

# ハウスミカン栽培における被覆方法の評価

矢野拓・小原誠・松原公明

Evaluation about Methods of Layering with Plastic Films in Satsuma Mandarin Grown by Heating Greenhouse

Taku YANO, Makoto OHARA and Kimiaki MATSUBARA

大分県農林水産研究指導センター農業研究部果樹グループ

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center,  
Agricultural Research Division, Fruit Tree Group

キーワード：省エネルギー、サイド被覆資材

## 目次

I 緒言	19
II 材料および方法	19
III 結果	20
IV 考察	21
V 摘要	22
謝辞	22
引用文献	22

## II 材料および方法

- 1) 供試ハウスの諸元  
既報<sup>3)</sup>で供試したハウスを、同様の諸元で用いた。
- 2) 被覆方法と調査期間中の気象  
上記の供試ハウスにおいて、天井が二重（0.15mm PET+0.05mm農ビ×1枚）と三重（0.15mmPET+0.05mm農ビ×2枚）の条件下で、表1のとおり異なるサイド被覆資材を、5～10日間隔で交換した。調査は、2012年1月から2012年3月に行った。被覆方法と調査期間中の気象を表1に記す。
- 3) 測定の概要  
以下の方法で測定を行った。
  - (1) 燃料消費量：ケロメイトRN（oval製）を給油配管途中に取り付け、10分間隔で出力パルスを記録する方法と、目視でデータエース（ネポン製）の燃焼時間を記録する方法との両方で測定した。
  - (2) 室内温湿度：温室内5点について、温湿度センサー付データロガー（RTR-53L、T&D製）を用いて10分間隔で測定した。
  - (3) 外気温：供試温室に隣接する気象観測システムで測定した。
  - (4) 地表熱流束：温室内6点において、深さ約5cmに熱流センサー（HFP01-10、Hukseflux製）を設置し、10分間隔で測定した。設置場所には、温室の平均的な値が得られると推定された地点を選定した。
  - (5) ハウス外純放射量：ハウス外南側で、ハウス等構造物による遮蔽の影響がない地点（高さ2.0m）において、純放射計（NR-Lite2, kippzonen製）を用いて10分間隔で測定した。

## I 緒言

ハウス栽培の省エネルギー化において、被覆方法の改善は極めて重要な課題である。現在、種々の被覆資材が市販されており、室内実験にて熱貫流率が算出されている。しかし、現地で実際に栽培されている規模・様式のハウスで保温効果等を定量化し、詳細に検討した報告は極めて少ない<sup>1)</sup>。

近年の重油価格高騰で、特にハウスミカン栽培においては、日照条件の悪化による生理落果助長や生育遅延のリスクがあっても、省エネルギーを優先して天井被覆が多層化する傾向にあり、その効果等が報告されている<sup>2)</sup>。しかし、サイド被覆資材について現地ハウスの規模・様式で検討した報告は、少なくともハウスミカン栽培では見あたらない。

そこで、ハウスミカン栽培における被覆方法の改善を図る基礎として、主にサイド被覆資材の違いに焦点を当て、暖房負荷の実体を調査したので以下報告する。

表1 被覆方法と調査期間中のハウス外気象平均値

略記	天井	サイド内張 注)	反復 (夜)	夜温 ( $^{\circ}\text{C}$ )	風速 ( $\text{ms}^{-1}$ )
3:SC	3重	A社製SC	13	8.0	0.91
2:SC	2重	A社製SC	8	3.3	0.94
2:EP	2重	B社製EP	11	5.8	0.74
2:DC2	2重	C社製DC2	6	3.5	0.97
2:Cont	2重	なし	7	4.4	0.78

注) SC: , ポリエステル製中空二重構造材 EP: ポリエチレン製中空三重構造材, DC2: 吸湿性複層構造材

#### 4) 暖房温室の熱収支

定常状態では、暖房温室では以下の熱収支式が成り立つ<sup>4)</sup>とされる。

$$\text{夜間 } Q_h = Q_t + Q_{ven} + Q_s \quad (1)$$

$$\text{昼間 } Q_h = Q_t + Q_{ven} + Q_s - Q_{sol} \quad (2)$$

ここで、 $Q_h$ : 暖房熱量 ( $\text{J} \cdot \text{h}^{-1}$ )、 $Q_t$ : 貫流伝熱量 ( $\text{J} \cdot \text{h}^{-1}$ )、 $Q_{ven}$ : 隙間換気伝熱量 ( $\text{J} \cdot \text{h}^{-1}$ )、 $Q_s$ : 地表伝熱量 ( $\text{J} \cdot \text{h}^{-1}$ )、 $Q_{sol}$ : 温室内吸収日射量 ( $\text{J} \cdot \text{h}^{-1}$ ) を示す。

今回は、昼間の解析は行わず、夜間を対象に式(1)にて解析を行った。

#### 5) 放熱係数の算定

供試温室の放熱特性を評価するため、林の方法<sup>4)</sup>で放熱係数 $h$ を算出した。放熱係数は(3)式で定義され、(4)式のとおり(5)式で定義される熱貫流率と(6)式で定義される隙間換気伝熱係数 $h_v$ の和である。

$$h = (Q_t + Q_{ven}) / (A_g \cdot (\theta_{in} - \theta_{ou})) \quad (3)$$

$$h = k + h_v \quad (4)$$

$$Q_{ven} = A_g \cdot k (\theta_{in} - \theta_{ou}) \quad (5)$$

$$Q_t = A_g \cdot h_v (\theta_{in} - \theta_{ou}) \quad (6)$$

ここで、 $h$ : 放熱係数 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )、 $k$ : 熱貫流率 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )、 $h_v$ : 隙間換気伝熱係数 ( $\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$ )、 $A_g$ : 被覆面積 ( $\text{m}^2$ )、 $\theta_{in}$ : 室温 ( $^{\circ}\text{C}$ )、 $\theta_{ou}$ : 外気温 ( $^{\circ}\text{C}$ ) を示す。

#### 6) 夜間暖房デグリアワー

(7)式により $\theta_{in}$ と $\theta_{ou}$ の実測値から求めた。

$$DH_{nt} = \int_{t_1}^{t_2} (\theta_{in} - \theta_{ou}) dt \quad (7)$$

ここで、 $DH_{nt}$ : 夜間暖房デグリアワー ( $^{\circ}\text{C} \cdot \text{h}$ )、 $t_1$ : 日入時刻 (h)、 $t_2$ : 日出時刻 (h) を示す。 $t_1$ および $t_2$ は、国立天文台ホームページの「大分のこよみ」(URL <http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/dni/dni45.html>) を参考に、1月は17:00および翌7:00、2月は18:00および翌7:00、3月は18:00および翌6:00とした。

### III 結果

#### 1) 放熱係数と農業気象要素との関係

図1に $DH_{nt}$ と放熱係数との関係を示す。放熱係数の変動幅は、被覆方法が同一な条件である既報<sup>3)</sup>と比較してやや大きくなった。従って、調査全体において、 $DH_{nt}$ が大きくなると放熱係数が大きくなる傾向が認められた ( $P=2.94 \times 10^{-4}$ )。しかし、被覆方法別では処理間の差は認められなかった。

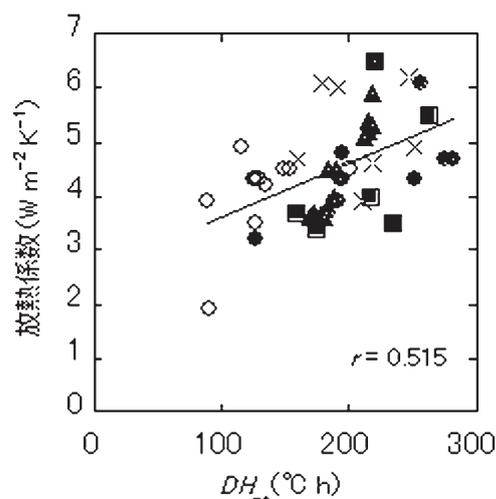


図1  $DH_{nt}$ と放熱係数との関係  
○3:SC, ●2:SC, ▲2:EP, ■2:DC2 および ×2:Cont

図2にハウス外平均風速と放熱係数との関係を示す。ハウス外平均風速と放熱係数との関係は、調査全体において明確な関連が認められず ( $P=0.992$ )、また被覆方法別でも同様であった。

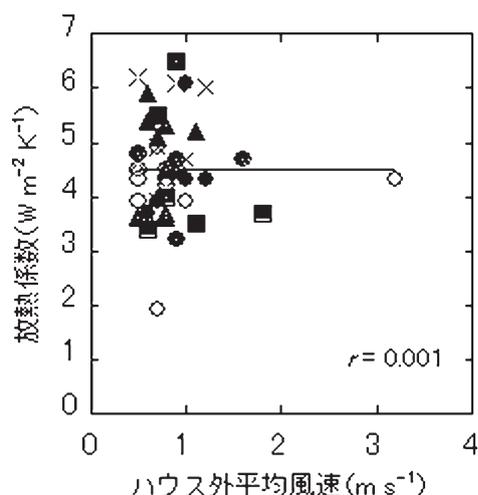


図2 ハウス外平均風速と放熱係数との関係  
凡例は図1と同

図3にハウス外純放射量と放熱係数との関係を示す。 $DH_{nt}$ と同様、調査全体において、ハウス外純放射量が大きくなるとやや放熱係数が大きくなる傾向が認められたが ( $P=0.0423$ )、被覆方法別では処理間の差は認められなかった。

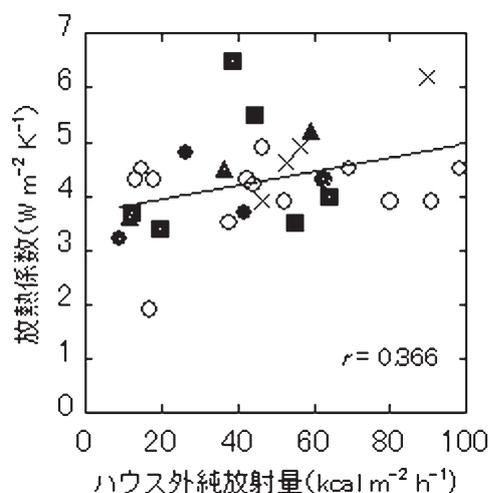


図3 ハウス外純放射量と放熱係数との関係  
凡例は図1と同

## 2) 被覆処理が放熱係数に及ぼす影響

図4に異なる被覆処理と放熱係数との関係を示す。平均放熱係数は、3:SC < 2:DC2 < 2:SC < 2:EP < 2:Contの順で大きく、値は4.0、4.4、4.5、4.6および5.2となった。すなわち、平均放熱係数は3重被覆でやや小さく、サイド内張なしでやや大きいこと、および供試したサイド被覆資材間では放熱係数に表れる差が小さいことが明らかとなった。

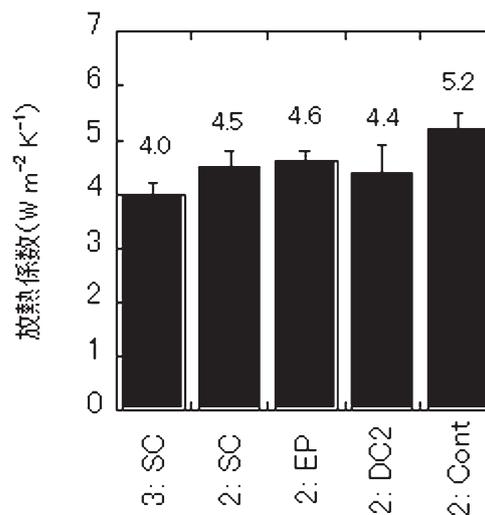


図4 異なる被覆処理と放熱係数

## IV 考察

本報告では、実際にハウスミカン栽培を行っている9.9aのハウス1棟を用い、夜毎に異なる被覆方法で暖房を行うことで、各被覆方法の評価を試みた。

高倉・岡田<sup>5)</sup>によると、一重ガラス温室の暖房負荷に占める熱貫流量、隙間換気伝熱量、地中伝熱量の割合は、それぞれ70%、20%、10%になるとされている。しかし、ハウスミカン栽培は、西南暖地であってもハウス内外気温差が大きいため暖房負荷の絶対量が大きく、暖房負荷に占める地中伝熱量の割合は相対的に極めて小さい<sup>3)</sup>。本報告においても、暖房負荷に占める地中伝熱量の割合は3~5%であった(データ略)。よって、ハウスミカン栽培の省エネルギー化には、熱貫流率と隙間換気伝熱係数を低下させることが重要となる。

栽培現場における隙間換気伝熱係数は、温室表面の放熱係数の3~8%と試算できる報告<sup>1)</sup>があるが、ハウスの構造や被覆方法等によって隙間換気伝熱量は多少の変動があると思われる。慣行のハウスミカン栽培では、現地の創意工夫で種々の隙間換気対策が考案・実践されており、詳細な計測事例はみあたらないが、十分な対策が成されているハウスの隙間換気伝熱係数は非常に小さいことが推察できる。よって、ハウスミカンの暖房負荷は、熱貫流率の違いに依存する部分が大きいと考えられる。

熱貫流率は屋外風速と屋外純放射の影響を受けることが知られている<sup>4)</sup>。本報告において、被覆方法によっては $DH_{nt}$ の分布がやや偏り、3:SCで $DH_{nt}$ が低い傾向であった(図1)。しかし、ハウス外風速とハウス外純放射の分布は、 $DH_{nt}$ と比較して、被覆方法間で大きな偏りが認められなかった(図2および図3)。特

に、ハウス外平均風速は全般的に穏やかな風速条件下であったため、被覆処理間で差は認められなかった（表1）。以上より、本報告の図4における被覆処理毎の放熱係数の算出は、大きな誤差を含んでいないことが推察できた。

供試したハウスにおいて、全被覆面積に対する天井被覆面積とサイド被覆面積の占める割合は、それぞれ74%と26%で、天井被覆面積の占める割合が大きい。よって天井の2重被覆と比較して、3重被覆で放熱係数が10%ほど小さくなり（図4）、既往の報告<sup>2)</sup>に類似する結果が得られた。また、今回のようにサイド被覆面積の割合が小さい場合は、被覆資材の違いが放熱係数に及ぼす影響は当然小さくなる。なお、今回供試したサイド被覆資材を複数組み合わせる多重被覆した場合でも放熱係数は大きく低下せず、いずれも単層で使用した場合と同程度の放熱係数であった（データ省略）。しかし、サイド被覆の効果は小さいわけではなく、供試したサイド被覆資材における放熱係数は、無被覆よりも12～15%減少しており、サイド被覆が省エネルギーに果たす役割は大きいことが明らかとなった。

以上より、ハウスミカン栽培において、今回供試したサイド被覆資材の違いが暖房負荷に及ぼす影響は、天井多層化の影響に比べ相対的に小さいことが定量的に示された。よって、サイド被覆資材の選定には、まずは保温性を優先したうえ、価格、耐用年数、採光性、展帳のしやすさ、かさばり程度なども考慮して総合的に判断することが重要と思われた。

## V 摘 要

実際にハウスミカン栽培を行っている9.9aのハウス1棟（天井被覆面積：サイド被覆面積=74：26）を用い、夜毎に異なる被覆方法で暖房を行うことで、各被覆方法の評価を試みた。天井の2重被覆と比較して、3重被覆で放熱係数が10%ほど小さくなったが、異なるサイド被覆資材間での放熱係数の差は認められなかった。しかし、サイド被覆の効果は小さいわけではなく、供試したサイド被覆資材における放熱係数は、無被覆よりも12～15%減少しており、サイド被覆が省エネルギーに果たす役割は大きいことが明らかとなった。

## 謝 辞

本研究は、農林水産省の委託研究事業「新たな農林水産政策を推進する実用技術開発事業」（課題番号21061）により行われた。温室の熱収支解析については、東海大学開発工学部の林真記夫教授に貴重なご教授を賜った。ここに記して謝意を表する。

## 引用文献

- 1) 環境制御基準資料調査グループ（三原義秋ほか）：大型ビニールハウスにおける暖房負荷の実体調査，農業気象，33（4），189～193（1978）
- 2) 山口正洋・中島貞彦，ハウスミカン園における3重被覆が収量および果実品質等へ及ぼす影響と燃料削減効果，九州農業研究発表会専門部会発表要旨集，第75回，168（2012）
- 3) 矢野 拓ら：ハウスミカン栽培における新暖房システムの評価，大分県農林水研報（農業研究部編），第2号，53～58（2012）
- 4) 林 真記夫：温室暖房の熱負荷に関する実証的研究，千葉大学園芸学部学術報告，第35号，117～219（1985）
- 5) 高倉直・岡田益己：実測による温室暖房負荷係数の決定，農業気象，27，93～98（1972）