

## 研究論文 ■

## 地熱利用グリーンハウス冷房栽培システムの開発(第1報)

—冷房装置の設計, 建設, 性能ならびに夏季の夜間冷房栽培について—

Development of the Greenhouse Growing-System with Cooling Facility Using Geothermal Energy  
(Part 1)— Design, Construction, Performance of the Cooling Facility and Vegetables Growing  
by Means of Night Cooling in Summer —田中 俊一郎\*・石橋 貞人\*\*・海江田 正巳\*\*\*  
Shunichiro Tanaka Sadato Ishibashi Masami Kaieda

(1992年6月15日原稿受理)

## 1. 緒言

鹿児島市は日本本土の南端北緯31° 36'の位置にある。その年平均気温は17℃である。これは温帯性というより亜熱帯性に近い高温である。年間降水量も2443mmで、これは日本の全国の平均降水量を40%上まわる多さである。さらに降水量が多いにも拘わらず、日照時間は年2115時間で、これも全国平均を上まわる値である。このように鹿児島県は植物の生育に必要な気温、水および日照条件には恵まれている。

そのための、秋ぐちから翌年春季にかけての野菜と果実の生産出荷量は豊富であるが、日平均最高気温が30~32℃(鹿児島県の7月~9月)以上の夏季においては野菜の生産は皆無に近い現状にある。このように夏季の気温が高すぎて、野菜生産が皆無に近いことが、鹿児島県の農業所得を全国最下位にしている原因の一つであると考えられる。

このことは、鹿児島県のみでなく、北海道を除くわが国大半の平坦地に一様に言えることである。このような夏季高温の地域では、冬季の暖房より夏季の冷房のほうが切実な問題である。

グリーンハウスの冷房は技術的には難しいことではない。しかし、植物の栽培に不可欠な日照を遮ることなく冷房することは事実上不可能である。また、電力駆動の冷凍機を用いることは省エネルギーの目的にも反するし、作物の販売価格を押し上げることになる。

これらの課題に対し、筆者らが提案するシステムは、日照はそのままにして夜間のみ冷房する栽培方式と、電力の代わりに地熱水を駆動エネルギーとする吸収式

冷凍機による冷房方式とを組合せたものである。

筆者らは先に、電力駆動冷凍機を用い、夏季高温時に夜間みのハウス冷房によって野菜の生産が可能であるという新しい知見を立証報告<sup>1)</sup>した。

本報では、地熱水を駆動エネルギーとするグリーンハウス冷房装置を設計建設して夏季高温時における性能試験を行うとともに、同じく秋野菜の栽培実験を行った結果について報告する。

## 2. 地熱利用グリーンハウス冷房装置の設計と建設

## 2.1 構成概要

図-1は設計建設した地熱水利用グリーンハウス冷房栽培装置の概略図である。この装置は約106℃の地熱

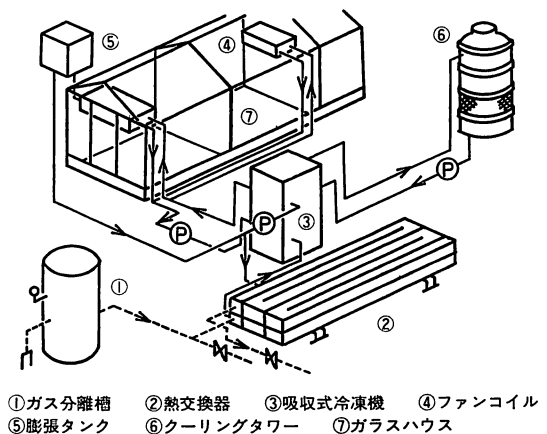


図-1 地熱水利用グリーンハウス冷房栽培装置概略図

\*鹿児島大学農学部農業システム工学講座助教授

〒890 鹿児島市郡元1-21-24

\*\*㈱前川製作所 鹿児島大学名誉教授 元九州大学教授

〒135 東京都江東区牡丹2-13-1

\*\*\*鹿児島県漁業共同組合連合会

(発表当時鹿児島大学大学院)

〒891 鹿児島市城南町37

水が得られる揖宿郡山川町に建設したもので、ガス分離槽、二重管式熱交換器、地熱水利用冷凍機、ファンコイル、クーリングタワー、膨張タンク、これらを連結する配管およびガラスハウスから構成されている。

ガス分離槽は既設のもので、地熱水とガスの分離を行う。ガスと分離された地熱水は二重管式熱交換器へ送られ、ここで地熱水と市水との間に熱交換が行われる。熱交換器で温水になった市水（以下熱媒と呼ぶ）は、地熱水利用吸収式冷凍機内へ送られ、ここで冷水が得られる。得られた冷水はファンコイルへ至り、これを経て冷風がガラスハウス内を循環し、ハウスを冷房する。

## 2.2 ガラスハウスの冷房負荷算定

設置したガラスハウスの栽培室は、間口3.15m、奥行7.44m、軒高1.50mである。

ガラスハウスは夜間のみ冷房するために、冷房負荷は、ガラスを通しての熱貫流による熱負荷 $Q_i$ 、隙間風による熱負荷 $Q_a$ 、および地中からの放熱量 $Q_g$ の和であると考えられる。従って、総冷房負荷 $Q_c$ は次のようになる。

$$Q_c = Q_i + Q_a + Q_g \quad (1)$$

各冷房負荷の中には詳細な研究報告がみられないものがあり、今後の研究にまたねばならないが、概略次のようになる。ただし、ガラスハウスは、夜間の平均外気温 $t_o = 25^\circ\text{C}$ からハウス内気温 $t_i = 15^\circ\text{C}$ まで冷房するものとし、ハウス内・外気の相対湿度を共に80%とする。

(1) ガラスを通しての熱貫流による熱負荷 $Q_i$

$$Q_i = K_1 (t_o - t_i) A_1 \quad (2)$$

ただし

$$1/K_1 = 1/\alpha_1 + l_1/\lambda_1 + 1/\alpha_2 \quad (2)'$$

ここで、式(2)'中の熱伝達係数 $\alpha_1$ 、 $\alpha_2$ に関する研究報告は少ないので、別報<sup>1)</sup>の経験に基づいて、次のようにガラスの熱貫流係数 $K_1$ を算定した。すなわち、外気からガラス外面への熱伝達係数 $\alpha_1 = 20 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$ <sup>2)</sup>、ガラス内面からハウス内気への熱伝達係数 $\alpha_2 = 7.7 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$ <sup>2)</sup>、ガラス熱伝導率 $\lambda_1 = 0.68 \text{ kcal}/\text{m hr}^\circ\text{C}$ <sup>2)</sup>、ガラスの厚さ $l_1 = 3 \text{ mm}$ 、ハウス表面積 $A_1 = 60.63 \text{ m}^2$ を用いると、 $K_1 = 5.43 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$ となる。そこで、

$$Q_i = 5.43 \times (25 - 15) \times 60.63 \\ = 3292.2 \text{ kcal/hr}$$

(2) 隙間風による熱負荷 $Q_a$

$Q_a$ は換気による顕熱負荷 $H_s$ と潜熱負荷 $H_L$ の和で

ある。すなわち、 $Q_a = H_s + H_L$

$$= \rho CV (t_o - t_i) n + \rho VL (\chi_o - \chi_i) n \quad (3)$$

ここで、空気の密度 $\rho = 1.2 \text{ kg}/\text{m}^3$ 、比熱 $C = 0.24 \text{ kcal}/\text{kg}^\circ\text{C}$ 、ガラスハウスの体積 $V = 44.53 \text{ m}^3$ 、換気回数 $n = 1 \text{ 回}/\text{hr}$ <sup>2)</sup>、水の蒸発潜熱 $L = 590 \text{ kcal}/\text{kg}$ 、ハウス外気の絶対湿度 $\chi_o = 0.016 \text{ kg}/\text{kg DA}$ 、ハウス内気の絶対湿度 $\chi_i = 0.0085 \text{ kg}/\text{kg DA}$ とすると

$$Q_a = 128.2 + 237.4 = 365.6 \text{ kcal/hr}$$

(3) 地中からの放熱量 $Q_g$

ガラスハウス内への地中からの侵入熱を無視できる大きさにするため、ハウス内土壌とハウス外土壌を断熱材によって遮断した。従って、地中からの放熱はハウス内土壌面からのみと見なした。

$$Q_g = K_2 (t_g - t_i) A_2 \quad (4)$$

ただし、

$$1/K_2 = 1/\alpha_3 + l_2/\lambda_2$$

ここで、土壌の熱伝導率 $\lambda_2$ は、土壌の含水率等により変化するので $\lambda_2 = 0.6 \sim 1.2 \text{ kcal}/\text{m hr}^\circ\text{C}$ <sup>3), 4)</sup>の値を用いる。土壌の伝熱厚さ $l_2$ については、模型ハウスの冷房実験中に地温数点を測定した結果、深さ15~20cm以上では冷房の影響を受けなかった。そこで土壌の伝熱厚さに $l_2 = 0.15 \sim 0.2 \text{ m}$ の値を用いる。

次に、土壌表面からハウス内気への熱伝達係数 $\alpha_3 = 10.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$ <sup>4)</sup>とすると、土壌の熱貫流係数は約 $K_2 = 2.4 \sim 4.5 \text{ kcal}/\text{m}^2 \text{ hr}^\circ\text{C}$ となる。ハウスの床面積は $A_2 = 21.87 \text{ m}^2$ であるから

$$K_2 = 2.4 \text{ の場合 } Q_g = 2.4 \times (25 - 15) \times 21.87 \\ = 524.9 \text{ kcal/hr}$$

$$K_2 = 4.5 \text{ の場合 } Q_g = 4.5 \times (25 - 15) \times 21.87 \\ = 984.2 \text{ kcal/hr}$$

(4) 総冷房負荷 $Q_c$

$$K_2 = 2.4 \text{ の場合 } Q_c = 3292.2 + 365.6 + 524.9 \\ = 4183 \text{ kcal/hr}$$

$$K_2 = 4.5 \text{ の場合 } Q_c = 3292.2 + 365.6 + 984.2 \\ = 4642 \text{ kcal/hr}$$

## 2.3 冷凍機

設計段階では、冷房負荷は気象条件によりかなり変動すること、また空気中の水蒸気によるガラスハウスへの凝縮負荷を、乾き空気による貫流熱と切り離して計算するのは困難で、 $Q_i$ の計算値が近似値すぎること等を考慮した。その結果、求めた冷房負荷約4600 kcal/hrより余裕を持った6000 kcal/hrの冷凍能力をもつ冷凍機を製作設置した。

この冷凍機は、吸収剤にリチウムブロマイドを、冷

媒に水を用いた地熱水利用吸収式冷凍機である。本冷凍機は、駆動熱エネルギーを地熱水から得ようとしている以外は従来の吸収式冷凍機とほとんど同じ構造であって、冷凍そのものに要するエネルギー経費はほとんど零である。表1に地熱水利用吸収式冷凍機の主な仕様を示す。

#### 2.4 熱交換器

熱交換器は、地熱水の不純物による冷凍機自体の腐食と鉄分などの付着による熱交換能力低下の防止を目的として、一旦地熱水と熱媒との間で熱交換を行わせるものである。内部が二重管向流式になっており、胴側管路を熱媒が、内側管路を地熱水が流れる。伝熱管(内側管)には伝熱性能に優れたキュープロニッケルを使用し、熱交換器の大きさは全長約4m、全幅約60cmである。

#### 2.5 ファンコイル

ファンコイルは、冷凍機で得られた冷水から冷風を得て、これをガラスハウス内へ送り込むためのもので、次の2台を用いた。これらの冷房能力は、吸込空気乾球温度27℃、湿球温度21℃、冷水入口温度5℃、標準水量がそれぞれ15.30ℓ/minの場合、それぞれ

4500, 9000kcal/hrである。

#### 2.6 クーリングタワー

クーリングタワーは、冷凍機内の凝縮器および吸収器を循環して温度の高くなった冷却水を、空気との熱交換および冷却水自身の蒸発により冷却するためのものである。吸収式の場合は圧縮式に比較して処理熱量は2倍以上、冷却水量は1.5倍程度になることに注意し、冷却能力17200kcal/hrのものを選択した。表2に各構成機器の仕様を示す。

#### 2.7 冷房自動運転

ガラスハウスの冷房自動運転は次のように行なわれる。まずガラスハウス内を夜間冷房するため、運転時間用タイムスイッチを所定時刻に設定する。設定時刻に至ると天窓用自動開閉装置が作動して天窓が閉まり、同時に冷水ポンプ、熱媒ポンプおよびファンコイルが作動する。熱媒温度が80℃以上になると、熱媒が冷凍機内へ送られ、冷却水ポンプが作動して冷凍機が始動する。冷凍機内で得られた冷水は、冷水ポンプでファンコイルへ送られ、そこから冷風がハウス内を循環する。ハウス内が15℃まで冷房されると、熱媒は迂回して冷却水ポンプも停止する。冷水温度が6℃以下と

表1 地熱水利用熱吸収式冷凍機仕様

項目	形式	矢崎 WFC-600
冷凍能力	(標準) kcal/h	6000
冷水出口温度	(標準) °C	9
冷水出入口温度差	(標準) °C	5
最低冷水出口温度	°C	8
冷水循環量	(標準) ℓ/min	20
冷水最大循環量	ℓ/min	34
蒸発器圧力損失	(標準) mH <sub>2</sub> O	2.8
蒸発器常用最大圧力	Kg/cm <sup>2</sup>	6
熱媒インプット	(標準) kcal/h	10000
成績係数	(標準)	0.6
熱媒入口温度	(標準) °C	88
熱媒入口温度範囲	°C	75~100
熱媒出入口温度差	(標準) °C	6
熱媒循環量	(標準) ℓ/min	27.8
再生器圧力損失	(標準) mH <sub>2</sub> O	1
再生器常用最大圧力	Kg/cm <sup>2</sup>	6
冷却水放熱量	(標準) kcal/h	16000
冷却水入口温度	(標準) °C	29.5
冷却水温度範囲	°C	20~32
冷却水出入口温度差	(標準) °C	5
冷却水循環量	(標準) ℓ/min	53.4
冷却水系機内圧力損失	(標準) mH <sub>2</sub> O	2
冷却水系常用最大圧力	Kg/cm <sup>2</sup>	6
外形寸法, 幅×奥行×高さ	mm	530×625×1750
重量	Kg	160

表2 構成機器仕様

項目	形式	日立 RF-400CS	日立 RF-800CS
ファンコイル 外装		高級仕上鋼板製樹脂 塗料焼付塗装	
熱交換器 運転調製 電源		クロスフィン式 風量3段切換 AC1φ 100V 50/60Hz	
エアフィルター 形式		エンビ製 両側吸込多翼送風機	
送風機 個数 風量		2 11m <sup>3</sup> /min	3 22m <sup>3</sup> /min
冷房能力		4500kcal/h	9000kcal/h
クーリングタワー 冷却能力		17200kcal/h	
処理水量		53.4 l/min	
入口水温		36°C	
出口水温		31°C	
外気湿球温度		27°C	
送風機 形式 外径		軸流式 500φ	
散水装置		回転式	

熱媒温度が80°C以下になった場合も同様である。クーリングタワーのファンは、冷凍機の作動中に冷却水が24°C以下になると停止する。以上の運転系統に従ってガラスハウス内は冷房され、翌朝タイムスイッチによってすべての機器が停止し、天窓が開くようになっている。

### 3. 実験方法

#### 3.1 ガラスハウス冷房性能試験

本冷房装置が設計どおりに作動し、かつ夏季高温時の夜間にガラスハウスの冷房が十分行えるかどうかを知るため、冷房性能試験を行った。性能試験は、ハウスを午後6時から翌朝8時まで15°C<sup>1)</sup>を目標に冷房し、その間の14時間にわたり、所定点の温度と熱媒等の流量とを測定することによって行った。

温度は、ハウス内気温については地上50cmの位置6点と地上18cmの位置2点との計8点を、また地温は地下10, 15, 20, 25, 30および35cmの各点について測定した。各機器については、二重管式熱交換器における地熱水と熱媒のそれぞれの出入口温度、ファンコイルにおける冷水出入口温度ならびに冷凍機における冷却水出口または入口温度を測定した。ここで、出口または入口温度とは、例えば冷水の冷凍機出口温度はファンコイルの入口温度にほぼ等しい。温度測定には直径0.3および0.8mmのT型熱電対ならびに12打点式熱電温度記録計およびペンレコーダを用いた。これ

らを、各点に設けた温度ポケットにおいて、特注のガラス棒状温度計によって検査した。

冷水および熱媒の流量は、それぞれの配管途中に設けた浮遊式流量計によって測定した。

#### 3.2 栽培実験

##### (1) 供試作物

本研究のように、夜間冷房栽培という従来とは異なる栽培方式による場合、その方式が一般的に認められるためには、最低3回の栽培実験による立証が必要であるとされている。

そこで、別報<sup>1)</sup>に引続いて、ここでも夏季高温時における夜間冷房栽培実験を試みた。この実験は別報<sup>1)</sup>の場合と完全に同時期の、また同様式の栽培管理を行ったものではないが、ほぼ準じたものである。表3に供試作物の品種、播種法および栽培期間を示す。

表3 供試作物の品種、播種法、栽培期間

供試作物 (品 種)	播種法	栽培期間 (昭和51年)
ハウレンソウ (ニューアジア)	条 播	7/24~9/4
レタス (グレートレークス 366)	条 播	7/24 8/6 ~10/25
エンドウ (三十日キヌサヤ)	条 播	7/24~11/19

##### (2) 試験区

ガラスハウス内を、ガラス構造のみの普通冷房区とハウスの天井面と側面に外側からヨシズをかけたヨシズ冷房区とに分けた。後者は昼間の直射日光を和らげて地温上昇を抑えることが、作目によってその栽培成績にどのように影響するかを概略知るために設けた区である。対照区として、降雨による種子または幼芽の流出を防止するため、露地をビニール屋根で覆った区を設けて露地区とした。なお、ヨシズは8月29日に全て取りはずしたため、それ以後は普通冷房区と全く同じである。

##### (3) 土壌条件と酸度矯正

栽培に使用した土壌のpHは5.05~5.20であり、冷房区および露地区に苦土石灰を施して酸度矯正を行った。更に、堆肥、硫酸、過磷酸石灰および塩化加里を施した。

##### (4) 播種方法

ハウレンソウとレタスは市水に一昼夜浸した後に、冷蔵庫内で催芽を行い、またエンドウはそのまま、それぞれ条播した。

(5) 冷房温度と時間

昼間のガラスハウス冷房は太陽放射により実際上不可能であるため、天窗、側窓および出入口を開放してハウス内気温をほぼ外気温に等しくし、夜間は午後6時から翌朝8時まで15℃を目標に冷房した。

4. 結果および考察

4.1 ガラスハウス冷房性能

図-2にハウス冷房性能試験結果の一例を示す。

(1) 二重管式熱交換器

地熱水入口温度はバルブ操作によって約100℃を保持した。しかし今回は、地熱水に蒸気が混合して流れが間断的であったため、地熱水の出口温度と流量を正確に測定できなかった。このため今回は熱交換器の実測性能を明らかにすることはできず、今後明らかにする予定である。

(2) 冷凍機とファンコイル

熱媒温度については、冷凍機に対する入口温度は約  $t_{Hi} = 97.5℃$  で出口温度は約  $t_{Ho} = 90℃$  であり、一方流量は  $G = 25.6 l / min$  であるから

$$Q_m = 60G (t_{Hi} - t_{Ho}) = 60 \times 25.6 \times (97.5 - 90)$$

$$= 11500 kcal / hr$$

の熱量が冷凍機に与えられたことになる。

2台のファンコイルに対する冷水の出入口温度差は約2.3℃であり、流量はそれぞれ20.6, 12.24 l / min であるから

$$Q_{ou} = \Sigma 60G (t_{Li} - t_{Lo}) = 60 \times 20.6 \times 2.3 + 60 \times 12.2 \times 2.3 = 4650 kcal / hr$$

の冷凍能力が冷凍機で得られ、ファンコイルに伝えられたことになる。

このような方法で求めた平均熱入力に対する平均熱出力の比は  $Q_{ou} / Q_{in} = 0.4$  であった。

(3) ガラスハウス内気温

ハウス外気温が24~25℃の時、ガラスハウス内は冷凍機起動後約2時間で15℃まで冷房された。

(4) ガラスハウス内地温

地温は図示していないが、地下10cmまでは14時間で27℃から22℃まで冷却され、地下30cmの点はほとんど冷却されなかった。

以上、ガラスハウス内は設計通りに15℃まで冷房された。このことから、熱負荷計算に用いた熱伝達係数、熱伝導率および熱貫流係数の推測値はほぼ正しかったものと考えられ、また地熱水利用冷房装置によって夏季高温時の夜間にグリーンハウスの冷房が十分可能であることが立証された。

4.2 栽培成績

(1) ホウレンソウ

「ニューアジア」を7月24日の播種から9月4日の収穫まで42日間栽培した。表4に収穫結果を示す。

生育状況については、露地区は発芽したものはほとんどなく、また発芽してもすぐに枯死した。これに対し、冷房区は発芽が不揃いであったが、その後順調に生育して十分な収量をあげることができた。普通冷房区とヨシズ冷房区を比較すると、(8月28日までヨシズをかけていたため、ホウレンソウの栽培期間中は、

表4 ホウレンソウの収穫結果

区別	草丈 (cm)	葉数	収穫重量			抽苔率 (重量%)
			正常 (g)	抽苔 (g)	合計 (g)	
普通冷房区	30.0	15.0	1540	140	1680	8.3
ヨシズ冷房区	23.0	9.1	930	25	955	2.6
露地区	—	—	—	—	—	—

播種：7月24日 収穫：9月4日 栽培期間：42日間

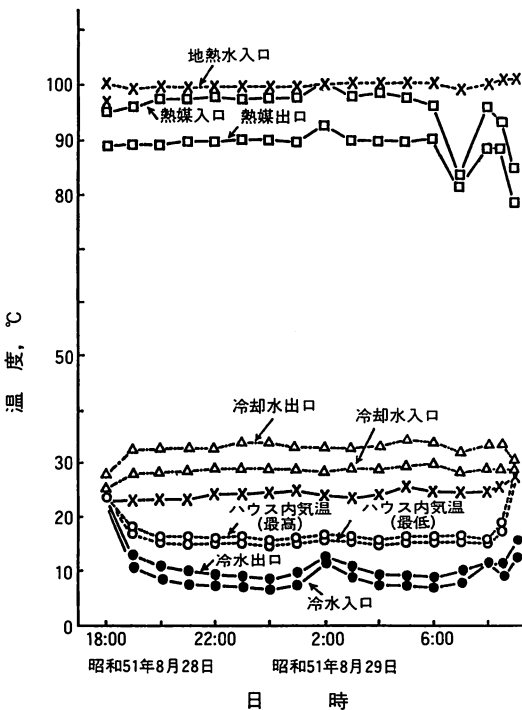


図-2 ガラスハウス冷房性能試験結果 (昭和51年8月28日~29日)

ヨシズの影響を受けていたことになる。) 初期の生育はヨシズ冷房区のほうがよかったが、生育が進むにつれ、ヨシズ冷房区に徒長が目立ち始めて軟弱になり、収量は普通冷房区のほうが多かった。夜間冷房栽培技術は今後確立されなければならないが、幼芽期とその後の生長期とは、日射の強さと照射時間も加減されなければならないことが推測される。

## (2) レタス

「グレートレックス366」を7月24日に播種したが、発芽の不揃いが目立ったので8月6日に追加播種し、10月25日に収穫した。栽培期間はそれぞれ80日間と93日間であった。表5にレタスの収穫結果を示す。

表5 レタスの収穫結果

区別	収穫株数	株重 (g)	球重 (g)	タテ径 (cm)	ヨコ径 (cm)
普通冷房区	31	429.0	222.2	14.1	13.3
ヨシズ冷房区	36	472.2	166.7	12.8	11.5
露地区	—	—	—	—	—

播種：7月24日、8月6日 収穫：10月25日 栽培期間：80日間、93日間

露地区は2回とも全く発芽せず、従って当然収量もなかった。これに対し、冷房区は第2回目の発芽率は非常によく、ヨシズ冷房区に徒長がみられたものの最終的には生育も順調であった。しかし、結球状態は必ずしもよくなかった。この点に関しては翌年に解決されたので次報で報告する。

## (3) エンドウ

「30日キヌサヤ」を7月24日に播種し、10月9日から11月19日までの間に収穫した。表6に収穫結果を示す。

表6 エンドウの収穫結果

区別	収穫開始	収穫終了	サヤ数 (個)	重量 (g)	1サヤ当り重量
普通冷房区	10/9	11/19	268	1007.8	3.8
ヨシズ冷房区	10/9	11/19	425	1362.3	3.2
露地区	—	—	—	—	—

播種：7月24日 栽培期間：118日間

生育状況については、発芽から生育初期にかけては露地区と冷房区間には大差なく、むしろ露地区の生長が速い程であった。しかしその後、露地区は草勢が弱くなって枯死し始め、開花には至らなかった。一方、冷房区は生育初期においてヨシズ冷房区に徒長したものが見受けられたが、その後は順調に生育して十分な収量が得られた。

以上の結果から、地熱水利用冷房装置で夏季高温時の夜間にグリーンハウスを冷房すること、ならびに、ハウレンソウ、レタスおよびエンドウの栽培が可能であることが明らかになった。

## 5. 摘要

この研究は地熱水を駆動エネルギーとする冷房装置を設計建設して、夏季高温時における秋野菜の生産を図ることを目的とするものである。今回は、設計建設した装置の冷房性能試験と栽培実験を行った。これらの結果は次のように要約できる。

(1) 地熱水利用冷房装置の各構成機器はほぼ設計通りに作動し、夏季高温時の夜間にグリーンハウスの冷房は十分可能であることが立証された。

(2) 冷凍機およびファンコイルの冷房能力とガラスハウスの総冷房負荷の計算値はほぼ一致し、設計に用いた熱伝達係数、熱伝導率および熱貫流係数の推測値はほぼ正しかったものと考えられる。

(3) ハウレンソウ、レタスおよびエンドウのいずれも露地区は全く収量がなかったのに対し、冷房区は順調に生育して収穫することができ、夏季高温時における野菜の生産が可能になった。

(4) グリーンハウス内における各々の作物の収穫適期到達日数は、ハウレンソウは約40日、レタスは約80~100日、エンドウは約80日であった。

「謝辞」この研究を進めるに当たり、矢崎部品(株)、(株)大仙、日立プラント建設(株)に多大な御協力を頂いた。記して深謝致します。

## 参考文献

- 1) 石橋貞人、田中俊一郎、森公紀：地熱利用冷房栽培システムの開発(第1報)―夏季における夜間冷房による野菜の栽培―、農業機械学会誌、40巻、2号(1978)、207~214。
- 2) 清水茂：施設園芸の基礎技術。誠文堂新光社、144、155、1972
- 3) 宝谷幸男編：冷凍空調便覧(基礎編)、日本冷凍協会、70、1981
- 4) 吉中義：ハウス冷房に関する研究、鹿児島大学農学部卒業論文、35、36、1974