

Energywith Technical Report

第1号 / 2023.05



Energywith Technical Report

第1号／2023.05



巻頭言

- EWテクニカルレポート初刊発行に寄せて 4
代表取締役 社長執行役員 吉田 誠人

技術戦略

- 主力製品を支える基盤技術—蓄電ソリューション事業への転換に向けて 6
上席執行役員 廣田 昇一

技術レポート

- アイドリングストップ車対応EN規格バッテリーの発売 9
平野 貴之・丸山 和也・宮崎 歩・堀込 義晴
自動車電池事業本部 自動車電池開発部
- ニッケル亜鉛電池の充放電特性と劣化抑制技術 11
西村 拓也・櫛部 有広・柴原 敏夫・田村 宜之
事業戦略統括部 先端技術研究開発センタ
- 車載用途向けニッケル亜鉛電池のサイクル寿命特性 15
櫛部 有広・大沼 孟光・柴原 敏夫・田村 宜之
事業戦略統括部 先端技術研究開発センタ
- LiB直流電源装置の製品化 19
金田 晴利・内藤 憲樹
産業電池システム事業本部 システム開発部

CONTENTS

Commentary

- On the Occasion of the First Publication of the EW Technical Report 4
Masato Yoshida

Technology Strategy

- Fundamental Technologies Supporting Main Products:
Toward Transformation into Energy Storage Solutions Business 6
Shoichi Hirota

Report

- Release of EN standard battery for ISS (idling stop vehicles) 9
Takayuki Hirano . Kazuya Maruyama . Ayumu Miyazaki . Yoshiharu Horigome
- Charge-discharge characteristics and technology
for deterioration control of nickel-zinc battery 11
Takuya Nishimura . Kunihiro Kushibe . Toshio Shibahara . Noriyuki Tamura
- Cycle life characteristics of nickel-zinc battery for automotive applications 15
Kunihiro Kushibe . Takamitsu Onuma . Toshio Shibahara . Noriyuki Tamura
- Commercialization of LiB DC power supply equipment 19
Harutoshi Kaneda . Noriki Naito



代表取締役
社長執行役員

吉田 誠人

EWテクニカルレポート 初刊発行に寄せて

2021年12月1日に旧昭和電工マテリアルズ株式会社(現在、株式会社レゾナック)のエネルギー事業部門が独立し、エナジーウィズ株式会社(以下、EW)が発足しました。新たな親会社は、国内ファンド会社の株式会社アドバンテッジパートナーズ(以下、AP)と事業会社である東京センチュリー株式会社(以下、TC)の2社です。この2社の親会社の支援をいただきながら、蓄電池専門メーカーから蓄電ソリューション事業への転換を目指して参ります。現業では、電源装置およびゴルフカートに蓄電ソリューション事業と定義しています。電源装置やゴルフカートは、納めた後も蓄電池の保守・点検を行います。このように製品の売り切りではなく、売った後もサービスを続けることで、お客様の困りごとやご要望をいただき、しっかりと対応することでお客様との信頼関係を築いていきます。次の受注、さらには新規開発要素を含む案件への展開につなげ、事業の広がりを目指します。

2050年脱炭素化に向けてEWの蓄電池製品・技術は貢献できると自負しています。また、鉛蓄電池は、非常に優秀なリサイクル製品です。EWは脱炭素社会および循環型社会への貢献を第一に事業運営を進めて参ります。2050年の脱炭素社会の実現に向けて、EWのあるべき姿を議論し、企業理念を作りました。作成にあたっては2050年の時点に現役でEWの中心で活躍しているであろう若い世代を中心に議論しました。その議論をベースに発足時の経営層の思いも加え、「エナジーウィズは、蓄電池に新しい知恵を足し、品質にこだわり、『任せていただける提案型蓄電ソリューション企業』として、人々に安心安全を提供します。」という企業理念を制定しました。企業理念に基づいて事業運営をしていく上で常に意識する項目として「性能」、「品質」、「営業力」を挙げています。「性能」は機能ではなく、機能をコストで割ったものとしています。同じ機能を低コストで作れば、それは「性能」が向上した事になります。「品質」は利益の源泉であり、クオリティーNo.1こそがグローバルNo.1と確信しています。調達部門も含めたすべての物づくりに関わる部門が品質にこだ



わり、少しでも良いものをお客様に提供していくことで、お客様にもご満足いただくとともに何よりも物づくりに携わる社員のモチベーション向上につなげます。「営業力」はお客様に任せていただく関係作りに重要であり、EWの前身であった会社のDNAである密着した営業が生きてきます。また、営業力には、密着営業とともに新たに自ら提案する力が必要となってきます。また、蓄電池に新しい知恵を足すことで、蓄電ソリューション事業につなげて参ります。EWのテクニカルレポートでは、性能の中でも取り分け機能を重視したテーマだけでなく、品質改善、原価低減、提案型営業による新事業開発の内容も報告して参ります。

22年度は、事業環境が急激に変化した年です。鉛を中心とした原材料の高騰、海外での紛争に影響された部品不足や電気料金の高騰が生じました。いかにこの変化に左右されない事業運営をするかが、今後の経営にとって環境とともに重要課題と捉えています。電気料金の変動抑制については、脱炭素に向けた活動が有効です。例えば、自家消費型システム導入や蓄電池の充電効率向上等々、脱炭素活動は電力消費量削減につながります。事業環境変化に対応する項目としては、コスト削減による「性能」向上が挙げられます。大きなコスト削減には、新しい要素技術が必要になってきます。蓄電ソリューション事業化の加速とともにベースとなる鉛蓄電池の高「性能」化を推進して参ります。

本テクニカルレポートに掲載の4つのテーマについて簡単に説明します。自動車用バッテリーのEN電池は、これまでJIS規格で培った電池技術を活用し、今後、市場が拡大する欧州仕様(EN規格)に対応した新製品です。もう一つの新製品が電源事業における新製品であるリチウムイオン電池直流電源です。EWはリチウムイオン電池セルの製造を中止しましたが、外部からセルを購入し、モジュール化および電源装置を開発し新製品を上市しました。その他に2件、Ni-Zn電池に関するテーマについて報告します。亜鉛(Zn)は鉛(Pb)や錫(Sn)同様に資源量の多い金属です。ニッケル(Ni)極はハイブリッド自動車用電池に使われているニッケル水素電池に使われており、技術的に成熟しています。一方、亜鉛(Zn)極の開発がこの電池のキーポイントとなり、その内容を報告させていただきます。水系で安全かつリサイクル性が高いと期待される電池です。EWとしては、このNi-Zn電池を鉛蓄電池と共に蓄電ソリューション事業を拡大するための新電池系として位置付けています。

このテクニカルレポートを通してEWが目指す方向性をご理解いただけますように、努めて参りますので、引き続きのご指導をよろしくお願いいたします。

主力製品を支える基盤技術 蓄電ソリューション事業への転換に向けて

Fundamental Technologies Supporting Main Products:
Toward Transformation into Energy Storage Solutions Business

廣田 昇一 Shoichi Hirota
上席執行役員

当社は、前身会社の当時より、自動車用、産業用の鉛蓄電池やリチウムイオン電池などの蓄電池、それら蓄電池を搭載した電源機器、ゴルフカート、蓄電システムを製造・販売してきた¹⁾。本稿では、これまで当社が蓄積してきた、現在の主力製品を支え、蓄電ソリューション事業への転換に導く基盤技術について述べる。

1 鉛蓄電池の技術

鉛蓄電池はその安全性や優れたリサイクル性により情報通信や自動車等の基幹産業分野で広く用いられている。当社は、近年の脱炭素社会および循環型社会に対する自動車ならびに産業機器のニーズにこたえるため、鉛蓄電池における様々な技術改良と性能向上を重ねてきた。

鉛蓄電池は自動車においてはエンジン始動用として用いられており、製品ブランドとしてTuflongを展開している。当社は近年の排ガス規制の強化に伴い導入されたオルタネータ回生やアイドリングストップシステムに対応する電池を開発してきた。充電特性の主要因子となる負極活物質の添加剤であるカーボン、リグニンの改良を軸に、従来のエンジン始動用と比べ、充電特性、耐久性能をそれぞれ最大2.0倍、3.5倍まで高める技術を見出した。上記システムは汎用化が進み、新たな性能要求は少なくなってきたが、品質向上を目的とした技術改良を継続している。最近の取り組みとして充電特性の背反事象である減液に関して、充電時に水の分解をリアルタイムで測定できるガス分析装置を用いガス発生挙動とそのメカニズムを検討した。アイドリングストップの使用環境では従来電池と減液性能に差は見られないことを検証するとともに、この用途における評価方法と性能向上の切り口を見出すことが出来た²⁾。新製品であるグローバル標準のEN(European-Norm)規格バッテリー開発において、それらの技術が継承されている。

一方、産業用鉛蓄電池としては、非常用電源に用いられるスタンバイ用途蓄電池(中・大型：MSE、MSJ、MU、UPシリーズ、小型：LHM、HF、HP、HSEシリーズ)、フォークリフトのような電動車両に用いられる電気車用鉛蓄電池(製品ブランドLIFTTOP)、再生エネルギーと組み合わせてピークシフト・カットや出力変動緩和用途に用いられるサイクル用途蓄電池製品(LLシリーズ)を展開している。

本稿では、太陽光発電と組み合わせての電力有効活用用途や、風力発電における出力変動緩和用途に対応できる充電特性と耐久性を向上したLLシリーズについて紹介する。自動車用と同様に添加剤の最適化を実施するとともに、産業用の基本設計要件となる格子の腐食変形を最小化するシミュレーションを用いた設計手法に取り組み期待寿命の向上を図ってきた¹⁾。今後は、風力、太陽光といったエネルギー源や顧客の運用方法の違いなど、電池仕様や顧客の運用条件に対する寿命予測技術が重要になる。寿命予測の高精度化で注目されているのは、蓄電池内部の分析情報を元に行うデータ駆動型シミュレーションである。年々進化する蓄電池の分析技術により電池物性を定量化し³⁾、寿命予測のシミュレーション手法の開発に取り組んでいる。



図1 自動車用バッテリーTuflongシリーズ外観



図2 電気車用鉛蓄電池(製品ブランドLIFTTOP)外観

2 リチウムイオン電池とシステム開発の技術

スマートグリッドにおけるピークカット・ピークシフト、風力や太陽光といった再生可能エネルギーの変動緩和と供給バランスの安定化、さらには万が一の停電時におけるライフライン確保といった要望に応える形で蓄電システムが拡大してきた。当社は大型のリチウムイオン電池単体や鉛蓄電池と組み合わせたハイブリッド電源など種々の蓄電システムの開発と実証に取り組んできた¹⁾⁴⁾⁵⁾。2016年6月からのドイツのSpeyer市における再生可能エネルギーの自家消費型システムのNEDO(国立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構、New Energy and Industrial Technology Development Organization、以降NEDO)実証⁶⁾の他、同じくドイツのニーダーザクセン州ファーレル市での大規模ハイブリッド蓄電システムのNEDO実証、ポーランドにおける電力系統安定化・ハイブリッド蓄電池に関するNEDO実証に参画してきた⁶⁾⁻⁸⁾。これらのシステム開発プロジェクトにおいて、大型のリチウムイオン電池や鉛蓄電池を設置する際に必要な法規対応、遠隔監視や自動遮断機能といった安全対策、消費エネルギーを最小化するシステム設計と最適運転パターンのためのソフトウェア開発、さらにはこれらの機能を司るBMS(バッテリーマネジメントシステム)や大容量かつ高信頼のリチウムイオン電池の開発¹⁾など、システムインテグレーションに必要な技術を蓄積してきた。こうしたシステムインテグレーション技術は、リチウムイオン電池を搭載した直流電源装置や、リチウムイオン電池搭載ゴルフカートのような蓄電池を搭載するシステム製品として結実している。今後は、再生エネルギー分野向けの蓄電システム製品への技術展開が期待される。なお当社は、リチウムイオン電池そのものは製造せず、用途に応じ適切にリチウムイオン電池を調達し、製品化して、当社が鉛蓄電池を販売している分野・顧客のリチウムイオン電池製品ニーズに応える方針である。

3 鉛蓄電池状態検知技術

当社は、鉛蓄電池の状態を自動計測する無線監視装置を開発した⁹⁾本製品は、鉛蓄電池の高周波領域と低周波領域のインピーダンス測定データを活用した劣化推定技術を適用し¹⁾、近年大型化が進み高信頼性も求められるデータセンタにおいて使用される鉛電池の健全性の自動計測により、点検を無人化することを目的に開発した。まず、第一世代(Gen.1)の無線監視装置により大規模な蓄電池設備へ自動測定を適用し、設置工事の軽減・ハーネスの簡素化とハーネス接触による絶縁破壊の回避など安全を配慮した自動測定とカレンダーによる更新時期表示機能の対応をした。さらに近年普及してきたIOTへの対応を考慮して複数の設置拠点のデータをクラウドサーバーを用いた常時遠隔監視を前提とした第二世代(Gen.2)を開発した。Gen.2においては、Gen.1では対応できなかった単セルへの対応と無線通信の信頼性向上も図った。本開発技術は、データセンタ向け鉛蓄電池の状態検知にとどまらず、再生エネルギー分野やモビリティ分野における蓄電池状態検知や遠隔監視への展開が期待される。

4 蓄電ソリューション事業への展開について

主力製品を支える基盤技術について、これまでの開発を振り返る形で述べてきた。当社は従来からの蓄電池製造販売を発展させ、蓄電ソリューション事業への転換を志向している。蓄電ソリューションは蓄電池に新たな知恵を加えて顧客にとっての付加価値を高めることと定義した。より具体的には、(1)蓄電池製品、システム製品、保守・メンテナンスサービス、蓄電池状態検知を組み合わせて顧客にとっての付加価値を高めた蓄電ソリューション、(2)顧客の新規なニーズを引き出して、製品そのものや、新しいサービスの提供によりそれに応える蓄電ソリューション、(3)親会社である東京センチュリーの金融事業とのシナジーにより顧客にとっての付加価値を高めた蓄電ソリューション等があげられる。上述したデータ駆動型シミュレーション、蓄電システムの設計技術、蓄電池状態検知技術は、モビリティ・社会インフラ向けの蓄電ソリューション事業を支える基盤技術として期待が寄せられる。また、当社は鉛蓄電池の特長である水系電解液の適用を継承しリチウムイオン電池の安全性の弱点を補う第三の蓄電デバイスとして、ニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池の開発に着手した。この新型電池を当社蓄電池製品のラインアップに加え、さらには上記の基盤技術を組み合わせて蓄電ソリューションを構築し、顧客の潜在的な蓄電ニーズへの対応と新事業領域への参入に取り組んでいきたい。

【参考文献】

- 1) 椎木正敏、箕浦敏：エネルギー事業のグローバル成長を支える新製品開発，日立化成テクニカルレポート，No.60，P.6(2017)
- 2) 保坂大祐他：鉛電池の減液メカニズムの解析，日立化成テクニカルレポート，No.62，P.17(2017)
- 3) 平野博紀他：鉛電池の高度解析技術，日立化成テクニカルレポート，No.58，P.16(2015)
- 4) 廣田昇一他：スマートグリッド向けリチウムイオン電池システム，日立化成テクニカルレポート，No.57，P.16(2014)
- 5) 広瀬義和他：ハイブリッド蓄電システムによる系統安定化実証プロジェクト，日立化成テクニカルレポート，No.59，P.26(2016)
- 6) 有田裕他：再生可能エネルギーの自家消費システムでのNEDO実証実験，日立化成テクニカルレポート，No.60，P.13(2017)
- 7) NEDOホームページ：ドイツで大規模ハイブリッド蓄電池システムを完成、11月に実証運転開始，
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101039.html(2018)
- 8) NEDOホームページ：ポーランド最大規模のハイブリッド蓄電池システムを設置、本格的な実証運転を開始
https://www.nedo.go.jp/news/press/AA5_101362.html(2018)
- 9) 工藤彰彦他：次世代監視装置(Gen2)日立化成テクニカルレポート，No.60，P.15(2017)

アイドリングストップ車対応 EN規格バッテリーの発売

Release of EN standard battery for ISS (idling stop vehicles)

平野 貴之 Takayuki Hirano 丸山 和也 Kazuya Maruyama

宮崎 歩 Ayumu Miyazaki 堀込 義晴 Yoshiharu Horigome

自動車電池事業本部 自動車電池開発部

1 概要

日本国内の自動車用鉛蓄電池(以下バッテリー)は、EV/HEV化の流れに伴い、始動用から補機用に切り替わり始めており、バッテリー型式も、この流れに合わせて日本基準のJIS規格バッテリーからグローバル標準のEN(European-Norm)規格バッテリーへの置き換えが進みつつある。その中で、2018年にOEMとして北米、欧州向けSUV車に当社のLN3EFB(Enhanced-Flooded-battery)が搭載された。その技術を織り込んだ高耐久、高品質のアイドリングストップ車対応EN規格バッテリーのLN2ISS(ENA375LN2ISS9B)、LN3ISS(ENA390LN3ISS9B)を補修市場向けに発売した。これらのバッテリーは国産車ならびに輸入車に対応したEN規格試験を満足するバッテリーであり、業界最長保証*を実現したバッテリーである。

Due to the shift to EV/HEV, automobile batteries in Japan are beginning to switch from starter batteries to auxiliary equipment batteries, and in line with this trend, battery types are also being replaced from JIS standard batteries to EN standard batteries. In 2018, our LN3EFB was installed as an OEM in SUV vehicles for North America and Europe.

The highly durable, high-quality batteries for vehicles with start-stop system LN2ISS (ENA375LN2ISS9B) and LN3ISS (ENA390LN3ISS9B) incorporating this technology have been released for the repair market. These batteries satisfy the EN standard test to support not only domestic cars but also imported cars, and have achieved the longest warranty* in Japan.

2 技術の特長

- ・一括排気構造の二重蓋採用により、室内、エンジンルームに搭載可能
- ・正極に高密度ペースト、負極に高入力ペーストを採用することにより、深いDOD(Depth-Of-Discharge)に対する高耐久およびPSOC(Partial-State-of-Charge)環境下での高耐久を実現し、アイドリングストップ車対応のバッテリーとして業界最長保証*を実現
- ・EN規格試験を満足しており、国産車、輸入車対応可能

3 開発の経緯

EN規格バッテリーの国内需要は年々増加してきている。2025年には国内新車比率40 %がENバッテリー搭載と見込んでいる。¹⁾その中で輸入車についても需要が出てきており、さらにアイドリングストップ搭載車両の需要も増えてきているため、それをターゲットとしたアイドリングストップ車用EN規格バッテリーについて開発を行ってきた。

欧州系自動車メーカーの車両に搭載されるアイドリングストップ車用バッテリーにはEN規格準拠が求められる。アイドリングストップ車用バッテリーに適合されるEN規格は、要求事項や試験方法について規定したEN50342-6となる。また、国内自動車メーカーの車両に搭載されるアイドリングストップ車用バッテリーに適合される規格はJIS規格およびSBA規格がある。しかし、JIS規格ではEN型について試験方法等の整備ができておらず、SBA規格についても形状に関する規定はあるが、性能の要求事項、試験方法についての規定はない。そのため、本開発品については、OEM先が定めている耐久試験を評価し、輸入車についてはEN50342-6の要求事項を評価することで適合可否を判断した。

4 技術内容

LN2ISSとLN3ISSの目標性能と評価結果を表1に示す。20時間率容量、コールドクランキング電流(CCA)については、性能ランクが市場に流通している電池以上となるように設定した。充電受入性はアイドリングストップ用JIS規格バッテリーを参考に設定した。耐久試験では、EN50342-6に規定があるM1レベルをターゲットに各耐久試験の目標値を設定した。減液性能はEN50342-6に規定があるW3を目標とした。振動試験については普通車に適用されるV2レベルを目標とした。ISSオリジナル試験としてはOEM先が定めている試験条件にて目標性能は50000 cycとした。

表1 目標性能と評価結果

試験項目		適応試験規格	LN2ISS		LN3ISS	
			目標値	評価結果	目標値	評価結果
初期性能	性能ランク	SBA S 0102	375	>375	390	>390
	20時間率容量	EN 50342-1	>60Ah	PASS	>70Ah	PASS
	CCA	EN 50342-1	>570A	PASS	>720A	PASS
	充電受入性	SBA S 0101	>41A	PASS	>58A	PASS
耐久性性能	ISSオリジナル試験	-	>50000cyc	PASS	>50000cyc	PASS
	25%DOD	EN50342-1	>450cyc	PASS	>450cyc	PASS
	17.5%DOD	EN50342-6	>765cyc (M1-Level)	PASS >1530cyc (M3-Level)	>765cyc (M1-Level)	PASS >1530cyc (M3-Level)
	50%DOD	EN50342-6	>150cyc (M1-Level)	PASS >150cyc (M1-Level)	>150cyc (M1-Level)	PASS >150cyc (M1-Level)
	MHT (Micro Hybrid Test)	EN50342-6	8000cyc Ce>50%	PASS	8000cyc Ce>50%	PASS
	Water consumption	EN50342-1	<8g/Ah (W3-Level)	PASS <4g/Ah (W4-Level)	<8g/Ah (W3-Level)	PASS <4g/Ah (W4-Level)
	Vibration resistance	EN50342-1	V2-Level	PASS (V2-Level)	V2-Level	PASS (V2-Level)

EN50342-6の耐久試験では各DODにおける耐久性能が求められており、目標性能を達成するために、正極活物質の仕様を高密度仕様とした。高密度化することで深い放電、充電の繰り返しによる活物質の泥状化を抑制することが狙いである。また、MHT(Micro-Hybrid -Test)ではPSOC環境下でのサイクルを繰り返すことから、高い充電受入性が必要であり、目標を達成するために、負極の活物質を高入力仕様とした。また、正極負極の格子については、出力特性とコストのバランスから、正負極ともにミドルメッシュを採用した。

すべての項目に対して、国産車、輸入車に対しての、要求事項を満足することができた。この結果からアイドリングストップ車対応のバッテリーとして業界最長保証を実現したEN規格バッテリーを開発できた。(図1)



図1 TufLong EN(ENA375LN2ISS9B)

5 今後の展開

- ・ 2022年9月にLN2ISSとLN3ISSを発売し、顧客からのフィードバックを今後の開発に活かして、顧客満足の高い製品の提供
- ・ EN規格バッテリーの需要増に備えて生産能力の増強

【参考文献】

- 1) IHSdata_08-04-2020 Light Vehicle Powertrain + Altern.Propulsion Forecast
 - 2) 一般社団法人電池工業会, アイドリングストップ車用鉛蓄電池, SBA S 0101 (2014).
 - 3) 一般社団法人電池工業会, 欧州規格形始動用鉛蓄電池, SBA S 0102 (2016).
 - 4) EN 50342-1 : 2015, Lead-acid starter batteries - Part 1 : General requirements and methods of test
 - 5) EN 50342-6 : 2015, Lead-acid starter batteries - Part 6 : Batteries for Micro-Cycle Applications
 - 6) 大津公二 他: 軽自動車向けISS車用バッテリー, 新神戸テクニカルレポート. No.22 P.15-18(2012)
 - 7) 和田圭一 他: ISS車用バッテリー, 新神戸テクニカルレポート. No.20 P.17(2010)
- * 当社調べ(according to our research)

ニッケル亜鉛電池の 充放電特性と劣化抑制技術

Charge-discharge characteristics and technology
for deterioration control of nickel-zinc battery

西村 拓也 Takuya Nishimura 櫛部 有広 Kunihiro Kushibe

柴原 敏夫 Toshio Shibahara 田村 宜之 Noriyuki Tamura

事業戦略統括部 先端技術研究開発センタ

1 概要

ニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池は、水系アルカリ電解液を用いた安全性の高い二次電池でありながら、理論エネルギー密度が347 Wh/kgと高い。また安価で豊富な資源である亜鉛を主原料としており、且つ原理的にリサイクルが可能で環境負荷も小さいことから、当社では鉛蓄電池代替の次世代蓄電池として、自動車および産業用途に向けた開発を進めてきた。

Ni-Zn電池は、亜鉛極のデンドライト成長による内部短絡の発生や形態変化による劣化が課題として知られている。我々は、新たなセパレータ技術や電解液添加剤、負極バインダを検討することで、これら劣化を抑制し、寿命性能を改善した。開発したNi-Zn電池は、産業用途の評価条件で性能を評価した結果、鉛蓄電池を上回る優れた充放電特性と、鉛蓄電池と同等の寿命性能を示した。

Nickel-zinc (Ni-Zn) batteries are secondary batteries using water-based alkaline electrolyte with high safety and have theoretical energy density of 347 Wh/kg. They use zinc as anode material, which is a cheap and abundant metal. Also, they are able to be recycled in principle and have a low impact on the environment. Accordingly, we have been developing them for automobile and industrial use.

Ni-Zn batteries have issues with cyclability resulting from internal short circuits caused by dendritic zinc and/or anode degradation caused by morphological change. We improved them in cyclability by adapting our new technologies such as separators, electrolyte additives, and binder for zinc anode. The performance of the developed Ni-Zn battery was evaluated under the test conditions for industrial use, and the results showed charge-discharge characteristics were superior to lead-acid batteries and cycle life performance equivalent to that of lead-acid batteries.

2 技術の特長

- ・ニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池は水系アルカリ電解液を用いており、安全性が高い
- ・亜鉛極に対する新たな劣化抑制技術により、鉛蓄電池と同等の寿命性能を実現
- ・鉛蓄電池を上回る充電・放電性能を有し、高入出力用途への適用が可能

3 開発の経緯

鉛蓄電池は、自動車のエンジン始動や補機用、無人搬送車等の電源、UPS等のバックアップ電源として広く用いられてきた。近年、小型・軽量でエネルギー密度の高いリチウムイオン電池が様々な市場で普及拡大しているが、可燃性の有機電解液を使用するため、安全性には課題がある。そこで当社は、新たな蓄電池として、水系アルカリ電解液を用い、理論エネルギー密度が347 Wh/kgと高いニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池に着目し、自動車および産業用途に向けて開発を進めてきた。

Ni-Zn電池は、オキシ水酸化ニッケルを主とする正極と、安価で豊富な資源である亜鉛を用いた負極(亜鉛極)から構成される。このためニッケル水素電池と同様の工程で原理的にリサイクルが可能で、環境負荷も小さい。一方で充放電に伴い、亜鉛極ではアルカリ電解液への亜鉛酸イオンの溶解と亜鉛析出反応が進行し、デンドライト成長による内部短絡の発生や形態変化による劣化が課題である¹⁻³⁾。これに対し、我々は新たなセパレータ技術や電解液添加剤、負極バインダを検討することで、

劣化を抑制し、寿命性能を改善した。

本報告では、開発したNi-Zn電池の充放電特性を産業用途で使用される制御弁式鉛蓄電池と比較して評価した結果、および同電池の寿命性能について評価した結果について報告する。

4 技術内容

評価した電池の仕様を表1に示す。開発したNi-Zn電池は、負極(亜鉛極)と電解液に、それぞれ新たに検討したバインダ材料と添加剤を適用した。またセパレータには、不織布と微多孔膜を重ねた二重構造を採用した。評価したNi-Zn電池の20時間率容量は8.6 Ahである。比較に用いた蓄電池は当社製の制御弁式鉛蓄電池であり、無人搬送車などの移動体電源として、充放電を繰り返すサイクルユース向け市場に展開しているものである。

表1 評価電池の仕様

	項目	Ni-Zn電池	制御弁式鉛蓄電池
構成材料	正極	オキシ水酸化ニッケル	二酸化鉛
	負極	亜鉛	鉛
	電解液	水酸化カリウム水溶液	希硫酸水溶液
	セパレータ	不織布+微多孔膜	不織布
電池仕様	20時間率容量	8.6 Ah	38 Ah
	公称電圧	1.65 V	12 V
	寸法 (幅×長さ×高さ)	77×20×90 mm	165×197×170 mm
	重量	0.2 kg	15 kg

放電性能は、表2に記載の条件で、環境温度25℃にて評価した。Ni-Zn電池の放電性能は、20時間率(0.05 CA)容量に対して放電電流を0.2 CAと1 CAに変化させたときの容量維持率で評価した。ここで「CA」とは電流の大きさを表し、20時間率放電容量を1時間で放電する電流を1 CAとする。例えば、20時間率放電容量が8.6 Ahの場合、1 CAは8.6 Aを示す。各放電電流における鉛蓄電池の容量維持率を1としたときの、Ni-Zn電池の放電性能を図1に示す。Ni-Zn電池は、鉛蓄電池に対して0.2 CA放電時は1.1倍、1 CA放電時では1.7倍以上の放電性能を示した。以上のことから、Ni-Zn電池は大電流放電性能に優れることが確認された。

表2 放電性能の評価条件

	項目	Ni-Zn電池	制御弁式鉛蓄電池
充電	方式	定電流定電圧	
	電流	0.3 CA	0.3 CA
	設定電圧	1.9 V	14.7 V
	終止条件	充電電流が0.05CAまで減衰	総充電時間が8時間
放電	方式	定電流	
	電流	0.05, 0.2, 1 CA	
	終止電圧	1.1 V	10.5 V (0.05 CA) 10.2 V (0.2 CA) 9.6 V (1 CA)

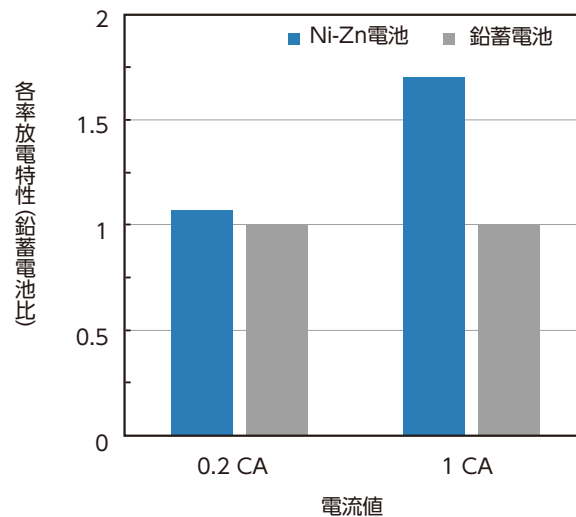


図1 開発したNi-Zn電池と鉛蓄電池の放電性能
0.2 CAまたは1 CA放電時における鉛蓄電池の容量維持率をそれぞれ1とする。

充電性能は、所定の条件で充電した際の充電時間と、充放電効率(%)で評価した。ここで充放電効率とは、充電容量に対する放電容量の比を百分率で表す。充電時間はより短いほど、充電電気量の損失が小さく充放電効率はより100 %に近いほど、充電性能に優れることを示している。評価条件および充電性能を表3に示す。定電流0.3 CAで充電後、定電圧で充電電流が0.05 CAに減衰する(20時間率容量に対する充電電気量が100 %)まで充電した場合、充電時間はNi-Zn電池、鉛蓄電池ともに3.8時間であるが、放電容量は20時間率容量に対してNi-Zn電池が100 %、鉛蓄電池は96 %であり、この時の充放電効率は、Ni-Zn電池が100 %、鉛蓄電池が96 %であった。また、鉛蓄電池を20時間率容量に対して110 %まで充電した場合は、充電時間に8時間を要し、放電容量は99 %、充放電効率は90 %であった。以上の結果から、Ni-Zn電池は鉛蓄電池に対して充放電効率が良く、短時間で充電できることから、充電性能に優れることが確認された。

表3 評価条件およびNi-Zn電池と鉛蓄電池の充電性能

項目		Ni-Zn電池	鉛蓄電池	
評価条件	充電	方式	定電流定電圧	
		電流	0.3 CA	
		設定電圧	1.9 V	14.7 V
		終止条件	充電電気量100 %	充電電気量100 %
	放電	方式	定電流	
		電流	0.05 CA	
		終止条件	1.1 V	10.5 V
充電性能 評価結果	充電時間(h)		3.8 h	8.0 h
	放電容量(/20時間率容量)		100 %	99 %
	充放電効率		100 %	90 %

Ni-Zn電池の寿命性能は、環境温度25 °Cの充放電サイクル試験で評価した。充電は表2記載の同じ条件、放電は定電流0.3 CAで1.1 Vまで放電する定電流方式で、初回放電容量を100 %として容量維持率が60 %に達するまでサイクルした。Ni-Zn電池のサイクル寿命特性を図2に示す。図2の横軸はサイクル数、第1縦軸は初回放電容量に対する容量維持率、第二軸は充放電効率を示す。また当社製鉛蓄電池の寿命性能の一例として、定電流0.2 CAで14.7 Vまで充電後、14.7 V定電圧充電を含む総充電時間が8時間となるまで充電し、定電流0.3 CAで10.2 Vまで放電した場合のサイクル寿命特性⁴⁾を図2に併せて示す。開発したNi-Zn電池は、亜鉛極に適用した亜鉛に対する相互作用力の強いバインダ材料や、電解液に適用した亜鉛酸イオンの溶出抑制効果をもつ有機添加剤、また不織布と微多孔膜を重ねた二重のセパレータ構造を適用した効果により、充放電効率が470サイクルまで平均して99.9 %であり、従来課題とされていた亜鉛極のデンドライト成長による内部短絡の発生¹⁻³⁾を抑制した。寿命性能は、本技術を用いないNi-Zn電池に比べて約1.4倍の485サイクルで容量維持率60 %となり、鉛蓄電池と同等を示すことが確認された。

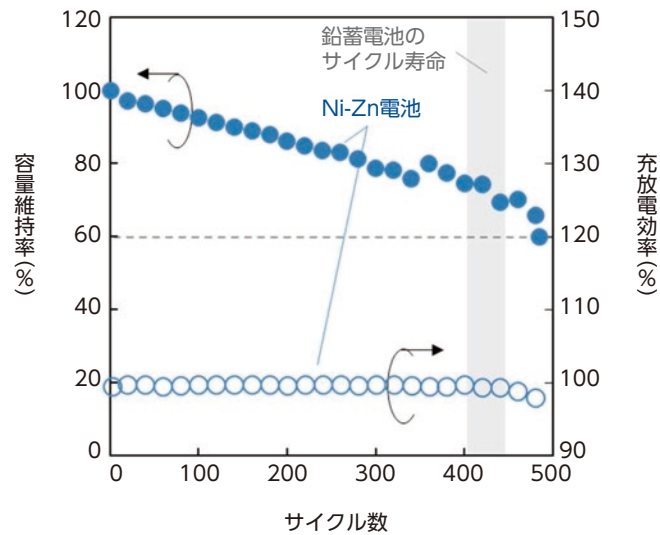


図2 Ni-Zn電池のサイクル寿命特性
鉛蓄電池のサイクル寿命性能は容量維持率が60 %に達するサイクル数を示す。

5 今後の展開

- ・ 量産化に向けた技術検証
- ・ 電池リサイクルを前提とした再生材料の適用検討

【参考文献】

- 1) Jiri Jindra : “Progress in sealed Ni-Zn cells, 1991-1995”, Journal of Power Sources, Vol.66, pp.15-25 (1997)
- 2) Jiri Jindra : “Sealed nickel-zinc cells”, Journal of Power Sources, Vol.37, pp.297-313 (1992)
- 3) R. Jain, et al. : “Development of long-lived high-performance zinc-calcium/nickel oxide cells”, Journal of Applied Electrochemistry, Vol.22, pp.1039-1048 (1992)
- 4) エナジーウィズ株式会社, 小型制御弁式鉛蓄電池製品カタログ, p.11

【関連特許】

特許第7025097号
特許第7105525号

車載用途向けニッケル亜鉛電池の サイクル寿命特性

Cycle life characteristics of nickel-zinc battery for automotive applications

櫛部 有広 Kunihiro Kushibe 大沼 孟光 Takamitsu Onuma

柴原 敏夫 Toshio Shibahara 田村 宜之 Noriyuki Tamura

事業戦略統括部 先端技術研究開発センタ

1 概要

ニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池は、水系アルカリ電解液を用いた安全性の高い二次電池で、欧州ELV指令等の環境規制に対するリスクもない。またニッケル水素電池で確立されたスキームを活用したリサイクルが原理的に可能なこと、亜鉛が安価で豊富な資源であることから、当社では自動車用途において、鉛蓄電池に代わる新たな始動・補機用電池として開発を進めてきた。

Ni-Zn電池の課題の1つは寿命性能であるが、我々は新たなセパレータ技術や電解液添加剤、負極バインダを検討し、寿命性能を改善した。開発したNi-Zn電池の始動・補機用途としての性能を評価した結果、CCAや回生充電受入れ性能は鉛蓄電池と同等の特性を示した。また寿命性能は75℃軽負荷寿命試験において鉛蓄電池の約4倍の性能を示した。

Nickel-zinc (Ni-Zn) batteries are secondary batteries using water-based alkaline electrolyte with high safety and no environmental risk in relation to the EU ELV Directive. They are able to be recycled in principle in the same manner as Ni-MH batteries. They use zinc as anode material, which is a cheap and abundant metal. Accordingly, we have been developing them for cars, especially used as starter and auxiliary batteries alternative to lead-acid batteries.

Cyclability is one of the issues of Ni-Zn batteries. We improved them in cyclability by adapting our new technologies such as separators, electrolyte additives, and binder for zinc anode. Our developed Ni-Zn battery offered no less CCA and charge acceptance performance than lead-acid batteries and approximately four times cyclability in light-load life test at 75℃ under evaluation for starter and auxiliary uses.

2 技術の特長

- ・ニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池は鉛や水銀を用いず、欧州ELV指令の環境規制のリスクがない
- ・独自の劣化抑制技術により高温耐久性が改善され、エンジンルームへの搭載が可能
- ・車載用途を模擬したサイクル寿命試験において、鉛蓄電池の約4倍の寿命を示す

3 開発の経緯

車載用鉛蓄電池は、低コストながら、高温環境における耐久性や低温始動性能に優れている。しかし近年、無線経由通信に代表される車両通信技術の発展から、停車中や駐車中の電力負荷が増加する傾向にあり、より多くの電力を供給するための深度の大きな充放電に鉛蓄電池が対応できないケースが生じつつある。また環境への配慮から、欧州ELV(End of Life Vehicle)指令によって将来的に自動車への鉛使用が禁止される可能性がある。そこで当社では、鉛蓄電池に替わる新たな始動・補機用電池としてニッケル亜鉛(Ni-Zn)電池に着目し、開発を進めてきた¹⁾。

Ni-Zn電池は、負極(亜鉛極)の性能劣化が課題として知られているが²⁻⁴⁾、始動・補機用としてエンジンルーム内への設置を想定した場合、環境温度は外気温やエンジンの輻射熱によって70℃以上にもなり、高温下において性能劣化がさらに加速される懸念がある。

本報告では、開発したNi-Zn電池の、始動・補機用途としての性能水準を検証するため、車載向け規格に準拠した初期性能と寿命特性を評価し、当社製始動・補機用鉛蓄電池と比較した。

4 技術内容

評価した電池の仕様を表1に示す。開発したNi-Zn電池の構成材料は既報(1)の通りで、今回サイズの異なる2種類のセルを評価した。開発品1は鉛蓄電池LN1サイズを想定した単セル、開発品2は寿命性能試験後の電極観察の容易さから、開発品1よりも小さいサイズの単セルにて評価した。また、比較に用いた鉛蓄電池LN1は、始動・補機用として当社が販売しているものである。

表1 評価電池の仕様

項目		Ni-Zn電池		鉛蓄電池
型式		開発品1	開発品2	LN1
電池	20時間率容量	45 Ah	8.6 Ah	50 Ah
	公称電圧	1.65 V	1.65 V	12 V
	寸法 (幅×長さ×高さ)	157×23×153 mm	77×20×90 mm	175×207×190 mm
	重量	1 kg	0.2 kg	13 kg

放電性能はJIS D 5301に準拠したコールドクランキングアンペア (CCA)で評価した。これはエンジン始動を模擬した試験であり、性能差を明確化するため-18℃の低温で評価する、始動用途で重要な指標である。また補機用途でも、高度化する電装品負荷に対応するため、低温出力性能としてCCAが重視される。開発したNi-Zn電池のCCA値を当社製始動・補機用の鉛蓄電池LN1のそれと比較した結果を図1に示す。評価には開発品1を用いた。開発したNi-Zn電池は、鉛蓄電池と同程度のCCA値を示し、低温始動性能において鉛蓄電池を代替できることが確認された。

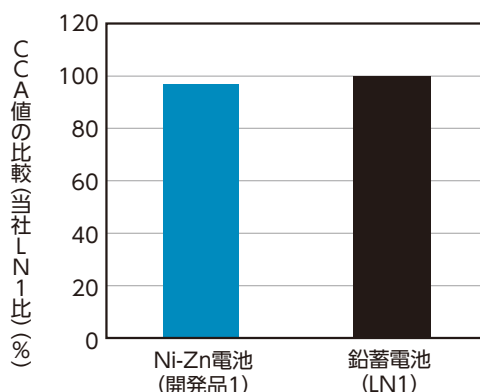


図1 開発したNi-Zn電池(開発品1)と、当社製始動・補機用鉛蓄電池LN1のCCA値の比較
試験はJIS D 5301に準拠。

充電性能はJIS D 5301の充電受入性試験2に準拠した回生充電受け入れ性能で評価した。これは自動車の減速により生じる回生エネルギーをどれだけ電池に充電可能かを評価する試験である。Ni-Zn電池の評価には開発品1を用いた。また、充電電圧を除き鉛蓄電池と同条件で試験し、充電電圧は電圧による影響を確認するため1.85 V、1.88 V、1.90 Vの3条件で試験した。開発したNi-Zn電池、および当社製鉛蓄電池LN1の回生充電受け入れ性能を図2に示す。縦軸は各電圧で充電した際の充電開始10分後の充電容量を示す。なお、図2におけるNi-Zn電池の充電電圧は鉛蓄電池と比較するため、単セル8直列換算値を記載した。開発したNi-Zn電池は、充電電圧が15 Vを超えると鉛蓄電池と同等以上の充電容量を示し、回生充電受け入れ性能においても鉛蓄電池を代替できることが確認された。

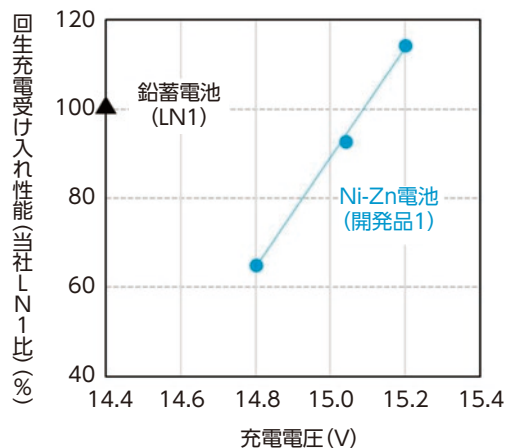


図2 開発したNi-Zn電池(開発品1)と当社製鉛蓄電池LN1の回生充電受け入れ性能
試験はJIS D 5301充電受入性試験2に準拠。充電電圧はNi-Zn電池が14.8 V、15.0 V、15.2 V
(単セル電圧1.85 V、1.88 V、1.90 Vを8直列に換算)、鉛蓄電池が14.4 Vとした。

寿命性能は軽負荷寿命試験で評価した。これは主に乗用車や軽商業用車両の使われ方を模擬したサイクル寿命試験方法で、JIS D 5301の軽負荷寿命試験に準拠し、定格コールドクランキング電流 I_{cc} で30秒間連続放電する際の、30秒後の電圧が7.2 Vに到達するまでのサイクル数で評価した。環境温度は同規格で定める40 °Cに加え、エンジンルーム内の高温環境を想定した75 °Cでも評価した。Ni-Zn電池の評価には開発品2を用いた。開発したNi-Zn電池、および当社製鉛蓄電池LN1の、軽負荷寿命試験における30秒後の電圧の推移を図3に示す。なお、図中のNi-Zn電池の充電電圧は鉛蓄電池と比較するため、単セル8直列を想定して計算し、記載した。40 °Cにおける鉛蓄電池の軽負荷寿命性能を基準にすると、開発したNi-Zn電池は40 °Cで基準の4倍のサイクル寿命に達し、また75 °Cにおける鉛蓄電池の軽負荷寿命性能を基準にした場合においても、開発したNi-Zn電池は75 °Cで基準の4倍に達しており、鉛蓄電池を大幅に上回る軽負荷寿命性能が確認された。また、寿命性能試験後の電極観察により、開発したNi-Zn電池では従来のNi-Zn電池で見られる亜鉛極の形態変化やデンドライト析出が抑制されていることを確認した。

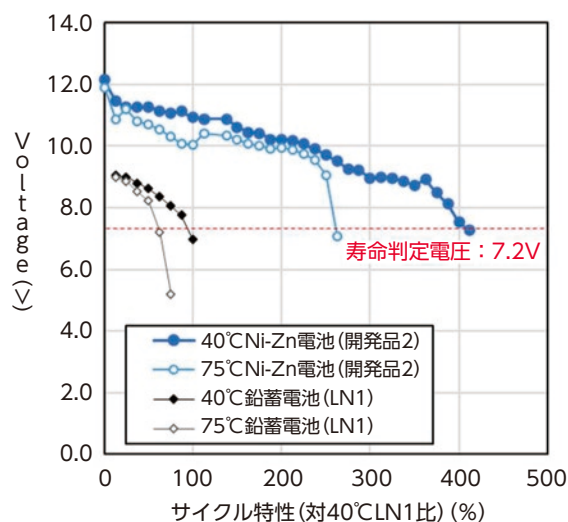


図3 開発したNi-Zn電池(開発品2)と当社製鉛蓄電池LN1の軽負荷寿命試験結果
JIS D 5301軽負荷寿命試験に準拠し、定格コールドクランキング電流 I_{cc} で30秒間連続放電した際の、30秒後の電圧の推移をプロット。環境温度は40 °C、75 °Cで評価。

5 今後の展開

- ・量産化に向けた技術検証
- ・リサイクルを前提に再生材を適用した電池の開発

【参考文献】

- 1) 西村拓也 他：ニッケル亜鉛電池の充放電特性と劣化抑制技術, 当社テクニカルレポート (2023)
- 2) Jiri Jindra : “Progress in sealed Ni-Zn cells, 1991-1995”, Journal of Power Sources, Vol.66, pp.15-25 (1997)
- 3) Jiri Jindra : “Sealed nickel-zinc cells”, Journal of Power Sources, Vol.37, pp.297-313 (1992)
- 4) R. Jain, et al. : “Development of long-lived high-performance zinc-calcium/nickel oxide cells”, Journal of Applied Electrochemistry, Vol.22, pp.1039-1048 (1992)

【関連特許】

特許第7025097号
特許第7105525号

LiB直流電源装置の製品化

Commercialization of LiB DC power supply equipment

金田 晴利 Harutoshi Kaneda 内藤 憲樹 Noriki Naito

産業電池システム事業本部 システム開発部

1 概要

直流電源装置はオフィスビル、工場などに設置されている受変電設備、非常用照明、自家発電機始動などの重要な機器の電源喪失時に電力を給電する装置である。そのため、停電時も含めたいかなる場合でも安全に給電を継続できるよう、蓄電池を搭載している。この蓄電池には安価で、安全性が高く、リサイクル可能な特長をもつ鉛蓄電池が長年採用されているが、大きく、重く、定期的なメンテナンスや交換が必要といった課題があり、近年では、小型、軽量で、蓄電池を常時監視するなどメンテナンスが容易で長寿命といった特長を持つリチウムイオン電池(Lithium-ion Battery：以下LiBとする)が鉛蓄電池の課題を解決できる蓄電池として期待されている。一方で、LiBは発煙や発火に対する安全性の確保が必須であるため、LiBを搭載したLiB直流電源装置には電池監視システム(Battery Management System：以下BMSとする)による安全対策が講じられたLiBシステムを備えている。しかしながら、この安全対策やBMS故障が原因となり給電継続を妨げる課題が考えられるため、これらの課題を解決したLiBシステムを搭載した直流電源装置を製品化した。

DC power supply equipment supplies DC power to important facilities such as the operation of receiving and transforming power, emergency lighting, starting private generator in the office buildings and the factories. Therefore, it has batteries to keeping power supply in any case, for example when power loss. Lead-acid batteries have been used for many years because they are inexpensive, highly safe, and recyclable. However it is issues such as large size and heavy weight, and maintenance and battery exchange. In recent years, Lithium-ion battery(hereinafter referred to as LiB) that has small size, light weight, long lifetime and easier to maintain, such as constant monitoring is expected to solve these issues. Conventional LiB DC power supply needs to have some safety measures using Battery Management System (hereinafter referred to as BMS) to keep safety against firing and fuming. However, if some troubles of these safety measures or BMS occur, it has possibilities to cause stopping power supply. Therefore, we have commercialized the LiB DC power supply with an LiB system which improved these issues.

2 LiB直流電源装置の特長

- ・ 負荷異常時も正常負荷に給電継続が可能。
- ・ 装置故障時も安全な給電継続が可能。
- ・ LiBの常時監視機能を生かしたメンテナンス時間の短縮が可能。

3 開発の経緯

従来の鉛蓄電池を搭載した直流電源装置は、サイズ、質量が大きく、健全性を維持するために定期的に電池電圧を測定するなどのメンテナンスに時間を要することが課題であり、都市部のオフィスビルの高層階、山間部や離島への設置が困難である。そのため近年では、小型、軽量、メンテナンスが容易で長寿命の特長を持つLiBへの期待が高まっている。

一方、従来のLiBシステムは過充電・過電流などによる熱暴走^{*1}が発生すると、発煙・発火の可能性があるため、これらを未然に防止するための安全対策を講じている。

従来のLiBシステムはBMS、BMS電源、蓄電池ブレーカ、LiB(ヒューズ内蔵)で構成されており、LiBの充放電において過

電流が発生した場合は、LiB内ヒューズが電流を自己遮断する。また、BMSが蓄電池の異常を検出した場合(過充電や過放電による電圧異常や温度異常)や、BMS自体が故障した場合は、蓄電池ブレーカを遮断する。いずれの場合もLiBの充放電を停止することにより安全を確保している。これらの動作は負荷(直流電源が給電すべき機器)への給電を停止するため、いかなる場合でも給電継続ができる直流電源装置としては相反する動作となっており、改善すべき課題である。一方、LiBシステムはメンテナンス時に必要な情報をBMSが常時監視することで得られるため、この情報を活用することでメンテナンス時間を短縮できる可能性がある。以上このことから、BMS情報をメンテナンスに活用するとともに、これらの課題を解決したLiBシステムを搭載した直流電源装置を製品化した。

4 技術内容

(1) LiB内ヒューズ遮断による給電停止の改善

従来のLiBシステムは負荷に過電流が流れるとLiB内ヒューズが自己遮断し、正常負荷の給電も停止する。このため、負荷ヒューズを追加し、他の自己遮断する部品より早く遮断できるよう保護協調^{※2}を取ることにした。これにより過電流が発生した負荷のみを切り離し、残りの正常負荷への安全な給電継続を可能にした。

(2) 蓄電池ブレーカ遮断による給電停止の改善

従来のLiBシステムはBMSが蓄電池の異常を検出した場合やBMS故障時に、蓄電池ブレーカを遮断し充放電を停止する。ここで蓄電池異常時に蓄電池ブレーカを遮断することは安全確保のため必須であるが、BMS故障時は蓄電池に異常がないため、蓄電池ブレーカを遮断しないよう変更した。しかしながら、BMS故障時に蓄電池異常の監視機能を喪失することにより給電継続時の安全を確保できないため、代替の装置として鉛蓄電池直流電源装置で使用していた監視回路を残し、給電継続時に最低限必要な監視機能を冗長化した。これにより、BMS故障時でもLiBを安全に給電継続することを可能とした。

(3) BMS情報のメンテナンスへの活用

従来のLiBシステムは、BMSが蓄電池の電圧や温度を常時監視し、蓄電池が異常となる前のユーザーへの通知や、蓄電池異常時の充放電を遮断するなど、蓄電池の熱暴走を未然に防ぐシステムとなっている。BMSが蓄電池を監視するために取得したデータをメンテナンス時に読み出すツール(ソフトウェア)を使用することで、メンテナンス時間を短縮した。

5 製品仕様

表1 製品仕様

項目		単位	仕様
方式	整流方式	-	単相全波(混合ブリッジ方式)・三相全波(純ブリッジ方式)
	冷却方式	-	自然冷却または強制風冷
	定格	-	連続
交流入力	相数	-	単相2線または三相3線
	電圧	V	単相100,105,110,200,210,220 三相200,210,220,400,415,420,440
	電圧変動範囲	±%	10
	定格周波数	Hz	50 または 60
	入力力率	%以上	単相60,三相70
直流出力	充電方式	-	浮動充電方式
	定格電圧	V	100V系
	電圧調整範囲	%以上	定格電圧の±3
	電圧変動範囲	±%以内	2
	出力電流	単相入力	10,20,30,40
		三相入力	10,20,30,40,50,75,100,150
	電流変動範囲	%	0~100
使用環境	最大垂下電流	%以下	定格電流の120
	周囲温度	℃	0~40℃
	相対湿度	%	25~85(結露なきこと)
	設置場所	-	標高1000m以下有害ガス、塩分、ほこりの少ない屋内

6 適用規格

- ・ JIS C 8715-2 (LiBの安全性試験に適用)
- ・ 蓄電池設備型式認定(消防認定)
- ・ 火災予防条例の適用を受ける4800Ah・セル以上の蓄電池設備では、適合キュービクルで製作可能。

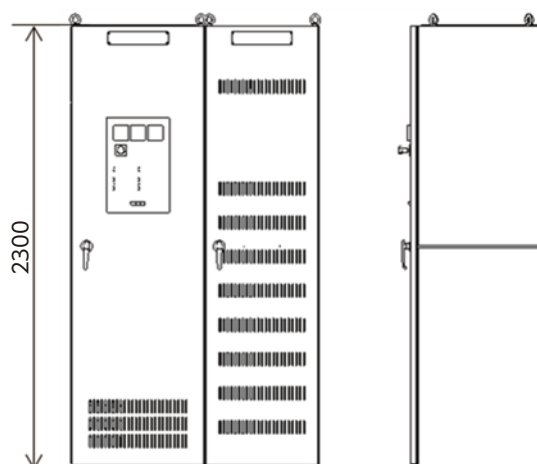


図1 外形図

【注】

- ※1 熱暴走：発生した発熱がさらなる発熱を発生させ、制御できなくなること。
- ※2 事故発生時に瞬時に系統から異常個所を切り離せるように安全装置の特性から調整すること。

— お問い合わせ先 —

掲載事項に関するお問い合わせにつきましては、弊社インターネットホームページの下記アドレスのお問い合わせフォームをご利用ください。

お問い合わせホームページアドレス：

<https://www.energy-with.com/inquiry/>

Energywith Technical Report 第1号 2023年5月

エナジーウィズ株式会社

〒101-0022 東京都千代田区神田練堀町3（AKSビル8階） 電話03-6811-6510（代表）

© 2023 Energywith Co.,Ltd. All rights reserved. Printed in Japan (禁無断掲載)
