

琉球大学学術リポジトリ

沖縄におけるビニールハウス微気象観測の1例 一気温・地温一

メタデータ	言語: 出版者: 沖縄農業研究会 公開日: 2009-01-29 キーワード (Ja): ビニールハウス栽培, 微気象観測, 乾季, 地温 キーワード (En): 作成者: 城間, 理夫, Shiroma, Michio メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/0002015300

沖縄におけるビニールハウス微気象観測の1例

— 気温・地温 —

城 間 理 夫

(琉球大学農学部)

Michio Shiroma: A micrometeorological observation
in a vinyl-house in Okinawa

I はじめに

沖縄では、各地でビニールハウス栽培が盛んになってきた。ハウス内では、温度、湿度、光および炭酸ガスなどの環境条件を常に最適の状態に保つて置くことが望ましいが、これは容易なことではない。このために作物が高温障害、病虫害および生育不良などを起すことがある。ハウスを最適の状態に保つための研究として、本土ではハウス内の微気象観測もかなり行なわれており、その例としては、小楠(1957)、瀬尾(1962)、および横木(1968)らなどのほか、極めて多くの例が挙げられる。しかし、沖縄ではこのような観測はあまり多くは行なわれていないようである。また本土における資料も気候の相違のために、そのままでは沖縄で利用することが難しい点がある。

沖縄におけるハウス栽培のために何らかの資料になることを願って、筆者はハウス内における微気象観測を行なった。この観測は那覇市首里石嶺町にある琉球大学農学部附属農場において1969～1970の冬に行なったものである。施設や測定機器の都合もあって詳細な観測はできなかったが、一応、これまでにまとめたもののうち気温と地温の資料を報告することにした。

この観測を行なうに当たって多くの便宜を与えて下さり、また大へん有益なご討論を下さった琉球大学農学部島袋正雄助教授(1971年3月退官)および仲間操助教授に心から感謝申し上げます。

II ハウスの構造および観測の方法

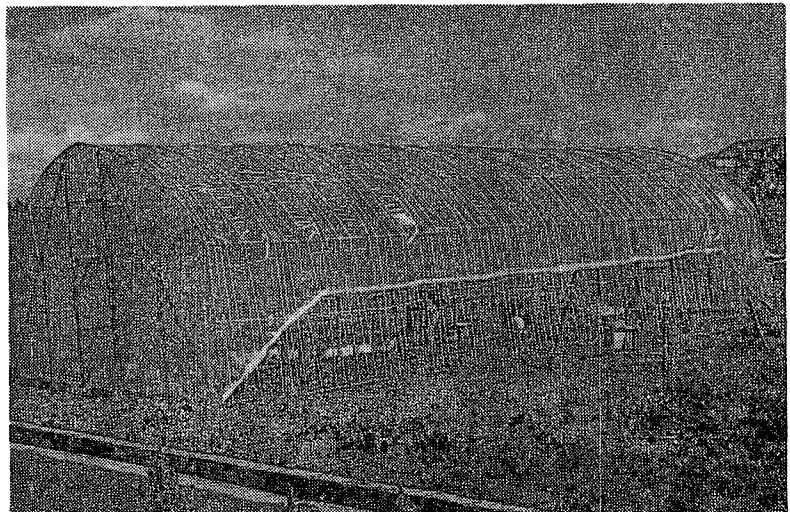
(1) ハウス

ハウスの全容を第1図に示す。

第1図 観測に使用したハウス。

換気中の状態を示す。

フィルムを上げたところが南面。外の地温自記計を保護している箱が見える。



なお、諸元などは次のとおり。

大きさ：13.55m×5.40m

高さ：最高部で3.50m

向き：棟の向きが東北東—西南西

フィルム：ポリエチレン，厚さ0.1mm

保温比（フィルムの全表面積に対するハウス床面積の比）0.43

床面の状態：白菜畑，草丈5cmないし20cm。ただし，地温観測用の部分には50cm四方に植生はなかった。

(2) 観測方法

気温

ハウス内では，中央に地面から高さ75cmにガラス棒温度計，最高温度計，最低温度計およびパイメタル式自記温度計を設置して観測。

外気の温度は，ハウスから約30m離れた農場の露場の百葉箱の中で，ハウスと同様に観測。

地温

深さ，地面より10cm。曲管地中温度計および自記地中温度計をハウスの中央に設置。ハウスの外では，南側の露天の裸地においてハウス内と同様にして観測。

(3) 換気

こんどの観測では，ハウスをかなり長期間にわたり密閉し続けた状態と，かなり長期間換気をし続けた状態との二つの場合について測定した。換気の方法は第1図に示すように，ハウス南面のフィルムを高さ120cmまでまくり上げたまま，昼夜放置して行なった。ハウスの数の都合上これらの密閉状態と換気状態との観測を同一期間内に行なうことはできなかった。

Ⅲ 観測結果および考察

1. 気温

(1) ハウス内の平均気温

第1表には密閉状態および換気状態における観測期間中の，平均気温を示す。

第1表 密閉状態および換気状態におけるハウスの内と外の平均気温（°C）。
ハウス内はハウスの中央で測定。

	昼		夜		1日の平均		観測期間
	ハウス内	外気	ハウス内	外気	ハウス内	外気	
密閉	21.3	15.7	13.3	13.1	17.3	14.4	1969.12.14.—1970.1.12.
換気	15.0	13.0	11.5	11.4	13.2	12.2	1970.1.14.—1970.1.31.

この表によると，密閉状態では昼間の昇温効果が著しい。これから昼間ならハウス内では真冬でも，沖縄の4月ごろの気候（琉球気象台1959）になっていると考えられる。しかし夜間の保温効果はごくわずかで，ほとんどないと言ってもよい位である。

次に，換気状態ではハウスの昇温効果は昼間ならかなりあることがわかる。しかし密閉状態と比較するとかなり落ちる。このことは第1図に示したようにしてフィルムをまくり上げて放置したままにして換気をすると，昇温の効果がかなり落ちることを示す。

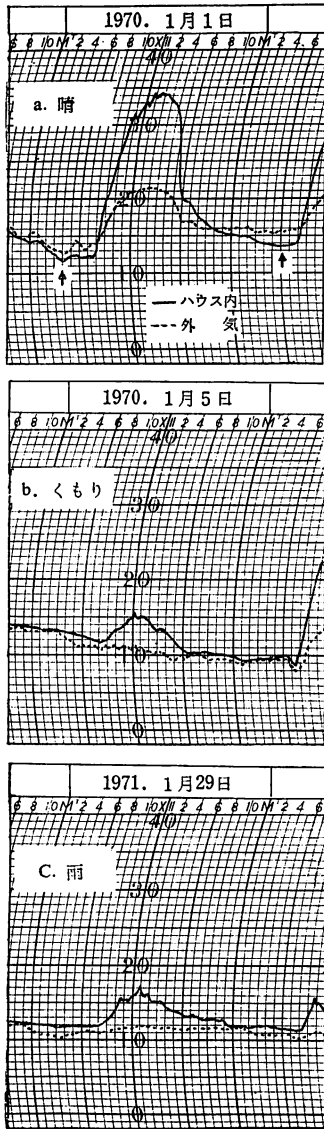
なお，このような換気状態でも密閉の時と同様に，夜間の保温効果はほとんどないことがわかる。

(2) ハウス内気温の1日間の変動

第2図は，密閉したハウス内で，いろいろの天気における気温の1日間の変動状態の観測例を示す。

まず第2図aによると晴天には，昼間は朝8時ごろから急に昇温し，午前10時～11時にはすでに30°Cに達して，午後1時～2時ごろ最高気温は35°C近くまで昇っていることがわかる。やがて，午後5時ごろからハウス内の温度は急速に下り，日没とともに外気の温度に近づいていく。

なお第2図aで，最低気温は朝に現われることがわかる。さらに，この図の矢印の所の前後でハウス内の気温が外気の温度よりも低くなっているのが見られる。このような現象は，こんどの観測を通じてかなりひんぱんに観測されたが，これについては後にのべたい。参考までに第2図aにおける時刻別の気温を示すと第2表のとおりである。



第2図 密閉したハウスの内と外における気温の1日間の変動の状況を示す例.

第2表 晴天時に、密閉したハウスの内と外における1日間の時刻別気温(°C)の1例. 1970年1月1日

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ハウス内	14.3	13.5	12.7	11.8	12.2	12.2	12.2	13.5	20.0	25.8
外気	15.1	14.0	13.2	12.9	13.1	14.0	13.3	14.0	16.0	18.8

時刻	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
ハウス内	31.0	32.9	33.9	34.1	33.3	32.0	28.2	20.2	19.5	17.8
外気	20.3	20.9	21.1	21.3	21.2	20.9	20.0	17.2	16.9	16.2

時刻	21	22	23	24
ハウス内	16.9	16.0	15.3	15.1
外気	16.0	16.0	16.0	15.9

次に、第2図bおよびcに見られるように、雨天や全くのくもりの日にもハウスの保温効果は認められる。これはハウスの一つの利点であろう。このような天気でも空がわずかに明るくなるだけでハウス内の気温は上る。

(3) ハウス内の最高気温

前にも少しのべたように、ハウス内では、沖縄の真冬においてさえ昼間の気温が上り、30°C以上になることは、ごく普通のことである。こんどの一連の観測での最高気温は37.2°Cであった。

なお、この期間中での最高気温の大体の変動の範囲を見るために、第3表にその出現頻度を示した。

第3表 観測期間内の日最高気温の温度別頻度。

密閉 1969. 12. 14. —1970. 1. 12.
 1970. 2. 1. —1970. 2. 10.
 換気 1970. 1. 14. —1970. 1. 31.
 1970. 2. 12. —1970. 2. 22.

温度範囲°C		10.0	12.5	15.0	17.5	20.0	22.5	25.0	27.5	30.0	32.5	35.0
		12.4	14.9	17.4	19.9	22.4	24.9	27.4	29.9	32.4	34.9	37.4
密閉	ハウス内					5	2	3	6	4	13	6
	外気		3	11	8	11	6					
換気	ハウス内		1	4	6	2	7	5	4			
	外気	2	6	4	7	6	4					

ハウス内の屋間の温度を高くする要因としては次のようなことがあげられる(内島, 1965)。

- a. 日射量が多い。
- b. 保温比が大きい。
- c. ハウス内が乾燥している。
- d. ハウスが気密である。つまり、自然換気量や人工換気量が少ない。
- e. ハウス内の地表面のアルベド(日射の反射率)が小さい。
- f. その他、地中へ流れる熱量が小さい、など。

これらの各項を見ると、ハウス管理上可能な昇温抑制方法としては、一つにはハウス内を乾燥させない、ということが考えられるが、ハウス内は通常過湿の状態にあるから、その点では常に昇温抑制の役割を果していることになる。しかし、比屋根(1967)がのべているように、沖縄でも過湿はハウス内での病虫害発生の一つの原因になっているので、かん水による昇温抑制は考えられない。結局は、適切な換気が、まず手近に可能な方法になる。

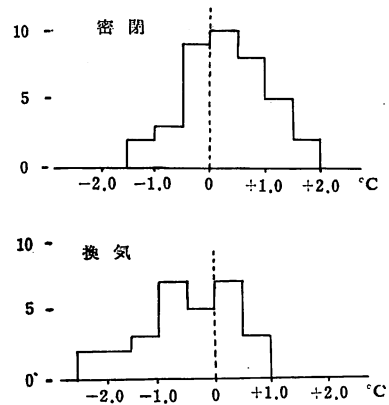
この観測に使用したハウスの保温比は0.43で、この値はかなり小さい方である。現在沖縄で広く使用されている床面積約190m²の簡易移動式幌型ハウスの保温比は、筆者が測定した例では0.7であった。このような保温比を持つハウス内では、試算によると沖縄の真冬でも密閉時の最高気温は45°C位になるおそれがある。

(4) ハウス内の最低気温

ハウス内では最低気温が外気の温度よりも低くなることがしばしばある。このことはよく知られていることで、沖縄の各地でもよく観測されているようである。その原因としては次のことがあげられる。まず、夜間には一般に、いわゆる長波放射のエネルギーとして、地表面から空間に向けて熱が逃げて行く。ハウスの場合は、フィルム全表面とハウス内の床面を併せたすべての表面から長波放射エネルギーが空間に逃げる(矢吹1967)。さらにもう一つの原因として、ハウスはいわゆる総括伝熱係数が大きい(高倉1969)ので、ハウス内からの長波放射のエネルギー以外の熱(例えばハウス内の空気からフィルムに直接に伝わる熱など)も、フィルムを通してその外表面へ逃げやすい。結局、ハウス内の空気はそれを包むまわりの全表面から熱をうばわれることになる。一方、外気では、長波放射のエネルギーのほとんどが地表面だけから逃げて行く。したがって、その下に接する空気は、それが接する地表面だけから冷やされるだけであ

る。なお、フィルムの厚さの違いは、夜間の保温効果にはほとんど影響がないことも知られている(内島1965)。

こんどの観測期間中において、このようにハウス内の方が低温になった頻度を見るために、第3図に測定の結果を示した。



第3図 ハウス内外における最低気温の差の頻度。マイナスはハウス内が低い。観測期間内の頻度を示す。

実際の圃場では、このような現象は沖縄ではそれ程心配することもないと考えられる。それは、外気温よりも低くなる程度が、せいぜい2°C前後であり、しかも主として早朝から日の出のころにかけてのみ起る現象だからである。ただ、ごくまれに、沖縄では過去に霜が降りた例があり、そのような時は、夜間におけるハウス内の気温降下は霜害を招くおそれがあるが、これはまれな現象であろう。

なお、観測期間中での最低気温の大体の変動の範囲を見るために、第4表にその出現の頻度を示した。

第4表 観測期間内の日最低気温の温度別頻度。各観測期間は第3表におけるものと同じ。

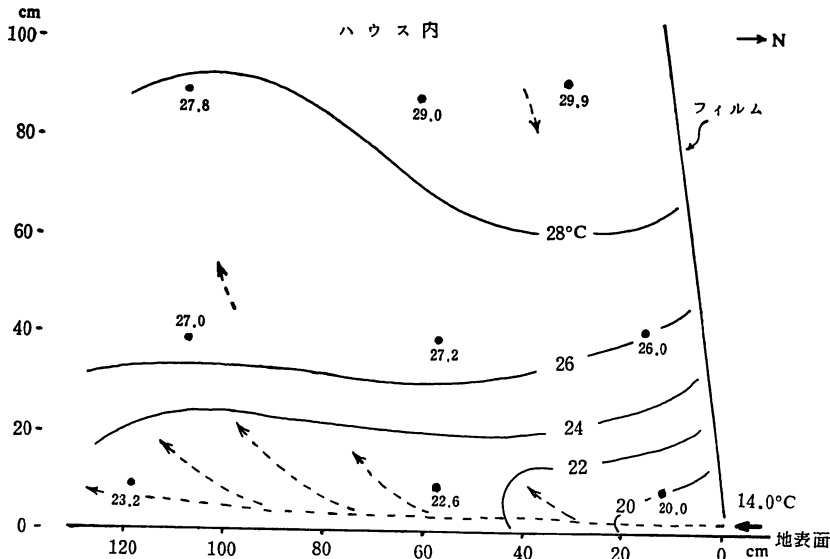
温度範囲°C		2.5	5.0	7.5	10.0	12.5	15.0
		4.9	7.4	9.9	12.4	14.9	17.4
密閉	ハウス内		1	13	13	11	1
	外気		3	10	18	8	
換気	ハウス内	3	5	7	7	4	3
	外気	1	7	7	6	4	4

(5) ハウス内での位置による気温の差、およびすき間風の侵入

ハウス内の地面近くでは、場所により多少の気温差があることが考えられる。小楠(1957)は東西棟で幅6.6mの密閉したハウスにおいて、昼間にはハウス内部の南側では北側より 3°C 位高くなることを報告している。こんどの観測では、これについては詳しく調べることはできなかったが、定性的に見て、換気のためにフィルムをまくり上げてある部分の近くでは、昼間にもあまり昇温しないことが考えられる。小楠(1957)は、このように差が出ることを改善するためには、ハウスの向きは南北棟にすることが望ましいことをのべている。したがって、もしも実際に他の条件が許すならば南北棟がよい。しかし、フィルムのすそをまくり上げて換気をするので

あれば、矢張り冷たい北風の当たらない南面のフィルムを上げた方がよいから、そのときは東西棟がよいと考えられる。

ハウス内の適度な昇温を妨げる一つの要素としてすき間風が考えられる。すき間風は、密閉したフィルムの完全なハウスでも、フィルムと地面との間から侵入する場合があるので、こんどの観測の一部としてその実験を行った。なお、こんどのすべての観測では、そのようなすき間は全くないよう、終始、フィルムのすそを地面と密着させ、その上に土をかぶせて観測した。しかし、このすき間風の実験だけに限り、わざと、地表面に沿って幅3cm、長さ25cmのすき間を作って実験した。その結果を第4図に示す。



第4図 ハウスの下部へのすき間風の侵入による気温の降下を示す1例。
実線は等温線。破線は推定の気流方向。外の風速 $6 \sim 8 \text{ m/s}$ 。
ハウスは密閉中。外気温 14.0°C 。1970年2月1日15時20分。

この図によると、すき間風として侵入した冷たい空気は、地表面近くに沿うてかなり奥まで達することがわかる。このような冷たい空気が作物に対してよい影響を及ぼすとは考えられない。幸い、このようなすき間風の侵入を防ぐことは困難なことではないからその対策はぜひ実施されることが望ましい。

(6) ハウスの換気

気温の異常な上昇という点から見て、ハウス内の換気

は是非必要である。しかし、適切な保温と労力との二つの点から考えると、換気の方法はかなり難しい点が多い。こんどの観測によって、第1図に示すようにしてハウスの南面のフィルムのすそを常時開放したままで換気を続けると、保温効果はかなり落ちることがわかった。ハウスの構造と労力の点から考えて、現在、沖縄では、天気の良い日にはフィルムのすそを適当に開けて換気をするのがもっとも簡単な方法であろう。しかし、できる

ことならば、開けてあるハウスのすその部分に寒冷沙などをかけて、換気量を加減するなどの考慮が望ましい。

換気が必要であるかどうかは、経験によってある程度は見当がつくことであろうが、できることならば温度計はぜひハウス内に備えておき、それを見て換気をすることが望ましい。このとき、温度計には常に直射日光が当たらないようにして、しかも、できるだけ空気の流通をよくしておく、かなり正しい気温を測ることができる。

本土のように寒い所では、換気口の位置がちかに地面に接することを特に避けている。このことについて、松原ら(1967)、植松(1967)をはじめ多くの人達によって、天窓による換気が推奨されている。そのおもな理由は、ハウス内の空気は暖まると上昇して行くことであ

る。次に、地面近くの外気は冷たいので、そのような空気が多量に直接にハウス内の作物に当たるのを防止することも一つの理由である。沖縄でもハウスの構造が許すならば、天窓による換気が望ましい。しかし、このとき、ハウスが強風に弱いことには特に注意する必要がある。

適切な換気をすることは、ハウスの管理上かなりわずらわしいことであるので、沖縄でも換気窓の開閉の自動化が間もなく普及するように願望するものである。

2. ハウス内の地温

(1) ハウス内の地温平均値

地温は作物の生育に大きな影響を持つので、ハウス内と外における深さ10cmの地温を観測した。これの観測期間内の平均値を示すと第5表のとおりである。

第5表 ハウス内と外における地温(°C, 深さ10cm)の各観測期間内の平均値。

	昼		夜		1日の平均		観測期間
	ハウス内	裸地	ハウス内	裸地	ハウス内	裸地	
密閉	20.7	17.1	20.7	16.8	20.7	17.0	1969.12.17.—1970.1.12.
換気	15.8	13.7	15.8	13.6	15.8	13.7	1970.1.14.—1970.1.27.

この表によると、ハウスは地温の昇温にもかなり効果があることがわかる。密閉したハウス内の地温も、真冬でも沖縄の4月ごろの地温になる(琉球気象台1959)。第5表と第1表とを比較すると、気温と異なり、ハウス内地温は夜間においても、常に外の地温より高くなっている。これはハウスの一つの利点であろう。第5表では、

昼と夜の対応する各平均値ハウス内とハウス内がほとんど等しくなっているが、これについては次にのべたい。

なお、こんどの観測期間中における地温の変動の範囲を見るために、第6表には地温の毎日の最高値と最低値の頻度を示す。

第6表 観測期間中の地温(深さ10cm)の毎日の最高値および最低値の温度別の頻度分布。

密閉 1969.12.15.—1970.1.12. および1970.2.2.—1970.2.10.

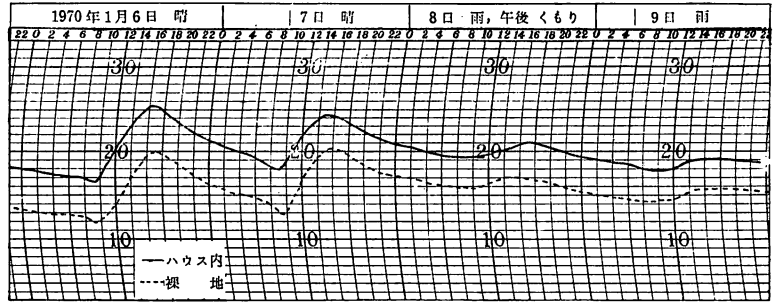
換気 1970.1.14.—1970.1.31. および1970.2.12.—1970.2.22.

温度範囲 °C		12.5~14.9	15.0~17.4	17.5~19.9	20.0~22.4	22.5~24.9	25.0~27.4	27.5~29.9
最高地温	密閉	ハウス内		4	10	12	11	1
		裸地	12	9	14	3		
	換気	ハウス内	8	9	5	5	2	
		裸地	6	9	5	6	2	1

温度範囲 °C		7.5~9.9	10.0~12.4	12.5~14.9	15.0~17.4	17.5~19.9	20.0~22.4
最低地温	密閉	ハウス内			15	20	3
		裸地	9	17	12		
	換気	ハウス内	1	10	9	9	
		裸地	1	11	7	10	

(2) ハウス内の地温の1日間の変動

第5図にはハウス内地温の1日間の変動の状況の1例を示す。また、この図の中の1月6日の各時刻における地温を第7表に示す。



第5図 ハウスの内と外の地温(深さ10cm)の変動状況を示す1例。ハウスは密閉中。図中の数字は温度°C

第7表 密閉したハウスの内と外の地温(°C, 深さ10cm)の1日間の変動状況の1例。1970年1月6日。

時刻	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ハウス内	17.8	17.7	17.6	17.3	17.2	17.1	17.1	16.9	16.6	17.1	18.8	20.3
裸地	13.2	13.0	12.9	12.8	12.8	12.8	12.7	12.4	11.9	12.2	13.0	13.9

時刻	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
ハウス内	21.8	23.2	24.4	25.3	25.3	24.8	24.0	23.3	22.8	22.2	21.7	21.3
裸地	15.2	16.9	18.2	19.3	19.9	19.7	19.0	18.6	17.9	17.2	16.8	16.2

これらの図と表を見ると、深さ10cmの地温は朝の9時ごろに最低になり、午後の4時ごろに最高になっている。1日中の変動がかなり単純な曲線になっていることがわかる。また、ハウス内の地温は外の地温より常に高くなっていることもわかる。よく知られているように、地温は深くなるにつれて1日間の変動の幅が小さくなり、また、最高や最低の温度になる時刻も深くなるにつれて遅くなる。それが原因で、第5表に見られるように深さ10cmにおける昼の平均地温は夜の平均地温にほぼ等しくなった。さらに深い所では、昼の平均地温は夜の平均地温より低くなる。

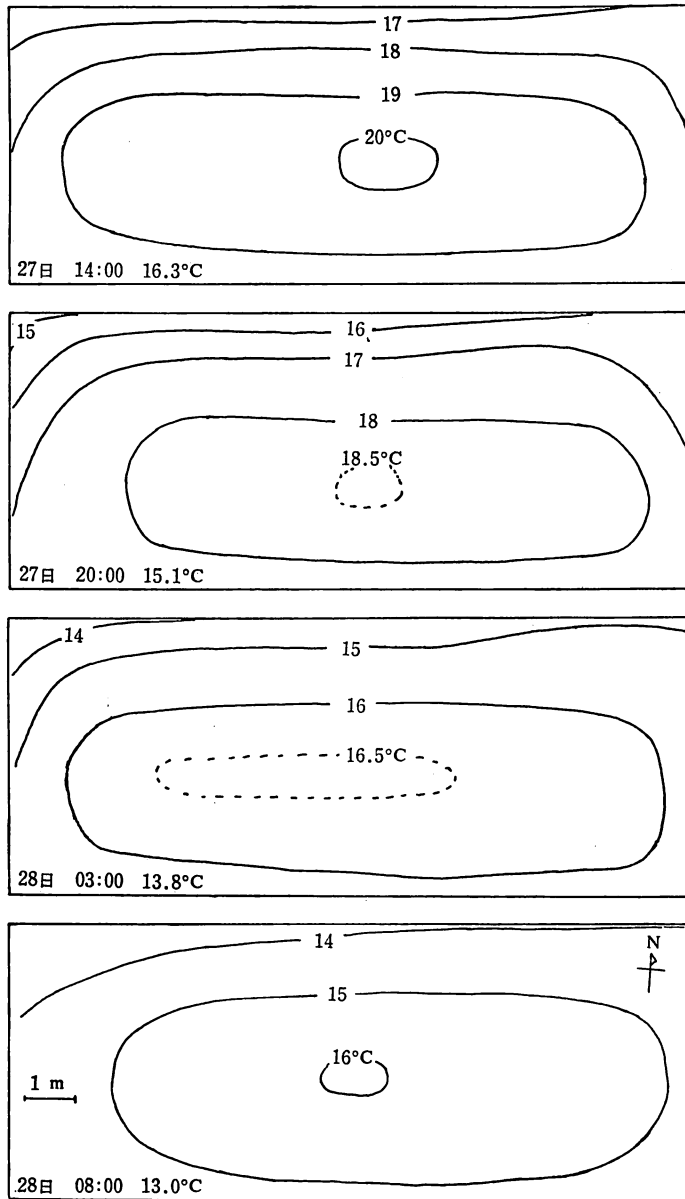
(3) ハウス内の位置による地温の差

こんどの観測では、臨時にハウス内の床面上に18本の温度計を配置して深さ10cmにおける地温の分布を調べることができたので、その1例を第6図に示す。

この図によると、東西棟のハウス内で深さ10cmにおける地温は、ハウスの中央付近のわずかに南寄りの所で

最も高く、北の縁辺部で最も低いことがわかる。このような地温の分布状態は、ほとんど1日中大きな変動はなく続いているが、午後は朝よりも位置による温度差が著るしくなる。このような差は、フィルムのすき間風を完全にさえぎったにもかかわらず現われていることからみて、その原因は恐らく、ハウスの向きが東西棟になっていたためであろう。このような差の傾向が、ハウス内の北側と中央とで観測したかなり長期の平均値にも現われていることからみて、ハウス内ではいつでもこのような地温差の傾向があると考えられる。ここで、特に地温の低い部分の面積は、図にもみられるとおり、せいぜい北縁の幅1mの範囲であるが、その部分にある作物は生育が遅れることが考えられる。

このような地温差をなくする方法としては、ハウスの向きを南北棟にすることが考えられる。



第6図 ハウス内における、晴天時の地温（深さ10cm）の分布とその時間的変化の1例。ハウスは密閉中。各図の左下に表示温度は外の地温（10cm）。1968年12月。

Ⅲ ま と め

以上の結果から次のことが考えられる。

- (1) 密閉したハウス内では、最高気温は沖縄の真冬でも45°C位になるおそれがある。
- (2) 夜間には、ハウス内の平均気温は、外気平均気温とほとんど等しくなる。したがって、ハウスはその中の気温に対しては、夜間の保温効果はかなり小さい。
- (3) ハウス内の最低気温は、外気の最低気温よりも低くなるがしばしばある。これは、長波放射のエネルギーが空間に逃げることも原因である。
- (4) 換気はぜひ必要であるが、フィルムを開け過ぎるとハウスの保温効果が低下する。
- (5) すき間風の侵入をできるだけ防止することが望ましい。
- (6) ハウス内の深さ10cmの地温は、ほとんどいつでも外の地温より高い。
- (7) 東西棟のハウスの中で深さ10cmにおける地温は、ハウス内の北側の縁辺部でかなり低くなる。

以上、ハウス内の気温と地温の観測結果についてのべたが、特にハウス内の換気については、温度の面だけでなく、将来は湿度や炭酸ガスの供給などの面からも研究がなされる必要があると思われる。

参 考 文 献

- 1) 比屋根義一 1967. 沖縄におけるそ菜園芸の現状—ハウスの普及と今後のそ菜栽培に関する私見. 沖縄農業 6(1): 17~23.
- 2) 松原茂樹 1967. ビニール栽培の理論と実際. 農業技術協会 pp. 222.
- 3) 小楠純一 1957. ビニール・ハウス内の気象について(第1報). 気象庁研究時報 9(12): 890~893
- 4) 琉球气象台 1959. 那覇の気象概報 琉球气象台 pp. 172.
- 5) 瀬尾琢郎 1962. ビニール・ハウスの微気象観測例. 岡山大, 農学研究 49(3): 145~165.
- 6) 高倉 直 1969. 温室室内気温の降下現象について. 農業気象 25(3): 183~186.
- 7) 内島善兵衛 1965. 技術者のための農業気象学講座(7). 農業技術 19(8): 390~395.
- 8) 植松 敬 1967. 写真でわかるハウスの建て方と管理. 農山漁村文化協会 pp. 255.
- 9) 矢吹万寿 1967. 農業環境調節の現状と問題点. 農業気象 23(1): 39~46.
- 10) 横木清太郎・阿部恒充・亀山謙治 1968. ビニールハウスの微気象と栽培(Ⅱ). 生物環境調節 6(1): 9~14.