

養液再利用システム

— 養液栽培排液ゼロを可能に —

1 システムの概要

1-1 システムの基本原理

養液を繰り返し使用する（再利用する）ことによる問題は主に次の2点である。①肥料成分組成のバランスが崩れる。②土壌性病原菌による病気のまん延がおこる。本システムは、これらの問題を回避し、養液を繰り返し使用することができる技術である。①を起こす原因は、栽培作物に適した肥料設計ができていない場合、原水由来のナトリウムや、塩素など植物が利用しない、または、僅かしか必要とされない成分が蓄積してしまうことにある。これらの成分をRO（逆浸透）膜純水製造装置によりほぼ完全に除去した純水レベルの水を養液原水に用いることにより、植物が必要とする成分（肥料成分）のみを添加し、簡単な肥料調整だけで適切な養液成分のコントロールを可能にする。②を起こす原因は、何らかの原因で病気に感染した株などから、養液中に病原菌の菌体や耐久体（厚膜孢子）が放出され、それらが養液と共に他の株へ移動し、感染することにある。そこで、再利用される養液を全て中空糸膜除菌装置によりろ過することによって、感染源となる微生物を除去する。このとき、中空糸膜除菌装置は、紫外線殺菌装置などのように肥料成分を変化させることはない。このように、本技術は原水中の不純物をほぼ完全に除去する装置（RO膜純水製造装置）と、養液中の病原菌を取り除く装置（中空糸膜除菌装置）を中心に組み立てることによって、養液の再利用を可能にしている。

1-2 適応範囲

ほとんどの養液栽培に適用可能。ロックウール栽培がもっとも適合する。

2 システムの構成と特徴

2-1 システムの構成

図1を参照。

2-2 システムの特徴

- (1) 従来は、肥料成分の一つ一つをセンシングし、単肥を追肥するという複雑なシステムだったが、RO膜純水製造装置によって原水の不純物を純水レベルまで除去していることから、肥料成分のコントロール装置が非常にシンプルになっている [養液調整装置(5)と、補助的な役目をする水質調整装置(4)のみである]。
- (2) 中空糸膜除菌装置の膜の目詰まりを防止するための逆洗排水まで回収し、再利用することによって、栽培系内に入った水(養液)は、廃棄することなくほとんど完全に再利用し続けることが可能になっている。
- (3) 中空糸膜除菌装置は、排水タンクの余剰養液を処理し終わると、混合タンク(7)内の養液をろ過し、栽培ベッドに給液される養液のクリーン度をさらに上げることができるようになっている。

3 導入効果

3-1 実証試験

トマトのロックウール栽培に養液再利用システムを導入した実証栽培試験を行った。

本試験において、中空糸膜除菌装置のランニングコストに関わる中空糸膜の目詰まり（膜内外差圧）を調査すると共に、肥料成分組成の偏りや、生産物であるトマト果実の収量等を調査した。

(1) 方法

品 種：カネコ種苗おやつトマト（中玉）

試験区：

符号	名 称	符号	名 称
1	RO膜造水装置	9	ロックウールスラブ
2	低圧逆浸透膜モジュール	10	排液タンク
3	RO水タンク	11	電動ボールバルブ
4	水質調整装置	12	中空糸膜除菌装置
5	養液調製装置	13	中空糸膜モジュール
6	ECセンサー	14	逆洗浄用中空糸膜モジュール
7	混合タンク	15	逆洗浄用シリンドラー
8	給液ポンプ	16	栽培作物

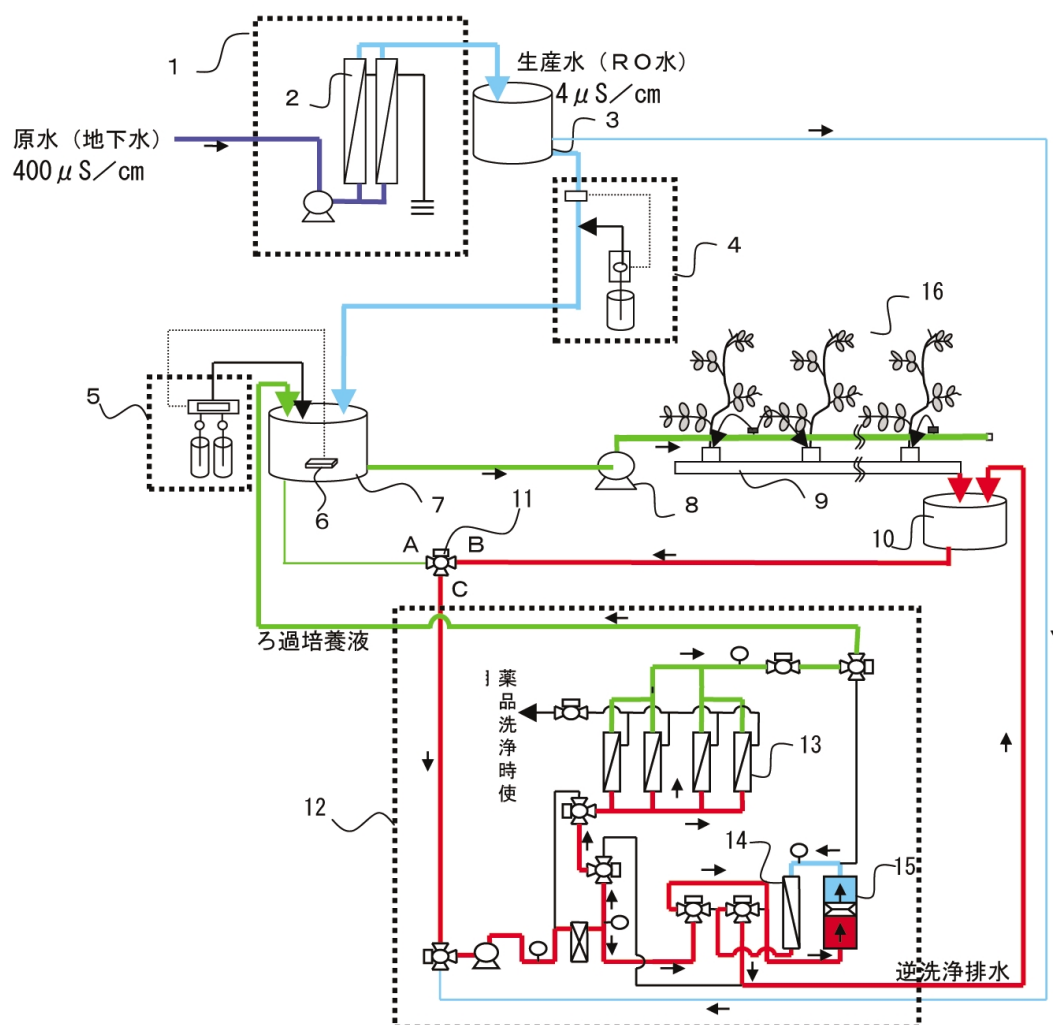


図1 養液再利用システムのフロー図

- ① 養液再利用システム導入区（フロー図は、図1 参照）
栽培株数：640 株（栽培面積：114 坪、10 ベッド）、
 - ② 対照区（掛け捨て区）
栽培株数：64 株（1 ベッド。この対照区の両隣にはダミー区を設けた。）
- 播種日：7 / 1（定植は、約1 ヶ月後）

(2) 結果

1) 中空糸膜除菌装置の膜内外差圧とろ過流速

中空糸膜は、3 時間に1 回のタイミングで自動逆洗を行った。中空糸膜の膜内外差圧とろ過流速を測定した。装置を稼働させて76 日目に膜の薬品洗浄（クエン酸と塩素による洗浄）を行った。また、106 日目（11 / 19）に中空糸膜が、損傷しリークしたため膜を交換した。

46 日目（9 / 20）まで徐々に目詰まりをおこし（膜内外差圧が大きくなる）、ろ過流速が低下した。しかし、それから30 日間、目詰まりは進まず、ろ過流速は5 L / min 前後で推移した。薬品洗浄後は、ろ過流速が初期値の87%まで復活した（図2 参照）。膜を交換後48 日目（1 / 6）までろ過流速は一樣に低下傾向を示したが（図3 参照）、その後は、膜内外差圧の上昇が一時的に止まり、最初の時と同じように推移した（データ不記載）。

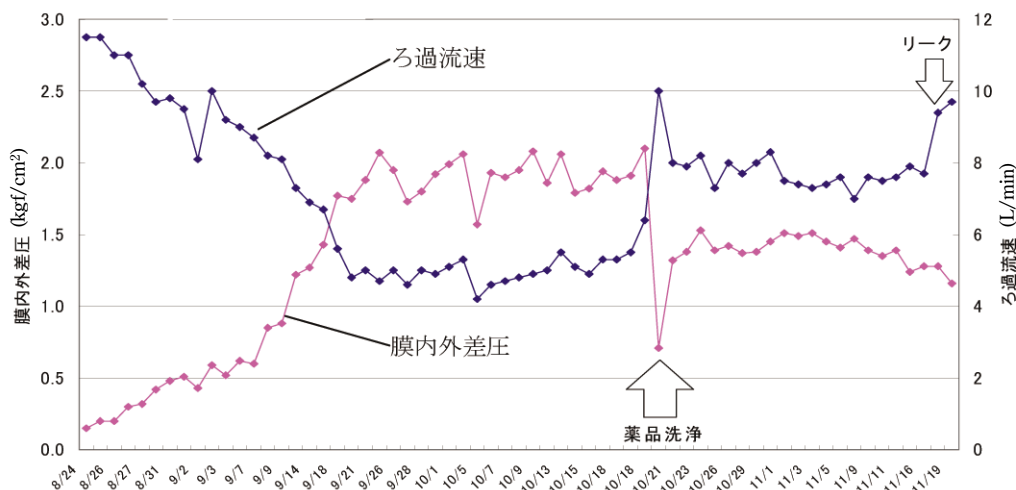


図2 膜内外差圧とろ過流速

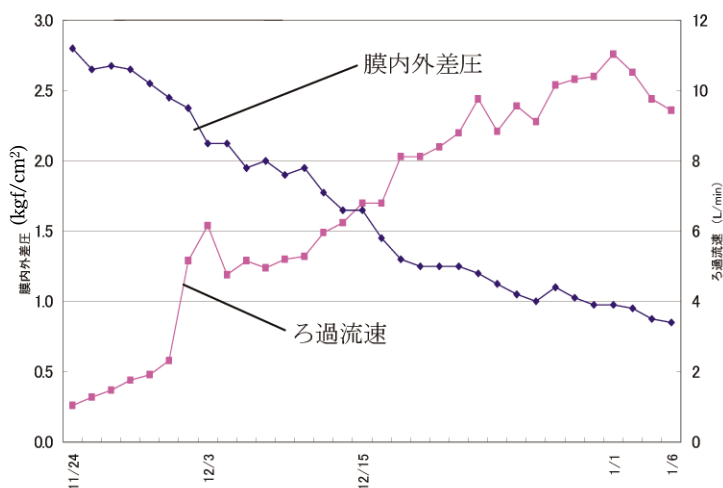


図3 膜内外差圧とろ過流速（膜交換後）

2) 養液（混合タンク内）の pH、EC、肥料成分組成比

養液（混合タンク内）の pH、EC、肥料成分を約1週間ごとに測定した。その結果、130日間は、pH、EC、肥料成分共に極端な変動はなく、正常に推移した（図4～5参照）。

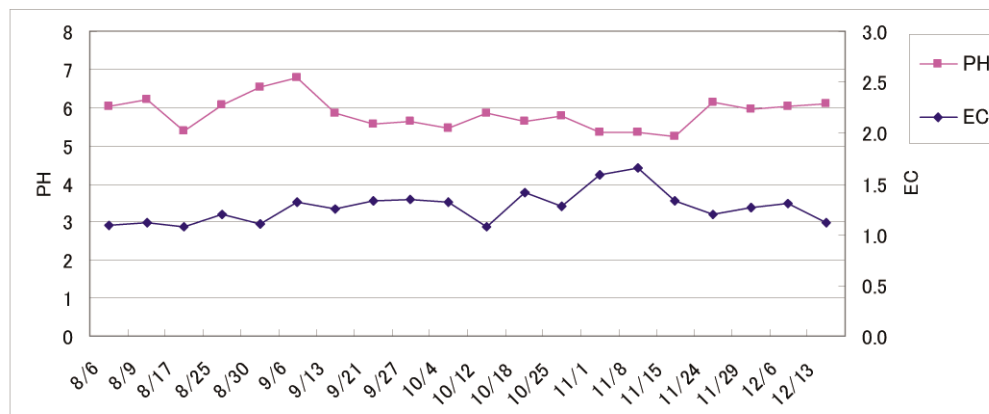


図4 養液（混合タンク内）の pH と EC

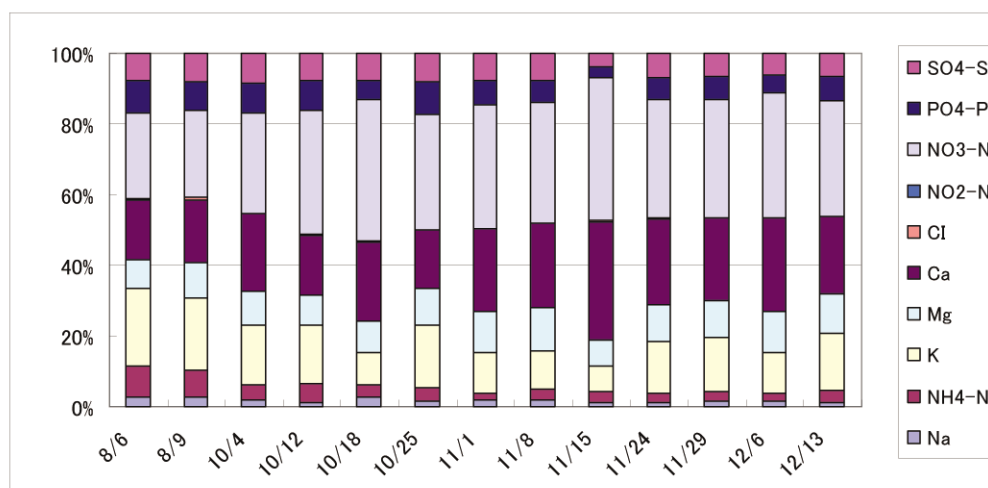


図5 養液（混合タンク内）の肥料成分組成比

3) 養液の好気性細菌数

養液が中空糸膜除菌装置で処理される前後での好気性細菌数を調査した。培地として3M社のACプレートを用い、37度で48時間培養した結果は、表1のようだった。好気性細菌数は、排液タンク内(D)で6,100 cfu/mlだったのに対し、中空糸膜モジュール直後(A)では40 cfu/mlだった。

表1 養液の好気性細菌数

	サンプル採取場所	菌数 (cfu / ml)
(A)	中空糸膜モジュール直後（ろ過済み）	4.0×10
(B)	中空糸膜除菌装置の吐出口（ろ過済み）	1.3×10^2
(C)	混合タンク内（給液される養液）	9.8×10^2
(D)	排液タンク内（システムの排液と中空糸膜の逆洗排液）	6.1×10^3

4) 果実の収量と糖度の調査

システム導入区の収量データは、ハウス環境が対照区（64株）とほぼ同じと思われるベッド（64株）のデータを用いた。糖度は、それぞれの試験区から無作為に10個体抽出し、その平均を求めた。

12/24までの結果では、製品（A品とB品の合計）としての収量は、システム導入区が対照区に比べ14%増加となった（図6～7参照）。

糖度については、収穫初期に対照区の方がやや高く推移したものの、両試験区ともほぼ同じだった（図8参照）。

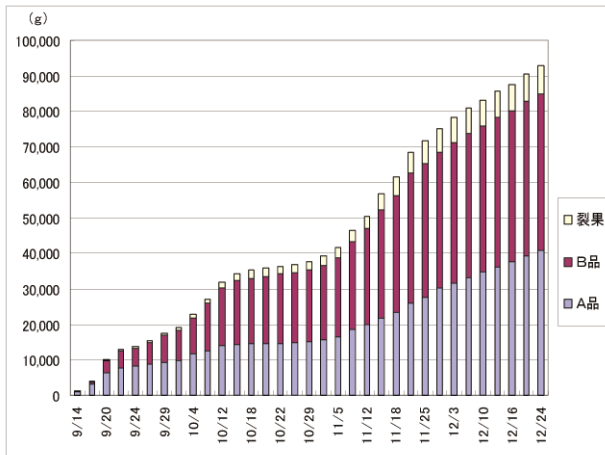


図6 システム導入区の収量

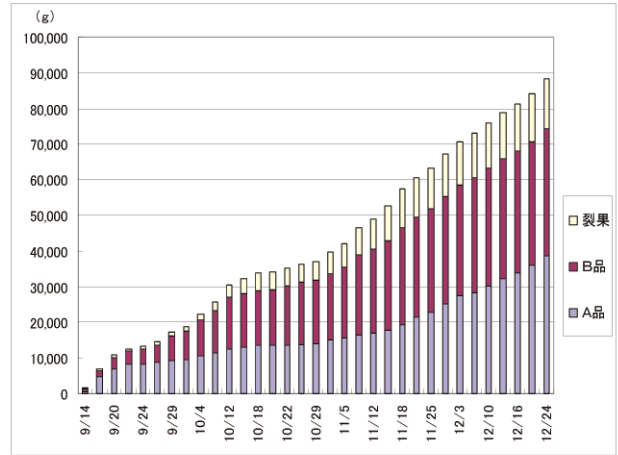


図7 対照区（掛け捨て区）

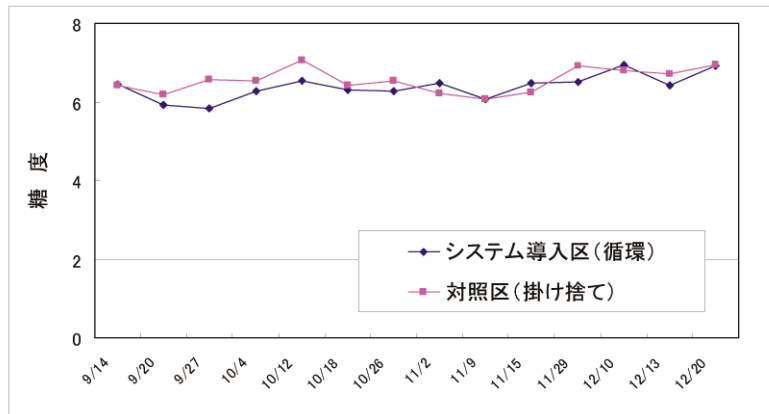


図8 各試験区の糖度

5) 原水中のNa⁺イオンの影響（スラブ内の肥料成分組成比）

80ppm Naの模擬原水を使用して点滴灌液ロックウール方式でミニトマトを栽培した際の、ロックウールスラブ内養液の成分組成推移を図9に示した。追肥はECセンサーによりコントロールした。原水中にNaや、Clが多いと、それらが培地内に蓄積していく様子が見られる。植物体の生育は次第に悪くなり、茎は細く、果実は尻腐れにより商品価値はなくなった。本試験ではNa 80ppmという比較的高濃度の設定だったが、この濃度は現実の地下水においても充分あり得る濃度である。

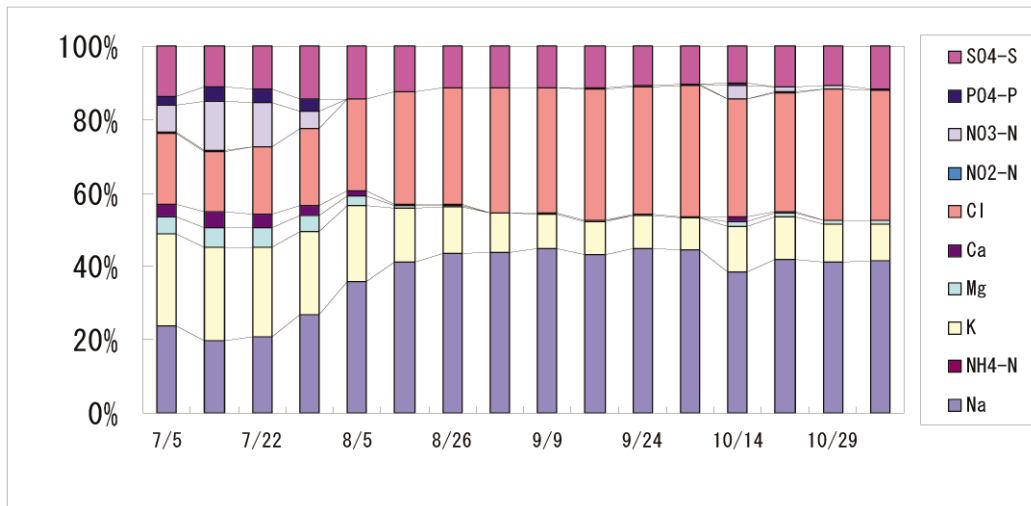


図9 原水中の Na⁺ イオンの影響 (スラブ内の肥料成分組成比)

6) 生育状況

定植後 79 日目の各試験区の生育状況を図 10 ~ 11 に示す。



図 10 システム導入区



図 11 対照区

(3) 考察

本システムでは、最も基本的な養液コントローラー (ECセンサーと2液追肥装置) のみで、養液 (混合タンク内) の極端な変化を抑えることができた。これは、逆浸透膜装置を使って原水を純水に近いレベルまで除塩した効果と考えられる。

このシステムの最も実用的な評価尺度となる果実収量は、対照区に比べ全く遜色なかった。また、糖度も同様であり、糖度以外の食味も満足できるものだった (複数の第3者による評価)。

中空糸膜の目詰まりがある期間 (9/20 ~ 10/20) 進行しなかったという現象は、理由はハッキリしていない。膜による除菌を行う方法では、膜の寿命がランニングコストに最も影響を与えるが、今回の目詰まりのパターンから膜寿命を推測すると約 450 日間となる。本試験において、膜モジュールが破損する事故があったが、その様な場合はすぐに膜を交換しなければならず、予備の膜を所持する必要がある。

過去の試験において、無処理試験区で病気 (根腐れ萎ちょう病) が発生してから 1 ヶ月も経たな

いうちに蔓延し株が全滅してしまった経験があったが、今回の試験では7%の発生率に留まっていることから、中空糸膜除菌装置の除菌能力を確認できたと言えるだろう。

4 使用方法

付属の取り扱い説明書による。

5 経済効果

- (1) 余剰養液の廃棄がゼロになる（河川、湖沼、地下水への汚染がなくなる）。
- (2) 原水、肥料の使用量が約3割減になる。

6 導入上の留意点

- (1) 養液の給液ライン、排液ライン、混合タンクなどの遮光、密閉を確実におこなえば、中空糸膜除菌装置に余分な付加をかけなくなり、ランニングコストの低減に寄与する。
- (2) 当システムは、発病した株を回復させるものではない（殺菌剤のような効果はない）。
- (3) 無視できる程僅かな養液の排液はあるかもしれない。
- (4) 導入に当たって、栽培作物の養分吸収特性（肥料成分の選択吸収をする時期など）を十分理解しておく必要がある。

7 価格・問い合わせ先

- (1) 水質および栽培作物・処理量により仕様に違いがありますので、詳細は下記まで問い合わせてください。
- (2) 東芝プラント建設株式会社
〒144-8721 東京都大田区蒲田5-37-1
電話 03-5714-3900（代表）
FAX 03-5714-3069