

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CO₂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CO₂だけで、大気中のCO₂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	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 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

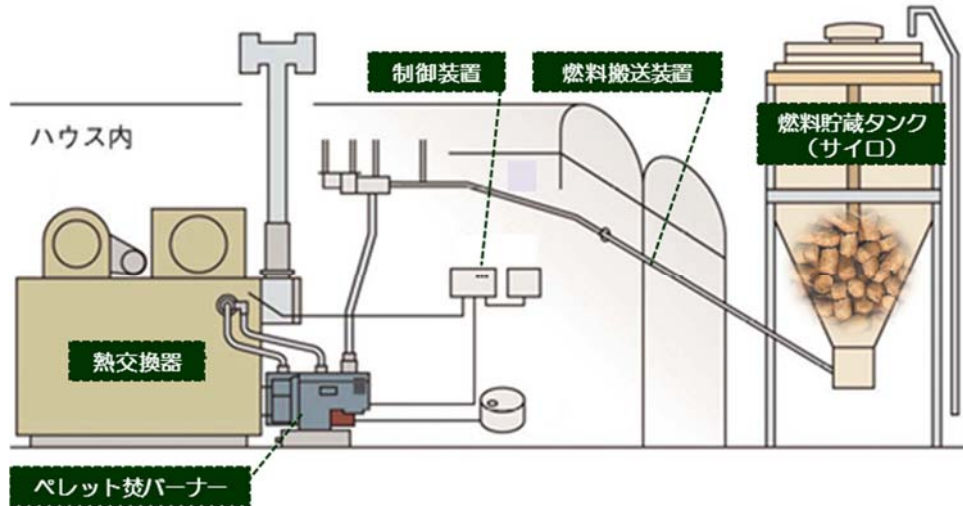


貯蔵タンクへの燃料の投入

(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焼却灰のうち、「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。



木質ペレットの焼却灰

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。



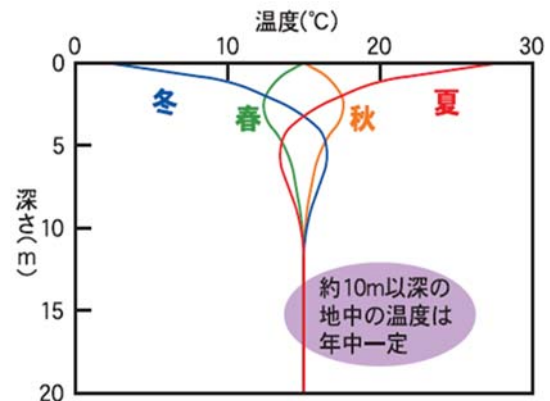
燃料の供給経路

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。



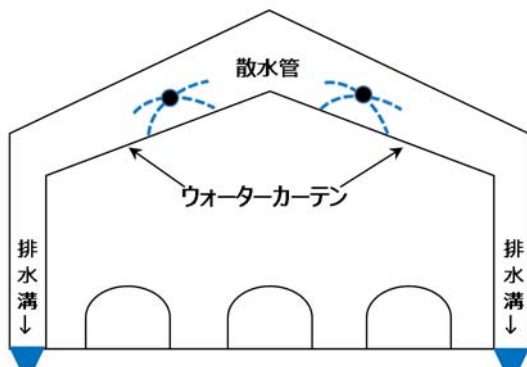
季節による地中温度の変化イメージ
(環境省資料より)

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°C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。

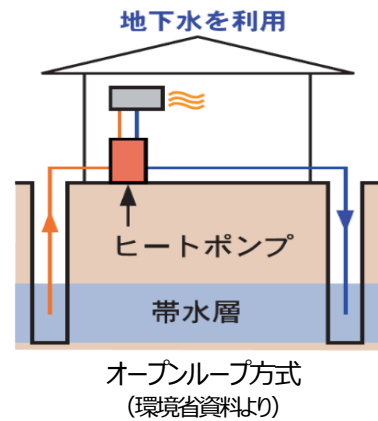
また、地中の温度は、夏期には外気温よりも低いことから、冷房運転を行う場合にも地下水等を利用して効率的に冷房を行うこともできます。

I 省エネのための機器利用技術

<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。

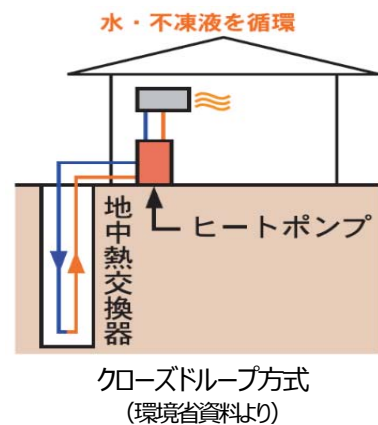
この方式では、地下水の水質によっては、ヒートポンプの熱交換器にスケールが付着する問題があることや地下水の汲み上げ規制の制限を受けることから、水質が良く、地下水障害のおそれのない場合に適用することができます。



<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。

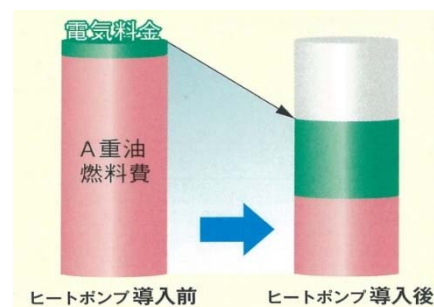
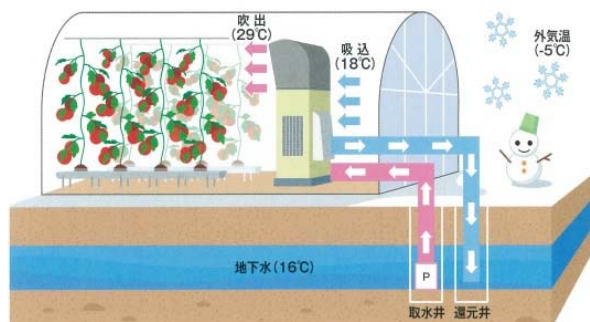
地中熱源ヒートポンプは、吸熱により集熱パイプ周辺の地温が低下するため、周辺からの短期的・長期的な熱供給がなければ、熱源の温度が徐々に低下します。



【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°C 程度まで冷え込む地域ですが、冬季でも 16°C 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



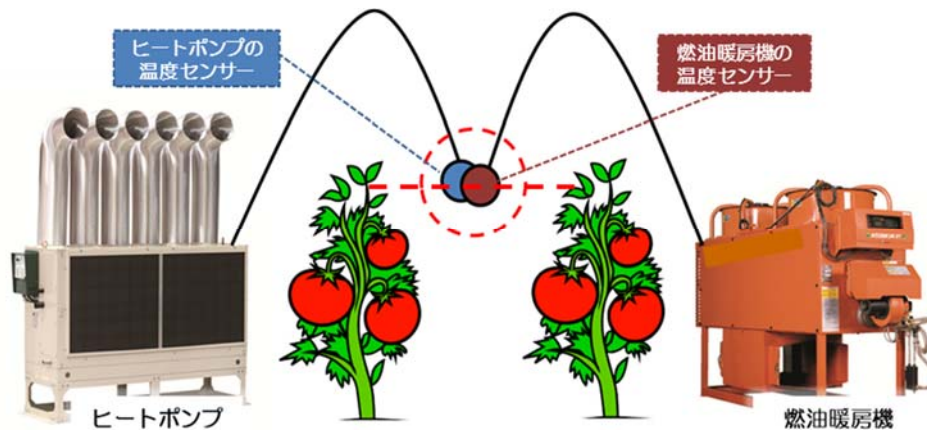
メロン（果実肥大期）

(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。

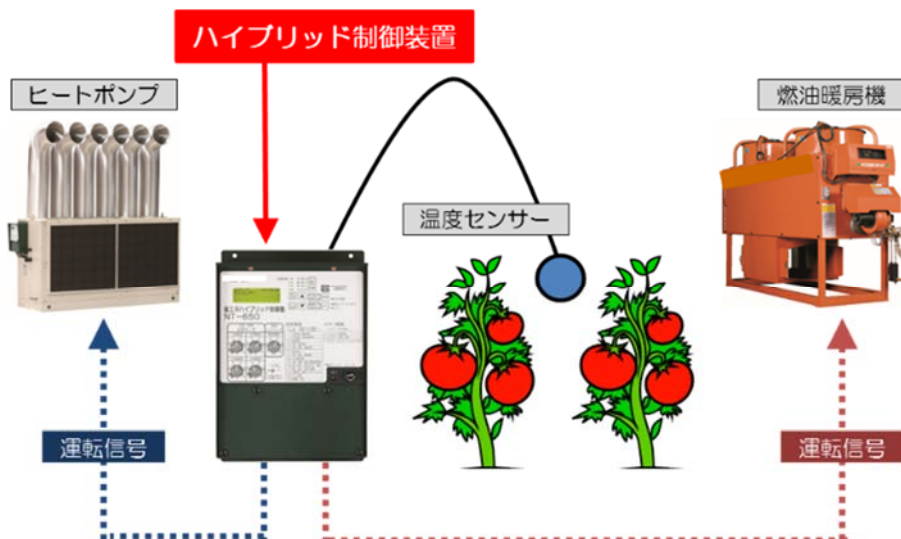
- ア それぞれの温度センサーを同じ位置（作物の生長点付近）に設置し、同一の温度を示すことを確認する
- イ 誤差がある場合は補正する



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

II 温室の保温性向上技術

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必要があります。

(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

II 温室の保温性向上技術

(2) 内張カーテンの点検

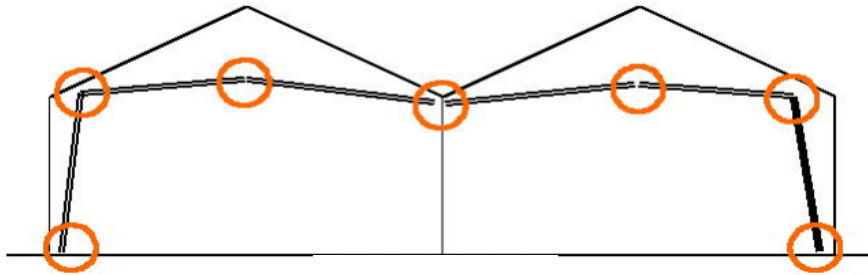
温室内に内張カーテンを展張することで温室の保温効果が一層高まります。

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。

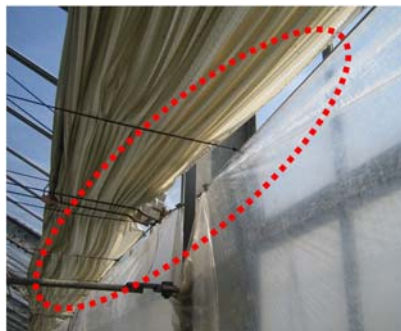


内張カーテンにおいて隙間がしやすい部分

<内張カーテンの隙間（例）>



天井カーテンの隙間（妻面）



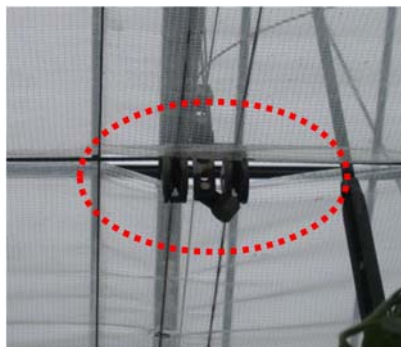
天井カーテンと側面カーテンのつなぎ目



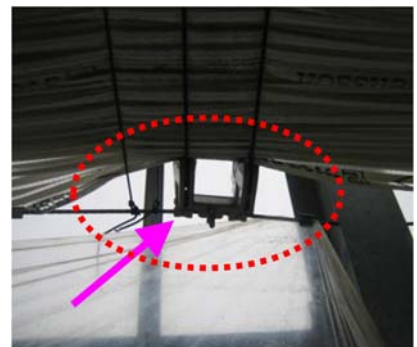
温室のコーナー部の隙間



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