

分担研究課題：「災害時における人工呼吸器への非常用電源の確保について」

分担研究者： 江原伯陽（医療法人社団エバラこどもクリニック）

【研究要旨】

災害時の停電等により、在宅医療に用いられている人工呼吸器が使用不能となることは患者の生死に直結する。そのため、災害時における人工呼吸器への非常用電源の確保は全てに優先する不可欠なライフラインの備蓄戦略となる。そのため本研究は、災害の歴史的な経緯及び状況を詳細に解析し、より具体的な備蓄戦略を提案することを目的とした。

【結果】 今後の災害対策については、自助（家庭）・共助（地域）・公助（病院・行政）のそれぞれに関して検討する必要があるが、電源確保策について、それぞれが異なる対策を講じることが求められる。

一方、非常用電源の種類も様々であり、それぞれに一長一短があり、人工呼吸器に必要な正弦波を発することが最低限必要であり、室内用、室外用、持続時間、携帯性、維持費、交通手段としての可能性などが異なる。また、日常的に電源として使用しつつ、災害時にも役立つオール電化住宅や電気自動車との双方向の電気のやり取りが可能なドライブリッド蓄電装置など、今後の住宅建設時に参考となる設備の構築も視野に入れるべきであろう。

【対策】 これら災害時のライフラインの確保は、人工呼吸器児には絶対必要不可欠なものであり、そのため行政として補助金の供与、また災害時の支援ネットワークも小児科学会等を通じて呼びかけ、各都道府県において、より多くのセーフティネットを構築することが求められた。

A. 研究目的

災害時の停電等により、在宅医療に用いられている人工呼吸器が使用不能となることは患者の生死に直結する。そのため、災害時における人工呼吸器への非常用電源の確保は全てに優先する不可欠なライフラインの備蓄戦略となる。

そのため本研究は、災害の歴史的な経緯及び状況を詳細に解析し、より具体的な備蓄戦略を提案することを目的とする。

B. 研究方法

1. 歴史的な経緯の振り返り

A. 2003 年 8 月のマンハッタン大停電及び 2011 年 3 月の東大震災における人工呼吸器を使用した事例について、論文より検討する。

B. 直近の 2011 年 9 月に発生した北海道全域におけるブラックアウトについて、厚生労働省医政局地域医療計画課が開催した、第 8 回在宅医療及び医療・介護連携に関する WG における、医療法人稲生会の理事長土島智幸医師の説明を参考とした。

2. 以上の歴史的経緯を振り返り、使用可能な非常用電源の種類について具体的に検討した。

C. 研究結果

1. 論文検討

1. 2003 年 8 月のマンハッタン大停電医療的デバイスが必要とする 255 名の患者のうち、発災 24 時間以内に 23 名の患者が北部マンハッタン救急外来に来院した。19 名が在宅酸素

装置の不作動。3名が人工呼吸器の故障、2名が吸引器の故障であった。23名のうち、13名が入院し、同期間中に入院した患者の22%を占めた。入院しなかった患者の外来滞在時間は15.1(3.8-24.4)時間であった。このことから、在宅で医療的デバイスが必要な患者群に対し、災害時には有効な対応が必要であると考えられた¹⁾。

2. 東日本大震災発生時より1ヶ月後まで

東北大学小児科病棟に入院した24名の患児のうち、18名が人工呼吸器を必要とする患者などを含む医療的ケア児であり、のち平均11日入院した。また同時期の調査により、医療的ケア児の55%が何らかの医療施設に入院したことが確認されている。以上の経験から、災害時に医療施設において十分な電源の供給が必要であることが認識された²⁾。

3. 直近の2018年9月に発生した北海道全域におけるブラックアウトについて

その後、2018年9月6日(木)未明、北海道胆振東部を最大震度7の地震が発生した。地震そのものの大きさもさることながら、その後起きた北海道全域の停電、“ブラックアウト”は大きな問題となり、TVや新聞などでも広く報じられた。

在宅患者を多く抱える北海道札幌市にある医療法人稲生会ではブラックアウトした際、在宅患者196名、うち156名(80%)が在宅人工呼吸器、うち38名(24%)が24時間人工呼吸器、残り118名(76%)は夜間のみ的人工呼吸器(いずれもNPPV、気管切開人工呼吸含む)、さらに呼吸器以外にも、加温加湿器、吸引器、機械式排痰補助装置、酸素吸入器など電気を必要とする医療機器を多く用いていた関係上、多くの困難に直面した。

そのため、2019.3.18に、厚生労働省医政局地域医療計画課では、医療法人稲生会の理事長土畠智幸医師を呼び、第8回在宅医療及び医療・介

護連携に関するWGを開催し、ブラックアウト時の在宅人工呼吸器患者への対応について検討した。

ブラックアウトした際に、電源確保のための避難先の内訳(入院除く)は以下の通りであった。

避難先で電源確保7名

自宅待機のまま日中に医療機器のみ充電38名

病院17名 学校4名 公共施設5名 知人・親戚宅8名 親の職場4名

自助・共助の内容 述べ42名

自宅にあった発電機を使用 8名

ガソリン・ボンベ式3名

ソーラー 5

発電機を借りて自宅で使用 8名

呼吸器バッテリー以外の蓄電池 10名

自家用車からの充電 16名

今後の対策について

1) 自助(患者側での対策)

外部バッテリー、自動車からの電源確保(シガーソケット、電気自動車)、蓄電池、自家発電機(ガスボンベ、ガソリン)、太陽光発電

2) 共助(ご近所など)

- 町内会、防災訓練への参加、コンビニ・銀行など自宅や近くの施設での電源確保の検討

・3) 公助(病院、行政)

- 避難入院システム、自家発電/蓄電池、移動電源車

- 在宅医療拠点への早期の復電

- 避難所の電源状況の把握、「在宅医療避難所」(仮)

- ※ 2018.10 札幌市在宅医療協議会内に災害対策小委員会を設置。2019.1にアンケート調査実施し、以下の対策を策定した。

入院医療機関等のバックアップにより、在宅患者196名の安全を確保できた。4割以上が電源確保のために避難し、その内半数近くが入院と

なった。避難入院先は分散しており、移動に際しては約 4 割で支援を必要とした

・ 在宅で医療機器を使用する患者は増加している。家屋倒壊が無く、停電による電源確保だけが必要な患者全てを病院で受け入れるのは都市部では現実的ではない

今後の災害対策については、電源確保策も含め、自助（家庭）・共助（地域）・公助（病院・行政）のそれぞれに関して検討する必要がある

・ 患家での発電機使用にはリスクもある。在宅医療拠点に蓄電池を多数用意し、発電機により充電した蓄電池をインバーターとともに患家に届けるシステムも有効ではないかと考える（図 1）。地域の特性に合わせた在宅医療拠点における災害対策システム構築のための公的な支援を期待する。

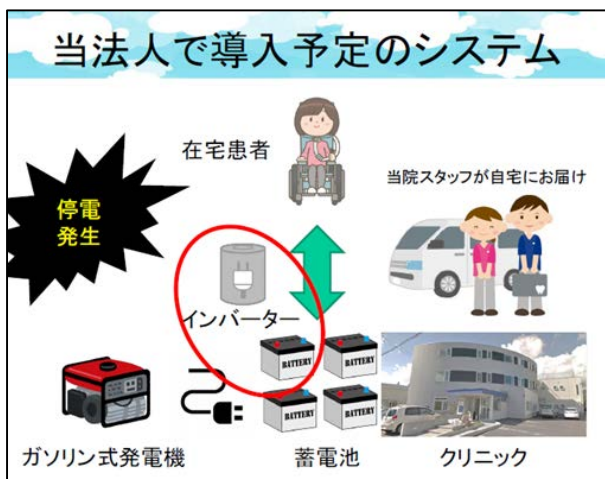


図 1. 医療法人稲生会が今後導入予定のシステム

2. 使用可能な非常用電源の種類について

そこで本論文では以下のように、災害時に使用可能な非常用電源について検討した。

1. 軽油・ガソリン・ボンベを使用した発電機
デメリット 騒音、一酸化炭素を発生するため、屋外でしか使用できず、発生した電気を屋内に引き込む必要がある。
2. プロパンガスを使用した発電機
プロパンガスの貯蓄量が大きいいため長時間使用

できるメリットがある。

3. 自動車からの電源確保ができる車種一覧（家電の使える 100V 電源・1500W まで使用可能車両）
標準装備車種

【三菱】

アウトランダーPHEV

【トヨタ】

初代アルファードハイブリッド

初代/2 代目エスティマハイブリッド

プリウス PHV

MIRAI

【ホンダ】

クラリティ FCV

一部が標準装備、またはオプション装備で対応可能な車種

【トヨタ】

3 代目/4 代目プリウス

プリウス α

SAI

シエンタ

3 代目ハリアー

3 代目アルファードハイブリッド

2 代目ヴェルファイア

※主要電気自動車やPHEV車の搭載バッテリー容量は表 1 のようになっている。

表 1

テスラ モデル S (スタンダード版)	50kWh
日産 新型リーフ	40kWh
トヨタ プリウス PHEV	8.8kWh
三菱 アウトランダーPHEV	10kWh

一般的な家庭の一日の電力利用量は 10Kwh とされている。そのためテスラやリーフであれば、節約しながら使えば 5 日ほどは使える可能性がある。

一方、電気自動車から自宅に電気を供給出来る V2H (Vehicle to Home) 対応車種は表 2 の通

りである。

表 2

メーカー	車種	種別
日産自動車	リーフ	EV
日産自動車	e-NV200	EV
三菱自動車	i-MiEV (アイ・ミーブ)	EV
三菱自動車	MINICAB-MiEV	EV
三菱自動車	MINICAB-MiEV Truck	EV
三菱自動車	アウトランダー PHEV	PHEV
トヨタ	MIRAI	燃料電池

4. オール電化住宅

災害時にはエコキュートにより蓄えられた湯水を利用できるメリットがあり、さらに停電時には使用できないコンセントの代わりに、ソーラーパネルからの電流をパワーコンディショナーを介して、自立運転専用コンセントを使用することにより、電力を得ることができる (図 2)。

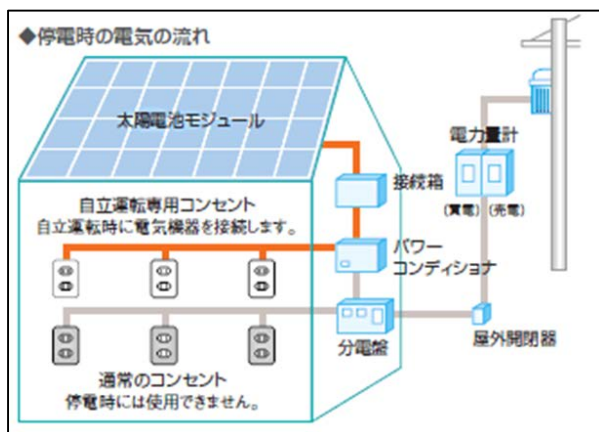


図 2 太陽光発電の電気の流れ

5. ドライブリッド蓄電システム

さらに、自宅内に大型の蓄電池ユニットを配置することにより、ソーラーパネルからの電気を蓄え、ドライブリッドパワーコンディショナーから電気自動車へ効率よく DC 充電し (図 3)、また、V2H スタンドを介して電気自動車から自宅への電気供給など、双方向の電気のやり取りことができ、災害時でも外出する交通手段を

確保することが可能となる。

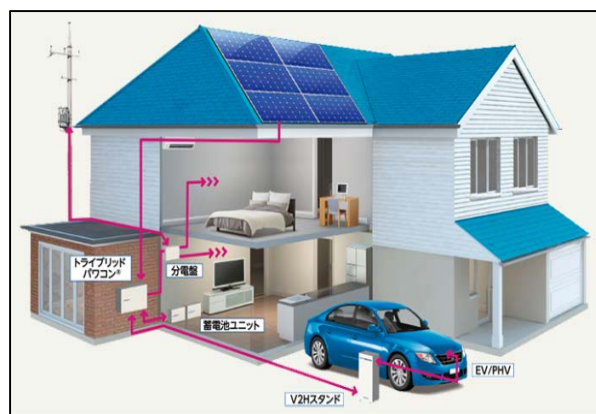


図 3. ドライブリッド蓄電システム

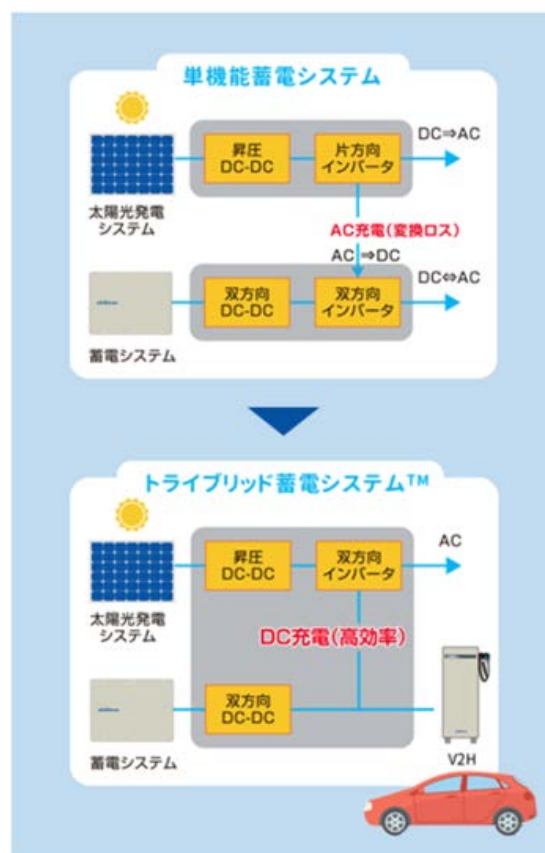


図 4. 単機能蓄電システムとドライブリッド蓄電システムの違い

D. 健康危険情報なし

E. 研究発表

今後の具体的対策

前述の停電時における人工呼吸器の発災、お

よびWG 検討を踏まえ、厚生労働省は平成 31 年 2 月 13 日付きで、医政局長名で、在宅人口呼吸気使用者非常用電源政治事業」の実施要綱を定め、各都道府県知事宛に通知した。

事業内容

訪問診療が必要な人工呼吸器使用患者を診療している医療機関において、停電時に備えて患者に貸し出せる簡易自家発電装置等を整備する際に、国の補助として、一台あたり 212 千円（補助率 1/2 以内、一台あたり 106 千円）の補助対象経費を捻出することにした。

ちなみに、下記在宅人工呼吸器（図 5）の消費電力は 210W であり、それ以上のポータブル電源を訪問診療する医療機関が補助金を利用して購入し、災害時に患者宅に届けることになるが、届けることができない場合を想定し、あらかじめ患者宅に配備することも可能である。



メーカー	機種	消費電力(W)	内部バッテリー(時間)
フィリップス	トリロジー	210	6

図 5. 典型的な在宅呼吸器の消費電力と内部バッテリー

その一例として、純正弦波を発する下記の非常

用電源などが想定される（図 6）。

	Smart Tap	A社
電力容量	600Wh	400Wh
販売価格	¥64,800	¥49,800
1Wあたり単価	¥108	¥125
充電時間	~ 8 時間	~ 9 時間
保証期間	24ヶ月保証	18ヶ月保証
AC出力電圧	300W	120W
AC出力	100V	110V
オプション	有り	無し
修理サービス	有り	無し

300W AC/100V
 120W AC/110V

- 通常300Wまで対応（最大500W）
- 日本の規格に準拠した100V電源
- 様々な家電製品に対応する純正弦波

PowerArQのAC出力は完全日本仕様の【100V/300W】のハイパワー仕様。小型冷蔵庫からミキサーやジュースだって動かせます。アウトドアや車中泊で今まで利用できなかった家電製品を持ち込んで、新しい思い出を作りましょう。

図 6

本機種は 600wh であるので、上記人工呼吸器が 210W であるため、

$600Wh \div 210W = 2.85$ 時間持つしかできないが、ポータブルのソーラーパネルと接続することにより、より長時間使用することが可能となる。

ちなみに、喀痰を吸引する吸引器は数十ワットであり、上記の非常用電源で充分他往々可能である。

ちなみに、一般家電における必要なワット数は以下の通りである。

http://eco-power.jp/power_list.html

なお、日本小児科学会では、災害時における人工呼吸器装着児に対し、各地域で学会員に呼びかけ、支援ネットワークを形成するよう、呼びかけています（下記全文）。

全文は以下の通り。

日本小児科学会会員各位

在宅呼吸管理を行っている小児を対象とした
「災害時小児呼吸器地域ネットワーク」構築へのご協力をお願い

公益社団法人日本小児科学会会長 高橋孝雄
災害対策委員会委員長 井田孔明
担当理事 和田和子
奥山眞紀子

大規模災害時には、在宅で人工呼吸器を使用している子ども達の避難場所、電源、医療物資の確保などが大きな問題となっています。被災地における小児に関連した医療支援では、災害時小児周産期リエゾンが都道府県の保健医療調整本部に入り、様々な活動を行うことになっており、その体制整備が進んでいます。今後は災害時小児周産期リエゾンに支援要請を伝えることが、迅速な対応のために最も有効な手段となります。

そこで、災害時に在宅で人工呼吸器を使用している子ども達を守るために、日本小児科学会は、日本小児神経学会や日本小児医療保健協議会重症心身障害児（者）・在宅医療委員会と協力して、医療関係者同士が連携できるネットワーク作りを呼びかけています。メーリングリストやラインなどを用いたネットワーク（災害時小児呼吸器地域ネットワークと呼びます）を作り、災害時小児周産期リエゾンと有機的に連携できるようにしたいと考えています。

このネットワークを作るには、人工呼吸器を装着した子ども達を診ている様々な専門領域の小児科医にとどまらず、内科など他科の在宅医を含めてすべての医療関係者で取り組む必要がありますが、まずは小児科医が中心となって地域ごとに活動を開始していただきたいと思います。現在、日本小児神経学会の地方会会長がネットワーク作りのキーパーソンとなるコーディネーターを都道府県ごとに選定しております。今後はそのコーディネーターが地域の先生と相談して代表者を選び、その代表者が中心となって地域の实情に合わせたネットワークを作ることになります。

皆様が勤務されている地域においても、災害時小児呼吸器地域ネットワーク作りにご協力いただきますようお願い申し上げます。

災害時小児呼吸器地域ネットワークに関する問い合わせ先
日本小児科学会災害対策委員会
メールアドレス：jps-i@jpeds.or.jp

一方、各都道府県においても、それぞれ災害対応マニュアルを作成し、実情に対応する必要も求められる³⁾ <http://www.mie.med.or.jp/hp/ippan/shonizai/2.pdf>

D. 健康危険情報

なし

F. 知的財産権の出願・登録状況

なし

参考文献

1. Greenwald PW et al Emergency department visits for home medical device failure during the 2003 North America blackout. Acad Emerg Med. 2004 Jul;11(7):786-9.
2. Nakayaka T et al Effect of a blackout in pediatric patients with home medical devices during the 2011 eastern Japan earthquake. Brain Dev. 2014 Feb;36(2):143-7.
3. 「災害時対応ノート」作成のための小児在宅医療的ケア児 災害時対応マニュアル 第. 1. 1 版 三重県小児科医会 小児在宅医療検討委員会・周産期委員会