

第5章

社会インフラ施設の防災対策

朱牟田 善治
(神奈川大学)

1. はじめに

本章に示す社会インフラ施設とは、ライフラインと呼ばれる電気、ガス、上下水道、道路、鉄道、通信などの産業基盤施設を意味する。これらの社会インフラ施設は都市機能を維持する上で必要不可欠なものであり、本研究では、社会インフラ施設の中でも、特に基幹システムと呼ばれる電力システムの防災対策に焦点をあてる。諸外国と比較しながら、その考え方を整理し、今後の課題を明らかにすることを目的とする。まず、アジア地域の災害の特徴を国際災害データベース¹⁾を用いて明らかにする。次に、電力システムの防災対策の基本的な考え方となっているレジリエンスについて解説する。その後、アジアを中心とする諸外国の電力システムと比較しながら、防災・減災対策として、近年、注目されている電柱地中化の功罪について、既往の災害事例を概観しながら考察する。最後に、気候変動により災害が複雑化、複合化しているアジア地域において、課題となっている社会インフラ施設の防災・減災対策について一連の調査結果をとりまとめ、今後の課題について私見を述べる。

2. アジア地域の自然災害リスク

本節では、国際災害データベースを用いて、近年（2000-2024）において、アジア地域で自然災害件数の多い地域の特徴を明らかにするために、自然災害の発生状況について概観する。

図 5.1 は、2000 年から 2024 年における、アジア地域の自然災害発生件数の上位 11 カ国を比較して示す。一般的な傾向として国土面積に比例して災害件数が多くなる傾向にある。このうち、中国が 600 件を超えており、突出して多い件数となっている。次いで、インド、インドネシア、フィリピンとなっており、日本は、6 番目の発生件数となっている。

図 5.2 は、アジア地域の自然災害別発生件数の年代別比較を示す。まず 2000 年-2012 年、2013 年-2024 年度を比較すると、被害件数に大きな差異はなく、ここ 20 年ぐらいはほぼ一定の発生数で推移している。災害別では、洪水（Flood）、嵐（Storm）、地震（Earthquake）、湿潤下での地すべり・地盤沈下（Mass movement (wet)、疫病（Epidemic）、異常気温（Extreme tempera-

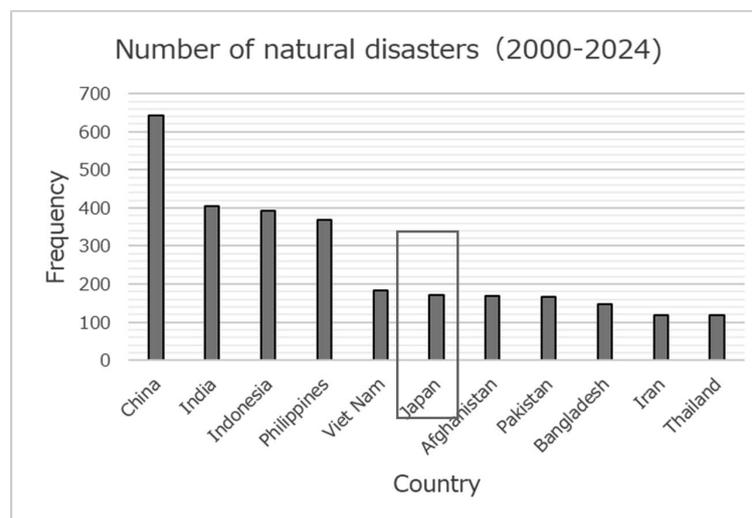


図 5.1 アジア地域の自然災害発生件数の比較

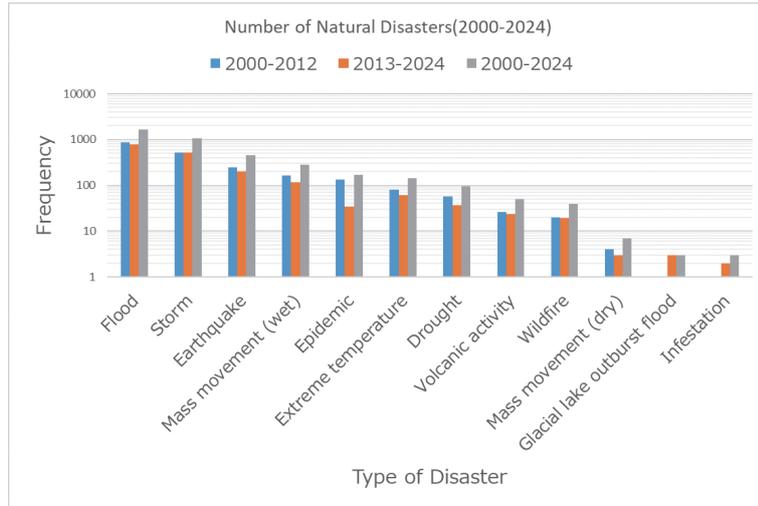


図 5.2 アジア地域の自然災害別発生件数の年代別比較

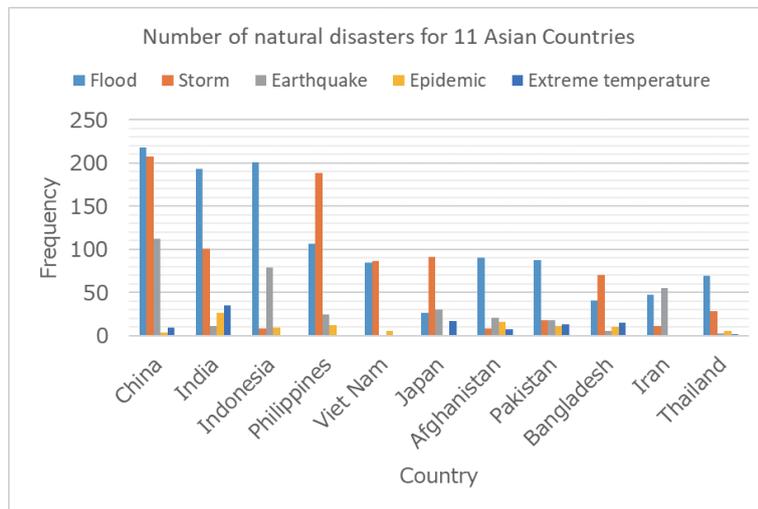


図 5.3 アジア地域の国別災害別発生数の比較

ture)、干ばつ (Drought)、火山活動 (Volcanic activity)、乾燥下での地滑り・地盤沈下 (Mass movement (dry))、氷河湖の堤防決壊 (Glacial lake outburst flood)、および害虫発生 (Infestation) の順に発生件数が多くなっている。このうち、日本で多発する落雷などは、一般的には Storm に含まれるが、日本の発生数を考慮すると、おそらくこのデータベースには含まれないと推察される。

図 5.3 は、アジアで災害が多発する国別に災害ごとの発生件数を比較する。どの国も、洪水など水に関する気象災害が他の災害に比べて圧倒的に多い。また、中国、フィリピン、ベトナム、日本、バングラデッシュでは、嵐 (Storm) に関する被害も多発していることが理解できる。図 5.3 より、アジア地域においては、洪水 (Flood) や嵐 (Storm) に関する対策が急務となっていることが推察できる。

以下には、アジア地域で多発する自然災害を念頭において、社会インフラ施設の防災対策について考察する。

3. 社会インフラ施設のレジリエンス強化の基本的考え方

図 5.4 は、Bruneau (2004) らが提唱している社会インフラ施設を対象としたレジリエンス計量化の基本的考え方を示す。図の縦軸は、時間と共に変化する機能 (Function; サービスレベル) が定義されている。すなわち、社会インフラ施設が、自然災害により被害 (damage) を受けると、その機能が低下する。図中曲線で示した機能回復曲線 (復旧曲線) が災害直後に急激に低下している状態が、災害による被害を受けたことを示している。対象インフラ施設の機能が低下すると、そのサービスを利用できなくなり、都市機能が麻痺する。たとえば、地震のような災害が発生すると、対象インフラ施設に被害が生じ、発災直後からそのサービスレベルが低下する。低下した後は、その機能を回復させるように対象インフラ事業者による復旧作業が行われる。対象インフラ施設の復旧は、この図に示されているように、そのサービスレベルが回復されるまで行われる。レジリエンスとは、この機能回復曲線で囲まれる面積を意味し、図中には Resilience Triangle として示している。災害発生時の Resilience Triangle をできるだけ小さくすることが、レジリエンス強化の基本的な考え方となる。

上記のような考え方に従うと、レジリエンスを強化する対策には大きく二つのアプローチがある。その一つは、物理的被害を軽減する対策を行うこと、すなわち、設備被害を防ぐという視点から、耐震・耐風設計や補強対策などを行い、設備に発生する物理的被害をできるだけ抑えるハード対策が基本的な考え方となる。二つめのアプローチが、復旧を早くする対策を行うことで、初動対応・応急復旧等に関わる対応の合理化・迅速化対策である。被害の発生をある程度前提として、復旧時間をできるだけ短くする対策を行うことに主眼を置いた対策を意味する。社会インフラ施設においては、レジリエンスという考え方が近年、浸透しつつあり、ハード対策に重点が置かれる防災対策から、発災後の減災を意識したソフト対策にも近年関心が高くなってきている。すなわち、多様な条件下で敷設されている社会インフラ施設のレジリエンスは、両者をバランスよく総合的に勘案することにより実現することが近年、国際的にも重要視されつつある。

上記の一般的なレジリエンス強化の視点を国内の電力システムを例に具体的に解説する。まず、複雑な電力システムの概念的な理解を容易にするために、電力システムを大きく三つのグループに分類する。図 5.5 に、それぞれのグループを代表する施設として、ここでは発電設備、鉄塔、および電柱の敷設数に着目する。第一のグループは、電圧階級の最上位に位置し、発電所や基幹変電所及び送電鉄塔などから構成され、一次系統と呼ばれる。第二のグループは、送電鉄塔、二次変電所、および配電用変電所から構成され、二次系統と呼ばれる。第三のグループは、主に電柱や電線

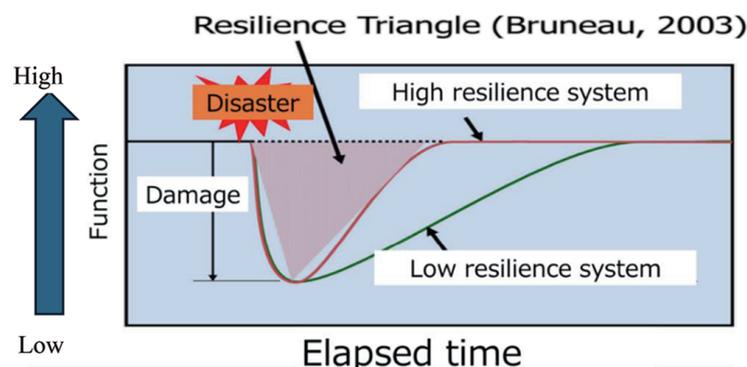


図 5.4 レジリエンスの基本的考え方²⁾

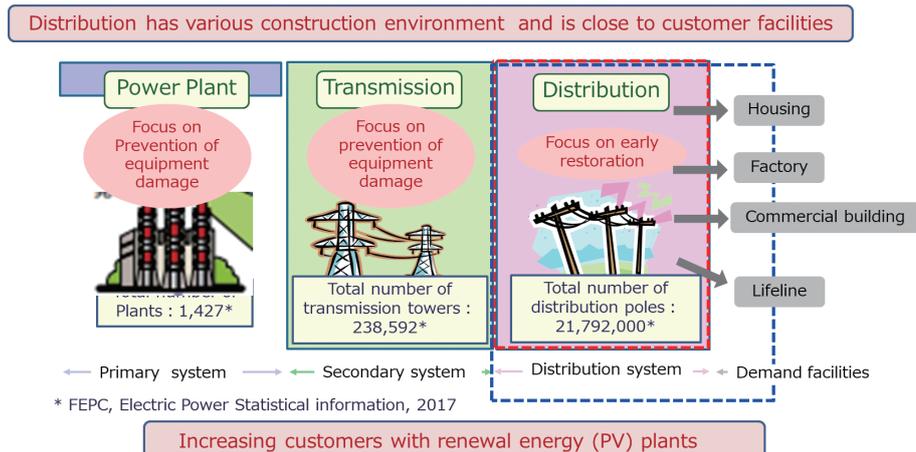


図 5.5 電力インフラを対象とするレジリエンス強化の基本的考え方

などの配電設備から構成され、配電システムと呼ばれる。図 5.5 で示すように、3つのグループを代表する発電所数、鉄塔数、および配電柱数は、電圧階級が下がるにつれ、その数は2桁ずつ多くなる。

これに対し、電力システムのレジリエンス強化の視点は、災害時に停電エリアを小さくするために設備被害を防ぐこと（図 5.4 の縦軸）と、停電時間を短くする（図 5.4 の横軸）ことに置き換えることができる。このレジリエンス強化の基本的考え方に従うと、設備数の多少は、地震や台風などのレジリエンス強化の基本的な考え方に大きく影響する。すなわち、国内にある約 1,400 カ所の発電設備、約 24 万基の送電鉄塔などは、ある程度数が限られ、周辺施設被害による間接被害も発生しにくい立地条件を選定することができることから、設備被害の防止に対策の力点が置かれる。いいかえれば災害時の被害を防止するハード対策に重点が置かれる。

一方、第三のグループである配電設備の場合、約 2200 万本（電力柱のみ、NTT 柱を除く）という電柱が、需要家設備に近接して広域に広がっている。膨大な施設数が敷設されている配電設備の場合には、周辺施設環境や地盤条件を選定して敷設することは困難であり、敷設条件は多様となる。結果として、災害時には、周辺施設被害による間接的な影響を大きく受けてしまう。具体的には、日本の架空配電設備の場合、大型の台風が発生すると、架空配電設備は、風速レベルの増加に伴って被害箇所数が増加する。暴露する地域が暴風域（25 m/s 以上）に達すると、配電柱一万本に数カ所程度の配電設備被害が発生することが、襲来頻度の高い台風の場合には、大まかな被害発生の目安となる。さらに、需要家の保有する小型の発電設備（PV：太陽光発電）の増加により、それらの被害が電力安定供給にも大きく影響する。このため、需要家施設や配電設備には、設計を越える外力が配電設備に作用したという条件下で、災害時に被害がある程度発生することを前提として、復旧効率をできるだけ上げる対策に力点が置かれる。すなわち、第三のグループの場合、レジリエンス強化の観点でいう横軸の停電時間をいかに少なくするかという対策が重要視される。

以下の考察では、電力システムの中でも特に、被害の集中する配電設備に焦点をあて、その防災対策について詳しく考察する。

4. 自然災害による国内電力システム被害の特徴

図 5.6 は、2016 年～2021 年の 6 年間に自然災害により発生した配電設備事故件数³⁾を示す。近年日本においては、風雨や雪害・凍害、および雷による被害が多い。近年は特に気候変動の影響により雨に関連した災害が多く発生している。

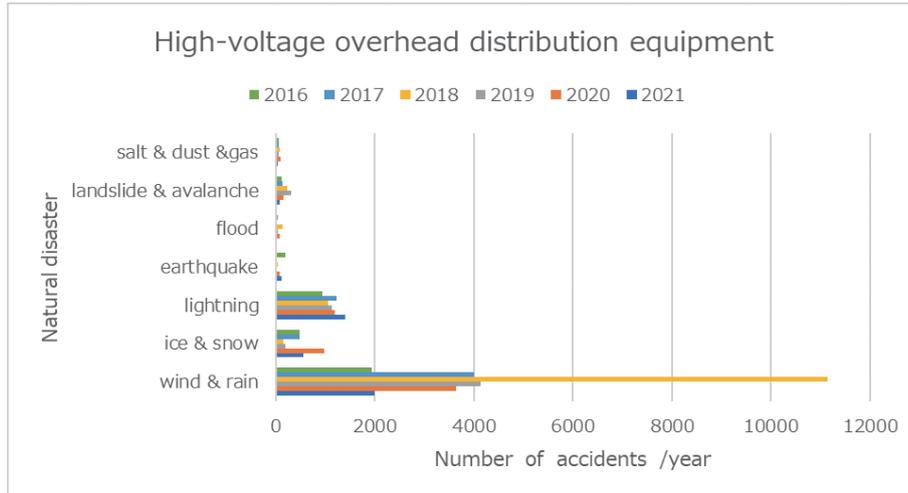


図 5.6 日本の配電設備（高圧線）の災害別被害件数の比較（2016-2021）³⁾

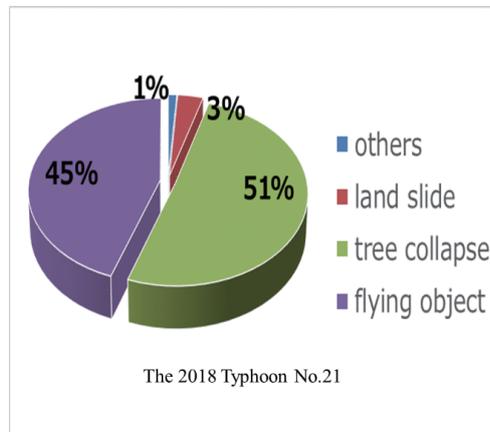


図 5.7 2018 年台風 21 号当時の配電設備被害の原因別内訳



(a) 樹木倒壊による被害



(b) 飛来物による被害

図 5.8 日本の配電設備の典型的な台風被害例

図 5.7 は、図 5.6 で示したように、最も被害発生数の多い台風災害の典型例として、2018 年台風 21 号による配電設備被害の原因別内訳を示す。同様に、図 5.8 は、風雨災害による配電設備被害の典型的な事例を示す。日本の配電設備は架空設備として地上に設置されることが多く、その被害の主要因は、台風時の風圧力による直接的な被害ではなく、樹木倒壊（図 5.8 (a)）や飛来物（図 5.8 (b)）による間接被害（二次被害）である。飛来物による被害とは、市街地ではトタン等の屋根材、郊外ではビニルハウスの飛来により発生することが多い。一方、森林地域などの山間部では、配電設備に近接している樹木に、倒壊や枝折れなどが多発発生し、電柱・電線などに接触して配電

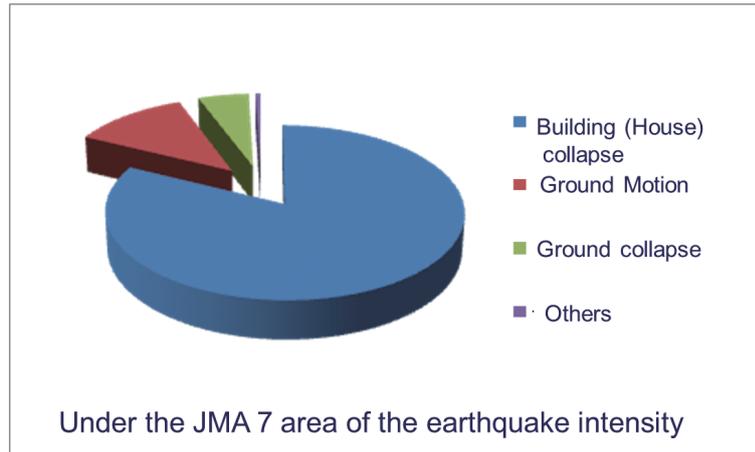


図 5.9 1995 年兵庫県南部地震時の原因別配電設備被害の内訳

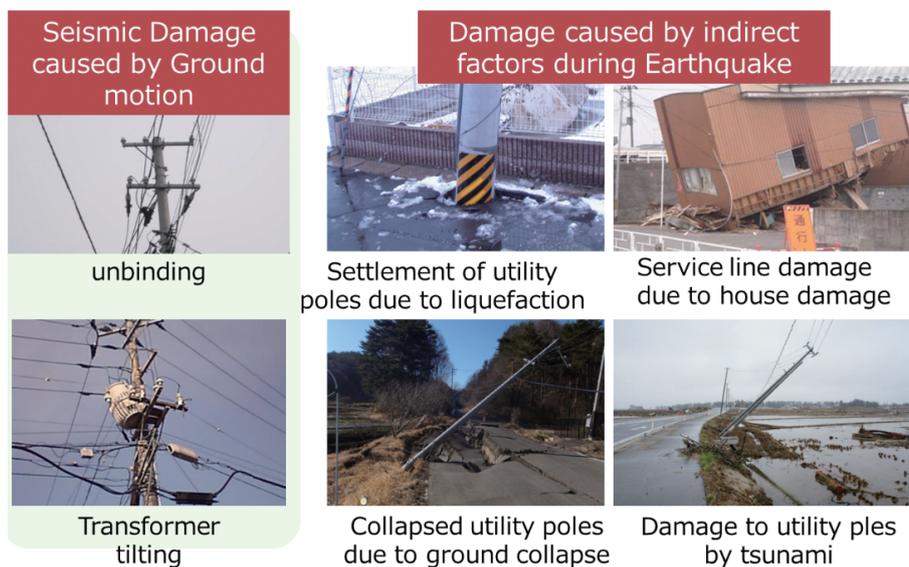


図 5.10 日本の配電設備の典型的な地震被害事例

設備に供給支障事故が発生することが多い。

一方、図 5.9 は、地震による配電設備被害事例として、1995 年兵庫県南部地震による配電設備内訳を示す⁴⁾。図 5.10 は、同様に典型的な地震による配電設備被害事例を示す。台風と同様に、地震被害も架空配電設備に集中し、その被害の原因は、建物などの周辺施設被害や地盤崩壊による要因が支配的である。このように、自然災害による電力施設被害は、架空配電設備に集中するのが日本の電力システム被害の大きな特徴となっている。

5. 配電設備に関する架空と地中の被害比較

先に示したように、大規模台風襲来時に生じる電柱などの架空配電設備の被害は、樹木倒壊、土砂崩れによる地盤崩壊、および飛来物などによる間接的な被害（二次被害）が主な原因となる。同様に、地震においても、建物倒壊、地盤液状化および土砂くずれなどによる間接被害が主要因であり、被害発生の多少は、配電設備と周辺施設との近接度や地盤条件を含む地域特性に大きく左右される。このため、日本においては、災害リスクの軽減という観点から、配電設備を地中化する対策

が有効との論調は多い。

これに対して、表 5.1 は、国土交通省⁵⁾ が公開している 1995 年兵庫県南部地震（以下阪神淡路大震災）と 2011 年東北地方太平洋沖地震（以下東日本大震災）時の架空設備と地中設備の被害率を示す。両表によると、地中化設備の場合、架空設備と比較して自然災害時の被害数は少ない。一方、表 5.2、表 5.3 は、東京電力¹⁰⁾ が公開している東日本大震災時における東京電力管内で発生した架空設備と地中設備の被害率をそれぞれ示す。両表は、供給支障を伴わない人孔・手孔などを含む地中設備については、架空設備よりもその被害率が高くなることを示唆している。加えて、表 5.4 は、同様に東日本大震災時の浦安・幕張地域の架空配電設備・地中配電設備別被害率を比較している¹⁰⁾。同地域は、埋め立て地域であり液状化が発生した地域である。このような脆弱地域においては、供給支障につながる事故であっても、地中設備の被害率は、架空設備の約 5 倍に達している。

さらに、諸外国の事例としては、表 5.5 は、2011 年 2 月にニュージーランドで発生したクライストチャーチ地震における液状化危険度の違いによる 11 kV 用地中ケーブルの被害率を示す¹¹⁾。この地震では、架空配電設備については比較的軽微な損傷で済んだのに対して、地中配電設備に大きなダメージを受け、特に、11 kV 用地中ケーブル網について、総延長 2,300 km のうち、14% の 330 km が損傷を受けたと報告されている。また、地震後 6 カ月で合計 1,000 件以上の故障が地中設備に発生したと報告されている。

一方で、2024 年に発生した能登半島地震の電力システムに関しても、架空設備に多大な被害が発生しているものの、2024 年 3 月現在、地中化設備の被害はほとんど報告されていない。

表 5.1 東日本大震災・阪神淡路大震災時のライフラインへの被害状況⁵⁾

		供給支障被害状況（被害者）		比率 (地中線/架空線)	設備被害状況 (電柱の倒壊等)
		地中線	架空線		
阪神・淡路大震災	通信 ^{*1}	0.03%	2.4%	1/80	約 3,600 本 ^{*4}
	電力 ^{*2}	4.7%	10.3%	1/2	約 4,500 本 ^{*5}
東日本大震災	通信 ^{*3}	地震動エリア：0.0% 液状化エリア：0.1% 津波エリア：0.3%	地震動エリア：0.0% 液状化エリア：0.9% 津波エリア：7.9%	1/25	約 28,000 本 ^{*4}
	電力	(データなし)	(データなし)	—	約 28,000 本 ^{*6}

※ 1：NTT 神戸支店・神戸西支店管内（概ね神戸市内）でサービスの供給に支障が生じた設備延長の割合（地中線はマンホール間距離、架空線は電柱間距離）

※ 2：震度 7 の地域でサービスの供給に支障が生じた区間・設備数の割合（地中線はマンホール間、架空線は電柱）

注表 阪神淡路大震災における震度別の架空線および地中線の被害率比較⁵⁾

	架空線		地中線	
	支持物折損・焼損の数	架空線全体に対する割合	ケーブル供給事故数	地中線全体に対する割合
震度 7 地域	2,724 基	10.3%	153 条	4.7%
震度 6 地域	1,801 基	0.55%	43 条	0.3%

※ 3：ケーブルの断線が発生した区間の割合（地中線はマンホール間、架空線は電柱間）

[地震動エリア]（岩手県）宮古市（栃木県）宇都宮市、小山市、佐野市、日光市、鹿沼市、真岡市、那須塩原市、足利市、栃木市

[液状化エリア]：（千葉県）千葉市、浦安市、船橋市、津田沼市、幕張市

[津波エリア]：（岩手県）野田村、久慈市（宮城県）塩釜市、岩沼市、石巻市、名取市

※ 4：供給支障に至らなかった場合を含む

※ 5：供給支障に至ったもの（上記以外に電柱の傾斜・沈下が約 6,000 本あり、一部は供給支障につながっているとみられるが、詳細な内訳は不明であるため含めていない）

※ 6：供給支障に至ったもの（上記以外に電柱の傾斜・沈下等が約 23,000 本あり）

表 5.2 東日本大震災における架空配電設備の被害状況¹⁰⁾

設 備	被害様相の影響度		被害率	〈参考〉 兵庫県南部地震に おける被害率
	供給支障に つながるもの	供給支障に つがらないもの		
支持物 5,818,237 基	津波による流失等 8 基	—	0.0001%	—
	倒 壊 4 基	傾斜・沈下 ひび割れ 14,276 基	0.2%	0.5%
	焼 損 0 基			
電 線 6,416,762 径間	断 線 36 径間	混 戦 102 径間	0.002%	0.3%
	焼 損 0 径間			
変圧器 2,147,289 台	ブッシング破損 6 台	傾 斜 509 台	0.02%	0.3%
	焼 損 0 台			

表 5.3 地中配電設備の被害状況¹⁰⁾

設備名	設備数	被害様相の影響度		被害率
		供給支障に つながるもの	供給支障に つがらないもの	
人孔・手孔	928 箇所	0 箇所	191 箇所	21.0%
管 路	916 径間	0 径間	74 径間	8.1%
ケーブル	4,117 本	2 本	60 本	1.5%
地上機器	1,708 台	0 台	36 台	2.1%

表 5.4 東日本大震災時の浦安・幕張地域の架空配電設備・地中配電設備別被害率比較（液状化エリア）¹⁰⁾

被害様相の影響度	区 分	設 備	設備数	被害数	被害率
供給支障に つながるもの	架 空	電 線 (径間)	16,732	2	0.01%
	地 中	ケーブル (本)	4,117	2	0.05%
供給支障に つがらないもの	架 空	支持物 (基)	17,273	1,707	9.9%
	地 中	MH, 管路 (基、径間)	1,844	265	14.4%

表 5.5 2011 年クライストチャーチ地震による液状化危険度の違いによる
11 kv 被害率¹¹⁾

Land Damage Category (Cubrinovski and Taylor, 2011)	%11 kv cable faults
Moderate to Severe Liquefaction	86%
Minor to Moderate Liquefaction	8%
Minor Land Damage	6%

6. 配電設備地中化率の国際比較

図 5.11 は、電気事業連合会が公表している電力統計情報⁷⁾ をもとに、配電設備を対象とした亘長ベースの 2022 年度現在の地中化率 (= 地中線総亘長 / (架空線総亘長 + 地中線総亘長)) を、国内 10 社の一般送配電事業者ごとに比較する。2022 年度の亘長ベースの地中化率は、全国比で約 3.5% 程度である。地中化率の高い九州電力送配電 (Kyushu) においても、6% に満たない程度である。

同様に、図 5.12 は、国土交通省⁸⁾ が公開している資料をもとに、アジアを中心とする主要都市の配電設備の地中化率 (ケーブル長ベース換算) を比較している。日本の場合、東京 23 区や大阪市などの大都市部は、5 割程度に達しており、国内の他地域と比べると、電線地中化率はかなり進んでいる地域といえる。ところが、図 5.12 は、ロンドン・パリ、香港、シンガポール、台北の地中化率は、ほぼ 100% に達している。国際的なレベルと比較すると、国内の配電線の地中化率は、かなり低いことが理解できる。

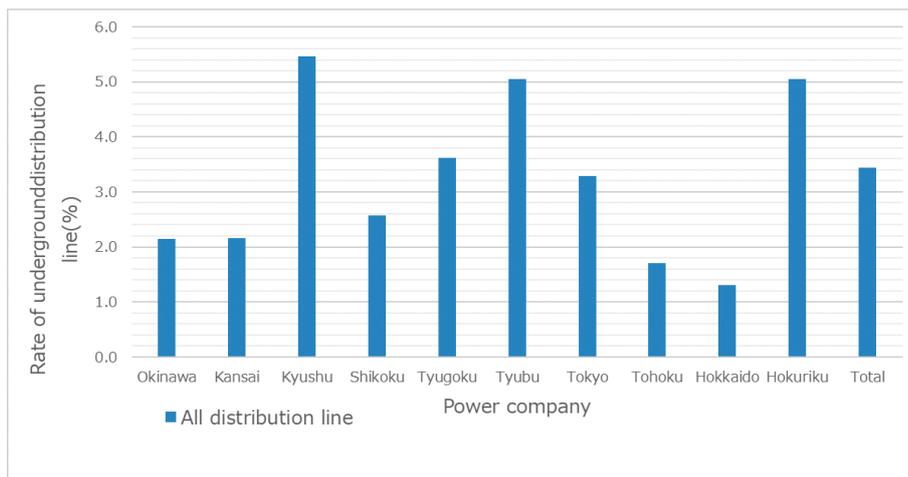


図 5.11 電力会社ごとの配電線地中化率 (亘長ベース換算)⁷⁾

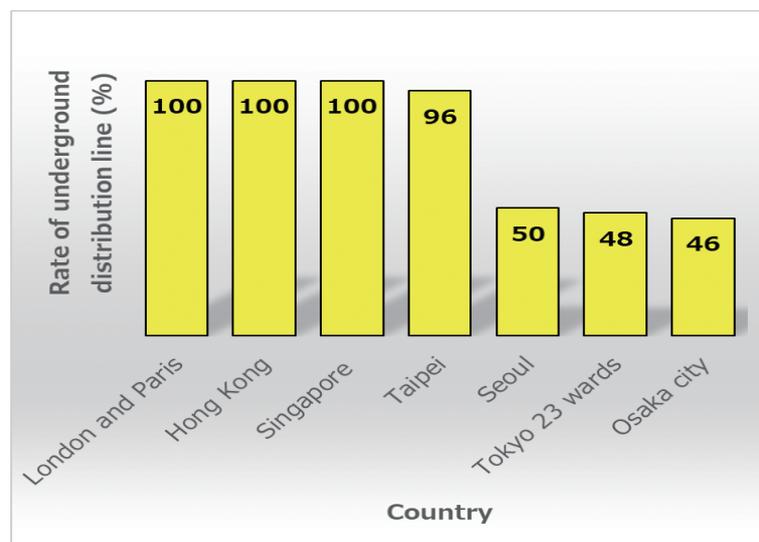


図 5.12 無電柱化率の諸外国比較 (ケーブル長ベース換算)⁸⁾

7. レジリエンスの観点から見る地中化設備の弱点

2024年に発生した能登半島地震では、地中化設備である上下水道に多大な被害が発生している。図5.13は、2024年能登半島地震で被災した石川県輪島市におけるマンホールの浮き上がりの状況を示している。同図で例示しているように軟弱地盤地域では、地震発生時に地盤の液状化現象が繰り返し発生し、表5.1、5.4、5.5で例示したように、地中化設備においても、地震時には被害が多数発生する事例があることは、近年の研究でも明らかとなっている。また、液状化発生再現性が高い地域は全国各地に数多く存在し、そのような地域に多くの需要家施設や配電設備が敷設されていることも明らかとなっている。このような軟弱地盤地域に配電設備を地中化した場合、表5.5で示した2011年クライストチャーチ地震の事例でも明らかのように、災害時に被害の発生する可能性は、より高くなる。

図5.1で示したレジリエンスの観点から考察すると、地中設備は架空設備と比較して、復旧迅速化という観点で課題となることが多い。地中化設備の場合、災害時に被害が発生すると、巡視による目視点検もままならず、被害箇所を早期に特定することが一般に困難となる。また、道路直下の埋設構造物の復旧は、被害箇所を正確に特定できたとしても、道路機能を維持する必要性や、電力以外のインフラ施設との復旧作業の調整などに、より時間と人手を要することが過去の災害時には多



図 5.13 2024年能登半島地震におけるマンホールの浮き上がり事例

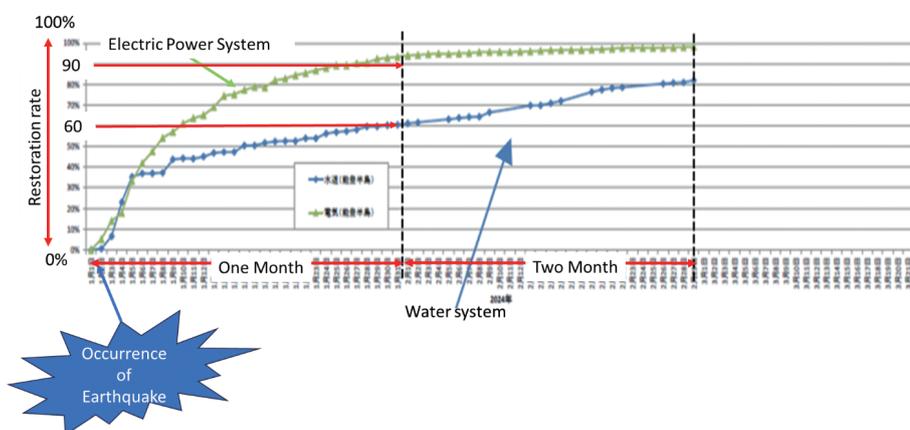


図 5.14 2024年能登半島地震における水道と電力の復旧率の推移

い。

具体的な事例として、図 5.14 は、2024 年能登半島地震における水道と電力の復旧率の推移を比較している。地中化率が低く、被害のほとんどが架空配電設備に集中した電力システムに対して、上水道は、地中設備の被害が大半である。地震発生から、1 カ月後の復旧率を比較すると、電力は 9 割を超えた復旧率に対して、水道は、約 6 割程度の復旧率である。電力は架空設備が大半、上水道は地中設備が大半という視点でとらえ、図 5.1 で示したレジリエンスの観点から考察すると、図 5.14 は、架空設備のほうが、地中設備よりも災害後の復旧効率は高く、レジリエンスが高いことを例示している。同図は、異種のライフライン間で比較しているのでその復旧効率について単純比較はできないものの、特に、地中設備の被害が集中しやすい軟弱地盤地域を地中化することは、日本国内における地域レジリエンス強化の観点からは慎重に考えるべきである。

8. 地中化の課題

一般に架空配電設備を地中化するメリットは、主に、景観の改善と災害時の安全性の 2 点に集約される。前者は、電柱がないことで街並みがすっきりする印象を与える。後者は、電柱がないことで、台風などの気象災害により、電柱倒壊による道路閉塞などの事象を最小限に抑えることができる。ただし、後者の災害時のメリットは、地震が多発し、軟弱地盤地域が広く分布する日本国内において、当てはまらないケースも多い。たとえば、地中化した設備に被害が発生することを前提とすると、地中設備の場合にはその復旧に要す時間が長くなり、必ずしもレジリエンス強化につながらないケースも多く存在する。

一方、地中化の課題として、(1) 高いコスト、(2) 保守と修理の難しさ、(3) 工事の長期化、(4) 既存地下施設との調整、および (5) 環境への影響等が指摘される。このような課題のうち、特に (1) のコストの問題は、2023 年度から導入されたレベニューキャップ制度¹²⁾により、送配電事業者は 5 年間の事業計画を作成し、計画実行に必要な費用（レベニューキャップ）を国が審査し、託送料金に組み込み地中化に必要な費用を工面することが可能となっている。

(2) の保守と修理の難しさについては、地中化設備が増えれば増えるほど、今後、中長期的に大きな課題となることが懸念される。表 5.6 は、令和 4 年度の電気事故統計（配電設備）⁹⁾に掲載されている、事故原因ごとの架空設備と地中設備の事故件数を例示する。同表の自然劣化の項目に着目すると、架空電線路は 709 件に対して、地中電線路は 59 件となっている。単純に比較すると、架空電線路は、地中電線路の約 12 倍の自然劣化件数となっている。これに対して、電気事業連合会の公表している電力設備統計⁴⁾によれば、架空電線路の総延長は 2022 年度で 4,058,023 km に対して、地中電線路の総延長は 7,5091 km に過ぎない。単純に比較すると、架空電線路は、地中電線路の約 1/54 である。自然劣化件数を総電線路で割り、それぞれの自然劣化率を計算すると、それぞれ 1.75×10^{-4} （架空電線路）、 7.86×10^{-3} （地中電線路）となる。計算された両者の自然劣化率を単純に比較すると、約 4.5 倍ほど地中電線路のほうが自然劣化率は高くなることになる。自然劣化率は、設備の経年が進むとさらに高くなることを考慮すると、このまま架空電線路を地中化していく政策を進めていくと、地中線の維持管理に中長期的には、より多くの費用がかさんでくる可能性が高い。

(3) 工事の長期化については、諸外国と比較すると、埋設方法が大きく異なることがその要因の一つと考えられる。図 5.15 は、国土交通省が公開している日本とロンドンとで管路方式の違いを示す。日本においては、メンテナンス時の車両搬入も考慮して、車両荷重に耐えられる管路を敷設

表 5.6 令和 4 年度の電気事故統計 (配電設備)⁹⁾

令和 4 年度

(電気事業法第 38 条第 4 項各号に掲げる事業を営む者)

原因	設備不備		保守不備		自然災害							故意・過失			他物接触		他事故波及		火災	その他	不明	合計	百分率(%)								
	製作不完全	施工不完全	保守不完全	自然劣化	過負荷	風雨	氷雪	地震	水害	山崩れ・雪崩	塩・ちり・ガス	作業中の過失	公衆の故意・過失	伐木	樹木接触	鳥獣接触	その他の他物接触	自社						他社							
架空電線路	支持物	鉄塔					1														1	0.0									
		鉄筋コンクリート柱		1	2	1		68	38					9	60						107	4	66		2				358	2.6	
		鉄柱						8	5						1						1	1	15						31	0.2	
		木柱						1	3														1						5	0.0	
		腕木				5	11		93	37					1	1					4	3	63	2				1	221	1.6	
		がいし	27	4	24	46		102	7	93					4						1	2	55	38	13			2	2	420	3.0
		電線	8	141	680	272	1	2,665	768	483	5	1	54	33	7	87	68	1,938	218	93	2	4	31	104	32	7,695	55.6				
		変圧器	20	6	57	74	8	26	3	202					5	1	3	19	25	14			4	12	18	497	3.6				
	開閉器類	開閉器	54	5	29	96	1	23	7	306							5	41	4	1						13	33	624	4.5		
		断路器				1		1		3																			5	0.0	
		がいし型開閉器	22	17	170	80		7	2	29					10			11	2	3	1						12	5	371	2.7	
		電力用コンデンサー								1								1											2	0.0	
		避雷器	1	2	10	30		17	1	119								1	15	1							1	1	199	1.4	
		その他	4	10	27	56	1	53	13	99	1				2	8	7		38	29	5	2	3	2	39	20	419	3.0			
	被害なし	24	13	214	42	5	524	196	182	3		7	10	60	26	4	503	422	42			17	77	630	3,001	21.7					
	計	160	199	1,218	709	16	3,588	1,081	1,517	9	10	123	65	82	236	82	2,715	793	177	6	7	54	261	741	13,849	100					
	百分率(%)	1.2	1.4	8.8	5.1	0.1	25.9	7.8	11.0	0.1	0.1	0.9	0.5	0.6	1.7	0.6	19.6	5.7	1.3	0.0	0.1	0.4	1.9	5.4	100						
地中電線路	ケーブル	20	4	4	28		3		1					2		27						1	1	6	5	102	48.8				
	接続箱	4	1	4	9				1							12						1	2	2	2	38	18.2				
	ケーブルヘッド		1	4	16		5	1									1	1									29	13.9			
	その他		1	1	6		1	3						5	9		2	2	2						3	5	40	19.1			
	計	24	7	13	59		8	2	5					2	5	48		2	3	3	2		3	11	12	209	100				
	百分率(%)	11.5	3.3	6.2	28.2		3.8	1.0	2.4					1.0	2.4	23.0		1.0	1.4	1.4	1.0		1.4	5.3	5.7	100					
	合計	184	206	1,231	768	16	3,596	1,083	1,522	9	10	123	67	87	284	82	2,717	796	180	8	7	57	272	753	14,658						

(備考) 1. 百分率の算出結果については、少数第 2 位を四捨五入し、第 1 位にとどめる。
 2. 本表は、第 1 表において、本表と関係する欄に記載がない場合は、報告することを要しない。

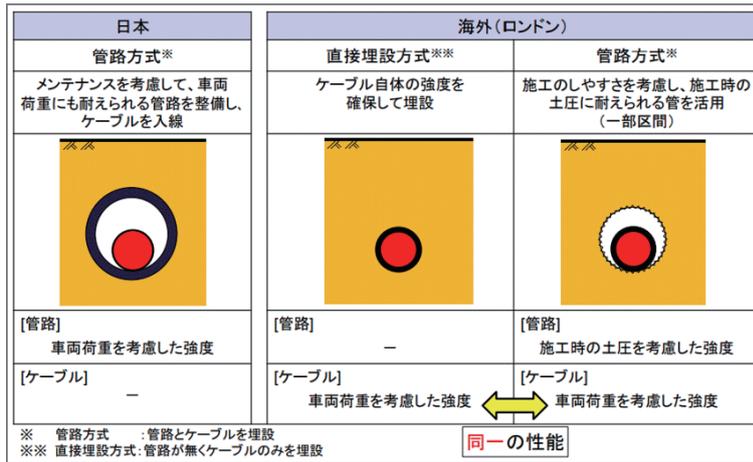


図 5.15 ケーブルの埋設方法¹³⁾

し、その中にケーブルを入線する。これに対して、アジア諸国でも多く取り入れられてきているのが、直接埋設方式である。ケーブルを管路を使わずに直接埋設する方式である。また、管路方式を取り入れるタイプでも、管路は土圧にさえ耐えられればよいことになっている。このため、日本においては、掘削、埋め戻しなどにより時間と人手を要すことになり、工事が長期化する。

(4) 既存地下施設との調整に関して、日本においては、道路管理者が管路・特殊部を整備・管理することになっている。また、既存埋設物（上下水道管やガス管等）との干渉が起らないように調整が必要となる。

9. まとめ

先に述べたように社会インフラ施設のうち、基幹エネルギー源である電力を供給するために、諸外国を含めて、発電、送電、変電および配電設備から構成される電力ネットワークが網の目のように張り巡らされている。このうち、配電設備は、地域に膨大な数敷設され、かつ敷設条件が多様で需要家施設と近接している設備であることから、台風などの災害発生時には、電力施設の中でもっとも被害が多発する設備である。これに加え、地球温暖化などの影響により、台風による災害規模は、近年、激甚化する傾向にある。たとえば、2019年に発生した台風15号は、千葉県を中心として、配電設備に甚大な被害を与え、長期間にわたる停電を引き起こした。この台風による停電事故を受けて、電力レジリエンスワーキングでは、停電の早期復旧に向けた取組みや国民への迅速かつ正確な情報発信等、災害に強い電力供給体制の構築に向けた課題・対策が議論されている。

こうした背景を受けて本研究では、社会インフラ施設の防災対策として、電力システムを取り上げ、被害の多発する配電設備に焦点をあて、その諸外国比較を通じてその防災対策の課題を考察した。主な成果は以下のようにまとめることができる。

- (1) アジア地域においては、日本は上位6番目に位置する災害発生件数の多い国であり、国土面積に対してより多くの災害が発生していることが明らかとなった。アジア地域においては、近年、地球温暖化の影響により洪水（Flood）や嵐（storm）、および地震（earthquake）の発生件数が多く、特に日本においては、Stormの発生件数が多い。
- (2) 電力システムにおいては、災害時に需要家施設被害の間接影響を受けやすい架空配電設備に被害が多発することを明らかにした。特に、台風などの気象災害においては、樹木倒壊や飛来物などが、被害原因として支配的な要因となっている。これに対して、地震においては、液状化被害などの軟弱地盤地域で発生する被害が多いことを明らかにした。
- (3) 被害の多発する配電設備の場合、気象災害においては圧倒的に架空設備に被害が発生する可能性が高い。これに対して、地震時には、地中化された設備にも被害が多発する事例があることも明らかにした。特に、液状化危険度の高い軟弱地盤地域においては、東日本大震災やクラストチャーチ地震などの被害事例では、架空設備よりも地中設備のほうが被害率が高くなるケースもあることを明らかにした。
- (4) 配電設備の地中化率を比較した場合、アジアや欧米諸国の主要都市は、ほぼ100%の地中化率に達しているのに対して、日本では、東京や大阪のような大都市域でも5割に満たない地中化率にとどまっており、国内平均では10%に満たない地中化率であることを明らかにした。
- (5) レジリエンス強化の観点から電力システムの防災対策を考えた場合、設備を地中化することは必ずしも有効な対策とはならないことを2024年能登半島地震の事例などから明らかにした。特に、軟弱地盤地域においては、架空設備よりも地中化設備のほうが被害は多発し、かつ復旧に時間のかかる可能性が高いことを例示した。
- (6) 地中化設備の中長期的な問題として、維持管理の課題が大きいことを指摘した。自然劣化率は、地中電線路のほうが現状でも高く、今後、地中化設備が欧米並みに増加していくと、設

備の耐用年数を過ぎたあたりから急激に維持管理すべき設備が増加してくる可能性が高い。

日本の電力システムの特徴づけている架空配電設備は、今後は、ニーズの高い観光地や商業施設などを中心に無電柱化を推進していく流れにあるといえる。ただし、災害時の電力レジリエンスの強化（早期復旧）という観点からは、上記で示したようにすべての配電設備を地中化することは、既往災害を教訓とするとむしろ逆効果である。どの地域を無電柱化すべきかという議論は、地域特性と災害リスクとの兼ね合いを考慮し、学際的かつ多角的に行う必要がある。

参考文献

- 1) EM-DAT, The International Disaster Database, Center for Research on the Epidemiology of Disasters, <https://www.emdat.be/>
- 2) M.Bruneau, et al; A framework to quantitatively assess and enhance the seismic resilience of communities, 13th World Conference on Earthquake Engineering, Paper No. 2575, 2004.
- 3) 令和3年度電気保安統計、経済産業省商務化情報政策局産業保安グループ電力安全課、独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）、令和4年12月。
- 4) Y.Shumuta, Y.Shiba, and N. Endo: DEVELOPMENT AND CASE STUDIES OF RISK ASSESSMENT AND MANAGEMENT SYSTEMS FOR POWER LIFELINE (RAMP), 18th world conference on earthquake engineering (WCEE2024), 2024.
- 5) 国土交通省、東日本大震災・阪神・淡路大震災時のライフラインへの被害状況、https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_06.html
- 6) 地震に強い電気設備のために 電気設備防災対策検討会 報告、資源エネルギー庁、1996。
- 7) 電気事業連合会、電力統計情報、<https://pdb.fepec.or.jp/pdb/> データベース一覧、電力統計情報。
- 8) 国土交通省「無電柱化の整備状況（国内、海外）」、https://www.mlit.go.jp/road/road/traffic/chicyuka/chi_13_01.html
- 9) 令和4年度電気保安統計、経済産業省商務化情報政策局産業保安グループ電力安全課、独立行政法人製品評価技術基盤機構（NITE）、令和6年7月修正。
- 10) 東京電力株式会社、東地方太平洋沖地震に伴う電気設備の停電復旧記録、平成25年3月。
- 11) Sonia Giovinazzi et al. (2011) "Lifelines performance and management following the 22 february 2011 Christchurch earthquake, New Zealand: highlights of resilience" Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering, 44 (4), 402-417.
- 12) 電力ガス取引監視等委員会、電気の託送料金とレベニューキャップ制度、https://www.emsc.meti.go.jp/info/revenue_cap/
- 13) 国土技術政策総合研究道路交通研究部 道路環境研究室、海外の無電化事業について、国土交通省、<https://www.mlit.go.jp/road/ir/ir-council/chicyuka/pdf04/07.pdf>
- 14) 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とりまとめ、2020年1月。