

技術基準の見直し、 地域風速の検討状況について

令和 2 年 3 月 23 日

経 済 産 業 省

産業保安グループ

- 1. 技術基準の見直し内容について**
- 2. 地域風速の検討状況について**
- 3. 今後の検討スケジュールについて**

1. 技術基準の見直し内容について

2. 地域風速の検討状況について

3. 今後の検討スケジュールについて

1-1. 技術基準の見直しについて

- 令和元年台風15号による鉄塔の倒壊及び電柱の損壊事故の原因調査を踏まえ、本WGにおいて技術基準の見直しの方向性が以下のとおり示されたところ。
- 技術基準の見直しに関して、地域風速については地域風速の設定やマップの策定に一定の時間を要するため、本日は第一弾改正として地域風速以外の見直し内容について御議論をいただきたい。

＜損壊状況・事故の原因及びそれらを踏まえた技術基準の見直し内容＞

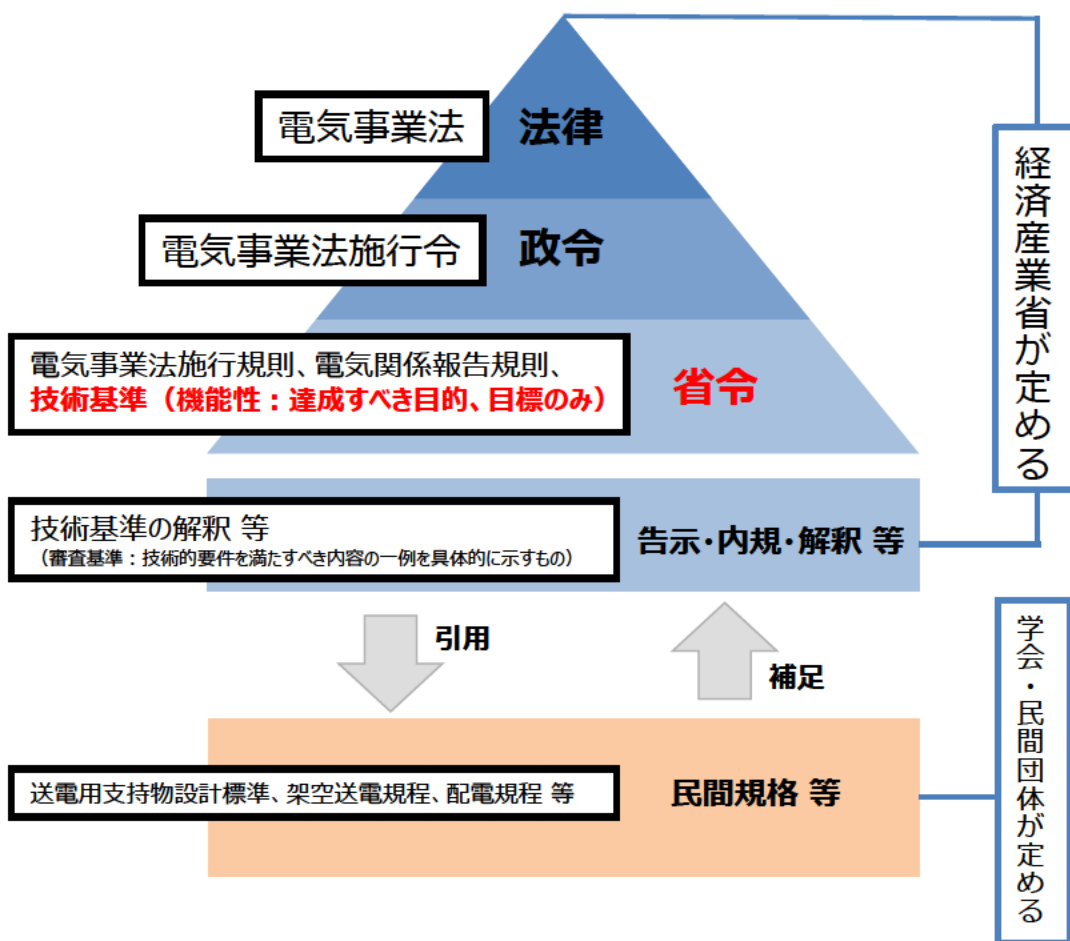
	損壊状況・事故の原因など	技術基準の見直し内容
鉄塔	●鉄塔2基が倒壊し、約11万軒の停電が発生。 ●技術基準で求められる風圧荷重40m/s(10分間平均風速)を満たすよう設計(1972年建設)。 ●特殊な地形による突風(最大瞬間風速約70m/s、10分間平均風速約50m/sと推定)により、設計当初の想定を大きく上まわる荷重が発生し、倒壊に至ったと推定。	①現行の基準風速40m/sを維持するとともに、40m/sについて「10分間平均」を明確化。
		②地域の実情を踏まえた基準風速(地域風速)を適用。
		③特殊地形を考慮すること。 (従来より民間規格にて規定されていた3類型(山岳部、海岸周辺、岬・島しょ部)に加え、今般の事案の類型を追加)
電柱	●計1,996本の電柱が折損・倒壊・傾斜等の被害(被害の多くは、台風の進路の東側の山林部に集中。) ●電柱の損壊等事故が広範囲にわたったこと、また鉄塔に関する技術基準の見直しの方向性(地域風速の適用など)、台風が頻繁に襲来する地域の電力会社の取組等を踏まえ対策が必要。 ●損壊等原因の大半は二次被害と推定されるが、連鎖倒壊が約200本(全体の約1割)発生。	①鉄柱にも地域別の基準風速(地域風速)を適用。
		②電柱の中で損壊率が高い木柱の安全率をコンクリート柱並みに引き上げ(1.3~1.5⇒2.0へ)。
		③「電柱の連鎖倒壊防止」対策を技術基準で規定。

今回の技術基準見直し

(参考) 鉄塔及び電柱に係る法体系と民間規格・規程の関係について

- 技術基準は、基本的に性能規定となっており、技術基準の解釈や解説、民間規格・規程において、具体的な設計基準等を規定。
- 技術基準の見直しに伴い、技術基準の解釈・解説、民間規格・規程の見直しも必要。

<法体系について>



<関連する民間規格・規程について>

送電用支持物設計標準 (JEC-127)

- 電気学会内に設置された電気規格調査会が規定。
- 新技術の開発及び社会情勢を踏まえ、材料、設計、施工、検査などの技術的な事項について法令を補完するもの。
(主な規程内容) 地域風速マップ・考え方
基礎設計 (鉄塔・電柱) 等

架空送電規程 (JEAC6001)

- 日本電気技術規格委員会 (JESC) が定める標準規格
- 事業者が技術基準・解釈・解説をより実務的に解釈する際に使用。
(主な規内容) 地域風速、特殊箇所 等

配電規程 (JEAC7001)

- 日本電気技術規格委員会 (JESC) が定める標準規格
- 事業者が技術基準・解釈・解説をより実務的に解釈する際に使用。
(主な規程内容) 電柱の安全率 等

(参考) 現行の鉄塔・電柱に係る技術基準

- 電気事業法第39条に基づく電気設備の技術基準に基づき、鉄塔・電柱（架空電線路の支持物）の材料及び構造は、引張荷重や風圧荷重等を考慮し、倒壊のおそれがないよう安全なものであることを求めている。

<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）

1-2. 技術基準の見直し案について（①10分間平均風速の明確化）

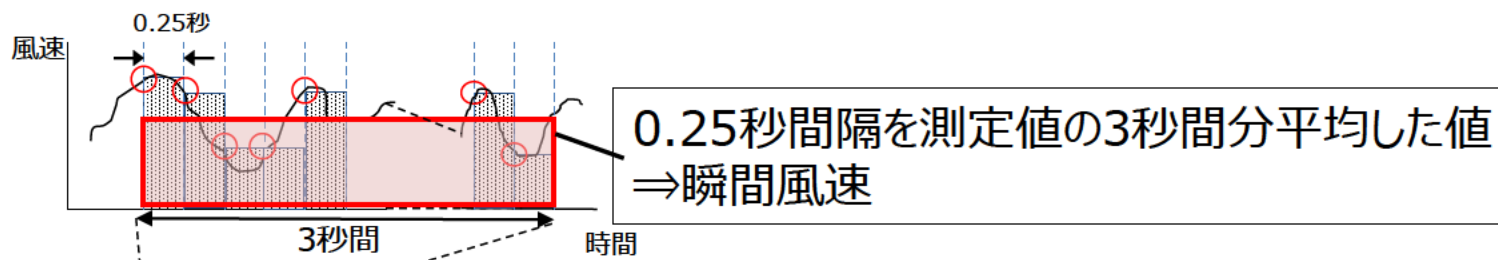
- 風速40m/sの考え方について、現行では**民間規格である送電用鉄塔設計標準（JEC-127-1965）において10分間最大平均風速であることを定め、これを解釈で引用**していたが、今回の**技術基準の見直しにおいて、これを明確化。**

<技術基準、関連規程の見直し案>

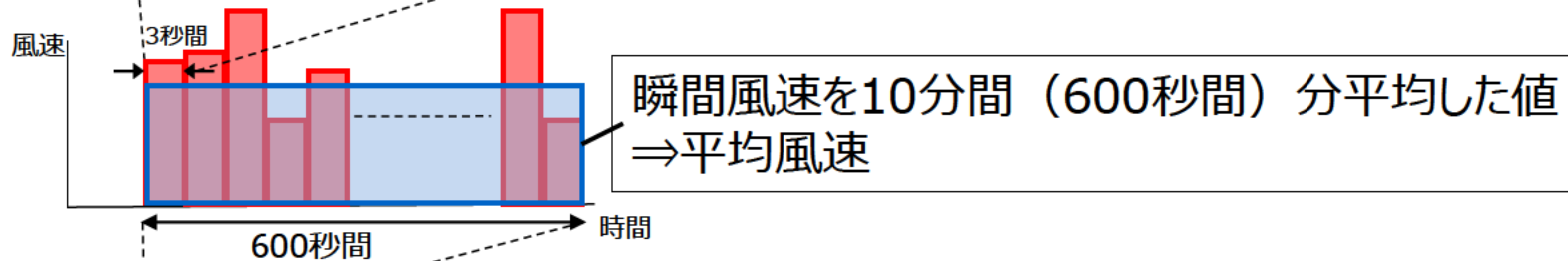
	技術基準省令	技術基準解釈	技術基準解釈の解説
10分間 平均風速	●架空電線路・・・は、その支持物が支持する電線等による引張荷重、 <u>十分間平均</u> で風速四十メートル毎秒の風圧荷重・・・（第32条）	●架空電線路の強度検討に用いる荷重は、次の各号によること。 <u>なお、風速は、気象庁が「地上気象観測指針」において定める10分間平均風速とする。風圧荷重の検討においては、気象庁が記録する風速の年最大値を用いる。</u> （第58条）	●本条は、架空電線路の強度検討に用いる荷重について示している。 <u>風速については、気象官署において長年のデータ蓄積がなされていること、瞬間風速に比べてデータの変動幅が小さく風速分布を評価しやすいこと、強風時での風向・風速の変動が大きくなり、鉄塔自身や電線の揺れの影響を評価しやすいことなどから気象庁の地上気象観測統計にもとづく年最大10分間平均風速を用いることが妥当である。</u> <u>IEC60826(2017)、EN50341-1(2012)、建築基準法告示(平成12年建設省告示第1454号)においても鉄塔あるいは構造物に対する基準風速として10分間平均風速が用いられている。</u> （第58条）

(参考) 10分間平均風速の考え方について

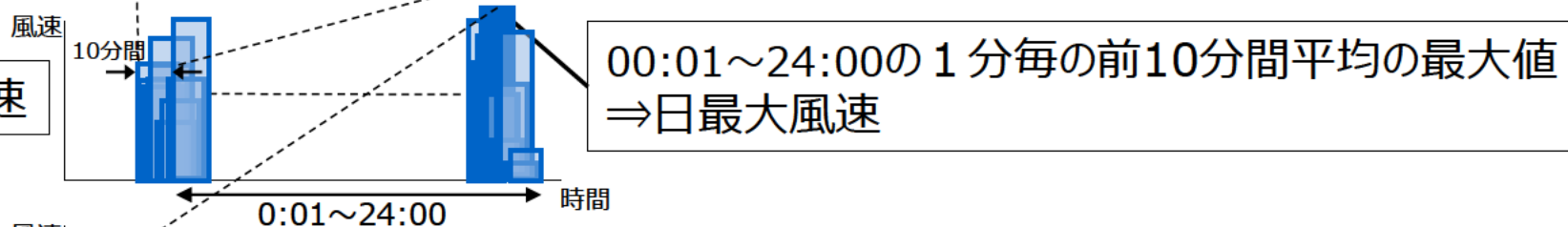
(a)瞬間風速



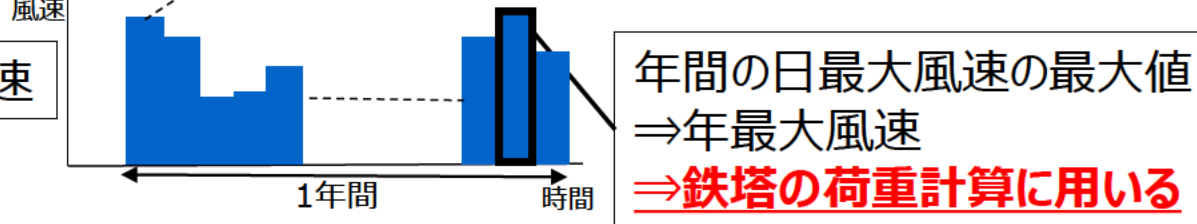
(b)平均風速



(c)日最大平均風速

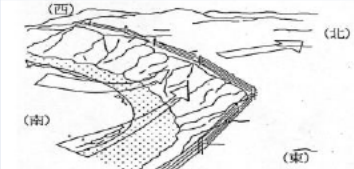
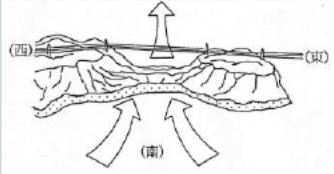
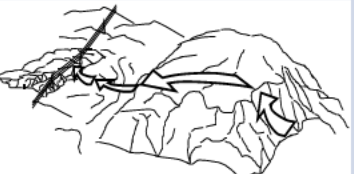


(d)年最大平均風速



1-3. 技術基準の見直し案について（②特殊箇所の考慮）

- 鉄塔の設計に当たっては、特殊箇所を考慮することは現行の技術基準には規定されていないため、**技術基準に規定し、今回新たに判明した特殊箇所を含め具体的な特殊箇所の定義を技術基準の解釈・解説に規定。**

	技術基準省令	技術基準解釈	技術基準解釈の解説
特殊箇所	● 風圧荷重及び当該設置場所において通常想定される<u>地理的条件</u>、<u>気象の変化</u>、<u>振動</u>、<u>衝撃</u>その他の外部環境の影響を考慮し、（第32条）	● 鉄塔にあっては、次の各号に掲げる特殊地形箇所に施設する場合は、<u>局地的に強められた風による風圧荷重を考慮すること</u>。ただし、これらの特殊地形箇所に施設する場合に、当該箇所の地形等から強風時の風向が電線路の走行とほぼ平行すると判断されるときは、<u>対象外とする</u>。 一 <u>従来から強い局地風の発生が知られている地域における稜線上の鞍部等、風が強くなる箇所</u> 二 <u>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</u> 三 <u>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</u> 四 <u>半島の岬、小さな島等、海を渡る風が吹き抜ける箇所</u> 五 <u>強い風が風上側にある標高の高い丘で増速され、直近の急斜面によりさらに増速する箇所</u> （第58条）	● 本項は、鉄塔に対して台風等による強風が局地的に強められるおそれがある特殊箇所の定義であり、過去発生した鉄塔倒壊事故を踏まえ、台風通過等に伴って強い局地風の吹く地域又は半島部等地形条件から台風等による強風が著しく収束する特殊な地形を整理したものである。第一号は山岳部、第二号及び第三号は海岸部、第四号は岬・島しょ部、第五号は山岳部と急斜面を指している。  （山岳部）  （海岸部）  （岬・島しょ部）  （山岳部と急斜面） 第一号から第四号は平成3年台風19号による鉄塔倒壊事故の検証により特殊箇所としてまとめられたものであり、該当箇所については対策がとられ、以後事故の発生がなかったもの（万一、事故が発生した場合は見直しを図る）。また、令和元年台風15号による鉄塔倒壊事故の検証を受け第五号が追加された。設計手法の詳細については、日本電気協会技術規程 JEAC 6001-2018「架空送電規程」、電気学会電気規格調査会テクニカルレポート JEC-TR-2015「送電用鉄塔設計標準」、令和2年1月21日付鉄塔総点検指示書を参照されたい。 （第58条）

(参考) 特殊箇所について

- 特殊箇所については、今後も事故等により必要があれば同様に見直し・特殊箇所の追加を図っていく。
- また、各特殊箇所の詳細な定義を定める民間規程（架空送電規程）において、今般追加された特殊箇所の定義を、鉄塔の総点検の結果も踏まえ、検討頂く予定。

<各特殊箇所のイメージ、特徴(定義)>

	山岳部	海岸部	岬・島嶼部	山岳部と急斜面
特殊箇所イメージ				
特殊箇所の 特徴 (定義)	・<u>標高800m程度以上</u>の山岳部において、<u>東西方向</u>にのびる稜線上を稜線とほぼ平行に線路が走行し、<u>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</u>があり、台風時の強風が局地的に強められる箇所。	・<u>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</u>であって、<u>標高200m程度以上</u>の箇所。	・<u>主風向方向の陸地の幅が2km程度以内の岬又は島しょ部</u>にあって、主として<u>切り通し又は鞍部等の風が収束しやすい地形</u>の箇所。	・今後、JESCにて議論。 ※今般の総点検では、<u>海岸から25km程度以内で、主風向となる8km程度以内に、傾斜度0.2程度以上標高差200m程度以上で鉄塔より標高が高い山等</u>があり、かつ<u>直近に傾斜度0.2程度以上標高差50m程度以上の急斜面の頂部付近</u>の箇所について確認。

1-4. 技術基準の見直し案について（③木柱の基準引き上げ④連鎖倒壊防止）

- 木柱の安全率については、現行の技術基準の解釈において、使用電圧により安全率を定めていたところ、電圧にかかわらず、安全率2.0に定め直す。
- また、連鎖倒壊防止については、既に規定がある民間規格（配電規程）を参考にするるとともに同様の規程がある特別高圧架空電線路（鉄塔等）との整合性をとった。

	技術基準省令	技術基準解釈	技術基準解釈の解説
木柱	—	● 架空電線路の支持物として使用する木柱は、次の各号に適合するものであること。 - 一 わん曲に対する破壊強度を59-1表に規定する値とし、電線路に直角な方向に作用する風圧荷重に、<u>架空電線路の使用電圧に応じ59-2表に規定する安全率2.0</u>を乗じた荷重に耐える強度を有すること。（第59条）	● <u>木柱の安全率については、令和元年台風15号の木柱の被害状況を踏まえ、②基準で、鉄筋コンクリート柱に関する日本産業規格 JIS A 5373 (2016) で必要とされる安全率2.0と同じ水準にしたものである。</u>（第59条）
連鎖倒壊防止	● <u>特別高圧</u>架空電線路の支持物は・・・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。（第32条）	● <u>低圧又は高圧架空電線路の支持物で直線路が連続している箇所において、連鎖的に倒壊するおそれがある場合は、必要に応じ、16基以下ごとに、支線を電線路に平行な方向にその両側に設け、また、5基以下ごとに支線を電線路と直角の方向にその両側に設けること。ただし、技術上困難であるときは、この限りでない。</u>（第70条）	● 本項は、風圧荷重、地震荷重のほか、台風等による樹木等の倒壊、トタン、看板等の飛来による外力により、低圧又は高圧架空電線路の支持物の連鎖的倒壊を防止するための支線の施設箇所を示している。なお、支線を設置する間隔については現行の運用では事業者によりばらつきがあったため、最も安全側にとっている間隔をとることとする。また、技術上困難であるとして、解釈に定める方法を取り得ない場合は、<u>技術基準を満足するよう適切な措置を講じること。</u>（第70条）

(参考) 木柱安全率見直しについて

- 令和元年台風15号で倒壊した東電管内の電柱の種類を分析すると、コンクリート柱及び鉄柱は全体の約0.03%程度であったのに対し、木柱は全体の約0.3%と10倍の差。
- それぞれの電柱の技術基準上の「安全率」は、コンクリート柱は2.0、鉄柱は1.5、木柱は1.3～1.5、であることから、木柱の「安全率」をコンクリート柱並の2.0に引き上げ、損壊事故防止に向けた底上げを図る。

※なお、諸外国においても木柱の安全率はコンクリート柱並に設定している事例が多い。

<各電柱の損壊状況>

	安全率	倒壊電柱(本) (東電管内割合)	東電管内の電柱(本)	全国の電柱(本)
コンクリート柱	2.0	1,929 (0.033%)	5,824,380 98.0%	20,968,409 96.6%
鉄柱	1.5 *	32 (0.029%)	109,701 1.8%	616,507 2.8%
木柱	1.3～1.5	35 (0.305%)	11,475 0.2%	120,892 0.6%
計		1,996 (0.034%)	5,945,556 100.0%	21,705,808 100.0%

※一部で2.0で設計されている製品もある。

<安全率の見直し>

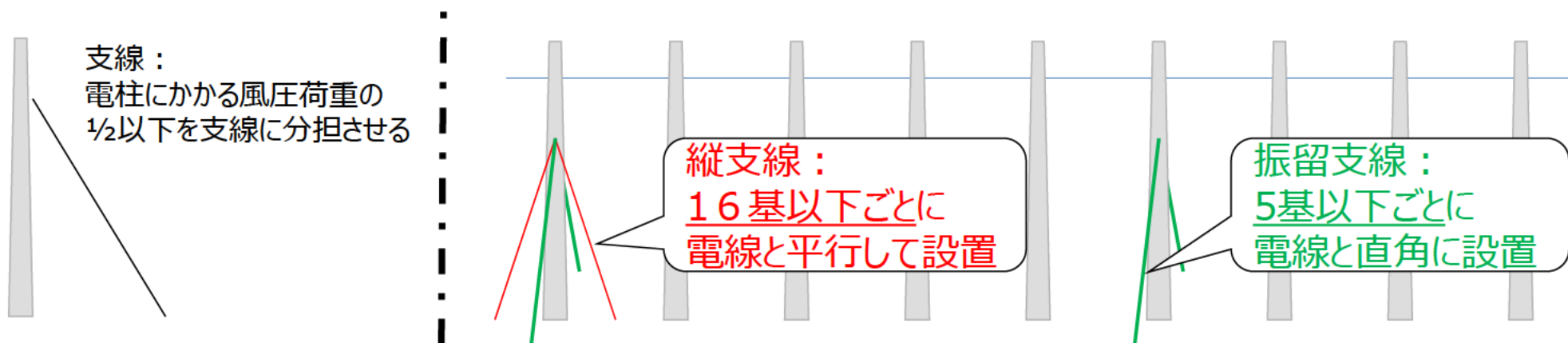
	これまでの 木柱安全率	見直し後の 木柱安全率
低圧	1.2	2.0
高圧	1.3	
特別高圧	1.5	

※新設・改修時に適用

(参考) 支線の考え方について

- 連鎖倒壊防止対策に関する支線設置径間数については、現行では民間規格（配電規格）において市街地外（縦支線：16基～10基、振留支線：8基～5基）、市街地（振留支線：8基～5基）が推奨されている。これを参考に電力会社は内規で径間数を定め運用を行っており、その数は異なっている。
- 今回の技術基準見直しにおいては、風圧荷重、地震荷重のほか、台風等による樹木等の倒壊、トタン、看板等の飛来による外力により連鎖倒壊の恐れがあるところについては必要に応じて、台風が頻繁に来襲する沖縄エリア県内一部エリアで規定されている径間数を取り入れることとするもの（なお、この径間数は10電力で最も安全側にとられているもの）。

<連鎖倒壊防止対策イメージ（市街地外）>



1. 技術基準の見直し内容について

2. 地域風速の検討状況について

3. 今後の検討スケジュールについて

2-1. 地域風速の検討状況について

- 地域風速の検討に当たっては、最新の知見や技術等を適切に反映することが重要であり、JEC-TR-2015では、令和元年台風15号による鉄塔の倒壊事故以前から地域風速に関する検討が行われてきたことを踏まえ、同検討結果をベースに更なる検討を進めているところ。
- 今回のWGにおいては、JEC-TR-2015における地域風速・鉄塔設計手法の考え方についてご確認いただくとともに、事務局が有識者と中心に確認した本規定の妥当性・ポイントについてご確認いただきたい。

＜現行の技術基準と検討中のJEC-TR-2015＞

	基準風速	基準風速の 対象範囲	基準高さ	高さ 補正	風力 係数	局所地形	地表面 粗度	ガスト影響 係数	安全率	再現 期間
電気設備の 技術基準	40m/s	全国一律	15m	○	○	各社計算	—	—	○ (1.5)	50年
送電用鉄塔 設計標準 JEC-TR-2015	地域別の 風速	10km四方単 位で設定	10m	○	○	増速率を 風速に乗じる	○	○	—	50年

※ガスト影響係数とは、平均風力と変動風力によって生じる最大荷重効果と等価な効果となる静的荷重を算定するために、平均風荷重に乗ずる係数

(参考) JEC-TR-2015について

- JEC-127-1979「送電用支持物設計標準」の改定版として、電気学会に設置された送電用鉄塔設計標準特別委員会（大熊名誉教授、一般送配電事業者、電力中央研究所等）が2009年8月に制定作業に着手、2015年2月に公表。
- JEC-127-1979に対して、最新の知見や技術等を反映。
 - 新規材料、多様化した基礎、新たな設計手法等の技術進展の追加
 - 2003年に制定されたIEC-60826（送電線路に係る国際規格：国際電気標準会議）との整合
 - 平成3年台風19号による鉄塔被害を踏まえた風の乱れ率（ガスト影響係数）、特殊箇所を導入
- 最近の自然災害等を踏まえ、地域風速を含む検討作業をJEC本改正に向けて実施中。

2-2. JEC-TR-2015での検討状況

- JEC-TR-2015では、鉄塔の設計に関する風荷重について、**(1)地域風速の基本的考え方、(2)地域風速を使った設計手法**、について検討、規定を行っている。
- 観測データなどについては、1951年～1999年のものまで検討を終了している。**現在、JEC本改正に向けて、今年の台風も含めた最新データを収集、分析中。**

(1) 地域風速の基本的考え方

①台風シミュレーションによる基本風速の算出



②シミュレーション結果を実測データ（※）により補正し、気象官署別（約150箇所）の基本風速の設定。
（※）1951年以降、約70年分のデータ。



③地域間の補正を行い、地域風速マップを作成

(2) 地域風速による設計手法

①各鉄塔の建設地の地域風速を元に、様々なパラメーターを掛け合わせ、荷重算定。



今後、要検討

②①と現行基準（風速40m/s）による風荷重を比較し、大きい荷重を選定。

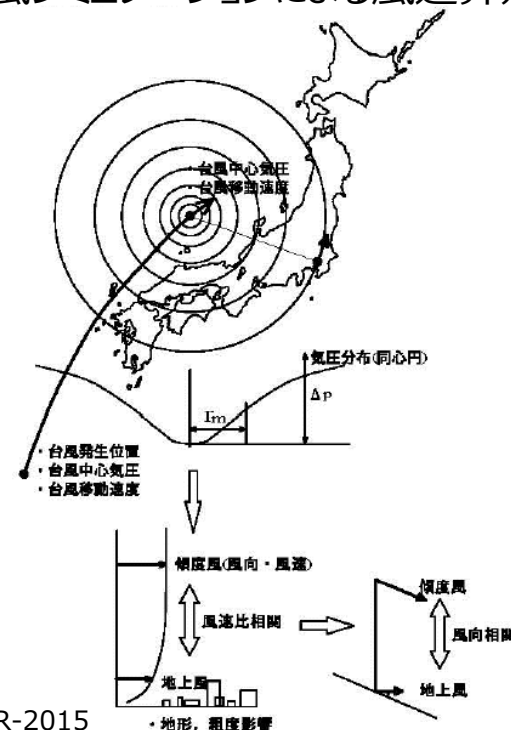
2-2. JEC-TR-2015での検討状況((1)地域風速の基本的考え方①台風シミュレーション)

- 地域風速の算定に当たって、基本となるのは気象官署の観測データであるが、入手可能な観測データは1951年以降の分のみであり、特に高温季（4月～11月）の台風データは不足。信頼性の高い統計値を得る観点から、台風モデルによるシミュレーション値を観測データで補正したもので、台風データを補完。
- 台風シミュレーションは、再現期間50年のシミュレーションを一カ所あたり200回実施することで、統計的な信頼度を補完。

＜台風シミュレーションの実施方法＞

- ① 台風データ（発生回数、発生場所、中心位置・気圧、最大旋衡風速半径、等）の収集
- ② 50年×200回分の台風シミュレーションの実施
- ③ 8方位の最大風速の算定、小地形の影響除去
- ④ 台風による50年再現期待値の算定

＜台風シミュレーションによる風速算定＞



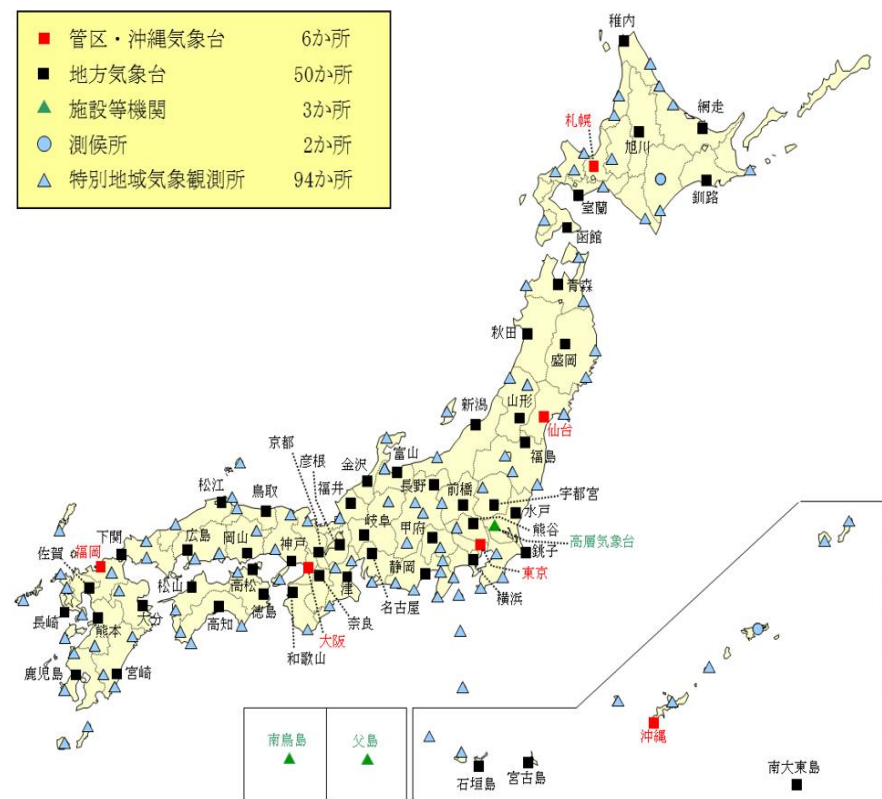
2-2. JEC-TR-2015での検討状況((1)地域風速の基本的考え方②観測データによる補正)

- 観測データは、全国約150カ所の気象官署の1951年以降のデータを使用。
- これら観測データと台風シミュレーションの結果との比を用いて、台風シミュレーションの結果を補正。
- 上記の補正により、全風向の50年再現値は観測データ、風向別の分布は台風シミュレーションを適用。

＜観測データの分析＞

- ①データの収集（日最大、時々刻々）
- ②計測機器、高さ、粗度の補正
- ③8方位の最大風速の算定、小地形の影響除去
- ④50年再現値の算定（10分平均風速）
- ⑤台風シミュレーションの結果と観測データとの比 α を算出

＜国内の気象官署＞



2-2. JEC-TR-2015での検討状況((1)地域風速の基本的考え方③地域間補正、マップ化)

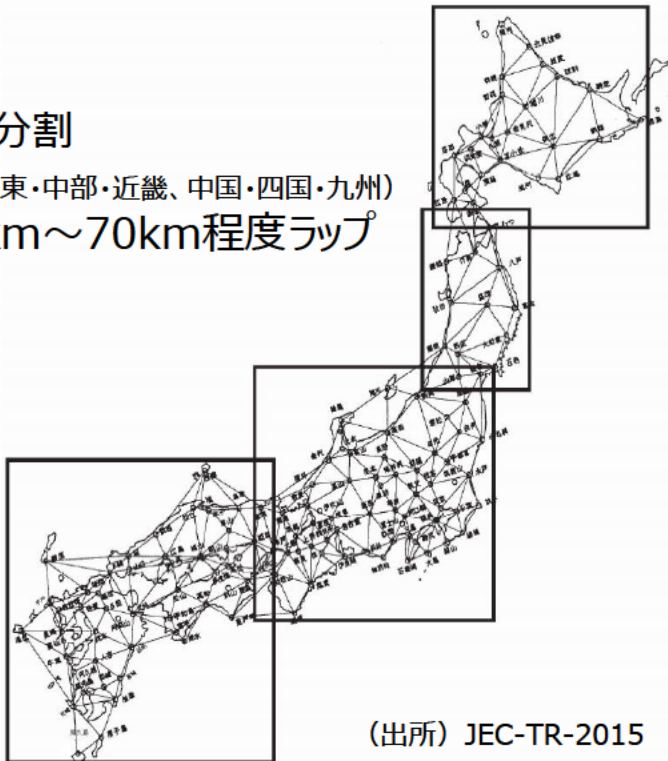
- 気象官署ごとの風速を設定後、これをマップ化するに当たっては、単に線形でつなぐのではなく、**大規模な地形影響による増速効果、減速効果を反映**するため、気流解析結果の風速の水平方向分布から**気象官署間の基本風速の内挿（補正）関数を求め、適切な地域間補正**を行っている。
- 気象官署ごとに風速の内挿（補正）関数を計算することも想定されるが、**計算量の軽減のため、日本全土を4つにわけ、大領域解析**を実施。

＜補正メッシュおよび解析領域＞

✓ 4つの領域に分割

（北海道・東北、関東・中部・近畿、中国・四国・九州）

✓ 領域間は50km～70km程度ラップ



（出所） JEC-TR-2015

＜地域間補正からマップ化の手順＞

①大領域解析により、気象官署毎の内挿（補正）関数を計算。



②気象官署毎の風速に内挿（補正）関数によりスムージングする。



③4つの領域間をなめらかに接合させるため、ラップする個所については、両方の領域の値に重み付けをして算出。



④風速のコンタ図を描き、全国の風向別地域風速マップを作成

2-2. JEC-TR-2015での検討状況((2)設計方法 ①地域風速の風荷重)

- 各鉄塔について、先述の地域風速を設定した後、風荷重を以下のフローにより算出。
- 算出においては、複数のパラメーターをかけあわせる。

<風荷重の算出フロー：JEC-TR-2015>

- ① 設計風速 (U_R) を以下の式により算定する

$$U_R = k_1 k_2 E U_0 Y$$

k_1 : 小地形による割り増し係数

k_2 : 気象学的影響による風速の割り増し係数 (※1)

E : 風速の鉛直分布係数 (鉄塔の基準高さ、地表面粗度区分により決定)

U_0 : 基本風速[m/s] (地域風速マップより)

Y : 再現期間割増係数 (50年の場合は1.0) (※2)

- ② 設計用風圧 (q_R) を以下の式により算定する

$$q_R = 0.5 \rho U_R^2$$

ρ : 空気密度[kg/m³] (高温季 : 1.177、低温季 : 1.275)

U_R : 設計風速[m/s]

- ③ 風荷重 (P) を以下の式により算定する

$$P = q_R C A G$$

q_R : 設計用速度圧[Pa]

C : 風力係数 A : 風圧を受ける面積[m²]

G : ガスト影響係数 (乱れの強さなどを考慮)

<風荷重の算出フロー：現行基準>

- ① 設計風速 (V) を一律、以下の値とする

$$V = 40\text{m/s}$$

- ② 設計用風圧 (p) を以下の式により算定する

$$p = (0.5 \rho V^2) \cdot C$$

ρ : 空気密度[kg/m³] (高温季 : 1.128、低温季 : 1.226)

V : 設計風速[m/s]

C : 空気抵抗係数 (JECの風力係数と同様)

- ③ 風荷重 (P) を以下の式により算定する

$$P = p A$$

p : 設計用速度圧[Pa]

A : 風圧を受ける面積[m²]

- ④ 突風等による瞬間的な応力の影響に安全率1.5を算定。

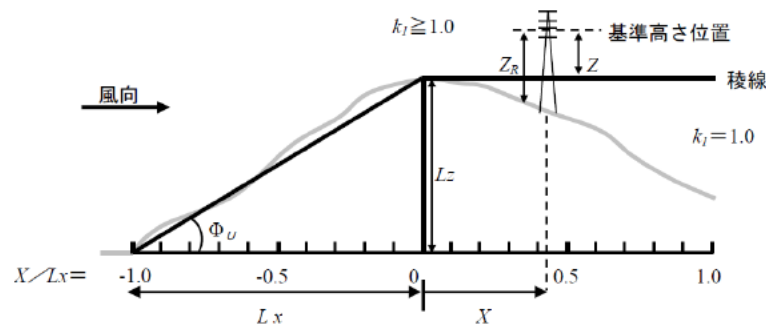
※1 : 気象学的影響により風速が強い地域として、四国中央市のやまじ風、北海道日高山脈南西側の日高しも風等の局所的に風速が大きい地域に適用する係数。

※2 : 再現期間50年と異なる再現期間を用いる場合に適用する係数。

参考：風圧荷重の算定に用いるパラメーター（小地形による割増係数（ k_1 ））

- 鉄塔の建設箇所の風上に上り斜面が存在する場合には、小地形による割増係数を考慮する必要。

<上り斜面が一つの場合（単一斜面モデルに変換）>



L_z : 斜面の高さ(m)

L_x : 斜面の水平距離(m)

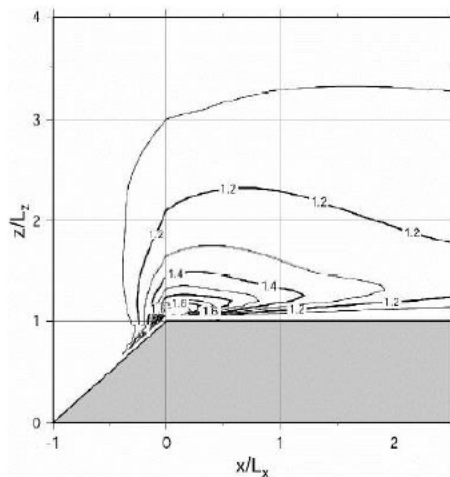
X : 斜面頂部から建設地点までの水平距離(m)

ただし、建設地点が斜面頂部より風上側にある場合はマイナスとする。

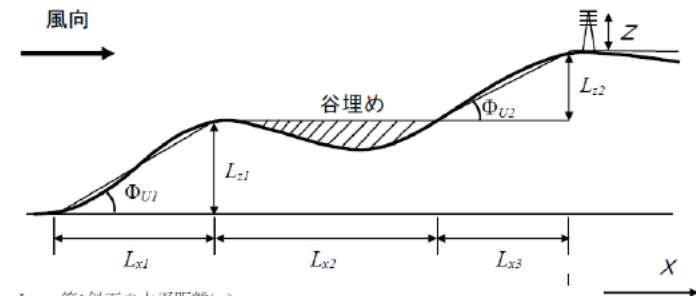
Z : $X < 0$ では、基準高さ Z_R (m)

$X \geq 0$ では、稜線から基準高さまでの高さ(m)

Φ_u : 斜面の上り勾配 (°)



<上り斜面が複数の場合（2次元崖状地形に変換）>



L_{x1} : 第1斜面の水平距離(m)

L_{x2} : 斜面間の水平距離(m)

L_{x3} : 第2斜面の水平距離(m)

L_{z1} : 第1斜面の高さ(m)

L_{z2} : 第2斜面の高さ(m)

X : 第2斜面頂部から建設地点までの水平距離(m)

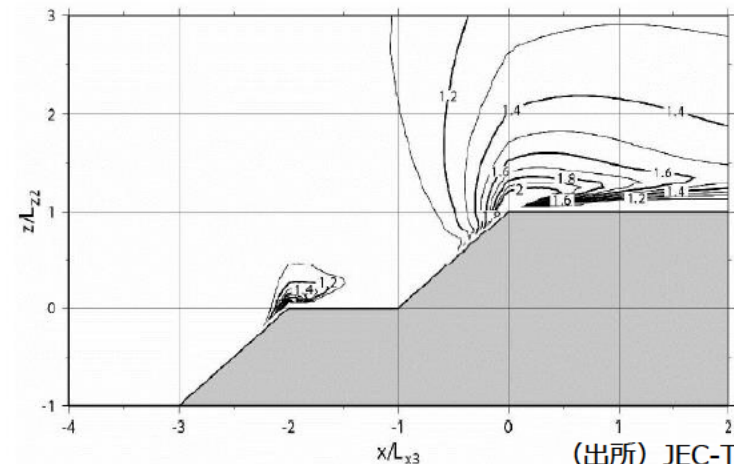
ただし、建設地点が斜面頂部より風下側にある場合はマイナスとする。

Z : $X < 0$ では、基準高さ Z_R (m)

$X \geq 0$ では、稜線から基準高さまでの高さ(m)

Φ_{u1} : 第1斜面の上り勾配 (°)

Φ_{u2} : 第2斜面の上り勾配 (°)



参考：風圧荷重の算定に用いるパラメーター（鉛直分布係数（E））

- 平均風速の高さ分布を表す係数で、地表面粗度区分によって算定。

$$E = 1.7 (Z_R / Z_G)^{\alpha}$$

Z_R ：鉄塔の基準高さ（鉄塔の高さ×2/3）
 Z_G ：粗度区分により決定する上空高さ
 α ：粗度区分により決定すべき指数

- 地表面粗度とは、風速を阻害する地表面の状況を示す区分で、阻害するものがない海岸では風速は高くなる傾向、高層建物が多い都心部では、風速が低くなる傾向にある。

＜地表面粗度区分について＞

粗度区分	風上側の地表面の状況
I	・ほとんど障害物のない会場、海岸、河口周辺等
II	・農作物程度の障害物のある田園地帯、草原等 ・樹木が散在している丘陵地 ・低層建築物が散在している平坦地
III	・山岳地と樹木が密集する丘陵地、・低層建築物が密集する平坦地 ・中層建築物（4～9階）が散在している平坦地
IV	・中層建築物（4～9階）が主となる市街地
V	・高層建築物（10階以上）が密集する市街地



（粗度区分Ⅱのイメージ）

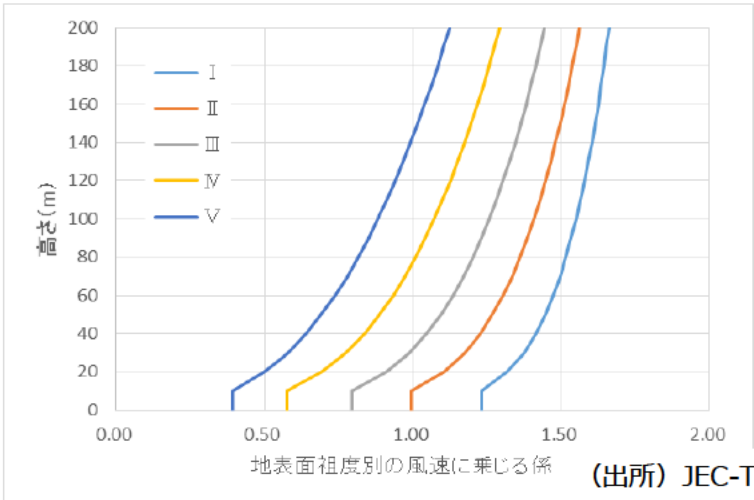
（粗度区分Ⅲのイメージ）



＜地表面粗度区分とべき指数αについて＞

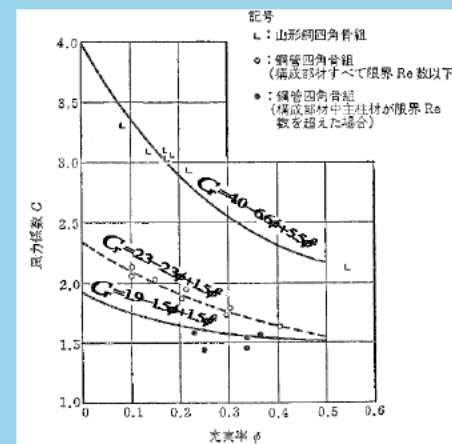
粗度区分	I	II	III	IV	V
上空風高さ Z_G (m)	250	350	450	550	650
べき指数 α	0.10	0.15	0.20	0.27	0.35

＜地表面粗度区分と鉛直分布係数について＞



参考：風圧荷重の算定に用いるパラメーター（風力係数（C）、ガスト影響係数について）

- 風力係数（C）は、鉄塔の鋼種（鋼管/山形鋼）、充実率（受風面積と節間面積の比）により算定。

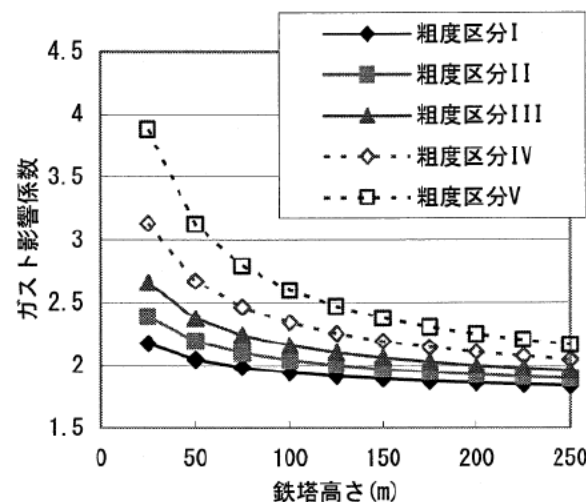


➤ 鋼管の場合： $C=1.9-1.5\phi+1.5\phi^2$

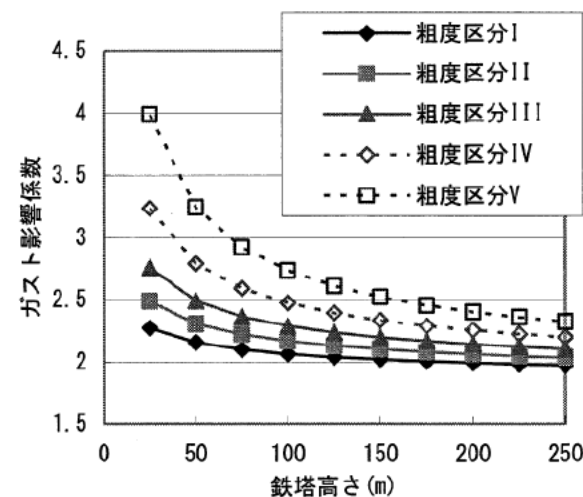
➤ 山形鋼の場合： $C=4.0-6.6\phi+5.5\phi^2$

ϕ ：充実率

- ガスト影響係数は、設計風速（ U_R ）、鉄塔の高さ、地表面粗度区分、主柱材の鋼材種類（山形鋼、鋼管）により算定する乱れを表す係数。



鋼管鉄塔風荷重のガスト影響係数の算定例（設計風速30m/s）



鋼管鉄塔風荷重のガスト影響係数の算定例（基本風速40m/s）

（出所）JEC-TR-2015

2-3. 事務局による妥当性検討（1/2）

- JEC-TR-2015の改正内容について、事務局において（土木工学、風工学、建築工学などの）有識者等のヒアリングを通じて、妥当性について検討。

項目		論点・外部有識者からのコメント
(1) 地域風速 の考え方	①台風シミュレーション	○10,000年分のシミュレーションを行ってるが、他事例でも5,000年や10,000年を用いる例が多く、 <u>特に問題ない</u> 。
	②観測データによる補正	○ <u>建築分野では、台風シミュレーションを観測値で補正していない</u> 。相違が大きいのであれば、台風シミュレーションのモデル妥当性や、傾度風・地上風の相関モデルとの妥当性を評価し、その <u>原因を追究すべき</u> 。・・・(a)
	③地域風速マップ	○作成方法の流れ（観測データと台風シミュレーション結果の分析を行い、地域風速を設定）については、 <u>妥当</u> 。 <u>建築学会も同様の方法</u> 。 ○市区町村ではなく、 <u>図面上の境界線で示すことについては、建築分野でも同様であるが、等値線マップでは建物がどの風速域に含まれるか、判断がばらつくため、建築基準法では市区町村で示した経緯あり</u> 。地域風速マップは、 <u>事業者の活用方法まで検討する必要がある</u> 。・・・(b) ○気象官署の50年再現値のデータをマップ化する際に、 <u>同様の風気候に在ると思われる地点の空間平均化等による、気象官署間の風気候の同一性が考慮されているか確認することが望ましい</u> 。気象官署間での内挿関数を求め適用しているとのことだが、 <u>山岳地域を含む内挿関数は、列島の規模の地形の影響を考慮した、風気候の同一性が考慮された関数であるか、確認することが必要</u> 。・・・(c)

2-3. 事務局による妥当性検討（2/2）

項目		論点・外部有識者からのコメント
(2) 鉄塔設計	①地域風速の荷重	○設計手法については、<u>建築・土木分野と同等であり、妥当。</u> ○鉄塔の場合、たわみが大きいことから、単純な風方向の変形ではないので、瞬間最大風速ではなく、平均的な風速に対しての応答で考えることが妥当であり、<u>10分間平均を採用することは妥当。</u> ○小地形の<u>増速率は、鉄塔の低い側の方が、増速率が高い傾向</u>にある。増速率の高さの変化について、考慮した方がいい。・・・(d) ○<u>地域風速は40m/sを下回る地域も存在するが、現行の全国一律40m/sとの関係</u>はどう整理するか（規制緩和になるのではないか。） 。・・・(e)
	その他	○一律50年再現値ではなく、<u>鉄塔の重要性を評価し、必要に応じ再現期間を長く設定</u>してはどうか。・・・(f) ○建築物では、巨大地震の際には、「人命に影響が無い」という基準であったが、<u>「継続性」も重要であると認識に変わった。電力も継続性についても考慮した方がよいのではないか。</u>・・・(g) ○将来の<u>地球温暖化について検討</u>を行ったことがあるが、<u>風速が10%程度増加する結果</u>となった(データが十分ではなく、構造設計に活用できるレベルではないが。) ○<u>山岳地域では、建築基準法で規定されている風速以上の風速が観測されている</u>ことに起因し、風力発電等の事故につながっている。<u>急峻な風の流れが発生していることから、留意が必要。</u>・・・(h)

2-3. 事務局による妥当性検討①

項目		論点・外部有識者からのコメント
(1) 地域風速 の考え方	②観測データによる補正	○ <u>建築分野では、台風シミュレーションを観測値で補正していない。</u> 相違が大きいのであれば、台風シミュレーションのモデル妥当性や、傾度風・地上風の相関モデルとの妥当性を評価し、その <u>原因を追究すべき。</u> …(a)

- 建築分野で採用されている台風シミュレーションは「サイトモデル」であり、**JEC-TR-2015**は「領域モデル」を採用。
- 「領域モデル」は台風のシミュレーションという観点ではより精緻なものであるが、気象官署のデータに対する精度に課題があるため、補正を行っているもの。

	特徴	イメージ図
サイトモデル	● <u>気象官署を中心に、半径数100kmの範囲に接近した台風を対象に分析を行い、モデル化したものである。</u> ● <u>気象官署のデータに対する相関性が高い一方、発生源も含んだ台風の進路が考慮はされていない。</u>	
領域モデル	● <u>日本に上陸した台風を対象に、台風の発生から横断までモデル化したものである。</u> ● <u>発生源を含み日本列島の横断を考慮したモデルであるが、気象官署のデータに対する精度に課題がある。</u>	

2-3. 事務局による妥当性検討②

項目		論点・外部有識者からのコメント
(1) 地域風速 の考え方	③地域風速マップ	○市区町村ではなく、 <u>図面上の境界線で示すことについては、建築分野でも同様</u> であるが、 <u>等値線マップでは建物がどの風速域に含まれるか、判断がばらつくため、建築基準法では市区町村で示した経緯あり</u> 。地域風速マップは、 <u>事業者の活用方法まで検討する必要がある</u> 。 …(b)

- JEC-TR-2015で作成する地域風速マップは、マップの電子データを設計者が利用できる予定。
- 電子データ上において、事業者が鉄塔の座標（緯度・経度）を入力することで正確な風速を確認することができるため、活用にあたっては問題ない。

<基本風速読み取りツールのイメージ>

基本情報入力

対象地点の設置
緯度 35 度 41 分 55 秒
経度 139 度 45 分 0 秒

作業ディレクトリ : c:\my\myokaites\work

OK キャンセル

対象地点の緯度経度の入力

Map Reader

対象地点 緯度 35 度 41 分 55 秒
経度 139 度 45 分 0 秒

作業ディレクトリ : c:\my\myokaites\work

風向別風速の読みとり位置 : 対象地点から風上側 10 km

マップデータベースの保存場所 : map

実行 終了

高さ情報の入力

BASIC.WIND.OAT - メモ帳

32,	38,	50	: 緯度(度・分・秒)
130,	35,	21	: 経度(度・分・秒)
*風向別基本風速 (鉄塔 50年再現期間相当, 風向別 75年再現期間相当)			
NE	E	SE	S SW W NW N
28.1	30.1	27.0	28.8 28.8 28.0 28.4 24.4
18.1	18.8	12.8	12.8 17.8 18.8 17.3 14.3
*風向別風速 (鉄塔 25年再現期間相当, 風向別 75年再現期間相当)			
NE	E	SE	S SW W NW N
25.5	27.1	24.3	26.2 28.1 25.2 24.1 22.2
14.8	15.7	11.5	11.7 16.5 17.2 16.3 13.5
*風向別風速 (鉄塔 100年再現期間相当, 風向別 300年再現期間相当)			
NE	E	SE	S SW W NW N
30.7	33.0	29.9	31.5 31.2 30.7 28.7 26.3
17.3	17.7	13.8	13.5 18.6 19.8 18.2 15.3

*ゲンベル分布による直線内挿による算定結果			
鉄塔再現期間			
25	NE	E	SE S SW W NW N
30	25.5	27.1	24.3 26.2 28.1 25.2 24.1 22.2
35	26.8	28.6	25.8 27.5 27.4 26.6 25.2 23.2
40	27.3	29.1	26.2 28.0 28.0 27.1 25.7 23.7
45	27.7	29.6	26.8 28.4 28.4 27.6 26.1 24.0
50	28.1	30.1	27.0 28.8 28.8 28.0 26.4 24.4
55	28.5	30.5	27.4 29.1 29.2 28.4 26.8 24.6
60	28.8	30.8	27.8 29.5 29.5 28.7 27.0 24.9
65	29.1	31.2	28.1 29.8 29.7 29.0 27.3 25.1

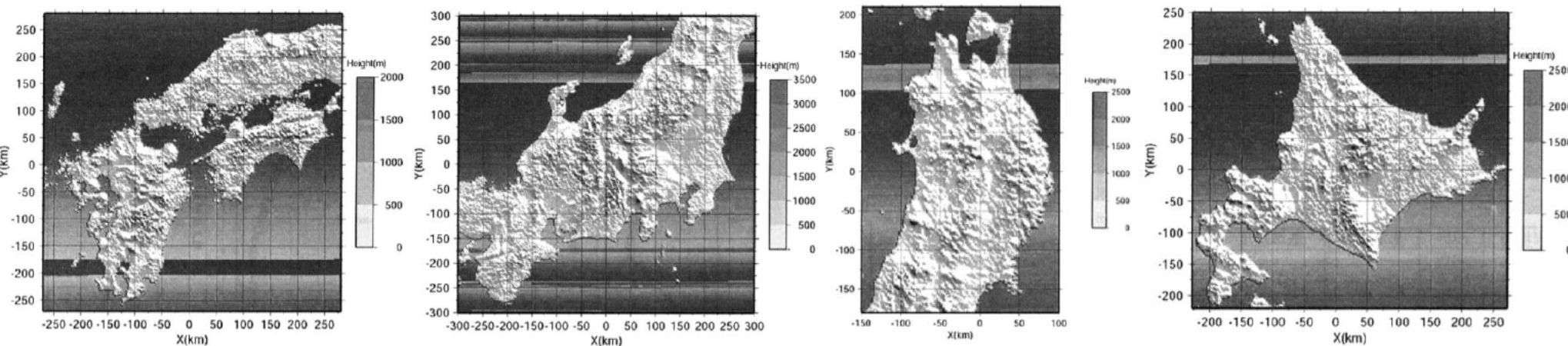
全風向の最大値が基本風速マップの値

2-3. 事務局による妥当性検討③

項目		論点・外部有識者からのコメント
(1) 地域風速 の考え方	③地域風速マップ	○気象官署の50年再現値のデータをマップ化する際に、 <u>同様の風気候に在るとされる地点の空間平均化等による、気象官署間の風気候の同一性が考慮されているか確認することが望ましい。</u> 気象官署間での内挿関数を求め適用しているとのことだが、 <u>山岳地域を含む内挿関数は、列島の規模の地形の影響を考慮した、風気候の同一性が考慮された関数であるか、</u> 確認することが必要。・・・(c)

- 内挿（補正）関数を検討する気流シミュレーションのメッシュサイズは2km四方となっており、山岳地形を考慮する意味では、十分な解像度を確保したモデルであり、この解像度のモデルで、地形の影響は考慮されている。

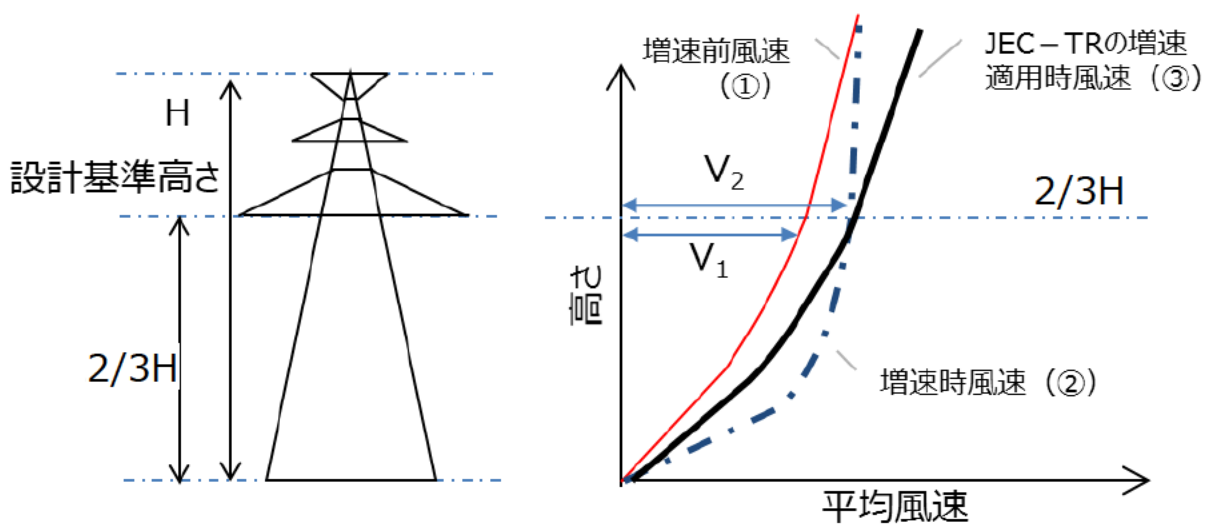
<気流シミュレーションモデルのメッシュ>



2-3. 事務局による妥当性検討④

項目		論点・外部有識者からのコメント
(2) 鉄塔設計	①地域風速の荷重	○小地形の増速率は、鉄塔の低い側の方が、増速率が高い傾向にある。増速率の高さの変化について、考慮した方がいい。・・・(d)

- 鉄塔に作用する設計風速は、2/3の高さの位置での増速率を乗じた風速を、鉄塔全体に等価に作用させた風荷重モデルとしている。
- また、鉄塔の荷重は鉄塔本体にかかる荷重のみだけでなく、基準高さより上にある架空電線路にかかる荷重が非常に大きい。
- 増速率は低い位置で大きく、高い位置で小さい傾向にあるが、設備数の多くを占める2～4回線送電鉄塔の場合は、2/3Hの高さより上に架渉線が設置される場合が多く、架渉線の荷重を基準高さの増速率を適用することにより、より安全設計を行うものである。



- 2/3Hの増速率で代表させた③と実際の分布②による転倒モーメントはほぼ等しくなる。
- ③の場合、2/3H以上の高さでは、風速を大きく評価することになるため、架渉線への荷重を安全側に評価するモデルとなる。

2-3. 事務局による妥当性検討⑤

項目		論点・外部有識者からのコメント
(2) 鉄塔設計	①地域風速の荷重	○ <u>地域風速は40m/sを下回る地域も存在するが、現行の全国一律40m/sとの関係は</u> （規制緩和になるのではなか。）。…(e)

- 地域風速については、一部地域で現行の技術基準である40m/sを下回る地域が存在するが、昨今の災害の激甚化やレジリエンスの高まりを踏まえ、新たな地域風速を用いた設計手法と従前からの40m/sと安全率を用いた設計手法を比較し、安全側の設計値とすることを今後の技術基準に盛り込んではどうか。
- なお、諸外国では、米国では、中部から東部にかけては、瞬間最大風速40m/s、西部では38m/s、オーストラリアでは、最大瞬間風速50m/sを設計上の最低風速としている。

項目		論点・外部有識者からのコメント
その他		○一律50年再現値ではなく、 <u>鉄塔の重要性を評価し、必要に応じ再現期間を長く設定</u> してはどうか。…(f)

- 現在のところ、鉄塔の減価償却期間が36年ということから、再現値を50年としているところ、今後の鉄塔の補強状況や、運用上重要度の高い鉄塔に対しては、検討を行っていきたい。

2-3. 事務局による妥当性検討⑥

項目	論点・外部有識者からのコメント
その他	○建築物では、巨大地震の際には、「人命に影響が無い」という基準であったが、「 <u>継続性</u> 」も重要であると認識が変わった。 <u>電力も継続性についても考慮した方がよいのではないか。</u> ・・・(g)

- 引き続き技術基準全般含め随時見直しを図るとともに、上記と同様に、運用上重要度の高い鉄塔に対しては、設計上の再現期間について検討することにより、事業継続性、の向上といった課題に対して対応していきたい。

項目	論点・外部有識者からのコメント
その他	○ <u>山岳地域では、建築基準法で規定されている風速以上の風速が観測されている</u> ことに起因し、風力発電等の事故につながっている。 <u>急峻な風の流れが発生していることから、留意が必要。</u> ・・・(h)

- 山岳地域の気象官署データは極めて少ないことから検証は困難。
- JEC-TRでは、山岳地形を考慮した気流シミュレーションに基づき、内挿関数を定義し、山岳地域も含み、面的な風速分布の評価を行い、基本風速マップを作成。
- シミュレーションの精度検証は、電力事業者が独自に取得した山間部のデータを用いて検証を実施したものである。

1. 技術基準の見直し内容について
2. 地域風速の検討状況について
- 3. 今後の検討スケジュールについて**

3. 今後のスケジュール見通し

- 引き続き電力会社による総点検を実施、必要な補強工事等を実施。
- また、特殊箇所等についての技術基準見直しの内容は、本日のWGの検討、また電安小委での審議を経てパブリックコメント開始を予定。
- さらに、引き続き地域の実情に応じた風速（地域風速）を基準に反映する見直しを実施。

