
仕様	入力 : AC100-240V 出力 : DC24V		計測用ドッキングステーション アナログIN : 8CH デジタルIN : 4CH RS232C : 2CH	



# 自動灌水システム（ハウス栽培向け環境制御装置）

- 毎日8:00-16:00の間、スマートガーデナー®の制御による電磁弁の開閉を実施
  - ✓ 土壌水分計を鉢内に設置し、体積含水率35%を下回ると給水を開始<sup>注</sup>し、給水停止後60分間排水して排水弁を閉鎖
- 底面給水システムの1区画でペチュニアを栽培して、自動灌水の試験を実施

	試験内容
供試品種	ペチュニア 「バカラホワイト」
供試用土	赤土：ピートモス：腐葉土 = 5：3：2（容積比）
栽培環境	開発した底面給水システム
試験方法	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2023年8月3日に播種し、本葉2～4枚展開時の8月22日に供試用土を充填した10.5cmポリポットへ鉢上げした後、パイプハウス（5.4m×18m）内の底面給水システムの栽培ベンチに移した。</li> <li>• 土壌水分センサー（商品名：TEROS12）を用い、鉢内の体積含水率35%を下回ると灌水するように制御した。基肥は、用土1Lあたり過リン酸石灰2.5g、マイクロング3g、マグアンプK2gを施用。</li> <li>• 対象区として、上面からはハス口で灌水する上面区を設けた。</li> </ul>



供試品種  
「バカラ ホワイト」

## 土壌水分計

項目	仕様
型番	メータジャパン社製 TEROS 12
誘電率測定法	静電容量式
センサー寸法	9.4×2.4×7.5cm（プローブ長5.5cm）



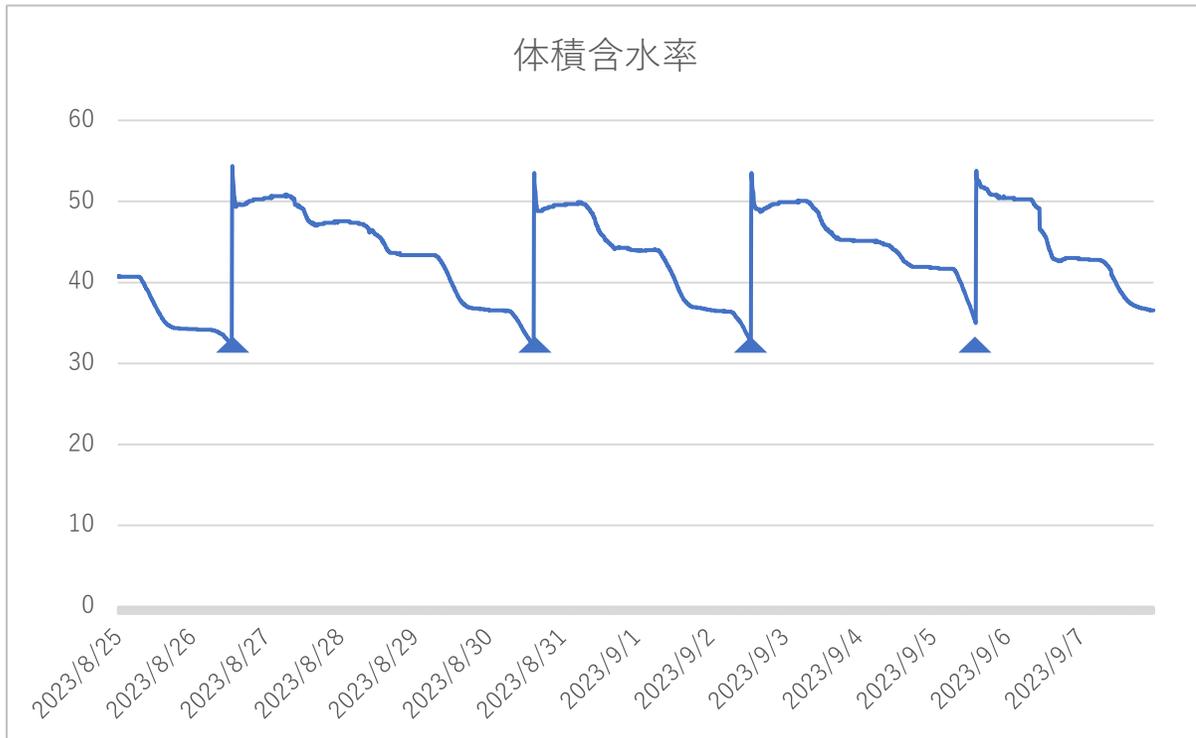
灌水試験中の様子

注) スマートガーデナー®を用いた自動灌水試験では、給水停止は水位ではなく鉢内の体積含水率（電圧）で制御

# 試験結果 (ハウス栽培向け環境制御装置を使用したペチュニアの自動灌水)

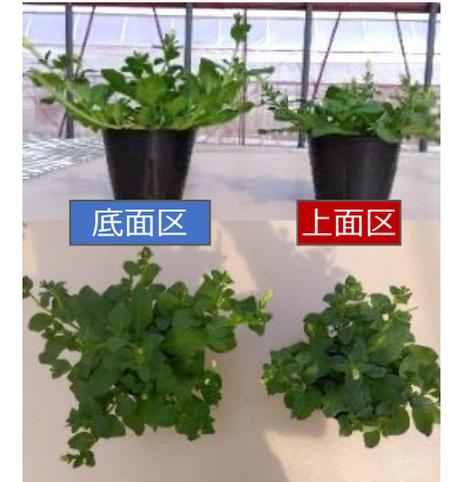
- スマートガーデナー®を用いて設定値に沿った給排水の電磁弁制御を行い、ペチュニアの自動灌水管理ができた

## 体積含水率の推移 (底面区 : 2023年8月25日~9月7日を抜粋)



注1) 図中の▲印は各試験区で給水開始のタイミング (土壌含水率約35%)

出荷時9月20日の「バカラ ホワイト」



## 生育状況

調査日	試験区	株張	株高	最大葉長	最大葉幅	分枝数 <sup>a</sup>	開花数
		(cm)	(cm)	(cm)	(cm)	(本)	(輪)
9月5日	底面区	12.7	6.6	2.9	2.9	-	
	上面区	13.1	7.1	3	3	-	
	t検定	ns	ns	ns	ns		
9月20日	底面区	29.3	13.5	8.6	3.9	8.2	1.9
	上面区	21.6	8.3	7.6	3.6	7.4	1.0
	t検定	**	**	**	**	*	*

a) 分枝数は2cm以上のもの

注) \*\*は1%水準で、b\*は5%水準で有意差あり。nsは有意差なし。- はデータなし。

# まとめ

- 土壌水分計を活用してコストを抑えた底面給水システムを開発した
- ペチュニア、ガーデンシクラメン、ビオラ及びパンジーにおいて、開発したシステムにて自動灌水栽培が行えることを実証した
- ハウス栽培向け環境制御装置（スマートガーデナー®）を用いてペチュニアの自動灌水栽培ができることを確認した
- 農家が有する栽培ベンチを利用する場合は、材質や設置状態が異なるため、適用する給水ベンチの強度やプール底面の水平を保持する設計を行う必要がある

