

昭和基地を想定した Ni-MH 蓄電池のモデル化

-表面温度と周囲温度を使用したモデルと精度-

Modeling of Ni-MH Battery in Syowa Station

-Accuracy and model using the surface temperature and ambient temperature -

○佐野 優人¹, 杉本 和博¹, 佐々木 隆充², 西川 省吾³

* Yuto Sano¹, Kazuhiro Sugimoto¹, Takamichi Sasaki², Shogo Nishikawa³

Abstract: We are examining the use of renewable energy (RE) in Syowa Station. However, since the RE output is unstable, it is necessary to stabilize the system output by using the storage battery to solve this problem. Since the temperature affects the performance of the battery and the ambient temperature falls under low temperature. The objective of this study is to establish highly accurate model of rechargeable battery at the low temperature. In this paper, the model by using storage battery temperature, and accuracy of model are described.

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に伴って増加する基地内の熱量や消費電力の供給源として、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。しかしながらこれらは出力変動が激しく、昭和基地の小規模な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ている。

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する。本稿では、Ni-MH 蓄電池を周囲温度からでも蓄電池性能を推定できるように、充放電時の周囲温度、蓄電池温度を使用した際のモデル化を行い精度評価したので、その結果を示す。

2. 試験方法

表 1 に供試体の仕様、図 1 に試験回路、図 2 に Ni-MH 蓄電池内部の等価回路、図 3 に熱電対の設置位置を示す。等価回路の放電時の式は式(1)となる。

$$V = E - V_d \tag{1}$$

ただし、E:蓄電池起電力[V], V_d :電圧降下[V]
V:蓄電池端子電圧[V]

Table 1. Specification of Ni-MH battery

Cell	1
Rated voltage[V]	1.2
Rated capacity[Ah]	10

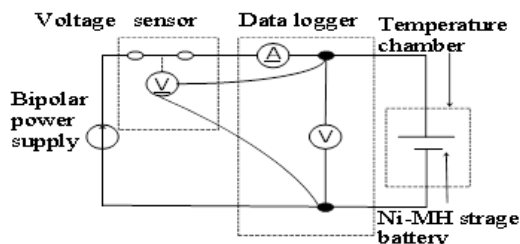


Figure 1. Examination circuit

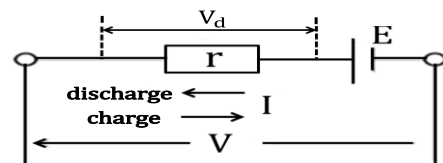


Figure 2. Equivalent circuit in Ni-MH battery

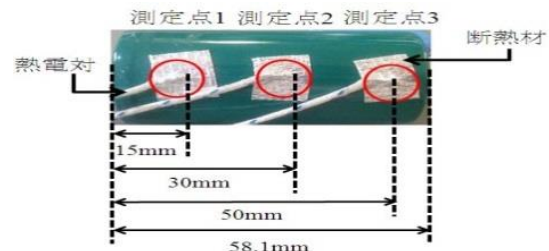


Figure 3. The setting position of thermocouple

放電試験を行う前に蓄電池を空放電し、その後、蓄電池の化学反応を安定化させるため 5 時間静置した。満充電をしてから各静置時間で静置をし、2A で放電終了電圧 1.0V に達するまで放電した。

3. 試験結果

<3, 1> 放電モデル

電圧降下 V_d は内部抵抗 R_d , 放電初期の内部抵抗 R_e , 放電末期の内部抵抗 R_l を含むと想定し、式(2)~式(4)のようにした。

$$V_d = (R_d + R_e + R_l) \times I \tag{2}$$

$$R_e = \begin{cases} \frac{\alpha_e}{(1+\exp(-\beta_e \times (DOD - DOD_d)) + \gamma_e)} & (DOD \leq DOD_d) \\ 0 & (DOD > DOD_d) \end{cases} \tag{3}$$

$$R_l = \begin{cases} 0 & (DOD \leq DOD_d) \\ \frac{\alpha_l}{(1+\exp(-\beta_l \times (DOD - DOD_d)) + \gamma_l)} & (DOD > DOD_d) \end{cases} \tag{4}$$

ただし、I:電流[A], R_d :内部抵抗[Ω]

α_e : 定数[Ω], $\beta_e, \beta_1, \gamma_e, \gamma_1$: 定数
 R_e : 放電初期の内部抵抗[Ω]
 R_1 : 放電末期の内部抵抗[Ω]
 DOD_d : 変曲点の充電状態

表 2 に 2A, 20°C の時のパラメータ値を示す。
 ただし, T: 表面温度, T_1 : 周囲温度である。

Table 2. Comparison of parameter data

	Surface temperature	Ambient temperature
R_d	$-5.0 \times 10^{-4}T + 0.18$	$-8.0 \times 10^{-4}T_1 + 0.30$
DOD_d	$-5.2 \times 10^{-3}T + 1.95$	$-1.7 \times 10^{-3}T_1 + 1.06$
α_e	$5.00 \times 10^{-4}T - 7.86 \times 10^{-2}$	$-5.9 \times 10^{-3}T_1^2 - 4.47T_1 + 885.88$
β_e	$-6.0 \times 10^{-5}T^2 - 3.35 \times 10^{-2}T + 4.69$	$6.26 \times 10^{-2}T_1 + 36.01$
γ_e	15	15
α_1	$-8.3 \times 10^{-3}T^2 - 4.58T - 641.85$	$-1.21 \times 10^{-2}T_1^2 - 6.37T_1 + 828.89$
β_1	$-3.4 \times 10^{-3}T^2 - 2.05T - 291.78$	$-1.46 \times 10^{-2}T_1 - 0.46$
γ_1	$-1.74 \times 10^{-2}T - 38.09$	$-8.17 \times 10^{-2}T_1 - 13.64$

図 4, 図 5 は 20°C, -20°C における周囲温度と表面温度の変化, 図 6, 図 7 は今回作成したモデルによる推定結果である。

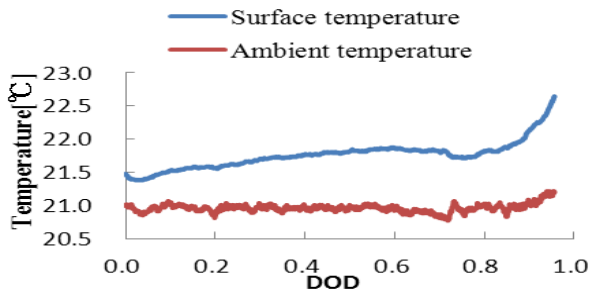


Figure 4. Temperature characteristic (20°C)

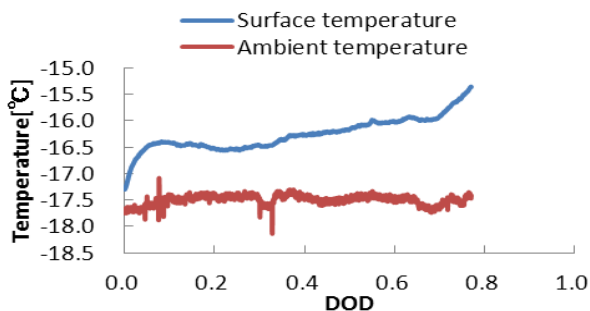


Figure 5. Temperature characteristic (-20°C)

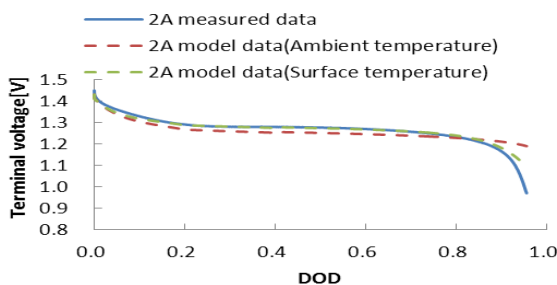


Figure 6. Terminal voltage and DOD Characteristic(20°C)

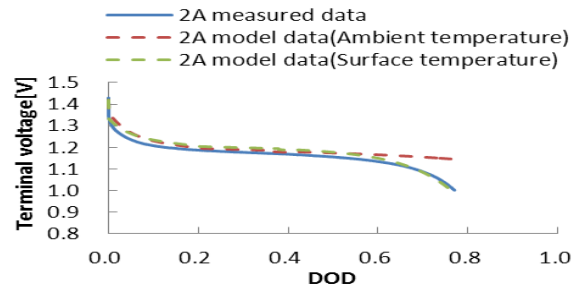


Figure 7. Terminal voltage and DOD Characteristic(-20°C)

周囲温度と表面温度では温度変化に差があるが, 周囲温度モデル, 表面温度モデルともに測定データと近いグラフになった。しかし, 周囲温度モデルでは放電末期の電圧の降下を再現できていない。

<3, 2> モデルの精度評価

モデル式の精度を評価するために式(5)に ϵ を定義した。

$$\epsilon = \frac{\sum_{i=1}^n |Vc(i) - Vm(i)|}{\sum_{i=1}^n Vm(i)} \times 100 \quad (5)$$

ただし, ϵ : 誤差率[%]

$Vm(i)$: i 番目の蓄電池実測電圧[V]

$Vc(i)$: i 番目の蓄電池モデル電圧[V]

n: データ個数

表 3 は周囲温度と表面温度のモデル精度を比較したものである。

Table 3. Comparison of ϵ (unit:%)

	Surface temperature	Ambient temperature
20°C	0.56	2.04
-15°C	3.25	2.59
-16°C	1.58	1.43
-17°C	1.14	1.40
-18°C	2.59	1.67
-19°C	2.45	1.60
-20°C	1.64	2.51

表面温度と周囲温度は両方とも誤差率が 4%以下となり精度が高いと言える。

4. まとめ

今回は Ni-MH 蓄電池の放電電流 2A 一定, 周囲温度 20°C, -20°C としたときの蓄電池温度を使用した放電モデルを作成し, その精度を評価した。

誤差率だけ見れば周囲温度, 表面温度ともに 4% を下回り精度は高いと言えるが, 周囲温度のモデルでは放電終止電圧の予測に必要な放電末期の電圧の降下を再現できておらず, 実用にはさらなる研究が必要である。