

原 著

PHV・EVによる医療機器への電源供給

—災害時における非常用電源としての実用性の検証

出口 宝^{*1} 田名 毅^{*2} 玉城信光^{*3} 安里哲好^{*4}

要旨：災害時における医療機器に対する電力の確保は重要課題である。近年、環境対応車（エコカー）として普及してきたPHVやEVはAC100Vの外部給電が可能であることから、災害時における医療機器への非常用電源としての活用が期待される。そこで、沖縄県医師会災害医療委員会では検討を重ね、その実用性の検証を行った。その結果、PHVやEVは安定した給電をして、医療機器は長時間正常に作動し、電源障害などの影響も見られなかった。PHVは燃料を補給すれば長期間の給電が可能であり、EVは排気ガスがゼロのため屋内においても使用が可能であり、在宅や医療施設における非常用電源として有用である。さらに、移動性にも優れているため福祉避難所やHOTステーションなどにおける非常用電源としても迅速な対応が可能である。以上より、PHVやEVは災害時における医療用非常電源として実用性が高いと考えられた。

キーワード：PHV, EV, 医療用非常電源, 災害

はじめに

災害時における医療機器に対する電力の確保は医療機関、そして在宅におけるHOT（home oxygen therapy；在宅酸素療法）や人工呼吸器使用の患者にとって最重要課題の1つとなる。近年、普及してきたplug-in hybrid vehicle（以下、PHV）やelectric vehicle（以下、EV）は家庭用電源AC100Vを外部へ給電することができることから、災害時における医療機器への非常用電源としての活用が期待される。そこで、沖縄県医師会災害医療委員会（以下、本会）では平成29年2月から県内のPHV・EV販売業者、医療機器取扱業者らと意見交換を重ねてきた¹⁾。その結果、実用性を検証する必要があるとの結論に至り、実証実験を行った。

I. 目的

PHV・EVからの給電で長時間医療機器を作動させたときの、①作動状態の検証、②機器への影響の有無を調べるために電源品質障害の検討、③給電可能時間の推定を行った。これらの結果より、PHV・EVの災害時における医療機器への非常用電源としての実用性を検証した。

II. 方法

1. 検証環境

実験環境の制限から連続使用時間は42時間とし、次の4つの場面を想定して医療機器の組み合わせを行った。グループ1は医療施設での使用を想定した。消費電力は合計998Wとなった。グループ2と3は在宅での人工呼吸器の使用を想定した。消費電力はおのおの合計315Wと405Wとなった。グループ4は災害時HOTステーションを想定した。消費電力は合計535Wとなった。グループ5は診療所での使用を想定

^{*1} でぐち・しげる：沖縄県医師会災害医療委員会 委員長／沖縄県災害医療コーディネーター、^{*2} たな・たけし：沖縄県医師会 理事、^{*3} たまき・のぶみつ：同 副会長、^{*4} あさと・てつよし：同 会長

表 1 PHV・EV と機器組合わせグループ

グループ	使用想定	製品名	車両型式	機種	型	消費電力 (W)	合計消費電力 (W)
1	医療施設	トヨタプリウス PHV	DLA-ZVW52	人工呼吸器	VELA	200	998
				人工呼吸器	PB560	180	
				人工呼吸器	HT70	200	
				吸引器 (3時間ごと1分作動)	セパ-II	100	
				生体監視モニター	DS-8100 システム	60	
				パルスオキシメータ	N-BSJ	45	
				輸液ポンプ	FP-N11	33	
				シリンジポンプ	SP-80z	30	
人工呼吸器用加湿器		150					
2	在宅 1	日産リーフ	ZAA-ZE1	人工呼吸器	ASTRAL	120	315
				酸素濃縮器	O ₂ グリーン小春 [®] 3SP	145	
				経腸栄養ポンプ	アブリックス スマート	10	
				吸引器 (3時間ごと1分作動)	ミニック W-II	40	
3	在宅 2	日産 e-NV200	ZAA-ME0	人工呼吸器	トリロジー 200plus	210	405
				酸素濃縮器	オキシウェル-3E	195	
4	HOTステーション	トヨタプリウス PHV	DLA-ZVW52	酸素濃縮器	ハイサンゾ [®] 3S	115	535
				酸素濃縮器	FH-100/5L	220	
				酸素濃縮器	O2 フレッシュ-5G	200	
5	診療所	三菱アウトランダー PHEV	DLA-GG2W	冷蔵庫	汎用型	94	547
				小型保冷庫	汎用型	63	
				PC	汎用型	65	
				テレビ	汎用型	315	
				DVD レコーダー	汎用型	10	

した。消費電力は合計 547W となった。なお、酸素濃縮器は最大流量に設定した。吸引器は最大吸引圧で 3 時間ごとに 1 分作動した。各消費電力は医療機器メーカーが公表する数値とした (表 1)。

2. 対象 PHV・EV

PHV は、トヨタプリウス PHV[®] (型式 DLA-ZVW52。以下、プリウス PHV) と三菱アウトランダー PHEV[®] (型式 DLA-GG2W。以下、アウトランダー PHEV) を使用した。EV は、日産リーフ[®] (型式 ZAA-ZE1。以下、リーフ) と日産 e-NV200[®] (型式 ZAA-ME0。以下、e-NV200) を使用した。外部給電は、プリウス PHV は普通充電コンセントからヴィーケルパワーコネクターを介して、アウトランダー PHEV と e-NV200

は室内給電プラグコンセントから、リーフは急速充電ポートからリーフ to 100V を介して行った。給電口からは、4 ツ口ドラム式 30m 延長コードにさらに 3 ツ口延長コード 20m を継ぎ足して医療機器を接続した (図 1)。

全車両とも消費電力合計 1,500W までの使用が可能とされているが、グループへの割当ては消費電力の少ないグループ 2, 3, 4 の順に、EV ならびに実験開始時の充電量と燃料が少ないほうのプリウス PHV を組み合わせた。

3. 検証方法

(1) 車両の作動状態は車内計器板表示 (以下、車内表示) ならびに車載記録データから分析した。医療機器の作動状態は観察ならびに機器のインジケーター、作動記録から分析した。酸素



図1 各車両の外部給電

①プリウス PHV とヴィークルパワーコネクター, ②リーフとリーフ to 100V, ③アウトランダー PHEV, ④ e-NV200

濃縮器ではHOT チェッカー（日本ルフト株式会社）による設定流量ならびに濃度を測定した。

(2) 電源品質障害を検討するために、出力波形をメモリハイコーダ 8807/8808（日置電機株式会社）にて測定した。

(3) 給電可能時間の推定は、PHV では充電量ならびに燃料量から、EV では充電量から推定した。

(4) HOT ステーションとして酸素濃縮器を何台まで作動できるかを検討した。

III. 結果

1. 作動状態

各グループの医療機器を各車両の外部給電に接続した後、作動スイッチを入れるとすべてが正常作動を開始した。

グループ 1 プリウス PHV は充電量 80% と燃料 100%（タンク容量 45L）で開始した。医療機器は正常作動を続け、13 時間 21 分で EV 給電（搭載蓄電池のみで給電する）が停止、すべ

ての機器の外部電源異常アラームが鳴り内蔵バッテリー駆動となった。HV 給電（蓄電量が減少するとエンジンで発電して充電）に切り替えると給電が再開され、アラームは停止して実験終了まで正常作動を続けた。終了時の車内表示は充電量 20% で燃料は残約 80% であった。車載記録データには異常記録はなく、EV から HV 給電への切り替え記録のみであった。

グループ 2 リーフは充電量 100% で開始した。医療機器は実験終了まで正常作動を続けた。終了時のリーフ to 100V による表示は充電量 60% であり、車載記録データには異常記録はなく充電量 63% であった。

グループ 3 e-NV200 は充電量 100% で開始した。医療機器は正常作動を続け、36 時間 29 分で給電停止、人工呼吸器は外部電源異常アラームが鳴り内蔵バッテリー駆動となった。酸素濃縮器は外部電源異常アラームが鳴り作動停止した。車内表示は消灯した。車載記録データでは異常記録はなく充電量 30% であった。

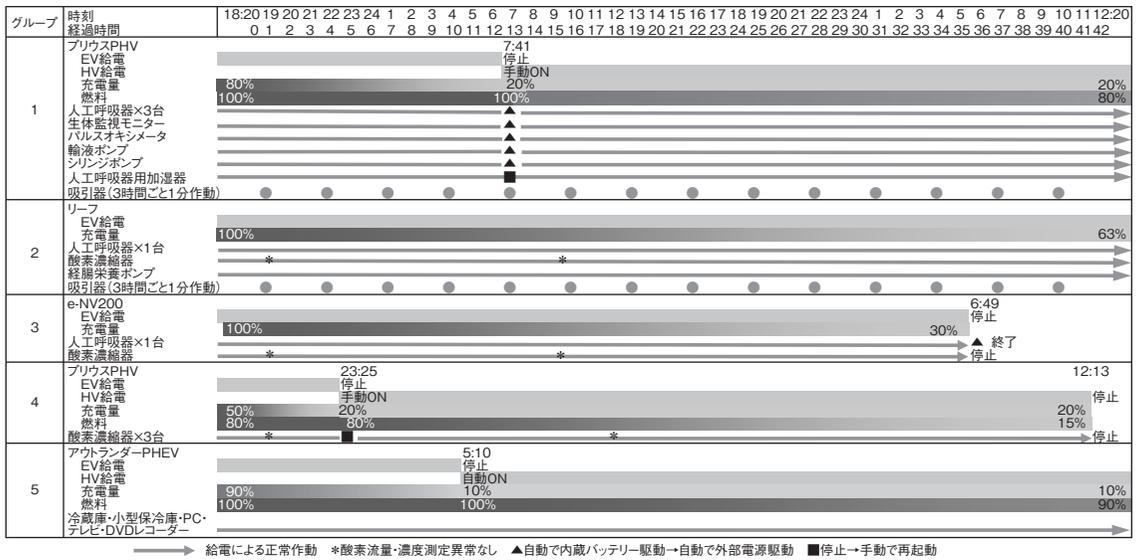


図2 結果(経過表)

グループ4 プリウス PHVは充電量50%と燃料80%で開始した。医療機器は正常作動を続け、5時間5分でEV給電が停止、すべての酸素濃縮器の外部電源異常アラームが鳴り作動停止した。HV給電に切り替えると給電が再開され、再び作動スイッチを入れると作動を開始、41時間53分後にHV給電が停止、すべての酸素濃縮器の外部電源異常アラームが鳴り作動が停止した。車内表示は充電量20%で燃料は残約15%（公表は6.4Lで給電停止）であった。途中で計測した酸素流量ならびに酸素濃度は正常範囲内であった。

グループ5 アウトランダー PHEVは充電量90%と燃料100%で開始した。医療機器は正常作動を続け、10時間50分でEV給電が停止、自動でHV給電に切り替わった。切り替わるときも機器の作動停止はなく、実験終了まで正常作動を続けた。終了時の車内表示では充電量10%で燃料は残約90%であった(図2)。

プリウスPHVとアウトランダーPHEVのHV給電時は、1時間に数回の頻度で1~2分間のエンジンアイドル状態と停止を繰り返して給電を継続した。車両の水温上昇などの異常は認

められなかった。

2. 出力波形

コントロールとして商用交流電源AC100Vコンセント(沖縄県医師会館)を測定すると、60Hzの滑らかな上下対称の正弦波であった。リーフは60Hzの上下対称で波形ひずみの1つであるノイズが観察された。アウトランダーPHEVは50Hzの上下対称でノイズが観察された。e-NV200は50Hzの上下対称でノイズが観察された(図3)。プリウスPHVはEVならびにHV給電共に60Hzの上下対称でノイズが観察された(図4)。

3. 給電可能時間

EV給電では、グループ2リーフ以外は前述した時間で給電停止した。グループ2リーフはリーフto100V上で給電停止充電量を30%に設定すると、給電可能時間は約80時間と推定された(図5)。

HV給電では、グループ1プリウスPHVは燃料約15%で給電停止するとして、給電可能時間は約121時間と推定された。さらにEV給電時間を加えると約135時間と推定された。グループ5アウトランダーPHEVは燃料約10%で給

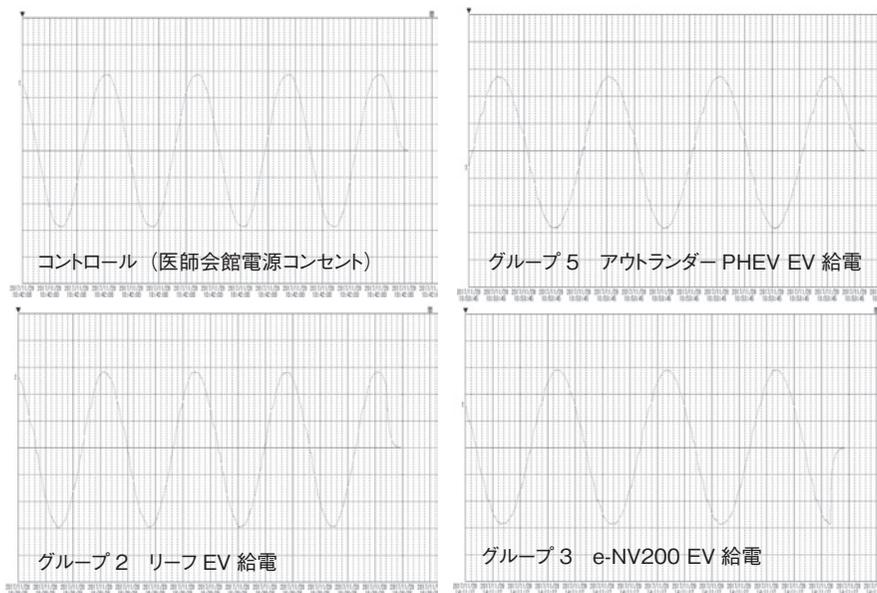


図3 外部給電出力波形1

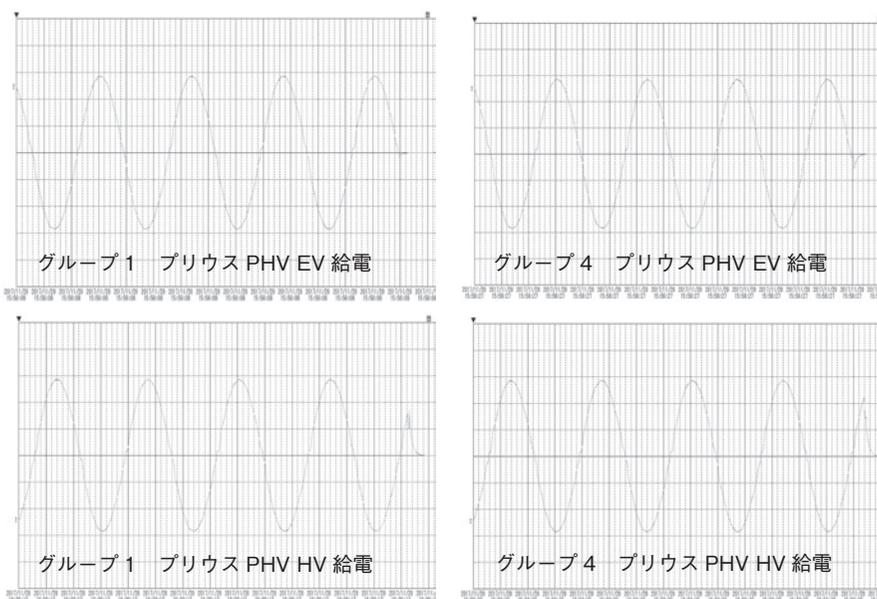


図4 外部給電出力波形2

電停止するとして、給電可能時間は約280時間と推定された。さらにEV給電時間を加えると約291時間と推定された(図6)。

4. 酸素濃縮器の稼働台数

グループ4プリウスPHVで3台(消費電力

合計535W)の酸素濃縮器が正常作動したため、さらに台数を増やしたところ、4台(消費電力合計730W)では作動しなかった。リーフも4台ではリーフto100Vの過負荷ランプが点灯して同様の結果となった。

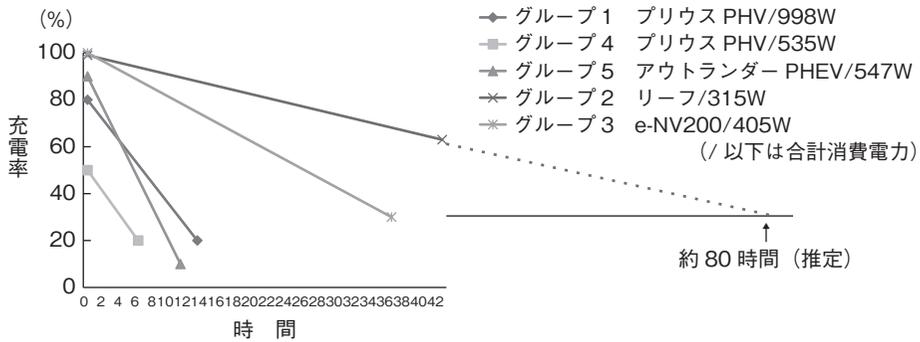


図 5 EV 給電可能時間

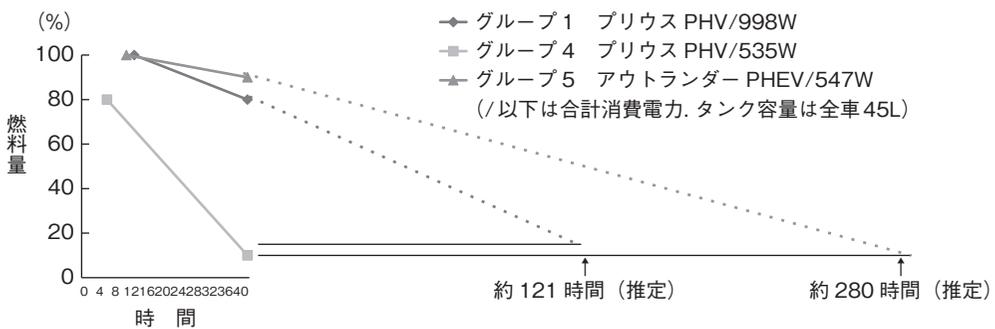


図 6 HV 給電可能時間

IV. 考 察

災害時における医療用電源確保については過去にさまざまな取り組みがなされてきた。東日本大震災の後には、厚生労働省健康局は電力不足対策として難病拠点病院等が行う難病患者に対する非常用電源装置（非常用自家発電機、無停電電源装置）の無償貸与を国庫補助にて行うとしている²⁾。各自治体は在宅人工呼吸器使用者のための災害時支援として、人工呼吸器外部バッテリー等の貸与事業を行っている。北海道臨床工学技士会は計画停電に向けた在宅人工呼吸器と小型発電機の動作検証を行い、2時間は正常に作動したと報告している³⁾。このように、主に発電機やバッテリーを非常用電源として使用する取り組みが行われてきた。しかし、発電機は設置場所、燃料の保管の問題や定期的な作

動点検など、取り扱いが煩雑となる。

一方、近年はPHV・EVの普及が進み、AC100Vで消費電力が合計1,500Wまで外部給電ができる車種も市販されている。本会ではこれらに着目して、PHV・EV車両による医療機器への非常用電源としての実用性を検討してきた¹⁾。

医療機器は生命維持に直接かかわる機器であり、電子部品が使用されていることなどから電源供給には安定した電源品質、すなわち電気出力波形の大きさ、形、対称性、周波数が整った上下対称の正弦波であることが必要とされている。そのため、通常はこれらが整った商用交流電源以外の使用は推奨されていない⁴⁾。

電気機器の正常な作動を妨げる電氣的な変化は電源品質障害と呼ばれ、中でも過変動は機器に重大な影響を及ぼすとされている⁵⁾。今回の実験で測定したすべてのPHV・EVにおける外

部給電の出力波形では、ノイズが認められたが、上下対称で電圧も周波数も安定しており、重大な電源品質障害は認められなかった。ノイズはアースをするなどさまざまな方法での対策が可能であるが⁵⁾、今回の実験で医療機器に異常は認められなかったことから、影響はなかったものと考えられる。

今回はプリウスPHVをEV給電で開始したため、停止後にHV給電への切り替えが必要となった。HV給電で開始すれば切り替えの必要もなく連続給電が可能である。給電時間は車種や使用条件により異なるが、メーカーではガソリン満タン状態からプリウスPHVは消費電力1,500Wで2日間、アウトランダーPHEVは最大10日、リーフでは満充電から2.5日の電力供給が可能としている。今回の実験でもそれらを裏付ける結果となった。プリウスPHVとアウトランダーPHEVは給油をすることでHV給電を継続でき、さらに今回はオーバーヒートの徴候も見られなかったことから長期間にわたる給電が可能と考えられた。

一方、消費電力はプリウスPHVとリーフ共に合計1,500Wまで給電可能とされているが、酸素濃縮器が4台になると作動しなかった。PVH・EVメーカーは、製品によっては消費電力の合計が1,500W以下の場合でも正常に作動しない場合があるとしている。また、給電側に過負荷との表示が見られた。HOTステーションを想定した場合には可能な限り多くの酸素濃縮器へ給電できることが理想であり、さらに検討と対策を進める必要があると考えられた。

おわりに

PHV・EVによる電源供給にて医療機器の作動を検証した結果、双方共に正常に作動した。出力波形にはノイズが認められたが、医療機器への影響は認められず、安定した電源供給が可能であった。PHVは燃料を補給すれば長期間の

給電が可能であり、EVは排気ガスがゼロのため屋内においても使用が可能である。さらに、移動性にも優れているため、福祉避難所やHOTステーションなどにおける非常用電源としても迅速な対応が可能である。医療機関の属性による車種の適性を一概に言及することはできないが、おのおのの特徴を理解したうえで使用環境や目的により車種を選択することで適性使用が可能である。

以上より、PVH・EVは災害時における医療用の非常用電源としての実用性が高いと考えられた。

協力参加企業：沖縄県トヨタグループ(ネットトヨタ沖縄、トヨタカローラ沖縄、沖縄トヨペット、沖縄トヨタ)、琉球日産自動車株式会社、琉球三菱自動車販売株式会社、株式会社オカノ、アイティーアイ株式会社沖縄支店、株式会社小池メディカル沖縄営業所、帝人在宅医療株式会社、南西医療器株式会社、フクダライフテック九州株式会社沖縄営業所、株式会社沖縄メディコ、株式会社沖縄三和メディカル、ニプロ株式会社沖縄営業所(順不同)

文 献

- 1) 出口 宝：災害時における医療機関でのPHV・EV活用に係る意見交換会報告. 沖縄医師会報 2017; 53: 430-434.
- 2) 厚生労働省：保健衛生施設等設備整備費補助金(難病医療拠点・協力病院)の国庫補助について. <http://www.normanet.ne.jp/~jdf/0420kousei.html> (2018年1月3日閲覧)
- 3) 室橋高男, 三浦 良, 庄司徳一他：計画停電に向けた在宅人工呼吸器と小型発電機動作検証. 日臨工技士会誌 2013; 48: 175.
- 4) 尾崎孝平：知ってナットク! 医療ガス取り扱いの「お作法」(Lecture 24) 医療ガス取り扱いレビュー. 呼吸ケア 2015; 13: 556-565.
- 5) ジョセフ・セイモア, テリー・ホースレイ：7種類の電源障害. ホワイトペーパー #18 改訂1. APC by Schneider Electric, 2010; 2-19.

受付日 平成30年1月15日

連絡先 〒901-1105 沖縄県南風原町字新川218-9
沖縄県医師会
出口 宝