

トライトンブイにおける太陽電池利用の可能性について

澤 隆雄*¹ 網谷 泰孝*¹
越智 寛*¹ 志村 拓也*¹

海洋科学技術センターでは海洋の熱循環機構を解明する為に、海洋観測ブイ（トライトン）の開発をすすめている。トライトンブイには観測及び通信用に単一サイズのリチウム電池を612個（12V 約1,800Ah）搭載している。一方、低緯度用トライトンブイが展開される赤道域は太陽電池発電に適しており、また太陽電池は年々高性能・低価格となっていることから、赤道域における太陽電池の利用の可能性を模索するために実海域実験を行った。その結果約3ヶ月間の実験期間において、太陽電池の受光面に汚れなどはなく発電は良好だった。発電量は22.3Wであり、適当な太陽電池発電システムを構成することにより、ブイの電源として十分利用可能であることがわかった。

キーワード：トライトンブイ，太陽電池

The solar cell's capacity for generating electricity in TRITON buoys.

Takao SAWA*² Yasutaka AMITANI*²
Hiroshi OCHI*² Takuya SHIMURA*²

At the Japan Marine Science and Technology Center, an ocean observation buoy called TRITON has been developed in order to understand basin scale heat transports that influence global climate change. It is equipped with 612 lithium batteries of size D(12V,1,800Ah) for observation and communication. On the other hand, the equatorial area where TRITON buoys are deployed is very suitable for the use of solar cells and they have been improved in both performance and cost. Accordingly, we tested solar cells on TRITON buoys deployed in the equatorial area for three months. The solar cells generated electric power successfully without fouling of their surfaces. The capacity of solar cells on the TRITON was found to be at least 22.3W in the equatorial area, and they are considered sufficient as a buoy power source.

Key Words：TRITON buoy, Solar cell

* 1 海洋技術研究部 第二研究グループ

* 2 Marine Technology Department

1 はじめに

エル・ニーニョ，アジアモンスーン，10年規模の海洋変動に着目し，地球規模の気候変動に大きな影響を及ぼす太平洋規模の熱循環機構を解明するため，海洋科学技術センターでは18機の海洋観測ブイ（トライトンブイ）を赤道域に展開する計画を進めている。

トライトンブイは風向風速計等の気象センサー，及び流向流速計等の水中センサーを搭載しており，スケジュールにしたがって各種計測をし，そのデータを通信衛星「アルゴス」経由で陸上基地へ伝送してくる。この電力はリチウム電池（一次電池）によって供給されており，1年間の観測期間に必要な電池数は単一サイズ612個（12V 約1,800Ah）になる。

一方，近年は環境への関心の高まりから，自然エネルギーの利用ということで家庭用電源に太陽電池発電が推奨されてきており，太陽電池の性能も向上し，価格も下がってきている。また低緯度用のトライトンブイが展開される赤道域は，太陽電池発電には最適の海域である。そこで，トライトンブイにおける太陽電池利用の可能性を探るために，実際にトライトンブイに太陽電池を搭載し3か月の実海域試験を実施したので，その結果を報告する。

2 トライトンブイ

トライトンブイの構成は図1に示すように，表面ブイと係留索系からなり，表面ブイには各種気象センサー，計測制御装置，衛星通信装置（アルゴス），電源装置等が装備され，係留索系には各種水中センサー，リカバリブイ，音響切離装置等が装備されている。

気象観測センサーとしては，風向風速計，短波放射計，温・湿度計，雨量計，大気圧計があり，水中センサーとしては，流向流速計，CT（10台），CTD（2台）がある。計測制御装置はプログラムされたスケジュールにしたがい各センサーに計測を実施させ，そのデータをアルゴスを介して陸上基地へ伝送してくる。計測制御装置と水中センサーとの間は電磁誘導モデムを介して通信をしている。

電源は，水中部については各センサー等の内蔵電池を使用しており，その他は全て表面ブイに装備した電源装置を使用している。電源装置は電池と各装置の電源をON/OFFする電源制御回路から構成され，極力消費電力を抑えるように設計されているが，それでも1年間の観測期間に約1,800Ah（12V）が必要である。電池としては，塩化チオニルリチウム電池（一次電池）の単一サイズを4直列26並列接続した電池パックを6個使用している。

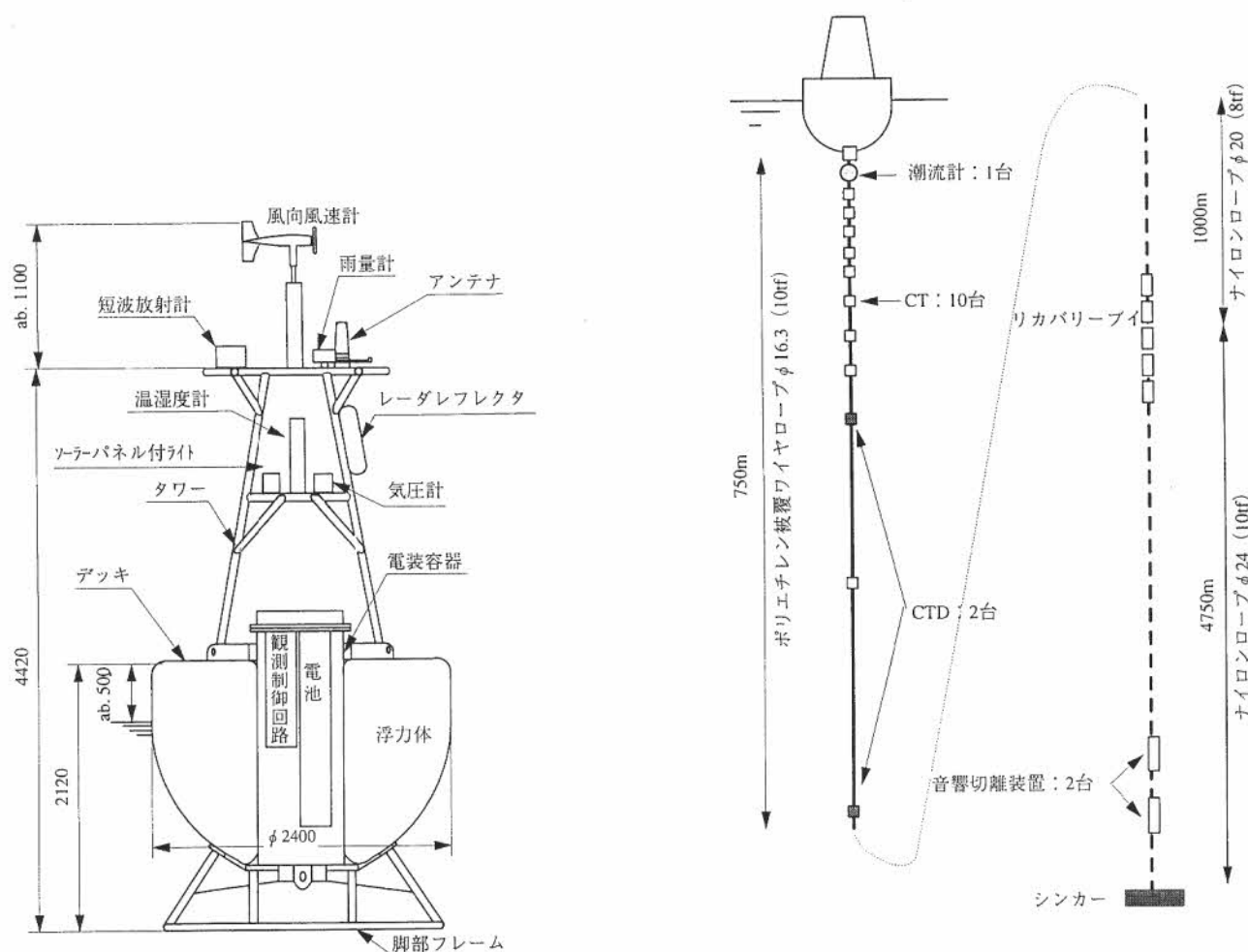


図1 トライトンブイ概要

Fig.1 Outline of TRITON buoy

本ブイの開発段階で太陽電池の適用も検討したが、海洋科学技術センターでは海上における太陽電池の長期使用実績がなく、大洋の真っ直中に設置した場合、海水の飛沫による塩分や鳥の糞で受光面が汚れ、通年の使用に耐えないという可能性もあり、また性能試験をする時間的余裕もなかったためブイ運用開始後の課題としていた。

3 太陽電池の原理

太陽電池は、シリコンなどの半導体pn接合部に光が吸収される時、接合部に電位差が生じるという光起電力効果を利用して発電をする。pn接合に光が照射されると、照射光量に比例した光電流 I_p がn形からp形へ流れ、同時に、pn接合に電圧が加わることによりp形からn形へダイオード電流 I_d が流れる。太陽電池のVI特性式は一般に以下のようなになる。

$$I = I_p - I_d$$

$$= I_p - I_0 \left\{ \exp\left(\frac{eV}{nkT}\right) - 1 \right\}$$

{

I_0 : 飽和電流
 e : 電子の電荷量
 k : ボルツマン定数
 T : 素子の温度
 n : 理想ダイオードからのずれ

負荷を接続した時の電流 I と電圧 V は、この太陽電池のVI特性式と接続する負荷のVI特性式により決まる。例えば負荷として抵抗($R \Omega$)を接続した場合、電流・電圧は図2におけるグラフ交点として求まる。抵抗値 R が小さい時には動作点は I 軸へ近づき、この時は電流 I が抵抗値 R の増減にあまり影響されず、回路にはおおよそ短絡電流 I_s に等しい電流が流れる。この場合近似的に、太陽電池を負荷変動に関する定電流源とみなせる。よって接続する負荷抵抗値を適切に選べば、電流 I 及び電圧 V は日射強度 S に比例すると考えてよい。

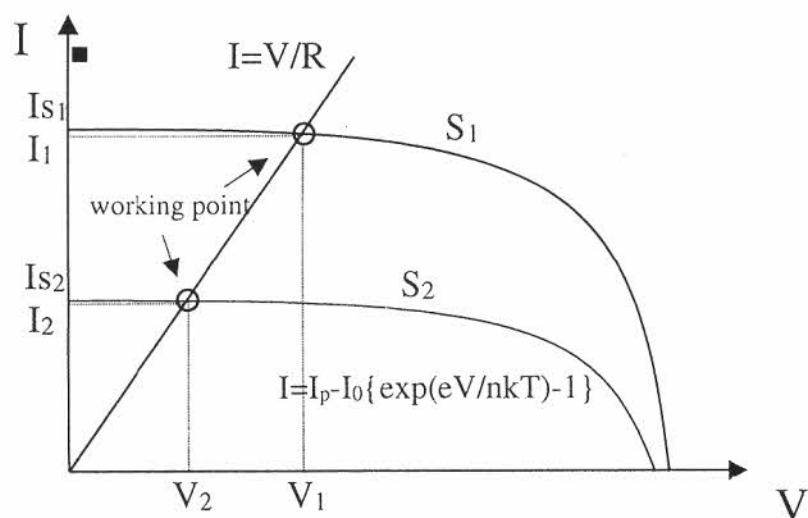


図2 一般的な太陽電池のVI特性
Fig. 2 VI characteristics of general solar cell

4 実海域実験

4.1 目的

本実験はトライトンブイにおける太陽電池利用の可能性を探るために、赤道域での太陽電池の出力と、これに影響を及ぼすと思われる塩分や鳥の糞の付着による受光面の汚れ、太陽電池自体の劣化や故障等の諸要因を調査するために実施した。

4.2 実験装置

太陽電池はタワー上面と側面に取り付けた。太陽電池は一部のセルが陰になっても全体の出力がなくなるので、タワー上部に設置してある風向風速計・短波放射計・アルゴス通信アンテナの陰が太陽電池に落ちることを考慮し、上面に4系統を取り付け日中常に電力を発生させるようにした。また太陽との相対方位の変化を考慮し、側面については4面それぞれに1系統ずつ取り付けた。

使用した太陽電池(昭和ソーラーエネルギー株式会社製GT1618-MF)の外形を写真1に、その電気出力特性を図3に示す。また太陽電池の装備状況を写真2に示す。

太陽電池の両端には抵抗を接続し、その両端電圧を10分間隔で計測した。抵抗値は図3の太陽電池出力特性から定電流電源とみなせ、かつデータロガー(白山工業株式会社製LS-5000VF)に記録できる電圧範囲を考慮し、 8.4Ω とした。

4.3 実験海域と実験期間

実験は1998年3月上旬から1998年6月中旬までの約3ヶ月間、太平洋赤道域にブイ4機(1号機: $8^{\circ}N$ $156^{\circ}E$, 2号機: $5^{\circ}N$ $156^{\circ}E$, 3号機: $2^{\circ}N$ $156^{\circ}E$, 4号機: $0^{\circ}N$ $156^{\circ}E$)を係留して実施した。実験海域を図4に示す。

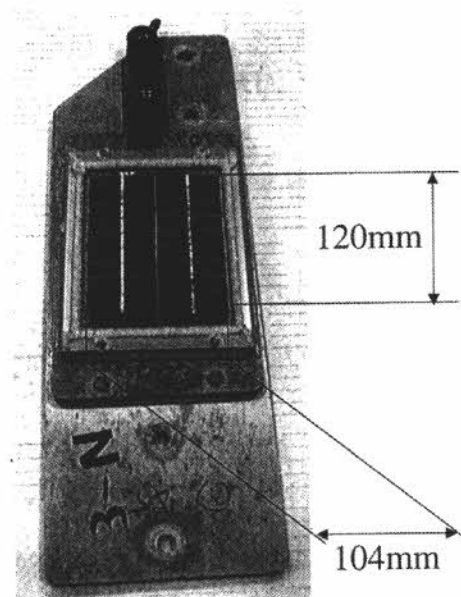


写真1 太陽電池外形
Photo 1 Form of solar cell

最大出力	Pm	1. 5W
最大出力動作電流	Ipm	0. 18A
最大出力動作電圧	Vpm	8. 4V
短絡電流	Isc	0. 20A
開放電圧	Voc	10. 5V

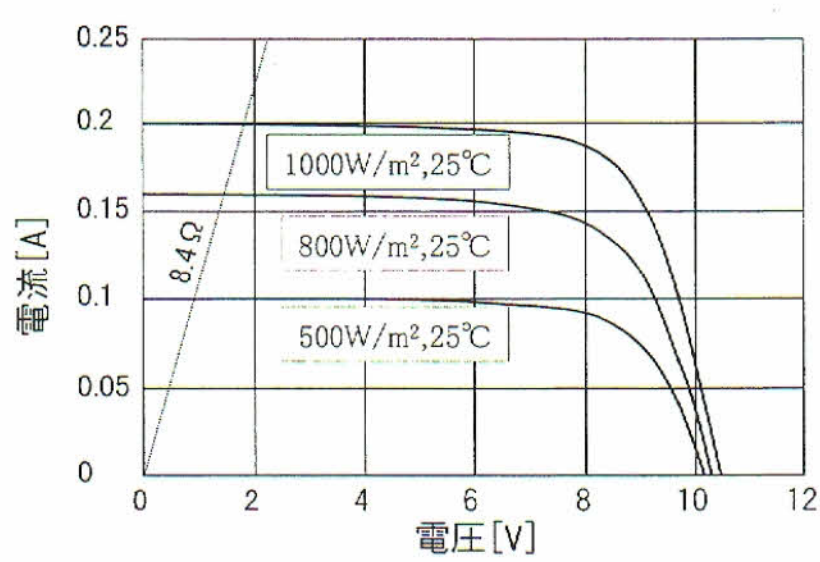


図3 太陽電池電気出力特性
Fig. 3 Electric characteristics of solar cell

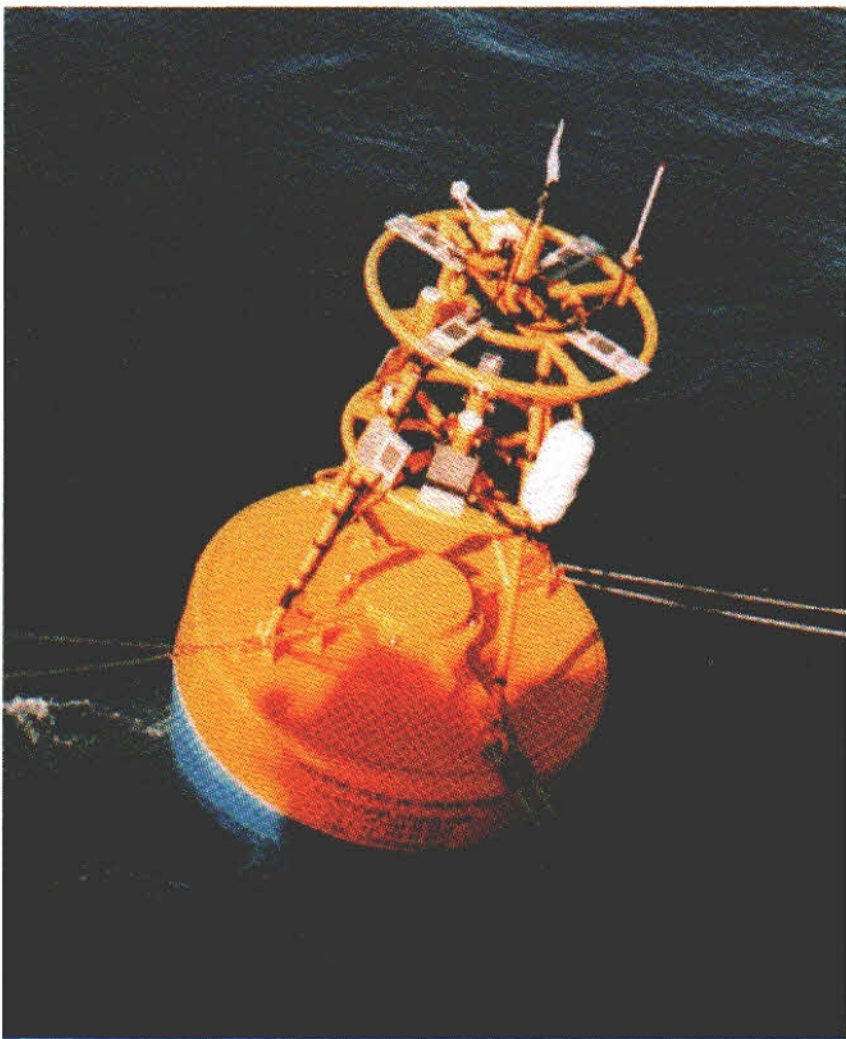


写真2 ブイに取り付けられた太陽電池
Photo 2 Solar cells installed in TRITON buoy

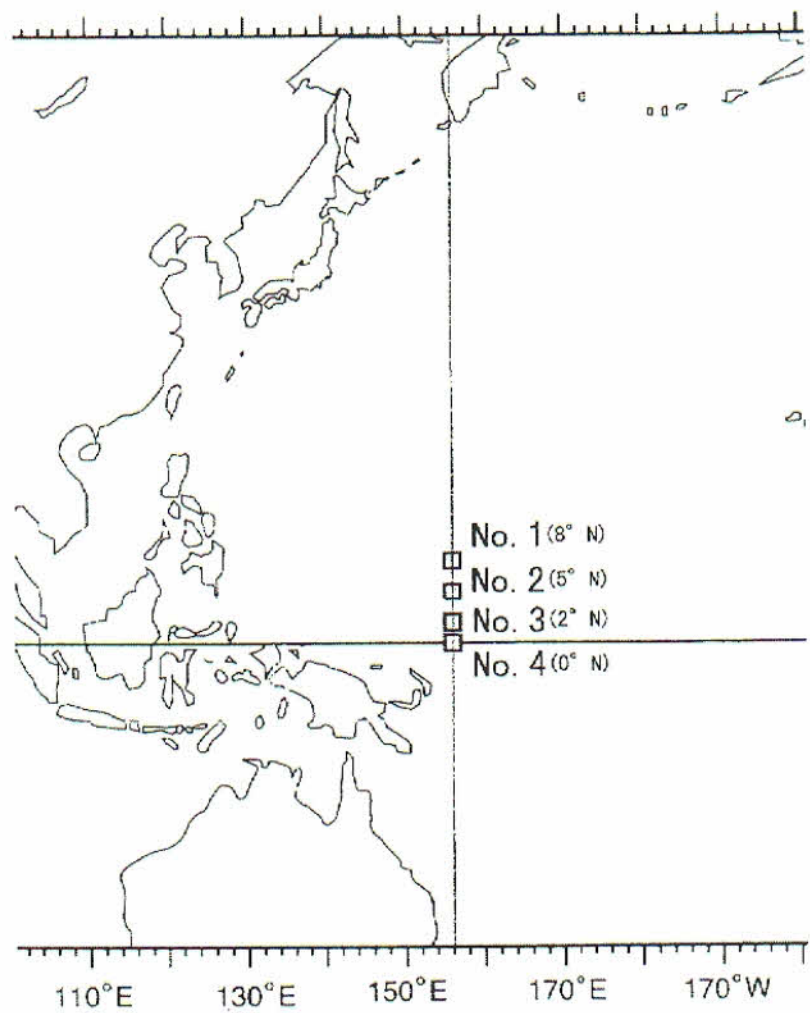


図4 実験海域
Fig. 4 Testing sea area

4.4 実海域実験結果

ブイ回収後にデータロガーを再生した結果、期間中、実験装置は正常に作動しており、目に見える太陽電池受光面の汚れ等もなかった。図 5-1、5-2に実験期間中の太陽電池の電圧推移を示す。図 5-1は各ブイ上面の太陽電池の、図 5-2は側面の太陽電池の、それぞれ 4 系統のうち測定時刻において電圧が最大のものを選択して表示した。グラフ右側の目盛りは、図 3 の特性から電圧と日射強度がほぼ比例関係にあるので、1.68 V のとき即ち 0.2 A が 1,000W/m² に相当するとして換算した。また図 5-1 における破線は当日の天候が晴天であった場合に、南中時に期待される日射強度を太陽高度から計算した値で、晴天でかつ太陽が真上にある時の日射強度を 1,200W/m² と仮定して表示した。図 6 には太陽電池の代表的な一日（1 号機 4 月 18 日）の電圧推移と日射強度を示す。

5 考 察

5.1 受光面の汚れ・劣化

図 5-1、5-2で示すように、電圧はすべての太陽電池システムで実験終了日まで記録され、実験期間中において特に異常は無かった。天候による影響で最大電圧がかな

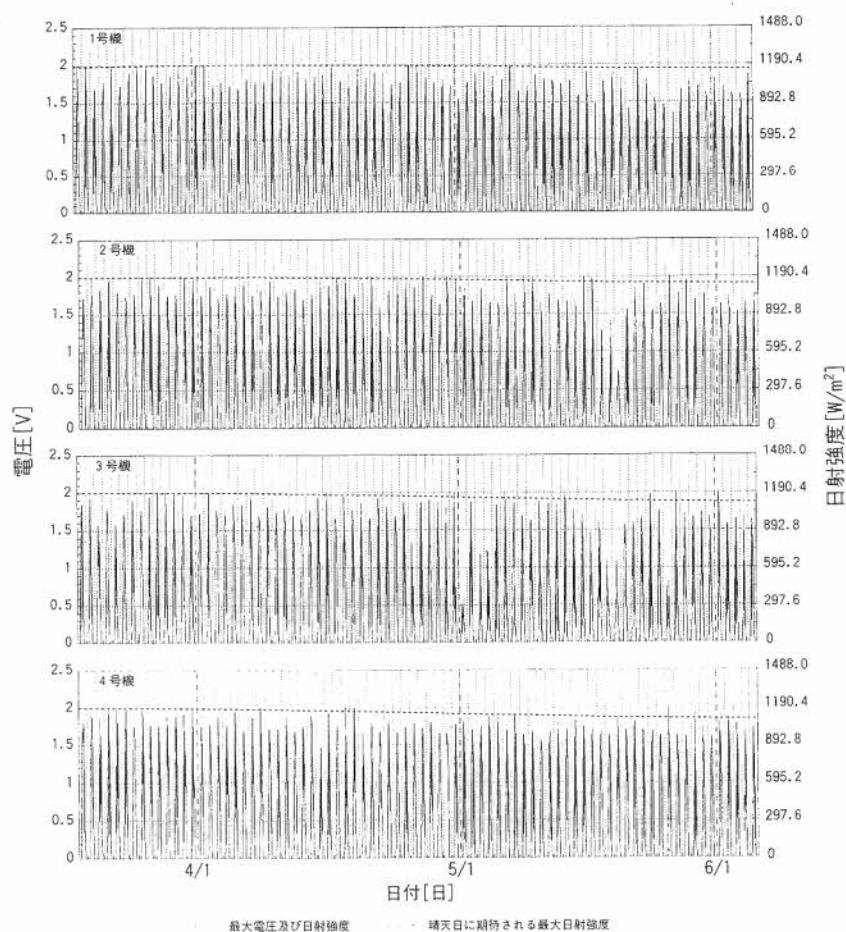


図 5-1 上面の太陽電池の最大電圧及び日射強度

Fig. 5-1 Maximum voltage and solar radiation intensity of solar cell of upper surface

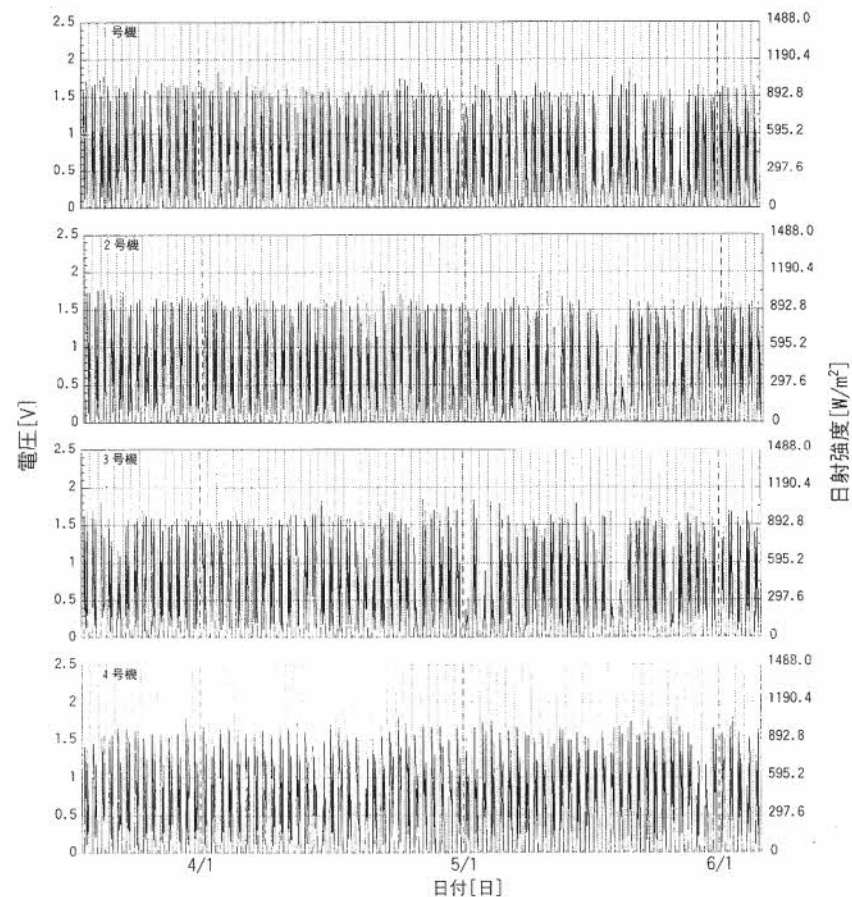


図 5-2 側面の太陽電池の最大電圧及び日射強度

Fig. 5-2 Maximum voltage and solar radiation intensity of solar cell of side

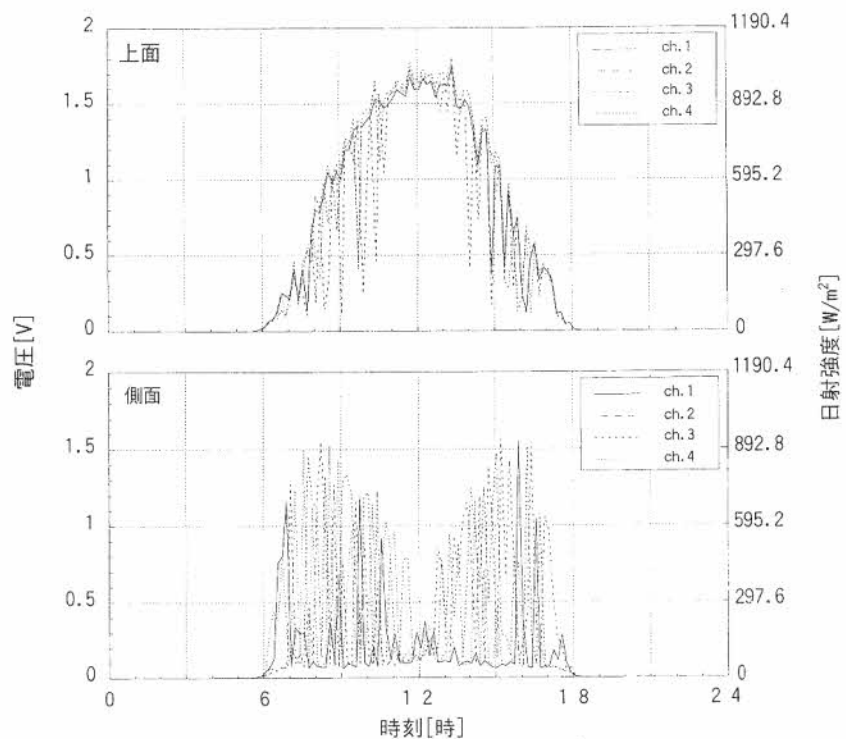


図 6 代表的な 1 日の太陽電池電圧及び日射強度（1 号機 4 月 18 日）

Fig. 6 Voltage and solar radiation intensity of solar cell in a representative day (No.1, April 18th)

り低い日もあるが、破線で表す日射強度の推定値と上面の太陽電池の最大電圧はおおむね同じように増減しており、太陽電池受光面の乱れ・劣化による発電への影響はほとんどなかったと思われる。

5.2 取り付け位置による差異

図 6 の電圧データが得られた 4 月 18 日は、ブイの気象センサーから晴天であったことがわかっている。当日の上面・側面の電圧を比べると、日の出（5 時 50 分頃）とともに発生して日没（18 時 10 分頃）とともに消失する点で共通しているが、電圧が高くなる時間帯は上面の太陽電池では正午頃、側面の太陽電池では 9 時および 16 時頃と、明確に違いがある。この違いは上面の太陽電池が水平に、側面の太陽電池が傾斜して取り付けられているため、太陽電池受光面に光が垂直に入射し効率よく発電がおこなえる時間帯がおのおの異なったことによる。

ただし最大電圧値こそ上面・側面とも大差ないが、タワー部を取り囲むように取り付けられた側面の電圧は系統によってばらつきが大きく、太陽に背を向けていると思われる太陽電池の電圧がほぼ 0 となっている。各系統ごとに電圧を積分し、上面及び側面の一時間あたりの平均電圧から求めた日射強度は、上面は約 274 W/m^2 なのに対し、側面は約 113 W/m^2 と半分以下であった。よって側面に太陽電池を取り付けての発電は効率が悪く、適当でないといえる。

5.3 赤道域における発電能力

図 5-1に示した上面の太陽電池の日射強度を積分し、実験期間中での平均値を求めた結果、1, 2, 3, 4号機における平均日射強度はそれぞれ257.5, 251.8, 246.4, 264.8W/m²であった。また、市販の太陽電池の出力を調べてみると、一般に日射強度1,000W/m²のとき、70～130W/m²である。

そこで、平均日射強度250W/m²、太陽電池出力70W/m²、タワー上面の面積1.7m²、太陽電池は今回の実験と同様に4系統で、常にどれかが陰になるとして、潜在的な発電量を計算すると次のようになる。

$$\begin{aligned} \text{発電量} &= 70 \text{ W/m}^2 \times 1.7 \text{ m}^2 \times \frac{250 \text{ W/m}^2}{1,000 \text{ W/m}^2} \times \frac{3}{4} \\ &= 22.3 \text{ W} \end{aligned}$$

トライトンブイの消費電力は2.35Wであることから、十分トライトンブイの消費電力を賄うことができる。

6 おわりに

今回の実験で、赤道域のトライトンブイでは、その消費電力を太陽電池発電で賄える可能性があることがわかった。今後、蓄電池等と組み合わせた発電システムとしての検討を行うとともに、さらに長期（1年以上）の試験を行い、信頼性の確認等を行っていく予定である。

参考文献

- 1) 鷺尾幸久・宮崎 武晃・堀田平・中川賢一郎：沖ノ島島におけるエネルギー自給型自動観測装置の開発，海洋科学技術センター試験研究報告，27，101－124（1992）
- 2) 本間拓也：“太陽エネルギーと日射.” 753－756. In：電気工学ポケットブック第四版，電気学会編，オーム社，東京都，1572pp.（1991）
- 3) (株)昭和ソーラーエネルギー：太陽電池モジュールカタログ
- 4) (株)日本電池：4輪自動車バッテリー総合資料

（原稿受領：1999年1月22日）