昭和基地を想定した Ni-MH 蓄電池のモデル化 —定電流充電時のモデル化— Modeling of Ni-MH Battery for Syowa Base -Modeling at Constant Current Charging -

○淺香 輝成¹, 西川 省吾² *Terumasa Asaka¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: Utilization of renewable energy such as photovoltaic power generation and wind power generation is useful to reduce the consumption volume of fuel at Showa Base in the Antarctica. However, when a lot of renewable energy systems are connected to the small electric system of the Showa Base, it is possible that the frequency of electric system of Showa Base is not stable. Though the use of battery is thought as these preventative measures, the performance of battery decreases at low temperature. We performed an experiment at modeling to build appropriate battery facilities to use in the Showa Base.

1. はじめに

南極の昭和基地では、日本からの燃料輸送量を削減 するため、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、これらを昭和基地の小 規模な電気系統に接続すると出力変動が懸念される. この対策として蓄電池の活用が考えられるが低温時 には電池の性能が低下する.本研究では、昭和基地で 使用する適切な蓄電池設備を構築するため、精度のよ いモデル化を目指す実験を行った.

本稿では,周囲温度 20℃における定電流充電時のモ デルを作成したので報告する.

2. 試験内容

蓄電池の仕様は,種類:Ni-MH,定格電圧:1.2V,定格容 量 10Ah である.

起電力試験は,恒温槽中に Ni-MH 蓄電池をいれて, 周囲温度を 20℃一定に保ち,定電流源としてバイポ ーラ電源を用い充放電を行った.ボルテージセンサを 用い放電終止電圧を 1.0V とした.測定データはデータ ロガーにより,電圧,電流,周囲温度,表面温度を 10 秒単位でデータ解析した。

インピーダンス測定は,バイポーラ電源を交流電流 電源として使用し, 蓄電池に振幅 0.5A の電流で周波 数を変化させながら交流電流を流し, 測定した端子電 圧より, 各周波数における蓄電池の内部インピーダン スを算出した.但し, 周波数は 10kHz~10mHz の間で 変化させ, 測定間隔は周波数 1decade 当たり 20 点の で測定した。又, 供試体の周囲温度は恒温槽を用いて 20℃一定とした.

2.1 起電力試験

起電力試験は、2 個の電池(No.1,2)について SOC0% の状態から 2A で 0.5,1,1.5,2,3,4,5h 充電した.充電後,周 囲温度 T=20℃で 3 時間静置し,端子電圧が 1V になる まで 2A で放電した.起電力モデルの算出にはネルン ストの式を用いた.式(1)の活量比 a_o/a_R を f(SOC)と置 き換えて式(2)の形に変形し、実験値を(2)式に代入して 求めた.

$$\mathsf{EMF}(\mathsf{SOC}) = \mathsf{E} + RT/nF \ln(a_o/a_R) \tag{1}$$

 $f(SOC) = e^{nF/RT(EMF(SOC) - E)}$ (2)

但し、EMF(SOC):起電力[V], T:温度 293 K
E:標準電極電位 1.35 V, n:モル数 1 mol,
R:気体定数 8.314 JK⁻¹mol⁻¹,
F:ファラデー定数 9.64 * 10⁴ C/mol,
f(SOC)=a_o/a_R:活量比,
a₀:酸化体活量, a_R:還元体活量,

2.2インピーダンス試験

SOC0%の状態から, 2A で SOC20,40,60,80,100%まで 充電した. その後 3 時間以上静置し, インピーダンス メータによりインピーダンスを測定した. 測定中は蓄 電池の周囲温度を 20℃一定とした.

2.3 モデルの精度評価

モデルの精度を定量的に評価する式を(3)に示す.

$$\epsilon = \frac{\sum_{i=1}^{n} |V_{c}(i) - V_{m}(i)|}{\sum_{i=1}^{n} V_{m}(i)} \times 100[\%]$$
(3)

V_n(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

1:日大理工・学部・電気 2:日大理工・教員・電気

998

3. 測定結果

- 3.1 起電力試験
- 図1に測定結果とモデルを示す.



Figure1.Electromotive force model and measurements

式(4),(5)に各々モデル式を示す。

$$f(SOC) = 0.0356 \times SOC + 0.0084 \quad (4)$$
$$(0 < SOC \le 60)$$
$$f(SOC) = 0.5902e^{0.0193SOC} + 0.2654 \quad (5)$$
$$(60 < SOC \le 100)$$

今回作成したモデルの誤差は 1%以下であり,高精 度なモデルであることが分かった.

3.2インピーダンス測定結果

表1にインピーダンスの測定結果を示す.

SOC	Rsol	Rct	Cdl
[%]	[mΩ]	[mΩ]	[F]
0	6.394	13.86	0.1829
20	5.971	1.558	9.130
40	5.507	1.461	21.86
60	5.269	1.614	27.88
80	5.255	1.505	26.54
100	5.141	1.545	25.85

Table1. Test result of impedance

測定結果より,SOC が高くなるにつれて R_{sol} と R_{ct} は低下したことが分かる.これは,内部抵抗成分がイオン 濃度によって抵抗の値が変化するためである。

以上の結果から,蓄電池の等価回路を図 2 に,図の各 要素を式(6)~(8)に示す.



Figure.2 Equivalent Circuit

 $EMF(SOC) = 1.35 + 0.02527 \ln(f(SOC))$ (6)

$$R_{sol} = 6.394 \times 10^{-3} - SOC \times 10^{-5} \tag{7}$$

 $R_{ct} = 1.536 \, m\Omega \tag{8}$

但し, EMF(SOC):起電力[V], R_{sol}:溶液抵抗[mΩ],
 R_{ct}:電荷移動抵抗[mΩ](SOC20~100%の平均値)
 c_{dl}:電気二重層容量[F]

3.3 モデルの評価結果

図2に精度評価の結果を示す.



Figure 3.2A charge examination and model results

今回作成したモデルは電圧の立ち上がり時は比較 的追従しているが,経過時間が増えるにつれて精度が 悪くなっている.これはモデルの内部抵抗成分が実際 よりも小さいためである.また経過時間が4hを超え た時から測定値の電圧上昇が見受けられるが,これは 電極反応における過電圧の増加によるものであると 考えられる.今回のモデルにおいては過電圧に対する モデルを組み込むことができなかった為,追従できな かった.

4.まとめ

*R_{sol}と並列<i>R_{ct}c_{al}*回路を用いて,Ni-MH 蓄電池のモデ ルを作成し,高い精度を得ることができた.今後は充電 末期の過電圧を含めたモデル作成を行う.

5. 参考文献

[1]野村他:「住宅 PV システム用 Ni-MH 蓄電池のモデル化 (その1)」,平成21年電気学会電力・エネルギー部門大会論 文集,p32-132-2

[2]日本工業規格:JISC8708:2013 密閉ニッケル水素 蓄電池(2013),p11

[3] 板垣昌幸,化学電気インピーダンス法, 丸善 p119~123