

太陽電池・蓄電池組合せ装置の適正容量決定方法の提案

Proposal of the determination method of the proper combination capacity for the system combining the photovoltaic module with storage batteries

伊賀 淳^{*1}
Atsushi IGA

豊嶋 重暉^{*4}
Shigeki TOYOSHIMA

矢藤 弘之^{*2}
Hiroyuki YATOUE

香西 泰貞^{*5}
Yasusada KOUZAI

平田 秋良^{*3}
Akiyoshi HIRATA

山下 明
Akira YAMASHITA

Abstract

There were some cases that the proper combination capacity of the photovoltaic module/storage batteries was not applied to stand-alone PV system with small loads. Recently reliability of lighting/operating time and economic efficiency are required for those systems. Then, we categorized these systems into the following two types from viewpoints of the possibility of other power supply, and the determination method for the proper combination capacity was examined for each case.

- ①Supplementary charge of the storage batteries by the other power supply is possible.
- ②Supplementary charge of the storage batteries by the other power supply is not possible.

The system ①requires to accurately determine the combination of the photovoltaic module with storage batteries. So we proceeded the examination using "Photovoltaic battery type arm-swinging robot," which is an example of these systems. We describe that the operating time calculated using our calculation method was corresponding to the measured time in the continual operation test of this robot.

キーワード：太陽光発電、太陽電池、蓄電池、

keywords : Photovoltaic power generation, Photovoltaic cell, Storage battery

1. はじめに

住宅用の太陽光発電システムに蓄電池を組合せた実用的システムの、最適蓄電池容量と需要家メリットについては既に報告している⁽¹⁾⁽²⁾。一方、太陽電池・蓄電池に小型負荷を組合せた独立型の装置（太陽電池式街路灯・公園灯・庭園灯・無人標識・灯台など）については、負荷が要求する電力に対して適正な容量の太陽電池・蓄電池が組合され、過不足のない電力供給が実施されているとは必ずしもいえない。しかし、最近ではこれらの装置でも、点灯・動作時間のより確実さが要求されると共に経済性も要求されるようになっている。一方、本研究に適用した装置（「太陽電池式腕振りロボット」）のように、電力不足によ

る動作停止・不点灯を絶対に避ける必要がある負荷も増える傾向にある。そこで、太陽電池・蓄電池と小規模の負荷（1 kW程度以内）を組合せた独立型の装置について、他電源による蓄電池への補充電の可否（または、電力停止による影響の大・小）の観点から、これらの装置を次の2種類に分類した。そして、それについて適正な太陽電池・蓄電池容量の簡易な決定方法を検討したので報告する。

I. 他電源による蓄電池への補充電可能（電力停止による影響大）…「太陽電池式腕振りロボット」（後述）など
II. 他電源による蓄電池への補充電不可（電力停止による影響が一般的に小）…太陽電池街路・公園灯・庭園灯など

なお、電力量不足による他への影響が大きいIの装置では、特に正確な各容量の決定が必要である。また、この装置では蓄電池の定期的な充電が基本で、太陽電池は蓄電池容量の減少とその補充電周期の延長などに意味がある。

本報告ではまず、Iの負荷である「太陽電池式腕振りロボット」の「斜め振り子」機構を述べる。次に、太陽電池・蓄電池容量決定の基本技術である、連続した点灯・動作に必要な月別太陽光発電量算出と太陽電池モジュールの月別発電量算出の方法を述べる。そして、「斜め振り子」について、著者らが算出した推定連続運転可能時間と実測運

*1 高松工業高等専門学校 電気情報工学科 教授
(〒761-8058 高松市丸亀町355)
e-mail: aiga@takamatsu-nct.ac.jp

*2 国土交通省四国地方整備局四国技術事務所

*3 四国機電産業(株)

*4 三豊総業(有)

*5 香西電機商会(有)
(原稿受付：2004年3月12日)

転時間がよく一致していることから、著者らの太陽電池・蓄電池容量決定方法の基本的な考え方の妥当性を示す。

次に上記2種類の装置について、適正な太陽電池・蓄電池容量の、一般的な決定方法をブロック図で説明する。

そして、この種の太陽電池・蓄電池組合せ装置では、太陽電池モジュールの特性値のうち最大出力動作電圧(V_{op})が効率(損失)に大きい影響を与えることから、太陽電池の年間発電量と運転電圧面からみた太陽電池モジュールの選択について検討した結果を述べる。また、蓄電池充放電コントローラーの効果についても考察する。

2. 装置の連続運転時間

負荷の連続動作に必要な太陽光発電量と、太陽電池発電量の汎用的な算出方法を示す。そして、連続運転可能時間の算出結果が実測時間によく一致したことを述べる。

2.1 斜め振り子機構の動作に必要な太陽光発電量

ここで実験に使用した負荷は、著者らが実用化・商品化を目指して開発した交通整理・交通誘導用の旗振りロボット(「太陽電池式腕振りロボット」)に適用する、方向自在の揺動が可能なアームと点滅灯を持った機構(「斜め振り子機構」)である。図1はその機構で、視認板が自在の方向で揺動できるもので、モータとリンクを組合せた機構とは桁違いの小電力で動作・点滅ができるとともに、自動起動機能を持った機構である。この「斜め振り子」機構と太陽電池・蓄電池を組合せた装置については、詳細な計測(日射、電圧、電流(太陽電池、蓄電池充放電、負荷)、太陽

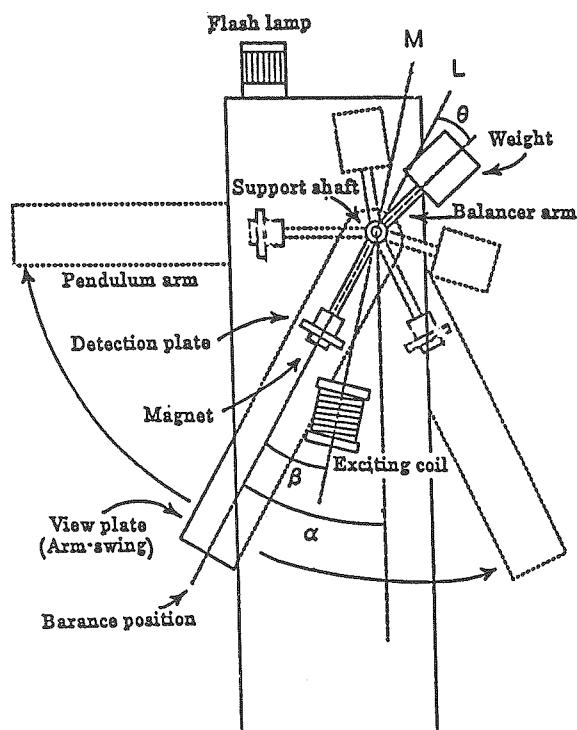


Fig.1 Slanting pendulum mechanisms(arm-swing robot)

図1 斜め振り子機構

電池温度等)と解析を実施した。点滅灯を含む「斜め振り子」機構の平均消費電力(負荷)は測定により約6.8W(=0.54A * 12.5V)であることを確かめた。そして高松地区における、この負荷に必要な太陽光発電量とその係数を、月ごとに算出して示したのが表1である。

表1で「平均夜間時間」とは、「月別太陽視位置図(高松)(付録1)」の日の入時刻から日の出時刻までの月平均の時間数(概数)である。また負荷電力の時間的な変化がない場合、「必要な太陽光発電量」、「太陽光発電量係数」は次式である。

$$\text{「必要な太陽光発電量」} = \text{平均消費電力} * ((\text{平均夜間時間} \div 0.85) + \text{平均昼間時間} \div ((0.85 + 1) / 2)) \cdots (1)$$

$$\text{「太陽光発電量係数」} = ((\text{平均夜間時間} \div 0.85) + \text{平均昼間時間} \div ((0.85 + 1) / 2)) \div 24 \cdots \cdots \cdots (2)$$

ここで、蓄電池の充放電効率は0.85とし、夜間の消費電力はすべて蓄電池の放電電力によるものとしている。また、昼間はこの値と1の中間の値を使用したのは、昼間は太陽電池の発電電力を直接消費する以外に、昼間でも太陽電池の余剰電力の蓄電池充・放電、日射量が少ないと蓄電池からの放電などがあるためである。すなわち、昼間時間帯には発電量の半分は直接負荷で使用する。この値は、1日中変動のない一定負荷であれば、「蓄電池寄与率(=「蓄電池充電電力量」 ÷ 「蓄電池充電電力量」 + 「蓄電池バイパス電力量」)」が0.75に相当し、妥当な値である。

表1によると、1日当たりに必要な太陽光発電量は冬期は、夜間時間が夏期より長いために少し大きいことがわかる。

Table 1 Amount of power generation required for continual operation of the load

表1 負荷の連続運転に必要な太陽光発電量

Month	Average night hour(h)	Amount of power generation required(Wh/day)	PV generation Coefficient
月	平均夜間時間 Hour(h)	必要な太陽光発電量 Wh/day	太陽光発電量 係数
1	14	186	1.14
2	14	186	1.14
3	12	184	1.13
4	12	184	1.13
5	12	184	1.13
6	10	183	1.12
7	10	183	1.12
8	10	183	1.12
9	12	184	1.13
10	12	184	1.13
11	12	184	1.13
12	14	186	1.14

2.2 月別太陽光発電量のシミュレーション計算

適用した太陽電池モジュール（昭和シェル石油G T 136）1枚あたりの、月平均日積算発電量を計算したのが表2である。計算は著者らの開発した「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾（付録2）を使い、次の条件で計算した。

・太陽電池設置状況

設置場所：高松（N34° 18. 8'，E134° 3. 4'）

設置方位・傾斜角：南向・傾斜角30°

・使用データ

日射量・気温などの気象データは主に理科年表⁽⁷⁾を使用し、直達比率は気象協会・N E D Oの資料⁽⁸⁾を使用した。詳細は関連文献⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾を参照。

・太陽電池モジュール特性値

昭和シェル石油G T 136 (Pmax=54.5W, Voc=21.6V, Isc=3.45A, Vop=17.3V, Iop=3.16A, $\alpha=0.00230$, $\beta=-0.0818$, $R_s=0.539$, $K=0.005$)

Table2 Amount of power generation calculated by the simulation program

表2 月別太陽光発電量のシミュレーション計算結果

Month h	Amount of power generation (a) Mean irradiation for a month (Wh/day) (Pmax) 「月平均日積算 日射量」による発 電量(a) (Pmax 運転)	Amount of power generation (b) Mean irradiation for a month (Wh/day) (constant volt) 「月平均日積算 日射量」による発 電量(b) (定電圧運転)	Ratio (%) b/a *100	a' note
1	165	132	80.1	91
2	192	154	80.4	114
3	213	174	81.5	123
4	233	194	83.4	123
5	242	205	84.7	149
6	212	180	85.2	114
7	231	201	86.9	169
8	241	211	87.7	179
9	201	172	85.6	109
10	199	167	84.2	117
11	173	142	82.3	96
12	165	133	80.8	102

(note) a' means amount of power generation (mean

irradiation - σ (standard deviation))

(注) 日射量が（月平均日射量-標準偏差）の場合⁽⁹⁾の発電量
表2では、各月の「月平均日積算日射量」による、最適

電圧における発電量（Pmax）(a)と運転電圧（12.5V（本実験における平均的運転電圧））での発電量（b）、およびその比率「b/a * 100 (%)」も示した。「月平均日積算日射量- σ 」の日射量による発電量は、統計的にその月のうち約26日はこの発電量が得られることが推定される量である⁽⁹⁾。この発電量が上記「月平均日積算日射量」による発電量に比べかなり小さいことから、発電量は日によるばらつきが大きく、月のうちほとんどの日で得られる発電量は意外に小さいことがわかる。

2.3 連続運転可能時間の算出とその実証

「斜め振り子」機構の連続動作に必要な太陽光発電量が最大になるのは1, 2, 12月であり（表1）、太陽光発電量が最も少ないのは1, 12月である（表2）。したがって、1, 12月に必要な太陽電池容量が年間を通して必要な太陽電池容量となる。なお、著者らの実験期間は平成14年12月から平成15年1月のため、年間で一番厳しい時期における実験データであり、必要な太陽電池容量の検討には好都合であった。

実験は、蓄電池を満充電した後、停止するまで連続で運転をした。実験期間中（平成14. 12. 24. AM 8:30～平成15.1.8. AM 2）は主要項目（外気温、日射強度、太陽電池温度、直流電流（負荷電流、太陽電池出力電流、蓄電池充放電電流）、直流電圧）について連続記録した。この実験結果により、著者らの算出した連続運転可能時間と実測運転時間がよく一致したことを次に述べる。

1月に、上記の太陽電池モジュールから得られる1日平均発電量は132Wh/日（表2の(b)）であり、蓄電池充放電効率を考慮した負荷側の電力は115.8Wh/日（=132/1.14（表1の1月の「太陽光発電量係数」）となる。そして、この期間の実際の平均水平面日射量は1.90kW h/m²/日であり、シミュレーション計算に使った水平面日射量（理科年表⁽⁷⁾）は2.22kWh/m²/日であるため、年に比べて約85%程度の発電量しか得られなかつたことがわかる。そして、本装置では大きい損失ではなく、朝夕の陰、太陽スペクトル、太陽電池への入射光の入射角による影響などによる諸損失として5%（実績値より推定）を考慮すると、この太陽電池モジュールにより貯える負荷側（蓄電池出口側）の電力量は93.5Wh（=115.8Wh * 0.85 * 0.95）となる。一方、負荷に必要な電力量は1日当たり163.2Wh（=6.8W * 24h）なので、1日当たり69.7Wh（=163.2 - 93.5）の電力量が不足し、実験期間の15日間では、1046Wh（=69.7 * 15）不足することになる。そして、この15日間にほぼ満充電の蓄電池充電電力を使い切ったと考えられるから蓄電池からは、1020Wh（=96Ah（蓄電池容量） * 12.5V * 0.85）の電力量が放電されることになる。ここで0.85はこの時期は外気温が特に低く蓄電池温度が下がったため、蓄電池の能力の低下による係数（適用蓄電池のお温度特性グラフから計算）である。したがって、この値1020Whは、満充電の程度などを考慮して、上記1046Whとはよく一致していると言

える。なお、その後実施した実験でも同様の結果が得られている。これらの結果から、著者らの太陽電池容量、蓄電池容量の推定手法の精度・信頼性が高いことが確認できた。

3. 適正な太陽電池・蓄電池組合せ容量の決定方法

3.1 太陽電池・蓄電池組合せ装置の分類

小規模な負荷をもった装置を次の2タイプに分ける。

I. 他電源による蓄電池の補充電可能（電力停止による影響が大）…ここでは「タイプI」という。

負荷電力のすべてを太陽電池の発電量のみで賄う必要はなく、太陽光発電力と他電源による定期的な蓄電池への補充電の両電力により賄う。そのため、1日の負荷電力量に見合った太陽電池の容量は必要ない。一般に太陽電池は、蓄電池の定期的な充電周期を延長するなどに意味がある。ここで述べた「太陽電池式腕振りロボット」などがこれに該当する。なお、蓄電池の他電源による充電周期は固定したものではなく、季節・気象条件により変化する。また、太陽電池容量により他電源による補充電が必要ない場合もある。今後はこのタイプの負荷が増えると考える。

II. 他電源による蓄電池の補充電不可（電力停止による影響が一般的に小）…ここでは「タイプII」という

負荷電力はすべて太陽電池の発電電力量のみで賄うもので、従来は負荷に必要な電力量、年平均1日当たりの平均日照時間、充放電効率などから太陽電池容量を決めることが多い、容量は概略計算である。そして蓄電池容量は、不照日が何日続いたのを保証（例えば7日間）するかにより決められることが多い。このタイプは太陽電池式街路灯・公園灯・庭園灯など多くの事例でよくみられる。また、蓄電池の他電源による補充電は通常実施せず、点灯できない時間帯があっても他への影響が一般的に小さい。

3.2 適正太陽電池・蓄電池容量の決定方法

上記2つのタイプについて、太陽電池容量（太陽電池モジュールの種類と枚数）、蓄電池容量の決定方法を図2、3のフロー図で示す。ここでは基本的に多く見られるタイプIIを説明した後、タイプIについて述べる。なお、ここでは負荷電力量が時間的に変化する場合でも適用できるよう、(1)、(2)式はその一般化をはかった。

(1) タイプII 図2の①②③④⑤の手順で実施する。

① 各月ごとに負荷を、夜間時間帯（「日没～日出」）と昼間時間帯（「日出～日没」）に分け、次式により1日当たり「必要な太陽光発電量」を月ごとに求める。

$$\text{「必要な太陽光発電量[Ws](Wh)」} = \sum \{\text{夜間負荷電力 * 継続時間} \div \text{充放電効率 (通常 0.85)}\} + \sum [\text{昼間負荷電力 * 継続時間} \div \{(\text{充放電効率 (通常 0.85)} + 1)/2\}] \quad \dots (3)$$

② 仮適用の太陽電池モジュール1枚あたりの月平均1日積算太陽光発電量[Wg]を「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾（付録2）に

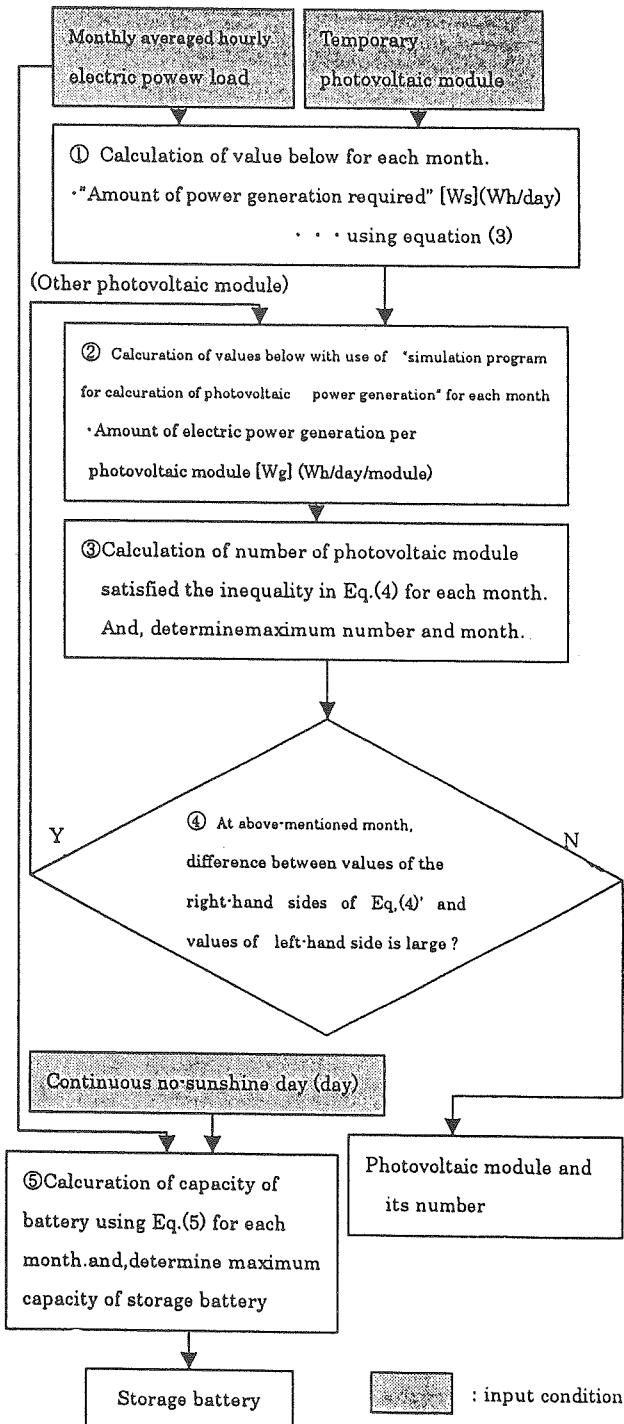


Fig.2 Flowchart of the determination method of the optimal combination capacity(type II).

図2 最適太陽電池・蓄電池容量決定方法のフロー図（タイプII）
より求め、太陽電池の上記諸損失（5%程度）を考慮した発電量を算出する。なお、日射量不足による装置の停止を避ける必要性が大きいケースでは、上記平均日射量だけでなく「月平均日積算射量-σ」の日射量による発電量も考慮した値を適用する。
③ 月ごとに次式を満足する太陽電池モジュール枚数を

算出し、次に最大枚数の月[M]と枚数[N]を求める。

$$\text{枚数} \geq \frac{\text{必要な太陽光発電量}[W_s]}{\text{太陽電池モジュール1枚あたりの発電量}[W_g]} \quad \dots (4)$$

- ④ 最大月[M]について、その枚数[N]を次式に適用し、左辺に対する右辺の比率により乖離があるかを判断し、比率が小さければ適合しないとして他の太陽電池モジュールで再計算(②)を実施する。乖離がなければ、その太陽電池モジュールと枚数に決定する。

$$\text{「太陽電池モジュール1枚あたりの発電量}[W_g]\text{」} * \text{枚数}[N] \geq \text{必要な太陽光発電量}[W_s] \quad \dots (4)$$

なお、この式の左辺の「太陽電池モジュール1枚あたりの発電量[Wg]」は表2の「月平均日積算日射量」による発電量(b)を使うが、その他の一般的な太陽電池モジュール(昭和シェルGT136以外)ではこの値に[当該太陽電池モジュールの定格出力(W) ÷ 54.5(W)]を掛けた値を使用する。

- ⑤ 「連続無日照保証日数」と月ごとの1日合計負荷電力量から、次式により蓄電池容量を月ごとに求める。そして、最大月の値を蓄電池容量とする。

$$\text{蓄電池容量}(W_h) \geq \frac{(1\text{日合計負荷電力量} * \text{連続無日照保証日数(通常7日程度)})}{\text{放電深度(通常0.7)}} \div \text{蓄電池保守率} \quad \dots (5)$$

(2) タイプI 図3により、①①'②③'④'の手順で実施する。

- ① 上記タイプIIの①と同様に、各月ごとに「必要な太陽光発電量」を求める。
 ①' 上記①で求めた「必要な太陽光発電量」を使い、次式により月ごとに「太陽光発電量係数[\gamma_b]」を求める。
 「太陽光発電量係数」 = 「必要な太陽光発電量」 ÷ 1日合計負荷電力量 $\dots (6)$
 ② 上記タイプIIの②と同様に、仮適用の太陽電池モジュール1枚あたりの月平均1日積算太陽光発電量[Wg]を月ごとに求める。
 ③' 蓄電池容量と他電源による補充電の周期(日)および、上記①'の\gamma_bなどを用い、月ごとに次式を満足する太陽電池モジュール枚数を算出する。そして、最大枚数の月[M]と枚数[N]を求める。

$$\text{枚数} \geq \frac{((1\text{日合計負荷電力量}) - (\text{蓄電池容量}) \times (\text{放電深度(通常0.7)}))}{(\text{補充電の周期(通常7日)} \div \text{蓄電池寄与率(通常0.8)} \times (\text{蓄電池保守率}) \div (\text{太陽電池モジュール1枚あたりの発電量}[W_g]) \times \text{「太陽光発電量係数}[\gamma_b]\text{」})} \quad \dots (7)$$

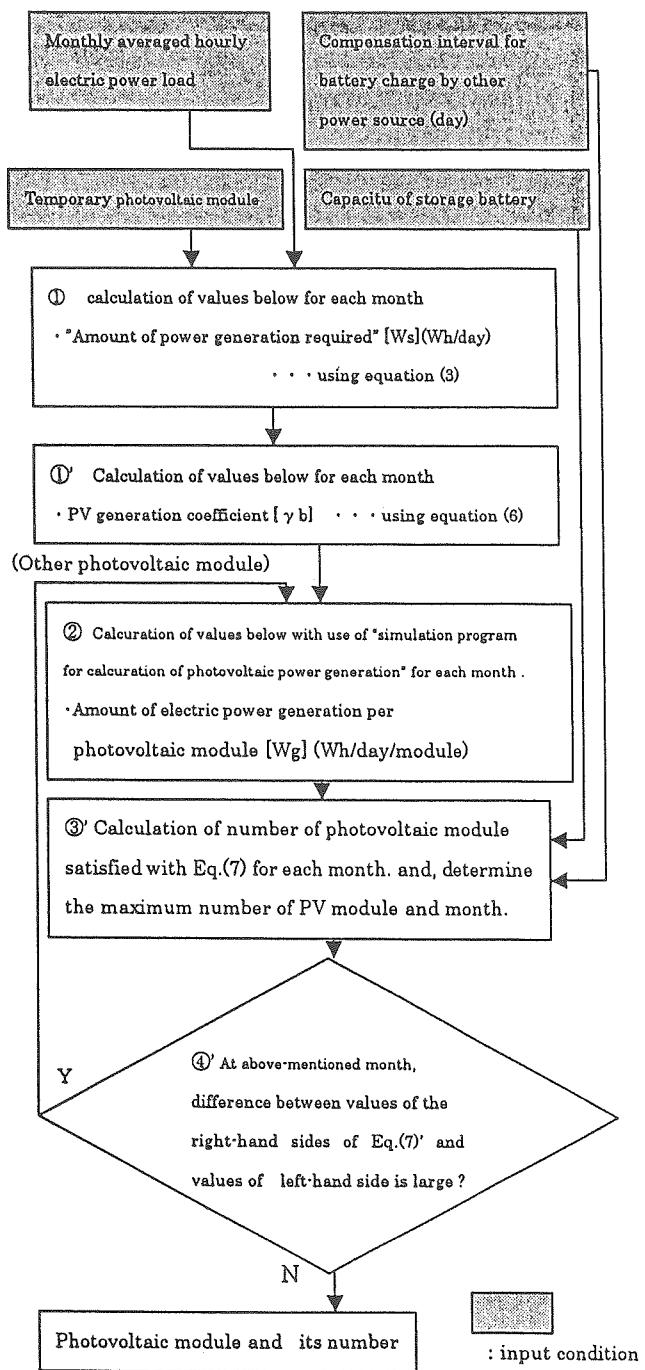


Fig.3 Flowchart of the determination method of the optimal combination capacity(type I).

図3 最適太陽電池・蓄電池容量決定方法のフロー図(タイプI)

- ④' 最大月[M]について、その枚数[N]を次式に適用し、左辺に対する右辺の比率が小さければ適合しないとして、他の太陽電池モジュールで再計算(②)を実施する。乖離がなければ、その太陽電池モジュールと枚数に決定する。

「太陽電池モジュール1枚あたりの発電量[Wg]」 \times 枚数[N] = {((1日合計負荷電力量) - (蓄電池容量)) \times (放電深度(通常0.7))} \div (補充電の周期(通常7日)) \div 蓄電池寄与率(通常0.8) \times (蓄電池保守率) \times 「太陽光発電量係数[γ b]」

…(7)

なお、この式の左辺の「太陽電池モジュール1枚あたりの発電量[Wg]」は表2の「月平均日積算日射量」の発電量(b)を使うが、その他の一般的な太陽電池モジュール(昭和シェルGT136以外)ではこの値に[当該太陽電池モジュールの定格出力(W) \div 54.5(W)]を掛けた値を使用する。

なお、表1、2は高松地区での特定太陽電池モジュールでの計算値であるが、太陽電池はモジュールごとに特性が異なることから、予め主要太陽電池モジュールについて地区ごとに発電量を計算しておくことが効率的と考える。また、実際に太陽電池・蓄電池を決定する場合は、(4)', (7)'式に適合した太陽電池モジュールであるとともに、その性能・特性・大きさ・形・重さ・デザインなどの諸条件を考慮して決定する必要がある。

4. 太陽電池モジュールの特性と運転電圧・充放電コントローラー

小規模な太陽電池・蓄電池組合せ装置では、太陽電池と蓄電池・負荷は直結するか、又は市販の充放電コントローラーを介して接続される。しかしいずれの場合でも、運転時の直流運転電圧と、運転時の日射強度・太陽電池温度条件における当該太陽電池の最大出力電圧(最適電圧)(Vop)に差があると損失が生じる。そこで、基準状態における最適電圧の異なる2つの太陽電池モジュールについて、運転電圧により年間太陽光発電量がどのように異なるかをシミュレーション計算により比較することにより、太陽電池モジュールの選定方法について検討する。あわせて、市販の充放電コントローラーの効果も検討する。

太陽電池に、前記の昭和シェル石油GT136および同GT133を使用し、計算は前記「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」を使い、運転電圧が一定の場合と、完全なMPPT運転(最大出力追従制御)が実施できている場合の年間発電量を計算した。そしてこの各運転電圧ごとに年間発電量とMPPT運転の年間発電量の比率(「年間発電量比率」)を求めたのが図4である。なお、シミュレーション計算条件は前記(2.2)と同じである。またGT136とGT133の違いは、同一のセルが直列に36枚か33枚の差である。図から次のことがわかる。

- 両太陽電池モジュールの曲線共、太陽電池のP-Vカープによく似た形で、年間発電量比率がピークとなる運転電圧(ここでは「年間最適電圧」という)があり、「最大発電量比率の電圧」より運転電圧が離れるとき急激に年間発電量すなわち効率が低下することがわかる。特に運転電圧

が高い場合には効率低下が著しい。また、この「年間最適電圧」は太陽電池モジュールの基準状態での最大出力電圧(Vop)より少し(1.3V程度)低い値となっている。

また、両太陽電池モジュールとも年間運転電圧を最適な電圧で固定して運転すれば、完全なMPPT運転に相当するくらいまで効率を向上させることができる。すなわち、「年間最適電圧」に固定して運転すれば、MPPT運転に近い効率(98~99%)で運転できることがわかった。

- 太陽電池と蓄電池・負荷を直結した場合の充電時運転電圧(12.5V程度…実績値)では、GT133で年間最大発電電力量より8%程度低下し、GT136では15%程度低下することから、適正な最大出力電圧(Vop)の太陽電池モジュールを選択することが大切なことわかる。

- 充放電コントローラーを設置することにより、蓄電池充電電圧をやや高い値に固定(ここでは14.1V)できるため、GT133、GT136共に7~8%程度発電量比率が上昇している。すなわち、充放電コントローラーを使うことにより、太陽電池容量が8%程度小さい定格容量の太陽電池モジュールを使っても相当する発電量が得られることを示している。さらに、充放電コントローラーは効率のよい充電が実施できる効果があることを考慮するとその総合的な効果は大きい。そしてその効果は適用する太陽電池容量の増大と共にスケールメリットが増していく。

以上のことから、個々の太陽電池モジュールごとに図4の曲線を描き、その損失の割合を算出することにより、適正な太陽電池モジュールの選択と充放電コントローラーの適用・調整を検討すべきであると考える。

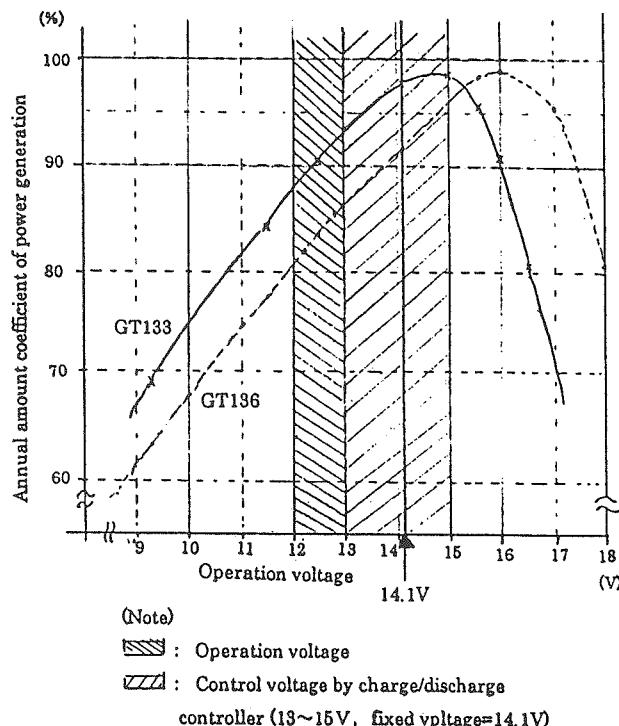


Fig.4 Operation voltage and annual coefficient of power generation

図4 運転電圧と年間発電量比率

5.まとめ

本報告で述べた事項を要約すると次のとおりである。

(1) 小型装置に太陽電池・蓄電池を組合せた場合の適正な太陽電池容量などを検討のため、負荷として「斜め振り子」機構を製作し、この負荷に太陽電池・蓄電池を結びつけた装置について、その連続運転が可能な時間を算出した結果と、実測した時間がよく一致することを示した。

(2) 上記結果を踏まえ、一般的な適正蓄電池・太陽電池組合せ装置の太陽電池・蓄電池容量の決定方法を検討した。その結果、この種装置はその負荷の種類（蓄電池補充電の可否など）により、次の2つタイプに分類して検討する必要があることがわかった。

- I. 蓄電池に他電源による定期的な補充電が可能なタイプ。
- II. 負荷電力を太陽電池の発電量のみで賄う一般的タイプ。

そして、それぞれの容量決定方法を次のように具体的に示した。なお方法は、一般性を増すよう負荷電力に時間的な変化しても適用が可能なものとした。

① 月ごとに負荷を夜間時間帯、昼間時間帯に分け、蓄電池の充放電損失を含んだその装置に必要な太陽光発電量を算出する。一方、適用する太陽電池モジュールについて、月平均日積算発電量を「太陽光発電量シミュレーション計算プログラム」⁽³⁾⁽⁴⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾により計算する。

② IIのタイプでは、最も厳しい月でもその太陽電池モジュールの発電量で負荷が賄えるように太陽電池容量を決め、そして連続無日照保証日数により蓄電池容量を決める。

③ Iのタイプでは、負荷、他電源による補充電インターバル、適用する蓄電池の容量などの条件を使い、必要な太陽電池モジュールとその枚数を決める。

(3) 次に、太陽電池モジュール特性値のうち最適電圧値(V_{op})が発電損失に影響を与えることから、平均運転電圧と年間太陽光発電量の関係をシミュレーション計算により解析した。その結果、運転電圧と太陽電池の「年間最適電圧」に差があると、その年間損失は予想外に大きくなることがわかった。運転電圧とその太陽電池モジュールの「年間発電量比率」のグラフを作成し、太陽電池モジュールの選択をしたり、充放電コントローラーの適用と調整により、この種損失を少なくする必要があることがわかった。

今後次の事項を実施したいと考えている。

・適性な太陽電池・蓄電池容量の決定方法は、さらに多くの事例に適用して、方法のより一層の精度・性能向上と一般化をはかりたい。

・太陽電池の運転電圧による損失に関しても、実際の装置によるその損失減少を確かめるなどの研究を進めたい。

最後に、本研究推進にあたってご協力いただいた国土交通省四国地方整備局四国技術事務所 機械課長鎌田勝美氏、同機械設計係長竹内伸一氏をはじめ、四国機電産業㈱、三豊総業(有)、香西電機商会(有)、四国ユアサ電池販売㈱、および㈱電菱の関係各位にお礼申しあげます。

参考文献

- (1) M.Yamaguchi, A.Iga, K.Ishihara, D.Wada, K.Yoshii, and O.Sueda : "Study for Merit of Battery Combined Photovoltaic Generation System for Residential House", *TIEE Japan*, Vol.123-B, No.3, pp402-411(2003-3) (in Japanese)
山口雅英、伊賀淳、石原薰、和田大志郎、吉井清明、末田統：「住宅用太陽光発電・蓄電池組合せシステムのメリットに関する研究」、電学論B, 123, 3, pp402-411(2003-3)
- (2) A.Iga, M.Yamaguchi, K.Ishihara, D.Wada, K.Yoshii, and O.Sueda : "Study for Merit of Battery Combined Photovoltaic Generation System for Residential House", 13th Annual Conference of Power Energy Society, IEE Japan, Vol. A, No.21, pp.137-145 (2002-8) (in Japanese)
伊賀淳、山口雅英、石原薰、和田大志郎、吉井清明、末田統：「住宅用太陽光発電・蓄電池組合せシステムのメリットに関する研究」、平成14年電気学会電力・エネルギー部門大会, A, No.21, pp.137-145 (2002-8)
- (3) A.Iga, H.Yamamoto, K.Ishihara, Y.Mita, and H.Suzuki "Development of Simulation Program of Electric Power Generated by PV System Using New I-V Curve Construction Method", *TIEE Trans.IA*, Vol.115, No.6, pp.702-711 (1995-6) (in Japanese)
伊賀淳、山本博隆、石原薰、三田裕一、鈴木博久：「I-Vカーブ作成法を用いた太陽光発電量シミュレーション計算プログラムの開発」、電学論D, 115, 6, pp.702-711 (1995-6)
- (4) A.Iga, H.Yamamoto, K.Ishihara, Y.Mita, and H.Suzuki : "Evaluation of Calculation Results from Simulation Program of Electric Power Generated by PV System and Application of Program", *TIEE Trans.IA*, Vol.115, No.7, , pp.874-883 (1995-7) (in Japanese)
伊賀淳、山本博隆、石原薰、三田裕一、鈴木博久：「太陽光発電量シミュレーション計算結果の評価とプログラムの活用」、電学論D, 115, 7, pp.874-883 (1995-7)
- (5) A.Iga, H.Yamamoto, K.Ishihara, Y.Mita, and H.Suzuki : "Calculation of Output Power and Amount of Power Generated by Photovoltaic Power Generation System Using New I-V Curve Construction Method", *J.JSES*, Vol.22, No.1, pp.24-32 (1996-1) (in Japanese)
伊賀淳、山本博隆、石原薰、三田裕一、鈴木博久：「実用的I-Vカーブ作成法を使った太陽光発電出力・発電量の活用」、太陽エネルギー, 22, 1, pp.24-32 (1996-1)
- (6) A.Iga, H.Yamamoto, H.Suzuki, K.Ishihara, Y.Mita : "Development of Simulation Program of Electric Power Generated by PV System Using New I-V Curve Construction Method" 1994 Japan Industry Application Society Conference, PE-11, (1994)
- (7) National Astronomical Observation, Rika Nenpyo, Chronological Scientific Tables 2003, (2003) (in Japanese)
国立天文台：理科年表 (2003)
- (8) (財)日本気象協会：「太陽光発電システム実用化技術開発－周辺技術の研究開発『発電量基礎調査』」、昭和61年度新エネルギー総合開発機構委託業務成果報告書, (1987)
- (9) 伊賀淳、堀内紀充、金子知之：「高松高専太陽光発電システムを使った研究開発例と教育面への活用」論文集「高専教育」No. 26, pp191-196, (2003)
- (10) 伊賀淳：「EXCEL・VBAによる太陽光発電量シミュレーション計算システムの開発」、平成11年電機学会全国大会、(1999)

付録

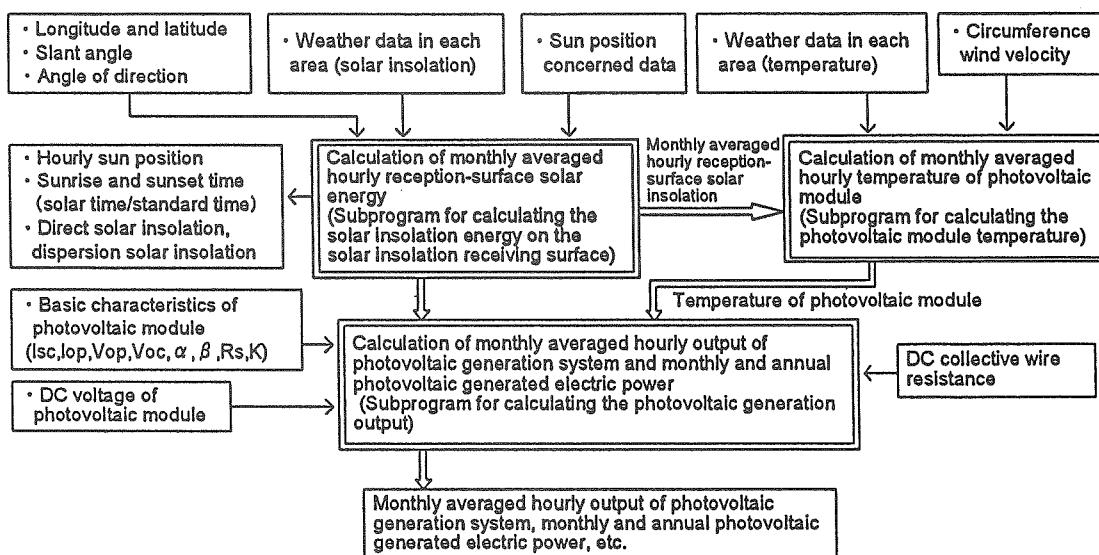
1. 月別太陽視位置図⁽¹⁾⁽²⁾

理科年表のデータをもとに「太陽光発電量シミュレーションプログラム」の「受光面日射エネルギー算出サブプログラム」⁽³⁾を使い、各月15日の平均太陽位置を30分ごとに算出し、これを曲線で結んだ。そして、各月の太陽高度が0の位置での時刻により、日の出・日の入りの時刻（太陽時）を算出した。本報告では、計算地点は高松（N34°18.8'，E134°34.4'）で算出した。

2. 太陽光発電量シミュレーション計算プログラム⁽³⁾⁽⁴⁾

⁽⁵⁾⁽⁶⁾

著者らの開発した題記プログラムによる太陽光発電量算出のブロック図を付図1に示す。



Appendix Fig.1 Block diagram of simulation program for calculation of the amount of electric power generated by PV system.

付図1 太陽光発電量シミュレーションプログラムのブロック図