

# 今後の対策の方向性について(たたき台)

令和元年11月14日 経済産業省 産業保安グループ

# 1. 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、<mark>鋼材の許容応力</mark>、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<u>電気学会電気規格調査会標準規格JEC-127-1965「送電</u> 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.<u>設計風速</u>

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、いいか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とり、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。

1

### 2. 現時点までの調査状況を踏まえた鉄塔の事故時の事象と対策の方向性について

本WGでの議論や現地調査を踏まえ、東京電力PG・木内線の鉄塔(No.78,79)が倒壊に至ったと考えられる事象、またその対策の方向性として考えられるものは以下のとおり。

#### 考えられる事故時の事象

### 対策の方向性

- (1)特殊な地形による局所的な強風
  - ⇒風速の増速効果(※)が現れる 可能性がある<u>特殊な地形(傾斜</u> <u>地域等)において、局所的な強</u> 風が吹いた可能性。
    - (※)湾や入り江、両側に高い山や島がある地域等では、風速が局所的に強まることが確認されている。
- ①(台風頻発エリアにおいては基準風速の個別設定や特殊な地形においては強風設計を実施しているところ、)それ以外のエリアにおいて、各エリアの実態に応じた基準風速の設定等を適用
- ②風速の増速効果が現れる傾斜地や谷・崖地等の特殊な地形における局地風況ションを活用した設計
- ③観測データ(風速や風向)を用いた解析、全方位(例:16方位)の風向を指定した解析の実施
- (2)鉄塔-送電線への風荷重の増加
  - ⇒倒壊した鉄塔には、<u>多回線</u>(6回線:内房線・小糸川線・木内線) <u>の送電線が共架</u>され、これにより<u>風荷重が増加</u>した可能性。 また、No.78鉄塔とNo.79鉄塔の 間の<u>送電線は谷をまたぎ張られており</u>、この<u>送電線へ風荷重が加わることで、鉄塔部材への風</u> 荷重が増加した可能性。
- ①(鉄塔本体に加え、共架している送電線も含め)鉄塔-送電線全体で風荷重を算出、 鉄塔部材の耐力を確認
- ②回線の増強や張替え時における前後の鉄塔を含めた風荷重の適切な評価
- ③鉄塔が倒壊した場合の迂回ルートの確保や仮鉄柱の設置

### 2. (1) 123 局地風に対する対応について

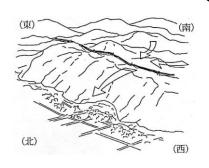
- 電力会社では、台風の襲来頻度が多い地域では個別の基準風速を設定、若しくは地形的な条件 により<u>風速が増加する特殊箇所</u>においては、JEAC6001(JESC E0008)「架空送電規程」に基づ き、局地風況シミュレーションや観測データを用いた解析による鉄塔の強風設計を実施。
- 一方で、近年の自然災害の頻発化・激甚化が指摘されているところ、基準風速の在り方や特殊箇 所の範囲についても検討していくべきではないか。また、技術基準への反映をどのように考えるか。

#### く台風頻発エリアにおける基準風速>

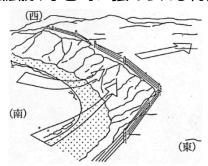
電力	対応内容	基準風速への反映 ※平均風速
沖縄	台風の襲来頻度が多いことから、基準風速を個別設定。	全エリアで風速60m/s <sup>※</sup>
九州	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。	大隅半島南部ならびに薩摩半島南部:風速45m/s**
	1993年台風13号での設備被害を受けて、基準風速を個別設定。(再設定)	大隅半島北部ならびに薩摩半島北部:風速45m/s* 大隅半島南部ならびに薩摩半島南部:風速50m/s*
四国	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にし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

<強風が局地的に強められる特殊箇所>

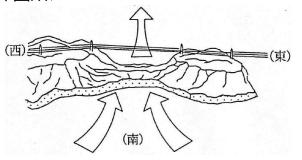
(資料) 電気事業連合会



(山岳部の特殊箇所)



(海岸部の特殊箇所)

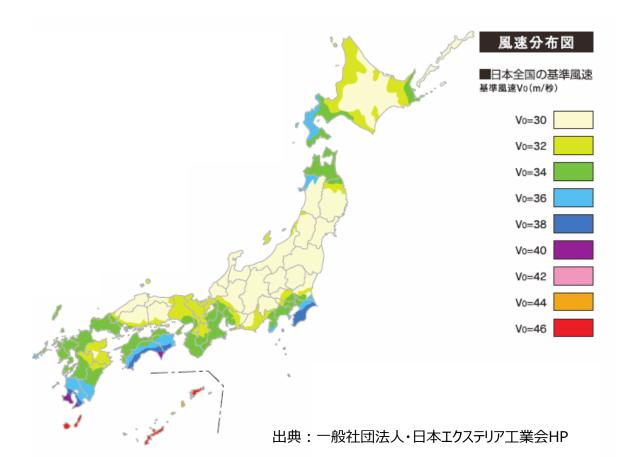


(岬・鳥嶼部の特殊箇所)

### (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号第2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号第2)>



### (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、同台風で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

台風の襲来ひん度が多く、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っ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)
- 工. 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<u>平成3年9月の台風19</u> 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</u>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って、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って、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

# 2. (2)①鉄塔-送電線全体の風荷重の算出、鉄塔部材耐力の確認

 鉄塔-送電線全体の風荷重については、技術基準の解釈(第58条58-4表)に基づき、 鉄塔と送電線の荷重を組合わせ、全体で風荷重を算出し、鉄塔部材の耐力の確認を求めている。

#### 電気設備の技術基準の解釈

### 【架空電線路の強度検討に用いる荷重】

第58条 架空送電線の強度検討に用いる荷重は次の各号によること。 (中略)

五 常時想定荷重架渉線の切断を考慮しない場合の荷重であって、風圧が電線路に直角の方向に加わる場合と電線路に平行な方向に加わる場合とについて、それぞれ58-4表に示す組合せによる荷重が同時に加わるものとして荷重を計算し、各部材について、その部材に大きい応力を生じさせる方の荷重

	_	垂 直 荷 重					水平横荷重			水平縱荷重				
荷重の 種類	風圧の 方向	架涉線重量	がいし装置重量	支持物部材重量 ※	垂直角度荷重 ※	支線荷重 ※3	被 <u></u> 被 形荷重 ※ 4	着雪荷重	風圧荷重	水平角度荷重	ねじり力荷重	風圧荷重	不平均張力荷重	ねじり力荷重
常時想定荷重	電線路に 直角	0	0	0	0	٥	0		0	0	O * 5		O %6	O %5
	電線路に 平行	0	0	0	0	0	0			0	O ** 5	0	O * 6	○ ※5
異常時 想定荷 重	電線路に 直角	0	0	0	0		0		0	0	0		0	0
	電線路に 平行	0	0	0	0		0			0	0	0	0	0
異常着 雪時想 定荷重	電線路に 直角	0	0	0	0			0	0	0	O ※5		0	O % 5
	電線路に 平行	0	0	0	0			0		0	0 * 5	0	0	O ※ 5

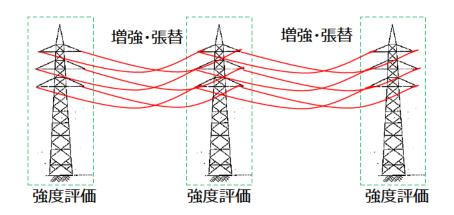
□:架渉線(電線、地線、がいし等)の荷重

鉄塔の荷重

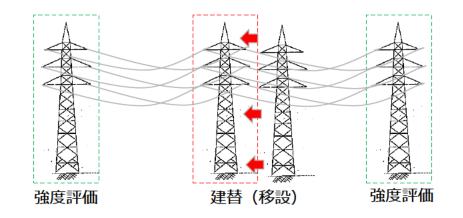
### 2. (2) ②送電線の増強・張替え時の風荷重の適切な評価

風荷重の影響が大きい送電線の増強・張替えや鉄塔の移設・建替がある場合には、技術基準への適合を確認するため、改めて鉄塔-送電線全体での強度評価を求めている。
 (必要に応じて鉄塔の補強工事等を実施)

<電線を増強・張替えた場合の鉄塔強度評価>



⇒増強・張替による電線の太さ、重量等の変化を考慮し、 鉄塔の強度を評価 <鉄塔を建替えた場合の、前後の既設鉄塔の強度評価>



⇒鉄塔建替による径間長、水平角度、高低差等の 変化を考慮して前後鉄塔の強度を評価

(資料) 経済産業省作成

(資料) 経済産業省作成

### 2. (2)③迂回ルートの確保、仮鉄柱の設置

- 今回の鉄塔倒壊時には、事故翌日には迂回ルートを確保し復旧を完了。
  - ✓ 2019年9月9日2時55分頃、鉄塔が倒壊。
  - ✓ 全6回線のうち内房線は内房変電所から鴨川変電所、館山変電所等を経由した迂回ルート、 木内線については富津火力発電所からの電源を小糸川線と接続する系統変更工事による迂回ルートを確保し、翌日10日16時20分頃には仮復旧が完了。
- 迅速な復旧のため電力会社では仮復旧用の鉄柱を保有。

く仮復旧の様子>



<仮鉄柱の設置例>



### 3. 現時点までの調査状況を踏まえた電柱の事故時の事象と対策の方向性について

● 本WGでの議論や現地調査を踏まえ、電柱の損壊等に至ったと考えられる事象、またその対策の方向性として考えられるものは以下のとおり。

考えられる事故時の事象	対策の方向性
<ul><li>(1)倒木や建物の倒壊</li><li>⇒<u>倒木や建物の倒壊等が発生し、電</u> 柱に直接衝突することで折損や倒 壊があった可能性。</li></ul>	①電力会社と自治体等との連携による電柱に近接する樹木の管理強化(樹木の事前伐採等) ②電力会社や自治体等によるトタン屋根や大型看板、ビニルハウス等の飛散防止に関する注意喚起(ツイッターやHP等)
(2)看板等の飛来物  ⇒ <u>飛来物等が配電線へ接触し、電柱も</u> <u>ひきずられて損壊(倒壊)</u> した可能性。	①電力会社と自治体等との連携による電柱に近接する樹木の管理強化(樹木の事前伐採等)(再掲) ②電力会社や自治体等によるトタン屋根や大型看板、ビニルハウス等の飛散防止に関する注意喚起(ツイッターやHP等)(再掲)
(3)地盤影響  ⇒大雨により電柱周辺の <u>土砂が流出</u> <u>し地盤が軟化することにより、電柱</u> <u>が傾斜</u> した可能性。	①電力会社による地盤強化対策(軟弱地盤箇所における根かせの取付や、コンクリートによる根固め(根巻き)の実施
(4)その他(風による影響があったか、今 後要精査)	①電柱の連鎖倒壊を防止するための支線の設置や過去の台風被害等を踏まえた 基準風速の個別設定

# 3. (1)(2)①電力会社と自治体等との連携(樹木の事前伐採等)

● 一部の地域では、電力会社と自治体との間で倒木処理を円滑化するための協定の締結や、計画伐採を実施。

#### < 関西電力と和歌山県との災害時における 停電復旧作業の連携等に関する協定>



<中部電力と岐阜県等による計画伐採の取組>



事業年度	伐採路線数	距離	伐採本数
2015~2017年度実績	38路線	33.9km	約2万本

出典:第7回電力レジリエンスワーキンググループ資料4 出典:第7回電力レジリエンスワーキンググループ資料4

# 3. (1)(2)②飛来物の飛散防止に関する注意喚起

- 中部電力では平成30年台風24号での飛来物による被害を受けて、飛来物防止に向けたPR活動をSNSの発信やチラシの配布により実施。
- 台風が多数上陸する自治体においても、HP等による注意喚起を実施。

く中部電力によるSNS、チラシによる注意喚起>

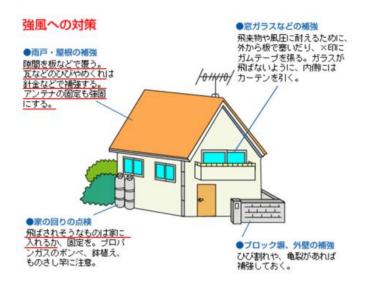




### <自治体HPによる注意喚起(宮崎市)>

#### 台風に備えよう (強風対策)

台風時には、風でさまざまなものが飛んでぶつかったり、倒れたりすることで事故が起 こることがあります。台風が来る前に対策を立てましょう。また、外壁の補強などは日 頃から行うようにしましょう。また、台風が去った後の吹き返しにも注意してくださ い。



### 3. (3) ①電力会社による地盤強化対策

技術基準の解釈(第59条第2項第三号)において、「水田その他地盤が軟弱な箇所においては、(中略)、特に堅ろうな根かせを施すこと」と定められており、各社一般的な対策として軟弱地盤箇所における「根かせ」の取付や、コンクリートによる「根固め」(根巻き)を実施。



### 3. (4) ①支線の設置や基準風速の個別設定

■ 電力会社では、民間規格(配電規程)に基づき支持物の連鎖倒壊防止のため支線を 設置するとともに、過去の台風による甚大な被害を踏まえ、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。	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	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、1985年の台風13号、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。	・九州南部離島、鹿児島南部一部地域:風速50m/s <sup>※1</sup> ・九州の西海岸、山岳部一部地域:風速45m/s <sup>※1</sup>
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 <sup>※1</sup> 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 <sup>※1</sup>

<sup>※1</sup> 平均風速

<sup>※2</sup> 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条で規程されている内容だが、低圧及び高圧の架空電線路では規程されておらず、配電規程に基づき自主的に実施しているもの。