



## 営農経済トピックNo.404

平成27年11月16日  
営農総合支援センター

### (今週のメニュー)

- 園芸販売課情報 青果物の市場概況について（園芸部 園芸販売課）
- 園芸資材課「ハウスの保温性の向上」について（別添）（園芸部 園芸資材課）
- 気象情報（営農総合支援センター）

1

### 園芸販売課情報 青果物の市場概況について（発信部署：園芸部 園芸販売課）

#### 内 容：

	11月2日～11月7日	11月9日～11月14日
品名	高値 安値	高値 安値
ほうれん草 (200g)袋	97～32	97～32
しゅんぎく (150g)袋	65～43	65～43
にら (100g)束	70～22	70～22
むきねぎ (5kg) DB	1,080～432	1,512～540
青梗菜 (300g)袋	43～38	38～22
きゅうり (5kg) DB	2,160～324	2,160～540
トマト (4kg) DB	1,458～540	1,458～324
ブロッコリー (4kg) DB	1,620～1,296	1,620～324
大和芋 (4kg) DB	3,240～1,944	3,564～1,620
生椎茸 (100g)トレー	130～54	130～65

#### 【記載内容の誤りについて】

先週の青果物の市況情報について、下記のとおり誤りがございました。関係者の方にはご迷惑をおかけいたしまして、深くお詫び申し上げます。

○訂正内容：青梗菜（300g）袋 11月2日～11月7日

【誤】432（高値）～216（安値）

【正】 43（高値）～ 38（安値）

## 2

### 園芸資材課情報「ハウスの保温性の向上」について（別添）

（発信部署：園芸部 園芸資材課）

#### 内 容：

平成19年の原油高騰以降、園芸施設の省エネ対策の取り組みがすすんでいます。

今回は、ハウスの保温性の向上についてご紹介いたします。

#### 添付資料：ハウスの保温性の向上について

お問い合わせ先：園芸部 園芸資材課 Tel 027-220-2291

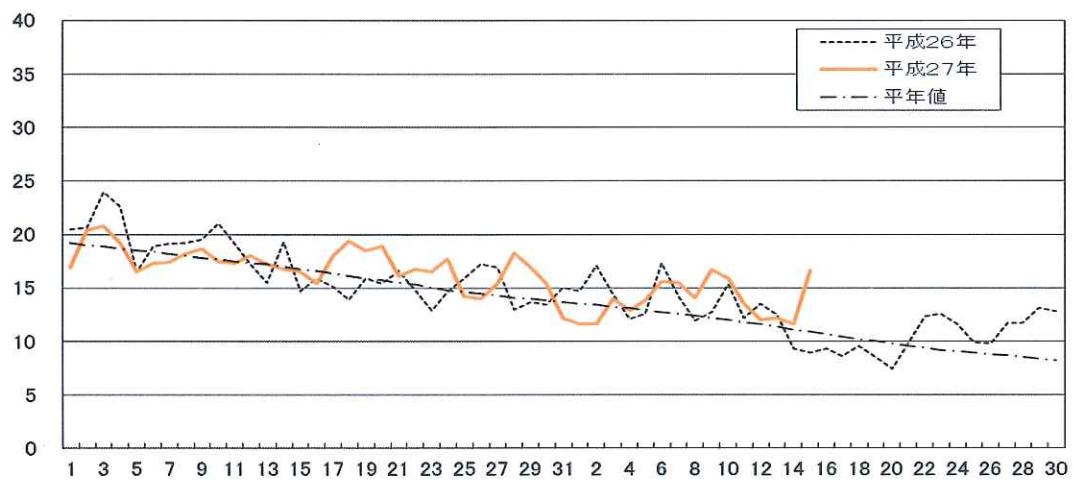
## 3

### 気象情報

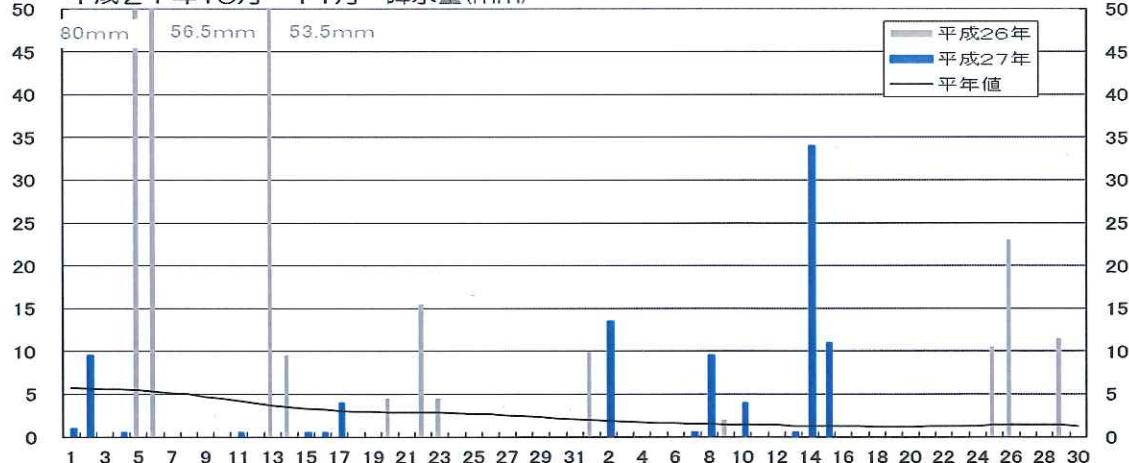
（発信部署：営農総合支援センター）

#### 内 容：気象経過（前橋気象台 標高112m）

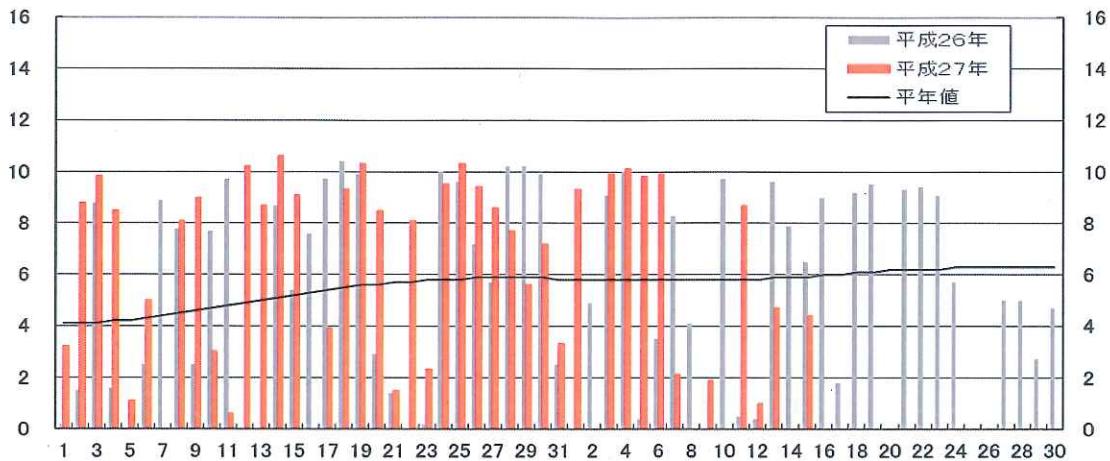
平成27年10月-11月 平均気温(℃)



平成27年10月-11月 降水量(mm)



平成27年10月—11月 日照時間(h)



## I. 保温性の向上

●本章の主な技術対策の導入効果と難易性

主な技術対策		掲載ページ	技術導入の効果	技術導入の難易性
気密性	固定被覆の隙間をふさぐ	6	★★	☆☆☆
	保温カーテンの隙間をふさぐ	6	★★	☆☆☆
多重・多層被覆	2層・3層カーテン	8	★★★	☆☆
	固定2重被覆	11	★★	☆☆
	空気膜2重構造ハウス	11	★★	☆☆
	外面被覆	11	★★	☆☆
高保温性 被覆資材	赤外線吸収資材	12	★	☆☆
	反射性資材	12	★★	☆☆
	中空2層構造軟質シート	13	★★	☆☆☆
	断熱材	13	★	☆☆
その他	ウォーターカーテン	14	★★★	☆
	多連棟化	14	★★	☆
	防風ネット・防風垣	15	★	☆☆

技術導入の効果 ★★★：省エネ効果大

★★：省エネ効果中

★：省エネ効果小

技術導入の難易性 ☆☆☆：費用もかかりず、今すぐに導入できる技術

☆☆：やや費用はかかるが、比較的導入しやすい技術

☆：投資額が大きいため、長期の経営判断が必要な技術

# 1. 概要

保温性の向上は、最も容易で、効果的な省エネルギー手段である。「保温性のよい温室」とは、暖房熱量を節減できる、あるいは室温を高く維持できる温室で、次の2点により達成できる。

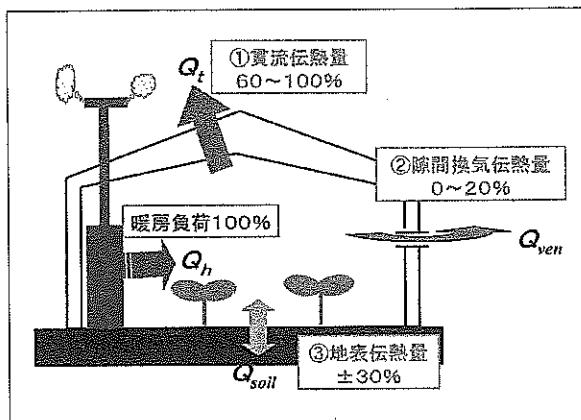
- ①温室の断熱性を高め、温室からの放熱を抑制する。
- ②昼間の地温を高めるなど、室内への蓄熱量を多くする。

## (1) 暖房温室からの放熱の仕方

温室からの放熱抑制を考えるうえで、温室からの熱の出入り（熱収支）を把握するとよい。

図1-1は、暖房温室からの放熱形態を示している。温室から外部への放熱は、次の3通りによる。

図1-1 暖房温室からの放熱形態  
( $Q_h = Q_t + Q_{ven} + Q_{soil}$ )



①貫流伝熱量 ( $Q_t$ )：被覆資材および構造材を直接通過する伝熱量である。暖房熱量に占める割合が最も大きく、およそ60~100%である。貫流伝熱量は、“被覆枚数を増やす” “保温力の高い被覆資材を利用する”ことで抑制できる。

貫流伝熱量は(A式)のように、被覆面積と室内外気温差にほぼ比例する。このときの比例係数を熱貫流率と呼び、保温性の指標となる。保温性が高いほど、熱貫流率は小さくなる。

$$\text{貫流伝熱量} = \text{熱貫流率} \times \text{被覆面積} \times \text{室内外気温差} \quad (\text{A式})$$

②隙間換気伝熱量 ( $Q_{ven}$ )：被覆材の重ね目や出入り口・保温カーテンなどの隙間を通しての隙間風による伝熱量である。隙間換気伝熱量は暖房熱量のおよそ0~20%である。隙間換気伝熱量は、隙間が多いと増加し、また、屋外風速増加に伴い増

加する。隙間換気伝熱量は、気密性を高めることで抑制できる。

③地表伝熱量 ( $Q_{soil}$ )：室内から地中へ向かう伝熱量（正の値）、または地中から室内へ向かう伝熱量（負の値）である。暖房熱量に占める割合はおよそ±30%の範囲である。

昼間の地温上昇が小さく、室温>地温となるときは、温室から地中へ向かう熱流（正の値）が生じる。しかし、多くの場合は、夜間、室温<地温となり、床面から室内へ向かう熱流（負の値）が生じる。この場合は、暖房熱源の一部となるので暖房負荷を軽減する。

## (2) 保温性の向上手段

### ア. 保温被覆

温室からの放熱（貫流传熱量および隙間換気伝熱量）を抑制し、断熱性を高めるための被覆を保温被覆と呼び、図1-2、図1-3に示す種類がある。

図1-2 保温被覆の種類

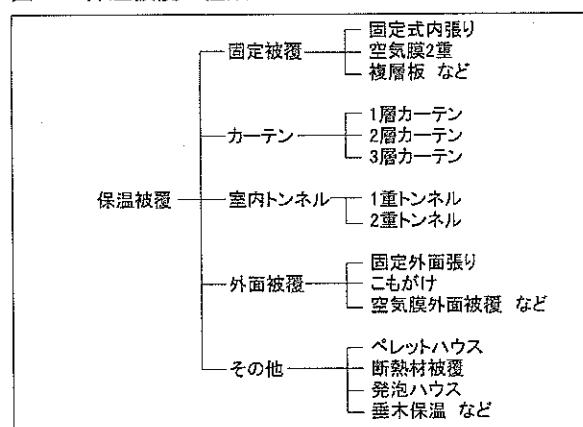
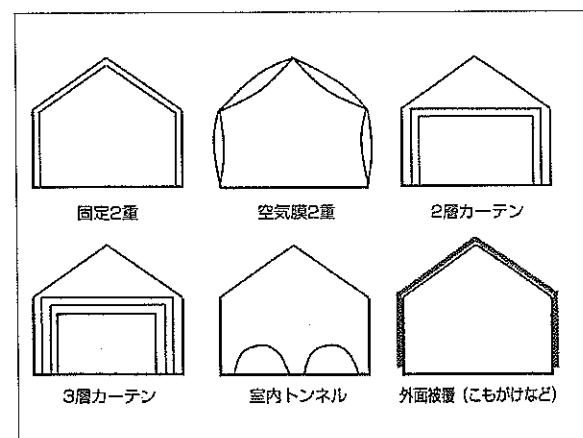


図1-3 保温被覆の形態



保温被覆では、①被覆枚数を増加する ②保温力に優れた被覆資材を利用することにより保温性が向上する。被覆枚数を増やすことは、貫流传熱

量と隙間換気伝熱量の両方を抑制する。

ここでは通例により、固定被覆枚数には「重」をつけて1重・2重のように呼び、カーテン枚数には「層」をつけて1層・2層のように呼ぶ。例えば、固定1重+2層カーテンの温室を、固定1重2層カーテン温室と呼ぶ。

主要な保温被覆については、後の項目で解説する。特殊な方法として、固定2重被覆間に洗剤などで泡を発生させる方法が考案されているが、実用段階には至っていない。

また、高断熱性のペレットハウスが過去に開発されたが、この方法も普及には至っていない。

#### イ. 地中蓄熱の促進

暖房中の下向き地表伝熱量（室内→地中）を抑制すること、あるいは上向き地表伝熱量（地中→室内）を積極的に増やすことは、燃油節減に直結するので、管理上考慮するとよい。

夜間の上向き地表伝熱量（地中→室内）は、昼間の地中蓄熱の増加によって増す。それには、

- ①許容できる範囲で換気開始室温を高くする
- ②床面への直射日射を増やす
- ③光を透過する透明マルチを利用する

などがある。また、夜間の暖房設定温度を低くすることも上向き地表伝熱量増大に結びつく。

これらの対策によって、数%の燃油節減効果が認められることがある。

## 2. 気密性の向上

被覆面の隙間は、保温性を大きく低下させる。固定被覆材や保温カーテンの隙間を少なくし、気密性を高めることは、経費をあまりかけないで出来る数少ない省エネルギー手段である。

隙間の多い温室では、隙間をふさぐことで、放熱量を1割以上削減できることがある。

#### (1) 固定被覆（外張り）の隙間をふさぐ

以下の項目について点検し、隙間をふさぐようにつとめる。

- ①外張り被覆材の破れを補修する。
- ②出入り口、側窓、天窓周囲などの隙間をふさぐ。使用しない出入り口を目張りしたり、出入り

口の外側をフィルムで覆うなどの対策をとる（図1-4）。

③サイドの巻上げ換気フィルムは、換気を必要としない期間は、スプリング留め具などで固定するとよい（図1-5）。

④換気扇のシャッター部分も隙間ができやすいので、使用しない期間はシャッター部分をフィルムで覆うとよい。

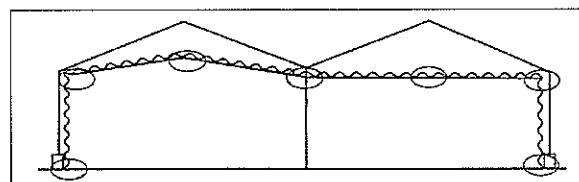
⑤フィルム留め具のゆるみがないか点検する。

#### (2) 保温カーテンの隙間をふさぐ

保温カーテンに隙間があると、カーテン内外間の空気移動により保温性は大きく低下する。以下の項目について定期的に点検し、隙間をなくすようにつとめる。隙間のチェックは、カーテンを閉じた状態で行うのが望ましい。

図1-6に示すカーテンの合わせ目やつなぎ目は、隙間ができやすいので特に注意する。

図1-6 カーテンの隙間ができやすい箇所<sup>1)</sup>



①保温カーテンの破れを補修する。また、フィルム固定部分の垂れ下がりを補修する（図1-7）。

②天井カーテンと側面カーテンの合わせ目の隙間をふさぐ（図1-8）。

③妻面のカーテンの合わせ目には隙間ができやすいので注意する（図1-9）。妻面には、裾部からの冷気流入を防ぐために、図1-10のような固定カーテンを設置するとよい。

④側面カーテン外側には、重たくなった冷気が下降するため、カーテンが室内側に押し出される（図1-11）。

これによって裾部が持ち上がりると冷気が室内に入り、保温性を低下させる。これを避けるために、

- カーテン裾部を40~50cm長めにしておく
- カーテン裾部に重しを置く
- 逆U字の針金などでフィルムを床面に固定する
- カーテンを床面に埋め込む（図1-12）

などの対策をとるとよい。

また、図1-13のように、数m間隔で支柱を立て、カーテンが室内に張り出すのを防ぐのもよい。

⑤2層カーテン（あるいは3層カーテン）の場合、

図1-4 出入り口外面をフィルムで覆う

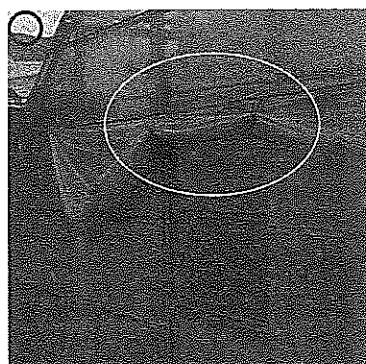


図1-5 換気しない時期は巻き上げフィルム下部をスプリング留め具で固定

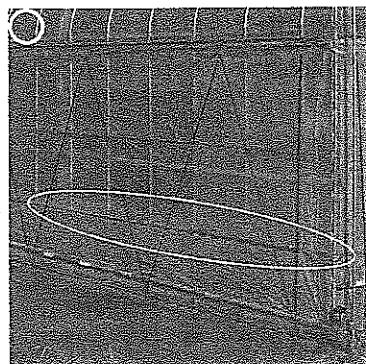


図1-7 肩部の垂れ下がり隙間

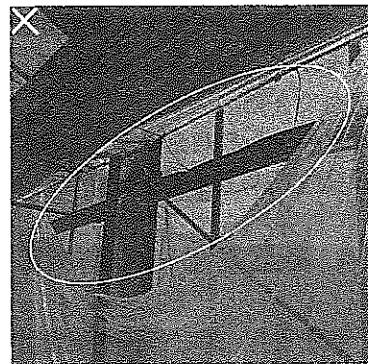


図1-8 天井カーテンと側面カーテンの合わせ目の隙間

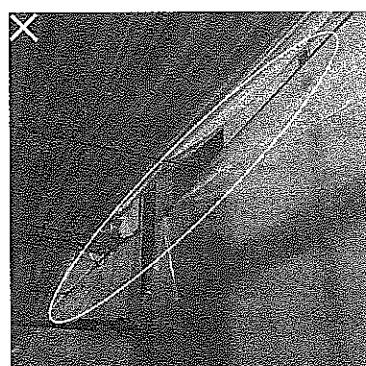


図1-9 天井カーテン閉時の妻面の隙間

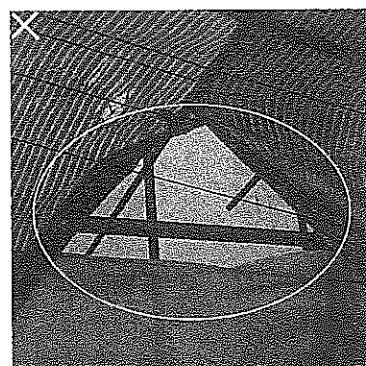


図1-10 天井カーテン妻面の内側に固定カーテン設置

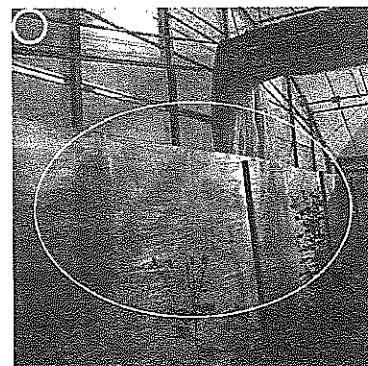


図1-11 カーテンの裾が短いと下降冷気が室内に流入

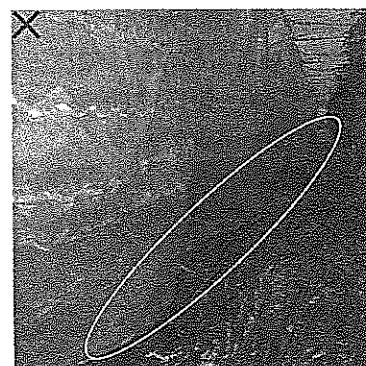


図1-12 側面カーテンの裾部を床面に埋め込むと良い

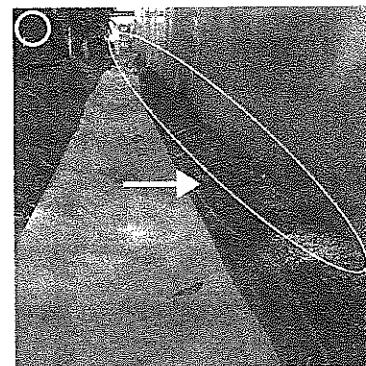


図1-13 支柱を立ててカーテンの室内への張り出しを防ぐ

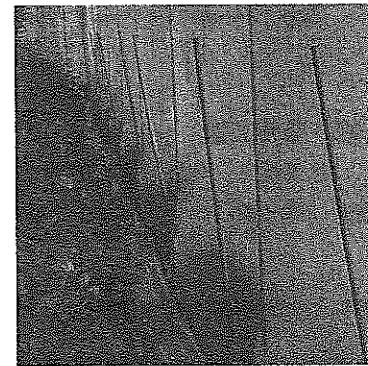


図1-14 保温性を高めるには、2層カーテン間をふさぐ(B図)、さらに肩部に仕切りフィルムを設置(C図)<sup>11)</sup>

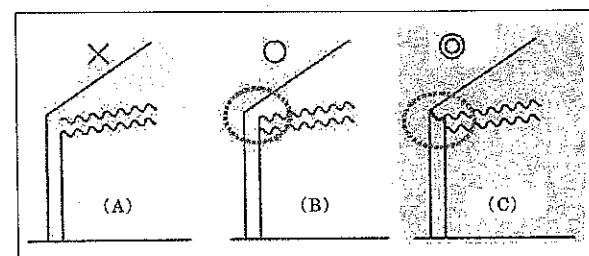


図1-14(B図)のように、軒部のカーテン間の隙間をふさぐ。

⑥天井カーテンと側面カーテンの枚数が異なり、

両者の保温性に差がある場合は、図1-14(C図)のようにスプリング留め具などを使って、屋根カーテン上の空間と側面カーテン外側の空間を区切る仕切り壁をつけると、保温性が向上する。

これによって、天井カーテン上の冷気が側面に下降するのを遮断できる。

### (3) 保温カーテンの隙間をふさぐことによる放熱抑制効果の事例

保温カーテンの隙間をふさぐことによる放熱抑制効果は、もともとどれぐらいの隙間があったか

により異なってくる。

一例として、トマト温室での事例を図1-15に示す。保温カーテンの縦横数10cmの隙間10ヶ所以上をふさぐ補修を行った結果、約12%の放熱量を抑制できた。

カーテンの目立つような隙間をふさぐことは、保温性の向上に大きな効果がある。

#### (4) 高湿度化・結露対策

気密性向上は、室内相対湿度の上昇、内張りカーテンへの結露の発生、作物への結露を招くことが多い。これらが、病害発生の誘因にもなる。このことが問題となる場合は、不織布、織布・割布などの透湿性資材または吸水性資材を利用するのも一つの方法である。

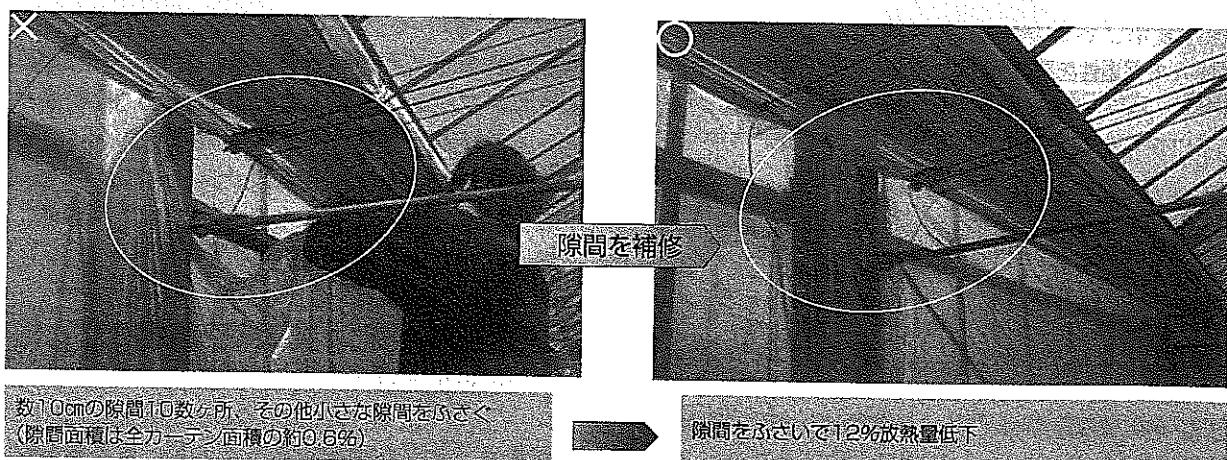
2層カーテン以上では、これらを最下層に設置すると室内的湿度が低下しやすくなる。しかし通気性資材を用いた場合、通気による熱移動が生じるため、保温性は多少低下する。

暖房機停止時の作物体への結露は、作物体温度が室温より低くなっているためである。循環扇や温風暖房機の空運転による循環気流の促進によって、作物体温度が室温に近づくので、一時的には結露を抑制できる。循環扇による循環気流の促進は、温室内の温度ムラの解消にもつながる。

#### 引用・参考文献

- 1) 林 真紀夫 保温（温室設計の基礎と実際）養賢堂  
1980 170-181

図1-15 カーテンの隙間をふさぐことで放熱量を12%抑制できた事例



(2連棟トマト生産温室、1重1層カーテン、床面積870m<sup>2</sup>)  
(隙間をふさぐことによる放熱抑制効果は、隙間の程度によって異なる)

### 3. 多重・多層被覆

多重・多層被覆には、図1-2および図1-3に示したように、固定2重、2層・3層カーテン、空気膜2重などがあり、被覆枚数を増やすことで保温性が向上する。

#### (1) 2層・3層カーテン

温室内に展張する保温カーテンは、夜間は閉じ、昼間は開けることによって透過光量低下を避けられることから、最も実用性の高い保温被覆といえる。また、アルミ蒸着資材のような光を透過しない高保温性資材の利用も可能となる。

#### ア. 保温効果

カーテンの保温効果は、カーテン層数とカーテン資材によって異なる。カーテンに使われる資材の種類と特徴を、表1-16に示す。保温カーテンによる熱節減率を表1-17示す。熱節減率とは、保温被覆をしたことによる放熱量の削減割合を示す。

例えば、ビニルハウスにポリエチレン2層カーテンを設置したときの熱節減率0.50は、カーテンを設置していないとき（固定1重）に比べ、放熱量を50%削減できることを意味する。ここで示した値は、気密性が高い条件での概略値である。

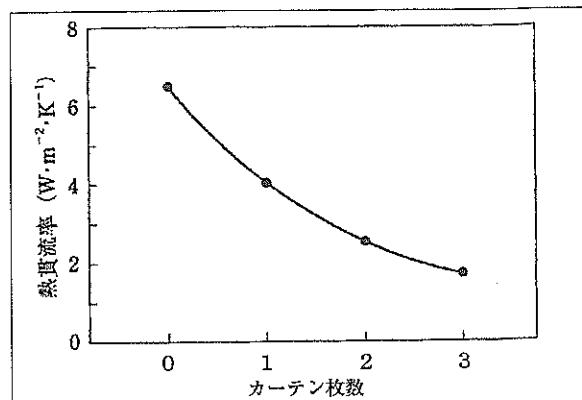
カーテン資材によって異なるものの、2層カーテンでの熱節減率はおよそ0.45～0.65、3層カーテンでの熱節減率はおよそ0.60～0.75である。

すでに述べたとおり、保温カーテンは、隙間があると保温効果が低下するので、気密性を高めることが大切である。

表1-16 カーテンに使用される被覆資材と特徴<sup>2)</sup>に一部改

種類	特徴
農ポリ	透明でべたつきがない。保温力は、農ビよりもやや低い。
農ビ	透明。カーテン用製品はべたつきが少ない。
農PO	ポリエチレンやエチレン・酢酸ビニル共重合の多重構造となっている。べたつきがなく軽い。赤外線吸収剤を配合したフィルムでは、保温力は農ビに近い。
農サクビ	農ポリと農ビの中間的な性質。
反射フィルム	光線をほとんど通さない。べたつきは少ない。保温力は透明フィルムより高い。
不織布	光線透過率は透明フィルムより低い（遮光を兼ねることができる）。ややざわらくなる。透湿・透水性であるため室内の高湿と作物への水滴落水を防止する。保温力は農ポリよりもやや低い。
割布／織布	プラスティックフィルムを裁断し、細糸で編んだ資材などで、透湿・透水性がある。アルミの反射性資材を材料に用いたものは、長波（赤外）放射の放熱抑制効果がある。遮光兼用の資材もある。
寒冷紗	光線透過率は低い（遮光を兼ねることができる）。通気性があり保温力は最も低い。

図1-18 カーテン枚数と熱貫流率の関係を示す模式図



#### イ. カーテン枚数と保温性

カーテン枚数を増せば保温性は向上する。ただし、被覆枚数を2倍にしても、放熱量が1/2になるとは限らない。

図1-18は、カーテン枚数と熱貫流率（A式参照）の関係を示している。熱貫流率が小さいほど保温性が高いことを意味する。1層カーテンを2層カーテンにしたときの熱貫流率の減少に比べ、2層カーテンを3層カーテンにしたときの熱貫流率の減少は縮小する。

表1-17 保温被覆時の熱節減率および熱貫流率<sup>3)</sup>に林加筆（暫定値）

保温方法	保温被覆資材	熱節減率		熱貫流率 ( $h_i$ ) W·m⁻²·K⁻¹	
		ガラス室	ビニルハウス	ガラス室	ビニルハウス
固定2重	ガラス、農ビフィルム	0.40	0.45	3.5	3.5
	農ポリフィルム	0.35	0.40	3.8	3.8
1層カーテン	農ビフィルム	0.35	0.40	3.8	3.8
	農POフィルム	0.30	0.35	3.9	3.9
	農サクビフィルム	0.30	0.35	4.0	4.1
	農ポリフィルム	0.30	0.35	4.1	4.2
	不織布	0.25	0.30	4.4	4.5
	アルミ混入フィルム	0.40	0.45	3.4	3.4
	アルミ蒸着フィルム	0.50	0.55	2.9	2.9
	LS同等品(全面シルバ)	0.40	0.45	3.5	3.5
	LS同等品(シルバ1:透明1)	0.35	0.40	3.8	3.8
2層カーテン	農ポリ+農ポリ	0.45	0.50	3.2	3.3
	農ビ+農ポリ	0.50	0.50	3.0	3.1
	農ポリ+不織布	0.45	0.45	3.3	3.4
	農ビ+不織布	0.50	0.50	3.0	3.1
	農ビ+農ビ	0.55	0.55	2.7	2.8
	農ビ+LS同等品(シルバ1:透明1)	0.50	0.55	2.8	2.9
	農ポリ+アルミ蒸着	0.65	0.65	2.1	2.2
	LS同等品(全面シルバ)+不織布	0.50	0.55	2.7	2.8
3層カーテン	LS同等品(シルバ1:透明1)+不織布	0.50	0.55	2.8	2.9
	農ビ+農ビ+不織布	0.65	0.70	2.0	2.0
	農ビ+LS同等品(シルバ1:透明1)+農ポリ	0.65	0.70	2.0	2.0
外面被覆	温室用わらごも	0.60	0.65	2.3	2.3

（熱節減率とは、固定1重放熱量に比較した保温被覆による放熱量の削減割合）

カーテンを1枚増やしたことによる放熱量の減少は、カーテン枚数が増加するにしたがって縮小することに注意すべきである。

#### ウ. 経済的カーテン枚数

①暖房設定温度が高いほど ②外気温が低いほど、暖房負荷は大きくなる。カーテン枚数を増やすことによる燃油節減効果は、暖房負荷が大きい温室ほど著しい。装置費もかかるので、カーテン枚数を決める場合は、カーテンによる燃油節減効果を試算するのがよい。

暖房燃料の試算には、野菜茶業研究所で最近開発された「温室暖房燃料消費量試算ツール」を利用すると便利である。このソフトウェアは、野菜茶業研究所のホームページよりダウンロードできる。

(<http://vegetea.naro.affrc.go.jp/joho/index.html>)

#### エ. カーテン資材の組み合わせ

2層以上のカーテンを設置する場合には、断熱性の高い資材を外層に用いた方が、全体としての保温性はわずかではあるが高まる<sup>1)</sup>。例えば、アルミ蒸着カーテンと農ポリカーテンを組み合わせて使用する場合は、外層をアルミ蒸着カーテンに、内層を農ポリカーテンにするのがよい。

透明フィルムと不織布の組合せ使用では、保温性を高めるためと、作物上への水滴落下を防ぐために、不織布を内層に用いるのがよい。

#### オ. 被覆材間隔と保温性

多重多層被覆における被覆材間隔と保温性の関係を、図1-19に示す。被覆材間隔が1cm以下では保温性が急激に低下するが、1cm以上であれば間隔の違いによる保温性の違いは小さい。したが

図1-19 被覆層間隔と熱貫流率の関係<sup>4)</sup>

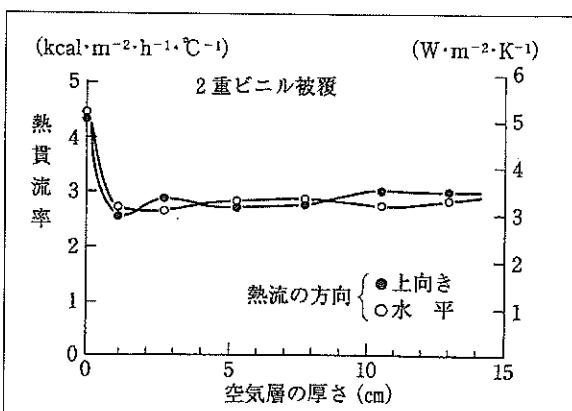
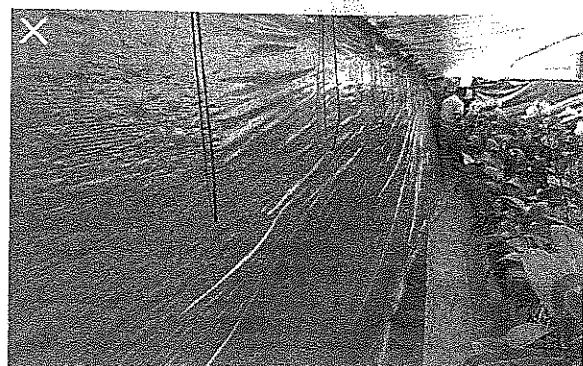


図1-20 側面の2層カーテンが結露水で密着



って、被覆資材が密着しないように気をつける必要がある。

側面や妻面の固定展張の2層カーテンは、2枚が密着しやすいので間隔を保つように注意する。図1-20は、側面の2層のカーテンが結露水で密着している事例である。2層カーテンを設置しても、カーテンが密着すると1層カーテンに近い保温性能しかない。

一旦密着すると、水分が抜けないため分離にくくなるので、最初から、支柱を立てる、ワイヤーを張るなどして、カーテン同士が密着しないような対策をとっておくことが大切である。

#### カ. 開閉方式と保温性

天井カーテンの開閉方式には、スライド式とパイプ巻取り式の2通りがある。隙間の程度に差がなければ、保温性はどちらも同程度である。

スライド式では、天井部分と妻面部分のカーテンが一体になっているので、妻面裾部の隙間をなくすため、固定カーテンと組み合わせて用いるのがよい。

図1-21のような、カーテン上の水溜りはカーテン装置の故障の原因となる。釘などで穴を開けても保温性には影響ないので、水抜きが必要である。

図1-21 カーテン上にできた水溜まりの水抜きをする

