

I 省エネルギーの技術対策

1 温室からの放熱

温室内の気温は、夜に向かって外気温の低下とともに下がっていく。冬期夜間の温室からの放熱は、被覆資材からの放熱と隙間換気を通しての放熱が大半である。その割合は被覆資材からのものが 60%～100%に達し、隙間換気からは最大 20%程度ある。そこで、省エネへの中心となる対策は、保温性の高い被覆材によるカーテン（内張り）方法と、合わせ目等隙間からの放熱抑制となる。

2 放熱を抑制し、暖房効率をあげる省エネ技術

(1) 温室の内張りに使用する資材による保温性のちがい

内張りを設置した場合の放熱量は、内張りを設置しない場合に比べて 1 層カーテンでは 30～40%、2 層カーテンでは 45～55%削減される。

例として、ビニールハウスに、1 層カーテン（農PO）を内張りした場合、放熱量は 35%削減されるが、1 層追加して 2 層カーテン（農PO+農PO）にすることで、放熱量は 50%削減となり、保温性が高くなる。

被覆資材による保温性は、断熱性の高い資材ほど効果が高い。この断熱性の違いは、主に被覆資材の長波（赤外）放射特性の違いに関係しており、反射率+吸収率の値が高く、透過率の低い資材の方が断熱性及び保温性がより高い。したがって、アルミ材含フィルム（反射性資材）> 農ビ > 農PO > 農ポリの順に断熱性が高い。

アルミ材を含むフィルムでも、アルミ粉末をフィルムに練り込んだものより、フィルムにアルミ材を蒸着させたものの方が反射率が高く、断熱性に優れる。ただし、アルミの蒸着面を保護するために、表面をプラスチック資材でラミネートしてある場合は、ラミネート資材の長波吸収率が高いと反射率が低下するので注意する。反射性資材では、反射率の高い面を外側にした方が断熱性及び保温性が高くなる。

また、空気層を持つ軟質フィルムのカーテン資材は断熱性に優れているため、側面や妻面部分のカーテンに使用することで保温性が高くなる。

(2) 2 層カーテンにする時の効果の高い資材の組み合わせ

2 層カーテンの組み合わせは透明フィルム 2 層や透明フィルム+反射性資材等様々であるが、異なる資材を組み合わせる場合、断熱性の高い資材を外側に張るようにする。2 層カーテンは、透明フィルムと遮光用資材を組み合わせることも多いが、その場合は透明フィルムを下層に張る。また、断熱性の高い透湿性フィルムや不織布を組み合わせる場合は、水滴落下を防ぐためにもこれらを下層に張る。

また、1 層と 2 層のフィルムの間には、1 cm 以上の空間を取ることが必要となる。1 cm 以下では保温性が低下するが、1 cm 以上あれば保温性の違いはほと

んどみられない。被覆資材同士が密着しないよう気をつける。また保温性を高めるため、2層カーテン間は塞ぐようにする（図 I-1b）。

(3) 気密性の向上

隙間から逃げだす熱量は、全放熱量の内、最大で 20%程度もあるといわれ、気密性の向上が大切となる。図 I-1a に放熱を抑制する注意箇所を示したが、温室を長年使用していくと、天窗や換気扇、吸気口、さらには出入り口など開口部分の隙間が発生したり拡大することにより、気密性が低下してくる。カーテンの合わせ目、妻面、裾部に、水滴による密着などから隙間やまくれ、破れなどが生じていることがあり、自動化による過度の安心による点検不足が見受けられる。この箇所を通してカーテン上下間の空気移動が促進され、保温効果が大幅に低下する。

また、側面カーテンの裾部分は、長めに設置しおもりなどで床面に固定する。これにより、カーテン外側にたまった重い冷気が、カーテン裾部分の隙間から温室内に流れ込むのを防ぐ。また、温室内気温の低下を抑制するため、側面にさらに1層の資材を張る場合もあるが、この場合も同様にする。

さらに、出入り口は緩衝ハウスを設置したり、妻面カーテンを2重に重ね合わせるなど、出入り時に外気が直接流入するのを防ぐ。

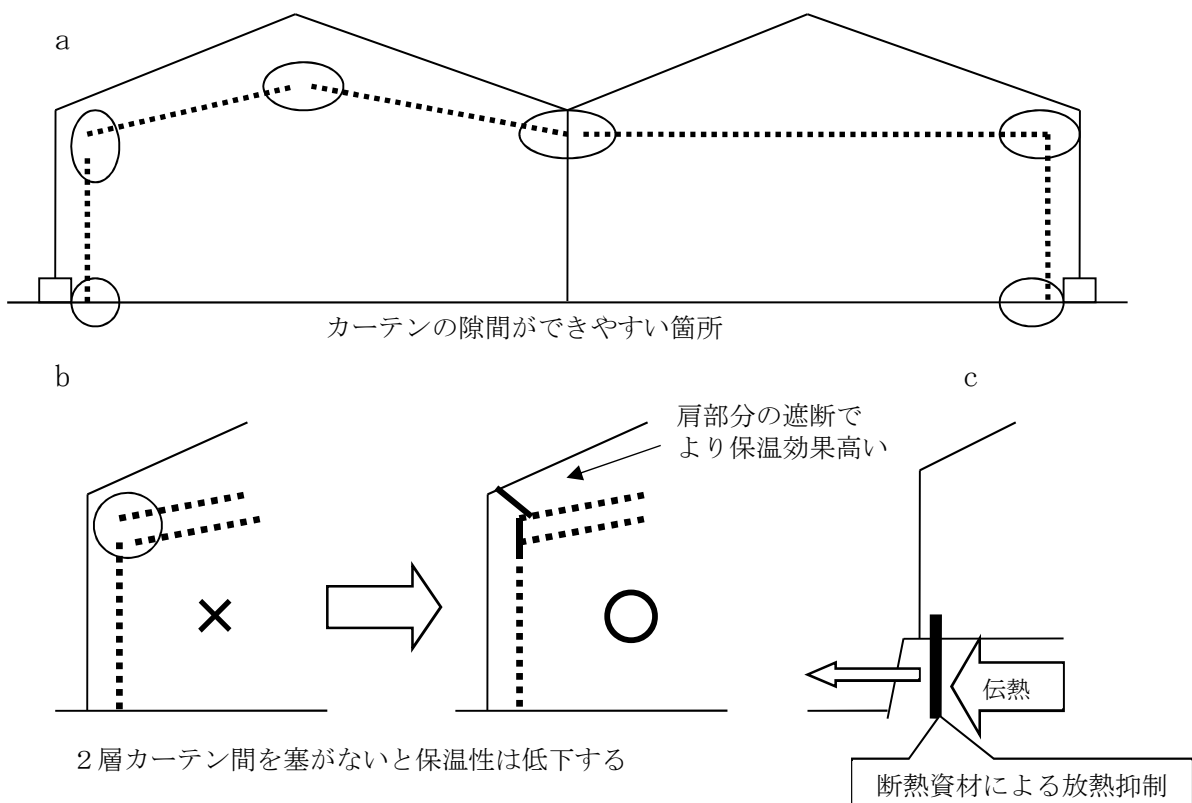


図 I-1 放熱を抑制する注意箇所（出典：五訂施設園芸ハンドブック）

(4) 温室北側への断熱資材等による外面被覆

北風の当たる温室などでは、北側への断熱材の設置により、風による対流放熱を抑制する。また、温室の設置場所及び土壌面が周囲から立ち上がって地温からの放熱が大きい場所や寒気の溜まりやすい地形では、温室内部の外側に断熱資材やカーテン等の裾部分を埋設し、地温の放熱を抑制する（図 I-1c）。

(5) ヒートポンプと燃油暖房機のハイブリッド運転

ヒートポンプは家庭用エアコンと同様に圧縮機を稼働させて、外気等の熱エネルギーから汲み上げる装置で、暖房・冷房・除湿に利用できる。消費電力量の3～6倍の熱量が暖房に利用できるため、燃油暖房機と比べて運転コストが安くなる。施設園芸ではヒートポンプと燃油暖房との併用によるハイブリッド運転が主流になっており、運転コストの安いヒートポンプを優先して稼働させ、低温時は燃油暖房機と併用運転することで、室温が安定し、燃油使用量も削減できる。

暖房設定温度 18℃で栽培したピーマンの事例では、ヒートポンプを導入したハイブリッド運転により、運転コストを約5割削減し、6年目で初期コストが回収できるとした試算例もある。

ヒートポンプは据え置き型が主流であるが、室内機を既存の燃油暖房機に取り付けて使用できるタイプもあり、このタイプは暖房機の送風ファンを利用できるため、低コスト、省スペースで設置可能である。

また、暖房以外に夏場の冷房にも活用することで、品質向上を狙う効果も期待できる。

※暖房用ヒートポンプのピーマンにおける経済性評価

（平成 24 年千葉県試験研究成果普及情報）

<https://www.pref.chiba.lg.jp/ninaite/shikenkenkyuu/documents/h2419.pdf>

※ヒートポンプを活用したエラチオール・ベゴニアの周年安定生産技術の確立

（令和 2 年度千葉県試験研究成果普及情報）

<https://www.pref.chiba.lg.jp/lab-nourin/nourin/ondankataiou/documents/r2-04-01.pdf>

3 暖房の均一化と機械の管理

(1) 送風ダクトの点検・配置

ア ダクトは数年で劣化するので、破れ易くなったダクトは交換する。特に、親ダクトの取り付け部は破れやすく、暖房効率を大きく低下させるので注意する。

イ 温室内の温度ムラは暖房効率を低下させるので、ハウスの両サイド・中心部・暖房機から遠い所等、数カ所に温度計を設置確認し、温度分布を均一にするダクト配置をする。

ウ 上記によるダクト配置は、分岐ダクトを長めにしておき、温度をみながら長さを調整したり、ダクトの途中に穴をあけたりし、温度分布を均一にする。

- エ ハウスコーナ一部に普通のダクトを曲げて使うと折れ曲がり通風量が減少するので、コーナーダクトやダクトエルボ等を使い、無理なく通風させる。
- オ 送風した時のダクトがパンパンに張っているようでは通風量が不足している。ダクトの接続口から1 m位の位置で軽くダクトを押して、2～3秒で再度ふくらむ程度を目安にする。(ダクトの先端を絞り過ぎないように、また、ダクトの穴数を増やす等して調整)
- カ 暖房機や栽培に適したダクトの設置方法は図 I-2 を参照。
- キ 温度ムラの改善のための循環扇の効果は高く、温度ムラ解消により 10%程度の省エネ効果が期待できる。また、群落湿度等の環境改善も期待できる。

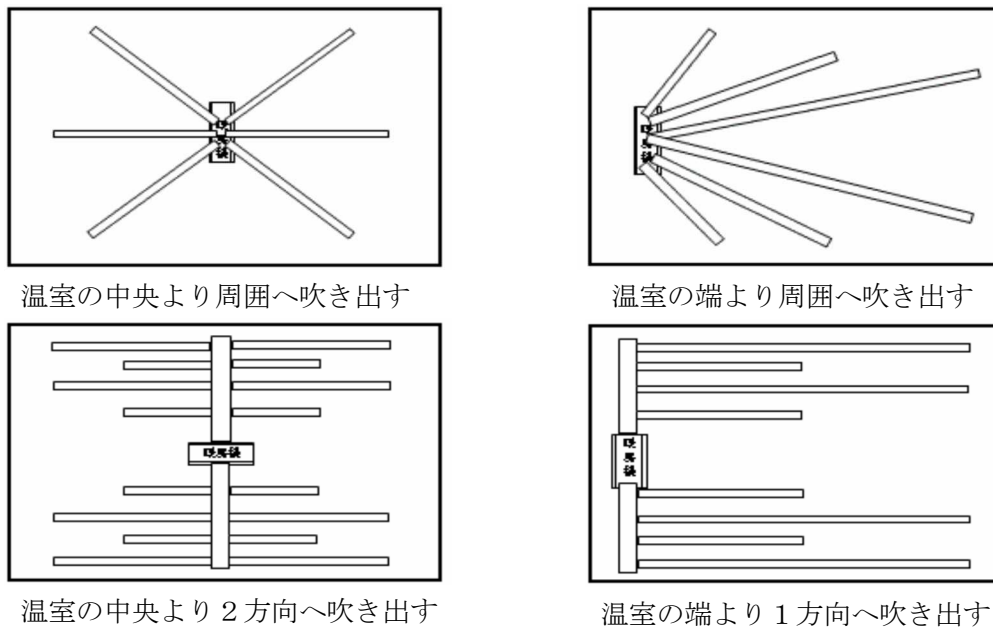


図 I-2 ダクトの配置

(2) 暖房機および温度センサー等の点検

(注：全て元電源を切り、給油バルブを閉めてから行う。)

ア 缶体の掃除

A 重油に含まれる硫黄や灰分などが、カスとして溜まり、詰まって黒煙が出たり不着火になったりして大きなトラブルとなるので、缶体を掃除する。1年に1回は必ず行い、場合によってはシーズン途中でも実施する。

イ 燃料管やストレーナーの点検

シーズンが始まる時には、エアー抜きコックを閉じ、燃料流出を防ぎ、シーズン終了時はエアー抜きコックを開け、配管内の高圧力によるバーナー部品等の破損を防ぐ。また、配管の燃料漏れを点検し、ストレーナーを掃除し、燃料の詰まりを防止する。

ウ バーナー廻りの清掃・点検

暖房機の要といえるバーナーは、定期的な整備や部品の交換が必要で、不

着火など重大なトラブルにつながらないように整備する。特に、燃料噴射ノズルは使ううちに摩耗していき、摩耗したノズルでは燃油量が増え、燃焼状態を悪くしたり異常高温等から缶体を傷めることがある。このため、故障予防のためにも、定期的（目安は1シーズン毎または10k1消費毎）にノズルを交換する。

エ エアーシャッターの調整

エアーシャッター（燃焼空気取り入れ口）は開けすぎても閉めすぎても燃焼効率は下がる。時間をかけて調整し、燃焼効率を良くする。

煙突から黒煙が出る場合には、燃料過剰のため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する。

煙突から白煙が出る場合には、空気過剰のためエアーシャッターを閉め気味にして燃焼空気量を減らして調整する。

オ 制御盤や付属コード、温度センサーの点検

コード類や配線の点検を行い、漏電や接触不良等による機器の故障を防ぐ。

温度センサーは、正常に作動していることを確認する。また、加温時に実際の温室内気温と暖房サーモの設定温度にズレがないかを確認し、ズレがあった場合には、温度管理は温室内気温で管理する。センサーは、ダクトからの吹き出し付近を避け、作物の生育を考慮して設置する。また、経年劣化が進む消耗品であるので7～8年に1回は交換する。

カ 燃焼空気取り入れ口の確保

ハウス内の密閉度が向上すると、暖房機の燃焼空気が不足気味になるので、外気からの空気取り入れ管を設置し、新鮮な空気を供給する。

※施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート（改訂3版）

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/attach/pdf/notice-13.pdf>

4 低温・多湿条件下における病害対策

夜間の暖房設定温度を1℃下げると、重油を1割程度削減できるが、夜間の気温が低下し、多湿条件を招く懸念がある。また、放熱を抑制するため保温性や気密性を向上させた場合も、温室内の相対湿度が高まって、作物に結露を生じ、病害発生増加を招く懸念がある。

(1) 注意を要する病害と対策

細菌や糸状菌が原因となる、べと病、疫病、灰色かび病、菌核病、葉かび病等の地上部病害は、多湿が発生に好適な条件であり、多発生が懸念される。

ア 耕種的防除

これら病害の対策として、ハウス内の湿度を下げるのが効果的である。湿度をモニタリングして、高湿度の時は換気窓やカーテンを少し開けることで、内部の水蒸気をハウス外に逃がしたり、ハウスの被覆材に結露させることによって除湿が可能である。また、透湿性フィルムや吸放湿性フィルム（ポリビニ

ールアルコールフィルム：PVA)をハウスの内張カーテンに利用してできるだけ湿度を上げないようにする。また、ハウス内の地表面をフィルムで全面マルチする等によって水分の蒸散を抑えたり、葉かきをこまめに行って通風を確保したり、病葉や病果を取り除き、発生源を除去することも重要な耕種的防除法である。詳細は部門別対策（施設野菜）の項に記載した。

イ 薬剤による防除

灰色かび病のような重要病害は、発生前からの防除が重要となるが、有効薬剤の使用回数は制限されており、化学合成農薬の使用には限度がある。炭酸水素ナトリウム水溶剤(ハーモメイト水溶剤)や微生物農薬であるバチルス・ズブチリス水和剤(ボトキラー水和剤等)等を併用し、発病を継続的少発生状態に抑制することが肝要である。