

鉛蓄電池代替用リチウムイオン蓄電池の評価結果について

（株）四国総合研究所 産業応用技術部 多田 安伸

キーワード： リチウムイオン蓄電池
鉛蓄電池代替

鉛蓄電池
フロート充電

Key Words : Lithium-ion Battery
Alternative to Substitution of
Lead-acid Battery
Lead-acid Battery
Float Charging

The test result of the alternative lithium-ion battery for lead-acid battery

Shikoku Research Institute, Inc., Industry Application Technology Dept.

Yasunobu Tada

Abstract

The alternative lithium-ion battery for lead-acid batteries was on the market recently. Float charging was available for the alternative lithium-ion battery like lead-acid batteries.

We tested the alternative lithium-ion battery for the use of power failure compensations. We examined the discharge capacity of the batteries in various use conditions.

We evaluated that the alternative lithium-ion battery had equal or higher performance than lead-acid batteries. On the other hand, the alternative lithium-ion battery consumed power for the battery control system, the remaining capacity of it reduced rapidly.

The reduction rate of the discharge capacity of the float charging alternative lithium-ion battery was larger than the reduction rate of the discharge capacity of the charging storage alternative lithium-ion battery. The predicting life of the float charging alternative lithium-ion battery was 7 or 8 years, it was very shorter than expected.

1. はじめに

軽量で高性能なリチウムイオン蓄電池の普及が進んでおり、鉛蓄電池代替型も市販されるようになった。小型で特に軽量であり、性能や寿命も優れている。さらに、フロート充電も可能であり、性能的には十分鉛蓄電池に取って代わることができる。ただし、価格が高価なことが難点であり、価格の課題が解決される必要がある。

そこで、市販の鉛蓄電池代替型のリチウムイオン蓄電池の性能評価を行った。鉛蓄電池の放電レートは相当小さいためリチウムイオン蓄電池では問題にならない。また、サイクル寿命も鉛蓄電池に比べてリチウムイオン蓄電池は非常に長い。そこで、鉛蓄電池の主な用途である停電時対応に最も考慮が必要な、放置保管した場合やフロート充電した場合の放電容量の維持に関して評価を行った。

また、鉛蓄電池代替型のリチウムイオン蓄電池の性能評価は、密閉型鉛蓄電池および一般的なリチウムイオン蓄電池と相対比較することで行った。

2. 蓄電池の評価

2.1 評価した蓄電池の仕様

評価に使用した鉛蓄電池代替型のリチウムイオン蓄電池、鉛蓄電池、一般的なリチウムイオン蓄電池の仕様を表1に示す。

表1 評価した蓄電池の仕様

項目	鉛代替リチウム	鉛	リチウム
電圧(V)	13.2	12	22.2
放電容量(Ah)	35	50(0.2C) 33(1C)	20
放電レート(C)	6	1	0.5
重量(kg)	6.3	19	3.9
付加機能	保護遮断機能 CANモニタ機能	なし	保護遮断機能 充電機能
直並列	4直列10並列 まで可能	可能	不可

リチウムイオン蓄電池は通常、過充電・過放電や過電流、異常昇温などで故障・発火の可能性があるため、保護遮断機能が本体に設置(外付けあるいは内蔵)されている。今回比較対象とした一般的なリチウムイオン蓄電池はさらに充電機能が内蔵されている。また、鉛蓄電池は数百回充放電可能な密閉型サイクルサービス用を選定した。

鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池と鉛蓄電池はほぼ同容量であるが、重量は代替型リチウムイオン蓄電池が鉛蓄電池の約1/3で非常に軽量になっている。

2.2 試験方法

停電時対応に最も重要な性能項目である放電容量を中心に評価試験を行った。試験方法は既に行ったリチウムイオン電池の評価試験¹⁾と同様の方法とした。

(1) 放電容量温度特性

環境温度を変えて新品蓄電池の放電容量を測定した。試験温度は0, 10, 25, 40℃とした。

(2) 放置保管試験

25℃で満充電後放置保管して放電容量を測定した。放置期間は1, 3, 6ヶ月とした。

(3) 放置後の放電容量測定

放置・放電後再度充放電を行い、放電容量を測定した。

(4) フロート充電時の放電容量測定

鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池のみ、フロート充電時の放電容量を測定した。

2.3 放電容量温度特性測定結果

環境温度を変えて、各蓄電池の放電容量を測定した結果を図1～3に示す。鉛蓄電池および一般的なリチウムイオン蓄電池では4台(代替型は1台)の蓄電池で測定を行い平均した。充放電電流はいずれも0.2Cとした。鉛蓄電池は全放電すると極端に寿命が短くなることが知られており、SOC20%(端子電圧で11.5V 放電容量は40Ahになる)で放電を停止した。

40℃の放電容量に対する0℃の放電容量の比を表2に示す。ただし、一般的なリチウムイオン蓄電池は温度保護が働いて充電が制限されたため25℃の放電容量との比とした。鉛蓄電池と比べてリチウムイオン蓄電池は低温時の放電容量減少が少なく低温特性が良い。

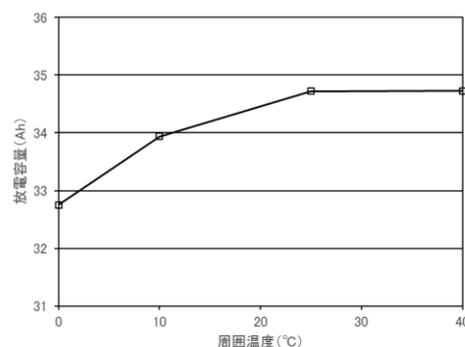


図1 鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池放電容量温度特性

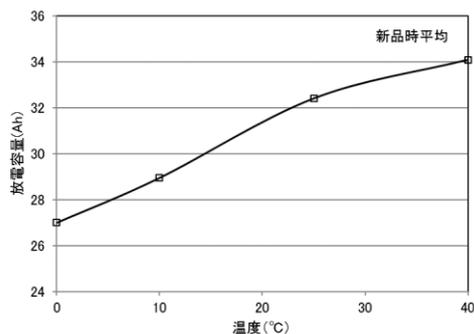


図2 鉛蓄電池放電容量温度特性

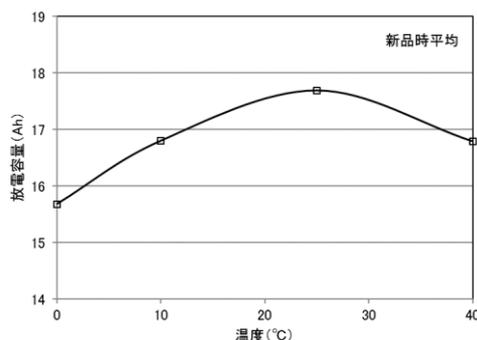


図3 一般的なリチウムイオン蓄電池放電容量温度特性

表2 低温時の放電容量減少割合

	鉛代替 リチウム	鉛	リチウム
0°C容量/ 40°C容量	0.94	0.79	0.89

2.4 放置保管試験結果

25°Cで満充電後、端子開放状態で放置し、一定期間後残っている放電容量を測定(25°C)した結果を図4~6に示す。試験は充電、放置、放電を繰り返して行った。6ヶ月後の放電容量の初期値に対する減少率を表3に示す。ただし、一般的なリチウムイオン蓄電池は残容量の減少が極端に大きく保護動作(放電終了)の可能性があるので3ヶ月で試験を中止した。これは制御装置(Battery Management System:BMS)の消費電力が大きいことが原因と推定される。鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池でも鉛蓄電池と比較すると残容量の減少が大きい、同様に制御装置(BMS)の消費電力が原因と考えられる。鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池の容量減少割合は一般的なリチウムイオン蓄電池の約1/3であり、かなり低消費電力化されているものの、鉛蓄電池と比較してリチウムイ

オン蓄電池は制御装置の電力消費により放置時の残容量は小さく、放置保管には適さないといえる。

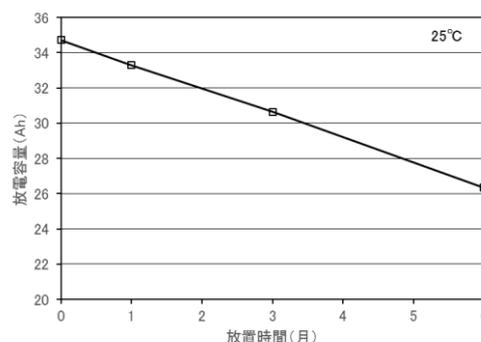


図4 鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池放置時放電容量

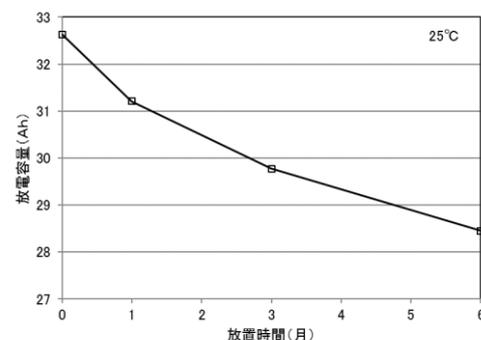


図5 鉛蓄電池放置時放電容量

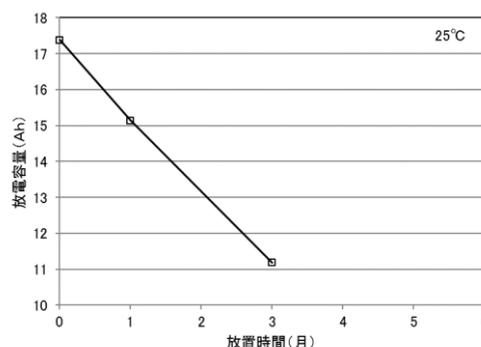


図6 一般的なリチウムイオン蓄電池放置時放電容量

表3 放置保管時の放電容量減少

	鉛代替 リチウム	鉛	リチウム
6ヶ月後容量 減少率(%/月)	4.0	2.1	11.9 (3ヶ月)

2.5 放置保管後の放電容量測定結果

放置保管放電後、通常の充放電を行って放電容量を測定した結果を図7～9に示す。放電容量の減少率を表4に示す。放電容量減少率は明らかに2種類のリチウムイオン蓄電池が小さく、特に鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池の減少率が非常に小さい。これは鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池の寿命が極めて長いことを示している。

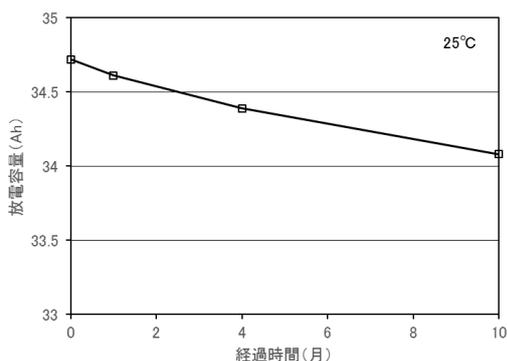


図7 鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池放電容量の推移

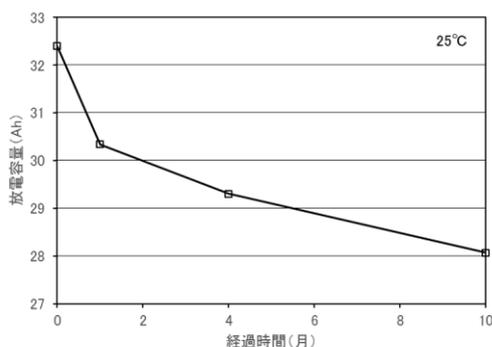


図8 鉛蓄電池放電容量の推移

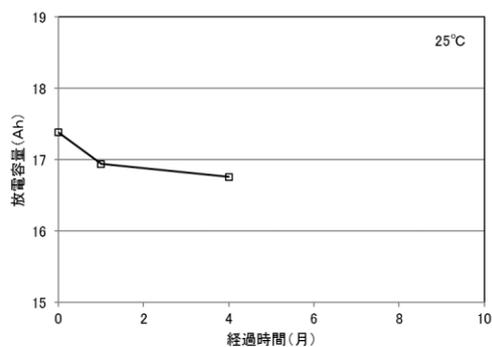


図9 一般的リチウムイオン蓄電池放電容量の推移

表4 放電容量の経時減少率

	鉛代替リチウム	鉛	リチウム
放電容量減少率(%/月)	0.18	1.34	0.89 (4ヶ月)

2.6 フロート充電時の放電容量測定結果

鉛蓄電池代替型リチウムイオン蓄電池はリチウムイオン蓄電池としては極めてまれなフロート充電が可能な仕様となっている。フロート充電推奨電圧は最大充電電圧14.4Vに対して、13.6～14.4Vの範囲となっている。まず、フロート充電電圧を変化させて、放電容量を測定した。測定にあたっては、実用時に不可欠な直並列接続が問題なく行えることの検証も行うため、蓄電池を2直列2並列接続した。測定回路図および測定結果を図10および11に示す。フロート充電電圧を変化させてもそれほど大きな放電容量差はなかった。

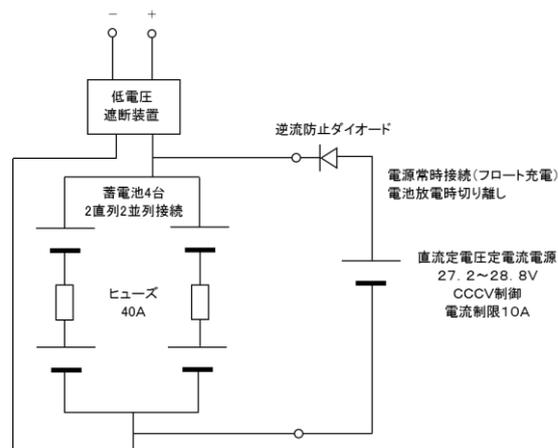


図10 フロート充電回路

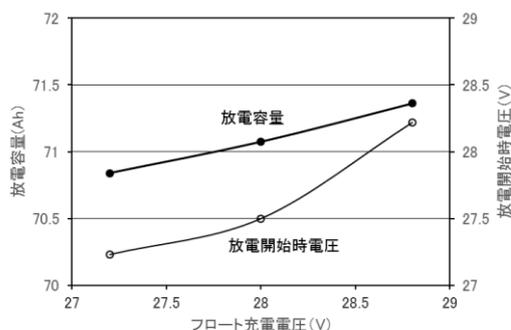


図11 フロート充電時放電容量

直並列接続した蓄電池がフロート充電時に均等に充放電しているかどうか大きな関心事である。蓄電池の CAN モニタ機能を使って、蓄電池の電圧や SOC を監視した。

蓄電池の CAN モニタ接続回路を図 12 に、監視できる状態量および警報項目を表5に示す。USB-CANアダプタを介してパソコンに接続した。CAN通信速度は低速の 125kbps、多数の蓄電池をカスケード接続できる仕様であり、CAN線路終端には終端抵抗(120Ω)を接続した。モニタリングソフトは蓄電池メーカーから供給されたものをパソコンにインストールした。

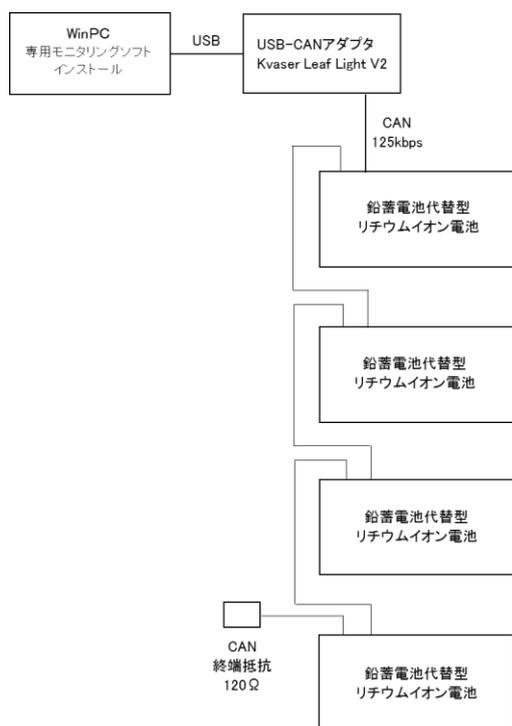


図 12 蓄電池モニタリング装置構成

表 5 モニタ項目および警報項目

モニタ項目		警報項目	設定値
電池モジュール電圧	(V)	単セル過電圧警報	3.95V
電池モジュール電流	(A)	単セル過電圧遮断	4.1V
単セル温度	(°C)	単セル低電圧警報	2.2V
出力FETスイッチ温度	(°C)	単セル低電圧遮断	2.0V
SOC	(%)	単セル温度高警報	63°C
残り充電量	(Ah)	単セル温度高遮断	68°C
放電容量	(Ah)	単セル温度低警報	-10°C
単セル電圧	(V)	出力FETスイッチ温度高警報	100°C
		出力FETスイッチ温度高遮断	110°C

フロート充電を停止し完全放電させた際の直並列した各蓄電池の電圧、SOC の表示値を表6に示す。ほぼ均等な値になっており、蓄電池を直並列接続した状態でフロート

充電しても特に問題はなかった。ただし、経年時に蓄電池間の特性差が大きくなった際には状態値の差も大きくなると予想される。

表 6 放電前後の蓄電池電圧および SOC 値

蓄電池NO	放電前電圧 (V)	放電後電圧 (V)	放電前SOC (%)	放電後SOC (%)
1	13.59	10.36	97	0
2	13.60	10.90	96	0
3	13.62	10.91	97	0
4	13.58	10.38	97	0

注) No.1,2 および No.3,4 が同じ直列回路

2.7 フロート充電時の放電容量測定結果

フロート充電を継続した後、充電を停止し放電させた際の放電容量測定結果を図 13 に示す。また、放電容量減少率を放置保管後放電充電した場合と比較した結果を表7に示す。試験期間が短いもののフロート充電時の放電容量減少率が放置保管時に比べて約 2 倍となっている。フロート充電ができることは大きな長所であるものの寿命が短くなると経済的に成り立たなくなる。年間 4%程度の放電容量減少であれば、容量 70%を寿命とすると7~8年で寿命に達し鉛蓄電池と同等となる。フロート充電に関してはさらに長期間の評価が必要と考えられる。

表 7 放電容量減少率の比較

	放置時	フロート充電時
放電容量減少率(%/月)	0.18	0.37

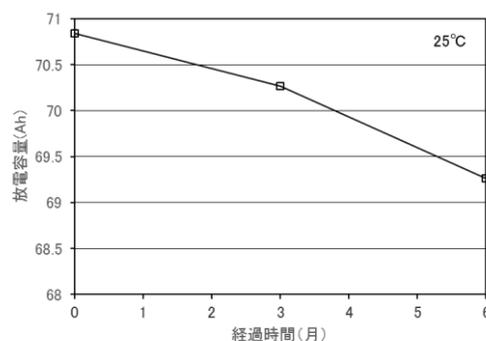


図 13 フロート充電時の放電容量の推移

3. まとめ

- 鉛蓄電池代替型のリチウムイオン蓄電池は制御装置(BMS)や保護遮断装置が内蔵されており、ユーザサイドでは密閉型鉛蓄電池と同等の扱いで使用できる。鉛蓄電池と比べ充放電特性も優れており、特に重量は約 1/3 と非常に軽量である。
- リチウムイオン蓄電池は制御装置(BMS)が電力を消費するため放置保管には適さない。鉛蓄電池代替型のリチウムイオン蓄電池では消費電力はかなり小さいものの、鉛蓄電池と比較して残容量の減少率は2倍程度となった。
- リチウムイオン蓄電池の放電容量の減少は、鉛蓄電池と比べ相当小さく長寿命が期待できる。
- 鉛蓄電池代替型のリチウムイオン蓄電池はフロート充電が可能であり、複数直並列接続した状態で問題なくフロート充電ができた。ただし、フロート充電した際の放電容量減少率が大きく、寿命に対する影響が懸念される。

4. 今後の課題

リチウムイオン蓄電池は安全上の問題から通常は外部設置の保護遮断装置が必要であるが、これをコンパクトに本体内部に収納し、かつ複数の蓄電装置を単純に直並列接続できるようにしたこと、フロート充電を可能にしたことは非常に画期的で評価できる。

ただし、鉛蓄電池代替使用時の標準的な利用形態であるフロート充電時の放電容量減少率が大きいことから期待ほど長期間使用できないと予想され、経済性の問題など懸念が残る。電圧差(常用電源電圧 > 蓄電池電圧)とダイオードを使った常用電源バックアップなどフロート充電でなく放置保管(定期的に補充充電)で停電補償する方法も検討に値する。使用方法も含めた長期にわたる評価試験が必要と考えられる。

また、リチウムイオン蓄電池は現状非常に高価であり、コストの問題から直ちに鉛蓄電池の代替になることはあり得ない。コスト低減が最大の課題といえる。

5. むすび

本稿は平成 28～29 年度に実施した制御電源装置に関する研究の一部内容を取りまとめたものである。リチウムイオン蓄電池の改良は着実に行われており、本稿で扱った蓄電池のように数年前には思いもよらなかった仕様の製品が発売されている。本稿がリチウムイオン蓄電池の新たな

適用検討の参考になれば幸いである。

[謝辞]

本研究は四国電力株式会社原子力部殿より委託を受けて実施したもので、ご協力いただいた関係各位に深く感謝いたします。

[参考文献]

- 1) 四国電力/四国総合研究所研究期報 No.100
リチウムイオン電池特性試験結果について 2013.6