

EVS 31 の収支差を用いた公益目的事業
2019 年度報告書

1. はじめに

本テーマでは、第 31 回国際電気自動車シンポジウム・展示会 (The 31st International Electric Vehicles Symposium and Exhibition, EVS 31) の収支差利用による公益目的事業を 3 カ年計画で行い、EVS の発展や電動車両の評価法開発・標準化活動に寄与することを目的とする。

2. 当初計画と実施項目

2.1 当初計画

2018 年度時点では下記の 3 事業 (3 カ年合計 1,080 万円、2019 年度予算 : 480 万円) を計画した。

(1) EVS 活動 (2019 年度～2021 年度 : 300 万円 = 100 万円/年 × 3 カ年間)

→ これまでは業界団体からの委託を受けて、海外 EVS の調査を行うと共に EVAAP/WEVA 会議へ出席してきたが、今後 3 カ年間は収支差分を充当。

(2) EVS 論文・WEVJ 論文の収集協力活動 (2019 年度～2021 年度 : 60 万円 = 20 万円/年 × 3 カ年間)

→ 今後海外での EVS 開催に当たり、JARI に EVS 論文や WEVJ 論文の収集について協力依頼が来ると予想されるため、その活動費として計上する。

(3) 技術開発動向調査 (2019 年度～2020 年度 : 720 万円 = 120 万円/年 × 3 項目 × 2 カ年間)

- ・全固体電池の性能/安全性評価法
- ・高出力充電器の互換性/安全性/EMC
- ・電池劣化解析/残存性能評価法

→ 協調領域となる上記 3 テーマについて 2 カ年間の動向調査を行い、評価法開発や標準化活動に寄与する。

2.2 実施項目

初年度となる 2019 年度は、以下の活動を行った。

- (1) World Electric Vehicle Journal (WEVJ) の編集協力活動
- (2) 技術開発動向調査

3. 実施結果

3.1 WEVJ 編集協力活動

WEVJ の共同編集者として「Special Issue "Selected Papers from The 31st International

2019 年度 EVS 31 の収支差を用いた公益目的事業報告書 ーリチウムイオン電池・全固体の安全性に係わる調査ー

1. 技術開発動向調査

2019 年 11 月 13～15 日に開催された第 60 回電池討論会を聴講しリチウムイオン電池 (LIB) の安全性および全固体電池開発に関する動向を調査した。発表件数は 500 件程度であり、そのうち、「LIB (大型・安全評価)」セッションでは約 40 件、「全固体電池」セッションでは約 90 件の発表があった。「LIB (大型・安全評価)」では非破壊での劣化診断技術開発の報告が多くあり、また「全固体電池」では安全性に関して充放電時の金属リチウムデンドライトの生成に関する報告が数件あった。それぞれのセッションでの主な発表内容を以下に記載する。

1.1 LIB (大型・安全評価)

現在広く普及している LIB の更なる高エネルギー密度化、大型化に向けて様々な技術的検討が行われている。一方で、可燃性を有する有機電解液に起因する電池の発火等のリスクは未だ残存しており、安全性の確保ならびに安全性の評価手法の確立が重要課題として位置づけられている。

■ NMC 正極を用いた車載用大容量大型電池の開発 (エンビジョン AESC ジャパン)

エンビジョン AESC ジャパンは NMC 正極を用いた車載用大容量大型電池を開発した。一般的にエネルギー密度が 500Wh/L を超えると円筒形よりもパウチ形の方がエネルギー密度が高くなる。高エネルギー密度化には正極の Ni の割合を高める必要がある。この実現のため、正極活物質 (NMC622) の表面への被膜コーティング、バインダ量の低減、電極箔及びセパレータを薄くすることによりエネルギー密度向上を図った。また、電解液は添加剤の改良を実施した。その結果、1/3C で 64.6Ah の容量が得られ、エネルギー密度 521Wh/L が得られた。45°C でのサイクル試験の結果、改善前は 750 サイクル後にガスの発生が確認されたが、改善後は確認されなかった。要因としては負極の被膜が薄く均一に形成されたため、45°C で耐久性が増えたと考えられる。また、安全性試験として過充電、釘刺し、外部短絡、圧壊、強制内部短絡試験を実施し、いずれも発火発煙なきことを確認した。

■ 超高速 X 線スキャナを用いた LIB 内部短絡試験における電極挙動の operando 詳細観察 (早大、東芝)

早稲田大学及び東芝は、超高速 X 線スキャナを用いた LIB の内部短絡試験における電極挙動の operando 詳細観察を行った。釘刺し試験時に計測可能な項目は、電圧や温度が一般的であり、熱暴走時の詳細な情報を直接得るのが困難であった。そこで X 線スキャナを用いて、最大 1000 フレーム/s で釘刺し試験時の operando 観察を実施した。供試電池は、電極幅 10 mm、7 積層 (正極 4 層、負極 3 層) の積層型ラミネート電池である。釘の直径 1 mm、先端角 30° のステンレス製で、10 mm/s で釘刺しを実施した。試験の結果、電解液の沸騰、電極の振動、ガス発生後の電極間隔の増加、負極銅箔の熔融、

釘刺し部以外での短絡などが確認された。

■ Safety evaluation of large format li-ion batteries under different state-of-charge (清華大)

中国の清華大学は、異なる SOC における大型 LIB の安全性評価を行った。熱暴走時のパラメータとして、自己発熱温度、熱暴走開始温度および熱暴走時の最高温度の3つを定め、断熱熱量計にて SOC 違いの評価を実施した。電池は 50Ah の角形三元系(NMC622)である。その結果、自己発熱温度は SOC に依存しないこと、熱暴走開始温度は SOC に反比例すること、熱暴走時最高温度は SOC に比例することが分かった。この電池では SOC 60%が熱暴走時の最高温度の変曲点となるため、熱暴走時に SOC 60%以下となるようにすれば、熱連鎖への影響を低減できることが示された。

1.2 全固体電池

LIB においては、充電時に負極で Li 金属がデンドライト状に析出し正極に到達することで短絡を引き起こすことが広く知られている。有機電解質を有する液系の LIB と比較すると、機械的強度に優れる無機固体電解質を有する全固体 LIB は相対的に発火・爆発リスクが低いものの、デンドライト生成が完全に抑制される訳ではないとされており、全固体電池の安全性向上のためにはデンドライトの生成現象の解明と短絡抑制が必要とされている。

■ operando CT 測定を用いた全固体電池 Li 金属負極のデンドライト成長直接観察 (京大)

京大は、全固体セルの充放電測定と operandoCT 測定を併せて行うことにより、Li 析出-溶解反応の直接解析を試みた。結果として 10min の充電に伴い Li/Au/固体電解質界面に金属 Li のデンドライトの発生に伴うクラックの発生を確認出来ており、その後 70min の充電によりクラックが固体電解質中へと進展する様子が確認されている。なお、その後 70min の放電により Li が溶解しクラック幅が減少したものの、固体電解質は試験前の状態には戻らないことが明らかになった。

■ 高密度多孔質集電体を用いた全固体型リチウム金属二次電池の短絡抑制(大阪府立大)

大阪府立大は、金属 Li のデンドライトが主に固体電解質の空隙内で生成する性質を利用し、集電帯に箔ではなく多孔質の Ni を用いることで固体電解質中のデンドライト生成を抑制することが可能であることを明らかにした。これは孔内にデンドライトが優先的に析出することによるものであり、孔内の析出-溶解反応は可逆的であることが確認されている。なお、固体電解質材料の内部短絡耐性の評価方法として、定電流サイクル試験の結果から算出される、Li の析出溶解が可能となる最大電流密度を用いる手法が提案されている。本手法での比較結果より、箔状の Ni 集電体よりも多孔質 Ni の方が高い短絡耐性を有すること、加えて Li_3PO_4 に LiI を添加することで短絡耐性がさらに向上することを明らかにした。

ここで得た情報は、今後 LIB や全固体電池の安全性評価試験法開発に活用する。

Electric Vehicles Symposium and Exhibition (Kobe, Japan)"の編集活動に参加した。結果、25件の論文が発行された。EVS 31 Special Issue の URL は下記のとおり。

https://www.mdpi.com/journal/wevj/special_issues/evs31

3.2 技術開発動向調査

3.2.1 リチウムイオン電池・全固体電池の安全性に係わる調査（詳細は別紙1）

2019年11月13～15日に開催された第60回電池討論会を聴講しリチウムイオン電池の安全性および全固体電池開発に関する動向を調査した。発表件数は500件程度であり、そのうち「リチウムイオン電池（大型・安全評価）」セッションでは約40件、「全固体電池」セッションでは約90件の発表があった。前者では非破壊での劣化診断技術開発の報告が多くあり、また後者では安全性に関して充放電時の金属リチウムデンドライトの生成に関する報告が数件あった。

3.2.2 関西電力黒部ダム電気バス現地調査（詳細は別紙2）

CO2排出量低減のため自動車の電動化・高効率化が求められているが、特に国内では重量車の電動化が進んでいない。そこで、早期より電動化を実現している関西電力（株）の協力により、同社黒部ダムで2019年度より運用中の電気バスについてヒアリング調査を行った。結果、黒部ダムは2万Vの高圧電源が事務所の近くまで来ており急速充電器の設置コストが他所に比べて掛らない、電気バスの保守点検がトロリーバスより簡易であり、またデッドマン規制の対象外となる、回生制動の効果もあり電力量消費率が旧式のトロリーバスより優れている、等の理由により、電気バスを無理なく導入出来ていることが分かった。

3.2.3 災害時のxEVからの電力供給の実態調査（詳細は別紙3）

電動車活用社会推進協議会「第1回電動車活用促進WG」、気候変動・災害対策 Biz 2019カンファレンス（2019年12月4日）に参加し、近年需要が増している災害時のxEVからの電力供給の実態を調査した。

4. おわりに

2019年度は、WEVJ編集協力活動と技術開発動向調査（リチウムイオン電池・全固体電池の安全性に係わる調査、電気バスの実態調査、xEVからの電力供給の実態調査）を行った。2020年度も引き続き公益目的事業を実施する。

以上

2019 年度 EVS 31 の収支差を用いた公益目的事業報告書（案）

－関西電力黒部ダムの電気バス現地調査－

1. 目的

CO2 排出量低減のため自動車の電動化・高効率化が求められているが、国内の重量車については電動化が進んでいない。そこで、1964 年から長年にわたり運行して来たトロリーバスを 2019 年に電気バスへ切替えた関西電力黒部ダムを訪問し、電気バスへの切替理由や運行状況、実用性等を明らかにする。

2. 概要

- 2019 年 4 月から、長野県扇沢から黒部ダムまでの関電トンネルルートで電気バスの運用を開始。車両諸元は表 1、外観は図 1、2 に示すとおり。
- 環境省事業により電気バスを開発、3 年間で 15 台のバスを製作。
- これまで 54 年間トロリーバスを運用してきたが、車両更新を機会にトロリーバスからパンタグラフ式急速充電器（図 3）を備えた電気バスに変更。
- 変更の理由：トロリーバスのデッドマン規制(走行中に運転士が急病になっても車両がルートから逸脱しないこと)が始まり技術的対応が難しいこと。バッテリーの性能が向上しバッテリー搭載車両の走行が可能となってきたこと。
- 走行ルート：片道 6.1 km、往復 12.2 km、殆どトンネル内、路面舗装、標高始点 1,433 m、最高 1,560 m、終点 1,470 m
- 始点扇沢から 1.5 km 登り(最大勾配 10%)、平たん路 3.5 km(標高 1,560 m)、降り約 1 km(最大勾配 10%)

表 1 黒部ダム電気バス車両諸元¹⁾

ベース車両	日野自動車(株)ブルーリボン	
電気バス改造メーカー	(株)フラットフィールド	
車体寸法(全長×全幅×全高)	11,130mm×2,485mm×3,465mm	
車両重量	10,300kg	
乗車定員(運転席除く)	80人	
座席数(運転席除く)	33席	
駆動用モーター	種類	永久磁石式三相同期電動機
	最高出力	230kW
駆動用バッテリー	種類	リチウムイオンバッテリー
	容量	52.8kWh(48モジュール)
充電方式	超急速充電	車載パンタグラフ方式
	急速充電	チャデモ方式



図1 黒部ダム電気バス外観¹⁾

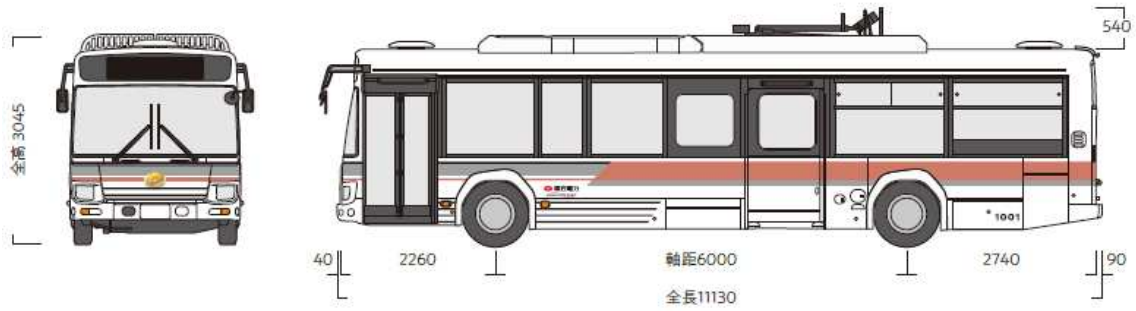


図2 黒部ダム電気バス外形寸法¹⁾



図3 パンタグラフ式急速充電器

3. ヒアリング結果詳細

- 車両の稼働と乗客数：車両の稼働はお盆とゴールデンウィークが一番多い。通常は10往復/日だがお盆やゴールデンウィークでは臨時便を出すので11往復する。7~8台のグループで回している。ピーク時は2時間待ちになる。乗客は2017年度が937千人、2018年度が1,048千人だったが、お客さんの人数によって車両の運行台数を変えている。電気バスは2019年4月より運行しているが、1台当たりの乗客数はトロリーバスと大して変わらない。
- バッテリー温度：4つのセンサの中から最高温度が表示されるため、それを読み取った温度データをご提供頂いた。電池メーカー推奨は55°C以下。当初は55°C以上で充電が出来なくなる設定だったが、55°Cを超えること少なくないため現在は60°Cまで認めた形で運用している。ただし、発火等の問題はない。バッテリー温度を下げるため当初無かった冷却ファンを7月に取り付けたが、それでも60°Cに達してしまった。そこで、10月にファンの容量を5倍に増やし、バッテリー室の外側にもファンを追加し様子を見ている（図4、5）。トンネル内の気温は10°Cくらいだが運行の度にバッテリー温度が上がる。夜はリアハッチを開けて工業用ファンで冷却しているが、翌朝のバッテリー温度は30数°Cまでしか下がっていない。なお、乗客が少ないと負荷が低いのでバッテリー温度も上がらない。
- バッテリー交換のタイミング：導入前に電池メーカーからは7~10年くらいと聞いている。定期的に電池の劣化診断を行う計画であり、この冬も1回診断する予定。
- 充電設備：ハセテック製で8機所有。460A（115A×4）で8分ほど充電している。
- 性能・評価等：登りでは少しパワー不足な感じがするが、速度は登りでも30km/h出ている。トロリーバスはもう少し出ていた。トロリーよりも静粛である（インバータ、モータの音が格段に静かになった）。
- ドライバの評価（乗せて頂いたドライバ1名の意見）：走行が滑らかで静かで運転しやすいバスである。乗り心地も良い。最初は変速機のシフトショックが大きく、またシフトタイミングや流体クラッチ（図6）の感覚がドライバの意図と異なっていたが、メーカー担当者と何度も試行錯誤しながらシステムの調整を行うことにより大きく改善され、現在は運転もし易く、乗り心地も良い。6速AMTは、2速発進、ルート中程の平たん路は6速で45km/h、モータ回転1,100rpm。
- 乗降性：低床で乗り降りが楽である。トロリーバスは床下機器が多く車いすのお客様の乗り降りが不自由であった。ステップ高さは、従来の41cmから27cmと低くなっている。
- 消費電力量：トロリーバスと電気バスの両方のデータをご提供頂いた。電気バスはトロリーバスの7割くらいの消費電力量となっている。
- 回生制動：トロリーバスは熱で放出していたが電気バスは回生制動を行っている。

回生制動は、アクセルオフ→フットブレーキ→排気ブレーキ SW オンの 3 段階で強くなる。トロリーバスで回生を入れられなかった理由は年代が古かったので技術的な問題かも知れない。

- 保守点検：電気バスはトロリー線を保守するためのマンパワーが不要。トロリーバスは鉄道事業法に基づいて保守・点検する必要がある、かなり細かい分解・点検が必要だった。クルマ側は 3 年に 1 回全般検査、毎年の重要部検査、1 カ月検査、96 時間毎の要部検査が必要だが、それらが不要になる。また、トロリーバスは自走できないので保守場への移動はトレーラー移動だったが、電気バスはナンバーを取得しているので公道を自走可能である。
- 運行時の SOC 範囲：冬季はバッテリー温度が低いため、SOC が 80 %スタートで 40 %で帰って来るイメージ（往復）。夏季は充電時の SOC が 90 %くらまで上がり、全体に 10 %くらい高くなるイメージ。SOC が 20 %以下にならないよう運用している。

[当日試乗時の SOC データ] (図 7)

- ・ 往路：出発時 81 % → 最低時 56 % → 到着時 62 % (乗員はヒアリング関係者のみ)
- ・ 復路：出発時 62 % → 最低時 46 % → 終点 53 % (乗員は 30 名前後)
- 法規性：現行の鉄道法上で車両を作る場合は、運転者が気を失っても壁に衝突することなく止まらなければならないとの法律があるため、デッドマン装置をつける必要がある。
- パンタグラフ：超急速充電可能、火花が出ない、運転席からの操作が容易、等のメリットあり。充電時に車両と充電器間の通信が必要だが、通信の不具合が何回か生じた。パンタグラフの上が少し傾いてちゃんと接触せずに充電できないときもあった。
- インフラ：2 万 V で電気を受けている。1,000 kV の変圧器を 2 台。トロリーバスで 8 台同時に登坂する時と急速充電のピークパワーはあまり変わらないため、2 万 V→400 V のトランスや充電器を新設したが、他は意外とコストがかかっていない。高圧になると規模や保守メンテナンススペースや費用（主任技術者等）が必要になるが、黒部はもともと高圧で受けていたので電気バス移行へのハードルも低かった。
- 海外車両を選ばなかった理由：海外車両は、超急速充電の提案が無く、仕様面で折り合いが付かなかった。
- 今後の予定：VPP 実証試験を予定している。

関連する写真を図 8~14 に示した。



図 4 車両後部に搭載された LIB パック × 4 基



図 5 LIB パック冷却ファン



図 6 流体クラッチ付き 6 速 AMT および永久磁石式同期モータ

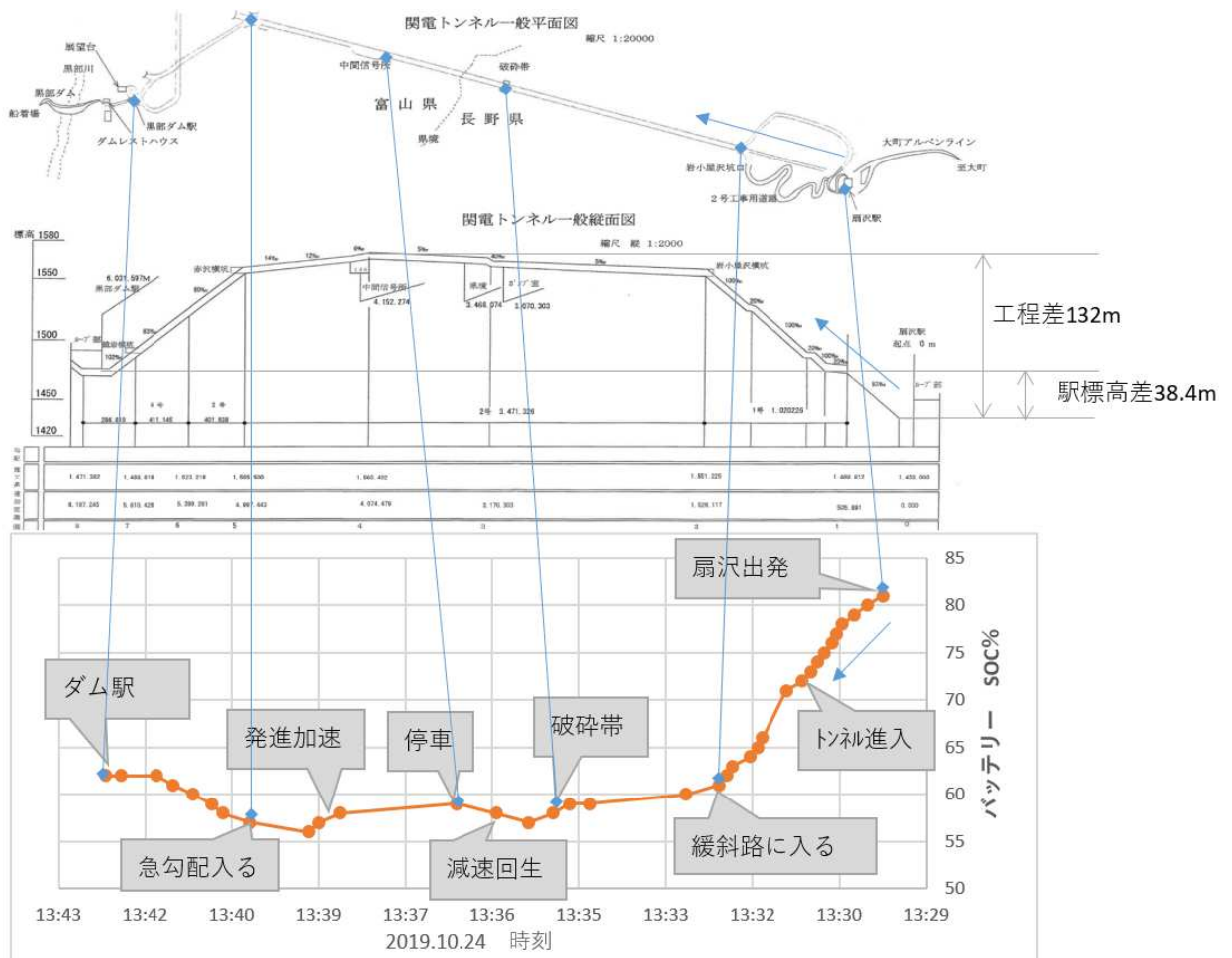


図7 往路のSOC変化（運転席横のモニター表示値より）



図8 アルペンルート（電気バス、ケーブルカー、ロープウェイ、トロリーバス、ディーゼルバス、ケーブルカー、電車）



図9 運転席（右端にバッテリーメータ）



図10 バッテリーメータ（温度、SOC）



図11 低床（ニーリング状態）



図12 CHAdeMO 充電口



図 13 パンタグラフ用充電器 8 基



図 14 パンタグラフ

<参考文献>

- 1) <https://www.kurobe-dam.com/kankou/e-bus.html>

2019 年度 EVS 31 の収支差を用いた公益目的事業報告書 －災害時における xEV からの電力供給の実態調査－

1. 目的

地球規模での気候変動対策や、省エネの観点から電動車 (xEV) の普及が急務となっており、とともに、特に電気自動車、プラグインハイブリッド自動車、燃料電池自動車の蓄電・給電機能を災害時に活用することや、エネルギーシステムの一部として活用することの社会的な期待が高まっている。経済産業省は、xEV からの電力供給による低炭素・分散・強靱な自動車・エネルギー融合社会の構築を目指し、電動車活用社会推進協議会を立ち上げた。そこで、本テーマでは、災害時における xEV からの電力供給のあり方について検討するため、電動車活用社会推進協議会等の活動内容について情報を収集した。

2. 調査対象

- ・電動車活用社会推進協議会
- ・気候変動・災害対策 Biz 2019 カンファレンス

3. 調査結果

3.1 電動車活用社会推進協議会「第 1 回電動車活用促進 WG」(2019 年 11 月 27 日)

3.1.1 組織について

電動車活用社会推進協議会では、低炭素・分散・強靱な自動車・エネルギー融合社会の構築するため、xEV の普及、災害時の活用を検討する。

3.1.2 プレゼンター

東京電力ホールディングス、トヨタ自動車、日産自動車、本田技研工業、三菱自動車工業、京都府、鳥取県、横浜市

3.1.3 プレゼンテーションの全体概要

- 企業は、台風 15 号による千葉県のパワーステーションの停電災害に対して、どんなアクションが取れたのかそれぞれ報告。
- 企業、自治体は、災害時の停電に備えて、xEV をどのように活用する計画で、どんな準備を進めているのか紹介。
- 災害時に企業は基本的に自治体の要請を待つ形であり、要請が遅く、使われないリソースが何割もあったとのコメント多数。
- 自治体は xEV を企業やボランティアに拠出してもらう計画が多いが、その分、迅速で適材適所な対応が困難であったとの報告数件。
- 大きな出力が得られるチャデモポートを使った EV パワーステーション (EVPS) の活

用が大半であったが、車両と EVPS の両方を集めるのに苦労したとの報告が複数あり。

3.1.4 考察

- 各社支援の成果を報告したが、合計 100 台以上の xEV を投入できたとしても、被害全体を考えれば貢献度は現段階では小さい。
- 自治体は公助として公共施設への電力供給に従事し、共助・自助の観点では、市民個人に電力供給が可能な手段を持てると良い。その点で、費用対効果が高いと思われる車載 100V コンセントの活用が良いと思われる。

3.2 気候変動・災害対策 Biz 2019 カンファレンス (2019 年 12 月 4 日)

3.2.1 展示会調査

(1) 三井住友建設：V2H による三相電源供給

日産 LEAF から EVPS により三相 400V を作り、高層マンションのエレベータを動かす実証試験を行う。低層マンションでは三相 200V を使う。まだ実証段階で、製品仕様も定まっていない状況。

(2) HATAYA：コードリール

停電時の xEV からの AC100V 給電では、屋外に置く xEV から屋内への給電にコードリールの活用が考えられ、最大 1.5kW 程度の給電では、コードリールによる電圧降下・損失を把握する必要がある。会場では選択されやすい線径や電圧降下に関する情報を得た。

3.2.2 カンファレンス

国土強靱化に関する最近の取組：内閣官房 国土強靱化推進室 審議官 宮崎 祥一氏

- 2011 年の東日本大震災を機に、国は国土強靱化対策を進めてきた。
- 2019 年度より「防災・減災、国土強靱化のための 3 か年緊急対策」が開始。
https://www.kantei.go.jp/jp/singi/jyuyouinfura/sankanen/siryoku2_2.pdf
- 上記、緊急対策 160 項目の内、停電時の非常用電源確保に関係すると思われるものが 37 項目ほど記載されている。

3.3 まとめ

国土強靱化のための 3 カ年緊急対策から、公共設備を中心とした停電対策は急を要し、ニーズも大きいと思われる。経済産業省／電動車活用社会推進協議会「第 1 回電動車活用促進 WG」による停電時の xEV 活用の活動も関連して、検討が急速に進められている。