

**昭和基地を想定した蓄電池のモデル化**  
**－充電試験による起電力のモデル化－**  
**Modeling of Battery for Syowa Base**  
**－Modeling of electromotive force by experiment of charge－**

○北嶋 貴啓<sup>1</sup>,川島 稔来<sup>1</sup>,白石 龍太郎<sup>1</sup>,杉本 和博<sup>2</sup>,西川 省吾<sup>3</sup>

\*Takahiro Kitajima<sup>1</sup>,Toshiki Kawashima<sup>1</sup>, Ryutarō Shiraishi<sup>1</sup>, Kazuhiro Sugimoto<sup>2</sup>, Shogo Nishikawa<sup>3</sup>

Abstract: Although energy required in Syowa Station is provided with the fossil fuel now, it is possible that the quantity of energy consumption in Syowa Station will increase with introduction of large-sized observational equipment. Increasing energy leads to energy shortage. And it is difficult to send fuels from Japan. Then, we consider utilizing photovoltaic (PV) and wind power (WP) there. However, we will be anxious about a frequency fluctuation when PV and WP are connected to the small electric system of Syowa Station. Although application of a battery which controls output fluctuation as measures can be considered, performance of battery decreases under low temperature condition. In this research, in order to enable the suitable design of the battery equipment used at Syowa Station, we clarified detailed charge-and-discharge performance at the low temperature.

### 1. はじめに

南極の昭和基地では今後、様々な実験や研究などで大型観測装置の導入が見込まれており、それに伴い基地内の熱量や消費電力が増加することが考えられる。その場合、燃料を全て日本から輸送することは困難であるため、現地で太陽光発電や風力発電を活用することが考えられている。しかし、これらは出力変動が激しく、小規模系統である昭和基地の電気系統に接続すると周波数変動が懸念される。この対策として出力変動を抑制する蓄電池の適用が考えられるが、蓄電池は低温になると機能が低下する。

本研究では、昭和基地で使用する蓄電池設備の適切な設計を可能とするため低温時の詳細な充放電性能を明らかにしていく。本稿では鉛蓄電池と Ni-MH 蓄電池の放電のモデル化を行うために必要な起電力のモデルを作成したので報告する。

### 2. 試験内容

#### < 2. 1 > 試験準備

充放電時の電圧は(1)式より表せる。

$$V = E \pm V_d \quad (1)$$

ただし、V:端子電圧[V]

E:起電力[V]

$V_d$ :電圧降下[V](正:充電時,負:放電時)

起電力は(2)式のネルンストの式より算出する。

$$E = E_1 + \frac{RT}{nF} \ln\{f(\text{SOC})\} \quad (2)$$

ただし、E:起電力[V]

$E_1$ :標準酸化還元電位

(=Pb:2.04,Ni-MH:1.35)[V]

R:気体定数(8.314)[J/mol・K]

T:電池温度[K]

F:ファラデー定数(=96480)[C/mol]

n:移動電子数 [mol]

#### < 2. 2 > 蓄電池の仕様

今回使用した蓄電池の仕様を表1に示す。

Table1.Specification of battery

	Pb	Ni-MH
Cell	3	1
Rated Capacity[Ah]	10	10
Rated Voltage[V]	6	1.2
Rated Current[A]	0.5	2.0

#### < 2. 3 > 方法

##### < 2. 3. 1 > 起電力特性試験

試験回路を図1に示す。今回の実験では、電池を恒温槽に入れ周囲の温度を一定に保ち、バイポーラ電源により充放電を行い、データロガーで充放電の記録を行った。試験手順を図2に示す。

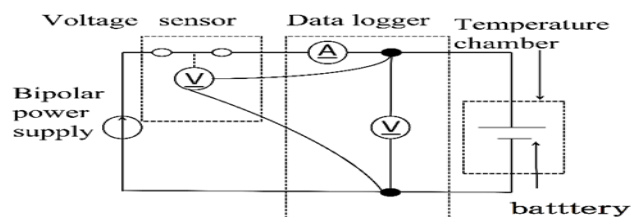


Figure1.Examination circuit

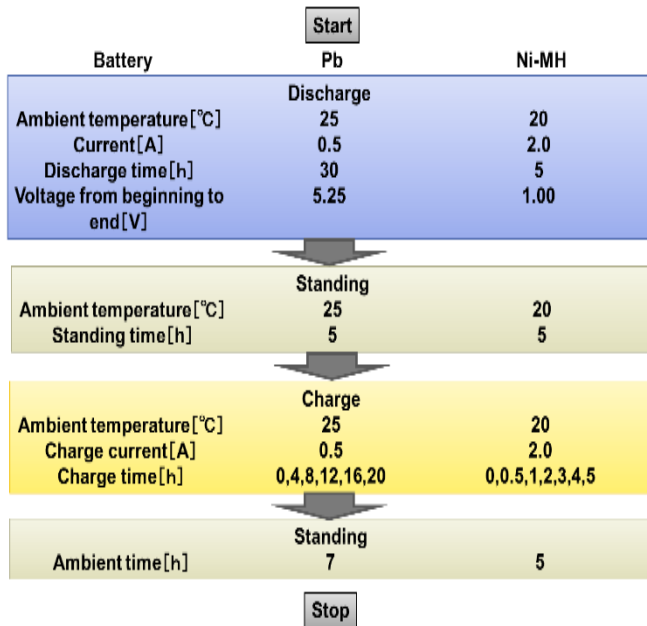


Figure2.The test of processing

< 2. 3. 2 >モデル化

起電力をモデル化するためには、まず(2)式の  $f(SOC)$  を求めなければならない。そのため、(2)式を変形して、 $f(SOC)$  について求めると(3)式になる。

$$f(SOC) = \exp\left\{\frac{nF}{RT}(E - E_1)\right\} \quad (3)$$

この式を(4)式に置換して、各パラメータを決定し  $f(SOC)$  を求め、それを(2)式に代入し起電力を求めた。

$$f(SOC) = a \times SOC^2 + b \times SOC + c \quad (4)$$

3. 実験結果

< 3. 1 >起電力のモデル化

今回の測定範囲は SOC 0~100%で、各モデルでの  $f(SOC)$  のパラメータを表 2 に示す。鉛蓄電池の起電力モデルを図 3 に、Ni-MH 蓄電池の起電力モデルを図 4 に示す。

Table2.Parameter of  $f(SOC)$

Model	Pb			Ni-MH		
	a	b	c	a	b	c
1	34	-11.33	0	81.46	-4.49	0.003
2	0	3182.2	-1903.5	-15.4	16.89	-0.400
3	0	203854	-162441	177.9	-237	82.29

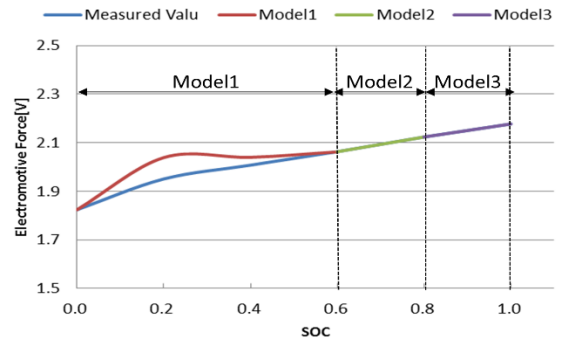


Figure3.Model of electromotive force (Pb)

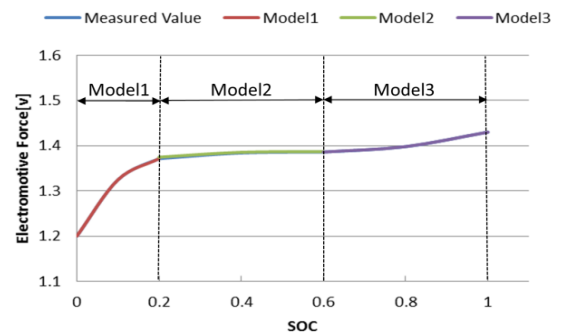


Figure4.Model of electromotive force (Ni-MH)

次に、各モデルの精度について考える。モデルの精度を定量的に示すため、起電力の誤差率  $\epsilon_V$  を以下のように定義した。

$$\epsilon_V = \frac{\sum_{i=1}^n |V_c(i) - V_m(i)|}{\sum_{i=1}^n V_m(i)} \times 100[\%] \quad (6)$$

ただし、 $V_m(i)$  : i 番目の蓄電池実測電圧 [V]

$V_c(i)$  : i 番目の蓄電池モデル電圧 [V]

n : データ個数

各モデルの誤差率をまとめると表 3 の通りになる。

Table3.Accuracy of model

	Error rate[%]	
	Pb	Ni-MH
Model 1	1.542	0.003
Model 2	0.003	0.046
Model 3	0.000	0.000

4. まとめ

起電力モデルの誤差率は鉛蓄電池と Ni-MH 蓄電池ともに 5%以内であり、高い精度だといえる。今後は、作成した起電力モデルをもとに放電のモデルを作成する。また、放電のモデルを作成するにあたって電池の電圧降下について考えていく予定である。