

L-49

蓄電池の温度特性のモデル化と簡易保温技術の確立
 -断熱材による蓄電池の静置中の表面温度のモデル化-

Modeling of Temperature Properties of Battery and Establishment of Simple Thermal Insulation Technology
 - Modeling of Surface Temperature Leaving Battery with Insulation Material at Rest -

○杉本 和博¹, 佐野 優人¹, 佐々木 隆充², 稲葉 有哉², 西川 省吾³

*Kazuhiro Sugimoto¹, Yuto Sano¹, Takamichi Sasaki², Yuya Inaba², Shogo Nishikawa³

Abstract: We are studying performance of a renewable energy for use in Showa Station. A temperature influences performance of a battery, and a performance of a battery decreases when it is low temperature. The purpose of this study is a establishment of a simple thermal insulation technology and model of a surface temperature at a time of a charge and discharge a battery with a insulation material. This paper describes for its accuracy and modeling of a surface temperature of battery with a insulation material.

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。しかし今後、大型観測装置の導入が見込まれており、それに伴って基地内の消費電力が増加することが考えられる。その必要な燃料を全て輸送することは困難である。そこで太陽光発電や風力発電の活用が考えられている。

しかし、太陽光発電や風力発電は出力変動が激しく、小規模系統である昭和基地の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。

本稿では、断熱材を使用した Ni-MH 蓄電池の静置中の表面温度を推定できるように、モデル式を作成し、精度評価をしたので、その結果を示す。

2. 試験内容

< 2. 1 >断熱材

今回、測定に使用した電池は Ni-MH 蓄電池で断熱材にはグラスウールを用いた。断熱材ありの場合は、図 1 のようにアクリルパイプの中に Ni-MH 蓄電池を入れ、Ni-MH 蓄電池とアクリルパイプの間には断熱材であるグラスウールを隙間なく入れたものを使用する。今回使用したグラスウールの熱伝導率は 0.036 W/m・K、密度は 32 kg/m³ である。実際の Ni-MH 蓄電池の熱電対の設置点は図 2 に示した。Ni-MH 蓄電池とアクリルパイプの間は、7mm, 12mm, 17mm の場合で測定した。

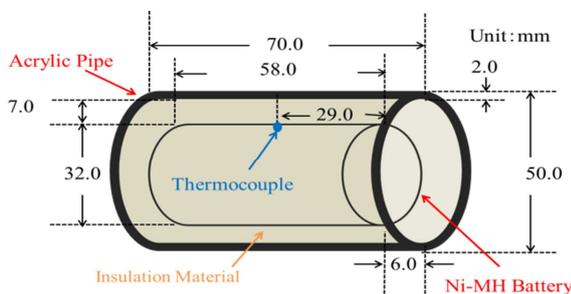


Figure 1. An Example Structure of Specimen

< 2. 2 >試験条件

断熱材を使用した 3 種類の Ni-MH 蓄電池と断熱材を使用していない Ni-MH 蓄電池を恒温槽の中に入れ、恒温槽の設定温度を 20℃ から変化させ、Ni-MH 蓄電池の表面温度が一定になるまで測定を行った。変化させる周囲温度は、1.8℃, -7.9℃, -17.4℃, -26.7℃, -36.0℃

の 5 つのケースである。

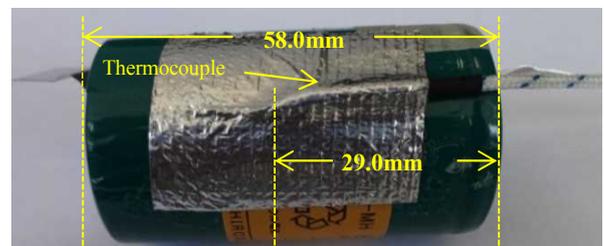


Figure 2. Setting Point of the Thermocouple

3. 試験結果

測定結果を図 3,4 の実線に示す。表 1 は温度が一定になるまでの時間[h]を比較したものである。

表 1 によると一定後の温度が変化しても断熱材の厚さが 17mm の時の一定になるまでの時間が最も長く、断熱材がない時の一定になるまでの時間が最も短いことがわかる。また、一定後の温度が 1.8℃ の時が一定になるまでの時間が最も短く、一定後の温度が -36.0℃ の時が一定になるまでの時間が最も長いことがわかる。

Table 1. Duration Time of Transient Phenomenon

Final Ambient Temperature [°C]	Thickness of the Insulation Material			
	0mm	7mm	12mm	17mm
1.8	0.64	4.52	5.30	5.87
-7.9	0.70	4.53	5.59	5.99
-17.4	0.92	4.72	5.81	6.08
-26.7	1.30	5.09	5.97	6.13
-36.0	1.84	5.64	6.03	6.15

4. モデル化

< 4. 1 >断熱材なし

モデル式は次式が想定できる。

$$T = T_2 \times e^{-\frac{\lambda}{\alpha}t} + T_1 - 273 \quad (1)$$

$$\alpha = 6.67 \times 10^{-6} T_1^2 - 3.64 \times 10^{-3} T_1 + 0.502 \quad (2)$$

1 : 日大理工・学部・電気 2 : 日大理工・院 (前)・電気 3 : 日大理工・教員・電気

ただし, e :素電荷[C]
 λ :グラスウールの熱伝導率[W/mK]
 α :パラメータ
 t :経過時間[h]
 T_0 :測定開始時の周囲温度[K]
 T_1 :測定終了時の周囲温度[K]
 T_2 :温度差($T_2 = T_0 - T_1$)

< 4. 2 >断熱材あり
 1.8°C , -7.9°C , -17.4°C の場合のモデル式は次式が想定できる.

$$T = T_2 \times e^{-\frac{\lambda}{r\alpha}t} + T_1 - 273 \quad (3)$$

また, -26.7°C , -36.0°C の場合のモデル式は次式が想定できる.

$$\begin{cases} T' = \frac{\lambda\beta}{r}t + T_2 & (\tau > t) \\ T' = T_2 \times e^{-\frac{\lambda}{r\alpha}t} & (\tau \leq t) \end{cases} \quad (4)$$

$$T' = T_2 \times e^{-\frac{\lambda}{r\alpha}t} \quad (\tau \leq t) \quad (5)$$

ただし, e :素電荷[C]
 λ :グラスウールの熱伝導率[W/mK]
 r :断熱材の厚さ[mm]
 α, β :パラメータ
 t :経過時間[h]
 τ :時定数[h]
 T_0 :測定開始時の周囲温度[K]
 T_1 :測定終了時の周囲温度[K]
 T_2 :温度差($T_2 = T_0 - T_1$)

表 2 に各パラメータ式を示す. また, モデル化した結果を図 3,4 の点線に示す.

Table2. Parameter Formula

		α	β
Thickness of a	7mm	$1.05 \times 10^{-3}T_1^2 - 0.568T_1 + 81.4$	$5.32 \times 10^{-2}T_1 - 18.6$
	12mm	$-2.45 \times 10^{-4}T_1^2 + 0.113T_1 - 9.53$	$0.109T_1 - 35.2$
Insulation Material	17mm	$-8.02 \times 10^{-5}T_1^2 + 3.78 \times 10^{-2}T_1 - 1.85$	$0.161T_1 - 51.2$

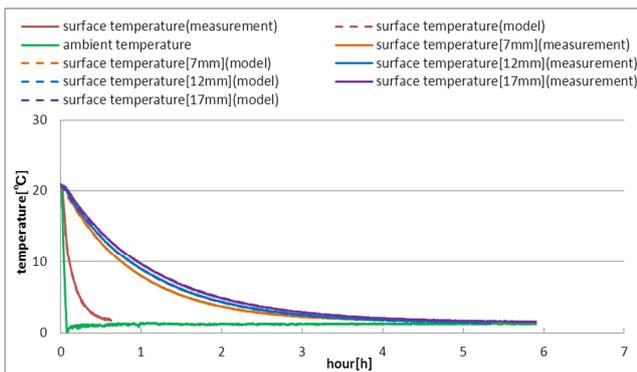


Figure 3. Temperature and Hour Characteristic(1.8°C)

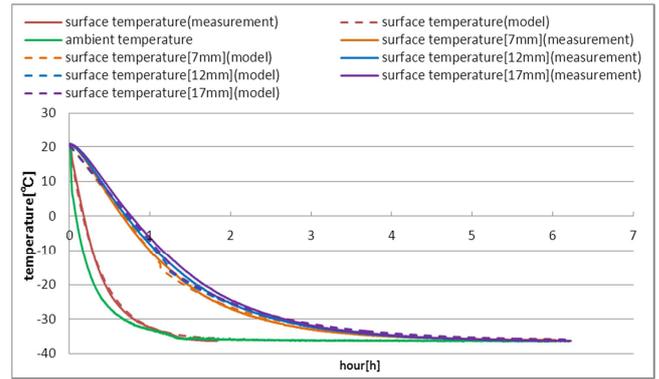


Figure 4. Temperature and Hour Characteristic(-36.0°C)

図 3,4 は横軸が時間[h], 縦軸が温度[$^\circ\text{C}$]である.
 図 3,4 より実測値とモデル値のグラフを比較すると断熱材ありの 3 パターンと断熱材なしのすべての場合で実測値とモデル値がほぼ同じ曲線となっていることがわかる.

< 4. 3 >モデルの精度評価

モデル式の精度を評価するために式(6)に ϵ [%]を定義した.

$$\epsilon = \left| \frac{\sum_{i=1}^n |T_m(i) - T_c(i)|}{\sum_{i=1}^n T_m(i)} \right| \times 100[\%] \quad (6)$$

ただし, $T_m(i)$: i 番目の表面温度(実測値)[K]
 $T_c(i)$: i 番目の表面温度(モデル値)[K]
 n : データの個数

Table3. Precision Evaluation(ϵ %)

Final Ambient Temperature [$^\circ\text{C}$]	Thickness of Insulation Material			
	0mm	7mm	12mm	17mm
1.8	4.72	0.98	1.27	1.25
-7.9	9.05	9.89	8.44	8.93
-17.4	7.74	3.11	2.62	4.25
-26.7	10.56	1.84	2.22	2.68
-36.0	1.56	2.35	2.23	3.47

表 3 より断熱材なしの場合の精度が悪いことがわかる. また, 断熱材の厚さに関係なく -10°C の場合の精度が悪くなっている.

5. まとめ

周囲温度 20°C から低温に変化させた時の断熱材による温度変化の比較と表面温度の温度変化のモデルを作成し, その精度を評価した.

測定結果より断熱材の厚さが大きいほど一定になるまでの時間が長いことがわかった. また, 一定後の温度が低いほど一定になるまでの時間が長くなっていることもわかった.

今回作成したモデル式では断熱材ありの場合の -7.9°C 以外の精度は高くなることがわかった. しかし, 断熱材なしの場合と -7.9°C の場合のモデルの精度が悪かったのでこれから検討が必要である.