

事業化・社会実装プログラム（自由提案型） 2025年度
成果報告書

災害時に利用可能な ハイブリッド空気電池システムの開発

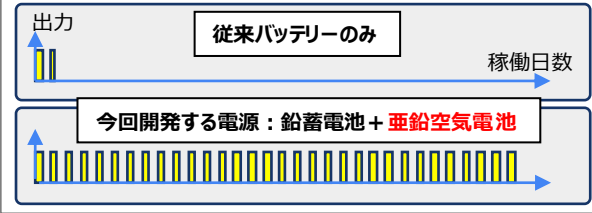
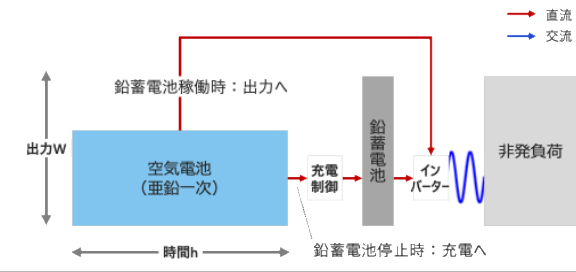
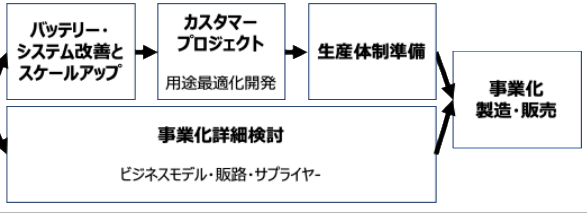
AZUL Energy株式会社



Azul
Energy

要約

タイトル	災害時に利用可能なハイブリッド空気電池システムの開発
会社名	AZUL Energy株式会社

1. 解決を目指す防災・減災課題と解決方法 例年、自然災害による大規模なインフラ被災地では数日～数週間分のバックアップ電源が必要で、保守保管性がよく静音で環境負荷が小さいバッテリーの大規模非常用電源が期待されている。既存の蓄電池は電力量が不足しやすく、大規模化による体格の大型化・安全性に課題がある。一方で亜鉛空気電池は電力量が大きいため大規模電源をリチウムイオン電池の1/3、鉛蓄電池の1/10の体格で構成できる可能性があるが、<u>低出力が課題であった</u>。 今回提案するバッテリーハイブリッドシステムでは、負荷へは鉛蓄電池から放電し、余剰時間に亜鉛空気電池から鉛蓄電池へ充電することで、亜鉛空気電池の大容量＋鉛蓄電池の高出力の「いいとこどり」を目指す。  このグラフは、出力（W）と稼働日数（日）の関係を比較しています。上段の「従来バッテリーのみ」は、出力が低く稼働日数が短い（約5日）ことを示しています。下段の「今回開発する電源：鉛蓄電池＋亜鉛空気電池」は、出力が高く稼働日数が大幅に延びる（約20日以上）ことを示しています。	2. 実施内容 屋外イベント用電源として週～月単位での使用を前提とした、亜鉛空気電池と鉛蓄電池による小型試験機として100W70kWh級ハイブリッド電源の設計から試作・実証試験までを実施した。机上検討より運用法に最適な電源構成を設計し、上記バッテリー間の充放電およびバッテリーからAC100Vインバータを介して照明を安全に点灯・消灯するための電源管理システムを試作した。ラボにおける2週間の運転による動作検証、及び令和8年1月19日より仙台中心部で開催されたBright Nights Storyにおけるイルミネーション用のパーライト1台分の電源として屋外PoCを実施した。  この図は、システムの構成と動作を示しています。亜鉛空気電池（亜鉛一次）と鉛蓄電池は充電制御を介して接続されています。出力はインバータを経由して非発熱負荷（イルミネーション）に供給されます。動作モードとして「稼働時：出力へ」「停止時：充電へ」が示されています。図中の矢印は、赤が直流、青が交流を示しています。	3. 実施結果 市販の12V65Ah鉛蓄電池1基と、AZUL Energyの亜鉛空気電池であるFerion®, 12V7kWhタイプ10基、およびこれらバッテリー間の充電とAC100Vインバータ、安全管理と記録機能を含むバッテリーハイブリッドシステムを設計、試作した。 ラボ計測では25℃下で90-120Wの電力を毎日4時間点灯する条件で、2週間の稼働を確認、その間鉛、亜鉛空気電池とも顕著な劣化なし。さらに野外PoCでは仙台勾当台公園内の自動車荷台に8日間設置し、イルミネーション用に電気を供給し続けた。  この写真は、野外PoCの様子を示しています。夜間の公園で、自動車荷台に設置された電源システムがイルミネーションを点灯させている様子が写っています。	4. 今後の展開 今回の検討からシステムのメリットを定量的に把握出来た。一方でより広い需要に応え事業化していくうえでの課題を抽出し、技術開発と製造およびビジネスディベロップメント双方について活動していく。 技術のアップグレード：電源システムの出力向上および小型化のための亜鉛空気電池の高出力化開発 ビジネス構築：部材供給から生産・販売、回収までを含めたビジネスとして大規模バッテリーシステムの顧客ニーズに応えるモデルの構築とサプライチェーン構築、および社会実装への準備 生産体制構築：マスマンufacturing体制と生産技術の確立  この図は、事業化のロードマップを示しています。上段は「バッテリー・システム改善とスケールアップ」→「カスタマープロジェクト（用途最適化開発）」→「生産体制準備」→「事業化（製造・販売）」の順に進みます。下段は「事業化詳細検討（ビジネスモデル・販路・サプライヤー）」が横断的に進められることが示されています。
--	---	--	---

1. 解決を目指す防災・減災課題と解決方法

災害時の汎用長寿命×高出力電源としての、亜鉛空気電池と鉛蓄電池によるバッテリーの“ハイブリッドシステム”の実現

■ 災害からインフラ復旧までの間の電源確保

大規模災害時の避難所やインフラのバックアップ電源の必要性が高まる一方で、供給網やコスト等の現実的な課題に対して「より災害に強い電源」が求められる

必須な特徴：大電力量、保存性、安全性

重要な特徴：小型、可搬、メンテ性、安定供給

■ 災害に強い電池とは

- 大電力量である = 長期間のインフラ不在に備える
- 保存性がある = 突然必要が生じるまで保管できる
- 安全である = 火災等の2次災害を悪化させない
- 可搬性がある = 補充が容易
- 希少元素を用いない = 安定供給できる

→ 全項目に感度が高い亜鉛空気電池に期待



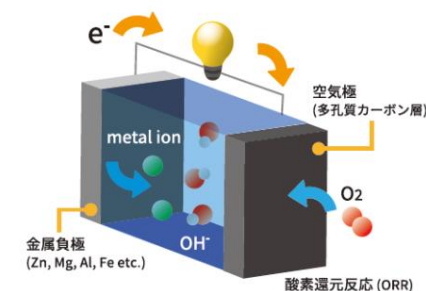
従来の発電機型非常用電源に加え、設置・管理コストが低く、手軽に備蓄ができる可搬型の電源を導入

電力レジリエンスの強化

酸素と亜鉛金属から発電する高容量「亜鉛空気電池」

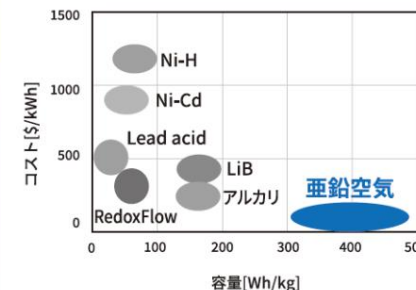
空気電池の原理

空気電池は、空気中の酸素を用いて発電する電池です。
片方の電極には金属を利用し、
金属の溶解と酸素の還元反応で発電します。



空気電池の特長

- 空気中の酸素を活性物質として用いることで、高いエネルギー容量を実現
- 安価なコストと大容量を両立



1. 解決を目指す防災・減災課題と解決方法

■ 亜鉛空気電池Ferion®の特徴と課題(※)

正極：大気中の酸素を使う＝軽量, 活物質レスによる省体積化

負極：金属電極全てが反応＝高エネルギー密度

・強みはエネルギー(電力量)、鉛蓄電池の10倍

・弱点は出力 (現状で鉛蓄電池の10分の1以下)

※Ferion®はAZUL Energyの登録商標です

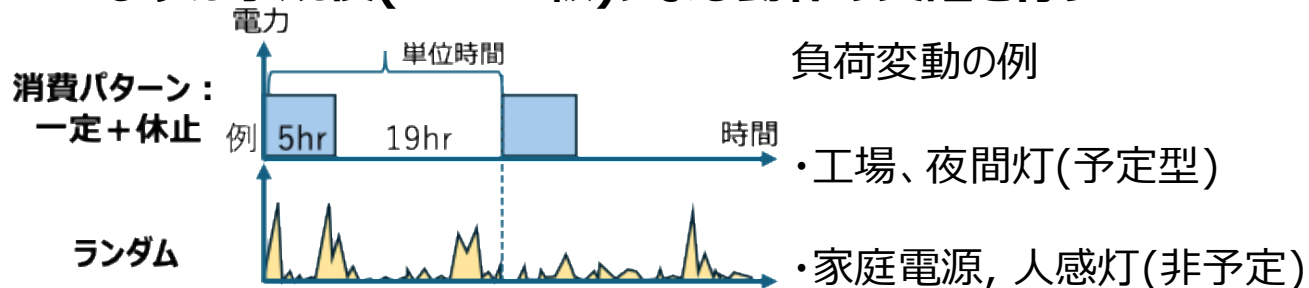
■ 弱点を補い合う「ハイブリッド電源」の提案

鉛蓄電池：出力(W)を請け負う

亜鉛空気電池：低負荷時に鉛蓄電池へ電気量(Wh)注入

・電力変動の大きい負荷・用途へのブースター

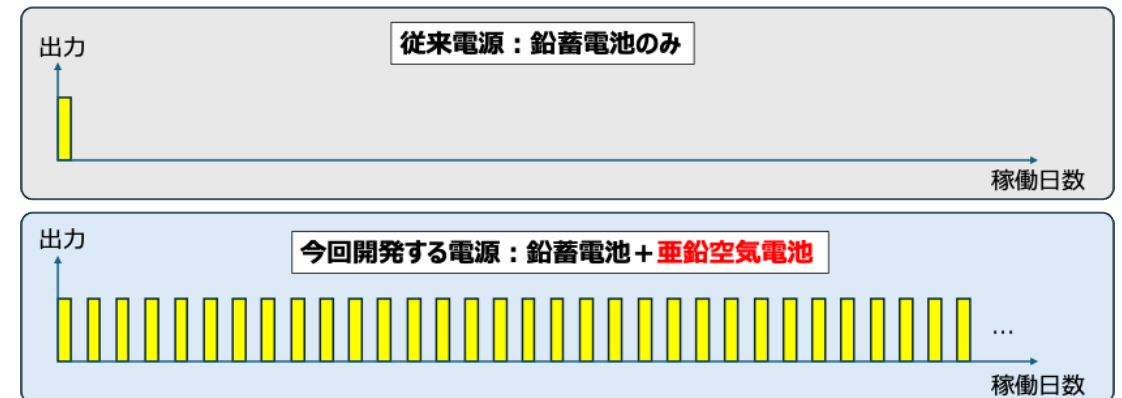
→まずは小規模(100W級)による動作の実証を行う



鉛蓄電池(Pb)の力と亜鉛空気電池(Zn-Air)の持久力
→ハイブリッドでいいところ



間欠動作による夜間灯火の連続稼働日数(外部からの充電無し)



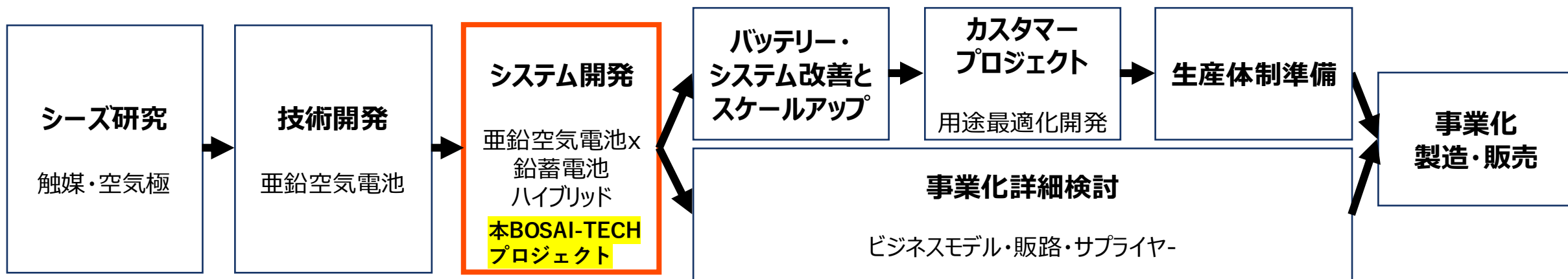
2. 実施内容

鉛蓄電池から電気を要求に応じて出力し、休止中に消費した電気を亜鉛空気電池が鉛蓄電池へ注入するバッテリーのハイブリッドシステム、その小型試験機を設計・試作し、動作の実証までを行う

■ 実施概要

- システムの設計(目的・出口動作からバッテリー構成、各部品スペックへ)
- 主幹電源回路(大電流側)、各保護・安全回路、制御・ロガーマイコンと非常用手動制御の設計・試作
- ラボにおける常温長期試験でのコンセプト実証
- 野外PoCに向けたシステム可搬/低温対応化
- 野外PoCにてパーライト1台分の電気を供給@仙台Bright Nights Story (1/19から8日間)

■ 本検討の全体的事業化の流れにおける位置づけ



2. 実施内容

■ 実施項目と計画

実施項目	10月	11月	12月	1月	2月
バッテリー性能把握	短期出力	長期動作試験	低温動作評価		
鉛電池動作試験	充電 放電	低温動作評価			
システム構成検討	性能 具体化				
動作シミュレーション	計算				
実装1.計測系開発	構成	部品 ソフト 動作検証			
実装2.主幹・制御ハード	構成	部品 開発			
実装3.主幹・制御ソフト	構成	開発			
実装1-3システム組・調整			動作単中期試験	野外PoC対応可搬化	
保護部品準備		設計 調達 加工	組付け		
ラボ試験開始				ラボ試験	延長試験
データ解析				データ解析	
PoC野外試験 (仙台Bright Nights Story)				仙台Bright Nights Story PoC	
報告書作成					まとめ・報告書

2. 実施内容

■ 使用用途からのシステム目標・基本構成の決定

目的：仙台Bright Nights Story用の照明装置点灯用として1週間以上使用する

開発目標：最大90Wの照明を毎日4時間点灯する

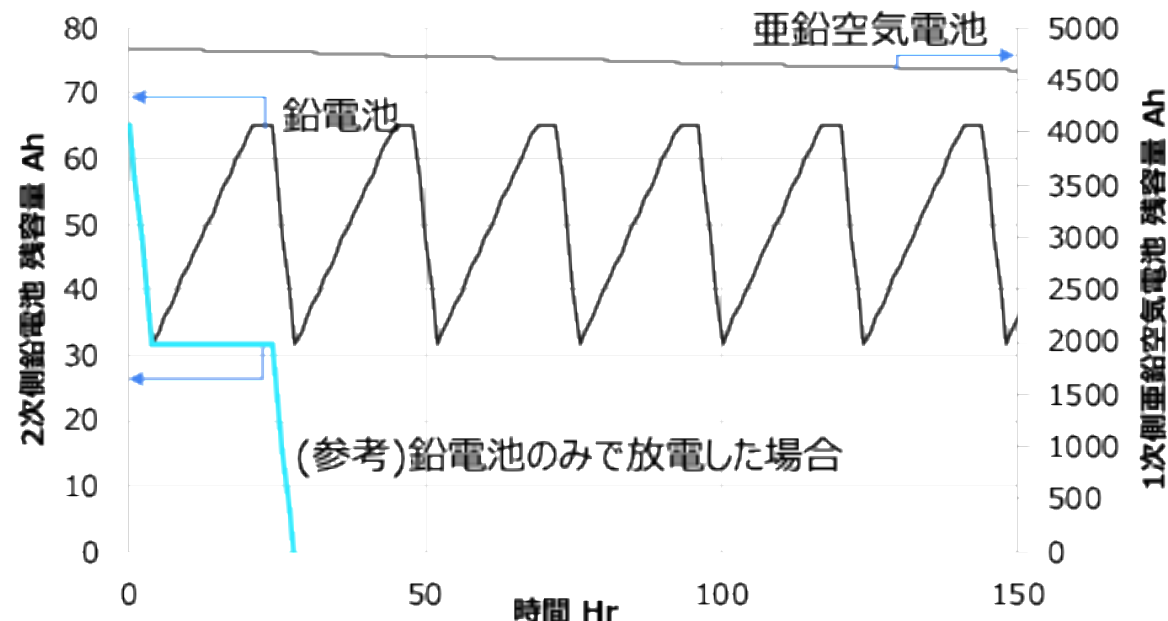
必須条件：外気0℃前後にて1週間以上システム外からの給電を行わずに独立動作させる

本試作構成

	亜鉛空気 単電池	亜鉛空気 10並列(A)	鉛蓄電池 単体(B)	鉛+亜鉛空気 10並列(A+B)
電圧	12 V	12 V	12 V	12 V
連続定格電流	0.25 A	2.5 A	13 A	2.5 A+
連続定格出力	3 W	30 W	156 W	30 W+
最大容量	600 Ah	6000 Ah	65 Ah	6065 Ah
最大電力量	7200 Wh	72000 Wh	780 Wh	72780 Wh
定格出力	3 W	30 W	100 W	100 W※ (ただし断続的)
(90W×4時間/日) 稼働可能日数	20日※ (出力未達のため参考値)	200日※ (出力未達のため参考値)	2日	202 日

・構成検討結果：照明の出力を12V65Ah級鉛蓄電池1基で、休止時間の鉛蓄電池の充電を12V600Ah級亜鉛空気電池10基で賄う構成に決定(左表)

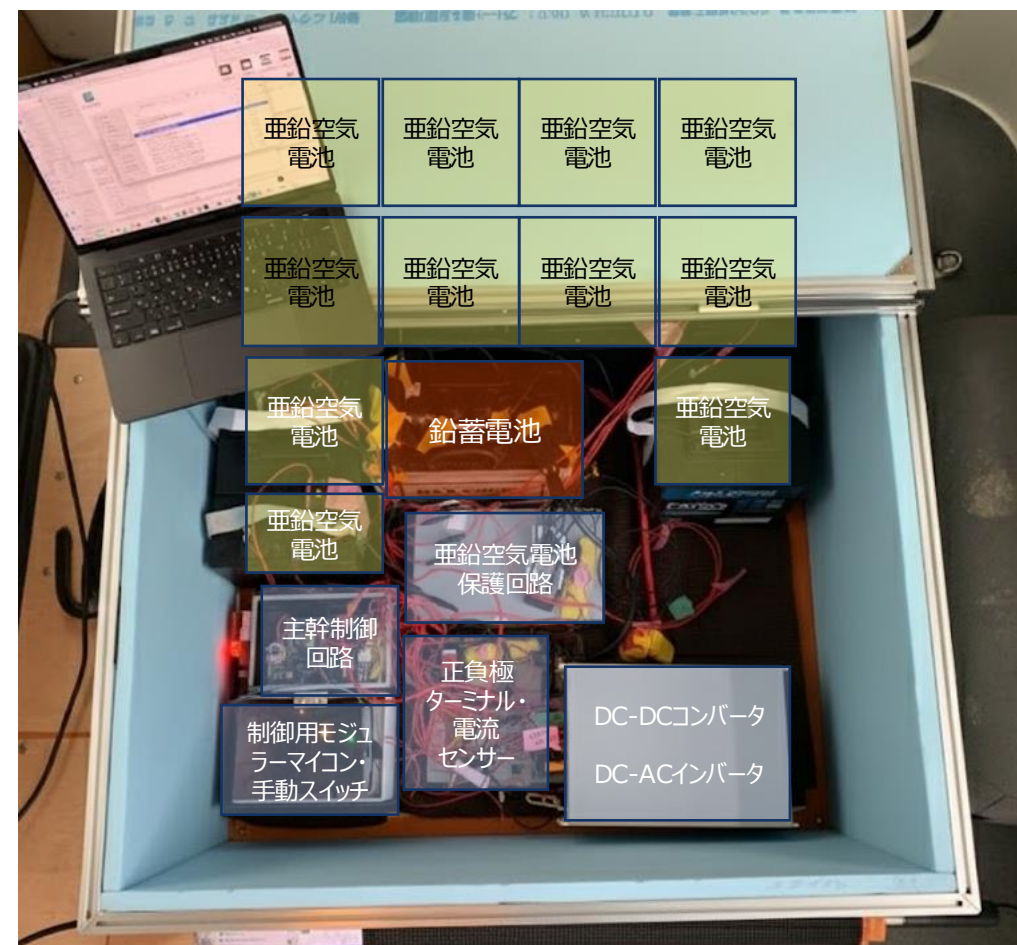
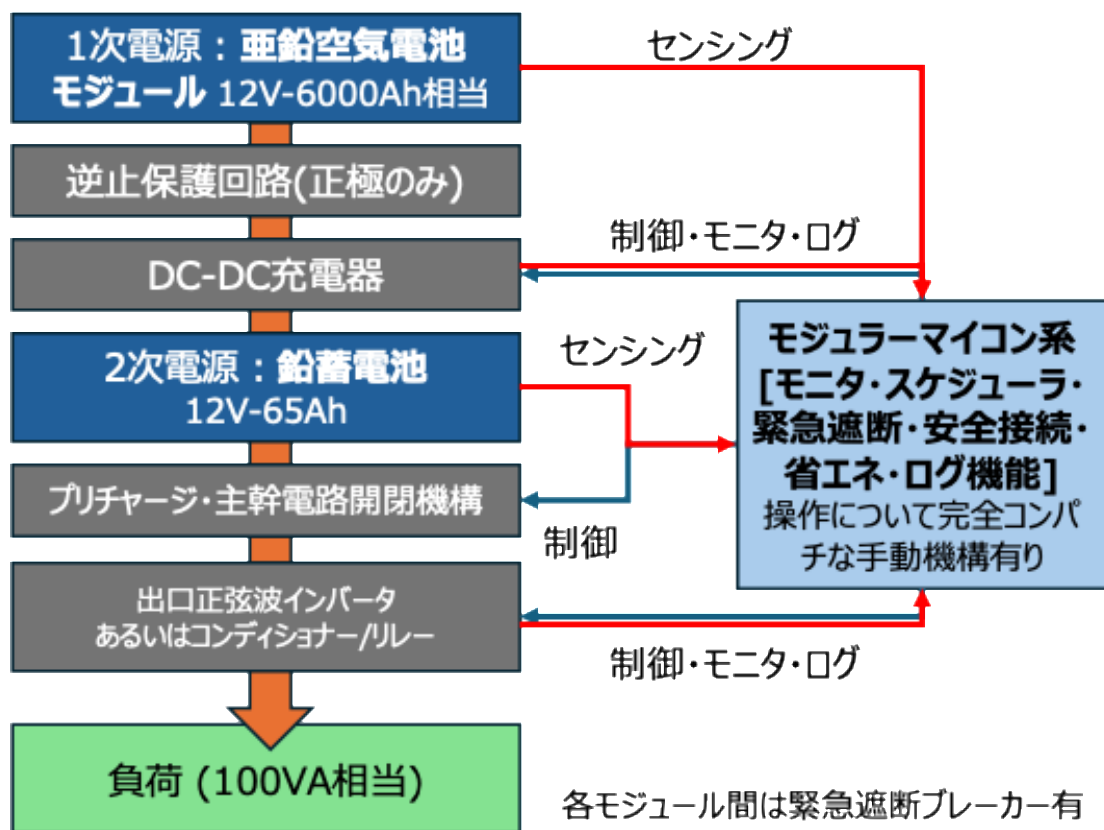
・システム動作シミュレーション結果：24時間の放電－充電サイクルにおいて鉛蓄電池に劣化が起こりにくい充電深度50%-100%の間で安定動作することを予測(右図)



2. 実施内容

■ 実施概要（試作開発）

今回試作したハイブリッドバッテリーシステムの装置・回路構成（下図）と完成したシステム（右写真）



3. 実施結果(1)

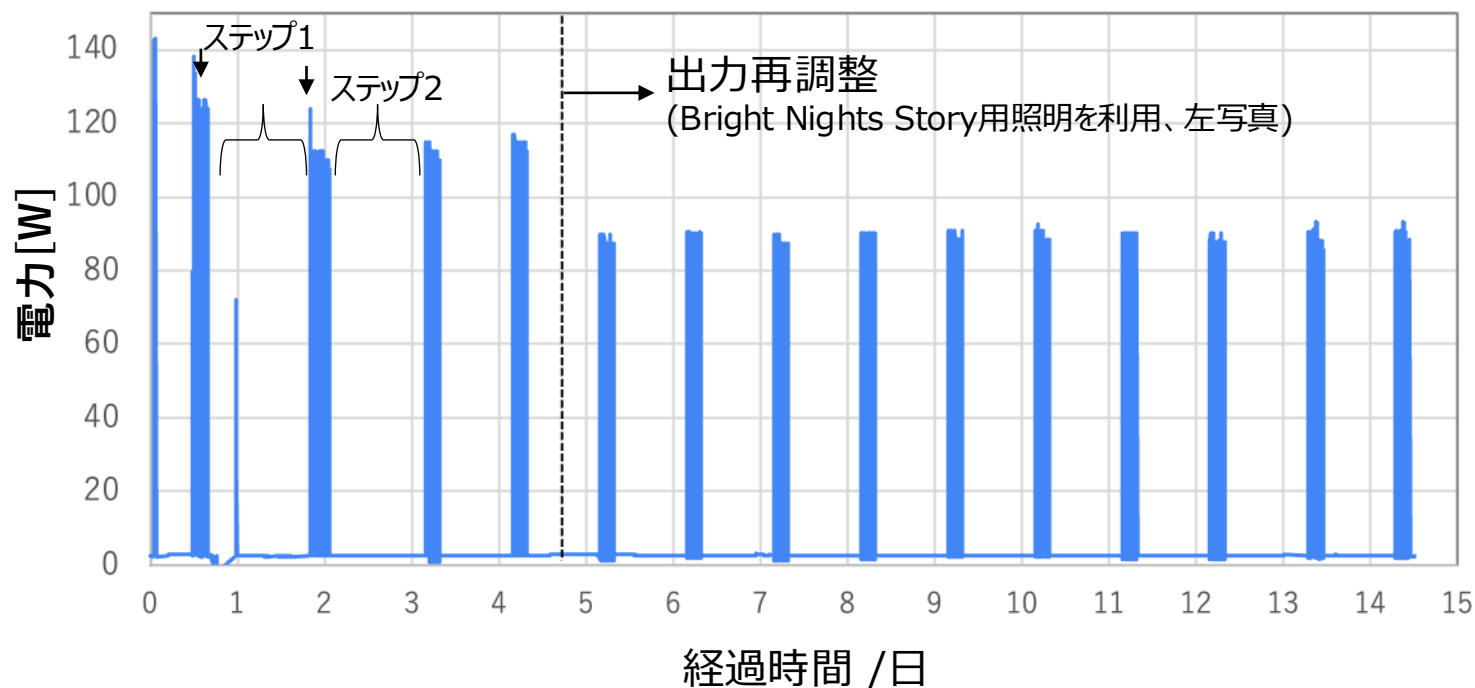
■ ラボ内常温(25℃)におけるコンセプト実証試験

実験方法： ステップ1： AC100V 120~90Wで4hr電力消費 (照明点灯)

ステップ2： 余剰時間でDCコンバータを介して12V亜鉛空気電池から12V鉛蓄電池へ2.5~3Aで充電

ステップ1 - 2を24時間サイクルでループ

ラボ試験での照明点灯の稼働と電力消費状況



ハイブリッド電源結果：
14日間稼働
総放電電力量 4000Wh
(残容量大だがプロジェクト期間期限のため終了)

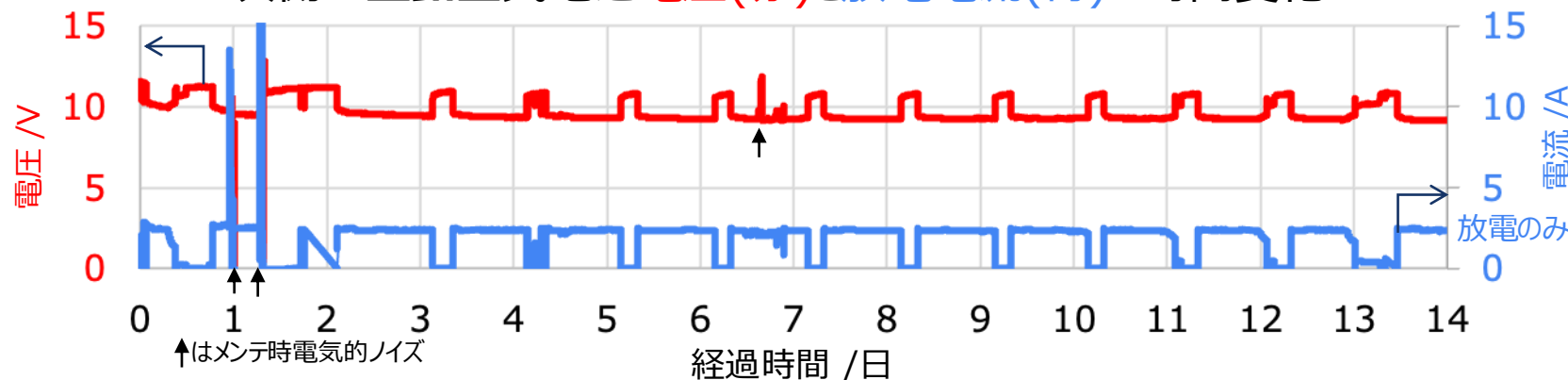
[比較]
鉛蓄電池単体での稼働時間1
日(4時間)
総放電電力量 360Wh
(充放電サイクル性を維持するための電
圧下限まで低下して終了)



3. 実施結果(2)

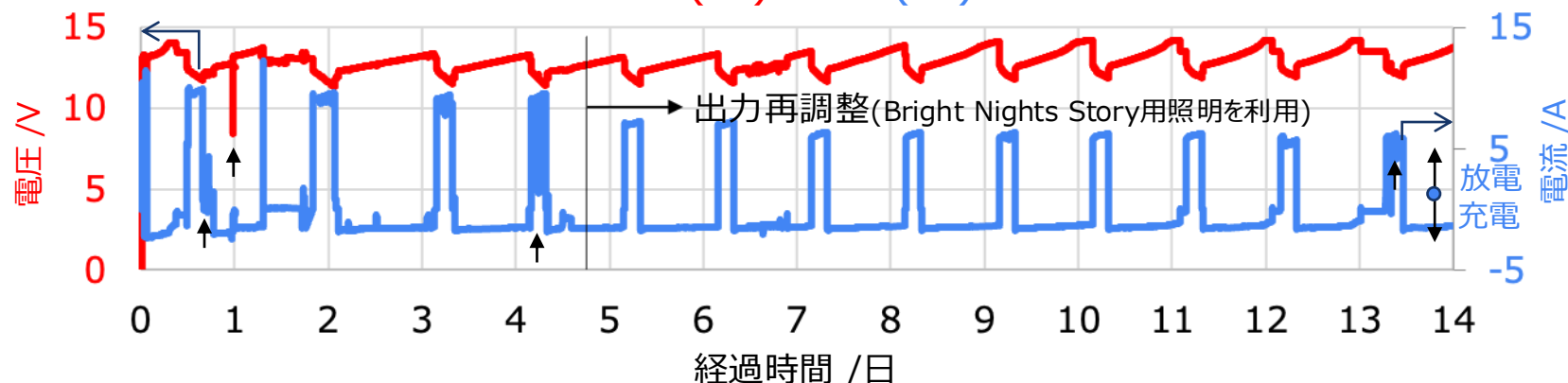
■ ラボ内常温(25℃)におけるコンセプト実証試験 (前ページ試験の電池動作データ)

1次側：亜鉛空気電池電圧(赤)と放電電流(青)の時間変化



1次側：亜鉛空気電池(容量担当)
停止時12V、2.5A放電時 (=鉛へ充電)10V以下、を繰り返し
14日安定サイクルで顕著な劣化無し

2次側：鉛蓄電池電圧(赤)と電流(青)の時間変化



2次側：鉛蓄電池(出力担当)
停止時12.8~13.2V、亜鉛空気から充電14.4Vまで昇圧、放電で電圧降下(初期下限11.8V, 再調整後12.3V)を繰り返し
毎放電開始前に容量100%状態到達
14日間安定した充放電サイクルを維持

3. 実施結果(3)

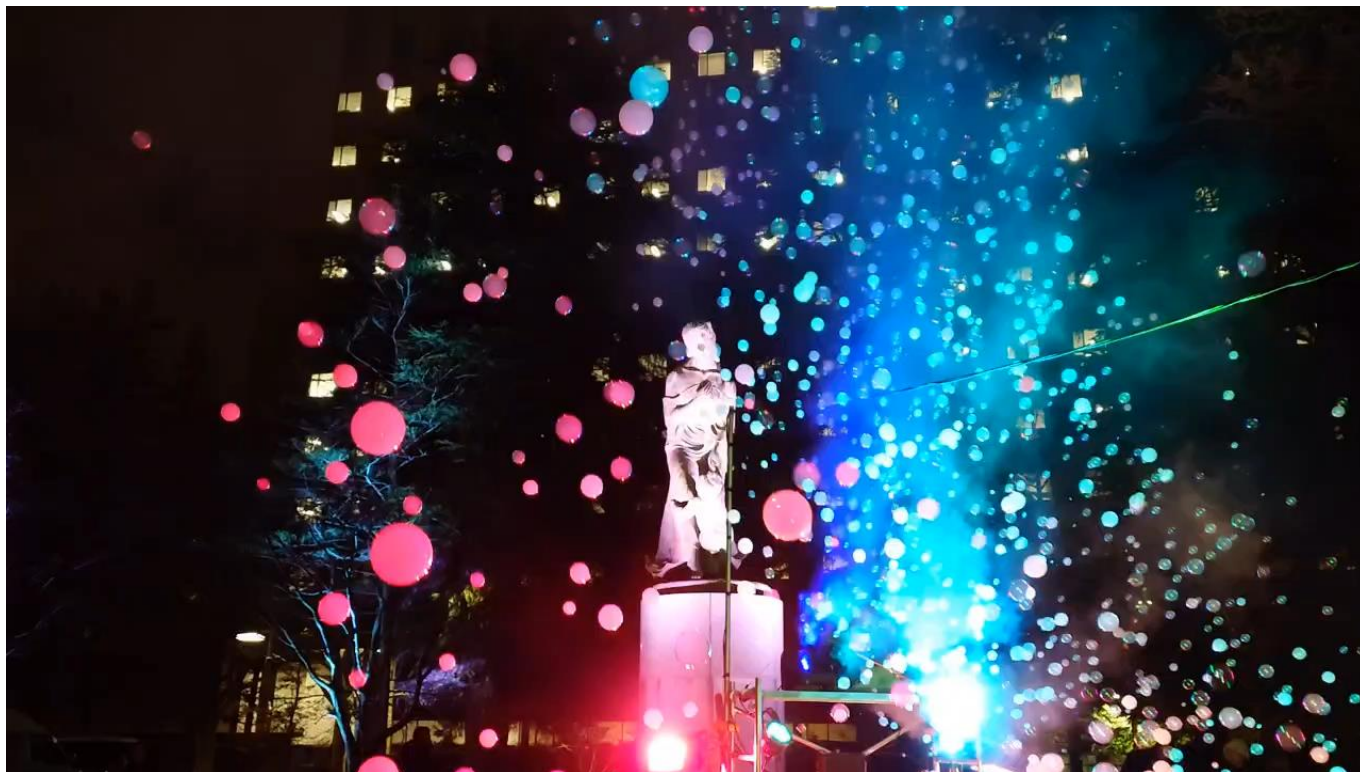
■ 試作結果(改良) - 可搬化してバン荷室に搭載したZAB-LABハイブリッド電源システム AZL-1



70kW級電源を1 m²フットプリントのケースに収納し自動車車内に搭載
冬の低温対策：ケース内装の保温 / 制御下限値の大幅緩和 / 低温用試験的充電プロファイルの実装

3. 実施結果

■ 野外PoC現場風景 – シャボン玉イルミネーションの電気をバンに搭載した電源システムから供給



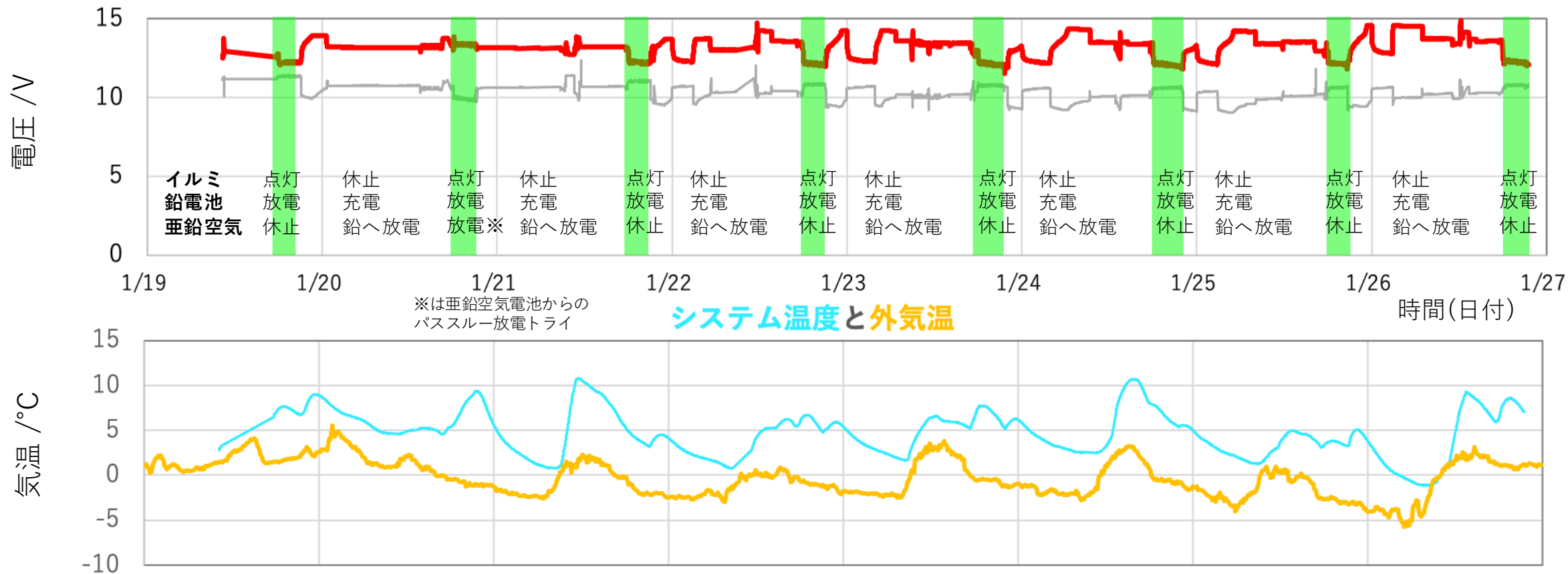
仙台Bright Nights Story (2026/1/19-) とハイブリッド電源システムの反響

- ・寒空のなかでも常時観客人ばかりで好評を博したシャボン玉イルミネーションに、数十分も粘る写真家も多数
- ・本実証試験の説明パネルに注目する大人・子供も多く、空気電池とハイブリッド電源への関心をあつめていた

3. 実施結果

■ 野外PoCデータ：Bright Nights Storyイルミネーション用電源としてハイブリッド電源を運用

電圧履歴(青：1次側=亜鉛空気電池電圧, 赤：2次側=鉛蓄電池電圧) - 緑=イルミネーション動作時間帯



1/19から8日間継続して野外イルミネーション点灯成功 / システム温度0℃以下でも機能(充電速度低下、充電条件最適化の課題)

4. まとめと今後の展開

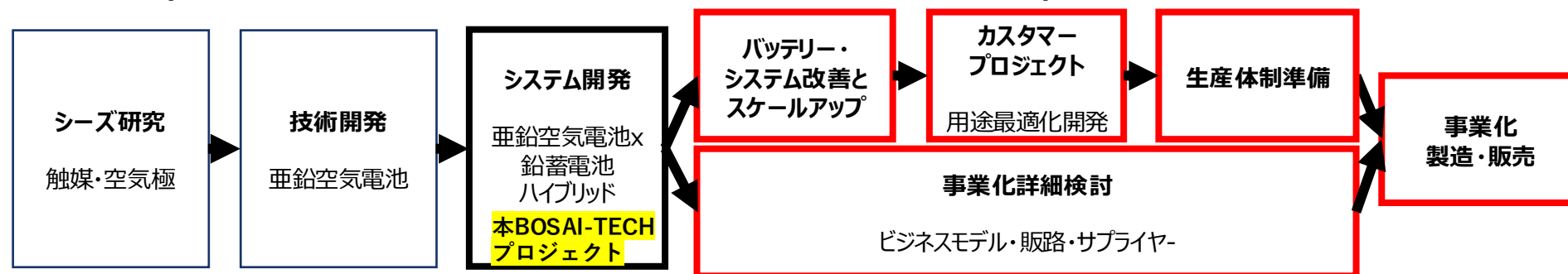
■ 本プロジェクト成果

- ・100W-70kWh級直流電源およびAC出力可能なバッテリーハイブリッドシステムをFerion®亜鉛空気電池と鉛蓄電池で構築し、その有効性を実証した。
 - ラボで最大連続出力条件にて2週間、4kWhまでの放電を確認(プロジェクト期限のため終了、Whに多大な余力あり)
 - 屋外イベントBright Nights Storyで寒波の日を含む8日間イルミネーション用電源として運用に成功

■ 今後の展開

[技術開発] ハイブリッドシステムの出力向上①—高出力亜鉛空気電池Ferion®Gen.2の開発から量産化へ
ハイブリッドシステムの出力向上②—LiB他高出力電池とのハイブリッド (アプリケーション毎の選択肢として)
ハイブリッドシステムの多様・多機能化—BMS機能・再エネ電源との連携・管理通信機能の強化

[事業開発] バッテリー及びシステムのBattery as a Service(BaaS)としての事業化の推進
(原料供給、生産・販売体制の確立、資源回収サイクル)



5. APPENDIX

大規模バッテリーシステムとしての各種電池の災害時用途への適合性

	エネルギー密度	出力	過充電耐性	低温 (0°Cvs25°C)	保管・自己放電	高温保存	熱安全	内部短絡	外部短絡	普及性
リチウム	○~△ 長期用途では不足	◎	× 発熱・熱暴走の恐れ	△容量低下数割~半分	○~△ 電解液によっては自己放電大	△ 60°C以上で内部ガス発生増加	△高出力化で内部・外部ともに電解液気化・熱不安定	×熱暴走の恐れ、センシングとBMS保護必須	×導線抵抗加熱から内部伝導で熱暴走の恐れ	小型からEV向けまで普及
鉛	△ 一般的に不足	○	○ガス発生、自動ベントで対応	○1-2割容量低下	○0.1%/dayだが放電容量低下で寿命に影響大	△推奨40°Cまで	○外部熱に対して安全	○初期・動作監視で不良セル検出	△発熱から内部沸騰・酸の漏出	12V主流・普及
亜鉛空気 (1次)	◎ 長期向 日~月単位	△ LIB等に対し5割-1桁低い	○不活性化(1次電池)	- 検証中	○(1次電池として)	△電解液蒸散性	(○-出力が低いため)	○初期動作確認のみ	○内部抵抗高いため問題無し	12V 普及向けあり

備考

リチウム: リチウムイオン電池

鉛: 鉛蓄電池

亜鉛空気: 亜鉛空気電池

THANK YOU!

