

昭和基地を想定した Ni-MH 蓄電池のモデル化
 -低温下の電圧応答モデル(その3)-
 Modeling of Ni-MH Battery for Syowa Base
 -Voltage Reply Model under Low Temperature (part3)-

○浅香輝成¹, 西川省吾²Terumasa Asaka¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: Utilization of renewable energy such as photovoltaic power generation and wind power generation is useful to reduce the transport volume of fuel from Japan to Syowa Base in the Antarctica. However, when a lot of renewable energy systems are connected to the small electric system of the Syowa Base, it is possible that the frequency of electric system of Syowa Base is not stable. Though the use of battery is thought as these preventative measures, the performance of battery decreases at low temperature. The purpose of this study is to build appropriate battery facilities in the Syowa Base. We made a voltage reply model by the change or discharge examination under low temperature and we evaluated precision.

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下では電池の性能が低下する.このため本研究では,昭和基地で使用する適切な蓄電池設備を構築するため,精度のよいモデルを作成する実験を行った.

本稿では,起電力測定試験とインピーダンス測定試験により作成した電圧応答モデルと,周囲温度を変えた場合の変動電流充放電試験時のモデルの精度評価結果を報告する.

2. 試験内容

今回用いた蓄電池は,GP Batteries の円筒型 Ni-MH 蓄電池の GP1000DH(直径=33.0mm,高さ=60.0mm,公称電圧=1.2V,容量 10000mAh)である.

Fig 1 に試験回路を示す.(a)では,恒温槽で周囲温度(T)を一定に保ち,バイポーラ電源により蓄電池の充放電を行った.データロガーにより,電圧,電流,周囲温度,表面温度を1秒間隔で記録した.(b)では,インピーダンスメータから振幅 0.5A の正弦波電流を蓄電池に流し,電圧と位相を計測することによりインピーダンスを算出した.

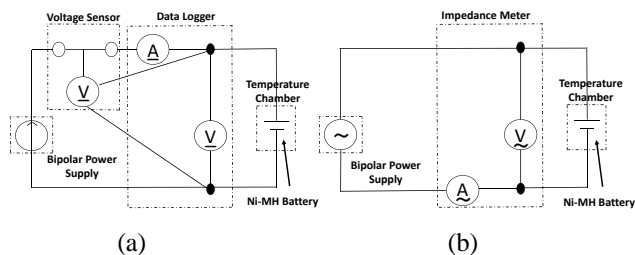


Fig 1. Test circuit

Fig 1(a)で起電力測定試験及び変動電流充放電試験を行った.起電力測定試験は, $T=20^{\circ}\text{C}$ 一定で充電状態(SOC)=0~100%(20%間隔)になるよう $0.2ItA$ の充電で調整し,開回路の状態です3時間静置後の電圧を起電力とした.変動電流充放電試験は, SOC=50%かつ $T=20,0,-10^{\circ}\text{C}$ 一定の状態から 0~5A(0.5A 間隔)の充放電を行った.

Fig 2(b)でインピーダンス測定試験を行った. $T=20^{\circ}\text{C}$ 一定で上述と同じ SOC に加え SOC=1.66,5,10%の状態です測定した.又, $T=10,0,-10,-20,-25^{\circ}\text{C}$ 一定で SOC=0,100%の状態です測定した.但し, SOC の調整は上述と同様に $0.2ItA$ の充電で行った.

3. 等価回路

図 2 に今回想定した Ni-MH 蓄電池の等価回路を示す. V_t は端子電圧,EMF(SOC)は起電力, R_{sol} は溶液抵抗, R_{ct} は電荷移動抵抗, C_{dl} は電気二重層容量を想定している.

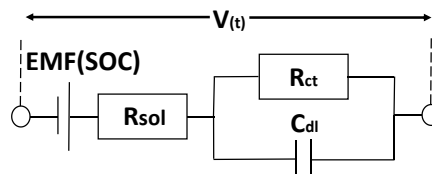


Fig 2. Equivalent circuit

4. 精度評価

式(1)を用いて ε を算出し,精度評価を行った.

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

但し, $V_m(i)$ は i 番目の蓄電池実測電圧, $V_c(i)$ は i 番目の蓄電池モデル電圧, n はデータ数である.

5. 試験結果

Fig 3 に起電力測定試験とモデルの結果を示す。式(3)に示す起電力モデルは、起電力を式(2)の右辺に代入することによって求めた。ε は 1%以下であり、精度の良いモデルであることが分かった。

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

$$f(\text{SOC}) = \begin{cases} 0.0339 \times \text{SOC} + 0.00249 & (0 \leq \text{SOC} < 80) \\ 0.0038e^{0.0822 \times \text{SOC}} & (80 \leq \text{SOC} < 100) \end{cases} \quad (3)$$

但し、式中の f(SOC)は活量比, nはモル数(=1mol), F はファラデー定数(=9.64 × 10⁴C/mol), R は気体定数(=8.314JK⁻¹mol⁻¹), E は標準電極電位(=1.35V)である。

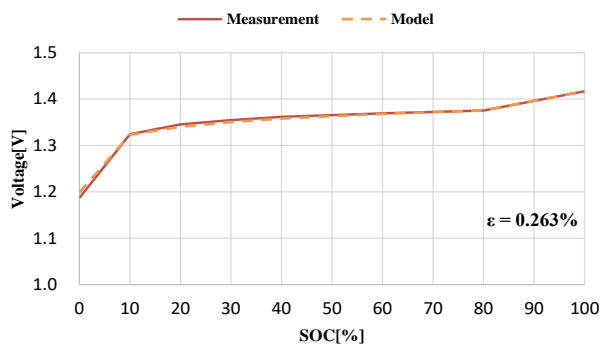


Fig 3. Electromotive force model and measurements

式(4)にインピーダンス測定によって得られたパラメータを重回帰分析によって算出した各素子のモデル式を示す。Table 1 にインピーダンスのモデルのパラメータ値を示す。

$$R_{\text{sol}} \& R_{\text{ct}} \& C_{\text{dl}} = \alpha \times T + \beta \times \text{SOC} + \gamma \quad (4)$$

Table 1. Impedance model Parameter

		R _{sol} [mΩ]		C _{dl} [F]	
		> -15	≤ -15	≥ 0	< 0
条件	T				
	α	-0.477	-2.95	0.334	0.253
	β	-0.0342	-0.164	0.228	0.127
	γ	14.2	-16.2	-0.269	3.30
		R _{ct} [mΩ]			
		> -5	> -5	≤ -5	≤ -5
条件	T				
	SOC	≤ 11	> 11	< 10	≥ 10
	α	-0.177	-0.0618	-1.73	-0.258
	β	-2.50	-0.00719	-5.06	-0.0144
	γ	32.7	3.16	41.8	3.02

Fig 4,5 に変動電流充放電試験とモデルの結果を示す。ε は共に 1%以下であり、精度の良いモデルであることが確認できた。

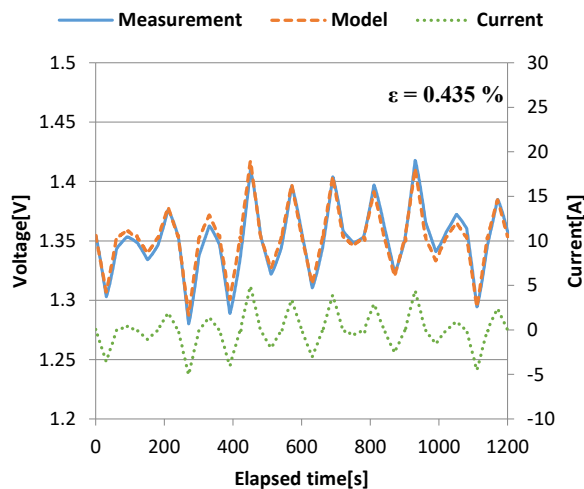


Fig 4. Charge/discharge fluctuation test (T = 0°C)

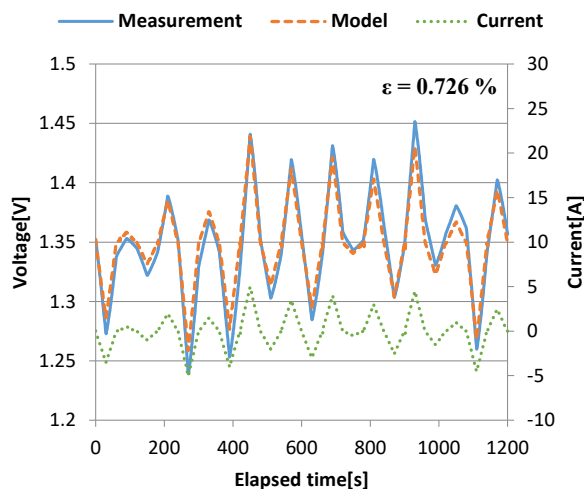


Fig 5. Charge/discharge fluctuation test (T = -10°C)

6. まとめ

起電力測定試験, インピーダンス測定試験により低温下における Ni-MH 蓄電池の電圧応答モデルを作成し, 変動電流充放電試験時の精度を評価した。ε は共に 1%以下で精度の良いモデルであることが確認できた。

7. 参考文献

- [1] 上原 斎:「水素吸蔵合金による水素の貯蔵」, 水素エネルギーシステム, Vol25, No.2, p9-p18(2000)
- [2] 板垣昌幸, 電気化学インピーダンス法, 丸善 p119~123