

## 蓄熱式環境制御システムを用いた イチゴの省エネルギー栽培技術

畠山昭嗣・中西達郎<sup>1)</sup>・重野貴<sup>1)</sup>・飯村一成・大橋隆・大橋幸雄・植木正明<sup>2)</sup>

**摘要** : 蓄熱式環境制御システムでは, 12月から3月上旬にわたりヒートポンプ稼働により温室内冷却を行うことで天窓換気を抑え, 日中の温室内温度を午前, 午後とも27°C管理とし, 炭酸ガス長時間施用を行うことで慣行の養液栽培に比べ収量が12~17%増加した. 光熱費は慣行比で78%~90%に抑えられた.

**キーワード** : 光熱費, 炭酸ガス長時間施用, 熱収支, ヒートポンプ

### Strawberry Energy Saving Cultivation Technique Using a Thermal Storage Environment Control System

Akitsugu HATAKEYAMA, Tatsuro NAKANISHI, Takashi SHIGENO, Kazunari IIMURA,  
Takashi OOHASHI, Yukio OOHASHI, and, Masaaki UEKI

**Summary** : In the thermal storage type of environmental control system, which is operational from the beginning of December to the beginning of March, the interior of the greenhouse is cooled by operating a heat pump. This makes it possible to reduce the ventilation using skylights. The daytime interior temperature of the greenhouse is controlled at 27 °C during both the morning and afternoon. The strawberry yield was increased by 12% to 17% compared to conventional cultivation using nutrient solution. Utility expenses decreased from 78% to 90% compared with the practice.

**Key words** : Long-Term Carbon Dioxide Application, Energy Bill, Heat Balance, Heat Pump

1) 現栃木県上都賀農業振興事務所, 2) 元栃木県塩谷南那須農業振興事務所

## I 緒言

平成27年産における栃木県いちごの収穫量は24,800tで、昭和43年産から平成27年産まで48年連続日本一であり、栃木県における最も代表的な園芸品目である。

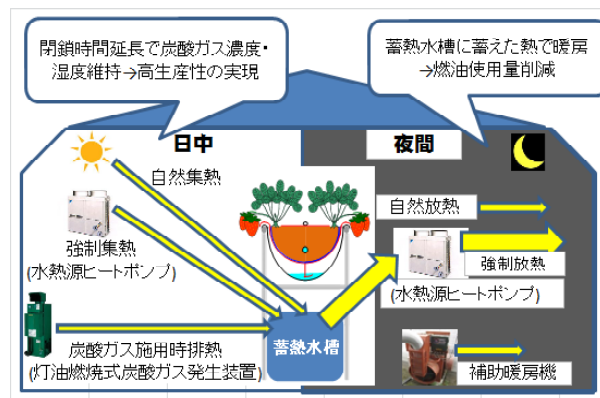
イチゴ生産においては、栽培技術の向上や施設装備の高度化等に伴い、1990年から2014年の24年間で289kg/aから421kg/a(農林統計,2015)へと向上した。一方、燃油使用量は増加する傾向にあり、原油価格高騰による動力光熱費の増加が経営の問題となっている。また、地球温暖化に伴い脱化石エネルギーへの取組も求められている。

そこで、本研究では冬期の日射量に恵まれた本県の立地条件を生かし、日中の温室内余剰熱を蓄積し夜間に暖房として活用できる蓄熱式環境制御システム(株式会社誠和。、特許第5830211号)を用いて行った(第1図、写真1)。本システムは、水熱源ヒートポンプ、灯油燃焼式炭酸ガス発生装置、補助暖房機及び栽培ベンチ下部(栽培槽直下)に設置された蓄熱水槽で構成され、本システムの特性を生かした栽培技術の確立について検討するとともに、イチゴ生産における燃油削減効果及び熱利用効率について検証した。

なお、本研究は、農林水産省委託プロジェクト研究「地域資源を活用した再生可能エネルギーの生産・利用のためのプロジェクト」のうち「施設園芸における熱エネルギーの効率的利用技術の開発」(熱プロ)の一環として実施した。

## II 材料および方法

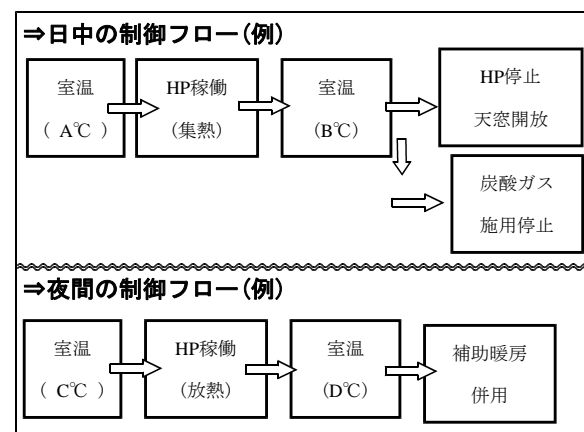
実験は、蓄熱式環境制御システム(以下本システム)を用いて行った(第1図、写真1)。本システムの設備の動作については、次のとおりである。日中、温室内温度が設定値(A)以上に達すると天窓が閉じた状態でヒートポンプが稼働し温室内大気と蓄熱水槽間で熱交換を行い、温室内温度を一定温度以下に保つ。さらに温室内温度が設定値(B,  $B > A$ )を越えると、ヒートポンプ稼働が停止し天窓換気が行われる。このように天窓換気は設定値(B)になるまでは行われず、温室内は閉鎖環境となることから、炭酸ガスを長時間施用できる特徴を持つ。本システムでは灯油燃焼により炭酸ガスを発生させる装置を用いており、この燃焼による熱も蓄熱水槽に蓄えた。また、温室内大気と蓄熱水槽間の自然熱交換を効果的に行うため、蓄熱水槽を波板状金属板で覆った。夜間暖房には日中蓄熱した熱を放出し行すが、最低室温度(C)を維持できなくなった時( $C > D$ )のために、重油焚きの補助暖房機を備えた。これらの制御フローを第2図に示した。



第1図 いちご蓄熱式環境制御システムの模式図



第2図 いちご蓄熱式環境制御システムによる栽培状況(注・波板部分に蓄熱水槽が設けられている。)



### 実験1 蓄熱式環境制御システムにおける温度管理が生育、収量に及ぼす影響

実験はいちご研究所内のフッ素系樹脂フィルムを展張した鉄骨温室3棟を用いて行った。処理区は、本システムを用い、日中(6時~16時)の天窓開閉開始温度を28℃、補助暖房機の稼働温度を5℃とする省エネ1区と8℃とする省エネ2区の2区を設定し、慣行区は天窓の開閉開始温度を午前(6時~12時)27℃、午後(12時~16時)23℃、暖房機の稼働開始温度を8℃に設定した。炭酸ガス施用は両省エネ区とも6時~16時まで1000ppmを維持するように管理し、慣行区は6時から換気開始30分前(9時頃)まで1000ppmを維持する

ように管理した。処理は11月22日から3月20日まで行った。

品種はとちおとめを供試した。2013年6月24日に24穴セルトレイに採苗仮植し、錠剤型肥料を用いて株当たり窒素成分で60mgを施用した。7月30日から夜冷処理を行い、8月30日に株間22cm、2条千鳥で定植した。養液栽培システムは栃木農試方式閉鎖型養液栽培(重野ら, 2005)、培養液処方(栃木いちご処方(直井ら, 2008))とし、給液管理は、定植後から開花期までEC100 mSm<sup>-1</sup>、開花期から1月末までEC120 mSm<sup>-1</sup>、2月以降はEC100 mSm<sup>-1</sup>とした。給液量は株当たり1日200 mL程度とし、ドリップチューブはノズルピッチ20 cm、吐出量24 mL/minを用いた。貯留液の水位は培地最深部から3 cm程度を維持するように管理した。保温は11月4日に開始し、処理開始までは、いずれの区も午前25℃、午後23℃、夜間8℃で管理した。培地温は15℃で管理した。収穫は11月7日から5月31日まで概ね3日間隔で行った。

調査は、1処理区20株2反復として行った。生育は、各花房の収穫始期及び頂花房の着花数を調査した。収量は1果重が7 g以上の果実を可販果、7 g未満を屑果とし、果数、果重を計測した。また、可販果における乱形果及び不受精果数を調査した。果実品質は1処理区5果を用い、糖度は糖度計(BrixmeterRA-410)、酸度は酸度計(COM-450)、硬度は貫入式硬度計(DPS-2)、プランジャーは円柱、径2 mmを用い概ね14日間隔で調査した。また、温室内生育環境として気温、湿度、炭酸ガス濃度についてはデータロガー(おんどり Thermo Recorder TR-72U及びCO2Recorder TR-76 Ui)を用い定時的に、培地内培養液のpH及びECはガラス電極式水素イオン濃度指示計(D-74)を用い概ね14日間隔でそれぞれ計測した。室温管理及び炭酸ガスに関する光熱費として燃油使用量及び電力使用量を調査した。

## 実験2 蓄熱式環境制御システムにおける炭酸ガス施用法が生育、収量に及ぼす影響

実験1と同様にいちご研究所内のフッ素系樹脂フィルムを展張した鉄骨温室3棟を用いて行った。処理区は、本システムを用い、日中(6時～16時)の天窓窓開閉開始温度を28℃、夜間は室温8℃とし、炭酸ガス濃度を1000 ppmで管理する省エネ1区と、800ppmで管理する省エネ2区の2区を設け、炭酸ガスの施用は8時から16時まで行った。慣行区は試験1と同様の処理とした。処理は11月22日から3月16日まで行った。

品種はとちおとめを供試した。供試苗は、2014年7月1日に24穴セルトレイに採苗仮植し、錠剤型肥料で株当たり窒素成分で60 mgを施用した。8月1日から夜冷処理を行い、9月1日に株間22 cm、2条千鳥で定植した。養液栽培システム給液管理及び、処理開始までの栽培は実験1と同様とした。保温は11月4日から開始した。収穫は10月30日から5月31日ま

で概ね3日間隔で行った。

調査は、1処理区20株2反復として行った。調査は実験1に準じて行った。熱収支として、蓄熱水槽内の水温の推移、炭酸ガス発生装置、補助暖房機、ヒートポンプの稼働に要する燃油及び電力の使用量を調査し、これらを元に蓄熱水槽の1日当たりの集熱量、放熱量(暖房利用熱量)、余剰熱量を算出した。

## 実験3 蓄熱式環境制御システムにおける蓄熱式環境システムの現地実証

実験は栃木県真岡市内のイチゴ生産者が所有するPOフィルムを展張した鉄骨連棟温室2棟を用いて行った。本システムを用いた蓄熱区と慣行区の2処理区を設けた。蓄熱区では日中(6時～12時)の天窓窓開閉開始温度を28℃、ヒートポンプの稼働開始温度を日中は27℃、夜間は6℃、補助暖房機稼働開始温度を5℃にそれぞれ設定して管理した。慣行区は一般的な施設設備を用いて、午前27℃、午後23℃、夜間8℃で管理し、早朝3時間程度炭酸ガス施用を行った。11月22日から3月20日まで処理を行い、基本的な栽培管理は現地実証を担当する生産者慣行とし、作型は夜冷短日処理による促成栽培とした。2014年9月3日に栃木農試方式養液栽培システムに定植し、収穫調査は11月2日から5月23日まで行った。

生育は10月、1月及び2月に、葉長を1処理区当たり10株計測した。収量は、各処理区(温室)毎の出荷記録を元に10 a当たりの出荷果実重を算出した。熱収支として、蓄熱水槽内の水温の推移、炭酸ガス発生装置、補助暖房機、ヒートポンプの稼働に要する燃油及び電力の使用量を調査し、これらを元に蓄熱水槽の1日当たりの集熱量、放熱量(暖房利用熱量)、余剰熱量を算出した。

## III 結果

### 実験1 蓄熱式環境制御システムにおける温度管理が生育、収量に及ぼす影響

処理期間中の温室内の温度及び湿度、炭酸ガス濃度の1日の推移を第4～6図に示した。慣行区に比べ両省エネ区で午前・午後とも温度、湿度及び炭酸ガス濃度が高く維持される状態であった。

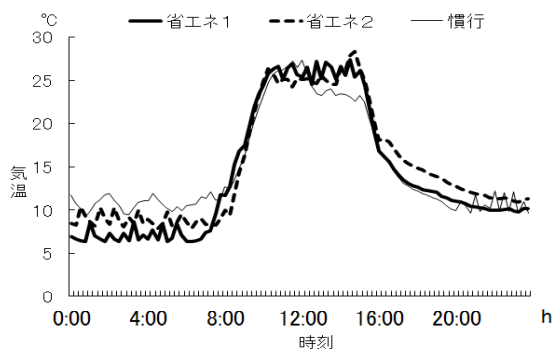
頂花房の着花数及び収穫始期を第1表に示した。頂花房の着花数に大きな差はなかった。収穫始期は処理開始後以降、1次腋花房、2次腋花房とも慣行区に比べ両省エネ区で早かった。

株当たり可販果収量を第2表に示した。10月から4月までは各月とも両省エネ区は慣行区以上、5月では慣行区より低

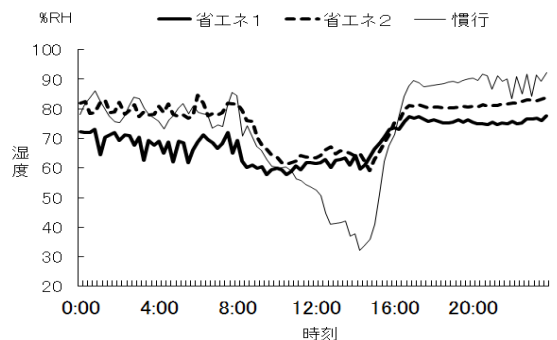
収となったが、合計では両省エネ区が慣行区より優れ、省エネ区間では省エネ2区が48 g/株多かった。

果実品質を第3表に示した。1果重は処理による大きな差は見られなかった。乱形果率は省エネ2区、省エネ1区、慣行区の順に高い傾向であった。糖度、酸度、硬度は、処理間による大きな差はみられなかった。

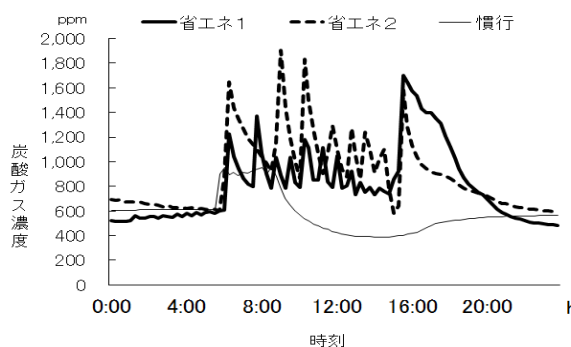
第4表に光熱費を示した。温室内のヒートポンプおよび暖房機に要したa当たり費用は大きく削減された。しかし、省エネ1、2区では炭酸ガス発生に要する費用が大きく、光熱費は対慣行区比で省エネ1区では78 %、省エネ2区では90 %であった。また、1Mgの果実を生産するための光熱費は、対慣行区比で省エネ1区が69 %、省エネ2区では76 %と優れた。省エネ区間における光熱費は省エネ1区が優れる傾向であった。



第4図 温室気温の推移 (2013年12月31日)



第5図 温室湿度の推移 (2013年12月31日)



第6図 温室炭酸ガス濃度の推移 (2013年12月31日)

第1表 蓄熱式環境制御システムにおける温度管理の違いが着花数、収穫始期に及ぼす影響

処理区名	頂花房着花数 個/株	収穫始期 月/日		
		頂花房	1次腋	2次腋
省エネ1	24.1	11/ 7	1/ 6	2/18
省エネ2	24.6	11/ 7	1/10	2/18
慣行	23.9	11/11	1/21	2/27

第2表 蓄熱式環境制御システムにおける温度管理の違いが収量に及ぼす影響

処理区名	収量 g/株									収量比 %
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計	
省エネ1	3	150	159	214	197	226	200	144	1293	112
省エネ2	1	132	165	214	229	231	255	114	1341	117
慣行	0	112	161	179	177	156	173	192	1150	100

注1. 可販果は7g以上とした算出。

2. 収量比は慣行を100とし、増収割合を算出した。

第3表 蓄熱式環境制御システムにおける温度管理の違いが1果重、乱形果率、果実品質に及ぼす影響

処理区名	1果重	乱形果率 %	糖度 %	酸度 %	硬度 gf/φ2mm
	g				
省エネ1	16.1	20.7	10.5	0.64	66
省エネ2	16.3	23.6	9.7	0.62	59
慣行	16.3	19.6	9.9	0.68	63

第4表 蓄熱式環境制御システムにおける光熱費の試算

処理区名	光熱費 千円 <sup>1)</sup>					対比 %	果実1Mg当たり 光熱費		
	ヒートポンプ		暖房機	炭酸ガス 発生装置 <sup>2)</sup>	合計		千円	%	
	冷房時	暖房時							小計
省エネ1	87	14	101	17	438	556	78	610	69
省エネ2	87	40	127	96	417	640	90	680	76
慣行	-	-	-	635	79	714	100	890	100

注1. ヒートポンプの電力は26円/kw, 暖房機はA重油使用 (@98円/L) とし, a 当たりで試算.

2. 炭酸ガスは, 省エネ1および2区が灯油使用 (@97円/L), 慣行区はプロパンガス使用 (@470円/L) として試算.

### 実験2 蓄熱式環境制御システムにおける炭酸ガス施用 法が生育, 収量に及ぼす影響

温室内の温度及び炭酸ガス濃度は省エネ1, 2区で午前, 午後とも温度, 炭酸ガス濃度が慣行区より高く維持された. この状態はおおむね3月上旬まで続いた(図省略).

生育を第5表に示した. 葉柄長は, 12月時点で省エネ1, 2区が慣行区より長かった. 1月の葉柄長, 葉身長は省エネ1区が省エネ2区および慣行区より長かった. 処理開始後の花房別収穫始期は, 1次腋花房で慣行区と比べ省エネ1区では差がなく, 省エネ2区では6日早くなった. 2次腋花房では, 省エネ1区で7日, 省エネ2区で3日慣行区より遅かった.

収量を第6表に示した. 可販果収量は, 省エネ1区, 省エネ2区, 慣行区の順に多く, 省エネ1, 2区は慣行区より10%以上多収となった. a換算収量は, 省エネ1, 2区で800 kg程度となった.

収穫果数, 乱形果率, 果実品質を第7表に示した. 可販果収穫果数は省エネ1区, 省エネ2区, 慣行区の順に多く, 両省エネ区とも慣行区より株当たり10果以上多かった. 可販果1果重は, 両省エネ区とも慣行区より1g以上小さかった. 可販果率は, 省エネ1区で慣行区と同程度で, 省エネ2区ではやや低かった. 果実品質については, 処理による大きな差はみられなかった.

第8表にシステムCOPを示した. 省エネ1区のシステムCOPは1月上旬で5.0, 中旬は7.4と高くなった. いずれの時期も余剰熱量が5.9 kwh程度であった.

第5表 蓄熱式環境制御システムにおける炭酸ガス施用法が生育に及ぼす影響

処理区名	葉柄長 cm			葉身長 cm			葉幅 cm			収穫始期 月/日		
	10月	12月	1月	10月	12月	1月	10月	12月	1月	頂花房	1次腋花房	2次腋花房
省エネ1	11.6	18.6	13.1	12.2	11.0	8.1	10.7	7.3	5.6	11/2	1/13	2/26
省エネ2	11.5	19.3	11.7	12.9	10.0	7.5	10.2	7.0	5.6	10/30	1/7	2/24
慣行	11.5	16.1	12.1	12.8	10.0	7.1	10.5	6.7	5.1	11/6	1/13	2/19

第6表 蓄熱式環境制御システムにおける炭酸ガス施用法が収量に及ぼす影響

処理区名	可販果収量 g/株									合計	収量比	a換算 収量 kg
	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	5月			
省エネ	7	123	109	147	134	322	160	153	1156	116	809	
省エネ	13	118	85	201	160	266	101	165	1110	112	770	
慣行	0	107	107	168	128	170	139	170	990	100	693	

注1. 可販果は7 g以上とした

2. 10 a換算収量は, 栽植本数7,000株で試算した.

第7表 蓄熱式環境制御システムにおける炭酸ガス施用法が収穫果数, 奇形果率, 果実品質に及ぼす影響

処理区名	可販果収穫果数 個/株	1果重 g	可販果率 %	乱形果率 %	糖度 Brix	酸度 %	硬度 gf/φ2mm
省エネ1	81.2	14.2	79.9	22.7	8.6	0.65	60
省エネ2	78.9	14.1	76.5	23.2	8.8	0.68	59
慣行	62.8	15.8	80.2	19.7	8.8	0.72	58

第8表 蓄熱式環境制御システムにおける炭酸ガス施用法が省エネ1区におけるシステムCOPに及ぼす影響

時期	システムCOP	集熱量 kwh	暖房に利用した熱量 kwh	システム運転消費電力 kwh	余剰熱量 kwh
1月上旬	5.0	21.4	15.5	3.8	5.9
1月中旬	7.4	32.6	26.7	3.7	5.9

注. システムCOPは[暖房に利用した熱量/システム運転消費電力量]として算出した.

### 実験3 蓄熱式環境制御システムにおける蓄熱式環境シ ステムの現地実証

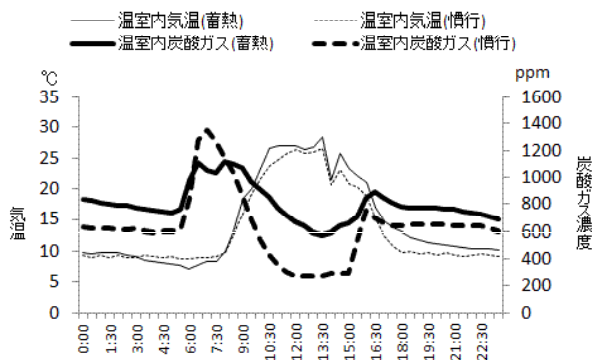
温室内気温と温室内炭酸ガス濃度の推移を第7, 8図に示した. 温室内気温は, 晴天時の省エネ区で日中から

前夜半にかけて高く推移し, 曇天時は12時以降から前夜半にかけて高く推移した. 温室内炭酸ガス濃度は晴天時の慣行区で10時頃から15時頃にかけて400 ppm以下で推移したのに対し, 省エネ区では800~600 ppmで推移した.

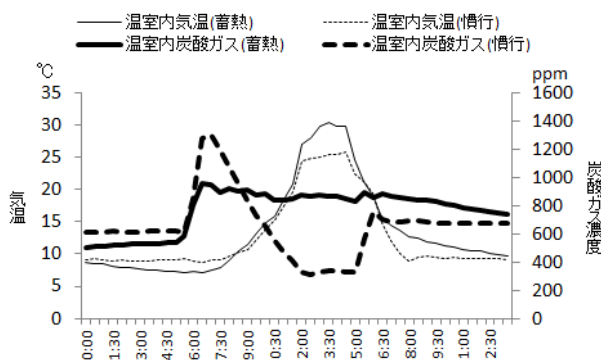
曇天時では慣行区で10時頃から15時頃にかけて400 ppm以下で推移したのに対し、省エネ区では1000~1200 ppmで推移した。第9表に生育を示した。処理開始前の10月の生育に処理間差はなかったが、2月の葉柄長は、蓄熱区が大きくなった。収量を第10表に示した。収量は12、1月および3月以降で蓄熱区が多く、総収量では15 %の

増収となった。

第11表に熱収支を示した。1月上旬の5日間の熱収支は集熱量668.1 kwh、夜間暖房利用熱量が437.3 kwhとなり、集熱量が夜間暖房利用熱量を上回った。蓄熱利用率は65.5 %であり、システムCOPは1月上旬5日間の平均で17.9と高い数値を示した。



第7図 温室内気温と炭酸ガス濃度推移  
(2014年12月22日、晴天時)



第8図 温室内気温と炭酸ガス濃度推移  
(2014年1月4日、曇天時)

第9表 蓄熱式環境制御システム現地実証における生育

処理区名	葉柄長 cm			葉身長 cm			葉幅 cm		
	10/30	1/8	2/12	10/30	1/8	2/18	10/30	1/8	2/18
省エネ	15.3	9.0	16.9	9.0	6.9	5.1	16.9	9.9	7.1
慣行	15.9	10.5	13.8	10.5	7.0	4.9	13.8	8.2	6.0

第10表 蓄熱式環境制御システム現地実証における収量

処理区名	収量 $\text{kg a}^{-1}$								収量比 %
	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	合計	
省エネ	69.9	44.9	58.4	95.4	94.6	76.7	83.4	523.3	115
慣行	50.0	42.2	55.1	100.9	80.8	51.1	73.8	453.9	100

注. 収量比は慣行を100とし、増収割合を算出した。

第11表 蓄熱式環境制御システム現地実証における熱収支

時期	Total集熱量 (自然集熱+ヒートポンプ強制集熱+CO2施用排熱)	夜間暖房 利用熱量	システム運転消費電力 (ヒートポンプ+炭酸ガス発生機)	余剰熱量	蓄熱利用率 %	システム COP
	kwh	kwh	kwh	kwh	%	
	①	②	③	①-②	②/①*100	②/③
1月3日	906.7	773.0	29.9	133.7	85.3	25.8
1月4日	649.0	616.8	26.3	32.2	95.0	23.4
1月5日	906.7	306.5	46.2	600.2	33.8	6.6
1月6日	152.7	151.6	9.0	1.1	99.3	16.8
1月7日	725.4	338.5	19.8	386.9	46.7	17.1
5日間平均	668.1	437.3	26.2	230.8	65.5	17.9

注. システムCOPは[暖房に利用した熱量/システム運転消費電力量]として算出した。

#### IV 考察

日中のハウス内熱エネルギーを蓄積し、そのエネルギーを夜間使用するイチゴの省エネルギー栽培技術の試験研究の知見は少ない。今回の蓄熱式環境制御システムでは、ヒートポンプ稼働により日中温室を冷却し天窓換気を極力抑え、半閉鎖環境とすることにより、12月か

ら3月上旬頃までの長期間に渡り効率的に熱エネルギーを蓄積し、また、生産性向上のため炭酸ガスの長時間施用が行えることが明らかとなった。

本システムでは、収量が慣行の養液栽培に比べ12~17 %増加し、省エネ区間における夜温の影響では、夜温8 °Cが、夜温5 °Cより収量が5 %多くなった。また、

蓄積した熱エネルギーを夜間の暖房として使用することで光熱費の低減が図れることが明らかとなった。

日中の炭酸ガス濃度については、炭酸ガス施用によるイチゴの増収効果を、織田ら(1990, 1991)が炭酸ガス濃度が高くなるほど光合成速度の上昇が見られるとし、川田ら(1979)は、光合成速度は11時がピークで、午後12時から15時30分の間でも光合成速度は維持されているとしており、重野ら(2001)は炭酸ガス施用により1次腋花房及び2次腋花房の収量が増加するとしている。一方、栃木県内で普及している炭酸ガス施用法は早朝(6時頃)から換気開始(9時頃)まで、炭酸ガス濃度1000 ppm程度の施用が一般的である。本試験では、省エネ区の収量が慣行の養液栽培に比べ10 %以上の増収となり、炭酸ガスの長時間施用の増収効果が示された。省エネ区間では、炭酸ガス濃度1000 ppmと800 ppmで生育の差は無く、収量は炭酸ガス濃度1000 ppmが4 %多くなった。

現地試験において、本システムは2月以降の生育が慣行より優れ、収量は慣行比115 %と増収し、特に3月以降の増収が顕著であった。また、集熱量のうち夜間暖房に利用した熱量比は65.5 % (1月上旬)であり、昼間の蓄熱量で夜間暖房を賄え、暖房機がほとんど稼働しなかった。熱効率の指標となるシステムCOPは17.9と高く、蓄熱システムの有効性が示された。

以上の結果から、本システムは光熱費の削減、増収効果が期待できることが明らかとなった。

今後の課題として、本システムは導入経費が高額で実装が難しいため、今後の試験研究の進展及び低コスト化の実現により、省エネルギー技術が広く普及することを期待する。

## 謝 辞

本研究を遂行するにあたり、静岡大学の鈴木克己教授、東海大学の林真紀夫先生、熱エネルギー利用部会ユニットリーダーの柴田昇平主任研究員、農研機構の岩崎泰永上席研究員には熱収支の評価方法など多くのご助言をい

ただいた。栃木県農業試験場の浅川利子氏、栃木県農業試験場いちご研究所の堀井数己氏、鈴木和吉氏、稲葉正雄氏には本試験の遂行にあたり栽培管理等に多大な協力をいただいた。本研究をまとめるにあたり、栃木県農業試験場いちご研究所の石原次長兼所長には多大なご助言をいただいた。ここに記して厚く深謝の意を表する。

## V 引用文献

- 川田訓平・織田弥三郎 (1979) 堀田ワンダーの光合成特性と石垣イチゴハウスの環境(第3報)光合成, 暗呼吸及び蒸散の日変化について. 園学要旨. 昭和54年春: 220-221
- 長岡正昭・原宏人・大和陽一 (1994) 異なった光強度条件下でのCO<sub>2</sub>濃度がイチゴ品種‘とよのか’の光合成に及ぼす影響. 園学研. 63別1: 336-337
- 直井昌彦・畠山昭嗣・岡本昭子・稲葉幸雄・植木正明 (2008) イチゴの閉鎖型養液栽培に適した培養液処方. 栃木農試研報. 63: 59-68
- 織田弥三郎・田辺久輝 (1990) 異なったCO<sub>2</sub>濃度条件下におけるイチゴ品種‘女峰’の光合成特性. 園学雑. 59別1: 442-443
- 織田弥三郎・鈴木彰 (1991) 異なったCO<sub>2</sub>濃度条件下におけるイチゴ品種‘とよのか’の光合成特性. 園学雑. 59別1: 442-443
- 重野貴・栃木博美・大橋幸雄・稲葉幸雄 (2001) 促成栽培におけるイチゴ「とちおとめ」の生育及び収量に及ぼす電照, 炭酸ガス施用及び地中加温の効果. 栃木農試研報. 50: 39-49
- 重野貴・畠山昭嗣・出口美里・稲葉幸雄・深澤郁男 (2005) クリプトモスを用いた環境にやさしいいちごの養液栽培技術. 栃木農試新技術シリーズNo. 5
- 植木正明・須崎隆幸・高野邦治 (1993) イチゴ女峰の夜冷短日処理における処理開始時期の影響. 栃木農試研報. 40: 75-82



