平成 30 年度次世代施設園芸地域展開促進事業
事業報告書（別冊 4）

農業用ハウス設置コスト低減のための事例集

平成 31 年 3 月

一般社団法人日本施設園芸協会

目次

はじめに 3

１章　設計コンサルティングに関する事例

1. 事例調査の目的 4

2. 施主代行の事例 4

3.　施設建設の設計コンサルティングの事例 5

２章　低コスト化技術導入に関する事例

1. 事例調査の目的 8

2. ガター圧延加工装置導入事例 8

3. ハウスリノベーション事例 1（ハウスかさ上げ工事） 9

4. ハウスリノベーション事例 2（外面被覆 2 重化工事） 12

5. ユビキタス環境制御システム(UECS)の導入事例 13

３章　損益分析と経営モデル・投資効果

1. 分析の目的 16

2. 損益分岐点分析 16

3. 経営モデルと投資効果 19

４章　低コスト化事例

1. 事例調査の目的 25

2. 設計段階での低コスト化事例（栃木県） 25

3. 低コスト化のための海外ハウス導入例 28

4. 低コスト化のための基本設計例（高知県） 33

５章　資料編

1. 農業用ハウスの設置コスト低減に向けた技術提案例 37

2. 施設資材の機能・仕様の選定のポイント 39

はじめに

農業用ハウスの設置コストは近年上昇をしており、今後も各種原材料費の上昇や、人手不足に伴う施工費の上昇が懸念される。一方で施設野菜等の農産物の価格はデフレ下で上昇傾向には無く、施設栽培生産者の設備投資に対し収益性の確保や、持続的生産や拡大再生産の可能性について、改めて検討が必要と思われる。

本報告書では、発注者側の要求仕様や施設設置環境に適した仕様を整理し、施設導入コスト低減を目指す設計支援業務についての検討を行う。また、再生産が可能な投資限界について分析を進めるとともに、低コストで設計、施工した大規模施設の事例を収集し事例集として取りまとめる。

本報告書の取りまとめにあたっては、全国の施設設備の設計施工に携わる事業者の方々や、実際に発注者として施設設備の仕様策定や発注に携わり、ユーザーとしても利用をしている生産者の方々のご協力のもと、各種調査を実施した。また調査結果にもとづく検討は低コスト化検討専門委員会により行った。

低コスト化検討専門委員会　委員（敬称略）

委員長　千葉大学大学院園芸学研究科　教授	丸尾達
委員　農研機構野菜花き研究部門　野菜生産システム研究領域　生産工学ユニット長	岩崎泰永
委員　静岡大学学術院農学研専攻　教授	鈴木克己
委員　(株)にいみ農園　代表取締役	新美康弘
委員　(株)東馬場農園　代表取締役	東馬場怜司

なお、3章　損益分析と経営モデル・投資効果の 2.損益分岐点分析については、専門委員 2 名（敬称略）のご協力により取りまとめを行った。

農研機構西日本農業研究センター　農業経営グループ　主任研究員	大室健治
農研機構中央農業研究センター　農業経営研究領域経営計画グループ　上級研究員	田口光弘

１章　設計コンサルティングに関する事例

1. 事例調査の目的

発注者が適正な仕様と金額で入札や発注を行うためには、設計段階で検討すべき事項を整理し、発注時の無駄やコスト増を回避するような設計コンサルティング機能が必要である。系統組織が行う施主代行は、その目的に合致していると考えられ、以下に紹介する。

2. 施主代行の事例

2.1 施主代行の概要

施主代行とは、系統組織が施主が行う施設建設に関わる業務を施主の立場で支援することであり、栽培を行う園芸施設の工事では基本設計の作成、実施設計の検討、工事の施工と施工管理が主な内容である。

園芸施設の建設工事では、施工業者が実施設計と施工を一体となって行う製造請負工事が特徴であり、設計事務所による実施設計と施工業者による施工が分離された一般の建設工事との違いがみられる。製造請負工事に必要な基本設計を作成することが、施主代行の最初の目的となる。

2.2 基本設計の作成

施主代行は、施主に代わって基本設計を作成するもので、そこでは施主の意向や土地条件、作物や栽培方法、温室や内部設備の機能などを総合的にとらえ設計を行っている。そのため、設計や施工の実績とノウハウが求められるが、施設園芸産地の系統組織が実績を持つ例が多い。また施主側には基本設計をまとめる知識や能力が無い場合が多く、施主の意向を十分にくみ取って、適切な基本設計を進めることになる。この段階で余分な機能、性能が無いかを検討することで、発注時の無駄を防止することが可能であるが、そこでは施工の実績やノウハウが必要とされる。

基本設計においては、温室や付帯設備などの項目ごとに必要とされる機能や性能を中心に整理する必要があり、あまり具体的な内容（例えば温室の支柱の形状、材質など）までは指定していない。具体化しすぎると施工業者側の設計上の自由度が狭まり、技術的な提案や工夫の余地が少なくなり、結果的に良いものを適切な価格で提案できる可能性を下げることになるためである。

2.3 業者の選定と実施設計の検討

製造請負工事を行う上で、複数の施工業者に見積依頼をする必要がある。そのために依頼先を選定したり、補助事業では一般競争入札による公告を行う。各施工業者から提示された実施設計内容と見積金額を比較検討し業者選定を行うが、必ずしも金額の一番安い業者が選定されるとは限らない。提案内容と基本設計内容の整合や、より良い内容があるかどうかなど、様々な視点での検討を行うものである。

2.4 工事の施工と施工管理

業者選定後は工事請負契約を締結、施工を開始し、工程会議の実施や工事現場の施工管理を施

主に代わり実施する。竣工検査、試運転後に施主への工事物件の引渡しを行うが、その後の保守等のアフターサービスにも対応する。

2.5 施主代行の事例

JA 全農とちぎでは、施主代行によるハウス建設を年間平均 10 件ほど行っている。栃木県は低コスト耐候性ハウスがいち早く普及しており、工事実績も豊富である。またヒートポンプや養液土耕設備、作業省力化のための台車等の付帯設備の導入も盛んに行われ、そこでは施主代行による設計や施工が行われている。施主代行の手数料は工事代金の数%である。また JA 全農とちぎでは、他県の系統組織に対する施主代行の指導も行っている。実際に施主代行の業務に当たっている担当者は少数であるが、若手の担当者もおり業務内容やノウハウの定着がはかられている。

2.6 まとめ

施主代行では、基本設計を行う上で、様々な温室の構造や、多くの付帯設備や配線配管が交差する温室内の状況を熟知していることが求められるが、そうしたノウハウが蓄積した施設園芸産地の系統組織では、適切で無駄のない基本設計が行われ、その後の製造請負工事の実施も円滑に行われている。同様な業務を行う民間企業は現時点では見られず、産地では信頼の高い業務と考えられる。

参考文献：施主代行実務マニュアル（平成 29 年 9 月改定）、全国農業協同組合連合会

３．施設建設の設計コンサルティングにおける検討内容の例

施設設計のコンサルティングの例として、AGS㈱代表取締役の向後武彦様に、コンサルティングの際の検討内容について、平成 30 年 6 月 6 日にインタビューに伺った。以下はその概要である。

3.1 調査先における施設設計コンサルティングの実施状況

・施設設計コンサルティングの依頼は、ほぼすべて企業からである。約 10 年前から、年間 5 社くらいで 50 社程度相談を受けてきた。このうち、10 社以上が実際に事業として動き出している。人工光型植物工場の事業の相談は多いが、その多くは相談のみで終わっている。

・コンサルティングの費用については、太陽光型や人工光型の生産施設の事業全体を受注する場合には、各メーカーが提案してきた仕様について検討を行っているが、とくに費用を設定して実施はしていない。事業全体を受注しない場合については、相談がきたときに簡単な助言のみ無償で行っており、詳細なコンサルティングを有償で行ってはいない。

3.2 施設設計コンサルティングの前段階で重要な事項

・事業の仕様の検討の前に、まず事業の目的・性格を確認が重要である。目的が生産・販売の場合と、地域雇用創出などでは、適する施設の仕様は大きく異なる。

・土地の確保の方法から相談されることも多い。ある県において事業を計画しているので用地を探して欲しいなどの話が来るが、遠方の県では動くことは難しい。

3.3 コンサルティングの対象・作目

・仕様設計のコンサルティングに必要な期間は、正式に契約した後では３ヶ月程度が目安である。

・相談を受ける作目はトマト、イチゴが多い。太陽光利用型施設の水耕の葉菜類の栽培は、人工光型との競合があるので、あまり推奨していない。ミズナ、コマツナは太陽光型でできるので人工光型では推奨していない。

・トマトでは普通トマトでは将来性が不安定と考えており、フルーツトマトを推奨している。果菜類の仕立て方法は低段栽培もあるが、本来は長期多段栽培が基本と考える。トマトの長段栽培は食味がよいから推奨している。栽培方法として相手方からアイメック方式を指定される場合もある。

3.4 施設本体・付帯設備の仕様のコンサルティングで重要な事項

・海外のハウスは安いが、そのままでは気候条件に合わない部分がある。たとえばスペイン製ハウスでは、日射透過は優れているが、そのままでは積雪や雨樋の排水能力、耐風性(被覆フィルムの止め方)などに問題がある。外国のハウスの例では、構造材が熱膨張して外壁が傾いて変形した例も見ている。

・外国製ハウスでは、可動部分(モーターなど)のトラブルの際にコストや時間の問題がある。外国製品は故障すると取り寄せるのに期間がかり、たとえば１台 40 万円で輸送費が 40 万円も必要なこともあるので、事前の対策として、施設全体で１回分交換できるだけの在庫を初めから確保するようにしている。

・メーカーが設計してきた設備仕様を見ると、空調設備などではほとんどが設備過剰と考えられる。(ホウレンソウでヒートポンプなど)

・カーテンについては必須設備と考えており、二重・三重も必要ならば設置すべきで過剰投資とは考えていない。

・人工光型施設に関しては、既存の工場施設のリフォームの相談も伺うこともあるが、たとえば体育館を利用した人工光植物工場などは合理的でなく、最初から合理的に設計する方がコストも安い。

・バイオマス燃料は地域の未利用資源の利用(間伐材や竹林廃材など)が基本で、遠方から輸送するのはコンセプトが根本的に違うと考えている。バイオマスで電気が利用できるようになると強い。農地での発電も今後が期待される。

3.5 施設設計にかかわる問題点や方向性

・企業の自社敷地内に太陽光利用型植物工場を建設する際に、地目が準工業地域だから県の建設主事からだめだと言われ、事業開始まで１年以上経過した例もある。自分の敷地内での話しであるので、制度的な改善が必要と考える。

・人工光施設では、空調や動線などで、まだ合理化の余地が多くある。作業の自動化は大きな課題で、現在 100 人必要とすれば将来は 30 人くらいまで、7 割削減できるようになるのではないか。そのようにしたいと考えている。

・植物生理を理解して運用することが非常に重要である。品種を変えると最適な栽培方法が変わ

るし、同じ品種でも種子の状況によって成育にバラツキが出る。
・人工光型施設の病害虫対策に関しては、とくに虫害はルールを守れば侵入しないはずである。施設の出入りは必ず２人一組で行うなど、１人にしない運用ルールも有効と考える。

3.6　まとめ

以上のようなコメントを頂いた。経営方針や作物特性を十分に考慮した施設設計・仕様の選定ができると、ハウス建設メーカーのみの設計で施設を導入する場合に比べて、過剰投資が抑えられ、非常に有効であると考えられる。

２章　低コスト化技術導入に関する事例

1. 事例調査の目的

農業用ハウス施工の低コスト化や高機能化に資する技術について、現場での実施実態の情報を事例として紹介する。ハンギングガターの新規設置の手法、既存のハウスを高機能化するリノベーション技術(軒高のかさ上げ工事、屋根面被覆の二重化工事)、および低コスト環境制御システムとして、ユビキタス環境制御システム(UECS))を取り上げた。

2. ガター圧延加工装置導入事例

2.1 調査概要

栽培ベッドとなる吊り下げ式ガター(ハンギングガター)の成型を施工現場で行うための装置導入事例について、ハウス建設企業を調査した。調査先：イノチオアグリ(株)　設計工務部

2.2 施工工期・コスト

（施工実績：箇所、面積、工期、施工費等）

調査対象の企業ではガターの成型機械は所有しておらず、オランダあるいは韓国から輸送している。コスト的には 6,000 ㎡程度の規模以上でガターの方が安くなる計算になるとのことだが、実際には 6,000 ㎡よりも大面積での施工が多い。施工期間は 1ha についてガターの加工・取付けは 1 日でできるが、吊り下げトライアングルなどの下準備には 10 人×10 日くらい必要である。写真は宮城県での施工状況である。

（コスト）

オランダ等から機械移送し施工する場合と、国内機械を利用する場合との運賃やコストを比較している。国内の他社では、ガターの溝部分だけの圧延加工機の利用を始めているところがある。設置コストは、海外から圧延加工機を輸送する方式で 4,500 円/m 程度である。国内機で加工・設置する方式としても、これより大幅に安くできるかどうかは不明である。

2.3 施工実績

施工実績は新規の 10 棟くらいで 20ha 以上になる(2003～2017 年)。すべてトマトでイチゴはない。圧延加工機の外形サイズは、オランダ製では全長 3m 程度だが、韓国製では 4m 程度で巨大である。イチゴについては、大規模生産が少なく、培地ベッドも発泡スチロール製が主流であるので、今のところガターが急速に普及する動きは感じられない。

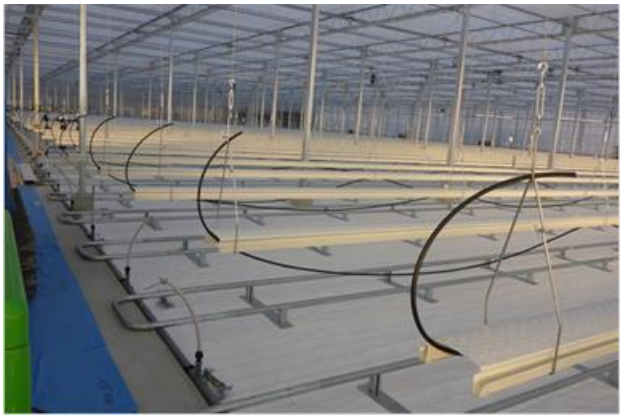
2.4 今後の課題

調査企業からは特に課題はあげられなかったが、今後、わが国でのハンギングガター設置の低コスト化を進めて行くには、成型機を国内で保有する方策を検討する必要がある。

中央通路に配置したガター成型機（宮城県）

成型機への鋼板コイルの装填

成型されたガターの押し出し



つり下げられたガター

ガターの設置完了

その後の栽培状況

3.　ハウスリノベーション事例１（ハウス軒高のかさ上げ工事）

3.1 調査概要

既設の低軒高ハウスを、支柱のかさ上げにより高軒高ハウスにするためのリノベーション事例を調査した。調査先：イノチオアグリ（株）　設計工務部

3.2 施工条件(柱サイズ、形状、施設の大きさ、かさ上げ高さ等)

かさ上げ高さは原則として、屋根型ハウスで 500～1000mm、丸形ハウスで 500mm までとしている。柱サイズに縛りはない。

3.3 工期、コスト

屋根をそのままにして柱高をかさ上げする場合で、必要な工期は 10a のハウスで 2 週間程度。施工コストは仕様により異なるが、10a で 600 万円程度が目安となる。

3.4 施工実績

2003 年～2017 年までで 76 件施工した。10a 程度のハウスが多い。愛知県内での施工多いが、九州や関東にも実績がある。

これまで手がけた最大の間口は 13m、最大のかさ上げ量は 1,200mm、最大のハウス面積は 4,500㎡であった。改修するハウスは 12 年～15 年経過以上したものが多いが、改修により、さらに 10 年以上は使うと考えられる。2013 年以降、施工実績がやや少なくなっている。近年も軒高をかさ上げしたい要望は高いが、小さいハウスの場合には、かさ上げ工事だけ実施しても、大型ハウスのような作業性の改善が不十分なので、改修としては不十分と考えられているかもしれない。

栽培方法の変更(仕立て方法)の要望に対応してかさ上げすることもある。作目はトマト、キク、バラ、鉢物である。土耕栽培のハウスが多く、トラクタが大型化して、頭上高さが必要になったため、かさ上げする場合も多い。

かさ上げによる強度の変化は、構造計算は可能で、耐風性の変化の程度に関する情報は提案時に施主に説明して納得して施工している。

かさ上げ施工と同時によく行われる工事は、カーテンの追加や、自動防除装置の追加、側面妻面巻き上げを１段～２段に改修する例が多い。かさ上げして装備を追加すると、新規ハウスと機能的にはほとんど変わらなくなる。ガラスハウスの施工例も 10 件くらいある。ガラス室では、パテの劣化にともなってかさ上げ工事と同時に被覆をフッ素系フィルム(エフクリーン)に変える例もある。

かさ上げ工事の後の施主の満足度については、栽培環境・使い勝手の両面で満足度は高い。

3.5 今後の課題

工事の際に、屋根面などのガラスの割れることはほとんどない。妻面ではズレが生じることもあるが大きな問題にはならない。かさ上げしても、基礎の補強ができればハウス全体の強度を維持してかさ上げができると考えられるが、技術的には可能であるが、コスト面から現実的に強度を維持して実施することは難しい。

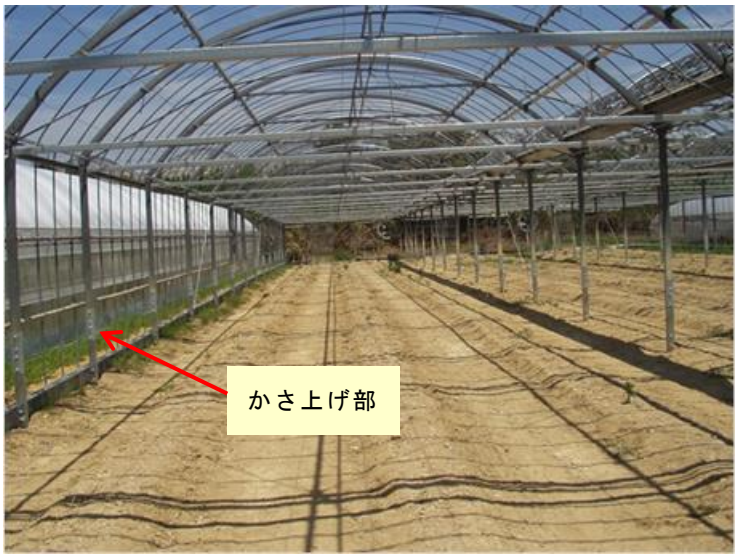
ガラス室の軒高のかさ上げ例（愛知県田原市）

ガラス室の軒高のかさ上げ例（愛知県田原市）

ガラス室の軒高のかさ上げ例（愛知県田原市）

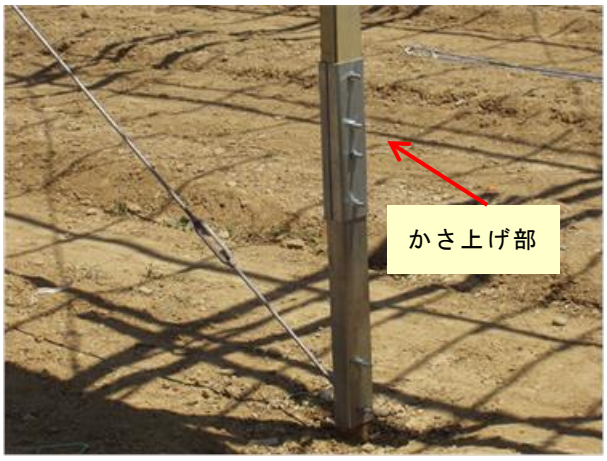
ガラス室の軒高のかさ上げ例（愛知県田原市）

屋根型ハウスの軒高のかさ上げ例
（愛知県田原市）



丸型ハウスの軒高のかさ上げ例（愛知県豊橋市）

丸型ハウスの軒高のかさ上げ例(愛知県豊橋市)



丸型ハウスの軒高のかさ上げ例(愛知県豊橋市)

4. ハウスリノベーション事例 2（外面被覆 2 重化工事）

4.1 調査概要

ハウスの保温性向上などを目的に、既存の外面被覆が 1 重であるものを 2 重化する工事を行った事例を調査した。

調査先：イノチオアグリ(株) 設計工務部

4.2 施工条件

丸形ハウス、フェンロー型ハウスでは、複層化の工事は難しい。内張り式による改修が多く、外張り式の改修では、ガラスの補修がしにくくなる。またガラスのパテ劣化などによる雨漏り対策として、内張式で 2 重化することも多い。

4.3 工期、コスト

施工コスト・必要日数は、10a で 600 万円 10 日程度が目安である。既設ハウスに対する二重化工事は、新設ハウスで最初から 2 重で設計するよりも割高となる。

4.4 施工実績

新設ハウスでの 2 重化設計は 10 件程度だが､既存ハウスの 2 重化は 30 件程度の実績がある。10a 程度のハウスが多く、オオバ栽培ハウスでの施工実績が多い。

2 重化での組み合わせとしては、ガラス＋フッ素樹脂フィルムが多い。フィルムは薄い 50～60μm 厚のものを使用する。

壁面の 2 重化は行わず屋根面だけ実施する場合が多く、一層カーテンのハウスの屋根面 2 重化を施工することが多い。

冬場の保温性向上や雨漏り対策、ガラスの落下対策などの効果があり、施主の満足度は高いとのことである。

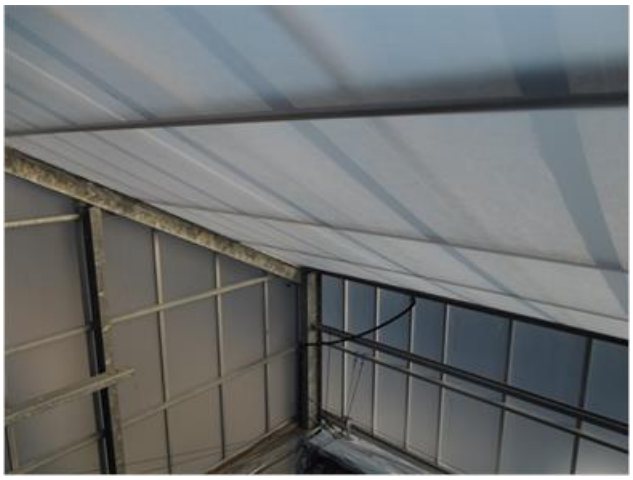
4.5 今後の課題

既設ハウスの 2 重化工事では、現場の状況にあわせて対応するので 2 重化する方法の検討に時間がかかり、作業量も予想以上に大変なことが多い。2 重化による暖房の節減効果については、計算して施主に説明している。

ガラス外側の二重化の例(愛知県豊川市)

内側の二重化の例(静岡県湖西市)

内側の二重化の例(静岡県湖西市)



内側の二重化の例(静岡県湖西市)

5. ユビキタス環境制御システム(UECS)の導入事例

ユビキタス環境制御システム(UECS)は、ハウス環境制御機器ごとに計装用小型コンピュータを組み込んだ IoT 型で、ネットワーク上で相互に通信して動作するシステムである。各制御機器はノードと呼ばれ、ノード間の通信規格は標準化されて公開されている。UECS の通信規格であれば、どこの企業のセンサ／制御機器でも高い互換性で UECS 上で動作させることができる。UECS の規格の管理や技術的な検討は、企業、試験研究機関、大学、生産者などが会員である UECS 研究会(正会員 37 機関、個人会員 36 名、事務局：近畿大学生物理工学部)で運営されている。

現在、UECS 製品として、大型・大規模施設向け、中小規模向け、小規模・自作(DIY)用の製品が市販されており、生産現場で利用されている。まだ製品が大量生産により低コスト化するまでには至っていないが、特定の企業の活動に制約を受けず、今後の高機能化・低コスト化が期待でき

るシステムである。なお、自作(DIY)用のキット製品が、（株）ワビットおよび（株）サカタのタネから販売されており、講習会も全国各地で年間数回の頻度で行われている。

5.1 調査概要

和歌山県日高川町のミニトマト産地（約 32ha、259 戸）において、11a の岩田氏のハウスに UECS が導入されているので、その状況を調査した。

・栽培ハウス　低コスト耐候性ハウス、間口 8m×47m×3 連棟(1,112m^2)
・栽培作物・品種　ミニトマト・アイコ
・栽培概要　8 月下旬定植、10 月下旬～6 月末収穫、作付け終了後に太陽熱土壌消毒
・主な設備　サイド巻き上げ、谷換気、保温／遮光兼用カーテン、温風暖房機、循環扇、養液土耕装置
・環境制御・モニタリング機器
　局所加温装置(生長点加温)、CO_2 発生機
　複合環境制御盤：Yoshimax(三基計装社製、UECS-E10 規格対応)
　　制御動作設定：ローカルネットワーク経由
　　環境モニタリング、制御データ閲覧：クラウド上、ワビット社「UECS cloud station」
　　短期間除湿運転ノードの試作機が設置されていた。

5.2 導入状況

岩田氏ハウスでは、農水省の研究プロジェクト「革新的技術開発・緊急展開事業(うち地域プロジェクト)」の実証圃場として、中規模向け製品の「Yoshimax」(三基計装社製、UECS-E10 規格対応 2019.3 月中に本格的な発売開始)が設置され、１年以上稼働中。

導入した生産者の岩田氏は栽培経験 10 年以上のベテランであるが、複合環境制御システムはこれまで利用したことがなかった。使用している感想は「分かりやすくて使い易い。操作上の問題点はとくに感じない。」とのこと。

UECS が導入された耐候性ハウス
(和歌山県日高川町)

設置された UECS-E10 対応の複合環境制御ノード「Yoshimax」

生長点加温ダクト方式のミニトマト栽培状況

5.3 設置コスト

「Yoshimax」は、温湿度、CO_2、日射、感雨センサ込みで定価 98 万円で販売予定。

5.4 全国的な導入予定

「Yoshimax」は問い合わせは多く、当面、全国で約 50 台の納入が予定されている。

5.5 今後の課題

岩田氏は現在、クラウド上の閲覧ソフトとして、ワビット社の「UECS cloud station」を利用しているが、近畿大学の星教授の開発した高機能な閲覧・解析ソフト「UECS-GEAR」も利用できる。UECS のセンサノードや制御ノードの自作キットの普及速度は大きくないと考えられるが、製品版が多数出回るようになってくれば、低コスト化が進み、生産者への利用が急速に拡大することが期待される。

３章　損益分析と経営モデル・投資分析

1.　分析の目的

施設園芸生産者が持続的生産を可能とする投資条件を、いくつかの前提条件の中で明らかにする。今後の施設設備への投資限界を求め、施設設備開発の目安とする。

2.　損益分岐点分析

トマトを事例に、目標収量と販売単価についていくつかの前提条件を設定する（30kg/㎡レベルや 40kg/㎡レベルなど）。その中で固定費と変動費を設定し、損益分岐点分析を行い、おのおのの条件や数値の妥当性を検証する。

また実例にもとづく分析も行い、収益性や再投資の可能性についても検証する。ツールによる試算についても検討を行う。

2.1　固定費と変動費の設定

損益分岐点分析においては、費用を大きく固定費と変動費に分ける必要がある。そこで、トマト生産者（1ha の土耕栽培、法人経営、市場出荷）の経営実態の聞き取りを行った。大まかな設定について検討を行ったが、多くの費用は固定費と見なされた。これは経営や栽培が経年で安定し、計画的に作業や管理が行われている、という前提に立ったためである。以下に変動費について記す。

（変動費）

・給与手当：パート従業員への賃金で、収穫等の作業量によって変動する。ただし、綿密な作業分析を行うことで、固定的な作業（定植、誘引等）と変動的な作業（収穫、出荷等）に分類されるが、ここでは考慮をしない。

・流通経費：選果手数料、JA 出荷手数料、市場手数料、段ボール代、運賃等で、出荷量や出荷金額に応じて変動する。段ボール代や運賃は出荷量に応じて変動するが、他は出荷金額に応じて変動するため、販売単価の変動により内訳も変化する。

・肥料費：作物の生育状況に応じて要求量が変化するため、変動費とする。

・水道光熱費：主たる暖房燃料代は気象条件や生育促進の目的などによる変動するが、必ずしも収量の変動とは一致しない。

・消費税、法人税：売上金額に応じて変動する。

以上の変動費の設定を行い、それ以外の経費を固定費として設定した。

2.2　トマト経営の聞き取り調査

同じ生産者から、平成 28 年度の経営（平成 28 年 9 月～平成 29 年 8 月）における売上金額と経費明細の概要について、聞き取りを行った。それを表-1 に整理した。土耕栽培でのハイワイヤー栽培と環境制御技術の導入により 32t/10a 以上の収量を実現しており、売上高の計算は 32t/10a の単収をもとに行った。また販売単価は平成 28 年度の産地での平均的な値（310 円/kg）を用いた。

表-1 トマト施設経営（1ha、土耕栽培、市場出荷、平成 28 年度）における売上と経費

（売上高）		構成比	固変区分		
			固定費	変動費	
売上高 1ha	99,200,000	98.0			32t／10a×310円=9.920.000
雑 収 入	2,000,000	2.0			価格安定事業、選果料戻し 燃料費対策、市場戻し（0.5%）
売 上 計	101,200,000	100.0			
（人件費）					
給料 手当	13,900,000	13.7		1	パート14名（850円～900円／h）
法定福利費	2,100,000	2.1	1		健康厚生雇用保険料
福利厚生費	300,000	0.3	1		飲食代他
人 件 費 計	16,300,000	16.1			
（その他経費）					
流通経費	28,000,000	27.7		1	選果、段ボール、JA手数料、市場手数料他
通信費	300,000	0.3	1		電話、携帯、切手代
肥料費	2,200,000	2.2		1	肥料、堆肥
水道光熱費	9,991,289	9.9		1	電気、CO2ガス（4.367.30㎥）A重油（118.380ℓ）
旅費交通費	200,000	0.2	1		
広告宣伝費	120,000	0.1	1		求人広告
接待交際費	200,000	0.2	1		香典、他
土地改良費	150,000	0.1	1		賦課金、水利費、排水費
消耗 品費	700,000	0.7	1		ガソリン、台車、バッテリー他
消 費 税	2,450,000	2.4		1	消費税、
修 繕 費	400,000	0.4	1		車検整備費、農機具整備 他
保 険 料	500,000	0.5	1		ハウス農機具共済、自動車共済
租税 公課	500,000	0.5	1		自動車、固定資産
法人税	1,600,000	1.6		1	法人税（1.600.000円）
諸 会 費	50,000	0.0	1		部会、認定農業者、法人協会
種 苗 費	4,500,000	4.4	1		
減価償却費	3,931,533	3.9	1		車両運搬具、建物附属設備 他
農 具 費	300,000	0.3	1		ハウスカート、ハサミ 他
諸 材料費	1,200,000	1.2	1		マルハナ蜂（945,000円）他
農 薬 費	2,200,000	2.2	1		
賃 借 料	2,858,835	2.8	1		ハウスリース代
研 修 費	200,000	0.2	1		
作業衣料費	150,000	0.1	1		ユニホーム、手袋 他
雑 費	1,200,000	1.2	1		税理士、社労士、インターネット、新聞 他
その他経費 計	63,901,657	63.1			
経 費 計	80,201,657	79.3			
農 家 所 得	20,998,343	20.7			
	変動費計			60,341,289	
	1kg当たり変動費			188.6	=変動費計/320,000kg（320t）
	固定費計		22,060,368		

本表では、施設設備に係わる減価償却費や賃借料の比率が低い値である。これは施設を数回に分け建設しており償却の進んだ施設も多いためである。そのため農家所得は売上比 20.7%と高い割合である。

2.3 損益分岐点分析

表-1 の経営内容をもとに、損益分岐点分析を行った。分析では変動費を 60、固定費を 2200 万円とした。 表-2 に販売収量を試算したところ、現行の 320,000kg に対し約半分の 167,887kg となった。

表-2　損益分岐販売量

a	b	C=a*b	d	e	F=d*e	G	I=F+G	J
販売単価（円/kg）	販売数量（kg、又は個）	売上高	製品一単位当たり原価（円/ｔ）	総生産量のうち販売数量（kg、又は個）	変動費	固定費	総費用	利益(所得)
320	320,000	102,400,000	189	320,000	60,352,000	22,060,368	82,412,368	19,987,632
				損益分岐販売数量	167,887	《備考》計算式＝固定費÷（販売単価－製品原価）		

これをもとに、図-1 にグラフ化した。

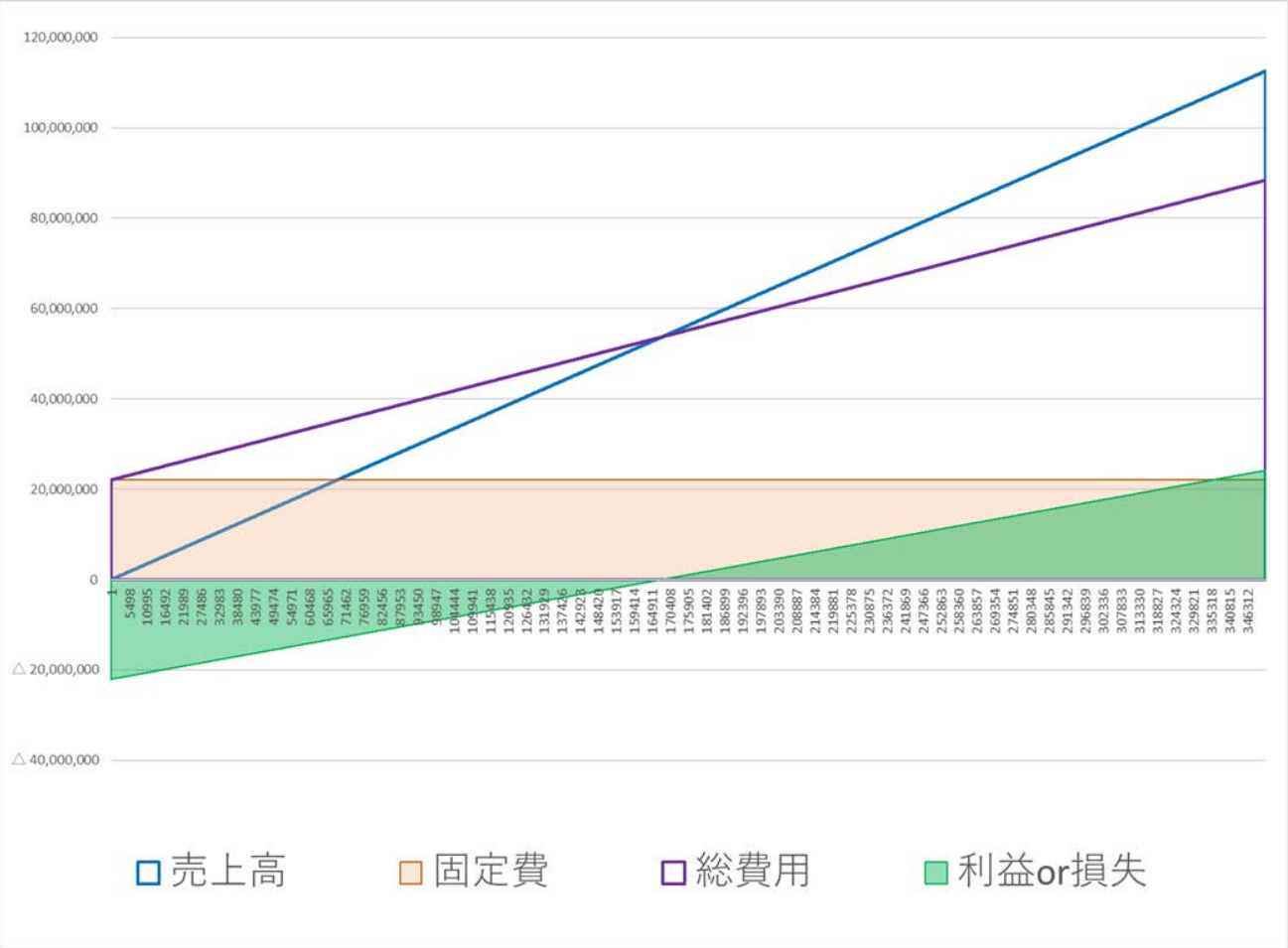


図-1　損益分岐点のグラフ

2.4 各種経営シミュレーション

表-1 の経営内容をもとに、いくつかの条件で経営シミュレーションを行ってみた。

（シミュレーション1）

単価が 320 円で、何トンとれば利益が 1000 万円になるか？

→250,000kg の販売数量（25t/10a）があれば、利益は 1000 万円になる。

表-3　利益 1000 万円を確保する場合の販売数量の試算

a	b	C=a*b	d	e	F=d*e	G	I=F+G	J
販売単価（円/kg）	販売数量（kg、又は個）	売上高	製品一単位当たり原価（円/ｔ）	総生産量のうち販売数量（kg、又は個）	変動費	固定費	総費用	利益(所得)
320	250,000	80,000,000	189	250,000	47,150,000	22,060,368	69,210,368	10,789,632

（シミュレーション２）

単価が 250 円に下がった場合は、何トンとれれば利益が 1000 万円になるか？

→まず、単価が 250 円に下がった場合、△670 万円の損失になる（表-3 上）。そこから、1000 万円の利益を出すためには、53t/10a の出荷量が必要になる（表-3 下）。

表-3　販売単価が 250 円/kg で利益 1000 万円を確保する場合の販売数量の試算

a	b	C=a*b	d	e	F=d*e	G	I=F+G	J
販売単価（円/kg）	販売数量（kg、又は個）	売上高	製品一単位当たり原価（円/ｔ）	総生産量のうち販売数量（kg、又は個）	変動費	固定費	総費用	利益(所得)
250	250,000	62,500,000	189	250,000	47,150,000	22,060,368	69,210,368	△ 6,710,368

a	b	C=a*b	d	e	F=d*e	G	I=F+G	J
販売単価（円/kg）	販売数量（kg、又は個）	売上高	製品一単位当たり原価（円/ｔ）	総生産量のうち販売数量（kg、又は個）	変動費	固定費	総費用	利益(所得)
250	530,000	132,500,000	189	530,000	99,958,000	22,060,368	122,018,368	10,481,632

（シミュレーションの今後の課題）

・表-1 での経営内容は成熟した経営であり、新規就農者を想定した変動費と固定費の水準によるシミュレーションを行う必要がある。

・一般的な経営では、売上原価に占める減価償却費の割合は2割以上であるのに対して、表-1 での経営では1割しかない。そのため、新規に設備投資をした場合を想定し、機械投資をした場合（7～8年での回収）と建物の投資をした場合（15年での回収）のそれぞれについての場合分けを行ったシミュレーションを行う必要がある。簡易な方法として、新規の設備投資についての耐用年数を加味した単年度の減価償却費を「固定費」に加算することで、損益分岐点分析で実施することが考えられる。

3.経営モデルと投資効果

前記の損益分岐点分析の応用例として、各経費を参考にして、新たに市場出荷のモデルを設定し、その他に直接販売、設備投資の増大、販売単価の向上など、いくつかのモデルを設定する。役員報酬を 12 百万とし、再投資を念頭に営業利益を確保することを目標として、投資効果の目安とする

（モデル1　トマト土耕栽培、市場出荷）

最近の低コストな施工例をもとに、21,0000 千円/ha の施設投資における試算を行った。1ha、販売数量 323t、販売単価 300 円/kg での経営収支は下記の通りである。下記では、営業利益率が 5.88%となる。

※営業利益がゼロ近くなる販売単価は 300→277 円/kg、同単位面積収量は 34→31.41kg/㎡と試算。

トマト栽培経営収支

施設栽培面積	10,000 ㎡
施設投資額	210,000 千円
単位面積収量	34 kg/㎡
総収量	340 t
販売歩留まり	95 %
販売量	323 t
販売単価	300 円/kg
売上高	96,900 千円
生産原価（⑥）	53,100 千円
一般管理費（⑦）	38,107 千円
営業利益	5,693 千円
営業利益率	5.88 %

一般管理費（千円）	
役員報酬	12,000
出荷経費※	22,287
旅費交通費	200
通信費	300
消耗品費	700
交際費	200
租税公課	500
雑費	1,920
⑦一般管理費合計	38,107

※売上高の23%（JA共選経費、DB、運賃等）

生産原価（千円）		原価比率
①資材費		
種苗費	4,500	8.5%
農薬費	2,200	4.1%
肥料費	2,200	4.1%
諸材料費	1,200	2.3%
合計	10,100	19.0%
②労務費		
常時雇用	14,000	26.4%
臨時雇用	2,300	4.3%
合計	16,300	30.7%
③光熱費	10,000	18.8%
④減価償却費※	15,000	28.2%
※施設投資額14年定率償却		
⑤その他経費		
修繕費	400	0.8%
農機具費	450	0.8%
地代借料等	350	0.7%
保険	500	0.9%
合計	1,700	3.2%
⑥生産原価合計	53,100	100.0%

（モデル 2　トマト土耕栽培、直接出荷）

モデル１をベースに、中間流通経費を削減するため市場出荷から直接販売に変え、売上高に対する出荷経費の割合を 23%→15%とした場合、営業利益率は 5.88%→13.88%に上昇する。
※営業利益がゼロ近くなる販売単価は 300→251 円/kg、同単位面積収量は 34→28.45kg/㎡と試算。

トマト栽培経営収支

施設栽培面積	10,000	㎡
施設投資額	210,000	千円
単位面積収量	34	kg/㎡
総収量	340	t
販売歩留まり	95	%
販売量	323	t
販売単価	300	円/kg
売上高	96,900	千円
生産原価（⑥）	53,100	千円
一般管理費（⑦）	30,355	千円
営業利益	13,445	千円
営業利益率	13.88	%

一般管理費（千円）	
役員報酬	12,000
出荷経費※	14,535
旅費交通費	200
通信費	300
消耗品費	700
交際費	200
租税公課	500
雑費	1,920
⑦一般管理費合計	30,355

※売上高の15%（選果、DB、運賃等）

生産原価（千円）		原価比率
①資材費		
種苗費	4,500	8.5%
農薬費	2,200	4.1%
肥料費	2,200	4.1%
諸材料費	1,200	2.3%
合計	10,100	19.0%
②労務費		
常時雇用	14,000	26.4%
臨時雇用	2,300	4.3%
合計	16,300	30.7%
③光熱費	10,000	18.8%
④減価償却費※	15,000	28.2%
※施設投資額14年定率償却		
⑤その他経費		
修繕費	400	0.8%
農機具費	450	0.8%
地代借料等	350	0.7%
保険	500	0.9%
合計	1,700	3.2%
⑥生産原価合計	53,100	100.0%

（モデル 3　トマト養液栽培、直接出荷）

モデル 2 をベースに、高収量(単位面積収量：38kg/㎡)を実現するため養液栽培施設を入れた施設投資を 400,000 千円で行うと、営業利益率は 13.88%→8.83%に低下する（高収量化に対し労務費の上昇を組み込んだ）。またモデル1に比べて 5.88%→8.83%と上昇する。

※営業利益がゼロ近くなる販売単価は 300→269 円/kg、同単位面積収量は 38→34.06kg/㎡と試算。

トマト栽培経営収支

施設栽培面積	10,000 ㎡
施設投資額	400,000 千円
単位面積収量	38 kg/㎡
総収量	380 t
販売歩留まり	95 %
販売量	361 t
販売単価	300 円/kg
売上高	108,300 千円
生産原価（⑥）	66,671 千円
一般管理費（⑦）	32,065 千円
営業利益	9,564 千円
営業利益率	8.83 %

一般管理費（千円）

役員報酬	12,000
出荷経費※	16,245
旅費交通費	200
通信費	300
消耗品費	700
交際費	200
租税公課	500
雑費	1,920
⑦一般管理費合計	32,065

※売上高の15%（選果、DB、運賃等）

生産原価（千円）		原価比率
①資材費		
種苗費	4,500	6.7%
農薬費	2,200	3.3%
肥料費	2,200	3.3%
諸材料費	1,200	1.8%
合計	10,100	15.1%
②労務費		
常時雇用	14,000	21.0%
臨時雇用	2,300	3.4%
合計	16,300	24.4%
③光熱費	10,000	15.0%
④減価償却費※	28,571	42.9%
※施設投資額14年定率償却		
⑤その他経費		
修繕費	400	0.6%
農機具費	450	0.7%
地代借料等	350	0.5%
保険	500	0.7%
合計	1,700	2.5%
⑥生産原価合計	66,671	100.0%

（モデル 4　トマト養液栽培(低コスト)、直接出荷）

モデル 3 をベースに、高収量(単位面積収量：38kg/㎡)を実現するため養液栽培施設を入れた施設投資を低コスト(400,000→300,000 千円)で行うと、営業利益率は 8.83→15.43%に向上する。

※営業利益がゼロ近くなる販売単価は 300→246 円/kg、同単位面積収量は 38→31.10kg/㎡と試算。

トマト栽培経営収支

施設栽培面積	10,000	㎡
施設投資額	300,000	千円
単位面積収量	38	kg/㎡
総収量	380	t
販売歩留まり	95	%
販売量	361	t
販売単価	300	円/kg
売上高	108,300	千円
生産原価（⑥）	59,529	千円
一般管理費（⑦）	32,065	千円
営業利益	16,706	千円
営業利益率	15.43	%

一般管理費（千円）

役員報酬	12,000
出荷経費※	16,245
旅費交通費	200
通信費	300
消耗品費	700
交際費	200
租税公課	500
雑費	1,920
⑦一般管理費合計	32,065

※売上高の15%（選果、DB、運賃等）

生産原価（千円）		原価比率
①資材費		
種苗費	4,500	7.6%
農薬費	2,200	3.7%
肥料費	2,200	3.7%
諸材料費	1,200	2.0%
合計	10,100	17.0%
②労務費		
常時雇用	14,000	23.5%
臨時雇用	2,300	3.9%
合計	16,300	27.4%
③光熱費	10,000	16.8%
④減価償却費※	21,429	36.0%
※施設投資額14年定率償却		
⑤その他経費		
修繕費	400	0.7%
農機具費	450	0.8%
地代借料等	350	0.6%
保険	500	0.8%
合計	1,700	2.9%
⑥生産原価合計	59,529	100.0%

（モデル 5　トマト養液栽培(低コスト)、直接出荷、高単価販売）

モデル 4 をベースに、販売上の工夫等により販売単価を 300→360 円/kg とした場合、営業利益率は 15.43%→27.02%に向上する。

※営業利益がゼロ近くなる販売単価は 360→244 円/kg、同単位面積収量は 38→31.1kg/㎡と試算。

トマト栽培経営収支

施設栽培面積	10,000	㎡
施設投資額	300,000	千円
単位面積収量	38	kg/㎡
総収量	380	t
販売歩留まり	95	%
販売量	361	t
販売単価	360	円/kg
売上高	129,960	千円
生産原価（⑥）	59,529	千円
一般管理費（⑦）	35,314	千円
営業利益	35,117	千円
営業利益率	27.02	%

一般管理費（千円）	
役員報酬	12,000
出荷経費※	19,494
旅費交通費	200
通信費	300
消耗品費	700
交際費	200
租税公課	500
雑費	1,920
⑦一般管理費合計	35,314

※売上高の15%（選果、DB、運賃等）

生産原価（千円）		原価比率
①資材費		
種苗費	4,500	7.6%
農薬費	2,200	3.7%
肥料費	2,200	3.7%
諸材料費	1,200	2.0%
合計	10,100	17.0%
②労務費		
常時雇用	14,000	23.5%
臨時雇用	2,300	3.9%
合計	16,300	27.4%
③光熱費	10,000	16.8%
④減価償却費※	21,429	36.0%
※施設投資額14年定率償却		
⑤その他経費		
修繕費	400	0.7%
農機具費	450	0.8%
地代借料等	350	0.6%
保険	500	0.8%
合計	1,700	2.9%
⑥生産原価合計	59,529	100.0%

以上のように、経営モデルは販売方法や設備投資の内容によって異なるため、多面的に行う必要があると考えられる。また経営を持続的に行うには再投資が必要となるため営業利益や税引き後の純利益の確保が求められる。損益分岐点としてではなく、こうした利益確保の視点で経営モデルを検討することも必要と考えられる。

４章　低コスト化事例

1.　事例調査の目的

施設設備の低コスト事例について、設計段階での低コスト化事例、海外ハウス導入による低コスト化事例、見積入札段階での低コスト化事例を調査し、そこでの方針や具体的な工夫などを整理し、事例集として発信する。

2.　設計段階での低コスト化事例（栃木県）

2.1 調査内容

・JA 全農とちぎでの施主代行を利用した設計段階での低コスト事例。

・ハウス本体と内部設備 2300 万円/10a（税別）のコスト目標を実現するための、基本計画、基本設計の検討例。

2.2 基本計画について調査結果

（調査概要）

・本調査では、次世代のトマト栽培における高単収経営モデルの確立のための、施設設備についての基本計画の考え方について、事業関係者に伺った。

（基本方針）

・トマトハイワイヤー栽培（土耕）での約 0.9ha の温室および付帯設備の設計を行い、強い農業作り交付金（次世代優先枠）等を活用する。30a～1ha まで対象が拡大された。法人は1つでよいが社員は5名以上が要件である。

・栃木県では、JA の施主代行制度を利用し、基本設計段階での仕様検討が十分になされ、無駄なく施工を行っている。また施工管理は系統側が行って施主の意見が反映される仕組みとなっている。施主代行制度を前提に、コスト目標を実現する。

（ハウス、付帯設備の基本計画面）

・ハウスの基本寸法は、間口 6.5m 幅の1スパン(4 ベッド)で、軒高 5m で、奥行方向スパンは他の多連棟ハウスと同じ 4.0m に統一する。従来の間口 8～9m 幅の 2 屋根に比べ、間口 6.5m では天窓の個数を少なくすることで部品点数を削減し低コスト化を考える。棟高はハイワイヤー栽培を前提とし高めるが、4.5m や 5.0m では施工費に大差なく、6.0m では使用する高所機械などが変わってくるのでかなり高くなるため、5.0m 程度とする。

・大規模施設では、暖房機の台数と管理区画は 4 分割/1ha がよい。環境制御装置もそれに対応した制御点数や制御機能が求められる。

・最近のトマト土耕栽培では、株元へのダクト配置と送風により、群落下側の気流循環が進み灰色カビ病などがなくなっている。

・カーテン方向は、影の関係から、奥行き方向に開閉する方式がよい。やや施工費が高くなる。

・細霧装置は、時期にあわせて使用時間帯を調整するなど、丁寧に制御設定する必要があるが、現場での利用には難しい面もある。

・CO2 施用については、地域的に普及しているプロパンガス利用である。
（経営面）
・継続的に再生産できる投資額を念頭に置いて低コスト化を進める必要がある。また土耕栽培で安定した収益を得ながら、次の投資として新技術の導入をはかる必要がある。養液栽培は 700 万円/10a、耐用年数 7 年の設計であるが現段階ではあまり推奨されないが、今後は養液栽培設備の導入を踏まえた設計を織り込むことも考えられる。
・収量は 30t/10a が一つの目標となる。販売単価は低下傾向にあり、今後 250 円/kg になる場合を考えると、2300 万円/10a の設置コストでも厳しいと考える。
・ハウス構造の安全率などについて、メーカー責任とユーザー責任の分担を明確化する必要がある。強風でフィルムの破損程度であれば、ユーザーが自分でまかなうべきであり、一方で民間の火災保険会社では条件を細かく設定できるものもあって利用者もいる。

2.3 基本設計の概要
（工事概要）
・H30 年度強い農業づくり交付金：トマト低コスト耐候性ハウス工事（JA おやま北部地区管内 ㈱小林菜園）。次世代優先枠等を活用。JA 全農とちぎの施主代行による設計を行う。
（主要設計条件）
・耐風速 35m/s、耐積雪 23cm/㎡、作物荷重 8kg/㎡、地耐力 5t/㎡、降雨量 60mm/h
・園芸用施設安全構造基準−平成 28 年度版に準じ設計、構造計算を行う。
（ハウス本体）
・面積 1ha 弱、間口 6.5m、奥行きスパン 4m、柱高 4.9m、張出東西 0.5m/南北 0.8m、中間室、電動シャッターあり。
・天窓片天、プッシュ&プル、幅 1.3m、サンピッチ 0.8m 程度
・外張エフクリーン NewGR ナシジ 80μ ヘイズ 35 流滴処理同等品
・カーテン 2 軸２層妻引き/ラック&ピニオン/遮光+保温
・サイド自動巻き上げ 1 段、内張 2 層
・防虫ネット 0.3mm
（付帯設備）
・循環扇 ABP363NA 同等品、タイマー制御、5 段階風速制御他
・細霧冷房なし、温風暖房機（外気温−10℃時室温 15℃確保、親子ダクト）、燃焼式 CO2 発生器
（環境制御装置）
・MC7000 同等品、アグリネット同等品、センサー：温湿度/CO2/照度/雨/風、天窓：温度/時間/風/8 段変温、暖房：温度/時間/8 段変温、自動カーテン（保温・遮光）温度/時間、潅水水量/時間、CO2:濃度/時間、中間室天窓：温度/時間他
（警報装置）
・アグリネット同等品（入力：温度、高温、低温、不着火、停電）、携帯回線利用、携帯アプリモニタリング
（潅水装置）
・養液土耕用液肥混入機、水量 20~200L/分、タイマー制御、希釈倍率設定、日射比例制御
・原液タンク 1t×2、ストリームライン 60−10P 同等品

（その他）

・誘引支線：8 本/スパン、防草シート張出部床面、防鳥線、給水設備なし、排水設備 VU150 端部マス

・ハウス内レール（資材のみ）、高所作業台車ビッグマウンテン同等品×9、自走式防除機シャトルスプレーカー同等品×2、防除用動噴、薬液タンク 3t

・通路コンクリート打設あり、雇用者用プレハブ 10 ㎡未満、場内放送設備、外溝工事なし

・細霧冷房装置なし

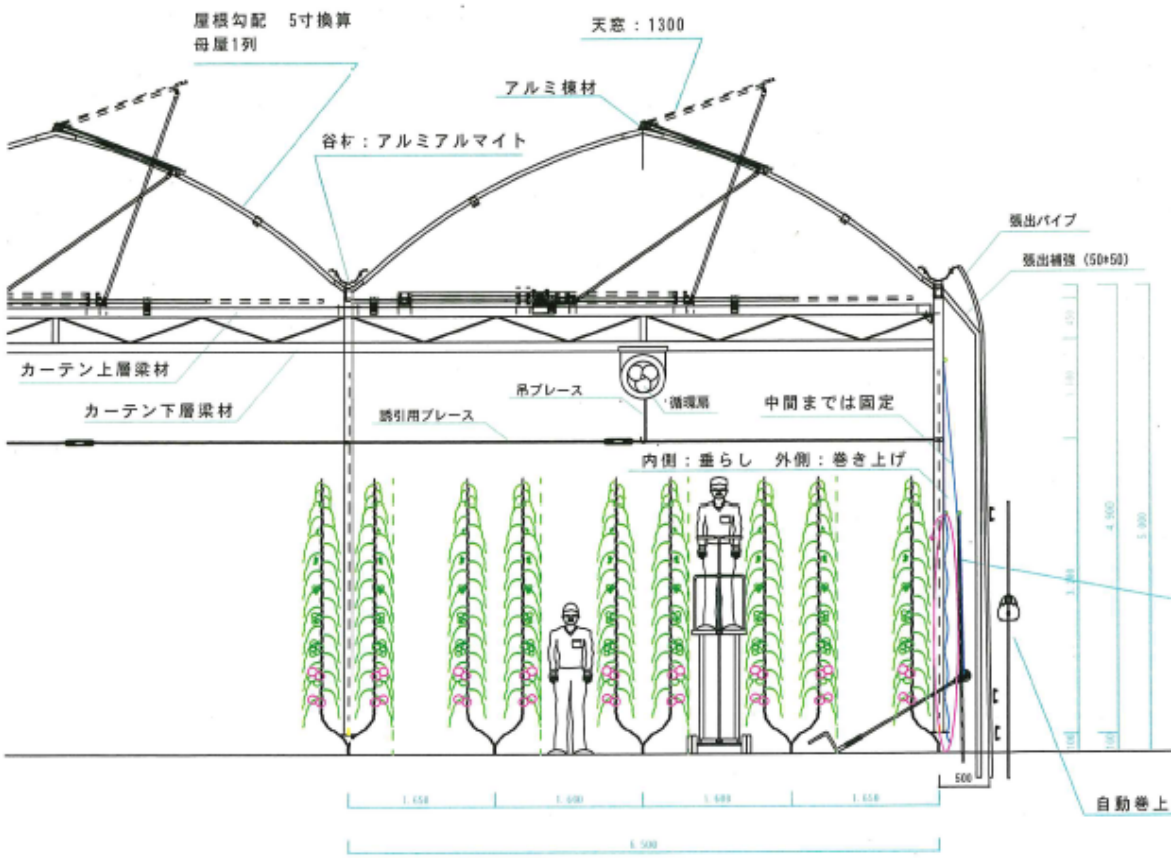


図 ㈱小林菜園 トマト栽培低コストハウス工事図面 （JA 全農とちぎ作成）

2.4 事業の実施状況

・落札金額は 189,780 千円であった。

・現在施工中であり、詳細については次年度に明らかになる模様。

2.5 まとめ

・低コスト化を意識した基本計画、基本設計を行い、特にハウスの基本構造となる間口寸法と天窓・谷樋部材を中心としたアルミ部材の削減が特徴となった。

・高所作業台車用とパイプレールの導入、1ha 規模の制御区画（4 区画）に対応した環境制御装置の導入など、新たな栽培体系を取り入れた基本設計としている。

・細霧冷房装置の除外など必要な機能を絞りこみ、低コスト化に結びつけている。

・1ha 規模のハウス新設例は栃木県内でも例が少なく、改めてこの規模での設計を行われたが、前述の天窓以外にも側窓や入口ドア等の部材削減もあり、スケールメリットは得られた模様である。
・施主代行による基本設計に対し、製造請負工事として温室メーカー側の設計上の工夫が入る余地を残し、性能向上やコスト低減に寄与している。

3. 低コスト化のための海外ハウス導入例

3.1 スペイン型ハウスの特徴（スペイン現地調査による）

・2018 年 2 月の日本施設園芸協会によるスペイン、ムルシア州現地調査を実施した。
・簡易な構造で採光性と通風性のよい高軒高ハウスが各所で建設されており、ハウス規格も温室メーカー各社で共通化されている模様であった。間口は 9m～12m 程度で、角パイプの支柱（軒高 5～6m 程度、5m 程度のピッチ）とアーチ構造（簡易なトラス付き、2.5m 程度のピッチ）、開口部の大きな天窓、一層カーテンが標準的な仕様であるとみられた。
・現地調査での訪問先 J.Huete 社工場にて、ハウス部材加工状況を視察した（撮影は禁止）。骨材加工は大型機械で 10m 以上のものを一度に圧延加工や曲げ加工をしており、屋根アーチを分割せず 1 本の骨材で加工可能であった。日本ではジョイント部材等で 2 本のアーチを組み合わせる形式であり、加工コストは安価と見られ、また加工後はまとめてコンテナ出荷されていた。
・施工は現場でボルト組みされたアーチをクレーンで支柱へ乗せ、高所作業車からのボルト固定で行う方式である。

スペイン　ムルシア州のスペイン型ハウス

参考文献：平成29年度　次世代施設園芸地域展開促進事業（全国推進事業）事業報告書（別冊 4）
「大規模施設園芸での技術コンサルティングと人材育成の検討（大韓民国・スペイン実態調査）」

3.2 スペイン型ハウス導入例

a.調査概要

・A 農場の約 1ha のトマト用スペイン型高軒高ハウスの導入事例。

・2300 万円/10a 程度の施工費で、フッ素フィルム展張、1 層カーテンで付帯設備（循環式養液栽培設備、環境制御装置、液化炭酸ガス装置、労務管理システム等）込みの施工実績。

・強い農業づくり交付金（次世代施設園芸優先枠）の利用。

b.A 農場のスペインハウス概要

（概要）

・スペイン製のハウスと付帯設備（環境制御装置、培養液装置、労務管理システム等）の一括輸入、および日本製設備（温風暖房機、作業台車等）の導入。

（工事概要）

・次世代施設園芸技術習得支援事業を活用

（主要設計条件）

・耐風速 35m/s、耐積雪　200N/㎡、作物荷重　20kg/㎡

・園芸用施設安全構造基準−平成 28 年度版に準じ設計、構造計算を行う。

（ハウス本体）

・ハウス面積 1ha 弱（大玉トマト用とミニトマト用に内部を 2 室に分割）、東西棟（南北畝）、間口 8m、奥行きスパン 5m、柱高 5m、出荷作業室・機械室はハウスと連続した別棟にあり。

※以下、画像により紹介する。

ハウス外観、妻面・サイドはスペイン製ポリ系フィルム

ハウスサイド支柱（1.25m ピッチ）

左：タンクは液化炭酸ガス用　ハウス内部（ベンチは南北方向で据置き式、ハウスは東西棟）
右：中柱（5m ピッチ）、補強付きアーチ（2.5m ピッチ）、アーチ（1.25m ピッチ）、一層カーテン

天窓両天、ラック&ピニオン方式、幅 1.7m、防虫ネット 0.4mm、外張資材エフクリーン

内張巻上げフィルム（スペイン製ポリ系フィルム）　栽培温室と連結された作業エリア

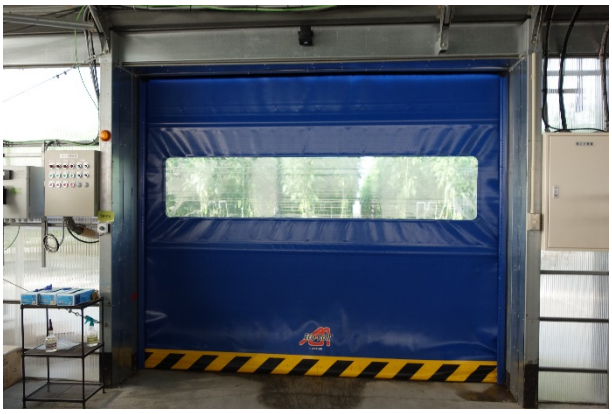
大玉トマトの栽培状況

作業管理用端末（hoogendoorn 社製、複数個所に設置）

高所作業台車（国産）

ベンチ下送風ダクト（太）と、CO_2 ダクト（細）

動力噴霧用設備



大玉トマト区画入口

環境制御装置（Hoogendoorn 社製）

リサイクルタンク、培養液タンク類

培養液管理装置（Hortimax 社製、循環式）

3.3 まとめ

・最終事業費は 227,000 千円であった。

・スペインのハウスメーカーに対し、ハウス一式と付帯設備一式（一部国産設備を除く）の設計と設備資材の納入、施工指導を依頼した。

・工事が完了し、現在は大玉トマトとミニトマトの栽培中であり、ハイワイヤー方式による養液栽培の第 1 作が開始している。施設資材の施工費は低く、低コストのトマト栽培の実現に寄与している。

（施工上の課題）

・ハウス施工は国内業者が行ったが、施工指導はスペインよりハウスメーカー担当者が来日した。初めてのケースであり、施工方法について双方の調整に工夫を要した。素掘りを行っての現場打ちの基礎で支柱を固定する工法であった。
・スペイン型ハウスの外張被覆資材は厚手ポリ系フィルムであるが、本工事では押え資材等を用い、エフクリーンを展張した。こちらも初めての施工例のため、フィルムメーカー、施工業者の連携で行った。
・スペインと日本の気候等の違いから細部の設計にも違いがみられ、結露処理や隙間処理について対策が必要とされた。

4. 低コスト化のための基本設計例（高知県）

4.1 調査概要

・㈱尾原農園（高知県）の約 0.4ha のピーマン用高軒ハウス。
・2600 万円/10a 程度の施工費で、フッ素フィルム展張、2 層カーテンで付帯設備（環境制御装置、養液栽培装置（かけ流し）、細霧冷房装置、ヒートポンプ）込みを施工した。
・安芸市次世代施設園芸モデル事業を活用。
・工事を 3 区分（ハウス本体工事、暖房等付帯設備設置工事、養液システム設置工事）に分け、おのおの区分内容を得意とするメーカーや施工業者に対し、事前に設計見積もり依頼を行った。
・メーカーや施工業者の得意分野により仕様や見積り価格には幅がみられ、区分分けを行うことで性能等の充実とコスト低減をはかった。

4.2 基本設計の概要

・安芸市次世代施設園芸モデル事業

a. ハウス本体工事

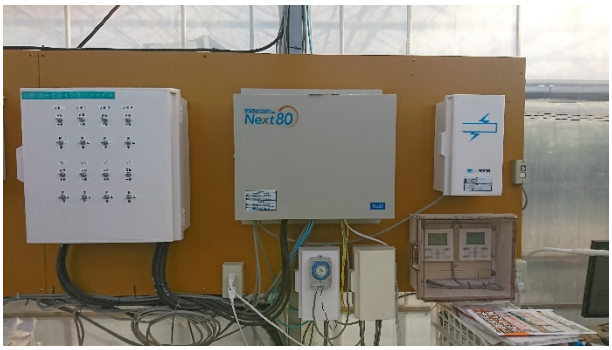
（主要設計条件）
・耐風速 35m/sec、耐積雪 5cm/㎡、作物荷重は加味しない

（ハウス本体）
・面積約 42a、ダッチライトハウス、軒高 3.7m、間口 9m×3 連棟×奥行 96m+間口 9m×2 連棟×奥行 96m、3 連棟部分の 3m は作業場
・天窓片天（東側）、幅 900mm、プッシュ&プル、4 区画別開閉。
・外張ナシジフッ素フィルム（エフクリーン一般ナシジ 60μm 同等品以上）
・カーテン ラック式（SH ラック同等品）、二層、妻引き水平、上層（保温+遮光）、下層（保温）、内サイド PO0.15mm
・防虫ネット 2.0mm（天窓）、1.0mm（サイド、妻面）
・サイド半自動巻上げ 1 段、両妻手動巻上げ 1 段、内サイド手動巻上げ 1 段
・両妻面に誘引梁と方丈、GL1900 に誘引ブレス(M12)を 3～4m ピッチ、誘引資材#12 ステンレス

（付帯設備）
・台風対策排気用換気扇（羽径 450mm 程度、シャッター付）、作業棟部暑熱対策用換気扇（600mm、電動シャッター付き）、停電時作動用に本体付近に防水プラグ・コンセント接続

・停電時対策に北側換気扇 2 台に 2.6kVA 相当発電機 2 台設置
（環境制御装置）
・プロファインダーNEXT80（天窓 4 系統、カーテン 2 系統、暖房機器制御）、プロファインダーⅢを 2 台
（土間）
・作業場内コンクリート土間、道路～ハウス入口をスロープ及びコンクリート土間
※以下、画像により紹介する。

ダッチライト型ハウス



環境制御装置

b.　1 次側電気工事及び暖房等付帯設備設置工事
（温風ボイラ）
・外気温-3°℃でハウス内温度 20℃維持能力の温風暖房機（昭和産業 KT-600 指定）2 台+KT900W1 台
（ヒートポンプ）
・外気温-3°℃でハウス内温度 20℃維持能力の温風式ヒートポンプ、合計 50KW 未満となる台数（6 馬力×8 台程度）

温風暖房機（赤色）

ヒートポンプ（室内機）

（循環扇）
・AB363 同等品以上 20 台、コントローラ付
（CO2 発生）
・CO2 発生機 ZO-6136、1 台、株元ダクト施用のファン 1 台

CO2 株元施用ダクト

（電気工事）

・1 次側電気工事の申請、引き込み、配電盤設置、各機器への電気工事

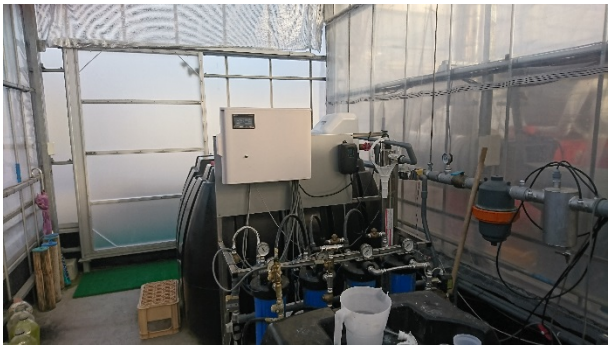
・プロファインダーNEXT80 による温風ボイラ、ヒートポンプ、循環扇、CO2 発生機、細霧冷房装置の制御接続

c.　養液システム設置工事

（自動潅水設備）

・潅水方式 ドリッパー点滴（圧力補正、2.0ℓ/h）、日射比例潅水制御、EC 濃度管理 2 液式

・潅水ポンプ 自給式（2.2kw）、二次側ディスクフィルター(#120)



潅水設備

（RW 用水耕栽培システム）

・整地工事（ローラー填圧、レベル取り各ベッド当たり±3cm 以内）

・栽培ベッド ロックウール栽培対応、1 間口当たり 6 畝

・通路 入口側妻面 2m、中央部 1m、奥側妻面 1m、防草シート白色

・排液タンク埋設、水中ポンプ設置、流量計 2 次側設置、土中排水

栽培ベッドの様子

（栽培用資材）

・グロダン製プラグ（トレイ付き）、ブロック（DELTA6.5G）、スラブ（Vital1000×150×75）、スラブ 3000 枚、スラブ 1 枚 3 株定植、設置は施主側

・スラブ内水分率測定用グロダン製ハンディタイプ水分計

（防除設備）

・管理棟に動墳ユニット（2.2KW）、防除用カート式ノズル、高圧ホース 200m

（細霧冷房設備）

・加湿用、作物が濡れないよう微細な細霧発生するノズル使用、防除には不使用、ノズルはブレスとトラス間設置

4.3 まとめ

・高知県内には軒高ハウスの施工事例は少なく、県内外のハウスメーカーと設計や見積りについて事前に協議を進めた。また電気設備とヒートポンプ関係、潅水装置関係など 3 区分に分けることで各々を得意とする企業からの提案を受けることができた。ヒートポンプなど一般的な製品であっても流通経路により価格差がある。

・区分ごとに仕様をとりまとめ入札を行うことで、手間がかかる問題があったが、結果的に低コスト化には結びつき、あわせて基本設計で要求した仕様も実現できた。

５章　資料編

1. 農業用ハウスの設置コスト低減に向けた技術提案例

農林水産省では、平成 28 年 11 月に決定した「農業競争力強化プログラム」に基いて、民間活力を最大限に活用しつつ、農業生産資材の価格の引下げに取り組んでいる。農業用ハウスの価格引下げに向けた取組として、ハウス設置コスト低減に資する技術提案会を開催してきた。これまでに提案されて有効と判断された技術は、以下のホームページで公開されている。

http://www.maff.go.jp/j/seisan/ryutu/engei/onshitsu.html

農林水産省は農業用ハウスの設置コスト低減に資する技術について、業界内外から新たなアイデアを募集し、今後の開発・実証に向けて技術提案いただく「農業用ハウスの設置コスト低減に向けた技術提案会」を平成 31 年 2 月 27 日（水曜日）に、農林水産政策研究所セミナー室において開催した。当委員会の一環として、各委員がこの提案会に出席し、選定委員会として、技術の普及性や科学的妥当性について、意見交換が行われた。

今回の技術提案会は第 3 回目で、適切な環境制御等により全国平均の 2 倍以上の高収量を目指せるハウスの設置コストを、従来に比べて 3 割以上低減できる技術として提案されたものについて、公開プレゼンテーションが行われた。傍聴者は約 80 名で、設置コスト低減に向けた新技術への関心が高いことが覗えた。

提案された技術は、下記のようにハウス設置のトータルコスト削減について5件、ハウス本体や基礎工法、部材について6件、環境制御システムについて5件、作業台車や養液栽培装置について各1件で、合計 18 件であった。うち当日に提案機関から直接発表説明されたものは 13 件で、残り 5 件は農水省から説明された。

（ハウスのトータルコスト削減）

・建設足場資材を利用した小規模低コストハウスと省エネ資材（農研機構・西日本農研）

・（新型）低コストパッケージハウス「ドリームフィールド」（果菜類 Ver.）（イノチオアグリ（株））

・強制換気方式を採用し、建物サイズおよび内部機器の仕様・配置を標準化したセミクローズド標準型パッケージハウス（（株）デンソー）

・オフグリッド・ソーラー・耐候性グリーンハウス「建設コスト削減と環境制御用燃料を大幅に低減」する農業用ハウス（日本パワープラント（株））

・引張り構造ハウスと新型栽培ベンチ当を組合わせた低コストいちごプラント（こもろ布引いちご園（株））

（ハウス本体・基礎工法）

・アーチゴシック型ハウスでの資材の低コスト化（ヤンマーグリーンシステム（株））

・復元力に優れた強靭パイプ「STX」のパイプハウスへの応用（大和鋼管工業（株））

・高強度鋼管を用いた従来よりも安価なパイプハウス（鳥取型低コストハウス）の開発および推進（鳥取県農林水産部）

・農業用温室等の新基礎工法　スパイクフレーム工法（（株）ラスコジャパン）

・コンクリートを使わない農業用温室の基礎（サンキン B&G（株））

・栽培ベッドの鋼板化(国産オンサイト成形技術を含む)、プレメッキ鋼板の積極的活用によるコストダウン(千葉大学大学院)

(環境制御システム)

・日射比例制御および遠隔制御機能を標準化した低コスト潅水制御盤(渡辺パイプ(株))

・電源のない場所でも利用できる養液土耕にも対応した低コストかん水システム((株)ソフトウェア研究所)

・低コストで簡単に導入可能な複合環境測定・制御 IoT(ディーピーティー(株))

・DIY型環境制御システムによる、低コスト提案とデジタル人材育成((株)サカタのタネ)

・複合環境制御装置の UECS プラットフォーム活用でスマート農業を実現(三基計装(株))

(作業台車や養液栽培装置)

・長期多段どりトマト栽培での高所作業時間を削減する土耕・レール併用型作業台車「ビッグマウンテン」(JA 全農・耕種総合対策部)

・自主施工が可能な低コスト養液栽培パッケージ「うぃず One」の提案(JA 全農・耕種総合対策部)

提案された低コスト化技術のうち、これまでの第 1 回(H29 年度)あるいは第 2 回(H30 年度)の提案会で基本的な技術が提案され、本年度に技術が改良されたものや、製品として市販化されたものが 7 件再提案された。本年度新たに提案された技術の主なものを以下に簡単に紹介する。

トータル技術については、イノチオアグリ(株)より、間口 8.0m、軒高 3.7m、奥行きスパン 4.5m の低コストパッケージが販売している技術として提案され、ハウス本体＋カーテン設置の坪単価が、従来 55,500 円+8,900 円であったのが、36,500 円+4,300 円と大幅に低コスト化できることが示された。

要素技術の提案では、潅水コントローラでは、渡辺パイプ(株)より、クラウド対応の低コスト潅水コントローラが提案され、同等機能の製品より約 2 割の低コスト化できたとのことである。環境制御システムでは、ディーティーピー(株)より、IoT タイプで Wi-fi とクラウドを利用した低コスト環境制御システムが提案された。(株)サカタのタネより、ユビキタス環境制御システム(UECS)規格で市販されている自作型キットが提案された。自作することは、制御機器のコスト削減のみならず、環境制御システムを理解できる人材の育成にも役立っているとのことである。その他として、JA 全農より、レール走行とタイヤ走行の兼用型の高所作業台車の提案、および簡易な発砲スチロール箱式養液栽培装置の提案があった。

提案会の終了後、次世代施設園芸地域展開事業・低コスト化検討専門委員会メンバーにより、提案された各技術について、ハウスの設置コスト低減に有効かどうか、現場への導入可能性はどうか、科学的に妥当かどうかの観点から検討がなされた。今後、農林水産省において、さらに検討が進められ、情報公開が有効であるとされた提案技術はホームページで公開される予定である。

2. 1 はじめに

園芸用ハウスの仕様選定のための参考情報
～栽培・経営方針に合致した適切な施設・装備の導入のために～
(一般的な目安)

■園芸生産の経営戦略として、単一の作目か、複数の作目生産か、どのような品質と収量をめざすかによって、必要な施設のサイズ、棟数、設備や労力が大きく変わってくる。
■過剰な設備とならないように留意する一方で、経営方針として重要な項目については、積極的にコストをかけて装置等を導入することも重要である。
■施設や設備は規模や利用目的によって適／不適がある。以下の表では、その一般的な特性により、「◎」(よく適している)、「○」(適しており問題なく利用できる)、「△」(マイナス効果もあるので利用するには注意が必要)、「－」(普通は使用しない)、「空欄」(とくに関係なし)を記載した。
■以下の仕様の適性の目安については、導入場面や経営戦略によって異なる場合もあるので、一般的な目安として利用していただきたい。

2. 2 ハウスの機能・仕様の選定の前に明確にしておくべき事項

■気象立地、経営的立地、土地形状、労働力などに応じて、栽培作目と栽培期間、目標収量と単価、出荷・販売方法を明確にする。
■土耕栽培、養液土耕栽培、養液栽培のどれに取り組むかを決める必要がある。
■その経営方式について、年間の経営収支を大まかに試算する。
■これらにより、設置すべきハウスのタイプや内部設備の仕様が絞られてくる。

2. 3 設備導入や仕様選定の考え方

2.3.1 栽培方式

施設や装備の検討の第一段階として、栽培する作目と栽培期間(作型)を決めて、土耕栽培、養液土耕栽培、養液栽培のどの方式で取り組むかを判断する必要がある。養液栽培は設備が高価であるが、高度な環境制御システムと合わせると効果が高まり、高収量をねらえる方式である。

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
栽培方式	■設備コストと想定される収量・単価、労力などを総合的に考えて栽培方式を決める。 ・土耕栽培や養液土耕栽培では土壌消毒が必要となり、消毒の期間は栽培できない。土壌の耕耘に小型トラクタなどが必要。 ・養液土耕栽培、養液栽培では、天候や生育段階に応じた細かな養水分管理が可能で、潅水の自動化による省力効果がある。 ・養液栽培は装置のコストが高くなるとともに培地や排液の廃棄処理を考える必要がある。	土耕栽培	◎	○	○	－	◎	△		△
		養液土耕栽培(地床／隔離床)	○	◎	○	△	○	○		△
		養液栽培(ロックウールなどの固形培地耕、水耕等) 詳細は「2.3.5」を参照	○	◎	◎	◎	△	◎		○

2.3.1 栽培方式

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

	選択の考え方	選択肢	ハウスの規模				導入目的			
			小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
育苗方式	■購入苗を利用するかどうかで必要な設備が異なってくる。 ・自家育苗では育苗スペースが必要で、潅水や防除に労力がかかる。 ・購入苗の利用では、定植苗でない場合には二次育苗が必要となる。 ・人工光育苗装置の導入・利用は、周年繰り返し栽培など、年間に播種・育苗が多い場合に有効。計画的な育苗と苗質の安定が図れる。二次育苗が必要な場合がある。	購入苗の利用	△	○	○	◎	△	○		○
		育苗ハウスの利用	○	○	○	△	○			△
		人工光育苗装置の利用	－	△	○	○	△	○		○

2.3.2 ハウス本体

・高品質・多収生産のためには、光透過率が高いことが第一優先の重要な条件である。
・夏越し栽培や周年生産では、昇温抑制のために換気性能（自然換気、強制換気）が重要。
・寒冷地では積雪対策や保温性を高めること、暖地では台風対策や換気性能を高くするなど、地域に応じた設計が必要。
・栽培室の出入口と通路、運搬物の搬送の動線など、作業性がよい設計にすることが重要で、温度ムラも考慮して間口、ハウス長、連棟数を決める。間口は、うね間あるいは栽培ベッド間隔の倍数が望ましい。

	選択の考え方	選択肢	ハウスの規模				導入目的			
			小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
ハウスの単棟／連棟	■積雪の有無、作業効率、複数の作目かどうか、などから判断する。 ・積雪量が多い地域では、融雪装置を設置しない場合には単棟が適している。 ・作業効率は、小型複数棟のハウスよりも連棟ハウスを1棟の方がよい。 ・複数の作目や品種・生育ステージ等により、環境管理の仕方が大きく異なる場合には、複数のハウスを用いるか、大型栽培室を仕切って利用する。	単棟	◎	－	－	－	○	○	△	△
		連棟	○	◎	◎	◎	△		○	◎
軒高・柱高	■栽培作物の誘引方法と作業性、環境制御のし易さから考える。 ・高温回避のためには、軒が高い方が作物上部空間に十分な余裕があるので有効。 ・暖房燃料消費量は、床面積が小さいハウスでは、軒高を高くすると表面積が増えて増加するが、大型・大規模ハウスでは軒高の違いが燃料消費量に及ぼす影響は相対的に小さい。 ・トマトやパプリカのハイワイヤー誘引栽培では、近年は軒高4.5m～5.5m程度が選ばれることが多い。	1.5m～2.5m	○	△	△	－	◎	△	○	△
		2.5m～3.0m	○	○	△	△	○	○		○
		3.5m～5.0m	△	○	◎	◎	○	○		○
		5.5m以上	－	○	◎	◎	△	◎		◎

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
棟方向	■作物生育ムラが少ない南北うねがとれる南北棟が基本であるが、土地形状や風向などにより、厳密に南北棟にとらわれすぎずに設計する。 ・小型の単棟ハウスで冬季の受光量を確保したい場合には、東西棟とする。東西うねの場合、北側の作物では受光量が不足する。	南北棟	○	◎	◎	◎		○		
		東西棟	○	△	△	△		○／△		
換気窓の形態	■高温時の換気性能が重要である。 ・高温期の換気を重視する場合には、換気開口部の割合が高くなるような構造とする。 ・両側天窓では、片側天窓よりも換気性能が高く、風上／風下で開度を異なって制御できるが、設置コストが高くなる。 ・谷部巻き上げ換気では、ハウス内の高い位置に空気が滞留して高温になりやすい。	片側天窓	○	○	○	○	○	○		
		両側天窓	○	○	○	○	△	◎		
		谷部巻き上げ換気	◎	△	－	－	◎	△		△
張り出し	■妻面や側面に張り出し部を作って、その外側に被覆資材を展張する方法がある。強度が高まり、内張りや機器設置のスペースができる。張り出し部を曲面とすると、換気の巻上げ部をしっかり固定できる。	妻面・側面の張り出し	◎	○	○	－	△		○	◎
外面被覆資材	■まず、ガラス室、硬質フィルム(フッ素系など)、軟質フィルム(PO系など)に大きく分けて考える。 ・ガラスや硬質フィルムは光線透過率が高くて耐久性も長いが、高価である。 ・ガラスでは、台風や地震などで割れると破片が落下して危険で、後片付けの労力も大きい。 ・軟質フィルムでは短い年数で屋根面の被覆資材の交換が必要になるが、コストや労力がかかるので、できるだけ長期展張型を用いる。 ・硬質フィルムや軟質フィルムでは、光の波長別透過特性の異なるいろいろなタイプが選択できる。 ・散光性フィルムは、影の部分にも光が回るようになり日焼け果が減少するなどの効果が期待できる。 ・紫外線の透過特性は、授粉用昆虫の利用や果実や花の紫色の着色に大きく影響するので、注意が必要である。 ・熱線カットフィルムは高温抑制になるが低温期にもハウス内へ入る熱量を減少させる。できるだけ換気窓を長時間閉めてCO_2施用を行う半閉鎖管理では有効である。また、フィルムは通常のものを利用するが高温期のみ熱線カット塗布剤を利用することもよく行われている。 ・留め具の強度や耐久性についても確認が必要である。 ・保温性を高めるため、妻面・側面や屋根面を二重に被覆する、あるいは妻面・側面を複層プラスチック板にすることも行われている。	ガラス	◎	◎	◎	◎	△	◎	○	○
		フッ素系フィルム(透明)	◎	◎	◎	◎	△	◎		
		PO系フィルム(透明)	◎	◎	◎	△	○	○	○	
		散光性フィルム(梨地など)	○	○	○	○	○	○		○
		近紫外線カット資材	○	○	○	○	○	○		
		熱線(近赤外線)カット資材	○	○	○	○	△	○	△	○
		屋根や妻面の二重フィルム構造	○	○	○	○	△		◎	
		硬質プラスチック複層板	○	○	○	○	△		◎	

2.3.3 内部設備

ハウス等の規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.3.1 カーテン装置

・選択する際の重要なポイントとして、傾斜張り／水平張り、開閉方向(側面方向／妻方向)、全開時の資材の畳み込み部の影の大きさを確認する。
・カーテン資材の保温性能、遮光性能、湿度コントロール性能、耐久性などが重要である。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
カーテン装置	■カーテン装置はコストが高いので、暖地では一層が多く、寒冷地では二層が多い。カーテン資材の種類は多様で、保温性や遮光性に大きな差異がある。 ・寒冷地では日の出後も暖房が必要になることが多く、下層の資材を透明にすると閉じたままにできるので燃料の節減ができる。 ・暖地でも管理温度が高い場合には、二層が適切である。	一層カーテン 遮光／保温兼用資材 （透湿性が望ましい）	○	○	○	○	○	○	○	○
		二層カーテン 下層：透明・透湿性資材 上層：遮光／保温兼用	△	○	○	○	△	◎	◎	○

2.3.3.2 暖房装置

・必要な暖房設定温度を十分に維持できる能力とする。
・寒冷地では、冬季には日射があっても暖房が必要な場合がある。カーテンを開けて暖房する場合には暖房負荷が非常に大きいので、それに合わせた暖房能力を確保する。
・温風暖房機では、1台あたりの能力は大きい製品があるが、ヒートポンプは1台あたりの能力が小さいので、面積が大きくなると台数が多く必要である。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
暖房装置	■まず温風式か、温湯式かを決める。 ・温風暖房機は、ポリダクトの設置・片付けの労力がかかる。ダクトが膨らんだ時に作業の妨げとなることがある。ハウス一棟に複数台導入すると、1台が運転を停止しても作物が保護でき、温度ムラを少なくする効果がある。 ・温湯パイプ式は、空間の温度分布を均一化しやすいが、設置コスト、ランニングコストは大きい。温湯パイプは作業台車レールと兼用となる。土耕栽培では設置できない。 ・地下水を利用した水－空気の熱交換機は、地下水温とハウス内気温の差が小さいときには、送風量を多くしても効果は小さい。 ・木質バイオマス暖房機の燃料にはペレットやチップなどがあり、温風式と温水式がある。機種よっては燃焼後の灰の掻き出し作業の労力が大きくなる。 ・ウォーターカーテンは内張フィルムの上に地下水を散水する手法で、装置による積極的な加温ではないが、イチゴなどの管理温度が低い作目で利用される。地下水を掛け流すので、鉄を含まない良質で十分な水質・水量を確保する必要がある。	温風暖房機 (A重油／灯油焚き)	◎	◎	○	－	◎	○		△
		温風暖房機とヒートポンプのハイブリッド暖房方式	△	◎	◎	○	△	◎	○	△
		温湯パイプ式暖房システム	－	－	○	◎	△	◎		◎
		成長点などの局所加温パイプ(温湯)	－	－	△	○	△	◎		
		木質バイオマス暖房機	－	△	○	○	△		○	△
		水－空気の熱交換機	△	△	－	－			○	
		ウォーターカーテン	○	△	－	－	△		○	△

ハウス等の規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.3.3 CO_2施用装置

・多収生産には必須の装置である。
・CO_2施用の効果的な設定濃度は、一般には窓閉鎖時800ppm／解放時に400ppm程度とされている。必要以上にCO_2濃度を高めると、ハウスの隙間からのCO_2放出が多くなるので、合理的でない。とくに日の出直後の低温・低日射時には、CO_2濃度を高めても光合成量はあまり高まらないので、高すぎる設定濃度には気をつける。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
CO_2施用装置	■燃焼式と液化二酸化炭素(純ガス)式に大別される。 ・燃焼式のCO_2施用装置は、施用時に熱もハウス内に放出されるので、低温期には暖房熱量を補う効果がある。高温時に温度を上げたくない場合には運転できない。 ・燃焼式のCO_2施用装置の燃料には、LPガス、灯油、天然ガスが用いられる。コストは一般に灯油が最も安価であるが、大規模施設でのガス利用では、契約の仕方によって価格幅は大きいようである。 ・灯油式の温風暖房機では、排気経路を室内／屋外に切り替えられる製品があり、暖房とCO_2施用の両方に利用できる。 ・液化二酸化炭素は、高温時にも局所施用と組み合わせて、収量増加のために積極的に施用できる。小型ハウスでは30kg充填可能な高圧ボンベを逐次交換しながら利用することが多いが、大規模ハウスでは大型の液化炭酸ガス貯留タンクを設置して利用している。 ・CO_2貯留・再利用装置は、夜間に暖房機から発生するCO_2を濃縮して貯留し、昼間に再利用する新しい技術である。	燃焼式 (灯油、LPガス、天然ガス)	○	○	○	○	○	◎		
		液化二酸化炭素 (CO_2ガス)の利用	○	△	○	○	△	◎		
		CO_2貯留・ 供給装置	○	○	△	△	○	◎	○	

ハウス等の規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.3.4 気流循環・強制換気装置

・循環扇は栽培空間の均一性を高めるために利用する。温風式の暖房では、暖房機の配置やダクト敷設方法によって室内に温度や湿度の分布が大きくなることがあるので、水平方向の循環扇を設置することが望ましい。
・高温期の定植作業などでは、循環扇の向きを下向きにすると、作業者の快適性が改善される。
・外気導入は、高温期には生育改善に有効と考えられるが、効果的に使うにはダクトの設置方法などに工夫を要する。また、外気取入口の高さ・場所に配慮して、病菌や害虫をハウス内に入れない工夫も必要である。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
循環扇	■温風暖房機のダクト配置による温度の偏りの均一化に有効。 ・垂直方向の循環扇はサイズが大きいものが多く、設置場所は最初から想定しておくことが望ましい。ハンギングガターのように栽培ベッド下に気流が動きやすい場合には有効であるが、土耕栽培や低いベッドでの栽培では、1台でカバーできる気流循環の範囲は狭くなる。	水平方向の循環扇	○	○	◎	◎		○		○
		垂直方向の循環扇	△	○	○	○	△	○		△
換気扇・外気導入扇	■換気扇は窓が開くと、直近の空気しか吸引できないので、換気窓を閉じたときだけ機能する。大型のハウスではもっぱら天窓からの換気になる。 ・外気導入扇では、取入れ方法、ダクト配風方法などに工夫が必要である。	換気扇 (吸引排気)	○	△	－	－				
		外気導入扇 (押し込み式)	○	○	△	△	△	○		△

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.3.5 冷房装置・高温抑制技術

・周年生産では、高温期の冷房や昇温抑制は重要である。冷房・高温抑制の目的には、昼間の最高気温の抑制、夜間の呼吸消耗の抑制、花芽分化の促進などがあり、それぞれに適した装置を利用する。
・冷房装置には、ヒートポンプのような一般的な空調機器と、細霧システムのような気化冷却を利用した簡易冷房がある。
・気化冷却を利用した簡易冷房は、台風接近時や梅雨時期などのように、屋外空気の湿度(湿球温度)が高いと効果は小さくなる。
・ヒートポンプでハウス内を夜間に冷房運転する際には、カーテンを閉めて外部から内部へ入る熱を抑制する。昼間に暖まった地中熱が夜間にハウス内に放熱されるが、断熱性の高いシートを地面に敷くと冷房の効果が高まる。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
冷房装置・高温抑制技術	■最高気温の上昇抑制には、遮光、簡易冷房、塗布剤が利用できる。	ヒートポンプ	△	○	○	○	△	○	○	○
	・ヒートポンプは日射が強いときには換気窓が開いているので、室内全体の冷却はできないが、夜間にカーテンを閉めて冷房することにより、外気より低温にできる。群落内にダクトを配置して局所的に冷房する方法は昼間にも利用できる。	Pad & Fanシステム	○	○	△	△	△	○	△	
	・Pad & Fanシステムでは、パッドの反対側に大型換気扇を多くの台数で並べる必要があり、ランニングコストが高くなる。効果の範囲の目安はパッドから20～30mとされる。 ・多目的細霧システムは、細霧冷房と薬剤散布の両方に利用できるが、薬散時には薬液量が多く必要である。粒径が大きく細霧冷房として利用するときの葉面の濡れが多いので注意が必要。	細霧噴霧システム(細霧冷房専用)	○	○	○	○	△	○		
	・細霧冷房では、目的に応じて粒径と噴霧量(g/m^2/分)を決めてノズルを選定する。一般に高圧のノズルはノズル当たりの吐出量は少ないが粒径が細かいので気化しやすく作物の濡れが少ない。	多目的細霧噴霧システム(薬剤散布兼用)	△	△	△	△	△			○
	・細霧専用の粒径の細かいシステムは、湿度(飽差)制御と細霧冷房の両方に利用できるが、高圧で噴霧するため設置コストが高価である。水質によるノズルの詰まりに注意が必要。	温水－空気式熱交換機	○	○	○	○	△		○	
	・塗布剤は、遮光や近赤外線のカットを目的として市販されている。塗布剤は数ヶ月の間に紫外線劣化して徐々に流れ落ちるが、短期間で落としたい場合には、リムーバーを使用する。	屋根塗布剤(遮光、近赤外線カット)	○	○	○	○	△			△
	・屋根散水に地下水を利用する際には、鉄やマンガンなどの含有がない水質の確保が必要である	屋根撒水方式	○	○	○	○		○		

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.3.6 複合環境制御システム

・欧州製システムは、高機能で制御点数やいろいろな機能を選択して拡張できるので、大型～大規模ハウスで利用されている。生育を最適にするためのいろいろな制御手法が利用できるが高価である。設定するパラメータが多く、設定の仕方も難しいが、機能は豊富である。
・国産製品で比較的低コストな環境制御システムは、主に約50a以下の中型ハウスを対象にしている。
・国産製品でも1ha以上の大型・大規模施設にも対応できる環境制御システムがいくつか市販されている。
・国産で各社製品の間で互換性を持つ統一規格で動作する自律分散型のユビキタス環境制御システム(UECS)がある。中小規模での利用で特長が生かせるが、大規模に対応したUECS製品もある。
・潅水の制御は、潅水する系統数が少ない場合には環境制御システム単体で実施できるが、潅水系統が多く、それらを複雑に切り替えて実施する場合には、別途、潅水コンしローラを利用する。
・養液栽培の給液の制御は、別途、栽培方式に合わせたコントローラで環境制御装置と連動されて実施することが多い。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
複合環境制御システム	■ソフトウェアの使い勝手は製品の間でかなり差があるので、自分の戦略に応じたシステムを選定することが重要である。クラウドを利用したデータ管理・閲覧については、各社によって使い勝手や経費の幅が広い。 ・動作機器の追加や制御点数が増えることが予想される場合には、I/Oユニットの増設ができ拡張が可能な製品がよい。 ・日の出・日の入り時刻の自動計算機能がない製品では、時間帯区分の設定を時期的に変更することになって、手間がかかる ・国産製品の中には、環境制御の設定値リストを一括して保存する機能、一括して読み込む機能がないものも多い。その場合には、記録に残しておきたい設定値リストを、適宜、手作業でメモに残しておかないと、来年度にまたゼロから設定値の組合せを探っていく必要がある。 ・小規模向けの温度等モニタリング装置は機器の制御はできないが、クラウド上でデータが保管され、スマホ等でどこでも閲覧できる機能を持っている。とくに、温度・湿度とCO_2濃度の日変化のモニタリングは環境管理に大きく役立つ。	欧州製 大規模向け 環境制御システム	－	△	○	◎	△	◎	○	○
		国産 大規模向け 環境制御システム	－	△	○	○	△	○	○	○
		国産 大型施設向け 環境制御システム	－	◎	◎	○		○	○	○
		国産 中規模施設向け 環境制御システム	△	◎	○	○	○	○	○	○
		国産 小型～中型施設 向け自律分散型システム (UECS)	○	◎	○	△	○	○	○	○
		国産 小型～中型施設向け、温度等モニタリング装置	◎	◎	○	－	○	○		

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.3.7 その他の内部装置

・トマト、パプリカなどで高収量が得られるハイワイヤー誘引栽培では、誘引ワイヤーの位置は地上3.0m～4.5mに設置され、各種作業をするには高所作業台車が必要である。高さが高くなるほど安定性の高い台車が必要で、タイヤ式では危険なのでレール式とする。
・台車のステップの長さが長い方が、1回の移動で作業できる株数が増えて効率的である。全長が長い台車は、列間の移動や中央通路での取り回しが不便になりがちである。施設設計時にベッドの端の位置や、暖房機などの大きな内部設備の周辺の空間に余裕を持たせ、安全に操作できるように配慮する必要がある。
・防災対策面では、停電時にも換気窓の手動開閉やかん水は必須で、情報システムの各種計測が継続できることが望ましい。バックアップ電源は大きい方がよいが、動作させたい機器を厳選して選定する。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
高所作業台車	■高所の作業は危険なので、安全性への配慮は最も優先される。 ・レール用で電動走行・電動昇降式では、手を使わずに前後に移動でき、作業しやすい長さのステップが高さを自在に調整できる。	高所作業台車(レール式、電動走行、電動昇降)	－	○	○	◎	△	◎		◎
		高所作業台車(レール式、手動走行、ステップ昇降なし)	○	○	○	△	○	○		△
		高所作業台車(タイヤ式、自動走行、ステップ昇降なし)	○	○	○	－	◎	○		△
防災対策ほか	・停電時のバックアップ電源で動作させる優先度が高いものは、天窓開閉、潅水動作、環境制御システム、暖房機(一部)である。 ・WEBカメラは、日常の作業状況の記録や、災害時の状況把握に利用できる。	バックアップ電源	○	○	○	○	△			
		WEBカメラ	○	○	○	○	△			

2.3.4 その他の付帯設備

2.3.4.1 付帯設備

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
その他	■ハウス本体の強風側あるいは周囲に防風ネットを設置すると、強風時の風圧が減少し、台風などの強風被害が軽減できるとともに、省エネ効果も期待できる。	防風ネット	○	○	○	○	△		○	

2.3.5 栽培システム

ハウスの規模の目安：小型20a以下、中型20a～50a　、大型50a～2ha、大規模2ha以上

2.3.5.1 養液栽培システム

・養液栽培方式には多くの種類があり、作物によってタイプの異なる栽培システムが利用される。以下の整理については、一般的な目安である。
・大規模施設では、培養液の排液をそのまま流すと環境負荷が大きいため、排液を殺菌して再利用する給液方法が必要となる。

			ハウスの規模				導入目的			
	選択の考え方	選択肢	小型	中型	大型	大規模	コスト抑制	多収生産	省エネ	作業効率
栽培ベッド	・ハンギングガターは、トマトやパプリカの大規模栽培で利用されている。小面積だと低コスト化しにくい。大規模ハウスではガターを現場成型できる。ハウス構造の設計時につり下げ荷重を含めておく必要がある。地上架台ベンチより残渣の掃除がしやすい。 ・移動式ベンチは通路が必要なときにベンチを移動させて通路を空けるもので、鉢物花きで底面潅水のプールベンチ栽培でよく利用される。 ・長ベッド式では、防根透水シートを使って培地を入れる場合が多いが、栽培期間が長くなるにつれてシートが目詰まりして湿害を生じやすい。 ・栽培コンテナ式は、根がコンテナ毎に隔離されるので、根部病害が広がりにくい。防根透水シートを使わないタイプでは、湿害の心配が少ない。	架台：地上ベンチ	○	○	○	△				○
		架台：ハンギングガター	―	△	○	◎				◎
		架台：移動式ベンチ	△	○	○	△	△	○		△
		培地容器：長ベッド式（発泡スチロール等）	○	○	○	○		○		
		培地容器：栽培コンテナ式（発泡スチロール等）	○	○	○	○		○		
養液栽培の培地	・ロックウールあるいはヤシ殻繊維を成型してバッグに入れたスラブは、培地容器が不要でベンチに並べるだけで、扱いやすい。 ・ロックウール粒状綿の培地は、時間が経つにつれて徐々に圧縮されて気相率が低下し、液相率が増加する。保水性が高まる半面、通気性が低下することに注意が必要。	固形培地：ロックウール（成型スラブ）	△	○	◎	◎	○	◎		○
		固形培地：ヤシ殻繊維（成型スラブ）	△	○	○	○	○	◎		○
		固形培地：ロックウール粒状綿やヤシ殻繊維のバラ資材	△	○	○	△	○	○		△
水耕栽培	・固形培地を使わず、培養液の循環のみで栽培するもの。 ・養液層を浅く流すNFT式と、深く流す湛水式(DFT)、根に噴霧する噴霧水耕がある。 ・培養液の循環のために、培養液タンクの容量が大きくなる。	NFT（培養液を浅い層で循環させる）	△	○	○	○				◎
		DFT（培養液を深い層で循環させる）	△	○	○	○				◎
排液の再利用	・掛け流し式は、生育が安定するが、肥料コストと環境負荷が大きい。 ・再利用式は、循環式と、新液への一定割合の混合方式がある。いずれにしても殺菌装置が必須。	掛け流し式	○	○	○	△	○	◎		
		再利用式／循環式	△	○	○	◎	△			

平成 30 年度次世代施設園芸地域展開促進事業
事業報告書（別冊 4）

農業用ハウス設置コスト低減のための事例集

平成 31 年 3 月発行

一般社団法人日本施設園芸協会