L-52

低温下における蓄電池の簡易保温技術の開発 -Ni-MH 蓄電池の表面温度のモデル化-

Establishment of Simple Thermal Insulation Technology of Battery in Low Temperature - Modeling of Surface Temperature of Ni-MH Battery –

○笹谷俊太¹,西川省吾²

*Shunta Sasaya¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: We have been studying performance of a renewable energy system at Showa Base in Antarctica. An ambient temperature influences performance of battery, and a performance of battery decreases when it is low temperature. The purpose of this study is establishment of simple thermal insulation technology and modeling of surface temperature of battery with insulation material during charge or discharge. This manuscript describes modeling of surface temperature rise and temperature drop of the battery.

1. はじめに

南極の昭和基地では現在,基地で必要な熱や電気エ 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,その必要な燃料を すべて日本から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,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抑制する蓄電池の 適用が考えられるが,蓄電池は低温下において性能劣 化が懸念されるため保温する必要があるが,エネルギ ーを大量消費する可能性がある.

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 と保温技術を明らかにする.

本稿では,周囲温度一定でNi-MH 蓄電池を充放電 させた時の,表面温度上昇と温度下降を熱電対で測定 し,その結果より電池表面温度のモデル化を行ったの で示す.

2. 試験内容

今回,実験で用いたのは Ni-MH 蓄電池である. 定格 電圧は 1.2V,定格容量は 10Ah である. 蓄電池の表 面温度を測定する熱電対の貼り付け位置は,電池の全 長 60mmの中央 30mmに貼りつけた.

Ni-MH 蓄電池を恒温槽内に入れ,槽内温度は 25.0℃一定にした.充放電試験時の電流は 2A, 5A, 10A の三種類である.充電試験は満充電になるまで, 放電試験は電池電圧が 1.0V を下回るまで継続する (測定 1).温度上昇実験は電池電圧の充電開始直後の 過渡状態が終わるまで測定した(測定 2).温度下降実 験は電流を流し,温度変化がほぼ一定になった時点で

1:日大理工・学部・電気 2:日大理工・教員・電気

電流を止め,そこから測定した(測定 3).また測定終 了条件は,電池の表面温度変化が±0.1℃で 200 秒以 上続いた場合とした.

- 3. 試験結果
- <3.1>充電試験

まず測定1であるが,実験値は実線,モデル値は点 線で図1に示した.このモデル値の算出は電池電圧に よって,(1)電池電圧の過渡状態,(2)過渡状態後の電 圧安定状態,(3)安定状態後の電圧上昇時の3つに分け て算出を行った.

$$\Delta T_{1J} = \frac{l^2 R_1}{A\lambda} t \qquad [0 \le t[s] \le 210]$$

$$\Delta T_{1J} = \frac{l^2 R_1}{A\lambda} t_1 + \frac{l^2 R_2}{A\lambda} \left(1 - e^{-2.0 \times 10^{-3} (t - t_1)}\right)$$
(1)

 $[210 < t[s] \leq 3240,7200,18000] \ (2)$

$$\Delta T_{1J} = \frac{l^2 R_1}{A\lambda} t_1 + \frac{l^2 R_2}{A\lambda} \left(1 - e^{-2.0 \times 10^{-3} (t_2 - t_1)} \right) + \frac{l^2 R_3}{A\lambda} \left(e^{2.0 \times 10^{-3} (t - t_2)} - 1 \right)$$
[3240,7200,18000 < t[s]] (3)

I は電流[A], R は内部抵抗[Ω]^[3], A は表面積[m²], λ は熱伝導率[W/m・ \mathbb{C}]^{[1][2]}である. 経過時間 t_1, t_2 [s] は表 1 に示すとおり.

Table1. t₁,t₂[unit:sec](Charge)

I[A]	2.0	5.0	10
$t_1[s]$	210	210	210
$t_2[s]$	3240	7200	18000

次に測定 2, 3 であるが,実験値は実線,モデル値 は点線で図 2 に示した.モデル式を各々,式(4),(5) に示す.

$$\Delta T_{2J} = \frac{I^2 R_1}{A\lambda} t \tag{4}$$

$$\Delta T_{3J} = -\frac{I^2 R_4}{A\lambda} \left(1 - e^{-2.0 \times 10^{-3}t}\right)$$
(5)



Figure1. Surface temperature rise and elapsed time characteristic (measurement1)



Figure2. Surface temperature rise or drop and elapsed time characteristic (measurement2,3)

<3. 2>放電試験

まず測定1であるが,実験値は実線,モデル値は点線で図3に示した.このモデル値の算出は充電試験と同様である.このモデル式を式(6)~(8)に示す.

$$\begin{split} \Delta T_{1H} &= \frac{l^2 R_5}{A \lambda} \alpha t \quad [0 \le t[s] \le 210] \end{split} \tag{6}$$
 $\Delta T_{1H} &= \frac{l^2 R_5}{A \lambda} \alpha t_1 + \frac{l^2 R_6}{A \lambda} \alpha (t - t_1) \qquad [210 < t[s] \le 1000,3000,15000] \quad (7)$ $\Delta T_{1H} &= \frac{l^2 R_5}{A \lambda} \alpha t_1 + \frac{l^2 R_6}{A \lambda} \alpha (t_2 - t_1) + \frac{l^2 R_7}{A \lambda} \left(e^{0.31 \times 10^{-3} (t - t_2)} - 1 \right)$

[1000,3000,15000 < t[s]] (8)

 α は 2A で6×10⁻⁴, 5, 10A は1.2×10⁻³とする. 経過時間 t_1, t_2 [s]は表 1 にまとめた.

Table2. t₁,t₂[unit:sec](Discharge)



Figure3. Surface temperature rise and elapsed time characteristic (measurement1)

次に測定 2, 3 であるが,実験値は実線,モデル値 は点線で図4に示した.モデル式を式(9),(10)に示す.

$$\Delta T_{2H} = \frac{l^2 R_5}{A\lambda} \alpha t \tag{9}$$

$$\Delta T_{3H} = -\frac{l^2 R_8}{A\lambda} \left(1 - e^{-2.0 \times 10^{-3} t} \right)$$
(10)



Figure4. Surface temperature rise or drop and elapsed time characteristic (measurement2,3)

<3.3>モデルの精度評価 モデル式の精度評価には式(11)の RMSE を用いた.

$$RMSE = \left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} \left(\Delta Ti' - \Delta Ti \right)^{2} \right)^{\frac{1}{2}}$$
(11)

ただしΔ*Ti'*: i 番目のモデル値[℃], Δ*Ti*: i 番目の実測 値[℃], N: データ数とする. この式の算出結果を表 1 に示し,比較する. 充電は C, 放電は D と表した. 測 定1は3つに分けたため精度が良いことが分かる. 温度 上昇と下降試験は 10A の RMSE が大きくなっている.

Table3. Precision Evaluation (RMSE)[unit: $^{\circ}$ C]

					/-	
I[A]	С	С	С	D	D	D
	(normal)	(rise)	(drop)	(normal)	(rise)	(drop)
2	0.28	0.08	0.05	0.06	0.07	0.04
5	0.17	0.05	0.07	0.90	0.00	0.07
5	0.17	0.05	0.07	0.29	0.06	0.07
10	0.32	0.07	0.06	0.19	0.01	0.07

4. まとめ

低温時の充放電特性と保温技術を明らかにする前 段階として、電池表面温度の上昇及び下降のモデルを 作成し、その精度を評価した.その結果、充電と比べ 放電時の温度上昇が小さいことが分かった.モデル式 の精度は電流が大きいほど、高くなるという結果とな った.

5. 参考文献

- [1] 熱移動(伝熱)の基礎,田川正人, P8~P10
- [2] 伝熱工学, 黒崎晏夫, コロナ社 P55~P57
- [3] 電気化学インピーダンス法,板垣昌幸, p120