

太陽熱利用（外部集熱方式）による 温室の暖房技術に関する研究（第3報）

—— シュンギクおよびセルリーの栽培技術に関する試験 ——

望月正之・平岡達也

Studies on Solar Green House Heated by Means of an
External Collection System (No. 3)

Experiments on Culture of Garland Chrysanthemum and
Celery

Masayuki MOCHIZUKI and Tatsuya HIRAOKA

緒 言

野菜の施設栽培は冬期の端境期出荷を目標に、温室やハウスを利用して行われてきた。従来はトマト、キュウリなどの果菜類を対象としたものが多かったが、都市近郊の一部では軟弱野菜や洋菜類など需要動向に合った葉茎菜類の栽培も多く、今後作付の増加が期待されている。

施設栽培では、石油ショック以後、重油価格の高騰と合せて、化石燃料の節約が急務となっている。そこでそれらに代る熱源の確保とその手段、方法を開発するため各種の省エネルギー対策が考えられてきている。

本報告では日中の太陽熱を利用し、水を媒体として集熱器で集熱した熱を蓄熱槽にたくわえ、夜間温室内に放熱して野菜栽培を行う外部集熱方式を開発し、その特性について検討した。さらにシュンギクおよびセルリーの栽培試験を行ったので以下にその結果を報告する。

I シュンギクのつみ取り栽培試験

1. 試験方法

- 1) 集熱方法 簡易集熱器サンコイルパネル⁷⁾を傾斜角度45°で、40台を南向きに設置した。
- 2) 水の循環 浅井戸用ポンプで本管からサンコイルパネル5台を直列に接続して1セットとし、8セット並列で行った。1セット当たり3.5ℓ/分強の循環水量で、8セット30ℓ/分になった。蓄熱槽は4tのものを2

基温室内に設置した。

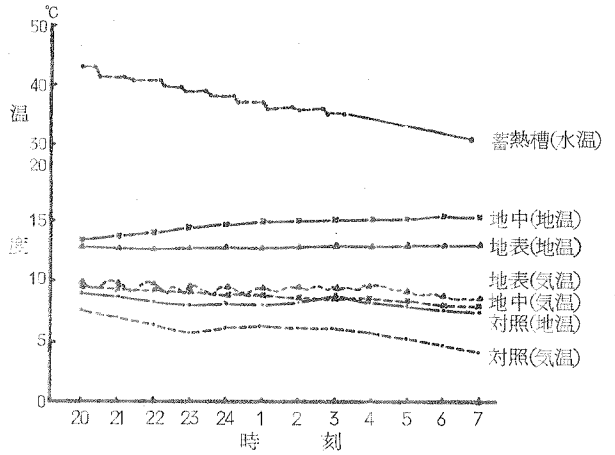
- 3) 集熱ポンプの制御 タイマーで9~15時、サーモスタットで集熱器内のパイプの温度が40℃以上で運転するようにセットした。
- 4) 放熱方法 内径20mm、肉厚4mmの黒色ポリエチレンパイプを用い、栽培ベットの地表面に60cm間隔で2本配管した区と地中約5cmに埋めた区を設けた。放熱ポンプのラインポンプはサーモとタイマーを用い17~7時で運転するようにセットした。放熱パイプの長さは片道約30mで、循環水量は1ベット20ℓ/分とした。
- 5) 供試温室 2連棟660m²のガラス室(トビー温室、間口9m)のうち、0.1mmのビニルで間仕切りを行った1棟330m²を用いた。
- 6) 供試品種および栽培法 ‘中葉’(坂田種苗KK)を用い1979年11月12、19日にパイプハウスに、は種したものを、12月25日、巾120cmのベットに7条とし、株間および条間は15cm×15cmの間隔に定植した。
- 7) 栽培条件 12月25日~1月28日までは、0.07mmの酢ビの一層カーテンと0.1mmのビニルの小トンネルを用い放熱はサーモスタットを10℃にセットして行った。1月29日~2月12日までは、カーテンなし、小トンネルの状態で、サーモを8℃にして放熱させた。9~16時頃まで温室とカーテンのサイドを開き十分に換

気した。

2. 結 果

一層カーテンに、小トンネルを被覆した状態での温度調査結果を第1表、第1図に示した。サーモの設定温度を10℃にセットした場合、8.5℃前後で放熱ポンプが始動し、9~10℃になると止まった。外気温の最低が-1℃~-7℃の時、対照区(無暖房区)の小トンネル内の最低気温は3~6℃で約8~10℃程度高かった。地表放熱区、地中放熱区では外気温より10~14℃、対照区より3~5℃程高かった。地温でも、地表放熱区、地中放熱区は対照区より5~6℃前後高かった。地表放熱区と地中放熱区では、地温で地中放熱区が1℃程度高く、気温では逆に、やや低い傾向がみられた。

カーテンなし、小トンネルでの温度調査は第2表に示



第1図 9月22日の試験区の温度調査

第1表 カーテン、小トンネル状態での最低温度調査

月/日	天気	外気温	カーテン 内温度	対照区		地中区		地表区		蓄熱槽		放熱量		放熱ポンプ運転時間			
				気温	地温	気温	地温	気温	地温	夕	朝	温度	カロリー	断続(回数)		継 続	
1/16	快晴	-5.0	3.0	5.2	7.1	8.3	13.1	8.3	12.5	40.6	29.7	10.9	4.56	21:30~	2:00(8)	2:00~7:00	
17	"	-3.8	2.9	4.8	7.3	8.2	13.2	8.8	12.4	48.5	36.4	12.1	4.84	21:00~	6:45(1)		
18	"	-3.0	3.1	5.2	7.4	8.5	13.4	8.8	12.6	48.2	39.0	9.2	3.68	24:20~	6:50(10)		
19	薄曇	-6.2	6.1	3.6	6.3	7.0	13.6	7.6	12.4	46.6	31.5	15.1	6.04	19:30~	1:30(9)	1:30~7:00	
20	"	-1.9	4.3	5.9	8.2	8.4	13.4	8.7	12.3	42.2	35.7	6.5	2.60	24:50~	7:00(9)		
21	快晴	-2.5	3.7	5.6	7.7	8.6	13.7	8.6	12.7	46.6	38.7	7.9	3.16	24:40~	7:00(9)		
22	"	-5.0	2.0	4.1	7.3	7.4	13.3	7.8	12.5	43.9	30.7	13.2	5.28	19:15~	3:20(9)	3:20~7:00	
23	"	-7.3	0.9	3.0	6.9	6.4	13.3	7.2	12.2	48.9	28.5	20.4	8.16	17:10~	19:10(4)	19:10~7:00	
24	"	-1.1	6.4	6.6	8.9	8.6	12.9	8.4	11.8	42.5	46.9	1.6	0.64	24:20~	4:50(3)		
25	"	-5.8	1.0	3.6	6.6	6.8	13.1	7.6	12.1	48.5	35.8	12.7	5.08	20:40~	5:00(1)	5:00~7:00	

注 カーテン 高さ 2m, 0.07mmの酢酸ビニル
 小トンネル 巾 120cm, 高さ 50cm, 0.1mmのビニルを被覆
 サーマ 10℃にセット, 地表区の地上30cmの高さに感温部を設置
 気温 小トンネル内の地上25cmのところを設置, 地温 放熱パイプから5cm, 深さ6cmの所を測定, 放熱量
 カロリーは4tで計算
 蓄熱槽 夕 16:30 朝 8:30 天気 朝 9:00の天気

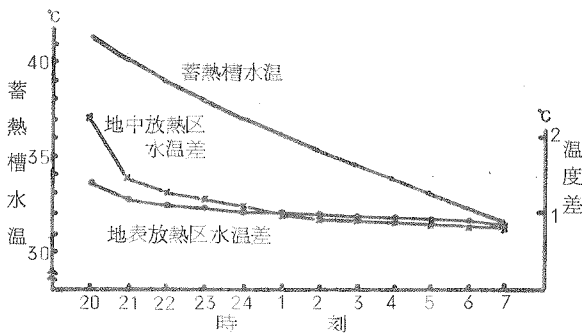
第2表 カーテンせずトンネル状態での最低温度調査

月/日	天気	外気温	カーテン 内温度	対照区		地中区		地表区		蓄熱槽		放熱量		放熱ポンプ運転時間			
				気温	地温	気温	地温	気温	地温	夕	朝	温度	カロリー	断続(回数)		継 続	
1/29	曇	7.0	10.5	10.8	12.3	12.0	14.4	11.4	13.8	45.2	44.2	1.0	0.40	—			
30	雨	6.8	8.5	9.6	10.4	10.9	12.9	9.7	12.3	43.4	42.7	0.7	0.28	—			
31	薄曇	5.0	7.0	7.7	8.6	10.0	12.3	8.6	12.0	41.9	40.1	1.8	0.72	5:00	(1)	—	
2/1	快晴	0.1	1.8	4.6	6.7	7.6	12.3	7.6	11.8	42.7	33.8	8.9	3.56	22:50~	5:10(8)	5:10~7:00	
2	晴	0	2.4	4.2	6.4	7.2	12.3	7.0	11.4	44.3	35.8	8.5	3.40	22:40~	6:50(10)	—	
3	"	1.1	4.8	6.9	6.4	8.8	11.4	7.3	10.9	46.8	45.9	0.9	0.36	—			
4	"	-2.6	1.0	4.1	6.2	8.3	12.0	7.0	11.6	49.2	43.8	5.4	2.16	6:30~	8:50(5)	—	
5	"	3.9	6.2	7.5	8.4	9.5	11.9	8.1	11.4	43.2	42.5	0.7	0.28	—			
6	晴	-1.5	2.0	4.6	6.2	8.4	12.0	7.0	11.7	41.8	36.4	5.4	2.16	2:00~	6:40(6)	—	
7	"	-2.7	1.6	3.8	5.7	6.8	12.8	7.0	11.7	43.4	31.8	11.6	4.64	19:50~	7:00(15)	—	
8	"	-0.9	2.8	4.8	7.1	8.1	12.9	7.3	11.3	42.9	35.0	7.9	3.16	21:10~	6:40(7)	—	

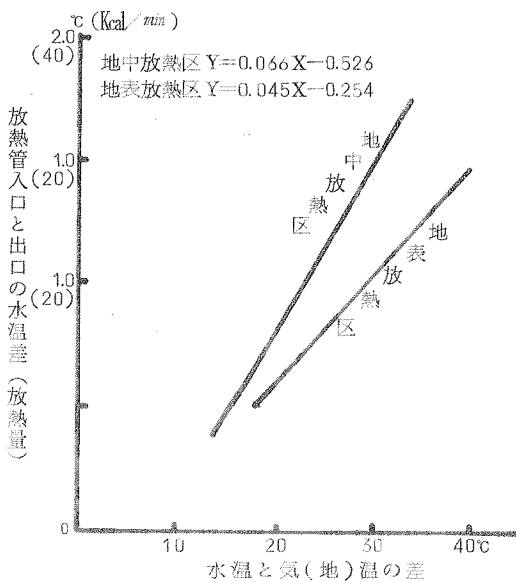
注 第1表の注と同じ

した。サーモの設定温度を8℃にした時、7℃以下になるとポンプが始動した。外気温が-1～-3℃前後の時、対照区では4～5℃、地表放熱区、地中放熱区では7℃であった。この時期での外気温は比較的高かったので、放熱量が少なく、ほとんどポンプは断続運転であった。放熱量が最も多かったのは2月7日の外気温が-2.7℃となった時の4.6万Kcalであった。

ポリエチレンパイプによる放熱で、放熱パイプの入口と出口での水温差は蓄熱槽水温が低くなるに従い、温度差も少なくなり、この傾向は、地表、地中放熱とも同様であった。第2図に示すように、2月23～24日の地中放熱区の放熱パイプ出入口の水温差は、20時頃では2℃以上あったが、1時頃には1℃内外、7時頃には0.8℃になった。地表放熱区では20時頃は約1.4℃であり、1時頃には1℃と地中放熱区とほぼ同程度であった。それ以降は地表放熱区での水温差が地中放熱区より、やや大き



第2図 蓄熱槽の水温と放熱管入口と出口の水温差（2月23～24日）



第3図 水温と気温(地)差による放熱量

かった。ポリエチレンパイプによる放熱量は、第3図に示すように、循環する水温と気温あるいは地温の差に正比例し、温度差が高いほど放熱量は大きくなった。

ポリエチレンパイプ60m当たり、地中放熱区では $Y=0.066X-0.526$ 、(Y:放熱量, X:循環水温と気温あるいは地温の差)、すなわち、循環水温と地温あるいは気温の差が50℃のとき地中放熱では29Kcal/分(出入口の水温差1.45℃以下同様)、地表放熱では22Kcal/分(1.10℃)、20℃のとき地中放熱は16Kcal/分(0.79℃)、地表放熱は13Kcal/分(0.65℃)の放熱量になった。

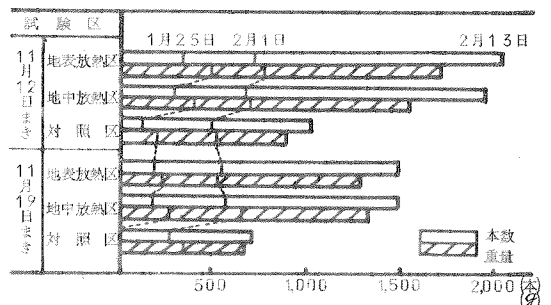
地表配管では循環水温の変動によりパイプの伸縮が起り、2m毎におさえをしたが、ベット上で蛇行した。また、頭上かん水を行ったため葉が放熱パイプに付着し、黄化する葉が観察された。地中配管では、地表配管と同じかん水量にすると、乾燥でシュンギクの活着が遅れた。

シュンギクのつみ取り栽培の作型としては、は種がおくれたが、収穫は暖房処理区で、定植1ヶ月後の1月25日頃から始まったが、対照区に比べて1週間程早かった。2月13日までの収量調査は第3表、第4図に示すように、暖房区は対照区に比べて、本数で約2倍、重量で70～90%増収したが、暖房区では節間伸長が目立った。地表放

第3表 1株当りの収量

試験区		本数	重量
11月12日 まき	対照区	3.7(100)	3.24(100)
	地中放熱区	7.0(189)	5.53(171)
	地表放熱区	7.4(200)	6.16(190)
11月19日 まき	対照区	2.6(100)	2.48(100)
	地中放熱区	5.5(212)	4.79(193)
	地表放熱区	5.5(212)	4.66(188)

注 () 対照区比



第4図 シュンギクの収量調査(280株当り)

熱区、地中放熱区の収量は両区ともほぼ同じであり、11月12日までに、やや地表放熱区が地中放熱区にまさった。

3. 考 察

集熱用ポンプの制御は、集熱器のパイプの温度とタイマーによって行った。タイマーは9～15時で運転され、温度は40℃以上で始動し、40℃以下になったら止まるようにした。晴天で、蓄熱槽の水温が低い時には、この制御でもパイプの温度は容易に40℃以上になり、十分集熱ができ大きな問題はなかった。しかし、天気が一定せず集熱器の水温が40℃以上にならなかった場合、たとえば、蓄熱槽の水温が20℃で、集熱器の水温が35℃あり、集熱する熱量が15℃ありながら、ポンプが動かないため集熱できないようなことがある。また、集熱器の温度が40℃以上になりポンプが作動しても、蓄熱槽の水温が集熱器の水温よりも高い場合には、集熱器による放熱が行われる。このことから本年度の場合の集熱は完全なものではなかったように思われた。集熱ポンプの制御は、集熱器出口の水温と蓄熱槽から集熱器へ送り出される水温の差によって行われるのが望ましいように考えられた。

従来から野菜栽培施設の暖房方式には、温風、温湯、放射暖房等がある。²⁾そのうち温湯暖房の地上併列配管では、収穫、耕起、消毒などの作業性を悪くしたり、設定温度の低い低温暖房では熱効率の低さが指摘されている。また、40～50℃での温湯利用による暖房では地中加温で果菜類の地温上昇を目的とした試験が多い。^{3, 4)}

本試験は低温性野菜のシュンギクを栽培する上で、小トンネル内の気温、地温を暖める方法とその影響を検討するためポリエチレンパイプを用い地表および地中配管で放熱させたものである。放熱ポンプのサーモによる制御は順調であったが、外気温の冷え込みが強い時に、放熱ポンプが連続して運転していても設定温度以下になることがあった。これは温度の低下に対して、ポリエチレンパイプによる放熱では放熱量が不足することに起因している。温湯暖房器による放熱の場合には、一定温度の温湯を必要に応じて循環させることができるので、必要熱量を計算することにより、ボイラーの大きさ、配管等が決定でき、安定した温湯を保持できる。^{6, 9)}

太陽熱利用の場合は循環水温がその日の気象条件により必ずしも一定せず、また、蓄熱槽に蓄えられた、水量と水温は決まっているため、夕方の外気温の比較的高い時には、蓄熱槽の水温も高いが、朝方の外気温の低い時は蓄熱槽の水温も低くなる。ポリエチレンパイプによる地表、地中放熱量は循環水温と気温あるいは地温の差に正比例することがわかり、地表放熱で $Y = 0.045X -$

0.254 、地中放熱で $Y = 0.066X - 0.526$ (Y : 放熱量 X : 循環水温と気温あるいは地温)の式が成り立った。蓄熱槽の水温が10℃低くなると単位時間当たり約50～60%しか放熱しなくなり、このことが、朝方の冷え込み時での放熱量不足の原因になっている。

シュンギクのつみ取り栽培の通常の作型は9月下旬～10月上旬に、は種し、11月上旬定植、11月下旬～12月上旬収穫始めとなるが、本試験では施設の設置時期の関係から耕種的にはおくれたうらみがある。

暖房区は無暖房区より70～90%増収したが、シュンギクの場合、最低気温が7～8℃ではやや高すぎたため、株の徒長が見られた。暖房により、一定期間の収量は増加するが、連続的に最低気温を7～8℃に保つことは、シュンギクの長期つみ取り栽培では、株を軟弱徒長させるため減収することが考えられる。シュンギクは高温多湿になると、たんそ病が発生しやすいが、日中の換気を十分行ったためか発病はなかった。

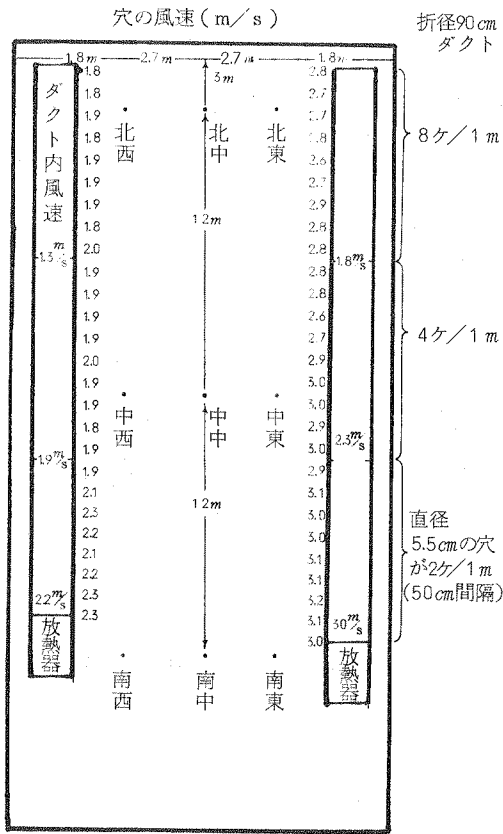
施設内での小トンネル栽培では、放熱方法を改善することにより、太陽熱利用で最低8℃程度の温度を十分保持できるものと考えられた。しかし、施設内のトンネル栽培では、作業性が悪く、利用率も低くなり、栽培する野菜の種類も限られるので、さらに放熱方法の改善が必要と考えられた。

II セルリー栽培試験

1. 試験方法

シュンギクの方法に改善を加え以下のように行った。

- 1) 集熱方法 集熱ポンプ制御とし、蓄熱槽水温と集熱器パイプ内の水温との温度差で、集熱器内の水温が蓄熱槽の水温より高いとき、集熱ポンプが作動するようにセットした。その他はシュンギクの場合と同様である。
- 2) 放熱方法 簡易放熱器(内径7mmφ、外径8mmφの銅管250mを27cm×52cm×160mの鉄箱に入れたもの、前報放熱器Ⅱ型³⁾)に放熱ポンプで温湯をパイプに循環させて、同時にファンで送風し放熱させた。放熱器は温室の内側の南部に1台ずつ設置し、放熱器に折径90cmのダクトをベットと同じ長さで取り付けた。ダクトの先端部は閉じ、第5図に示すような方法で、ベット側に直径5.5cmの穴を開け放熱した。放熱用サーモは温室中央部の高さ1mに設置し、1980年12月20～25日までは10℃、それ以降は12℃にセットした。
- 3) 供試温室 シュンギク栽培と同じ
- 4) 供試品種および栽培方法 'コーネル619'(タキイ種苗KK)および'トップセラ' (タキイ種苗KK)を



第5図 風量調査と温度測定場所

用い1980年9月26日には種した。第1回目の移植は10月29日に、10cm×4cmの栽植密度で行ない、白寒冷しゃで被覆した。2回目の移植は10cm×15cmで11月21日に温室内に行い、夜間はビニルを被覆した。定植は12月15日とし、幅120cmのベットの「コーネル619」は条間50cm、株間40cmの3条植とした。「トップセラー」は条間30cm、株間40cmの4条植とし、それぞれ千鳥植とした。温室内の西側3ベットに「トップセラー」を、東側2ベットに「コーネル619」を定植した。

施肥量は、10a当たり換算で、元肥として、稲ワラ堆肥5t、油粕400kg、石灰200kgを11月13日に、燐加安42号100kg、溶燐100kgを12月6日に施用した。（成分合計N:P₂O₅:K₂O=36:44:18kg 堆肥成分を除く）追肥はNK化成で「コーネル619」は1月6日、21日、2月7日、3月7日N:K₂O=5:5kg、「トップセラー」は1月6日、21日N:K₂O=5:5kg 2月10日N:K₂O=2.5:2.5とした。（成分合計「コーネル619」N:P₂O₅:K₂O=56:44:38kg「トップセラー」N:P₂O₅:K₂O=48.5:44:30.5kg）。

また、2月18日に塩化カルシウムの0.3%液、2月16日にストレプトマイシン剤5万単位2,000倍液を散布した。

5) 栽培条件 温室の天井と南側および東側のカーテンは酢ビナポリ、北側はさらにシルバーポリ、西側の水耕温室との仕切りは塩ビナポリで行った。温室管理は原則として第4表に示すとおりである。温度調査地点は第5図に示す位置で、気温は高さ1m、地温はベットから10cmのところで測定した。

第4表 天窗、カーテンの開閉（晴れた日）

月 日	温室天窗		カーテン開		カーテン閉	
	時分	時分	時分	時分	時分	時分
12月20日~2月1日	11.00	~13.00	8.30	~9.00	15.00	~15.30
2月2日~3月4日	10.00	~14.00	〃		16.30	~16.00
3月5日~3月18日	9.00	~16.30	8.00	~8.30	16.30	~17.00

曇った日 天窗は閉じたまま、カーテンだけ開
雨 〃 カーテンも一層閉

6) 花芽分化調査 生育調査時の株を解剖顕微鏡で観察した。花芽の発育ステージの判定は従来の方法にならなかった。⁹⁾

2. 試験結果

集熱および放熱は1980年12月20日から行った。集熱はサンネツソーラシステムコントローラー（蓄熱槽の水温と集熱器の水温差による制御装置）により、集熱ポンプのコントロールは十分に制御された。2~3機器のトラブルや停電等を除き、ほぼ最大量の集熱がえられたものと思われた。

集熱でのトラブルとしては流量計の凍結による破裂、集熱器接続部の抜け、ポリパイプのピンホールなどが、12月25日、30日、1月12日、17日、23日にあり、若干集熱量が少なくなった。また、1月13日、16日、3月3日には停電、ソーラシステムコントローラーの取付けなどがあり集熱量に影響を受けた。

放熱はサーモタイマーにより順調に行われた。第6図は試験期間中の蓄熱槽での集熱、放熱後の水温変化を示したものである。蓄熱槽の水温が低かった日は、1月27日と2月25日で、11℃程度であった。また水温の高かった日は3月10日以後で、3月16日には50℃以上になった。

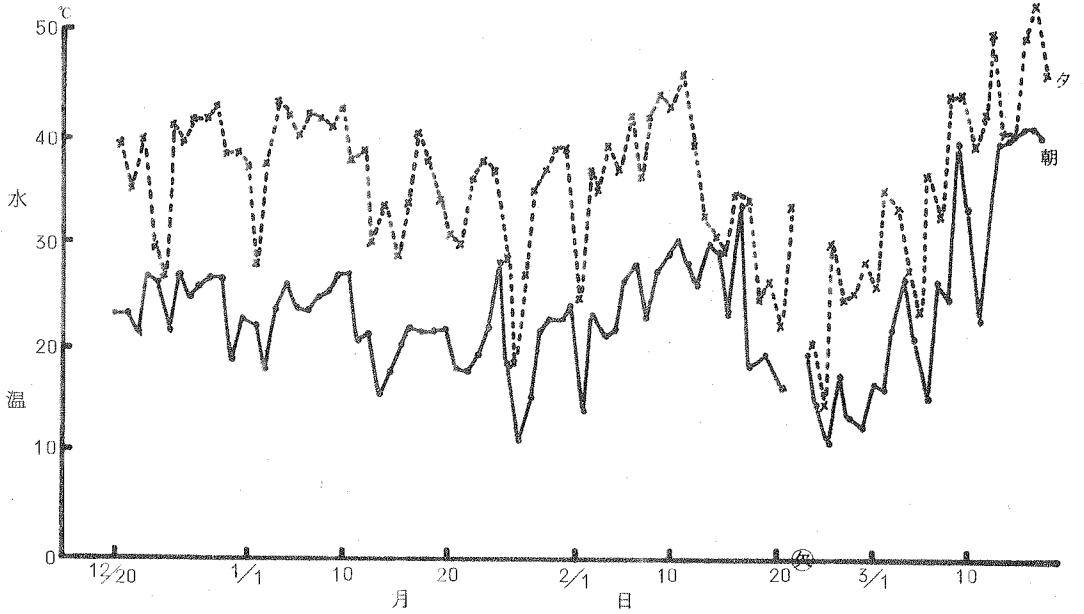
蓄熱槽の水温は、1月上旬に、集熱後で40℃以上になったが、順次低くなり、1月下旬では40℃以上にはならなかった。2月上旬には、再び40℃以上になったが、2月中旬以降では、蓄熱槽の水温は全般的に低く、高くな

っても35℃程度であった。

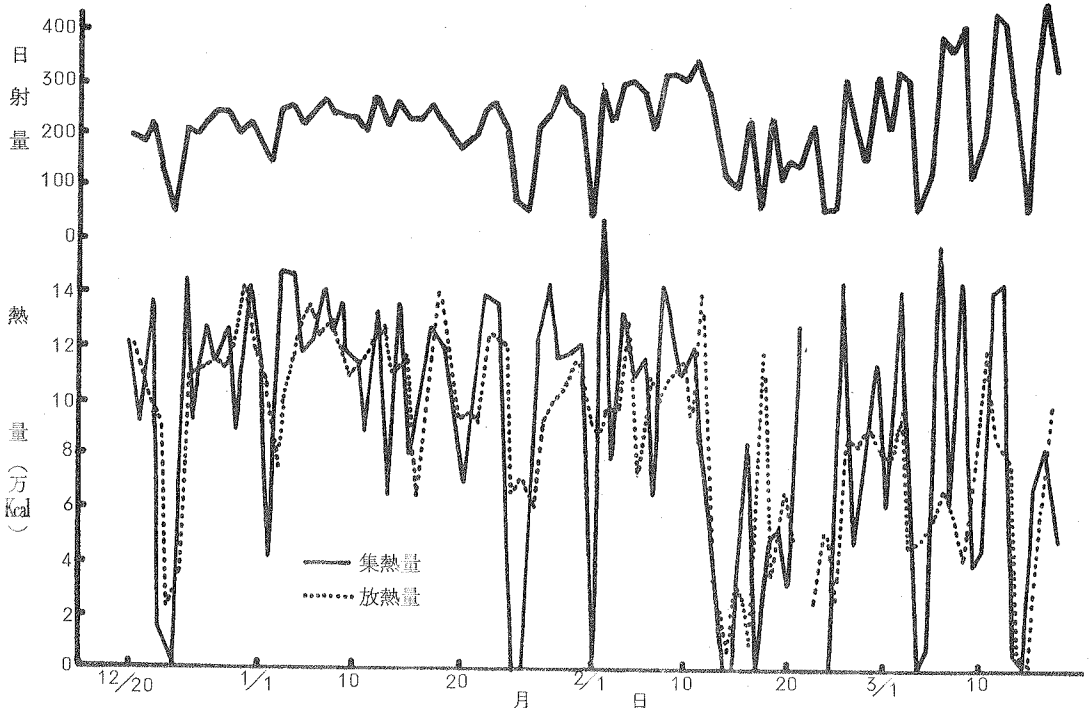
第7図は集熱量および放熱量を示しているが、晴れた日には、集熱器40台ではほぼ10万Kcal以上の集熱ができた。

集熱の最も多かったのは2月2日で、約16.5万Kcalであった。

一般に1月上旬で集熱量が多く、下旬で少なかった。2月10日頃から天候が悪くなり、集熱できない日が多く、



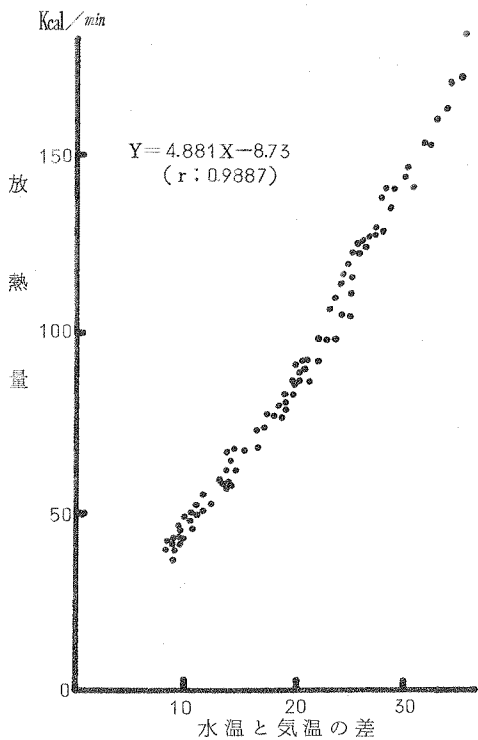
第6図 蓄熱槽水温の経時的変化



第7図 集熱、放熱量と日射量(水平)調査

また集熱できた日でも一日中晴れることがなかった。

放熱量は1月上旬で、12~13万kcalと多く、それ以降順次減少していく傾向がみられた。最大の放熱量は2月11~12日で14万kcalであった。放熱が無かった日は、3月13~14日、14~15日の2日間だけであった。放熱器の風量調査は第5図に示すように、東側の放熱器で強く、西側で少なかった。東側放熱器の性能は、循環水温と送風気温の差に正比例して、温度差が大きいほど放熱量は大きくなり、第8図に示すように $Y = 4.811X - 8.73$ (Y : 放熱量 X : 循環水温と送風気温の差) の式が成り立つ



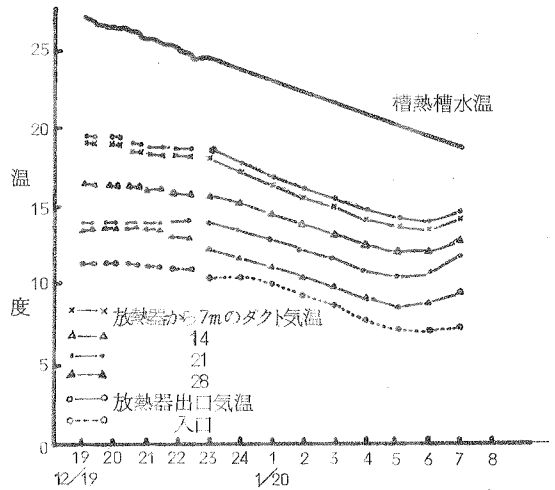
第8図 放熱器の性能

た。つまり、水・気温の差が30℃の時、8.262 Kcal/h、20℃の時、5.333 Kcal/hの放熱量になった。（循環水量は30 l/min）

西側の放熱器は東側のものにくらべて、循環流量は同じであったが、風量が少なかったので、60%前後の放熱量であった。

ダクトの部位毎の温度調査は第9図に示した。放熱器から出される風温は部位によって相当の差があり、ダクトの基部と先端部では5℃程度の温度差が認められた。

日射量は（第7図）12月~1月上旬で、晴天の日200 cal/cm²・day になり、その場合10万kcalの集熱が可能であ



第9図 ダクトの部位による温度

った。日射量が100 cal/cm²・day 以下の場合には、集熱量はないか、あっても数万kcalであった。日射量が3月以降急激に多くなるが、集熱量はそれに伴って多くはならなかった。

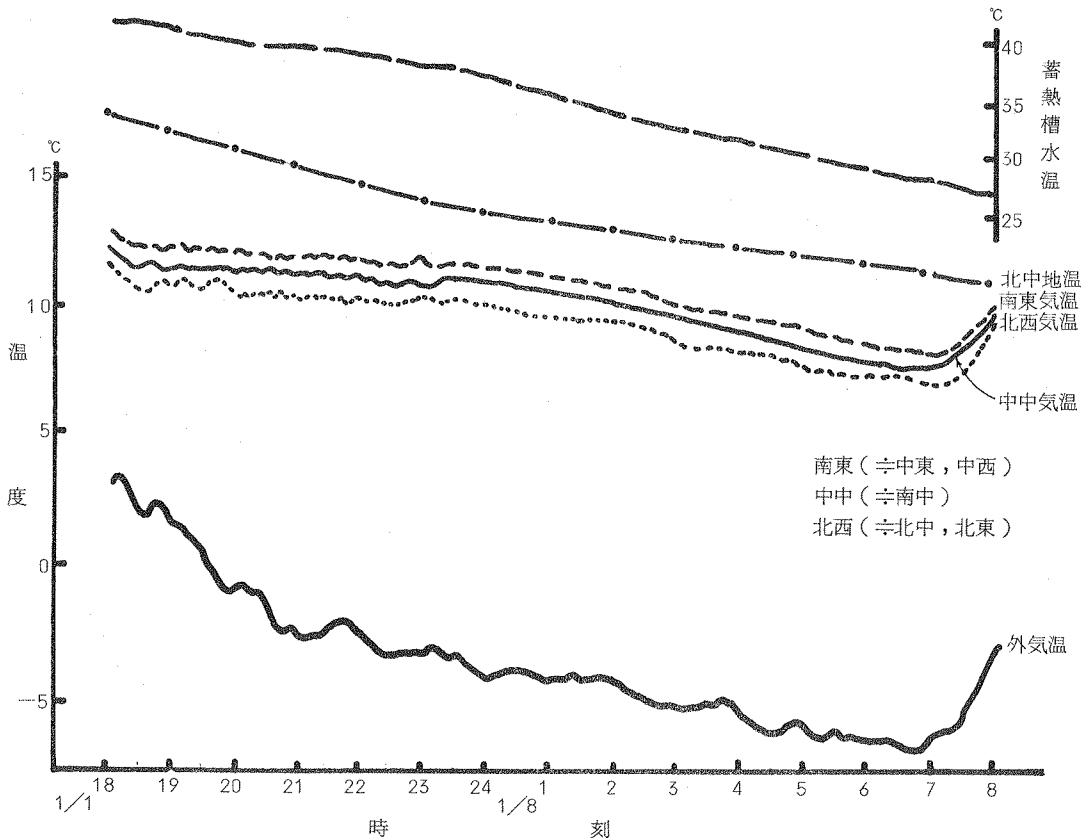
第5表は温室内の最低気温調査の結果である。温室内の温度分布は北側での冷え込みが強く、中央と南側で高かった。また、中央と南側でも、放熱ダクトのある西側、東側の両サイドが中央部より高くなる傾向が見られた。温室内の場所による温度差は、外気温の高低にかかわらず、ほぼ1.5℃以内であった。しかし、1月27、28日のように蓄熱槽の水温が低く、外気温も低いと、放熱量が不足し、そのような時には23~29℃の温度差が見られた。温室内の最低気温は、外気温と蓄熱槽の水温によって決まるが、40℃以上の水温が蓄熱されている時には、外気温が-7℃以下でも、最低室温が7℃程度は得られ、温室内外の温度差が14℃以上とれた。しかし、1月26~27日のように、放熱前の蓄熱槽の水温が20℃以下と低温の時は、外気温が-6.6℃でも室内平均気温は約4℃と低く、温室内外の温度差は10.5℃程度しかとれなかった。

サーモを12℃にセットしたが、温室中央部で11℃程度で放熱用のポンプが始動した。本試験の太陽熱利用による外部集熱暖房システムでは、第10図に示すように、シユンギク栽培の場合と同様に夕方の冷え込みの少ない時には蓄熱槽の水温が高く、放熱量が多く、サーモにより、ポンプも断続運転する。しかし、朝方の温度の冷え込みが強い時には蓄熱槽の水温も低くなり、放熱ポンプが連続運転しても放熱量が少なく、目標設定温度は取れなかった。第11図に示すように1~2月で目標設定温度がと

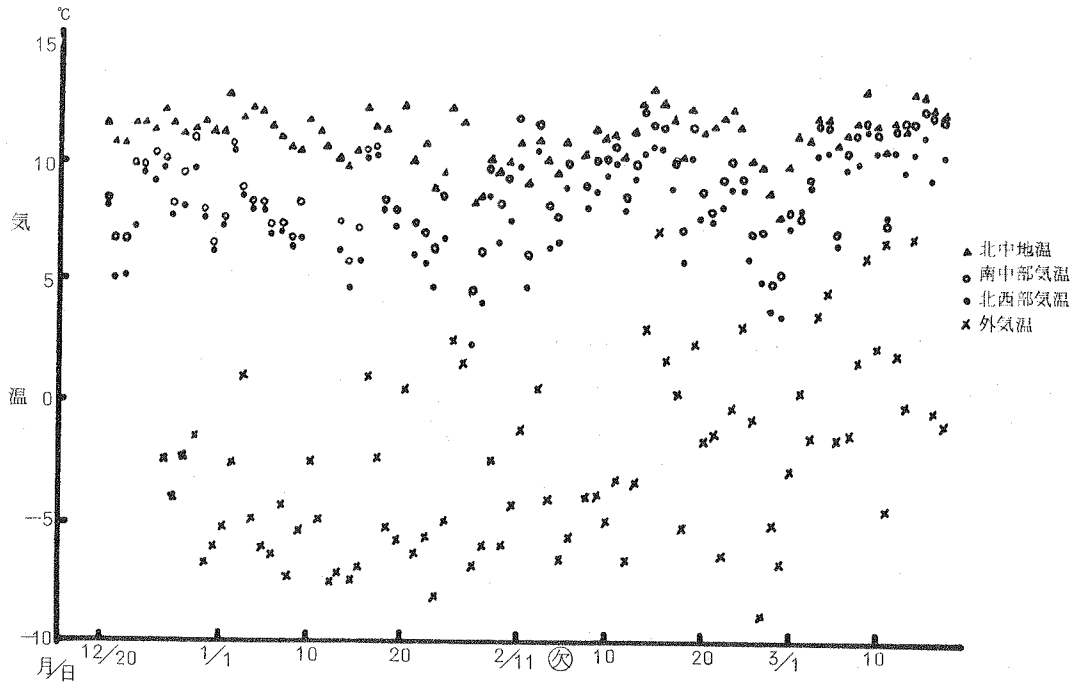
第5表 温室内最低温度調査

月	日	外気温	温室内気温								温室内地温		タンク水温	
			北東	北中	北西	中東	中中	中西	南東	南中	北中	南中	放熱前	放熱後
1.	8	-7.1	6.9	6.9	6.9	8.3	7.8	8.2	8.4	7.1	11.0	13.4	4.25	25.0
	9	-5.2	7.9	7.3	7.1	8.8	8.3	8.8	9.0	8.6	10.9	13.5	4.18	25.5
	10*	-2.2	10.8	10.5	10.6	11.3	11.2	11.8	11.9	11.7	12.0	14.1	4.13	27.3
	11	-4.7	9.1	8.4	9.0	9.8	9.4	10.1	10.0	9.9	11.6	13.9	4.28	27.3
	12	-7.3	6.1	6.2	6.2	7.1	6.7	7.4	6.6	6.3	11.0	12.8	3.78	21.3
	13	-7.0	6.3	6.3	6.6	7.3	7.3	7.9	8.0	7.8	10.5	13.4	3.90	21.8
	14	-7.2	4.8	4.9	5.0	5.9	5.9	6.3	6.4	6.1	10.2	12.4	3.03	15.8
	15	-6.9	6.9	6.1	6.1	7.0	6.8	7.3	7.1	7.5	10.8	12.7	3.40	18.3
	16	1.3	10.8	10.3	10.4	10.6	10.6	11.0	11.0	10.7	12.6	13.5	2.88	20.3
	17	-2.2	10.6	10.9	10.6	10.8	10.5	10.9	10.9	10.9	11.8	14.2	3.35	22.5
	24	-4.7	7.6	7.3	7.1	8.7	8.2	8.8	8.9	8.8	9.9	13.3	3.78	22.0
	25*	2.8	11.1	10.7	11.0	11.5	11.6	11.8	12.4	11.9	12.5	14.2	3.70	28.8
	26	1.9	10.4	9.7	9.9	10.5	10.0	10.4	10.8	10.6	12.0	13.4	2.88	19.0
	27	-6.6	2.9	2.7	2.6	4.5	4.2	4.6	5.2	4.8	8.6	11.3	1.90	11.3
	28	-5.9	3.9	4.2	4.3	5.9	5.6	6.5	6.8	6.5	8.8	12.0	2.78	15.5
	29	-2.2	8.4	8.3	8.9	10.2	9.8	10.4	10.6	10.4	10.4	13.7	3.50	21.5
	30	-5.8	7.7	6.8	6.9	8.2	7.9	8.8	8.8	8.5	9.9	13.8	3.70	23.0
	31	-4.1	8.4	7.9	7.8	8.8	8.9	9.7	9.7	9.5	10.3	13.6	3.88	23.0

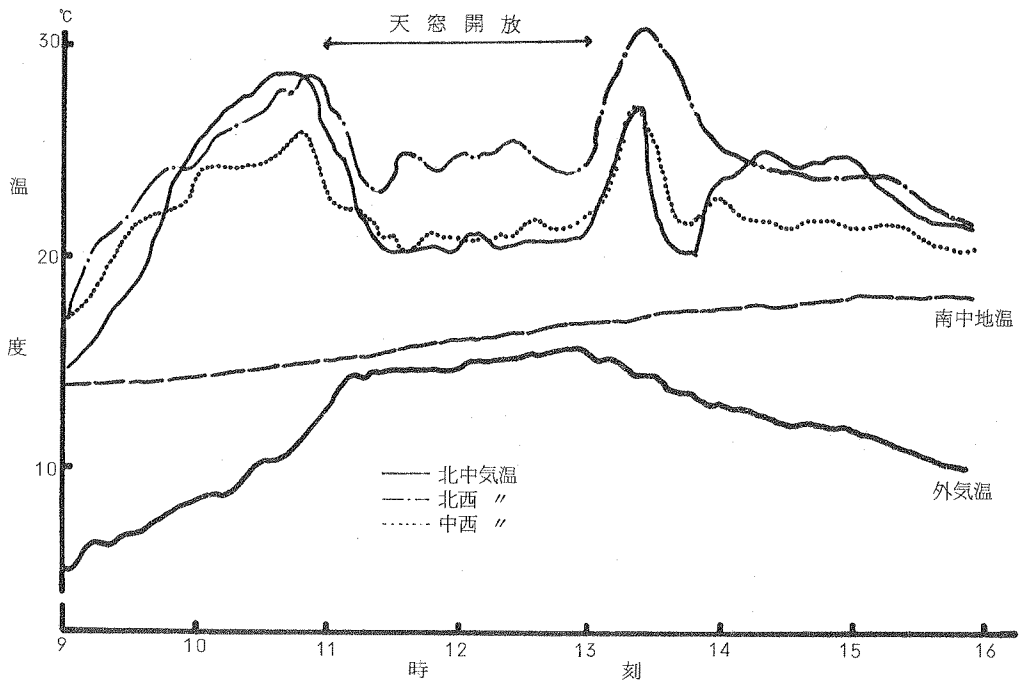
注※ 終夜放熱ポンプ断続運転



第10図 最低温度の温度調査



第11図 最低温度調査



第12図 温室最高温度調査（1月10日）

れたのは1月10, 25日, 2月3, 14, 15, 16, 19日の7日間だけであった。これらの日は、外気温が高く、蓄熱槽の水温も高かった。最低気温が5℃以下になったのは北西部(温室の最低気温の低い場所)で4日間、南中部(最低気温の高い場所)で1日であった。また、8℃以下になったのは北西部で29日、南中部で20日あり、逆に、8℃以上は北西部29日、南中部38日間であった。

温室内の最高気温は(第12図)温室北部で高く、特に北部でも西側で高く、中東, 中西, 南中部で低い傾向が見られた。温室内の最高気温は天窓の開閉に影響され、外気温の高くなる13時頃ではなく、天窓を開ける直前、あるいは天窓を閉めた後であった。地温は2月下旬まで順次下降気味に推移した。

サンネットソーラーシステムコントローラーを0℃にセットした場合、第6表に示すように晴れた日の平均で5

第6表 集熱ポンプ運転時間と使用電力

	集熱時間		ポンプ 運転時間	使用電力	1時間 当たり
	時分	時分	時分	KW	KW
1月29日	10.00	~15.20	5.20	3.1	0.58
30	10.50	~15.00	4.10	2.5	0.60
31	11.10	~15.00	4.50	2.8	0.58
2月1日		0	0	0	0
2	10.00	~16.00	6.00	3.3	0.58
3	10.40	~15.50	5.10	3.1	0.60
4	9.30	~15.30	6.00	3.3	0.55
5	10.00	~14.50	4.50	2.9	0.60
平均			5.10	3.0	0.58 KW

時間10分集熱ポンプが可動し、使用電力は3.0KWで、1時間当り0.58KWであった。同様に第7表に示すよう放熱ポンプ(ファンも含む)の平均運転時間は、断続運転が1時間46分、連続運転が9時間53分で合計11時間39分であった。その時の使用電力は16.1KWで、1時間当り1.39KWになった。試験期間中の集熱ポンプの使用電力は第8表のように18.57KW、放熱ポンプとファンでは1054.5KWで合計1238.2KWであった。

セルリーの生育は、第1回目移植後、寒ししゃ被覆では気温が下がったためやや生育が遅れたので、ビニネット被覆にかえた。定植後の生育は順調で、病株や要素欠乏株は認められず全株とも収穫できた。両品種とも、各ベント北側の5列と南側出入口の2~3列が低温のため生育がややおくれた。

セルリーの生育、花芽、観察調査の結果は第9~11表と第13, 14図に示した。'トップセラー'で2月下旬頃に調整重で1.2kgとなり、収穫期と考えられた。は種後、160日目の3月5日の調整重は'コーネル619'が約0.9kg、'トップセラー'が1.3kgであった。は種後180日の3月25日では、'コーネル619'1.9kg、'トップセラー'2.1kgであった。

花芽分化は1月6日で、両品種とも未分化であったが、2月5日には分化しており、'コーネル619'は花芽増加期になっていた。抽台が見え始めたのは'コーネル619'で3月12日頃、'トップセラー'で3月18日頃であった。'コーネル619'は3月25日には全株で抽台がみられ、茎長も平均6.9cmとなり品質的にも劣るようになった。しかし葉柄のす入りは見られなかった。'トップセラー'

第7表 放熱ポンプとファンの運転時間および使用電力調査

月 日	断続運転時間および回数				連続運転時間			ポンプ+ファン 合計運転時間	使用電力 KW	1時間当りの 使用電力 KW
	時分	時分	分	回	時分	時分	時間分			
1月27~28日	17.20	~18.10	20	2	18.10	~8.00	14.10	14.30	18.9	1.33
28~29	18.30	~21.00	1.00	9	21.00	~8.00	11.00	12.00	16.4	1.37
29~30	19.00	~22.20	1.10	10	22.20	~8.00	9.40	10.50	14.9	1.38
30~31	18.00	~24.10	3.10	21	24.10	~8.00	7.50	11.00	15.5	1.41
31~2/1	18.30	~1.50	4.10	23	1.50	~8.00	6.10	10.20	15.0	1.45
1~2					17.30	~8.00	14.30	14.30	19.9	1.37
2~3	18.20	~1.10	3.30	20	1.10	~8.00	6.50	10.20	14.4	1.39
3~4	18.50	~21.10	1.00	6	21.10	~7.50	10.40	11.40	16.1	1.38
4~5	18.45	~20.20	1.00	7	20.20	~8.00	11.40	12.40	17.3	1.37
5~6	19.45	~1.30	2.20	21	1.30	~7.50	6.20	8.40	12.4	1.43
平均			時間分	回	時間分	時間分	時間分	時間分	KW	KW
			1.46	11.9	9.53		11.39		16.1	1.39

第8表 省エネ使用電力

	合計		集熱ポンプ	放熱ポンプ+ファン
	kWh	KW		KW
12月22日～	122.8	18.8 (15.3%)		104.0 (84.7%)
1月1～31日	532.0	73.1 (13.7)		458.9 (86.3)
2月1～28日	427.5	63.1 (14.8)		364.4 (85.2)
3月1～17日	155.9	28.7 (18.4)		127.2 (81.6)
12月22日～3月17日	1238.2	183.7 (14.8%)		1054.5 (85.2%)

第9表 抽台、ス入り調査（10株当り）

品日	トップセラー			コーネル619		
	抽台率	茎長	ス入り株率	抽台率	茎長	ス入り株率
2月27日	0%	0cm	0%	0%	0cm	0%
3月5日	0%	0cm	0%	0%	0cm	0%
12日	0%	0cm	0%	5.0%	1.8cm	0%
18日	6.0%	1.0cm	0%	7.0%	1.9cm	0%
25日	9.0%	4.4cm	3.0%	10.0%	6.9cm	0%

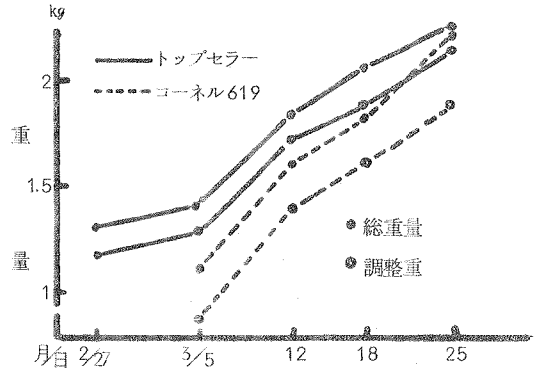
第10表 欠株調査（3月12日トップセラー296株、コーネル183株当り）

品日	欠株	病株	要素欠株	生育不良株
コーネル619	0%	0%	0%	0%
トップセラー	0	0	0	0

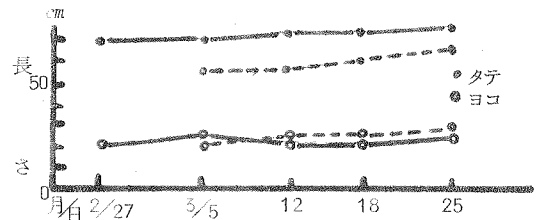
第11表 花芽分化観察調査

	コーネル619	トップセラー
1月6日	× × ×	× × × × ×
2月5日	◎ ◎ ◎	△ △ △ ○ ○
27日	—————	△ ○ ○ ◎ ◎
3月8日	◎ ◎ ◎	—————
12日	◎ ◎ ◎	△ ◎ ◎ ◎ ◎
18日	◎ ◎ ◎	○ ◎ ◎ ◎ ◎
25日	◎ ◎ ◎	◎ ◎ ◎ ◎ ◎

× 未分化 ○ 側花房形成期 ◎ 花房増加期
 △ 花房分化期 ◎ 小花形成期 ◎ 小花増加期
 ◎ 花卉形成期



第13図 重量調査



第14図 最大葉の生育調査

でも3月25日には「コーネル619」程ではなかったが、抽台が目立つようになった。また、す入りとともに葉柄の過熱症状（葉柄の内側がうす紫で、水浸状になる）が見られた。

3. 考 察

蓄熱槽の水温は、集熱量と放熱量によって決まるが、1月27日と2月25日には蓄熱槽の水温は11℃前後まで下がって最低水温を示した。このことは、時期的に気温が低く放熱量が多くなったためばかりではなく、日中の天気が悪く、集熱できない日が続き、しかも夜間の冷え込みが厳しく多くの放熱が見られたためである。逆に、水温が高くなったのは3月10日過ぎで、これは、気温が高くなり、放熱量が少なくなったことと、日射量が増えて集熱量が増加したことによるものである。

集熱能力をみると供試集熱器40台で、日射量が200 cal/cm²・day 以上の日には、10万Kcal以上の集熱ができた。集熱量の最も多かった日は2月2日で約165万Kcalの集熱ができた。このことは日射量が多かったことと、最低外気温が-3.7℃程度で、集熱器内部あるいは集熱器接続部での冷え込みが少なかったこと、さらに大きな理由としては、蓄熱槽の水温が15℃程度と低く、外気温との差が少ない状態で集熱できたためと考えられる。

3月中旬頃になると、2月上旬に比べて日射量が20～30%多くなるが、集熱量では多くなっていない。このことは3月中旬では蓄熱槽の水温が高く、水温と外気温

の差が大きい状態での集熱になり、集熱効率が落ちたためであろう。また、集熱器の角度は、太陽の入射角度から2月上旬の方が、3月中旬より有利になっている。¹¹⁾

温室内の温度分布をみると、北側では、シルバーポリによるカーテンをふやしても、冷え込みは強く気温は下がった。

放熱を均一化するためのダクトの穴の状態は、放熱器に近い南側で少なく、北側では3倍の穴を開けた。一つの穴当りの風量は北側でやや少なかったが、穴の数が多いので、全体的にみると北側での風量が多かった。しかし、北側の冷え込みが強かったのは、ダクトの長さが約30mと長く、ダクト先端部の北側の穴からでてくる風温は放熱器近くからの風温よりも5℃と低くかったことにも原因しているものと思われた。

温室内の場所による最低気温の差は、極端に放熱量不足のときには、3℃程度になるが、一般的には1.5℃以内の温度差であったので、ほぼ、ダクトの穴の数はよいものと思われた。温室内の温度差を均一化するには、ファンによる風量を多くして、ダクト内の温度差を少なくすることや、ダクトの位置、長さについて検討する必要がある。

本年度の場合は平年より寒さが厳しく、外気温-5℃以下の日が1、2月で25日あった。外部集熱方式による温室の暖房システムでは、夕方の外気温が比較的高い時には、蓄熱槽の水温も高く放熱量も十分であるが、冷え込みの最も強い朝方では蓄熱槽の水温も低くなり、時間当たりの放熱量不足が生じてくるという特性がある。放熱量を多くするには効率の良い放熱器の開発、あるいは低水温に見合った放熱器数の増加などが考えられる。しかし、放熱器の価格、電気代等の維持費、設置場所の問題など総合的の検討が必要となる。¹⁾ 現状での放熱器の性能からすると設定温度をあまり高くしても効果は上がらない。従って実際的には10℃以下の設置温度にするか、あるいは朝方の冷え込みの強い時には補助暖房に切り換えることが望ましい。しかし、蓄熱槽については、本試験で使用している完全混合型ではなく、温度差による密度変化を利用して、上部を高温層に、下部を低温層とし、内部での混合を防いだ温度成層利用方式による有利性も示されているので、¹⁰⁾ これらの利用により放熱量を多くすることが考えられる。また、蓄熱槽の台数が複数の場合は、朝方の外気温の低くなったとき用に、高い水温を残しておく工夫をすることにより、時間当たりの放熱量不足を解消することも考えられる。

本試験では、最初から12℃の高温にサーモを設定した

ために、室内温度が結果的に8℃を割った日が多くなっている。しかし、最初から8℃の設定であれば、夜半での放熱量も少なく、その結果として朝方でも放熱ができるため、かなりの日数で8℃の温度は保つことができると考えられた。

セルリーの生育をみると、本年度は、平年より気温が低かったにもかかわらず、'トップセラー'では補助暖房なしで、太陽熱利用による暖房だけでも十分に良質のものを収穫することができた。'コーネル619'では'トップセラー'より花芽分化も進み、3月12日頃では抽台も見られ、品質も低下し始めた。3月18日頃までに収穫すれば抽台も大きな問題にならないように思われ、調整重で1.5kg程度であった。は種から180日目の3月15日では調整重量は1.9kgになったが、抽台が外観的にもはっきりと認められるようになり、商品性に問題が残った。従って、'コーネル619'で良質のものを多収するには太陽熱利用による暖房のみでは温度的に不十分であり、補助暖房が必要と考えられた。

摘 要

1. 本試験はシュンギクおよびセルリーを用い、外部集熱方式による太陽熱利用暖房の有効性を検討した。
2. 温室内一層カーテンおよびトンネル被覆状態で、ポリエチレンパイプ放熱を行った場合、外気温が-8℃程度でも、温室内最低気温を7℃以上に保つことができた。しかし、トンネル被覆栽培では、栽培作物が限定されることと、作業性に問題が残った。
3. シュンギクのつみ取り栽培で、太陽熱利用暖房は無暖房にくらべて70~90%の増収効果があった。放熱方法としてポリエチレンパイプによる地表放熱と地中放熱を行った。その結果、気温の保持では地表放熱がよく、地温の保持では地中放熱が有利であった。シュンギク栽培での利用方法としては地中放熱が総合的にまさるものと考えられた。
4. セルリー栽培での室温確保の状態からみて、外気温が-5℃程度なら、集熱が十分にできた時には、10℃近くの室温を維持できた。しかし、集熱が悪く、放熱が続いた時には室温も3℃程度に下がった。'トップセラー'は太陽熱利用暖房だけでも良質のものが収穫できたが、'コーネル619'では調整重1.5kg程度で抽台が目立ち、問題を残した。
5. 太陽熱利用による放熱方法として、ポリエチレンパイプを用いた自然放熱でも、簡易放熱器による強制放熱でも、放熱量は水温と気温の差に強く影響され、水温と

気温の差が大きいほど放熱量が多くなった。ポリエチレンパイプの地表放熱では $Y=0.045X-0.254$, 地中放熱では $Y=0.066X-0.526$ となり, 簡易放熱器では $Y=4.881X-8.73$ となった。(Y:放熱量 X:水温と気温の差)すなわち, 水気温差30℃, 20℃の場合, 地表放熱では1時間当り, 1,320, 780 Kcal, 地中放熱では1,740, 960 Kcal, 簡易放熱器 8,260, 5,330 Kcal となり, 簡易放熱器による有利性が認められた。

6. 本方式では, 暖房の熱源である蓄熱槽の水量は一定であり, 水温は集熱直後で最大となる。利用面からみた放熱で, 夜半の冷え込みが弱い時には蓄熱槽の水温も長い間下らないで十分な放熱を継続することができる。

しかし, 朝方の冷え込みの強くなるときは, 水温も低くなり, 時間当りの放熱不足が生じやすかった。

7. 太陽熱利用暖房では集熱, 蓄熱が天候に左右されるため, 確実な温度を維持するためには補助暖房の併用が有効と考えられる。

引用文献

- 1) 瀧美照男: 施設園芸における省エネルギー対策技術に関する試験研究検討会資料 野菜試 35~38(1981)
- 2) 板木利隆: 施設栽培における暖房方式ならびにトマト, キュウリの気・地温制御に関する研究
- 3) ———・金目武男: 神奈川園研報16, 57~64(1965)
- 4) ———・—————: 同上 124~130(1970)
- 5) 岩見直明: 園芸学会昭和41年秋季大会発表要旨, 133~134
- 6) 三原義秋: 施設園芸の気候管理 111~136 誠文堂新光社(1972)
- 7) 望月正之・中村宏・平岡達也: 神奈川農総研報124, 23~33(1983)
- 8) 中村宏・望月正之・—————: 同上 34~42(1983)
- 9) 岡田益己: 温室設計の基礎と実際 養賢堂182~204(1980)
- 10) 大原源二・内藤文男: 農及園56(6), 741~746(1981)
- 11) 理科年表: 東京天文台編纂 丸善K.K. (1981)

Summary

1. The studies were conducted to investigate the properties of solar green house heated by means of external collection system while culturing of garland chrysanthemum and celery.
2. In single layer thermal screen and plastic tunnel green house radiating heat of the polyethylene pipe were maintained at above 7℃, even when the minimum ambient temperature was about -8℃. But plastic tunnel was defined with the culture of crop and was inconvenient for working.
3. In pinching culture of garland chrysanthemum, the solar heating by means of external collection system was harvested more 70-90% than the control. For soil and soil surface heating of polyethylene pipe, the former was higher in air temperature than the latter; and the latter was higher in soil temperature than the former. The soil heating of polyethylene pipe was better in pinching culture of garland chrysanthemum than the soil surface heating.
4. In culturing of celery, inside air temperature was maintained to about 10℃ at outside air temperature of -5℃, when collection was fully carried out at day time. But when collection was not fully carried out, inside air temperature was below 3℃. 'Top-sailor' was goodly harvested only in solar green house heated by means of external collection system. But bolting was forced in 'Cornel 619' when grown up to 1.5kg weight.
5. With polyethylene pipe and fan coil radiation, amount of solar radiation was influenced by the difference between water temperature and air temperature.

Regression lines obtained were as follows:

	Regression lines	Difference between water and air temp.	
		20℃	30℃
Soil surface heating of polyethylene pipe	$Y=0.045X-0.254$	780 Kcal/h	1,320 Kcal/h
Soil heating of polyethylene pipe	$Y=0.066X-0.526$	960	1,740
Simple unit heater	$Y=4.881X-0.073$	5,330	8,260

Y: Amount of solar radiation

X: Difference between water and air temperature
polyethylene pipe; Per 60m

6. In solar green house heated by means of external collection, amount of water in heat storage tank was same and amount of collected energy was the highest immediately after collection. As water temperature of heat storage tank and outside air temperature were comparatively higher in the evening, it was easily radiated to full amount of heat storage. But it was very difficult in the morning when both the air and water temperature were lower. As the collection and heat storage in solar green house heated by means of external collection system was much influenced by weather, it was thought that solar heating system was effective to use along with air heating in order to maintain safety room temperature.