

3. 社会インフラ視点での調査

3.1 社会インフラ調査にあたって

本委員会には多角的な視点での議論が必要であることから、3つのWGに分けて活動が進められてきた。電気エネルギーの安定的な供給に関して技術的な視点から扱うWG1、電気とのかかわりの中で生きる生活者の視点から扱うWG3、そしてその両者をつなぐ各種社会インフラの視点からWG2としての活動が展開された。

3章では、このWG2において調査した事項を取りまとめて報告する。ただし、社会インフラは余りに広範であるため、災害の中でも特に北海道ブラックアウトや台風15号による房総地区での大規模停電を対象に、また、扱う社会インフラも上水道、下水道、通信、ガス、交通など、我々の生活を維持する公共設備に限定することとした。

以下に、WG2としての調査検討事項を挙げる。

- ①北海道ブラックアウトや近年の大規模災害による停電において、社会インフラにどんな影響が及んだか、そしてそれに対しどんな対応がなされたかを調査する。
- ②仮に、長期間、広域的な停電が発生した場合、一般のインフラ（通信、運輸、水道、ガス等）ではどんな状況を想定し、それに対してどんな軽減策を準備しているかを調査する。
- ③今後、電気への依存がさらに高まる社会において、インフラ各社は自らのレジリエンスを高めるために、どのような対策に挑んでいるかを紹介する。

上記①については、これまで多くの学術論文や省庁公文書・公開文書、マスコミ報道などがあるため、それらをインフラごとに区分して整理する。また上記②については、インフラの規模や業態が様々であるため、個々の聞き取り調査やアンケート調査などを実施して、災害による長期停電対策の現状をまとめる。最後の③に関しては、インフラごとに今後のレジリエンスを高めるために各業種が計画している対策などを、聞き取り調査やアンケート調査を基にまとめる。上記②、③に関するアンケート調査については、3章を通じて、統一的に以下の質問とした。

- Q0. ご回答頂く対象（場所）はどちらですか。
- Q1. そこでは年間どのくらいの電気をお使いですか。
- Q2. そこではどの程度の停電時間なら耐えられますか。
- Q3. 現時点で停電の備えはありますか。また、それはどのような対策ですか。
- Q4. 電力会社が求める節電要請や計画停電などに対応は可能ですか。
- Q5. 今後、現在の停電対策に新たな対策を追加する予定はありますか。
- Q6. 停電に関連して電力会社に要望することはありますか。

3章においては、以上の調査結果等を適宜盛り込み、対象とするインフラごとに分けて報告する。

3章の構成は以下のとおりである。

- 3.1 社会インフラ調査にあたって
- 3.2 情報・通信
 - 3.2.1 通信事業
 - 3.2.2 携帯電話サービス
 - 3.2.3 データセンター
- 3.3 水道
 - 3.3.1 上水道
 - 3.3.2 下水道
- 3.4 都市ガス
- 3.5 運輸・交通
 - 3.5.1 鉄道
 - 3.5.2 航空
 - 3.5.3 港湾
 - 3.5.4 交通信号
- 3.6 大型医療病院
 - 3.6.1 病院施設の主な特徴
 - 3.6.2 大規模停電で想定される主な影響
 - 3.6.3 長時間停電に対する対応策の例
- 3.7 コンビニエンスストア
 - 3.7.1 店舗の概要
 - 3.7.2 350W電源キットの紹介
 - 3.7.3 温かいものの提供
 - 3.7.4 物流とサプライチェーン
 - 3.7.5 停電による損害
 - 3.7.6 課題
 - 3.7.7 その後の展開1 EVによる電力供給
 - 3.7.8 その後の展開2 ガスとの提携
- 3.8 社会インフラ調査の結果のまとめ
 - 3.8.1 調査の状況
 - 3.8.2 調査結果における特徴的な事項
 - 3.8.3 まとめ

3.2 情報・通信

今日の社会および経済全般は高度な情報通信技術に支えられているため、通信・情報のインフラが停電等で受ける影響は大きなものとなる。そのために関係企業は設備面や運用面において日頃から諸対策を講じているところであるが、地震や台風などによる自然災害で生じる通信事業の被害・影響は、停電による影響のみならず地震や風雨による機器・設備の損傷といった形で発生している。

本項では有線の通信インフラについてはNTT東日本の固定電話サービス、無線の通信インフラについてはNTTドコモ、KDDI(au)、ソフトバンクの携帯電話サービスに与えた被害・影響を中心として調査するとともに、その対応方策等について報告を行う。

また通信インフラからのデータを大量に集めて処理しているデータセンターの役割が非常に重要になっているため、石狩市のさくらインターネットデータセンターが北海道ブラックアウト時にどのような被害・影響を受けたかについても報告を行う。

3.2.1 通信事業

3.2.1 では、(1)として北海道ブラックアウトによる通信事業（東日本電信電話株式会社：以下NTT 東日本）への影響、続く(2)として令和元年台風15号による影響について、調査を行った。さらに(3)事業者が行っている停電対策に関しアンケート調査に回答して頂く形で表にまとめた。

(1) 北海道胆振東部地震ブラックアウトによる通信事業への影響 (1)(2)(3)(4)(5)

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震で発生し

たブラックアウトの際には、地震発生直後には震源地近くにおいて地震のゆれによる通信設備への罹災によって発生した通信支障が顕著であったが、ブラックアウトにより全道で572の通信ビルで停電が発生しており、時間が経過するにつれて、非常用電源による通信設備への電力供給が枯渇するようになり、通信設備が影響されるようになった。

NTT 東日本における固定電話サービスの支障回線数の時系列を図19、図20に示す。

最も支障回線数が多かったのは、地震発生から1日以上経った9月7日19時頃で約140,000回線の支障回線を記録している。その後、停電の復旧により支障回線も復旧した。以下時系列を示す。

9月6日3:07：地震に伴う土砂崩れによりNTT 東日本の中継伝送路、幌内ビルが罹災した。中継伝送路断により胆振東部・日高地域において3万4千回線の固定電話がサービス断となるが、同日午前中に中継伝送路を仮復旧した。

6日19:30：停電の長期化に伴う予備電源枯渇によるサービス支障見込みについて発表した。その後、9月8日8:00まで7回発表を行った。その後停電の長期化により通信ビルの非常用電源が枯渇することによって、7日19:00頃には最大約14万回線の固定電話サービスが支障するに至った。

8日19:00：北海道電力により復電宣言があり、電源の復旧とともに、支障回線は徐々に復旧した。ただし、商用電源が復電した通信ビルにおいては、復電に際して発生した装置起動異常等により、通信ビルに技術者を派遣して修繕等を行わなければならないものがあつた。

また、発災直後から全道の支障回線の有無について状況確認し、道外からも人員や資材の調達や、移動電源車、発電機等の手配及び燃料の供給等により、被災地をはじめ、現地

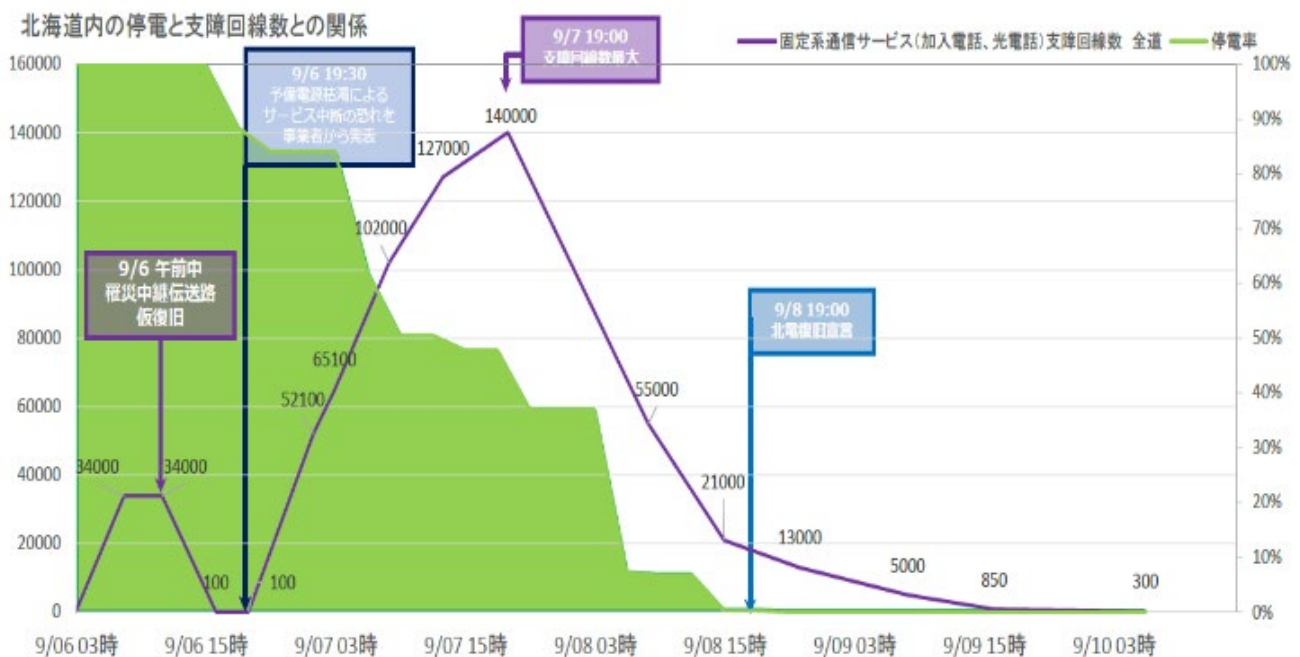


図19 停電件数と通信支障回線数の時間変化

で支障回線の早期復旧にあたった。
以上の状況を表 3 にまとめる。

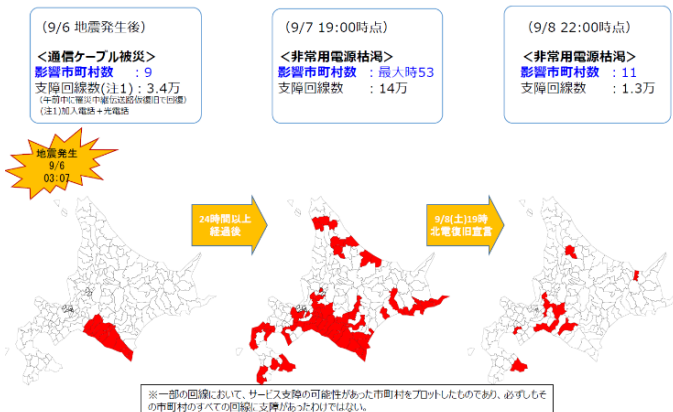


図 20 支障回線の時間によるエリア変化 (NTT 東日本)

表 3 停電による通信事業への影響

	停電による影響	NTT 東日本の対応
NTT 東日本	全道で 572 の通信ビルで停電発生，約 140,000 回線の通信支障発生。	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用発電エンジン ・非常用バッテリー ・移動電源車 ・公衆電話の無料化 ・無料 Wi-Fi アクセスポイントの提供

東日本の固定電話サービスは大きく影響を受けた。台風の風雨による電柱やケーブルへの直接的な罹災に加え，通信ビルへの停電によってサービス回線に大きな影響が発生した。有線系のサービス影響の回線数の時間推移を図 21 に示す。

影響回線は，アナログ電話，ひかり電話，光アクセスサービスにおよぶ。この回線数にはお客様と通信ビル間の回線切断による影響数は含まない。NTT 東日本による影響回線数の HP における発表は 9 月 10 日 7 時から始まった。この時合計で約 5.4 万回線に影響が出ていた。その後，11 日 7 時の発表の際，合計約 17.2 万回線と最も多い影響回線となった。

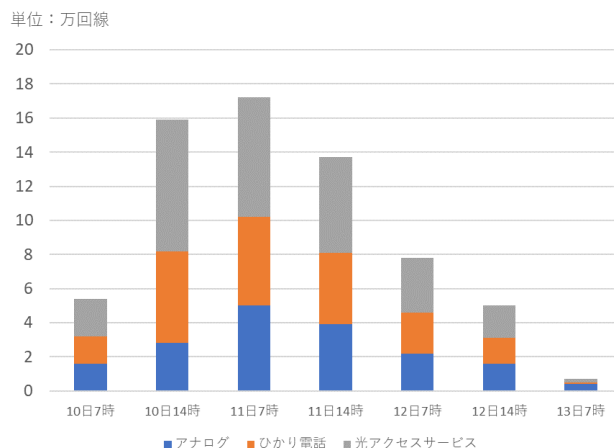


図 21 通信支障回線数の時間変化

(2) 令和元年台風 15 号の停電による通信事業への影響

(a) 通信支障回線数の状況

9 月 9 日に千葉市付近に上陸した台風 15 号によって NTT

(b) 通信ビルへの電源供給の状況

この状況を通信ビルへの電源供給の観点から時間推移を

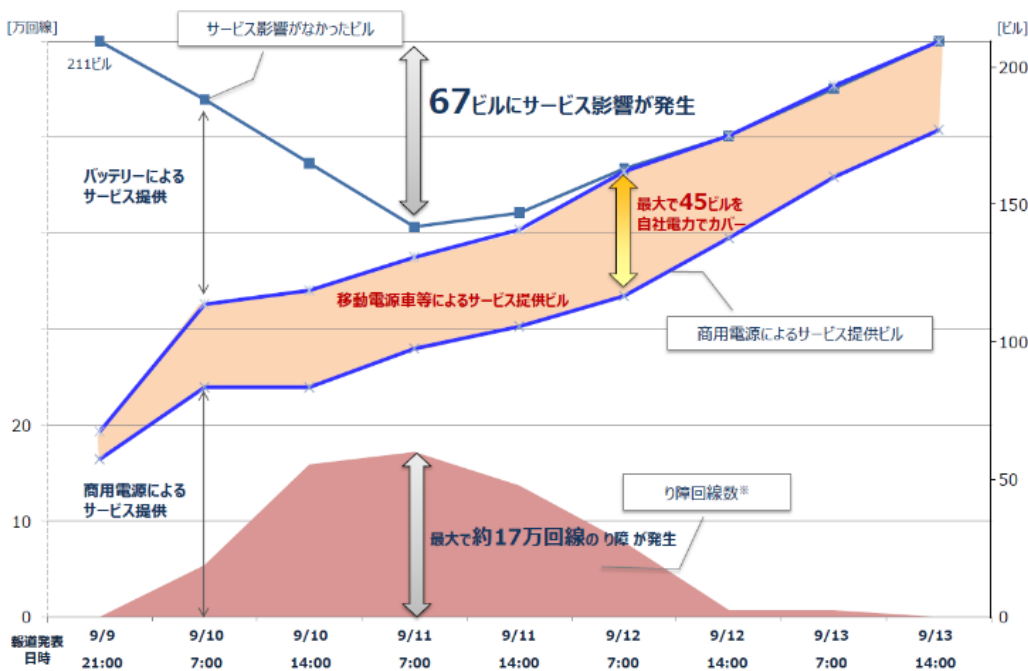


図 22 通信ビルへの停電の影響の時間変化

見てみる。図 22 に 211 の通信ビルに対する電源供給の推移を示す。商用電源によるサービス停止、すなわち停電によって通信ビルへの影響が発生した。罹災直後の 9 月 9 日 21 時では停電は発生しているものの、非常用バッテリー提供などによって 211 の全てのビルが機能していた。しかしながら時間が経過するとともに、バッテリーによるサービス提供が徐々に減っていった。11 日 7 時には 211 ビルの内、67 のビルのサービスが影響を受けていた。この時、罹障回線数も最大となっている。その後、順次商用電源によるサービス提供が復旧し、罹障回線数は減少した。この間、移動電源車(図 23)等によるサービス提供によって最大 45 の通信ビルをカバーしていた。



図 23 移動電源車による電力供給

(c) 非常用電力の枯渇によるサービスへの影響の発表ほか
停電が発生し通信設備を非常用電源にて稼働させているエリアについて、非常用電源が枯渇し通信サービスが利用できなくなる可能性について、その状況を逐次発表を行っ

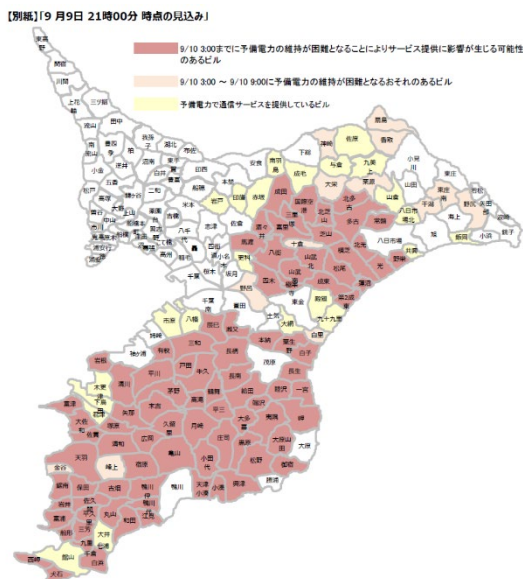


図 24 停電による通信ビル機能への影響 (9日 21時)

た。9 日 21 時に発表した際の状況を図 24 に示す。

また、台風による罹災直後から千葉県内全域において、公衆電話約 7,000 台を無料で利用できるようにし、HP 等で場所を公開した。以上の状況を表 4 にまとめる。

表 4 台風 15 号で発生した停電による通信事業への影響

	台風 15 号による停電の影響	NTT 東日本の対応
NTT 東日本	最大約 17.2 万回線への影響	<ul style="list-style-type: none"> 非常用発電エンジン 非常用バッテリー 移動電源車 非常用電力の枯渇に関する情報提供 公衆電話無料化

(3) NTT 東日本に対するアンケート実施

NTT 東日本に対して、停電対策に関するアンケートを実施した。その結果を表 5 に示す。

表 5 通信事業者 (NTT 東日本) に向けたアンケートの結果

	NTT 東日本
施設対象名	— (対象を絞ることは困難)
Q1; 調査対象の電気使用量	全ビルで約 13.3 億 kWh (2019 年度実績)
Q2; 停電に耐える時間	ビルの規模、重要性、通信負荷により異なる
Q3; 現時点での停電の備え	バッテリーやエンジンによる停電対策
Q4; 長期停電での節電要請に対応可能か	照明の消灯、エレベータの停止等による節電に取り組み済み 計画停電に対しては非常用電源にて対応すると共に、重要通信の確保に向け計画停電の実施方法について協議を予定
Q5; 新たな停電対策の予定	情報通信ネットワーク安全・信頼性基準の見直しに伴い、順次、自治体収容ビルなどの停電対策強化を実施
Q6; 停電時の電力会社への要望	<ul style="list-style-type: none"> 被災自治体本部おける復旧トリアージ 復旧活動に資する情報の相互提供 (道路状況、被害/復電見込み等) 外部機関 (自衛隊等) への倒木処理等要請の共同実施
備考	

3.2.2 携帯電話サービス

3.2.2 では、(1)として北海道ブラックアウトによる携帯電話サービスへの影響、続く(2)として令和元年台風 15 号による影響について、調査を行った。さらに(3)事業者が行っている停電対策に関しアンケート調査に回答して頂く形で表にまとめた。

(1) 北海道胆振東部地震ブラックアウトによる携帯電話サ

サービスへの影響

(a) 状況

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震で発生したブラックアウトの際には、地震に伴う伝送路障害、及び道内全域における長時間の停電により、携帯電話事業者3社（NTTドコモ、KDDI（au）、ソフトバンク）の基地局の予備電源が枯渇し、大規模な通信障害が発生した。

携帯電話3社における携帯電話基地局停波数の時系列を図25に示す。ただし、主な停波原因は伝送路断及び停電であり、事業者が把握可能な範囲の情報を収集したものであり、携帯電話等事業者が設置している基地局数は各社で異なり、停波中の基地局数は、サービス影響の規模を直接表すものではない⁽⁶⁾。

発災直後に基地局の停波は少なかったが、後ほど述べる基地局における各種の停電対策が枯渇することによって停波する基地局が徐々に増え、6日21時の発表では最大約6,500の基地局が停波した。北海道電力による停電の復旧とともに基地局も稼働し、9月8日19時に北海道電力による復電宣言があり、概ね通信障害は解消した。なお、商用電源が復電した基地局においても、自動復旧しないケースがあり、基地局に技術者を派遣して修繕等を行わなければならないものがあった。

(b) 携帯電話事業者による対応

⑦ 基地局の電源

携帯電話事業者3社は、発災直後から全道の支障エリアの有無について状況確認し、道外からも人員や資材を調達

しながら復旧に尽力した。移動電源車、ポータブル発電機、車載・過搬型基地局の手配及び燃料の確保等により、被災地をはじめ、現地で各支障エリアの早期復旧にあたった。

NTTドコモにおける対応状況を報告する⁽⁷⁾。

東日本大震災の経験を踏まえた災害発生時の対策として、商用電源の停電に備えて強化していた基地局約200か所のバッテリーによる運用を行った。特に役場等の重要エリアについては、運用時間24時間以上バッテリーにより運用を行った。このほか、移動用電源車による基地局への電力供給、停電したビルへの非常用発電機による電源供給などを行った（図26-28）。



図26 バッテリーによる電力供給

北海道内の停電と携帯電話基地局停波数との関係

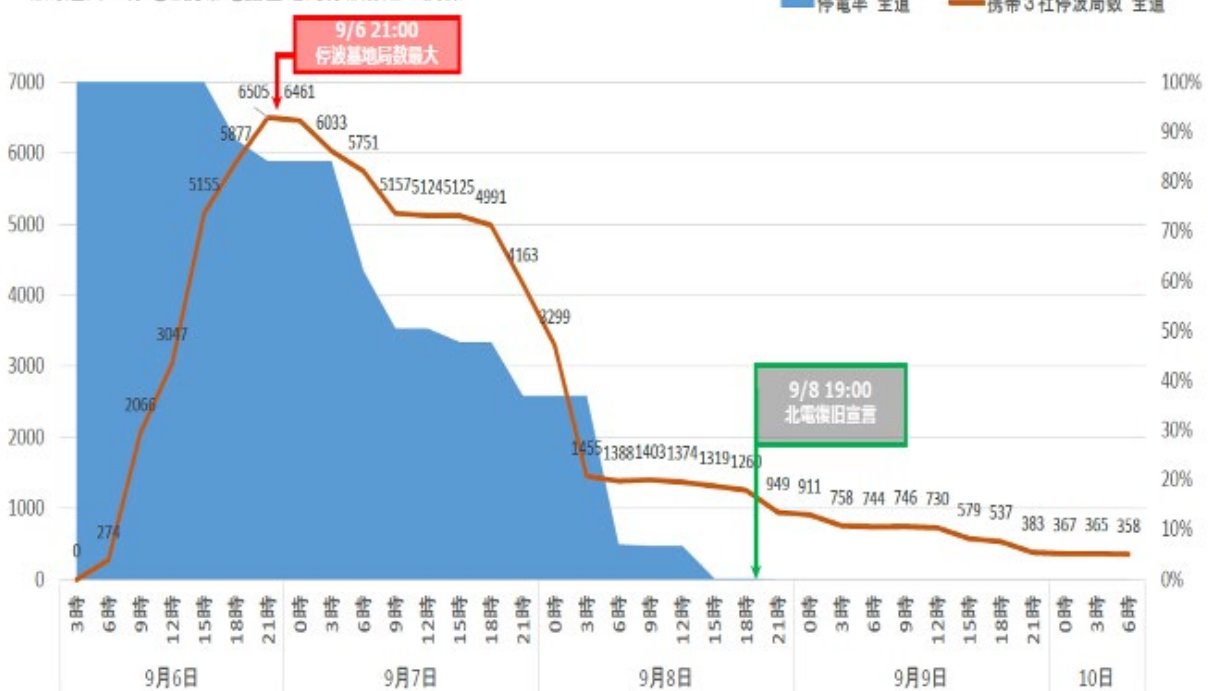


図25 停電件数と携帯電話基地局停波数の時間変化



図 27 移動電源車による電力供給



図 28 非常用電源による電力供給



図 29 携帯への無料充電サービス

①お客様への充電サービス，無料 Wi-Fi の提供

お客様へのサービスとしては，ドコモモバイル，ドコモショップにおいて無料充電サービスの提供を行った。この他ポータブル発電機の電源による充電サービスも行った(図 29)。

⑦移動衛星基地局

停電への対策とは異なるが，地震による被災地に対しては，移動衛星基地局車を設置しエリア救済を実施した。

こうした⑦，①，⑨の対策，対応については KDDI，ソフトバンクにおいても同様のサービスを実施していることが報告されている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。

北海道胆振東部地震ブラックアウトの停電等による携帯電話サービスへの影響と事業者による対策について，表 6 にまとめる。

表 6 停電等による携帯電話サービスへの影響と対策

	停電等による影響	携帯電話事業者の対応
携帯電話事業者	3 社合計で最大約 6500 の基地局での停波	(基地局など) ・非常用バッテリー ・非常用発電機 ・移動電源車 ・移動基地局，衛星アンテナ (お客様) ・充電サービス ・無料 Wi-Fi スポット ・可搬型発電機

(2) 令和元年台風 15 号の停電による携帯電話サービスへの影響

9 月 9 日に千葉市付近に上陸した台風 15 号によって携帯電話サービスは大きく影響を受けた。台風の風雨による電柱やケーブルへの直接的な罹災に加え，通信ビルへの停電によってサービス回線に大きな影響が発生した。

携帯電話事業者 3 社における携帯電話基地局停波数の時系列を図 30 に示す。ただし，主な停波原因は伝送路断及び停電であり，事業者が把握可能な範囲の情報を収集したものであり，携帯電話等事業者が設置している基地局数は各社で異なり，停波中の基地局数は，サービス影響の規模を直接表すものではない。最も基地局が停波したのは，台風が千葉県を通過した日の翌日の 10 日 13 時 30 分の 2700 局であった。台風 15 号の停電等による携帯電話サービスへの影響と事業者による対策について，表 7 にまとめる⁽¹⁰⁾⁽¹¹⁾。

表 7 台風 15 号で発生した停電等による携帯電話会社の影響

	停電等の影響	携帯電話事業者の対応
携帯電話事業者	3 社合計で最大約 2700 の基地局の停波	(基地局など) ・非常用バッテリー ・非常用発電機 ・移動電源車 ・可搬型基地局，衛星アンテナ (お客様) ・充電設備 ・無線 Wi-Fi スポット ・可搬型発電機

(3) NTT ドコモに対するアンケート実施

NTT ドコモは，「平成 30 年北海道胆振東部地震におけるドコモの対応状況」⁽⁷⁾において災害対策の追加実施方策を図 31 のように報告している。

これに加えて今回，停電対策に関するアンケートを実施した。その結果を表 8 に示す。

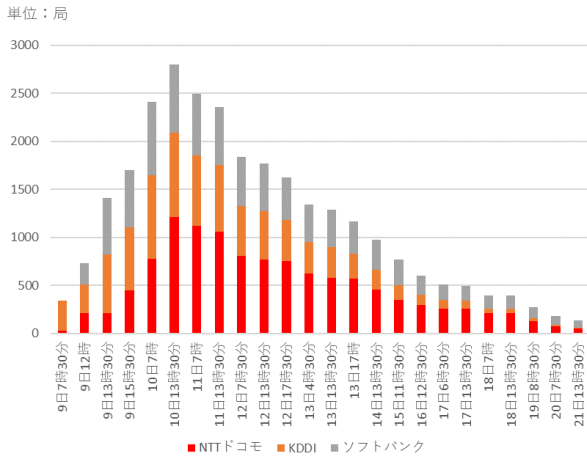


図30 停波基地局の時間変化

災害対策を追加実施(全国)

- ネットワークの更なる強化に加え、ドコモショップへの備えや被災地支援を目的としたシステムの高度化など、A L Lドコモとしての災害対応力を強化

広域・長時間停電への備え	<ul style="list-style-type: none"> ・ドコモショップへの蓄電池や太陽光発電システムの設置 ・基地局、ビルの非常用電源強化
重要通信の確保・信頼性向上	<ul style="list-style-type: none"> ・中ゾーン基地局の充実 ・重要基地局の水害対策等による信頼性強化 ・伝送路多ルート化の促進
通信サービスの早期復旧	<ul style="list-style-type: none"> ・非常用基地局の増配備（可搬衛星設備等） ・衛星回線帯域の拡大
被災地支援強化	<ul style="list-style-type: none"> ・復旧エリアマップの高度化 ・貸し出しスマホ・タブレットの増配備

図31 NTTドコモによる追加災害対策

表8 携帯電話事業者（NTTドコモ）に向けたアンケートの結果

	NTTドコモ
施設対象名	通信設備
Q1；調査対象の電気使用量	290万MWh（2019年度実績）
Q2；停電に耐える時間	重要な通信設備を設置やカバーしているビル・基地局は24時間以上
Q3；現時点での停電の備え	上記Q2で回答済み
Q4；長期停電での節電要請に対応可能か	通信確保を前提に可能な範囲で対応を検討する
Q5；新たな停電対策の予定	現時点で特にございません
Q6；停電時の電力会社への要望	広域停電時の復旧見込み
備考	現時点で特にございません

3.2.3 データセンター

3.2.3では、(1)北海道ブラックアウト時、石狩市のさくらインターネット株式会社のデータセンターが影響を受けた。図32に外観を示す。この時の状況について報告するとともに、(2)さくらインターネットにアンケート調査を実施した結果を報告する。



図32 石狩データセンターの外観

(1) 北海道胆振東部地震ブラックアウトによるデータセンターへの影響と対応

2018年9月6日3時8分に発生した北海道胆振東部地震で発生したブラックアウトの際、さくらインターネット石狩データセンター収容サービスにおいて、北海道電力による特別高圧送電が停止し、非常用発電機によりサービス稼働を継続した。その後、9月8日14時5分に復電にとまぬい、非常用発電機の稼働を停止した。この状況について表9~10にまとめる⁽¹²⁾。

表9 ブラックアウト時のデータセンターの状況

日時	事象
9月6日 3時07分 7時00分	地震発生 特別高圧送電が停止 非常用発電機によりサービス継続 非常用発電機により48時間連続運転可能、を発表
9月7日 0時26分 12時45分	北海道電力より、稼働に必要な電力量の50%前後の電力量が再開されたこと、非常用発電機についてはより長い時間の稼働が行える見込み、を発表 石狩市役所、経済産業省等の支援により一週間程度の稼働が可能な燃料の手配ができる見込み、を発表
9月8日 11時15分 14時05分	非常用発電機へ給油を実施、13日まで稼働できる状況に。 12時30分より復電作業を開始し、非常用発電機の稼働を停止した。

表 10 ブラックアウトによるデータセンターへの影響

	ブラックアウトによる停電の影響	インフラ側がそのとき執った対応およびその後の方策など
データセンター	特別高圧送電受電の停止	非常用発電機によりサービスを継続

(2) 事業者に対するアンケート実施

さくらインターネットに対して、停電対策に関するアンケートを実施した。その結果を表 11 に示す。

表 11 データセンターに向けたアンケートの結果

	さくらインターネット株式会社
施設対象名	石狩データセンター
Q1；調査対象の電気使用量	32,000MWh/年
Q2；停電に耐える時間	最低48時間(以上)
Q3；現時点での停電の備え	非常用発電機
Q4；長期停電での節電要請に対応可能か	電源負荷のコントロールが厳しいため不可
Q5；新たな停電対策の予定	特段無し
Q6；停電時の電力会社への要望	データセンターも社会の重要インフラを担っているために、復電時や電力供給の調整が必要な際の優先供給をお願いする
備考	

参考文献

- (1) 総務省：「通信・放送の被害状況 平成 30 年北海道胆振東部地震」研究報告書 https://www.soumu.go.jp/main_content/000585075.pdf
- (2) 経済産業省：「北海道胆振地方中東部を震源とする地震の被害・対応状況について」 <https://www.meti.go.jp/press/>
- (3) NTT 東日本：「北海道を中心とした地震による通信サービス等への影響について(第 1 報～第 23 報)」 <https://www.ntt-east.co.jp/info/>
- (4) 総務省：「平成 30 年北海道胆振東部地震による被害状況について」 https://www.soumu.go.jp/menu_kyotsuu/important/index.html#IDX8
- (5) NTT 東日本：「台風 15 号の被害に対するサービス影響等について(第 1 報～第 38 報)」 <https://www.ntt-east.co.jp/release/>
- (6) 総務省：「通信・放送の被害状況 平成 30 年北海道胆振東部地震」研究報告書 https://www.soumu.go.jp/main_content/000585075.pdf
- (7) NTT ドコモ北海道支社：「平成 30 年北海道胆振東部地震におけるドコモの対応状況」2018 年 11 月 https://www.soumu.go.jp/main_content/000585098.pdf
- (8) KDDI 株式会社：「平成 30 年北海道胆振東部地震の復旧対応報告」 https://www.soumu.go.jp/main_content/000585101.pdf
- (9) ソフトバンク株式会社：「北海道胆振東部地震におけるネットワーク復旧の取り組みについて」 https://www.soumu.go.jp/main_content/000585103.pdf
- (10) 総務省：「令和元年台風 15 号による被害状況について(第 1 報)～(第 37 報)」 https://www.soumu.go.jp/menu_kyotsuu/important/index.html
- (11) 内閣府：「令和元年台風第 15 号・第 19 号をはじめとした一連の災害に係る検証レポート」令和 2 年 1 月 <http://www.bousai.go.jp/kaigirep/r1typhoon/index.html>
- (12) さくらインターネット株式会社：「9 月 06 日 03 時 08 分頃に発生した地震による弊社サービスへの影響について」 https://support.sakura.ad.jp/mainte/mainteentry.php?id=24776&_ga=2.167940706.257968328.1536112466-688370593.1528265786&_bdl=1Ruz1i.mhEV4-Y

3.3 水道

3.3.1 上水道

自然災害がもたらす上水道への影響は、地震や台風などによる施設・設備への直接的な被害が想定されるが、これら災害で発生する停電によっても水道施設が停止するなどの被害・影響も生じることがある。本3.3.1では停電による上水道への影響とその対応を中心としながら、断水した場合の影響と対策などについて調査・報告する。

3.3.1では、(1)として北海道ブラックアウトによる上水道への影響、(2)として令和元年台風15号による影響について調査、(3)として東京都水道局に対する停電対策アンケート調査および東京都水道事業における停電対策等について報告する。

(1) 北海道胆振東部地震によるブラックアウトによる断水被害とその対応

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震の際、上水道への影響については、地震による水道管の破損や停電の影響等によって北海道内の44市町村において最大68,335戸の断水が発生した。この戸数には、停電のみならず地震・土砂崩れ等による水道管路や浄水施設等の破損による断水を含む。停電による断水は送・配水ポンプの停止等により発生している。停電による断水については、自家発電の利用及び通電復帰によりおおむね3日後に解消した(図33参照)⁽¹⁾。

市町村による断水等への対応については、住民に対して給水車による給水、備蓄していた水の配布等を実施した。防災関係機関については、自衛隊が災害派遣活動として4

市8町において累計約1,200トンの給水支援を行った。さらに、国土交通省北陸地方整備局所属の大型浚渫兼油回収船「白山」が苫小牧港に入港し、維持作業用の散水車等を活用した給水活動を行い9日間で約32,000リットルの給水支援を行った。また、水道の復旧事業については、公益社団法人日本水道協会北海道地方支部が、被災町の復旧事業を支援した⁽¹⁾。表11に概要をまとめる。

表11 ブラックアウトによる上水道への影響と対応

	ブラックアウトによる停電の影響	インフラ側が執った対応など
上水道	停電により浄水機能やポンプ機能のマヒしたことによる断水	停電による断水に対して非常用発電機による機能回復(断水一般に対して)備蓄していた水の配付給水車による支援

(2) 令和元年台風15号による断水被害とその対応

令和元年台風15号による千葉県内で発生した大規模な停電により同県の水道事業に大きな影響があった。

以下に「令和元年台風15号による停電の長期化に伴う影響と風水害に関する総合調査」研究報告書の内容を抜粋転載する⁽²⁾。

千葉県内では15事業体22市町で断水が発生した。県内の断水戸数は133,474戸に達した。主な内訳は、山武郡市広域水道企業団で約65,000戸、かずさ水道広域連合企業団で約19,000戸、八咫(はっそう)水道企業団で約16,000戸などである。特にかずさ水道広域連合企業団の給水区域となる君津市で断水の影響が大きく、最大で約15,000戸が断水し、断水期間は最長、9月9日から9月25日までの17日

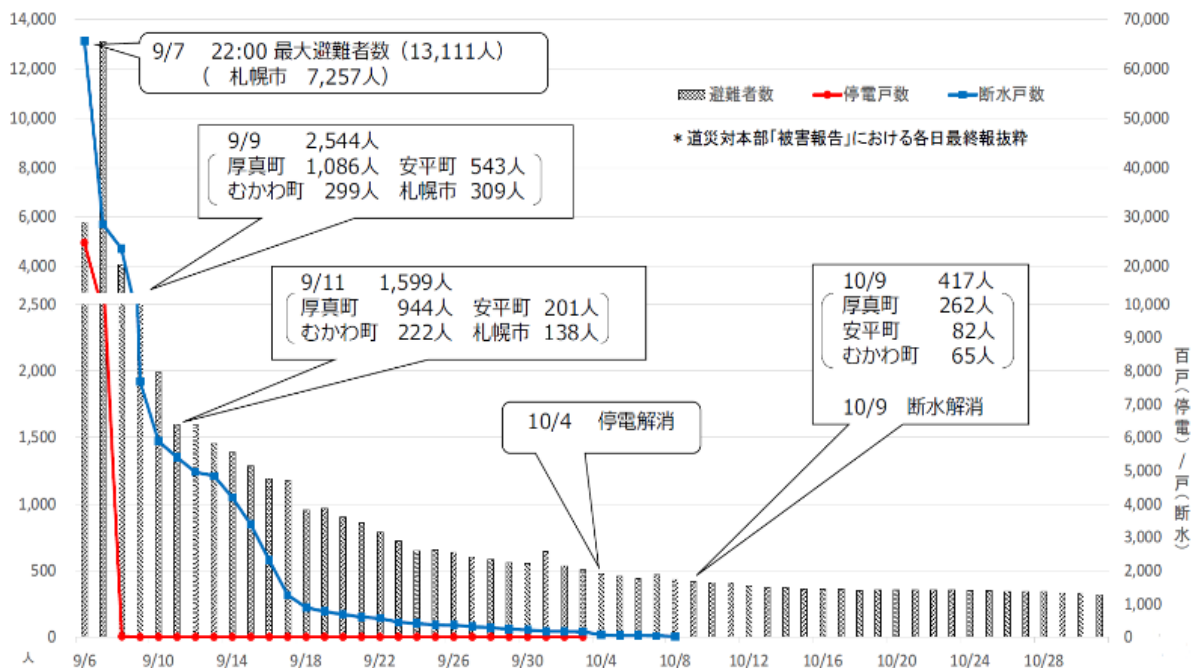


図33 避難者と停電・断水戸数の推移

間となった。表 12 に発災当時の千葉県内における水道施設の非常用電源設備の設置状況を示す。

表 12 千葉県内の水道施設の非常用自家発電設備の設置状況 (2019年9月時点)

水道施設	給水に電力が必要な施設数	自家発電設備の設置数
取水・導水施設	375	100
浄水施設	139	104
配水施設	177	127
加圧ポンプ	219	18

断水が長期化した原因としては、停電が予想以上に長引いたことに加えて、非常用自家発電設備が設置されていない浄水場等の機能停止や、配水池等の送水ポンプや増圧ポンプ等の機能停止及びその電源確保に時間を要したことが挙げられる。表 13 に概要をまとめる。

表 13 台風 15号で発生した停電の上水道への影響

	台風 15号による停電の影響	インフラ側が執った対応など
上水道	千葉県内では15事業体22市町で断水が発生	千葉県では電源車を配備し、浄水場等の電源、非常用自家発電設備のバックアップや発電機の代替として使用 (断水への対応) 給水車による給水 (今後の対策) 非常用自家発電設備のための燃料確保が困難なため、燃料協定を締結するなどの事前対策 停電時に活用できる直結給水栓について住民に周知すること

(3) 東京都水道局へのアンケート結果

水道事業者として東京都水道局に対して、停電対策に関するアンケートを実施した。結果を表 14 に示す。

表 14 東京都水道局によるアンケートの結果

	東京都水道局
施設対象名 負荷	浄水場、給水所、取水施設等
Q1; 調査対象の電気使用量	約8億kWh/年
Q2; 停電に耐えられる時間	72時間を目標とする
Q3; 現時点での停電の備え	非常用自家発電設備、 常用自家発電設備の整備
Q4; 長期停電での節電要請に対応可能か	非常用発電機が整備されている施設は、 燃料供給が継続できる範囲で 節電要請への対応可能
Q5; 新たな停電対策の予定	自家用発電設備の増強を継続
Q6; 停電時の電力会社への要望	速やかな情報提供 (停電区域の詳細、復電時間など)
備考	

また、東京都の水道事業と停電等への対策について調査

を行った(3)(4)。

(a) 東京都の水道事業の状況

東京都水道局は、23区及び多摩地区26市町の存する区域を合わせた約1,239平方キロメートルの区域、1,360万人の都民に水道水を供給しているほか、給水区域に含まれていない武蔵野市、昭島市及び羽村市に対して暫定分水を行っている。

東京都水道局には、取水・導水、浄水処理、送配水の3つの工程がある。電力使用量としては、合計で年間約8億kWh、都内で使用される電力用の約1%に相当する。東京都水道事業の工程別の使用電力の割合を図 34 に示す。

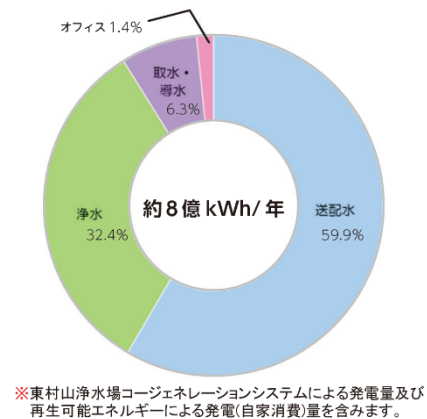


図 34 工程別使用電力量(令和元年度)

(b) 停電への施設整備の対応状況

大規模停電時や電力使用が厳しく制限された場合においても、一日平均配水量を供給可能とするよう自家用発電設備を整備している。

浄水場では、高度浄水処理に必要な電力を常用発電設備で確保し、取水、送配水などに必要な電力を非常用発電設備により確保する。浄水場における平常時及び停電時の電力供給のイメージ図を図 35 に示す。

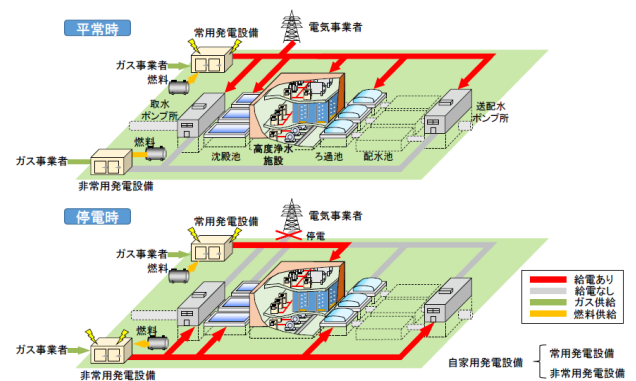


図 35 浄水場における平常時及び停電時の電力供給

給水所等では、送配水などに必要となる電力を非常用発電設備により確保する。自家用発電設備の燃料は、72時間

運転できる量を可能な限り確保することとし、72時間の燃料確保率を令和元(2019)年度末の45%から令和12(2030)年度末には83%を目標としている。

また、配水本管テレメータのバッテリー強化などによって72時間の停電に対応を可能とするべく整備をおこなっている。

(c) 電力使用制限(計画停電)への対応

過去、平成23年7月1日～9月8日約2か月間、契約電力500kW以上の大口需要家に対して電気の使用制限があった際、午前9時～午後8時の間(制限時間帯)、水道事業者に対して5%の電力使用制限が発せられた。その際、以下のような対策を行った。

- ・浄水等の制限時間帯から夜間へのシフト
- ・自家発電設備の増強運転
- ・制限時間帯における減量運転
- ・再生可能エネルギー(太陽光、小水力)の最大限の活用

3.3.2 下水道

地震や台風などによる自然災害で生じる下水道の被害・影響は、停電による影響のみならず浸水や地震による機器・設備の損傷といった形で発生している。本項目では停電によって下水道に与えた被害・影響について調査するとともに、その対応方策等について報告を行う。

3.3.2の構成としては、(1)として北海道ブラックアウトによる下水道への影響、続く(2)として令和元年台風15号による影響について、調査を行った。さらに(3)国土交通省による対策・マニュアルについて紹介し、(4)事業者が行っている停電対策に関しアンケート調査に回答して頂く形で表にまとめた。

(1) 北海道胆振東部地震ブラックアウトによる下水道への影響と対応

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震で発生したブラックアウトの際には、非常用発電設備等を有していない、または災害時の燃料供給体制が確保されていなかった下水設備において不安定な運転操作を強いられる事態となったことが報告されている。例えば、むかわ町の下水道設備では9月6日3時20分に流入ゲートを手動で閉じたことが報告されている。しかしながら本災害の際には、主に地震による配管やポンプ設備への損傷・影響について報告されている⁽⁶⁾。

(2) 令和元年台風15号の停電による下水道への影響と対応

令和元年台風15号に伴う大規模停電による下水道施設の被害と対応については、広域停電によって、関東地方等1都5県の28処理場、98ポンプ場等で停電が発生した。千葉県内では11処理場、44ポンプ場等で停電が発生した。自家発電設備による運転の他、可搬式ポンプや電力会社による電源車の設置等により下水道機能の確保などの対応を行った。さらに、一部施設では、長時間の運転による自家

表15 台風15号で発生した停電による下水道への影響と対応

	台風15号による停電の影響	インフラ側が執った対応
下水道	1都5県の28処理場、98ポンプ場等で停電が発生	<ul style="list-style-type: none"> ・発電機、可搬式ポンプの設置 ・電源車の手配 ・使用自粛要請 ・バキュームカーによる汚水の移送

発電機の故障や資機材の手配の遅れが生じたことにより、下水道の使用自粛を要請する等の事態が発生したことが国土交通省より報告されている。具体的な対応について記載する⁽⁶⁾⁽⁷⁾。

- ・館山市鏡ヶ浦クリーンセンター

自家発電設備が故障中だったため、可搬式発電機と水中ポンプによる施設内への一時的な貯留等と並行し、資源エネルギー庁を通じて電源車を手配することで、停電から3日後に通常処理による運転を再開した。

- ・芝山町芝山クリーンセンター

停電時から自家発電設備による運転を実施していたが、停電が長期にわたることに伴い、非常用発電設備の長時間の連続運転(約110時間)による故障の可能性を踏まえ、電力会社を通じて電源車を手配し、停電から5日後には汚泥処理を含めた運転が可能となった。

この他、市原市の菊間処理場においては、仮設発電機、仮設ポンプを設置し、簡易処理を実施し、また、仮設ポンプの送水能力を勘案し、下水道の使用自粛を要請した。木更津市においては、バキューム車による汚水の運搬実施した。表15に概要をまとめる。

(3) 国土交通省による対策・マニュアル

国土交通省では近年の災害を踏まえた下水道機能の確保における課題を整理し、「防災・減災、国土強靱化のための3か年の緊急対策」として、「下水道BCP策定マニュアル2019年版(地震・津波、水害編)～実践的な下水道BCP作成と実効性を高める改善～」を取りまとめた。ハード・ソフトの対策について3年間で集中的に実施することとしている。この中から、長時間停電に関わる課題およびマニュアルの記載事項について報告する⁽⁸⁾。

長期間の停電時の課題としては、これまでの経験から非常用発電設備の燃料が不足し、不安定な運転操作を強いられた。また、燃料調達の要請時に必要となる情報(油種、備蓄量、運転可能時間等)が決まっておらず、要請までの情報収集に時間を要した。さらに、長期間の停電によって、非常用発電設備が連続運転により故障が発生したことも報告されている。

こうしたことから、長時間停電に関するマニュアルの記載事項として以下の項目を挙げている。

(a) 災害等において想定する停電時間

施設の立地特性(燃料供給事業者の位置、運搬ルートな

ど)や停電時の影響の程度を踏まえ、少なくとも72時間は運転操作が可能となるようにする。(簡易処理を含む)

(b) 非常用発電設備等の燃料調達

停電時にも下水道施設の機能を維持するため、燃料調達に関する内容を充実化する。具体的には

- ・下水道施設における非常要発電設備の有無の把握
- ・燃料供給の要請時に必要な情報の整理(油種、備蓄量、運転可能時間、納入メーカー、オイルタンクの給油口の形状)
- ・燃料調達のための供給業者との協定締結と平時からの情報共有および災害時の供給業者の連絡先、施設位置、運搬ルートといった具体的な調達方法の把握

(c) 停電時の運転操作

- ・電気保安協会、メーカーとの協力体制の確保等、長期間の停電に伴う発電設備の連続運転による故障への備え
- ・非常用発電設備による必要最小限の電力供給時の運転操作や対応方策(簡易処理による対応、水質のモニタリング等)

【発電設備を保有しない施設における対応方策】

- ・可搬式発電設備、バキューム車等の手配
- ・管内貯留時間の把握(平時の対応)、それを踏まえた対応方策の検討(必要であれば、非常用発電設備の設置を検討)

(d) 下水道台帳等のバックアップ、保管方法

停電時には重要データを出力できない可能性があるた

め、バックアップとして印刷製本で保管しておくことも重要

(4) 東京都下水道局に対するアンケート実施

東京都下水道局に対して、停電対策に関するアンケートを実施した。その結果を表16に示す。

参考文献

- (1) 平成30年北海道胆振東部地震災害検証委員会:「平成30年北海道胆振東部地震災害延焼報告書」(2019年5月), <http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/saigaikenshouH30.htm>
- (2) 丸山喜久他:「令和元年度科学研究費助成事業「令和元年 台風15号による停電の長期化に伴う影響と風水害に関する総合調査」研究報告書(2021年3月) <http://ares.tu.chiba-u.jp/typhoon15/>
- (3) 東京都水道局:「環境報告書2020」(2020年10月) <https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suidoigogyo/torikumi/kankyo/>
- (4) 東京都水道局:「東京水道経営プラン2021」(2021年3月) <https://www.waterworks.metro.tokyo.lg.jp/suidoigogyo/torikumi/kadai/plan2021/>
- (5) 丸山喜久他:「令和元年度科学研究費助成事業「令和元年 台風15号による停電の長期化に伴う影響と風水害に関する総合調査」研究報告書 <http://ares.tu.chiba-u.jp/typhoon15/>
- (6) 国土交通省:「今年度の災害における主な被害と対応について」 <http://www.mlit.go.jp/mizukokudo/sewerage/content/001342063.pdf>
- (7) 国土交通省水管理・国土保全局下水道部「下水道BCP策定マニュアル2019年版(地震・津波、水害編)～実践的な下水道BCP策定と実効性を高める改善～」(令和2年4月) <https://www.mlit.go.jp/common/001202558.pdf>

表16 下水道事業者に向けたアンケートの結果

	東京都下水道局
施設対象名	東京都下水道局関連設備
Q1; 調査対象の電気使用量	約10億kWh
Q2; 停電に耐えうる時間	東京都区部では、合流式下水道(※)を採用しているため、降雨状況により流入量が大きく変動します。よって、晴天時と雨天時の負荷容量が大きく変動するため、何時間の停電に対応可能との回答が出来ません。特に、豪雨の雨水ポンプ全台運転している状況下においては、1～2分の停電が即地域の浸水を招く恐れがあります。 (※)合流式下水道:家庭などからの排水と雨水を一緒に一本の管で集める方式の下水道のこと
Q3; 現時点での停電の備え	非常用発電設備を設置しています。
Q4; 長期停電での節電要請に対応可能か	施設運営に影響のない範囲内であれば、非常用発電設備や電力貯蔵設備を活用することで対応可能です。
Q5; 新たな停電対策の予定	非常時の自己電源確保のため、灯油と都市ガスのどちらでも運転可能な非常用発電設備(デュアルフューエル発電設備)の導入を拡大し、燃料の多様化を推進する予定です。また、太陽光発電設備の導入を拡大し電源の多様化を推進する予定です。
Q6; 停電時の電力会社への要望	停電が発生した場合、迅速な情報共有(原因、対応、復旧見込時間など)を要望します。また、施設機能を維持するため、移動電源車などによる電源確保を希望します。
備考	

3.4 都市ガス

都市ガスにおいては、地震による一定以上の震度によってガス供給へ影響が発生する。阪神・淡路大震災の際は復旧に長時間を要することとなったが、その後都市ガス事業者による各種地震対策が進められている。一方、地震や台風による自然災害による停電によるガス供給への影響は極めて低い状況であった⁽¹⁾⁽²⁾。

3.4 では、(1)として北海道ブラックアウトによるガスへの影響、(2)として令和元年台風 15 号による影響について、調査を行った。さらに(3)事業者が行っている停電対策に関しアンケート調査に回答して頂く形で表にまとめた。

(1) 北海道胆振東部地震ブラックアウトによるガスへの影響と対応

2018 年 9 月 6 日に発生した北海道胆振東部地震で発生したブラックアウトの際には、都市ガスへの被害が一部報告されている。地震発生直後、停電の発生に伴い全ての製造所において製造停止が発生したものの、保安電力用の非常用発電設備の余力により製造設備を稼働し、概ね 1 時間以内にガス送出を開始している。なお、地震の揺れによる被害については低圧ガス導管において一部被害があったものの、緊急停止判断基準に達したブロックは無く、供給区域全域でガス供給を継続している⁽³⁾。

表 17 ブラックアウトによるガスへの影響

	ブラックアウトによる停電の影響	インフラ側がそのとき執った対応およびその後の方策など
ガス	製造設備を一時停止	保安電力用の非常用発電設備の余力により製造設備を稼働しサービスを維持。

(2) 令和元年台風 15 号の停電によるガスへの影響と対応

令和元年台風 15 号に伴う大規模停電によるガス事業への影響と対応については、いずれのニュースリリースにおいても「現時点で被害情報なし」とあり、都市ガス施設の基幹設備（製造所、発電所、ガスホルダー、高圧導管）および中圧導管には被害は確認されていない。

9 月 9 日 13 時 00 分時点のニュースリリースで、東京ガス佐倉支社の四街道地区（千葉県）において、停電の影響で他社からのガスの受け入れができない状況であった。これにより、タンク貯蔵分（ガスホルダー 2 基）を利用することでガスの供給・使用は可能なものの、その使用状況から同日 16 時半頃に需要家 15,000 戸で供給支障となる可能性があった。その後、同日 16 時時点で、バックアップを依頼した他の事業者からの供給が可能となり、供給支障は回避された

(4)。

表 18 台風 15 号で発生した停電によるガス事業への影響と対応

	台風 15 号による停電の影響	インフラ側が執った対応
ガス	特になし	・貯留分の利用 ・他事業者からの供給

(3) 事業者（東京ガス）に対するアンケート実施

東京ガスに対して、停電対策に関するアンケートを実施した。その結果を表 19 に示す。

表 19 都市ガス事業者に向けたアンケートの結果

	東京ガス
施設対象名	ガス輸送設備、供給設備
Q1；調査対象の電気使用量	高圧または低圧
Q2；停電に耐えうる時間	24時間程度 但し、ガス供給については、圧力調整に電力を使用しないため停電の影響を受けない 長期間停電が続くと設備の遠隔監視や操作ができなくなる場合がある
Q3；現時点での停電の備え	非常用発電設備、バッテリー
Q4；長期停電での節電要請に対応可能か	安定的にガスの製造・輸送・供給を行うための必要電力であるため積極的な対応は困難
Q5；新たな停電対策の予定	なし
Q6；停電時の電力会社への要望	・長期停電を回避することができる安定供給や早期復旧対応等の構築 ・どのエリアがいつ復旧するか分かれば有難い
備考	なし

参考文献

- (1) 日本ガス協会 HP：都市ガス事業者の地震対策
<https://www.gas.or.jp/anzen/taisaku/>
- (2) 野島暢呂：「大規模停電のインフラへの影響～2018 年北海道胆振東部地震の事例から～」防災の科学 No.138,2019(秋季)
https://www.isad.or.jp/wp/wp-content/uploads/2019/12/no138_35p.pdf
- (3) 丸山喜久他：「2018 年北海道胆振東部地震被害調査報告書 第 9 章 ライフラインの被害」
<https://committees.jscc.or.jp/ecc2/node/152>
- (4) 野島暢呂他：「令和元年(2019 年)台風 15 号におけるライフライン復旧状況（時系列編）(Ver.1：2019 年 9 月 26 日まで)」
<http://ares.tu.chiba-u.jp/typhoon15/>

3.5 運輸・交通

自然災害などで生じる停電は広域化や長期化することが多く、人々の生活に大きな打撃を与えるものとなる。3.5では、災害発生時の帰宅や避難などの「人流」や、災害支援物資輸送のための「物流」など、災害時に重要となる運輸業への停電の影響や対策等について報告する。

3.5の構成としては、運輸モード別に、3.5.1に鉄道、3.5.2に航空、3.5.3に港湾の項を設けた。さらにこれら3つのモードに対し、それぞれ、(1)として近年発生した広域・長期停電による業務の混乱やその対応例を表にまとめ、続く(2)として、各事業者が行っている停電対策に関し、アンケート調査に回答して頂く形で表にまとめている。鉄道・空港・港湾の3モード対しては、各2機関ずつの計6機関に対して3.1に記載したQ1~Q6の質問項目でアンケート調査を行った。

一方、これら鉄道・航空・港湾に対する記述に加え、我々の日常生活により直接的な関わりをもつ道路交通に関しては3.5.4で扱う。そこでは、3.5.1、3.5.2、3.5.3と同様に、(1)として近年発生した広域・長期停電による道路交通の混乱やその対応例を表にまとめ、続く(2)として警察庁の公開文書をもとに、停電時にも信号機が滅灯することなくできるだけ長時間、その機能を維持するための対策について、現状と対策などを紹介する。これは、道路交通を円滑化させるための交通信号機が、停電によって機能しなくなることで逆に交通の混乱を招くからである。

以上、『3.5 運輸・交通』で扱う対象は、鉄道、航空、港湾、道路交通としたが、例えば北海道ブラックアウトの際、札幌市民の足として頼られている路面電車について、本稿では『3.5.1 鉄道』のカテゴリーに含めた。しかし厳密には、路面電車は「鉄道」ではなく「軌道」に分類される。この区分は、その根拠法の経緯などによるものであるが、大まかには「鉄道は道路に敷設できず、路面電車は道路に敷設する」点が異なる。ただし、現状では例外も多い。

3.5.1 鉄道

鉄道事業にとっての主たるエネルギー源は電力である。しかしながら鉄道は、もし走行中に停電が発生しても、そもそも通常から惰行運転を行っているわけであるから、ある程度は走行が可能なシステムである。また車両においても、バッテリー等で照明や放送機器の使用は確保可能である。

しかしながら長期の停電（計画停電を含む）が発生すると、停電区間では運休せざるを得なくなるし、非電化区間ならばディーゼル駆動であるから鉄道営業は可能だろうという議論にもなりかねないが、鉄道事業者は利用者の安全を第一に電気系の安全設備を組んでいるため、踏切警報器や遮断機、信号・通信設備、照明などの安全を担保する設備に、電力会社からの電力供給は欠かせない。

JR 東日本旅客鉄道株式会社（以下、JR 東日本）や東京都交通局では自前の発電所があり（図 36 はそのイメージ図）、JR 東日本の川崎火力発電所と信濃川水力発電所では、同社

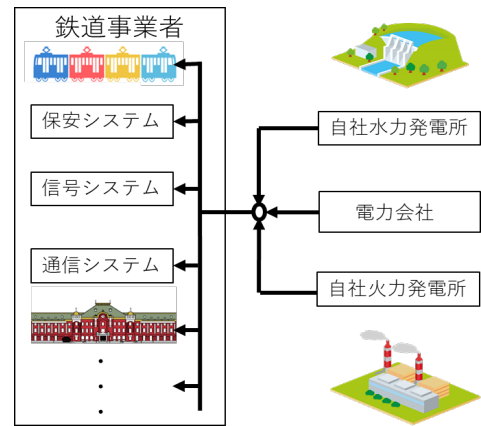


図 36 発電所を持つ鉄道事業者の電気使用イメージ

で使用する電力の約6割（首都圏に限定して考えると約9割）を自前の電力で賅える状況にある。信濃川水力発電所の電力は、山手線および駅施設や信号施設に活用されるなど、電力会社による停電の影響を比較的受けにくい構成とはなっているものの、全ての電力を賅えるわけではない。一方、他のJRグループ会社で自社の発電所を有しているところはなく、電力会社からの受電が途絶えることは致命的な打撃となる。

(1) 過去の災害で発生した停電による鉄道への影響

表 20、表 21 は、2018 年 9 月に発生した北海道胆振東部地震による停電（北海道ブラックアウト）、および 2019 年 9 月の台風 15 号における千葉県内で発生した長期停電による鉄道への影響等について記載したものである。

表 20 北海道ブラックアウトによる鉄道への影響⁽¹⁾

		ブラックアウトによる影響	事業者や行政等の対応
鉄道	JR 北海道	停電により全区間で運休。非電化区間*でも停電による駅舎・踏切・信号設備等の機能不全により運休。電力回復後も、踏切の動作確認が必要。 *路線総延長のうち76.7%は非電化区間	地震の翌日に運行再開（北海道新幹線、快速エアポートなど基幹路線）。それ以外の復旧に遅れ。9月10～19日の間、節電要請への協力で減便。
	地下鉄	地震発生当日15時の時点で電力復旧の見込みが立たず、終日運休。	翌日、全線への送電が完了後、全線の営業運転を再開。9月10～19日の間、節電要請への協力で減便。
	路面電車（注）	当日夜間には電力が復旧したが、道路信号機の滅灯のため運休。 （注）路面電車は「鉄道」でなく分類上「軌道」。	翌日午前、全信号が点灯して、営業再開。9月10～19日の間、節電要請への協力で減便。

表 21 台風 15 号で発生した停電の 鉄道への影響⁽²⁾⁽³⁾

		台風15号による停電の影響
鉄道		台風（暴風雨）への対応として計画運休実施。千葉県内の一部地域を中心に続いた停電により、JRや私鉄に運行見合せが発生。停電により、踏切などの線路設備を稼働できない状況になっているため、小湊鐵道といすみ鐵道とも4日連続の全面運休。

JR 北海道旅客鉄道株式会社（以下、JR 北海道）の約 8 割が非電化区間であるが、先にも述べたように鉄道の施設や信号・保安システムなどでは電気が不可欠である。したがって非電化区間だからと言って停電時に運行を継続することはできないし、表 20 にある北海道、表 21 にある千葉県の両ケースともに、停電復旧後も電気設備の点検には十分な時間を必要としたため、即座に営業再開には至らない。

(2) 事業者による停電対策の事例

表 22 は、小田急電鉄株式会社および東京地下鉄株式会社（以下、東京メトロ）のご協力により、各事業者が行っている停電対策等についてのアンケート結果をまとめたものである。なお、アンケートの質問事項は既に記載した Q1~Q6 の項目であるので、併せて確認いただきたい。

表 22 のアンケートの結果に見るように、両社とも基本的に停電対策は同様である。停電が一部区域に限定された場合は、社内の近隣変電所から電力を融通して凌げるが、多数の変電所を巻き込むような広域停電の場合には、運行が極めて困難であると回答している。また停電により駅間に列車を停止することは乗客の安全面から避けなければならないため、最寄りの駅に向けてバッテリー走行したり、駅においても安全な避難誘導のためには非常用電源やバッテリーで電力を確保したりと、停電を想定した実効性のある対策が練られていることがわかる。

3.5.2 航空

我が国の航空の災害時における対策については、これま

でも「地震」や「津波」に関してかなり踏み込んだ検討が進められてきた。しかし昨今の激甚化する自然災害により、これまでの経験を上回る事態が発生しており、災害地近辺の空港機能にも支障が生じるなど、国民の経済や生活に多大な影を落とすようになった。このため国は、今後の災害の発生に備え更なる対策の検討を進めている。

特に近年は、空港の管理・運営設備の電子化、旅客ターミナルの巨大化に伴う空調の大容量化、加えて空輸貨物の保冷設備などにおいて、極めて大きな電力が必要となるなど、状況は大きく変化している。このように電力の需要が増加する中、2018 年の台風 21 号により設備浸水した関西国際空港では停電が発生し、また同年、北海道ブラックアウトによる新千歳空港の閉鎖など、停電に対する対策を一層推し進める必要が生じている。

(1) 過去の災害で発生した停電による航空への影響

表 23 は、北海道ブラックアウトにおいて北海道の空の玄関である新千歳空港がどのような影響を受けたか、またその後、関係機関がどのような対応策を執ったかについてまとめたものである。表 23 にあるように、北海道ブラックアウト発生の翌日には一部の国内線が、そして 2 日後には国際線の運航が順調に再開した。空港ターミナルビルは地震による施設の損傷や水漏れがあり、さらに停電が発生したため当日は全面封鎖されたが、その翌日には新千歳空港と札幌市内を結ぶ JR 北海道の快速エアポートと国内線が再開したことで、空港ビル内は乗客で大混雑となった。なお、震

表 22 鉄道事業者に向けたアンケートの結果

質問事項	鉄道	
対象施設名	小田急電鉄株式会社	東京地下鉄株式会社（東京メトロ）
回答対象	全路線120.5km	同社全路線
Q1；調査対象の電気使用量	全線受電電力量：約3億7,800万kWh/年（2019年度実績）	約9億5000万kWh/年（ハンドブック記載値）
Q2；停電に耐えうる時間	<東電からの供給が停止した場合> ①変電所1か所の停電；同社の隣接変電所からの電力供給で賄える場合有り。ただし殆どの場合、ダイヤ通りの列車運行が困難となり、列車本数減や運行間隔の調整などの制約が必要(case by case)。 ②広域での停電発生の場合；列車運行は極めて困難。	①大規模停電；列車及び駅設備（自動改札機、券売機、一般照明等）への電源供給が断たれるため、通常営業は困難。 ②一部の受電系統の停電；他系統からの電力供給により、通常営業は可能。
Q3；現時点での停電の備え	①運転用電力；停電により、地下区間の駅間に止まった列車内のお客を避難誘導するために、最寄り駅まで非常走行するための電力貯蔵装置を、隣接変電所に設置している。 ②付帯用電力；新宿駅、複々線区間の地下3駅、他10駅には、停電時に防災用および照明などの重要負荷の電源を確保するために非常用発電機を設置している。	①駅の非常灯は、バッテリーによる稼働が可能。 ②主要駅には、非常用発電機を整備しており、各駅に防災電源を供給。防災設備の電源を確保することで、火災や避難誘導に対応できるようにしている。 *運転可能時間・設置数量・容量については非公表
Q4；長期停電での節電要請に対応可能か	電車運転用電力；場所や時間帯にもよるが、ほとんどの場合、列車運行に影響する可能性が高いため対応は難しい。 付帯用電力；駅や従業員施設の照明、空調、昇降機等の使用を制限することで対応できる可能性あり。	運行本数の減、空調負荷制限、照明の一部取り外し等で節電可能。 *どの程度節電可能かは状況による。
Q5；新たな停電対策の予定	現時点での新規計画はなし	特になし
Q6；停電時の電力会社への要望	東日本大震災時には社の変電所も計画停電の対象となり保安装置が停止するために長時間の区間運休が生じて社会に大きな影響を与えた。従って、長時間停電や計画停電の際は、不通区間が生じないように停電対象から除外して頂くことを強く希望。（列車本数の減少、間隔調整、付帯設備の停止などの制限の程度は応相談）	特になし
備考	補足；同社の鉄道用電力は、東京電力から全線25か所の変電所で受電し、電車運転用電力及び付帯設備用電力に変換して、それぞれの負荷に供給している。	特になし

表 23 北海道ブラックアウトによる航空への影響⁽⁴⁾⁽⁵⁾

	ブラックアウトによる影響	インフラ側や行政等の対応
航空	翌日には一部の国内線再開。 2日後は国際線が再開。	国交省では、電力喪失時の電源対応計画として、以下の点を挙げている。 ・長時間非常用電源を稼働するための重油搬入の物流確保。 ・防災設備、中央監視設備等々、重要システム・機器等へ優先的な電力供給。 ・長時間非常用電源の稼働が必要な場合、照明や空調の間引き運転（現状、照明は72時間運用可）。

源地に近かった新千歳空港を除き、丘珠空港、函館空港などは閉鎖されることはなく、また旭川空港は新千歳空港の代替として機能した。

(2) 事業者による停電の対策事例

表 24 に、新千歳空港ビルと中部国際空港ビル関係各位のご協力のもと、停電対策に関するアンケート調査（質問事項は Q1~Q6）の結果をまとめた。なお、先にも述べたが新千歳空港は北海道の玄関口でもある国際空港であり、また中部国際空港も 2005 年 2 月 17 日に愛知県常滑市に開港した 24 時間運用可能な海上国際空港で、セントレアの愛称を持つ。

さて表 24 に示すアンケート結果からもわかるように、各空港では、停電に関する数値基準なども定めた BCP がしっかり確立していることが伺える。また非常用電源も十分配備されていることから、残る課題は、停電時にこれら非常用電源を稼働するために必要となる燃料の確保である。これ

についても事前に関係各所と協定を結ぶなど、しっかりとした体制が整っていることが伺える。

3.5.3 港湾

39 兆円の市場規模を持つ「運輸業」のうち、「物流」の占める割合はその約 6 割にあたる 25 兆円である。また、この 25 兆円のうち「海運」の占める値は 7 兆円を超えるという。「物流」は災害時の復旧に欠くことのできない役割を担っていることから、3.5.3 では特に港湾のコンテナターミナルの物流についてまとめる。既に 3.5.1、3.5.2 に示した鉄道や航空と同様、ここでも(1)として近年発生した広域・長期停電による業務の混乱やその対応例を、続く(2)として、各事業者が行っている停電対策等に関するアンケート調査（質問事項は Q1~Q6）の結果を表にまとめる。

(1) 過去の災害で発生した停電による港湾施設への影響

表 25 に、北海道ブラックアウト時の港湾の状況をまとめる。ブラックアウト発生時には、航空や鉄道にも大きな影響が及び、北海道内外を結ぶ交通は混乱した。しかし表 25 にあるように、フェリー・RORO 船等の早期運航再開で、青函トンネルを介しての貨物輸送再開よりも早く、海運は北海道の物流・人流に貢献した。

そもそもブラックアウトは北海道内で起こった事象であり、本州以南での生産活動への影響は限定的であった。災害時に最も繋がっていなければならない非被災地域との物流を堅持することは、災害復旧の根本とも言える。海運は比較的停電に強い、大容量の物流・人流の手段である。仮に陸路・海路・空路の流通ルートがある中で何れかが機能不全に陥

表 24 空港関連会社に向けたアンケートの結果

質問事項	航空	
	新千歳空港	中部国際空港
対象施設名	新千歳空港	中部国際空港
Q0 ; 回答対象	ターミナルビルおよび関連設備	旅客ターミナル地区
Q1 ; 調査対象の電気使用量	無線・照明施設 ; 約 600万kwh/年 ターミナルビル ^(注1) ; 約7600万kwh/年 その他施設 ^(注2) ; 約 400万kwh/年 計 ; 約8600万kwh/年 (2019年度)	地区全体で約5,900万kWh/年 (2019年度実績値)
Q2 ; 停電に耐えうる時間	①無線・照明施設 ; 非常電源は、72時間運用可 ②ターミナルビル ; 非常電源は、国内線は38時間、国際線は17時間、連絡施設は15時間の稼働が可 (冬季はボイラーでの重油消費を勧奨し、国内線は19時間) ③その他施設 ; 非常電源設備なし	非常電源は燃料タンク内の燃料で19時間使用可。防災負荷及び保安負荷への電力供給により、空港機能は維持。 なお、非常電源は燃料を補給することにより継続して使用可。
Q3 ; 現時点での停電の備え	非常用電源の継続的稼働のため、北海道と北海道石油業協同組合との協定により、ターミナルビルへの優先的給油を北海道庁に要請。また、航空局が、資源エネルギー庁を介し、石油元売り会社に確保を要請。	中部電力からの送電が停止された場合、空港関連エネルギー供給会社のコジェネ発電からの送電も停止し、即座に非常電源が起動。 非常電源は4000kVAが2台配備。 停電時には負荷制御が行われ、防災負荷、保安負荷の順番で、優先度の高い施設から順に非常電源より送電。(火災時の対応は異なる。)
Q4 ; 長期停電での節電要請に対応可能か	非常用電源の燃料さえ確保できれば、自前で電力確保は可能。	非常電源に燃料補給をすることにより、継続的に自前での空港運用に必要な最低限の電力確保は可能。
Q5 ; 新たな停電対策の予定	特になし	特になし
Q6 ; 停電時の電力会社への要望	特になし	特になし
備考	補足 ; 非常用電源の燃料 (重油) 補給のため、空港へのアクセス確保 (トラック、トレーラー) が大きな問題 (道路の信号機滅灯などによる物流の停滞)。 注1 : 「ターミナルビル」は国内線、国際線ビル及び連絡施設を指す。 注2 : 「その他施設」は貨物施設、機内食調理ビル等を指す。	補足 ; 旅客ターミナル地区では、中部電力と空港関連エネルギー供給会社のコジェネ発電から受電し、負荷は防災負荷、保安負荷、一般負荷に区分。 記載に際しては、中部国際空港株式会社のご協力による。

表 25 北海道ブラックアウト時の港湾の状況⁽⁴⁾

	ブラックアウトによる影響	インフラ側や行政等の対応
船舶	内航フェリーは影響なし。室蘭港と小樽港の外貨コンテナ ^(*) ターミナルは翌日再開し、RORO船 ⁽²⁾ も再開。石狩新港と釧路港は2日後に再開し、RORO船は通常運行可。苫小牧港の外貨ターミナルは4日後に再開。	苫小牧港の物流機能回復は迅速。但し、ブラックアウトの影響が長引けば、港湾物流機能が再び減退される恐れ。非常用発電機の用意や通信手段の確保等による各港の防災機能向上も今回の教訓。
備考	*1；外国貨物を輸送する為のコンテナ。輸入税の免除を受けて一時輸入が認められる。 *2；RORO船とは、フェリーのようにスロープを備え、トレーラー等の車両を収納する車両甲板を持つ貨物船で、これにより、搭載される車両はクレーン無しの自走で搭載/揚陸できる。	

っても、健全なルートが残っていること、これこそが災害時のレジリエンスとして不可欠な4つのR（④Robustness, ①Redundancy, ③Rapidly, ④Resourcefulness）における『Redundancy』ということになる。北海道ブラックアウトでは、海運はその役目を果たしたことになる。

(2) 事業者による停電対策の事例

表 26 に、横浜港および東京港にあるコンテナターミナルを管理する会社のご協力によって得られたアンケート調査（質問事項 Q1~Q6）の結果をまとめる。

表 26 港湾関連会社に向けたアンケートの結果

質問事項	港湾	
	横浜のコンテナターミナル (A)	東京のコンテナターミナル (B)
対象施設名	横浜のコンテナターミナル (A)	東京のコンテナターミナル (B)
Q0；回答対象	ターミナルビルおよび関連設備	ターミナルビルおよび関連設備
Q1；調査対象の電気使用量	17,400,000 kWh (2020年実績)	2020年1月~12月の実績は管理棟・荷役機器を含め、約1,050万kWh。
Q2；停電に耐えうる時間	民間会社の停電時のコンテナターミナル機能維持は極めて困難もしくは不可能。	①ガントリークレーン ⁽⁴³⁾ 及び冷凍コンテナ電源は突発的な停電発生時は即停止。ガントリークレーンに非常用電源は無し。冷凍コンテナ電源については、自社所有の発電機を使用しコンテナ100本程度稼働させることが可能。 ②管理棟におけるドキュメント業務については、停電後1分以内に非常用電源が稼働し、業務に最低限必要なサーバー及びPCへ電力が供給される。非常用電源は軽油で稼働のため、敷地内給油所が枯渇しない限り継続して使用可能。 ※トランスレーン及びトラクターは軽油で稼働のため、コンテナ搬出入業務の継続実施は可能であるが、ターミナル機能を通常の100%維持することは難しい。
Q3；現時点での停電の備え	緊急放送受信用および携帯電話充電用の小型ポータブル電源を保有や受電所のかさ上げなど。ターミナルの特高受電所脇に非常電源装置があり、RTG ⁽⁴¹⁾ (Rubber Tired Gantry crane) を接続して蓄電することにより、非常時に管理棟で電気を利用することが可能な仕組み。トランスレーン ⁽⁴²⁾ 1台あたり、概ね220kwの電力を持っており、非常電源装置はそのうち概ね150Kwの蓄電が可能のため、概ね2日程度持つと考えてよい。	①冷凍コンテナ用発電機 220kVA × 5機 冷凍コンテナ約100本稼働 ②管理棟非常用電源 3.1kVA × 1機 14kVA × 1機 5kVA × 1機 それぞれ、給油所備蓄の軽油が枯渇するまで使用可能。
Q4；長期停電での節電要請に対応可能か	コンテナターミナル機能維持のためには、現在以上の節電は極めて困難もしくは不可能。(神戸の震災の経験でも、まずは電気の復旧が早く、非常に助かった。)	本船及びコンテナヤードにおける現場作業での節電は不可能。管理棟におけるエレベーターや照明及び空調機使用等の基本的な節電協力については努力する。
Q5；新たな停電対策の予定	特になし	特になし
Q6；停電時の電力会社への要望	物流の起点であるコンテナターミナルは計画停電のエリアからぜひ除外をお願いしたい。荷役もそうだが、冷凍・冷蔵貨物用コンテナ (Reefer container) が多数あるので、長時間の停電は大きなリスク。	大型荷役機器の稼働は電力に頼ることが殆どであり、冷凍貨物等、顧客の大切な貨物を守るためにも電力は必須である。非常時のみならず、海外との物流の起点となるコンテナターミナルであることから、優先的に電力供給が復旧されるようお願いしたい。
備考	*1；コンテナヤード内のコンテナを運搬するときに使われる巨大なタイヤ式門型のクレーン。 *2；コンテナヤード内のコンテナの移動やシャーシへの積みおろしを行う移動式クレーンで、タイヤ式とレール式がある。	*3；コンテナ船のコンテナ積みおろしのために用いるクレーン。岸壁に設置されたレールの上をコンテナ船に並行して移動し、スプレッダーと呼ばれる伸縮する装置でコンテナを吊り上げて荷役をする。

表 26 のアンケート結果からもわかるように、大容量の非常用電源を備え、停電時にも事業が継続できるような体制 (BCP) が的確に組まれていることがわかる。

しかし近年、冷蔵・冷凍の貨物量が急激に増大する中、非常用電源の燃料が枯渇するような事態となれば、冷蔵・冷凍庫は使用できず貨物の中身は廃棄せざるを得ないため、その損出は莫大となる。また、大量の支援物資および災害復旧用の機材の輸送を確実に遂行することは、早期の災害復旧にもつながることから、例えば長期停電時に行われる計画停電の際には、その対象から港湾設備を除外してほしいとの港湾事業者からの切実な声が聞かれた。

3.5.4 交通信号

災害時における道路交通の確保は、住民避難などの「人流」の観点のみならず、食料や支援物資を運ぶ「物流」の観点からも重要な課題となる。

東日本大震災の後、停電によって道路信号機が滅灯したことで交通死亡事故や交通の混乱が生じたが、これを回避しようと警察庁は信号機の滅灯を防止するための対策を推進した。

基本的には、停電によって交通信号機が滅灯した場合に

表 27 ブラックアウトによる道路交通への影響⁽¹⁾

	ブラックアウトによる影響	インフラ側や行政等の対応
道路	一般道；道路・トンネル照明、道路情報板、CCTVカメラ、交通信号機等に影響。 高速道路；安全点検のため通行止め。インターチェンジやトンネル等で自家発電設備へ切替えたが、停電の長時間化で燃料枯渇の恐れが発生。ただし地震当日夕刻には通行止めは全て解消。	北海道開発局では9月8～19日の間、道路照明を一部消灯して節電に協力。NEXCO 東日本では、通常の使用電力の約20%を節電協力。

警官が出動し、手信号によってスムーズな交通制御を行うこととされているが、災害などによる広域停電や長時間停電が発生した場合には、警察官をすべての信号機に割り当てることは困難となる。このため、各信号機に「信号機電源付加装置」を設備すること、また電力消費の少ないLEDタイプの信号機に置き換えることなどの対策が有効であるとされている。

そこで 3.5.4 では、これまで述べてきた運輸の3モード（鉄道・航空・港湾）と同様に、(1)として北海道ブラックアウトによる道路交通の混乱やその後の対応例を紹介し、続く(2)では、対策としての信号機電源付加装置の設置や灯器のLED化について、その現状をまとめるとともに今後の見通しについても記載する。

なお、ここに記載する内容は、東日本大震災を教訓に警察庁が推進した信号機の減灯対策に関する文献⁽³⁾⁽⁵⁾⁽⁶⁾をもとにまとめたものである。

(1) 過去の災害で発生した停電による道路交通への影響

北海道ブラックアウトでは、表 27 に示すように、一般道においては道路・トンネル照明、CCTV カメラ（Closed-Circuit TV カメラ。広義には監視カメラも含む）などに影響が及んだ。特に信号機 13,000 基が減灯したため、9月9日の完全復旧までの約4日間で、延べ約1,800人の警察官が交通整理に従事しなければならなかったという。また札幌市内では、道路交通信号機の減灯により、同じ道路上を走行する路面電車が運休を余儀なくされ、運行を再開したのは翌日の全信号機が点灯した後となった。

(2) 災害に備えた信号機の整備

前記(1)にもあるように、停電時に道路交通が混乱するのは信号機の減灯によることが大きい。高速道路の設備は、非常電源が整備されている場合が多いし、また全面通行止めの措置を執るなどの対応も可能であるが、一般道に出ると交差点での信号機の減灯が一気に交通の渋滞を加速させる。このため停電時には、道路信号機を減灯させないための非常電源の設置と、さらには同じ容量の非常電源を使用するならば消費電力の低いLED灯器を用いた方が、長時間の点灯を維持できることとなる。そこでまず初めに、東日本大震災以降、増設傾向にある信号機電源付加装置の設備された信号機について紹介する。

表 28 道路信号機電源付加装置（常設式）

	自動起動式	リチウム電池	手動式
電力供給時間	24時間	2～8時間	燃料タンクの容量に依存
対応信号機	全ての機種	LED化した機種	—
電力供給までの時間	約1分間停電	瞬時	警察官の操作
設置	歩道上	信号柱	可動式発動発電機を常設の保管庫に収納



(a)自動起動式



(b)リチウム電池式



(c)手動式

図 37 道路信号機電源付加装置の設置状況

* 文献(6)より転写

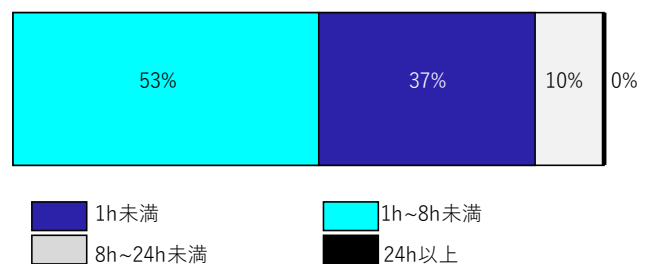


図 38 災害による停電での信号機の減灯時間

* 文献(6)を基に作成

表 28 は 3 種類の電源付加装置の性能比較を、また図 37 はそれぞれの電源付加装置の設置例を示している。表 28 に見るように、電源付きの信号機は停電時も何時間かは信号機能が維持できることがわかる。

そこで一般に自然災害などで停電が発生した場合、どの程度の時間、信号機が滅灯するかのデータを調べてみよう。図 38 は、2014 年度に発生した大雨、台風などの自然災害で生じた約 400 基の信号機における滅灯時間を表している。おおむね 5 割以上が 1 時間から 8 時間未満の滅灯となっていることから、特殊な災害でなければ、表 28 に示した 3 種の道路信号機電源付加装置の電力供給時間があれば、かなりの交通混雑が回避できるものと思われる。

図 39 は、地域ごとの道路信号機電源付加装置の整備状況を表している。少し古い 2014 年のデータではあるものの、この時点では全国的に未だ数%程度の普及率でしかなかった。このことから、停電時に道路信号機の機能が長時間維持されるよう、道路信号機電源付加装置の設置が、今後益々進められることが望まれる。

図 40 は、道路信号機電源付加装置の設置台数の伸びを示している。この図から 2011 年（H23 年）の東日本大震災を契機に、新たにリチウム電池式（LED 化された信号機に対応）の装置が設置され始めていることがわかる。

以上、図 38 は 2013 年（H25 年）までのデータであるが、次に道路信号機電源付加装置導入の現状について紹介しよう。この装置は現在、手動式が約 60 万円、リチウム電池式が約 150 万円、自動起動式が約 250 万円と高額であるため、道路信号機に漏れなく敷設することは現実的でない。このため、どの道路の信号機を優先的に敷設していくかの議論が生じた。そこで①費用対効果、②設置形態、③滅灯時の交

通整理の運用方針などの諸要素を勘案して選定が進められるとともに、その装置の重要性から国の補助金対象も拡大されていった。その結果、設置の完了している台数は、2017 年には計 701 台、2018 年には計 948 台、2019 年には計 1,659 台と増加し、2020 年の目標総台数は 2,000 台となっている。ちなみに、2017 年の総設置台数 701 台のうち、新規に導入された 257 台では、自動起動式が 209 台、リチウム電池式が 48 台となっている。また、2018 年に新規導入された 247 台のうち、自動起動式が 194 台、リチウム電池式が 53 台、さらに 2019 年の 711 台のうち、自動起動式が 457 台、リチウム電池式が 254 台となっている。これらの動向から、確実に信号機の停電対策が進んでいることが伺える。（以上、信

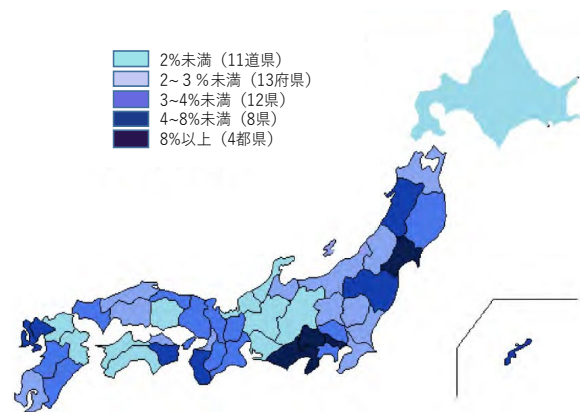


図 39 信号機電源付加装置（常設式）国内整備状況
信号機総数に占める信号機電源付加装置整備率（2014 年度）
*文献(6)からの転写を含む

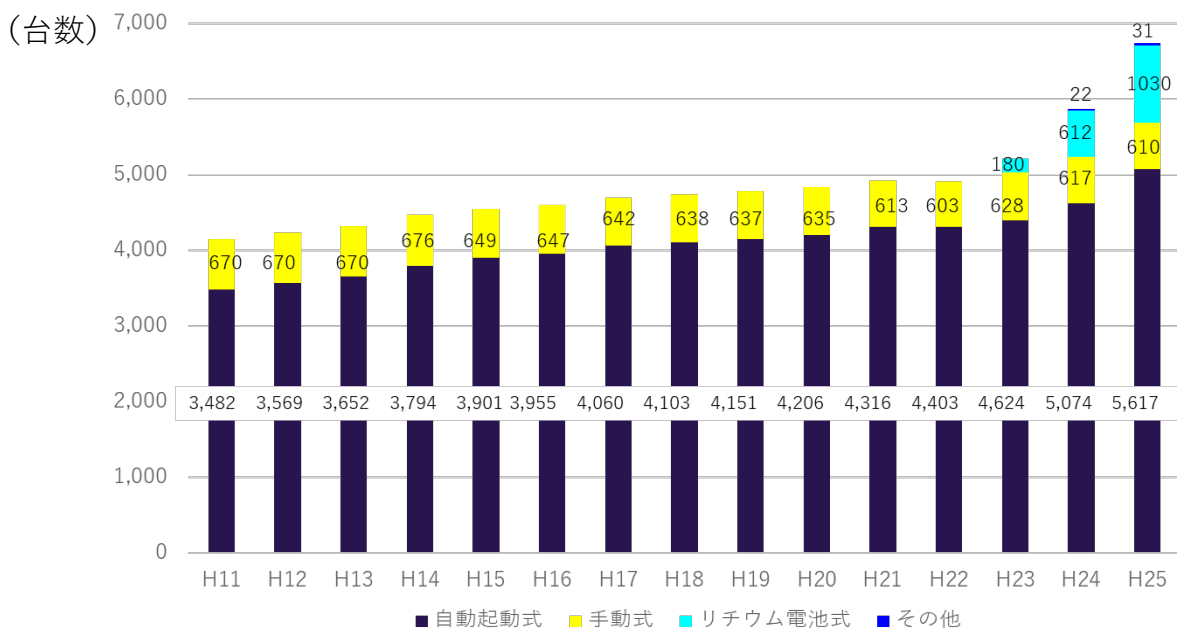


図 40 信号機電源付加装置（常設式）の整備状況 *文献(7)を基に作成

号機電源付加装置導入実績情報は、文献(7)

最後に、灯器のLED化について補足する。2018年度末の我が国の信号灯器の総数は208,168であり、そのうち「都道府県別交通信号機等ストック数」⁽⁸⁾なる資料によれば、信号灯器数におけるLED化率は、全国平均で約6割程度まで進んでいるとのことである。非常時の減灯回避に加え、平時の電気エネルギー節減の観点からも、早期の灯器LED化が望まれる。

参考文献

- (1) 能島：“特集 北海道胆振東部地震（平成30年）大規模停電のインフラへの影響～2018年北海道胆振東部地震の事例から～”，消防防災の科学，No.138, 35-40p, 2019年（秋季）
- (2) 日本経済新聞：“台風15号，千葉など61万軒なお停電 JRも一部運休”，2019年9月10日
- (3) Automotive media: Response：“千葉県内の鉄道JR線の運行見合せは3線区に縮小…私鉄2社は停電の影響で見通しが立たず台風15号”，2019年9月12日 <https://response.jp/article/2019/09/12/326423.html>
- (4) 渡邊，大貴：“平成30年度北海道胆振東部地震による北海道港湾の物流・人流動向への影響について”，国土交通省北海道開発局，H30年度，<https://www.hkd.mlit.go.jp/ky/jg/gijyutu/splaat000001iew5att/splaat000001iif1d.pdf>
- (5) 新千歳空港BCP構築検討会：“新千歳空港A2-BCP概要版”，国土交通省東京航空局，2020年3月 https://www.cab.mlit.go.jp/tcab/img/000/disaster_prevention/02_shinchitose_a2bcp.pdf
- (6) 警察庁交通局交通規制課：“災害に備えた道路交通環境の整備”，2015年6月15日 https://www.npa.go.jp/yosan/kaikei/yosankanshi_kourituka/27review/pdf/27-41sannkousiryō.pdf
- (7) 警察庁：“警察庁令和2年度行政事業レビューシート”，2020年度，<https://www.npa.go.jp/policies/budget/review/r2/reviewsheet/PDF/01005000.pdf>
- (8) 警察庁：“都道府県別交通信号機等ストック数(令和元年度末)”，2019年度，<https://www.npa.go.jp/bureau/traffic/seibi2/annzen-shisetu/hyoushiki-shingouki/pdf/R01kazu.pdf>

3.6 大型医療病院

3.6.1 病院施設の主な特徴

(1) 医療施設の種類と社会インフラとしての対象

医療施設は医療法や消防法等の法令により、いくつかに分類されているが、防災基本計画では都道府県知事に指定される災害拠点病院が社会インフラとして重要な位置付けとなっている。災害拠点病院は、原則都道府県に1箇所の「基幹災害拠点病院」と二次医療圏に原則1箇所の「地域災害拠点病院」があるが、ここではこのような拠点病院を主な対象として、設備規模が延べ床面積20,000㎡、300床程度の総合病院をイメージして、医療施設の電源関係の設計と北海道ブラックアウトや2019年台風15号クラスの停電時の影響を想定し、対策等について言及したい。

(2) 医療施設における電源設備の概要

医療機器は電子化・高度化が進んでおり、電源の安定性に対する依存度はますます高まっている。また、情報化の進展により多種多様な表示装置や電子カルテ装置、患者との綿密な連絡サービスに資する携帯端末や呼び出しシステムなどの患者アメニティサービスが随所に導入されている。

これらから医療施設から電源に求められる要求は必然的に一般の建物施設よりも格段に高くなっている。拠点病院の主な電気設備設計の考え方を表29に示す。その特有なものとして電源設備としては以下が挙げられる。

(a) 電力供給の信頼性向上

電力供給の停止は医療施設機能の停止にとどまらず、人の生死に大きく影響する。したがって電源引き込みは多回線受電（2回線、スポットネットワーク等）自家用発電設備及び幹線の二重化等により重要負荷には常に電力供給可能なシステムを構築している。

(b) 電力供給のフレキシビリティの確保

改修、増築、医療機器の増設・更新に対応可能なように、負荷容量の増加に臨機応変に対応できるように、変圧器や幹線シャフトのスペースの確保を考慮している。

また、負荷設備に対しては24時間・365日絶え間なくその機能を維持するために負荷設備への電源供給手法も一般オフィスビルに比べて複雑である。そのために負荷設備は以下の6つに分類されている。

① 最重要医療負荷

手術やICU、CCU等で使用する生命維持に関わる医療用負荷等、瞬時たりとも電力供給の停止が許されない負荷設備で、無停電電源装置から電力が供給される。

② 重要医療負荷

検査機器や保安用医療用コンセント等の負荷設備で、停電時には非常用電源から自動的に電力供給される。

③ 一般医療負荷

整理検査機器等常時商用電源から供給を受ける負荷設備。

④ 防災負荷

消防法や建築基準法より規定された負荷設備で、停電時には非常用電源から法規に定められた配電方法で自動的に電力供給される。

⑤ 保安施設負荷

医療情報システム、医療ガス設備、厨房設備、搬送動力や保安照明等の負荷設備で、停電時には非常用電源（もしくは必要に応じて無停電電源装置）から自動的に電力供給される。

⑥ 一般施設負荷

外来部門や事務部門の一般空調や照明・コンセント等の負荷設備で、商用電源のみの電力供給となる。

表 29 拠点病院の主な電気設備設計の考え方⁽¹⁾

設備種別	主な電気設備設計
受変電設備	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 医療施設の規模、機能及びコストを勘案し受電方式を決定する。 ・高圧2回線受電、特別高圧2回線受電、スポットネットワーク受電 ➤ 重要負荷には保守・点検時でも電力供給を継続可能なシステム
自家用発電設備	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 医療施設の規模、機能及びコストを勘案し容量、運転時間を決定する。 ➤ 容量は需要電力の50～100%を見込む。 ➤ 商用電源が復旧するまでに要する時間の燃料を保管するが、想定が困難な場合は72時間程度で計画する。 ➤ 発電機の保全・更新やトラブル時の電力確保を考慮し、複数台設置も検討する。
無停電電源装置	<ul style="list-style-type: none"> ➤ JIS T 1022:2018に規定されている無停電電源装置にて10分以上継続して供給する。 ➤ 複数台設置することが望ましい。
防災設備	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 火災の発見から警報、通報、避難及び消火、そしてこれらを有機的に一体化する運用、管理に配慮する。 ➤ 大規模な医療施設は消防法により防災センターの設置が必要。
幹線設備	<ul style="list-style-type: none"> ➤ 保守・点検を考慮し、幹線の二重化等、重要負荷に電力供給が継続可能なシステムとする必要がある。

3.6.2 大規模停電で想定される主な影響

(1) 北海道胆振東部地震ブラックアウトによる医療機関への影響と対応

2018年9月6日に発生した北海道胆振東部地震で発生したブラックアウトの医療活動においては「平成30年北海道胆振東部地震災害検証委員会による報告書」⁽²⁾の「大規模停電に伴う被災者への医療支援」において以下のように記載されている。表30に要点を示す。

「道では、被災後直ちにDMAT調整本部を設置し、「震源域での医療救護体制の確立」及び「大規模停電による医療機能低下への対応」を基本方針として活動を行った。(中略)さらに、ブラックアウトの長期化による混乱を受けて、9月6日午後には東北ブロックDMATの派遣を要請するとともに、同日夕方には、東京からDMAT事務局の職員も道庁に到着し、連携した活動を行った。(中略)

ブラックアウトによる医療機能低下への対応について、道は、広域災害救急医療情報システム(EMIS)により、ブラックアウトのなかで道内の972の医療機関において、ライフライン、水、燃料、医療資源が、どの程度持ち、またどのような支援が必要であるかを確認し、情報を共有しながら支援を実施した。透析医療の確保の面では、道は、透析医会と連携して、被災医療機関からの要請や受入可能な医療機関の情報をもとに透析患者の受入調整を行った。

在宅酸素療法及び人工呼吸器療法患者への対応については、道において、市町村等と連携し、停電による在宅酸素濃縮器使用患者の状況を確認するとともに、医療機器メーカーと連携し、患者に係る安否やバッテリー及び酸素ボンベ等の供給状況等の確認を行った。

災害拠点病院では、道からの要請に基づき、医療チームをDMAT活動拠点本部等へ配置した。また、大規模停電に際し、道内34全ての災害拠点病院は、非常用電源により救急搬送患者の受入を含め診療を継続することができた。」

表30 北海道ブラックアウトで発生した停電による医療機関への影響と対応

インフラ側が執った対応	
医療機関	DMATの立ち上げにより以下を実施 ・広域災害救急医療情報システム(EMIS)により、972医療機関の支援、確認 ・34の災害拠点病院は、非常用電源により救急搬送患者の受入を含め診療を継続

一方、震災後の2019年3月に開催された日本災害医学会総会では、停電そのものよりも地震そのものの影響よりも停電が復旧した後での課題がクローズアップされた。例えば多くの医療関係者から以下の声が聞かれた。

(a) 停電そのものの影響

医療施設は電気への依存度が高いため拠点病院等では施設設計のガイドラインに沿った設計がなされており、その

範囲での停電については想定内である。

(b) 停電復旧後の課題

地震の影響もあり多くの建物設備や給水設備が影響を受けた。特に昇降機設備はある程度の地震以上になると専門家による安全性が確保できるまでは稼働できないこととしており停電復旧後も稼働できなかった。また、地震の影響で長時間給水もできなくなり、かつ道路寸断で給水車の到着も遅れたため、水を必要とする多くの医療業務に支障となった。停電に対する自家発電機や燃料保管等については日頃から万全を期しているが、停電復旧しても地震影響による他の設備の稼働が遅れるために、病人や物資の輸送、透析患者や洗浄用の水の不足が多いに影響したため新たに対策を講じる必要がある。

(2) 令和元年台風15号の停電による医療機関への影響と対応

令和元年台風15号に伴う大規模停電による医療機関の被害と対応については、千葉県内の停電によって71の病院において停電が発生した。EMISで支援の必要性を確認し、資源エネルギー庁に対し支援を要請した上で、電源車を派遣した。状況不明な所に関しては、DMATを直接派遣するなどして、情報収集を行ったが、9月23日までにいずれの病院においても復旧した⁽³⁾。

停電の期間中の電源の確保においては、電源車・優先復旧および自家発電機の燃料に関する確保要請が行われた(図41参照)。自家発電機が無い機関に対しては、電源車の手配および優先復旧要請を行った。また自家発電機がある機関に対しては燃料の手配が行われた(4)。この他、停電した病院から患者さんを災害拠点病院へ転院することなども行われた(5)。表31に要点を示す。

表31 台風15号で発生した停電による医療機関への影響と対応⁽¹⁾

	台風15号による停電の影響	インフラ側が執った対応
医療機関	千葉県で71の病院において停電が発生	・電源車、優先復旧の派遣要請 ・自家発の燃料要請 ・災害拠点病院への転院

3.6.3 長時間停電に対する対応策の例

2019年の台風15号における災害対応では、倒木・電柱倒壊等により停電が復旧するまでに約2週間を要した。これまでの停電対策としては、定置型の自家発電機や蓄電池を設置することを基本としてきたが、このような風水害を伴う状況の中では、EV・PHEV等の可搬型電源の活用が注目されている。厳しい条件での停電対応を行なった東京電力では可搬型の電源の活用を促進するため、停電時建物に

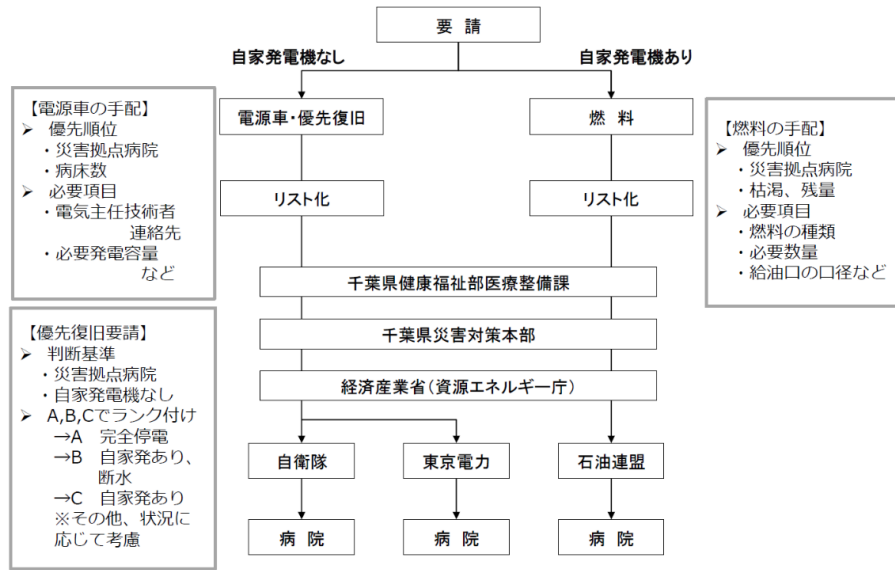


図 41 台風 15 号への対応電力確保（電源車・優先復旧、自家発電機燃料）要請スキーム

外部電源（発電機等）を誰でも安全かつスムーズに接続できる「非常用電源コネクタ(UX コネクタ)」(図 42 参照)を開発中である。その特徴は、

- ・接続部をコネクタ化し、非常時に EV 等から建物内の設備に誰でも安全、かつ安易に接続・切替が可能
- ・建物内への引き込み部を事前に構築するため、屋外に電源を置いても、扉や窓を閉め切って利用することができ、防犯や防風・防雨・防寒対策としても有効
- ・各施設に UX コネクタのみを設置し、可搬型電源を必要最小限の台数を設置することにより、施設毎に自家用発電機を設置するよりコスト低減も可能

という点にある。

さらに BCP 強化の将来的な方向性として、災害時「動く

蓄電池」となる EV を活用した電気を配送する仕組みは、非常用発電機を保有する医療施設などにおいても、UX コネクタを設置することにより、不具合時のバックアップに有効な施策として期待できる⁽⁶⁾。

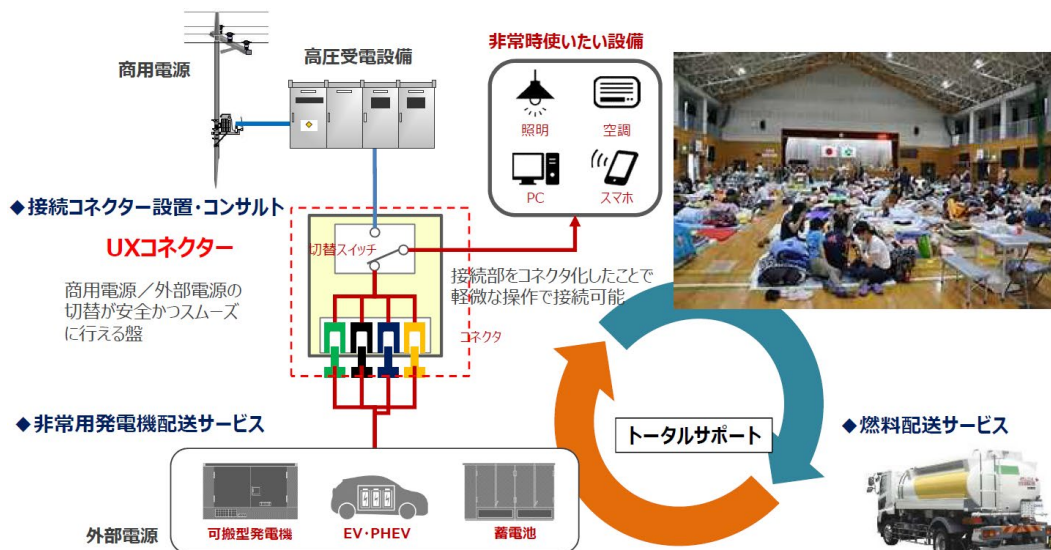


図 42 UX コネクタと非常時電源サービス(東京電力グループによる)

参考文献

- (1) 日本医療福祉設備協会：「病院設計設備設計ガイドライン(電気設備編)」
一般社団法人日本医療福祉設備協会規格 HEAS-04-2021
- (2) 平成 30 年北海道胆振東部地震災害検証委員会：「平成 30 年北海道胆振東部地震災害延焼報告書」(2019 年 5 月),
<http://www.pref.hokkaido.lg.jp/sm/ktk/saigaikenshouH30.htm>
- (3) 厚生労働省：「令和元年台風第 15 号による被害状況等について(第 31 報)」令和元年 12 月 5 日
https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/newpage_00029.html
- (4) 厚生労働省 救急・災害医療提供体制等の在り方に関する検討会：「令和元年台風第 15 号, 第 19 号への医療対応」(令和元年 11 月 6 日)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10802000/000563880.pdf>
- (5) 徳洲会グループ HP: 「NPO 法人 TMAT 家屋の浸水・停電・断水 大型台風で支援奔走」(2019 年 12 月 16 日)
<https://www.mhlw.go.jp/content/10802000/000563880.pdf>
- (6) 電気設備学会：「電力レジリエンスの更なる向上と激甚化災害に備えた
自営策の提案」 Vol.41 No3 (特集 電気設備のレジリエンス)

3.7 コンビニエンスストア

北海道胆振東部地震により被災し、さらにブラックアウトが発生した際、北海道を中心に展開しているコンビニエンスストア「セイコーマート」はその対応から「神対応」と称賛された⁽¹⁾。セイコーマートを展開する株式会社セコマ（以下セコマ）の丸谷 智保社長（現：会長）に、電気学会平成31年全国大会 公開シンポジウム「電気エネルギーの未来を考える～ブラックアウトの減少、影響と提言～」においてご講演いただいた。その講演内容を中心に記録を残す（図43参照）。



図43 丸谷智保氏によるシンポジウム講演の様子

～以下、講演内容～

3.7.1 店舗の概要

北海道には179の市町村があり、セコマグループの小売店舗は、この内175の市町村をカバーしている。北海道の市町村におけるカバー率は99%ということになる。店舗は当時、1100店舗あり、この内当日は1050店舗運営していた。

コンビニエンスストアは、災害時における地域のインフラ機能である。災害時には、店舗を開けるべきであるし、開ける必要がある。

3.7.2 350W 電源キットの紹介

2004年の台風の時に広範囲の停電があった。この時、お店を開けられない状態があり、その時の教訓で非常用電源キットを準備した。車の12Vのシガーソケットから100Vにする。あとは長いケーブル。これで、読み取り機、レジを動かし、LEDで手元を照らす。50cm四方の箱に入れてある。いずれもどこでも準備できる装置で、費用は1万5000円程度。全店に準備してあった(図44,45参照)。

3.7.3 温かいものの提供

不安な時には温かいものを食べると救われることがある。災害の時にはホットすることが重要で、このホットする空間、明るさと温かさが重要。店内のガス炊飯器で、お米を炊いておにぎりに提供した。



図44 セコマが用いた非常用電源キット



図45 非常用電源キットの接続状況

3.7.4 物流とサプライチェーン

通常、毎日80万個の商品をトラック200台で配送している。倉庫は自動倉庫になっている。電気が無いと動かない。この時は、地震によって商品が散乱し、液体もあったので、停電から復電しても通電ができなかった。一旦、中をかき出して整理し、やっと2日後に動かすことができた。釧路の物流センターが活躍した。自家発330kWがあって、全ての必要電力を賄うことができる。重油は35klあって20日稼働することができた。

トラック用は48kl備蓄しており、40台を3週間走らせることができる。とはいえ、災害時に支援物資を運ぶトラックには優先的に給油できるようなことが必要と考える。一方、道内からの物流は厳しいと考え、関東からフェリーで水や食料を運んだ。苫小牧に物資を運び入れ札幌に運んだ。惣菜の工場は、7日（発災の翌日）に復電し、8日から供給を始めた。

3.7.5 停電による損害

アイスクリーム、1億円ぐらい。チルド商品、3億円ぐらい。グループ全体で5億4000万円。水産加工の冷蔵庫には5億円ぐらいの冷凍保管物があって、あと1日復電が遅れていればこれもダメになっていた。

3.7.6 課題

クレジットカードや電子マネーなど、現金以外を受ける

ことができなかった。モバイルルータを動かせるぐらいの電源があると良い。携帯電話の充電、情報の提供も必要である。夏であったので良かったが、冬、暖房をどうしようかと考える。神対応と言われるが、反省は色々ある。災害・停電の時に、消費者に提供したいものは、①暖かい食べ物、②灯り、③情報、④現金の用意（ネットワークがダウンして電子決済ができない）、⑤水。そのための実証として5kWは欲しい。9月の時、店内調理を行う店の厨房にはガス炊飯器があったので、温かいおにぎりの提供は行えた。

～以上、講演内容～

3.7.7 その後の展開1 EVによる電力供給

セイコーマートは、地震発生による停電時に、災害用に配備していた非常用電源キットを活用し、自動車のシガーソケットからの電源で店舗のPOSレジ等へ電気を供給することで、道内1,100店舗中約1,050店で営業し、被災者への物資提供を継続した。しかし、その裏で、シガーソケットだけでは、冷蔵庫、冷凍庫の電力を賄うことは出来なかった(2)より抜粋)。

その後セコマは日産自動車株式会社と「災害時における電気自動車(EV)からの電力供給に関する協定」を締結した。セイコーマート店舗に配備した『Vehicle to Home』(EVからの給電を行う機器)を活用し、EV『日産リーフe+』等の電力を災害による停電時の電源として活用し店舗営業を継続させる、とのことである(2)。図46参照。



図46 停電時EVによる電力供給を発表

3.7.8 その後の展開2 ガスとの提携

セコマは、北海道ガス株式会社他と災害対応力強化に関する相互連携協定を締結した。この協定は、災害に強いコンビニのエネルギーシステム構築、および災害発生時のエネルギー・物資の相互協力に関するもので、地震等の災害時においてもセイコーマートの店舗運営を続けること、およびガスの災害復旧対応を円滑に進めることで地域の安心・安全な暮らしを支えることを目的としている。

具体的には、都市ガスやLPGを活用した災害時の店舗運営継続に優れたシステムの構築に取り組んでおり、順次導

入を進めている。今後は、本システムの検証などを実施するとともに、災害発生時は食料等の物資供給やエネルギー供給面で相互に協力し、地域の安心・安全を支えていく、としている(3)。図47,48参照。

発電機用供給ボックスのある店舗

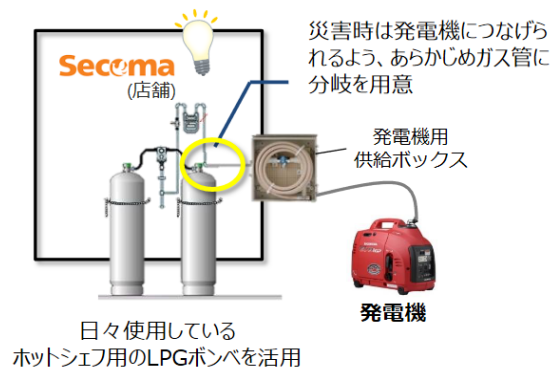


図47 ガスによる電力確保 その1

発電機用供給ボックスのない店舗

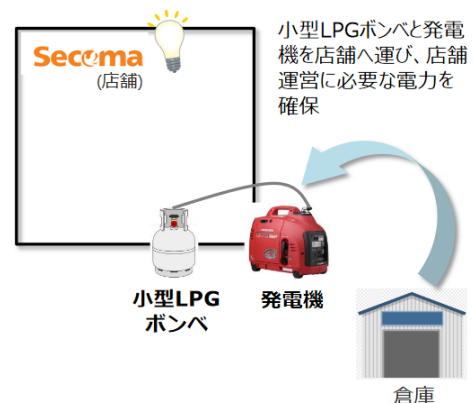


図48 ガスによる電力確保 その2

参考文献

- (1) ZAIKAI SAPPORO ONLINE 「話題の人 震災スピード対応の舞台裏 丸山 智保」2018年10月1日
<https://www.zaikaisapporo.co.jp/interview/article.php?id=13696>
- (2) 「セコマと日産自動車、災害時における電力供給に関する協定を締結」(2019年2月27日)
<https://global.nissannews.com/en/releases/release-41181d20da4d17b77ed88d700816821f>
- (3) 「株式会社セコマと北ガスグループの災害対応力強化に関する相互連携協定について～安心・安全な暮らしと地域の発展に向けて～」(2019年11月20日)
<https://www.hokkaido-gas.co.jp/wp-content/uploads/2019/11/c9b4d0ead96e43a69949805c5a44bd60.pdf>

3.8 社会インフラ調査の結果のまとめ

3.8.1 調査の状況

本章では一般に公共性が高く、ライフラインを支える組織、施設として、通信、運輸、上下水道、ガスに加え、病院、コンビニエンスストアなどを調査対象とした。調査に関しては、停電発生時の事業継続性の面から、技術面に加え制度面も含めた総合的な対策について調査を行った。

調査の手法としては、アンケートを主体とし、調査項目について、具体的な事例に基づくことで、各事業主体の特徴がわかりやすくなることを期している。また、停電の事例としては、2018年の北海道のブラックアウトのような電力系統だけが機能を停止した場合に加え、2019年の台風19号のように、電力系統のみならず他のインフラなども被害を受けた場合の2つの事例を抽出している。また調査の過程では、一般的な停電対応についても回答頂いている。

3.8.2 調査結果における特徴的な事項

(1) 停電下での対応

一般的な自然災害では発災後72時間が重要とされている。今回、対象としている事象は、商用電力系統から給電が期せずして、あるいは計画的に止まる場合についてである。災害時の一般論に照らすならば、社会インフラについても、停電発生後、概ね72時間は外部からの支援なく自律的に機能を維持できることが好ましい。しかし、技術面あるいは制度面から、これが困難な場合も多々あり、一概にこの基準を適用するのも難しいと考えられる。

(2) 被害軽減のための非常運転継続時間

停電直後からサービスの提供が停止する施設、72時間には至らずとも、サービス停止に移行するまでの時間は稼働できる施設、72時間サービスが稼働できる施設に分けることができる。これらは技術面から捉えると、電力系統からの電力供給が途絶えた場合に、自身で電源を確保できるかどうか、という分類と見なすことができる。

停電直後からサービスを停止せざるを得ないのは鉄道である。鉄道の場合、電気鉄道では、列車運転に必要な電力に加え、駅施設や保安システムなど安全に鉄道を運行するための電力が必要である。この電力すべてを鉄道事業者が自力で供給することは一般的には不可能である。なお、東日本旅客鉄道は古くは鉄道省の時代に設置した発電設備を有しているが、あくまで商用電力供給を受けた上での補助的な電力供給である。最大で125万kW程度の発電能力は有しているものの⁽¹⁾、鉄道事業継続に必要な付帯的な電力は商用電力からの供給を前提としている。そのため、系統停電時には事業継続は困難となる点に留意されたい。

72時間の運転継続が可能な施設としては、病院が挙げられる。ただ、この場合でも、通常の負荷の50~100%の範囲であり、給電時と全く同等の需要に対応できるわけではない。上記の2例とデータセンターの例を除くと、大半の施設では、24時間ないしは48時間の事業継続が可能であり、そ

のための非常電源設備や蓄電池が装備されている。これらの施設の負荷は、巻上機、通信機器用電源、ポンプ、冷暖房などで、動力、信号増幅、光源など用途は様々であるが、設備（社会的）重要度、かけられるコスト、設備スペースなどから総合的に判断して、運転継続時間が設定されているものと考えられる。

(3) レジリエンスを高めるための対策

負荷に対して十分な発電設備を有している場合でも、ディーゼル発電機の燃料供給が運転時間延伸のボトルネックになっている例も散見された。自然災害に起因する停電の場合は、燃料供給体制（燃料、トラックの手配や、道路の被害軽減）も重要なファクターになることがわかる。

通常時の備蓄が運転継続時間に対して十分であることが望ましいが、それにも限りがある。したがって調査結果の中には、非常時に燃料確保を行うための体制整備（供給元との協定や契約など）を対策として挙げている例もある。

また、インフラの場合、広範囲に設備が分散することが多い。そのため、日頃から、設備の電力需要、供給系統などを整備しておくことが重要である。レジリエンス向上策としてこのような対応を挙げている例もあった。

また、コンビニエンスストアの事例のように、「電気が無い」状況をベースに、可能な範囲でできる付加的サービスの提供も、制度面での対策の1つと言える。

以上のようにレジリエンスの向上には、非常用電源のようなハード面の対策に加え、燃料供給体制の確保や、設備の実態把握など、ソフト面での対応も重要であることが見て取れる。

3.8.3 まとめ

社会インフラはそれ自体の公共性が強く、社会的には電力供給と同じ位置付けともいえる。しかし、一方で、十分な電力の供給がサービス提供の前提でもある。今回の調査では、その前提が成立しない場合の対応について調査を行った。個々の事業者においては、技術面、制度面、ともに日頃から停電に対する対応が検討されていることがわかる。一方で、電力供給同様、社会インフラによるサービスも、無限責任ではなく、社会を構成する一機構として、自然災害あるいは、電力需要者という視点では電力供給に対しては、そのサービス提供の質、量、範囲に一定の制約が生じることも事実である。このことを前提に、“The less is better than the nothing.”の精神で、各事業者の取り組みに敬意と謝意を表す次第である。

参考文献

(1) JR東日本：「JR東日本グループレポート2021」
https://www.jreast.co.jp/eeco/pdf/pdf_2021/all.pdf