

## 第4章 バッテリーの性能試験

本章では、ソーラーボートに搭載する補助バッテリーの残存容量を独自の方法で測定し、その性能試験の結果より残存容量の求め方について考察する。

### 4.1 性能試験の必要性

ソーラーボートにおいてバッテリーの性能を知ることは非常に重要なことである。自動車は燃料であるガソリンの残量が分かれば、あとどの程度の距離を走行できるかを知ることができる。ソーラーボートでもバッテリーの残存容量を知ることができれば同じことが言える。つまり、航行するにあたって、その航続距離に限りがある以上、使用できるエネルギー容量の残量を知ることが非常に重要なことである。

バッテリーメーカーでも JIS 準拠の放電特性を公表しているが、大ざっぱな値であり、詳しい値を知ることができない。また、JIS で規定している太陽光発電用鉛蓄電池の残存容量測定方法も 1993 年 7 月に制定されたばかりで、それに関しては未だ不十分な箇所が多く、測定方法に関しても具体的には明記されていない。

そこで、バッテリーの残存容量を知るために、ソーラーボート用のモータ・コントローラと独自の負荷装置を使用してバッテリーの放電実験を行ない、その性能評価を行うこととした。この負荷装置は、実際にソーラーボートで使用する DC モータに自動車用のオルタネータを 3 個並列に接続して負荷としたものである。また、試験に使用するバッテリーは第 2 章で述べたものである。

### 4.2 残存容量測定法

この性能試験で使用するバッテリーの残存容量の測定方法は、JIS C 8971(1993)の太陽光発電用鉛蓄電池の残存容量測定方法として規定されたものを基にして、ソーラーボート用のバッテリー残存容量測定に置き換えて使用した。<sup>(14)</sup>

測定方法は、3 種類あり 1 つ又は複数の組み合わせによって測定する。

#### 1. 電圧測定法

バッテリーの端子電圧を測定して残存容量を測定する方法

#### 2. 比重測定法

バッテリー内の電解液の比重を測定して残存容量を測定する方法

#### 3. Ah 測定法

バッテリーの充電電流、放電電流の積算値より残存容量を測定する方法

以上の他に補正 Ah 測定法があり、前記 Ah 測定法の誤差の問題を解決する方法として、比重測定法などの別の方法と組み合わせ積算値を補正する方法である。

しかし、ゴールドンイーグルではモータへの供給電力を制御（定電力制御については次節で詳しく述べる。）しているため、補正 Ah 測定法を用いても、まだ不十分な

箇所が残る。そこで、バッテリーの充電電力、放電電力の積算値より残存容量を測定する電力量測定法を用いた。

#### 4.3 定電力放電試験

##### 4.3.1 定電力制御

水中翼を装備したソーラーボートにおいて安定した水中翼走を保つためには、一定の電力に保ちながら航行する必要がある。そこでマイコンを利用した定電力制御による放電試験を行った。

定電力制御とは、モータへの供給電力を一定に保つ制御である。電流の消費と共にバッテリーの電圧は徐々に低下し、流す電流量を変えなければモータへ供給する電力も同様に低下する。つまり、モータの軸出力が低下するため速度が落ち水中翼走できなくなる。したがって、バッテリーの性能試験においても定電力での放電試験を行なう必要がある。図 4.1 に定電力制御を行なった時の電圧と電流の関係を示すが、電圧の低下に伴い電流が増加して行くことが分かる。

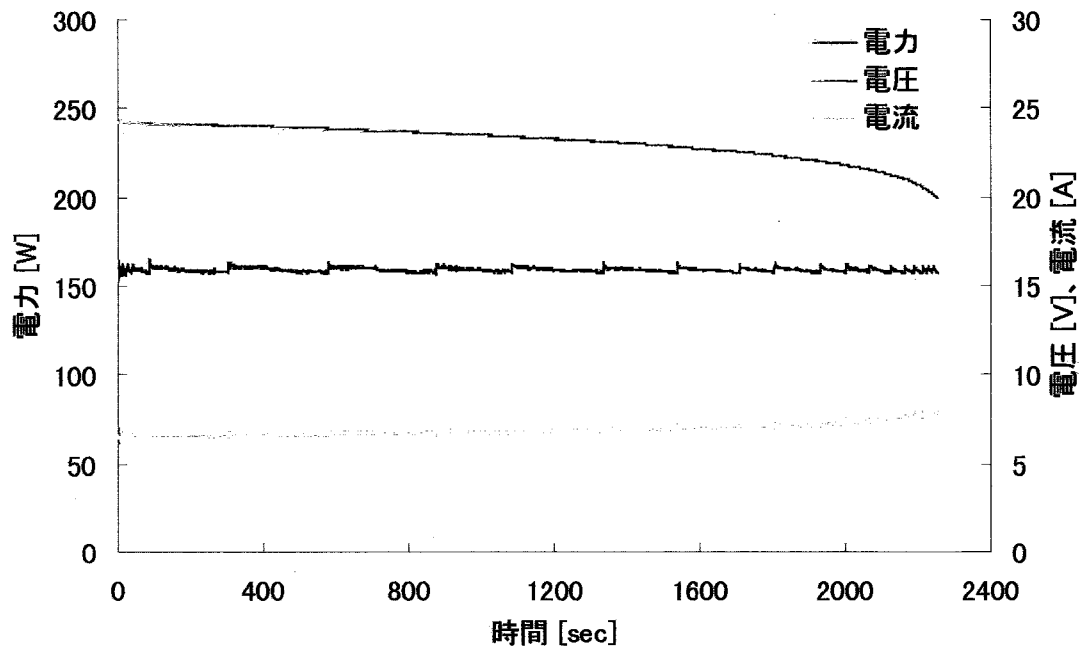


図 4.1 定電力制御での電圧・電流変化

##### 4.3.2 試験方法

試験では、自動充電停止機能付きの充電器で充電した満充電の状態のバッテリー 2 個を直列接続して使用する。

放電終止電圧はコントローラ内部の DC-DC コンバータの入力電圧範囲を考慮した 20[V]とし、この電圧に達すると放電はプログラムにより終了する。

設定する放電電力はバッテリーのカタログ値より 1 時間で使い切る電力を予想し、そ

れを基準として 50[W]、80[W]、120[W]、160[W]、200[W]の 5 種類とした。なお、50[W]としたのは 40[W]ではモータが回転しないためである。

ソーラーボート大会ではこのバッテリーを 2 直列 2 並列で使用するため、試験での放電電力の 2 倍が実際の放電電力となる。

#### 4.4 試験結果と考察

各放電電力での放電時間と消費電力量の試験結果として、消費率の計算結果を表 4.1、グラフ化したものを図 4.2 にそれぞれ示す。消費率とは、ある放電電力で放電した時の消費電力量をその時のバッテリー容量とし、その放電電力での単位時間当たりの消費割合をパーセント表示させたものである。以下にその計算式を示す。なお、電力量はバッテリー 2 直列 2 並列分に換算した値である。

$$\text{消費率} = \frac{\text{放電電力 [W]}}{\text{消費電力量 [W} \cdot \text{sec]}} \times 100 \text{ [%/sec]}$$

表 4.1 バッテリーの消費特性

放電電力 [W]	放電時間 [sec]	消費電力量 [W・h]	消費率 [%/sec]
100	9929	275.8	0.010072
160	5399	240.0	0.018522
240	3244	216.3	0.030826
320	2167	192.6	0.046147
400	1597	177.4	0.062617

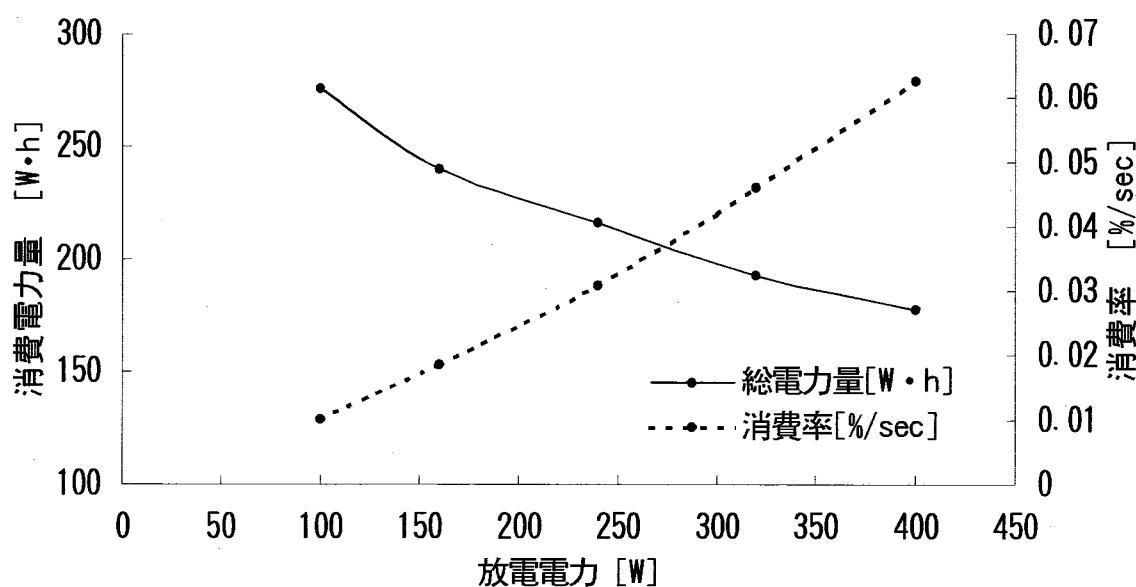


図 4.2 バッテリーの消費特性

以上の結果より、バッテリーの放電電力が大きくなると放電可能な時間が短くなり、消費電力量が減少するという特性があることを確認できた。

水中翼を装備したソーラーボートは、図 4.3 に示すように離水時に定常航行時以上の消費電力を必要とするが、このバッテリーの性能試験の結果は、旋回等により着水し、その離水のためにモータへの供給電力を増加させ余分なエネルギーを使ったのでは、結果的にバッテリーの容量を減少させ、航続距離を減らすことを意味する。

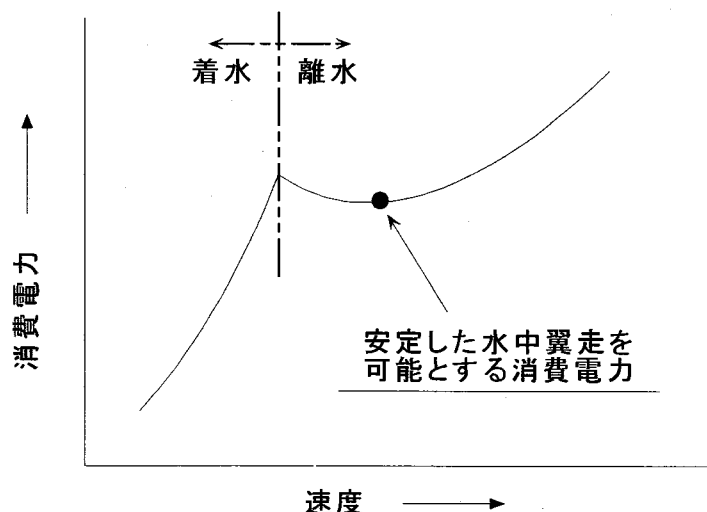


図 4.3 水中翼船の速度と船体抵抗の関係

したがって、この無駄な着水による余分なエネルギーの消費を抑え、バッテリーの残容量を管理することも自動航行システムを開発する 1 つの目的である。自動航行システムについては第 5 章で詳しく述べる。

また、図 4.2 の消費電力と消費率の関係を近似式に表すと以下の式になる。

$$y = 2 \times 10^{-7} x^2 + 9 \times 10^{-5} x$$

$$x = -48458 y^2 + 9350.9 y$$

y: 消費率 [%/sec] x: 消費電力 [W]

この式はバッテリーの残容量を求めるばかりではなく、決められた時間内でバッテリーを使い切るためにも必要な式である。レースにおいて残り時間とバッテリーの残量が分かっているならば、残り時間の 1 秒当たりどれくらいの消費率でバッテリーを使えば良いかが分かる。

ゴールドイーグルでは上式をプログラムに組み込み、理想的なバッテリーの消費率となる消費電力を求め、その電力になるように制御した。例えば、スタート直後（残り時間 3600[sec]、残量 100[%]）では消費率 0.027[%/sec]となり、上式より消費電力を約 222[W]に保てばバッテリーを理想的に消費することができる。さらに 100[%]から 1 秒毎に消費率を減算してバッテリーの残容量を求め、その数値を液晶表示器に表示させ、操縦者が確認できるようにしている。

残量計算プログラムの動作確認については第 6 章 6.1 節で詳しく述べる。