

# 太陽光発電による農業用ハウスの冷暖房

兵庫県立淡路農業技術センター

宇田 明

## 1. はじめに

現在、人々の暮らしや産業に必要なエネルギーの大部分を化石燃料に依存している。その結果、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、SO<sub>x</sub>濃度などの上昇による地球の温暖化、熱帯雨林の減少、砂漠化、酸性雨など環境悪化防止が世界的な重要課題となり、早急に化石燃料にかわるクリーンな新エネルギーの導入が求められている。対策として、国では1994年に「新エネルギー導入大綱」を策定し、2010年には460万kWの太陽光発電を計画している。

太陽光発電の普及を図るために、NEDO（新エネルギー・産業技術開発機構）では1992年度より「公共施設等太陽光発電フィールドテスト事業」を開始した。兵庫県では太陽光発電の啓蒙普及を図り、農業生産における利用場面を検討する目的で、同事業の第一期指定を受け、1993年3月に農業関係では全国初めての太陽光発電設備を淡路農業技術センター圃場に設置し、ガラスハウスの冷暖房電源に利用した。

## 2. 太陽光発電設備と発電システムの概要（第1表）

当システムでは蓄電装置はもたず、電力不足時および夜間には電力会社の電力を用い（系統連係）、余剰が生じたときには当センター内で消費され、なおかつ余剰が生じた場合には電力会社に販売した（逆潮流）。

## 3. 負荷冷暖房ガラスハウス（第1表）

東西棟100m<sup>2</sup>（間口6.6m、長さ15.75m）のガラスハウスを2室に区切り、それぞれの室に第1表に示した能力の空冷式ヒートポンプを、それぞれの室内にはファンコイルユニットを設置し、冷風または温風による冷暖房を行った。

夏季の気温は、全日冷房区（50m<sup>2</sup>）では昼間（6:00～18:00）25℃、夜間（18:00～6:00）15℃、夜間冷房区（50m<sup>2</sup>）では昼間は天窓、側窓の換気温度を25℃に設定し、夜間は15℃に冷房した。冬季には夜間（18:00～6:00）のみ両室とも13℃に加温した。

## 4. 発電実績

発電量と日射量にはきわめて高い正の相関（R<sup>2</sup>=0.936）が認められ、日射量が多いほど発電量が多かった（第1図）。1993年度の1日当たりの最高発電量は3月30日の151.1kWh（0.75kWh/m<sup>2</sup>）、最低は10月30日の2.3kWh（0.01kWh/m<sup>2</sup>）、平均は75.7kWh（0.38kWh/m<sup>2</sup>）であった。

1993年度から1996年度まで4年間の月平均発電量は、日射量が増加する3月から急速に増加し、6月には梅雨の影響で日射量が低下したのに伴い減少したが、7月から日射量の回復に連れ増加し8月が最大で、9月からは日射量の低下に従い減少し、12月が最低であった（第2図）。4年間の年間平均発電量は28,860kWh（143.2kWh/m<sup>2</sup>、0.39kWh/m<sup>2</sup>/日）、平均日射量は1,378kWh/m<sup>2</sup>（3.8kWh/日）で、年間日射量が多い年は年間発電量も多かった（第3図）。日射エネルギーをどれだけ電力に変換することができるかを示す発電効率（インバータ出力/[日射量×太陽電池受光面積]×100）は10.3～10.7%、平均10.5%で、4年間ほとんど変化しなかった（第4図）。

第1表 供試太陽光発電設備と冷暖房ガラスハウスの概要

1. 設置場所および位置

兵庫県三原郡三原町，兵庫県立淡路農業技術センター圃場  
東経134度48分，北緯34度18分，標高48m

2. 太陽電池

タイプ：シリコン多結晶（三洋電機；CSP-4516）

設置面積：63m<sup>2</sup> × 4 架台（252m<sup>2</sup>）

受光面積：201.6m<sup>2</sup>

設置角度：南30度

最大出力：25.2kW

3. インバータ（日新電機；PVC325）

運転入力電圧範囲：DC300V

連係点電圧：三相3線式210V

4. 冷暖房ガラスハウス

面積：100m<sup>2</sup>（50m<sup>2</sup> 2室に間仕切り）

冷暖房空調システム：空冷式ヒートポンプ（1室当たり）

チーリングユニット（三菱重工業；MCU158AHU）

定格能力：冷房33,500kcal/h，加熱40,000kcal/h

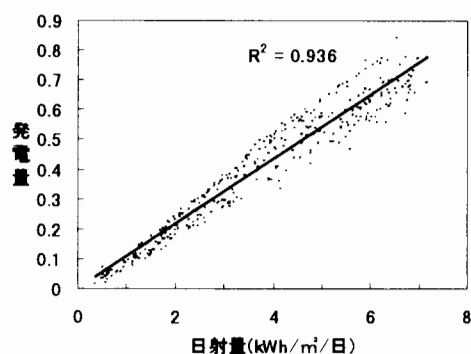
消費電力：冷房16.5kW，加熱15.6kW

成績係数（COP）：冷房2.4，加熱3.0

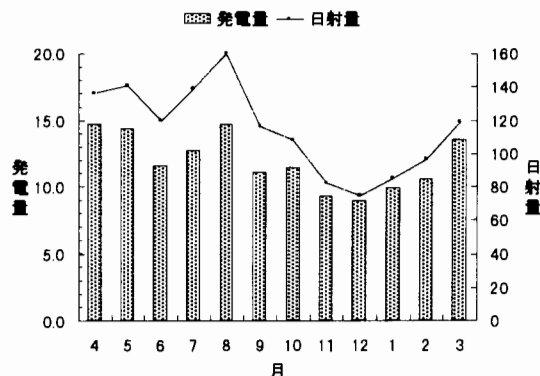
圧縮用電動機：3.75kW × 3台

ファンコイルユニット（三菱重工業；FCU1203FE）60W × 5基

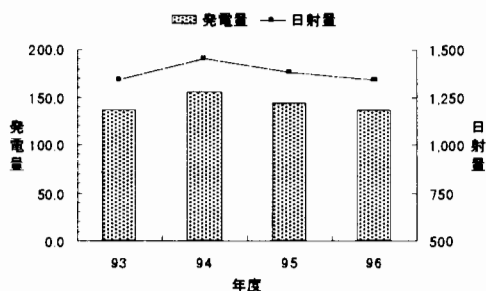
制御システム：ハウス用コンピュータ（グリーンマイコン10N；ESD社）



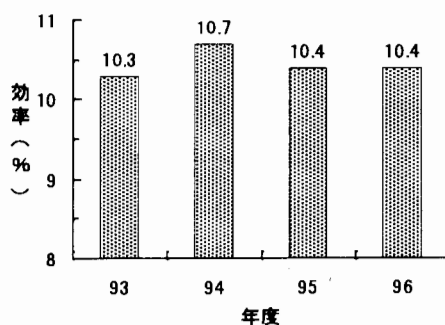
第1図 日射量と発電量(kWh/m<sup>2</sup>/日)との関係



第2図 月間発電量(kWh/m<sup>2</sup>)と日射量(kWh/m<sup>2</sup>)  
(1993~96の平均)



第3図 年間発電量(kWh/m<sup>2</sup>)と日射量(kWh/m<sup>2</sup>)



第4図 発電効率

5. ハウスの冷暖房における電力消費

(1) 冷房消費電力

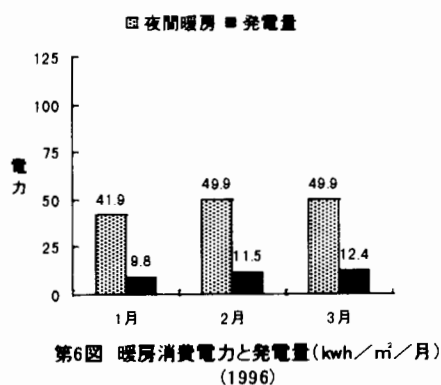
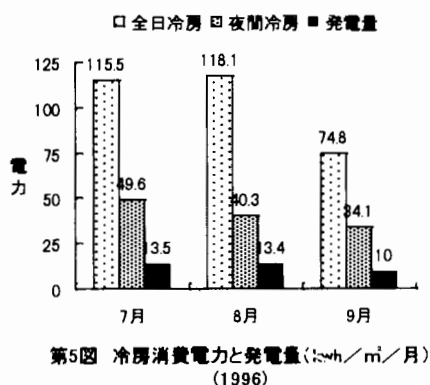
1996年7~9月の冷房期間に消費された電力はハウス1m<sup>2</sup>当たり，全日冷房区（昼間25℃，夜間15℃）では7月と8月がほぼ同じで115.5kWh/月（3.7kWh/日）と118.1kWh/月（3.8kWh/日）

Wh/日), 9月には気温の低下とともに減少して74.8kWh/月 (2.5kWh/日)であった (第5図). 夜間冷房 (昼間自然, 夜間15°C) では7月が最大で49.6kWh/月 (1.6kWh/日), 8月が40.3kWh/月 (1.3kWh/日), 9月が34.1kWh/月 (1.1kWh/日)であった. この期間の発電量は太陽電池1㎡当たり10.1~13.5kWh/月 (0.3~0.4kWh/日)で, 不足電力は電力会社から供給された. 農業用ハウスの暖房は一般化しており, 消費エネルギーの計算と実測値には蓄積が大きい, 冷房についての事例は極めて少ない. 今後は基礎的なデータの積み重ねが冷房普及に必要である.

冷房に必要な電力を太陽光発電だけで供給するには, 全日冷房では施設面積の8.8倍, 夜間冷房では3.7倍の太陽電池面積が必要ことがわかった. またそれらを購入電力に依存すると (20円/kWh), 8月には全日冷房では76円/㎡/日, 夜間冷房では32円/㎡/日を要する.

## (2) 暖房で消費された電力

1~3月の夜間暖房にはハウス1㎡当たり42~50kWh/月 (1.5~1.6kWh/日)の電力を消費した (第6図). この期間の発電量は1㎡当たり9.8~12.4kWh/月 (0.3~0.4kWh/日)であった. 暖房期間中は発電量が多い昼間の電力消費が少なく, 供試ハウス以外の電源として利用されたかシステム外へ流出し, 夜間には電力会社から供給された. 夜間暖房に必要な電力を昼間に太陽光発電で得るためには, 施設面積の4.4倍の太陽電池面積が必要であった.



## 5. 太陽光発電の経済性

太陽光発電の発電コストの算出には, 装置の建設費と年間発電量に対する年間経費 (資本費+直接費+一般管理費) から求められる. 当設備の建設費は約9,000万円 (357万円/太陽電池出力kW)で, 耐用年数が20年とすると発電コストは約300円/kWhとなる. 1995年度に建設された他の設備では太陽電池コストの低下により約200円/kWhと計算されているが, それでも電力会社の約20円/kWhと比較すると10倍である.

## 6. メンテナンス

1993年3月の設置後1997年3月まで, パネル表面の塵, 埃を洗浄する等の管理は全く行わなかったが, 発電効率の年数経過に伴う低下は認められなかった. 太陽光発電設備の特長として, 維持が簡便で, 自動化, 無人化が図られやすいとされていることが実証された. しかし, これらについてはさらに長期間の調査が必要である.

## 7. ハウス冷房の必要性

施設園芸では周年雇用が一般的で、夏の高温期でも作業できる環境が不可欠である。また、園芸作物では高温が制限要因となり、秋～冬の安定生産が阻害される事例が多い。特に現在の主要切り花はヨーロッパ等冷涼地を原産とし、高温でロッゼット（トルコギキョウ、スターチス、デルフィニウム等）したり、生育が不良（バラ、カーネーション等）になる。野菜では高温期には良質の苗が得られなかったり（レタス等）、品質が低下し生産が不安定になる（トマト、メロン等）。

そのため、今日では高温回避が施設園芸の重要な課題で、ハウスの構造や遮光資材の改良から、細霧冷房、スポット冷房とともに冷房機を利用した本格的な冷房まで、さまざまな角度から検討されている。

## 8. ハウス冷房の研究事例（兵庫県立淡路農業技術センター）

### （1）ビワの冷房による開花および収穫期の促進（1996）

全日冷房では11月に、夜間冷房では2月に収穫が促進された。収量は無処理の60%であったが、糖度は増した。

### （2）レタスの冷房育苗による抽台抑制（1994）

夜間冷房育苗により、抽台、徒長が抑制され、良質の苗が得られ、10月収穫作型では高品質のレタスが収穫できた。

### （3）デルフィニウムの冷房育苗による開花促進（1994）

冷房育苗により無処理の5月開花に対して、11月から開花した。

### （4）カーネーションの冷房による品質向上および収量増（1994）

夜間冷房で切り花品質が向上し、収量が43%増加した。

## 8. 問題点と今後の改善策

問題点	対策
<b>太陽光発電</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・高コスト</li> <li>・発電量は日射量に比例（夜間は発電しない）</li> <li>・メンテナンスコスト</li> <li>・広い設置面積が必要</li> <li>・直流を交流に変換（インバータが高価、電ロス 5%）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・量産によるコスト低下（300万円/kW→100万円→?）</li> <li>・発電効率の向上（10%→25%）</li> <li>・ソフト面の改善（建築基準法、電気関係法律等）</li> <li>・過剰な安全対策の見直し</li> <li>・系統連係（自己完結的なシステムは不可）</li> <li>・効率的な蓄電池の開発</li> <li>・日常運転はメンテナンスフリー</li> <li>・法定点検費用が高い</li> <li>・屋根の有効利用</li> <li>・シースルーパネルの利用</li> <li>・直流モーター等の利用</li> </ul>
<b>ハウス冷房</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>・現場での利用場面</li> <li>・高コスト</li> <li>・農業用クーラーの開発の遅れ（低効率、冷風害等）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・周年雇用、周年労働による経営の安定</li> <li>・高温期の育苗→秋～初冬の安定生産</li> <li>・遮光、ウオーターカーテン等の利用による省エネ</li> <li>・農業用クーラーの開発の促進</li> <li>・ハウス冷房のノウハウ蓄積</li> <li>・ハウス冷房での実測値収集と計算式の確立</li> </ul>