ISSN 1345-8426







FBテクニカルニュース No.77

2021年12月(令和3年)発行

発行所古河電池株式会社
横浜市保土ケ谷区星川二丁目4番1号編集FBテクニカルニュース編集委員会編集委員長樋上 俊哉編集委員員武田 雄一、松浦 和孝、長屋 大地、今井 浩平、加納 哲也、程塚 康明、
佐藤 俊也、秋山 浩範、宅見 理

●非売品 (無断転載を禁じます) ●問い合わせ先 戦略企画部 Tel:045-336-5078

ドテクニカルニュース No.77 2021.12

目次

総説

リチウムイオン電池の抱える環境政策パラドックスとポストリチウムイオン電池への期待

岡田重人 ……… 1

小森山 裕恭 …… 26

報文

鉛蓄電池正極における利用率と耐久性の向上 第2報

渡邉 明尋、萩原 英貴、 ブロダ バラージ、 ボトンド マロスフォイ ジェルジ ゾンボック、萬ヶ原 徹、 古川 淳……… 9

産業用ドローン向け電池システムの製品化

リチウムイオン二次電池の状態検知技術の開発

樋口勇人、渡辺均、山方政典、中間崇彦、大桃義智…… 16

斉藤 直広、増田 洋輔、近藤 宏篤、蒲生 良次…… 21

技術解説

JIS D 5306(アイドリングストップ車用鉛蓄電池)制定

トピックス

グローバルに活躍するアルカリ蓄電池	27
EN規格LN4形蓄電池 トヨタ自動車株式会社様に採用	28
EN規格LN1形蓄電池 トヨタ自動車株式会社様に採用	29
再生可能エネルギー利用オフグリッド独立電源システムに組み合わせ エコロミ社の「サステナブル・エナジーソリューション」にFCP-500を納入	30
新商品紹介	
ドローン用インテリジェントリチウムイオン電池パックと専用充電器	32
ロボット用インテリジェントリチウムイオン電池パックと標準充電器	33
大規模な系統安定化用サイクル電池 "FCP-500S型"	34
アフターマーケット向け欧州規格バッテリー ECHNO[エクノ]EN Premium/High Gradeシリーズの紹介	35
自動車バッテリー用ポータブルテスターFBT-8000Pの紹介	36
製品紹介	
センサHUB延長基板の紹介	37

FB Technical News No.77 2021.12

Contents

Introduction
Environmental Policy Paradox in Li-ion Batteries and Expectations for Post Li-ion Batteries
Shigeto Okada ········ 1
Technical Papers
Improvement of Utilization and Durability for Lead Acid Battery Positive electrode -2nd report-
Akihiro Watanabe, Hideki Hagihara, Balázs Broda, Botond Marosfői György Zsombok, Tooru Mangahara, Jun Furukawa ········ 9
Battery System Products for Industrial Drones
Hayato Higuchi, Hitoshi Watanabe, Masanori Yamakata Takahiko Nakama, Yoshitomo Omomo 16
Development of battery state estimation system
Naohiro Saito, Yousuke Masuda, Hiroatu Kondo, Yoshitugu Gamou 21
Technology Explanation
The Establishment of JIS D 5306 Lead-acid batteries for vehicles with stop and start system
Komoriyama Hiroyasu ········ 26
Topics
Furukawa Battery's alkaline storage batteries have attracted worldwide users
Adoption of 395LN4 Lead Acid Battery for TOYOTA MOTOR CORPORATION
Adoption of 350LN1 Lead Acid Battery for TOYOTA MOTOR CORPORATION
Valve Regulated Lead Acid Battery "FCP-500" Installed in Ecolomy's PV
Off-Grid System "Sustainable Energy Solution"
New Products
Intelligent lithium ion battery pack and dedicated charger for drones
Intelligent lithium ion battery pack and dedicated charger for robots
Cycle battery for large-scale grid stabilization "FCP-500S"
Introduction of Battery – European Norm Type
"ECHNO EN Premium/High Grade" for Aftermarket
Introduction of Portable Battery Tester FBT-8000P for Automotive Batteries
Products
Introduction of protocol converter for sensor HUB

リチウムイオン電池の抱える 環境政策パラドックスと ポストリチウムイオン電池への期待

Environmental Policy Paradox in Li-ion Batteries and Expectations for Post Li-ion Batteries



岡田 重人 Shigeto Okada

Recently, there has been an accelerating trend toward the electrification of automobiles as a trump card for reducing carbon footprint. On the other hand, electrification using the current lithium-ion battery, which uses a lot of minor metals, has a larger resource footprint than gasolinepowered cars, which are mainly made of steel. This paper introduces the expectations for post lithium-ion batteries to solve this paradoxical problem of environmental policy.

1. 緒言

古くは屋井乾電池から始まり、ニカド電池、ニッ ケル水素電池、リチウムイオン電池、ナトリウム硫 黄電池に至るまで、わが国は世界に先駆けて多くの 電池を市販化してきた自他ともに認める電池先進国 である。特に、1991年から出荷が開始された「リチ ウムイオン電池」は、1994年の端末売り切り制導 入により一気にブレークした携帯電話と歩調を合わ せる形で急速に普及し、その後の我が国の様々な携 帯情報端末の小型軽量化にも多大な貢献をしてきた (図1)。

リチウムイオン電池の上市から四半世紀経った今 日、蓄電池の新たな主戦場はEV やグリッドストレー ジに拡大し、大型化に伴って、要求スペックの優先 順位もエネルギー密度から経済性、安全性最優先へ

著者略歴: 1979年3月	北海道大学理学部物理学科卒業
1981年3月	北海道大学大学院理学研究科物理学専攻博士前期課程修了
1981年4月	日本電信電話公社電気通信研究所入所
1992年6月	博士(理学)(大阪大学)
1993年10月	テキサス大学客員研究員
1995年4月	NTT 境界領域研究所主幹研究員
1996年12月	NTT ドコモ移動機技術部主幹技師
1998年4月	九州大学機能物質化学研究所助教授

とゲームチェンジが進行中である。蓄電池や太陽電 池などのエネルギーデバイスは大型化するにつれ、 トータルコストに占める材料コストの比率が高まる ため、レアメタルフリー化が進む必然性がある。同



リチウムイオン電池と携帯電話の出荷量推移1) 図1

Close relationship between the shipment amount Fig.1 of Li-ion batteries and the cellular phones in Japan

	2013年9月	九州大学先導物質化学研究所教授·	·京都大学元素戦略研究拠点教授
	2015年1月	電気化学会九州支部長	
	2016年1月	電気化学会理事	
	2019年1月	電池技術委員会委員長	
専門分野	: 無機化学、電気	氘化学	
受賞歴:	2013年 IBA	Technology Award 201	3
	2013年 第1	1 回産学官連携功労者表彰	文部科学大臣賞
	2018年 電気	化学会論文賞	

リチウムイオン電池の抱える環境政策パラドックスとポストリチウムイオン電池への期待

時に、安全性についても、蓄電池の体積($\propto r^3$)に 比例する発熱量と表面積($\propto r^2$)に比例する放熱量 の熱収支、発熱量<放熱量を維持することが電池寸 法rの拡大につれ、指数関数的に困難になる。また、 電池のインシデント発生確率と被害規模はそれぞれ 組電池の本数に比例して増大するため、それらの積 で表される製造リスクは組電池の本数の二乗に比例 し、パラボリックに増大することになる。

本稿では、ポストリチウムイオン電池の登場が切 望されている昨今の背景について紹介する。

2. ポストリチウムイオン電池が望まれる 国内的事情(蓄電池戦略2012)

2010年に策定された第3次エネルギー基本計画 では、ベースロード電源としてゼロ・エミッション 電源である原子力主体の電源比率を 2030 年までに 70% 近くまで引き上げるはずだったが、その翌年 の東日本大震災により頓挫を余儀なくされ、脱原発 と脱炭素化双方の要請を同時に満たすため、再生可 能エネルギー主体の電源構成に移行せざるを得なく なっている。分単位から季節単位に至る短~長期的 時間変動を免れない再生可能エネルギーによる発電 と電力需要の時々刻々の需給ギャップをリアルタイ ムで補償するバッファとして、大型蓄電池がグリー ン成長戦略の柱とみなされるようになり、2020年 時点で20兆円と予想される世界蓄電池市場占有率 50% 奪還を目指した蓄電池戦略 2012 が福島原発事 故の翌年に取りまとめられた。これまで産業の米と して電子立国日本の外貨を稼いできた半導体から、 新たな蓄電立国日本のキラーデバイスとして、国産 大型蓄電池に各方面から大きな期待が寄せられてい る (表1)。

表1 蓄電立国の基本戦略

Table1 Basic strategies for nation founded on rechargeable battery

緊急課題	抜 本 策
電源不足	大型蓄電池によるピークシフト、ピークカットで、再生可能エネルギー導入促進
財源不足	日本の新しい産業の米として大型蓄電池で外貨獲得
雇用不足	新型蓄電池で自動車産業、ロボット産業、電力産業を牽引し、雇用創出
食糧不足	環境エネルギー技術で、エネルギー危機を回避し、食糧危機に対応

3. ポストリチウムイオン電池が望まれる経済的事情 (NEDO二次電池技術開発ロードマップ2010)

表2は、NEDO 二次電池技術開発ロードマップ 2010 年度版にて策定された EV 用蓄電池のマイル ストーンであるが、2030年以降での比重量エネル ギー密度が2010年時の7倍に設定されている。材 料コストが同じで比重量エネルギー密度が7倍にな れば、kWh当りの蓄電池コストは当然ながら1/7 に低減できる訳であるが、2030年以降でのkWh当 りの蓄電池コスト目標値は2010年時の1/40と設定 されている。これは比重量エネルギー密度の改善と レアメタルフリー化による材料コストの劇的低減を 同時に行わなければならないことを意味する。図2 は、各パワーユニットの自動車が10万kmで乗り つぶしたと仮定した時のトータルコストのガソリン 価格依存性を示したもので、蓄電池以外の車体のイ ニシャル製造コストを全て200万円一定とし、ガソ リンの燃費を 10 km/L、電費を 7 km/kW、電気代 を 10 円 /kWh で試算している。当然、最も経済性 に優れたパワーユニットはその時々のガソリン価 格とリチウムイオン電池の価格に大きく依存する が、図2(a)を見ると、一昔前、リチウムイオン電 池の価格帯が3万円 /kWh の時点では、エコカー補 助金やエコカー減税の行政支援がない限り、EV は ビジネスとして到底成立し得なかった。ところが、 図2 (b) に示すように、2030年以降の NEDO のコ スト目標5千円 /kWh が達成できれば状況は一変 し、ガソリン価格のいかんによらず EV がベストバ イになることがわかる。ちなみに、McKinsey 社の 2012年のレポート³⁾では、2025年時点でせいぜい 160 \$ /kWh 程度と予測されていたが、Bloomberg の2019年のレポート⁴⁾によると、2019年時点で既 に156 \$/kWh まで下落しており、2023年には100

表2 NEDOのEV用蓄電池開発線表²⁾ Table2 NEDO's Bbattery ddevelopment r roadmap for EV

(表中のkg*とL*は電池全体の重さ、体積を示す)

			~2010 年	~2015 年	~2020 年	~2030 年	2030 年~
Ν	比重	重量エネルギー密度	100 Wh/kg*	150 Wh/kg*	250 Wh/kg*	500 Wh/kg*	700 Wh/kg*
Е	比名	学積エネルギー密度	250 Wh/L*	400 Wh/L*	600 Wh/L*	1000 Wh/L*	1500 Wh/L*
D		出力密度	1000 W/kg*	1200 W/kg*	1500 W/kg*	1000 W/kg*	1000 W/kg*
0	寿	サイクル回数	1000 回	1000 回	1000 回	1000 回	1500 回
目	命	カレンダー寿命	5~8年	8~10年	10~15 年	10~15 年	10~15年
標	27	ストパフォーマンス	20 万円/kWh	3万円/kWh	2 万円/kWh	1 万円/kWh	5 千円/kWh

新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) 「NEDO二次電池 技術開発ロードマップ (Battery RM2010)」を基に作成





\$/kWh まで低価格化するという楽観的見通しを立 てている。もちろん、更に先の 2030 年の NEDO の 価格目標5千円 /kWh は現行の市販鉛電池(古河電 池株式会社 Altica シリーズスタンダード品(12 V × 64 Ah) 105D31L) の kWh 当たり市販価格の 1/4 以下という破格の低価格であり、その実現は容易で はない。しかも、蓄電池の価格目標は、本来公称容 量当りではなく、サイクル積算容量当たりの値段で 評価されるべきもので、5千円 /kWh の蓄電池がた とえできたとしてもその蓄電池が100 サイクルしか もたなければ何の意味もない。ところが逆に、仮に 5千円 /kWh まで低価格化できずとも、現在の昼 夜の電気料金の価格差約10円 / kWh (= 昼間21 円 / kWh - 夜間 11 円 /kWh)⁵⁾ を利用し、夜間充 電、昼売電の充放電サイクルで1日1サイクルの売 電を繰り返すとすると、蓄電池が1万円 /kWh 以下 になった場合、パワーコンディショナーなど回路コ ストを無視すれば1000 サイクルを超えたところで 累積売電売上が蓄電池イニシャルコスト1万円(= 10円/kWh×1000サイクル)の損益分岐点をクリ アでき、経済価値が発生する。今後、EV 用蓄電池 のサイクル寿命、カレンダー寿命が大幅に改善され、 セカンドユースでも安心して使えるレベルの信頼性 が得られれば、中古 EV 蓄電池の処理費用の出費を 先延ばしできるだけでなく、中古蓄電池を再利用し た大型蓄電池利用の売電、グリッドストレージビジ ネスも十分採算可能と思われる。







ポストリチウムイオン電池が望まれる対外的事情 (ゼロエミッション宣言)

2009年に世界初となる量産型 EV、i-MiEV を上 市し、世界の EV マーケットに事実上一番乗りを果 たしながら、その後、中国や欧米各国が矢継ぎ早に 打ち出した EV 普及の政策誘導は、EV へのインセ ンティブとガソリン車へのペナルティの両輪で日本 より積極的である(表3)。特に昨今の SDGs の気 運の高まりとともに、税収に占める炭素税比率の高 い北欧諸国が先導する形で国内市販車100% 電動化 やカーボンニュートラル宣言が続々と表明(図3⁶⁾) され、世界の主要自動車メーカーも電動車でないと 新車販売できない以上、電動化目標(表4)を発表 せざるを得ない状況にある。また、自動車会社に限 らず、自らの事業の使用電力を100%再エネで賄う ことを目指す国際的イニシアティブ RE100⁷⁾ への参 画を表明する企業も続々と増えている。日本政府も 遅ればせながら2000年末臨時国会での所信表明演 説にて 2050 年までの日本でのカーボンニュートラ ル実現を菅元首相が発表、2021年5月、改定地球温 暖化対策推進法として法令化されるに至り、2050年 カーボンニュートラル宣言をした国は都合123カ国、 1地域となった。しかし、昨年の統計⁸⁾では日本国 内の自動車販売台数に占める EV 比率は 未だ 0.64% で、74.8%のノルウェーに比べ、世界第26位と大 きく水を開けられている。

リチウムイオン電池の抱える環境政策パラドックスとポストリチウムイオン電池への期待

表3 各国政府発表のEV普及に向けたゼロエミッション政策 Table3 Zero emission policy for the spread of EV announced by each goverment

E		EV 普及促進策		ポンゴン単肥単単単等
	12	EV	PHEV	パンラン平成元ル町来
	da 121	昌士 07 五田	長士 50 天田	ガソリン車、ディーゼル車の販売停止を検討中
	中国	收入 97 万円	收入 50 万円	NEV 法 (新エネ車法) では HV も保護対象外
	ノルウェー	最大 85 万円	-	2025 年までに販売車両のすべてを EV/PHEV 化
	ドイツ	最大 48 万円	最大 36 万円	2030 年までにガソリン車の販売禁止
	インド	-	-	2030 年までにすべての新車を EV 化
	フランス	-	-	2040年までにガソリン車、ディーゼル車の販売停止
Į.	砍州委員会	-	-	2035年以降、HVを含む全てのガソリン車の販売停止
	英国	-	-	2040年までにガソリン車、ディーゼル車の販売停止
NZ	to Ulak 10 Ula			2018 年から HV も保護対象外
不同	加加加把 10 加	_	_	2050 年までに加州内の自動車をすべて EV 化
12	その他	26 万円	16 万円	トランプ政権時脱退したパリ協定に復帰
	日本	HV 車もエコカ-	-減税対象	2050年カーボンニュートラル宣言



図3 各国の市販車100%電動化と

カーボンニュートラル宣言実現時期6)

Fig.3 Realization year of electrification of commercial vehicles in each country and carbon neutral declaration ⁶⁾

表4	主要自動車メーカーの電動化目標
Table4	Electrification goals of major car makers

年代	自動車メーカー	電動化目標	
2022 年	TESLA	EV 100 万台	
2025 年	ジャガー	自社全プランドを EV に	
2026 年	アウディ	自社全プランドを EV に	
	ステランティス	北米向け販売自動車の4割を EV に (欧州では7割)	
	フォード	販売自動車の4割を EV に (欧州では10割)	
	VW	販売自動車の5割を EV に(欧州では6割)	
	ダイムラー	販売自動車の5割以上をEVかPHV に	
	BMW	販売自動車の5割を EV に	
2030 年	ランドローバー	販売自動車の6割を EV に	
	ルノー	欧州向け販売自動車の 9 割を EV に	
	メルセデス・ベンツ	全販売自動車を EV に (一部地域を除く)	
	ジャガー	全販売自動車を EV に	
	ボルボ	全販売自動車を EV に	
	トヨタ	販売自動車のうち8割を HVを含む電動車に(欧州では10割)	
2030 年代早期	日産	主要市場の販売自動車を全て電動車に	
2035 年	GM	エンジン車全廃	
2040 年	ホンダ	全販売自動車を EV と FCV に	

かたや、欧州委員会は、極東アジアに偏在する リチウムイオン電池のサプライチェーンを EU 域内 にシフトさせ、リサイクル後もリチウムイオン電池 に使われる希少資源を EU 域外に出さない囲い込み 政策(EU 電池規制)を来年から実施予定である。 これに連動し、金融機関の運用資産の50%以上を ESG(環境・社会・ガバナンス)投資することを求 めた国連の責任投資原則(PRI)により、多額の資 金調達が容易になった各国電池メーカーはEU域内 でのEV用大型リチウムイオン電池のメガファクト リー建設を次々に発表している。これらのメガファ クトリーが予定通り稼働開始すると全世界のリチウ ムイオン電池年産量に対するEU域内での年産量の 割合は2020年時点の21%から、2025年には42% に倍増する見通しである(表5、6⁹⁾)。

表5 欧州における主なリチウムイオン電池メガファクト リー建設予定 Table5 Consruction plan of major Li-ion battery

able5	Construction plan of major Li-ion t
	megafactories in Europe

完成時期	メーカー	年産規模	立地
2010	Envision AESC	$2.5{\sim}14~\mathrm{GWh}$	イギリス
	サムソン	$10{\sim}15~\mathrm{GWh}$	ハンガリー
2018	LG	$15\sim 65 \text{ GWh}$	ポーランド
	FAAM	$10{\sim}15~\mathrm{GWh}$	イタリア
2020	Leclanché	1~2.5 GWh	イタリア
0001	Microvast	1.5 GWh	ドイツ
2021	Northvolt	$32 \sim 40 \text{ GWh}$	スウェーデン
	SK innovation	10 GWh	ハンガリー
	VW	16 GWh	ドイツ
2022	CATL	14~100 GWh	ドイツ
	LG 化学	15 GWh	ポーランド
	Farasis	16 GWh	ドイツ
	Freyr	32 GWh	ノルウェー
	AMTE	$10{\sim}32~\mathrm{GWh}$	イギリス
2020	Britishvolt	35 GWh	イギリス
2023	SVOLT	20~24 GWh	ドイツ
	Verkor	$16{\sim}50~\mathrm{GWh}$	フランス
	ACC	$16 \sim 64 \text{ GWh}$	ドイツ、フランス
	Northvolt	$16 \sim 24 \text{ GWh}$	ドイツ
	VARTA	10 GWh	ドイツ
2024	Italvolt	70 GWh	イタリア
2024	InoBat	10 GWh	スロバキア
	Morrow	8~32 GWh	ノルウェー
	AMTE	2 GWh	イギリス
2028	SK innovation	30 GWh	ハンガリー
	TESLA	40 GWh	ドイツ
202X	GS YUASA	X GWh	ハンガリー
	Panasonic	X GWh	ノルウェー
計	-	458~730 GWh	—

総説

生産地域	2020年	2025 年
日本	22 GWh/年	39 GWh/年
米国	47 GWh/年	205 GWh/年
欧州	66 GWh/年	726 GWh/年
中国	182 GWh/年	754 GWh/年
計	317 GWh/年	1724 GWh/年

表6 リチウムイオン電池の地域別年産量⁹⁾ Table6 Annual production of Li-ion batteries in each region ⁹⁾

5. ポストリチウムイオン電池が望まれる 環境的事情(環境政策パラドックス問題)

炭酸ガス濃度が地球温暖化の主因とする因果関係 を立証するには、本来検証実験が不可欠であるが、1 つしかない地球を研究対象とする制約ゆえに環境科学 の枠内では、原理的に観測と計算機シミュレーション 以外の手法がなく、検証実験のない仮説にしか過ぎ ないうらみがある。しかし、観測に関しては、アルゴ ア、IPCCの2007年ノーベル平和賞、シミュレーショ ンに関しては真鍋淑郎氏の本年ノーベル物理学賞に よって、「脱炭素」に学界最高権威によるお墨付きが 与えられた格好で、炭酸ガス削減の期待も込めてリ チウムイオン電池に2019年ノーベル化学賞が与えら れた経緯もある。人為的炭酸ガス発生量の20%をし める輸送セクターにおける炭酸ガス削減の切り札と 目されている EV であるが、レアメタルを多用した現 行リチウムイオン電池を使用する限り、図4に示す ように EV の方がガソリン車に比べ、製造時だけでも 2倍以上、また製造から廃棄に至る全ライフサイクル を通じて積算しても EV の方がガソリン車に比べ環境 負荷が2倍近い¹⁰⁾という炭素フットプリント(炭酸 ガス排出による環境への負荷)と資源フットプリン ト(資源採掘・使用・廃棄までの環境への負荷)の 間のジレンマ、いわゆる環境政策パラドックス¹¹⁾を 抱えている。図5は各種自動車の製造時の環境負荷パ ラメータの1つ、関与物質総量(TMR: Total Material Requirement)を定量比較したものであるが、アルミ や鉄の塊である GV の環境負荷に対し、EV の多大な 環境負荷の原因はひとえにリチウムイオン電池に大量 に使われている負極集電体の Cu や Li などの希少金 属、正極のレドックスを担う Ni、Co などの遷移金属 にあることが見て取れる。炭酸ガス排出量についても 製造時は EV の方がガソリン車の約2倍あり、日本に おいて EV 走行時の炭酸ガス削減でそのハンデを埋め 合わせるためには、都合 12万 km 以上走行する必要 があり、更にそこで新しい蓄電池と交換してしまうと



Fig.4 Total material requirement (TMR) and CO₂ emissions at each strage of manufacturing, running and disposal of various automobiles ¹⁰⁾

(GV:ガソリン車、EV:電気自動車、HV:ハイブリッド車、FCV:燃料電池車) (GV:Gasoline car、EV:Electric car、HV:Hybrid car、FCV:Fuel cell car)





リチウムイオン電池の抱える環境政策パラドックスとポストリチウムイオン電池への期待

再び炭酸ガス削減効果が失われ、更に5万 km 以上走 行しないとそのロスを挽回できないと試算されている (図6¹²⁾)。これは、1 充電で 100 km 走行できたとし ても 1000 サイクル未満で電池交換が必要になるよう では、環境負荷だけでなく、炭酸ガス削減効果もおぼ つかないことを意味する。





6. ナトリウムイオン電池への期待 (レアメタルフリー元素戦略)

リチウムイオン電池がはらむ上述の環境政策パラ ドックスを解きほぐす糸口として、2004年の箱根会 議¹³⁾で提唱された日本発祥の材料開発コンセプト、 「元素戦略」がある。思えば蓄電池に限らず、モーター やディスプレイ、半導体、超電導電線など、我が国 のハイテク産業は、産地が偏在し、国内ではほとん ど産出できないレアメタルの依存度が高いという構 造的問題を抱えてきた。例えば、リチウムイオン電 池の正極材料にも多用されていた Co はかつて世界 の生産量の3割近く¹⁴⁾を日本が消費しており、リチ ウムイオン電池を量産するほど、原料が逼迫、海外 からの原料調達コストが高騰する逆量産効果のジレ ンマに陥っており、ここから脱却するには、電極材 料の脱レアメタル化が避けられない事情があった。 一方、リチウムは、海水中に希薄ながら総量として は大量に溶存していることもあって、必ずしも資 源枯渇リスクを抱えた希少金属とはみなされていな い。地球上でのリチウム資源の66%¹⁵⁾は、塩湖かん 水中に含まれ、リチウム鉱石から得るより製造工程 での炭酸ガスの発生が少なく、製造コストも半値近 く安価に得られる。しかし、日本からみて地球の反 対側、南米高山エリアの塩湖でのかん水天日干しに 頼るプロセスは、鉱石採掘より時間を要するだけで なく、年産量が塩湖の表面積に依存する。少なくと も 2015 年までは供給過剰気味だったリチウムの需給 関係であるが、2020年付近からのEV市場急拡大に 対応しきれず、一転して需給逼迫に陥ることが既に 10年以上前から指摘¹⁶⁾されていた。事実、EV年 産台数50万台(20 GWh)のテスラのギガファクト リーがEVを製造開始したのはi-MiEVの市販より 8年後の2017年からであるが、その前年2016年か ら、既に炭酸リチウムの原料単価が約4倍高騰する など、世界的なリチウムの需給逼迫が顕在化しはじ め、希少金属でないにもかかわらず、リチウム資源 の確保が EV 本格普及のアキレス腱であることが再 認識されている。そもそも、図3に示すように 2050 年までに世界各国がカーボンニュートラルを達成す るため、現在年産約1億台と言われる全世界の4輪 車を仮に現行リーフクラスの EV に全て置き換える とするとそれに必要となる年産総蓄電池容量は約40 kWh × 1 億台 = 4 TWh となる。これを賄うのに要 するリチウムは、その理論容量 3.86 Ah/gより

 $4 \text{ TWh}/(3.86 \text{ Ah/g} \times 3.6 \text{ V}) = 287,000 \text{ t}$

となり、これは現在のリチウムの年産量の5倍以 上という非現実的な値となる。

この状況を緩和すべく、既に数社がナトリウムイ

表7 主なナトリウムイオン電池スタートアップ企業 Table7 Major startup companies of Na-ion batteries

会社名	H	発表年	正極	負極	電解波
Amte Power	英国	1997	Na 含有遷移金属酸化物	ハードカーボン	PC ベース グライム添加系?
Faradion	英国	2010	$Na_7M_4(P_2O_7)_4PO_4$ $Na_4M_3(PO_4)_2P_2O_7$	ハードカーボン	NaClO4/PC NaPF6/EC+DXC+PC
住友電工	日本	2011	NaCrO ₂	Na合金	NaFSA+KFSA二元系溶融塩
Natron Energy	米国	2012	プルシアンプルー	プルシアンプルー	不明
Energy 11	韓国	2013	不明	不明	不明
Tiamat Energy	仏国	2017	ポリアニオン	ハードカーボン	不明
HiNa Battery Technology	中国	2017	Na*Cu*Fe*Mn*O	ソフトカーボン	不明
Altris AB	スウェーデン	2017	プルシアンホワイト Na _x Fe[Fe(CN) ₆]	ハードカーボン	非水溶媒
Indi Energy	インド	2019	NaMnSiO ₄ ?	ハードカーボン	固体電解質?
CATL	中国	2021	プルシアンホワイト	ハードカーボン	不明

オン電池の市販化に向け名乗りをあげており、今夏 には中国最大の電池企業、CATLも二年後の市販化 を表明するに至っている(表7)。

7. ポストリチウムイオン電池へのアプローチ

現在実用化されている代表的蓄電池には、ニッケ ル水素電池、リチウムイオン電池、ナトリウム硫黄 電池があり、それぞれパワー密度、エネルギー密度、 コストパフォーマンスに長所を持つ(図7)。低環 境負荷で安全性の高いポストリチウムイオン電池と して期待されるのが、全固体ナトリウムイオン電池 であり、これは室温駆動のリチウムイオン電池とレ アメタルフリーのナトリウム硫黄電池のいいとこ取 りを狙った電池として期待される^{17、18)}。一方、経 済性、出力特性に優れたポストリチウムイオン電池 として期待されるのが、水系リチウムイオン電池で あり、電解液を水溶液にすることで、リチウムイオ ン電池の高電圧を犠牲にしつつも、低価格化、高出 力化、不燃化の実現を狙うものである¹⁹⁾。水系リチ ウムイオン電池の電位窓が狭い欠点も Li 電解質塩 を高濃度化し、水の活量を低減することで、電位窓 を拡大することが発見され²⁰⁾ 最近では 20 mol/kg LiTFSI + 8 mol/kg LiBETIの濃厚水溶液にて水系 Liイオン電池²¹⁾の3V放電が報告されるに至って いる。例えば、Li⁺は水5分子²¹⁾と水和することか ら、溶媒水分子に対する Li 電解質塩のモル比率を 1/5以上に濃厚にすることで自由水を排除できる計 算になるが、この濃度は質量モル濃度 m (= mol/ kg) にして、11 m つまり、水 1 kg 当たり 11 mol (モ ル濃度では6 M (= mol/L)) もの多量の Li 塩を溶 かした濃厚水溶液に相当する。しかし、LiPF₆など の比較的ポピュラーで安価な Li 塩ではこの濃度ま で水に溶かすことができず、自由水を完全に排除す るためには、せっかく安価な水系溶媒を使いながら 高価なイミド Li 塩を大量に溶かす必要があり、か えって非水系電解液より高価となってしまう皮肉な 事情があった。Naの場合には水和数が4²²⁾となり、 自由水の排除のためにはLiよりさらに高濃度の14 m 濃厚 Na 溶液を作る必要があるものの、17 m も

の大きな飽和濃度を持つ安価な NaClO₄ を使えるメ リットがある²³⁾。更に尿素やエチレングリコールな どのカオトロピック添加剤²⁴⁾により、水への溶質 溶解度を引き上げ、電位窓の拡大、可逆性の改善も 可能となっており、水系ナトリウムイオン電池^{25,26)} のみならず、水系マグネシウムイオン電池²⁷⁾など、 水系多価イオン電池の検討も今後活発化すると思わ れる。





8. 結言

本稿では、経済性、安全性を志向した我々のポス トリチウム電池候補と考える例を示したが、個々の 詳細については、紙面の制約もあり、引用文献に掲 げた報文等をご覧いただきたい。ポストリチウム電 池としては、様々な研究室から新規材料を使った蓄 電池が学会のたびに多数提案され、さながらカンブ リア爆発の様相を呈しているが、逆に言うとどれも それぞれに欠点を抱えており、論文発表だけで消え ていく電池系が多いのも事実である。しかし、ここ にきて、トヨタの全固体リチウムイオン電池や東芝 の水系リチウムイオン電池、日本電気硝子の全固体 ナトリウムイオン電池などの話題が新聞記事でも紹 介されるなど、ポストリチウム電池の研究開発が企 業を舞台にした実用化段階にシフトアップしてきて おり、淘汰圧の洗礼を受けながらも、魔の川、死の 谷、ダーウィンの海を乗り越え来るべき脱炭素社会 を支える GX(グリーントランスフォーメーション) の主役となるポストリチウムイオン電池像が明らか になるのにさほど時間はかからないかもしれない。

リチウムイオン電池の抱える環境政策パラドックスとポストリチウムイオン電池への期待

参考文献

- 1) 岡田重人, 学術の動向, 2 (2020) 8-15.
- 2) https://www.nedo.go.jp/library/battery_rm.html
- R. Hensley, J. Newman, M. Rogers, M. Shahinian, Battery technology charges ahead, McKinsey (2012) Q. 3, 5-50.
- https://about.bnef.com/blog/battery-pack-pricesfall-as-market-ramps-up-with-market-average-at-156kwh-in-2019/?sf113554299=1
- 5) 九州電力 (http://www.kyuden.co.jp/user_menu_ plan_jikantaibetu.html)
- 6) IEA Publications, Global EV Outlook, (2021) 47.
- 7) http://www.datsutanso.jp/14876691304429
- 8) IEA Publications, Global EV Data Explorer, (2020).
- 「次世代蓄電池・次世代モータの開発」プロジェ クトに関する研究開発・社会実装の方向性,経済 産業省製造産業局,2021年7月.(https://www. meti.go.jp/shingikai/sankoshin/green_innovation/ industrial restructuring/pdf/003_02_00.pdf)
- S. Kosai, K. Matsui, K. Matsubae, E. Yamasue, T. Nagasaka, *Resour., Conserv. & Recycl.*, 166 (2021) 105256.
- 11) 山末英嗣,光斎翔貴,柏倉俊介,日本LCA 学会誌, 17 (2021) 22-28.
- R. Kawamoto, H. Mochizuki, Y. Moriguchi, T. Nakano, M. Motohashi, Y. Sakai, A. Inaba, Sustainability, 11 (2019) 2690.
- 13) 中山智弘, 元素戦略, ダイヤモンド社 (2013)

- 14) JOGMEC News, 21 (2010) 10.
- 15) 椛島太郎,岸蒼代香, JOGMEC 金属資源情報, 21_03_vol.51 (2021).
- 16) 鯉江雅人, JAEA Review2010-057, (2010) 84.
- A. Inoishi, T. Omuta, E. Kobayashi, A. Kitajou, S. Okada, *Adv. Mater. Interfaces*, 4 (2017) 1600942-1600944.
- 18) 日本経済新聞,「セラミックス1種類だけで充放電」, 2017年4月27日.
- 19) 坂本遼,中本康介,喜多條鮎子,村上大樹,平 井晴香,田中賢,周永全,山口敏男,岡田重人, *Electrochemistry*, 87 (2019) 220-226.
- L. Suo, O. Borodin, T. Gao, M. Olguin, J. Ho, X. Fan, C. Luo, C. Wang, K. Xu, *Science*, 350 (2015) 938.
- Y. Yamada, K. Usui, K. Sodeyama, S. Ko, Y. Tateyama, A. Yamada , *Nat. Energy*, 1 (2016) 16129.
- 22) J. N. Israelachvili, *Intermolecular and Surface Forces*, Academic Press, Chapter 4, (2011) 79.
- K. Nakamoto, R. Sakamoto, M. Ito, S. Okada, Electrochemistry, 85 (2017) 179-185.
- 24) 坂本遼,中本康介,伊藤正人,岡田重人,第60回電
 池討論会,3E07 (2019).
- S.-I. Park, I. Gocheva, S. Okada, J. Yamaki, J. Electrochem. Soc., 158(10) (2011) A1067-A1070.
- 26) 日刊工業新聞,「ナトリウムイオン電池電解質に水 溶液試作成功」, 2011年11月10日.
- S. Okada, R. Sakamoto, K. Nakamoto, A. Kitajou, M. Ito, T. Matoda, INaB2017, IN-9, 2017 年 11 月 28-30 日

報文

鉛蓄電池正極における 利用率と耐久性の向上 第2報

Improvement of Utilization and Durability for Lead Acid Battery Positive electrode -2nd report-

渡邉 明尋 ^{*1} Akihiro Watanabe	萩原 英聞 Hideki Hagiha	₽* ¹ Ta	ブロダ / Balázs Broda	ヾ゙ラージ ^{*2}	ボトンド マロス Botond Marosfői	ペフォイ ^{*2}
ジェルジ ゾンボッ György Zsombok	ック ^{*2}	萬ヶ原 徿 Tooru Mangah	⋬ ^{*1} ara	古川 淳 ^{*3} Jun Furukawa		

Lead-acid battery is one of the most preferred power source in many applications because of the lowest cost and almost 100 % recycling rate. However, modern applications such as electric vehicles (EV) and energy storage system have required to further improve energy density and cycle life performance while saving cost and weight of lead-acid batteries. To improve the utilization and durability of positive active materials (PAM) is one of the important factors for high performance lead-acid battery which can meet the demands of new applications. The use of new additives for PAM is a key technology for improvement of utilization and durability. In this study, we evaluated the effects of new additives on the utilization and durability. New additives showed higher utilization and longer cycle life than conventional one. Furthermore, it was found that additives affect to the grain structure of PAM.

1. 緒言

日本政府は温室効果ガスの排出量を2050年まで に全体としてゼロにする"2050年カーボンニュート ラル"への挑戦を宣言しており、カーボンプライシ ングの導入、エネルギーミックスの実現などの取 り組みを推進している¹⁾。しかし、年間の国内温室 効果ガス排出量が12億トンを超える日本において、 このような高い目標を達成することは容易ではな く、高いレベルでの技術革新が求められている。国 内企業においては脱炭素社会に向けて再生可能エネ ルギー技術及びインフラ整備の導入拡大、電気自動 車、燃料電池車の開発に注力している。鉛蓄電池や リチウムイオン二次電池のような蓄電デバイスは上 述の核となる技術であり、化石燃料に代わるエネル ギー源として、長年にわたって世界中で研究開発が 行われている。 鉛蓄電池は他の蓄電デバイスと比べて安価で安全 性が高く、リサイクル技術も確立されていることか ら、電気自動車や燃料電池車の補機、又は長周期用 途の電力貯蔵システム用蓄電デバイスとして有力視 されている。このような用途に適用する蓄電デバイ スは、小型かつ軽量であること、高容量かつ長寿命 であることが求められる。鉛蓄電池がこれらの要求 を満たすためには、電池の放電容量と重負荷特性を 決定する正極材料の改善が必要不可欠であり、これ らの課題を解決するために、電池設計の最適化や新 規添加剤の適用など、様々な検討が行われている。

正極活物質の利用率又は耐久性を向上させる方 法として、最も簡便な方法の一つは、正極活物質密 度を制御することである。一般的に密度の低い正極 ペーストは活物質構造中に多くの細孔をもってお り、正極活物質と電解液との反応面積が増加するた め利用率が向上する。一方、高密度なペーストは活 物質同士の密着性が高くなるため、充放電の繰り返 しによる劣化が抑制され、寿命性能が向上する。し かし、低密度なペーストは高い利用率を示す反面、 短寿命な傾向にあり、高密度なペーストは優れた寿

^{*1} 鉛開発統括部

^{*2} Furukawa Electric Institute of Technology

^{*3} 顧問

鉛蓄電池正極における利用率と耐久性の向上 第2報

報文

命性能を示す一方で利用率は低下する²⁾。

また、正極ペースト作製において、鉛粉に対する 注酸量を増加させることも、利用率向上の方法の一 つとして知られている³³。注酸量の多いペーストは 熟成乾燥工程において多くの三塩基性硫酸鉛が生成 され、正極活物質の比表面積やポロシティが増加す ることで、利用率が向上すると考えられている。し かし、この方法では正極活物質の利用率が向上する 一方で、正極活物質の軟化脱落が促進されるため、 寿命性能は劣化する³⁴⁾。このように正極活物質の利 用率と耐久性はトレードオフの関係にあるため、上 述のようなペースト設計の最適化と異なる改善方法 を模索する必要がある。

上述のトレードオフの関係を解決する方法とし て、正極ペーストに対する添加剤の検討が注目され ており、鉛丹や四塩基性硫酸鉛のような鉛化合物、 グラフェンやカーボンナノチューブのような炭素系 材料等多くの研究が行われている 58)。当社では過去 に正極ペーストに対する 4BS 微細結晶生成剤の添加 を検討しており、異なる熟成温度が正極活物質の物 性、利用率及び耐久性に与える影響について報告し た⁹⁾。4BS 微細結晶生成剤を添加した正極活物質は 熟成工程において数 um 程度の柱状結晶が生成す ることで多孔度が増加し、極板内部への電解液の拡 散が促進されるため利用率が向上する。更に 4BS 由 来の柱状結晶は正極活物質中に強固な骨格構造を形 成するため、充放電の繰り返しによる正極活物質の 劣化を抑制することから、高利用率かつ長寿命な正 極活物質を得ることができる。

このような観点から、正極活物質に対する添加 剤の適用は、利用率と耐久性の両方を改善する上で 最も効果的な手段の一つと言える。そこで、本検討 では正極活物質に対する新たな添加剤の適用を検討 し、添加量の違いが正極活物質の物性、利用率及び 耐久性に与える影響について検討した。

2. 評価方法

2.1 正極熟成板の作製

鉛粉、添加剤、イオン交換水及び硫酸を混練りす ることで得られた正極ペーストを、鋳造基板に充填 し、熟成乾燥させることで目的とする正極熟成板を 得た。

本検討では新規添加剤を鉛粉に対して 0(REF), 0.25, 0.5, 0.75 及び 1.0 % 添加した 5 水準の正極板を 使用した。

2.2 化成

正極6枚、負極7枚の構成で2Vセルを作製し、 電解液を加えて正極理論容量の230%となるように 化成を行った。化成後の電解液比重は1.285 g/cm³ となるように調製した。

2.3 性能試験

容量試験として1時間率、5時間率及び20時間率 放電試験を行い、各水準の利用率を明らかにした。

次に、各水準の2 V セルに対して DOD40 % サイ クル寿命試験を行い、正極活物質の耐久性を明らか にした。表1に試験条件を示す。試験は 41 ± 3 Cの水槽で実施し、Step ①と Step ②の放電と充電を 1 サイクルとして、この充放電を 24 サイクル行った 後、DOD100 % の判定放電を行った (Step ③)。判 定放電後、各水準の 2 V セルを満充電状態になるま で充電し、必要に応じて補水した (Step ④)。本試 験は、判定放電から得られる容量が定格 5 時間率容 量の 50 % を下回るまで繰り返し実施した。

表1	DOD40 %サイクル寿命試験の試験条件
Table1	40 % DOD cycle life test profile

Sten	Mode	Current	Voltage	Time			
Step	Widde	A	V	h			
1	Discharge	$I_5 \times 2$	-	1			
2	Charge	$I_5 \times 0.5$	-	5			
	①⇔② x 24 cycle						
3	Discharge	$I_5 \times 2$	1.7	-			
4	Charge	$I_{5} \times 0.5$	Full c	harge			

※ J₅は5時間率電流(A)

2.4 物性評価

それぞれの条件で作製した正極板から正極活物 質をサンプリングし、以下の方法で各種分析評価を 行った。

- リガク製粉末X線回折装置RINT-2000/PCを 用いて正極活物質の粉末X線回折測定を実施 し、得られた回折データから正極活物質の組成 と結晶子サイズを明らかにした。
- 島津製作所製自動ポロシメータオートポア IV9500を用いて、水銀圧入法による正極活物 質の孔径分布の測定を行った。
- 3) 島津製作所製比表面積/細孔分布測定装置 ASAP2020)を用いて、窒素ガス吸着法による比 表面積測定(BET法)を実施し、正極活物質の 比表面積を明らかにした。
- JEOL 製走査型電子顕微鏡 JSM-IT1000A を用いて正極活物質の表面形態を観察し、各正極活物質の粒子形状を明らかにした。

3. 利用率及び寿命性能

図1に容量試験の結果を示す。横軸は添加剤の添加量、縦軸はリファレンスの利用率を100%とした時の各サンプルの利用率の相対値である。全ての容量試験において添加剤を0.25%から0.75%添加した正極はリファレンスよりも高い利用率を示した。

添加剤を1.0%添加した正極は、5時間率容量試験 と20時間率容量試験においてリファレンスと同程 度の利用率を示したが、1時間率容量試験では他の 水準と同様に利用率が向上した。本検討で使用した 新しい添加剤は放電レートが高いほど利用率の向上 効果が大きくなっていることから、高率放電性能の 改善に効果的であることが示唆された。

続いて、図2に各容量試験時の放電カーブを示す。 図2(a),(b),(c)はそれぞれ、(a)1HR,(b)5HR,(c)20HR 試験 時の放電カーブである。いずれの試験においても、 添加剤の有無による放電初期の電圧挙動に違いは見 られなかったが、放電末期ではリファレンスの電圧 が急落しているのに対し、添加剤を含む正極の電圧 は、緩やかに低下する傾向を示した。鉛蓄電池の放 電末期では正極活物質と電解液の界面を中心に粗大 な硫酸鉛結晶が生成するため¹⁰、内部抵抗が増大する。 添加剤を含む正極活物質は放電末期においても正極 活物質と電解液間の良好な反応場を維持しているこ とから、本検討で使用した添加剤は、放電反応にお ける粗大な硫酸鉛結晶の生成を抑制し、正極板内部 への電解液の流路を保つことができると考えられる。



鉛蓄電池正極における利用率と耐久性の向上 第2報



次に DOD40 % サイクル寿命試験の結果を図3に 示す。リファレンスを100 % とした時のサイクル数 の相対値を比較したところ、添加剤を0.25 % 添加し た正極のサイクル数はリファレンスとほぼ同等であ り、0.5 % と0.75 % 添加した正極のサイクル数はリ ファレンスよりも約1.15 倍向上した。また、1.0 % 添加した正極は最も良好な寿命性能を有しており、 リファレンスよりも約1.5 倍サイクル数が延伸した。

以上の結果から、本検討で使用した添加剤は、利 用率と耐久性の両方を改善する効果があり、正極活 物質の利用率と耐久性のトレードオフの関係を解消 できることを明らかにした。



Fig.3 Results of 40 % DOD cycle life test

4. 正極活物質の物性評価

添加剤による正極活物質の利用率と耐久性向 上のメカニズムを明らかにするために、添加量0 %(REF), 0.5 %, 1.0 % の3水準の正極活物質に対して 各種分析評価を実施した。図4に化成後の正極板の 写真を示す。リファレンスの正極板表面は硫酸鉛由 来の白色結晶に覆われており、未化成部の残存が示 唆された。一方、添加剤を含む正極板は、添加量が 多いほど白色結晶に覆われた領域が減少しており、 化成効率が向上する傾向を示した。





次に、図 5(a) に粉末 X 線回折測定による正極活 物質中の *a* -PbO₂ と β -PbO₂ 組成比を、図 5(b) に結 晶子サイズを示す。添加剤の使用により、活物質 中の *a* -PbO₂ 量は増加し、β -PbO₂ は減少した。ま た、結晶子サイズは添加量が多いほどa-PbO₂と β -PbO₂共に小さくなる傾向を示した。



(a)組成比, (b)結晶子サイズ Fig.5 Results of XRD measurement for positive active materials (a)Composition ratio, (b)Crystallite size

次に、水銀圧入法による正極活物質の孔径分布 を図6に、BET比表面積測定の結果を図7に示す。 孔径分布測定より、正極活物質は0.1μm以下のミ クロポアと1.0μm程度のマクロポアを有している ことが分かった。添加剤を含む正極活物質は、ミ クロポアとマクロポアの両方が僅かに減少する傾向 を示したが、リファレンスとの違いはほぼ見られな かったことから、添加剤が正極活物質の細孔径に与 える影響は極めて小さいと考えられる。

一方、BET 比表面積測定では添加剤の量が多いほ

ど正極活物質の比表面積が増加する傾向を示した。 正極活物質の比表面積と利用率の間には高い相関性 があり、一般的に比表面積が大きいほど利用率は増 加する¹¹⁾。高率放電試験における利用率の大幅な向 上は、正極活物質粒子の比表面積が増加したことで、 電解液との反応性が向上したためと考えられる。





Fig.6 Composition ratio of each positive active materials





鉛蓄電池正極における利用率と耐久性の向上 第2報

粉末X線回折測定、孔径分布測定及びBET比表 面積測定の結果から、添加剤が正極活物質の粒子構 造に影響することが分かった。そのため、走査型 電子顕微鏡を用いて正極板表面の活物質粒子を観察 し、添加剤が正極活物質の粒子構造に与える影響を 明らかにした。図8に各正極活物質のSEM 像を示 す。リファレンスの正極活物質は粒子サイズが不均 一であり、球状又はブロック状粒子の凝集体を形成 していることが分かった。一方、添加剤を0.5%添 加した正極活物質粒子は、リファレンスと同様の球 状、ブロック状粒子の凝集体に加えて、微細な針状 結晶を含むことが分かった。更に添加量を増やした、 添加量 1.0%の正極活物質は、球状及びブロック状 粒子がほぼ消失しており、全体にわたって微細な針 状結晶が生成していることが分かった。正極活物質 の結晶子サイズの低下や比表面積の増加は、添加剤 による正極活物質の粒子形状変化によるものと考え られる。





5. まとめ

表正極ペーストに対する新たな添加剤の適用が、 正極活物質の物性、利用率及び耐久性に与える影響 を明らかにした。本検討において得られた知見を以 下に記す。

- (1) 新規添加剤の使用により、正極活物質の利用率 と耐久性を向上させることができた。
- (2) 添加量が多いほど、化成効率が向上する傾向を示した。
- (3) 添加量の増加に伴って、正極活物質中のα
 -PbO₂量は増加、β-PbO₂量は減少し、結晶子
 サイズは減少した。
- (4)新規添加剤を含む正極は、極板表面に微細な針
 状結晶を形成し、粒子構造を変化させることが
 分かった。

参考文献

- 経済産業省資源エネルギー庁,2050年カーボンニュー トラルの実現に向けた検討(2020)
- D. Pavlov, "Premature capacity loss(PCL) of the positive lead/acid battery plate: a new concept to describe the phenomenon" *Journal of Power Sources.*, 42 345-363(1993)
- H. Ozgun, L. T. Lam, D. A. J. Rand, S. K. Bhargava, "Effect of plate preparation on active-material utilization and cycleability of positive plates in automotive lead/acid batteries" *Journal of Power Sources.*, 52 159-171(1994)
- 4) 橋本健介ほか:正極熟成板の密度と三塩基性硫酸鉛生成量が活物質利用率と重負荷特性に及ぼす影響について、FBテクニカルニュース、No.71, p.33(2015)
- J.P. Mckinley, M.K. Dlaska, R. Batson, "Red lead: understanding red lead in lead-acid batteries" *Journal* of Power Sources., 107, 2, 180-186 (2002)

- 6) David P. Boden, Daniel V. Loosemore, G. Dean, Botts, "SureCure® - A new material to reduces curing time and improve curing reproducibility of lead-acid batteries" *Journal of Power Sources.*, 158 2, 1133-1139(2006)
- Oluwaseun John Dada and Matthew Ming-Fai Yuen, "Interconnected Graphene Networks as Novel Nano-Composites for Optimizing Lead Acid Battery" 15th IEEE International Conference on Nanotechnology., 476-479(2005)
- 8) Rotem Marom, Baruch Ziv, Anjan Banerjee, Beni Cahana, Shalom Luski, Doron Aurbach, "Enhanced performance of starter lighting ignition type lead-acid batteries with carbon nanotubes as an additive to the active mass" *Journal of Power Sources.*, 296 20, 78-85(2015)
- 9) 渡邉明尋ほか:四塩基性硫酸鉛種結晶が正極の利用 率及び耐久性に与える影響,FBテクニカルニュース, No.75, p.8(2019)
- Bode, H. "Potentiometric Measurement of Stateof-Charge of Lead-Acid Batteries Using Polymeric Ferrocene and Quinones Derivatives" *Lead-Acid Batteries*; Wiley: New York, NY, USA(1977)
- D. Pavov, E. Bashtavelova, "Structural Properties of the PbO2 Active Mass Determining Its Capacity and the "Breathing" of the Positive Plate during Cycling" *Journal of the Electrochemical Society.*, 133 (2), 241-248(1986)

報文

産業用ドローン向け 電池システムの製品化

Battery System Products for Industrial Drones

樋口 勇人*1*2 渡辺均*3*4 Hayato Higuchi Hitoshi Watanabe

山方 政典*3 Masanori Yamakata

中間 崇彦*2 大桃 義智*2 Takahiko Nakama Yoshitomo Omomo

The widespread adoption of industrial drones in the market requires both convenience and safety. In particular, its drive battery is one of the most important components and has a great impact on the flight performance of the drone. The biggest challenge is to achieve higher performance while reducing the risk of battery ignition. In order to achieve this, it is necessary to develop a system that comprehensively links the battery, charger, and drone aircraft. This report describes the products of industrial drone battery systems and introduces the status of the next high capacity model under development.

1. はじめに

2020年7月9日に開催された、小型無人機に係 る環境整備に向けた官民協議会(第14回)、におい て議論された「空の産業革命に向けたロードマップ 2020」が、同年7月17日に公開された。そこには、 「2022年に、有人地帯での目視外飛行(レベル4) の実現」が明記された¹⁾。レベル4の社会実装の意 味するところは、ドローンによる物流革命の実現で ある。このロードマップに沿って、官民一体で技術 開発、環境整備を進めてきているが、まだまだ解決 しなければならない課題は多い²⁾。

当社が開発しているドローン用バッテリについて も同様に課題は多い。特に物流ドローンは、重い荷 物を積み(高パワー)、長距離を飛ぶ(高容量=高 エネルギー密度)ことで価値が認められる。

加えて有人地帯の上空を飛ぶということは、無人 地帯上空仕様に比べて格段に高い安全性能が求めら

れる。このことは高パワーと高エネルギー密度に加 えて、高い安全性能というバッテリにおいては「ト レードオフ」の関係にある性能を両立させなければ ならないということであり、ドローン機体や充電器 とも連携した総合的な開発が必要となる。

本報では、ドローンメーカとの共同開発により 製品化した国内産業用ドローン向けリチウムイオン バッテリの特徴について説明し、さらに次世代の高 容量モデルのセル開発状況についても紹介する。

2. リチウムイオンバッテリ

2019年、ノーベル化学賞を受賞した吉野彰博士が 開発した「リチウムイオンバッテリ(以下、LIBと いう)」は世界を大きく進歩させた。LIB は携帯電 話・スマホという小型モバイル通信機の製品化に貢 献し、瞬く間に普及、高度な情報化社会を確立させた。

LIBは更に進化を遂げる。図1に横軸をエネルギー 密度 (Wh/kg)、縦軸にパワー密度 (W/kg) を示し たラゴンプロットと呼ばれる図を示す。LIB は、材 料や構成を変化させることで、高エネルギーのタイ プから(右下)、高パワーのタイプ(左上)まで広 い範囲で性能を変化させることができる。その結果、

^{*1} リチウム事業統括部 技術部

^{*2} 研究開発本部 LB セル開発部

^{*3} 研究開発本部 LB システム開発部

^{*4} 研究開発本部 新事業推進部





モバイル機器用途だけではなく、パワーを要する電 動工具やハイブリッド電気自動車(HEV)など幅広 い分野で活躍している。

その中で、産業用ドローンがバッテリに求める領 域はラゴンプロットの「右上」、すなわち高パワー 密度かつ高エネルギー密度の両立領域である。重い 荷物を持ち上げ、かつ横風に負けない制御には高パ ワー密度が求められる一方で、長距離を飛行するた めの高エネルギー密度のバッテリ、すなわち軽量な バッテリが必要である。

3. ドローン用途 LIB

高パワーを実現するための課題のひとつに LIB の 発熱による温度上昇がある。 図2に、ドローン用 途で開発したラミネート形 LIB セルの放電性能を示 す。図中に示している「xC (x=1 ~ 7)」は、電流の

3.5	30	50			12
3.0	-	10			10
25 -	Charge: 1C 4.2V Discharge: 2.5V 25 °C		laminate film t LIB cell	ype	80
2.0		(70	2		60
15			(5C)		40



大きさを示す指標である。このドローン用ラミネー ト形 LIB セルは、電動工具用途や、レース向け電動 バイク用途の高パワー技術を展開しているため、7C という大電流でも、1C とほぼ同等の容量を引き出 すことができる。しかしセルの温度(図2の右縦軸) は、発熱により放電終了時には約70℃にまで上昇 している。LIB セルを複数個組み合わせる「バッテ リパック」では、熱がバッテリパック内に蓄積され るため、更に温度が上昇しドローン飛行終了時には 90℃近くになることもある。

LIB は高温に晒されることで劣化が促進される。そ のためドローン用途のように、高パワー用途で高温 になりやすい LIB は、必然的に寿命が短くなる傾向 がある。表1に各種用途のLIBの特徴をまとめている。

ドローン用途のLIBは、短距離走選手の「瞬発力」 のような性能に特化しており、その性能を長期間維 持することは難しい。一方、スマホ等のモバイル機

デバイス	ドローン	ロボット	スマホ、デジカメ ゲーム機、 等
求められるバッテリーを 陸上選手に例えると・・	短距離走選手等の 瞬発力【速筋】	用途によって、 速筋と遅筋の混在	長距離走選手等の 持久力【遅筋】
要求スペック上位は?	①軽さ ②ハイパワー ③安全性	 ①安全性 ②急速充電 ③長寿命 	 ①サイズ(小型、薄型) ②長寿命(充放電繰り返し寿命: 1000サイクル以上) ③安全性
使われているバッテリー は?	「リポバッテリー」と呼称する LIBが多い	鉛バッテリーが多い、LIB	LIB
課題は? 短距離のスピードで マラソンが走れない	 ①充放電の繰り返し寿命が短い (100~200回) ②「リボバッテリー」がスタンダート 化している 	 ①市場に適合できるLIB製品が少ない ②充電時間が長い ③無線充電化(自動充電)したい 	小型化(体積あたりのエネルギー密 度増)への要求が強く、LIBの安全 マージンが低下している

表1 各デ	バイス用途毎のLIBの特徴
Table 1	LIB characteristics for each device

産業用ドローン向け電池システムの製品化

項目	<mark>リポ</mark> バッテリー (リチウムイオンポリマー)	インテリジェントLIB		
形態				
電気回路	なし	あり (保護、通信などのインテリジェント機能)		
残量計	なし	あり		
筐体	シュリンクフィルム巻 (ケースなし)	ハードケースあり		
コネクタ	ワイヤコネクタ	ケース一体型コネクタ		
充電器	マルチ可能	専用充電器		
コスト	安い	割高(インテリジェント機能分)		
安全性	低い	高い		
取扱い性	比較的慎重になる	取り扱いやすい		

表2 リポバッテリーとインテリジェントLIBの比較 Table 2 Comparison of LiPo battery and Intelligent LIB

器用途の LIB は、デバイスの小型化、薄型化を追求 したことで、バッテリをデバイスに埋め込むタイプ が一般的になってきている。ユーザーによるバッテ リ交換ができないため、高パワーが求められない代 わりに長距離走選手のような持久力を持つ(長い寿 命の)LIB が要求される。それぞれ、デバイスの用 途に特化した LIB となっている。

ドローン用途では表2に示す通称「リポバッテ リ」と呼ばれるバッテリが多く使われている。「リポ」 とは「リチウムイオンポリマー」の略称で、LIB セ ルの中身の材料の一つである電解質がポリマー状に なっているものを指すが、実際に市場に出回ってい るリポバッテリは、電解質が液体であるものがほと んどである。リポバッテリは元来ラジコンで使われ ている軽さのみを優先したバッテリである。軽量化



図 3 LIBの発火に至るまでのプロセス Fig.3 Reaction process until ignition of LIB

のために、安全に対する設計上の配慮がされていな い。しかし、LIB には図3に示すように「熱暴走に より発火に至るメカニズム」があり、通常使用温度 範囲でもトリガーが加われば連鎖的な発熱反応によ り温度が急上昇し、発煙・発火に至る場合がある。 このため市販されている LIB では保護回路などの安 全設計が必須となっているが、それでも実際に市場 での事故報告が後を絶たない³⁾。リポバッテリは安 全設計そのものが組み込まれていないものが多く、 LIB の性質に対する十分な知識をもって取扱わない と、火災などのリスクが高くなる。例えば、表2に 示すように、リポバッテリの筐体はシュリンクフイ ルム巻きであり、中身のラミネート形 LIB セルが硬 いケースで保護されていない。そのため、落下や打 撃が加わると、セルが容易に変形し、内部短絡とい うトリガーを引き起こす場合がある。また、リポバッ テリには保護回路がなく、かつマルチ充電器対応(設 定条件をユーザーで変えることができる充電器)の 場合、セルバランスのずれや充電設定電圧の間違い により過充電というトリガーを引き起こしやすい。 このため、リポバッテリはユーザー自身がリスクに 十分に配慮して使用することが前提の製品である。

4. ドローン用インテリジェント LIB パック

表2に示した「インテリジェントLIB」は、安全 設計機能を備えており、LIBのリスクを知らなくて も安全に使用できる安心設計になっている。例えば、 LIBは過充電という状態になると、プラス極での材 料の結晶分解、マイナス極では熱的不安定な金属リ チウムが析出するなど、トリガーとなる反応が発生 し、発火・破裂に至る可能性がある。

逆に、過放電という状態になると金属材料が溶け 出す場合があり、次に再充電した際に金属析出とな り、内部短絡を生み出す可能性がある。そのため LIB の保護設計思想として、過充電及び過放電の両方とも に充放電を停止させる制御をすることが基本である。

しかしドローン用 LIB には、この基本的安全設計 思想が適用できない。例えば、ドローン飛行中に、 過放電に至らないように電力供給を停止させると、



図4 ドローン用LIBパックの保護回路ブロック図 Fig.4 Protection circuit block diagram for LIB pack for drones

ドローンは墜落してしまう。そのためドローン用 LIB に過放電保護(放電停止機能)を設けることが できない。そこで当社は、バッテリパックが、電力 供給を止めるのではなく、バッテリの状態をドロー ン機体や充電器が通信により監視することでバッテ リの安全性を確保する方法を取ることにした。その 方法を図4のブロック図に示す。バッテリが過放電 状態になったり、異常に高温になったりするなどの 異常な使用履歴があると、バッテリパックの内部メ モリーにそれらのデータが蓄積される。充電する際 に、充電器がバッテリパックからそれらのデータを 通信で取得し、異常を判断すると警告 LED にてユー ザーに知らせたり、充電を停止したりバッテリパッ クを使用不可にする。このようにバッテリパック単 体ではなく、ドローン機体や充電器を含めたトータ ルの電源システムにより安全設計を確保するコンセ プトである。更に、充電器にてバッテリの容量劣化 を測定したり、長期の保管時間や繰り返し充放電回 数も管理したりして、バッテリの取替時期をユー

ザーに通知する健康診断機能も備わっている。これ らの機能は、バッテリ切れでドローンが墜落するリ スクを低減させるために有効に働くものである。ま たバッテリパックの構造面でもハードケースやケー ス一体型コネクタにより堅強性を向上させること で、安全性、信頼性、操作性の向上を図っている。

ドローン用のインテリジェント LIB パック及び専 用充電器の製品仕様を表3に示す。小型モデル(6 直列 /127Wh)と大型モデル(12 直列 /435Wh)の 2 種類のラインアップであり、小型モデルは、空撮、 測量や点検用途、大型モデルは、10L 級の農薬散布 や物流用途などに提案している。

5. 高容量化 LIB セル (開発品)

前章の通り、LIB の安全性には十分な配慮が必要 である一方、ドローン用途ではより高エネルギー密 度のバッテリが求められている。図5に開発中の次 世代モデルのLIB セルの放電性能を示す。高い電力 量(Wh)を引き出すために、高電圧充電が可能な材 料を選択している。併せて、構成部材の軽量化も図 ることで、現行比 + 31%の重量エネルギー密度の UPを達成した。これによりドローンの飛行長時間 化(長距離化)への貢献が期待できる。ただし、高 電圧充電ゆえの大きな性能劣化(特に高温時の劣化) の課題が残っており、現在対策中である。

表3 ドローン用インテリジェントLIBパック/ 専用充電器の製品仕様

		Small type 62KSP545483-2	Large type 121L0978G8D1-1		
Battery structur	re	6S in hard case	12S in hard case		
Nominal Voltage	e	23.1 V	44.4 V		
Consoitu	(Ah)	5.5 (typ) / 5.2 Ah (min)	9.8 (typ) / 9.5 Ah(min)		
Capacity	(Wh)	127 Wh (typ)	435 Wh (typ)		
Dimension (mm	ו)	113.5h *58w*91d	124h*101w*243.5d		
Weight (Weight Energy Density)		0.79 kg 2.6 kg (161Wh/kg) (167Wh/kg)			
Safety and Relia function	ability	[Intelligent battery pack] Safety function (overcharge, overcurrent Relative SOC : measure, display and om 5 steps LED capacity indicator Easy and rigid attachment system [Intelligent dedicated charger] Battery protection and warning function Battery SOH check (Usage frequency, Ce	and temperature protection) immunication available il unbalance, Storage condition)		
Battery SOH Check (Usage frequency, Cell unbalance, Storage condition) Battery pack Charger LCGM-M001 J Charger J CH					

Table 3 Product specifications of intelligent LIB pack and charger for drones

産業用ドローン向け電池システムの製品化

6. おわりに

国内ドローン市場は、2025年には6468億円に達 すると見ている⁴⁾。本格普及には利便性、安全性、 経済性の確立が必須であり、これにバッテリに課せ られた使命は非常に大きい。この先には「移動革命」 の空飛ぶクルマの社会実装⁵⁾も待っている。当社は LIBの後継候補としての次世代バッテリも開発中で あり、ドローン、空飛ぶクルマのような世の進歩軸 にあるモビリティをバッテリ技術が牽引できるよう に開発に取り組んでいきたい。



図5 次世代モデルの開発品LIBセルの放電性能

Fig.5 Discharge performance of next-generation LIB cell (under development)

参考文献

 首相官邸ホームページ_小型無人機に関する関係府省 庁連絡会議

https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/pdf/ siryoul4.pdf)

- 2) 首相官邸ホームページ_小型無人機に係る環境整備に 向けた官民協議会(第14回)議事要旨 https://www.kantei.go.jp/jp/singi/kogatamujinki/ kanminkyougi_dail4/gijiyousi.pdf
- 3) 消費者庁ホームページ_消費生活用製品の重大製品事 故:リコール製品で火災等(リチウム電池内蔵充電器 (2020/4/10)

https://www.caa.go.jp/notice/assets/consumer_safety_ cms202_200410_01.pdf

- 4)春原久徳、青山祐介、インプレス総合研究所,ドローン ビジネス調査報告書 2021, (2021)
- 5) 経済産業省ホームページ _ 空の移動革命に向けた官民 協議会

https://www.meti.go.jp/shingikai/mono_info_service/ air_mobility/index.html

報文

リチウムイオン二次電池の 状態検知技術の開発

Development of battery state estimation system

斉藤 直広*1	増田洋輔*2	近藤 宏篤*2	蒲生 良次*1
Naohiro Saito	Yousuke Masuda	Hiroatu Kondo	Yoshitugu Gamou

Battery state estimation is required for safety system with lithium ion batteries. In particular, state of charge (SOC) and state of health (SOH) is important.

We developed more accurate estimation algorithms. Algorithms estimates battery state by modeling the battery. We evaluated algorithms and confirmed good performance. We plan to make further improvements in the next step.

1. はじめに

リチウムイオン二次電池は、高効率かつエネル ギー密度が高いという特徴を活かし、スマートフォ ンなどの小型電子機器や、電気自動車で普及してい る。また、最近では産業機器用や電力貯蔵用といっ た大型の蓄電池システムでも活用されている。

リチウムイオン二次電池を使用したシステムに はバッテリーマネジメントシステム(以下、BMS という)と呼ばれる制御機器が用いられる。この BMSの役割として、安全にリチウムイオン二次電 池で充放電を行うための、過電圧や過温度等の異常 検知に加え、電池の残容量(以下、SOC という)や 電池の寿命(以下、SOH という)といった、電池 の状態検知の機能が求められる。

この中でSOCの検知手法としては主に電流積算 法と電池電圧監視法が挙げられる。電流積算法は古 典的だが信頼性を持つ手法であり、センサによって 測定した電流値を積算することで電池から出入りし た容量を算出し元々の電池容量を用いて計算するこ とで現在のSOCを求める手法である。

電流積算法の課題として、初期の電池容量の誤差 を取り除けないことや電流の測定精度による誤差が 積算されてしまうことにより検知精度が悪化すると いうことがある。

電池電圧監視法では電池の電圧とSOCに相関関 係があることを利用した方法であり、事前にこの相 関関係をデータとして取得しておくことでセンサに て測定した電圧情報からSOCを推定する手法であ る。十分なデータがあれば高い精度で検知できる手 法であるが、課題として、電圧とSOCの相関関係 は電流レートや温度、SOHなどの複数のパラメー タの影響を受けることがある。そのため、全ての電 池状態に対応するためには膨大なデータを取得する 必要がある。

また、SOHに関する検知手法としては主に充放 電法とサイクルカウント法がある。充放電法は満充 電から放電停止電圧まで放電された際、若しくは満 放電から充電停止電圧まで充電された際の容量を現 在の電池容量として、初期の電池容量と比較する 方法である。これは現在の電池容量が確実に把握で きる手法であるが、課題としては、途中で止めるこ となく充放電を行う必要があるために時間を必要と し、電池の用途によっては行うことができない。

サイクルカウント法では電池に流れた充電電流 と放電電流をそれぞれ積算し、それぞれの積算値が 電池の容量と等しくなった時を1サイクルとしてカ ウントし、このカウントされたサイクル数で SOH を検知する手法である。課題としてサイクル数に応 じてどの程度の劣化が起こるかは事前にデータを取 得しておく必要があること、そのデータと実際に生

^{*1} 研究開発本部 LB システム開発部

^{*2} 研究開発本部 LM 開発部

リチウムイオン二次電池の状態検知技術の開発

じる電池の劣化が完全に一致するわけではないこと がある。

本報ではこのような課題を解決する SOC と SOH の状態検知技術を開発するための当社の取り組みを 報告する。

2. SOC検知手法の開発

2.1 SOC検知手法

当社では SOC の状態検知において等価回路モデ ルを使用した手法を用いている¹⁾。この手法では電 流積算法で算出される SOC に、電池の端子電圧情 報と等価回路モデルを用いて推定した電池の開放端 電圧(以下、OCV という)の推定値から算出され る SOC にて補正を行い、SOC の検知精度を上げる 手法である。この等価回路モデルを使用した手法は 広く使われている手法であるが、課題として電池の 電圧情報を使用するために電池電圧に平坦な領域が ある場合には推定が難しくなるという点がある。

例としてリン酸鉄リチウム(以下、LFPという) を正極材として使用した電池と三元系正極材(以下、 NCMという)を使用した電池の充放電曲線を図1 に示す。

図1は縦軸が電圧 [V]であり、横軸が容量 [Ah]の 容量に対する電圧特性を示している。図1で示され るとおり、NCM を用いた電池は容量に応じて電圧 に変化があることに対し、LFP を用いた電池は容量 の変化に対して電圧の変化が比較的に少ない、電圧 変化の平坦な領域がある。そのため、LFP を用いた 電池では正確な端子電圧の測定と誤差なく OCV を 推定することができる必要がある。

当社では自社設計の BMS を用いることによる端 子電圧測定精度の向上に加え、OCV 推定に用いる 充放電曲線の近似式を複数の場合分けすることに よる近似精度向上によって OCV の推定精度を向上 させることで LFP でも等価回路モデルを利用した SOC の状態検知を行えるようにした。

さらに、等価回路モデルの各種パラメータに対し て、温度を考慮するための補正項を組み込むことで 多様な温度環境下でも精度よく推定を行うことがで きる SOC 検知手法としている。



Fig.1 An example of Charge-discharge characteristics

2.2 SOC検知精度確認試験

SOCの検知精度確認試験を行った。試験用に作成 した5直列1並列のLFP電池モジュールを恒温槽 内で-20℃、25℃、45℃の環境にて充放電試験機で の定電流放電試験を行った。この時の充放電試験機 の電流測定値から算出したSOCを真値とした。そ して、自社設計のBMSにて当社のアルゴリズムを 用いて推定したSOCと比較することでSOCの検知 精度を確認した。

結果を図2に示す。図2は縦軸がSOC[%]、横軸 が時間 [min]の時間に対するSOCを示しており、恒 温槽設定温度が、(a)-20℃、(b)25℃、(c)45℃の試験結 果である。この時の最大誤差及び二乗平均平方根誤 差(以下、RSMEという)を表1にまとめる。

報文



図2 温度別のSOC検知精度 Fig.2 Accuracy estimate SOC by temperature

表1 温度別の最大誤差とRSME Table1 Max error and RSME by temperature

Temperature (°C)	Max Error (%)	RSME (%)
-20	2.9	1.7
25	3.6	1.5
45	2.4	1.0

この結果からどの温度帯でも精度 5% 以内で SOC を検知できることを確認した。

低温の厳しい環境でも精度良く検知できているこ とから十分に実用的なアルゴリズムとなっていると 考えられる。ただし、本アルゴリズムの課題として、 25℃環境の放電末期において誤差が大きくなってい ることである。特に放電末期に真値よりも上方向に 誤差が生じている場合には、突然の電池切れに繋が るため、この点の改善は不可欠である。

この現象が起こる原因としては放電終了直前での モデルとの誤差が考えられるため、より電池の実態 に合うモデルを考えていく必要がある。

また、実運用を想定した試験も実施した。この試 験は充放電のタイミングや電流値が一定ではない状 況での推定精度を確認した試験である。恒温槽内が 25℃となるように設定し、SOCの初期値を20%か らスタートとした。その後はSOCが90%~10%の 範囲内に収まるように適度に充電と放電が切り替わ るような充放電試験を実施した。

結果を図3と図4に示す。図3は縦軸がSOC[%]、 横軸が時間 [min] の、時間に対するSOCを示してお り、図4は縦軸がSOC 誤差率 [%]、横軸が時間 [min] の、時間に対するSOC 誤差率を示している。







リチウムイオン二次電池の状態検知技術の開発

この結果から、実運用を想定したパターンにおい ても良好な推定が行えていることを確認できた。試 験中の420分前後では、温度別のSOC検知精度確 認試験と同様に、SOCが低くなった時に精度が悪化 していることが分かる。しかし、本試験ではその後、 630分前後の充放電休止期間中に精度が改善し、そ の後はSOCが低くなった時の推定精度が向上して いることが分かる。充放電休止期間中に精度が向上して いることが分かる。充放電休止期間中に精度が向上して なるたけ分かる。充放電休止期間中に精度が向上して おり、充放電休止期間中に電池電圧がOCVに近づ いたためと考えられる。そして、試験後半ではSOC が低くなった時の推定精度が向上したことに関して は、時間が経つにつれて本アルゴリズム内の変動パ ラメータが最適化されたことによって生じたと考え られる。

今後はより早くパラメータが最適となるようなア ルゴリズムとパラメータの初期値を設計していく必 要がある。

3. SOH検知手法の開発

3.1 SOH検知手法

現状の SOH 検知手法の課題解決のため、当社で は端子電圧、電流、温度を用いた手法を考案した。 本手法は、電流と温度を用いて SOH が 100% の時 の端子電圧を算出し、この端子電圧を BMS によっ て測定した値と比較することで、現在の SOH を検 知することを可能とした。

この時の電圧差 *V_{diff}* は電池の液抵抗値 *R_{sol}* と反応 抵抗値 *R_n* を用いて次の式にて SOH と関連付けを する。

 $V_{diff} = f(R_{sol}, R_{re}) = g(SOH) \tag{1}$

式(1)を満足するSOHを計算で割り出す。

この時、各抵抗値を用いての端子電圧 V_Lの予測 は OCV の推定値とセンサで測定した電流 *i*、電流 レートの逆数である時間率 *t*、セルの容量 C を用い て以下の式 (2) で求める。

 $V_{L} = OCV + i[R_{sol} + R_{re}] - exp(-t/(R_{re}C))]$ (2)

また、SOH と各抵抗値は1次関数の関係とする ことで計算量をマイコンで処理できるように抑えな がら、傾きと切片のパラメータを調整することで十 分な精度との両立を図っている。

この端子電圧 V_Lの予測値がセンサで測定した電 圧と等しくなるように計算することで SOH を推定 できる。

本手法の利点は、放電後すぐに電池の SOH を推 定可能である点にある。このため、本手法が実用可 能であることが分かれば、今現在行われているよう な定期メンテナンス等で電池システムを止める必要 がなくなり、顧客満足度及び製品価値の大幅に向上 させる技術となりうる。また、SOH を推定するた めだけに電池を満放電および満充電する必要がなく なるため、余分なエネルギー消費を減らすことによ る省エネにつながり、二酸化差の排出量削減にも貢 献することができる。

更に、本手法で必要なパラメータは一般的なもの であり、特別な測定センサ等が不要であることも特 筆すべき点である。事前に十分なデータを取得して おくことで追加の部品なしで SOH の測定精度を向 上させることができるために低コスト化とシステム の小型化にも貢献できる。

3.2 SOH検知精度確認試験

検知精度を確認するため、45℃サイクル試験を実施した。この試験は恒温槽内の温度が45℃となるように設定したうえで電池を保管し、電池に接続される各配線は恒温槽外部の充放電試験機まで引き出してから、試験機に接続をしている。その際に、試験機との接続では配線の抵抗値や結線のための接触抵抗等、様々な抵抗が生じるために、これらの抵抗を考慮した補正を行っている。

上記手法を用いて行った SOH の検知精度確認試 験結果を図5に示す。試験開始から2750 サイクル (実 SOH 80 %)まで、検知精度誤差 真値 ± 10 % の 範囲内で検知可能である結果が得られた。

なお、本検討においては、推定 SOH が実 SOH より小さいときにマイナスの誤差と表記している。



4. まとめ

本報ではリチウムイオン二次電池を用いたシステ ムにおける状態検知技術に関する当社の取り組みに ついて報告した。SOC 検知手法及び SOH 検知手法 の説明を行い、更に現状の精度確認試験を行った結 果を記載している。

SOC に関しては正極に LFP を使用した電池に対 して、-20℃、25℃、45℃での試験にて検知精度は 最大誤差 4% 以内、試験全体での RSME が 2% 以内 という結果となった。SOC 推定精度の目標は -20℃ から 45℃の範囲にて 5% 以内であった。これは、従 来では精度の悪化していた -20℃や 45℃という環境 下でもより高精度に SOC を推定する技術を開発す るために定めた。今回開発した技術は多様な温度に 対応した SOC 検知アルゴリズムとして高い精度と なっているが、温度によっては放電末期に誤差が生 じているなど、課題が残っているため、より一層の 改善を行っていく予定である。

SOHに関しては、考案したSOHの検知理論がお おむね正しいことが検証試験にて分かったが、実用 可能とするまでにはまだ多くの課題があり、今後 も引き続き取り組む必要がある。具体的には、測 定温度を変えたときの精度誤差、SOH検知アルゴ リズムの作成、電池の使用パターンが変わった際 のSOH検知などが取り組むべき課題である。ただ し、条件付きではあるが、実際に電池を完全放電さ せることなく、放電を開始してすぐに端子電圧から SOH を真値 ± 10% の精度で検知が可能である本手 法は、測定自体は簡単で汎用性が高く、電池システ ムの価値向上に一役買うことができることが期待さ れ、更なる検討を進める予定である。

リチウムイオン二次電池を安全に効率よく使用す るためにはその状態を検知する技術が必要不可欠で あり、この状態は SOC や SOH の他にもまだ多くあ る。そのため、今後も継続して状態検知技術の開発 に取り組んでいき、将来的にはその瞬間の状態を検 知するだけでなく、より未来の電池状態を予測でき るようなシステムを作り上げていくことが重要であ る。

参考文献

 馬場厚志,モデルに基づくリチウムイオン二次電池 の充電率推定に関する研究,慶應義塾大学博士論文,1 (2014)

技術解説

JIS D 5306(アイドリングストップ車用鉛 蓄電池)制定

The Establishment of JIS D 5306 Lead-acid batteries for vehicles with stop and start system

小森山 裕恭 Komoriyama Hiroyasu

JIS D 5306(アイドリングストップ車用鉛蓄電池) が制定されました。その趣旨と概要について以下に 解説致します。

1. 今回制定の趣旨

電池工業会規格として既に SBA S 0101 (アイド リングストップ車用鉛蓄電池) が発行されている 中、市場に ISS 車が広範に普及してきたことから 公益社団法人自動車技術会及び市場から JIS 規格化 が切望されたため、アイドリングストップ車用鉛 蓄電池に関する 国際規格 IEC 60095-6 (Lead-Acid Starter Batteries – Part6: Batteries for Micro-Cycle Applications) を基礎とし、JIS 規格として制定した。

2. SBA S 0101からの主な改正点

2.1 充電

対応国際規格に規定された方法に加えて, 定電流 充電法を規定した。

2.2 寿命試験

アイドリングストップ寿命試験は, SBA S 0101 では気槽だけの規定であったが,対応国際規格と の整合の観点から水槽についても規定した。JIS D 5301:2019の寿命と同様に性能については"規定す る値の 80 %以上"とした。また IEC 規格との整 合化のため、腐食試験、50 %DOD 寿命試験、17.5 %DOD 寿命試験の試験方法を参考として規定した。

2.3 性能

IEC 規格との整合化のため、電解液保持試験を追加した。

2.4 安全標識

IEC 規格との整合化のため、記号を ISO 7010 に

従い、変更した。

3. 懸案事項

国際規格との整合化の審議の過程において、今回 の制定 JIS には次に示す課題があった。

- a) 今回の制定で型式一覧表については,使用者の判 断材料となることを考慮して附属書に規定した。 次回改正時は IEC 規格(型式一覧表無し)との 整合を図るため必要性を検討することとした。
- b) 今回の制定で腐食試験、50%DOD寿命試験、 17.5%DOD寿命試験、容量保存性能試験、減 液試験は性能を規定しなかった。この性能については次回改正時の検討課題とした。
- c) 端子強度試験及び締付強度試験の締付トルクの 適切な許容差については、次回改正時の検討課 題とした。
- d) 1993年に自動車技術会電装部会及び電池工業会 合同による"IEC 機種統合委員会"にて,始動 用鉛蓄電池のEサイズ以下の型式は,10年間 を目標に端子配置を標準(極性)"L"に統合す ることの技術指針が報告された。現在,アイド リングストップ車においても新車搭載品に逆配 置(極性)"R"があるため,機種統合及び国際 規格との整合化の観点からも,100%の極性"L" 化を推進していく。
- e) アイドリングストップ寿命試験,50%DOD 寿 命試験及び17.5%DOD 寿命試験では,安全に 試験を行うため,補水できる構造の蓄電池は, 液面が最低液面指示部を下回る前に補水を行う こととした。補水するタイミングについては, 次回改正時の検討課題とした。

グローバルに活躍するアルカリ蓄電池

Furukawa Battery's alkaline storage batteries have attracted worldwide users.

当社の鉄道車両用アルカリ蓄電池は、過酷な使用 条件での耐久性や長寿命性が特徴で、シンガポール のモノレール「セントーサ・エクスプレス」にも搭 載されています。

当社は本分野において、長年にわたって実績と信 頼を積み上げており、国内の数多くの鉄道事業者様 に採用されているほか、海外の鉄道についても複数 の搭載実績があります。2007年、シンガポールのセ ントーサ・エクスプレスの開業時及び2014年に同 車両が増備された際に、当社製アルカリ蓄電池が搭 載されました。この度、4編成分の蓄電池が交換時 期を迎えましたが、これまでの安定稼働を踏まえた 信頼性や安心感などが評価され、再び当社製アルカ リ蓄電池が採用されることとなりました。

シンガポール共和国のセントーサ島は、シンガ ポール本島の南に位置する島であり、リゾート地と して有名です。2000年代より同国政府の政策に沿っ て、大規模な再開発が行われました。「セントーサ・ エクスプレス」は、この再開発の一環としてセントー サ島へのアクセス改善のために建設された跨座(こ ざ)式モノレールです。小形・軽量化された車両と、 リゾート島へのアクセスにふさわしいデザインなど が特長で、2007年開業以来、順調に稼働を続けてい ます。

当社は、今回の交換のタイミングで、小形・軽量 タイプのメンテナンス性を強化したアルカリ蓄電池 を納入しました。本蓄電池は毎朝の車両起動電源と して、又、停電時のバックアップ電源として車内照 明・換気・通信などに使われます。モノレール車両は、 必要な機能・信頼性を確保しつつ限られたスペース に主要設備を格納する必要があります。加えて、高 架の軌道上を走行するため重量も制限されます。当 社は、航空機用アルカリ蓄電池分野で培った小形・ 軽量化技術を生かし、鉄道車両用アルカリ蓄電池を 生産しており、本蓄電池を提供することで、これか らもセントーサ・エクスプレスの安全・快適な公共 交通としての価値を高めてまいります。また、本蓄 電池はメンテナンスの負担が小さく、人手不足の現 場やランニングコスト削減の観点からも有益です。

鉄道は環境負荷が低い移動手段として注目されて 久しく、同時に、昨今では、経済成長と開発には欠 かせない持続可能で強靭(レジリエント)な交通網・ 物流網としての役割も担っています。当社は鉄道市 場に向け、耐久性・長寿命性・メンテナンス性に優 れたアルカリ蓄電池を安定供給することにより、環 境面・経済面・社会面の課題の解決に貢献してまい ります。



セントーサ・エクスプレスに搭載された、鉄道車両用アルカリ蓄電池



搭載電池の拡大写真

(新規市場拡販営業部 山口敦)

EN規格LN4形蓄電池 トヨタ自動車株式会社様に採用

Adoption of 395LN4 Lead Acid Battery for TOYOTA MOTOR CORPORATION

この度、トヨタ自動車株式会社様が2021年8月 に発売したランドクルーザー300に、当社のLN4 形蓄電池2品種(LN4-STD、LN4-ISS)をご採用頂き ました。

本製品は、欧州のEN(European Norm)規格及び、 トヨタ自動車様の要求を満足したEN蓄電池です。

2017年にLEXUS向けLN4を開発していますが 搭載箇所の違いから一括排気蓋仕様から各セル排気 蓋仕様にしています。性能は開発で培った技術を織 り込み高品質、高安全性の電池となっています。 概要を以下に示します。

1. 製品名及び外観*

395LN4 形蓄電池 2 機種



395LN4形蓄電池外観

2. 主な特長

- ① 安全に配慮した設計
 - インジケータを設けることにより、目視による電池の健康状態の確認を可能としました。
 - ・防爆フィルターを採用し、外部で発生した火 花(スパーク)による引火爆発を防ぐ構造と しました。
 - 液面線を設けることにより、側面から液面の
 確認が可能な構造としました。
- ② 高性能・長寿命・低メンテナンス性
 - ・用途に合わせ正/負極板、セパレータ、電解 液の設計最適化を行い、高容量、高始動性、 長寿命化を達成しました。
- ③ アイドリングストップシステムに対応した最適
 設計 (LN4-ISS)
 - ・充電受入れ性を向上させる技術を採用し、ア イドリングストップ中の深い放電、及び充電 制御による充電不足環境に対する耐久性を確 保しました。

3. 要項表

	電 圧	20 時間率	外形寸	·法(mm	l)*	液入質量
	(V)	容量(Ah)	総高さ	幅	長さ	(約 kg)
LN4-STD	10	20	100	175	214	01 E
(非 ISS 車)	12	80	190	175	314	21.0
LN4–ISS	10	20	100	175	214	22.0
(ISS 車)	12	80	190	175	314	22.0

^{*} 外観、外形寸法は EN 規格 (EN-50342) に準拠

EN規格LN1形蓄電池 トヨタ自動車株式会社様に採用

Adoption of 350LN1 Lead Acid Battery for TOYOTA MOTOR CORPORATION

この度、トヨタ自動車株式会社様が2021年9月 に発売されたカローラクロスに、当社のLN1形蓄 電池をご採用頂きました。

本製品は、2015 年からプリウスに搭載している 「345LN1」の改良品となっています。欧州のEN (European Norm)規格及び、トヨタ自動車様の要 求を満足したEN蓄電池です。

LN1 以外にも、サイズの異なる EN 蓄電池を開発・ 販売しており、これまで培った技術と実績を織り込 んだ高品質、高安全性の電池となっています。

概要を以下に示します。

1. 製品名及び外観*

350LN1 形蓄電池



350LN1形蓄電池外観

2. 主な特長

- ① 安全に配慮した設計
 - 液口栓を設け、使用中の液減りに対して電解 液の補充が可能です。
 - ・防爆フィルターを採用し、外部で発生した火 花(スパーク)による引火爆発を防ぐ構造と なっています。
 - 液面線を設け、側面から液面の確認が可能な
 構造としました。
- ② 車両の使用用途に合わせた最適設計
 - ・補機用だけでなく、始動用としても使用できるよう、設計を見直しました。
 - ・正/負極板、セパレータ、電解液の設計最適 化を行い、高性能かつ高寿命の電池となって います。

3. 要項表

電 圧	20 時間率	外形寸法 (mm)*			液入質量
(V)	容量(Ah)	総高さ	幅	長さ	(約 kg)
12	46	190	175	175	12.9

^{*} 外観、外形寸法は EN 規格 (EN-50342) に準拠

再生可能エネルギー利用オフグリッド独立電源システムに組み合わせ エコロミ社の 「サステナブル・エナジーソリューション」に FCP-500を納入

Valve Regulated Lead Acid Battery "FCP-500" Installed in Ecolomy's PV Off-Grid System "Sustainable Energy Solution"

当社は、株式会社エコロミ様(本社:東京都千代 田区、代表取締役:小峯充史、以下エコロミ)の「サ ステナブル・エナジーソリューション」にサイクル ユース用鉛蓄電池 FCP-500 を納入しました。(図1)



 図1 福島県双葉郡富岡町で運用がスタートした「サステナブル・ エナジーソリューション」

1. エコロミの「サステナブル・ エナジーソリューション」について

サステナブル・エナジーソリューションは、環 境との共生・経済合理性を両立する、持続可能かつ 自立的なエネルギー利用の仕組みです。太陽光パネ ルと鉛蓄電池、そこで得られた直流(DC)を交流 (AC) に変換する「インバータ」で構成され、停電 時に系統電力の供給が途絶えた場合においても、オ フグリッド独立電源システムとして、太陽光で発電 した電力を福祉施設や自治体等に供給します。また、 日没後や悪天候時など電力が不足する場合には、LP ガス発電機を補助的に稼働させ電力供給できる仕組 みを構築しており、天気や燃料供給などの条件が整 えば、24時間×7日間もの長時間安定的な電力供給 を実現します。福島県双葉郡富岡町に1機目が設置 され、2021年3月より販売を開始しました。本機に は、国内外で導入実績が増えているサイクルユース 用鉛蓄電池のうち、FCP-500が導入されています。



図2 エコロミの「サステナブル・エナジーソリューション」のシステム運用図

2. 当社のサイクルユース鉛蓄電池FCPについて

当社は、長年培ってきた鉛蓄電池の技術力・開発 力を生かし、再生可能エネルギー発電設備向けなど 充放電を繰り返す蓄電用途(サイクルユース)にお いても、長寿命で高いパフォーマンスを発揮する蓄 電池の開発に注力してきました。中でもFCPシリー ズは、一般的な蓄電池と比べて非常にサイクル寿命 が長く、メンテナンスフリーはもちろんのこと、当 社マニュアルに基づいて現地作業員だけでの設置作 業が可能な、取り扱いが大変簡単な製品です。また、 要望の容量に応じて自由なカスタマイズ設計が可能 なことから、運用コストパフォーマンスを最大限に 生かすことができます。

今回採用に至った FCP-500 は、大規模蓄電システム等に使用されることが多い FCP-1000 に比べ、容量は半分、そして重量やサイズは比較的コンパクトです。電池とユニットを分けて運送することで、

フォークリフトなどの重機の持ち込み及び使用が困 難な設置場所でも、運搬や設置作業が更にしやすく なります。また、近年需要が高まりつつある小中規 模の蓄電システムに最適な容量といえることから、 今後国内だけでなく国外においても、更なる拡販の 期待が高まる蓄電池です。

世界的に再生可能エネルギー利用の推進及び災害 対策への意識が強まる今日、当社は長寿命・高品質 な蓄電池・サービスのグローバルでの提供を通じて、 安全かつ強靭で持続可能な人々の暮らしを支えてま いります。

なお、当社はこれまでにも、アフリカのカーボベ ルテ島、マダガスカル島、そしてモーリタニアにお けるオフグリッド(独立型)太陽光発電設備向け蓄 電システムに、サイクルユース用鉛蓄電池を納入し ています。



図3 「サステナブル・エナジーソリューション」内に設置されたサイクルユース用鉛蓄電池FCP-500

ドローン用インテリジェントリチウムイオン 電池パックと専用充電器

Intelligent lithium ion battery pack and dedicated charger for drones

ドローン用インテリジェントリチウムイオン 電池パックと専用充電器の販売を開始しました。 モデルは2種類あり、ラミネート形の電池を用 いた「121L0978G8D1-1」と角形の電池を用いた 「62KSP545483-2」を取り揃えています。モデルごと に専用充電器もあります。適用するドローンの設計 や仕様に合わせて、適切な電池を紹介します。

1. 商品詳細

ドローン用インテリジェントリチウムイオン電池パック

型番	121L0978G8D1-1	62KSP545483-2	
	(125 ラミネート形)	(6S 角形)	
寸法	W101×L244×H124 mm	W58×L91×H113.5 mm	
質量	約 2.6 kg	約 790g	
公称電圧	44.4V	23.1V	
容量	Typ. 9.8Ah, Min. 9.3Ah	Typ. 5.5Ah, Min. 5.2Ah	
	Typ. 435Wh, Min. 413Wh	Typ. 127Wh, Min. 120Wh	

専用充電器

型番	LCG12-M001J-2	LCGM-M001J	
	(12S ラミネート形 専用充電器)	(6S角形 専用充電器)	
寸法	W741×L309×H155 mm	W240×L240×H104 mm	
質量	約 12 kg	約 2.2kg	
充電電圧	50.4V	26.4V	
充電電流	9.3Ah	5.8Ah	
充電時間	約2時間/2ch※	約1時間/1ch※	

※電池パックを、室温で残量20%から満充電にするまでの時間。

(仕様は予定なく変更されることがあります。データおよび寸法は保証値では ありません。詳細については当社までお問い合わせください。)

2. 商品特長

<ドローン用途に特化した電池パック>

ドローン用途に要求される「高出力」に対応したリチウムイオン電池パックです。

<信頼性を重視した設計>

② 電池パック、充電器とともに、過充電・過電流・ 温度などの「保護機能」を備えており、信頼性 を重視した設計です。

<ドローン飛行に便利な機能付き>

- ③ 電池パックには、電池残量を6段階で示す LED ランプが付いており、瞬時に残量を把握するこ とができます。
- ④ 電池残量や電圧などの電池状態を機体に通信で きるインテリジェント機能が付いています。
- ⑤ 電池が寿命などにより容量低下した場合、電池 切れによるドローンの墜落を避けるために充電 器で「警告」する機能が付いています。

3. 外観



121L0978G8D1-1, LCG12-M001J-2



62KSP545483-2, LCGM-M001J

(リチウム事業統括部)

ロボット用インテリジェントリチウムイオン 電池パックと標準充電器

Intelligent lithium ion battery pack and dedicated charger for robots

ロボット用インテリジェントリチウムイオン電 池パックと標準充電器の販売を開始しました。モ デルは2種類あり、ロボットから取り外しが可能な 「7LPL0678G8C1-1P01(アウターパック)」とロボッ トに内蔵する「7LPL0678G8C1-1M01(インナーパッ ク)」を取り揃えています。どちらも同じラミネー ト形のリチウムイオン電池を用いています。電池 パックに対応した標準充電器もラインアップしてい ますが、お客様で充電回路を設計して機器内部で充 電することも可能です。

1. 商品詳細

ロボット用インテリジェントリチウムイオン電池パック

型番	7LPL0678G8C1-1P01	7LPL0678G8C1-1M01	
	(7S ラミネート形 アウターパック)	(7S ラミネート形 インナーパック)	
寸法	W269×L97×H94 mm	W195×L87×H79 mm	
質量	約 1.7 kg	約 1.3kg	
公称電圧	25.2V	25.2V	
定格容量	5.3Ah%1	5.3Ah%1	

※1 充電条件(20℃):1.75A-29.0V(CCCV)/0.23A 放電条件(20℃):1.2A(CC),放電終止電圧 21.0V

標準充電器

型番	LCG7-M001J		
	(ロボット用電池パック 7S ラミネート形 標準充電器)		
寸法	W175×L63×H30.5 mm(ACコード除く)		
質量	約 350g(AC コード除く)		
充電電圧	29.0V		
充電電流	1.75Ah		
充電時間	約 3.5 時間※2		

※2 電池パックを、室温で残量0%から満充電にするまでの時間。

(仕様は予定なく変更されることがあります。データおよび寸法は保証値では ありません。詳細については当社までお問い合わせください。)

2. 商品特長

<ロボットの設計に便利な電池パック>

- 設計や使用方法に合わせてインナーパックとア ウターパックの2つのモデルから選択できます。
- ② 標準品のため、開発コスト(電池設計費、金型 製作費など)が不要であり、少量生産品にも適 します。
- ③ 電池残量や電圧などの電池状態を機体に通信で きるインテリジェント機能が付いています。電 池に異常があった際に、お知らせします。

<信頼性を重視した設計>

- ④ 過充電・過電流・温度などの「保護機能」を備 えており、信頼性を重視した設計です。
- 二次電池安全規格 IEC62133:2012 第三者認証 取得、JET 部品認証取得品です。

3. 外観



7LPL0678G8C1-1P01(アウターパック)



7LPL0678G8C1-1M01(インナーパック)

(リチウム事業統括部)

大規模な系統安定化用サイクル電池 "FCP-500S型"

Cycle battery for large-scale grid stabilization"FCP-500S"

1. 背景

今後、新電力の導入が加速されることが予想され、 リチウムイオン電池やレドックスフローなどの各種 電池において大規模な系統安定化用蓄電池開発が加 速しています。市場ニーズから"寿命20年"という これまでにない高い寿命性能が求められており、既 に製品化した FCP-1000S 型に加えて、このような 用途に最適で大規模な系統安定化用サイクル電池 FCP-500S 型を開発しましたので、その概要を紹介 します。

2. 緒元

型式		FCP-500S	
公称電圧 (V)		2	
10時間率定格容量(Ah)*1		500	
外形寸法(mm)	高さ(±2)	508	
	長さ(±2)	166	
	幅(±2)	172	
質量(約 kg)		42.5	

3. 特長

- FCP-1000S (2V,1000Ah) に加えて、FCP-Sシリー ズ第2弾
 - ・容量ラインアップが増えたことで、並列使用で 様々な容量の構成が可能
- ●超長寿命
 - ・期待寿命20年(25℃において)
 - ・期待サイクル数 6,000 サイクル
 - (DOD^{*2} 70% / 0.23C₁₀^{*3} A 放電時)
 - ・総放電容量 1,575kAh
- ●ユニット構造で多段積み設置
 - ・設置面積の省スペース化
- *1 25℃における容量
- *2 DOD:放電深度

- ・施工時間の短縮
- ・保守性の向上(単電池の端子を前面に配置)
- ・仕様に応じてカスタマイズ可能



FCP-500S 6個組 外観図

4. 電池特性



図1 FCP-500Sによる各率放電特性図(25℃)

図2に充電特性図を示します。



図2 FCP-500Sによる充電特性図(一例)

(産業機器生産統括部 産業機器技術部)

^{*3} C10:10 時間率容量

アフターマーケット向け欧州規格バッテリー ECHNO[エクノ]EN Premium/High Gradeシリーズの紹介

Introduction of Battery – European Norm Type "ECHNO EN Premium/High Grade" for Aftermarket

欧州(EN)規格を採用したアフターマーケット 向け4輪車用バッテリー ECHN-O[エクノ]EN シ リーズをリニューアルしました。

EN 規格バッテリーの国内需要は年々増加傾向に あり、2025 年度には約 200 万個 / 年と 2020 年度の 約 10 倍の需要を見込んでいます。その中で、EN 規 格バッテリー搭載車種も増加しており、今後は多様 化する車種や顧客のニーズに合わせた販売が必要不 可欠となります。

これまでは、アイドリングストップ(IS)車・ハイ ブリッド(HV)車・通常車の全てに対応したバッテ リーを1シリーズとして展開してきましたが、①IS車 (LN0,LN1を除く)、②HV車・通常車とそれぞ れターゲットを絞った2シリーズとして展開します。

1. 商品名

 ■ ECHNO[エクノ] EN Premium(5 機種 5 タイプ) 345LN0, 355LN1, 375LN2-IS, 390LN3-IS, 400LN4-IS
 ■ ECHNO[エクノ] EN High Grade(3 機種 3 タイプ) 340LN0, 350LN1, 360LN2

2. 商品特長

IS 車をターゲットとしたプレミアムシリーズ (LN0, LN1 を除く)、通常車・HV 車をターゲット としたハイグレードシリーズの2シリーズをライン アップしました。

プレミアムはハイグレードよりもエンジン始動 性能・容量・寿命性能に優れているほか、通常車・ HV車に対する補償期間を延長し、国内最長の30か 月/5万kmで設定しました。

① 寿命性能の向上

電解液にプレミアムアルミ(特許第4799560号) を添加。充電回復性能が向上し、IS 車特有の充電 不足によるバッテリーの劣化を抑制。(375LN2-IS, 390LN3-IS, 400LN4-IS)

また、正極活物質の最適化(高耐久ペースト)、 耐久性・耐食性に優れた合金の採用により寿命性 能が向上しています。

② エンジン始動性能・充電受入性能の向上 格子は耐久性重視のブックモールド製法に加え、

第電性に優れるシミュレーション格子を採用し、 負極の活物質には導電性に優れたカーボンを添加。 格子の機械的強度の向上に加え、カーボンが導電 ネットワークを形成し通電をサポートすることで、 エンジンが始動しやすく、素早く充電が回復します。

3. 外観(パッケージ)



ECHNO[エクノ] EN Premium



ECHNO[エクノ] EN High Grade

(自動車営業統括部 自動車営業部)

自動車バッテリー用ポータブルテスター FBT-8000Pの紹介

Introduction of Portable Battery Tester FBT-8000P for Automotive Batteries

2021 年 3 月、「FBT-7000P」をフルモデルチェン ジし、新型テスター「FBT-8000P」(図1. 外観参照) として発売しました。

新たな測定技術によって、より精度の高い診断を 実現し、従来見逃されていた劣化バッテリーについ ても交換を促す提案が可能となりました。以下に詳 細を紹介いたします。

1. 商品特長

■容量判定の追加

従来、エンジン始動性能(CCA)の測定により 診断を行っていましたが、バッテリーの使用方法に よってはCCAが低下しにくいバッテリーがあり、 交換推奨品を見逃す可能性がありました。容量テス トを追加し、CCAと容量のダブルチェックにより、 従来見逃されていた劣化バッテリーについても交換 を促すことが可能となりました。

■温度補正の追加

CCA は温度の影響を受けやすく、季節による温 度変化で本来の CCA 値より増減し、誤診断される 可能性がありました。

温度を測定し CCA 値を補正する機能を追加する ことで、全ての季節で従来よりも正確な診断が可能 となりました。

■プリントアウト内容をリニューアル

判定結果の○×△表示や、対応バッテリータイプ、 販売店名などの情報を追加し、お客様に案内しやす く分かりやすいレイアウトになりました。テスター 診断を活用した予防交換の促進に期待できます。 (図2.プリントアウト例参照)

■耐久性・作業性が向上したクランプの採用

バッテリーの搭載場所が座席の下などの狭い場所 でも、接続しやすく、耐久性の高い小型金属製クラ ンプを採用しました。(作業中のショート防止のた めのゴムカバー付き)

■あらゆる車種に対応

FBT-7000Pと同様に従来車種に加え、ISS車・HV車補機・EN規格バッテリー搭載車に対応可能です。



図1.外観

図2.プリントアウト例

要項表

モデル	FBT-8000P
外形寸法	長さ280mm ×幅140mm ×高さ102mm
質量	約 1.65kg
ケーブル	3.0m メタルクランプケーブル
劣化状態判定	始動性+容量判定
測定可能	JIS 型式、EN 型式、ISS 型式、HV 補機型式
バッテリー	
電圧計	測定範囲:1 ~ 30VDC (誤差 ± 0.05VDC)
ディスプレイ	3.5インチ カラー
使用温度範囲	0°C∼ 50°C
使用湿度範囲	20% ~ 80%
付属品	感熱ロール紙 (5 本)、取扱説明書、 キャリング
	ケース、USB 変換アダプター

(自動車営業統括部 自動車営業部)

製品紹介

センサHUB延長基板の紹介

Introduction of protocol converter for sensor HUB

1. 背景

再生可能エネルギーの出力変動吸収やピーク電 力削減のために蓄電システムの導入が増えており、 それに伴って産業向けサイクルユース用鉛蓄電池 への需要が高まっています。蓄電システムを効率 よく運用するためには、鉛蓄電池の SOC (State Of Charge)を把握する必要があることから、当 社ではサイクルユース用蓄電池向け BMU(Battery Monitoring Unit)の開発、実証実験を行い国内外に 納めてきました。

これまで納めてきた BMU は、BMU 盤と蓄電池 盤が隣接する案件で活躍してきました。一方で、従 来の仕様では設置レイアウトに制限があります。そ のため、BMU 盤と蓄電池盤を同一箇所に置けない 案件では、コストアップが見込まれるなどの課題が ありました。そこで、設置レイアウトの自由度を向 上させるセンサ HUB 延長基板の開発を行いました。

2. センサHUB延長基板について

BMUでは、データロガー(BMU構成要素の一 部)とセンサ HUB 間に TTL 通信を使用しており、 通信線は長くても 1.5 m程度までしか延ばせません でした。センサ HUB は蓄電池の電圧・温度を監視 するユニットセンサと通信しており、データロガー との距離が 1.5 mを超えることが想定されます。そ こで、TTL 通信を RS422 通信に変換し、通信線の 距離を延ばすことに成功しました。この変換装置を 延長基板((a),(b)参照)と呼びます。延長基板接続に より BMU 盤と蓄電池盤が同一箇所にない場合でも、 最大 100 mまでの通信距離であれば設置レイアウト を自由にできます。

☆延長基板接続によるメリット

- ① 設置レイアウトの自由度向上
- ② データロガーの台数を減らしコストカット
- ③ 顧客要求に最小限の機器構成で対応可能
- ④ 入札条件をクリアし顧客満足度の向上

3. 今後の展望

スタンバイユース用蓄電池向け監視装置である BCW(Battery Condition Watcher)の延長基板におい ても、部品共通化を図り開発を進めていきます。



(a)延長基板データロガー側



(b)延長基板センサHUB側



(産業機器生産統括部 電源製造部)

FB 古河電池株式会社

https://www.furukawadenchi.co.jp/

本社・支店

本社	〒240-0006	神奈川県横浜市保土ケ谷区星川二丁目4番1号(星川SFビル)	TEL.045-336-5034
東京事務所	〒141-0021	東京都品川区上大崎4-5-37 (本多電機ビル 3F)	TEL.03-3492-2971
東北支社	〒980-0803	宮城県仙台市青葉区国分町3-6-1 (仙台パークビル8F)	TEL.022-224-1231
東北支社 北海道支店	〒003-0021	北海道札幌市白石区栄通14-1-20	TEL.011-855-3061
中部支社	〒450-6643	愛知県名古屋市中村区名駅1-1-3 (JRゲートタワー 43F)	TEL.052-414-4626
中部支社 北陸支店	〒921-8171	石川県金沢市富樫 2-2-12 (STビル 2F)	TEL.076-281-6651
関西支社	〒541-0048	大阪府大阪市中央区瓦町4-2-14 (京阪神瓦町ビル9F)	TEL.06-7634-7551
関西支社 四国支店	〒760-0023	香川県高松市寿町1-1-12 (パシフィックシティ高松5F)	TEL.087-811-5980
九州支社	〒810-0004	福岡県福岡市中央区渡辺通1-1-1 (サンセルコビル 7F)	TEL.092-762-8050
九州支社 中国支店	〒730-0051	広島県広島市中区大手町2-11-2 (グランドビル大手町8F)	TEL.082-240-8001

事業所・工場			
今市事業所	〒321-2336	栃木県日光市荊沢字上原597	TEL.0288-22-3111
いわき事業所	〒972-8312	福島県いわき市常磐下船尾町杭出作23-6	TEL.0246-43-0080
エフビー工場	〒321-2331	栃木県日光市針貝字茅場1066-22	TEL.0288-26-8061
富山工場	〒939-2376	富山県富山市八尾町福島5-88	TEL.076-455-3411
技術開発本部(いわき)	〒972-8312	福島県いわき市常磐下船尾町杭出作23-6	TEL.0246-44-6881
技術開発本部(今市)	〒321-2336	栃木県日光市荊沢字上原597	TEL.0288-22-3111

