

温室の光線透過に関する模型実験（第1報）

棟方位と屋根形状について

黒 住 徹・川 島 信 彦

Model Experiments on the Light Transmission in the Greenhouse. I.

The influence of house orientation and roof shape.

Tooru KUROZUMI and Nobuhiko KAWASHIMA

緒 言

温室は作物の栽培環境を改善するために用いるが、光線に関しては制限要因となる。特に奈良県は関東以西の太平洋岸の施設園芸の盛んな地域に比べ、冬期11～2月の日照時間は7割程度と少なく¹⁾、光のよく透る温室構造の意義は大きい。

温室の光線透過に関する研究は、緯度が高く、日照の少ない欧州諸国で早くから行なわれており、温室における実測、数理モデルによる理論的解析や模型による測定が実施され成果を上げつつある。しかし、これらの緯度が高く、太陽高度の低い欧州における研究成果は、日本には当てはまらない部分も懸念される。わが国においてはこの種の研究は少ないが、古在らの電算機を用いた数理モデルによる研究²⁻¹²⁾が注目される。しかし複雑な構造を持つ温室をモデル化するのは困難であり、被覆材に光拡散性資材や波板を用いた場合は一層困難となる。これに対して、模型実験はこれらの問題を容易に解決する方法である。

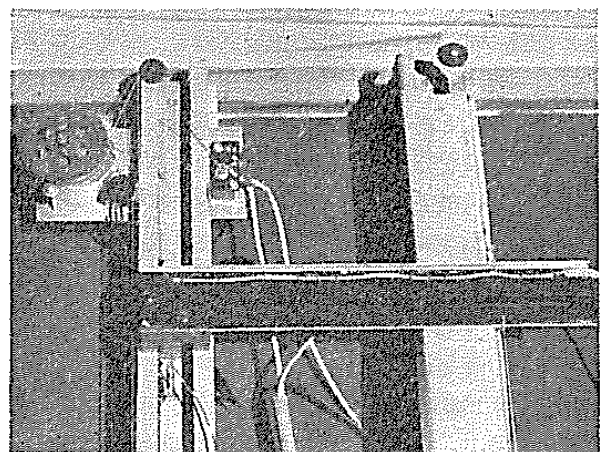
筆者らはまず、模型温室を用いて野外で光線透過率の実測を行なったが、気象条件の変化に悩まされ、十分な成果をあげることができなかった。そこで、地球上の任意の地点の太陽に対する位置関係を設定し、温室内の光量分布も測定できる人工光源による模型実験装置を考案し、これを用いて光線の良く透る温室構造の開発研究に役立てるため実験を行ってきた。本報ではその内、温室を透明平板で被覆した場合について、棟方位、屋根勾配と季節、時刻が光線透過に及ぼす影響を、単棟と連棟温室について調査した結果を報告する。

実験装置および方法

1. 透過光量測定装置

光源は1KWのプロジェクターを用い、太陽方位設定台から19mの距離に設置した。この場合、模型温室の中央と両サイドにおける太陽方位の誤差は1度以内で、ほぼ平行光線とみなし得る。電源は自動電圧調査器（東京理工舎ASA-10型）を用い、電圧の変化による光量の変化を最少限にした。また照射範囲は専用のマウントにより温室部分だけに制限した。

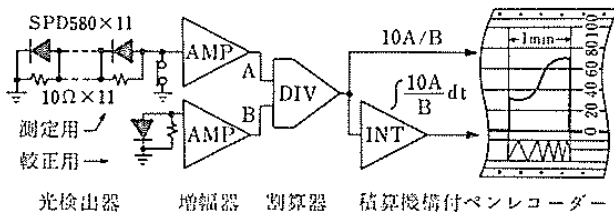
光検出器にはシリコン光検出素子（シャープ SPD580）を使用した。模型温室内の光検出器は、大きさ5×20mmの素子11個を縦長に並べ、長さは一部をしゃ光して模型温室のスパンと同じ210mmとした。この光検出器は第1図に示したように、模型温室の中央で走行レールを棟と直角方向に床からの高さ5.6cm（実際の温室で地上80cmに相当）で移動しながら光の分布を測定する。



第1図 模型温室内の光検出器と走行装置

また、リミットスイッチとリレーでタイミングモーターを制御して自動走行し、移動距離、56cmを丁度60秒で走行するよう設計した。なお、走行中のみ光検出器のショート回路がOFFになり出力が現われる。

しかし光源の光量は電圧変化や電球の劣化によりかなり変動するし、シリコン光検出素子は負の温度特性を持っているため、これだけの装置では正確な測定はできない。そこで光源の光量を別の素子で測定し、模型温室内の光検出器の出力とともに電圧増幅器（三栄測器6L1-P型）で増幅したのち割算器（三栄測器特注品）を通して光源光量や室温の変化による影響を除去し、積算機構付ペンレコーダー（大倉電気2R2M1NON91型）を用い、位置別光量とその積算値を記録した。第2図にこの測定回路の構成を示した。

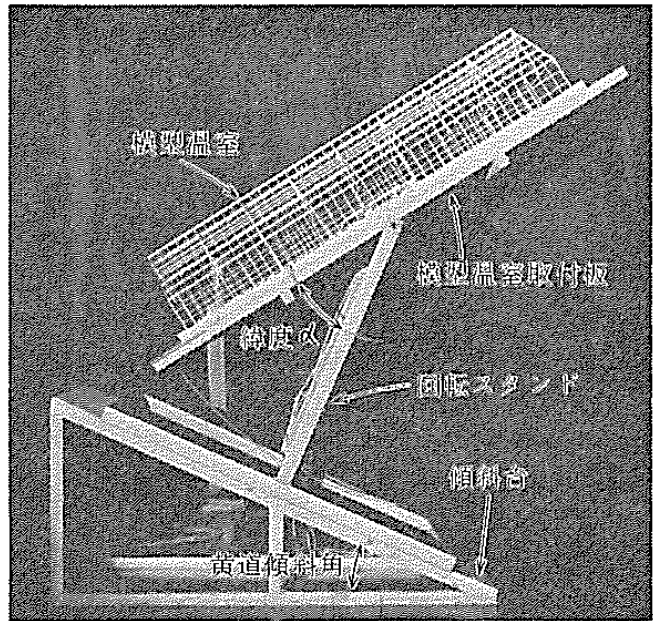


第2図 透過光量測定装置の回路構成

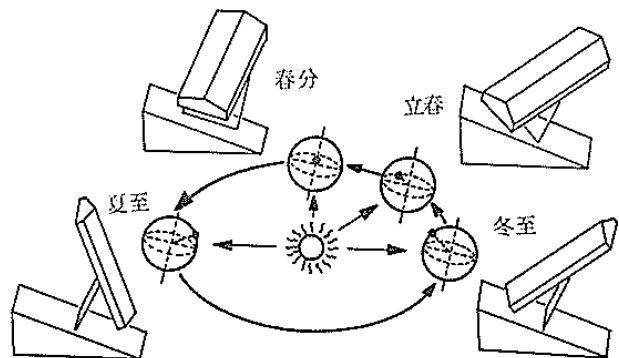
なお、光検出素子 (SPD580) の出力電流は適当な負荷抵抗を選べば広い範囲で照度に比例する。本実験において光検出素子の負荷抵抗にもっと大きな抵抗を用いれば電圧増幅器が不要になるが、ここで10オームを用いたのは、冬の日射量であれば屋外でも測定できる値を選んだためである。また入射角特性の実測値はほぼ Cosinカーブに一致し、応答速度は10μs以内で問題はない。

2. 太陽方位設定台

この台は第3図に示したとおり、傾斜台、回転スタンド、模型温室取付板より構成されており、この台を用いると光源に対する模型温室の位置関係を、すべての季節と時刻における太陽と地球上の任意の地点の位置関係に相似させることができる。傾斜台は黄道傾斜角と同じ23度27分の斜面を持ち、この斜面にのせた回転スタンドと模型温室取付板との角度αにより目的とする地点の緯度が決まる。角度αは今回の実験では奈良盆地を想定して34度30分に設定した。季節は第4図に示したように、傾斜台の光源に対する向きを変えると設定できる。時刻は光源の南中時を12時とし、回転スタンドを傾斜台上で1時間につき15度の割合で回転させた。棟方位は第4図の状態が南北棟で、東西棟は模型温室取付板を同一平面内で90度回転して取付けた。



第3図 太陽方位設定台（南北棟の状態）



第4図 太陽方位設定台による季節の設定

3. 模型温室の構造

模型温室の大きさはすべて間口70cm、奥行168cm、軒高14cm、主骨のスパン21cmとした。このサイズは間口10m、奥行24m、軒高2m、主骨のスパン3mの実際の温室を想定して7/100の縮尺としたもので、構造材は第5図に示したとおり実際の温室の代表的なサイズに近いものを想定した。模型温室の形状は第6図のとおり屋根勾配と連棟数を変えた5種類を用い、丸屋根の曲率半径は間口の0.7倍とした。なお、これらの模型温室はフレーム率を等しくするため、連棟でも谷樋は取付けず、同一面積での連棟化にともなう部材断面の縮少や中柱の取付けはしていない。被覆資材はすべて厚さ1mmの塩化ビニール製の透明平板を用いた。

4. 実験条件の組合せ

連棟数、棟方位、屋根勾配、季節について第1表に示した水準を組み合わせて、時刻別に調査した。時刻の設定

は1時間きざみとし、冬至および立春は8～16時、春分は7～17時、夏至は6～18時としたが、午前と午後は対称になるので平均し、結果はそれぞれ8～12時、7～12

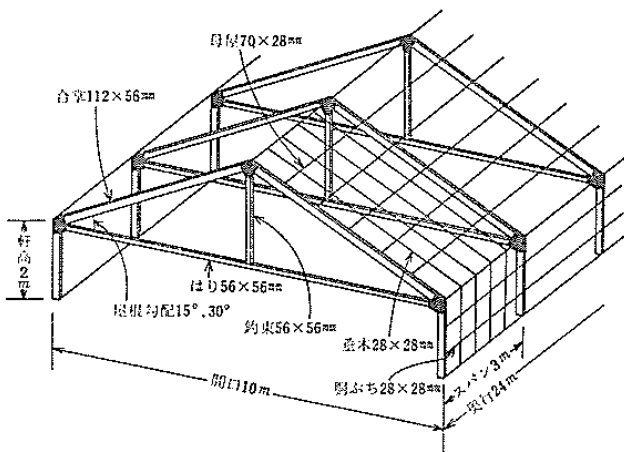
時、6～12時として示した。

5. 光線透過率算出法

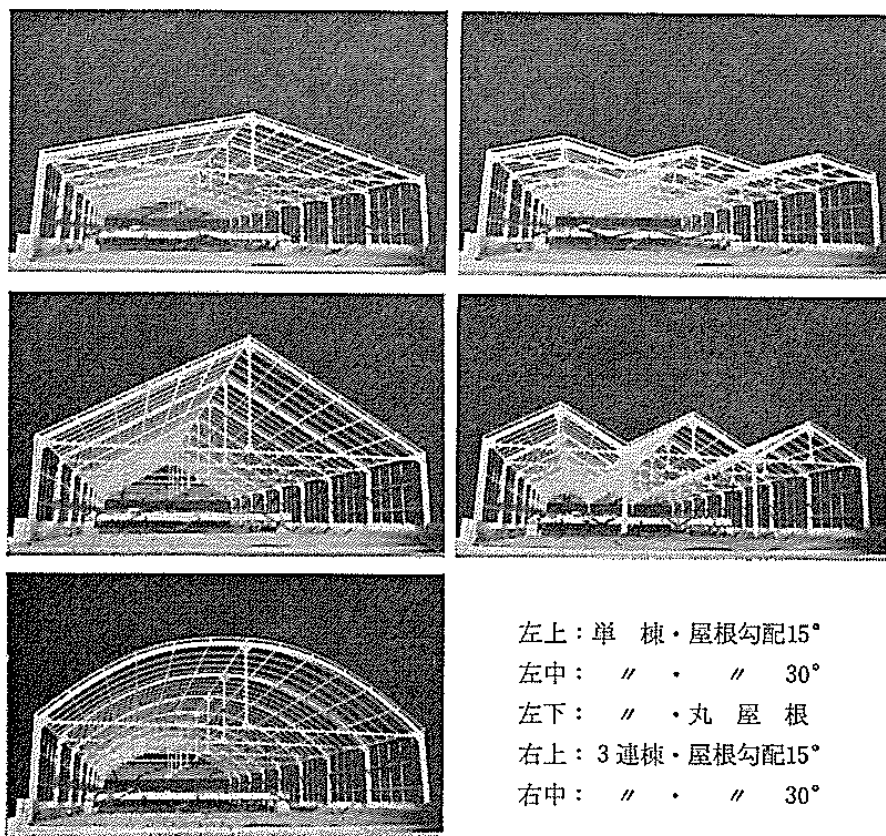
光線透過率は模型温室内の両サイド間の光量の積算値と同じ季節と時刻において模型温室をはずした場合の光量の積算値との比率として求められる。なお、連棟温室

第2表 日射量補正係数(11:30~12:30を100とした場合)

	冬 至	立 春	春 分	夏 至
日の出～6:30	—	—	—	18
6:30～7:30	—	—	15	36
7:30～8:30	14	32	40	55
8:30～9:30	41	49	64	73
9:30～10:30	68	75	84	88
10:30～11:30	90	92	95	97
11:30～12:00	50	50	50	50
積算日射量(1y/day)	214	298	497	645



第5図 模型温室



左上：単 棟・屋根勾配15°
 左中： " ・ " 30°
 左下： " ・ 丸 屋 根
 右上：3 連 棟・屋根勾配15°
 右中： " ・ " 30°

第6図 模型温室の形状

では多連棟を想定し、中央の棟から入射する部分のみについて積算値を求めた。

日積算光線透過率は第2表により季節と時刻別に光量を補正して算出した。これは、この実験装置では光量は太陽高度の正弦に比例するだけだが、野外においては他の要因も加わって季節や時刻により光量が変化するためである。第2表は1974～75年の奈良農試における晴天日の実測に基づき、11:30～12:30の積算日射量を100とした場合のそれぞれの時間帯の日射量の比率を示す補正係数表である。したがって、模型温室におけるそれぞれの時刻の透過率を、その前後1時間の平均透過率とみなせば、その季節と時間帯の補正係数を乗じて加え平均すれば日積算光線透過率が求められる。

第1表 模型実験の要因と水準

要 因	水 準
連 棟 数	単 棟, 連 棟
棟 方 位	南北棟, 東西棟
屋 根 勾 配	15°, 30°, 丸 (単棟のみ)
季 節	冬至, 立春, 春分, 夏至

実 験 結 果

1. 単棟温室の光線透過

(1)棟方位の影響

第7図において、南北棟と東西棟の時刻別光線透過率を比較すると、いずれの屋根勾配においても、各季節と

も朝方は南北棟の方が高く、昼間は東西棟の方が高かった。* 東西棟が南北棟よりも光線透過率が高くなる時刻は、冬至では9時頃で夏至になるにつれ12時に近くなった。

日積算光線透過率を第3表でみると、冬至では東西棟が南北棟に比べ屋根勾配15°で14%、30°で19%高かった。*

立春でもやはり、東西棟の方が高かったがその差は屋根勾配15°で2%、30°で6%とかなり小さくなり、春分・夏至では逆に南北棟の方が6~11%高かった。

以上のとおり、棟方位の影響は屋根勾配30°の方が15°よりも顕著に現われた。また、丸屋根型温室の結果は屋根勾配30°における結果と類似していた。

(2)屋根勾配の影響

屋根勾配15°と30°の時刻別光線透過率を第7図で比較すると、南北棟の場合、いずれの季節についても朝方は30°の方が高く、昼間は逆に15°の方が高かった。屋根勾配15°の光線透過率が30°よりも高くなる時刻は、冬至では11時少し前で、夏至に近づくとしたがって早くなり、夏至では9時すぎとなった。日積算光線透過率を比較をすると、いずれの季節においても屋根勾配30°の方が高かったが、その差は季節によって違っており、冬至では約6%あったが夏至に近づくとつれその差は小さくなっていった。

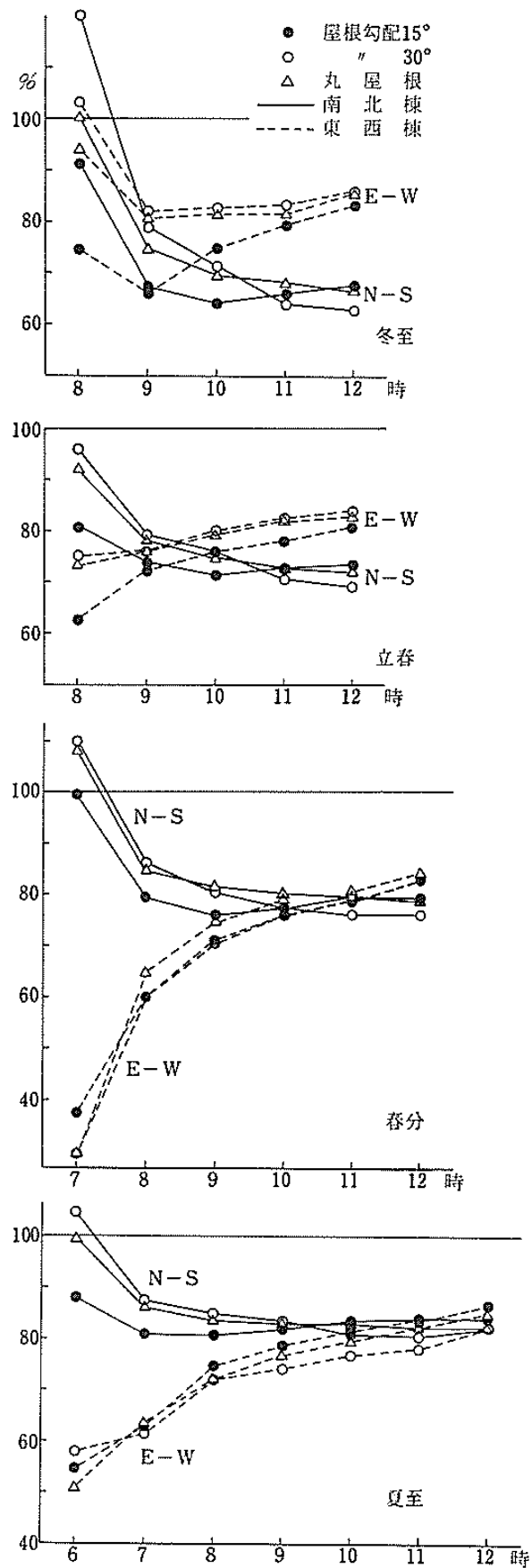
丸屋根型温室は屋根勾配15°と30°の中間的な性質を示し、10時までの光線透過率は30°に近く、11時以後では15°に近かった。また日積算光線透過率はいずれの季節においても屋根勾配30°と同じくらいであった。

東西棟の場合、屋根勾配15°と30°を比較すると、冬至と立春では30°の方が15°よりも終日光線透過率が高く、日積算光線透過率にして冬至で約10%、立春で約7%の差があった。春分では屋根勾配による差はほとんどなくなり、夏至では逆に15°の方が光線透過率が高くなった。

第3表 単棟温室の日積算光線透過率(%)

	南北棟			東西棟		
	15°	30°	丸	15°	30°	丸
冬至	67	71	71	77	84	83
立春	74	76	76	75	80	80
春分	79	80	82	73	73	75
夏至	83	83	83	78	74	77

* 本報告において、光線透過率の比較は、透過率の高い値を低い値で除して行なった。



第7図 単棟温室の時刻別光線透過率

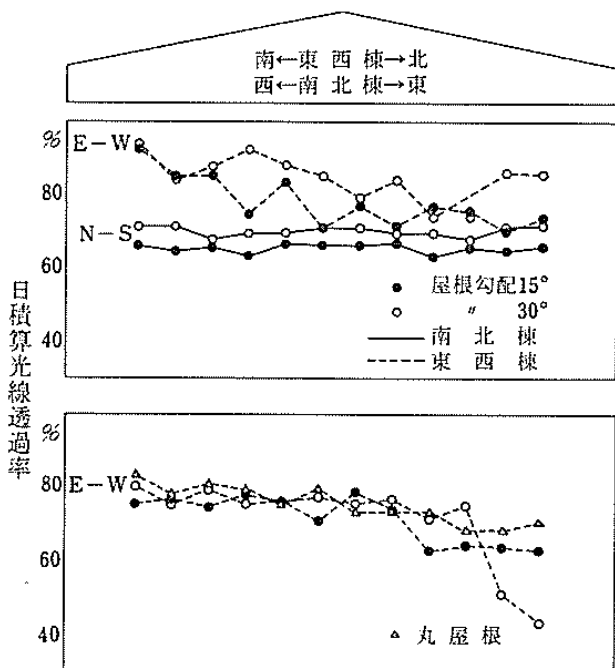
た。丸屋根型温室における結果は、冬至と立春では30°に近く、夏至では15°に近かった。ただし春分においては、いずれの屋根勾配よりも光線透過率が高くなり、日積算光線透過率で約3%高かった。

(3) 温室内の光量分布

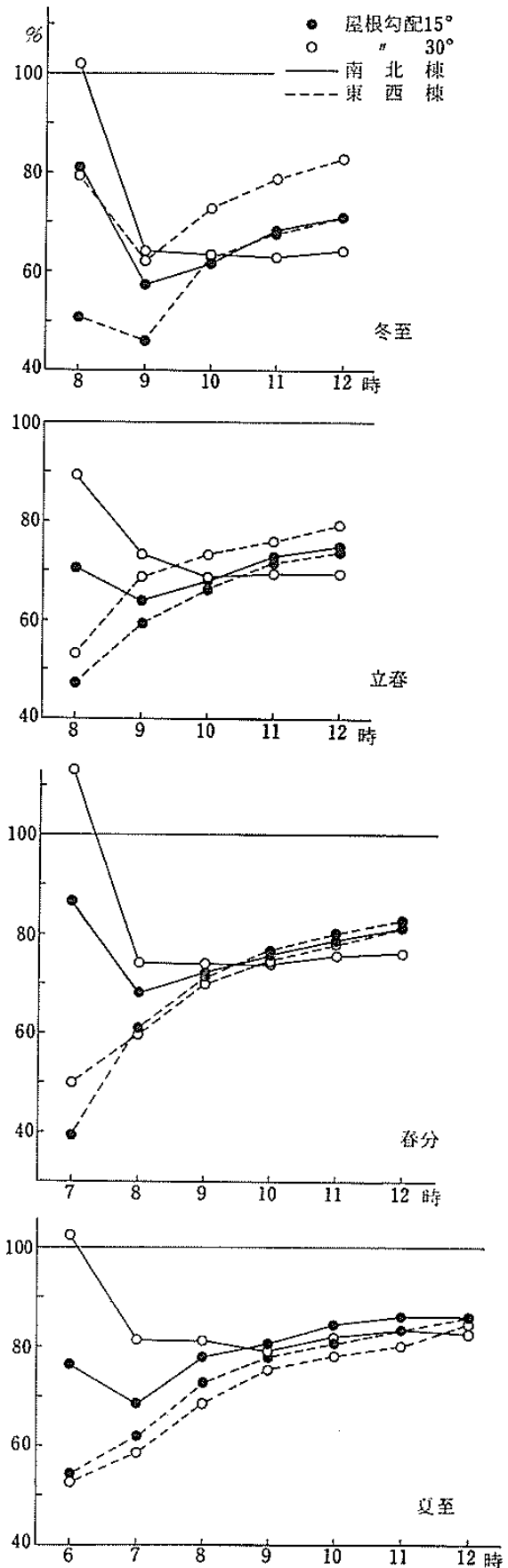
東西棟の場合第8図に示したとおり、季節によって温室内の光量分布に差がみられた。冬至では温室内の光線の大部分は南向屋根面から入射したもので、北向屋根面から入射しないため弱光帯は生じなかった。しかし母屋の影は1日中あまり移動しないため、母屋の影が落ちる部分と他の部分との間に日積算光線透過率で10%程度の差がみられた。春分では母屋の影響は5%程度と小さくなったが、北向屋根面から入射し弱くなった光線のため、ほぼ1日を通じて温室内の北側に弱光帯ができた。特に屋根勾配30°では北側1/5ほどの面積が弱光帯となり、他の部分より日積算光線透過率は約40%少なかった。屋根勾配15°では弱光帯の幅が北側1/3と広がったが弱光の程度は約15%であった。夏至では北向屋根面から入射した光線はあまり弱くならず、弱光帯は生じなかった。

丸屋根型温室は位置別の光線透過率の差が最も少なく、春分においても南側から北側にかけてゆるやかな減少が見られたが、その差は10%程度であった。

南北棟はいずれの季節においても、第11図で示した冬至の場合のように位置別の日積算光線透過率の差はほとんどなかった。



第8図 単棟温室の位置別日積算光線透過率



第9図 連棟温室の時刻別光線透過率

2. 連棟温室の光線透過

(1) 棟方位の影響

第9図に見られるように、冬季における棟方位の影響のしかたは屋根勾配15°と30°とは大きく異なっていた。屋根勾配15°では冬至・立春ともにほぼ一日を通じて南北棟の方が高い光線透過率を示し、単棟でみられたような9時~10時における光線透過率の逆転は起らなかった。その結果、日積算光線透過率はいずれの季節においても南北棟の方が5%近く高かった。一方屋根勾配30°では単棟の場合とほぼ同じ傾向を示し、朝方は南北棟、昼間は東西棟の方が高く、また日積算光線透過率は東西棟の方が高かったが、その差は単棟の場合より少し小さかった。

(2) 屋根勾配の影響

いずれの方位についてみても屋根勾配の影響のしかたは単棟の場合とよく似た傾向を示したが、単棟にくらべ次のような特徴がみられた。南北棟では単棟の場合と同様に朝方は屋根勾配30°の光線透過率が高く、昼間は15°の方が高かったが、日積算光線透過率はいずれの季節においてもほぼ同じ値を示した。

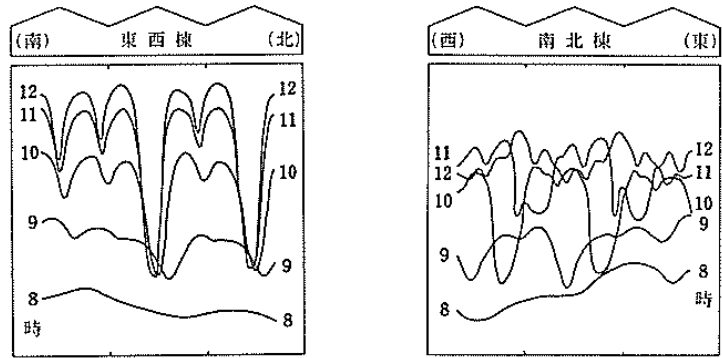
東西棟では、冬期における光線透過率は単棟の場合と同様に30°の方が15°よりも終日高かったが、その差は大きく単棟の場合のおよそ2倍あった。

第4表 連棟温室の日積算光線透過率(%)

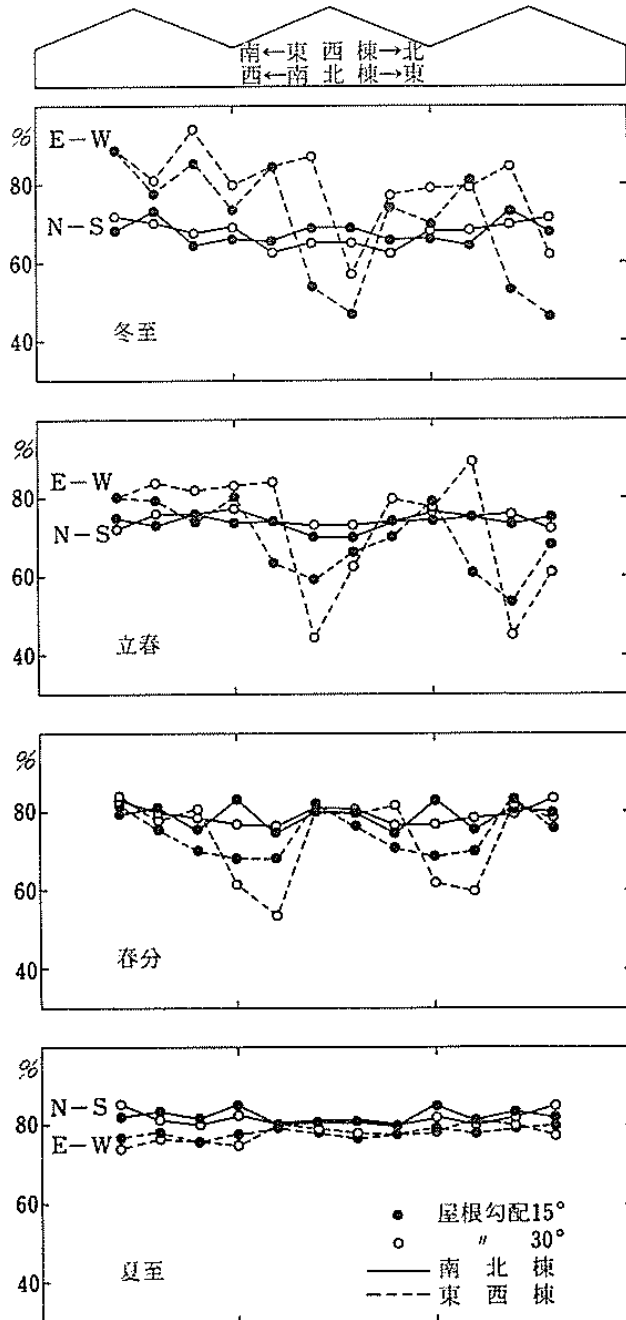
		南北棟		東西棟	
		15°	30°	15°	30°
冬	至	66	65	62	75
立	春	70	71	67	74
春	分	76	77	74	73
夏	至	82	82	78	75

(3) 温室内の光量分布

第10図は連棟温室における透過光量の分布の経時変化を示している。ただし、この図にかぎり分布をなめらかにし、経時変化をより明瞭にするために、梨地ビニールを被覆した結果を用いた。この図でみられる大きなくぼみは南北棟では西向屋根面から、東西棟では北向屋根面から入った光線を示しており、一方小さなくぼみは母屋による影を示している。ここで明らかなように、南北棟では光量分布は時刻によって形を変えながら移動するのに対して、東西棟では10時以後形も位置もほとんど変わらなかった。また図では示していないが、午後における光



第10図 連棟温室における光量分布の時刻別変化—立春・屋根勾配30°—



第11図 連棟温室の位置別日積算光線透過率

量の分布は南北棟ではこの図の左右対称になったが、東西棟では午前と同じ場所を逆にたどった。

日積算光線透過率の分布は、第11図に示したように、南北棟では単棟温室の場合と同様にかんがりの均一性が認められたのに対して、東西棟では夏至を除き単棟温室以上に位置による差が見られた。冬至では東西棟は南北棟に比べ全体に光線透過率が高いが、その分布はかなり不均一で南側の一棟を除いた各棟に南北棟よりも日積算光線透過率の低い位置ができた。また母屋の影による10%程度の弱光部分も単棟の場合と同様にできた。2つの屋根勾配を比較すると30°の方が15°よりもすべての位置にわたって光線透過率が高く、弱光帯の幅も狭かった。

立春では東西棟の弱光帯の幅は冬至の場合よりも広がった。屋根勾配30°では冬至に比べ弱光の程度が大きくなり、南側の一棟を除き3分の2の部分で南北棟よりも日積算光線透過率が低かった。屋根勾配15°では弱光の程度は冬至の場合よりも小さかったが、その幅は広く南側の一棟を除き3分の2程度の部分が南北棟よりも低い日積算光線透過率を示した。

春分では東西棟の弱光帯は立春の場合よりもその程度は小さかったが、弱光帯でない部分でも南北棟と同程度の日積算光線透過率であった。夏至では東西棟でも均一な光量分布を示し、いずれの屋根勾配においても日積算光線透過率の位置による差は5%程度であった。

考 察

1. 測定装置の問題点

今回の実験に用いた光源は直達光のみで、屋外における天空日射に相当するような散乱光は用いていない。温室の天空日射透過率はほぼ温室のフレーム率に依存し、棟方位や屋根形状の影響はほとんど受けないと考えられる。したがって実験結果は天空日射の比率の大きな曇天日に対しては適用できないだろう。しかし古在⁹⁾は冬季における裏日本のように天空日射の比率の多い地域を除いて、天空日射の光線透過はそれほど考慮する必要がないことを示唆している。

測定位置は妻面の影響を受けない中央部としたが、妻面に近い部分は当然他の部分と違う光線の透過特性を示すだろう。妻面の影響は南北棟で大きく、その及ぶ範囲は太陽高度から計算すると冬至で最大となり、南妻面から棟高の約1.8倍の長さとなる。しかし営農温室の多くが奥行30m以上であることや、作物の高さや季節によ

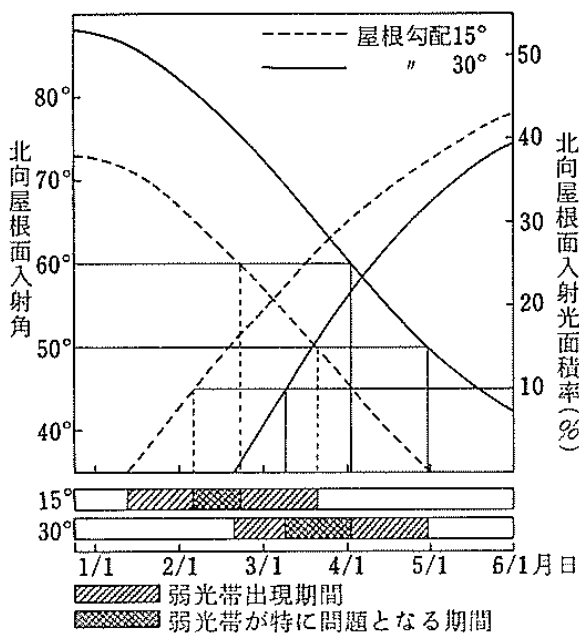
って妻面の影響がさらに小さくなることを考慮すると、温室の光線透過率を算出する場合には、むしろ妻面付近を特殊部分とみなし、これを省く方が、実際栽培上適正な評価を与えることができると考えられる。

2. 単棟温室について

冬期における東西棟の有利性はすでにWHITTLE¹⁷⁾の実測、KINGHAM¹⁸⁾の理論的解析によって明らかにされ、わが国の緯度条件においても古在⁹⁾によって確かめられた。特に古在⁹⁾は、冬至・春分・夏至について理論的解析を行ない、東西棟の有利性は、冬至だけに限られることを明らかにした。今回の実験では立春を加えた季節や屋根勾配との関係の中で棟方位の影響をとらえることができた。すなわち東西棟の有利性は冬至で最も極端に現われ立春では冬至に比べ1/2またはそれ以下となり、春分以降では、南北棟の方が日積算光線透過率が高くなり、東西棟の有利性はなくなった。この結果から立春と春分の間に南北棟と東西棟の日積算光線透過率が一致すると考えられる。また棟方位の影響は屋根勾配の急な温室においてより強く現われることが明らかになった。

屋根勾配に関しては、実験結果からも明らかのように、屋根勾配の急な温室が有利と言える。一般にガラス室の勾配は5寸勾配(27°)であるのに対し、ビニールハウスは13~20°程度のものが多く、特に東西棟の場合問題がある。

東西棟において温室内北側に弱光帯ができることは、わが国でもよく知られており、東西棟が敬遠される一つの原因ともなっている。弱光帯ができるのは、北向屋根面から入射した光線が温室内側に入る場合で、かつ北向屋根面への光線の入射角が大きくなり、被覆資材による光線透過率が低くなり、母屋の影が密となって透過光量が目立って減少する場合である。屋根面の透過率が減少する入射角は、透明資材の入射角特性などから50°以上と考えられ、60°以上では特に問題となる。東西棟では母屋の影や弱光帯の位置は、春分・立春では一日中、その他の季節でも、日射量の多い屋間はほとんど移動しないので、温室内の日積算の光量分布を、12時の状態で代表させることができる。12時において上にあげた弱光帯のできる条件がそれぞれ満たされる時期を、屋根勾配と太陽高度から算出した結果を第12図に示した。この図において入射角が60°以上となり、弱光帯面積率が10%を超える場合が一番問題となり、屋根勾配15°では2月中旬の約2週間、屋根勾配30°では3月中・下旬の約3週間がこれにあたる。実験結果で春分における弱光帯の程度が、屋根勾配30°で大きかったのは、丁度この時期に



第12図 単棟温室における東西棟の弱光帯出現期間

当たっていたためと考えられる。丸屋根型温室は屋根型温室のような弱光帯はできにくかったが、これは北向屋根面の入射角の大きくなる範囲が狭いためである。

単棟温室に関する実験結果を総合すると次のように結論できる。特に問題となる冬期を中心に考えると、屋根勾配の急な東西棟が優れている。しかしこの場合、春と秋に温室北側に弱光帯ができるので、この点を考慮する必要がある。高い光線透過率を保ったまま弱光帯の出現を抑えるためには、スリークォーター型にするか丸屋根型にすれば良い。南北棟は冬期の光線透過率の低いことが大きな欠点である。土地条件などの都合で、この方位をとる場合には、朝方の光線透過率の高い屋根勾配の急な構造にすべきである。

3. 連棟温室について

連棟温室の棟方位の影響については、HARNETT⁶⁾ が実測に基づいて冬季における東西棟の有利性を報告している。しかしこの報告では位置別のむらについては触れていない上に、測定地点の緯度が高いなどわが国に適用するには問題があるだろう。

今回の実験では、光線透過に関する東西棟の有利性は、屋根勾配 30° では単棟とほぼ同じように保たれたのに対して、15° では完全になくなってしまった。このように連棟の場合、棟方位や屋根勾配の作用が単棟と異なったのは連棟化による光線透過率の減少の程度が、棟方位や屋根勾配によって違うためである。第5表に示したように、冬期における光線透過率の減少の程度は、東西棟で大きく、特に屋根勾配 15° で南北棟との差が大きい。

第5表 連棟化による日積算光線透過率の減少(%)

		南北棟		東西棟	
		15°	30°	15°	30°
冬	至	2	8	18	11
立	春	4	6	11	9
春	分	3	4	-1	0
夏	至	1	1	1	-1

東西棟では冬至から春分にかけて常に弱光帯が現われるのは、北向屋根面からの入射光線が常に温室へ入るからである。したがって、連棟温室では北向屋根面への12時における光線の入射角が 50° 以上であれば弱光帯が現れる。このため光線透過率では有利な屋根勾配 30° の東西棟も半年間にわたって弱光帯に悩まされることになる。なお、冬至では屋根勾配 30° で弱光帯の程度が小さかったのは、12時における太陽高度が約 32° で、北側屋根面と平行に近い状態で光線が入射するため、弱光帯の幅がきわめて狭くなったからである。

連棟温室に関する実験結果を総合すると、次のように結論できる。連棟温室は単棟に比べ、光線透過に関して不利となる。大面積化やコストの面から連棟化が必要な場合は、原則として位置による光量のむらの少ない南北棟にすべきである。ただし、フェンロー温室のように間口が 3 m 程度の場合は東西棟でも弱光帯の幅は 1 m 前後となり、作物の植生状態によっては、光のむらによる影響はかなり小さくなることも考えられる。したがって、このような場合は温室全体の光線透過率の高い東西棟の方がむしろ有利となるだろう。

屋根勾配は南北棟の場合、日積算光線透過率にはほとんど影響しないので、あまり考慮する必要はないが、朝方の光を重視するならば急勾配の方が良い。一方、東西棟の場合は光線透過率の高い急勾配にすべきで、屋根勾配が緩やかで、15° 程度だと、東西棟の有利性は失なわれる。

4. 被覆資材と構造材の影響

この報告では温室の棟方位と屋根形状が光線透過に及ぼす影響について明らかにしたが、温室の光環境は他に被覆資材の種類¹⁾⁵⁾⁸⁾¹³⁾¹⁴⁾や構造材の構成²⁻⁴⁾によっても大きく影響を受けることが明らかにされている。わが国においても最近、光拡散性ガラスが注目されはじめ、またガラス繊維強化プラスチックなどの使用によって構造材にも変化をもたらしている。

これらの問題についてはさらに実験を行ない、続報において明らかにする予定である。

摘 要

任意の緯度における、あらゆる季節と時刻を設定できる、人工光源を用いた室内模型実験装置を製作し、棟方位と屋根形状が温室の光線透過に及ぼす影響を調査した。

単棟温室

1. 冬期において最も日積算光線透過率の高い構造は、屋根勾配の急な東西棟であった。しかしこの場合、春と秋に温室内北側に弱光帯ができた。

2. 東西棟の丸屋根型温室では、日積算光線透過率は屋根勾配の急な東西棟に匹敵し、しかも弱光帯は出現しなかった。

3. 南北棟は朝方の光線透過率が高いことが特徴であるが、冬季の日積算光線透過率では東西棟より低かった。この方位では屋根勾配の急な方が、朝方の光線透過率がより高く、日積算光線透過率も高かった。

連棟温室

1. 冬季における東西棟の日積算光線透過率は単棟のそれよりも9～18%低く、一方南北棟の場合は2～8%低いにすぎなかった。また、冬季以外では、連棟化による光線透過率の減少はほとんどなかった。

2. 南北棟は東西棟に比べ、冬季の日積算光線透過率は低い、その差は単棟の場合より小さく、また位置による光量のむらが少なかった。

3. 東西棟は冬季を中心として半年間にわたって、単棟の場合以上に深刻な弱光帯が出現した。

引用文献

1. BASIAUX, P., J. DELTOUR and A. NISEN 1973. Effect of diffusion properties of greenhouse covers on light balance in the shelters. *Agr. Meteorol.* 11 : 357—372.
2. EDWARDS, R. I. and J. V. LAKE 1964. Transmission of solar radiation in a large-span east-west glasshouse. *J. Agric. Engng. Res.* 9 : 245—249.
3. ———, and ———, 1965. Transmission of solar radiation in a large-span east-west glasshouse. II. Distinction between The direct and diffuse components of the incident radiation. *J. Agric. Engng. Res.* 10 : 125—131.
4. ———, and ———, 1965. The transmission of solar radiation in a small east-west glasshouse glazed with diffusing glass. *J. Agric. Engng. Res.* 10 : 197—201.
5. DELTOUR, J. and A. NISEN 1970. Les verres diffusants en couverture des serres(1). Aspect qualitatif de la diffusion par les verres striés. *Bull. Rech. Agron. Gembloux. N. S., T. V, 1—2 : 232—255.*
6. HARNETT, R. F. 1974. The advantages of east-west multispans. *The Grower* 13 : 64—66.
7. KINGHAM, H. G. and C. V. SMITH 1971. Calculated glasshouse transmission : the effects of orientation of single glasshouses. *Experi. horticulture.* 22 : 1—8.
8. 古在豊樹 1970. 温室内の日射量に関する研究(1). *農業気象* 26 : 123—130.
9. ———・杉二郎 1972. 温室内の日射量に関する研究(2). *農業気象* 27 : 105—115.
10. ———・——— 1972. 温室内の日射量に関する研究(3). —反射鏡の利用—, *農業気象* 28 : 79—88.
11. 古在豊樹 1973. 温室の光透過に関する数値実験(1). *農業気象* 29 : 179—187.
12. ——— 1974. 温室の光透過に関する数値実験(2). *農業気象* 29 : 239—247.
13. NISEN, A. 1971. Les verres diffusants en couverture des serres(2). Essai sur modeles reduits. *Bull. Rech. Agron. Gembloux. N. S., T. VI, 1—2 : 151—181.*
14. ——— and J. DELTOUR Les verres diffusants en couverture des serres(3). Aspect quantitatif et tentative de generalisation. *Bull. Rech. Agron. Gembloux. N. S., T. VI, 2—1 : 182—202.*
15. SMITH, C. V. and H. G. KINGHAM 1971. A contribution to glasshouse design. *Agr. Meteorol.* 8 : 477—468.
16. 東京天文台編 1972. 理科年表. 丸善. 46
17. WHITTLE, R. M. and W. J. C. LAWRENCE 1959. The climatology of glasshouse. I. Natural illumination. *J. Agric. Engng. Res.* 4 : 326—340.

Summary

Those instruments for model experiment on the light transmission in the greenhouse have been developed by a man-made light source in which any scene time and season can be reproduced in any optional latitude.

Then it was researched how the house orientation and the roof shape might influence the light transmission in the greenhouse.

Single-span greenhouses

1. In winter the highest daily-integrated light transmissivity was obtained in the house with steep-sloped roofs. Inside it, however, the lower light intensity area was caused on the north side in spring and autumn.
2. In the E-W house with a cylindrical vault the daily-integrated light transmissivity was as high as that in the E-W house with steep-sloped roofs, whereas the lower light intensity area was not caused.
3. In the N-S house the earlier morning it was, the higher light transmissivity was remarkable but in winter the daily-integrated light transmissivity was lower than that in the E-W house. As for the orientation, the higher light transmissivity was obtained in the house with steep-sloped roofs.

Multi-span greenhouses

1. In winter the daily-integrated transmissivity in the E-W house was 9—18% lower than that in single-span house while it was only 2—8% lower in the case of the N-S house. In every season but winter few decreases in the light transmissivity were obtained in the multi-span house as compared with the case of the single-span type.
2. In winter the daily-integrated light transmissivity in the N-S house was lower than that in the E-W house, but this case showed smaller difference than that single-span house, and yet little inequality was observed in the daily-integrated light transmissivity according to place.
3. The E-W house was covered with the lower light intensity areas for about half a year including winter, more than single-span house.