

促成イチゴに対するCO₂施用の手引

1990年3月

奈良県農業試験場

促成イチゴに対するCO₂施用の手引

技術開発課施設係 総括研究員 川島 信彦

目 次

1. CO ₂ 施用とは.....	1
2. 新技術の内容.....	2
3. 施用方法の概要.....	5
4. 施用方式の選択.....	6
5. 施用設備の具体例.....	7
6. 施用技術の諸問題.....	14
7. 試験成績の概要.....	17
8. 設備関係技術資料.....	19

新技術解説書の要約版とビデオテープ版も同時に作成しておりますので御利用下さい。

申込先：奈良農試 技術開発課 資料情報係 (電話 07442-2-6201代)

1. CO₂ 施用とは

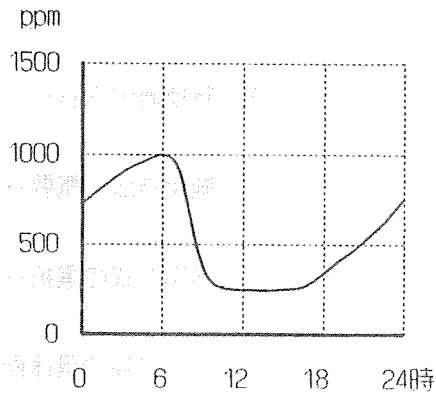
1) 研究の経過

CO₂ 濃度を増して植物を栽培すると、生長が促進されることは、古くから知られています。イチゴについても約15年前に各地でCO₂ 施用が試みられましたが、実用化には至りませんでした。奈良農試ではその後の濃度制御器や施用器具の改良、品種の変遷をふまえて、1986年からイチゴに対する施用試験を続けてきました。最近の品種を用いて、高温管理で終日濃度制御を実施したところ、非常に大きな施用効果を確認しました。

2) CO₂ の必要性

植物は根から肥料と水を吸収し、葉からCO₂ を取り込んで、太陽光のエネルギーにより炭水化物を合成して生長します。最近、冬期のハウス栽培においては、このCO₂ が不足して、作物の生長が制限されていることが判ってきました。

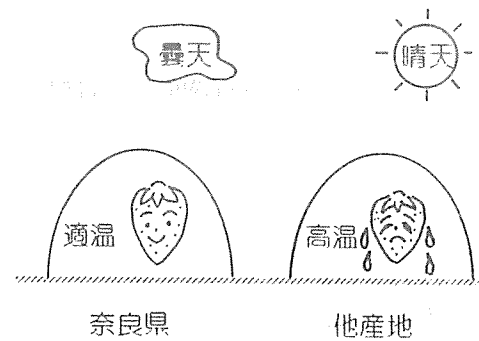
CO₂ は大気中に容積で約 350ppm (0.035%) ありますが、ビニルハウスのような閉鎖環境では、濃度が大きく変化します。ハウス内のCO₂ 濃度は夜間は徐々に上昇し、夜明け前には1000~2000ppm (0.1~0.2%) になります。しかし、日が高くなる8~9時には急激に減少し、外気濃度より低くなります。外が寒くてハウスを閉切っていると、ハウス内のCO₂ 濃度は外気の 1/2以下になり、1/3程度になる日もめずらしくありません。少し肩換気している日でもハウス内の濃度は外気の2/3程度が普通です。



第1図 ハウス内のCO₂ 濃度の変化

3) 奈良県の気象とCO₂ 施用

奈良県は他の施設園芸県に比べ、冬期の日射量が少なく気温も低いいため、施設園芸には不利な気象条件とされてきました。しかし、この気象条件はCO₂ 施用には好都合です。気温が高く日射の多い県では、昼間にハウスを閉切ってCO₂ を施用するのは困難なためです。CO₂ 施用技術は、今後の産地間競争を有利に展開するための手段になると考えられます。



第2図 気象とCO₂ 施用

2. 新技術の内容

1) 新しい技術

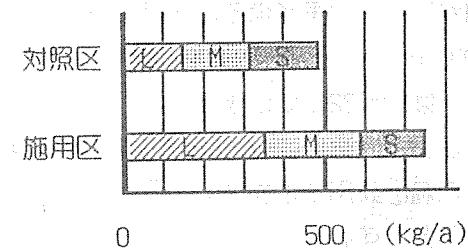
イチゴの栽培でCO₂ 濃度を制御しながら、高温管理で終日施用するのが特長です。在来技術では慣行の温度管理のままで、早朝だけ施用していたため、効果が不明瞭でした。

- ・適用作型……促成栽培の12月穫が最適です。他の作型ではやや効果が減少します。
- ・適用品種……「女峰」・「とよのか」に適します。「宝交」には不適です。
- ・適用地域……県下全域。低温な地域ほどCO₂ 施用には有利になります。
- ・換気温度……平均28℃に設定します。換気扇と自動開閉式吸気口が必要です。
- ・ガス濃度……濃度制御器を用いて終日750ppm (外気の2倍強) に調節します。
- ・施用期間……原則として11月中旬~3月末です。ただし、3月は換気温度25℃、濃度500ppmとし、4月以降も施用する場合は濃度を350ppmとします。
- ・簡易施用法……濃度制御をしない低コストな施用法もあります。(11頁参照)

2) 施用の効果

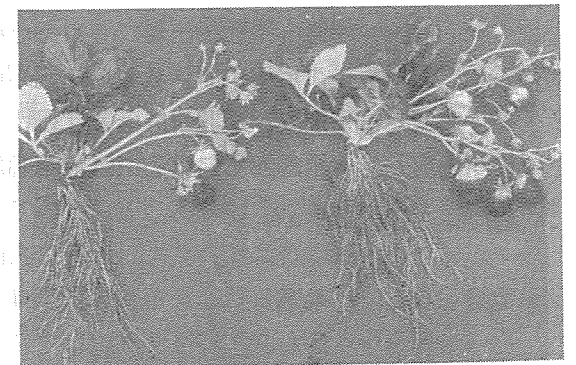
飛躍的な増収・品質向上効果をもたらします。(17頁参照)

- ・収量……12月穫では慣行栽培の1.5倍以上を期待できます。11月穫では1.3倍程度となります。
- ・収穫期……初期で5日程度、第3果房で10日程度早くなります。
- ・果実数……第2・3果房の発達が良くなり、2~3月の収穫果数が増加します。
- ・果実の肥大……平均果重は30%程度増え、M・Lサイズの比率が増加します。
- ・果実の品質……色つやが良くなり、胴太りします。糖度も上昇の傾向があります。
- ・草勢……根が発達して草勢が強くなり、電照は必要が無くなります。



第3図 収量とサイズ別の割合

(12月穫女峰の標準)



第4図 イチゴの生育 (女峰 1989年2月)

3) 残された問題点

- ・適用作型……11月穫でCO₂ 施用により1 t/aの安定収穫を目指しています。
- ・品質向上……温暖期の糖度と硬度の向上を目指して夜温や遮光の影響を調査中です。

4) 経済性

経費がかかりますが、増収と品質向上により大きな増益効果があります。

- ・設備費………液化CO₂式で10a当り約40万円がかかります。(LPガス式で約50万円)年間償却費は約8万円になります。
- ・維持費………ガス代は10a当り1作で20~30万円がかかります。(LPガス式は約2/3)ただし、電照用の電気代は減少します。
- ・労働生産性……大粒になるので収穫・パック詰め能率が向上します。
- ・収益の増加……10a当りの収益は、収量を低めにみても約62万円の増加を見込めます。

第1表 標準設備費 (円/10a)			第2表 CO ₂ 施用の収益性の概算		
内 訳	液化CO ₂	LPガス	項 目	増減(円/10a)	
制御器	160,000	160,000	収量増 (1.3倍*)	+	750
電気部品	10,000	22,000	単価上昇 (1.2倍)	+	500
ガス設備	130,000	204,000	出荷経費増	-	300
諸経費	99,000	127,000	設備償却費	-	80
合 計	399,000	513,000	維持費	-	250
別にボンベ貯蔵庫が必要。1990年現在。機器の価格は下がる見込です。			差引き収益増加	+	620*

* 最低の場合。12月穫では1.5倍以上可。

5) 栽培上の留意点

草勢が強くなるので、葉数が増えすぎないように下葉かきを徹底して下さい。高温管理で多湿化しやすいので病害虫に注意して下さい。県のイチゴ栽培指針に従って下さい。

- ・作型………12月穫が最適です。11月穫では、第1果房は施用前に収穫が始まり、第3果房の出蕾が遅れるため、施用効果が劣ります。1月穫や半促成栽培も施用期間が短く、効果が劣ると予測されます。
- ・適正濃度………濃度と増収率はほぼ比例し、1000ppmにすればさらに増収します。
- ・換気温度………平均28℃にするには最高温度計では30~32℃にします。
- ・夜間暖房………原則として5℃に加温して下さい。低温年には暖房効果があります。燃烧施用方式は0℃程度の簡易保温と兼用できます。
- ・電照………高温管理でCO₂を施用すれば不要です。
- ・GA処理………「女峰」では原則として不要で、草勢が弱い時のみ散布します。「とよのか」では草勢を見ながら第3果房まで5ppm液を散布します。
- ・栽植密度………畝幅 110cmで、株間は女峰=18cm、とよのか=21cm程度とします。
- ・下葉かき………多湿化防止と地温の確保に大切に、2週に一度程度少しずつかきます。つやが無くなりマルチ上にねてきた古葉を、黄化する前に除去します。展開葉は5~8枚とし条間のマルチが見えるようにします。

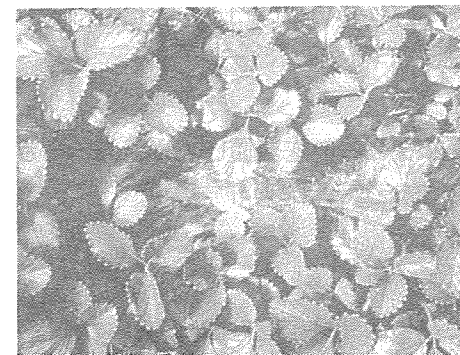
- ・芽かき………第2果房から、芽数を2芽程度に管理します。
- ・多湿化防止………冬季はほとんど換気しないので、多湿ハウスでは病害が増加します。通路の軟弱なハウスは通路にモミガラを入れ全面マルチとします。
- ・病害防除………灰色かび病・うどんこ病・炭そ病が増加しやすくなります。
- ・ハダニの防除………高温管理で葉かきをすると増加し易いので、初期防除に努めます。
- ・施肥量………基肥は慣行なみとし、後半は葉色を見て多少多目に追肥します。

6) 設備上の留意点

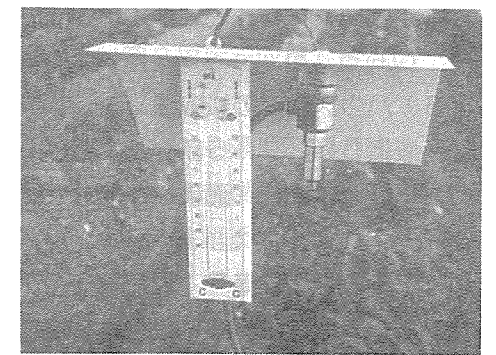
換気扇を利用して高温管理することが大切です。換気温度が低いと効果が半減します。

一方、高温管理に伴いハウス内が多湿化し易いので、対策を立てます。

- ・温度調節器………感度の高い電子式の使用が望ましい。機械式では最高温度が同じでも換気の停止温度が低くなり、CO₂施用効果が劣ることがあります。温度計と温度調節器には必ず日除けを取付けて下さい。
- ・換気方式………換気扇は省力化と生育の安定化にも役立ちます。手で肩・天窓換気しながらの施用は困難です。側面・天窓換気でも自動化していれば施用可能です。朝夕の閉切時のみ施用する簡易施用法もあります。(11頁参照)
- ・吸気口………手製の風圧開閉式の利用が簡便です。
- ・内張り資材………ビニル系の霧抑制型フィルムの使用が望ましい。古フィルムを用いると水滴が一面に付き、光線透過率が低下します。
- ・内張りの開閉………開けるとガス損失が増加し、昼間の気温が低くなります。新しいフィルムで多湿でなければ、冬期は閉切が良いと思われます。
- ・圃場の排水………ハウスの周囲には、通路より深い溝を掘り、雨水の侵入を防ぎます。
- ・かん水設備………一度に多量のかん水をすると、通路に水がたまりハウス内が多湿になります。かん水は少量で回数を多くして下さい。いつでもかん水できる設備を整えることが大切です。



第5図 葉かきの状態



第6図 温度調節器の日除け

3. 施用方法の概要

1) ガス源と特長

- 種々のガス源がありますが、最も安全で確実な効果を期待できるのは液化CO₂です。
- ・液化CO₂ ……ガスのコストは高いが、最も安全で、施用器具は簡易で価格が安い。
原則として液化CO₂と暖房機の併用方式をお勧めします。(7頁参照)
 - ・LPガス ……ガスのコストは中位だが、器具は高く安全性は劣ります。
簡易保温と兼用が可能で、ポンベの運搬がし易いのが利点です。
室温が上がるので寒冷期は好都合だが、温暖期の施用はしにくい。
LPガス1kgから約3kgのCO₂を発生します。(9頁参照)
 - ・灯油 ……ガスのコストは安い、器具は複雑で価格は高い。簡易施用向きです。
断続燃焼するとガス害の危険性があり、濃度の自動制御には適さない。
灯油1kgから約2.5kgのCO₂を発生します。(12頁参照)

第3表 ガス源による特長

ガス源	経費		取扱			効果	
	設備	維持	自動化	補給	安全性	確実性	簡易保温
液化CO ₂	○	△	◎	○	◎	◎	×
LPガス	△	○	○	◎	△	○	○
灯油	○	◎	△	△	○	○	○

2) 濃度の制御方式と特長

- 濃度を適正に保つことが大切で、赤外線分析式濃度制御器の使用が望ましい。
- ・赤外線分析式 ……価格は高いが精度が高く、ガスの無駄が無く、確実な制御ができます。
 - ・タイマー式 ……価格は安い、濃度が不明で、効果がやや不確実になります。(11頁参照)
 - ・日射量比例式 ……マイコン式の温室制御器に組み込まれているものが多い。
ほぼ一定濃度に制御できますが、真の濃度は分かりません。
 - ・手動式 ……効果が不確実で労力がかかりますが、設備費は1/2以下になります。

3) ハウス内での拡散法

- ・液化CO₂ ……5畝に1本くらい、畝上にかん水チューブを設置してガスを流します。
- ・燃焼方式 ……面積4a以上では台数を増します。

4) その他の設備

- ・ポンベ貯蔵所 ……液化CO₂、LPガスともに、ハウス外に小屋を設けます。
- ・集合装置 ……液化CO₂ではポンベの交換回数を減らすために必要です。

4. 施用方式の選択

CO₂の施用方式には種々のガス源・制御法の組合せがあり、それぞれに得失があります。方式は各農家の設備・土地・栽培・経済条件により選択、決定して下さい。

1) 設備条件

- ・電源
 - 200Vしかない ……液化CO₂方式なら可能
 - 100Vがある ……どの方式でも可能
 - どちらもない ……液化CO₂手動施用または連続燃焼方式
- ・換気設備
 - 換気扇がある ……自動濃度制御が可能(吸気口も自動化)
 - 自然換気のみ ……ハウス閉鎖時のみ手動またはタイマー施用
- ・暖房設備
 - 暖房機がある ……液化CO₂方式を推奨
 - ない ……燃焼方式なら簡易保温も可能
- ・間口
 - 4.5m以下 ……液化CO₂方式の方が拡散が容易
 - 5.0m以上 ……どの方式でも良い
- ・棟数
 - 2~3棟まで ……どの方式でも良い
 - 4~5棟以上 ……液化CO₂方式が工事や保守管理が容易

2) 土地条件

- ・道路条件
 - 2トトラックが入れる ……どの方式でも可能
 - 軽4しか入らない ……液化CO₂方式はポンベの運搬が困難
- ・排水条件
 - ハウス内が乾いている ……高温管理でCO₂施用をしやすい
 - むかるんでいる ……高温管理すると病害が出やすいので不適

3) 栽培条件

- ・品種
 - 女峰 ……簡易保温でも栽培可能で燃焼方式も可能
 - とよのが ……暖房機が必要なので液化CO₂方式が基本
- ・作型
 - 12月穫 ……CO₂施用効果が最大限に発揮される
 - その他の作型 ……多少効果が落ちる
- ・後作
 - イチゴを5月末まで栽培 ……CO₂施用効果が最大限に発揮される
 - 3月で後作に切り替える ……収量の多い第3果房を収穫できない

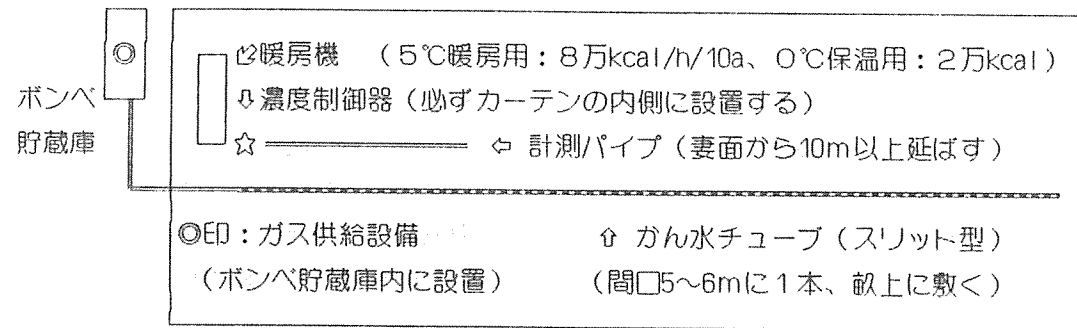
4) 経済条件

- ・初期投資
 - 確実な効果を期待 ……赤外線分析計による濃度制御方式
 - 安く済ませたい ……タイマー施用・連続燃焼・手動方式など
- ・維持費
 - 高くても安全性を重視 ……液化CO₂方式を推奨
 - コストを重視 ……燃焼方式が安い
- ・保守管理
 - 器具の単純さ ……液化CO₂方式が故障が少なく収納容易
 - 燃焼式は多少複雑 ……灯油燃焼式は整備が大切

5. 施用設備の具体例

1) 液化CO₂による自動制御の例(19頁も参照)

(1) 設備の概要 濃度制御器にZFP-9型またはGH-250E型を用いた場合の例です。



第7図 液化CO₂方式の設備の概略図

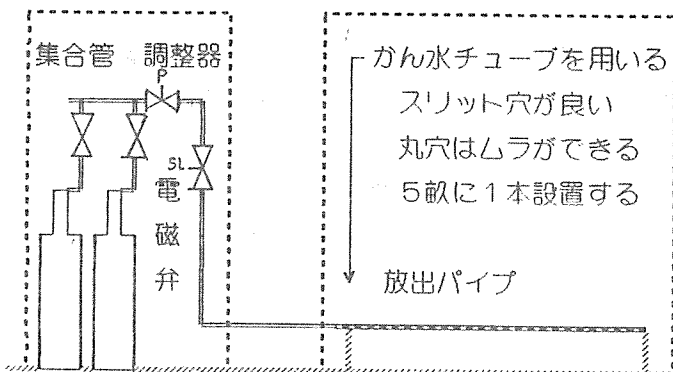
(2) ボンベ貯蔵庫

道路際にボンベの貯蔵庫を建て、内部に集合管、圧力調整器と電磁弁を取付けます。

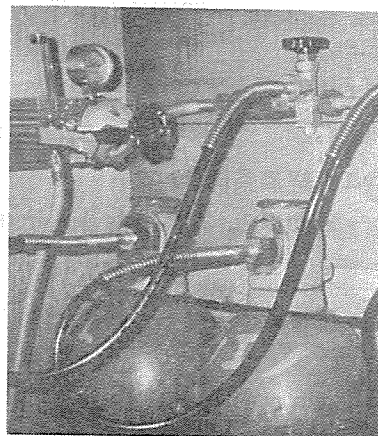
- ・貯蔵庫……ボンベへの直射日光を防ぎ、転倒防止対策をする義務があります。30kgボンベ4～8本を収納します。貯蔵庫は風通しの良い方がよい。床の広さが90×180cmで、高さ180cmくらい必要です。床の高さを道路と同じにすると、ボンベの出し入れがしやすい。圧力計など内部を監視できるようにし、ドアには鍵を付けます。
- ・ボンベスタンド…ボンベを固定するための鉄枠で貯蔵庫に置きます。省略も可能です。
- ・固定配管……液化CO₂のボンベは重いので、ハウスが道路から遠い場合には、道路際に貯蔵庫を建て、ハウスまで低圧で固定配管しておくとう便利です。
- ・ガスの消費量…1日当たり最大30kg/10a(ボンベ1本)程度のガスを消費します。11月中旬～3月末に2000～3000kg/10a(65～100本)程度消費します。

(ボンベ貯蔵庫)

(ビニルハウス)



第8図 ガス配管の概要(第26図参照)



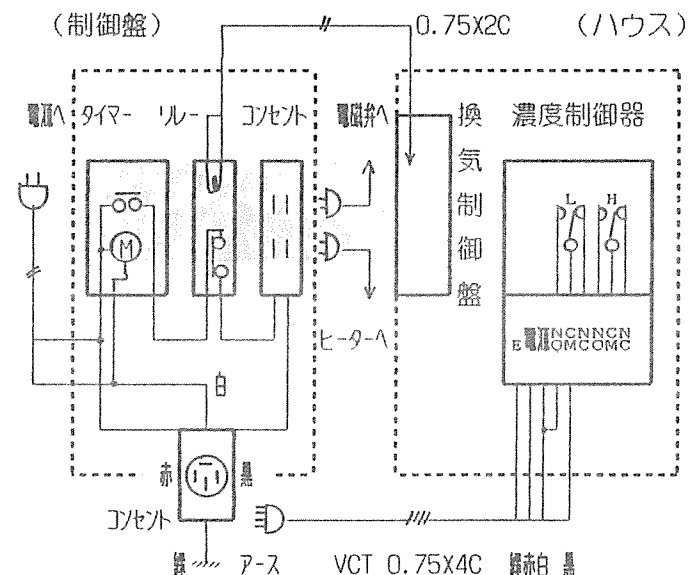
第9図 集合管と圧力調整器

(3) ガス配管

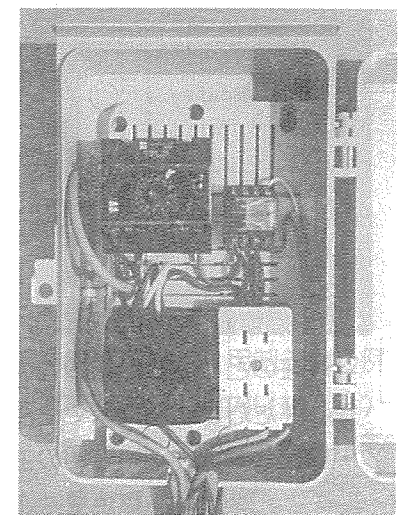
- ・集合管……10a当り4本を標準としてボンベを連結します。1本のボンベで大量のガスを出すと、液化CO₂が冷えて凍結します。高圧のためCO₂用以外の部品を用いると大変危険です。
- ・圧力調整器……ボンベの高圧ガスの圧力を1.5～3kg/cm²の低圧に下げます。通常は圧力調整器と加温用のヒーターと流量計が一体となっています。ガスの施用能力は25～50ℓ/分/10a必要で、多いほど早く上昇します。
- ・電磁弁……オリフィス径3～4mmの小型のもので20aまで施用できます。
- ・配管……電磁弁までの低圧部は糸入り強化チューブを用います。ハウスへは内径4～8mm(厚さ1mm)の透明ビニルチューブを用います。
- ・放出パイプ……スリット穴のかん水チューブを用います。(第26図参照) 間口5～6mに1本を畝の上に敷き、最長100mまで施用可能です。

(4) 制御回路 (第10図はZFP-9・GH-250E型の場合で、他の機種では異なります。)

- 濃度制御器と制御盤から成り、CO₂濃度を一定に制御します。
- ・濃度制御器……赤外線分析方式で750ppmに設定し、濃度が低下すると信号を出します。計測ガス吸引チューブ内での結露を防ぐため、内張り内部に付けます。
- ・ガス計測位置…ガスの吸引位置はガス放出チューブを敷いた隣の畝上30cmとします。
- ・ヒーター加温…予熱せずに電磁弁のONと同時に通電しています。300W以上のヒーターを用いる場合は別にリレーが必要です。
- ・制御盤……タイマー、換気連動用リレー、機器接続用コンセントを組み込みます。タイマーは夜間の無駄な施用を防ぐため、8～16時にONとします。



第10図 濃度制御回路の概要(第25図参照)

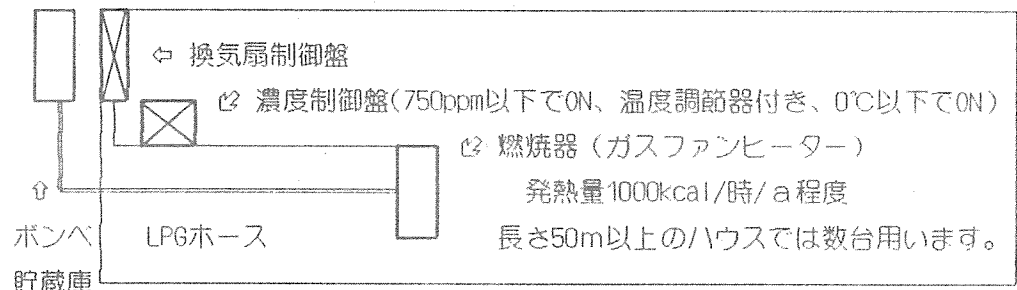


第11図 制御盤の例

2) LPガスによる自動制御の例

(1) 設備の概要(21頁も参照)

CO₂ 施用と簡易保温の兼用の設備例です。ハウス内でLPガスを燃焼します。

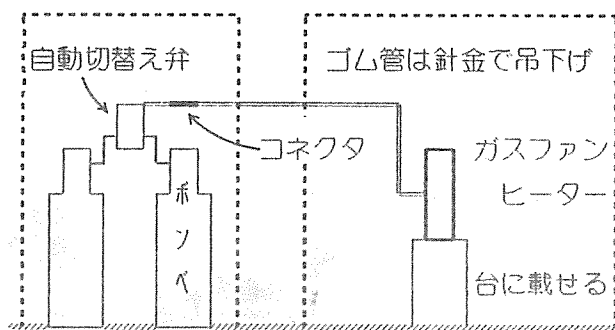


第12図 LPガス方式の設備の概略図

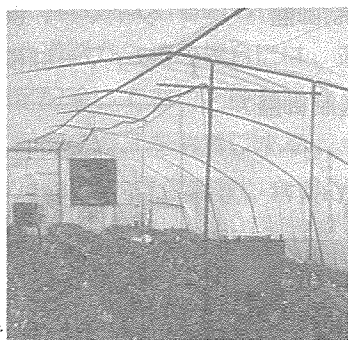
(2) ボンベ貯蔵庫と配管

- 貯蔵庫……50kgボンベ2本（または20kgボンベ3～4本）を置ける小屋を建てます。ボンベの自動切替え装置の作動が外部から覗けるようにします。ボンベの日除けと転倒防止義務があり、いたずら防止に鍵を付けます。
- 配管……ゴム管でもよいが、できればコード入りの強化型や鉄管を用います。地面に這わせると草刈時に切ったり、踏む恐れが高いため、地上に張った針金にビニルテープで固定します。ゴムの劣化に注意します。
- 安全コック……異常流量遮断用のコックを付けておくと、安全性が高まります。

(ボンベ貯蔵庫) (ビニルハウス)



第13図 LPガスの配管の概要



第14図 配管の例

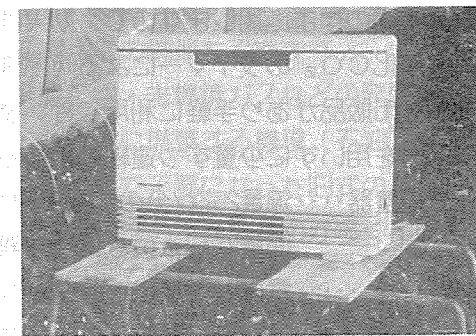
(3) 燃焼器具

現在のところ農業用の適当な機種がないため、家庭用のガスファンヒーターを利用します。(ただし、ハウスで使用すると故障時に無償修理を受けられないことがあります。)

- 機種選択……始動用の主スイッチに、制御線を接続しやすい機種が適しています。燃焼量は1a当り1000kcal/時の割合で選定します。
- メモリーの設定……室温は28℃または高(連続)に設定します。停電後は再設定します。



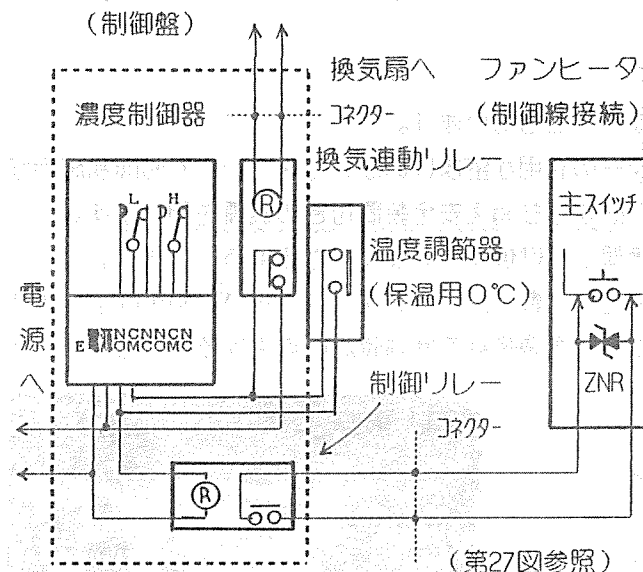
第15図 ボンベと自動切り替え弁



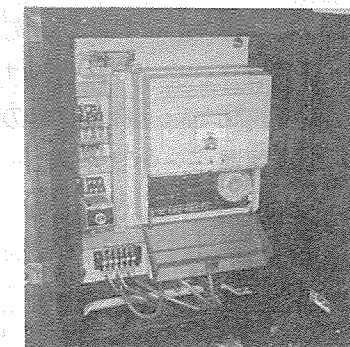
第16図 ガスファンヒーターの利用例

(4) 制御回路(第17図はZFP-9・GH-250E型の場合の例で、他の機種では異なります。)

- 換気扇がOFFで、CO₂ 濃度低下か温度低下のどちらかで始動するようにします。
- 濃度制御器……赤外線分析式の制御器を用い、750ppmに設定します。
- 温度調節器……機械式の方が回路が簡単になりますが、感度は電子式が優れています。保温用ですので0℃にセットします。ファンヒーターの保温能力は最高で1.5℃上昇程度です。内部燃焼のため燃やし過ぎると害があります。
- 換気連動リレー……換気中の施用を止めます。換気用接触器のb接点で代用できます。
- 制御リレー……濃度と温度信号によりファンヒーターをON/OFFします。1台だけの場合は、省略も可能ですが、ファンヒーターを2台以上接続する場合は、必ず別回路とします。



第17図 制御回路図(濃度制御と簡易保温兼用)



第18図 LPガス用制御盤の例(濃度制御器も盤内に組み込み)

(6) 安全対策

ガス漏れ警報器を必ず取付けて下さい。LPガス用は低い位置に取付けます。

3) 濃度制御をしない簡易施用の例

濃度不明のまま施用しますので、効果は不安定になりますが、設備費は安くなります。

(1) 液化CO₂のタイマーによる簡易施用例 (22頁参照)

安価な市販品があり手軽に利用でき、後から濃度制御器を取付けることもできます。タイマーを用いずに少量ずつ連続施用すると濃度むらができやすくなります。

- ・圧力調整器……流量25ℓ/分の流量計付きの調整器で10aまで施用可能です。
面積が5a位なら調整器をポンペに直接付ければ集合管はいりません。
- ・配管……電磁弁や放出チューブなどは、液化CO₂の自動施用の項に準じます。
- ・タイマー……24時間タイマーで15分ごとにON/OFFできる型を用います。

第4表 液化CO₂の簡易施用基準
(10a当たり施用量)

天候	施用量 (kg/日)	備考
晴	25ℓ/分×15分×20回 (15kg/日)	換気中停止
曇	15 " " " (9 ")	
雨	-	施用停止

施用時刻 8~16時とし、11~13時は連続で
他は30分ごとに15分間施用します。
季節により多少増減します。



第19図 タイマーによる施用装置の例

(2) LPガスの簡易施用例

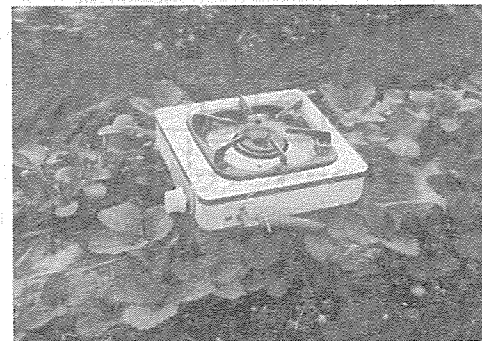
濃度制御器を用いずに連続燃焼する方法もあります。

- ・機種を選定……ガスファンヒーターの利用が望ましいが、ガスコンロでも簡易施用ができます。ただし、必ず立ち消え安全装置付きの機種を用います。
- ・換気……できるだけ高温管理し、燃焼時間を長くできるようにします。
- ・燃焼時間……8~16時の閉切時とし、曇天は燃焼量を1/2に絞り、雨天は止めます。
- ・簡易保温……ファンヒーターなら温度調節器で低温時だけ点火することもできます。

第5表 LPガスの簡易施用基準
(10a当たり燃焼量)

天候	kcal/時 (kg/時)	備考
晴	8000 (約0.7)	換気中停止
曇	4000 (約0.3)	
雨	-	施用停止

通常の家庭用ファンヒーターやコンロの
燃焼量は2000~3000kcal/時程度です。



第20図 LPガスコンロの利用例

(3) 石油ストーブの利用

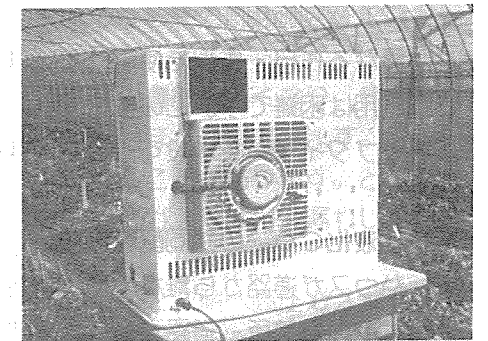
ガス濃度を正確に制御できないので効果は不安定になりますが、簡便で低コストの施用
ができます。手間をかければ天候時刻に応じて施用量の調節もできます。

- ・機種を選定……最新型で一酸化炭素・窒素酸化物・未燃焼ガスなどの発生を抑制する
機構を備え、風が当たっても安定に燃焼する機種 (石油ファンヒーターなど) を利用して下さい。家庭で不要になった旧式のストーブや、
安い農業用のストーブは、燃焼機構の不備なものが多く不適です。
- ・燃焼量の決定……第6表の必要カロリー数を基にして選定します。
5a以上のハウスでは分布むらを少なくするため2台以上用います。
大きすぎるストーブを用いると空気が不足し、不完全燃焼を起こすため大変危険です。面積と適正発熱量の関係は絶対に守って下さい。
通常の家用的ストーブの発熱量は2000~3000kcal/時です。
- ・濃度の調節……燃費は安いので火力を調節せずに、冬期は8時~16時まで換気中も連
続施用します。この場合は800kcal/時/aで連続燃焼すると、朝夕は
最高2000ppm程度となり、換気中でも外気並み以上に保てます。
- ・簡易保温……夜間の燃焼はタイマー付きの機種を用い、冷え込むと予想される晩に
朝5時に点火するようにセットします。温度調節器による点火は、工
夫が必要です。

第6表 石油ストーブによる簡易施用基準
(10a当たり燃焼量)

天候	kcal/時 (ℓ/時)	備考
晴	8000 (約0.9)	換気中も施用
曇	4000 (約0.4)	
雨	-	施用停止

通常の家用的石油ファンヒーターの
燃焼量は2000~3000kcal/時程度です。



第21図 石油ファンヒーター(裏側)

4) その他の施用方法

(1) 炭酸ガス発生機による施用

灯油をハウス内で燃焼する方式で、以前、全国的に用いられましたが燃焼機構の不完了
なものが多く、バーナーの調整が悪いとガス害の発生する事があります。

- ・機種を選定……ハウスの大きさに合った燃焼量の機種でストーブに準じて決めます。
- ・使用法……昼間に連続燃焼して使う方が良く、点火と消火を繰り返すと有害ガスが
出やすいので濃度の自動制御には適しません。タイマーによる早朝施用
では過去の事例から見ると大きな効果は期待できません。

(2) 外部燃焼ガスの送風法

静岡県のみelon温室で広く用いられている方法で、温室外にCO₂発生機（灯油バーナー）を設置し、燃焼ガスと外気を混合してダクトで温室に配ります。

- ・ 特長……………小さいハウスが多数ある場合には設備費が安く、酸欠による不完全燃焼の心配もありません。
- ・ 除湿効果……………燃費は安いので昼間は窓換気しながら施用している例が多く、除湿効果も期待できます。

(3) 他の施用方法

LPガス暖房機の排ガス利用、ポリエチレンパイプ浸出法、かん水混入法などがありますが、いずれも確実な効果は期待できません。

5) 多棟制御の方法

(1) 同時施用

作型が同じなら1台の制御器で多棟を制御できます。面積が異なる場合は各ハウスにコックを付けて流量を調節します。

- ・ 条件……………換気扇は全ハウス同時運転とし、換気能力がほぼ等しいこと。
- ・ 問題点……………ハウスが東西に並んでいると、日当りの関係で多少温度差を生じます。

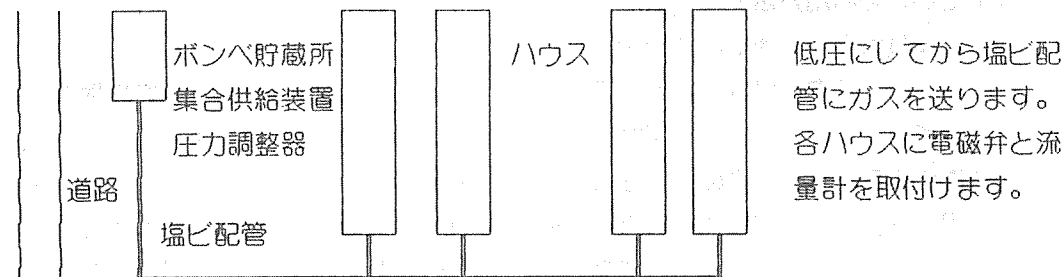
(2) 個別施用

異なる作目・作型で使用する時は、換気温度やCO₂の使用量がかなり異なるので、同時施用は困難です。この場合でも、ハウスが近接しておれば制御器は1台済み、電磁弁とサブタイマーを増設すれば2~4棟を切替え制御できます。

6) 液化CO₂の共同配管施設

ハウスが道路から離れている場合に便利で、ガスの購入単価も有利になります。

- ・ ボンベ貯蔵所…道路沿いに建てます。貯蔵量が3tを超えると届出が必要です。
- ・ 配管……………低圧部は水道用の塩ビ管が使えます。VP13で1haまで供給可能です。
- ・ 流量計……………各ハウス（農家）に積算流量計を取付けます。



第22図 塩ビパイプによる配管

6. 施用技術の諸問題

1) トラブルの事例と対策

(1) 制御器関係

- ・ 制御器の調整…電源を入れてから60分以上たってから目盛の調整をします。電源を入れて直ぐに合わせると後ですれてきます。校正用ガスがない場合は、ガス吸引チューブをハウス外に出し、指示濃度が350ppmになるように、ZERO調整抵抗を回します。
- ・ 制御器の保管…夏期は必ず屋内で保管します。
- ・ 制御器の不調…ガス吸引方式では、ビニルチューブ内で空気中の水蒸気が結露して水滴になり、これを吸引すると故障します。制御器は必ずハウスのカーテンの内側に取付け、吸引チューブは気地温の下がるハウス周辺部を通さないで下さい。水抜きポットを取付ける方法もあります。
- ・ 防除作業対策…制御器は薬品に弱いので、薬液がかからないよう注意します。くん煙剤を使う時はガス吸引チューブのフィルターが詰まるので、ポンプを止めCO₂ガスは出ないようにします。電源は切らないで下さい。

(2) ガス関係

- ・ ガス欠……………ガスの残量は、ボンベの液化炭酸のある部分に朝方結露するので、おおよその見当がつく。結露部分が少なくなったら圧力計の1次圧に注意しガスを切らさないようにします。
- ・ ガスの分布…丸穴のかん水チューブを用いると、手前側の濃度が高くなり、奥までガスを送れません。スリット穴で穴数の少ないほど適しています。
- ・ ガス漏れ……………液化CO₂では高圧配管部からガスが漏れることがあります。とくに購入当初は必ずネジ部を増し締めします。LPガスではガス漏れしないようゴムホースの劣化など管理に注意します。
- ・ 調圧弁の不調…夏に使用せずに放置すると、弁が固着したり2次側へ高圧ガスが漏れることがあります。LPGの場合はそのまま使用すると大変危険なので、直ぐに修理します。液化CO₂の場合は使用中に直ることが多いが、2次圧が5kg/cm²以上になると配管やメーターが壊れるので、漏れがひどい時は修理します。

(3) 電気関係

- ・ 電源の入忘れ…タイマー回路を組み込んである場合は、停電による時間のずれや、ボンベ交換中に電磁弁の電源を切った後の入れ忘れに注意します。
- ・ クモの巣対策…燃焼器具や電気回路内にクモが入り、管が詰まったり接触不良となることがあるので、保管には注意します。
- ・ 温度調節器の不良…機械式は夏期の太陽熱消毒時によく狂います。機械式はもともと感度が鈍いので、換気・暖房用ともに電子式の使用が望ましい。

2) 疑問に答える

(1) 施用方法について

- ・午前中施用……関東・東海地方では温暖で日射量が多いため、昼間の施用は困難なので朝方に施用しています。施用効果は終日施用ほど大きくありません。
- ・濃度の影響……高濃度ほど効果が高いが、ガスの消費量も濃度に比例して増加します。実用的には1000ppm程度が上限とされます。
- ・多湿対策……全面マルチが最も効果的です。通路にもみ殻を敷くのも効果がありますが、地温は低下し蓄熱効果は低下します。
- ・換気温度……低いとガスの消費量が増し、土中への蓄熱量が減り夜温が下がります。
- ・動噴用部品の使用……CO₂ ボンベの圧力は高圧のため1次側には使えません。

高圧のため破裂すると大変危険なので、必ずCO₂ 用部品を用います。圧力を下げた2次側であれば使用可能です。

(2) ガスについて

- ・高濃度ガスの影響……濃度は液化炭酸では30000ppm(3%)までは害はないとされていますが、燃焼式ではCOやNO_xなどが発生するため、10000ppm(1%)以上の高濃度にならないよう管理します。とくにLPガス燃焼法で夜間の簡易保温と兼用する場合は、燃やし過ぎないように注意します。
- ・CO₂ ガスの人体への影響……著しい高濃度になると不快感を訴える人がいます。労働安全衛生規則では、空調設備のある場合1000 ppm以下にするよう定めており、無い場合は5000 ppm以下が望ましいとしています。閉切った室内でストーブを燃やすと、3000~5000ppmとなります。CO₂ の害作用は小さいが、O₂ (酸素) の減少が問題となります。締切った小屋の中で、ボンベのガスが漏れて充満すると危険ですから、小屋の通風に注意します。
- ・有害ガスの種類……NO_x (窒素酸化物) NO₂ は、2.5ppm4時間でガス害が発生します。光化学スモッグの原因となり、人体にも有害で肥料からも発生します。CO (一酸化炭素) 不完全燃焼時に発生します。50ppmが安全限界で高濃度では呼吸困難になり死亡します。SO₂ (亜硫酸ガス) 灯油を燃やすと少量だが発生します。植物には0.3 ppm・8時間で被害が発生します。
- ・高純度灯油……不純物の少ない灯油が販売されており、SO₂ や臭気は減少しますが、燃焼器具の不良による有害ガスの発生までは防げません。
- ・LPガスの成分……家庭用LPガスの成分はプロパン(C₃H₈)ですが、工業用には安いブタン(C₄H₁₀)も用いられており、混合してあることもあります。ブタンは気化温度が高く、低温日の夜間にガスが発生しなくなります。昼間のCO₂ 施用に利用するだけなら問題はありませんが、補助暖房と兼用すると低温時にガスを大量に使うので、ブタンの比率が高いと火の立ち消えや、逆火を起こす危険性が高くなります。
- ・都市ガスの利用……天然ガス地域なら配管すればCO₂ 施用に利用できます。都市ガス単価はLPガスより高めですが、ガス欠の心配はありません。

(3) 地球環境とCO₂ 施用

近年、大気中のCO₂ 濃度の上昇による地球の温暖化が心配されています。CO₂ 施用技術は燃料、電力、資材などの節約により、地球環境の保全にも役立ちます。

- ・CO₂ の吸収率……ハウス内に施用されたCO₂ の2/3程度は植物に吸収されます。ただし、植物体の分解により再び大気中へ放出されます。
- ・省CO₂ 効果……CO₂ 施用と高温管理により、電照や換気用の電力が減少します。単位収量当りの暖房用燃料と施設・資材が約2/3で済みます。全体としては大幅な省エネ・省資源・省CO₂ 技術と言えます。CO₂ 施用により、施用量の数倍のCO₂ 発生を減らせます。

(4) 他作物への応用

奈良農試ではイチゴ以外の各種作物へのCO₂ 施用効果についても、確認を続けています。冬期にハウス栽培される、ほとんどの作物に効果があるとみられます。

- ・葉根菜類……ホウレンソウ・チンゲンサイ・リーフレタス・ダイコンなどほとんどの品目で増収・品質の向上・生育期間の短縮に効果があります。
- ・果菜類……ナス・キュウリでは、イチゴと同じ方法で収量が大幅に増加します。トマトにも効果がありますが、実用法を再検討の予定です。
- ・花き類……バラで施用効果があり、キクや鉢物についても検討の予定です。

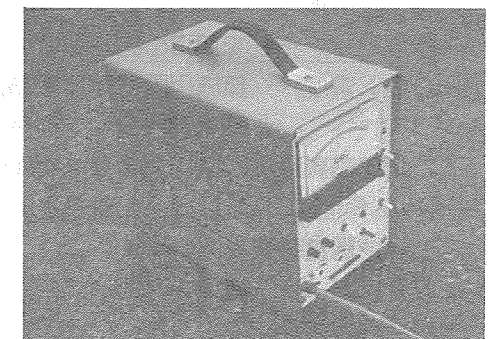
3) 濃度の計測法

CO₂ を施用するには、まずハウス内のCO₂ 濃度を知ることが大切です。農業改良普及所や農協等における計測器具の整備が望まれます。

- ・検知管……精度がやや低いですが、価格が安く手軽に各種のガス濃度を計測できます。薬品が詰まったガラス管を付けて、手動ポンプでガスを吸引します。計測に2分程度かかるので測定者の呼気が交じらないよう注意します。CO₂ 用の検知管は300ppm以下では読取りにくいので吸引を2回繰返し測定値を1/2にして読取ります。問合せ先：ガステック 06-396-1041
- ・ガス分析計……低濃度用は赤外線式が使われ、ポンプと電池を内蔵しています。価格は高いが精度は高く、濃度を即時に直読できます。計測ガスはCO₂ 専用で、計測範囲は0~5000 ppm程度です。



第23図 ガス検知管の例



第24図 携帯式CO₂ 濃度分析計の例

フ. 試験成績の概要

試験は1986年度より始め、現在も継続して技術改良に努めていますが、1987~89年度の試験成績と現地調査の概要は以下のとおりです。

1) 試験の方法

- (1) 供試施設・CO₂管理法(第7表):面積 28m²のハウス3~4棟
品種比較(第8表):面積126m²のハウス1棟
- (2) 施用法……液化CO₂を用い、赤外線式の制御器で設定値±100ppmに制御。
- (3) 電照……「宝交」のみ電照をした。
- (4) ジベ処理……「とよのか」はジベレリン処理をした。

2) 試験結果の概要

(1) CO₂の管理法(第7表)

- ・生育……CO₂施用により生育が1~2週間促進され腋花房がよく発達した。
- ・収量……第7表のとおり、CO₂施用により対照区に比べて低濃度・低温換気区で1.5倍程度、高濃度・高温換気区で2倍近い増収となった。
ただし、無施用区の収量が標準よりやや低かった。通常は3月に成り疲れにより収量が低下するが、CO₂施用区では逆に増加した。

(2) 品種別の反応(第7・8表)

- ・女峰……無電照・ジベレリン処理なしで適度に生育し、色つやも向上した。
CO₂施用に適した品種と判断された。
ただし3~4月の果実の糖度は低かった(5月には回復した)。
- ・とよのか……CO₂施用による増収効果は女峰と同程度であった。ただし、第2果房の収穫期が遅いため収量がやや低く、日照不良時には着色不良果や発酵果が多少発生した。
- ・農試4号(あすか)……CO₂施用の効果は「女峰」や「とよのか」と同様で、大果系で糖度が高く、第2果房の収穫が早く、収量も高かった。ただし、果皮が多少弱く、S果は種子の突出が目立った。
- ・宝交早生……過繁茂になりやすく、不授精果が増加し平均果重は増加しなかった。
- ・アイベリー……冬期には一層大果になった。やや果実が軟らかく、春期には実用困難と判断された。

(3) その他

- ・作型……12月穫の方が増収効果が大きく、11月穫ではやや効果が低かった。
- ・CO₂濃度……無施用区では換気扇が断続的に動いている日で250ppm前後で、薄曇で外気温が低くて換気しない日には100~150ppmまで低下した。
- ・ガスの消費量……ガスの消費量は750ppm・28℃の場合で10a当たり3月末までに約3000kgで、ガスの単価を100円/kgとすると30万円であった。(第9表)

3) 現地調査の概要

- ・収量……慣行の1.3~1.5倍の収量があった。さらに増収可能と思われる。
- ・ガス消費量……3月末までに2000~3000kg/10aで、全般に農試よりも少なかった。
- ・問題点……多湿ハウスでは灰色かび病が多発し、高温管理できない場合があった。

4) 主要な試験データ

第7表 CO₂管理法と収量

年度	品種	濃度 ppm	昼温 °C	収穫重量 kg/a								サイズ別割合 %			果数 千個/a	果重 g		
				11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	計	L	M	S(病奇)				
1987	宝交	対照	23	-	102	113	65	36	138	26	482	32	26	42	(0 2)	49	9.9	
	12臘	〃	750	28	-	163	113	141	112	216	125	869	30	26	44	(1 21)* ³	90	9.6
	女峰	〃	28	-	119	99	220	267	182	164	1051	49	28	23	(1 2)	82	12.8	
1988	女峰	対照	25	-	29	85	60	32	97	41	344	38	26	37	(0 10)* ³	33	10.4	
	12臘	〃	500	25	-	50	112	116	108	99	39	526	50	24	25	(1 4)	41	12.6
	〃	〃	750	28	-	78	137	149	163	137	83	748	55	23	22	(1 3)	56	13.4
1988	女峰	対照	25	23	81	53	82	66	118	64	487	29	32	39	(1 8)* ³	47	10.4	
	11臘	〃	500	25	29	90	71	110	177	63	96	637	43	29	28	(1 5)	53	12.0
	* ¹	〃	750	28	30	111	106	163	209	138	80	837	50	29	21	(1 2)	64	13.1
1989	女峰	対照	28	-	43	37	35	42			157	48	21	31	(0 24)* ³	14	11.5	
	12臘	〃	750	28	-	60	74	85	112	(3月穫)	330	50	22	29	(0 2)	25	13.1	
	* ²	とよのか	対照	28	-	47	40	20	45		151	51	17	32	(0 20)* ³	13	11.9	
	〃	〃	750	28	-	61	62	64	97		284	56	26	18	(0 1)	20	14.2	

*¹11月穫の定植期は9月6日、他は9月17~19日定植。CO₂は11月中旬から施用。

*²1989年度は5℃加温とし、他は無加温栽培。

*³天候不順による蜜蜂の活動不良や、過剰訪花によると思われる奇形果が多かった。
ジベレリン処理:「宝交」と「とよのか」のみ使用。電照:「宝交」のみ実施。
サイズの区分:L≥15g>M≥10g>S≥4g

第8表 CO₂施用と品種別収量 (1988年度:500ppm・昼25℃・夜2℃)
(1989年度:750ppm・昼25℃・夜2℃)

品種	年度	収穫重量 kg/a								サイズ別割合 %			果数 千個/a	果重 g
		12月	1月	2月	3月	4月	5月	計	L	M	S(病奇)			
女峰	1988	80	125	154	101	112	43	616	48	25	28	(0 3)	51	12.1
〃	1989	65	86	100	116	(3月穫)		367	59	23	18	(0 0)	26	14.2
とよのか	1988	37	136	81	172	59*	16	500	50	22	28	(3 3)	39	12.8
〃	1989	47	65	102	123	(3月穫)		336	59	28	13	(0 1)	23	14.5

*ダニが多発して収量が低下した。

第9表 CO₂ガスの使用量(kg/a)

年度	濃度ppm	温度°C	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	計
1987	375*	23	4	19	25	26	33	25	4	136
	750*	28*	41	72	65	70	77	66	10	403
1988	500*	25	3	41	37	50	49	1	3	185
	750*	28*	21	54	47	57	70	7	2	258

ハウス面積は28m²だが、植付け面積20m²として換算した。

*3月以降は濃度と換気温度を下げた。

8. 設備関係技術資料

この項は実際に設備を組立てる業者や農家の方への参考資料です。

1) 液化CO₂の自動施用設備例

(1) 資材明細

第10表 必要器材一覧表 (参考例で特定の銘柄を推奨するものではありません)

品名	銘柄	型式(規格・品番)	数量	価格*1	備考
制御器	富士	ZFP-9	1台	160,000	他にも各社が販売*2
調整器	ユタカ	FCR-50SN	1台	55,000	10a用 50ℓ/分 AC100V指定
集合管	-	-	1式	60,000	10a用 ポパ4本用 スタブなし
電磁弁	CKD	AB21-02-03(AC100V)	1台	2,300	10aまで PF 1/4
竹の子	-	砲金PT 1/4	2個	300	
ホース	テトロン糸入り	8mm	1m	300	耐圧ホース 5kg/cm ²
チューブ	透明ビニル	8X11mm	約10m	550	ポパ貯蔵庫とハウスとの距離による
〃	三井(誠和)	Iハ70-M-88型	200m	12,000	10a当たり(5aは100m)
タイマー	松下	24時間型(TB1611)	1台	3,600	夜間施用停止用(省略も可能)
キャップ	〃	2P6A用(WH4013PK)	2個	400	
〃	〃	3P15A用(WF5310)	1個	300	
コンセント	〃	2P15A2コ用(WK1023)	1個	300	
〃	〃	3P15A用(WK1310)	1個	350	
リレー	〃	HC2-AC200V(AP3125)	1個	700	換気扇連動用(200V用)
端子台	〃	HC2用(AP3822)	1個	350	
電線	-	VCT 0.75×3C	20m	1,600	ビニルタイプ
〃	-	VFF 0.75×2C	約2m	100	平型コード 電源までの距離必要
〃	-	VCT 0.75×2C	約10m	700	換気扇配電盤までの距離必要
ボックス	-	3P60A1コ用	1個	1,700	屋外用プラスチックボックス
粘着テープ	-	20mm×10m	1本	100	
その他	ネジ・計金・圧着端子・ステップル		少々	-	
セット	10a用標準材料費		1式	300,650	*3
〃	5a用(調整器と集合管が異なる)		〃	239,650	

*1 部品は標準価格で、機器類は実勢価格。別途にポンペを置く小屋が必要です。

*2 コスGH-250E型など。

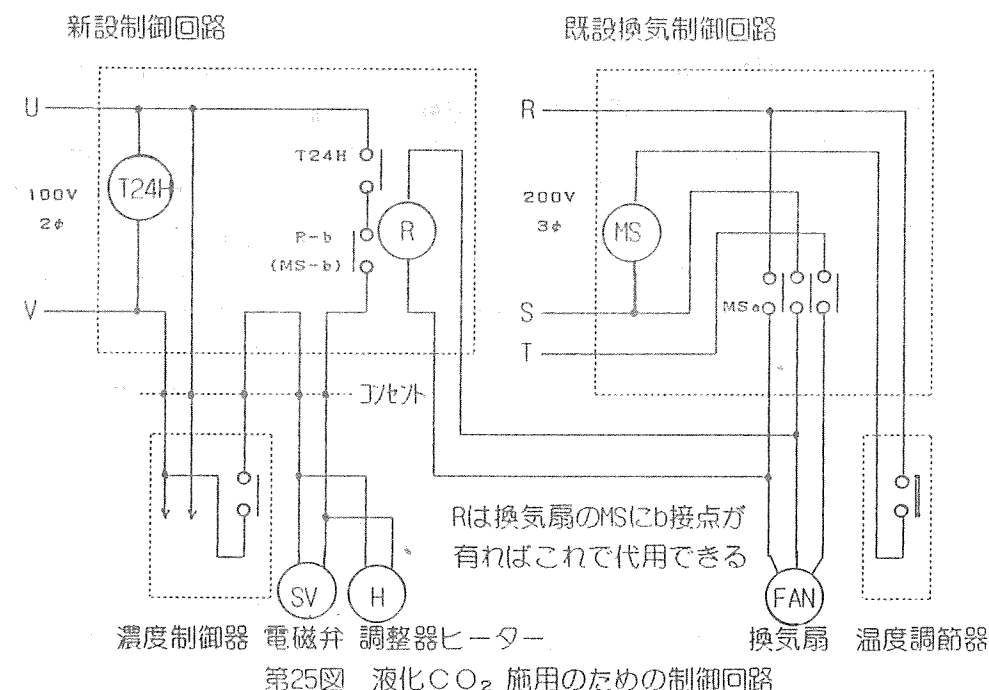
*3 組立て経費・税金を含めると10a用で40万円程度となります。(3頁第1表参照)

・この表の資材の型番は電源が100Vの場合です。200V用は別番になります。

・大型の調整器を用い、ヒーターが300Wを超える場合は、別にリレーが必要です。

・換気扇連動用のリレーと端子台は、換気扇の電磁接触器にb接点があれば不要です。

(2) 制御回路図(8頁の第10図も参照のこと)

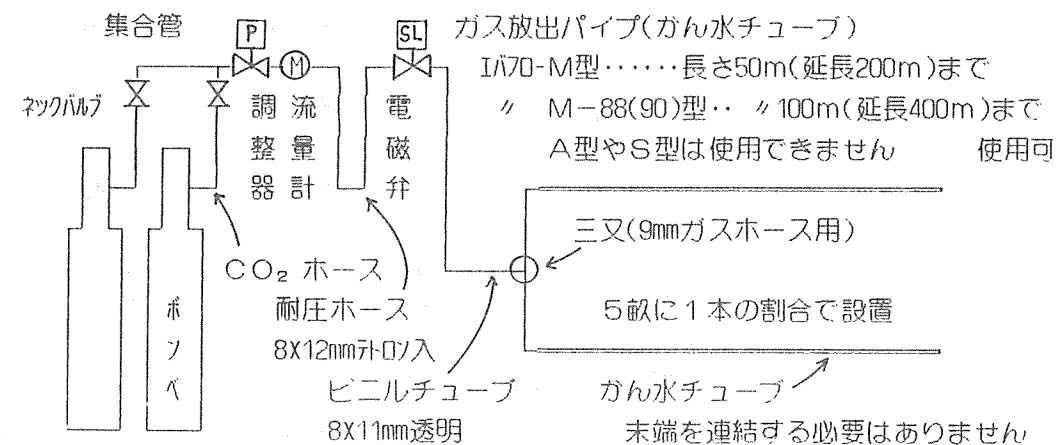


・濃度制御器のリレー出力の配線(ZFP-9、GH-250Eの場合)

L(下限)側の利用……NO接点を用い、LEDの点灯時にガスが出ます。(第10図の場合)

H(上限)側の利用……NC接点を用い、LEDの消灯時にガスが出ます。この時L側を250ppm程度に設定しておけば、L側のNO接点をガス欠警報に使えます。

(3) 配管系統図



2) LPガスの自動施用設備例

(1) 資材明細

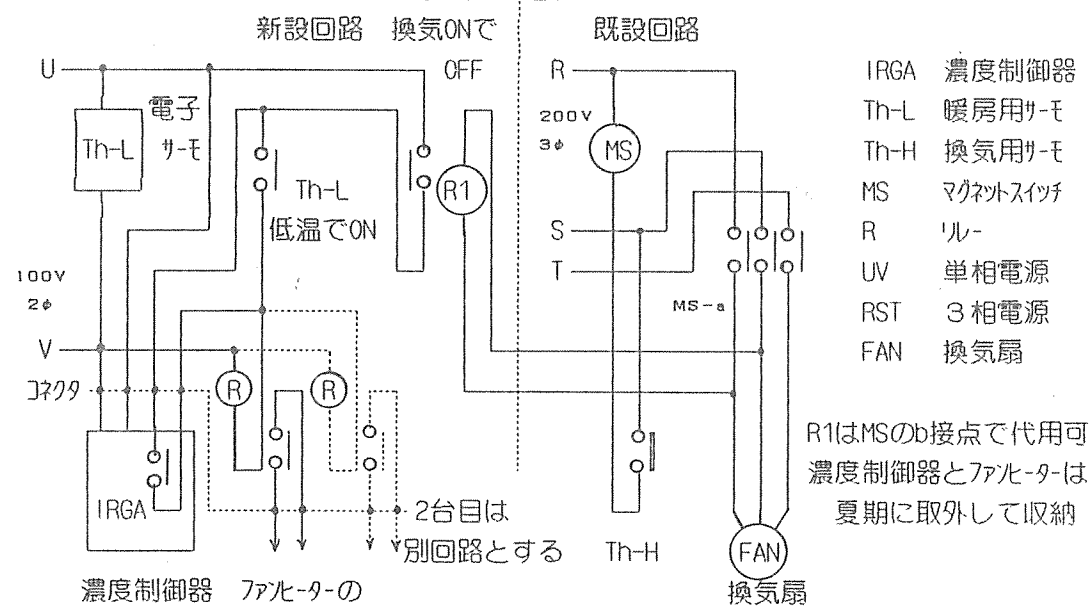
第11表 主要資材一覧表 (銘柄型式は参考例です) 数量のαはファルターの台数

品名	銘柄	型式(規格・品番)	数量	単価	備考
制御器	富士	ZFP-9	1台	160,000	JXGH-250Eも使用可
フィルター	リナイ	RC-307(LPG用)	α台	60,000	3aに1台 (2・4a用もある)
ガスホース	-	9.5mm LPG用	20xαm	350	2台以上は分岐管が必要
ガスケット・フラグ	-	9.5mm用	α組	1,000	フィルター取り外し用
電線	-	VCT 0.75X2C	40xαm	80	電源と信号用
キャップ	松下	WH4013PK	1個	220	制御器用
コードコネクタ	〃	WH4515	2xα組	300	電源と信号接続用
サーモスタット	オムロン	E5L-1 (0~50℃)	1台	4,800	異常低温対策用
端子台	〃	PTF-14A	1個	650	サーモスタット用
リレー	〃	MY2-AC200V	1個	780	換気扇作動検出用
〃	〃	MY2-AC100V	α個	780	フィルター制御用
端子台	〃	PYF-08M	1+α個	370	リレー用
(合計)	10a分材料費(フィルター3台 3.3aX3棟)			379,970	組立経費と税金を含めると
	3a分 〃 (〃 1台)			233,870	10aで約50万円かかる。

LPGの場合は調圧器とポンペ自動切替弁はガス販売店から貸与される。

他にガス漏れ警報機(約3500円)をハウス一棟ごとに取付ける。別に小屋が必要。

(2) 制御回路図(10頁第17図も参照のこと)



第27図 LPガス用制御回路図(簡易保温兼用)

3) 液化CO₂の簡易施用設備例

タイマーによる簡易施用設備は、わずかな材料費で容易に組立てできます。低コスト簡易型の例です。

(1) 資材明細

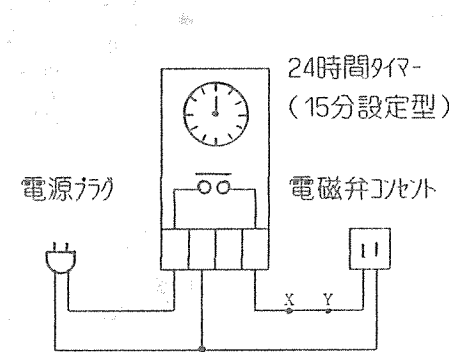
第12表 資材一覧表 (銘柄型式は参考例です)

品名	銘柄	型式(規格・品番)	数量	価格	備考
調整器	ユタカ	NP-PF	1台	25,000	10a用 25℃/分 ノヒーター型
分岐パイプ	ヤマト		1個	5,000	ホバ3本接続用
CO ₂ ホース	〃		2本	12,000	〃 スタブ無し
電磁弁	CKD	AB21-02-03(AC100V)	1台	2,300	PF1/4
竹の子	-	1/4	2個	300	電磁弁とピルチューブの接続用
タイマー	三菱	TU-6HA(AC100V)	1台	6,500	15分と設定可
キャップ	松下	WH4013PK	1個	200	タイマーの電源コード用
コードコネクタ	〃	WH4515	1組	300	タイマーと電磁弁の接続用
電線	-	VFF0.75X2C	約10m	600	電源までの距離必要
ピルチューブ	-	透明6X8mm	約10m	600	ホバ貯蔵庫とハウスとの距離による
双又	-	1/4用	1個	100	ハウスの形状により増加
かんチューブ	三和油研	IA70-M-90型	200m	12,000	放放出用
(合計)				1式	64,900

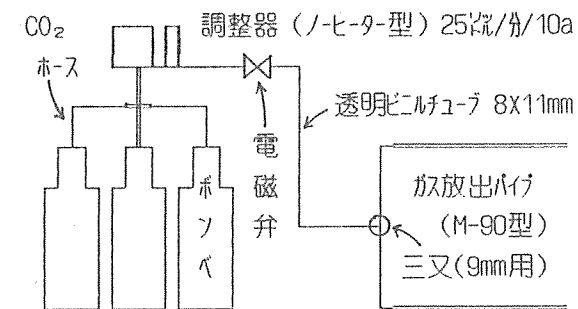
別途にポンペを置く小屋が必要である。

(2) 制御回路図

配線と配管は究めて簡単で誰でもできます。後から濃度制御器を取付ける場合は、XY間に制御器のリレー接点を挿入して下さい。換気と連動にする場合は、同じ位置に換気時に切れる接点を挿入します。



第28図 タイマーによる制御回路図



第29図 CO₂ガスの配管系統図

(3) 配管

バルブや集合管を無くし、施用流量は最低限度に抑え、圧力調整器もヒーター無しの簡易型を用いています。他は濃度自動制御の例に順じます。(8・20頁参照)

4) 濃度制御機器

市販の主要な機器は以下のとおりです。

(1) CO₂ 濃度制御器

国内で農業用に用いられている濃度制御器は主として2機種です。機能と性能はほとんど同じです。なお、これらの機種は他社のブランドでも発売されています。なお、低コストの簡易型が近く発売される予定です。

・富士 ZFP-9型 (A)

早くから農業用機種を発売しており、その改良型。

問合せ先：富士電機システックス 06-392-3971

・コス GH-250E型 (B)

少し高いが較正ガスやフィルターが付いています。

問合せ先：コス 075-934-5280

(2) CO₂ 施用装置

各社から多数の機種が発売されています。各社の代表的な機種は以下のとおりです。

・イワタニ ICS II型 (C)

ポンベスタンド、調整器、制御盤、施用チューブをセットで販売。マイコン制御型で、濃度制御器はセンサーのみハウス内に置く。他に簡易タイマー型もある。

問合せ先：イワタニ アグリグリーン 06-535-1832

・昭和炭酸 CO₂ パーム・N型 (D)

ポンベスタンド、調整器、制御盤、施用チューブをセットで販売。濃度制御器を使用時は上記A・Bを使用。

問合せ先：昭和炭酸 06-231-9621

・カナエ シルス

ポンベスタンド、調整器、制御盤、施用チューブをセットで販売。濃度制御器を使用時は上記A・Bを使用。他に簡易タイマー型や日射比例式もある。

問合せ先：鈴木商館 0726-22-6181

・奈良県経済連型

本書の液化CO₂の自動施用設備例とほぼ同じです。

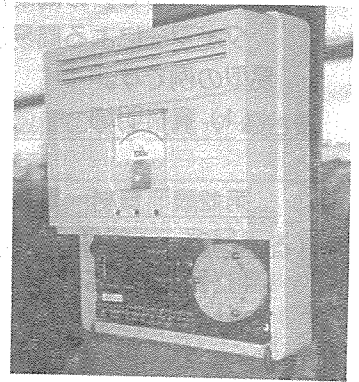
問合せ先：経済連園芸資材課 0742-27-4090

・奈良市型

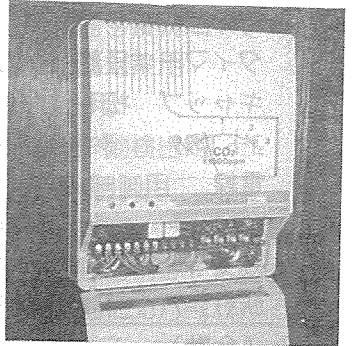
本書のLPガスの自動施用設備例とほぼ同じです。

問合せ先：天理普及所 07436-5-1315

A



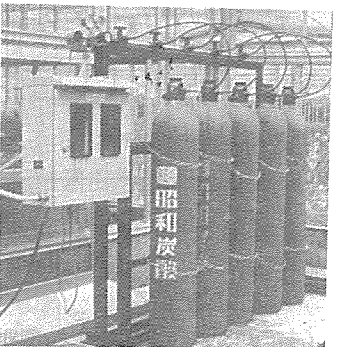
B



C



D



第30図 CO₂ 制御機器