

# 太陽光発電／商用電力混合装置の方式

## Concept of Solar- AC Fusion Converter

土屋 幸男

八戸工業高等専門学校

Yukio Tsuchiya

Hachinohe National College of Technology

キーワード：太陽光発電システム (photovoltaic system), 太陽電池 (solar cell), 商用電力 (AC power, commercial electric power), 太陽光発電／商用電力混合装置 (solar- AC fusion converter)

連絡先：〒039-11 八戸市田面木字上野平16 八戸工業高等専門学校電気工学科  
土屋幸男 Tel.(0178)-27-7280, Fax:(0178)-27-9379, e-mail:tsuchiya-e@hachinohe-ct.ac.jp

### 1. まえがき

太陽光発電はクリーンで無尽蔵なエネルギー源として省エネルギー社会の構築に貢献している。この中で電力系統と連系する住宅用太陽光発電システムは代表的なシステムであり、積極的に推進されている。本システムの特徴は、需要家の需要電力を上回る太陽電池出力が発電されたときに生ずる余剰電力を電力会社が積極的に買取る制度にある。そしてこの制度はすでに1992年に始まっている。その後、システム自体の価格低下やシステム設置に関わる補助金制度により、住宅用を中心に普及が加速されつつある。しかし系統に連系するためには電力品質、系統保護および保安に関する技術に高度なものが求められ、システムは高コストにならざるをえない。これは住宅用システムとして普及させる際の抑制要因である。

そこでこの問題点を解決するために、系統連系型の太陽光発電システムとは全く異なる性格をもつ非系統連系型のシステムの1つを提案する。

具体的な特徴の1つは設置する太陽電池の最大出力は需要電力を上回らないことを前提にするシステムである。この点は発電電力の低下につながるが、システムのコストを削減し、導入を容易にするメリットがある。さらに太陽電池を最大出力点で稼働させ、この電力を商用電源電力に優先させて負荷に供給する。ここで需要電力に満たない不足電力は商用電力で賄う。すなわち太陽光発電を導入し、商用電力の需要を実質的に抑制する。これは省エネルギーの1つの方策である。今年2月にこのコンセプトを実現する省エネルギー装置を開発し、これを「太陽光発電電力／商用電力混合装置<sup>(1)</sup>；以下では混合装置」として

表1. 太陽光発電システムの比較

Table 1. Comparison of scale of PV system.

系統連系型	(太陽電池出力) > (需要電力)
非系統連系型 (本論文)	(太陽電池出力) < (需要電力)

公表した。以下ではこの装置の回路、方式および機能について概説し、具体的な稼働状況の一例を示す。

## 2. 装置

### 2.1 装置の接続回路

混合装置周辺の電気的接続回路を図1に示す。入出力の関係は極めて単純で、太陽電池と商用電力(AC100V)とを入力とし、負荷に直流を供給する。

### 2.2 混合装置のハードウェア

混合装置内部の基本回路を図2に示す。ハードウェアの特徴の1つは蓄電池を携帯しないことである。これは装置の小型化、軽量化、低価格化およびメンテナンスフリー化に貢献している。この回路は大きく4つの部分、すなわち

- ①太陽電池最大出力点追跡回路
- ②商用電源全波整流回路
- ③出力電力混合制御回路
- ④装置制御用電源回路

から構成される。以下に設計の留意点について若干の説明を行う。

ここで①太陽電池最大出力点追跡回路は、太陽電池の入射光強度と太陽電池素子温度に依存して変動する太陽電池の最大出力点を追跡する。すなわち入射光強度の変動に応じて、太陽電池の最大出力電力を取り出すことができる。ただし、今回開発したシステムはコンピュータを使用する精密なものではなく、電気・電子回路のみで最大出力点の追跡を行う方式を採用している。このためラフな制御になっている。図2に示すインバータ回路(INV回路)とコッククロフト・ウオルトン回路(CW回路)で構成される直流高電圧発生回路<sup>(2)</sup>がこれに相当する。

②商用電源全波整流回路は通常のダイオードブリッジで構成する。

③出力電力混合制御回路は $SW_1$ と $SW_2$ の動作タイミングのとり方で幾つかの方式が考えられる。これらについては2.4で簡単な説明を行う。

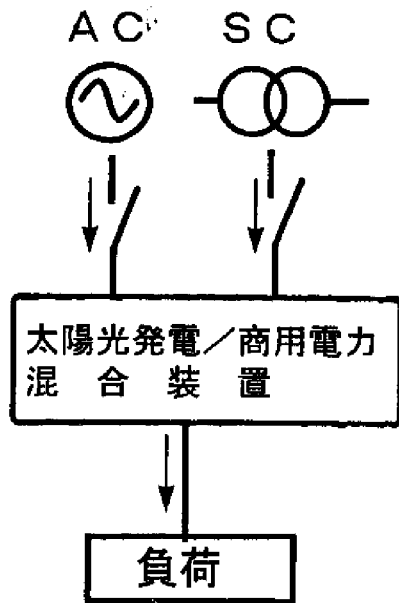


図1 太陽光発電電力/商用電力混合装置の電気的接続

Fig.1. Electrical wiring diagram of solar- AC fusion converter .

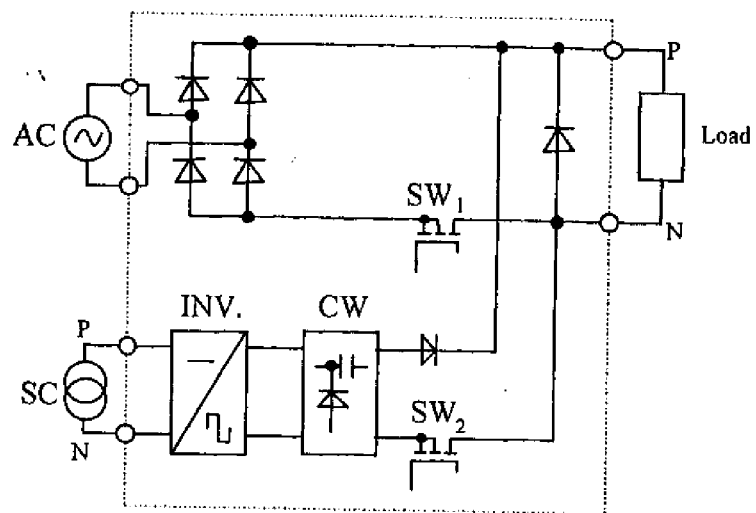


図2. 太陽光発電電力/商用電力混合装置の回路図

Fig.2. Circuit diagram of solar- AC fusion converter.

④装置制御用電源回路は、定常動作時の  $SW_1$  と  $SW_2$ 、INV回路およびCW回路の電源として働くほかに、天候の急変（晴天↔曇天）とか、日の出/日の入りのときの自動立ち上げ/立ち下げのタイミングを決定する。具体的に述べると本回路の設計では太陽電池の出力が自身（装置制御用電源回路）を稼働させるに必要な電力よりも増え始める場合と、逆に均衡点を越えて立ち下がり（商用電源のみで稼働）になる場合では電源の動作状態が異なる。前者ではINV回路起動のための突入電流の供給に伴う電源回路自身の安定性に関して回路上の工夫が必要である。なお消費電力に関しては2種類を考える必要があり、商用電源側の回路では商用電源自身から供給され、他方太陽光発電側の回路では太陽電池出力の一部として作られる。このため太陽電池が発電している場合とそうでない場合では電源回路の動作パターンは異なる。いずれにしてもこれらはともに混合装置の損失であるから、効率を向上させるためには極力少なくする必要がある。

### 2.3 混合装置の機能

混合装置の有する機能は次の5項目である。

- ①太陽光発電電力を優先的に負荷に供給する。
- ②日射が低下すると太陽光発電電力が低下する。このときは負荷電力に満たない不足電力を商用電力で賄う。
- ③太陽電池、商用電力のどちらか一方のみ、もしくは両方を用いる運転が可能。

表2. 混合装置の負荷の例

Table 2. Example of load.

電熱器(温水器, 凍結防止装置, 温室暖房, 生物飼育の保温器), 電気分解, 蓄電池の充電, 換気装置, 電照栽培, 地下/トンネル内照明 など
--

④太陽電池の最大出力点追跡制御を行う。

⑤負荷電圧は直流。

なお、以上の機能は基本的にはスタンドアロン型太陽電池最大出力点追跡装置<sup>(2)</sup>の出力端に、商用電源の全波整流出力を接続することで得られる。また⑤の特性より対象となる負荷の種類は限られるが、表2に示すように電圧変動が多少許容できる負荷とか24時間連続稼働する負荷の省エネルギー装置に適用できる。もちろん出力端にインバータを設置することで交流負荷に対応できるが、ここでは検討しない。

### 2.4 電力の混合方式

直流電力と交流電力を混合する方法にはいくつかあるが、本混合装置では商用電源側の出力波形は極力変形させないシンプルなものを考える。とりあえず太陽電池出力側との関係から、4種類の方式について具体的な回路を試作し、2.3で示した機能の動作確認を行っている(図3)。これらに共通することは商用電力側をまず全波整流し、その上で全波整流波の一部を太陽電池を電源とする直流電圧(以下では直流波)で置き換えるというものである。以下に簡単に説明する。

(a)非同期方式 図3(a)は太陽電池の出力を昇圧した直流電圧(以下、直流波)が、昇圧によって予め設定した電圧(放電開始電圧:  $E_d$ )に達すると①全波整流波の電位とは無関係に直流波に転流し、この後、②直流波の電圧が負荷に放電動作することで予め設定した規定値(放電停止電圧:  $E_r$ )に低下すると全波整流波に転流するという混合方式を表している。従って、商用電力の省エネルギーはこの全波整流波が直流波で代替される部分で行われる。

(b)非同期低電位方式 また同図(b)は全波整流波に前述の直流波を重ねる方式である。従って全波整流波が直流波に比べて高電位にある区間では全波整流波がこの区間を支配することになる。このため直流波は低電位区間に移り、省エネルギーはこの区間でなされる。

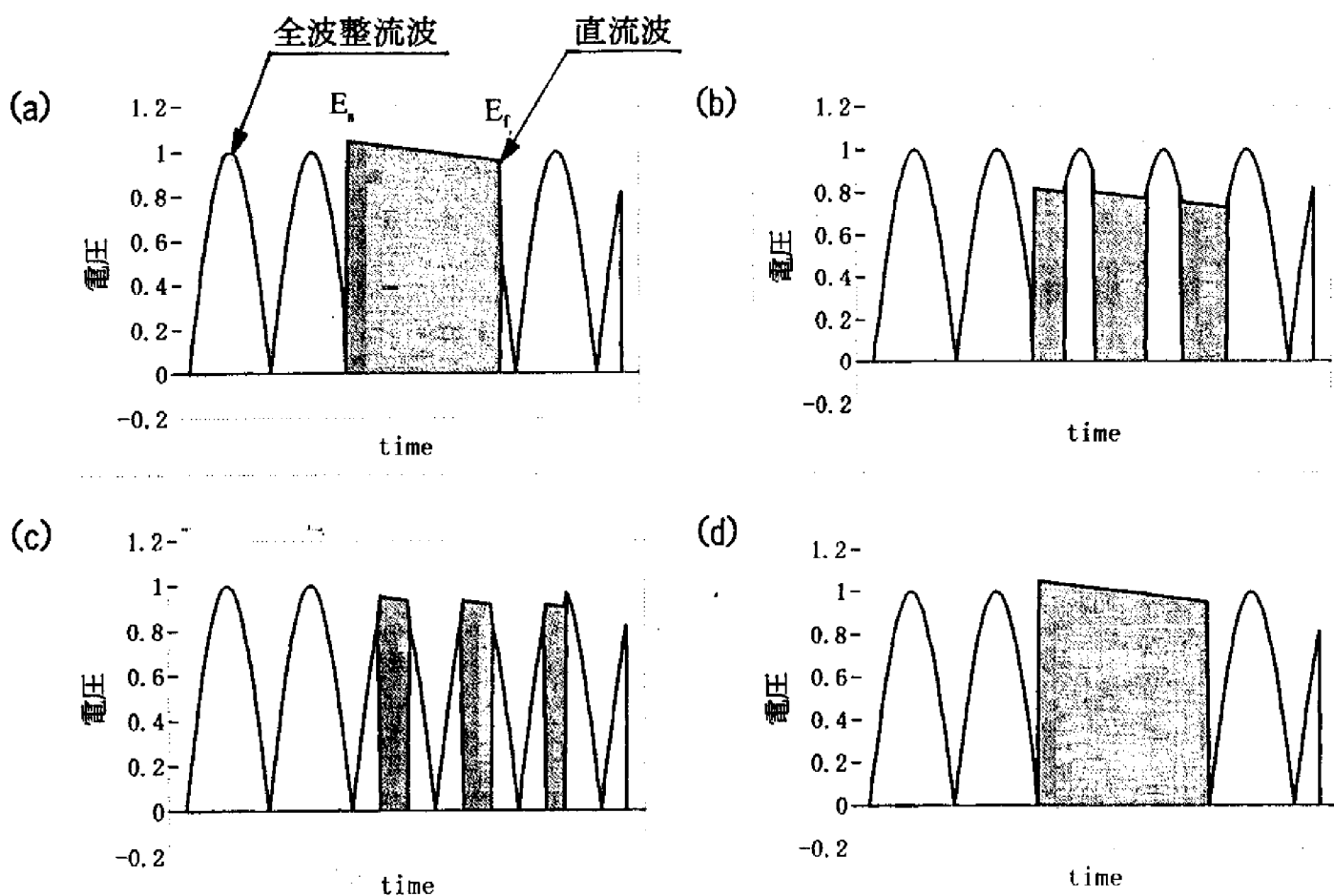


図3 太陽電池側直流電圧と商用電力側電圧の混合方式

Fig.3. Principles of solar- a.c. voltage fusion technique.

(a)非同期方式 (b)非同期低電位方式 (c)非同期高電位方式 (d)ゼロ電位同期方式

(c)非同期高電位方式 同図(c)は(b)の逆動作であり、全波整流波の高電位部分を直流波で置き換えるものである。同じく省エネルギーはこの部分で達成される。

(d)ゼロ電位同期方式 同図(d)は(a)と同様の制御を行っているのであるが、直流波の開始位置と終了位置が、商用電力の半サイクルのゼロ電位点に同期している点が違う。なお半サイクルの途中で直流波の電圧が放電停止電圧 $E_r$ に達する場合は、次のゼロ電位が検出されるまで放電が続くので、このときの直流波の終了電圧は $E_r$ よりも低くなる。

### 3. 実験

#### 3.1 混合装置の性能

実験に供する混合装置の定格仕様は負荷出力 100V, 100Wである。また混合装置はゼロ電位同期方式であり、効率は商用電力側で98% (定格時), 太陽電池電力側で93% (太陽電池出力35W) である。

回路にはA5サイズのプリント基板3枚を使用し、これをパソコンケース大の筐体に収納し操作性をよくしている。なお出力電力混合制御回路の $SW_1$ と $SW_2$ のスイッチングの目視のために2種類の発光ダイオードをそれぞれが導通したときに点灯するよう工夫している。

#### 3.2 各部の電圧電流波形

まず太陽電池の出力をINV回路とCW回路で昇圧した後これを放電する、いわゆる太陽電池電源側だけの単独運転時の直流波の放電波形を図4に示す。同図によると、直流波

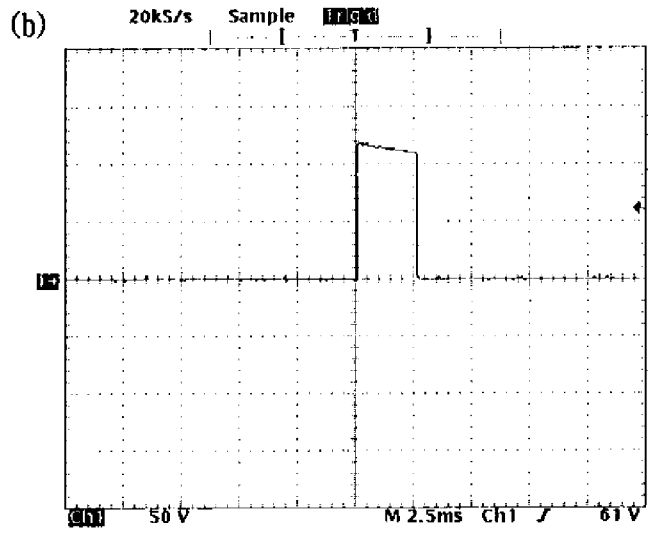
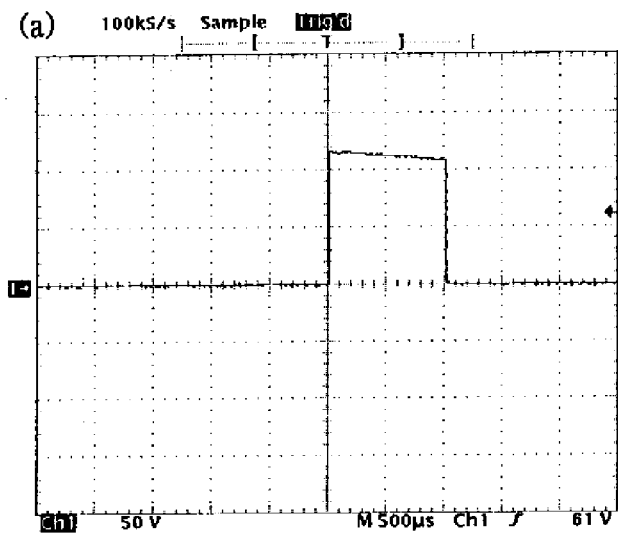


図4. 直流波の放電電圧波形

Fig.4. Typical d.c. discharge voltage wave form.

(a) 負荷抵抗25Ω.

(b) 負荷抵抗50Ω.

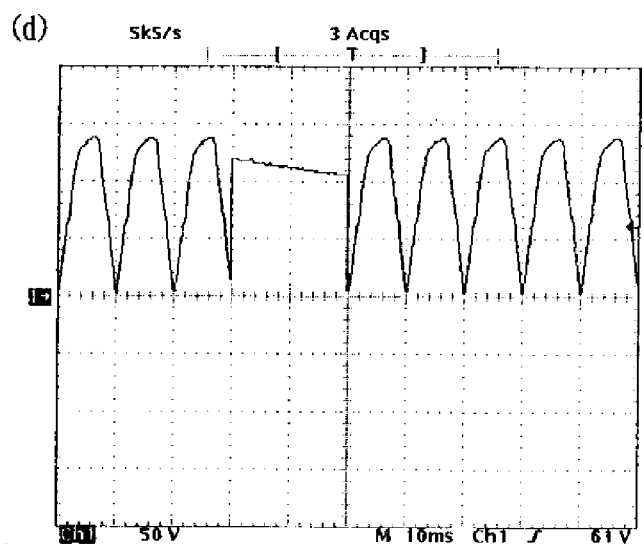
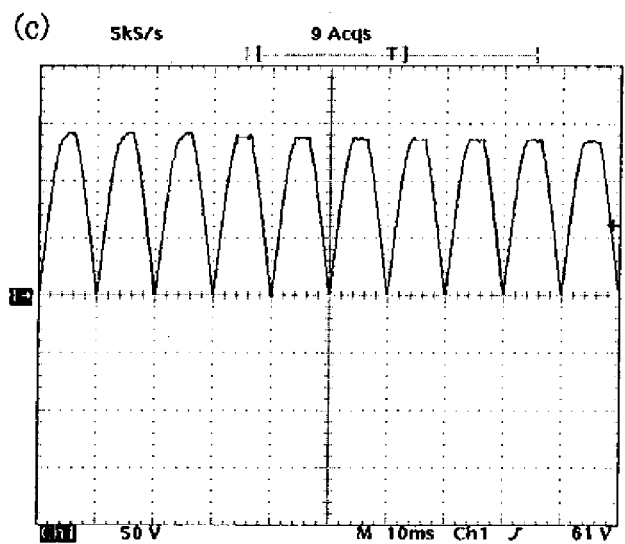
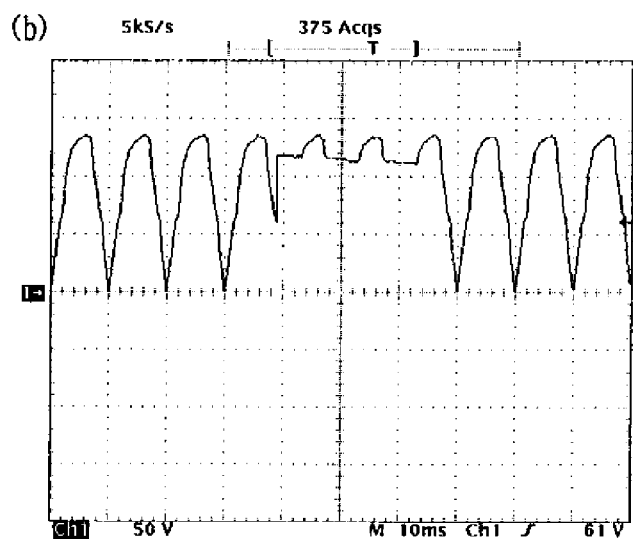
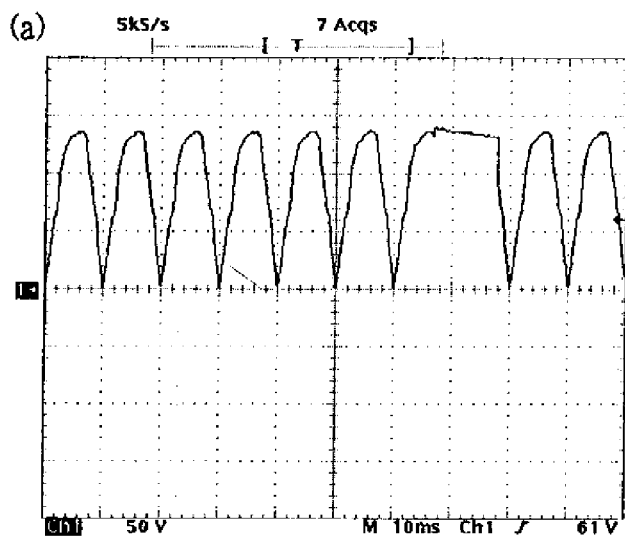


図5 方式別の出力電圧波形

Fig.5. Comparison of output voltage waveforms.

(a) 非同期方式 (b) 非同期低電位方式 (c) 非同期高電位方式 (d) ゼロ電位同期方式

の持続時間は負荷抵抗値にほぼ比例して長くなっていることがわかる。なお太陽電池の入射光強度とこの放電回数（放電パルスレート）はほぼ比例関係にある。このことについては既に報告した<sup>(2)</sup>。

図5 (a)～(d)は混合方式の違いによる負荷電圧波形を図3のそれぞれにに対応させて示す。ただし、ここに示す全波整流波の原波形は電源システムの段階ですでに高調波障害によって歪を含んでいるため理想的なものではない。

### 3.2 装置稼働特性

図6に、太陽電池として $17.5W_p$ 、 $V_{op} = 16.6V$ 、 $I_{op} = 1.05A$ のものを2台並列にし、商用電源側稼働で55.5W入力となる負荷を接続し、装置を96時間連続稼働させた一例を示す。

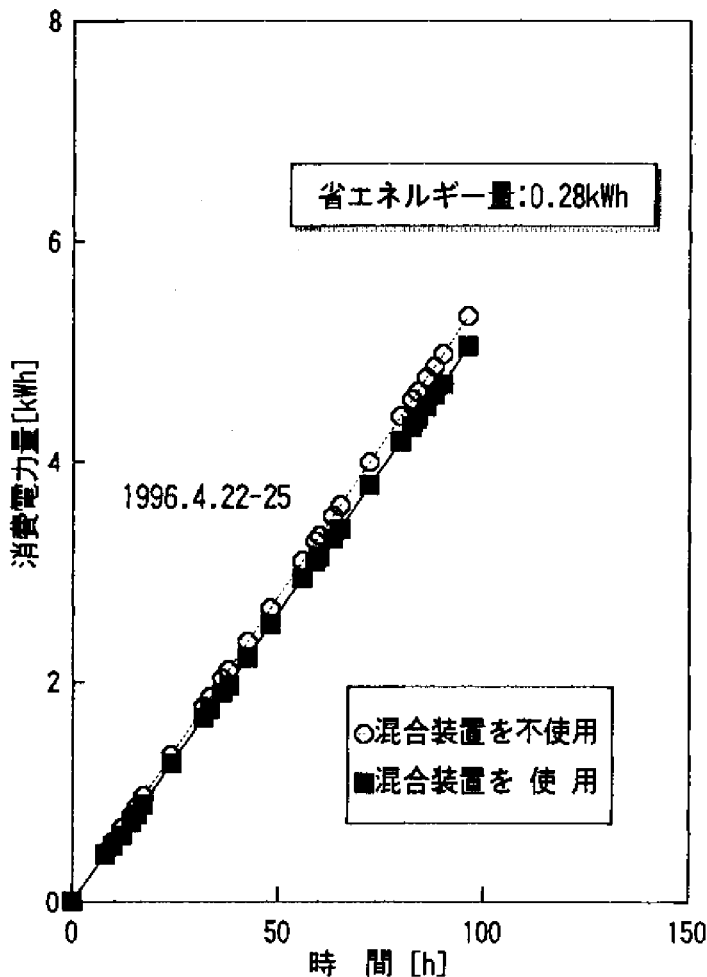


図6. 省エネルギーの効果

Fig.6. Effect of energy conservation.

実験条件は以下のようなものである。太陽電池の設置場所は3階建ての建物に挟まれた地上にあり、直射日光が当たる時間は9時すぎから14時頃までである。また観測日の中には雨天、曇天があり太陽電池の発電条件としては芳しくない。しかし混合装置自体は7時過ぎから17時頃まで稼働し、この96時間で5.05kWh消費し計算上から必要とされる5.33kWh ( $\cong 0.0555kW \times 96h$ ) との差である0.28kWhの省エネルギーを達成している。なお電力量の計測には誘導形交流電力量計を使用している。

## 4. ま と め

本論文では、まず太陽光発電／商用電力混合装置の設計方針、回路、機能について概説した。電力の混合の仕方には4種類の方式を提案し、それぞれの出力波形を示した。続いて装置の性能にふれた後、簡単な稼働実験結果を示し、省エネルギーの効果について説明した。

現在、商品化されている太陽光発電システムは高品質である反面、高価なこともあり一般家庭への普及には相当の時間がかかるとみられる。しかし、省エネルギーの視点で太陽光発電システムを見直すならば必ずしも高価なシステムは必要とされないであろう。逆に安価なシステムを家庭電化製品並に多数導入する方が意味を持つかもしれない。本論文が新たな省エネルギー装置の開発の原動力になることを希望する。

## 文 献

- (1) デーリー東北, 「太陽電池, 商用電力混合装置を開発」, 1996.2.3.
- (2) 土屋: 「スタンドアロン型太陽電池最大出力点追跡装置」, 平成8年電気学会全国大会, 1753 (平8-3).