

平成28年度地域復興実用化開発等促進事業費補助金実績報告書

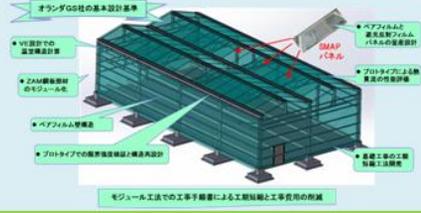
研究目的、背景(実用化開発等の背景)

事業名 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】

温室設備が高額で大規模植物工場の拡大ができない。・持続可能な農業エネルギーのバイオマスなど単機では解決できない。・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VEE」「農業エネルギー」「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グリエンジェアの雇用をつくる。

研究内容(実用化開発等の内容)

「設備費低減、農業エネルギーセーブ」のイノベーションテーマ



規模の利益
2haを基準モデル20ha→40haの大規模で検証

規模のリスク回避
地域社会の関心と一体性確保などの課題を2ha単位の前倒検証

事業売上政策支援
各種補助金
特にエネルギー優待

項目	数値	割合	注
売上金額	222,186	100%	2.5t/ha
製造原価	103,353	47%	100%
設備原価	23,131	10%	20%
労務人件費	45,281	20%	43%
エネルギー費	23,612	11%	23%
製造経費	11,348	5%	11%
販売利益	46,527	21%	
経常利益	39,569	18%	

戦略ソリューションテーマ

市場開発(顧客価値)
トマトの増産率20~30%向上を実現(原産地3000t/kg→将来2000t/kg)
大規模・高品質で産出(6000t/ha)

設備コスト低減(VEE)
従来の温室より30%コスト削減
VEE設計でのVEEテーマ実装

雇用と労務コスト(IE)
1E半で高効率で安定した生産向上
アグリエンジェアの導入で労働者確保

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
ユニバーサルバイオマス・農業用燃料100%のバイオマス燃料の活用

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VEE」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30年度実用化。
平成28年度は①太陽光利用型温室の「VEE設計」
②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③「農業エネルギー」としての再生可能エネルギー開発④「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⑤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。

研究成果(本活動で得られた成果の内容)

温室断熱1屋根(SMAPパネル)

Save Module Agri Panelのベアシートで断熱性能が確認できた。SMAPの試作設計と実証が実施設計の解決課題が見つかった。

プロトタイプ温室のVEE設計目標達成は

先端農業補助事業(あいち実証)での原簿分析
オランダGG社積算設計での原簿提案

プロトタイプVEEで設計量が軽減でき、材料費・工事費削減が可能になった。

設計・製作・工事を統合化したVEE手法

モジュール部材開発
工事手順開発
統合化BOMC実施設計

モジュール部材開発で部品費削減、設計・工事の統合化で工期短縮
在来工法からイノベーションするコンストラクション・マネジメントを実現

栽培台加熱方式の実証

作物の培地を直接加熱する新方式を採用した栽培台
作物の根から加熱する成長促進と温室温度を下げる省エネ

プロトタイプ温室開発

多くの技術テーマを構想設計から展開して試作・工事をプロトタイプで検証した。
施設園芸協会基準の構造設計で試作課題を解決した。VEE設計で実施設計テーママップ

トマト残渣のペレット化

トマト残渣をチップとがけの混合で高品質ペレット化の成功
栽培残渣→ペレット→バイオ・熱源の循環再生可能エネルギーシステム化を実現

Smart Agri Factory作業支援ロボットの開発

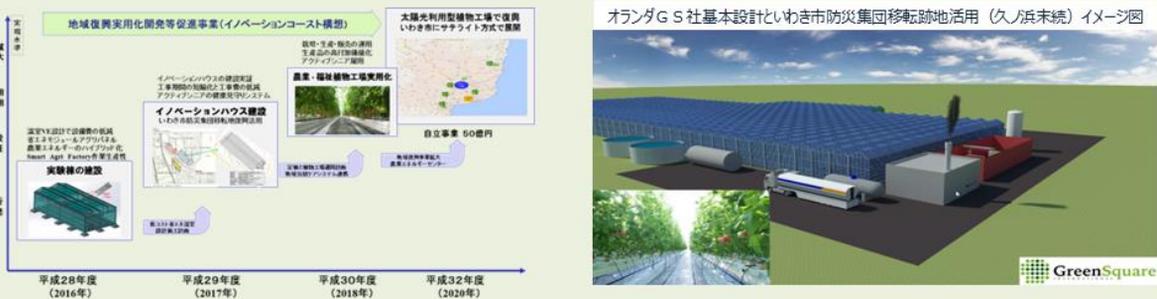
レール駆動 P/F台車 栽培作業台車 IoT収穫台車 防除ロボット 掃除ロボット

IoT搭載の作業支援ロボットで葉欠き、誘引の移動昇降のアシスト台車成熟判断収穫台車やロボットの開発
トザリタイ可能栽培記録とアグリエンジェアでも安全で安心品質を高生産性のスマートファクトリー

スマートアグリ植物工場のIoT収穫出荷管理システムの開発

出荷製品の品質トザリタイが「株単位」で栽培データ管理(Agri-FOA)するシステム
顧客要求の製品を品種毎に収穫指示でセット製品で収穫し中間仕掛や選別作業を少なくした軽度出荷を実現

事業化計画(浜通り地域における実用化事業化の展開)



29年度以降の開発スケジュール

開発フレームワーク					開発スケジュール																									
用地・調査	設計・積算	見積発注	製作組立	工事設置	試運転調整	定植育成	平成29年												平成30年度											
							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
用地準備	地主詳細設計	基礎工事請材	地主加工製作	基礎工事	装置試運転	作付予定値	→	→	→																					
	温室構造設置	設備器具製作	機器設置製作	温室工事																										
農業エネルギー	栽培支援ロボット	温室部材・工事	システム開発	機器設置工事	ロボット試運転																									
	温室設備レイアウト	栽培支援ロボット	運用業務設計	配管工事	システムテスト	初期育成																								
	生産設備器具設置	システム開発	事業・経営計画	システム																										

2 補助事業の成果

(1) 補助事業の内容

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の植物工場を30年度実用化する予定であり、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施設の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。

(2) 重点的に実施した事項

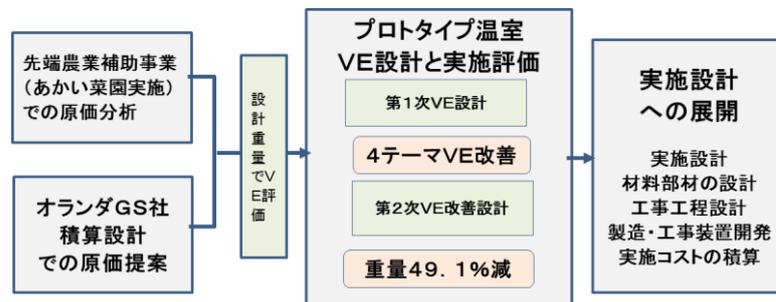
農業施設の性能向上とコストダウンがどこまで低減できるか

◆イノベーションハウスのVE設計書と実施目標原価

温室構造のVE設計、ZAM鋼板（耐久部材）モジュール構造設計と設計（品目）と生産・工事（工程）を統合化BOMで設計図書と目標原価計算書を実施した。統合化VE設計手順としてモジュール部材を開発して工期短縮の工事手順を開発



プロトタイプ VE では設計重量を削減することで材料費、工事費が低減できる



結果として49%の重量削減の設計重量となり、今後実施設計に展開する。

◆イノベーションハウスプロト開発と性能、コスト評価書

VE設計のプロトハウスを製作して強度検証、標準作業表での工事を実施して作業時間、強度品質、熱貫流などの発生問題を解決し量産設計へ反映するとして進めた。

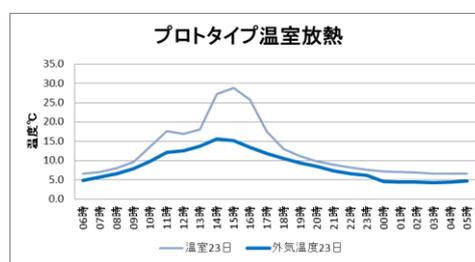
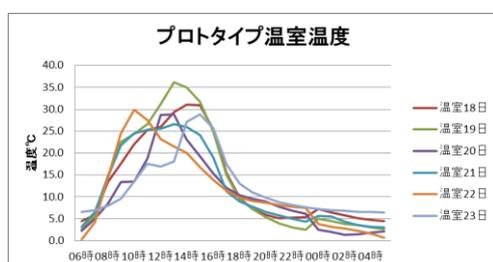
製作したプロトタイプ温室の外観



プロトタイプ温室の内部



性能評価では温室屋根材（SMAP パネル）の温度放熱特性は確認できた。半面、熱貫流率性能が良く保温性が高いことから夏場の高温対策が必要である。



※製作での一次評価はできたが今後継続的な性能をデータで検証する。

設計過程や実施結果からの更なるVE改善テーマが発見された。

VE設計を行う為にVEテーマ毎のVEストーリーにもとづいてVE設計を行った

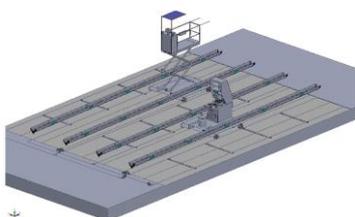
- ① SAMPパネルの強度アップと組立工数の低減→成果 4800円/枚のコストの実現（従来比50%低減）
- ② ラチス構造の見直しと組立方案の改善→成果 57%低減
- ③ 壁の現地シート張り工法から壁パネル工法への改善→成果 工事費を含めて30%低減
- ④ 天井高さ基準による構造計算の見直しと部材の重量改善→全体重量比で50%低減などの問題を解決するVE改善を本事業で実施した。今後は実施設計への展開を図る。

顧客価値を高めてアクティブシニアが高い生産性で活躍できる仕組みと道具の開発

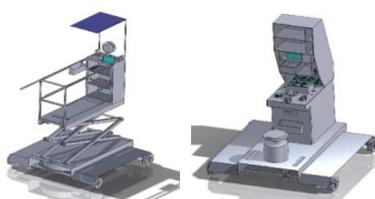
◆作業支援ロボット開発設計書

作物防除ロボット、構内清掃ロボット、作業アシスト台車の設計と開発を進めた。本事業ではアクティブシニアでも高い生産性で活躍できる様にするための Smart Agri Factory（IoT作業支援ロボット開発）として葉欠き、誘引の移動昇降のアシスト台車の開発、収穫の成熟判断や摘み取りへの栽培データでの動線付作業指示して栽培出荷製品の品質トレサビリティが「株単位」で記録できる作業支援ロボットの基本設計を行った。

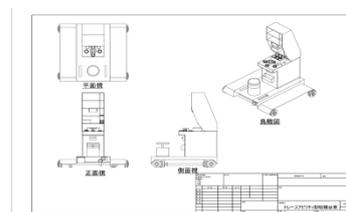
湯配管レール上を走る台車



栽培支援ロボット 収穫支援ロボット



基本設計図

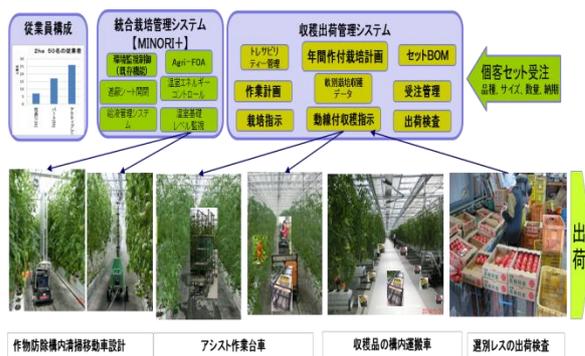


構想設計、基本設計ができたことから今後実施設計、試作で評価して開発を進める。この製品を完成させて、個客要求のセット品種を出荷作業指示したセット収穫して中間仕掛や選別作業を無くした鮮度出荷、リードタイムを最短で顧客価値を高めて、アクティブシニアでも安全で安心品質を高生産性で提供することが可能になる。

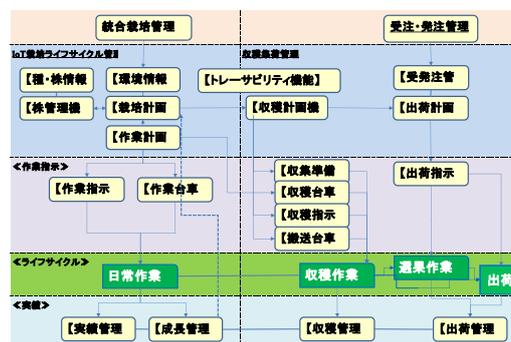
◆スマートアグリ工場の収穫出荷管理システム運用設計書

バーコード管理システムでの収穫箱構内運搬車、収穫データの運用設計とシステム要求仕様書を作成した。

Smart Agri Factory のイメージ図



業務の流れとシステム機能設計

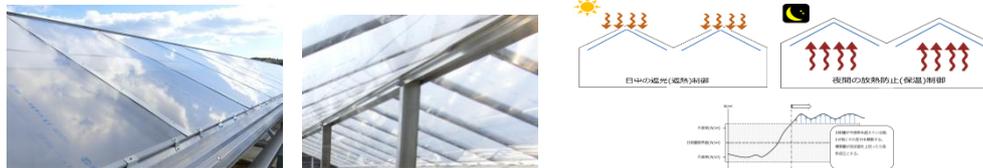


出荷製品の品質トレサビリティが「株単位」で栽培データ管理（Agri-FOA）されるシステムを完成させて個客要求のセット品種を出荷作業指示したセット収穫して中間仕掛や選別作業を少なくした鮮度出荷をしかも高い生産性が実現できる。

◆スマート アグリ ファクトリー IT農業統合システム開発と仕様書

温室エネルギーコントロール、遮蔽シート開閉コントロールなどプロトタイプ開発先行開発 大規模イノベーションハウスのシステム仕様書の作成

温室屋根 (SMAP パネル) の開閉機構 温室環境情報での開閉アルゴリズム開発



プロトタイプ温室の開閉機能のアルゴリズム開発とシステム要求仕様を作成した。

農業エネルギーの解決方法はどこまでできたか。

◆トマト剪定廃棄物の再生利用テスト評価

トマト残渣チップと近在の製材所からのおが粉の供給を受けて、トマト残渣チップとおが粉の混合でのペレット成形テストを進めた。

トマト残渣をチップカットで20%に減量できた。トマト残渣チップカットとおが粉の混合でペレット成型ができた。混合比30% (総重量比23%) で水分量は8.7%である。→自燃する10%以下であることからペレットボイラーの燃料として利用可能である。

トマト伐採枝残渣 トマトとおが粉を原料 ペレット製造プロセス 循環ペレット製品



トマト残渣のチップカットとペレット成型とペレットボイラーで温室の暖房での栽培と循環型再生可能エネルギーの開発が実現できた。今後はペレット製造プロセスの実用化へ展開する。更に複数の施設園芸事業者やペレットメーカーも参加するエネルギーセンター構想の参考とする。

◆農業エネルギー 2次側計画設計書と熱収支評価書

2次側：温室配熱設計とサーキュレーションシミュレーションなどでの熱計算を進めた。

敷地面積1haの温室を対象に『換気時』と『加温時』

- ① 『換気時』：気温を夏季相当とし、数種類の換気方式を対象に解析
- ② 『加温時』：気温を冬季相当とし、暖房機器と温湯管による加温と熱貫流の解析

温室のxz壁面の2面について、1面には下部に換気扇(Q1台)を設けて外気を給気し、別の面では上部に換気扇(Q1台)を設けて排気する。換気扇以外の開口はない。換気扇の性能は全て同一とし、換気扇の送風量 $Q=5,600\text{m}^3/\text{h}$ とする。

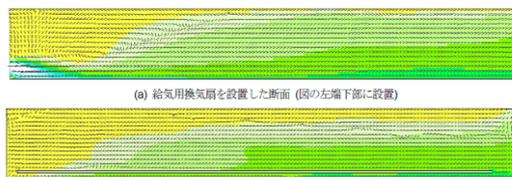
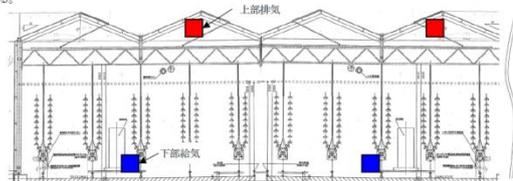


図-5.6 xz断面における温室内の流れの分布 (換気開始からの経過時間: t=5分)

今回の計算条件のもとで得られた結果から

・室内の流れは、主として加温機からの温風の送風、壁面付近での熱貫流によって生じており、温風機から送風された暖気は浮力効果によって室内上層へ流れる。一方で、熱貫流で冷却された気塊は、周辺空気との密度差によって降下流となり、加温開始から15分以上経過するとほぼ安定した状態となる。

・室温に関しては、今回の計算条件下において管理気温以上が保たれる。室温の鉛直分布は、床面からの高さ約4mの位置に最高値を持つように分布する。天井付近の温度低下は熱貫流によると考えられる。一方、中・底層については、熱貫流により冷却された気塊が密度差と鉛直断面に形成された還流によって下層側に移動したためと考えられる。

などのシミュレーション結果を温室の気流と温度設計に展開する。

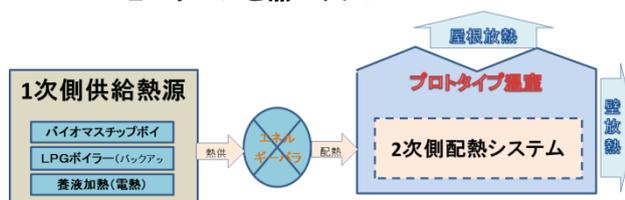
◆ハイブリッド熱源計画での最適組合せの実証評価

エネルギー源の組合せと2次側でのヒートパスから最適効率を実証。2次側配熱方式の設計をプロトタイプで構造を確認してイノベーションモデルハウスへの設計基準作りを進めた。

温室の熱エネルギー使用量を決定して、2次側の配熱構成システムと1次側のハイブリッド熱源のヒートパスバランスを設計する。その際、1ha(10,000㎡)のモデル温室への設計方針をプロトタイプ128㎡で検証して設計基本データに活用する。

SAMP(省エネモジュールアグリパネル)は熱貫流率5w/㎡Kが実測データで取れ始めてきていることから放熱量を計算した。

ヒートパスと熱バランス



ヒートパス設計書

実証の成果として

初めての試みとしての培地(トマト育成の土壌)を直接加熱する「栽培台加熱方式」が、プロトタイプとして設計製作を行い、構造、強度、養液加熱循環を確認できた。



作物に養液を加熱して与えながら培地も加温して作物の生育と温室温度を数度(2℃程度)下げることで温室全体の省エネルギー効果が出る可能性も考察できた。

農業エネルギーのペレットボイラーの燃焼テストを実施した。トマト残渣ペレットでの燃焼テストでは水分が10%以下であることから十分な連続燃焼は可能である。換気性能では気流シミュレーションでの熱だまりのあり、ダクト換気を実施したが、SAMP（省エネモジュールアグリパネル）の断熱性能が高い結果から、高温対策が必要である。

プロトタイプでの製作実証と温室配熱設計と熱計算でのエネルギーヒートパス設計書で農業エネルギーの一次の熱源と2次利用設計の実施設計ができる。

(3) 補助事業の効果

重要な技術の克服ができた。

農林水産分野で復興事業を進める為には農業事業の採算が十分にあることで実現性となる。本計画では以下の様に出口が確保されるか、製造原価としての設備コスト、労務コスト、エネルギーコストを改善することで収益性の高い事業となることで補助事業の支援を受けて進めてきた結果以下の表で示した。

◎：計画以上の成果がでた ○：計画通り成果がでた △：成果が途中でであった -：本事業では対象外

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	28年度での実施と成果評価
売上金額 (2haの規模)	222,186	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H&M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 設備資産償却費	103,353 23,131	47% 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。	●	温室設備のコスト低減	○
					オランダGS社の基本設計基準	○
					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	○					
労務人件費	45,261	20%	スマートアグリ工場のコン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。	○	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	◎
					低コスト温室付帯機器仕様設計	△
					低コスト養液装置の仕様設計と性能検証	○
					夜間ロボット、作業支援での生産性向上	○
エネルギー費	23,612	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て活用する。将来は地産地消の木質バイオマス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	×
生産物変動費 販売運搬費	11,349 46,327	5% 21%	顧客と生産を同期するサプライチェーンとIoT活用のトレスナビリティで安心安全を確保した供給をする	○	トマト剪定枝残渣の減量と再生エネルギー利用	◎
					選別レスの出荷検査業務仕様組みとシステム開発	○
個別受注セット取組の出荷品質検査と出荷作業	○					
JGAPシステム開発とトレスナビリティ管理	○					
経常利益	59,588	27%				

トマト廃棄残渣からのペレットの製造の実証の成功を受けて循環型での再生可能エネルギーとして設備費用とライフサイクルからの経済性の検証をして地域での設園芸事業者やペレットメーカーの参加のもとでペレット製造を集約した再生エネルギーセンター構想の検討を進める。



- ④ Smart Agri Factory (IoT作業支援ロボット開発) の基本設計ができた
 アクティブシニアや農業女子でも安全で安心品質を高生産性で提供するために作業支援台車や顧客価値を高めるトレサビリティが可能な作物の生育管理、収穫、出荷を仕組みとシステムが必要になる。基本設計とシステム仕様書ができた。



以上の主な成果報告とあわせて多くの成果物から【大規模太陽光利用型植物工場の先行開発】の重要技術の克服ができ、復興事業として次の展開への足掛かりができた。

(4) 実用化に向けた計画

実用化計画のマスタープラン



実用化に向けたマスタープランのもとで平成28年度はイノベーションハウスへのVE設計、②プロトタイプの実証、③農業エネルギーの開発④Smart Factory 作業装置開発やシステム仕様書作成などの「大規模太陽光利用型植物工場の先行開発」を行った。

平成29年度にはイノベーションモデルハウスの実施設計と設備開発、建設施工での実証温室を完成させる。平成30年度はトマトのブランド化を進めたターゲット顧客での栽培、出荷、販売の事業化実施して、平成31年度以降は復興事業の最終目的となるいわき市周辺でサテライト方式での事業拡大を計画している。