

首都直下地震に備える

— ライフラインの防災対策 —

千葉大学大学院工学研究院教授 丸山 喜久

1. はじめに：首都直下地震とは何か

1995年1月17日5時46分に発生した阪神・淡路大震災を契機として設置された地震調査研究推進本部は、2005年3月から「確率論的地震動予測地図」を継続的に公表している。確率論的地震動予測地図とは、対象地域に影響を及ぼすことが想定される地震のすべてを考慮し、将来予想される地震動の強さを確率を用いて表現しようとするものである。この結果は、地震ハザードステーション(J-SHIS)を通じて公開されており、数値等のダウンロードも可能である¹⁾。

図-1に、2020年版の確率論的地震動予測地図の一つである「今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図」を示す。北海道の東部は根室沖のプレート間地震など千島海溝沿い

の巨大地震が、静岡県から西の太平洋側の地域は南海トラフを震源とする巨大地震がそれぞれ懸念されており、高い確率が示されている。さらに、首都圏もこれらの地域と同様に高い確率が示されている。これに強く影響しているのが首都直下地震である。

図-2は、平成27年版防災白書²⁾に掲載されている相模トラフ沿いの地震発生履歴である。相模トラフでは、マグニチュード(M)8クラスの巨大地震が、200～400年程度の周期で発生してきた。直近のM8クラスの地震は、1923年9月1日に発生した大正関東地震である。大正関東地震では、南関東を中心に広範囲で強い揺れに見舞われ、相模湾沿岸地域や房総半島南部では、現在の震度7相当の揺れであったものと推定されている。この地震では、地震によって発生した火災が被害を大きくし、火災による死者が約

9万2千人と推定されている。このように関東地震の人的被害のほとんどは火災が原因であるが、住家全潰による死者も約1万1千人に達しており、1995年兵庫県南部地震の死者数よりも多い³⁾。このことは首都直下地震に備えるための重要な教訓の一つである。

相模トラフで発生するM8クラスの周期は200～400年程度であるため、この地震が今後30年以内に発生する可能性は低い。しかし、直近のM8クラスの地震である大正関東地震から約100年が経過し、これから南関東はM7クラスの地震が発生しやすい活動期を迎える。このM7クラスの地震が首都直下地震と呼ばれるものである。しかしながら、現時点ではこの地震がどこで発生するかを予測することは困難である。内閣府・中央防災会議では、2013年に都心南部直下地震(図-3)を始めとして19のM7ク

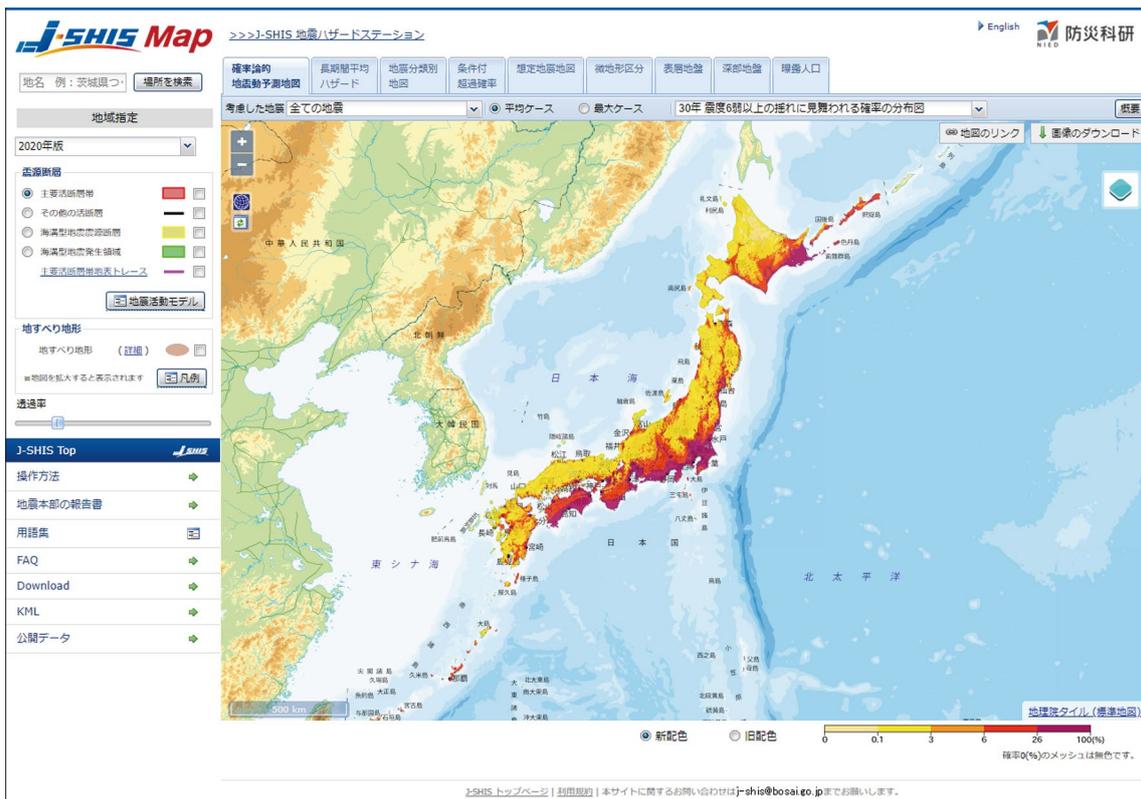


図-1 今後30年以内に震度6弱以上の揺れに見舞われる確率の分布図(2020年版)

ラスの地震を想定している⁴⁾。

2. 近年の自然災害時のライフラインの被害事例

首都直下地震と同様のM7クラスの都市型地震災害には、1995年兵庫県南部地震が挙げられる。この地震では、停電が約260万戸、水道の断水は約127万戸、都市ガスの供給停止は約84万5千戸に至った⁵⁾。地震後のこれらのライフラインの復旧過程を図-4に示す⁶⁾。電力は地震からおおよそ1週間後の1月23日に、水道はおおよそ70日後の2月28日、都市ガスはおおよそ90日後の4月11日に、家屋倒壊等の甚大な被害が生じた一部地域を除き概ね復旧が完了した。

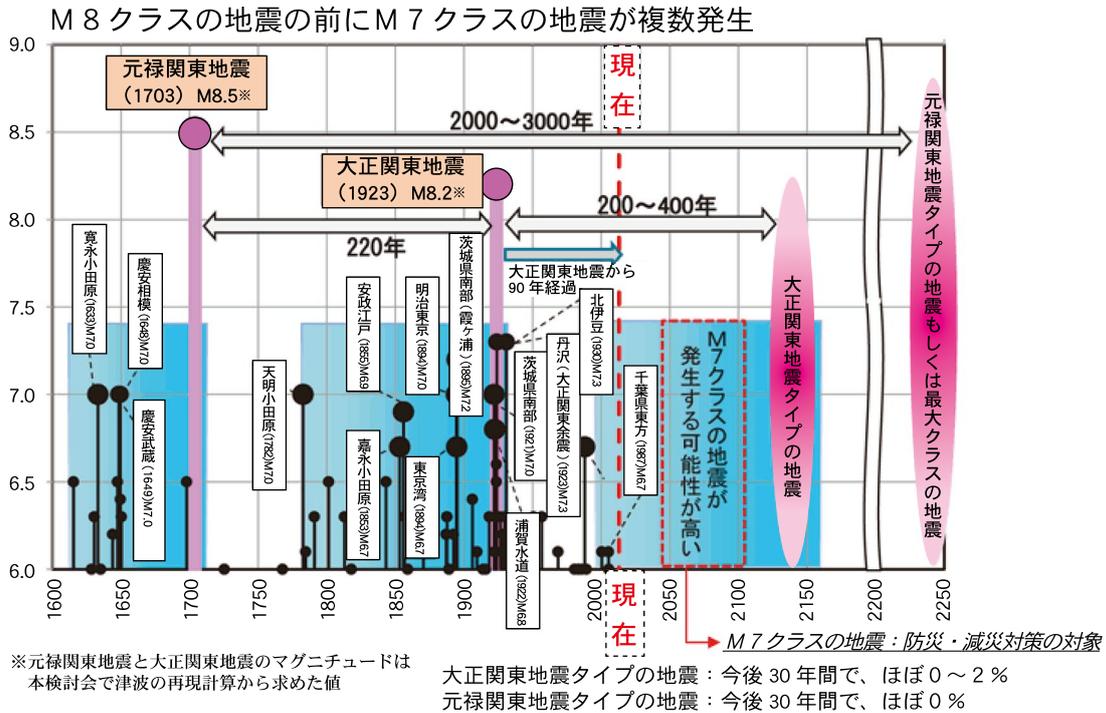
(1) 電力の被害

兵庫県南部地震では、関西電力(株)の電

力供給エリアにおいて、全体の4分の1に相当する約260万戸が地震直後に停電した。また、火力発電所は35基のうち12基が自動停止し、176万kWの発電支障に至った。一方、電力需要は停電の影響で1270万kWから940万kWに低下したため、電力需要が逼迫する事態には至らなかった。地震後直ちに電力系統の切替送電を行い、地震から2時間足らずの午前7時30分ころには停電戸数が約100万戸まで減少した。その後、送変電設備の復旧作業によって、地震翌日の午前8時にはすべての変電所が復旧した。さらに、地震から72時間後には停電戸数が11万戸まで減少した。このように、兵庫県南部地震の際の電力の復旧は非常に迅速であった。

一方で、近年の自然災害では、電力システムに甚大な支障を及ぼす事例も見ら

れる。2018年9月6日3時7分に発生した北海道胆振東部地震では、北海道で大規模停電(ブラックアウト)に陥った。当時の北海道エリアの電力総需要は3,087MWであり、このうちの約48%である1,492MWは苫東厚真発電所から供給されていた⁷⁾。この地震の震源に近い苫東厚真発電所では、稼働していた3機の発電機のうち2機が地震直後に自動停止した。直ちに北海道・本州間電力連系設備からの緊急受電や周波数低下リレー(UFR)による負荷遮断が動作したため、一時は電力需給バランスが保たれた。しかし、その後の電力需要の高まりや、苫東厚真発電所で唯一稼働していた1号機の出力が安定しないことが影響し、需給バランスが維持できなくなった。3時24分頃に苫東厚真1号機が停止し、それに伴って他の火力および水力発電所が



出典：内閣府資料

図-2 相模トラフ沿いの地震発生履歴

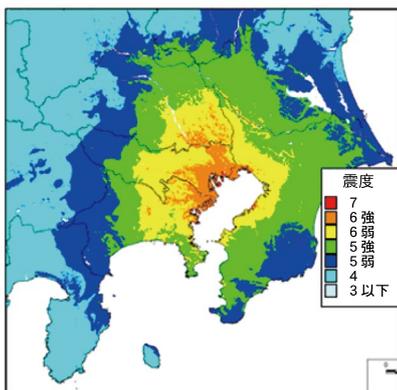


図-3 都心南部直下地震の震度分布

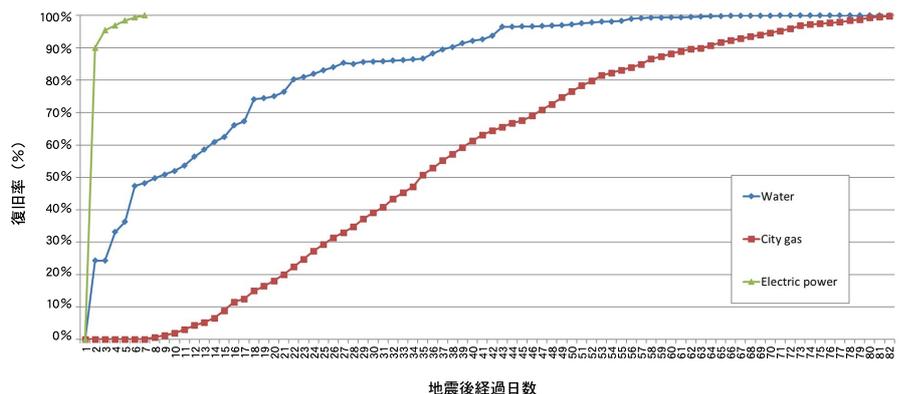


図-4 兵庫県南部地震におけるライフラインの復旧過程

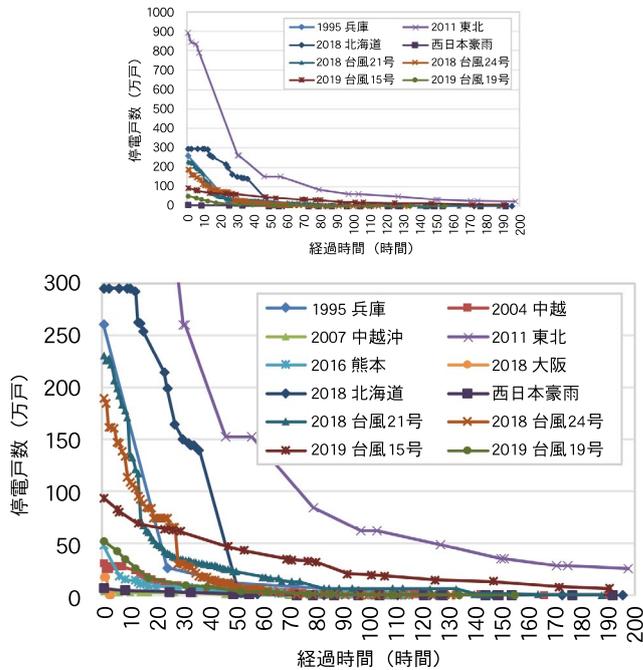


図-5 主な地震災害と近年の台風・豪雨災害における停電戸数の推移
(上段：全体表示，下段：300万戸まで)

設備保護のため連鎖して停止し、北海道内の供給力が喪失しブラックアウトとなった。ブラックアウトの解消には迅速な対応がとられ、停電の復旧には2日を要した。

同様の大規模停電は、2019年房総半島台風(台風15号)の際にも発生している。2019年9月5日に南鳥島近海で発生した房総半島台風は、「非常に強い」勢力を保ったまま9月9日午前3時前に三浦半島を通過した。その後、東京湾を北東に進み、9日午前5時前に千葉県千葉市に上陸した。関東地方に「非常に強い」勢力を保ったまま台風が接近するのは極めて稀なことであった。さらに、上陸時の中心気圧は960hPaと推定され、台風15号は、統計開始以来、最も強い勢力で関東地方に上陸したとみられている。この台風でとりわけ大きな被害を受けたのは、電力システムであった。東京電力管内の1都7県に渡って最大約934,900戸(2019年9月9日7時50分時点)で停電が発生した。9月11日6時30分時点で千葉県と神奈川県の一部を除き停電は解消されたが、千葉県では停電が長期化し、9月17日13時の時点で約67,200戸が未だ停電していた。近年の自然災害時における停電戸数の推移を図-5に示す⁸⁾。地震災害か台風・豪雨災害かを問わず、房総半島台風以外の事例では、約3日以内には復旧率がほぼ90%に達する。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年房総半島台風の復旧進捗の遅さは群を抜いていることが分かる。房総半島台風の際に電力の復旧が遅れたのは、千葉エリアの被害規模に対して東京電力の設備巡視要員が不足しており被害の全容把握に時間を要したこと、暴風による倒木や土砂崩れの影響でアクセスが困難となった箇所の被害状況が把握できなかったことなどが挙げられている⁹⁾。このような災害時の道路被害に伴うアクセス性の低下によって電力の復旧が遅れることは2024年能登半島地震の際にも問題となった。

(2) 上水道・都市ガスの被害

兵庫県南部地震では、上水道の拠点施設である貯水施設、取水施設、浄水施設、ポンプ場、配水池等の被害は、地震の規模の割には比較的少なかった¹⁰⁾。都市ガスに関しても同様で、大阪ガス(株)の製造所では主要設備に地震による被害はなかった。また、震源に近いガスホルダーにも被害はなかった。一方で、上水道、都市ガスともに最も被害が大きかったのは地中埋設管であった。

兵庫県南部地震における上水道の地中埋設管の被害は、配水池から各家庭へ水を配る配水管と、配水管から分岐した各家庭への引込管である給水管に集中していた。これによって多量の漏水が生じ、短時間で管内の水がなくなった。さらに、水圧が上がらず漏水箇所の特定が困難と

なり、復旧に時間を要した。製造所でつくられた都市ガスは、高圧、中圧、低圧の導管網を経て各家庭に供給される。兵庫県南部地震では、地中埋設管のうち高圧導管には被害がなかった。中圧導管では106箇所の被害があったが、供給停止地区の被害率は0.01%と非常に低かった。ガス導管の被害は、低圧導管に集中し本支管で5,188件、供給管で6,170件の被害が生じた。このように、水道や都市ガスの地中埋設管に被害が生じることは近年の地震でも見られることであるため、地震被害を軽減するには耐震性の低い管路の更新が必要である。

また、近年の自然災害時には他のライフラインシステムの被害との相互関連性も見られるようになってきている。例えば、前述の2019年房総半島台風では、上水道施設には大きな被害がなかったにもかかわらず、15事業体22市町で断水が発生し、千葉県内の断水戸数は133,474戸に達した(図-6)。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、八匠水道企業団で約16,000戸などである。これらの断水の主な原因は、停電による浄水場の機能停止であった。停電戸数の減少に伴い断水戸数も減少し、9月22日12時の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。断水期間は9月9日から最長で9月25日までの17日間であった⁸⁾。上水道システムのうち、取水・導水施設、浄水施設、給水施設等の拠点施設では、電力が供給されないと稼働できない施設も存在する。これらの施設では、停電対策として非常用自家発電設備の設置が必要となる。

3. ライフラインの防災対策

(1) 電力システム

東京電力では、首都直下地震対策として、発電所や送電線、変電所などの重要な設備に関しては十分な耐震対策を実施している。地震によって一部の発電所に被害を生じて、一時的に広範囲に停電する可能性もある。しかし、電力システムの冗長性を高め、一つの送電線が故障しても残りの送電線で電力を送電できるように運用されている。

このような対策は取られているが、近年の自然災害時の電力システムの被害状況を踏まえると、首都直下地震の影響で大規模な停電が発生する恐れもある。ま

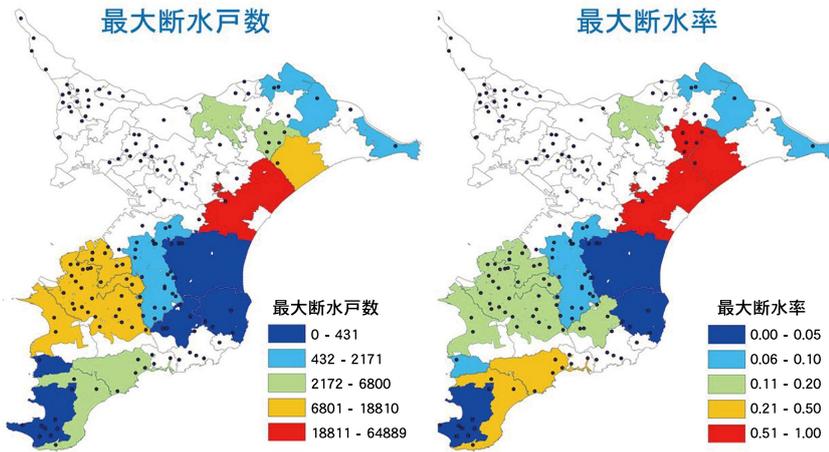


図-6 房総半島台風の際の千葉県内の最大断水戸数と最大断水率

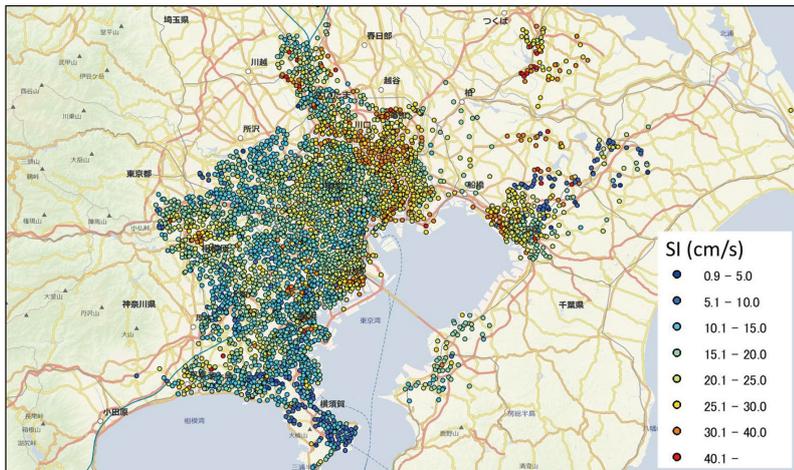


図-7 東北地方太平洋沖地震におけるSUPREMEの地震観測状況

た、道路被害等の影響を受け、アクセシ性が低下し、復旧作業が遅れる可能性もある。このような事態に備えるには、電力システムの自律分散性を高めることも必要である。例えば、太陽光発電や蓄電池の設置を進めることや、電気自動車のバッテリーからの家庭への給電(V2H:Vehicle to Home)などの対策が挙げられる。

(2) 上水道システム

上水道システムの地震対策としては、重要施設の耐震化および停電対策の充実、管路の耐震化が挙げられる。2024年能登半島地震の際にも断水が長期化したのが、その原因の一つとして能登半島の水道事業者では基幹管路の耐震化率が低かったことが挙げられている。水道管路に地震によって多数の被害が生じたことが長期間の断水につながっているため、管路の耐震化を進めることは首都直下地震対策として急務である。

これまでの水道管路の地震被害を分析すると、耐震性の高い管種とそうでない管種がはっきりと大別できる。例えば、継手部の離脱防止機能を有する耐震型ダ

クタイル鋳鉄管は、兵庫県南部地震の際には液状化しやすい埋立地や造成地に敷設されていたが被害を生じなかった。老朽化した地震に脆弱な水道管は、このような地震に強い管種の水道管へ置き換えを進めることが必要である。

(3) 都市ガス供給システム

これまでの地震では、低圧導管に被害が集中して発生している。特にねじ継手鋼管の継手部の破損が多く、これらの更新を進めている。一方で、これまでの地震でポリエチレン管の被害は生じていないため、都市ガス事業者ではポリエチレン管の導入を促進している。

東京ガス(株)では、超高密度リアルタイム地震防災システム(SUPREME)を導入している。供給エリア内の約4000基の地区ガバナに地震計(SIセンサー)を設置し、一定の強さ以上の揺れに見舞われた供給停止すべきブロックを地震発生後即時に特定する。さらに、50mメッシュ単位で高解像度に整備した地形分類や地盤増幅特性等の地盤データベースに基づき、低圧ガス導管の被害を地震直後に予

測している。2011年東北地方太平洋沖地震の際にもSUPREMEは稼働した。約4,000の地震計からの地震情報をNTTドコモのFOMA回線を介して約5分で収集し、供給停止の判定を行った(図-7)。茨城県日立市では大きな地震動を観測したため、第1次緊急停止判断基準に基づきブロック供給停止を行った。東京ガス管内の供給停止戸数は日立市全域で30,008戸、その他で588戸、計30,596戸となった。このように、SUPREMEを用いた迅速な緊急対応によって、二次災害を引き起こすことはなかった。

4. おわりに

本稿では、首都直下地震の概要を説明し、現代の生活を営むのに不可欠なライフラインのうち電力、水道、都市ガスの防災対策に関して述べた。首都直下地震の際には、広い範囲でライフラインが途絶する恐れもある。本稿で述べたように、ライフライン事業者は地震対策の充実を図ってはいるが、首都直下地震直後にライフラインが問題なく使用できるのは限定的な地域であろう。首都圏に在住している場合は、地震後2~3日は自立できるような備えをすることもまた重要である。

【参考文献】

- 1) 防災科学技術研究所：地震ハザードステーション、<https://www.j-shis.bosai.go.jp/>
- 2) 内閣府：平成27年版 防災白書、<https://www.bousai.go.jp/kaigirep/hakusho/h27/>
- 3) 中央防災会議 災害教訓の継承に関する専門調査会：1923関東大震災報告書、https://www.bousai.go.jp/kyoiku/kyokun/kyoukunnokeishou/1923_kanto_daishinsai/index.html
- 4) 中央防災会議 首都直下地震対策検討ワーキンググループ：首都直下地震の被害想定と対策について(最終報告)、https://www.bousai.go.jp/jishin/syuto/taisaku_wg/index.html
- 5) 兵庫県：阪神・淡路大震災の支援・復旧状況、https://web.pref.hyogo.lg.jp/kk41/pa17_000000002.html
- 6) 能島暢呂：ライフライン復旧概況、https://www1.gifu-u.ac.jp/nojima/take_out_LLEQreport.htm
- 7) 電力広域的運営推進機関：平成30年北海道胆振東部地震に伴う大規模停電に関する検証委員会 最終報告、https://www.occto.or.jp/iinkai/hokkaido_kensho/hokkaidokensho_saishuhoukoku.html
- 8) 丸山喜久(研究代表者)：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 研究成果報告書、<http://ares.tu.chiba-u.jp/typhoon15/>
- 9) 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、<https://www.tepco.co.jp/press/release/2020/pdf/200116j0101.pdf>
- 10) 阪神・淡路大震災調査報告編集委員会：阪神・淡路大震災調査報告 ライフライン施設の被害と復旧、丸善、1997。