

---

---

# あたらしい 農業技術

---

No.536

---

未来農業を志向した高級メロン  
超低コスト生産システムの開発

平成 22 年度



# 要 旨

## 1 技術、情報の内容及び特徴

静岡県では、高い農業生産力を持つビジネス経営体の育成に取り組んでいますが、本県を代表する「高級温室メロン」について、県独自の高度な栽培技術を受け継ぎながら、企業的でかつ大規模化・システム化が可能な経営モデルを作り出すことが求められています。そこで、静岡県のメロン栽培の特徴である高品質を維持したまま、温室の建設費や設備費、光熱費、労働時間を大幅に削減するための技術開発に取り組みました。その結果、メロン栽培のための新しい温室の開発、簡易な栽培システムの実用化、省エネ技術の確立、病虫害防除の無人化等の確立により、大幅にコスト削減が可能なメロン生産システムを開発することができました。

## 2 技術、情報の適用効果

### (1) 新しい温室の開発による建設費の大幅な削減

メロン温室に使う資材や構造を見直すことで従来のスリークォータ型温室に比べ、建設費を約50%削減することを可能としました。さらにメロン栽培の作業性も向上し、この温室を利用し、年間を通じ、高品質メロン栽培を実証しました。

### (2) チューブかん水を利用した簡易な栽培方法の開発

栽培装置のコスト削減のため、隔離ベッドの土の量を減らし、チューブかん水を利用したかん水方法を実用化することにより、栽培の省力化を実現しました。

### (3) 温室構造の変更による燃料費の節減（省エネ技術の開発）

温室の構造を変えて大型化したり、温室を覆う資材を変更したり、資材を重ねることで断熱を強化することにより、燃料費を約40～50%節減することが可能であることが試算されました。

### (4) 労働時間の短縮（病虫害防除の無人化）

静電気を利用して農薬を散布することで、メロン用の静電防除装置を開発し、さらに自動的に防除することができる無人防除ロボットを開発しました。

### (5) 高度な生産システムの開発

これらの開発した技術を組み合わせることで、生産額1億円を目標とする「メロンファクトリー（高度な生産システムによるメロン工場）」のモデル経営の試算を行いました。

## 3 適用範囲

県内全域の温室メロン農家

## 4 普及上の留意点

(1) 当プロジェクトの目指す経営体を現地で実現するためには、温室建設費や各種設備の導入のため多額な初期投資が必要となるため、資金確保の面の検討が必要です。

(2) 無人防除ロボットやユビキタス環境制御機器等、実用化（市販化）のためには、引き続き研究開発が必要な技術も含まれています。

## 目 次

はじめに	1
1 温室メロンの生産コスト5割削減を目指すための方策	1
(1) 静岡県の温室メロンの現状と経営改善の考え方	1
(2) 温室メロン経営におけるコスト削減の視点	1
①温室建設費の大幅な縮減（低コスト温室の開発）	
②燃料費を中心とした生産コストの削減（省エネ技術の開発）	
③労働時間と人件費の削減（省力化と雇用労働の活用検討）	
2 静岡県プロジェクト研究「メロン超低コスト生産システムの開発」が目指す方向	2
3 メロン超低コストプロジェクトの研究成果の概要	4
(1) 従来型温室の1/2以下の建設コストの温室開発	4
①現地に普及しているフェンロー型温室の長所を活かした改善	
②モデル温室の低コスト化への工夫点と実用規模における温室建設費の試算	
(2) 隔離ベッドを利用した少量培地による低コスト栽培システムの実用化	6
(3) 燃料費を50%削減する省エネ技術の開発	9
(4) 静電防除を利用した無人防除ロボットの開発	11
(5) 雇用労働を積極的に活用した温室メロンビジネス経営体モデルの試算	11
おわりに	13

## はじめに

日本の多くの施設園芸と同様に、静岡県のみもろん産地が直面している「需要の落ち込みと販売価格の低迷」、「燃油価格及び諸資材の高騰」、これらによる「収益性の悪化」といった危機的状況から抜け出すには、いったいどうしたらよいのでしょうか。現在のみもろん生産は、従来までの産地間、品種間の競争といった局面から、多様化した他の果物や加工食品との競争にもさらされる状況へと変化してきています。みもろん生産を取り巻く環境は年々厳しくなり、まさに、今、各産地は生き残りをかけた大きな岐路に立たされていると言えます。そこで、今後のみもろん生産振興のためのひとつの方策として、静岡県プロジェクト研究「未来農業を志向した高級みもろん超低コスト生産システムの開発」により、温室みもろん栽培の特徴である「高品質」を維持したまま、コスト削減と省力化を徹底することで、企業的な大規模経営の実現を目指すための基礎的な技術開発の成果を得られたので報告したいと思います。

## 1 温室みもろんの生産コスト5割削減を目指すための方策

### (1) 静岡県の温室みもろんの現状と経営改善の考え方

静岡県の温室みもろんは、高品質生産を行うため1棟150㎡前後の小規模なスリークォータ型のガラス室を利用しています。本県のみもろん生産のほとんどが周年専作経営で、スリークォータ型温室を1戸あたり7～10棟（総施設面積で10a前後）所有し、各温室で年間4.2～4.5回作付けするのが標準的です。年間を通じて、労働時間が一定していることや毎月収入が得られる点は、農業経営上は非常に有利な条件であるわけですが、みもろん販売価格の低迷や生産コストの高騰に伴い、農業所得は減少傾向にあり、現在の規模では、将来に向けての経営継続が難しい状況にあります。所得拡大のためには、「みもろん価格を高価格に維持していくか」、あるいは「大幅にコストを下げるか」、「面積を拡大して生産量を増やすか」のいずれかの方策が必要となります。これらの実現のためには、従来のスリークォータ型温室による小規模な温室みもろん栽培といったものも根底から考え直さなければならぬ時期を迎えているものと考えられます。

経営改善の方策として、ここでは、まず、規模拡大とコスト低減にターゲットを絞ってみます。この場合に、「温室建設費の大幅な縮減」、「暖房に関わる燃料費を中心とした生産コストの削減」、「積極的な労働時間の短縮と雇用労働が活用できる生産システムの開発」といった三つの視点が重要であると考えられます。これらのコスト削減を実現するには、従来のスリークォータ型温室による温室みもろん栽培といったものも根底から考え直さなければならぬ時期を迎えているものと考えられます。

また、大幅なコスト削減が実現できれば、家族経営から雇用を積極的に活用した大規模経営へと発展することが可能で、長期的に見て、みもろんの販売価格が低迷したとしても十分に経営として成り立つことが想定されます。そこで、以下にコスト削減の視点を述べてみたいと思います。

### (2) 温室みもろん経営におけるコスト削減の視点

#### ① 温室建設費の大幅な縮減（低コスト温室の開発）（図1）

もともと、現在のスリークォータ型温室の原型となる温室は、今から80年以上も前の昭和初期には完成していますが、温室の大きさは大きくなったり、建設資材には大きな発展は見られたりしたものの、基本的な構造自体は変化していません。建設コストの点や大型化の面では、すでに限界を迎えているとも考えられます。現在のスリークォータ型温室の建設費は、隔離ベッド、温湯暖房、内部被覆

装置を含め約4,500万円/10aときわめて高く、施設増設には多大な投資が必要となるため、経営規模拡大の阻害要因となっています。また、メロン温室内は余剰空間がほとんどなく、通路幅は50cm前後と狭いうえに、冬期の日射量確保のために設定された階段状の隔離ベッド配置は、作業を効率的に行なったり、作業機械を利用したりするには不向きな構造でもあります。そこで、スリークォータ型温室に匹敵する「優れた室内環境特性（日射の透過性、温湿度環境の制御性）」を保持したまま、大規模化、低コスト化が可能な「新たな構造の温室」を開発する必要があると考えられます。しかし、この場合に、建設費を削減するための観点から温室の設備を簡易化した場合には、収量性や品質が低下し、高品質メロンの生産ができなくなる危険性が高いため、生産性を考慮したうえでの温室構造の簡易化の研究が重要となると考えられます。

#### ②燃料費を中心とした生産コストの削減（省エネ技術の開発）

周年生産を行っている温室メロン栽培では、最低でも20℃前後の温度確保が必要であるため、生産コストの中でも暖房のための燃料費の占める割合が最も大きくなります。光熱動力費は、経営費のうち30～40%を占め、10aあたりで390万円（重油1リットル60円で試算）を越えており、近年の燃油価格の高騰はさらに経営を圧迫する要因となっています。

#### ③労働時間と人件費の削減（省力化と雇用労働の活用検討）

本県のメロン栽培には、10aあたりで年間約2.5人と多くの労働力が必要とされます。ところが、技術面の制約により省力化は進まず、雇用労働も十分に活用されていないのが現状です。労働時間は、年間を通じてほぼ一定していますが、きめ細かな栽培管理を必要とするため、メロン生産者は、周年にわたり休日が取れない状況にあり、分業化が困難な状況におかれています。そこで、経営規模の拡大のためには、大幅な省力化と雇用が可能な生産システムの開発が重要となります。

## 2 静岡県プロジェクト研究「メロン超低コスト生産システムの開発」を目指す方向

前述のような3つのコスト削減が同時に満たせる手段として、フェンロー型温室（図2）に代表されるような大規模温室を利用したメロン生産の導入があげられます。近年、静岡県農業試験場（現農林技術研究所）で開発した大型温室（フェンロー型温室、平均的なメロン農家が所有している施設面積の3～4倍規模）が一部に普及し、若手農業者や規模拡大を目指す生産者の関心が高まっています。しかし、実際にフェンロー型温室を導入する場面においては、30a規模の温室を建設するには、用地

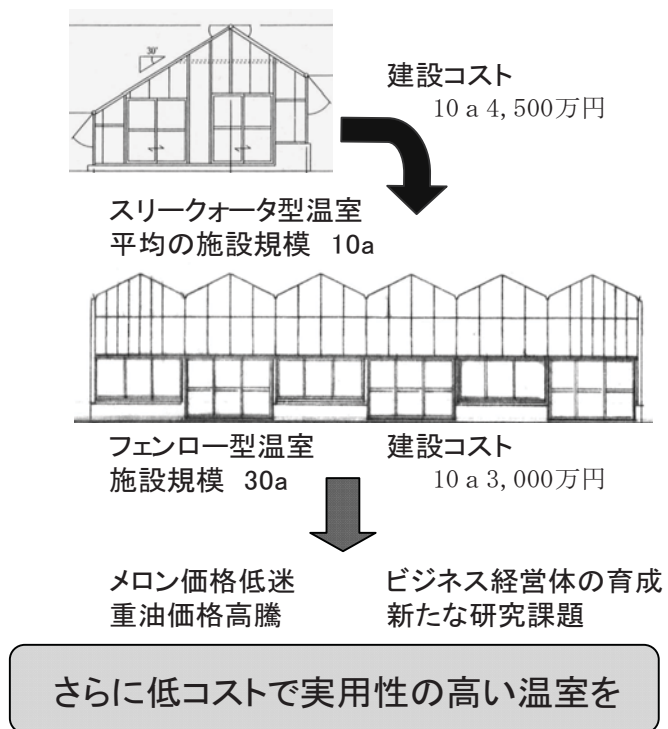


図1 温室建設費の大幅な縮減のためのメロン栽培用超低コスト温室の開発方向



表1 現地におけるフェンロー型温室の導入事例<sup>2)</sup>

項目	従来型(スリークォータ型温室)	大規模温室(フェンロー型温室)	比較
経営規模	12a	28 a	2.4倍
労働力	2.6人/10a	1.4人/10a	46%減
建設コスト	5,400万円/10a	3,300万円/10a	39%減

フェンロー型温室を含む大型温室の普及面積(平18年の推定)  
約2.6ha、作付面積 約11ha うち1棟20a以上の温室、10棟

2) 同一経営体で、温室の導入以前と導入後を単純に比較



図2 現地に普及しているフェンロー型大規模メロン温室の事例(浜松市)

整備を含め1億円以上の資金が必要です。従来のスリークォータ型温室を建設する場合に比べ、単位面積あたりの建設費は安くはなっていますが、まだまだコスト削減が必要です。この技術を誰でも導入できるようにするためには、初期投資をさらに軽減する必要があります。併せて、長期的な燃料費の高騰にも耐え得る省エネ経営を実現するためには、もう一工夫が必要と考えられました。

そこで、メロン経営のさらなるコスト削減のための技術開発目標として、①10aあたり2,000万円前後のメロン生産用超低コスト温室の開発、②隔離ベッドの簡易化と安価な自動かん水方式の実用化、③多層カーテンや空気膜構造を活用した省エネ技術の確立、④無人防除装置の開発等の視点が考えられます。さらに、これらの技術を総合化した「ビジネス経営体(静岡県で育成を推進している家族経営から脱皮し、企業的な経営感覚で地域の農業を引っ張っていきけるような経営体)」に代表されるような未来農業を志向した大規模な生産農家の育成が重要であると考えられます。

ここで、メロン経営のさらなるコスト削減のための技術開発目標として、①10aあたり2,000万円前後のメロン生産用超低コスト温室の開発、②隔離ベッドの簡易化と安価な自動かん水方式の実用化、③多層カーテンや空気膜構造を活用した省エネ技術の確立、④無人防除装置の開発等の視点が考えられます。さらに、これらの技術を総合化した「ビジネス経営体(静岡県で育成を推進している家族経営から脱皮し、企業的な経営感覚で地域の農業を引っ張っていきけるような経営体)」に代表されるような未来農業を志向した大規模な生産農家の育成が重要であると考えられます。

これらの問題解決のため、静岡県農林技術研究所では平成18年から20年の3ヵ年、メロン超低コスト生産の実現をめざした静岡県プロジェクト研究「未来農業を志向した高級メロン超低コスト生産システムの開発」に取り組みました。本プロジェクトでは、イニシャル、ランニングの両面でコストを極限まで切りつめたうえで、高品質生産と規模拡大が可能な高級メロン超低コスト生産システムを開発し、メロンにおける「植物工場型生産の実現」するための基本的技術の開発を最終的な到達目標としています(図3)。

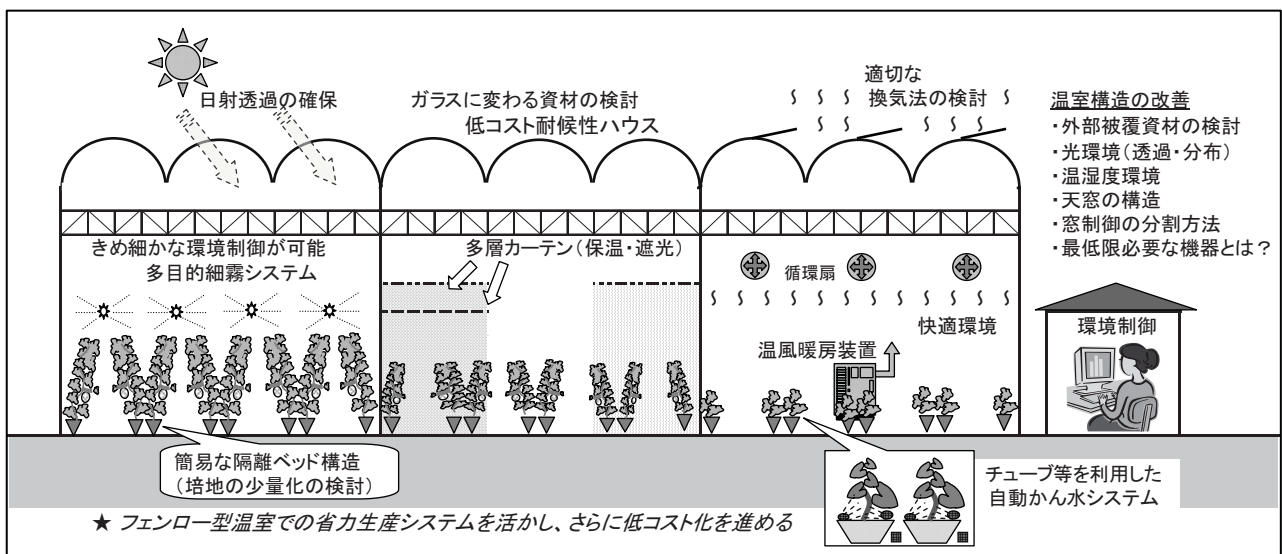


図3 自然光利用型の植物工場生産を目指したメロン超低コスト生産システムのイメージ

表2 現地に普及しているフェンロー型温室の特徴<sup>2)</sup>

従来温室よりも優れる特徴	問題点(回答農家数)
<ul style="list-style-type: none"> <li>・燃料消費量が少なく、省エネ効果が高い(30~40%)</li> <li>・作業性が優れる(省力30~50%)</li> <li>・夏期、日中の高温条件が改善される(高軒高の場合)</li> <li>・春から夏は品質安定している。</li> <li>・パート労働を積極活用できる。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・病害虫の発生(10戸/10戸)</li> <li>・温室建設にあたり、初期投資が大きい。</li> <li>・建設コストを下げる必要あり(7戸/10戸)</li> <li>・冬期に光不足となる(硬質プラスチックフィルムのくもりの影響も考えられる)(3戸/10戸)</li> </ul>
改善が必要な項目としてあげられたもの	
<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬期、温室内の場所により温度ムラが生じる(周辺部分の低温)。</li> <li>・出荷調整・荷造り作業、病害虫防除作業の省力化。</li> <li>・育苗温室を他区画から分離したい(病害虫の問題)。</li> </ul>	

2) アンケート調査及び直接面談による聞き取り調査(10戸)

### 3 メロン超低コストプロジェクトの研究成果の概要

#### (1) 従来型温室の1/2以下の建設コストの温室開発

##### ①現地に普及しているフェンロー型温室の長所を活かした改善

新たな低コスト温室の開発のため、現地に普及しているメロン生産用のフェンロー型温室(20a以上)の実態調査を実施しました。聞き取り調査の結果、これらの農家では、フェンロー型温室の導入により、平均で施設面積が2.4倍に拡大しましたが、面積あたりの労働力は46%、建設費39%の削減が図られていることが判明しました(表1)。また、フェンロー型温室の長所としては、省力化、夏期の高温改善、省エネ効果があげられ、問題点としては病害虫の発生、冬期の光線透過、多大な初期投資が上げられました(表2)。今後改善が必要な項目としては、冬期の温度ムラの解消、出荷調整や防除作業の省力化、病害虫予防の観点からの育苗室の隔離等があげられました(表2)。

モデル温室の設計にあたり、これらの調査結果をもとに改良を加えました(表3)。主な特徴を以下に列記します。①光の透過性に優れ、秋から冬にかけて日射透過率60%以上が確保されること。②周年生産が可能なように正確な温度制御ができること(夏期は換気特性に優れ、冬期は正確な温度管

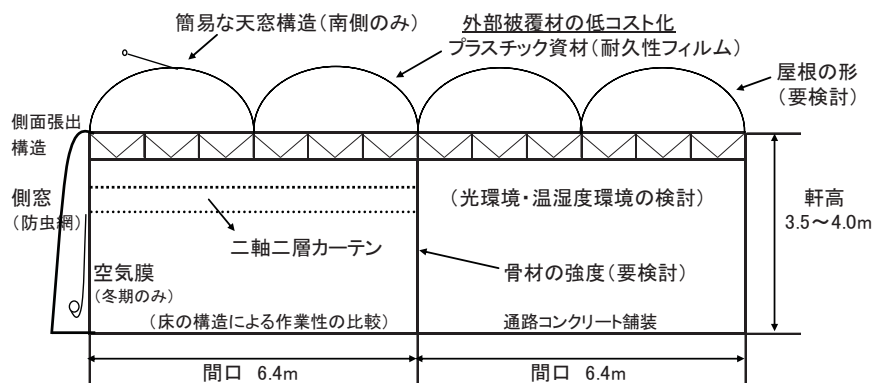
理と均一な温度分布)。③出入り口はなるべく広く、温室内への各種機械装置の運搬、搬入がスムーズに行えること。④室内は平らな床構造で足下が安定し、運搬台車等が積極的に利用でき、作業性に優れること。⑤台風等の気象災害時にも破損することなく、長期間(10年以上)施設の維持や修繕等の保守管理はできるだけ少ないこと。

これらの条件を満たすように、表4のようにモデル温室の仕様を決定し、平成19年(2008)3月に研究所内に超低コストモデル温室を建設しました(図4、図5)。

表4 研究所内に建設したモデル温室の仕様

施設面積	205㎡(南北12.8m×東西16.0m)
強度	「園芸施設安全構造基準(暫定)一改訂」(日本施設園芸協会に基づく条件とする。耐風速50m/秒以上の強度を有すること。また、作物荷重は15kg/㎡とする。
建設方位	東西棟、東西畝(冬期の日射量を確保)
間口、奥行	間口6.4m(3.2m×2屋根形状)16.0m(1スパン4.0mとする)
連棟	多連棟型 2区画(4連棟)(場内敷地に合わせるため)
軒高	4.0m(夏期の環境改善、影の分散を図るため高軒高とする)
屋根構造	丸屋根構造、幅の狭い垂木材を使用し採光性を確保。温室内、冬期の日射透過率60%以上確保が目標
基礎構造	独立基礎とする(コスト低減のため、簡易化を図る)
床面	北:コンクリート舗装、南:シート被覆(作業性の比較を行う)
被覆資材	屋根被覆資材:長期耐久性POフィルム
主骨材	トラス構造を用いる。中柱、側柱、鉄骨は前述強度条件を満たすこと鉄板谷樋使用、透光性を確保するため、なるべく幅を狭くする。
天窓	レールスライドラック式、片側(南向)
付帯設備	天窓自動開閉装置 カーテン装置(2軸2層平張り)東西引き、トラス下に収納
価格目標	30a規模の施設を建設した場合に、本体価格13,000円/㎡以内を目標とする。(暖房、隔離床等の生産設備含めて、20,000円/㎡以内とする)





モデル温室の設計目標

- ・温室メロンの高品質生産が周年にわたって可能であること。
- ・低コスト耐候性ハウスに準じる簡易施設で、ガラスに変わる被覆資材を用いる
- ・本体価格が13,000円/㎡以下になることを目標とする

図4 研究所内に建設したメロン超低コストモデル温室の概要

表3 モデル温室の主な改良点 (現地に普及しているフェンロー型温室との比較)

改良への視点	設計にあたっての主な改良点	今後、検討を要する点
①建設コストの低減化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・被覆材に耐久性POフィルムを使用</li> <li>・丸屋根、骨材、トラスの低コスト化の検討</li> <li>・天窗構造(南側のみ)の改善</li> <li>・簡易な基礎構造(独立基礎、簡易な施工方法)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・冬期に十分な積算日射量が確保できるかどうか。</li> <li>・一年を通じて正確な温度・湿度環境制御が可能かどうか。</li> </ul>
②省エネルギー対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・二軸二層カーテン</li> <li>・温室側面の張出・空気膜構造による断熱</li> <li>・温風暖房(温度ムラの解消)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スリークォータ型温室の光熱動力費の60%節減を目標</li> </ul>
③作業性の改善/省力・快適化	<ul style="list-style-type: none"> <li>・通路舗装、広い通路幅、出入り口の大型化等(フェンロー型温室の特徴を活かす)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・スリークォータ型温室の作業時間の60%省力化を目標</li> </ul>
④病害虫対策	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部からの侵入防止対策(出入り口、側面の構造)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・発生予防対策の確立</li> </ul>
⑤経営・栽培管理	<ul style="list-style-type: none"> <li>・一区画100坪(330㎡)、同一区画の採用による労働ピークの解消方法の検討</li> <li>・環境制御への新しいIT技術活用を検討</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・適正規模の解明</li> <li>・実用規模での経済性試算</li> </ul>



図5 研究所内に建設したメロン超低コストモデル温室の全景 (東西棟)

②モデル温室の低コスト化への工夫点と実用規模における温室建設費の試算

モデル温室の設計にあたり、最も重要な課題としては、やはり温室建設コストの低減化があげられます。温室本体の建設費を大幅に削減するために、①被覆資材に長期展張 P0 フィルムの採用、②温室基礎部分の簡易化、③屋根構造、天窓の低コスト化等の改良を加えました。被覆資材は、従来のガラス（4mm 霞）が 1,800 円/㎡であるのに対し、10 年耐久性 P0 フィルムは 550 円/㎡と安価である上に、温室建設の作業工程が効率的になるため、大きくコストを下げる事が可能となります。また、温室基礎部分を簡易な構造に改良することで、従来の強度を保ちながら基礎工事の費用を削減することが可能になりました。さらに、屋根の構造を丸型にして、天窓を南側のみにすることにより、採光性と強度を保持しながら、温室部材や窓制御に使用する駆動機を減らすことができました。

モデル温室と同じ仕様で、実用規模の温室（30a 規模）を建設した場合の費用を温室建築業者に見積もり依頼した結果、生産設備と温室本体価格をあわせた建設費は最も低い金額の見積もりで 3.3 ㎡あたり 54,600 円と試算され、従来のスリークォータ型温室と比較して、概ね 1/2 程度まで削減することができると判明しました（表 5）。なお、これらの見積もりには、栽培に必要な隔離ベッドや暖房機、環境制御機器の費用は含まれていないため、栽培システムや暖房の低コスト化も合わせて検討を進めました。（これらの栽培システムを含めると 10a あたり 22,548 千円と試算されます。）

表5 研究所内へ設置したモデル温室と同仕様で30a規模の温室<sup>Z)</sup>を建設した場合におけるコスト試算結果

	A 社		B 社		C 社	
	見積もり金額(円)	比率(%)	見積もり金額(円)	比率(%)	見積もり金額(円)	比率(%)
基礎工事	1,748,700	3%	2,203,330	4%	1,878,096	3%
内 温室本体工事	38,971,945	71%	39,685,422	68%	40,147,312	71%
内 内部被覆工事	10,715,010	20%	11,474,460	20%	11,222,785	20%
内 土間工事	2,089,044	4%	2,359,179	4%	1,889,000	3%
諸経費	1,335,301	2%	2,777,609	5%	1,652,807	3%
工事金額計	<b>54,860,000</b>	100%	<b>58,500,000</b>	100%	<b>56,790,000</b>	100%
消費税(5%)	2,743,000 円		2,925,000 円		2,839,500 円	
合計 Y)	<b>57,603,000 円</b>		<b>61,425,000 円</b>		<b>59,629,500 円</b>	
10aあたり設置費	16,547,831 円		17,645,791 円		17,129,991 円	
3.3㎡あたり設置費	<b>54,600 円</b>		<b>58,223 円</b>		<b>56,521 円</b>	

Z) 施設面積 3481㎡(6.4m×8連棟×68.0m)、軒高基礎上3.9m、内部被覆2軸2層

Y) 設置工事費には暖房設備、隔離ベッド、自動かん水設備、その他付帯設備は含まない。

(2) 隔離ベッドを利用した少量培地による低コスト栽培システムの実用化

規模拡大を行う場合に、温室の建設費のうち、温室本体に次いで約 25%と高い比率を占める「隔離ベッドと自動かん水装置」の設備費の削減が必要です（図 6）。そこで、設置費の 50%削減を目標とした簡易で安価な栽培システム（図 7）の開発に取り組み、培地を減らした小型隔離ベッドとチューブかん水を活用した簡易な自動かん水装置の実証試験を実施しました（図 8）。

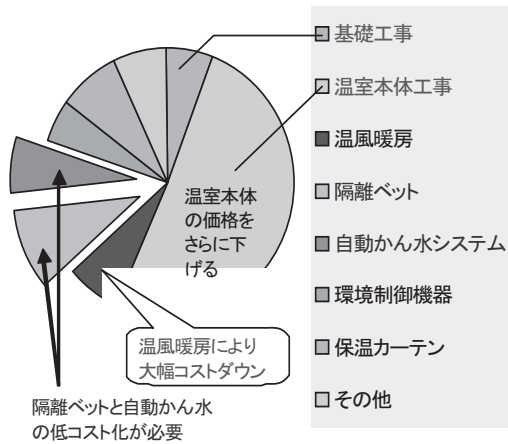
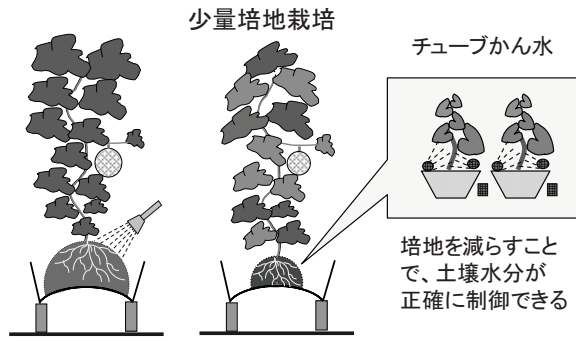


図6 温室建設費の中で隔離ベッドと自動かん水の設備費が占める割合



少量培地化によるメリット

- ・隔離ベットの設置費用低減
- ・省力・軽作業化（土作り、土壌消毒、土の移動等）
- ・通路幅の拡大（作業車等の利用拡大）

図7 少量培地による低コスト栽培のメリット

培地の少量化が温室メロン生育に与える影響では、周年を通じて、培土量を従来の 1/3 程度（1 株あたり 8 リットル前後）まで減らしても果実肥大、果実品質への影響は少ないことが判明しました（図 9, 図 10）。また、栽培ベッドの小型化を想定し、従来の約半分の大きさに小型化した隔離ベッド（農林技術研究所慣行：幅 56cm×縦 15cm に対して幅 30cm 程度×縦 10cm 弱）を用いてメロン栽培を行った結果においてもメロン果実の品質低下は見られなかったことから、将来的には、栽培ベッドの設置費の大幅な削減や温室内通路幅の拡大（作業車等の利用拡大）等の効果の実現されることが期待されます。ただし、小型の栽培ベッドの実用化にあたっては、今後、ベッドの材質の検討やそれらに適合した管理道具等の検討、開発が必要であると考えられます。

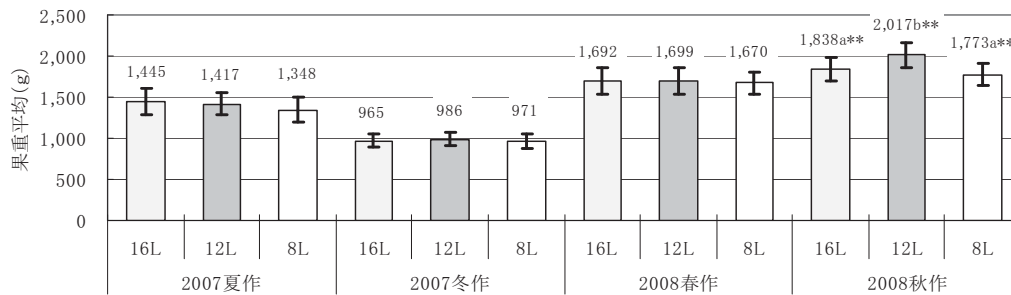


図9 培地の少量化が収穫果実の果重に及ぼす影響

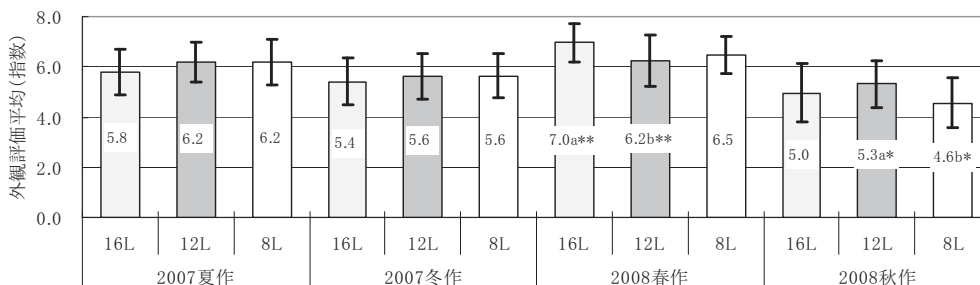


図10 培地の少量化が収穫果実の外観評価（等級）に及ぼす影響

さらに、かん水装置の簡易化を図るため、点滴チューブ方式による自動化かん水の試験を周年にわたって実施した結果、従来のかん水方法と同程度の生産性が実証されました。点滴チューブ方式を利用した装置の設置費を試算した結果、現在、フェンロー型の大型連棟温室に導入されている自走散水方式に比べ非常に安価（約 1/2）で、10a あたり 1,071 千円 (H18) と試算されました（図 8）。

かん水方法の違いがメロン品質に与える影響では、点滴チューブ方式は散水方式に比較して、16L/株と 10L/株のいずれの培土量においても果実の肥大性は優れていることが確認されました。また、培地量が少ない 10L/株の区では、果実品質はほぼ同等であり、点滴チューブ方式の少量培地栽培への適応性が高いことが推測されました（表 6）。実際に、点滴チューブ方式による試験栽培を 5 作行った結果では、従来のかん水方法である散水方式と比較して、果重が大きくなる傾向が認められています。これらの違いは、点滴チューブ方式を続けると土壌表面が常に乾いているため、栽培管理上かん水量を多くしてしまう傾向があり、培地内水分が散水方式に比較して多くなりやすいためと推察され、この点に注意すれば、散水式と同等以上のメロン生産が可能と考えられます。

表 6 かん水方式、培土量の違いが果実品質に与える影響（2007 夏作）

処理区 (株あたりの 土量)	果実重 (g)	果径比 <sup>z</sup> (%)	果実の外観品質			糖度 <sup>v</sup> (Brix %)	固有振動値(Hz) <sup>u</sup>		
			ネット <sup>y</sup> 密度	ネット <sup>x</sup> 盛り	総合 <sup>w</sup> 評価		収穫後	追熟後	収穫後 - 追熟後
16L-散水	1,534	99.1	3.1	3.6	5.2	14.1	259.9	211.2	48.7
点滴	1,667	101.8	3.4	3.4	5.7	13.6	258.8	201.4	57.4
分散分析 <sup>t</sup>	**	**	**	NS	*	**	NS	NS	*
10L-散水	1,428	97.7	3.2	3.7	6.1	14.0	262.3	221.1	41.2
点滴	1,634	97.7	3.4	3.5	5.7	13.9	258.7	201.7	57.0
分散分析 <sup>t</sup>	**	NS	NS	*	NS	NS	NS	**	**

Z: 果径比 = 果高/果径 × 100 Y: 密度は粗 1 ~ 中 3 ~ 密 5 とした指数 X: 盛りは薄 1 ~ 中 3 ~ 厚 5 とした指数 W: 市場出荷の等級に準じた品質指数(富士 10、山 9 ~ 7、白 6 ~ 4、雪 3 ~ 2、規格外 1) V: 交配 7/4、収穫 8/24 の果実から各区 16 個抽出調査。U: 果重 1kg 当たりの固有振動値として補正した値(数値が高いほど果肉の硬度が高いとされる)卓上型熟度計(静岡製機製 MELOC)で測定、追熟は収穫(8/24)から 5 日間室温で追熟(測定 8/29) T: t 検定: \*\*1%水準で優位差あり、\*5%水準で優位差あり、NS 優位差なし

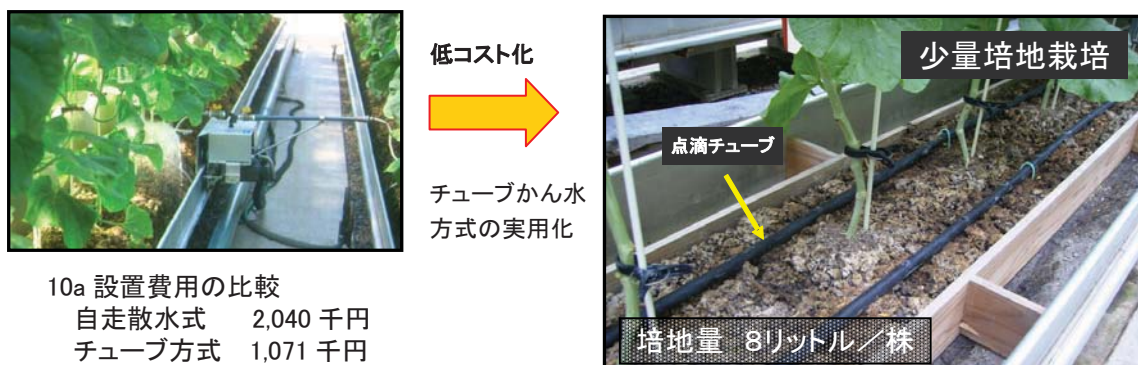


図 8 少量培地と点滴チューブを利用した低コスト栽培システムの概要



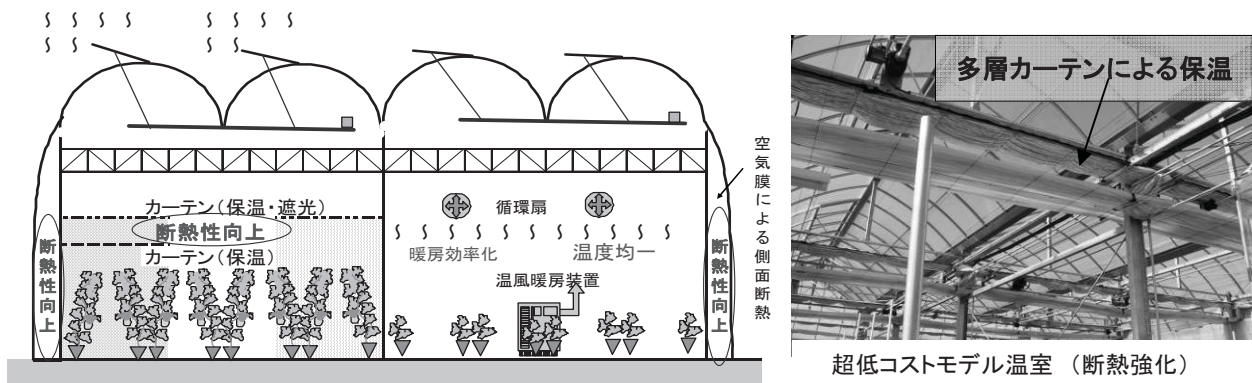


図 11 低コストモデル温室の側面部分（空気膜フィルム）及び多層カーテンによる断熱強化

### （3）燃料費を 50%削減する省エネ技術の開発

ランニングコストの削減対策として、経営費のうち最も大きな比率を占める光熱動力費を引き下げるのが最重要です。燃料用の重油価格は平成 20 年(2008)には、1 リットル 120 円まで高騰しました。省エネ技術の開発は、現地からの要望も高く、緊急的に解決を迫られる研究項目となっています。本プロジェクトでは、温室内のカーテンを室温に応じて多層に被覆して断熱強化する省エネ技術の開発（図 11）やヒートポンプの利用によって光熱動力費を削減する技術を検討しました。

まず、現地に普及しているフェンロー型の大型温室の燃料消費量を調査した結果、大型温室の導入により燃料用重油の消費量が大きく節減されていることが明らかになりました。農家Aの場合、フェンロー型温室の導入前後の重油消費量を比較すると、スリークォータ型温室で 10 a あたり年間 86.3 kℓ であったのに対して、フェンロー型温室に建て替え後は 62.2 kℓ と面積あたりで 72%へ減少したことがわかりました（図 12 左）。これに対し、比較年次は異なりますが、農家Bはスリークォータ型温室で 68.7 kℓ であったのに対し、フェンロー型温室で 46.2 kℓ と 67%に削減されました（図 12 右）。農家Bは、加温に温風暖房機を使用しており、一部に温湯暖房を利用している農家Aよりも燃料消費量が節減されていると推定されます。その他の大型温室を導入している農家の調査結果においても 30~40%前後の省エネ効果が確認されました。フェンロー型温室で省エネ効果が高くなる理由は、スリークォータ型温室に比較して床面積に対する体表面積が大きく減少していることが最も大きな要因であると考えられます。温室を連棟化、大規模化することで放熱する部分を少なくすることにより、従来のスリークォータ型温室に比べ 30%前後の燃料節減が可能であることが判明しました。

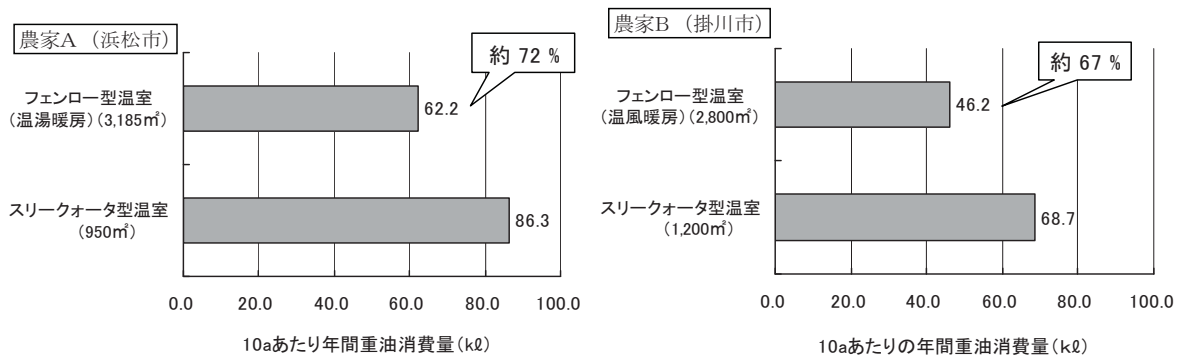


図 12 現地におけるフェンロー型大型温室の導入前後における重油消費量の比較



さらに、断熱資材を側面部分に使用した場合の保温効果を研究所内のスリークオータ型の温室で計測した結果、これらを被覆しなかった場合に比較し、室温が常に2℃高く保たれ（図13）、10%程度の燃料節減が図れる可能性が示唆されました。

暖房時におけるコスト比較のため県内各地の暖房デグリアワーを算出し、さらに、モデル化した温室のタイプ別（スリークオータ型温室、フェンロー型温室等）の期間暖房負荷及び期間最大暖房負荷の算定を行い、温室構造、被覆資材を変更した場合における年間に必要な重油使用量について

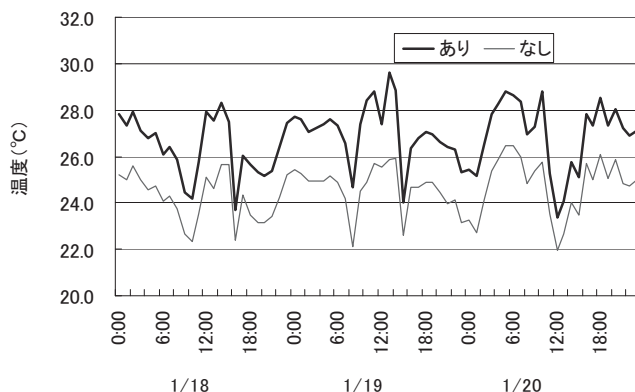


図13 温室の側壁を空気膜フィルムで被覆した場合の保温効果（スリークオータ型）

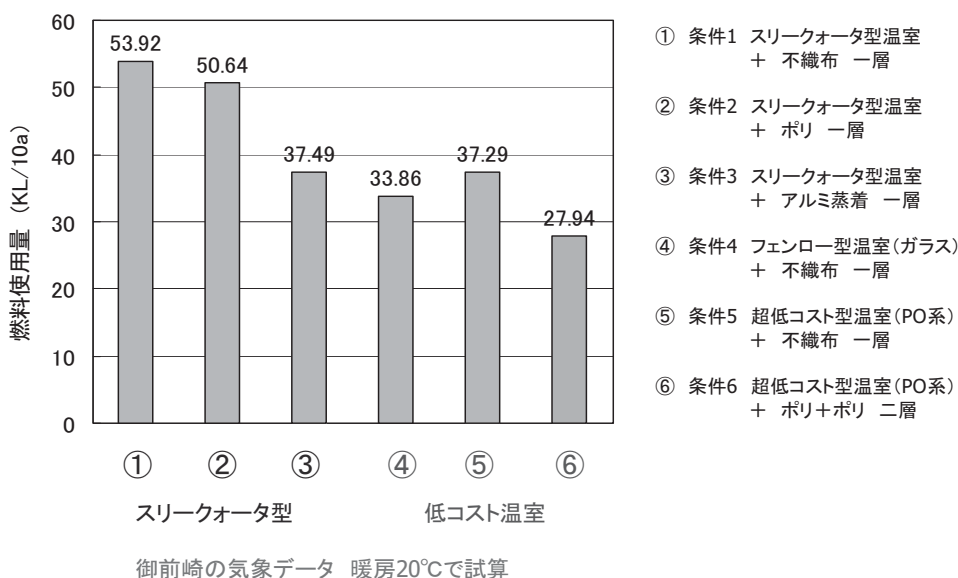


図14 温室構造（単棟・連棟）とカーテン資材の違いによる燃油節減効果の試算結果

試算してみました。その結果、30a 規模の超低コスト温室において農ポリ資材を2層で被覆した場合には、従来のスリークオータ型温室に比べて、約50%の燃料費節減が実現可能となることが試算されました（図14）。

さらに、暖房に空気熱源ヒートポンプ利用を想定した場合には、重油価格が1リットルあたりで70円を超える条件下ならば、採算性が期待できます。30a規模のフェンロー型温室で試算した場合に、電気ヒートポンプをハイブリッド方式（暖房熱負荷の大きい時には

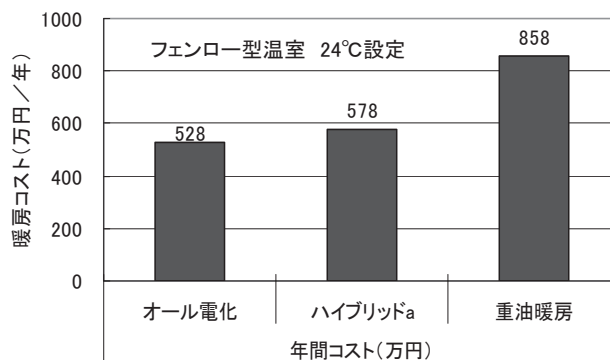


図15 暖房方式別の年間暖房エネルギーコストの比較（空気熱源ヒートポンプの場合）

既存の重油暖房機器と併用する)で利用した場合には、重油暖房に比べて約280万円(約30%)の暖房コストの削減が見込まれました(図15)。ハイブリッド方式の場合には、設備容量が60%程度小さくできるため、初期投資の大幅な削減が期待できることが予想されます。(なお、現在、温室メロンに対するヒートポンプの実用的な利用法と経済性については、引き続き検討を進めています。)

#### (4) 静電防除を利用した無人防除ロボットの開発

防除作業は全労働時間の10%強を占め、高温多湿の温室内での作業となるため、作業への負担が大きく、分業化が難しいことから、無人でかつ省力的に防除を行う技術の開発に大きな期待が寄せられています。そこで、当プロジェクトでは、大規模温室における効率的な防除体系を確立するため、静電散布装置を応用した防除ロボットの開発を進めてきました。平成18年度には、大規模温室内を自動走行する走行体を試作し、長時間連続無人運転を行い、19年度には静電散布ノズルを試作し、噴霧吐出量や電極印加電圧などの改良により、作物体のほぼすべての部位に対し、70%以上の高い付着面積率が期待できる高性能なメロン用静電防除装置を試作し、実際の害虫に対する防除効果も確認されました(図16)。これらの検討後、平成21年1月には、走行体と防除装置を組み合わせた無人防除ロボットとして完成し、現在、現地における実用性を確認しています。

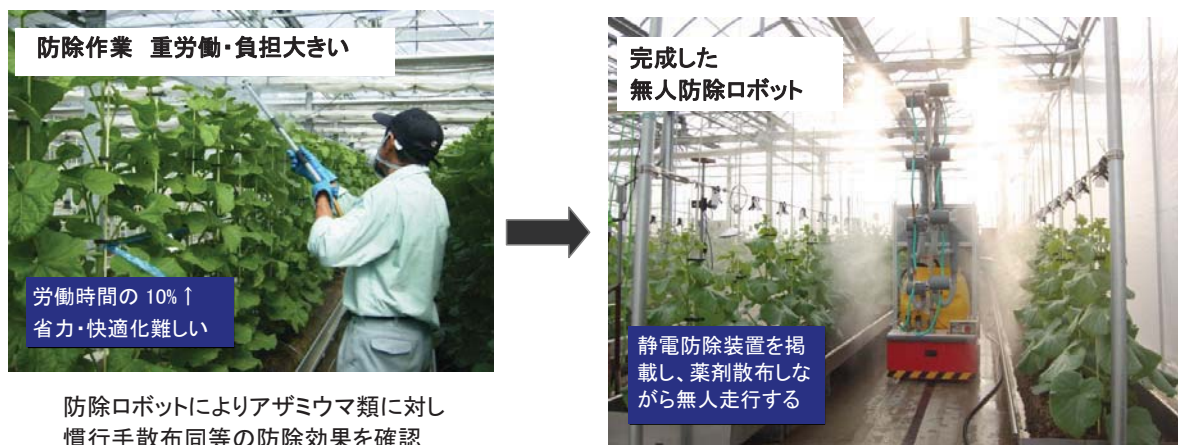


図16 大型温室に利用可能な静電防除を利用した無人防除ロボットの開発

#### (5) 雇用労働を積極的に活用した温室メロンビジネス経営体モデルの試算

当プロジェクトの最終目標は、開発した技術を組み合わせ、生産金額1億円を目標とするビジネス経営体の経営モデルを作成し、規模拡大をサポートすることです。生産性の実証では、所内のモデル温室を用いて平成19年度より栽培試験を進めた結果、過去6作の平均果重1530g、上位階級の発生割合55%という実績を得ることができました。夏作と冬作で到達目標よりやや下回っていますが、これらは改善可能と考えられ、実用的には高品質周年生産が可能と考えられます(図17)。

これらの実績をもとに、今回のプロジェクトで新開発されたモデル温室(建設費2,2548千円/10a、省エネ・省力50%削減)を大規模化した場合における経済性を試算した結果、1棟3000㎡の温室を3棟(総施設面積9,000㎡、総投資額3億円想定\*)建設し、少量培地による自動かん水、静電防除ロボット、ユビキタス環境制御機器を導入し、温室を分割して作付けし、家族2名に加え、常雇い4名と臨時雇い6~8名を利用した経営体を想定した場合に、総売上金額(粗収益)で約11,400万円、農

\*総投資額には、出荷施設、休憩室、燃料タンク、運搬機器等の生産に関わる付帯設備含む、なお、実用化していない機器については高めに設定

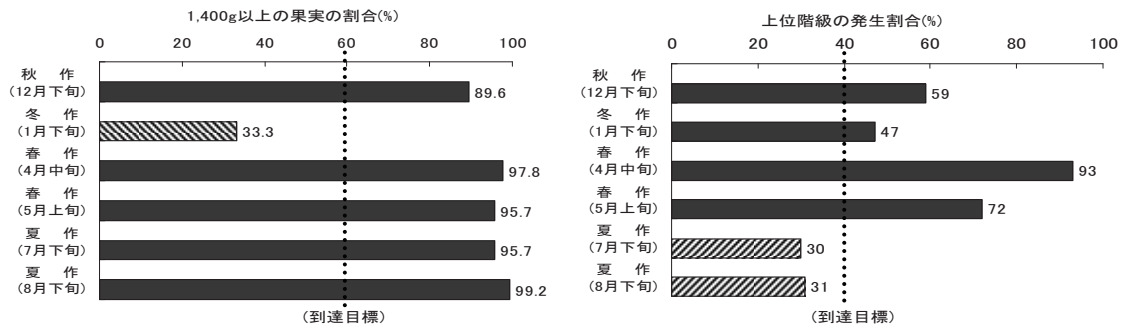
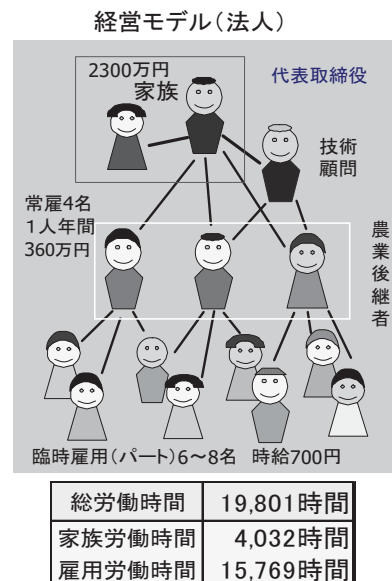


図 17 モデル温室での実証栽培におけるメロンの果重と階級の発生比率

項目		金額(90a)	備考	
粗収益	生産量(ケース)	13,040ケース	7.5本/3.3㎡×年間4.2作	
	販売単価(ケース)	8,743円	農協の平均単価(平成18~20年)	
	生産額	114,015,496	全量市場出荷を前提とした	
経営費	変動費	種苗・肥料費	4,546,389	
		農薬費	1,387,765	
		光熱動力費	22,507,130	重油、灯油、ガソリン、電気
		諸材料費	2,133,388	(重油価格 60円にて試算)
		小農具費	242,963	
		雇用労賃	5,450,343	臨時雇用 700円/時間
	固定費	出荷経費	15,049,796	市場7%、農協0.8%
	成果	減価償却費	20,788,558	(温室、農機具舎、各種機械他)
雇用労賃(常雇)		14,400,000	・超低コスト温室 3000㎡×3棟	
修繕費		4,196,284	・ユビキタス環境制御装置	
合計		90,702,616	・自動灌水装置(チューブかん水)	
農業所得	23,312,880	・改良隔離ベッド(少培地栽培)		
所得率	20.4%	・静電防除ロボット 3台		
家族労働1時間当所得	5,782円/時間			



総売上金額(粗収益)で114,015千円、農業所得23,312千円が期待できる。(慣行38%低減)

図 18 大型温室に利用可能な静電防除を利用した無人防除ロボットの開発

表8 新規栽培方式(大規模メロン栽培)による省力・快適化効果と作業別の改善方向

主な作業	労働時間の節減率(%)	省力効果 <sup>2)</sup>	快適効果 <sup>2)</sup>	作業の特徴・改善点または問題点	今後の改善方向 (太字 プロジェクト研究による成果)
育苗管理	36	○	○	土詰め等の効率化	工程をシステム化し改善を図る
蒸気消毒	73	◎	◎	高温・危険伴う。工程の改善	効率化を図る(少培地化)
定植準備	45	○	◎	作業姿勢改善、負荷の大きい作業	作業姿勢・方法の改善
定植	45	○	○	苗の運搬作業等の効率化	雇用労働の積極的活用
誘引摘葉	39	○	◎	作業イスの活用・通路幅拡大	雇用労働の積極的活用
交配整理	43	○	○	時間的制約(早朝~午前)	雇用労働の積極的活用
選果・玉吊り	27	○	◎	作業イスの活用・通路幅拡大 作業に果実の生育判断が必要	作業姿勢・方法の改善
果実管理	40	○	◎	作業イスの活用が可能	雇用労働の積極的活用
かん水	59	◎	○	高度な熟練を要する 作業に高度な生育診断必要	自動かん水の開発
温度管理	78	◎	○	経験と高度な判断が必要 環境制御の活用により省力可能	ユビキタス環境制御の導入
防除	67	(◎)	(◎)	薬剤散布に熟練が必要 防除ロボットの開発が必要	無人防除ロボットの開発
収穫	33	○	○	運搬作業の効率化・通路幅拡大	雇用労働の活用
片付け	45	○	◎	運搬作業の効率化・通路幅拡大	雇用労働の活用
選別・出荷・調整	23	▲	○	分業化による効率向上 熟練が必要(品質評価)	工程をシステム化し改善を図る 集中化・外部委託の検討

2)スリークォータ型温室でのメロン生産に比較した効果 ◎効果大 ○効果あり ▲効果小さい ×効果なし

業所得 2,300 万円が期待できることが試算されています（図 18）。この時に、1 ケースあたりの生産コストは 6,955 円と想定され、スリークオータ型 11,272 円、フェンロー型 8,437 円と従来のスリークオータ型温室で生産した場合の約 38%のコスト低減が図られることが期待されます。また、各種作業の省力化については、環境制御やかん水管理の自動化、運搬管理作業の効率化により、面積あたりの労働時間が約 50%節減できることが期待でき、全作業のうち 60~80%の作業内容で雇用労働を積極的に活用することが可能と考えられます（表 8）。今後、これらの技術の現地での実証と温室メロンにおけるビジネス経営体の育成への期待が膨らんでいくと思われま（図 19）。

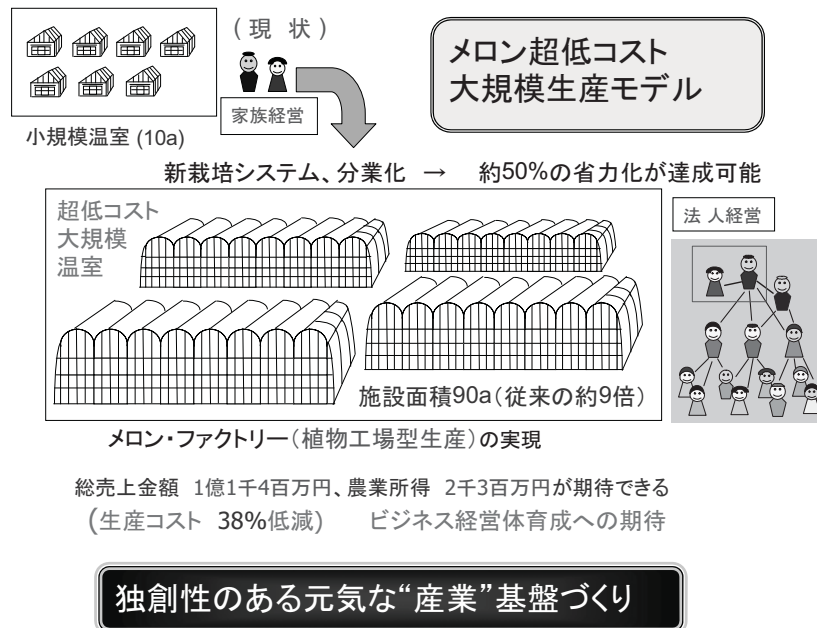


図 19 未来農業を志向した高級メロン超低コスト生産システムの開発

## おわりに

近年の施設園芸を取り巻く情勢は厳しく、今後もかつてのような販売価格の上昇は期待できません。このような中で、今、最も重要なのは、若い農業者が魅力を感じるような、「夢のある生産システムの開発」だと思われま。メロンに代表されるように、日本の施設園芸は、設備投資が大きく、極度に労働集約的で、手がかかりすぎていると言われまが、これらは、植物の生育制御を徹底的に追及してきた結果であるかと思われま。逆に、これらの篤農技術を生かしなが、規模拡大、コスト低減、生産の効率化する生産システムの開発ができたならば、非常に魅力的な産業となりえると考えられま。今後、「植物の生育特性を活かした施設構造の開発と環境制御の高度化」、「雇用を前提とした作業の軽労・快適化」を進めることで生産効率を飛躍的に向上させる技術開発が、明るい未来への活路を開くカギになることでしょう。温室メロンの大規模経営を実現するための基本的な技術は、ほぼ完成段階に近づいているかと思われま。今回、プロジェクト研究によって想定した経営体がいちはやく現地に導入されることを切に希望しま。

農林技術研究所 野菜科 上席研究員 大須賀 隆司  
志太榛原農林事務所 主査(農林技術研究所 主任権究員) 青野 守  
農林技術研究所 経営・生産システム科 上席研究員 山根 俊