

山形県施設園芸省エネルギー化技術指針 (第3版)

平成26年12月

山形県農林水産部

山形県施設園芸省エネルギー化技術指針（第3版）の策定にあたって

「山形県施設園芸省エネルギー化技術指針」は燃油・資材価格の高騰に対応し、平成19年1月に第1版を、平成20年11月に第2版を省エネルギー技術指導資料として作成した。

燃油価格は平成20年7月にピークとなり、灯油では291%（平成16年7月対比）まで上昇し、施設園芸にとって非常に厳しい状況となった。その後、価格は急速に低下し、平成21年3月には107%（同対比）となった。しかし、それ以降、徐々に価格が上昇に転じ、平成26年10月現在では、216%（同対比）であり、依然経営を圧迫している。

このたびの改訂のポイントは、ヒートポンプの利用技術、木質バイオマス暖房機の利用技術、局所加温技術、さらに県内各地での新たな省エネルギーの取組事例など最新の技術を加えたものである。

本指針は、冬期間において、生産者段階で省エネルギー技術対策が徹底されるよう活用されたい。

<注意>

- 1 省エネルギーの効果は、ハウス構造、カーテン等の付帯設備や立地条件などで効果が異なります。また、技術導入に際しては、経済的に引き合うか検討が必要です。

そのため、活用にあたっては、資材メーカーや関係機関と十分相談した上で、取り組んでください。

- 2 農薬を使用する際は、農薬の使用基準を遵守し、適正に使用してください。

目 次

I 施設園芸を取り巻く状況	
1 燃油・資材価格の推移	1
(1) A重油、灯油価格の状況	
(2) 農用電力料金の状況	
(3) 主な農業用資材の価格動向	
2 施設園芸の現状と需給状況	2
3 燃油価格及び農業用資材価格上昇を踏まえた経営試	3
(1) おうとう	
(2) きゅうり	
(3) ばら	
II 品目・作型の選定	
1 作型選定・変更のポイント	5
III 共通的な技術対策	
1 省エネルギー技術対策の効果と導入の考え方	6
2 省エネルギーのための暖房技術	8
(1) 燃油暖房機の点検	
(2) ヒートポンプの利用	
(3) 木質バイオマス暖房機の利用	
(4) 廃熱回収装置の利用	
(5) ハウス内の温度の均一化	
3 保温性の向上	20
(1) 多層被覆	
(2) 多重被覆・多層被覆の具体的内容	
(3) 被覆資材の違い	
(4) 気密性	
(5) 採光条件の向上	
4 農作物の栽培環境制御技術	25
(1) 変温管理	
(2) 地温管理	
(3) 局所加温技術	
(4) 炭酸ガス施用	
IV 品目別技術対策	
1 果樹	28
(1) 共通事項	
(2) おうとう	
(3) ぶどう「デラウエア」	
2 野菜	33
(1) きゅうり半促成栽培	
(2) トマト半促成栽培	
(3) いちご促成栽培	
3 花き	39
(1) 標準管理温度	
(2) ばら	
(3) スプレーぎく	
(4) トルコぎきょう	
(5) アルストロメリア	
V 県内の省エネルギーの取組事例	
1 写真や絵で見る施設園芸省エネルギーの取組み	46
施設園芸における省エネルギー対策のチェックシート	57
原油価格高騰対策として利用できる制度資金の概要	58

I 施設園芸を取り巻く状況

1 燃油・資材価格の推移

(1) A重油・灯油価格の状況

A重油・灯油価格は平成10年代後半から価格の上昇傾向が続き、特に、平成20年7月には、資源エネルギー庁調べによる全国平均価格(税抜き)がA重油で114.2円/L、灯油で113.4円/Lとなった。その後、投機マネーに対する規制強化や世界的景気の減速に伴う原油需要の減退により、平成21年3月にはA重油で48.6円/L、灯油で41.9円/Lまで下落した。しかし、それ以降ゆるやかな上昇傾向で推移しており、平成26年7月のA重油価格は91.7円/L、灯油価格は89.9円/Lとなっている。

今後の石油製品価格は、①発展途上国の経済成長に伴う消費量の動向、②中東地域の情勢不安定による供給の不安定化、③投機マネーの動向、④為替相場の動向など不安定要素が多く、大幅に低下する要因は少ないものと思われる。

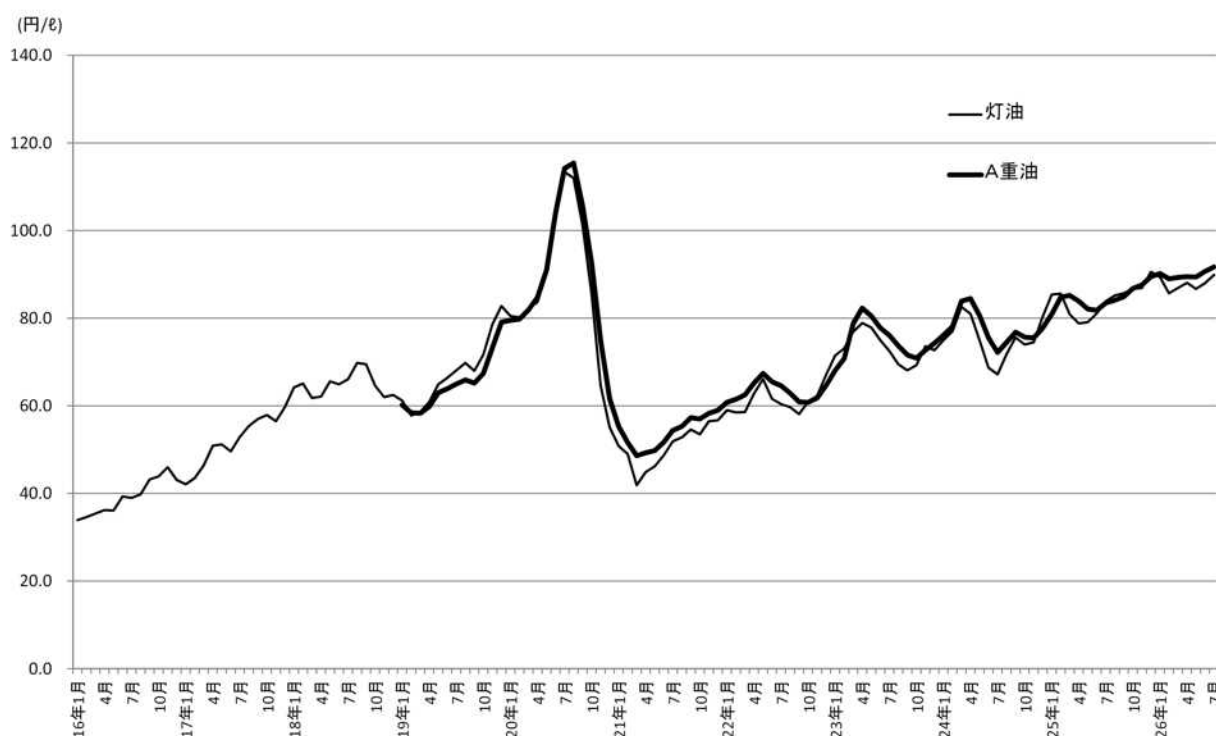


図1 石油製品の全国平均価格(税抜き)の推移(資源エネルギー庁より)

(2) 農用電力料金の状況

農用電力料金は、火力発電所の燃料費の大幅な増加に伴い、料金が上昇している。農林水産省農業物価統計によると、全国平均の農用電気料金(小口電力、低圧、1か月30Kwh)指数は、平成22年7月を100とした場合、平成26年7月は117となり、特にここ数年上昇幅が大きい。

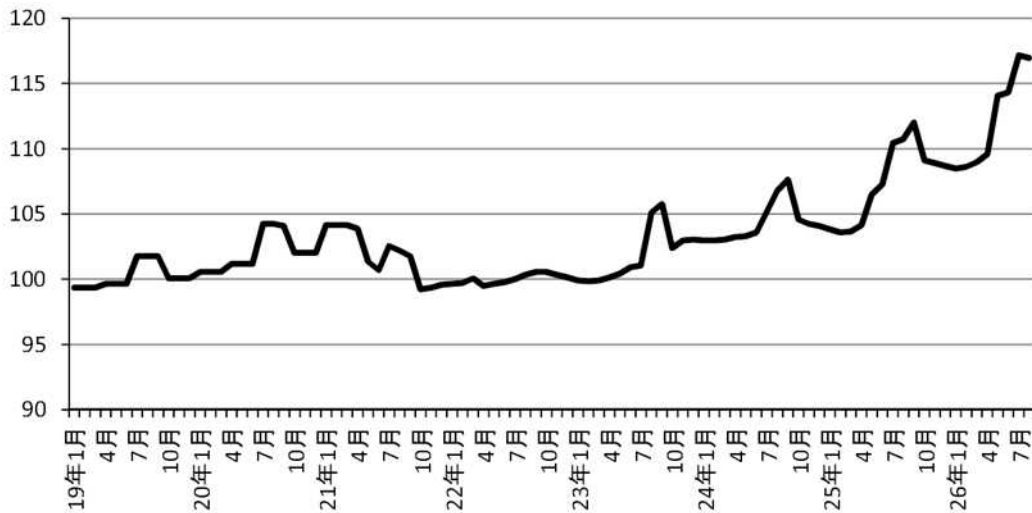


図2 全国平均農用電力料金指数の推移 (農林水産省農業物価統計より)

(3) 主な農業用資材の価格動向

原油価格の高騰と併せ、石油を原料とする農業用ビニルなどの被覆資材や施設用パイプ等の価格が上昇しており、施設園芸農家にとっては厳しい状況となっている。また、出荷にかかる運賃も順次値上げされている。

表1 主な農業用資材等の価格の動向 (H17を100とした指数)

	H17	H18	H19	H20	H21	H22	H23	H24	H25	H26
肥料	100	104	107	171	130	126	132	137	142	140
農薬(銅含有剤)	100	104	111	114	114	116	116	118	112	118
農薬(機械油乳剤)									121	125
農薬(その他)	100	100	100	101	106	114	114	114	114	114
農ビ	100	110	121	139	153	161	161	167	161	171
農ポリ	100	110	121	133	146	169	169	169	169	179
施設用パイプ	100	100	106	130	143	167	167	167	167	177
段ボール	100	102	115	115	124	120	120	120	115	115
農業用機械	100	100	100	106	116	116	116	116	116	117

※全農山形県本部より聞き取り

2 施設園芸の現状と需給状況

本県におけるハウス設置面積(平成24年6月末現在)は、果樹が968ha(栽培面積比9.1%)、野菜が521ha(7.0%)、花きが186ha(38.2%)、合計で1,675ha(9.0%)となっている。そのうち390ha(栽培面積比2.1%)のハウスに加温設備が設置されており、そのほとんどで原油由来の燃料による加温栽培が行われている。

表2 ハウス設置状況(平成23年7月1日~24年6月30日) (単位:ha、棟、戸)

	果樹	野菜	花き	計
ハウス設置実面積(A)	968	521	186	1675
加温設備のあるもの(B)	147	105	139	390
B/A(%)	15.2%	20.1%	74.7%	23.3%
ハウス棟数	7,424	20,188	5,096	32,708
ハウス経営農家数注)	2,025	3,651	1,276	6,952

注)ガラス室経営農家数は合算しない。その他項目はガラス室を合算している。

表3 加温設備の種類(平成23年7月1日～24年6月30日)

(単位:ha)

	合計	石油利用		電熱	地下水利用	石油代替利用		
		温風	温湯			LPガス	都市ゴミ・廃材・産廃	その他
果樹	146.8	146.8	-	-	-	-	-	-
野菜	104.8	100.8	3.9	0.1	-	-	-	-
花き	138.5	128.0	3.2	0.1	7.2	-	-	-
合計	390.1	375.6	7.1	0.2	7.2	-	-	-

3 燃油価格及び農業用資材価格上昇を踏まえた経営試算

(1) おうとう

重油価格が最高値(112円/L)となった平成20年並びに直近(平成26年7月)の資材価格動向指数を用いて各作型の経営試算を行った。

平成20年の条件では、短期加温栽培(収量600kg/10a)で雨よけ栽培(収量600kg/10a)より所得が上回るものの、早期加温(収量500kg/10a)、普通加温栽培(収量600kg/10a)では、雨よけ栽培より所得が下回っている。

また、近年の販売単価の低下を踏まえた平成26年の試算では、重油価格が平成20年より安くなっているものの、資材価格動向指数が約1割上昇しているため、経営費は早期加温、普通加温栽培で平成20年を下回るが、短期加温、雨よけ栽培で平成20年を上回る。所得は、加温栽培の3作型とも雨よけ栽培を下回り、販売単価安の影響が大きい。

表4 おうとうの経営試算(10a当たり)

金額単位:千円

作型	平成17年2月 重油 45円/L 主な農業用資材価格動向指数 100				平成20年6月 重油 112円/L 主な農業用資材価格動向指数 115				平成26年7月 重油 99円/L 主な農業用資材価格動向指数 126			
	早期加温	普通加温	短期加温	雨よけ	早期加温	普通加温	短期加温	雨よけ	早期加温	普通加温	短期加温	雨よけ
出荷時期	4/中～5/上	5/中～5/下	6/上～6/中	6/下	4/中～5/上	5/中～5/下	6/上～6/中	6/下	4/中～5/上	5/中～5/下	6/上～6/中	6/下
粗収益	3,750	3,000	2,400	1,500	3,750	3,000	2,400	1,500	3,500	2,700	2,100	1,500
収量(kg)	500	600	600	600	500	600	600	600	500	600	600	600
単価(円/kg)	7,500	5,000	4,000	2,500	7,500	5,000	4,000	2,500	7,000	4,500	3,500	2,500
経営費	2,663	2,047	1,697	888	3,488	2,431	1,785	906	3,358	2,385	1,797	927
うち重油代	540	248	45	0	1,344	616	112	0	1,188	545	99	0
重油代除く経費	2,123	1,799	1,652	888	2,144	1,815	1,673	906	2,170	1,840	1,698	927
重油消費量(L)	12,000	5,500	1,000	0	12,000	5,500	1,000	0	12,000	5,500	1,000	0
所得	1,087	954	703	612	262	569	615	594	142	315	303	573

※おうとう振興指標(平成15年)のデータをもとに試算。主な農業用資材:肥料費、農薬費、農具費、諸材料費。

※主な農業用資材価格動向指数=平成17年2月時点の価格を100とした場合の指数

(2) きゅうり

平成17年の試算条件では半促成栽培の方がトンネル早熟栽培よりも所得が高いが、平成20年の試算条件では、半促成栽培の収益性が悪化し、トンネル早熟栽培の所得を大きく下回る。

きゅうりの単価が改善した平成26年の試算条件では、半促成の収益性が改善し、トンネル早熟よりも所得が高くなる。

表5 きゅうりの経営試算（10a当たり）

金額単位：千円

	平成17年2月 重油 45円/L 主な農業用資材価格動向指数 100		平成20年6月 重油 112円/L 主な農業用資材価格動向指数 115		平成26年7月 重油 99円/L 主な農業用資材価格動向指数 126	
	半促成	トンネル早熟	半促成	トンネル早熟	半促成	トンネル早熟
出荷時期	3/下～6/下	6/上～7/下	3/下～6/下	6/上～7/下	3/下～6/下	6/上～7/下
粗収益	3,080	1,850	3,080	1,850	4,200	2,500
収量 (kg)	14,000	10,000	14,000	10,000	14,000	10,000
単価 (円/kg)	220	185	220	185	300	250
経営費	2,113	984	2,685	1,047	2,689	1,171
うち重油代	302	0	750	0	664	0
重油消費量 (L)	6,700	0	6,700	0	6,700	0
所得	968	866	395	803	1,511	1,329

※果菜類振興指標（平成15年）のデータをもとに試算。主な農業用資材：肥料費、農薬費、農具費、諸材料費。

※主な農業用資材価格動向指数＝平成17年2月時点の価格を100とした場合の指数

（3）ばら

ばらは、単位面積当たり粗収益は高いものの所得率が低く、年間重油消費量が多いため、重油価格の上昇が所得減少に与える影響が大きい。

表6 ばらの経営試算（10a当たり）

金額単位：千円

	平成17年2月 重油 45円/L 主な農業用資材価格動向指数 100		平成20年6月 重油 112円/L 主な農業用資材価格動向指数 115		平成26年7月 重油 99円/L 主な農業用資材価格動向指数 126	
	養液栽培		養液栽培		養液栽培	
出荷時期	周年		周年		周年	
粗収益	10,209		10,824		10,044	
収量 (千本)	123		123		124	
単価 (円/本)	83		88		81	
経営費	8,328		9,859		9,658	
うち重油代	810		2,016		1,783	
重油消費量 (L)	18,000		18,000		18,000	
所得	1,881		965		386	

※営農モデル（平成17年）のデータをもとに試算。主な農業用資材：肥料費、農薬費、農具費、諸材料費。

※主な農業用資材価格動向指数＝平成17年2月時点の価格を100とした場合の指数

II 品目・作型の選定

単純に設定温度を下げることで暖房用燃料を削減することは、品目や作型によっては収量のみならず品質まで影響を及ぼし、むしろ経営上マイナスになることがある。今後も暖房用燃料の動向に注意し、経営的な評価を行った上で、品目や作型の変更を検討する。

経営の検討として、はじめに、コスト増がどの程度経営上影響があるか点検する。暖房用燃料価格上昇によるコスト増は、需給バランスから販売価格の変動を伴うことが多く、どのような販売価格で引き合うのか試算をし、検討する。経営全体として、他部門との労力の競合や補完なども含め、品目・作型について見直しが必要かどうかの検討を行う。

1 作型選定・変更のポイント

燃油価格高騰は、長期間暖房する作型や高い暖房温度を必要とする作物ほど影響が大きい。表7に月別暖房用燃料消費量の目安を掲げた。また、表7を用い燃料費の上昇が各作型のコスト増の影響を見たのが表8である。

表7 加温温度別灯油消費量(L/100坪) の試算

設定温度	11月	12月	1月	2月	3月	4月	合計
4℃	0	118	518	386	0	0	1,023
6℃	0	386	818	639	224	0	2,067
8℃	0	707	1,120	894	418	0	3,139
10℃	205	1,030	1,424	1,152	612	0	4,422
12℃	570	1,418	1,797	1,471	915	278	6,450
14℃	881	1,742	2,107	1,734	1,160	465	8,090
16℃	1,256	2,133	2,484	2,059	1,473	716	10,122
18℃	1,569	2,458	2,799	2,326	1,723	904	11,779

条件：面積：4間×25間=100坪、ビニルハウス、1層カーテン（ポリ）、地点は山形（施設園芸ハンドブックの期間暖房負荷の算定方法を一部改変して計算）

表8 3月暖房を基準とした場合の作型別暖房用燃料消費量（100坪当たり）と燃料費増加額試算

(暖房開始時期)	暖房温度 12℃			暖房温度 16℃		
	3月暖房作型と燃料消費量の差(L)	燃料価格上昇でのコスト増加額(円)		3月暖房作型と燃料消費量の差(L)	燃料価格上昇でのコスト増加額(円)	
		20円	40円		20円	40円
3月	(1,193)	(23,860)	(47,720)	(2,189)	(43,780)	(87,560)
2月	+1,471	+29,420	+58,840	+2,059	+41,180	+82,360
1月	+3,268	+65,360	+130,720	+4,543	+90,860	+181,720

表8の試算では、燃料が20円/L上昇した場合、2月から12℃で暖房する作型は、3月から暖房する作型よりも、燃料費が100坪当たり29,420円増加する。この品目の収量を200kg/100坪とすると、3月から暖房する作型よりも約150円/kgのコスト増となる。1月加温作型では同様に330円/kgのコスト増と試算される。販売段階では、販売手数料が加味されるため、コスト増額分の1.2~1.4倍程度をkg当たり販売単価に上乗せできなければ引き合わないことになる。

暖房用燃料消費量は、ハウス構造・方式、資材や気象条件等で違うので、それぞれ時期別の給油量から燃料消費量を把握しておく。それを基に、表7のようなシミュレーションを行い、通年の時期別販売価格と比較する。ただし、作型の変更を考える場合、経営コストのほか経営面（労力競合・補完、雇用対策、後作利用等）や販売面（販売価格の変動に伴う所得の増減等）から、総合的に判断する。

Ⅲ 共通的な技術対策

1 省エネルギー技術対策の効果と導入の考え方

施設園芸の省エネルギー対策については、表9に示す方法、効果に整理できる。

表9 省エネルギー対策とその効果

方法	品目例	内容	効果
●作型の変更	おとう ぶどう きゅうり	早期加温→普通加温 加温→無加温 加温→無加温	重油消費量 △6,500L/10a 重油消費量 △3,000L/10a 重油消費量 △6,700L/10a
●変温管理	きゅうり等	夕方高めの温度にして 夜～朝の温度を低め。	収量は変わらない 一定温度に比べ20%以上の省エネ
●暖房温度変更	アルストロ メリア	10℃→8℃	30%の省エネ ただし、収量は10%以上減。
●一般的な 省エネルギー技術			積み重ねで10 ～20%の省エ ネ
○暖房機の点検			
○保温性の高い 高いフィルム使用		農業用ポリエチレンフィ ルム→農業用ポリ塩加ビ	
○多重被覆		カーテンの2層化	
○ハウスの密閉性向上			
○温度ムラ防止		循環扇導入 ダクトの適正配置 適切なセンサー位置	
○省エネ機器導入		暖房煙突からの 廃熱回収機	

省エネルギー機器・資材を導入する場合は、次の考え方に基づき判断する。

省エネルギーで得られる暖房コスト低減費 ≥ 省エネルギー機器や資材の購入・設置償却費

このうち、左辺の「省エネルギーで得られる暖房コスト低減費」は

経年燃料使用量 × 省エネルギー率 × 燃料単価

であり、燃料使用量が多いほど、また、燃料単価が高いほど省エネ効果の高い機器導入による低減費は大きくなる。省エネルギー機器等への投資は、経営収支等を勘案しながら、低減費の範囲内で行う。ただし、燃料単価は変動するため、機器や資材の導入にあたっては、過剰な投資にならないよう使用燃料価格の長期的な予測情報などを参考にし、計算することが重要である。

試算例 1 : 10℃暖房、100坪ハウスのカーテン2層の構造による

節油量(表 14 参照)及び節約できる燃料費

燃料単価 100 円/L の場合 : $(4,422 - 3,692) \text{ L} \times 100 \text{ 円/L} = 75,000 \text{ 円}$

燃料単価 110 円/L の場合 : $(4,422 - 3,692) \text{ L} \times 110 \text{ 円/L} = 82,500 \text{ 円}$

燃料単価 100 円/L でおおよそ 7.5 万円、110 円/L で 8.3 万円以下であれば、2 層カーテンの導入を考える。カーテンの使用年数が 2 年であれば 2 倍の価格まで投資が可能である。

現在の暖房機の燃焼効率は非常に高く、85～90%に達しているといわれている。このため、燃焼効率向上を目的とした各種資材の導入に当たっては、費用対効果を十分に検証したうえで、判断する。

表 10 被覆の違いによる灯油消費量 (ℓ/100坪) の試算

	11月	12月	1月	2月	3月	合計
カーテン無し	437	1,717	2,369	1,937	1,141	7,600
1層カーテン	205	1,030	1,424	1,152	612	4,422
2層カーテン	150	868	1,204	969	500	3,692

条件: 面積: 4間×25間=100坪、ビニルハウス、暖房設定室温10℃、カーテン資材は農ポリ、地点は山形(施設園芸ハンドブックの期間暖房負荷の算定方法を一部改変して計算)

消費者の環境への意識が高まり、地球温暖化防止の観点からも CO₂ 削減や省エネルギー技術の導入が求められており、施設・機器材導入時には、中長期的な観点で選定するなどの注意が必要である。

2 省エネルギーのための暖房技術

(1) 燃油暖房機の点検

暖房機の定期的なメンテナンスは、加温能力を最大限に引き出し、余分な燃油の消費を減らすため省エネルギー対策にもつながる。一般的な暖房機のメンテナンスは図3のとおりである。

なお、暖房機のメンテナンスは、機種により異なる場合があるため、暖房機に付属する取扱説明書に従い実施する。

ア バーナノズルの清掃

バーナノズルの燃焼カス（スス等）等による汚れは、燃料と空気の正常な混合を阻害し、完全燃焼を妨げる。そのため、定期的にディフューザ（火炎を安定させる保炎板）廻りを外して清掃を行う。

イ バーナノズルの定期交換

バーナノズルは、使用とともに摩耗する。磨耗が進むと燃焼状態が悪くなり、噴霧燃油量が多くなって缶体への負荷が増大し、寿命を損ねることがある。そのため、A重油の場合約1,000時間、灯油の場合約2,000時間（いずれも累積燃焼時間）を目安に、バーナノズルの交換を行う。

ウ エアシャッターの調整

バーナのエアシャッター（燃焼吸気取入口）は、開度を変化することにより、燃焼状態を改善し、燃焼効率を高める。エアシャッターを開けすぎると、白煙が発生し、排気ガスによる熱ロスが増加する。エアシャッターを閉めすぎると、黒煙が発生し、熱効率が低下する。このため、エアシャッターは、排煙が無色になるように空気量を調整し、燃焼効率が高まるように設定する。

エ 暖房機缶体の掃除

A重油を燃料とする場合、暖房機器の燃焼室内に燃焼カスがたまる。燃焼カスは伝熱面である缶体への効率的な熱交換を妨げ、結果として燃焼効率の低下を招くこととなる。そのため、暖房機缶体の掃除は、暖房シーズン終了直後に実施する。

図 3 暖房機の点検

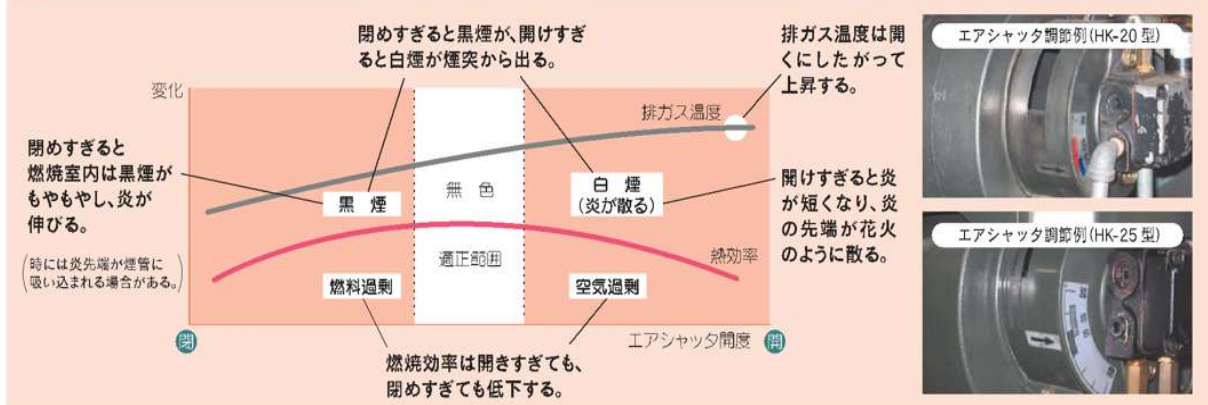
1 バーナの分解とノズル掃除

バーナコンディションを良好に保ち、燃料を完全燃焼!



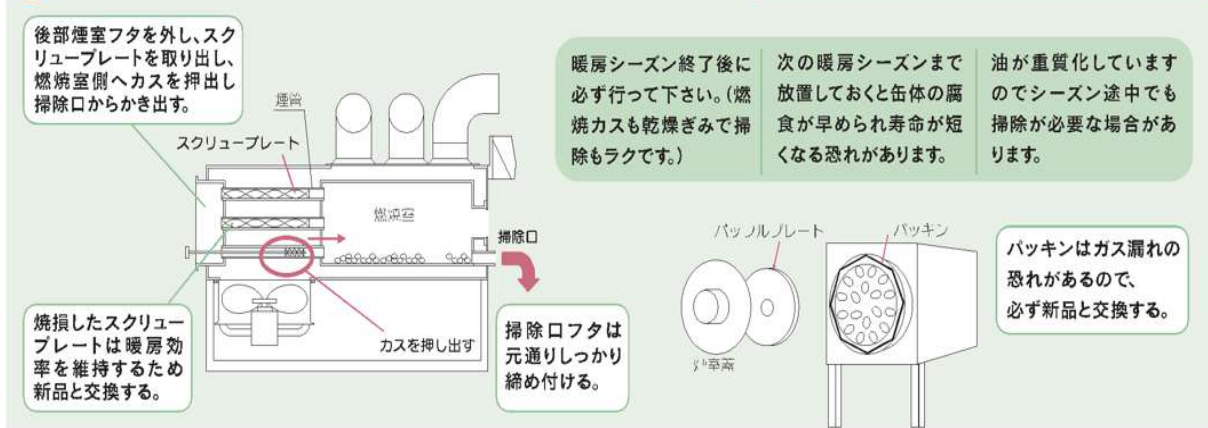
2 エアシャッター開度と諸変化

最適な空気量に調整し、排気ガスへの熱ロス増大をストップ!



3 缶体の掃除

缶体(伝熱面)の汚れを落して、伝熱効率を確保!



資料提供：(株)ネポン

(2) ヒートポンプの利用

ア ヒートポンプを導入して省エネになる品目

燃油価格の高騰により、ランニングコストが安いとされるヒートポンプ（以下、HP）の導入が進んでいる。しかし、HPは、燃油暖房機に比べて日々のランニングコストは安価であるが、導入経費（イニシャルコスト）が高額である。このため、バラやユリなどの暖房設定室温が高く暖房費用が多くかかっている品目ほど導入するメリットが大きい。一方、加温おとうや促成栽培いちごのように暖房設定室温が低い品目では、HPと燃油暖房機を併用して節油する方法が考えられるが、イニシャルコストとランニングコストを十分検討して導入する必要がある。

ヒートポンプとは

ヒートポンプ(HP)とは、家庭用のエアコンやエコキュートでも使われている、機内を循環する冷媒の圧縮と膨張の繰り返しで熱を移動させる装置のことである(図4)。同じ電力量を使った場合、電気ヒーターで発熱できる熱量に対して、HPは3~4倍の熱量が得られる。なお、この倍数を運転効率(COP、Coefficient of Performance)という。

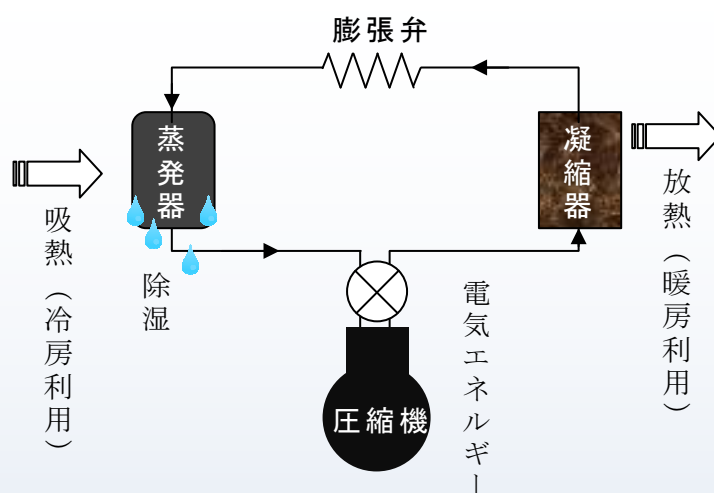


図4 ヒートポンプの概要

ヒートポンプが省エネと言われる理由

燃油を火力発電所で電気エネルギーに変換して、送電されてきた電力を使って熱エネルギーを取り出すよりも、直接、燃油を燃焼させる温風暖房機の方が、送電ロスがなく省エネではないかとの疑問が生じるかもしれない。HPと燃油暖房機が同じ発熱量を生成するために必要な燃料消費量を比較した図を示す(図5)。

暖房機の燃焼効率を90%、HPの運転効率(COP)

を4、電気の需要端効率(発電設備に投入する燃料からHPに投入する電気に至るまでのエネルギー変換効率)を37%と仮定すると、100の熱を生成するのに必要な燃料は、暖房機が111に対して、HPは68となる。一般的なHPでは、電気エネルギーのほとんどは圧縮機とファンの動力として使われるだけで、熱は外気や地下水から取り出している。

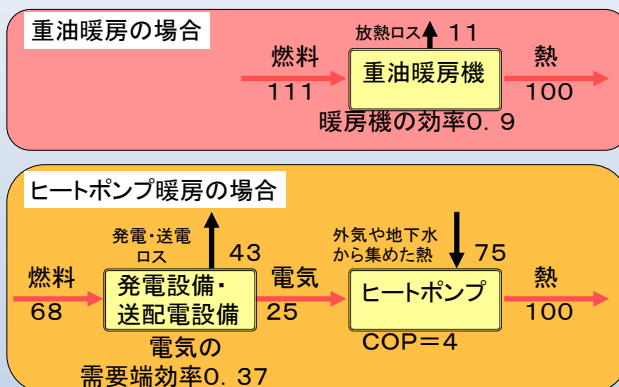


図5 暖房機とHPの一次エネルギーの比較

エ ヒートポンプの多目的利用（暖房、冷房、除湿）

ヒートポンプは、暖房だけでなく、冷房や除湿ができることも大きな特徴である。特に、夏期に夜間冷房することで、切り花などの品質向上が図られるため、積極的に利用すべきである。県内試験研究機関の研究成果でも、夜間冷房により切り花長や光合成速度の向上が確認されている。また、梅雨時などの湿度が高い時期には除湿運転により病害の軽減なども期待されている。

オ ヒートポンプの導入経費と事例

ヒートポンプは、燃油を用いる温風暖房機より運転経費は安価になるものの、本体価格が高額である。また、より大きな能力のヒートポンプを導入すると、本体経費以外にも契約容量増加に伴う受電設備（キュービクル）の設置が必要となる場合がある。このため、冬期の暖房エネルギーのすべてをヒートポンプで供給するのではなく、最低気温時の暖房必要エネルギーの半分程度をヒートポンプで供給し、不足分を温風暖房機で補う、いわゆるハイブリッド方式が望ましい。

山形県内の先行事例をみると、従来の温風暖房機に加えて、ハウス床面積 100 坪当たり 5～6 馬力程度の HP を導入している事例が多い（普及課調べ）。

カ ヒートポンプの種類と特徴

HP は、熱源の種類により大きく空気熱源 HP と水熱源 HP に分けられる。家庭用エアコンやエコキュートはほぼ全てが空気熱源 HP である。また、現在導入されている農業用 HP のほとんども空気熱源 HP である。空気熱源 HP は、外気を熱源としているため室外機を屋外に設置するだけで使用することができる。このため、イニシャルコストは、燃油式の温風暖房機よりも高価ではある。

ランニングコストは、HP の運転効率（COP）が高いほど安価になるが、空気熱源 HP は、熱源となる外気温が低くなるほど運転効率（COP）が低下する。カタログ等には、外気温 7℃、室内気温 20℃の条件における COP が示されているため、実際に生産現場で運転した場合の COP はさらに低い場合が多い。県内の試験研究機関で空気熱源 HP の COP を実測したところ 2～3 となり、カタログで示された値よりも大幅に低かった（図 6）。生産現場に導入した際にも、屋外気象条件や室外機の設置条件によっては COP が低下して、当初計画よりもランニングコストが圧縮されない場合があるため、注意する必要がある。

一方、水熱源 HP は、地下水などを熱源として利用できる HP である（図 7）。地下水は、山形県のような積雪寒冷地域の冬期間でも安定した熱源であるため、高い運転効率（COP）が得られる。

県内の試験研究機関の調査結果では、地下水熱源 HP の暖房能力は、同じコンプレッサー出力（馬力数）の空気熱源 HP に比べて 67% 高かった。また、地下水熱

源 HP の COP が安定して 4 以上だったのに対して、空気熱源 HP では 2 前後と低かった。

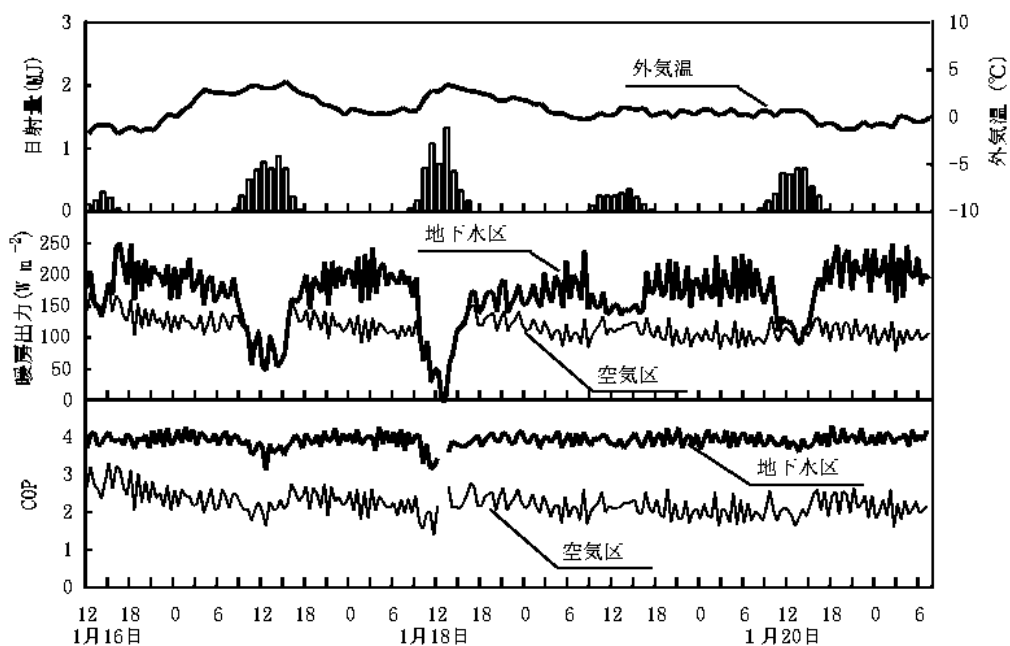


図 6 地下水熱源 HP と空気熱源 HP の暖房出力と COP の推移と調査時の屋外気象条件

また、栽培期間を通したランニングコストは空気熱源 HP よりも 4 割程度削減される結果が得られた。

しかし、地下水熱源 HP は、空気熱源 HP よりも導入経費（イニシャルコスト）が高額となることが課題である。これは、HP の本体価格が高額であることに加えて、熱源となる地下水井戸を確保する必要があるからである。このため、現時点では、以下の二つの条件の両方に該当する場合のみに導入するメリットがある。

◎暖房設定室温が 18℃以上である。

◎良質（不純物がない）な地下水が得られる。

現在、先行して導入している地域において現地調査を実施しているため、地下水熱源 HP の導入を検討する際には農業技術普及課に問い合わせ願いたい。

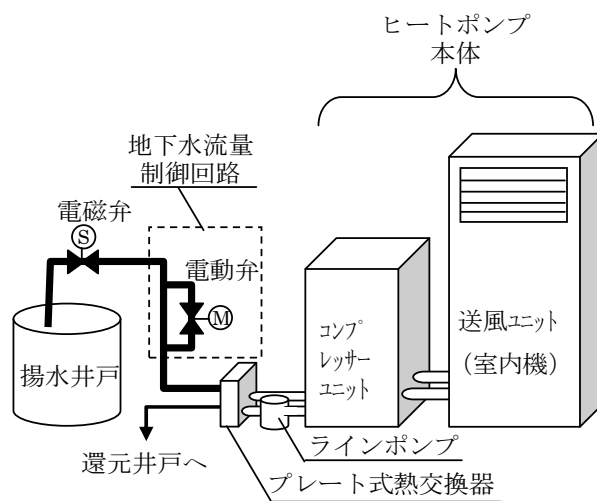


図 7 地下水熱源ヒートポンプの概略

(3) 木質バイオマス暖房機の利用

ア 木質バイオマス暖房機の種類

木質バイオマスを燃料に用いる暖房機が市販されている（表 10）。

表 11 木質バイオマス暖房機の種類と特徴

暖房機の種類	ハウスの暖房方法	温度調節	熱源供給	本体の大きさ	イニシャルコスト	燃料の流通体制
チップボイラー	〃	〃	〃	〃	〃	地域内流通体制必要
ペレット温風暖房機	温風循環(ダクト)	可	自動	大	高	県内業者より入手可能
ペレットボイラー	温湯循環(配管)	〃	〃	〃	〃	〃
ペレットストーブ	自然対流	否	〃	小	安	県内業者より入手可能
薪ストーブ	〃	〃	手動	中～小	〃	自力調達可能

木質バイオマスを燃料とする温風暖房機やボイラーは、燃料供給の自動化、施設内温度の調整、燃焼灰の自動処理を備えたものがあり、性能は年々向上しているものの、イニシャルコストが高く、本体の大きいものがほとんどである。

一方、ストーブは、一般に複雑な機能がなく、シンプルなものが多いため、イニシャルコストが低い（表 11）。

イ 木質バイオマス暖房機の普及状況

県内における木質バイオマス暖房機の利用実態調査結果（平成 26 年 10 月農業技術環境課調べ）は、表 12 のとおりである。これまで、木質バイオマス暖房機は平成 19 年頃から補助事業や県・メーカーのモニターとして 24 戸に導入された。ペレット、チップを用いた温風暖房機、ボイラー、ストーブは、17 戸に導入され、現在、7 戸で継続利用されている。

薪ストーブは 8 戸で導入実績があり、不便な点はあるものの、既存温風暖房機との併用で、イニシャルコスト、ランニングコストともに他システムに比べ、大

表 12 木質バイオマス暖房機の利用実態調査結果

暖房設備	品目	導入実績戸数	継続利用戸数	導入市町村	評価
チップボイラー	きのこ	2	2	舟形、鮭川	○～△
	育苗施設	1	1	最上町	-
ペレット温風暖房機	おうとう	3	2	東根、寒河江	△
	花き	4	0	※1	×～△
	いちご	2	0	山辺、飯豊	×
ペレットボイラー	花壇苗	1	0	寒河江	×
ペレットストーブ	花き	4	2	鶴岡、庄内	×～△
薪ストーブ	花き	6	6	※2	◎～○
	いちご	1	1	飯豊	○

注) ※1:山形、村山、飯豊 ※2:長井、酒田、飯豊、川西、高島、遊佐

幅に低いため、現在もすべてで継続利用されている。

ウ 木質バイオマス暖房機の導入を検討する際の留意点

ランニングコストについて、木質バイオマス燃料は比較的低いと言われているが、燃料の入手方法によっては輸送コストの関係で割高になることがあるため注意する。

木質バイオマス暖房機を導入するにあたっては、利用目的にあわせた機種を選定すること、暖房機や燃料の調達コストを事前に十分把握することが必要である。また、石油式暖房機との相違点①着火、消火に時間を要するため、着火と消火を繰り返して温度を一定に保つような管理は苦手、②燃料を乾燥状態で保管、③燃料の保管スペース確保、④灰の処理を、十分に理解した上で導入する。

エ 木質バイオマス熱源暖房機の運転方法

- ① 既存の燃油暖房機にストーブ型のバイオマス暖房機（薪ストーブ等）を併用する場合

木質バイオマス暖房機は補助熱源として活用する。木質バイオマス暖房機を燃油式暖房機に近接して設置し、燃油暖房機の送風機能を活用して施設を加温（循環扇等も併用）する。最低限必要な熱量は木質バイオマス暖房機で確保し、栽培適温にするための温度確保・調節は燃油暖房機で行う。

- ② 木質バイオマス暖房機と燃油暖房機を併用する場合

木質バイオマス暖房機は目標とする設定温度に、燃油暖房機はその設定温度より1～2℃低くし、木質バイオマス暖房機を優先的に運転する。この場合、温度センサーは同一のものを使用した方がよく、別々のものになる場合は、それぞれの温度センサーの誤差補正を実施するとともに、同じ位置に設置する必要がある。

オ 木質燃焼灰の処理方法

木質ペレットや木質チップの燃焼灰は、産業廃棄物に該当するため、産業廃棄物処理業者に委託するなどして適正に処理する必要がある。なお、焼却灰（塗料や薬剤を含む若しくはそのおそれのある廃木材又は当該廃木材を原料として製造したペレット又はチップと混燃して生じた焼却灰を除く。）を融雪剤や土地改良資材として利用する場合には、融雪剤や土地改良資材に適する性状であること、必要な量のみを使用すること、生活環境に影響を及ぼさない利用方法であること等に留意する必要がある。

（平成25年6月28日付け環産産発第1306282号

環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課長通知）



写真1 ハウスおとうでのペレット暖房機利用



写真2 ペレットタンク



写真3 薪ストーブにおける薪投入状況



写真4 県内で導入事例の多い薪ストーブ

(4) 廃熱回収装置の利用

A 重油を燃料とする温風暖房機の排気ガスへの熱ロス は 12%前後といわれる。廃熱回収装置は、排気ガスから熱回収を行うものである。現在国内で数社が販売しており、メーカーそれぞれが廃熱回収率を表示している。廃熱回収装置を導入した高知県の例では、ハウス外気温が 3℃以下となる場合、節油効果が認められるが、それより高い場合には効果は認められなかった。

愛知県のハウスミカンの結果によると、冬期の最低温度 17℃設定では 6.8%、春期の最低温度 24℃設定では 11.8%の重油削減効果が報告されている。

＜試算例 2：600坪ハウスで、年間の重油消費量が 40kL となる暖房を行っている場合、煙突からの廃熱を 3割回収する廃熱回収装置（2台）の導入は妥当か＞

廃熱	省エネルギー効果	燃料費	
40,000L × 12%	× 30%	× 100 円/L	= 144,000 円

電気代を考え、メーカーカタログからは 14.4 万円節減が見込める。

耐用年数は特にメーカーも示していないが、価格 20 万円の廃熱回収装置の耐用年数を 7 年と設定すると、投資可能額は

$$144,000 \text{ 円} \times 7 \text{ 年} = 100.8 \text{ 万円}$$

となる。20 万円 × 2 台 = 40 万円 < 100.8 万円であり、

この試算からは、廃熱回収装置の導入は可能と判断できる。ただし、資金の借入を行う場合や借入金残高がある場合は、利息相当額を考慮する必要がある。



写真5 廃熱回収装置の設置状況

(写真提供：高知県)



写真6 廃熱回収装置の排気口

(写真提供：高知県)

(5) ハウス内の温度の均一化

ハウス内の温度ムラは、農作物の生育に影響を及ぼすだけでなく、無駄な加温による燃料消費量の増加につながる。そのため、暖房時にハウス中央部、ハウス奥の妻付近、ハウスサイド側など温室内の数箇所において温度を測定し、均一であるこ

とを確認する。

ア 適正な温風ダクトの選定と配置

ハウス内の気温分布を均一にするため、温風ダクトを用いて配風を行う。ダクトが細かったり本数が少なかったりした場合、送風抵抗が大きくなり風量が減るため、高温の風が吹き出したり、缶体の温度が上がりすぎて缶体寿命が短くなりやすい。

そのため、缶体ダクトの直径・数は、暖房機の取扱説明書に従い適正に選定し（表 1 参考）施工する。また、ダクトの配置については図 8 を参考に配置するが、間口 4 間（7.2m）程度のパイプハウスでは、ハウスの側壁部分が冷えやすいことから、ハウスサイドに配置する。

表 13 ダクトの太さと必要本数（ネポン社）

折り幅 (直径) 型	低床タイプ・チャンバータイプ						エルボタイプ	
	主ダクト サイズ	枝ダクト本数				ダクト本数		
		400 (250)	475 (300)	550 (350)	630 (400)	475 (300)	550 (350)	
HK2027	630 (400)	8	6	-	-	4	-	
HK3027	900 (570)	14	10	6	4	6	-	
HK4027		16	12	8	6	8	-	
HK5027	1100 (700)	22	16	10	8	-	6	
HK6027		26	20	14	10	-	8	

単位:mm

（注記）最小本数なので、できるだけ表の本数以上にする。

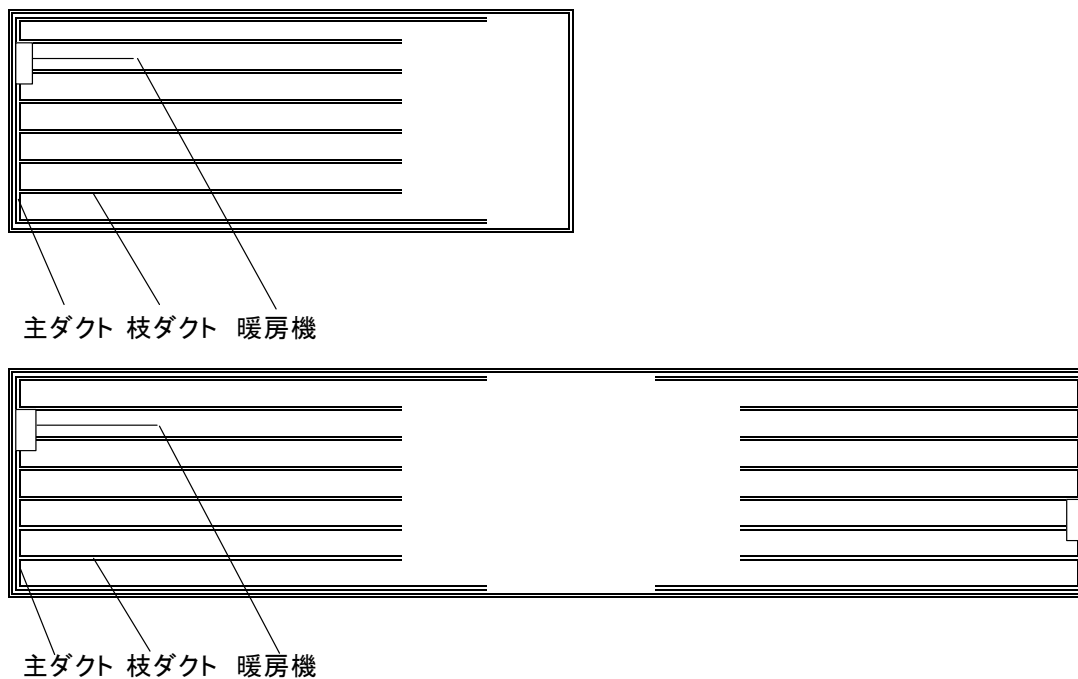


図 8 ダクトの配置例（ダクトに穴を開けない場合）

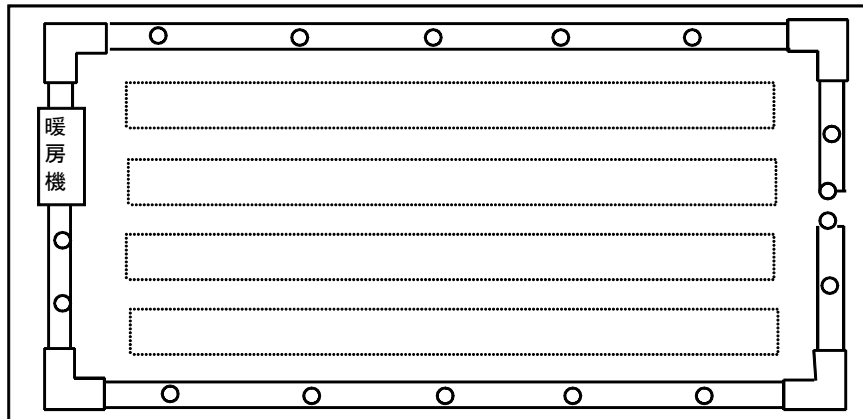


図9 環状ダクトの張り方例

ハウス内気温が均一になるように、ダクトに適切に穴を開ける

ダクトに穴を開ける場合は、暖房機から離れている側が冷えやすいので密にし、暖房機側を疎にする。また、送風時にある程度の張りが保てる程度に調整する。

なお、ダクトをハウス内上部に設置している例を見かけるが、この場合、対流がおきず上下の温度差が大きくなり、効率的な暖房とはいえない。

イ 循環扇の活用による温度の均一化

加温ハウスでは、暖房機や温風ダクト周辺の空気が暖められ上昇、天井面に沿って流れるうちに冷やされて下降する対流（自然対流）が起こり、温度ムラが生じる。この温度ムラを少なくするため、循環扇の活用が有効である。表 14 によれば、上下層間の温度差は無処理で 2.8℃、循環扇使用により 0.8℃に縮小し、灯油消費量が 12%削減されており、効率的に暖房が行なわれている。ただし、風速 0.7m 程度の風（線香の煙が真横に流れる程度）が必要であると報告されている。

また、循環扇は温度ムラの改善だけでなく、多湿病害の抑制や光合成の促進効果も期待できるため、ハウス規模に適した設置をすすめる必要がある。

表 14 トマト半促成栽培施設内の微気象と灯油消費量（広島農技センター 2002）

項目	送風機設置	無処理	節約率
風速	0.89±0.07m/s e c	0m/s e c	
草冠上層部平均気温	16.3℃	17.3℃	
草冠下層部平均気温	15.5℃	14.5℃	
上下層間温度格差	0.8℃	2.8℃	
灯油消費量	16.7 $\frac{kg}{day}$	19.0 $\frac{kg}{day}$	12%
灰色かび病発病側枝率(%)	0	0	
灰色かび病発病側枝率(%)	0	0	
風速	0.70±0.07m/s e c		
早期果実表面結露量(mg/cm)	0.80±0.32	2.54±0.86	
灰色かび病発病側枝率(%)	0.6	11.3	
灰色かび病発病側枝率(%)	3.5	14.1	

注. 使用循環扇はボルナドファン。灰色かび病発生状況は別ハウスでの実験。

ウ 温度センサーの適正な設置

暖房機の温度センサーは、適正な位置に設置することが大切である。作物の丈に合わせて上下させるが、必要以上にセンサーの位置を低くすると、暖房機が無駄に稼働することとなる。また、ダクトの吹き出し温度の影響を受ける位置にセンサーを設置した場合は、暖房機の運転に伴って急激な温度変化が現れ、ハウス全体を適切な温度に保てないだけでなく、過剰に煩雑な運転停止が繰り返され、部品等の耐久性にも影響を与えるおそれがある。

3 保温性の向上

暖房中のハウスからの熱損失は図10のように、貫流熱負荷、隙間換気伝熱負荷、地表伝熱負荷の3つに分けられる。

このうち、貫流熱負荷（被覆材を通過する熱量による損失）が全体の60～100%と最も大きな割合を占める。省エネルギー効果を高めるためには、ハウスの保温性を高める被覆資材、被覆方法に切り替えることが

極めて効果的である。具体的な方法は①多層被覆を行う（被覆枚数を増やす）、②保温性の高い被覆資材を利用するなどである。なお、フィルムが厚くなっても保温性は大きく変わらず、耐久性が向上するのみである。被覆資材の保温効果は、材質が大きく影響しており、後述の「(3) 被覆資材の違い」を参照されたい。

隙間換気伝熱負荷は0～20%である。カーテンや外張フィルムの隙間を入念にチェックし塞ぐことで、熱損失を小さくすることが可能である。最も低コストでハウスからの放熱を低減できる方法である。これは省エネ対策の基本となる。

地中伝熱負荷は、太陽熱がハウス内地表面に蓄熱されることで生じる熱であり、ハウスの暖房熱量を軽減する効果がある。通路に十分太陽光が当たるように除草や資材の整理を心がけるなどで、わずかではあるが省エネルギー効果が期待できる。ただし、暖房設定室温が地温より高い場合は、ハウス内から地中へ熱が逃げて損失となる。

(1) 多層被覆

保温性向上には多層被覆が有利であるが、多層化するほど室内光環境を悪化させやすい。また、設備費用に対するエネルギー削減効果も薄れるため、2～3層まで

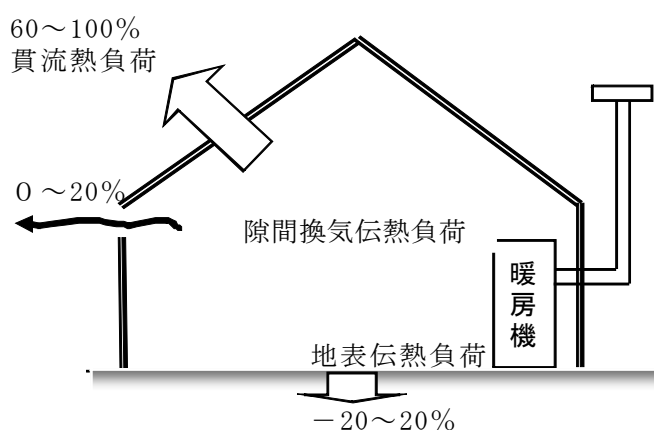


図10 温室からの熱損失

が現実的であり、それ以上増やしても効果は低い。多重被覆は、天カーテンに多く見られるものの、サイドの事例は少ない。しかし、サイド（側面）や妻面の2層化も効果は高い。

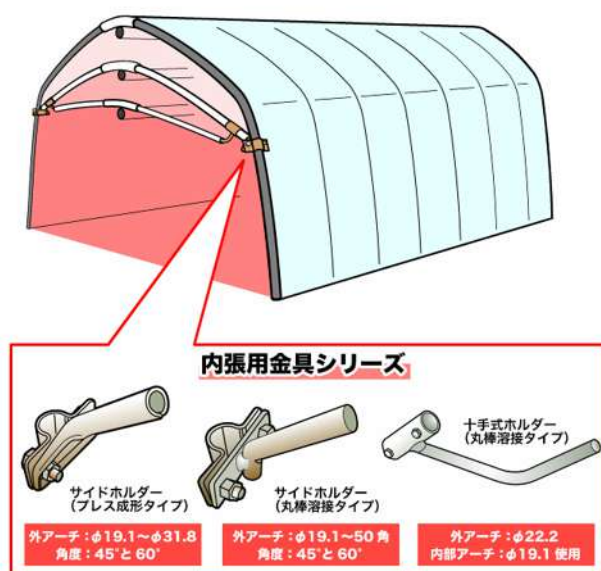


写真7、8 県内ばら栽培ハウスに使用されたサイド2層化

右写真に見られるように、2層を保つように直管でのガードを取り付けた工夫例も見られる。

加温ハウスの被覆は、いろいろな方法が行なわれている。多層被覆を行うにはハウスの被覆方法を踏まえ、栽培する作物管理の適合性や作業性、暖房温度を考慮した被覆を採用する。

多層被覆は、カーテンやトンネルの他、空気膜被覆方式がある。空気膜被覆では温室の構造材に直接固定する方式と、温室内にパイプなどを組み立て、これに固定する方式がある（図11）。2層にする場合、2枚の被覆間隔が1cmあれば保温性が通常の2層と同等となる。



図提供: (株) 佐藤産業

図11 天カーテン2層に改造可能な資材例

巻き取り器具と取り付けてカーテン開閉する。



写真 9～12 天カーテンの実際の設置例（写真提供：（株）佐藤産業）

表 15 暖房機の運転時間（2002. 農業生産技術試験場）（現山形園試）

ハウス屋根の形状と使用フィルム	運転時間	同左割合
屋根2層（Fグリーン厚さ0.06mm+0.04mm）	89時間	86%
屋根単層（ポリエステル系厚さ0.15mm）	103時間	100%

2002年2月7日～14日、同じ形・面積の軽量鉄骨ハウスで14℃設定

（2）多重被覆・多層被覆の具体的内容

温室内部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の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。2層カーテンの放熱量は、被覆資材の種類にもよるが、1重固定被覆（外張り）のみの場合に比べ、約45～65%節減、3層カーテンはおよそ60～75%節減可能である。なお、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得られないため、支柱を立てるなどして、カーテンが密着しないような対策をとる必要がある。

内側の内張り資材を、温室の構造材に直接固定展張する方式と、温室内にパイプなどを組み立て、これに被覆資材を固定する方式がある。保温性は、気密性が高い分、保温カーテンよりも保温力は若干高くなる。

（3）被覆資材の違い

ハウス内張り用のフィルムは農業用ポリ塩化ビニルフィルム、農業用ポリオレフィン系特殊フィルム、農業用ポリエチレンフィルムが用いられる。なお、防曇（メ

ーカーの無滴、流滴、防滴の表示は同じ意味)、防霧性加工されているものは、表裏があるので、印字面を外側から読めるように張る。

通気性・透湿性資材としては、ポリビニルアルコール(PVA)フィルムがあり、内張りカーテン、トンネル資材として多く用いられている。

これらの選択にあたっては、保温性や吸湿性など資材の特徴、価格を考慮する。

ア 農業用ポリ塩化ビニルフィルム

内張り農ビは、原料配合面で外張りビニルより硬めにして、べたつきがなく開閉作業性と水の溜まりやすさを改善してある。また、防曇、防霧性が良好になるよう加工されている。製品によって長期間の防曇性など特徴をもたせている。厚さは0.05mm、0.075mmの2種類がある。

イ 農業用ポリオレフィン系特殊フィルム

汚れにくく、光透過率が落ちにくい性質があり、耐久性が優れる。保温性は農ビにより近づいた製品が出されている。多層構造のフィルムであることが多く、保温性に違いが見られるが、データは不明である。有孔加工を施し、水の滞留を無くしたタイプの製品も見られる。一般的に硫黄や薬品による品質劣化がおきやすいので硫黄燻蒸および硫黄系薬剤の使用を避ける。なお、劣化を少なくした製品も販売されている。カーテン用としては厚さ0.05mm、0.075mmがある。

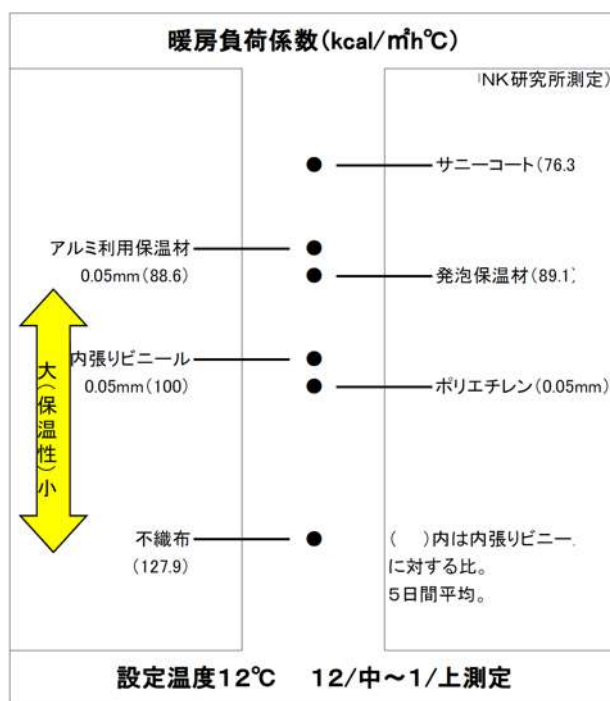


図12 断熱性能比較 (基礎試験)



写真13 ハウスぶどうに追加設置された内張りカーテン用設備 (山形市)

ウ 農業用ポリエチレンフィルム

農業用ポリ塩化ビニルフィルムに比べ保温性が劣る。しかし、ハーモニカ構造の資材（商品名：サニーコート）や無数の泡を閉じ込めた低発泡資材（商品名：ハイマツト）などはハウスサイドに多用されている。サニーコートや低発泡資材は、防曇処理がなされていないため、天カーテンに使用できない。また、サニーコートは素材に厚みがあり裾に隙間が開いてしまうため、裾の接触面を平らにし、密閉度を高める必要がある。近年、包装用の気泡緩衝材を利用した保温資材が開発されている。

表 16 被覆様式と燃料使用量比較（板木）

被覆様式	燃 料 使用量比	備考（カーテン材）
カーテンなし （一重被覆）	100	
カーテン一層張り （二重被覆）	75～70	ポリエチレン
側片二層張り （片側だけ三重）	68～63	天井ポリエチレン、側方シルバ ーポリ
カーテン二層張り （三重被覆）	60～55	ポリエチレン

表 17 被覆方法・資材の違いによる熱貫流率

被覆方法	被覆材料	熱貫流率	被覆方法	被覆材料	熱貫流率
外 被 覆	塩化ビニール	5.2	二 層 カ ー テ ン	ポリ+不織布	2.9
	ガラス・FRA・FRP	5.0		ポリ+ポリ	2.9
	PC・アクリル・硬質フィルム	4.8		塩ビ+不織布	2.5
一 層 カ ー テ ン	不織布	3.9		塩ビ+ポリ	2.5
	ポリエステル	3.8		塩ビ+塩ビ	2.3
	酢酸ビニール	3.6		LS11+不織布	2.9
	ポリエチレン系フィルム	3.6		LS15+不織布	2.4
	塩化ビニール	3.3		LS16+不織布	2.2
	発泡フィルム（ソーラーコート）	3.1		LS15+塩ビ	2.4
	アルミ混入フィルム	2.8			
	アルミ蒸着フィルム	2.2			
		三 層		ポリ+ポリ+不織布	1.8
		そ の 他		塩ビ+塩ビ+不織布	1.7
				複層板のみ	3.6
			複層板+不織布	2.9	
			複層板+塩ビ	2.6	

熱貫流率＝Kcal／（m² h℃） 数字が大きいものほど保温力が劣る

（４）気密性

ハウスの隙間からの熱の損失（隙間換気伝熱負荷）は全体からみれば、0～20％程度であるが、ハウスの周りの風速によっては大きな熱損失となる。また、維持管理が不十分であると熱損失割合が大きくなるので、ハウス内外を点検して、補修等に努める。

また、ハウスを長年使用すると、天窗や換気扇、妻面上部、ハウスサイド、出入り口等の開口部分の隙間が発生したり、拡大することにより、ハウスの気密性が低下してくる。この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。

これらの場所を点検し、必要に応じ、ビニル等で隙間を防ぐとともに、サイド側では裾に切断した直管をおもりに用いることで気密性を高める。また、強風時にサイド側があおられて隙間が開かないように押さえのバンドでしっかり止める。

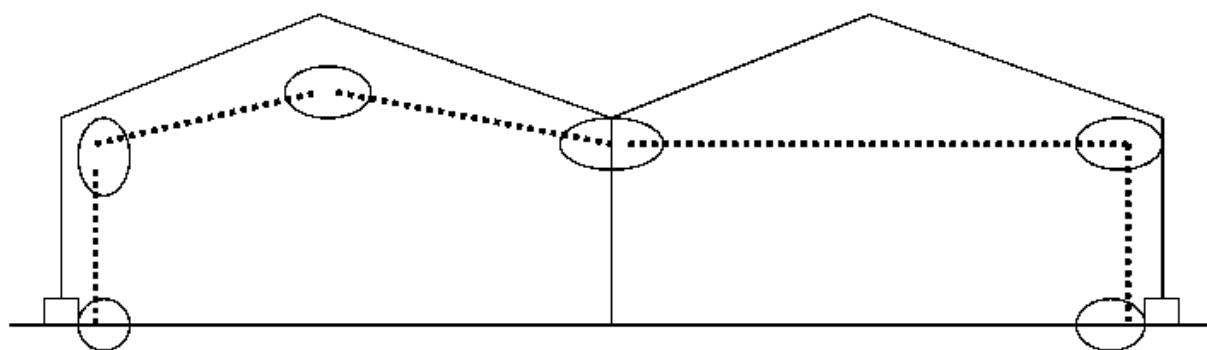


図 13 カーテンの隙間ができやすい部分

(5) 採光条件の向上

光は光合成のために不可欠であり、ハウス内の気温・地温上昇のエネルギー源でもある。光の不足する冬季にハウス内に入る光の量をできるだけ多くすることは、作物の生育量を確保するうえで重要である。

そのため、当面使用する予定がなく、ハウス内外に採光を妨げる資材や機材がある場合は移動する。また、被覆資材の汚れ等が確認された場合は、被覆資材を洗浄する。ただし、ブラシ等を使用すると表面に細かい傷がつき、汚れやすく、劣化の原因となるため、圧力を上げた水で洗浄するなど傷がつかないように注意する。古くなり透光が悪い資材は更新する。

4 農作物の栽培環境制御技術

栽培環境制御は、各作物の生育ステージに応じて行うのが基本である（IVの各作物で詳述）。ここでは、栽培環境制御でもさらに省エネルギーとなる方法について説明する。

（1）変温管理

変温管理とは作物の生理機能の変化にあわせて、1日の時間帯で設定温度を変える温度管理をいう。日中は光合成が十分に行われる温度に設定する。夕方から4～5時間の前夜半は転流促進時間帯となることから、転流を短時間で終わらせる目的で比較的高めに温度管理する。その後、早朝までの後夜半は呼吸消費時間帯となることから、呼吸による消費を抑えるため低温管理にする。また、日の出前から数時間は夜間より高く管理し、光合成能力の回復を図る早期加温を行う。このような変温管理による燃料節減率は作物によって異なるが、一般的な恒夜温管理よりも5～20%と高く、収量・品質は15～20%増加するといわれている。

変温管理は、その日の日射量に応じて設定温度を変えることで、より有効性が高まるので、日射制御変温管理法も行われる。これは、曇天日は作物の光合成が少なく、夜間の転流も少ないので、転流のための温度を上げる必要がないことを利用したものである。トマトでは、天候の悪いときには前夜半の温度を12℃ではなく10℃とし、後夜半の温度を5℃としても、10℃恒夜温管理と比べても減収しないことが実験で示されている。

表18 日射量区分と夜温制御 (久富)

日射区分 夜温処理	250 l y/day 以上	249～150 l y/day	149 l y/day 以下
日射比例夜温	10±1℃	8±1℃	6±1℃
日射比例変夜温	12±1℃～7.5hr～ 5±0.5℃	12±1℃～5.0hr～ 5±0.5℃	12±1℃～2.5hr～ 5±0.5℃
標準恒夜温	8±1℃ 一定	同 左	同 左

早朝加温16～17℃を併用

変温管理には、多段式サーモ装置が必要であり、日射制御型のものもある。旧型の暖房機で多段式サーモが組み込まれていない場合、増設可能かメーカーに確認する。

（2）地温管理

地温を高めることによって、通常の方法より低い温度で同等の生育が行われる場合がある。野菜の施設栽培において、関東以北と日本海側のような冬季の日照が少ない地域では、積極的な地中加温が行われているところが多い。一方、花きではガーベラやアルストロメリアの一部品種に効果があるが、その他の品目にはそ

の効果が小さく利用例も少ない。

(3) 局所加温技術

加温栽培では、一般的に施設全体の温度が均一なるよう暖房が行われる。一方、局所加温技術は、作物が温度を必要とする部分（根圏や生長点付近など）を局所的に加温し、燃料使用量を削減しつつ、慣行並み、もしくは品目によっては慣行以上の収量及び品質を確保する技術である。

局所加温技術では、暖房機からの温風をダクトにより通風し根圏や生長点付近を温める方法や、温湯を流すポリパイプや発熱体を根圏や株元付近に設置し温める方法などがある。

(4) 炭酸ガス施用

炭酸ガス（ CO_2 ）は植物の光合成の原料である。温室効果ガス世界資料センターの解析では、2013年の世界の炭酸ガス平均濃度は396ppmである。作物や光、温度条件で異なるが、一定の温度では、炭酸ガス濃度が高くなるほど光合成能は高まる。一方、施設の密閉期間が長い本県では、作物の呼吸や土壌中から発生した炭酸ガスが夜間から早朝にかけ蓄積し、日の出直後には600ppm程度になる。その後、日射量の増大に伴い、光合成が盛んになり、施設内の炭酸ガス濃度は急激に低下する。この時、施設内の換気が行われれば、炭酸ガス濃度の回復はみられるものの、冬季のように換気が行われない場合には炭酸ガス濃度が100ppm以下まで低下し、「炭酸ガス飢餓」と呼ばれる状態となる。このような状態が続くと、生産性や品質の低下を招く。

また、炭酸ガスは土壌有機物が分解する過程でも発生する。有機物の分解には水分が必要であり、施設内湿度を下げるために通路等を農業用ポリエチレン等でマルチングをすると、土の表面と空気との接触が遮断されることで、土壌から発生する炭酸ガスが減少する。

このため、施設内の炭酸ガス濃度を高めるには、外気から炭酸ガスを補うために午前中に1回は換気を行なうことや、作付け前に有機物を投入する、あるいは堆



写真 14：ばらで利用が多い
灯油式炭酸ガス発生機

肥マルチを行なうなどの対応が必要である。

炭酸ガス施用技術は、ばらにおいて県内全域に広く普及している。また、庄内地域ではいちごでも導入されつつある。冬季に晴天が多い太平洋側では換気を行うため、炭酸ガス施用効果が小さいことから普及が進んでいない。これに対して、密閉期間が長い本県では施用効果が高いと思われる。

冬季に行われている炭酸ガス施用は、施設を密閉した上で、炭酸ガス濃度 700～1,000ppm 程度に維持する方法が一般的である。

施用法としてはCO₂生ガス（ガスボンベ）、LPG 焚きの炭酸ガス発生機、灯油焚きの炭酸ガス発生機があるが、施用のランニングコストは圧倒的に灯油焚きが安く、現在はこの方式が多く普及している。

近年、炭酸ガス施用技術に関する試験が国内各地で実施されているため、炭酸ガス施用を検討する際には農業技術普及課に問い合わせ願いたい。

IV 品目別技術対策

1 果樹

(1) 共通事項

- 経済性や樹勢、労働配分等を考慮して、加温開始時期を決定する。
- 必要以上に低い温度で管理すると、収量や品質の低下及び出荷時期の遅延による単価の低下の原因になるので適正な温度で管理する。
- 加温開始前にハウス内の除雪及び融雪対策を行い、融雪のための燃料消費を削減する。
- 保温性を高めるため、被覆資材の破損箇所が無いように点検・補修を行う。また、サイドや妻面は二重被覆を行う。さらに、天井部の二重被覆についても積極的に実施する（「Ⅲ 共通的な技術対策」参照）。
- 気象条件に応じてこまめに天窓の開閉や換気を行い、日中の蓄熱を積極的に利用する。
- 極度の低温時は、設定温度を生育に障害が出ない程度まで下げて、省エネ暖房を行う。低温管理により生育が遅れた場合は、日中の温度確保に努め、生育の回復に努める。
- ダクト配置の改善や循環扇の利用等によりハウス内温度の均一化を図るとともに、ボイラー・換気装置の温度センサー位置の適正化を図り、効率の良い暖房を心がける（Ⅲ 共通的な技術対策参照）。

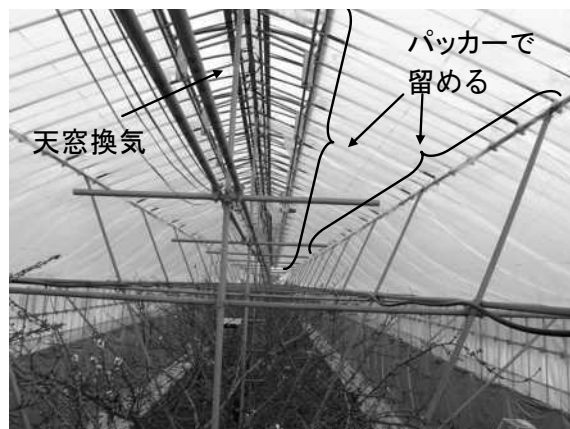


写真 15、16 おうとう加温ハウス栽培での屋根の2層改造例（写真提供：北村山農業技術普及課）

(2) おうとう

収量を、早期加温栽培で 500kg/10a、普通、短期加温栽培で 600kg/10a とした場合、現在の燃油価格（A重油：99 円/L）と各種資材価格を加味して加温栽培の所得を試算すると、早期・普通・短期加温のいずれの作型においても、雨よけ栽培より所得が低い試算となる（表4）。加温栽培で雨よけ栽培並み～それ以上の所得を得

るには、①収量性の高いハウスで実施すること、②結実確保対策を徹底し雨よけ栽培よりも高い収量を確保すること、③品質向上対策を徹底し平均単価を上げることが必要となる（図 14、15）。

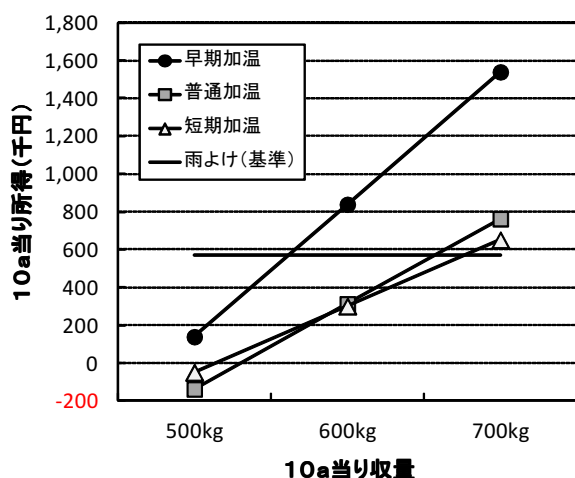


図 14 おうとう加温栽培における収量と所得の関係 (H26.11 農業技術環境課試算)

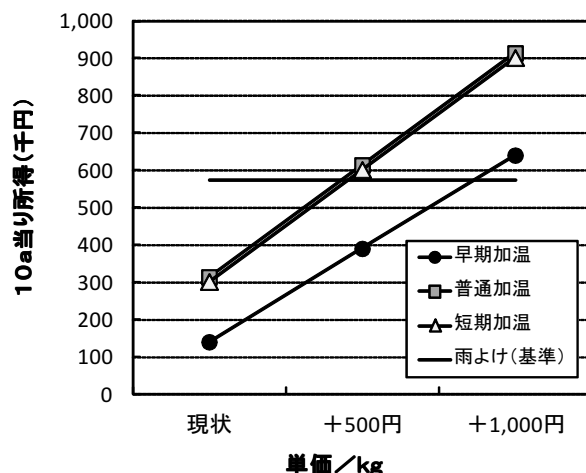


図 15 おうとう加温栽培における単価と所得の関係 (H26.11 農業技術環境課試算)

ア 休眠覚醒と加温開始時期

加温の開始時期は、低温遭遇時間を確認した上で判断する。「佐藤錦」の休眠覚醒の目安は、7℃以下の遭遇時間で1,650時間、チルユニット方式で1,500ユニットであり、村山地域の自然条件では1月20日頃に休眠が覚醒する。

低温遭遇時間	超早期加温		普通加温
	(早期散布)	(普通散布)	
1000時間 (12月中下旬)	低温遭遇時間1000時間以前(12月中下旬)までは散布しない!		
1300時間 (1月上旬)	● 散布 1000~1300時間までに散布する場合、加温スタートは1300時間以降とする。	◎ 散布・加温開始 1350~1650時間に散布する場合、通常は加温開始は散布と同時にする。	◎ 散布・加温開始 1650時間以降の散布は発芽促進効果は低下するが、発芽・開花の揃いが良くなる。
1650時間 (1月中下旬)			

図 16 休眠打破剤(シアナミド剤)の使用法

休眠覚醒前に加温を開始する早期加温栽培では、休眠打破剤を使用する。散布

後一昼夜は雨や雪にあたらないよう、好天が続く日を選ぶか、被覆後に換気に十分注意して散布する。休眠が覚醒する1月下旬以降に加温を開始する作型においても、休眠打破剤を使用することで発芽・開花の揃いが良くなる傾向があるので使用しても良い。

休眠打破剤は、樹勢が弱い樹や花芽の充実が悪い樹に使用すると、花芽が枯死する場合がありますので、使用にあたっては十分注意する（図16）。

イ 温度管理

加温開始時期が早いほど生育が不揃いになりやすいので、早い作型ほど夜温を低めに管理し緩やかに生育を進める。

昼温から夜温、夜温から昼温に代わる時間帯の温度は、多段サーモを利用して段階的に変えるようし、日の出、日没時刻に応じて時間帯を調整する。

基本的な温度管理を表19に示したが、太陽光を十分活用し、暖房機の無駄な燃焼を少なくするよう、気象条件に応じて天窓やサイドの開閉を行う。日没の1～2時間前にはハウスを閉めて蓄熱し、燃焼を少なくする。

ただし、換気を控え過ぎると、ハウス内が高温になり生育に悪影響がでる場合がありますので注意する。特に、発芽期から開花期にかけての高温は結実不良の原因になるので、十分注意する。

表19 ハウス栽培における温度管理

生育相	昼温	夜温	注意事項
被覆	15℃	0℃	昼温は高くても20℃を越さない。夜温は作型に応じて対応する。
加温開始	15℃	0～5℃	
発芽期	15～20℃	5～7℃	昼温・夜温は、この範囲内で前半は低め、後半は高めで管理する。
開花始期			
満開期	18～23℃	7℃前後	開花期の昼温は25℃、夜温は10℃を越さないように注意する。
落花期			
硬核期	20～25℃	8～13℃	昼温・夜温は、この範囲内で前半は低め、後半は高めで管理する。
収穫期	25℃前後	13℃前後	
			昼温は30℃を越さないように注意する。

(3) ぶどう「デラウェア」

ア 休眠打破剤の利用

3月上旬までに被覆・加温を開始する作型では、休眠打破剤の使用を検討する。散布後一昼夜は雨・雪にあたらないよう、11月下旬～12月上旬の天気の良い日を選んで散布する。休眠打破剤を散布した場合は、芽出しが良好になるので、1回目の芽かきを早期に行い適正な新梢数に整理する。また、ハウス栽培の場合、花

穂整理はできるだけ1回目ジベレリン処理前に終了する。

休眠打破剤を連年使用すると、樹勢が低下しやすいので、剪定や肥培管理に留意し、適正な樹勢の維持に努める。

イ 温度管理

被覆直後、急に温度を高めると根の活動が伴わず発芽揃いが悪くなるので、被覆後は、一定期間（7～10日間程度）無加温で管理し、その後、生育ステージに応じた温度管理を行う。

加温開始から催芽期（芽が膨らみ始める時期）までは日中カーテンを閉め切り、28～30℃を確保して生育を進める。自動換気装置を導入している場合は、センサーを棚の高さに設置し、35℃程度に設定する。催芽期以降は30℃以上にならないようにしながら、太陽光を効率よく活用し昼温を確保する。

ハウス内の生育のバラつきに留意し、生育が遅れている場所の換気を控えるなどして、生育を揃える（表20）。また、ハウス内の湿度保持に留意し、灌水や枝散水等を確実に実施する。

昼温から夜温、夜温から昼温に代わる時間帯の温度は、多段サーモを利用して段階的に変えるようにする（表21）。

表20 「デラウェア」におけるハウス栽培温湿度管理

生育相	被覆	加温始	水上げ	発芽	展葉3 ～4葉	GA処 理直前	第1回 GA処理	開花期	第2回 GA処理	着色始	収穫始
昼温	20～25℃		28～30℃		23～25℃			25～28℃ (30℃以上しない)			
夜温	加 温 変 化 管 理 例	0℃以上	午後4時～ 翌朝7時 17℃→5℃	午後4時～ 翌朝7時 20℃→5℃	午後4時～ 翌朝7時 24℃→5℃	午後4時～ 翌朝7時 24℃→10℃	午後4時～ 翌朝7時 20℃→10℃	午後4時～ 翌朝7時 24℃→10℃	外温 (適温15℃)		
		24℃	観葉機の能力、燃料消費量さえ許せば、 最低夜温を10℃とする。		24℃	24℃		24℃			
		20℃	17℃	20℃	18℃			20℃	18℃		
		16℃	13℃	15℃	15℃	15℃	15℃	15℃	14℃		
8℃					10℃	10℃		10℃			
5℃		5℃	5℃	5℃							
無加温 ハウス	0℃以上		最低夜温 5℃		最低夜温 10℃			外温 (適温15℃)			
湿度	90%				50%		60%	50%			

表 21 デラウェア加温ハウス栽培における省エネに向けた変温管理の現地事例

(2月下旬～3月上旬被覆、7月上中旬収穫の作型における加温設定温度)

時間 生育ステージ	6～10時	10時～15時	15時～20時	20時～6時
加温～催芽	13℃	20℃	15℃	5～10℃
催芽～発芽	15℃	20℃	17℃	5～10℃
発芽～展葉	15℃	20℃	15℃	5～7℃
時間 生育ステージ	5～9時	9時～16時	16時～22時	22時～5時
～展葉3, 4枚頃	15℃	20℃	17℃	5～7℃
～1回目ジベ処理前	15℃	20℃	20℃	10℃
時間 生育ステージ	5～9時	9時～16時	16時～22時	22時～5時
1回目ジベ処理期	10℃	17℃	15℃	7℃
時間 生育ステージ	5～9時	9時～16時	16時～20時	20時～5時
開花～着色始期	15℃	20℃	20℃	15℃
～収穫期	外気温	外気温	外気温	外気温

※ 換気温度は催芽期以前は棚上で35℃以下、それ以降は30℃以下を目安とする。

2 野菜

(1) きゅうり半促成栽培

ア 作型の特徴

半促成栽培は、収穫期をできる限り前進し、早期出荷による高価格をねらう作型である。作期前進は、市況は有利になるが、生育環境が低温少日照となるため、高度な肥培管理技術が必要となる。併せて、定植後は低温期であることから、ハウス加温に必要な燃料費がかかり増しする。

このため、収益を確保するためには、燃料費の低減を図る省エネルギー対策が必須となる。本県では、地温を高く保つため、高うね、全面マルチを行うとともに、早めの圃場準備で定植時の地温を確保する。また、生育量が増加するつる上げ期を、日射量が増大する2月下旬以降とする作期とすることが重要である。

イ 生育適温

生育適温は 18～25℃であり、10～12℃以下では生育は停止する。地温は 20～23℃が適温であり、12℃以下では生育せず、少なくとも 15℃以上が必要である。低温管理すると、草勢低下を招き、かんざし症状や肩こけ果の発生が懸念されるので、草勢等生育状況を十分に観察しながら、適温管理に努める。

ウ 温度管理

ハウス内に温度ムラが生じないように、ダクトの配置や、設置場所に配慮する。

活着後の設定温度は、早朝加温や転流促進のための夕刻以降の温度維持を行わない日中2段変温管理（9時～16時：18℃、16時～9時：13℃）にすると、慣行の4段変温管理に比べて燃油消費量が15%削減でき、同等の商品果収量を得ることができる。また、この管理は、15℃一定管理と比較すると、燃油消費量は約40%減少するが収量に差はなく、13℃一定管理と比較すると、燃油消費量はやや増加するが、収量は約40%増加する。（新潟県農林水産業研究成果集（平成25年度）より）。

エ その他の管理

整枝の適正化や老化葉の摘葉により、透光・通風を促進し、光合成能力の向上を図る。また循環扇の設置により、ハウス上層部の暖かい空気を下層に循環させることで施設内の温度ムラをなくす。

その他、施設の保温性と暖房効率の向上については、「Ⅲ 共通的な技術対策」の項を参照のこと。

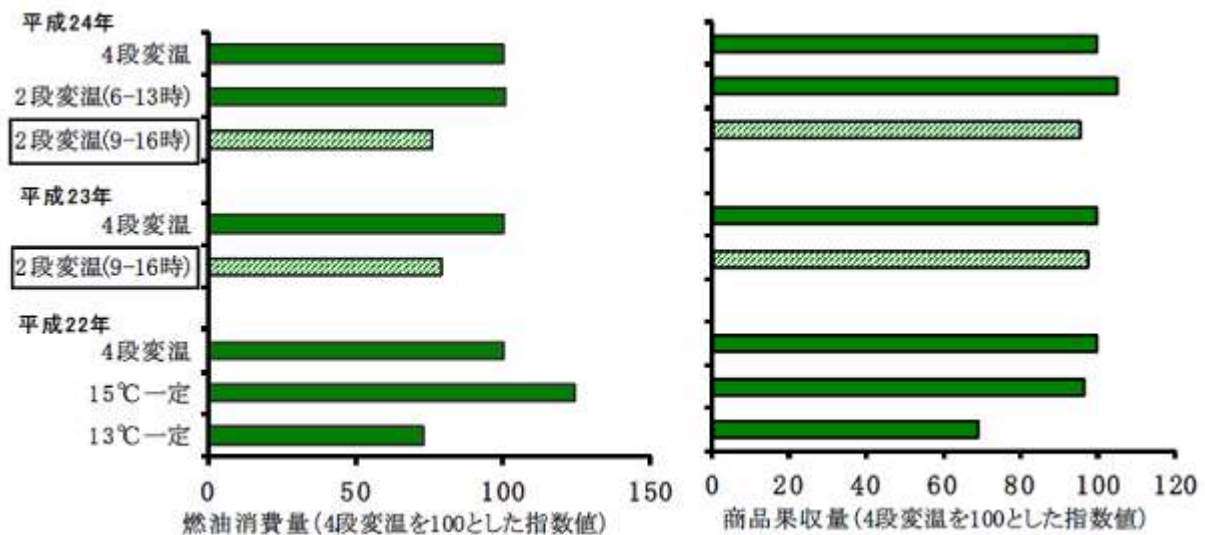


図 17 半促成きゅうり栽培における暖房設定温度と燃油消費量・商品果収量の関係
 供試品種は平成22、23年は「ハイグリーン22」、24年は「フレスコダッシュ」。定植後約10日間は16℃一定管理。
 4段変温(慣行): 6～8時 15℃、8～16時 18℃、16～20時 15℃、20～6時 13℃
 2段(9時～16時): 9～16時 18℃、16～9時 13℃
 2段(6時～13時): 6～13時 18℃、13～6時 13℃

(2) トマト半促成栽培

ア 作型の特徴

本県におけるトマトの作型は、年内播種で加温ハウスに定植する半促成栽培、2月上中旬に播種して、保温管理または補助暖房で3月下旬～4月上旬に定植する早熟栽培、4月下旬～5月中旬以降に定植し、ハウスで雨よけを行う雨よけ夏秋栽培等がある。

このうち、半促成栽培は、育苗及び初期生育期が冬期間の低温や日照の少ない時期となるため、暖房経費等のコスト低下を考慮した栽培管理が重要となる。

したがって、栽培にあたっては経営における本作型の導入メリットや燃油等の価格状況を確認した上で、可能な限りの省エネルギー対策を講じ、収益確保を図る。

イ 生育適温

形態や品種により、低温伸長性等に差があるが、生育の最適温は、昼気温 25～30℃、夜気温 10～15℃で、果菜類の中では比較的低温に強い品目である。果実の発育期には 10℃程度の昼夜の温度較差が望まれる。

育苗期間も含めると、地上部の温度は第一花房着果節位等に関係し、低温下では節位の低下や着花数の増加をまねく。また、低温や活着不良により、同化養分が転流できずに葉に蓄積しアントシアン着色葉が発生すると、著しい場合は生育が停滞、枯死する。

したがって、定植時は最低 15℃程度の地温が必要であり、活着後から草勢状態

等を観察しながら温度管理を行う。

また、光に対し敏感な品目なので、多重被覆栽培等では、生育ステージを考慮した採光管理が必要である。

ウ 温度管理

温度ムラが生じないように、施設の構造、ダクトの配置や暖房機の設置場所等に配慮する。

活着後の設定温度は、早朝加温や転流促進のための夕刻以降の温度維持を行わない日中2段変温管理（9時～15時：13℃、15時～9時：8℃）にすると、慣行の4段変温管理に比べて燃油消費量が15%削減でき、同等の商品果収量を得ることができる。また、この管理は、10℃一定管理と比較すると、燃油消費量はやや減少するが収量に差が無く、8℃一定管理と比較すると、燃油消費量が約20%増加するが、収量も約25%増加する（新潟県農林水産業研究成果集（平成25年度より））。

表 22 半促成トマト栽培における暖房設定の違いによる収量・燃油使用量

年	温度設定	桃太郎T93				麗容				灯油使用 量比率 (%) b)
		商品果収量 (g/株)	同左比率 (%) a)	障害果発生(%)		商品果収量 (g/株)	同左比率 (%) a)	障害果発生(%)		
H24年	日中2段変温	4435	131	9	11	4625	127	14	11	122
	8℃一定	3379	100	15	19	3629	100	21	16	100
H23年	4段変温	4779	134	7	6	4731	130	9	9	144
	8℃一定	3578	100	17	13	3635	100	24	19	100
H22年	4段変温	4980	129	7	1	4697	131	7	2	139
	10℃一定	4598	119	7	7	4422	124	8	3	129
	8℃一定	3849	100	12	14	3574	100	17	14	100

a), b) 8℃一定管理を100とした指数値

4段変温: 6-12時 15℃、12-17時 13℃、17-21時 12℃、21-6時 8℃

日中2段変温: 9-15時 13℃、15-9時 8℃

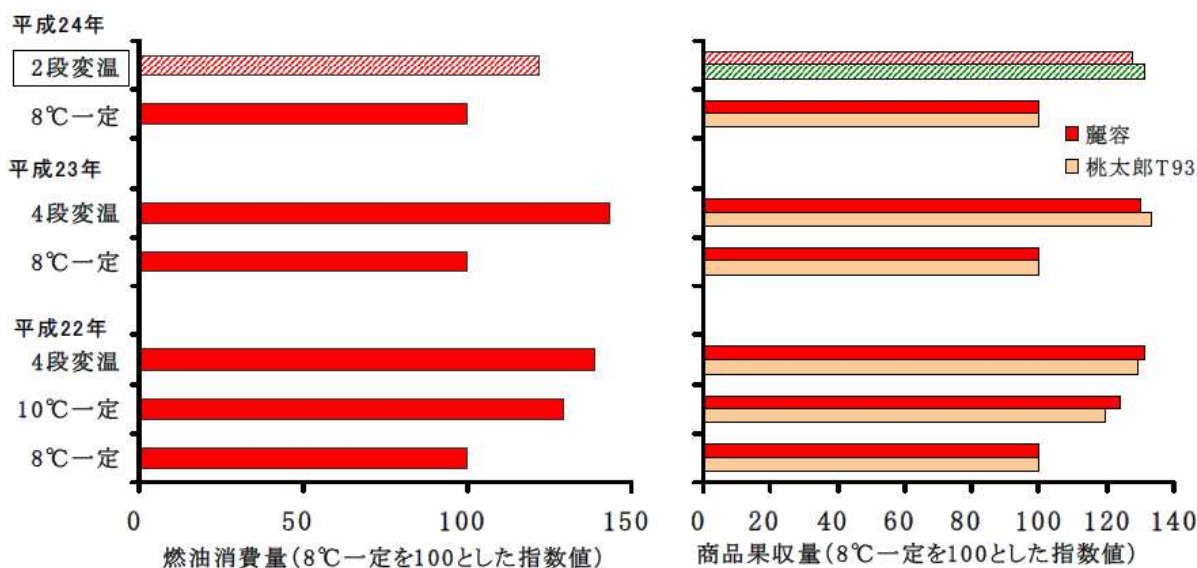


図 18 半促成トマト栽培における暖房設定温度と燃油消費量・商品果収量の関係

定植後約10日間は13℃一定管理。

4段変温(慣行): 6~12時 15℃、12~17時 13℃、17~21時 12℃、21~6時 8℃

期間変温: 加温処理開始後4週間 10℃一定、5週目以降 8℃一定

2段変温: 9~15時 13℃、15~9時 8℃

エ その他の管理

整枝や老化葉の除去により通風を図り、病害発生を抑制するとともに、光が地表面に当たるように採光性を良くすることで地温を確保する。また、ハウスの被覆資材や多重カーテン等の汚れによる光の透過率低下に注意する。

灌水は、天候や生育、土壌水分状態を見ながら行い、地温低下に注意する。葉かき等は、切り口の乾きやすい晴天時に行うとともに、病害対策として、換気や循環扇の活用で、ハウス内の温湿度ムラをなくす。特に、多重カーテンによる保温時は、カーテンへの結露状態等を観察しながら、換気や通風加温等を取り入れ、湿度低下を図る。

その他、施設の保温性と暖房効率の向上等については、「Ⅲ 共通的な技術対策」の項を参考とする。

(3) いちご促成栽培

ア 作型の特徴

本県におけるいちごの促成栽培は、全国的に行われている暖房、電照処理を組み合わせて冬期間継続して収穫する栽培方式と厳寒期となる1～2月は収穫を休んで、秋期と春期に分けて収穫する2期どり栽培方式の2通りが行われている。いちごは8℃以下の低温が続くと休眠するため、冬期間継続して収穫する場合は、継続した暖房が必要である。燃油を大量に消費するため、可能な限りの省エネルギー対策を講じ、収益確保を図る。

イ 生育適温

果菜類の中では低温性で、生育適温は15～20℃で、最低温度は3℃である。きゅうりやトマト等の他の果菜類の加温栽培の中で比較すると、経営費の中で光熱費の占める割合が少ない。

ウ 温度管理

生育ステージ毎の温度管理の目安を表23に示した。省エネ対策のため、夕方から早朝にかけて下記温度目安の1～2℃の低下は可能であるが、それ以下の低温管理は草勢の低下を招きやすいので、生育状況をよく観察しながら温度管理を行う。

表23 生育ステージ毎の温度目安

生育ステージ	日 中	夜 間
出蕾期～開花期	27～28℃	8～10℃
果実肥大期	23～25℃	8℃以上
成熟期	20～23℃	8℃以上

1日の温度管理は、変温管理を行う（表 24）。変温管理による燃料節減効果は約 5～20%といわれている。

午前中は光合成促進のため 25～27℃と高めの温度を目標に管理する。午後は温度を徐々に下げて同化養分の消耗を防ぎ、夕方から 4 時間ほどは 12～15℃を目標に管理し、各器官への同化養分の転流を促す。夜間は草勢維持のため 8℃とするが、これ以下の温度になると草勢の低下や生育遅延、花粉の稔性低下等を招くので注意する。朝方は光合成に備えて、日の出 30 分前位からハウス内の温度を上げる。

低温管理を補うためには電照による日長延長が効果的である。開始時期の目安は 10 月下旬頃からであるが、株の草勢によって開始時期を決定する。開始時期が早すぎると過繁茂となって収量や品質の低下を招くので草勢が強い場合は遅らせる。おおよそ 16 時間日長となるように明期延長を行い、草丈が 30cm を超える場合は明期を短縮する等、草勢に合わせて明期を調節する。2 月下旬から 3 月上旬を電照処理の終了時期とする。

表 24 1 日の温度管理の目安（変温管理）

時期	朝 方	午前中	午 後	夕 方	夜 間
目的	光合成に備えて	光合成作用	呼吸抑制	転流	草勢維持
温度	15℃	25～27℃	15～22℃	12～15℃	8℃

※最低夜温は土耕栽培で 8℃、高設栽培で 10℃以上の確保は不可欠である。

エ クラウン加温技術

促成栽培における新たな省エネ技術として、クラウン加温技術が主要産地で普及している。本県では、まだ普及はしていないが、他県では高い省エネ効果が確認されている技術である。

クラウン加温は、電熱線や温湯管等の加温資材を、いちごの生長点があるクラウン部に接触させ、植物体を局所的に温める加温方法である。加温温度は約 20～22℃であるため、サーモスタットで温度管理を行うとともに、加温資材がクラウン部に接触するように設置する。本県でのクラウン加温の開始時期は、10 月中下旬、終了時期は 4 月上旬を目安とする。

他県の試験事例では、4℃あるいは 7℃加温のハウスで電熱線をクラウンに接触させて 21℃で直接加温することで、クラウン加温をしていない 10℃加温のハウスと比較して、同等以上の生育、収量が得られており、暖房経費は、7℃加温ハウスで約 3 割、4℃加温ハウス b で約 6 割削減できた（福岡県農業試験場 平成 19 年）。

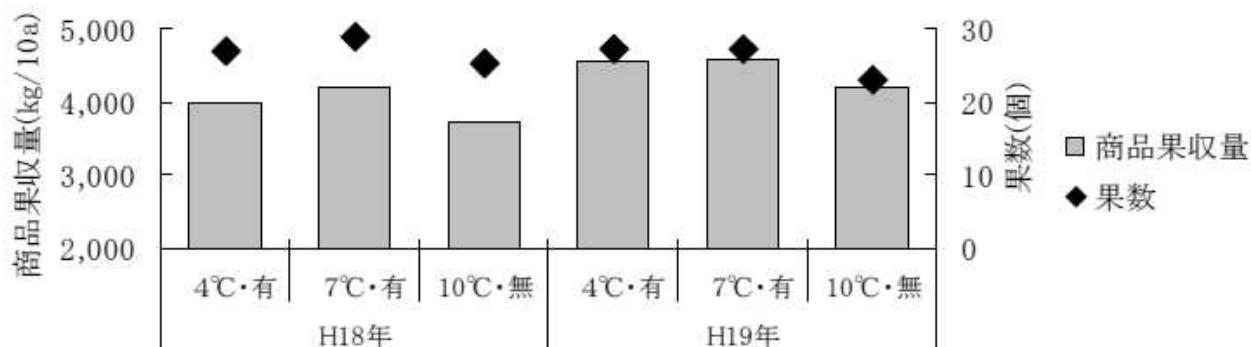


図 19 異なる最低温度における局部加温による「あまおう」の商品果収量と果数

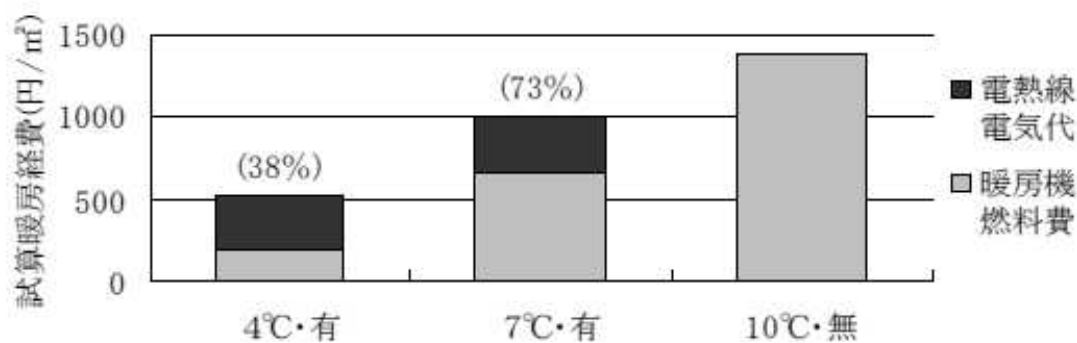


図 20 異なる最低温度における局部加温による試算暖房経費（平成 19 年）

注) 1. 面積60㎡のハウスにおける実測値から試算。燃料単価は90円/L、電気料金は基本料金を除き、時間帯別電灯料金(夜間(22～8時):7円、昼間(8～22時):28円/kwh)を用い、夜間:昼間の電気使用割合を2:1とした。
2. (数値)は10°C・無に対する割合。



写真 17 温湯によるクラウン加温の状況

(クラウン部に配置したチューブに温湯を通水)

3 花き

(1) 標準管理温度

切り花と鉢ものの類の標準管理温度は表 25・26 のとおりである。

同一品目であっても、タイプ別、品種別、生育ステージ別に生育適温が異なるため、栽培開始前に確認する。品目ごとの標準管理温度を示したが、温度センサー位置に注意し、ハウス内の温度ムラがないように点検をしながら、温度を設定する。

表 25 切り花の冬期の標準管理温度

種類	昼温 (°C)	夜温 (°C)	備考
カーネーション (大輪) (周年)	20	12	
〃 (房咲き) (周年)	18~20	10~12	
バラ	23~25	15~18	品種による
キク	25以下	18	
宿根かすみそう	22以下	8~10	草丈20cmまでは夜温15°C 若苗利用は夜温15°C
アルストロメリア	20	5~10	
スターチス (シヌアータ)	25以下	8~10	
スターチス (Hyb)	25以下	10	
キンギョソウ	20以下	5~7	
ユーストマ	25	13~15	
テッポウユリ	25以下	13~15	
アジアティック (Hyb)	25以下	13~15	
オリエンタル (Hyb)	25以下	15~18	
チューリップ	25以下	14	
ハナモモ	20	20	
ユキヤナギ	25	5	

表 26 鉢ものの類の標準管理温度

種類	昼温 (°C)	夜温 (°C)
アザレア	12~18	10
インパチェンス		15
ガーベラ	25以下	15
カランコエ	〃	10
カルセオラリア		8~10
クジャクサボテン		2~8
球根ベコニア	25	10~15
ベコニア (エラチオール)		18
ベコニア (センバ)		10
シクラメン	20	12~15
シネリリア		5~12
ゼラニウム	20	8~12
セントポーリア	25以下	18~20
ハイドランジア		12~18
プリムラ (オブコニカ)	25以下	10~12
プリムラ (ポリアンタ)	〃	5~8
プリムラ (マラコイデス)	〃	5~10

(2) ばら

ア 温度管理

ばらは夜温が 1℃低下すると、出荷までの日数が約 3 日程度遅くなると報告されている。また、温度が下がることにより、花色が赤系品種では黒く変色（ブラックニング）する場合や、黄系品種では赤味を帯びたりする場合がある。このため、品質を保って出荷するためには、必要な最低温度を維持しなければならない。その最低温度は品種によって 16～18℃の幅がある。低温性品種群を同一ハウス

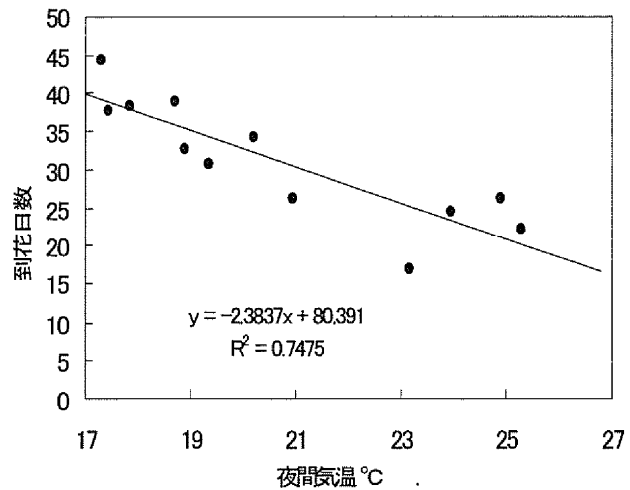


図 21 ばらの最低温度と到花日数

(佐藤, 2005)

スにまとめて栽培することが理想的であるが、現実的には困難であり、18℃程度を維持することが多い。

変温管理について、茨城県で 0～6 時の加温温度を 15℃または 12℃とし、それ以外の時間帯は 18℃設定とする夜間変温管理が検討された。慣行 18℃管理とこの変温管理を比較したところ、「ローテローゼ」と「サフィア」の収量および切り花品質は同等であり、燃料使用量を 14～25%削減できた。しかし、この生育反応は品種により異なる可能性があること、低夜温による結露が原因で灰色かび病が発生しやすくなること、花色の異常などに留意する必要があるとしている。また、冬季休眠作型では、1月下旬から2月上旬にかけて加温を開始するのが一般的であるが、そのときの温度が低いと品種によってはブルヘッドなどの奇形花が発生するため、段階的に温度を上げて最終的には 16～18℃を保つことが望ましい。

このように、ばらでは恒常的にハウス内温度を下げて栽培するのは生産面でデメリットが多いと考えられ、省エネルギー対策としては施設の保温性及び暖房効率の向上を図ることが基本となる。

このような状況下で、山形園試では、平成 21～23 年度に空気熱源ヒートポンプの導入が切り花収量や品質に与える影響を評価した。その結果、1,650m² (500 坪) 当たり暖房定格能力 112kw、冷房定格能力 88kw (40 馬力/500 坪) の能力があれば、夏季の夜間冷房、冬季のハイブリッド暖房において、必要な温度制御が可能と想定

され、増収効果が期待された。また、冷暖房経費を試算したところ、慣行と比べて削減され、周年利用において導入メリットが確認された。

なお、ヒートポンプの導入にあたっては、燃油価格の変動によって導入経費を回収できる年数が変わってくること、大規模栽培では電気料金体系が異なること等から、綿密な経営計画に基づいて導入を図る必要がある。

イ 局所加温

最も簡単な局所加温方法として、アーチング栽培では温風ダクトを栽培ベンチの下に通して培地温を低下させない方法がある。これは、結果的に同化専用枝も暖められるため、可能なかぎり実践すべき対策である。

さらに、ばらの特定部位を加温しながら積極的にハウス内温度を下げることで、省エネルギー化を図る技術が報告されている。

Moss(1984)は、NFTでのばら栽培において、培養液を25℃とした場合、最低夜温が12℃でも18℃に匹敵する収量が得られたことを報告している。

最近では、ロックウール栽培で株元加温や培地加温の効果が報告されている。神奈川県で開発された株元加温は、株元に温湯パイプを配置して30℃程度の温水を循環させる方法で、採花本数の増加、到花日数の短縮、切り花が長くなるなど切り花品質の向上が報告されている。また、この方法の切り花1本当当たりの投入熱量は、慣行の室温18℃（株元加温なし）と比べて、室温15℃では36%、室温12℃では53%も削減可能とされている。

愛知県で開発された培地加温は、栽培槽の下部に発熱体（熱源は電力）を設置し、ロックウール培地を加温する方法で、後夜半（0～6時）のハウス内温度を18℃から12℃に下げても、21℃程度の培地加温を行うことにより、収穫本数、品質に大きな差は生じなかったと報告されている。この変温管理と培地加温の併用による重油削減効果は19%程度と推定された。

局所加温がコスト面で有利かどうかは、燃油価格と加温資材の種類により異なるため、事前にコストや収益性の試算を行った上で導入の可否を判断する必要がある。また、ハウス内温度の低下と局所加温の併用による温度管理は、品種により生育反応が異なる可能性があること、低夜温による灰色かび病の発生や花色への影響に留意しなければならない。

なお、本県の気象条件における株元加温と培地加温の効果について、現在、園芸試験場で検討中である。

ウ 炭酸ガス（CO₂）施用

日本海側気候に当たる本県は、冬季間が寡日照であることやハウスの密閉時間が長いことから、CO₂施用による光合成能向上効果が高いとされている。特に、

ロックウール栽培では CO₂ が発生する地表面を通路シート等で覆っているため、ハウス内への供給が少なく、CO₂ 施用は必須技術である。また、CO₂ 施用により収量が増加することで、切り花 1 本当たりの投入エネルギーを削減することにつながる。

これまで、CO₂ 施用は濃度 750～1,000ppm 程度、時間は日の出 30 分～1 時間後に開始し、換気の 30 分前に打ち切り、換気温度は 30℃程度が一般的とされてきた。

最近、同化専用枝群落内への局所施用や大気中の濃度（400ppm 程度）に近い低濃度での施用（ゼロ濃度差 CO₂ 施用）など、新たな施用方法が報告されている。

奈良県で開発された同化専用枝群落内への局所施用法は、液化炭酸ガスを用いて 1mm 径の穴を 10cm 間隔で開けた 6mm 径 PVC チューブをアーチング栽培の同化専用枝群落と栽培ベッドの間に 1 本ずつ配置して施用する。CO₂ 施用は、昼間（6～17 時）の CO₂ 濃度が同化専用枝群落と栽培ベッドの間の空間で 1000ppm を目標に、毎日 0.5L・min⁻¹・m⁻² の流量で行う。これにより、到花日数が約 5～6 日短くなり、期間収量が無施用対比で約 5 割、慣行施用対比で約 3 割増加し、切り花品質が向上した。

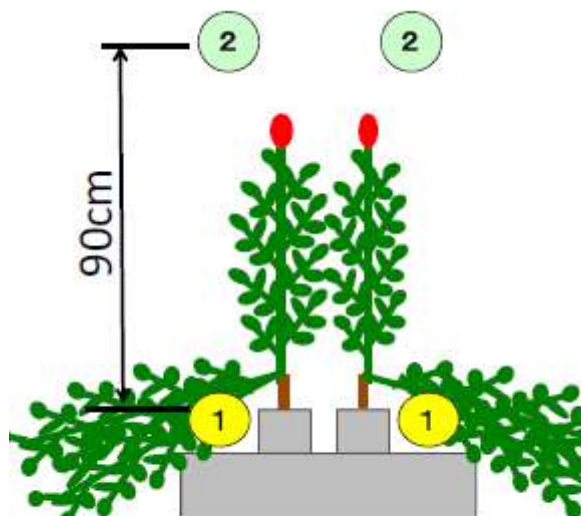


図 22 局所施用での CO₂ 吐出位置

- ① 同化専用枝への局所施用
- ② 慣行施用

（奈良県，2012）

表 27 CO₂ の局所施用がばら切り花本数と品質に及ぼす影響

（奈良県，2012 一部改変）

処理区	切り花本数 (本・m ⁻²)	到花日数 (日)	切り花長 (cm)	切り花重 (g)
局所施用	88.6	55.5	92.7	68.7
慣行位置施用	68.7	61.6	86.0	62.6
無施用	59.2	60.1	81.9	58.0

注) 供試品種「ローテローゼ」1 区 16 株

CO₂ 施用期間：2011 年 10 月 11 日～2012 年 4 月 30 日

調査期間：2011 年 11 月 1 日～2012 年 5 月 31 日

愛知県でも、ベッド中央にチューブを配置した CO₂ 局所施用が検討されている。CO₂ 濃度は、換気温度以下では 600~800ppm、それ以上では供給停止または 400ppm とする。無施用と比較して、切り花収量は約 6 割増加し、切り花長も長くなったことが報告されている。

施設内の CO₂ 供給には、換気による自然供給、灯油やガスの燃焼による供給、液化炭酸ガスによる供給などがある。なお、燃焼方式では、ばらにとって有害ガスが発生する可能性があるため、事前の保守点検を行う必要がある。

なお、現在、園芸試験場で CO₂ 施用の濃度および施用時間帯がばら切り花の生産性に及ぼす影響について検討中である。

エ その他の管理

夏秋作型に適合した品種や低温開花性のある品種等について、積極的に情報収集を図り、計画的な品種導入を行う。

最近の成果では、愛媛県で開発された低温性台木を活用したバラ生産技術がある。これは、低温でも生育が旺盛な「ノイバラ」を選抜し、これを台木とした接ぎ木苗を定植するものである。ロックウール栽培で「ローテローゼ」と「リトルマーベル」の接ぎ木苗を供試した結果、ハウス内温度 18℃と比較して 15℃でも切り花本数および品質とも同等以上となり、暖房コストが半分に抑制できたとされている。今後の低温性台木を活用した苗の流通が待たれるところである。

(3) スプレーぎく

ア 温度管理

スプレーぎくは、生育ステージにあわせた温度管理が行われており、栄養成長期は 14~16℃、花芽分化期は 18℃、その後の花芽発達期は 15℃で管理する。

和歌山県で開発された変温管理（EOD 加温処理）は、日没後の変夜温管理（栄養成長期の日没後 3 時間 17℃、その後朝まで 11℃、花芽分化期の日没後 7 時間 20℃、その後朝まで 13℃、花芽発達期の日没後 3 時間 17℃、その後朝まで 11℃）により、切り花品質を維持しつつ暖房コストが約 20% 削減可能と報告されている。ただし、この結果は、和歌山県で示されたもので、到花日数の増加や花序数の減少などの影響が報告されており、日中に温度が上がりにくい本県秋冬期での適用性については留意する必要がある。また、品種適応性も確認する必要がある。

(4) トルコぎきょう

ア 温度管理

促成栽培では、花芽分化を進めるための暖房温度として 15℃以上が必要である。

定植は 11 月上旬までに行うことで、越冬を迎えるまで十分な根張りを確保でき、暖房開始まで低温管理（加温開始前無加温もしくは 0℃程度）が可能となる。花芽分化するための生育量は、早生品種が 7 節程度（内部の節を加えると 10 節）、中生品種が 12 節程度（同 15 節）必要である。従って、春期の本格的な加温に先立って 10℃程度で生育を促進させ、早生品種では 7 節、中生品種では 12 節に達したときから本格的な加温（15℃以上）を行う。暖房は早い時期に打ち切ると収穫日が遅れるので、トルコぎきょうの省エネルギー法は暖房開始時期で調節することを基本とする。鳥取県で開発された変温管理（EOD 加温処理）は、日没後 3 時間を 20℃に昇温し、その後最低 13℃加温により、終夜 18℃加温に比べ、切り花品質の向上や栽培期間の短縮、エネルギー投入量の 35%削減が報告されている。ただし、この結果は、鳥取県で示されたもので、本県での適用性については未知であり、また、品種適応性も確認する必要がある。

表28 加温開始時期と平均収穫日
(庄内総支農技普及課産地研:1996)

品種名	促成 開始日	平均 収穫日	
		(月. 日)	(無加温差) (日)
あずまの漣	1月1日	6. 1	(-33)
	2月1日	6. 4	(-30)
	3月1日	6. 22	(-22)
	無加温	7. 14	
ミッキーバ イカー ピンク	1月1日	5. 26	(-58)
	2月1日	6. 1	(-52)
	3月1日	6. 20	(-33)
	無加温	7. 23	

定植：10月26日～11月1日

暖房温度：15℃ 暖房前は無加温

電照：16時間日長 5月1日打ち切り

表29 暖房打ち切り日と収穫日
(庄内総支農技普及課産地研:1996)

暖房 打ち切り日	平均 収穫日	
	平均	SD
3月25日	7月12日 ± 7	
4月 1日	7月 3日 ± 10	
4月 8日	6月25日 ± 6	
4月15日	6月24日 ± 12	
4月22日	6月17日 ± 10	
4月28日	6月13日 ± 7	
収穫まで	6月 3日 ± 14	

あずまの薫、プランター (63×20×H15)栽培

イ その他管理

本格的な加温を開始する前に晴天時に軽く萎れる程度になるようかん水を控えて花芽分化を促す。なお、極端に控えるとボリュームが不足してしまうので注意する。

(5) アルストロメリア

ア 温度管理

冬期に収量を得るために暖房温度は 10～12℃で行なっているが、マイナス温度にならない限り低温管理しても温度障害を受けないので、5℃程度の暖房温度でも栽培は可能である。しかし、このような低温管理しているほ場では灰色かび病の発生が懸念される。低温管理する場合は循環扇や保温資材に吸湿性フィルムを

用いることで病害の発生を防ぐ必要がある。なお、長野県では、品種「レベッカ」を用いて、9月から翌年5月までの採花した試験において、ハウス内平均気温と到花日数との関係が報告されている。ハウス内平均気温が下がると到花日数が非常に長くなることから、需要期にあわせた温度管理に留意する必要がある。

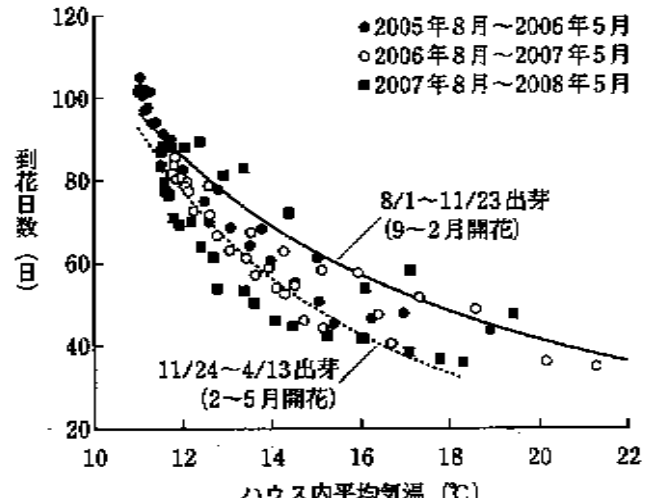


図 23 ハウス内平均気温と到花日数
(長野南信農試・中部電力, 2008)

イ 地中加温

北海道では、5℃暖房条件において「アモール」は10℃の地中加温で増収効果が見られたと報告されている。

長野県では、8～10℃暖房条件において、14～16℃の地中加温で「レベッカ」と「オレンジクイーン」に増収効果が見られると報告されている。

一方、本県庄内産地研究室においては、12℃暖房条件で「アモール」は15℃の地中加温で増収効果が見られたものの「バージニア」では効果が見られず、地中加温の効果には品種間差があることに留意する必要がある。

V 県内の省エネルギーの取組事例

1 写真や絵で見る施設園芸省エネルギーの取組み

省エネルギー事例 NO.1

村山総合支庁農業技術普及課

題名：空気熱源ヒートポンプの活用

○導入例

燃油価格の高騰を受け、電力を動力源とするヒートポンプの導入が、バラや鉢物などの施設において進んでいます。

○導入効果

県園芸試験場でバラの施設に導入した試験（H22・H23）では、秋冬季にヒートポンプと石油暖房機の併用で加温を行うことで、暖房費を14～19%削減できました。

現地でも1割程度の燃油削減効果が期待されています。

○導入時の注意点

空気熱ヒートポンプは、暖房運転時にデフロスト（霜とり）運転により、暖房が一時停止することがあり、外気温が低くなるほど暖房効率が低下します。そのため、重油や灯油の温風暖房機を併用し、ヒートポンプだけでは不足する熱量を補う必要があります。

○その他

導入に伴い電気料金の年間の基本料金が高くなるため、夏季の夜間冷房や除湿にも利用できる品目での導入が有利です。



題名：地下水熱源ヒートポンプおよび空気膜と多層内カーテン被覆

○導入例

従来の空気熱源ヒートポンプでは暖房時のデフロスト運転による効率の低下が問題となっていました。地下水から熱を取り出す方式のヒートポンプユニットと、空気膜を含む多層の内カーテンを設置することで効率的に暖房・保温が行われています。

地下水熱源ヒートポンプは、水熱源のユニット（室外機）と井戸水から熱を取り出すプレート式熱交換器を組み合わせたシステムで、外気温に影響されないため、効率の良い暖房が可能となっています。



くみ上げた井戸水との熱交換を行うプレート式熱交換器



空気膜カーテン用のプロア

○導入効果

具体的なデータはありませんが、導入初年目の冬は、設定温度以下になった場合に稼働する併設の重油暖房機はほとんど稼働しませんでした。空気膜構造をもつ多重カーテンの保温効果も大きく関与していると思われます。



○導入時の注意点

井戸から地下水をくみ上げて熱源として利用するため、常に一定量の井戸水が確保できることが前提となります。また、水熱源ヒートポンプの導入費用は従来の空気熱源方式と比較して3倍程度と高額なので、導入に際しては計画を綿密に立てることが必要です。

題名：フラワーネット支柱とダンポールを用いた腰高トンネル

○導入例

ベッド外周に立てたフラワーネット支柱にポリフィルムを止めて側面を被覆し、さらにフラワーネット支柱の穴にダンポールを挿しこんでアーチを作り上部もポリフィルムで被覆することで、草丈が伸長した花き類の保温を行っています。



スターチスの保温状況

○導入効果

安価に草丈が伸長した作物を保温することが可能で、被覆部分がコンパクトなため効率良く保温できます。スターチスを中心に導入されていますが、ストックやトルコギキョウなどの他の花き類でも応用できると思われます。

○導入時の注意点

上部のフィルムはすぐに開閉できるようにして、晴天時に葉焼けを起こさないように注意します。

題名：おうとう加温ハウスでのヒートポンプの導入

○導入例

20aのハウスで、既存の灯油ボイラーの空気吸込口部分にヒートポンプ（暖房専用）を取り付けて加温しています。

作型は2月下旬に加温開始する普通加温栽培で使用しています。

導入価格は、ヒートポンプ本体1台約35万円、設置費を含めると合計約70万円となります。



○印がヒートポンプ

○導入効果

平成26年の灯油消費量は、2,100ℓ（25年比67%、24年比55%）となりました。灯油消費量は、外気温や日照時間等に影響されますが、園主は省エネ効果を実感しています。

（設置・稼働は平成26年2月～）

○導入時の注意点

ヒートポンプは、低外気温下でも比較的高い暖房能力を発揮しますが、厳冬期にはボイラーとの併用が効果的です。

このタイプは灯油ボイラーとの一体型です。



室外機の設置

題名：トルコぎきょうにおけるヒートポンプの利用**○導入例**

トルコぎきょう栽培の 10～11 月出荷（加温シェード）作型で、ヒートポンプを導入しています。7 月上旬から 8 月中旬頃までは、夜間 18℃の冷房を行い、9 月中旬以降は温風灯油暖房機と併用して最低気温 15℃の暖房を行っています。

**○導入効果**

導入先のデータはありませんが、平成 23 年の県内研究機関の試験成果では、トルコぎきょうの 5～6 月出荷（加温）作型において、2 月中旬～3 月中旬に最低気温 15℃を目標にヒートポンプと灯油暖房機を併用して暖房を行うと、暖房コスト 70%程度、炭酸ガス排出量は 60～70%程度に抑えられると報告されています。また、平成 24 年の県内研究機関の試験事例では、バラ（養液栽培）において、最低温度 18℃を目標にヒートポンプと灯油暖房機を併用して暖房を行うと、暖房コストが 10 月は 45%、11 月は 26%程度、炭酸ガス排出量が 10 月は 48%、11 月は 23%程度に抑えられたというデータがあります。

**○導入時の注意点**

ハウス内の温度ムラを小さくするために循環扇を設置する等の工夫が必要です。

題名：長時間燃焼薪ストーブの導入

○導入例

長時間燃焼薪ストーブ（商品名：ゴロン太）と灯油ボイラー（5万 kcal）を併用し、シクラメン、プリムラ、サイネリア等の鉢花の加温を行っています（125坪のハウスに1台導入。設定温度約 10℃）。廃材や丸太を約 1 m 程度の長さになりそろえ、燃料として使用します。夕方 16 時頃からたき始めて、23～24 時に燃料を補充し、朝まで加温します。

導入価格は約 30 万円。

○導入効果

灯油ボイラーの燃油消費量を約 50～70% 削減できました。

以前は手作りのストーブを使用しており、ストーブに入る大きさに木材を切るのが大変でしたが、「ゴロン太」を導入してから木材を切る作業時間が 1/10 になりました。

2011年3月11日の東日本大震災時に停電になりましたが、電気不要のため加温を継続することができました。

○導入時の注意点

廃材、丸太等の燃料と、それらの保管場所の確保が必要です。

また、ハウス内の温度管理は循環扇を使い、温度ムラをなくす必要があります。

ストーブの周辺は非常に熱くなるので、耐熱ボード等で覆います。

火災防止のため、稼働中はふたをしっかりと閉めます。

7～10 日に一度、灰の処理が必要です。



ゴロン太



廃材や丸太等の保管



導入ハウスのシクラメン

題名：木質系燃料給湯ボイラーを活用した培地加温

○導入例：

いちごの促成栽培においては、冬期間のハウス内温度と高設ベンチの培地温の確保が重要であり、ベンチ内に設置した温湯管に、ボイラーで加温した水（温湯）を循環させて培地温を確保しています（15～18℃）。本事例では、木質系燃料温湯ボイラー（燃料：薪）を活用し、従来の温湯ボイラー（灯油燃焼式）の配管に繋げ、補助的に循環させることで灯油の使用量を節減しています。

○導入効果：

具体的なデータはありませんが、培地温 17℃を確保するように設定した場合、灯油の使用量を1/3程度に節減することが期待できます。（また、灯油の使用を抑えることにより温室効果ガス（二酸化炭素等）の排出削減につながります）

○導入時の注意点：

木質系燃料温湯ボイラー（商品名：ATO ウッドボイラー；N-220NSB）の導入費は、約55万円となります。薪は2時間に1回程度供給するため、大量の薪が必要となりますが、地域の廃材等を夏の期間に入手しておくことで経費はさほどかかりません。また、不完全燃焼による有毒ガスの発生や臭いなどのリスク回避のため、ボイラーはハウスの外に設置する必要があります。



木質系燃温湯ボイラー
（ウッドボイラー）



既存の温湯ボイラー配管と接続



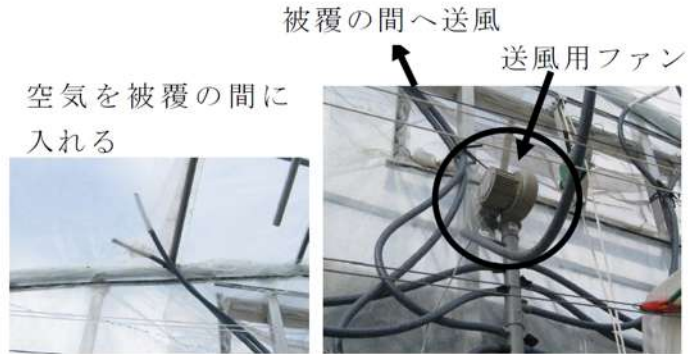
ボイラーの設置外観

題名：空気膜パイプハウス

加温しているパイプハウスの多重被覆は、方法によってはハウス内スペースが狭まり、作業性の悪化が問題となります。空気膜ハウスは外張りのため、ハウス内のスペースを狭めることなく、内張りを設置した場合と同等の保温効果が得られます。

○導入例

ばら栽培において、外張りフィルムを2重に張り、テープやビニペット等を使って密閉性を高めます。その間にシロッコファン（出力 50KW 程度）等のブロワーを用いて送風し、最大 10cm 程度の空間を作ることにより断熱効果が生まれ、内張り設置と同等の保温効果が得られます。さらに内張りを設置すると、通常の2重被覆の骨材を使って3重被覆することができます。



ハウス外観 屋根が膨らんでいる



ハウスサイドは換気のため送風していない

○導入効果

作業性を損ねることがなく、燃油削減効果が高まります。設置の前後で通常の2重被覆に比べ2～3℃保温性が高まりました。

○導入時の注意点

被覆が1重から2重になることで光透過性が低下しますので、光透過率の良い資材を選択するなどの注意が必要です。また、空気膜の中に結露が生じることがあるので、外気を取り入れることや排水方法等に関して事前の情報収集が重要です。

さらに、保温効果が高まると湿度が上昇するため、循環扇を設置する等病害対策に注意が必要です。

題名：ヒートポンプと燃油暖房機の併用による燃油使用量削減

○導入例

灯油暖房機とヒートポンプを併用することで、灯油暖房機のみを使用した場合と比べて灯油使用量を大幅に削減でき、省エネ効果が見込めます。

○導入効果

庄内地域平坦部のアルストロメリア栽培ハウスにおいて、最低気温 10℃設定で加温する条件下で比較調査を行いました。その結果、灯油暖房機とヒートポンプを併用すると、灯油暖房機のみを使用したものに比べ使用電力量は増えますが、使用灯油量が大幅に削減され、省エネ効果が上がりました（下表参照）。

表. 暖房機の違いによる使用電力量と使用灯油量

(調査期間：平成 25 年 11 月 5 日～平成 26 年 3 月 28 日)

	使用電力量 (kWh)			使用灯油量 (ℓ)
	ヒートポンプ	灯油暖房機	合計	
調査ハウス① ヒートポンプと 灯油暖房機併用 (面積約 310 m ²)	9,473	925	10,398	71
調査ハウス② 灯油暖房機のみ (面積約 250 m ²)	-	1,399	1,399	3,068

○導入時の注意点

ヒートポンプ単体では、外気温の低い日に目標温度を確保できない場合があるため、燃油暖房機との併用暖房が理想的です。

また、ハウス内の温度ムラを小さくするため、循環扇を設置する等の工夫が必要です。



導入したヒートポンプ



ヒートポンプ導入ハウスの様子

題名：ビニルハウスの4重被覆**○導入例**

冬期間は内張りカーテンを設置して2重被覆にしたうえで、畝上にポリエチレンフィルムと不織布による2層のトンネルを設置することで、4重被覆として保温性を高めています。

10月下旬に定植する越冬作型のトルコぎきょうの場合、12月頃から3月までトンネルを設置し、無加温で管理しています。

○導入効果

庄内地域平野部では、上記の作型でトルコぎきょうを4重被覆した場合、無加温で管理しても枯死する例が少なくなり、越冬率が向上し、省エネ効果が見込めます。

○導入時の注意点

トンネルに用いる資材は、外側をポリエチレンフィルム、内側を不織布とし、トンネル内の結露によるボタ落ちを防止します。

被覆資材の開閉により、晴天時に温度が高くなり過ぎないように注意します。



ベッド上にトンネルを設置



「ポリエチレンフィルム＋不織布」
2層のトンネル被覆



トンネル内のトルコぎきょう

【参考文献】

Ⅲ-2-(2) ヒートポンプの利用

- 1) 平成 23 年度研究成果情報<普及奨励技術>積雪寒冷地のぼら切り花栽培における空気熱源ヒートポンプの経済性試算.
- 2) 平成 23 年度研究成果情報<普及指導資料>積雪寒冷地のぼら切り花栽培における空気熱源ヒートポンプ利用によるハイブリッド暖房の CO2 排出量削減効果とランニングコスト.
- 3) 平成 24 年度研究成果情報<普及指導資料>トルコぎきょうにおけるヒートポンプを用いた暖房及び夜間冷房の効果.
- 4) 平成 24 年度研究成果情報<普及指導資料>ヒートポンプの夜間冷房がぼらの切り花収量および品質に及ぼす影響.
- 5) 平成 24 年度研究成果情報<普及指導資料>積雪寒冷地に適した施設園芸用の地下水熱源ヒートポンプシステム.

Ⅲ-4-(1) 変温管理

- 1) 日々の日射量を基準にした施設栽培トマトに対する夜温および炭酸ガス施用制御-2- 久富時男 他 1976)

Ⅳ-2 品目別技術対策 野菜

- 1) 新潟県農林水産業研究成果集 平成 25 年度
- 2) 独立行政法人 九州沖縄農業研究センター 試験成果情報 平成 19 年度
- 3) 福岡県農業総合試験場 試験成果情報 平成 19 年度

Ⅳ-3 品目別技術対策 花き

- 1) 農業技術体系 花卉編 1 「生長・開花とその調節」
- 2) 平成 23 年度研究成果情報<普及奨励技術>積雪寒冷地のぼら切り花栽培における空気熱源ヒートポンプの経済性試算.
- 3) 省エネルギー高生産を目指したバラ株元加温技術導入マニュアル
神奈川県農業技術センター、(独) 農研機構 近畿中国四国農業研究センター
日本大学、ネポン株式会社 平成 24 年 2 月
- 4) 園芸作物の省エネルギー栽培技術 愛知県 「農林水産省新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」(2006~2008) の成果 2009
- 5) 平成 23 年度研究成果情報<普及奨励技術>積雪寒冷地のぼら切り花栽培における空気熱源ヒートポンプの経済性試算.
- 6) 平成 23 年度研究成果情報<普及指導資料>積雪寒冷地のぼら切り花栽培における空気熱源ヒートポンプ利用によるハイブリッド暖房の CO2 排出量削減効果と

ランニングコスト.

- 7) 茨城県農業総合センター園芸研究所平成 23 年度研究成果「夜間変温管理でバラの省エネルギー生産ができる」
- 8) 愛知県農業総合試験場「農業の新技术 No. 94 2009 園芸作物の省エネルギー栽培技術」
- 9) 2012 年度（平成 24 年度）近畿中国四国農業研究成果情報「バラの同化専用枝群落内への CO₂ 局所施用」（奈良県農業総合センター他）
- 10) 津田千織ら. 2013. 「バラにおける灌水チューブを用いた CO₂ ガスの局所施用方法の検討」. 園学研 12 別 1:207.
- 11) 愛媛県農林水産研究所だより第 4 号. 2011. 8. 「③低温性台木を活用したバラ生産技術の開発」
- 12) 島浩二. 2011 「スプレーギク生産における EOD 反応の活用」. 施設と園芸 155 号
- 13) 農林水産省農業新技术 2013 「日没後（EOD）の加温や光照射による花きの省エネルギー生産技術
- 14) 山形県砂丘地農業試験場（現庄内総合支庁産地研究室）試験成績 1996
- 15) 農業技術体系 花卉編 10 「シクラメン球根類」

【参考資料】

- 1) 施設園芸ハンドブック 第五訂
- 2) 省エネ型の施設園芸を目指して
(施設園芸省エネルギー生産管理マニュアル化【改定版】) 農林水産省生産局
- 3) 施設園芸省エネルギー対策の技術研修及び検討会資料(千葉県農林水産部 農業改良課 平成 18 年)
- 4) ハウスカオンキ～省エネ編～ (ネボン株式会社)
- 5) 二重三重ハウス 佐藤産業株式会社
- 6) 木質バイオマスボイラー導入マニュアル (平成 25 年 10 月 山形県最上総合支庁)

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

1 温室・ハウス内の目張りをする。

- 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ことから気密度を高めるようにする。

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。

3 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、板等)を設置する。
- 防風垣3m高で、防風垣から約50mの防風効果がある。

4 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。

5 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カ月で約60%に低下するが、9カ月後の両面清掃で約80%に向上する。

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、室内気温を高くする。
- 窓閉めは、晴天の日で日没1時間半位前とする。
- 曇天の窓閉めは、1.5時間から3時間前とする。

●暖房機の点検と管理

1 暖房機の保守管理を行う。

- 6カ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施工業者によるチェックを行う。
- 暖房機の異常を早期に発見する目的で、煙突温度を定期的に測定する。
- 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。
- 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。

4 温室面積と暖房機の大きさとの関係を考慮して運転する。

- 温風暖房機による集中管理方式は、温室面積に合った暖房機の大きさの時に暖房機の熱効率が最高となる。
- 暖房機の大きさが、必要量よりもはるかに大きな場合があるが、燃料のロスが起こるので、バーナーノズルを小さくする、ボイラー原温の設定を低くする、タイマーを利用して日中はボイラーをストップするなどの方法を取るのが有効である。

5 温風暖房機の有効利用を工夫する。

- 煙突の横引きによる煙突廃熱を有効利用する方法がある。
- 煙突の途中に設置する廃熱回収装置を利用する方法がある。

●温室・ハウスの適正な温度管理

1 正確な温度管理を行う。

- できるだけ作物の正しい生育適温を保つよう、管理する。
- 特に暖房温度が高い場合、1°Cの温度差から10数%の燃料消費量の差がある。
- 良質なサーモスタットを使用し、点検を毎日行う。
- 正しく設置した温度計により、室内温度を監視する。

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。
- 室内の各所の温度を測定し、ダクトの位置や風量のバランスを調整し、温度ムラを極力小さくする。

3 夜間の変温管理を行う。

- 夜間前半の時間帯は、夜温を夜間一定に管理するよりも、高めに管理する。
- 夜間後半の時間帯は、夜温を低めに抑えて呼吸による消耗を防ぐ。

4 複合環境制御装置を導入する。

- 作物の光合成が最も効率的に行われるよう、複合環境制御装置を導入する。
- 日射量を中心に室内の温度、湿度、炭酸ガス濃度などを調節し、1日の積算日射量に応じて暖房温度を調節する。

原油価格高騰対策として利用できる制度資金の概要

(1) 原油価格高騰による資金繰り悪化を改善するための制度資金

【農林漁業セーフティネット資金】

自然災害や社会的・経済的環境変化等により、農林漁業経営の維持安定が困難な農林漁業者^{※1}に対し、一時的影響に緊急に対応するために必要な長期資金を日本政策金融公庫が融資する資金。

〈融資の対象となる方〉

次のいずれかの経営状況にある「認定農業者^{※2}」、「認定新規就農者^{※3}」、農業所得が総所得の過半を占める、または農業粗収益が200万円以上の個人、農業売上高が総売上高の過半を占める、または農業売上高が1,000万円以上の法人

- ①最近の決算期における粗収益が前期に比して10%以上減少している
- ②最近3か月の粗収益が前年同期を下回り、かつ、今後も粗収益の減少が見込まれる
- ③最近の決算期における所得率（農業所得を粗収益で除したもの）が前期に比し悪化している
- ④売掛金等債権の回収条件、買掛金等債務の支払条件その他の取引条件の悪化が生じている
- ⑤金融機関との取引状況の変化により資金調達に支障を来している。

〈融資限度額〉 一般：600万円、特認：年間経営費等の3/12以内（簿記記帳を行っており特に必要と認められる場合）

〈償還期間〉 10年以内（うち据置期間3年以内）

〈貸付利率〉 借入期間に応じて、0.35～0.45%（平成26年11月20日現在）

【農業経営改善促進資金（スーパーS資金）】

認定農業者^{※2}に対して、農業経営改善計画に即して規模拡大その他の経営改善を図るのに必要な低利運転資金を、農協系統等の民間金融機関を活用し、借りやすく返しやすい方式で融通するもの

〈融資方式〉 極度借入方式（当座貸越又は手形貸付により極度額の範囲内で随時借入、随時返済）又は証書貸付（極度額等は原則として毎年見直し）

〈利用期間〉 原則として農業経営改善計画等の計画期間内

〈極度額等の上限〉 認定農業者：個人500万円*、法人2千万円*
*施設園芸を営む経営は、それぞれ4倍の額

※1 以降は、施設園芸を営む農業者を想定して記述している。

※2 認定農業者：農業経営基盤強化促進法に規定する農業経営改善計画を作成して市町村長の認定を受けた方。

※3 認定新規就農者：農業経営基盤強化促進法に規定する青年等就農計画を作成して市町村長の認定を受けた方。

(2) 各種制度資金の概要

農政企画課農業経営・担い手支援室

区分	農地		施設・農機具				新規就農				対象者	貸付限度額等	貸付利率 (125.11.20現在)	返済期間 (借入期間)	融資機関		
	取得	農地改良・基礎整備	農舎・畜舎等生産施設	流通・加工施設	観光農業施設	農機具購入	購入・育成	研究資金	生活環境の改善	運搬資金						排水施設	成農準備金
資金種類	1 建物構築物資金																
	2 農機具等資金																
	3 果樹等耐震育成資金																
	4 家畜購入資金																
	5 家畜育成資金																
	6 小土地改良資金(事業費1,800万円以内)																
	7 農村環境整備資金																
	8 農村排水施設資金																
	特定農家住宅資金 内水回養殖施設資金																
9 長押運搬資金																	
青年等就農資金 (新規就農を支援する資金)																	
農業経営基盤強化資金(スローバーS資金) (負債整理の場合に制度資金以外が対象)																	
農日本政策 資金 農公庫資金	1 前向き投資																
		2 再建整備資金の対象となる 負債の借換え															
		3 償還円滑化資金の対象となる 負債の借換え															
	2 新たな農業部門の経営の開始 3 新たな加工事業の経営の開始 3 農産物・加工品の新たな生産 方式の導入 4 農産物・加工品の新たな販 売方式の導入																
セーフティネット資金 (農林業経営者の安定のための資金)																	
農業経営改善促進資金(スローバーS資金) (農業経営改善のための短期運転資金)																	
農業経営有担借返済支援資金 (農業経営改善のための既借債務の借換え資金)																	
就農支援資金(※)就農施設等資金 (新規就農を 支援する資金) (購入・施設設置費に限定)																	

※1 市町村の農業経営基盤強化促進基本構想策定後、市町村から青年等就農計画の認定を受けた個人・法人、法人、
 ※2 人・農地プランに地域を中心とする経営体として位置付けられることが確認された市町村の証明を受けた者を含む。
 ※3 平成26年4月以降は、市町村の農業経営基盤強化促進基本構想が規定されるまでの間に申請を行い、県から就農計画の認定を受けた者(認定就農者)に対する貸付け。
 ※4 この表は原則的な事例を掲載したものです。資金使途、資金使途、資金使途により条件が異なりますので、詳細は取扱農業者等へお問い合わせください。
 ※5 ○の表示は原則的な事例を掲載したものです。資金使途、資金使途、資金使途により条件が異なりますので、詳細は取扱農業者等へお問い合わせください。
 ○認定新規就農者及び認定農業者の認定は市町村で行っています。(市町村の農業経営基盤強化促進基本構想が策定されるまでの間の「認定就農者」としての認定は、総合支庁農業課で行っております。)

省エネルギー技術に関する問い合わせ先

山形県 農林水産部 農業技術環境課

〒990-8570 山形市松波 2-8-1

TEL 023-630-3302

山形県 村山総合支庁産業経済部 農業技術普及課

〒990-2492 山形市鉄砲町 2-19-68

TEL 023-621-8276

山形県 村山総合支庁産業経済部 西村山農業技術普及課

〒991-8501 寒河江市大字西根石川西 355

TEL 0237-86-8214

山形県 村山総合支庁産業経済部 北村山農業技術普及課

〒995-0024 村山市楯岡笛田 4-5-1

TEL 0237-47-8627

山形県 最上総合支庁産業経済部 農業技術普及課

〒996-0002 新庄市金沢字大道上 2034

TEL 0233-22-1326

山形県 置賜総合支庁産業経済部 農業技術普及課

〒999-2174 東置賜郡高島町大字福沢字鎌塚台 160

TEL 0238-57-3411

山形県 置賜総合支庁産業経済部 西置賜農業技術普及課

〒993-8501 長井市高野町 2-3-1

TEL 0238-88-8212

山形県 庄内総合支庁産業経済部 農業技術普及課

〒999-7601 東田川郡藤島町大字藤島字山ノ前 51

TEL 0235-64-2103

山形県 庄内総合支庁産業経済部 酒田農業技術普及課

〒998-0857 酒田市若浜町 1-40

TEL 0234-22-6521