

都道府県	北海道	作物名	生乳
業績や技術の名称	生乳の廃熱を回収する自然冷媒型ヒートポンプ給湯システムの開発		
<p>1. 農業経営の概要</p> <p>(1) 立地条件</p> <p>当該受賞者は釧根地区と呼ばれる北海道の東側に拠点を置き、農業全般の省エネルギーを考へて新システムを考案し、近隣の農家に提供している。</p> <p>この地域は、酪農が非常に盛んである。通年で低温であり、太平洋からの風や霧によって牧草のミネラル分が豊富であり、平地が多く放牧しているため、乳牛にとって非常に住みよく良質な生乳が多量に生産できる環境となっている。</p> <p>中規模の個人酪農家が多く、100～500頭程度の飼育数が主流である。</p> <p>(2) 対象農畜産物</p> <p>生乳</p> <p>(3) 経営規模</p> <p>①事業組合では酪農用機器を中心とした機器販売および農業生産者のサポート業務などを行っている。また、農家のニーズと地球環境を考へた高効率機器の開発も精力的に行っている。</p> <p>②システムを導入している酪農家は、乳牛280頭を飼育し、年間1,200 t 程度の生乳を出荷している。</p> <p>現在注力しているのは、たい肥の品質（発酵）を向上させて草地を改善し、栄養価の高い牧草によって牛乳の収量・品質を向上させること。近隣の仲間と連携を図り、地域を盛り上げようとしている。</p> <p>(4) 技術、経営等の特色</p> <p>搾乳には80℃以上の温水と生乳を5℃以下まで急速冷却が必要であることから、CO2冷媒ヒートポンプシステムの利用域が非常にマッチしており、生乳から熱をとってお湯を沸かすミルクヒートポンプシステムを昭和鉄工株式会社の技術協力を得て開発した。</p> <p>搾乳時は真空ポンプやバルククーラーが稼働することから、デマンド抑制のため蓄熱槽を設け、ヒートポンプ電力のピークシフトも図っている。</p> <p>今回開発したミルクヒートポンプシステムの容量は、概ね搾乳頭数80～120頭を飼育する規模に合う。</p> <p>2. 農業電化技術の導入・実践の概要</p> <p>(1) 導入実践の経緯</p> <p>ミルクヒートポンプの開発は、酪農家からの要望で、約15年前から取組んできた。</p> <p>一般的な酪農牛舎では、毎日2～3回、搾乳を行っている。搾乳時には、約36℃の生乳を一旦水道水などで熱交換して約20℃まで予冷するための水道水と、その後、バルククーラーで5℃以下まで冷却して保存するための電力を多量に消費する。また、搾乳の前後には、搾乳機器（搾乳用パイプライン等）やバルククーラータンクの洗浄・すすぎのために洗浄用高温水も多量に使用する。</p> <p>酪農家によっては、予冷をしないで直接バルククーラーで冷却している場合もあるが、細菌の繁殖を抑えるためにプレートクーラーを利用して予冷する牛舎が多く、予冷のための水道代やバルククーラーの電気代、搾乳機器等を洗浄するための温水生成時の燃料代がコストとして発生している。</p> <p>本システムは、冷暖同時取り出し可能であるヒートポンプに着目し、生乳の熱を熱源として利用し、温水生成すると同時に冷却水生成も行うシステムである。このヒートポンプ給湯システムを導入することで、予冷水道代の削減とボイラー用燃料を大きく削減する。</p>			

約15年前に開発した初期型システム（図1参照）は、タンクを介さず生乳熱を利用して代替フロン冷媒ヒートポンプで約60℃の温水を生成し、その後洗浄に必要な80℃まで灯油ボイラーや電気温水器で加温するものであったが、搾乳と同時にヒートポンプを稼働させるため、電気の契約電力（デマンド）が上がってしまうこと、運転時間が搾乳時間に限定されるため温水量が不足する可能性があること、流量の変動が激しい生乳を直に冷却するため冷却が不十分であることなどの問題点があった。

（2）電化設備概要

＜ミルクヒートポンプシステム＞

CO₂自然冷媒ヒートポンプユニット × 1台

冷却能力 20 kW

加熱能力 28 kW

消費電力 8 kW

省スペース型高効率貯湯槽（温水タンク2,000L、冷水タンク3,000L）

制御用ポンプユニット（0.4～0.75kW）

（3）導入技術の新規性

・搾乳にCO₂自然冷媒ヒートポンプシステムを適用した。一般的にヒートポンプは、省エネ・エコ製品として、各種機器メーカー等で積極的に販売されており、行政においても普及に努めているが、本システムのようにヒートポンプの特性をフルに活用し、搾乳に必要な温・冷熱同時取り出し効果を持つシステムは類を見ないことから、初期型は特許を取得している。

また、高効率化に向けて圧縮機をDCインバーターとし、ヒートポンプの冷媒をCO₂（地球温暖化係数GWP＝1）とすることで、水熱式ヒートポンプシステムとしては、世界的で初めての試みとなる開発である。これにより、生乳を冷却するための水道量の削減と、洗浄用のお湯をつくるための水道水の加温に必要な灯油量又は電気を節減することができる。加えて、生乳の冷却コストの削減や二酸化炭素の削減に繋がり環境に配慮した取り組みが期待できます。熱源が生乳であることから、他に類のない北海道の特徴的なシステムとして、酪農分野における省エネ化が図られ、環境にも配慮した次世代型システムとして、普及が期待できる。

（4）導入技術の内容

・生乳の廃熱を回収し、設備の洗浄に必要な80℃の高温水が生成しタンクに貯湯可能。ボイラー用燃料が不要である。

生乳を急速冷却し、雑菌繁殖温度帯を速やかに抜けることで品質向上が期待できる。

・温度境界層による高効率貯湯槽タンクを利用することで、温水生成、冷却水生成の際にタンク内で冷温混合することなく、ロスのない蓄熱利用が可能。

蓄熱により、電気機器の同時稼働を避け（ピークシフト）、電気代の増加を低減している。

・予冷水を蓄熱槽系統での循環利用することで排水していた水道量を削減できる。

（5）導入技術のシステム

・第3世代である本システム（次ページ図参照）は、CO₂自然冷媒ヒートポンプユニットと省スペース型高効率貯湯槽、制御用ポンプユニット（0.4～0.75kW）を備える。

貯湯槽は、缶内において境界層により高温と低温が上下に分かれ、缶上部からは高温水を、缶底部からは低温水を選択的に取り出すことができる。しかし、この境界層は相応に厚く存在し、蓄熱効率を下げる（高温低温どちらにも使えない）要因にもなっている。これは、缶体壁面に配管を溶接していることと、配管から出入りする流体の流速によってかき混ぜられることから境界層が成長してしまうことに起因するが、この高効率蓄熱槽は缶体中央付近まで配管を伸ばし、そこから吹き出し口の径をふとくすることにより、流速を抑えてかき混ぜ効果を減少させ、境界層を薄くすることに成功したものである。沸き上げ終了付近までヒートポンプの効率を落とさないで、エコキュートとは非常に相性がよい。

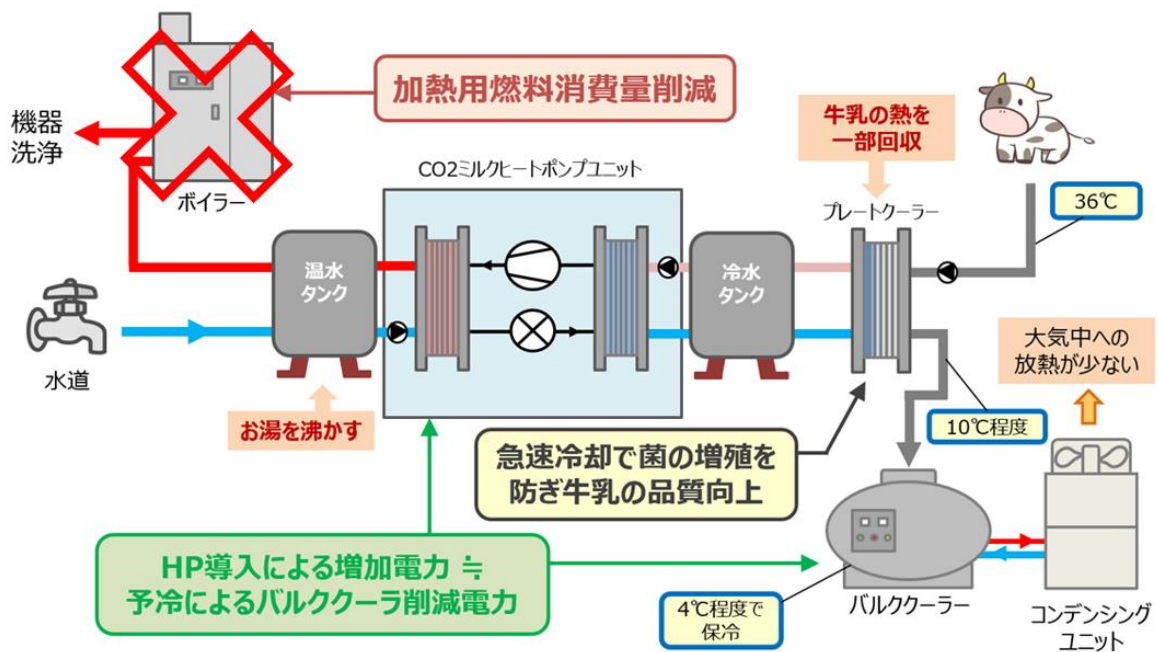


図 牛乳の廃熱を利用した自然冷媒型ヒートポンプ給湯システム（第3世代）

3. 農業電化による経営・技術の改善

(1) 品質の向上

雑菌が多いと加工用として引き取り単価を引き下げられたり、引き取ってもらえなくなったりする。本システムは、雑菌の繁殖を抑え、鮮度保持にもつながっている。

(2) 農作業の効率化

ボイラーが無い分、操作手数や保守が減る。

(3) 生産コストの改善

一次エネルギー換算にて 3,421 kL の削減となる。

○コストメリット：764千円

※設備の同時稼働を避けているため、ミルクヒートポンプ追設によるデマンド増加は最小限である。（今回の試算には含めていない）

(4) 温室効果ガスの排出抑制

11,806 kg-CO₂/年の排出抑制となる。

4. その他

本システムは、国内および海外の搾乳機（ミルクカー）を使用する酪農牛舎の殆ど全てに導入が可能であることから、汎用性・波及性が高いものとなっており、国内外の酪農に広く省エネ省資源化を図ることができる。

5. 今後の展望

2021年度は環境省の補助金を受けて隣の牧場で本システムを導入・計測する計画。データが揃ったら全国の酪農家への普及を目指す。

都道府県	富山	作物名	トマト、イチゴ、トルコギキョウ
業績や技術の名称	ヒートポンプ、LED補光装置を活用したICTハウスによる野菜+花きの大規模施設栽培の実践		

農業経営の概要

(1) 立地条件

- ・富山市は、富山県の中央部に位置し、北側は富山湾に面し、東側は常願寺川を境界に立山町、上市町、西側は砺波市に接しており、面積は、1,242km²である。
地形は県南東部に北アルプスを背景にした扇状地によって構成されている。
- ・富山市の気象条件は、夏季の高温多湿、冬季の積雪等四季の変化に富んでいる。
- ・当該経営体は富山市南西部の中山間地帯である「旧婦中町音川地区」に位置しており、標高は50～150mである。
- ・農地の大半は水田で、30a区画の基盤整備が進んでおり、土壌条件は洪積壤土が多い地域である。

(2) 対象農畜産物

- ・トマト（フルティカ、施設周年養液土耕栽培）
- ・イチゴ（よつぼし、冬春出荷高設養液土耕栽培）
- ・トルコギキョウ（セレブピンク等、施設周年土耕栽培）

(3) 経営規模 ※数値は令和元年度

- ・栽培面積 45,500 m²

表 主要品目の経営実績

作物名	面積(m ²)	ハウス棟数(棟)	生産量
トマト	28,500	18	267t
イチゴ	5,000	4	4.1t
トルコギキョウ	12,000	10	338千本

(4) 技術、経営等の特色

① トマト

- ・大規模ハウスによる周年出荷体系を行っている。
- ・高性能の養液土耕栽培、栽培環境整備機器を活用し、効率的な作物栽培を実施している。
- ・県内外の市場の他、量販店との契約出荷等による販売を展開している。

② イチゴ

- ・大型ハウスでの高設養液土耕栽培による冬春イチゴ生産を行っている。
- ・自社の関連会社による直売をはじめ、数量が少ない県産イチゴとして市内の直売所を中心に販売を行っている。

③ トルコギキョウ

- ・大規模ハウスによる周年出荷体系を行っている。
- ・県内外の市場、海外に出荷している他、契約販売を実施している。また、各種イベントや実需者とのマッチング商談会等に積極的に参加し、販路の拡大に努めている。

④ 品目共通

- ・部門ごとに責任者を配置し、適期・適切な管理の徹底により、品質の向上及び均一化に努めている。

- ・Global GAP を取得しており、農場管理を GAP 手法により徹底しているほか、トマト加工品（トマトピューレ）の輸出時にも販売面で GAP 認証農場の有利性を活かしている。

(5) 導入技術のシステム

- ・「トマトハウス栽培システム」は、養液土耕栽培で気温、湿度、CO₂濃度など環境に応じて高性能コントローラによってベッドの水分値や施肥値を管理し、必要量に応じて給液装置から各ベッドに自動で灌水同時施肥がされる仕組みとなっており、適時適切な管理を行っている。また、必要以上の廃液が出ないことから、廃液処理装置を配置せずとも環境にやさしい農法を実践している。
- ・「イチゴハウス栽培システム」は、高設養液土耕栽培でトマトに近い環境調査に基づく適切な管理システムとなっている。

3. 農業電化による経営・技術の改善

(1) 生産性の向上

○生産量の増加

- ・県外の生産者との情報交換や各種研修会への参加等を通じて、新技術やアイデアを積極的に受け入れ、更なる単収向上に努めている。

○生産の安定化

- ・年間を通した環境測定、収穫量の把握を実践している。
トマトについては、環境制御装置を活用して適切な栽培環境を構築するとともに、換気の徹底や適期防除の実施等基本技術の徹底に努めている。

(2) 品質の向上

○品質の均一化

- ・部門ごとに責任者を配置し、意欲や責任感を創出し、品質の向上に努めている。
- ・生育状況に応じた肥培管理、環境管理等基本技術の徹底により、品質の高位安定化を図っている。
- ・選別の徹底を行うとともに、GAP を活用し、品質の高位安定化に努めている。

○高付加価値化

- ・トマトやイチゴについては、少量の個包装出荷を基本としており、ネーミングのシールを貼るなど、ブランド化・差別化による高付加価値化を図っている。さらに、トマトについては、糖度非破壊センサーを装備した規格選別機を用いて、糖度8度以上のトマトのみを生食用として選別し有利販売を展開している。

○鮮度保持

- ・青果、花き部門それぞれに独自の予冷や保存のための冷蔵庫を整備し、品質劣化の防止に努めている。
- ・花き部門では、鮮度保持剤の活用も行っており、予冷出荷と合わせ、高品質な商品の鮮度保持に努めている。

(3) 農作業の効率化

○労働時間の短縮

- ・高性能な環境制御機器の導入により、施設栽培では効率的な自動制御が行われており、人力によるハウスの窓の開閉やかん水管理は、ほぼ皆無となっている。
- ・環境制御機器は施肥の管理にも及んでおり、必要な水分や施肥もほぼ自動化。人手による追肥やかん水といった作業もほぼ自動化されている。
- ・スマホを活用した作業管理を行い、効率的な人員配置に努めている。

(4) 生産コストの改善

- ・施設栽培においては、化石燃料削減のため、ヒートポンプの導入を行っている。
- ・本社の事業で行っている産業廃棄物の焼却時に出る排熱を活用した発電により、電力の一部を自社で賄う施設の導入も行われている。
- ・トマト栽培では、環境や施肥管理の自動化により、無駄な加温や過剰施肥を抑えることが可能となっており、コスト低減にもつながっている。

(5) 環境保全型農業の実践

○省エネルギー化・温室効果ガスの排出抑制

- ・化石燃料の使用を削減するため、ヒートポンプを導入し、灯油や重油による暖房費を大きく削減している。また、夏期はハウス天窓の自動開閉や遮光カーテンにより、昇温の抑制にも努めている。
- ・本社の業務から発生する産業廃棄物等の焼却時に出る熱源を活用し、自社発電するシステムを有しており、熱リサイクルにも努めている。

4. 今後の展望

- ・農作物生産については、引き続き管理作業の効率化及び高品質安定生産を両立させ、経営の安定化を図る。
- ・特にトマト栽培においては、先進的なスマート農業技術を活かした栽培技術力を向上させ、高位安定生産を可能にするとともに、ブランドトマトの地位を確立する。
- ・地域農業の担い手として、また、施設園芸部門の基幹的組織として、全国にも得られた知見を広め、スマート農業の地域拠点としてその位置を確立する。

都道府県	佐賀県	作物名	ハウスみかん (上野早生および宮川早生)
業績や技術の名称	産地一体となったヒートポンプ導入によるハウスみかん生産の経営基盤強化		

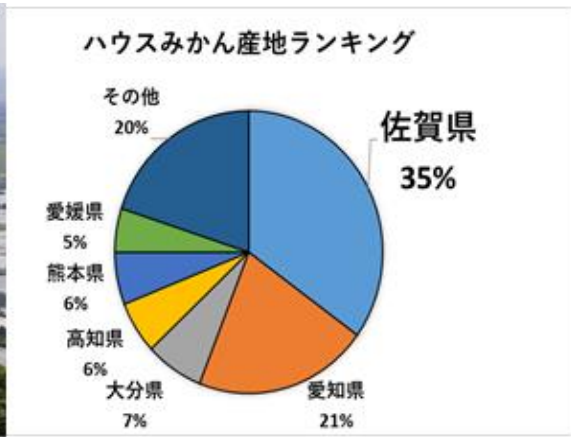
1. 農業経営の概要

(1) 立地条件

- ・佐賀県北西部に位置し、北は玄界灘、海岸線に約5kmの松原を配し、南は天山山系に囲まれた温暖な気候で風光明媚なところである。年間平均気温は15.0℃、降水量は1,992mm程度、日照量は1,784時間の気象条件である。
- ・土壌は、唐津地域では花崗岩の砂壤土で透水性に富んでいる。また、上場台地においては、「おんじゃく土」と呼ばれる玄武岩の半風化礫を含む赤色粘質土壌の地帯となっている。

(2) 経営規模

- ・当該受賞組織は部会員数429名で構成され、このうち168名がハウスみかんを栽培している。令和元年時点でハウスみかんの栽培面積は84ha、生産量は5,412 tで全国1位である。



〔写真1 ハウスみかん栽培状況〕

〔図1 ハウスみかん生産状況 (R1) 〕

(3) 技術、経営等の特色

- ・30年以上にわたる技術蓄積により、5月～9月までという長期間の継続出荷を実践している。

特に7、8月の需要期に出荷するために加温開始時期の分散化による計画生産を行っている。

また品質基準を糖度12度以上に設定し良食味の果実生産を行っている。市場や消費者の評価も高く、品評会で最優秀の果実は一箱100万円で取引されている。



〔写真2 ハウスみかんの結実状況〕

〔写真3 箱詰めされた最高級果実〕

2. 農業電化技術の導入・実践の概要

(1) 導入実践の経緯

- ・平成 16 年に 40 円/L 程度であった A 重油価格は年々上昇し平成 20 年には約 3 倍の 125 円まで高騰した。これに伴ってハウスみかん経営の収益性は著しく低下し、危機的状況に陥った。
- ・全国的に生産中止や重油使用量の少ない作型への転換が進み栽培面積の減少が進む中で、同組織ではハウスみかんの生産コスト削減に徹底して取り組んだ。温度管理の合理化や多層被覆によるハウスの保温性の向上を行うとともに、ヒートポンプの試験的導入を平成 24 年から開始した。
- ・実施した各種の省エネ対策のうちでヒートポンプの経営改善効果が高いことが明らかとなったため、平成 26 年および平成 27 年に部会全体で大規模導入を行った。具体的には農林水産省の燃油高騰対策事業を活用して、総額 11 億円を投入し 1,319 台を設置した。これは当時の栽培面積の約 60%に上り、農業分野では全国最大規模の事例である。

[表 1 集中整備期間のヒートポンプの導入状況 (H26 および H27)]

機種/年次	設置台数 (台)		設置面積 (a)	
	H26	H27	H26	H27
誰でもヒーポン	960	78	4,002	379
アグリ mo グッピー	249	32	833	133
合計	1,209	110	4,835	512

(2) 電化設備概要

- ・ヒートポンプは導入後の機械整備の効率性を考慮して 2 機種に絞って導入を行った。
 - ① 商品名：「誰でもヒーポン」容量 7KW
 - ② 商品名：「アグリ mo グッピー」容量 11KW



[写真 4 誰でもヒーポン]



[写真 5 アグリ mo グッピー]

- ・循環扇：ハウス内の温度ムラを解消するために 10a あたり 6 台程度設置した。約 134W (機種により変動有)、トータル設置台数 約 400 台

(3) 導入技術の新規性

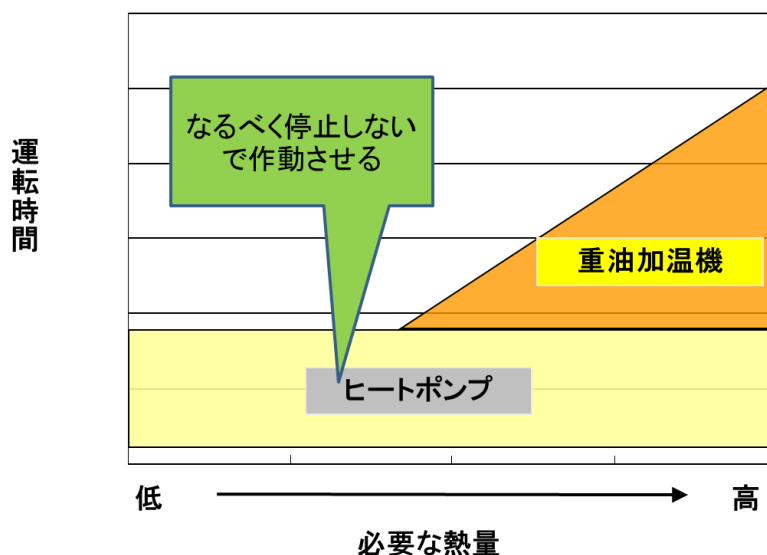
- ・当時は佐賀県内では花き農家や野菜農家の一部がヒートポンプを導入しているにとどまっておらず、果樹でのヒートポンプ導入は新しい取り組みであった。また部会単位で一挙導入した唯一の事例である。

(4) 導入技術の内容

- ・ハウスみかんでは、生育のムラを生じさせないために、ハウス内の温度格差を 2℃以下にすることが望ましいとされている。県の普及センターや果樹試験場と共同で、ヒートポンプを試験導入した園地において詳細な温度分布の調査を行った。温風ダクトの配置や循環扇の設置場所を工夫することで、温度格差を 1℃程度に抑制できることを確認した。

(5) 導入技術のシステム

- ・ヒートポンプで重油暖房機を100%置換する場合には、10a当たり10KWのヒートポンプが6台程度必要と試算され、導入コストが高額となる。よって2台程度のヒートポンプと重油加温機を併用する「複合加温システム」を導入した。
- ・「複合加温システム」は、設定温度が低い時期や日中など加温に必要な熱量が少ない場合は効率が高いヒートポンプで暖房を行い、ヒートポンプの暖房能力を超えた場合にのみ重油加温機が作動するシステムである。



〔図2 複合加温システムの概要〕

3. 農業電化による経営・技術の改善

(1) 生産性の向上

- ・ヒートポンプ加温園と重油加温園で収量や商品化率に差はなく、どちらも安定した生産が実践されている。

〔表2 ヒートポンプの導入と単収および商品化率 (R1) 〕

	単収 (kg/10a)	商品化率 (%)
ヒートポンプ加温	6,442	95.1
重油加温	6,481	94.9

(2) 品質の向上

- ・ヒートポンプを多面的に活用する目的で果実着色期の夜間冷房技術が普及している。7～8月収穫の作型では高温による着色遅れや浮皮が問題となっており、ヒートポンプでハウス内の夜間温度を下げることで、果実の着色が促進されることが明らかとなっている。

〔表3 夜間冷房による果実の着色促進効果〕

	着色面積 (分)	* 紅色 (a 値)
ヒートポンプ冷房	8.8	5.9
対 照	7.6	1.8

* 色彩色差計測定値。数値が大きいほど紅色が濃いことを示す。

* 対照は、自然温度（ヒートポンプ冷房なし）

(3) 農作業の効率化

- ・試験導入時点ではヒートポンプと重油加温機の温度設定を個別に行う必要があり、生産者の負担となっていた。現在では多段式サーモで一括して温度設定を行えるようになっており、作業効率は向上している。

(4) 生産コストの改善

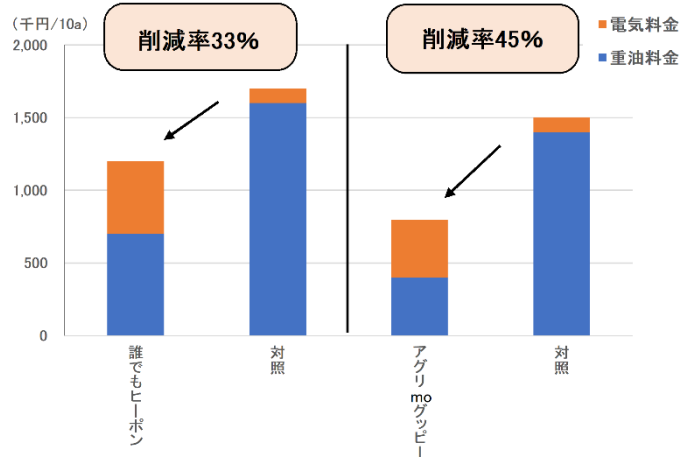
- ・ヒートポンプを活用した複合加温の導入により、A 重油使用量は 49～70%低減された。加温経費は 40%程度削減された。

[表 4 ヒートポンプの重油削減効果]

ヒートポン機種種	重油	
	使用量 (L)	削減率 (%)
誰でもヒートポン	8,188	49
対照区	15,916	-
アグリmoグッピー	4,238	70
対照区	13,897	-

* 数値は 10a 当たり

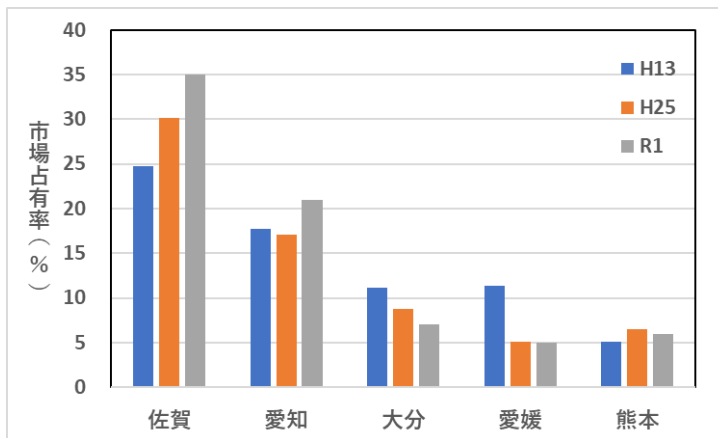
** 対照区は重油ボイラーのみの加温



[図 3 ヒートポンプの加温経費削減効果]

(5) 経営規模の拡大

- ・他産地と同様に、重油高騰の影響で栽培面積は減少傾向となった。しかしながらヒートポンプの導入により経営基盤が強化されたことで、減少率は他産地より格段に低く全国的に見た市場占有率は年々増加している。



[図 4 ハウスみかんの県別市場占有率の推移]

(6) 環境保全型農業の実践

○ 農薬、化学肥料の使用量の低減

- ・生産履歴の記帳管理や栽培暦の共有化によって、必要最小限の農薬散布で栽培を行っている。また有機質肥料や土壌改良資材の施用に積極的に取り組んでいる。

○ 消費エネルギーの削減

- ・令和元年度の A 重油供給実績からは、ヒートポンプの導入によって 4,005KL の A 重油が削減されたと試算される。よって消費エネルギー削減量は $157 \times 10^3 \text{GJ}$ となる。

(A 重油の単位発熱量を 39.1GJ/KL として算出)

[表5 令和元年度の重油供給実績から試算した部会全体の年間重油削減量]

	栽培面積 (a)	重油供給量 (KL)	10a 当たり供給量 (KL)	*削減された重油量 (KL)
ヒートポンプ導入園	4,895	4,610	9.4	4,005
重油加温園	3,311	5,812	17.6	—

*ヒートポンプ導入園の栽培面積に重油加温園の10a 当たり重油消費量を乗じ、この数値からヒートポンプ園の重油使用量を減じて算出。

[表6 消費エネルギーの算定方法]

削減された重油量	A 重油単位発熱量	消費エネルギー削減量
4.005KL	× 39.1GJ/KL	= 157×10 ³ GJ

○温室効果ガスの排出抑制（重油削減量のみ計上）

- 消費エネルギー削減量である 157×10³GJ から炭酸ガス削減量を算出すると、10,852 t /年 が削減されたと試算される。（CO₂ 排出係数を 0.0693 t CO₂/GJ として算出）

4. 農業電化の周辺等への影響力・普及力

(1) 農業電化の普及

- ヒートポンプの導入を主体とした生産経費削減の取り組みが成果を上げたことにより、県内他産地や県外からの視察受け入れを行った。これによりハウスみかん栽培でのヒートポンプ導入が拡大した。

(2) 地域ブランドの確立

- ヒートポンプ導入によりハウスみかん栽培面積の減少率を抑えたことで、全国販売シェアが向上し、ブランド価値が高まった。

(3) 地域への技術の提供

- ハウスみかん栽培の経営安定化が図られたことにより、新規就農者の増加に貢献している。（H29～R2 までの新規就農者：20 名）

(4) 産地の規模拡大

- ハウスみかん栽培の経営安定化が図られ計画的な生産が可能となったことにより、企業型経営農家が増え雇用労働者が増加した。

（法人経営に移行した農家：1 戸 法人経営を予定している農家：3 戸）

5. 今後の展望

- ヒートポンプの普及率向上
- 環境制御技術との併用による導入効果の向上
- ヒートポンプの多目的活用の推進
現状の暖房（冬季）および冷房（夏季）に加え、温暖化に対応して秋季冷房による安定生産技術の確立に取り組む。