

L-47

昭和基地における RE システム用 Ni-MH 蓄電池のモデル化 -起電力のモデル化-

Modeling of Ni-MH battery for RE system in Syowa Base

-Modeling of Electromotive Force-

○織本航太¹, 松本幸浩¹, 岩佐聡², 西川省吾³Kota Orimoto¹, Yukihiko Matsumoto¹, Satoshi Iwasa², Shogo Nishikawa³

Abstract: We are examining the use of renewable energy (RE) in Syowa Base. However, the output tends to be unstable. It is necessary to stabilize the system output by using the storage battery to solve this problem. However, The temperature affects the performance of the battery and The indoor temperature of Showa Base might reach -30°C.

In the present study, it has aimed at the establishment of highly accurate modeling of rechargeable battery and Measures technology to performance decrease of the rechargeable battery at the low temperature.

In this report, the model of the electromotive force created, and accuracy of model are described.

1. はじめに

南極の昭和基地では現在必要なエネルギーを化石燃料で賄っている。今後、大型観測装置の導入が見込まれており、それによって熱量や消費電力が増加することが考えられるが、その燃料を輸送することは困難である。そこで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。しかし太陽光発電や風力発電は出力変動が激しい。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してしまう。

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蓄電池の起電力のモデルを作成し、精度を評価したので、結果を示す。

2. 試験環境

図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を示す。

Table 1 Specification of Ni-MH battery

cell	1
rated voltage[V]	1.2
rated capacity[Ah]	10
rated hour rate[Hr]	5

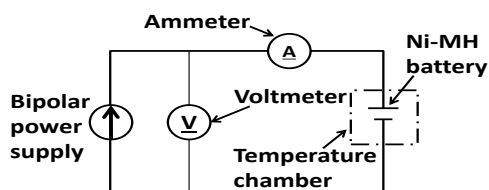


Fig. 1 Examination circuit

3. 起電力特性試験

試験を行う前に JIS に基づき周囲温度 20°C一定とし定格電流 2A で 1.0V の放電終止電圧まで放電した。その後蓄電池の化学反応を安定化させるため 3 時間静置した⁽¹⁾。

充電電流 2A で SOC20~100%まで充電を開始した。一回の試験で一度充電を停止したら、継ぎ足しの充電はせず、3 時間静置しその間測定を続ける。静置後、放電し試験条件を変更して繰り返し行う。

・充電試験条件

周囲温度 : -20, 0, 20[°C]
(=253, 273, 293[K])

充電電流 : 2[A]

SOC(充電量) : 20, 40, 60, 80, 100 [%]

4. 等価回路

図2はNi-MH蓄電池内部の等価回路である。等価回路から端子電圧 V は次式となる。

$$V = E \pm Ir \quad \dots(1)$$

ただし、V:端子電圧[V], E:起電力[V], I:電流[A], r:内部抵抗[Ω]

ここで式(1)の+は充電時、-は放電時である。

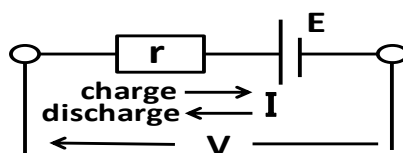


Fig. 2 Equivalent circuit in Ni-MH battery

5. 起電力の定義

図3に蓄電池内部の等価回路を示す。電流を流さず静置中で端子電圧が一定となったところを起電力とする。

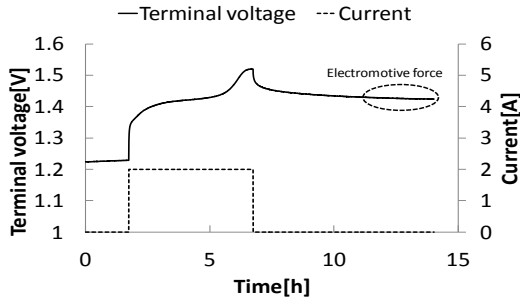


Fig. 3 Terminal voltage and current Characteristic

6. 試験結果

図4は各周囲温度での起電力を示した。SOCの増加に伴い起電力も増加する理由としては、ネルンストの式で説明できる。ネルンストの式は次式である⁽²⁾。

$$E = E_1 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{\alpha_{ox}}{\alpha_{red}} \quad \dots(2)$$

ただし、E：起電力[V]，E₁：標準酸化還元電位(=1.35)[V]

R：気体定数(=8.314)[J/mol・K]

T：絶対温度[K]，z：移動電子数(=1)

F：ファラデー定数(=96480)[C/mol]

α_{ox}：酸化側の活量，α_{red}：還元側の活量

充電は酸化反応であり、充電が進むにつれてα_{ox}は増加し、α_{red}は減少したため起電力Eは増加した。

また、周囲温度が変化しても起電力はあまり変化していない。このことから起電力は周囲温度に大きく依存しないと分かる。

この結果より起電力のモデル式を作成する。式(2)の対数項の真数部分はSOCの関数となり、f(SOC)とする。20℃の試験結果を(2)の左辺に代入し、f(SOC)を逆算して求める。求めたf(SOC)をモデル化するため、式(3)を想定し、フィッティングした。

$$f = A \times SOC + B \quad \dots(3)$$

・モデル式

$$f(SOC) = 6.47 \times SOC \quad (0 \leq SOC < 0.6) \quad (4)$$

$$f(SOC) = 14.21 \times SOC + (-4.69) \quad (0.6 \leq SOC < 0.8) \quad (5)$$

$$f(SOC) = 62.26 \times SOC + (-43.1) \quad (0.8 \leq SOC \leq 1.0) \quad (6)$$

式(4)をモデル1，式(5)をモデル2，式(6)をモデル3とする。今回モデル化したものの精度を評価する。モデル式の精度を評価するために式(7)にεを定義した。

$$\epsilon = \frac{\sum_{i=1}^n |V_{c(i)} - V_{m(i)}|}{\sum_{i=1}^n V_{m(i)}} \times 100[\%] \quad \dots(7)$$

ただし、V_{m(i)}：i番目の実測値から求めたf(SOC)

V_{c(i)}：i番目のモデル化したf(SOC)

n：データ個数

図5にεの精度評価をした結果を示す。モデル1，2，3のεは最大の値でも約1.67%と比較的小さい値となり、周囲温度が変化しても精度が良いモデルとなった。

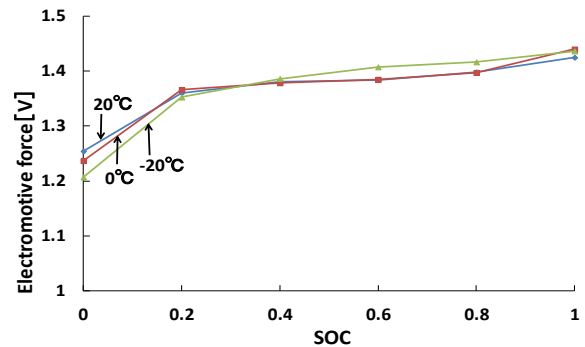


Fig. 4 Electromotive force Characteristic

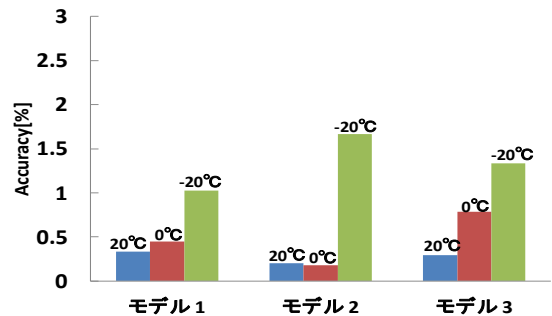


Fig. 5 Accuracy Characteristic

7. まとめ

周囲温度とSOCを変化させた際の、充放電試験における起電力特性について調査した。またf(SOC)を逆算して求め、20℃の試験結果を直線近似でモデル化し、実測値との精度を評価した。

8. 今後の予定

今後は端子電圧Vのモデル化を検討していく。

9. 参考文献

- (1) JISハンドブック：日本規格協会 P1083～1091
- (2) 電気化学：渡辺 正 金村 聖志 P49～52