

# 1. 構造と光

## 目 次

1. はしがき .....	3
2. 温室構造と光透過率(本文).....	4
0. 総 説 .....	4
1. 単棟温室 .....	4
1.1 直達光日量床面平均透過率と棟方位の関係 .....	4
1.2 直達光日量透過率の床面分布 .....	5
1.3 直達光床面平均透過率の時刻変化 .....	5
1.4 直達光日量平均透過率の季節変化 .....	6
1.5 積算全天光量の季節変化 .....	6
2. 連棟温室 .....	6
2.1 直達光日量床面平均透過率と棟方位の関係 .....	6
2.2 直達光日量透過率の床面分布 .....	6
2.3 直達光床面平均透過率の時刻変化 .....	6
2.4 直達光日量平均透過率の季節変化 .....	6
2.5 積算全天光量の季節変化 .....	6
3. 隣棟間隔 .....	7
4. 換気扇の位置と直達光日量床面平均透過率 .....	7
5. 反射温室および温室内の反射光量 .....	7
6. 天空光透過率 .....	8
7. プラスチックフィルム透過率の経年変化 .....	8
3. 温室構造と光透過率(図表).....	9
4. 今後に残された問題点 .....	32

### 1. はしがき

構造と光部会の最終活動目標は、温室内外の光環境に関係する従来の資料を整理し、不足する資料については、部会員らによる討議および測定で補ない、温室設計に際して必要となる、光環境に関する基準的資料を体系的にとりまとめることであった。

第一年次(1973)には、問題点の整理が行なわれ、いくつかの項目については基準試案が提出された。そのうち、稲田による光環境の測定法に関する提案は、本研究集合第一年次成果報告中に光部会の成果としてとり入れられ、高橋、古在・木村、森、鴨田らによる他項目についての提案は、光部会討議資料として保存された。これらの討議資料リストは本節の最後に一括して掲げてある。

第二年次には、温室構造と光環境に関する資料の整理が主として進められ、古在による温室の日射透過特性に関する提案が、一部修正されて、第二年次成果報告書中に光部会の成果としてとり入れられた。これは、温室構造と透過直達および天空光量との関係を、構造様式、形態、被覆材、棟方位、緯度、季節、時刻等の相違にもと

づいて分類し、整理したものである。

第三年次最終報告としての本報告は、第二年次報告に対して寄せられた学会内外からの意見、およびその後黒住・川島、武智、卜蔵、古在らによって提出された新資料をもとに、第二年次報告を改訂する形で古在によってとりまとめられた。したがって、基準資料化されたのは、温室構造と光環境に関するものがほとんどで、その他の多くの項目は基準資料化されるにいたらず、今後に残された問題として、本報告の最後に、参考資料リストと共に掲げるにとどまらざるを得なかった。また、第三年次後半に部会メンバーその他から提出された基準的資料で、本報告にとり入れることができなかったものが若干ある。これらは、今回基準資料化されるにいたらなかった他の項目に関する資料と共に、後日に機会を得て、基準資料化する必要がある。

光部会(幹事内藤文男)の基準化作業に参加したメンバーは下記の通りである(ABC順)。

卜蔵 建治 (弘前大学農学部)  
稲田 勝美 (農業技術研究所)  
岩崎 正男 (静岡県農業試験場)

- 鴨田 福也 (北陸農業試験場)  
 川島 信彦 (奈良県農業試験場)  
 木村 元治 (岩手種畜牧場)  
 岸田 恭允 (九州農業試験場)  
 古在 豊樹 (千葉大学園芸学部)  
 黒住 徹 (奈良県農業試験場)  
 三原 義秋 (千葉大学園芸学部)  
 森 俊人 (兵庫県農業総合センター)  
 内藤 文男 (野菜試験場)  
 高橋 和彦 (野菜試験場)  
 高倉 直 (東京大学農学部)  
 武智 修 (愛媛大学農学部)  
 矢吹 万寿 (大阪府立大学農学部)

光部会の討議資料として提出されたものは次の通りである。ただし、その後印刷公表された資料はそれに記した。

- 1) 卜藏建治, 1974: 日射のなかの散光比率について。
- 2) 稲田勝美, 1974: 光環境の測定法, 施設園芸研究集合第一年度成果報告, 14-24, 日本農業気象学会施設園芸研究集合。
- 3) 鴨田福也, 1974: 光環境の実況と問題点。
- 4) 木村元治, 1975: 連棟温室内外における直達光環境, 大阪府立大学修士論文, 136 pp.
- 5) 古在豊樹, 1974: 温室の構造と透過光量に関する理論的解析, 農業気象, 30, 71-79.
- 6) 古在豊樹, 1975: 単棟温室内の直達日射量を求めるための電算機プログラム, 農業気象, 31, 89-94.
- 7) 古在豊樹, 1975: 温室の日射透過特性, 施設園芸研究集合第二年度成果報告, 34-72, 日本農業気象学会施設園芸研究集合。
- 8) 黒住 徹・川島信彦; 1975, 模型ハウスによる光環境の調査, 奈良県農業試験場成績書。
- 9) 黒住 徹・川島信彦; 1977, 温室の光線透過に関する模型実験(第一報)棟方位と屋根形状について, 奈良県農業試験場報告, 第8号, 9-18.
- 10) 森 俊人, 1974: 補光および遮光基準(案)。
- 11) 高橋和彦, 1974: 被覆資材の光線透過特性。
- 12) 高倉 直, 1976: 農業気象学会シンポジウム資料光部会
- 13) 武智 修, 1976: ビニールフィルムの汚染と光透過

## 2. 温室構造と光透過率(本文)

### 0. 総説

屋外の全天光(全日射)は、太陽からの直射である直達光と空や雲からくる天空光(散乱光)に分けられる。

温室内外の単位面積当たり光量の比をその温室の透過率と呼ぶことにすれば、直達光に対する温室の透過率と天空光に対する温室の透過率は(同一の温室に対しても)異なるのが普通である。

すなわち、或る温室の全天光に関する透過率  $TT$  は、直達光に対する透過率を  $AT$ 、天空光に対するそれを  $ST$

とすれば、近似的に、

$$TT = M \cdot AT + (1 - M) \cdot ST$$

とあらわすことができる。ここに、 $M$ は屋外における全天光と直達光の比である。通常の場合、天空光の透過率  $ST$ は、その温室の形態、構造および被覆材の種類によって決まり、棟方位や時刻、季節には無関係で、その温室に固有な定数と近似して良い。したがって、温室の透過率に関する棟方位、季節、時刻、緯度等の影響は、直達光についてのみ考えれば良いことになる。

上述の理由により、温室の透過率に関する資料の多くは、以下では、直達光に関するものと天空光に関するものと分けてしめしてある。温室設計に当っては、上述の式によって全天光に関する温室の透過率を推定する必要がある。しかし、天空光の全天光に対する割合は、晴天時は10~30%と少なく、その透過率は棟方位に無関係であるから、相対的な比較をする限りでは直達光の透過率だけを問題にすれば足りることが少なくない。参考のために述べれば、東京およびロンドンにおける12月~2月における屋外全天光に対する屋外天空光の平均割合は、それぞれ、約30および65%である。

### § 前提と定義

- 1: 時刻は、すべてその土地における太陽の南中を正午とする、真太陽時を使用する。
- 2: 直達光日量床面平均透過率とは、床面(あるいは床面に平行な平面)上における直達光の単位面積当りの一日全量(床面平均値)の、屋外の直達光のそれに対する比率(%)である。
- 3: 直達光日量透過率とは、床面上の任意の位置(点または小区画)における直達光の単位面積当りの日量の屋外のそれに対する比率(%)である。
- 4: 直達光床面平均透過率とは、任意の時刻における床面上の直達光平均値の屋外直達光に対する比率(%)である。
- 5: 日影面積率とは、任意の時刻において、直達光によって不透明構造物が床面上に投影する影面積の床面積に対する比率(%)である。

### 1. 単棟温室

#### 1.1 直達光日量床面平均透過率と棟方位の関係

前提1: ここでは周囲建造物、隣棟温室等の影は考慮していない。それについては、3.隣棟間隔を参照すること。

前提2: ここでは天空光の影響は考慮していない。それについては、6.天空光透過率を参照すること。

前提3: 内部反射は考慮していない。それについては、5.反射温室および温室内の反射光量を参照のこと。

#### 1.1.1 冬期、東西棟の直達光日量床面平均透過率は

南北棟のそれより5~20%(平均約10%)大きい。

- 1.1.2 1.1.1は温室の間口に比して奥行の長い温室ほど顕著である(図1-1と1-4, 図1-2と1-5, および図1-3と1-6を比較せよ)。奥行が長いと、妻壁の影響が相対的に小さくなるからである。
- 1.1.3 1.1.1は温室の間口に比して棟高の低い温室ほど顕著である(図1-1~1-3, および図1-4~1-6を比較せよ)。棟高が低いと、妻壁の影響が相対的に小さくなるからである。
- 1.1.4 1.1.1は、棟方位が正確な東西または南北でなく、プラス・マイナス30度位ずれていても変わらない(図1-1~1-7参照)。
- 1.1.5 東西棟と南北棟の差異は、東京(北緯36度)より、札幌(北緯43度)、アムステルダム(北緯52度)の方が顕著である。高緯度ほど冬期の太陽高度が低くなるからである。ただし、図1-3は例外である。これは、この温室が間口に比して、奥行が短かく、かつ、棟高が高いため、妻壁の影響が大きく現われているからである。
- 1.2 直達光日量透過率の床面分布
- 1.2.1 総ガラス温室(図1-8および表1-1のモデルA)において、冬期、東西棟温室の間口方向の直達光日量透過率の床面分布はほぼ均一である(図1-9のA)。他方、南北棟のそれは、床面中央で高く、両側壁付近で10%程低くなる(図1-10のA)。
- 1.2.2 東西方向の水平な構造材は、直達光日量透過率の床面分布を不均一にする(図1-9のB-3, および図1-11aのD-3の東西棟)。透過率の最大と最小の差は40%を超える。東西方向の水平な構造材の影は日中余り動かないからである。
- 1.2.3 垂直な構造材および南北方向の水平な構造材は直達光日量透過率の床面分布の不均一性を増大させない(図1-9のC-3, 図1-10のB-3およびC-3)。それらの構造材の影は太陽方位の変化に伴って大きく移動するからである。
- 1.2.4 南北棟の南妻壁は、直達光日量透過率の奥行方向に関する分布に強く影響をおよぼす。その影響範囲は、東京において、南妻壁から測って、棟高の約2倍の距離までである(図1-12~1-14)。南妻壁および北妻壁近くの床面における透過率の差は15~30%である。
- 1.2.5 1.2.4の傾向は、東京より、札幌、アムステルダムにおいて顕著である(図1-12~1-14)。
- 1.2.6 間口に比して側壁が低い東西棟温室北側には弱光帯ができやすい(図1-11b)。
- 1.2.7 東西棟の屋根傾斜は急な方が冬至前後の透過

率が高い(図1-11b)。

### 1.3 直達光床面平均透過率の時刻変化

- 1.3.1 東西棟の直達光床面平均透過率は、一般に朝方から正午にかけて5~10%高くなり、夕方へ向って5~10%低くなる(図1-15~1-17, 図1-22~1-28)。
- 1.3.2 冬期、南北棟の直達光床面平均透過率は、一般に、朝方と夕方に高く、11時および13時付近に低くなる(図1-15, 図1-19~1-21, 図1-25~1-28)。

注1) 図1-18の東京(実線)に関する直達光床面平均透過率が正午付近において低下しないのは間口に比して棟高が低いからである。

注2) 図1-20のアムステルダム(破線)の透過率が正午付近に急に15%上昇するのは、間口に比して奥行が短かいため、南妻壁からの入射の影響が強く現われているからである。

- 1.3.3 南北棟における屋根の垂木および合掌等、屋根の傾斜方向に配置された構造材の厚さの大小は透過率に与える影響が大である(図1-21b)。
- 1.3.4 東西棟において、南側壁の垂直な構造材の厚さが大であると、朝夕の透過率が10~20%減少するが、正午付近の透過率はほとんど減少しない(図1-23)。
- 1.3.5 冬期、東西棟において、南側壁の水平な構造材(胴ぶち等)の厚さの大小は、透過率に5%程しか影響しない(図1-24)。
- 1.3.6 南北棟に関して、構造材の配置の相違は、図21bの構造材の厚さによる相違ほどには各時刻の直達光床面平均透過率に顕著な影響をおよぼさない(図1-21a)。
- 1.3.7 FRA平板(散光性)で被覆した温室の透過率は、朝方、PVC透明フィルムで被覆した温室のそれより5~10%高くなる傾向がある(図1-25)。ただし、梨地ビニルフィルム(散光性)ではこの傾向が見られない(図1-27)。
- 1.3.8 FRA波板とFRA平板を被覆した温室の透過率を比較すると昼間の南北棟、および朝夕の東西棟では、FRA波板のそれの方がわずかに(2~5%)高い(図1-28)。
- 1.3.9 春期および夏期における透過率の、棟方位による相違はそれ程顕著でない(図1-16~1-17)。その差は直達光日量床面平均透過率で表現すれば5%以下である。
- 1.3.10 任意の時刻における、構造材を有する透明(非拡散性)被覆材温室での直達光透過率の床面分布

は、構造材の影により、きわめて不均一になる。他方、梨地フィルム、FRA等のような散光性被覆材温室でのそれは、かなり均一化される(図1-29, 1-30)。

#### 1.4 直達光日量平均透過率の季節変化

1.4.1 東西棟の透過率が南北棟のそれより高いのは、東京(35°41'N)では9月下旬から3月初旬の間で、アムステルダム(52°20'N)では8月下旬から4月初旬までである(図2-14, 2-15)。

#### 1.5 積算全天光量

1.5.1 10月29日を積算開始日とする積算全天光量が、温室内床面において100MJ・m<sup>-2</sup>に到達するのは、東京の南北棟では36日後、東西棟では31日後である(表2-1, 2-2)。異なる積算開始日、到達積算光量、および連棟温室との比較については図2-19, 2-20にしめしてある。

### 2. 連棟温室

#### 2.1 直達光日量床面平均透過率と棟方位の関係

2.1.1 冬期、東西連棟の直達光日量床面平均透過率は南北連棟のそれより5~25%(平均約7%)大きい。

2.1.2 2.1.1は、連棟数が少ない場合は、各棟の間口に対する軒高の比が高いほど顕著である(図2-2)。

2.1.3 2.1.1は、連棟数が少ないほど顕著である(図2-3)。

2.1.4 2.1.1は、奥行の長さが長いほど顕著である(図2-4a)。

2.1.5 2.1.1は、大阪より、(札幌)、アムステルダムにおいて顕著である(図2-2)。

2.1.6 春期において、東西連棟と南北連棟の直達光日量床面平均透過率の差異は5%以下である(図2-1)。

2.1.7 夏期において、南北連棟の直達光日量床面平均透過率は東西棟のそれより5%程度高い(図2-1)。

#### 2.2 直達光日量透過率の床面分布

2.2.1 冬期、東西連棟の南より2~3棟目以降の床面における直達光日量透過率の分布はきわめて不均一となり、強い弱光帯が生じる(図2-4b, 2-7, 2-8, および図2-10)。透過率の最大と最小の差は30%以上である。

2.2.2 東西連棟に生じる弱光帯は緯度が低い(35°前後)わが国では冬至を中心に3~4ヶ月も継続する。高緯度(50°前後)では春秋分前後の二回短期間おこるだけである(図2-5, 2-13)。

2.2.3 2.2.1は、間口と軒高の比に余り依存しない(図2-7, 2-8, 2-10)。

2.2.4 冬期、間口に比して軒高の高い南北連棟床面における直達光日量透過率の床面分布はかなり均一である(図2-10)。他方、間口に比して軒高の低い南北連棟のそれは多少不均一である(図2-4a, 2-6)。

注1) 間口に比して軒高の高い南北連棟においても、軒の高さにおける直達光日量透過率の床面分布は不均一となる(図2-6)。

2.2.5 春期および夏期における南北連棟内の直達光日量透過率の床面分布は、連棟の谷部直下を除けば、比較的均一である(図2-4a, 2-6, 2-10)。

#### 2.3 直達光床面平均透過率の時刻変化

2.3.1 単棟と連棟の直達光床面平均透過率の差異は、南北棟、東西棟のいずれにおいても、朝夕に40~50%と大きく、正午前後に0~6%と小さい(図2-11)。南北棟においては、側壁の影響の多少により、正午前後の連棟の透過率が単棟のそれよりわずかに大になることもある(図2-11)。

#### 2.4 直達光日量平均透過率の季節変化

2.4.1 東西棟の透過率が南北棟のそれより高いのは、東京では10月初旬より2月下旬まで、アムステルダムでは9月下旬より3月中旬までである(図2-14, 2-15)。

2.4.2 東西棟の透過率の季節変化は屋根傾斜角に依存する。その依存度は高緯度地方において著しい(図2-17, 2-18)。

2.4.3 南北棟の透過率の季節変化は屋根傾斜角に余り影響されない(図2-16)。

#### 2.5 積算全天光量の季節変化

2.5.1 10月29日を積算開始日とする積算全天光量が温室内床面において100MJ・m<sup>-2</sup>に到達するのは、アムステルダムの南北棟では120日後、東西棟では111日後、東京の南北棟では37日後、東西棟では35日後である(表2-1, 2-2)。異なる積算開始日、到達積算全天光量、および単棟温室との比較については図2-19, 2-20を参照せよ。

参考1: 冬期の大阪(東京)について、各種温室を直達光日量床面平均透過率と直達光日量透過率の床面分布の2点から大局的に検討すると図2-12のようにまとめられる。

まず、床面における日量透過率の分布については次のようなことが言える。

南北棟の場合、その分布は東西棟のそれより一様となる(A~D)。

東西連棟の場合、その分布は不齊となりやすい(B'~D')。ただし、東西単棟では弱光部を生ずるこ

とはまれであり、通常、一様な分布を示す(A')。

次に、日量床面平均透過率については次のようなことが言える。

南北棟の場合、東西棟のそれより常に低い値となる。他方、棟数によって変化することは少ない(A→B→D)(図2-3)。ただし、棟の奥行が短い場合、その値は高くなる(C')(図2-4参照)。

東西棟の場合、単棟においては、高い値が得られるが(A')、連棟化することによって、その値は低くなっていく(A'→D')。他方、棟の奥行の長さはあまり影響しない(C', D')(図2-4)。

また、連棟温室の光環境の特性の一つに朝方、夕方の太陽高度の低い時間帯で、直達光の透過率がきわめて低くなることもある(図2-11参照)。しかし、一日の直達光量の大部分(88%)は日中(9~15時)に入射し、朝方と夕方とは残り12%が入射してくるのにすぎないことと、太陽高度が低いと(0~15°, 20°の間)、通常、水平面上の天空光は直達光より多いことから、この時間帯(太陽高度8°~17°)における連棟温室の低い直達光透過率の影響は、相対的に小さなものになると考えられる。

したがって、もし何らかの条件によって方位が定められた場合、土地の有効利用等から連棟が望まれるが、その光環境からみて、南北棟のものについては、その連棟化を妨げるような大きな理由はあまり見出せないように思われる(木村元治, 1975: 大阪府立大学修士論文より一部改変して引用)。

参考2: 東西棟と南北棟の比較

今、地域をわが国の緯度35°前後に限り、かつうね作りは棟方向と同じとして、両者の長所、短所を整理比較すると表2-3のようになろう。完全に東西、あるいは南北でなくとも、それに近いものは含めて考えてよい。

3. 隣棟間隔

3.1 東西単棟の隣棟間隔は、東京、大阪(北緯35度)等では、一般には軒高の2倍前後が望ましい(図3-1~3-2)。ただし、メロン温室ではより大きい間隔がとられている。

3.2 東京、大阪等において、東西単棟の隣棟間隔が3.1より狭くなると、北側隣接棟の各時刻の直達光床面平均透過率が5~50%低くなり(図3-2b)、床面における直達光日量透過率の分布も不均一になる(図3-2)。

3.3 南北単棟の隣棟間隔は、東京、大阪等においては、軒高の0.8~1.3倍前後が望ましい(図3-1)。

4. 換気扇の位置と直達光日量床面平均透過率

4.1 冬期、屋根換気扇による直達光日量床面平均透過率の減少割合は2~5%で、それ程顕著でない(図4-1)。間口に比して棟高の高い東西棟においては特にそうである。夏期、屋根換気扇は、いずれの棟方位においても、直達光日量床面平均透過率を3~4%低下させる(図4-1)。

4.2 両妻壁に換気扇(または、不透明吸気口)を有する南北棟温室の冬期における直達光日量床面平均透過率は通常温室より5%以上減少するが、東西棟のそれは通常温室よりわずかに低いだけである(図4-1)。夏期における妻壁換気扇による直達光日量床面平均透過率の減少は、棟方位によらず、数%以下である(図4-1)。

4.3 両側壁に換気扇を有する温室の冬期における直達光日量床面平均透過率は通常温室のそれより、東西棟では5%程度低く南北棟では2%程度低い(図4-1)。夏期におけるそれは、通常温室のそれより、東西棟では1%程度、南北棟では3%程度低くなるだけである(図4-1)。

5. 反射温室および温室内の反射光量

表2-3 東西棟、南北棟の優劣比較

(植えあぜは棟方向と同じ場合)

問題点	東西棟(東西あぜ)	南北棟(南北あぜ)
(1) 全透過光量	● 確実にまざる	▲ 10~15%は少ない
(2) 通路に落ちる日射の吸収	○ 生育の中後期はほぼ完全に利用	△ 日中の強光時は利用しない
(3) 室内の光量不斉	▲ 連棟では著しい弱光帯ができる △ 単棟でも広幅になると北側に弱光帯ができる	○ 平均受光
(4) 作物の相互しゃ光	▲ 2列植の北側は強くしゃ光される	○ 平均受光
(5) 花梗の曲がり	▲ 強い	○ 平均受光
(6) 室内温度の日変化	△ 昼間急上昇するので調整がやや困難	○ 弱い
		○ 緩慢んで調節管理容易

○印は有利な特性、△は不利な点で、黒く塗ったものは特にそれらが著しいものである。通覧して、東西棟は光量にまさるといふ大きな利点はあるが、その代わりに多くの弱点を伴う。南北棟は逆に、光量と利用率の低さを除けば、他のすべてで東西棟にまざる。(三原義秋, 1972: 施設園芸の気候管理, p.57~58)

- 5.1 通常ガラス温室東西棟の反射直達光量は、各時刻において、屋外直達光量の10~15%に達する(図5-1)。ただし、その反射直達光の殆んどは北側壁に近い床面上に入射し、床面中央部、南側壁に近い床面上には達しない(図5-2)。
- 5.2 通常ガラス温室東西棟の北側壁内面に整反射板を設置すると、床面上の光量は屋外の120%以上になる(図5-1)。ただし、この場合も、床面上の直達日光量透過率は北側壁付近で大きく、南側壁付近で小さい(図5-2)。
- 5.3 温室内の反射直達光量を増大させるためには、北側壁を高くすると良い(図5-3、5-4)。
- 5.4 通常温室東西棟の北屋根内面の反射板は、反射直達光量を2~5%しか増大させない(図5-1)。
6. 天空光透過率
- 6.1 天空光透過率の床面上における分布は、透明ガラス温室、散光ガラス温室のいずれにおいても、床面中央部が最も大きく、側壁、妻壁付近では中央より5~6%低く、隅角部で最も低い(図6-1~6-3)。
- 6.2 側壁の一方が不透明である温室の天空光透過率は、その側壁付近の床面上で30%近く減少し、床面上の分布がかなり不均一になる(図6-3)。
- 6.3 天空光透過率は、屋根傾斜角が小さい温室ほど高いが、その差は2~3%である。
- 6.4 単棟温室の天空光透過率は、同種構造の連棟温室のそれより約4~5%高い。
- 6.5 温室内の実際の散乱光は仮想天空から一様に入射するのではなく、ある角度分布を有する(内嶋ら、1976)。
- 6.6 温室の散乱光には透過天空光の他に、内壁面、地面での多重反射による光、被覆資材で透過時に拡散された光等が含まれる。そのため、晴天時、温室内における全天光量に対する散乱光量の比は屋外のそれより大となる(図6-5)。
- 6.6.1 6.6は水滴が被覆資材に附着するとより著しい(図6-4)。
- 6.6.2 6.6は被覆資材が散光性の場合により著しい(図6-7)。
- 6.6.3 6.6は透過光量の全量かふえることを意味しない。むしろ、全透過光量は減少するが多い。これは、散光性資材の透過率は、入射角が30~60°の範囲で、透明資材のそれより低い場合があることが一つの原因である(図6-6、6-8)。
7. プラスチックフィルム透過率の経年変化  
プラスチックフィルムの光線透過率は、使用中に、汚染ガスを含む空気、光、高・低温、水に起因する劣化、

および土粒子、じん埃の附着により、しだいに低下する。土粒子等の附着による透過率の低下は洗浄によりある程度回復できる。

フィルム加工技術が進歩したため、最近のフィルムの透過率および透過スペクトルの経時変化は、5~15年前に作られたフィルムのそれらより小さいと考えられている。最近の測定例の一つを表7-1に掲げたが、実際の使用に際しては、使用条件を加味した、当該フィルムについての個別的な検討が必要である。第3者機関が行なった、最近のフィルムについての基準的資料の整理はまだ十分にされていない。

### 引用文献

- 1) Edwards, R.I. and Lake, J.V. 1965: Transmission of solar radiation in a large-span east-west glasshouse. II *J. Agric. Engng. Res.* 10, 125-131.
- 2) 黒住 徹・川島信彦, 1976: 私信による.
- 3) 黒住 徹・川島信彦, 1977: 温室の光線透過に関する模型実験(第一報). 奈良県農業試験場研究報告, 第8号, 9-17.
- 4) 木村元治, 1975: 連棟温室における直達光環境, 大阪府立大学修士論文. 136 pp.
- 5) 木村元治・古在豊樹, 1975: 未発表.
- 6) Kingham, H.G. and Smith, C.V. 1971: Calculated glasshouse light transmission: the effects of orientation of single glasshouse. *Experi. Horticulture*. No. 22, 1-8.
- 7) 古在豊樹・杉 二郎, 1972: 温室内の日射量に関する研究(3). 農業気象, 28(2), 79-87.
- 8) 古在豊樹, 1974: 単棟温室の構造と日射透過について(農水産分野における環境工学). 91-134. 杉二郎教授還暦記念事業会, 松山.
- 9) 古在豊樹, 1974: 温室の構造と透過光量に関する理論的解析, 農業気象, 30, 71-79.
- 10) Kozai, T., 1977: Direct solar light transmission into single-span greenhouses. *Agric. Meteorol.*, (in press).
- 11) Kozai, T. and Kimura, M., 1977: Direct solar light transmission into multi-span greenhouses. *Agric. Meteorol.*, (in press).
- 12) Kozai, T., Goudriaan, J., and Kimura, M., The light environments and photosynthesis in greenhouses (仮題), Pudoc, Wageningen, (印刷中).
- 13) 岸田恭允・園山康正, 1977: ほろ型プラスチックハウスにおける日射量解析. 農業気象, 32(4), 177-184.
- 14) 三原義秋, 1973: 施設園芸の気候管理. 誠文堂新光社, 137 pp.
- 15) 宮川逸平・小酒井一嘉, 1973: 野菜栽培におけるミラーハウスの実用化. 農業および園芸, 48, 1327-1332.
- 16) 武智 修, 1975: ビニールフィルムの汚染と光透過. 光部会討議資料.
- 17) 内嶋善兵衛・井上君夫・木村 進, 1976: Growth chamber内の微気候(6), (7). 農業気象, 32, 117-125, 127-136.

3. 温室構造と光透過率(図表)

図番号	1-1~1-3		
表題	棟方位による直達日光量床面平均透過率の相異(計算) 1~3		
たて軸	直達日光量床面平均透過率	よこ軸	棟方位
パラメーター	緯度	緯度	北緯36, 43, および52度
季節	12月22日	連棟数	1
建設方位		被覆材	透明ガラス
構造	フレーム率18%	著者	Kozai(1977)
温室形態	間口4.0m, 奥行10.0m		

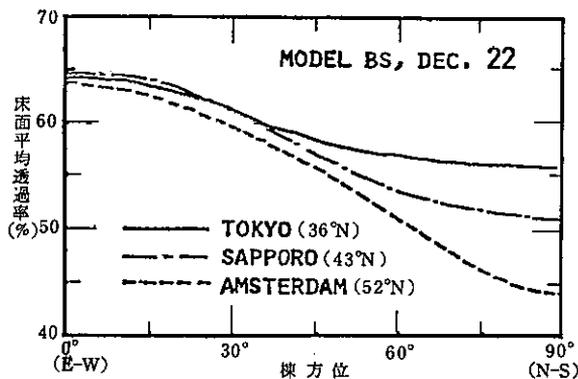


図 1-1 軒高 0.5m, 屋根傾斜角 16°

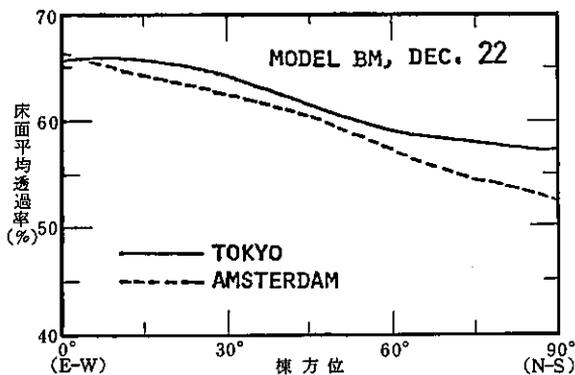
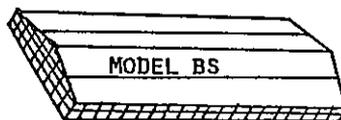


図 1-2 軒高 1.0m, 屋根傾斜角 32°

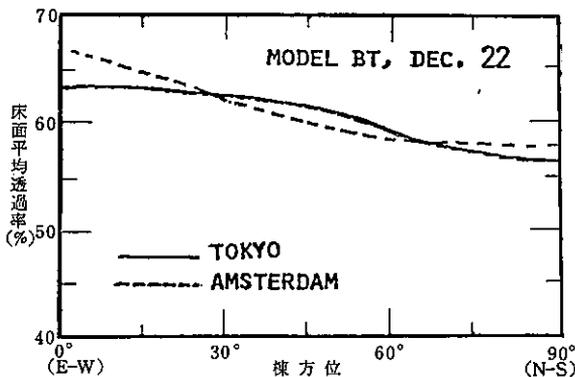
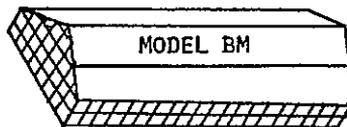
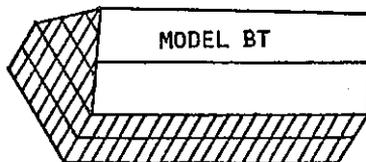


図 1-3 軒高 2.0m, 屋根傾斜角 52°



図番号	1-4~1-6		
表題	棟方位による直達日光量床面平均透過率の相異(計算)4~6		
たて軸	直達日光量床面平均透過率	よこ軸	棟方位
パラメーター	緯度	緯度	北緯 36, 43, 52 度
季節	12月22日	連棟数	1
建設方位		被覆材	透明ガラス
構造	総ガラス	著者	Kozai (1977)
温室形態	間口 4.0 m, 奥行 20.0 m		

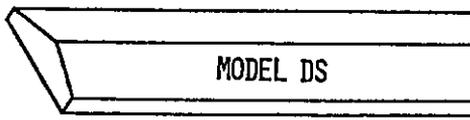


図1-4 軒高0.5m, 屋根傾斜角16°

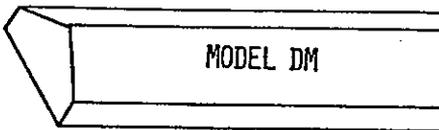


図1-5 軒高1.0m, 屋根傾斜角32°

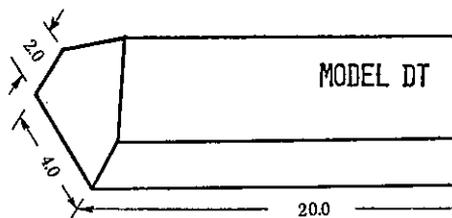
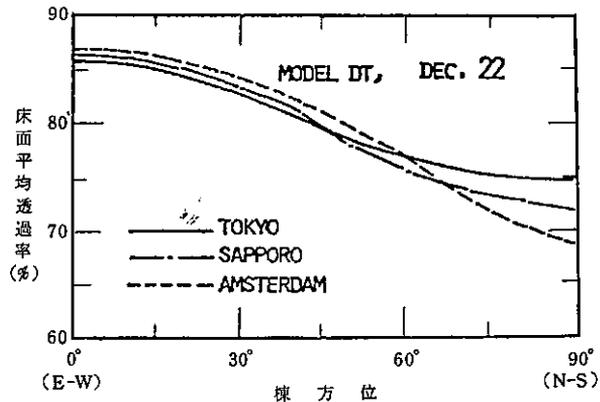
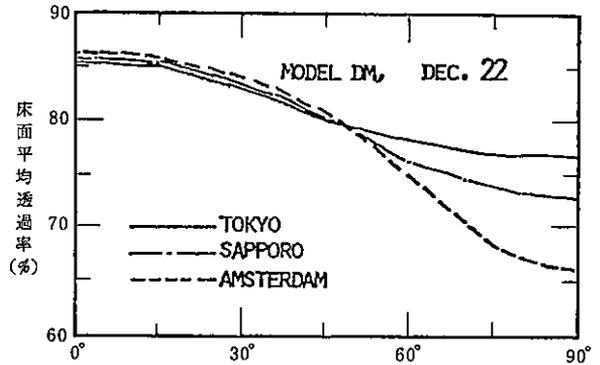
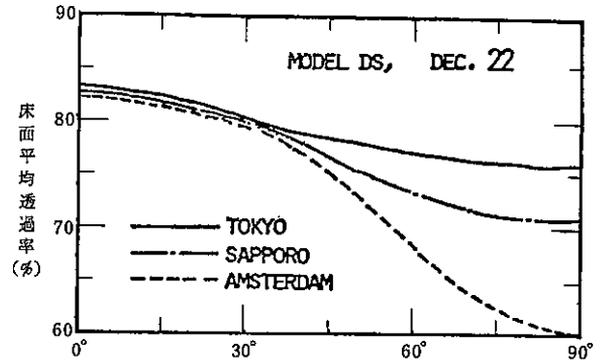


図1-6 軒高2.0m, 屋根傾斜角52°



1. 構造と光

図番号	1-7			
表題	1月における木造および大型単棟温室の直達光日量床面平均透過率(計算)			
たて軸	直達光日量床面平均透過率	よこ軸	棟方位	
パラメーター	温室構造	緯度	51°N	
季節	1月13日	連棟数	1	
構造	木造のフレーム率0.5(側壁), 0.25(屋根)	被覆材	透明ガラス室	
	大型のフレーム率0.18(側壁), 0.20(屋根)	著者	Kingham and Smith (1971)	
温室形態	奥行	間口	棟高	側壁
	木造 39.6 m	8.4 m	3.9 m	1.75 m
	大型 61.0 m	19.5 m	7.2 m	2.4 m

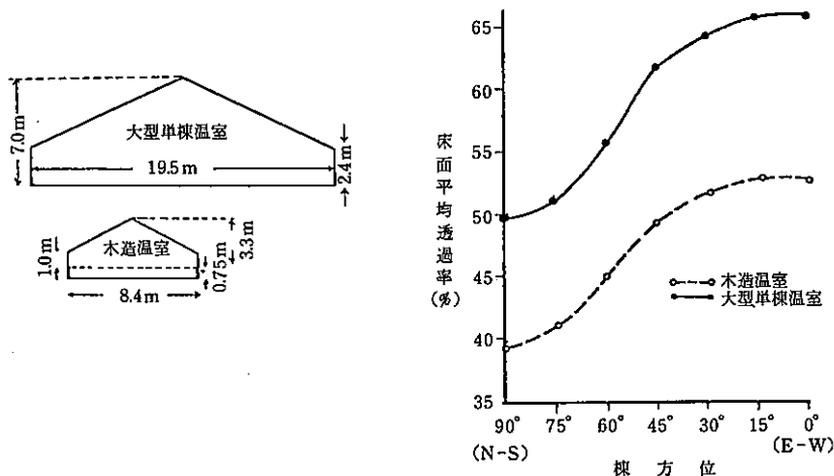


図1-7

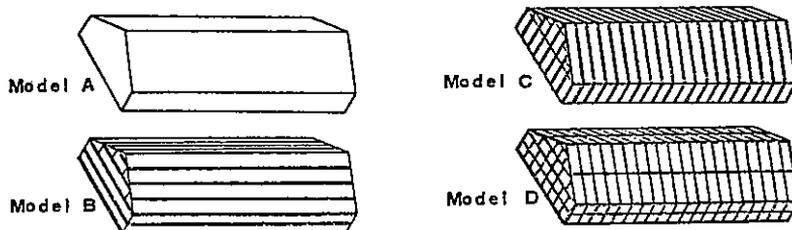


図1-8 解析の対象としたモデル温室の形態

表1-1 解析の対象としたモデル温室の諸元

	構造材の厚さ(cm)	構造材の幅(cm)		フレーム比*		
		側壁	屋根	側壁	屋根	平均
Model A	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Model B-0	0.0	6.0	7.2	15.8	12.3	13.7
Model B-3	3.0	6.0	7.2	15.8	12.3	13.7
Model B-6	6.0	6.0	7.2	15.8	12.3	13.7
Model C-0	0.0	7.0	7.0	13.5	14.1	13.8
Model C-3	3.0	7.0	7.0	13.5	14.1	13.8
Model C-6	6.0	7.0	7.0	13.5	14.1	13.8
Model D-0	0.0	4.0	4.0, 5.0	24.0	13.0	17.5
Model D-3	3.0	4.0	4.0, 5.0	24.0	13.0	17.5
Model D-6	6.0	4.0	4.0, 5.0	24.0	13.0	17.5

奥行 10.0 m  
 間口 4.0 m  
 軒高 1.0 m  
 棟高 2.25 m  
 屋根傾斜角 32°  
 ガラス板厚 3 mm

\*全構造材面積/全外表面積

図番号	1-9~1-11a		
表題	直達光日量透過率の床面分布(計算)1~3		
たて軸	直達光日量透過率	よこ軸	側壁からの距離
パラメーター	温室構造	緯度	35°41'N
季節	12月23日	連棟数	1
建設方位		被覆材	透明ガラス
構造	表1-1および図1-11参照	著者	古在(1974)

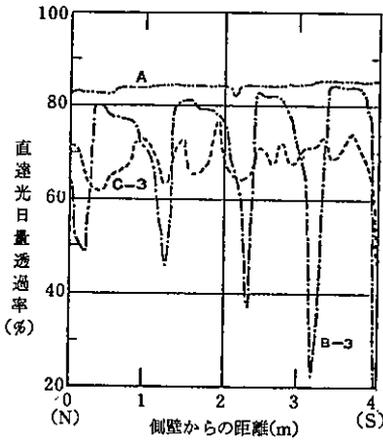


図1-9 東西方位

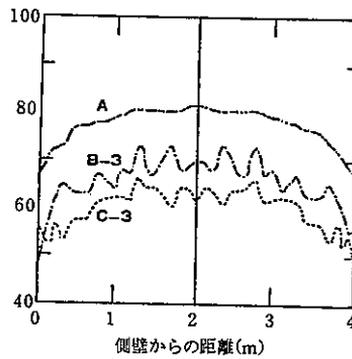


図1-10 南北方位

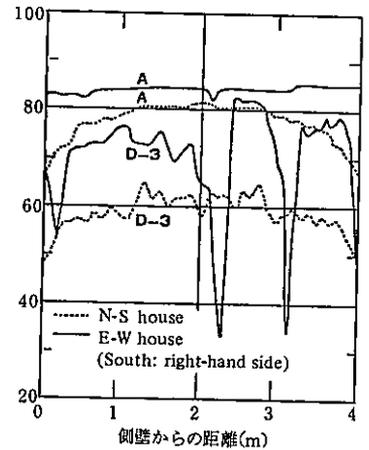


図1-11a 東西および南北方位

図番号	1-11b
表題	直達光日量透過率の床面分布(模型実験)
たて軸	直達光日量透過率
よこ軸	床面上の位置(奥行方向の中央)
パラメーター	屋根勾配, 建設方位
緯度	34°30'N(奈良)
季節	冬至, 春分
連棟数	1
建設方位	東西, 南北
被覆材	透明塩ビフィルム
構造	構造材あり
著者	黒住・川島(1977)
温室形態	屋根勾配15°, 30°, および丸屋根型。図1-25参照。
備考	春分の東西棟北側, 特に屋根勾配30°において, 弱光帯がみられる。

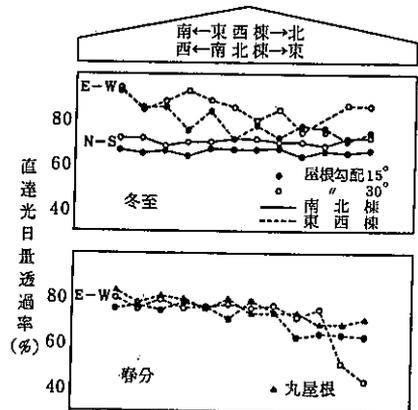
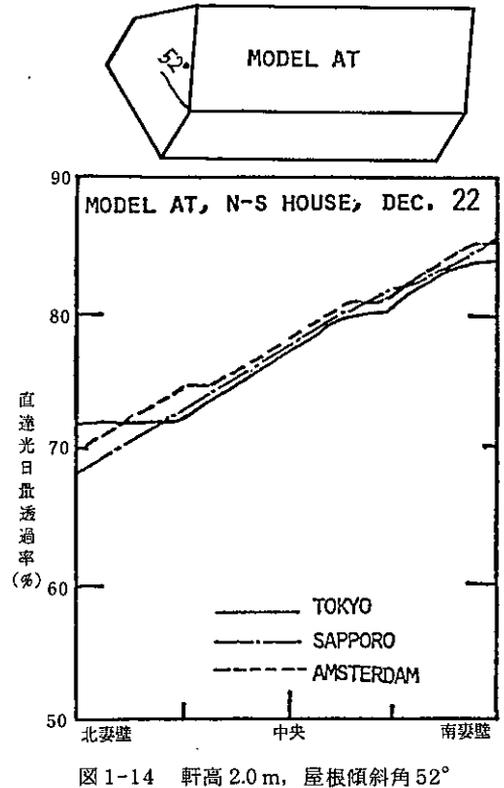
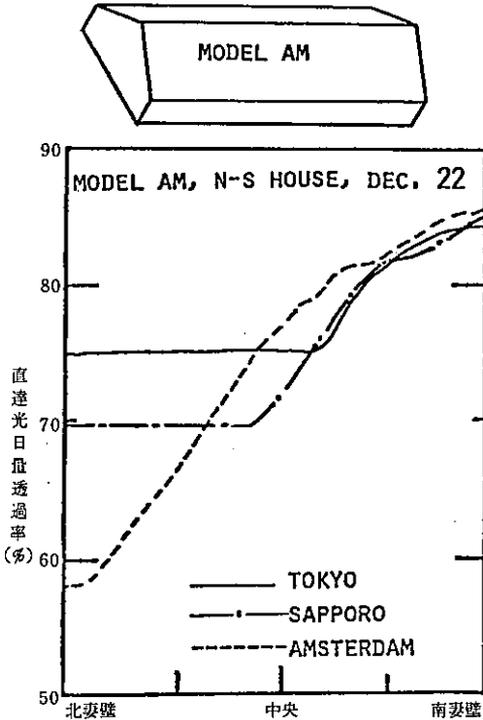
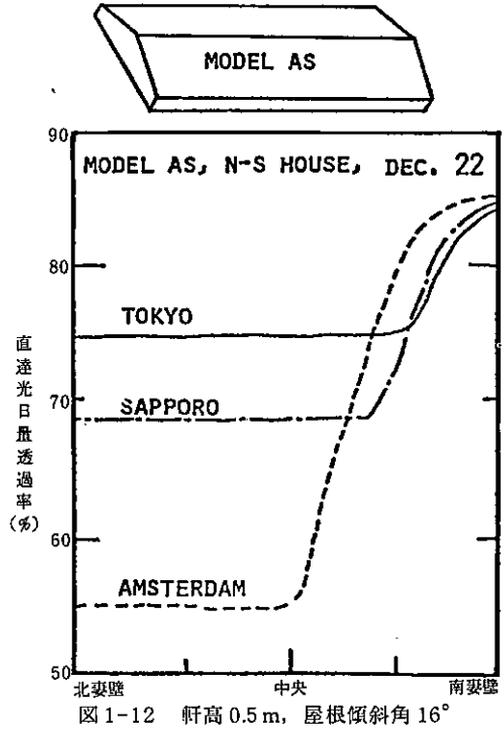


図1-11b

1. 構造と光

図番号	1-12~1-14
表題	直達光日量透過率の床面分布(計算) 4~6
たて軸	直達光日量透過率
よこ軸	妻壁からの位置
パラメーター	緯度
緯度	北緯 36, 43 および 52 度
季節	12月22日
連棟数	1
建設方位	南北
被覆材	透明ガラス
構造	総ガラス
著者	Kozai (1977)
温室形態	奥行 10 m, 間口 4 m
備考	南妻近くの床面における直達光日量透過率が高いのは南妻壁から入射する直達光の影響である。床面中央より北壁よりの透過率は南妻壁の影響を受けず、屋根面からの入射のみによる。透過率は間口方向に関する平均値。



図番号	1-15~1-17
表題	直達光床面平均透過率の時刻変化(計算)1~3
たて軸	直達光床面平均透過率および日影面積率
よこ軸	時刻
パラメーター	棟方位
緯度	35°39'N
連棟数	1
建設方位	E-W, N-S, NW-SE, およびNE-SW
被覆材	透明ガラス
構造	フレーム率0および17.5%
著者	古在(1974)
温室形態	図1-8および表1-1参照
備考	各時刻の直達光床面平均透過率は床面全体に対する平均値である。

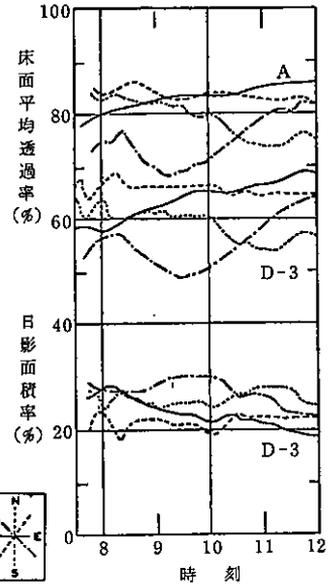


図1-15 12月23日

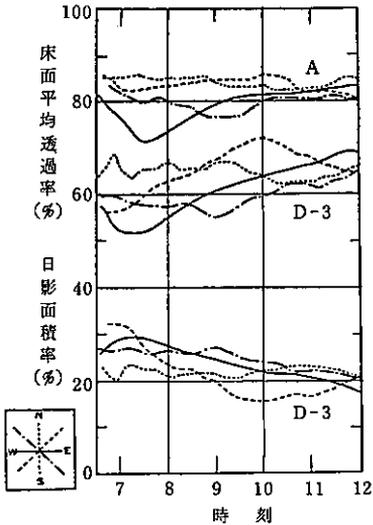


図1-16 3月21日

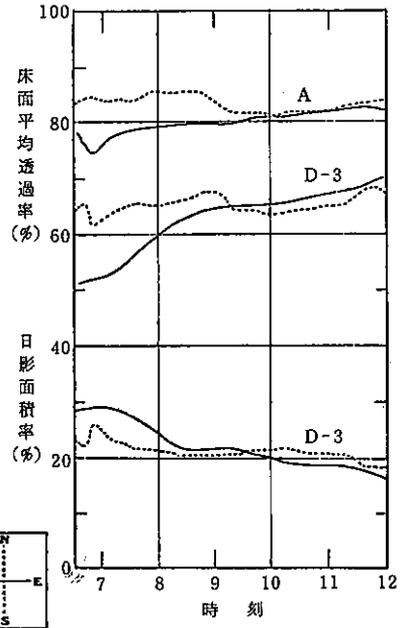


図1-17 6月21日

1. 構造と光

図 番 号	1-18~1-20
表 題	直達光床面平均透過率の時刻変化 (計算) 4~6
た て 軸	直達光床面平均透過率
よ こ 軸	時刻
パラメーター	緯度
緯 度	36°, 43° および 52°N
季 節	12月22日
連 棟 数	1
建 設 方 位	南北
被 覆 材	透明ガラス
構 造	フレーム率 18%
著 者	Kozai (1977)
温 室 形 態	間口 4.0m, 奥行 10m

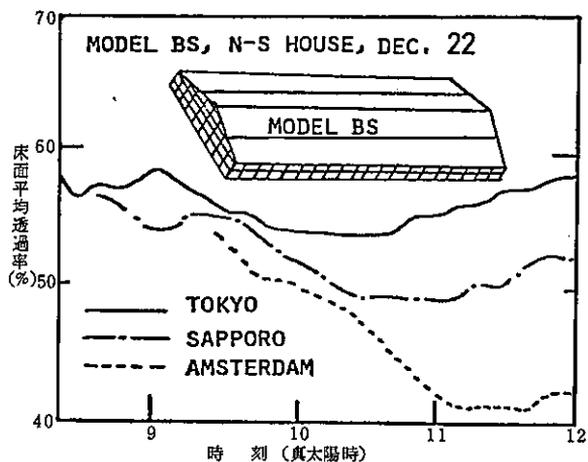


図 1-18 軒高 0.5m, 屋根傾斜角 16° (図 1-1 と同形態)

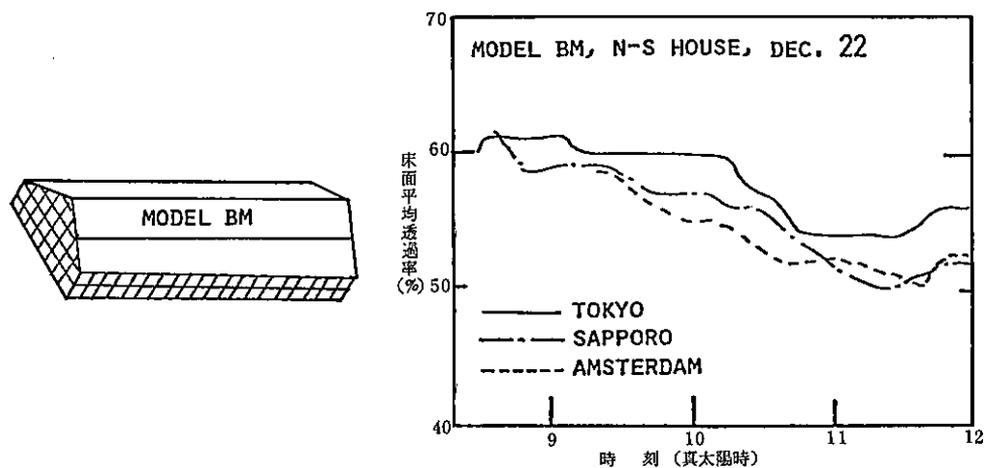


図 1-19 軒高 1.0m, 屋根傾斜角 32° (図 1-2 と同形態)

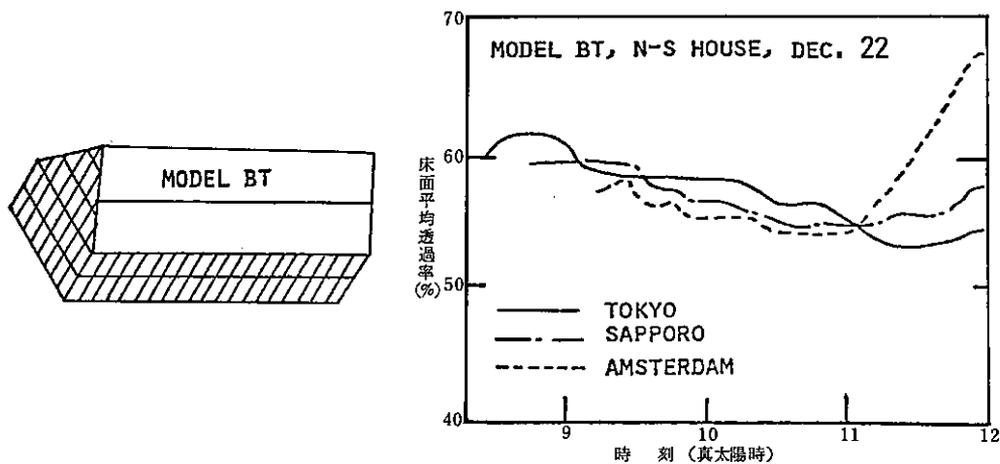


図 1-20 軒高 2.0m, 屋根傾斜角 52° (図 1-3 と同形態)

図番号	1-21~1-24
表題	直達光床面平均透過率の時刻変化(計算) 7~11
たて軸	直達光床面平均透過率および日影面積率
よこ軸	時刻
パラメーター	温室構造
緯度	35°41'N
季節	12月23日
棟数	1
被覆材	透明ガラス
構造	表1-1, および図1-11 参照
著者	古在(1974)
備考	床面全体に対する平均透過率

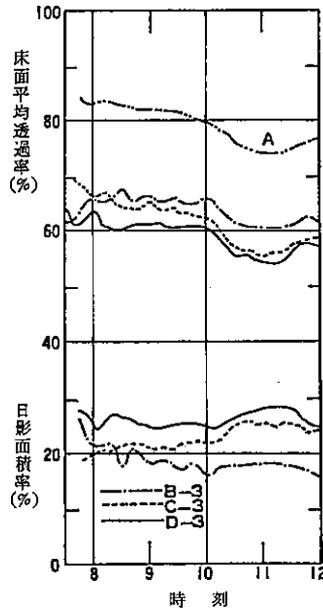


図 1-21a 南北方位

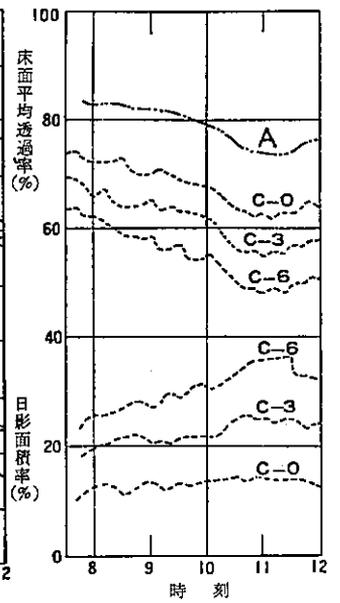


図 1-21b 南北方位

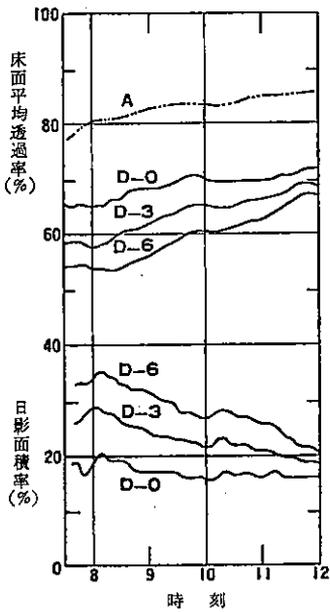


図 1-22 東西方位

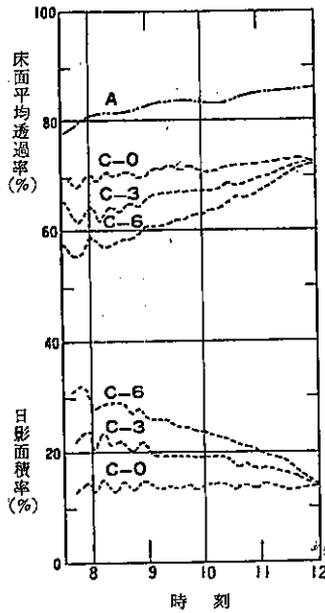


図 1-23 東西方位

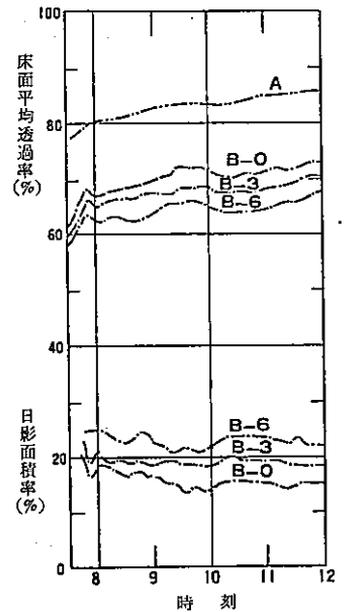


図 1-24 東西方位

1. 構造と光

図 番 号	1-25~1-28
表 題	直達光床面平均透過率の時刻変化(模型実験)1~4
た て 軸	直達光床面平均透過率
よ こ 軸	時刻
パラメーター	各図参照
緯 度	34°30'N
季 節	立冬(立春)
連 棟 数	1
建 設 方 位	東西および南北
被 覆 材	各図参照
構 造	図1-26参照
著 者	黒住・川島(未発表)
温 室 形 態	

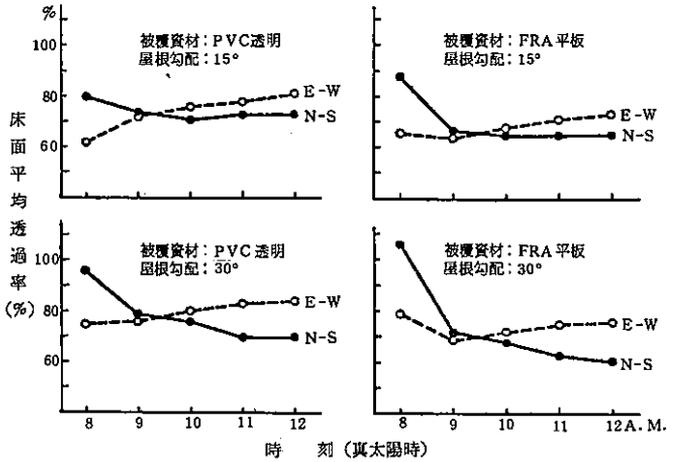


図1-25 PVC透明およびFRA平板

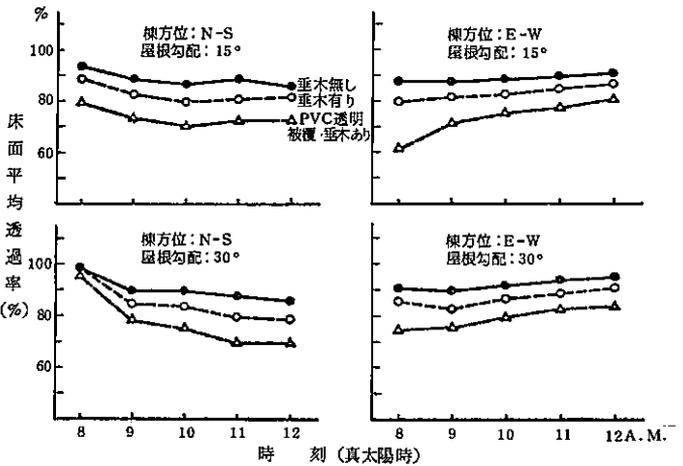
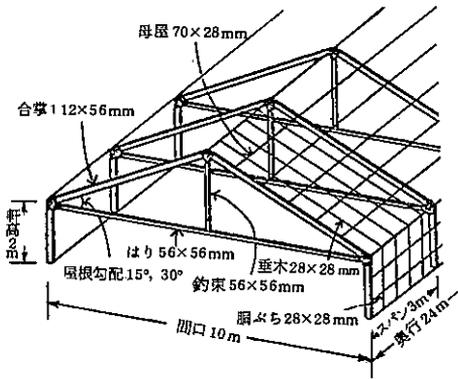


図1-26 構造材の影響(PVC透明)

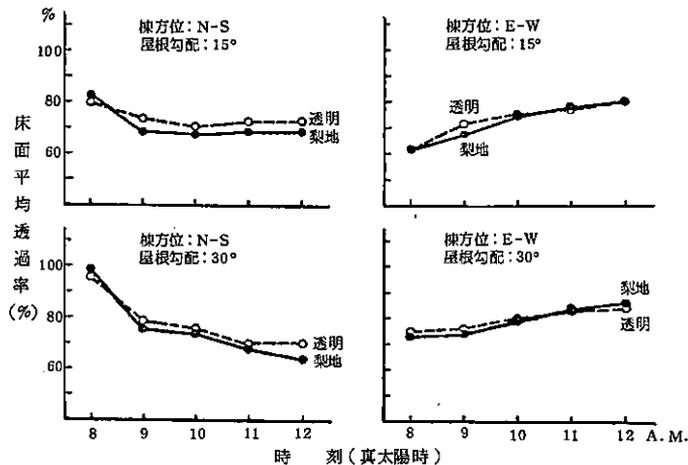


図1-27 PVC透明およびPVC梨地

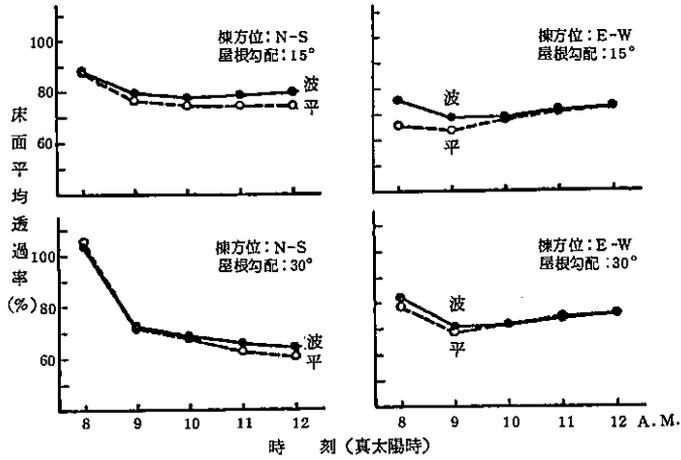


図 1-28 FRA平板およびFRA波板

図番号	1-29~1-30
表題	単棟温室内の光の分布
たて軸	直達光透過率
よこ軸	温室内の位置
パラメーター	被覆資材
緯度	34°30'N
季節	立冬(立春)時刻10:00
連棟数	1
建設方位	南北棟, 東西棟
被覆材	PVC透明, PVC梨地, FRA平板
構造	あり. 図1-26と同じ
著者	黒住, 川島(奈良農試)未発表
温室形態	図1-25と同じ

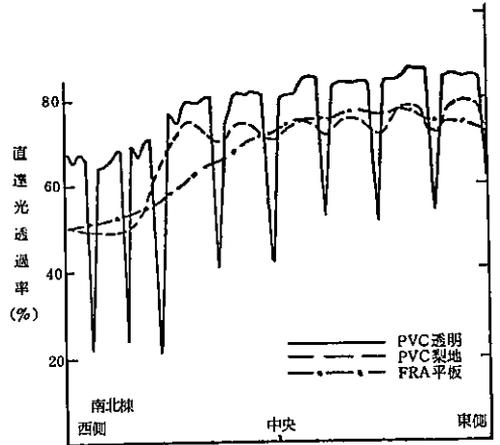


図 1-29

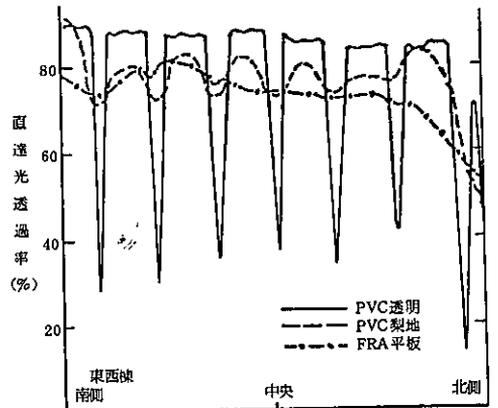
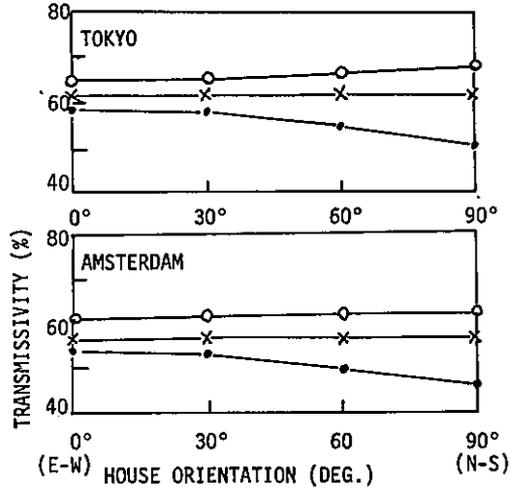


図 1-30

1. 構造と光

図番号	図2-1
表題	棟方位別の直達光日量床面平均透過率(計算)
たて軸	直達光日量床面平均透過率
よこ軸	棟方位
パラメーター	季節
緯度	34°39'N, 52°20'N
季節	12月23日, 3月21日および6月21日
連棟数	5
被覆材	透明ガラス
構造	フレーム率16%
著者	木村・古在(未発表)
温室形態	軒高2.2m, 間口4.0m, 奥行24.5m 屋根傾斜角25°



● Dec. 22, ○ July 23, × Mar. 21

図2-1

図番号	2-2
表題	棟高が異なる場合の方位別直達光日量床面平均透過率(計算)
たて軸	直達光日量床面平均透過率
よこ軸	棟方位
パラメーター	軒高/間口比および緯度
緯度	34°39'N, 52°20'N
季節	12月22日
連棟数	4
被覆材	透明ガラス
構造	総ガラス
著者	木村・古在(未発表)

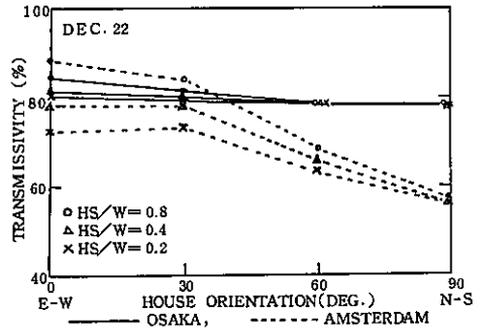
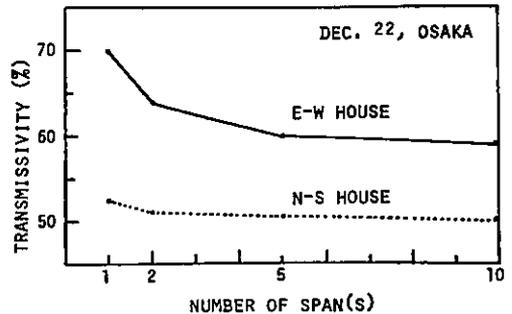


図2-2 奥行は無限長

図番号	2-3
表題	連棟数と直達光日量床面平均透過率(計算)
たて軸	直達光日量床面平均透過率
よこ軸	連棟数
パラメーター	建設方位
緯度	34°39'N
季節	12月22日
連棟数	1~10
建設方位	東西および南北
被覆材	透明ガラス
構造	フレーム率16%
著者	Kozai, Goudriaan, Kimura (1977)
温室形態	軒高2.2m, 間口4.0m, 奥行49.0m 屋根傾斜角25°



(width of the spans ; 4.0m)  
(length of the spans ; 49.0m)

図2-3 透過率は奥行方向に関して温室中央部の平均値

図番号	2-4a
表題	連棟温室の奥行長さと直達日光量床面平均透過率(計算)
たて軸	直達日光量床面平均透過率
よこ軸	奥行の長さ
パラメーター	棟方位
緯度	34°39'N
季節	12月22日
連棟数	10
建設方位	東西および南北
被覆材	透明ガラス
構造	構造材あり
著者	Kozai, Goudriaan, Kimura (1977)
温室形態	間口4.0m, 棟高3.16m, 軒高2.2m, 屋根傾斜角度24.6°

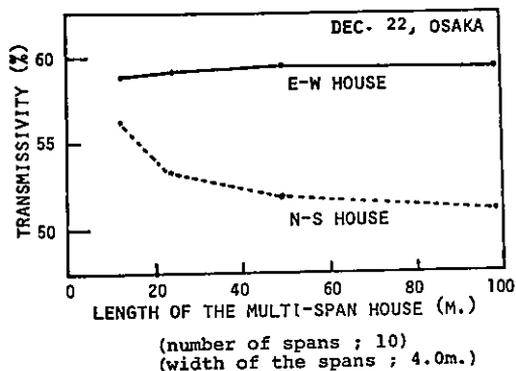


図2-4a

図番号	図2-4b
表題	直達日光量透過率床面分布(模型実験)
たて軸	直達日光量透過率
よこ軸	床面上の位置
パラメーター	建設方位および屋根勾配
緯度	34°30'N
季節	冬至, 立春, 春分, 夏至
連棟数	3
建設方位	東西および南北
被覆材	透明PVC
構造	構造材あり
著者	黒住・川島(1977)
温室形態	軒高2m, 間口3.3m, 奥行24mの14分の1の模型
備考	

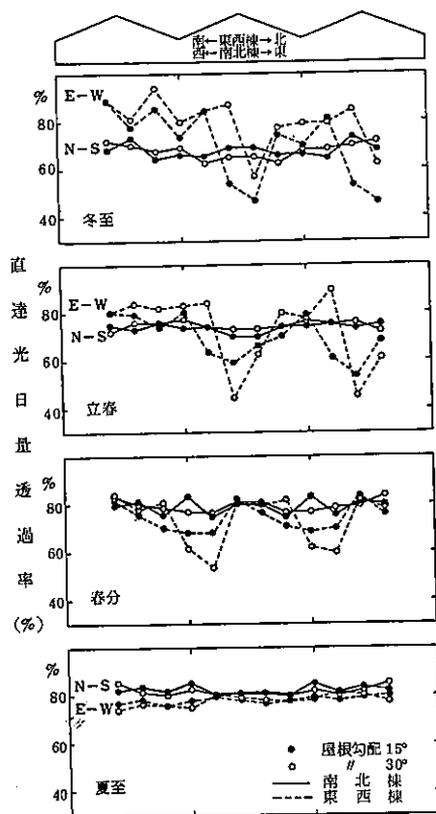


図2-4b

1. 構造と光

図番号	2-5
表題	30°屋根, 東西連棟温室への冬の日中の入射光, オランダと日本の比較
たて軸	南中太陽高度
よこ軸	季節
パラメーター	緯度
緯度	35°41'N, 52°20'N
季節	冬半年
連棟数	2以上
建設方位	東西
被覆材	透明ガラス
著者	三原義秋(1972)

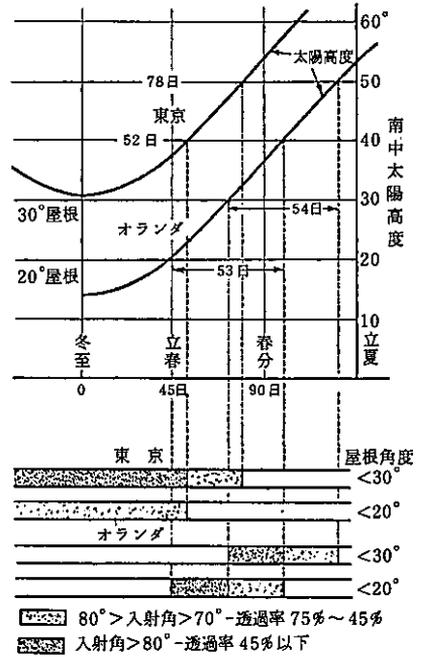
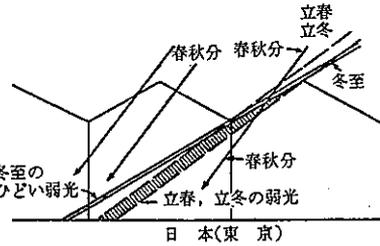
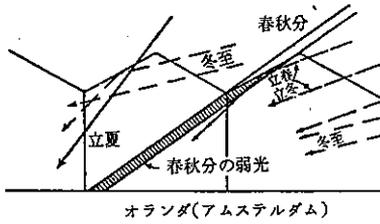


図 2-5

図番号	2-6~2-7		
表題	総透明ガラス連棟温室内の直達光日量透過率空間分布(計算1~2)		
パラメーター	季節	緯度	34°39'N
季節	12月21日, 3月21日, および6月21日	連棟数	4
建設方位	東西, 南北	被覆材	透明ガラス
構造	総ガラス	著者	Kozai, Kimura (1977)
温室形態	屋根勾配20°, 奥行は無限大, 軒高/間口比=0.8		

(symbol) TRANSMISSION

●	100 and over
○	95 to 100%
○	90 to 95
○	85 to 90
+	80 to 85
×	75 to 80
○	70 to 75
⊖	65 to 70
⊗	60 to 65
⊙	55 to 60
●	under 55

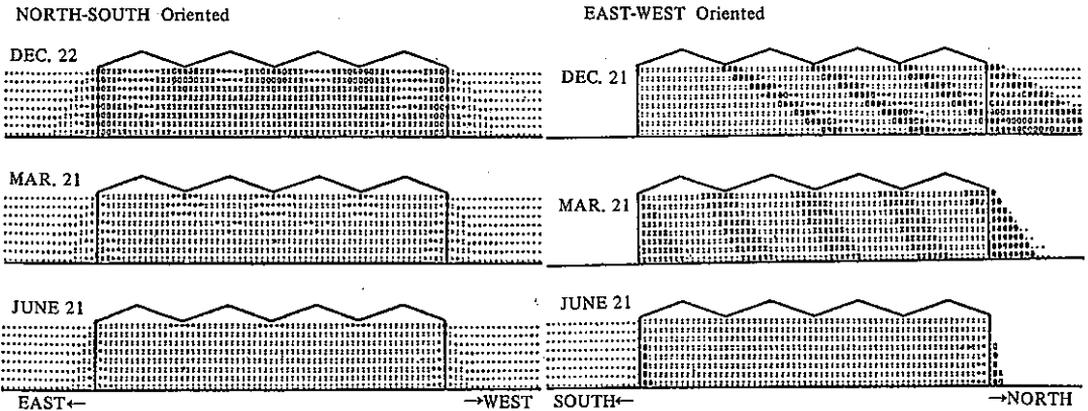


図 2-6

図 2-7

図 番 号	2-8
表 題	連棟温室における光の床面分布 (模型実験)
た て 軸	直達光日量透過率
よ こ 軸	温室内の位置
パラメーター	棟方位
緯 度	34°30'N
季 節	立冬(立春)
連 棟 数	3
建 設 方 位	南北および東西
被 覆 材	PVC透明およびFRA波板
構 造	構造材なし
著 者	黒住・川島(未発表)
温 室 形 態	間口 3.3 m × 3, 奥行 28 m, 軒高 2 m, 屋根勾配 25°

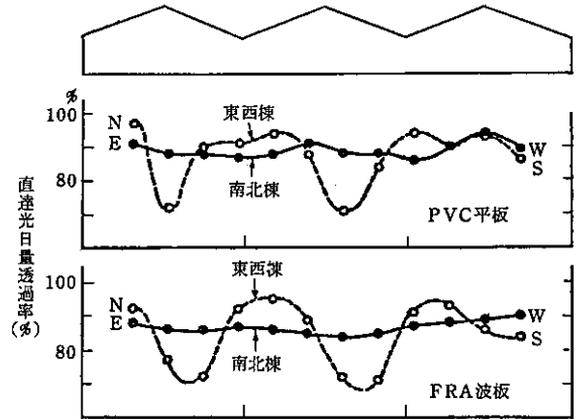


図 2-8

図 番 号	2-9
表 題	東西連棟温室各棟における直達光 日量床面平均透過率(計算)
た て 軸	直達光日量床面平均透過率
よ こ 軸	床面上の位置
パラメーター	緯度
緯 度	34°39'N, 52°20'N
季 節	12月22日
連 棟 数	8
建 設 方 位	東西
被 覆 材	透明ガラス
構 造	総ガラス
著 者	Kozai and Kimura (1977)

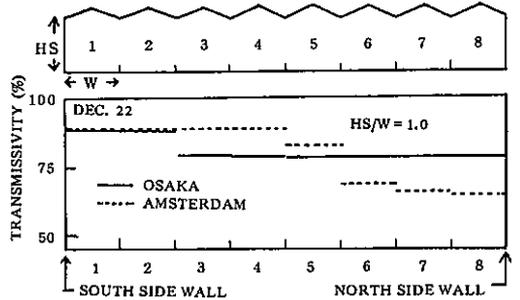


図 2-9 屋根傾斜角 20° 奥行は無限長

図 番 号	2-10		
表 題	構造材を有する連棟温室床面における直達光日量透過率の床面分布(計算)		
た て 軸	直達光日量透過率	よ こ 軸	床面上の位置
パラメーター	棟方位	緯 度	34°39'N
季 節	12月21日, 3月21日および6月21日	連 棟 数	7
建 設 方 位	東西および南北	被 覆 材	透明ガラス(厚さ 3 mm) 45 cm × 68 cm
構 造	フレーム率 16%	著 者	Kozai, Goudriaan, Kimura (1977)
温 室 形 態	軒高 2.2 m, 間口 4.0 m, 奥行 49.0 m, 屋根傾斜角 25 度		

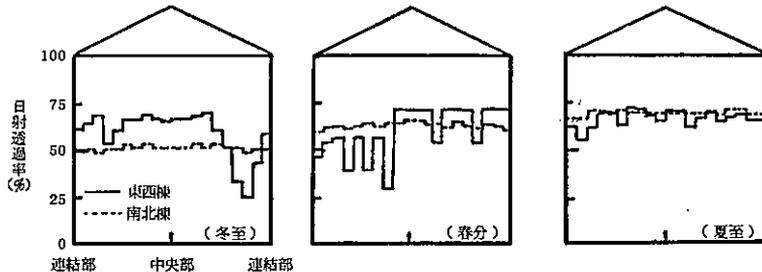


図 2-10 透過率は7連棟温室の中央棟の奥行方向に関する平均値

1. 構造と光

図番号	2-11	
表題	直達光床面平均透過率の時刻変化(計算)	
たて軸	直達光床面平均透過率	よこ軸
よこ軸	時刻	
パラメーター	単・連棟および建設方位	
緯度	34°39'N	
季節	12月22日	
連棟数	1および7	
建設方位	東西および南北	
被覆材	透明ガラス	
構造	フレーム率16%	
著者	木村・古在(未発表)	
温室形態	軒高2.2m, 間口4.0m, 奥行49.0m 屋根傾斜角25°	

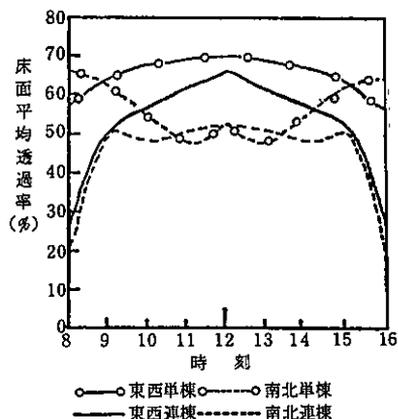


図2-11

図番号	2-12
表題	各種温室における日射環境の評価(冬至, 大阪), 木村(1975)

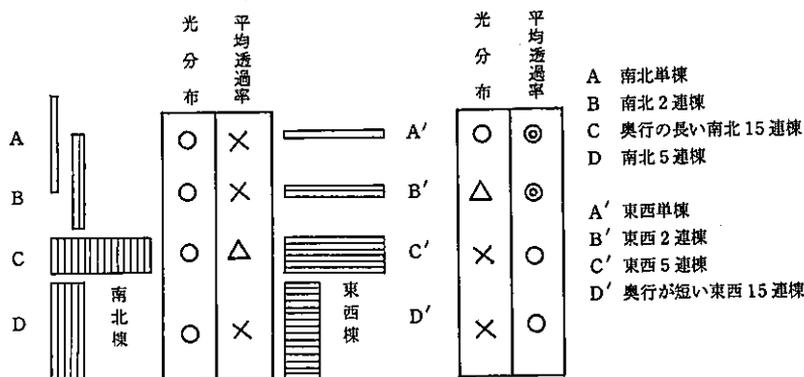


図2-12

図番号	2-13		
表題	屋根傾斜角の相違にもとづく直達光日量透過率床面分布の季節推移		
たて軸	直達光日量透過率	よこ軸	温室の位置
パラメーター	屋根傾斜角	緯度	34°39'N, 52°20'N
季節	12月22日および2月4日	連棟数	11
建設方位	東西および南北	被覆材	透明ガラス
構造	総ガラス	著者	Kozai and Kimura (1977)
備考	図中の矢印は, 12月22日から2月4日までの弱光帯中心部の移動距離をしめす。		

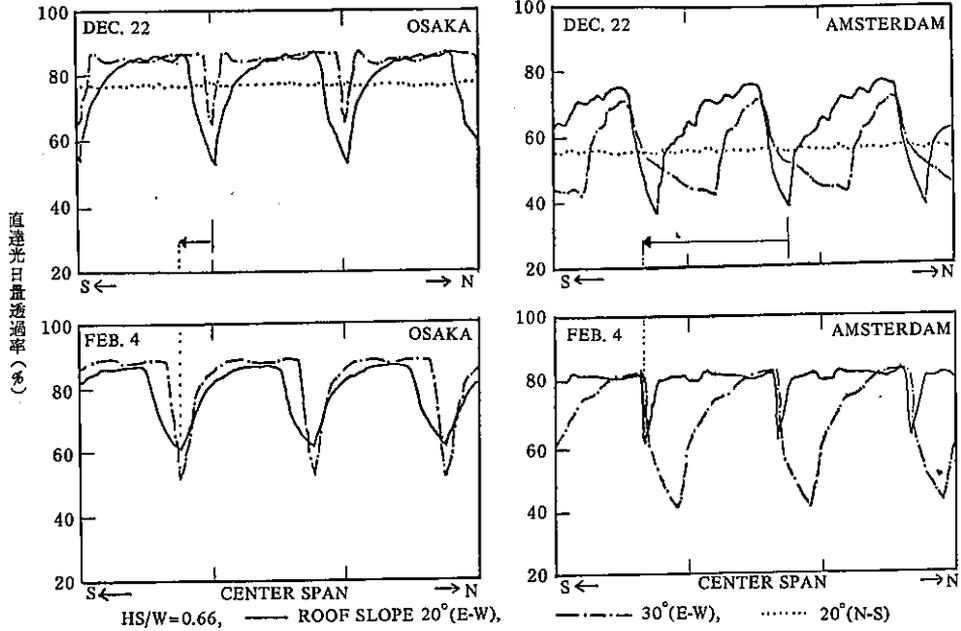


図 2-13

図 番号	2-14 ~ 2-18
表 題	直達光日量透過率の季節変化
た て 軸	直達光日量透過率
よ こ 軸	月日
パラメーター	単・連棟または屋根傾斜角
緯 度	35° 41' N, 52° 20' N
季 節	1月1日~7月1日
連 棟 数	1および11
建 設 方 位	東西または南北
被 覆 材	透明ガラス
構 造	フレーム率16%
著 者	Kozai, Goudriaan, Kimura (1977)

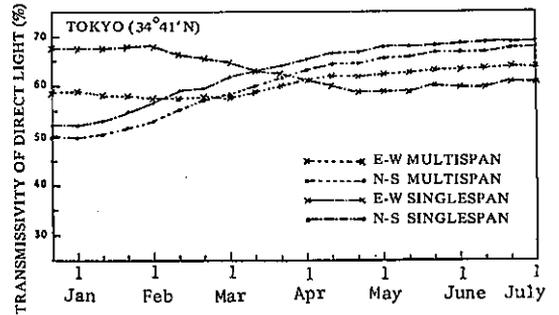


図 2-14 屋根傾斜角 24.6°

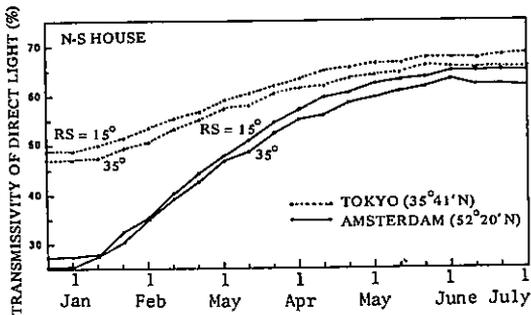


図 2-16 南北連棟, 屋根傾斜角 15°, 35°

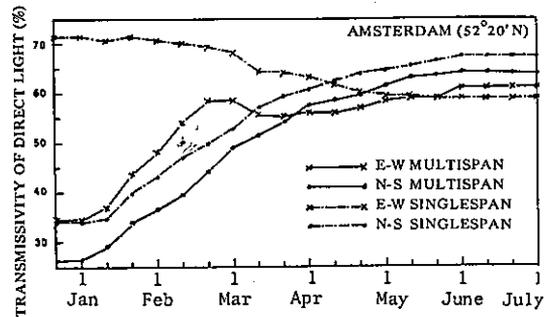


図 2-15 屋根傾斜角 24.6°

1. 構造と光

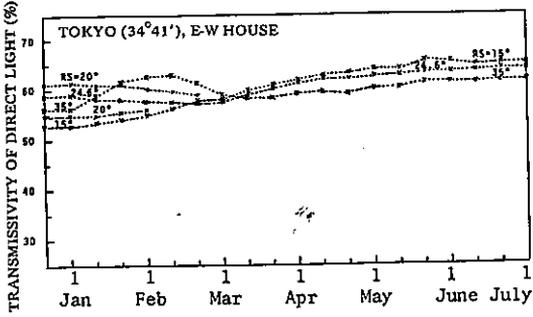


図 2-17 東西連棟，屋根傾斜角 15, 20, 24.6, 35°

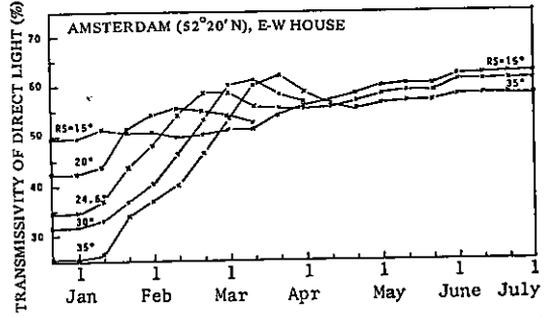


図 2-18 東西連棟，屋根傾斜角 15, 20, 24.6, 30, 35°

表 2-1

Amsterdam (52°20' N)

Planted	Days from planting to receiving the light quantity of 100 MJ·m <sup>-2</sup>							
	Multispan				Single-span			
	N-S [A]	E-W [B]	N-S [C]	E-W [D]	N-S [A]	E-W [B]	N-S [C]	E-W [D]
Aug 29	35	35	32	31	0	1	4	4
Sept 28	73	59	63	47	14	6	12	26
Oct 29	120	111	112	94	9	18	17	26
Nov 28	90	83	82	64	7	18	19	26
Dec 29	78	72	72	63	6	9	9	15
Jan 29	61	58	58	55	3	3	3	6

表 2-2

Tokyo (35°41' N)

Planted	Days from planting to receiving the light quantity of 100 MJ·m <sup>-2</sup>							
	Multispan				Single-span			
	N-S [A]	E-W [B]	N-S [C]	E-W [D]	N-S [A]	E-W [B]	N-S [C]	E-W [D]
Aug 29	25	26	24	25	-1	-1	1	0
Sept 28	30	30	28	27	0	1	3	3
Oct 29	37	35	36	31	2	5	4	6
Nov 28	42	37	39	33	5	6	4	9
Dec 29	37	34	34	31	3	3	3	6
Jan 29	30	30	28	27	0	1	3	3
Feb 27	27	27	25	25	0	0	2	2

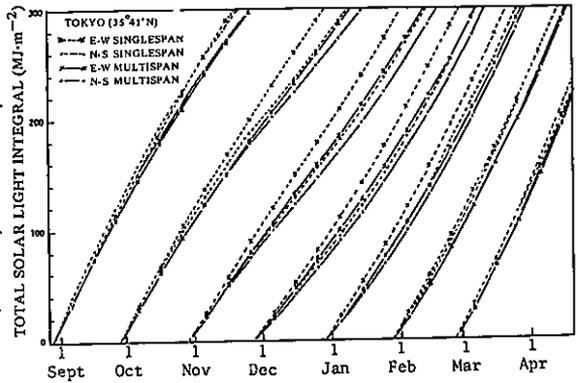


図 2-19

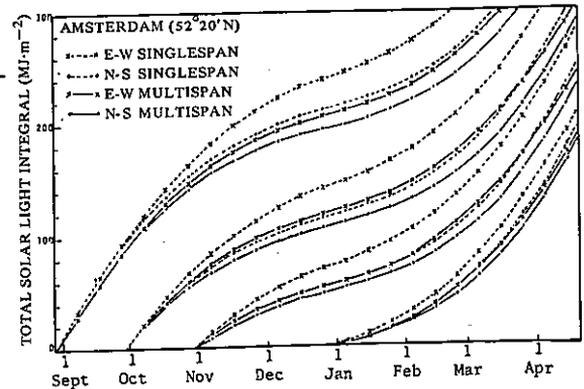


図 2-20

図 番号	図 2-19 ~ 図 2-20
表 題	各種温室における積算全天光量の季節推移
た て 軸	積算全天光量 (MJ·m <sup>-2</sup> )
よ こ 軸	月日
パラメーター	単・連棟，南北・東西方位
緯 度	35°41' N, 52°20' N
季 節	8月下旬 ~ 4月中旬
連 棟 数	1 および 11
建 設 方 位	東西，南北
被 覆 材	透明ガラス
構 造	フレーム率 16%
著 者	Kozai, Goudriaan, Kimura (1977)
温 室 形 態	間口 4.0 m, 奥行 98 m, 軒高 2.2 m

図番号	3-1
表題	温室の形態と建設方位の違いによる温室内外の地表面上の日量直達光分布(計算)
たて軸	直達光日量の屋外に対する相対値
よこ軸	床面あるいは地表面上の位置
パラメーター	軒高
緯度	35° 41' N
季節	12月22日
連棟数	1
建設方位	東西および南北
被覆材	透明ガラス
構造	総ガラス
著者	古在(1974)
温室形態	軒高/間口=1/8, 2/8, 3/8, 4/8, 5/8

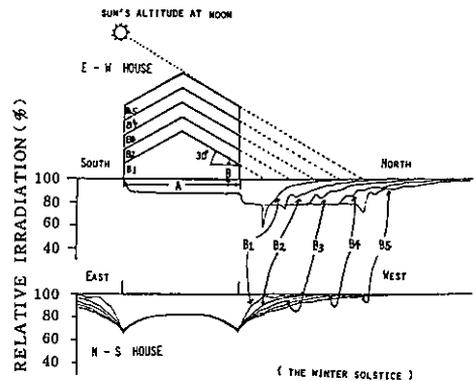


図3-1 温室の形態、建設方位の違いによる、温室内外の地面(あるいは床面上)の1日の積算相対直達日射量(冬至、東京)  
 温室の間口(幅)の長さをA、側壁の高さをBとすれば  
 温室B<sub>1</sub>では、A:B=8:1  
 温室B<sub>2</sub>では、A:B=8:2  
 温室B<sub>3</sub>では、A:B=8:3  
 温室B<sub>4</sub>では、A:B=8:4  
 温室B<sub>5</sub>では、A:B=8:5  
 (側壁の高さの相違によって、温室周辺の積算日射量が異なる。)

図番号	3-2a, 3-2b
表題	隣棟による直達光日量透過率および時刻別床面平均透過率の低下(計算)
たて軸	直達光日量透過率, 直達光床面平均透過率
よこ軸	床面上の位置, 時刻
パラメーター	隣棟間隔(1, 2, 3mおよび無限大)
緯度	34° 39' N
季節	12月22日
連棟数	1
建設方位	東西
被覆材	透明ガラス
構造	構造材あり
著者	Kozai, Goudriaan, and Kimura (1977)
温室形態	間口4.0m, 軒高1.48m, 奥行は無限大, 屋根傾斜角25°

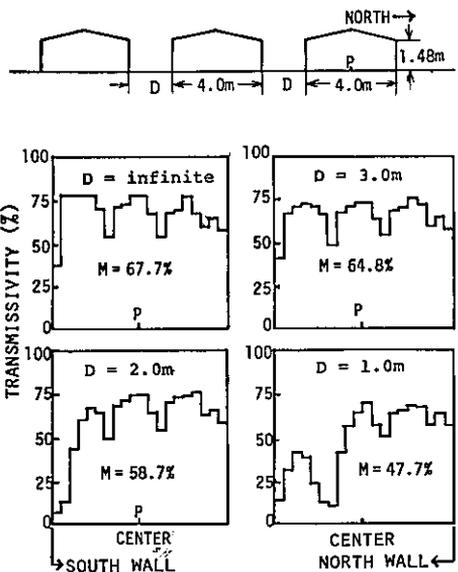


図3-2a 直達光日量透過率の床面分布  
 分布は隣棟間隔Dで3棟並んで東西に建てられた温室の北側の温室に関するもの。  
 図中の記号Mは平均透過率を示す。

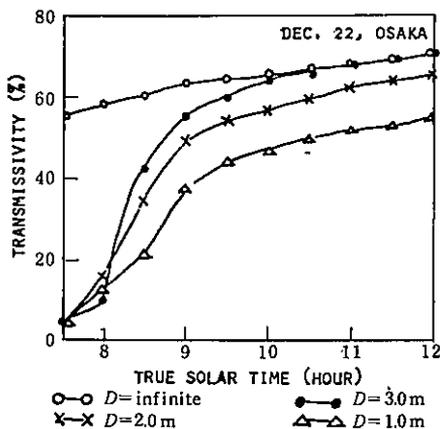


図3-2b 直達光床面透過率の日変化

1. 構造と光

図番号	4-1
表題	換気扇による直達日光床面平均透過率の低下(計算)1
たて軸	直達日光床面平均透過率
よこ軸	建設方位
パラメーター	温室構造
緯度	35°41' N
季節	12月22日, 3月21日, 6月22日
連棟数	1
被覆材	透明ガラス
構造	換気扇を含めたフレーム率20%
著者	Kozai (1977)
温室形態	屋根傾斜角25°, 間口4.0m, 軒高1.0m, 奥行10.0m
備考	換気扇の大きさ, たて0.5m, よこ0.9m, 厚さ0.25m, モデルCMSは両側壁に, モデルCMGは両妻壁に換気扇を設置している。

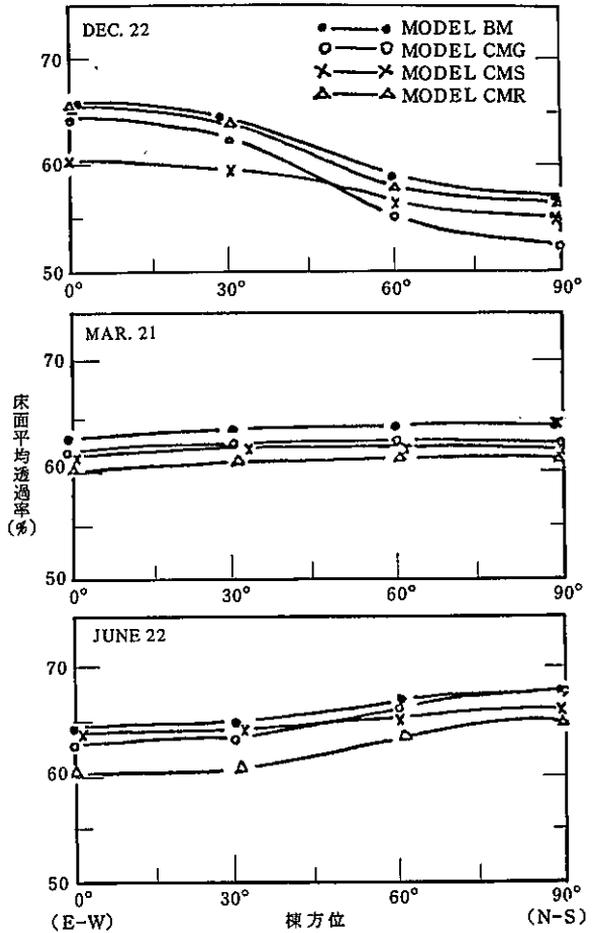
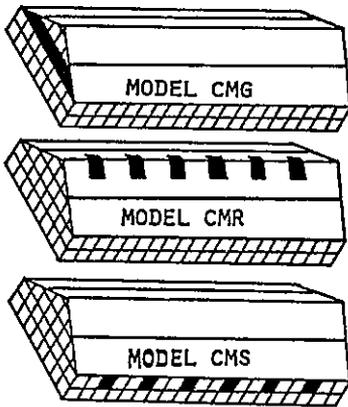
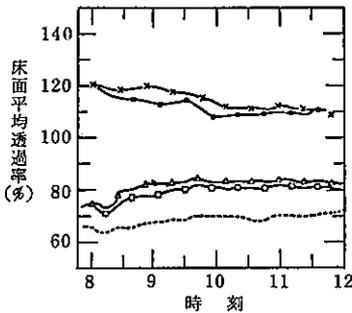


図4-1 モデルBMは図1-2, 図1-25に示したものと同形態



×—× Type AA aluminum foil glass  
 ●—● Type AG aluminum foil glass  
 △—△ Type GA glass  
 □—□ Type GG glass  
 ..... transmissivity assuming no reflection

north wall      north roof      the others  
 aluminum foil    aluminium foil    aluminium foil  
 glass              glass                glass  
 glass                glass                glass

図5-1 温室形態は図1-11のモデルDと同じ

図番号	5-1
表題	反射板を有する温室の床面における直達光床面平均透過率の時刻変化(計算)
たて軸	直達光床面平均透過率
よこ軸	時刻
パラメーター	北屋根および北側壁の反射特性
緯度	35°40' N
季節	12月23日
連棟数	1
建設方位	東西
被覆材	透明ガラス(および反射板)
構造	図5-2と同じ
著者	古在・杉(1972)
備考	北屋根, 北側壁のいずれかまたは両方に反射率80%の整反射板をとりつけた場合の透過率。

図番号	5-2
表題	透明ガラス反射温室床面における直達光 日量透過率の分布(計算)
たて軸	直達光日量透過率
よこ軸	床面上の位置
緯度	35°41'N
季節	12月23日
連棟数	1
建設方位	東西
被覆材	透明ガラス
構造著者	上図は整反射板なし, 下図は整反射板あり 古在・杉(1972)
温室形態	間口8.0m, 奥行20.0m, 側壁高さ2.0m, 屋根傾斜角32°
備考	図中のグラフの白色部分は反射による増 加分。図中の記号GおよびRは各々ガラ スおよび反射板を意味する。

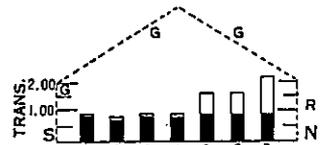
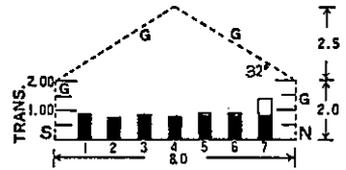


図5-2

図番号	5-3
表題	ミラーハウス(反射温室)内の日射量(実 測)
たて軸	全日射量
よこ軸	時刻
緯度	35°42'N
季節	1972年2月8日
連棟数	1
建設方位	東西
被覆材	硬質ビニール(厚さ0.1mm)
構造著者	半鉄骨, 間口4.5m 宮川・小酒井(1973)

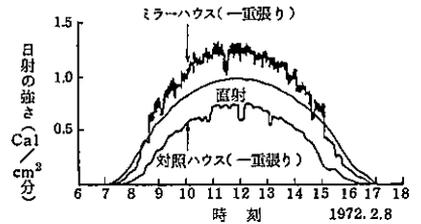
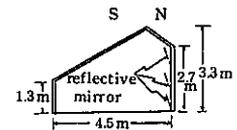


図5-3 日射の日変化(ゴルチンスキー  
日射計による)

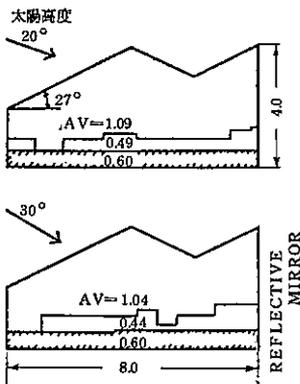


図5-4

図番号	5-4
表題	南中時における反射温室の直達光透過率 の床面分布(計算)
たて軸	透過率
よこ軸	床面上の位置
パラメーター	南中時の太陽高度(20°, 30°)
緯度	35°N
連棟数	1.5
建設方位	東西
被覆材	透明ガラス板+整反射板
構造著者	フレーム率0.2, 反射板の反射率80% 古在・杉(1972)
温室形態	図参照
備考	図中の白色部分は直達光の整反射による増 加分。図中の記号AVは平均値をしめす。

図番号	6-1
表題	透明ガラス温室床面における天空光透過率の分布(計算)
棟数	1
被覆材	透明ガラス
構造	屋根ガラス板109×46 cm, 側壁ガラス板44×46 cm
著者	古在・杉(1972)
温室形態	間口4.0m, 奥行10m, 屋根傾斜角32°, フレーム率15%, 構造材の幅6 cm, 側壁高さ1.0m
備考	天空は等輝度, 構造材の厚さはゼロと仮定した。分布は床面の1/4のみに示してある。

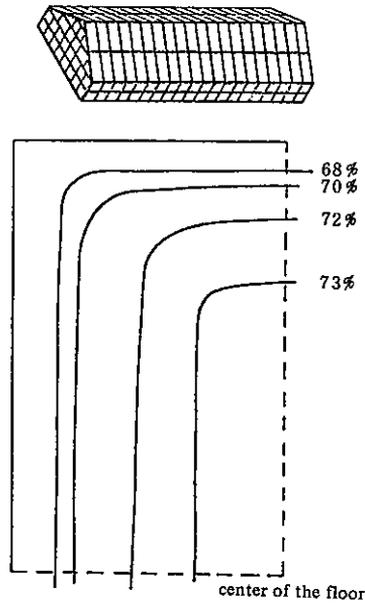


図 6-1

図番号	6-2
表題	散光ガラス温室における天空光透過率の分布(実測)
棟数	1
被覆材	散光ガラス(98×74 cm)
構造	鉄骨, 一部アルミ材を使用
著者	Edwards and Lake (1965)
温室形態	間口9m, 奥行17.7m, 屋根傾斜角23°, 床面の1/4だけを图示。

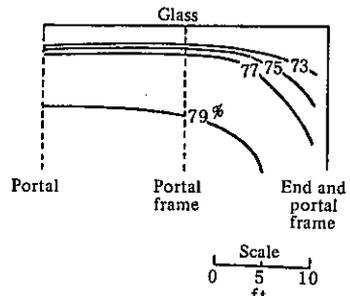


図 6-2

図番号	6-3
表題	北側壁材を異にする透明ガラス温室床面における天空光透過率の分布(計算)
たて軸	天空光透過率(奥行方向に関する平均値)
よこ軸	床面上の位置
パラメーター	北側壁の材質
棟数	1
被覆材	透明ガラス
構造	図 6-1 と同じ
著者	古在(1974)
温室形態	図 6-1 と同じ
備考	丸印: 普通透明ガラス温室 三角印: 北側壁内側が反射率80%のアルミ板 ×印: 北側壁内側が反射率0%の不透明材

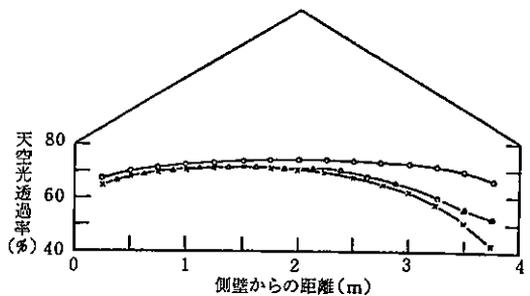


図 6-3

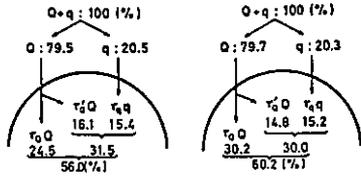


図 6-4

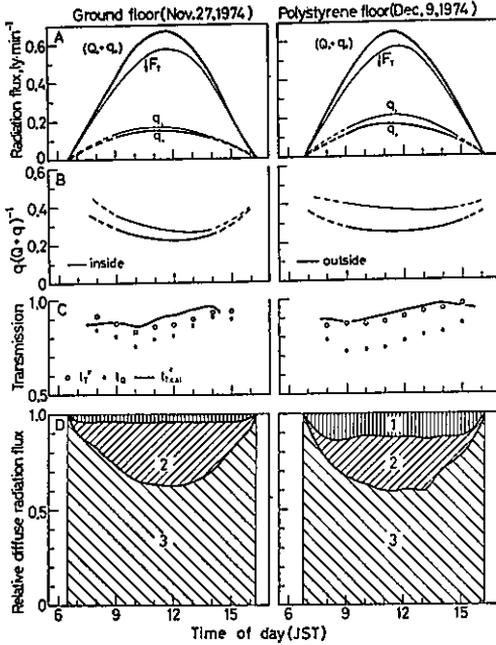


図 6-5

- A: Daily course of total short-wave radiation flux ( $Q+q$ ) and diffuse radiation flux ( $q$ ) measured inside and outside vinylhouses.
- B: Daily course of percent diffuse radiation flux inside and outside vinylhouses.
- C: Daily course of transmission coefficient.  $I'_p$  and  $I'_{cs}$  denote respectively the transmission coefficient calculated from  $I'_{F_p}((Q+q)_0$  and Eq. (4) (where  $I'_{F_p}$  and  $(Q+q)_0$  indicate the total short-wave radiation flux inside and outside vinylhouse, respectively.  $I'_0$  is the transmission coefficient of direct solar radiation).
- D: Contribution of direct solar radiation reflected from floor(1), direct solar radiation scattered by vinylfilm(2) and penetrated sky diffuse radiation(3) to downward diffuse radiation flux inside vinylhouses.

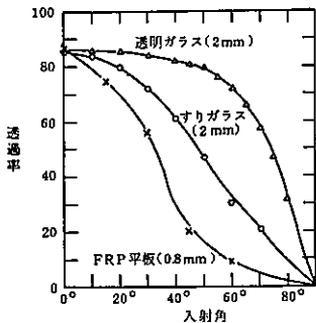


図 6-6

図番号	6-4
表題	水滴・汚染による直達光の散光化(1日光量平均)
緯度	30°12'N(筑後市)
季節	1月24日, 2月13日
連棟数	1
建設方位	ほぼ南北(西に6°偏り)
被覆材	透明ビニール厚さ0.1mm
構造	パイプハウス(パイプ径1.9cm)
著者	岸田・園山(1977)
温室形態	ほろ型, 間口4.5m, 奥行13.5m, 中央高2.0m
備考	測定は床面中央の高さ0.65m, 快晴日 Q: 屋外直達光, q: 屋外天空光, $\tau_q$ : 天空光透過率, $\tau_Q Q$ : 温室内直達光, $\tau'_q Q$ : 散光化された直達光。 フィルム内面に微小水滴が附着。

図番号	6-5
表題	直達光の散光化
たて軸	図参照
よこ軸	時間
パラメーター	床面のアルベド0.16(左図), 0.65(右図)
緯度	36°N
季節	11月27日, 12月9日
連棟数	1
建設方位	北西-南東
被覆材	透明ビニール
構造	パイプハウス
著者	内嶋・井上・木村(1976)
温室形態	ほろ型, 中央高3.1m, 間口4.5m, 奥行12.8m
備考	フィルム内壁面に水滴の附着はなし。

図番号	図 6-6
表題	拡散性被覆材の入射角別透過率
たて軸	透過率
よこ軸	入射角
パラメーター	被覆材の種類
著者	古在(1974)

1. 構造と光

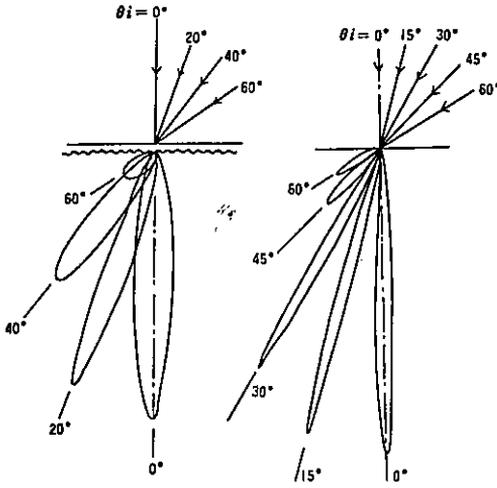


図 6-7

図 番号	図 6-7
表 題	拡散性被覆資材の入射角別透過拡散光角度分布
著 者	古在(1974)
備 考	右側：FRP(0.8mm厚)平板 左側：すりガラス(2mm厚)平板 分布は極座標表示されている。

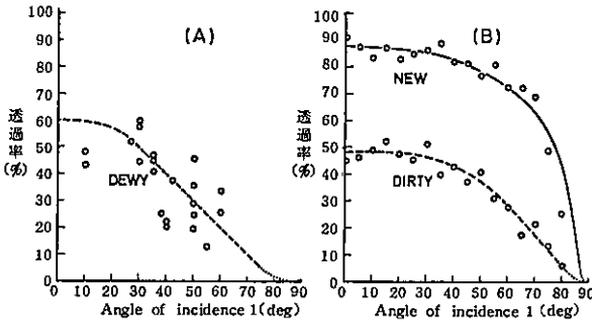


図 6-8

Dependence of transmissivities of the transparent polyvinyl chloride films (0.1 mm thick) on the angle of incidence.  
NEW: dry new film, DIRTY: dry film which was used for a year in the city, DEWY: dewy film which has been in use since three months ago in the country.

図 番号	図 6-8
表 題	透明ポリ塩化ビニルフィルムの入射角別透過率
た て 軸	透過率
よ こ 軸	入射角
被 覆 材	透明ポリ塩化ビニルフィルム0.1mm厚)
構 造	
著 者	岸田・園山(1977)
備 考	図中記号 NEW: 新品で乾いている。DIRTY: 一年間使用済で乾いている。DEWY: 3ヶ月使用済で水滴が附着。

表 7-1 各種被覆資材の透過率の経年変化および散光率(黒住・川島, 1976)

被 覆 資 材 名	厚 さ (mm)	散 光 率* (%)	日 射 透 過 率*** (%)				
			測定開始日**	8ヶ月後	12ヶ月後	24ヶ月後	24ヶ月後に洗浄
透明板ガラス(園芸用板ガラス, 輸入品)	4.0	0	79.6	79.0	77.9	76.0	79.6
軟質透明ポリ塩化ビニルフィルムA(流滴処理済)	0.1	0	92.2	81.1	75.7	73.8	85.6
軟質透明ポリ塩化ビニルフィルムB(流滴・防塵処理済)	0.1	0	92.0	87.9	80.4	77.2	91.4
軟質裂地ポリ強化ビニルフィルム(流滴処理済)	0.1	37	91.6	80.6	75.7	73.8	84.3
硬質透明ポリ塩化ビニルフィルムA	0.1	-	92.2	91.2	86.8	86.3	91.4
硬質透明ポリ塩化ビニルフィルムB	0.2	2	91.8	90.0	84.9	78.4	86.0
硬質透明ポリ塩化ビニル波板	1.0	7	88.9	88.1	85.8	84.0	88.3
ガラス繊維強化ポリエステル波板A	0.7	16	89.1	88.3	85.1	80.4	87.8
ガラス繊維強化ポリエステル波板B	0.8	20	86.2	85.4	83.9	82.2	85.3
ガラス繊維強化アクリル波板	0.8	53	91.0	89.8	88.5	85.7	88.7

\*散光率=拡散透過光/(拡散透過光+平行透過光)

\*\*測定開始: 1974年8月

\*\*\*透過率は4回反復測定の平均値で示した。

## 4. 今後に残された問題

本報告では、設計基準資料として、温室構造と光透過率に関する項目のみしかとりまとめ得なかった。今後、基準資料化すべき項目として残されたものを挙げれば次のようである。各項目の文尾の数字は、基準資料化に際して参考になるであろう資料の文献番号である。

1. 屋外日射統計資料。各月の平均および最大日射量の地域別統計<sup>1,2)</sup>
2. 被覆・遮光・反射資材の入射角別透過・反射率
  - 2.1 散光性資材については入射角別の拡散能(透過・反射光の何割が拡散するか)<sup>3)</sup>
  - 2.2 波板資材については方位別の透過・反射率<sup>4)</sup>
  - 2.3 プラスチック資材, その他特殊資材については波長別の透過・反射率<sup>5,7)</sup>
  - 2.4 水滴, 水膜, 汚れ附着時の透過・反射・吸収率<sup>6)</sup>
3. 光環境の測定法(位置, 測点数, 機器, 期間)およびその表現法(用語, 平均および積算法)<sup>8~11)</sup>
4. 光環境を適正に保つための保守管理法(被覆材の汚れ, 劣化の回復・回避方法, 作物の栽植様式および仕立て方<sup>5~7, 13, 14)</sup>
5. 遮光装置, 反射板駆動装置等の種類, 性能, および使用方法
6. 光環境が気温, 湿度, 炭酸ガス濃度等の他環境要因および作物の生長におよぼす影響<sup>13~17)</sup>
7. 補光および日長制御用人工光源の諸特性に関する資料
8. 光環境の数理モデルおよびコンピュータ・プログラムに関する資料<sup>18)</sup>
9. 温室構造と光環境に関する資料で本報告にとり入れられなかったもの<sup>19)</sup>

## 参 考 文 献

- 1) 日本建築学会編, 1967: 建築設計資料集成2. 丸善, 21-64.
- 2) Yoshida, S. and Shinoki, S., 1976: Preparation of Monthly-Mean Global Solar Radiation Maps for the Japanese Islands (Report of Sunshine Project). Agency of Industrial Science and Technology,

Ministry of International Trade and Industry, Japan.

- 3) 古在豊樹, 1977: 被覆材料と光(新版・施設園芸の環境と土壌. 位田藤久太郎編), 誠文堂新光社,(印刷中).
- 4) 鴨田福也, 1975: 園芸用施設被覆材料の性能. 施設園芸要覧, 日本施設園芸協会編, 51-70.
- 5) 高橋和彦, 1975: 被覆材料の諸特性(施設園芸における環境制御技術, 高倉直ら編), ソフトサイエンス社, 126-137.
- 6) 蓑原善和, 1965: ビニールハウス, トンネル内における光線透過および被覆物の分光透過率について. ビニールハウス温室に関する特別講演報告, 日本農業気象学会関東支部, 8-32.
- 7) 農林水産技術会設事務局編, 1976: 施設農業における光質利用の技術化に関する総合研究. 研究成果86, 299 pp.
- 8) 稲田勝美, 1973: 可視光の波長域と境界帯域の名称について. 生物環境調節, 11, 41-43.
- 9) Dogniaux, R. and Nisen, A., 1975: *Traité de l'éclairage naturel des serres et abris pour végétaux.* Institut Météorologique de Belgique, 198pp.
- 10) 高田吉治・玉木研治, 1975: N/Pシリコン太陽電池日射計. 農業気象, 30(4), 167-171.
- 11) 堀口郁夫, 1976: 人工光源などの弱光量測定時における日射計の特性. 農業気象, 31, 171-176.
- 12) Stanhill, G., Fucks, M., Bakker, J., and Moreshet, S., 1973, The radiation balance of a glasshouse rose crop, *Agric. Meteorol.*, 11, 385-404.
- 13) 岩切 敏・稲山光男, 1974: 施設園芸作物の群落光合成に関する研究(1), (2), (3). 農業気象, 30, (1), (2), (3), 1-9, 17-26, 107-116.
- 14) 森 俊人・柴田 進・浜田国彦, 1970: ハウスの最適環境に関する研究第一報. 兵庫県農業試験場研究報告第18号, 115-120.
- 15) 堀口郁夫, 1976: 人工光源の光量測定法の違いによる作物生育の比較. 農業気象, 31, 177-183.
- 16) 岩崎正男, 1977: 日射条件からみた炭酸ガス施用の一考察. 日本農業気象学会全国大会講演要旨.
- 17) 内藤文男・鴨田福也, 1977: 構造, 方位を位にする大型ガラス室内の光および気温分布. 日本農業気象学会全国大会講演要旨.
- 18) Goudriaan, J., 1977: *Crop micrometeorology: a simulation study*, Pudoc, Wageningen, 249pp.
- 19) 蔵田憲次・立花一雄, 1977: 温室の構造設計に関する研究(1), (2). 日本農業気象学会全国大会講演要旨.