

# 太陽光発電・燃料電池ハイブリッドシステムの年間特性\* (システムパラメータによる影響)

ANNUAL PERFORMANCE OF PV/FUEL CELL POWER HYBRID SYSTEM  
(EFFECT ON SYSTEM PARAMETERS)

関 口 直 俊\*<sup>1</sup> 石 井 哲 久\*<sup>2</sup> 谷 辰 夫\*<sup>1</sup>  
Naotoshi SEKIGUCHI Tetsuhisa ISHII Tatsuo TANI

## Abstract

The photovoltaic power is expected as clean electric power supply in the great future. Sunlight, a source of energy for the system, is greatly influenced by the weather conditions, seasons and times of a day, therefore the system is necessary for the storage of electric power.

The photovoltaic/fuel cell power hybrid system is assumed, it combines PV array, hydrogen generator, hydrogen absorbing alloy(LaNi<sub>5</sub>)and fuel cells by using hydrogen. This system can supply constant electric power even to a solitary island separated from a commercial electric network, and is considered to be apply the middle power capacities.

The possibility of this system is examined by the computer simulation. Input data includes the global irradiance on inclined plane and temperature of HASP data of Tokyo, ten kinds of electrical load forms with 400MWh electric power a year, PV array conversion efficiency from 11 to 20 % and conversion efficiencies of each subsystem.

As a result of simulation, applying high-efficiency PV array from 11 to 20 %, it was revealed find that the area of PV array is smaller inversely. The volume of hydrogen absorbing alloy are necessary from 168 to 207 ton.

**Key words :** PV/fuel cell power hybrid system, hydrogen generator, hydrogen absorbing alloy, electrical load form factor, PV array area

## 1. はじめに

環境負荷の小さいクリーンなエネルギー供給システムとして太陽光発電システムの実用化が期待されている。しかし、このシステムはエネルギー源である太陽エネルギーが気象条件、季節、時刻などにより変動するため、負荷に電力を安定的に供給するためには電力貯蔵システムを備える必要がある。そこで、太陽電池と燃料電池を組み合わせた太陽光発電・燃料電池ハイブリッドシステムが提案されている<sup>(1)</sup>。このシステムは昼間に太陽光発電システムで発生した電力を直接負荷に供給しつつ、余剰電力を利用して水素を製造して貯蔵する。そして、太陽光発電システムで十分な電力供給が困難なときにこの水素を燃料として、燃料電池を介して電力を負荷に供給する。このシステムの可能性に関する検討結果によれば、負荷に電力を安定的に供給することが可能であること、燃料電池発電後の反応熱をも有効に利用するコージェネレーションシステムとすれば、蓄電池を有する太陽光発電システムのシ

ステム効率を上回ることも可能であることが分かった。また、このシステムは個人住宅用の小容量システムとして実用化を計るより、離島などの電力系統から独立した比較的規模の大きい電源として利用することも期待される<sup>(2)</sup>。

水素エネルギーは、地球環境に負荷を与えないクリーンなエネルギーであり、将来水素エネルギーを中心としたエネルギーシステムを地球規模で構築することが提案されている<sup>(3)(4)</sup>。これらの計画は、まだ構想の段階に過ぎないが今後の展開が期待される。また、国内外でそのための要素研究も進められている。現在のところ、これらの研究は小規模でしかも十分な連系のもとで行われているとは言い難いが、研究の進展にしたがって連系の機運もみられる<sup>(5)(6)(7)</sup>。

本論文は太陽光発電・燃料電池ハイブリッドシステムのシステムパラメータによる年間特性を論述したものである。すなわち、この論文では年間負荷電力量400MWhに負荷形状率の概念を導入し、水素貯蔵手段として水素吸蔵合金(LaNi<sub>5</sub>)を想定した。

負荷形状率は同一の年間負荷電力量での負荷パターンの違いを定量的に表す指標である。この値は年間負荷電力量に対する平均負荷以上の負荷電力量の割合を

\* 原稿受付 平成6年9月5日

\*1 会員 東京理科大学工学部(〒162新宿区神楽坂1-3)

\*2 非会員 元東京理科大学工学部 学生

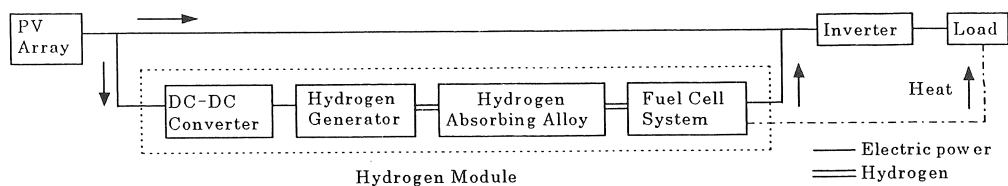


図1 システム構成図

意味する。すなわち、負荷形状率が大きければ最大・最少負荷電力量の差が大きく、しかも年間を通して負荷電力量が大きく変化すること示している。本論文では、実測データに基づき設定した10種類の個人住宅用負荷（一軒当たり年間負荷電力量が4,000kWh）の負荷形状率（10.1～30.9%）について必要な年間発生電力量、年間の水素貯蔵量の推移、水素吸蔵合金重量、システム効率などを比較検討した。

比較検討した結果、本システムで年間を通して電力を負荷に供給するためには、太陽電池アレイ年間発生電力量が940～1,020MWh、水素吸蔵合金（LaNi<sub>5</sub>）の重量が168～207ton必要であることが分かった。

## 2. システム条件

### 2.1 システム構成

システムは図1に示すように太陽電池アレイ、インバータ、水素モジュールから構成される。水素モジュールとはDC-DCコンバータ、水素発生機、水素貯蔵用水素吸蔵合金、燃料電池をまとめたものである。このシステムは、昼間に太陽電池アレイで発生した電力をインバータを介して負荷に供給しつつ、余剰電力を利用して水素発生機で水の電気分解を行い発生した水素を水素吸蔵合金に吸蔵させ貯蔵する。また、夜間など太陽電池アレイのみで十分な電力供給が困難なときに、貯蔵した水素を燃料電池を介して負荷に電力を安定的に供給する。このシステムは、系統から電力供給を受ける必要がないため独立電源として利用することができる。また、燃料電池は発電と同時に反応熱による熱エネルギーを発生するため、この熱エネルギーを有効利用することによりシステム効率の向上が期待できる。なお、水素吸蔵合金に水素を吸蔵させるときには発熱を伴うが、水を循環させる冷却装置を用いて20.0℃に保つものとした。また、水素を放出させるときには吸熱を伴うが、燃料電池の排熱を利用し反応熱に相当する熱量を与えるものとした。

### 2.2 環境データ

太陽電池アレイへの入力環境データには、HASPデータ＜東京＞の連続する1時間毎のデータ1年分（8,760時間）の傾斜面全日射強度と外気温度を用い

た。なお、本論文で*i*時間後の傾斜面全日射強度 $\Phi(i)$  [kW/m<sup>2</sup>]の計算は次式によった<sup>(8)</sup>。

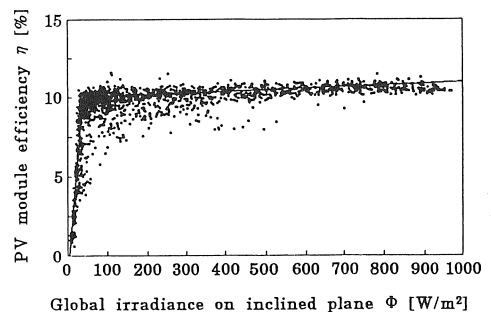
$$\Phi(i) = \Phi_d(i) \cos \delta \cos t + \Phi_g(i) (1 + \cos L) / 2 \quad \dots (1)$$

ここで、 $\Phi_d(i)$ ：法線面直達日射強度 [kW/m<sup>2</sup>]、 $\Phi_g(i)$ ：水平面天空日射強度 [kW/m<sup>2</sup>]、 $\delta$ ：太陽赤緯 [°]、 $t$ ：時角 [°]、 $L$ ：太陽電池アレイの設置傾斜角度 [°]

### 2.3 太陽電池アレイ

本論文では多結晶シリコン太陽電池を使用するものとし、太陽電池アレイの発生電力は次のように求めた。本学屋上にて測定中の多結晶シリコン太陽電池モジュール（地上約40m、傾斜角35.5°、南向きに設置）の傾斜面全日射強度に対する効率、セル温度のデータの関係を求めた。ここで用いた測定データは、1993年3月～1994年2月の1年間のデータである。これらのデータを春期（3月～5月）、夏期（6月～8月）、秋期（9月～11月）、冬期（12月～2月）に分け近似式を求めた。

図2に傾斜面全日射強度に対する太陽電池モジュール変換効率の関係の秋期（9月～11月）の例を示す。図の横軸は傾斜面全日射強度であり、縦軸は太陽電池セル温度を25℃に換算したときの変換効率である。図より、傾斜面全日射強度 $\Phi$ に対する太陽電池モジュールの変換効率 $\eta$ を一次式で近似し、単位面積当たりの太陽電池モジュールの出力を $P$  [kW/m<sup>2</sup>]とする。今、システム稼動開始から*i*間後の傾斜面全日射

図2 傾斜面全日射強度に対する太陽電池モジュール変換効率 $\eta$ の関係

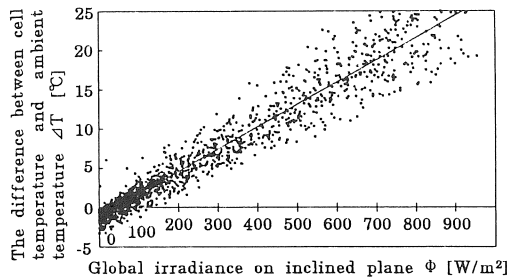


図3 傾斜面全天日射強度に対する太陽電池セル温度と外気温度の差 $\Delta T$ の関係

強度を $\Phi(i)$ とすると、これらの値には次式の関係が成立する。

$$\eta(i) = a\Phi(i) + b \quad \dots\dots (2)$$

$$P(i) = \Phi(i)\eta(i) \quad \dots\dots (3)$$

ここで、 $a$ 、 $b$ ：定数

一方、図3に傾斜面全天日射強度 $\Phi$ に対する太陽電池セル温度と外気温度の差 $\Delta T$ の関係の秋期(9月～11月)の例を示す。図の横軸は傾斜面全天日射強度であり、縦軸は太陽電池セル温度と外気温度の差であり、 $i$ 時間後の $\Phi(i)$ と $\Delta T(i)$ の間には次式が成立する。

$$\Delta T(i) = c\Phi(i) + d \quad \dots\dots (4)$$

ここで、 $c$ 、 $d$ ：定数

太陽電池アレイの年間の発生電力量 $P_T$ は、アレイ面積を $S$  [ $m^2$ ]とすると、(2)、(3)、(4)式より次式で求めることができる<sup>(2)</sup>。

$$P_T = S \sum_{i=1}^{8760} P(i) \{1 - 0.005(t + \Delta T(i) - 25)\} \quad \dots\dots (5)$$

ここで、 $t$ ：外気温度 [ $^{\circ}C$ ]、0.005：多結晶シリコン太陽電池セル温度係数<sup>(9)</sup>

また、最近の高効率太陽電池に対応させるために本学屋上に設置された多結晶シリコン太陽電池モジュールによる傾斜面全天日射強度、太陽電池モジュール変換効率、太陽電池セル温度測定データをもとに $a$ 、 $b$ と $c$ 、 $d$ を近似的に想定した。 $a$ 、 $b$ については傾斜面全天

表1  $\eta = 11.0\%$ 時の $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ 係数値

| Season                | $\Phi(i)$ [ $W/m^2$ ] | $a$   | $b$   | $c$   | $d$    |
|-----------------------|-----------------------|-------|-------|-------|--------|
| Spring<br>(Mar.～May)  | 7.6～39.6              | 0.29  | -1.40 | 0.024 | -1.179 |
|                       | 39.6～1,000            | 0.001 | 9.52  |       |        |
| Summer<br>(June～Aug.) | 8.4～40.0              | 0.30  | -1.68 | 0.024 | -0.916 |
|                       | 40.0～1,000            | 0.001 | 9.68  |       |        |
| Fall<br>(Sep.～Nov.)   | 5.9～39.8              | 0.29  | -1.57 | 0.028 | -1.159 |
|                       | 39.8～1,000            | 0.001 | 9.46  |       |        |
| Winter<br>(Dec.～Feb.) | 5.9～40.0              | 0.29  | -1.77 | 0.028 | -1.554 |
|                       | 40.0～1,000            | 0.001 | 9.23  |       |        |

日射強度が約0～40.0 $W/m^2$ の範囲と40.0～1,000.0 $W/m^2$ の範囲で、太陽電池モジュール変換効率をそれぞれ1次近似した。また、太陽電池モジュールの変換効率14.0、16.0、18.0、20.0%のときの $a$ 、 $b$ については変換効率11.0%を基にし全体的にシフトアップするものとした。 $c$ 、 $d$ については太陽電池モジュール変換効率の変化に関係なく同一とした。表1に例として11.0%の時の $a$ 、 $b$ 、 $c$ 、 $d$ の値を示す<sup>(10)</sup>。

## 2.4 DC-DCコンバータ

DC-DCコンバータは太陽電池アレイの発生電力を制御する機能を有し、特に太陽電池アレイの出力電圧を水素発生機の所定の入力電圧に調整する働きがある。ここでは、DC-DCコンバータの変換効率を定格容量に対する負荷率に関係なく96.0%一定とした。

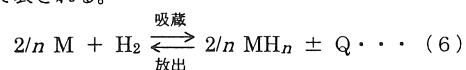
## 2.5 水素発生機

水素発生機は、固体高分子電解質水電解方式で水の電気分解を行い水素を得ると想定した。この方式は電極触体とイオン交換膜とを一体化した膜-電極接合体を用い、イオン交換膜は電解質と隔膜の両役割をはたしている。その特徴は、電解触媒が固体電解質に接合されているため、電解液が不要で水を供給するのみでよい。電極間距離が膜厚のみで、発生ガスも電極触媒の背面から発生するため、高い電流密度が取り出せる。純度の高い水素を得ることができる。装置の高圧化、コンパクト化が可能であるなどがある。現在、この水素発生機は小型機(20～30 $Nm^3/h$ )に限られている<sup>(11)</sup>。将来技術開発が進み大型化の要請があれば、十分対応が可能とし、その変換効率を90.0%とした。

水の電気分解においては、陰極、陽極でそれぞれ反応が起こり1 $mol$ の水素を発生するには電子数 $2e^-$ のエネルギーが必要なため、電流量 $2F$ を要する。したがって、ファラデーの法則から水素の理論分解電圧以上の電圧がかかっているとき、このエネルギーは、69.7Whとなる。

## 2.6 水素吸蔵合金

水素発生機によって得た水素を貯蔵するために、水素吸蔵合金の $LaNi_5$ を想定した。 $LaNi_5$ は、6.2g(0.9 $cm^3$ )で標準状態の水素を1 $l$ 貯蔵することができる<sup>(12)</sup>。一般的に水素吸蔵合金と水素の反応は水素吸蔵合金 $M$ 、反応熱 $Q$ とすると次のような熱化学方程式で表される。



ここで、 $Q$ ：反応熱 -30.2  $kJ/mol \cdot H_2$

式(6)に示した反応は、金属とガスの反応にも関わらず早い速度で進むことが知られている。この反応は、単純な吸着現象などではなく、金属原子のつくる

格子間隔に水素原子が入り込む化学反応である。そのため、反応熱も大きく、それも一つの特徴である。水素吸蔵合金は水素とのみ選択的に反応するため、繰り返し反応させても、水素の吸蔵量や反応速度が低下しないことが多い。また、水素密度が高いこと、安全性に優れていることなどの特徴があげられる。

水素吸蔵合金の水素吸蔵・放出特性は圧力や水素吸蔵合金の温度によって異なる。ここでは水素吸蔵合金の圧力は、2atmとして水素を貯蔵するときには反応熱による水素吸蔵合金の温度上昇が起こるが、水を循環させるなどの簡単な冷却装置を用いて20.0℃に保ち、水素を放出するときには外部から反応熱に相当する熱量(30.2 kJ/mol・H<sub>2</sub>)を与えるものとした<sup>(13)(14)</sup>。この水素吸蔵合金の吸蔵効率率は96.0%、放出効率率は96.0%であるとした。

## 2.7 燃料電池

燃料電池としては、実用化が最も早いと考えられているリン酸塩型燃料電池を想定した。燃料電池は、水素と酸素の化学反応により電気エネルギーを得る直接発電変換のシステムである。発生電力は、直流であるのでインバータを介して交流電力に変換される。この燃料電池の発電効率率は40.0%、180℃程度の排熱エネルギーの排熱回収効率率は40.0%であるとした。

## 2.8 インバータ

インバータは、太陽電池アレイや燃料電池からの直流電力を交流電力に変換するもので、発生電力を制御する機能も有するものである。また、変換効率を96.0%とし負荷の状態に無関係であるとした。

以上述べたシステムを構成する各要素の変換効率を表2に示す。

表2 構成要素の変換効率

| Subsystem                                        | Conversion Efficiency [%]                                          |
|--------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| PV Array<br>(Polycrystalline Si)                 | 11.0~20.0 (A.M. 1.5, 1kW/m <sup>2</sup> ,<br>Cell Temperature 25℃) |
| DC-DC Converter                                  | 96.0                                                               |
| Hydrogen Generator                               | 90.0                                                               |
| Hydrogen Absorbing Alloy<br>(LaNi <sub>5</sub> ) | 96.0 (Charging)<br>96.0 (Discharging)                              |
| Fuel Cell<br>(Phosphoric-acid)                   | 40.0 (Electric Power)<br>40.0 (Heat)                               |
| Inverter                                         | 96.0                                                               |

## 3. 負荷条件と負荷形状率

負荷として、モデル化された10種類の個人住宅用負荷パターンを用いた<sup>(15)</sup>。住宅用負荷の一軒当たりの年間負荷電力量の平均値は4,000kWhである。各負荷電力量を規格化して、ここではこの値の住宅100軒分(年間負荷電力量400MWh、平均電力45.7kW)を想

定した。また、負荷パターンは春期(3月~5月)、夏期(6月~8月)、秋期(9月~11月)、冬期(12月~2月)の4種類とし、各期間ではいずれも同一パターンとした。これらの負荷パターンを分類するため負荷形状率を定義して用いている。図4に負荷形状率の一例を示す。負荷形状率とは、年間の負荷電力量に対する平均負荷レベル以上の負荷電力量の割合である<sup>(16)</sup>。すなわち、図より負荷形状率は(acdに囲まれた面積)/(0acdb8760に囲まれた面積)で表されている。ここで用いた10種類の負荷形状率は10~31%でその内訳は、10.1~15.5%が7種類、25.1~30.9%が3種類である。

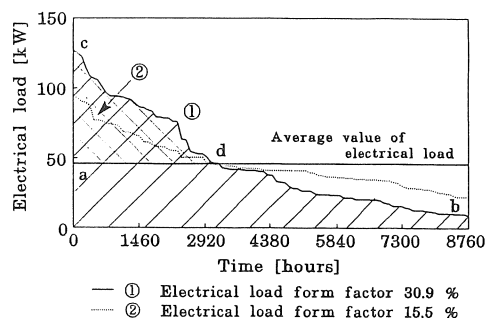


図4 負荷形状率

## 4. 計算手順

シミュレーションの流れ図を図5に示す。シミュレ

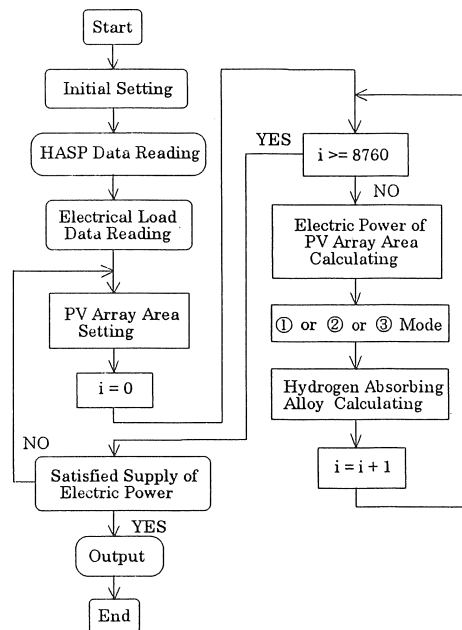


図5 流れ図

ーションするにあたって、システムの入力データは環境データ、日負荷データ、太陽電池アレイの効率、それぞれの構成要素の効率などであり、次の3つのモードを判別しながら連続する1年間（8,760時間）のデータについて1時間ごとに繰り返し計算して太陽電池アレイ面積、水素貯蔵量などを求めている。

#### ①直接供給モード

太陽電池アレイで発生した電力は、インバータを介して負荷に供給される。また、その際に発生した余剰電力は水素モジュールへと送られ、水素発生機で水素に変換され水素吸蔵合金に貯蔵される。このモードでは、水素モジュールからの電力供給はない。

#### ②間接供給モード

貯蔵した水素を、燃料電池を介して負荷に電力を供給する。このモードでは、太陽電池アレイの発生電力はない。

#### ③併用供給モード

明け方や夕方など、太陽電池アレイで発生した電力が十分でないとき、①と②の両モードを併用して負荷に電力を供給する。このモードでは、水素モジュールへの電力供給はない。

### 5. 結果

本システムは年間を通して負荷に電力を供給する独立型のエネルギー供給システムである。本論文では、太陽電池アレイの余剰電力によって製造された年間の水素製造量と燃料電池の燃料として使用された年間の水素使用量が等しくなるシステムについて考察した。すなわち、年間単位で必要最少量のシステムとした。

図6は負荷形状率に対する太陽電池アレイからの必要年間発生電力量の関係である。図の横軸は負荷形状率、縦軸は太陽電池アレイの必要年間発生電力量である。負荷形状率の変化に対する必要年間発生電力量は、940～1,020MWhで、その平均値は980MWhとなった。

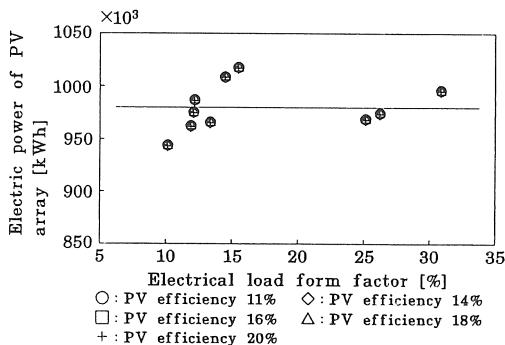


図6 負荷形状率に対する太陽電池アレイの必要年間発生電力量の関係

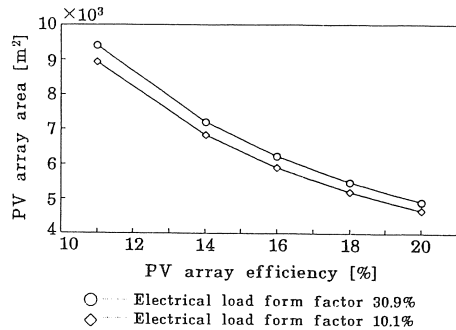


図7 太陽電池アレイ変換効率に対する太陽電池アレイ面積の関係

したがって、平均値に対する最大値、最小値の偏りは±4.0%で負荷形状率の違いによって必要年間発生電力量が大きく変化しないことが分かった。

一方、同一の負荷形状率に対して必要年間発生電力量は、必ずしも同じではない。これは図4に示した負荷形状率の定義には時刻の要素が入っていないことによる。

図7は太陽電池アレイの変換効率に対する太陽電池アレイ面積の関係である。図の横軸は太陽電池アレイの変換効率であり、縦軸は太陽電池アレイ面積である。図中のパラメータは負荷形状率が10.1%と30.9%のものである。いずれの負荷形状率とも、太陽電池アレイの変換効率の増加に伴ってほぼ直線的に太陽電池アレイ面積が減少することが分かる。たとえば、負荷形状率10.1%のとき、太陽電池アレイ変換効率11.0%のときのアレイ面積は8,900m<sup>2</sup>であり、20.0%のときのそれは4,700m<sup>2</sup>であることがわかる。

一方、負荷形状率が30.9%と10.1%との太陽電池アレイ面積の比率は約0.95で、この値は太陽電池アレイの変換効率に無関係に一定となった。

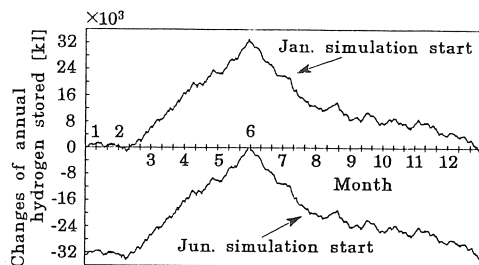


図8 年間の水素貯蔵量の推移の関係

図8は年間の水素貯蔵量の推移の関係である。太陽電池アレイ変換効率は11.0%、負荷形状率は30.9%で

ある。例として1月と6月にシミュレーションを開始したものを示す。図より、1月にシミュレーションを開始すると、1月1日0時で完全に0kℓで、2月中旬に最小値-1,000kℓとなり、3月～5月にかけて水素貯蔵量は増加し、5月下旬に最大値32,600kℓとなる。それ以降12月まで減少し12月31日24時に再び0kℓになる。負荷に電力を安定的に供給するためには、2月中旬に貯蔵量が不足する量(1,000kℓ)をあらかじめ充填しておく必要がある。また、6月にシミュレーションを開始すると、あらかじめ不足する量(33,600kℓ)を充填しておく必要があることが分かる。

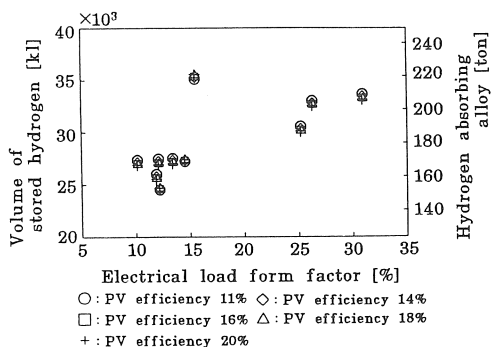


図9 負荷形状率に対する年間の最大水素貯蔵量と水素吸蔵合金重量の関係

図9は負荷形状率に対する年間の最大水素貯蔵量と水素吸蔵合金重量の関係である。図の横軸は負荷形状率であり、左側縦軸は年間最大水素貯蔵量、右側縦軸は水素吸蔵合金(LaNi<sub>5</sub>)の重量である。年間最大水素貯蔵量とは、図8の年間水素貯蔵量の推移より、最小値と最大値の差の絶対値である。負荷形状率が10.1%から30.9%まで変化したとき年間の最大水素貯蔵量は26,900kℓから33,600kℓと変化する。また、水素吸蔵合金の重量は168tonから207tonまで変化する。なお、

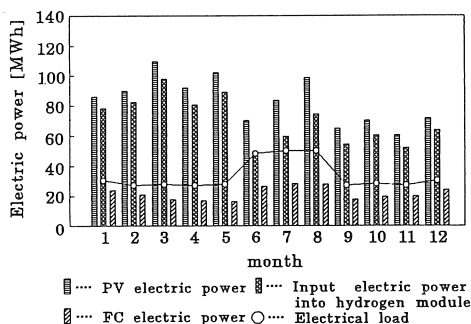


図10 太陽電池アレイと燃料電池の月別発生電力量

図9の負荷形状率が15.5%で、年間最大水素貯蔵量、水素吸蔵合金重量が大きな値となっているが、これは冬期夜間の負荷が他の負荷に対して著しく大きいことによる。

図10は太陽電池アレイと燃料電池の月別発生電力量の関係である。太陽電池アレイ変換効率は11.0%、負荷形状率は30.9%である。図の棒グラフ左側より太陽電池アレイ発生電力量、水素モジュール入力電力量、燃料電池発生電力量である。たとえば、3月の負荷電力量を賄うためには太陽電池アレイ発生電力量109.1MWhと水素モジュール入力電力量97.7MWhとの差11.4MWhと、燃料電池発生電力量18.0MWhを供給する必要がある。また、年間の太陽電池アレイ発生電力量の81.9%が水素モジュールに送られていることも分かる。

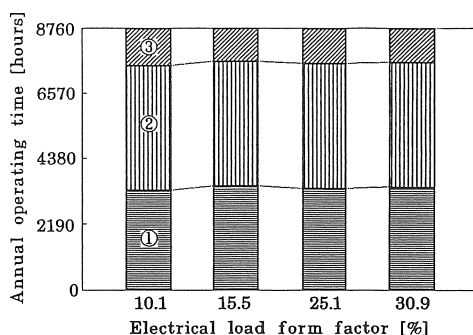


図11 負荷形状率に対する年間の稼働時間の関係

図11は負荷形状率に対する年間稼働時間の関係である。図の横軸は負荷形状率(10種類の負荷形状率の内4種類10.1、15.5、25.1、30.9%)であり、縦軸は年間の稼働時間である。図の①は直接供給モードの稼働時間、②は間接供給モードの稼働時間、③は併用供給モードの稼働時間である。負荷形状率が10.1%のとき、直接供給モードの稼働時間は3,314時間、間接供給モ

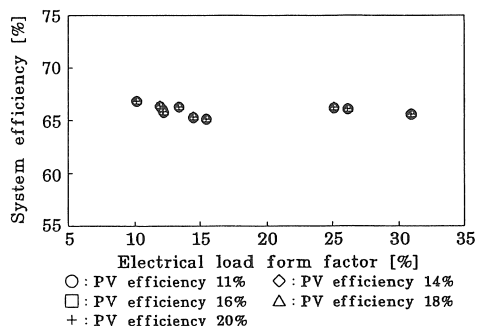


図12 負荷形状率に対するシステム効率の関係

ードの稼働時間は4,196時間で、併用供給モードの稼働時間は1,250時間である。なお、間接供給モードの稼働時間は負荷形状率に関係なく4,196時間である。これは、太陽電池アレイからの発生電力がないときである。

図12に負荷形状率に対するシステム効率の関係を示す。横軸に負荷形状率、縦軸に太陽電池アレイの発生電力を100%としたときシステム効率を示す。図より負荷形状率、太陽電池アレイの変換効率に関係なく66.0%一定となった。

## 6. おわりに

筆者らは水素貯蔵用に水素吸蔵合金 (LaNi<sub>5</sub>) を適用した太陽光発電・燃料電池ハイブリッドシステムを提案し、負荷パターンの違いを定量的に表した負荷形状率の変化に対するシステム諸特性を比較検討した。なお、検討したシステムの年間負荷電力量は400MWhであり、負荷形状率は10.1~30.9%の10種類である。

その結果、次のことが明らかになった。

(1) 負荷形状率(10.1~30.9%)を変化させた際のこのシステムの必要な年間発生電力量の平均値は、980MWhであり、その偏りは±4.0%となった。このことは負荷形状率の違いに対応して必要な年間発生電力量が大きく変化しないことを示している。

(2) 同様に負荷形状率を変化させた際の水素貯蔵用水素吸蔵合金 (LaNi<sub>5</sub>) の必要重量の平均値は185.9tonであり、その偏りは±17.9%となった。このことは負荷形状率が変化すれば、それに対応して水素貯蔵量が変化することを示している。たとえば、負荷形状率が10.1%のとき、必要な水素吸蔵合金の重量は168tonであり、負荷形状率が30.9%のときのそれは207tonと1.23倍となった。このことより負荷パターンが変化することにより、エネルギー貯蔵装置が重要な働きをすることが分かる。

(3) 同様に負荷形状率を変化させた際の年間稼働時間は、直接供給モードの平均稼働時間は3,386時間で、その偏りは±2.1%、間接供給モードの平均稼働時間は4,196時間、また併用供給モードの平均稼働時間は1,178時間で、その偏りは±6.1%となった。このことは負荷形状率の違いに対応して年間の稼働時間が大きく変化しないことを示している。

(4) 負荷形状率の変化に拘わらず、太陽電池アレイの年間発生電力量を基準にしたシステム効率は66.0%一定となった。

## 文 献

- (1) 原口・野中・相羽・谷:「太陽光発電・燃料電池ハイブリッドシステムの稼働シミュレーション」、太陽エネルギー、18、5、33(平4-11)
- (2) 関口・藤木・谷:「太陽光発電・燃料電池ハイブリッドシステムの特性(負荷形状率による影響)」、電学論B、114、403(平6-4)
- (3) 本間琢也:「WE-NET構想(総合プロジェクトの国際展開-エネルギー・環境問題の同時解決-)」、第12回工業技術院筑波総合シンポジウム、p.75 (平5-3)
- (4) Yoichi Kaya: "FUTURE ENERGY SYSTEMS AND THE ROLE OF HYDROGEN", International Hydrogen and Clean Energy Symposium '95, p.3 (1995-2)
- (5) 例えば、M. Al-Garni: "SOLAR HYDROGEN IN SAUDI ARABIA: A LONG-TERM OUTLOOK", Proc. 1991 ISES Cong. Denver Colorado, p.735 (1991)
- (6) 例えば、J.P.Vanhanen: "SIMULATION OF SOLAR HYDROGEN ENERGY SYSTEMS", Solar Energy, Vol.53, No.3, pp.267-278, (1994)
- (7) Axel Szyszka: "REALIZATION AND OPERATION OF SWB'S DEMOPLANT ASSEMBLING MAJOR INDUSTRIAL-SCALE COMPONENTS OF SOLAR HYDROGEN TECHNOLOGY", International Hydrogen and Clean Energy Symposium '95, p.31 (1995-2)
- (8) 横内・谷:「系統連系形太陽光発電システムの最適設計」、電学論D、111、475(平3-6)
- (9) 小林・谷:「環境因子の変化に対する太陽電池モジュールの出力特性」、平3日本太陽エネルギー学会・風力エネルギー学会・合同研究発表会、No.15、p.85(平3-9)
- (10) 郡・谷:「系統連系形太陽光発電システムの最適設計」、第9回エネルギーシステム・経済コンファレンス、No.2-3、p.47(平5-1)
- (11) 児島皓雄:「水素製造技術(再生可能エネルギーの水素への変換の意義と技術開発)」、第12回工業技術院筑波シンポジウム、p.82 (平5-3)
- (12) 秋葉悦男:セラミックス、25巻、5号、p.441~446、(1990)
- (13) 若尾慎二郎:水素吸蔵合金、パワー社、p.24(1993)
- (14) 駒崎・奈良・須田:「水素吸蔵合金の特性とその利用」、工学院大学見学会資料、(1990)
- (15) 新エネルギー総合開発機構(委託先 財団法人 電力中央研究所):昭和60年度調査報告書23「太陽光発電システムの価値評価に関する調査研究(Ⅱ)」、p.66 (昭61-3)
- (16) 田辺・安田・横山:「CO<sub>2</sub>排出抑制下における電源ベストミックスの分析」、電気学会新省エネルギー研資、ESC-92-43(平4)