

# 太陽熱利用水蓄熱施設の周年利用技術の確立に関する研究

平尾 晃・船越 建明・後 俊孝

キーワード：太陽熱利用水蓄熱方式，低温栽培

昭和48年の第1次オイルショック以来，施設園芸の省エネルギー対策試験が各地で開始された。西南暖地では，地域的に豊富な太陽エネルギーの効率的利用技術として地中熱交換方式の開発が主流を始めた。この方式は蓄熱層のキャパシティが大きく蓄熱量は多いが設置費が高くつき，既存の施設には設置しにくい。また，熱をとり出す時に水分を一緒にとり出すため室内が過湿になり病害が多発するなどの問題点を持っている。

本試験で使用した内部集熱型水蓄熱施設グリーンソーラーは昭和54年にN社で開発されたコンパクトな太陽熱利用施設である。この装置は栽培室内に置いた効率の良い熱交換機で昼間室内に入ってきた熱を室外に設置した水槽に温度成層型蓄熱方式で貯めておき，夜間これを上層から順にとり出して暖房に利用するシステムになっている。1台の熱交換機と2基の水槽がセットになっており既存の施設を含めてどこにでも設置でき，熱交換機のみを利用して別の温水から容易に熱をとり出すこともできる。さらに，仕様にはないが冷水を通せば室内の冷却も可能であるなどの特徴がある。欠点としては水槽が小型であるため蓄熱量が少ない，内部集熱型であるため作物の正常生育温度の範囲内でしか集熱出来ないため集熱効率が低いなど蓄熱条件に問題がある。

グリーンソーラーに関する試験は山梨農試<sup>13)</sup>，茨城農試<sup>9)</sup>，高知農林技研<sup>5)</sup>，佐賀農試<sup>10)</sup>等で行われており，補助暖房とのセット方式や地下水利用で検討され，45～54%の節油率となったことが報告されている。しかし太陽熱利用グリーンソーラー単独での実用化を試みたものは見当たらない。

沿岸島しょ部地域は，1～2月の平均気温5.1～5.5℃，平均日照時間110～120時間/月と県内では恵まれた気象条件下にある。そこで，沿岸島しょ部地域におけるこの装置の暖房能力を明らかにし，単独利用による促成トマト栽培の可能性を検討すると共に，夏期に地下水を用いた冷房能力と促成トマトとの輪作に好適な夏秋どりメロ

ンの品質に及ぼす影響についても一部調査したので結果を報告する。

## 試験 I グリーンソーラーの暖房能力調査及びトマト促成栽培試験

### 1. 試験方法

#### 1) 供試施設の概要

本試験で使用した内部集熱型水蓄熱施設グリーンソーラー(RSE-131EG型)の仕様はつぎのとおりである。

蓄熱水槽 3.3m<sup>2</sup> 2基，向流型熱交換機(送風機容量500Wh ポンプ容量125Wh) 1基。

加温設定時間及び温度はつぎのとおりである。

昭和58年度・59年度

16時30分～6時00分 15℃

昭和60年度

16時30分～20時00分 10℃

20時00分～6時00分 5℃

6時00分～7時30分 15℃

集熱開始温度は25℃，流量は19l/minに設定した。

用いたガラス室の仕様はつぎのとおりである。

間口6.3m，奥行15m，床面積94.5m<sup>2</sup>，体積274m<sup>3</sup>，南北棟，総アルミ，天井内張：アルミ蒸着不織布+0.05mm透明ポリ2軸2層，サイド内張：0.2mmソーラーコート2重張，外側部分には0.075mmビニールを張った。

#### 2) 供試トマトの栽培概要

昭和58年度及び60年度には品種比較試験を，昭和59年度には栽植密度及び仕立法に関する試験を行った。

昭和58年度から昭和60年度までの3年間における供試トマトの栽培概要は第1表に示した。

毎年，有機物を200kg/a施用し，施肥量は三要素とも，昭和58年度は1kg/a，昭和59年度及び昭和60年度は0.5kg/aとした。また，耐寒性を持たせるため1月以降は灌水をほとんど行わなかった。

第1表 3年間におけるトマト供試品種及び栽培概要

年度	供試品種	播種日	畝幅×株間 (m)	整枝法	摘心段数(段)	
58	ミニファースト501	8月23日	2.1×0.3 2条	主枝直立	7	
	ファーストカスタム502					
	強力ハウスファースト天光					
	強力寿光					
59	ミニファースト501	8月17日	2.1×0.20 2条	主枝直立	5	
			2.1×0.25 2条			
			2.1×0.30 2条			
			1.4×0.25 1条			連続2段摘心
			1.4×0.30 1条			
			1.4×0.35 1条			
60	強力ハウスファースト天光	8月6日	1.4×0.17 2条	主枝直立	2	
	強力寿光	8月13日				
	久留米交配101号	8月6日				
		8月13日				

2. 結果及び考察

供試したガラス室の最大暖房負荷は、最低外気温-5℃、室内設定温度5℃の場合 14,300kcal/h、室内設定温度15℃の場合 33,000kcal/h であった。なお、構造係数は7.9であった。一方、グリーンソーラーの加温能力は、集熱設定温度25℃、水量19l/minの場合、放熱設定温度5℃では13,500kcal/h、15℃では6,500kcal/hである。

3年間における12月から2月の間の最低外気温は平年値を下まわることが多かった。

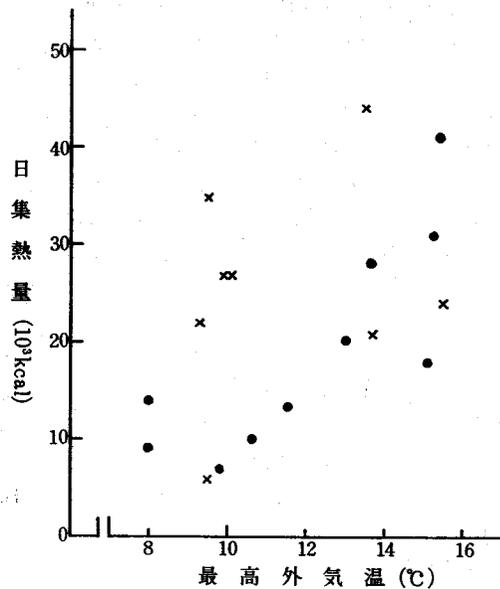
1) 厳寒期における集熱量

集熱量は天候により大きく左右され1月中旬から2月中旬の晴天時には最大40,000~45,000kcal/dayの集熱量となり、単位時間当りの集熱量は10,000~13,000kcal/hであった。また、曇天及び雨天時には集熱が行われないことが多かった。

日集熱量と最高外気温及び日射量の関係を第1図及び第2図に示した。

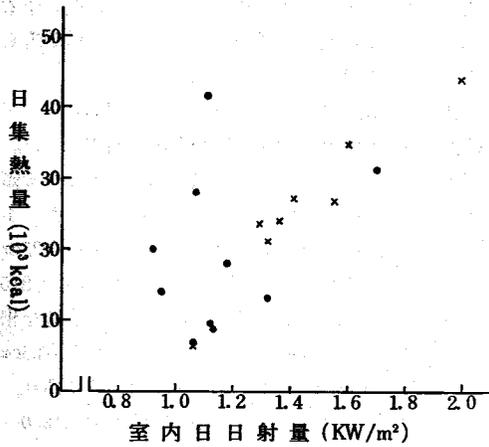
日集熱量は集熱可能時間が長いほど多く、また、室内気温と蓄熱水温との較差が大きいほど、すなわち、室内気温が高いほど多くなる。日射量が比較的少ない場合には、室内気温と外気温の較差が小さくなるため、室内気温は外気温とほぼ平行的に推移する。したがって、外気温が早い時間から高くなった場合には室内気温も早く上昇し、その結果、日集熱量も多くなると考えられる。一方、日射量が比較的多い場合には、室内気温と外気温の

較差が大きくなるために、外気温が低い場合でも室内気温が早く上昇し、日集熱量も多くなると考えられる。以上のことから、日集熱量は、日射量の少ない1月には最高外気温の、また、日射量の多い2月には日射量の影響



● : 1月 × : 2月  
 相関係数 : 1月  $r = 0.794^{**}$ , 2月  $r = 0.234$ ,  
 総合  $r = 0.503^*$

第1図 晴天日における日集熱量と最高外気温との関係 (61年1月14日~2月13日)



● : 1月 × : 2月  
 相関係数 : 1月  $r = .278$ , 2月  $r = .963^{**}$ ,  
 総合  $r = .650^{**}$

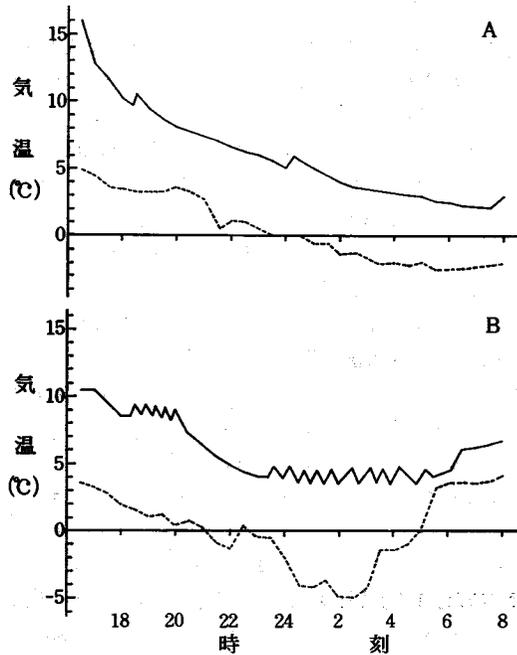
第2図 晴天日における日集熱量と日射量との関係  
 (61年1月14日～2月13日)

をそれぞれ受けたと考えられる。

集熱効率についてみると、58及び59年度の単位時間当り集熱量は約 12,500kcal/h、60年度は約 9,500kcal/h となっている。これは、58及び59年度は60年度より室内最低気温が低下したため水温も低くなっており、水温と日中の室内気温の較差が大きかったために効率よく集熱が行われたのであろう。

2) 厳寒期における暖房能力

夜間の放熱開始温度を、58及び59年度は15℃、60年度は5℃に設定したが、そのうち、58及び60年度の厳寒期におけるグリーンソーラーの稼働状況を第2表に示した。



A : 60年1月29日～30日, B : 61年1月27日～28日  
 ————室内, - - - - - 室外

第3図 厳寒期における夜間の気温の変化

第2表 厳寒期の栽培環境とグリーンソーラー稼働状況

年月日	外 気 温		室 内		集 熱 稼 働		放 熱 稼 働		単 位 時 間 当 り 移 動 熱 量	
	氷点下経過時間 (h)	最低値 (°C)	最低気温 (°C)	日射量 (KW/m²)	総熱量 (10³kcal)	時間 (h)	総熱量 (10³kcal)	時間 (h)	集熱稼働 (kcal/h)	放熱稼働 (kcal/h)
59 2 6	15.5	-3.5	0.5	1.19	1.2	0.1	11.9	14.6	12000	815
7	15.5	-4.5	0.0	0.88	11.7	0.9	19.5	14.4	13000	1336
8	14.5	-2.5	0.0	1.38	5.8	0.6	8.1	14.5	9667	558
9	14.5	-4.5	0.5	1.02	31.7	2.5	13.7	14.6	12680	938
61 1 27	0.0	0.0	3.3	0.95	14.7	1.5	10.1	5.1	9400	1980
28	7.0	-5.2	3.3	0.92	20.2	2.1	6.9	2.4	9619	2875
29	2.5	-1.5	3.3	1.07	28.0	2.9	9.7	2.5	9655	3880
30	4.5	-1.9	3.1	0.60	0.0	0.0	2.7	3.1	0	870
31	0.0	0.9	3.9	1.11	41.6	5.2	8.9	2.0	8000	4450

注：一行のデータは、午前9時から翌日の午前9時までの24時間のものであり、日付は午前0時の属する日とした。ただし、日射量については日出から日没までとした。  
 $1KW/m^2 = 8.6 \times 10^3 kcal/m^2h$

58及び59年度においては、室内最低気温は設定温度15℃を維持することはできず、0℃まで低下することもあった。60年度においては、20時から6時までの設定温度を5℃としたが、室内温度は3℃程度になった。室内気温の推移から、60年度は断続運転をしていたと考えられる。(第3図)

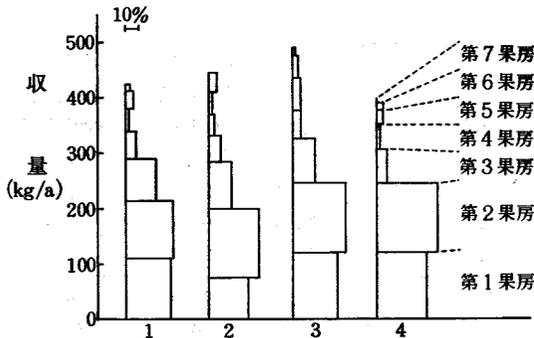
設定温度を15℃にした場合、夜間の放熱量は8,100~19,500kcal/dayの範囲であり、単位時間当たりの放熱量は600~1,300kcal/hであった。一方、設定温度を5℃にした場合、夜間の放熱量は3,000~10,000kcal/dayであり15℃の場合より少なかったが、単位時間当たりの放熱量は1,000~4,000kcal/hであり15℃の場合より多くなった。これは、室内気温と蓄熱水温の較差が大きいことによると考えられる。

3) 低温管理下におけるトマトの収量及び品質

1~2月は最低室内気温が生育最低温度の8℃以下に低下することが多く、トマトの生育は遅延し収量も低下したが、寒害をうけるまでには至らなかった。

ア. 各果房における収量(昭58)

各果房毎の収量は上位果房になるにしたがって低下し、また、1果重も小さくなる傾向にあった。このため、全収量の50%程度を1, 2果房で、80%程度を4果房までで占めた。100g以上の正常果(販売可能果実をいい以下可販果という)は、1~3果房で総可販果収量の80%程度を占めた(第4図)。また、着果数も上位果房になるにしたがって減少し、1~3果房は1,000~1,400個/aであるのに対し4~6果房は500~700個/a、7果房は100~400個/aであった。これは、比較的夜温の高い12月中



1: 強力ハウスファースト天光, 2: 強力寿光, 3: ミニファースト501, 4: フェーストカスタム502  
注: 棒の幅は総可販果収量に対する各果房の可販果の割合を示す。

第4図 フェースト系品種における収量及び各果房における可販果の割合

に肥大を終る1~3果房の果実では順調に光合成産物の転流及び肥大が行われるのに対し、それ以降に開花する花房では夜間の低温のため着果率が低く、また、肥大も悪化するためであると考えられる。

イ. 栽培密度及び仕立法と生育・収量(昭59)

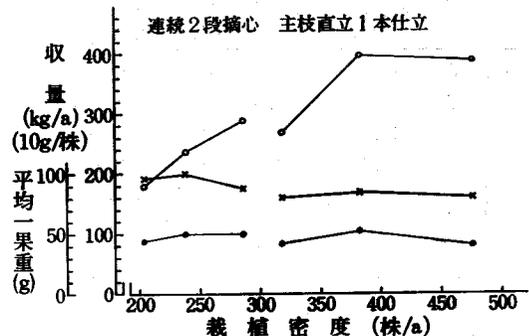
栽植密度及び仕立法と収量の関係を第5図に示した。栽植密度が高くなるほど単位面積当り収量も多くなる傾向にあったが、400株/a程度で収量は最高となった。1株当たりの収量は800~1,000g程度であり、主枝直立25cm区が最も多く1,055g、主枝直立20cm区が最も少なく815gであったが、栽植密度と1株当たり収量の間に関連はみられなかった。1株当たりの着果数は主枝直立25cm区が最も多く12.6個、連続2段25cm区が11.4個であり、連続2段35cm区が9.1個と最も少なく、その他は10.0~10.6個であった。

平均1果重は、連続2段摘心区が主枝直立仕立区よりやや大きい傾向にあった(第5図)。収穫時における1株当たりの生葉数は連続2段摘心区が23~24枚、主枝直立仕立区が15~16枚であり、連続2段摘心区のほうが1果房当たりの葉数が多く、このことが平均1果重の増加につながったと考えられる。

糖度は10.5~9.0% (Brix) の範囲にあり、栽植密度が高くなるにつれて漸減した。栽植密度が高い場合、葉の相互遮蔽や果実の遮光の程度が大きくなり、光合成量の減少が起こり、糖度が低下したと考えられる。

ウ. 品種と生育・収量(昭58・60)

58年度はファースト系品種について収量の比較を行ったが、いずれの品種も400~500kg/aであった(第4図)。60年度は主枝2段摘心、栽植密度905株/aの条件で栽培を行った。その結果を第3表に示した。普通種の久留



○: 1 a当り収量, ●: 1株当り収量, ×: 平均一果重  
第5図 栽植密度及び仕立法と収量及び平均一果重の関係

米交配101号（以下久交101号という）の収量は8月6日播種で630kg/a、8月13日播種で580kg/aであったが、ファースト系の品種で約400kg/aと低かった。可販果の割合は久交101号で85%程度、ファースト系品種で70%程度であった。

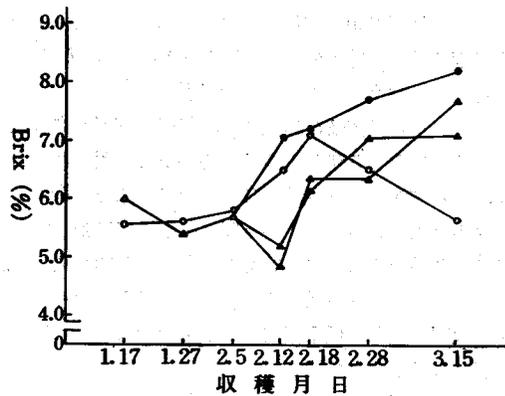
ファースト系品種において収量が低かった主な原因は、成熟の途中に落果が多く収穫果数が減少したことである。この落果は密植による葉の相互遮蔽及び夜間の低温による果実への光合成産物の転流量の減少によると考えられる。しかし、久交101号では落果はほとんど見られなかったことから、低温寡日照等の不良環境下ではファースト系品種はいずれも適応性が劣ることが認められた。

8月6日播種と13日播種では、収穫開始がそれぞれ1月17日、2月5日と3週間の開きがあったが、収穫終了は両播種日とも3月15日と同じであった。これは、2月下旬から夜間の外気温が上昇してくるため、登熟に要する期間が短くなるためである。

果実の品質（昭60）

果実の品質をみるため、糖度について毎年調査を行い、また、60年度には空洞果が発生したためこれについても調査を行った。品質については、60年度の結果を用いて検討した。

糖度の調査は収穫時に150～200g程度の果実を5果サンプリングして行った。その結果を第6図に示した。平均糖度は6～7%（Brix）であった。収穫日別の変化をみると、1月は5.5%程度で推移していた。8月6日播種の久交101号の糖度は2月中旬の収穫日までは上昇し、最高7%を示したが、その後は低下し3月15日には5.7%と低かった。13日播種の久交101号では収穫開始より終了まで糖度は上昇した。8月6日及び13日播種のファースト系品種では、2月12日に一度低下（5%程度）し



○：8月6日播種久交101号，△：8月6日強力ハウスファースト天光，●：8月13日久交101号，▲：8月13日強力寿光

第6図 各品種の糖度の変化

た後上昇した。これは、夜間における栽培環境の悪化(低温など)によると考えられる。

糖度の調査と同時に空洞果の調査も行った。その結果、久交101号で70～90%、ファースト系品種で50～65%が空洞果であった。これは、905本/aという密植のため光環境が悪化したことと、果実の肥大を促進するために肥大期の灌水量を多くしたためであろう。

試験II 夏期冷房能力調査及び夏秋どりハウスメロン栽培試験

1. 試験方法

ガラス室及びグリーンソーラーは、試験Iと同じものを用いた。ただし、ガラス室天井内側部分にランネット、外側部分に300番の寒冷紗を張った。また、蓄熱水槽に

第3表 二段摘心密植栽培におけるトマトの収量（a当り）（60年度）

は種日一 品種名*	正 常 果								奇 形 果		計	
	250g以上		250g～160g		160g～100g		100g以下		個数 (10 <sup>3</sup> 個)	重量 (kg)	個数 (10 <sup>3</sup> 個)	重量 (kg)
	個数 (10 <sup>3</sup> 個)	重量 (kg)										
8/6-久交	0.3	96.2	1.4	280.0	1.3	163.3	0.8	61.1	0.2	31.3	4.1	631.8
8/6-天光	0.2	43.7	0.6	126.7	0.9	109.2	0.5	34.0	0.5	65.5	2.6	379.2
8/13-久交	0.3	94.7	1.0	205.2	1.5	189.3	0.9	69.0	0.2	25.7	3.9	583.8
8/13-寿光	0.0	10.2	0.6	117.8	1.4	171.9	1.1	86.8	0.3	44.3	3.5	431.1

\*：品種名はつぎのように略した。

久交：久留米交配101号，天光：強力ハウスファースト天光，寿光：強力寿光

かえて、地下30mの打抜井戸より汲み上げた地下水を地下に埋め込んだ貯水槽（500ℓ容、60年度は70ℓ容）に一時貯溜し、熱交換機のポンプで吸引した。

ガラス室の天窓及び側窓は、58年度は夜間の熱の流入を防ぐため夕方5時から翌朝8時30分まで閉じた。しかし、この方法では日没前と日の出後に急激な室温の上昇が見られた。このため、59年度は温室外側に張った寒冷紗により熱の流入は少ないものと考え、夜間も全て開放した。これにより室温の急激な上昇は見られなくなったが、夜間の室温の低下が前年より少なくなったため、60年度は日没後に全て閉じた。

温度、冷房時間及び流水量はつぎのとおりに設定した。

58年度	19:00~7:00	20℃	9ℓ/min
59年度	21:00~7:30	20℃	18ℓ/min
60年度	19:00~23:00	28℃	19ℓ/min
	23:00~5:00	20℃	19ℓ/min

3年間におけるメロンの栽培概要は第4表に示した。毎年、有機物を200kg/a施用し、施肥量は、58年度及び59年度は無施用、60年度は三要素とも0.5kg/aとした。

第4表 3年間におけるメロンの供試品種及び栽培概要

年度	品 種 名	播 種 日	交 配 期 間	収 穫 期 間	畝幅(m)×株間(m)
58	夏みどり 夏系4号 夏系6号 夏系7号	5月21日	7月13日~7月20日	9月21日	2.1×0.3 2条
59	夏みどり	4月25日	7月5日~7月14日	9月5日~9月19日	2.1×0.3 2条
60	夏みどり 夏系アールス 3-5 アールス ジョニーアールス レオン 静南アールス 駒越アールス	4月22日	6月15日~6月28日	8月9日~8月19日	1.4×0.3 1条

第5表 夜間における内外気温差と集熱量 (60年度)

月 日	室内外気温差(℃)				最低値(℃)			集熱量 (10 <sup>3</sup> kcal)	流量 (ℓ)	稼働 時間 (h)	単位時間当 り集熱量 (kcal/h)
	19時~23時		23時~5時		室外 気温	室内 気温	水温				
	最大	平均	最大	平均							
7 29	0.8	0.5	1.0	0.6	23.8	23.5	19.2	14.5	3172	2.8	5179
7 30	0.6	0.5	1.0	0.8	24.5	24.3	19.4	16.8	3251	2.9	5793
8 5	1.0	0.8	1.6	1.1	27.0	26.1	19.5	19.5	2387	2.1	9286
8 6	0.4	0.3	0.7	0.5	26.4	25.8	19.5	15.6	2839	2.5	6240
8 7	0.9	0.8	1.0	0.8	25.6	25.5	19.5	16.1	3048	2.7	5963
8 8	0.9	0.4	0.7	0.6	25.0	24.5	19.5	12.3	2969	2.6	4731

2. 結果及び考察

1) 夏期における冷房能力

夜間の室内気温が、設定温度の20℃まで低下することではなく、外気温に対し最大1.6℃、平均0.5℃程度の低下にとどまった(第5表)。

冷房運転時の集熱量は約16,000kcal/dayであり、運転時間は2.6時間程度であった。単位時間当りの集熱量は6,200kcal/h程度であり、暖房運転時の単位時間当り集熱量(10,000kcal/h程度)に比べ少なくなっていたが、これは地下水温と室内気温の較差が6℃程度と小さかったためと考えられる。

集熱量を流水量で割ることにより水温の変化を推測することができるが、本試験では熱交換機を通過後の水温は5℃程度上昇していたと考えられる。このため、本試験でのグリーンソーラーを利用した冷房では0.5℃程度の気温の低下が限界であると思われる。

2) メロンの収量及び品質

対照として用いた夏みどりの平均一果重は、58年度は800g、59年度は1,000g、60年度は1,400gであった。他

の品種は58年度は800~1,000g, 60年度は, 第6表に示したように, ハウスメロンのレオンを除いたアールス系品種は, いずれも夏みどりより小果となった。

糖度は, 収穫期が9月になった58及び59年度は15%程度になったが, 収穫期が8月中旬になった60年度は, ハウスメロンのレオン(14.6%)を除いては11~13%とやや低かった。青柳ら<sup>1)</sup>はヒートポンプを用いて夜間の室温を20℃に保ち夏メロンの品質について検討した結果, 夜間冷房処理が糖含量の増加に寄与したことを報告している。本試験では, メロンの糖度は, 9月収穫のものでは15%程度であったが, 8月収穫のものでは12%程度と低かった。この糖度の違いは主に収穫前の夜温の違いによるものであり, 夜間の冷房処理が糖含量の増加に対する効果は無かったと考えられる。

### 総合考察

グリーンソーラーを厳寒期に使用する場合, 放熱開始温度を15℃に設定すると, 最低室温は0℃まで低下することもたびたびあったが, 5℃に設定した場合には3℃以上を維持することができた。この原因としては, 15℃に設定した場合にはグリーンソーラーの稼働時間が14時間以上になることが多く, 毎分流量から, 貯水槽内の水が一晚に2回熱交換機を通過したことによる。すなわち, 放熱開始温度を15℃に設定すると室温が15℃以下になれば直ちに放熱を開始し, その後外気温の低下に伴ってどんどん放熱を続けるため早い時間に蓄熱量の大部分を消費してしまい, 最も気温の低下する早朝にはすでに放熱する熱量が残っていないため, 室内最低気温が下がったと考えられる。

庄子<sup>11)</sup>は温室内に蓄熱水槽を持つ水槽熱交換方式の加温施設を用いて室内気温と蓄熱水の温度較差と放熱の関係について調査を行い, 較差が大きい場合には放熱効率がよくなるが, 較差が小さくなると効率が悪くなり, 較差が2.8℃以下ではほとんど放熱が行われないことを報告している。本試験では, 放熱開始温度を5℃に設定した場合には, 単位時間当りの放熱量が2,000~4,500kcal/hと, 15℃の場合に比べてかなり多くなった。これは, 稼働開始時の室温と水温の較差が大きかったためであると考えられる。単位時間当りの放熱量が多くなったため, グリーンソーラーは断続運転となり, 効率的な運転になった上に稼働時間が短く, 最低室温も3℃以上が確保できたと思える。

低夜温条件におけるトマトの生育について, 吉岡ら<sup>14)</sup>は低夜温下に置かれたトマトでは光合成産物の転流速度

第6表 メロン収量等調査成績 (60年度)

品 種 名	調 査 個 数	平 均 一 果 重 (g)	ネ ッ ト 太 さ	密 度	糖 度* (Brix %)
夏系アールス	22	1007	太	粗	11.1
3-5 アールス	24	711	太	密	12.7
レ オ ン	17	1378	細	密	14.6
ジョニーアールス	12	1178	太	密	12.6
静南アールス	10	1203	太	中	11.2
駒越アールス	15	1268	太	粗	11.6
夏みどり	21	1395	中	中	12.5

\* : 糖度は3~5果を抽出して調査した。

が抑制されることを報告している。同じく吉岡ら<sup>15)</sup>は低夜温の前歴期間が長いほど茎及び根への光合成産物の分配が多くなり, 果実への分配が低下したこと, 昼夜間における果実への転流割合は昼間3/5, 夜間2/5であり, 午前中に生成された光合成産物はその大部分が夕方までに転流し, 夜間に転流するものは主に午後生成されたものであることを報告している。低温による転流抑制は低温に順化させると軽減されることが認められている<sup>2)</sup>が, 本試験におけるような低温では夜間における転流は著しく抑制されたものと考えられる。夜温が比較的高い12月中旬に肥大を終る1~3果房の果実では比較的順調に転流及び肥大が行われるが, それ以降に開花する花房では着果率も低く, また, 肥大も悪くなったと考えられる。

密植条件下でのトマトの栽培について, 小林ら<sup>9)</sup>は, トマトの隔離床栽培において, 仕立法及び栽植密度について試験を行い, 密植ほど1株当りの果数及び平均果重は減少するものの単位面積当り収量は一定の水準までは増加したこと, 仕立法の変更により受光体制を改善した場合には密植限界が上がることを示している。59年度の5段階心の栽植密度では1株当り果数の, 密植による減少は見られず, 1株当りの収量と栽植密度の間に関連は認められなかった。また, 平均一果重は, 栽植密度よりも仕立法の影響を強く受けているようにみえた。60年度は2段階心で905本/aの栽植密度で試験した結果, 5段階心の400本/aより多収となっており, 低温期の促成栽培では夜温の高い12月中旬に果実の肥大を完了させる栽培法, すなわち2段階心密植栽培がよいと考えられた。

本試験では果実の品質を示す指標の一つとして屈折糖度について調査を行った。その結果, 3年間を通じて, 一般的な冬期のトマトに比べて糖度が高くなった。これは, 耐寒性を持たせるために1月以降はほとんど灌水を

行わなかったこと及び夜温を通常よりも低く管理したため呼吸による消耗が著しく抑制されたことによると考えられる。

西村ら<sup>9)</sup>は糖含量には光条件が関与していることを報告している。千葉農試<sup>12)</sup>において果実の遮光処理が品質に及ぼす影響を検討した結果、遮光率が高くなるにしたがって糖度が低下したことを報告している。また、村松ら<sup>7)</sup>及び中川ら<sup>8)</sup>は、低温寡日照等の不良環境下におけるトマト果実の内容成分については品種によりその反応が異なることを報告している。本試験においても、栽植密度が高くなるにしたがって果実の糖度が低下し、また、収穫の後半になるほど糖度が上昇する傾向がみられた。このことから、果実面の光条件と糖度の間に何らかの関係があることが推測された。さらに、ファースト系品種では2月中旬に糖度の低下が見られ、同一品種においても播種期により収穫時の糖度の変化に違いが見られるなど、品種等による内容成分に対する反応の違いが見られた。

60年度に限り空洞果が多発した。金目ら<sup>1)</sup>は開花後の日射量の不足が空洞果発生の一因であろうと報告している。60年度は、905本/aという密植で栽培を行ったため葉の相互遮蔽が著しく、また、果実の肥大を促すためかなりの多灌水を行ったことから葉面積も大きくなり、これらが結果的には日射量の不足につながり空洞果発生の原因になったと考えられる。

天候（特に日射）により日集熱能力が大きく左右される太陽熱利用型グリーンソーラーはトマト、イチゴなどの比較的低温に耐える作物に対して、転流促進時間帯には補助暖房を使用し、呼吸消耗抑制時間帯に運転する方法が効率的であるとの結論を得た。

また、グリーンソーラー単独で得られるような低夜温下でのトマトの栽培については、栽植密度、仕立法、適品種の選定など今後改善を要する点は残されているものの、従来の栽培よりもさらに低温でのトマト栽培法の実用化に対する一応の目途はついたものと考えられる。そして、肥大の完了した果実を低温で管理し日数をかけて充実させることにより糖度の極めて高いトマトの生産ができる可能性が認められた。

夏期の冷房施設としてグリーンソーラーの可能性を検討した結果、試験に利用した循環水の温度が高かったため効果は小さかったが、循環水の温度を低下させるとともに、室外からの熱の流入を抑制し、また、地中伝熱量による昇温を抑制する工夫をすればある程度室温を低下させることも可能であると考えられる。また、夏どりメロンの開花期に着果促進に利用するなど盛夏期をさけて使用する方法での実用性はあると考えられる。

## 摘 要

太陽熱利用水蓄熱施設であるグリーンソーラーを用いてその暖房及び冷房能力について調査を行い、あわせて、グリーンソーラー単独利用で確保可能な低温下でのトマトの栽培法について検討した。

1. グリーンソーラーの暖房運転方法は放熱開始温度を15℃に設定した場合には放熱時間が長くなり、前夜半の放熱量が多く、後夜半の放熱量が少なくなるために室内最低気温は0℃まで低下した。放熱開始温度を5℃に設定し蓄熱水温と夜間室温との較差を大きくした場合には放熱時間が短く室内最低気温を3℃程度に保つことができ放熱効率も上昇した。このため、トマトなどの比較的低温に耐える作物に対しては、栽培法を工夫することにより実用性を認めた。

2. グリーンソーラー単独で得られる温度でのトマトの栽培法について検討した結果、2段階密植栽培により実用化に対する一応の目安が得られた。

3. 地下水を利用した夏期の夜間冷房では、水温が20℃と高かったため、0.5℃程度の気温低下能力しかなく、冷房の効果は少なかった。しかし、地下水温をさらに低下させたり、室外からの熱の流入や地中伝熱量による室温の上昇を抑える工夫をすればある程度室温を低下させることは可能であると考えられる。また、夏どりメロンの開花期の着果促進など盛夏期を避けた利用方法では、実用性があると考えられる。

## 謝 辞

本試験の取りまとめにあたり、貴重な助言をいただいた吉田隆徳現島しょ部支場長、並びに試験のお手伝いをいただいた当場技術員各位に感謝の意を表す。

## 引用文献

- 1) 青柳光昭・菅沼健二・長尾周幸：1982. 遮光および夜間冷房が夏メロンの品質に及ぼす影響. 昭和57年野菜試験成績概要.
- 2) 星野正生：1974. ラジノクロバにおける光合成産物およびリンの転流と蓄積に関する研究. 草地試験報 5：35—84.
- 3) 茨城農試：1981. グリーンソーラーの暖房効果. 56年度野菜試験成績概要（関東東山）.
- 4) 金目武男・板木利隆・望月正之：1969. トマトの

奇形果対策試験（第2報）開花期前後の日照量が空どう果発現におよぼす影響。神奈川園試報17：52—57。

5) 高知農林技研：1981. 水蓄熱式暖房の実用化. 56年度野菜試験成績概要（中国四国）。

6) 小林 保・大森 豊・岩本政美：1985. 隔離床栽培の安定化に関する研究 第2報トマトの仕立法と栽植密度の改善並びに圧密層形成対策. 兵庫農業センター研報33：41—46。

7) 村松安男・池谷保緒・二宮敬治：1975. トマトの品種生態に関する研究（第1報）低夜温弱光下における品種反応. 静岡農試報20：1—10。

8) 中川勝也・森 俊人・沢 正樹・久保雄之介・藤井 浩・藤本治夫：1979. 園芸作物の品質評価要因に関する研究 第1報ハウストマトにおける果実の発育段階別成分変化および収穫熟度と品質の関係. 兵庫農業センター研報28：31—34。

9) 西村 剛・志村 清：1982. 促成トマトの品質に

及ぼす果房段位、果序順位及び収穫時期の影響。野菜試報A10：135—145。

10) 佐賀農試：1981. 薪だき用ボイラー併用グリーンソーラーの適用性. 56年度野菜試験成績概要（九州）。

11) 庄子孝一：1982. 寒冷地における施設の省エネ栽培技術 大規模施設を中心に. 農及園57：1499—1506。

12) 千葉農試：1982. 昭和57年野菜試験成績書。

13) 山梨農試：1980. グリーンソーラーシステム（熱交換機）による施設内の温度効果試験. 55年度野菜試験成績概要（関東東山）

14) 吉岡 宏・高橋和彦・新井和雄・長岡正明：1977. 果菜類における光合成産物の動態に関する研究 I トマトの<sup>14</sup>C同化産物の転流・蓄積に及ぼす夜温地温並びに生育中の照度N濃度処理の影響。野菜試報A3：31—41。

15) ————：1981. ———— II トマトにおける光合成産物の昼夜間の転流割合と、転流・分配に及ぼす光・夜温の影響。野菜試報A9：63—81。

Studies on the Establishment of a Technology for Utilization with  
the Internal Collection Solar Heating System at all Season

Akira HIRAO, Tatsuaki FUNAKOSHI and Toshitaka USHIRO

Summary

Green-Solar, the internal collection solar heating system, was examined into the capacity for air heating and air cooling, and it was growing method of the tomato at low-temperature.

1 In the case of setting the heating start temperature at 15°C, operation state of Green-Solar was as follows: The heating time was 10~15 hours, it was littler amount of heat at period for the suppression of respiration than period for the acceleration. And minimum inside air temperature sometimes went down at 0°C.

In the case of setting the heating start temperature at 5°C, operation state of Green-Solar was as follows: The heating time was 3~5 hours, heat efficiency was better than at 15°C. And minimum inside temperature was kept above at 3°C.

2 The result of examination for growing method of the tomato at low-temperature with only Green-Solar, it was thought that it was able to put to practical use by the double truss prant and close planting.

3 In the case of using well-water by coolant for nocturnal air cooling in the summer, well-water temperature of 20°C had no capacity for air cooling. Therefore it was not concluded utility for stability of fruits bearing and elevation of fruits quality for a melon on this reseach.

**Key words:** internal collection solar heating system, growing at low-temperature