

事故原因を踏まえた 現行の技術基準の適切性について

令和元年11月29日

経 済 産 業 省

産業保安グループ

1. 御議論いただきたいポイント

- 東京電力PGから報告のあった鉄塔の倒壊及び電柱の損壊原因、近年の自然災害の頻発化・激甚化を踏まえ、鉄塔及び電柱に係る技術基準における風圧荷重の数値（40m/s）や地域の実情等に応じた風の強さをどのように考慮するべきか。

<電気設備の技術基準(抄)>

【支持物の倒壊の防止】

第32条 **架空電線路**又は架空電車線路の支持物の材料及び構造（支線を施設する場合は、当該支線に係るものを含む。）は、その支持物が支持する電線等による引張荷重、**風速四十メートル毎秒の風圧荷重**及び当該設置場所において通常想定される気象の変化、振動、衝撃その他の外部環境の影響を考慮し、**倒壊のおそれがないよう、安全なものでなければならない。**ただし、人家が多く連なっている場所に施設する架空電線路にあっては、その施設場所を考慮して施設する場合は、風速四十メートル毎秒の風圧荷重の二分の一の風圧荷重を考慮して施設することができる。

- 2 特別高圧架空電線路の支持物は、構造上安全なものとすること等により連鎖的に倒壊のおそれがないように施設しなければならない。

<電気設備の技術基準の解釈(抄)>

【架空電線路の強度検討に用いる荷重】（省令第32条第1項）

第58条 架空電線路の強度検討に用いる荷重は、次の各号によること。

一 風圧荷重 架空電線路の構成材に加わる風圧による荷重であって、次の規定によるもの

イ 風圧荷重の種類は、次によること。

(イ) 甲種風圧荷重 58-1表に規定する構成材の垂直投影面に加わる圧力を基礎として計算したもの、又は風速40m/s以上を想定した風洞実験に基づく値より計算したもの（例 鉄塔 2,840Pa等）

2-1. 鉄塔に関する現行の技術基準の適切性

- 倒壊した鉄塔は、現行の技術基準で求められる風圧荷重40m/sを満たす設計となっていたが、特殊な地形による突風により、当初の設計強度を大きく上まわる荷重が発生し、先にNo.78鉄塔が倒壊し、それに引っ張られる形で後にNo.79鉄塔が倒壊したと考えられる。
- 今回の鉄塔の倒壊事故を踏まえ、鉄塔の設計において、地域の実情を踏まえた風速の設定や、（今回新たに判明した）特殊地形についても考慮するよう、現行の技術基準を見直すべきではないか。
- また、今後、台風の頻発化・激甚化も想定される中、技術基準における風速40m/sの風荷重の考え方について、「10分間平均」であることを明確化してはどうか。

(参考) 技術基準における風速40m/sの考え方について

- 技術基準の設計風速、鋼材の許容応力度は、電気学会の標準規格（JEC-127-1965）「送電用鉄塔設計標準」に基づく。
- JEC-127-1965「送電用鉄塔設計標準」では、10分間最大平均風速と鉄塔の構造安全率を採用することで、最大瞬間風速の荷重に対応。

<技術基準の解釈57条解説>

本条の規定は、鋼材の許容応力、細長比などについては、電気学会電気規格調査会標準規格JEC-128-1965「送電用鉄柱設計標準」及び電気学会電気規格調査会標準規格JEC-127-1965「送電用鉄塔設計標準」に基づくものである。

<電気学会電気規格調査会標準規格JEC-127-1965「送電用鉄塔設計標準」説明書>

18. 設計風速

ある規模をもつ構造物に対して、最大の荷重を与える瞬間風速は、どの程度の継続時間をもつものであるか、いいえれば何秒間の平均風速に相当するものであるかは、なお明らかでない。したがって、鉄塔の設計風速としては、わが国の気象観測記録より、最も長い歴史をもち、データの豊富な10分間最大平均風速に相当するものを取り、現段階では判然としない最大瞬間風速の荷重の増加には、鉄塔の構造安全率で対応させることとした。

31. 鋼材の許容応力度

諸外国の規定あるいは、国内他学会の動向も参照して、常時設計応力に対して安全率を1.5に定めた。～略～ ここでいう安全率の値は、鋼材の下限降伏点をもった個材の降伏点応力度ないし座屈応力度に対して許容応力度が有すべき安全率の値を示すものであり、大半の部材の降伏点がその下限規格値を大幅に上まわり（一般構造物用鋼材では20%程度）、しかも、骨組みとして構成された鉄塔の構造安全率は、ここで定めた安全率の値よりかなり大きいことが期待され、JEC-127によって設計された鉄塔について、これまでに実施された実大実験の結果では、その破壊荷重は、常時設計荷重の1.8～2.0倍またはそれ以上を示している。

(参考) 台風による強風が局地的に強められる特殊箇所について

- 平成3年台風19号の鉄塔倒壊事故を踏まえ、JEAC6001 (JESC E0008)「架空送電規程」において、同台風により被害のあった地形を参考に特殊地形箇所を定め、耐風設計を強化。

< JEAC6001(JESC E0008)「架空送電規程」 >

第6-2条 解説

台風の襲来頻度が多く、強風が発生する地域において、電線路のルート選定を行うに当たっては、地元における経験や気象関係の知見を参考として、地形的な条件により風速が増加する特殊な地形箇所の把握に努め、極力このような箇所を回避するよう努めることが望ましい。特に以下のような特殊地形箇所において、慎重な配慮が必要である。参考として、平成3年9月の台風19号による被害箇所の特徴を別表17に示す。

- ア. 従来から強い局地風の発生が知られる地域における稜線上の鞍部等、風が強くなる箇所（山岳部の特殊箇所）
 - イ. 主風向に沿って地形が狭まる湾の奥等の小高い丘陵部にあつて収束した風が当たる箇所（海岸周辺の特殊箇所）
 - ウ. 海岸近くで突出している斜面傾度の大きな山の頂部等、海からの風が強まる箇所（海岸周辺の特殊箇所）
 - エ. 岬・小さい島等、海を渡る風が吹き抜ける箇所（岬・島しょ部の特殊箇所）
- (略)

別表17 平成3年9月の台風19号による被害箇所の特徴

台風による強風が局地的に強められる特殊箇所に施設する鉄塔の強風時荷重等、第6-2条解説に記載した平成3年9月の台風19号による被害箇所では以下のような特徴が認められるので、特に留意する必要がある。

(1) 山岳部の特殊箇所

標高800m程度以上の山岳部において、東西方向にのびる稜線上を稜線とほぼ平行に線路が走行し、南に風の収束しやすい地形、北側に風の吹き下ろす平野部があり、台風時の強風が局地的に強められる箇所

(2) 海岸周辺の特殊箇所

南又は南西側の海岸から4km程度以内で、傾斜度0.2程度以上の急傾斜地の頂部付近であつて、標高200m程度以上の箇所

(3) 岬・島しょ部の特殊箇所

主風向方向の陸地の幅が2km程度以内の岬又は島しょ部にあつて、主として切り通し又は鞍部等の風が収束しやすい地形の箇所

(参考) 局地風に対する対応について (鉄塔)

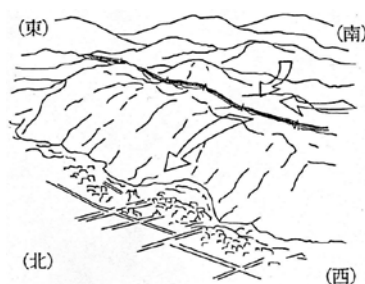
- 電力会社では、台風の襲来頻度が多い地域では個別の基準風速を設定、若しくは地形的な条件により風速が増加する特殊箇所においては、JEAC6001(JESC E0008)「架空送電規程」に基づき、局地風況シミュレーションや観測データを用いた解析による鉄塔の強風設計を実施。

<台風頻発エリアにおける基準風速>

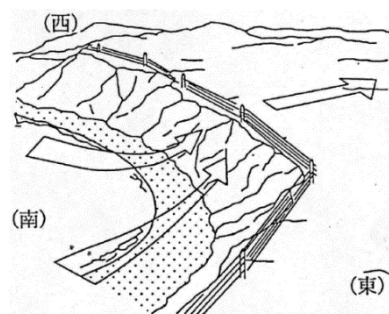
電力	対応内容	基準風速への反映 ※平均風速
沖縄	台風の襲来頻度が多いことから、基準風速を個別設定。	全エリアで風速60m/s※
九州	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。その後、1993年台風13号での設備被害を受けて、基準風速を個別設定。(再設定)	大隅半島北部ならびに薩摩半島北部:風速45m/s※ 大隅半島南部ならびに薩摩半島南部:風速50m/s※ 北緯30°以南(奄美大島など):風速55m/s※
四国	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。	室戸岬:50m/s※ 足摺岬:45m/s※

(資料) 電気事業連合会

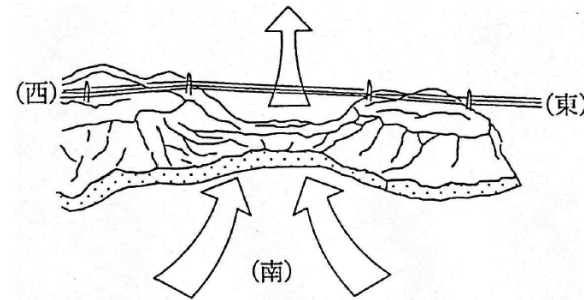
<強風が局地的に強められる特殊箇所>



(山岳部の特殊箇所)



(海岸部の特殊箇所)



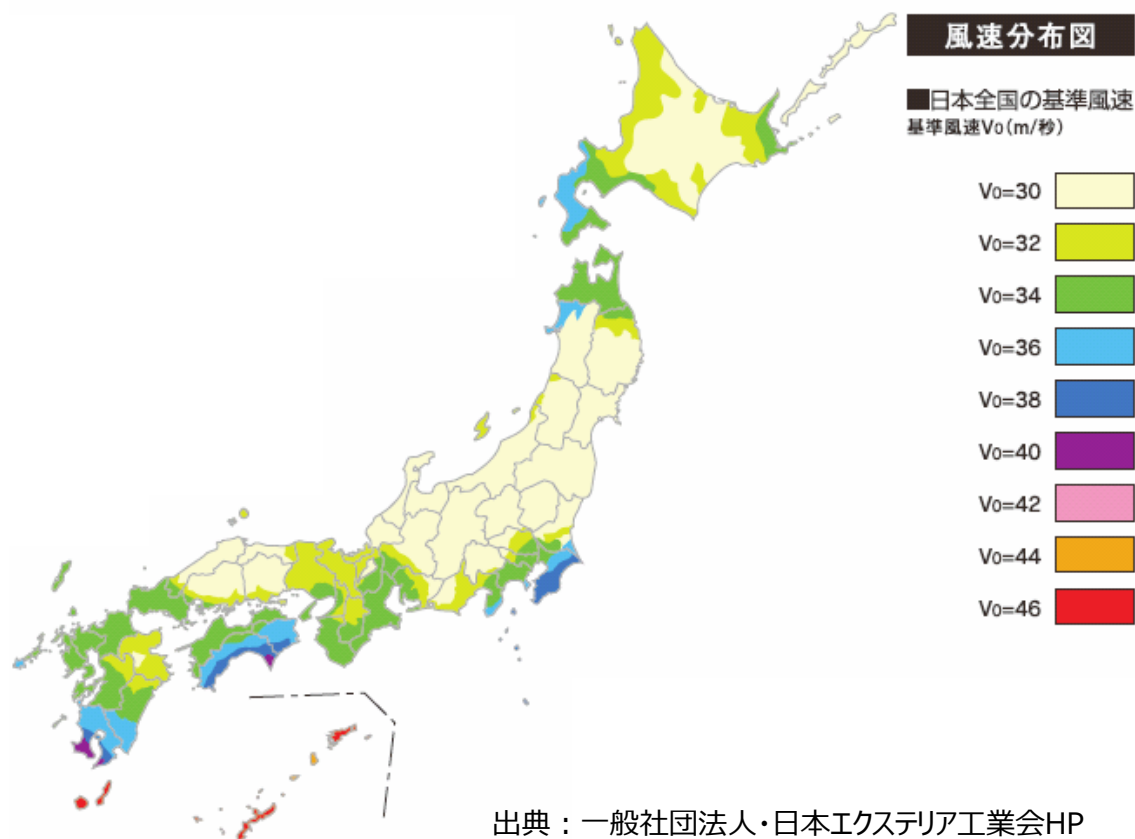
(岬・島嶼部の特殊箇所)

(資料) 電気事業連合会

(参考) 他制度における地域風速の適用事例について (洋上風力発電設備)

- 「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説 (平成30年3月版)」においては、「基準風速は、平坦で地表面粗度区分Ⅱの地上高さ10mにおける再現期間50年の10分間平均風速とし、平成12年建設省告示第1454号に示す市町村別の基準風速を用いる。」と定められており、地域の実態に応じた風の強さを考慮。

＜市町村別の基準風速マップ (平成12年建設省告示第1454号)＞



出典：一般社団法人・日本エクステリア工業会HP

(参考) 諸外国の鉄塔設計における基準風速について

- 諸外国においては、基準風速の設定に地域別の基準風速や観測値を適用。

対象国/規格	規格NO/発行	タイトル	基準風速の設定方法	再現期間/地形の考慮	安全率※
米国	ASCE/2009/米国土木学会(連邦法で引用) ※基準風速は2005年に制定	Guidelines for Electrical Transmission Loading	地域別の基準風速を適用 ➢ 3秒瞬間風速で規定 ➢ 特にメキシコ湾～フロリダ～東海岸ではハリケーンの影響が考慮され、フロリダ半島先端で最大瞬間風速67m/sである。 ➢ 最小風速:内陸部で最大瞬間風速38m/s	50年/地形の考慮なし	1.0
オーストラリア	AS 3995/1994/オーストラリア標準(建築基準法に準拠)	Design of steel lattice towers and masts	地域別の基準風速を適用 ➢ 最大瞬間風速で規定 ➢ 最大風速:インド洋側で最大瞬間風速85m/s(海岸線約100～200kmの地域で基準風速が高い) ➢ 最小風速:内陸部で最大瞬間風速50m/s	50年/崖・尾根・丘	1.1
台湾	PG9502-0782/2006/内政部建築研究所	建物附属施設及臨時構造物耐風設計準則之探討	地域別の基準風速を適用 ➢ 10分平均風速から最大瞬間風速に換算 ➢ 最大風速:島嶼部で10分平均65m/s ➢ 最小風速:内陸部で10分平均22.5m/s	50年/地形の考慮なし	1.1
フィリピン	NSCP-2001/2001/フィリピンの構造エンジニア協会(国家建築コードに相当)	National Structure Code Of The Philippines	地域別の基準風速を適用 ➢ 3秒瞬間風速で規定 ➢ 最大風速:東海岸で70m/s ➢ 最小風速:西海岸で35m/s	50年/崖・尾根・丘	1.0
国際規格	IEC 60826/2017	Design criteria of overhead transmission lines	地域別の基準風速を適用 ➢ 観測値(10分平均)から最大瞬間風速に換算 ➢ 通常は気象観測所のデータを用いる	50年、150年、500年 ※50年以上の場合は、荷重係数の割増あり	1.0
日本	電気事業法	電気設備の技術基準を定める省令/技術基準の解釈	一律:40m/s ➢ 10分平均風速で規定	定義なし	1.5

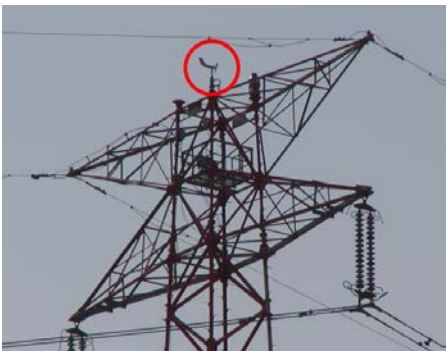
※諸外国では、最大瞬間風速から風圧を算定し、安全率約1.0で設計を行うことが一般的(基準風速が10分平均で求められている場合においても、最大瞬間風速に換算後、風圧に換算)。日本では、最大瞬間風速に対する安全性については、安全率を1.5で包含している。

2-2. 鉄塔周辺の気象状況の把握について

- 今回の倒壊事故や近年の自然災害の頻発化・激甚化を踏まえ、鉄塔周辺の風況や風向などの気象情報をより精緻に把握することが重要。
- 既存の気象情報の活用に加えて、鉄塔への計測機器の設置等による高度な気象情報の収集・解析が必要ではないか。

【事例：風観測システム（九州電力(株)）】

- 1991年台風17号、19号による鉄塔倒壊を踏まえ、特殊地形における局地風推定の精度向上、原因究明データの蓄積等を目的とし、九州全域122箇所の送電鉄塔頂部に風向風速計を設置。
- 鉄塔の風速データは、リアルタイムで確認可能。



<鉄塔頂部に風速計を設置>



<鉄塔の風速データ>

(出典)九州電力(株)提供資料

【事例：POTEKA（ポテカ）（明星電気(株)）】

- 気温・風速・雨量等の8要素の気象データを実測する事が可能な小形・軽量の気象計（直径：20.0cm 高さ：27.1cm 重さ：1.35kg）。
- 観測した気象データをリアルタイムでサーバ送信。収集した気象データは、PCやスマートフォンから閲覧可能。

小型軽量なので、測りたい場所にピンポイントで設置ができます。

校庭や敷地内

ビルの屋上など

電柱など

気象計
雨量計

屋上設置例

●サイズ：幅1m×奥行1m×高さ1.5m
●総質量：約130kg

気象計
雨量計

電柱設置例

●総質量：約20kg
※工事費別途

<POTEKAの設置例>



<表示画面例>

(出典)明星電気(株)ホームページより

3. 電柱に関する現行の技術基準の適切性

- 台風15号で損壊した電柱1,996本については、倒木や建物の倒壊（約74%）、看板等の飛来物（約14%）、土砂崩れ等の地盤影響（約12%）による二次被害が原因と推定されるものが大半（引き続き原因が特定されないものは、確認作業を継続）。
- 現時点では、風圧により直接的に倒壊したと断定されるものはないため、自治体等との連携による樹木の事前伐採や飛来物の飛散防止に関する注意喚起の徹底、無電柱化の推進等の二次被害対策を強力に進めるべきではないか。
- また、技術基準の見直しについては、損壊原因の更なる究明、鉄塔に関する技術基準の見直しの方向性等も踏まえ、検討を行うべきではないか。

(参考) 各電力会社による二次被害対策

- 各電力会社では、二次被害対策に取り組んでいるものの、取組内容に違いがあるため、好事例を水平展開し、取組を広げていくことが重要。

			北海道	東北	東京	中部	北陸	関西	中国	四国	九州	沖縄	課題
二次被害防止	伐採	事前伐採		○		○	○						・自治体との協定締結、費用負担調整 ・樹木所有者との交渉難航
	飛散防止	マスメディアの活用 (TV・ラジオCM ・新聞・チラシ)			○	○		○	○	○	○	○	・費用、一方向の情報発信
		自社における情報 発信 (SNS・ HP・アプリ)	○			○	○	○	○	○	○	○	・スマートフォン等を所有していない高齢層 への情報発信
	その他	ルート変更	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	・適切なルート確保のための立地上の制 約
設備対策		連続倒壊防止	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	・支線設置スペースの確保

(参考) 二次被害対策の事例 (地方自治体と連携した計画伐採)

- 地方自治体と電力会社が連携し、配電設備の周辺の立木について事前の計画伐採を実施。
- 倒木による停電（配電線被害）や道路寸断等の未然防止につながる効果が期待される。

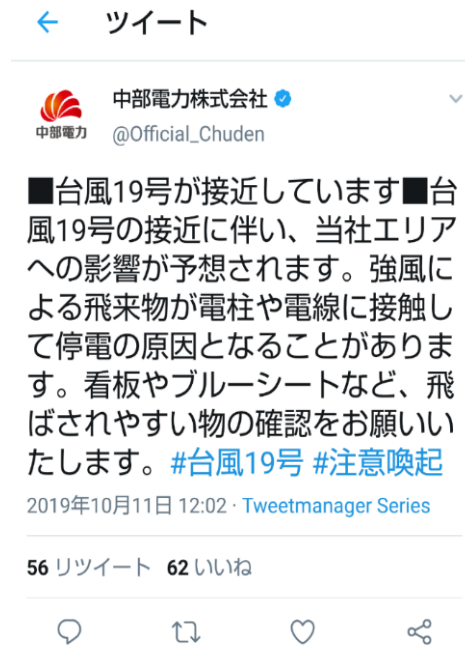
県	取組事例	概 要
岐阜県	自治体と協調したライフライン保全対策事業	【概要】 ・2014年の岐阜県雪害において、県内北部を中心に倒木起因の大規模な配電線被害が発生したことを踏まえ、<u>倒木による設備被害リスクのある立木を事前に元切伐採する岐阜県ライフライン保全対策事業</u>を関係行政と協議。 【役割分担】 ・市町村が主体となり、伐採交渉・施工を実施。（電線から4m～10m程度に位置する立木）
愛知県	県推進事業と連携した森林整備	【概要】 ・愛知県建設部が推進する「あいち森と緑づくり事業」と連携し、ライフライン確保のため、人工林整備事業の一環として<u>道路沿いの人工林の間伐と周辺の広葉樹の伐採を優先的に実施</u>。 【役割分担】 ・伐採範囲の取り決めは特になし。 ・県が主体となり、伐採交渉・施工を実施。
長野県	自治体と協調した事前伐採及びライフライン等保全対策事業	【概要】 ・自治体との協定に基づき、<u>配電線故障の未然防止のため事前伐採を展開中</u>。 【役割分担】 ・保安伐採として実施する範囲または配電線付近で重機を使用する必要がある伐採を実施。 ・自治体は、配電線から離れた樹木の伐採や伐木処理を実施。

(参考) 二次被害対策の事例 (マスメディア、SNS等の活用)

- 台風の接近が予想される場合、スマートフォンアプリ (停電情報お知らせサービス) によるプッシュ通知やTwitter・FacebookといったSNSにより、飛来物対策PRを実施。
- PRチラシに加え、台風対策に特化した飛来物対策や感電事故防止チラシを作成し、地方自治体や農業協同組合等に配布。



アプリ



Twitter

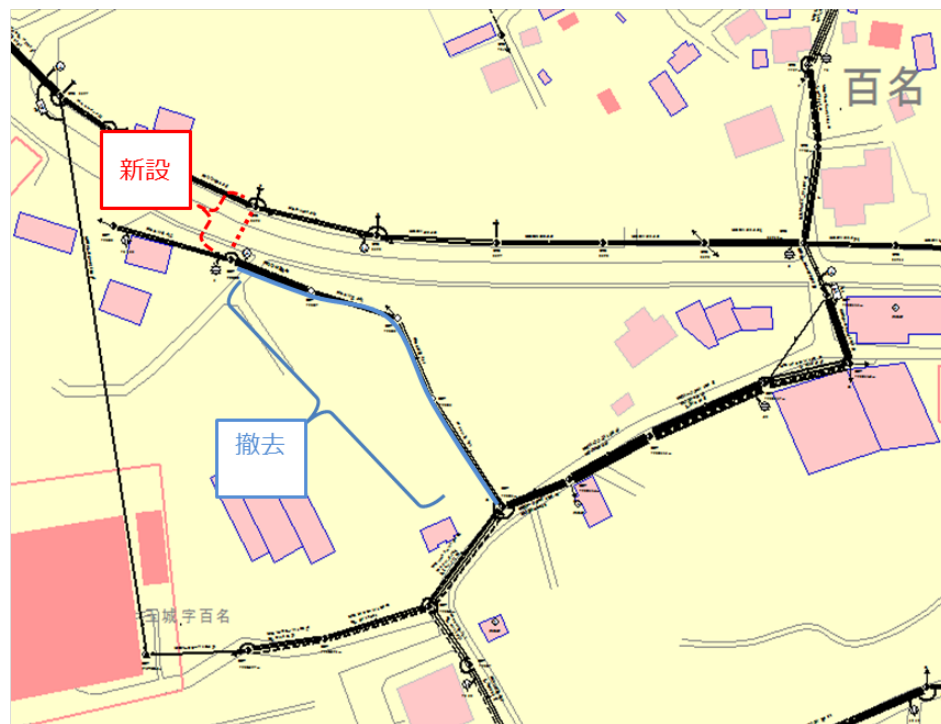


チラシ

(参考) 二次被害対策の事例 (配電線のルート変更)

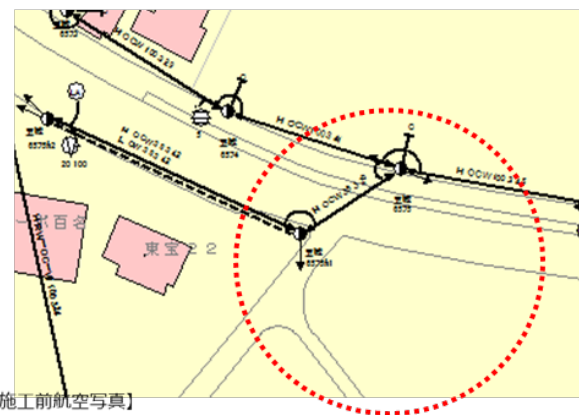
- 森林を経過していた配電線のルートを変更し、幹線道路から接続。

【施工前】



緑：既設線路 (撤去)
赤：迂回線路 (新設)

【施工後】



【施工前航空写真】



緑：既設線路 (撤去)
赤：迂回線路 (新設)

(参考) 二次被害対策の事例 (設備対策 (連続倒壊防止))

- 飛来物による倒壊対策として、支線を一定間隔で設置することで、連続倒壊の防止につながることを期待される。

<振留・縦支線施設状況>



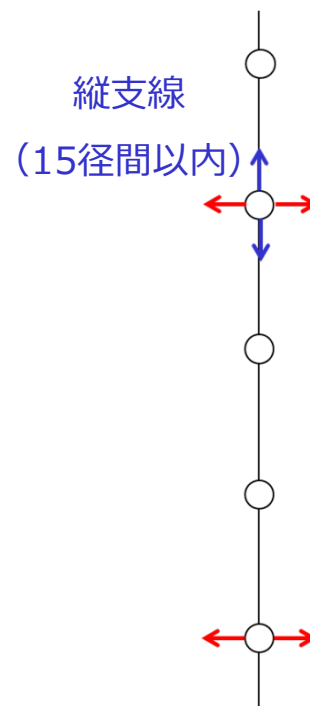
栗国 (アグニ) 島

<振留・縦支線による連続倒壊防止状況>



久米島

<振留・縦支線施設図例>



振留支線
(4径間以内)

(参考) 支線の設置や基準風速の個別設定 (電柱)

- 電力会社では、支持物（電柱）の連鎖倒壊防止のための支線の設置（民間規格（配電規程）に基づく）や過去の台風による被害を踏まえた設計風速を個別に設定。

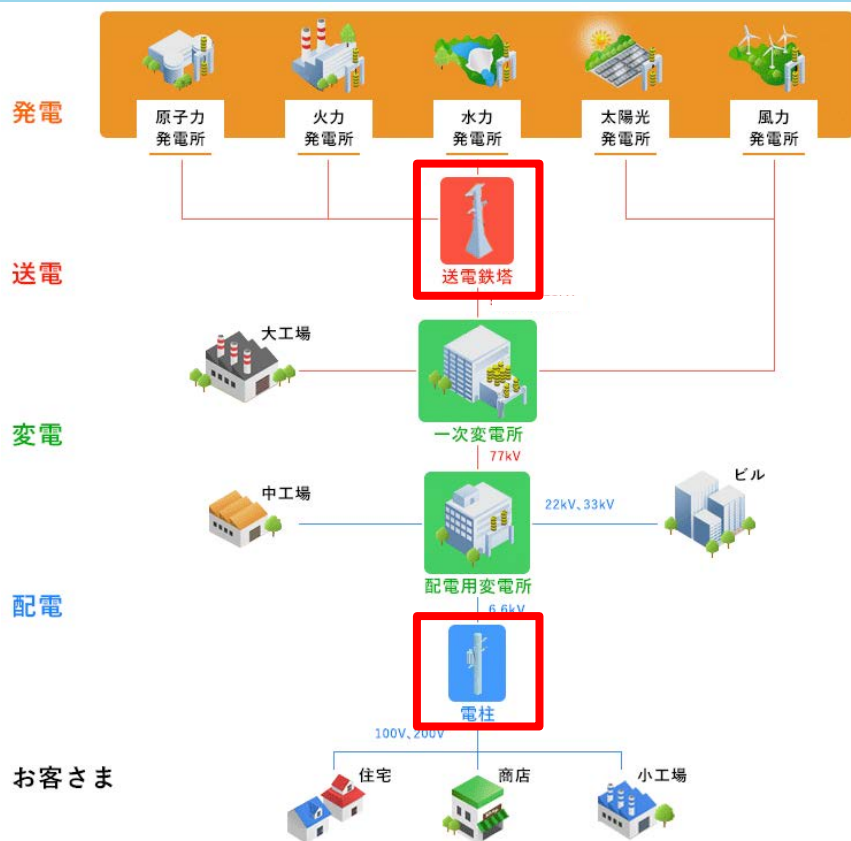
電力	対応内容	備考
全国	「配電規程(JEAC7001-2017)第2章 第210節 2.支線の取付が望ましい支持物」に基づき、 連続倒壊防止として支線を設置 。※2	電柱の連鎖倒壊を防止するため、設備施設環境や支線施設可否を考慮し直線部が連続する線路は十数径間毎に電線路方向両縦支線を極力取付し、数径間毎に線路直角方向にその両側に振留支線(支柱)を極力取付けている。
九州	1985年の台風13号被害を踏まえ、JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基本風速を見直し。 その後、1991年の台風19号による甚大な被害等を踏まえ、一部地域の基準風速を個別設定。	・九州南部離島、鹿児島南部一部地域:風速50m/s※1 ・九州の西海岸、山岳部一部地域:風速45m/s※1
中国	1991年の台風19号による甚大な被害を踏まえ、一部地域の基準風速を個別設定。	・地形的特徴により強風が吹きやすい以下の一部地域:風速45m/s※1 a. 湾、入江等で両側に高い山や島のある地域 b. 山の尾根付近 c. 海から風が吹き上げる場所
沖縄	2003年の台風14号による一部離島における連続倒壊被害を踏まえ、JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基本風速を個別設定。	・宮古島列島の一部地域:風速50m/s※1

※ 1 平均風速

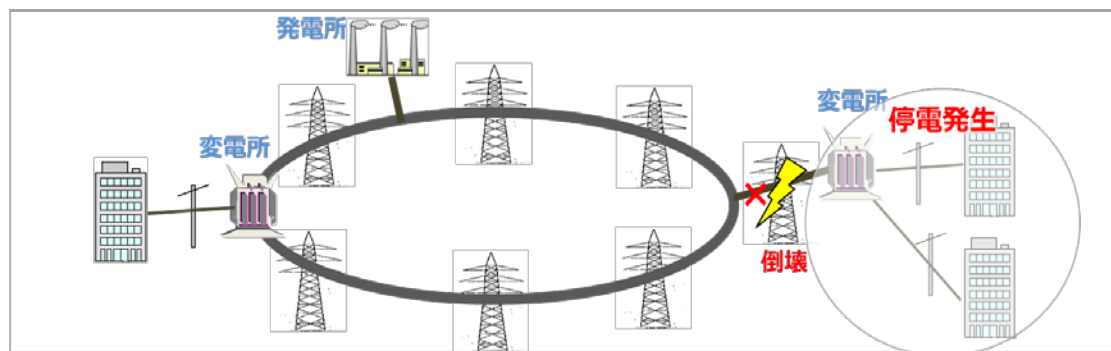
※ 2 使用電圧が35,000Vを超える特別高圧架空電線路については、電気設備の技術基準解釈第92条で規定されている内容だが、低圧及び高圧の架空電線路では規定されておらず、配電規程に基づき自主的に実施しているもの。

(参考) 台風15号による送配電設備の損壊による停電の影響について

- 鉄塔の倒壊事故により、約11万軒の停電が発生。倒壊事故の翌日には仮復旧が完了したが、本復旧は半年程度。平均的な建設費用は約4,261万円／基（66/77kV）。
- 複数の電柱の損壊事故等により、変電所間の配電線が複数損傷、1配電線あたり平均で約1,300軒の停電が発生。本復旧は約半日程度、平均的な建設費用は約38万円／本。



【鉄塔】



【電柱】

