

低温下における蓄電池の簡易保温技術の開発

- 断熱材とヒータの併用による蓄電池性能への影響(その2) -

Development of Simple Thermal Insulation Technology of Battery under Low Temperature

- Influence on Storage Battery Performance by Combined Use of Heat Insulation Material and Heater(part2) -

○川野晴也¹, 西川省吾²* Haruya Kawano¹, Shogo Nishikawa²

Abstract: We are studying the performance of renewable energy system at Syowa Station, Antarctica. The ambient temperature affects the performance of the battery, low temperature decreases battery performance. In this research, in order to keep the performance of the storage battery under low temperature at Syowa Station, we will develop the simple thermal insulation technology. This manuscript describes influence of combined use of heat insulation material and heater on battery performance.

1. はじめに

南極の昭和基地で使用する再生可能エネルギーの出力変動対策として蓄電池の適用が考えられる。しかし、蓄電池は低温下において性能の低下が懸念されるため、保温する必要がある。本研究の目的は低温時の簡易保温技術を確立することである。これまで筆者らは、ヒータと断熱材の併用で性能低下の抑制が可能であることを確認している。^[1]しかし、ヒータの設定温度が -15°C の場合、放電が不可能な周囲温度があったため、設定温度を変更し、性能抑制が可能であるか検討している。

本稿では、低温下において蓄電池の周りにヒータを巻き更にその周りに断熱材を巻き、ヒータの設定温度を -10°C に変更することで性能低下の抑制効果を確認したので報告する。

2. 試験条件

今回用いた供試体は、円筒型のニッケル水素蓄電池(定格電圧:1.2V, 定格容量:11Ah, 直径:33.0mm, 高さ:60mm)を用いた。Figure1 に試験回路を示す。恒温槽で周囲温度を一定にし、バイポーラ電源から設定した電流を流し、データログで電圧、電流、電池表面温度等を1秒間隔で測定した。保温材料として今回は断熱材、ヒータを使用した。断熱材はグラスウールを用いた。熱伝導率は $0.036\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ 、密度は $32\text{kg}/\text{m}^3$ である。また、断熱材の厚さは12mmとした。ヒータはシリコンラバーヒータを用いた。シリコンラバーヒータの厚さは1.5mm、面積は $50\text{mm}\times 100\text{mm}$ 、電力密度は $0.6\text{W}/\text{cm}^2$ である。電池にヒータを巻き付け、その上を断熱材で覆った。加えて、ヒータを制御するための温度制御器、信号や電流、電圧のON/OFFをするための機器としてSSR(Solid State Relay)を用いた。今回はヒータの設定温度を -10°C

になるよう温度制御器を設定した。

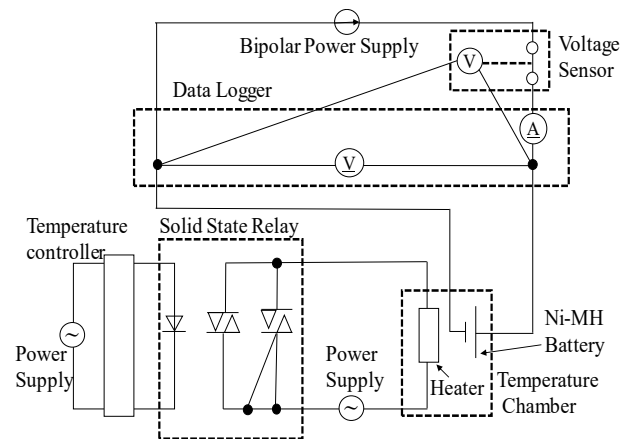


Figure1. Test Circuit

3. 試験方法

恒温槽内で周囲温度を $0, -5, -10, -15, -20, -25, -30, -35, -40^{\circ}\text{C}$ 一定になるように保ち、定電流放電試験を行った。放電電流は 5.5A 一定で電池電圧が終止電圧 1.0V を切るまで流した。蓄電池にヒータ+断熱材を巻いた際の保温効果を確認するため①蓄電池のみ、②断熱材巻き、③ヒータ+断熱材巻き(ヒータ設定温度: -15°C)、④ヒータ+断熱材巻き(ヒータ設定温度: -10°C)の4通りの条件で行った。ヒータ+断熱材巻き蓄電池では、放電容量が著しく低下する周囲温度 -20°C 以下においてヒータの設定温度を今回は -10°C にし温度制御した。 -25°C 以下において放電開始と同時に温度制御を開始したのでは放電が不可能なため、放電開始の10分前からヒータの温度制御を開始した。制御方式はPID制御でパラメータは限界感度法を参考にし、比例ゲイン、積分時間、微分時間を定めた。^[2]Figure2 に放電試験の流れを示す。

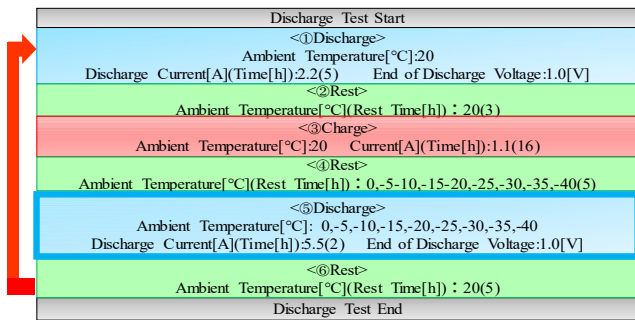


Figure2. Test Procedure

4. 試験結果

ヒータ+断熱材巻き蓄電池でヒータの設定温度を-15°Cにした電池電圧変化を Figure3 に示す。

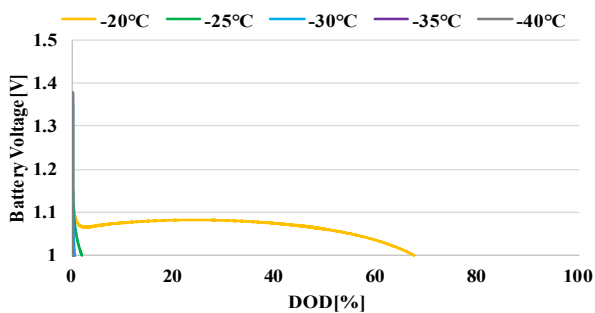


Figure3. Battery Voltage (Heater Set Temperature:-15°C)

Figure3 より,周囲温度-20°Cにおいては,DOD(Depth of Discharge)が 67.3%あるが,周囲温度-25°C以下だと DOD がほぼ 0%である。

ヒータ+断熱材巻き蓄電池でヒータの設定温度を-10°Cにした電池電圧変化を Figure4 に示す。

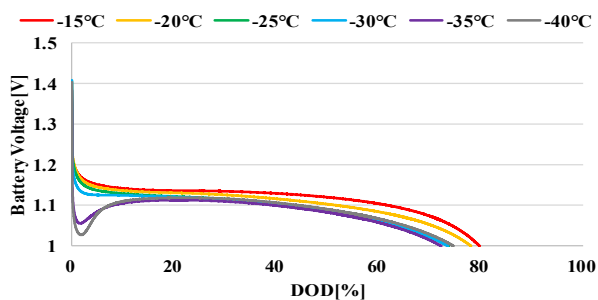


Figure4. Battery Voltage (Heater set temperature : -10°C)

Figure3 の設定温度-15°Cでは周囲温度-25°C以下だと性能低下が著しいが、ヒータの設定温度を-10°Cにしたことで性能低下の抑制が可能であり、周囲温度-15°Cから-40°Cにおいて DOD は 70%以上に改善された。

蓄電池のみ,断熱材巻き,ヒータ+断熱材巻き(ヒータの設定温度-15°C,-10°C)それぞれの放電深度についてまとめたものを Table1 に示す。但し,()内は各周囲温度において断熱材巻き,ヒータ+断熱材巻きの蓄電池のみとの差である。また,「-」は今回の試験条件では測定していない。

Table1. Depth of Discharge at Each Ambient Temperature

Ambient Temperature [°C]	DOD[%]			
	Battery Only	Heat Insulation	Heater +Heat Insulation(SV:-15°C)	Heater+Heat Insulation(SV:-10°C)
20	90.8	-	-	-
0	85.0	90.3(+5.3)	-	-
-5	76.3	86.2(+9.9)	-	-
-10	77.8	87.5(+9.7)	-	-
-15	61.3	86.7(+25.4)	-	79.7(+18.1)
-20	0.88	2.13(+1.3)	67.3(+66.4)	78.0(+77.1)
-25	0.47	0.15(-0.32)	1.79(+1.79)	73.8(+73.3)
-30	0	0(±0)	0.40(+0.40)	73.5(+73.5)
-35	0	0(±0)	0(±0)	72.2(+72.2)
-40	0	0(±0)	0(±0)	74.6(+74.6)

周囲温度-35°C,-40°Cではヒータ+断熱材巻き(ヒータの設定温度-10°C)のみ放電が可能ながわかる。

ヒータ+断熱材巻き蓄電池の放電電力量,ヒータの消費電力量及び放電電力量と消費電力量の差を Table2 に示す。但し,放電電力量は蓄電池のみと比べ増加した電力量である。

Table2. Electric Energy at Each Ambient Temperature

Ambient Temperature [°C]	Electric Energy[Wh] (-15°C)			Electric Energy[Wh] (-10°C)		
	Discharged Energy	Heater Consumption	Difference	Discharged Energy	Heater Consumption	Difference
-15	-	-	-	4.59	1.72	2.87
-20	7.79	0.89	6.90	9.40	2.36	7.04
-25	0.15	1.26	-1.11	8.85	5.09	3.77
-30	0.05	1.39	-1.34	8.86	7.24	1.62
-35	0	0	0	8.62	9.19	-0.57
-40	0	0	0	8.93	9.95	-1.01

Table2 より,ヒータの設定温度-15°Cと-10°Cを比較すると-10°Cの方が増加した電力量が多いが,ヒータの消費電力量も多い。Difference(Discharged Energy – Heater Consumption)は設定温度-10°Cの方が多い。

5. まとめ

各周囲温度において蓄電池のみ,断熱材巻き,ヒータ+断熱材巻きの条件で放電試験を行った。その結果,ヒータの設定温度を-15°Cから-10°Cに変更することで周囲温度ごとの Difference が大きくなることがわかった。今回の試験条件では,周囲温度-20°C~30°Cにおいてヒータの設定温度-10°Cにする方が有効であることがわかる。今後は,充電試験においての性能抑制効果を検討していく。

6. 参考文献

- [1] 川野晴也,西川省吾:「低温下における Ni-MH 蓄電池の簡易保温技術の開発」,令和元年電気学会電力・エネルギー部門大会, pp.6-3-1~6-3-2,2019
- [2] 山本重彦,加藤尚:「PID 制御の基礎と応用」,コロナ社 pp.57~97,2005