

創農・エネルギーシステム構築に関する研究

Research on Construction of Complex System Produced Farm Products and Energy

高橋浩二*¹
Koji TAKAHASHI

谷 辰夫*²
Tatsuo TANI

Abstract

Not being used farmland increases, the dilapidation and the environmental disruption of land have been happened in our country. Furthermore, agricultural production methods such as plant factories using a lot of energy have been adopted.

The new business model named "Complex System Produced Farm Products and Energy" has been proposed and discussed in this paper. With carnation cultivation as model, authors have analyzed profit and loss balance, greenhouse gas reduction rate about greenhouse with photovoltaic power generation system rated capacity from 10 to 30kW.

As a result, it was shown that the greenhouse with the photovoltaic power generation system was effective for conventional greenhouse than competing definitely.

キーワード：複合システム，農産物，エネルギー，太陽光発電，損益バランス，温室効果ガス削減率
Key words: complex system, farm products, energy, photovoltaic, profit and loss balance, greenhouse gas reduction rate

1. はじめに

現在，わが国では減反政策などにより，遊休農地が増大して土地の荒廃や環境破壊が問題視されるようになってきた。また，植物工場による作物の栽培などエネルギー多消費型農業が広まる傾向にあり，生産コストに占める過大な投入エネルギーが収益を圧迫する問題も生じている^{1), 2), 3)}。

筆者らは，農業と工業との連携による新しいビジネスモデルを構築することを目的として創農・エネルギーシステムを検討した。創農・エネルギーシステムとは，作物などの栽培において温室と太陽光発電など再生可能エネルギー供給施設とを組み合わせ，農産物を生産すると同時にエネルギー供給を図る複合システムのことである。

本論文では，長野県諏訪圏での大型温室によるカーネーション栽培を例に取り，既存の大型温室栽培と定格容量10～30kWの太陽光発電付大型温室（以下，PV付き温室とする）栽培の損益バランス，温室効果ガスの削減率などについて検討し論述した。なお，解析に用いたデータは限られた農家の方々の聞き取り調査をベースにして，大胆な仮定の下で作成したものである。ただ，同一条件の下で既存の大型温室とPV付き温室とを比較したものであり，双方を比較することは可能である。

2. 創農・エネルギーシステムの概要

本論文では，10a(1000m²)の大型温室においてカーネーションの栽培を例に取っている。

図1は従来型温室と筆者らが提案するPV付き温室の構成図である。図右側の点線で表示したブロックは従来型の温室を意味し，図左側の実線で表示したシステムがPV付き温室の構成図である。従来型の栽培方式は，エネルギー源であるA重油，商用電源を用いて大型温室でカーネーションといった農産物などを栽培，出荷し消費者へと渡る。ここで，A重油は温室内を栽培に適した温度に保つために用いるボイラー燃料である。また，商用電源は，温室内を栽培に適した温度，温度に調整するための空調システム，散水ポンプ，ボイラー駆動用モータなどの動力源としてや夜間の作業用照明などに用いるためのものである。一方，PV付き温室は本研究で検討している構成であり，大型温室にPVシステムを導入することで発電した電力を大型温室で使用する。また，電力が余った場合には電力会社へ売電し，足りない電力は電力会社から買電する。そして売電して得た金額でA重油を購入する仕組みを採っている。

3. シミュレーション

3.1 概要

図2は従来型温室とPV付き温室による栽培法のシミ

*¹ 諏訪東京理科大学 システム工学部学生
(〒391-0292 長野県茅野市豊平5000-1)
E-mail: tani@rs.suwa.tus.ac.jp

*² 諏訪東京理科大学 システム工学部教授
(原稿受付：2010年3月9日)

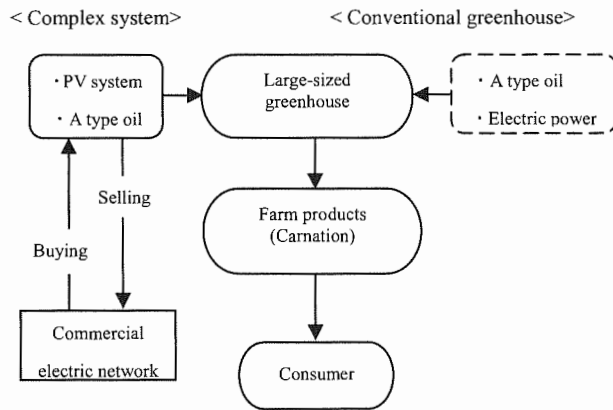


Fig.1 Complex system and Conventional greenhouse

シミュレーションのためのフローチャートである。従来型温室のエネルギー源はA重油と商用電力系統から供給される電力量である。(点線で表示) 大型温室の作付面積は1,000m²(10a)で、耐用年数は20年であり、作付する花卉はカーネーションである。カーネーションを栽培・収穫するのに必要な諸経費は大型温室設置費、苗代、肥料代などであり、後ほど3.2の4)で説明する。このフローチャートでは最終結果は耐用年数20年間の損益バランスや年間二酸化炭素排出量である。

図の実線のブロックは筆者らが提案している創農・エネルギーシステムであるPV付き温室のシミュレーションのためのフローチャートである。このシステムは大型温室の傾斜南面に太陽電池アレイを設置し、パワーコン

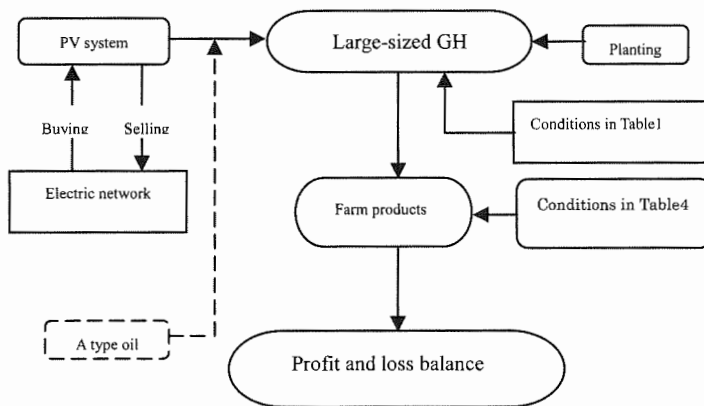


Fig.2 Flow chart of conventional greenhouse

ディショナなどを組み合わせて系統連系型太陽光発電システムを構成する。カーネーション栽培条件にしたがって、温室へ電力を供給するとともに余剰電力量、不足電力量は系統電力網を介して、電力事業者に売電あるいは買電する。提案したシステムでは、年間発電量、負荷への年間供給電力量、さらに年間余剰ならびに不足電力量の計算が加わる。なお、余剰電力量や不足電力量の電力単価は、2009年11月から導入された、定額買い取り制度に従って、売電電力単価と買電電力単価をそれぞれ48円/kWh、24円/kWhとした⁴⁾。なお、作付するカーネーション

や栽培に必要な諸費用は従来型温室と同額の費用を計上した。

3.2 シミュレーション条件

1) 大型温室

表1は大型温室の仕様である。大型温室の大きさは縦×横×高がそれぞれ約20m×約50m×約8mであり、作付面積は1,000m²(10a)であるとした。この温室は約3m毎に設置されたH鋼のアングルの梁で組み立てられており、傾斜南面の屋根の面積は約600m²(50m×12m)である。なお、H鋼は高さ約18cm、幅約10cm、厚さ約0.6cmであり、この梁に次項で述べる温室用PVモジュールを沿わせて設置するものとした。これらの新しいPVモジュールを設置することによる、耐加重設計の見直しや価格上昇を考慮することが必要である。これらの課題については次段階で検討するものとし、本論文では既存のガラス温室の設計基準と価格をそのまま使用した。さらに、調査した南面屋根の傾斜角度は積雪や雨量を考慮して約31度に設計されている。諏訪地域の年間を通して出力が最大になるPVモジュールの傾斜角度は30度程度である。本論文で提案しているPV付き温室の南面屋根の傾斜角度は従来型温室の傾斜角度をそのまま使用し計算は30度であるとした。

この温室のカーネーション栽培で消費される暖房用ボイラーで消費されるA重油と散水、換気用などで消費する電力量はそれぞれ年間4,000ℓ、6,000kWhであるとした。これらの値は農家の聞き取り調査と後ほど述べるカーネーションの栽培条件から算出した。

Table 1 Specification greenhouse

Items	Contents
Size of large greenhouse	W:20m
	D:50m
	H:8m
Acreage	1,000m ²
Life	20years
A type oil consumption	4,000ℓ/year
Electric power consumption	6,000kWh/year
A type oil prices	62yen/ℓ
Purchases of electric power	24yen/kWh

2) 太陽光発電システム

表2は太陽光発電システムの仕様である。太陽電池モジュールの変換効率はセル温度が25℃、日射強度が1kWで基準日射スペクトル分布のとき14%とした。太陽電池モジュールは大型温室の梁に沿って設置されるものとし、1枚当たりの太陽電池モジュールの大きさ

はW×D×Hが1.2m×0.4m×0.03mで定格容量は65Wである。傾斜南面に沿って設置される梁が16本あり、この梁に取り付けられる太陽電池モジュールは160枚で、温室傾斜南面に設置される太陽電池アレイの定格容量は10kWである。なお、太陽電池モジュールを傾斜面に設置することによる遮蔽率は10%で太陽光が減光する。ただ、廿日大根、ホウレン草、いちごなどでは、この程度の減光では収穫量にほとんど影響がないことから、カーネーションについても同様であると仮定した⁵⁾。本論文では、設置するPVシステムの定格容量を10~30kWの範囲で検討した。定格容量10kWのPVモジュールは温室を構成している南面屋根の梁に設置可能であるとし、PVシステムの定額買い取り制度の売電単価(48円/kWh)、買電単価(24円/kWh)で余剰、不足電力量の金額を計算した。

また、定格容量10kW以上のPVモジュールの設置は、温室周辺の未利用空間を想定した。さらに、現在の定額買い取り制度にはいくつかの制約条件があるが、全量買い取りなどが議論されている。再生可能エネルギーの大幅導入、普及政策などの進展によって、近い将来には定格容量10kW以上においても同一条件で売買できると想定して、売買電力単価を10kW以下の単価で計算した。

太陽電池アレイへの入力データとして、(財)日本気象協会(JWA)が開発した太陽光発電システム用標準気象データ(METPV)を用いた。このデータは全国約150地点の気象データベースで傾斜面全天日射量、傾斜面直達日射量、外気温度、風力、風速などが1年分のデータとして、1時間毎に整理されている。本論文で用いたデータは長野県諏訪市に真南にしかも傾斜角度30度で設置された太陽電池アレイに入射する傾斜面全天日射量とこの地点の外気温度である。また、システムデータとして表2の値を用いた。

Table 2 Photovoltaic power system

Items	Contents
Rated capacities of system	10~30kW
Type	Grid connected power system
Type of solar cell module	Polycrystalline silicone solar cell
Rated capacity and efficiency	65W,14.0% (0.4m×1.2m)
Integrating factor	0.7
Life	20years
Sales price of surplus electric power	48yen/kWh
Purchase price of shortage electric power	24yen/kWh

表2で示したようにシステム各部の効率をまとめて統合係数とし、次の係数の積であるとした。まず、フロントガラスの塵埃などによる汚れ係数を0.93、日射強度の強弱、負荷の重い軽いに拘わらずパワーコンディショナ変換係数(効率)を0.91とした。また、アレイ出力の集電用導線、離れた位置にあるアレイからパワーコンディショナ、パワーコンディショナから負荷への導線などの配線による損失をまとめて回路配線係数とし、この係数を0.94とした。この係数を0.94とした。さらに、アレイ最大出力電力と負荷電力との不整合性を整合係数と称し、この値を0.88とした。その結果、これらの係数の積である統合係数は0.7となった⁶⁾。

3) カーネーション栽培条件

表3は栽培するカーネーションの栽培条件である。本研究では、カーネーションは年に2回収穫できるとした。作付時期は11月から3月とし、5月から7月に1番花出荷を、9月から11月に2番花出荷するものとした。また、年間の収穫できる本数は10a当り15万本であるとした。さらに、温室で使用するA重油は作付時(11月~3月)では室内温度が12℃以下、作付時以外では8℃以下で用いるとした。

一方、電力は室内温度が12℃以下と28℃以上で使用するものとした。

Table 3 Carnation cultivation conditions

Items	Contents
Number of year to harvest	2 times
Planting season	From November to March
Harvest season	From May to July (first shipment)
	From September to November (second shipment)
Number of total harvest	150,000/year
Price	10~60yen/flower
A oil supply conditions	>12℃ (planting)
	>8℃ (cultivation)
Electric power supply conditions	>12℃
	<28℃

4) 大型温室必要費用

表4は大型温室の設置費、諸費用等である。温室は1棟当たり4,000万円としたが、国や地方自治体からの補助が1/2(2,000万円)あるものとした。銀行からの借入金利は3.7%とし、返済期間は5~20年の定額返済方式とした。また、保守費として補助後の温室価格の1.0%を当てた。

一方、その他の費用として、年間の苗代、肥料代、収穫時の作業代、散水用の水道代、A重油及び電力を含む10

Table 4 Conditions and amount required

Items	Contents
Construction cost of greenhouse	40 million yen
Grant rate of greenhouse	50% (20 million yen)
Borrowing interest	3.7%
Repayment period	5~20years
Maintenance cost rate	1.0%
Price of seedlings	500,000 yen/year
Price of fertilizer	200,000 yen/year
Price of work	500,000 yen/year
Price of water	100,000 yen/year
Price of energy (A oil, electric power)	400,000 yen/year
* Cost of photovoltaic power system	600,000 yen/kW
* Grant rate of PV system	1/3 (200,000 yen/kW)
* Maintenance cost rate	1.0%

* for PV system

万円、40万円とした。

一方、PV付き温室の必要費用は表4に*印をつけて示した。太陽光発電のkW当りの価格は60万円、この価格の1/3に国や地方自治体の補助金が充当できるとした。なお、温室に適用する太陽電池モジュールのコストは、今後の開発に負うところが多く本論文では現状コストと同価格であると仮定した。その結果、本論文では太陽光発電システムはkWあたり40万円で設置できるとし、保守費はこの価格の1.0%であるとした。さらに、銀行からの借入金利は、温室の金利と同じ3.7%、返済期間も同様に5~20年とした。

4. シミュレーションの方法

4.1 概要

シミュレーションの方法は、次の三つのカテゴリーから成り立っている。その一つは温室あるいはPV付き温室のエネルギー収支の計算であり、他の一つは損益バランスの計算である。また、第三の計算はCO₂排出量削減率の算定である。

温室あるいはPV付き温室のエネルギー収支では、温室で使用される暖房用ボイラーに使用するA重油と散水や空調設備などに使用される電力量をカーネーション栽培の年間の温度設定条件にしたがって、月別に配分する。また、PV付き温室では、定格発電容量に対して月別に算定した発電電力量と温室内で消費される電力量とを比較し、温室への供給電力量、電力会社へ売電する余剰電力量、電力会社から買う不足電力量のエネルギー収支バランスを計算した。これらの計算は、次項の(1)式を用

いて年間を通して1時間毎に発電量を求めるとともに表2、表3の条件の下で売買電力量を計算し、各月毎に集計し表示している。

また、損益バランスの計算では、まず温室で栽培し収穫したカーネーションの一本当たりの出荷価格を変化させて、温室の耐用年数20年間の出荷総金額を求める。次いで、20年間で栽培に必要な苗代、肥料代、作業代、エネルギー代などを積算すると同時に銀行への返済期間に対応した返済金額総額などを求める。そのほかに余剰電力量の売電による金額を収入に加算するとともに、これらのデータを用いて収入総額と支出総額より損益バランスを計算した。

さらに、従来型の温室とPV付き温室との年間のCO₂排出量を求め両者の排出量から削減率を計算している。

4.2 太陽光発電の発電量の計算

PVシステムの出力算出には次式を用いた。

$$P(n) = \eta [1 - \alpha(T_c - T_0)] \times I \times S \times K \cdots (1)$$

ここで、P(n):1月1日0時からn時間後の発電量[kWh], P₀:外気温度25°C時の発電量[kW], α:温度係数で-0.004, T_c:n時間後の外気温度[°C], T₀:基準温度25[°C], I:1時間当たりの日射量[kWh/m²], S:太陽電池アレイ面積[m²], η:太陽電池アレイの変換効率, K:統合係数。

5. 結果と考察

5.1 発電電力量と供給量・余剰電力量の関係

図4は長野県諏訪市における定格容量10kW、発電効率14%とした時の月別の発電量とカーネーション栽培条件に従った温室に必要な電力供給量の関係である。図の横軸は1月~12月の月であり、縦軸は電力量を示し単位はkWhである。

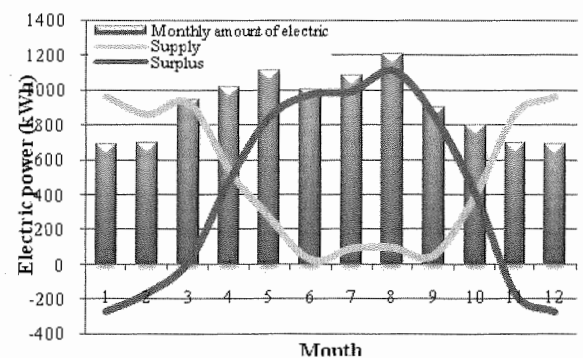


Fig.3 Monthly amount of electric power, supply and surplus Relationship between each month and electric power generation, supply and surplus electric power

年間発電電力量は約 11,000kWh であり、年間の温室への供給量は表 1 同様 6,000kWh である。また余剰電力量は月毎に見ると 11~2月の冬場には電力が約 900kWh 不足しているが年間を通じて見ると約 5,000kWh の余剰電力量があった。

5.2 投入エネルギー量と金額

表 5 は定格容量 10kW の太陽光発電システムの余剰電力量と A 重油使用量と、それぞれ金額に換算した表である。なお各金額は余剰電力量の不足(-)には 24 円/kWh, 余剰(+)には 48 円/kWh, A 重油は使用量に 62 円/l を掛けた値である⁷⁾。

A 重油使用量の算出には一年間 (8760 時間) の一時間毎の外気温度より、カーネーション栽培条件に従い計算した。すなわち、外気温度 8.0℃以下, 12.0℃以下, 28.0℃以上の 3 パターンの月別の時間数より、式(2)を用いた。

$$A \text{ 重油使用量 } (l) = 4000(l/\text{年}) \times \frac{\text{月毎の A 重油使用時間}}{\text{年間 A 重油使用時間}} \quad \dots (2)$$

なお、A 重油使用条件より 4 月は作付時期ではないため 12.0℃以下 (8.0℃以下では使用)、また出荷時の 5 月~10 月には A 重油を使用しないこととした。11 月は作付時期と二番花出荷の時期が重なるが、作付はカーネーションを栽培する上で欠かせないため A 重油を使用するものとした。

Table 5 Investment energy amount and price

Month	Surplus amount of electric power		A type oil		Balance(yen)
	Electric power(kWh)	Price(yen)	Amount of consumption(l)	Price(yen)	
1	-270	-6,475	802	49,720	-56,196
2	-166	-3,983	716	44,374	-48,357
3	19	890	770	47,715	-46,825
4	484	23,238	194	12,029	11,209
5	846	40,588	0	0	40,588
6	976	46,852	0	0	46,852
7	993	47,649	0	0	47,649
8	1,110	53,275	0	0	53,275
9	855	41,022	0	0	41,022
10	402	19,309	0	0	19,309
11	-166	-3,980	719	44,575	-48,554
12	-272	-6,537	800	49,587	-56,124
Total	4,810	251,849	4,000	248,000	3,849

本研究では売電して得た金額で A 重油を購入する仕組みを採っているため表 5 の右端欄の残高は、余剰電力量

の金額から A 重油の金額を引いた値である。なお、表中の一印は不足電力量と買電電力量に対する金額である。

表 5 の集計の残高が 3,849 円であることから、定格容量 10kW, PV システムの余剰電力量で得た金額で年間に使用する A 重油を賄うことができることが分かる。

5.3 収益バランス

表 6 は大型温室と定格容量 10kW の太陽光発電を設置した PV 付き温室の返済期間に対する年間支払金額と返済期間総額を示したものである。

特に温室と太陽光発電システムの年間返済金額は、次式で求めた。

$$S = P \times (1 + r \times n) / n \quad \dots (3)$$

ここで S : 年間返済金額 (万円), P : 1 棟当たりの大型温室, 太陽光発電システムの設置金額 (万円), r : 金利(%), n : 返済期間 (年)。

本論文では、1 棟の温室, 定格容量 10kW 太陽光発電システムの P の値は 2,000 万円, 400 万円とした。

Table 6 Repayment amount to payback period

Payback period	Repayment amount(×10,000yen)		Total repayment(×10,000yen)	
	Greenhouse	Greenhouse with PV system	Greenhouse	Greenhouse with PV system
5 year	474	569	2,370	2,845
10 year	274	329	2,740	3,290
15 year	207	249	3,105	3,735
20 year	174	209	3,480	4,180

必要諸経費は表 4 より保守費を含む苗代、肥料代、人件費、水道代、エネルギー代をそれぞれ足したものであり大型温室にかかる年間の必要諸経費は 190 万円であるが、PV 付き温室にかかる年間の必要諸経費は 154 万円となった。この差は、PV 付き温室の年間発電量と売電金額によって、大型温室で使用される年間エネルギー費を賄うことができることによる。

図 4 は提案した定格容量 10kW の PV 付き温室の収支バランスを示したものである。図の横軸はカーネーションの年間出荷価格 (万円/年) である。縦軸は年間損益金額 (万円/年) である。0 点は損益分岐点であり、プラス値は利益金額、マイナス値は損失金額を示している。図のパラメータは借入金返済期間 (5、10、15、20 年) である。図から返済期間が 10 年の時、損益分岐点の年間出荷価格 (耐用年数 20 年平均値) は 318 万円であり、返済期間が 20 年の時にはこの金額が 385 万円になることが分かる。また、返済期間が 5 年の時、年間出荷価格が 500 万円

あれば、年間利益が210万円であることが分かる。これらのことは同じ出荷価格のとき、返済期間を短くすることによってより利益を得ることが可能である。また、年間出荷価格が2、3倍増えれば、それに比例して利益額も多くなる。

PVシステムの定格容量を20、30kWに増やした場合、返済期間10年のときの損益分岐点の出荷価格は、それぞれ300、280万円であり、定格容量の増加によってその額が低減されることが分かる。

従来型温室についても同様に計算した。その結果、返済期間10年のときの損益分岐点の出荷価格は327万円で、定格10kWのPVシステム付き温室に比べ、約3%高額になることが分かった。また、返済期間の変化に対する年間出荷価格と年間損益分岐点との関係は同じ傾向であった。

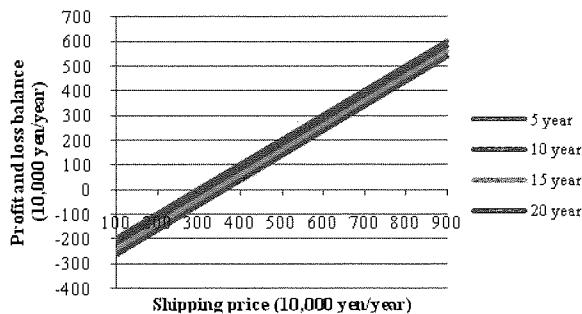


Fig.4 Relationship between shipping price per year and profit and loss balance (Greenhouse with PV system, 10 year repayment period)

表7はPVシステムを設置したことによる温室の年間収入額を示したものである。表の左欄は温室の種類で、従来型温室と定格容量10、20、30kWのPVシステムを設置した温室の4種類である。右欄は年間発電量による収入額である。計算は表5を作成した際の手順に従っている。まず、温室で使用される各月の電力量とA重油は、表3の温度条件に従って年間使用量を分配して求めている。次いで、PVシステム設置による各月の発電量、余剰電力量を求める。さらに、表2に示した売買電力単価、A重油の単価を掛け合わせて、それぞれの定格容量における

Types	Income amount
Only greenhouse	0yen/year
With PV system (10kW)	3,849 yen/year
With PV system (20kW)	506,461 yen/year
With PV system (30kW)	1,024,046 yen/year

月別の金額を集計した。PVシステムを設置した場合、定格容量10kWのPVシステム設置では年間の収入はわずかであるが、定格容量を増加するに従って収入が増え、その差はおおよそ倍近い金額である。

したがって、PV付き温室は大型温室に比べ比較的小額で利益が発生することが分かり、定格容量が大きいほどこの金額は小額になることが分かる。

5.4 エネルギー代替率

表8は従来型温室の年間エネルギー使用量がPVシステム付き温室を設置することによって代替される割合を示したものである。温室の使用エネルギー源はA重油と電力である。これらの単位はそれぞれkcal/l、kWhであるため、860kcalが1kWhである関係から換算している。なお、A重油のカロリーは10,000kcal/lであるとした。その結果、従来型温室の年間使用エネルギー量は52,500kWhであり、定格容量10~30kWのPVシステム付きの温室のエネルギー使用量は従来型温室のそれに比べ、約21~62%代替可能であることが分かった。表から明らかなように、定格容量が2倍、3倍になるにつれて、代替率もそれに比例して増加し、PV付き温室は環境に配慮した温室であると言える。

Table 8 Replacement rate of energy

Types	Replacement rate
With PV system (10kW)	≒21%
With PV system (20kW)	≒41%
With PV system (30kW)	≒62%

5.5 CO₂削減率

表9は従来型温室とPV付き温室の年間CO₂排出量を比較し削減率として示したものである。

Table 9 CO₂ gas production rate

Systems	CO ₂ gas production (tone/year)	CO ₂ gas reduction rate (%)
Conventional greenhouse	14.17	—
Greenhouse with PV system (10kW)	10.2	28.2
Greenhouse with PV system (20kW)	8.1	43.2
Greenhouse with PV system (30kW)	6.0	57.9

Basic unit ; A type oil: 2.71kg/l, Commercial electric power: 555g/kWh, PV system: 45g/kWh

従来型温室の年間 CO₂ 排出量は約 14.17 t である。この値を基準にすると定格容量 10~30kW の PV システム付き温室の CO₂ 排出量の削減率は 28.2~57.9% となった。なお、A 重油、商用電源、PV システムの CO₂ 排出量の原単位は、それぞれ 2.71kg/ℓ、555g/kWh、45g/kWh であるとした^{8),9)}。

6. まとめ

以上、大胆な仮定のもとで、筆者らが提案した複合システムである創農・エネルギーシステム (PV 付き温室) と従来型の温室とをカーネーション栽培を例にとりシミュレーションした。その結果、次のことが明らかになった。

- 1) 従来型温室に比べ提案したシステムは PV システムが設置されていることで、年間のエネルギー消費量を賄うことができるとともに、余剰電力量を売電して収入とすることが可能である。設置する PV システムの定格容量が大きくなるに従って収入金額が増加する。
 - 2) PV システムによる諸経費を含めた総額は 10a の大型温室に比べ年間約 3~14% 軽減され経済的である。
 - 3) カーネーションの出荷と余剰電力量の売電による収入と返済金額や必要費用である支出との損益分岐金額は、従来型の温室では 327 万円であったが、PV システムを設置することにより低減した。例えば定格容量 20kW の PV システムを設置した場合、この金額が 300 万円と 9% 程度少額になった。
 - 4) 大型温室の年間エネルギー消費量に比べ PV システムの定格容量 10~30kW では年間約 21~62% のエネルギーを代替できる。
 - 5) CO₂ 排出削減率の観点から大型温室に比べ、定格容量 10~30kW を導入すれば年間約 28.2~57.9% 削減され PV 付き温室は環境負荷が少ない温室と言える。
- 2) 北海道農政部：「平成 21 年営農改善指導基本方針」18~50 (平成 21 年 1 月)
 - 3) 合瀬 宏毅：「減反政策議論の行方」NHK 時論公論 (2009 年 5 月 6 日)
 - 4) 中部電力：「購入単価」(2009 年 1 月 1 日 0 日取得)
http://www.chuden.co.jp/ryokin/shikumi/taiyoko/index.html?cid=ul_me
 - 5) 高村 伊藤 河野 平田 谷 谷内：「光合成促進機能などを持つ農業用ネットに関する研究(1)」太陽エネルギー Vol.33 No.4 63~68(2007.7)
 - 6) 島田 小林 沖村 鮎澤 谷：「太陽光発電システムの発電コスト及び CO₂ 削減率に関する一考察」太陽エネルギー Vol.34 No.5 51~55(2008.9)
 - 7) (財)日本エネルギー経済研究所石油情報センター：「産業用価格・A 重油・月次調査」(2009 年 1 月 1 日 0 日取得)
<http://oil-info.ieej.or.jp/price/data/Ajuyu.pdf>
 - 8) 環境省：「地球温暖化対策に関する法律施行令第三条」(平成 18 年 3 月 24 日一部改正)
http://www.env.go.jp/earth/ondanka/santei_keisuu/keisuu.pdf
 - 9) (独)産業技術総合研究所太陽光発電研究センター：「太陽光発電の特徴」(2008 年 1 月 29 日)
http://unit.aist.go.jp/rcpv/ci/about_pv/feature/feature_1.html

筆者らが提案する創農・エネルギーシステムの「創農」とは温室で農産物を栽培するだけではなく、PV システムを設置することでエネルギー生産を図る複合システムであり、近い将来新しいビジネスモデルの構築が可能であると考えられる。

最後に、本研究を進めるにあたり、有益なデータを提供いただいた、NPO 法人諏訪圏ものづくり推進機構 細川久、小松新平両氏に謝意を表す次第である。

参考文献

- 1) 農林水産省：「平成 20 年度食料・農業・農村白書」第 1 部食料・農業・農村動向の本文 (平成 21 年 5 月 19 日)