

低温下におけるニッケル水素蓄電池の簡易保温技術の開発
 -断熱材・ヒータの適用と ON-OFF 制御の検討-

Development of Simple Thermal Insulation Technology for Ni-MH Battery under Low Temperature
 - Application of Heater and Heat Insulation, and Investigation of ON-OFF Control -

○松本宏之¹, 川野晴也², 西川省吾³

Hiroyuki Matsumoto¹, Haruya Kawano², Shogo Nishikawa³

Abstract: We are relying on fossil fuels for energy that we need now at Showa Station in Antarctica. So the introduction of renewable energy is being considered at the base. However, the storage battery required to control the output of renewable energy are significantly degraded under low temperatures. The purpose of this study is to develop a technology to keep the batteries warm easily.

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。燃料の使用量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低下が懸念される。蓄電池を保温する手段として、断熱材とヒータの適用が考えられ、併用することで保温効果を高めるとともにヒータの消費電力が抑えられる^[1]。

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簡易的な保温技術の確立を目的とする。

本稿では、断熱材に加えヒータを用いて ON-OFF 制御でヒータを運用し放電試験をしたため、その結果を報告する。

2. 試験内容

試験に使用した供試体はニッケル水素蓄電池で、定格電圧は 1.2V、定格容量は 11Ah である。Figure1 に試験回路を示す^[1]。

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、データロガで電圧、電流、電池表面温度を、1 秒間隔で測定した。保温材料としては今回、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 0.036W/(m・K)、密度は 32kg/m³ 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 50mm×100mm、電力密度は 0.6W/cm² 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、ヒータの ON-OFF を切り替えるために SSR(Solid State Relay)を用いた。

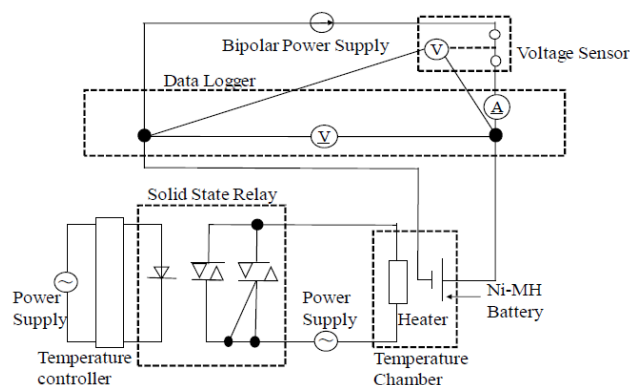


Figure1. Test Circuit

定電流放電試験の手順を Figure2 に示す。放電試験は周囲温度-20°Cで 5.5A 流し、放電終止電圧 1.0V を切るまで行った。また、ヒータの設定温度をそれぞれ、20°C, 0°C, -10°Cに設定し、放電と同時に ON-OFF 制御で運用した。ON-OFF 制御において調節感度は 1.0°Cとした。

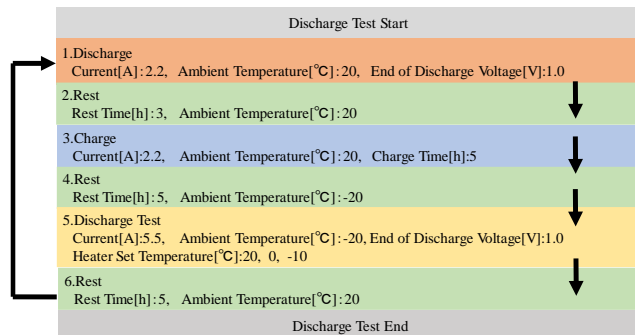


Figure2. Test Procedure

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

さらに、ヒータを適用しない場合と比較するために、蓄電池に断熱材を巻いた状態のみで、周囲温度をそれぞれ 20℃、0℃、-10℃、-20℃一定にして、放電電流 5.5A 流し、放電終止電圧 1.0V を切るまで行った。

3. 試験結果

定電流試験で 5.5A 放電した時の端子電圧と放電終止電圧 1.0V までの放電深度 DOD の関係を Figure3 と Figure4 に示す。

Figure3 は断熱材のみで周囲温度を変えて放電を行った結果、Figure4 は断熱材とヒータを併用して運用し、周囲温度-20℃一定でヒータの設定温度を変えて放電を行った結果である。

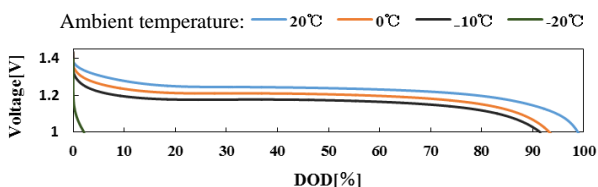


Figure3. Battery Voltage (Without Heater)

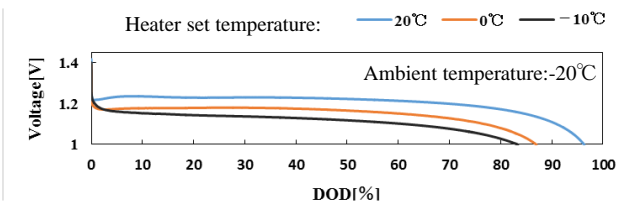


Figure4. Battery Voltage (Heater)

また、Figure5 では周囲温度-20℃一定でヒータの設定温度それぞれ 20℃、0℃、-10℃にして放電試験を行った時の電池の表面温度と DOD の関係を示した。

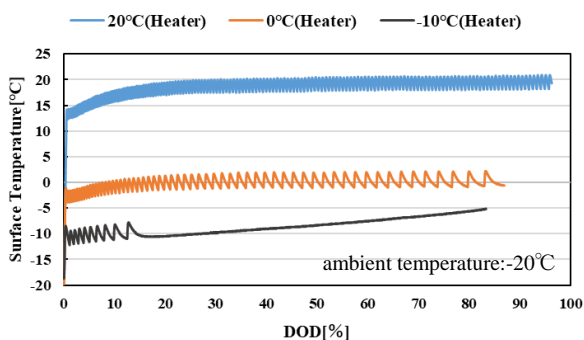


Figure5. Battery Surface Temperature(-20℃)

Figure3 より、周囲温度が低いほど、蓄電池の DOD は低下していることが見て取れる。これは放電において周囲温度の低下により電解液のイオンの導電率が低下し、電極の活物質の反応性が低下したため、DOD が

低下したと考えられる^[2]。特に周囲温度-20℃では DOD の低下が顕著にみられた。そこで Figure4 より、周囲温度-20℃下でヒータを適用し、ヒータの設定温度 20℃、0℃、-10℃にした場合 DOD がそれぞれ、94.19%、84.83%、81.24%改善された。

Figure5 では、ヒータの設定温度を低くするほど、ヒータの OFF 時間が長くなっていることから、ヒータの動作時間を抑えることで、設定温度-10℃の場合、DOD15%以降からヒータは OFF となっている。Table1 において、Difference(4)は、各設定温度におけるヒータと断熱材の併用の放電電力量(1)からヒータの消費電力量(2)を引いたものからさらに、断熱材の放電電力量(3)を引いたものであり、これが実際に得られた電力量である。設定温度を高くするほど、DOD は改善されるが、ヒータに用いられる消費電力量も大きくなる。断熱材のみの適用と比較すると、蓄電池の性能が大きく改善されたことが見てとれる。

Table1. Test Results Summary (Heater)

Heater Set Temperature [°C]	Depth of Discharge (DOD)[%]	Discharge Electric Energy [Wh]	Heater Consumption [Wh]	Difference [Wh]
20	96.33	12.75 (1)	11.50 (2)	1.02 (4)
0	86.97	11.03 (1)	5.02 (2)	5.78 (4)
-10	83.38	10.25 (1)	1.56 (2)	8.46 (4)
-20(Without Heater)	2.14	0.23 (3)	-	-

4. まとめ

今回は断熱材とヒータ(ON-OFF 制御)を用いて簡易的に保温し、低温下において蓄電池の性能低下を抑制できたことが確認できた。ヒータの設定温度を高くするほど DOD を改善することができ、設定温度 20℃にした場合、ヒータを使用しない場合に比べて、94.19%改善された。しかし、設定温度に保つために用いられたヒータの消費電力量を考慮すると、設定温度を上げるだけでは電力損失量が大きくなるので、消費電力量を抑えつつ、DOD が改善できる温度に設定しなければならない。今回の実験では、周囲温度-20℃下でヒータの設定温度は-10℃にした時、実際に得られる電力量増加分が最も多い結果となった。

5. 参考文献

- [1]低温下における蓄電池の簡易保温技術の開発-断熱材・ヒータによる蓄電池の影響-, 川野晴也, 平成 30 年度日本大学理工学部学術講演会予稿集, pp.1033-1034, 2018 年
- [2]いま注目されているニッケル-水素二次電池, CQ 出版社, pp.200-202, 2001 年