



あたらしい 農業技術

No.538

暖房費が削減できるバラ栽培の
ヒートポンプ利用方法

平成 22 年度

要 旨

1 技術、情報の内容及び特徴

- (1) 従来の重油燃焼式暖房機と、電気式ヒートポンプを組み合わせたハイブリッドシステムにより、バラ栽培の暖房費を削減できる方法を開発しました。
- (2) ヒートポンプは夏季の夜間冷房、除湿にも利用でき、効率的に使用すればバラの品質を向上することができます。
- (3) ヒートポンプの導入の規模は、バラ栽培の場合 20～25HP/10a が適正です。

2 技術、情報の適用効果

- (1) 重油価格が 70 円で暖房温度を 18℃とした場合、年間の暖房費は約 20%削減できます。
- (2) ヒートポンプの導入で、年間 CO₂排出量は 20～30%削減可能です。

3 適用範囲

バラ栽培。施設園芸（管理温度 18℃以上）

4 普及上の留意点

- (1) ヒートポンプを、適正規模以上に導入すると、電気の基本料金が高くなるために、暖房費削減率は頭打ちとなります。
- (2) 暖房費の削減率は、重油価格と電気料金により左右されます。

目次

はじめに	1
1 ヒートポンプとは	1
2 ヒートポンプの年間利用方法について	1
3 ヒートポンプ導入の暖房費削減	2
(1) 重油価格と電気料金	2
(2) ヒートポンプ最適導入台数	2
(3) ヒートポンプの種類と導入価格	3
(4) ヒートポンプ導入による暖房費シミュレーション	3
(5) 静岡県内の地域別にみたヒートポンプ導入による暖房費シミュレーション	4
(6) 実測による暖房費削減額	5
4 ヒートポンプによる夜間冷房	5
(1) 夜間冷房がバラの品質に及ぼす効果	5
(2) 夜間冷房開始時期	6
(3) 夜間冷房がバラの日持ちに及ぼす影響	6
5 ヒートポンプによる除湿	6
(1) 暖房による除湿	6
(2) 冷房による除湿	6
(3) 除湿の目安	6
6 ヒートポンプ導入によるCO ₂ の削減	7
7 ヒートポンプの設置に関する注意点	7
8 使用にあたっての注意点	8
(1) 除霜運転による冬季の暖房停止	8
(2) カーテンの使用	8
(3) 電気料金と石油料金の変動	8
(4) イオウくん煙剤の使用	8
(5) 吹き出し温度が低い	8
おわりに	8

はじめに

2008年8月にA重油価格は、121円/Lにまで上昇しました。バラの夜間の暖房温度は18℃以上と比較的高いために、重油価格の上昇は栽培農家の大きな負担となります。

この重油価格の高騰対策の一つとして、2006年12月から県内のバラ栽培農家に、ヒートポンプが導入され始めました。

静岡県農林技術研究所では、ヒートポンプの、省エネ効果・冷房除湿の調査を行いました。本冊子では、農業用温室・ハウスにおけるヒートポンプ導入にあたり、その暖房費削減効果や、効果的な冷房除湿方法について説明します。

1 ヒートポンプとは

重油や灯油の燃焼式温風暖房機は、油を燃やすことによって熱を発生し温室を暖房します。電気ストーブや、電気式ヒーターも、電気で発熱体（抵抗体・ヒーター）を熱くすることによって暖房します。

一方、ヒートポンプは、燃焼や発熱体によってそれ自体が発熱するのではなく、**熱を移動する装置**です(図1)。ヒートポンプでは、熱を運ぶために電気などのエネルギーを使います。ヒートポンプが、燃焼式温風暖房機や電気ストーブと大きく異なるのはこの点です。

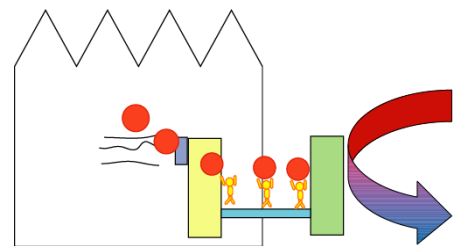


図1 ヒートポンプは熱を移動する装置

ヒートポンプという名称は、あまり一般的でないかもしれませんが、エアコンや冷蔵庫などもヒートポンプを使用した装置です。

熱を移動するために、ヒートポンプは冷媒と呼ばれるガスを、圧縮したり、膨張させたりしています。その力は、一般的に電気モーターを使用しています。電気モーターを動かすエネルギー1に対して、その3倍程度の熱量を移動させることができます。この値をCOP (Coefficient Of Performance 成績係数) といい、COPが大きいほうが、ヒートポンプは効率よく冷暖房できます。電気エネルギーの3倍以上の熱エネルギーが得られることが、ヒートポンプが省エネになる理由です。但し、ヒートポンプのCOPは、常に一定ではなく、室外機の置いてある、温度や湿度などの気象条件や制御する温度、湿度によって変わります。

2 ヒートポンプの年間利用方法について

暖房費を節約する目的で、バラ栽培に導入が進んでいるヒートポンプは、電気を使用するヒートポンプです。

電気式ヒートポンプを導入すると、冬の暖房シーズンだけでなく、年間を通して電気の基本料金がかかります。

そのために、ヒートポンプを年間を通して使用するほうが効率的です(図2)。

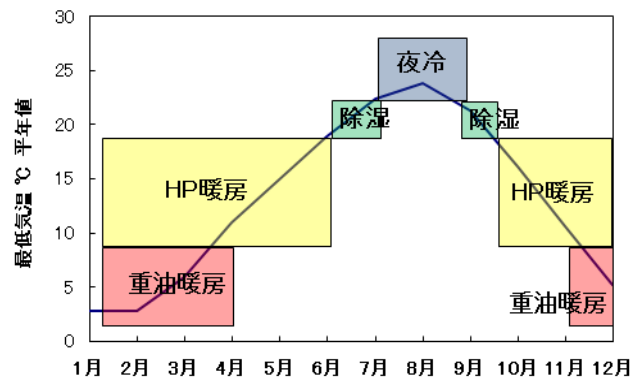


図2 ヒートポンプの年間利用方法

温室の夜間温度が 18℃以下となる期間は、暖房モードで使用します。温室の夜間最低温度が 20℃以上となる期間は夜間冷房モードで使用し、6月の梅雨期や、10月の秋雨の時期には除湿のために使用し、年間を通して使用することで、ヒートポンプを有効に活用することができます。

もちろん、基本料金は毎月同額徴収され、使用した電気料金はその使用料に伴って徴収されるために、冷房や除湿運転をすると、電気料金は、それなりに多くなります。しかし、冷房や除湿で、収量・品質にメリットがあれば、わずかな投資でそれ以上の効果が得られることとなります。

3 ヒートポンプ導入の暖房費削減

(1) 重油価格と電気料金

静岡県におけるバラ栽培では、秋期から翌年の初夏までが出荷のピークとなるため、温室の暖房は不可欠です。重油価格の高騰はバラの生産コストの増加につながります。

ヒートポンプによる暖房が、重油や灯油の燃焼式暖房機に比較して、暖房費が削減できる理由の一つは、近年の**重油価格の高騰**です。

施設園芸用の暖房機の燃料として使用されるA重油の価格は、2004年の4月までは36円/L程度であったものが、中国やインドなどの使用量の増加や、投機目的等が原因で2008年の3月には86円/Lまで上昇しました(図3)。

重油価格が過去の2倍以上になったのに対して、電気料金はそれほど上昇していません。この**価格上昇率の違い**があるために、電気を利用したヒートポンプの導入で、暖房費の削減が可能になりました。価格と、電気エネルギーの3倍以上の熱エネルギーを得ることができる効率の良さの2つが、ヒートポンプで**暖房費を削減**できる理由です。

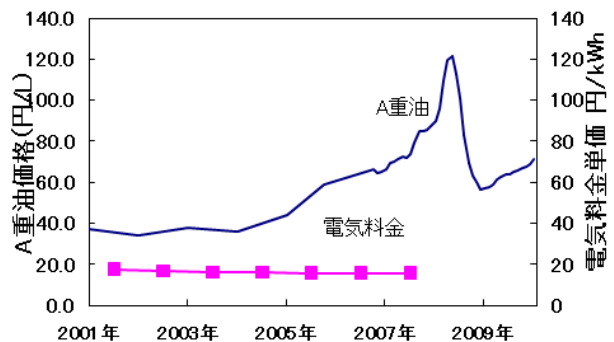


図3 重油価格の推移

2007年からは財団法人日本エネルギー経済研究所石油情報センター
電気料金は、資源エネルギー庁資料

(2) ヒートポンプ最適導入台数

ヒートポンプの暖房経費が安いのであれば、すべてヒートポンプにした方が経費はさらに削減できるのでしょうか？

ヒートポンプの導入に当たっては、最適な導入規模があります。以下に述べる2つの理由で、ヒートポンプを必要以上に導入した場合は、経費の削減額が少なくなります。

ア 電気には、基本料金がかかるため、冬季を中心に使うヒートポンプでは、使用しない時にも基本料金が請求されます。基本料金は、導入する電気機器の消費電力で決まるため、導入台数が増加すると、基本料金も増加します。

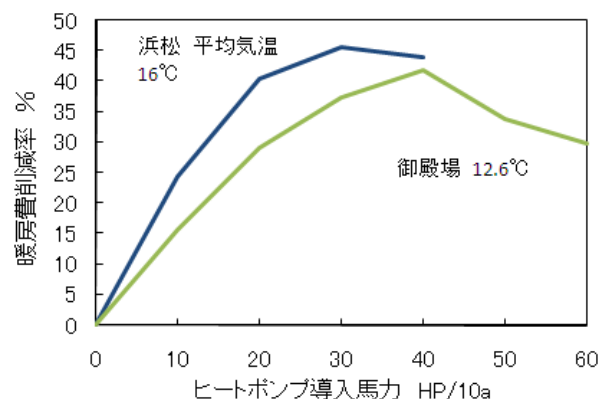


図4 ヒートポンプ導入馬力と年間暖房費削減率

- ・ハウス面積 10a、ハウス表面積 1,650 m²
- ・A重油価格 85円、暖房温度 18℃
- ・気象条件は浜松市平年値で試算

イ ヒートポンプは、燃焼式の暖房機に比較すると高価なため、減価償却費が高くなります。

10a の温室に、ヒートポンプを導入する馬力数を変えて、暖房費の削減率がどのように変化するかを試算しました(図 4)。浜松の気象データに基づいた試算では、40 馬力でヒートポンプだけで、暖房が可能となる条件です。

試算から、10a 当たり 20～30 馬力のヒートポンプの導入が適切で、30 馬力よりを超えると、基本料金が增加するため、削減率は低下します。なお、この試算では、ヒートポンプの導入経費を無視して計算してあります。導入経費を考慮すると、浜松市の平均気温において、18℃の暖房条件では、10a に 20～25 馬力程度の設置が適切と考えられます。

同じような試算を、御殿場市の平均気温を用いて行くと、40 馬力の導入が最も削減率が高くなります。平均気温が低いために、必要な熱量が多く、最適ヒートポンプの導入台数も多くなります。

10a の温室に、20 馬力のヒートポンプを導入する場合に、10 馬力のヒートポンプを 2 台導入するように、能力の大きなものを少ない台数入れる方法と、5 馬力のヒートポンプを 4 台導入するように、小さな能力のものを、数多く入れる方法があります。

台数を少なく入れる方法では、導入時の設置工事費が安くなる利点があります。また、台数を多く入れる方法では、工事費はやや高くなるものの、温室内温度の均一性が良くなる利点があります。

どちらの方法でも、温室内気温の均一性を向上するためには、循環扇の設置が有効です。図 5 のように、温室内の気流が回転するような配置にすると、温度の均一性が図られやすくなります。

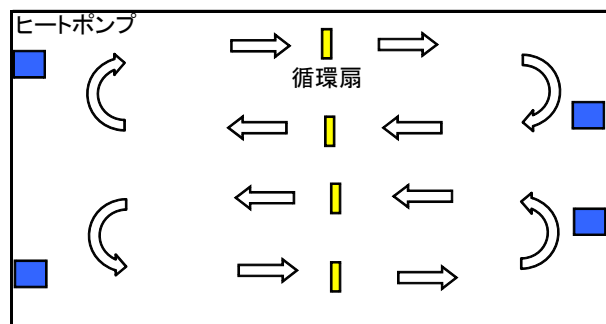


図 5 循環扇の設置により温室内の温度の均一を図る

(3) ヒートポンプの種類と導入価格

ヒートポンプの種類には、**農業用に特化したもの**と、**一般の店舗用**があります。農業用の場合には、暖房設定が 10℃以上で、風量も多くダクトの設置も可能ですが、店舗用の場合には、風量が少なく、暖房・冷房は 18℃以上の設定となります。バラの場合には大きな問題はありませんが、店舗用のヒートポンプは、18℃以下の設定はできません。

価格は広く普及している店舗用が安く、農業用は少し割高になります。メーカー・設置条件により価格は変わりますが、10a の温室に 20 馬力の規模で導入する場合は、170～280 万円程度です。

(4) ヒートポンプ導入による暖房費シミュレーション

実際にヒートポンプをバラ温室に導入した場合に、どの程度暖房経費が削減できるかを試算しました。

ヒートポンプによる暖房費削減試算の条件	
ハウス床面積	1,000 m ²
ハウス表面積	1,650 m ²
暖房温度	15～20℃
放熱係数	3.5W/(m ² ・k) (一層カーテン)
ヒートポンプ能力	20 馬力(暖房時定格能力 56kW)
気温データ	浜松市平年値
補助暖房	A 重油燃焼式温風暖房機

暖房費の比較は、気象条件や温室の設備などの条件により大きく異なります。今回は浜松市の気温の平年値を用い、前頁の試算条件で、暖房設定温度と、A重油の単価を変動させて試算しました。なお、ハイブリッド方式の試算では、冬季の暖房と、夏季の夜間冷房を21℃設定で行った時の経費を含んでいます。

また、電気料金は2007年末の、低圧季節別時間帯別電力料金を用いました。

図6は、重油燃焼式暖房機使用の場合の年間の暖房費を算出したグラフです。

重油単価90円/Lで、設定温度20℃では、慣行の重油式温風暖房機のみ使用した場合、年間暖房費は、225万円となります。

バラ栽培の経営費の内訳では、重油価格が90円では光熱費が25%を占め、収益はマイナスとなり、バラ栽培の経営ができなくなる程の大きな打撃といえます。

重油単価90円/L、設定温度20℃で、20馬力のヒートポンプを導入した場合には、年間80万円の暖房経費を削減できます。

この試算では、ヒートポンプの購入価格は考慮していません。ヒートポンプの価格を、250万円/10aとした場合、重油価格90円18℃設定では、73万円暖房経費が安くなりますので、4年弱で導入経費が回収できることになります。

18℃設定では、ヒートポンプを20馬力導入すれば、十分採算がとれる試算となります。

トマトの栽培管理のように設定温度を12℃とした場合、浜松市の気温では10馬力のヒートポンプで、約70%の熱量を負担することができますが、冷房を含めた年間の暖房費削減額は、A重油の単価が90円/Lでは5万円程度となり、ヒートポンプの導入は合理的ではありません。しかし、仮にA重油の単価が120円/Lに上昇すると、年間の削減額は22万円となり、導入により経費削減の可能性が出てきます。

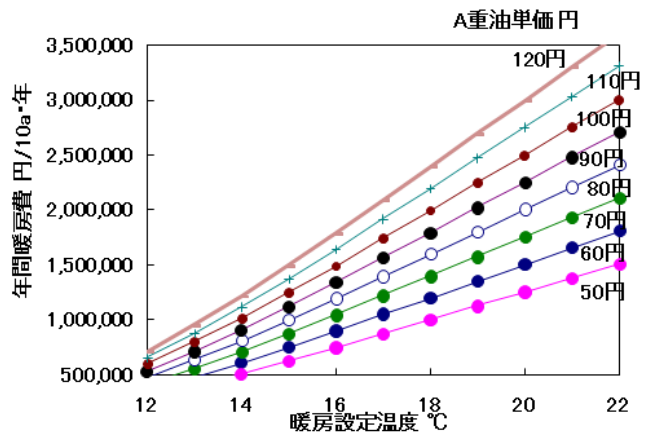


図6 設定温度の違いによる年間暖房費 (A重油暖房)

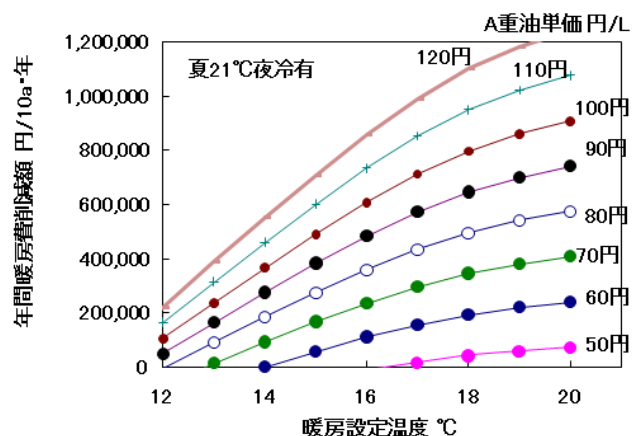


図7 ヒートポンプ利用による年間暖房費削減額

(5) 静岡県内の地域別にみたヒートポンプ導入による暖房費シミュレーション

暖房費は、設定温度だけでなく、いろいろな条件で変化します。天候はもちろん、温室の被覆資材、カーテンの有無でも大きく変わります。

県内の地域別に20馬力のヒートポンプを導入して、18℃設定の時の暖房費を比較しました。

削減率は異なりますが、電力会社や気象条件が異なっても、年間の削減額は60~65万で、大

大きく変わることはありませんでした。これは、20馬力のヒートポンプによる熱量が、地域が変わってもほぼ同等のため、削減額に大きな変化はなかったものと思われます。

実際には、外気温が低い場合にはヒートポンプのCOPも若干低下するため、削減額は多少変動します。

(6) 実測による暖房費削減額

2007年から2008年にかけて、静岡県農林技術研究所内で、ヒートポンプを使用したハイブリッド暖房方式で、実際にバラ栽培をして暖房費の比較をしました(図8)。

ヒートポンプの導入規模は、20馬力/10aとほぼ標準の能力で、夏季は7時間の夜間冷房、冬季は18℃設定の暖房で行いました。

ハイブリッド方式では、年間を通して電気の基本料金が付加されます。また、7月から9月は冷房による冷房料金も付加されます。夏季夜間冷房時の1月の電気料金は、6万円/10a程度でした。

従来の重油燃焼式温風暖房機と比較して、年間の暖房費は20~25%削減することができました。

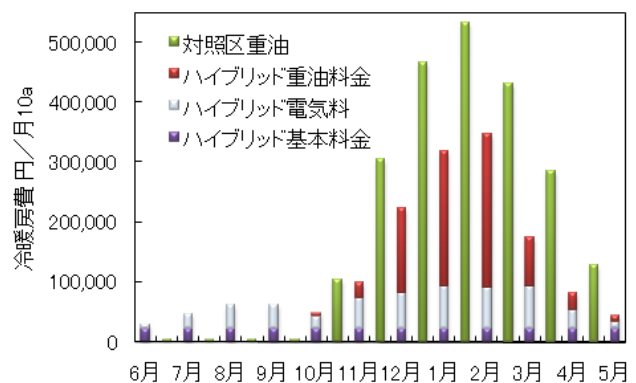


図8 ハイブリッド方式と対照区の月別冷暖房費

4 ヒートポンプによる夜間冷房

ヒートポンプの利点の一つは、暖房だけでなく、冷房もできることです。ヒートポンプによる、夏季の夜間冷房の効果を検討しました。

20馬力/10aの能力で、夜間冷房を行うと、温室内気温を、外気温より3~4℃低下させることができます(図9)。夏季の日中の冷房は、この程度の能力では足りないため、夜間冷房、または雨天の日中の冷房運転が可能です。

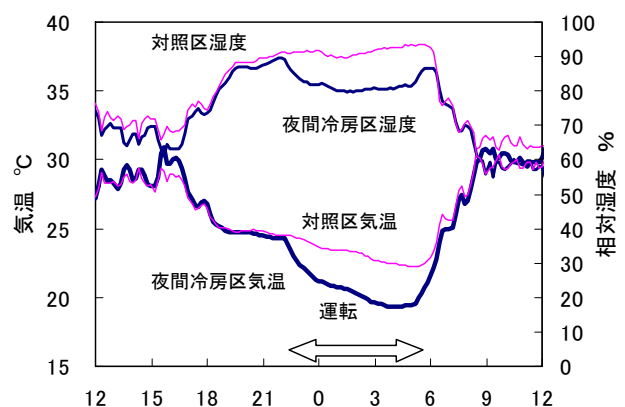


図9 夜間冷房時の温度・湿度変化

(1) 夜間冷房がバラの品質に及ぼす効果

夏季の夜間冷房により、夜冷区は対照区と比較して、8月の切花長・花らい長(花の大きさ)が長くなり(図10)、8月には切花総重量も、有意な差で大きくなりました。

夜間冷房をしない場合は、茎が細く出荷不可能なもの、50cm未満の切花長の採花枝が多くなりましたが、夜間冷房をすることで、上位階級の発生率が高くなりました。消費電力から、10aに20HPのヒートポンプを導入し、夜冷に使用した場合の電力料金を試算すると、最も多かった8月で基本料金を含めて約10万円/10aでした。

(2) 夜間冷房開始時期

夜間冷房の開始時期を、7月から行った場合と、8月以降に開始した場合の、収量・品質を比較しました。その結果、夜間温度を4℃程度低下でき、夏季に切花本数、切花重、花らい長が増加しました。しかし、7月からの早期の夜間冷房では、10月に収穫本数が低下する傾向がみられたため、静岡県におけるバラ栽培の夜間冷房では、8月以降の夜間冷房が効率的だと思われます。

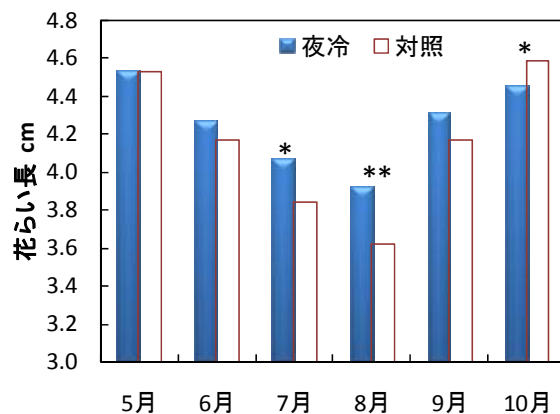


図10 夜冷区と対照区の月別花らい長

(3) 夜間冷房がバラの日持ちに及ぼす影響

夜間冷房を行うと、温室内の気温・相対湿度・絶対湿度が低下し、飽差が上昇します。夜間冷房を行った温室で栽培したバラは、夜間冷房をしない場合と比較して、日持ち日数が1.5日ほど長くなるという結果が得られました。この結果は、ローテローゼを用い、25℃で日持ち試験を行ったものです。

5 ヒートポンプによる除湿

梅雨や秋雨など、雨天が続く加湿状態となると、べと病や灰色カビ病などの、バラの病気の発生が増加します。病気の予防のためには、温室の除湿が有効です。相対湿度を下げるには、暖房により温室内気温をあげる方法と、冷房により空気中の水分を取り除く方法の、2つの方法があります。

(1) 暖房による除湿

外気温が低く、温室内気温が設定温度以下の場合は、ヒートポンプを暖房モードで除湿します。

但し、暖房による除湿が有効なのは、暖房機（ヒートポンプなど）が稼働している時のみです。設定温度と、外気温との温度差が小さいときは（3～4月や10～11月）、暖房運転が少なく、除湿できなくなります。

その時期には、一部のヒートポンプを冷房モードで運転し、温室内を冷房しながら暖房する方法が有効です。

(2) 冷房による除湿

外気温が高く、温室内気温が設定温度よりも高い場合は、ヒートポンプを冷房モードで除湿することができます。この運転の場合も、冷房の稼働時間が少ないときには、除湿効果も少なくなります。

この時にも、暖房機と併用して冷房運転することで効率的な除湿が可能となります。

(3) 除湿の目安

飽差（空気中に含むことができる水分量）が0.2kPa以下になると、病気が発生しやすくなるといわれています。飽差は温度と湿度により計算できます（表1）。バラの暖房温度の18℃では、温室内の湿度が95%以上になると、飽差が0.2kPa以下になります。このような環境では、病気の予防に除湿が有効です。

表1 病気が発生しやすい湿度と温度(表の中の数値は飽差(kPa))

温度 °C	湿度 %											
	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
37									0.9	0.6		0.0
36									0.9	0.6		0.0
35									0.8	0.6		0.0
34									0.8	0.5		0.0
33									0.8	0.5		0.0
32								1.0	0.7	0.5		0.0
31								0.9	0.7	0.4		0.0
30								0.8	0.6	0.4		0.0
29								0.8	0.6	0.4		0.0
28						0.9	0.8	0.6	0.4		0.2	0.0
27						0.9	0.7	0.5	0.4		0.2	0.0
26						0.8	0.7	0.5			0.2	0.0
25					0.9	0.8	0.6	0.5			0.2	0.0
24					0.9	0.7	0.6	0.4			0.1	0.0
23				1.0	0.8	0.7	0.6	0.4			0.1	0.0
22				0.9	0.8	0.7	0.5	0.4			0.1	0.0
21			1.0	0.9	0.7	0.6	0.5	0.4			0.1	0.0
20			0.9	0.8	0.7	0.6	0.5				0.1	0.0
19		1.0	0.9	0.8	0.7	0.5	0.4				0.1	0.0
18		0.9	0.8	0.7	0.6	0.5	0.4				0.1	0.0

0.35~1kPa 気孔が開きやすい 0.2 病気が発生しやすい

6 ヒートポンプ導入によるCO₂の削減

ヒートポンプを導入することで、CO₂の発生量を削減することができます。これは、電気を使用するために、重油暖房と比較してCO₂の発生が少なくなることと、ヒートポンプの効率が良いためによるものです。温風暖房機を18℃暖房設定で使用した場合は、10a 当り年間のCO₂発生量は55t/10a 程度ですが、20~25 馬力ヒートポンプを導入することで、排出量は22t (30~40%) 程度削減することができます。削減率は一定ではなく、気象条件や温室の保温条件、夜間冷房の使用条件、電力会社の発電状況などでも変わります。

7 ヒートポンプの設置に関する注意点

バラ栽培へのヒートポンプの導入は、10a 当り20~25 馬力程度が適切な規模です。一般的な栽培農家では、30a 以上の温室面積で栽培していますが、ヒートポンプの台数が増え、消費電力の合計が50kW (約50 馬力以上)になると、電気の契約を低圧契約から高圧契約に変更しなければなりません。高圧契約に変更する場合は新たに受電設備の設置が必要となり、その分の費用負担が発生します。

また、一般に電気料金の単価は高圧契約の方が高くなりますが、電気の使い方にあわせた最適な料金メニューを選択することができます。導入にあたっては電気工事店や、電力会社などに相談することをお奨めします。

8 使用にあたっての注意点

(1) 除霜運転による冬季の暖房停止

空気熱源のヒートポンプによる暖房の欠点の一つとして、室外機に霜がついて凍ると、暖房効率が落ちることです。これを防ぐために、定期的に室外機の除霜を行います。このときには、温室の暖房が止まり、噴出し温度は低くなります(図 11)。そのためにも、ヒートポンプのみではなく、燃焼式暖房機と合わせたハイブリッドシステムが必要です。

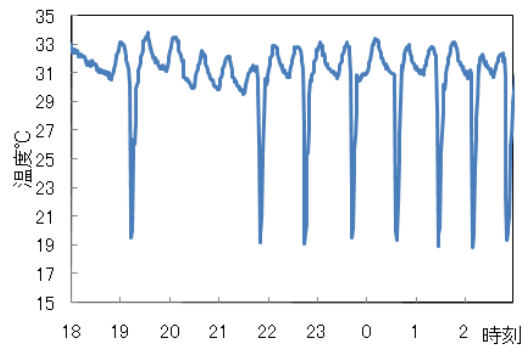


図 11 除霜運転による暖房停止

(2) カーテンの使用

暖房・夜間冷房を効率的に行うには、保温カーテンの使用が効果的です。多少手間にはなりますが、夜間冷房の場合もカーテンを使用した方が、温度の低下は大きくなります。

(3) 電気料金と石油料金の変動

現時点でのヒートポンプの優位性は、石油価格の高騰と、電力価格の安定の上になり立っています。価格の変動があれば、可能性としては、ヒートポンプがそれほど有利にならない場合もあります。

A 重油の価格が 90 円で、電気料金が 10%上昇した場合の、年間冷暖房費の削減額の試算では、削減率は 35%から 31%に低下しました。10%程度の電気料金の値上げでは、ヒートポンプが有利といえます。

(4) イオウくん煙剤の使用

ウドンコ病の防除に、硫黄粒剤をくん煙する場合がありますが、ヒートポンプ部品には、硫黄が付着すると腐食が進むものもあります。一般的には、ヒートポンプ導入温室では、硫黄くん煙剤の使用はできません。しかし、一部の農業用ヒートポンプでは、硫黄対策済みで、使用が可能な機種もあります。

(5) 吹き出し温度が低い

燃焼式の温風暖房機の吹き出し温度は、約 80°C とかなり高い温度ですが、ヒートポンプの吹き出し温度は 30~40°C と低いため、体感的にはかなり低く感じます。温室全体を急速に温める能力は、温風暖房機に劣ります。

おわりに

ヒートポンプは、暖房費削減に有効な手段ですが、その特徴を理解した上で導入することが重要です。冷房を有効に利用すれば、重油高騰の逆風を、品質向上の新たな展開を進めることも可能と思われます。

* 記述の一部は、中部電力(株)、三菱重工空調システム(株)、ネポン(株)、農林技術研究所との共同研究結果のデータです。

農林技術研究所 野菜科 科長 佐藤展之