

施設園芸の燃油等高騰対策について

農業普及技術課農業革新支援担当

現在、燃油の価格高騰により、施設園芸経営体での生産コストの増加が懸念されます（図1）。保守点検や省エネルギー対策などを図り、燃料費の節減に努めましょう。

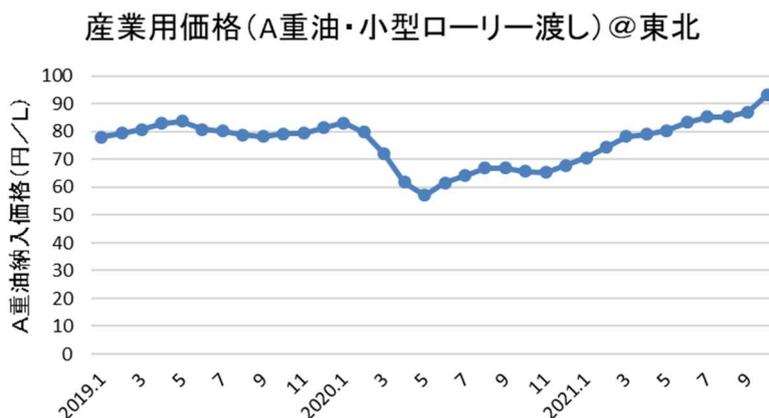


図1 東北地方のA重油の納入価格の推移（2019年1月～2021年10月）

I 共通

1 燃焼式暖房機の点検整備

※メンテナンスは、暖房機メーカーの取扱説明書等を参考に行ってください。

(1) 燃焼室（缶体）の清掃（図2）

缶体の内側に付着した燃焼カス（スス等）は、暖房効率が低下する原因となります。また、缶体の腐食の原因にもなるため、1年に1回は必ず缶体の掃除を行います。

(2) バーナーノズル周辺の清掃とノズルの交換（図3）

バーナーノズル周辺とディフューザー（火炎を安定させる保炎板）の燃焼カスを、ウエスやブラシで掃除します。バーナーノズルはA重油で1000時間、灯油で2000時間を目安に定期的に交換します。バーナーノズルはブラシ等で掃除すると、傷がついて燃焼不良の原因となるため、掃除せずノズル交換とします。

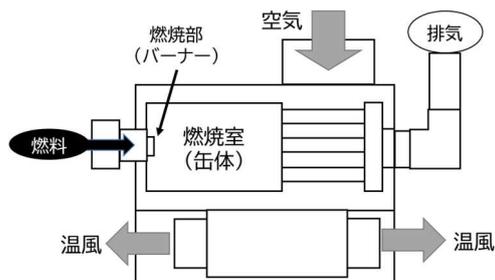


図2 燃焼式暖房機の各部名称

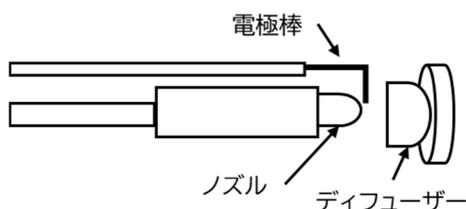


図3 バーナーノズル周辺の各部名称

(3) エアーシャッター（燃烧空気取込口）の調節

煙突から出る排気ガスの色が無色になっているか確認します。白煙が出る場合は、エアーシャッターを閉じ気味に、黒煙が出る場合は、エアーシャッターを開け気味にして、適正な燃烧空気量に調整します。

(4) 温度センサの位置

暖房機や制御盤の温度センサは、ハウス中央部の作物の成長点付近に設置してあるか確認します。温度センサを不適切な位置に設置していると、過剰燃烧や低温障害の原因になります。

(5) 温風ダクトの補修、配置

- ①暖房機に接続している温風ダクトの途中に穴が開いている場合は補修します。
- ②温風ダクトは折れや曲がりをしてできるだけ少なくし、十分な送風量を確保してください。ダクトや循環扇の配置を改善し、温風の循環を促進することでハウス内温度の均一性を高めます。
- ③温風ダクトは地面に置いた状態で配置すると、燃烧熱の一部が地中側へ逃げてしまい暖房効率が低下することから、温風ダクトは地面に接触しないように配置を工夫してください（後述する地中伝熱による熱損失の対策）。

2 温度管理

(1) 適正な温度管理

作物や品種の特性を十分に把握して、生育ステージに合わせたきめ細かな温度管理を行います。特に収穫終盤は低温障害の影響が小さいことから、暖房温度を低めにし、日射の多い晴天日に温度を確保するように管理します。

(2) 日射量に応じた変温管理

光合成量の少ない曇天日は、日中、夜間の気温を低めに、晴天日は日中の気温を高めにすることで、光合成を意識した温度管理に努めます。

(3) 天敵・訪花昆虫を利用する場合

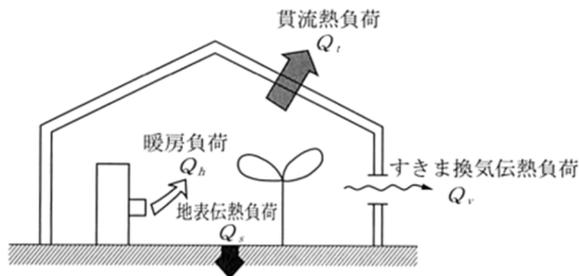
- ①導入した昆虫の活動や受粉に適した温度を考慮して温度管理を行います（表1）。
- ②トマトは夜温 10℃以下で受精不良、8℃以下で低温障害果（ケロイド果）の発生、イチゴは夜温 5℃以下で花粉量の減少や休眠導入により収量や品質が低下しやすくなるため注意します。
- ③暖房温度を下げると、成育遅延により新しい花や花粉の量そのものが少なくなり、訪花昆虫にとって栄養源である花粉が不足するため、過剰に訪花して葯ごと採取したり、めしべに傷がついたりすることで奇形果が増えやすくなるので注意します。また、巣の消耗や活動低下により受精不良になるため、ホルモン処理やブローアなどを用いた風媒受粉なども併用し、確実に着果するように努めます。

表1 天敵・訪花昆虫の活動温度（五訂施設園芸ハンドブック）

| | 昆虫名 | 活動可能温度 | 最低夜温の目安 | 備考 |
|----|----------|--------|---------|--------|
| 天敵 | ミヤコカブリダニ | 15～30℃ | 8～10℃ | |
| | チリカブリダニ | 12～30℃ | 10～12℃ | |
| 訪花 | マルハナバチ | 6～30℃ | 8～13℃ | |
| | ミツバチ | 10～35℃ | 5℃ | 短命化に注意 |

3 保温性の向上

暖房している温室は、下図のように①被覆資材や構造物を直接通過する「貫流熱負荷」、②出入口や換気窓などの「すき間換気伝熱負荷」、③温室内の地中との熱交換による「地表伝熱負荷」の3つの要因によって放熱（熱損失）します（図4）。熱損失に占める割合は、①貫流熱負荷が60～100%と最も大きく、②すき間換気伝熱負荷は0～20%、③夜間の地表伝熱負荷は-20～20%程度となります。



※左図の貫流熱負荷の矢印は、外気や天空への放熱の向きを表したもので、側面を含めたすべての施設表面から放熱します。単棟ハウスは全表面積に対し側面が占める割合が高いため、側面も多層被覆することが燃料費の節減に重要です。

図4 温室暖房の熱収支の模式図（林）

(1) 内張カーテンの多層化

- ①内張カーテン（屋根、側面）を1層から2層にすることで、保温性を高めます（表2）。また、各フィルムの間隔は5～10cm程度を確保するようにして、フィルム間に空気の断熱層を確保して保温性を高めます。
- ②経済性を考慮した上で可能な限り多層化して保温性を高めますが、4層以上にしても保温性は向上せず頭打ちとなります。また、多層化することでハウス内への採光性が低下し、多湿傾向になるため、日中の換気や病害防除等の適正管理に努めます。

表2 ビニルハウスの保温被覆資材の熱節減率（岡田1980より一部抜粋）

| 保温方法 | 保温被覆資材 | 熱節減率（%） |
|--------|---------------|---------|
| 1層カーテン | ポリエチレン | 35 |
| | 塩化ビニル | 40 |
| | 不織布 | 30 |
| | アルミ蒸着 | 55 |
| 2層カーテン | ポリエチレン+ポリエチレン | 45 |
| | ポリエチレン+アルミ蒸着 | 65 |

（参考）熱節減率：内張カーテンで保温被覆することで、暖房に必要な熱量を節減できる割合

例1）内張カーテンが無いパイプハウスに、1層カーテン（ポリエチレン）で保温した場合、35%燃料費が削減できる見込みとなる。

例2）1層カーテン（ポリエチレン）のパイプハウスに、1層追加して2層カーテン（ポリエチレン+ポリエチレン）の保温とした場合、燃料費がさらに10%（45-35%）削減できる見込みとなる。

(2) ハウスの気密性の確保

- ①フィルムに破れが無い点検し、補修しておきます。
- ②すき間がないか点検し、バンドの締め直しや目張りをしてハウスの気密性を高めます。出入口はすき間が多いため、夜間は出入口全体をフィルムで覆い、内張カーテンの出入り口側を2～3層にして、冷気の侵入を防ぎます。
- ③内張カーテンの接合部をすき間ができないようにします。また、側面のカーテンの裾を長めにして地際ですき間が生じないようにします(図5、6)。
- ④巻き上げ式の側窓は、強風時にバタつきやすいため、バンドの締め直しに加え、巻き上げパイプを固定、目張りするなどして冷気の侵入を防ぎます。

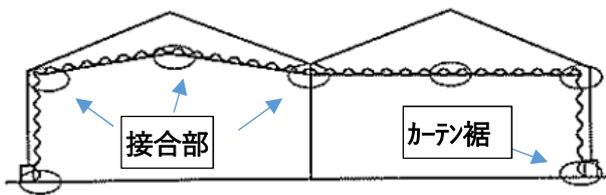


図5 カーテンのすき間ができやすい箇所 (林、1980)

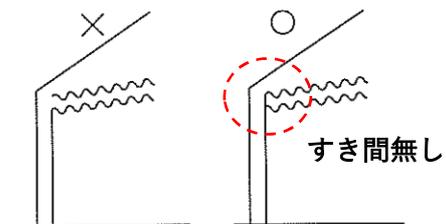


図6 2層カーテン間のすき間による保温性低下 (五訂施設園芸ハンドブック)

(3) ハウスの採光性の改善

- ①ハウスの汚れを洗浄することで、日中の採光性を改善し、ハウス内の気温を確保します。洗浄は、高圧洗浄機で水洗いするか、モップや柔らかいスポンジなどフィルムに傷がつかないものでこすり洗います。
- ②内張カーテンは、古くなり透光性が低下したものは交換します。

(4) 内張カーテンの開閉

- ①日中も内張カーテンを展張し続けると、遮光によりハウス内気温が上昇しない場合があります。厳寒期(12～2月)を除く晴天日(環境計測している場合は、外日射が $150\text{W}/\text{m}^2$ を超えたところを目安)は内張カーテンを開けることで、ハウス内日射と気温の確保に努めます。
- ②内張カーテンを多層化して保温性を高めると、屋根に積もった雪が滑落せず日中もハウス内が暗いままになり、ハウス内環境が悪化することがあります。厳寒期でも、一時的に内張を少し開けて屋根面の融雪と滑落を促すことで、ハウス内日射と気温の確保に努めます。

(5) チェックシートの活用

施設園芸での省エネ対策技術の主要な技術は次ページ図7のように分類されます。また、農林水産省が策定した「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル(改訂2版)」及び「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)」に詳細がまとめられているので活用してください。

(リンク先 <https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/index.html>)

(6) その他

収益性等を考慮した上で、低温適応性品種・品目への転換や、厳寒期を可能な限り避けた作型への移行等も検討します。

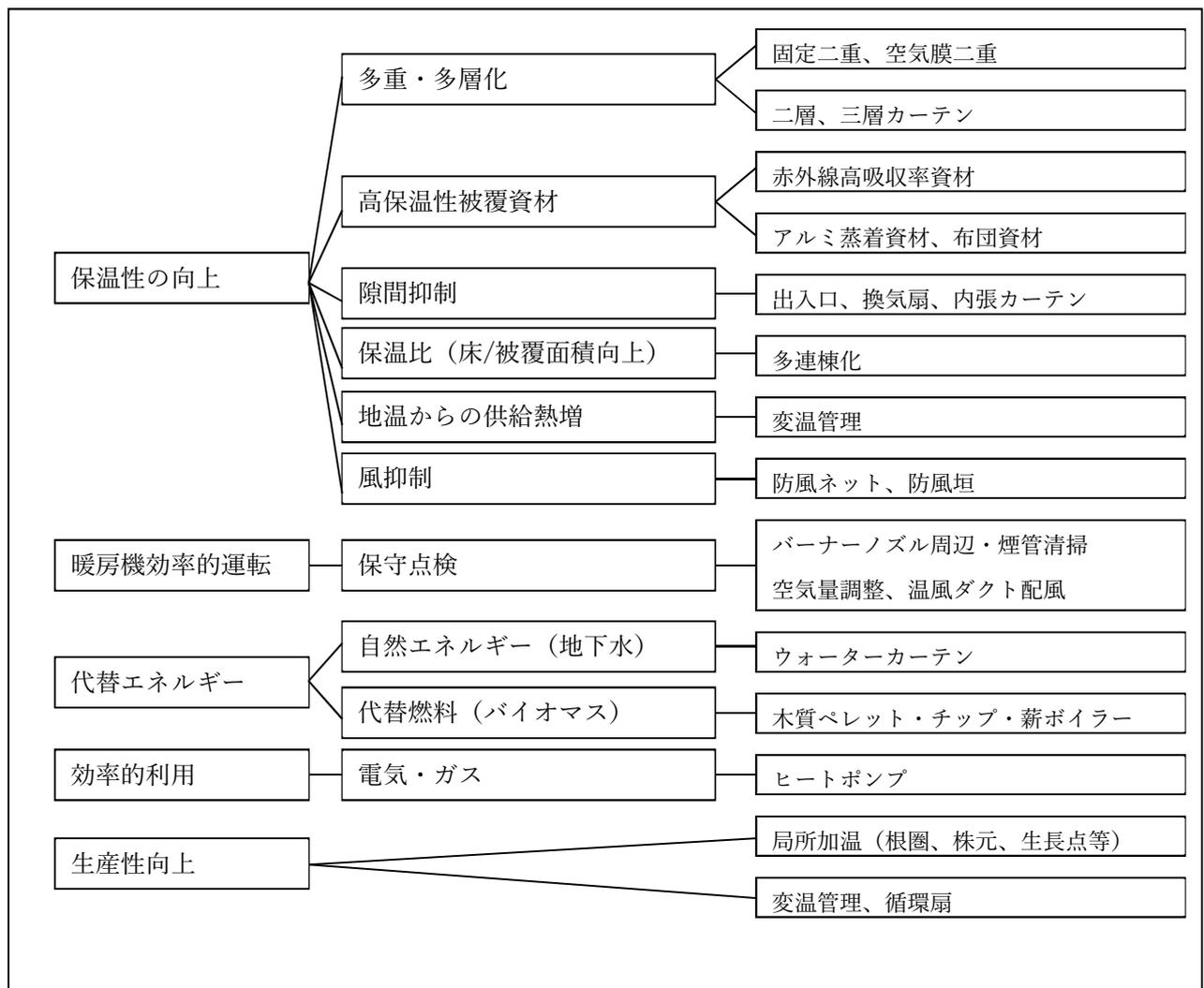


図7 温室暖房における省エネ対策（林、一部改変）

II 省エネ設備による対策

1 空気膜二重構造ハウス（図8）

パイプハウスの外張被覆に2枚のフィルムを重ね、その間にブロワで空気を送り込んで断熱層（空気膜）とすることで保温性を向上させたハウスです。内張カーテンよりも気密性が高く、隙間換気放熱が少なくなることから、内張カーテン以上の省エネ効果が見込めます。外張のみのハウスに対し、外張を二重空気膜とすることで、約30%程度の燃料使用量の削減が見込まれ、さらに、内張カーテンと併用で約50%程度の削減が期待でき、既存施設を利用し比較的安価に設置できます。また、屋根面に加え、妻面や側面も空気膜二重構造とすることで、さらに省エネ効果は高まります。

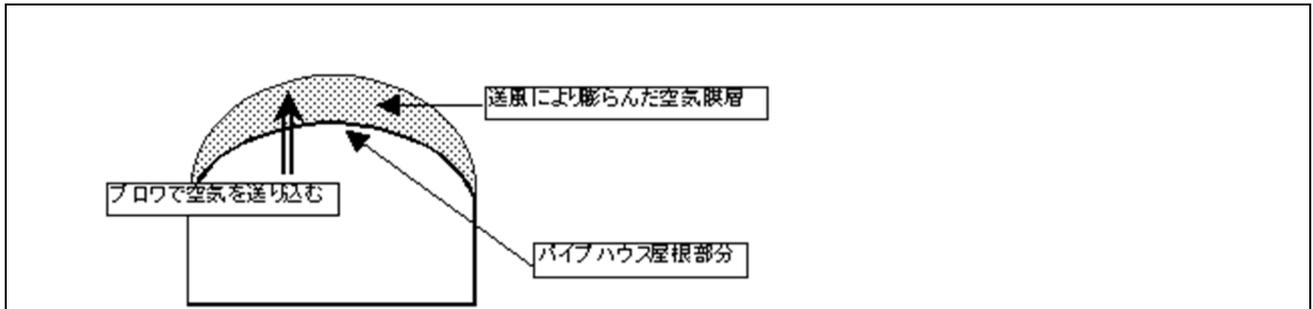


図 8 - 1 空気膜二重構造ハウスのしくみ



図 8 - 2 ハウス内部に設置したブロワにより送風



図 8 - 3 空気膜二重フィルムによる内張上部カーテン



図 8 - 4 空気膜二重フィルムによる内張カーテン（側面）

2 木質バイオマス暖房機

バイオマスのうち、樹木に由来するものを木質バイオマスといい、運搬や取扱のしやすさからペレット、チップ、薪が燃料として用いられます。燃油暖房機は間欠燃焼、木質バイオマス暖房機は連続燃焼で暖房効率が良いことから、お互いの暖房機を併用したハイブリッド方式の運転方法で省エネ効果を得るように工夫します。

(1) 木質チップ、ペレット温風暖房機

燃焼室内で木質チップやペレットを燃焼させ、送風機により温風を送風するものや温水を生成して熱交換器で温風を送風する製品があります。機器本体が高価格であり、暖房機本体のほか、大型燃料タンク、排煙集塵機等の相当のスペースを必要とすることから、比較的大型のハウスに適します。

(2) 薪・チップ・ペレットストーブ (図 9)

薪・チップ、またはペレットを燃焼させ、別に設置した循環扇やダクト送風でストーブ周辺の暖気をハウス内に循環させます。機器本体はペレット温風暖房機に比べると安価ですが、1日1回の燃料供給や定期的な清掃が必要です。薪等が入手しやすい環境で、かつ作業や暖房能力から比較的小規模のハウスに適します。薪ストーブ「スーパーゴロン太 (製造元: 石村工業株式会社)」は、杉材の燃料投入重量から燃焼時間が予測できます。詳細は平成 29 年度岩手県農業研究センター試験研究成果書「100 坪ハウスにおける園芸用薪ストーブの薪投入量及び加温効果の日安」を参考にしてください。



図 9 薪ストーブ

(https://www.pref.iwate.jp/sangyoukoyou/nougyou/desaki/nougyoukenkyuu/seika/seikasho/h29_seika.html)

3 ヒートポンプ（図10）

（1）特徴と運用

空気や水、地中熱を熱源として、暖房に加え冷房や除湿にも使用できてランニングコストが安いメリットがあります。燃油暖房機と併用し、ヒートポンプを優先的に運転するハイブリット方式が主流で、ランニングコストの低減と燃油高騰による燃料費リスクの軽減につながります。ただし、暖房のすべてをヒートポンプで代替すると設備費は3～5倍必要となり、燃料費節減の効果がなくなるため、燃油暖房機の暖房能力の3～5割程度をヒートポンプが代替するようにします。また、除湿や夏期の冷房利用による品質向上効果等も考慮して総合的に導入や運用を検討します。また、導入規模が大きく使用電力が多くなると、キュービクル（高圧受電設備）の設置等、追加の設備費と維持管理費が必要となることに留意します。

（2）成績係数（COP）

ヒートポンプの性能は、成績係数「COP」を指標として用い、電気エネルギーの何倍の熱エネルギーが得られるかを示していて、値が大きくなればエネルギー効率が高いことになります。電気ヒーターは電気エネルギーがそのまま熱エネルギーとなるためCOP=1となります。近年のヒートポンプの性能は急速に向上していて、空気式で3～5倍程度です。ヒートポンプの導入にあたっては、このCOPを考慮して機種を選定します。

（3）熱源・駆動方式

設置場所を選ばず、設備費も安いことから空冷式が主流ですが、外気を熱源とするため熱出力が低下する場合があります。地下水などの水を熱源とする水冷式では、設備費は空冷式に比べ割高となりますが、地下水温は年中安定しているため、冬期でも安定した熱出力が得られます。地下水が豊富に得られる場合は、水冷式の方が有利です。

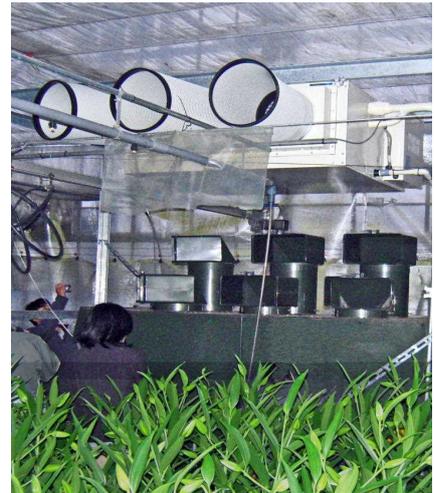


図10 ヒートポンプのファンコイルユニットを吊り下げ設置し栽培面積を確保

4 廃熱回収装置（図11）

ハウス加温機の排気部に廃ガス熱を回収する装置を取り付け、温風としてハウス加温に利用します。廃熱の回収率は30～40%、重油の消費量を3～5%程度削減する効果があるとされています。なお、廃熱回収装置を取り付けると、煙突内部が結露しやすくなり腐食する可能性があるため、内部の結露水が逆流しないよう煙突の勾配や配置を工夫します。また、シーズン終了後に暖房機の内部熱交換器の清掃を丁寧に行う等、メンテナンスに十分留意が必要です。

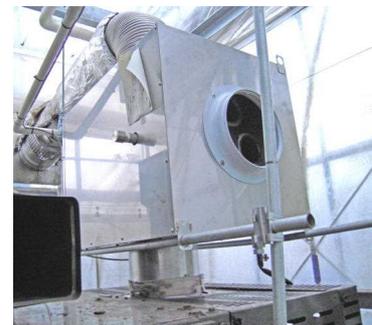


図11 重油温風暖房機の煙突部に設置された廃熱回収装置

(参考)

農林水産省

- ・施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル（改訂2版）
- ・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）
- ・省エネ設備で施設園芸の収益力向上を（ヒートポンプの導入による営農改善事例）

<https://www.maff.go.jp/j/seisan/kankyo/ondanka/notice.html>

J A 全農

- ・施設園芸省エネ対策（2013年度版）
- ・施設園芸 省エネルギー対策の手引き（2009改定版）
- ・第1回 施設園芸省エネルギー対策コンクールの審査結果
- ・省エネによる適温管理下での生育・収量・品質管理をめざして-平成17年11月-

https://www.agri.zennoh.or.jp/G_index.aspx

株式会社ネポン

- ・省エネルギーガイドブック Vol.1

<https://www.nepon.co.jp/new/>（「トップページ」→「ハウス暖房の省エネご提案」）