

施設園芸における省エネ対策

愛知県農業総合試験場
普及戦略部

林 元樹

目次

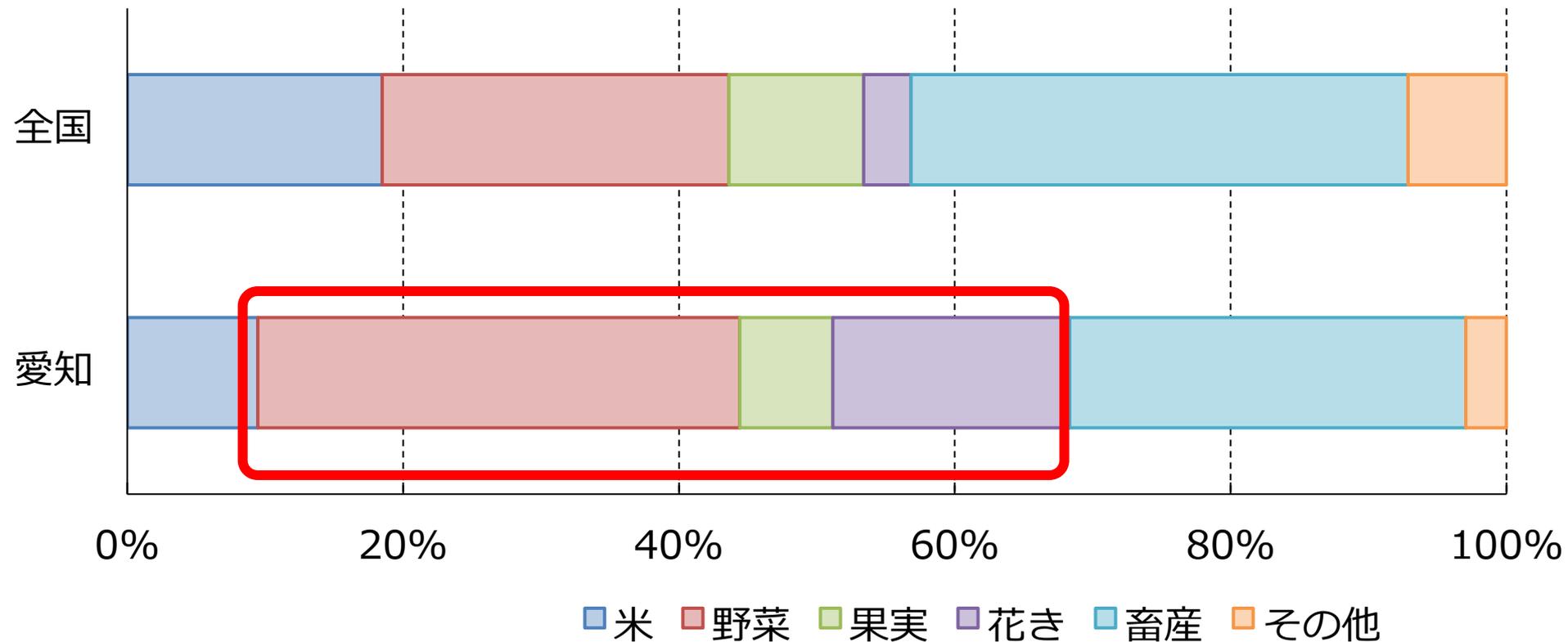
- 愛知県の農業生産について
- 「省エネ対策(燃油対策)」について
- 現状と今後の対応について

愛知県の農業生産について

農業産出額の推移

順位	2020年(億円)		2019年	2018年	2017年	2016年	2015年	2010年	2005年
1	北海道	12,667	北海道						
2	鹿児島	4,772	鹿児島	鹿児島	鹿児島	茨城	茨城	茨城	鹿児島
3	茨城	4,417	茨城	茨城	茨城	鹿児島	鹿児島	千葉	茨城
4	千葉	3,853	千葉	千葉	千葉	千葉	千葉	鹿児島	千葉
5	熊本	3,407	宮崎	宮崎	宮崎	宮崎	宮崎	熊本	愛知
6	宮崎	3,348	熊本	熊本	熊本	熊本	熊本	愛知	宮崎
7	青森	3,262	青森	青森	愛知	青森	青森	宮崎	熊本
8	愛知	2,893	愛知	愛知	青森	愛知	愛知	青森	新潟
9	栃木	2,875	栃木	栃木	栃木	栃木	栃木	新潟	青森
10	岩手	2,741	岩手	岩手	岩手	群馬	群馬	栃木	栃木

農業産出額に占める主要作目の割合(2020年)



農林水産省「生産農業所得統計」

園芸作物の割合が高い。
花きの産出額は全国一位。

愛知県の主な作物の生産量について

作物名	生産量	全国順位	作物名	生産量	全国順位
キャベツ	201,600t	1位	切り花	599,400千本	1位
			(きく・カーネーション)	446,700千本	1位
ブロッコリー	14,600t	3位	(ばら・りんどう)	32,200千本	1位
			鉢もの類	48,800千鉢	1位
トマト	65,200t	2位	(シクラメン)	1,690千鉢	2位
			(洋ラン類)	2,970千鉢	1位
しそ	3,870t	1位	(観葉植物)	21,500千鉢	1位
食用ぎく	368t	1位	(花木類)	7,610千鉢	1位

農林水産省「令和3年度作物統計」及び「令和2年産地域特産野菜生産状況調査」

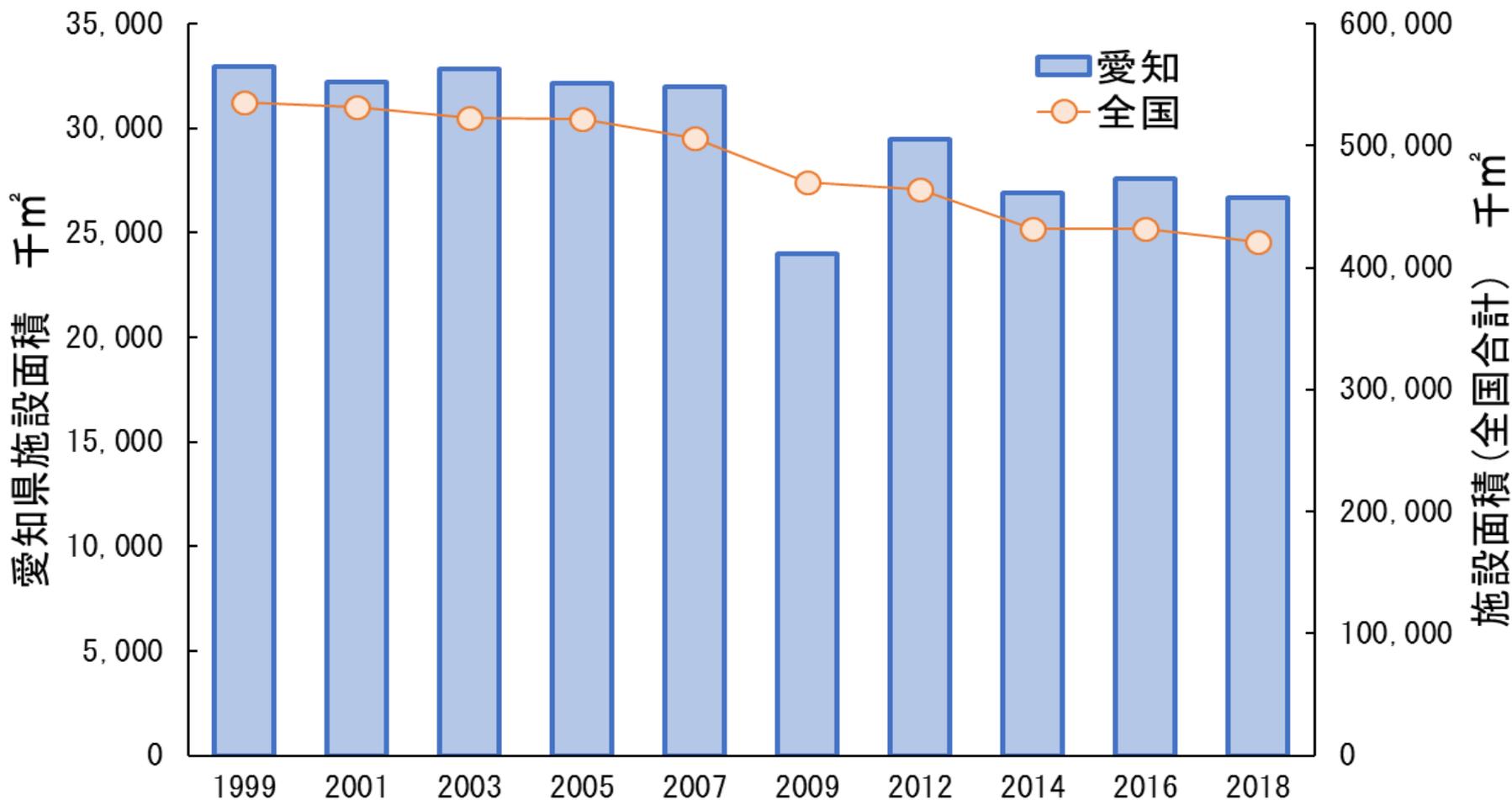
施設栽培の状況

施設栽培面積の推移

2018年(千㎡)		2016年	2014年	2012年
熊本	40,596	熊本	熊本	熊本
北海道	33,080	茨城	北海道	茨城
茨城	31,711	北海道	愛知	愛知
愛知	26,656	愛知	茨城	北海道
福岡	20,123	福岡	福岡	栃木

農林水産省「園芸用施設の統計」

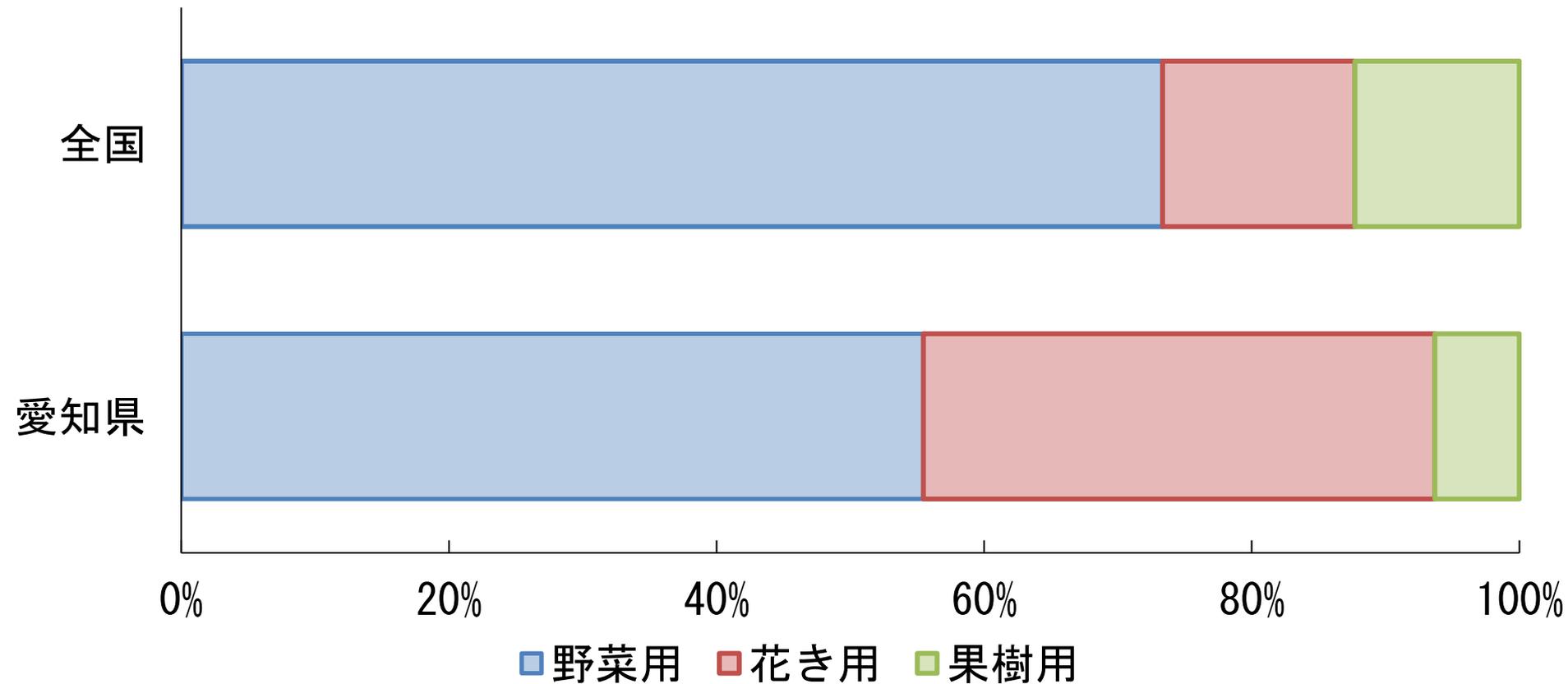
施設栽培面積の推移



農林水産省「園芸用施設の統計」

全国と同様に漸減傾向。

施設栽培面積での各作目割合(2018年)



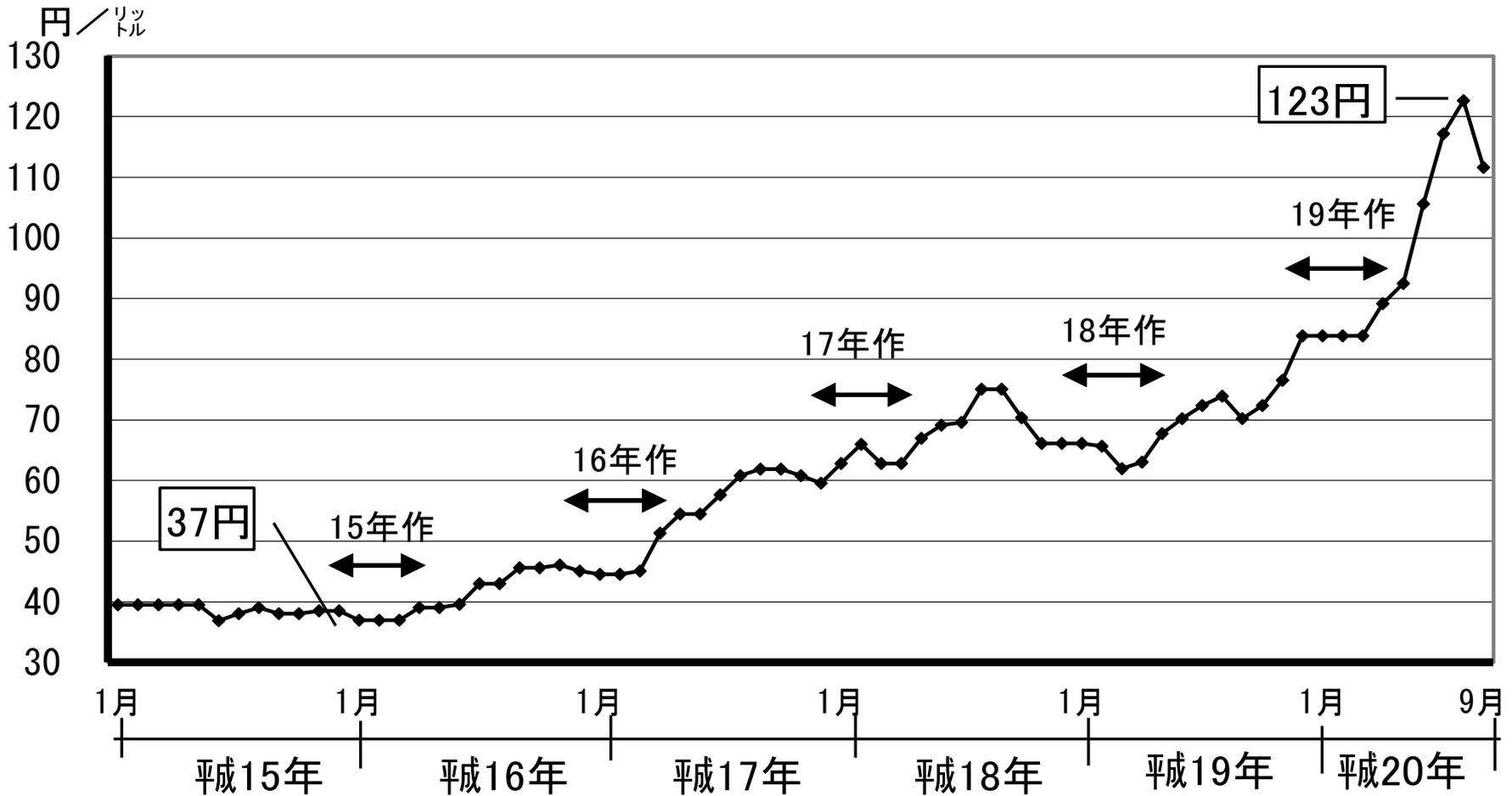
農林水産省「園芸用施設の統計」

花きの占める割合が高い。

「省エネ対策(燃油対策)」について

愛知県「平成20年度石油価格等高騰対策技術指針」による

A 重油価格の推移(平成20年(2008年)以前)



JAあいち経済連調べ

- ・平成20(2008)年をピークにA重油価格が高騰。
- ・平成15(2003)年を基準に農業経営に与える影響を試算。

主要園芸作目の経営試算に用いた基準

(平成14～16年を参考)

	燃料使用量 kl/10a	重油価格37円/l H16.1時点での試算							
		販売額 (千円/10a)	収量 (kg、本/10a)	販売単価 (円/kg,本)	経営費 (千円/10a)	燃料費 (千円/10a)	経費に占める 燃料費割合 %	農業所得 (千円/10a)	所得率 %
トマト	10	5,586	19,600	285	3,604	370	10.3	1,982	35.5
ナス	10	3,780	14,000	270	2,713	370	13.6	1,068	28.2
キュウリ	8	6,210	23,000	270	3,609	296	8.2	2,601	41.9
イチゴ	5	4,365	4,500	970	2,978	185	6.2	1,387	31.8
バラ	25	7,770	105,000	74	5,459	925	16.9	2,311	29.7
コショウラン	25	11,050	13,000	850	8,380	925	11.0	2,670	24.2
観葉(ポトス)	25	8,700	30,000	290	5,715	925	16.2	2,985	34.3
シクラメン	11	4,800	12,000	400	3,994	407	10.2	806	16.8
カーネーション	11	5,175	115,000	45	4,625	407	8.8	550	10.6
キク	10	6,840	120,000	57	4,954	370	7.5	1,886	27.6
ハウスミカン超早期	25	5,625	4,500	1,250	3,880	925	23.8	1,745	31.0
ハウスミカン早期	23	3,750	5,000	750	2,940	851	28.9	810	21.6
ハウスミカン後期	21	3,672	5,400	680	2,902	777	26.8	770	21.0
ハウスイチジク	15	3,450	3,000	1,150	2,095	555	26.5	1,355	39.3

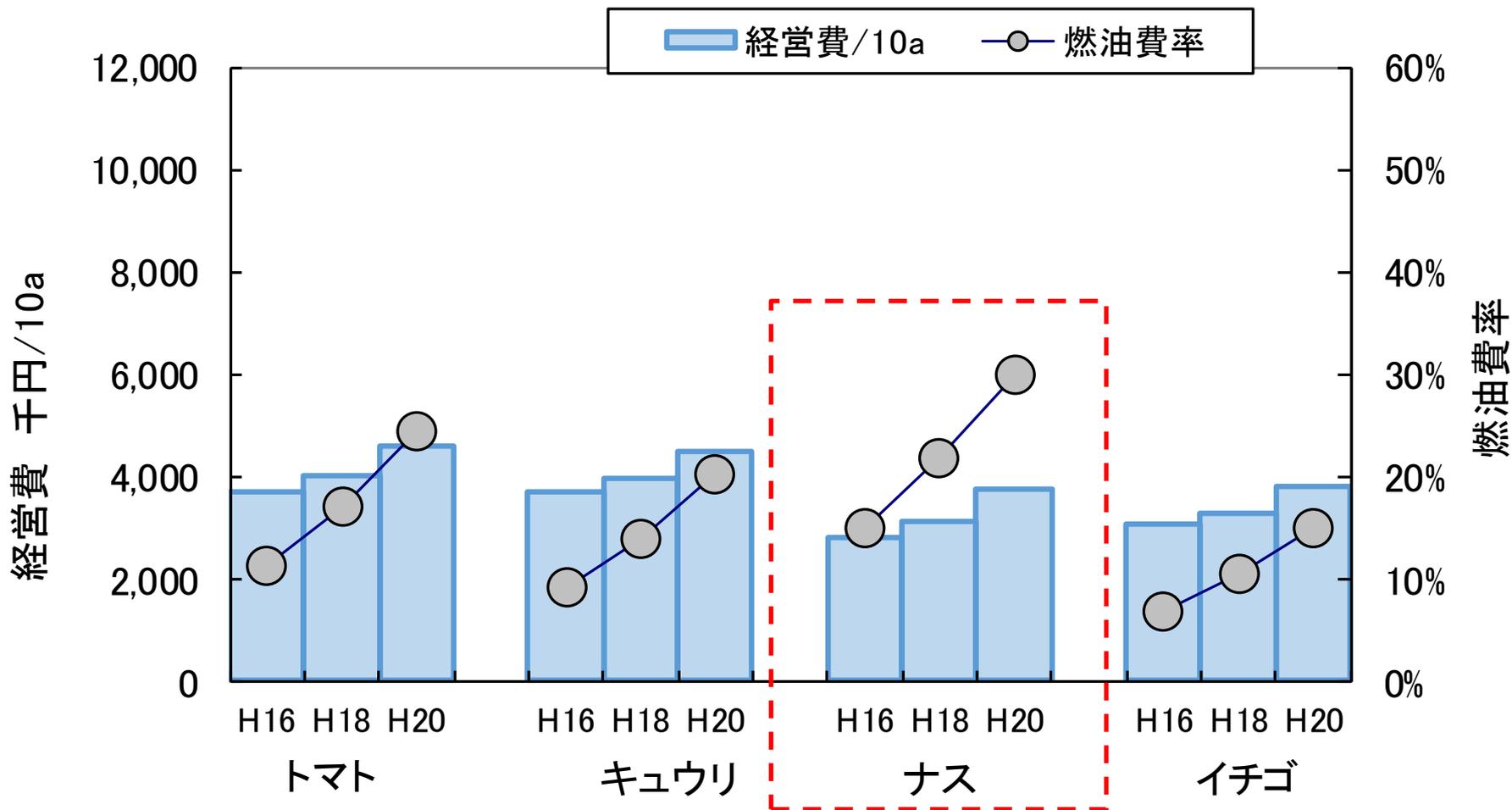
重油単価は以下のとおり想定

平成16年 41円/l

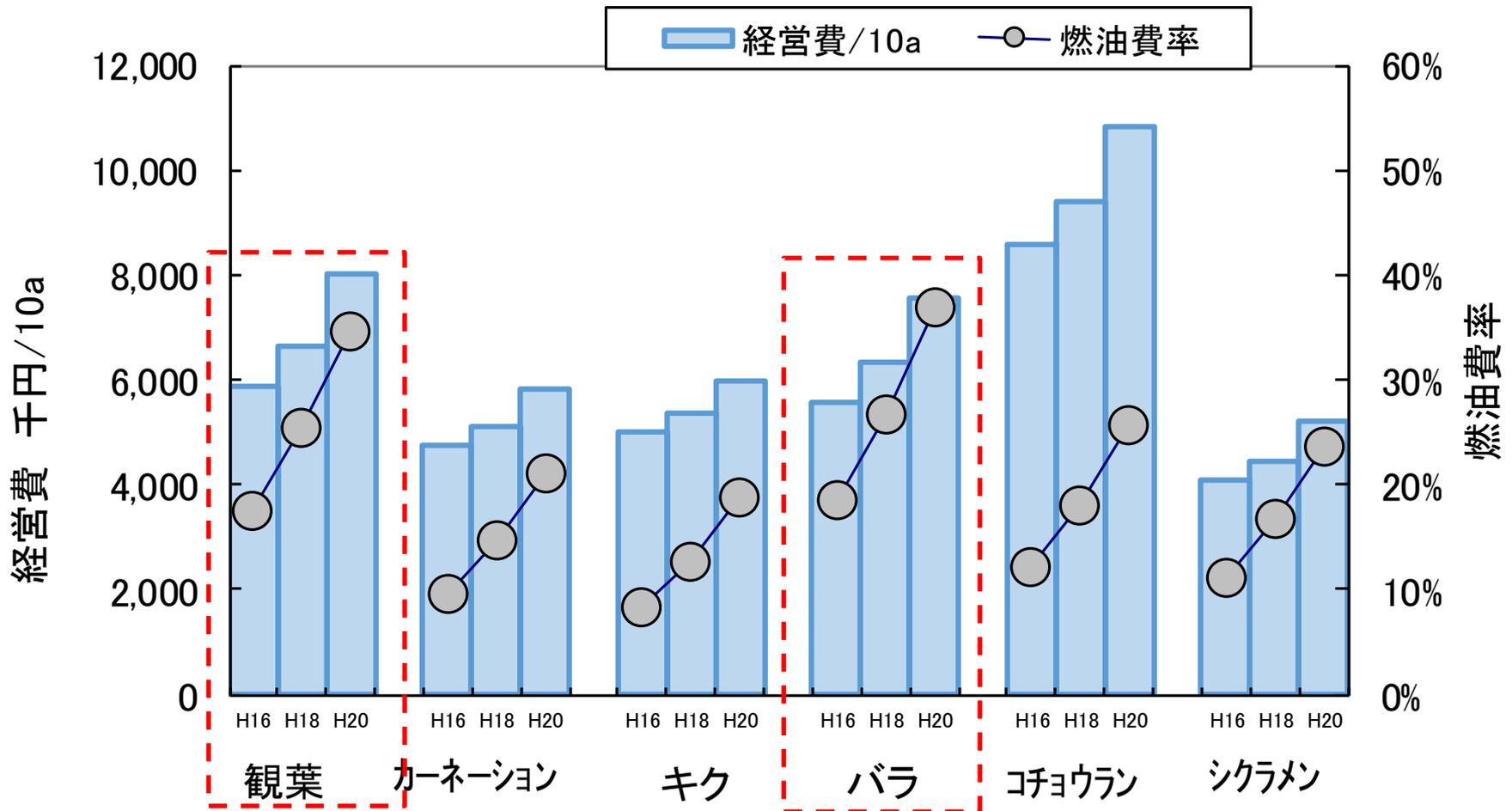
平成18年 68円/l

平成20年 112円/l

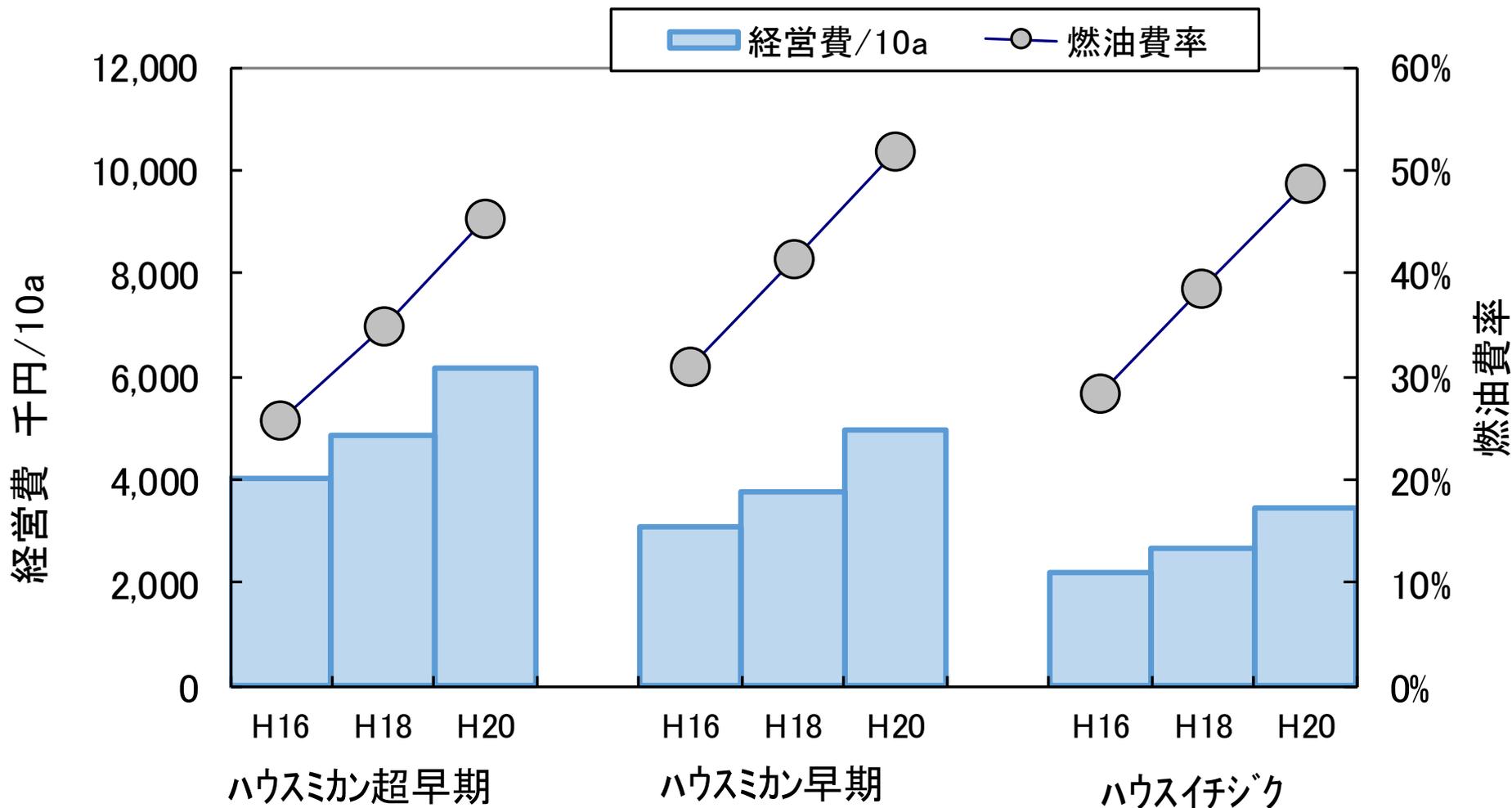
野菜作目の年次別経営費の推移(試算値)



花き作目の年次別経営費の推移(試算値)



果樹作目の年次別経営費の推移(試算値)



まとめ(試算結果)

平成16年度と平成20年度の試算値を比較した結果

・野菜

トマト、キュウリで経営費が約1.2倍。

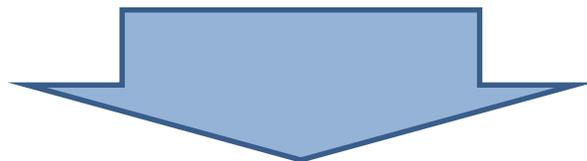
ナスは経営費に占める燃油率が30%に上昇。

・花き

観葉、バラで経営費が約1.6倍。

・果樹

経営費に占める燃油率が50%に上昇。



重油使用量の多い作物で大きい影響

農業所得と省エネ対策

$$\begin{aligned}
 \text{所得} &= \text{粗収益} - \text{経営費} \\
 &= \text{収量} \times \text{単価} - (\text{暖房用燃料費} + \text{その他経費}) \\
 &= \text{①} \times \text{②} - (\text{重油単価} \times \text{使用量} + \text{その他経費}) \\
 &\quad \text{多くする} \qquad \qquad \qquad \text{少なくする}
 \end{aligned}$$

①を多くする

要素	対応策	注意点
収量	基本栽培技術・管理の徹底 施設の効率利用	収量、品質を落とさない範囲で節油対策実施
単価	高品質生産による高価格帯歩留まりの向上 品種の変更	産地の作付、作柄状況等や仕向市場の動向

②を少なくする

要素	対応策	注意点
重油単価	仕入方法の改善	
重油使用量	高効率暖房機導入、保温・目張りの徹底 変温管理、低温適応性品種の導入 作型の変更 無加温栽培の導入、作目の転換、休止	収量、品質の確保や向上 省エネ施設装置の確実な管理と運転 代替品目を導入
その他経費	生育診断、L型肥料等の活用による効率的生産	省エネ施設装置導入による運転経費、固定費増加に注意

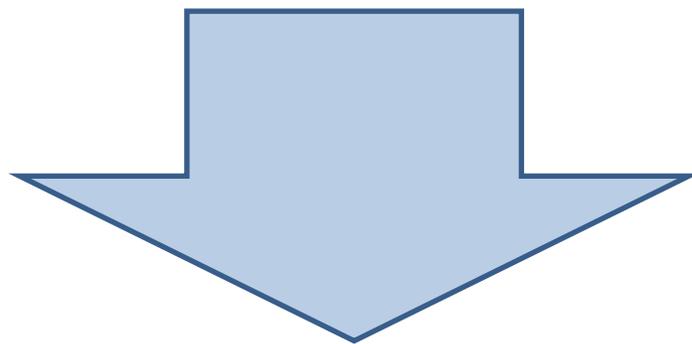
技術対策概要

対策	内 容
重油の節減	<ul style="list-style-type: none"> ・暖房機の清掃、点検を行い暖房効率を高める。 ・暖房開始の準備を早めに行う。 ・断熱効果の高い内張フィルム等を用い多層被覆を行う。 ・施設の天窗、側窓、出入り口のビニルの破れや隙間を防ぎ、気密性の向上を図る。 ・施設の北側や西側は、冷えやすいので保温対策を行う。 ・電力など代替エネルギーを活用して加温する。 ・暖房効率の低い施設の加温休止
収量の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・適正な施肥・適正な灌水により草勢・樹勢維持を図る。
経営費の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・資材等を共同購入し、低コスト化を図る。
収量の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・ほ場観察や発生予察情報に基づき適期防除を行う。
品質の向上	<ul style="list-style-type: none"> ・厳寒期の光線量を確保するため、ビニルやガラスを洗浄する。
経営費の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・ビニル等資材は、利用年限を延長してコスト削減を図る。 ・土壌分析による適正施肥を行い、肥料費の削減を図る。 ・ほ場観察や発生予察情報に基づき適期防除を行い、農薬費の削減を図る。
経営費の削減	<ul style="list-style-type: none"> ・適切な防除による農薬費の削減を図る。 ・施設、機械・装備の保守管理の徹底により修繕費等のコスト削減を図る。

具体的対応策について

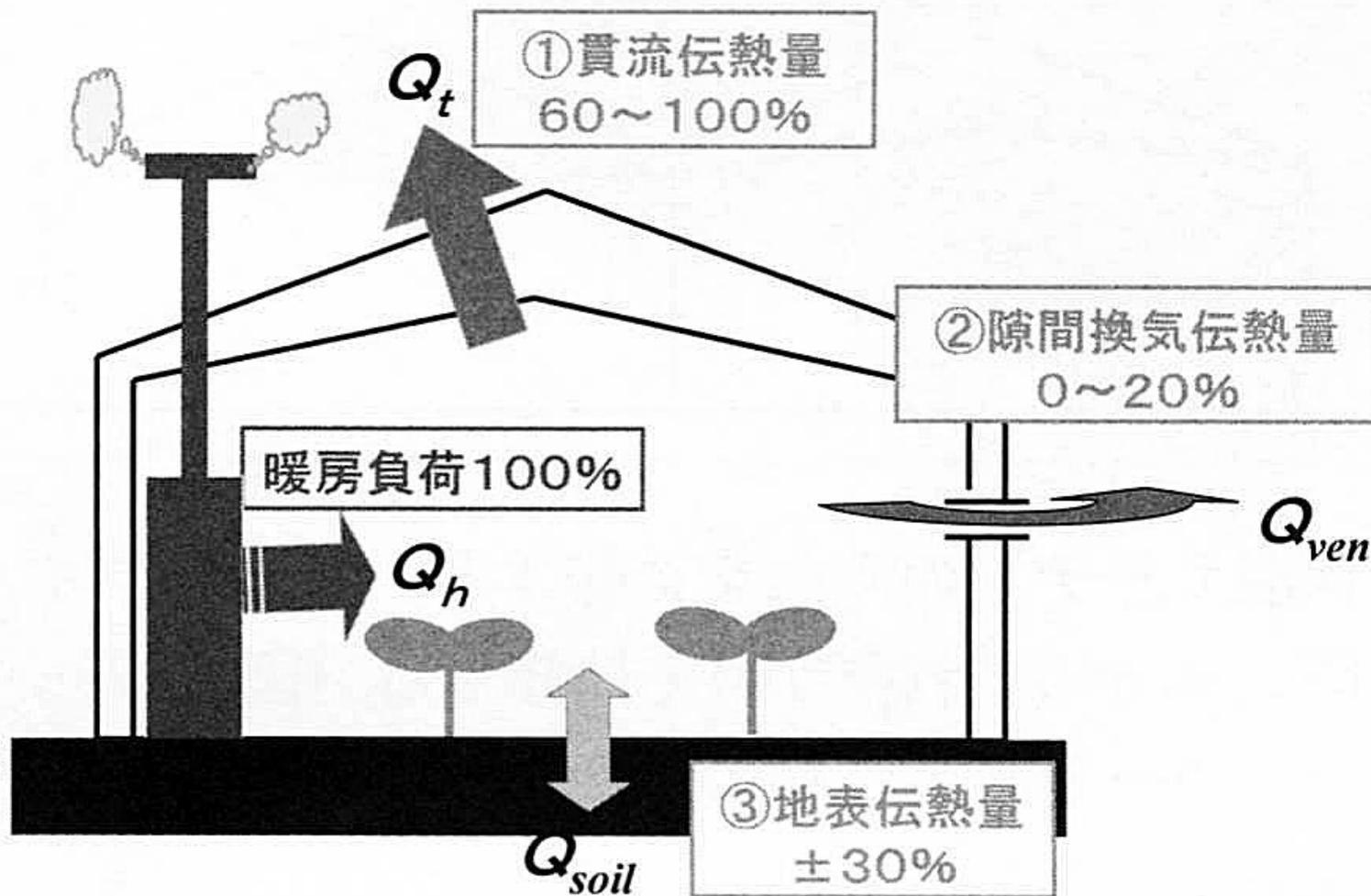
施設園芸の省エネルギー対策について

- ① 暖房システムに関する技術(燃料使用量の抑制)
- ② ハウスの保温性の向上(暖房負荷の軽減)
- ③ 効率的温度管理技術(投入エネルギーの効率利用)



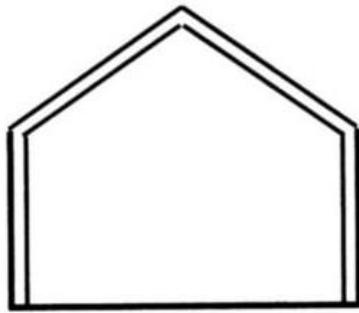
各種技術の組み合わせにより対応

暖房温室での放熱の形態

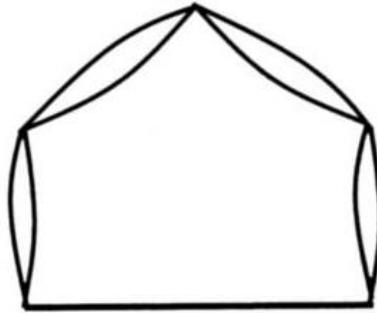


JA全農「施設園芸 省エネルギー対策の手引き 2008」

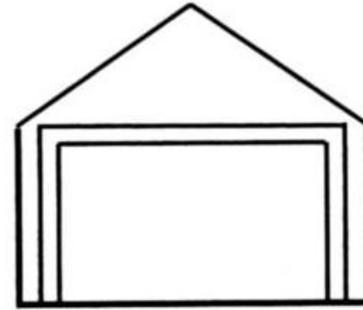
ハウスの多重、多層被覆の形態



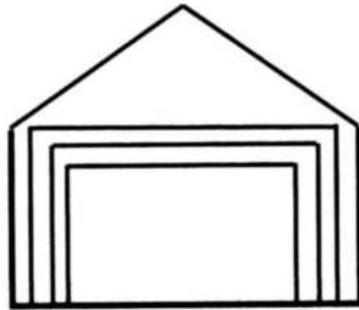
固定2重



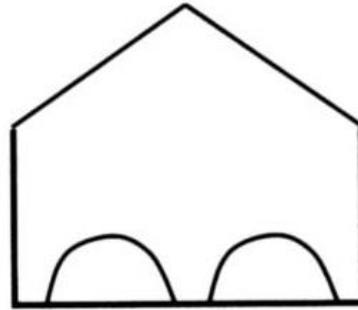
空気膜2重



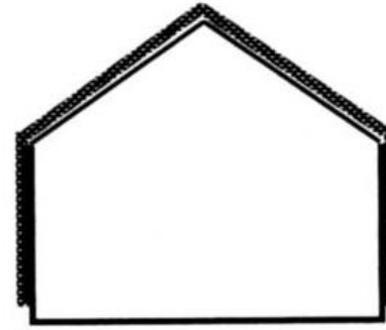
2層カーテン



3層カーテン



室内トンネル

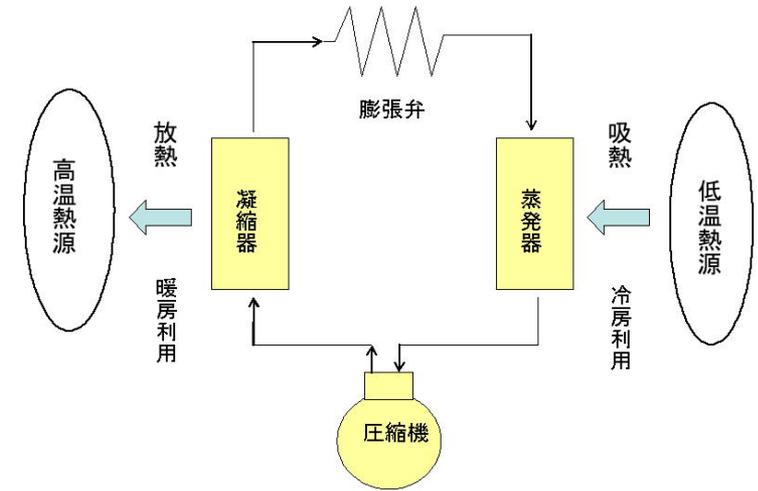


外面被覆（こもがけなど）

JA全農「施設園芸 省エネルギー対策の手引き 2008」

これ以外、採光率の向上、外張り被覆資材の点検補修、送風機等による施設内温度ムラの解消等がある。

高効率エネルギー利用(ヒートポンプ)について



模式図

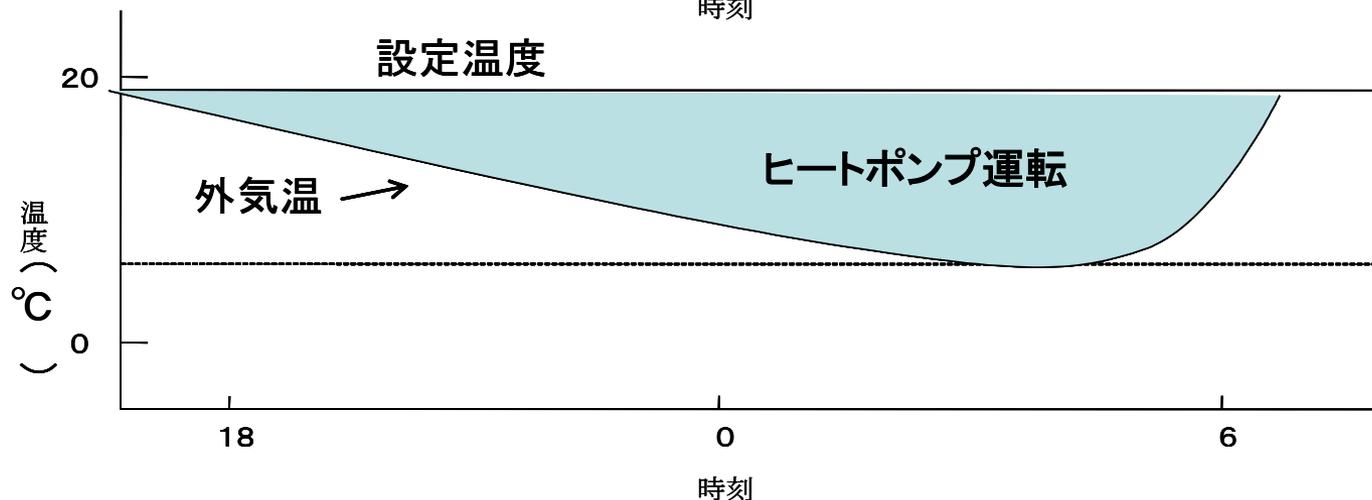
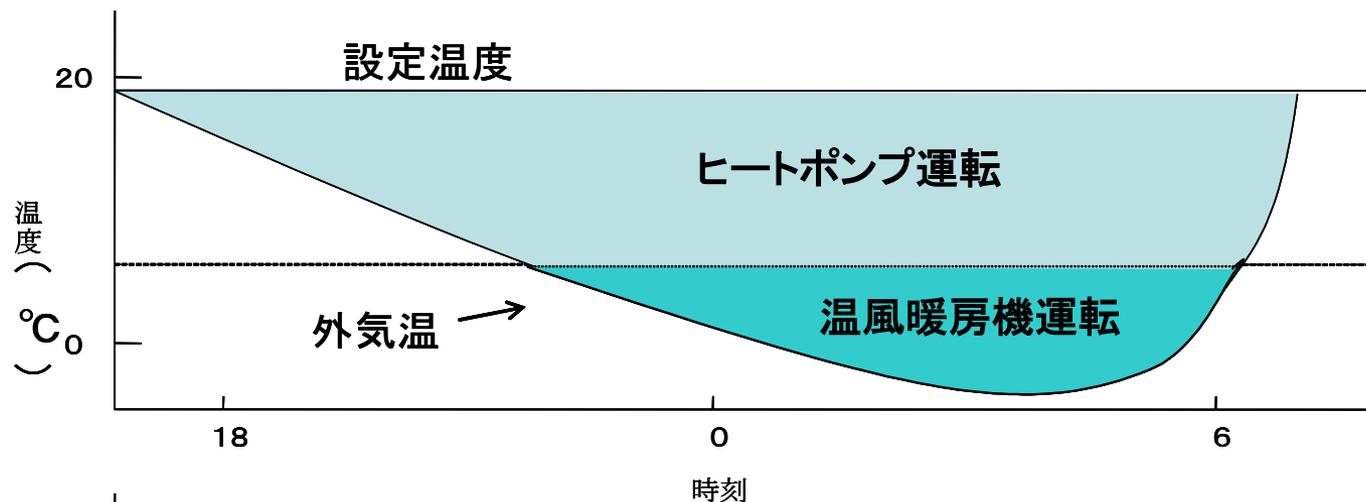
電気等のエネルギーで圧縮機を動かし、外気等の低温熱エネルギーを高温熱エネルギーに変換させることで加温する。



少ない投入エネルギーで効率的に熱エネルギー利用が可能。

ハイブリッド方式のイメージ図

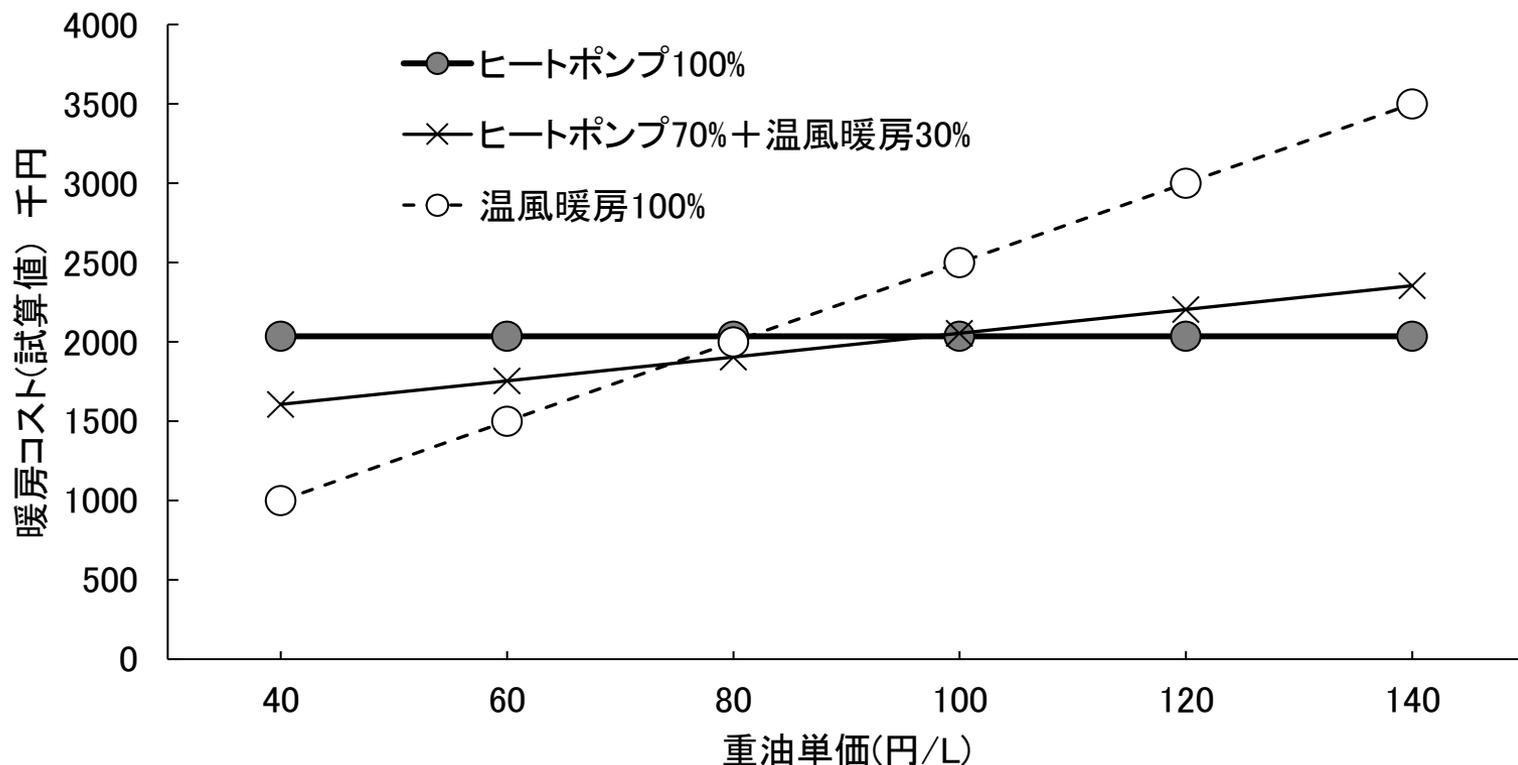
- ヒートポンプを優先運転。
- ヒートポンプのみでは室温維持が困難となる低温時に燃油暖房機と併用運転する。



(上：低外気温時、下：高外気温時)

(林、2008に加筆)

暖房方式の違いによるコスト比較(バラ試算)



注:①重油暖房のみの重油使用量:25kl/10a、②ヒートポンプ・重油暖房機併用のエネルギー比率=70:30、③ヒートポンプ導入費:1,000千円/8ps・台、償却年数6年・100%、④ヒートポンプ100%負荷は5台、70%負荷は3台、⑤COPはヒートポンプのみ2.5、併用3.0と仮定、⑥電気料金は11円/kWh、基本料金20,748円/月。重油暖房機の熱効率85%。

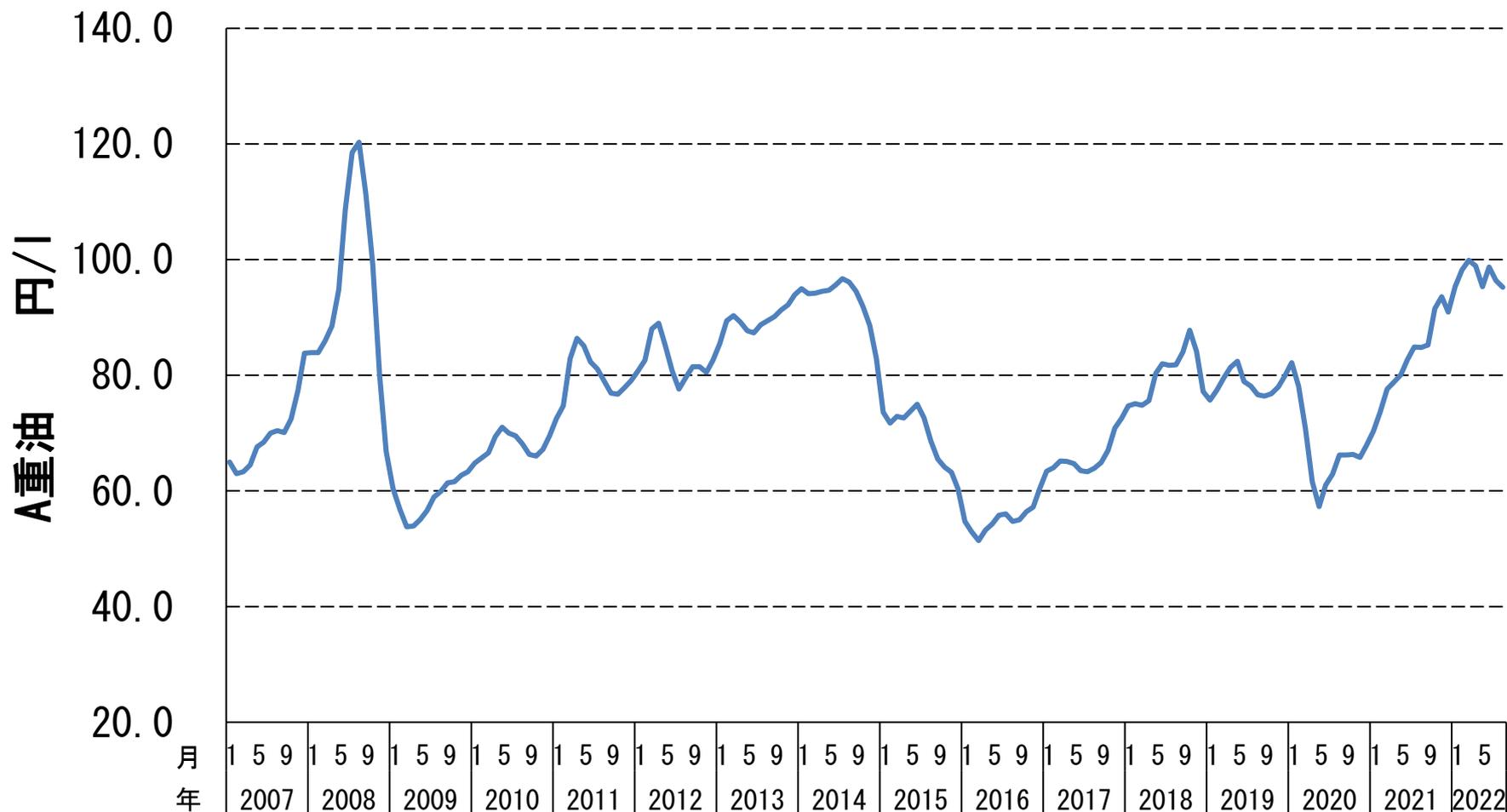
重油単価 約75円でヒートポンプ導入のメリット
約95円でヒートポンプ単用でも有利性有り

省エネ対策取り組み事例

品目	取り組み技術	効果
トマト	一軸二層カーテン、循環扇8台、複合環境制御盤の導入	重油使用量12%削減
キュウリ	低温伸長性品種、循環扇	重油使用量15%削減
バラ	ヒートポンプ、循環扇の設置内部被覆用等のタイマー制御	重油使用量50%削減
バラ	ヒートポンプ暖房	重油使用量73%削減
ミカン	サイドと妻面部に、三重被覆・中空二重構造保温被覆材を導入	重油使用量28%削減

現状と今後について

A重油価格の推移（2007年以降）



一社) 日本エネルギー経済研究所石油情報センター

2008年をピークに80円/l前後で推移

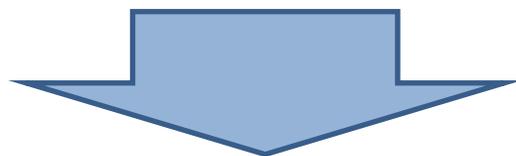
ヒートポンプの普及状況

作目	普及面積 (a)	主な作物
野菜	11,651	トマト、ナス、イチゴ、オオバ等
花き	11,124	バラ、輪ギク、スプレーギク、観葉植物等
果樹	2,241	ミカン、イチジク、カキ

令和3年度農業改良普及課調べ

ヒートポンプによる夜冷の実施事例

作物	設定温度
オオバ	23°C
トマト	20°C前後
バラ	20°C前後
スプレーギク	20°C前後

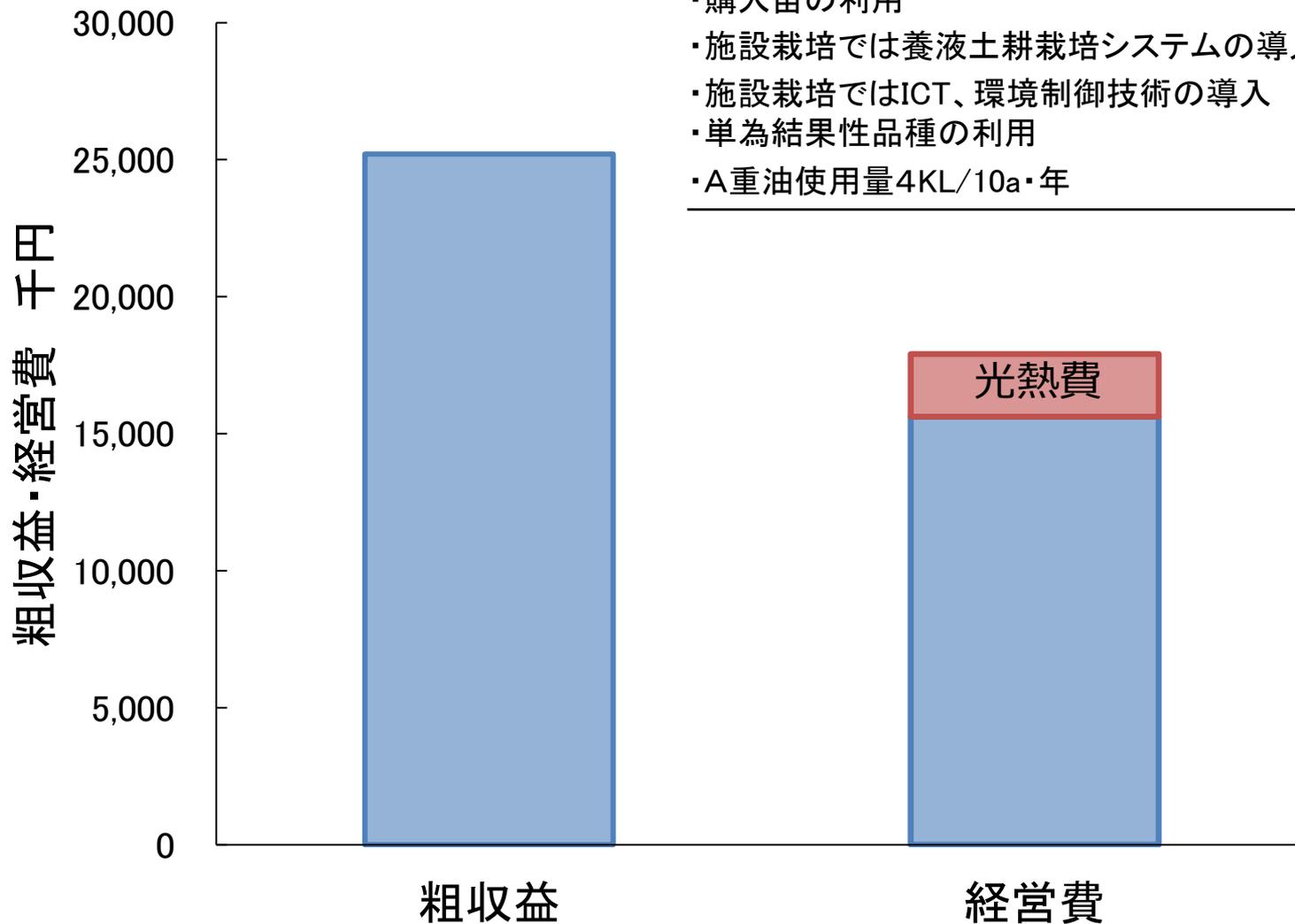


収量、品質向上に向け生産現場へ普及。

ナス農家経営モデル

生産方式等モデルの前提

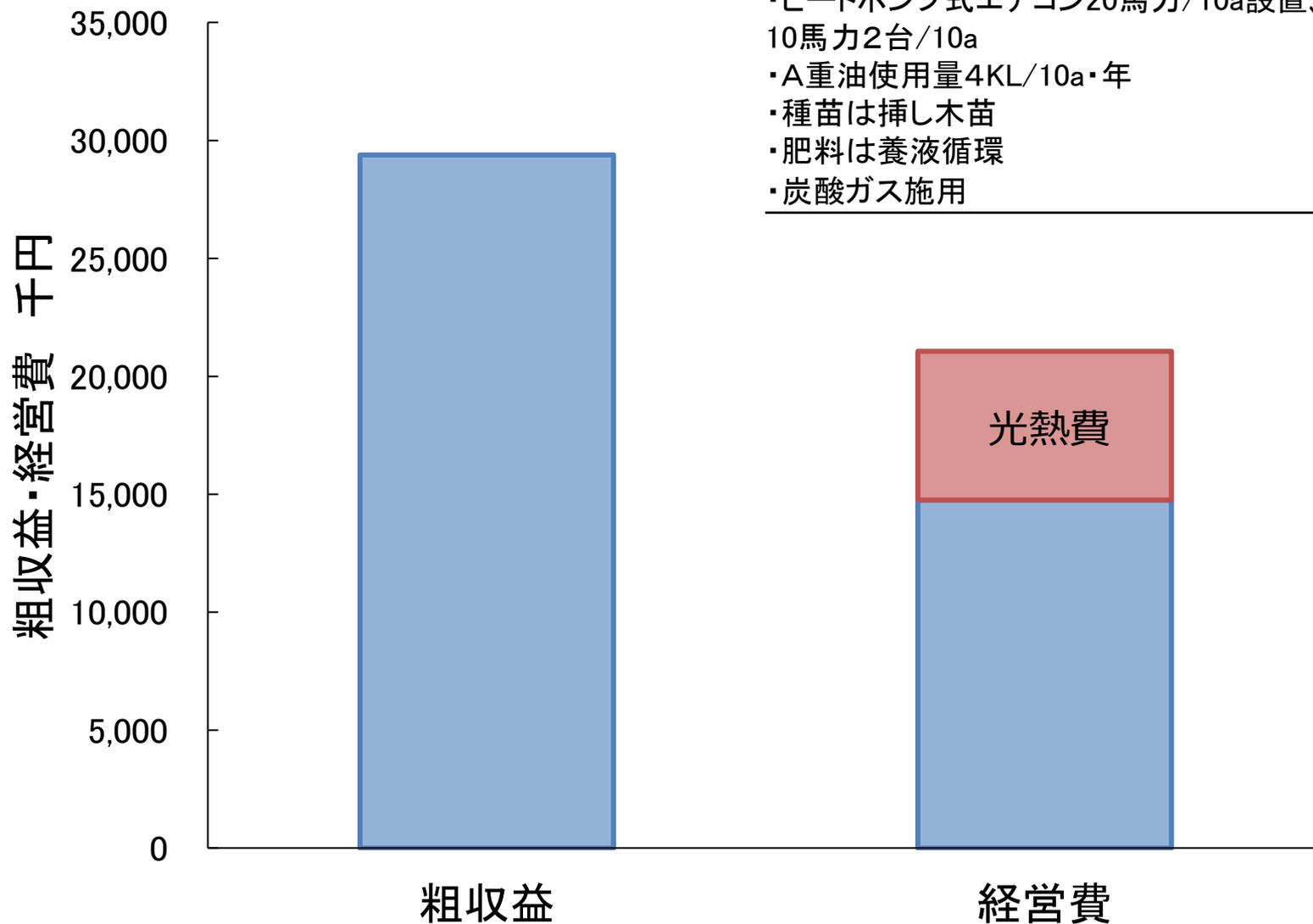
- ・施設栽培(35a)と露地栽培(15a)を組み合わせた周年出荷体系
- ・購入苗の利用
- ・施設栽培では養液土耕栽培システムの導入
- ・施設栽培ではICT、環境制御技術の導入
- ・単為結果性品種の利用
- ・A重油使用量4KL/10a・年



バラ農家経営モデル

生産方式等モデルの前提

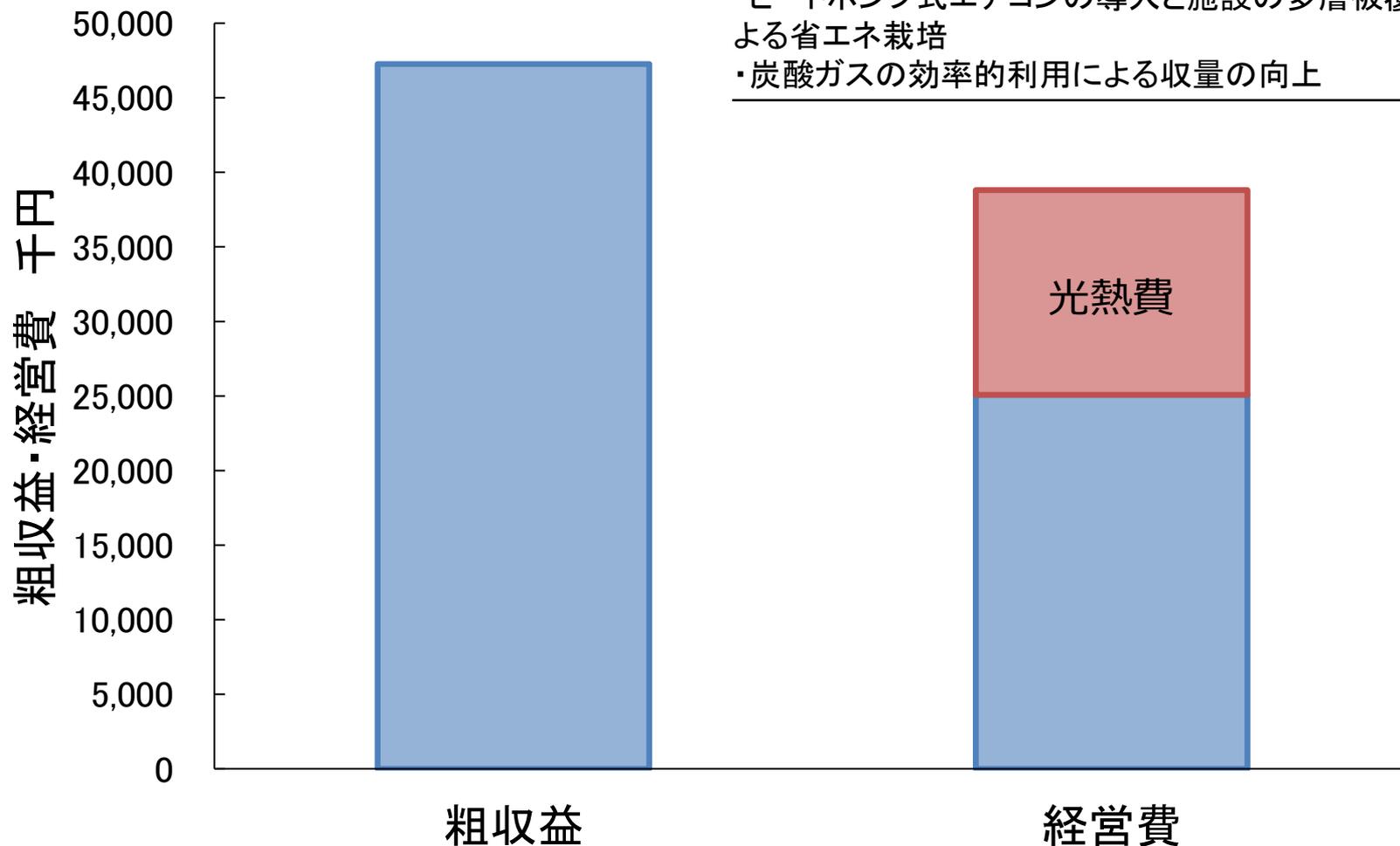
- ・経営規模35a
- ・ヒートポンプ式エアコン20馬力/10a設置、10馬力2台/10a
- ・A重油使用量4KL/10a・年
- ・種苗は挿し木苗
- ・肥料は養液循環
- ・炭酸ガス施用



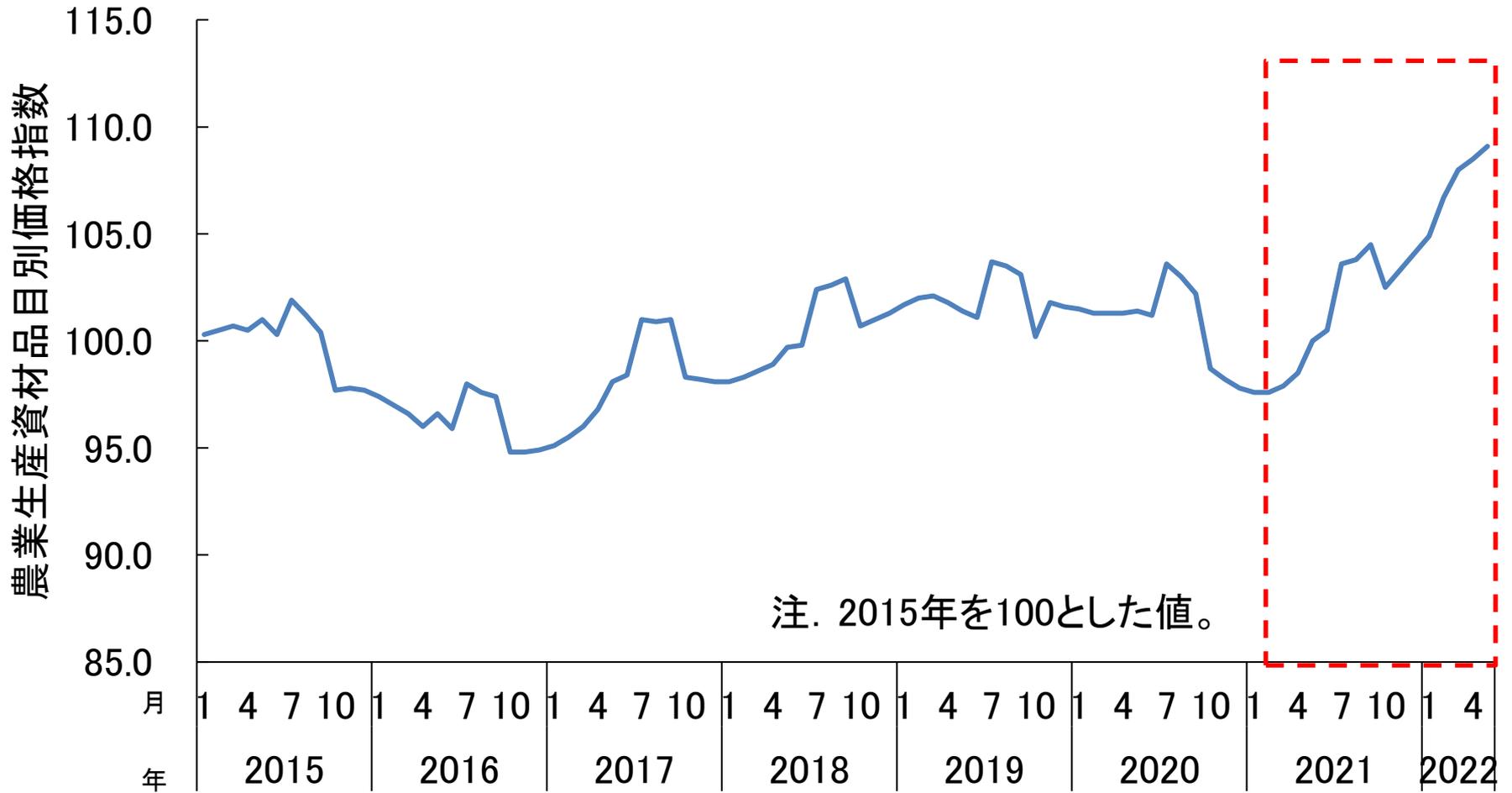
ミカン農家経営モデル

生産方式等モデルの前提

- ・ハウスミカン(70a)、ハウス中晩柑(20a)、露地ミカン(50a)の組み合わせ
- ・ヒートポンプ式エアコンの導入と施設の多層被覆化による省エネ栽培
- ・炭酸ガスの効率的利用による収量の向上



電気料金の推移

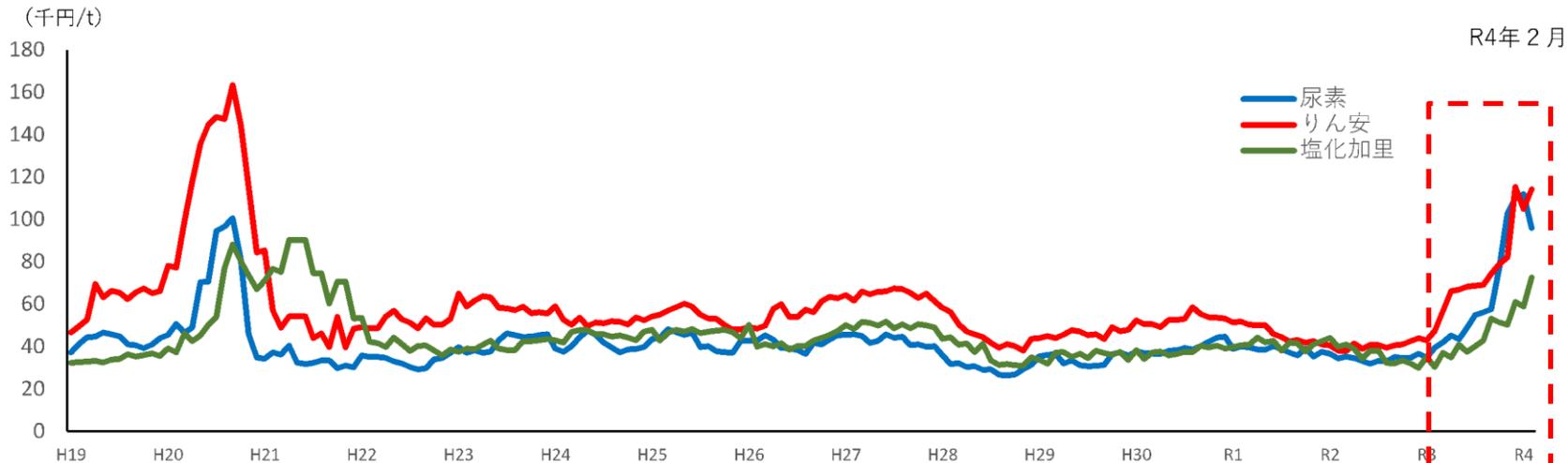


農林水産省「農業物価指数」

2021年頃から上昇傾向

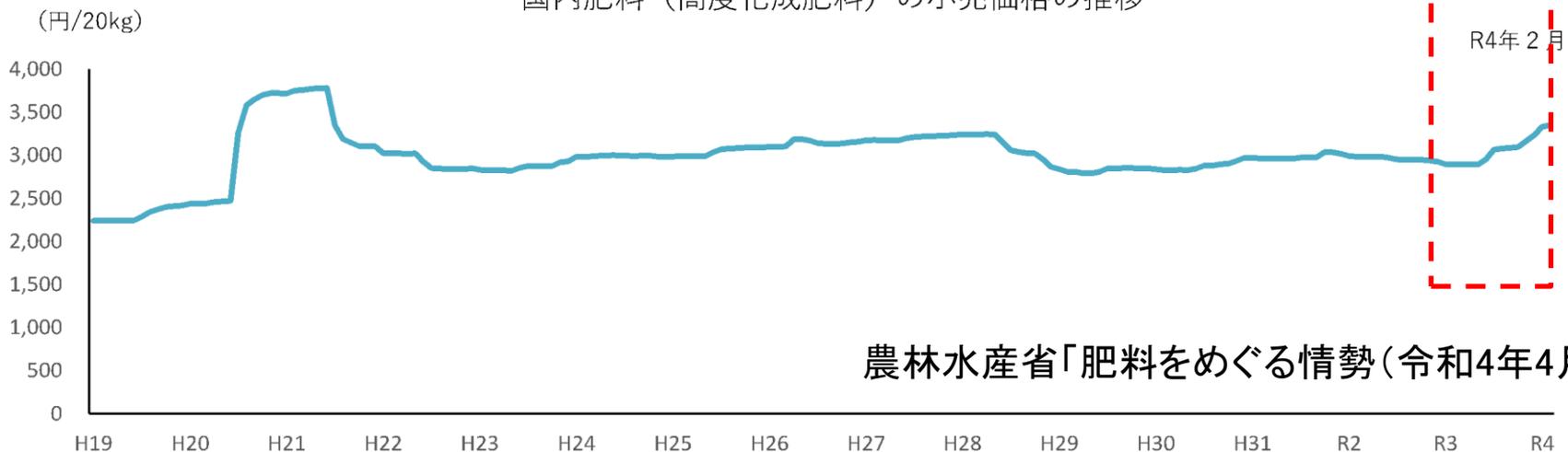
肥料価格の推移

肥料原料の輸入価格の推移



※ 農林水産省調べ
財務省貿易統計における各原料の輸入額を輸入量で除して算出。
ただし、月当たりの輸入量が5,000t以下の月は前月の価格を表記。

国内肥料（高度化成肥料）の小売価格の推移



農林水産省「肥料をめぐる情勢(令和4年4月)」

愛知県スマート農業普及推進計画について

施設園芸（施設野菜）

現状と課題

環境モニタリング装置が普及し、産地内でのデータ共有等により収量・品質が向上してきた。今後は、より高度な環境制御技術による生産性の向上と、収穫量の増加に伴う雇用の確保、育成が課題となる。

めざすべき姿

高度な環境制御技術や営農管理ツールの活用によって土地及び労働生産性が向上し、施設野菜生産者の経営改善が進むとともに、収益力の高い産地が形成される。

経営管理

営農支援システム

敵ごとの作業の進捗状況の把握及び共有化。雇用の判断で作業が可能に。また、雇業者ごとの能力の評価が可能。



効果

栽培ステージに合わせた作業管理が実現し、より効率的で生産性の高い栽培管理が可能

費用等

SIMカード
1千円×12ヶ月
作業者あたり
1千円×12ヶ月
他にデータ入力用端末

栽培管理

ハウス内環境制御

・環境のモニタリング
・温度、乾葉、CO₂等の制御
・かん水の制御
光合成の最大化



効果

・データ共有による栽培技術向上。
・環境制御システムの導入により環境制御の高度化。
・生産性向上。

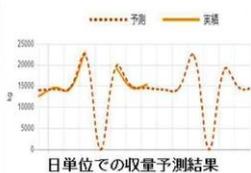
費用等

モニタリング
10万円程度
機器毎の制御機
複合環境制御装置
統合環境制御装置
30万～500万円

栽培管理・収穫

出荷量予測システム

過去の出荷量データ、環境データにより2週間先までの出荷量を日単位で予測。販売に活用し安定販売。



効果

2週間先の出荷予測データを用いることで販売交渉がスムーズになり、定量的な特注対応による平均単価向上、市場等への出荷予測データ提供により安心感・売り場形成に貢献。

施設園芸（施設花き）

現状と課題

花きでは需要期に合わせた出荷が必要であり、また限られた労力や面積を最大限に活かすため、労働負担の軽減や精密な栽培管理による収量と品質の向上が求められている。モニタリングシステムの導入は進みつつあるため、計測した環境データの活用が必要である。

めざすべき姿

ハウス内環境データを活用した精密な環境制御技術により収量増と品質向上が図られるとともに、機械やシステムの開発により労働負担の軽減及び作期短縮等の効率化を実現する。

経営管理

作付計画・雇用管理システム

スマートフォン等で作業の進捗状況の可視化と、マッチングアプリを活用した臨時的な労働力の確保。



効果

・作期短縮
・作業の効率化
・労力確保

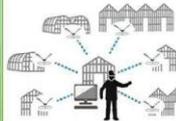
費用

品目や産地にあったシステムの開発が必要であり、費用は不明

栽培管理

精密な環境制御

モニタリングデータを活用し、最適な温湿度・光・炭酸ガス等の温室内環境を実現



効果

・収量増
・品質向上
・コスト低減

費用

環境モニタリング装置約25万円
高輝度LED約3万円/個
日射制御装置 約35万円

収穫

自動追従運搬車

作業者に追従して自動運転する運搬車。生け水入りのバケツに収穫後の切花を入れて運搬することが可能



効果

・労力の削減
・切花の日持ち性向上

費用等

花きの施設環境にあった運搬車は開発されていない（日本総研Donkeyはレンタル代月2万円台）

出荷管理

花色選別技術

花色診断機器により出荷物を選別



効果

・品質の高位平準化

費用

開発前の技術であるため、費用は不明

環境制御技術と組み合わせた省エネ栽培へ

農業所得と省エネ対策

$$\begin{aligned}
 \text{所得} &= \text{粗収益} - \text{経営費} \\
 &= \text{収量} \times \text{単価} - (\text{暖房用燃料費} + \text{その他経費}) \\
 &= \text{①} \times \text{②} - (\text{重油単価} \times \text{使用量} + \text{その他経費})
 \end{aligned}$$

多くする
少なくする

①を多くする

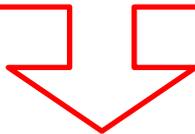
要素	対応策	注意点
収量	基本栽培技術・管理の徹底 施設の効率利用	収量、品質を落とさない範囲で節油対策実施
単価	高品質生産による高価格帯歩留まりの向上 品種の変更	産地の作付、作柄状況等や仕向市場の動向

②を少なくする

要素	対応策	注意点
重油単価	仕入方法の改善	
重油使用量	高効率暖房機導入、保温・目張りの徹底 変温管理、低温適応性品種の導入 作型の変更 無加温栽培の導入、作目の転換、休止	収量、品質の確保や向上 省エネ施設装置の確実な管理と運転 代替品目を導入
その他経費	生育診断、L型肥料等の活用による効率的生産	省エネ施設装置導入による運転経費、固定費増加に注意

まとめ

- ヒートポンプを始め、省エネ技術が広く普及
- ヒートポンプの冷房機能を利用した栽培体系も実施
- 電気料金、肥料費等資材費も上昇傾向



環境制御技術と組み合わせた省エネ栽培へ

ご清聴ありがとうございます