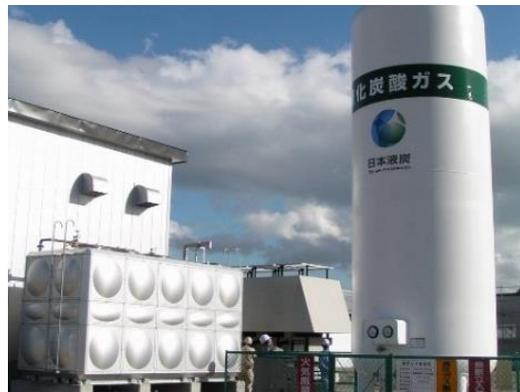


革新的技術開発・緊急展開事業
(うち経営体強化プロジェクト)
経営体(大規模施設園芸)コンソーシアム

北海道における太陽光利用型の 施設園芸導入マニュアル(いちご)



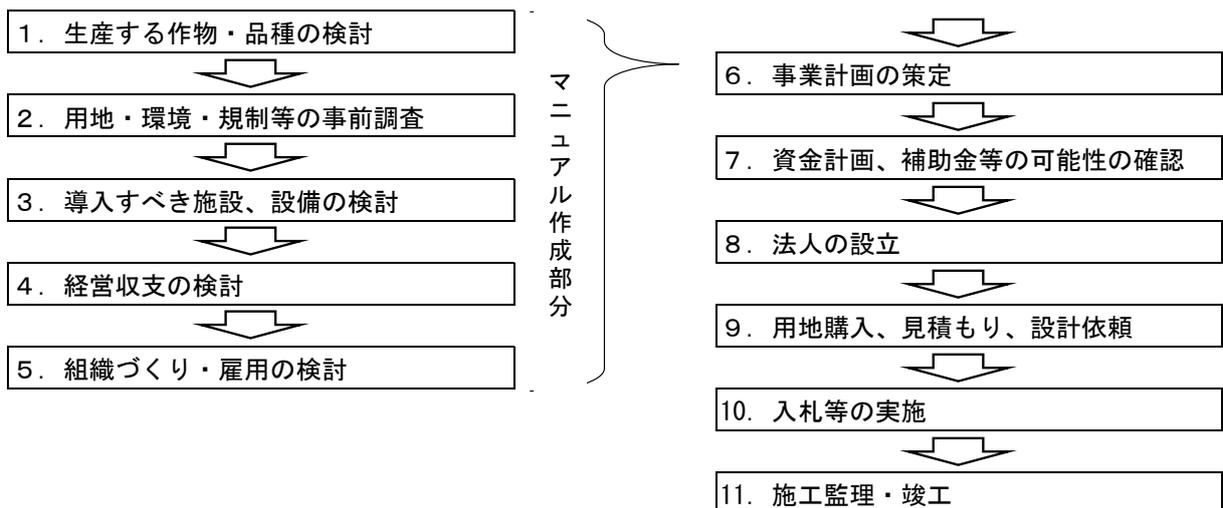
令和2年3月

株式会社GB産業化設計
北海道農政部

 **農研機構**
NARO 国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構

はじめに

- 平成 26 年から 28 年にかけて農林水産省補助事業である「次世代施設園芸導入加速化支援事業」を活用して、北海道内において大規模施設園芸によるいちご周年出荷を実現するため、次世代施設園芸北海道拠点（苫東ファーム株式会社：苫小牧市）を整備したところです。
- 次世代施設園芸北海道拠点は、いちご生産・出荷を行うほか、モデル農場として施設等の調査や試験・実証に広く活用される役割も担っており、大規模施設園芸等における知見を得るため、平成 28 年度より実証プロジェクトである革新的技術開発・緊急展開事業（H28：地域戦略プロジェクト、H29～：経営体強化プロジェクト）において、北海道拠点を活用した実証試験を実施したところです。
- 本マニュアルについては、次世代施設園芸北海道拠点で得られたノウハウなどをもとに、今後、大規模施設園芸等に取り組もうとする事業者（生産者）や指導機関（市町村など）のみなさまの参考となるよう、具体的な事業計画に至る前の検討事項などにポイントを絞って作成し、作物・品種の検討や事前調査、導入までに検討すべき事項を整理しております。
- 本マニュアルの作成に当たりましては、次世代施設園芸北海道拠点である苫東ファーム株式会社のみなさまをはじめとして、革新的技術開発・緊急展開事業において北海道拠点関係課題を担当した研究担当者のみなさま、代表機関である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〕関係のみなさまには資料提供や助言等をいただきました。厚く御礼申し上げます。



目 次

1. 生産する作物・品種の検討	1
(1) いちごのニーズ把握	1
(2) 作型の選択	2
(3) 栽培方法	2
(4) 品種の選定	4
2. 用地・環境・規制等の事前調査	5
(1) 気象	5
(2) 水	5
(3) 土壌	5
(4) 用地	5
(5) 周辺環境	6
(6) 法令・条例等	6
(7) 雇用条件	6
(8) 車輛	6
(9) 廃棄物（残渣）	7
(10) 特殊条件	7
(11) インフラ関連	7
3. 導入すべき施設・設備の検討	8
(1) 栽培温室	8
(2) 高設栽培	8
(3) 冷暖房設備	10
(4) 複合環境制御設備	13
(5) 給液・排水設備	19
(6) 選果設備	20
(7) 防除設備	21
(8) 予冷库	22
(9) 付帯施設・設備	23
(10) その他設備	24
4. 経営収支の検討	25
(1) 売上の検討	25
(2) 生産原価・販管費等の検討	26
(3) 事業収支の確認	26
(4) 限界となる初期投資額の算出	26
(5) 経営データの収集	26
5. 組織づくり・雇用の検討	28
(1) 求められる人材像	28
(2) 従業員の募集について	28
(3) 社員・パート従業員の技術力向上	28
(4) 外部専門家の支援の必要性	29
(5) 組織づくり	29
(6) 円滑な情報伝達と共有	31
(7) 従業員の就業意欲の活性化	31

1. 生産する作物・品種の検討

- 植物工場における大規模いちご栽培を前提とし、品種や作型の決定を行っていくために、下記のニーズ情報を正確に把握し、設定要件として落とし込んでいく必要がある。

(1) いちごのニーズ把握

①販路先が供給を望む時期

- ケーキ等の菓子製造事業者には、例えば、海外産のいちごが多く輸入される夏季に、酸味と甘味のバランスが取れた国産いちごが欲しいなどの要望がある。

②求められる安定供給数量

- 出荷時期とともに作型の選択の考え方によるが、業務向けをターゲットとする場合、年間を通して適度な供給数量を維持することが望ましい。

③重視すべき品質

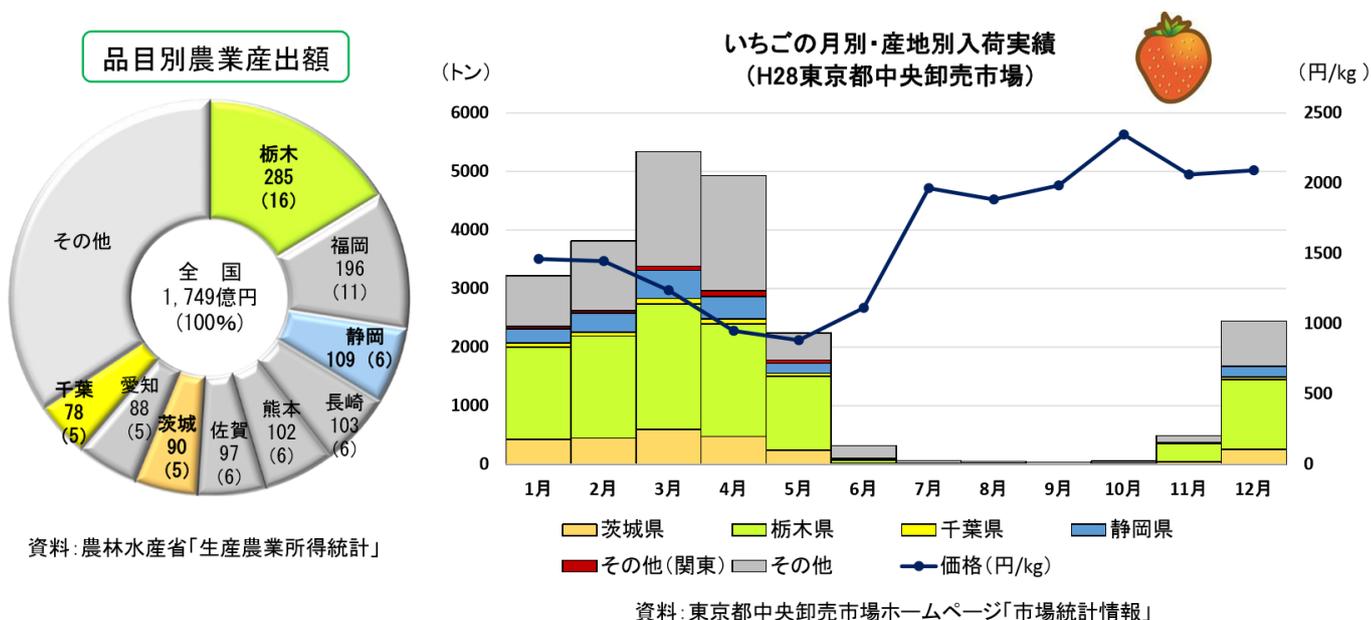
- 糖度、酸度、果実の大きさ、果実の硬さ、日持ちなど販路先が求めるニーズを詳細に把握する必要があり、それにより、選択すべき品種や、栽培管理や収穫時期、予冷などの方法も変わる可能性がある。

④先方と妥結可能な価格の範囲

- 販路先が求める価格と、収量やコスト試算から積み上げる価格が経営として持続できるかどうかの判断が必要となる。

⑤販路先の獲得

- 価格や品質、供給の安定性など、比較優位な状況がどこになるか、どの面を上回れば、販路先の獲得につながるのか、徹底した分析や条件提示が必要である。



資料：関東農政局管内の野菜の概要（平成30年12月 関東農政局生産部園芸特産課）

図 1-1 いちごの主産地別月別入荷実績

(2) 作型の選択

- 四季成り性品種の「春定植夏秋どり栽培」と一季成り性品種の「加温促成栽培」を組み合わせると、毎月の果実生産が可能となる。但し、一季成り性品種の育苗に係るコスト及び作業時間があることを考慮する。
- また、四季成り性いちごの「春定植夏秋どり栽培」と「夏定植冬期どり栽培」を組み合わせても周年出荷が可能となる。しかし、四季成り性では一季成り性品種より果実品質が劣るため流通量が多くなる冬期間において実需の判断を優先する必要がある。いずれの作型も厳冬期の暖房コストを要する。
- 周年出荷にこだわらず夏秋期を中心とした需要期のみのお出荷であれば、四季成り性品種を早春に定植し12月下旬のクリスマスまでの生産とする。厳冬期は定植準備期間とし栽培をしない。
- どの作型においても月毎の生産量を一定にすることが求められる。なお、作型の選定は出荷先の要求に応じて検討するのが望ましい。

作型	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
加温促成 (一季成り性)						□			○		□	
夏秋どり (四季成り性)			○			□						□

図 1-2 作型の概要

(3) 栽培方法

①加温促成栽培（一季成り性いちご）

- 夏（高温長日）の育苗期間に短日処理または短日夜冷処理や窒素低下コントロールにより花芽分化を促す。
- 花芽分化を確認後（検鏡）、定植する。
- 低温短日条件の気象条件で加温（最低：気温12℃、培地温度15℃）する。
- 電照（早朝+日没延長、16時間日長）により草勢を維持する。
- 晩秋期から翌年初夏まで果実を生産する。

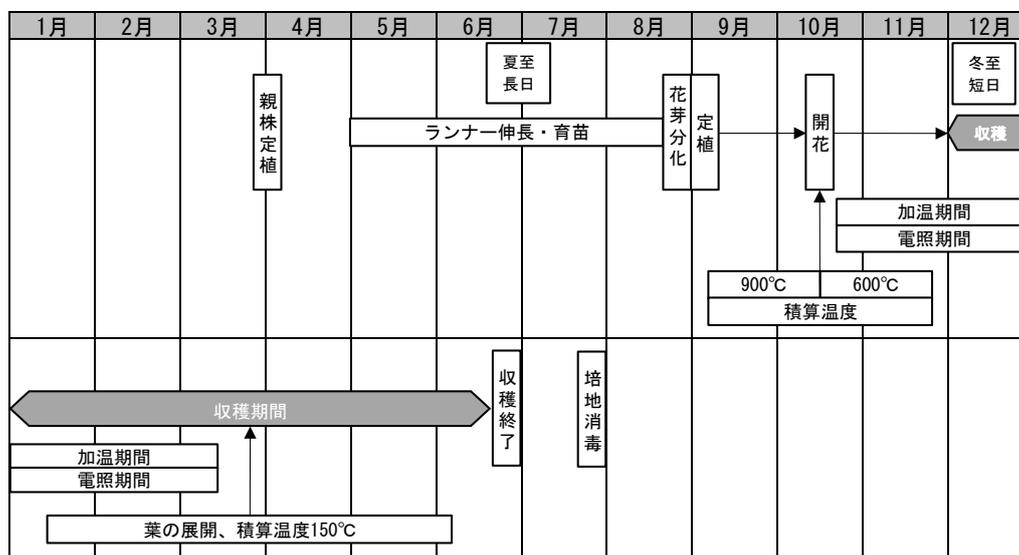


図 1-3 一季成り性・加温促成栽培

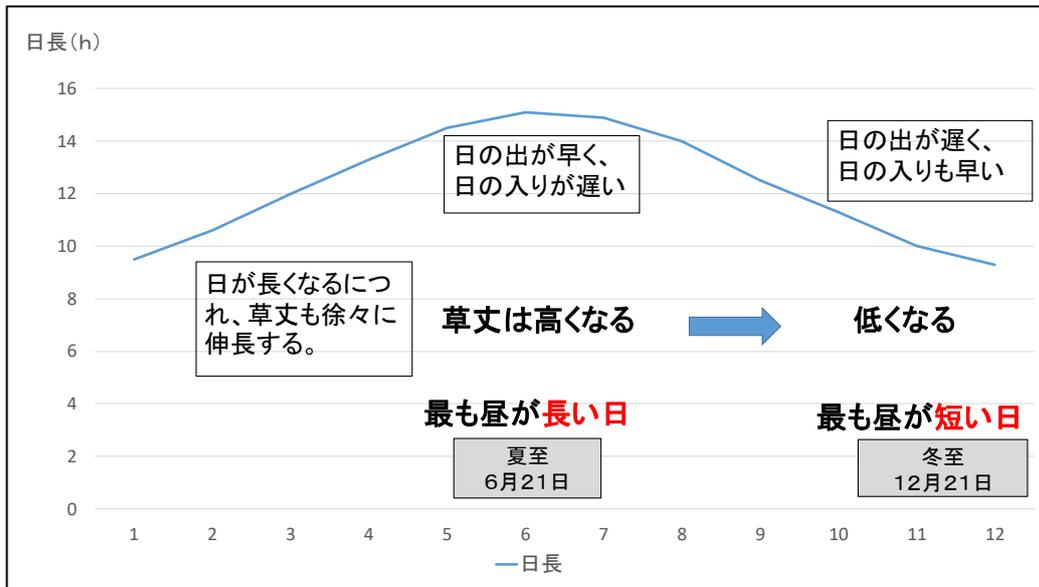


図 1-4 月別日長と草丈の関係

②超促成栽培

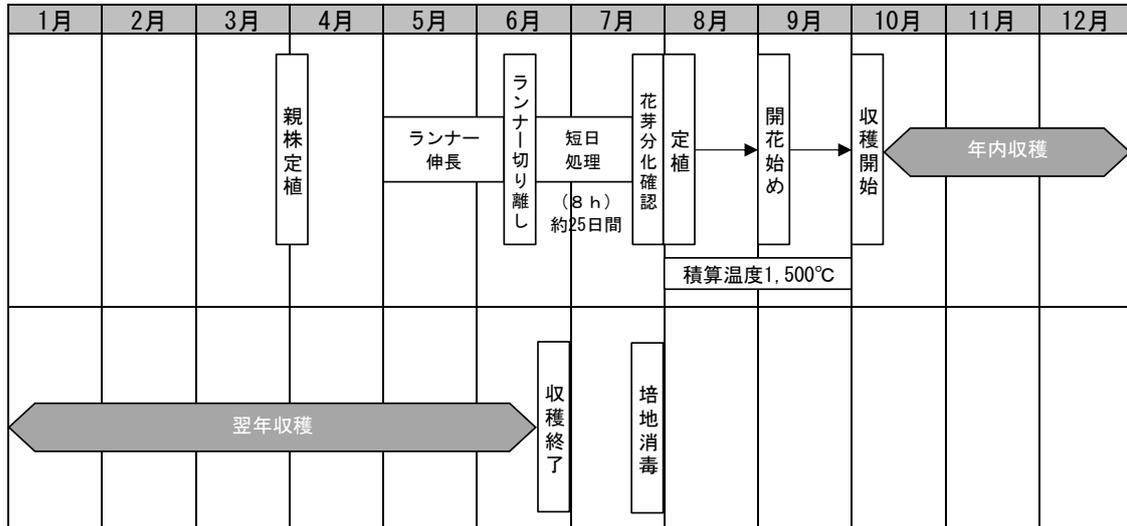


図 1-5 一季成り性・超促成栽培の作型

③四季成り性いちご（春定植長期どり、高設栽培）

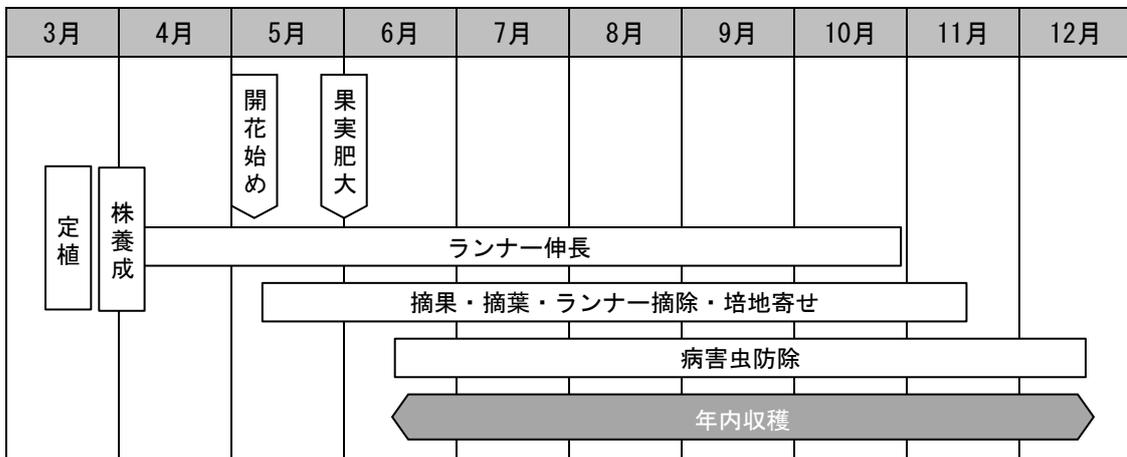


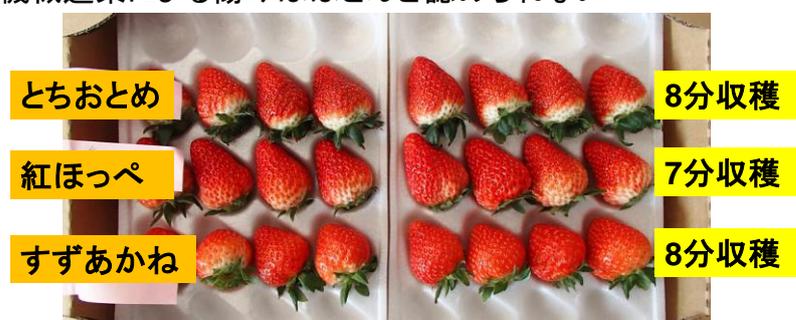
図 1-6 四季成り性の作型

(4) 品種の選定

- いちごには、主に生食用と業務・加工用の需要があるが、施設園芸が得意とする通年安定供給を行う場合、業務・加工用を中心に対応することが考えられる。
- 品種選定は販売先と十分協議する必要があるが、業務用いちごに求められる条件としては、下記のことが挙げられる。

ア) 機械選果に対応できる果実硬度 (果皮硬度 : 0.40kg/cm²、果肉硬度 : 0.35kg/cm²)。
 イ) 果実の大きさは12~15g/果 (ショートケーキトップ用)。
 ウ) 果形は、円錐で果皮は鮮やかな赤色で果肉も赤色。
 エ) 大果、高糖度は敬遠される。望ましくは低糖度高酸度 (酸度 0.8、糖度 8程度)

機械選果後予冷開始(5°C)・予冷後9日目
 機械選果による傷みはほとんど認められない



(12/26) 品種名	着色 程度	果皮硬度 (kg/cm ²)	果肉硬度 (kg/cm ²)	酸度 (%)	Brix値 (%)
とちおとめ	9分	0.41	0.40	0.81	9.8
紅ほっぺ	7分	0.41	0.34	0.91	9.5
すずあかね	9分	0.45	0.36	0.84	8.2

図 1-7 果実特製の品種比較

2. 用地・環境・規制等の事前調査

- 施設立地に適した用地や環境であるか、また法令・条例等による規制について、事前に調査する必要がある、万一、必要とする条件が法令等に合致しない用地を選択してしまうと、施設建設が進まない要因となり得る。
- 具体的な検討の際には、検討した品目・品種内容に基づき、下表のような観点での確認を行ったうえで、専門家等に助言を求めることをお勧めしたい。
- 確認内容が多岐にわたるため、確認先も多岐にわたることが想定されるが、目指すべき事業モデルや、ノウハウを有する人材を絞り、方向性を明確化することが重要である。

(1) 気象

確認事項	具体的な内容
①候補地の日射量やピンポイントの気象データ	月別の積算日射量 (MJ/ m ²) 気象台・アメダスデータ、現地計測値
②ハウス設計に必要な制約条件	最大風速、積雪量、凍結深度など
③過去の気象条件とハウスの耐候性	気象条件と設計強度、被害状況例
④暖冷房設計に必要な外気温データ	月別の最高最低平均気温

(2) 水

確認事項	具体的な内容
①原水の水質の事前分析	EC、ph、重炭酸、Fe、Mn 他
②原水の水質の季節変動	
③原水中のウイルス等の混入検査	青枯れ病ウイルス等
④必要な給液に対する原水の水量	株数、最大給水量、タンク容量
⑤雨水利用でのタンク容量計算	月別平均雨量
⑥養液の排水量、排水の水質	排水率、排水量、水質
⑦養液の排水先、排水経路の確保	地下浸透可否、法令条例、排水経路、周辺環境等
⑧ハウス屋根面からの雨水の排水量	月別の最大雨量

(3) 土壌

確認事項	具体的な内容
①温室構造計算に関する情報	土質 (柱状図)、地耐力、残存肥料分
②土耕栽培での土壌改良や排水	

(4) 用地

確認事項	具体的な内容
①まとまった面積の用地の取得、賃借	候補地調査、測量、地権者調査・折衝、境界・利用可能部分調査等

②自然災害(大雨、強風、地震等)対策	立地、海拔、排水、調整池、防風林等
③用地内道路、用水路等の有無	所有者、受益者等の調査・説明・折衝
④基盤整備、土地改良の可否	面積・形状・傾斜・土質 等
⑤インフラの導入の事前確認	電力、上下水道、ガス (LPG、CO2) 等

(5) 周辺環境

確認事項	具体的な内容
①近隣住民・近隣土地所有者、近隣施設への説明	事前説明・合意形成等
②周辺の地下水利用との競合の恐れ	周辺井戸の位置、深さ等
③周辺への雨水排水の影響	降水量と雨水排水量の見積もり、排水経路の想定、開発行為に伴う規制等の 確認、調整池設置の検討
④周辺環境への影響	農薬、騒音、煙、湯気、 廃棄物、車往来等の周辺への影響確認と事前説明

(6) 法令・条例等

- 農地や建築物に係る法令及び施設の仕様や立地条件によっては、その他の法令、条例等に基づく規制の対象となることがある。事前に自治体の関係部局によく相談する必要がある。

主な法令など
①建築基準法
②農地法
③都市計画法
④自然公園法、自然保護条例
⑤河川法、総合治水条例(調整池)、公有水面埋立法、地下水保全条例
⑥文化財保護法(埋蔵文化財)
⑦消防法(燃油タンク)、大気汚染防止法(ばい煙発生施設)、工場立地法(緑地等)

(7) 雇用条件

確認事項	具体的な内容
①雇用目標人員が集まるか	ハローワークや人材派遣会社へのヒアリング、時給相場、他社動向など
②経験者など技術がある人材	農作業などの経験者やリーダーになりうる人材の確保

(8) 車両

確認事項	具体的な内容
①車両入路や従業員駐車場等の確保	最大雇用数、駐車車両台数、物品配送、燃料補給 箇所・経路

(9) 廃棄物（残渣）

確認事項	具体的な内容
①一般廃棄物	回収方法や再利用可能性、使用する資材等の確認
②循環利用	
③有価物	

(10) 特殊条件

確認事項	具体的な内容
①この場所だけの特別な気象条件	まき風、叩きつける風等（地元を確認）
②他の場所にはない、特殊な条件	降灰、硫黄、塩害、スギ花粉、砂塵、藻発生、酸性雨、ばいじん等（地元を確認）

(11) インフラ関連

確認事項	具体的な内容
①電力	電力会社との契約内容（料金体系、基本料金、従量料金、季節設定等）、引込線の敷設等
②上下水道	自治体との契約内容（料金体系、基本料金、従量料金等）、引込方法等
③通信	固定電話回線、インターネット回線の敷設、料金体系等

3. 導入すべき施設、設備の検討

- 実際に施設設備の設計を依頼する際、発注者側が要求すべき性能や仕様等を事前に整理する必要がある。

(1) 栽培温室

- 小雪地帯では連棟温室の建設使用は可能となるが、多雪地帯では単棟温室となる場合があるので留意する。
- 降雪時に連棟温室では谷部へ積雪するため、暖房による融雪機能が必要となる。
- 屋根の部分の融雪が進まない場合、日照不足となり光合成に影響が出る。
- 連棟温室では、温室内の空気の流れが単棟温室より劣るため、換気機能を高める必要がある。天窗、側窓等の開口部を出来るだけ広くとる必要がある。
- 温室の向きは、方角を正確に把握し、いちご栽培では、日射を考慮しベンチが南北となるなどを検討する。
- 単棟温室では、屋根の傾斜角度が高いとその分、雪落ちは早まるが建設コストは上昇すると思われる。また、単棟をつなぐ作業通路を設けると、降雨時の移動や作業性が高まるので、フィッシュボーン型を検討したい。



苫東ファーム（株）連棟温室

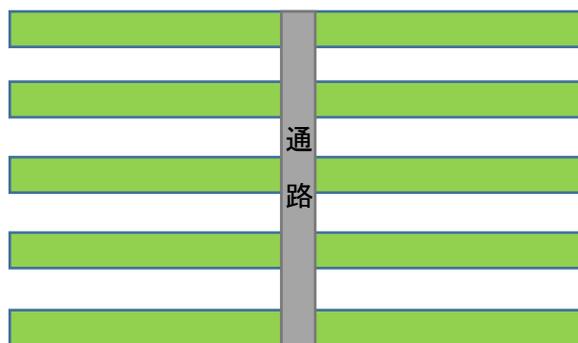


図3-1 フィッシュボーン型の概念

(2) 高設栽培

- 高設栽培システムは多種類存在するが、苫東ファーム（株）で採用されている湛水機能がついたベンチが望ましい。これは、連作由来の土壤病害対策の低エタノール消毒が実施可能となるためである。
- いちごは、本来5年輪作が基本である。施設栽培では連作由来による土壤伝染性病害の発生が懸念され、生産現地において薬剤を使用した土壤消毒や培地の入れ替えが行われ、多くの経費や作業負担が発生している。栽培ベンチの選択に当たっては連作可能となることを考慮したい。また、生育を安定させるために、培地加温、冷却の機能が付帯されていることも重要である。
- ベンチの高さは、高いほど収穫時に果実と作業者の目の位置が近くなり、収穫果実の着色程度の確認に有利となる。しかし、定植時には肩への負担が増す。逆にベンチを低くすると、株管理の葉かきやランナー取り作業は楽になるが、収穫時に腰を曲げることになる。

- 固定式ベンチの場合は、ベンチ間より定植された株間を意識し、収穫作業にストレスが係らないように配慮する。一般的には通路を挟んで株間は1 mを確保したい。このことを基準としてベンチの配列を検討すべきである。
- なお、単位面積当たりの株数を増加することは増収に直接つながるため、可動式ベンチの導入が望ましいが、日本ではコスト面から固定式ベンチの普及がなされている。
- 栽植密度について、栽培品種の草姿を考慮し試験栽培から適切な栽植密度を検討すべきである。なお、いちごは品種間差が多い作物であるため、使用する培地にも発根能力や草姿の強さも含め品種に適正な培地を選択することが望ましい。



固定式ベンチ 8m間口に6ベンチ



培地冷却・加温（左）：湛水機能（中央）：有機混合培地（右）

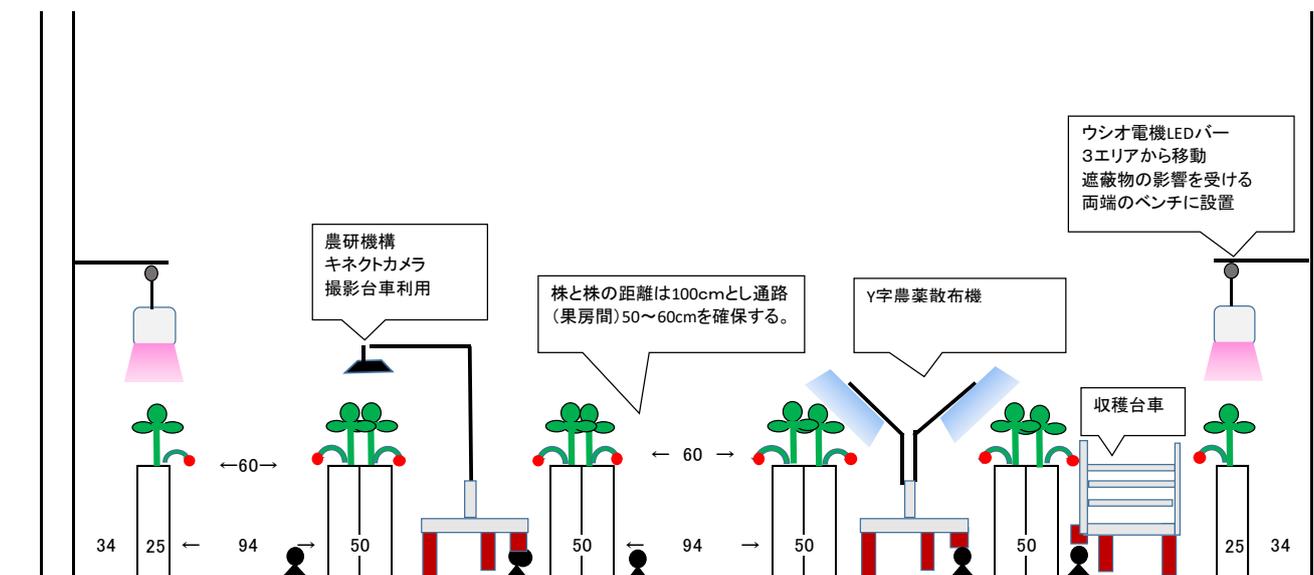
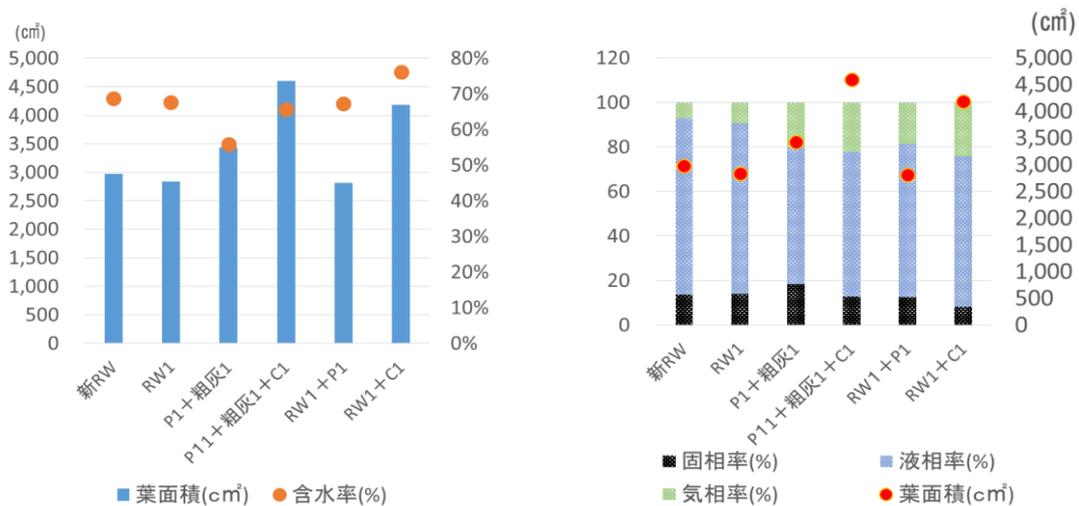


図 3-2 軽量鉄骨温室 8 m スパン 6 ベンチ畝 10 列 (参考)



RW：ロックウール、P：ピートモス、粗灰：粗粒火山灰、C：ココピート
 数字はいちごの栽培年数

図3-3 品種「すずあかね」における定植前三相分布と生育調査（定植後177日目）

表3-1 栽植方法による想定収量

定植方法	栽植密度			培地量 (kg/株)	想定収量 (kg/10a)			
	株間 (cm)	ベンチ当り株数 (株/ベンチ)	10a当り株数 (株/10a)		0.6kg/株	0.8kg/株	1.2kg/株	
30cm 千鳥植え	ベンチ	30.0	287	3.8	2,716	3,621	5,431	
	2条植え	27.5	313	4,947	3.5	2,968	3,958	5,936
		25.0	344	5,421	3.2	3,253	4,337	6,505
1条植え (図3-3)	ベンチ	20.0	215	5,658	5.1	3,395	4,526	6,790
	1条植え	22.5	191	5,026	5.8	3,016	4,021	6,031
		25.0	172	4,526	6.4	2,716	3,621	5,431

※エリア面積：32m×95m=3040㎡、ベンチ長：43m、培地量：1100kg/ベンチ

(3) 冷暖房設備

①暖房設備

- 生育適温を十分確保できるよう熱量（能力）に余裕のある機械設備の導入が望ましい。
- ガス、灯油、重油の化石燃料を使用する暖房機は、ランニングコストが高く価格変動も大きい。しかし、機械のメンテナンス等は容易である。
- 木質チップボイラーは、チップの乾燥状態が燃焼に大きく影響するため、良質で安価に入手でき、更に運搬を含め安定供給体制が整っていることが条件となる。また、木灰の処理についても事前検討が必要である。道内ではペレットを使用した暖房機の導入はイニシャルコスト、メンテナンスの面から普及には至っていない。府県においては、間伐材、廃材等を原料とした木質ペレット暖房機の導入がなされている。今後は、森林資源の豊富な地域ではペレットの製造及び流通を含め導入を検討することが望ましい。
- ヒートポンプは培地加温冷却等への利用が出来るため、導入を積極的に検討したいが、イニシャルコストとメンテナンスを十分考慮し費用対効果を確認する。
- 北海道は暖房コストの生産費に占める割合が高いため、工業地帯では工場の廃熱や余剰電力を活用したい。また、地熱を利用した施設栽培は道内でも取り組まれており、経営が安定継続している。施設の維持運営は自治体の全面的な協力が求められるが、火山国として資源の有効活用である。泉質や温度により利用できない場面も想定されるので、計画的な調査検討が必要である。



木質チップボイラー



保温二重カーテン



LP ガス温風機 (左) と温風ダクト (右)



ヒートポンプ



熱交換器 (温風・冷風)



暖房用配管



②冷房設備

ア) 細霧冷房

- 夏期の高温対策に細霧冷房の効果は高いため、四季成り性いちごの夏秋どり作型での夏期の脱水防止や一季成り性いちご加温促成栽培の定植活着促進のため積極的に導入したい。
- 細霧冷房はファンタイプよりヘッタータイプの効果が高い。



ヘッタータイプ細霧冷房

イ) 遮光カーテン

- 遮光カーテン及び二重カーテンは、単純な温度制御方法であるが効果は高い。
- 但し、資材によっては紫外線がカットされる商品があり、訪花昆虫の飛翔に影響を及ぼすので資材選択はこの点に十分注意する。また、カーテンは光を遮るため PPFD 値を参考に光合成が低下しない様に注意し開閉する。

表 3-2 温室内外の光条件

測定位置	条件	L _x	対比	PPFD	対比	L _x /PPFD		
露天	晴れ	70,800	100	—	1,350	100	—	52
温室	遮光無し	40,280	57%	100	779	58%	100	52
	遮光有り	18,960	27%	47%	355	26%	46%	53

H28.9.20

※ PPFD : 光合成光量子束密度 ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{S}^{-1}$)



遮光カーテン (52%)

(4) 複合環境制御設備

①光

- 展張フィルムは出来るだけ光線透過率が良く耐久性のある資材を選択する。連棟温室は、その構造上梁の部分がパイプハウスより多いため、明るさは(Lx)は劣る。また、遮蔽物(下家)があると光が不足し生育への影響が発生する。

表 3-3 時期別の温室内外での照度

年月日	天候	a露天	b [°] パイプハウス	b/a	c温室	c/a
H27, 11/20	晴れ	62,933	31,170	49.5%	22,340	35.5%
H28, 1/4	晴れ	46,880	28,614	61.0%	33,233	70.9%
H28, 1/25	晴れ	65,880	42,980	65.2%	34,833	52.9%
平均		58,564	34,255	58.6%	30,136	53.1%



遮蔽物による影 (H29. 4. 20 とちおとめ')

表 3-4 遮蔽物の有無による生育への影響

遮蔽物有無	葉数(枚)	果房数(本)	着花数(個)
有り	21.1	3.4	15.7
無し	18.9	4.3	27.9

②電照(慣行: 蛍光灯[°]-パイプ)

- 加温促成栽培では、冬期の低温寡照条件下での株の矮化を防ぎ、草勢を維持し収量を安定させるため電照(50Lx)の明るさを確保する技術は古くから確立され、一般的に普及している。
- 但し、草丈の伸長には品種間差があるため、電照開始時期及び期間は生育状況を確認しながら実施する。
- 電照方法は、日没延長、間欠照明、中断の3タイプがあり、短日条件になる10月中旬頃から開始し、概ね翌年3月中旬が終了の目安となる。点灯にはタイマーを活用し省力を図る。



慣行電照

日没延長: 日没後から点灯し日の出からの点灯終了までの時間を合計16時間とする。

間欠照明: 日没から日の出までの暗期に1時間の中で15分を電照し、残りの45分は電照中止とする。

暗期中断: 夜間22:00~02:00の4時間を電照する。

③補光

- 緯度の高い北海道では冬の寡照期に光を十分確保し、光合成を安定させ周年出荷の生産性を向上させたい。そのためには、高圧ナトリウムランプの設置が望ましいが、大量の電力を消費するため余剰電量の活用や発電設備等の条件が必要となる。そこで、消費電力の少ないLEDを使用し低照度ではあるが実証基礎試験での増収を確認した。
- 四季成り性品種 夏定植冬期どりでのLEDパーティプ電照効果（実証基礎試験：完了）
- 四季成り性イチゴ‘すずあかね’8月下旬定植による作型でLED照射の増収効果が確認された。

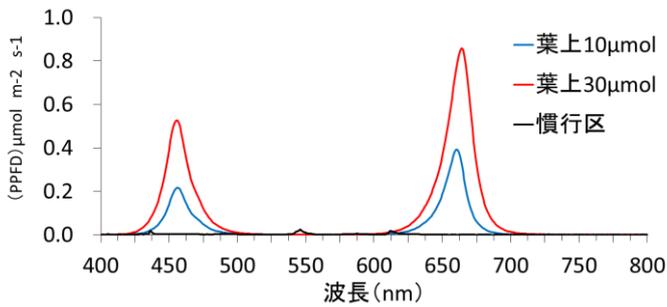


図 3-4 試験供試光源 LED 電球の PPF
(赤：クロロフィル a、青：クロロフィル b)

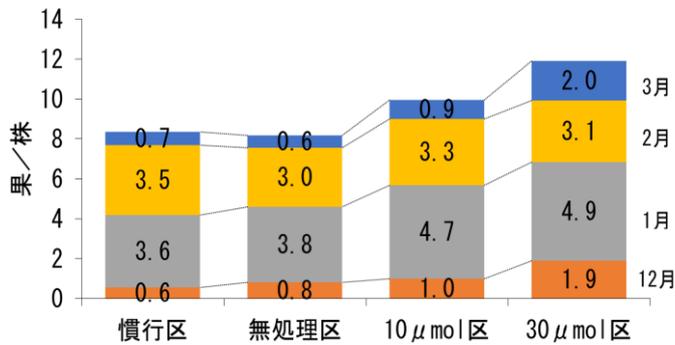
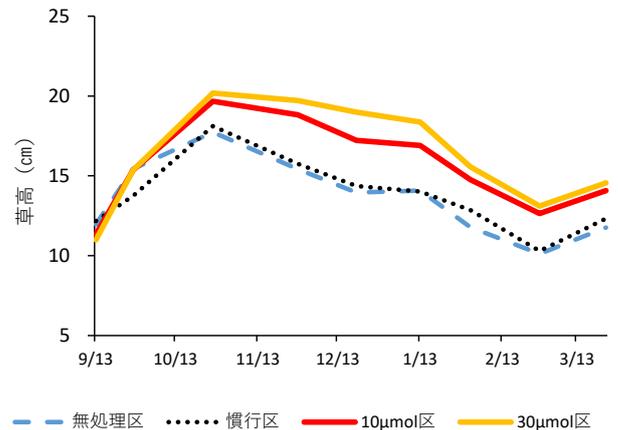


図 3-6 LED 電照による増収効果

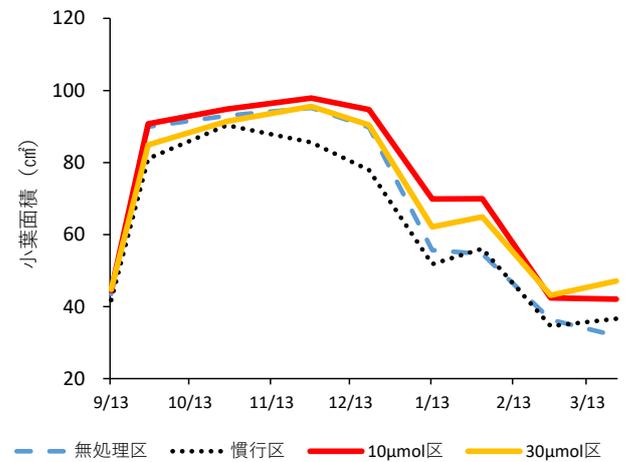


図 3-7 小葉面積の推移



30 μmol/m²/S⁻¹ : 草丈 19cm



10 μmol/m²/S⁻¹ : 草丈 14cm

(現地実証試験)

- 効果の確認はなされたが、LEDの試験はまだ始まったばかりであるため、電球の価格もメーカーによって様々である。これは、波長やPPFD、寿命が大きく関係しているので、導入の際は特性や費用対効果を十分検討したい。
- (株)ウシオ電機が行った実証試験では、葉面積の拡大、草丈の伸長など受光態勢の改善を確認した。



項目	値
型式	ULPG-10W/PW/WW
電圧	100v
電力(電流)	10w±2W
重量	(250g)
PPFD ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	
電球から(70cm)の距離	約10~15
電球から(40cm)の距離	約27

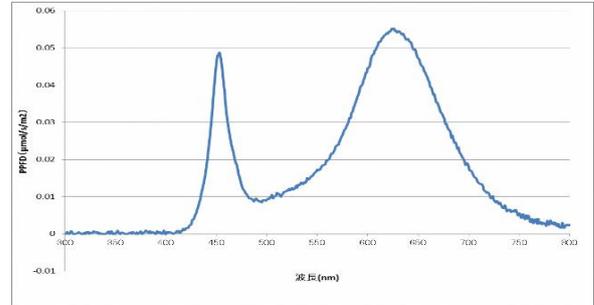
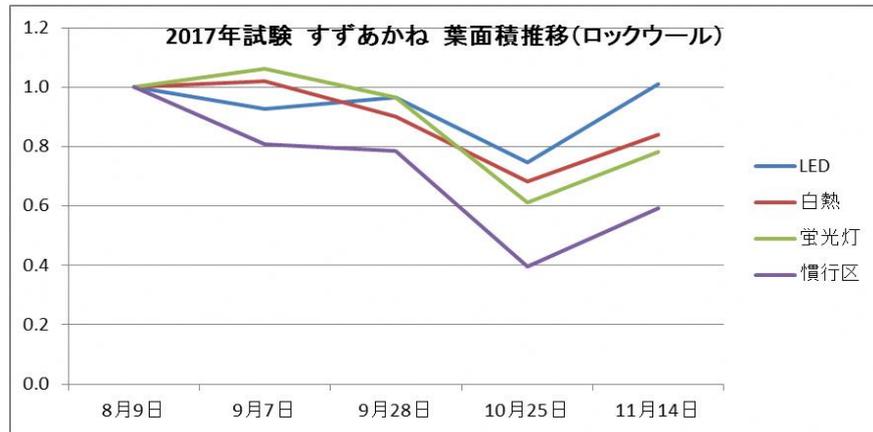
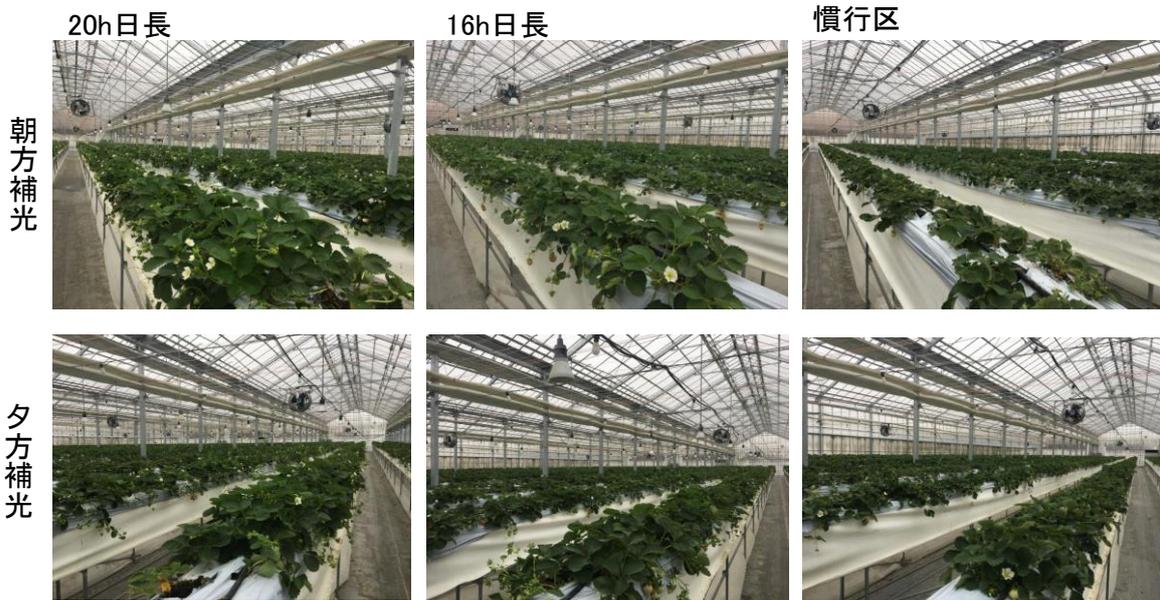


図 3-8 LED 電照 規格 波長



2017 年度試験結果 (葉面積 8/9 を 1 とした場合の相対値)

図 3-9 すずあかねの葉面積推移



2019 年 11 月 7 日撮影 ウシオ電機 (株) 提供

長日処理 (朝方補光・夕方補光) による生育の違い (春植えすずあかね)

④温度（生育適温の確保）

ア) 冬期夜間最低温度の確保

- 定植時期の遅れや苗素質が不良の場合、定植後低温管理条件下では、生育が劣り収量低下を招く。定植後から12月下旬まで8℃以下の低温に遭遇させると、生育は著しく劣ることがあるので留意する。



矮化した株‘紅ほっぺ’

イ) 夏期高温対策

- 種浮き、着色不良による規格外果実が発生し、規格内収量の低下を招く。
- 遮光率20～50%の寒冷紗で被覆し、ハウス内温度が30℃以下になるよう努める。
- 細霧冷房や循環扇、培地冷却を利用して、気温や培地温を下げる。
- 近年は北海道内においても急激な高温となる傾向があるので、気象データをもとに対策を検討する。



細霧冷房



遮光カーテン

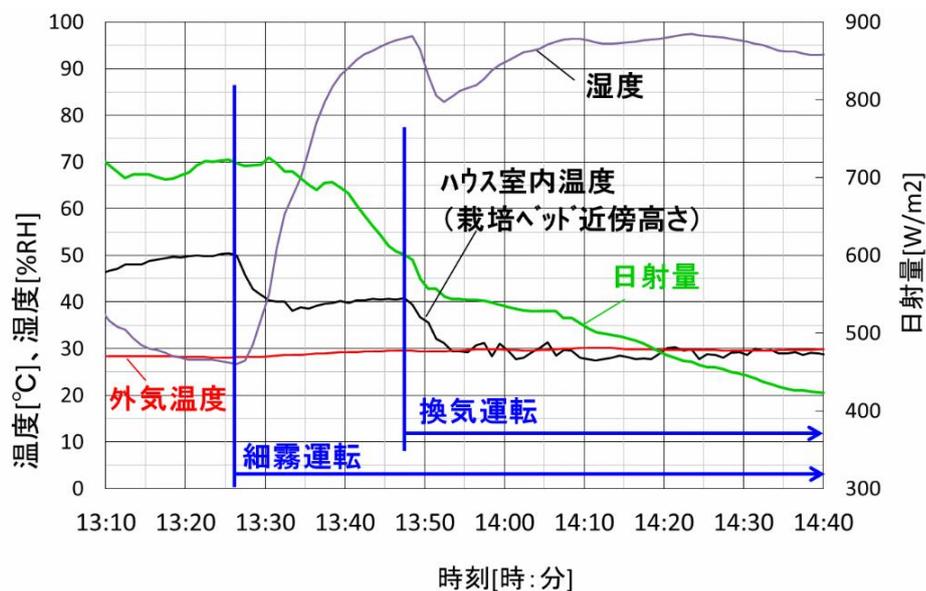


図 3-10 細霧冷房による温度低下効果

⑤炭酸ガス

- 冬期間温室密閉状態での炭酸ガス飢餓条件（光合成により温室内の炭酸ガスが消費され、外気の 400ppm を下回る状態となるため光合成速度は低下する）を改善し、光合成促進のため炭酸ガスの施用は必須である。炭酸ガス発生機やポンプによる生ガスの施用方法はあるが、大型連棟温室では、コスト的に液化炭酸ガスの導入が望ましい。
- 炭酸ガスは、石油生成過程において二次的に発生する副産物である。地球温暖化の一因ではあるが植物にとってはエネルギーである。発生資源の有効活用を促進したい。



液化炭酸ガス



炭酸ガス発生器



炭酸ガスポンプ



炭酸ガス施用リーキーパイプ



炭酸ガスセンサー

⑥飽差

- ある気温と湿度の空気に、あとどれだけ水蒸気の入る余地があるかを示す指標である。飽差が高いと乾燥、低いと多湿状態を示す。一般的には 3~6g/m³が理想とされている。
- 光合成速度を上げるには、葉の気孔から二酸化炭素を多く取り込む必要がある。乾燥状態では、気孔が脱水防止のため閉じる。気孔を開かせるには適度な湿度が必要である。また、気孔は閉じやすく、開きづらいとされているため、急激な換気は避けるべきとされている。

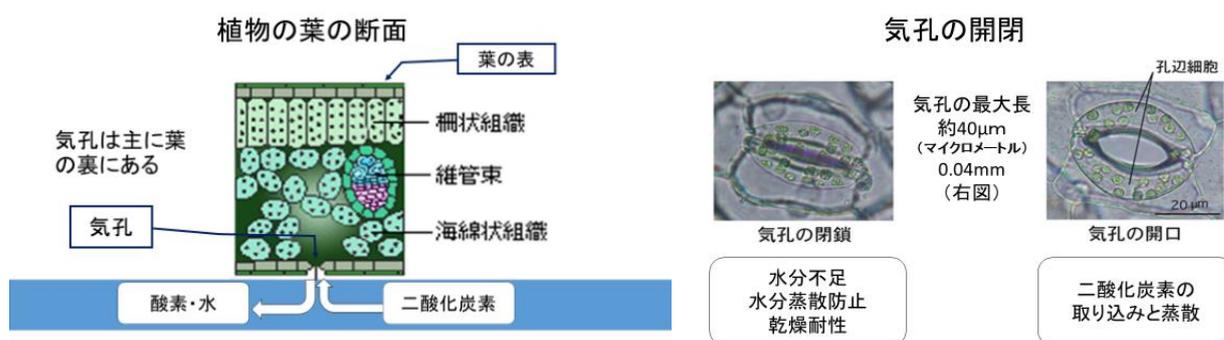


図 3-11 飽差と気孔

⑦風速

- 温度むらと葉面境界層（葉の周りの空気のだよみで、層が薄いほど炭酸ガスの吸収が良くなり光合成速度は増す）を解消するために循環扇の設置は必要である。一般的には、0.5m/S の風速が望ましい。

表 3-5 稼働装置による位置別風速

測定場所	測定位置	稼働装置	(m/S)
茎葉上部	循環扇間	各装置稼働無し（無風）	0.16
		ダクト	0.12
		循環扇	0.54
		ダクト+循環扇	0.92
茎葉下部	循環扇下	各装置稼働無し（無風）	
		ダクト	
		循環扇	0.62
果実付近	循環扇間	各装置稼働無し（無風）	0.13
		ダクト	0.20
		循環扇	0.22
		ダクト+循環扇	0.53
果実付近	循環扇下	各装置稼働無し（無風）	
		ダクト	
		循環扇	0.49
		ダクト+循環扇	



循環扇（18m 間隔）

(5) 給液・排水設備

- 給液設備は、点滴タイプの灌水チューブを使用し、1ベンチ2条畝に1列配置例は多いが、可能であれば畝1条に2列（1ベンチ2列）を検討したい。
- 給液は、時間設定と日射比を兼ね備えた装置が必要である。夏の高温時には、株当たり400mlが必要となるため栽植株数を考慮し給液能力を設定する。pH、ECの自動測定機能があると肥培管理の目安になる。但し、測定機は定期的な点検と更新が必要である。
- 灌水チューブは製造会社や使用年次によって給液量に差があるので、資材選択に注意する。

【参考】

水質：pH6.0～7.0、EC値0.3mS/cm以下

水量：400ml/株/日 例：栽植密度60,000株/ha×400ml/株/日=24m³/日/h

排水量：30～50% 7.2～12.0m³/日/h

- 排水も給液同様に量とpH、ECの確認が必要である。給液量、排水率とpH、ECの測定は肥培管理上有効に活用できる。なお、排水は必ず回収し、政令・条例にあわせ適切に処理しなければならない。



給液システム



点滴チューブ

表 3-6 点滴チューブの種類別給液量

供試資材名	平均給液量 (ml・穴/分)	標準 偏差	平均 (ml・ベンチ/分)	給液量/株 (ml/株・分)
A-1 (1作目)	13.3	1.1	5,572	19.5
A-2 (2作目)	11.9	0.8	5,015	17.5
B	14.6	1.1	6,139	21.5
C	14.8	0.8	6,222	21.8

(6) 選果設備

- 大型温室では日量の生産量が多いため、機械選果機は必ず導入しなければならない。作業員の身体負担は人力手選別と比較すると首、肩、腰への負担軽減がなされる。
- 道内では主に重量選果機が導入されているが、最新式の色彩、形状選別機能を備えた選果機も一部で導入された。コストが高いため導入には費用対効果を十分確認したい。
- 従業員の確保が困難な過疎地域と容易な都市近郊では導入の背景が異なるので、地域の雇用状況なども考慮が必要である。



横崎製作所 いちご重量選果機
(DLS6300W-6R-4M2-P600-H110-SS)

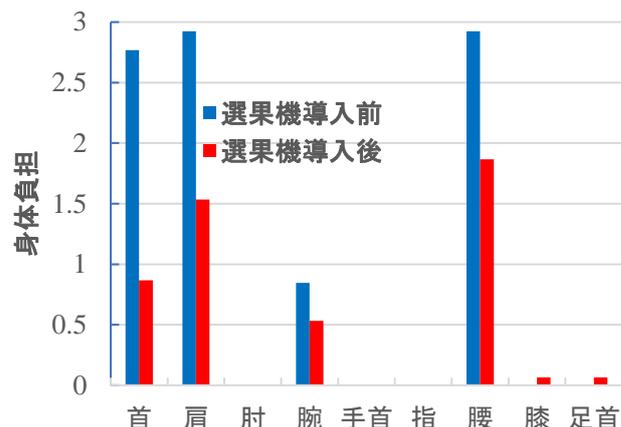


図 3-12 選果機導入前後の身体負担軽減効果

表 3-7 苫東ファームの収穫・選果作業時間の短縮試験データ

作業員1人が収穫するのに要した時間(平均)

H28(h/kg/人)	H30	
	時間(h/kg/人)	削減率(%)
0.236	0.187	20.9

作業員1人が選果するのに要した時間(平均)

H28(h/kg/人)	H30	
	時間(h/kg/人)	削減率(%)
0.240	0.191	20.3

(7) 防除設備

- 栽培温室への出入りの規制は作業者及び視察者を含め必要である。
- 出入り口へのエアーカーテンの設置や靴裏へのエタノール 70% 散布等、作業者が病害虫のキャリアにならないよう注意する。また、育苗ハウスと栽培温室での作業者の特定も重要である。
- 茎葉に発生する病害虫防除には、農薬の散布が必要となるため、効率的な作業計画とそれに基づく適切な作業が求められる。単位面積当たりの農薬散布量、農薬の希釈倍率、農薬の使用前日数等の確認と作業精度が重要である。また、農薬の保管庫も必ず用意し法令を遵守した扱いとする。
- いちごは、草姿形態から農薬が葉の裏に付着しづらいため、散布確認は感水紙を用いて行い効率的な防除技術を確立する。使用する農薬散布機は、葉裏までむら無く散布できるようノズル角度調整や水圧調整機能を備えていなければならない。また、温室内は清掃に努め清潔に保つことも重要である。



門型農薬散布機



エアーカーテン



多ベンチ同時防除機



人力手押し掃除機

(8) 予冷库

- コールドチェーンを確立するために、集出荷施設に選果前、選果後の予冷库は必須である。
- 鮮度保持技術は、日持ち性が向上し遠距離輸送を可能とするため最も重要である。
- 予冷库は、通風予冷方式で5℃が十分維持できることが求められる。また、選果場は作業効率も考慮し18℃程度に管理されることが望ましい。

【収穫から出荷までの作業フロー】



ゴム手使用の収穫



収穫後 15 分以内に予冷開始



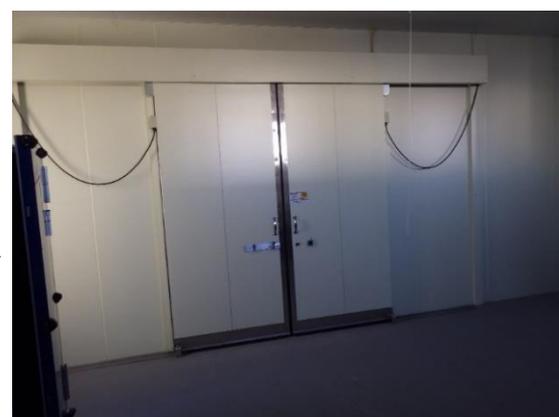
出荷前予冷库へ運搬



選果前予冷库



機械選果作業



出荷前予冷库

(9) 付帯施設・設備

- いちごの収穫残渣は、風乾で1株当たり400～500gある。これらの残渣を処理するための堆肥場と農業用資材保管用の一般的な農業用倉庫も必要である。
- 更に、資材運搬用のフォークリフト、トラック、除雪機、環境整備用のトラクターの格納庫も付帯施設として準備すべきである。
- 木質チップボイラーを導入する場合は、燃焼効率を図るためにチップ一次堆積所兼乾燥調整所を設けることが必要である。
- 温室周囲や取り付け道路の舗装の実施が望ましい。路面の凹凸はトラック運搬作業による果実表面のすれ、おせ防止となる。また、埃の舞い上がりによる温室側面への汚れ防止にもなる。
- 実験室は各種調査を行うために必要である。社員教育の視点からも整備すべきであり調査、実験学習の場を設けるべきである。また、研修室、会議室、ミーティングルームも併設したい。

調査実験室

- ・果実品質調査：糖度/酸度計、果実硬度計、色彩色差計
- ・植物体栄養診断：小型光度反射計
- ・給液・廃液診断：pHメーター、ECメーター
- ・花芽検鏡：実体顕微鏡（2台）
- ・葉色調査：葉緑素計
- ・試薬棚
- ・実験台・椅子
- ・ノートパソコン
- ・プロジェクター



各種調査用機材器具

環境制御用調査機材

- ・照度計(lx)
- ・光合成光量子束密度計 (PPFD 値)
- ・炭酸ガス濃度測定機
- ・デジタルカメラ
- ・連続撮影カメラ
- ・温度・湿度・照度自動記録計



果実品質調査作業

(10) その他設備

- いちご栽培は労働生産性の低い作物である。したがって、多くの雇用が必要となる。個々の従業員には効率的な作業が求められるため、休息、休憩時における快適な職場環境を整え従業員へ配慮した厚生施設を整えることが必要である。

従業員用厚生施設・組織の例

- ・ 休憩室：昼食（椅子・テーブル）
- ・ 休息室（和室）：体調不良者休養
- ・ 洗面所：作業前・作業後の手洗い
- ・ トイレ：男女別水洗トイレへ
- ・ 更衣室：男女別・個人ロッカー
- ・ 玄関：下足ロッカー
- ・ 飲み物自動販売機
- ・ テレビ（昼休憩）
- ・ 親睦会

4. 経営収支の検討

(1) 売上の検討

- 売上は、定植株数×株当たりの収量×単価により算出される。
- 売上は、販路のニーズを踏まえたうえで、この最大値を確保するハウスやベンチ、作型、品種の選択を総合的に行う必要がある。

表 4-1 4ha での売上試算例（生産技術導入マニュアル等から類推した独自試算）

施設	総面積		4	ha
	棟数	28連棟（4連棟ずつ分割=1エリア）	28	連棟
	ブロック数		2	ブロック
	ベンチ数	南北各6列	12	列/棟
	ベンチ当たり株数	一季：とちおとめ、よつぼし	400	株/ベンチ
四季：すずあかね		300	株/ベンチ	
作型	作付品種	一季：とちおとめ、よつぼし	28	棟
		四季：すずあかね	28	棟
	株数	一季：とちおとめ、よつぼし	134,400	株
		四季：すずあかね	100,800	株
品種別1株目標収量		1	kg/株以上	
価格	単価		1,680	円/kg
	季節変動		なし	
シミュレーション	品種別収量	一季：とちおとめ、よつぼし	134,400	kg
		四季：すずあかね	100,800	kg
	年間収量		235,200	kg
	売上		395,136,000	円

※ 本表は、試算項目などを検討するものとして示したものであり、経営シミュレーションを行ったものではない。

(2) 生産原価・販管費等の検討

①種苗費

- 作型、品種の選択とベンチ当たりの定植株数により必要種苗数が算出される。
- また、種苗を自社で生産するか、購入するかを選択も生産費に影響する。種苗を自社で育成する場合は、育苗ハウスや健苗を生産できる人材の確保など、減価償却費や人件費、動力光熱費等のコストを算出する必要がある。

②燃料費

- 北海道においては温室の加温に係る燃料費が経営を左右する大きな要因となる。
- 冬季の外気温に対する室内の昼夜温度の暖房条件を正確に把握し、地域状況に合わせてコストを抑制できる暖房方式の選択を行う必要がある。

③人件費

- 例えば、管理者 1 名の下に、作業員 20 名程度で 1 ユニットに組むことを想定し、必要

作業員数の算定を行うなど、目指す組織づくりに合わせて人員数及び社員、パート等の雇用種別を検討し、人件費を算出する必要がある。

- 例えば、苦東ファーム(株)のように2haハウス、2棟の場合、「統括(社員)」1名のもと、「生産管理者(社員)」2名、パート従業員(パート)2ユニット×20名、さらに、「選果(社員)」に2名、営業に「1名(社員)」の社員数6名、パート40名の合計46名体制のような考え方もありえる。

④減価償却費

- ハウス整備、栽培ベンチ、その他必要な設備群について、投資額と法定耐用年数から減価償却費を算出し、事業収支計画に計上する。

(3) 事業収支の検討

- 売上の検討とコストの検討から、早い段階で事業収支の検証を行い、収量や販売単価、人件費や減価償却費の元となる初期投資額の見直しなど、修正可能な係数を調整しながら、目標の収支に到達できるか確認する必要がある。
- 留意すべきは、太陽光利用型の大規模施設園芸は、天候に左右される面があるため、収量や燃料費等の変動を想定した計画づくりが必要である。

(4) 限界となる初期投資額の算出

- 事業収支のシミュレーションから、借入れの返済額を吸収できるだけの妥当な利益と減価償却費を算出し、初期投資額の限界を逆算する。
- この限界となる投資額に見合ったハウスや設備がメーカーから提供可能か確認する。

(5) 栽培データの収集

- 大規模施設園芸では、各種センサーによる計測データ、作業記録データ、選果機からの果実データ、生育調査による植物計測データ、出荷データ等が日々大量に取得され、特に10~20数棟に及ぶ多棟管理においては、膨大なデータとなる。
- これら異なる分野のデータを時系列で統合し、また管理指標となるよう整理することが、高度環境制御による生産性向上には必要であり、これらの手法や事例を示す。

表 4-2 収集する栽培データの例

環境計測データ	作業記録データ	生育調査データ	収穫・選果 出荷データ
・屋外気象 ・屋内気象 ・培地・培養液 ほか	・作業実績 ・作業速度 ・作業品質 ほか	・葉数 ・草丈 ・着果数 ほか	・収量 ・果実重 ・糖度 ほか

①作業別の標準作業時間 (ST) の設定

- 施設の安定生産を実現するためには、厳密な作業指示が出せる体制づくりが必要であり、その核となるのが作業別・工程別の「標準作業時間 (ST)」の設定である。

- この時間を割り出すために収穫作業や選果作業などの作業データや収量データ等の収集を継続する必要がある。
- また、作業効率は繁忙期に上がり、閑散期に間延びする傾向から、常に繁忙期並みの意識を醸成するための能率データの従業員への開示も必要となる場合がある。

②収穫の予定数量

- 営業側では年間の販売計画を立て、お客様ごとの商談を行う。収穫予測が難しい面もあるため、生産部門と販売部門との十分な連携を行う仕組み作りが必要である。
- 事業計画目標数値をベースに、日量出荷、生育状況、環境データから現実的な数値を推計する。

③作業計画の立案

- 作業計画表を作成し、パート従業員のシフト表を作成、班の中で収穫、選果、出荷作業を実施、そして実績という流れから PDCA サイクルを構築する。
- 班編成、月別・作業別の作業計画表により、月間・週間・毎日の厳密な作業指示内容の現場への落とし込みが重要である。

④作業データの収集・分析

- 作業項目別の管理作業に係る人日数や標準作業時間を割り出すため、パート従業員全員が「日報」等により作業を自己申告し、会社として ST の基礎データ化を図る。
- 人員や作業時間の効率化等につながる圃場内のアナログデータの収集が対象。
- 次の段階として、日報を従業員当たり収量、時間、選果製品率班ごとの報告としてもらう方向へ。これにより、例えば、明日は 15 分短縮などの班の能率目標を設定できる状況をつくる。

⑤圃場情報の収集

- パート従業員から社員は、ア) 病害虫などの発生の報告、イ) 果数情報の報告、ウ) 圃場内の改善点等を報告事項とする。

5. 組織づくり・雇用の検討

- 施設の規模拡大に伴い、従業員も大幅に増加、意思伝達や伝達内容の正確性をいかに保持できるかの課題に対し、労務管理が収益等に与える影響力は極めて大きい。
- 企業的方法も導入し、皆で話し合いを持ち、解決方向を探る新たな管理方法の導入が望まれる。

(1) 求められる人材像

①農場長

- 圃場全体のバランスを見ることができる経験や知識がある人材である。
 - ・いちご栽培実務経験が複数年ある。
 - ・基本技術が習得されている。
 - ・社会経験があり、マネジメント能力がある。

②社員

- 社会経験があり、少なくとも下記に関する知識を有し、マネジメント能力がある人材が望ましい。
 - 作付け前に栽培管理講習を受け、基本知識を習得する。
 - いちごの部位名称
 - いちごの生理
 - 導入される作型と作業管理

(2) 従業員の募集について（苫東ファーム(株)の事例）

- ノウハウの蓄積が非常に重要なので「社会保険完備のフルタイムパート」を集めている。
- これだけの従業員を募集するためには、人口数が多い都市近郊での立地が望ましい。
- 次世代施設園芸北海道拠点である苫東ファーム(株)では、40名～50名の人材確保を行っている。
- 機械等を動かす工場と異なり、「いちごの生産」に少なからず関心のある者を採用し、積極的に効率化を図ることができる人材を確保することが重要である。

(3) 社員・パート従業員の技術力向上

- パート従業員は、日ごろの作業での作物生育などを把握する「情報アンテナ」として、病害虫の発生やいちごの収穫判断を早期に気づき対処できるかどうか非常に重要である。
- また、社員と同様に、ア) 作付け前に栽培管理講習を受け、基本知識を習得する、イ) いちごの部位名称、ウ) いちごの生理、エ) 導入される作型と作業管理、に関する知識を持つことが必要である。
- 次世代施設園芸北海道拠点である苫東ファーム(株)では、農業改良普及センター等の外部専門家の指導により、パートを含む従業員向けに、観察、実技指導、座学を行うなど、知識レベルの向上を図る取組が行われた。

- 特に作業指示内容を理解し適確に作業を行うために必要な基本的知識として、いちごの生理や部位名称をといた項目から講習を行うことにより栽培技術習得の効果が期待できる。

(4) 外部専門家の支援の必要性

- 外部専門家が一定期間、大規模施設園芸の技術支援や相談を受ける体制とすることも、生産管理者の相談役、従業員の指導役としても非常に大きな効果をもたらす。
- 生産活動が軌道にのった後も、継続的に相談や情報交換を自発的に行うことにより、不測の事態等にも対応できると考えられる。
- 苫東ファーム(株)においては、農業改良普及センターが平成 27 年～平成 30 年 3 月までの 3 か年、生産活動を軌道に乗せるため、重点的な技術支援が行われた。

(5) 組織づくり

①組織体制やルール化

- 生産管理における適期作業や販売対策への対応などの人材育成は必要であり、組織づくりのためには、以下の特性を検討することが重要である。
 - 組織の専門分化
 - 指揮命令系統の徹底
 - 伝達内容受け渡しや確認のルール化
 - PDCA サイクルの確立
 - 個々の従業員の役割の分担や平準化

②責任体制

- 生産管理すべての対応を生産部が担っているのが現状であるが、専門性の向上かつ分業化が必要となり、適切な人数での安定した作業環境が求められる。
- 生産部門は作業内容やエリアなどに分けるなどにより、リーダーを育成・配置するなどの体制づくりが望ましい。

③班構成（苫東ファーム(株)の事例)

- 苫東ファーム(株)は、品種・作型ごとに 5 班で編成している。
- すずあかね班（3 エリア× 2 班）、とちおとめ班（4 エリア）、紅ほっぺ班（4 エリア）、選果班の 5 班編成が基本。これに施設設備班が兼務の形で加わる。
- 固定メンバーは 4 名（班長、副班長、他 2 名）。その他のメンバーは流動的となっている。
- 全体は 45 名体制を想定。8～9 名の班編成としている。
- 育苗は、品種の班ごとに苗班を設置するのが責任体制上も合理的である。人数が足りない場合は別の班から補充するなどの方策を考える。

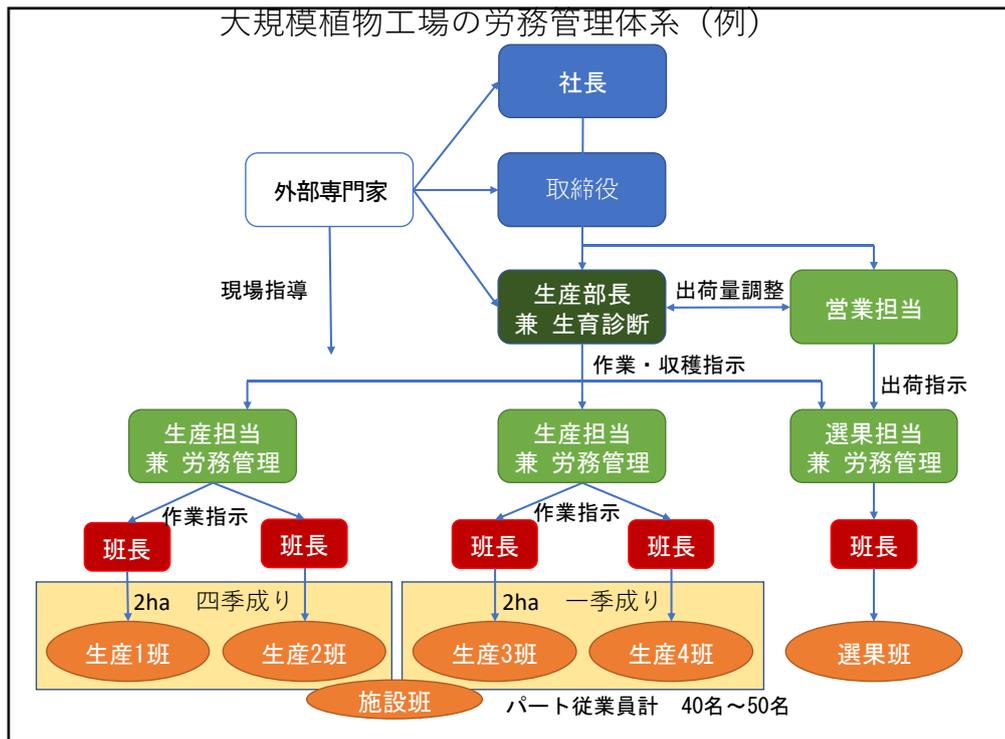


図 5-1 大規模施設園芸の労務管理体制の例

④班長

- 班長、副班長はパートの中からスキルや安定性、人間性を考慮し指名し決定する。
- 生産管理における班長の役割は大きく、各種の研修機会や話し合い、生育調査を通して班長同志の技術や知識水準の向上を図ることが重要である。
- 苫東ファーム(株)では、農業関係の経験者が少ない中、能力の高い従業員をリーダー役に配置するなどの工夫をしている。

⑤班編成

- 班の単位で、どの程度個人差を補完しあいながらチームワークで成果を挙げられるかが重要となる。
- シフトは、1か月前に希望を出し、本人に決定権がある。班同士で休みが取れるような相互補完を行っている。
- 従業員から「改善・提案シート」を上げてもらい、一番良い提案については、社長賞を設けるなど、班の一体感の形成に重点を置く方法をとることも効果が期待できる。

⑥個人の力量評価

- イチゴ栽培においては、定植～収穫・選果までの習熟度や力量を 5 段階で評価し、最終的には給与の職能給制度までもっていき、プロパーへの登用も視野に入れることなど、力量による待遇の変化なども検討する必要がある。
- 特殊な能力を発揮する作業の場合には、特殊作業手当での支給なども検討する。

(6) 円滑な情報伝達と共有

①全体の情報共有

- 生産部門の打合せや施設内巡回などを行い、情報共有に努めることが重要である。
- 指示は班長から個人へという流れを構築し共有事項がある場合も、必ず班長に伝達する。
- 指示内容は、月単位で計画し、週に1回の班長ミーティングを実施し詳細の確認を行う。
- 問題がある場合は、随時社員に報告が行われる。

②収穫・選果・出荷情報の調整

- 受注情報は、選果チームから、1週間分の出荷予定を組む。
- 当日の出荷量は、この収穫予定数量をもとに打合せを行い、生産部長から各生産担当へ、さらに選果担当から選果チームに出荷予定数量を指示という流れを構成する。

③栽培工程管理による安定した品質の実現

- JGAP、GGAP等の定式化された工程管理規格の導入や、任意の栽培管理システムを導入による作業工程の「見える化」が必要である。

(7) 従業員の就業意欲の活性化

①効率の向上等に報いる方策

- 効率を上げることは重要であり、個人も班も、成果を出した際には、恩恵があることを実感できるような取り組みを入れたい。
- 従業員間や社員の懇親を深めるため、食事会や旅行等を取り入れ、福利厚生充実を図ることが必要である。

②働きやすい就業環境

ア) 休日

- 4週6休が基本で日曜日は全休とするなど定期的な休日設定によるゆとりある就業環境の設定に努める。

イ) 休暇取得

- 休暇はできる限り希望通りに取らせることを基本とする。
- 正社員の中でも家庭のある女性の場合は、労働時間数や休日を多くとれる別枠を設けるなどの工夫も雇用確保につながると期待できる。

ウ) 残業

- 残業時間を作らないように、管理者が平準化できる工程管理を綿密に準備することが重要である。一部の需要期を除き、常に平準化されるように作型を調整するなどの工夫が必要である。

エ) その他

- 個別面談などのコミュニケーションによる職場環境課題の収集・改善を行うとともに、うまくやれる人、やれない人を踏まえ、人間関係の把握を行い、不要なトラブルとならないよう、管理者は注意することが必要である。

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

次世代施設園芸北海道拠点関係機関一覧

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)
地方独立行政法人 北海道立総合研究機構【道総研】 (農業研究本部 花・野菜技術センター)
苫東ファーム株式会社
株式会社GB産業化設計
富士電機株式会社(パワエレシステム事業本部)
株式会社ウシオ電機(技術統括本部新規開拓室)
北海道胆振総合振興局 胆振農業改良普及センター東胆振支所 ※～H29
北海道農政部(生産振興局農産振興課・技術普及課)

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。