施設園芸
省エネルギー生産管理マニュアル

（改定２版）



平成 30 年 10 月

農林水産省生産局

ご利用にあたって

栽培作物の加温に多くのエネルギーを消費し、経営費全体に占める燃油コストの割合が高い施設園芸では、省エネルギーの取組により燃油使用量の削減を図ることは、生産コストの低減を図る上でも、また、温室効果ガスの排出削減を進める上でも重要な取組です。

平成 29 年 3 月に策定した「農林水産省地球温暖化対策計画」には、施設園芸の省エネルギーによる CO_2 の排出削減目標（2030 年度までに 2013 年度比で 124 万トンの削減）を達成させるために、今後の取組として、省エネルギー技術を活用した産地形成、太陽熱や地中熱等を利用した加温システムの導入促進を位置付けているところです。

このため、今回のマニュアルでは、平成 25 年に作成した「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル【改定版】」の内容を受け継ぎながら、地下水・地中熱などの自然エネルギーの利用に関する情報、産地づくりにも活用できるヒートポンプの周年活用やＪ-クレジット制度に関する情報などを追記しています。

省エネルギーの取組では、まずは現在の暖房の方法に無駄なエネルギー使用がないかをしっかりと確認し、無駄をなくした上で、省エネのための設備や技術の導入へと取り組みを進めていくことが重要です。

別添の「施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート」とあわせてご活用いただき、ご自身の温室や栽培方法に合った省エネルギー対策の推進の一助となれば幸いです。

積極的な活用をお願いいたします。

目　　次

Ⅰ　省エネのための機器利用技術

1　燃油暖房機の利用とメンテナンス　・・・・・・・・・・・・・・　1
（1）設置の際の留意点
（2）暖房機のメンテナンス
（3）暖房機の排熱利用

2　ヒートポンプの利用とメンテナンス　・・・・・・・・・・・・・　7
（1）ヒートポンプの特徴とハイブリッド運転
（2）導入の際の留意点
（3）設置の際の留意点
（4）運転・管理の際のポイント

3　木質バイオマス暖房機の利用とメンテナンス　・・・・・・・・・　13
（1）木質バイオマス暖房機の特徴とハイブリッド運転
（2）導入の際の留意点
（3）設置の際の留意点
（4）運転・管理の際のポイント

4　自然エネルギーの利用　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　17
（1）地下水・地中熱の利用
（2）太陽熱の利用（採光条件の確保）

5　温度センサーの設置と点検　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　20
（1）温度センサーの設置と点検
（2）ハイブリッド運転の場合の留意点

Ⅱ　温室の保温性向上技術

1　気密性の向上　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　22
（1）外張被覆の点検
（2）内張カーテンの点検

2　多重化・多層化　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　26
（1）外張多重化
（2）内張多層化（2 層・3 層カーテン）

3　保温性の高い被覆資材の利用　・・・・・・・・・・・・・・・・　29
（1）反射性資材
（2）中空構造資材
（3）複層板
（4）多層断熱資材（布団資材）

Ⅲ　省エネのための温度管理技術

1　施設園芸作物の適温管理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・　31
（1）野菜の生育適温
（2）花きの生育適温
（3）果樹の生育適温

2　天敵資材や花粉交配用昆虫の活動範囲　・・・・・・・・・・・　33

3　省エネ型の品種や作型への転換　・・・・・・・・・・・・・・・　33

4　温度ムラの改善（送風ダクト・循環扇の利用）　・・・・・・・　34
（1）送風ダクトの利用と適切な配置
（2）循環扇の利用と適切な配置

5　暖房温度の変温管理　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　36
（1）多段サーモ装置による変温管理
（2）花き生産における EOD 加温技術

6　作物の局所加温技術　・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・　38
（1）イチゴのクラウン温度制御技術
（2）ナスの株元加温技術
（3）バラの株元加温技術
（4）トマトの生長点加温技術

Ⅳ　省エネ対策の多面的な活用術

1　ヒートポンプの周年的な活用　・・・・・・・・・・・・・・・・　40
（1）冷房機能の活用
（2）除湿機能の活用

2　Ｊ-クレジット制度の活用　・・・・・・・・・・・・・・・・・　43
（1）プロジェクト登録・クレジット認証の手続き
（2）プログラム型プロジェクト

1 燃油暖房機の利用とメンテナンス

暖房機の経年劣化による暖房効率の低下や故障などのトラブル発生を最小限に抑えて長期間使用するためには、定期的な点検や清掃が欠かせません。定期的にメンテナンスを行うことにより暖房機の加温能力を最大限に引き出すとともに、省エネルギー対策に努めましょう。

（1）設置の際の留意点

①燃焼用空気の取り入れ

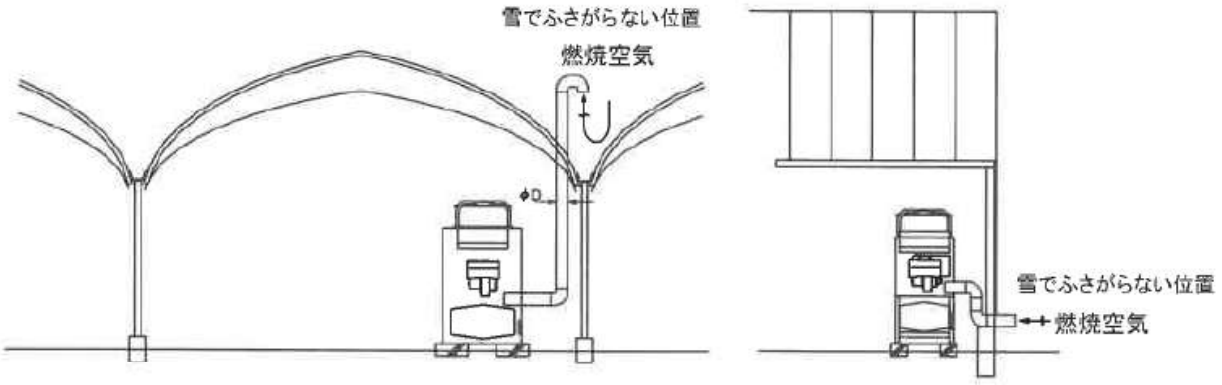
バーナーで燃油を燃焼させる際は大量の新鮮空気（出力 10kW 当たり約 17m^3/h または１万 kcal/h 当たり約 20m^3/h）が必要になるので、保温被覆により気密性を高めた温室では、必ず燃焼用新鮮空気の取り入れ口を設けましょう。

空気取り入れ口がないと空気不足による不完全燃焼が生じ、炉内が極端に煤け、煙突から黒煙が出たり不着火の原因になりかねません。

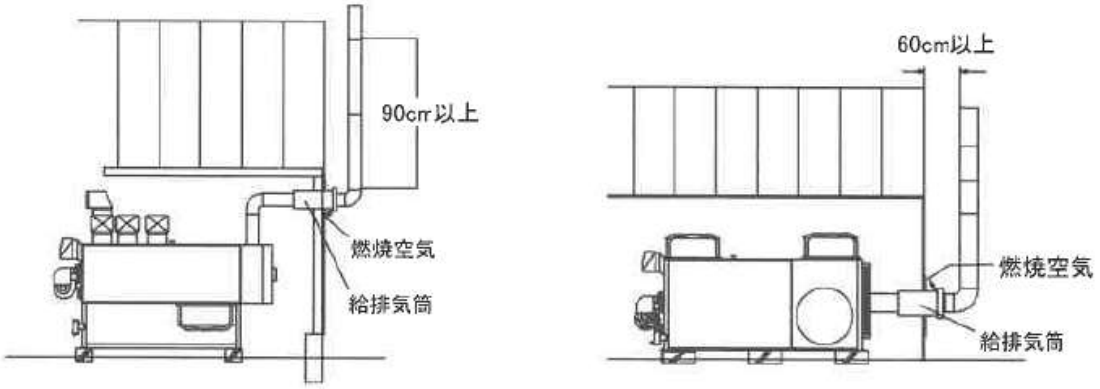
なお、燃焼用新鮮空気の取り入れにあたっては、

- 燃焼空気は必ず温室外（外気）から取り入れるようにする
- 空気取り入れ口は雪や水たまりなどで塞がらないようにする
- 暖房機が稼働しているときは換気扇を運転しない
- 新鮮空気の取り入れを容易に行える「給排気筒」を使用する

等に留意しましょう（下図参照）。



給排気筒を使用しないとき



給排気筒を使用したとき

（2）暖房機のメンテナンス

一般的な暖房機の点検・清掃方法は以下のとおりですが、暖房機によって方法が異なる場合があるため、暖房機に付属の取扱説明書をよく御覧になり適切な方法でメンテナンスを行ってください。

①缶体の掃除

Ａ重油に含まれる不純物は燃焼後にはカスとして缶体に溜まります。燃焼カスが多く缶体内に溜まると暖房機の熱効率の低下やバーナーの不完全燃焼の原因となります。

また、このカスは湿気を帯びやすく、長期間放置しておくと缶体の腐食を助長することがあります。

熱効率を維持するために、また缶体を長持ちさせるためにも、１年に１回は、必ず缶体の掃除を行いましょう。

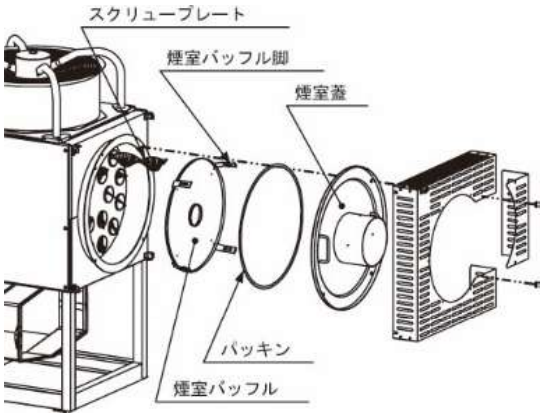
- 暖房機の電源を切り、燃料バルブを閉めてから、加温機後部の煙室蓋を外し、スクリュープレートを抜き取ります。
- 古くなった煙室のパッキンは、ガス漏れのおそれがあるので、必ず、新品と交換しましょう。

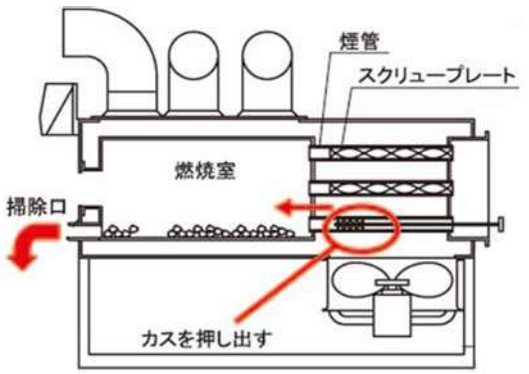
↓

- スクリュープレートの汚れをワイヤブラシなどで落とします。
- 焼損したスクリュープレートは暖房効率を維持するため新品と交換します。

↓

- 煙管に溜まったカスは燃焼室側に押しだし掃除口からかき出します。
- 終了後は、掃除口のフタは元通りにしっかり締めましょう。

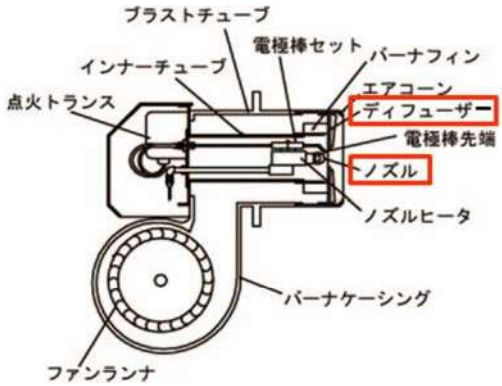




②バーナーノズル周辺の清掃

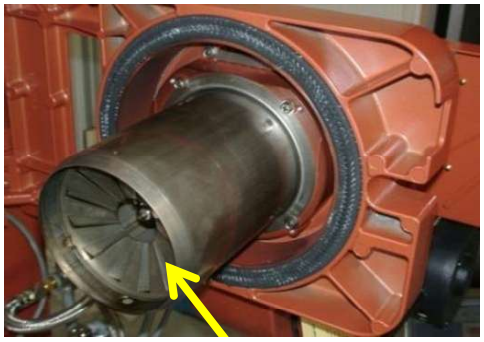
バーナーノズル周辺の燃焼カスによる汚れは燃料と空気の正常な混合を阻害し、完全燃焼を妨げます。ノズル周辺は１ヶ月毎を目途に定期的に掃除をしましょう。

また、ディフューザーが汚れていたら、ウエスやワイヤブラシ等を使用して汚れを落としましょう。汚れが落ちにくい場合は灯油や油汚れ用のクリーナーなどを使用すると落としやすくなります。





清掃前、ススで真っ黒のエアコーン、ディフューザーの状態

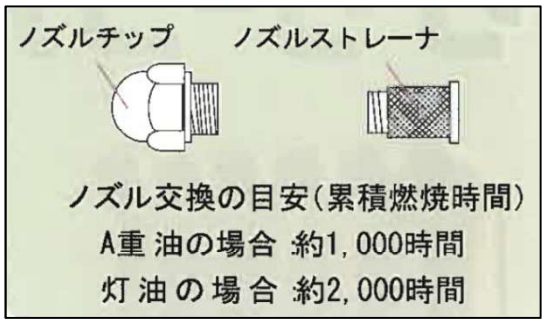


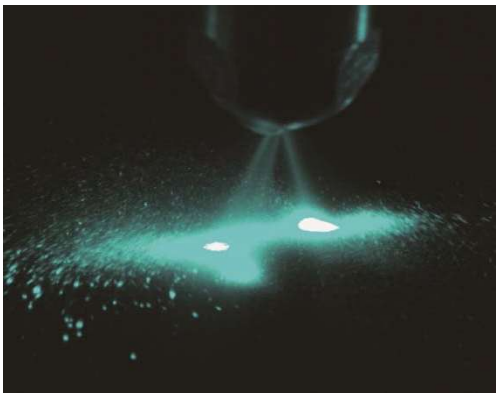
清掃後のエアコーン、ディフューザーの状態

③バーナーノズルの交換

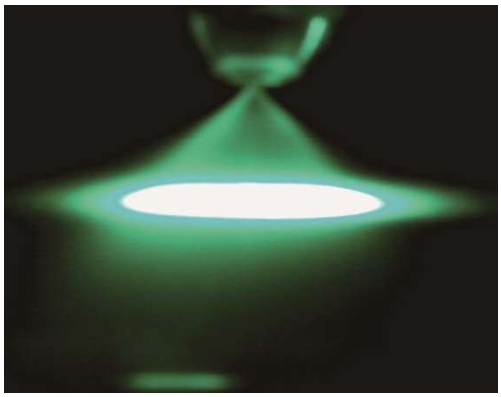
　燃料噴霧ノズルは高圧で噴霧するため、使用とともに磨耗します。摩耗が進むと燃焼状態の悪化による燃料のムダ遣いとなるだけでなく、噴霧量の増加によって過負荷状態になり、異常な高温により缶体を傷めたりすることがあります。

　暖房機の故障予防のためにも定期的にノズルの交換を行いましょう。



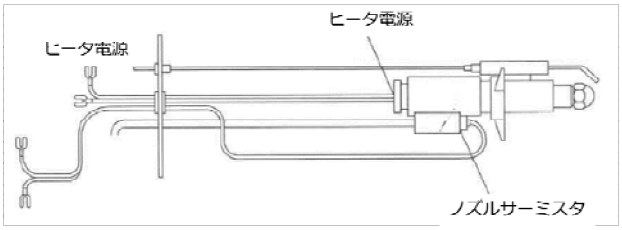


異常な噴霧パターン



正常な噴霧パターン

　また、ノズルヒーターは断線しやすく故障しやすい箇所です。ノズルヒーターが働いていないと燃料消費量の増加や不着火、黒煙の発生等につながります。ノズルヒーターに不具合があると液晶画面にエラーコードが表示されるので確認して、故障の場合には修理しましょう。

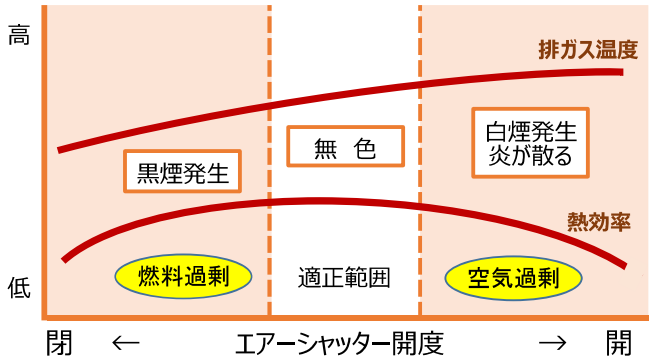


ノズルヒーター

④エアーシャッターの調整

　バーナーのエアーシャッター（燃焼空気取入口）を調整することで燃焼状態を改善し、燃焼効率を高めることができます。

　エアーシャッターは開けすぎても閉めすぎても燃焼効率は低下しますので、煙突から出る排気ガスの色で燃焼状態を確認しましょう。



- 煙突から白煙が出る場合には、エアーシャッターを閉じ気味にして燃焼空気量を少なくして調整。
- 煙突から黒煙が出る場合には、エアーシャッターを開け気味にして燃焼空気量を増やして調整。

- 排煙が無色になったらエアーシャッターの固定ネジを締めましょう。



エアーシャッターの調整部

※ 調整後、直ちに排煙の色が変わる訳ではないので、しばらく様子を見ながら調整しましょう。

⑤適切な燃料の使用

　燃油暖房機の主な燃料であるＡ重油は日本工業規格（JIS）により品質が規定されていますが、夏期に生産されたＡ重油を冬期に使用すると、セジメント（Ａ重油中に含まれる残炭分が析出してできる生成物）が増加して、フィルターの目詰まり等を引き起こす可能性があります。

　暖房機を長持ちさせるためにも、長期間（３ヶ月以上）保存したＡ重油は使用しないなど、適切な時期に適切な油を使用しましょう。



適正な燃料の貯蔵と利用

⑥温湯暖房の場合の留意事項（腐食抑制剤の使用）

温湯暖房の場合には、水に対するメンテナンスが必要です。ボイラーや配管内にサビ等が発生すると、熱伝導の低下によりエネルギーロスが生じたり、腐食により設備が破損、漏水するおそれもあります。

そのため、１年に１回は缶水を入れ替え、缶体内を一度最高温度（85℃程度）に沸き上げるなどのメンテナンスを行うとともに、半年ごとを目安に腐食抑制剤を缶水に投入して、缶体や配管内の防食性を維持させることが必要です。



腐食抑制剤を使用している缶体



腐食抑制剤を使用していない缶体
（缶体内が腐食し、サビ泥が付着）

（３）暖房機の排熱利用

燃油式暖房機では、発生した熱の全てを暖房に利用できる訳ではなく、排気ガスとして室外に排出される熱が存在しています。

この熱を回収して有効利用するための装置が排熱回収装置です。排熱回収装置による排気熱の回収率は機種によって異なりますが、3～5%程度の燃油削減効果が見込まれることから、設定温度が高く、暖房期の稼働時間が長い作物ほど効果が大きくなることが期待されます。



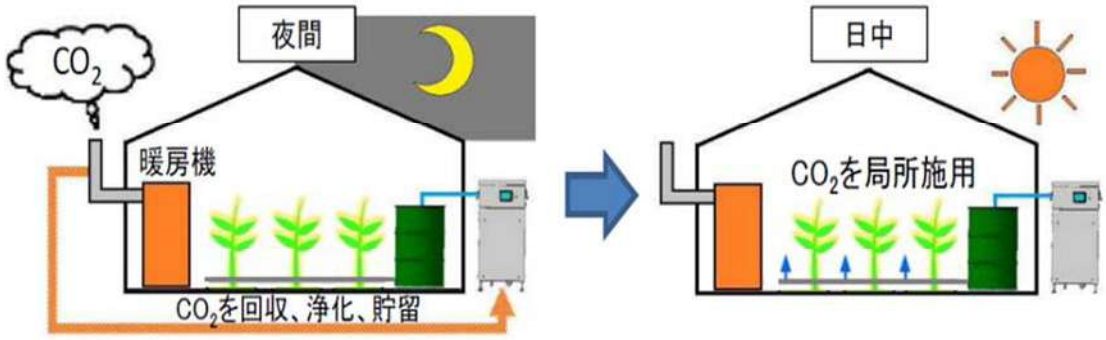
排熱回収装置

なお、排熱回収装置を利用する際には、装置内で結露水と硫黄分が反応して生じる腐食性の高い酸性水（主に硫酸）の処理が必要であるとともに、腐食を防ぐためには硫黄分の低いローサルファーA 重油の使用が推奨されています。

【コラム】暖房機排気ガスからの CO_2（二酸化炭素）の回収・利用

夜間に暖房機から排出されている排気ガスの一部から、吸脱着剤を利用することにより、有害成分を除去して CO_2（二酸化炭素）を回収・貯留し、日中に光合成を促進させるために作物に CO_2 を施用する技術が開発されており、専用の装置が製品化されイチゴやキクなどで導入されています（燃料はローサルファーA 重油に限る）。

この技術を導入すると、暖房機から排出される CO_2 の削減と、燃焼式 CO_2 発生装置の燃油使用量の削減が可能となり、省エネと温室効果ガスの排出削減を図りながら、作物の収量や品質の向上を図ることが期待されます。

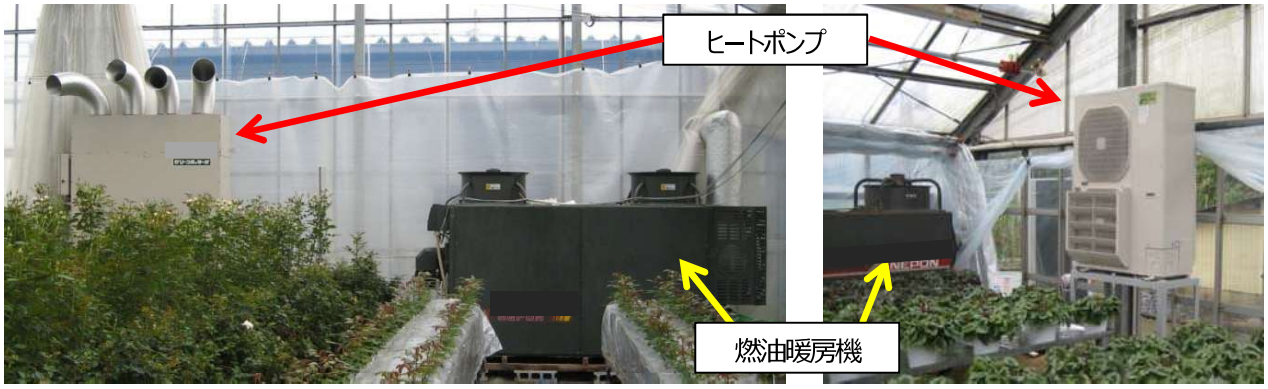


2　ヒートポンプの利用とメンテナンス

（1）ヒートポンプの特徴とハイブリッド運転

ヒートポンプは燃油暖房機のように燃焼により熱エネルギーを直接取り出す設備ではありません。電気等のエネルギーで圧縮機を動かし、外気等の低温熱エネルギーを高温熱エネルギーに変換させることで加温するものです。このため、少ない投入エネルギーで効率的に熱エネルギーを利用することができます。

ヒートポンプは燃油暖房機に比べ高価なため、暖房の全てをヒートポンプでまかなうと導入コストが過大になることもあり、施設園芸においては、既存の燃油暖房機との併用により、ヒートポンプを優先的に運転するハイブリッド方式が主流になっています。



ヒートポンプと燃油暖房機のハイブリッド運転

①ヒートポンプの種類

ヒートポンプには、駆動方式や熱源の種類、熱供給の方法などによっていくつかの種類があります。

一般的なのは、空気を熱源とした電気モーターで圧縮機を動かすタイプのヒートポンプで、施設園芸で用いられているヒートポンプの大部分を占めています。

このほか、地下水や地中熱を熱源として利用するヒートポンプ、圧縮機をガスエンジンで動かすヒートポンプも導入されています。

項目	種類
駆動方式	電気式
	エンジン式（ガス、ディーゼル）
熱源	空気（外気）
	水（地下水、河川水、温廃水など）
	地中熱（浅層、深層）
熱供給	温風
	温水
利用形態	暖冷房（除湿）用
	暖房専用
	冷房（除湿）専用



地下水熱源ヒートポンプ（室内機）

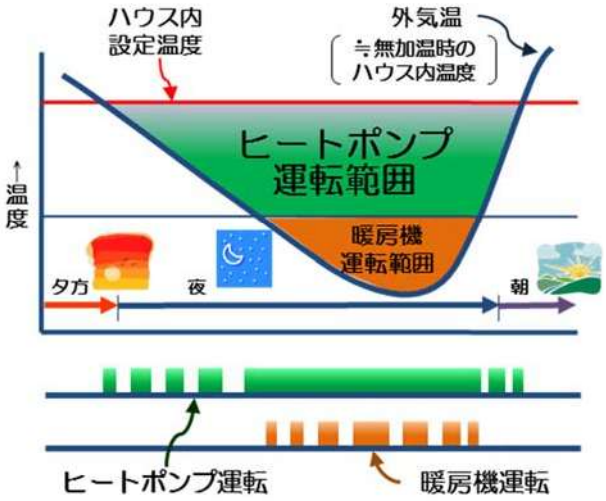


ガスヒートポンプ（室外機）

②ハイブリッド方式の運転方法

　ハイブリッド方式は、エネルギー効率の良いヒートポンプを優先して運転し、ヒートポンプのみでは室温維持が困難となる低温時に燃油暖房機と併用運転する方法です。

　これによりヒートポンプの導入規模を抑制できるため、導入コストや電力契約の基本料金を軽減できるほか、デフロスト（除霜）運転の際に燃油暖房機で補完できる、大雪等による室外機停止時のリスク回避になるなどのメリットがあります。



ハイブリッド方式の運転イメージ

　ハイブリッド方式では、ヒートポンプと燃油暖房機の連携運転が重要で、これをうまく調整できないと適切な温度管理ができず、省エネ効果が期待できません。

● ハイブリッド運転時の温度設定のポイント

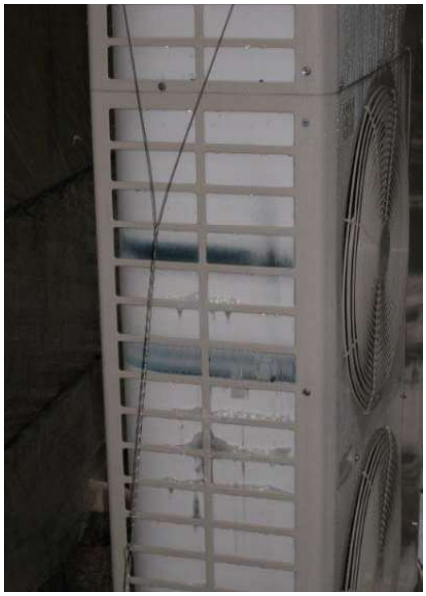
ヒートポンプの設定温度は燃油暖房機の設定温度より **2～3℃高く設定**し、ヒートポンプを優先的に運転するように制御するのがポイントです。

【コラム】ヒートポンプのデフロスト（除霜）運転

　外気温が低下（おおむね 5～6℃以下）すると室外機に霜が付着するために、この霜を融かすためのデフロスト運転が行われます。

　デフロスト運転の間隔や継続時間は外気の温度・湿度のほかヒートポンプの機種によっても異なりますが、デフロスト運転が行われている間は暖房運転が中断（一般的には 5～10 分程度）されます。

　生産現場での工夫として、チューブ等で地下水を散水して霜を付着させないようにする方法もありますが、地下水の水質によっては、熱交換器の腐食や付着物による能力低下を引きおこすのおそれがあるので、注意が必要です。



霜が付着した室外機

（2）導入の際の留意点

①適切な導入規模の検討

　ヒートポンプを導入して十分な省エネ効果を得るためには、適切な導入規模とすることが重要です。

　ヒートポンプの導入にあたっては、設置場所の気象条件、温室の設定温度や被覆設備の状況などの諸条件を踏まえた暖房負荷計算により、ヒートポンプの設置容量を明らかにし、必要となる導入コストと見込まれる省エネ効果（ランニングコストの低減効果）を確認しながら適切な導入規模（台数、能力）となるようヒートポンプメーカー等と十分に検討することが必要です。

②高圧受電設備（キュービクル）の設置

　複数のヒートポンプを導入する場合、使用電力が 50kW 未満であれば低圧受電（200Ｖ）となりますが、導入台数が多くなり使用電力が 50kW を超えると高圧受電（6000Ｖ）となります。

　高圧受電になると受電のための設備（キュービクル）が必要となり、その設備投資が必要となるとともに、高圧受電設備には電気事業法に基づく定期的な保守点検が義務づけられます。



高圧受電設備（キュービクル）

（3）設置の際の留意点

①設置場所の条件

　ヒートポンプの室外機周辺に障害物があると排気（冷気）が拡散されずに周りに停滞します。この冷えた空気を再び吸い込んでしまう（ショートサーキット）と、熱交換をすることが難しくなり、運転効率が低下しやすくなります。

　室外機周辺には空気の流れを妨げる障害物がないように配慮（物を置かない、囲わないなど）しましょう。

　また、室内機についても、暖房効率を高め、保守管理を容易にするために周りの構造物と十分な距離を確保するようにしましょう。



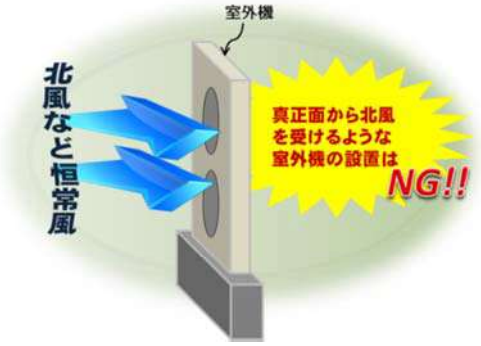
室外機の不適切な設置の例（ショートサーキットが発生しやすい）

②恒常風の影響への対策

通常、室外機は温室の妻面に設置されますが、風が決まった方向（特に北風）から吹いてくる場所では、その方向に室外機を向けると熱交換ファンの送風量が低下するとともに、低温吹き出し空気を再び吸い込むことになります。

これにより、室外機の表面温度が低下してデフロスト運転の頻度が増え、運転効率が低下します。

このため、室外機は、恒常風の影響を受けない温室面に設置する、恒常風を真正面から受けないように設置する、吹き出し空気が流動するように風向ガイドを取り付けるなどの工夫が必要です。




風向ガイドを取り付けた室外機

③デフロスト水、積雪への対策

ヒートポンプのデフロスト運転時には思いのほか多量の水が排水されるため、温室の脇（室外機の設置面）に排水溝がない場合にはデフロスト水の処理が大きな課題になります。


夜間にデフロスト水が凍結

水が溜まると室外機下部の土がぬかるみ、室外機が沈み込んだり夜間の低温により室外機付近が凍結しやすくなります。この繰り返しによって室外機が傾き、転倒するおそれもあります。

このため、室外機下部への敷砂利やコンクリート基礎、架台の設置等によりデフロスト水を室外機付近に溜めないための工夫をしましょう。

また、積雪に対しても架台の設置、雪よけ屋根や防雪フードの設置などの対策をとりましょう。




デフロスト水や積雪の影響に対応した適切な設置（例）

④室内機と室外機の適切な配置（配管長、電線の太さ・長さ）

　室内機と室外機をつなぐ配管の長さが 10m延びるとヒートポンプの能力が 1～2%程度低下してしまいます。設置業者と設置位置について十分相談のうえ、室内機と室外機をなるべく近くに設置するようにしましょう。

　電線はヒートポンプメーカーが推奨する太さ以上でないと電圧降下を起こす可能性があります。また、推奨の太さの電線であっても、引込柱から室外機までの電線の長さが長いと電圧降下を起こす可能性があります。電気工事者に相談して電圧などを計算してもらい、適切な電線を敷設するようにしましょう。



室内機と室外機の適切な設置例

（4）運転・管理の際のポイント

①エアフィルターの点検・清掃

　室内機のエアフィルターが汚れたまま運転すると目詰まりを起こし、消費電力が増加する可能性があります。

　加えて、目詰まりにより風量が低下すると暖房能力も低下してしまいます。エアフィルター、室外機の吸い込み口・吹き出し口の汚れは週１回程度点検し、汚れがある場合にはブラシ等で清掃しましょう。


エアフィルターを取り外す


ほうきやブラシで清掃

②ヒートポンプ配管部の隙間等の点検

　室外機と室内機との配管は、温室の側面を通過させる必要があるため配管方法によっては隙間を作ってしまうケースもあります。被覆部分の隙間は温室の保温性を低下させるだけでなく、この付近にヒートポンプを設置すると隙間からの冷気を吸い込んで暖房効率が低下してしまうため、配管部に隙間ができていないか確認しましょう。

　また、ヒートポンプの稼働時に換気扇が動いていたり、換気窓が開いていると効率の良いヒートポンプを使用しても負荷が大きくなり、想定していた省エネ効果が期待できなくなるため注意しましょう。

③ヒートポンプ運転時の留意点


硫黄くん蒸装置

　ヒートポンプと硫黄くん蒸装置を同時に運転するとヒートポンプの部品として多く使用されている銅や銅合金が硫黄と反応し、室内機を故障又は破損させるおそれがあります。

　硫黄は金属の腐食を助長し、特に銅や銅合金への影響が大きい物質です。原則として、硫黄くん蒸は行わないようにしましょう。

　また、燃油暖房機に比べると一般的にヒートポンプの送風能力は小さいため、温室内の温度分布を確認のうえ、不均一な場合には、送風ダクトや循環扇を活用しましょう。

3 木質バイオマス暖房機の利用とメンテナンス

（1）木質バイオマス暖房機の特徴とハイブリッド運転

木質バイオマスを利用した暖房機は、燃焼で発生するCO_2が大気中に放出されますが、排出するのは樹木の時に吸収したCO_2だけで、大気中のCO_2を増加させるものではない（＝カーボンニュートラル）ことから、地球温暖化対策としても有効な暖房方法です。

木質バイオマス燃料には、薪、木質チップ、木質ペレットなどがあり、施設園芸では、主に木質ペレットや木質チップを燃料とした温風機やボイラーが導入されているほか、比較的設備費が安価な薪ストーブも導入されています。

木質バイオマス暖房機は、燃油暖房機の代替設備として利用することもできますが、燃料に着火してから安定燃焼に入るまでに時間を要するため、既存の燃油暖房機と組み合わせたハイブリッド方式の運転方法とするなど工夫が必要です。



木質ペレット暖房機



薪ストーブ

①主な木質バイオマス燃料

木質バイオマス燃料には、薪、チップ、ペレットなどといった様々な形態のものがあり、それぞれの燃料に対応した暖房設備が必要になります。

区　分	薪	木質チップ	木質ペレット
特　徴	・製造が容易で自家生産も可 ・燃料の供給が人力 ・火力の調整が難しい ・乾燥が十分でないと燃焼時に煙が発生 	・比較的容易に製造 ・燃料の自動供給は可能だが詰まりやすい ・エネルギー密度が低い ・原材料により含水率が異なる 	・製造コストが比較的高い ・燃料の自動供給が容易 ・火力の調整が容易 ・大きさが均一で扱いやすいが水や湿気に弱い 
含水率（WB）	15%前後	35～55%	10%前後
低位熱量	15～16MJ/kg	8～12MJ/kg	16～17MJ/kg

②ハイブリッド方式の運転方法

木質バイオマス暖房機もヒートポンプと同様に燃油暖房機との併用によるハイブリッド運転とすることで効果的な暖房が可能となります。

この方式では、燃油暖房機との連携運転が重要で、これをうまく調整できないと適切な温度管理ができず、省エネ効果が期待できません。

● ハイブリッド運転時の温度設定のポイント

木質バイオマス暖房機の設定温度は燃油暖房機の設定温度より**1～2℃高く設定**し、木質バイオマス暖房機を優先的に運転するように制御するのがポイントです。

（2）導入の際の留意点

①燃料の供給体制

木質バイオマス暖房機の導入にあたっては、まず「燃料が安定的かつ持続的に確保できるか」という観点からの検討が重要です。

特に、木質バイオマス燃料はエネルギー量あたりの体積が大きく、燃料の運搬コストが課題となるケースも多いことから、供給元がどこにあって、どのような品質の燃料が、どれだけ安定的に供給されるかを十分に確認しておくことが必要です。

②設置場所の確認

木質バイオマス暖房機（特に木質チップボイラー）は燃油暖房機に比べてサイズの大きなものが多いため、温室内に十分な設置スペースの確保が必要です。

また、燃料貯蔵タンク（サイロ）の設置が必要であるため、温室外にも最低でも 2m×2m 程度の設置スペースが必要です。

設置スペースの確認とあわせて、設置により、内張カーテン等への影響がないか、温室に日陰ができないか、貯蔵タンクへの燃料の投入作業が難しくないかなどについて、事前に検討しておくことが必要です。



貯蔵タンクの設置スペース

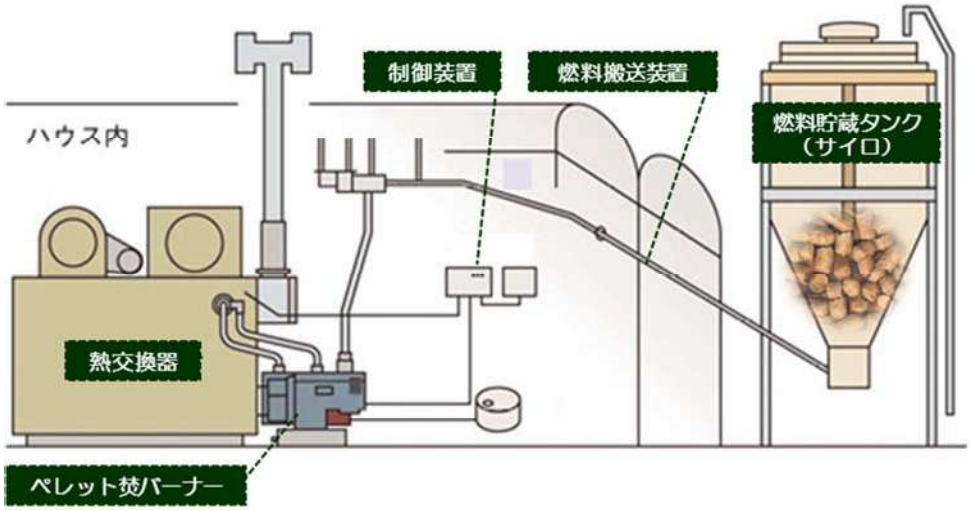


貯蔵タンクへの燃料の投入

（3）設置の際の留意点

貯蔵タンクから木質ペレットなどの固形燃料を搬送する燃料搬送装置が長くなれば、燃料詰まり等のトラブル発生の原因になります。設置業者とも相談のうえ、貯蔵タンクから暖房機本体までの距離は 15m 以内に収まるよう心がけましょう。

また、暖房機本体の設置場所は温室の端側になる場合がほとんどですが、温室内の空気の流れ、暖房効率、送風ダクトの配置バランス等を適正化するためにできるだけ端側の中央部に設置しましょう。



木質ペレット焚暖房機のシステム

（4）運転・管理の際のポイント

①木質バイオマス暖房機の点検・清掃

木質バイオマス暖房機と燃油暖房機との違いは、木質バイオマス燃料の燃焼により燃焼灰が発生するという点です。

加えて、暖房効率の低下や不着火などのトラブルを防止するため、燃油暖房機よりも頻繁（２～３日に１回から月に１回程度）に清掃する必要があります。

また、機種によっては清掃箇所が複数あり、箇所ごとに清掃頻度が異なる場合がありますので、暖房機メーカーの推奨する方法・頻度で清掃を行ってください。

なお、バーナー部や燃焼炉などの清掃・点検については、メーカーの専門技術者に依頼しましょう。



木質バイオマス暖房機の燃焼灰の清掃

【コラム】木質ペレット・木質チップの焼却灰の有効利用

木質ペレットや木質チップの燃焼灰のうち、「有効活用が確実でかつ不要物とは判断されないもの」については産業廃棄物に該当しない旨の見解（平成 25 年 6 月 28 日付け環境省産業廃棄物課長通知）が示されており、畑の融雪剤や土壌改良材として有効に活用することができます。

焼却灰の取扱いについて疑問があれば、都道府県・政令市に相談しましょう。



木質ペレットの燃焼灰

②ダウンシュートへの対策

木質バイオマス燃料の着火には、A 重油や灯油を燃料とするバーナーを用いる機種が多く、着火してから安定燃焼に入るまでに 5 分程度の時間を要することから、なかなか設定温度に達しないという場合があります（ダウンシュート）。

燃油暖房機のように ON-OFF 制御を即時に行うことが難しい構造であるため、点火回数をなるべく抑えて効率的な運転管理を行うことがポイントになります。

この特徴を十分認識したうえで、ダウンシュート対策として再着火モードに入るタイミングを早めるように暖房機の設定温度を調整する、もしくはハイブリッド方式の運転方法を活用するといった工夫をしましょう。



木質ペレットの燃焼

③燃料の供給や貯蔵の留意点

運転管理を適切に行うため、燃料貯蔵タンク（屋外サイロ）から暖房機本体にいたる木質ペレット等の燃料の供給経路に異常がないことを確認しましょう。

また、木質バイオマス燃料は水分を吸収しやすく、例えば木質ペレットでは吸湿すると形状が失われます。

加温シーズンが終了したら燃料貯蔵タンク（サイロ）を空の状態にするとともに、湿度の高い梅雨時期や夏場には燃料を保管しないようにしましょう。



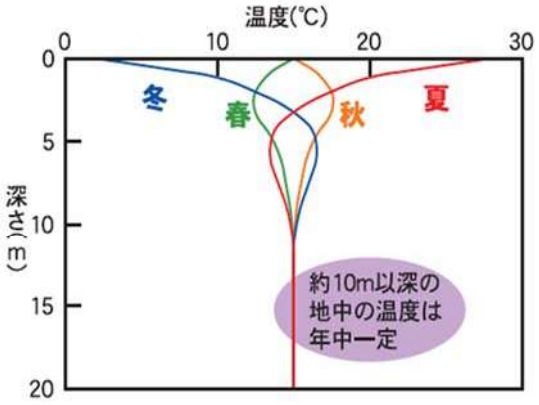
燃料の供給経路

４　自然エネルギーの利用

（１）地下水・地中熱の利用

地中深層の地下水や地中の温度は、年間を通してその地域の年平均気温程度で安定しており、冬期には外気よりも暖かい熱源となります。

施設園芸においても、地下水や地中の熱を活用して暖房の省エネ化を図るための技術として、ウォーターカーテン、地中熱ヒートポンプ、熱交換器などが導入されています。



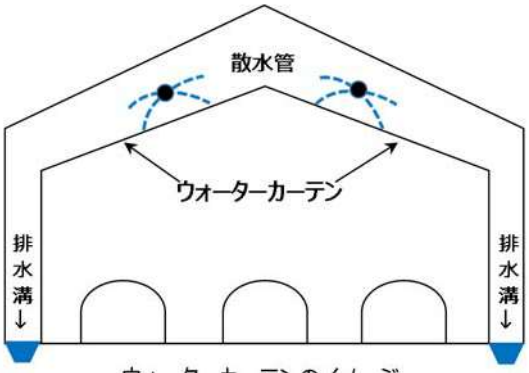
季節による地中温度の変化イメージ
（環境省資料より）

①ウォーターカーテン

ウォーターカーテンは、地下水を散水ノズルで温室内の内張カーテン上部に散水して被覆面の温度を高め、温室内からの放熱を抑制して室内の温度を維持する技術です。

地下水の温度は冬でも 14～17℃程度あることから、イチゴなど設定温度の低い作物であれば無加温での栽培も可能となり、ウォーターカーテンだけでは設定温度が維持できない場合にも、暖房機を補助的に使用することで設定温度を維持することができます。

ウォーターカーテンを導入する場合には、多量の地下水の汲み上げが必要であるとともに、ハウス内が高湿度となることや地下水に鉄分が多く含まれる場合にはカーテンが茶色く着色することなどにも注意が必要です。



ウォーターカーテンのイメージ



散水管より地下水を散水している様子

②地中熱ヒートポンプ

地中熱ヒートポンプは、地下水または地中の熱を熱源に利用するヒートポンプです。

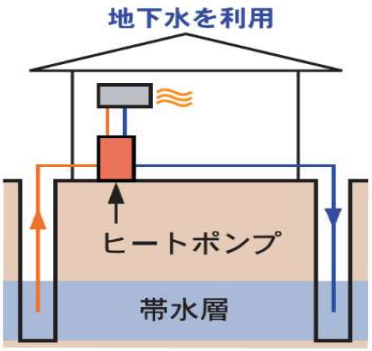
地中熱ヒートポンプは、冬期には外気温よりも高い温度で安定している地下水や地中の熱を熱源としているため、効率的な運転が可能で、デフロスト（除霜）運転が発生しないことから、ランニングコストを安く抑えることができますが、井戸の掘削や熱交換器の埋設などの土木工事が必要となるため、設備導入コストは高額となります。

また、地中の温度は、夏期には外気温よりも低いことから、冷房運転を行う場合にも地下水等を利用して効率的に冷房を行うこともできます。

＜地下水熱源ヒートポンプ＞

地下水熱源ヒートポンプは、井戸から揚水した地下水をそのままヒートポンプで熱交換させるもの（オープンループ方式）です。地下水の水温は地域によって異なりますが年間をとおして一定で、安定した良質の熱源です。

この方式では、地下水の水質によっては、ヒートポンプの熱交換器にスケールが付着する問題があることや地下水の汲み上げ規制の制限を受けることから、水質が良く、地下水障害のおそれのない場合に適用することができます。

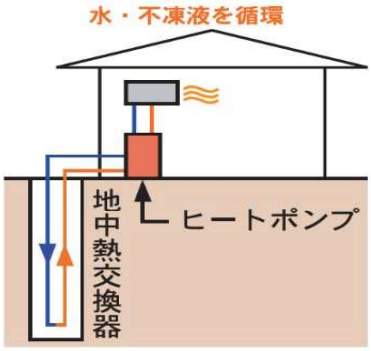


オープンループ方式
（環境省資料より）

＜地中熱源ヒートポンプ＞

地中熱源ヒートポンプは、深度 100m 程度までの地中に熱交換器を埋設し、パイプ等に水や不凍液を循環させて地中の熱を回収してヒートポンプで熱交換させるもの（クローズドループ方式）で、深度 10m までの浅層熱源方式と深度 50～100m 程度の深層熱源方式があります。

地中熱源ヒートポンプは、吸熱により集熱パイプ周辺の地温が低下するため、周辺からの短期的・長期的な熱供給がなければ、熱源の温度が徐々に低下します。

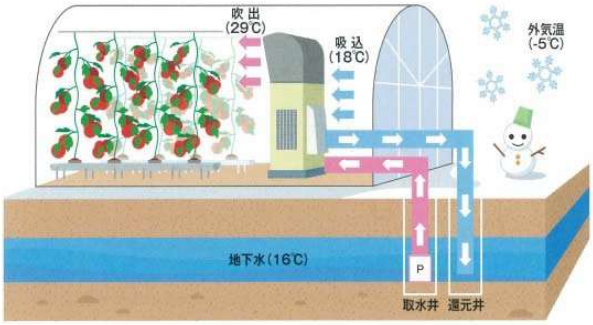


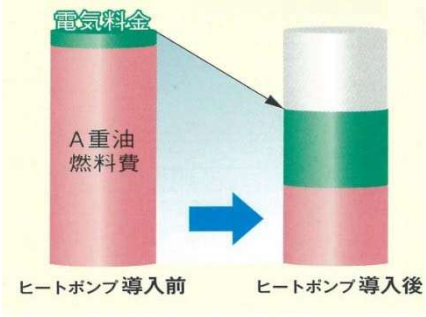
クローズドループ方式
（環境省資料より）

【事例】地下水熱源ヒートポンプの導入によるランニングコストの低減

宮城県栗原市の「有限会社サンアグリしわひめ」では、2013 年に 2ha のトマト栽培ハウスに地下水熱を利用したヒートポンプ 40 台を導入し、既設の重油ボイラー（5 台）とのハイブリッド運転を行っています。

栗原市志波姫地区は日最低気温平均値が－5℃程度まで冷え込む地域ですが、冬季でも 16℃と水温が安定している地下水を熱源としているため、デフロスト（除霜）運転の必要がなく、外気温に左右されずに高効率の安定した運転が可能となっており、年間のランニングコストを約 34%削減できています。





出典：東北電力ホームページ

③熱交換器

地下水等の熱を温風に変換する設備として「水－空気熱交換器」があります。

熱交換器は、地下水の熱交換のみで温風を発生させるため、一般的な地下水（水温 14～17℃程度）を利用する場合には、暖房の設定温度が地下水温より 4～5℃以上低い作物に有効とされますが、燃油暖房機と組み合わせて利用することにより、燃油使用量の軽減が期待されます。

（温泉水や工場排熱水など温度の高い水を利用する場合には、幅広い温度設定の作物で利用できます。）

熱交換器も地中熱ヒートポンプと同様に夏期には外気温よりも温度の低い地下水を利用して冷房に活用することも可能です。



熱交換器

（２）太陽熱の利用（採光条件の確保）

温室内では、昼間には太陽光により地面に熱が蓄えられ、夜間にはその熱は温室内へと供給（放出）されるため、太陽熱の蓄熱量を増加させることによっても、暖房エネルギーを抑制することができます。

太陽光が温室内に十分に行き渡るように、障害物や被覆資材の汚れ等を取り除いて外張資材の光透過率を向上させることにより、採光条件を確保することが必要です。

①採光を妨げる障害物の確認

温室の内外に採光を妨げるような資材や機材がないか確認し、当面必要のないものは、採光に影響のない場所に移動させましょう。

②被覆資材の汚れ等の確認

被覆資材に汚れ等が付着していないか確認し、汚れ等が付着していた場合には、被覆資材を洗浄しましょう。

その際、ブラシ等を使うと被覆資材の表面に細かい傷がついて逆に汚れやすくなるので、圧力をかけた水で洗浄するなど傷がつかないように留意しましょう。





汚れ等が付着した被覆資材の例

5　温度センサーの設置と点検

（1）温度センサーの設置と点検

暖房機は設定された室内温度になるように自動運転しますが、温度センサーが感知する温度が暖房の開始・停止を決定することになるので、室内温度が正しく測定できていないと、暖房機を過剰に運転してしまい、結果的に無駄なエネルギーを消費してしまいます。

温度センサーが適切に設置されているか、そして正常に作動しているか、必ず点検・確認しましょう。

● 温度センサーの設置と点検のポイント

ア　温度センサーは作物の生長点付近などの適切な高さに設置

イ　暖房機や送風ダクトの吹き出し口付近への設置は避ける
　→ 急激な温度変化の感知により適正な温度管理が困難になるうえ、運転・停止を頻繁に繰り返し、暖房機の故障の原因になりやすい

＜温度センサーの設置（例）＞



イチゴ土耕栽培



イチゴ高設栽培



ピーマン



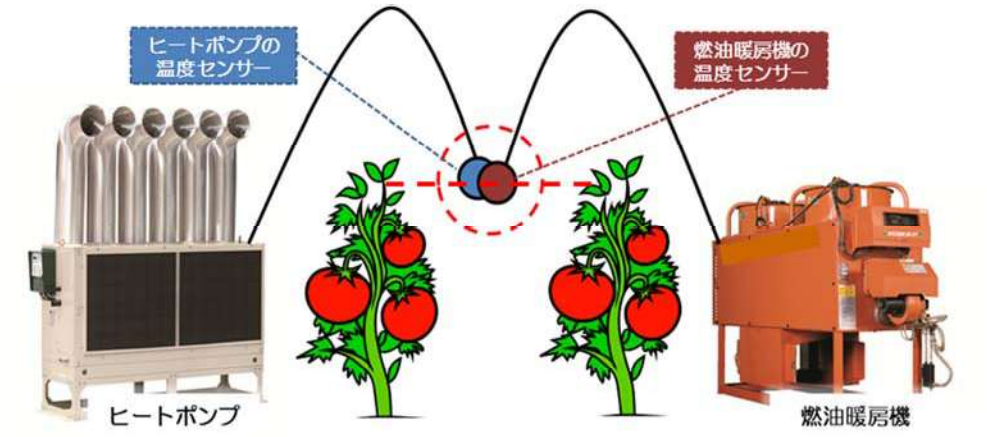
メロン（果実肥大期）

（2）ハイブリッド運転の場合の留意点

ハイブリッド（ヒートポンプと燃油暖房機、木質バイオマス暖房機と燃油暖房機）運転の際の温度センサーは、同一のものを用いるようにしましょう。

別々の温度センサーによる場合は、以下の点に注意が必要です。

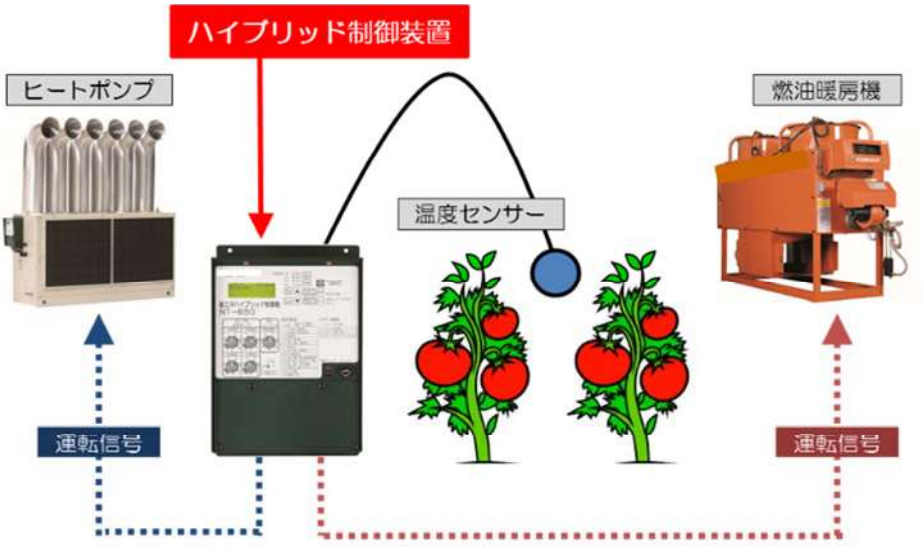
ア それぞれの温度センサーを同じ位置（作物の生長点付近）に設置し、同一の温度を示すことを確認する
イ 誤差がある場合は補正する



ハイブリッド方式運転時の温度センサーの設置
（各機器で温度センサーが異なる場合）

<ハイブリッド制御装置>

ヒートポンプと燃油暖房機の運転を一つの装置で制御し、省エネと温度管理を的確に行う専用のハイブリッド制御装置があります。制御装置は同一の温度センサーで温度を計測し、ヒートポンプと燃油暖房機に適切な運転信号を送るため、設定温度を維持しながら効率よく運転できます。



ハイブリッド制御装置による温度管理

1 気密性の向上

温室の保温効果を高めるためには被覆面に隙間を作らないことが大切で、固定被覆資材や内張カーテンの隙間を少なくし、気密性を高めることは、経費をかけずにできる放熱を抑制する方法です。

なお、被覆資材には経年劣化があり、水滴の落下（ぼた落ち）が発生するようになると、作物への悪影響が生じるようになりますので、被覆資材の状態を確認した上で定期的に更新を行うことが必要です。

（1）外張被覆の点検

温室からの放熱には、被覆資材の隙間や破れ等から逃げる熱と被覆資材や温室構造材を通過する熱があります。

温室の隙間や破れ等からの放熱は日頃の点検で大部分を防ぐことができますので、見つけしだいすぐに対処して温室内の保温性を高めましょう。

● 外張被覆の点検・対策のポイント

ア 温室の外張被覆の破れや隙間の点検
イ 天窓や出入口の破損、隙間の点検
ウ 被覆資材留具の緩みの点検
エ 換気扇シャッターや使用しない出入口の目張り、側面巻き上げフィルムの固定（冬期間）

＜外張被覆の省エネルギー対策（例）＞


外張被覆の隙間を目張り


出入口をフィルムで覆う


外張被覆をスプリング留め具で固定


使用しない出入口を目張り


換気扇のシャッターを目張り

（2）内張カーテンの点検

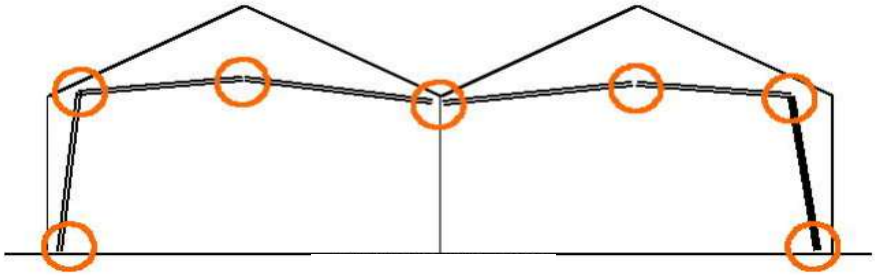
温室内に内張カーテンを展張することで温室の保温効果が一層高まります。

内張カーテンの保温効果を最大限に発揮させるには、カーテンのつなぎ目や裾部に破れ・隙間ができないよう十分に注意する必要があります。

また、多層被覆により寡日照や高温・多湿傾向を招くおそれがあるので、保温性だけでなく防曇性や防霧性、流滴性や通気性などを考慮した資材の選択、日中の換気や病害虫防除などの適正管理にも留意しましょう。

● 内張カーテンの点検・対策のポイント

下図のとおり、側面のカーテン裾部、出入口付近や妻面、多層カーテン肩部（側面と天井面のつなぎ目など）、温室の谷間部の隙間を日頃から点検して温室の保温性を確保しましょう。

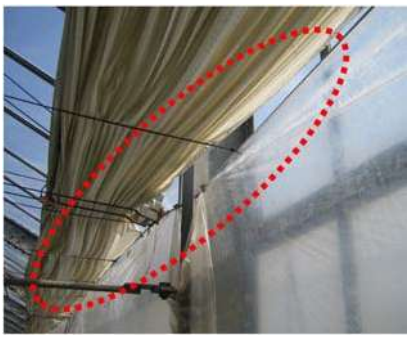


内張カーテンにおいて隙間ができやすい部分

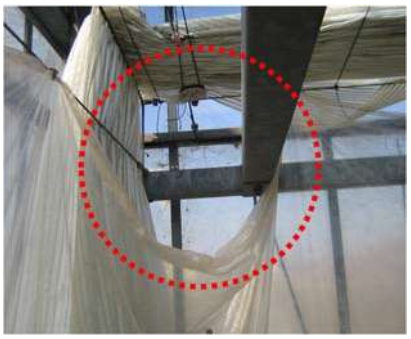
＜内張カーテンの隙間（例）＞



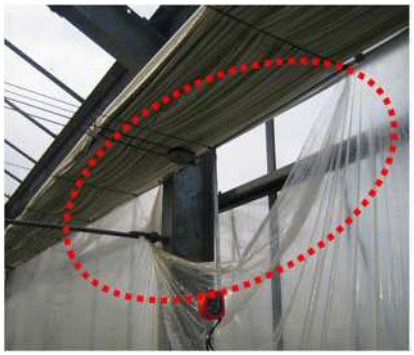
天井カーテンの隙間（妻面）



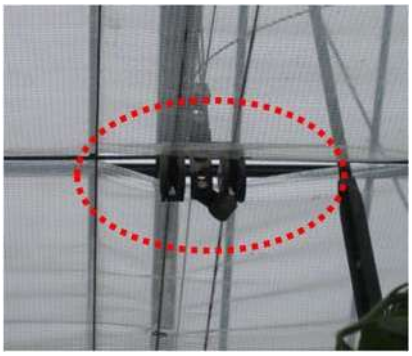
天井カーテンと側面カーテンのつなぎ目



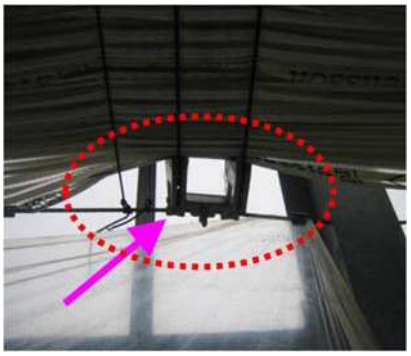
温室のコーナー部の隙間



肩部の垂れ下がりによる隙間



天井の滑車付近の隙間



肩部の滑車付近の隙間

<カーテン裾部の隙間>

カーテンの裾部が短かすぎることによる隙間、暖房時にカーテンがはためくことによってできる隙間に注意が必要であり、さらに、夜間は冷気が下降してカーテンが温室内側に膨らみ、温室内に冷気が侵入しがちです。

カーテン裾部を長めに確保し、留め具や土などの重しを乗せるなどして固定することにより保温性を確保しましょう。



冷気によるカーテンの膨らみ



カーテン裾部の固定（留め具）



カーテン裾部の固定（土盛り）

<出入口付近や妻面の隙間>

開閉により外気が侵入しやすい出入口付近や温室の妻面の隙間を点検し、内張カーテンの多層化等により高い保温性を確保しましょう。



妻面のカーテンの隙間



妻面のカーテンの隙間対策①



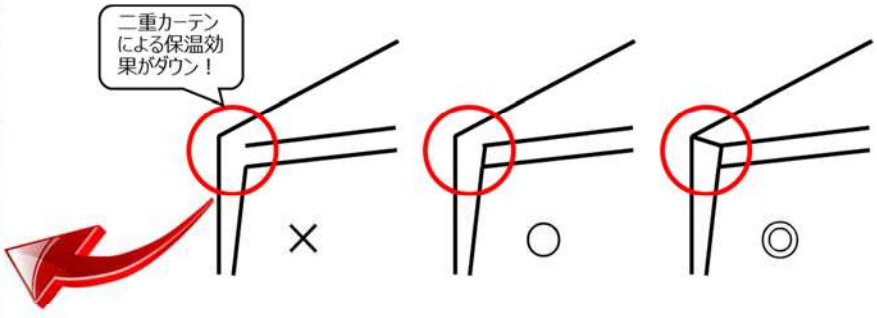
妻面のカーテンの隙間対策②

<多層カーテン肩部隙間>

２層カーテンの場合、１層目と２層目のカーテンの隙間をなくすこと、さらに、肩部分を遮蔽することにより保温効果を高めることができます（下図参照）。



多層カーテン肩部の隙間



＜内張カーテンの開閉＞

内張カーテンは温室内が適温に達した後に開放し、温室内の温度が下がらないうちに閉めましょう。開閉をタイマーで設定している場合は、その時期の日長（日の出、日の入り時刻）に応じて開閉時間の設定を調節しましょう。

また、内張カーテンを自動開閉させる際は、加温シーズン開始時に試験的に開閉させて隙間の点検を行いましょう。



内張カーテンの自動開閉

＜その他の留意事項＞

加温期間（冬期）における北風は温室の保温機能を低下させる要因になります。断熱資材（反射性資材、発泡資材等）を温室北面に固定張りすることも、温室の保温機能の確保に有効な対策です。

また、内張カーテンに結露水等が溜まり、下の写真のように金魚鉢状に膨らむことがあります。被覆資材が破損する要因になるため、持ち上げて水を抜く、小さな穴を開けて水を抜くなど、適切に対処しましょう。



温室北面へ断熱資材を固定張り



金魚鉢状に膨らんだ内張カーテン

2　多重化・多層化

（1）外張多重化

①固定２重被覆

　垂木などを用いてフィルムで屋根部や天井部を２重に固定張りし、加圧せずに断熱層を設ける方法があります（固定２重化）。

　この場合、高い光線透過性があり、光線不足による作物への影響を抑制できる被覆資材を使用することが有効とされています。



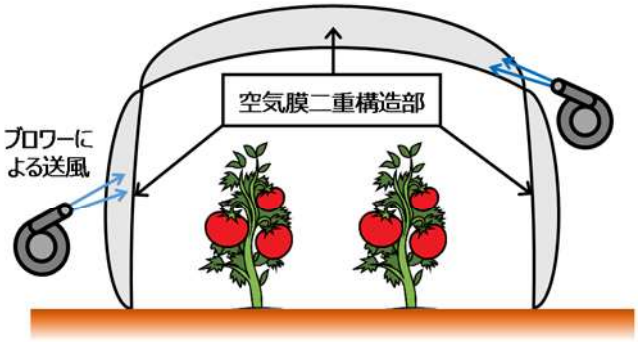
フッ素系硬質フィルムによる固定２重化

②空気膜２重被覆

　空気膜２重被覆は、温室の屋根面（または天井面）等の被覆資材を２重展張し、その間にブロワーや送風ファンで空気を送り込んで空気の断熱層を形成することにより温室の保温性を向上させる技術で、省エネ効果が期待できます。屋根面だけでなく、側面、妻面も一体的に空気膜２重構造とすることにより、さらに保温性を高めることも可能です。

　なお、空気膜の内部に結露が生じると昼間の日射透過を低下させる原因になるので、送風には水蒸気含量の少ない室外空気を使用する方が結露の減少に効果があります。

　また、夏期・高温期の日中は室内が高温になりやすいため、適切な換気に留意する必要があります。



空気膜２重構造の温室のイメージ



空気膜の加圧のための送風ファン



空気膜２重被覆（屋根部）



空気膜２重被覆（側面部）

（2）内張多層化（2層・3層カーテン）

内張カーテンの展張による保温効果は多層被覆とするほど高くなり（3層＞2層＞1層）、また、天井だけでなく側面や妻面も一体的に多層化することで、より高い保温効果が得られます。温室全面の多層被覆に積極的に取り組みましょう。

内張カーテンによる保温効果は被覆資材の材質や厚みによって異なります。次のページ表－1 に示した被覆方法別の熱貫流係数（熱貫流率）(注) を参考に、保温の必要性に応じて適切な方法を選択し、省エネルギー対策に取り組みましょう。

また、2層のカーテンが密着してしまうと1層カーテンに近い保温効果となってしまうので、多層被覆の際には結露水等で被覆資材同士が張り付かない程度の間隔を設けましょう。

なお、多層化するほど光の透過性は低下するので、作物の生育特性とのバランスを勘案して取り組みましょう。

注：熱貫流係数（熱貫流率）

被覆資材における熱貫流係数（熱貫流率）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しています（単位は $W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$）。

なお、熱貫流係数は、天候やハウス形状などの条件によっても変動があります。

【コラム】内張カーテンの多層化による省エネルギー効果

内張カーテンを多層化し、その際、できるだけ保温効果の高い資材を使用することで、省エネルギー効果は向上します。

下の表は、主な内張カーテンの被覆方法による熱節減率を示したものです。熱節減率は設置した被覆資材からの放熱量の削減割合を示しており、例えば、1層カーテンを設置した場合の熱節減率 0.30（ガラス室）は、1層カーテンを設置していない場合に比べて 30%の放熱量が削減されることをあらわしています。

できるだけ熱節減効果の大きい被覆方法により暖房のエネルギー使用の削減に努めましょう。

区分	カーテンの種類	熱節減率	
		ガラス室	ビニールハウス
1層カーテン	農PO（ポリエチレンフィルム）	0.30	0.35
	LS同等品（シルバ1：透明1）	0.35	0.40
2層カーテン	農PO＋農PO	0.45	0.50
	農PO＋LS同等品（シルバ1：透明1）	0.50	0.55
3層カーテン	農PO（農ビ）＋農PO＋不織布	0.50	0.55
	LS同等品（シルバ1：透明1）2層＋通気性資材	0.55	0.60

出典：28 ページの表-1 をもとに算定した概数

表-１　被覆方法別の熱貫流係数（熱貫流率）

（Ａ）１重被覆

保温方法	被覆資材	熱貫流係数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$)
１重被覆 カーテンなし	ガラス、硬質板	5.8
	農ビ、農PO、硬質フィルム	6.4
	農ポリ	6.8

（Ｂ）保温被覆（その１）（固定張り資材：ガラス、硬質板、農ビ、農PO、硬質フィルム）

保温方法	カーテン資材	熱貫流係数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$)
１重＋１層カーテン	不織布	4.4
	農ポリ（ポリエチレンフィルム）	4.2
	農酢ビ（酢酸ビニルフィルム）	4.1
	農PO（ポリオレフィン系フィルム）	3.9
	農ビ（塩化ビニルフィルム）	3.8
	中空構造フィルム	3.7
	LS同等品（シルバ１：透明１）	3.7
	LS同等品（全面シルバ）	3.5
	布団資材（12mm～5mm厚）	1.8～3.0
１重＋２層カーテン	農ポリ＋不織布	3.6
	農ポリ２層	3.4
	農ビ（農PO）＋不織布	3.4
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋不織布	3.4
	農ビ（農PO）＋農ポリ	3.3
	農ビ（農PO）２層	3.2
	LS同等品（全面シルバ）＋不織布	3.1
	中空構造フィルム２層	3.1
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋農ビ（農PO）	2.9
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋中空構造フィルム	2.9
	アルミ蒸着＋不織布	2.9
	アルミ混入中空構造フィルム＋農PO	2.7
	LS同等品（全面シルバ）＋中空構造フィルム	2.7
	アルミ蒸着＋透明フィルム	2.5
	アルミ蒸着＋LS同等品（シルバ１：透明１）	2.5
	農PO＋布団資材（12mm～5mm厚）	1.5～2.5
１重＋３層カーテン	寒冷紗（または割布）2層＋不織布	3.4～4.2
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋不織布＋寒冷紗	3.1～3.6
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋不織布２層	2.8
	農ビ（農PO）＋農PO＋不織布	2.8
	農ビ＋農PO２層	2.7
	LS同等品（シルバ１：透明１）２層＋通気性資材	2.7
	中空構造フィルム＋透明フィルム２層	2.7
	中空構造フィルム２層＋透明フィルム	2.7
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋透明フィルム２層	2.6
	LS同等品（シルバ１：透明１）３層	2.5
	LS同等品（シルバ１：透明１）＋中空構造フィルム＋農ビ（農PO）	2.5
	LS同等品（シルバ１：透明１）２層＋中空構造フィルム	2.5

（Ｃ）保温被覆（その２）

保温方法	被覆資材	熱貫流係数 ($W \cdot m^{-2} \cdot ℃^{-1}$)
固定２重被覆 空気膜２重	カーテンなし	3.8
２重＋１層カーテン	農ビ、農PO	3.2
	中空構造フィルム	3.1

出典）施設園芸・植物工場ハンドブック

3　保温性の高い被覆資材の利用

（1）反射性資材

アルミ蒸着資材やアルミ箔資材のように赤外線反射率の高い資材は、透明資材よりも断熱性に優れています。

市販されている反射資材の多くは、裁断したアルミ箔資材を細糸で編んだ資材（アルミ編み込み資材）であり、遮光との併用を目的としたアルミ箔資材と透明資材を組み合わせた編み込み資材では透明資材の面積割合が多くなるほど断熱性能は低下します。



アルミ編み込み資材

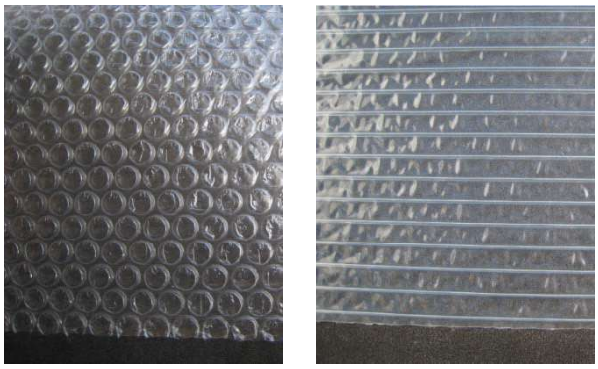
（2）中空構造資材

中間に空気層をもつ中空二層構造軟質フィルムのカーテン資材は、単層のフィルムより断熱性に優れています。

フィルム間に断熱性を高める空気層があることにより、ポリエチレン１層カーテンに比べ１割程度は保温効果が高いとされています。



中空構造資材（側面カーテン）



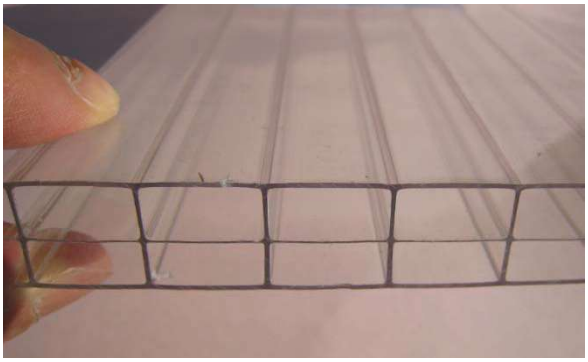
中空構造資材の構造（例）

（3）複層板

複層板はアクリル製やポリカーボネート製の資材で空気層があるため断熱性に優れており、２層構造の複層板の断熱性は、１cm以上の層隙間があれば、固定２重に近い保温性能が期待されます。

加工時または施工時に、内部に乾燥空気や窒素ガスなどを封入してあると、内部の結露や藻の発生を防ぐことができます。

なお、透明資材に比べると光の透過率の低下がやや大きいため、側壁だけに使うこともあります。



複層板の構造（例）

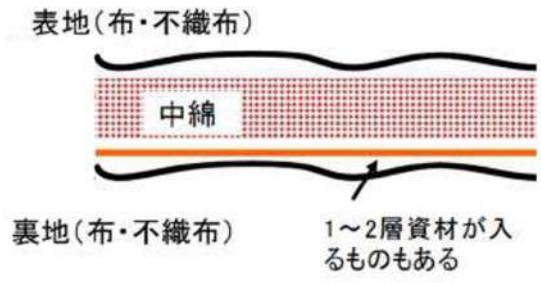
（4）多層断熱資材（布団資材）

ポリエステル綿などを不織布や布で挟んだ多層断熱資材（布団資材）は、断熱性素材を重ねた布団状の保温資材で、一般的な保温用の被覆資材に比べて２～３倍高い断熱性を有しています。

断熱性が高く遮光率も高いことから、夏期には遮光資材として活用すれば、温度上昇が抑制され暑熱対策としても効果を発揮することが期待されます。

従来は、多層構造の資材で厚みがあるため、巻き上げ方式や自動カーテン方式での利用が困難であったり、カーテンを開けたときに資材の影が大きくなるなど収束性に課題がありました。

現在では、軽量化や薄層化が進み、自動巻き上げが可能で、収束性も改善されてきており、新たな素材であるナノファイバーを使用した資材なども製品化されています。



多層断熱資材の構造



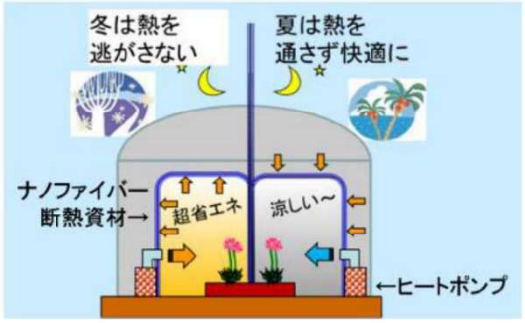
展張時の布団資材

【コラム】ナノファイバーを利用した多層断熱資材

軽薄化が進んできた多層断熱資材ですが、中綿にナノファイバーを使用した資材が開発されています。ナノファイバーは、従来の繊維に比べ極めて細いため、断熱性を維持しながら厚さを低減できます。このため、収束性も改善され、資材の影による日射の低下も、作物の生育に影響がない水準にまで改善されています。

優れた断熱性を有し、収束性も改善されたナノファイバー断熱資材は、冬の暖房の省エネルギー対策としてだけでなく、夏の夜間冷房の際の冷房負荷の軽減などにも利用できることから、年間を通した有効活用が期待されます。





出典：ナノファイバー断熱資材活用マニュアル

1　施設園芸作物の適温管理

作物には品目・品種・生育ステージ毎に生育適温（最も良好な生育を示す温度域）があります。

作物の生育適温にふさわしくない過度の省エネルギー対策によって作物の生育不良、生産物の品質低下や収量減を招くことを避けるため、まずは、栽培している作物の生育適温を確認しましょう。

（1）野菜の生育適温



主な野菜の一般的な生育適温は表-2 のとおりですが、地域で奨励されている品目や品種によって適温範囲が異なるので、栽培開始前に必ず普及センターや JA 等の営農指導機関に確認しましょう。

野菜は地上部が多少低温または高温であっても、地温が適温であれば生育するといわれていますが、イチゴの高設栽培などは地面から隔離されているため、温室内の設定温度を土耕栽培に比べて高めに設定しなければならないなどの事例もあります。

同じ品種であっても、栽培方式により温室内の管理温度に差が生じる場合もあるので注意しましょう。

表-2　作物別生育適温並びに限界温度

作物		昼気温（℃）		夜気温（℃）		地温（℃）		
		最高限界	適温	適温	最低限界	最高限界	適温	最低限界
ナス科	トマト	35	25～20	13～8	5	25	18～15	13
	ナス	35	28～23	18～13	10	25	20～18	13
	ピーマン	35	30～25	20～15	12	25	20～18	13
ウリ科	キュウリ	35	28～23	15～10	8	25	20～18	13
	温室メロン	35	30～25	23～18	15	25	20～18	13
	スイカ	35	28～23	18～13	10	25	20～18	13
	カボチャ	35	25～20	15～10	8	25	18～15	13
イチゴ		30	23～18	10～5	3	25	18～15	13

出典：施設園芸ハンドブック

（2）花きの生育適温

切り花、鉢もの類、観葉植物それぞれの標準管理温度は表-3～5 のとおりです。

同一品目であっても、タイプ別（スプレーや輪物など）、品種別、生育ステージ別（栄養生長や花芽分化・花芽発達段階など）に適温が異なるため、品目や品種別の適温、生育ステージ別の適温を栽培開始前に必ず確認しましょう。



表-3　切り花の冬期の標準管理温度

種類	昼温	夜温	備考
キク	25℃以下	14～18℃	品種による
バラ	23～25℃	15～18℃	品種による
カーネーション(大輪)(周年)	20℃	12℃	
カーネーション(房咲)(周年)	18～20℃	10～12℃	
シュッコンカスミソウ	22℃以下	8～10℃	草丈20㎝までは夜温15℃ 若苗利用は夜温15℃
アルストロメリア	20℃	5～10℃	
スターチス（シヌアータ）	25℃以下	8～10℃	
スターチス（Hyb）	25℃以下	10℃	
キンギョソウ	20℃以下	5～7℃	
スイートピー	18℃	5℃	曇雨天日は夜温2℃
ユーストマ	25℃	13～15℃	
テッポウユリ	25℃以下	13～15℃	
アジアティックHyb	25℃以下	13～15℃	
オリエンタルHyb	25℃以下	15～18℃	
チューリップ	25℃以下	14℃	
ハナモモ	20℃	20℃	
ユキヤナギ	25℃	5℃	

出典：農業技術体系 花き編 1 巻

表-4　鉢もの類の標準管理温度

種類	昼温	夜温
アザレア	12～18℃	10℃
インパチェンス		15℃
ガーベラ	25℃以下	15℃
カランコエ	25℃以下	10℃
ベゴニア（エラチオール）		18℃
ベゴニア（センパ）		10℃
シクラメン	20℃以下	12～15℃
シネラリア		5～12℃
ゼラニウム	20℃以下	8～12℃
ハイドランジア		12～18℃
ハイビスカス		18℃
プリムラ（オブコニカ）	25℃以下	10～12℃
プリムラ（ポリアンタ）	25℃以下	5～8℃
プリムラ（マラコイデス）	25℃以下	5～10℃
ペラルゴニウム		8～10℃

出典：農業技術体系 花き編 1 巻

表-5　観葉植物の標準管理温度

種類	昼温	夜温
アジアンタム		12～15℃
アロエ		8℃
アンスリウム		18～20℃
インドゴム	20℃以上	13℃
ベンジャミンゴム		20℃
クズマニア		18℃
クロトン		18～20℃
サンセベリア	20～25℃	13℃
シンゴニウム	20℃以下	16～18℃
シェフレラ		12～13℃
スパティフィルム		16～18℃
ディフェンバキア		20℃
ドラセナ・マッサンゲアナ	25℃	20℃
パキラ		18℃
フィロデンドロン（セロム）		10～11℃
ポトス	35℃以下	20℃

出典：農業技術体系 花き編 1 巻

（3）果樹の生育適温

果樹の開花期・果実肥大成熟期における生育適温は表-6、7 のとおりです。

果樹の温度管理では、昼温は高温障害を防ぐための換気管理が主体であり、加温栽培の特徴は夜温の管理になります。

野菜や花きと同様に、品種別、生育ステージ別の適温を栽培開始前に必ず確認しましょう。



表-6　開花期の温度管理目標

樹種	昼温	夜温
オウトウ	20～22℃	7～8℃
スモモ	18～22℃	7～8℃
モモ	18～20℃	8～9℃
ナシ	20～25℃	8～12℃
カキ	25～28℃	12～15℃
ブドウ		
有核（ネオマス、巨峰など）	25～28℃	15～18℃
無核（デラウェア）	23～25℃	8～10℃
温州みかん	23～25℃	15～18℃
ビワ	15～20℃	5～7℃

出典：農業技術体系 果樹編 8 巻

表-7　果実肥大成熟期の温度管理目標

樹種	昼温	夜温
オウトウ	22～25℃	10～15℃
スモモ	25～28℃	10～15℃
モモ	25～28℃	10～15℃
ナシ	25～28℃	10～15℃
カキ	25～30℃	18～20℃
ブドウ	25～28℃	15～20℃
温州みかん	25～30℃	20～22℃
ビワ	20～25℃	8～15℃
イチジク	25～30℃	15～20℃

出典：農業技術体系 果樹編 8 巻

2　天敵資材や花粉交配用昆虫の活動適温

施設園芸において省力化や品質向上に大きな役割を果たしている天敵資材、花粉交配用昆虫の活動適温は、表-8、９のとおりです。

天敵資材や花粉交配用昆虫の種類ごとに活動適温が異なり、また、栽培作物の生育適温とバランスをとった温度管理が重要です。使用の際は必ず事前に活動適温を確認するとともに、管理温度が不明確な場合は、普及センターや JA 等の営農指導機関に確認しましょう。

表-8　天敵資材の最適活動温度

天敵資材	活動可能温度（湿度）	活動適温	適湿度（最適）
チリカブリダニ	12～30℃（＞50%）	22～25℃	65～75%
ククメリスカブリダニ	12～35℃（＞60%）	21～23℃	65～75%
スワルスキーカブリダニ	15～35℃（＞60%）	28℃（夜温15℃以上推奨）	高湿度を好む
ナミヒメハナカメムシ	15～35℃（＞50%）	21～23℃	（65～75%）
タイリクヒメハナカメムシ	（13～32.5℃）	21～23℃	（65～75%）
ヤマトクサカゲロウ	15～35℃	24～26℃	70～90%
ショクガタマバエ	16～35℃	20～24℃	75～85%
オンシツツヤコバチ	15～30℃	20～24℃	60～90%（最適75%）
コレマンアブラバチ	5～30℃	20～24℃	55～65%
イサエアヒメコバチ	15～30℃	20～25℃	–
ハモグリコマユバチ	15～30℃	15～20℃	–

出典：施設園芸ハンドブックに一部追記

表-9　花粉交配用昆虫の活動温度

花粉交配用昆虫	活動開始温度	活動停止温度
マルハナバチ	6～7℃	30℃
ミツバチ	10℃	35℃

出典：施設園芸ハンドブック

3　省エネ型の品種や作型への転換

野菜や花きでは、品目によっては低温での伸長性、開花性、着果性、肥大性や成熟性などに優れた品種が開発されているものがあります。また、厳寒期を避けた作型に変更することでも暖房エネルギーの削減が可能です。

このような低温に強い品種や厳寒期を避けた作型への変更にあたっては、導入による収益性や地域での適応性などについての評価が必要ですので、事前に営農指導機関に相談しましょう。



低温伸長性に優れたイチゴ「おいＣベリー」

4　温度ムラの改善（送風ダクト・循環扇の利用）

温室内の温度ムラは作物の生育に影響を及ぼすだけでなく、無駄な加温による燃料消費量の増加につながります。

まずは、温室内の複数箇所において温度を測定し、温度ムラの有無や温度差を確認しましょう。この際、以下の点に留意しましょう。

- 暖房機の温度センサーと同様に作物付近（生長点付近など）の適切な高さで温室温度を測定すること
- 複数の温度計（特に市販の棒温度計）を使用する場合は個々の温度計間の誤差を予め把握し、必要な補正を行うこと

温室内の温度ムラの有無や温度差を確認したうえで、これらを改善するため、送風ダクト、循環扇を有効に利用しましょう。

（1）送風ダクトの利用と適切な配置

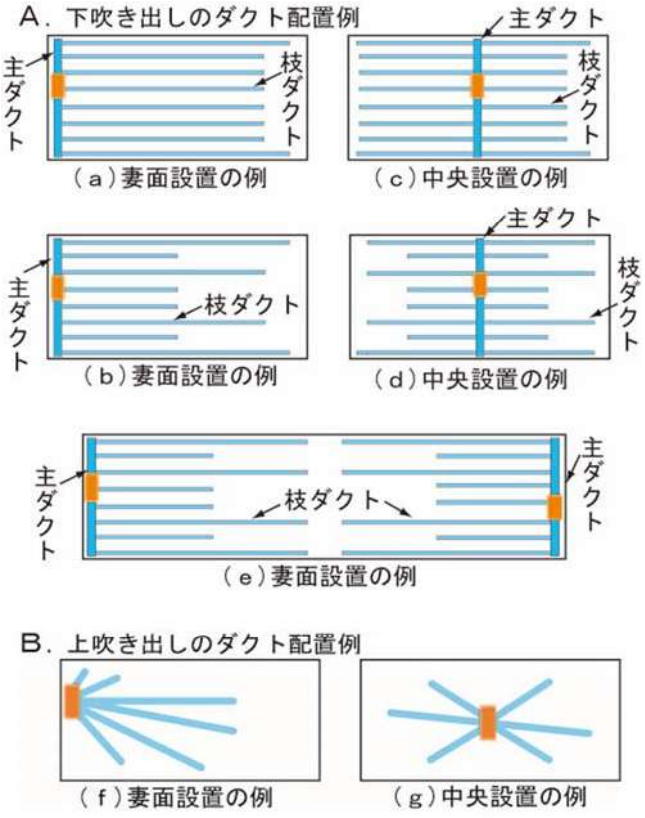
送風ダクトは、送風抵抗を少なくし、できるだけ多くの送風量を確保することが重要です。

右図は基本的な主ダクト、枝ダクトの配置例ですが、主ダクトの直径や枝ダクトの本数・直径は暖房機の送風量に応じて選択する必要があるため、事前に暖房機の取扱説明書での確認が必要です。

- 送風ダクト利用のポイント

ア　送風ダクト表面からの放熱が大きいため、暖房機付近では吹き出し量を少なく、遠くでは吹き出し量を多くできるようにしましょう。

イ　温室内の冷え込みが厳しい所ではダクトの本数を増やしたり、吹き出し穴の大きさ・間隔を増やしましょう。



送風ダクトの設置方法（例）



下吹き出しのダクトの設置例



上吹き出しのダクトの設置例

（2）循環扇の利用と適切な配置

送風ダクトを利用しても温度ムラを解消できない場合には、循環扇を利用して温室内に大きな空気の流れをつくり、温度ムラを改善することが有効で、温度ムラが解消されることにより 10%程度の省エネ効果が期待されます。



空気の流れをつくる循環扇

循環扇は温室内に水平方向の流れ（強制対流）をつくることによって、暖房時の自然対流による温度ムラを改善するタイプのものが多く、この場合、自然対流よりも強い強制対流をつくり出すための配置が重要になります。

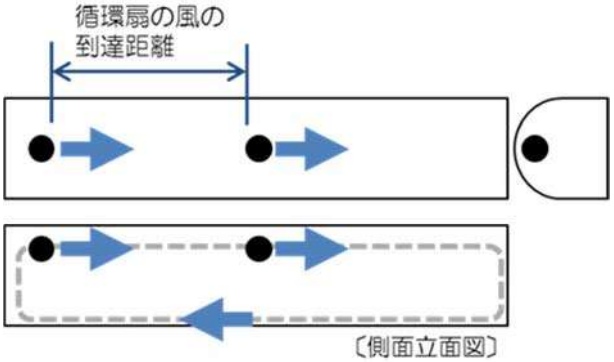
循環扇を設置する場合、循環扇の正面では強い風が吹くため、栽培作物に風が直接当たらないような位置（一般的には作物の最頂部と温室の天井部の間）に設置しましょう。

● 循環扇の配置のポイント

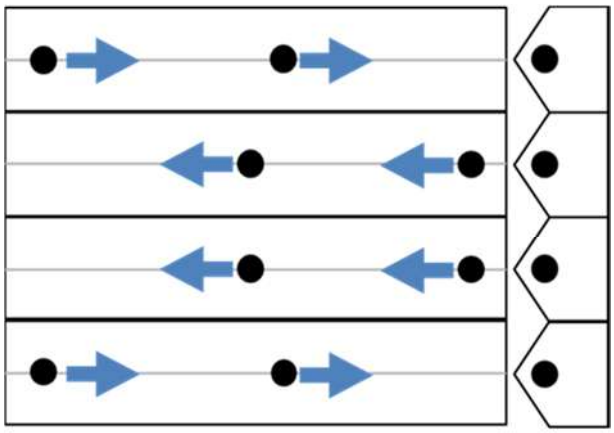
ア 右上図のように、風の到達距離を目安に循環扇の設置間隔を設定しましょう。

イ 単棟ハウスなど間口の狭い温室の場合には、同一方向に送風して温室の下層部で戻りの気流が形成されるように設置しましょう。

ウ 連棟ハウスなど間口の広い温室の場合には、右下図のように複数の対流の渦が形成されるように設置しましょう。



間口の狭い温室での循環扇の設置（例）



間口の広い温室での循環扇の設置（例）

循環扇を設置して空気を流動させることは、温度ムラの改善だけでなく、結露の発生軽減による好湿性病害の抑制効果や CO_2 濃度の均一化による光合成の促進効果も期待できるため、それぞれの温室に適した配置方法を工夫しながら効果的な省エネルギー対策に取り組みましょう。

5　暖房温度の変温管理

（1）多段サーモ装置による変温管理

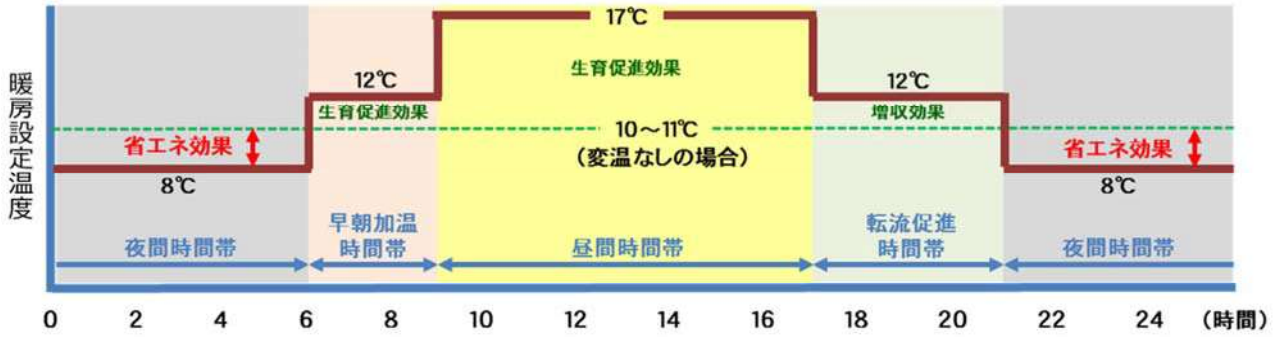


多段サーモ装置

複数の温度設定が可能な多段サーモ装置を活用することで作物の生理に合わせた一日の温度管理（変温管理）を行うことが可能となり、恒温管理（変温なし）に比べて作物の生育促進と省エネルギー化が期待できます。

下図のとおり、一般的な恒温管理（変温なし）では夜温を一定に保つよう暖房するのに対し、変温管理では夕方、夜中、早朝と設定温度を変化させます。

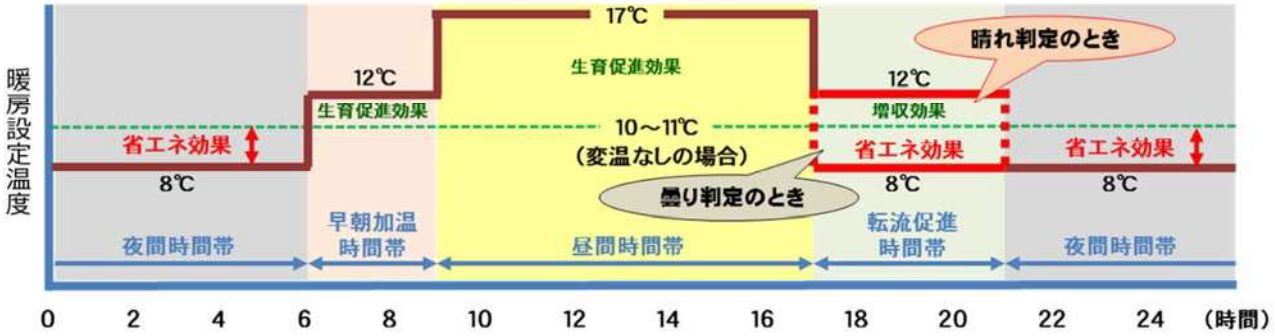
これは、夜中の呼吸抑制や早朝の光合成促進等に合わせて温度調整を行う技術で、夜間の設定温度を引き下げることにより 5%程度の省エネ効果が期待されます。



多段サーモ装置による変温管理の温度設定（例）

また、変温管理機能に日射演算機能を付加（日射演算機能付きの環境制御装置及び日射センサーが必要）させることで、晴れの日と曇りや雨の日の転流促進時間帯の温度を変化させ、光合成の促進やさらなる省エネ効果が期待できます。


日射センサー

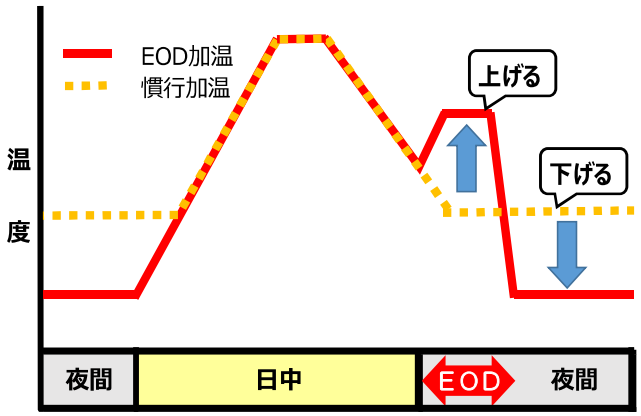


日射演算機能付き環境制御装置による変温管理の温度設定（例）

変温管理を行う際は、栽培作物の収量・品質が低下しないように留意する必要があります。各品目の試験研究結果等を参考にして適正な温度管理を行いましょう。

（2）花き生産における EOD 加温技術

EOD 加温技術は、温度や光に対する感受性の高い日没後の時間帯（End of Day：EOD）に短時間（3～4 時間程度）温室内の設定温度を高め、その後の夜間の時間帯は慣行よりも低温で管理できる技術で、栽培期間中の燃料使用量を削減することが可能となります。



EOD 加温のイメージ

各地で行われた実証試験では、キク、カーネーション、トルコギキョウなど多くの花きで、エネルギー投入量を削減しつつ、慣行の温度管理と同等の生育・品質が確保できることが確認されています。

なお、シクラメンでは温度を下げることで相対湿度が高まり、好湿性病害が発生するケースもみられるなど、EOD 加温技術の効果は品目や品種によって異なりますので、取り組む際には普及センターや JA 等の営農指導機関に相談しましょう。

【事例】スプレーギク・トルコギキョウにおける実証試験結果

和歌山県で実施したスプレーギクの実証試験、鳥取県で実施したトルコギキョウの実証試験では、EOD 加温処理を行うことにより、慣行の温度管理と同等の切り花の収量や品質を確保しながら、重油や電力の消費量を 30%程度削減できることが確認されています。

また、開花促進効果が確認されており慣行の温度管理よりも栽培期間の短縮も期待されます。





出典：農研機構花き研究所資料

6　作物の局所加温技術

温室全体の管理温度は低めに設定し、作物の根圏や生長点を局所的に加温することにより、燃料消費量の低減など省エネ効果が期待できます。

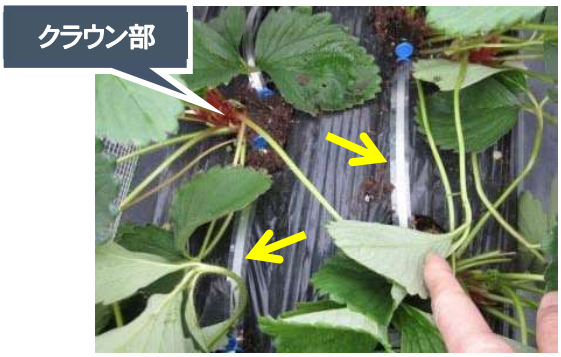
（1）イチゴのクラウン温度制御技術

冬の低温期にイチゴの生長点が集中する株元（クラウン部）を局所的に 20℃前後に維持することで温室内の夜間管理温度を低く設定することが可能となり、収量増や果実肥大が促進されるとともに、暖房経費を大幅に削減できます。

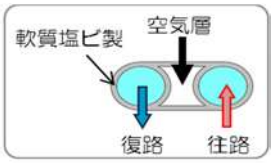
クラウン温度制御では、冷温水製造装置と２連チューブを組み合わせた装置や、テープ状の加熱器（「テープヒーター」）によりクラウン部を加温する方法等が開発されており、冷温水製造装置と２連チューブを組み合わせた装置での実証試験では約４割の光熱費の削減が確認されています。

装置や資材の導入コストが必要になりますが、収量の増加や燃料コスト低減により所得向上が期待できます。





温度制御用
２連チューブ



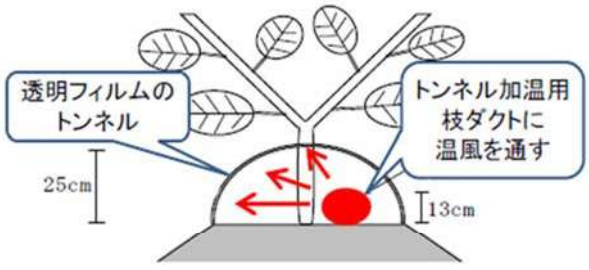
テープヒーター



出典：農業新技術 2009

（2）ナスの株元加温技術

ナスの畝上に設置した透明フィルムのトンネル内に送風ダクトを挿入する「ダクト加温」により、株元を局所的に加温することで 12 月以降の収量を確保するとともに、慣行よりも温室内設定温度を下げることで燃料コストの低減が期待でき、実証試験では燃料消費量を約半分にできることが確認されています。



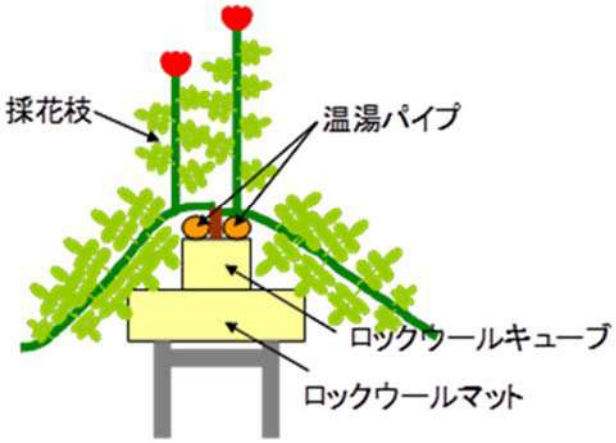
枝ダクトとトンネルの設置イメージ



出典：農業新技術 2012

（3）バラの株元加温技術

施設バラ栽培において、株元に温湯パイプを設置した加温システムを導入することにより暖房効率を高め、バラの出芽・伸長の促進、高品質な切り花の採花とともに、省エネ効果が期待でき、実証事例でも約４割の投入エネルギーの削減が確認されています。

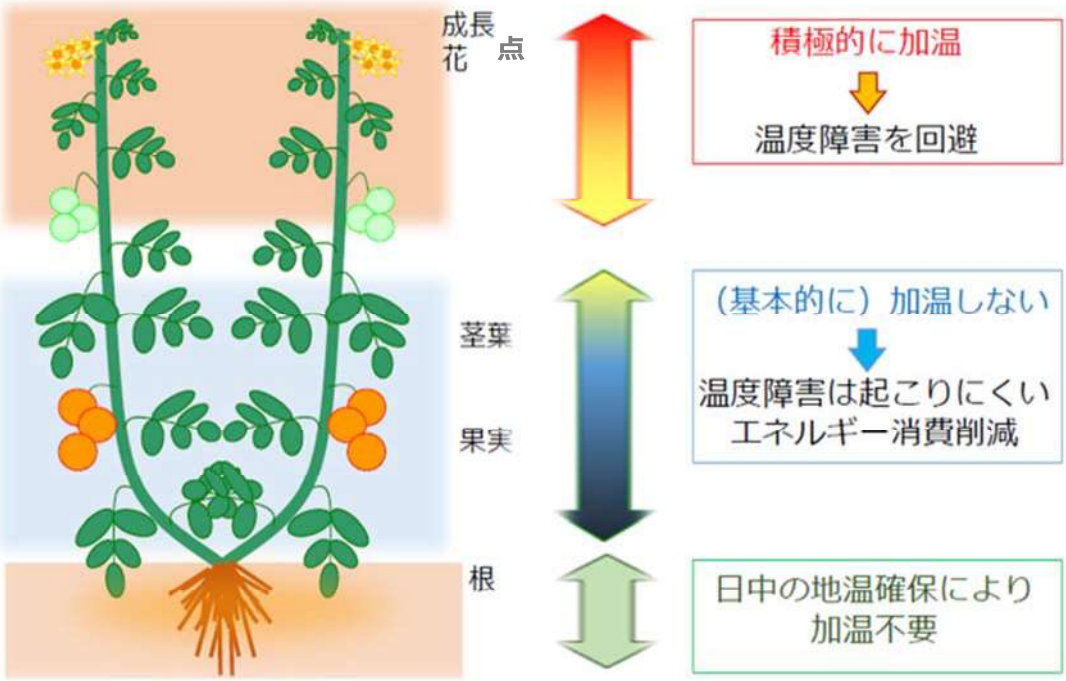




出典：神奈川県農業技術センター資料

（4）トマトの生長点加温技術

通常は、温室の通路上に配置する送風ダクトをトマト群落上に吊り下げて生長点付近を加温することにより、慣行の栽培方法と比較して収量の低下を招くことなく省エネ効果が期待でき、実証試験の結果では10%程度の燃料消費量の削減が確認されています。



出典：「成長点局所加温と CO_2 施用を組み合わせたミニトマト栽培技術」

1　ヒートポンプの周年的な活用

ヒートポンプには暖房機能だけでなく、家庭用のエアコンと同様に、冷房や除湿の機能があります。

夏期の高温時や梅雨期などの多湿時に夜間冷房や除湿を行うことにより品質の向上、収穫量の増加、病害の軽減などの効果も確認されています。

ヒートポンプの多機能性の活用は、バラの夜間冷房など花き栽培での活用が先行していましたが、野菜や果樹での試験研究においても様々な品目で効果が確認されてきており、生産現場での利用も進んできています。


夜間冷房にも利用されるヒートポンプ

ヒートポンプの多機能性を活かして、周年的に活用することにより、暖房の省エネだけでなく、収益性の向上や産地形成にも結びつけることが期待できます。

＜夜間冷房・除湿利用による研究成果（例）＞

品目	実施方法	効果
バラ	夏季に夜間冷房（8/1～9/15、設定温度20℃）を実施	夜間冷房期間（8～9月）の切り花重量が約5割、切り花長が約1割増加）
ユリ	高温期（8月中旬～9月中旬）に定植する作型において夜間冷房（設定温度22℃または19℃、18時～翌6時）を実施	切り花長が長くなり、がく割れが減少することで品質が向上（19℃の方が効果が大きい）
トマト	夏秋期の夜間（17:30～8:30）に冷房（8/10～10/8、設定温度20℃）と除湿（10/9～12/22、相対湿度80%以下）を実施	裂果や尻腐れ果の発生が抑制され、可販果収量が約2倍に増加
ミディトマト	8月上旬定植から約1ヶ月間（8/8～9/7）の夜間冷房（22時～翌4時、設定温度20℃）を実施	草丈が伸び、芯止まりが減少して、株当たりの果実数、平均果重が増加
ミカン	梅雨期に収穫するミカンを収穫1ヶ月前から設定温度18℃、湿度90%で雨天時に冷房・除湿運転を実施	浮皮の発生が抑制され、果皮の赤みを示すa値や着色歩合が向上
マンゴー	満開50日以降の16時～翌7時にかけて除湿（80%以下）を実施	ヤニ果の発生が減りＡ品率が向上

（1）冷房機能の活用

暖房の省エネのために導入したヒートポンプの能力では日中の冷房を行うことはできませんが、日射のない夜間であれば、冷房負荷が日中の１～２割となるため冷房に活用することが可能です。

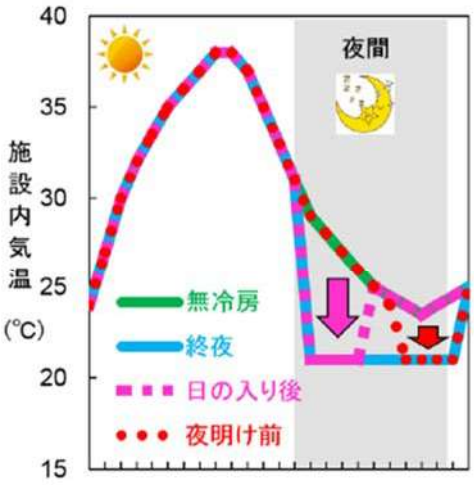
夜間冷房により、花芽分化の誘導、良質な苗生産、収量や品質の向上、作付期間の前進化などの効果のほか、近年影響が拡大している高温による作物被害の影響を軽減するため対策としての活用も期待されます。

また、冷房についても、エネルギー消費の少ない技術が開発されており、トマト（開花花房部）、バラ（株元部）などの局所冷房技術のほか、花きでは、日没後や夜明け前の短い時間帯だけ冷房を行うエネルギー消費の少ない短時間夜間冷房技術も開発されています。

＜花きの短時間夜間冷房技術＞

日の入りからの４時間、あるいは夜明け前の４時間のいずれかを 21℃で冷房し、冷房終了後は直ちにハウスを開放する温度管理方法とすることより、終夜冷房（日の入りから夜明けまでの冷房）に比べ、電力使用量を削減しながら終夜冷房と同等の品質向上を図ることができます。

実証試験において、バラ、夏秋ギク、カーネーション、シクラメンなど多くの品目で効果が確認されていますが、トルコギキョウの育苗など効果が確認できなかったものもありますので、取り組む際には普及センターや JA 等の営農指導機関に相談しましょう。



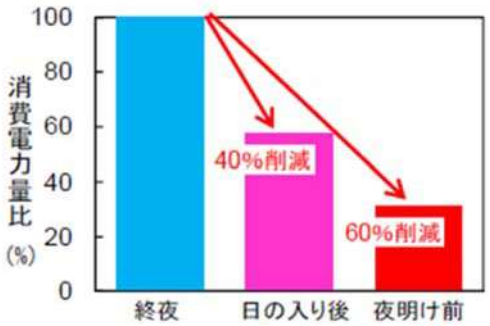
短時間夜間冷房の温度推移

【事例】バラにおける夜間の短時間冷房の実証試験結果

広島県で実施したバラの短時間冷房（冷房温度 21℃）の実証試験では、終夜冷房に比べ、日の入り後の短時間冷房では約４割、夜明け前の短時間冷房では約６割の電力使用量の削減が確認されています。

また、切り花の品質等への影響については、冷房を行わない場合と比べて高い品質向上効果が確認されており、特に日の入り後の短時間冷房では終夜冷房と同等の効果が確認されています。





電力使用量の削減効果

冷房時間	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	花冠高 (mm)	花弁数 (枚)
無冷房	51.2	30.2	44.3	30.7
終夜	62.6	46.7	47.1	33.8
日の入り後	61.8	45.9	46.9	35.6
夜明け前	61.3	44.1	45.8	32.7

切り花の品質向上効果

出典：最新農業技術･品種 2017

（2）除湿機能の活用

作物の病気には、灰色かび病、べと病など多湿環境下で発生しやすいものが多く、施設園芸においても栽培上の課題となっていますが、ヒートポンプの除湿機能を活用することでこれらの病気の発生を抑制することが可能です。

これにより、品質や正品率の向上による収益性の改善、農薬使用量の減少によるコスト削減効果やそれによる安全性の向上も期待されます。

除湿運転を行う場合にも、循環扇を利用して作物周辺の気流を確保するなど空気の滞留を起こりにくくする工夫が必要です。

なお、ヒートポンプによる除湿運転は冷房運転でもあるため、除湿運転により室温が低下することから、室温を低下させないためには、ヒートポンプの除湿運転と同時に燃油暖房機で暖房するなどの工夫が必要となります。

作物名	多湿下で多発生する病害
トマト	葉かび病、斑点病、疫病、灰色かび病、輪紋病など
ナス	褐紋病、黒枯病、灰色かび病、菌核病、すすかび病など
ピーマン	灰色かび病など
キュウリ	べと病、炭そ病、黒星病、灰色かび病、菌核病、つる枯病、褐斑病、斑点細菌病など
メロン	べと病、つる枯病など
イチゴ	灰色かび病、菌核病など

出典：施設園芸・植物工場ハンドブック



キュウリの褐斑病

2　J-クレジット制度の活用

省エネルギー対策は、生産コストの低減だけでなく、温室効果ガスである CO_2 の排出削減にも効果がある取組です。ヒートポンプや木質バイオマス暖房機などの省エネ設備を導入して CO_2 の排出量を削減した場合、その排出削減量をクレジットとして国が認証する「J-クレジット制度」という仕組みがあります。

プロジェクト登録の申請日から２年前の日以降に実施された取組が対象となりますが、この制度を活用してクレジット認証を受けた場合、地球温暖化対策の取組として生産物や産地の PR に活用できることに加え、認証されたクレジットは売却することもできます。

＜J-クレジットに取り組むメリット＞

- 省エネルギーの取組によるランニングコストの低減効果
- クレジット売却益による投資費用の回収や更なる省エネ投資
- 地球温暖化防止への積極的な取組による PR 効果　　など



（1）プロジェクト登録・クレジット認証の手続き

クレジットの認証・発行までには、「プロジェクトの登録」と「モニタリング（削減量や吸収量を算定するための計測等）」 の２つのステップがあります。

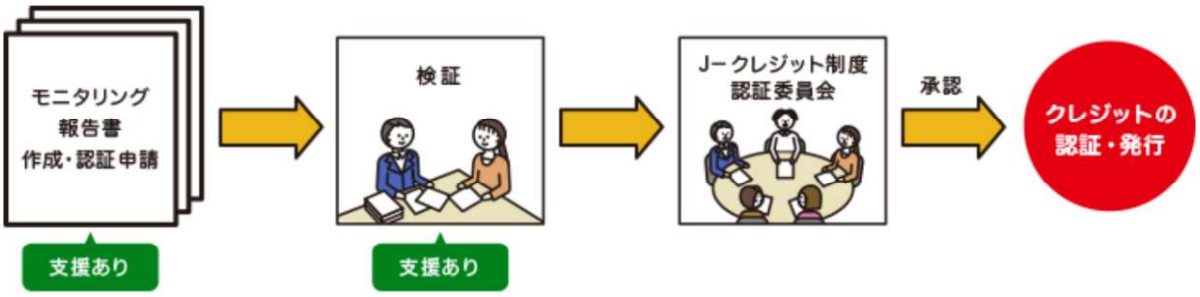
Step１ プロジェクトの登録

どのようにして CO_2 を削減するかを記載した計画書を作成し、計画書の妥当性について審査機関の確認審査を受けた後、制度事務局に対してプロジェクト登録の申請を行い、認証委員会においてプロジェクトが適切と認められると登録となります。



Step２ モニタリング

登録後は、プロジェクトによる削減量を算出するために必要な燃料使用量等についてモニタリングを行い、認証期間内のモニタリング報告書を作成します。この報告書についても審査機関による検証を受けた後、制度事務局に対してクレジット認証の申請を行い、認証委員会において適切と認められると認証を受けることができます。



<申請手続支援>

Ｊ-クレジット制度では、プロジェクトの登録とモニタリングの実施を行うにあたり、様々な支援を実施しています。

なお、支援の内容や条件については年度毎に見直されるため確認が必要です。詳しくは、Ｊ-クレジット制度ホームページ（https://japancredit.go.jp/）をご覧いただくか、Ｊ-クレジット制度事務局（03-5281-7588）にお問い合わせ下さい。

● 書類作成支援（2018 年度）

区分	プロジェクト計画書	モニタリング報告書
支援内容	プロジェクト計画書の作成代行	電話・メールでの作成に係る助言
対象事業者	・中小企業基本法の対象事業者 ・自治体 ・公益法人（一般/公益社団法人、一般/公益財団法人、医療法人、福祉法人等）	対象事業者に制限なし
支援条件	・1事業当たり1方法論につき1回限り ・CO_2削減・吸収見込量が年平均100t-CO_2以上の事業であること	なし

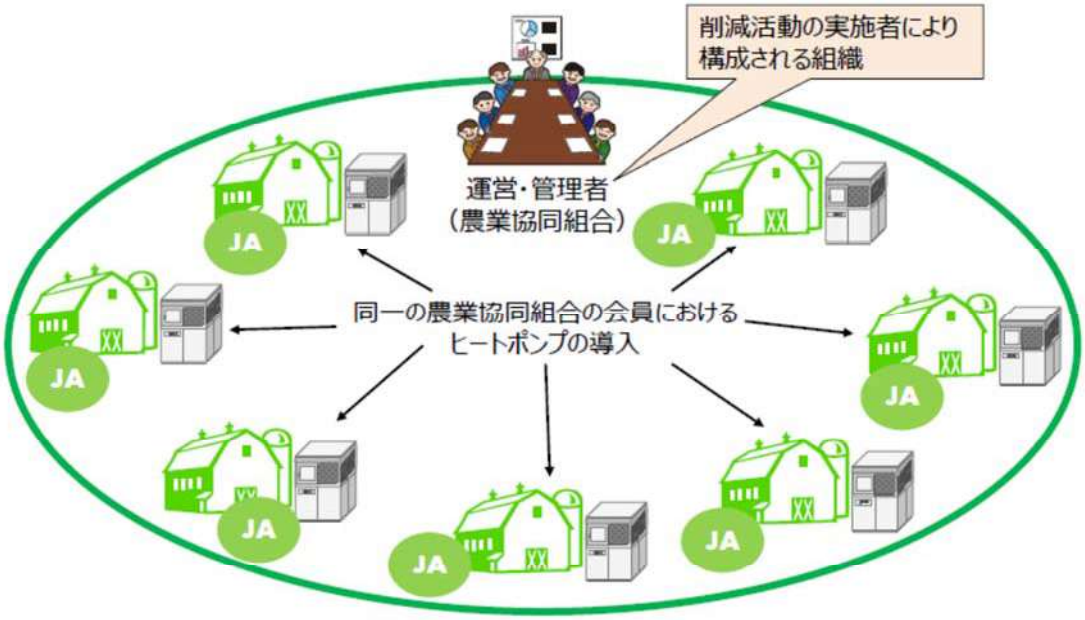
● 審査費用支援（2018 年度）

区分	妥当性確認	検証
支援内容	妥当性確認及び検証費用の支援の実施（上限額あり）	
対象事業者	・中小企業基本法の対象事業者 ・自治体 ・公益法人（一般/公益社団法人、一般/公益財団法人、医療法人、福祉法人等）	
支援条件	CO_2削減・吸収見込量が年平均100t-CO_2以上の事業であること	認証申請当たりのCO_2排出削減・吸収量が100t-CO_2以上の事業であること

（2）プログラム型プロジェクト

プロジェクトには、個々の削減活動をまとめて一つのプロジェクトとして実施する「プログラム型プロジェクト」があります。

例えば、JA がプロジェクトの運営・管理者となって、複数の組合員の削減活動をまとめて登録するようなケースが考えられますが、プログラム型とすることにより排出削減見込量が大きくなるため、書類作成や審査費用の支援を受けやすくなるなどのメリットもあります。



JA が運営・管理者となった省エネ設備の導入による削減活動の例

【事例】プログラム型プロジェクトの取組事例

佐賀県の「JA からつ」では、ハウスみかん生産者のビニールハウスにおいてヒートポンプを導入して化石燃料の消費量を削減し省エネルギー化、省 CO_2 化を図る取組で平成 2017 年 6 月に J-クレジットのプロジェクトとして登録されました。

このプロジェクトは、JA が主導して延べ 260 件の組合員、准組合員が参加する見込みのプログラム型プロジェクト（農林水産分野では初）となっており、2031 年 3 月までに約 11.8 万 t の CO_2 の排出削減を見込んでいます。





このマニュアルに関するご意見・ご質問につきましては、お手数ですが、下記担当までお問い合わせください。

農林水産省生産局農業環境対策課　資源循環推進班
電話：03-3502-5956

マニュアル掲載 URL：
http://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/pdf/manyual-kaitei2.pdf