

## 台風 15 号による停電被害の概要と災害間比較

Outline of Electric Power Outage and Recovery in Typhoon No.15 Disaster  
and Their Comparison among Other Recent Disasters

能島 暢呂\*1

*Nobuoto NOJIMA*

Typhoon No.15 brought extremely strong winds to the Tokyo metropolitan area early on September 9, 2019. The most serious damage was electric power outage which continued longer than two weeks in Chiba Prefecture. First, this paper briefly summarizes the outline of damage caused by Typhoon 15. Next, physical damage to electric power supply facilities and electric power outage and recovery process are compiled on the basis of published documents and information by related organizations. Emphasis is placed on the issue of public information on the prospect for recovery of electricity which significantly underestimated the duration of outage. Several earthquakes, typhoons and flood disasters are compared in terms of damage and recovery of electric power supply services.

**Keywords :** *Typhoon No.15, outline of damage, electric power outage, recovery process, comparison of disasters*

## 1.1.1 台風 15 号による被害の概要

2019 年台風 15 号は、日本気象協会<sup>1)</sup>によると、2019 年 9 月 5 日に南鳥島近海で発生し、日本列島に接近するにつれて東に進路を変え、9 日午前 3 時頃に三浦半島付近を通過して午前 5 時頃に千葉市付近に上陸した。千葉市で最大瞬間風速 57.5m を記録するなど首都圏に記録的な暴風をもたらし、甚大な被害が発生した。消防庁災害対策室のまとめ<sup>2)</sup>によると、2019 年台風 15 号による被害統計としては、死者 3 人（うち災害関連死者 2 人）、重傷者 13 人、軽傷者 137 人、住家全壊 391 棟、半壊 4,204 棟、一部破損 72,279 棟、床上浸水 121 棟、床下浸水 109 棟などとなっている（2019 年 12 月 23 日現在）。台風第 15 号は「令和元年 8 月 13 日から 9 月 24 日までの間の暴風雨及び豪雨による災害」として激甚災害に指定された（2019 年 10 月 17 日施行、台風第 10 号、13 号、17 号等を含む）。また気象庁により「令和元年房総半島台風」と命名された（2020 年 2 月 19 日付け<sup>3)</sup>。

台風 15 号は典型的な風台風であったため、瓦屋根の被害などの一部破損が突出して多いのが特徴であり、市原市におけるゴルフ練習場のネットの鉄柱倒壊や、水上メガソーラー発電所の太陽光パネルの破損・火災なども発生した。また倒木や土砂崩れのために各地で道路が寸断された。倒木が多かった理由の一つとして、千葉県に多い山武杉の森林にスギ非赤枯性溝腐病が蔓延しており、強風で多数が折損したことが挙げられている。

ライフライン・システムに関しては、電力施設が最大の被害を受け、千葉県を中心に約 93 万戸に及ぶ大規模な停

---

\*1 岐阜大学工学社会基盤工学科 教授・工博

Prof., Dept. of Civil Engineering, Faculty of Engineering,  
Gifu University, Dr.Eng.

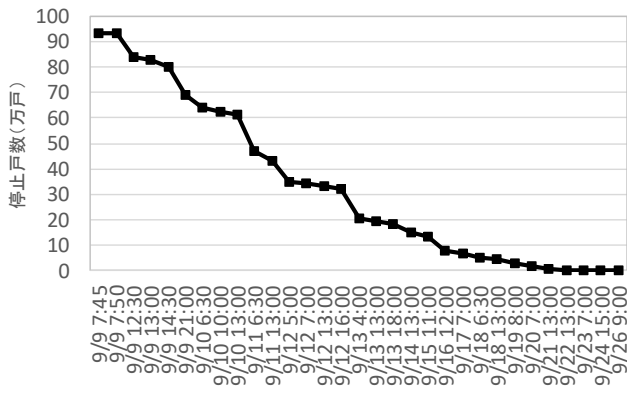
電が発生し、停電解消まで約 16 日間を要する異例の長期停電となった。その影響は、他の供給処理系・交通系・通信系のライフライン機能にも広く波及し、広範囲で市民生活・社会機能・産業経済活動が阻害された。関係省庁のまとめによると、断水は最大約 14 万戸、固定電話のり障回線は 3 社で最大約 17.7 万回線、携帯キャリア最大停止局数は 3 社で延べ約 2,800 局に及ぶ<sup>4)</sup>。また多数の鉄道路線が台風接近に備えて計画運休に入り、孤立状態となった成田空港では利用客など約 1.4 万人が一時滞留した。さらに、台風通過後には 30℃以上の暑い日が続いたことから、停電に伴う空調不能や断水による水不足は深刻な事態に発展した。報道によると上記の災害関連死者 2 人の原因は、停電による酸素吸入器使用不能 (80 代男性) と停電が原因の熱中症 (90 代女性) であった。停電のみを主要原因とした社会機能マヒに関しては停電解消とともに終息したものの、長期停電の社会全体への累積的影響はきわめて大きいものであった。

以下、本節ではまず 1.1.2 において、最大の被害となった停電と復旧対応の状況をまとめ、1.1.3 では特に問題となった復旧見込みの情報提供に関する状況をまとめる。さらに 1.1.4 では比較災害の観点から、他の台風・豪雨・地震災害における停電被害・復旧状況との比較を行い、台風 15 号の特徴と近年の災害における相対的な位置付けについて考察する。執筆にあたっては、経済産業省のウェブサイト情報<sup>5)</sup>、経済産業省に設けられたワーキンググループによる報告書<sup>6,7)</sup>や検証資料<sup>8)-10)</sup>、東京電力ホールディングス(株)のウェブサイトにおけるプレスリリース<sup>11)</sup>、ならびに、各電力会社提出の WG 資料<sup>12)-16)</sup>等を参照し、総合的に取りまとめた。

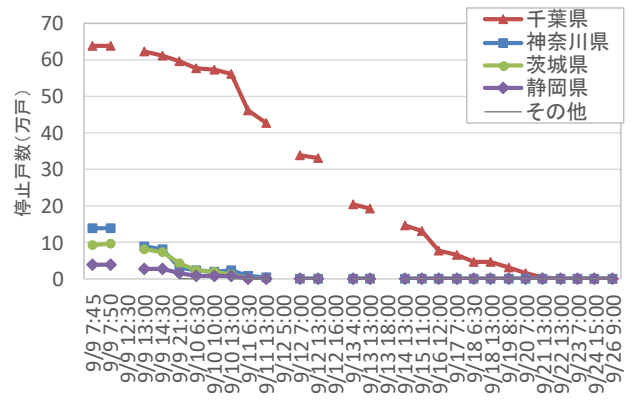
### 1.1.2 停電と復旧対応<sup>5)-14)</sup>

主な設備被害は、送電線鉄塔の倒壊 2 基、支持物の折損・倒壊等 1,996 本、架空線の断線・混線等 5,529 径間、変圧器の損傷・傾斜等 431 台である。特に電柱倒壊の原因は、倒木・建物倒壊 (約 74%)、看板等の飛来物 (約 14%)、土砂崩れ等の地盤影響 (約 12%) による二次被害が大半であり、千葉県を中心に広域的に発生して長期間の停電の主要因となった。台風の接近に伴って、東京電力管内では千葉県を中心に停電が発生・拡大し、9 月 9 日 7 時 50 分時点で最大停電戸数約 934,900 戸となった。都県別の最大停電戸数は多い順に、千葉県 637,700 戸、神奈川県 141,500 戸、茨城県 99,200 戸、静岡県 40,200 戸、東京都 12,800 戸、埼玉県 4,100 戸、栃木県 1,300 戸であり、千葉県が約 68%を占めている。千葉県内の市区町村別停電戸数 (9 月 9 日 13 時点) は多い順に、市原市 65,200 戸、君津市 37,700 戸、千葉市若葉区 34,000 戸、香取市 33,100 戸、八街市 33,200 戸、成田市 27,300 戸、富津市 26,200 戸などである。

東京電力管内および県別の停電戸数の解消過程<sup>5)</sup>を図 1.1.1 に示す。また最大停電戸数で正規化した復旧率を図 1.1.2 に示す。停電解消はかなり遅く、9 月 24 日 19 時に復旧率がほぼ 100%に達するまで約 16 日間を要した。ただしこれらの停電件数は高圧線の復旧状況に基づいており、低圧線や引込線の損傷による停電件数は含まれないため、停電がさらに長期化した需要家もある<sup>11)</sup>。図 1.1.3(a)に復旧人員の推移<sup>5)</sup>を示す。台風接近前の 9 月 8 日 22 時には、事前対応として待機要員 2,250 名で第 1 非常態勢に入り、台風上陸後の 9 月 9 日 6 時には停電範囲が拡大したことから第 2 非常態勢に移行し、他電力会社からの応援要員を含めてピーク時には約 16,000 名の態勢となった。図 1.1.3(b)に応急給電のために派遣された高圧・低圧発電機車数の推移<sup>5)</sup>を示す。ピーク時には発電機車約 330 台体制で応急送電作業が行われた。

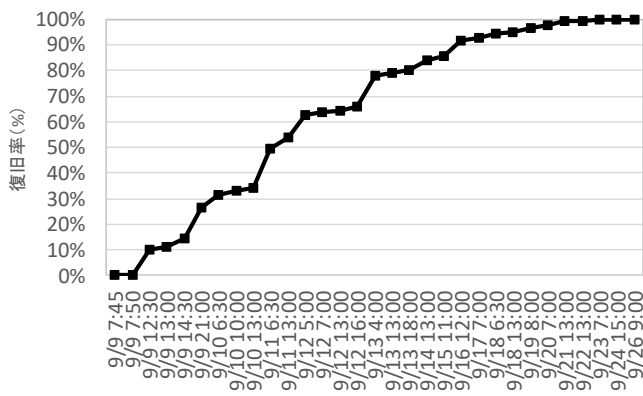


(a) 東京電力管内

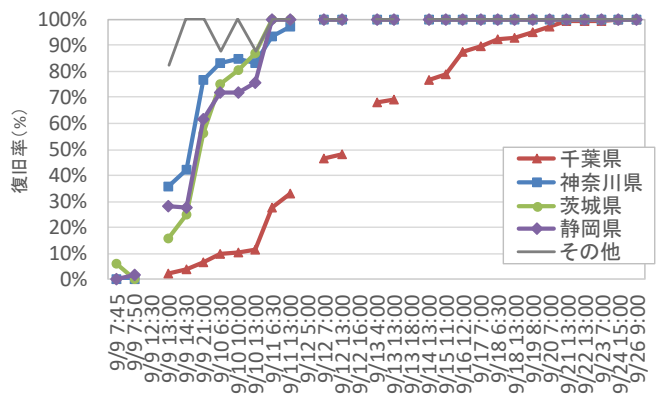


(b) 県別

図 1.1.1 停電戸数の解消過程



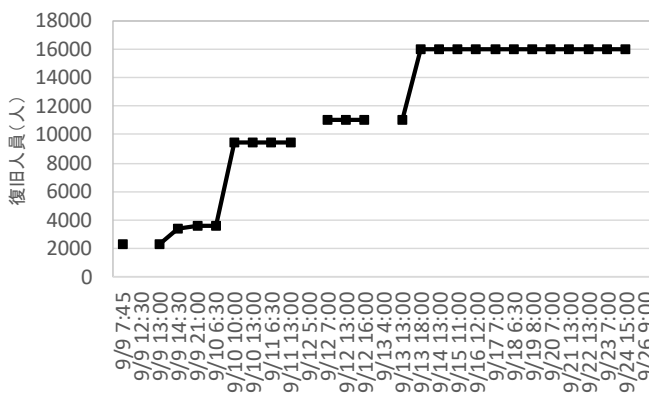
(a) 東京電力管内



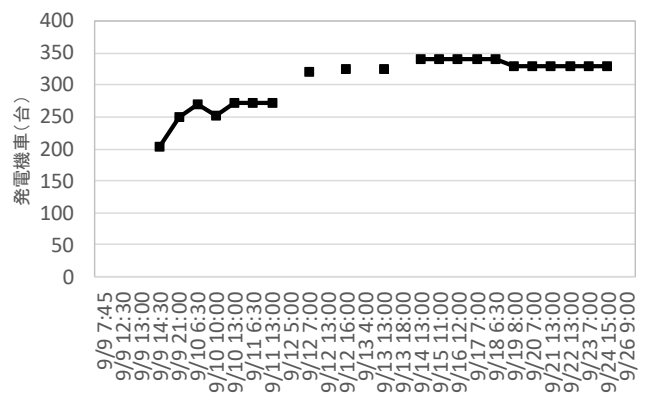
(b) 県別

図 1.1.2 復旧率 = (最大停電戸数 - 停電戸数) / 最大停電戸数の推移

(基準停電戸数：7時50分時点，千葉県・静岡県・その他のみ7時45分時点)



(a) 復旧人員



(b) 発電機車（高圧・低圧の合計）

図 1.1.3 東京電力と他電力会社応援事業者による復旧体制

初動期および復旧対応における課題として，以下の事項が挙げられる<sup>6)14)</sup>。

- (1) 被害状況の全容把握に時間を要したこと（広域・多数の配電設備被害の発生，巡視要員の不足，携帯電話の通信困難など現場との連絡手段不足，ドローン操縦者不足による活用遅れ等）

- (2) 倒木や土砂崩れ等による道路寸断のため進入困難な箇所が多かったこと（自治体・自衛隊への道路啓開の要請遅れ，倒木伐採・道路啓開・復旧工事など複雑化した工程管理の統制不足等）
- (3) 他電力応援要員や電源車の指揮体制の確立に時間を要したこと（受け入れ準備不足，リソース把握・配置の遅れ，電源車の接続工事や燃料補給の問題，電源車のニーズと派遣実績のミスマッチと低稼働率）
- (4) 低圧線の被害把握や復旧作業が停滞したこと（故障箇所の発見困難，高圧線復旧作業の優先，復旧要員不足，未通電の低圧需要家の特定困難）

### 1.1.3 復旧見込み情報の推移<sup>6)-14)</sup>

防災基本計画（令和元年5月改訂）には「ライフライン，交通輸送等の関係機関〔総務省，厚生労働省，経済産業省，国土交通省等〕は，復旧に当たり，可能な限り地区別の復旧予定時期の目安を明示するものとする」と定められている。台風15号の際には，当初の復旧見込みの精度が悪かったことが，結果として災害対応全般に大きな混乱をもたらした。まず9月9日に経済産業大臣から東京電力に対して，迅速・正確に復旧見込みの発信と早期復旧が指示された（その後9月11日に2回目）。1.1.2に示した理由により初動対応が困難を極めるなかで，過去の台風被害対応における復旧効率の実績と，最大限の要員投入を前提条件とした復旧見通しが策定され，9月10日17時に「今夜中に停電軒数が12万軒まで縮小」と公表された。しかし配電設備被害の全容把握ができていない段階での見通しであったため，予想以上の被害が明らかになった11日8時に「本日中にすべての停電が解消する見通しは立っておりません」と訂正され，さらに12日18時30分に「本日中に約40万軒まで縮小する見込み」とされた。その後明らかになった設備被害状況を踏まえ，13日18時に「千葉県市町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ」として下記の3段階の復旧見込み時期を示す方針が出された。

- (1) 第1地域（3日以内）：工事が比較的順調に進んでおり，現状の進捗状態であれば3日以内に概ね復旧できると見込んでいる地域
- (2) 第2地域（1週間以内）：設備の被害状況は確認できているが，停電解消に向けた工事量が多く，復旧までに時間を要する地域
- (3) 第3地域（2週間以内）：広範囲にわたって甚大な設備被害が生じており，点検・確認から工事着手・完了，復旧までに相当の作業と時間が見込まれる地域

9月14日23時には地区単位での停電軒数と復旧見込みの分類が公表された（図1.1.4）。その後，被害調査進捗が進むにつれて復旧見込みは定期的に更新された。9月24日19時と9月27日18時には，それぞれ翌日以降も復旧作業を継続する復旧困難箇所が公表された。復旧見込みの市区町村別概要に関して約4日半，地区別詳細に関して約6日間を要したことは，被害全容の早期把握および正確な復旧見込み情報の発信の両面で大きな教訓を残した。

既往災害における類似の復旧見込みの事例としては，2016年熊本地震における上水道復旧の事例が挙げられる<sup>4)</sup>。被害甚大地域における断水解消が遅れたため，厚生労働省は2016年4月29日以降，短期（1週間程度），中長期（2週間程度またはそれ以上），家屋等損壊地域（地震により家屋等が大きく損壊した地域で，地域の復興に合わせて水道も復旧・整備する予定のため復旧見込みの対象に含めない）の3段階に分類して公表した。また都市ガス供給システムに関しては，2018年大阪府北部の地震の際に，「復旧見える化システム」を通じて復旧進捗状況のマップ情報が提供されている<sup>4)</sup>。直接的な復旧見込み情報ではないものの，「供給停止（閉栓中）」，「道路面のガス管検査中」，「道路面のガス管修理中」，「お客様宅のガス設備検査・開栓実施中」，「完了」の5段階からなる復旧進捗状況を，利用者自らがWebGISで確認し，対応行動のための判断材料とすることができる。電力各社においても，停電範囲，停電理由，復旧見込み等に関する情報をWebGISで提供するシステム構築が進められつつあり，正確な情報提供が今後の課題である。

<別紙> 千葉県市区町村ごとの地域全体の停電復旧までに要する期間のイメージ

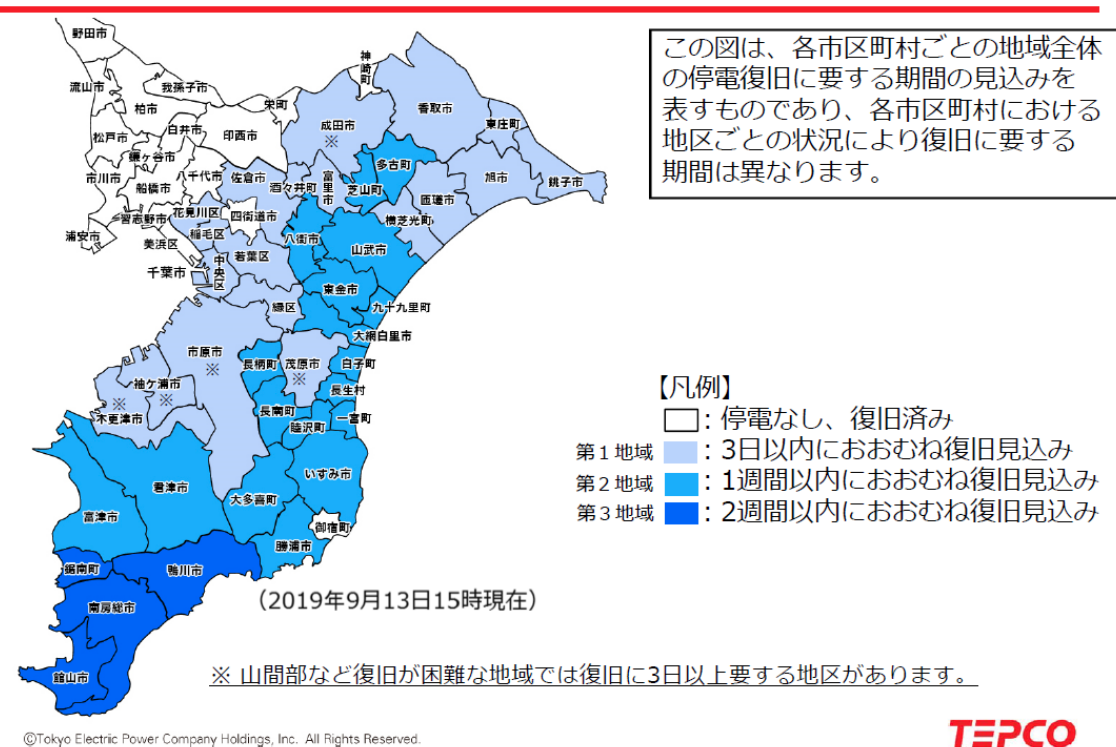


図 1.1.4 停電復旧見込みに関する情報発信の一例 (9月13日18時公表) (文献<sup>11)</sup>より引用)

1.1.4 電力設備・停電被害の主要な指標の災害間比較

ここでは経済産業省まとめ資料<sup>6)</sup>、<sup>8)-10)</sup>および各社資料<sup>11)-16)</sup>をもとにして、2018年台風21号(被災事業者:関西電力・中部電力)、2018年台風24号(同:中部電力・九州電力)、2019年台風15号(同:東京電力)、2019年19号(同:東京電力・中部電力・東北電力)の4回の台風災害を対象として、電力設備被害と停電状況の比較を行う。

図 1.1.5 は最大停電戸数を比較したものである。最多は2018年台風21号の約240万戸で、次いで2018年台風24号が約180万戸、2019年台風15号は約93万戸で3番目の規模である。2019年台風19号は最小の約52万戸という規模であった。ここでは対象外としたが、2015~2017年の台風・豪雨災害については、最大停電戸数の多い順に、2015年台風15号が約48万戸、2017年台風21号が約29万戸、2016年台風16号が約25万戸、2018年西日本豪雨が約7.5万戸、2016年台風10号が約5.5万戸となっている。2018~2019年の4台風はいずれもこれらより多く、台風・豪雨災害の激甚化の一端が停電被害の規模にも現れている。

図 1.1.6 は送配電設備の被害として、電柱の破損・倒壊等、および、架空線の断線・混線等の数を比較したものである。いずれの被害項目に関しても2019年台風15号は4災害中の最大規模となっており、1.1.2に記した倒木等による二次被害がいかに大きかったかが理解できる。これに次いで、同じく倒木による電柱倒壊が多発した2018年台風21号、河川氾濫による電気設備の冠水が多発した2019年台風19号となっている。2018年台風24号に関しては詳細不明であるが、電柱被害に関しては4台風で最小である(飛来物による電柱倒壊が多数)。

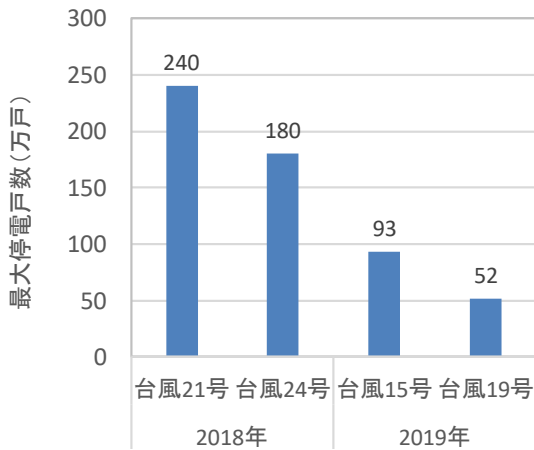


図 1.1.5 台風災害による最大停電戸数

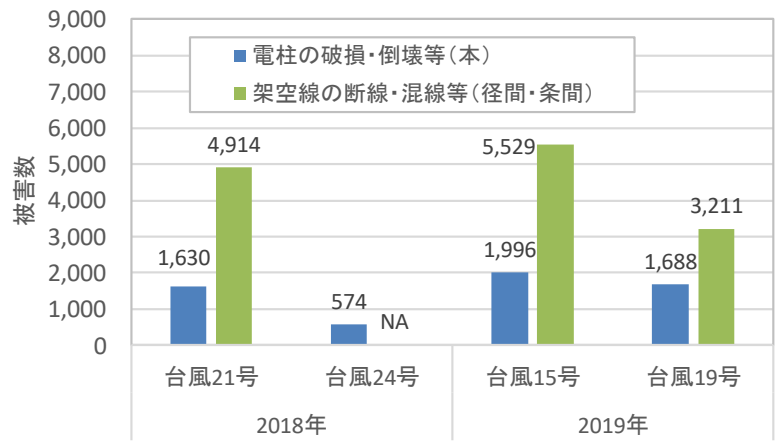


図 1.1.6 台風災害による送配電設備被害

図 1.1.7 は停電戸数の推移の比較であり、各台風における停電戸数のピーク時からの経過時間を横軸としている。復旧進捗が早い順に、2019年台風19号、2018年台風24号、2018年台風21号であり、いずれもピーク後の24時間において急速に停電が解消した後にそのペースが鈍化する傾向にある。一般に被害が軽微な地域では一旦停電したとしても系統復旧による通電が迅速に行われ、その後、一定の時間を要する被災設備の物理的復旧が行われるためである。一部で曲線が交差しているものの、最大停電戸数と復旧期間の長さには一定の関係が見られる。一方、2019年台風15号では一貫して停電解消のペースが遅いことが分かる。台風の進路の東側周辺に沿って配電設備被害が集中したことや、1.1.2に示した諸問題がその原因であり、復旧所要時間が最長となっている（加えて、後出の図 1.1.11 の注釈にあるように、東京電力の場合は自動的な再送電にあたる部分は停電戸数に含まれていないことも理由の一つである）。ピーク時から99%停電が復旧するまでの所要時間は、2018年台風21号で約120時間、2018年台風24号で約70時間、2019年台風19号で約100時間であるのに対して、2019年台風15号は、これらをはるかに上回る約280時間となっている。

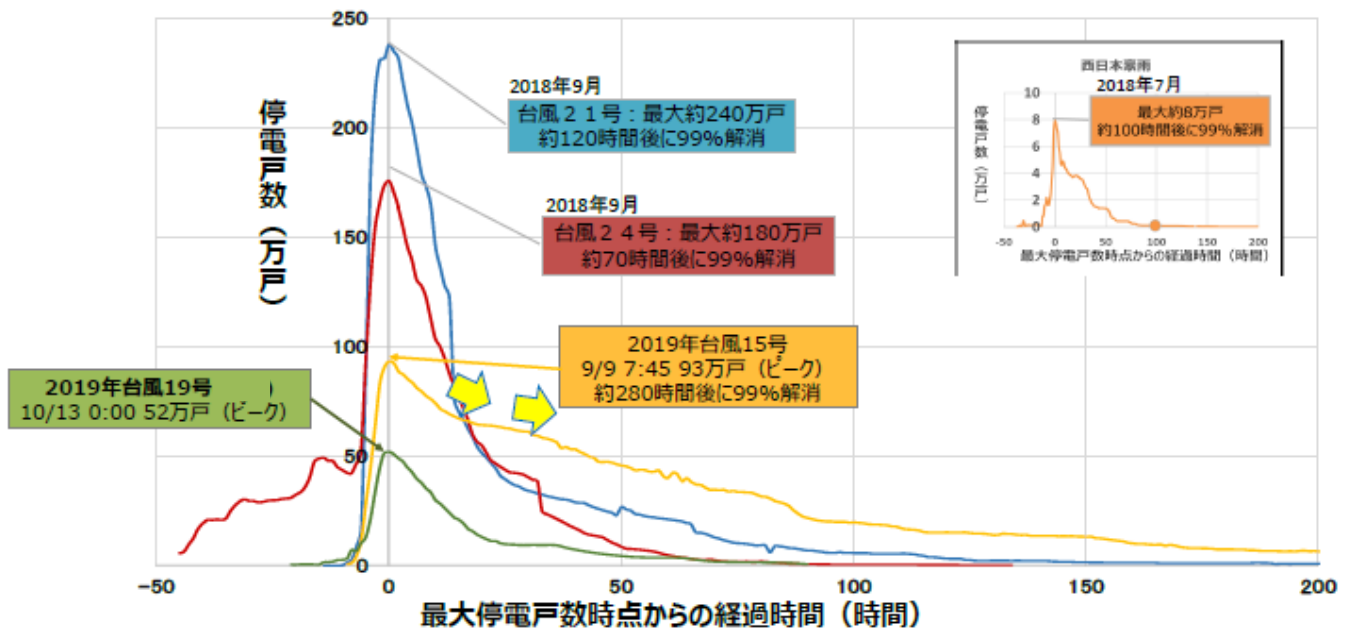


図 1.1.7 台風災害における停電戸数の推移（横軸：ピーク時からの経過時間）（文献<sup>9)</sup>より引用）

図 1.1.8(a)は電力の復旧対応人員数の比較である。自社・他社の合計で見ると、2019 年台風 19 号が圧倒的に多く、2019 年台風 15 号は次いで 2 番目であり、2018 年台風 21 号、2018 年台風 24 号と続き、停電規模や復旧所要時間とは相異なる傾向を示す。2019 年台風 19 号が最多となった理由としては、電力会社 3 社にわたる広域災害であったことに加えて、台風 15 号の教訓から東京電力では被害把握のための人員を 5 倍（200 班を 1,000 班）に増員したことなどが挙げられる。初動期にドローン機を活用して被害把握も効率的に進められ、復旧復旧見通しの公表は 1 日以内に行われた<sup>6)</sup>。一方、他社からの応援人員に限ってみると 2019 年台風 15 号が最多の 4,000 人となっており、広域支援が大規模に実施されたことを反映している。配備された発電機車数の比較を図 1.1.8(b)に示す。2019 年台風 15 号が最多であり、2019 年台風 19 号もこれに匹敵する規模である。台風 15 号の教訓から、応援要請および受け入れ態勢が整備されたことの成果と考えられる。

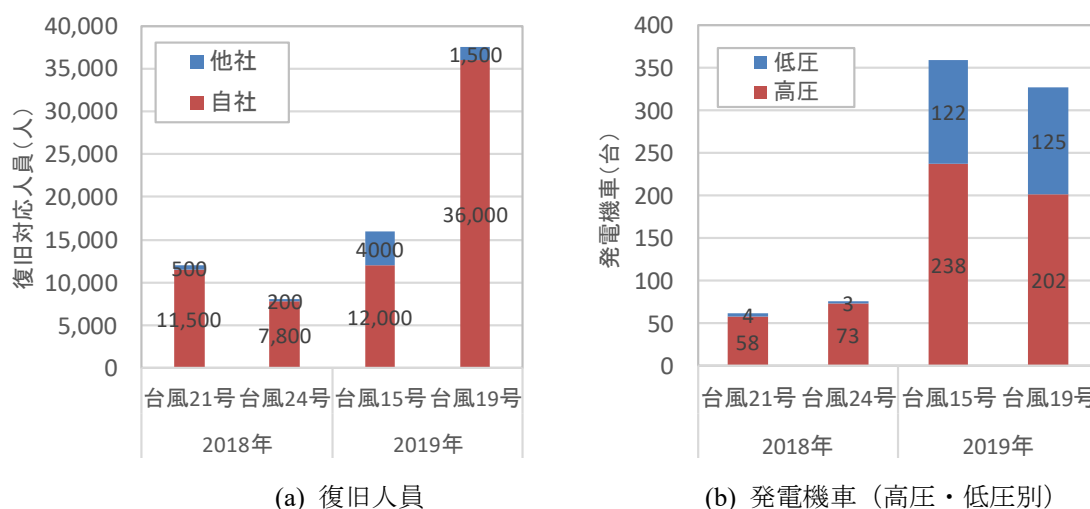


図 1.1.8 台風災害の電力復旧における復旧体制

上記の 4 つの台風災害に加えて、1995 年兵庫県南部地震、2004 年新潟県中越地震、2007 年新潟県中越沖地震、2011 年東北地方太平洋沖地震、2016 年熊本地震、2018 年大阪府北部の地震、2018 年北海道胆振東部地震、平成 30 年 7 月豪雨（西日本豪雨）災害を対象として<sup>4)</sup>、停電戸数および復旧率の推移を図示したものを、それぞれ図 1.1.9 および図 1.1.10 に示す。地震災害か台風・豪雨災害かを問わず、2019 年台風 15 号以外の事例では、約 3 日以内には復旧率がほぼ 90%に達し、停電は約 1 週間程度で終息している。道内全域停電のブラックアウトとなった 2018 年北海道胆振東部地震においても 2 日でほぼ停電は解消した。2011 年東北地方太平洋沖地震においては、津波被害が甚大であった地域の停電解消に長期間を要したため、やや後ろにずれ込んでいるが、2019 年台風 15 号の復旧進捗の遅さは群を抜いており、かなり特異な傾向を示していることが分かる。

2019 年台風 15 号への対応の初期段階において、早期停電解消という不正確な復旧見通しが立てられた背景には、ここに示したような過去の復旧事例があったように思われる。そこで、現場情報が網羅的に得られず被害全容の把握ができない場合の補完的措置として、停電ピークから一定期間の復旧実績に基づいてモデル推計を行い、復旧見通し策定の一助とする方法が検討されている<sup>6)9)</sup>。図 1.1.11 は、停電解消過程のモデル推計結果の一例を示したものである。ここでは、停電ピークから 24～36 時間までの復旧実績に基づいて、復旧ペースのトレンドが指数関数的に減衰することをを用いてモデル推計を行うことで、その後の復旧実績を一定の精度で再現できることが明らかにされた。今後、衛星画像やビッグデータ、AI の活用とあわせて、正確な復旧見通しの策定、巡視計画および復旧作業計画の立案に役立てられることが期待される<sup>6)9)</sup>。

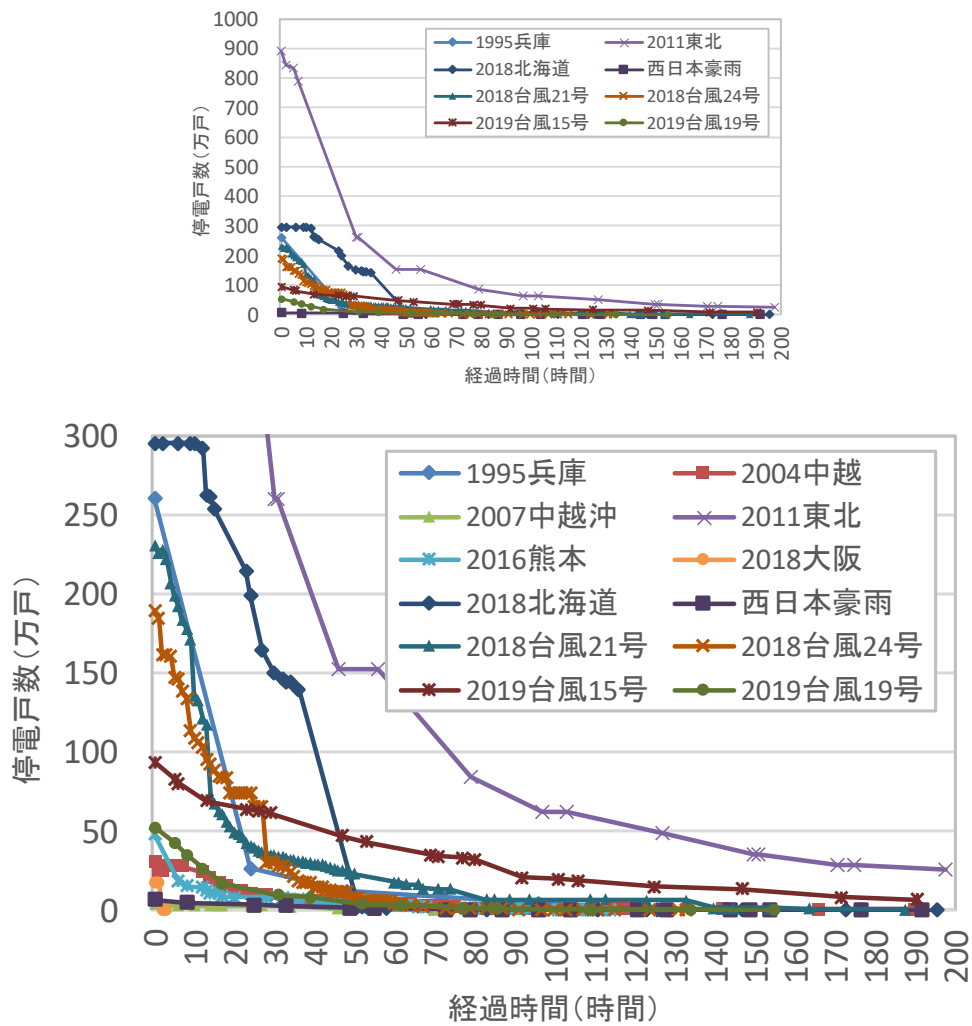


図 1.1.9 主な地震災害と近年の台風・豪雨災害における停電戸数の推移（上段：全体表示，下段：300 万戸まで）

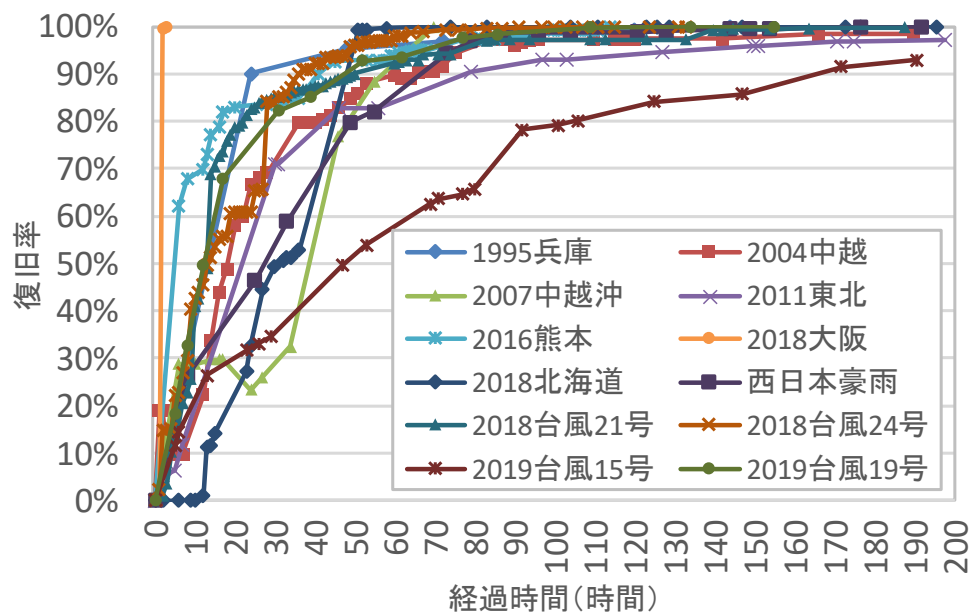


図 1.1.10 主な地震災害と近年の台風・豪雨災害における停電復旧率の推移



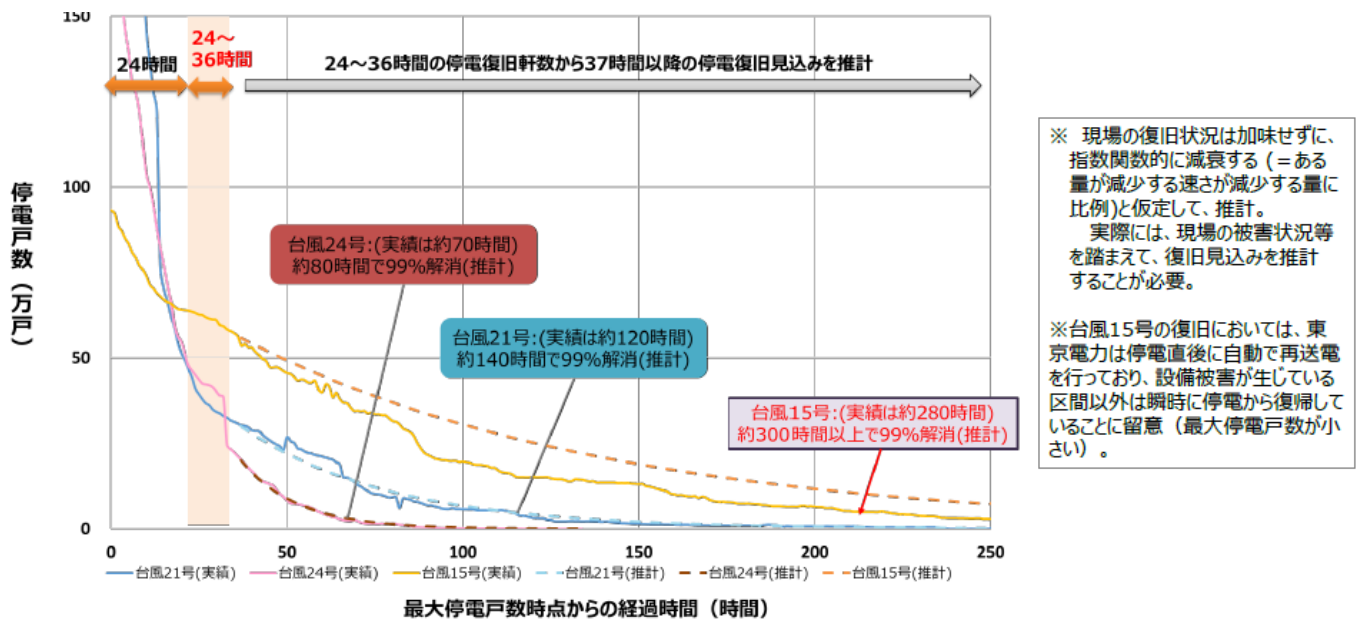


図 1.1.11 網羅的な情報収集ができない場合の復旧見通しの策定手法 (文献<sup>9)</sup>より引用)

#### 参考文献

- 1) 日本気象協会：台風15号(2019年9月10日)。<https://tenki.jp/forecaster/despart/2019/09/10/5895.html>
- 2) 消防庁災害対策室：令和元年台風第15号による被害及び消防機関等の対応状況(第40報), 2019年12月23日。
- 3) 気象庁：令和元年に顕著な災害をもたらした台風の名称について, 2020年2月19日。  
[https://www.jma.go.jp/jma/press/2002/19a/20200219\\_typhoonname.html](https://www.jma.go.jp/jma/press/2002/19a/20200219_typhoonname.html)
- 4) 能島暢呂・加藤宏紀：令和元年(2019年)台風15号におけるライフライン復旧概況(時系列編), 2019年9月27日。  
[http://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/take\\_out\\_LLEQreport.htm](http://www1.gifu-u.ac.jp/~nojima/take_out_LLEQreport.htm)
- 5) 経済産業省：令和元年台風第15号による被害・対応状況について(9月9~19日), 2019年9月。  
[https://www.meti.go.jp/press/archive\\_201909.html](https://www.meti.go.jp/press/archive_201909.html)
- 6) 経済産業省総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会/産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 合同 電力レジリエンスワーキンググループ：台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ, 2020年1月。
- 7) 経済産業省産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 令和元年台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ：中間報告書, 2020年1月21日。
- 8) 経済産業省：台風15号に伴う停電復旧プロセス等に係る検証について, 第5回電力レジリエンスWG資料2019年10月3日。
- 9) 経済産業省：台風15号・19号に伴う停電復旧プロセス等に係る個別論点について, 第6回電力レジリエンスWG資料2019年10月17日。
- 10) 経済産業省産業保安グループ：近年の自然災害に伴う送配電設備の被害状況について, 第1回事故調査検討WG資料, 2019年11月5日。
- 11) 東京電力ホールディングス(株)：プレスリリース, 台風15号による東京電力パワーグリッド(株)サービスエリア内の設備被害および停電状況について(9/9-10), 同 停電の復旧計画について(9/9-10), 同 復旧見通しについて(9/11-12), 同 停電状況について(9/24-25), 同 停電の復旧状況について(9/27), 千葉県市町村ごとの地

域全体の停電復旧までに要する期間および今後の対応について（9/14, 17, 21），2019年9月．  
<http://www.tepco.co.jp/press/release/2019/>

- 12) 東京電力ホールディングス(株)・東京電力パワーグリッド(株)：台風15号に伴う停電復旧対応の振り返り（中間整理），（検証骨子），第7,9回電力レジリエンスWG資料，2019年10月31日，12月5日．
- 13) 東京電力パワーグリッド(株)：停電復旧に向けた対応等について（報告），2019年10月11，25日．
- 14) 東京電力ホールディングス(株)：台風15号対応検証委員会報告書（最終報告），2020年1月16日．
- 15) 東北電力(株)：台風19号に伴う停電復旧対応の振り返り，第8回電力レジリエンスWG資料，2019年11月19日．
- 16) 中部電力(株)：台風19号に伴う停電復旧対応の振り返り，第8回電力レジリエンスWG資料，2019年11月19日．

## 電力施設の被害と停電状況

## Damage to Power Supply Facilities and Power Outages due to Typhoon No. 15 (2019)

永田 茂\*1, 鈴木 進吾\*2, 須藤 三十三\*3, 丸山 喜久\*4

*Shigeru NAGATA, Shingo SUZUKI, Satomi SUDO, Yoshihisa MARUYAMA*

In Typhoon No. 15 that landed in the Kanto region in September 2019, strong winds and heavy rain caused damage such as breakage and collapse of two steel towers and 1996 power poles in the jurisdiction of TEPCO. The impact of the typhoon has led to a total of 935,000 blackouts in Chiba, Shizuoka, Yamanashi, Kanagawa, Ibaraki, Gunma, Tochigi, Tokyo and Saitama prefectures. The restoration of the power outage took about two weeks, except in some areas where restoration was difficult, affecting other lifelines such as telecommunications and water supply. In this report, the results of surveys on damage to power transmission and distribution facilities and power outages caused by Typhoon No.15 were compiled using public data from the Ministry of Economy, Trade and Industry, power pole damage data and power outage history data from TEPCO Power Grid Co., Ltd.

**Keywords :** *Typhoon No.15, power supply facility, physical damage, power outage*

## 1.2.1 はじめに

2019年9月に関東地方に上陸した台風15号では、強風と激しい雨によって東京電力管内で鉄塔2基の倒壊、1996本の電柱の傾斜、折損・倒壊被害が発生した。また、この台風の影響によって、千葉県を中心に、静岡県、山梨県、神奈川県、茨城県、群馬県、栃木県、東京都、埼玉県で最大停電戸数93.5万軒の停電が発生した。この停電の復旧には、一部復旧困難地域を除いて約2週間の期間を要したことから、通信、水道など他のライフラインにも影響を与えた。

広域かつ大規模停電によって地域生活や地域経済活動に甚大な影響が発生したことを受けて、東京電力ホールディングス(株) (以下、東京電力とする) では、今後の災害対応能力向上を目的として「台風15号対応検証委員会報告書(最終報告)(2020年1月16日)」<sup>1)</sup>を取りまとめている。また、経済産業省 電力レジリエンスワーキンググループでは、事実関係の整理や今後の電力供給のレジリエンス強化を目的として「台風15号の停電復旧対応等に係

---

*1 (国研) 防災科学技術研究所 災害過程研究部門 主幹研究員・工博	Senior Research Fellow, Disaster Resilience Research Division, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Dr.Eng.
*2 (国研) 防災科学技術研究所 災害過程研究部門 副部門長・博士(情報学)	Deputy Manager, Disaster Resilience Research Division, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Dr. Informatics.
*3 (国研) 防災科学技術研究所 災害過程研究部門 主幹研究員・博士(情報学)	Senior Research Fellow, Disaster Resilience Research Division, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Dr. Informatics.
*4 千葉大学大学院融合理工学府 教授・博士(工学)	Prof., Department of Urban Environment Systems, Graduate School of Engineering, Chiba University, Dr. Eng.

る検証結果取りまとめ（2020年1月10日）」<sup>2)</sup>を公開している。さらに、経済産業省「令和元年度台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループは、鉄塔や電柱の損壊事故原因の調査、現行基準の適切性と今後対策を目的として中間報告書、（2020年1月21日）」<sup>3)</sup>を公開している。

本報告では、東京電力と経済産業省の公開データ、東京電力パワーグリッド(株)(以下東京電力PGとする)から提供していただいた電柱被害データ、また同社が公開している停電履歴データを用いて、台風15号による送配電施設被害と停電状況を定量的に示すことを主眼として被害概要を取りまとめた。なお、電柱被害に関しては、気象庁による台風15号の観測記録、強風の再現シミュレーション結果、内閣府災害時情報集約支援チーム（ISUT: Information Support Team)が作成した倒木等の発生状況等<sup>4)</sup>との関係についても検討を行っているが、現時点で先行する報告書<sup>1)~3)</sup>で示された内容を上書きするような検討結果は得られていない。また、停電の分析に使用した東京電力PGの停電履歴データ<sup>7)</sup>に関しては、上記の先行する報告書<sup>2)</sup>で述べられているように、停電情報システムが高圧線をモニタリングしているため、高圧線より下の低圧・引込線の損傷が原因となる停電はカウントされないなどの課題があることを明記しておく。

### 1.2.2 電力送配電施設の被害

送変電施設の被害は表1.2.1に示すように、主な被害は鉄塔2基の倒壊である<sup>1)</sup>。鉄塔の倒壊は、図1.2.1に示すように富津火力発電所と新木更津変電所を結ぶ66kv系統木内線のNo.78,79の鉄塔2基であり、No.80鉄塔の一部部材が変形する被害が発生した。経済産業省の中間報告書<sup>3)</sup>によれば、被害状況と風況シミュレーションに基づく応答解析の結果から、No.78鉄塔付近で地形効果によって局地的に風速が増速されたことによって鉄塔基部の部材が降伏したことが原因とされている。

表 1.2.1 送変電施設の被害集計<sup>1)</sup>

送電設備			変電設備	
鉄塔		電線	がいし	がいし
倒壊	腕金・部材変形	素線切れ	破損	破断
2基	2基	2条	1連	1相

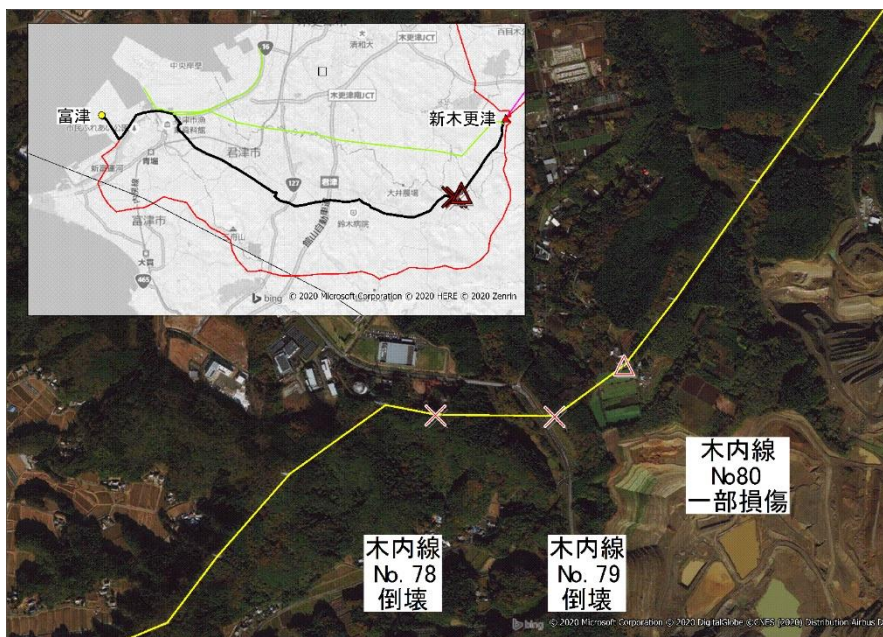


図 1.2.1 木内線（66kv 系統）の鉄塔倒壊（No.78,79）、一部損傷（No.80）の発生位置<sup>1)</sup>

配電施設の被害としては、表 1.2.2 に示すように電柱 1,996 本が傾斜、折損・倒壊するとともに、電線が 5,529 径間で断線・混線等が発生した<sup>1)</sup>。配電施設で被害が顕著であった電柱に関して市町ごとの総本数分布、被害本数分布、被害形態別の被害割合、被害率(被害本数/総本数)分布を図 1.2.2 に示した。千葉県内の市町ごとの総本数は、千葉市が最大で 9.2 万本、その他の市町は概ね数万本～数千本となっている。電柱の被害本数が最も多かったのは市原市の 184 本であり、台風通過経路に近接した君津市、袖ヶ浦市、南房総市、木更津市、富津市で 100 本以上の被害が発生した。100 本以上の電柱被害が発生した市町のうち折損・倒壊本数の割合が 60%以上と高くなったのは、君津市 71%、南房総市 66%であった。また、市町ごとの被害率(被害本数/総本数)は、いずれの市町も 1%以下であり、被害率の高かったのは袖ヶ浦市で 0.75%、香取郡多古町 0.69%、君津市 0.58%などであり、被害本数が最大の市原市は 0.3%であった。

表 1.2.2 配電施設の被害集計表<sup>1)</sup>

架空線			地中線		
電柱 (折損・倒壊等)	電線 (断線・混線等)	変圧器 (損傷・傾斜等)	地上機器 (浸水等)	地上機器 (損傷・傾斜等)	ケーブル (損傷等)
1,996 本	5,529 径間	431 台	0 台	1 台	0m

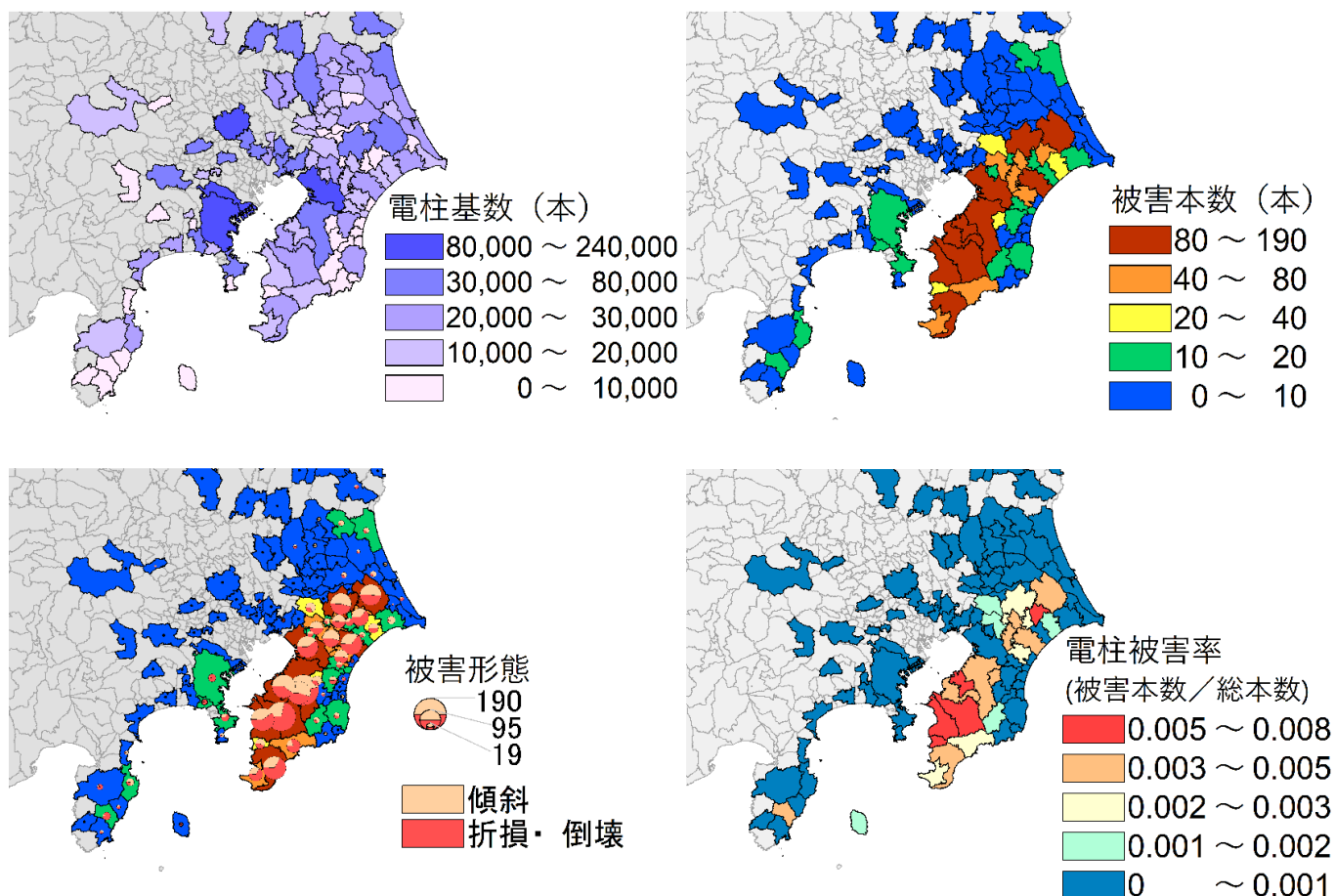


図 1.2.2 市町ごとの電柱の総本数、被害本数、被害形態別割合、被害率

図 1.2.3 には、図 1.2.2 に示した市町ごとの電柱被害率と気象庁観測点における最大瞬間風速の状況を示した。この図からも分かるように台風 15 号による電柱被害は風速だけでは説明できないため、図 1.2.4 に示すように倒木や建物倒壊の影響、飛来物、地盤の影響などの被害発生要因を考慮した分析を行う必要がある。内閣府災害時情報集約支援チーム (ISUT : Information Support Team) では、復旧活動支援を目的として、電力・通信施設の復旧障害となる倒木や土砂崩れ等の地図を作成しているが<sup>4)</sup>、この倒木・土砂崩れ地図と電柱被害率の重ね合わせを行ったところ電柱被害率と倒木や土砂崩れと非常に高い相関が見られたことから、風況データに加えて倒木や土砂崩れ等の要因を加味した検討の必要性を確認している。

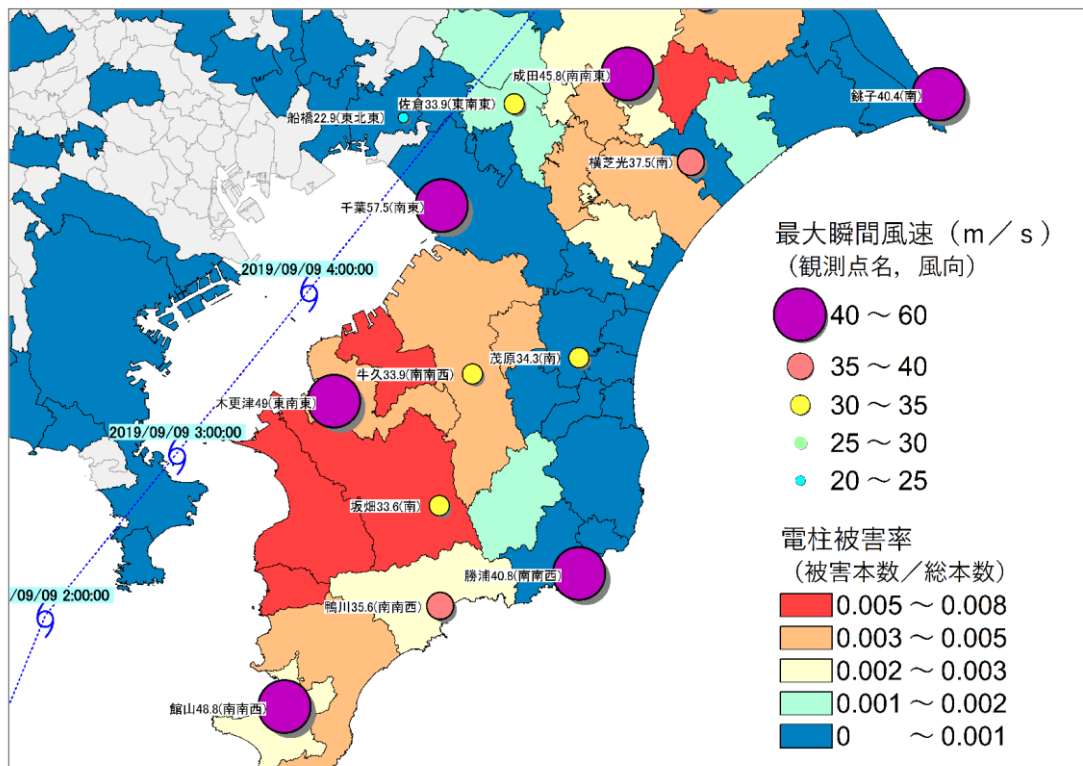


図 1.2.3 市町ごとの電柱被害率と気象庁の最大瞬間風速 (m/s)

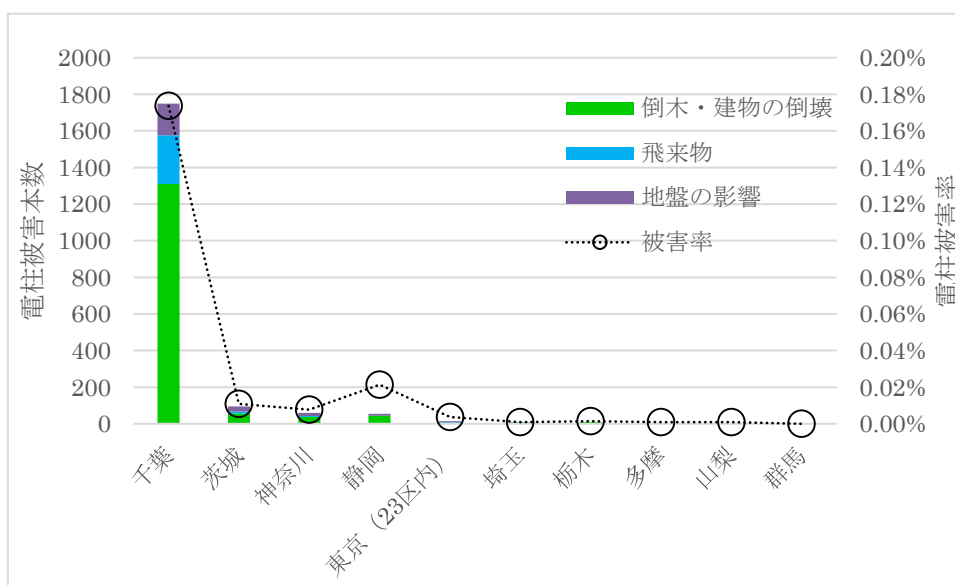


図 1.2.4 都県・地域別及び被害要因別の電柱被害本数と電柱被害率<sup>1), 3)</sup>

### 1.2.3 停電の発生状況

東京電力の報告書<sup>1)</sup>によれば、9月9日8時に東京電力管内で最大停電軒数93.5万軒を記録し、9月24日19時の時点で復旧困難箇所および引込線損傷箇所を除き停電復旧と報告されている。図1.2.5には、経済産業省のニューズリリース<sup>2)</sup>と内閣府の災害情報<sup>3)</sup>の数値データをもとに停電戸数（公開情報の通り「戸」を使用、9月8日22時時点の停電戸数を概ね0として作図）の変遷を図示した。この図に示すように、台風通過から3日後の9月12日には東京電力管内の停電戸数と千葉県県の停電戸数がほぼ一致していることから、千葉県以外では一部の復旧困難地域を除いて停電が解消したことが分かる。

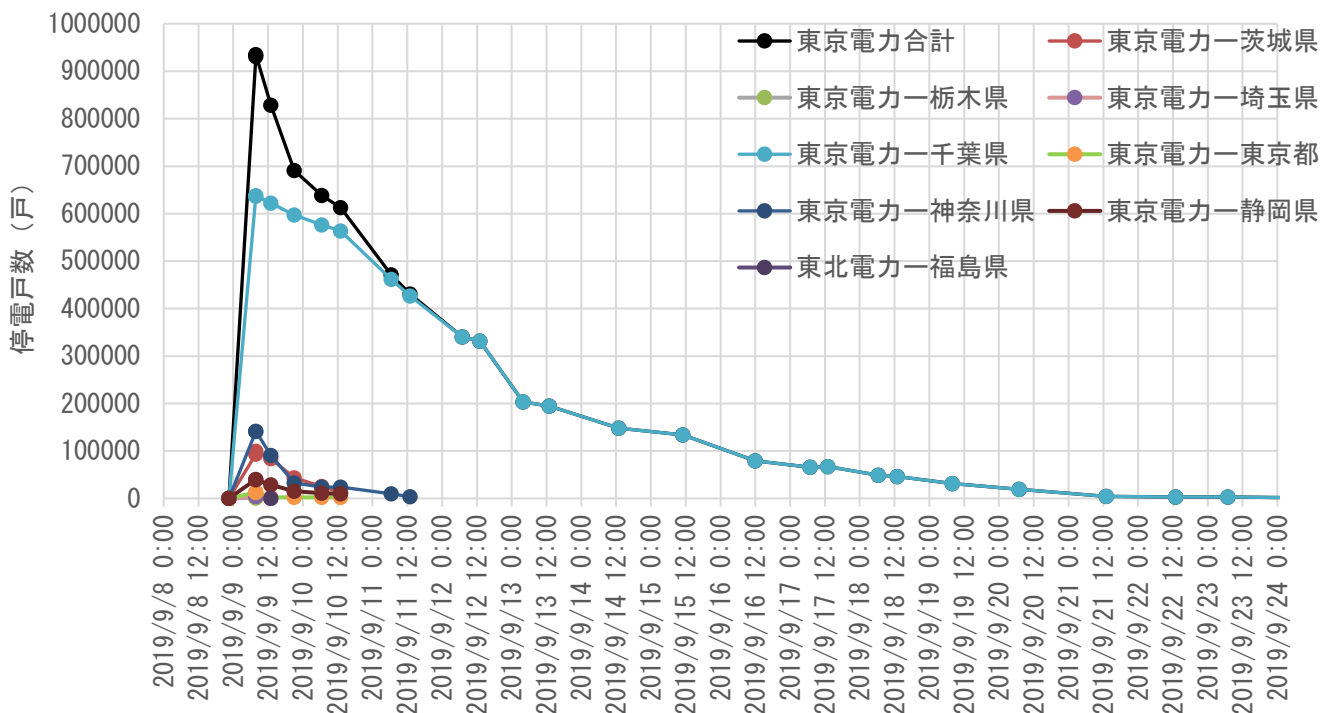


図 1.2.5 台風 15 号による東京電力管内の停電戸数の推移

以下には、東京電力PGが公開している停電履歴データ<sup>7)</sup>をもとに停電時間、停電影響の面的分布を可視化した。公開データには、停電の発生及び復旧日時、住所（都県名・市区町村名・地区、最小分解能は概ね町丁、字界）、停電軒数、停電理由が含まれており、住所を用いたジオコーディングによって求めた緯度・経度を代表地点として停電状況を可視化した、なお、可視化に際しては、2019年12月3日時点の停電履歴データを用いており、停電理由が「台風の影響」、「風雨の影響」、「弊社設備への樹木等の接触」、「弊社設備への飛来物の接触」、及び停電時間が「5分以上の停電」を対象とした。

図1.2.6には、地区ごとの最大停電時間（日）の分布を示した。房総半島の西側を中心に、7日以上が多数分布しており、市原市、八街市、袖ヶ浦市、君津市、富津市、鋸南町、南房総市、館山市、長生郡長柄町などで2週間以上停電が継続した地区が多数見られた。これらの地区は、電柱被害率が相対的に高い市町に含まれていることが分かる。図1.2.7には、2019年9月9日0時0分から9日23:59分までに停電が発生した全地区（赤色）と9月10日23:59分、9月16日23:59分、9月24日23:59分までに停電が解消した地区（緑色）を示している。同じ地区で停電が複数回発生したことが確認されているが、9月9日中に発生した初期の停電は、1日後でもあまり復旧が進まず、1週間後でも内陸部の一部地区で復旧していないことが分かる。なお、前述したように、東京電力のシステ

ムでは、高圧線の通電状況はモニタリングできるが、低圧線や引込線の異常に関しては認識できない課題が指摘されており、筆者らが停電履歴データに基づいて行った現地調査でも停電発生の有無や停電時間が食い違う地区が確認されていることを明記しておく。

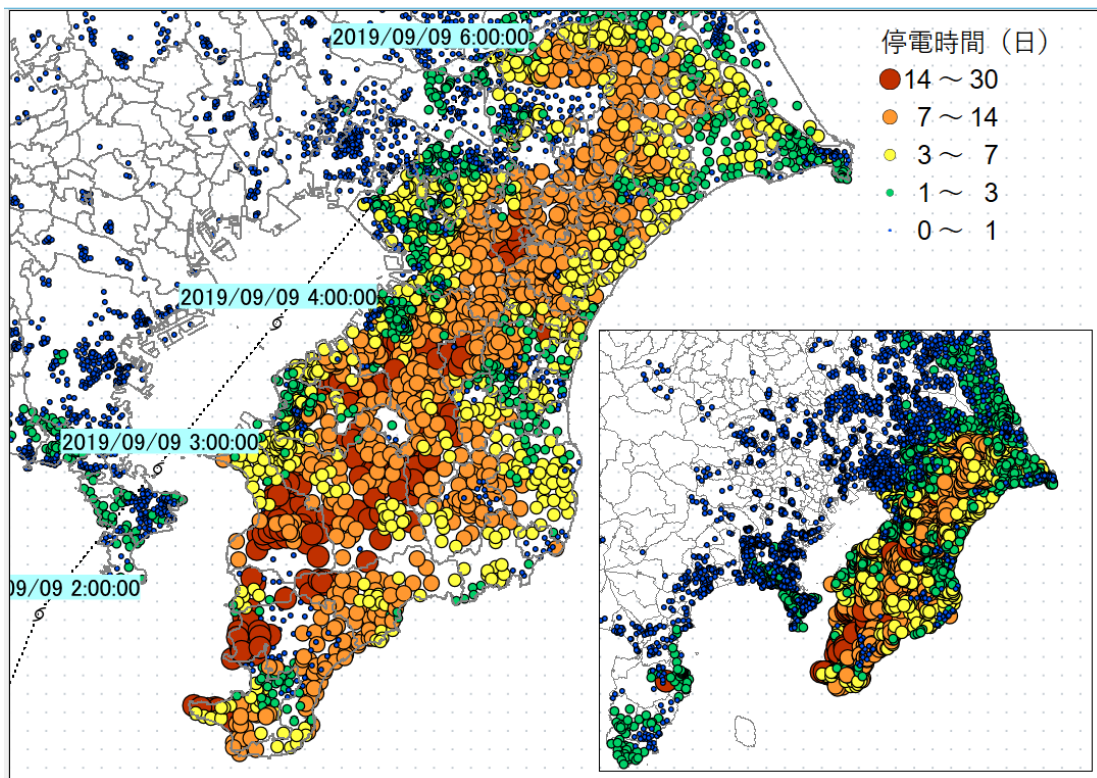


図 1.2.6 台風 15 号による東京電力管内の地区別の最大停電時間（日）の分布

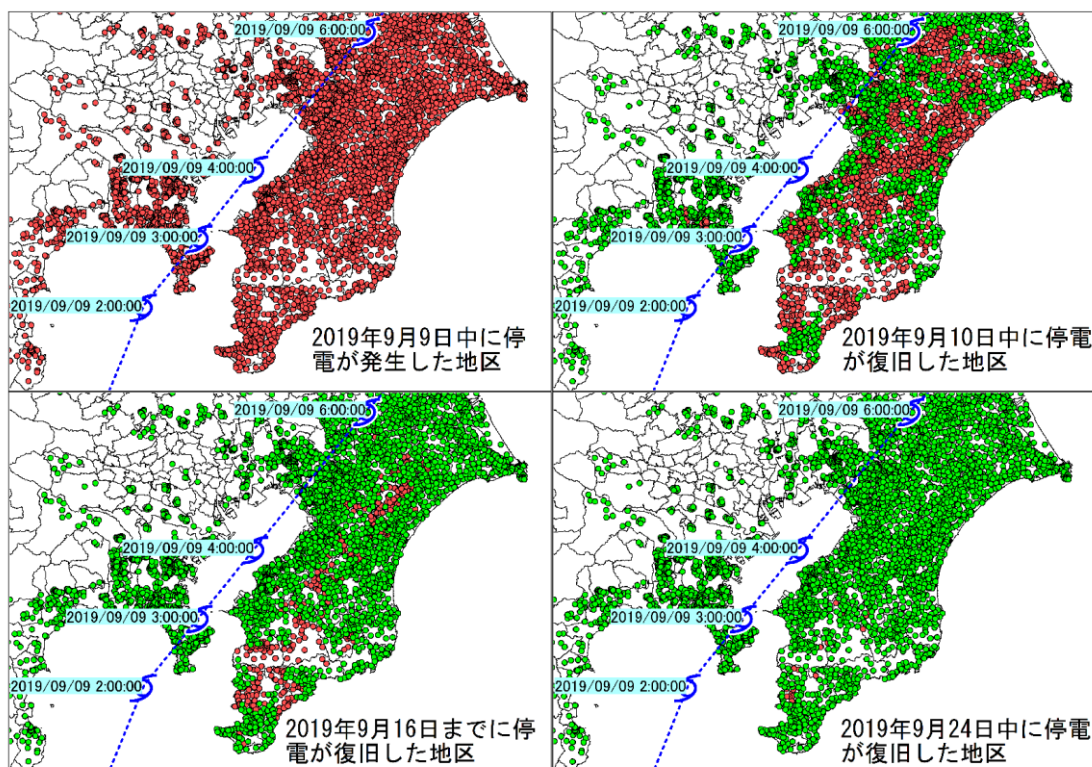


図 1.2.7 台風 15 号による東京電力管内の停電発生地区と停電解消時期の分布



図 1.2.8 には、地区ごとの停電軒数（軒）と最大停電時間（日）の積を停電影響指標として考え、停電影響の大きさを可視化した。千葉市内は相対的に停電軒数は多かったが停電時間は短時間であったため、千葉県全体で見した場合の影響指標は相対的に小さい地区が多く、房総半島の内陸部や山間部では停電軒数は少ないが停電時間が長期化したために相対的に影響が大きな地区が点在する結果となった。

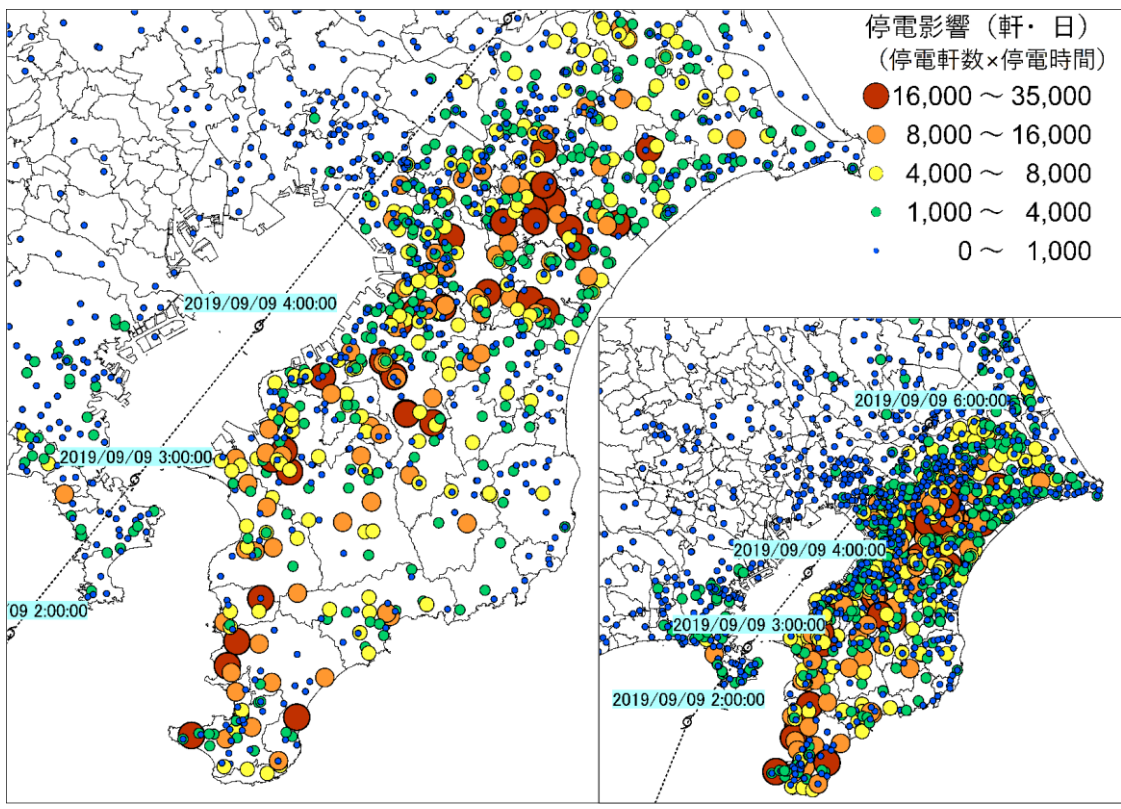


図 1.2.8 台風 15 号による東京電力管内の地区別の停電影響（停電軒数（軒）×停電時間（日））の分布

#### 1.2.4 復旧対応について

復旧対応体制に関しては、東京電力の復旧対応人数が約 16,000 名、他電力からの応援人数が約 4,000 名、特に初動対応は約 6,010 名、巡視 200 班との情報が公開されているが<sup>1)</sup>、経時的な詳細な復旧対応体制に関しては今後の調査によるところが大きい。

一方、停電が顕著であった東京電力の千葉エリアにおける電源車の配置数、稼働数、稼働率のデータが公開されており、図示すると図 1.2.9 のようになる。また、千葉エリアの停電状況と電源車の稼働率を重ね合わせると、図 1.2.10 のようになる。全般的に稼働率が低いように見えるが、発災当初は「電源車の把握に対する指揮運用体制の未整備、電源車接続に必要な工事体制の構築が十分ではなく、電源車の配置に時間を要したこと」が課題として挙げられており、稼働率が 40%を超えた 16 日以降は「要請を受けたが系統復旧等により、配備不要となったものも多数あったためであり、電源車の出向依頼に対してはほぼ対応ができた」ことが明らかになっている<sup>1) 2)</sup>。

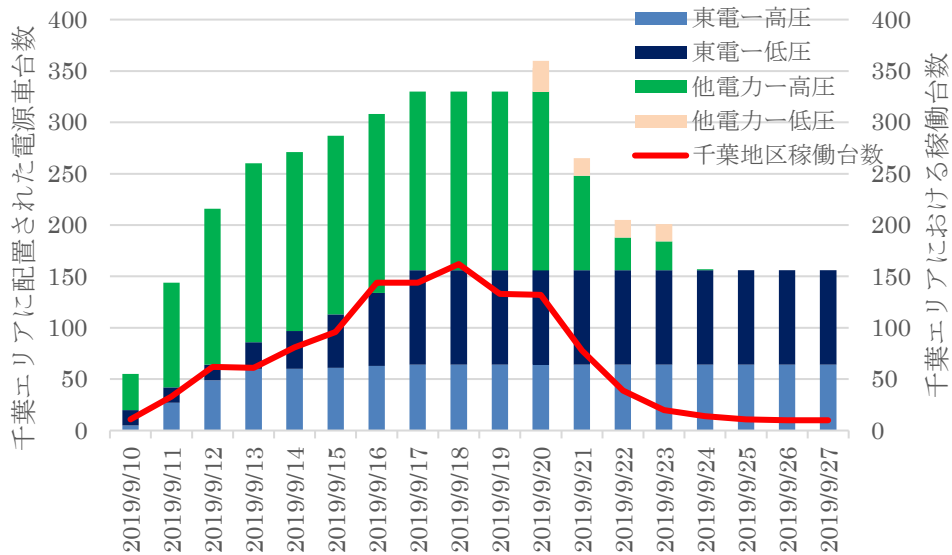


図 1.2.9 台風 15 号において東京電力千葉エリアに配置された電源車台数と稼働台数

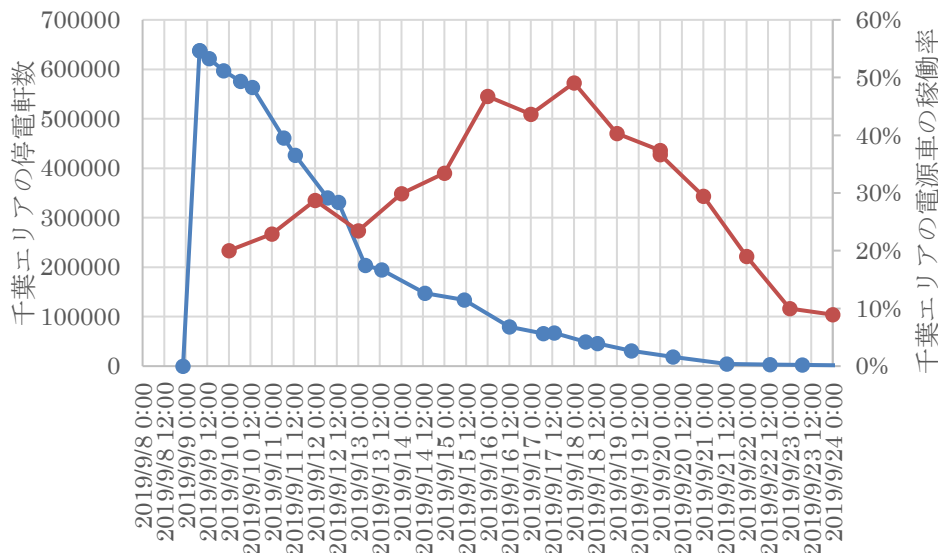


図 1.2.10 台風 15 号における東京電力千葉エリアの停電状況と電源車の稼働率

### 1.2.5 まとめと今後の対応

本報告では、公開情報に基づいて台風 15 号による東京電力管内の送変電施設、配電施設の被害概要を整理するとともに、被害が顕著であった電柱に関しては東京電力 P G の市町別の被害データをもとに被害発生状況を整理した。また、東京電力 P G が公表している停電履歴データを用いて、停電発生及び復旧状況を整理した。今後は、詳細な風況データ、倒木データなど今回整理した施設被害データの関係を分析することにより、施設の被害予測モデルを構築する予定である。また、風況データ、倒木データ、施設被害データと停電データを分析することによって、停電発生や停電時間の予測モデルに関する検討も行い、今後の台風災害の対策検討に活用することを考えている。

### 謝辞

東京電力パワーグリッド(株) 千葉総支社様には市町単位の電柱本数、被害形態別の被害本数データを提供いただきました。ここに記して関係各位に謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 東京電力ホールディングス株式会社：台風 15 号対応検証委員会報告書（最終報告），2020 年 1 月 16 日。
- 2) 経済産業省：総合資源エネルギー調査会電力・ガス事業分科会 電力・ガス基本政策小委員会／産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 合同 電力レジリエンスワーキンググループ 台風 15 号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ，2020 年 1 月 10 日。
- 3) 経済産業省：令和元年台風 15 号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ＜中間報告書＞，2020 年 1 月 21 日。
- 4) 内閣府：国と地方・民間の「災害情報ハブ」推進チーム，第 8 回（令和 2 年 2 月 12 日）資料 1 ISUT(Information Support Team)の活動報告，<http://www.bousai.go.jp/kaigirep/saigaijyouhouhub/dai8kai/pdf/shiryo1.pdf>，（2020 年 3 月 20 日最終閲覧）。
- 5) 経済産業省：ニュースリリースアーカイブ，[https://www.meti.go.jp/press/archive\\_201909.html](https://www.meti.go.jp/press/archive_201909.html)，（2020 年 3 月 20 日最終閲覧）。
- 6) 内閣府：防災情報のページ，災害情報，令和元年台風第 15 号に係る被害状況等について，<http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon15/index.html>，（2020 年 3 月 20 日最終閲覧）。
- 7) 東京電力パワーグリッド株式会社：停電情報，停電履歴情報，<http://teideninfo.tepco.co.jp/day/teiden/>，（2019 年 12 月 3 日最終閲覧）。

## 千葉県内の上水道施設への停電の影響

## Functional Damage to Water Supply Systems in Chiba Prefecture due to Power Outage

丸山 喜久\*<sup>1</sup>

Yoshihisa MARUYAMA

A powerful typhoon Faxai, the 15th typhoon in 2019, made landfall in Tokyo's neighboring Chiba Prefecture around 5:00 a.m. on September 9. It caused severe structural damage especially in the southwestern part of Chiba Prefecture. It also triggered extensive and continued power outage in Chiba Prefecture. This study investigated the functional damage to water supply systems in Chiba Prefecture because of the power outage. In Japan, it is anticipated that extensive power outages may occur after the Tokyo Inland and the Nankai Trough earthquakes in the near future. This study will be helpful to establish a resilient water supply system against future earthquakes.

*Keywords : Typhoon No. 15 in 2019, water supply system, power outage, Chiba Prefecture*

## 1.3.1 はじめに

令和元年台風15号（令和元年房総半島台風）は、非常に強い勢力のまま関東地方に接近し、9月9日午前3時ごろに三浦半島を通過、9日午前5時前に千葉市付近に上陸した<sup>1)</sup>。上陸時の勢力は中心気圧960hPa、最大風速40m/sと推定されており、関東地方に上陸した台風の中では最強クラスであった<sup>2)</sup>。

この台風の影響で、千葉県では大規模な停電が発生した。千葉県防災危機管理部の集計<sup>3)</sup>では、9月9日10時30分時点で最大約64万軒で停電した。停電の影響は様々に波及し、千葉県の上水道システムも機能支障に陥り、県内の15事業体22市町で断水が発生した。本研究では、停電による上水道システムの影響について調査し、その結果を報告する。

## 1.3.2 千葉県の水道事業の概要

専用水道を除く水道事業は表1.3.1のように区分される。千葉県の水道用水供給事業は、九十九里地域水道企業団、北千葉広域水道企業団、東総広域水道企業団、印旛郡市広域市町村圏事務組合、南房総広域水道企業団、かずさ水道広域連合企業団の6事業体で行われている（図1.3.1）<sup>4)</sup>。県営水道は、現在末端給水事業を行っており、水道用水供給事業は行っていない。県営水道は、北千葉広域水道企業団とかずさ水道広域連合企業団から用水供給を受けており、給水区域の一部に供給されている。県営水道による給水人口は、県内の給水人口（5,962,748人）の約

---

\*<sup>1</sup> 千葉大学大学院工学研究院 教授・博（工） Prof., Graduate School of Engineering, Chiba University, Dr.Eng.

表 1.3.1 水道の区分

区分		定義	経営・管理主体
水道事業	上水道事業	一般の需要に応じて水を供給する事業で給水人口 5,001 人以上のもの	原則として市町村
	簡易水道事業	一般の需要に応じて水を供給する事業で給水人口 101 人以上 5,000 人以下のもの	
水道用水供給事業		水道事業者に対して水道用水を供給する事業	原則として地方公共団体（都道府県，一部事務組合等）

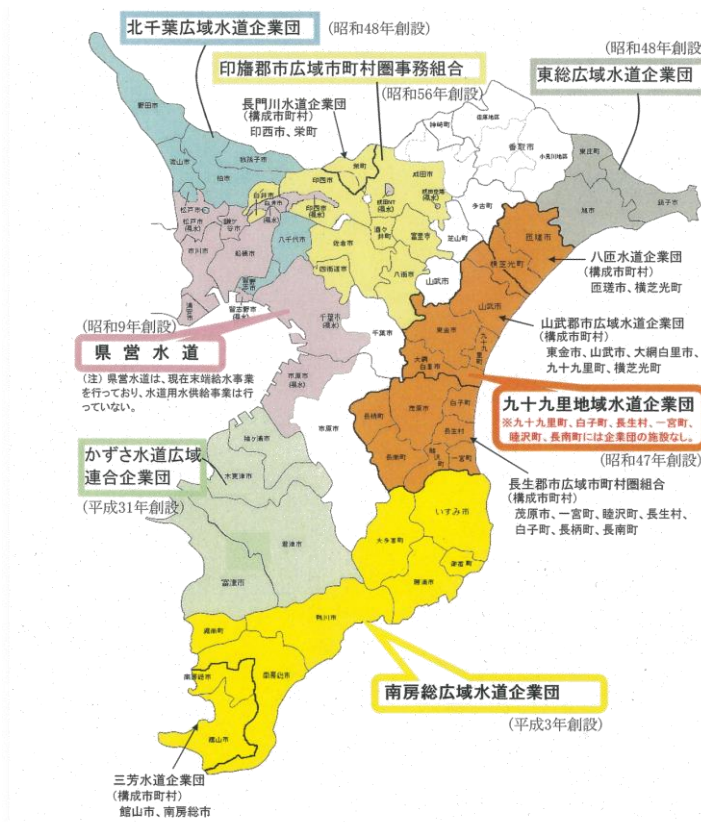


図 1.3.1 千葉県内の水道用水供給事業給水対象区域図

半分 (50.8%) の 3,027,417 人を占める (平成 29 年度時点)。

千葉県内の水道施設について述べると、平成 29 年度時点の基幹管路 (導水管, 送水管, 配水本管) の耐震適合性のある管の割合は 55.6% (総延長 2,307.2 km のうち 1,283.8 km) である。耐震対策が施されている浄水施設能力は約 1,057 千 m<sup>3</sup>/日であり、浄水施設能力約 2,722 千 m<sup>3</sup>/日のうち 38.8% を占める。耐震対策が施されているポンプ場施設能力は約 7,436 千 m<sup>3</sup>/日であり、ポンプ場施設能力約 16,567 千 m<sup>3</sup>/日のうち 44.9% である。配水池容量は 53.1% で耐震対策済みである (全容量約 1,859 千 m<sup>3</sup> のうち約 986 千 m<sup>3</sup>)。非常用自家発電設備は自然流下方式を除いた給水に電力が必要な 910 施設のうち、349 施設 (約 38%) に設置が済んでいる (表 1.3.2)。

### 1.3.3 台風 15 号による被害の概要

台風 15 号の影響で千葉県内では 15 事業者 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

表 1.3.2 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
加圧ポンプ所	219	18

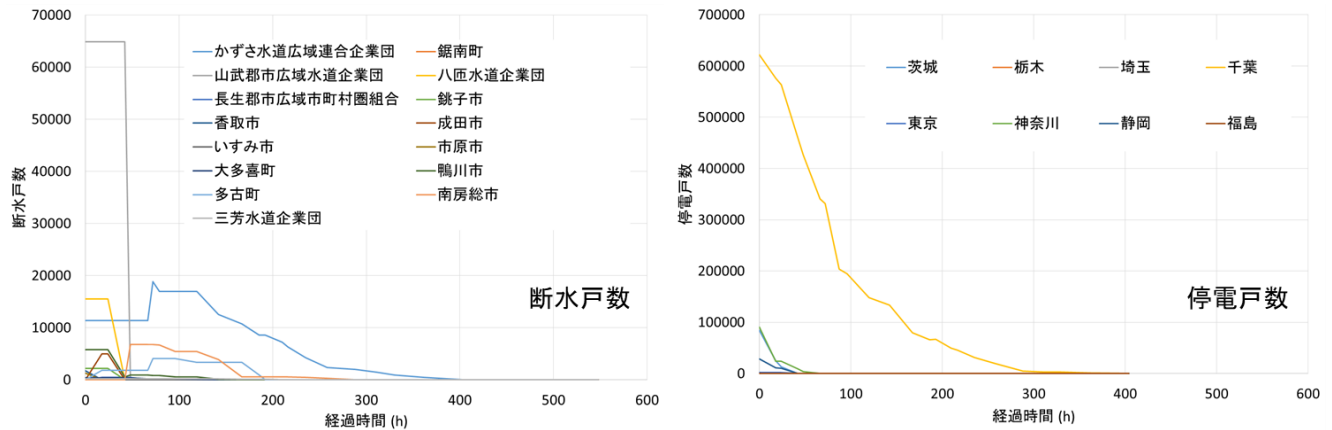


図 1.3.2 千葉県内の断水戸数と停電戸数の推移（経過時間の起点：2019年9月9日13:00）

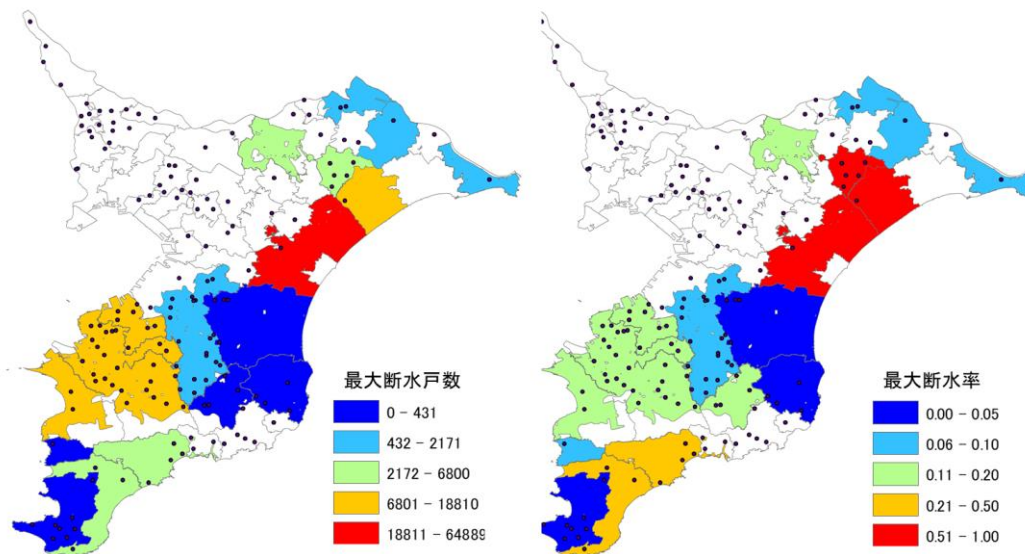


図 1.3.3 千葉県内の最大断水戸数と最大断水率

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、八匠水道企業団で約 16,000 戸などである。断水期間は 9 月 9 日から最長で 9 月 25 日までの 17 日間となった。

図 1.3.2 に、内閣府のとりまとめた被害状況<sup>5)</sup>に基づき作成した千葉県内の断水戸数と各都県の停電戸数を示す。2019 年 9 月 9 日 13:00 時点では千葉県内の停電戸数は約 62 万戸に達したが、停電は解消され 9 月 22 日 13:00 時点では約 3,100 戸に減少した。停電戸数の減少に伴い断水戸数も減少し、9 月 22 日 12:00 時点ではかずさ広域水道企業団で 1,500 戸、鋸南町で 2 戸となった。

図 1.3.3 に千葉県内の水道事業者ごとの最大断水戸数と最大断水率を示す。水道事業者ごとの給水戸数は、ホーム

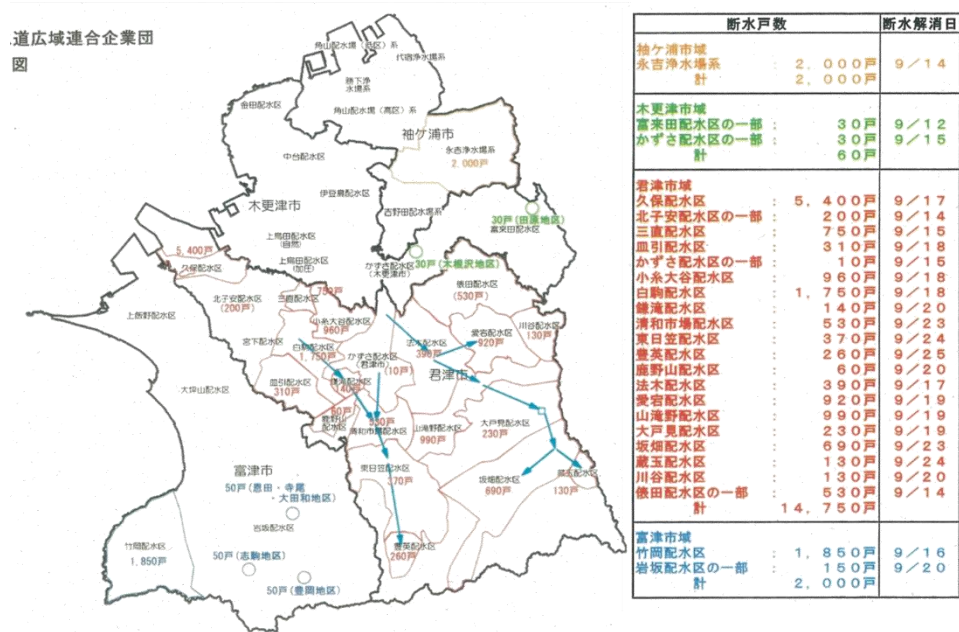


図 1.3.4 かずさ水道広域連合企業団における配水区域図と断水状況

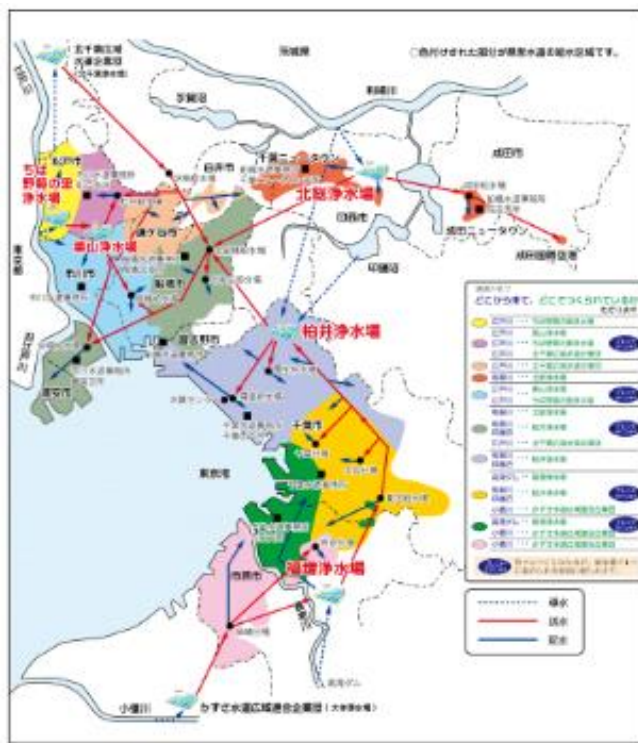


図 1.3.5 千葉県営水道の給水区域

ページなどを参照して定めた。山武郡市広域水道企業団では、給水区域内のほぼ全戸数である約 65,000 戸が 9 月 9 日から 11 日にかけて断水した。この地域の用水供給事業を担う九十九里地域水道企業団で、一部の浄水場が停電の影響で機能停止に陥ったため、給水区域内の全域で断水となった。また、八匠水道企業団でも給水区域内のほぼ全戸数である 15,500 戸が 9 月 9 日から 10 日にかけて断水した。この断水も九十九里地域水道企業団の用水供給が停止したためである。

木更津市、君津市、富津市、袖ヶ浦市を給水区域とするかずさ水道広域連合企業団では、9 月 9 日から 25 日まで

表 1.3.3 給水車の派遣状況

(a) 千葉県水道事業体

事業体名	応援先	給水車 派遣台数	派遣期間	事業体名	応援先	給水車 派遣台数	派遣期間
県企業局	山武郡市広域 水道企業団	6	9/9~9/11	習志野市	多古町	5	9/11~9/15
	多古町	2	9/10		かずさ水道広域 連合企業団	2	9/17~9/18
	南房総市	20	9/11~9/19		小 計	7	9/11~9/18
	千葉市	7	9/12~9/17	我孫子市	多古町	5	9/11~9/15
	かずさ水道広域 連合企業団	21	9/13~9/24		八匳水道企業団	2	9/9~9/10
	小 計	56	9/9~9/24		小 計	7	9/9~9/15
野田市	山武郡市広域 水道企業団	2	9/9~9/10	柏市	多古町	6	9/11~9/15
	かずさ水道広域連 合企業団	15	9/13~9/20		鴨川市	2	9/15~9/16
	小 計	17	9/9~9/20		小 計	8	9/11~9/16
八千代市	山武郡市広域 水道企業団	3	9/9~9/11	松戸市	多古町	5	9/11~9/15
	多古町	12	9/11~9/16	四街道市	かずさ水道広域 連合企業団	4	9/13~9/16
	小 計	15	9/9~9/16	旭市	八匳水道企業団	2	9/9~9/10
流山市	多古町	8	9/10~9/13	合 計		129	9/9~9/24

(b) 県外水道事業体

都道府県	応援先	給水車 派遣台数	派遣期間	都道府県	応援先	給水車 派遣台数	派遣期間
東京都	山武郡市広域水道企業団	4	9/9~9/10	水戸市	山武郡市広域水道企業団	2	9/9~9/10
	かずさ水道広域連合企業団	9	9/14~9/16	ひたちなか市	山武郡市広域水道企業団	1	9/10
	小 計	13	9/9~9/16	東海村	山武郡市広域水道企業団	1	9/10
横浜市	かずさ水道広域連合企業団	23	9/11~9/19	坂東市	山武郡市広域水道企業団	1	9/11
川崎市	かずさ水道広域連合企業団	8	9/11~9/14	茨城県南 水道企業団	山武郡市広域水道企業団	1	9/11
日立市	山武郡市広域水道企業団	2	9/9~9/10	土浦市	山武郡市広域水道企業団	1	9/11
	南房総市	4	9/13~9/16	古河市	山武郡市広域水道企業団	1	9/11
	小 計	6	9/9~9/16	日立太田市	南房総市	1	9/16
高萩市	南房総市	3	9/13~9/15	合 計		62	

(c) 自衛隊および国土交通省

事業体名	自衛隊	国土交通省
市原市	16	0
かずさ水道広域連合企業団	6	15
八匳水道企業団	2	0
山武郡市広域水道企業団	12	0
長生郡市広域市町村圏組合	9	0
鴨川市	0	2
南房総市	0	2
合 計	45	19

※病院や社会福祉施設への給水を行ったものや、市町村の防災部局から県の危機管理課に要請したものを除く。

の17日間断水した。台風上陸後の9月9日から停電による断水が発生し、9月12日7:30時点で約11,000戸で断水が続いていた。その後、12日13:00時点で、停電による取水量不足によって配水池の水位が低下し、新たな断水が発生した。その結果、最大約19,000戸で断水した。かずさ水道広域連合企業団の給水区域での詳細な断水解消日は図1.3.4の通りである。特に君津市で断水の影響が大きく、最大で約15,000戸が断水し、最長で9月25日まで断水





図 1.3.6 電源車の配備状況

が継続した。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およびその電源確保に時間を要したことなどが挙げられる。

千葉県営水道の給水人口は約 300 万人で県内の全給水人口の約半分（50.8%）を占める<sup>4)</sup>。県営水道の給水区域<sup>6)</sup>を図 1.3.5 に示す。県営水道は県北西部など 11 市で水道事業を行っている。このうち市原市の福増浄水場は、二回線受電により電源の信頼性は高めていたが、台風 15 号による停電の影響を受けた。約 50 時間停電が続いたものの、非常用自家発電設備が稼働し、浄水機能が失われることはなかった。台風 15 号の際には、県営水道の給水区域で断水は生じなかったが、一部の高層建物では停電の影響で貯水槽以降のポンプ等が停止し、断水となることがあった。今後同様の事態が発生することも考えられるため、停電時に活用できる直結給水栓を住民に充分周知することなどの対策が必要である。

#### 1.3.4 応急復旧活動の概要と今後の課題

2019 年 9 月 9 日から発生した断水を受けて、表 1.3.3 のように県内水道事業者（129 台）、県外水道事業者（62 台）、自衛隊（45 台）および国土交通省（19 台）から給水車が派遣された。千葉県企業局保有の給水車が最長で 9 月 24 日まで応急給水活動を行った。

千葉県では 14 台の電源車を確保し、かずさ水道広域連合企業団、山武郡市広域水道企業団、多古町へ配備した。それぞれ、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された（図 1.3.6）。しかし、医療施設、社会福祉施設と並行して要請があり、直ちに設置されないことがあった。そのため、電源車の設置に向けた調整中に復電した施設もあった。また、設置する施設と電源車の規格が合わない事態もあった。

台風 15 号の際の応急復旧活動における課題としては、以下の点が挙げられる。千葉県では一つの市町村で複数の水道事業者が水道事業を行っている場合があるため、応急給水活動を行う際の調整を充分に行うことが重要である。また、応援要請に関しても水道事業者と市町村の連携が不可欠であり、事前協議が必要である。今回の台風では、停電が長期化したため通信手段が途絶し、現地の被害状況の収集が困難であった。同様の事態に備えて、情報収集手段の多様化が重要である。さらに、非常用自家発電設備のための燃料確保が困難であった。停電時に対応できる給油所が少なく、特に重油を取り扱っている事業所が少なかった。燃料協定を締結するなど、事前対策が有効と考えられる。

## 謝辞

千葉県企業局，千葉県総合企画部水政課，かずさ水道広域連合企業団の関係者の方々には，ヒアリング調査に応じていただいた。記して，謝意を表す。

## 参考文献

- 1) 気象庁：令和元年 台風第15号に関する情報 第72号，2019.
- 2) ウェザーニュース：【速報】台風15号 千葉県付近に上陸 関東では過去最強クラス，<https://weathernews.jp/s/topics/201909/090055/>
- 3) 千葉県：千葉県防災ポータルサイト，[http://www.bousai.pref.chiba.lg.jp/portal/PUB\\_VF\\_Detail\\_Docs](http://www.bousai.pref.chiba.lg.jp/portal/PUB_VF_Detail_Docs)
- 4) 千葉県総合企画部水政課：平成29年度 千葉県の水道，2019.
- 5) 内閣府：令和元年台風第15号に係る被害状況等について，<http://www.bousai.go.jp/updates/r1typhoon15/index.html>
- 6) 千葉県営水道：県営水道の給水区域，<https://www.pref.chiba.lg.jp/suidou/souki/2nd-page/area.html>

## 通信設備の被害と停電による影響

## Physical Damage to and Functional Impacts on Telecommunications Facilities from Typhoon No. 15

庄司 学\*<sup>1</sup>, 永田 茂\*<sup>2</sup>, 皆川 大雅\*<sup>3</sup>*Gaku SHOJI, Shigeru NAGATA, Taiga MINAKAWA*

This study examined physical damage to and functional impacts on telecommunications facilities in Chiba Prefecture, Japan, that were exposed to Typhoon No. 15, which made landfall in September 2019. We aimed to assess damage to the facilities managed by Nippon Telegraph and Telephone East (NTT EAST) and to confirm the extent of affected telecommunication services supplied by those facilities as well as determine the functional disruption to telecommunication buildings by the related electric-power failures. We also set out to show quantitatively, in time series, the physical impact on telecommunication poles and cables due to the associated strong winds, the slope and road failures during the passage of the typhoon, and the number of failed lines between the telecommunication buildings and the supplied units, as reported by users. Regarding damage to mobile-phone communication facilities managed by SoftBank, we focused on the characteristics of disruption to mobile-phone communication across the served communication areas in Chiba Prefecture and analysed the data in time series. Finally, we gathered information on responses made and damage countermeasures introduced immediately after the event by both NTT EAST and SoftBank, particularly from an engineering perspective, and started discussions in preparation for anticipated communication-infrastructure damage by a future typhoon disaster.

**Keywords :** *Typhoon No. 15, physical damage, functional impact, telecommunications facility, mobile-phone communication facility, strong wind, slope and road failures, power failure*

## 1.4.1 はじめに

台風 15 号による通信設備のサービス影響と物理的被害の概要を示すとともに、それらに対する対応・対策と復旧状況について明らかにする。通信設備は、東日本電信電話株式会社（NTT 東日本）の固定電話伝送網とソフトバン

---

*1 筑波大学システム情報系 教授・博（工）	Prof., Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba, Dr.Eng.
*2 防災科学技術研究所 主幹研究員・工博	Senior Chief Researcher, National Research Institute for Earth Science and Disaster Resilience, Dr.Eng.
*3 筑波大学大学院システム情報工学研究科 大学院生・学士（工学）	Grad. Student, Department of Engineering Mechanics and Energy, University of Tsukuba, B.Eng.

ク株式会社 (SoftBank) の携帯電話通信設備を対象とした。以降の 1.4.2 から 1.4.4 では NTT 東日本の設備被害の特徴を、1.4.5 と 1.4.6 では SoftBank のそれらを論ずる。NTT 東日本の設備被害についてはウェブの公開情報<sup>1)2)</sup>に示された数値や図表に依った。以降の本節に示す図は全て文献 2)に示された情報に基づき筆者らが作成したものである。SoftBank の設備被害についてはヒアリング調査 (2019 年 11 月 12 日) と同様にウェブの公開情報<sup>3)</sup>により得られた情報である。なお、通信ケーブルや電柱等の設備被害には「罹災」や「罹障」、個別ユーザーである「お客様」の設備被害には「故障」という用語を用いているが、これらの用語の使い方は上記の文献での使い方に原則従っている。

#### 1.4.2 固定電話関連 (NTT 東日本) のサービス影響並びに非常用電力による通信ビル機能の維持

図 1.4.1 は、発災後からの固定電話関連の影響回線数の推移を示す。影響回線数はアナログ電話、ひかり電話 (以上、電話系サービス)、及び、光アクセスサービスの罹障回線数を指しており、「お客様宅と通信ビル間の回線切断等による影響数」は含まれていない。従って、通信ビルによって供給し得るサービス容量の変化を表しており、以降で述べる停電 (商用電源の枯渇) による通信ビルへの機能的な影響の度合いを示している。9 月 9 日 13 時から同 21 時までは罹障回線数はゼロであったものが、図 1.4.1 より、翌 9 月 10 日 7 時に電話系サービスに約 3.2 万回線、光アクセスサービスに約 2.2 万回線の影響が報告され、9 月 11 日 7 時において電話系サービスが約 10.2 万回線、光アクセスサービスが約 7 万回線のピークを迎えている。この結果、約 17.2 万回線を罹障回線数の最大値ととらえることができる。このようなサービスへの影響に対して全国から非常用電源を配備する等して順次、回復をはかり、9 月 12 日 7 時には電話系サービスが約 2.6 万回線、光アクセスサービスが約 3.2 万回線まで罹障回線数は低減している。9 月 13 日 14 時には、停電が発生し商用電源が復旧していないエリアにおいても、非常用電源の配備により、全ての通信ビル機能で復旧が完了している。

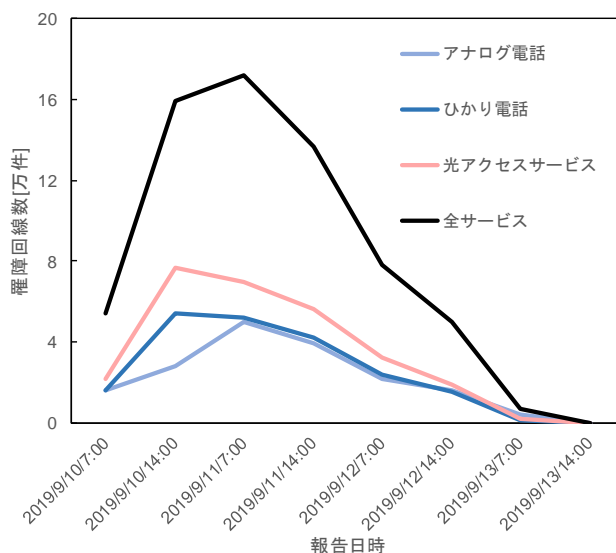


図 1.4.1 罹障回線数の時間的推移

通信ビルにおけるバッテリーや移動電源車等の予備電源の稼働状況 (図中、黄色) と「予備電源の維持が困難となることによりサービス提供に影響が生じる可能性のあるビル」(赤色), 「予備電源の維持が困難となるおそれのあるビル」(ピンク色), 及び, 「非常用電源の枯渇により, サービス提供に影響が生じているビル」(灰色) の空間分布を発災後からの時系列で示した結果が図 1.4.2 及び図 1.4.3 である。これらの図と文献 2)の第 17 報によれば, 管内 211 の通信ビルに対して, 9 月 9 日 21 時には停電の長期化に伴って予備電源により通信ビル機能を維持している

ビルが 125 ビル、内、移動電源車等による電源供給ビルが 10 ビルであったものが、上述の罹障回線数のピークを示した 9 月 11 日 7 時には予備電源により通信ビル機能を維持できていたビルは 43 ビルに激減し、内、35 ビルが移動電源車等による電源供給により機能維持をはかれたものの、結果的に最大 67 ビルにおいて電源枯渇によりサービス利用が不可となった。9 月 12 日 7 時には、予備電源の中でもバッテリーによる電源供給が枯渇してすべてを移動電源車等による電源供給にシフトし、それらによる電源供給は最大 45 ビルに達した。上記の 9 月 13 日 14 時には、商用電源の回復が進み、移動電源車等による 32 の電源供給ビルを残し、通信ビルが供給し得るサービス容量は全て回復している。移動電源車は最終的に全国から 75 台が緊急配備される結果となった。

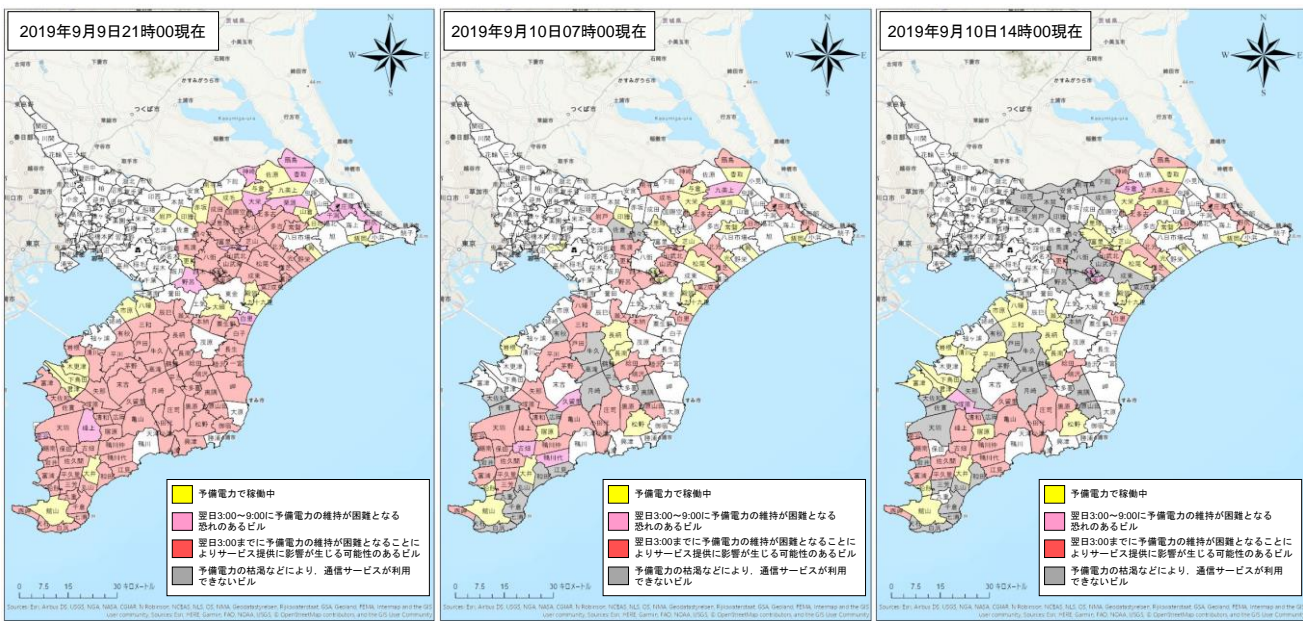


図 1.4.2 停電による通信ビル機能の時空間的な影響：9 月 9 日と 9 月 10 日

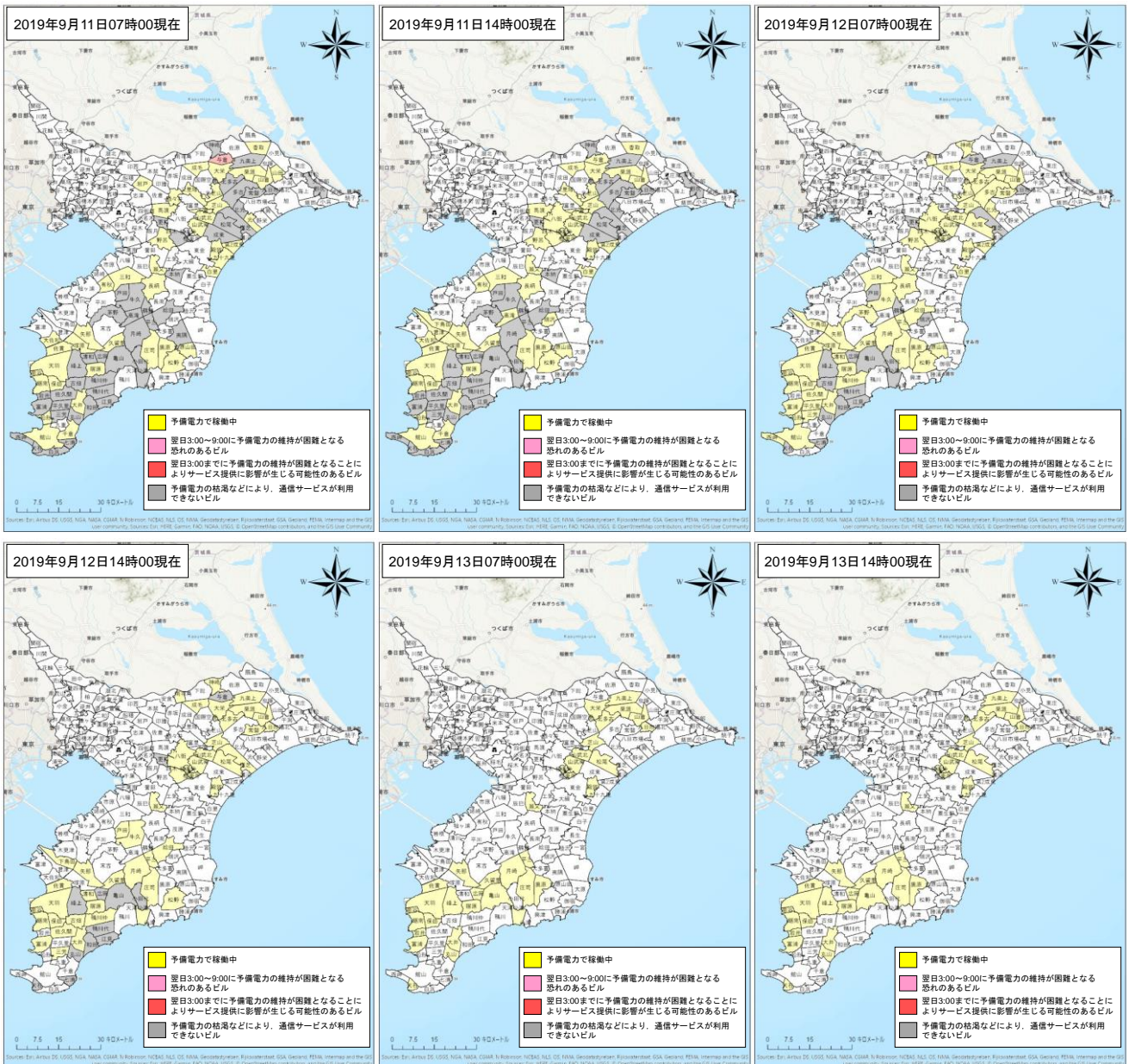


図 1.4.3 停電による通信ビル機能の時空間的な影響：9月11日から9月13日まで

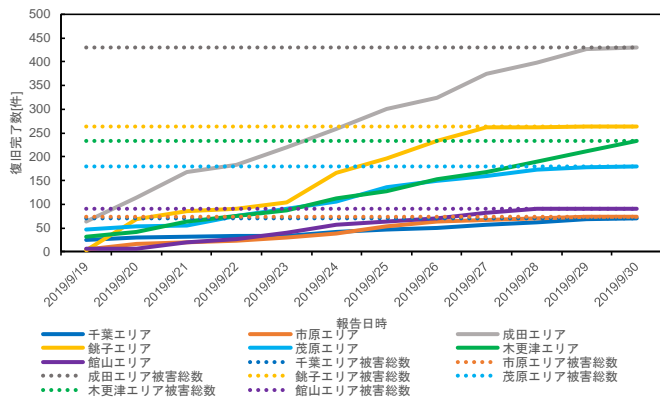


図 1.4.4 電柱並びにケーブル等の復旧完了数の時間的推移

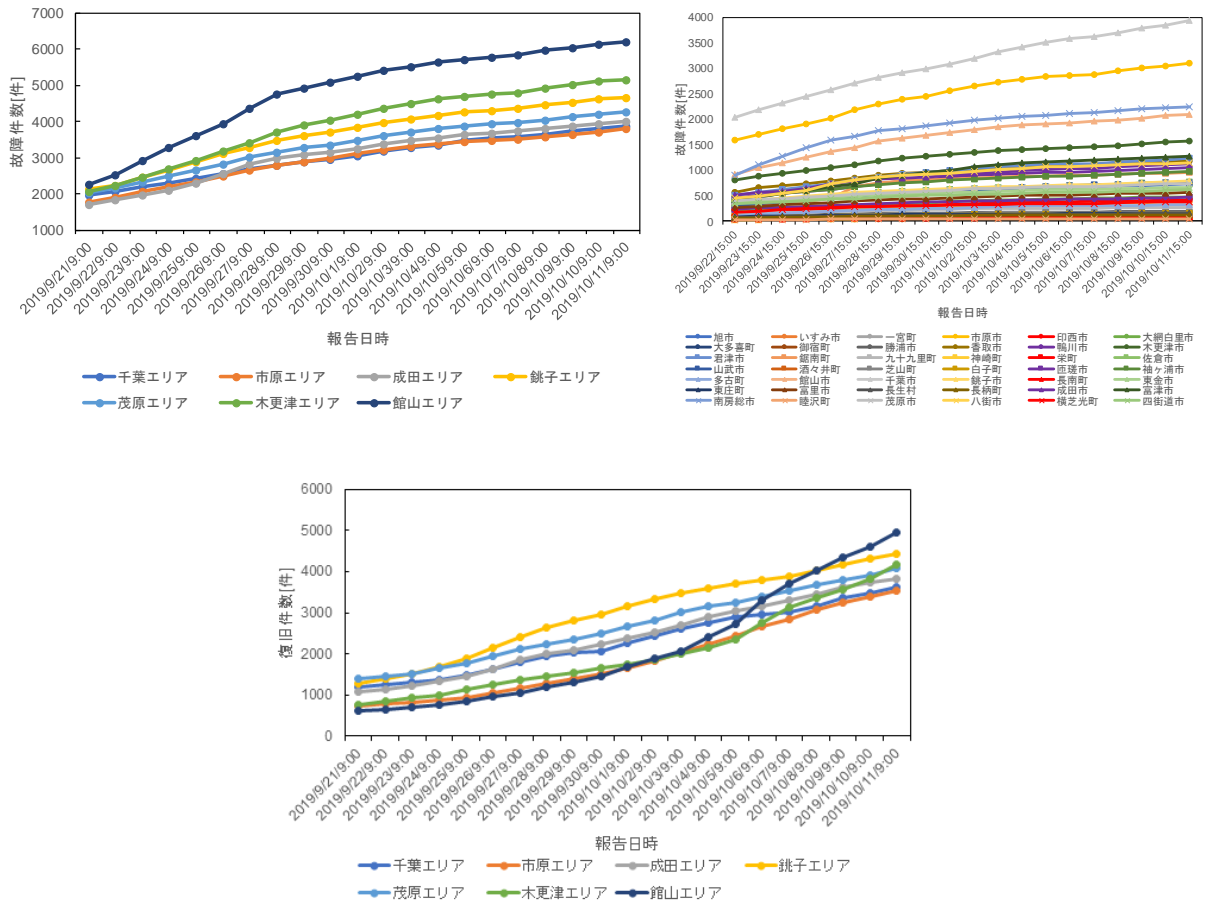


図 1.4.5 故障件数並びに復旧件数の累計値の時間的推移

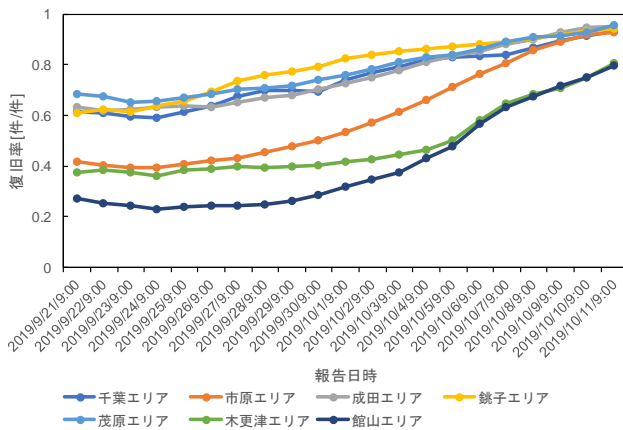


図 1.4.6 復旧率の時間的推移

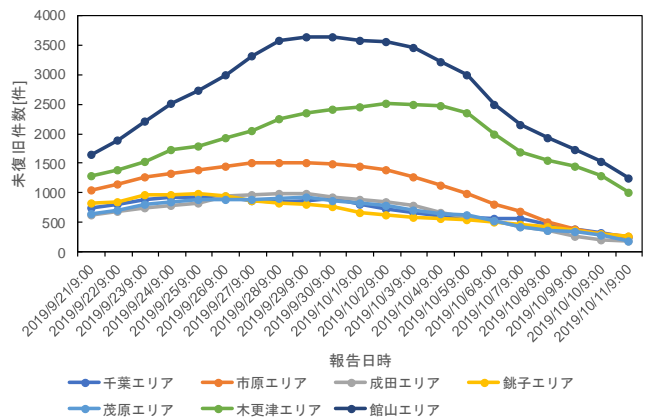


図 1.4.7 未復旧件数の時間的推移

### 1.4.3 電柱やケーブル等の罹災状況、及び、故障件数の推移

図 1.4.4 は、通信ビルから利用者間に位置する電柱並びにケーブル等の復旧完了数の時間的推移を保守エリア別に示した結果である。なお、斜面崩壊等により道路の通行支障が生じている「立ち入り禁止エリア」は除外されている。また、利用者の宅内の引き込み線等の故障により、サービス影響が生じる場合があるが、これらの件数は図 1.4.4 にはカウントされていない。図 1.4.4 によれば、9 月 18 日時点までに成田エリア：430 箇所、銚子エリア：264

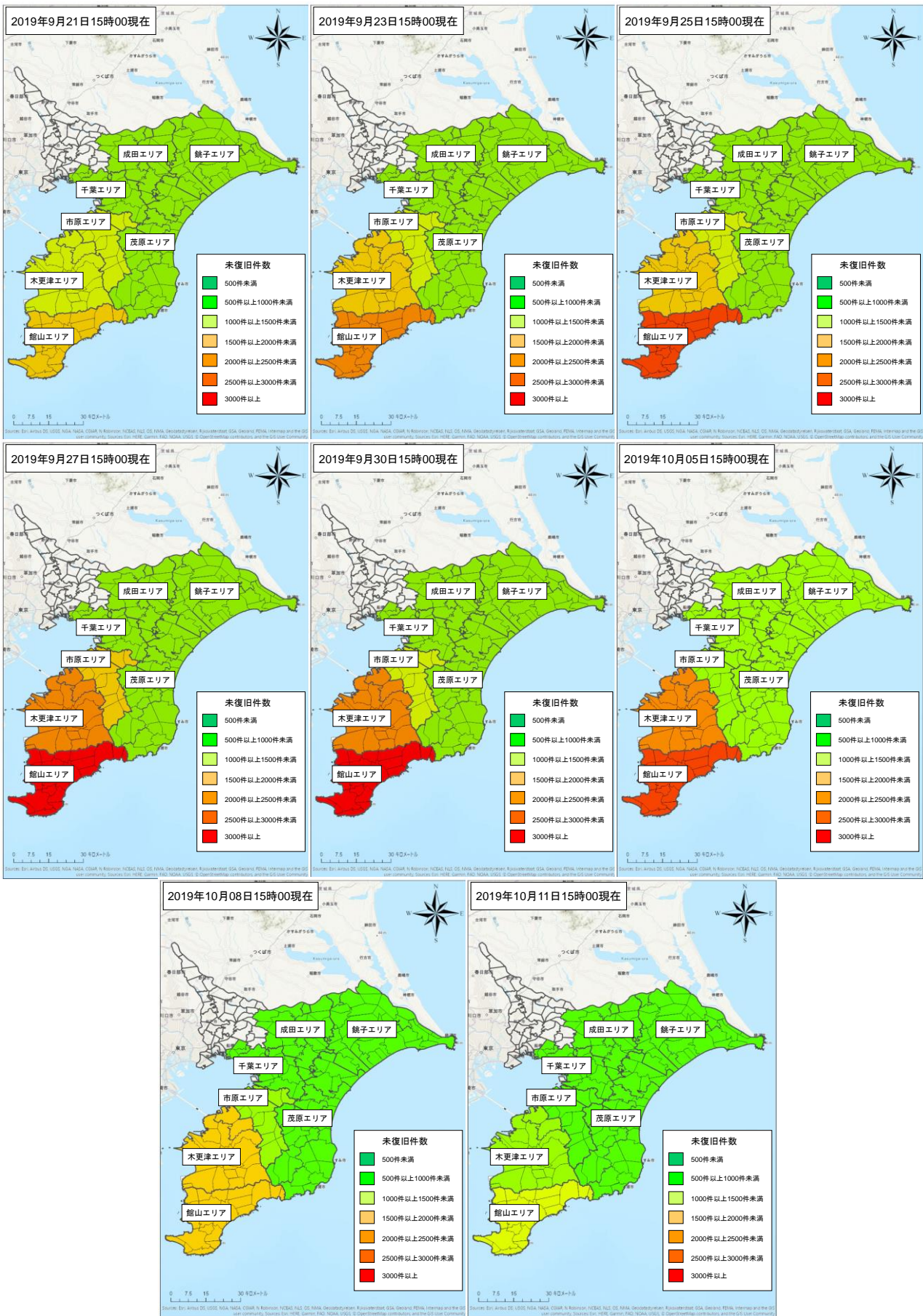


図 1.4.8 未復旧件数の時空間的な推移



箇所、千葉エリア：70箇所、市原エリア：73箇所、茂原エリア：180箇所、木更津エリア：233箇所、館山エリア：91箇所の合計1,341の罹災箇所数が確認され、9月27日時点では銚子エリア、市原エリア、茂原エリア、及び、館山エリアにおいて9割前後復旧し、9月28日時点で成田エリアがおよそ9割復旧している。9月30日には全てのエリアで復旧が完了しているが、復旧時間を最後まで要したのは千葉エリアと木更津エリアであった。

1.4.2 に示した通信ビルが機能的に回復してもこのような電柱やケーブル等の配線系の設備の復旧がなされないと、利用者は通信アクセスができないため、利用者サイドの支障を最も実態に即して表した指標が図1.4.5に示す故障件数に係る時間的推移である。故障件数は、主に113番の故障受付等を通じて、「お客さまからのご申告等に基づき確認ができた故障件数（回線数）」と定義されている。図1.4.5は9月21日から日ごとに覚知されていく故障件数並びに復旧件数をそれぞれ累計した結果である。10月11日における累計の件数が各エリアの故障件数並びに復旧件数の総数となる。復旧件数を故障件数で除して復旧率と定義し、同期間における復旧率の経時変化を示した結果が図1.4.6である。図1.4.7は故障件数の中の未復旧件数を同期間において示した結果である。この様子を時空間的に示した結果が図1.4.8である。

図1.4.5から図1.4.8によれば、各エリアにおいて、9月21日から10月11日までに復旧率は漸増するものの、日ごとに覚知されていく故障件数が復旧件数を上回り、いわゆる復旧が追い付かない状況に陥り、各エリアにおいて未復旧件数がある段階まで増加しピークを迎え、その後、復旧が進捗して10月11日までは未復旧件数が一定レベルにまで低減していることがわかる。また、累計の故障件数が多かった館山エリアと木更津エリアにおいては日々覚知されていく故障件数が復旧件数を大きく上回り、未復旧件数が9月29日あるいは10月4日まで増加し続け、復旧率がなかなか改善されなかった結果、復旧が大きく長期化したことが明らかである。台風15号による固定電話の設備被害に対する復旧過程の大きな特徴と言えよう。

#### 1.4.4 復旧対応とサービス影響に対する対策

文献2)の第17報によれば、全国から人員等が集められ、9月20日時点において約7,600人体制で、上述した通信設備被害やサービス影響に対して復旧にあたった。

発災直後の9月9日より、千葉県内全域において約7,000台の公衆電話の無料化が実施され、被災自治体からの要請のもと、災害時用公衆電話（特設公衆電話）が9月12日から10月11日まで避難所等に設置された。また、9月13日から千葉県全域で約2,100箇所の光ステーション（Wi-Fiアクセスポイント）が無料開放され、この措置は10月11日まで継続された。113番の故障受付の繋がりにくさを解消するために、千葉エリアの故障受付者を9月11日からは5倍に増員し故障受付の応答率を高めるとともに、被災自治体の役場等の社外においても故障受付窓口を設置する等して対応した。

#### 1.4.5 携帯電話（SoftBank）の停波の状況

発災直後の9月9日13時30分においては、停波基地局数は592、エリア支障は18の市町村に及んだ。被害が甚大であったのは、千葉県の館山市、南房総市、富津市、君津市、鴨川市の5市である。これは主に、強風そのものや強風による飛来物・倒木、及び、斜面崩壊や道路損壊等によって、電柱並びにケーブルの伝送路に物理的な支障が生じたためである。その後、継続的な停電による影響（停電支障）を受け、翌9月10日7時において停波基地局数は759に及び、エリア支障は52の市町村まで拡大し停波のピークを示した。電力の復電や次項に示す応急復旧活動により、9月11日には停波基地局数は600まで低減させることができ、エリア支障の市町村も同様に30前後まで大きく低減された。9月12日と9月13日には1日におよそ100の停波基地局数が解消され、9月18日17時38分をもって、エリア支障が生じていた全ての市町村で応急復旧が完了した。

#### 1.4.6 停波に対する対応と対策

復旧までにかかわった人員は10日間延べ6,042人を要した。2人で1班を構成し計1,916班の復旧態勢で臨んだ。復旧ベースキャンプを千葉県におき、停波及び停電に対する対応として、移動基地局車、移動電源車、可搬型基地局、可搬型衛星アンテナ、可搬型発電機、等の応急復旧機材を合計480台投入した。これらの応急復旧機材の最大運用数は334台であった。また、避難所等への支援箇所は19箇所に及んだ。充電設備を38台、固定型電話(3G)を9台、無線Wi-Fiを12箇所、千葉県全域において無線スポットを開放して支援を行った。

応急復旧において支障が生じた点として、倒木や電柱の倒壊、及び、道路崩壊・損壊・冠水によって車両が通行不可となった箇所が多数存在したことである。このような道路の物理的な被害に伴う通行止めやその結果生じ得る渋滞等の道路交通状況に関する情報連携をはかるべく、関係組織が集まる災害対策本部にてリエゾンを通じた更なる連携強化が課題の一つとなった。応急復旧に関わる様々な組織(国、自治体、通信会社、電力会社等)の関連部局への情報のアクセスルートを明確にし、一元化していく枠組みが一層求められよう。

#### 謝辞

東日本電信電話株式会社(NTT 東日本)の設備被害については、NTT アクセスサービスシステム研究所の田中実氏、板坂浩二氏、奥津大氏、伊藤陽氏をはじめ災害対応に関係する組織の皆様方より、情報提供に多大なご尽力をいただき、各種情報を多々精査していただきました。また、ソフトバンク株式会社(SoftBank)の設備被害については、SoftBankの関係組織の皆様方に多くの貴重な情報提供をいただきました。ここに記して関係各位に謝意を表します。

#### 参考文献

- 1) 総務省：令和元年台風第15号関連情報、令和元年台風第15号による被害状況等について、第1報～第37報、[https://www.soumu.go.jp/r01\\_taifudai15gokanrenjoho/](https://www.soumu.go.jp/r01_taifudai15gokanrenjoho/) (2020.3.20 参照)
- 2) 東日本電信電話株式会社：報道発表資料、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/> (2020.3.20 参照)
- 3) ソフトバンク株式会社：お知らせ 2019年9月18日、台風第15号による携帯電話ネットワークへの影響と全復旧に向けて実施した取り組みについて、[https://www.softbank.jp/corp/news/info/2019/20190918\\_02/](https://www.softbank.jp/corp/news/info/2019/20190918_02/) (2020.3.20 参照)

## 停電と断水が医療機能に与えた影響

### Impact of Stoppage of Power and Water on Performance of Hospitals

宮島 昌克\*<sup>1</sup>, 芹川 由布子\*<sup>2</sup>,

*Masakatsu MIYAJIMA, Yuko SERIKAWA*

A questionnaire survey for hospitals affected by Typhoon Faxai (2019) in Japan was done and impact of damage to lifeline on medical functions was studied. The questionnaire survey sheets were mailed to 349 hospitals then responses were obtained from 87 hospitals in Chiba Prefecture. Therefore, the questionnaire collection rate was 24.9%. The results of this survey indicate that the stoppage of power mostly affected to the medical function in the lifeline function damage. However, an alternative electricity reduced the effect of power outage on performance of hospitals. The capacity of the alternative electricity should be reviewed.

*Keywords : stoppage of power, stoppage of water, performance of hospital*

#### 1.5.1 はじめに

わが国はこれまでに多くの自然災害に見舞われ、その度に大きな被害が発生してきた。災害時において、医療機関は救命救急活動を実施する重要な拠点施設となる。しかし、医療機関も当然被害を受けるため、医療機能を維持し、救命救急活動を迅速に行うためにも、医療機能の低下度合いを把握することは重要である。2016年熊本地震や2018年北海道胆振東部地震におけるアンケート調査結果<sup>1)・2)</sup>においても、ライフライン機能被害が医療機能被害に及ぼす影響は大きく、断水、停電により影響を受けた医療機関は被害発生機関のうち70%近く報告されており、多くの医療機関で休診・転院などの対応がとられた。

これまでのライフライン機能被害は地震だけでなく台風の際にも発生しており、今後、日本において予想される台風に対し、医療施設が十分な医療機能を発揮できれば、被災地において人的被害を最小限に抑えることが可能であると考えられる。しかしながら、これまでに台風災害による医療機関の被害をテーマにした研究は少ないため、台風15号による医療機関の被害を詳しく調査し、ライフライン被害による医療機能の制限・影響の有無を明らかにする必要がある。そこで本研究では、台風によるライフライン機能被害が医療機能に与える影響の要因を分析することを目的とし、台風15号による被害が甚大であった千葉県を対象にアンケート調査を実施した。

\*1 金沢大学理工研究域地球社会基盤学系  
教授・工博

Prof., School of Geosciences and Civil Engineering,  
Faculty of Science and Engineering, Kanazawa University, Dr. Eng.

\*2 松江工業高等専門学校環境・建設工学科  
助教・博士(工学)

Assistant Prof., Dept. of Civil and Environmental Engineering,  
National Institute of Technology, Matsue College, Dr. Eng.

### 1.5.2 アンケート調査の概要

アンケートを実施する上で有意なデータを得るために、建物被害や停電・断水といったライフライン機能被害が生じた千葉県を調査対象地域とした。対象とする医療機関は千葉県医師会に所属している 2061 の医療機関より、病院、医療センター・メディカルセンター241 機関と、5 名以上の協力医師が所属している医院、クリニック、診療所 108 機関の合計 349 機関を選定しアンケート調査を行った。2019 年 12 月 25 日よりアンケート用紙を送付し、87 医療機関から回答を得たので、回収率は 24.9%であった。

調査項目は、台風災害時の被害と医療機能被害の関係として考えられる「ライフライン機能被害」、「設備被害(構造物被害を含む)」、「医療機器被害」、「被災直後の医療活動」、「病院諸元」から成る 5 項目を設定した。回答の得られた医療機関の属性として、病床数区分による病院割合割合を図 1.5.1 に、全国における病床数区分による病院割合<sup>3)</sup>を図 1.5.2 に示す。病院は機能別に以下のように分類される。①特定機能病院として高度医療を提供し、医療技術の開発・評価を行い、研修ができる病院。400 床以上の病床を有し、厚生労働大臣によって承認される。②地域医療支援病院として医療機器などを一般病院や診療所と共同で利用し、かかりつけ医を後方支援する病院。200 床以上の病床数を持ち、都道府県知事によって承認される。③特定機能病院、地域医療支援病院以外の病院。このように病院の分類には病床数が用いられており、今回の調査で回答が得られた医療機関の病床数と全国における病床数の割合には大きな差はなく、アンケートより得られた被害状況は一般的な結果として適用できると考える。

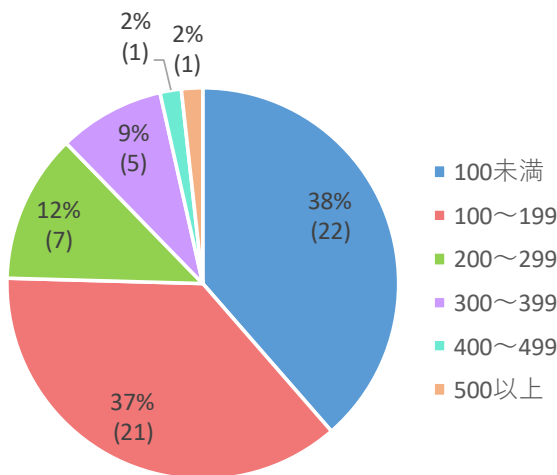


図 1.5.1 病床数別の割合

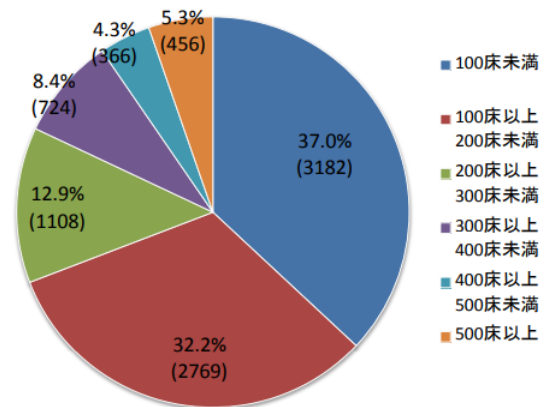


図 1.5.2 全国における病床数別の割合<sup>3)</sup>

### 1.5.3 ライフライン機能被害が医療機能に及ぼす影響

図 1.5.3 にアンケート送付先の分布とライフライン機能被害の有無を示す。赤で示した箇所では被害が生じており、青で示した箇所では無被害であった。緑で示した箇所は不明である。ライフライン機能被害の有無を図 1.5.4 に示す。本研究ではアンケート結果を整理するため、被害率、影響率を以下のように定義する。

$$\text{被害率}(\%) = \frac{\text{被害発生機関数}}{\text{全回答機関数}} \times 100$$

$$\text{影響率}(\%) = \frac{\text{被害により医療機能への影響が生じた機関数}}{\text{被害発生機関数}} \times 100$$

全回答機関 87 件のうちライフライン機能被害ありと回答した機関は 23 件であり、被害率は 26%となった。地図上のプロット位置からは千葉県の広範囲でライフライン機能被害が発生していたことがわかる。

図 1.5.5 に医療機能へ影響を及ぼしたライフライン機能被害の項目別回答数を示す。回答数の最も多い項目は停電であり、次いで断水という結果となった。電波塔の被災による電波障害やインターネット不通、携帯電話不通なども医療機能に影響を及ぼしていた。台風直撃時の医療機器の使用を避けるために、人工透析治療の時間調整や診療時間の変更を行った機関もあった。図 1.5.6 にライフライン機能被害による医療機能への影響の有無を示す。6項目全てにおいて医療機能への影響率が80%を超えていることから、ライフラインが途絶えた場合、医療機関は通常の機能を果たせなくなると考えられる。停電が医療機能に影響を及ぼさなかったと回答した機関は、停電の期間を自家発電等の代替設備を用いるなどの対応策がとられていた。

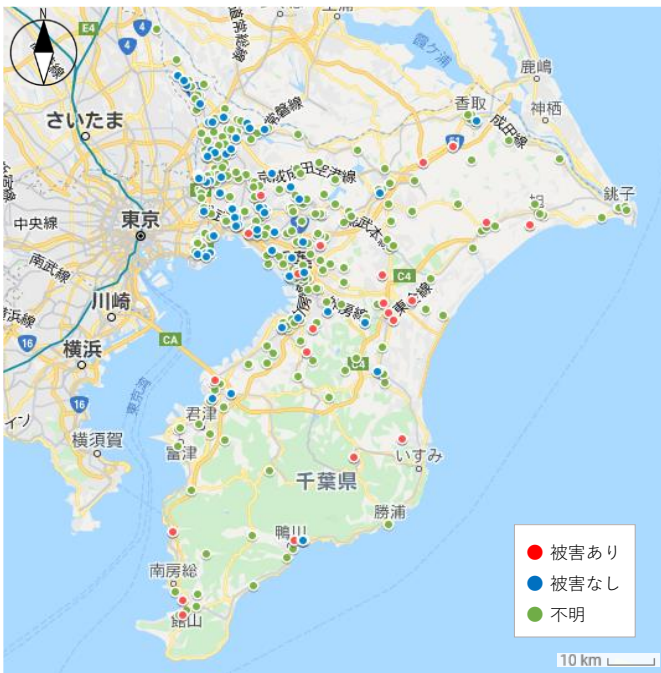


図 1.5.3 アンケート送付先とライフライン機能被害の有無

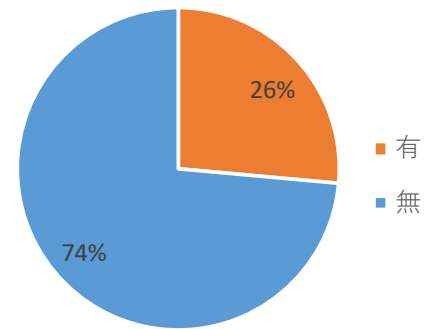


図 1.5.4 ライフライン機能被害の有無

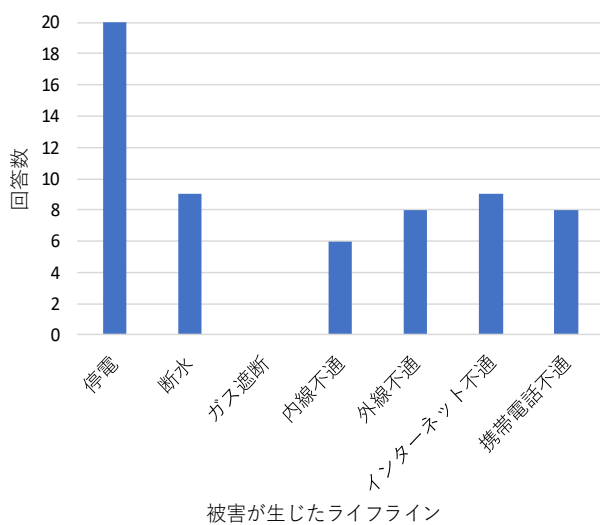


図 1.5.5 ライフライン機能被害の項目別回答数

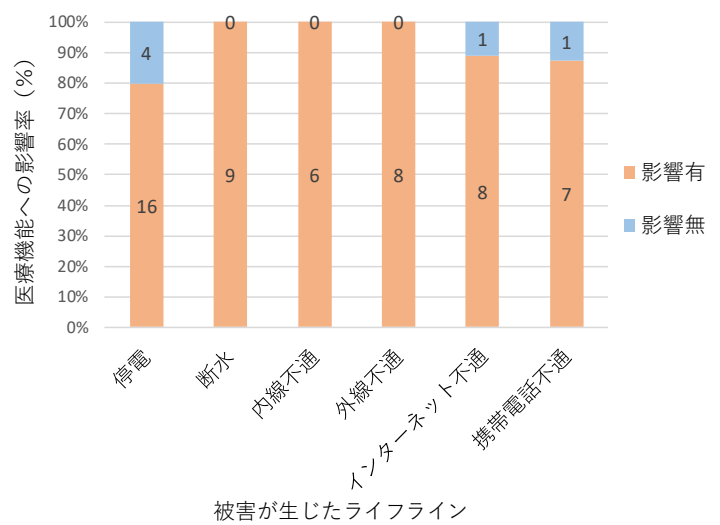


図 1.5.6 ライフライン機能被害による医療機能への影響の有無

### 1.5.4 設備の使用制限が医療機能に及ぼす影響

ライフライン機能被害により生じた設備の使用制限の有無を図 1.5.7 に示す。設備の使用制限があったと回答した機関は 84%であった。図 1.5.8 に使用が制限された設備の項目別回答数を示す。回答数の最も多かった設備は通信関連(LAN 等)であり、次いで照明設備、室内電源であった。このような被害の主な要因は停電である。

図 1.5.9 に設備使用制限による医療機能への影響の有無を示す。影響率が最も高い設備は放射線関連機器であり、86%となった。検査機器や放射線関連機器の使用不可により、外来の診療を制限または休診したと回答した機関が多く、これらの設備が医療機能に与える影響率は高いと言える。次いで、室内電源 82%，通信関連(LAN 等)78%と影響率が高い結果となった。停電時に自家発電や非常電源コンセント、非常灯などの代替設備を使用している機関が多くあったが、平常時の電力量の全てをまかなうことはできず、設備の使用が制限された。夜間の停電や 2 時間程度の停電の場合は自家発電等と使用することで医療機能への影響はなかったと回答している。通信関連については医療機関での復旧が困難であるため、影響率が高くなったと考えられる。

また、今回の台風による設備への直接的な被害は、室外機の転倒・破損が挙げられた。この被害によりエアコンが故障し病室の温度が上昇した。胚培養室の温度も上昇し、胚の管理にも影響が生じた。雨漏りやガラスの破損などの構造被害もあったが、医療機能への影響はなかった。

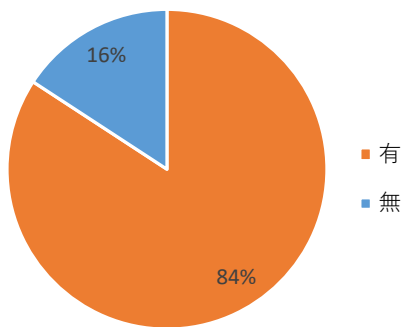


図 1.5.7 設備の使用制限の有無

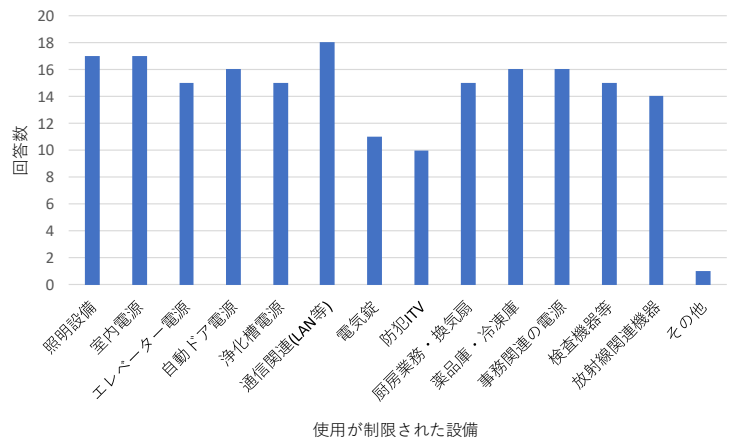


図 1.5.8 使用が制限された設備の項目別回答数

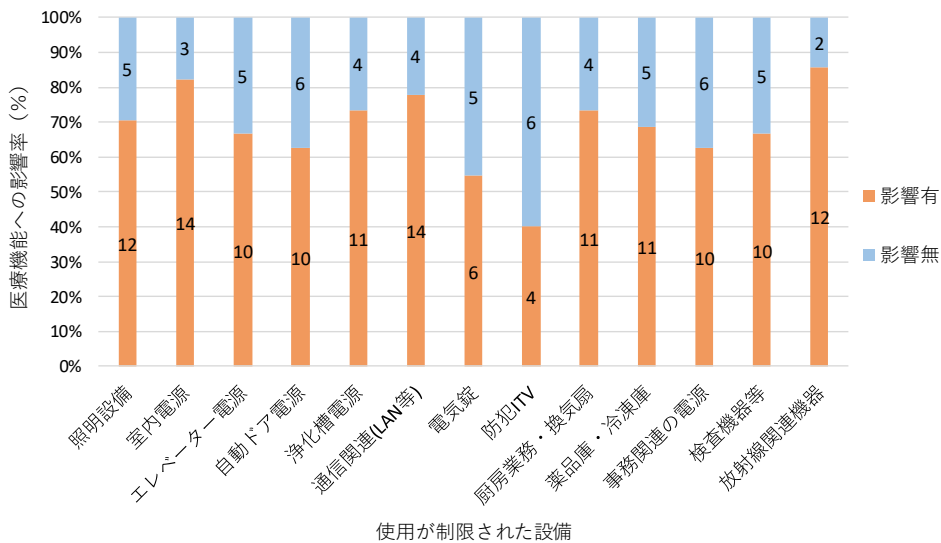


図 1.5.9 設備使用制限による医療機能への影響の有無

### 1.5.5 代替設備と医療機能

ライフライン被害が医療機能へ及ぼす影響を軽減するために最も重要となるのがライフライン機能被害時に電力等を確保することができる代替設備の保有である。図 1.5.10 に代替設備保有の有無を示す。ライフライン機能被害の有無に関わらず、代替設備の保有について調査したところ全体の 70%(61 機関)が何らかの代替設備を保有していると回答した。

図 1.5.11 に代替設備の種別ごとの回答数を示す。ここでの代替設備とは、電気、上水道、ガス、固定電話、携帯電話の 5 つに分類されている。電気の代替設備では、自家発電装置や非常用電源、非常灯などが多く挙げられた。断水に対しては地下水や井戸水、飲料水の確保がされていた。固定電話と携帯電話については、通信災害時優先電話や市の災害医療本部と直結したアマチュア無線などを持っている機関があった。図 1.5.12 に病床数別の代替設備保有の有無を示す。病床をもたない医療機関では、代替設備の保有率が 33%と低いことがわかる。病床をもつ医療機関では保有率が 87%と高い結果となったが、200 床を超える場合でも代替設備を保有していない機関もあることがわかる。

代替設備使用による医療機能への影響の低減を明らかにするため、ライフライン機能被害と代替設備の関係を図 1.5.13 に示す。ライフライン機能被害があったと回答した機関の 14%が代替設備を使用したことで、医療機能への影響がなかったと回答した。しかし、半数は代替設備を使用したが無影響であったと回答している。これについては、保有していた代替設備の容量が十分でなかったためと考えられる。

停電による内線・外線の不通、電波塔の被害によるインターネット・携帯電話の通信不通については発電機や非常用携帯電話等で対応していたが、医療機能に影響があったと回答している機関が多かった。代替設備を有しているが使用せずに影響があったという 18%については、代替設備も台風の被害をうけ使用できなかったことや、保有していた代替設備ではないライフラインに被害があった(断水への対策はされていたが停電が発生、自家発電機は有しているが断水が発生)などの理由から使用に至らなかった。これらの事例より、様々な災害に長時間対応できる代替設備の保有が医療機能を維持するうえでの重要な役割を果たすと考えられる。

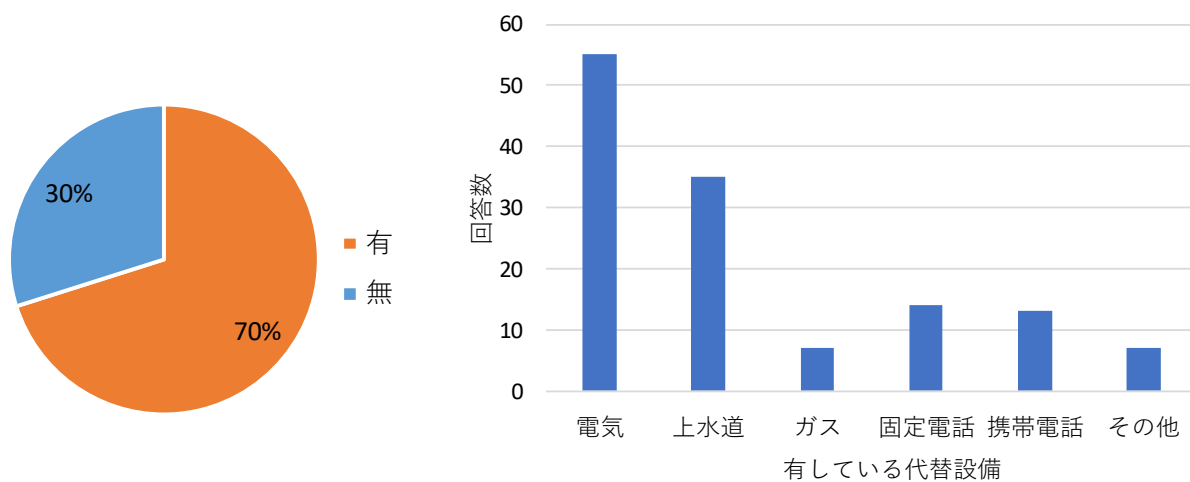


図 1.5.10 代替設備保有の有無

図 1.5.11 代替設備の種別

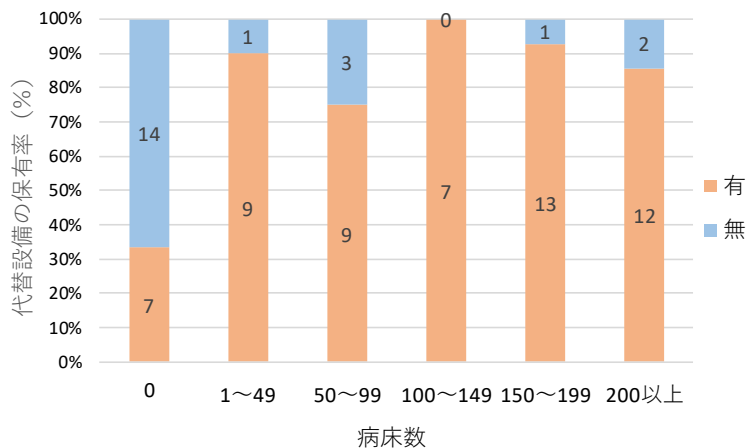


図 1.5.12 病床数別代替設備の保有の有無

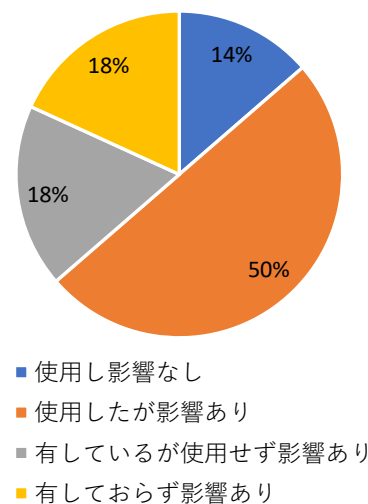


図 1.5.13 ライフライン機能被害と代替設備

### 1.1.6 まとめ

本調査では、台風によるライフライン機能被害が医療機能に与える影響の要因を分析することを目的とし、建物被害や停電・断水といった被害が生じた千葉県を対象にアンケート調査を実施した。アンケート結果より、ライフライン被害による医療機能の制限、医療機能への影響の有無が明らかになった。

医療機能に最も影響を及ぼしたライフライン機能被害は停電であり、次いで断水という結果となった。電波塔の被災による電波障害やインターネット不通、携帯電話不通なども発生し、6項目のライフライン機能被害全てにおいて医療機能への影響率が80%を超えていた。ライフライン機能被害があった医療機関の中で、設備の使用制限があったと回答した機関は84%であった。最も多かった設備は通信関連(LAN等)であり、次いで照明設備、室内電源であった。このような被害の主な要因は停電である。

ライフライン被害が医療機能へ及ぼす影響や設備の使用制限を軽減するために最も重要となるのが、被災時に電力等を確保することができる代替設備の保有である。ライフライン機能被害の有無に関わらず、代替設備の保有について調査したところ全体の70%が何らかの代替設備を保有していると回答した。有している代替設備の種類は電気が最も多く、自家発電装置や非常用電源、非常灯などが挙げられた。しかし、病床をもたない医療機関では代替設備の保有率が33%と低いことがわかる。病床をもつ医療機関では保有率が87%と高い結果となった。代替設備を用いることで、医療機能への影響がなかったと回答している機関もあるが、使用したが影響があったという機関が半数であった。これらの事例より、様々な災害に長時間対応できる代替設備の保有が医療機能を維持するうえでの重要な役割を果たすと考えられる。

### 参考文献

- 1) 野口亮輔, 宮島昌克: 2016年熊本地震における医療機関の被害が医療機能に及ぼす影響に関する研究, 土木学会論文集 A1, Vol. 73, pp. 753-760, 2017.
- 2) 野口亮輔, 宮島昌克: 2018年北海道胆振東部地震におけるライフライン機能被害が医療機能に及ぼす影響, 自然災害科学 Vol.38, 特別号, pp. 123-132, 2019.
- 3) 厚生労働省: 第3回病床機能情報の報告・提供の具体的な在り方に関する検討会 資料5, [https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-isei\\_127371.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi/other-isei_127371.html) (2020年3月18日アクセス)



## ライフライン停止による生活支障の実態

## A Survey on Daily Living Disruption Caused by Lifeline Suspension

佐藤 翔輔\*<sup>1</sup>*Shosuke SATO*

The web questionnaire survey was conducted to survivors affected by Typhoon Faxai (2019) in order to clarify situation of daily living disruption and the characteristics. The results are summarized as follows. 1) “Washing clothes” is the highest degree of daily living disruption of all daily living activities. 48.2% of survivors (answerers) could not response with alternatives during period of electricity outage. 2) Daily living disruption degrees of “washing clothes”, “telecommunication” and “bathing activity” in old age is higher than young age. The old affected people seem to be not able to move to outside of electric outage area and to not have portable battery for telecommunication tool. 3) However, elderly people could get creative with what they had and alternative water, heat and light source to do “cooking.”

**Keywords :** *daily living disruption, lifeline suspension, alternative way, disaster survivor's life*

## 1.6.1 はじめに

台風 15 号 (Faxai) では、電力システムが大きな被害を受け、特に千葉県では停電が長期化し、そのような状況の中で熱中症による死者の発生、断水の長期化、携帯電話や固定電話回線等の通信障害など様々に波及した。本節では、停電の長期化にともなう生活への波及、いわゆるライフライン停止に起因する生活支障の実態について明らかにすることを目的とする。

## 1.6.2 方法

台風 15 号において発生していた生活支障の実態をマクロに捉えるために、インターネットによる質問紙調査を実施した。調査対象は、千葉県の市原市、香取地域、海匝地域、山武地域、君津地域、安房地域に居住者で、株式会社サーベイリサーチセンターの WEB アンケートシステムの登録モニターに対しての配信型クローズド調査によって行った。

調査実施期間は、2020 年 1 月 17 日 (金) ～1 月 20 日 (月) の 4 日間で、2,000 サンプルの有効回答を得た。地域別で見ると、市原市で 525 票 (26.3%)、香取地域で 137 票 (6.9%)、海匝地域で 211 票 (10.6%)、山武地域で 302 (15.1%)、君津地域で 624 票 (31.2%)、安房地域で 201 票 (10.1%) であった。回答者の性別は男性が 60.5%、女

---

\*1 東北大学災害科学国際研究所 准教授・博士 Assoc. Prof., International Research Institute of Disaster Science,  
(情報学) Tohoku University, Dr. of Informatics

性が39.6%で、年代は20代以下が7.6%、30代が18.0%、40代が25.2%、50代が24.5%、60代が17.2%、70代以上が7.7%であった。ライフラインの停止状況で見ると、停電があったのは73.6%、断水があったのは31.7%、ガス停止があったのは3.5%であり、ガス停止による生活支障の発生は少ないと考えられる。

生活支障の発生状況については、7種類の生活活動について、復旧時期と低下度<sup>1),2)</sup>という指標で評価する。7種類の活動は先行している調査・研究<sup>1),3)</sup>にもとづいて、1) 料理、2) トイレ（用便）、3) 洗面・歯みがき、4) 入浴、5) 洗濯、6) 夜間、暗い中での生活、7) 通信（電話・メール・インターネット等）とした。復旧時期については、「台風15号の襲来後、次にあげるようなことについて、ふだんどおりできるようになったのはいつ頃ですか。」という設問で、日にち（単一回答）を問うた。低下度は、「次にあげるようなことがふだんどおりにできない間、ふだんとは違う方法や違うもので補うなどを含めて、それらを行うことができましたか。」という設問で、「1. 十分にできた」「2. おおむねできた」「3. どちらともいえない」「4. あまりできなかった」「まったくできなかった」の5段階で回答を得た。それぞれの選択肢について、0, 2.5, 5, 7.5, 10の値（重み）を与えて、どれだけ生活に支障があったかという状況を点数で評価する。

### 1.6.3 結果・考察

図1.6.1に、各生活活動の復旧時期について、回答者の累積割合の時系列変化を示す。図1.6.1には、影響が少なかったと考えられるガス以外の、電気と水道の復旧の過程も併記している。洗面・歯みがきとトイレ（図1.6.1の上部）は、台風来襲当日に支障が発生した割合は4割を下回り（図1.6.1左端）、それ以外の生活活動は5割以上の回答者に支障が発生しており（図1.6.1左端）、その後の復旧割合のスピードも大きく異なる。生活活動とライフライン（電気、水道）の復旧の累積推移を見ると、支障が発生した割合が多かった料理、通信、夜間暗い中での生活、入浴、洗濯では、水道の復旧過程ではなく、電気の復旧の過程と連動している様子が見てとれる。このことから、台風15号でのライフライン停止による生活支障への影響は停電が大きく関連していたことが推察できる。

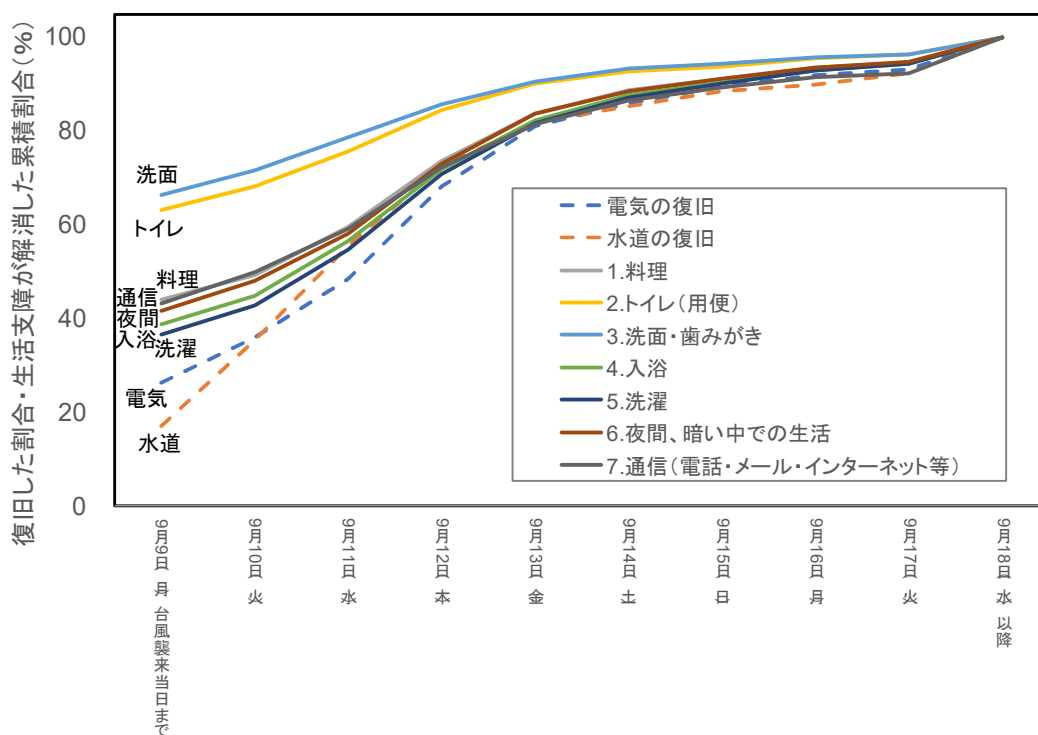


図 1.6.1 生活活動とライフラインの復旧割合の時系列変化

図 1.6.2 に各生活活動の低下度の平均値を示す。参考・比較として、先行して同じ指標を用いて調査された 2018 年北海道胆振東部地震での結果<sup>3)</sup>も併記する。左側から、台風 15 号（千葉県）での低下度が高かった順に生活活動の種類を並べている。台風 15 号では、洗濯、通信、入浴に低下度が高く、これらで大きな生活支障が発生していたことがわかる。このような結果は、同じく大規模な停電が発生した北海道胆振東部地震でも同様である。トイレ、洗面・歯みがきにおいては、北海道胆振東部地震に比べて低下度が 2 倍以上の高い結果になっている。断水の発生は、台風 15 号（千葉県）で 31.7%、北海道胆振東部地震（札幌市）で 25.5%<sup>3)</sup>と台風 15 号の方が多かった。また、札幌市では地震発生から 4 日目で水道の復旧率は 98.4%（先行調査 3）における回答者）であったのに対して、本調査における千葉県では台風来襲から 4 日目で水道の復旧率は 72.4%にとどまっており、7 日目（1 週間）経過しても 88.5%と断水も長期化した。このことが、千葉県において水道と関連しているトイレと洗面・歯みがきの支障が多かったことが背景にあると考えられる。

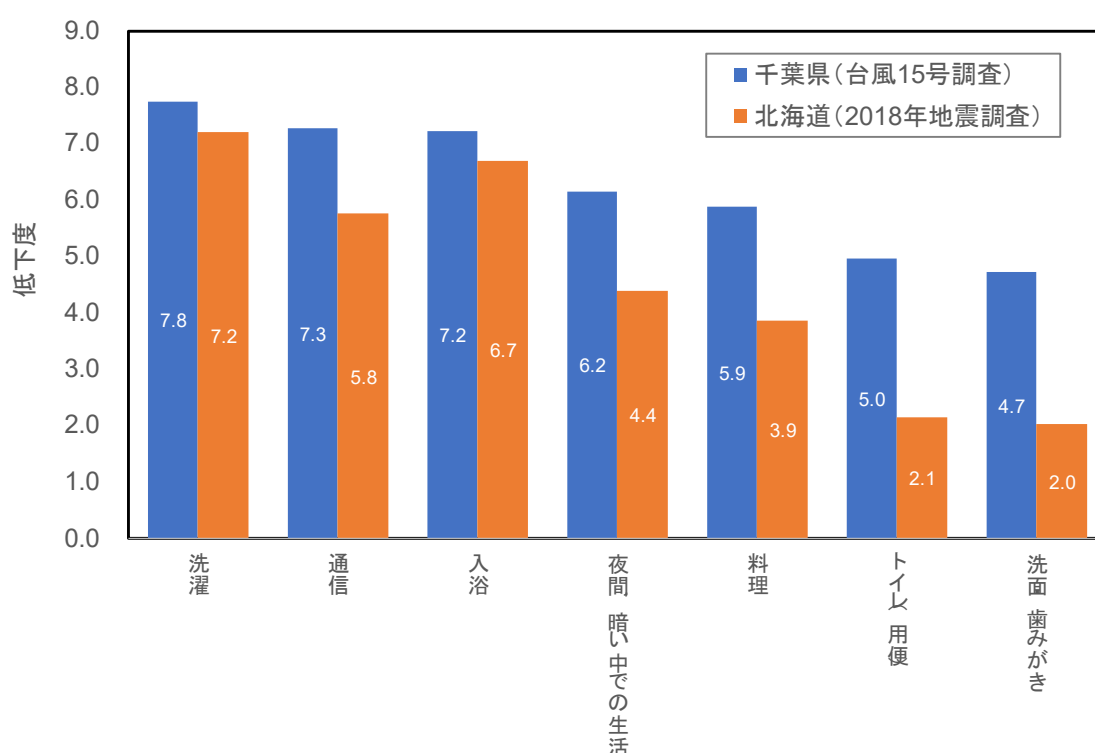


図 1.6.2 生活活動ごとの低下度の平均値

図 1.6.3 に、各生活活動の低下度の平均値を年代別で示す。分散分析の結果、洗濯は 5%水準で、入浴と通信は 1%水準で年代による有意差が確認された（それぞれ最大値と最小値の差は、0.8, 1.1, 1.6）。この 3 つの生活活動は、年代が高いほど低下度が大きく、生活支障の度合いが高かったことがわかる。以上 3 つの生活活動のほか、有意差は認められなかったものの、低下度の最大値と最小値の差が次点に大きかったのは料理で 30 代と 60 代の差で 0.6 であった。以上 4 つの生活活動の生活支障の度合いについて、年代で差が発生した背景に関する考察については、「ふだんどおりにはできない期間に、工夫や機転で対応できたこと」の内容を踏まえて後述する。

なお、回答者の個人属性として性別で低下度の平均値を比較したが、明瞭な差（性別差）は確認されなかった。

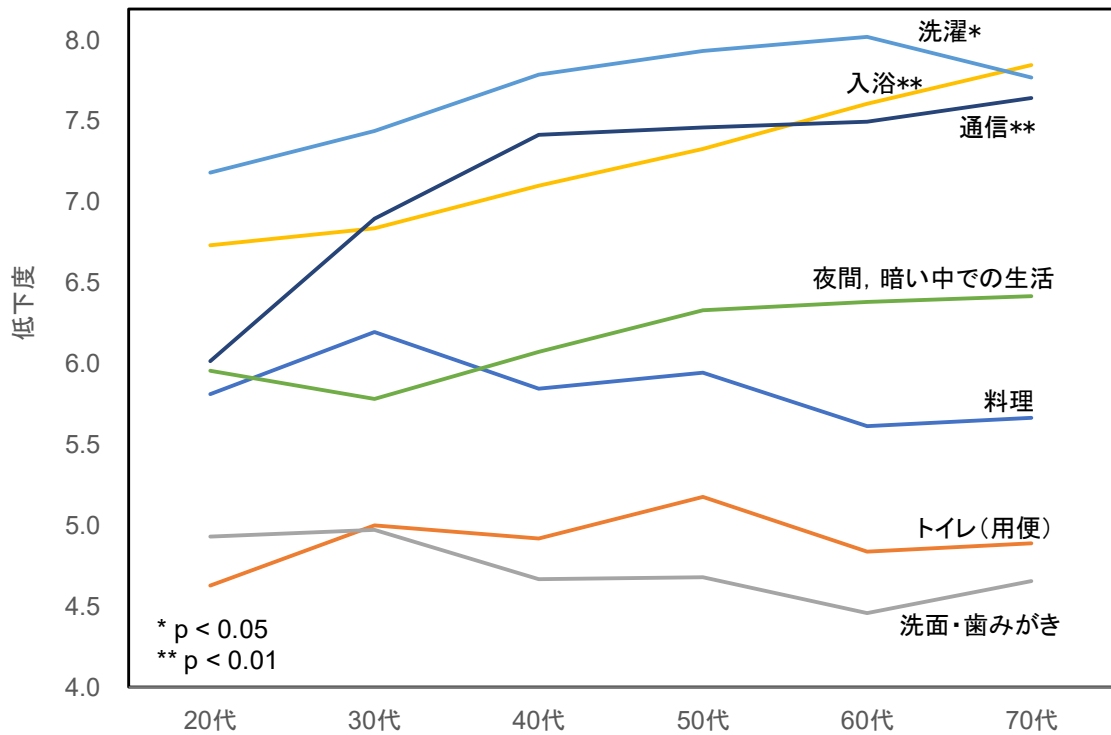


図 1.6.3 生活活動ごとの低下度の平均値 (年代別)

図 1.6.4 に、洗濯がふだんどおりにはできない期間に、工夫や機転で対応できたことについて複数回答で問うた結果を示す。約半数の回答者が「何もできなかった (がまんした)」が 48.2% と最も多い。これは、後述する通信、入浴、料理における「何もできなかった」という回答比率に比べても、もっとも高い比率であり、洗濯の低下度が最も高かったという結果 (図 1.6.2) と整合する。次に回答比率が高いのは、「水 (常温) で手洗いした」が 28.8%、「その他」が 19.3% であった。「その他」の中には、電気が復旧しているエリアの知人宅やコインランドリーと利用したり (例「知人宅で早めに停電が解除した所を借りた」「停電復旧した地域のコインランドリー等を利用しました」)、太陽光発電システムで電気を供給した (例「太陽光発電の予備電源が使用できたので、日中に洗濯機が回せました」) などの回答があった。広域に移動が困難な被災者、高齢者などの自動車をもたない方は、知人宅やコインランドリーを利用するという代替手段をとることが難しい。図 1.6.2 において、洗濯で年代差があった背景には、このような要因が考えられる。

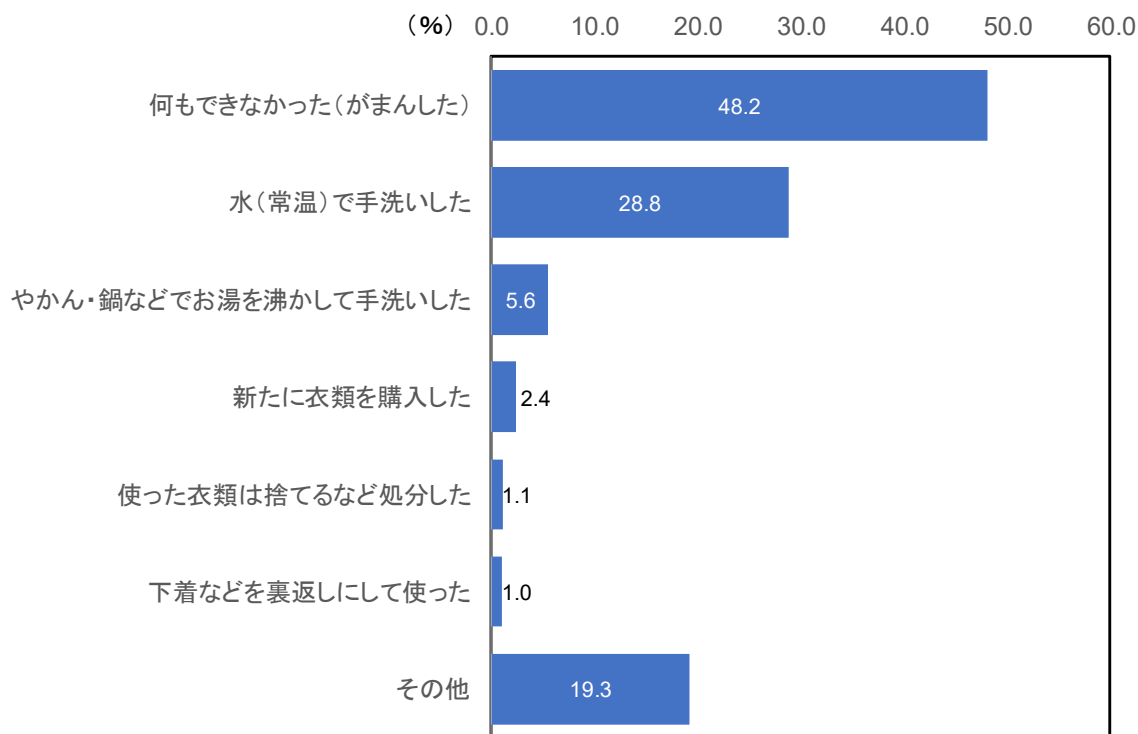


図 1.6.4 洗濯がふだんどおりできない期間に、工夫や機転で対応できたこと

図 1.6.5 に、通信がふだんどおりできない期間に、工夫や機転で対応できたことについて複数回答で問うた結果を示す。上位は「携帯電話やスマートフォンの利用を控えた」「携帯電話やスマートフォンの予備バッテリーでなんとかした」のほか、「何もできなかった(復旧をまった)」と対応できなかったという回答も多い。情報通信手段として災害時に有効とされている「ラジオを使用した」は 22.1%にとどまった。年代別で見ると、「携帯電話やスマートフォンの予備バッテリーでなんとかした」と回答したのは、30代が 34.8%、20代以下が 31.3%であったのに対して、70代以上は 18.8%と最も低い。「携帯電話やスマートフォンを省エネモードにして対応した」は、20代以下が 19.8%、30代が 16.1%であるのに対して、70代では 7.9%であった。「何もできなかった」は、70代以上で 31.7%と最も多い。このことから、高齢者は携帯電話やスマートフォンの予備バッテリーを所持していなかったり、省エネモードを活用することができず、対応できず通信における支障が高まった(低下度が高くなった)ことが推察される。「その他」の中には、自動車から充電した(例「車で充電をした」)、太陽光発電システムで電気を供給した(例「太陽光発電で日中に充電した」)などの回答があった。

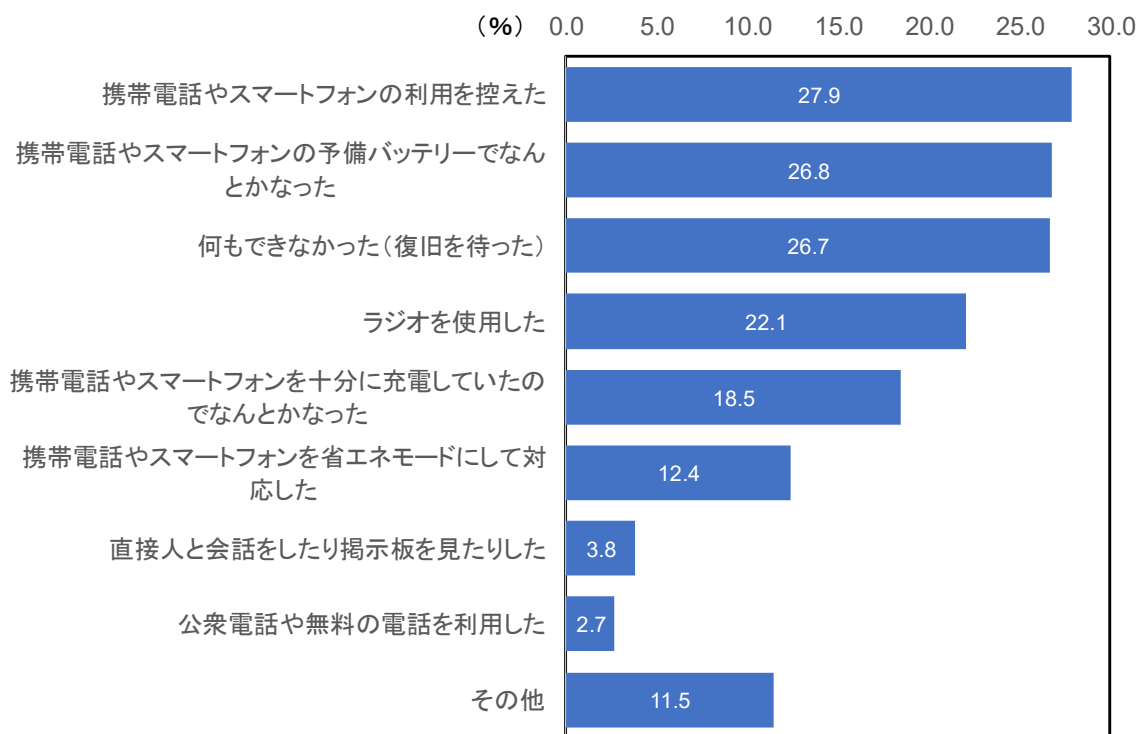


図 1.6.5 通信がふだんどおりできない期間に、工夫や機転で対応できたこと

図 1.6.6 に、入浴がふだんどおりできない期間に、工夫や機転で対応できたことについて複数回答で問うた結果を示す。最も多かったのは「水（常温）で体を洗った」で 36.9%であった。「友人・親戚宅のお風呂を利用した」が 22.2%で次点であり、「洗濯」同様に停電が解消しているエリアの地縁・血縁による共助によって対応していた被災者も一定数いたことが分かった。入浴の支障に対して「何もできなかった（がまんした）」は 16.2%であった。年代別で見ると、「友人・親戚宅のお風呂を利用した」と回答したのは、20 代以下・30 代ともが 32.7%であったのに対して、60 代は 16.5%、70 代以上は 18.0%と低い。「何もできなかった」は、60 代以上で 23.9%と最も多い。このことから、洗濯と同様に、停電エリア以外の友人・親戚宅への移動が困難なことから、高齢の方が入浴の代替手段がとりづらかったことが考えられる。

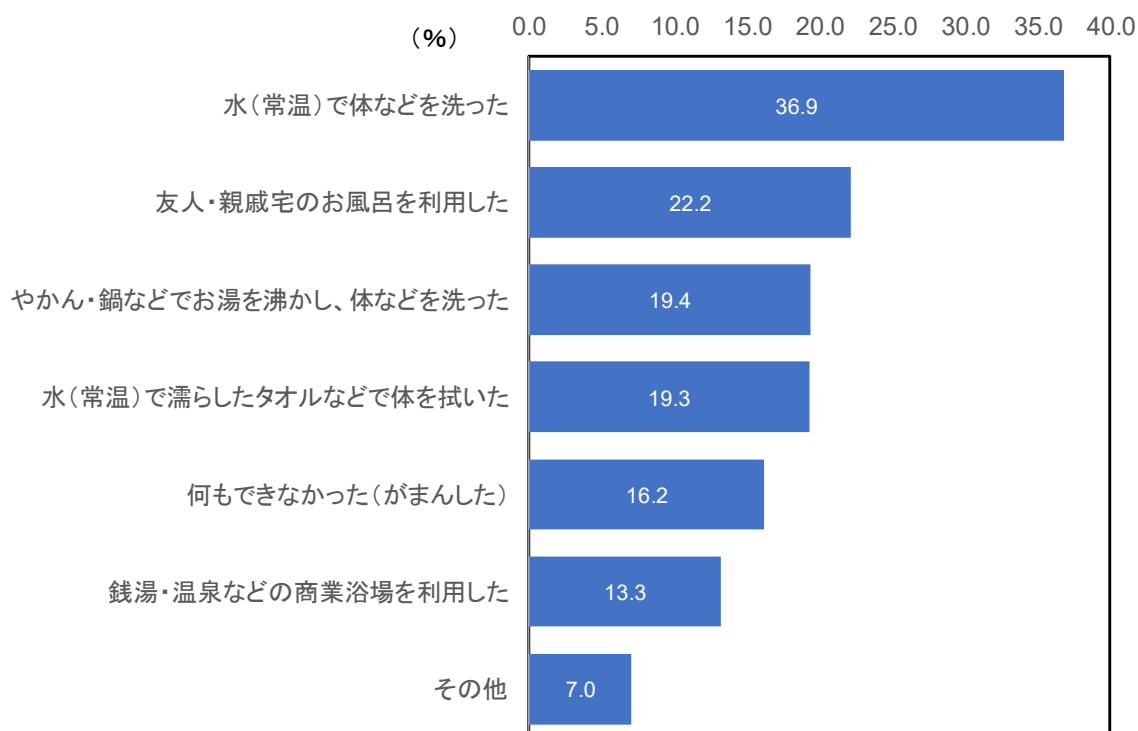


図 1.6.6 入浴がふだんどおりにできない期間に、工夫や機転で対応できたこと

図 1.6.7 に、料理がふだんどおりにできない期間に、工夫や機転で対応できたことについて複数回答で問うた結果を示す。「ローソクや懐中電灯などで夕食をとった」が 51.8%、「明るいうちに、料理・食事・片付けを済ませた」が 33.7%と、停電によって灯りがとれなかったことが夕食に影響していたことがわかる。「電気を使わないで、ガスで料理した」が 40.7%、「電気炊飯器を使わないで、ガスで炊飯した」が 14.2%とガスによって料理熱源を確保していた回答者も多かった。「何もできなかった(がまんした)」は 6.5%と、前述の洗濯、通信、入浴に比べて最も少ない。料理の代替手段についても、年代間で差が見られる。「洗い物を減らす工夫をした」「明るいうちに、料理・食事・片付けを済ませた」が 20 代以下で(それぞれ、32.6%、39.1%)、「友人・親戚宅やレストランを利用した」が 30 代で最も多い(32.3%)。一方で「井戸水などを汲んできた」「ローソクや懐中電灯などで夕食をとった」「問題はあったが、ほぼふだんどおりできた」は 70 代以上で(それぞれ、14.4%、62.2%、12.2%)、「電気を使わないで、ガスで料理をした」「電気炊飯器を使わないで、ガスで炊飯した」「冷蔵・冷凍食品の鮮度を保つ工夫をした」「家にあったふだんづかいの食材を活用した」は 60 代で最も高い(それぞれ、46.2%、17.5%、34.9%、32.5%)。60 代・70 代以上では、若い世代に比べて、「あるもので」「代替的な水源・熱源・光源」で対応した人が多いことがわかる。

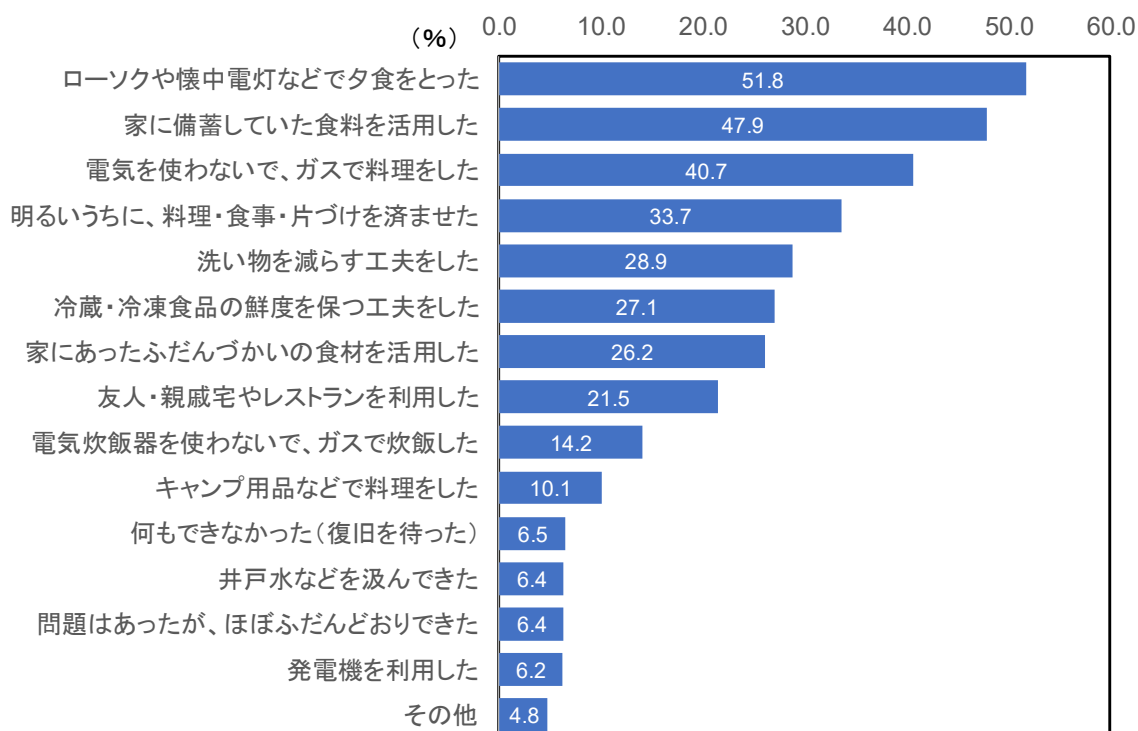


図 1.6.7 通信がふだんどおりにできない期間に、工夫や機転で対応できたこと

#### 1.6.4 まとめ

台風 15 号において発生していた生活支障の実態を把握するために、インターネットによる質問紙調査を千葉県の住民に対して実施した。その結果は、次のようにまとめられる：

- 1) 生活活動のうち、「洗面・歯みがき」と「トイレ（用便）」については、台風来襲当日に支障が出たものの、ふだんどおりにできるようになった割合も、それ以外の生活活動に比べて早く回復していた。
- 2) 生活活動のうち、「料理」「通信」「夜間暗い中での生活」「入浴」「洗濯」がふだんどおりにできるようになった割合は、停電の解消と連動していた。
- 3) 生活活動のうち「洗濯」は、代替手段をとることができず「何もできなかった（がまんした）」住民が約半数と最も多く、最も支障が発生していた。
- 4) 生活活動のうち、「洗濯」「通信」「入浴」については年代によって支障の程度が異なっていた。「洗濯」と「入浴」は、停電エリア外の知人・親戚宅（地縁・血縁）や商用施設を利用するうえで移動手段を要することから、高齢層でこのような代替手段がとれずに低下度が高まったと考えられる。「通信」は、予備バッテリーを保持していなかったり、省エネモードを活用できずに、高齢層で低下度が高まったと考えられる。
- 5) 生活活動のうち、「料理」は高齢層においては、井戸水の利用、ローソクで灯り確保、ガスでの調理（炊飯を含む）、家にあるふだんづかいの食材や冷蔵・冷凍食品といった「あるもので」「代替的な水源・熱源・光源」で対応した人が多かった。

生活支障として影響の大きかった「洗濯」や「入浴」への対応については、停電エリア外（電気が復旧しているエリア）への地縁・血縁が重要であったことから、居住地よりもやや遠い知人・親戚等と日頃からのつながりをもっておく必要があることが示唆される。また、前述したように、自由回答の中から、太陽光発電システムや自動車からの電気供給によって対応していた被災者が一定数存在していたことは特筆すべき事項である。このような代替的な電気供給の仕組みが、被災生活において果たす役割は大きいと考えられる。また、料理への対応について年代



間で方法に差が見られた点については、「年代」ではなく「世代」の差である可能性が十分に考えられる。本調査結果は、ライフライン停止状況下の中でも、それに代わる手段によって対応できるという文化（災害文化の一部）が徐々に衰退していく可能性を示唆している。

#### 参考文献

- 1) 塩野計司，宮野道雄，小坂俊吉：地震による生活支障の評価とその応用（1）－評価指標の構成と1995年兵庫県南部地震での事例調査－，自然災害科学，Vol. 19，No. 2，pp. 241-256，2000.
- 2) 佐藤翔輔，塩野計司：地震によるライフライン停止と住宅損傷を考慮した短期的避難需要の評価モデル－生活支障の計量評価を利用した震害波及過程の記載－，地域安全学会論文集，No. 5，pp. 299-308，2003.
- 3) 株式会社サーベイリサーチセンター：北海道胆振東部地震における大規模停電などに関するアンケート，11p.，2019.

## 企業活動への影響

### Impacts on Business Activities

梶谷 義雄\*<sup>1</sup>, 黒田 望\*<sup>2</sup>, 妹尾淳史\*<sup>2</sup>, 多々納 裕一\*<sup>3</sup>

*Yoshio KAJITANI, Nozomu KURODA, Atsushi SENOO, Hirokazu TATANO*

This report summarized the impacts of Typhoon Faxai (2019) on business activities in Chiba prefecture, Japan. The typhoon induced a long-term power outage (around two weeks at maximum) in the Bousou Peninsula in Chiba. In addition, other typhoon and heavy rains also hit the same region in the following month. Our post-disaster business survey clarifies the sizes of damages in an industrial sector, including inventory losses due to the power outage. As a result, it is shown that 77% of damage costs stem from facility damages and 6% from inventory losses due to the outage in our samples. These estimates should be refined by analyzing business interruption losses which would be 50% additional costs at maximum up to the end of 2019 fiscal year.

**Keywords :** *industrial sector, economic impacts, typhoon, power outage, strong winds*

#### 1.7.1 はじめに

令和元年9月5日発生した房総半島台風（台風15号）は、千葉県南部に位置する房総半島一帯の企業活動に影響を及ぼした。建屋の損壊や設備の被害だけでなく、長期的な停電による影響も大きかったと考えられる。その後も10月12日に伊豆半島に上陸した令和元年東日本豪雨（台風19号）と低気圧等による大雨（10月24日～10月26日）によって、立て続けに影響を受けた企業も存在し、地域経済活動への影響はさらに大きくなった。9月の千葉県の鉱工業生産指数（季節調整済み）は、前月比3.4%減少し、消費増税の影響も大きい。その後も8月の生産水準には回復していない（確認範囲：2019年12月迄）<sup>1)</sup>。3件の災害による千葉県の商工業（中小企業）への被害額は305億7200万円と推計されている<sup>2)</sup>。また、農林水産業への被害は最も甚大であり、被害額は752億5900万円にのぼった<sup>3)</sup>。観光業への影響も大きく、県全体における2019年9月の観光施設（43施設）の入込客数は29%、宿泊施設（24施設）の宿泊客数は9.5%（対前年同月比）減少した。特に、南房総地域（袖ヶ浦市や木更津市以南を中心とする地域）の被害は大きく、入込客数が49%、宿泊客数が33.6%と大幅に減少している<sup>4)</sup>。

以降では、著者らが実施した企業調査の一次集計結果に基づき、令和元年の一連の風水害がもたらした千葉県の企業活動への影響について報告する。とりわけ、今回の風水害の特徴ともいえる房総半島台風による長期停電の影

---

\*1 香川大学創造工学部創造工学科 教授・工博 Prof., Dept. of Engineering and Design, Kagawa University, Dr.Eng.

\*2 京都大学大学院情報学研究科 大学院生・学士（工学） Grad. Student, Graduate School of Informatics, Kyoto University, B.Eng.

\*3 京都大学防災研究所 教授・工博 Prof., Disaster Prevention Research Institute, Kyoto University, Dr.Eng.

響、ならびに異なる風水害毎の影響の大きさに関する規模感について焦点をあてながら集計を行った結果について紹介する。

### 1.7.2 房総半島地域における調査対象企業の概要

事業所を対象とした調査は、2020年2月1日から3月1日にかけて実施した。対象地域は市区町村別の建物被害発生状況から絞り込み、562事業所（回収率約8.5%）からの回答を得た。回収率には含めていないが、電話での「被災なし」との回答も多く、「被災状況は同地区内においてもまばら（木更津市の事業所等）」となっているような地域も多いと考えられる。10件以上の事業所から回答のあった市町村は、回答数の多い順に南房総市（72件）、市原市（64件）、茂原市（55件）、木更津市（29件）、多古町（20件）、香取市（20件）、東金市（20件）、富津市（20件）、鋸南町（17件）、八街市（16件）、大網白里市（16件）、旭市（14件）、山武市（14件）、匝瑳市（12件）、鴨川市（11件）、となった（地域不明は50件以上）。図1.7.1は、業種別の回答事業所の従業員数のシェアを経済センサスデータ<sup>1)</sup>と比較したものになる。センサスでは、対象地域の従業員数は425177人となり、これは千葉県全体の約20%に相当する。対して、回答を得た事業所の従業員数は11021人であり、抽出率は2.59%となる<sup>1)</sup>。アンケートでは、センサス上のシェアの大きな産業種別から回答が得られているが、食品加工業、化学工業、非鉄金属、金属製品産業をはじめ、製造業のウェイトが占める割合はセンサスに比べて大きくなっている。

### 1.7.3 被害状況に関する集計結果

各事業所の被害状況については、建物や設備などの直接被害の有無、操業能力や売上の回復状況、停電を含めた回復に影響を与えた要因等の調査を行った。直接被害については、被害を受けた風水害の種別だけでなく、建物の被災度判定、被害を受けた設備の種類等についても回答をいただいた。表1.7.1に風水害種別の直接被害ならびに平均操業停止日数を示す。9月に発生した房総半島台風の影響が最も大きく、直接被害の件数や操業停止日数が最も

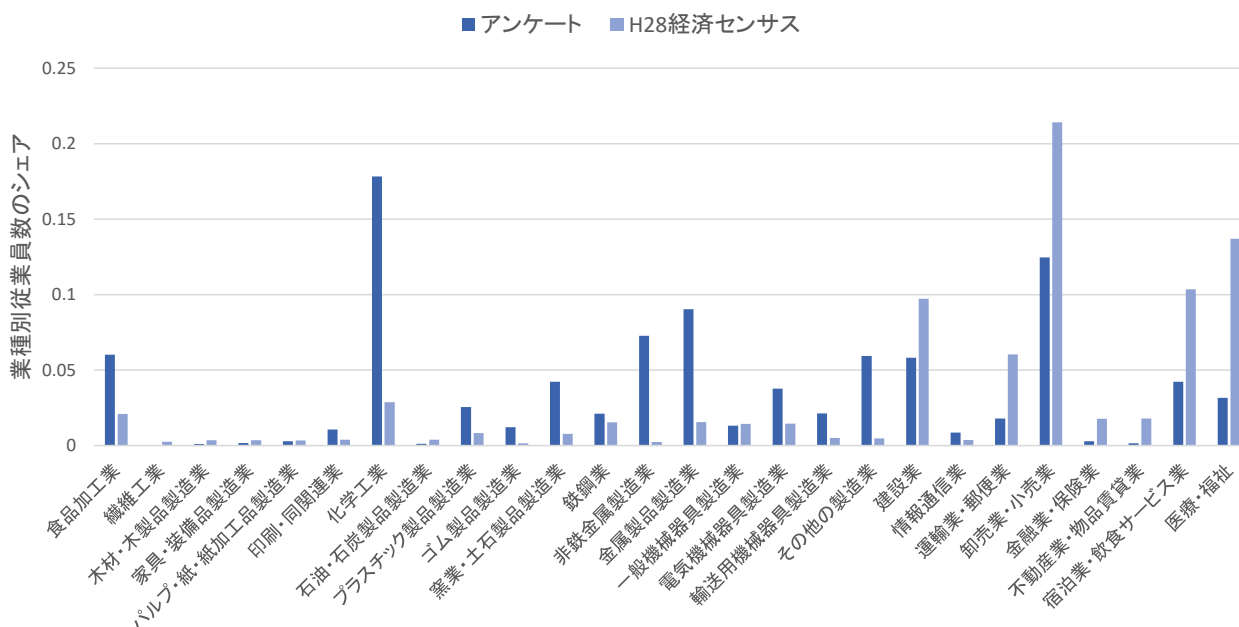


図 1.7.1 業種別従業員数のシェアの比較（対象市町村限定）

<sup>1)</sup> センサスでは市原市と木更津市をあわせて対象地域の3割を超える従業員数となるが、アンケートではそのウェイトは低く、より被害の集中している房総半島南部地域からの回答が多いといえる。

大きい。直接被害は、建物の被害が多くなっており、一部損壊が全災害を含めて319件、半壊以上は49件となる。特に、一部損壊の建物を中心に、屋根（268件）、壁（168件）、窓ガラス（151件）と非構造部材の被害件数が多くなっている。東日本豪雨と低気圧等による大雨に関しては、東日本豪雨の方が若干直接被害を受けた事業所数が多いが、平均操業停止日数は低気圧等による大雨の方が長い結果となった。浸水を受けた事業所は、雨の吹込みによる事業所内の冠水なども含めて、全ての災害をあわせて93件あったが、このうち53件は低気圧等による大雨において発生していることが、操業停止の長期化に影響を及ぼしている要因と考えられる。なお、平均操業停止日数は、一部事業の操業を開始するまでの期間を表し、操業能力が災害前の状態に回復する期間は製造業で17.7日、非製造業で17.7日となる（未復旧は除く）。完全復旧にはより長い日数を要している事業所が多い。

表1.7.2は、各事業所がそれぞれの風水害によって被害を受けたかについて集計を行った結果を示す。ここでは直接被害がなくても売上げの低下などの間接的な被害を受けた災害も対象となる事業所に被害をもたらしたものと集計している。被災パターンは様々であり、各災害の組み合わせによって各事業所が複雑な影響を受けている可能性が高い。特に、房総半島台風による影響を受けた事業所429件のうち約4割に相当する188件において、その後の風水害による被害も受けている。

図1.7.2は、回答を得た全事業所の被害額について、復旧費用等の項目別にシェアを算出した結果を示す。ここでは売上げの減少は含んでいない。本図より、建物や設備の復旧費用が大部分を占めていることが分かる。何らかの損失が発生した事業所を対象に、1件当たりの建物ならびに設備の復旧費用を推計すると、製造業で890万円、非製造業で764万円となった<sup>2</sup>。復旧資金の調達に影響があった事業所は56件存在し、操業状態が元に戻っていない

表 1.7.1 風水害別の直接被害と平均操業停止日数<sup>3</sup>

風水害名	直接被害のあった事業所	平均操業停止日数
房総半島台風 (①)	396	7.83
東日本豪雨 (②)	144	1.98
低気圧等による大雨 (③)	121	3.26

表 1.7.2 複数の風水害による被災パターン別の事業所の件数

被災パターン	件数
房総半島台風 (①) のみ	241
東日本豪雨 (②) のみ	14
低気圧等による大雨 (③) のみ	22
①と②	81
①と③	41
②と③	7
①, ②, ③全て	66
大きな被害なし	89

<sup>2</sup>千葉県が中小企業を対象とした調査<sup>2)</sup>では、南房総市・鋸南町で1件あたり482万円となっている。被害を受けた事業所数は18658件と推計されている。

<sup>3</sup> その他の図表についても同様であるが、2020年3月20日時点の原データの集計結果であり、回答単位の間違い等の見直しにより数字は変化する可能性がある。

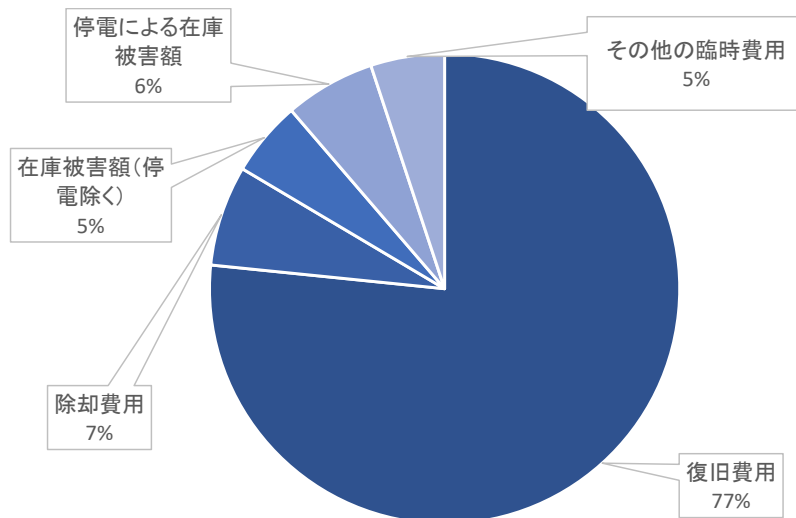


図 1.7.2 直接被害額と災害後の対応費用の内訳 (%)

事業所も存在する。また、屋根の修理などの専門業者が不足しており、109 件の事業所において修理等が滞った（ている）ことが報告されている。

復旧費用や除却費用を除くと、停電による在庫被害額が全体の 6%と大きくなる。本調査では、368 件の事業所において停電の被害が報告されており、平均停電時間は 101 時間と長い。在庫被害の大きさは、業態、停電時間、気温によって大きく異なることが予想されるが、本調査では宿泊・飲食サービス業（在庫被害率 58.9%）、卸売・小売業（同 22.4%）、食品加工業（同 20.2%）などにおいて、被害件数と被害額が大きくなる。2018 年に発生した北海道胆振東部地震における停電被害においても同業種において同様の被害が発生しており、一般的な傾向といえる。なお、売り上げの減少額は調査時点までの集計で、直接被害と臨時費用の合計の 51%程度になっており、被害額はさらに膨らむことになる。

その他、被害額や復旧日数などの集計結果では分からない、より具体的な企業の被害ならびに災害対応事例の一部を表 1.7.3 に示す。基本的には 9 月の房総半島台風時の企業の対応となるが、1 番目の事例についてのみ、3 件の風水害による被害を被った事業所（食品製造業）を対象としている。この事例では、強風による被害とその復旧にあたり、業者や資材の入手が困難であったため、操業能力の回復に長期間要している。2 番目の事例（その他の製造業）では、停電の解消は 4 日後となったが、電力供給が復旧した後も設備の点検に時間を要し、週末を挟んで操業までに 1 週間かかっている。このような災害対応は、比較的多くの事業所で直面したことが予想される。3 番目の事例（宿泊・飲食サービス業）は停電に伴う在庫の被害事例となるが、道路網の混雑によって応急対応が阻害されたことが報告されている。最後の事例においても、道路が不通となっている山間部に近い地域のケースであるが、停電が 2 週間続いただけでなく、通信にも 1 ヶ月程度の障害が発生しているなど、操業において困難な状況が発生したことがうかがえる。その他の事例においても、各企業が直面した被害状況は様々であるが、建物や設備の被害だけでなく、停電がどの時点で解消したかや通信・道路などのその他のインフラの復旧状況が、在庫被害や操業停止日数を決める大きな要素となっている。

表 1.7.3 各事業所の被害・復旧の概要

	業種	被害・復旧の概要
1	製造業（食品）	強風による被害が多発した。外周フェンス・物置小屋等の倒壊，飛散。倒木，シャッター全壊，一部電源喪失。早期復旧を目指したが，復旧業者多忙，資材入手困難などにより完全復旧までに4か月強を要した。
2	製造業（その他）	初日は，出勤時の段階で停電，工場機能は不能となる。全員の安否確認後，被害状況を確認し，清掃作業。翌日に発電機をリースし，事務所機能のみ回復（電話は使用不可）。4日後に電気が回復。電気ヒーターの停止により温度回復を待ってからの動作確認となり，試し運転・製造物の確認が完了したのが夕方。土日を挟んで1週間後より通常営業開始。
3	非製造業（宿泊・飲食）	停電により商品食材がダメになった。冷蔵庫にドライアイスを入れ対応しようとしたが，道路の混雑により氷店にドライアイスが届かず対応することが難しかった。
4	非製造業（卸売・小売）	倒木による道路復旧は地元住民と3日かけて自力で復旧した。停電の復旧に2週間かかり，通信機能の復旧には，1か月程度かかった。1か月間，携帯電話のみの営業となり，大変苦労した。

#### 1.7.4 まとめ

本節では，房総半島台風を中心に令和元年の風水害による千葉県企業の企業活動への影響について，現時点での整理を行った。その後発生した東日本豪雨と低気圧等による大雨を含めた複数の風水害が同地域に被害を及ぼしたことや同時期の消費増税の影響もあり，各災害の実態についてはアンケート調査等を用いたミクロな分析が必要となる。一次分析に留まるが，事業所を対象としたアンケート調査からは，一連の風水害による被害規模，停電による在庫被害などの被災実態が明らかとなった。今後の課題として，今回の災害から得られた教訓を整理する共に，風速，浸水状況，業態，事業所規模などを踏まえ，被害発生の要因や回復特性を明らかにしていくことが重要となる。

#### 謝辞

ヒアリングやアンケート調査にご協力いただきました千葉県の事業所の関係諸氏に深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 千葉県・総合企画部：千葉県鉱工業指数（平成31年/令和元年），  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukeidata/koukougyou/h31/h31.html#monthly>（閲覧日：令和2年3月19日）。
- 2) 千葉県・商工労働部：台風15号，台風19号，10月25日の大雨の影響による中小企業被害について，  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/bousai/bousai/documents/saitaihonbu19.pdf>（発表日：令和元年11月13日）。
- 3) 千葉県：第3回 令和元年房総半島台風・東日本台風及び10月25日の大雨千葉県災害復旧・復興本部会議資料，  
[https://www.pref.chiba.lg.jp/bousaik/fukkyu-fukkou/documents/kaigisiryou\\_200319.pdf](https://www.pref.chiba.lg.jp/bousaik/fukkyu-fukkou/documents/kaigisiryou_200319.pdf)（開催日：令和2年3月19日）。
- 4) 千葉県・商工労働部観光企画課：平成元年9月における観光客の入込状況について，  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/kankou/toukeidata/kankoukyaku/r1sepirikomi.html>（発表日：令和元年11月29日）。
- 5) 千葉県・総合企画部：平成28年（2016年）経済センサス—活動調査結果＜確報＞，  
<https://www.pref.chiba.lg.jp/toukei/toukeidata/keizai-census/28katsudo-kakuhou.html>（閲覧日：令和2年3月20日）。

## 電柱倒壊・損傷と無電柱化に対する受容意識への影響

Collapse / Damage of Utility Poles and  
Social Acceptance of Undergrounding and Utility Pole Removal Project大庭 哲治\*<sup>1</sup>*Tetsuharu OBA*

The purpose of this study is to examine the changes in the social acceptance of Chiba prefecture citizens and the pre- and post-differences after grasping the collapse / damage situation of utility poles caused by Typhoon No.15 in 2019. For this purpose, this study conducted a literature survey and a web questionnaire survey. As a result, it was confirmed that utility pole damage was severe on the east side of this Typhoon passing through Tokyo Bay, and that the overhead line was severely damaged, while the underground line was hardly damaged. In addition, the proportion of Chiba residents who think it is necessary to promote the maintenance of utility poles is increasing by about 20% before and after the disaster, and about 60% of respondents are considering to promote the undergrounding and utility pole removal project as the most effective countermeasure in order to prevent the recurrence of large-scale power outages.

**Keywords :** *collapse / damage of utility poles, social acceptance, undergrounding and utility pole removal project*

## 1.8.1 はじめに

2019年9月9日の未明から昼にかけて関東地方を通過した令和元年台風15号は、強い風雨による家屋被害や倒木、大雨や高波による浸水等の被害のみならず、各種ライフラインにも大きな被害が及び、千葉県を中心に大規模な停電が発生するなど、甚大な被害と大きな混乱をもたらしたことは記憶に新しい。特に、大規模停電が長期化した理由の1つとして、各地で発生した電柱の相次ぐ倒壊や損傷の被害とその復旧の遅れが指摘されている<sup>1)</sup>。

約3,500万本もの電柱が林立しているわが国では、毎年約7万本のペースで電柱が増加を続けており<sup>2)</sup>、無電柱化の進捗率は、欧米諸国や近隣のアジア各国と比較しても大きく遅れている。近年、地方自治体が取り組む無電柱化に対して、国による後押しが着実に図られつつあるものの、無電柱化を推進していく上では、低コスト化手法の早期実用化とともに、地域住民の無電柱化に対する理解と関心を深め、社会的受容性を高めていく必要がある。

無電柱化に対する社会的受容については、これまで、学術研究<sup>3)</sup>のみならず、国・地方自治体が実施する意識調査<sup>4)</sup>などを通じて、その把握が試みられてきた。しかしながら、これらの多くは、各地域を対象に、無電柱化に対する平時の社会的受容性を1回限りの調査で把握することに留まっている。平時ではない災害を経験した広域の地

\*1 京都大学大学院経営管理研究部 准教授・博士 (工学) Assoc. Prof., Graduate School of Management, Kyoto University, Ph.D.(Eng.).

域住民に対して、大規模停電や電柱倒壊・損傷による被災経験、さらには関連報道への接触程度の違いが、無電柱化に対する受容意識にどのような影響を及ぼしているのか、被災前後でどのように受容意識が変化しているのかについては、明らかにされていない。

そこで本稿では、令和元年台風15号を対象に、千葉県内で発生した電柱倒壊・損傷の被害状況をデータや文献に基づいて客観的に把握した上で、甚大な被害を受けた千葉県民を対象に、Webアンケート調査を通じて、無電柱化に対する受容意識と被災前後での変化を定量的に明らかにすることを目的とする。

## 1.8.2 台風15号による電柱倒壊・損傷の被害状況

### (1) 電柱倒壊・損傷の被害状況

経済産業省の電力レジリエンスワーキンググループが2020年1月にとりまとめた“台風15号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ”<sup>5)</sup>によれば、表1.8.1に示すように、東京電力管内で計1,996本の電柱が折損・倒壊・傾斜等の損壊被害を受けており、そのうち約88%が千葉県内に集中している。これらの損壊の原因としては、倒木・建物の損壊、飛来物、地盤の影響による二次被害が多く、特に多くは倒木・建物の損壊であることがわかる。また、表1.8.2に示すように、架空線と地中線での被害状況を比較すると、架空線の被害が甚大である一方で、地中線の被害は、整備率が架空線と比較して低いことを差し引いても、地上機器1台のみとほぼ被害を受けていないことがうかがえる。このような結果は、2018年9月に近畿地方で甚大な被害をもたらした台風21号においても、同様の結果を示している。

表 1.8.1 電柱損壊の原因

エリア		栃木	群馬	茨城	埼玉	千葉	東京 (23区)	東京 (多摩)	神奈川	山梨	静岡	合計
損壊数		9	0	94	9	1,750	15	3	59	2	55	1,996
電柱損壊 の原因	倒木・建物の倒壊	9	0	57	8	1,311	6	3	37	2	44	1,477
	飛来物	0	0	9	0	263	3	0	6	0	0	281
	地盤の影響	0	0	28	1	176	6	0	16	0	11	238

出典：経済産業省(2020)電力レジリエンスワーキンググループ資料

表 1.8.2 電気設備の被害状況

架空線			地中線		
支持物 (折損・倒壊等)	架空線 (断線・混線等)	変圧器 (損傷・傾斜等)	地上機器 (浸水等)	地上機器 (損傷・傾斜等)	ケーブル (損傷等)
1,996本	5,529経間	431台	0台	1台	0m
《参考：関西電力 台風21号による配電設備被害》台風21号対応検証委員会報告(平成30年12月13日)抜粋					
支持物	架空線	変圧器	地上機器	地上機器	ケーブル
1,343本	4,914経間	362台	38台	0台	544m

出典：国土交通省(2019)無電柱化事業説明資料

### (2) 千葉県内の被害状況

電柱の損壊数が最も多い千葉県内の被害状況について、その詳細を図1.8.1に示す。図1.8.2に示すような電柱の倒壊・損傷が各地で発生しており、特に、東京湾を通過した台風15号の進路東側(安房, 君津, 千葉・市原, 印旛,



香取地域)において、大きな被害が集中していることがうかがえる。

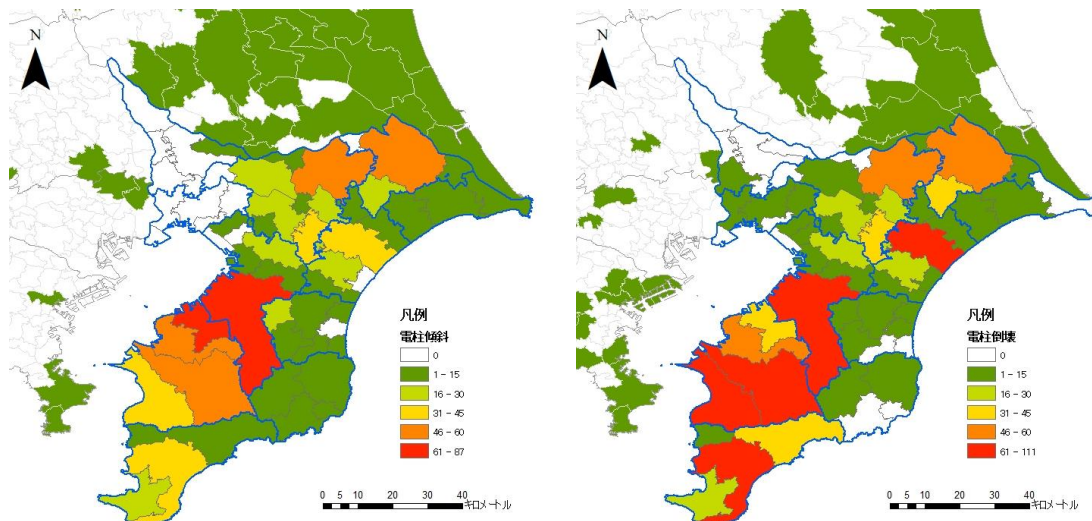


図 1.8.1 電柱の被害状況 (左：傾斜, 右：倒壊)

出典：東京電力パワーグリッド(株)による提供データを独自集計・表示

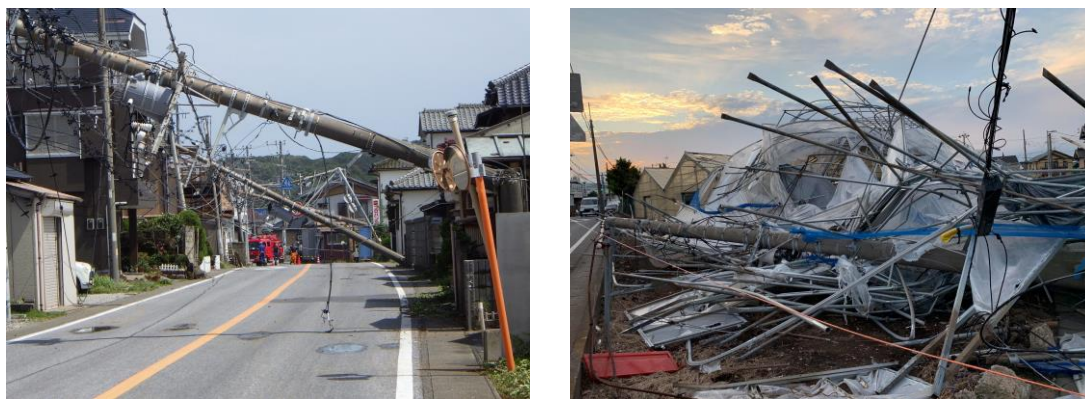


図 1.8.2 電柱の倒壊・損傷 (左：館山市, 右：船橋市)

出典：国土交通省, NPO 法人電線のない街づくり支援ネットワークより提供

### 1.8.3 台風 15 号による被災経験を踏まえた千葉県民の無電柱化に対する受容意識の変化

#### (1) Web アンケート調査の概要

(株)クロス・マーケティングの千葉県内に居住する登録モニターに配信を行う形式で、Web アンケート調査を実施した。調査期間は、2020 年 3 月 4 日(水)から 3 月 8 日(日)の 5 日間で、20 歳以上 80 歳未満の男女を対象に、人口構成比と地域特性を踏まえ、11 地域区分で割り付けを行うことで、有効な 2,500 件の回答を得ている。調査内容は、1)個人属性、2)停電・通信障害及び電柱倒壊・損傷の被害状況、3)無電柱化に対する受容意識の 3 つで大きく構成されている。

#### (2) 基礎集計の結果

2,500 件の回答者属性を表 1.8.3 に示す。性別では男性が 64.2%、年代別では 50 代が 27.4%で、それぞれの属性において、高い構成比率を示している。

表 1.8.3 回答者属性

属性名				属性名			
	属性名	回収数	構成比(%)		属性名	回収数	構成比(%)
全体		2,500	—	全体		2,500	—
性別	男性	1,604	64.2	世帯人数別	1人	372	14.9
	女性	896	35.8		2人	843	33.7
年代別	20代	122	4.9		3人	653	26.1
	30代	318	12.7		4人	436	17.4
	40代	592	23.7		5人	139	5.6
	50代	684	27.4		6人以上	57	2.3
	60代	510	20.4	世帯年収別	300万円未満	418	16.7
	70代	274	11.0		300～500万円	497	19.9
職業別	会社員	965	38.6		501～700万円	367	14.7
	公務員	89	3.6		701～1,000万円	395	15.8
	自営業	195	7.8		1,001～1,500万円	182	7.3
	主婦(家事専業)	289	11.6		1,501～2,000万円	40	1.6
	学生	18	0.7	2,001万円以上	19	0.8	
	パート・アルバイト	350	14.0	わからない・答えたくない	582	23.3	
	無職	518	20.7	住宅形態別	持家(戸建)	1,637	65.5
	その他	76	3.0		持家(共同住宅)	312	12.5
	居住地域別	千葉市・市原市	360		14.4	賃貸(戸建)	75
葛南地域		360	14.4		賃貸(共同住宅)	403	16.1
東葛飾地域		360	14.4		寮・社宅	27	1.1
印旛地域		360	14.4	その他	46	1.8	
香取地域		50	2.0	居住年数別	5年未満	372	14.9
海匝地域		150	6.0		5-10年未満	330	13.2
山武地域		200	8.0		10-15年未満	352	14.1
長生地域		150	6.0		15-20年未満	319	12.8
夷隅地域		50	2.0		20-25年未満	296	11.8
安房地域		100	4.0		25年以上	831	33.2
君津地域		360	14.4				

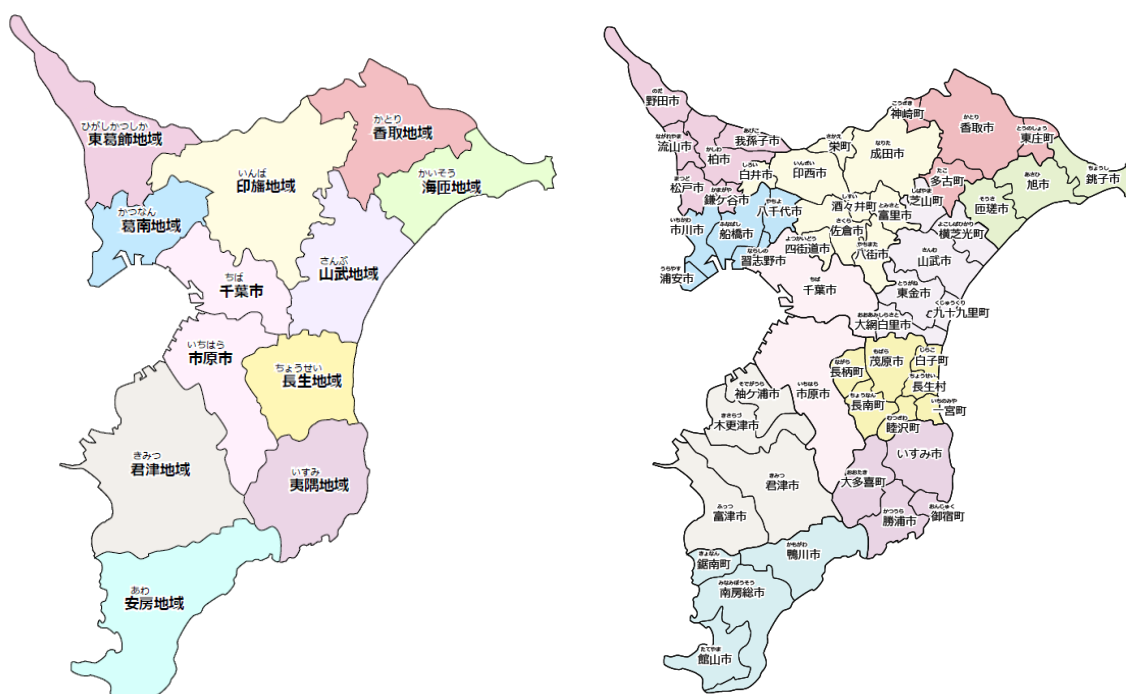


図 1.8.3 地域割付区分

出典：千葉県 <https://www.pref.chiba.lg.jp/kouhou/kids/chi-bakun/sorakara/shichouson.html>

停電被害，通信障害，電柱損壊の被害の有無をクロス集計と併せて図 1.8.4，図 1.8.5 に示す。回答者の約 48%が停電被害，約 33%が通信障害の被害を受けていることがわかる。また，回答者の約 13%の住まい周辺において，電柱損壊の被害がみられる。

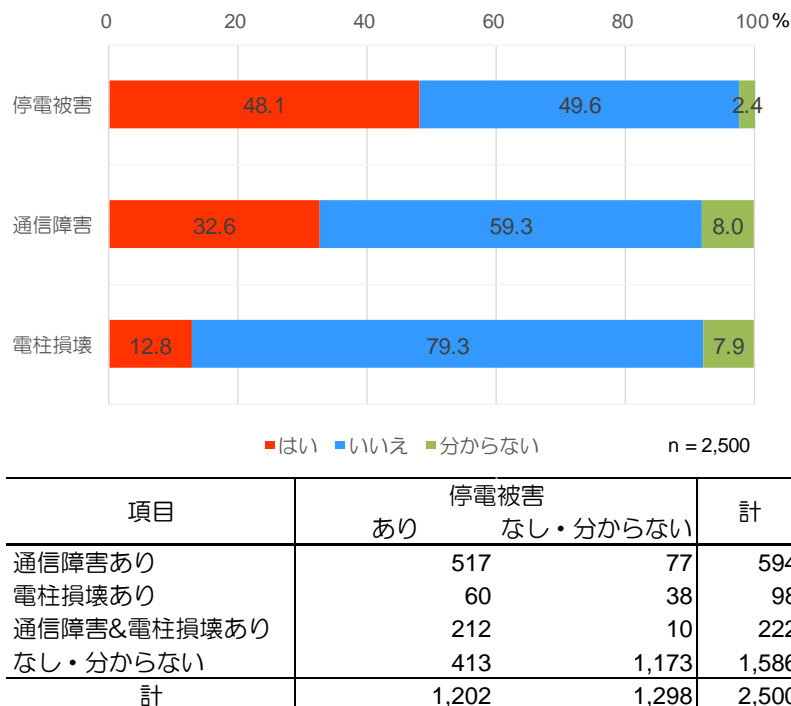


図 1.8.4 停電被害，通信障害，電柱損壊の被害有無

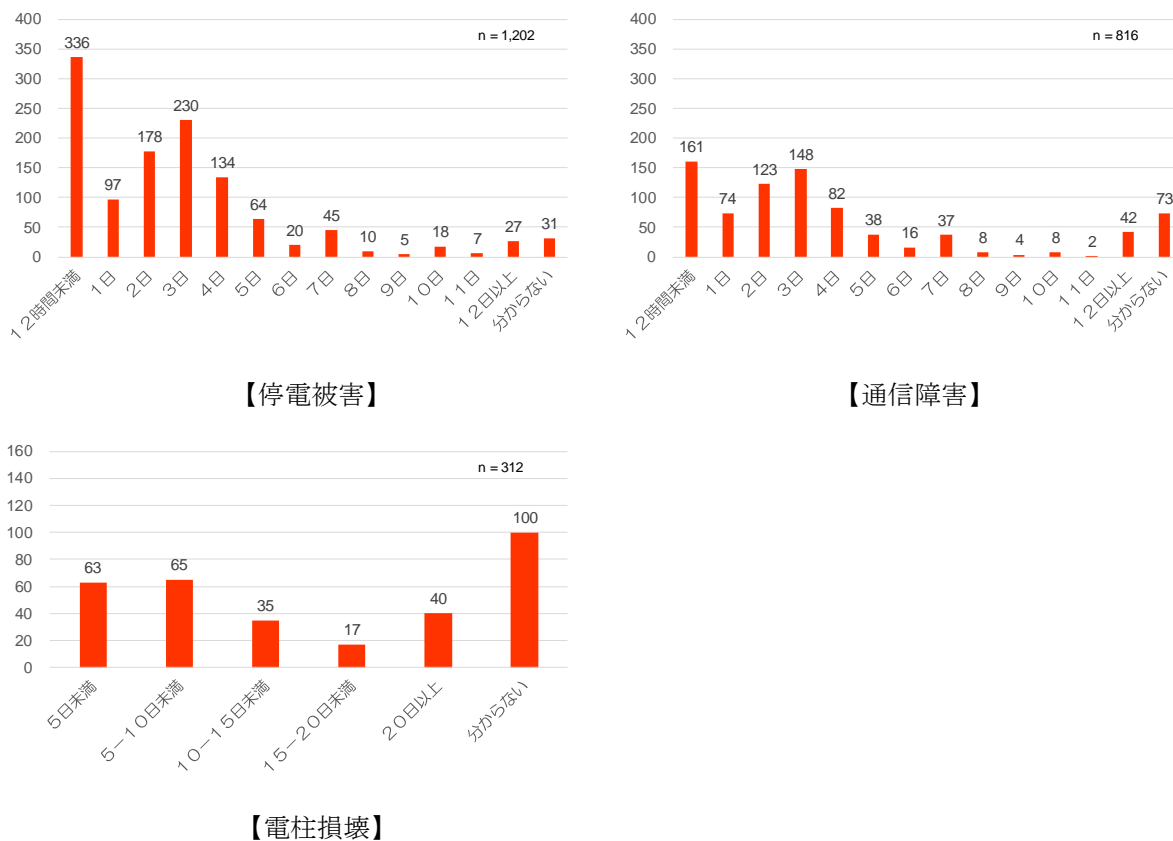


図 1.8.5 停電被害，通信障害，電柱損壊の復旧期間の分布

再発防止に有効な対応策として、回答者が最も有効と考えている対応策、次いで有効と考える対応策を図 1.8.6 に示す。最も有効と考えている対応策としては、“無電柱化”が全サンプル 2,500 のうち 62.3%を占めている。続いて、次いで有効と考えている対応策としては、“電柱・鉄塔の強度強化”が 24.8%，次いで、“電源等の分散化”が 21.4%と続いている。

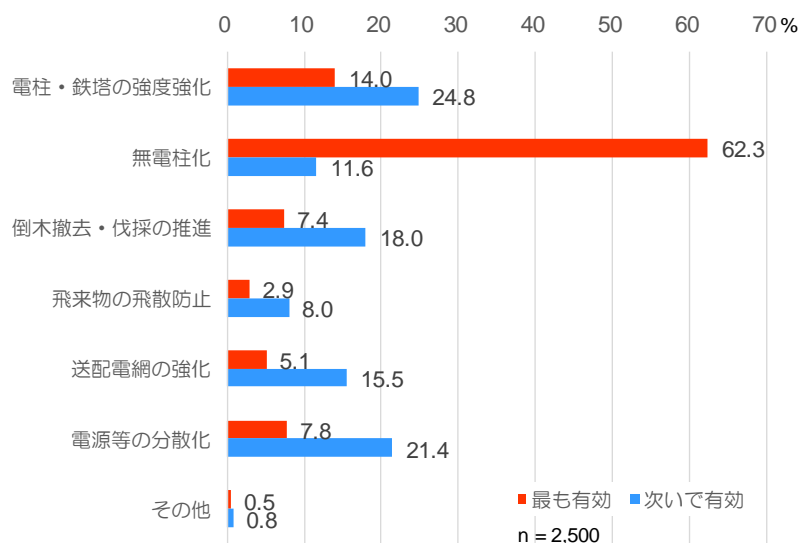


図 1.8.6 再発防止に有効な対応策（最も有効，次いで有効）

回答者の無電柱化に対する認知度を図 1.8.7 に示す。“言葉・内容ともによく知っている”が 42.5%，“少し知っている”が 39.7%と続いており，回答者の 8 割強が無電柱化を少なからず認知していることがうかがえる。

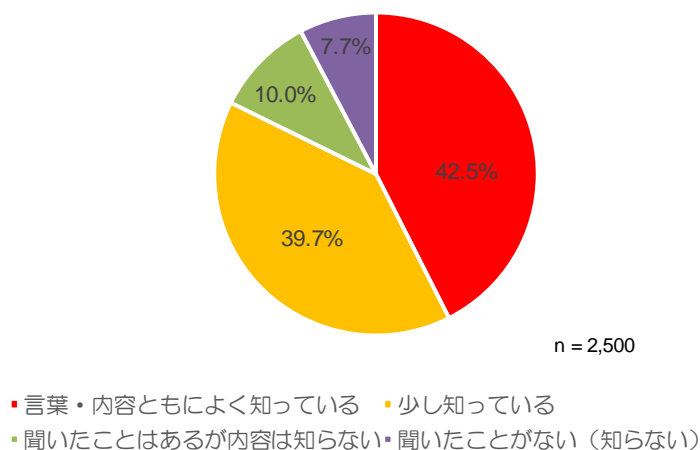


図 1.8.7 無電柱化の認知度

被災以降の無電柱化に関する情報の接触機会の有無と接触媒体を図 1.8.8 に示す。約 27%の回答者が無電柱化に関する情報に接しており，接触媒体の内訳としては，テレビが最も多く，次いで，インターネット，新聞の順となっている。

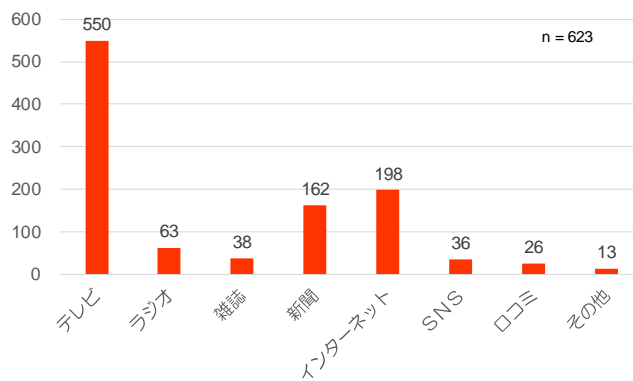
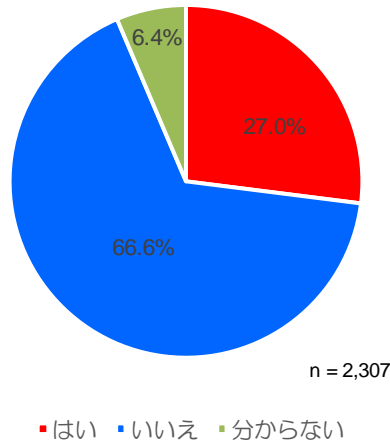


図 1.8.8 被災以降の無電柱化に関する情報の接触機会の有無（下図は複数選択可）

被災前後における無電柱化整備推進の必要性と変化度合いを図 1.8.9 に示す。被災前は“極めて必要”が 9.2%，“必要”が 19.9%，“やや必要”が 20.8%で、半数近くの回答者が少なからず必要性を感じている。一方で、被災後は“極めて必要”が 25.7%，“必要”が 31.2%，“やや必要”が 16.1%で、少なからず必要性を感じる回答者が 2 割ほど増加している。特に、“極めて必要”は 16.5 ポイントの増加，“やや必要”は 11.3 ポイントの増加である。

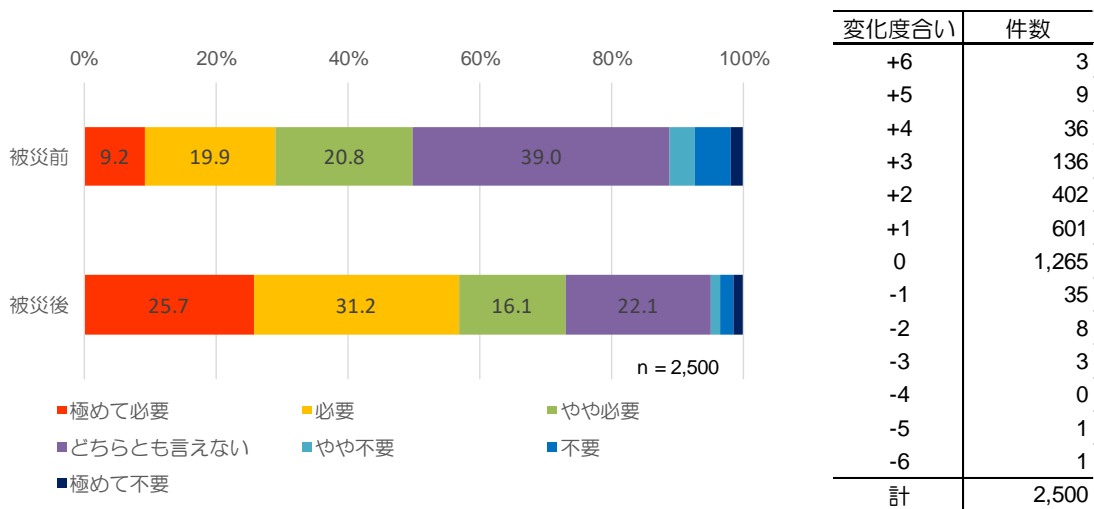


図 1.8.9 被災前後における無電柱化整備推進の必要性と変化度合い

被災前後における無電柱化整備推進の必要性について、停電被害ありの回答者となし/分からないの回答者間での比較を図 1.8.10, 図 1.8.11 に、電柱損壊ありの回答者となし/分からないの回答者間での比較を図 1.8.12, 図 1.8.13 に示す。

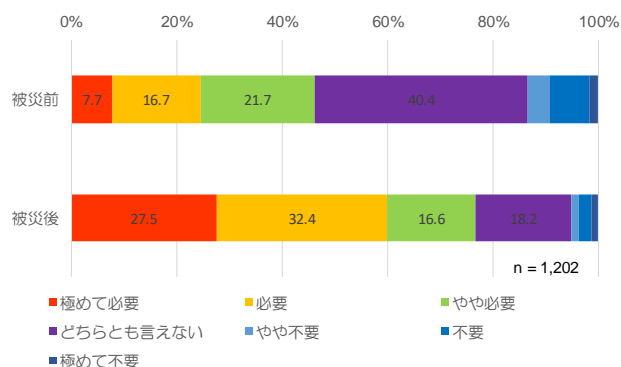


図 1.8.10 停電被害ありの回答者の必要性

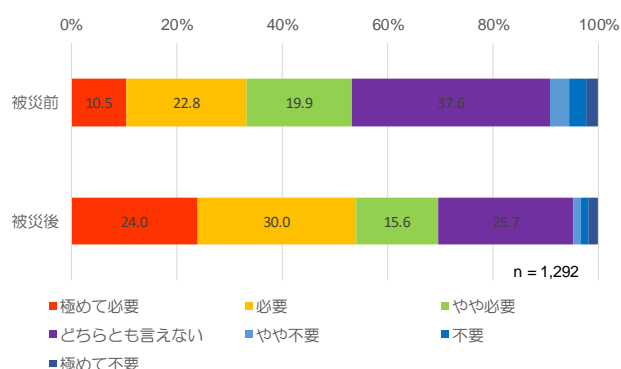


図 1.8.11 停電被害なし/分からないの回答者の必要性

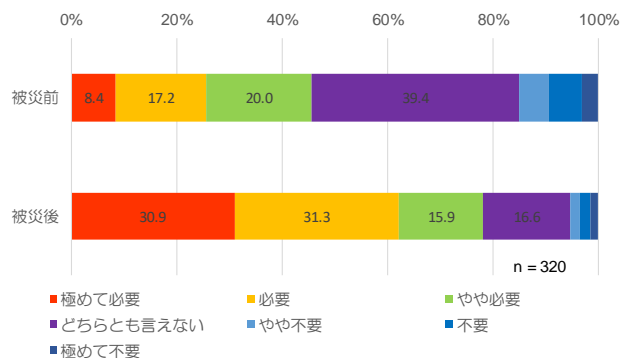


図 1.8.12 電柱損壊ありの回答者の必要性

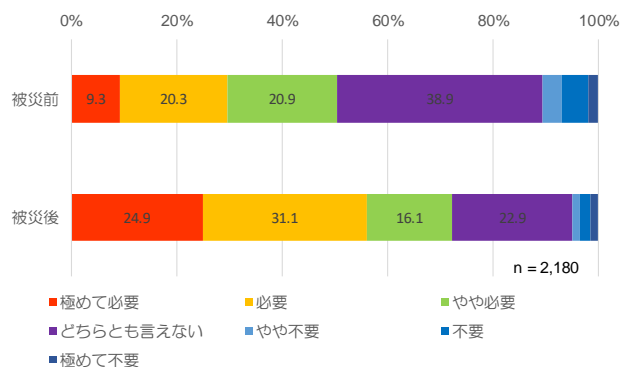


図 1.8.13 電柱損壊なし/分からないの回答者の必要性

また、情報接触ありの回答者となし/分からないの回答者間での比較を図 1.8.14、図 1.8.15 に、千葉県内の地域性を考慮して、千葉市・市原市の回答者と君津地域の回答者間での比較を図 1.8.16、図 1.8.17 に示す。

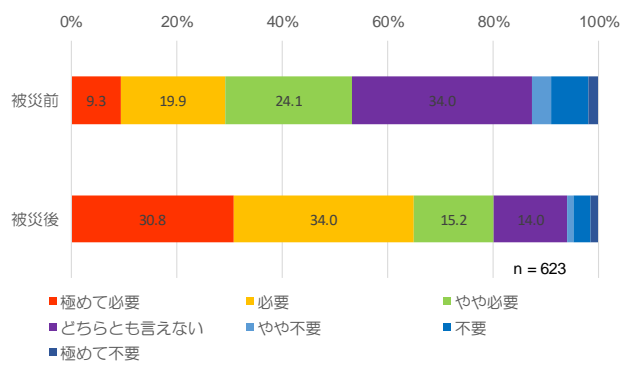


図 1.8.14 情報接触ありの回答者の必要性

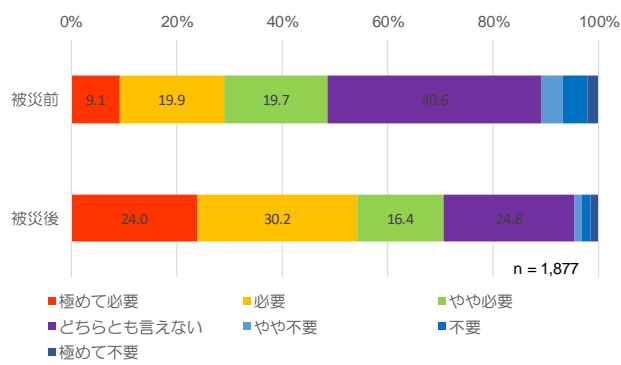


図 1.8.15 情報接触なし/分からないの回答者の必要性

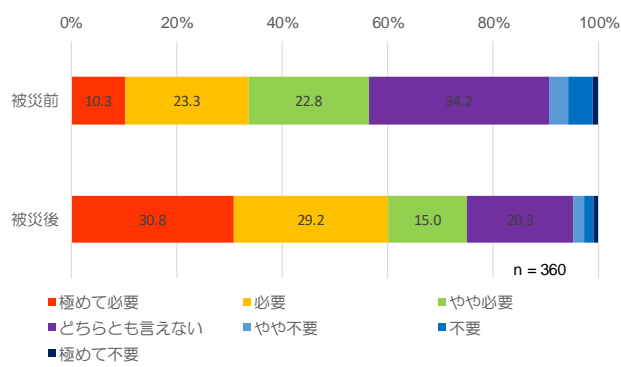


図 1.8.16 千葉市・市原市の回答者の必要性

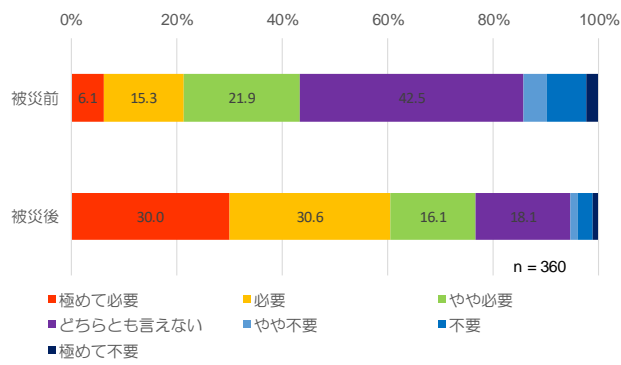


図 1.8.17 君津地域の回答者の必要性

無電柱化に期待する効果を図 1.8.18 に示す。期待する割合は“防災性の向上”(60.0%)，“ライフライン（電力・通信等）の安定供給”(58.1%)，“交通安全の向上”(44.0%)，“景観形成・美観向上”(37.4%)の順に続いている。

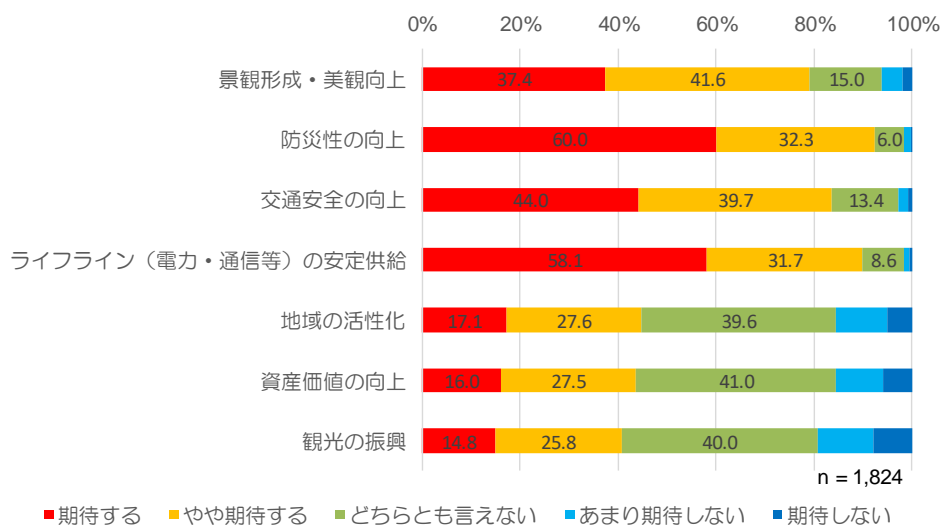


図 1.8.18 無電柱化に期待する効果

無電柱化整備を優先すべき道路を図 1.8.19 に示す。優先する割合は，“災害避難路”(52.9%)の割合が大きく，次いで，“歩行者・自転車通行量の多い道路”(38.5%)，“通学路”(36.7%)，“車両交通量の多い道路”(36.5%)，“幅が狭い道路”(34.9%)の割合が大きい。

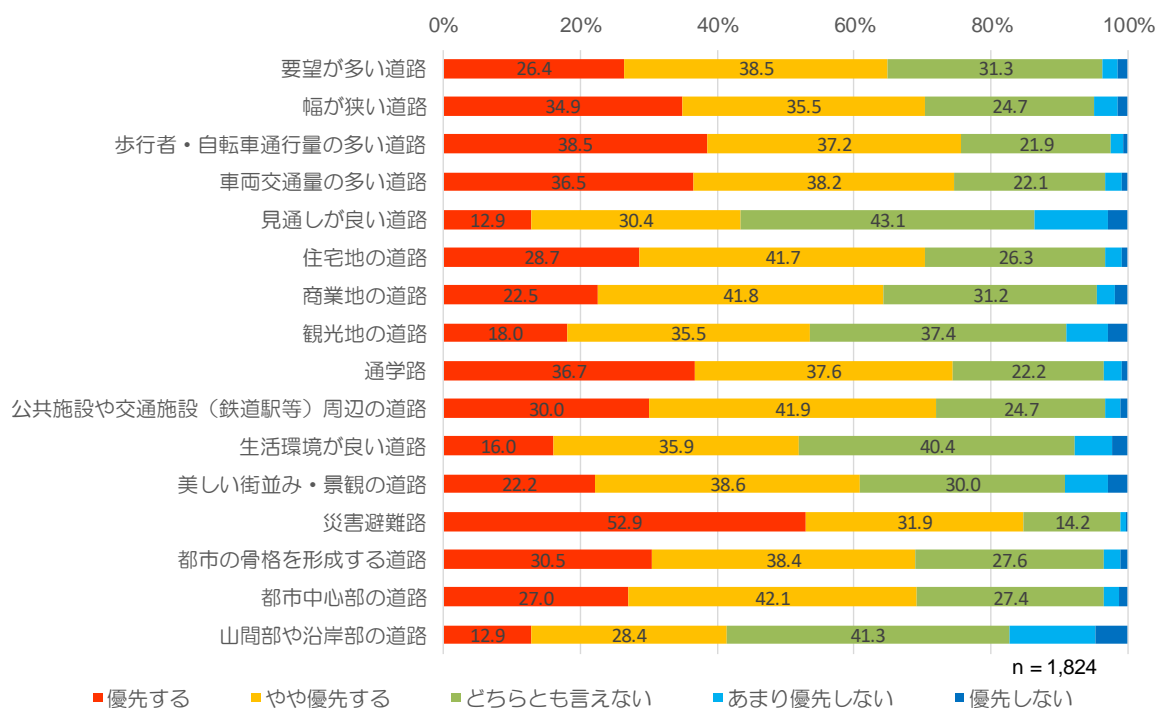


図 1.8.19 無電柱化整備を優先すべき道路



#### 1.8.4 おわりに

本研究は、令和元年台風 15 号による電柱損壊の被害状況を把握した上で、千葉県民の無電柱化に対する社会的受容性と被災前後の受容性の変化を明らかにすることを目的に、文献調査ならびに Web アンケート調査を実施した。その結果、東京湾を通過した台風 15 号の進路東側で電柱損壊の被害が大きく、また、架空線の被害が甚大である一方で、地中線はほぼ被害を受けていないことを確認した。また、千葉県民は、無電柱化整備の推進を少なからず必要と感じている割合が、被災前後で 2 割ほど増加していること、さらには、約 6 割の回答者が大規模停電の再発防止に最も有効な対応策として、無電柱化を考えていることを明らかにした。

千葉県全体の無電柱化率は 1%程度（平成 29 年度末）で、全国平均にも届いていない<sup>6)</sup>。Web アンケート調査で明らかにした千葉県民の社会的受容性の高さを鑑みれば、千葉県内の無電柱化整備を推進してレジリエンス強化を図っていくことが求められる。なお、本稿では Web アンケート調査結果の基礎集計及びクロス集計に留まっているため、計量経済分析などの更なる分析を通じて社会的受容性の因果的要因を明らかにすることが今後の課題である。

#### 謝辞

東京電力パワーグリッド株式会社配電部無電柱化推進グループの辻孝之氏、ならびに、国土交通省道路局環境安全・防災課の望月拓郎氏には、令和元年台風 15 号に伴う電柱倒壊・損傷に関するデータや電線類地中化に関するデータをご提供頂きました。また、NPO 法人電線のない街づくり支援ネットワーク事務局長の井上利一氏には、Web アンケート調査票の質問項目についての的確なアドバイスを頂きました。ここに深く謝意を表します。さらに、Web アンケート調査にご協力頂いた多くの皆様に、深く御礼申し上げます。

#### 参考文献

- 1) 経済産業省 資源エネルギー庁：「台風」と「電力」～長期停電から考える電力のレジリエンス, 2020-01-23  
<https://www.enecho.meti.go.jp/about/special/johoteikyo/typhoon.html>
- 2) 国土交通省 電柱本数の推移 [https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi\\_13\\_03.html](https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_03.html)
- 3) 例えば、岡田英哲, 日比野直彦, 森地 茂：電線類地中化事業に対する周辺住民の意識と評価, 土木計画学研究・講演集(CD-ROM), Vo.45, 2012.6.
- 4) 例えば、国土交通省北陸地方整備局 <http://www.hrr.mlit.go.jp/road/mudenchu/enquete/index.html>
- 5) 経済産業省 電力レジリエンスワーキンググループ-台風 15 号の停電復旧対応等に係る検証結果取りまとめ, 2020.1. [https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku\\_gas/denryoku\\_gas/resilience\\_wg/pdf/20200110\\_report\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/denryoku_gas/resilience_wg/pdf/20200110_report_01.pdf)
- 6) 国土交通省 [http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi\\_13\\_02.html](http://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_02.html)
- 7) 経済産業省 産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会 令和元年度台風 15 号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ-中間報告書, 2020.1. [https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan\\_shohi/denryoku\\_anzen/tettou/pdf/20200121\\_report\\_01.pdf](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/tettou/pdf/20200121_report_01.pdf)
- 8) NPO 法人電線のない街づくり支援ネットワーク：電柱のないまちづくり, 学芸出版社, 2010.
- 9) 小池百合子, 松原隆一郎：無電柱革命, PHP 研究所, 2015.
- 10) NPO 法人電線のない街づくり支援ネットワーク[編著]：無電柱化の時代へ, かもがわ出版, 2018.