ISSN 1345-8426







### FBテクニカルニュース No.72号

2016年 (平成28年) 12月発行 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 編集委員長 小野 眞一 編集 委員 井奈福 浩之、加納 哲也、久保田 昌明、坂井 幹之、 櫻井 正人、齋田 耕作、秋山 浩範、岩田 正範、宅見 理 **非売品(無断転載を禁じます)** 

\*お問い合わせは、企画部 (☎045-336-5078) までお願い致します。



総説

目 次

金星探査機あかつきの開発とその科学成果	中村 正人1
報文	
フローレスレドックス電池用電極の開発	增田洋輔、阿部英俊9
金星探査機「あかつき」搭載バッテリーセルの開発と運用	第二報 大登 裕樹、近藤 宏篤、阿部 英俊15
鉛蓄電池用連続製法正極基板の開発 川口 祐太	:朗、佐藤 篤志、古河 浩明、古川 淳 22
マイクロハイブリッド車用第二世代 UltraBatteryの開発 第 荻野 由涼、西村 章	;二報 『宏、竹本 嵩清、本間 徳則、古川 淳 28
技術解説	
ISO 9001 /ISO 14001 マネジメントシステムの統合	米本 俊郎 33
トピックス	
UltraBatteryが日本イオン交換学会技術賞を受賞	
ものづくり日本大賞経済産業大臣賞を受賞	
TOYOTA新型プリウスにEN規格LN1形蓄電池が採用	
バックボーンフレーム式ユニット型蓄電池の紹介	
新商品紹介	
マグネシウム空気電池 『MgBOX slim』 の紹介	
鉄道地上設備用制御弁式据置鉛蓄電池 "FCR形電池"	
UPS (無停電電源装置) 100 ~ 300k VA 【GBTDX-T3シリー	ズ】
製品紹介	
可搬形特殊信号発光機(MF-84Y)	
市販向け二輪車用「FTZ5S」「FTZ6V」形 制御弁式蓄電池の	り紹介

# FB Technical News

### Contents

#### Introduction

Development of Venus orbiter AKATSUKI and its results	Masato Nakamura1
Technical Papers	
Development of the Electrode for Flow-less Redox Batteries	Yosuke Masuda, Hidetoshi Abe9
Development and Operation of Battery for the Venus Climate Orbi Hirok	iter "AKATSUKI" Second Report ci Ooto, Hiroatsu Kondo, Hidetoshi Abe15
Development of The Positive Grid Made by The Continuous Proce Yutaro Kawaguchi, Atsushi	ess for Lead Acid Battery Sato, Hiroaki Furukawa, Jun Furukawa22
Development of Second Generation UltraBattery for Micro Hybrid Yusuke Ogino, Akihiro Nishimura, Koshin Take	l Electric Vehicle Second Report emoto, Tokunori Honma, Jun Furukawa28
Technological Analysis	
Integration of ISO9001and ISO14001 management system	Toshio Yonemoto33
Topics	
UltraBattery won 2015 Technical Award of Japan Society of Ion E	xchange35
The Developer of MgBOX <sup>®</sup> Won Minister Prize of Economic, Trade and Industry at the 6th Monodzukuri Nippon Grand Award	1
Adoption of LN1 Lead Acid Battery for TOYOTA New PRIUS	
Introduction of Backbone Frame Unit Type Cell	
New Products	
Introduction of Magnesium-Air Battery "MgBOX slim"	
Valve Regulated Lead-Acid Battery for Ground Equipment for Rat	ilway40
UPS (Uninteruptible Pwer Supply) 100~300kVA 【GBTDX-T3Serie	es]41
Products	
Special Signal Light Emitting Equipment of Portability Type	42

Special Signal Light Emitting Equipment of Portability 1	уре		2	łZ
Introduction for Replacement VRLA Motorcycle Battery	"FTZ5S"	"FTZ6V"	,2	13

### 金星探査機あかつきの開発とその科学成果

Development of Venus orbiter AKATSUKI and its results

宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系教授 博士(理学)



中村正人 Masato Nakamura

#### Abstract

Japanese Venus orbiter project (project name PLANET-C) started in 1999, and was approved by ISAS in 2001. The project is dedicated to reveal the Venusian atmospheric dynamics which seems totally different from the terrestrial one. After the development of the spacecraft of 10 years, we launched it from Tanegashima space center on 21 st of May, 2010. The spacecraft was named AKATSUKI. It arrived at Venus on 7 th of December, 2010, but due to the malfunction of the thruster system the Venus orbit insertion turned out to be a failure. Using the reaction control systems instead of the broken orbital maneuver engine, the recovery maneuver was operated on 7 th of December, 2015 and AKATSUKI was finally inserted into the orbit around Venus with 0.37 million km apoapsis and 10.7 days orbital period. Now AKATSUKI is sending fruitful scientific data every day to us on the ground.

#### 1. はじめに

金星探査計画のワーキンググループが活動してい たのは1990年代の終わりであった。活動は続けら れていたが、今ひとつ決定的な要素に欠けると思わ れていたのであろう。当初ワーキンググループに参 加してなかった私が指導することになり、金星気 象学を目指すメンバーが東大の私の部屋に集まっ て、どの波長で金星を撮影すれば、金星大気の運動 をより良く調べられるかを活発に議論した。当初数 多あったカメラの候補を、赤外線3台、紫外線1台、 可視光1台というシンプルな構成に絞り、探査機の 仕様も決定した。

ここで、この計画が持っている新しさについて述

著者略歴:

中村 正人(宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究所太陽系科学研究系・教授) 1959年生。1987年11月東京大学大学院理学系研究科博士課程修了、博士(理 学)、1987年ドイツ連邦共和国マックスプランク研究所研究員、1990年文部省 宇宙科学研究所助手、1993年東京大学大学院理学系研究科地球物理学科助教 授、2002年文部科学省宇宙科学研究所教授、現在に到る。2012年より公益社団 べておきたい<sup>1).2)</sup>。1970年代から行われていた米ソ の金星探査によってわかっていた事は、金星は厚い 二酸化炭素の大気を纏っており、地表では90気圧 に達すること、さらに大気の温室効果によって引き 起こされる温暖化は地表温度を摂氏465度にも持ち 上げている。海は存在しない。大きさも太陽からの 距離も地球と大きくは違わない金星がこれだけ地球 と違う姿を持つだけでも不思議なことであるが、さ らには金星の大気はあらゆる所で惑星の自転より 高速で回転しており、高度50-60kmでは毎秒100 メートルにも達する事も判った。金星の自転が243 日と大変ゆっくりである事に較べて、大気は4日で 金星を一周してしまう。これは不思議なことで、気 体の粘性によって大気は惑星と同じ自転速度を持つ

法人日本地球惑星科学連合理事、副会長。2002 年、地球電磁気・地球惑 星圏学田中舘賞、2004 年 NASA Group Achievement Award (Cluster Ⅱ衛星)、2005 年 The European Space Agency awards (Cluster Ⅱ衛 星)、2016 年読売テクノフォーラムゴールド・メダル賞 (あかつきプロ ジェクトチーム代表) を受賞。専門分野:惑星大気プラズマ物理学。趣味: ピアノ演奏、写真撮影。

#### 金星探査機あかつきの開発とその科学成果

はずである。この早い大気の循環を四日循環と呼ぶ が、これは我々が持っている地球の気象学では説明 がつかない。米ソの探査では金星の静的な描像を描 けたが、これに対して日本は金星大気の動きを刻一 刻追いかけるミッションを提案した。これにより、 金星大気のダイナミクスを明らかにし、金星本体か ら角運動量を組み上げるメカニズムを理解する事を 目指したのである。その為には異なる高度で金星全 球の大気の動きを追いかけ続けるカメラが必要とな り、5台のカメラによってそれぞれ異なる高度の大 気の動きを精密に測定する事が可能となる(図1)。



- 図1 複数台のカメラにより異なる高度の大気の動きを 捉える
- Fig. 1 The five cameras imaging atmospheric motions at different altitudes

例えば紫外線イメージャ(UVI)は二酸化硫黄の 吸収および未確認の吸収物質の吸収波長(283nm, 365nm)を用いて高度65km程の所にある、雲の動 きを撮影する<sup>3)</sup>。ほぼ同じ高度であるが、それらの 雲の雲頂温度を中間赤外カメラ(LIR)は8-12μmの 波長で捉える。その温度分布が動いて行く様子か ら雲の動きを追うのである<sup>4)</sup>。高度50km付近の雲 に関しては1μm赤外カメラおよび2μm赤外カメラ (IR1とIR2)が雲のイメージングを担当する<sup>5).6)</sup>。 観測波長はそれぞれ(0.9, 0.97, 1.01μm および1.74, 2.02, 2.26, 2.32μm)である。特にIR2の2.32μmは雲 下層のCO分布を明らかにするのに役立つ。また LIRは太陽光の影響を受けない赤外波長を捉えるた めに、昼夜の区別のない画像が取得できるし、IR1, IR2も夜面と昼面を(光度の差があるため)別個にで はあるが捉えることが出来る。さらに活火山が存在 した場合、ホットスポットとして抽出できるように IR1は考えられている。雷・大気光カメラ(LAC)<sup>7)</sup> は金星での雷発光が存在すれば高時間分解(30kHz) でこれを捉え、大気の激しい鉛直流があればその証 拠の一つとなるであろう。

カメラではないが電波掩蔽観測(電波科学:RS) についても述べておきたい<sup>8)</sup>。探査機から地球に向 けて送られる(X bandの)電波が金星大気の中を通 るとき、大気による屈折吸収を受ける。この情報か ら気温・硫酸蒸気・電子密度の高度分布を得ること が出来る。RSが第6の観測機器と呼ばれる所以で ある。この観測のために超高安定発信器(USO)が 探査機には搭載されており、地上からのuplink 周波 数に寄らずに金星の陰から出てきた探査機の電波の 周波数を予測してデータを取得することが出来る (図2)。







この計画が発表された後、我々と同様に金星大気 に興味を持つ欧州の研究者達はヴィーナスエクス プレス (VEX) という計画を立てた。彼らは我々と は違って分光学的観点から金星を詳しく調べた<sup>9)</sup>。 別の言葉で言えば、日本は大気物理に重点をおく

	Body	1.04 [m] x 1.45 [m] x 1.40 [m]	
	Weight	(dry) 321 kg (wet) 518 kg (@launch) (wet) 377 kg (2015/5/1)	
	Mission instruments	1μm camera (IR1) 2μm camera (IR2) Long infrared camera (LIR) UC imager(UVI) Lightning and Airglow camera (L Ultra Stable Oscillator (USO)	AC)
	Propulsion system	Orbital maneuver engine (OME): Reaction control system(RCS):	500N class 23N class x 8 3N class x 4
	Antenna	HGA-T/R (X band) MGA-A/B (X band) LGA-A/B (X band)	

図3 探査機あかつき 外観 Fig.3 Spacecraft exterior and main components

探査、ヨーロッパは大気化学に重点をおく探査を行 い、お互いに補い合って金星の大気を詳細に解き明 かす計画である。VEXはマースエクスプレスの経 験を使って設計製造されたため2003年提案の後2年 で打ち上げることが出来た。2006年からは観測を 開始し2014年までデータを取得し、あかつきの到 着を待ち続けていたが、我々の投入失敗(2010年) により同時観測のチャンスは失われた。しかし、両 者のデータを比較し研究することには大きな意義が ある。

#### 2. 打ち上げと投入失敗

金星探査機あかつきは2010年5月21日早朝、種 子島宇宙センターからH2A17号機によって金星 に向かって打ち上げられた。探査機の外観を示す (図3)。大きさは打ち上げ予定ロケットM-Vのフェ アリングに収まる大きさとなっている。太陽電池パ ドルを両翼に備える。重さはドライ重量で321kg、 これに打ち上げ時は酸化剤と燃料合わせて約200kg が搭載された。前述の5つの観測機群が側面に並 ぶ。アンテナは高利得アンテナが図の左側に大きな 円盤となって見ることが出来る。小さい円盤は受信 用のアンテナである。 飛行は順調でその年の12月7日に金星到着、ただ ちに軌道制御エンジンによって減速をして金星周回 軌道に投入される予定だった。減速は地球から非 可視の状況にあり、500N Orbital Maneuver Engine (OME)による12分間の減速を終えて金星の陰から 姿を現すはずであったが、現実には通信が失われた 状態となった(図4)。



Fig. 4 Venus Orbit Insertion in 2010

数時間後、金星から離れつつある探査機がJPLの DSN局を使って発見された。逆噴射の最中に何ら

#### 金星探査機あかつきの開発とその科学成果

かの不具合を発生して、探査機は自分自身を護る姿 勢で地球との交信を待っていた。探査機は再び太陽 を廻る軌道に戻ってしまったが、我々は探査機の姿 勢を立て直し、逆噴射失敗の原因究明を続けた結 果、燃料タンク上流に設置された逆止弁で燃料の蒸 気と酸化剤の蒸気が混ざって塩を作り、これにより 閉塞が起こり、燃料と酸化剤のバランスが崩れエン ジンのノズルが破壊された事が判った(図5)。



図5 推進系系統図 Fig.5 Schematic of the AKATSUKI propulsion system

我々はこれ以降軌道制御エンジンを失った状態で 探査機を運用する危機に追い込まれる。代わりに使 用されたのは図6に示す姿勢変更システムのスラス ター8機(図中で推力の出る方向を矢印で示す)で あった。



図6 姿勢変更システムのスラスター Fig.6 Thrusters for the reaction Control System

主推進器 (OME) には500Nの推力があったが、 姿勢変更システムのスラスターは一機あたり20N 程度の推力で有り、4つ束ねても当初予定の2割以 下の推力となる。この非力なエンジンで金星までの 軌道修正と、金星周回軌道投入を行えるかを検討し たところ、2015年の初冬には金星投入をするだけの 燃料が残っており、遠金点が最初の計画(約8万キ ロ)よりかなり大きくなってしまう(40-100万キロ) が、投入可能であることが解り、以降はこのシス テムを用いて運用を行った。ただし、通常1/8秒単 位で噴射する推進器を20分近く連続して稼働させ なければならない。慎重に、まず2011年の秋には 2015年に金星に到着する軌道に探査機をのせる作 業が行われた。さらに後に判明したことだが当初到 着を予定した2015年11月22日に投入を行うと、す ぐに金星にぶつかってしまうことが判った<sup>10),11)</sup>。 そこで2015年7月にDV-4と呼ばれる軌道修正を 行って最終的に2015年12月7日に到着することと した(図7)。



この軌道では太陽に近づく時期が5年間で9回訪 れる。その度毎に探査機に対する熱入力は30%近 く跳ね上がり(図8)、各部の温度は設計上限近くの 高温になる。まさに薄氷を踏むがごときの5年間で



図8 探査機への太陽光入力

あった。

Fig. 8 Differences of heat input in the orbit of Venus and AKATSUKI after the 2010 VOI

搭載したバッテリーはリチウム電池であり、満 充電の状態で5年間維持すると劣化が激しいため、 SOCを30%、バッテリーの制御温度を0.5℃とし た<sup>12)</sup>。

#### 3. 投入再挑戦のその成功

金星探査機あかつきは2015年12月7日9時(日本 時間)、金星に到着した<sup>13)</sup>。**図9**に、その時の太陽、 地球と金星および探査機の位置関係を示す。今回の 投入において探査機は金星より少し外側の軌道上に おり、金星は探査機の進行方向背後から探査機に近 づいて探査機をキャッチする。地球はさらに遅れた 位相で廻っており、投入の間、通信が途絶すること は無かった。しかし、投入のための逆噴射の少し前 から日陰状態が始まり、これが噴射の中頃まで続い てそこでバッテリー運用から太陽電池による運用に 切り替わった。事前の検討で問題なく運用できるは ずであり、実際問題は無かったが、日陰明け直前に 太陽電池パドルは極めて低温になっており、そこに 太陽光が当たり始めるため高い電圧を発生する事に ついては事前に妥当性を検討した。

VOI-R1 Geometry (Sun center)



図9 あかつき金星到着時の太陽、地球、金星 Fig.9 Geometry of VOI in 2015 (Sun center)

図10に今度は金星を中心に据えた探査機の軌道 を描いた。探査機は図の左下から金星に近づき日 本時間8:51から9:12にかけて探査機上部側の姿 勢制御スラスター4機を噴いて減速し、緑色で示さ れた楕円軌道に入った。この軌道は遠金点44万キ ロ、周期10.7日である。引き続き次の近金点(12月 21日)に軌道制御を実施し、遠金点36万キロ、軌 道周期10.5日とした。2016年4月に若干の軌道修正 を行ったが、ほぼこれと近い軌道を維持しており、 2018年12月まで日陰状態におけるバッテリー維持 のための軌道修正の必要は無いとされている。

#### 金星探査機あかつきの開発とその科学成果



VOI-R1 Geometry (Venus center)

図10 投入時の金星中心での探査機軌道 Fig. 10 Geometry of VOI in 2015 (Venus center)

図11に臼田局で得られたXバンドのドップラー モニターを示す。青で示したラインが予定された 曲線であり、現実にはその線より若干上(後の解析 で推進量が3%予定より多かった)を辿ったが、オペ レーションそのものは問題なく行われた。



図11 当日のドップラーモニター Fig. 11 Doppler residuals with and without burn in two ways for VOI-R 1

図10の右(拡大図)に金星観測(Venus observation)と示されているが、万が一金星周回軌 道に乗れなかったとしても金星の観測をしたいとい う強いサイエンス要求があり、投入オペレーション の4時間後には金星撮影を行った。図12にこの時 の画像を示す。ただしIR2だけは冷凍機の運転を投 入後再開したので4日遅れの画像となっている。(色 は偽色)いずれも鮮明な金星の画像が捉えられてお り、当初予定した露光で問題なく画像が取得できる ことが判った。



図 12 投入直後の画像 Fig. 12 First lights of the cameras after VOI-R 1

#### 4. 金星周回軌道一(金星)年を迎えて

金星の一年は地球日で数えて225日である。従っ て2016年7月19日は金星年で数えると丁度投入一 周年となった。探査機は順調に動作を続け、また観 測装置もデータを送り続けている。LACだけは日 陰状態で無ければ運用が出来ない事と、高圧電源を 使う事から2016年秋からの運用を目指している。

この章では、投入一周年を記念して公開された画 像を紹介して、この総説を締めくくりたい。波長が 短い方から長い方へ紹介する。図13は紫外イメー ジャ(UVI)が2016年5月7日01:17UT頃に撮影 した波長365nmの金星画像である。この波長の光 を吸収する物質は特定されていないが、高いコント ラストで雲の構造や動きを詳しく調べることができ る。高度80,000kmから撮影されている。



図 13 紫外イメージャUVI Fig. 13 Ultra Violet Imager (UVI)

図14は1µmカメラ(IR1)が2016年5月7日03:01 UT頃に撮影した波長0.90µmの金星昼面画像であ る。一見のっぺりしているが、画像の強調処理を行 うと細かな雲の模様が見えてくる。そうした模様は 雲頂より数km下の構造であると考えられている。 模様を見やすくする処理、中央のラインの不具合を 修正する処理を施している。高度65,000kmからの 撮影である。



図 14 UVI 1 μm カメラ IR 1 Fig. 14 1 μm Camera (IR 1)

図15は2µmカメラ(IR2)が2016年4月26日16:03 UT頃に撮影した波長2.26µmの金星夜面画像。地 面に近い熱い大気の熱放射を背景光に「雲の濃淡」 がシルエットとして写っている。雲層の内部に複雑 で激しい大気の動きが存在する様子がうかがえる。 夜面の模様を見やすくする画像処理を施している。 高度76,000kmから撮影した。



図 15 2 µm カメラ IR2 Fig. 15 2 µm Camera (IR2)

最後が図16に示した中間赤外カメラLIRが波長 8-12μmで金星の全体像を撮ったものである。2015 年12月7日の軌道投入直後の映像。弓形の構造が何 を示して居るのか解析中である。 金星探査機あかつきの開発とその科学成果



図 16 中間赤外カメラ LIR Fig. 16 Longwave Infrared camera (LIR)

#### 5.終わりに

2001年第1回宇宙科学シンポジウムで提案された 金星探査機あかつきは、15年たって日本で初めて他 の惑星を廻る人工衛星となった。これにより日本が 日々変化する惑星のデータを速やかに全世界に向 かって発信出来る時代が来た。世界中の研究者が日 本の取得したデータを使う事こそが、日本の惑星探 査が成熟したことの証であろう。

#### 参考文献

- Nakamura. M., et. al., Planet-C: Venus Climate Orbiter mission of Japan, Planetary and Space Science, 55, 1831-1842, 2007.
- 2) 今村剛、佐藤毅彦、PLANET-Cプロジェクトチーム、 一番星へ行こう!日本の金星探査機の挑戦 その1. 遊 星人 Vol. 16, p 226, 2007.
- 山田学、山崎敦、今村剛、渡部重十、一番星へ行こう!日本の金星探査機の挑戦 その5~紫外イメージャUVI~. 遊星人 Vol.17, p189, 2008.
- 4) Tetsuya Fukuhara, et. al., LIR: Longwave Infrared Camera onboard the Venus orbiter Akatsuki, Earth Planets Space, 63, doi: 10.5047/eps.2011.06.019, 1009-1018, 2011.
- Iwagami, N., et. al., Science requirements and description of the 1 μm camera onboard the Akatsuki Venus Orbiter, Earth Planets Space, Vol. 63 (No. 6), pp. 487-492, 2011.

- 6) Satoh, T., et al., Development and in-flight calibration of IR 2: 2-μm camera onboard Japan' s Venus orbiter, Akatsuki, Earth Planets Space, 68:74. doi:10.1186/ s 40623-016-0451-z, 2016.
- Takahashi, Y., et al., Lightning detection by LAC onboard the Japanese Venus climate orbiter, Planet-C, Space Sci. Rev., 137, 317-334, doi:10.1007/s11214-008-9400-x., 2008.
- Imamura, T., et. al., RS: Radio Science investigation of the Venus atmosphere and ionosphere with Venus orbiter, Akatsuki, Earth Planets Space, 63, 493-501, doi:10.5047/eps.2011.03.009, 2011.
- Svedhem. H, et. al., Venus Express the first European mission to Venus. Planet Space Sci. 55:1636– 1652, 2007.
- 10) 廣瀬史子、あかつきプロジェクトチーム、一番星へ行 こう!日本の金星探査機の挑戦 その24. 遊星人 Vol.24, p126, 2015.
- Hirose. C., et al., The trajectory control strategies of Akatsuki for Venus orbit reinsertion, Advances in the Astronautical Sciences, Vol 148, pp 2909-2918, 2013
- 12)豊田裕之、一番星へ行こう!日本の金星探査機の挑戦
   その23~金星探査機あかつきの電源系機器開発と運用~. 遊星人 Vol.23, p 293, 2014.
- 13) Nakamura. M., et. al. AKATSUKI returns to Venus, Earth, Planets and Space, 68(1), 1-10 doi 10.1186/ s40623-016-0457-6.

### フローレスレドックス電池用電極の開発

Development of the Electrode for Flow-less Redox Batteries

增田 洋輔 \* 阿部 英俊 Yosuke Masuda Hidetoshi Abe

#### Abstract

Redox battery which is used without circulation of the electrolyte (flow-less redox battery) has been studied. In order to improve performances and reduce of the material cost of this battery, we studied about the materials and structure of the electrode for flow-less redox battery. It was found that carbon plate which is generally used redox flow battery can be replaced by graphite sheet or graphite paint. As a result, energy density became twice higher than conventional cell, and the material cost has been reduced approximately 20 %.

### 1. 緒言

レドックス電池とは、両極に不活性電極を使用 し、正負極2種類の液体活物質の酸化還元反応を電 極表面上にて起こして起電力を発生させ、イオン交 換膜にて活物質を隔てる構造を有する電池である。

レドックス電池は、一般にはレドックスフロー電 池という形で使用される<sup>1)</sup>。活物質が溶解した液体 (以下、極液)を電解液として使用する他にはない 大きな特徴を持つため、一般的な固体活物質電池の ように、セル内に活物質を閉じ込めておく必要はな い。セルの外側にタンクを設置し、ポンプによって セル内に循環させる構造を有するため、電池容量は タンクの大きさにより自由に変化させることが可能 である。このため、電池の大型化が容易であり、海 外を中心に再生可能エネルギーを貯蔵する産業用大 型蓄電池としての用途がある。

しかしながら、レドックスフロー電池は、他の電 池と異なり、タンク及びポンプ等の付帯設備が必要 であることに加え、極液を循環させる関係上、ポン プを動かす電力が常に必要となる。このため、導入 コスト及び運用コストが大きい欠点がある。

当社では、これらの欠点を鑑みた上で、極液静止 型レドックス電池(以下、フローレスレドックス電 池)に着目し、その実用化に向けて検討を行ってい る<sup>2)~4)</sup>。フローレスレドックス電池とすることで上 記コストの削減が可能となるが、性能・コストの観 点より、本電池系にフロー電池の電極をそのまま適 用することはできず、フローレスレドックス電池用 の電極開発が必要であった。

本報では、電池性能向上およびコストダウンを目 的とし、電極材料および構成を見直すことによりフ ローレスレドックス電池に適した電極の開発を行っ たので報告する。

#### 2. レドックス電池について

#### 2.1 レドックス電池の構造

図1にレドックス電池の構造を示す。大きくは、 電極、極液、イオン交換膜の3種類にて構成されて いる。電極は、金属集電板、炭素集電板、カーボン フェルトを物理的に接合させたものであり、カーボ ンフェルト内に極液を浸透させて用いる。極液は正 負極2種類からなり、各酸化還元電位の差より起電 力を発生させ、電池容量を持たせる役割がある。イ オン交換膜は、極液を隔てるために用いられる。極 液成分は通さずに、両極の酸化還元反応にて生成す るプロトンのみを通過させることが必要となるた め、イオン交換能が要求される。このため本電池系 にはイオン交換膜が用いられる。イオン交換膜は、 フッ素系高分子あるいはポリオレフィン系高分子に イオン性置換基が修飾された化学構造であり、置換

<sup>\*</sup> 技術開発本部 開発統括部 研究部

#### フローレスレドックス電池用電極の開発

基の種類によって、陽イオン交換膜、陰イオン交換 膜に大別される。



Electrolyte

図1 フローレスレドックス電池の概略図 Fig. 1 Schematic view of flow-less redox battery

#### 2.2 バナジウムレドックス電池の反応原理

レドックス電池の中でも、最もよく使用されるの が、バナジウム化合物を活物質に用いた系である。 バナジウムは、2価から5価までの価数をとること ができるため、次式で示す2価と3価、および4価 と5価の酸化還元反応を利用することにより起電力 を発生させることができる。

正極:  $VO^{2+}(4 m) + H_2O \Leftrightarrow VO_2^+(5 m) + 2H^+ + e^-$ (放電状態) (充電状態) 負極:  $V^{3+}(3 m) + e^- \Leftrightarrow V^{2+}(2 m)$ (放電状態) (充電状態)

バナジウムレドックス電池の良い点は、正負極に 同一元素を使用できることにあり、仮に正負極液が 混ざってしまったとしても電池性能への大きな影響 はない。2価と3価の場合はバナジウムイオン(V<sup>2+</sup>, V<sup>3+</sup>)、4価の場合はバナジルイオン(VO<sup>2+</sup>)、5価の場 合はジオキソバナジウムイオン(VO<sup>2+</sup>)と、それぞ れ化学種が異なっているが、これはバナジウムの価 数によりエネルギー的に安定な錯形成状態がそれぞ れ異なることに起因しており、これらの反応は電子 の授受により自発的に進行する。

このため、クロスオーバーによりバナジウムがイ オン交換膜を通過して対極側に移動したとしても、 その中で上記反応が局部電池反応として行われるの みで活物質自体の劣化は起こらず、充電をすればイ オンはまた元通りになる。

現状では、イオン交換膜だけではクロスオーバー を防ぐことは困難であるため、両極液が混ざってし まっても問題がないバナジウム系は扱いやすく、レ ドックス電池の中で最もよく使用される理由となっ ている。

#### 2.3 レドックス電池の特徴

以下に、レドックス電池の主な特徴を示す。

- ①サイクル寿命が長い
- ②高率充放電が可能
- ③安全性が高い

①と②は、活物質が液体として存在していることに起因している。本電池系は、溶液内のイオンの状態が変化しているだけなので、溶解析出反応系の電池のような充放電による活物質の相転移は伴わない。このため、活物質が溶液として存在している限り、充放電に関与しない物質に変化することはなく、理論上は、活物質は半永久的に使用することができる。また、イオンの状態が変化するのみの反応であるため、溶解析出を伴う酸化還元反応と比べて反応速度が速く、高率充放電に適している。

③は、極液が水溶液系であることに起因してい る。リチウムイオン電池に代表されるような有機系 電解液ではないため、基本的に発火のリスクはな い。レドックス電池は、産業用大型電池として用い られるケースがほとんどであり、本質的な部分での 安全性が確保されている意味は大きい。

#### 3. フローレスレドックス電池用電極の開発

#### **3.1 開発の方向性**

2.1項にて述べたように、レドックス電池の電極 は、金属集電板、炭素集電板、カーボンフェルトを 物理的に接合することにより構成されている。フ ロー電池では、セル作製時に強い応力がかかるた め、金属集電板および炭素集電板に物理的強度が求 められる。このため、変形・破損等はあってはなら ず、厚い集電板を用いる必要がある。その一方、厚 い集電板ほど通電距離が大きくなることにより電気 抵抗が大きくなるので、強度と電気抵抗のバランス を取るように材料を選定する必要がある。

当社では、フローレスレドックス電池をラミネー ト型とすることを検討しており(図2参照)、フロー 電池の場合と異なり、セル作製時に強い応力はかか らない。このため、フロー電池ほどの物理的強度は 必要なく、電気抵抗を重視した設計が可能と考えた。

本報では、まず、金属集電板および炭素集電板の 各材料の検討を行い、それらの結果をもとに作製し た電極がフローレスレドックス電池用電極として適 するかを検証した。



図2 フローレスラミネートセル外観 Fig. 2 Laminated flow-less vanadium redox cell

#### 3.2 金属集電板の検討

金属集電板の厚みと電池性能の関係を把握するため、ラミネートセルによる充放電試験を行った。外 観を図2、仕様を表1に示す。

表1	ラミネートセルの仕様
Table 1	Specification of the laminated cell

電池形式	フローレスラミネート
セル数	1
電極 - 隔膜間距離(mm)	3.0
反応面積(cm <sup>2</sup> )	180 (12 cm × 15 cm)
活物質	バナジウム系

表2に示す条件でセルを各々作製し、充放電試験 は、表3に示す条件で実施した。

表2	試験水準	
Table 2	Test samples	

No. 材質		厚み (mm)	用途
1	4FI	0.2	-
2	<b></b> 型門	0.5	フロー電池

表3 試験条件 Table 3 Charge-discharge conditions

No.	モード	電流(A)	終止条件
1	充電	2.0	1.7 V/セル
2	休止	—	10 分
3	放電	2.0	1.0 V/セル

充放電試験結果を図3に示す。両水準において、 特に大きな充放電挙動の違いはなく、本電池の金属 集電板として0.2mmの銅板を用いても問題がない ことを確認した。



図3 充放電試験結果

Fig. 3 Charge-discharge behaviors of the test cells at 2.0 A

フローレスレドックス電池用電極の開発

#### 3.3 炭素集電板の検討

次に、炭素集電板の厚みと電池性能の関係を把握 するため、金属集電板の評価と同様に試験を行っ た。試験セル水準を表4、充放電試験条件を表5に 示す。

炭素集電板は、金属集電板と極液中の硫酸との直 接的な接触による金属集電板の腐食を避ける目的で 設けられている。本電池系では、集電板の物理的 強度は必要ないので、フロー電池に用いられるよう な炭素集電板は必要ないと考え、下記のようなグラ ファイト塗料およびグラファイトシートを炭素集電 板の代替品として用いた。

#### 表4 試験水準

Table 4 Test samples

No.	材質	厚み (mm)	用途
1	炭素板	1.0	フロー電池
2	グラファイト塗料	0.05	_
3	グラファイトシート	0.1	_

表5	試験条件
Table 5	Charge-discharge conditions

No.	モード	電流(A)	終止条件
1	充電	0.5	1.7 V/セル
2	休止	_	10 分
3	放電	0.5	1.0 V/セル

充放電試験結果を図4に示す。炭素板とグラファ イト塗料およびシートでは充放電挙動が大きく異な り、グラファイト塗料およびシートを用いることに より、電圧特性を大幅に改善できる可能性を示唆す る結果となった。

また、各水準のエネルギー密度算出結果を表6に 示す。炭素集電板をグラファイト塗料およびシート に変更することにより、重量エネルギー密度(Wh/ kg)は約2倍、体積エネルギー密度(Wh/L)も約1.5 倍となり、エネルギー密度的にも有利な方法である ことが示された。



#### 図4 充放電試験結果

Fig. 4 Charge-discharge behaviors of the test cells at 0.5 A

表6	エネルギー密度
Table 6	Energy densities at 0.5 A

	炭素板	塗料	シート
平均電圧(V)	1.22	1.42	1.39
セル容量 (Ah)	1.49	1.90	1.75
セル重量 (g)	371	256	260
エネルギー密度 (Wh/kg)	4.9	10.5	9.4
エネルギー密度 (Wh/L)	6.3	9.4	8.4

#### 3.4 考察

上記充放電試験において、金属集電板および炭素 集電板の各材料を変えたときに充放電特性に違いが みられたが、その理由について考察した。

充放電試験における電圧特性にセルの内部抵抗が 関与していると考え、各材料の厚み方向の電気抵抗 の測定を行った。結果を表7に示す。炭素板の電気 抵抗値は、銅板の電気抵抗値の10倍近く大きい結 果となり、上記充放電試験結果との整合性が認めら れた。セルの内部抵抗に大きく関わっているのは炭 素集電板であり、本電池系では、この材料を積極的 に見直すことで電圧特性の改善が期待できる。

表7 各材料の電気抵抗値 Table 7 Electrical resistances

	厚み (mm)	電気抵抗値 (Ω)
銅板	0 5	1.0
炭素板	0.5	10.0

#### 4. 電極構成の最適化

上記検討結果をもとに、フローレスレドックス電 池に適した電極構成の最適化を図った(表8参照)。 この組合せにおける電極耐久性を確認するため、 表9の試験条件にてサイクル試験を行った。結果を 図5に示す。

#### 表8 電極構成の最適化

Table 8 Optimal construction of the electrode

	材料	厚み (mm)
金属集電板	銅	0.1
炭素集電板	グラファイト塗料	0.05

#### 表9 試験条件

Table 9Charge-discharge conditions

No.	モード	電流(A)	終止条件
1	充電	1.0	1.60 V
2	休止	_	10 秒
3	放電	1.0	1.05 V
4	休止	_	10 秒



Fig. 5 Cycle performance of the laminated cell

100サイクル以降、クーロン効率の低下が認めら れた。クーロン効率の低下は、不可逆反応の割合の 増加を意味している。よって、本電極構成では耐久 性に問題があり、フローレスレドックス電池の電極 として適さないことがわかった。

この原因調査のため、200サイクルにて試験を中断し、セルの解体を行った。正極側の電極表面の写真を図6に示す。銅集電板の溶出が確認され、これがクーロン効率の低下を招いたと考えられる。充電

時において、正極側では4価バナジウムを5価バナ ジウムに酸化する反応が起こる。ところが、目視で は確認できないようなグラファイト塗料の塗りムラ があったため、銅集電板とバナジウム硫酸極液の 直接的な接触が起こり、バナジウムの酸化反応の副 反応として銅の酸化反応(溶出)が起きたものと推 察される。さらに、銅(0価⇔2価)の酸化還元電位 はバナジウム(4価⇔5価)の酸化還元電位よりも卑 であるため、セル内では銅の酸化反応が優先的に起 こることも、クーロン効率の低下を促進する一因と なったと考えられる。



図6 200 サイクル後の正極表面写真 Fig. 6 Cathode surface after 200 cycles

#### 5. 電極構成の再検討

上記結果より、正極側電極の炭素集電体としてグ ラファイト塗料は、耐久性に問題があり使用できな いことがわかった。このため、電極構成の見直しを 行い(表10参照)、再度試験を行った(表9参照)。 正極側は、グラファイト塗料よりも少し電圧特性が 劣るが、塗りムラの恐れのないグラファイトシート に変更した。

表 10 電極構成の最適化 Table 10 Optimal construction of the electrode

	材料	厚み (mm)
金属集電板	銅	0.1
炭素板(正極)	グラファイトシート	0.1
炭素板(負極)	グラファイト塗料	0.05

#### フローレスレドックス電池用電極の開発

結果を図7に示す。1500サイクル経過で容量維 持率68%という結果が得られ、本電極の耐久性に 問題がないことが確認できた。正極側にグラファ イト塗料を用いた際は、200サイクルで容量維持率 80%を下回ったことを考えると、大幅な改善効果と 言える。



Fig. 7 Cycle performance of the laminated cell

#### 6. 材料コスト

フローレスレドックス電池の材料コスト算出結果 を表11に示す。セル全体で現行の22%、電極単体 で43%のコスト削減効果が認められ、本法が電池 特性だけでなく、コスト的にも優れた方法であるこ とが確認できた。

表11	材料コスト比較
Table 11	Comparison of the material costs

	従来(円)	本法(円)	備考
銅板	360	360	0.5⇒0.1mm
炭素電極 (正極)	360	54	シート
炭素電極 (負極)	360	36	塗料
内部電極	360	360	
隔膜	600	600	
外装体	200	200	
電解液	700	700	
合計 (電極のみ)	1440	810	- 43 %
合計	2940	2310	- 22 %

#### 7. 総括

本報では、電池性能向上およびコストダウンを目 的とし、電極材料および構成を見直すことによりフ ローレスレドックス電池に適した電極の開発を行っ た。主な結果を以下に示す。

- ・銅集電板の厚みの違いは、電池の内部抵抗に大 きく影響しない。
- ・炭素集電板は、電池の内部抵抗に大きな影響を 及ぼす。
- ・炭素板の代わりにグラファイト塗料およびグラ ファイトシートが使用できる。また、これらの 材料を使用することにより、エネルギー密度が 従来の約2倍になる。
- ・酸化還元電位の関係により、正極側にグラファ イト塗料を使用することはできない。
- ・正極側にグラファイトシートを使用することに より、1500サイクル以上の運用が可能。
- ・本法を適用することにより、電極単体の材料コストを現行の43%、セルの材料コストを22%削減することが可能。

以上より、本法は、電池性能、材料コスト双方に 関して有利な方法であることが示され、フローレス レドックス電池の実用化に貢献できる技術であるこ とが期待される。

#### 参考文献

- 電気化学会エネルギー会議 電力貯蔵技術研究会編,大 規模電力貯蔵用蓄電池,日刊工業新聞社,63(2011)
- 2) 増田洋輔, 久保田昌明, 阿部英俊, FB テクニカルニュース No.71, 9 (2015)
- 3) 增田洋輔,中井貴之,細淵馨,久保田昌明,阿部英俊,電 気化学会第82回大会予稿集,1K07(2015)
- 4) 増田洋輔,阿部英俊,第56回 電池討論会予稿集, 2H08, p.557 (2015)

### 金星探査機 「あかつき」 搭載バッテリーセルの開発と運用 第二報

Development and Operation of Battery for the Venus Climate Orbiter "AKATSUKI" Second Report

> 大登裕樹 \* 近藤宏篤 \* 阿部英俊 \* Hiroki Ooto Hiroatsu Kondo Hidetoshi Abe

#### Abstract

Li-ion battery, which has the advantage of high energy density, is coming into space usage in recent years. Furukawa Battery Co. Ltd. developed world's first Li-ion batteries for the asteroid explorer "HAYABUSA" of JAXA. Based on the fundamental technologies of these batteries, we developed 23.5-Ah Li-ion batteries for the Venus probe "AKATSUKI", energy density and life performance of which were improved according to the mission requirement. "AKATSUKI" was successfully launched in May, 2010. After the Venus orbit insertion failed December, 2010, the spacecraft entered a new trajectory to reach at Venus five years later. To satisfy the required performance until an extended mission is completed, we designed the optimum operation plan of the batteries by a capacity deterioration simulation and planned for restraint of aging deterioration. "AKATSUKI" succeeded in the Venus orbit insertion operation in December, 2015. The onboard batteries started operation in the Venus orbit.

#### 1. はじめに

当社が開発した世界初となる宇宙研究用及び人工 衛星用リチウムイオン電池は、宇宙航空研究開発機 構(JAXA)宇宙科学研究所の小惑星探査機「はやぶ さ」に搭載され、3.5年に亘る軌道上での実証評価に より、宇宙用として充分な性能と品質を有する事が 確認された<sup>1)~3)</sup>。「はやぶさ」用リチウムイオン電 池の開発成果をベースに高容量・高エネルギー密度 化、長寿命化検討を行い、金星探査機「あかつき」 搭載用リチウムイオン電池を開発した<sup>4)~7)</sup>。2010 年5月、「あかつき」は打上げられ、搭載バッテリー も軌道上で運用を開始した<sup>8)</sup>。

「あかつき」の金星周回軌道投入(以下、「VOI」と 記す)後、搭載バッテリーは、探査機が日陰に入る タイミングで放電するサイクルユース運用を開始す る計画であったが、2010年12月の軌道投入の失敗 により、金星到着までのクルージング期間が5年間 延長となった<sup>8)~12)</sup>。2015年12月、「あかつき」は金 星周回軌道再投入(以下、「VOI-R」と記す)に成功 し、搭載バッテリーのサイクルユース運用が開始さ れた。

本報では「あかつき」搭載バッテリーの運用実績 について記すと共に、延長したミッションが終了する までの要求性能を満たすため、容量劣化シミュレー ション予測と地上モニター試験によって搭載バッテ リーの経年劣化を抑制した成果について報告する。

#### 2. 「あかつき」の運用計画とバッテリーの仕様

開発を開始した当時の「あかつき」のミッション 計画を図1に示す。1.5年間の地上運用を経た後「あ かつき」は打上げられ、金星に到着するまで最長で 2.5年のトランスファー期間が予想された。金星到 着後、「あかつき」は約30時間で金星を一周する軌 道に投入され、2年間金星を観測する計画であり、 「あかつき」、及び搭載機器には6年の寿命が要求さ れた。

<sup>\*</sup> 技術開発本部 開発統括部 研究部

#### 金星探査機 「あかつき」 搭載バッテリーセルの開発と運用 第二報



Fig. 1 Operation Plan of "AKATSUKI" Mission

「あかつき」に搭載するバッテリーは、金星到着 までの期間は探査機の姿勢逸脱時の回復運用である セーフホールドモードに備えた非常用電源としてス タンバイユースで運用される。VOI後は、探査機 が日陰を通過する際のヒーター電力等の電源として サイクルユースで運用されると共に、探査機のセー フホールドモードに備えたスタンバイユース運用も 求められる。金星到着後は、ミッションが終了する 6年後まで、最大日陰時の400W、15時間の放電と、 セーフホールドの500W、0.5時間の放電を満たす容 量がバッテリーに要求された。

ミッション要求条件を基に最適なバッテリーの充 電状態 (State of Charge、以下「SOC」と記す) と管 理温度を設計し、ミッション終了までの容量劣化の 推移を計算により求める容量劣化シミュレーション を作成して、「あかつき」ミッションに適合可能な バッテリーの設計を行った。

「あかつき」用リチウムイオン電池の外観を図2 に、諸元を表1に示す。「あかつき」用バッテリー セルは定格容量23.5Ah、質量エネルギー密度107 Wh/kg以上の角形リチウムイオン電池(以下「セル」 と記す)として設計された。



図2 「あかつき」用リチウムイオン電池 Fig.2 Lithium Ion Battery cell for "AKATSUKI"

"AKATSUKI".

Rated Capacity	23.5 Ah
Rated Voltage	3.6 V
Weight	MAX 785 g
Size H×W×T	162.2 <sup>*1</sup> (152.2 <sup>*2</sup> ) × 78 × 28 mm
Energy Density	< 107 Wh/kg
※1 雪極端子を含む言さ	<u> </u>

「あかつき」用リチウムイオン電池の諸元

Specifications of Lithium Ion Battery Cell for

※1 电極端丁を召む向き

表1

Table 1

※2 電槽ケースの高さ

探査機には11個の23.5Ahセルを直列接続してな るバッテリーを2系統搭載している。バッテリーの 外観を図3に示す。



図3 「あかつき」用11直列接続バッテリー Fig.3 11 Series Connect Batteries for "AKATSUKI"

#### 3. 「あかつき」運用と容量劣化シミュレーション

「あかつき」運用の概要について図4に示す。



図 4 「あかつき」 ミッションの概要 Fig. 4 Outline of "AKATSUKI" mission

「あかつき」は2010年5月に打上げされ、半年後 の2010年12月のVOIに失敗。金星到着までのク ルージング期間を5年間延長して軌道修正を行い、 2015年12月のVOI-Rに成功し、金星周回軌道へ投 入された。

#### 3.1 搭載バッテリーの運用条件

「あかつき」打上げ後の搭載バッテリーのSOCパ ターンと管理温度を図5に示す。



図5 「あかつき」 搭載バッテリーの SOC パターンと管理 温度の推移

Fig. 5 Transition of SOC and Temperature of Battery for "AKATSUKI"

リチウムイオン電池の一般的性能として低温、低 SOCの運用において経年劣化を抑制できる傾向に ある事から、「あかつき」の打上げ後、搭載バッテ リーは5±5℃の環境下、緊急時のセーフホールド に必要な最低限の容量のみ充電した40%SOCで管 理した。

半年後のVOIにおいて「あかつき」がセーフホー ルドモードに移行した際、必要なSOCは30%に見 直された。またミッション延長に対応するため管理 温度も0±5℃に変更した。

「あかつき」が金星に到着するまでの期間は、定 期的なメンテナンス運用であるリセットオペレー ションで一時的にSOCを上げた以外、低温、低 SOC管理を5.5年間継続し、搭載バッテリーの特性 の維持に努めた。

#### 3.2 容量劣化シミュレーション

SOC、温度条件のパラメーターから求められる搭 載バッテリーの容量劣化量を積算し、ミッション終 了までの搭載バッテリーの容量の推移をシミュレー ションした結果を図6、図7に示す。





#### 金星探査機 「あかつき」 搭載バッテリーセルの開発と運用 第二報



Fig. 7 Transition of Capacity of Battery for "AKATSUKI"

VOIにおける搭載バッテリーの容量維持率は 93.4%、5年後のVOI-Rの際は88.6%とそれぞれ求め られた。

搭載バッテリー1台あたりの初期容量は、定格容 量の23.5Ahを超える26Ahで、これを2台、並列に 接続する構造のため52Ahとなる。搭載バッテリー はVOI-Rにおいて定格容量(23.5Ah×2台=47Ah) とほぼ同じ46Ahの容量を放電可能と予測された。

なお、図6、図7のVOI-R以降の軌道計画は2015 年10月当時であり、現在は更新されているが、同 様の容量劣化シミュレーション手法により、ミッ ション終了まで要求性能を達成可能な搭載バッテ リーの運用計画の検討を続けている。

#### 4. 地上モニター試験

#### 4.1 地上モニター試験による容量劣化の追跡

搭載バッテリーのバックアップバッテリーを用い て、軌道上と同じ条件で運用する地上モニター試験 を実施している。地上モニター試験用バッテリーの 容量を定期的に測定する事で搭載バッテリーの容量 劣化の推移を地上で追跡すると共に、容量劣化シ ミュレーションとの比較を行い、シミュレーション による劣化予測の妥当性確認を行った。地上モニ ター試験により測定した容量維持率とシミュレー ションによる予測との比較を図8に示す。







「あかつき」の打上げからVOI-Rまで搭載バッテ リーと同じSOC、温度条件で運用した地上モニター 試験の容量はシミュレーション予測に従い推移して おり、容量劣化シミュレーションによる劣化予測の 正確さを確認した。

#### 4.2 リセットオペレーション再現試験

搭載バッテリーは、定期的にセル個別に4.1± 0.05V(108%SOC)に充電するリセットオペレーショ ンを実施し、直列接続内の電圧バラツキをリセット している。図5、図6の通り、打上げからVOI-Rま での期間で4回のリセットオペレーションを実施し たが、その後、所定の30%SOCまで搭載バッテリー を放電する機会を利用して搭載バッテリーの健全性 の調査を行った。リセットオペレーションと同じ条 件で、地上モニター試験用バッテリーを充放電させ る再現試験を行い、両者の挙動を比較した結果を 図9に示す。



Fig. 9 Reproduction Test of Reset Operation

5℃環境下、平均1.2Aの電流で108%SOCから 30%SOCまで放電させた挙動は非常によく合致して おり、地上モニター試験による搭載バッテリーの特 性の追跡が順調に行われている事が確認できた。

また、4.1項の通り、地上モニター試験の容量は 容量劣化シミュレーションに従い推移している事か ら、搭載バッテリーの容量劣化もシミュレーション の予測通り、良好に維持されていると推測できた。

#### 5. 金星周回軌道投入後の搭載バッテリーの特性

#### 5.1 金星周回軌道における搭載バッテリー運用

2015年12月、「あかつき」はVOI-Rに成功し金星 周回軌道へ投入された。「あかつき」は10~11日 で金星を周回する楕円軌道を運航しており、「あか つき」が日陰を通過する際に搭載バッテリーは放電 モードに移行し、太陽電池パドルの発生電力の低下 を補う電源として運用している。

VOI-Rから35日目、45日目の各日陰における要 求性能を表2に示す。日陰時間、負荷が当初計画 (2.項参照。400W、1.5時間)を上回っており、セー フホールド要求を含めた全要求容量は、搭載バッテ リーのVOI-R時の予測容量の46Ahに近いことから 容量不足が懸念された。この対策として、日陰の前 にリセットオペレーションを行って搭載バッテリー を108%SOCに充電し、更に周囲温度を20℃に昇温 して負荷と放電容量の低減を図った。

#### 表2 金星観測 日陰時の要求性能

Table 2 Requirement of mission for "AKATSUKI" During eclipse after VOI-R

Elapsed Time <sup>**</sup> / day	Eclipse Time / hour	Power / W	Required Capacity <sup>* 4</sup> / Ah
35	2.1 <sup>**2</sup> (2.4) <sup>**3</sup>	586	41.9
45	1.4 <sup>**</sup> 2 (3.5) <sup>*3</sup>	586	35.8

※1 VOI-R からの経過日数

※2日陰率100%の本影区間の時間

※3括弧内は日陰率50%未満の半影区間を含む時間

※4 セーフホールド要求の4.1 Ah を含む容量

VOI-Rから35日目の日陰中の搭載バッテリーの 放電挙動を図10に、同じく45日目の日陰中の放電 挙動を図11に示す。



図 10 35日目日陰中の搭載バッテリーの放電挙動 Fig. 10 Discharge behaviors of Onboard batteries During eclipse after 35 days from VOI-R





#### 金星探査機 「あかつき」 搭載バッテリーセルの開発と運用 第二報

両日陰とも予想より放電時の負荷が小さく、搭載 バッテリーは予想の6~7割の放電で日陰運用を完 了した。セーフホールドモードへの移行も起こら ず、「あかつき」は問題なく日陰を通過した。

#### 5.2 日陰中の搭載バッテリーの再現試験

地上モニター試験用バッテリーを用いて35日目 日陰の再現試験を行った結果を図12に示す。





搭載バッテリーと地上モニター試験用バッテリー の放電挙動は非常によく合致した。

金星到着までの期間が5年延長となったが、搭載 バッテリーの特性は地上モニター試験、並びに容量 劣化シミュレーションによる予測と同様に良好に維 持できている事が確認できた。

#### 6. まとめ

金星探査機「あかつき」用リチウムイオン電池を 開発した。2010年5月、「あかつき」は打上げられ、 金星到着まで5年間の延長を経た後、2015年12月の VOI-Rにより金星を周回する軌道に投入された。

延長したミッションの要求性能を満たすため、容 量劣化シミュレーションにより最適なバッテリー運 用計画を設計し、経年劣化の抑制を図った。また搭 載バッテリーと同じ条件でバックアップバッテリー を保管運用する地上モニター試験を並行して行い、 両者の充放電挙動を比較する事で、搭載バッテリー の経年劣化がシミュレーション予測に従い進行して いる事を確認した。

5年間のミッション延長後も搭載バッテリーの充 放電挙動はシミュレーション予測通り良好に維持さ れており、地上モニター試験による特性の追跡も順 調に行われている事を確認した。

#### 7. 今後の予定

「あかつき」はVOI-R以降5年間、金星を観測する 計画である。我々は金星周回軌道における「あかつ き」と搭載バッテリーの運用を支援すると共に、容 量劣化シミュレーションと地上モニター試験によ る搭載バッテリーの電池特性の追跡を継続し、ミッ ション終了まで搭載バッテリーの最適な運用計画を 設計する。

#### 8. 謝辞

本研究開発は財団法人宇宙航空研究開発機構宇宙 科学研究所殿、NECスペーステクノロジー株式会社 殿の御指導の下で実施している。ここに、御指導、 御協力を賜った関係各位に感謝を申し上げます。

#### 参考文献

- 山本,大登,高椋,酒井,高橋,廣瀬,田島:第18回宇 宙エネルギーシンポジウム要旨集,pp.47-50 (Feb 1999)
- 2) 大登, 高椋, 山本, 酒井, 高橋, 廣瀬, 田島: 第19回宇 宙エネルギーシンポジウム要旨集, pp.1-5 (Feb 2000)
- 山本,高椋,大登,酒井,FBテクニカルニュース, No.56,p64 (2000)
- 大登,大平,山本,江黒,豊田,鵜野,廣瀬,田島:第27 回宇宙エネルギーシンポジウム要旨集,pp.11-15 (Mar 2008)
- H.Ooto, K.Ohira, H.Toyota et al, Proc. of the '8th European Space Power Conference', (Sept 2008)
- 大平,大登,山本,江黒,豊田,鵜野,廣瀬,田島:第28 回宇宙エネルギーシンポジウム要旨集、pp.1-5 (Mar 2009)
- 7) 大登,大平,山本,江黒,豊田,鵜野,廣瀬,田島:第29 回宇宙エネルギーシンポジウム要旨集,(Mar 2010)

- 8) 大登,大平,山本,江黒,豊田,鵜野,廣瀬,田島:第30 回宇宙エネルギーシンポジウム要旨集,(Feb 2011)
- N.Ishii et al, Advances in Space Research, Vol.34, Issue 8, pp. 1668-1672, (Sept 2004)
- 10) M.Nakamura et al, Planetary and Space Science, Vol.55, pp.1831-1842, (Oct 2007)
- 11) M.Nakamura et al, Earth Planets Space, Vol.63, pp.443-457, (June 2011)
- M.Nakamura, Acta Astronautica, Vol. 93, pp. 384 389, (July 2013)

### 鉛蓄電池用連続製法正極基板の開発

Development of The Positive Grid Made by The Continuous Process for Lead Acid Battery

川口祐太朗\*佐藤篤志\*古河浩明\*古川淳\* Yutaro Kawaguchi Atsushi Sato Hiroaki Furukawa Jun Furukawa

#### Abstract

Recently, Idling stop system (ISS) has been generally used for automotives. The batteries that used in ISS are required both durability in heavy duty cycles and reduction of the weight. We have developed batteries that were improved in corrosion properties of grids with casting method. But that will have needed a reduction of the electrode weight. Therefore, we have tried to use of grids with continuous process.

First, we optimized an alloy composition of the grids that was investigated by mechanical properties and durability for corrosion. After that we made the battery in which used the grids. We have confirmed the battery made by continuous process grid showed the superior durability in heavy duty cycles in comparison with the battery made by the conventional casting grids.

#### 1. はじめに

近年の鉛蓄電池の正極格子体には自己放電・減 水量の少ないPb-Ca-Sn系合金が広く採用されてお り、補水の必要がほとんどなくなった<sup>1)</sup>。一方で、 Pb-Ca系合金は従来の正極基板に使用されていた Pb-Sb合金に比べて機械的強度が低いうえ、結晶粒 の界面で腐食が優先的に進行する粒界腐食が起こる ことにより、高温環境下での充電中にグロースが発 生し、電池寿命が低下する傾向にある<sup>2)</sup>。

グロースとは格子表面に生成される腐食反応生成 物の体積変化に伴う引張応力に起因して起こるク リープ変形であり、その際に格子への引張応力が大 きいのは密着性PbOx相と考えられている<sup>3).4)</sup>。こ のグロースを抑制するために重要なのが正極格子の 機械的特性と耐食性の向上であるため、当社は添加 元素としてBaを用いた"C21合金"(Ba添加Pb-Ca-Sn 合金)を開発・実用化した。この合金は優れた機械 的特性を示し、耐食性、耐クリープ特性およびリサ イクル性の良好な結果が得られている<sup>5)~8)</sup>。

一方で近年の自動車メーカーはCO<sub>2</sub>排出量抑制及 び燃費改善を目的としてマイクロハイブリッド車を 次々と市場に投入しており、搭載電池に求められる 要求も益々厳しくなっている。マイクロハイブリッ ドとは、アイドリングストップ機能(ISS)に加え、 制動エネルギー回生による充電機能を備えた車両で あり、アイドリングストップ中はオルタネータによ る発電が行われないため、その間の電気負荷はすべ て電池から供給することになる。さらにエンジン始 動回数も従来車に比べて多くなる。それにより、電 池はPSOC(Partial State of Charge;部分充電状態) 環境下で使用されることとなり、正極板には重負荷 耐久性が求められる。また、回生ブレーキによる充 電を効率良く受け入れるため、PSOC条件での電池 の充電受入性も重要になる。さらに燃費改善のため に電池の小型、軽量化も強く要求されている。

上記の要求を満足するために、正極格子において も活物質との密着性向上による重負荷特性改善及び 基板薄型化による軽量化・構成枚数増加による入出 力特性の向上等が必要であるが、従来の基板製造法 であるブックモールド鋳造方式では薄型の格子体の 製造は難しく、要求を満足できない。

そこで、従来の鋳造方式の基板製造法に代えて、 鋳造スラブを多段圧延して製造した圧延鉛合金シー トを加工して基板とする連続製法が検討されてい る。この手法は生産性が高く、軽量・薄型の電極板

<sup>\*</sup> 技術開発本部 UB事業統括部

の製造が可能である。しかしながら、Pb-Ca-Sn 合金 に圧延を加えると、時効、過時効、再結晶が競争的 に生じるため<sup>9),10)</sup>、基板の腐食量増加及び平滑な基 板表面により活物質との密着性が劣る等の問題が予 想される。

本報では、連続製法にて作製された基板の耐食性 及び機械的特性を調査し、さらに12V液式電池を試 作して従来電池との性能・耐久性の比較を行ったの で報告する。

#### 2. 実験方法

#### 2.1 合金評価

#### 2.1.1 試料

本検討ではPb-Ca-Sn合金をベースに合金組成を 種々変化させた正極格子体を作製した。合金組成を 表1に示す。なお、これらの合金組成は発光分光分 析装置(PDA-7000 島津製作所)により決定した。こ れらの合金を約500℃で溶融させ、1対の金属ロール 間に流し込みスラブを作製した。その後連続的に多 段圧延を行うことで圧下率約90%、板厚1.2mmの 圧延鉛合金シートとした。この圧延鉛合金シートの 圧延方向に対して平行方向に切り出した断面写真を 図1に示す。全面に均一な繊維状の圧延組織が形成 されているのがわかる。これらの圧延鉛合金シート をL70mm×W15mmの短冊状にして定電位腐食試 験用試験片とした。一方、電池評価用に上記シート をL116.5mm×W137mmのJIS Dサイズ基板に機 械加工して正極格子体とした。

表1	試料の合金組成 (質量 %)
Table 1	Compositions of test alloys (mass.%)

	Alloy composition
Alloy (a)	Pb-Ca-Sn
Alloy (b)	(a) + X + Y
Alloy (c)	Pb-Ca-high Sn
Alloy (d)	Pb- low Ca-high Sn



図1 圧延鉛合金シートの断面写真 Fig.1 Cross-sectional image of the rolled lead alloy sheet

#### 2.1.2 試験

#### (1) 腐食試験

切断加工して得たL70mm×W15mm×T1.2mm の短冊状試験片をエタノール洗浄して試料電極と した。図2に試験片の概略図を示す。この電極を 60 C 04.88kmol/m<sup>3</sup> H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>水溶液中に浸漬した状 態で14日間の定電位腐食試験を実施した。対極に は純Pb板(純度99.99 質量%)を、参照極にはHg/ Hg<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>電極を、電源にはポテンショガルバノス タット(北斗電工製、HA-151)を用い、設定電位は 1350mV vs. refとした。試験終了後は腐食生成物 をアルカリ性マンニット液で溶解・除去して腐食に 伴う質量変化を計測した。



図2 試験片の概略図

Fig. 2 Schematic of the strip specimen for corrosion test

(2) 硬さ試験

合金組成と機械的特性の関係を調査するため、試 料の硬さ測定を行った。測定位置は圧延方向に対し て平行方向の断面とし、圧延鉛シートを作製した直

#### 鉛蓄電池用連続製法正極基板の開発

後から25℃の気相中で自然時効処理を行い、3週間 の硬さの推移を測定した。硬さ測定はマイクロビッ カース硬さ試験機を用い、測定条件は、荷重50gf、 保持時間15秒とした。

(3) グロース特性試験

本試験では2VのQ-85サイズ液式UltraBatteryを 作製してグロース特性を調査した。まず、機械加工 して作製したJIS Dサイズの正極格子体に鉛粉、水、 希硫酸を混練したペーストを充填し、雰囲気温度 40℃、相対湿度95%,熟成時間48時間の恒温槽中で 熟成させ、ペースト密度4.2g/ccの極板とした。そ の後、これらの正極板を袋状にしたセパレータ内に 収納し、負極板と交互に積層させて正極7枚、負極 8枚の構成とした。

試験条件は表2に示す。試験時の環境温度は 75℃の気相とした。なお、グロース率については試 験前後の基板寸法の変化量から算出した。また、試 験後の正極格子は腐食生成物をアルカリ性マンニッ ト液で溶解・除去した後、エポキシ樹脂に埋め込み、 硬化後に切断、研磨を行い断面観察を行った。

表2 グロース特性試験条件 Table 2 Growth characteristic test condition

	Mode	Current (A)	Voltage (V)	Time (s)		
1	Charge	1.5	2.85	3600		
2 Discharge 0.5		0	300			
1 ⇔2 310 cycle						

#### 2.2 電池評価

合金(d)の連続製法正極格子体を用いたQ-85サ イズの12V液式UltraBatteryを試作して性能試験 及び耐久試験を実施した。なお、比較としてブック モールド鋳造方式にて作製されたC21合金格子体を 正極に使用した電池も用意した。

(1) 一般性能試験

本試験ではJIS D5301に定められている各種性能 試験を実施した。

(2) JIS 重負荷寿命試験

本試験ではJIS重負荷寿命試験を実施し、正極板 の重負荷耐久性を調査した。試験条件は表3に示 す。試験は41 ± 3℃の水槽中で実施し、電池容量が 定格5時間率容量の50%以下に低下し、再び上昇し ないことが認められた際、寿命と判定した。

表3 JIS 重負荷試験条件 Table 3 JIS deep cycle endurance test condition

	Mode	Current (A)	Voltage (V)	Time (h)		
1	Discharge	20.0	0	1.0		
2	Charge	5.0	0	5.0		
	1 ⇔2 24 cycle					
3	Discharge	20.0	0	Until 10.2V		
4	Charge	5.0	0	Full charge		

#### 3. 結果及び考察

#### 3.1 合金評価

#### 3.1.1 腐食試験

表1記載の各合金について、1350mVでの定電位 腐食試験を実施した。算出した腐食減量を図3に示 す。合金(a)及びそれに添加元素を追加した合金(b) はほぼ同等の耐食性を示したが、Sn添加量を増加 させた合金(c)は耐食性が向上していることが分か る。さらにCa添加量を低減した合金(d)はより耐 食性が向上した。一般に、Sn量を増加させCa量を 低減させると鉛合金の耐食性は向上すると言われて いるが、本試験でもそれと一致する結果となった。





#### 3.1.2 硬さ試験

各合金の自然時効時の硬化挙動を測定した結果を 図4に示す。Ca添加量が少ない合金(d)は試験開始 初期から硬さが低く、その後の硬さの立ち上がりも 他合金よりも遅い傾向がみられる。これはCa添加 量が少ないことで分散相Pb<sub>3</sub>Ca析出物の成長に影 響を及ぼしていると考えられるが、21日経過時には 他合金とほぼ同等の硬さとなった。



図4 各種合金の自然時効硬化挙動



#### 3.1.3 グロース特性試験

グロース特性試験後の2Vセルを解体し、正極板 の高さ方向の最大グロース率を測定した。その結果 を図5に示す。腐食試験の結果と同様にSn添加量 が多く、Ca添加量が少ないほど格子体のグロース 率も低減できていることが分かる。これは合金の耐 食性が向上することでグロースの原因になる腐食層 の成長を抑制できるためである。なお、合金(b)は 耐食性及び硬さについてはベースとなった合金(a) と大きな違いはみられなかったが、グロース低減に は有効であることが明らかとなった。



Fig. 5 Comparison of growth rate among 4 alloys

試験後の正極格子の断面写真を図6に示す。図6 (a) は合金(a) の断面写真であるが、腐食形態は格 子表面から起こる全面腐食であり、特に格子側面部 で大きく腐食が発生していた。これは繊維状組織が むき出しになっている側面部で腐食が起こり易いこ とを示唆する結果であった。一方で図6(b)の合金 (d) は腐食形態こそ同じ全面腐食であるが明らかに 腐食は軽微で、格子側面部の損耗も少ないことが分 かった。

#### 鉛蓄電池用連続製法正極基板の開発



(a) Alloy (a)



(b) Alloy (d)

図6 グロース特性試験後の正極格子断面写真 Fig.6 Cross-sectional images of the positive grid after growth characteristic test

#### 3.2 電池評価

#### 3.2.1 一般性能試験

一般性能試験の結果を表4に示す。連続製法格子体とブックモールド鋳造格子体はほぼ同等の電池性能を有していることが分かった。

表4	JIS 一般性能試験結果
Table 4	Result of performance test

Test items	Gravity casting	Continuous process
5 HR Capacity (Ah)	55.2	56.4
20 HR Capacity (Ah)	64.2	64.8
– 15 deg.C HRD Duration time (s)	138	130
- 18 deg.C Cold Cranking Ampere (A)	622	617

#### 3.2.2 JIS 重負荷寿命試験

図7にJIS重負荷寿命試験の結果を示す。ブック モールド鋳造格子体に対し、連続製法格子体は約 1.5倍の寿命特性を示した。



Fig. 7 Result of JIS deep cycle endurance test

試験後の正極板外観を図8に示す。図8(a)は ブックモールド鋳造正極板の外観写真であるが、正 極活物質の軟化が顕著にみられ、極板の上部及び 下部で格子体から完全に剥離していた。一方で図8 (b)の連続製法正極板は正極活物質の軟化が抑制さ れており、格子体と活物質の密着性が良好であっ た。以上のことから、連続製法正極板は優れた重負 荷耐久性を有していることが明らかとなった。



(a) Gravity casting



(b) Continuous process

図8 JIS 重負荷試験後の正極板外観写真

Fig. 8 Photographs of the positive plate after JIS deep cycle endurance test

なお、これらの要因には極板の品質向上が挙げら れる。図9に連続製法熟成板の断面写真を示す。写 真のように極板中央に格子が位置しており、ペース トが均一に充填できていることが分かる。また、格 子と活物質の界面での密着性も良好でクラックの発 生はみられない。以上のように連続製法熟成板は極 板品質が非常に良好なため、重負荷耐久性に優れて いると考えられる。



### 4.まとめ

連続製法で作製された正極格子体について詳細に 調査を行い、以下の知見を得た。

- (1) 圧延鉛シートの合金評価において、Sn添加量の増加及びCa添加量を減少させることで耐食性及びグロース特性を向上できることが分かった。
- (2) 電池での一般性能試験において、連続製法正 極格子体を用いた電池は従来の鋳造方式のも のと同等の性能を示した。
- (3) 電池でのJIS重負荷寿命試験において、連続 製法正極格子体を用いた電池は従来の鋳造方 式のものに比べて約15倍の重負荷耐久性を示 した。これは優れた極板品質に起因するもの である。

#### 参考文献

- 金村聖志,坪田正温,高橋克仁,大角重治:鉛蓄電池, 電池便覧,第3版,松田好晴,竹原善一郎編集代表,(丸 善),151,(2001)
- 中野憲二, 竹島修平, 古川淳, 自動車用鉛蓄電池の技術 動向, 古河電工時報, 第120号, 56, (2007)
- 曽我部幸蔵,古川淳,FB テクニカルニュース,No.58, 14 (2002)
- 4) 大塚正久, FB テクニカルニュース, No. 59, 1 (2003)
- 5) 根兵靖之,尾崎正則,本間徳則,古川淳,新妻滋,FBテ クニカルニュース,No.59,8(2003)
- Jun Furukawa, Yasuyuki Nehyo, Shoji Shiga, J.Power Sources, 133, 25 (2004)
- Jun Furukawa, Shuhei Takeshima, Masanori Ozaki, Shoji Shiga, 4th Advanced Automotive Battery Conf., June 3, 2004, San Francisco
- Jun Furukawa, Yasuyuki Nehyo, Masanori Ozaki, Shuhei Takeshima, Shoji Shiga, 4th Int. Lead Battery Fair, June 11, 2004, Beijing
- J.P.Hilger, A.Boulahrouf, J.Hertz, J.L.Caillerie, Lead Battery Power 90 s, (1988)
- 10) J.P.Hilger, J.Power Sources, 72, 184 (1988)
- 図9 連続製法熟成板の断面写真 Fig.9 Cross-sectional image of the cured plate made by the continuous process

# マイクロハイブリッド車用第二世代 UltraBattery の開発 第二報

Development of Second Generation UltraBattery for Micro Hybrid Electric Vehicle Second Report

荻野 由涼 西村 章宏\* 竹本 嵩清 本間 徳則 古川 淳 Yusuke Ogino Akihiro Nishimura Koshin Takemoto Tokunori Honma

#### Abstract

We have developed Gen-2 UltraBattery which gives lower direct-current internal resistance and higher charge acceptance under constant voltage condition than Gen-1 UltraBattery. Gen-2 UltraBattery maintains excellent capacity retention ratio after PSOC cycle life test. Gen-2 UltraBattery is expected to be the most suitable electrical power source for the micro-HEVs.

#### 1. はじめに

近年、地球温暖化等の環境問題が注目され、その 対策の一つとして自動車における温室効果ガスの 排出規制が挙げられている。例えば欧州では2021 年までにCO<sub>2</sub>排出量を1kmあたり95g以下にする [2021年規制]を掲げており、日本でも2020年には 20.3km/L(115g/L)の燃費目標値を設定している<sup>1)</sup>。

これらの規制に対応するため、各自動車メーカー において、EVやPHEVあるいはStrong-HEVと いった低燃費車の市場への投入を進めているが、大 容量のLi-ionバッテリーや大出力モータを搭載する ため高コストになってしまっている。一方でアイド リングストップ機能 (ISS) と回生充電システムを備 えたマイクロハイブリッド車は、比較的低コストで ありながら燃費効果を期待できるため、現在急速に 普及してきている。

アイドリングストップ中はオルタネータによる発 電が行われないため、電気負荷は全てバッテリーか ら供給される。また、エンジン始動回数が従来車と 比較して多くなるため、大電流での放電回数が増加 する。更に、燃費改善には回生ブレーキによる充電 を効率よく受け入れることが重要である。これらの 要求事項に対応するためには、PSOC (Partial State of Charge:部分充電状態)環境下での高い充電受入 性と耐久性を高める必要がある。

Jun Furukawa

その要求に対応するため、当社は同一セル内 に鉛蓄電池と非対称キャパシタを組み込んだ UltraBattery を商品化した。UltraBattery の構成を 図1に示す。UltraBatteryは2013年11月からホン ダ オデッセイ アブソルートに採用され、2015年4 月からホンダ ステップワゴンに採用されている。 UltraBattervは、①優れた充電受入性、②PSOC条 件下におけるサルフェーション抑制効果による高耐 久性、③成層化の抑制といった特長を有している<sup>2)</sup>。



図1

Fig. 1 Schematic of UltraBattery

<sup>\*</sup> 技術開発本部 UB事業統括部

しかしながら、各自動車メーカーの燃費競争は激 化しており、より高い耐久性や高効率な回生充電効 率など、電池に対する要求性能は日々高くなってい る。そこで、当社では過酷な充放電条件でのマイク ロハイブリッドシステムに対応するため、電池設計 を見直した第二世代UltraBatteryの開発を行って いる<sup>3)</sup>。本報では①直流内部抵抗の低減、②充電受 入性の向上、③電池寿命の延長の3つの課題を掲げ、 対策を講じた結果を述べる。

#### 2.課題と対策

#### 2.1 課題

一つ目の課題は、直流内部抵抗の低減である。マ イルドハイブリッド車は、アイドリングストップ後 のエンジン始動用放電や回生エネルギーの充電等、 急峻な大電流の充放電が従来のシステムと比較して 頻繁に生じる。このためISS用電池では、オーミッ クな抵抗成分である直流内部抵抗の低減は、電池性 能改善に大きく寄与すると考えられる。

二つ目の課題は、充電受入性の向上である。より 高い燃費効果をもたらす為には、過充電量はできる だけ少ない方が望ましい。しかしその一方で、充電 量が十分でないと徐々にSOC (State of Charge:充 電状態)は低下し、最悪の場合はアイドルストップ からのエンジン始動が不可能となる。これに対応す るには、従来システムよりも少ない充電機会におい て効率よく充電できることが必要である。

三つ目の課題は、電池寿命の延長である。マイ ルドハイブリッド車では電池はPSOC状態で使用さ れ、従来システムと比較して放電深度が深い。一般 的に鉛蓄電池は深い充放電を繰り返すと、正極活物 質である二酸化鉛粒子間の結合力が低下し、いわゆ る「軟化」が生じる。この軟化が進行すると、最後 は粒子間の結合が切れ、活物質が脱落し、容量低下 や短絡を引き起こす原因となる。

また、放電深度が深く充電不足になりやすい PSOC条件下では電解液の上下比重差が高止まりす る成層化が生じやすくなる。液式鉛蓄電池は、充電 時に極板内部で発生した濃硫酸が極板表面に達し、 それが沈降する事によって電槽底部の硫酸濃度が高 くなる。通常は充電末期に極板から生じる水素ガス や酸素ガスによって電解液が攪拌され、この上下比 重差は解消される。しかし、ISSは深放電にもかか わらず、オルタネータからの発電は定電圧であるた め、充電不足になりやすい。このためガスが生じに くく、成層化が短寿命の原因となっている。

つまり、PSOC状態における正極活物質の軟化と 成層化の抑制が電池寿命の延長には必要であると考 えられる。

#### 2.2 対策

これらの課題とその対策として実施した手法を 図2に示す。直流内部抵抗の低減策として、電解液 比重の最適化や、液抵抗が小さいセパレータへの変 更、さらに反応有効面積を広げるため極板枚数を増 やした。充電受入性の向上には、上記対策に加え、 非対称キャパシタを組み込むUltaraBattery技術を 第一世代同様に取り入れた。正極活物質の軟化対策 としては、粒子間の結合力を維持させるため、正 極活物質の高密度化を行った。成層化については、 UltraBatteryはキャパシタ層が充電時における硫酸 の沈降を抑制するため、上下比重差が生じることを 抑制できると考えられる。第二世代でも同様に効果 があることを確認した。



図2 課題と対策 Fig.2 Issues and solutions

#### 3. 直流内部抵抗試験

試験は液式N-55 UltraBatteryを用いて実施した。図3に直流内部抵抗試験のプロファイルを示

#### マイクロハイブリッド車用第二世代 UltraBattery の開発 第二報

す。開始SOCは90%、80%及び70%とした。充放電 電流は10A、50A及び100Aとし、制御電圧は14.5V とした。5秒目の充電電圧から得られた電流-電圧 特性を最小二乗法によって外挿し、求めた近似曲線 の傾きから直流内部抵抗を算出した。



図3 直流内部抵抗試験プロファイル Fig.3 Direct-current internal resistance (DC-IR) profile

#### 3.1 放電側の直流内部抵抗

図4に得られた放電側の直流内部抵抗を示す。第 二世代UltraBatteryは第一世代と比較すると、全て の測定SOC域において直流内部抵抗は約lmΩ低下 しており、エンジン始動性や出力特性を向上できた。



図4 放電側の直流内部抵抗

Fig. 4 Direct-current internal resistance (DC-IR) under discharge

#### 3.2 充電側の直流内部抵抗

図5に得られた充電側の直流内部抵抗を示す。 第一世代UltraBatteryにおいては、直流抵抗は SOC90%で36m $\Omega$ 、SOC80%で25m $\Omega$ そしてSOC70% では17m $\Omega$ であったが、第二世代UltraBatteryは全 ての測定SOC域で直流抵抗が低下しており、特に SOC90%では第一世代UltraBatteryと比較して約 45%低減できた。このことより、充電時の分極を低 減でき、効率よく回生エネルギーを受け入れること ができる。



図5 充電側の直流内部抵抗

Fig. 5 Direct-current internal resistance (DC-IR) under charge

#### 4. 充電受入性試験

電池の充電受入性を評価するため、SOC70%、 80%及び90%、最大充電電圧14.5V、最大充電電流 100A、試験温度25℃の条件においてUltraBattery の充電受入性試験を行った。

図6に充電開始後10秒間の積算充電電気量を 示す。全ての測定SOC域において、第二世代 UltraBatteryは第一世代と比較して良好な値を示 し、SOC70%では約1.3倍、SOC 80%では約1.4倍、 SOC90%では約1.6倍の改善効果を得られた。これ は充電側の直流内部抵抗が低減したことに起因す るものと考えられ、特に大きく低減できたSOC90% において顕著な改善がみられた。



#### 5. PSOC条件下でのサイクル試験

図7にマイルドハイブリッド車を模擬した耐久 試験パターンを示す。開始SOCは90%とし、最大 DOD (Depth of Discharge:放電深度)は約11%と した。アイドルストップによるエンジン停止を模 擬した22.5A (0.5CA)の放電と、エンジン始動を模 擬した300Aの放電、及び減速による回生充電を模 擬した14.5VのCC/CV充電を100回繰り返した後、 SOCを100%へ戻すCC/CVの回復充電を実施して 1サイクルとした。第一世代UltraBatteryの目標サ イクル数到達時に試験を停止し、上下比重差及び 20時間率容量維持率を測定した。



図7 PSOC サイクル寿命試験プロファイル Fig. 7 PSOC cycle life test profile

この耐久試験条件は、開始SOCが100%である JIS軽負荷寿命試験や耐久試験中に容量試験と回復 充電試験を含むEN規格のMicro-hybrid test条件と 比較すると、より実車制御に近い条件となってい る。さらに、試験中の充電条件をCC/CV充電のみ とすることによって、充電不足になりやすいオルタ ネータからのCC/CV充電状態を模擬し、成層化を 発生しやすい状況を再現した。

サイクル試験中の放電末期電圧推移を図8に、試 験終了後の上下比重差を図9に示す。従来のEFB (Enhanced Flooded Battery: ISS車用液式鉛バッ テリー)は第一世代UltraBatteryの目標サイクル 数に対して約80%で放電末期電圧が急落したが、 UltraBatteryは第一世代、第二世代共に放電末期電 圧低下することなく目標サイクル数を達成できた。

従来のEFBではサイクル試験後の上下比重差が 0.11と高く、成層化が解消しなかったことが短寿命 の一因だったと考えられる。一方、UltraBatteryは 第一世代、第二世代共に上下比重差は0.02と非常 に小さい値であり、極板の枚数構成や添加剤、セパ レータ等を変更しても成層化を抑制できる。





電池はエンジン始動だけでなくアイドルストップ 中の電源を担っているため、車両搭載中においては 一定以上の容量維持率を常に保持ことが要求され る。また、容量維持率が低下すると、内部抵抗も上 昇するため、燃費効果は低下する。 マイクロハイブリッド車用第二世代 UltraBattery の開発 第二報



国9 PSOC 91 970月前試験後の上下比重左 Fig.9 Stratification factor after PSOC cycle life test

サイクル試験後の20時間率容量維持率を図10 に示す。従来のEFBは目標サイクルに達しなかっ たため、放電末期電圧が急落したサイクルで容量 維持率を測定した結果、第一世代UltraBattryと比 較して非常に小さい値を示した。一方、第二世代 UltraBatteryは第一世代よりも目標サイクル時点に おいて容量維持率が約1.7倍向上した。この結果よ り第二世代UltraBatteryは、高い容量維持率をサイ クル後も維持できるため、優れた燃費効果を長期に 渡って持続できると考えられる。



図10 PSOC サイクル寿命試験後の容量維持率 Fig. 10 Capacity retention ratio after PSOC cycle life test

#### 6. まとめ

高い耐久性や高効率な回生充電受入性が要求さ れる現在の市場ニーズに対応するため、第一世代 UltraBatteryの設計を見直し、セパレータや、極板 構成枚数、負極添加剤、正極活物質密度等を最適化 した第二世代UltraBatteryを開発した。

その結果、第二世代UltraBatteryは放電側だけ でなく、充電側においてもSOC70%~90%の範囲 の直流内部抵抗を低減できた。定電圧条件下の充 電受入性試験においても、第一世代UltraBattery より積算充電容量がSOC90%で約1.6倍に増加し た。PSOCサイクル寿命試験においても、優れた 耐久性能を有し、試験後の容量維持率は第一世代 UltraBatteryに対して約1.7倍高い値を示した。ま た、設計を変更した第二世代UltraBatteryでも第一 世代同様に成層化の抑制効果があることを確認でき た。

以上の結果より、第二世代UltraBatteryは第一世 代よりも大きく上回る性能を実現し、今後更に高ま る電池の要求性能について十分に対応できると考え られる。

#### 参考文献

- 1) 国土交通省, 乗用車の2020年度燃費基準に関する最終 とりまとめ,(2011.10)
- 2) 柴田智史,中島秀仁,荻野由凉,西村章宏,赤阪有一,本 間徳則,古川淳,FBテクニカルニュース,No.70,9 (2014)
- 3) 佐藤和義, 柴田智史, 赤阪有一, 本間徳則, 古川淳, FB テクニカルニュース, No.71, 28 (2015)

## ISO 9001 /ISO 14001 マネジメントシステムの統合

Integration of ISO 9001 and ISO 14001 management system

米本 俊郎<sup>\*</sup> Toshio Yonemoto

#### 1. 主旨

2015年9月にISO 9001 (品質マネジメントシステム)とISO 14001 (環境マネジメントシステム)の 2015年版改正がありました。

今回の改正にて、主たる項番が統一されましたの で、当社ではこれを機に2016年4月より、上記各 マネジメントシステムを統合し、経営マネジメント システムとして、一体運用を開始致しました。

#### 2. 経営マネジメントシステム導入の背景

#### 2.1 導入前のマネジメントシステムの課題

これまで、当社では ISO 9001 と ISO 14001 を認証 取得し、それをベースに業務活動を執り行っていま したが、それらの内容は、多くの要求事項が重複し ており、各々を個別に運営することが効率的である とは言い難い状況にありました。

①各々に年2回の内部監査、及び年1回の認証機 関審査があり監査回数の頻度が多い。

②内部監査、及び外部審査に多くの工数、費用が 発生している。

③監査項目に多くの重複がある。

上記のことから、各マネジメントシステムが個別 に管理されており、業務効率の観点から必ずしも最 適な状態とは言えませんでした。

#### 2.2 ISO 14001 の全社拡大

ISO 14001 においては、認証登録範囲は、いわ き/今市両事業所のみでした。過去の認証機関によ る定期審査時に、本社・営業部門への拡大がなく、 活動レベルが高いレベルにはないとの提言があった

\* 品質保証統括部

ことから、全社拡大が必要との認識を持つに至りま した。

ISO 14001 がパフォーマンスを評価する取組みに 移行しつつあり、「ISO 9001 と ISO 14001 の共通の目 標」としての運用が要求されております。

こういった背景も、今回のマネジメントシステム の統合に取り組むきっかけの一つです。

#### 2.3 導入のメリット

其々のマネジメントシステムを統合することによ り、個別に行なわれている内部監査や定期審査を統 合し、パフォーマンスの向上/業務の効率化(わか りやすく使いやすく、ムダの排除、部分最適から全 体最適へ)及びコスト削減(維持・管理作業にかか る内部コストの軽減、審査回数の低減、審査工数の 削減)に結びつけることが狙いです。

#### 2.4 ISO 規格の 2015 年版改正

規格の構成が、「ISO 9001 や ISO 14001 の固有の要 求事項」+「マネジメントシステム共通の要求事項」 になり、其々の規格が統合を意識した体系となりま した。

#### 2.5 ISO 規格改定の主なポイント

ISO 規格改定の主なポイントは下記の通りです。 ①事業プロセス運営ツールとしてのマネジメント

- システム
- ・通常業務とマネジメントシステムの運用の一
   体化により形骸化の防止。
- ②<u>あらかじめリスクを考慮したマネジメントシス</u> テム
  - 「リスク及び機会」の考えが導入
     リスク:目的を達成する障害となるもの
     機会:目的を達成する都合のいいもの

33

## 技術解説

#### ISO 9001 / ISO 14001 マネジメントシステムの統合

- ③組織の状況把握、適用範囲 / 方針の見直し
  - マネジメントシステムの「意図した成果」に
     影響を及ぼす可能性のある、内部及び外部の
     「課題」を特定し、レビューすることを要求
- ④ 文書・記録の概念の共通化
  - ・従来の「文書・記録」が、「文書化した情報」
     という用語へ。
  - ・従来の文書や記録の管理と意図は変わらないが、電子媒体という新たな形態への対応を含んでいる。
- ⑤ 有効性評価の明確化
  - "パフォーマンス"と"マネジメントシステムの有効性"を評価することにより、マネジメントシステム自体を効率的に改善することが可能。
    - パフォーマンスの定義:測定可能な結果
    - 有効性の定義:計画した活動を実行し、計画 した結果を達成した程度

3. 当社でのシステム統合計画

① ISO 9001:2015 年版移行審查

- 2016年8月
- ② ISO 14001:2015 年版移行/拡大審査 2017 年 2 月

③ ISO 9001 / ISO 14001 定期/統合審査 2017 年7月

統合後の運用体制イメージを図1に示します。



# UltraBattery が日本イオン交換学会技術賞を受賞

UltraBattery won 2015 Technical Award of Japan Society of Ion Exchange

この度当社は、キャパシタハイブリッド型鉛蓄電 池「UltraBattery」の開発及び商品化に関する業績 により、UB事業統括部の4名が平成27年度の日本 イオン交換学会「技術賞」を受賞し、2015年10月 23から24日に金沢工業大学扇が丘キャンパスで開 催された第31回日本イオン交換学会研究発表会に おいて日本イオン交換学会の井川学会長から賞状と 副賞のトロフィが授与されました。

「技術賞」はイオン交換に関し格別に優れた研究 業績、技術開発、功績を挙げた会員に授与されるも ので、受賞者には大学研究者や企業研究者が名を連 ねています。

UltraBatteryは同一セル内に鉛蓄電池と非対称 キャパシタを組み込んだハイブリッド型鉛蓄電池で あり、従来の鉛蓄電池では難しいとされていた部分 充電状態と大電流パルス充放電が組み合わされた過 酷な条件での使用が可能となり、部分充電状態環境 下で高い充電受入性と耐久性が求められるアイドリ ングストップ車に最適な電池といえます。2013年 4月にアフターマーケット向けに販売を開始し、現 在ではホンダ・オデッセイアブソルートとホンダ・ ステップワゴンに搭載されています。

受賞者のプロファイルは今年の日本イオン交換学 会会報第27巻1号の「平成27年度日本イオン交換 学会各賞受賞表彰」に掲載されています。



アフターマーケット向けUltraBattery



(技術開発本部 UB事業統括部 鉛基盤開発部 萩原英貴)

# ものづくり日本大賞経済産業大臣賞を受賞

The Developer of MgBOX<sup>®</sup> Won Minister Prize of Economic, Trade and Industry at the 6 th Monodzukuri Nippon Grand Award

非常用マグネシウム空気電池 MgBOX<sup>®</sup>の開発メ ンバーを代表して、当社の7名が、第6回ものづく り日本大賞の経済産業大臣賞(製品・技術開発部門) を受賞し、表彰式において、賞状とメダルが授与さ れました。

ものづくり日本大賞は、日本の産業・文化の発展 を支え、豊かな国民生活の形成に大きく貢献してき た"ものづくり"を着実に継承し、さらに発展させ ていくために、"ものづくり"に直接携わる特に優秀 と認められる個人やグループを表彰する制度であ り、隔年で開催されています。

MgBOX<sup>®</sup>は、①保管中の劣化がほとんど無いた め、メンテナンスフリーで長期間の保管が可能であ ることや、紙製電池なので、使用後の廃棄も容易で あるなど、環境に優しいこと、②使用の際は、水(水 道水、海水、河川水、雨水など)を入れるだけで、 だれでも容易かつ安全に作動させることができるこ となどの特長があり、非常用の電源として高く評価 され、このたびの受賞になりました。

今回の受賞を励みに、今後も新製品、および、新 技術の開発に取り組んでまいります。



表彰式(2015.11.2 於:ザプリンスパークタワー東京)



経済産業大臣賞のメダル



# TOYOTA 新型プリウスに EN 規格 LN1 形蓄電池が採用

Adoption of LN1 Lead Acid Battery for TOYOTA New PRIUS

この度、トヨタ自動車株式会社様が2015年12月 に発売した4代目新型「プリウス」に、当社のEN規 格LN1形鉛蓄電池をご採用いただきました。

本品は欧州のEN(European Norm)規格に沿って 開発したLN1形蓄電池であり、4代目プリウスの 車両デザインの自由度を高める電池サイズの低形化 (JIS比)、及び全世界展開車両としての補修電池の グローバル調達の容易化と言ったニーズに応えてお ります。

また、当社のJIS規格の鉛蓄電池で培った安全性の技術を織り込んだ国内使用に最適なEN規格対応 鉛蓄電池です。

LN1形鉛蓄電池(外形図)

防爆フィルター

主な特長

要項表

①防爆フィルター付液口栓の採用

- ・使用中の万が一の液減りに対しても電解液の 補充を可能としました。
- ・防爆フィルターにより、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。

②極板デザインの最適化

 ・電池サイズの低形化に対し、極板デザインを 最適化し、性能及び充分な電解液量を確保。 JIS 鉛蓄電池と同レベルの低メンテナンス性 を確保しました。 電池内部断面図

外形寸法(約mm) 公称電圧 20時間率容量 質量 型式 (V) (Ah) (kg) 長さ 幅 総高 345 LN 1 -MF 12 45 175 175 190 12.0

その他

防爆液口栓仕様

# バックボーンフレーム式ユニット型蓄電池の紹介

### Introduction of Backbone Frame Unit Type Cell

東日本大震災以降、蓄電池設備の耐震性がこれま で以上に重視されるようになってまいりました。こ うした社会的ニーズに対応し水平加速度2Gに耐え られる「バックボーンフレーム式 ユニット型蓄電 池」を開発しました(特開 2014-191911)。

#### 特長

- (1)水平加速度1Gから2Gへ耐震性が向上 標準的な4段までを想定した場合です。
- (2)1G対応の場合は6段まで可能
   4段に比べ組電池の設置面積を33%~50%
   も低減することができます。
- (3)左右の施工スペースが不要 ユニットの固定が正面のボルト留めだけで済 むため、複数台並べる場合や他の機器の隣に 置く場合でも左右に間隔を空ける必要がなく なりました。
- (4)メンテナンス、交換工事が容易
   従来のような段積みと違い、各段ごとにユニットをフレームから抜き差しできます。

表1は周波数応答解析から得られた各部の最大応 力値です。いずれの値も鋼材の降伏応力(240 GPa) とボルトの保証応力(970 GPa)を超えないことから水 平加速度2Gの振動に耐えることが示されています。

既にFMU - Sで製品化が完了し、今後はFCPや 産業用UB等のユニット型のサイクルユース電池に も適用予定です。



図1 構造概要図



図2 2G振動時の応力分布(前後方向)

#### 表1 周波数応答解析による応力(単位:GPa)

評価箇所		Ź	左右方向加持	辰	育	前後方向加掛	辰	
		1 G	1.5G	2 G	1 G	1.5G	2 G	
	アンカー (M:16)	222	333	444	294	441	588	
	最下段 (M:12)	473	710	946	426	639	852	
ボルト	1-2段連結(M:12)	485	728	970	106	159	212	
	2-3段連結(M:12)	353	530	706	40	60	80	
	3-4段連結(M:12)	190	285	380	29	43	57	
バックボーンフレーム		55	83	110	103	155	206	
チャンネルベース		68	103	137	82	123	163	
ユニット	最下段	69	103	137	108	162	216	
	2段目	70	105	140	40	60	80	

(産業機器生産統括部 産業機器技術部 大出康樹)

# マグネシウム空気電池 『MgBOX slim』 の紹介

Introduction of Magnesium-Air Battery "MgBOX slim"

#### 1. はじめに

空気中の酸素とマグネシウムが化学反応し発電す るマグネシウム空気電池「MgBOX (マグボックス)」 は、非常時に水を入れるだけで多数の携帯機器へ電 力を供給できる商品として、2014年12月より主に 地方自治体向けに製造、販売しています。

MgBOXは避難所などに設置して使用できる大容 量設計であるのに対して、今回、会社のオフィスや 一般家庭での使用を想定した小型モデル「MgBOX slim (マグボックス スリム)」を開発し、販売を開 始しました。



#### 2. MgBOX slim の特長

◎サイズを小型化

奥行は MgBOX の約半分、幅はA4サイズ、書棚や引き出しにも保管しやすい。

◎注水性を向上

電池本体に「じょうご」と「紙コップ」を付属、 従来よりもすばやく注水できる。 ○ MgBOX の特長はそのまま

- ・水や海水を入れるだけで発電
- ・スマートフォンなど携帯機器の充電に最適
- ・USBタイプの出力端子を装備
- ・紙製容器のマグネシウム空気電池
- ・環境負荷が小さく使用後の廃棄が容易
- ・発電時に騒音や二酸化炭素を発生しない



じょうごと紙コップによる注水イメージ

#### 3. 製品仕様

電池仕様

商品名(型番)	マグネシウム空気電池 MgBOX slim (AMB 3200)		
寸法	幅210×奥行110×高さ220mm		
質量	約1.0㎏(注水前) 約2.5㎏(注水後)		
発電時間	最大5日間		
最大電気量	200 Wh		

#### USB ボックス仕様

出力電圧	DC 5.0V
最大電流	1.0A
端子口数	1 個

2016年2月より地方自治体や企業、団体、一般個 人向けに販売しています。

(技術開発本部 開発統括部 商品開発部)

# 鉄道地上設備用制御弁式据置鉛蓄電池 "FCR 形電池"

Valve Regulated Lead-Acid Battery for Ground Equipment for Railway

### 1. 背景

鉄道向け地上用電源である信号通信設備、変電・ 電力制御用設備には鉛蓄電池などが使用されていま す。これらの設備の特徴として夜間に計画的に停電 となる場合があります。スタンバイ用の鉛蓄電池は 放電頻度が高い場合、充放電のバランスがくずれ短 寿命になることがあります。この様な用途に最適な 制御弁式鉛蓄電池FCR形を開発したので、その概 要を紹介します。

#### 2. 特長

- ・充放電サイクルに強い
   計画停電による運用においても長寿命
   (25℃約10年\*)
- ・デュアルユース対応
   優れた充電特性のため、スタンバイとサイクルの両用途で使用可能
- ・MSE 形蓄電池と互換性 従来品と互換性があり、置換え可能

※使用環境、使用条件により変動します。

#### FCR 形蓄電池の要項表

形式	公称電圧(V)	10時間率容量 (Ah)	外形寸法 (約mm) (総高さ×幅×長さ)	質量(約kg)
FCR-50-12	12	50	220 × 128 × 363	22.5
FCR-100-6	6	100	220 × 128 × 345	22.0
FCR-150	2	150	365 × 170 × 106	12.5
FCR-200	2	200	365 × 170 × 106	15.5
FCR-300	2	300	365 × 170 × 150	22.0
FCR- 500	2	500	365 × 171 × 241	36.5





FCR-200 外観図

# UPS (無停電電源装置) 100 ~ 300 kVA 【GBTDX-T3 シリーズ】

### UPS (Uninteruptible Pwer Supply) 100 ~ 300 kVA [GBTDX-T3 Series]

#### 1. 背景

この度、性能・機能面で他社に劣勢となった UPS (無停電電源装置) GBTX シリーズの100 ~ 300 kVA を廃型とし、新型 GBTDX シリーズを後継 の機種としましたので、ご紹介致します。

#### 2. 特長

3. 緒言

・高力率負荷対応(kVA = kW)

力率改善(PFC)回路の普及により、高力率(1.0) 化した負荷機器に対して、有効に電力を供給で きます。

項目	GBTDX シリーズ	当社従来 UPS
定格負荷	1.0	0.9(遅れ)
山土の弓	100 kVA	100 kVA
	100 kW	90 kW
5 kW サーバ供給台数(例)	20 台	18台

・大型タッチパネルの採用

操作・表示画面に7インチ (ワイド)の大型タッ チパネルを採用しました。

・長寿命ファンを採用可能
 (期待寿命15年at25℃負荷率80%)
 <オプション>

### ・多様なシステム対応

高信頼性システム(並列冗長運転、共通予備運 転など)の構築に対応し、並列冗長運転システ ム構築には共通制御部がない当社独自の完全独 立並列冗長方式の適用が可能です。最大8台並 列運転まで可能とし、大規模システムにも対応 できます。



図1 GBTDX-T3外観写真

項目	GBTDX シリーズ					
モデル	T 3 / 100	T 3 / 150	T 3 / 200	T3/250	T 3 / 300	
給電方式						
容量	100 kVA/ 100 kW	150 kVA/ 150 kW	200 kVA/ 200 kW	250 kVA/ 250 kW	300 kVA/ 300 kW	
最大入力電流	385 A	577 A	770 A	962 A	1154 A	
交流入力			3 ¢ 3 w 200 / 210 V			
直流入力			288~401.4V			

(産業機器営業統括部 営業技術部)

### 可搬形特殊信号発光機(MF-84Y)

### Special Signal Light Emitting Equipment of Portability Type

鉄道の保線作業において、作業現場への車両の進入による事故を未然に防ぐため、LEDの発光によって作業区間の明示と停止を促す特殊信号発光器は極めて重要な役割を担っています。

これまで当社では、赤色の超高輝度LEDを用い た可搬形特殊信号発光機・MF-84シリーズによって 保線作業の安全性に貢献してまいりました。

首都圏の鉄道会社では、昨年より赤色LEDだけ でなく黄色LED使用のルール化が進んでいます。 これに対応すべく当社でも黄色LED版の可搬形特 殊信号発光機・MF-84Yをラインナップに加え、販 売を開始しました。

#### 1. 特長

- ●超高輝度LEDの使用により、昼間でも800m 以上の距離から視認可能です。
- ●軽量で持ち運びも容易です。
- ●専用三脚の使用で、傾斜地などでも場所を問わず設置固定が可能です。
- ●本体と三脚は強力マグネットにより接合できる ため、取付け・取外しが容易です。
- ●専用アダプタを使用して、家庭用コンセントからでも充電が可能です。
- ●寒冷地、雨天時でも使用が可能です。



#### 2. 主な仕様

発光体種類	超高輝度 LED (黄色)
点滅回数	約 600 回/分
視認可能距離	昼間 800 m 以上
連続点滅可能時間	完全充電後8時間以上
充電時間	約6時間
本体寸法	H 220 mm $\times$ W 110 mm $\times$ D 90 mm
重量	約1.2kg
容量表示	5段階インジケータによる







使用例(三脚に取付けたところ)

本体点灯

(産業機器生産統括部 アルカリ電池部)

# 市販向け二輪車用「FTZ5S」「FTZ6V」形 制御弁式蓄電池の紹介

### Introduction for Replacement VRLA Motorcycle Battery "FTZ 5 S" "FTZ 6 V"

この度、二輪車用制御弁式電池の液入り充電済み タイプとして新たに「FTZ5S」「FTZ6V」をライン アップいたしました。

この電池は、当社海外子会社であるタイのSIAM FURUKAWA CO., LTD. (サイアム・フルカワ社) がタイ国内ニーズに合わせ開発し、日本の市販市場 においても交換需要が見込めることから、日本の市 販向けに商品化することとしました。

商品概要を以下にご紹介いたします。

#### 1. 新商品名

FTZ5S FTZ6V

#### 2. 発売日

2016年10月11日

#### 3. 販路

二輪車販売店、部品商他

#### 4. 主な特徴

・高容量化

同サイズのドライタイプ電池と比べ高容量<br />
・高<br />
性能化しました。

	商品名	10時間率容量	CCA		
同サイズ	FT 4 L-BS	3 Ah	40 CCA		
新商品	FTZ5S	3.5Ah	75 CCA		
(互換性無し)					

	商品名	10時間率容量	CCA		
同サイズ	FTX5L-BS	4 Ah	80 CCA		
新商品	FTZ6V	5 Ah	90 CCA		

(互換性無し)

- ・メンテナンスフリー
   制御弁式(VRLA)を採用し、メンテナンスフ
   リー、ポジションフリー(傾斜角度制限あり)を
   実現しました。
- ・ウェット化
   工場出荷時からすでに注液、充電されており、
   車両搭載後、直ぐにエンジン始動が可能な状態
   となっております。

#### 5. 補償期間

12ヶ月または2万km

#### 6. 要項表

型式	10時間率容量 (AH)	外形寸法(約mm)		
		長	幅	高
FTZ5S	3.5	113	70	85
FTZ6V	5	113	70	105

#### 7.主な搭載車種

型式	メーカー名	搭載車種	
FTZ5S	ホンダ	GROM	
FTZ6V	ホンダ	TACT、CBR 125	

#### 8. 外観(パッケージ)





http://www.furukawadenchi.co.jp/

本社·支店

本		社	<b>〒</b> 240-0006	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	事利	务所	〒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
北海	道了	と店	〒003-0021	札幌市白石区栄通14-1-20	TEL.011-855-3061
東 は	化 支	店	〒980-0803	仙台市青葉区国分町3-6-1(仙台パークビル8F)	TEL.022-224-1231
北区	耊 支	店	〒921-8171	金沢市富樫2-2-12(STビル2F)	TEL.076-281-6651
中音	祁 支	店	〒461-0005	名古屋市東区東桜1-14-25(テレピアビル)	TEL.052-973-0791
関ロ	西 支	店	〒530-0004	大阪市北区堂島浜2-1-29(古河大阪ビル)	TEL.06-6344-0017
中国	国 支	店	〒730-0051	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
四目	国 支	店	〒760-0023	高松市寿町1丁目1-12(パシフィックシティ高松5F)	TEL.087-811-5980
九 ヶ	忄 支	店	₹810-0004	福岡市中央区渡辺通1-1-1(サンセルコビル7F)	TEL.092-762-8050

### 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
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.0288-21-3179

