

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)  
経営体(大規模施設園芸)コンソーシアム

# 大規模施設園芸生産運営マニュアル ～トマト低段密植栽培を例に～



令和 2 年 3 月

埼玉県農業技術研究センター



## はじめに

国の次世代施設園芸導入加速化支援事業を活用して次世代施設園芸埼玉拠点（以下、埼玉拠点）が平成 29 年に設置されて3年が経ちました。埼玉拠点では、高度な環境制御技術による安定した周年栽培や大規模施設による集約的な生産出荷、雇用の拡大等の新たな取り組みを行っています。

本書は、埼玉拠点で得られた現時点での知見を「トマト低段密植栽培に取り組もうとする方」はもとより「新たに施設園芸に取り組もうとする方」や「ステップアップを考えている施設園芸生産者の方」にも参考になるように「大規模施設園芸生産運営マニュアル」としてまとめたものです。

## 本書の構成

施設園芸は導入コストが大きいいため事業計画が重要です。そこで、第1章では事業計画の作成について簡単に触れ、第2章では経営開始後の栽培管理、生産物管理、運営体制等の実際について埼玉拠点のトマト低段密植栽培の栽培開始から3年目までの取り組みを例に説明します。いずれも施設規模の大小や作物の種類にかかわらず参考になるようにしています。

## 目次

第1章 事業計画の作成	3
1 目指すところを決める	
2 事前調査と事業計画の作成	
第2章 生産運営の実際(埼玉拠点のトマト低段密植栽培を例に)	5
1 埼玉拠点の特徴的な取り組み	5
(1) 事業の実施体制	
(2) 販売 ～消費地直結型販売～	
(3) 栽培方法 ～低段密植栽培による大玉トマトの周年生産～	
(4) 労働力 ～近隣市に在住の約100人のパート従業員雇用～	
2 生産計画と実績	7
(1) 作付け計画と実績 ～積算気温を使った生育予測に基づく管理～	
(2) 収穫・出荷計画と実績 ～季節で変わる収量の予測は重要～	
(3) 作業計画と実績 ～作業時間の把握と削減～	
3 栽培管理	10
(1) 環境制御(ICTによる統合環境制御・高温期の昇温抑制・CO <sub>2</sub> 施用・温度ムラの調整)	
(2) 灌水及び養液管理	
(3) 着果管理	
(4) 病虫害防除(培養液で伝染する病気・地上部に発生する病気・害虫とウイルス病)	
4 生産物管理(収穫・選果～出荷)	17
5 施設等の管理(機材の保守点検及び修繕・廃棄物管理・データ管理)	17
6 大規模施設園芸の運営体制(組織構造の検討・運営体制)	19
7 GAPの取り組み	21
8 おわりに	21
・ 参考資料等	22

## 第1章 事業計画の作成

### 1 目指すところを決める

施設園芸に取り組むに当たり最初に経営理念や経営ビジョンを決めましょう。

事業計画を作る際に、経営者の考えが定まらないと計画がぶれます。また「何のために」「どのような経営をしたいか」を家族や雇用者と共有できれば、それぞれのモチベーションも上がって目標の実現性が高まります。

### 2 事前調査と事業計画作成

農業経営を行うにはコストをはじめとして制約があります。事前調査を十分に行い、自身の経営における強みと弱みを考えながら事業計画を作成しましょう。

#### (1) 事前調査

##### ア 販売先・販売品目の検討 ⇒埼玉拠点の例はP. 5

施設園芸では施設の導入費用が高いため、融資を受けて生産を開始し、返済していく場合がほとんどです。生産計画を立てられても、販売計画が無ければ返済計画が作れません。「できたものを売る」ではなく、「何を」「いくらで」「どこに」「いつ」売るかを検討しましょう。

JA等の既存の出荷組織に加入するほか、スーパー等と一緒に法人を立ち上げるといった新たな取り組みの可能性もあります。出荷先に合わせて作物や作型(販売時期)を検討します。

##### イ 立地条件の検討

施設園芸では施設を建設した後は、大きな変更ができません。用地を決めるに当たっては法令上の決まりを含めて様々なチェックポイントがありますが、まずは選択した作物の栽培や販売が可能か、下記の視点で確認してください。

##### ① 気象 ⇒埼玉拠点の例はP. 11

作物の性質を踏まえて、計画した作型での栽培が可能か、アメダス等気象庁のデータで地域の気象条件を確認します。気象災害の状況(水害・強風等)も確認しましょう。作物の生産に必要な環境と地域の気象の差が大きいと施設整備費は高くなります。

##### ② 水質及び量 ⇒埼玉拠点の例はP. 13

水耕等の養液栽培では量・質ともに安定した水の確保が必要です。鉄やマンガン、重炭酸の濃度が高い水や微生物が多い水は向きません。水質検査を行って問題が無いか確認します。問題がある水を無理に使うとトラブルが起きやすく、除去などの前処理にはコストがかかります。上水の使用も検討しましょう。

##### ③ 物流 ⇒埼玉拠点の例はP. 5

近年、物流コストが上がっています。物流に適した立地は経費の削減になるとともに、商品の品質(鮮度等)を上げます。

#### ④ 労働力

⇒埼玉拠点の例はP. 6

雇用労働力の確保が可能か、地域の賃金水準もコンビニの時給等で併せて確認します。

#### ⑤ 廃棄物処理

⇒埼玉拠点の例はP. 18

収穫終了後の植物残渣の処理を業者に委託すると大きな費用がかかります。堆肥化して畑に施用できると良いです。堆肥の製造過程等で臭いが出るので周辺環境に注意が必要です。養液栽培では廃液の処理方法についても検討が必要です。

#### ウ 栽培方法・施設設備の検討 ⇒埼玉拠点の例はP. 6

システム化されていて計画的・安定的に生産できるという観点では植物工場＞養液栽培＞土耕栽培となりますが、かかるコストも植物工場＞養液栽培＞土耕栽培となります。例えば、土耕でも、土を培地に見立てて養液栽培を行う養液土耕栽培では従来の栽培方法より安定的に生産できます。施設の導入コストは最低限に抑えることが重要なので、栽培方法や施設設備については先進地視察等で情報収集を行いましょう。栽培方法を決めたら、1年間は先進地で研修して、通年の栽培管理だけでなく運営についても身につけて事業計画の作成に活かしましょう。

### (2) 事業計画の作成

生産計画では1年分の月別計画を作成します。作業内容と作業にかかる時間や必要な資材とその価格、収穫量・出荷量・販売額等を計算してみましょう。その上で、5年後を1つの目標として設定して、1年目からの年次計画を立てます。

施設建設費や設備購入費は耐用年数を調べて年間の減価償却費を計算します。生産物kg当たりではいくらになるかといったコスト計算もしましょう。

資金計画では導入時の費用の他、販売が軌道に乗るまでの運転資金も計画に入れます。

## 第2章 生産運営の実際(埼玉拠点のトマト低段密植栽培を例に)

### 1 埼玉拠点の特徴的な取り組み

大規模施設園芸の実証事業としての次世代施設園芸埼玉拠点の特徴的な取り組みを紹介します。

#### (1) 事業の実施体制

埼玉拠点は国の次世代施設園芸導入加速化支援事業で整備された全国 10 拠点の一つで(図1)、埼玉次世代施設園芸コンソーシアム(図2)による次世代技術の実証と普及に取り組んでいます。



図1 全国 10 か所にある次世代施設園芸拠点

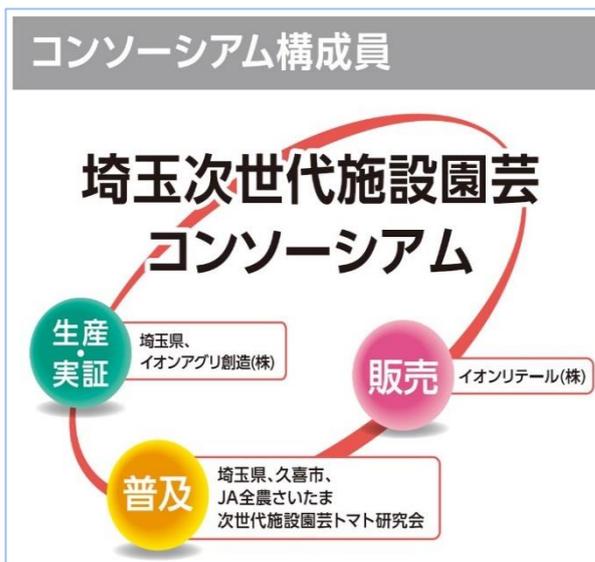


図2 事業の実施体制

#### (2) 販売～消費地直結型販売～

埼玉拠点(ハウス面積3.3ha)は東北自動車道久喜ICから車で20分の場所に位置し、大玉トマトを首都圏のスーパー等に周年出荷しています。

大規模施設園芸では生産量が膨大であるため、価格・量の両面から安定した販売先を持つことが非常に重要です。

トマトは消費が拡大傾向で、スーパー等販売店でも野菜販売額に占める割合が高く、「大玉」「中玉」「ミニ」と品揃えも非常に豊富で、大規模施設園芸での生産に適した品目と考えられます。

ただし、市場価格に左右されない販売をするためには、他の生産者との差別化が必要です。周年栽培では他の生産者が出荷できない盛夏に出荷することができるため、販売先にとって重要な取引先になることができます。また、周年出荷を行うことで継続的なコミュニケーションが取れるため、販売先との関係が強化されて良い売り場を安定して確保できます。

トマトは流通過程で熟度が進むため、通常は少し赤くなった程度で出荷します。埼玉拠点では出荷当日に販売先の物流センターへ納品すると、翌日には販売先の物流網によって各店舗

へと届く体制を活用し、差別化の一環である赤穫り出荷を行っています。これは取引先との直接取引だからできることです。

### (3) 栽培方法 ～低段密植栽培による大玉トマトの周年生産～

埼玉拠点では低段密植栽培を行っています(図3)。

トマトでは定植後1年近く植え替えしないで栽培する長段栽培が可能です。栄養生長と生殖生長のバランスや草勢をコントロールする技術が必要な上、夏の出荷は非常に難しいです。

3～4段収穫したら植え替える低段栽培では、難しい草勢管理が不要で夏の収穫も可能です。株を大きくしないため作業も軽労化されます。

低段で収量を上げるためには長段より高密度で苗を植える必要があります。低段密植栽培の主なデメリットは、植え替え回数が多く大量の苗が必要であること、植え替え作業に多くの人手が必要ということです。そのため、埼玉拠点では人工光・閉鎖型苗生産システムを利用して自分たちで育苗しています。また、植え替えが楽なよう



図3 埼玉拠点の低段密植栽培

に1株当たり250mlの根鉢が抜きやすいトレイを使った養液栽培を行っています。



図4 人工光・閉鎖型苗生産システム(右上)、播種機(右下)、システム内での育苗の様子(左)



図5 抜きやすい根鉢

### (4) 労働力 ～近隣市に在住の約100人のパート従業員雇用～

農業は季節や天候によって労働時間が変わるため、安定的な雇用が難しいと言われます。しかし、施設栽培で周年出荷を行えば、常に一定の作業があるため、安定的な雇用が行いやすく、求人の際に有利となります。

埼玉拠点では約100人のパート従業員を半年契約で通年雇用しています。入れ替わりは少なく、60代以上が7割を占めています。

## 2 生産計画と実績

### (1) 作付け計画と実績～積算気温を使った生育予測に基づく管理～

低段密植栽培では、ハウスが空いている期間をできるだけ短くして、計画的に作付けを行うことが最も重要です。埼玉拠点では10a当たり約6,000株、4段目まで各段4果着果、11棟を各棟年3回転(施設面積計3.3haを3回転)の作付け計画としました(図6)。実際の回転数は現在年2.8～2.9回転となっています。

品種は低段密植栽培で実績のある桃太郎ヨークを栽培しています。トマトでは葉の展開や開花等の生育速度は温度と密接な関係があるため(表1)、過去のハウス内の平均気温から平年値を計算し、播種や定植、収穫終了までの作業計画を立てています。栽培中は毎日のハウス内の平均気温から積算気温を計算するとともに、開花日等の生育調査を行い、計画と比べて進捗状況を管理しています。夏作は果実温度が上がるため一般的には収穫が早まるようですが、埼玉拠点の夏作では密植のためか第1果房の収穫が開花後1,000℃日と少し早くなる程度です。

育苗は当初1トレイ当たり128本でしたが、2年目から1トレイ当たり72本に変更したことで苗質が改善されて定植後の初期生育が安定しました。一方、苗の生産スペースには限りがあるため、植え替えの多い時期は何とか苗を間に合わせている状況です。

### (2) 収穫・出荷計画と実績

～季節で変わる収量の予測は重要～

収量をできるだけ正確に予測することは収穫や選果の作業人員を適切に配置するため、また販売先へ情報提

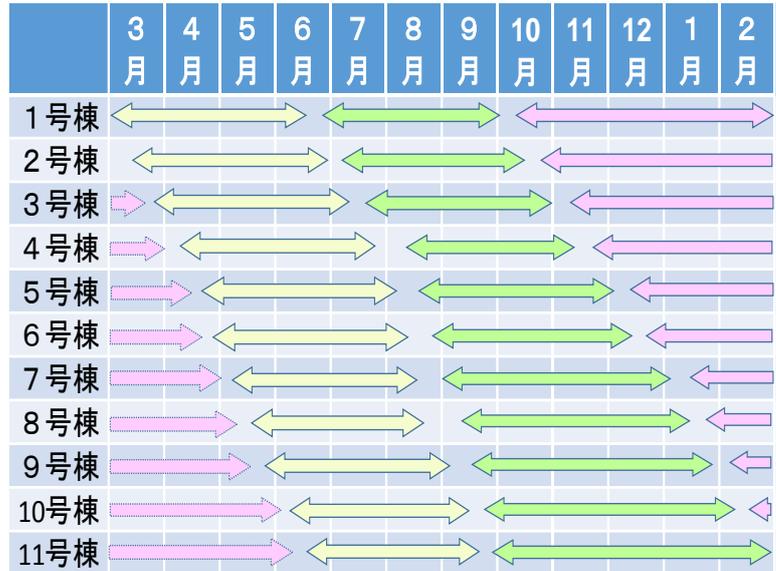


図6 埼玉拠点の年間作付けイメージ  
(定植～収穫終了)

表1 トマトの開花～生育に要する積算温度  
(神奈川農技, 2010)

生育段階	必要積算温度	平均温度20℃での所要日数
開花～次花房の開花	210℃日	10.5日
開花～収穫開始	1,100℃日	55日
1花房4果着果時の収穫開始～同一花房の収穫終了	420℃日	21日

※桃太郎ヨークの場合

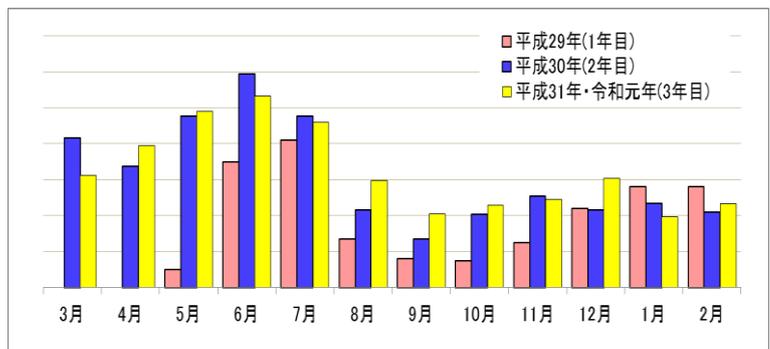


図7 埼玉拠点の収量の推移(令和2年2月末現在)

供して販売を円滑に進めてもらうために重要です。

埼玉拠点では目標単収を 10a 当たり 30t としています。実績では面積当たり収量が3年目で1年目の2倍となるなど年々向上しており、現状で目標の概ね 8 割となっています。収量には季節ごとの変動があります(図7)。低段密植栽培での収量予測については、農研機構とともに実用化に向けて取り組んでいます。

### (3) 作業計画と実績 ～作業時間の把握と削減～

#### ① 作業時間の把握

計画的な作付けを行うためには、作業にかかる時間を把握し、必要な人員を配置しなくてはなりません。栽培開始当初は作業時間がわからないため、作業計画と実績に大きなずれが生じました。

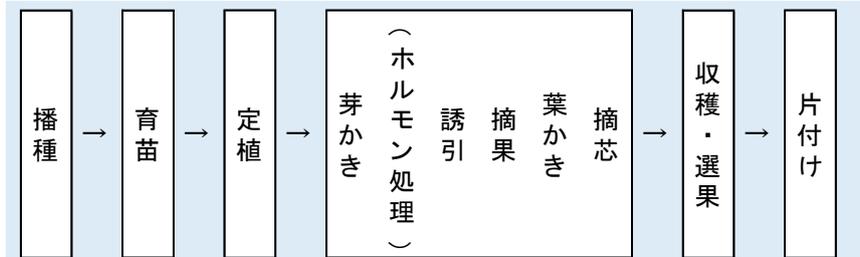


図8 埼玉拠点の標準作業フロー  
作業はできるだけシンプルにする  
('芽かきをしながら誘引')といった複雑な指示はしない

作業時間を把握するため作業時間を記帳することも重要な作業の1つですが、項目数が多

#### <初期のマニュアル>

**誘引マニュアル**

【目的】 トマトが倒れるのを防ぐ  
→ トマトに尻が十分に掛かるようにする。通風が通れなくなるのを防ぐ

【作業】 誘引クリップ

【注意】 ひもが茎のうしろを通るようにして、クリップをかける

【クリップの位置】  
クリップは1株につき1個(2箇所に1個)かける  
→ トマトのクリップはトマトの幹を巻きつける(つり上げ効果)  
→ 上のクリップは倒れないようにする(つり上げる必要はない)

【その他】  
誘引効果を高めるために、クリップはなるべく上の方に付ける  
→ ただし、吊り下げ過ぎないようにする  
→ 葉を傷めると、花の着付けは難しく収穫が少なくなる

【注意事項】  
① トマトの茎(葉)を傷つけないこと  
→ 茎の裏にひもをクリップが掛からないようにする

② 茎の裏にひもをクリップが掛からないようにする

#### <現在のマニュアル>

作成日：2019.10.31  
更新日：-

**作業名：誘引**

作業の目的	トマトが倒伏するのを防ぎ、トマト全体に十分な光が当たるようにする
目標時間	2時間 / 往復 (100m × 2)
作業のポイント	・ 生長点や花を傷つけない ・ 伸長・果実肥大の邪魔をしない ・ 右手と左手で違う作業を同時に進めることを意識する
使用するもの	作業場所にあるもの： 誘引紐、クリップ、コロコロ、オリコン 持っていくもの： 特になし

**作業手順と注意点**

手順①  
誘引紐を束ねているクリップを外し、紐を下に垂らす

手順② (一回目、右利きの場合)  
右手で株の上にある誘引紐を茎の近くに引き寄せ、左手でマイカー線または灌水チューブについているクリップを外す。

指示された位置の茎をクリップの輪で囲み、クリップのギザギザで誘引紐を挟む

※ つり上げない

※ 誘引紐やクリップが花や生長点に当たらないようにする。

※ クリップで茎をつぶさない

(二回目以降はクリップを持つ)

図9 埼玉拠点の作業マニュアルの改善例

いと慣れないうちは記帳が大変です。埼玉拠点の開設当初は「その他」を含め 15 項目の作業項目を決めて農作業記帳システムを使い記帳を始めました。

## ② 作業時間の削減

埼玉拠点では記帳された作業時間を集計、作業時間の多い作業から優先的に作業マニュアルを作成し、随時見直しを行いました。見直しは、各作業に熟達したパート従業員にコツを聞くほか、動線を短くする、次の作業のしやすさを考慮するといった観点で行っています(図9・表2)。

マニュアルの作成・見直しとマニュアルに沿った指導の成果が早く見られたのは毎日行う選果や収穫です。これらは3作目(1年目)にはマニュアルの見直しが済んで、収量当たりの作業時間が安定しています。収穫作業の3作目以降は、10a当たりの収量が多いほど収量当たりの作業時間が短くなっています。

その他の作業の作業時間は、マニュアルの小さな見直しの繰り返しと指導の積み重ねで、少しずつ削減されてきています。

作業の軽労化のために導入した低所作業電動台車の利用でも作業時間の削減効果が見られました。高いところに手が届いてもずっと腕を上げたままの作業は大変です。低所作業台車を使うことで、低身長 of 作業員では踏み台と比較して作業時間が約2割削減され、高身長の作業員では腕

表2 埼玉拠点の作業マニュアルにおける各作業の目標作業時間

作業名		作業速度
定植	土入れ	38株/分
	苗植え	10株/分
	ドリッパー挿し	19株/分
芽かき		10株/分
誘引		10株/分
摘果		10株/分
葉かき		10株/分
摘心		10株/分
ホルモン処理		29株/分
収穫		1kg/分

※熟達者の実績をもとに作成



図10 低所作業電動台車による軽労化

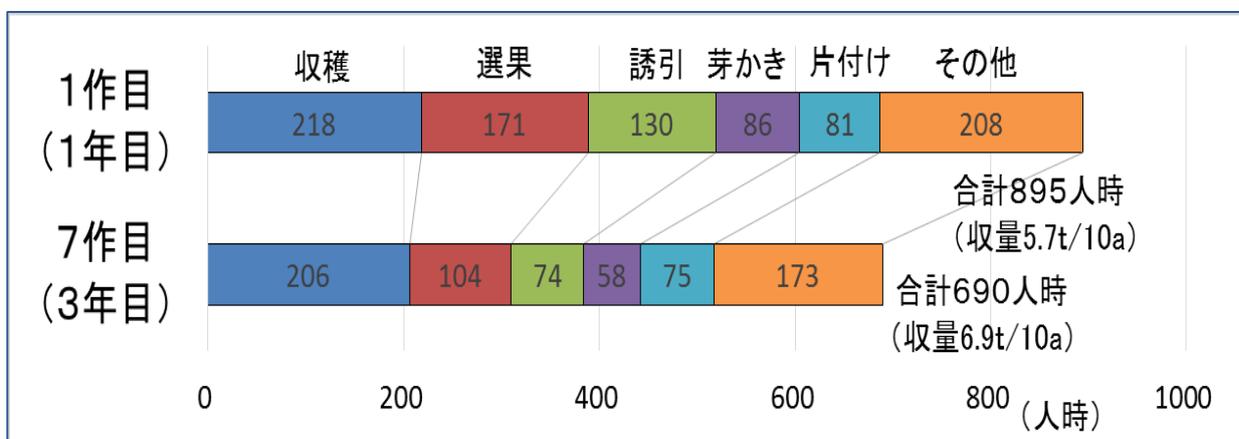


図11 埼玉拠点における1年目と3年目の同作型での10a当たり作業人時の比較

を45度以上上げた状態の作業時間が約2割減少し、速度をあまり落とさずに作業を進められるようになりました(図10)。また、作業者の体格や年齢等を考慮せずに作業を割り当てられるようになるとシフトを組むのも楽になります。

このような地道な取り組みの結果、収量が増えても10a当たりの作業時間は減っています(約23%減少)(図11)。また、現在の片付けは当初定植準備と呼んでいた作業を含むため削減率が低く見えますが、当初7日かかった作業が今は5日でできており、ハウスの空き日数が減っています。

### ③ 人員配置

実際の人員配置では作業が遅れないように十分な人員を配置するとともに、作業が早く終わったら次の作業を速やかに指示できる体制が必要です。作業の精度・速度には個人差があり、人員配置を行う際には各自の能力に基づいた調整も必要です。また、夏は作業時間の中心が早朝からの午前中となり、1日当たりの作業時間が短くなることに注意し、必要に応じて臨時の雇用も考えます。

埼玉拠点では数人で行う作業については、誰がどこを管理したかわかるように各自記帳して、作業の精度も確認できるようにしています(図12)。現在は、得意な作業に優先的に配置しながら、能力の均一化に向けて再教育を実施しているところです。

また、作付け計画から作業計画を作成し、個人別の作業予定まで落とし込んで、ホワイトボード等で表示して作業の予定を共有しています。

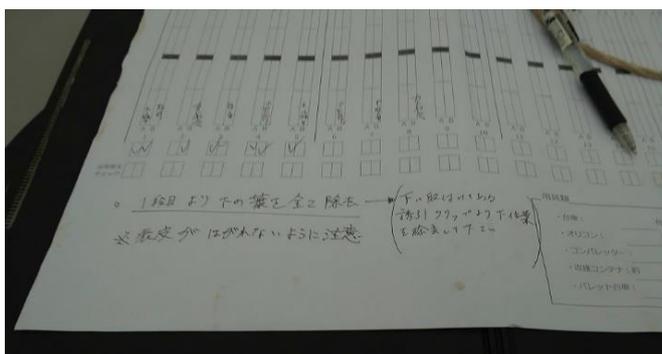


図12 ハウス内作業時に記帳する作業マップ

## 3 栽培管理

### (1) 環境制御

#### ア ICTによる統合環境制御

農業用ハウスは一般に温室と言われるように従来は低温期に外より温度を上げるためのものでした。現在は安価なCO<sub>2</sub>センサー等が開発されたことから、温度以外の様々な環境要因を計測して光合成に適した環境を積極的に作り、収量の最大化を目指す統合環境制御技術の取り組みが進められています。

統合環境制御では、温度と湿度といった各制御要因の基準を設定し、設定に沿って機器を稼働させます。各要因の基準が機器の稼働に当たっては矛盾することがあるため、基準の優先順位も決めます。設定は複雑であり正誤は稼働させないとわからないので、設定を変えたらハウス内環境がどうなったか、結果を確認することが大切です。

統合環境制御では天候や作物の生育状況に応じて毎日設定を変えるのが基本です。

埼玉拠点では生育ステージや季節に合わせて基準を作成し、毎日天候等に合わせて設定を変更しています。基準については少しずつ見直し、栽培の安定を目指しています。

### イ 高温期の昇温抑制

トマトの生育適温は昼温 25℃前後、夜温 10～20℃程度と言われています。5～40℃で何とか生育はできますが、

35℃以上では着果不良等の生理障害が起こります。

統合環境制御システムを導入したからといって最適な環境を常に実現できるわけではありません。特に高温期のハウス内温度を下げるには技術面・コスト面での制約が多いです。

一般的に高温期には、遮光カーテンによって温度上昇を防ぎます。しかし、トマトでは光合成に必要な日射はできるだけ多い方が良いとされています。そこで埼玉拠点では、比較的 low コストで環境負荷の小さい冷却手段として細霧冷房を使用し、遮光カーテンを使用する時間をできるだけ短くしています。

細霧冷房とは、空気中に細かい霧状の水を散布し、気化させることでその空間を冷却することを目的とした技術で、効果的に利用すると2～5℃程度気温を下げられるとされています。効果的とはつまり細霧装置で加湿された空気が換気によって排出されて新たに湿度の低い外気を取り込めれば、ということです。そのため、側窓や天窓を開けて自然換気を行う場合は、地域における夏の風向きに合わせてできるだけ広い開口部を高い位置に取って風を取り込むと良く、自然換気では十分に換気できない大規模施設では

## ICTによる統合環境制御の特徴

- ・太陽光の照射量で養液の給液量をコントロール
- ・ハウス内の温度と湿度を栽培条件に合わせてコントロール
- ・暖房機、天窓、側窓、換気扇、循環扇、細霧、CO<sub>2</sub>のコントロールを自動で実施



図 13 埼玉拠点における環境制御システム

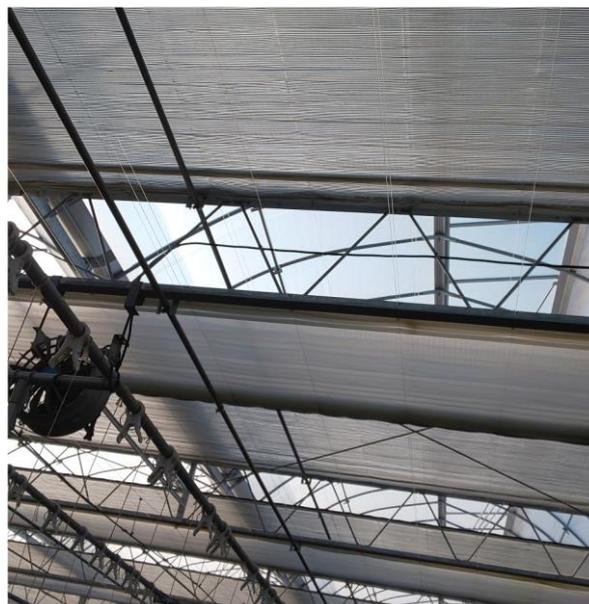


図 14 保温カーテンでの遮光  
遮光カーテン(遮光率 50%)をできるだけ使わないよう保温カーテン(遮光率 15%)も遮光に使用

強制的に外気を導入するシステムを設置すると良いと考えられます。

埼玉拠点では1棟約 30aを天窓・側窓・換気扇(外気導入型と排出型を連動)によって換気していますが、いずれも細かい目合の防虫ネットが張られていて換気効率が良いとは言えず、細霧冷房の効果は限定的です(図 15 は効果が高い使用例)。

周年栽培に取り組む埼玉拠点では、高温期の着果不良や小玉化、裂果等が大きな問題です。昇温抑制については、ハウスの屋根に塗布する遮熱剤(光合成に使う光は通しやすく温度を上げてしまう赤外線は通しにくい塗布剤)等も試して効果を検討していく予定です。

ハウス全体の昇温抑制はなかなか難しいですが、高温による根傷みを抑えるために株元に白黒マルチを張ったり(図 16)、果実への強日射を防ぐために上位葉を残す整枝管理を行ったりして、トマトの生育の改善や収穫物の品質の向上に効果を上げています。

また、埼玉拠点ではハウスの軒高が高いため、より高温の空気はハウス上部に上がっています。ハウスの軒高を低くすると高温期の管理は一層難しくなります。

## ウ CO<sub>2</sub>施用

日中、光合成が行われるとハウス内のCO<sub>2</sub>濃度は大きく下がりが、光合成が行われにくくなります。そのため低温期には、天窓が開いて換気が行われていても光合成を行う時間帯には外気と同程度の濃度になるまでCO<sub>2</sub>を施用するのが施設園芸の標準技術となってきています(外気のCO<sub>2</sub>濃度は現在410ppmで年々高まっています)。CO<sub>2</sub>施用は収量を上げる効果が高いため、換気の少ない時期には外気より高い濃度で施用するのも良いです。

それでは、天窓だけでなく側窓も開けて換気を行う夏はどうでしょう？換気の多い高温期の施用で問題となるのは施用方法と費用対効果です。

CO<sub>2</sub>施用には燃焼式(灯油、LPG)と液化炭酸ガス方式の2通りがあります。液化炭酸ガスのメリットは温度上昇が無いいため高温期でも使用でき、高濃度で株内に施用できることです。



図 15 定植直後の細霧冷房利用  
苗が小さく葉からの蒸散が少ないためハウス内の湿度は低めで、細霧冷房による冷却効果は高く、苗のしおれも防止できる



図 16 白黒マルチをベッドに敷いて培地の昇温を抑制

埼玉拠点においては液化炭酸ガスを外気と同じ濃度になるように株元に設置したチューブで局所施用を行っていて、夏も一部で施用しています(図 17・18)。

1ha程度の大規模施設では高温期にチューブで15~30kg/10a/日を施用すると増収効果がコストを上回ることが、トマトの低段密植栽培によって実証されています(三重農研:2013)。液化炭酸ガスを貯留タンクへ供給する方法では、ポンペでの供給に比べ単価が1/3程度なので積極的に施用することができます。これは大規模施設園芸の大きなメリットです。

## エ 温度ムラの調整

レベルの高い生産者のハウスは、ダクトの適正な配置等によって温度ムラが非常に少ないです。そのようなハウスでは生育の揃いが良いため管理がしやすく、病気の発生等も少ないです。大型ハウスであっても当然温度ムラはできるだけ少ない方が良いです。

埼玉拠点では、地域資源の活用によって化石燃料の使用量を3割以上削減することが目標となっているため、木質ペレットストーブを導入してLPガス暖房機との併用で加温し、循環扇によって対流させています。当初の稼働ではセンサーが別々であり、個別の設定がうまく調整できていなかったことからハウス内の温度は最大で4℃程度の温度ムラがありました。現在はセンサーを1つにして、秋・春はLPガス暖房機のみ稼働、厳寒期は連続稼働に適している木質ペレットストーブを中心にLPガス暖房機を補完的に使用して設定を調整した結果、温度ムラは最大で2℃程度となっています。

## (2) 灌水及び養液管理

養液システムには一度使った養液は使わない「かけ流し方式」と養液を循環させて繰り返し使用する「循環方式」があります。かけ流し方式は肥料コストが大きく、廃液を捨てるに当たって環境への影響を考慮した処理が必要です。循環方式では肥料コストや廃液による環境への影響も減りますが、循環機構や養液のろ過・除菌装置が必要なので、設備投資やメンテナンスの負荷が大きくなります(循環方式でも廃液は出ます)。

養液栽培では土耕栽培と異なり、作物に必要な必須元素および微量元素の全てを培養液に



図 17 液化炭酸ガスによる局所施用  
(黒色の多孔ポリエチレンチューブから施用)



図 18 液化炭酸ガス  
貯留タンク(10t)

よって施用しなければいけません。専用の複合肥料が販売されていますが、単肥を配合して施用の方が低コストになります。培養液の組成は作物別に処方例があり、必要な肥料の量を計算するソフトがインターネット上で単肥配合プログラムとして公開されています。

埼玉拠点では、病害発生リスクを減らすため生育初期はかけ流し方式とし、生育中期から循環方式に切り替えています。培地にはヤシガラを使用し、1ポット 250mlと培地量が少ないため点滴チューブによって少量多回数の灌水を行い、灌水量は日射量に応じてコントロールしています(日射比例灌水制御)。培養液は2年目の途中から単肥配合として、ECを指標とした濃度管理で、排液の数値と生育状況を見ながら作物の養分吸収パターンに応じて季節や生育ステージで設定しています。高温期はピシウム菌対策として菌が増殖しにくい高ECで管理しています。

土耕栽培と異なり養液栽培では、養液システムが稼働しないと作物はすぐに枯れます。埼玉拠点では停電時に備えて非常用発電機を整備しています。

水量は細霧冷房等で使用する分も含めて収量の40倍程度が必要で、主に上水を使っています。

### (3) 着果管理

トマトは風媒花(風で花粉が運ばれて受粉する)なのでハウス内で栽培する場合は着果処理が必要です。

埼玉拠点では受粉のために1棟30aに対しクロマルハナバチ3箱を放飼しています。ハチを使用する期間に農薬を使う場合はハチに影響の少ない農薬を選びます。高温期には花粉の質が悪く、ハチも活動できなくなるので、着果促進のためにホルモン剤を使用します。1花房ずつ3~4花咲いた時期に1回だけ散布します。ホルモン処理で発生しやすい空洞果を出さないために、できるだけ気温の低い時間帯に薄めの希釈倍率で処理します。

### (4) 病害虫防除

#### ア 培養液で伝染する病気

高温性ピシウム菌は高温期の養液栽培で問題となっている病原菌です。糸状菌(カビ)であり、培養液で伝染して根に感染します。

埼玉拠点では最も効果の高かった「施設・資材の消毒

### <高温性ピシウム菌の対策>

- 1 菌を入れない対策  
施設・資材の消毒を徹底する
- 2 菌を増やさない対策  
・養液を殺菌する  
・養液の濃度を上げる(EC3.0程度)  
・苗に有用微生物を処理する
- 3 被害を減らす対策  
・高温による根傷みで感染が増えるのを防ぐ  
(白黒マルチで培地の昇温抑制)



1年目：苗の立枯れ



2年目：根腐れによる生育不良

図 19 埼玉拠点での高温性ピシウム菌の被害と対策

の徹底(特に育苗施設)」のほか、異なる対策を組み合わせることで実施し、防除効果を高めています(図 19)。

水耕では培地が無いために根に常在する微生物が少ないことから感染が起こりやすく、固定培地耕では連続して作付けする場合に病原菌が増えて被害が出ます。埼玉拠点では毎作新しいヤシガラを培地に使っています。

### イ 地上部に発生する病気

作物の病気の多くは糸状菌(カビ)なので湿度が高いと発生しやすく広がるのも速いで

す。埼玉拠点は密植のため病気が出やすい環境です。灰色かび病や疫病は葉や実にも出ますが、茎の発生では被害が大きくなります(図 20)。

病気の対策は予防が基本です。発病後は発生が少ないうちに病斑を取り除きます。発病部位がそのままと新たな感染が続き、止められなくなります。発病してからの農薬散布も発病部位を取り除くまでの時間稼ぎと考えましょう。

### ウ 害虫とウイルス病

タバココナジラミはウイルス病である黄化葉巻病を媒介します。全長1mmの微小害虫なので見つけるのは難しく、トマトの生長点の葉が黄化して巻く症状が出て、初めてコナジラミがいると気づくことが多いです。低段密植栽培は短期間なので天敵利用は現実的ではなく、ハウス内で増やさない対策は少ないため「入れない対策」が重要です(図 21)。

1棟 30a程度にしているのも1棟単位で片づけてハウス内に作物が無い期間を作るためです

## 茎で発生した灰色かび病等による株枯れ

- <病気の種類> 灰色かび病・疫病等
- <発生しやすい環境> 20℃前後・高湿度
- <特徴> 灰色かび病は枯死部から発生  
疫病菌は水の中も移動できる
- <対策>
  - 1 積極的な葉かきで風通しを改善
  - 2 灌水を控える・換気で湿気を抜く
  - 3 早朝加温(1時間に2℃以内の温度上昇で果実の結露を防ぐ)
  - 4 花がらなど枯死部を取り除く
  - 5 発生しやすい時期は農薬を予防散布(7日間隔)
  - 6 病葉等発病部位を除去



病斑が茎を一周すると、上部がしおれて枯れる

図 20 埼玉拠点での灰色かび病等の茎での発生と対策

## <コナジラミ類・アザミウマ類の対策>

### 1 入れない

- ・防虫ネット(0.4mm目合)を天窓・側窓に展張、出入口にもカーテン状に設置
- ・ハウス被覆のやぶれを点検・補修
- ・前室の外扉と内扉を同時に開けない
- ・ハウス内外の雑草防除

※発生したハウスから他のハウスに持ち込まない(コンテナや作業者についている)

### 2 増やさない

- ・農薬散布(定植直後に2~3回)
- ・黄色粘着板の設置

### 3 出さない(残さない)

- ・農薬散布(収穫終了前に2~3回)



タバココナジラミ(全長1mm)

図 21 埼玉拠点のコナジラミ類・アザミウマ類の対策

が、それだけでは前作の害虫はゼロにはなりません。そのため、生育初期に加害されないように、前作の収穫終了前及び定植後の農薬散布を行います。その後、黄化葉巻病が発症したら発症株を抜き取ります。感染から発症までにはタイムラグがあるので、発症株周辺にコナジラミがいなければ農薬を散布する必要はありません。

果実に食害痕をつけるアザミウマ類も微小で見つけにくいですが、コナジラミ類と同じ農薬で防除できます。一般に卵やさなぎは農薬が効きにくく、アザミウマ類は卵を葉肉内に産み付け、さなぎは土の中等に潜るため、特に効きにくいです。気温によりますが7～10日間隔で複数回農薬散布を行うと効果的です(表3)。

飛ぶのが下手なアザミウマ類はハウス周りの雑草からの飛び込みが多いです。近年春が暖かく越冬していた虫の活動が始まるのが早いので、2月末をめぐりにハウス周りの雑草を防除します。春以降ハウス周辺で雑草防除が行われたら虫が飛び込んだと考えて対処します。

アザミウマ類のメスは1頭でも卵を産みその場合はオスが生まれて繁殖するため、最初の発生は局所的です。その後、コンテナ等に付着して移動することで広がりやすいので注意します。

## エ 農薬選択時の注意

化学農薬では殺菌剤も殺虫剤も、同じタイプの薬剤を多く使ったことによって地域的に効果が低下していることがあります。地域の農業指導機関やJA等から情報収集を行い、効果的な薬剤を選びます。使用の際はRACコードを参考にして同じタイプの農薬を連続使用しないようにします。

灰色かび病の予防では微生物農薬をダクトで毎日散布する方法があります。埼玉拠点はダクトを使用していないためこの方法は使えませんが、7日間隔で薬剤散布をするに当たって化学農薬と微生物農薬を交互に散布するなどして、化学農薬の使用の削減を試みています。

## オ その他

- ・抵抗性品種を導入すれば黄化葉巻病のリスクは減らせますが、コナジラミ類を防除せずに多発させれば吸汁害による果実の着色不良や葉や実を汚すすす病が発生します。
- ・害虫やウイルス病に対する地域での取り組みがあれば、その対策に準じます。

表3 ミカンキイロアザミウマの発育期間と温度の関係(静岡農試:1995)

温度	卵期間(日)	幼虫期間(日)	さなぎ期間(日)	計(日)
15°C	9	15	11	34
20°C	5	9	6	19
25°C	3	5	4	12
30°C	2	4	3	10



図22 ロボットスプレーカーによる農薬散布

・植物の汁で感染するウイルス病や細菌病が発生した場合は葉かき等の管理をする際、こまめにはさみを消毒し、感染を防ぐ必要があります。

## 4 生産物管理

### (1) 収穫

埼玉拠点ではカラーチャートに基づき収穫基準を設けて、樹上で果実が基準ラインまで赤く色づいてから収穫する赤獲り出荷を行っています。周年赤獲り出荷ですが、気温に合わせて基準は変えています。

収穫終了時には青い果実を含め全ての果実を収穫しますが、赤獲りとは別の販路での出荷となります。

### (2) 選果～出荷

埼玉拠点では、栽培ハウスに隣接して選果・保管設備を設置しています。

自動選果機の機種選定については、埼玉拠点は赤獲り出荷であるため果実が傷まないことが大きなポイントとなっていますが、一般的にはどこまでを自動化するかがポイントとなります。既存の規格で販売を行う場合は作業の多くを自動化し、人件費を削減できる可能性があります。新しい販路の場合、事前に打合せをしても稼働後に規格の変更がある可能性が大きいいため、人の手で行う作業と割り切って自動化する部分を最低限にするのも一つの方法です。

全体の規模や配置については最大限の作業効率を得られるよう、搬入出口の大きさ、保管スペース、作業スペース、冷蔵保管庫の大きさ、作業動線の検討を十分行う必要があります。

埼玉拠点では、収穫ハウスごとのロット管理とし、収穫時に加えて選果ラインに乗せる直前にも目視



図 23 選果場

による品質チェックを行い、ダブルチェックを経た果実について、選果機の色味センサーと重量の基準で規格ごとに選別します。パッキングは最大5レーンを設け、収穫サイズの傾向に応じて随時レーン分けを行っています(図 23)。パッキング後には直ちに保冷库へ保管します。

規格については下限サイズとして4S(8玉入 400gパック)を設定し、小玉果が多い夏期に対応できるようにしています。

## 5 施設等の管理

### (1) 機材の保守点検及び修繕

施設園芸では機材が正常に稼働することが前提です。誤作動や突然の故障による稼働停止は時として致命的なものになるため、メンテナンスはかかせません。センサー情報に基づいた環境制御を行っている場合はセンサーが正常に稼働しているかを定期的を確認し、必要に応じて校正やセンサーの交換を行います。暖房機等限られた時期しか使わない機械は、稼働開始前にあらかじめメンテナンスを行い、支障がないことを確認します。

このように、機材によってメンテナンスのタイミングが異なるため、まずは導入した機材を一覧表にし、マニュアルを保管します。その上で、マニュアルに沿って定期的な部品の交換等のメンテナンスを行うためのスケジュールを作成します。メンテナンスの実施の有無や結果も記帳して管理します。

大規模経営では、機材によっては通常の経営規模に比べて年間の使用回数が多く、通常想定される耐用年数よりも早く劣化が進む可能性があります。これを念頭に置いて、あらかじめ修繕費を見積もった事業計画を立てることが必要です。

このため、日ごろからメンテナンスを行い、修繕費を見積もり、突然のトラブルにも対応できるような人材育成も必要です。

### (2) 廃棄物管理

低段密植栽培において収穫終了後のトマトの茎葉、培土、果実といった残渣の処理は非常に大きな課題です。全量を堆肥化するためには処理量が最大になる時期に合わせて場所を確保します。また、切り返しのための機械(ホイロローダ等)と機械操作の講習を受けた作業員が必要で、養液栽培ではできた堆肥を使うことができないため、周辺の生産者と連携することが必要です。堆肥を販売する場合は特殊肥料として登録し、安定した品質のものを供給することが求められます。

埼玉拠点では事業系の一般廃棄物として業者に処理を委託しており、処理コストは大きな負担です。現在、開設当初に比べ草姿を抑えめにしたり、廃棄果が出ない管理にしたりすることで残渣の量は減っています。また、粉碎した茎葉の一部を堆肥化し、できた堆肥を近隣にある社内の別農場の畑に施用しています。

果実については、どちらの処理をするにしても乾燥等によって水分を減らすことが課題です。

### (3) データ管理

経営においては様々なデータがあります。生育調査データや収量データ、選果場で得られる出荷データ、糖度などの品質調査データ、作業記帳から得られる作業時間データ、センサーから得られた環境データなどです。それぞれのデータは適切に保管された上で、生産計画の項で触れたように分析して改善に向けて活用することが重要です。担当を決めて、データ取得や保

管、分析が必ず行える体制とします。

栽培に関しては、データだけでは得られない生産者の気づきとデータを照らし合わせる事が大切です。得られた仮説を次の作付けで試験や実証を繰り返すことで、栽培技術の向上が図られます。特に作付け回数の多い低段密植栽培では、短期間での技術向上が期待できます。

埼玉拠点では、現在、季節ごとに目標とする草姿を決めて管理方法を検討しています。担当者が変わってもデータに基づいて管理できるようにすることが目標です。

## 6 大規模施設園芸の運営体制

### (1) 組織構造の検討

1人で管理が可能な人員数は限りがあります。組織の人員数が一定の規模を超えたら、小さなグループに分けて、組織化して管理することを検討しなくてはなりません。

農場でのグループ分けには「作業で分ける」「エリアで分ける」の2つのパターンがあります。

「作業で分ける」という点では、埼玉拠点開設当時、選果担当のパート従業員は選果だけを行っていました。分業すると作業の習熟度が高まって効率は向上します。しかし、栽培担当が「後で選果担当が選果するから」という姿勢で収穫を行うと、全体としての作業効率は上がりません。また選果をしながら果実の品質を見ることで栽培管理に関するヒントを得るといふ機会も失ってしまいます。そこで現在は栽培チームの中から日替わりで選果を行う人員を出すようにしています。

「エリアで分ける」という点では、埼玉拠点開設当時、11棟のハウスを3ブロックに分けてそれぞれに責任者を配置して管理していました。責任者は栽培や施設の管理を行いながら覚え、基準等が無いことは各自が考えて行う形になりました。この問題を解決するには情報交換が必要ですが、十分な情報交換の機会は作れませんでした。また、低段密植では一番時間のかかる収穫作業が1ブロックに偏り、人員の調整が難しいという問題もありました。これを解決するには、人員配置における柔軟性とブロック間の調整を行う担当部署の設置が必要です。

このように、作業で分けてもエリアで分けても長所と短所があるため、短所を補う形の組織や運営体制にする必要があります。これらのことから埼玉拠点では一時的にエリア分けを止めて分業することによって、各業務を見直す期間を設けました。

### (2) 運営体制

検討した結果が現在の埼玉拠点の運営体制となります(図24)。

農場長を管理総責任者とし、栽培と管理・選果オペレーションの責任者としてそれぞれ副農場長を立てています。

栽培グループは11棟の施設を3ブロックに分け、それぞれに担当責任者として社員2名をつけ、配下にパート従業員を置いてチームとしました。社員2名を組み合わせることで育成と相互のコ

# 埼玉拠点の運営体制

(2020年2月1日～)

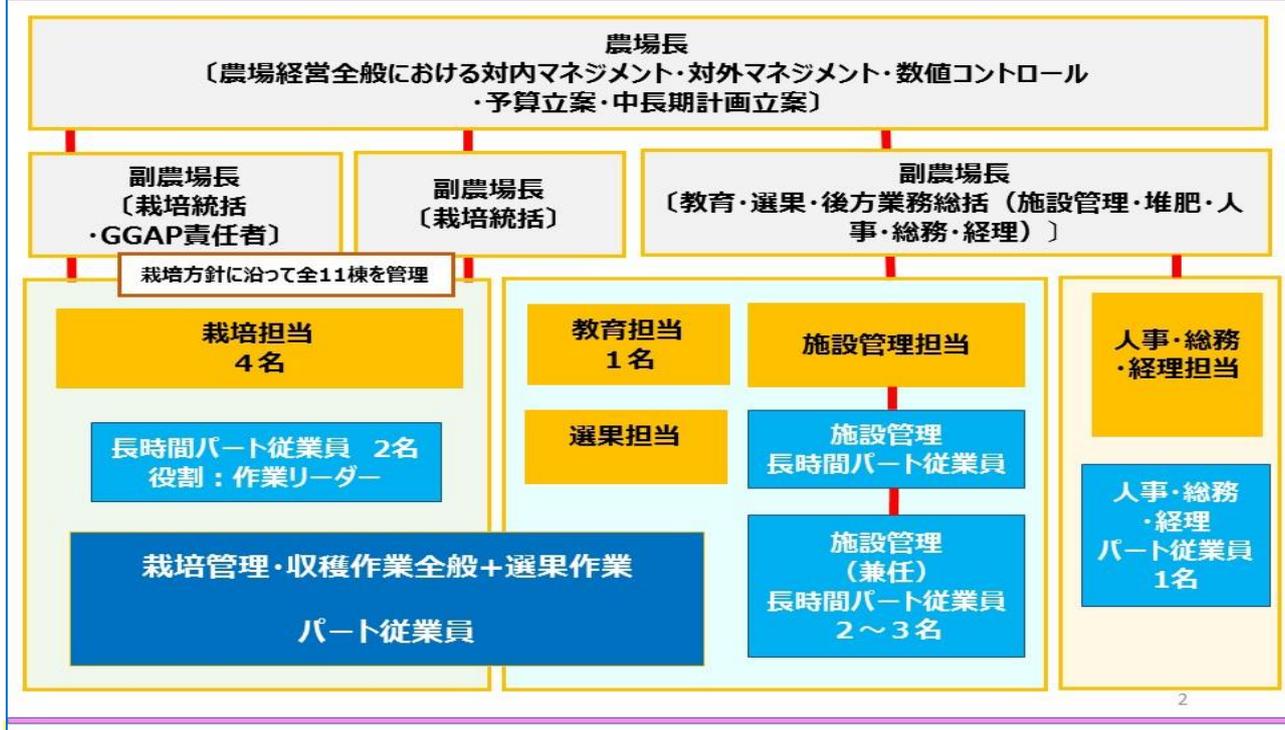


図 24 埼玉拠点の運営体制

コミュニケーションを促すほか、休暇を取りやすくし、どちらかが不在でも情報伝達が十分できる仕組みとしました。各チームの担当者は上司である副農場長、農場長との面談を通じて責任と権限を明確にされ、その範囲で自ら目標設定を行うことが求められます。

各担当は設定した目標達成を目指して日々の管理を行います。社員のミーティングは毎日行って管理の進捗を確認するとともに、チーム間の情報共有とディスカッションを通じて、環境制御の方針や作業方法の統一化や標準化を進めます。種苗会社等埼玉拠点で使用している品種に詳しい人材をアドバイザーとし、定期的な栽培状況の確認を通じて外部の客観的な意見を確認して、栽培技術の習熟・向上を図っています。目標に対してチーム間で切磋琢磨しかつ学び合う風土を醸成し、自ら成長する組織を目指しています。

管理・選果チームには、パート従業員の教育、選果のオペレーション、施設の保守メンテナンス、残渣処理にかかわる堆肥管理担当、事務管

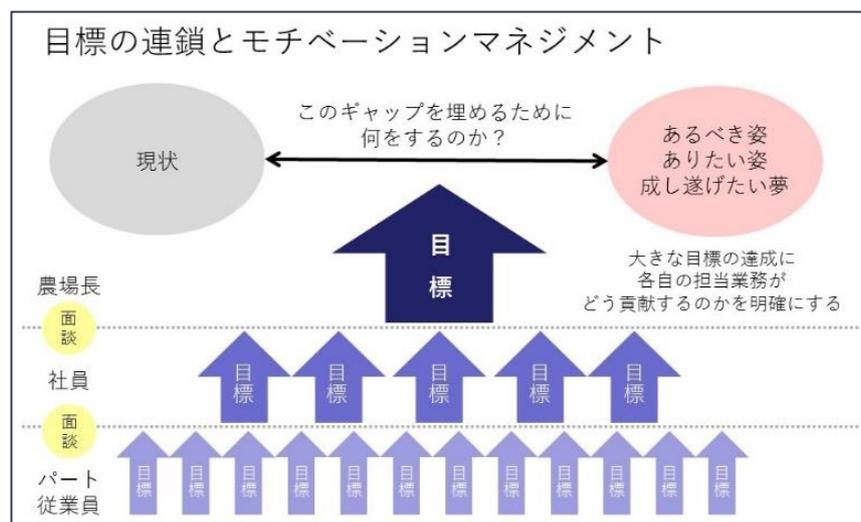


図 25 共有した目標に全員で取り組む組織運営のイメージ

理担当と、栽培に付随する管理業務を主に担います。大規模施設園芸を行う上ではこれらの担当は重要と考え、段階を踏んで充実を図っています。

運営体制は、図 25 のように各社員が目標に対する自分の役割を意識して取り組み、それを評価することができるよう作られています。

今までも運営体制については必要に応じて変更して来ましたが、現在の運営体制についても永続的なものではなく、今後も随時見直しを行っていきます。

## 7 GAPの取り組み

GAP は、「Good Agricultural Practice」の頭文字をとった言葉で、直訳では「よい農業のやり方」ですが、一般的には「農業生産工程管理」と言います。農産物を作る際に適正な手順や管理を行い、「食品安全」「労働安全」「環境保全」「人権保護」「農場経営管理」を確保する取り組みです。実際に行うのは工場等で行われている「整理」「整頓」「清掃」「清潔」「習慣」の5S の実践が基本です。

GAP には、「GAP に取り組む」とことと GAP の取組を客観的に第三者に評価してもらう「GAP 認証をとる」の 2 つのやり方があります。取引先から要請されなければ「GAP 認証をとる」必要はありません。また、GAP は生産物に付加価値をつけるものではありません。

持続的な農業経営を行っていくためには GAP に取り組むことが必須です。図 26 のようなことであればやりやすいことから1つ1つ取り組んでいけるのが GAP ですが、認証を取るには前述のような様々な観点からの取り組みが必要となります。認証を取るつもりで GAP に取り組めば、新規に農業を始める方でも経営に必要な取り組みを網羅することができ、既存の農家の方では今までの経営を見直すことができます。



図 26 埼玉拠点の GAP の取り組み例

## 8 おわりに

次世代施設園芸のような新しい技術への取り組みは農外からの参入者等が多いため、本書では新規に始める場合に参考となる知識や事例を中心にまとめました。また、埼玉拠点の最初の3年間で、最も必要性が高く、成果の上がった人づくり、組織づくりの取り組みについて多く取り上げました。多くの方の参考になれば幸いです。

・参考資料等

- 1 大規模低段密植トマト生産運営マニュアル(令和元年)他 イオンアグリ創造株式会社
- 2 大規模施設園芸・植物工場 共通テキスト  
(一般社団法人 日本施設園芸協会ホームページ <https://jgha.com/>に掲載)
- 3 診断に役立つ埼玉の農作物病虫害写真集 <http://gaityuu.com/>  
病虫害や生理障害等の画像を多数掲載 ※本書にはタバココナジラミの写真を提供
- 4 オンライン研修 これから始める GAP(農林水産省) <http://gap.maff.go.jp/>

**革新的技術開発・緊急展開事業(経営体強化プロジェクト)**

**経営体(大規模施設園芸)コンソーシアム**

**次世代施設園芸埼玉拠点関係機関一覧**

国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構【農研機構】 (野菜花き研究部門)
イオンアグリ創造株式会社 (研究開発部)
埼玉県農業技術研究センター

発行

農業・食品産業技術総合研究機構

〒305-8517 茨城県つくば市観音台 3-1-1

本マニュアルの無断での複製・転載は禁じます。内容に関する問い合わせは農研機構ウェブサイト  
の問い合わせ窓口 (<http://www.naro.affrc.go.jp/inquiry/index.html>)までご連絡下さい。