

発表番号	5	平成 12 年度海洋電子機械工学専攻学位論文要旨					平成 13 年 2 月 15 日
論文題目		日射量予測による太陽光・ディーゼル発電システムの運用法とその評価					
学籍番号	CK003010	氏名	高田 昌彦	研究室名	電気工学		

1. はじめに

太陽光発電は、その発電電力が天候の影響を大きく受け、非常に不安定なエネルギー源である。その不安定性を補うため、ディーゼル発電機や蓄電池などとともにハイブリッド発電システムとして用いられることが多い。しかし、太陽光発電の不安定性を補い負荷への電力供給を行うには、ディーゼル発電機の出力を太陽光発電電力にあわせて調節する必要がある。しかし、ディーゼル発電機は高効率で定常運転をすることが望ましく、その出力を変動させると、損失を発生させる原因となる。それらの損失を抑え、発電システムを効率的に運用するには、日射量予測により太陽光発電電力を予測し、それを導入した運用法により、発電システムの運用を行うことが重要であると考えられる。

本研究では、小型船舶への太陽光発電の導入を想定して設計された太陽光・ディーゼルハイブリッド発電システムについて、太陽光発電電力の有効利用と、ディーゼル発電機の定常出力運転を目的として、短期的日射量予測、長期的日射量予測を導入した運用法を提案し、それらの運用法について運用シミュレーションによる検討を行う。

2. 測定システム

シミュレーションに用いる太陽光発電電力には、神戸商船大学 2 号館屋上に設置されている、太陽光発電システムによる測定データを用いた。太陽電池パネルは多結晶シリコンモジュールで構成され、南に向かい傾斜角 15° で設置されている。その総面積は 82.3 m^2 、最大出力は 9.8 kW である。この太陽電池パネルにより発電される電力を、午前 5 時から午後 7 時にかけて 5 秒間隔で測定している。

3. ハイブリッド発電システムの構成

シミュレーションの対象とするハイブリッド発電システムは、大阪湾を航行する交通艇の電源システムとする。この交通艇は、午前 10 時から午後 4 時まで航行を行い、その間消費する電力は、 10.83 kW で一定とする。対象船舶に対し、図 1 のようにハイブリッド発電システムを構成⁽¹⁾する。

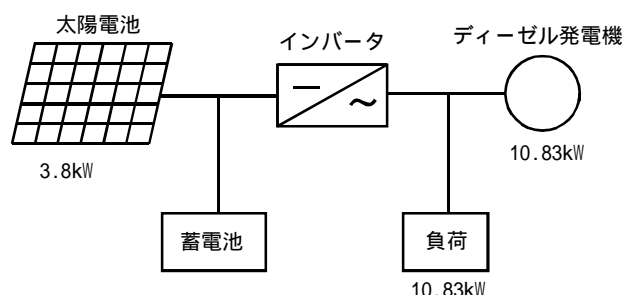
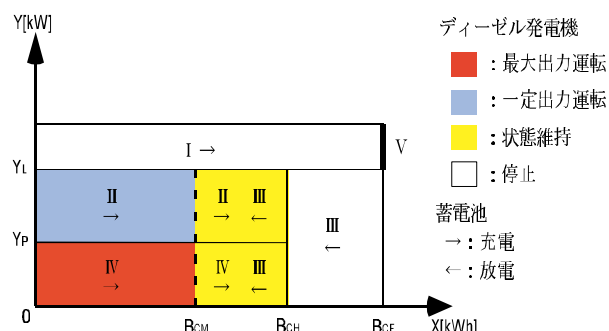


図 1. ハイブリッド発電システム

太陽電池は合計 33 m^2 の設置が可能であり、その出力は最大 3.8 kW となる。ディーゼル発電機は不日照日が続く、太陽光発電電力が得られない場合でも負荷への電力供給が可能であるように、その最大出力を負荷と等しい 10.83 kW とした。これに、余剰電力の蓄電と一時的な電力の不足を補うために蓄電池を設置する。

4. 短期的日射量予測値を導入した運用法

まず、1 分後の日射量が予測できた場合の運用法を示す。ディーゼル発電機の出力および蓄電池の充放電は、太陽光発電出力 $Y[\text{kW}]$ と蓄電池残存電力量 $X[\text{kWh}]$ をパラメータとして、下に示した図 2 に従って決定する。

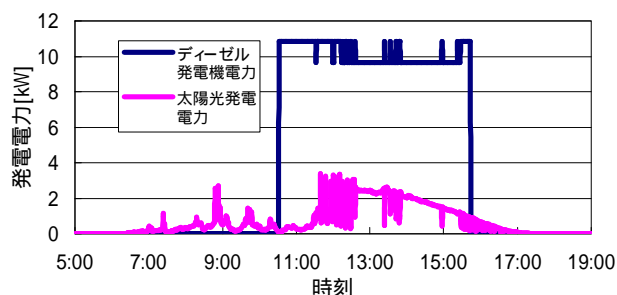


ただし、運用モード と運用モード の境界上で日射量の変動が頻繁に起きた場合、ディーゼル発電機で一定出力運転と最大出力運転の切り替えが繰り返される。それを回避するため、運用モード から運用モード への切り替えが起こったときに、短期的日射量予測⁽²⁾により太陽光発電電力の変動を予測し、短時間で運用モード へ戻ると判断されたときには、運用モード への切り替えを行わず、ディーゼル発電機出力の変動を抑制する。

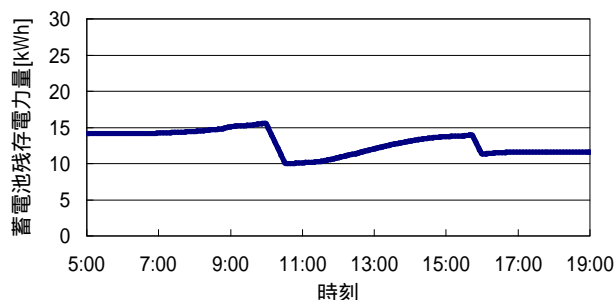
この運用法について、1998 年 10 月 1 日から 10 月 7 日までの 1 週間について、午前 5 時から午後 7 時の間、40 秒間隔で運用シミュレーションを行った。また、シミュレーションは蓄電池容量 30 kWh 、 20 kWh 、 10 kWh の 3 種類の発電システムについて行った。

この結果得られた運用特性を図 3 に示す。図 3 は、1998 年 10 月 2 日における、蓄電池容量 20 kWh での運用特性である。図中の (a) は太陽光発電電力とディーゼル発電機による発電電力の時間変化、(b) は蓄電池残存電力量の時間変化を示す。

運用法に短期的日射量予測値を導入した結果、日射量変動の激しい午前 11 時 30 分から午後 1 時の間で、運用モードの切り替えを 16 回から 8 回にまで減少させることに成功した。これにより、蓄電池の充放電の繰り返しやディーゼル発電機の出力変動を抑えることはできたが、ディーゼル発電機の発電量が増加するという問題が生じた。

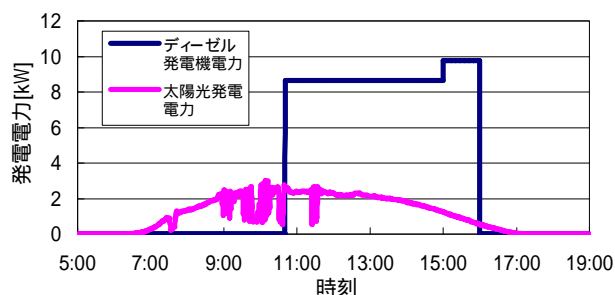


(a) 発電電力

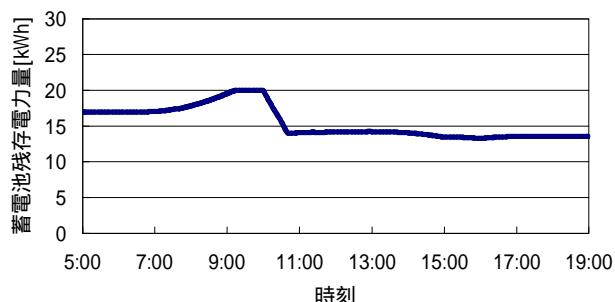


(b) 蓄電池残存電力量

図 3. 発電システム運用特性 (10 月 2 日)



(a) 発電電力



(b) 蓄電池残存電力量

図 4. 発電システム運用特性 (10 月 3 日)

5. 長期的日射量予測値を導入した運用法

長期的な日射量の変動を知ることができれば、太陽光発電による発電電力量の予測値を求め、消費電力量との差から、必要なディーゼル発電機発電電力量を知ることができる。これを運用に利用することにより、ディーゼル発電機の発電電力量を最小限に抑え、定常出力運転をすることが可能になると考えられる。

長期的日射量予測値⁽³⁾を導入した運用法として、2種類の運用法を提案する。まず一つは、太陽光発電電力量予測値から必要なディーゼル発電機発電電力量を求め、ディーゼル発電機出力を決定する運用法、もう一つは、ディーゼル発電機出力を 100%、90%、80%の 3 段階に設定しておき、太陽光発電電力量予測値により、どの出力で運転するかを決定する運用法である。ただし、どちらの運用法でも、蓄電池の充電量が容量の 100%になったときにはディーゼル発電機を停止、50%以下になったときにはディーゼル発電機を最大出力運転にすることとし、充電量が容量の 70%になるまでその状態を維持する。これら 2 つの運用法について、短期的日射量予測値を導入した運用法と同様に運用シミュレーションを行った。

その結果得られた運用特性を図 4 に示す。図 4 は、ディーゼル発電機出力を 3 段階に設定する運用法の、10 月 3 日における蓄電池容量 20kWh での運用特性である。

この運用法により、ディーゼル発電機は定常出力運転が可能となり、その発電電力量も削減できた。また、消費電力量と発電電力量がつりあっているため、蓄電池残存電力量もほぼ一定値を保つことができていた。しかし、長期的日射量予測値では日射量の短時間での変動を知ることができないため、太陽光発電電力の変動には蓄電池の充放電によってしか対応できず、日射量変動が激しい場合、蓄電池の充放電が繰り返されるという問題が生じた。

6. 各運用法の評価

太陽光発電電力の利用度を算出し比較したところ、以下のような結果が得られた。まず、どの運用法でも、蓄電池容量が 10kWh の場合、翌日の航行までの太陽光発電電力を蓄電することができず、太陽光発電電力利用率が低下した。長期的日射量予測値を導入した運用法では、予測誤差によりディーゼル発電機発電電力量が変化し、その影響により太陽光発電電力利用率が低下することがある。

次に、NO_x 排出量を算出し、比較した。その結果、短期的日射量予測を用いた場合、ディーゼル発電機発電電力量が増加しているため、それに伴い NO_x 排出量も増加したが、長期的日射量予測値を用いた場合、予測精度を確保できれば、約 10% の削減が可能となった。

7. おわりに

ハイブリッド発電システムの、短期的および長期的日射量予測値を導入した運用法を提案し、シミュレーションによる検討を行った結果、以下のような結論が得られた。短期的予測値を用いる場合では、蓄電池の充放電を回避し、それにより発生するディーゼル発電機の出力変動の約半数を抑制することができた。長期的予測値を用いた場合、ディーゼル発電機を定常出力で運転し、発電電力量を削減することができた。今後、これらを組み合わせた運用法の検討を行いたい。

参考文献

- (1) 朴, 片木, 橋本武, : 太陽電池を搭載する船舶電源システムの基本設計, 電気学会論文誌 B, Vol.118 - B, No.7, pp.976 - 982 (1998)
- (2) 平山, 朴, 山本, 片木, 橋本武, 橋本岳: 雲画像解析による日射量予測の精度について, 太陽 / 風力エネルギー講演論文集, pp.531 - 534 (1998)
- (3) 佐々木, 山本, 橋本武, 橋本岳: 太陽光発電電力推定のための日射特性に関する基礎的研究, 平成 12 年電気関係学会関西支部連合大会講演論文集, p.G165 (2000)