

低温下におけるニッケル水素蓄電池の等価回路の作成

Creating of Ni-NH Battery under Low Temperature

○齋須陸太¹, 川野晴也², 西川省吾³

*Saisu Rikuta¹, Kawano Haruya² Shogo Nishikawa³

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, these output fluctuations are severe, and there are concerns about frequency fluctuations when connected to the small electrical system at Syowa Station. As a countermeasure, storage batteries that control output fluctuations may be applied. However, storage batteries are concerned about performance degradation under low temperatures. In this study, we will clarify the detailed charge and discharge characteristics under low temperatures to enable the appropriate design of storage battery equipment used at Syowa Station. In this paper, we created a model for constant current charging under low temperatures.

1. はじめに

南極の昭和基地では現在基地に必要な熱や電気エネルギーを化石燃料で賄っている。燃料を抑えるために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、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。対策として出力変動を制御する蓄電池の適用が考えられるが、蓄電池は低温下において性能の低下が懸念される。

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特性を明らかにする。本稿では定電流充電時の等価回路を作成したので報告する。

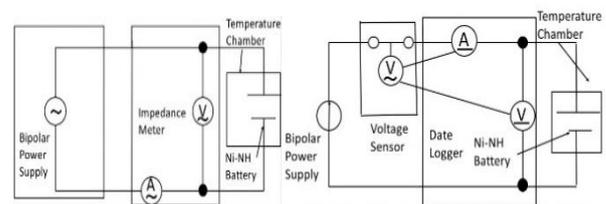
2. 試験内容

今回使用した蓄電池の仕様を Table1 に示す。

Table1. Specification of Ni-NH Battery

Type	Ni-NH Battery
Model number	GP1100DH
Number of cell	1
Rated voltage[V]	1.2
Rated capacity[Ah]	11
Rated time rate[Hr]	5

また、今回使用した試験回路を Figure1(a),(b)に示す。(a)は起電力試験の回路で、(b)はインピーダンス試験の回路である。



(a) Electromotive force circuit

(b) Impedance Test circuit

Figure.1 Test circuit

2. 1 起電力試験

起電力試験は Ni-NH 蓄電池について充電状態 SOC(State of charge)0%の状態から 2.2A で 0, 1, 2, 3, 4, 5h 充電した。充電後周囲温度 20°C で 3 時間放置し、終止電圧が 1V になるまで 2.2A で放電した。

起電力モデルの算出に用いたネルンストの式を(1)に示す。式(1)の活量比(a₀/a_R)を f(SOC)と置き換えて式(2)に変形し、実験値を(2)式に代入して求めた。

$$EMF(SOC) = E + RT/nF \ln\left(\frac{a_0}{a_R}\right) \quad (1)$$

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

但し、EMF(SOC):起電力, T:絶対温度 293K

E:標準電極電位 1.35V, n:モル数 1 mol,

R:気体定数 8.314 J·K⁻¹·mol⁻¹

F:ファラデー定数 9.64 * 10⁴C/mol

F(SOC)=a₀/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

SOC=0%の状態から 2.2A で SOC=20, 40, 60, 80, 100%の状態まで充電した。その後 3 時間静置し、インピー

ダンスメータによりインピーダンスを周囲温度 20°C で測定した。

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。

$$\epsilon = \frac{\sum_{i=1}^n |V_c(i) - V_m(i)|}{\sum_{i=1}^n (V_m(i))} \times 100[\%] \quad (3)$$

$V_m(i)$: 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

3. 等価回路

参考文献[1]より蓄電池の等価回路を Figure2 に示す。

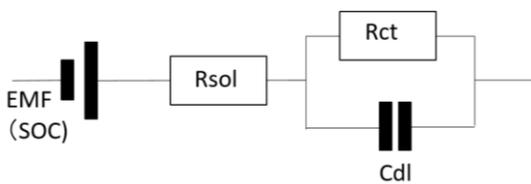


Figure2. Equivalent circuit

但し EMF は起電力[V], R_{sol} は溶液抵抗[Ω], R_{ct} は電荷移動抵抗[Ω], C_{dl} は電気二重層容量[F]を示す。

4. 試験結果

4. 1 起電力試験

Figure3 に測定結果と等価回路のモデルのシミュレーション結果を示す。

今回作成したモデルの誤差は $\epsilon = 0.016\%$ という誤差 1% 以下の値となり、高精度なモデルであることが分かった。

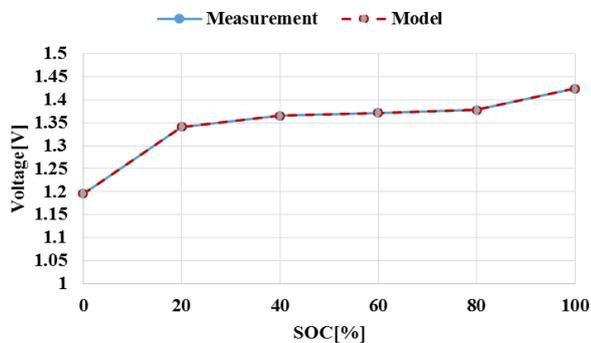


Figure3. Electromotive force model and measurements

4. 2 インピーダンス試験結果

Table2 にインピーダンスの測定結果を示す。

Table2. Test result of impedance

Ambient Temperature [°C]	SOC[%]	R_{sol} [mΩ]	R_{ct} [mΩ]	C_{dl} [F]
20	0	4.016	4.331	0.6123
	50	3.587	3.470	21.45
	100	3.252	3.271	26.16
0	0	5.854	7.580	16.35
	50	4.528	3.871	19.59
	100	4.221	3.825	25.67
-10	0	6.132	17.67	16.15
	50	5.761	4.528	17.28
	100	5.459	4.540	12.32
-20	0	8.122	34.20	15.52
	50	7.475	14.76	9.682
	100	7.252	11.13	6.728

R_{sol} , R_{ct} は周囲温度が下がるごとに上昇し, SOC が上がるごとに下降していった。これは内部抵抗がイオン濃度の値によって変化するためと考えられる。

4. 3 等価回路のモデルの精度評価

端子電圧 V_t の値を(4)式を用いて求め、実測値と比較したものを Figure4 に示す。

$$V_t = EMF(SOC) + I \times R_{sol} + I \times \frac{t}{C_{dl} \times \frac{t}{R_{ct}}} \quad (4)$$

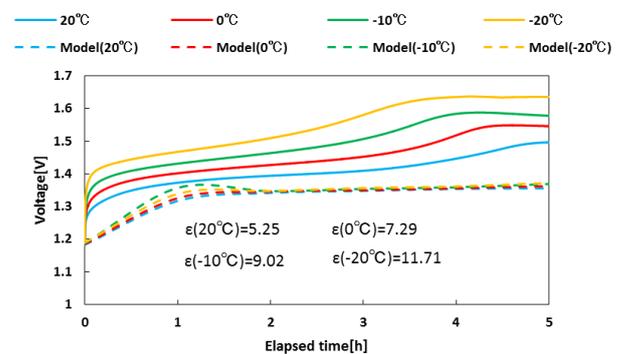


Figure4. 2.2A charge examination and model results

モデル値と実測値に大きな離れがあることが分かる。また、周囲温度が低くなるほど精度が悪くなっていることが分かる。これらは今想定した等価回路の精度が悪かったためだと考えられる。

5. まとめ

R_{sol} と R_{ct} , C_{dl} の並列回路を用いて Ni-NH 蓄電池のモデル化を作成した。起電力モデルは高い精度のものできたが、電圧応答は精度がよくなかったのをそこを含めたモデル作成を検討していく。

5. 参考文献

[1]板垣昌幸：「電気化学インピーダンス法」, 丸善 p.119~123 2008/8