

株式会社イノベーション農業福祉研究所

温室設備が高額で大規模植物工場の拡大ができない。働き手の偏り、栽培経験者が限られるなど農業生産活動の人材が不足している。などから農業収益性が悪い。そこで、農業と福祉にイノベーションを！実証された ICT 農業技術のもと、「施設の VE」と「農業エネルギー」と「スマート農業」の先行技術開発で大規模太陽光利用型植物工場を実用化して地元産業復興とアクティブシニアの雇用をつくります。

実施期間：2016 年度～2018 年度 実用化計画開発実施場所：いわき市

いわきイノベーション農業福祉構想実用化開発 【大規模太陽光利用型植物工場の先行開発検証と実施設計】

現状・背景

栽培施設（温室）設備費、エネルギーコスト、栽培作業者の労務費の設備生産コストを低減する為に、「太陽光型植物工場の温室を VE でコストを低減する（前期）」と「夏の換気システム、冬の 2 重壁部材、栽培台加熱方式で農業エネルギーをセーブするイノベーション温室」で「周年安定栽培を可能にした年間収量向上の栽培管理システム」を開発して解決します。

研究（実用化）開発の目標

事業目標年度 31 年度施設工事 32 年度売上高 1 億 2000 万円 / 年間
設備コスト VE の設計と規模拡大で 30% 低減する。
労務コスト アクティブシニアを活用した安全安心の作業で労務コストの一定化。
エネルギー費 省エネルギー持続可能と化石燃料の混合 従来比 20% 削減。
地域産業として 6 億円の新事業と地域雇用 34 名を実現

研究（実用化）開発のポイント・先進性

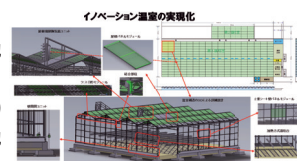
「イノベーション温室の統合化 VE 設計で施設コストダウンの実現」継続報告

施設園芸協会設計基準を強度計算モデルを構築した ZAM 鋼板でのモジュール部材、屋根、壁のパネル化と工事手順を統合化した VE 工法で部材費の削減工事期間の短縮が実現できました。



「イノベーション温室栽培システムの生産性・収益性の向上に温室設計」の実現

外壁パネルの 2 重シートや栽培台加熱方式などの栽培管理温度による収量の増大（平成 29 年度地域復興実用開発での実証報告参照）、温室側壁吸気、天井強制換気、細霧冷房による高温対策による 7-9 月の作替期で夏越栽培で収量向上（平成 30 年度地域復興実用開発）温室部材のモジュール化、ユニット化による部材品質の向上と施工期間の短縮化、ライフサイクル予防保全での施設性能の維持管理を可能イノベーション温室基本設計ができました。



「プロトタイプ温室継続栽培継続検証」

トマトの収量を 1 株単位で管理して統計的な説明変数となる植物個体の生育特性と栽培環境要因（日射量、温度、CO₂や湿度など）を統計的に分析して収量を評価し、イノベーション温室の冬季の屋根パネル、ペアシート壁パネルの保温性能、栽培台加熱方式適温コントロール技術と夏季の高温コントロール技術を獲得します。また、プロトタイプ温室で獲得した栽培基礎データから収量性能を評価して 1-2ha の大規模施設にスケールアップするイノベーション温室栽培管理運用システムの基礎データとします。



浜通り地域への 経済波及効果（見込み）

大規模施設園芸施設を復興モデル事業として建設して地元のブランドのサンシャイントマトの生産量拡大に貢献します。スマート農業などの作業支援システムでアクティブシニアが安心・安全に働ける場を提供して地元での雇用の機会をつくります。低コスト大規模施設園芸「太陽光利用型植物工場」を施設の部材加工や建設工事を地元企業の参加で実施してその生産力を生かし低コスト施設を地域外に普及させて新しい産業を創出します。ICT 農業で蓄積された栽培技術を農業経験の少ない若手の参加にも活用して農業技術を発展させます。

これまでに得られた成果

従来の施設のテアダウンやオランダから導入した基本設計をもとに、部材や工法を徹底したバリューエンジニアリング（VE）の視点で見直した、低コスト温室構造、新技術の屋根パネルや二重シートの壁パネル、加熱方式栽培台を栽培実証による省エネ性能の検証を経て、太陽光利用型植物工場（大規模施設園芸）の設計が完成しました。

特に、トマトの植生栽培作業や IOT 型の収穫・選果、栽培管理システムでは、お客様品質の低コストと鮮度納期を実現するトマト生産システムが完成しました。

開発者からの浜通り復興に 向けたメッセージ



株式会社イノベーション農業福祉研究所
代表取締役
山口吉郎

震災から 8 年たち農業の再生と地元で雇用の機会を作る事業視点で進めてきたが、復興地域と分野越えたシナジーや結合（イノベーション）が必要のようです。そこで、アクティブシニアが生涯働ける場の提供と農業と福祉を一体化した太陽利用植物工場の運用を進め、更に、本事業を地元企業参加のもと設備開発を進め単に農業生産だけでなく農業を産業として本格的な復興と地域の発展に貢献します。

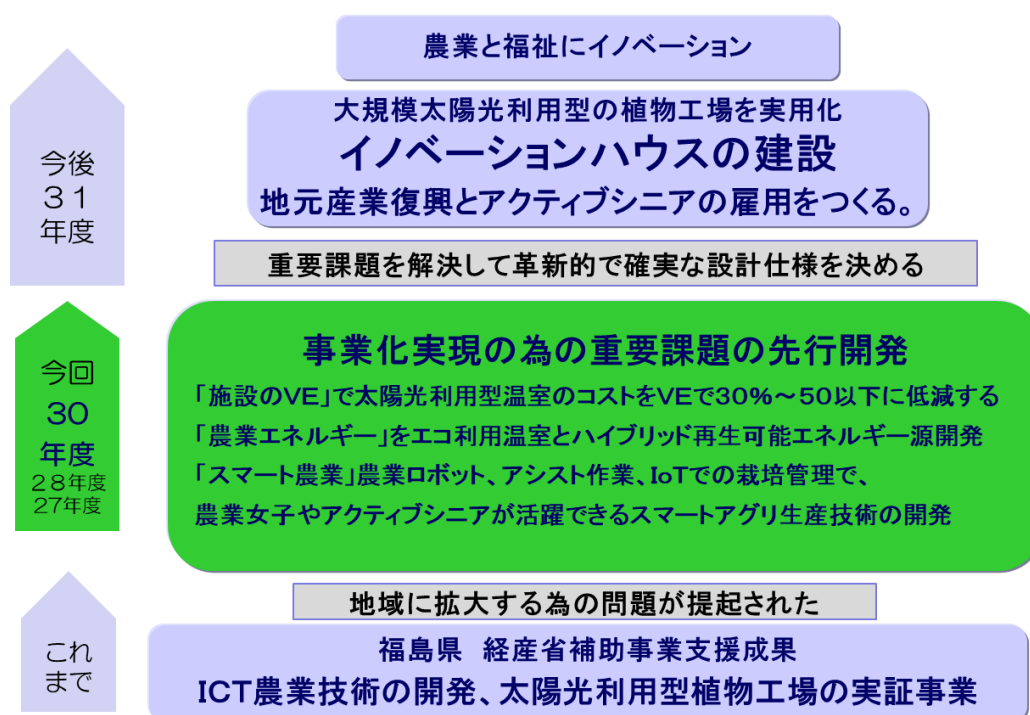
平成30年度地域復興実用化開発等促進事業

いわきイノベーション農業福祉構想実用化開発

【大規模太陽光利用型植物工場の先行開発検証と実施設計】

(1) 実証事業の目的と目標

平成28～29年度は「施設のVE」と「農業エネルギー」と「スマート農業」の先行技術開発で引き続き事業計画3年目(継続3年)の本事業もプロトタイプでの性能確認によるイノベーション温室の実用化課題を解決した実施設計を目的とする。



目標は最適モデル事業は2haで利益がでる。市場での顧客貢献を低(定)価格での安定供給を可能にしてコスト構造で高収益の事業を実現します。

規模の利益

2haを最適モデル
20ha～40ha
の大規模で構想

規模のリスク回避

地域社会の理解と一体化
福祉施設などの地域開発
2ha単位の自律的経営

事業立上政策支援

各種補助金
特にエネルギー開発

事業計画(2haモデル)

売上金額	220,000	100%	製造 原価比
製造原価	101,200	46%	100%
設備償却費	22,000	10%	22%
労務人件費	44,000	20%	43%
エネルギー費	24,200	11%	24%
栽培経費費	11,000	5%	11%
販売物流費	46,200	21%	
経常利益	72,600	33%	

戦略ソリューションテーマ

市場開発(顧客価値)

トマトの価格を20～30%安く安定した供給
(原価を300円/kg→将来200円/kg)
大手量販・製品開発で売価(600円/Kg)

設備コスト低減(VE)

大規模化とこれまでの実証事業の実績からのコスト構造で30～50%削減
ALV&VE設計でのVEテーマ克服

雇用と労務コスト(IE)

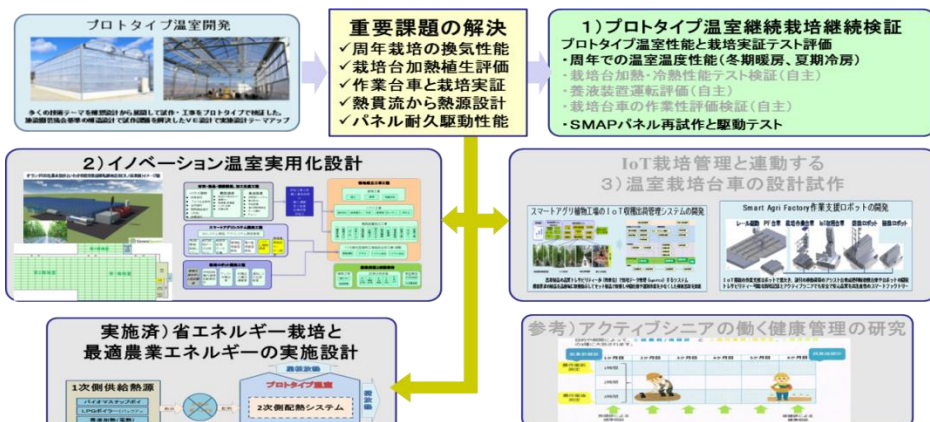
IE手法で高齢者でも安定した生産性向上
アクティブシニアが生産働ける職場で、雇用を確保する

農業エネルギーコスト(ITC)

エネルギーセンターで70%のエネルギー削減
コージェネ、バイオマス、耐水層利用ヒートポンプのハイブリッドICT最適農業熱源開発

(2) 重点的に実施した事項

プロトタイプ温室の改善工事と実証フレームワーク（30年度）



実用化開発テーマと実施結果の成果物

テーマ分野	実施内容	成果物
1) プロトタイプ温室継続栽培継続検証		
3次プロトタイプ温室運用改修工事	PT3養液装置	PT3養液装置写真
	センサー追加取り替え	センサー追加取替写真
	照明機器	照明機器設置写真
	屋根パネル点検工事(足場)	屋根パネル点検工事(足場)写真
	各種センサー点検工事	各種センサー点検工事写真
	配管改修追加工事	配管改修追加工事写真
運転管理	養液装置給水配水テーマ管理	栽培管理と溶液供給分析報告書
	温室熱テーマ運転管理	栽培管理と温室換気温湿度分析報告書
データ収集	栽培育成実証作業管理	栽培育成作業実績報告書
	プロトタイプ温室栽培解析	
分析解析報告	プロト温室運転データ記録	プロト温室運転データ分析表
	株別栽培データ記録作業	株別栽培データ記録作業報告
	プロト温室運転分析と継続テーマ解析	プロト温室運転分析表
	栽培実証分析と継続テーマ解析	栽培実証分析データと分析表
	プロト温室熱解析報告	プロト温室熱解析報告
	栽培継続実証報告	栽培継続実証報告
2) イノベーション温室実用化設計と試作		
イノベーション温室実用化設計	イノベーション温室実用化DR設計	イノベーション温室実用化DR設計書
	イノベーション温室強度計算	イノベーション温室強度計算書
	屋根、壁パネル開閉機構設計	屋根、壁パネル開閉機構設計書
	新SMAPパネル設計	新SMAPパネル設計書
	温室重要部材モジュールVE設計	温室重要部材モジュールVE設計書
	温室部材実用化生産設計	温室部材実用化生産設計書
	加熱方式栽培台実用化設計	加熱方式栽培台実用化設計書
	温室暖冷房実用化設計	温室暖冷房実用化設計書
	温室雨水配水実用化設計	温室雨水配水実用化設計書
	統合化工事手順書作成	統合化工事手順書
	温室VE詳細設計・コスト評価	温室VE詳細設計・コスト評価報告書
	エネルギーバス熱量計画	エネルギーバス熱量計画書
	温室熱源設備設計	温室熱源設備設計書
	配管系統図設計	配管系統図設計書
	温室熱源建屋設計	温室熱源建屋設計書
実用化重要機能耐久強度検証試作	モータ駆動式SMAPパネル試作	モータ駆動式SMAPパネル試作写真
	細霧冷房試作	細霧冷房設置写真
	壁パネル開閉試作	屋根、壁パネル開閉試作写真
	ラチス構造試作	ラチス構造試作写真
	結合部位試作	結合部位試作写真
	遮蔽カーテン 換気塔	遮蔽カーテン設置写真 換気塔設置写真

詳細は成果物の報告書で別途記述している。以降では重点に絞って説明する。

(該当する「# 成果物名」を付記 / コメントで ○正常 △問題や課題あり を記載)

1) プロトタイプ温室継続栽培継続検証

イノベーション温室の性能を運転性能と栽培実証で検証して実用化設計の基本とする。

◆継続実証テーマと実施計画から目的別に整理して報告書として整理して考察した。

申請テーマ名		委託先	実施計画	目的	実証データの収集								報告書名
					気象環境	プロト3Dデータ	温室実測データ	栽培管理データ	栽培動画	作物生育記録	業歴記録画像	温室運転日報管理	
1	養液装置給水配水テーマ管理	AKI	養液装置給水配水テーマ管理	栽培生育実証の養液供給のデータの記録とを蓄積して養液供給分析する。								○	36.栽培管理と養液供給分析報告書
2	温室熱テーマ運転管理	AKI	温室熱テーマ運転管理	プロト温室の温湿度データ状態を監視して運転管理の実績データを記録管理する			△					○ ○	37.栽培管理と温室換気温湿度分析報告書
		IAW	プロト温室熱解析報告	カーテンの遮光性能と細霧冷房の性能、保温性能、プロト温室の熱還流量を解析検証する	○	○	○					○	34.プロト温室熱解析報告 夏期温室温度測定と熱性能分析 冬季温室温度測定と熱性能分析
3	プロトタイプ温室栽培継続実証	AKI	プロト温室運転解析と継続テーマ解析	プロト温室の状態を監視して運転管理の実績データを記録管理する								○ ○	32.プロト温室運転分析表
4	栽培育成実証作業管理	AKI	栽培育成実証作業管理	誘引、葉欠き、芽欠き作業内容と工数実績を集計報告する				△	△	●			38.栽培育成作業実績報告書
5	収穫実証作業管理	AKI	収穫実証作業管理	株別、段別収量実績データを記録と作業実績管理				○					39.収穫作業実績報告書
6	プロト温室運転データ記録	IAW	プロト温室運転データ記録	温湯管、栽培台加熱装置、カーテン開閉装置のプロト温室運転解析と安定性評価	○	○						○	30.プロト温室運転データ分析表 温室装置の運転解析と安定性評価報告書
7	株別栽培データ記録作業	IAW	株別栽培データ記録作業	株別誘引、栽培育成、収量データからの病歴管理と分析				△			○		31.株別栽培データ記録作業報告 病歴記録と管理分析報告書
9	栽培継続実証報告	IAW	栽培継続実証報告	株別、段別収量実績データから統計的に収量を予測して栽培特性を考察する				○					33.栽培実証分析データと分析表 栽培収量実績分析
8	栽培実証解析と継続テーマ解析	IAW	栽培実証解析と継続テーマ解析	栽培AI収量予測に向けての温室環境管理と収量相関性及びミネラル、糖度(高付加価値化)への継続テーマへの考察	○	○	○	○	○			○ ○	35.栽培継続実証報告 糖度測定報告書

継続実証で収集したデータの内容

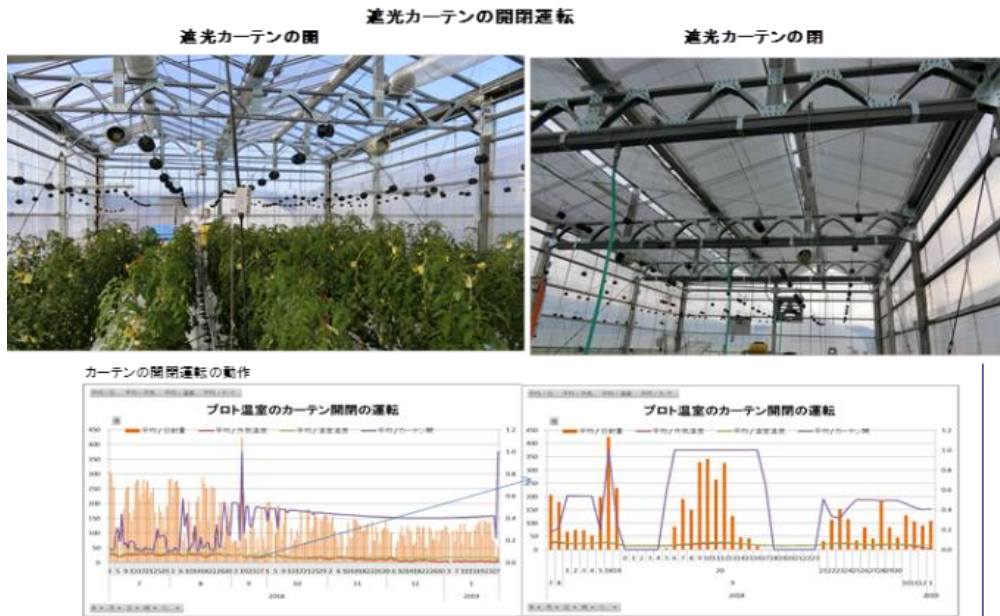
実証期間を通して、①気象データ：外気温度、湿度、日射量 ②プロト温室の3Dデータ：3次元で設定した27点の各部位における温度と湿度および1点のCO2濃度 ③温室内の壁面や部材の温度、温湯配管で実測した温度 ④株別成長段別の栽培トマト収穫重量 ⑤栽培動画(参考) ⑥作物の生育記録 ⑦病気の発生履歴と症例画像 ⑧温水の循環量やガス消費量の記録データ ⑨温室装置の運転データを、それぞれ収集して、蓄積できた。

◆報告書 30 プロト温室運転データ分析表

温室装置の運転分析と安定性評価報告書

温湯管、栽培台加熱装置、カーテン開閉装置のプロト温室運転分析と安定性評価

① 遮光カーテンのテスト環境風景と運転データ

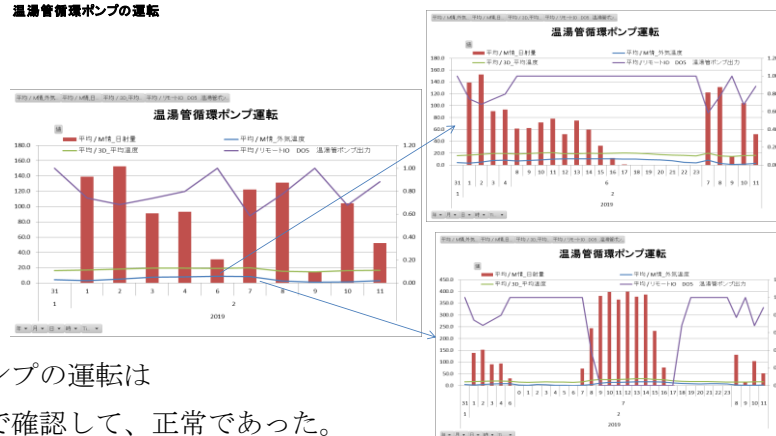


○カーテン開閉は、実証期間中、正常に稼働していた。

② 温湯管暖房加熱、栽培台加熱のポンプの運転



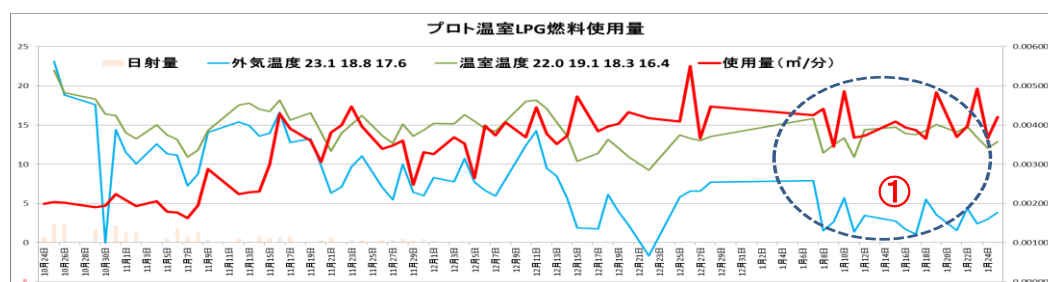
温湯管循環ポンプの運転



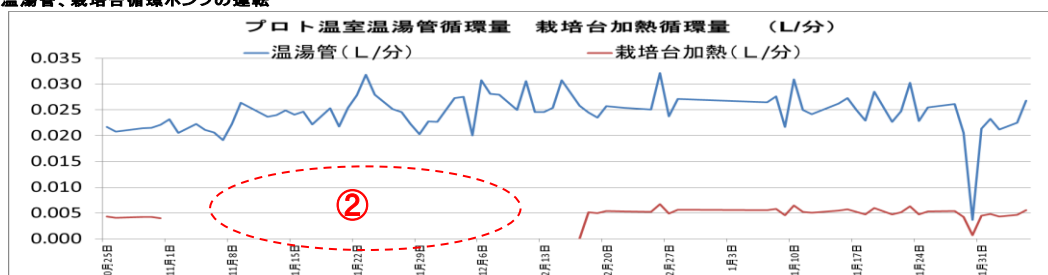
○温湯管循環ポンプの運転は
日射量（天候）で確認して、正常であった。

③ 熱源（LPGボイラー）運転と温室温度

プロト温室のLPG燃料使用量の計測



温湯管、栽培台循環ポンプの運転



○日別管理で、LPGの消費量と外気温度に**相関性** (①) がみられたことから、LPGボイラーは正常に稼働したといえる。

△温湯管加熱、栽培台加熱循環量の測定では、栽培台加熱が運転していない時期 (②) があった。→この期間に循環量のチェック漏れがあった。

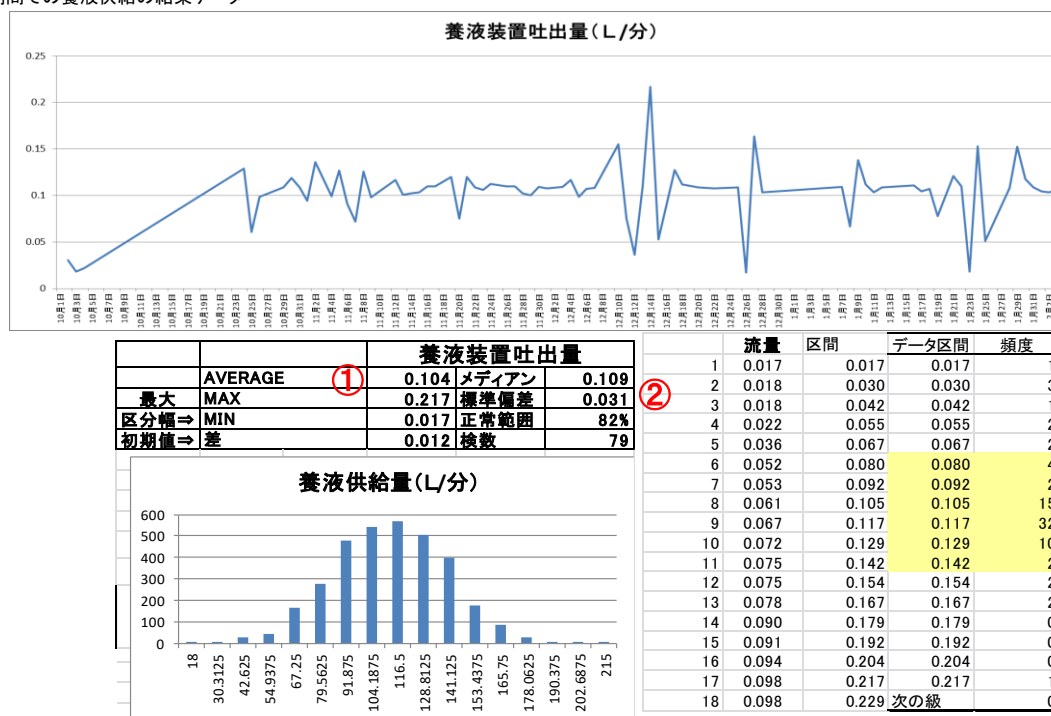
④ 養液装置の運転



○稼働前テストでは吐出量 12.03L/min でσ 0.19 (③) にてバラつきも小さかった
△吐出量で 1.6 L/min など (④) があるので整備は必要。(ドリッパー漏れをなくす)

⑤ 運転期間中の吐出量測定

期間での養液供給の結果データ



○日当たりの毎分の吐出量は平均 0.104 L/min (①) σ 0.031 (②) であり安定していた。

プロト温室運転データ分析考察

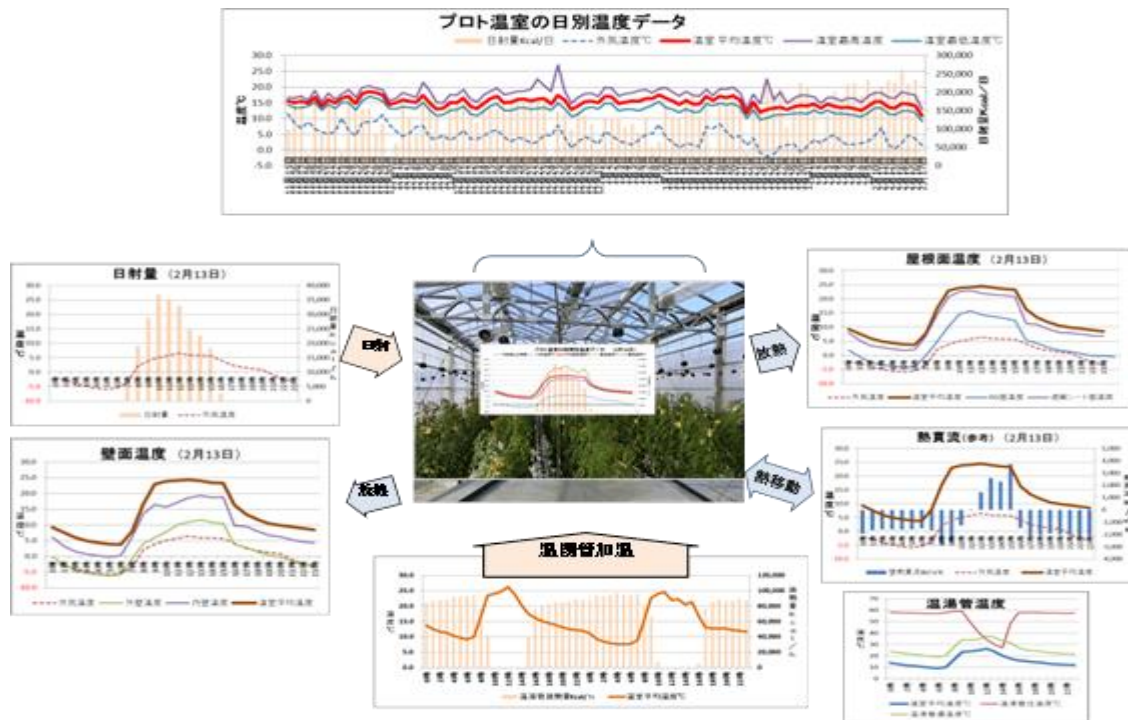
- ①カーテンの開閉運転は、昼夜（日の出、日の入）の信号で正常に動作していた。
- ②温湯管循環ポンプは、2月6日の日射量のない日に昼間も運転、2月7日は日射量があり循環ポンプが停止、などから、温度制御で正常に運転していた。
- ③プロト温室のLPG燃料使用量では、1月の外気温の低い期間に外気温とLPG使用量に逆相関が認められた。
総熱量は、灯油ストーブを予備熱源にしていることから、追加調査が必要。
- ④温湯管、栽培台循環ポンプの運転は、安定した流量で循環していた。
栽培台は一部期間で計測できていなかった。センサーに異常があった。確認頻度を増やして運転管理する必要がある。
- ⑤養液装置の供給量は、予備テストと運転テストでの測定結果にバラツキが少なく安定していた。

以上の運転テスト結果から、プロト温室の運転管理で予定したデータが記録され、カーテン開閉や循環ポンプなどで計画した運転制御にも大きな問題はないことが分かった。

◆報告書 34.プロト温室熱解析報告

参考) 温室の熱性能実証 (29年度の実証報告の再提示)

プロトタイプ温室の温度測定結果から熱性能を分析した。

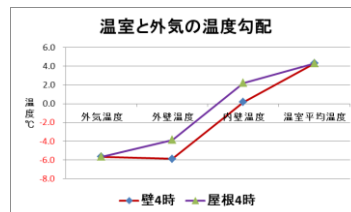


実証の成果として

- ① プロトタイプ温室の日別温度は、平均温度が 15°C で、1日の最低温度が 10°C を下回らないように熱量を投入できている。
- ② 温湯配管では 60°C の温水を循環させて、 $80\text{MCa}/\text{h}$ の熱量で温室を加温できている。

昼間の日射量による加温

- ③ 壁面と屋根パネルは2層構造の断熱パネルであり、放熱温度勾配は、外気温 -6°C の早朝4時に温室内は 4°C で温度差は 10°C あり、内壁温度は $2\sim 4^{\circ}\text{C}$ の熱勾配になっていることから、2層シートの断熱性能は高いといえる。
- ④ 壁面と屋根パネルでの内壁の温度勾配 4°C に対し、屋根パネルは 2°C であり、断熱性能が特に高いことも確認できた。屋根パネル (SMA P) は内壁に反射率 93% のシートを使っており、放射冷却に対する断熱性能が高いことが確認できた。

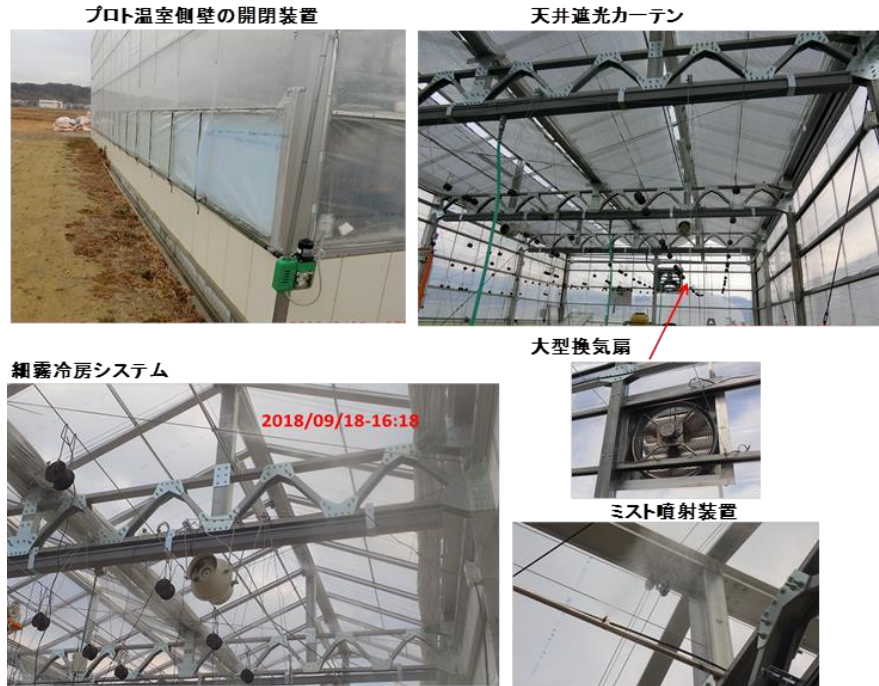


今後への課題

プロトタイプ温室での温度測定から検証した熱性能の基礎データを、 $1\sim 2\text{ha}$ の大規模施設での放熱量設計に必要な熱貫流シミュレーションでの熱量計算にも活用していきたい。栽培台加熱の温度設定でも更なる検証が必要である。

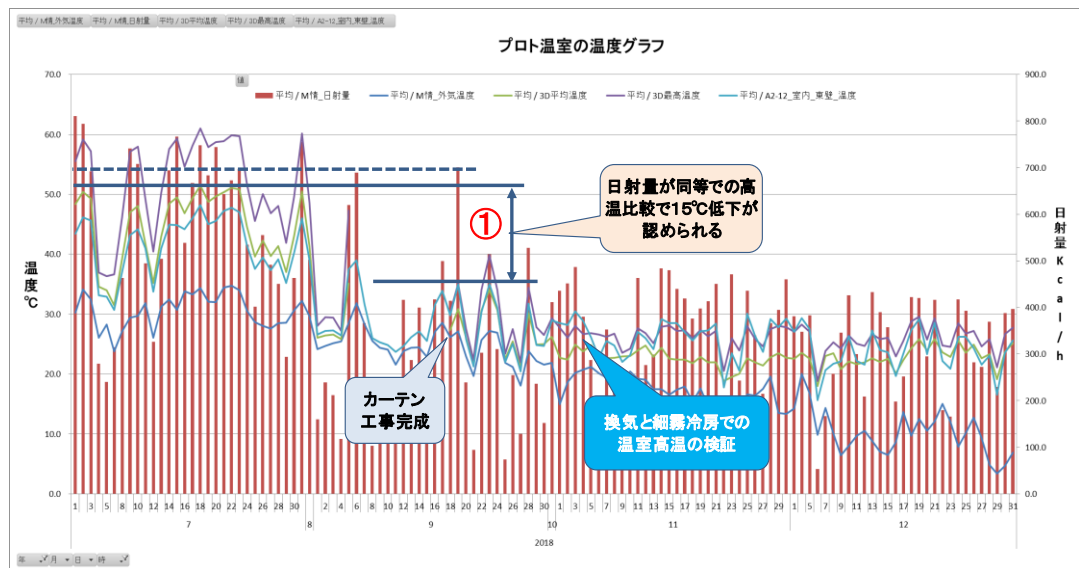
①夏期温室温度測定と熱性能分析

カーテンの遮光性能と細霧冷房の性能、保温性能、プロト温室の熱還流量を解析検証する



夏期の高温対策

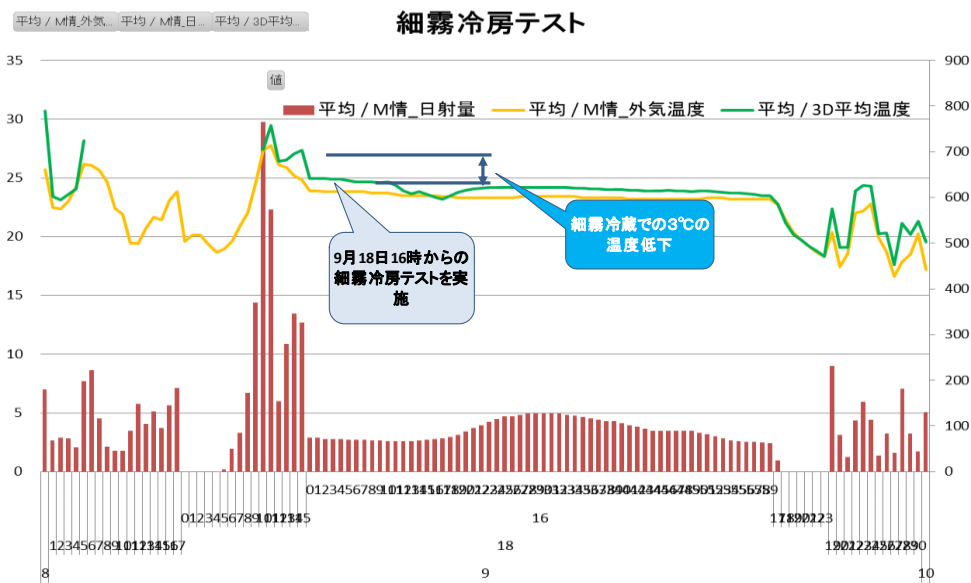
壁開閉換気扇による夏期の高温の解消ができたか



○側壁の開閉と強制換気により15℃温度低下（①）が検証できた。

（工事完了が9月以降だったので8月以前の猛暑時と同じ日射量の日と比較した。）

細霧冷房機器の導入 細霧冷房での効果は



○細霧冷房は短時間で変化が現れることから、分単位での温度変化を確認した。

9月18日16時から細霧冷房テストで3℃の低下がみられた。

細霧冷蔵は湿度を使った潜熱冷房であることから、繰返し作用で温度を下げることになる。

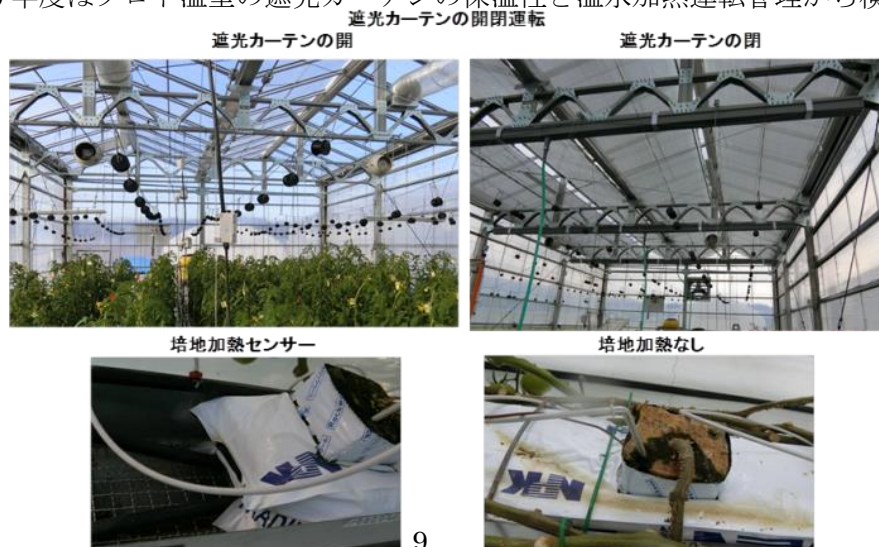
○その後は9月から10月にかけて自動運転で温度低下を確認できた。

以上の結果から、壁開閉、強制換気、細霧冷房が効果を発揮した、といえる。

9～10月の高温日にも30℃を超えないことが確認できた。ただし、猛暑による工事遅れなどの影響で、狙った時期には確認できていない。6～7月や8月における追加検証が必要である。今後の自主活動で継続していく。

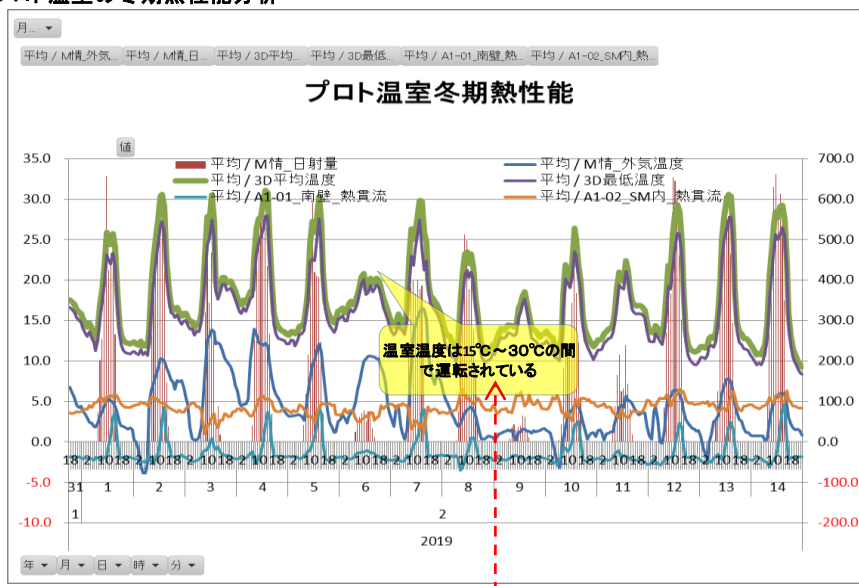
②冬季温室温度測定と熱性能分析

平成30年度はプロト温室の遮光カーテンの保温性と温水加熱運転管理から検証した。



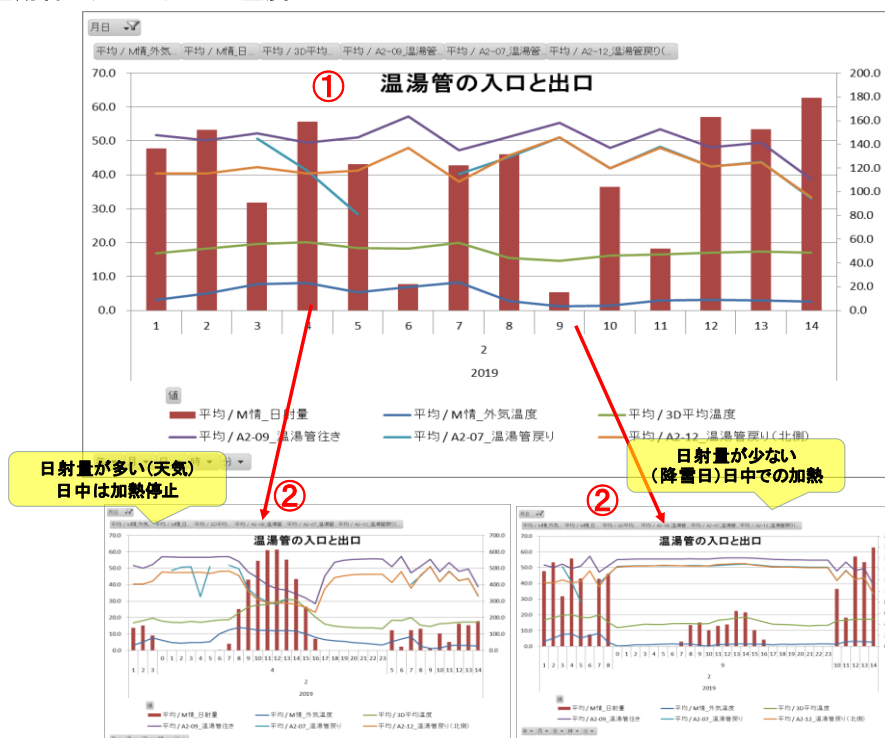
プロト温室の冬期熱性能

プロト温室の冬期熱性能分析



○3Dの温室センサーでも測定で外気温が零下でも15℃に保持、高温では30℃だった。

温湯管の入口と出口の温度

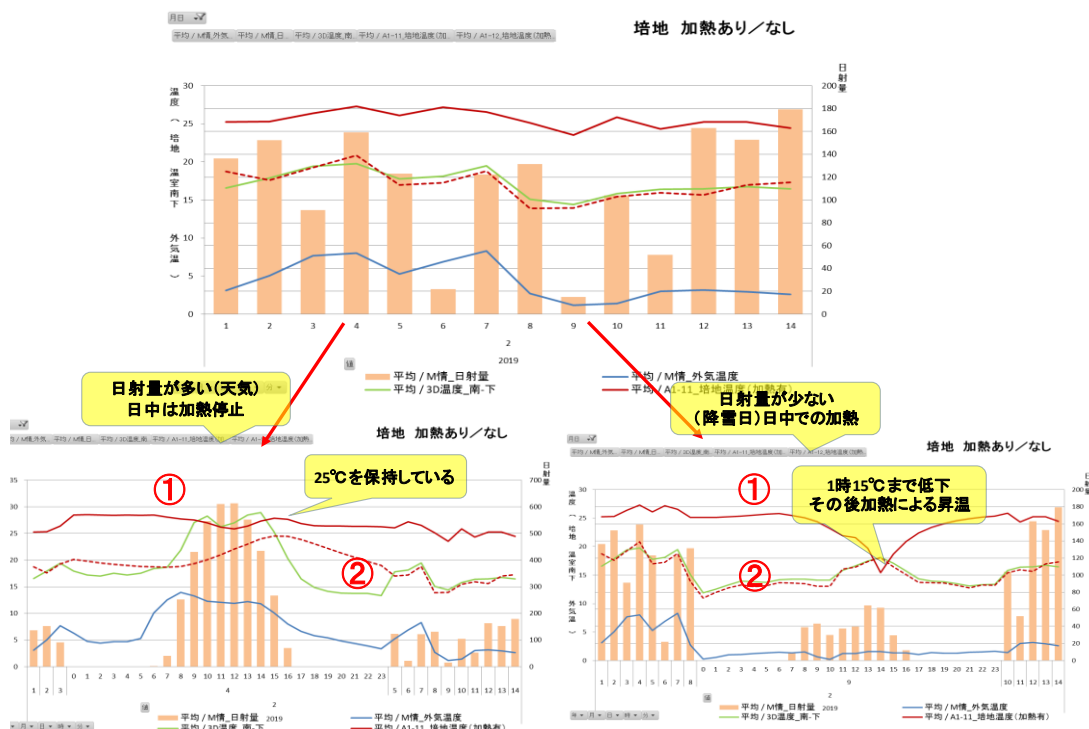


○温湯管入口温度：50～55℃、出口温度：40～45℃で、10℃の差がみられた(①)

○温湯管の温度制御は 温室温度15℃でOn、22℃でOff の制御に応じて、夜間と昼間でそれぞれ正常に作動していた。(②)

培地加温による温度特性の確認

培地加温有り無しの加温分析



○栽培台加熱ありの培地は25℃を保持している (①)

○加熱無しは温室温度と同じように変動している (②)

プロト温室の冬期熱性能分析の考察

夜間でも15℃が保持されており、高温も30℃以下で運転されていた。

温湯管の入口と出口の温度は入口温度50～55℃、戻り40～45℃温度差10℃で運転されていた。培地加熱にも反映されていた。

2月9日(降雪)には昼間でも加熱を行なって運転されていた。

培地加温有り無しの加温分析では、培地加熱あり(25℃保持)、加熱なし(外気温と同じ)の温度特性を確認できた。

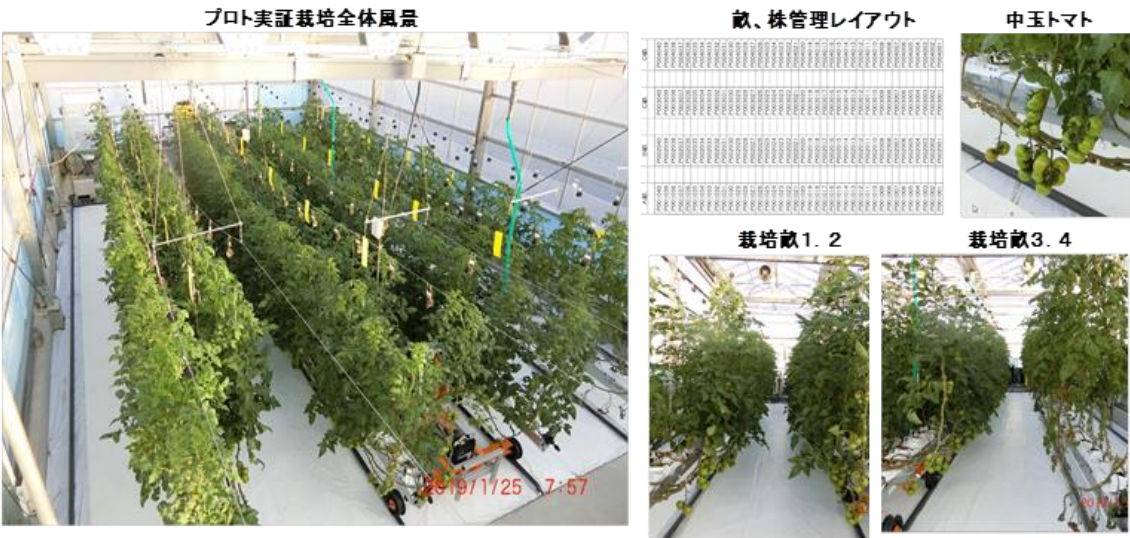
以上から、プロト温室の熱性能運転は正常に稼働していたといえる。

なお、2月9日(降雪)は夕方4時に温度低下しており、昼間に低温に変わったときの制御方法に工夫は必要。

温湯管の運転、培地加温の温度特性も確認されたことから、栽培でも収穫への影響などを自主活動で検証する。熱貫流に関しては、昨年度報告での評価をふまえて今後も資料熱量から熱性能をさらに確認する必要がある。

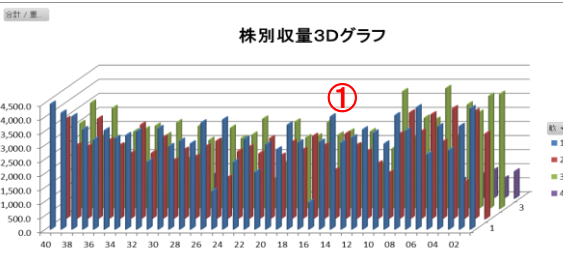
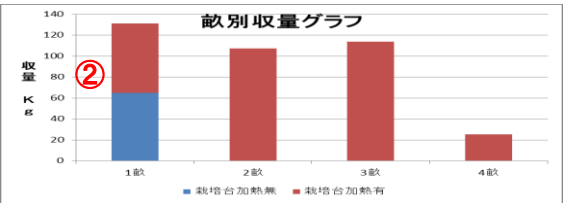
◆報告書 3.栽培継続実証報告

株別、段別収量実績データから統計的に収量を予測して栽培特性を考察した。
栽培風景 プロット温室には4畝あり、1畝あたり40株で計160株を栽培している。
作付品種は中玉トマト（エミナンス）とミニトマト（プロ姫）



別収量データ 中玉トマトは1個単位の重量測定 ミニトマトは収穫株での合計重量
と個数から1個あたりに換算した。

行ラベル / 重量計		列ラベル			
行ラベル	1	2	3	4	総計
40	4,457.0	3,549.0	3,045.0		11,051.0
39	4,143.0	2,618.0	3,770.0	610.0	11,141.0
38	4,015.0	2,572.0	2,589.0	632.0	9,808.0
37	3,557.0	3,564.0	3,578.0		10,699.0
36	3,187.0	2,795.0	2,282.0	512.0	8,776.0
35	3,517.0	2,613.0	2,753.0		9,780.0
34	3,241.0	2,326.0	2,822.0	536.0	8,925.0
33	3,346.0	3,351.0	2,952.0	888.0	10,537.0
32	3,485.0	2,346.0	2,619.0	1,010.0	9,460.0
31	2,410.0	2,886.0	3,073.0		9,204.0
30	3,594.0	2,081.0	1,789.0	483.0	7,947.0
29	2,954.0	2,458.0	2,944.0	844.0	9,200.0
28	3,144.0	2,210.0	2,447.0		8,447.0
27	3,050.0	2,577.0	2,454.0	868.0	8,949.0
26	3,794.0	2,771.0	2,881.0		9,446.0
25	1,368.0	1,469.0	2,513.0	708.0	6,058.0
24	3,902.0	2,404.0	2,636.0	604.0	9,636.0
23	2,398.0	2,551.0	3,203.0	896.0	9,048.0
22	3,213.0	2,332.0	1,060.0		592.0
21	2,039.0	2,869.0	1,635.0		878.0
20	3,025.0	2,249.0	3,101.0		8,375.0
19	2,836.0	2,728.0	2,540.0	716.0	8,820.0
18	3,715.0	2,454.0	2,571.0	802.0	9,542.0
17	3,089.0	2,950.0	3,087.0	871.0	9,997.0
16	971.0	2,612.0	2,634.0		6,217.0
15	3,112.0	1,738.0	2,742.0		7,592.0
14	4,006.0	3,026.0	2,290.0		9,322.0
13	3,084.0	2,617.0	2,757.0	793.0	9,251.0
12	3,265.0	2,403.0	1,604.0	591.0	7,863.0
11	3,550.0	1,974.0	2,144.0	694.0	8,362.0
10	3,438.0	1,636.0	4,179.0	611.0	9,864.0
09	3,046.0	3,018.0	2,525.0		9,285.0
08	4,053.0	3,785.0	3,235.0	1,084.0	12,157.0
07	3,514.0	3,104.0	3,160.0	984.0	10,762.0
06	4,334.0	3,718.0	4,287.0	648.0	12,987.0
05	2,672.0	2,739.0	2,593.0		8,760.0
04	3,659.0	3,934.0	3,709.0	869.0	12,171.0
03	2,821.0	1,306.0	3,411.0	1,003.0	8,541.0
02	3,669.0	3,826.0	4,016.0		12,223.0
01	4,302.0	3,031.0	4,081.0	962.0	12,376.0
総計	130,975.0	107,190.0	113,711.0	25,331.0	377,207.0



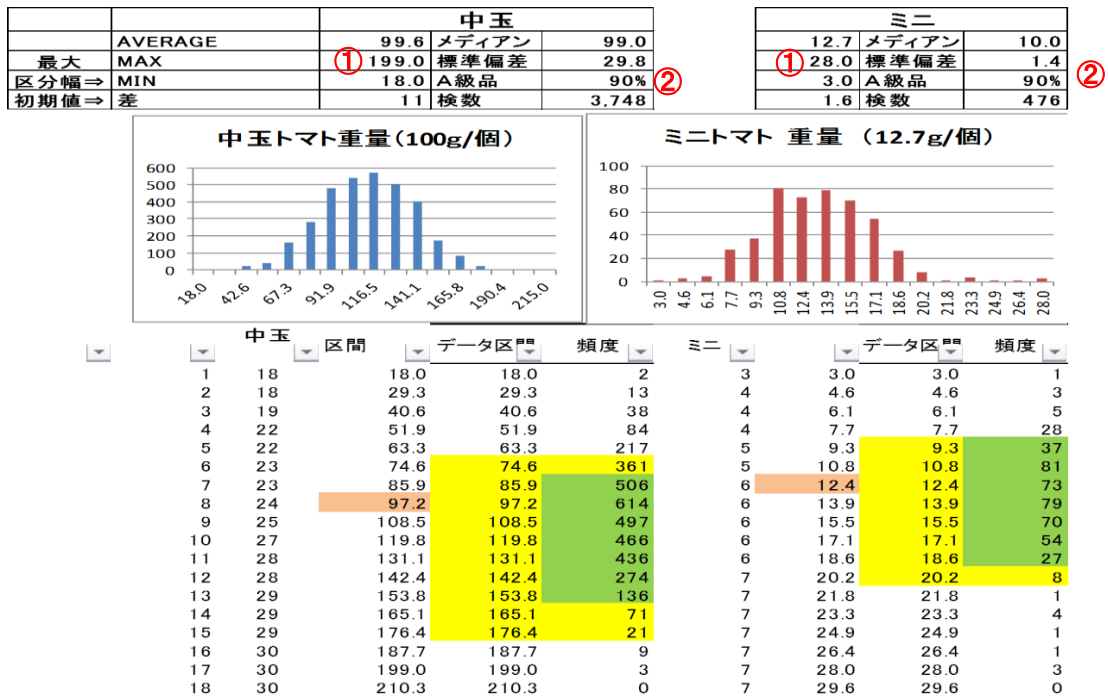
△株別収量にはバラツキがあった (①) △培地加熱有/無の収量差は6 %だった (②)

段数別収穫の進捗



○段数④と日数③：収穫までの日数に幅があった畝別（品種）に特性はあった。

1 個単位の収穫重量

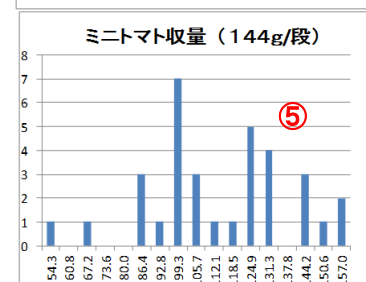
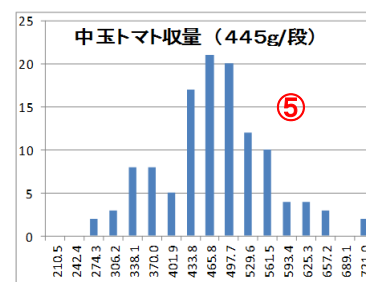


1 個単位の平均重量 (①) バラツキから A 級品率 (②) 判定できる

株単位の収穫重量

		中玉トマト重量		段数	ミニトマト重量		段数		
株数		120		3.6		33	4.4		
平均	AVERAGE ③	445.2	メディアン	432.3	8.4	144.3	メディアン	145.2	7.6
最大	MAX	686.2			9.0	210.7			9.0
区分幅⇒	MIN	161.8			3.0	92.0			3.0
初期値⇒	差	32.8				7.4			
	段/月	3.0	④			2.7			

区間	データ区間	頻度	区間	データ区間	頻度
162	162	1	92.0	92.0	1
195	195	1	99.4	99.4	2
227	227	0	106.8	106.8	2
260	260	5	114.3	114.3	1
293	293	0	121.7	121.7	2
326	326	5	129.1	129.1	1
358	358	8	136.5	136.5	3
391	391	9	143.9	143.9	3
424	424	24	151.3	151.3	5
457	457	18	158.8	158.8	4
490	490	12	166.2	166.2	2
522	522	8	173.6	173.6	2
555	555	12	181.0	181.0	3
588	588	8	188.4	188.4	0
621	621	3	195.8	195.8	1
653	653	4	203.3	203.3	0
686	686	1	210.7	210.7	0
719	719	1	218.1	218.1	1
752	次の級	0	225.5		



株単位の収穫重量 (③) と段の進度 (④) バラツキ (⑤) が判定できる

栽培継続実証の考察

収穫が始まった12月から、2月22日までの実績で評価する

- ・1haの経営採算ラインを1.2億円として、売上単価を中玉：433円、ミニ：703円で経営計画を策定していることから、年間売上金額は中玉で1haあたり1億2000万円と、収穫売上を予測できた。同様の評価で、ミニは1haあたり5200万円の収穫売上予測となった。

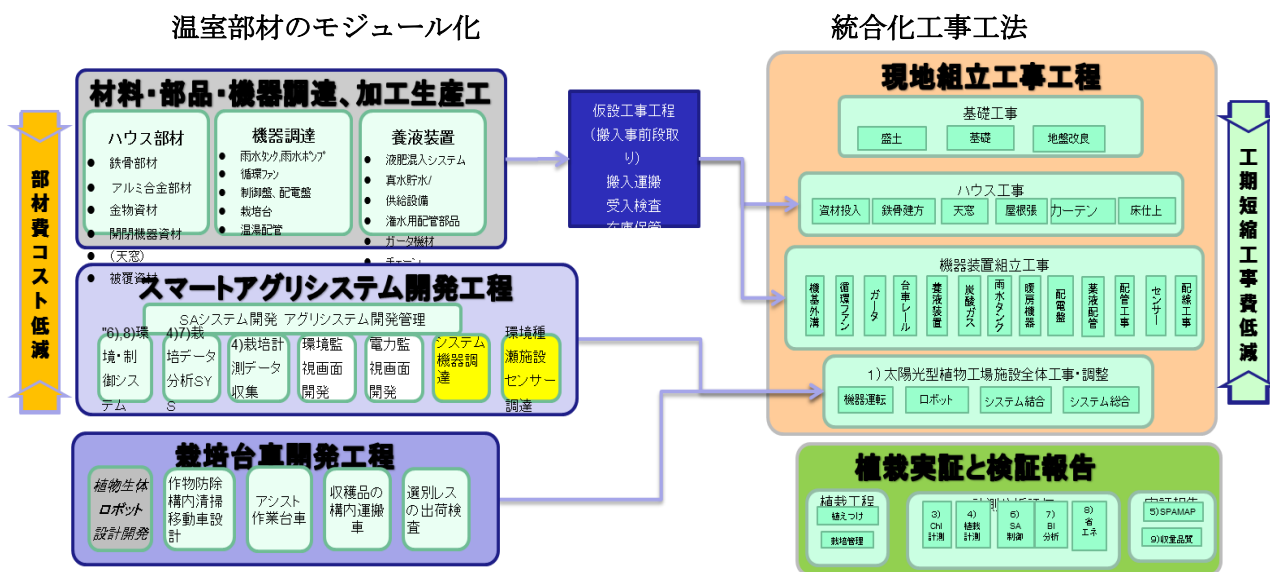
項目	中玉	ミニ
段当たりの収量(g)	445	144
月の段数	3.0	2.6
収穫月	10	10
年間の段数	30	26
1株当たりの年間収量(Kg)	13,350	3,744
A級品率	90%	90%
1ha当たりの株数	23,000	20,000
1ha当たりの収量(Kg)	276,345	74,880
単価(円/Kg)	433	600
年間売上金額(円)	119,657,385	44,928,000

実証期間が12月から2月の生育環境条件が悪い時期であったことから、周年での向上は見込める。ただし今回の不調株(中玉：10%、ミニ：30%)のような栽培上の問題が発生しないように管理する必要がある。

2) イノベーション温室実用化設計

29年度にプロトタイプ温室での駆動、運転などの機能的な性能の検証はできており、詳細にVE設計を進めてコストダウン見通しを立てて実用化を進めていく上での問題が明確になったことから、30年度では実用化開発に向けての課題解決に取り組んだ。

モジュール化と統合化工事工法でイノベーション温室建設のコンセプト



テーマ別実施内容と成果物

テーマ分野	実施内容	成果物
2) イノベーション温室実用化設計と試作		
イノベーション温室実用化設計	イノベーション温室実用化DR設計	イノベーション温室実用化DR設計書
	イノベーション温室強度計算	イノベーション温室強度計算書
	屋根、壁パネル開閉機構設計	屋根、壁パネル開閉機構設計書
	新SMAPパネル設計	新SMAPパネル設計書
	温室重要部材モジュールVE設計	温室重要部材モジュールVE設計書
	温室部材実用化生産設計	温室部材実用化生産設計書
	加熱方式栽培台実用化設計	加熱方式栽培台実用化設計書
	温室暖冷房実用化設計	温室暖冷房実用化設計書
	温室雨水配水実用化設計	温室雨水配水実用化設計書
	統合化工事手順書作成	統合化工事手順書
	温室VE詳細設計・コスト評価	温室VE詳細設計・コスト評価報告書
	エネルギーパス熱量計画	エネルギーパス熱量計画書
	温室熱源設備設計	温室熱源設備設計書
実用化重要機能耐久強度検証試作	配管系統図設計	配管系統図設計書
	温室熱源建屋設計	温室熱源建屋設計書
	モータ駆動式SMAPパネル試作	モータ駆動式SMAPパネル試作写真
	細霧冷房試作	細霧冷房設置写真
	壁パネル開閉試作	屋根、壁パネル開閉試作写真
	ラチス構造試作	ラチス構造試作写真
	結合部位試作	結合部位試作写真
	遮蔽カーテン	遮蔽カーテン設置写真
	換気塔	換気塔設置写真

この報告書では重要な内容「黄枠」に絞って説明する。

プロトタイプ温室の施工概要（２８年度の再提示）



イノベーション温室外観



日射を取入れた明るい温室



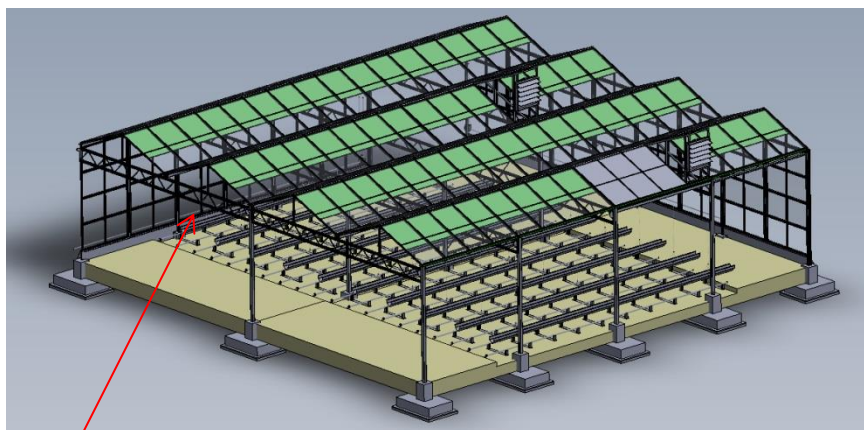
統合化VE工事工法

イノベーション温室実用化設計

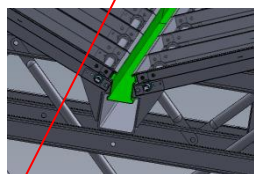
以下を３Ｄで設計した。

イノベーション温室実用化 DR 設計、イノベーション温室強度計算、壁パネル開閉機構設計、新 S M A P パネル設計、温室重要部材モジュール V E 設計、温室部材実用化生産設計、加熱方式栽培台実用化設計、温室暖冷房実用化設計、温室雨水配水実用化設計、統合化工事手順書作成、温室 V E 詳細設計・コスト評価、温室暖房配管実用化設計、エネルギーパス熱量計画、温室熱源設備設計、配管系統図設計、温室熱源建屋の設計

①イノベーション温室実用化 DR 設計



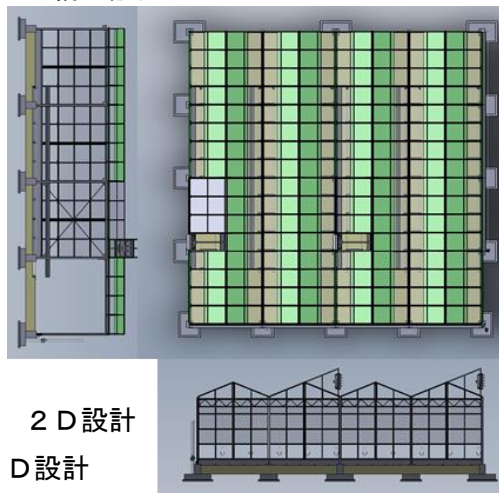
基本モジュールの構造設計



樋結合設計



栽培台設計

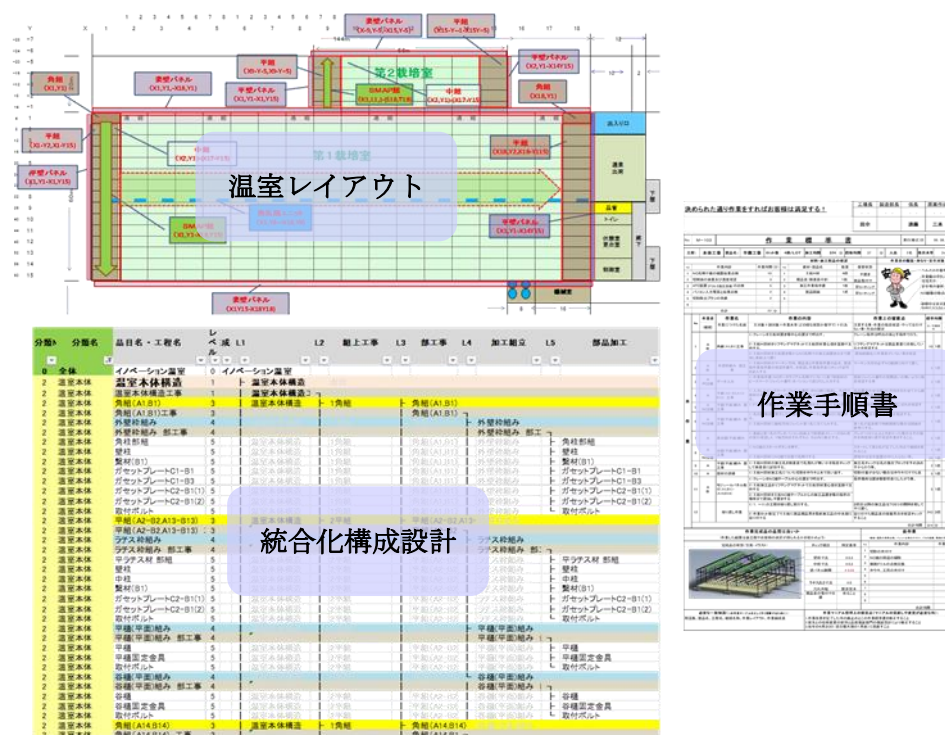


２Ｄ設計

○イノベーション温室課題解決を具現化した３Ｄ設計

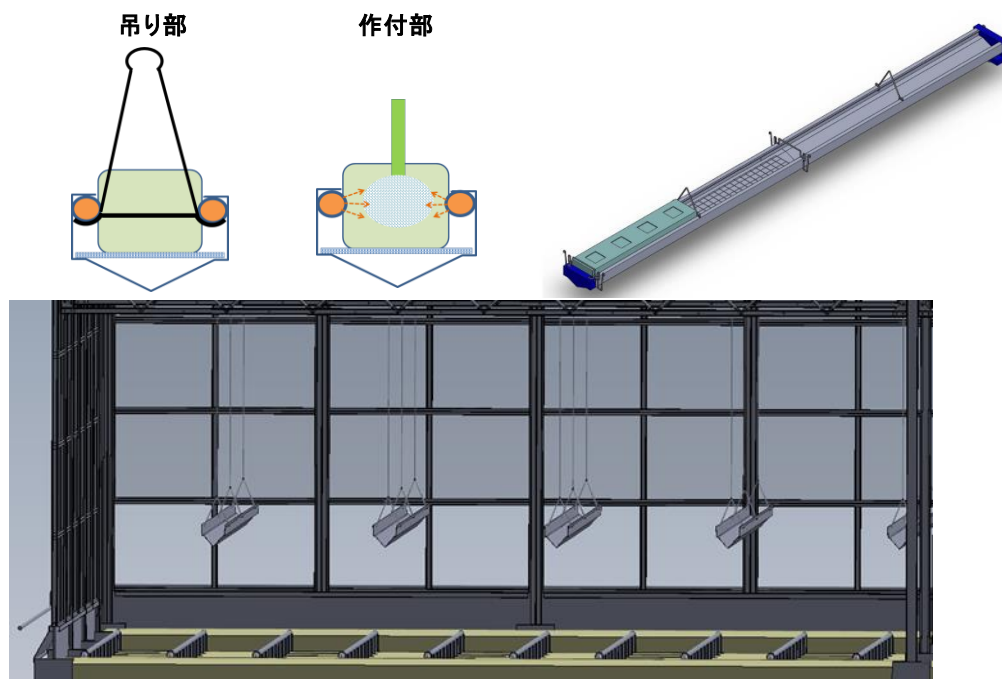
②統合化工事手順書作成

温室構成部から工事手順を設計して作業手順書を作成した。



○レイアウトから工事プロセスを統合化構成設計で手順化して工期短縮

③加熱方式栽培台実用化設計



○栽培加熱、栽培育成と作業生産性を実現する栽培台の低コスト構造

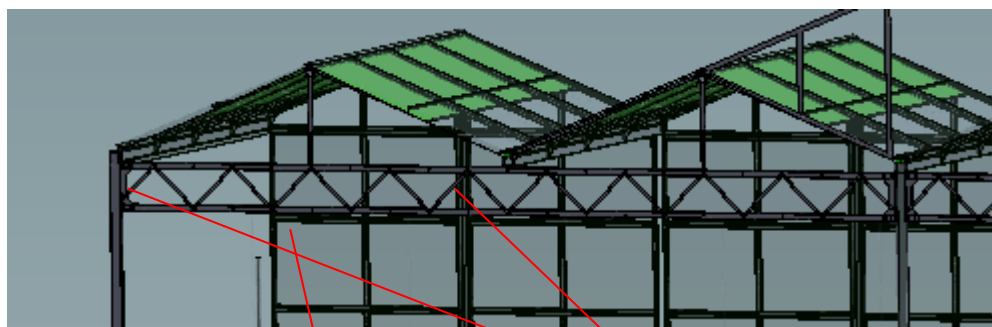
④重要機能実用化設計試作

壁パネル開閉機構設計、新SMA Pパネル設計、温室重要部材モジュールVE設計、
温室部材実用化生産設計

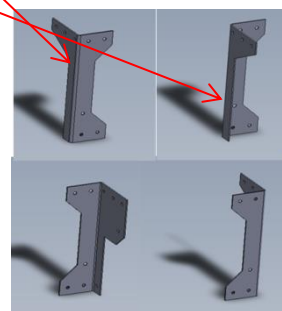
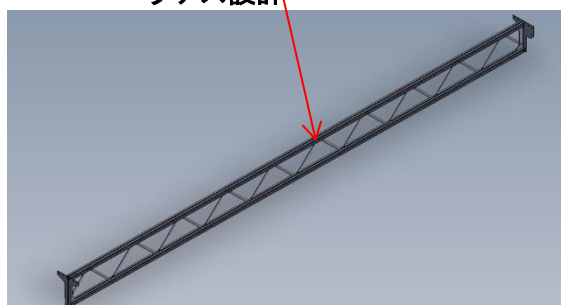
ラチス構造試作

イノベーション温室の重要機能モジュール部品のラチスを試作で実用化を検証

温室の3D設計図



ラチス設計



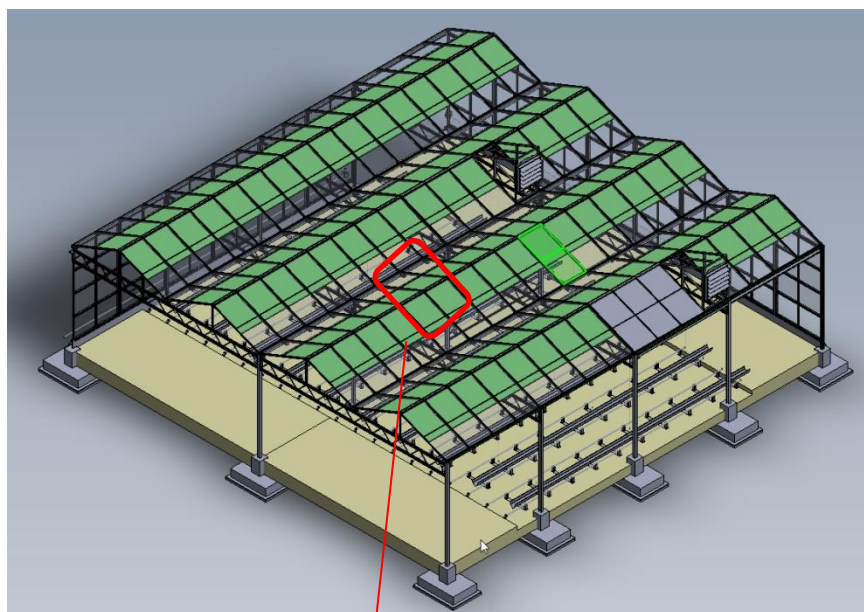
ラチス試作検証



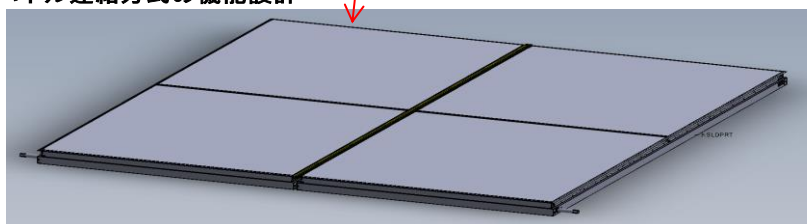
実施設計に向けての課題（○：成果、△：課題、×問題内容）

- 組立は部品の精度もよく歪みなどもなく組立精度は良好と判断。
- 組立を設計のリベットをボルト変更して締結とした。治工具が汎用できる。
- △リベットとボルトの場合の強度確認が必要（ネジはクリアランスがあるため）
- △ラチス組立結合がセットを工場に取り付けえた場合の中間仕掛在庫や運搬などコスト試算での検証が必要

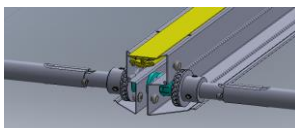
⑤モータ駆動式SMA Pパネル試作



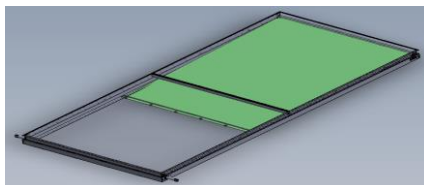
パネル連結方式の機能設計



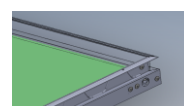
パネル
結合部



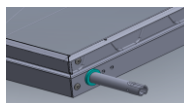
パネル組立3D設計



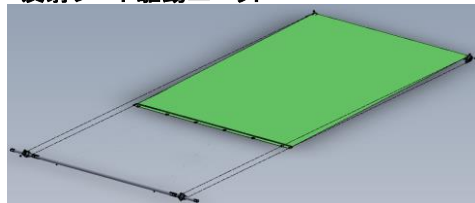
枠(上側)
結合



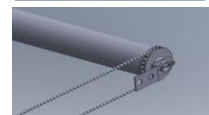
枠(下側)
結合



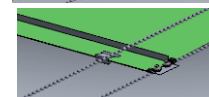
反射シート駆動ユニット



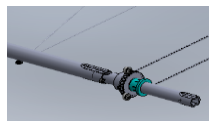
上部
駆動



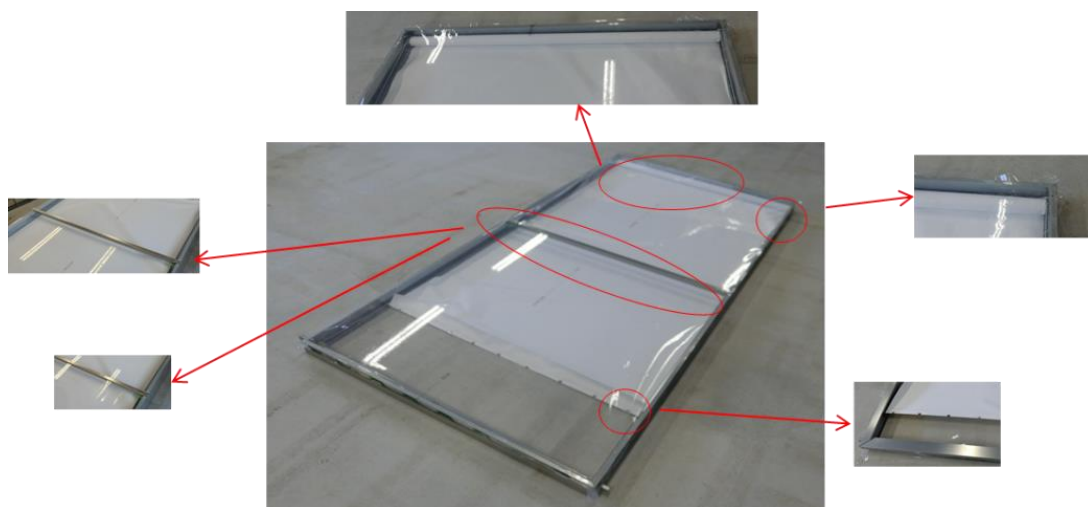
シート
固定
棧



上部
駆動
連結



⑥SMA Pパネル試作

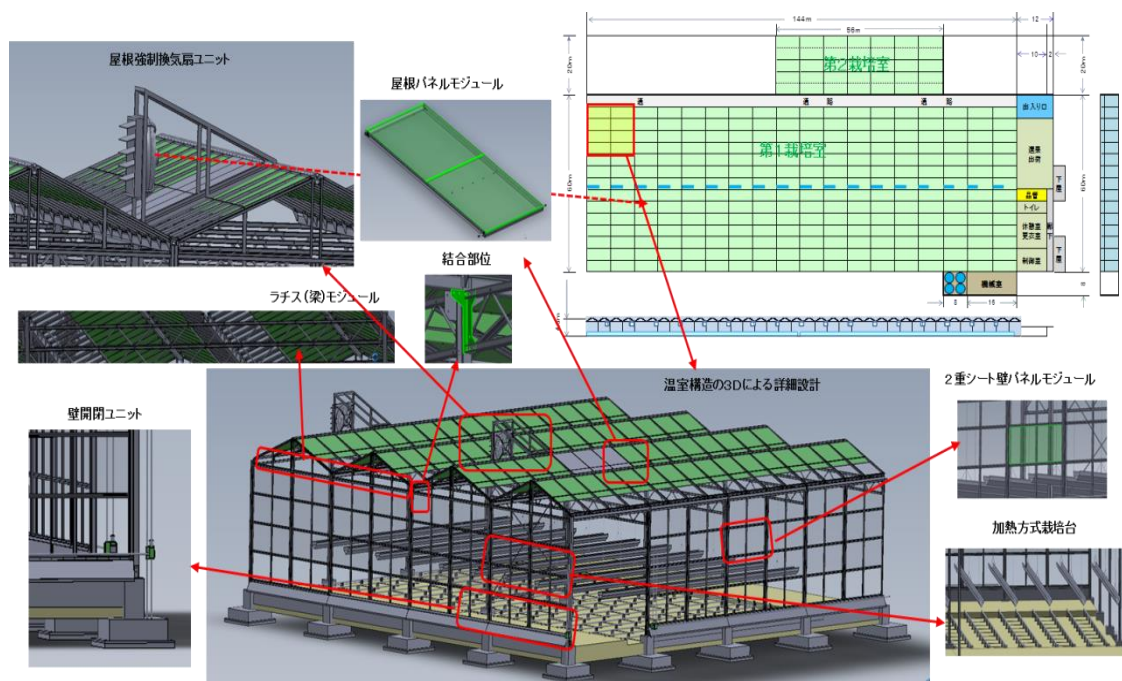


実用化設計に向けての課題（○：成果、△：課題、×問題内容）

- モジュール枠の組立生産性は良好。特に、モジュール部品は組立治具も必要なく組立できる。
- 外装素材Fクリーンのスプリングによる固定方法強固である。
- A G Cとの技術指導から温室でのFクリーンを貼れる職人が不足しておりパネル化の必要性が高い。
- △Fクリーンの貼り方にテンションをかける必要がある。
- △パネルの連結など組立工数がかかることからカーテンのユニット化、組立手順を設計して部品に反映する必要がある。

⑦イノベーション温室の完成予定図と特長

温室本体のコスト改善で、機構、栽培装置、付帯工事の付加機能で温室性能を高める。



○側壁開閉と強制換気扇で温室換気性能の向上で新しい温室構造の実現

○温室部材のモジュール化、ユニット化による部材品質の向上と施工期間の短縮
化、ライフサイクル予防保全での施設性能の維持管理の実施

イノベーション温室の特長

分野	項目	イノベーション温室の特徴と実現化方案
温室本体工事	1 基礎工事	ラス型枠工法の採用で工期短縮
	2 温室本体	壁パネルの二重化による省エネルギー化
		部材のモジュール化
		部材の工場生産と工期連携
		工事期間の短縮化
温室機構部		モジュールパネル工法で工期短縮とメンテナンスの容易化
		出入り口のエアシャワー、容器、作業用具の殺菌洗浄ライン
	1 屋根開閉駆動装置	屋根パネル開閉による換気向上での周年栽培を可能にする
	2 壁開閉駆動装置	換気性能の向上による周年栽培を可能にする
	3 カーテン開閉駆動装置	夏の高温対策冬季の保温性能の向上(従来方式の採用)
栽培装置	4 吸排気循環扇装置	換気性能の向上で周年栽培を可能にする
	5 温室電気工事	
	1 栽培台	栽培台加熱による収量の向上(冬季20%向上)
	2 栽培フローア	反射シートによる光合成の向上
	3 養液装置	国内メーカーとの共同開発によるCDと保善向上
	4 栽培作業装置	栽培ロボット台車でライン選別とアクティブシニア採用
	5 環境管理(MINOR+)	3次元温度管理などの最先端の環境監視装置の導入
	6 温室機器制御	環境管理と連動した温室機器の統合コントロール
	7 温室熱空調管理	暖房、換気コントロールで有効栽培省エネ運転管理
	9 栽培出荷管理	交付金対象外で実施栽培実績と出荷実績をデータで管理するGAP対応
暖房工事	1 温室暖房(2次側)	温湯配管方式の暖房と走行レールの兼用(従来方式)
	2 温水熱源装置(1次側)	重油ボイラー方式
	3 冷房熱源装置(一次側)	外気取り入れでの連続細霧冷房
	4 Co2発生装置	燃焼式Co2発生装置

(3) 補助事業の効果

重要な技術の克服ができた。

平成 28～30 年の 3 年間を総括すると、設備コストも低減は実用化設計まで完成しコスト低減も初期の目標は達成できたといえる。労務費は、栽培台車を活用してアクティブシニアが活動できる基礎的な検証はできたが、実施設計には至っていない。農業エネルギーに関しては、2 次側のイノベーション温室で省エネ運転などは検証できたが、一次側の熱源開発は実現できていない。結果としてエネルギー問題は残ったといえる。

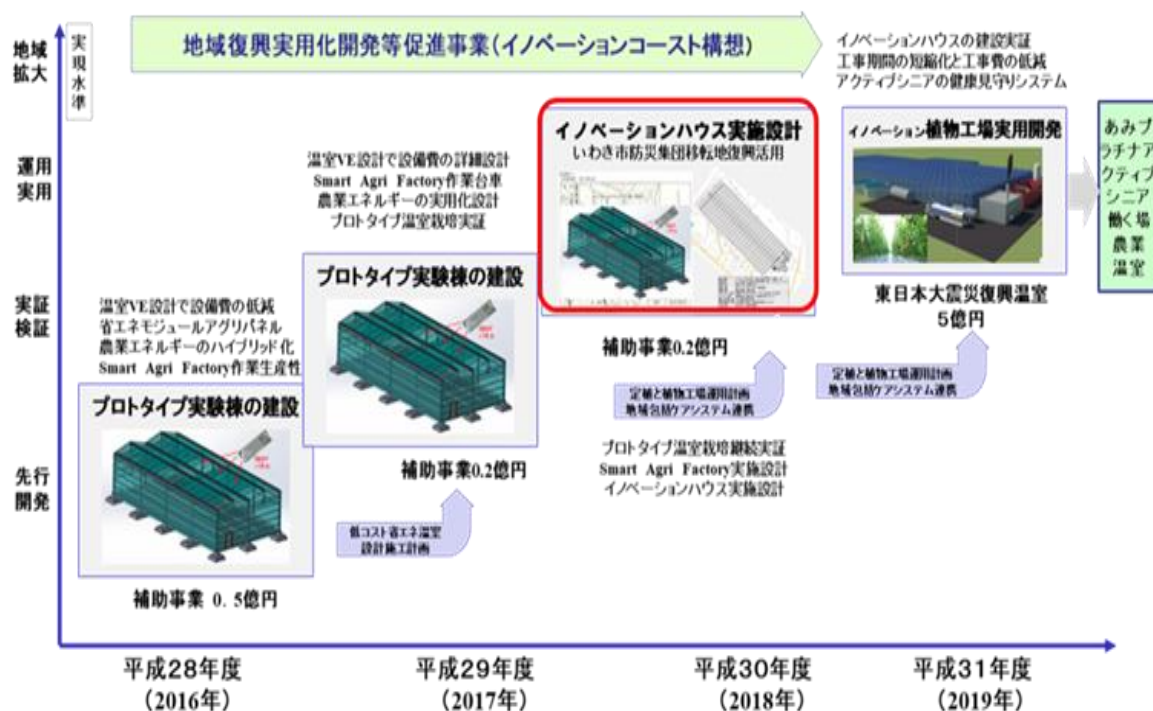
これまで補助事業で支援を受けて進めてきた内容の自己評価を以下の表に示した。

経営項目	金額 (千円)	構成比	イノベーション方針	重要度 ●特に、○	克服課題内容	30年度での実施 と成果評価
売上金額 (2haの規模)	220,000	100%	トマトの需要が安定して伸びているが供給が十分でない。 市場の市況販売から大量契約販売で大型店からの引き合いが多い。大規模施設での生産で、ちょっと安いコストで安定生産を可能にして出口をしっかりと確保する。		大量市場開発 病院生食開発 介護食開発(学校給食含む) コンビニ向け商品開発 大手スーパー安定供給開発 市況市場開発 レストラン直売店やHB品のネット販売 道の駅など直売所卸ルート開発 全国市場への市況販売(販売調整市場の確保) 商品開発センターの設立 VOCビッグデータ、品種研究、付加価値加工技術	△ ○ — △ — △ △ ○ △ △
製造原価	101,200	46%				
設備資産償却費	22,000	10%	構造部材のモジュール化や価値工学(VE)での徹底したコスト設計で50%低減目標の設備にする。 省エネモジュールパネル(いわき産学官での実証)を量産化して、省エネで低コストの屋根部材を採用する 温室内部機器の機能をVE視点で見直し低コストの仕様で再設計する。	● ● ○	温室設備のコスト低減 オランダGS社との協業開発 ZAM鋼板とモジュール化、ベアフィルム壁構造 VE設計での温室構造計算 プロトタイプでの限界強度検証と構造再設計 基礎工事の工期短縮工法開発 モジュール工法での温室工事手順設計 省エネパネル(SMAP)量産設計と性能評価 ベアフィルムと遮光反射フィルム量産設計 プロトタイプによる熱貫流の性能評価 プロトタイプ検証からのSMAP温室省強シミュレーション 温室内装・配熱・配管設計と性能検証 外気取り入れ型温室サーキュレーション方式設計 温室配熱設計と熱計算と性能検証 低コスト温室附帯機器仕様設計 低コスト養液装置の仕様設計と性能検証	○ — ○ ◎ ○ ○ ◎ ◎ ◎ ◎ ◎
労務人件費	44,000	20%	スマートアグリ工場のコセプトのもとでアクティブシニアでも生産性と品質を確保した栽培生産活動でムダの無い労務費で生産する。	○	作業ロボット、作業支援での生産性向上 作物防除構内清掃移動車設計開発 アシスト作業台車設計(アクティブシニア支援) 栽培データでの動線付作業指示 多品種でのJGAP品質確保の作業実績管理 バルコード管理収穫品の構内運搬車設計 生育管理と連動したレイバー作業計画	△ △ △ △ △ △
エネルギー費	24,200	11%	地域で活用できる地下水、工場排熱、木質チップなどの農業エネルギーを組み合わせ活用する。 将来は地産地消の木質バイオマスをエネルギーセンタ運用管理し複数の温室に供給する。	● ○ ○	エネルギー立地でのハイブリッド熱源最適計画 農業エネルギー熱源機器の調査と性能評価 ハイブリッドでの組合せ運用と性能評価 農業エネルギーセンター構想 エネセンター運用業務仕様設計と課金システム 燃料の調達ルートの開発と契約方式の検討 トマト剪定枝残渣の減量と再生エネルギー利用	△ ○ — × × × △
生産物変動費	11,000	5%				
販売運搬費	46,200	21%	顧客と生産を同期するサプライチェーンとIoT活用のトレスサビリティで安心安全を確保した供給をする	○	選別レスの出荷検査業務仕組みとシステム開発 個別受注セット収穫の出荷品質検査と出荷作業 JGAPシステム開発とトレスサビリティ管理	△ △ △
経常利益	72,600	33%				

効果から事業化に向けて実現可能性が高まった。

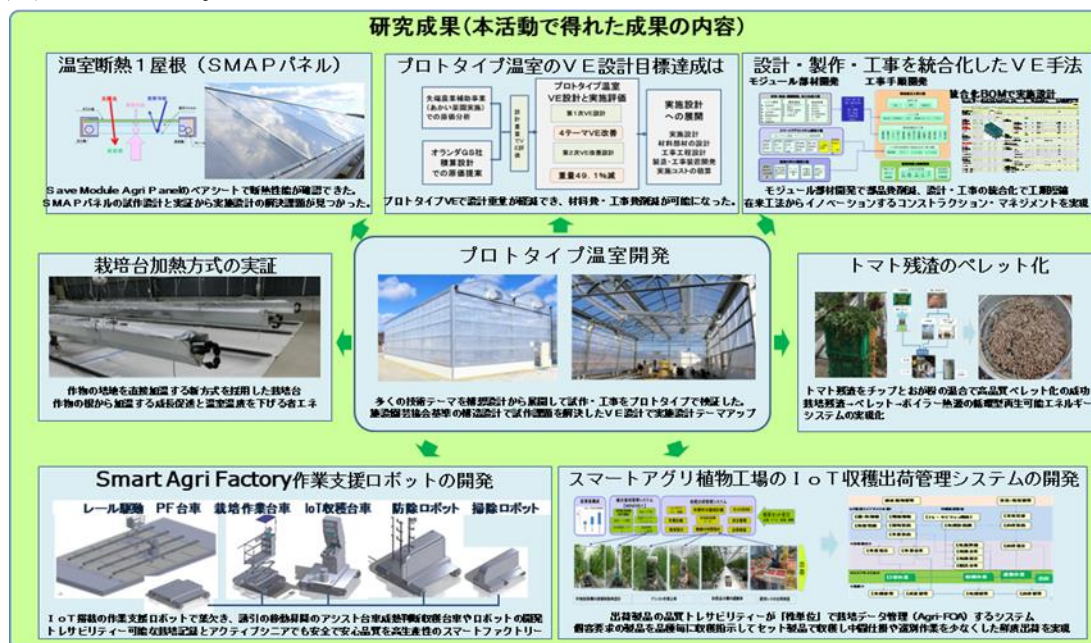
(4) 実用化に向けた計画

実用化計画のマスタープランを以下に示す。



<平成28年度(完了)>事業費 75,385,000 円

平成28年は太陽光利用型温室の「VE設計」と省エネモジュールパネル実装したプロトタイプの施設工事でのコスト検証、「農業エネルギー」としての再生可能エネルギー開発、「スマート農業」スマートアグリシステムの栽培管理と栽培アシスト作業台車や掃除ロボット設計、スマートアグリ工場の収穫出荷管理システム運用設計などの先行開発を実施した。



＜平成29年度（完了）＞ 事業費 29,896,000 円

「断熱性能向上、栽培温度コントロールで農業エネルギー費の削減」

「反射率の高い開閉シート方式のSAMP（Save Module Agriculture Panel）屋根パネルで昼間の日射取り入れ、夜間放射冷却のセーブ、2重シートの壁パネルで熱貫流放熱性能の向上、加温方式栽培台と植生の夜間温度の適温化による農業エネルギーのセーブが実現できた。



SAMPパネル閉



SAMPパネル開



トマトの栽培実証風景



2重シート壁パネル



温水加熱方式栽培台

「スマート農業システムのプラットフォーム開発」

I o T搭載の葉欠き・誘引する自動走行の栽培昇降台車と収穫・選別作業台車を収穫管理で作業ポイントに移動させてアクティブシニアでも安全で安心かつ高生産性の作業を実現するスマート農業システムの基本部分（プラットフォーム）の開発を実現した。



自動昇降栽培台車



収穫選果台車



自動選果包装システム

＜平成30年度（完了）＞事業費 21,542,850 円

本報告書の通り、平成30年度に先行開発を仕上げる事ができた。平成31年度から東日本大震災農業生産対策交付金が採択されれば、設立済みの【末続イノベーション農業株式会社】として事業化を進める。

平成32年度から震災復興事業の展開で雇用促進事業の運用を開始する。並行してSmart Agri Factoryの外販事業と、いわきと他地域への太陽光植物工場の波及展開を実現する。

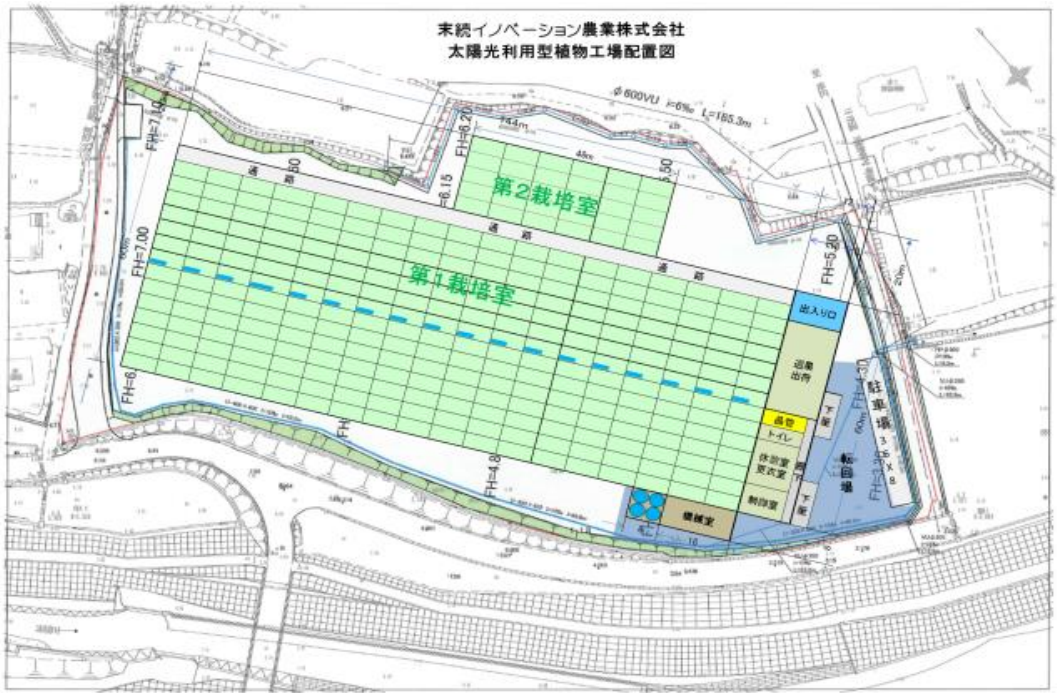
イノベーションコースト構想事業は30年度で終了で、総額で126,823,850円であった。

平成31年度（計画）＞

イノベーション温室の建設と太陽光植物工場の事業化

イノベーション温室の先行開発のVE設計でのコストダウンや農業エネルギー設計の成果を、末続防災集団移転跡地活用事業で実現するために、「福島県東日本大震災農業生産対策交付金」を活用する。

本事業では被災地の地元雇用として34名を見込んでいる。更に、施設開発は地元企業が部材加工から施工工事まで担うことで、地域の産業振興にも貢献する。



建設立上スケジュール

項目	平成30年度												平成31年度												平成32年度											
	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	
生産法人設立準備と登記	⇒	⇒		⇒																																
久ノ浜末続の用地開発				⇒		⇒	⇒	⇒	⇒	⇒																										
温室基本設計と見積仕様書					⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒																										
温室実施設計と事業実施計画作成									⇒	⇒	⇒																									
東日本震災復興交付金申請												⇒																								
温室施設建設入札公募と事業者決定													⇒																							
温室建屋の基礎工事														⇒	⇒																					
イノベーション温室本体工事															⇒	⇒	⇒																			
機器設置工事と試運転																	⇒	⇒	⇒																	
付帯設備工事																	⇒	⇒	⇒	⇒					⇒	⇒										
定植と立上栽培																				⇒				⇒	⇒											
建設引き渡し																									⇒											
収穫開始と出荷																									⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒	⇒

＜平成32年度＞

平成32年4月：イノベーション温室出荷開始

新しい農業の展開

Smart Agri Factory による新しい農業への期待の高まり

栽培台車や収穫台車の基本機能の開発成果から、新しい農業の姿である「IoT栽培作業支援ロボット」を活用してアクティブシニアでも安全にしかも高い生産性で栽培作業に従事可能にする。



30 年度では自主活動としたため一時停滞していた。

31 年度以降に自主テーマとして進めて、栽培管理情報を農作物のトレサビリティ向上に活かし、安心で安全な生産出荷を実現する。

他地域への事業展開

農業施設の低コスト化、ICT農業など実証された技術でのモデル事業を、いわき、近隣のあみプラチナタウン（茨城県阿見町）やその他の地域で、アクティブシニアの雇用創出に向けた事業提案の横展開を事業として進める。



株式会社イノベーション農業福祉研究所

本社所在地 〒979 - 3131

福島県いわき市平赤井字反町10番地の6

TEL 0246 (38) 3788

東京事務所 〒104 - 0061

東京都中央区銀座6丁目13番16号 銀座ウォールビル

ジェムコ 日本経営内 TEL 03 (3248) 6399

代表取締役 山口 吉郎

協力コンサル会社

グリーンスクエアコンサルタント社 (オランダ)

高野ランドスケープ プラニング社

支援団体会社

スマートアグリ研究会 (テック社 あかい菜園など10社)

富士アイティ株式会社 (富士電機株式会社)

井関農機株式会社 (スマートアグリ研究会)