

事例研究

鉢花生産における棚面積と灌水作業の省力化を 考慮した最適な温室サイズの決定に関する一考察

丸山 義博*

<研究要旨>

鉢花の生産で面積が一定の用地に温室を設置し、底面給水方式を導入することで灌水と施肥の作業を省力化し、それによって余裕のできた人手を生産の増大に向けると、作業の省力化と棚の設置に要する費用はより少なく、生産量はより増大するような温室のサイズと棚の設置の仕方について、優劣分岐分析により検討した。はじめに、温室サイズと棚面積あるいは温室サイズと費用の関係を、固定棚を設置した場合と可動棚を設置した場合に分けて図で示した。次に、この分析で得られた最適な奥行について、可動棚を設置した温室で間口が10.0m以上(12.6m以下)の温室について、間口をより広くするとき、棚面積はより大で費用はより小となることが判明した。本稿は、限られた用地面積の下で、作業の省力化と生産能力の増大を目的とした温室のサイズと棚の設置の検討に有用と考える。

<キーワード>

温室, 底面給水方式, 棚面積, 費用, 優劣分岐分析.

1997年7月 受付

1997年8月 受理

* 富山県立大学短期大学部 一般教育等 助教授

1. はじめに

本稿では、鉢花を生産する園芸農家を研究のモデルとし、面積が一定の用地に温室を設置し、人手による鉢花の灌水と施肥の作業の省力化のため底面給水方式（以下でST方式と記す）を導入する。このとき、考察の対象とする鉢花の需要は十分にあるという状況の下で、作業の省力化で得られた人的生産能力はこの鉢花の生産の増大に向けることができるものとする。生産の増大は収入の増大をもたらす、他方、生産の増大は棚面積の増大により得られるものとする。

このとき、本稿は、作業の省力化と棚面積の増大に対し、このときの総費用はより小で総棚面積はより大を目標に設置する温室のサイズと棚の種類および棚の設置の仕方について検討する。検討にあたり、千住・伏見 [3] および中村・山口 [2] による経済性の考え方を適用する。

さらに、温室の間口および奥行は、国内の温室建築の専門会社甲社による温室基本仕様と参考農家の温室サイズを考慮する。このとき、間口は表1の基本仕様のサイズとし、奥行はスパン（柱間隔）の倍数のサイズとする。ST方式に使用する資材は、国内のST製造会社乙社の規格品を使用するものとする。

温室の構造については、清水 [4]、内海 [6]、[7] および安井 [8] を、棚の設置の仕方については参考農家と鶴島 [5] を、さらに参考農家が使用している可動棚（一般にローリングベンチと称される棚）については三原 [1] をおのおの参考にする。

1.1 参考農家の施設の設置状況

富山県内に平成2年6月現在で家族2人と近所の主婦3人（平成5年11月現在で家族2人、親戚1人および近所の主婦2人）の労働力と敷地内に設置した生産施設を使用し、鉢花と花苗の生産により生計を立てている園芸農家がある。本稿は、この園芸農家を研究のモデルとする。この農家の、検討をはじめた平成2年6月現在における敷地の形状および施設・設備の設置状況は図1（実線）に示したとおりである。図1でNo.1～No.7の7棟の温室のサイズおよび温室内に設置してある棚の種類とサイズを表1に示す。図1でNo.1、No.3～No.7の各温室はシクラメンおよび他の鉢花、花苗の仮植から出荷までの生産に使用し、シクラメンの定植期に灌水と施肥の作業にST方式を使用している。図1のNo.2の温室は稚苗の栽培に使用し、灌水および施肥は手作業で行っている。

この農家の現在の生産者は、昭和40年代半ばに図1でNo.1、No.2の2棟から鉢花生産をはじめ、10年余りの間にNo.7までの7棟の温室を新設し、さらに、平成2年から平成

5年11月までの期間に、No.8の温室の新設とパイプハウス2棟をNo.9の温室に改築しNo.1の温室は間口9.0(m)、奥行30(m)の温室に改築することで、おのこの温室の増設と大型化をすすめてきた。図1の温室の場合、温室の奥行（以下で奥行と記す）および温室の間口（以下で間口と記す）のより大きい温室は軒高および棟高もより高く、これらの温室内部の温度、湿度、換気等は、温室サイズのより小さい温室に比べ、作業により快適な環境を作り出している。参考農家の場合、限られた労働力に対しより快適な作業環境を作り出すことで、作業能率を上げ、温室内での長時間の作業を可能にし、図1の施設を十分に活用できる状況を作り出しているものとする。

1.2 ST方式

鉢花の灌水と施肥の作業の省力化にST方式を採用する。このST方式について、図1の参考農家の場合を写真1に示し、以下で、写真1によるST方式について述べる。

写真1で、幅が1.8(m)の棚に8本のトイ（材質はC型鋼）が並び、これらのトイ上に5号のST鉢に定植した（出荷用）シクラメンが並べてある。これらのトイに並べられたシクラメンの鉢数は、1本のトイで1mあたり3.8889(鉢)である。

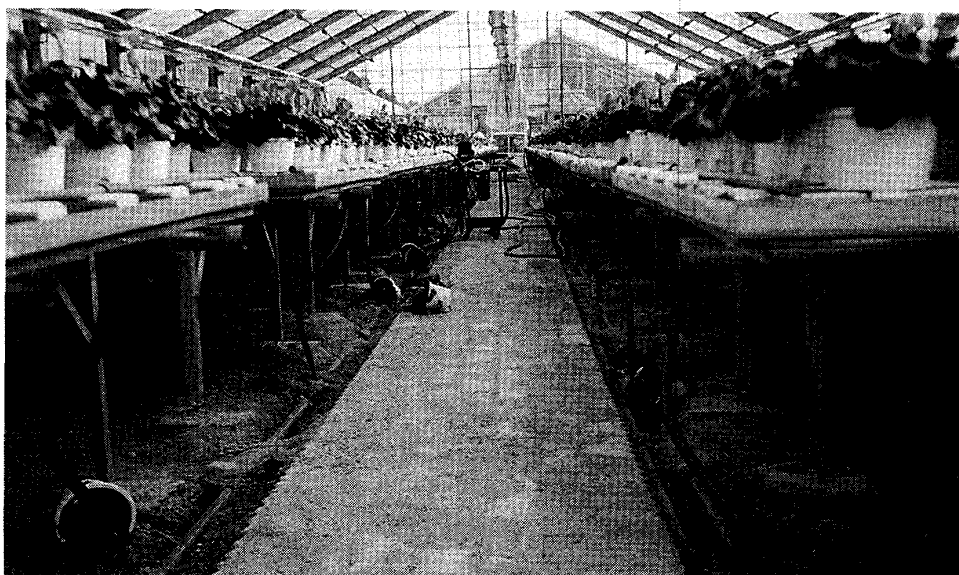
写真1(a), (b)は、図1の温室No.9のST方式を示し、通路に平行に通路脇の地表に露出している水道管(VP25)は、ST方式の設置工事が完了するまでに地中に埋設される。さらに、1つの棚(幅1.8m)に1本の水道管(VP13)(長さは棚幅に等しい)がトイ上に、トイに対し直角に配置され、この水道管(VP13)に空けられた穴から8本のトイそれぞれに給水が行われる。一方、水道管(VP13)は、通路に平行に通路脇の地中に埋設(予定)の水道管(VP25)とホースで連結されている。さらに、水道管(VP25)は温室中央にある水道の蛇口とホースで連結されている。このとき、これらのST方式に使用されている水道管は規格がVP25(管の内径が25mm)とVP13(管の内径が13mm)の2種類である。また、VP25の水道管とホースの接続に規格がT-25×13の継手を使用され、ホースとVP13の水道管の接続に規格がT-13の継手を使用されている。

写真1(a), (c)で、トイに送られた水道水はST鉢の底部から出ている紐に浸透し鉢内に給水(灌水)される。一方、トイに送られた水道水はトイの両端から流出しないように、トイの一方の端に栓をしたSTキャップ(材質は塩化ビニール樹脂。以下でキャップと記す)が、他方の端にミラーブロック(材質は発泡スチロール)が、おのこの取り付けである。

ST方式によるトイへの給水については、トイの端に取り付けたキャップと水道管(VP25)を直接ホースで連結しトイに給水する方法も考えられる。



(a) 参考農家のST方式
(図1 No.9の温室
(平成5年11月2日現在))



(b) 可動棚に設置した
ST方式
(図1 No.9の温室
(平成5年11月2日現在))



(c) 固定棚に設置した
ST方式
(図1 No.8の温室
(平成3年8月5日現在))

写真1 ST方式によるシクラメンの灌水

- (a), (b)について
 トイ上の細い管は水道管 (VP13)。水道管 (VP13) とホースは継手 (T-13) で接続。このホースと通路脇の地表に露出している水道管 (VP25) は継手 (T-25×13) で接続。
 トイ上の白い物体はミラーブロック。
 (b) について、棚と棚の支柱の間にある円筒形の金属棒は、棚の可動に使用されるコロを示す。
 (c) について、トイの端に栓をしたキャップが取り付けられている。
 トイ上に、5号のST鉢に定植したシクラメンが栽培されている。

トイのサイズについて、1.の乙社の場合、規格品として4 (m) と6 (m) の2種類があり、棚の長さに応じて10cm単位で加工するとしている。参考農家では、6 (m) を越える固定棚に対し、温室内で棚の長さに等しくなるまで複数のトイを継手で継ぎ足し、特注品は使用していない。さらにST方式の使用期間は、シクラメンの生産で定植直後から出荷終了までの期間で、この期間中のトイ内の水量の調節は全て手動で行っている。

1.3 棚の設置

間口と奥行が与えられた温室で、この温室1棟の棚面積は、設置する棚の幅と長さおよび棚の設置数により決まる。他方、棚の幅と長さ、棚の設置数および通路幅は、温室のサイズと作業（灌水、施肥、除草、病害虫の防除等）のし易さを考えて設定される。このとき、以下の検討で設置する棚の形は長方形とし、棚のサイズで寸法の短い方の長さを棚幅と定め w あるいは $w/2$ とおき、寸法の長い方の長さを棚の長さとして定め l とおく。このとき、棚幅 w は、棚の両側に通路がある場合で、作業者が棚の一方の側から中央まで手の届く長さの2倍の長さとする。また、棚幅 $w/2$ は、棚の片側にのみ通路がある（他方の側は側面に隣接する）場合で、作業者が棚に向かい棚の端まで手の届く長さとする。

図1について、No.1～No.7の各温室には、表1に示すような固定した棚（以下で固定棚と記す）あるいは動かすことのできる棚（以下で可動棚と記す）のいずれかの棚が設置してある。可動棚を設置した温室では、作業時に作業者が中央通路に立ち、棚に向かい作業をする棚を左または右に動かし、作業に必要な棚と棚の間隔を得ている。また、平成2年以後に新設あるいは改築した温室で、可動棚を設置したNo.1、No.9の温室では、既存の温室No.3、No.5、No.6に比べ、棚の設置数を減らし、作業がし易いように棚を配置している。

1.4 通路の配置を考慮した棚の設置と棚の可動距離 D

温室内の通路は、灌水、施肥、除草、仮植・定植の各作業あるいは出荷鉢や資材の運搬および薬剤散布等の作業に使われる。図1のNo.1～No.7の各温室の通路と棚の設置について述べる。No.1、No.2について、通路は妻面に平行に幅0.4 (m) の通路を温室の出入

口と中央に合計3カ所配置し内部に幅1.8 (m) の棚と幅0.6 (m) の通路を交互におのおの2列側面に平行に配置してある。さらに、幅が0.9 (m) で長さ24 (m) の棚をおのおのの側面に隣接して設置してある。No.3, No.5～No.7は、温室の中央に側面に平行に幅0.8 (m) の通路を配置し、この通路の両側に幅が1.8 (m) で、長さは3 (m) (No.3) あるいは4.8 (m) (No.5～No.7) の棚を妻面に平行に設置してある。No.3, No.5～No.7の各温室の中央通路の片側に設置した棚の設置数について、No.3の温室は14列で、No.5～No.7の温室は共に15列である。このとき可動棚を設置したNo.3, No.5, No.6の各温室で、棚の可動距離 D すなわち奥行と中央通路片側の棚幅の総和（1つの棚の幅と中央通路の片側にある棚の設置数との積）との差は、No.3の温室では1.8 (m)、No.5, No.6の温室では共に1.875 (m) である。

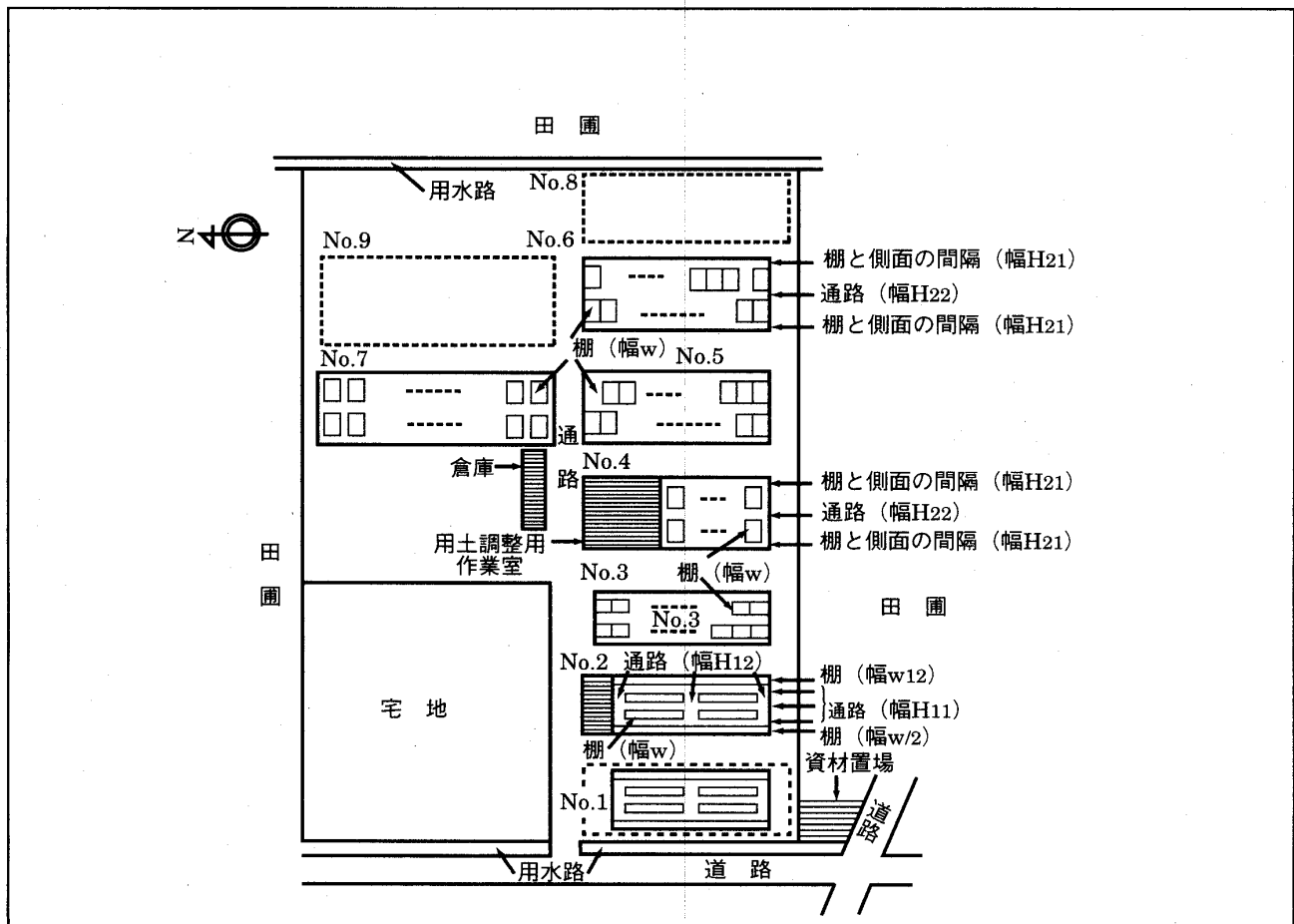


図1 参考農家の敷地の形状と温室の設置

実線：平成2年6月現在の温室の設置状況。
 点線：平成3年から平成5年11月までの期間に新築あるいは改築した温室。
 側面に平行な通路の幅 H_{11} ：0.6 (m) .
 妻面に平行な通路の幅 H_{12} ：0.4 (m) .
 側面に棚との間隔 H_{21} ：0.2 (m) .
 中央通路の幅 H_{22} ：0.8 (m) . 棚幅 w ：1.8 (m) .

表1 参考農家の温室（両屋根型の単棟温室7棟）と棚の設置状況（平成2年6月現在）

温 室 No (外壁, 屋根の被覆材)	間口 (m)	奥行 (m)	棚の種類 (棚の配置の仕方) と棚のサイズ (m)
No1, No2 (2棟の温室 は, 共に硬質ビニール)	7.2	24	固定棚 (側面平行): 側面に隣接した棚: 幅: 0.9, 長さ: 24 内部の棚: 幅: 1.8, 長さ: 10.8, 12.0
No3 (硬質ビニール)	7.2	27	可動棚 (妻面平行): 幅: 1.8, 長さ: 3.0
No4 (透明ガラス)	10.8	28.875	固定棚 (妻面平行): 幅: 1.8, 長さ: 4.8
No5 (透明ガラス)	10.8	28.875	可動棚 (妻面平行): 幅: 1.8, 長さ: 4.8
No6 (透明ガラス)	10.8	28.875	可動棚 (妻面平行): 幅: 1.8, 長さ: 4.8
No7 (硬質ビニール)	10.8	36	固定棚 (妻面平行): 幅: 1.8, 長さ: 4.8

備考; 平成2年以後, 平成3年から平成5年11月までの期間に, 温室No1は改築 (間口: 9.0 (m), 奥行: 30 (m). 棚は妻面に平行に可動棚を配置), (図1の) No8は新築 (間口: 9.0 (m), 奥行: 30 (m). 棚は側面に平行に固定棚を配置), (図1の) No9は既設のパイプハウス2棟を1棟の温室に改築 (間口: 12 (m), 奥行: 36 (m). 棚は妻面に平行に可動棚を配置). 改築あるいは新築した温室No1, No8, No9は, 全て両屋根型で単棟の硬質ビニールハウス. 温室の専門会社甲社の基本仕様表に記載の寸法 (m) で, 温室側面のスパン (柱間隔) について, 硬質ビニールハウスNo1~No3, No7は3 (m), ガラス温室No4~No6は2.625 (m). 硬質ビニールハウス (図1で使用されているHV・FC規格の場合) の間口は, 7.2 (m), 8.1 (m), 9.0 (m), 10.0 (m), 10.8 (m), 12.0 (m), 12.6 (m).

2. 仮 定

ここで, 以下のような仮定をおく.

- (1) 側面に平行に設置する棚は全て固定棚とする. さらに側面に隣接して設置する棚は, 幅が $w/2$ の棚とし, 他の温室内部に設置する棚は幅が w のみの棚とする.
- (2) 奥行は敷地の制約, 温室建築の基本仕様および作業能率を考慮し定めるものとする.
- (3) 可動棚は妻面に平行に設置しこの棚の幅は w (一定) のみとする.
- (4) 棚上の1本のトイの長さは棚の長さに等しいとする.
- (5) 使用するトイは, 規格品A (長さ h_A) と規格品F (長さ h_F) の2種類とする. 可動棚の長さはトイの長さ h_F 以下とし, 使用にあたり, トイの強度および参考農家の場合を考慮し, 継ぎ目のない1本のトイとする. 固定棚の場合, 棚の長さがトイの長さ h_F を越える場合にのみ継手により2本以上のトイを継ぎ足すものとする.
- (6) 幅 w の1つの棚に並べるトイ数 z (本) は一定とし, 幅 $w/2$ の棚に対し $z/2$ (本) とする. 1本のトイに取り付けるキャップとミラーブロックは, このトイの一方の端

と他方の端に、おのおの1個ずつ取り付けるものとする。

(7) シクラメンの苗を定植した後、病虫害または生育不良等で出荷できなかった植物体に使用したST鉢は、次年度の定植に使用するものとする。

(8) 暖房設備の設置面積は温室全体の総面積に対して微小であることから、近似的にゼロとみなし、本稿では考慮しないこととする。

2.1 案と使用する記号の設定

棚はすべて1段とし、その設置方法は、次の2通りとする。すなわち、

第1案：側面に平行に固定棚を設置する。

第2案：妻面に平行に可動棚を設置する。

これら2つの案いずれについても、棚の設置と通路の配置にあたり、作業能率を考慮し、かつ1.4で述べた参考農家の場合に従うものとする。第1案の場合、側面に平行な棚の設置と通路の配置は、2. の仮定 (1), (2) の下で、間口 M に対し、通路幅 H_{11} を考慮し、棚幅が $w/2$ あるいは w の棚を設置するものとする。第2案の場合、間口 M に対し、側面に平行に温室中央に通路を配置し、この通路の両側に幅 w 、長さ ℓ_{2w} の棚を妻面に平行に設置するものとする。1つの温室に設置する棚の設置数は、棚の可動距離(D)を考慮して決めるものとする。

ここで、使用する記号を以下のように設定する。

S_c ：敷地内で温室、資材置場、作業室等の施設および通路等を含む、生産活動に必要な用地の総面積 (m^2)、一定

S_D ：シクラメンの定植に使用する温室（栽培室）の設置に使用する用地の総面積 (m^2)、 $0 < S_D < S_c$

S_i ($i = 1, 2$)：第 i 案による1棟当たりの棚面積 (m^2)

S_{iT} ($i = 1, 2$)：第 i 案による総棚面積 (m^2)

M ：間口 (m)、 $M = 7.2$ (m)、 8.1 (m)、 9.0 (m)、 10.0 (m)、 10.8 (m)、 12.0 (m)、 12.6 (m)。

L ：奥行 (m)、 21 (m) $\leq L < 42$ (m)

H_{11} ：第1案で、側面に平行な通路の幅 (m)、 $H_{11} \geq 0.6$ (m)

H_{12} ：第1案で、妻面に平行な通路の幅 (m)、一定

k_1 ：第1案で、幅 H_{12} の通路の設定数 (本)

H_2 ：第2案で、側面に平行な温室中央の通路の幅と側面と棚との間隔の総和 (m)、一定

w ：棚の幅 (m /列)、一定

z ：幅が w の1つの棚に並べるトイの本数 (本)、一定

$\ell_{1w/2}$: 第1案で, 側面に隣接して設置する幅 $w/2$ の棚の長さ (m / 列)

ℓ_{1w} : 第1案で, 幅が w の棚の長さ (m / 列), $0 < h_F \leq \ell_{1w} \leq \ell_{1w/2} (= L)$

ℓ_{2w} : 第2案で, 幅が w の可動棚の長さ (m / 列), $\ell_{2w} = (M - H_2) / 2$, $0 < \ell_{2w} \leq h_F$

$B_{w/2}$: 幅が $w/2$ の棚の設置数 (列 / 棟)

B_w : 幅が w の棚の設置数 (列 / 棟)

D : 棚の可動距離, $D \geq 1.8$ (m)

b : トイ上に並べることのできる 1m 当たりの ST 鉢数 (鉢), 一定

γ : 定植した植物体の損失率 (= 病虫害等による定植した植物体の損失量 / 定植した植物体の総数), $0 \leq \gamma \leq 1.0$

h_j ($j = A, F$) : 規格品 j のトイの長さ (m / 本), $0 < h_F / 2 < h_A < h_F$, 一定

h_T : 1棟当たりのトイの使用量 (m)

h : 規格品 j ($j = A, F$) を加工してできたトイの長さ (m), $0 < h < h_j$

n_t : トイの耐用年数 (年), 一定

n_c : キャップの耐用年数 (年), 一定

n_s : ミラブロックの耐用年数 (年), 一定

n_b : 固定棚および可動棚の耐用年数 (年), 一定

C_{tj} ($j = A, F$) : 規格品 j のトイのコスト (円 / 本), $0 < C_{tA} < C_{tF}$, 一定

C_c : キャップのコスト (円 / 個), 一定

C_s : ミラブロックのコスト (円 / 個), 一定

C_{cst} : キャップとミラブロックの 1棟当たりの費用の和 (円 / 年)

C_p : 鉢費の増分 (ST 鉢のコスト (円 / 鉢) と普通鉢のコスト (円 / 鉢) の差額 (円 / 鉢)), 一定

C_{pt} : 1棟あたりの鉢費の増分 (円 / 年)

C_{1b} : 固定棚の工事費 (円 / $3.3m^2$), 一定

C_{1bt} : 1棟あたりの固定棚の償却費 (円 / 年)

C_{2b} : 可動棚の工事費 (円 / $3.3m^2$), 一定

$C_{1w/2t}$: 第1案による, 幅 $w/2$, 長さ $\ell_{1w/2}$ の棚に並べる 1棟当たりのトイ費 (円 / 年)

C_{1wt} : 第1案による, 幅 w , 長さ ℓ_{1w} の棚に並べる 1棟当たりのトイ費 (円 / 年)

C_{it} ($i = 1, 2$) : 第 i 案による 1棟当たりの総費用 (円 / 年)

C_{iT} ($i = 1, 2$) : 第 i 案による総費用 (円 / 年)

上記の記号について, 奥行 L の範囲は図 1 の参考農家と参考文献 [8] を参考に設定した。また, 一定と記した記号および用地面積 S_D の数値を表 2 に示す。表 2 の数値は ST 方式に使用する資材および棚, 温室サイズは参考農家および各専門会社から提供していただいた

資料をもとに作成した数値と設定した数値を表す。表2の数値で、トイの本数 z （本）およびトイ1m当たりのST鉢数（鉢） b は、おのおのシクラメン5号鉢仕上げの場合を表す。

以下の検討で、用地面積 S_c 、 S_D に対し、面積が $(S_c - S_D)$ の用地は、降雪および温室内の鉢花と花苗に十分な光量が得られるように、隣接する温室と温室の間に一定の間隔をとるための用地、稚苗の栽培室、資材あるいは出荷鉢等の運搬用トラックを通すための通路、作業室および資材置場等、鉢花の生産活動に使用するものとする。また、温室中央に設置した水道の蛇口と棚上に並べたトイをつなぐ給水管（第1案の場合は、温室中央に妻面に平行に配置した水道管およびホース。第2案の場合は、側面に平行に配置した水道管およびホース）と継手（水道管とホースあるいは水道管と水道管の接続に使用）の償却費は除くことにする。とくに、第1案の場合、給水管と継手に対する資材の使用量とその償却費が奥行の長短に関係なく一定である。第2案の場合、給水管と継手に対する資材の使用量とこのときの償却費は間口の広狭に関係なく一定である。

以下で、2.1の2つの案について、2.の仮定の下で、はじめに温室サイズと棚面積および温室サイズと費用の関係を検討する。次に、これらの検討結果をもとに、棚面積がより大で費用がより小となるような温室のサイズについて優劣分岐分析により検討する。

3. 温室のサイズと棚面積および費用に関する考察

用地面積について、温室を設置する敷地の形状と敷地面積 S_c に対し、ここでは、温室の設置にのみ使用する用地（面積は S_D ）を検討の対象とする。

（イ）面積 S_D の用地に設置する温室のサイズと棟数の設定

図1および表1で温室No.1, No.2の温室床面積（間口と奥行の積）は $172.80 \text{ (m}^2\text{)}$ 、棚面積は $125.28 \text{ (m}^2\text{)}$ で、温室床面積に対する棚面積の比率は 0.725 となる。いま、用地面積 S_D を $2,400 \text{ (m}^2\text{)}$ ($100 \text{ (m)} \times 24 \text{ (m)}$)とし、この用地に間口 100 (m) 、奥行 24 (m) の温室1棟を設置する。上述の棚面積の比率 0.725 を適用したとき、この温室の棚面積は $1,740 \text{ (m}^2\text{)}$ ($=100 \text{ (m)} \times 24 \text{ (m)} \times 0.725$)となる。次に、同じ面積 S_D の用地に間口 48 (m) 、奥行 24 (m) の温室2棟を設置する（温室と温室の間隔は図1の参考農家の場合と同じ 4 (m) とする）。これら2棟の温室の総棚面積は、棚面積の比率 0.725 を適用したとき $1,670.4 \text{ (m}^2\text{)}$ で、温室1棟の場合よりも総棚面積は小となる。以下、隣接する温室と温室の間隔は 4 (m) （一定）とし、面積 S_D の用地に設置する温室の棟数を増加していく（このとき1棟の温室サイズはより小となる）とき総棚面積はより減少する。ただし、以下の検討で、奥行 L と間口 M の各サイズについては温室建築の基本仕様を考慮する。ここで、面積 S_D の用地に温室を1棟のみ設置する考え方に近い温室の設置の仕方として、面積 S_D

の用地に小間口（梁間とも呼ぶ）が $M_1, M_2, \dots, M_n$ ($M_1 = M_2 = \dots = M_n$), 奥行が $L_1, L_2, \dots, L_n$ の温室 n 棟を連ね, 間口 $M (= M_1 + M_2 + \dots + M_n)$, 奥行 $L (= L_1 = L_2 = \dots = L_n)$ の 1 棟の温室として設置する連棟温室がある [4], [6] ~ [8]. 連棟の温室については国内あるいは外国の温室で 1 棟が 2 連棟から 10 数連棟まで存在する [7]. この連棟温室の考えを単棟温室の設置の仕方にあてはめる. いま, 間口と奥行は各棟の温室で同じとする. 図 1 で敷地中央の通路 (幅 5 (m)) の南側の敷地 (東西 100 (m), 南北 31 (m) の用地) に温室を設置することを考える. このとき, 隣接する温室と温室の間隔は 4 (m) で敷地の東側と西側にある用水と温室との間隔は共に 1.6 (m) と設定する. このとき, この用地に間口 7.2 (m), 奥行 30 (m) の単棟温室を 9 (棟) 設置することができる. ここで, 温室の棟数が実数値, 例えば 6.45 (棟) の場合, 図 1 の温室 No.4 と同じ考えで, 6 棟の栽培室と他の 1 棟は栽培室が 45 % で作業室が 55 % からなる温室とする. 以下の検討で, 図 1 と参考文献 [4] ~ [6] で敷地の形状に対する温室のレイアウトおよび温室のサイズを参考にする. このとき, 温室のサイズは間口 M あるいは奥行 L のいずれかが与えられた場合とし, 面積 S_D の用地に設置する温室の棟数は $S_D / (ML)$ とする.

(ロ) 費用の設定

第 i 案 ($i = 1, 2$) による総費用 C_{iT} を決めるに際して, 温室, 暖房設備 (温風暖房機) 他の施設・設備の償却費は第 1 案と第 2 案で共通の費用であるから, この償却費を除いて考えることにする. いま, 総費用 C_{iT} ($i = 1, 2$) を構成する費用項目は, 1.2 の ST 方式と 1.3 の棚の設置に関する費用とする. このとき, 費用項目はトイ, キャップ, ミラーブロック, 棚の, おおのこの償却費 (以下でトイ費, キャップ費, ミラーブロック費, 棚費と記す) および鉢費の増分とする. 鉢費の増分について述べる. 1.2 より, 定植に使用する鉢 (消耗用鉢) は, ST 方式に適した ST 鉢が使用される. この ST 鉢と普通鉢のコストの差額をここでは鉢費の増分とよぶ. また, トイとトイをつなぐ継手の使用量は少なく, このときの継手の償却費は僅かであるから, この償却費は除いて考えることにする. 固定棚と可動棚の耐用年数は同じとする. ここで, 2. の仮定 (5) に対し, 規格品 j (長さ h_j , $j = A, F$) を使用し長さ h ($\leq h_j$) (m / 本) に加工したときのトイのコスト (円 / 本) を (1) 式で与える.

$$\left. \begin{aligned} 0 < h \leq 1 \text{ のとき, } C_{tj} / h_j \text{ (円 / 本)} \\ 1 < h \leq 2 \text{ のとき, } 2C_{tj} / h_j \text{ (円 / 本)} \\ h_{j/2} - 1 < h \leq h_{j/2} \text{ のとき, } C_{tj} / 2 \text{ (円 / 本)} \\ h_{j/2} < h \leq h_j \text{ のとき, } C_{tj} \text{ (円 / 本)} \end{aligned} \right\} (1)$$

3.1 総棚面積と総費用

3.1.1 第1案の場合

A. 総棚面積 S_{1T}

第1案による1棟あたりの棚面積を S_1 とおくとき、棚面積 S_1 は棚幅と棚の長さおよび1棟あたりの棚の設置数との積和で与える。また、棚の長さ ℓ_{1w} は、ここでは通路幅 H_{12} (一定) を用いて、 $(L - k_1 H_{12}) / (k_1 - 1)$ で与える。このとき、第1案による総棚面積を S_{1T} とおき、棚面積 S_1 と棟数の積として、(2) 式に定める。

$$S_{1T}(L) = S_1 S_D / (ML) \\ = \{ (w/2) L B_{w/2} + w (L - k_1 H_{12}) / (k_1 - 1) B_w \} S_D / (ML) \quad (2)$$

いま、用地面積は $S_D = 1,578.15 \text{ (m}^2\text{)}$ 、間口は $M = 7.2 \text{ (m)}$ 、通路幅は $H_{12} = 0.4 \text{ (m)}$ 、幅 H_{12} の通路の設定数は $k_1 = 3$ (本)、棚幅は $w = 1.8 \text{ (m)}$ 、棚の設置数は $B_w = 4$ (列)、 $B_{w/2} = 2$ (列) のとき、総棚面積 S_{1T} は、(2) 式で奥行 L の関数として、(3) 式となる。

$$S_{1T}(L) = 1,183.6125 - \frac{946.8900}{L} \quad (3)$$

B. 総費用 C_{1T}

総費用 C_{1T} を構成するおのおのの費用について、以下に定める。

(I) トイ費 $C_{1w/2t}$, C_{1wt}

側面に隣接して設置する棚 (幅 $w/2$ 、長さ $\ell_{1w/2} (= L)$) に対し、使用するトイ1本の総延長が $h_F J + h$ ($J = 1, 2, \dots, 0 < h \leq h_F$) となる場合、棚上の1本のトイは規格品 F (長さ h_F) を J 本と長さ h のトイ1本をおのおの継手で継ぎ足すことで得られるものとする。

(1.1) 幅 $w/2$ 、長さ $\ell_{1w/2}$ の棚に並べるトイの1棟あたりの費用 $C_{1w/2t}$

① $h (= \ell_{1w/2} - h_F J) < h_F / 2$ の場合

いま、幅 $w/2$ の棚に並べるトイの本数 $z/2$ (本) の、1棟あたりのトイ費を $C_{1w/2t}$ (円/年) とおく。このとき、トイ費 $C_{1w/2t}$ (円/年) は、規格品 F (長さ h_F) を J 本と1本の長さ $h (< h_F / 2)$ (m) の各トイ費の和として、(4) 式で与えることができる。

$$C_{1w/2t} = \{ J + (\lceil h \rceil / h_F) \} C_{tF} (z/2) B_{w/2} / n_t \quad (4)$$

(4) 式で、記号 $\lceil \rceil$ は小数点以下の切り上げを表す。このとき、1本が h (m) のトイの長さは整数値で与える。

② $h_F / 2 < h (= \ell_{1w/2} - h_F J) < h_F$ の場合

①の場合に対し、規格品 F (長さ h_F) のトイを J 本使用したときのトイ費と1本のトイの長さ h が $h_F / 2 < h < h_F$ の範囲内の値の場合、このトイのコストを、ここでは規格品 F

を1本使用した場合と同じ費用とする。このとき、(a)の場合と同様に考えて、この場合の1棟あたりのトイ費を $C_{1w/2t}$ (円/年) とおくと、トイ費 $C_{1w/2t}$ (円/年) は(5)式で与えることができる。

$$C_{1w/2t} = (J + 1) C_{tF} (z/2) B_{w/2} / n_t \quad (5)$$

(1.2) 幅 w 、長さ ℓ_{1w} の棚に並べるトイの1棟あたりのトイ費 C_{1wt} (円/年)

幅 w 、長さ ℓ_{1w} の棚に並べるトイの1棟あたりのトイ費を C_{1wt} (円/年) とおく。このとき、トイ費 C_{1wt} (円/年) は(1.1)で棚の長さ $\ell_{1w/2}$ を ℓ_{1w} と置き換えることで得られる。

(II) キャップとミラーブロックの1棟あたりの費用の和 C_{cst} (円/年)

幅 w の棚に使用するトイ数 z (本)、棚の設置数 B_w (L) (列/棟) に対し、キャップとミラーブロックの1棟あたりの費用の和を C_{cst} (円/年) とおくと、費用 C_{cst} (円/年) は、キャップとミラーブロックの資材の使用量 (幅 $w/2$ あるいは幅 w の棚に並べるトイの本数に等しい) とこれらの資材の1個あたりの償却費の積として(6)式で与えることができる。

$$C_{cst} = (C_c / n_c + C_s / n_s) (B_{w/2} (z/2) + B_w z) \quad (6)$$

(III) 1棟あたりの固定棚の償却費 C_{1bt} (円/年)

1棟あたりの固定棚の費用を C_{1bt} (円/年) とおくと、棚費 C_{1bt} (円/年) は1棟あたりの棚面積 S_1 (m^2) と $1m^2$ あたりの固定棚の棚費 $C_{1b} / (3.3n_b)$ (円/年) の積として(7)式で与えることができる。

$$C_{1bt} = S_1 C_{1b} / (3.3n_b) \\ = \{L (w/2) B_{w/2} + (L - k_1 H_{12}) w B_w\} C_{1b} / (3.3n_b) \quad (7)$$

(IV) 1棟あたりの鉢費の増分 C_{pt} (円/年)

1棟の温室で使用するトイの使用量をトイの総延長 h_T (m/棟) で表す。定植した植物体の総数は、トイ $1m$ あたりの植物体数 b (鉢) とトイの長さ h_T (m/棟) の積 bh_T で与える。

表2 数 値

$S_D: 1578.15$, $b: 3.8889$, $C_{tA}: 1,550$, $C_{tF}: 2,300$, $C_c: 240$, $C_s: 50$, $C_p: 40$, $C_{1b}: 10,000$, $C_{2b}: 13,000$, $H_{12}: 0.4$, $n_t: 10$, $n_c: 10$, $n_s: 2$, $n_b: 20$, $w: 1.8$, $h_A: 4$, $h_F: 6$, $z: 8$, $H_2: 1.2$.

S_D : 用地面積 (m^2), b : トイ上に並べる5号のST鉢数 (鉢/m), C_{tA} , C_{tF} : 規格品A, Fのトイのコスト (円/本), C_c , C_s : キャップとミラーブロックのコスト (円/個), C_p : 鉢費の増分 (円/鉢), C_{1b} : 固定棚の工事費 (円/ $3.3m^2$), C_{2b} : 可動棚の工事費 (円/ $3.3m^2$), H_{12} : 通路幅 (m), n_t , n_c , n_s , n_b : トイ, キャップ, ミラーブロック, 棚の, 各耐用年数 (年), w : 棚幅 (m/列), h_A , h_F : 規格品A, Fのトイの長さ (m/本), z : 5号鉢に定植したシクラメンの場合で、幅が 1.8 (m) の棚に並べるトイの本数 (本), H_2 : 通路幅と側面と棚の間隔の和 (m).

ここで、定植した植物体が定植期間中に病害虫等により出荷できなくなるとき、定植期間中の植物体の損失率を γ (=病害虫による定植した植物体の損失量/定植した植物体の総数)とすると、植物体の損失率 γ に対し出荷した植物体の比率は $(1 - \gamma)$ となる。このとき、1棟あたりの鉢費の増分 C_{pt} (円/年)は、鉢費の増分 C_p (円/鉢)と出荷量 $(1 - \gamma) * bh_T$ の積として(8)式で与えることができる。

$$C_{pt} = C_p (1 - \gamma) bh_T$$

$$= C_p (1 - \gamma) b \{L (z/2) B_{w/2} + (L - k_1 H_{12}) z B_w\} \quad (8)$$

いま、(I)～(IV)で述べた1棟当たりの費用(円/年)に対し、温室全体(総棟数は $S_D / (ML)$)にかかる費用(円/年)を C_{1T} とおくとき、第1案による総費用 C_{1T} は(9)式となる。

$$C_{1T} = (C_{1w/2t} + C_{1wt} + C_{cst} + C_{bt} + C_{pt}) S_D / (ML) \quad (9)$$

C. 数値例

いま、(4)～(9)式に表2の数値を適用し、間口 M が7.2(m)、定植した植物体の損失率 γ が0.1の場合について、面積 S_D の用地に温室を $S_D / (ML)$ 棟設置したときの奥行 L と総費用 S_{1t} の関係を図2(a)に示す。以下で、図2(a)について述べる。

いま、使用するトイの規格品を j ($j=A, F$)のみとした場合のトイ費は、棚の長さにより、次の(i)と(ii)の2つの場合に分けて計算することができる。

(i) 棚の長さ $\ell_{1w/2}$ に等しい長さのトイを並べる。

(ii) 棚の長さ $\ell_{1w/2}$ に対し1本のトイの長さが棚の長さ $\ell_{1w/2}$ より長くかつ棚の長さ $\ell_{1w/2}$ に限りなく近い値を考えた場合。

はじめに、使用するトイの規格品を F のみとした場合の(i)、(ii)によるトイ費を求める。いま、例えば、幅 $w/2$ が0.9(m)で長さ $\ell_{1w/2}$ が24(m)の棚に並べるトイ費(円/年)を求める。(i)の場合、規格品 F のトイ4本を継手でつなぎ長さ24(m)の1本のトイとし、このトイを幅 $w/2$ の棚に4本並べる。このとき、この棚に並べたトイの費用(円/年)は $2,300$ (円/本)*4(本)*4(本)/10(年)となる。(ii)の場合、幅 $w/2$ の棚に並べたトイの費用(円/年)は、(1)式より、 $2,300$ (円/本)*(4 + 1/6)*4(本)/10(年)となる。

同様に、幅が w の棚に並べるトイについても、(i)、(ii)の場合について、おののトイ費を求める。このとき、トイ費が棚幅が w と $w/2$ の場合で、共に(i)、(ii)の場合で同一の値をとるときの総費用 C_{1T} を図2(a)で●印で示し、(ii)の場合が(i)の場合よりもより大となるときの総費用 C_{1T} を図2(a)で○印で示す。図2(a)で、棚幅が $w/2$ で長さが24.2(m)(奥行が24.2(m))の場合、この棚に並べたトイの費用(円/年)は、(i)、(ii)の場合で共に $2,300$ (円/本)*(4 + 1/6)*4(本)/10(年)となる。また、幅 w の棚に使用するトイの費用も(i)、(ii)の場合で共に等しいことから、奥行が24.2(m)のときの総費用

C_{1T} は●印のみで示すことができる．図2(a)で，奥行が27.2(m)から29(m)についても，同様に考えて，幅が $w/2$ および w のおおのの棚に使用するトイの費用(円/年)は，共に(i)，(ii)の場合で等しいことから，このときの総費用 C_{1T} は●印で示すことができる．

次に，トイの使用量に対しトイ費がより小となるように規格品F(長さ6(m))と規格品A(長さ4(m))の2つの規格品のトイを組み合わせ使用した場合のトイ費とこのときの総費用 C_{1T} を求める．規格品Aを使用した場合のトイ費については，上述で規格品Fを使用した場合のトイ費の算出の仕方と同様にして考える．ここでは，規格品FとAのトイを組み合わせ使用したときの総費用 C_{1T} が規格品Fのみ使用した場合よりもより小となる場合について図2(a)で▲印と△印で示す．このとき，図2(a)で，トイ費が(i)，(ii)の場合で共に等しいときの総費用 C_{1T} を▲印で示し，(ii)の場合が(i)の場合よりもより大となるときの総費用 C_{1T} を△印で示す．また，図2(a)で点線で示した費用線 $y = C_{1TL}(L)$ ， $y = C_{1TU}(L)$ は，総費用 C_{1T} を奥行 L の関数と考えたときの総費用 C_{1T} の下限と上限を表す．いま，表2の数値を適用し，間口 M が7.2(m)，植物体の損失率 γ が0.1の場合，このときの奥行 $L(>0)$ に関する費用線 $y = C_{1TL}(L)$ ， $y = C_{1TU}(L)$ を以下に示す．

(I) 費用線 $y = C_{1TL}(L)$ について

- | | |
|--|--------|
| (a) 棚幅 $w/2$ の棚に並べたトイの費用の総額(円/年)の下限：67,217.5 | } (10) |
| (b) 棚幅 w の棚に並べたトイの費用の総額(円/年)の下限:134,435-134,435/ L | |
| (c) キャップとミラーブロックの費用の和の総額(円/年):429,607.5/ L | |
| (d) 鉢費の増分の総額(円/年):736,472.1042 - 589,177.6834/ L | |
| (e) 棚費の総額(円/年):179,335.2273 - 143,468.1818/ L | |

(10) 式で(a)～(e)の各費用の総額(円/年)の総和を $C_{1TL}(L)$ (円/年)とおき，費用線 $y = C_{1TL}(L)$ として(11)式に示す．

$$y = C_{1TL}(L) = 1,117,459.8328 - \frac{437,473.3652}{L} \quad (11)$$

いま，奥行 $L(>0)$ と総費用 C_{1T} を2つの軸とする平面で点 (L, C_{1T}) が(11)式の費用線 $y = C_{1TL}(L)$ 上にあるときの奥行 L は，図2(a)より， $12J+i$ ， $J=1,2,\dots$ ， $i=1,3,7$ である．

(II) 費用線 $y = C_{1TU}(L)$ について

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 (a) \text{ 棚幅 } w/2 \text{ の棚に並べたトイの費用の総額 (円/年) の上限: } & 67,217.5 + 53,774/L \\
 (b) \text{ 棚幅 } w \text{ の棚に並べたトイの費用の総額 (円/年) の上限: } & 134,435 + 645,288/L \\
 (c) \text{ キャップとミラーブロックの費用の和の総額 (円/年): } & 429,607.5/L \\
 (d) \text{ 鉢費の増分の総額 (円/年): } & 736,472.1042 - 589,177.6834/L \\
 (e) \text{ 棚費の総額 (円/年): } & 179,335.2273 - 143,468.1818/L
 \end{aligned} \right\} (12)
 \end{aligned}$$

(12)式で (a)～(e)の各費用の総額 (円/年)の総和を $C_{1TU}(L)$ (円/年) とおき、費用線 $y = C_{1TU}(L)$ として (13) 式に示す.

$$y = C_{1TU}(L) = 1,117,459.8328 + \frac{396,023.6348}{L} \quad (13)$$

(11) 式の費用線 $y = C_{1TL}(L)$ の場合と同様に考えて、奥行 L と総費用 C_{1T} を2つの軸とする平面で点 (L, C_{1T}) が (13)式の費用線 $y = C_{1TU}(L)$ 上にあるときの奥行 L は、 $L = 6J + 1.2$, $J = 3, 5, 7, \dots$ である. ここで、間口 M を定めたときの通路幅 H_{11} と総棚面積 S_{1T} および通路幅 H_{11} と総費用 C_{1T} の関係を図2 (b) に示す.

3.1.2 第2案の場合

A. 総棚面積 S_{2T} について

第2案による1棟あたりの棚面積を S_2 (m^2), 総棚面積を S_{2T} (m^2) とおく. このとき、総棚面積 S_{2T} は棚面積 S_2 と温室の棟数 $(S_D / (ML))$ の積で与える.

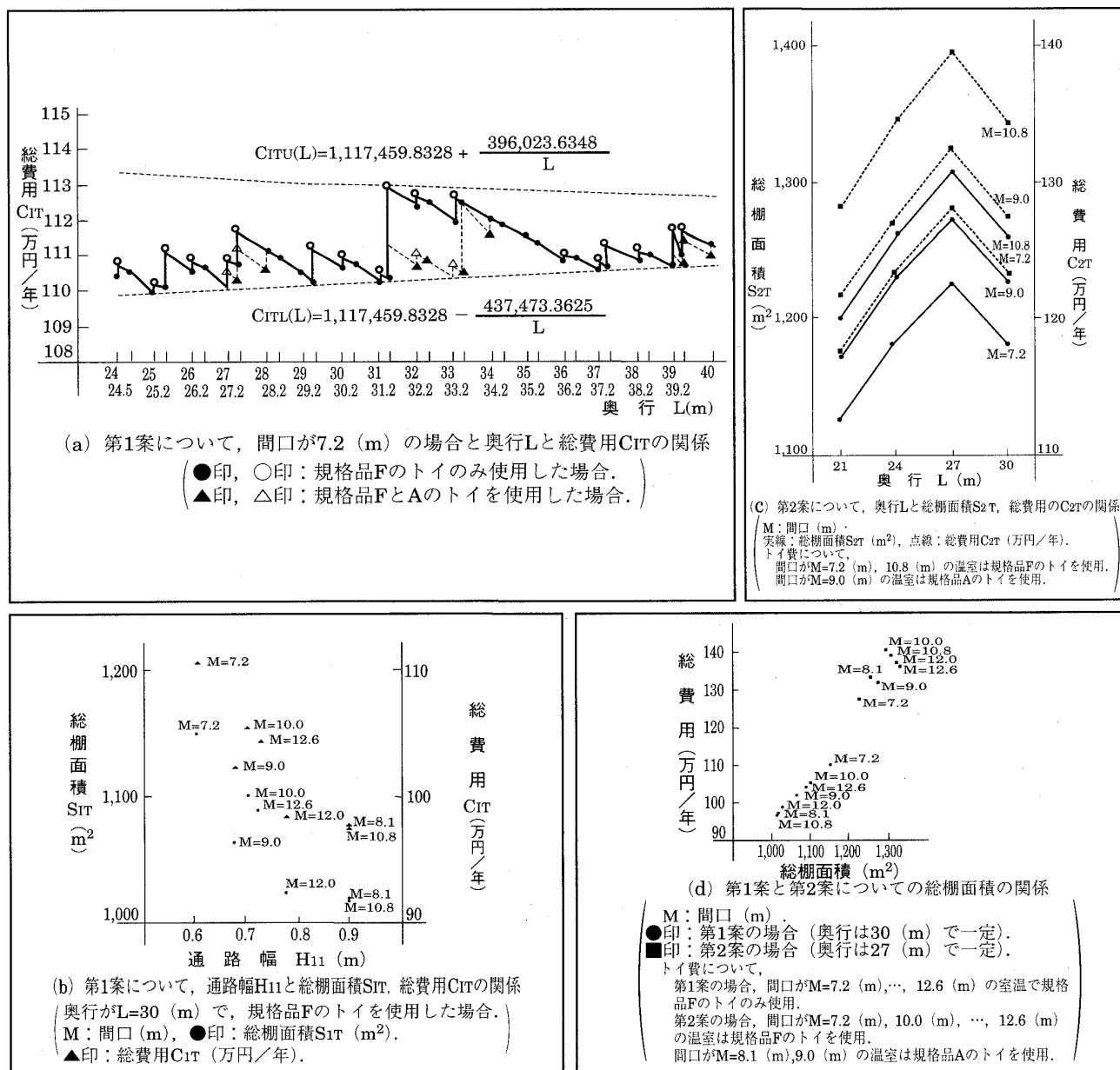
以下で、間口 M が与えられたとき、総棚面積 S_{2T} は奥行 L の関数として (14) 式に定める.

$$\begin{aligned}
 S_{2T}(L) &= S_2 S_D / (ML) \\
 &= w \ell_{2w} B_w S_D / (ML)
 \end{aligned} \quad (14)$$

(14) 式で、幅が w の棚の設置数 B_w は、棚の可動距離 D と棚幅 w に対し、 $B_w = 2\lfloor (L - D) / w \rfloor$ (整数値) で与える. このとき、記号 $\lfloor \cdot \rfloor$ は小数点以下の切り捨てを表す.

B. 総費用 C_{2T} について

第2案による3. の各費用は、3.1.1の第1案の場合と同様にして求めることができる. 以下で、表2の数値を適用し、定植した植物体の損失率 γ が0.1の場合について、間口 M が与えられたとき、奥行 L と総棚面積 S_{2T} (m^2) および奥行 L と総費用 C_{2T} (円/年) の関係を図2 (c) に示す. 図2 (c) は間口 M が7.2 (m), 9.0 (m), 10.8 (m) で奥行 L が27 (m) (一定)のとき総棚面積 S_{2T} (m^2) と総費用 C_{2T} (円/年) は共に最大となることを示す. ここで、第2案について、間口 M が7.2 (m) で、表1の参考農家の場合を参考に、奥行 L の範囲は $21 \text{ (m)} \leq L \leq 30 \text{ (m)}$ と設定したときの用地面積 S_D の内訳を表3に示す. 表3は、奥行 L が27 (m) のとき棚の可動距離が最短で総棚面積 S_{2T} は最大となることを示す.

図2 温室サイズと総棚面積, 総費用の関係 (用地面積 S_D : 1,578.15(m²), 定植した植物体の損失率 γ : 0.1)表3 第1案による総棚面積 S_{1T} と第2案についての用地面積 S_D の内訳 (間口: 7.2(m))

奥行 (m)	第1案の場合	第2案の場合 (用地面積 S_D (1,578.15m ²) の内訳)		
	総棚面積 S_{1T} (m ²)	通路面積 (m ²)	棚の可動面積(m ²) (棚の可動距離(m))	総棚面積 (棟数) S_{2T} (m ²) (S_D/ML (棟))
21	1,138.5225	263.0250	187.8750 (3.0)	1,127,2500 (10.4375)
24	1,144.1588	263.0246	131.5123 (2.4)	1,183.6125 (9.1328)
27	1,148.5425	263.0264	87.6755 (1.8)	1,227.4500 (8.1181)
30	1,152.0495	263.0268	131.5134 (3.0)	1,183.6125 (7.3063)

備考; 通路面積(m²)=温室中央の通路の幅と側面と棚との間隔の総和(1.2(m)) * 奥行(m) * 棟数(棟)
 棚の可動面積(m²) = 棚の可動距離 D (m) * 棚の長さ(3(m)) * 2 * 棟数(棟) ($D \geq 1.8$ (m))

さらに、2つの案について、総棚面積と総費用の関係を図2 (d) に示す。図2 (d) より、第1案の場合、間口7.2 (m)の温室は総棚面積と総費用が共に最大で、第2案の場合、間口 M を $10.0 \text{ (m)} \leq M \leq 12.6 \text{ (m)}$ の範囲で拡大するとき、総棚面積はより大で総費用はより減少する。このときの総費用の減少について、以下のことが考えられる。

間口を10.0 (m)から12.6 (m)に拡大したとき、(イ) 棚上の1本のトイ (このときのトイの長さは4.4 (m/本) から5.7 (m/本) になる) の費用は、(1) 式より、 $2,300 / 10$ (円/年) で一定より、1棟当たりのトイ費 (円/年) も一定。(ロ) 1棟当たりのキャップ費 (円/年) とミラーブロック費 (円/年) は一定。(ハ) 1棟当たりの棚費 (円/年) と鉢費の増分 (円/年) は増加し、1棟当たりの総費用 (円/年) は増大する。(ニ) 面積 S_D の用地に設置する温室の棟数は減少する。このとき、面積が S_D の用地に間口が10.0 (m) から12.6 (m) の範囲でよりサイズの大きい温室を設置することに対し、総費用 (円/年) はより減少する。

3.2 2つの異なるサイズの温室の組合せと費用の下限

第1案について、間口の異なる温室を組み合わせで設置した場合の総費用とこの総費用の下限値を与える奥行 L を求め、3.1の結果と比較する。

3.1における検討結果を考慮し、ここでは、費用はトイ費 ($= (C_{1w/2t} + C_{1wt}) S_D / (ML)$) のみとする。このとき、総費用 C_{1T} (円/年) をトイ費 (円/年) で与え、奥行 L に対し総費用の下限を表す費用線を、3.1と同じ費用線 $y = C_{1TL}(L)$ で表す。検討にあたり、表2の数値を適用し、間口 M は7.2 (m) と9.0 (m) の2つの場合とし、定植した植物体の損失率 γ は0.1の場合とする。奥行 L は、表1を考慮し、ここでは $20 \text{ (m)} \leq L \leq 31 \text{ (m)}$ の範囲の値とする。用地面積 SD は、以下の(イ)、(ロ)の2つの用地面積の総和 ($1,458 \text{ (m}^2\text{)}$) で与える。

(イ) 間口 M が7.2 (m)の温室に割り当てる用地面積を $648 \text{ (m}^2\text{)}$ とする。

(ロ) 間口 M が9.0 (m)の温室に割り当てる用地面積を $810 \text{ (m}^2\text{)}$ とする。

このとき、奥行 L に対する総費用 C_{1T} (円/年) と費用線 $y = C_{1TL}(L)$ を、3.1.1および図2 (a) と同じ考えで、図3に示す。図3より、総費用 C_{1T} (円/年) の下限値は奥行 L が25 (m), 27 (m), 31 (m)のときに得られ、これらの値は、図2 (a) で総費用 C_{1T} の下限値を与える奥行 L と同じ値を示す。

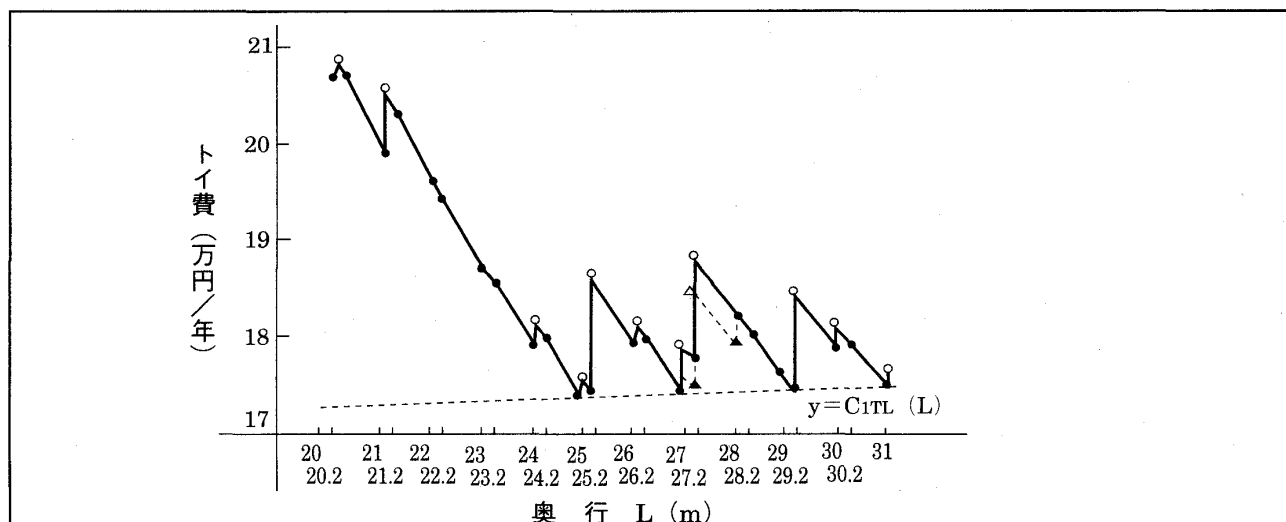


図3 第1案について、間口の異なる2種類の温室を組合せて設置したときの奥行Lとトイ費の関係

(用地面積648 (m²) に間口7.2(m)の温室を設置し、用地面積810(m²)に間口9.0(m)の温室を設置。
 ●印, ○印: 規格品Fのトイのみ使用した場合。定植した植物体の損失率 γ : 0.1。
 ▲印, △印: 規格品FとAのトイを使用した場合。

3.3 作業能率を考慮した温室サイズと棚の配置

A. 温室サイズが同じ場合の案の優劣

2.1の2つの案で温室サイズが同じ場合に、第*i*案 ($i = 1, 2$) による総棚面積 S_{iT} と総費用 C_{iT} について、案の優劣比較により、第*i*案が有利となる条件を平面上に図示する。

検討にあたり、表2の数値を適用し、間口 M ($M = 7.2$ (m), ..., 12.6 (m)) と棚の可動距離 D ($D \geq 1.8$ (m)) は、共に決定変数とする。さらに、奥行 L の範囲を以下に設定する。

いま、2.1で設定した奥行 L の範囲 (21 (m) $\leq L < 42$ (m)) で、仮に奥行の上限を 42 (m) とおき、奥行を 21 (m) から 42 (m) に延ばした場合、(3) 式より、総棚面積は 22.5450 (m²) 増加するが、このときの総棚面積の増分は約2%と僅かである。他方、奥行を 21 (m) から 42 (m) に延ばすことで温室内の側面に平行な通路の長さは2倍に延び、資材あるいは出荷期に出荷する鉢花の運搬等に関する作業の能率はより低下することが考えられる。さらに、幅が w の棚の長さも約2倍長くなり、施肥あるいは鉢花の雑草の除去等、日常の生産管理の面で作業能率はより低下することが考えられる。それゆえ、ここでは、図1の参考農家の場合を考慮し、出入口が妻面のみでかつ固定棚あるいは可動棚を設置する温室の奥行 L の範囲は、3.1.2と同じ、 21 (m) $\leq L \leq 30$ (m) とする。

表3より、奥行は、第1案と第2案でおのこの総棚面積が最大となる、 30 (m) と 27 (m) を適用する。通路幅 H_{11} は 0.6 (m)、植物体の損失率 γ は 0.1 とする。結果は、奥行 L が 27 (m)、 30 (m) の場合について、総棚面積 S_{iT} と総費用 C_{iT} に関しておのこの第*i*案 ($i = 1, 2$)

が有利となる条件を, 図4の (a), (b) 図で間口 M と棚の可動距離 D を2つの軸とするの $M-D$ 平面上の領域 E_i (総棚面積の場合は $E_i = \{(M, D) \mid S_{iT} > S_{kT}, i \neq k, i, k = 1, 2\}$, 総費用の場合は $E_i = \{(M, D) \mid C_{iT} < C_{kT}, i \neq k, i, k = 1, 2\}$ を表す) で示す. 図4で●印と■印で示した各点は, 奥行 L が27 (m), 30 (m) に対し, 共に2つの案に関して総棚面積 S_{iT} あるいは総費用 C_{iT} ($i = 1, 2$) が等しい (優劣が存在しない) 優劣分岐点を表す. 図4 (a) より, 奥行 L が27 (m), 30 (m) に対し, 棚の可動距離 D が3 (m) 以下 (1.8 (m) 以上) で常に第2案は第1案よりも有利 (総費用 C_{iT} ($i = 1, 2$) については, 図4 (b) より, 棚の可動距離 D が3 (m) 以下 (1.8 (m) 以上) で第2案は第1案よりも不利) であることがわかる.

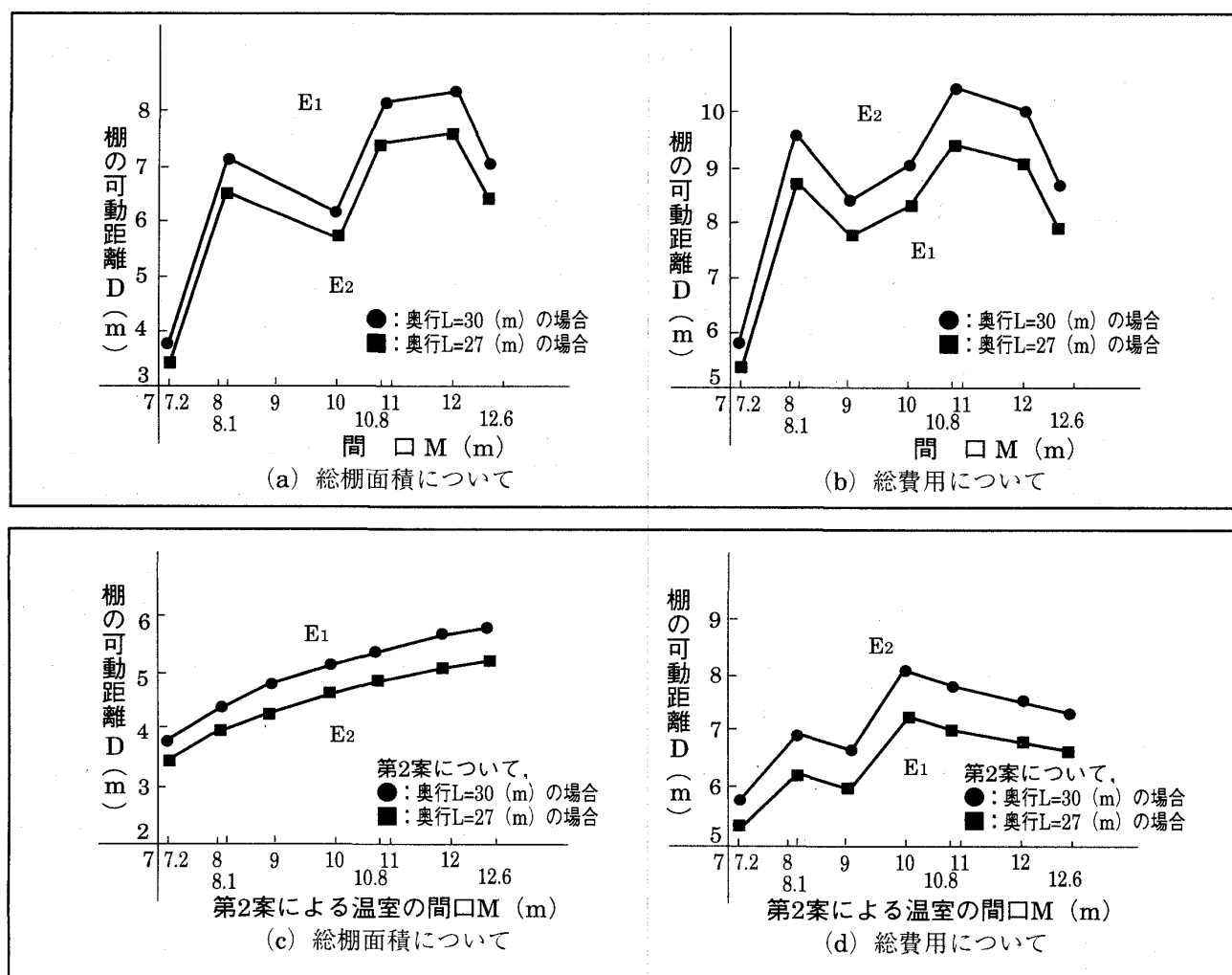


図4 M-D平面

- (a), (b) は, 2つの案で温室サイズが同一の場合.
 (c), (d) は, 第1案による温室サイズが一定 (間口: 7.2 (m), 奥行30 (m)) の場合.
 用地面積 S_D : 1,578.15 (m^2). 定植した植物体の損失率 γ : 0.1.
 間口 M は, $M=7.2$ (m), ..., 12.8 (m). ●印, ■印: 優劣分岐点.
 トイ費について,
 第1案の場合, 間口が $M=7.2$ (m), ..., 12.6 (m) の温室で規格品Fのトイのみ使用.
 第2案の場合, 間口が $M=7.2$ (m), 10.0 (m), ..., 12.6 (m) の温室は規格品Fのトイを使用.
 間口が $M=8.1$ (m), 9.0 (m) の温室は規格品Aのトイを使用.

B. 総棚面積がより大でかつ作業のし易い温室

ここでは、図2 (d) より、総棚面積がより大で作業のし易い温室のサイズについて、表2の数値を適用し、検討する。このとき、図2と表3より、第1案による温室サイズは間口7.2 (m)、奥行30 (m) とし、第2案による温室サイズは、間口 M が $M = 7.2$ (m), ..., 12.6 (m) の範囲の値、奥行 L は27 (m) とする。また、決定変数は第2案による間口 M と棚の可動距離 D とする。結果は、総棚面積について、案の優劣比較により、第 i 案が総棚面積に関して有利となる条件を図4 (c) の $M-D$ 平面上の領域 $E_i (= \{(M, D) \mid S_{iT} > S_{kT}, i \neq k, i, k = 1, 2\})$ で示す。また、第1案と第2案による総棚面積 S_{1T} , S_{2T} が等しくなるときの棚の可動距離 D を優劣分岐点可動距離 D_B とする。図4 (c) より、総棚面積に関して第2案が第1案よりも有利となるのは、間口 M に対し棚の可動距離 D が優劣分岐点可動距離 D_B 以下のときである。

ここで、図4 (c) を用い、第2案が第1案よりも有利な条件の下で、作業のし易い温室を考える。例えば、温室サイズが間口12 (m)、奥行30 (m) の場合、優劣分岐点可動距離 D_B は5.6667 (m) となる。このとき、棚の可動距離 D は条件 ($D \geq 1.8$ (m)) を満たしかつ3.8667 (m) 長く設定することができる。この長さを温室中央に妻面に平行な通路（幅は3.8667 (m) 以下）の設定に充て、妻面に平行な通路と側面に平行な中央通路により、温室内を4つの区画に分割する。このとき、作業にあたり、棚は各区画毎に独立に動かすことができることから作業能率も高いと考えられる。また、側面に平行な温室の中央通路（幅は0.8 (m)）は、第1案による温室の側面に平行な通路幅（0.6 (m)）よりもより広いことから、より作業のし易い温室と考える。この考えは、図1でNo.9の温室の棚の設置と通路の配置の仕方に似たものである。また、総費用 C_{iT} ($i = 1, 2$) について、第2案が第1案よりも有利となる条件を図4 (d) に示す。

4. ま と め

本稿は、鉢花と花苗の需要が十分にあるという状況下で、面積が一定の用地に温室を設置するにあたり、棚と作業の省力化に関する総費用がより小で棚面積はより大とする温室のサイズについて、数値を適用し検討した。はじめに、温室内に設置する棚の種類に関して2つの案を設定し、間口が与えられたとき、各案別に奥行と総棚面積および奥行と総費用の関係をのおの検討し、総棚面積を最大にする奥行と総費用の下限值を与える奥行をのおの導き出した。次に、これらの結果をもとに、最大の総棚面積が得られる可動棚を設置した温室で、奥行は30 (m) (固定)、間口が10.0 (m) 以上 (12.6 (m) 以下) の温室の

場合、間口のより広い温室は総棚面積もより大でかつ総費用はより小となるが判明し、これらの温室に対し、通路幅をより拡げ作業のし易い温室を作ることもできることを示した。

検討で得られた結果は、鉢花生産で省力化をすすめ生産能力を高めるとき、このときの費用はより小で棚面積はより大となる温室サイズの検討に有用と考える。

謝辞

本稿の作成にあたり、レフェリー委員から、種々の貴重なコメントを頂きました。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- [1] 三原義秋：『温室設計の基礎と実際』，養賢堂，1980.
- [2] 中村善太郎・山口俊和：「代替的な生産方策の収益性に関する感度分析」，日本経営工学会誌 VI.35, No.3, pp. 174-179, 1984.
- [3] 千住鎮雄・伏見多美雄：『設備投資計画法』，日科技連，1974.
- [4] 清水 茂：『施設園芸の基礎技術』，誠文堂新光社，1976.
- [5] 鶴島久男：『鉢花のプログラム生産1』，誠文堂新光社，1972.
- [6] 内海修一：『施設園芸・施設の構造と設備』，博友社，1974.
- [7] 内海修一：『世界の施設園芸』，誠文堂新光社，1984.
- [8] 安井秀夫：『施設栽培学』，川島書店，1990.

On Determination of Optimum Size of Potted Flower Greenhouse with a View to Maximum Bench Capacity and Cost-Effectiveness

Yoshihiro Maruyama

Abstract

Aiming at labor saving in watering and fertilizing work by the introduction of string transfusion (ST) system in a greenhouse built on the farmland with fixed area for potted flower and applying manpower surplus, brought about by the above labor saving, to the increase in production, we studied the size of greenhouse and the way of installing bench to increase production quantity more with less labor saving and bench installation cost, using break-even analysis. First, the relation between the size of greenhouse and bench capacity or the relation between the size of greenhouse and cost was shown in figures, separating the case with fixed bench from the case with rolling bench. Then, as to the greenhouse with rolling bench, having optimum depth, obtained in this analysis, and frontage more than 10m (less than 12.6m), it was found that if we made its frontage wider, bench capacity became larger and cost became lower. This paper seems to be useful for studying the size of greenhouse and the installation of bench for the purpose of labor saving in work and the increase in production quantity on the farmland with limited area.

Key Words

Greenhouse, String Transfusion System, Rolling Bench, Bench capacity, Cost, Break-even Analysis.

Submitted July 1997.

Accepted August 1997.

Associate Professor, Toyama Prefectural University, College of Technology.