

# 燃油削減技術を用いた イチゴ栽培・営農マニュアル

令和5年6月

千葉市SDGs対応型施設園芸推進協議会

千葉県SDGs対応型施設園芸推進協議会は、千葉市政100年を経過した中、千葉市の農業を次の世代へ継承し、発展させる必要があることから、施設園芸における燃油削減技術の実証、普及に取り組むこととした。

ハウスを用いる施設園芸は経営費に占める光熱動力費の割合が高く、燃油高騰の影響を受けやすい業種である。加温機のある全国のハウスのうち重油等の化石燃料を使用しているハウスは約9割と、ほとんどが化石燃料に依存している状況である。

「みどりの食料システム戦略」(令和3(2021)年5月策定)においては、「2050年までに化石燃料を使用しない施設への完全移行を目指す」という高い目標が設定された。

これらのことから、施設園芸の産地として燃油削減に必要な技術、コストを明らかにし、その技術の普及を目指すため、ハウス内で行う加温の電化による燃油削減技術の実証実験をイチゴ栽培において実施した。

令和4年10月から令和5年5月までの実証実験で得られたデータと、そこから検証されたことをまとめたので参考とされたい。

## 第1章 燃油削減実証 ……3

- 1 施設園芸におけるSDGs対応の必要性 ……4
- 2 千葉県SDGs対応型施設園芸推進協議会 ……5
- 3 実証実験の対象ハウスの概要 ……6

## 第2章 実証実験の結果 ……11

- 1 環境制御の観点 ……12
  - 1-1. ヒートポンプを活用した夜温管理の検証 ……13
  - 1-2. ヒートポンプがデフロスト(霜取り)運転を行った時のハウス内気温 ……17
  - 1-3. ヒートポンプを活用した早朝加温の検証 ……20
  - 1-4. 保温カーテンの効果の検証 ……24
- 2 収量の観点 ……28
  - 2-1. 各ハウスにおける収量の比較 ……29
  - 2-2. 早朝・日中加温による積極的な加温が及ぼす収量への影響について ……33
  - 2-3. LEDの効果に関する検証 ……37

## 3 加温コストの観点 ……42

- 3-1. 各ハウスにおける加温コストの比較 ……43

## 4 環境影響評価の観点 ……46

- 4-1. 各ハウスにおける加温による二酸化炭素排出量の比較 ……47

## 5 まとめ ……50

- 5-1. 全体を通しての考察 ……50
- 5-2. 今後の実証実験に向けて ……52

## 第3章 経営モデル ……53

### 1 千葉県モデル(新規就農型) ……55

### 2 千葉県モデル(営農継続型) ……56

### 3 千葉県モデル(法人参入型) ……57

# 第1章 燃油削減実証

# 第1章 1 施設園芸におけるSDGs対応の必要性

## ▶ SDGsとは

「SDGs」とは、「持続可能な開発目標(Sustainable Development Goals)」をいう。2015年9月、国連サミットで採択された「持続可能な開発のための2030アジェンダ」にて記載された、2016年から2030年までの国際目標である。持続可能な世界を実現するための17のゴール・169のターゲットから構成され、地球上の誰一人取り残さない(leave no one behind)ことを誓っている。17のゴールの中には施設園芸に関連するものとして、「7 エネルギーをみんなにそしてクリーンに」、「9 産業と技術革新の基盤をつくろう」、「13 気候変動に具体的な対策を」などが設定されている。

## ▶ みどりの食料システム戦略と施設園芸での二酸化炭素排出量の削減

農林水産省は持続可能な食料システム構築に向け、「みどりの食料システム戦略」を策定し、目指す姿として、農林水産業のCO<sub>2</sub>ゼロエミッション化の実現と化石燃料を使用しない施設園芸の移行を掲げている。

ハウスを使用して冬に作物を栽培する施設園芸では、重油等の化石燃料を使用した加温が主流であるが、SDGsを推進する上で燃油使用量と二酸化炭素排出量の削減が必要である。

# 第1章 2 千葉市SDGs対応型施設園芸推進協議会

## ▶ 千葉市SDGs対応型施設園芸推進協議会とは

千葉市SDGs対応型施設園芸推進協議会(以下「協議会」という。)は、千葉市で生産の盛んなイチゴの生産者が中心となり、「燃油使用量と二酸化炭素排出量の削減」と「生産性向上」を両立させることを目的に、令和3年12月に発足した。実証実験や検討会などによって得られたさまざまな成果を、千葉市内外に向けて発信する予定である。

## ▶ 令和4年度の活動

ハウス内の加温を化石燃料から電力に置き換え、二酸化炭素排出量を抑えながらイチゴ栽培ができるかを確認するため、燃油削減実証実験(以下「実証実験」という。)を実施した。実証実験は千葉市農政センター内に整備した、重油を動力源とする従来の加温機と電気を動力源とするヒートポンプを併用する「ハイブリッド普及型ハウス」及びヒートポンプのみで加温する「オール電化未来型ハウス」を試験区とし、重油加温機のみを利用する農政センターハウス及び協議会会員である生産者の所有するハウスを慣行区とした。

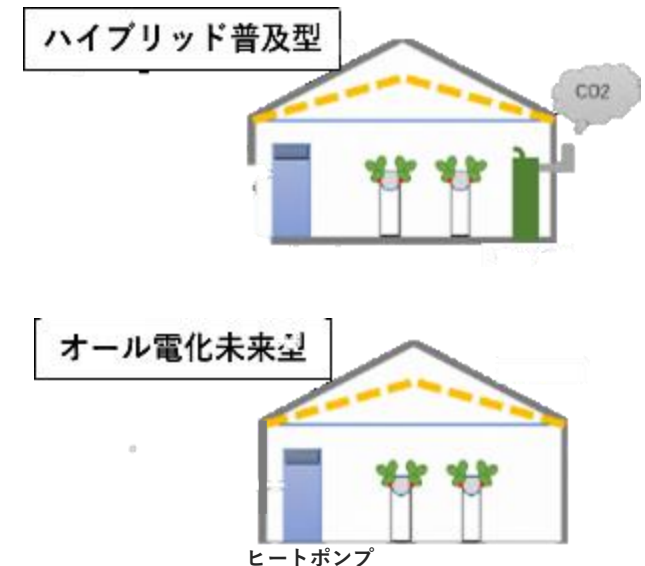


図1-1. ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウスの加温方法

# 第1章 3 実証実験の対象ハウスの概要

## ▶ 実証実験を行ったハウスの設備及び資機材、栽培歴並びに栽培方針について

実証実験は、千葉市農政センター内の「ハイブリッド普及型ハウス」、「オール電化未来型ハウス」及び「重油加温ハウス」と、協議会会員の「生産者Aハウス①」、「生産者Aハウス②」、「生産者Bハウス」で行った。

### ■ 設備及び資機材(表1-1、表1-2)

各ハウスの規模、導入している設備及び資機材を整理した。

### ■ 栽培歴(図1-4、表1-3)

各ハウスで栽培する品種や定植日、マルチ掛け日等について整理した。

### ■ 栽培方針(表1-4)

各ハウスの栽培方針について、実証実験に関連するものについて整理した。

# 第1章 3 実証実験の対象ハウスの概要

## ▶ 設備及び資機材(1)

表1-1. 設備及び資機材

	ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	重油加温ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
ハウス面積 (間口×奥行×棟数) 軒高	475.2㎡ (7.2m×33.0m×2) 2.5m	576㎡ (8.0m×36.0m×2) 2.7m	154.4㎡ (4.7m×32.85m×1) 1.65m	990㎡ (6.0m×33.0m×5) 2.3m	720㎡ (12.0m×30.0m×2) 2.5m	1728㎡ (8.0m×36.0m×6) 2.5m
ハウス形状	かまぼこ型※ 2連棟	切妻屋根型※ 2連棟	かまぼこ型※ 単棟	かまぼこ型※ 5連棟	切妻屋根型※ 2連棟	切妻屋根型※ 6連棟
加温機 ※表2参照	ヒートポンプ 1台 重油加温機 1台	ヒートポンプ 3台	重油加温機 1台	重油加温機 1台	重油加温機 1台	重油加温機 2台
保温カーテン	新素材カーテン (2層)	新素材カーテン (2層)	無	スーパーラブシート (1層)	スーパーラブシート (1層)	ハーモニー4945 (1層)
保温カーテンの素材 及び保温性	上層、下層いずれも 高密度ポリエチレン 3.05 kcal/m <sup>2</sup> h <sup>2</sup> °C	上層、下層いずれも 高密度ポリエチレン 3.05 kcal/m <sup>2</sup> h <sup>2</sup> °C	—	ポリエステル長繊維 不織布	ポリエステル長繊維 不織布	ポリオレフィン 3.6 kcal/m <sup>2</sup> h <sup>2</sup> °C
炭酸ガス施用機	燃油削減型 炭酸ガス施用機 (株元施用)	燃油削減型 炭酸ガス施用機 (株元施用)	無	従来型 炭酸ガス施用機 (ハウス全体施用)	従来型 炭酸ガス施用機 (ハウス全体施用)	従来型 炭酸ガス施用機 (ハウス全体施用)
LED	無	有	無	無	無	無

※ハウス形状「かまぼこ型」と「切妻屋根型」については図1-2、図1-3を参照

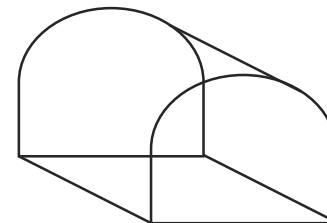


図1-2. かまぼこ型

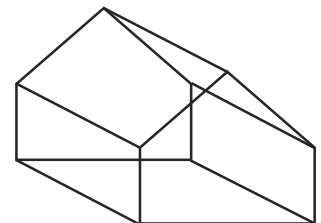


図1-3. 切妻屋根型



# 第1章 3 実証実験の対象ハウスの概要

## ▶ 設備及び資機材(2)

表1-2. 加温機詳細

	ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	重油加温ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
加温方法	重油加温機とヒート ポンプを併用したハイ ブリッド加温	ヒートポンプのみを 利用したオール電化 加温	重油加温機のみを利用した重油加温			
重油加温機	ネポン製ハウスカオ ンキ (HK2027TCV) 定格暖房能力 58.1kW		ネポン製ハウスカオ ンキ (HK2027TCV) 定格暖房能力 58.1kW	ネポン製ハウスカオ ンキ(HK3020) 定格暖房能力 87.2kW	ネポン製ハウスカオ ンキ(HK3020) 定格暖房能力 87.2kW	ネポン製ハウスカオ ンキ (HK4027TCV) 定格暖房能力 116kW
ヒートポンプ	ネポン製グリーン パッケージ (NGP109TQ-J) 定格暖房能力 27.5kW 一定速仕様	ネポン製グリーン パッケージ (NGP109TQ-J) 定格暖房能力 27.5kW 一定速仕様				



# 第1章 3 実証実験の対象ハウスの概要

## ▶ 栽培方針

表1-4. 設備概要

		ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	重油加温ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
栽培方針	早朝加温・ 日中加温※	有	有	有	無	無	有
	炭酸ガス施用の 方針	低濃度施用 (基本は450ppmを設定値に施用。 ただし、日射量が多くかつ天窓・側窓 が10%以下の小さい開度であれば 800ppmを上限に設定し施用する。)		無	低濃度施用 (早朝5時から7時まで700ppmでそ の後16時まで420ppm)		700ppmを基本 とした高濃度施 用

※早朝加温、日中加温については第2章1-2を参照のこと。

## 第2章 実証実験の結果

## 第2章 実証実験の結果

### 1 環境制御の観点

2 収量の観点

3 加温コストの観点

4 環境影響評価の観点

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-1. ヒートポンプを活用した夜温管理の検証

### ▶ 確認したいポイント

ヒートポンプを活用した加温で夜間にハウス内温度が適切に管理できているか、以下の3つの外気温条件に分けて確認する。

- (1) 実証実験期間内で最低外気温を記録した令和5年1月26日(図2-1)
- (2) 夜間の外気温が0℃未満の日
- (3) 夜間の外気温が0℃以上の日

### ▶ 条件整理と方法

ヒートポンプを活用しているハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウスの夜間のハウス内気温を確認した。各ハウスで導入している加温機は2つの設定温度を設けている。ハイブリッド普及型ハウスではヒートポンプ1台を、オール電化未来型ハウスではヒートポンプ2台を「主体」とし、これらの加温機で夜間のハウス内気温を7℃(以下、ハウス内気温が夜間に7℃であることを「夜温」という。)で管理した。

更に、「補助」の加温機としてハイブリッド普及型ハウスでは重油加温機1台、オール電化未来型ハウスではヒートポンプ1台を導入した。これらの夜間の設定温度を6℃とし、「主体」の加温機だけで夜温が管理できなかった場合に稼働させるようにした。(表2-1)

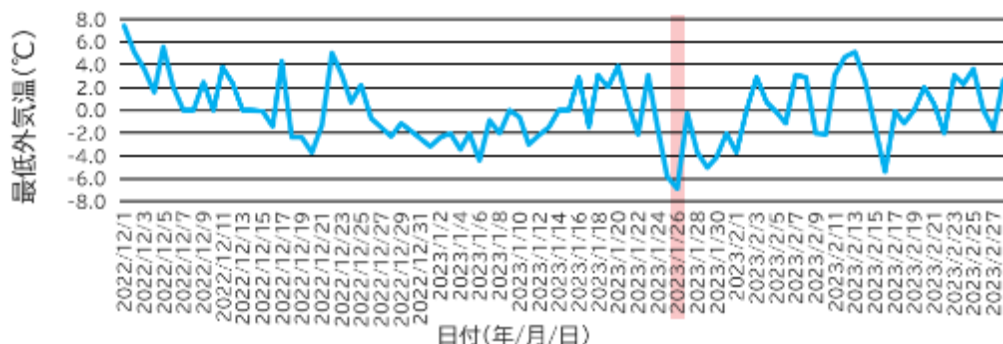


図2-1. 千葉市農政センターにおける厳寒期の最低外気温の推移

表2-1. ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスの導入した加温機及びハウス内気温管理方法

		ハイブリッド普及型ハウス (ハウス面積475.2㎡)	オール電化未来型ハウス (ハウス面積576㎡)
加温機	主体	ヒートポンプ1台	ヒートポンプ2台
	補助	重油加温機1台	ヒートポンプ1台

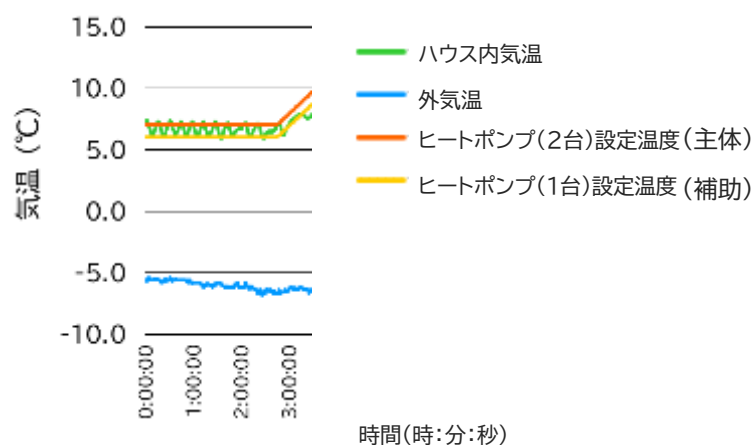
# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-1. ヒートポンプを活用した夜温管理の検証

### ▶ 結果(1)ヒートポンプを活用した夜温管理の結果(実証実験期間内で最低外気温を記録した日)

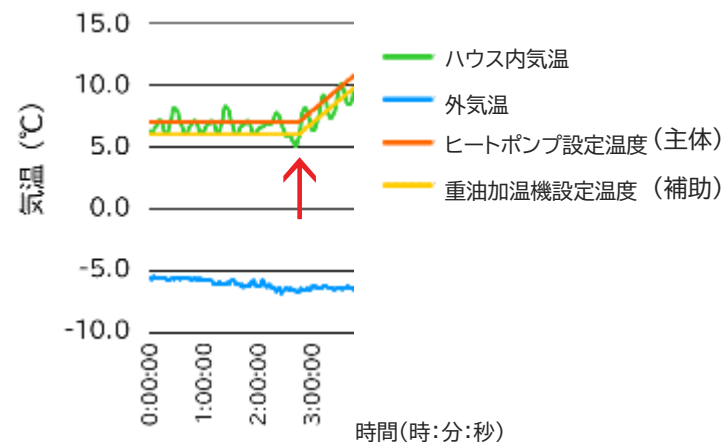
実証実験期間内で外気温が最も低かった日は1月26日であった(図2-1(13ページ))が、オール電化未来型ハウスでは「主体」のヒートポンプ2台で夜温を管理できた。(図2-2)その他の日でも「補助」のヒートポンプは稼働せずに夜温を維持できた。

ハイブリッド普及型ハウスでは、1月26日午前2時42分に「主体」のヒートポンプ1台では夜温を維持できずハウス内気温が $5.1^{\circ}\text{C}$ となり、「補助」の重油加熱機が稼働した。(図2-3矢印)外気温は $-6.7^{\circ}\text{C}$ であった。この時以外では、「補助」の重油加熱機は稼働せずに夜温を維持できた。



- ヒートポンプ(2台)稼働状況(ONのとき色付き)
- ヒートポンプ(1台)稼働状況(ONのとき色付き)

図2-2. 1月26日のオール電化未来型ハウスの状況



- ヒートポンプ稼働状況(ONのとき色付き)
- 重油加熱機稼働状況(ONのとき色付き)

図2-3. 1月26日のハイブリッド普及型ハウスの状況

※夜間ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスに導入された保温カーテン(新素材カーテン(2層))はすべて閉の状態

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-1. ヒートポンプを活用した夜温管理の検証

### ▶ 結果(2)ヒートポンプを活用した夜温管理の結果(夜間の外気温が0℃未満の日)

ハイブリッド普及型ハウスにおいて、外気温が0℃未満の時のハウス内気温を確認したところ、「主体」のヒートポンプで夜温を維持できていた。(図2-4、図2-5)

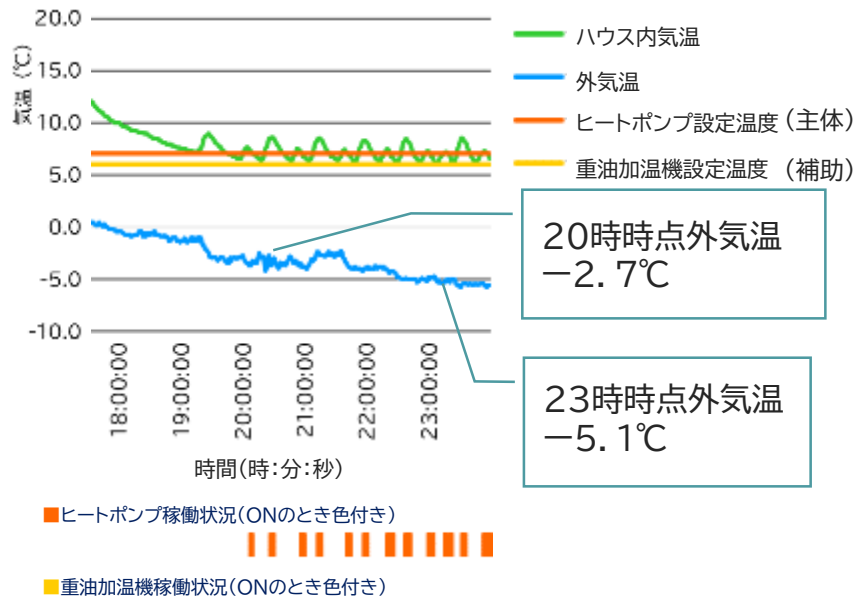


図2-4. 1月25日のハイブリッド普及型ハウスの状況

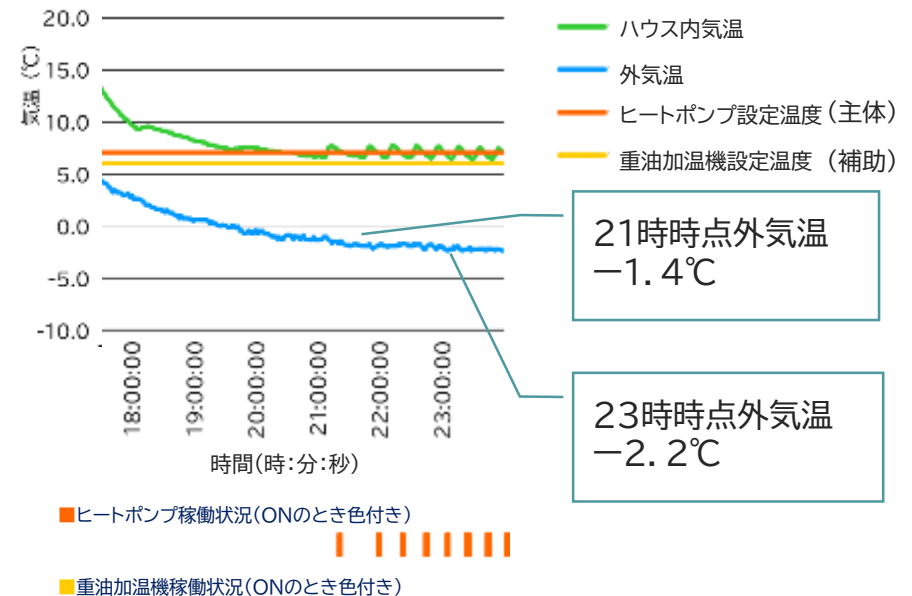


図2-5. 1月29日のハイブリッド普及型ハウスの状況



# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-1. ヒートポンプを活用した夜温管理の検証

### ▶ 結果(3)ヒートポンプを活用した夜温管理の結果(夜間の外気温が0℃以上の日)

ハイブリッド普及型ハウスにおいて、外気温が0℃以上の時のハウス内気温を確認したところ、「主体」のヒートポンプで夜温を維持できていた。(図2-6、図2-7)

保温カーテンの使用状況が2層使用(図2-6)か1層使用(図2-7)かでヒートポンプの稼働頻度に差が見られた。(第2章1-4参照(27ページ))

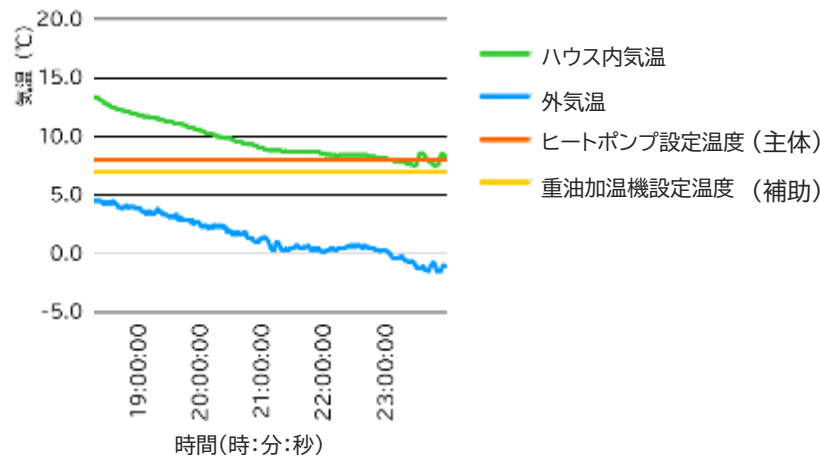


図2-6. 2月15日のハイブリッド普及型ハウスの状況

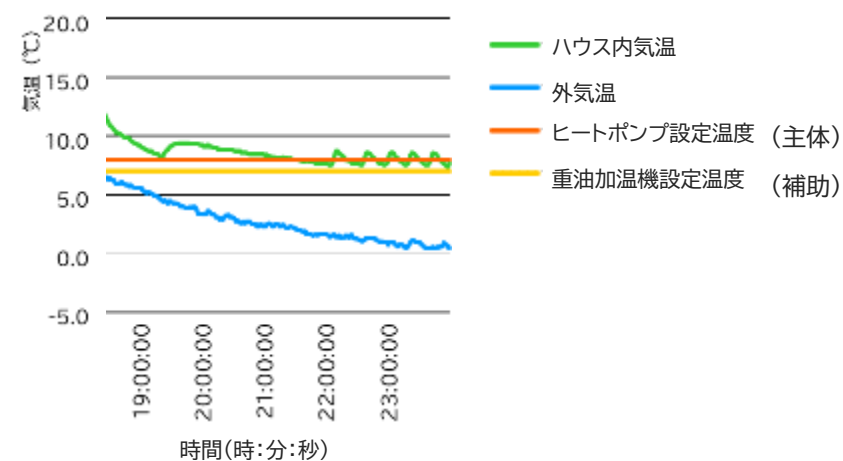


図2-7. 2月17日のハイブリッド普及型ハウスの状況

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-2. ヒートポンプがデフロスト(霜取り)運転を行った時のハウス内気温

### ▶ 確認したいポイント

- (1)ハイブリッド普及型ハウスのヒートポンプがデフロスト運転を行っている時のハウス内気温はどのようなものであるか
- (2)オール電化未来型ハウスのヒートポンプがデフロスト運転を行っている時のハウス内気温はどのようなものであるか

### ■ 「デフロスト(霜取り)運転」とは

「デフロスト(霜取り)運転」とは、外気温が低い条件下で暖房を行うことでヒートポンプ式室外機に霜が付くため、その霜を取り除く運転を指す。デフロスト運転を行っている期間中はヒートポンプの暖房運転が停止されるため、ハウス内気温が低くなる恐れがある。

ヒートポンプ式室外機には、暖房のための温風を発生させるために、外気温から熱を吸収する「熱交換器」が内蔵されているが、熱交換器には外気温から熱を取り入れるために外気温より低い「冷媒」が通っており、外気温が低い条件下ではこの周囲に霜がついてしまう。霜がついていると、熱交換器での外気温からの熱交換の効率が悪くなってしまうため霜を除去する必要がある。

### ▶ 条件整理と方法

ヒートポンプを活用しているハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウス(表2-2)においてデフロスト運転を行っている時間帯に注目し、デフロスト運転中でもハウス内気温がヒートポンプの設定温度で管理されているかを確認した。

表2-2. ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスの導入した加温機及びハウス内気温管理方法

		ハイブリッド普及型ハウス (ハウス面積475.2㎡)	オール電化未来型ハウス (ハウス面積576㎡)
加温機	主体※	ヒートポンプ1台	ヒートポンプ2台
	補助※	重油加温機1台	ヒートポンプ1台

※主体の加温機の設定温度は補助の加温機の設定温度よりも1℃高い。

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-2. ヒートポンプがデフロスト(霜取り)運転を行った時のハウス内気温

### ▶ 結果(1)ハイブリッド普及型ハウスのヒートポンプがデフロスト運転を行っている時のハウス内気温

ハイブリッド普及型ハウスにおいて早朝加温(第2章1-3参照(20ページ))を行っている時にヒートポンプのデフロスト運転が行われていた。デフロスト運転が原因でヒートポンプによる十分な加温を行えなかったが、「補助」の重油加温機の稼働によりハウス内気温は「補助」の設定温度で管理できた。(図2-8)

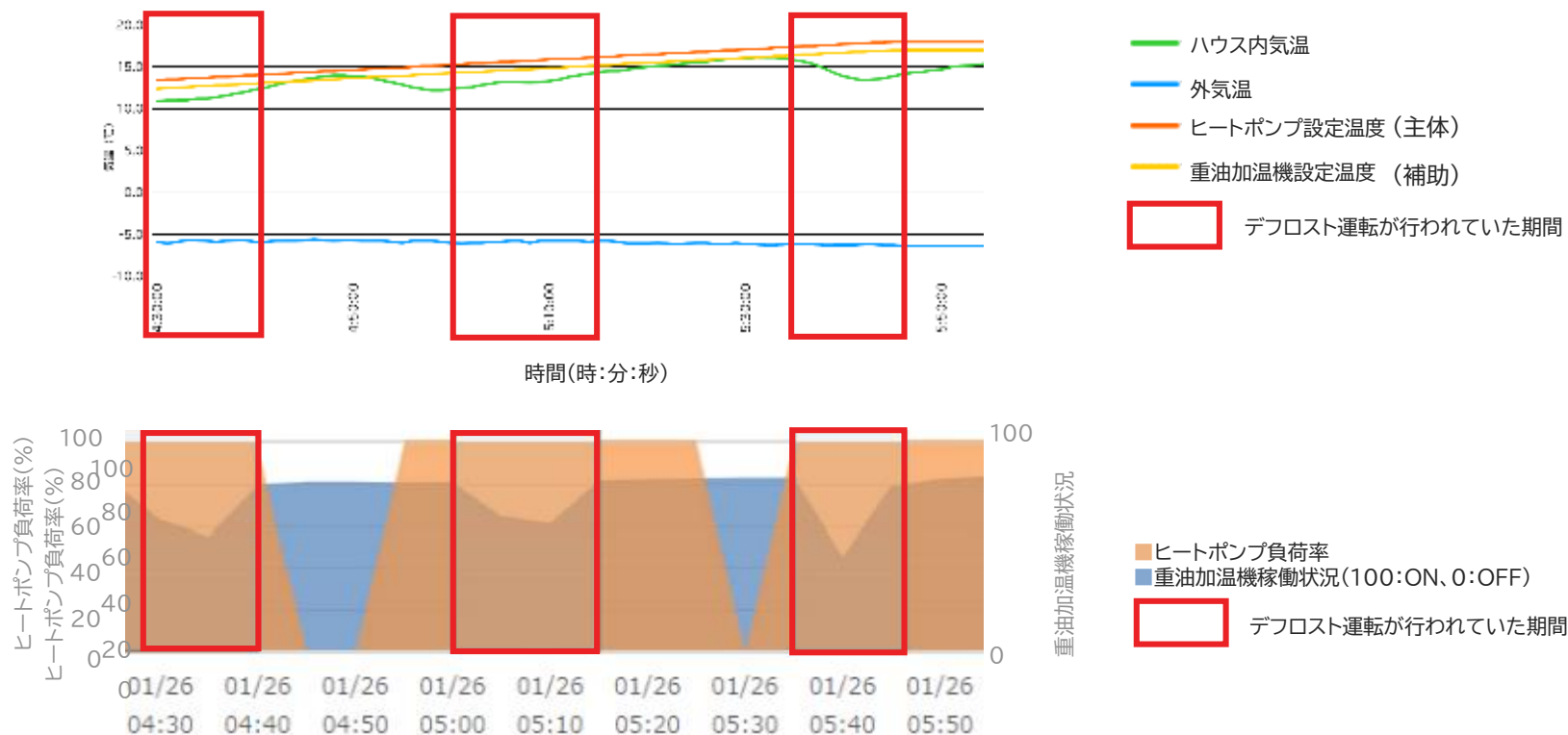


図2-8. 1月26日のハイブリッド普及型ハウスのヒートポンプのデフロスト運転の状況と温度管理について

※図に示す期間中ハイブリッド普及型ハウスに導入された保温カーテン(新素材カーテン(2層))はすべて閉の状態

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-2. ヒートポンプがデフロスト(霜取り)運転を行った時のハウス内気温

### ▶ 結果(2)オール電化未来型ハウスのヒートポンプがデフロスト運転を行っている時のハウス内気温

オール電化未来型ハウスは「主体」と「補助」の2つの設定温度を設けていた効果から、導入した3台のヒートポンプすべてが同時にデフロスト運転を行うことはなかった。オール電化未来型ハウスに導入したヒートポンプのいずれかがデフロスト運転を行っても、デフロスト運転を行う前のハウス内気温を維持することはできた。しかし、更にハウス内気温を高くするように設定しても、ハウス内気温をデフロスト運転を行う前より高くすることはできなかった。(図2-9)

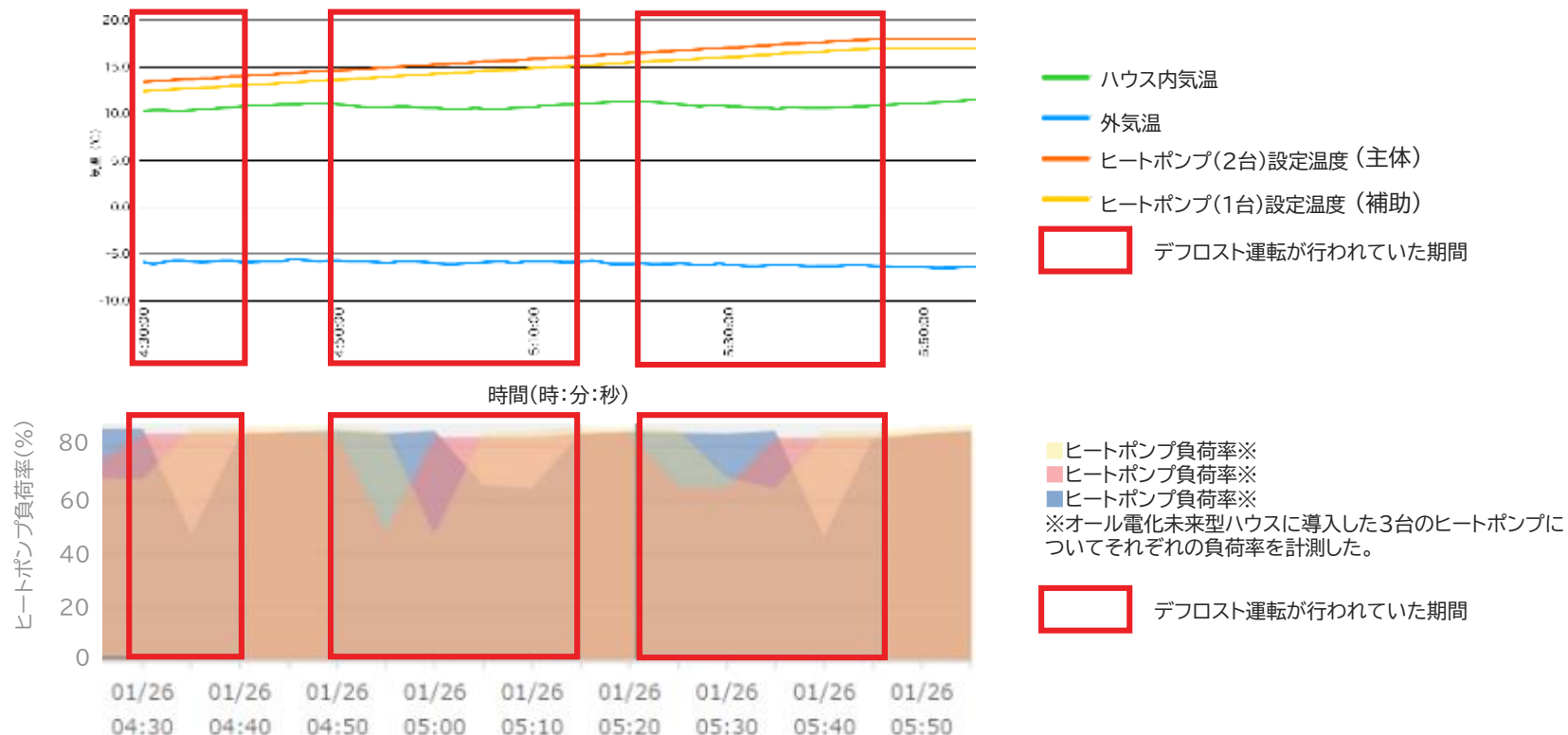


図2-9. 1月26日のオール電化未来型ハウスのヒートポンプのデフロスト運転の状況と温度管理について

※図に示す期間中オール電化未来型ハウスに導入された保温カーテン(新素材カーテン(2層))はすべて閉の状態

## 第2章 1 環境制御の観点

### 1-3. ヒートポンプを活用した早朝加温の検証

#### ▶ 確認したいポイント

- (1)早朝加温を行う場合と行わない場合で日の出時におけるハウス内気温の変化に違いがあるか。
- (2)ヒートポンプを活用した加温方法で早朝加温を行う場合、ハウス内気温の管理が設定どおり行えるか。

#### ■ 「早朝加温」とは

早朝加温とは、灰色かび病等のリスクを低減させること及び作物の光合成を日の出から盛んに行わせることを目的に、日の出3～4時間前から徐々にハウス内気温を高める管理のこと。

ハウス内気温は日の出後に急激に上昇するが、果実はハウス内気温よりも温まりにくいいためゆっくりと温度が上昇する。この温度差によって果実表面に結露が発生し、灰色かび病等の発生リスクが高くなってしまうことから、日の出3～4時間前から徐々に設定温度を上げることで可販果率が上がることが期待できる。実証実験では日の出3～4時間前から1時間に2～3℃ずつ設定温度を上昇させた。(図2-10)

また、より光合成に適したハウス内気温で日の出を迎えることができるため、光合成を早い段階から盛んに行わせることが期待できるほか、24時間ハウス内平均気温を高める働きもあり、収穫のタイミングを制御する効果も期待できる。

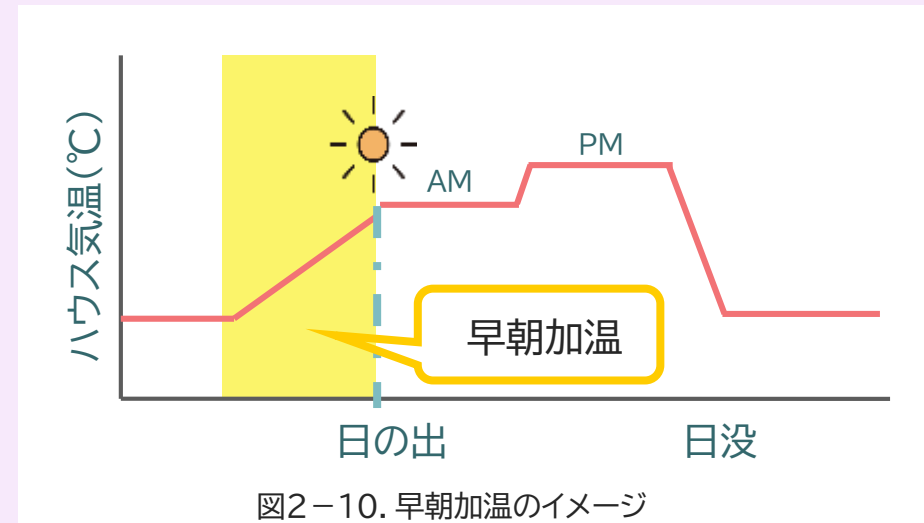


図2-10. 早朝加温のイメージ

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-3. ヒートポンプを活用した早朝加温の検証

### ▶ 条件整理と方法

#### (1) 早朝加温を行う場合と行わない場合による日の出時におけるハウス内気温の変化について

早朝加温を行っているハイブリッド普及型ハウスと、早朝加温を行っていない生産者Aハウス①のハウス内気温を比較した。(表2-3)

表2-3. ハイブリッド普及型ハウス及び生産者Aハウス①の早朝加温の有無

	ハイブリッド普及型ハウス	生産者Aハウス①
早朝加温	有	無

#### (2) ヒートポンプを活用した早朝加温の実績について

ヒートポンプを活用した早朝加温の実現可否について確認をするために、ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウス(表2-4)にて、設定温度を同一とし、それぞれのハウス内気温を比較した。実証実験期間全体を通して早朝加温の「主体」の設定として、日の出3~4時間前から、1時間に2.0℃~3.0℃ずつ設定温度を上げ、日の出時に14.0℃~18.0℃となるようにした。「補助」の設定温度は「主体」の設定温度に対して1.0℃低くなるようにした。

表2-4. ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウスの導入した加温機と設定温度

		ハイブリッド普及型ハウス (ハウス面積475.2㎡)	オール電化未来型ハウス (ハウス面積576㎡)
加温機	主体	ヒートポンプ1台	ヒートポンプ2台
	補助	重油加温機1台	ヒートポンプ1台
設定温度		ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウスで共通	

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-3. ヒートポンプを活用した早朝加温の検証

### ▶ 結果(1)早朝加温を行う場合と行わない場合による日の出時におけるハウス内気温の変化について

早朝加温を行ったハイブリッド普及型ハウスでは、設定した温度どおりにハウス内気温が日の出前から徐々に上昇した。(図2-11)一方で、早朝加温を行っていない生産者Aハウス①では、日の出後にハウス内気温が急激に上昇した。(図2-12)

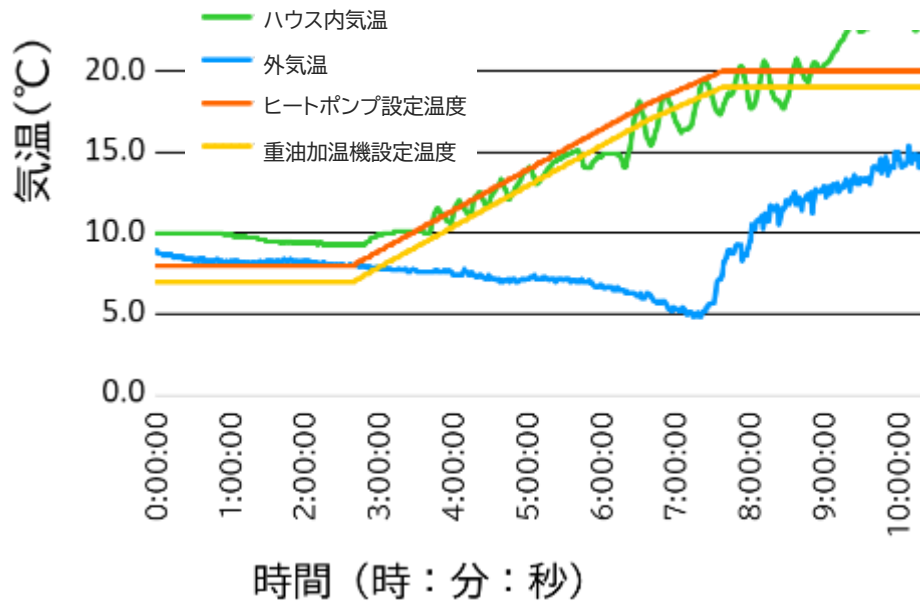


図2-11. 12月12日早朝加温によりハウス内気温が徐々に上昇した例(ハイブリッド普及型ハウス)

※日の出時間 6時39分

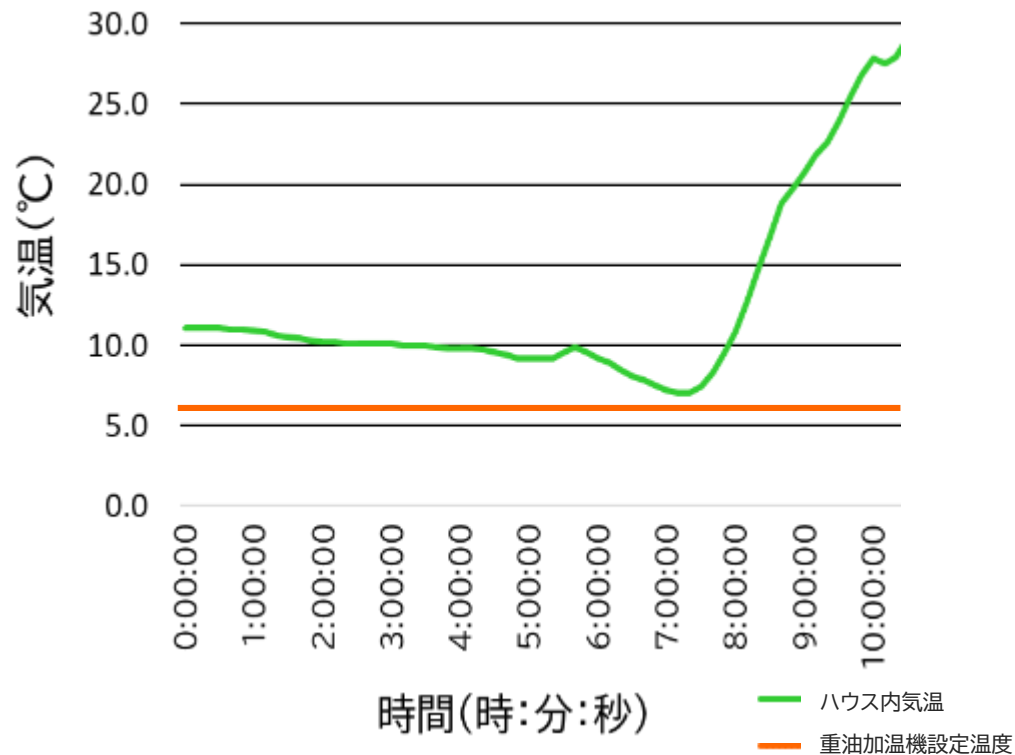


図2-12. 12月12日夜温管理にのみ加温機を使用していることから日の出時にハウス内気温が急激に上昇した例(生産者Aハウス①)

※日の出時間 6時39分



# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-3. ヒートポンプを活用した早朝加温の検証

### ▶ 結果(2)ヒートポンプを活用した早朝加温の実績

ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウスで早朝加温を実施した。ハイブリッド普及型ハウスでは、「補助」の重油加温機が稼働することで実証実験期間中設定どおりに早朝加温を行うことができた。(図2-13)一方で、オール電化未来型ハウスは導入した3台のすべてのヒートポンプを稼働させてもハウス内気温が設定温度を下回った場合があった。(図2-14)

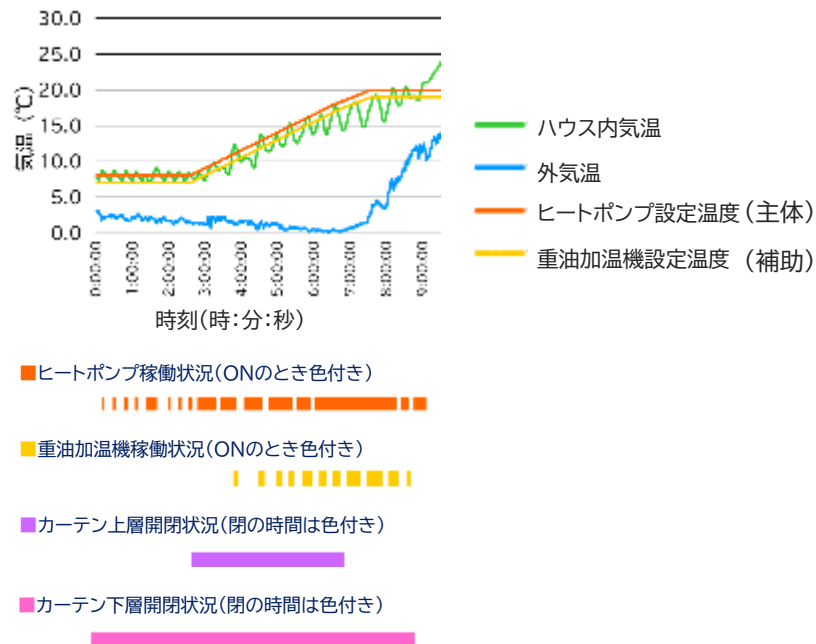


図2-13. 12月7日ハイブリッド普及型ハウスの早朝加温状況  
日の出(6時35分)時の「主体」定温度18.0度

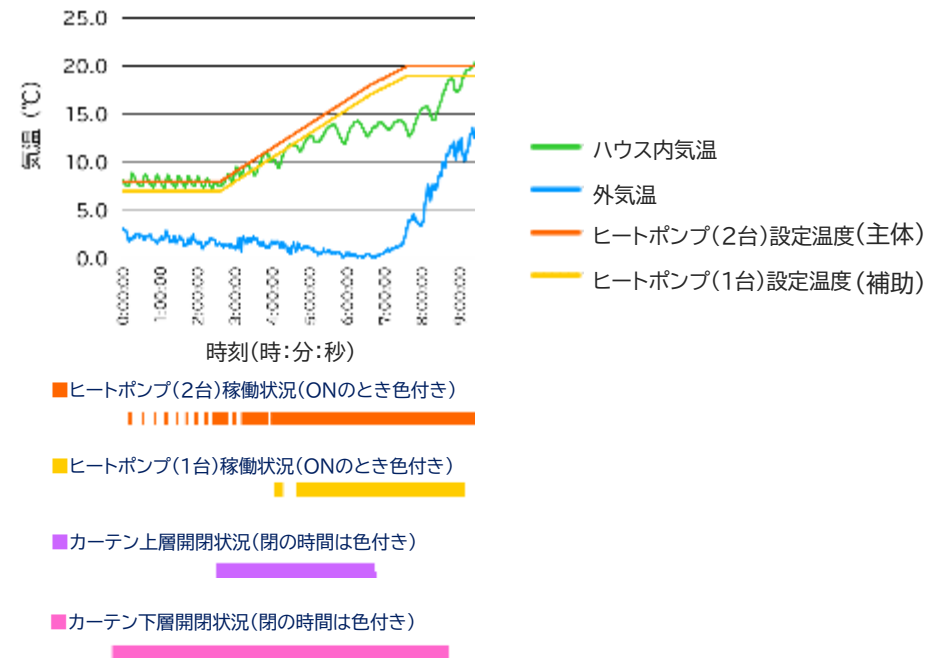


図2-14. 12月7日オール電化未来型ハウスの早朝加温状況  
日の出(6時35分)時の「主体」設定温度18.0度



# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-4. 保温カーテンの効果の検証

### ▶ 確認したいポイント

以下の3点のポイントで、加温機の稼働頻度や稼働時間、またハウス内気温の低下速度(以下、「保温性」という。)の差について確認した。

- (1)保温カーテンの使用有無による保温性の差
- (2)保温カーテンの素材による保温性の差
- (3)保温カーテンを1層使用した場合と2層使用した場合の保温性の差

### ▶ 条件整理と方法

#### (1)保温カーテンの使用有無による保温性の確認について

保温カーテンが導入されているハイブリッド普及型ハウス(表2-5)にて、外気温が6~7℃の条件下で保温カーテンを使用しない場合及び1層使用した場合を比較し、保温性について確認した。

#### (2)保温カーテンの素材による保温性の確認について

保温カーテンを導入しているハイブリッド普及型ハウス、生産者Aハウス①及び生産者Bハウスを対象に、保温カーテンの素材の違い(表2-5)による保温性の差について確認した。

#### (3)保温カーテンを1層使用した場合と2層使用した場合の保温性の確認について

保温カーテンを2層導入しているハイブリッド普及型ハウス(表2-5)にて、保温カーテンを1層使用した場合と2層使用した場合の保温性の差について確認した。

表2-5. 各ハウスに導入されている保温カーテンとその素材及び保温性

	ハイブリッド普及型ハウス (ハウス面積475.2㎡)	生産者Aハウス① (ハウス面積990㎡)	生産者Bハウス (ハウス面積1728㎡)
保温カーテン	新素材カーテン(2層)	スーパーラブシート(1層)	ハーモニー4945(1層)
導入した保温カーテンの素材及び保温効果※	上層、下層いずれも高密度ポリエチレン 3.05 kcal/m <sup>2</sup> h <sup>2</sup> ℃※	ポリエステル長繊維不織布	ポリオレフィン 3.6 kcal/m <sup>2</sup> h <sup>2</sup> ℃※

※保温効果を表す数値(単位:kcal/m<sup>2</sup>h<sup>2</sup>℃)は熱の通りやすさを表す値で、数値が小さいほど熱が通りにくく、断熱性が高いことを示す。

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-4. 保温カーテンの効果の検証

### ▶ 結果(1)保温カーテンの使用有無による保温性の確認について

ハイブリッド普及型ハウスで、日の入後の外気温が6~7℃の時、保温カーテンを1層閉めていた1月19日は加温機が稼働しなかった(図2-15)が、保温カーテンを閉めていなかった1月20日は加温機が稼働しており(図2-16)、保温カーテンを使用することによる保温性の向上が確認できた。

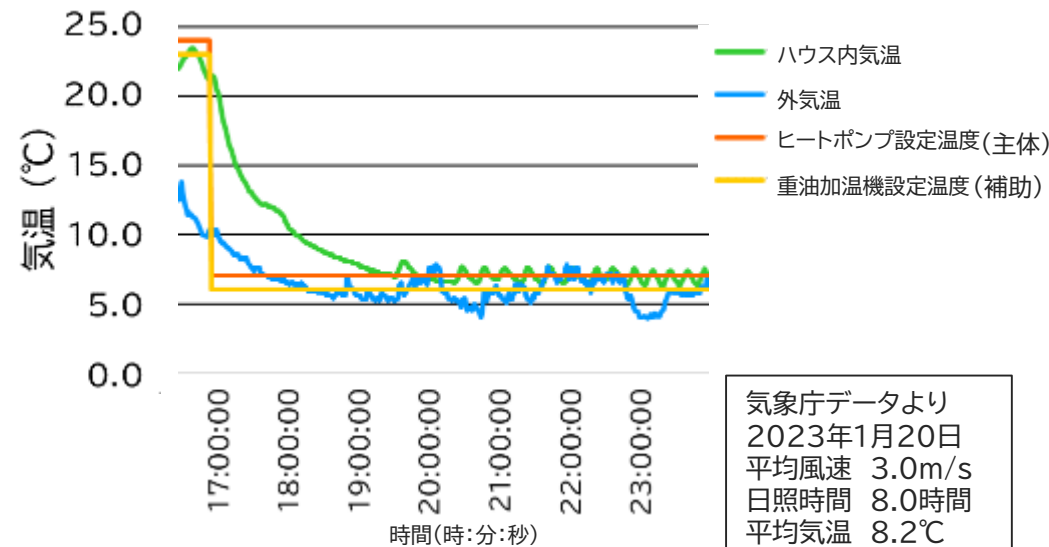
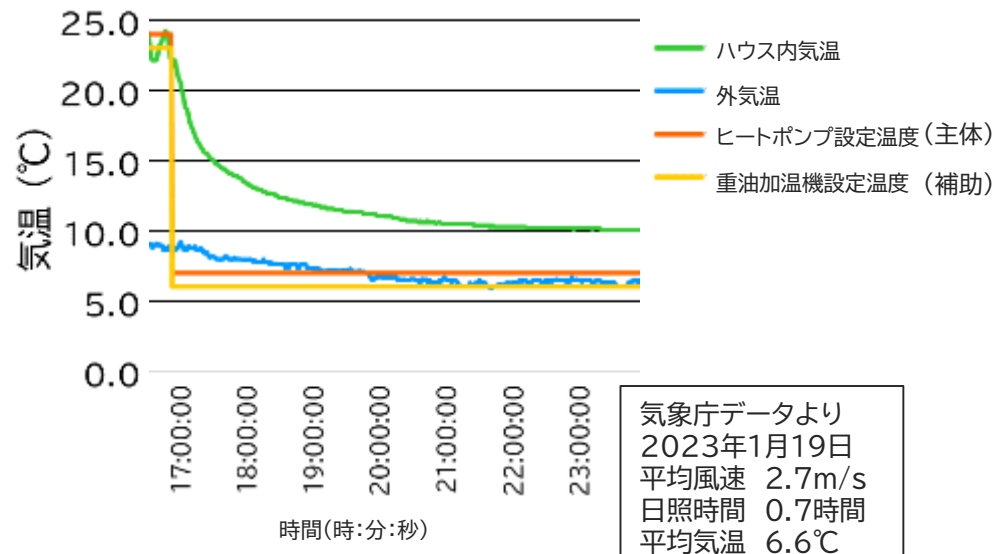


図2-15. 1月19日のハイブリッド普及型ハウスの状況

図2-16. 1月20日のハイブリッド普及型ハウスの状況

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-4. 保温カーテンの効果の検証

### ▶ 結果(2)保温カーテンの素材による保温性の確認について

前頁と同日の1月19日の生産者Aハウス①(図2-17)と生産者Bハウス(図2-18)は、どちらのハウスも保温カーテンを使用することで加温機を使用せず夜温の管理ができており、ハウス内気温についても大きな差は認められなかった。実証実験のデータから保温カーテンの素材の違い(表2-5(24ページ))による保温性の違いについては確認できなかった。

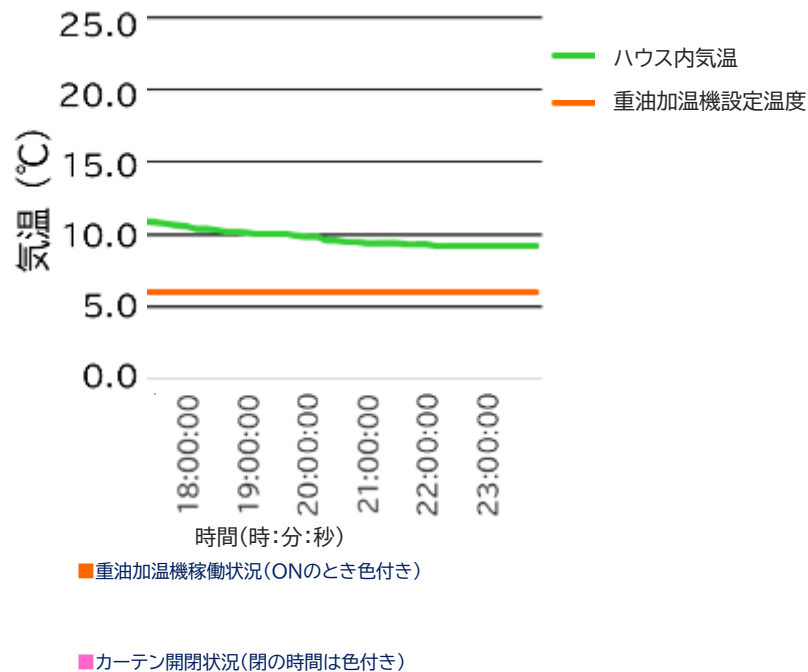


図2-17. 1月19日の生産者Aハウス①のハウス内状況

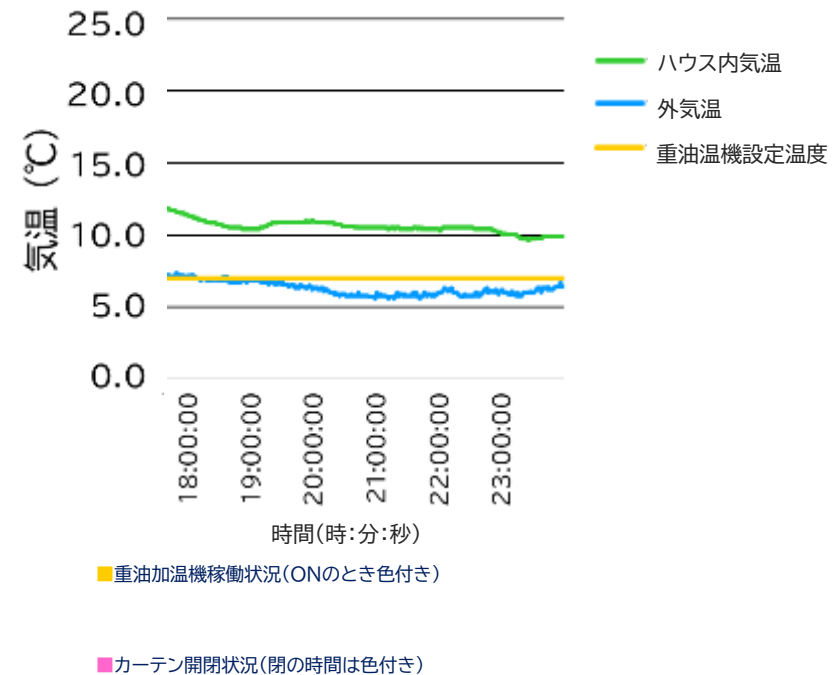


図2-18. 1月19日の生産者Bハウスのハウス内状況

# 第2章 1 環境制御の観点

## 1-4. 保温カーテンの効果の検証

- ▶ **結果(3)保温カーテンを1層使用した場合と2層使用した場合の保温性の確認について**  
 2層目の保温カーテンが閉まることにより、ハウス内気温の低下速度が保温カーテンを1層閉めている時よりもなだらかになり、保温性の向上が確認できた。(図2-19矢印)



図2-19. 1月28日のハイブリッド普及型ハウスのハウス内状況

## 第2章 実証実験の結果

1 環境制御の観点

2 収量の観点

3 加温コストの観点

4 環境影響評価の観点

## 第2章 2 収量の観点

### 2-1. 各ハウスにおける収量の比較

#### ▶ 確認したいポイント

ヒートポンプを活用した栽培体系においても、イチゴの収量が確保できるか。

#### ▶ 条件整理と方法(1)

ヒートポンプを主体とした加温方法でも、従来の重油加温栽培と遜色ない収量が確保できるのかを確認するため、各ハウス(表2-6)の収穫開始から令和5年5月10日までの収量(t/10a)を算出した。

表2-6. 各ハウスにおいて導入している加温機

	ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
加温機	ヒートポンプ 1台 重油加温機 1台	ヒートポンプ 3台	重油加温機 1台	重油加温機 1台	重油加温機 2台

各施設の栽培歴や栽培方法は表2-7(30ページ)及び図2-20(30ページ)のとおり。すべてのハウスにおいて養液による高設栽培を行った。

生産者A及び生産者Bは花芽分化期に定植を行った。ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスは、ハウス竣工が10月上旬となったため、定植が遅れた。

また、ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスのとちおとめについては、定植が遅れたことから株が充実しなかったため、頂花房を摘果(花)し、第1次腋花房から収穫を行った。

# 第2章 2 収量の観点

## 2-1. 各ハウスにおける収量の比較

### ▶ 条件整理と方法について(2)

表2-7. 栽培歴(表)

	ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
栽培品種	とちおとめ かおり野	とちおとめ かおり野	とちおとめ	とちおとめ かおり野	かおり野
定植日	10月13日(とちおとめ) 10月14日(かおり野)	10月11日(とちおとめ) 10月12日(かおり野)	9月20日	9月20日(とちおとめ) 9月11日(かおり野)	9月23日
マルチ掛け日	10月19日	10月19日	10月20日	10月20日	10月下旬
収穫開始日	12月19日(とちおとめ) 12月5日(かおり野)	12月19日(とちおとめ) 12月5日(かおり野)	12月5日	12月5日(とちおとめ) 11月11日(かおり野)	11月23日
株間	20cm(とちおとめ) 22cm(かおり野)	20cm(とちおとめ) 22cm(かおり野)	20cm	25cm	20cm
定植方法	2条千鳥植え	2条千鳥植え	2条千鳥植え	2条千鳥植え	2条千鳥植え



図2-20. 栽培歴(図)

●...定植 ∩...マルチ掛け □...収穫

## 第2章 2 収量の観点

### 2-1. 各ハウスにおける収量の比較

#### ▶ 条件整理と方法について(3)

収量は以下のように算出した。

##### 〈収穫量の計算〉

各ハウス・各品種の収穫開始日から5月上旬までの期間を対象として収穫調査を行った。

ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスにおいては、収量調査にて12g以上の果実(奇形果、病果を除く)を可販果としてその合計値を収穫量とした。

生産者Aは出荷伝票からおおよその収穫量を出荷したパック数×1パックあたりの規定の重量により収穫量を算出した。

生産者Bは観光農園の来客数から、大人1,000g/人、小学生800g/人、未就学児600g/人消費すると仮定して算出した。

##### 〈収量の計算〉

収量は反収で表し、計算方法は以下のとおりとした。

収量(t/10a) = 〈収穫量の計算〉により算出した収穫量(t) ÷ 耕作面積(m<sup>2</sup>) × 1000

耕作面積(m<sup>2</sup>) = (ベッド幅(m) + 通路幅(m)) × ベッド長(m) × ベッド数(列)

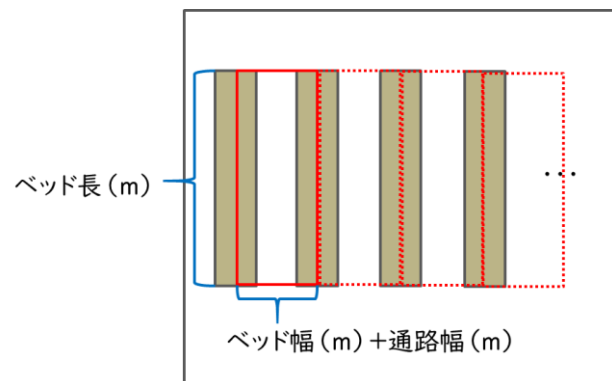


図2-21. 耕作面積の考え方



## 第2章 2 収量の観点

### 2-1. 各ハウスにおける収量の比較

#### ▶ 結果 各ハウスにおける収量の比較結果

ヒートポンプを主体とした加温を行っているハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスの「とちおとめ」の収量は、従来の重油加温栽培を行っている生産者Aの収量と同等であった。

ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスの「かおり野」の収量はどちらも6.2t/10aであった。なお、一方で、従来の重油加温栽培を行っている生産者Aの収量は2.9t/10a、生産者Bの収量は9.3t/10aであった。生産者Aは、「かおり野」栽培中、4月中旬の時点で草勢が弱くなり可販果を収穫することが困難となったため、4月上旬で栽培を終了している。ヒートポンプを主体として加温を行うことで従来の重油加温栽培よりも収量が減少する傾向は見られなかった。

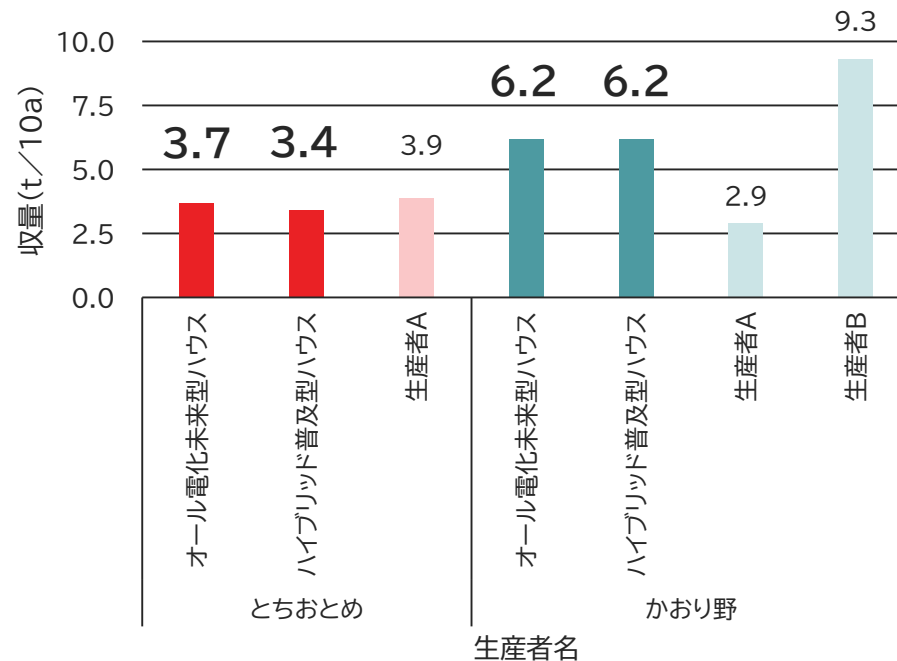


図2-22. ハウス及び品種別の5月上旬までの収量(t/10a)の累計

## 第2章 2 収量の観点

### 2-2. 早朝・日中加温による積極的な加温が収量に及ぼす影響について

#### ▶ 確認したいポイント

- (1)加温の方針の違いによりハウス内積算温度に差が生じるか
- (2)加温の方針の違いにより旬別収量に差が生じるか
- (3)加温の方針の違いにより草勢に差が生じるか

#### ▶ 条件整理と方法について

##### 1. 加温の方針によるハウス内積算温度の差の確認について

早朝・日中加温による積極的な加温を行っているハイブリッド普及型ハウスと、夜温維持にのみ加温機を使用している生産者Aハウス①(表2-8)を対象に旬月別のハウス内積算温度を算出した。

##### 2. 加温の方針による旬月別収量の差の確認について

早朝・日中加温による積極的な加温を行っているハイブリッド普及型ハウスと夜温維持にのみ加温機を使用している生産者Aハウス①及び②を対象に、品種ごとの旬月別収量を算出した。収量は第2章2-1(31ページ)に示す収量の算出方法に従って計算を行った。

##### 3. 加温の方針による草勢の差の確認について

草勢の確認を行うためにハイブリッド普及型ハウス及び生産者Aハウス①の「とちおとめ」各6株ならびにハイブリッド普及型ハウス及び生産者Aハウス②の「かおり野」各6株を定点観測株として設定し、定期的な草丈計測を行った。(毎月第1週と第3週)定点観測株はハウス中央付近に生育する、草勢がそのハウス内で中程度である株を選定した。

表2-8. 各ハウスの栽培歴と栽培方針について

	ハイブリッド普及型ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②
加温の方針	早朝・日中加温、夜温維持	夜温維持	夜温維持
定植日	10月13日(とちおとめ) 10月14日(かおり野)	9月20日(とちおとめ)	12月5日(とちおとめ) 11月11日(かおり野)

## 第2章 2 収量の観点

### 2-2. 早朝・日中加温による積極的な加温が収量に及ぼす影響について

#### ▶ 結果(1)加温の方針の違いによるハウス内積算温度の差について

早朝・日中加温による積極的な加温を行うハイブリッド普及型ハウスと、夜温維持にのみ加温機を使用している生産者Aハウス①の11月下旬から2月上旬の旬別のハウス内積算温度を算出したところ(図2-23)、1月中旬以降から両ハウス間の積算温度の差が顕著となった。

ハイブリッド普及型ハウスでは積極的な加温により積算温度が11月下旬から2月上旬まで高く保たれていたが、一方で生産者Aハウス①は厳寒期の低い外気温(図2-1)の影響を受け、徐々に積算温度が低下した。

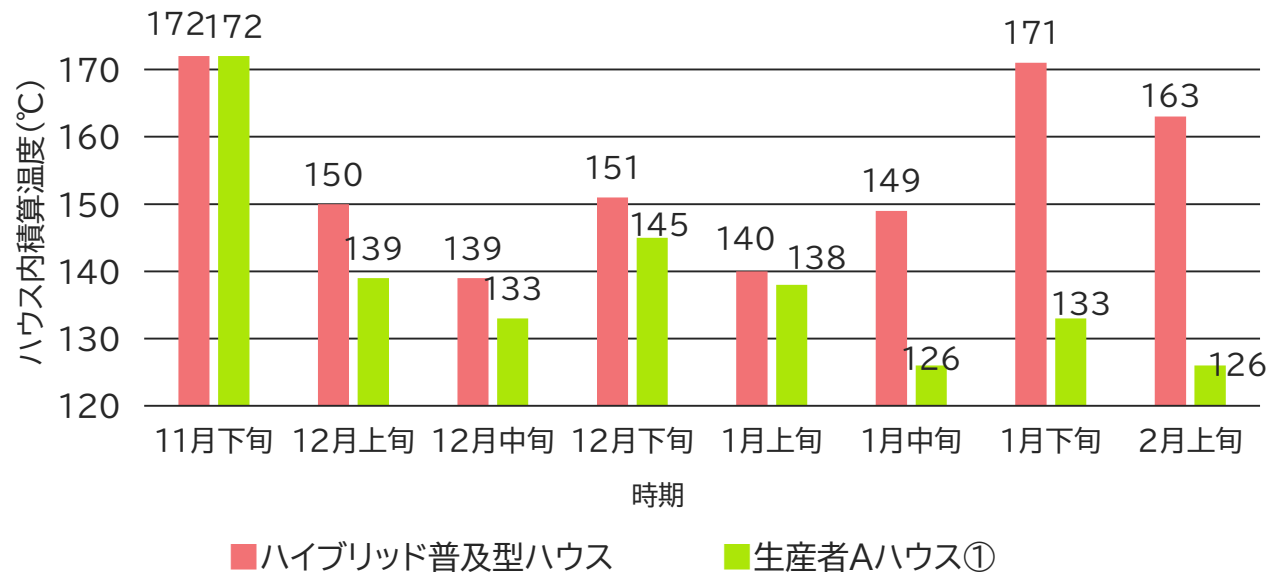


図2-23. 旬別のハウス内積算温度

## 第2章 2 収量の観点

### 2-2. 早朝・日中加温による積極的な加温が収量に及ぼす影響について

#### ▶ 結果(2)加温の方針の違いによる旬月別収量の差について

早朝・日中加温による積極的な加温を行うハイブリッド普及型ハウスと夜温維持にのみ加温機を使用している生産者Aハウス①及び②の栽培期間中における品種及び旬月別の収量を比較した。(図2-24、図2-25)

「とちおとめ」は、生産者Aの栽培では2月上旬から2月下旬にかけて収量が減少した。一方でハイブリッド普及型ハウスでは2月から3月の間に著しい収量の減少は見られなかった。

「かおり野」は、生産者Aの栽培ではとちおとめと同様に2月上旬から2月下旬にかけて収量が減少した。ハイブリッド普及型ハウスでは2月から3月の間に著しい収量の減少は見られなかった。



図2-24. とちおとめの旬月別収量

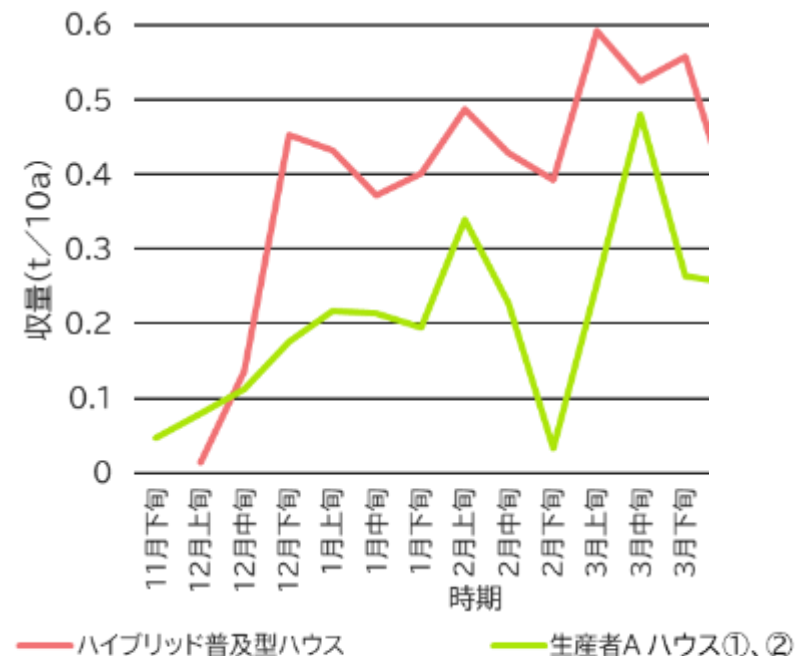


図2-25. かおり野の旬月別収量

## 第2章 2 収量の観点

### 2-2. 早朝・日中加温による積極的な加温が収量に及ぼす影響について

#### ▶ 結果(3)加温の方針の違いによる草勢の差について

早朝・日中加温による積極的な加温を行うハイブリッド普及型ハウスと夜温維持にのみ加温機を使用している生産者Aハウス①及び②の「とちおとめ」及び「かおり野」のそれぞれの草丈を比較した。(図2-26、図2-27、図2-28、図2-29、図2-30)

生産者Aは、「とちおとめ」及び「かおり野」の両品種において定植後から1月第1週にかけて順調に草勢を強くできていたが、1月以降草勢が弱くなった。(図2-26、図2-27、図2-28)

ハイブリッド普及型ハウスでは、「とちおとめ」及び「かおり野」の両品種において定植後から1月第1週にかけて生産者Aよりも草勢は弱かったが、1月以降に草勢を維持することができた。(図2-26、図2-29、図2-30)

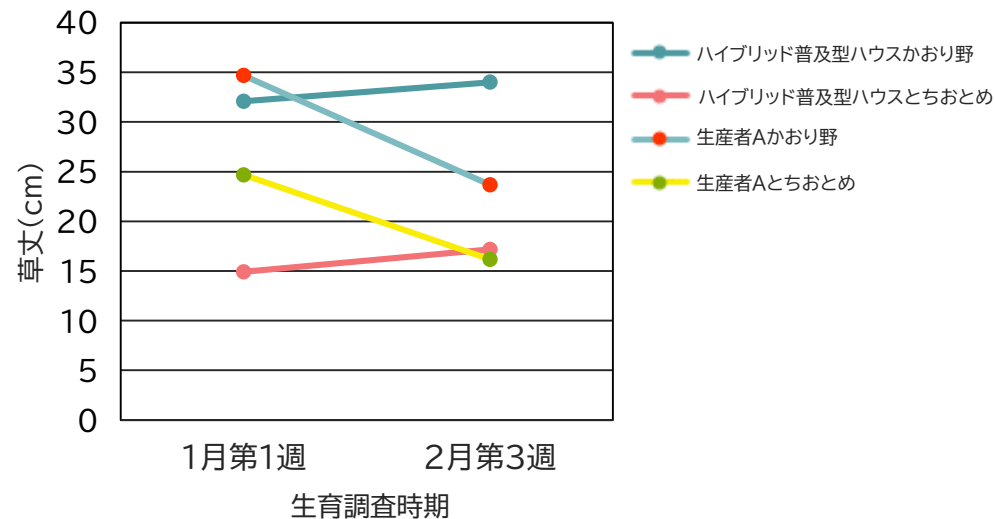


図2-26. 草丈の推移



図2-27. 1月第1週生産者Aかおり野草勢



図2-28. 2月第3週生産者Aかおり野草勢



図2-29. 1月第1週ハイブリッドハウスかおり野草勢



図2-30. 2月第3週ハイブリッドハウスかおり野草勢

## 第2章 2 収量の観点

### 2-3. LEDの効果に関する検証

#### ▶ 確認したいポイント

LEDの活用により収量を増加させることが可能か。

#### ▶ 条件整理と方法について

LEDを活用しているオール電化未来型ハウスと、LEDを活用していないハイブリッド普及型ハウス(表2-9)の品種及び旬月別の収量を第2章2-1に示す方法により求めた。

なお、LEDの使用方針として「とちおとめ」は定植後、日中曇天時(目安:日射100~200W/m<sup>2</sup>)に活用することとした。「かおり野」も「とちおとめ」と同様の条件で活用したが、草勢が強くなり作業性に問題が生じたため令和4年12月15日から令和5年1月10日の期間及び、令和5年2月6日から令和5年3月27日の期間はLEDを活用しなかった。

表2-9. LEDの導入状況

	ハイブリッド普及型ハウス	オール電化未来型ハウス
LED	無	有 Philips 製GreenPower LED トップライティング(メインライトカラー赤/青)



## 第2章 2 収量の観点

### 2-3. LEDの効果に関する検証

#### ▶ 結果

「とちおとめ」及び「かおり野」のいずれにおいても、LEDを活用したオール電化未来型ハウスは、1月上旬から2月中旬にかけてLEDを活用していないハイブリッド普及型ハウスよりも高い収量が得られた。(図2-31、図2-32)  
3月上旬以降から4月中旬までは、オール電化未来型ハウスとハイブリッド普及型ハウスで収量の大きな差はみられなかったが、4月下旬からはハイブリッド普及型ハウスの方が高い収量が得られた。

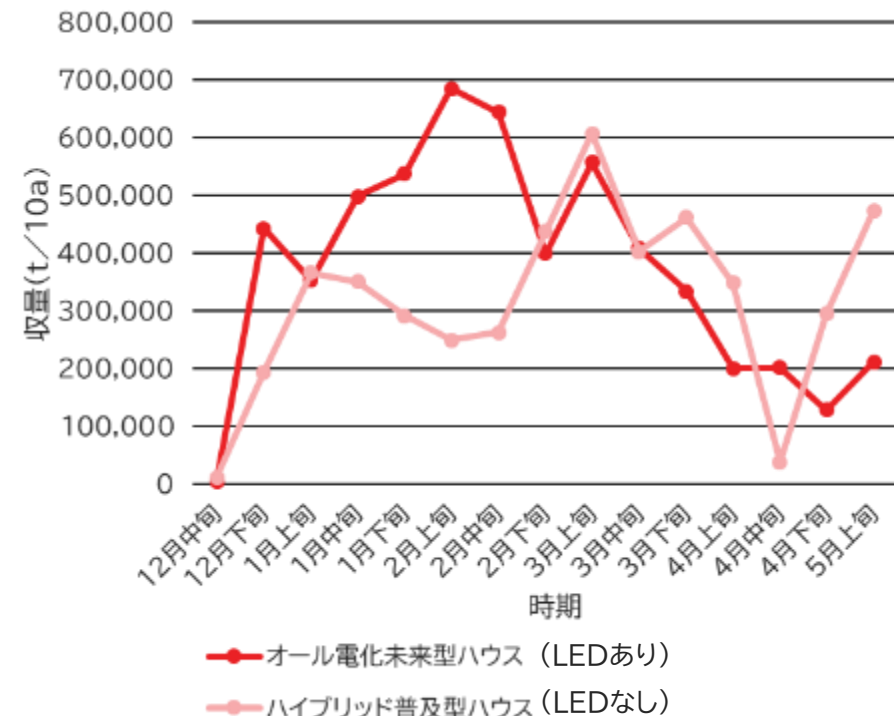


図2-31. とちおとめの旬別の収量

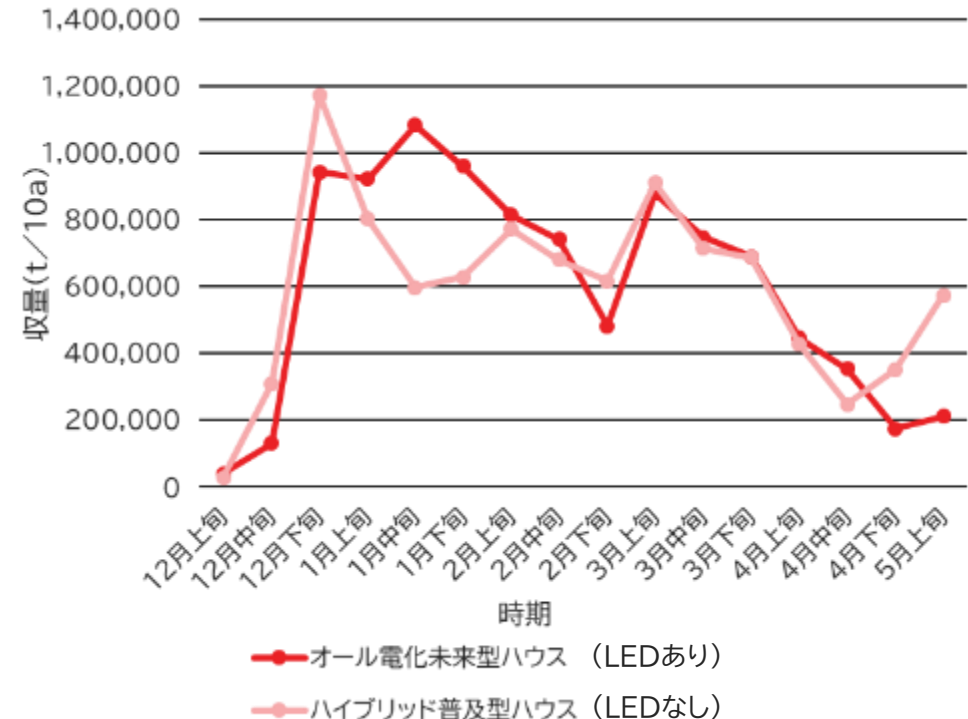


図2-32. かおり野の旬別の収量

## 第2章 2 収量の観点

### 2-3. LEDの効果に関する検証

#### ▶ 結果(2)

結果より、LEDを活用することで、1月上旬から2月中旬にかけて高い収量が得られることが確認できた。この期間は、イチゴの市場価格が比較的高い(表2-10)ため、販売額増加が見込める。

表2-10. 旬月別の市場価格

	上旬	中旬	下旬
2022年11月	-	-	2,052.4円/kg
2022年12月	1,958.3円/kg	2,245.9円/kg	2,586.2円/kg
2023年1月	1,855.5円/kg	1,603.0円/kg	1,560.1円/kg
2023年2月	1,586.6円/kg	1,584.2円/kg	1,565.7円/kg
2023年3月	1,537.6円/kg	1,361.9円/kg	1,230.1円/kg
2023年4月	1,157.9円/kg	1,134.6円/kg	1,098.0円/kg
2023年5月	1,041.4円/kg	-	-

価格は青果物卸売市場(東京都中央卸売市場豊洲市場、東京都中央卸売市場大田市場、東京都中央卸売市場豊島市場、東京都中央卸売市場淀橋市場)における取扱金額から算出。消費税(8%)を含む。

オール電化未来型ハウスとハイブリッド普及型ハウスの結果で得られた品種、旬月別の収量に市場価格(表2-10)を乗じ、販売見込額の算出を行った。



## 第2章 2 収量の観点

### 2-3. LEDの効果に関する検証

#### ▶ 結果(3)

LEDを活用した場合、比較的単価が高い2月までの期間(表2-10(39ページ))に高い収量を得られた(図2-31(38ページ)、図2-32(38ページ))ため、販売見込額が大きくなった。(図2-33(40ページ)、図2-34(40ページ))

栽培期間全体として、とちおとめは合計818,494円/10a、かおり野は100,142円/10aの売上増加を見込めた。オール電化未来型ハウスの耕作面積(ベッド幅(m)+通路幅(m))×ベッド長(m)×ベッド数(個)(第2章2-1参照(31ページ))はとちおとめ、かおり野それぞれ187.2㎡であったため、とちおとめは153,222円/耕作面積、かおり野は18,747円/耕作面積の販売額増加が見込めた。(以下「耕作面積当たりの販売増加見込額」という。)

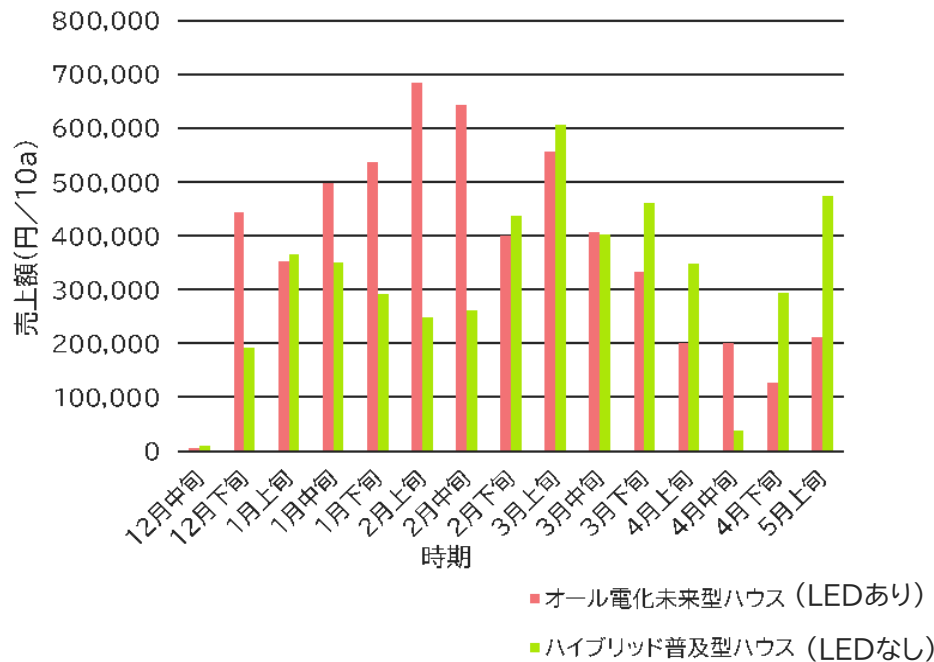


図2-33. とちおとめの旬別の収入見込額

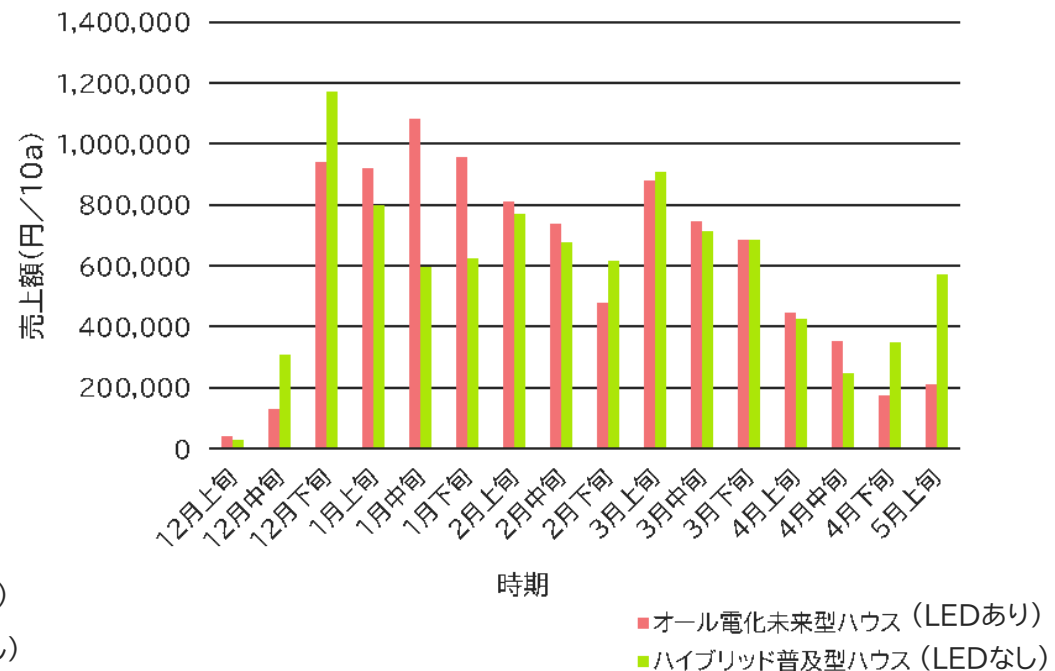


図2-34. かおり野の旬別の収入見込額

## 第2章 2 収量の観点

### 2-3. LEDの効果に関する検証

#### ▶ 結果(4)

さらに、LED使用時間(図2-35)からLED使用による電気料金を算出したところ、栽培期間全体で「とちおとめ」は229,456円/耕作面積、「かおり野」は167,836円/耕作面積の電気料金が発生することが見込まれた。(表2-11)  
これは、考察(2)で算出した耕作面積当たりの販売増加見込額を上回っていた。

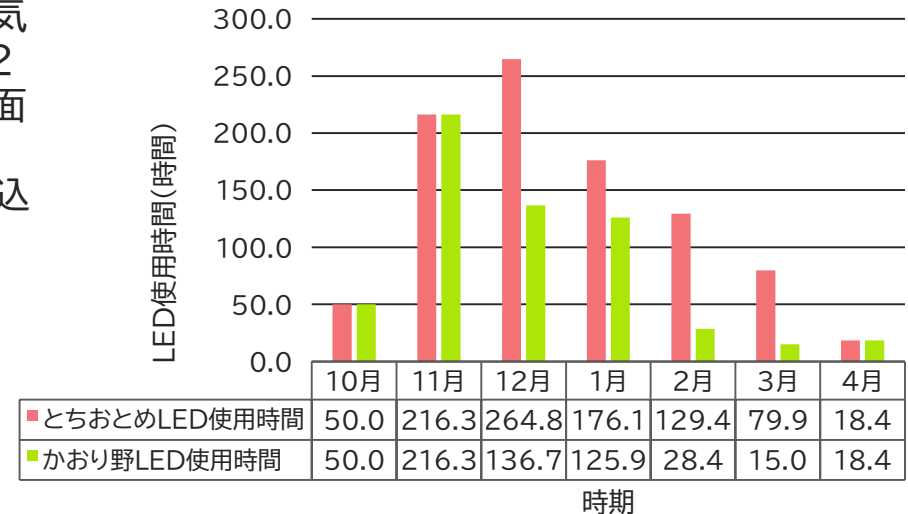


表2-11. 電気料金想定額(耕作面積187.2㎡分)

図2-35. LEDの使用時間

	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	栽培期間 合計金額
とちおとめ	¥17,821	¥47,593	¥56,275	¥40,396	¥32,035	¥23,174	¥12,163	¥229,456
かおり野	¥17,821	¥47,593	¥33,342	¥31,409	¥13,954	¥11,555	¥12,163	¥167,836

定植～4月末までのLEDの使用時間×LEDの電力(W)からランニングコストを概算。

従量料金19.25円/kWh、基本料金単価1,122円/kW・月としてランニングコストを算出。

とちおとめ、かおり野それぞれのLEDの消費電力は基本料金計算時には7,905W(カタログ値)、重量料金の計算には9,300W(計測値)を使用した。

(基本料金)

$1,122\text{円}/\text{kW}\cdot\text{月}\times(7,905\text{W}/1000)=8,869\text{円}/\text{月}$

(従量料金)

$19.25\text{円}/\text{kWh}\times((7,208\text{W}/1000)\times\text{LED使用時間})$

(従量料金\_その他季15.8円/kWh、再エネ賦課金3.45円/kWh 合計19.25円/kWh)

- 1 環境制御の観点
- 2 収量の観点
- 3 加温コストの観点
- 4 環境影響評価の観点

## 第2章 3 加温コストの観点

### 3-1. 各ハウスにおける加温コストの比較

#### ▶ 確認したいポイント

ヒートポンプの導入で、10a当たりの加温に係るコスト(以下「加温コスト」という。)を削減出来るのか。

#### ▶ 条件整理と方法(1)

すべてのハウスを対象に、実証実験期間中の加温コストの比較を行った。

それぞれの加温方法、加温の方針及び保温カーテンの有無については表2-12に示す。

各ハウスの加温にかかる燃油使用量と電力使用量より、10a当たりの加温コストを算出した。

表2-12. 各ハウスの加温方法、加温の方針及びカーテンの有無

	重油加温ハウス	ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
加温方法	重油加温機1台	ヒートポンプ1台、 重油加温機1台	ヒートポンプ3台	重油加温機1台	重油加温機1台	重油加温機2台
加温の方針	早朝・日中加温、 夜温維持	早朝・日中加温、 夜温維持	早朝・日中加温、 夜温維持	夜温維持	夜温維持	早朝・日中加温、 夜温維持
保温カーテン	無	有	有	有	有	有

## 第2章 3 加温コストの観点

### 3-1. 各ハウスにおける加温コストの比較

#### ▶ 条件整理と方法(2)

加温コストの算出方法は以下のとおりとした。

##### 〈重油由来の加温コストの計算〉

10a当たり重油使用量(L/10a) = 各ハウスの実証実験期間中の重油使用量(L) ÷ ハウス面積(m<sup>2</sup>) × 1000

10a当たりの重油由来の加温コスト(円/10a) = 10a当たり重油使用量(L/10a) × 98(円/L(重油単価))

##### 〈電気由来の加温コストの計算〉

毎月の電気基本料金としてオール電化未来型ハウスは25,806円/月、ハイブリッド普及型ハウスは10,098円/月を計上

ヒートポンプ従量料金(円) = 各ハウスの実証実験期間中のヒートポンプ消費電力量(kWh) × 19.25(円/kWh)

(従量料金\_その他季15.8円/kWh、再エネ賦課金3.45円/kWh 合計19.25円/kWh)

各ハウスの実証実験期間中の電気代(円) = (各ハウスの電気基本料金 × 7か月(実証実験期間11月～5月)) + ヒートポンプ従量料金(円)

10a当たり電気由来の加温コスト(円/10a) = 各ハウスの実証実験電気代(円) ÷ ハウス面積(m<sup>2</sup>) × 1000

## 第2章 3 加温コストの観点

### 3-1. 各ハウスにおける加温コストの比較

#### ▶ 結果

重油加温ハウスが最も加温コストが高かった。

ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウス(設定温度は同一)では、ハイブリッド普及型ハウスの方が、加温コストが低かった。

ハイブリッド普及型ハウスと、ハイブリッド普及型ハウスと同様にカーテンを使用しており、早朝・日中加温を行っている生産者Bの加温コストを比較したところ、生産者Bハウスの方が加温コストは低かった。

夜温の維持のみを行う生産者Aハウス①及び②は、加温コストが低かった。

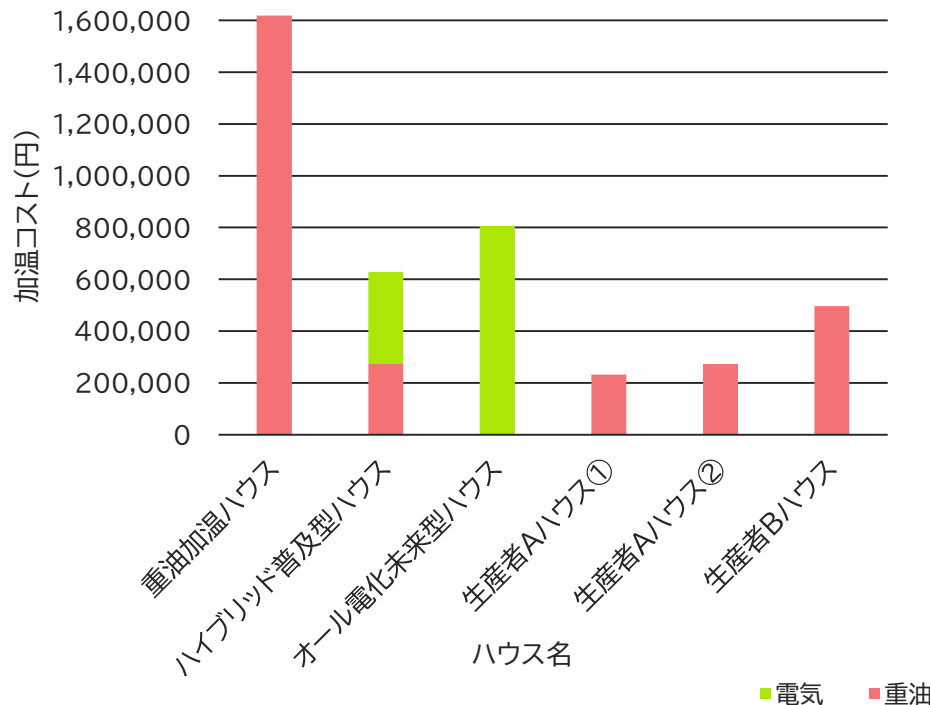


図2-36. 各ハウスの加温コスト(円)

表2-13. 各ハウスの加温コスト(表)

ハウス名	加温コスト(円)		
	重油	電気	総計
重油加温ハウス	1,618,523		1,618,523
ハイブリッド普及型ハウス	273,253	355,526	628,779
オール電化未来型ハウス		807,276	807,276
生産者Aハウス①	231,636		231,636
生産者Aハウス②	273,202		273,202
生産者Bハウス	496,440		496,440

- 1 環境制御の観点
- 2 収量の観点
- 3 加温コストの観点
- 4 環境影響評価の観点**

## 第2章 4 環境影響評価の観点

### 4-1. 各ハウスにおける加温による二酸化炭素排出量の比較

#### ▶ 確認したいポイント

ヒートポンプの導入で、10a当たりの加温による二酸化炭素排出量(以下「二酸化炭素排出量」という。)を削減できるか。

#### ▶ 条件整理と方法(1)

すべてのハウスを対象に、二酸化炭素排出量を算出した。

それぞれの加温方法、加温の方針及び保温カーテンの有無については表2-14に示す。

表2-14. 各ハウスの加温方法、加温の方針及び保温カーテンの有無

	重油加温ハウス	ハイブリッド 普及型ハウス	オール電化 未来型ハウス	生産者Aハウス①	生産者Aハウス②	生産者Bハウス
加温方法	重油加温機1台	ヒートポンプ1台、 重油加温機1台	ヒートポンプ3台	重油加温機1台	重油加温機1台	重油加温機2台
加温の方針	早朝・日中加温、 夜温維持	早朝・日中加温、 夜温維持	早朝・日中加温、 夜温維持	夜温維持	夜温維持	早朝・日中加温、 夜温維持
保温カーテン	無	有	有	有	有	有



## 第2章 4 環境影響評価の観点

### 4-1. 各ハウスにおける加温による二酸化炭素排出量の比較

#### ▶ 条件整理と方法(2)

二酸化炭素排出量の計算方法は以下のとおりとした。

#### 〈重油由来の加温による二酸化炭素排出量の計算〉

10a当たり重油使用量(L/10a) = 各ハウスの実証実験期間中の重油使用量(L) ÷ ハウス面積(m<sup>2</sup>) × 1000

二酸化炭素排出量(t/10a) = 10a当たり重油使用量(L/10a) × 2.71(kg-CO<sub>2</sub>/L) ÷ 1000

#### 〈電気由来の加温による二酸化炭素排出量の計算〉

10a当たり消費電力量(kWh/10a) = 各ハウスの実証実験期間中の消費電力量(kWh) ÷ ハウス面積(m<sup>2</sup>) × 1000

二酸化炭素排出量(t) = 10a当たり消費電力量(kWh/10a) × 0.45(kg-CO<sub>2</sub>/kWh) ÷ 1000

(参考)二酸化炭素排出量算出に使用した係数

算出にあたっては、環境省の「温室効果ガス排出量計算のための算定式及び排出係数一覧」及び、東京電力の2021年度のCO<sub>2</sub>排出係数を参照した。

重油:二酸化炭素排出係数2.71kg-CO<sub>2</sub>/L      電力:二酸化炭素排出係数0.45kg-CO<sub>2</sub>/kWh

## 第2章 4 環境影響評価の観点

### 4-1. 各ハウスにおける加温による二酸化炭素排出量の比較

#### ▶ 結果

重油加温ハウスと比較して、ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスでは二酸化炭素排出量が75%程度削減できた。

ハイブリッド普及型ハウスとオール電化未来型ハウスを比較すると、同等の二酸化炭素排出量であった。

また、保温カーテンを導入しており、早朝・日中加温を行うハイブリッド普及型ハウスと生産者Bハウスを比較すると、10aあたり1.3tの二酸化炭素排出量を削減できた。

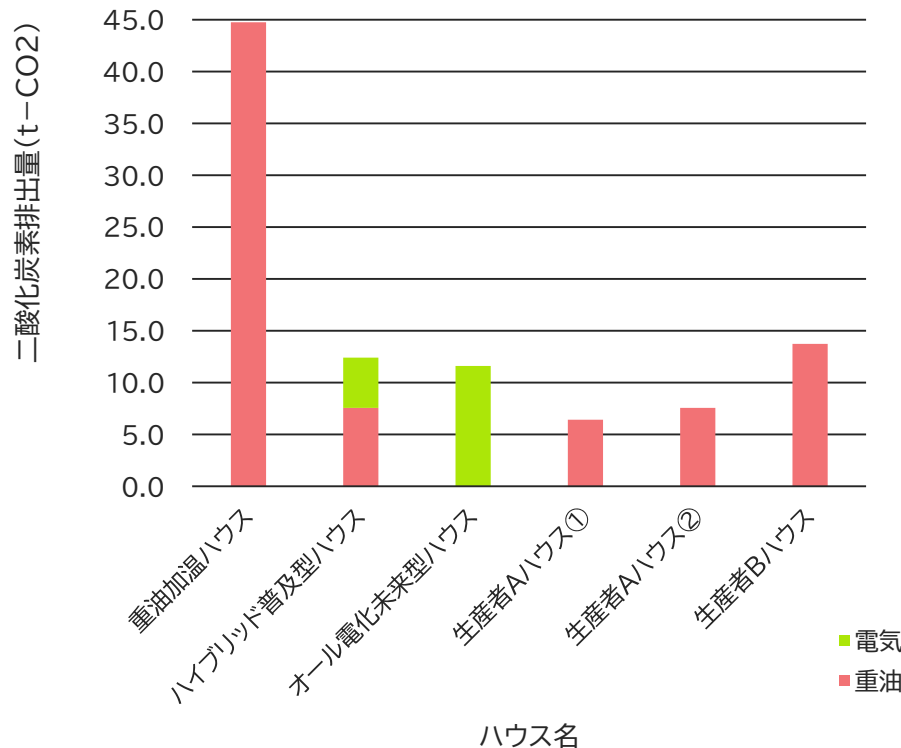


表2-15. 各ハウスの二酸化炭素排出量(表)

ハウス名	加温による二酸化炭素排出量(t-CO2)		
	重油	電気	総計
重油加温ハウス	44.8		44.8
ハイブリッド普及型ハウス	7.6	4.9	12.4
オール電化未来型ハウス		11.6	11.6
生産者Aハウス①	6.4		6.4
生産者Aハウス②	7.6		7.6
生産者Bハウス	13.7		13.7

図2-37. 各ハウスの二酸化炭素排出量(図)

## 第2章 5 まとめ

### 5-1 全体を通しての考察

#### ▶ 環境制御の観点からの考察

施設園芸でヒートポンプを活用する際は、重油加温機を補助として設置する「ハイブリッド」方式の加温とするほか、ヒートポンプのみを設置する「オール電化」方式の加温とする方法がある。ヒートポンプを活用する場合は、デフロスト運転があることを考慮し、整備したヒートポンプや重油加温機の稼働するタイミングを変動させる(設定温度を加温機ごとに設定し、稼働開始タイミングをずらす)必要がある。低温が継続する条件等では特にこの対策が必要であると考えられる。導入する加温機の台数は、栽培条件を考慮しながら検討する必要がある。早朝加温を行うことでハウス内気温が徐々に上昇し、ハウス内気温と果実の温度差を少なくすることができると考えられる。果実の温度がハウス内気温とともに徐々に上がることで、高いハウス内気温と低い果実温度の差により果実に結露が発生する現象が抑えられ、灰色かび病等の発生リスクが低くなるため、可販果率の向上が期待できると考えられる。

#### ▶ 収量の観点からの考察

##### 【ヒートポンプを活用した栽培体系でのイチゴ収量の確保について】

本実証ではヒートポンプを活用した加温でのイチゴ栽培でも収量が確保できた。これは、ヒートポンプを活用した加温であっても夜温を維持できたこと(参照第2章1-1(13ページ)、早朝加温等によりハウス内積算気温が高く管理できたこと(参照第2章1-2(17ページ)、第2章2-2(33ページ))等に起因するものと考えられる。

##### 【早朝・日中加温による積極的な加温が収量に及ぼす影響について】

早朝・日中加温により、ハイブリッド普及型ハウスでは積算温度を高く管理できたことで、収量が著しく減少した時期が確認されなかった。生産者Aの栽培は著しく収量が減少した時期があった。これは、積算温度の不足によるイチゴの開花から収穫までの日数の増加が原因であると推察される。冬季に収量を維持することは、単価の高い時期に多く販売をできることに繋がり(参照表2-10(39ページ))、売上額の向上に繋がると考えられる。

積算温度を高く維持することは草勢を維持する効果もあり、イチゴの成り疲れの防止に繋がるのではないかと考えられる。「かおり野」に関して、生産者Aの栽培では4月中旬の時点で草勢が弱くなり可販果を収穫することが困難となったため4月上旬で栽培を終了しているが、ハイブリッド普及型ハウスでは収量は減少したものの、引き続き可販果を収穫することができた。

##### 【LEDの効果について】

今回の実証実験ではLEDを活用することで収量は増加したが、電気代を差し引くと収支は合わなかったことから、LEDの使用方針や照射時間帯、電気料金の契約方法を再度検討する必要があると考えられる。

## 第2章 5 まとめ

### 5-1 全体を通しての考察

#### ▶ 加温コストの観点からの考察

重油加温ハウスは早朝・日中加温を行う積極的な加温の方針を採用しており、その上保温カーテンを導入していなかったため、加温コストが最も高くなったと考えられる。

ハイブリッド普及型ハウスよりもオール電化未来型ハウスの方が加温コストが高くなったことの原因として、ヒートポンプは加温に係る運転以外にデフロスト運転(第2章1-2参照(17ページ))が行われる場合がある為、加温していない時間にもコストがかかっていたことが考えられる。

また、早朝・日中加温を取り入れ積極的に加温しているハイブリッド普及型ハウス、オール電化未来型ハウス及び生産者Bハウスを比較した場合、重油を使用した生産者Bハウスが最も加温コストが低くなった。これは、ハイブリッド普及型ハウス及びオール電化未来型ハウスは生産者Bハウスよりも高いハウス内温度管理をしていたことも一因であると考えられる。より正確に比較するには温度管理の条件を揃えての実証が必要である。

#### ▶ 環境影響評価の観点からの考察

重油加温ハウスは保温カーテンを導入しておらず、早朝・日中加温を行う積極的な加温の方針であったことから、他のハウスと比較して二酸化炭素排出量が多かったと考えられる。

また保温カーテンを導入しており、積極的な加温の方針であるハイブリッド普及型ハウスと生産者Bハウスでは、ハイブリッド普及型ハウスの方が二酸化炭素排出量が10a当たり1.3t少なかった。ヒートポンプを導入しハイブリッド型の加温方式を採用することで二酸化炭素排出量の少ない加温が可能ではないかと考えられる。したがって、早朝・日中加温をしていない生産者Aハウス①及び生産者Aハウス②において、ヒートポンプを導入することで、より多くの二酸化炭素削減効果を得ることが期待できる。

オール電化未来型ハウス(ヒートポンプ3台)とハイブリッド普及型ハウス(ヒートポンプ1台と重油加温機1台)を比較すると、オール電化未来型ハウスの方が二酸化炭素排出量は少なくなった。

加温にヒートポンプを活用することにより二酸化炭素排出量が削減できる結果となった。

## 第2章 5 まとめ

### 5-2 今後の実証実験に向けて

#### ▶ 今後の実証実験に向けて

今年度の実証実験ではヒートポンプを活用した加温でのイチゴ栽培(試験区)で収量を確保できた。今年度は栽培施設の竣工遅れのため試験区の苗の定植が適期よりも約1か月遅れたため、それに伴って「とちおとめ」の頂花房を摘果(花)した。イチゴに適した時期に定植を行った場合には更なる収量が見込めると想定される。今後は定植適期に苗を定植し、より生産現場に合った実証実験を行う。炭酸ガスを高濃度で施用した生産者B(参照第1章(10ページ))は最も収量が高かったことから、ヒートポンプを活用した栽培においても炭酸ガス施用の方針を検討し直すことで、更なる収量向上に繋がると考えられる。このことを踏まえ、炭酸ガス施用方法についても検討を行う。LEDライトに関して、今年度の実証実験では収支が合わなかったが、活用方針を検討し、実証を重ねる。

また、今年度の実証実験では、加温にヒートポンプを活用することにより二酸化炭素排出量が削減できる結果となったが、加温コストは重油加温機のみを利用する慣行区(保温カーテン有)と比較して高額となった。今後、ヒートポンプを生産現場に普及するためには、コストの削減も求められる。今後は収量を確保しながら加温コストを削減することを検討し実証実験を行う。

令和5年度は下記のとおり実証実験を実施する。

#### (1)ハイブリッド普及型ハウス

令和4年度の実証では早朝加温や日中加温などの技術を取り入れたが、生産現場ではこれらの技術を取り入れている農家は少なく、夜温維持のために加温機を活用する農家が大多数である。また、イチゴ生産者は重油加温機を設備として保有しているため、ヒートポンプを導入する場合、ハイブリッド加温方式の施設となる可能性が高い。この状況を踏まえ、ハイブリッド普及型ハウスは加温機で夜温維持のみを行う方針で栽培を行う。

#### (2)オール電化未来型イハウス

令和4年度は光合成の効率、急激な飽差の変化の抑止、収穫時期の調整、収量の向上等を目的に早朝加温、日中加温及び夜温維持のためにヒートポンプを活用したが、その結果加温コストが高額になった。今後は加温コストと収量の向上を総合的に評価しながらイチゴに適した温度管理を検討する。令和5年度は、急激な飽差の変化の抑止のみを目的に早朝加温の設定を行い、加温の設定温度は18℃を超えない範囲で設定を行う。

## 第3章 経営モデル

# 第3章 経営モデル

## ▶ 本章の位置づけ

本章では、実証実験で得られたデータ、実証結果及び考察を基に、SDGsに対応したイチゴ栽培ハウスの仕様を「千葉市モデル」として提案する。

イチゴ栽培ハウスの仕様は経営の規模等により変動する。そこで、下記の通り千葉市で想定される経営モデル(以下、千葉市モデルという)を3つ定め、それぞれの想定に則した仕様とした。なお、加温機の台数は積極的な加温を行うことを想定し、外気温が $-5^{\circ}\text{C}$ の時、ハウス内気温を $20^{\circ}\text{C}$ で維持できるように設計した。

ヒートポンプの必要台数は生産規模や、行いたいハウス内の温度設定、ハウス外の気象条件等で異なるため、実際の導入の際は度慎重に検討されたい。その他の設備についても同様に慎重な検討が必要である。ハイブリッド加温を行う場合や複数台設置したヒートポンプの稼働のタイミングを変動させる制御を行う場合は環境制御システム(センサー類・環境制御機器)も整備する必要があることも留意されたい。

千葉市においても、今後引き続き実証実験を実施し、モデルの再検討を行いたい。

## ▶ 3つの千葉市モデル

- 1 新規就農者型
- 2 営農継続型
- 3 参入法人型



# 第3章 1 千葉県モデル(新規就農者型)

経営モデルの想定

これからイチゴ生産を始める方向け

作型

促成栽培(高設)

経営規模

20a

加温方法

ハイブリッド

表3-1 新規就農者型イチゴ栽培ハウスの仕様

仕様	詳細	設備・機器名	単価(円)	台数	金額(円)	
ハウス	ハウスタイプ	パイプハウス	40,440,000	1式	40,440,000	
	間口	32m(8m*4連棟)				
	奥行	63m				
	軒高	2.3m				
	ハウス面積	2,016㎡				
	換気窓	片側天窓				
	被覆資材	フッ素フィルム80μm厚				
カーテン	上面カーテン	1層	ハーモニー4945	11,549,000	1式	11,549,000
	サイドカーテン	PO巻上【手動】		2,479,000	1式	2,479,000
内部設備	加温機	ハイブリッド (重油加温機2台 ヒートポンプ4台)	重油加温機	4,000,000	2台	8,000,000
			ヒートポンプ	1,890,000	4台	7,560,000
	炭酸ガス施用機	局所施用	真呼吸(2台仕様)	2,474,500	2台	4,949,000
	循環扇	ネポン製		110,000	4台	440,000
環境制御システム	センサー類		プロファインダー	264,000	1式	264,000
	環境制御機器		Next80(換気4系統)	2,176,000	1式	2,176,000
合計					77,857,000	

※高設栽培装置、電気工事費は除く

※掲載した設備、機器の単価は参考価格(税抜)



# 第3章 2 千葉市モデル(営農継続型)

経営モデルの想定 既にイチゴ生産をしており、これからSDGsに取り組む方向け

作型 促成栽培(高設) 経営規模 50a 加温方法 ハイブリッド

表3-2 売上3000万円就農者型イチゴ栽培施設の仕様

仕様	詳細	設備・機器名	単価(円)	台数	金額(円)	
ハウス	ハウスタイプ	パイプハウス	90,900,000	1式	90,900,000	
	間口	64m(8m*8連棟)				
	奥行	78m				
	軒高	2.3m				
	ハウス面積	4,992㎡				
	換気窓	片側天窓				
	被覆資材	フッ素フィルム80μm厚				
カーテン	上面カーテン	1層	ハーモニー4945	26,770,000	1式	26,770,000
	サイドカーテン	PO巻上【手動】		3,366,000	1式	3,366,000
内部設備	加温機	ハイブリット (重油加温機4台 ヒートポンプ4台)	重油加温機	4,110,000	4台	16,440,000
			ヒートポンプ	1,890,000	4台	7,560,000
	炭酸ガス施用機	局所施用	真呼吸(4台仕様)	2,274,250	4台	9,097,000
	循環扇	ネポン製		102,200	16台	1,635,200
環境制御システム	センサー類		プロファイnder	264,000	1式	264,000
	環境制御機器		Next80(換気4系統)	2,176,000	1式	2,176,000
合計					158,208,200	

※高設栽培装置、電気工事費は除く

※掲載した設備、機器の単価は参考価格(税抜)

# 第3章 3 千葉市モデル(法人参入型)

経営モデルの想定

大規模農業に参入する法人向け

作型

促成栽培(高設)

経営規模

150a

加温方法

オール電化

表3-3 売上1億円参入法人型イチゴ栽培施設の仕様

仕様	詳細	設備・機器名	単価(円)	台数	金額(円)	
ハウス	ハウスタイプ	パイプハウス	278,550,000	1式	278,550,000	
	間口	152m(8m*19連棟)				
	奥行	99m				
	軒高	2.5m				
	ハウス面積	15,048㎡				
	換気窓	両側天窓				
	被覆資材	フッ素フィルム80μm厚				
カーテン	上面カーテン	1層	ハーモニー4945	79,166,000	1式	79,166,000
	サイドカーテン	PO巻上【手動】		6,770,000	1式	6,770,000
内部設備	加温機	オール電化 (ヒートポンプ80台)	ヒートポンプ	1,683,300	80台	134,664,000
	炭酸ガス施用機	局所施用	真呼吸(10台仕様)	2,455,000	10台	24,550,000
	循環扇	ネボン製		102,200	76台	7,767,200
	LED	PHILIPS製LEDライト	トップライティング	69,150	3420台	236,493,000
環境制御システム	センサー類		プロファイnder	264,000	2式	528,000
	環境制御機器		Next80(換気4系統)	2,176,000	2式	4,352,000
合計						772,840,200

※高設栽培装置、電気工事費は除く

※掲載した設備、機器の単価は参考価格(税抜)

# 第3章 (参考) 導入設備・機器

- 千葉市モデルとして提案した設備・機器の一部を参考に掲載する。

## 燃油削減技術

重油加温機とヒートポンプの併用による加温



図3-1 加温機(ハイブリッド)

ヒートポンプによる加温



図3-2 加温機(オール電化)

## 生育促進技術

株元に二酸化炭素を送ることで  
効率よく光合成を促進



図3-3 炭酸ガス施用機

曇天時などに補光



図3-4 トップライティング(LEDライト)

## スマート農業技術

ハウス内の環境を計測



図3-5 環境制御システム(センサー類)

センサー類から得られたデータを基にハウス  
内の設備・機器を複合的に制御

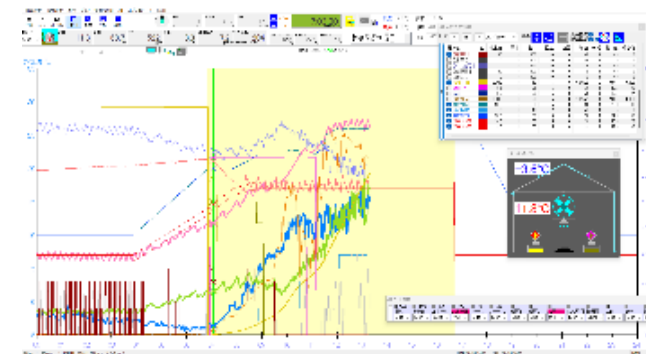


図3-6 環境制御システム(環境制御機器)