

個別論点について

令和元年12月17日

経 済 産 業 省

産業保安グループ

<鉄塔>

- 1. 地域の実情を踏まえた基準風速の適用について**
- 2. 今般の鉄塔倒壊事故に係る特殊箇所について**
- 3. センサー等による風況・風向の把握について**

<電柱>

- 4. 電柱の損壊等原因の更なる究明**
- 5. 現行の技術基準の見直しについて**

0. 本日御議論いただきたいポイント

- 第3回WGでは、東電PGによる鉄塔及び電柱の損壊等事故の原因調査を踏まえ、**現行の技術基準の適切性、対応の方向性等**について、**中間整理**を行った。第4回WGでは、前回**検討中であった論点や新たな論点**について御議論いただきたい。

<中間整理における対応の方向性>

鉄塔

- **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)により、**当初の設計強度を大きく上まわる荷重が発生**。

- **現行の技術基準について、以下の3点を規定。**
 - ① 現行の基準風速40m/sを維持、「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 特殊地形の考慮すること
(従来の3類型に加え、今回の類型を追加)
- 鉄塔周辺の風況・風向等について、より精緻に把握するためセンサーの設置や様々な気象データの収集等を検討する。

電柱

- **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。**

- 技術基準の見直しについて、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、結論を得る。
- 損壊原因の大半は二次被害によるものと考えられるため、**二次被害対策を強力に進める。**
 - ① 電力会社と自治体・自衛隊との連携を通じた倒木処理・伐採の迅速化、自治体と連携した事前伐採の推進
 - ② 飛来物の飛散防止に関する注意喚起の徹底
 - ③ 無電柱化の推進

台風15号等の検証を踏まえた主な対策の全体像

(出所) 電力レジリエンスWG
(令和元年12月5日) 資料7

- ・ 本年9月の台風15号による停電では、停電戸数ピーク：約93万、電柱損壊：約2,000本（昨年の台風21号の約1.5倍）など、千葉県を中心に広域に甚大な被害を受け、長期停電（最長2週間程度）が発生。
- ・ 10月以降、経済産業省の有識者会議で検証を行い、国民生活を支える安定的な電力供給、停電の早期復旧、より正確な情報発信を実現する観点から、以下の対策を整理。今後、政府全体の検証の場に報告を行う。

<政府における対策>

<東京電力における対策>

1：被害状況の迅速な把握・情報発信、国民生活の見通しの明確化

- 鉄塔等の被害の迅速な把握のための衛星画像やAI等の活用、停電復旧情報のビッグデータ化による復旧予測の精緻化、情報の一元管理のためのシステム開発【予算対応】
- 迅速な通電確認のため、顧客情報の自治体への提供の仕組み【制度対応】

- 「巡視」の重要性を徹底し、①初動から最大限の要員投入、②カメラ付きドローン、ヘリ等の活用を拡大
- 現場情報や電源車の稼働状況をリアルタイムで把握・共有し、復旧工程を管理するシステムの導入
- 情報集約・整理を行うマネジメント要員を適正配置

2：被害発生時の関係者の連携強化による事前予防や早期復旧

- 一般送配電事業者間の連携計画を策定し、復旧手法・設備仕様の統一化等を通じた復旧作業の迅速化促進【制度対応】
- 全事業者が協調し復旧活動等を行う義務の法定化【制度対応】
- 復旧費用や電源車派遣の相互扶助制度の創設【制度対応】
- 倒木対策における他省庁（林野庁等）との連携等【運用対応】
- 災害時における電動車（EV等）の非常用電源としての活用促進【運用対応】

- 設備の完全復旧よりも早期の停電解消を最優先する「仮復旧」等の復旧方針について、早期指示の徹底
- 電力会社間・自衛隊との定期的な情報共有・合同訓練
- 事前の樹木の伐採など、自治体や他インフラ（通信等）との連携強化

3：電力ネットワークの強靱化によるレジリエンス強化

- 鉄塔の技術基準見直し【制度対応】
- 無電柱化の推進（関係省庁連携）【予算対応】
- 災害に強い分散型グリッドの推進【制度対応】
- 社会的に重要な施設への自家発電設備の導入促進【予算対応】
- 送配電網の強靱化とコスト効率化を両立する託送料金制度改革【制度対応】

- 費用対効果を踏まえた送配電網の強靱化・スマート化（無電柱化を含む）の推進（効率的・計画的な更新投資）
- 鉄塔の総点検による状況の把握と今後の更新等に向けた計画の策定

<鉄塔>

1. 地域の実情を踏まえた基準風速の適用について
2. 今般の鉄塔の倒壊事故に係る特殊箇所について
3. センサー等による風況・風向の把握について

<電柱>

4. 電柱の損壊等原因の更なる究明
5. 現行の技術基準の見直しについて

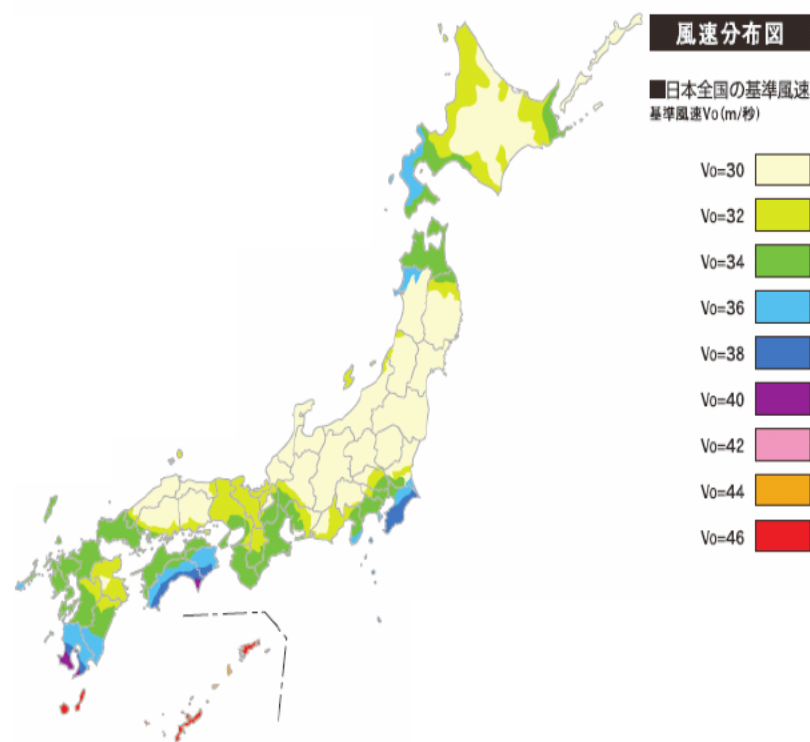
1-1. 地域の実情を踏まえた基準風速（地域風速）の設定について

- 地域の実情を踏まえた基準風速（以下、「地域風速」という。）を技術基準に適用するため、まずは各地域の地域風速の設定が必要。
- 地域風速の設定の検討に当たっては、設定する地域の粒度や再現期間、計測高さ、風速の風圧加重への変換係数等、最新の知見や技術等を適切に反映することが重要。

<地域風速の設定に当たり検討が必要な項目案>

- 設定する地域の粒度
（市町村別、メッシュ、鉄塔ごと 等）
- 再現期間
（50年、100年、等）
- データ集計数
- 計測高さ
（10m、15m、等）
- 風速の風圧荷重への変換係数
（安全率、ガスト影響係数）
- 更新頻度 等

<基準風速マップの事例>
（平成12年建設省告示第1454号）



（出所）一般社団法人・日本エクステリア工業会ホームページ

1-2.風速の荷重変換に係る係数について（安全率、ガスト影響係数）

- 現行の**技術基準**では、基準風速を平均40m/s（10分間平均）に設定し、風圧荷重に換算。**突風等による瞬間的な応力の影響**には、**安全率（1.5）**を高く設定して対応する考え方。
- 一方で、**地域風速を適用している建築基準法等**では、基準風速として地域別風速（10分間平均）を定めた上、**突風等による影響はガスト影響係数（高さ40mで1.8～2.3）**を採用。**技術基準に地域風速を取り入れる場合には、安全率とガスト影響係数の整理が必要。**

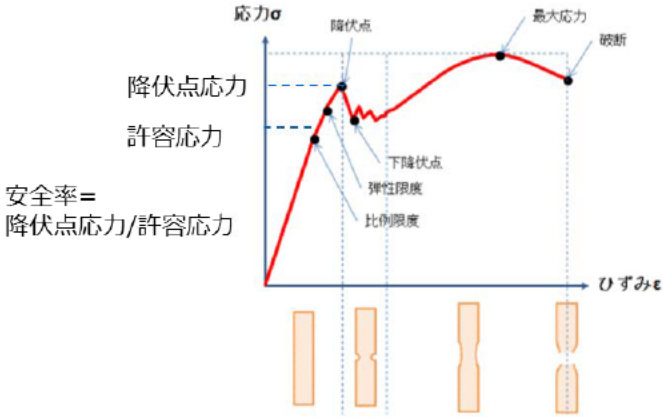
	基準風速	突風率 (最大瞬間風速)	安全率	その他
電気設備の技術基準	全国一律40m/s (高さ15m、10分間平均)	—	○ (1.5)	風圧荷重の算定に風力係数、上空増を考慮。
建築基準法	地域基準風速 (高さ10m、10分間平均)	○ (ガスト影響係数)	—	風圧荷重の算定に風力係数、鉛直分布係数など。

※その他、建設省告示第2464号「鋼材等及び溶接部の許容応力度並びに材料強度の基準強度を定める件」においては、建築基準法施行令各条に定める鋼材の規準強度は、各条で定める値の1.1倍以下の数値とすることができるとしている。また安全率は鉄塔に作用する荷重の自重成分にも掛け合わせており、風圧荷重に対してはより大きな裕度を有している。

<ガスト影響係数について>

地表面 粗度区分	説明	ガスト影響係数		
		① H ≤ 10m	② 10m < H < 40m	③ H ≥ 40m
I	都市計画区域外にあって、極めて平坦で障害物がないものとして特定行政庁が規則で定める区域	2.0	①と③の数値 を直線補間	1.8
II	都市計画区域外にあって地表面粗度区分Ⅰの区域以外の区域（建築物の高さが13m以下の場合を除く。） 又は都市計画区域内にあって地表面粗度区分Ⅳの区域以外の区域のうち、海岸線又は湖岸線までの距離が500m以内の地域（ただし、建築物の高さが13m以下の場合を除く。）	2.2		2.0
III	地表面粗度区分Ⅰ、Ⅱ又はⅣ以外の区域	2.5		2.1
IV	都市計画区域内にあって、都市化が極めて著しいものとして特定行政庁が規則で定める区域	3.1		2.3

<安全率のイメージ>



<鉄塔>

1. 地域の実情を踏まえた基準風速の適用について
- 2. 今般の鉄塔倒壊事故に係る特殊箇所について**
3. センサー等による風況・風向の把握について

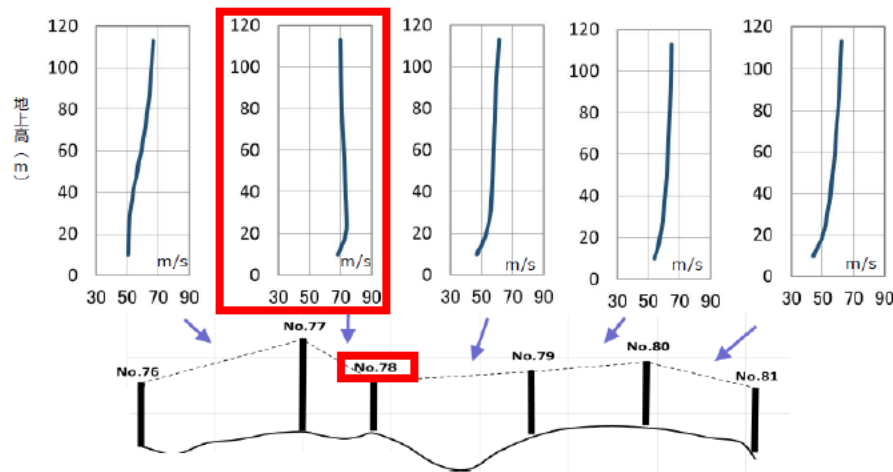
<電柱>

4. 電柱の損壊等原因の更なる究明
5. 現行の技術基準の見直しについて

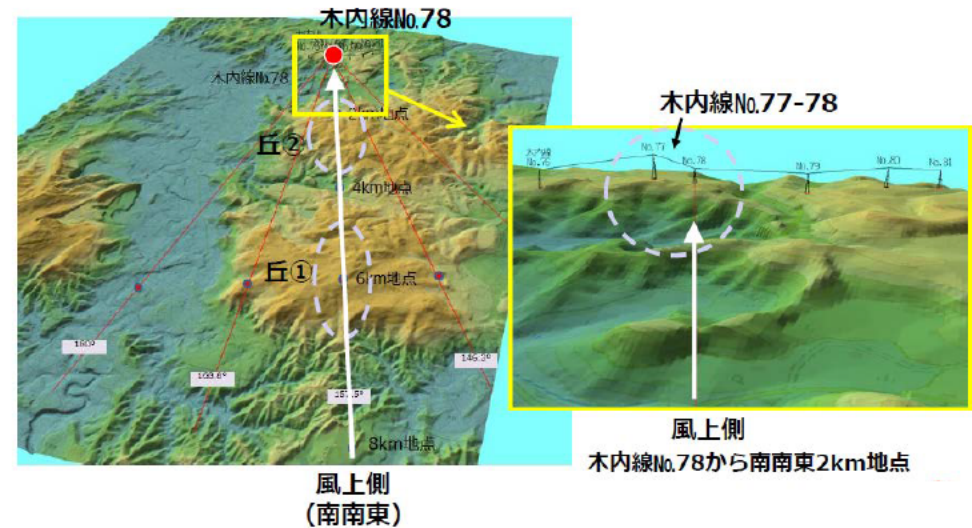
2-1. 今般の鉄塔倒壊事故に係る特殊箇所について

- 東電PGによる事故の要因となった地形の分析結果では、台風による強い風が風上側にある標高の高い丘で増速され、送電線手前の急斜面により更に増速した可能性。
- このような地形は、現行の民間規程でも「特殊箇所」として類型化されていないため、今般判明した新たな「特殊箇所」についても類型化・定義化に向けた検討が必要。

＜現地風速の推定結果＞



＜損壊事故現場周辺の地形＞



(出所) 東京電力PG(株)

東京電力PGによる事故の要因と考えられる特殊箇所（案）

- 台風の主風向となる風上側8km以内に傾斜度0.2程度以上かつ標高差200m以上の山等があって、かつ直近に傾斜度0.2程度以上かつ標高差50m以上の急斜面の頂部付近である箇所

2-2. 今般の鉄塔倒壊事故の要因となった特殊箇所について

- 既存の鉄塔の設計においては、今般の鉄塔の倒壊事故の要因となった「特殊箇所」について、その影響は考慮されていない。
- 全国の電力会社の鉄塔について、今般の鉄塔の倒壊事故の要因となったものと同様の「特殊箇所」の影響の有無について改めて確認し、仮に鉄塔の強度等に問題があれば必要な補強工事などの対策が必要ではないか。
- したがって、「特殊箇所」の類型化・定義化の作業を速やかに行い、完了次第、経済産業省から各電力会社に総点検の指示を出すこととしてはどうか。

(参考) 局地風に対する対応について (鉄塔)

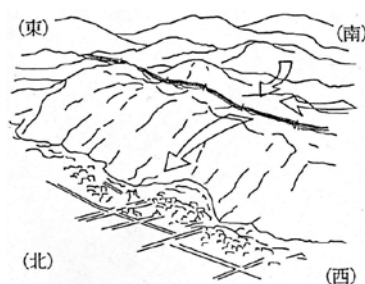
- 電力会社では、台風の襲来頻度が多い地域では個別の基準風速を設定、若しくは地形的な条件により風速が増加する特殊箇所においては、JEAC6001(JESC E0008)「架空送電規程」に基づき、局地風況シミュレーションや観測データを用いた解析による鉄塔の強風設計を実施。

<台風頻発エリアにおける基準風速>

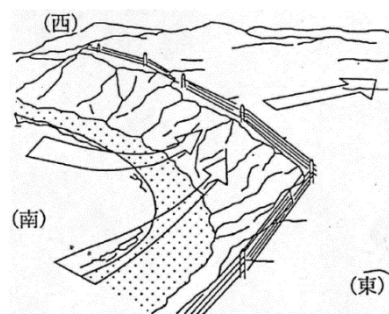
電力	対応内容	基準風速への反映 ※平均風速
沖縄	台風の襲来頻度が多いことから、基準風速を個別設定。	全エリアで風速60m/s※
九州	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。その後、1993年台風13号での設備被害を受けて、基準風速を個別設定。(再設定)	大隅半島北部ならびに薩摩半島北部:風速45m/s※ 大隅半島南部ならびに薩摩半島南部:風速50m/s※ 北緯30°以南(奄美大島など):風速55m/s※
四国	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。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

(出所) 電気事業連合会

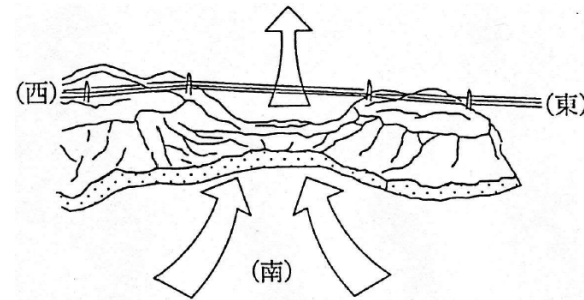
<強風が局地的に強められる特殊箇所>



(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)

(出所) 電気事業連合会

2-3. 鉄塔の強度対策（建て替え、改修等）の概要

- 総点検の結果、鉄塔の補強等が必要となった場合、鉄塔の建て替えは長期間の送電停止に伴う供給信頼度の低下、費用や用地の確保等が課題となるため、短期間で低コストな補強等の工法も検討することが必要。

分類	工法	対象鉄塔	概要	工期	コスト	備考
建て替え	①建て替え	小～大	● 設計風速の変更に対応が可能 ● 用地を確保することにより、既存の系統に影響なく長期施工が可能	長	高	用地取得及び基礎工事に時間を要する可能性あり
鉄塔の補強	②主柱材の部分取替	小～大	● 裕度向上を目指した部位のみ交換が可能であり、効率的 ● 1～2日程度で1部分の取替えが可能	短～長	中	実績は少ないが、確実に裕度向上が可能
	③主柱材の補強	小～大	● 鋼管材、アングル材それぞれに対応 ● 溶接、ボルト削孔を必要としない ● 通信鉄塔で実績あり	短～中	低	
	④腹材の補強	小～大	● 主柱材の曲がり易さを抑制。腐食等の取り換え実績が多く、施工方法が確率している ● 溶接、ボルト削孔を必要としない ● 通信鉄塔で実績あり	短	低	
	⑤支線による補強	小～中	● 支線を張ることにより、鉄塔にかかる荷重を分散	短	低	技術基準の解釈133条（解説）において、やむを得ない場合に6ヶ月以内の使用を認めている
基礎の補強	⑥基礎部の補強	小～中	● 基礎部を補強し、鉄塔全体の変形を抑制する工法 ● 基礎部の劣化や部材のたわみ等の補強に効果的	短～中	低～中	
地盤の補強	⑦地盤改良	小～大	● 地盤を改良し、鉄塔の経年的な変形を抑制する工法 ● 地滑りが生じた箇所、地盤が軟弱化した箇所に適用	短～中	低～中	

※ 主柱材：鉄塔を構成する4本の主要な柱

※ 腹材：主柱材間を結ぶ斜めの柱

※ アングル材：2辺の長さが同じ山形の鋼材。主柱材に用いられる。

2-3. 鉄塔の強度対策①（建て替え）

- 鉄塔の建て替え工法としては、既設鉄塔の隣地等に用地を確保し、新たに鉄塔を建設する工法に加えて、既設鉄塔を包み込むように新たな鉄塔を建設する工法も出ている。

【建て替え工法の事例①】

- 既設鉄塔の隣地等に用地を確保し、新たな鉄塔を建設
- 既存の系統に影響なく施工が可能
- 新設工事と同様であり、新たな基準を踏まえた設計が可能

（鉄塔建替え工事の様子）



（出所）資源エネルギー庁

【建て替え工法の事例②】

- 既設送電線を包み込むように、新たな鉄塔を建設
- 建て替えに係る十分な用地を確保できない場合に適用
- 用地取得は必要ないが、送電を停止する必要

（包み込み工法の様子）



（出所）電気事業連合会

2-3. 鉄塔の強度対策②（主柱材の取り替え・補強）

- 鉄塔の改修工法として、鉄塔を構成する主要な部材である主柱材の取り替えや補強を行う工法が存在。

【改修工法の事例①：主柱材の部分取替え】

- 主柱材を部分的に取り替える工法
- 1～2日程度で1部分の取替えが可能
- 裕度不足が懸念される部位の交換に効果的

（部分取替え工事の様子）

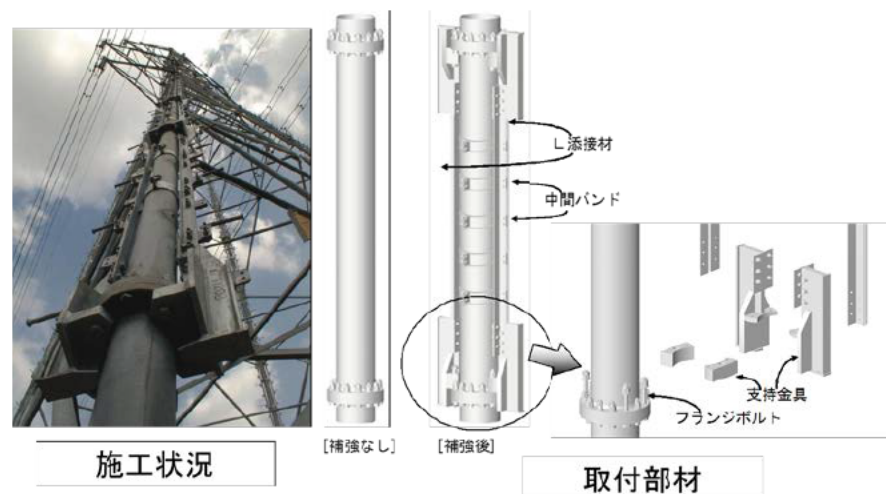


（出所）愛知金属工業ホームページ

【改修工法の事例②：主柱材の補強】

- 主柱材（中空鋼管）を補強するための工法
- 主柱材に沿って補強材を取り付けることで、主柱材の断面積を増やし、鉄塔全体の耐荷重を向上
- 国内電力会社で導入実績あり
- 鉄塔の裕度を向上させるための補強に活用され、鉄塔の耐荷重が45%向上した事例あり

（補強工事の様子（主柱材L添接材工法））



（出所）日本鉄塔工業

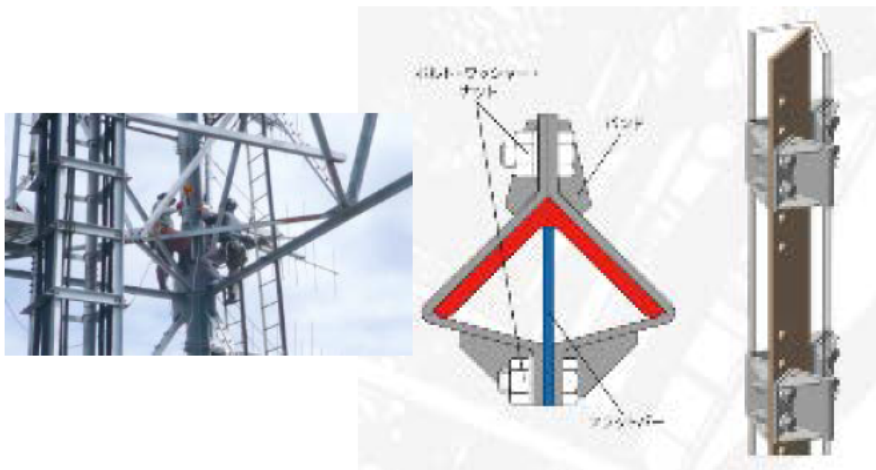
2-3. 鉄塔の強度対策③（主柱材・部材の補強）

- 主柱材の補強だけでなく、主柱材間を結ぶ腹材を補強する工法もある。

【改修工法の事例③：主柱材の補強（IMB工法）】

- 主柱材（アングル材）及び腹材に適用可能な補強工法
- 部材に対して、溶接やボルト取付け等の加工をせずに補強する工法であり、主柱材の断面積を増やすことで、鉄塔全体の耐力を向上
- 通信用鉄塔に導入実績あり
- 鉄塔の耐荷重が40%程度向上した事例あり

（主柱材の補強工事の状況（IMB工法））

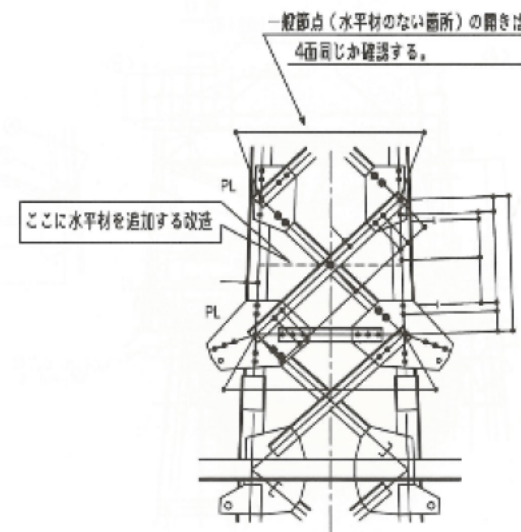


（出所）アイ・ティ・シ・コンサルティングホームページ

【改修工法の事例④：腹材の補強】

- 部材を追加し主柱材や腹材の固定箇所を増やすことにより、主柱材や腹材をより曲がりにくくする効果が期待
- 施工実績が多く、工期・コスト面で優れている
- 腹材のほか、ボルト交換も同時に実施し、鉄塔の耐荷重が30%向上した事例あり
- （今回の事故原因でもある）主柱材の座屈に対する補強効果が大きいことが期待される

（腹材の補強工事について）



（出所）合理的な鉄塔改造事例集（平成22年 日本鉄塔協会）

2-3. 鉄塔の強度対策④（腹材の補強、支線による補強）

- 主柱材・腹材といった部材の取り替え・補強の他、支線を外付けし、強度を分散させる工法も存在。

【改修工法の事例⑤：腹材の補強（IMB工法）】

- 部材に対して、溶接やボルト取付け等の加工をせずに補強する工法であり、主柱材の断面積を増やすことで、鉄塔全体の耐力を向上
- 通信用鉄塔に導入実績あり

（腹材の補強工事について（IMB工法））



（出所）アイ・ティ・シ・コンサルティングホームページ

【改修工法の事例⑥：支線による補強】

- 鉄塔に支線を張り強度を分散させる工法
- 基礎の補強工事での活用事例が多く、コスト面で優れている

（支線による補強の状況※赤枠内に支線を張っている）



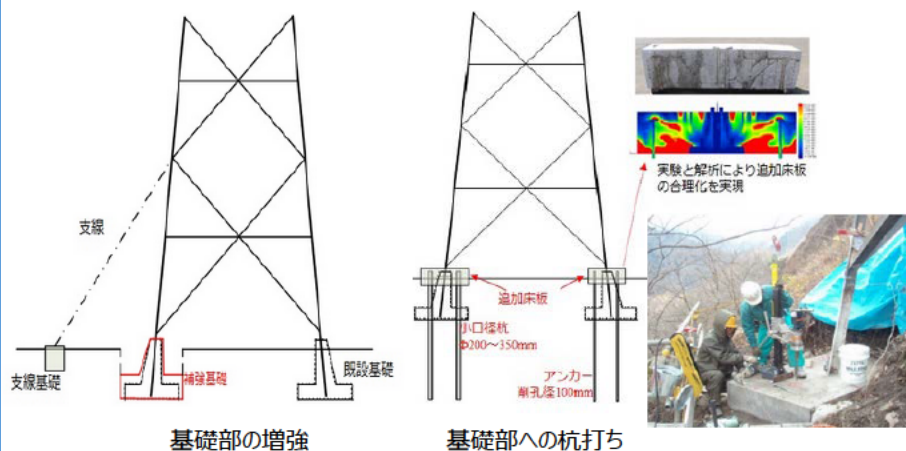
（出所）東京電力PG(株)

2-3. 鉄塔の強度対策⑤（基礎部の補強、地盤改良）

- 基礎部の補強や地盤改良に係る工法が存在。
- こうした様々な工法を、それぞれの特徴に応じ適用・組み合わせる必要がある。

【改修工法の事例⑦：基礎部の補強】

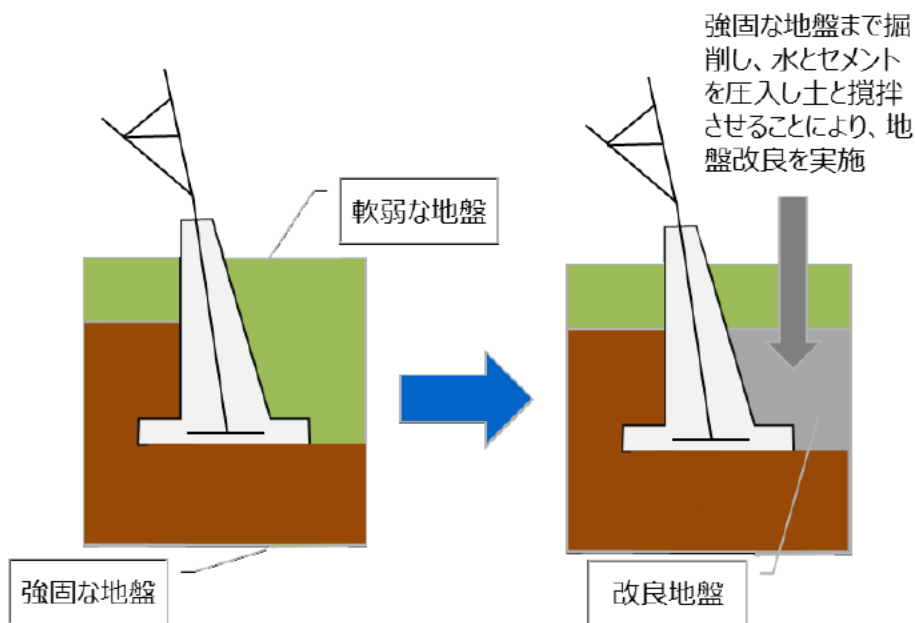
- 鉄塔上部の荷重増加に伴う基礎の耐力不足を補う対策として有効
- 既設の基礎部分を掘り出し増強する方法の他、基礎部分に杭を打つ方法等が存在



（出所）東京電力ホールディングスホームページ

【改修工法の事例⑧：地盤改良】

- 鉄塔基礎付近に軟弱な地盤が存在する場合、地盤改良により、基礎を安定させる工法が有効であり、変位抑制効果が期待される。



（出所）経済産業省調べ

(参考) 事故時の状況を想定した補強の可能性について

- 今般の鉄塔の倒壊事故をはじめ、これまでに発生した鉄塔の倒壊事故に対しても、**補強による改修が有効な可能性。**

事事故例

【例：木内線No.78鉄塔】

■ 鉄塔について

- ・当該鉄塔の部材はアングル材で構成。

■ 事故状況について

- ・事故発生時は特殊な地形により発生した突風により、鉄塔の座屈によって倒壊した可能性。

■ 事故発生時の風圧荷重について

- ・事故時には約50m/s（10分間平均）の突風が発生。
⇒設計風速（40m/s（10分間平均））と比較して約1.25倍の風速（約1.6倍の風圧荷重）が生じた可能性。



事例を踏まえた対応

■ 補強による事故時の突風への対応について

- ・鉄塔の補強を行う工法のうち、当該鉄塔の部材で用いられるアングル材への補強に関して以下を検討することで、事故発生時の風圧荷重への対応が期待できる。

- ①主柱材の補強により耐荷重の約1.4倍の向上実績がある工法を活用
- ②座屈に対する補強効果が大きく、かつ耐荷重の約1.3倍の向上実績がある腹材の補強工法を活用
- ③上記と併せて、詳細な部材検討により耐荷重の向上

【改修工法の事例③：主柱材の補強（IMB工法）】

- 主柱材（アングル材）及び腹材に適用可能な補強工法
- 部材に対して、溶接やボルト取付け等の加工をせずに補強する工法であり、主柱材の断面積を増やすことで、鉄塔全体の耐力を向上
- 通信用鉄塔に導入実績あり
- 鉄塔の耐荷重が40%程度向上した事例あり

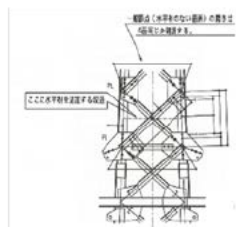
（主柱材の補強工事の状況（IMB工法））



（出所）アイ・ティ・シー・コンサルティングホームページ

- 部材を追加し主柱材や腹材の固定箇所を増やすことにより、主柱材や腹材をより曲がりにくくする効果が期待
- 施工実績が多く、工期・コスト面で優れている
- 腹材のほか、ボルト交換も同時に実施し、鉄塔の耐荷重が30%向上した事例あり
- （今回の事故原因でもある）主柱材の座屈に対する補強効果が大きいことが期待される

（腹材の補強工事について）



（出所）合理的な鉄塔の造り事例集（平成22年 日本鉄塔協会）

<鉄塔>

1. 地域の実情を踏まえた基準風速の適用について
2. 今般の鉄塔の倒壊事故に係る特殊箇所について
3. センサー等による風況・風向の把握について

<電柱>

4. 電柱の損壊等原因の更なる究明
5. 現行の技術基準の見直しについて

3-1. センサー等による風況・風向の把握について

- 今回の鉄塔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・風向等の気象状況に関する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。

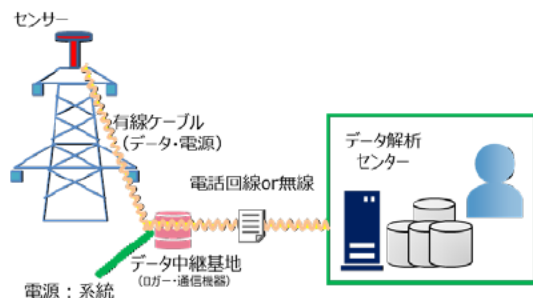
【既存の風速計の事例】

風速計の種類	測定可能項目	価格	備考
風杯型風速計	・風速(水平方向)	約5～20万円程度	・風向が計測できないため、別に風向計を設置する必要あり
プロペラ式風速計	・風速(水平方向) ・風向	約20～50万円	
超音波式風速計	・風速(水平方向及び上下方向) ・風向	約50～60万円	・風向・風速の変化に対する追従性がよい ・価格:20年間で約1/20のコストダウン

※送電鉄塔には電源がなく、電源確保のために電源線やソーラーパネルの設置が必要であり、別途これらの設置・メンテナンス費用が発生

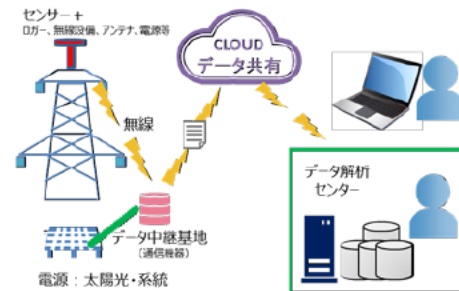
【これまでの通信方式（過去の実施例）】

- 鉄塔に設置したセンサーで得た情報は、有線ケーブルを通じ、鉄塔近傍のデータ中継基地（屋内）で受信
- 各種電源は、系統から受電
- データ中継基地から、データ解析センターへは、電話回線を活用し送信



【今後、想定される通信方式】

- 鉄塔に設置したセンサーで得た情報は、無線通信を通じ、データ中継基地を介し、クラウド上で集約
- クラウドに集約することにより、データ管理を効率的に実施



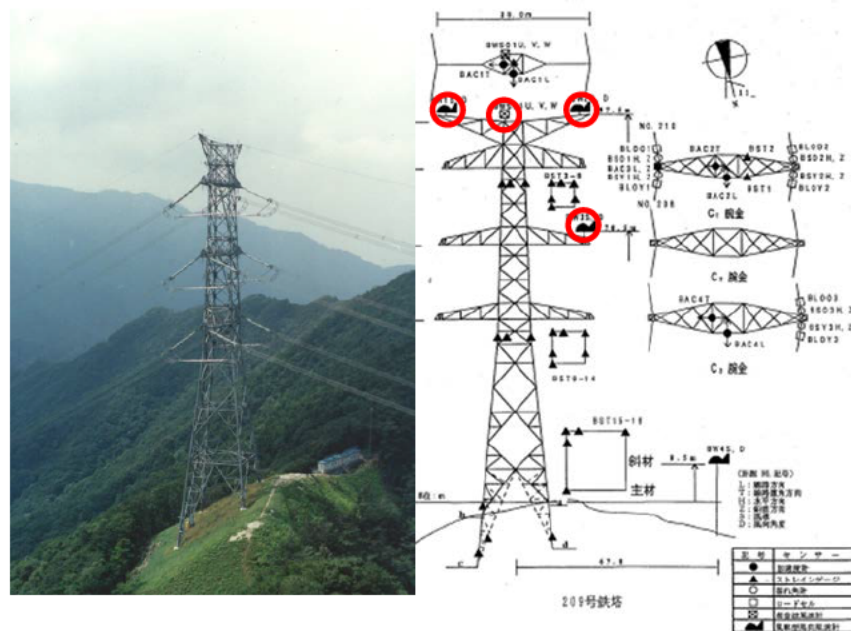
3-2. センサー等による風況・風向の把握（鉄塔①）

- 風況・風向の測定に関しては、気象観測所では測定しきれない箇所（山岳地等）の風速を測定し、風況シミュレーションの精度向上や、台風通過後の巡視点検の実施可否の判断等を目的に、風速計を設置する事例が存在。

【事例①：山岳地における計測事例】

- 尾根で増速する強風を測定するため、山梨県 笹子峠の山頂にある送電鉄塔に風速計を設置し、風況・風速の測定を、1991年に東京電力とメーカーが共同実施
- 測定したデータにより、風況シミュレーションの精度が向上

（観測用の鉄塔（鉄塔頂部等に風速計を設置））



（出所）巴コーポレーション

【事例②：海峡における計測事例】

- 台風の観測を目的として、大戸ノ瀬戸の海峡横断鉄塔に風速計を設置し、風況・風速の測定を、1995年に九州電力とメーカーが共同実施
- 測定したデータについては、風況シミュレーションに精度向上に活用

（観測用の鉄塔（縦方向に風速計を設置し、風の吹き上げ等を計測））



（出所）日本鉄塔工業（株）

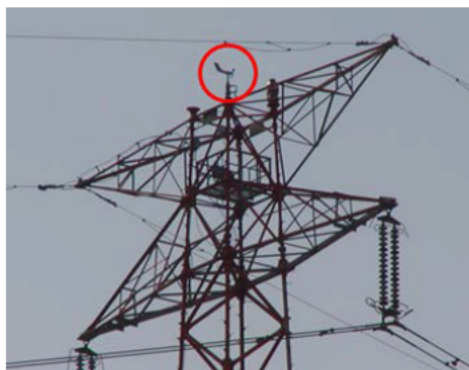
3-2. センサー等による風況・風向の把握（鉄塔②）

- 風況・風向の測定に関しては、気象観測所では測定しきれない箇所（山岳地等）の風速を測定し、風況シミュレーションの精度に向上や、台風通過後の巡視点検の実施可否の判断等を目的に、風速計を設置する事例が存在。

【事例③：風観測システム】

- 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
- 測定したデータについては、台風通過後の巡視点検の実施可否の判断等に活用

（観測用の鉄塔（鉄塔頂部に風速計を設置））



（鉄塔の風速データ）



（出所）九州電力（株）

3-3. センサー等による風況・風向の把握（鉄道、橋梁）

- 鉄道や橋梁の分野では、風速計等による風速測定の実例が存在。
- 鉄道等の安全な運用等を目的として、風速計等を設置し、常時監視を実施。

【事例①：JR東日本における強風対策の取組】

- 平成17年12月のJR東日本羽越線列車脱線事故を受け、強風対策のため、強風観測エリアを選定
- 選定されたエリアには風速計を設置し、風速監視（瞬間風速を計測）をリアルタイムで実施
- 規制値以上の風速を検知し、運転停止・再開の判断に活用

（羽越本線での風速計の設置状況）

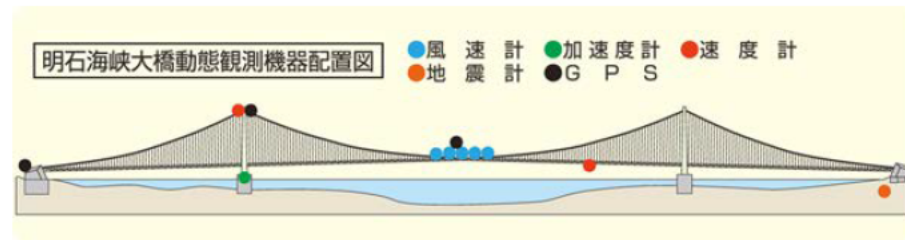


（出典）JR EAST Technical Review-No.45

【事例②：明石海峡大橋での計測】

- 橋梁は台風や地震の影響を受けやすい構造物であることから、日常的な動態観測をリアルタイムで実施
- 具体的には、風向風速計 9 台の他、加速度計、変位系、地震計、G P S 観測機を設置
- 風速25m/s（10分間平均）が測定された場合には、通行止めを実施している

（明石海峡大橋におけるセンサーの概要）



（出所）本州四国連絡高速道路ホームページ

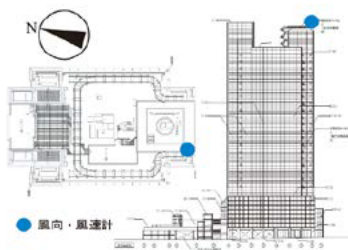
3-3. センサー等による風況・風向の把握（建築物、風力発電）

- 建築物や風力発電等でも、風速計等による風速測定の実例が存在。
- 建築物の安全確保等を目的として、風速計等を設置し常時監視を実施。

【事例③：高層ビル上空の風況に関する研究】

- 東急建設技術研究所において、東京都世田谷にある高さ124mの高層建物の屋上で風況測定を実施
- 市街地上空における通常時、台風時の風況について研究
- 当該地域の平均風速と最大瞬間風速の比が、約2.5であることを算出し、東京上空の風況の傾向を把握

（風向・風速計の設置位置）



（風向・風速計の設置状況）

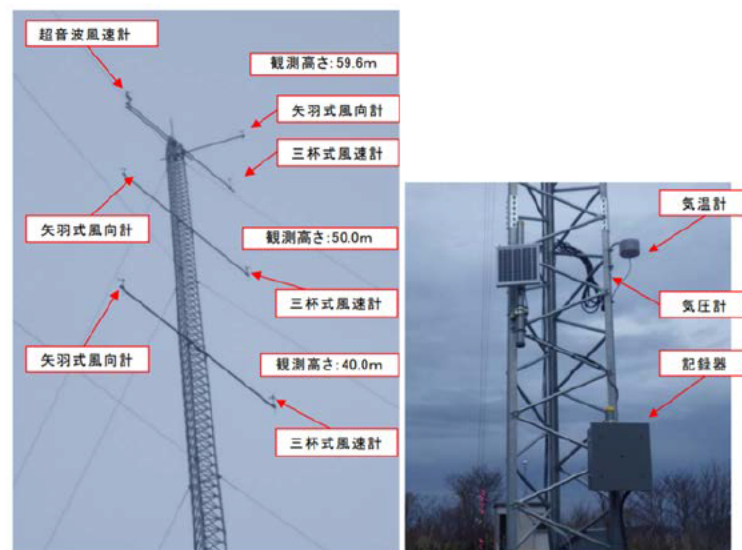


（出所）栗田ら、東京都内上空風の実測、東急建設技術研究所報

【事例④：風力発電所における風況観測】

- 太鼓山風力発電所（京都府与謝郡）にて直角方向及び鉛直方向における乱流強度がIECの規準を超えていたことから、当該発電所における詳細な風況観測を実施
- 観測にあたり、高さ60mのトラス式タワーに超音波式風向風速計等を取付けて計測

（観測機器の設置写真）



（出所）京都市ホームページ

(参考) 技術基準の見直しを想定した風況・風向データの活用

- 特殊箇所を考慮した鉄塔の設計・改修に当たっては、該当箇所に既存の気象情報が存在しない場合に、鉄塔周辺の気象情報の収集・活用が特に有効となる可能性。

特殊箇所の考慮に係る風況・風向データの活用

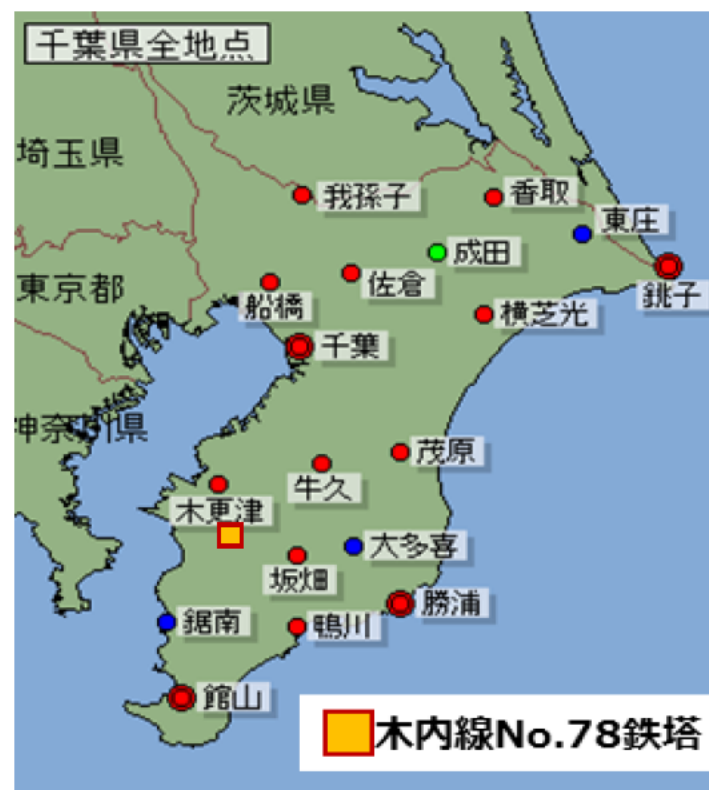
【検討事例：木内線No.78鉄塔】

- 当該鉄塔の設置場所には気象庁の観測点が存在せず、周辺の観測点の風況情報を基に風速等をシミュレーションし、事故調査を実施。
- 今後、特殊地形を考慮した鉄塔の設計・改修に当たり、当該箇所のより正確な実測値を把握することが必要。

※「電力設備台風被害対策検討委員会（平成4年2月）」報告書では、特殊箇所に鉄塔を建設する場合の方針として以下を記載

- 設計風速は、当該地域の地形状況等を十分に勘案して適切に定めること
- 今後の検討課題として、強風が予測される地点にある既設送電線等を活用して、各種地形条件における風速、風向、風の分布等の観測を行い、信頼性の高い局地風対策設計のための基礎的資料を整備すること

(木内線No78鉄塔及び観測点)



(出所) 気象庁ホームページを一部加工

<鉄塔>

1. 地域の実情を踏まえた基準風速の適用について
2. 今般の鉄塔倒壊事故に係る特殊地形について
3. センサー等による風況・風向の把握について

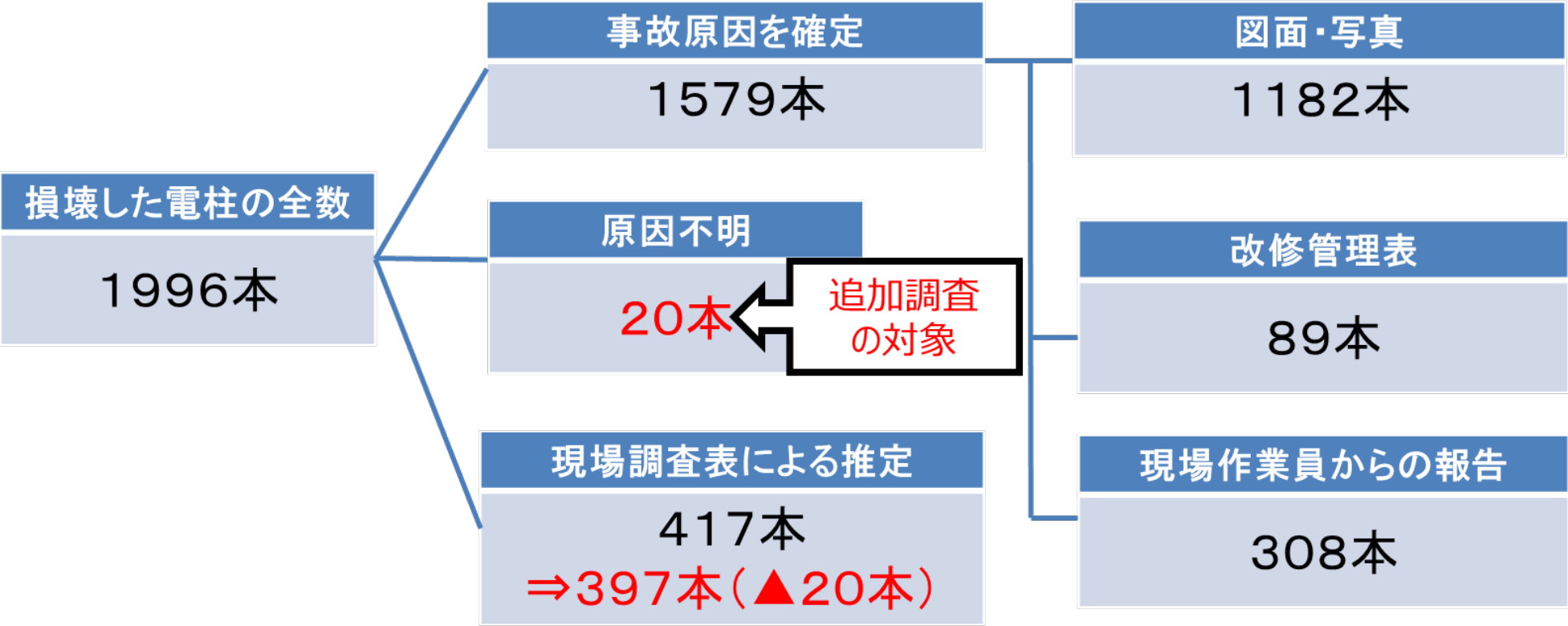
<電柱>

- 4. 電柱の損壊等原因の更なる究明**
5. 現行の技術基準の見直しについて

4-1. 電柱の損壊等の原因調査について

- 台風15号により折損・倒壊等した電柱1,996本の被害原因について、東京電力PGから「全て2次被害と推定される」との報告について、改めて事務局で内容を精査。
- 第3回WGまでに、折損・倒壊等の原因を特定できなかった20本の電柱の被害原因について追加調査を実施。

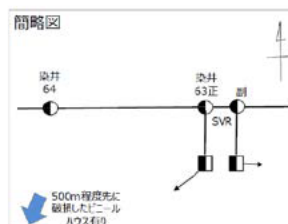
＜折損・倒壊等した電柱1,996本の被害原因＞



4-2. 電柱の損壊等の原因調査（追加調査）

- 被害原因が特定できなかった20本の電柱について、東電PGが追加調査を実施し、事務局で報告を受けたところ、現地調査や周辺住民からの聞き取り等により、18本の電柱については原因を特定。

【再調査により原因の確定に至った例①】



写真



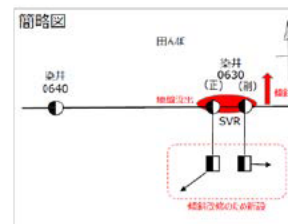
■ 当初の推定原因

- ・500m程度離れた位置にある、破損したビニールハウスが由来のビニールシートによる折損と推定

■ 再調査に至った理由

- ・当該ビニールハウスが離れた位置にあり、電柱周辺にも飛来物の残骸がないため、原因の確定にいたらなかった

再調査を実施



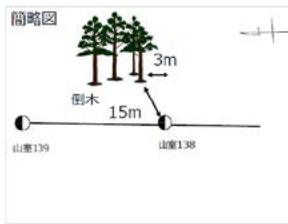
写真



■ 再調査踏まえた結果

- ・近隣住民から、雨の影響で、電柱の根本で土砂が田んぼ側に流出していた情報を入力
- ・原因を「地盤の影響による傾斜」に修正

【再調査により原因の確定に至った例②】



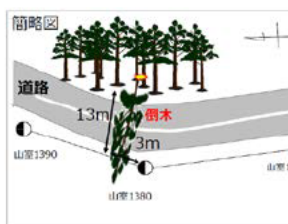
■ 当初の推定原因

- ・倒木による折損と推定

■ 再調査に至った理由

- ・倒木位置が電柱から遠く原因の確定にいたらず

再調査を実施



■ 再調査踏まえた結果

- ・折損した電柱の道路向かい側に杉の木の倒木跡を確認
- ・周辺の樹木の高さから、16～17m級の杉の木が道路向かいの電柱にまで及び倒木し、折損したものと推定

4-3. 電柱の損壊等の原因調査

- 残り2本の電柱の損壊等の原因の特定に至っていないため、引き続き、調査を継続。

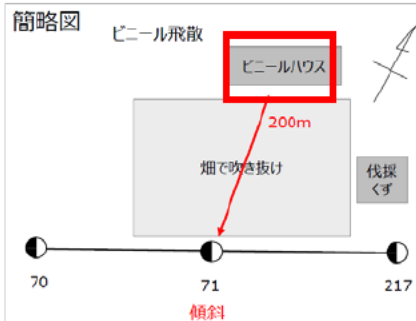
【原因の確定に至っていない電柱①】

- 飛来物(隣接する家屋の屋根)が原因とされたものの、電柱の衝突痕が屋根の反対側にあることや、電柱の傾斜状況を踏まえると、飛来物を原因と判断するのは困難

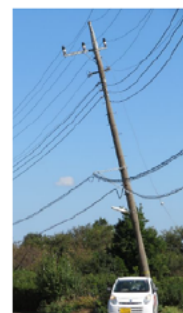


【原因の確定に至っていない電柱②】

- 飛来物(ビニールシート)の由来とされるビニールハウスと電柱の距離が200mも離れており、飛来物を原因と判断するのは困難



写真



コメント 飛来物(ビニールハウス)による傾斜。

<鉄塔>

1. 地域の実情を踏まえた基準風速の適用について
2. 今般の鉄塔の倒壊事故に係る特殊箇所について
3. センサー等による風況・風向の把握について

<電柱>

4. 電柱の損壊等原因の更なる究明
5. 現行の技術基準の見直しについて

5-1. 電柱の技術基準の見直しについて

- 中間整理では、「電柱の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、結論を得る」こととされていたところ。
- 台風15号による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にかんがみ、電柱の技術基準についても、以下の対応により、今後の台風等による被害を低減することが可能ではないか。



- ①鉄塔と同様に、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に引き上げ（1.3～1.5⇒2.0へ）
- ③損壊等原因を更に調査した結果、連鎖倒壊が約200本（全体の約1割）発生していたことが判明したため、民間の配電規程で定められている「電柱の連鎖倒壊防止」対策を技術基準で規定

5-2. 電柱の技術基準の見直しについて（電柱の種類等と安全率）

- 電柱には、主にコンクリート柱・鉄柱・木柱の3種類が存在し、現在電力会社で主に使用されるものはコンクリート柱であるが、場所等により鉄柱や木柱も一定数が存在。

	コンクリート柱	鉄柱	木柱
			
本数	約2097万本	約62万本	約12万本
シェア	約96%	約3%	約1%
安全率	2.0 (JISにより規定)	1.5 ※	1.3～1.5 (電圧により設定)
その他	・架空配電線路の施設において一般的に利用。	・架空配電線路の施設において、コンクリート柱の搬入・施設が困難な箇所を利用。配電線だけでなく送電線でも利用。	・架空配電線路の支持物として1950年代まで主に利用。

※一部で2.0で設計されている製品もある。

(出所) 経済産業省調べ

5-3. 電柱の技術基準の見直しについて（①鉄柱、②木柱）

- 鉄塔への地域風速の適用を踏まえ、鉄柱についても、地域風速の適用を検討すべきではないか。ただし、鉄柱への地域風速の適用に当たっては、各構造物の特徴（計測高さ等）を踏まえた風速の設定方法や風圧荷重の計算方法等に留意が必要。
- 台風15号で倒壊した電柱の種類と倒壊の割合を分析すると、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べきではないか。

<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%)	96.6%	5,824,380	98.0%	20,968,409	96.6%
鉄柱	1.5 ※	32 (0.029%)	1.6%	109,701	1.8%	616,507	2.8%
木柱	1.3～1.5	35 (0.305%)	1.8%	11,475	0.2%	120,892	0.6%
計		1,996 (0.034%)	100.0%	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。

(参考) 諸外国における電柱の設計風速について

- 諸外国では、電柱については地域別の基準風圧を適用。また、諸外国では木柱も多く存在するが、その安全率はコンクリート柱や鉄柱より高く設定している事例が多い。

対象国	規格NO/発行	タイトル	基準風圧の設定方法	荷重係数	安全率※
米国	IEEE/2009/米国土木学会(連邦法で引用) ※基準風速は2005年に制定	National Electrical Safety Code	気温/着氷を考慮し、6つの地域の基準風圧を適用 標準: Light、 基準風圧: 430Pa ※気温が0度を超える地域を想定	Grade B: 高速道路へのアクセス 水平風圧: 2.5 送電線: 1.65	鉄柱、プレストレスト・コンクリート: 1.0 木柱、鉄筋コンクリート: 1.53
				Grade C: 交差点付近 水平風圧: 2.2 送電線: 1.3	鉄柱、プレストレスト・コンクリート: 1.0 木柱、鉄筋コンクリート: 1.17
				Grade C: その他 水平風圧: 1.75 送電線: 1.3	
			ハリケーンが想定される基準風速が高いメキシコ湾～フロリダ州～東海岸沿い Extremeクラス、基準風圧を適用し、風圧に換算(パラメータあり)	Grade B: 水平風圧: 1.0 送電線: 1.0 Grade C: 水平風圧: 0.87 送電線: 1.0	鉄柱、プレストレスト・コンクリート: 1.0 木柱、鉄筋コンクリート: 1.33
オーストラリア	AS 4676/2000/ オーストラリア標準	Structural design requirements for utility services poles	地域別の基準風圧を適用 標準: A、 基準風圧: 1,500Pa	周辺構造物係数: 0.56～1.25 地形係数: 1.0～2.0 抵抗係数: 0.6～1.9(円柱は1.2) ※電柱高さ等によって異なる	標準: 1.0
台湾	電業法	電業供電線路装置規則	地域別の基準風圧を適用 標準 鉄柱: 240kgf/m ² (2,352Pa) 木柱、プレストレスト・コンクリート: 80kgf/m ² (784Pa)	標準: 1.0	鉄柱: 1.33または1.65 プレストレスト・コンクリート: 1.33または2.0 木柱: 1.33または2.0 ※支持物の等級によって異なる
フィリピン	NSCP-2001/2001フィリピンの構造エンジニア協会	National Structure Code Of The Philippines	地域別の基準風圧を適用 ※最大風圧: 東海岸で風速70m/s相当 ※最小風速: 西海岸で風速35m/s相当	周辺構造物係数: 0.32～1.89 抵抗係数: 0.5～2.0(円柱は1.2) ※電柱高さ等によって異なる	標準: 1.0

※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である(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)が、電技では、最大瞬間風速に対する安全性については、安全率を1.5で包含する設計思想である。一方、風速から風圧の換算は、風速の2乗に比例することから、安全率1.5は、風圧換算の場合は安全率/1.5=約1.22相当となる。

5-4. 電柱の技術基準の見直しについて（③連鎖倒壊防止）

- 台風15号による電柱の倒壊等事故でも、倒木や飛来物の影響により倒壊した電柱が、他の電柱を引っ張ることで連鎖的に倒壊する現象が約200本（全体の約10%）確認（2018年の台風21号及び24号でも連鎖倒壊が発生）。
- 電力会社では、連鎖倒壊を防止するため、民間の配電規程に基づき、支線の設置を個別に行っているが、今回の電柱の損壊現場では設置されていない箇所もあった。
- 現行の技術基準では、鉄塔（特別高圧架空電線路）においては、連鎖倒壊防止に関する規定があるところ、電柱についても同様に技術基準に連鎖倒壊防止の規定が必要ではないか。

＜連鎖倒壊の様子＞



（出所）国土交通省ホームページ

＜支線事例（沖縄電力）＞



栗国（アグニ）島

＜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、安全なものとななければならない。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。**

（参考）連鎖倒壊防止対策（支線の設置）や基準風速の個別設定（電柱）

- 電力会社では、民間の配電規程に基づく支持物（電柱）の連鎖倒壊防止のための支線の設置、過去の台風被害を踏まえ個別に設計風速を設定しているところ。

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。

(出所) 電気事業連合会