

第3章 植物工場の技術概要 (参考資料)

【概要】

1. 植物工場の種類

- (1) 太陽光利用型：太陽光、日照不足に一部浦光を利用した植物工場。
- (2) 完全閉鎖型：蛍光灯、LED等の人工光を利用し、効率的なスペースで栽培。

2. 栽培システムと無農薬栽培

- (1) 水耕栽培が一般的、培地による養液土耕は多くの作物ができる。
- (2) 外部から虫や病気の進入リスクが低い。しかし、一旦進入すると蔓延、安全性の高い農薬を一部使用。

3. 水耕栽培装置、複合環境制御技術

水槽形状のベットに養液を入れタイマーで間欠運転。液の温度、濃度は電気制御。温室内の機構をコンピュータで温度、炭酸ガス等を複合環境制御。

4. 作業工程と必要設備

- (1) 発芽は発芽室で約20℃、2日で発芽。約1週間で定植版に植え成育。
- (2) 定植から約25日で下葉処理して収穫。袋詰め、箱詰めし冷蔵庫等に収納。

5. 最新の技術（コンサルティング）

ハード技術、栽培技術のソフト、販売開拓、農場経営等全方位のコンサルタント

6. 最新の技術紹介

- (1) 防湿構造の専用のハイパワーLEDを使用。本体はアルミの板状。
- (2) 温室の浦光ランプとして、特殊な配光レンズを採用したLEDを設置。

7. 最近の栽培技術

- (1) 抗酸化力強化野菜：生育中に黒酢を散布する黒酢農法で本来の味を引き出す。
- (2) 水や栄養分を通す特殊フィルムを使用し、水耕、養液土耕のハイブリットシステムで高糖度トマトを栽培。

1. 植物工場の種類（形式編）

（1）太陽光利用型と完全閉鎖型

下記は植物工場の形式的な分類である。上段は温室型で太陽光を利用する形のもので、補光がないものが太陽光型。コスト的に一番有利なのはこのタイプである。温室には様々な装置がついているが、これらは後述する。下記右は太陽光を利用しながらも、日照が足りない時に補光が可能なもので、太陽光利用型（補光あり）である。日照不足には2タイプあって、ひとつは絶対的な日射量が足りない場合に補光するもの。2つめに、日照時間が足りない場合で、朝と夕方に照射するケースである。それぞれ、作物によって光の量や種類が異なってくる。下段は完全閉鎖型で、人工光のみを使うものである。蛍光管を使うものが一般的であるが、最近ではLEDを用いたものも研究され、実用化されつつある。スペース効率を良くする為に、写真のように多段化することが一般的である。また、光量の問題から完全閉鎖型は、葉物類の栽培が一般的である。

太陽光型
（補光なし）

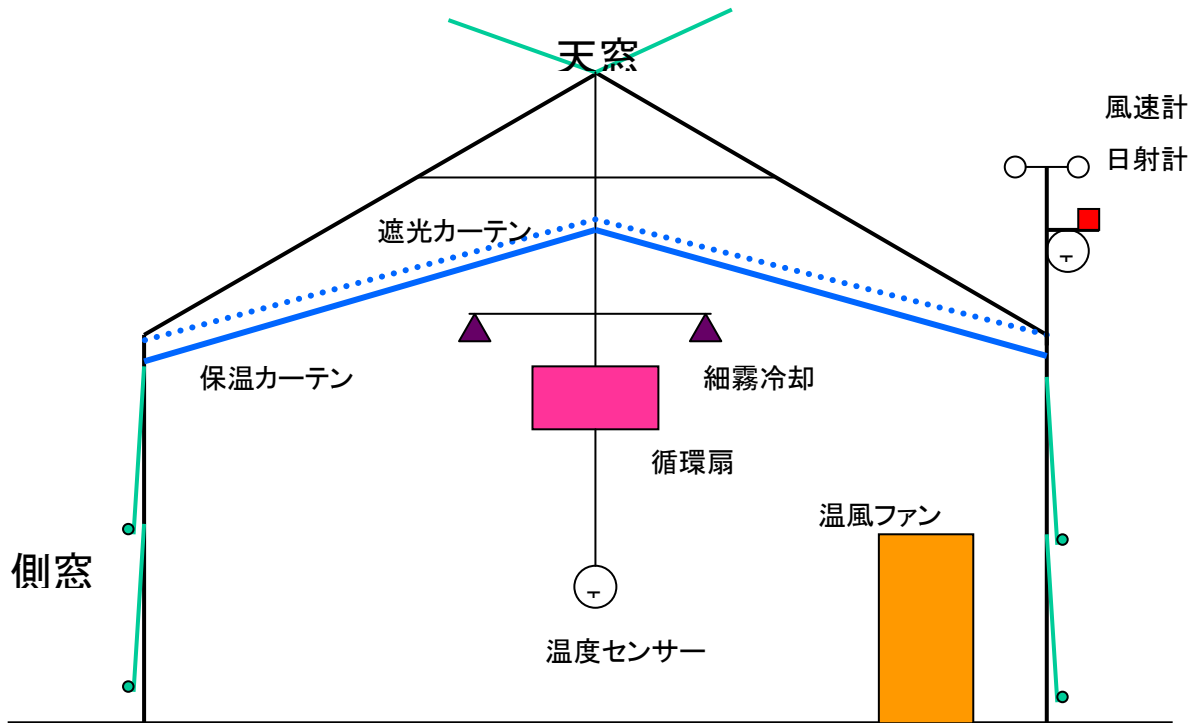


太陽光利用型
（補光あり）



完全閉鎖型
（人工光のみ）

(2) 植物工場施設の形態



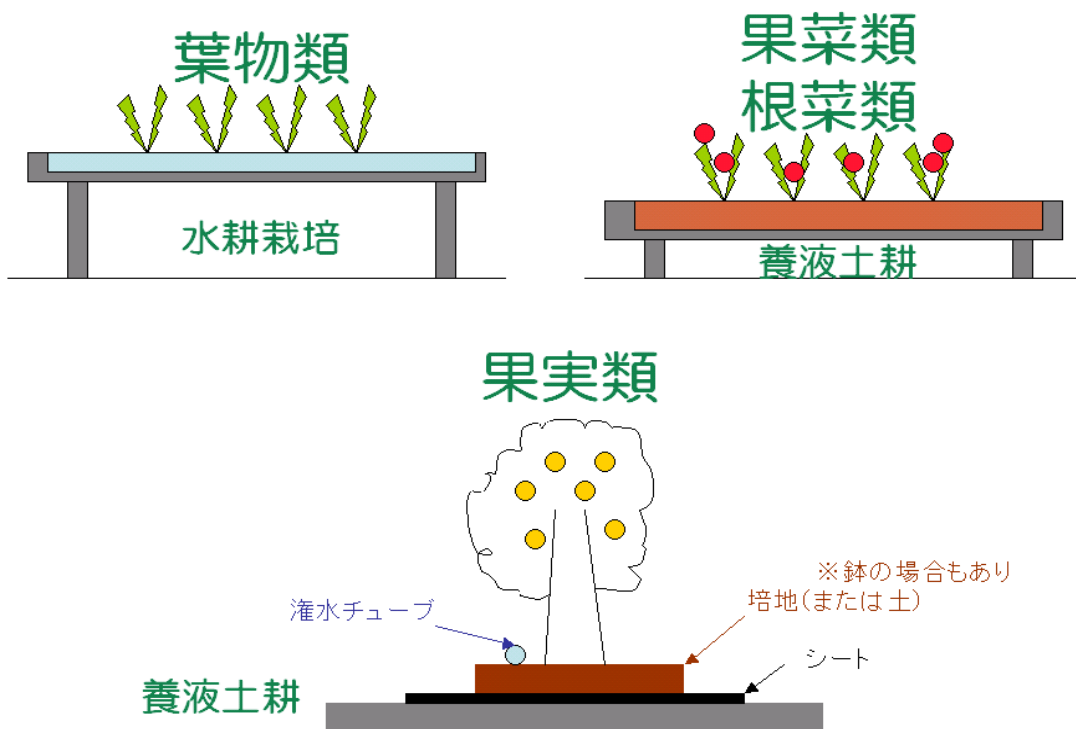
温室タイプの一般的な断面図である。温室の最上部にあるのが天窓である。これを暑い時に開閉して、熱気を放出する。天窓と連動するのが側窓である。これは一般的には巻き上げ式で開閉し、ここから新鮮な空気を入れ込み、室内の上昇気流で天窓から排出するのが一般的である。(自然換気) 温室内側の上部には遮光カーテンと保温カーテンという2枚のカーテンが床と並行に開閉するようになっている。遮光カーテンは夏暑いときに閉じて太陽光を50%程度遮って、室内温度の上昇を抑える。保温カーテンは冬の寒いときに閉じて屋根からの放熱を抑え、断熱状態にして、室内の暖房負荷を抑える。中央部分は循環扇で、室内空気の上下攪拌を行い、作物の蒸散を促す。細霧冷却は、夏の暑いときに水を霧状に噴霧して、気化熱で温室内を冷却しようとするものである。冬場の暖房熱源としては温風ファンを用いるのが一般的で、熱源は重油が多い。センサー類としては、まず、温度センサーで、開閉や冷暖房は全て温度設定により動作する。外部に風速計を設置し、強風の際は開口部分を強制的に閉じて、温室の崩壊を防ぐ機構である。感雨計は、雨が温室内に降り込まないように、雨が降ったら開口部を閉める為のもの。日射計は、日射が足りないがやや暑い時に、遮光カーテンの作動を遅らせる為に使用される。

2. 植物工場の種類（栽培システム編）

植物工場を栽培システムによって分類してみる。最も一般的なものが水耕栽培と呼ばれるもので、水に化学肥料を溶かしたものを利用して栽培するもの。葉物類が中心である。

次に、養液土耕と呼ばれるもので、土または土の代わりに培地を用いて根を活着させ、養分はやはり水養のものをチューブで送ってやるのが一般的である。場合によっては露地栽培と同じような肥料の与え方も可能で、従って有機栽培も可能である。

最後に、養液土耕の応用で果実類に応用したものである。実は、水耕より養液土耕の方が歴史が長い。事業採算性は個別に検証する必要があるが、技術的には上記のような技術の選択組み合わせにより、作れない作物は無いというのが一般的である。



3. 無農薬栽培について

無農薬栽培については、路地栽培に比べて有利に展開できる。温室にしろ、建物にしろ、空間の中で栽培するので、外部から虫や病気が進入するリスクはかなり低い。しかしながら一旦進入してしまえば、中の環境は植物にとっても虫や病気にとっても快適であり、気をつけて管理しないと蔓延する可能性はある。一般的に露地農業における無農薬とは、全く農薬を使用しないと勘違いされがちだが、基本的には下図のように、夏場を中心に自然由来のものや微生物製剤など、いわゆる農薬登録されているもののうち、安全性が高く残留基準のないものは使用しても良いことになっている。全く農薬を使用しないと、虫食いだらけで商品にならない。

また、完全閉鎖型では、外部からの進入はほぼ無い為に、うまく管理すれば完全無農薬栽培も可能である。

栽培のイメージ

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
完全無農薬												
自然由来												

～露地農業と同等の無農薬栽培が可能～

冬場：完全無農薬栽培

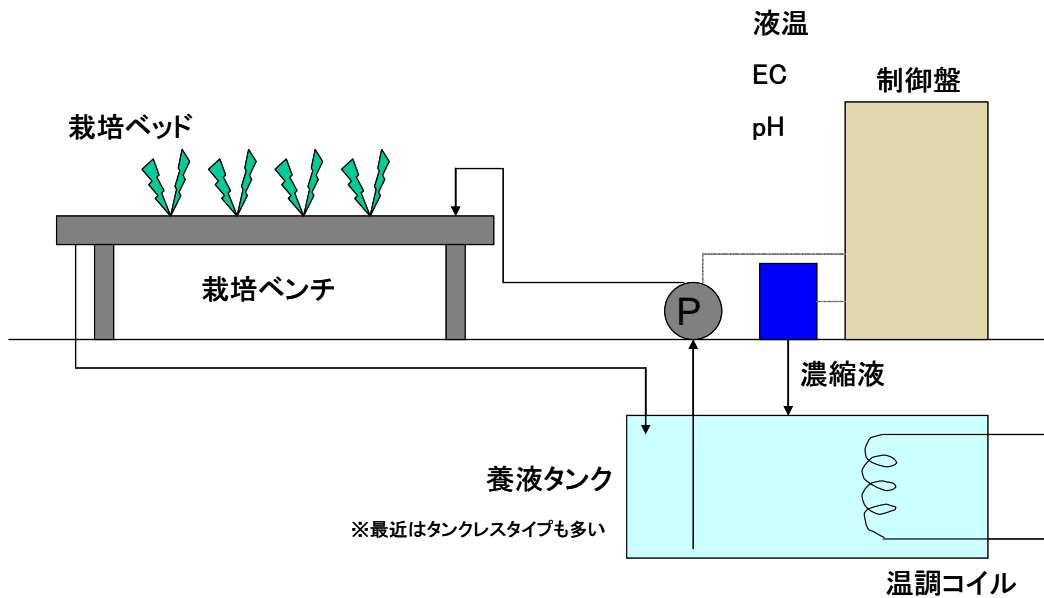
夏場：自然由来の成分や微生物などの力を利用

完全閉鎖型では、通年で完全無農薬栽培が可能。

4. 水耕栽培装置の概要

水耕栽培装置の概要である。一般的には、このように水槽形状のベッド（複数）があり、そこへ、調整した養液をポンプで送り循環させる形状になっており、タイマーで間欠運転する。また、水温調節の為に温調コイル（熱交換パイプ）の中に、夏は冷水、冬は温水を流す。このための、チラーユニット及び温水ボイラーが別途必要となる。液の温度や濃度（EC：電気伝導度）、pHなどは制御盤のところで制御する。

昨今ではコストダウンの為に、養液タンクを省略したタイプも多い。



5. 複合環境制御技術

温室内のそれぞれの機構を制御するのが、複合環境制御で、通常は盤となっている。最近ではパソコンで制御ソフトを利用する形や、各機構の近傍に制御ユニットを分散させて LAN で結んで制御する形も開発されている。下記にあるような様々な制御とモニタリングを行う。複合環境制御盤は、安価なものではマイコンを使用したシートスイッチタイプのものが一般的である。下記の写真のものはタッチパネル式で、制御したい部分をタッチすると、その部分の設定が行えるようになっており、ユーザーフレンドリーな設計になっている。

■ 太陽光又は太陽光利用型で使用



■ 温度

天窓・側窓 の開閉

換気扇の作動 : 遮光保温カーテンの作動

暖房設備の作動 (細霧冷却設備の作動)

■ 炭酸ガス濃度 (使用しない場合あり)

(炭酸ガス施用設備の作動)

■ モニタリング

●外部気象... 温度、日射量、風速、感雨

●温室内部... 温度、(照度), (炭酸ガス濃度)

●栽培関連... 養液温度、EC、pH

6. 植物工場の作業工程と必要設備

葉物の水耕栽培における植物工場の基本的な作業工程は次の通りである。また、袋詰め箱詰めを要する仕様になっている。業務用の場合は、袋詰めや箱詰めを省略し、プラスチックコンテナなどに数 kg ずつ入れて出荷するなどの形態になる。

(1) 作業工程 発芽から成育

植えるまでの工程である。300個の切れ目の入った専用のウレタンに水をしみ込ませ、育苗箱と言われる樹脂性の箱に入れて準備する。

- ① ポットルと呼ばれる器具を使う。これは300個の穴の開いた板が重なりスライドする。下の穴を閉じておいて、上の穴に種を入れ込み、下の穴と上の穴が揃うように板をスライドさせると、300個いっぺんに種が撒ける。
- ② 発芽は、断熱部屋の発芽室で、約20℃に保ち2日間経過すると、芽が出る。
- ③ 緑化は、発芽した芽を光に当て、双葉を出させ3cm～5cmまで成育。約1週間。
- ④ 定植は、緑化済の苗を定植板(発泡スチロール)の穴の一つずつ植え替えていく。

(2) 作業工程の2は収穫以降

- ① 収穫作業。葉物の場合、定植から収穫まで、約25日となる。収穫できるサイズになったら、手で引き抜き、収穫用の籠に入れて運ぶ。
- ② 下葉処理。下葉処理機を使い、根を除去すると共に、葉の下の方に出ている小さい葉を除去する。これを下葉と言う。下葉は、スーパーなどの店頭に行った時に、先に傷んでくるので、あらかじめ除去する。
- ③ 袋詰め。一日の作業量により、本格的な包装機を使う場合もあり、簡易なものを使う場合がある。

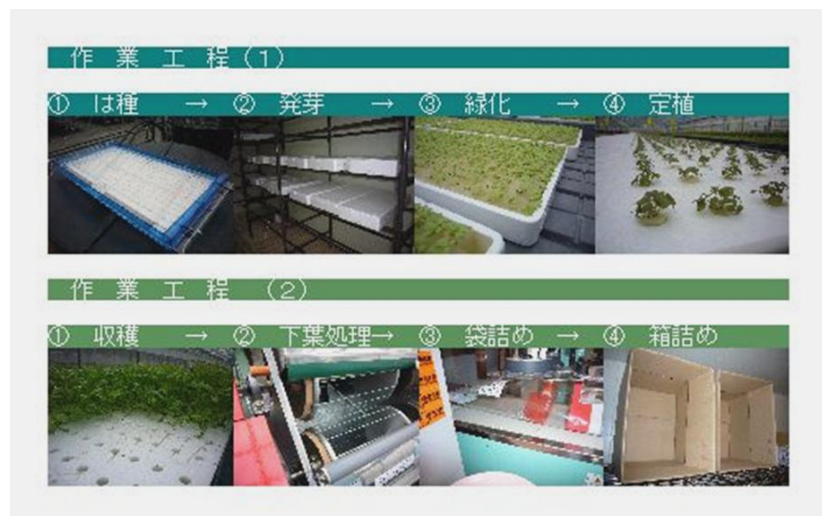
- ④ 箱詰め。箱の組立てと箱詰めは通常は手作業で、箱のテープ張りのみ自動。

ここで、目視による検品や、重量の検査などを行う場合がある。

収穫と出荷には通常タイムラ

グがある為、保管用冷蔵庫等を用意し、一旦収納する。

大規模農場の出荷作業には、電動フォークリフトなどを設ける場合もある。



7. 最新の技術紹介

(1) 防湿型LED照明

完全閉鎖型植物工場用としては、大手企業の開発が積極的に行われている。

従来よりベンチャー企業を中心に、光源にLEDを用いて参入したところの殆どで同じようなトラブルが出ている。

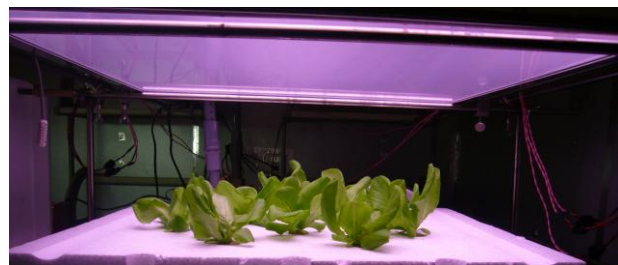
ひとつは、光量不足である。LEDはもともと表示灯用として使われていたため、市販の安価なLEDは照明としての光量が出ていない。このことに気づかずに参入し生育に失敗する例が多い。

次に多いのが、球ぎれというか、故障である。LEDは蛍光灯より高いが、耐久性が5倍程度あり、省エネなので数年で回収し、コストメリットが出るとの考えが一般的であるが、残念ながら、かなりのベンチャーですぐに光源が故障してしまう。

故障の主な原因は2つ。熱と湿気である。熱に関しては、LED素子は熱を発生し、熱に弱い。従って、うまく熱を逃がしてやらないと、熱のせいでだんだん光量が出なくなりやがて故障する。また、湿気に関していうと、多段式の栽培ユニットの格段には通常は水耕栽培の水槽があり相対湿度がかなり高くなるため、やはり、素子や基板は湿気に弱く、故障する。

これらの問題を解決し、ようやく見えそうなLED光源というものが普及してきた。本製品は、専用のハイパワーLEDを使用し、試作段階では通常の蛍光灯の2倍程度の光量を実現した。

また、本体の発光面は特殊なプリズム機能の板になっており、熱が出ない。野菜が触れても大丈夫である。肝心のLEDは、周囲の縁を枠の中に仕込んであり、パッキングを使用した防湿構造になっていると共に、本体はアルミの板状になっており、熱はこの枠や背面に逃がすようになっている。専門家の評価も高く、画期的な商品となっている。



(2) LED補光ランプ

温室タイプの補光ランプとして注目なのが、やはりLEDを使用したタイプである。従来は左の写真のように、大型のナトリウムランプやメタルハライドランプなどを上部から吊り下げる形である。

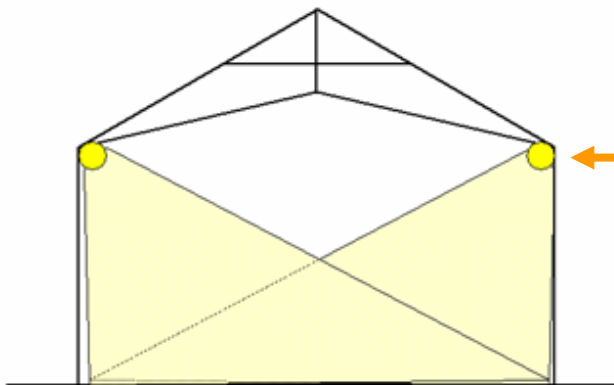
これだと、吊元を約3mピッチになるように、ケーブルラックを組むなど、大工事になるのと、電球も含めて使わないときに大きな日陰が落ちることになる。

新製品のLED補光ランプは、ただ、電球がLEDになったのではなく、特殊な配光レンズの採用により、温室の側部の上部に設置してやることができ、使用時にも電球型に比べてはるかに均一に照射できるのと、何より使わない時に日陰にならないという優れものである。

従来の補光



新光源



8. 最近の栽培技術

(1) 抗酸化力強化野菜

農薬の使用を抑えられるなど、安全性の高さで知られる水耕栽培に加え、生育中に葉に直接黒酢を散布する黒酢農法を用いることで、野菜本来の味を引き出しています。現在は小田急 OX にて限定販売。

((2007 年末に特許申請済み・販売終了))



黒酢栽培

生育中に黒酢を葉面散布することにより、
美味しく熟成させるとともに、健康に良い
とされる有効成分をアップ。

DPPH除去能(抗酸化機能)

当社従来品	(日本食の白身センター調べ)
当社黒酢栽培品	1.9倍



↑野菜に最も好影響が現れるように1年熟成した黒酢を使用



↑野菜の成長や状態を見極め、薄めた黒酢を散布



↑葉が黒酢を吸収し、野菜本来の味・色・歯ごたえ等が育つ

(2) 高糖度トマト

高糖度トマトの最新の栽培方法である。高糖度トマトは、一般的には、実を付ける時期に水分を絞るなどして飢餓状態にすることで、子孫を残そうと、実に糖分や栄養分を蓄えようとする、トマト自身の働きを利用して作る。これは、特に特別な設備なしに、農家さんの経験と感によって、作ることができるが、水分を絞り過ぎると、実の下側が茶色く変色し、商品にならなくなる。このさじ加減が難しいため、一般的になりにくいものであった。

最新の栽培方法では、水や栄養分を僅かに通す特殊なフィルムを用いることで、この問題を解決し、高糖度トマトを安定的に作ろうというものである。写真で見ると、根の部分は培地を薄く敷きこみ、その下にフィルム、さらにその下が水耕用の養液となっており、まさに、水耕と養液土耕のハイブリッドといったシステムになっている。

