

イチゴ高設栽培における 排水計測を活用した かん水・肥培管理マニュアル



第4版

作成者	大分県産業科学技術センター 竹中 智哉 大分県農林水産研究指導センター 山田 晴夫
作成日	2019年4月9日
最終更新日	2020年3月30日

目次

1. 排水計測の目的	3
2. 肥培管理方法.....	4
2-1 基本管理技術について.....	4
2-2 原水について	4
2-3 EC[mS/cm]について	5
2-4 かん水量の目安	5
2-5 環境モニタリング画面での確認（例）	6
2-6 具体的な排水率と EC による管理.....	7
2-7 さらに高い管理レベルを目指すには	9
(1) ECと肥料バランス（給液 EC の目安）	
(2) 時期別 EC 管理の注意点	
(3) 高 EC の障害	
(4) 生育期間中の葉柄汁中硝酸イオン濃度	
3. 排水 EC と排水量の計測方法.....	11
3-1 EC 計測（センサ入手方法および使用機種例）	11
3-2 排水量計測（センサ入手方法）	13
3-3 設置方法	14
4. 関連資料	16

1. 排水計測の目的

イチゴ高設栽培では、土耕栽培と比べ株あたりの培地量が少ないため、培地内水分の過不足が生じやすい。

過剰なかん水は、根傷みによる収量減や窒素などの肥料成分の圃場外への流出による環境負荷およびコスト増加となる。一方でかん水量不足は生育停滞や生理障害を招き、これも収量減の要因となっている。

また、杉バークや鹿沼土などを含む高設栽培の培地では地力窒素の発現や緩衝能がほとんど期待できないことから、施肥の影響がイチゴの生育に直接かつ強く影響する。

大分県のイチゴ栽培は8割以上が高設栽培され、その栽培システムは大分県開発方式や複数の民間メーカーの栽培方式が導入されている。そのため、培地の種類や培地量が異なり、施肥体系も緩効性肥料（ロング等）を中心とした固形置肥タイプと、固形肥料を使わない養液中心タイプとその中間型などに分かれるため、かん水量や施肥の目安が提示しにくい現状がある。

そこで、大分県では高設栽培の方式や施肥体系が異なっても、培地中と排水中の窒素成分量の相関が高いことに着目し、排水量（率）と排水 EC 値（電気伝導率：Electrical Conductivity）を活用した肥培管理の調整について研究を行ったので紹介する。

なお、EC 値の表示単位は、このマニュアルにおいては現地に普及している「mS/cm」に統一している。

2. 肥培管理方法

2-1 基本管理技術について

排水センサで測定した「排水量（率）」と「EC[mS/cm]」の2つの値でかん水施肥管理を行う。

まず、下記の3項目を基本にする。

- (1) 利用原水の EC 値の事前測定（原水 EC 値で、下記の適正排水 EC 値を変更。）
- (2) 排水 EC は、0.3～0.6ms/cm の範囲で管理（4.関連資料(1)参照）
- (3) 排水率は、10～30%範囲で管理（4.関連資料(3)参照）

各ベンチの排水率を計測することが理想だが、コストの制約から困難であるため、代表ハウスの代表ベンチをあらかじめ選定し、排水率を算出する。実証試験ではハウス中央付近のベッドを選定して計測した。

排水量センサ使用の場合、計測値は「排水量」なので事前に排水センサのある高設栽培ベンチの「（かん水時間あたりの）給液量」を確認して、「排水率」が計算できる状態にしておく。排水率[%]は排水量[L/day]×100/給液量[L/day]で求める。

実証試験においては、かん水時間[min./day]を記録として残しておき、下式から対象ベンチの給液量を算出した。

対象ベンチ給液量[L/day] = かん水チューブ吐出量（カタログ値）[L/m・min.]×ベンチ長[m]×かん水時間[min./day]

（具体的には、2-4 の「かん水量の目安」を参照）

2-2 原水について

県内のイチゴ栽培で使用されている原水の EC 値については 0.2 以下が多く、年間通じて大きな変動は少ないものの圃場により条件が異なるため、定期的に測定して実態を把握することを推奨する。

表 イチゴ現地の原水成分分析事例

原水場所	EC	pH	重炭酸	NO ₃ -N	NH ₄ -N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄ -S
	(mS/cm)		ppm	(me/L)	(me/L)	(me/L)	(me/L)	(me/L)	(me/L)	(me/L)
A圃場	0.19	7.0	97.6	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.7	0.2
B圃場	0.20	6.9	76.9	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.6	0.2
C圃場	0.19	7.3	81.7	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.6	0.2
D圃場	0.15	7.6	84.2	0.0	0.0	0.0	0.1	0.5	0.6	0.1

排水の pH 値は 5.5～6.5 の範囲が適正であり、pH 値が 7.0 以上と高くなる場合は、微量元素の吸収阻害などで収量・品質に影響が出る可能性があるため注意する。

重炭酸イオン濃度（HCO₃⁻）が高いと培地の pH 値が高くなるため、重炭酸イオン濃度は 30～50ppm が適正である。排水の pH 値が 7.0 以上の状態が続く場合は、県の振興局に相談して対応する。

2-3 EC[mS/cm]について

EC (Electric Conductivity : 電気伝導度) は、排水 (養液) に含まれている肥料の総量を表します。植物は、養液 (土壌) 中にある様々な物質 (肥料等) が溶けた状態ではイオンの状態 (NO_3^- , PO_4^{+} など) で吸収する。その電気が伝わりやすいイオンの総量を電気的に測定したものが EC である。

排水 EC 値は培地中の肥料濃度と高い相関があることから現場の判断技術として利用できる。

2-4 かん水量の目安

イチゴの株当たりの吸水量から見ると、下記図の放物線のようになり、かん水量の目安も下記ようになる。但し、日々の天候によって大きくことなるため、排水率を確認して調整する。

特に2月から吸水量が急激に増え、日によって大きく変動するため、春先は特に注意が必要である。

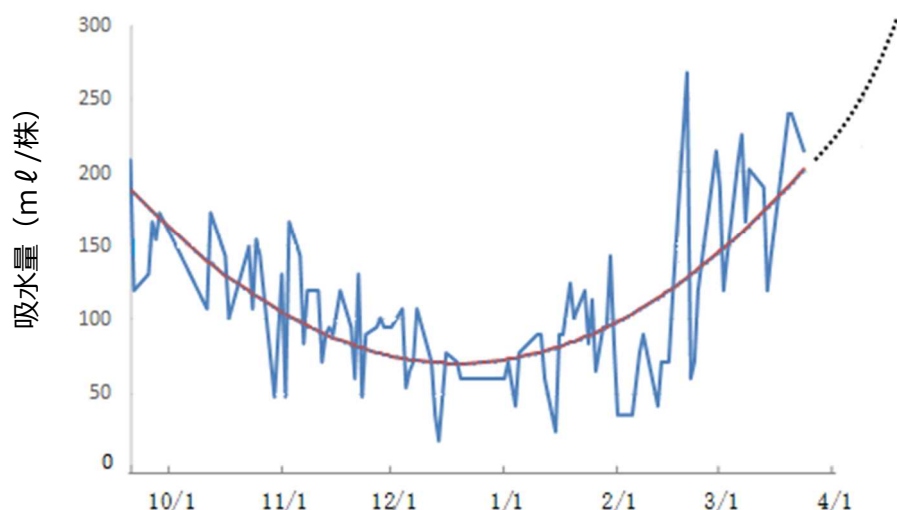


図 イチゴの時期別吸水量 (「さがほのか」の事例)

表 イチゴの吸水量から見たかん水量の目安 (排水率 30%目標)

		10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月 (推定)
イチゴの吸水量	mℓ/日・株	122	98	74	83	91	183	250
	t/日・10a	0.9	0.7	0.5	0.6	0.6	1.3	1.8
かん水量の目安	t/日・10a	1.1	0.9	0.7	0.8	0.8	1.7	2.3

※

7,000 株/10a で試算

具体的なかん水量の計算としては、大分県農林水産研究指導センターで使用した、かん水チューブのカタログ表示で計算すると下記の時間当たりの給水量になるので、かん水チューブの種類（水量確認）、水圧チェックしておけばかん水チューブの長さから推定できる。

点滴チューブのかん水量の目安例

※「ストリームラインプラス60」（10 c m² / 10分）の場合

出口手前の水圧	給水量
bar	トン/10a/10分
0.6	1.0
0.8	1.2
1.0	1.3

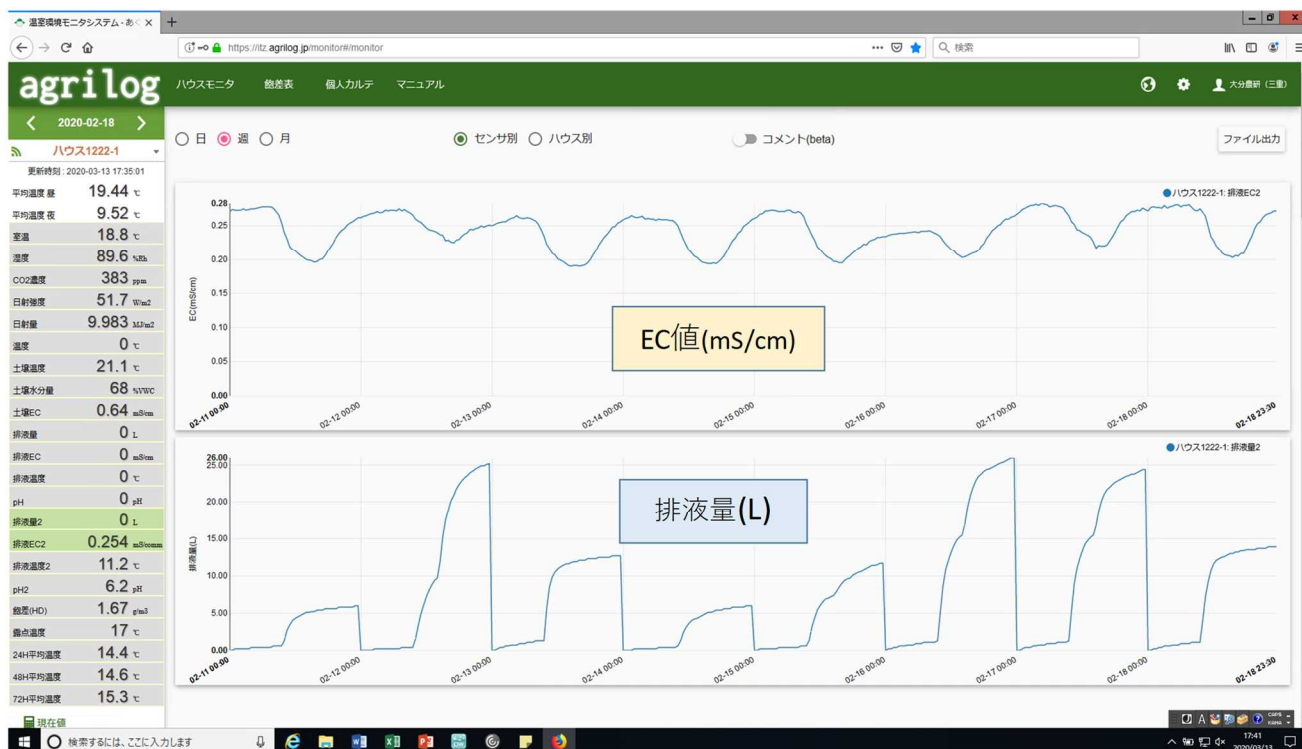
(注1) 左記数値はメーカーカタログ数値で、1棟5ベットでベット当たり1列設置で計750m/10a設置計算例

(注2) 最高水圧1.0bar

(注3) 時間が短い場合は、かん水開始までに時間がかかるので、チューブからかん水開始してからの時間で見る方が正確である。

2-5 環境モニタリング画面での確認（例）

実際のパソコン（スマホ）画面（アグリログの例）では、下記のとおり1週間単位で見ると変動の確認や調整がしやすい。



2-6 具体的な排水率と EC の管理

(1) 管理基準

イチゴの高設栽培の肥料体系は、多種多様であるため、具体的な管理例では、大きく分けて①「緩効性固形肥料＋液肥」と②「オール液肥（養液土耕）」の2つのパターンの管理方法について説明する。

排水量と排水EC管理について①（緩効性固形肥料＋液肥）

施肥体系：元肥ロング系の肥料がベースでかん水＋追肥（液肥）で調整する場合

（変更基準） 1週間の平均値を使い、1週間単位で調整する。

（施肥事例）元肥 エコロングトータル(391)180日＋スーパーエコロング(413)180日 追肥：タンクミックスF&B

（注）追肥は、排水ECを見ながら、**追肥回数を増減して調整する**。1回の濃度は酸態窒素100ppm程度タンクミックスで言えば250倍（別表参照）程度を、700 μ S/cm/10a程度使用する。

		排水EC			
		0.3未満	0.3～0.6	0.6～1.0	1.0以上
排水率	10%以下	かん水量 3割増 ＋増肥	かん水量 3割増	かん水量 3割増	かん水量 5割増 ＋減肥
	10～30%	増肥	適正範囲	減肥	かん水量 5割増 ＋減肥
	30～50%	かん水量 2割減 ＋増肥	かん水量 2割減	かん水量 2割減 ＋減肥	かん水量 5割増 ＋減肥
	50%以上	かん水量 3割減 ＋増肥	かん水量 3割減	かん水量 3割減 ＋減肥	かん水量 5割増 ＋減肥

※原水の EC 値が 0.2 で、上記の排水 EC 値には原水の EC 値を含む。

排水量と排水EC管理について②（オール液肥）

施肥体系：元肥なしで養液土耕栽培的に常時液肥(養液)を利用する場合

(変更基準) 1週間の平均値を使い1週間単位で調整する。

(施肥濃度例) 液肥(養液)ECが0.8の場合

		排水EC			
		0.3未満	0.3～0.6	0.6～0.8	0.8以上
排水率	10%以下	養液量 3割増 + 給液ECを 0.8→1.0 に上げる	養液量 3割増	養液量 3割増 + 給液ECを 0.8→0.6 に下げる	養液量 3割増 + 給液ECを 0.8→0.6 に下げる
	10～30%	給液ECを 0.8→1.0 に上げる	適正範囲	給液ECを 0.8→0.6 に下げる	給液ECを 0.8→0.6 に下げる
	30～50%	養液量 2割減 + 給液ECを 0.8→1.0 に上げる	養液量 2割減	養液量 2割減 + 給液ECを 0.8→0.6 に下げる	養液量 2割減 + 給液ECを 0.8→0.6 に下げる
	50%以上	養液量 3割減 + 給液ECを 0.8→1.0 に上げる	養液量 3割減	養液量 3割減 + 給液ECを 0.8→0.6 に下げる	養液量 3割減 + 給液ECを 0.8→0.6 に下げる

※原水の EC 値が 0.2 で、上記の排水 EC 値には原水の EC 値を含む。

(2) 養液濃度の目安

EC 管理が中心なので、追肥（養液）の希釈倍率による EC 値の変化を把握しておく必要がある。

表 タンクミックスF&Bの希釈倍率別EC値および窒素濃度

濃厚原液からの倍率	200倍	250倍	300倍	350倍	400倍	500倍	600倍	700倍
養液のEC値	1.46	1.21	1.04	0.92	0.83	0.71	0.62	0.56
養液の窒素濃度(ppm)	135	108	90	77	68	54	45	39

※濃厚液は、タンクミックスF11kg(1袋)を70Lの水に溶解し、その後タンクミックスB20kg(1箱)と水を加えて100Lにする。

※原水EC値は0.2で、上記の養液のEC値は原水のEC値を含む。

2-7 さらに高い管理レベルを目指すには

(1) ECと肥料バランス（給液 EC の目安）

今回 EC の適正値を 0.3~0.6mS/cm としている。過去の試験では EC0.6~1.0 mS/cm 範囲では、生育・収量に大きく影響しないが、1.0mS/cm 以上ではチップバーンの発生リスクが高くなるため、注意が必要である。

但し、培地や肥料の種類、排水率等で変わるので、生産者毎に確認しながら決定する。

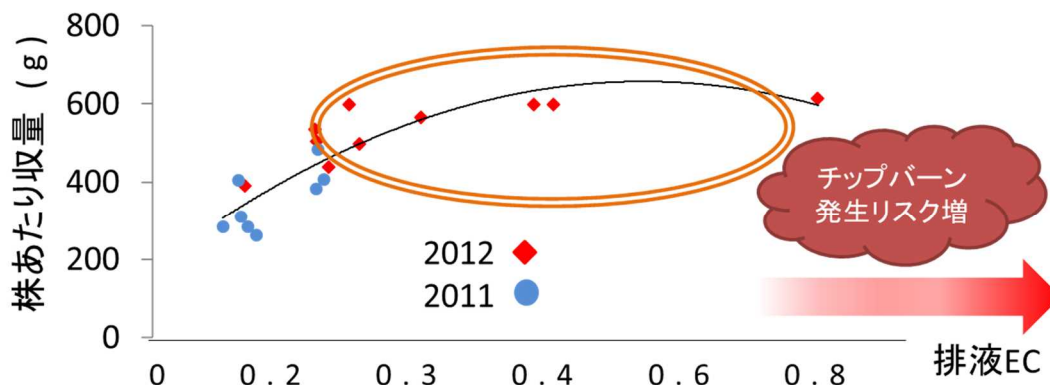


図 排水 EC 値と株あたり収量

(2) 時期別 EC 管理の注意点

1~2月の低日照時期での1~3番果房の果実肥大の時に、排水 EC が落ちる場合が多い（下図参照）。この時期は、肥料の要求量が高いと思われるので、排水 EC が下がらないように管理する。

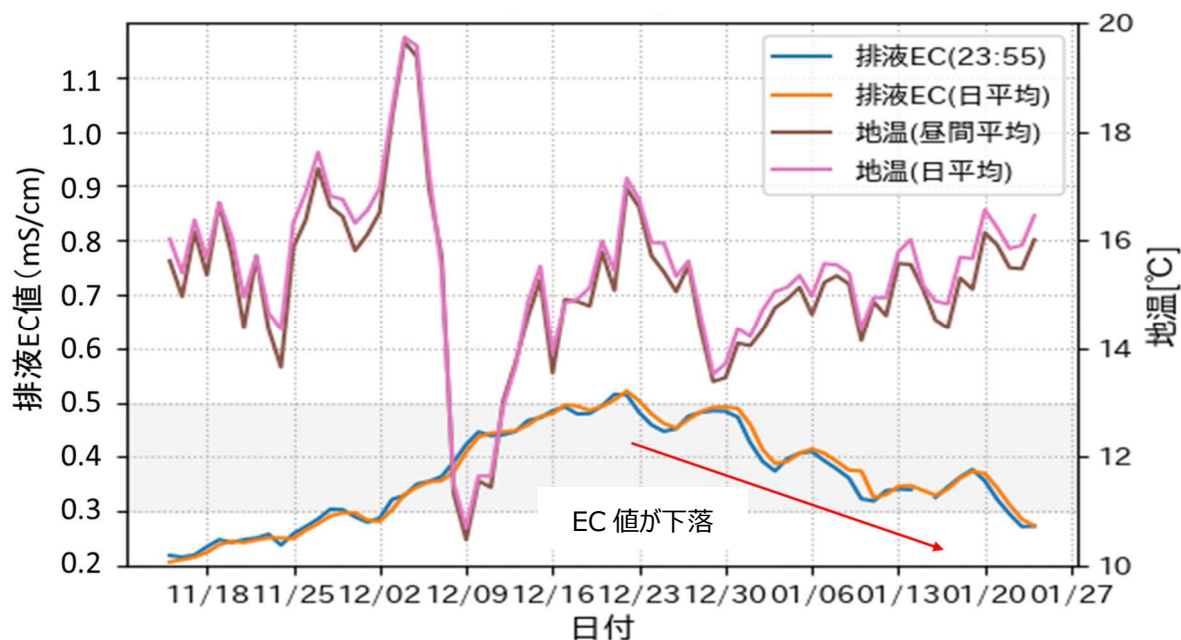


図 現地の排水 EC 値の事例

(3) 高 EC の障害

排水 EC が高くなると、チップバーン（下記写真）が発生しやすくなり、さらに高いと葉縁が枯れる肥料焼けの症状が発生することがあるため、排水 EC が高い場合は注意が必要である。



チップバーン（生長点付近の葉縁が縮れるように枯れる）



肥料焼け症状

(4) 生育期間中の葉柄汁中硝酸イオン濃度

養液中心タイプで適正な液肥濃度で栽培すると、葉柄汁中硝酸イオン濃度は 2000～3000ppm 程度に維持されることから、この範囲に収めるような肥培管理が求められる。

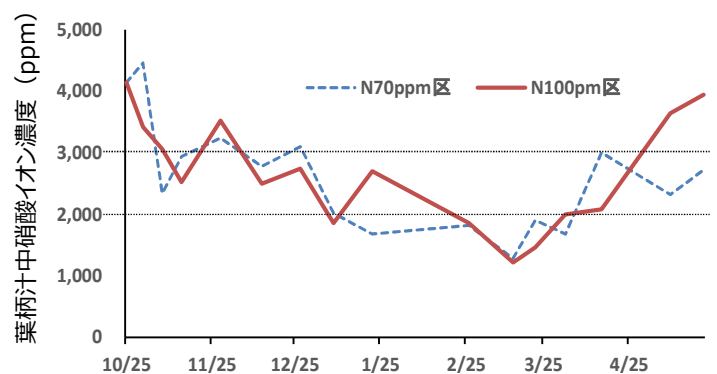


図 追肥の窒素成分量と葉柄汁中硝酸イオン濃度

3. 排水 EC と排水量の計測方法

3-1 EC 計測（センサ入手方法および使用機種例）

EC 計測ができるセンサは、多くのメーカーから市販されている。ここでは、実証試験にて用いたセンサを紹介する。2020 年 3 月現在、本マニュアルで紹介するフィールドサーバー接続タイプの EC センサおよび排水量センサを接続できるフィールドサーバーメーカーは 2 社（株式会社 IT 工房 Z（愛知）、ホーリー・アンド・カンパニー株式会社（福岡））あり、排水量センサの販売も行っている。なお、IT 工房 Z 製の排水量センサには、別メーカーの EC センサが標準で組み込まれている。

ラピスセミコンダクタ社製 MJ1011（フィールドサーバー接続タイプ）

フィールドサーバーに接続して使用するタイプのセンサで、常時 EC と pH の変化を確認できる。IP67 仕様（あらゆる大きさの固形物、粉塵が内部に侵入しない、一定の水圧で一定時間（30 分間）水中に浸かっても有害な影響がない）であり、ある程度の防水性能を期待できるセンサである。

実証試験では、計 8 台のサンプルを試験し、2 台に先端のセンサヘッドへの浸水故障が発生した。センサヘッドは脱着式で交換可能であるため、故障時に交換した。製品の取扱説明書では、センサヘッドは消耗品で 1 年ごとの交換を推奨している（製品保証は 1 年間）。2 台の浸水故障は同一の実証圃場で発生しており、排水成分によっては浸水故障が発生しやすい可能性がある。

その他のトラブルとしては、参照電極部に異物が付着し、pH 校正ができなくなる事象が 2 圃場の各 1 台で発生した。その後、センサチップ部、参照電極部の 2 か所の検出部分に付着物等ないか確認し、異物が付着した場合は柔らかい布または歯ブラシなどでクリーニングすることで正常に動作することが確認された。



センサチップ部 参照電極部（異物付着時。本来は右図。）

実証試験では、月 1～2 回程度の頻度でポータブル計（堀場製作所製 LAQUAtwin-EC-33B）との測定値比較を実施し、概ね±0.1mS/cm 程度の精度であった（検証期間は 2018 年 10 月～2019 年 3 月まで）。

なお、pH 値は時間変動が大きく、ポータブル計（堀場製作所製 LAQUAtwin-pH-33B）との誤差も大きいので、実証試験では参考値扱いとした。その後の検討で、電源ノイズを遮断する電源分離アダプタの付加で時間変動は軽減できることが確認されている。電源分離アダプタは IT 工房 Z 社から入手できる。また、pH 値は測定精度を保つために定期校正が必要である。温度依存性を持つドリフト現象により、校正を実施しなければ測定誤差が徐々に大きくなる。適正な校正周期は使用温度によって 4 日～2 ヶ月程度と異なるため、使用する際には、校正周期の詳細をラピスセミコンダクタ社に確認する。

A.R.P 社製 WD-3-WET シリーズ（フィールドサーバー接続タイプ）

フィールドサーバーに接続して使用するタイプのセンサ。常時 EC の変化を確認できる。IPX8 仕様（一定の水深に一定時間沈めていても内部に浸水しない。水中での使用が可能。）であり、IPX67 よりも防水性能が高い。HI98129（ハンナインスツルメンツ製）を用いて EC 基準液（KCL 溶液）を作製し、0～1mS/cm の範囲で、今回の設置方法である塩ビ貯

留槽設置（後述の設置方法では塩ビ呼び径 50 を用いているが本実験では呼び径 40 の塩ビ管を使用）によるセンサ出力値（室温一定）を確認した。本センサは、0.3mS/cm 以下では有効な感度が得られなかったが、同値より大きければ基準値に補正処理できる。WD-3 測定値が低い原因は、センサの感知エリアがプローブ中心から半径 50mm，先端から 50mm と広いためで、塩ビ管等の静電気の影響と考えられる。感知エリアを絞った WD-5 シリーズでは改善されている可能性がある。

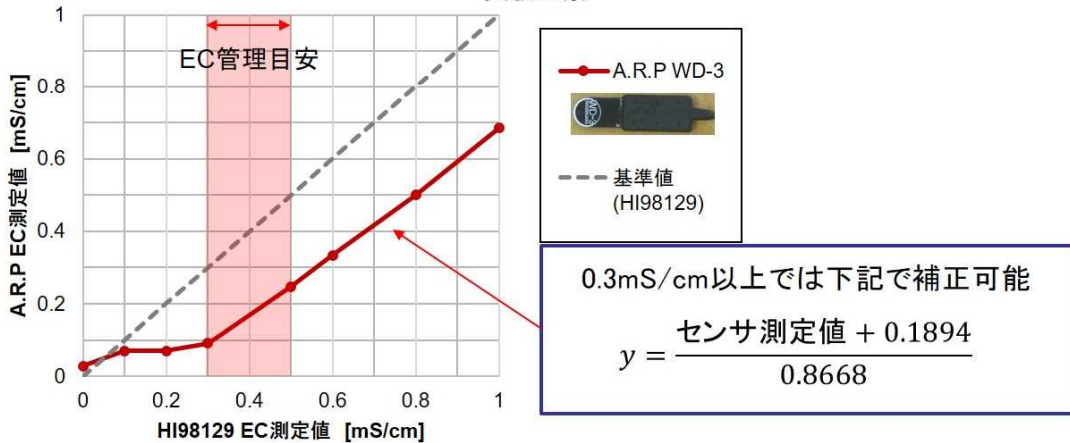


主な塩ビパーツ

名称	数量
チーズ 40×20	1
90° エルボ 40	2
異径ソケット 40×20	1
90° エルボ 20	2

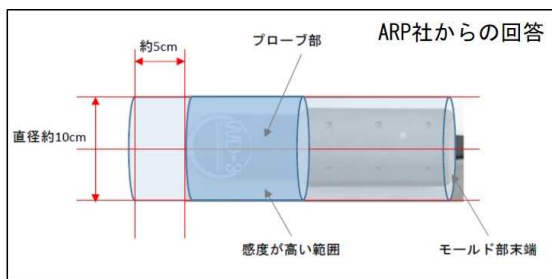


実験風景



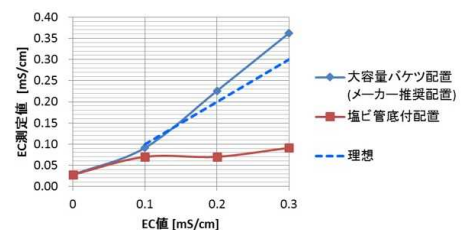
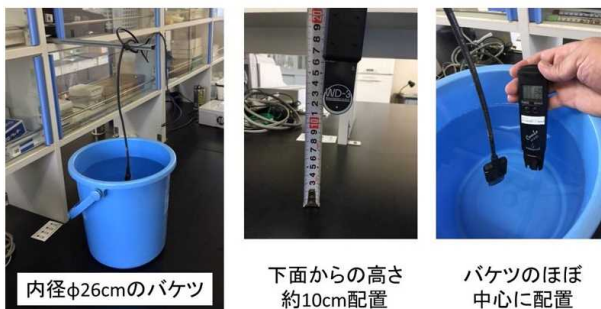
内径40cm塩ビ管設置時センサ出力値(KCL溶液液浸)

設置条件（呼び径 40 の塩ビ管内）におけるセンサ精度の評価



センサ感知エリア
 プローブ中心から半径50mm
 先端から50mm

大容量バケツでのセンサ感度評価

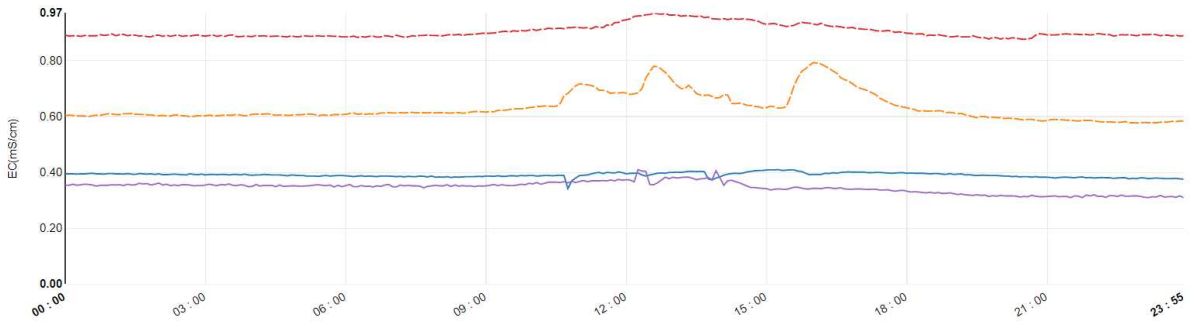


センサ感度範囲を被測定液で満たせば
 0.3mS/cm未満でも感度が得られる。

センサ感度範囲

堀場製作所社製 LAQUAtwin-EC-33B (ポータブルタイプ)

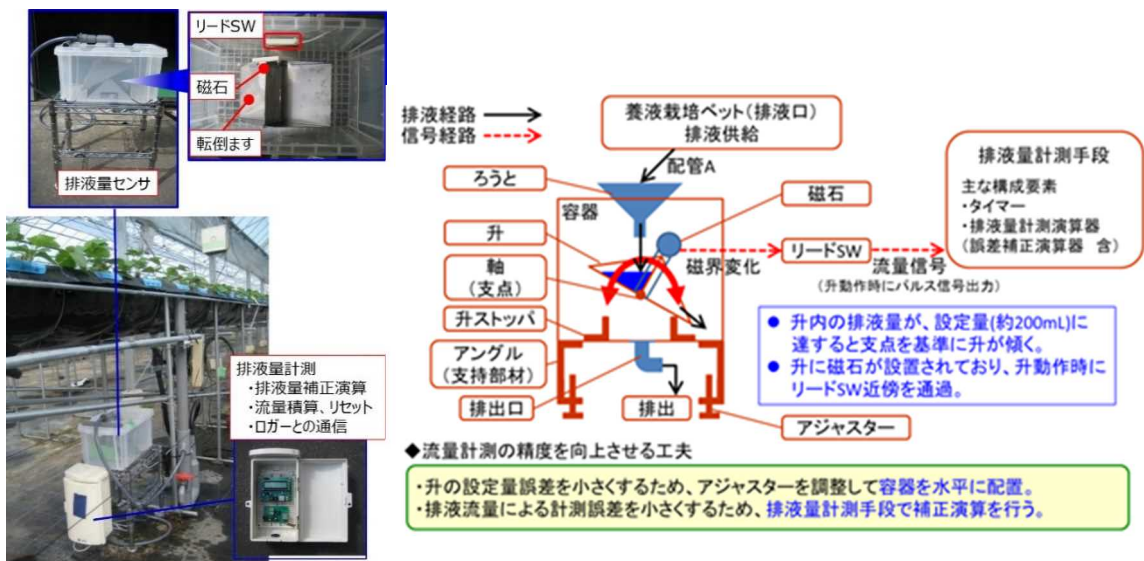
手動で使用するタイプのセンサ。本製品の他にも類似の機種が多数市販されている。使用時には取扱説明書を参照し、校正を実施する必要がある。ポータブルタイプの場合、手動で測定することになるため、フィールドサーバー-接続タイプのように常時（5分周期など）計測ができない。排水 EC 値は光合成の盛んな日中では変動が激しい。また、排水経路の状況により、かん水後も数時間は排水が流れている場合があり、排水 EC 値は変動する。このため、ポータブルタイプでの測定の場合には午後 21 時以降～翌午前 7 時の時間帯に測定することで、安定した計測値を得ることができる。作業者の負担を考えると、早朝のかん水開始前（収穫開始前）に排水サンプルを回収し、測定するのがよいと思われる。



フィールドサーバー-接続タイプでの EC 推移例 (2019 年 2 月 4 日 5分周期 大分県内 4 圃場)

3-2 排水量計測 (センサ入手方法)

フィールドサーバー-接続タイプの排水量センサが 2 社（株式会社 IT 工房 Z（愛知）、ホーリー・アンド・カンパニー株式会社（福岡））から市販されている。本センサは大分県産業科学技術センターで開発した特許技術（特許第 6291669）を移転した製品である。雨量計と同様にシシオドシの原理を用いたセンサとなっており、排水流量により変動する取りこぼし量（計測誤差）を補正する演算を行い、計測精度を高めている。計測精度は誤差±5L/day または±5%程度が見込める。フィールド試験の結果、安定稼働と計測誤差±5%程度の精度を確認している（大分県農林水産研究指導センター圃場にて 2 台の連続稼働試験（平成 25 年 10 月、11 月～平成 26 年 7 月）を実施し、故障なく最大 5.7%（電子天秤との比較）の誤差に収まった）。



排水量センサ試作機※市販品ではない

排水量センサの構造

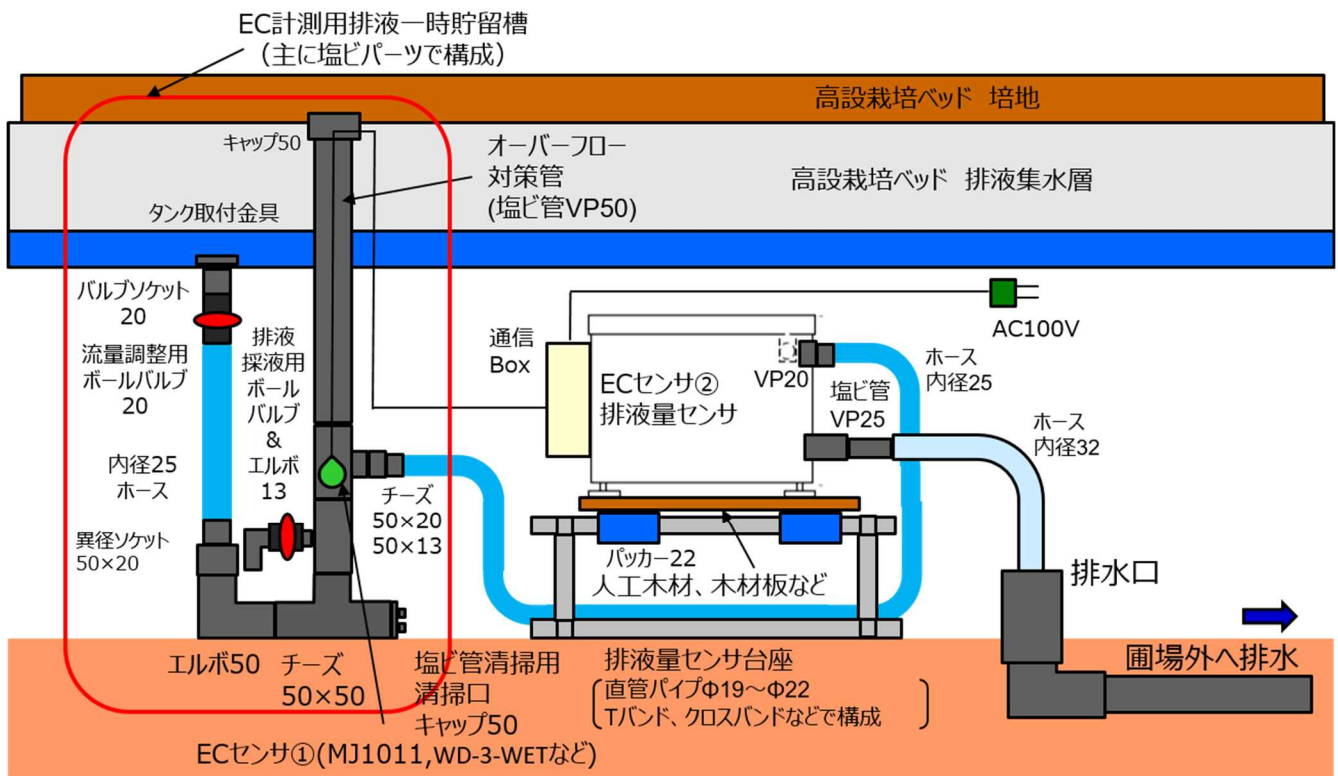
3-3 設置方法

(1) フィールドサーバー接続タイプのセンサ設置方法

ベンチから排出された排水は、排水貯留槽に配置した EC センサ（図中 EC センサ①）で EC 値を計測後、排水量センサにて排水量を計測し、既設の排水口へ排水される。なお、IT 工房 Z 社のシステムでは排水量センサ内に EC センサ（図中 EC センサ②）が内蔵されているため、本マニュアルで紹介した EC センサ①を使用しない場合には排水貯留槽は必要ない。

EC 計測用の排水貯留槽は主に塩ビ管で構成する。清掃口キャップ、ボールバルブのみに接着剤を塗布すれば漏水は起きない。特にオーバーフロー対策管はメンテナンス時に取り外すため、接着しない方がよい。オーバーフロー対策管はベンチの排水集水液面よりも高く設置する必要がある。EC センサ①を設置する際には対象のセンサ面が排水中に位置するように設置する。また、ボールバルブで蛇口を設けておくと、ポータブル計用の採液が用意となる。

排水量センサは測定精度を保つために水平な台座に設置する必要がある。排水量センサにアジャスタが付いており、調整可能であるが、あらかじめ水平が取れた台座を用意しておくことで再設置が用意となる。図に示すようにベンチの支柱にクロスバンドや T バンドを用いて直管パイプ片を固定し、タッピングビスなどでパッカーを取り付けた板（人工木材や木材など）を直管パイプ片に固定する方法などで台座を構成する方法などで設置している。また排水量センサは、落差を利用して計測および排水を行うため、ベンチの排水集水液面よりも低い位置（ベンチ下部空間など）に設置する必要がある。



フィールドサーバー接続タイプのセンサ設置例

(2) ポータブルタイプの計測方法

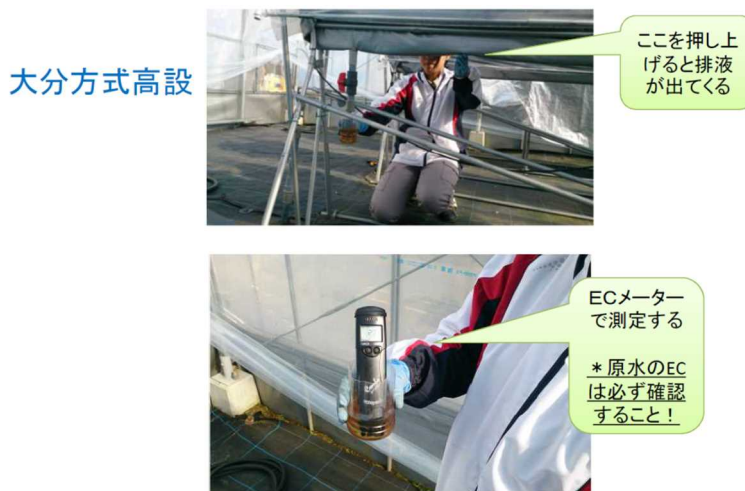
フィールドサーバーを用いない場合の計測方法を紹介します。左下図①のようにベンチからの排水経路にあらかじめ目盛を付けたバケツなどで貯留槽を設けて排水を回収して一日あたりの排水量を計測する。ただし、オーバーフローに注意が必要である。排水 EC を計測する場合は、光合成の盛んな日中の時間帯を避け、午後 21 時以降～翌午前 7 時の時間帯に測定することで、安定した計測値を得ることができる。また、排水量は計測せず、排水 EC のみ計測する場合には、下図②③のようにして排水を回収することもできる。



排水回収方法①



排水回収方法②



排水回収方法③

4. 関連資料

- (1)安部貞昭（2014）イチゴ高設栽培における施肥試験について，平成 26 年度施肥防除対策研修会発表資料。
- (2)農業研究部イチゴチーム（2012）高設栽培装置における培地の窒素量を把握するための調査項目の比較，大分県農林水産研究指導センター農業研究部試験研究成績書，P.41-42.
- (3)農業研究部イチゴチーム（2014）排液率およびかん水方法が生育および収量に及ぼす影響，大分県農林水産研究指導センター農業研究部試験研究成績書，P.40-46.
- (4)六本木和夫・加藤俊博（2000）野菜・花卉の養液土耕，農文協，P.114-124.
- (5) 農業研究部果菜類チーム（2018）イチゴ大規模経営体を支援・育成する生産システムの確立，大分県農林水産研究指導センター農業研究部試験研究成績書，p.197-223
- (6)排液量センサおよび EC センサが接続可能なフィールドサーバーメーカー
・株式会社 IT 工房 Z TEL : 052-218-3318
所在地 : 〒460-0002 愛知県名古屋市中区丸の内 2-2-5 丸の内ビノ・オフィスライズ 4A
URL : <https://itkobo-z.jp>
・ホーリー・アンド・カンパニー株式会社 TEL: 092-736-1001
所在地 : 〒810-0073 福岡県福岡市中央区舞鶴 3 丁目 6-2 3
URL : <http://www.holly-linux.com/>
- (7)各種センサ情報
・ラピスセミコンダクタ社製 MJ1011
<http://www.lapis-semi.com/jp/solution/soilsensor/>
・A.R.P 社製 WD-3-WET シリーズ
<http://www.arp-id.co.jp/hp/product/wd-3.html>
・堀場製作所社製 LAQUAtwin-EC-33B
<http://www.horiba.com/jp/application/material-property-characterization/water-analysis/water-quality-electrochemistry-instrumentation/compact/details/laquatwin-ec-33-25025/>
- (8)養液分析の連絡先（大分県）
・JA 系の場合は、各農協支店に御相談ください。
・民間での分析先（例）(株)みらい蔵 大分県豊後大野市犬飼町大寒 1700 番地 TEL : 097-578-1190
- (9) マニュアルに関する連絡先
「かん水・肥培管理方法」 大分県農林水産研究指導センター農業研究部 果菜類チーム
大分県豊後大野市三重町赤嶺 2328-8 TEL : 0974-28-2081 FAX : 0974-22-0940
「排液 EC と排液量の計測方法」 大分県産業科学技術センター 電子・情報担当
大分県大分市高江西 1-4361-10 TEL : 097-596-7100 FAX : 097-596-7110

本マニュアルに掲載の成果は、
革新的技術開発・緊急展開事業（地域戦略プロジェクト）
「イチゴの省エネ栽培・収量予測・低コスト輸送技術の融合による販売力・国際競争力の強化
課題番号：16822352」の助成を受けたものです。