

震災停電時を想定した在宅酸素療法（HOT）患者等の安定的な補助電源供給

システムに関する研究

代表研究者：山形県立保健医療大学保健医療学部作業療法学科講師 森 直樹
共同研究者：東北大学大学院医学系研究科産業医学分野教授 黒澤 一
山形県立保健医療大学保健医療学部作業療法学科助教 千葉 登
山形県立保健医療大学保健医療学部理学療法学科助教 赤塚星矢

【まとめ】

東北被災地区に在住する在宅酸素療法（HOT）患者ならびに在宅人工呼吸療法（非侵襲的陽圧換気療法：NPPV）患者に対し、震災停電時の予備機器の有無・備蓄状況、震災時の両機器稼働状況および震災前後で外部電源の必要性など、24項目についてアンケート調査を実施した。その結果、NPPV患者に比べ、HOT患者の方が予備機器を備蓄しており多様な外部補助電源の活用性を検討していることが明らかとなった。また、HOTおよびNPPV患者の外部補助電源として性能評価を実施したところ、長時間停電の際に最も有効と考えられたものは、操作性、稼働時間の面からガスパワー式発電機（エネポ）が第一義的補助電源として推奨できると考えられた。

【研究の目的】

東日本大震災（以下、震災）に伴う突然且つ長時間の停電は、在宅HOT患者ならびにNPPV患者にとって多大な不安をもたらす生命維持の危機を招く結果となった。本県では震災による停電で高齢者の酸素濃縮器が停止し、死亡に至った事案が報告されている。このように、電源、ガソリン等のエネルギー供給、更には交通機関が分断されライフラインが断たれた際の有用な外部補助電源供給システムを検討することは生命維持の観点からも重要である。しかしながら、震災等の長期停電時に有用な補助動力源に関して性能評価を比較・検討した報告はない。本研究では、震災停電時に有用と考えられる数種類の補助電源の性能評価を詳細に行い、震災停電等の非常時に活用できる第一義的な外部補助電源バックアップとして推奨できるものを明らかにすることである。

【研究方法と経過】

1. アンケート調査

1) 調査対象および調査期間

本研究の調査対象は東北震災被災地区に在住するHOT患者およびNPPV患者を対象とした。調査期間は平成24年10月1日～平成25年1月末日とした。

2) 調査方法

調査デザインは無記名の自己式質問紙調査とし、選択回答式質問は「はい」、「いいえ」、「どちらでもない」の3段階法とした。また、震災停電前後での外部補助電源に関する質問項目については自由記載も併用して調査した。

3) 調査内容

HOTおよびNPPV患者に対する主たる質問項目は以下の通りである。

- ① 属性（性別、年代）
- ② 酸素供給装置、人工呼吸器の予備状況と備蓄時間
- ③ 震災前後での酸素供給装置、人工呼吸器に関する意識変化
- ④ 震災による停電時に酸素供給装置、人工呼吸器の停止もしくは故障の有無
- ⑤ 震災後の酸素供給装置、人工呼吸器を安定的に供給できる外部補助電源の必要性、認知度とその活用

2. 外部補助電源に関する調査

震災停電時におけるHOTおよびNPPV患者の外部補助電源として利用可能と考えられた3種類の機器を図1に示す。今回3種類の外部補助電源装置①ガスパワー式自家発電器、②携帯用太陽光発電機、③無停電電源装置（UPS: Uninterruptible

Power Supply) を用いて性能評価を実施した。具体的な評価項目は以下の 7 項目、①操作性、②安全性、③コストパフォーマンス (コストに対する発電時間)、④携帯性 (機動性)、⑤環境 (騒音など)、⑥経済性、⑦その他 (自由記載) である。調査方法は本機器を複数の作業療法士で上述の項目を評価し、比較・検討を試みた。なお、今回の実験では酸素供給装置 New さわかサソ SS-55 (チェスト社) および人工呼吸器スマートベンチレータ ViVO 30 (チェスト社) を 3 機種に接続・稼働させ電源供給時間を調査した (図 2,3)。



4)倫理的配慮

本研究は、山形県立保健医療大学倫理委員会の承認を得た (承認番号: 1210-14)。

5)解析方法

回収されたアンケートは単純集計にて解析した。

[研究の成果]

1. アンケート調査結果

調査対象者 48 名に配布し 15 名の回答を得た (回収率 31%)。震災の影響のためか回収率が低かった。以下にアンケート結果の詳細を報告する。

①「回答者の属性について

調査対象者の属性は HOT 患者 7 名 (男性 5 名、女性 2 名)、人工呼吸療法 (NPPV) 患者 8 名 (男性 7 名、女性 1 名) である。HOT 患者年齢の内訳は 70 代~80 代が 5 名、40 代~50 代が 1 名、90 代 1 名であった。NPPV 患者年齢の内訳は 70~80 代 2 名、60 代~70 代 2 名、40 代~50 代が 2 名、20 代~30 代が 2 名であった。

②酸素供給装置、人工呼吸器の予備状況と備蓄時間について

酸素供給装置、NPPV に不具合・故障が生じた際の外部バッテリー等の予備電源備蓄状況については、予備の酸素供給装置を所有している HOT 患者は 71% であり、所有していない者は 29% であった。なお、予備機器を所有している者の備蓄時間は 16~24 時間以内であり、24 時間以上備蓄している者はいなかった。一方、NPPV 患者では予備の人工呼吸器を所有している者はいなかった。

③ 震災前後での酸素供給装置、人工呼吸器に関する意識変化について

HOT および NPPV 患者において長時間 (24 時間以上)、停電が起きた場合「影響を受ける」と回答した者は全例 (100%) に認められたが、実際に酸素ポンペを備蓄していたものは 25% に止まった。酸素ポンペを備蓄しない理由として最も多かった回答は H 「機器提携業者の迅速な対応」が 75% であった。また、必要を感じないと回答したものは 25% であり、自由記載の中で「近隣の医療施設に行く」と回答している者が含まれていた。また、HOT 患者で予備の酸素ポンペを最大で震災後に 5 本増加している者もいた。

④ 震災による停電時に酸素供給装置、人工呼吸器の停止もしくは故障の有無

震災時に酸素供給装置、人工呼吸器が故障、もしくは停止した HOT、NPPV 患者は 26% と少なかった。その理由として各機種の純正内部および外部バッテリーが稼働し停電時に対応されていたことが挙げられる。自由記載では、震災停電時に「早急に医療機関に入院した」、「酸素流量を弱くして対応していた」、「震災翌日に代替え酸素供給装置を業者が運んできた」との回答があった。また、震災を契機に「電気式酸素供給装置から液体 (液化) 酸素へ変更した」、「酸素ポンペを備蓄した」「自家発電機の購入した」等の回答もあり、震災後の停電を想定してなんらかの対策を立てている HOT 患者も認められた。一方で、家庭用自家発電機購入を検討したが、価格やメンテナンスの面で決定に至らず、長期停電時に医療機関を受診すると回答した NPPV 患者も認められた。

⑤ 震災後の酸素供給装置、人工呼吸器を安定的に供給できる外部補助電源の認知度、必要性、活用

震災後、酸素供給装置、人工呼吸器を安定的に供給できる、なんらかの外部補助電源が必要と回答したものは47%と約半数を占めた。外部補助電源として純正の内部・外部バッテリー同等の代替え電気供給手段である医療用UPSを認知していたのは13%と非常に少なかった。一方、酸素供給装置、人工呼吸器の外部補助電源として携帯型太陽光電、ガスチャージ式発電機が活用できた場合に「利用する」と回答した者は75%と最も多く、「どちらともいえない」が23%、「利用しない」が2%であった。その内訳の特徴としてNPPV患者全例(100%)で発電機を「利用する」と回答したが、HOT患者では「利用しない、どちらでもない」と回答する者が多かった。自由記載において、NPPV患者では停電が生命維持を左右するため不安であると回答した者が多くHOT患者よりも停電が切実な問題であり、より緊急性が高いことが明らかとなった。

2. 外部補助電源の特性について

① ガスパワー式発電機

エネポ EU9iGB (HONDA 社) は家庭用カセットボンベで動く発電機である。正弦波インバーターを搭載しているため安定性があり、パソコンや精密機器との接続も可能である。また、本機はガスボンベがある限り、持続的に発電可能であり消費電力の高い機器でも稼働することができる(定格出力: 100V-900VA)。本機の操作性は簡便であり、カセットボンベの交換も容易である。カセットボンベ2本で最大約2.2時間の発電が可能である。インシャルコストとして本機1台が10万円程度と高価であるものの、カセットボンベ1本を100円程度で購入できるためランニングコストは良い。携帯性では重量が19.5kgと重いがキャスターが装備されているため機動性に優れている。安全性の面では本機から排出される排気ガスに一酸化炭素が多く含まれているため、狭い屋内や換気が出来ない密閉された空間での使用は困難である。環境面では、高音のノイズが認められるため設置場所の検討が必要である

② 携帯用太陽光発電機

ソーラー発電システム SL-12H (クマザキエム社) はソーラーパネルを搭載し、太陽光を効率

的に吸収する。本機は最大出力250Wのインバーターを搭載し正弦波出力が可能である。操作性は電源スイッチ一つで発電・稼働が可能である。また、太陽光で充電出来ない場所や天候の時も家庭用のコンセントで充電可能である。しかし、消費電力が高い機器接続では稼働時間が短い傾向にあり、気象状況に左右され且つ高速充電でも満充電までに約12時間(家庭用コンセント: 6時間)所用するため、患者と家族へ十分な説明と留意が必要である。携帯性は本体重量が9.2kgと比較的軽量であり、トランク型で持ち運びが便利であるため機動性に優れている。環境面(騒音)でも発電時は静音であり、室内での発電機として実用性が高い。本機のインシャルコストは5~6万円程度で購入可能であり、ランニングコストの面では、気象条件が良い場合は無料で発電できる。

③ 無停電電源装置 (UPS)

CyberPower Smart App PR750 (株式会社サイバー社) は交流正弦波出力プラス自動電圧調整機能AVRを有しており、停電時は安定した電力供給が可能である。本機の操作性としては、電源が途絶えても即時に自動切替され電源供給がなされるため使用者側の労力を要しない。環境(騒音)面では無音であるが、携帯性、機動性の面では重量が12.5kgと重く持ち運びに適さない。消費電力が少ないパソコン用のバックアップとして主に用いられるため、消費電力が高いと稼働時間が極端に短い傾向にある。また、インシャルコストとしてUPSは2~3万円程度で購入可能であり、ランニングコストは僅かの電気代で済む。本機寿命は12年であり、長期間利用できることも特徴である。

3. 外部補助電源と酸素供給装置、人工呼吸器との稼働実験について

図2に3種類の外部電源と酸素供給装置との稼働実験状況を示す。全ての機種で酸素供給装置が正常に稼働し、稼働時間の比較ではエネポが最も長く2.2時間、ソーラー発電機は約1時間、UPSは約15分程度と最も短かった。図3に3種類の外部電源と人工呼吸器との稼働実験状況を示す。全ての機種で人工呼吸器は正常に稼働し、稼働時間の比較ではエネポが最も長く2.2時間、ソーラー発電機は約1.7時間、UPSは約1時間程度と最も

短かった。

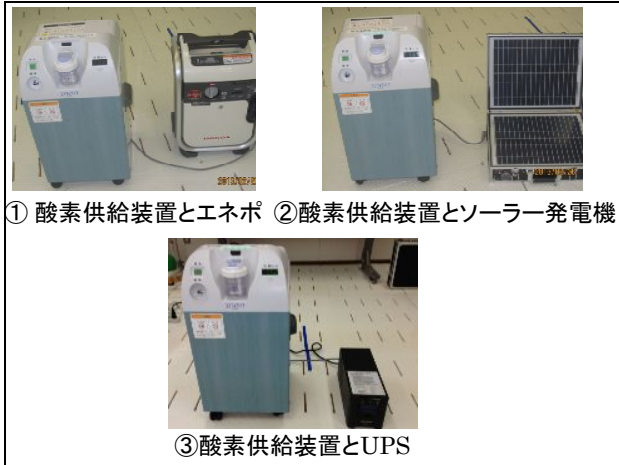


図 2 外部補助電源と酸素供給装置



図 3 外部補助電源と人工呼吸器

4. 外部補助電源使用時の留意事項

HOT および NPPV 等の医療用機器は、停電等の非常時にメーカー純正内部・外部バッテリー、医療用 UPS 等にて一時的に代替えし電力供給することが推奨される。また、本来医療機器は精密機器であり安定的な稼働には正弦波（一般家庭の電気波形）が求められる。しかし、上述した医療用の電源供給装置を備蓄せず、震災等で長時間停電を余儀なくされる際は、任意で本実験で検討した 3 機種の特性をふまえて利用することも重要な対策と考えられる。エネポは、発電・稼働性は良好であるが、使用環境の留意が必要であり、HOT、NPPV 患者とその家族に十分理解して使用してもらうことが重要である。また、携帯型太陽光発電機は天候に左右され、一度発電した後に再充電するまでに 12 時間のタイムラグが発生する。UPS では即時に発電可能だが発電時間が極端に短いこ

とを念頭に置いて使用すべきである。

[今後の課題]

震災時の外部補助電源として最も重要な評価ポイントは発電・稼働時間である。その点ではガスパワー式発電機（エネポ）が、最も有効な発電機と考えられ、操作性、ランニングコストの面からも推奨できる。しかし、今後の課題としては本機の使用環境面での検討や 3 機種の特性を考慮した上での組み合わせの検討も必要と考えられた。また、停電時間がある程度予測された場合は、稼働時間に応じた段階的な外部発電機の利用や居住環境、近隣医療機関の有無、提携業者の支援体制など、予期せぬ事態に向けた対策も含めた調査が重要と考えられた。

2012 年の東京都福祉保健局による「人工呼吸器使用者の停電に対する備え」に関する調査（<http://www.metro.tokyo.jp/INET/CHOUSA/2011/07/6017j100.htm>）では、外部バッテリーを所有している者は 36.9%であり、長時間停電に備えている者は 11.1%と非常に少ない結果であった。

外部補助電源に対する意識は未だに低いことが明らかであり、一方で外部補助電源は非常に高額でありそれを備蓄する経済的余裕がないことも、今回のアンケート結果から大きく起因していることが推察された。

厚生労働省は在宅人工呼吸器等使用患者用非常用電源装置設備の補助事業を実施しており、不測の事態に備えて都道府県の公的医療機関等に非常用発電機（補助単価:207,000 円）、UPS（補助単価:40,000 円）の整備費用を補助しているが、公的医療機関のみならず、在宅 NPPV 患者個人に外部補助電源装置の購入補助がなされることが最も重要であり国もしくは地方自治体の課題でと考える。今回の研究結果をもとに震災時の外部補助電源としてガスチャージ式発電機（エネポ）も有効であることを国、地方自治体に向けて情報発信していきたい。

[研究成果の公表方法]

本研究の成果については、今後も更なるアンケート調査と稼働実験を推し進め、研究成果がまとまった段階で日本呼吸ケア・リハビリテーション学会もしくは、作業療法関連の学術誌に投稿する予定である。