

農業における

省エネルギー技術対策指針（改訂版）

令和4年10月

静岡県経済産業部

目 次

I 原油高騰と農業経営に及ぼす影響

1 原油価格の情勢	1
2 重油価格の高騰が農業経営に及ぼす影響	2

II 農業における省エネルギー対策

1 施設園芸（野菜、花き）の共通的な対策	
（1）暖房中の温室の熱収支	3
（2）暖房費を削減するための基本的な考え方	3
（3）暖房費を削減する対策	4
2 施設園芸（野菜、花き）の主な作物別対策	
（1）温室メロン	10
（2）施設トマト	13
（3）イチゴ	16
（4）施設バラ	18
3 施設果樹（ハウスミカン）	20
4 荒茶加工	23
5 養豚	26
6 養鶏	26
7 機械利用	30
8 その他（免税軽油）	31

（参考1）

施設園芸における省エネルギー対策のチェックシート（静岡県）	32
-------------------------------------	----

（参考2）

施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート（試行版：農水省）	35
（出典：農林水産省生産局園芸課）	

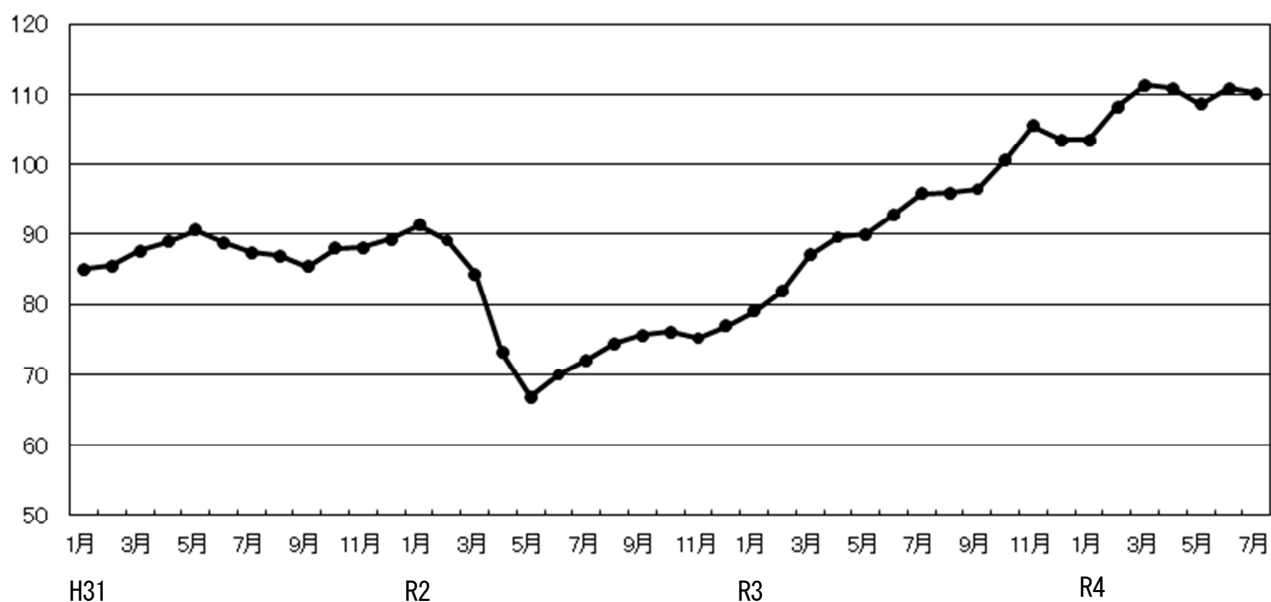
I 原油高騰と農業経営に及ぼす影響

1 原油価格の情勢

コロナ禍からの世界経済の回復に伴う原油の需要増や一部産油国の生産停滞、ロシアによるウクライナ侵略などの地政学的な変化が、世界の原油価格や需給に大きな影響を与え、国内の石油製品価格は13年ぶりの高値水準に達している。

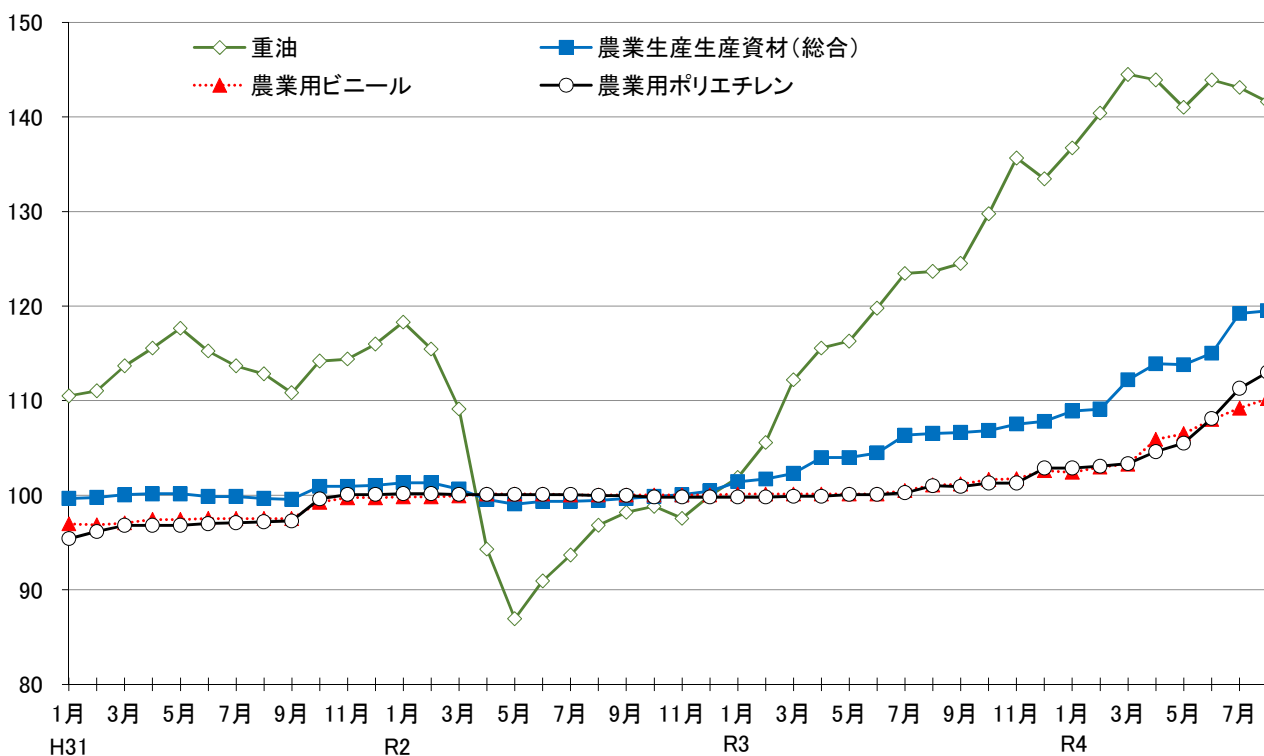
施設園芸の暖房用燃料であるA重油は、原油価格の動向を反映し、令和4年3月には111円まで上昇した。前年同月と比較すると約28%高い状況になっている。

石油製品である農業用ビニール、農業用ポリエチレン等の被覆資材価格も上昇し、農産物の生産コストが増大している。



第1図 A重油価格の推移

出典：農業物価統計調査（農林水産省）



第2図 農業生産資材品目別価格指数(2020年=100)

出典：農業物価統計調査（農林水産省）

2 重油価格の高騰が農業経営に及ぼす影響

重油価格の高騰にともない、経費の中に占める燃料費の割合が高い温室メロン、バラ、ガーベラ等の施設園芸では農業経営への直接的影響が大きくなる。また、経費の増加分を販売価格に転嫁することは実質的に難しいことから、被覆資材の設置、適正な温度管理等省エネルギー対策の取組が必要となる。

第1表 経営費に占める光熱費(電気料含む)(円/10a)－野菜

項目	野菜				
	トマト養液 (ロックワール栽培)	イチゴ (高設栽培)	メロン	メロン HPなし	トマト HPなし
①粗収益	7,321,333	6,935,040	15,258,208	13,624,735	6,192,000
②経営費	5,903,431	4,172,041	11,066,439	9,665,872	5,214,638
③燃料費 (重油、電力、ガソリン)	657,490	455,787	3,997,368	3,665,450	783,740
燃料費/経営費 (③/②)	11%	11%	36%	38%	15%
備考	HP有	HP無	フェンロー型 HP有	フェンロー型 HP無	HP無

*元データ 2016農業技術原単位より(メロン、トマトのHPなしは2010農業技術原単位)

*HP:ヒートポンプ

第2表 経営費に占める光熱費(電気料含む)(円/10a)－花き、茶

項目	花き		茶		
	バラ (ロックワール栽培)	ガーベラ (養液高設)	農業生産法人	自園自製買葉 (平坦地)	自園自製自販 (中山間)
①粗収益	11,252,000	11,107,800	552,260	463,460	740,272
②経営費	8,215,361	8,524,842	520,941	398,081	509,263
③燃料費 (重油、電力、ガソリン)	1,292,565	1,450,350	31,777	18,275	12,106
燃料費/経営費 (③/②)	16%	17%	6%	5%	2%
備考	HP有	HP有			

*元データ 2016農業技術原単位より

*HP:ヒートポンプ

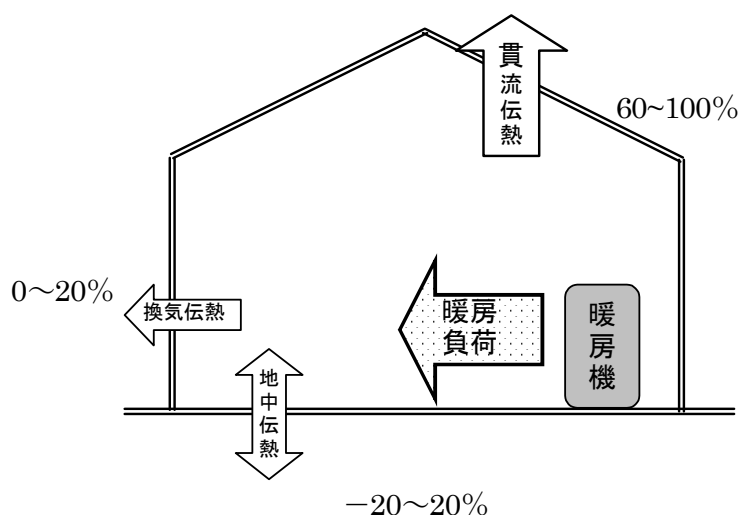
Ⅱ 農業における省エネルギー対策

1 施設園芸（野菜、花き）の共通的な対策

省エネルギー対策（省石油）については、オイルショックの時代に日本中で取り組まれ、施設の保温性の向上や、変温管理などが提案、実施された。また、独自に工夫し対策をとった生産者も多かった。基本的に当時の対策は現在でも通用するので、当時の対策資料をその後の技術進展に従い改編した。既に実施済みの生産者も多いと思われるが、今一度基本にかえるためにとりまとめた。

(1) 温室の熱収支

暖房で暖められた熱は、PO、農ビ、ガラス等、温室を覆っている被覆資材を通して逃げる割合が60～100%と高い。温室のすき間から逃げる割合は0～20%である。また、地中へ逃げる割合が0～20%ある。なお、夏は昼間の土壌への蓄熱により温室に0～20%の熱が供給される。



第1図 温室の熱収支

(2) 暖房費を削減するための基本的な考え方

暖房費を削減するための、原則は以下の通りである。

ア 熱を逃がさない

- … (例) 保温カーテンの利用、保温性の高い被覆資材の利用、隙間をなくす、防風林・防風ネットの設置

イ 低温品種、低温栽培で熱を使わない

- …暖房費は温室の中と外の温度差（内外温度差）に比例する。
(例) 設定温度を下げ、内外気温差を小さくする。

ウ 暖房機の効率を上げる

- … (例) 暖房機のメンテナンス

エ 温室内に熱を取り込む

- …昼間に温まった地面は、夜間に温室内へと熱を放出する、自然エネルギーを温室内に蓄熱、放熱する、等

オ 熱源を変える

・熱源を効率の良いものや、コストのかからないものにする

(例) A重油ではなく、電気(ヒートポンプ)や木材の燃焼(ペレットボイラー)から熱を得る、等

カ 温室の大型化による床面積あたりの暖房効率アップ

・同じ床面積あたりの表面積が減る

→大型温室は、小型温室と比べて寒気にさらされる表面積が小さくなるので単位面積あたりの暖房効率はアップする

(例) スリークオータ型温室から、フェンロー型温室に建て替える

(3) 暖房費を削減する対策

ア 熱を逃がさない

(ア) カーテンの多層化

多層被覆をすれば密閉性が良くなり、隙間等から熱は逃げにくくなって、保温効果が高まる。なお、アルミ蒸着フィルム等には熱を反射するため熱がにげにくいなど、被覆資材の種類により保温性が異なる。

ただし、通常の内外温度差では2層カーテンまでで効果は十分であり、3層カーテンは20℃程度の温度差で効果が発揮される。また、密閉性が高くなると湿度が高まるため、病害に対する注意が必要である。

(イ) すき間をなくす(内張) ・被覆資材の破れ等の補修

内張カーテンの保温効果を高めるためには、カーテンのつなぎ目や裾部に破れや隙間ができないように注意が必要である。カーテンの裾部が短すぎるにより生じる隙間には注意する。カーテン裾部は長めに確保し、留め具などの重しを乗せるなどして固定する。

温室から放熱する熱の10%程度が隙間等からの換気伝熱で、多層被覆によりその程度は下がる。しかし、第1表の換気伝熱係数は、幅1mm以下の隙間を考慮した値であり、幅1cm程度の大きな破れや天窓・側窓が開いたままでは、この値は数倍大きくなる。

また、サイドカーテンの裾が10cm程度と短かかったり、カーテン谷部の隙間が広いとカーテンの保温効果が低下する。

内張カーテンは温室内が適温に達した後に開放し、温室内の温度が下がらないうちに閉め、カーテンに隙間がないか点検する。

第1表 熱の逃げやすさ (数値が小さいほど、熱が逃げにくい)

温室の種類	換気伝熱係数 (単位: $W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$)
ガラス室	0.35~0.6
ビニルハウス	0.25~0.45
1層カーテン	0.20~0.30
2層カーテン	0.15~0.25
3層カーテン	0.05~0.15
完全気密温室	0

* 出典: 五訂施設園芸ハンドブック, 2003

第2表 カーテンの枚数、被覆資材の種類と熱の逃げやすさとの関係

(熱節減率の数値が大きいほど熱が逃げにくい)

保温方法	保温被覆資材	熱節減率	
		ガラス室	ビニルハウス
2重被覆 (固定張り)	ガラス、塩化ビニルフィルム	0.40	0.45
	ポリエチレンフィルム	0.35	0.40
1層カーテン	ポリエチレンフィルム	0.30	0.35
	塩化ビニルフィルム	0.35	0.40
	不織布	0.25	0.30
	アルミ割布 (シルバ2 ; 透明1)	0.35	0.40
	アルミ混入フィルム	0.40	0.45
	アルミ蒸着フィルム	0.50	0.55
2層カーテン	ポリ+ポリ	0.45	0.45
	ポリ+不織布	0.45	0.45
	塩ビ+ポリ	0.50	0.50
	塩ビ+不織布	0.50	0.50
	塩ビ+塩ビ	0.55	0.55
	塩ビ+アルミ割布 (シルバ2 ; 透明1)	0.55	0.55
	ポリ+アルミ蒸着	0.65	0.65
外面被覆	温室用ワラゴモ	0.60	0.65

出典：五訂施設園芸ハンドブック，2003

(ウ) すき間をなくす (温室の外張り)

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ある。

温室の隙間や破れ等からの放熱は、日頃の点検で多くを防ぐことができる。

点検・対策としては、①温室の外張りの破れや隙間の点検、②天窓や出入口の破損、隙間の点検、③被覆資材留具の緩みの点検、④換気扇シャッターや使用しない出入口の目張り、⑤冬期の側窓巻き上げフィルムの固定等に努め、温室内の保温性を高める。

オイルショック当時はメロン温室やバラ温室では北側側面外側等日射量の影響の少ない壁面に発泡スチロールの板を張って熱損失を防いだ。側面にはポリエチレン等による外部への2重張りも以前に実施されたことがある。

なお、被覆資材には経年劣化があるため、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る。

(エ) 保温性の高い被覆資材の利用

① 反射性資材

アルミ蒸着資材やアルミ箔資材のように赤外線反射率の高い資材は、断熱性に優れている。

② 中空構造資材

中間に空気層をもつ中空二層構造軟質フィルムのカーテン資材は、断熱性に優れている。

③ 多層断熱資材 (布団資材)

ポリエステル綿などを不織布や布で挟んだ多層断熱資材 (布団資材) は、一般的な保温用の被覆資材に比べて断熱性が高い。

(オ) 防風林、防風ネットの設置

温室の西側、北側等風上側に防風垣、防風ネットを設置すれば、外部被覆面や隙間からの放熱を減らすことができる。(風速10m/s程度に強くなると放熱係数が10%程度増加する。)

風上側に3m以上の密閉率60~70%の防風ネットを設置すれば防風ネットから24mの地点で42%風を減少させる効果がある。

イ 低温栽培、低温品種で熱を使わない

温室内の設定温度を下げるほど暖房費を削減することができる。

ただし、むやみに温度を切り下げると収量・品質の低下につながるため、作物・品種やそれまでの栽培管理状況を考慮することが必要である。

(ア) 変温管理、複合環境制御

夜温一定温度設定の慣行栽培に比べて前夜半の温度は高めにして同化産物の転流を促進し、後夜半は低めにして呼吸消費を抑制する。外気温の変化と平行した温度管理のため、慣行より1割程度燃料消費を少なくすることも可能である（ただし、早朝加温は温度が高いと生育は促進されるが燃料消費は多くなってしまう）。

さらに日射量（光合成同化産物量）の少ない日は、転流時間帯の温度を低めにする複合環境制御をすれば、さらに燃料消費は削減できる。

(イ) 室内の温度ムラの解消

温度ムラは暖房効率を低下させる。室内の温度分布を確認し、循環扇を利用したり、取扱説明書を参考に温風暖房機のダクトの配置や風量を調整し、均一な温度とすれば、必要以上に温度設定を高くせず済む。また、風による多湿性病害防止の効果も期待できる。

(ウ) 低温性の品目・品種への転換

品目や品種によって栽培適温が異なるので、より低温性の品種や品目への転換で暖房費は節減できる。しかし、販売面の問題があるので、収益性を考慮したうえで、取り入れる必要がある。

(エ) 厳寒期を避けた作型への移行

作物は、低温に弱いステージと比較的強いステージがあるので、例えばトマトでは最上段花房が結実すれば、より低温での栽培が可能である。ただし、燃料節減のための作型変更で、生産が一定時期に集中し、単価が下落することも考えられるので、経営面からの考慮が必要である。

ウ 暖房機の効率を上げる

暖房機の熱効率はオイルショック当時に比べ高くなっており、温風暖房機では90%程度のものがある。そのため、暖房機に装着したり、燃料に混入して省エネ効果があるとされているもの多くは、環境負荷低減技術としては期待できるが、燃費向上の可能性が低いものが多い。

暖房機の熱効率を低下させないように、点検・清掃を行うことが現実的で実効ある対策である。

(ア) 暖房機の手入れ

暖房機の燃焼室、熱交換部、オイルストレーナ等の掃除で数%は熱効率が向上するので、取扱説明書を参照して行う。

ノズルは古くなると、噴霧口が広がり油粒子が大きくなって熱効率が悪くなるので、新しいものに交換する。ノズルの大きさが一回り小さいものに変えて、やや圧力を上げると熱効率が上がる場合もある。また、燃焼に適切な空気量調節も効率を向上させる。

(イ) サーモスタット点検

温度計で、暖房機の設定温度が正しいか確認するとともに、センサーが作物の生育している高さに設置されているか、むき出しになっていたり、何かに覆われた状態になっていないかの確認をする。

(ウ) 温湯暖房機の屋外露出配管の被覆

屋外に配管が露出している場合は断熱材で被覆する。

エ 温室内に熱を取り込む

(ア) 被覆資材の清掃

被覆資材がきれいになると、昼間に地面がよく温まり、夜間に使われてしまう熱を減らせるため、結果として暖房費を減らすことができる。また、日射量の増加は作物生育にプラスになる。

オ 熱源を変える …ヒートポンプの利用

(ア) ヒートポンプで暖房費が削減できる理由

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ある。重油価格に対して、電気料金はそれほど上昇していないため、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となる。

ヒートポンプは、用いた電気エネルギーの3倍以上の熱エネルギーを得ることができるため、効率の良さがヒートポンプで暖房費を削減できる理由である。

(イ) ハイブリッド方式の勧め

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る。電気の基本料金は、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、基本料金も増加する。そのため、ヒートポンプを必要以上に導入したり、ヒートポンプだけで必要な熱量を作り出すのではなく、ヒートポンプと温風暖房機両方を設置（ハイブリッド方式）することで、初期費用を低減する。

(ウ) ヒートポンプ最適導入台数

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で、30馬力を超えると、電気の基本料金が増加するため、暖房費削減率は低下する。

同じような試算を、御殿場市の平均気温を用いて行くと、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、40馬力の導入時に最も暖房費削減率が高くなる。

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る。

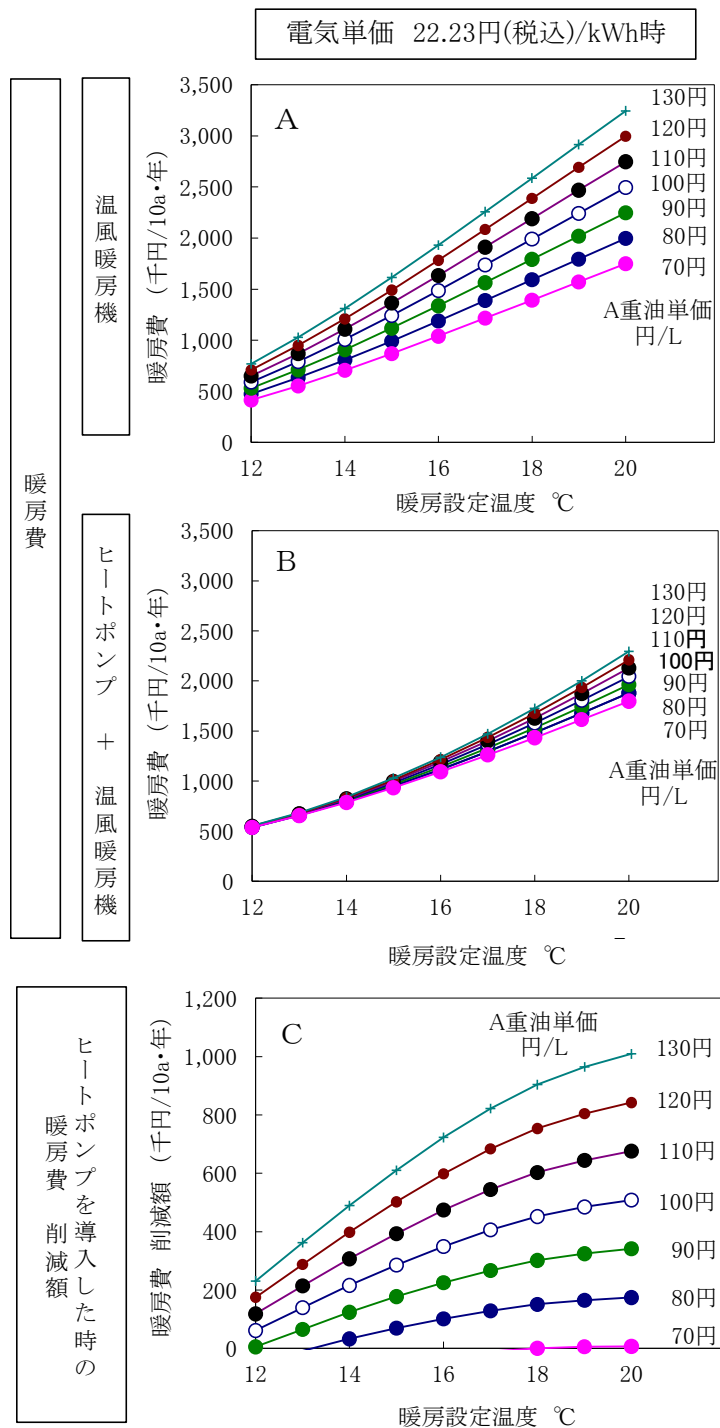
台数を少なく入れる方法では、導入時の設置工事費が安くなる利点がある。また、台数を多く入れる方法では、工事費はやや高くなるものの、温室内温度の均一性が良くなる利点がある。

(エ) ヒートポンプ導入による暖房費の削減効果

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る。今回は浜松市の気温の平年値を用い、暖房設定温度と、A重油の単価を変動させて試算した（第2図A）。

第2図A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ある。重油単価100円/Lで、設定温度18℃で、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、約200万円となる（第2図A）。20馬力のヒートポンプを導入すると、年間暖房費は、約160万円となり、年間40万円の暖房経費を削減できる（第2図B）。この試算では、ヒートポンプの購入価格は考慮していない。ヒートポンプの価格を、240万円/10aとした場合、年間約40万円暖房経費を削減できるので、6年程度でヒートポンプの導入経費を回収できる（第2図C）。

設定温度が高い品目ほど、また、重油単価が上がるほど、ヒートポンプを導入することによる暖房費削減額は大きくなり、導入メリットが出やすくなる（第2図C）。



第2図 ヒートポンプ導入の有無、設定温度、A重油単価が暖房費に及ぼす影響^{1) 2) 3) 4) 5)}

(静岡県農林技術研究所 佐藤、2002)

- 1) 暖房設定温度とA重油の単価を変動させて試算した。この試算では、ヒートポンプの購入・設置費は考慮していない。
- 2) 実際には、外気温が低い場合にはヒートポンプの能力が若干低下するため、削減額は多少変動する。
- 3) 電力量単価は 22.23 円/kWhとした。この単価は、中部電力ミライズ「ビジとくプラン」における2022年10月時点の単価(夏以外の季節の700kWhを超えた際の単価)を利用するものとした〔詳しくは、以下のとおり。基本料金 1144 円 + 電力量料金単価 (13.42 円/kWh) × 使用量 ± 燃料費調整単価 (5.36 円/kWh) × 使用量 + 再生可能エネルギー発電賦課金単価 (3.45 円/kWh) × 使用量 (税込)〕。なお、単価は、社会情勢によって変動する。
- 4) 試算条件 温室の床面積:1000m²、温室の表面積 1650m²、放熱係数:3.5W/(m²・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
- 5) 本結果は、中部電力(株)、三菱重工空調システム部(株)、ネポン(株)、静岡県農林技術研究所との共同研究結果のデータに基づいて試算した。

(オ) 使用にあたっての注意点

① ヒートポンプの設置に関する注意点

栽培面積が広くヒートポンプの台数が多く、消費電力の合計が500kW（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らなくなる。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する。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勧めする。

② 電気料金と石油料金の変動

日本における発電は、主に火力発電所で燃料を燃やして作り出されており、近年は燃料費調整単価として燃料が高騰すると電気料金の単価も値上がりする仕組みが取り入れられている。また、再生可能エネルギーを普及させるために、電気料金の単価が上乗せされる仕組みも取り入れられ、電気料金は値上がり傾向にある。しかし、現状では、設定温度が高い品目や、重油価格が高騰した場合には、ヒートポンプによる暖房費の削減が可能である。

③ イオウくん煙剤の使用

うどんこ病の防除に、硫黄粒剤をくん煙する場合もあるが、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る。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ない。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る。

④ 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が挙げられる。これを防ぐために、ヒートポンプは自動的に室外機の除霜を行うが、このときには、温室の暖房が止まり、吹出し温度は低くなる。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ある。

⑤ 保温カーテンの使用

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ある。

⑥ 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℃とかなり高い温度であるが、ヒートポンプの吹き出し温度は30～40℃と低いため、体感的にはかなり低く感じる。温室全体を急速に温める能力は、温風暖房機に劣る。

*ヒートポンプに関する記述の一部は、中部電力㈱、三菱重工空調システム㈱、ネポン㈱、農林技術研究所との共同研究結果のデータを用いた。

カ 温室の大型化による床面積あたりの暖房効率アップ

温室の表面積が大きい、つまり、寒気にさらされる面積が多いほど、暖房費は多く必要になる。例えば、複数の小型温室があわせて30a分あるよりも、1棟の大型の温室30aの方が、同じ床面積でも寒気にさらされる表面積は小さくなる。そのため、大型温室の方が、床面積あたりの暖房効率はアップする。温室を大型化すると一見暖房費が多くなりそうだが、同じ床面積ならば、大型温室の方が暖房費は少なくて済む。

関連内容は、次項「温室メロン」の項を参照のこと。

2 施設園芸（野菜、花き）の主な作物別対策

(1) 温室メロン

ア 栽培上の温度管理について

(ア) 最適温度

温室メロンは高温性の作物で種子の発芽適温は30～32℃、生育適温は20～32℃の範囲にあり、昼間は25～32℃、夜間は18～22℃が適温である。

(イ) 低温栽培

低温伸長性に優れる品種（比較的果実が硬くなりにくい品種）を利用することによって、最低16℃前後での栽培が可能となる。低温栽培によって約20%の重油削減効果があると考えられる[†]。

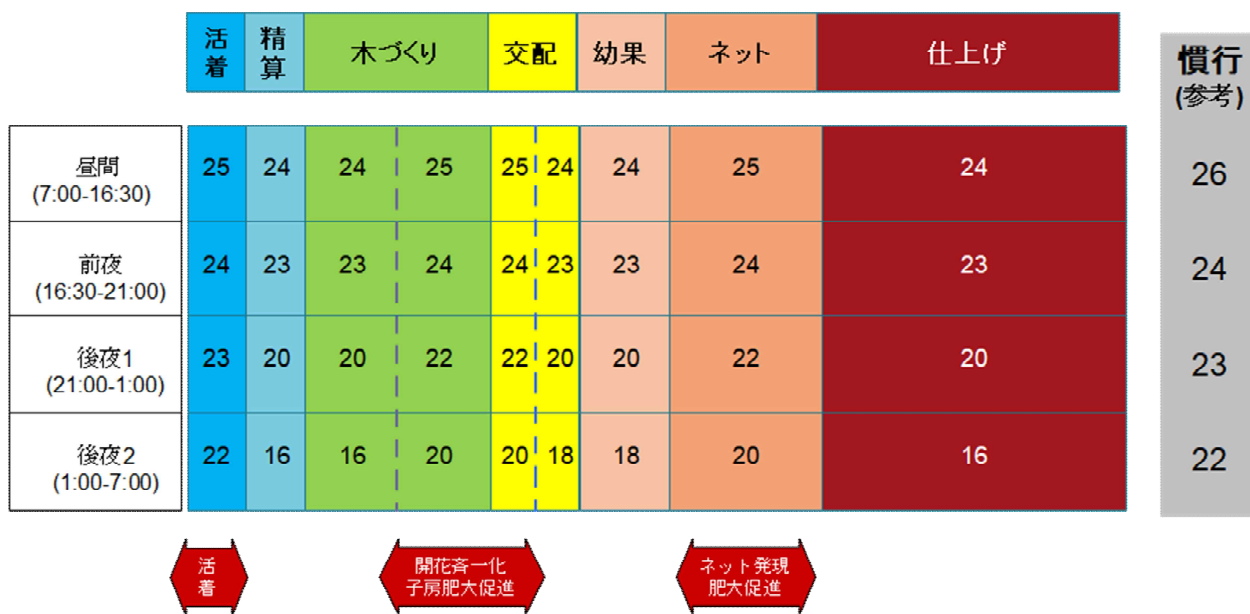
ただし、生育ステージごとに低温への耐性が異なるため、生育や果実品質への影響が大きい時期には、むやみに温度を下げない。

仕上げ期は、低温にすることができるが、果実が結露することによって形成したネットがさらに割れる危険性もあるので朝急激に温度が上がらないようにするなど注意が必要である。

[†] あたらしい農業技術No.567（平成24年度）参照

【高めの温度管理が必要なステージと低温で発生する症状】

- ① 定植から活着期まで…活着不良、生育遅延、生育抑制
- ② 開花前後…花粉稔性の低下、落果
- ③ ネット発生前～ネット発生期…果実硬化、発酵果の発生、小果



第1図 温室メロンの育成ステージ別低温管理の一例

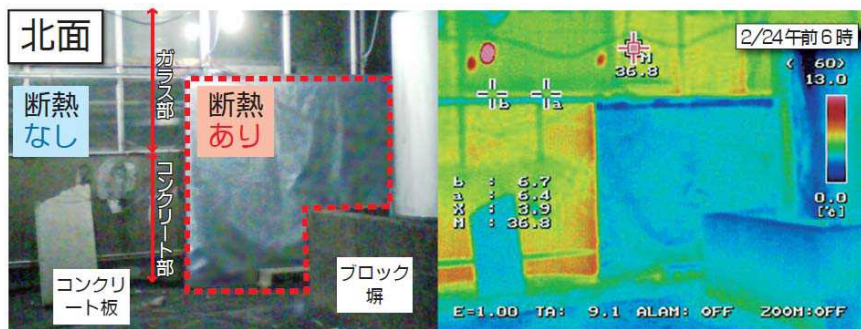
(冬作、低温肥大性品種、静岡県農林技術研究所 種石、2012)

イ 保温方法の改善

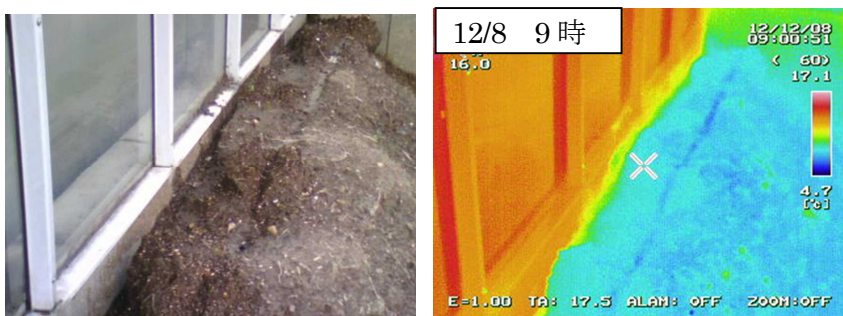
(ア) 温室の断熱処理をしっかりと行い、放熱を防止する

- ① 断熱性の高い材質を使った内部カーテン（アルミ混入・蒸着フィルム等）の利用
（透湿性フィルムの利用等による夜間の多湿回避も重要）
- ② 気密性と保温力を高める（隙間からの外気の吹き込み、被覆材の破れ等の補修）
- ③ 北側妻面（外側）に防寒フィルムを被覆する
- ④ 熱が漏れやすい温室のコンクリート壁を発泡スチロールや土盛りによって断熱すると、3～10%の重油削減効果がある（第2図、第3図）[†]。
- ⑤ 夕方、早めに内部被覆を行う

[†] 「あたらしい農業技術」No.593（平成26年度）参照



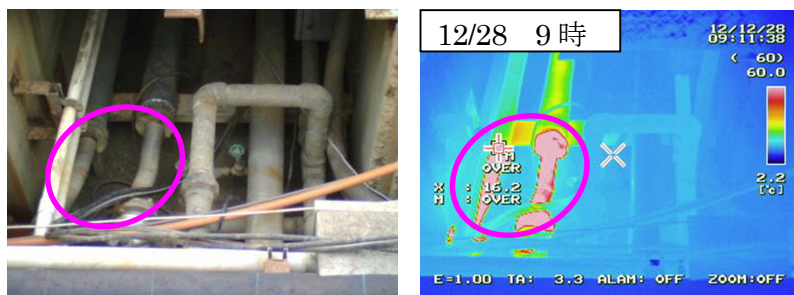
第2図 スリークォーター型温室における北面の断熱による熱漏れ防止
（静岡県農林技術研究所 今原、2013）



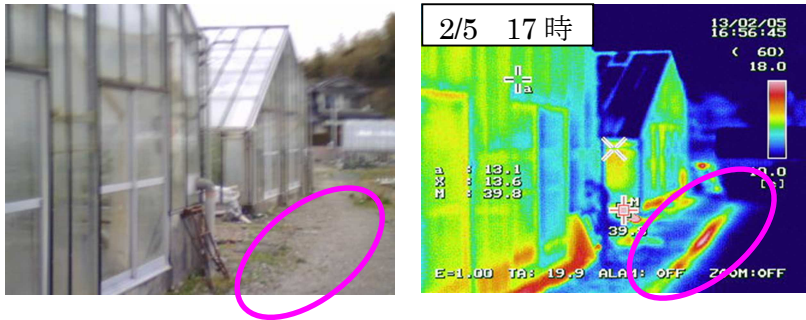
第3図 土盛りによる温室境界面からの熱漏れ防止
（静岡県農林技術研究所 今原、2013）

(イ) 暖房機の効率と熱利用率の向上対策

- ① 温室までの温湯配管に断熱材を巻くなどして熱損失を少なくする（第4図、第5図）
- ② 季節によって湯温をきめこまかに調整し、余分な放熱を防ぐ



第4図 断熱資材の有無による温湯配管からの熱漏れ(円内 断熱材なし)
（静岡県農林技術研究所 今原、2013）



第5図 地中に埋設した温管からの熱漏れ(現地)
(静岡県農林技術研究所 今原、2013)

(ウ) 風上への防風垣の設置

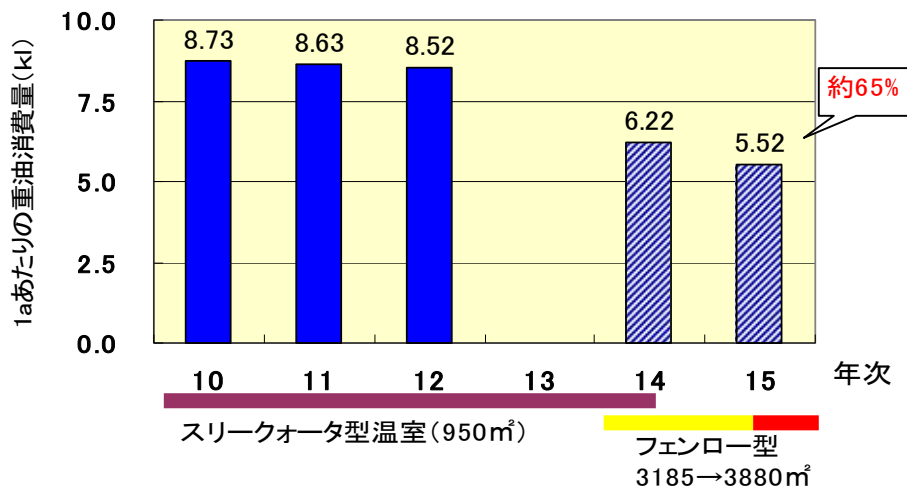
- ① 風上側に遮蔽率 50%の網による防風垣を設置することで高さの 15~20 倍の距離で防風効果が見られる

(エ) 変温管理、温室内の温度ムラの解消

- ① 前夜温を高く、後夜温を低めに管理する変温管理を徹底する。多段切り替えのサーモスタットやコンピュータを利用したきめ細かな温度管理を導入する。
- ② 循環扇等を利用して、温室内の温度ムラの発生を防止することで効率化を図る

(オ) フェンロー型大規模温室の導入・利用

- ① フェンロー型温室等の大型温室は、単位面積あたりの燃料消費量を節減できる (第6図)
- ② 温湯暖房では、朝気温が上がり暖房が必要なくなっても、湯が温湯管の中に残ってしまい熱をロスしてしまう (残湯)。残湯による熱のロスは約 20%あると言われている。フェンロー型温室等の大型温室は、ヒートポンプや温風暖房機を利用することで、残湯問題がなくなり、省エネルギー化が実現できる。
- ③ 多層カーテンを活用することにより、さらに省エネルギー化が実現できる。



第6図 フェンロー型温室の導入前後における燃料消費量の現地事例
(静岡県農林技術研究所 大須賀、2005)

(2) 施設トマト

ア トマトの生育適温

トマトの生育適温は、昼間気温が20～25℃、夜間最低気温が13℃、地温が15～18℃とされている。そもそもトマトは、他の品目と比べて夜間の管理温度が低めであるため、比較的暖房費をかけずに栽培できる。省エネのために、さらに夜間温度を下げた場合には、以下のような各種影響が生じる場合があるため、異常が認められた場合には、ただちに低温管理をやめた方がよい。

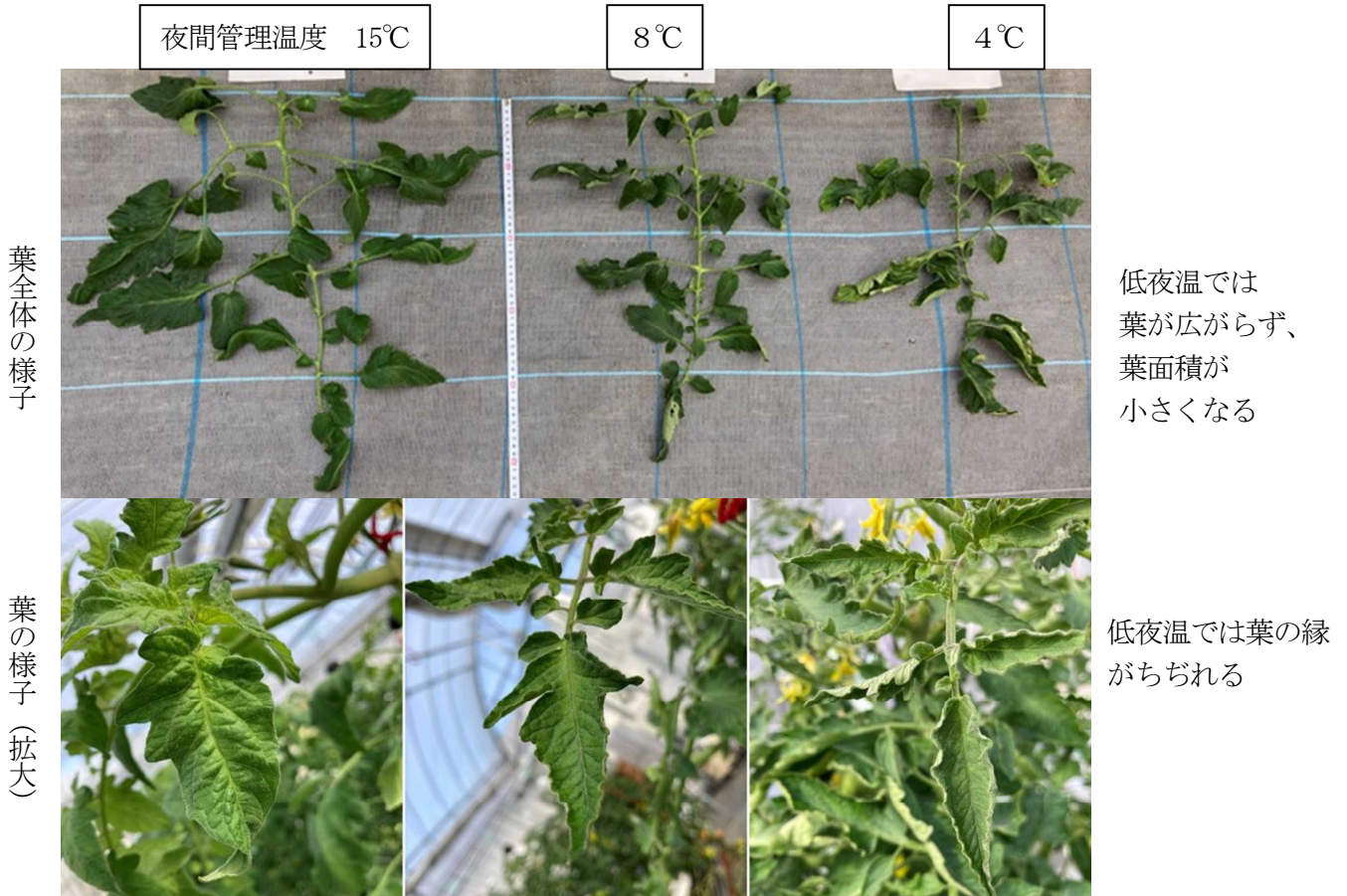
イ 低夜温管理の影響

(ア) 低夜温が草姿、葉に及ぼす影響

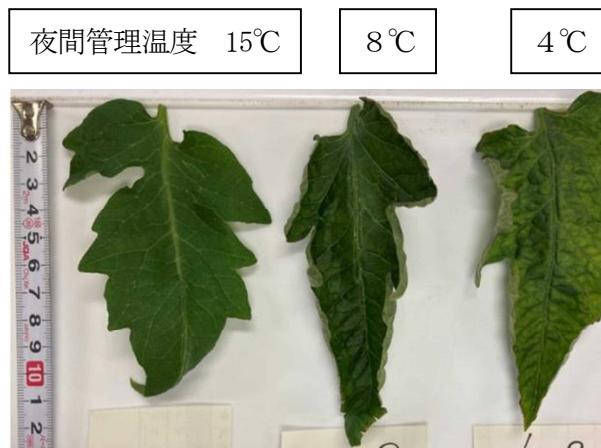
冬季のトマト栽培において低夜温にすると、成長点付近の葉は立ち、葉の縁はちぢれ、節間は短くなる（第1図、第2図）。葉色はまず濃い緑色になるが、さらに低温が続くと、葉脈間が黄化する（第3図）。



第1図 低夜温がトマトの生長点付近の草姿に及ぼす影響（静岡県農林技術研究所 秋山、2021）



第2図 低夜温がトマトの葉に及ぼす影響（静岡県農林技術研究所 秋山、2021）

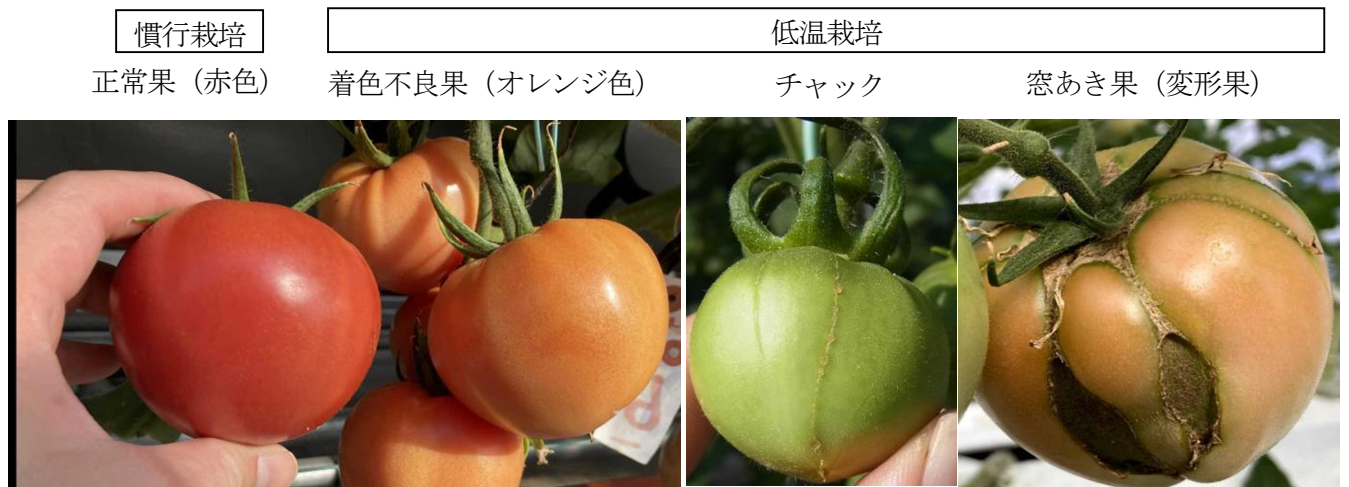


低夜温栽培すると、葉色はまず濃い緑色になるが、処理後1ヶ月くらいたつと、葉脈間が黄化する。

第3図 夜間温度がトマトの葉色に及ぼす影響（静岡県農林技術研究所 秋山、2021）

(イ) 低夜温が果実に及ぼす影響

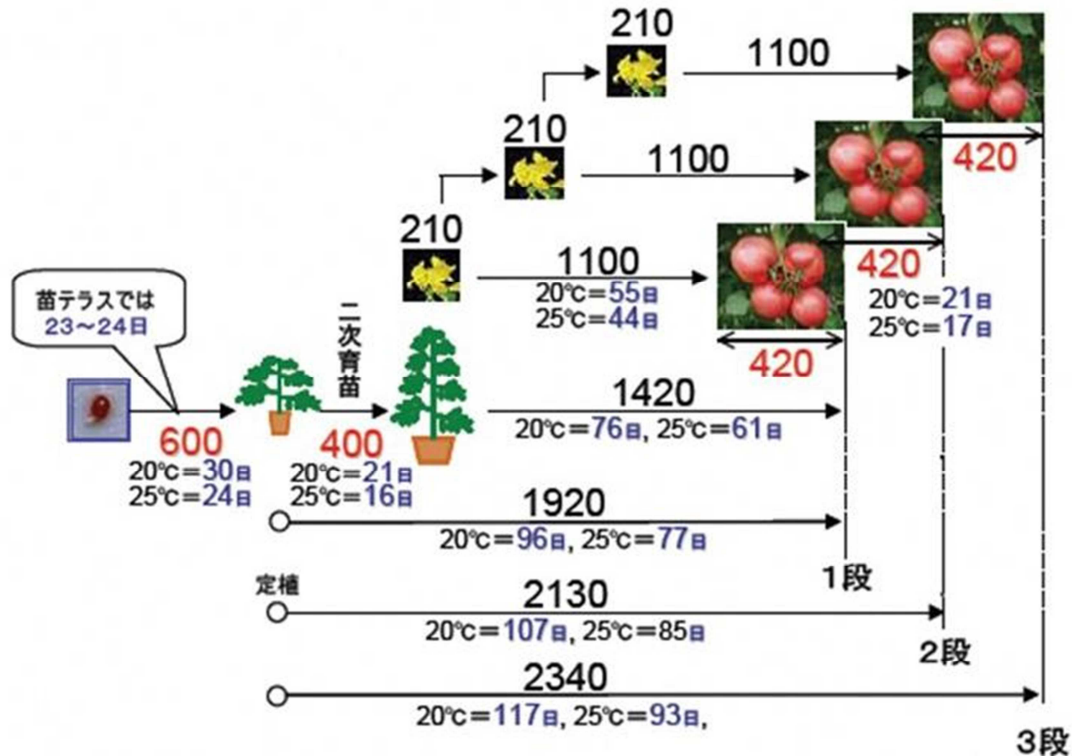
低夜温で栽培すると、一果重は増加するが、果実が赤くならず、黄色味が強くなってオレンジ色になる。花芽形成期に低温に遭遇すると、チャック果、窓あき果、変形果といった果形に障害が発生する場合があります（第4図）。



第4図 低夜温がトマト果実に及ぼす影響（静岡県農林技術研究所 秋山、2021）

(ウ) 低夜温が生育スピードに及ぼす影響

トマトの生育は気温の影響を受けるため、低夜温管理にすると生育や収穫に遅延が生じることに注意する必要がある。開花から収穫までに要する積算気温は1100℃必要である。ここから計算すると開花から収穫までに要する日数は、1日の平均気温が25℃の場合は44日、20℃の場合は55日必要で、低温管理にするとさらに日数を要し、収量は低下する(第5図)。



第5図 トマトの各生育段階までに要する積算温度 (神奈川県農業技術センター)

(エ) 低夜温が花粉に及ぼす影響

夜温を低くすると、花粉量、花粉稔性が低下し着果率は低下する。マルハナバチ等を用いた自然交配による着果処理を行う場合には、花粉量、花粉稔性等を確保するために最低夜温を12~13℃で管理する必要がある。低夜温管理下ではホルモンによる着果処理を行う(第1表)。

第1表 昼温と夜温が花粉と着果率に及ぼす影響 (小出、1997)

試験区	夜温13℃			夜温11℃			夜温9℃		
	花粉量 (mg/30花)	花粉稔性 (%)	着果率 (%)	花粉量 (mg/30花)	花粉稔性 (%)	着果率 (%)	花粉量 (mg/30花)	花粉稔性 (%)	着果率 (%)
昼温25℃	11.2	83.0	100	6.2	74.8	100	0.4	59.8	51.6
昼温22℃	12.3	79.5	100	4.0	67.8	100	1.3	53.0	0.0
昼温20℃	9.8	78.5	100	6.2	65.6	100	1.9	52.4	0.0

(オ) 低夜温により発生が助長される病害

低夜温管理により朝方の湿度が高くなると、灰色かび病、根腐れ萎凋病(J₃)等が発生しやすくなるので注意を要する。

(3) イチゴ

ア 生育適温とハウス管理

戸外における炭酸ガス濃度下でのイチゴ光合成最適温度は20℃付近にあり、15℃～27℃であれば、光合成速度が大きく低下することはないとされている。炭酸ガス濃度が高い場合には、光合成最適温度はもう少し高くなる。光合成は、午後より午前中の方が盛んに行われるため、午前中の換気の開始を遅くして最高28～30℃と高めの温度を目標に管理する。

限界最低温度は第1表のとおり0℃であるが、夜間最低温度は土耕栽培では6℃、高設栽培では8℃が望ましい。

第1表 イチゴの生育と温度との関係 (本多)

イチゴの生理反応	限界低温	適温	限界高温
光合成作用促進	10℃	15～20℃	30℃
転流作用促進	13℃	16～24℃	30℃
呼吸抑制作用	3～5℃	5～8℃	10℃
花芽発達～開花	10～15℃	15～24℃	25℃
開花～受精	(0)	15～24℃	35℃
果実の肥大(昼温)	10～15℃	20～24℃	35℃
果実の肥大(夜温)	0℃	6～10℃	14℃
葉の生育伸長(気温)	20℃	20～25℃	28～30℃
根の生育伸長(地温)	13～15℃	18～23℃	25℃
水分吸収(地温)	9～12℃	18～21℃	(25℃)
肥料の吸収(地温)	12～15℃	18～21℃	(25℃)

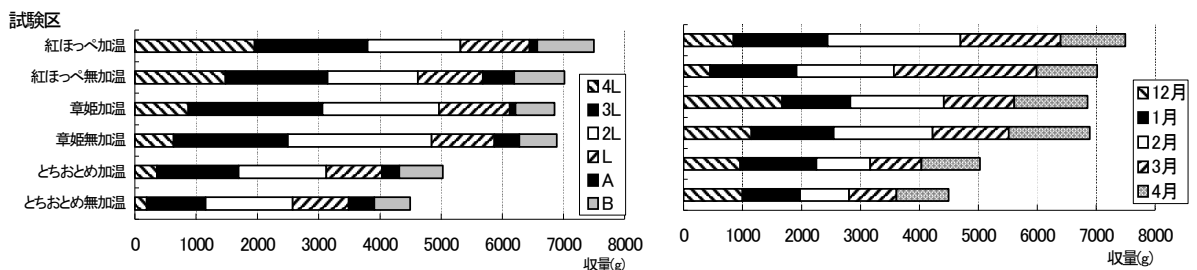
イ 無加温栽培

本県での土耕栽培では、二重被覆の利用によって無加温下でも栽培可能である。下記の成績によれば「紅ほっぺ」「章姫」を用いると、無加温栽培においても加温栽培と同程度の収量が見込める(第2表、第1図)。「きらび香」も同様に栽培可能である(第3表)。

第2表 加温施設と無加温施設における早晩性及び収量性(東部園芸分場)

品種名	栽培施設 加温の有 無	頂花房			果房間葉数 (枚)	一次腋花房			年内収量 ^{Z)}		合計収量 ^{Y)}	
		開花日 (月日)	初収日 (月日)	成熟日数 (日)		開花日 (月日)	初収日 (月日)	成熟日数 (日)	果数 (個)	重量 (g)	果数 (個)	重量 (g)
紅ほっぺ	有	11/7	12/18	41.6	3.8	12/17	2/5	50.7	19	846	409	7494
	無	11/8	12/24	45.9	4	12/24	2/19	57.4	12	449	365	7014
章姫	有	11/2	12/6	33.7	3.8	12/13	2/2	51.5	70	1669	366	6852
	無	11/5	12/10	34.9	3.8	12/16	2/5	51.6	44	1149	367	6892

Z) 10株当たり Y) 10株当たり 4月末まで



第1図 加温、無加温の違いによる階級別収量(左図)と月別収量(右図) (東部園芸分場)

9月25日定植、加温は最低8℃で管理。無加温室の最低温度は0.4℃まで低下。

第3表 「きらび香」の不耕起無加温養液土耕栽培における早晚性および収量

	頂花房		一次腋花房	年内収量 ¹⁾			合計収量 ¹⁾²⁾			
	開花日 (月/日)	成熟日 (月/日)	開花日 (月/日)	果数 (個)	果重 (g)	1果重 (g/個)	果数 (個)	果重 (g)	1果重 (g/個)	果重 (t/10a)
R1	11/5	12/6	12/12	61	1,429	23.3	334	7,040	21.1	4.6
R2	11/5	12/10	12/1	55	1,495	27.0	302	6,573	21.8	4.3
R3	11/1	12/8	12/15	53	1,410	26.8	338	8,679	25.7	5.6

1) 10株当たり、2) 3月末まで。

その際、夕方できるだけ二重被覆を早く閉めると保温効果が上がる。ただし、日中は高温防止と光線確保のために、必ず換気を行う。また、加温栽培であっても内部被覆により燃料は節減できる。

ウ 電照

低温管理を補うためには電照による日長延長によって草勢の維持をはかる。開始時期の目安は腋花房の開花始めであるが、株の草勢によって開始時期を決める。おおよそ2～3時間の日長延長を行い、1月末を終了時期とする。

エ クラウン温度制御

冬の低温期に生長点付近の株元（クラウン部）を局所的に20℃前後に維持し、温室内の夜間管理温度を低く設定することで、暖房経費を大幅に削減できるとともに、収量増や果実肥大促進が期待される。

クラウン温度制御には、一般的な電熱線の他に、冷温水製造装置（チラーやヒートポンプチラー）と2連チューブやPEチューブを組み合わせた装置（第2図）やテープ状の加熱器（テープヒーター）などによる加温方法が開発されており、実証試験で約4割の光熱費を削減した事例もみられる。

装置や資材の導入コストが必要になるが、収量の増加や燃料コスト低減により所得向上が期待される。

また、冷温水製造装置を使う場合には、高温期にクラウン部を冷却することも可能で、花芽分化促進や果実肥大促進が期待される。安定して低温の地下水等の利用が可能であれば、より低コストとなる。



PEチューブ 給液チューブ

第2図 クラウン温度制御のチューブ設置例

(4) 施設バラ

ア 温度管理

バラの好適夜温は、15℃～18℃、昼温は25℃～28℃、地温は18℃とされている。

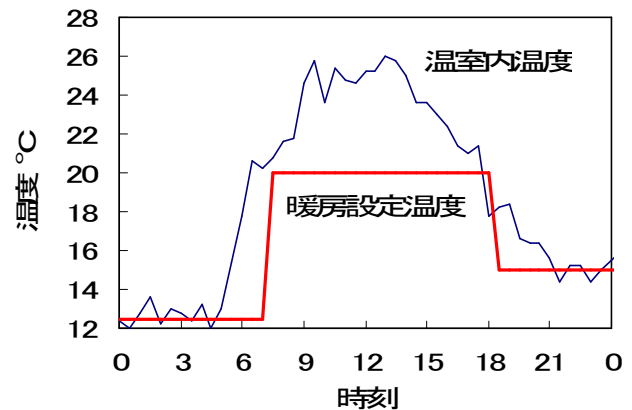
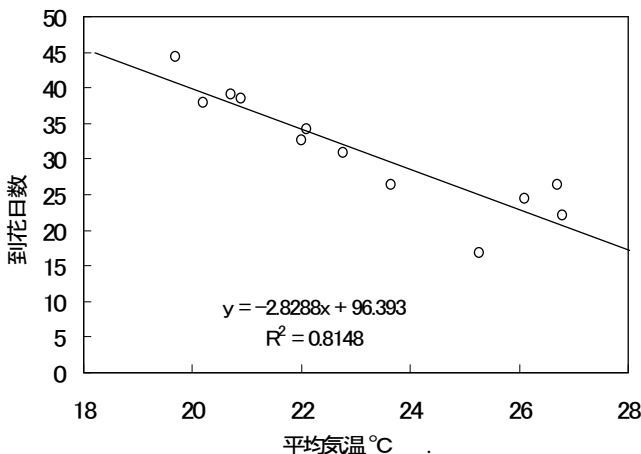
イ 温度と到花日数との関係

花芽から収穫にいたるまでの到花日数は、気温に大きく影響を受ける。

静岡農試でロックウール栽培したローテローゼの、1年間の到花日数と、夜温との関連を見ると、日平均気温が高いほど到花日数は短く、収穫の周期が短くなるため収量は増える（第1図）。逆に日平均気温が低いと、到花日数が長くかかるため年間の収量は減少する。これらの値は、年間を通して生育と温度の関係を見たもので、設定温度を変化したものではないが、おおよその傾向を見ることはできる。

夜温と到花日数についても同様な関係が見られ、夜温が低くなると到花日数は長くなる。平均夜温が17℃から25℃の範囲では、夜温が1℃低下すると到花日数は約3日長くなる傾向が見られた。

これらのことから、暖房費節約のために夜温を下げると、収穫までの日数が長くなることを示している。



第1図 平均気温と到花日数の関係（ローテローゼ）
（佐藤、2005）

第2図 変温管理の設定と温室内温度変化（例）
（佐藤、2005）

ウ 変温管理

（ア）定時変温管理

前夜半と後夜半とに分ける定時変温方式（第2図）が、夕方から朝方にかけて徐々に温度を下げる漸減変温方式より実用的である。変温の温度は、24時までの前夜半を15℃、その後7時までの後夜半を12.5℃にすると、ソニアやキャラミアなどの品種では、収量・品質に影響を及ぼさずに、燃料を13%節約できる（水戸ら 1980）。

低夜温では、べと病が発生する危険性があるので、後夜温を下げる管理は本格的な暖房時期に限定したほうが良い。

エ 温室の外張り

温室の内部カーテンのみならず、妻面など外部を2重張りする技術は、オイルショックの時にバラ栽培温室にも導入された。

（ア）外部被覆

温室のサイド、妻面などの隙間を防ぐために、外部にポリエチレンフィルムで2重張りにする。

(イ) 発泡スチロール断熱板

温室のサイドの下半分、北側の妻面を厚さ 20~25mm の発泡スチロール板で覆い、断熱材として利用する。

(ウ) サッシウエア

アルミ温室のサッシの部分が発泡スチロールで覆い、金属部分からの放熱を少なくする。5%前後の省燃料効果がある。

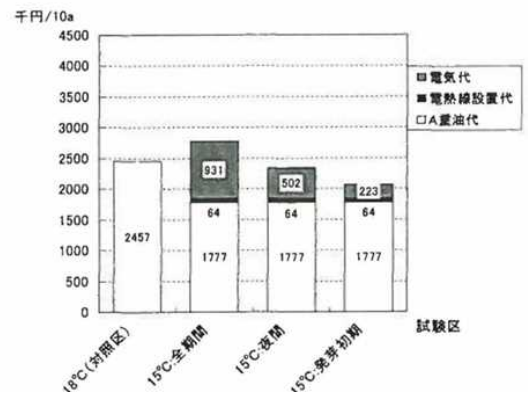
オ 局所加温

温室の温度を下げながら、根圏域等を局所的に加温し、収量・品質を維持する栽培法である。最低気温 15℃の低温栽培において、電熱線 (25℃) で株上を発芽初期3週間を局所加温することで、18℃加温の慣行栽培と比べ、暖房コストを14%削減でき (第3図)、開花日や収量品質が同等であった (第1表) (篠原・光永、2012)。

第1表 電熱線の通電時間及び期間が切り花収量及び品質に及ぼす影響 (2年目 リディア) (山口農技センター、2012)

試験区*	ハウス内 加温温度	1回目			2回目		
		収穫本数 [†] (本/株)	開花日 (月/日)	切り花長 (cm)	収穫本数 [†] (本/株)	開花日 (月/日)	切り花長 (cm)
24時間・全期間通電	15℃	4.0 a [‡]	1/ 6 a	79 a	3.0 a [‡]	4/ 5 b	85 a
夜間12時間・全期間通電	15℃	4.3 a	1/ 7 a	78 a	3.2 a	4/ 6 b	83 a
24時間・発芽初期3週間通電	15℃	4.4 a	1/ 7 a	78 a	3.0 a	4/ 5 b	80 ab
電熱線無し	15℃	3.8 a	1/ 9 a	80 a	2.6 a	4/15 a	79 ab
対照区	18℃	4.0 a	12/26 b	74 b	3.2 a	3/10 c	76 b

* 電熱線は2008年10月20日から通電した。発芽初期3週間通電区1回目は10月20日~11月10日 2回目は2009年1月14日~2月4日に通電
[†] 調査は40cm以上に伸長した開花枝に対して行った
[‡] 調査項目毎に異なる文字間には、Tukey多重検定により5%水準で有意差あり



第3図 通電期間が暖房経費に及ぼす影響

カ 多層断熱資材について

多層断熱資材は、温室の保温性を高める効果が大きく、省エネルギー化に有効な手段として注目されている。多層断熱資材は、断熱性の素材を重ねた布団状の保温資材で、一般の保温資材と比べ2~3倍と断熱性が高いのが特徴である。しかし、一般的な保温資材と比べ、重く、厚みがあるため収束性が劣るといった欠点がある。

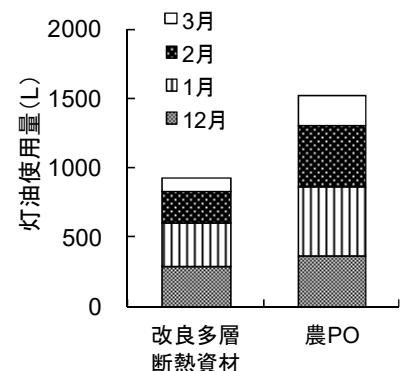
2017年12月1日~2018年3月31日までの多層断熱資材区の積算日射量は、対照の農PO区と比べ77%であったが、暖房コストが対照区に比べ、約40%削減された (第4図)。採花本数、切り花品質面については、対照区の農PO区と同等であった (第2表)。

導入に当たっては、多層断熱資材は、光を透過しないため、光量が低下するので、資材のトップシートの色を白にする、床には白い被覆資材を敷く、影ができにくい自動開閉装置と組み合わせるなど、光を取り入れる工夫が必要である (川嶋ら、2018)。

第2表 被覆資材の違いによるバラ ‘アヴァランチエ+’ の切り花品質に及ぼす影響

被覆資材	採花本数 (本/株)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)	節数 (節)	茎径 (mm)
改良多層断熱資材	2.3	70.7	69.9	12.9	5.5
農PO	2.6	72.3	65.6	13.2	5.5
有意差 ¹⁾	ns	ns	ns	ns	ns

1) t検定により,nsは有意差なし



第4図 被覆資材の違いが暖房経費に及ぼす影響

3 施設果樹（ハウスミカン）

（1）生育ステージに対応した温度管理の徹底

加温タイプにより時期別の管理温度が異なるので栽培型に応じた温度管理を徹底する（第1表）。

第1表 ハウスミカンにおける生育期間別の温度管理条件

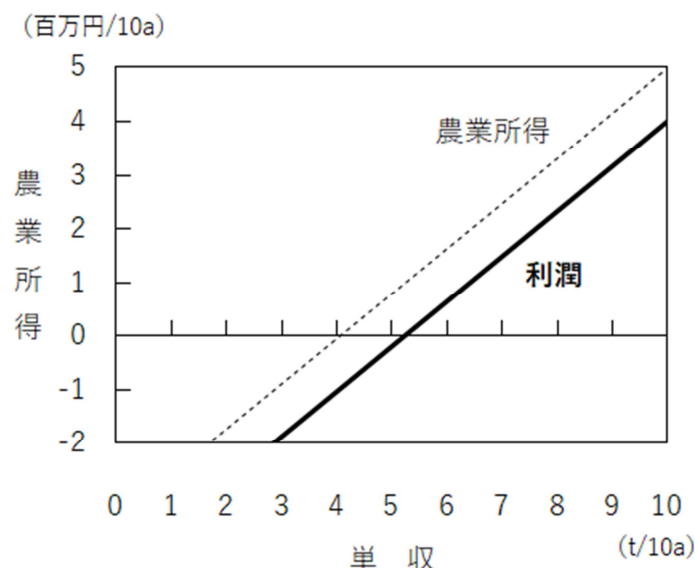
月	旬	早期加温型（12月1日加温・夏芽母枝）				後期加温型（12月20日加温・春芽母枝）			
		満開後 日数	温度管理（℃）		生育等	満開後 日数	温度管理（℃）		生育等
			最高	最低			最高	最低	
12	上		23→28	20→24	出蕾				
	中		21	15					
	下		22	16			25→28	18→22	
1	上		23	17→18			28→21	22→16	発芽開始
	中	満開	23	19	一次生理落果		21	16	出蕾
	下		24	20			22	17	
2	上	25	25	21	二次生理落果	満開	23	18	一次生理落果
	中		26	22			23	18	
	下	40	27	23	生理落果終了		23→24	18→19	
3	上		28	23			24→25	19→20	二次生理落果
	中	60	29	24	果径 35mm	40	25→26	20→21	
	下		30	24		55	26→27	21→22	生理落果終了
4	上	80	30	24	果径 45mm	60	27→28	22→23	果径 30mm
	中	90	29	24			28	23	
	下		28	23		80	28	23	果径 42mm
5	上		27	22→21	着色始め	90	28	23	果径 45mm
	中	120	26	20→19			28	23	
	下		25	18→16		110	28→27	23→22	
6	上		自然温度		加温終了	120	27	21→20	
	中		〃				自然温度		加温終了
	下		〃		収穫始め		〃		8月上旬収穫

注： → は期間内に管理温度を変えることを示す。

静岡経済連資料より

（2）生産適地の見直し

単収から見た損益分岐点は5.3t/10a程度と見積られるので、これより単収が低い園地の生産を休止し樹勢の回復を図る。樹勢の回復が困難な場合は、これを機会に改植をして木の若返りを図り、高単収を目指す。



第1図 10a 当り収量とハウスミカンの経済性試算

県技術原単位より：
 前提条件：重油 65 円/ℓ、ガソリン 140 円/ℓ、
 みかん価格 838 円/kg、12 月上旬加温 7 月収穫

R2 年産ハウスミカンの平均単収（果樹統計）
 ・静岡県 4,100kg/10a(17ha、697t)
 ・全国 4,880kg/10a(377ha、18,400t)

(3) 保温対策の実施

カーテンの多層化による対策等が現場で実施・検討されている。カーテンの多層化は、多層化するほど保温効果が高くなるが、三重カーテンの設置は二重カーテンよりも内部が過湿になりやすく、過湿による弊害を生じやすい。過湿による弊害を回避するには綿密な管理が求められるので導入には注意が必要である。

【資料】「施設内をカーテンなどにより被覆を重ねれば重ねるほど、防寒性が大きく、地熱を逃がさないで保温性が大きくなる。二重被覆時の放射係数は一重時の1/2、三重被覆時は約1/4に減少する。一般に施設内気温は、多重構造になるほど外気温の影響が薄れ、施設内の地温の影響が大きくなる。」(位田藤久太郎編著、施設園芸の環境と栽培、誠文堂新光社。より要約して引用)

(4) ヒートポンプの導入

ハウスミカン栽培における加温は重油暖房機の使用が一般的であるが、ハウスミカンは他作物に比べて燃料費の割合が高いため重油価格の変動による影響が大きく、近年の重油価格の高騰により経営が圧迫されるケースが増えている。ヒートポンプは、大気中の熱を電気の力を利用して増幅・移動させることで加温するため、重油価格の変動に影響されにくく、暖房コストも低く抑えられやすい。また、二酸化炭素の排出量削減にもつながる。

現場では、ヒートポンプの導入により重油使用量が約4割削減された事例が確認されている。また、暖房コストの低いヒートポンプを優先的に稼働し、加温の設定温度に到達しない場合は重油暖房機を追加で稼働するといったハイブリッド方式の運用も行われている。

(5) 作型の見直し

作型→	早期加温	後期加温	少加温 (グリーンハウス)	無加温 (樹上完熟栽培)
必要燃料→	20K _{リットル} /10a	15K _{リットル} /10a	10K _{リットル} /10a	0 _{リットル} /10a

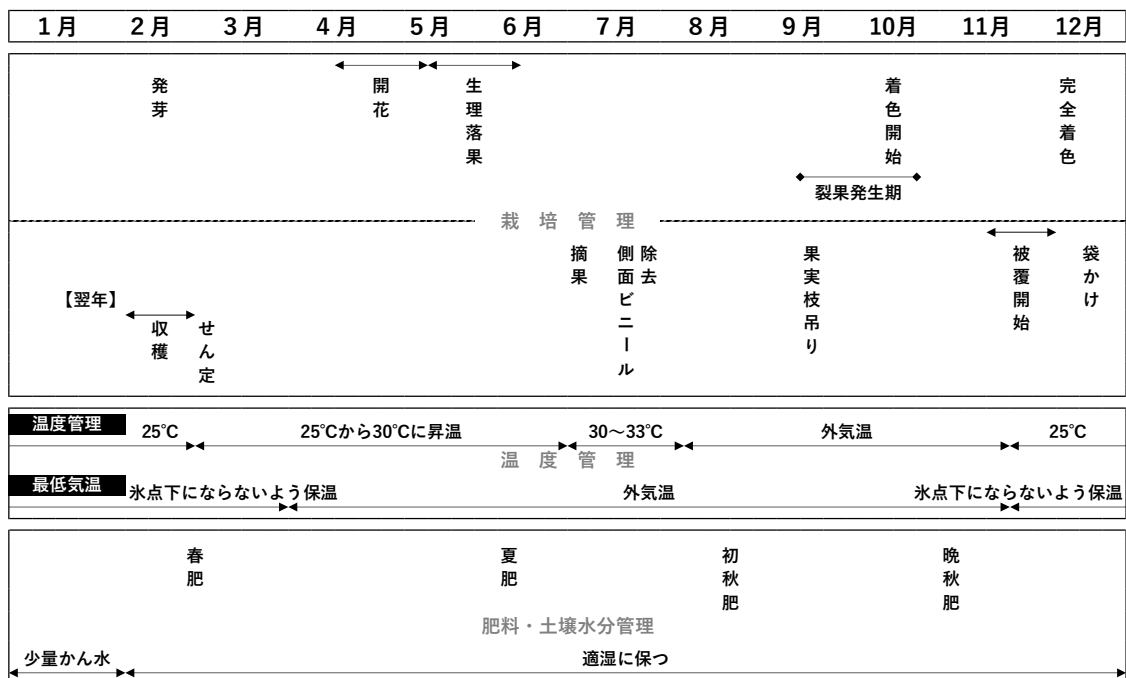
- ・早期加温体系に比べて後期加温体系では節約できる燃料の量は約5K_{リットル}/10aである。
- ・少加温（グリーンハウス）栽培では後期加温体系に比べ約5K_{リットル}/10aの燃料を節約できるが、少加温栽培における高品質果実生産技術は必ずしも確立されていないため、導入に当っては注意を要する。
- ・ハウス施設を利用した樹上完熟栽培は、いわゆる「雨よけ栽培法」が効果的であるが、着果負担が大き過ぎると、隔年結果を生じるので注意が必要である。

(6) 加温しなくても栽培できる果樹類への更新

- ・新中晩柑品種に高接ぎ更新もしくは改植し、無加温のハウス栽培に移行する。
- ・落葉果樹（ブルーベリー、イチジク、大粒系ブドウなど）に転換する。

第2表 品種別の無加温ハウス栽培適性と収穫時期

種類・品種名	適性	無加温での収穫時期	種類・品種名	適性	無加温での収穫時期
はれひめ	適	12月上旬～12月中旬	こん太	適	12月下旬～2月上旬
あまか	適	12月中旬～12月下旬	はるみ	不適	1月中旬～1月下旬
たまみ	適	12月中旬～12月下旬	不知火	適	1月下旬～2月下旬
天草	適	12月中旬～12月下旬	ネーブル(完熟)	適	2月～3月
麗紅	適	12月中旬～1月	せとか	適	2月



第2図 無加温施設栽培の「せとか」栽培歴

4 荒茶加工

(1) 茶工場操業の合理化

ア 計画摘採の実施

茶工場の処理能力に見合った計画的な摘採を実施し、工場操業能率の向上と良質茶生産に努める。

$$\text{稼働率} = \frac{\text{実績生葉処理量(kg)}}{\text{生葉処理能力}^1(\text{kg/日}) \times \text{操業日数}} \times 100$$

$$1) : \text{生葉処理能力(kg/日)} = \text{投入量(kg)} \times \frac{60 \text{分}}{\text{粗揉時間(分)}} \times \text{日操業時間} \times \text{粗揉機台数}$$

イ 茶工場間の生葉流動化、共同加工の実施

- ・ 操業時期の異なる茶工場間において生葉流通のネットワーク化により相互に生葉流動化を促進し、効率的な荒茶加工体制を整備していく。また、摘採初期は生葉集荷量が少なく、稼働時間が少ないため、近在の工場と協議して基幹工場を定め、一括して生葉の処理加工できる体制を整える。

ウ 製茶機械の効率的使用

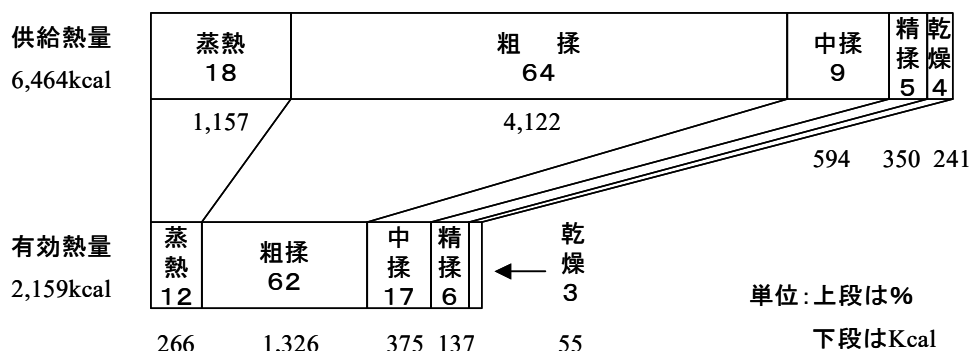
(ア) 茶工場のラインバランス、機械台数を考慮した稼働

- ・ 製茶機械ライン、機械台数を有効に使用し、製茶加工のラインバランスを考慮した製茶サイクル及び機械への生葉投入量の安定化、各工程の適正な制御により、空運転を少なくし、加工時間を安定させる。

(イ) 各工程機械等の効率的稼働

- ① 各工程機械については、事前に十分な点検整備、清掃をし、操業中に機械トラブルが発生しないよう加工ラインの円滑な操作をし、生産能率を高める。
- ② 各工程機械の熱源装置(ボイラー、熱風発生機、ガス火炉等)での無駄な空焚き時間を最小限にするとともに完全燃焼するよう調整し、過度な燃焼や不必要な点火を避け、適正な運転に心掛ける。
- ③ ガンタイプバーナーのノズル掃除、フィルター掃除をまめに行い、燃焼効率を落とさないよう配慮し、定期的なノズル交換も必要である。
- ④ 茶葉の蒸熱に必要な蒸気量は生葉 1 kg に対して約 200g 必要とするが、蒸機内胴などからの熱損失と保温のため 300g 程度が適量である。蒸気量が多すぎると熱効率が悪くなるため、蒸気流量計を用いて、蒸気流量の最適な調節に心掛ける。
- ⑤ 製茶時に各工程での適正温度を維持するようにバーナーの燃焼を調整する。温度制御付きの制御盤を使用すると設定した温度になるようにバーナーを連動燃焼させることができロスが少ない。

- ⑥ 製茶中に放散される湿気・蒸気が粗揉機や乾燥機の吸気ファンに吸引されないように茶工場内の換気を行い工場外へ排出させることにより、乾燥効率を高める。
- ⑦ 各工程機械の回転をインバーター制御することにより、モーターの消費電力を抑える。また、コンベアー、昇降機等の各種機械の空運転を少なくし消費電力を抑える。
- ⑧ 茶工場内電灯を水銀灯からインバーター付き蛍光灯に変更し消費電力の節減を図る。また、製茶工場の休止期間は主電源を落とし消費電力の節減を図る。



第1図 製茶工程における供給及び有効熱量(荒茶1kg当たり)

※吉富ら：製茶機械の熱効率，茶研報，NO. 58(1983)

第1表 製茶機械の熱効率(%)

工程	火炉 効率	本体 効率	総合 効率	主な損失
蒸機	75	31	23	散逸損失、煙突損失
粗揉	69	47	32	排気損失(34%)、煙突損失
中揉	87	73	63	
精揉	29	80	39	排ガス損失
乾燥	92	25	23	排気損失

※吉富ら：製茶機械の熱効率，茶研報，NO. 58(1983)

(2) 茶工場管理運営の適正化

工場管理者は、燃料等の節約と適正な運営を図るため、予め摘採から製造にいたるまで、作業者に作業手順や段取りについて指示するとともに、乗用型摘採機の効率的な利用（例：共同摘採）や製茶機械の空運転等の無駄を省くよう留意し、円滑な生産ができるよう心掛ける。

(3) 【参考】荒茶加工における燃料費節減の試算

第2表には、茶園20ha規模の茶工場における1系列2ライン(60K、120K型)の各茶期における重油及びガスの消費量を示した。

省エネ型①は、製茶機械の一部をガスの利用や熱効率の高い機械に置き換えたラインであり、従来型に比べて燃料費が30%弱削減する。一方、オールガスの省エネ型②は重油とガスの価格差により、従来型よりは燃料費が安くなるものの、省エネ型①よりは燃料費がやや高くなる。

ただし、CO₂排出量はオールガスの省エネ型②が最も小さくなる。今後は、重油価格の高騰への対応だけでなく、大気汚染の減少や低炭素社会への取組として配慮が必要となる。

第2表 荒茶加工における燃料費節減の試算

○4-2-3方式 1系列

区分	1系列当たり消費量	燃料消費量(単位:重油 L ガス kg)				燃料費(円)	燃料費の削減割合(従来比)	燃料使用量(L/生葉1kg)	燃料費(円/生葉1kg)	CO ₂ 排出量(kg/荒茶1kg)
		一番茶	二番茶	三番茶	秋冬番茶					
60K型	従来型	重油(L/h) 62.3 ガス(Kg/h) 4.2 計	13,704 915	9,593 640	5,482 366	10,964 732	39,743 2,653	0.26 0.02	25.2 2.9 28.0	2.65 -
	省工ネ型①	重油(L/h) 41.5 ガス(Kg/h) 3.3 計	9,130 726	6,391 508	3,652 290	7,304 581	26,478 2,104	0.17 0.01	16.8 2.3 19.0	2.34 88%
	省工ネ型②(オールガス)	重油(L/h) 0.0 ガス(Kg/h) 32.7 計	0 7,191	0 5,033	0 2,876	0 5,752	0 20,853	0.00 0.14	0.0 22.5 22.5	1.88 71%
120K型	従来型	重油(L/h) 114.1 ガス(Kg/h) 8.4 計	25,101 1,853	17,571 1,297	10,041 741	20,081 1,483	72,794 5,375	0.24 0.02	23.1 2.9 26.0	2.47 -
	省工ネ型①	重油(L/h) 82.0 ガス(Kg/h) 6.0 計	18,040 1,321	12,628 925	7,216 528	14,432 1,057	52,315 3,830	0.17 0.01	16.6 2.1 18.6	2.27 92%
	省工ネ型②(オールガス)	重油(L/h) 0.0 ガス(Kg/h) 64.0 計	0 14,088	0 9,862	0 5,635	0 11,271	0 40,856	0.00 0.13	0.0 22.0 22.0	1.81 73%

注1) 60K型 【重油使用】:ポイラ、葉打ち機、粗揉機3、中揉機、乾燥機、【ガス使用】:中揉機2、精揉機4
注2) 120K型 【重油使用】:ポイラ、葉打ち機、粗揉機3、中揉機、乾燥機、【ガス使用】:中揉機2、精揉機4
注3) 省工ネ型① 熱効率向上機械使用
注4) 省工ネ型②(オールガス) 【重油使用】:なし、【ガス使用】:ポイラ、葉打ち機、粗揉機3、中揉機3、精揉機4、乾燥機
注5) 燃料単価 【重油】:97円/L、【ガス】:165円/kg ※静岡県農林技術研究所茶業研究センター 2022.7月時点契約単価
注6) 数値根拠 メーカー一聞取りによる値

5 養豚

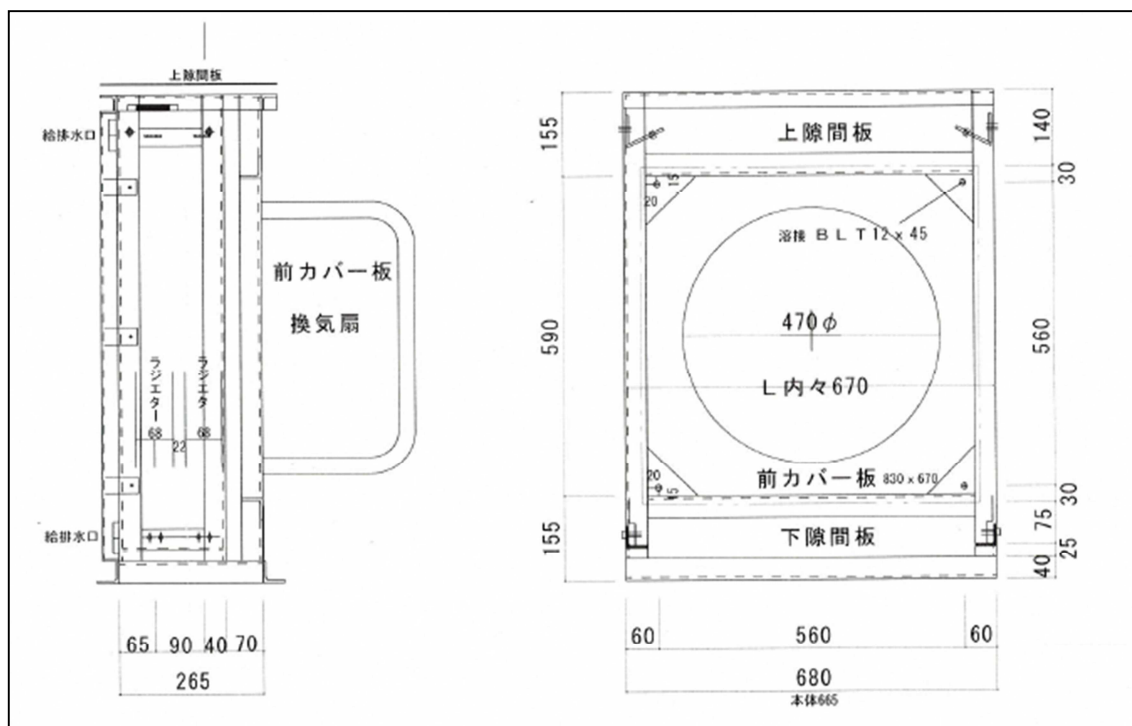
(1) 省エネ型の水冷方式冷房

養豚場において地下水を通水したラジエーター方式の冷風装置を利用することで、暑熱時期でも消費電力を大幅に抑えた冷房が可能である。豚の臨界温度は27℃で、それ以上の畜舎温度では飼料効率の低下等が報告されている(阪谷：産業動物臨床医誌 5. 2015)ことから、豚舎内の冷房は夏場における生産性向上に有効である。

地下水ラジエーター方式のエアコンの冷房能力は、流量 30L/min で水温 20℃の地下水を通水し 30℃で排水した場合で21kW となり、これは空調機で居室 64 畳(116.7 m²)の広さの空冷能力と同等である(空調機：8 畳サイズ 1 馬力、20kW で8 馬力換算)。消費電力は、空調機の 7kW (COP 係数(冷房能力/消費電力)=約 3) に対し、地下水ラジエーター方式のエアコンでは送風ファンと送水ポンプの消費電力の 1kW 以下であることから、1/7 まで抑えられる。

水冷方式の冷房能力の求め方

冷却能力	=	水の密度	×	流量	×	水の比熱	×	(出口温度-入口温度)	×	0.07
単位(kW)		単位(g/cm ³)		単位(L/min)		単位(cal/g・°C)		単位(°C)		0.07(=4.2J/60sec)



第1図 車両用ラジエーターと有圧換気扇を接続した簡易ラジエーターエアコンの参考図

6 養鶏

(1) 電気料の節約

ア 卵用鶏

ウィンドウレス鶏舎では間欠点灯を実施する。従来の連続照明法に比較して照明時間が短縮されるので電気料が節約できる。しかも消灯時には鶏が休息するので、飼料消費量の節約効果も認められる(第1表)。間欠点灯は育成期または産卵開始直前の16~18週齢頃から開始する。

第1表 間欠点灯が産卵と生産性に及ぼす影響

(20~80週の結果)

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	飼料消費量 (g)	飼料要求率	生存率 (%)	電気使用量 (kw時/3.3m ²)
連続照明	75.3	60.5	103.1	2.22	99.9	122.4
15L-45D	74	61.8	100.6	2.17	99.9	55.9

岸井ら：神奈川畜試研報 76. 1986

注) 15L-45D は 15 分点灯、45 分消灯の繰り返し

イ 肉用鶏

45 分点灯 45 分消灯を繰り返すことで、生産性の改善も併せて期待できる (第2表)。照明の明るさ (照度) は作業性を考慮して 5~10 ルクス程度が適当と考えられる。

第2表 肉用鶏に対する間欠点灯の効果

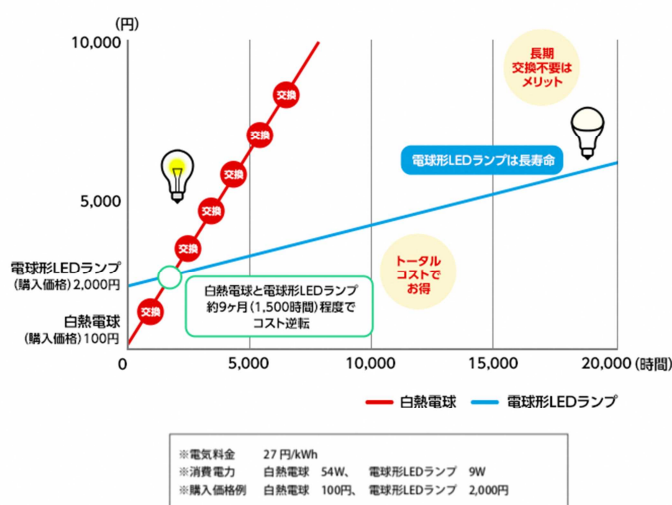
区分	体重 (g)	飼料要求率
45L-45D	3,130	1.97
23hL-1hD	2,990	2.01

後藤ら：群馬畜試研報. 11. 2005

注) 25L-25D は 45 分点灯、45 分消灯、23hL-1hD は 23 時間点灯、1 時間消灯を繰り返す

ウ 発光ダイオード (LED) の利用

LED は従来の照明器具に比べ著しく低消費電力で長寿命である。加えて、電球色 LED や赤色 LED を白熱電球の代わりに光源として用いた場合でも、採卵鶏の生産性や卵質に違いが生じない (第3表、第4表)。電球形 LED (購入価格 2,000 円) と白熱電球 (購入価格 100 円) を年間 2,000 時間使用する場合で比較したところ、約 9 カ月 (1,500 時間) 程度でコストが逆転する。なお、赤色 LED は鶏の活動を抑制するため塵埃抑制が期待できるが、人の鶏舎内作業には不向きであるため補助照明として白色灯の使用などの対策が必要と考えられる。



第2図 白熱電球と電球形LEDのコスト比較例

(出典：経済産業省資源エネルギー庁省エネポータルサイト)

第3表 電球色LEDの使用が産卵と経済性(上段)、卵質(下段)に及ぼす影響(127~462日齢)

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料摂取量 (g)	飼料要求率	生存率 (%)
LED区	91.1	60.0	54.7	103.3	1.89	94.0
白熱電球区	91.8	59.8	54.9	102.4	1.87	93.0

区分	卵殻強度 (kg/m ²)	卵殻厚 (0.01mm)	ハウユニット	卵黄色
LED区	4.1	37.0	85.2	11.5
白熱電球区	4.1	36.8	85.2	11.6

池谷ら：静岡畜技研中小研セ研報. 5. 2012

第4表 赤色LEDの使用が産卵と経済性(上段)、卵質(下段)に及ぼす影響(141~476日齢)

区分	産卵率 (%)	平均卵重 (g)	産卵日量 (g)	飼料摂取量 (g)	飼料要求率	生存率 (%)
赤色区	95.4	62.3	59.5	109.5	1.84	94.8
電球色区	95.3	62.2	59.0	109.3	1.85	96.3

区分	卵殻強度 (kg/m ²)	卵殻厚 (0.01mm)	ハウユニット	卵黄色
赤色区	4.2	38.3	84.7	11.8
電球色区	4.2	38.1	85.2	11.0

池谷ら：静岡畜技研中小研セ研報. 7. 2013

(2) 灯油(重油)の節約

ア 鶏糞ボイラーの利用

肉用鶏の育すうではボイラーで湯を沸かし加温するが、燃料として灯油(重油)の代わりに鶏ふんを用いる鶏ふんボイラーがある。

第5表 鶏糞ボイラーの経済収支

項目	金額 (万円)	備考
施設費	350	一式
償却費	35	耐用年数10年
電力費	3.5	年間2,320KW×15円
労賃	12.8	64h/回×5回×400円
計	51.3	
1羽当たり温源費	3.42円	51.3万円/15万羽

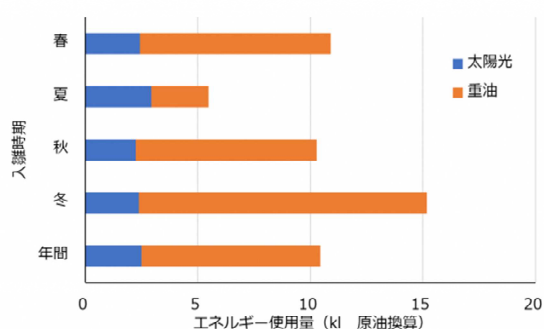
平原ら：鹿児島鶏試研報 15. 1975

鶏ふんのみを燃料とするより、重油を1.5%混合して用いるとかなり経済的であり、そのほか熱源として廃材、しいたけ廃ホダ木が利用されているが、廃材の安定的な確保対策が課題となっている。

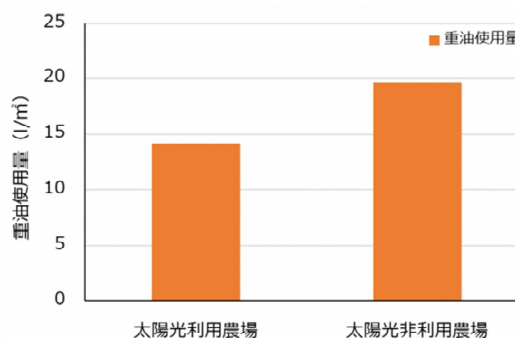
イ 太陽エネルギーの利用

肉用鶏の育雛で使用される灯油(重油)の代わりに一部太陽エネルギーを利用することができる。同一経営体の4農場のうち2農場で太陽光発電・蓄電設備及び太陽熱利用システムを導入している県内の事例を調査したところ、季節変動はあるものの年間平均使用エネルギーの約30%を

太陽エネルギーで賄い、重油の使用量を約 28%低く抑えることができた。コスト面では太陽光利用システムの初期導入及び維持費用が課題となるため、個々の農場で試算した上で導入を検討する必要がある。



第2図 太陽エネルギー利用農場におけるエネルギー使用量



第3図 鶏舎面積当たりの積算重油使用量

ウ 育すうの温度

35℃が標準的な開始温度であるが、30℃にしても発育に影響なく、電気を用いた場合で80%の消費電力量の節約が可能である。この際、鶏舎内をビニールカーテンで二重に覆うと、熱効率が改善するので有利であるが、換気不良にならないように注意する。

第6表 育すう温度と電気使用量

区分	0～4週 (kw) ()内は比率	1羽当たり (kw)	1羽当たり経費 (円)
35℃区	230.7(100)	1.37	27.4
30℃区	42.8(18.6)	0.25	5.0
25℃区	32.0(13.9)	0.19	3.8

今枝ら：家禽会誌 21. 5. 1984

(1kw は 20 円で試算)

7 機械利用

(1) 農用エンジンの使い方

ア 作業目的に応じた燃料消費率の低いエンジンを選定する

下表の燃料消費率は、あるエンジンの消費燃料の量を毎時間、毎馬力あたりに換算したもので、単位はg/馬力/時間で表す。この表で見ると燃料消費率は、空冷より水冷のほうが低く、2サイクルより4サイクルの方が、またガソリン機関よりディーゼル機関の方がそれぞれ低い。これは機関方式固有の熱効率に起因する。燃料消費率が低いほど経済的である。

第1表 エンジンの馬力あたり燃料消費率の例 (g/馬力/時間)

種類		回転速度		1500	1500~2500	2500~3500
				回転/分以下	回転/分	回転/分
ガソリン機関	水冷	4サイクル		300	320	340
		2サイクル		340	350	380
	強制空冷	4サイクル		360	380	400
		2サイクル		420	440	470
ディーゼル機関	水冷4サイクル	5馬力以下		250	260	
		5~10馬力		240	250	

イ 仕事の大きさ(負荷)に合致したエンジンを選ぶ

ウ 適正な回転数で使用する

- ・一般にエンジンの出力は、定格回転数（エンジンやトラクタの仕様に表示されている）において最大出力を示し、それ以上回転数を上げて出力はかえって低下する。このため、むやみに高回転で使用しても燃料消費の無駄が増える。

エ 負荷が軽いときは回転数を下げる

- ・例えばトラクタにおける軽負荷作業の場合、PTO 増速ギアを使用して、PTO 回転を一定にしたままエンジン回転を下げて運転すると、燃料消費が低減する。

オ 燃料消費が少ない時の排気色は、無色か淡青色である

- ・ガソリンエンジン：ガソリンを完全燃焼させるための必要空気量は、理論上ガソリン1に対し空気15の重量割合である。混合気が濃すぎると燃料消費量が増し、排気色は黒色となる。経済的運転を望むには、バックファイヤ（気化器の方へ火を吹き返すこと）の起きない範囲までキャブレタの調整ねじを絞って薄い混合気で運転するのが良いが、あまり薄いと焼き付きや回転降下不良が発生する。無負荷から急に負荷をかけるときの加速が効かないおそれがあるときは、幾分濃い目の混合気で作業する。
- ・ディーゼルエンジン：排気色が著しく悪い（白煙もしくは黒煙）場合は、①過負荷、②霧化不良・噴射時期不正、③圧縮漏れや動弁系からのオイル漏れ④吸気フィルターや排気管の詰まりが原因している。

カ 空ぶかしはしない。作業中断時にはエンジンをこまめに停止する。

キ 日常点検と定期整備を励行する。特にエアクリーナの清掃と、オイルの定期交換を行う。

(2) トラクタ等のほ場用機械の使い方

ア 耕うん砕土作業は土壌条件が適当な時に行う

- ・過乾燥（土壌が硬い）、過湿（滑りの増加、土を練る）の条件を避けて作業する。

イ ロータリ耕は適正な作業速度、耕深、砕土状態を保ち、過負荷を避ける

- ・耕深が増せば所要馬力は増し、走行速度が増加すれば同一耕深でも所要馬力は急に増大する。また、耕うん部の回転が高速になるにしたがって所要馬力は増す。
- ウ ほ場けん引作業では、トラクタの車輪が滑りすぎないようにする
 - ・エンジン回転数が一定であっても、車輪のすべりが多くなると作業能率が低下するうえに、燃料消費も増大する。車輪のすべりを減少するにはウエイトを付加する、滑り止めの補助車輪を用いる、車輪空気圧を適正に調整する等の対策を講ずる。
- エ 軽負荷作業の場合、必要な作業速度を保つにはエンジン回転数を高めるよりも、変速やPTO増速ギアにより、低回転で速度が得られるように操作する。
- オ ほ場間の長距離移動は、トラクタやコンバインで自走せず、トラックやキャリアに積載して移動すると燃料消費は大幅に少なくなる。

(3) 穀物乾燥機の使い方

- ア 静置型（箱型）乾燥機では、常温通風乾燥を行うか、火力乾燥と併用する
 - ・常温通風乾燥における送風空気の湿度は、60%以下に限る。空気湿度が高い場合は、僅かに加温するか乾燥を中断し、むしろ等で覆いをする。加温の程度は、温度は、温度1°C上昇するごとに湿度が約4%下がるので、湿度が60%以下になるように加温する。生籾の乾燥では常温通風乾燥により予乾を行い、仕上げを火力乾燥とするのも良い。
- イ 静置型乾燥機では、床面積の大きい方が送風機の馬力は少なくすむ
 - ・同じ量を乾燥させる場合、すのこ面積を3.3㎡から6.6㎡にすることにより1/4の所要馬力で同じ時間以内で乾燥できる。
- ウ 回分式乾燥機（乾燥の終了するたびに穀物の入れ換えを行うもの）では常に適正量が入るように作業計画をたてる。
- エ 循環式乾燥機で張込量の少ない場合（最小張込量は、全容量の半分位である）、一般に熱風温度5～10°C程度下げて使用する。
- オ 貯蔵乾燥式のライスセンターでは、貯留ビンの送風により生籾の予乾を行い、仕上げを火力乾燥とする。
- カ 過乾燥にならないようにする
 - ・検査規格による水稲うるち玄米の最高水分は15.0%、小麦は12.5%である。

8 その他（免税軽油）

農業用機械等の動力源に使用する場合など特定の用途に使われる軽油は、課税免除の手続きを受けた場合に限り課税されない（32.1円/ℓの軽油引取税が免税される。令和4年10月時点）。ただしトラックなど道路走行する車両を除く。

課税免除を受けるためには県の財務事務所で免税軽油使用者証と、免税証の交付を受ける必要がある。販売店から免税証と引換えに軽油を免税価格で購入する。免税軽油の引取りおよび使用には財務事務所への報告義務が課せられる。詳しくは県財務事務所へ問い合わせのこと。

9 参考となる資料

社団法人日本農業機械化協会「地球温暖化対策 農業機械の省エネ利用マニュアル ー平成22年度改訂版ー」

<https://nitinoki.or.jp/kikaika/pdf/2011conservation-am-manual.pdf>

(参考3) 施設園芸における省エネルギー対策のチェックシート

— 省エネルギー対策はひとつひとつの積み重ねが大切です —

● 温室・ハウスの点検と管理

チェック① 温室・ハウス内の目張りをすする。カーテンに隙間ができないよう

注意する。

- 温室・ハウスを総点検し、補修と目張りを行う。
- 換気による熱の損失は大きいので気密度を高める。

チェック② 重層被覆を行い、保温性の高い良い資材を用いる。

- 温室・ハウス内に2層、3層被覆(内部カーテン)を行う。
- 資材は、アルミ蒸着フィルム>ビニール>ポリエチレンの順で保温力が高い。

チェック③ 被覆資材をよく清掃する。

- 被覆資材に付着した汚れを清掃し、太陽光の透過率を高める。
→ ビニールの光線透過率は、9ヶ月で約60%に低下するが、9ヶ月後の両面清掃で約80%に向上する。

チェック④ 温室・ハウスの北側に保温資材を張ると保温効果が高まる。

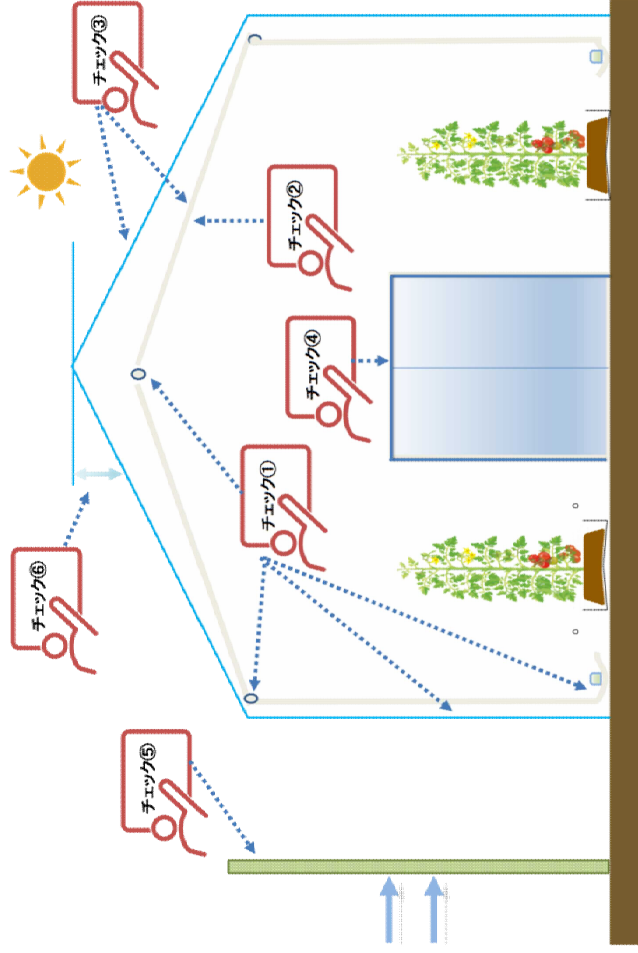
- 温室・ハウスの北側に発泡スチロール板等を張る。
- 温室・ハウスの北内側にアルミ蒸着フィルムを張る。

チェック⑤ 風上側に防風垣を設置する。

- 温室・ハウスの風上側に防風垣(ネット、垣根等)を設置する。
→ 防風垣の風下では、高さの7~8倍の距離まで、約50%減風効果がある。

チェック⑥ 温室・ハウスの窓閉めを早めに行う。

- 夕方、日没前に換気窓を早めに閉め、室内気温を高く保つ。



● 温室・ハウスの適正な温度管理

チェック① 正確な温度管理を行う。

- 作物の正しい生育適温を保つように管理する。
- 温度センサーは作物付近に設置し、定期的に設置位置を確認する。
- 室温は、暖房機の設定温度でなく、温度計で確認して管理する。

チェック② 室内での温度ムラを小さくする。

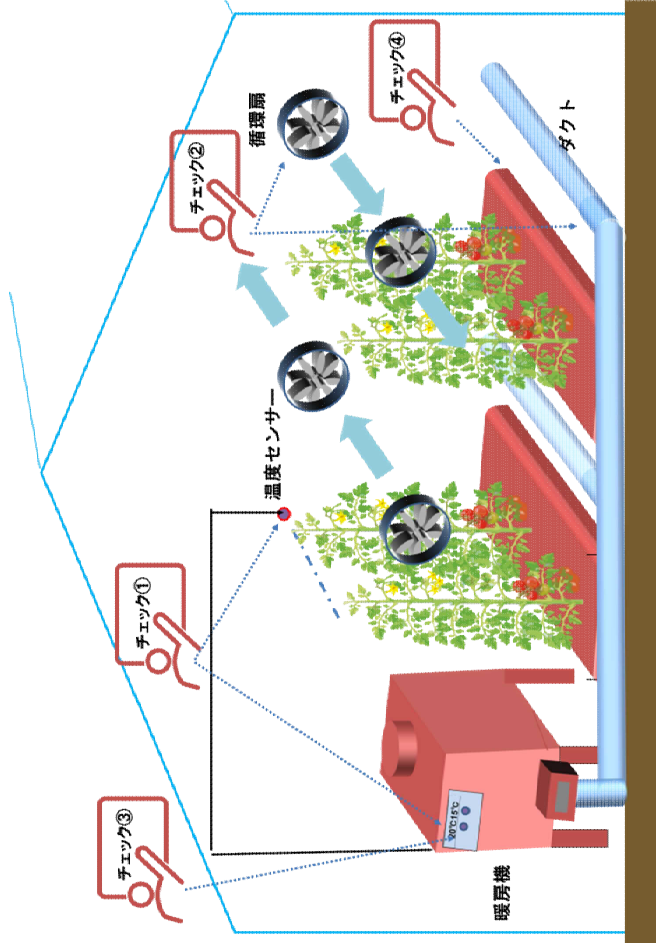
- 特に温風暖房機では、室内の温度が場所により不均一になりやすいので、ダクトの配置、風量のバランス調整や、循環扇を利用するなどして、温度ムラを極力小さくする。
- ダクト折り曲げて使うとのコーナー部がつぶれ通風量の減少につながるの
で、専用のコーナーダクトを使用する。

チェック③ 夜間の変温管理を行う。

- 夜間前半の10～11時頃までは、光合成産物の転流を促進するため、夜間一定に管理する時よりも高めに管理し、夜間後半は呼吸消耗抑制のため低めに管理する。

チェック④ 室内の地温を保つようにする。

- 地温が十分に保たれると、気温がやや低めであっても作物はよく生育するので、できるだけ地温を保つように管理する。
- ポリマルチを利用する、かん水は汲み置きの水を用いるなどの保温方法を取る。
- かん水機器・器具類の点検・整備を行い、かん水時の水の浪費を避ける。



● 暖房機の点検と管理

チェック① 暖房機の保守管理を行う。

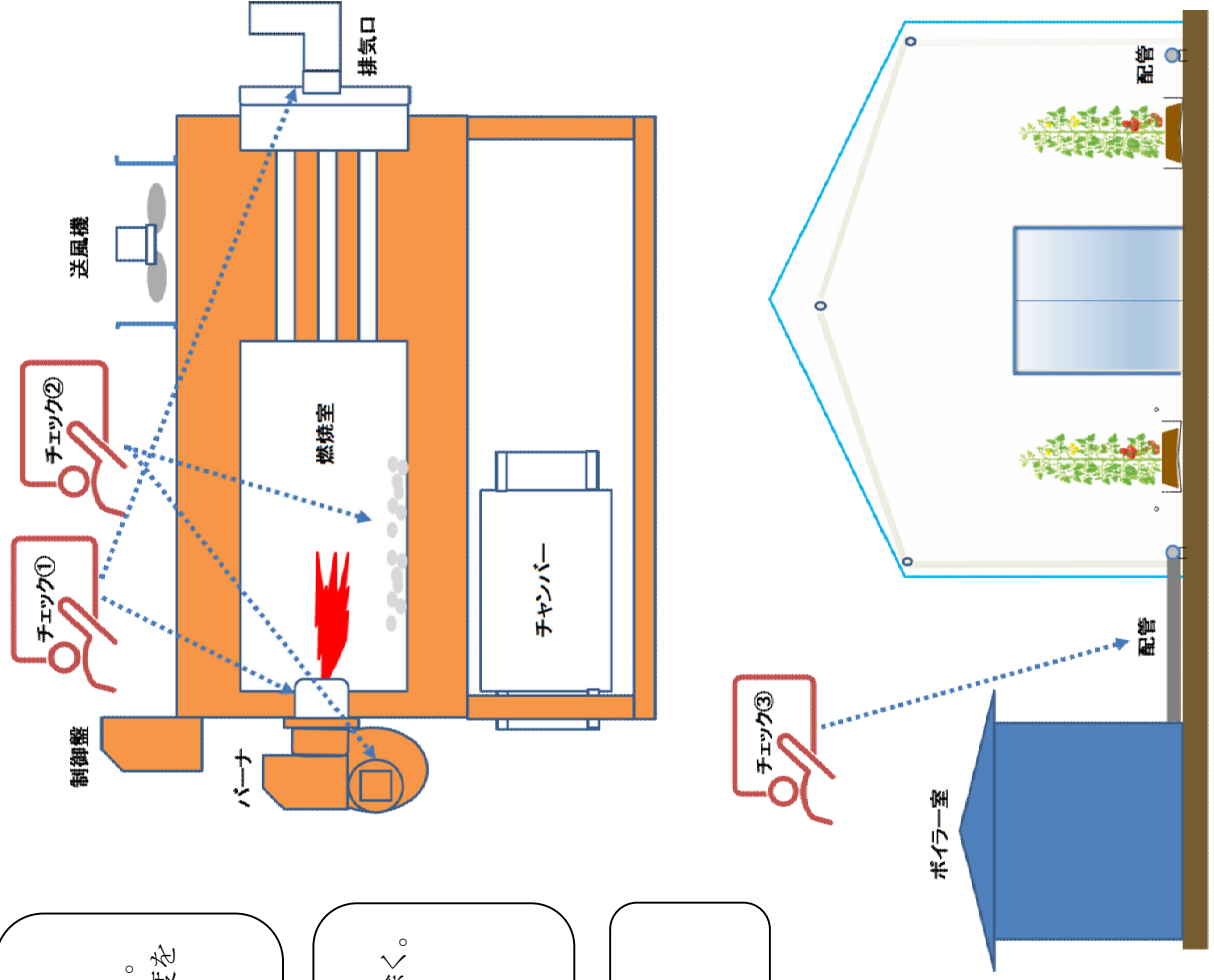
- 6ヶ月毎にバーナーテストを行う。
- ボイラーの定期的な手入れと、必要に応じ施工業者によるチェックを行う。
- 暖房機の異常を早期発見するため、炎や煙の色を観察し定期的に煙突温度を測定する。
- 過剰な煙を出さないよう、空気調節弁の適切な調整を行う。

チェック② 暖房機の点検・清掃・修理を行う。

- ボイラーの缶体に付着した油煙、硫黄、さび等を定期的清掃により取り除く。
- ノズル、点火装置及び火炎検出器の点検・清掃を1月ごとに行う。
- オイルストレーナーの清掃を1月ごとに行う。
- 暖房当初にサーモスタットの点検をする。

チェック③ 屋外露出放熱管の保温被覆を完全に行う。

- 暖房機から各室への配管、送風施設への保温被覆状況を点検する。
- 配管等の保温には重層被覆を行う。



施設園芸省エネルギー生産管理チェックシート

作業区分	加温シーズン終了後又は加温シーズン前に	マニュアル掲載頁
暖房機の点検	○暖房機の熱交換面（缶体）の清掃をしましたか。	4頁
	○バーナーノズル周辺（ディフューザー周辺）の清掃をしましたか。	5頁
	○定期的なバーナーノズルの交換をしましたか。	6頁
	○エアシャッターで空気量の調整をしましたか。	6頁

作業区分	加温シーズン入りしてから	マニュアル掲載頁
適温管理のための点検	○暖房装置の設定温度と実際の温度にずれがないか確認しましたか。	12頁
	○作物の適温を確認して温度設定しましたか。	8頁
	○暖房装置の温度センサーは、適正な位置に設置されていますか。	12頁
	○ハウス内に温度ムラはありませんか。	20頁
	○変温管理を行っていますか。	22頁
	○送風ダクトが適切な本数や配置になっていますか。	20頁
	○天敵資材や花粉媒介昆虫の活動適温を確認しましたか。	11頁

チェック時期： 年 月～ 年 月

所 属：

住 所：

氏 名：

温室番号：	栽培作物：	加温面積：	a、m ²
夜間設定温度（変温管理していない場合）：		℃	
変温管理している場合の設定温度	昼間時間帯：	℃	転流時間帯：
	夜間時間帯：	℃	早朝時間帯：
外張被覆：	重	内張被覆：	層
加温時期： 年 月から 年 月まで			

《記入にあたって・・・》

- 所属（○部会、△法人）、住所、氏名は必ず記入しましょう。
- 加温開始、終了時期も必ず記入しましょう。
- 設定温度については、右上の欄又は一番下の月別の欄のいずれかに記入して下さい。
- 確認や作業を実施したら、忘れないうちにチェックしましょう。（○、×、✓、日付など）
- 各チェック項目の解説は、「施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル」に掲載しておりますので参考にしてください。
- 一番下の燃料の購入量又は使用量については、伝票等を基に把握できるものを記載しましょう。前年度の結果と比較して省エネルギー対策の参考としましょう。
- 水色の色付き項目については、必ず実践しましょう。
- チェック項目の空欄については、必要に応じて自由に設定してください。

作業区分	点検頻度	チェック項目	マニュアル掲載頁	10月			11月			12月			1月			2月			3月			4月			備考
				上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	
保温性確保のための点検	随時	○被覆資材は汚れていませんか。	13頁																						
		○外張被覆資材及び天窗、側窓、施設の入口に破れや隙間はありませんか。																							
		○被覆資材留具に緩みはないですか。																							
		○温室内外に採光を妨げるようなものを置いていませんか。																							
	加温期に数回	○																							
		○内張カーテンに破れはありませんか。	15頁																						
		○内張カーテンのつなぎ目、軒部カーテンのつなぎ目に隙間はありませんか。	15頁																						
		○内張カーテンのすそ部に隙間はありませんか。（特に夜間、暖房装置の稼働時）	17頁																						
		○内張カーテンの開閉は、日長（日の出・日の入り時刻）に応じて調節していますか。	18頁																						
	加温期に1回	○																							
		○内張カーテンを設置していますか。	14頁																						
		○内張カーテンは多層化していますか。	14頁																						
		○換気扇のシャッター隙間に目張をしていますか。	13頁																						
○マルチを利用していますか。		22頁																							
		燃料の購入量又は使用量 (L)	当年度																				合計		
		燃料の購入量又は使用量 (L)	前年度																				L		
		夜間設定温度℃	当年度																						
		夜間設定温度℃	前年度																						

省エネルギー対策を実践して、地球温暖化を防止しましょう。

「農業における省エネルギー技術対策指針（改訂版）」
令和4年10月

編集・発行 静岡県経済産業部（農業戦略課）
〒420-8601 静岡市葵区追手町9-6
ホームページ <http://www.pref.shizuoka.jp/>