

令和元年台風15号における 鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討 ワーキンググループ 中間整理（案）

令和元年11月29日

経 済 産 業 省

産業保安グループ

- 1. 本WGの設置づけについて**
- 2. 台風15号について**
- 3. 鉄塔及び電柱の損壊事故の概要**
- 4. 損壊原因について**
- 5. 現行の技術基準の適切性について**

- 1. 本WGの設置づけについて**
2. 台風15号について
3. 鉄塔及び電柱の損壊事故の概要
4. 損壊原因について
5. 現行の技術基準の適切性について

1. 本WGの位置づけについて

- 令和元年9月関東地方に上陸した台風15号では、東京電力管内の鉄塔2基の倒壊事故や電柱1,996本の電柱が倒壊・損傷する事故が生じ、長期にわたる大規模停電が発生した事態を踏まえ、電力の安定供給の確保の観点から、台風等の自然災害による送配電インフラの事故原因を究明し強靱な送配電設備を構築することが求められているところ。
- こうした中、本年10月31日に行われた電力レジリエンスワーキンググループにて示された中間論点整理において、鉄塔・電柱の技術基準見直しを含めた検討を実施することとなった。このため、今般の鉄塔や電柱の倒壊・損傷等の原因究明や現行の技術基準の適切性、再発防止策について、近年の自然災害を踏まえつつ専門的な観点から検討するため、「令和元年台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討ワーキンググループ」を設置し、議論を重ねてきたところ。このたび、これまでの議論を踏まえた中間整理を行う。

開催実績（開催日・議題等）

- 第1回WG（11/5（火））
 - ① 近年の自然災害に伴う送配電設備の被害状況について
 - ② 鉄塔・電柱に係る技術基準をめぐる現状について
- 現地調査（11/10（日））
 - ① 鉄塔の倒壊事故の現場調査
 - ② 保全・復旧工事等を行った東京電力PG等へのヒアリング調査
 - ③ 鉄塔・電柱の損壊に関する写真・記録データの確認
- 第2回WG（11/14（木））
 - ① 台風15号における鉄塔・電柱の損壊事故の原因調査について
 - ② 損壊事故を踏まえた今後の対策の方向性について
- 第3回WG（11/29（金））
 - ① 台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故の原因調査について
 - ② 事故原因を踏まえた現行の技術基準の適切性について
 - ③ 中間整理（案）について

委員・オブザーバー

【委員（◎は座長）】

- ◎横山 明彦 東京大学大学院 工学系研究科 教授
- 石川 智巳 電力中央研究所 地球工学研究所 上席研究員
- 木本 昌秀 東京大学 大気海洋研究所 教授
- 熊田 亜紀子 東京大学大学院 工学系研究科 教授
- 友清 衣利子 熊本大学大学院 先端科学研究部 准教授
- 中村 光 名古屋大学大学院 工学研究科 教授
- 松井 正宏 東京工芸大学 工学部 教授

【オブザーバー】

- 一般社団法人 コンクリートパイル・ポール協会
- 一般社団法人 送電線建設技術研究会
- 一般社団法人 日本鉄塔協会
- 気象庁 予報部業務課 気象防災情報調整室
- 総務省 電気通信技術システム課 安全・信頼性対策室

台風15号及び台風19号の対応を踏まえ、国民生活を支える安定的な電力供給、停電の早期復旧を実現する観点から、以下の論点を中心に引き続き検討を行い、政府全体の検証に報告を行うこととする。

オペレーション改善等

(1) 迅速な情報収集・発信を通じた初動の迅速化、国民生活の見通しの明確化

- 要員を逐次投入せず、初動から現場確認等のための最大限の体制を構築（他部門や関連会社含め動員）
- 巡視効率化のためのカメラ付きドローン、ヘリ等の活用拡大、情報の一元管理のためのシステムの導入
- 停電復旧情報のビッグデータ化と衛星画像やAI等を用いた迅速な被害予測

(2) 被害発生時の関係者の連携強化による早期復旧

- 電源車派遣の効率化や復旧手法・設備仕様の統一化などを通じた復旧作業の迅速化（電力会社による災害時連携の強化）
- 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」方式の徹底
- 電力供給を担う全ての事業者が協調し復旧活動等に従事するための仕組みづくり
- 電力会社による個別情報の自治体等への提供
- 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
- 災害復旧費用の相互扶助

インフラ投資等

(3) 電力ネットワークの強靱化によるレジリエンス強化

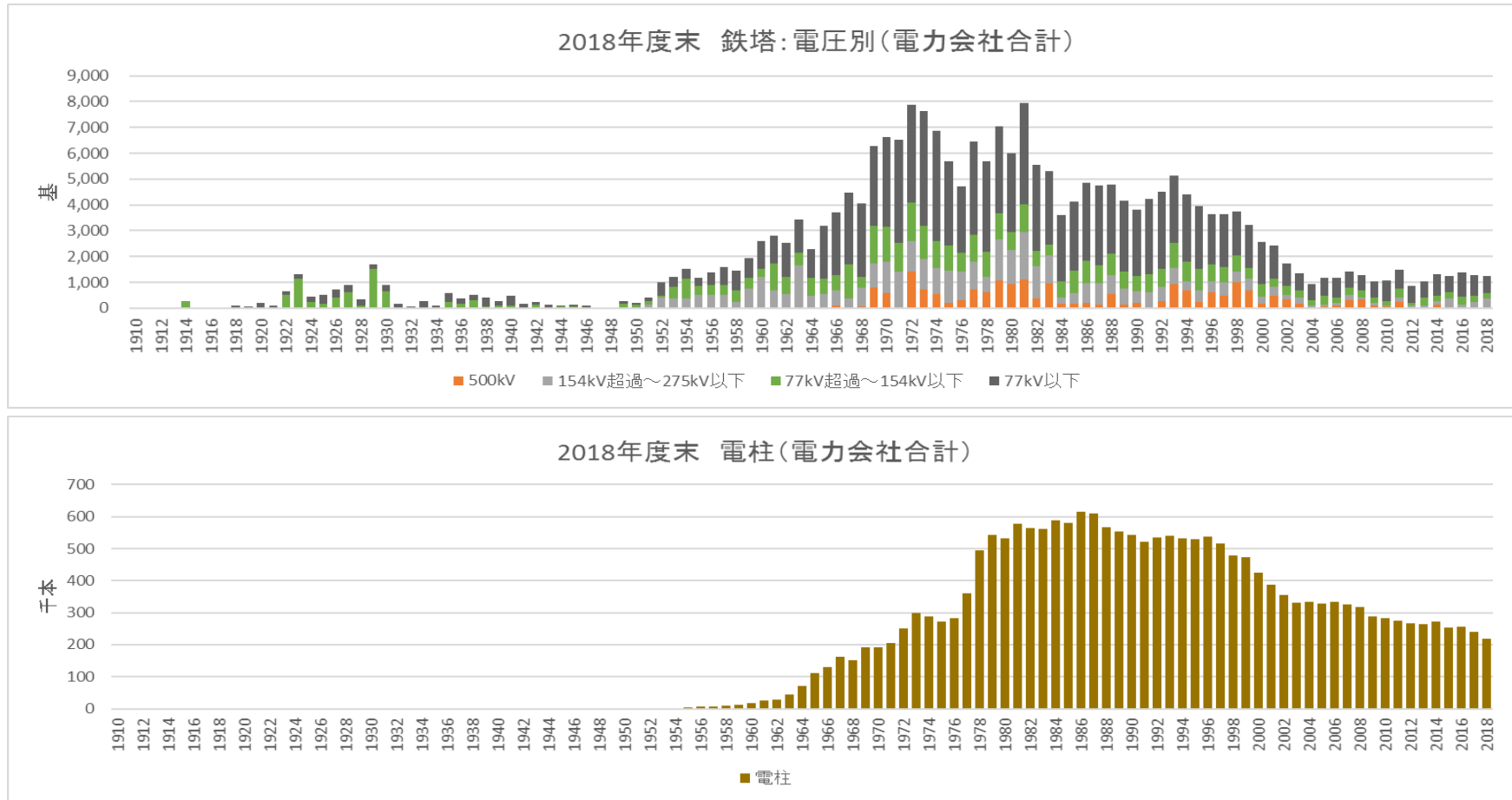
- 鉄塔・電柱の技術基準見直しを含めた検討
- レジリエンス強化のための無電柱化推進（関係省庁との連携）
- 災害に強い分散型グリッドの推進
- 老朽化・需給動向等を見据えた次世代型ネットワーク転換のための送配電網の強靱化・スマート化(計画的な更新投資)とコスト効率化の両立（それを支える電気(託送)料金制度改革）

(参考) 電力レジリエンスWGにおける委員からの主なご意見

- 電力レジリエンスWGにおいて、鉄塔・電柱の技術基準等に関する委員からの主な御意見は、以下のとおり。
- 鉄塔や電柱の強度について、飛来物や倒木にまで耐えうる強度は現実的でないため、しっかり原因を把握してから必要な基準を検討することが必要。
- 鉄塔は、風で倒壊したと見受けられるが、特殊ケースで倒壊した可能性。鉄塔が台風の度に倒壊のおそれがあると不安に思うこと自体が大きな影響になると考えられるため、丁寧な原因究明が必要。
- 送変電設備と配電設備で扱いが変わってくるため、その設備の耐久レベルに合わせた対応策を考えるべき。
- 今後の設備のリプレイスの際にどの程度特殊ケースを考慮し、設備の強度を確保すべきかといった長期的な観点からの強度基準や規制の引き上げといった検討が必要。
- 鉄塔の倒壊や太陽光パネルの発火も報道されている。社会の不安材料になるので、原因をしっかりと検証して対応すべき。
- 鉄塔等の基準見直しに関しては、まずしっかり事故の原因究明をすることが必要。また、当該設備が被害を受けた時の停電への寄与度等の影響も併せて考える必要がある。
- 技術基準の見直しについては、費用対効果と、そこが壊れた場合の影響を丁寧に議論し、技術的に見直しの必要性を議論すべき。

(参考) 全国の鉄塔・電柱の数と建設費用

- 日本全国で、鉄塔は約24万基、電柱は約2,186万本。
- 建設費用は、66/77kV鉄塔で約4,261万円／基、電柱で約38万円／本。



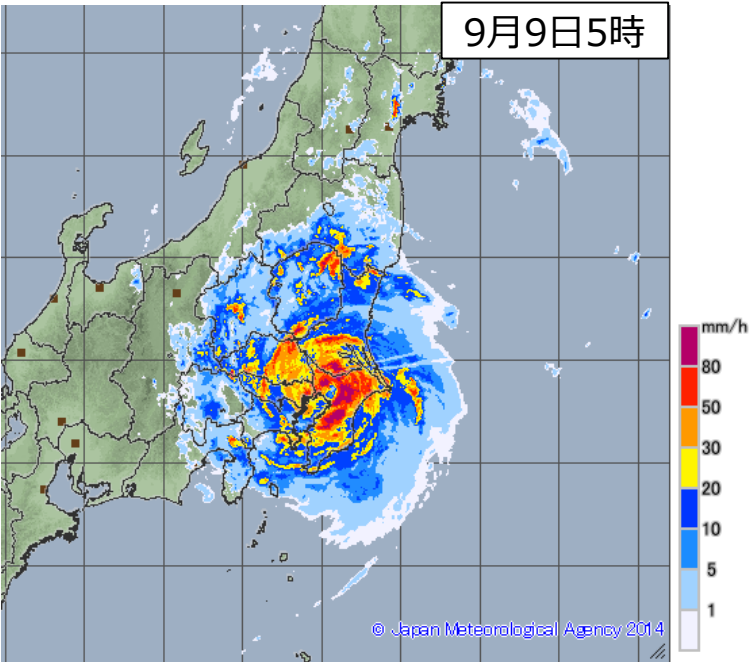
(資料) 電気事業便覧、電力・ガス取引監視等委員会第34回料金審査専門会合資料より引用

1. 本WGの設置づけについて
- 2. 台風15号について**
3. 鉄塔及び電柱の損壊事故の概要
4. 損壊原因について
5. 現行の技術基準の適切性について

2. 台風15号について

- 台風15号は、昨年発生した台風21号と比較しても気圧傾度が大きく、中心付近で記録的な強風となり、東電管内では建物被害（全・半壊）軒数で約9倍、がけ崩れ件数で約6倍の甚大な被害が発生。
- 最大風速は神津島村で43.4メートルを観測するなど伊豆諸島と関東地方南部の6地点で最大風速30メートル以上の猛烈な風を観測し、関東地方を中心に19地点で最大風速の観測史上1位の記録を更新した。最大瞬間風速は神津島村で、58.1メートルを観測するなど伊豆諸島と関東地方南部の3地点で最大瞬間風速50メートル以上を観測し、関東地方を中心に19地点で最大瞬間風速の観測史上1位の記録を更新。

<気象レーダー（上陸時）>



<期間最大風速> ※ 9月7日から9日

順位	都道府県	市町村	地点	期間最大値			備考	風速計の高さ (m)
				m/s	風向	年月日 時分(まで)		
1	東京都	神津島村	神津島(コウジシマ)	43.4	東南東	2019/09/08 21:13	観測史上1位の値を更新	10
2	東京都	新島村	新島(ニイシマ)	39.0	東南東	2019/09/08 21:59	観測史上1位の値を更新	10
3	東京都	三宅村	三宅坪田(ミヤケツボタ)	37.4	南	2019/09/08 21:27	観測史上1位の値を更新	6.5
4	千葉県	千葉市中央区	千葉(チバ)*	35.9	南東	2019/09/09 04:28	観測史上1位の値を更新	47.9
5	東京都	大田区	羽田(ハネダ)	32.4	東北東	2019/09/09 03:32	観測史上1位の値を更新	10
6	東京都	大島町	大島(オオシマ)*	30.2	西南西	2019/09/09 01:16	観測史上1位の値を更新	27.1
7	千葉県	成田市	成田(ナリタ)	29.6	南南東	2019/09/09 05:36	観測史上1位の値を更新	10
8	千葉県	勝浦市	勝浦(カツウラ)*	29.5	南	2019/09/09 03:35	観測史上1位の値を更新	15.2
9	千葉県	館山市	館山(タテヤマ)*	28.4	南	2019/09/09 02:14	観測史上1位の値を更新	21.8
10	静岡県	賀茂郡東伊豆町	稲取(イナトリ)	27.9	北北東	2019/09/08 23:21	観測史上1位の値を更新	8.5

<期間最大瞬間風速> ※ 9月7日から9日

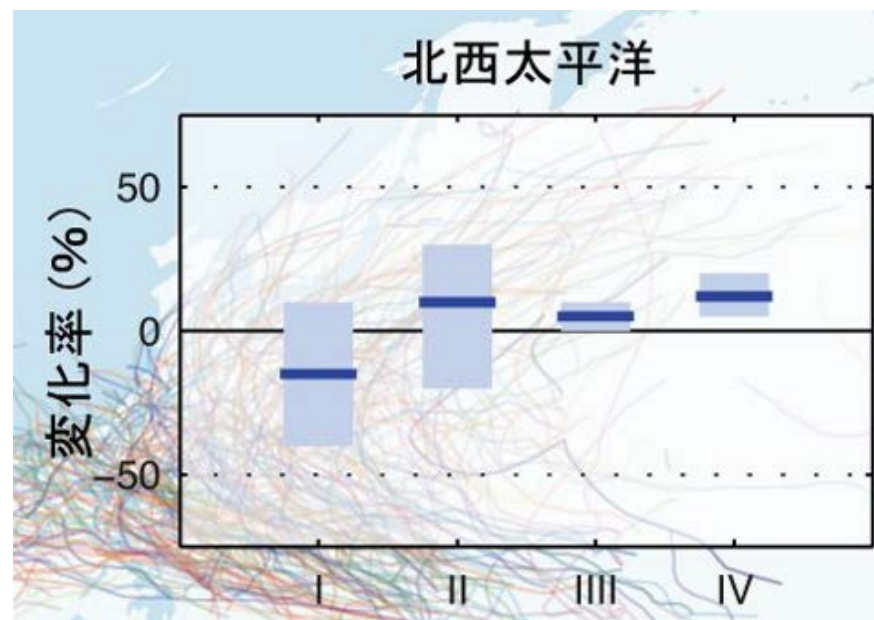
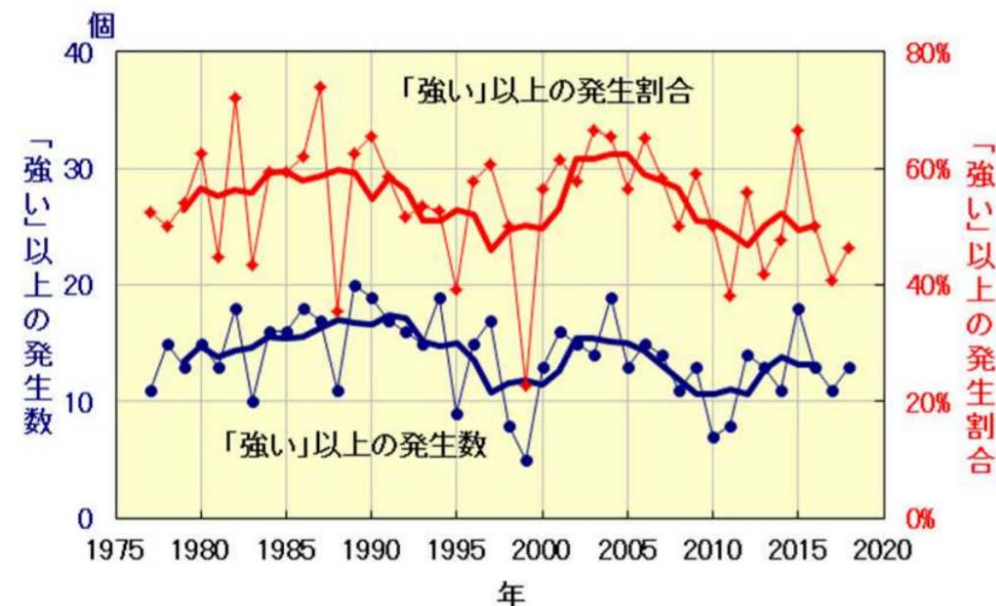
順位	都道府県	市町村	地点	期間最大値			備考	風速計の高さ (m)
				m/s	風向	年月日 時分(まで)		
1	東京都	神津島村	神津島(コウジシマ)	58.1	東南東	2019/09/08 21:03	観測史上1位の値を更新	10
2	千葉県	千葉市中央区	千葉(チバ)	57.5	南東	2019/09/09 04:28	観測史上1位の値を更新	47.9
3	東京都	新島村	新島(ニイシマ)	52.0	西	2019/09/08 23:38	観測史上1位の値を更新	10
4	千葉県	木更津市	木更津(キサラジ)	49.0	東南東	2019/09/09 02:48	観測史上1位の値を更新	10.1
5	千葉県	館山市	館山(タテヤマ)	48.8	南南西	2019/09/09 02:31	これまでの9月の1位の値以上	21.8
6	東京都	三宅村	三宅坪田(ミヤケツボタ)	48.4	南	2019/09/08 22:12	観測史上1位の値を更新	6.5
7	静岡県	賀茂郡東伊豆町	稲取(イナトリ)	48.3	北北東	2019/09/08 23:17	観測史上1位の値を更新	8.5
8	東京都	大島町	大島(オオシマ)	47.1	西南西	2019/09/09 01:11	観測史上1位の値を更新	27.1
9	千葉県	成田市	成田(ナリタ)	45.8	南南東	2019/09/09 05:36	観測史上1位の値を更新	10
10	東京都	大田区	羽田(ハネダ)	43.2	東北東	2019/09/09 03:27	観測史上1位の値を更新	10

(参考) 台風のこれまでの変化と将来予測について

- 気象庁の統計によると、近年の台風の「強さ」を比較すると、**強い台風（強風域の風速が33m/s以上）の発生数に長期変化傾向は見られない。**
- 一方で、I P C C 第5次報告書において、**世界全体における熱帯低気圧の最大風速や降水量の増加、北西太平洋における強い台風の増加可能性が示唆**されている。

＜1977年以降の「強い」以上の台風の比較＞

＜2000～2019年と2081～2100年の予測平均値の変化率＞



熱帯低気圧(TC)の指標

- I 全てのTCの発生頻度
- II カテゴリー4と5のTCの発生頻度
- III 寿命最大強度
- IV 降水量

✓ 細い実線は、「強い」以上の勢力となった台風の発生数(青)と全台風に対する割合(赤)の経年変化。太い実線は、それぞれの5年移動平均。

✓ 青い実線は予測変化率の最良推定値、青い棒グラフはこの値に対する67%(可能性が高いに相当)信頼区間を示す

(出典) 気象庁 気候変動監視レポート2018

(引用) IPCC第5次評価報告書技術要約図TS.26

1. 本WGの設置づけについて
2. 台風15号について
- 3. 鉄塔及び電柱の損壊事故の概要**
4. 損壊原因について
5. 現行の技術基準の適切性について

3 – 1. 鉄塔の損壊状況について

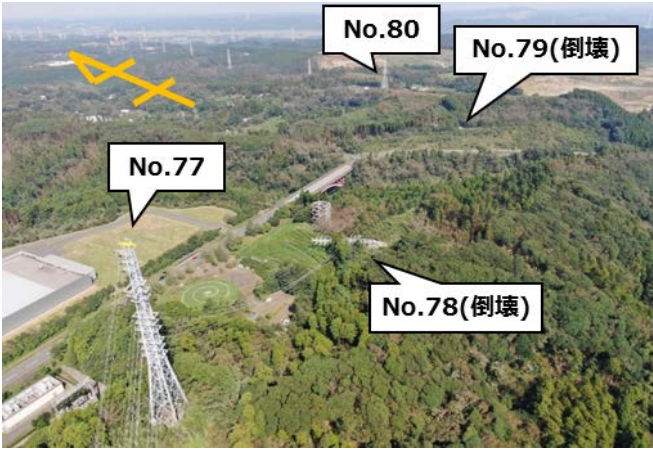
- 令和元年9月9日 2時55分に東京電力PG木内線の鉄塔2基（No.78,79）の倒壊事故が発生。この事故により、内房線系統及び小糸川線・木内線系統がルートダウンし、約11万軒の停電が発生。

事故発生場所	■千葉県君津市かずさ小糸、長石
鉄塔被害状況	■鉄塔倒壊:2基(66kV木内線 No78,No79) ■部材変形:1基(66kV木内線 No80)
事故系統仮復旧日時	■内房線系統 2019年9月 9日 22時38分 仮復旧 ■小糸川線・木内線系統 2019年9月10日 16時17分 仮復旧

<倒壊した鉄塔周辺の地図>



<倒壊現場の様子>



<倒壊した鉄塔（No.78）>



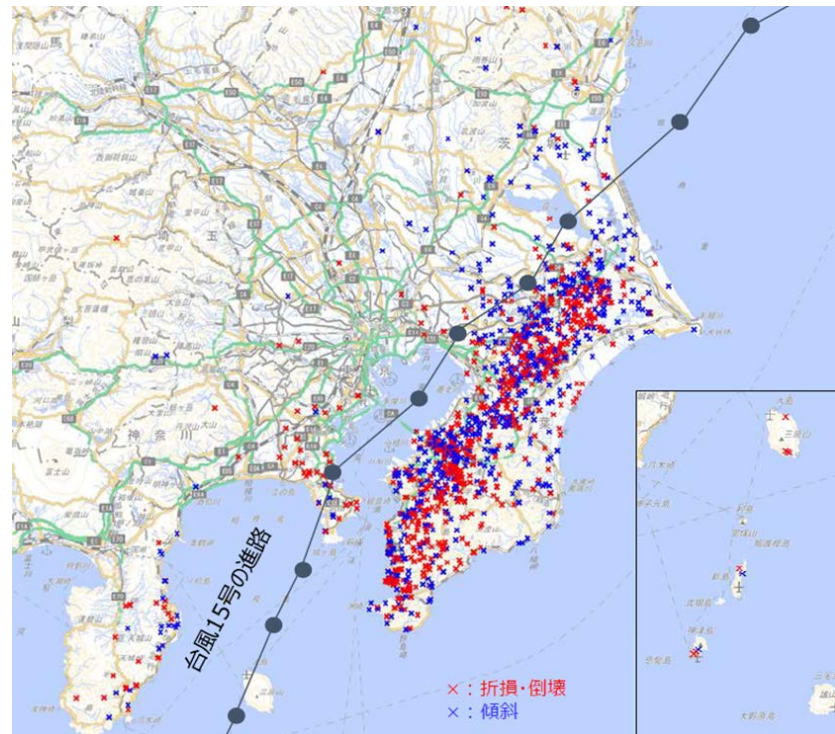
3 - 2. 電柱の損壊状況について

- 台風15号の影響により、東京電力管内で、**計1,996本の電柱が折損・倒壊・傾斜等の被害**を受けた（被害の多くは、台風の進路の東側の山林部に集中。）。

＜倒木・飛来物による電柱損壊現場の様子＞



＜電柱の被害発生状況分布図＞



1. 本WGの設置づけについて
2. 台風15号について
3. 鉄塔及び電柱の損壊事故の概要
- 4. 損壊原因について**
5. 現行の技術基準の適切性について

4－1．本WGにおける鉄塔及び電柱の損壊事故の原因調査について

- 東京電力PGによる事故原因の調査や解析作業、これまでの本WGにおける議論等を踏まえ、外部専門家の意見も聞きつつ、事故原因の調査を実施。
- 電柱の倒壊原因など一部不明な点もあるため、引き続き、調査を行う。

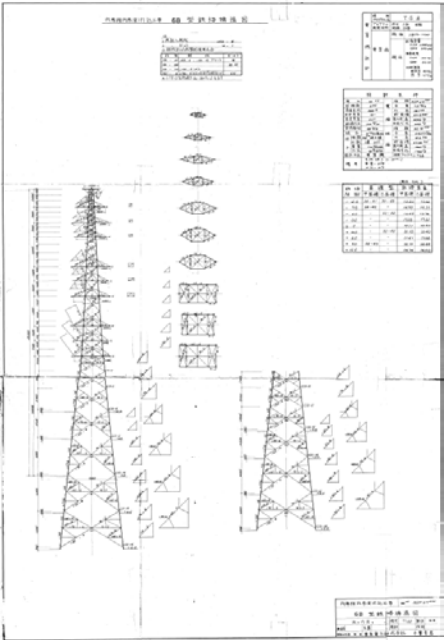
調査項目	鉄塔	電柱
①設計	■設計図面・計算書	■設計図面・計算書
②巡視点検	■マニュアル・保安規程 ■巡視点検記録	■マニュアル・保安規程 ■巡視点検記録
③損壊状況、メカニズム	■鉄塔基礎、本体の損壊状況 ■架渉線の状況確認 ■鉄塔の倒壊方向と倒木の方向状況 ■風況シミュレーション ■倒壊メカニズムシミュレーション 等	■改修工事に当たり作成した図面や写真 ■改修管理表 ■現場調査表

4 - 2. 鉄塔の損壊事故の原因調査について (①設計②点検)

- 設計条件及び設計計算書を確認し、鉄塔の設計は技術基準及びJEC-127-1965の風荷重の設定方法が適用されていること、各部材が許容応力を満たすことを確認。
 - また、倒壊した鉄塔 (No.78,79) の巡視点検記録について、点検回数・点検内容・点検方法が、保安規程において定められた手順で実施されていたことを確認。
- ※No.77,80についても同様の確認を行い、大きな問題はなかった。

<鉄塔設計条件・設計図面>

設計条件			
電圧	66 kV	電線	種類
回線数	6006		ACSR 610
荷重至向	300 m		自重
水平角度	10°		232 N/m
垂直角度	0.2°		外 径
鉄塔風圧	330 N/m ²	線	34.2 mm
架線風圧	100 N/m		断面積
板 氷	6 mm (比重0.9)		691.8 mm ²
種 類	250 碍子2連		最大使用高
灯 数	1連 810		4890 mm
子 重量	255 N/個	線	用張力低
風 圧	80 N/支持架		5000 N
設計方法	電 算 機		種 類
備 考	支持碍子 SL-8017.2		AS 70
	重量 = 60 N		自重
	風圧 = 30 N		0.4377 N/m



<No.78、No.79の巡視点検記録>

【木内線No.78】
住 所：千葉県木君津市長石96-3
建設年月：1972年 7月
損壊原因：調査中

巡 視			点 検		
No.	年 月 日	結果	No.	年 月 日	結果 対 象
①	2014年 4月22日	良	①	2013年 8月26日	良 電線 (内房線)
②	2014年10月 3日	良	②	2014年 4月22日	良 電線 (木内線,小糸川線)・支持物
③	2015年 4月27日	良	③	2018年11月13日	良 電線 (木内線,小糸川線,内房線)・支持物
④	2015年10月 15日	良			
⑤	2016年 4月19日	良			
⑥	2016年10月 20日	良			
⑦	2017年 4月 4日	良			
⑧	2017年10月 27日	良			
⑨	2018年 4月 3日	良			
⑩	2018年10月 3日	良			
⑪	2019年 4月 3日	良			

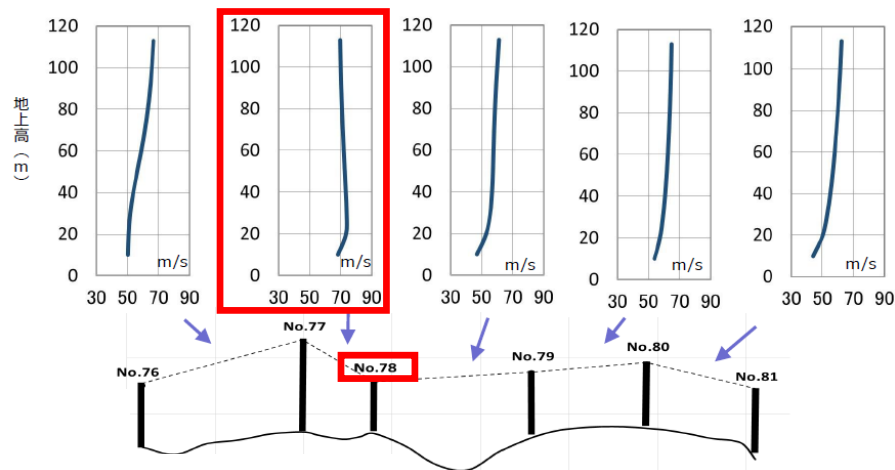
【木内線No.79】
住 所：千葉県木君津市長石230-2
建設年月：1972年 7月
損壊原因：調査中

巡 視			点 検		
No.	年 月 日	結果	No.	年 月 日	結果 対 象
①	2014年 4月22日	良	①	2013年 8月26日	良 電線 (内房線)
②	2014年10月 3日	良	②	2014年 4月22日	良 電線 (木内線,小糸川線)・支持物
③	2015年 4月27日	良	③	2018年11月13日	良 電線 (木内線,小糸川線,内房線)・支持物
④	2015年10月 15日	良			
⑤	2016年 4月19日	良			
⑥	2016年10月 20日	良			
⑦	2017年 4月 4日	良			
⑧	2017年10月 27日	良			
⑨	2018年 4月 3日	良			
⑩	2018年10月 3日	良			
⑪	2019年 4月 3日	良			

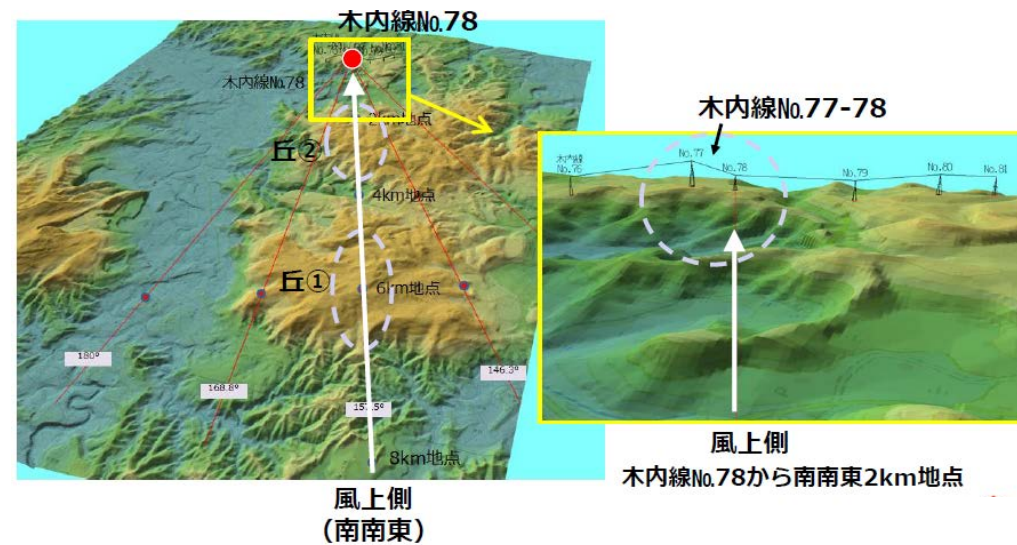
4 - 2. 鉄塔の損壊事故の原因調査について (③損壊事故の原因)

- 現地風速をシミュレーションにより計算した結果、倒壊したNo.78付近で局地的に風が強められた可能性。
- 地形を分析した結果、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。

＜現地風速の推定結果＞



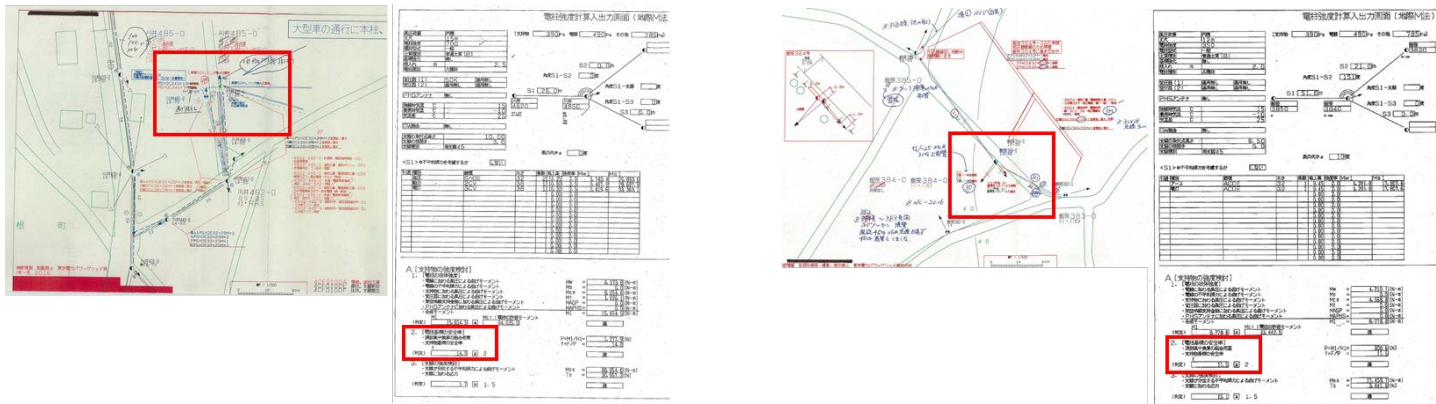
＜損壊事故現場周辺の地形＞



4－3．電柱の損壊事故の原因調査について（①設計②点検）

- 設計・施工に関する条件及びマニュアルを確認。
- 損壊した1,996本の電柱の巡視点検記録については、全データを対象に、点検回数・点検内容・点検方法を確認し、巡視点検がマニュアル等に基づき実施されていることを確認。

＜電柱設計条件・設計図面＞



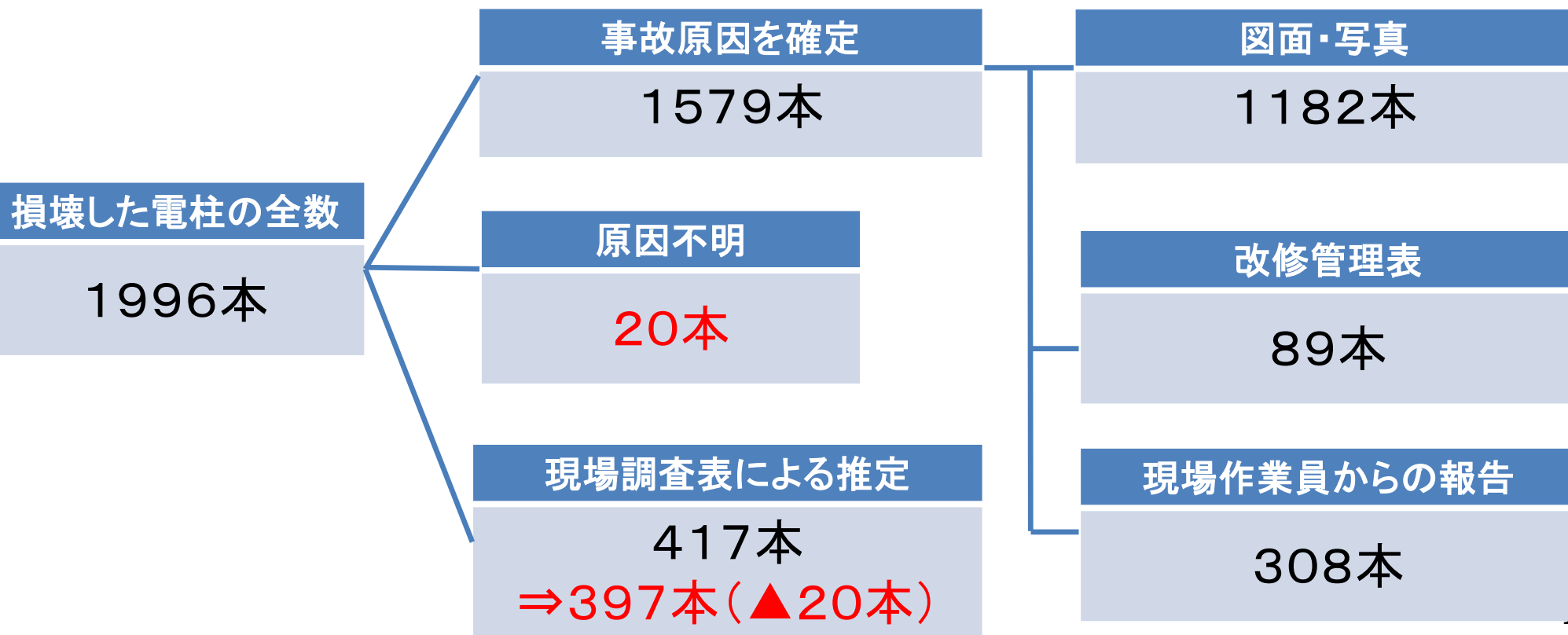
＜電柱の巡視点検記録（抜粋）＞

						【保安規程】巡視記録			支持物点検		【保安規程】点検記録			支持物調査表
No	都県名	支社名	標識名	設備番号	施設年月	前回巡視日	巡視結果 ※支持物関連	対応状況	点検日	対応状況	点検日	点検結果	測定値 (Ω)	
1	千葉	千葉総	北花輪	0280	197405	2017/10/6	良	-	-	-	2006年1月	良	27	千1
2	千葉	千葉総	北花輪	0750	199909	2017/10/6	良	-	-	-	2002年4月	良	32	千2
3	千葉	千葉総	北花輪	0590	199909	2017/10/6	良	-	-	-	2002年4月	良	16	千3
4	千葉	千葉総	内山	1380	197512	2019/8/22	良	-	-	-	対象外	-	-	千4
5	千葉	千葉総	内山	1440	197709	2019/8/22	良	-	-	-	対象外	-	-	千5
6	千葉	千葉総	内山	1450	201903	2019/8/22	良	-	-	-	対象外	-	-	千6
7	千葉	千葉総	こて中	3860	198511	2014/11/27	良	-	-	-	対象外	-	-	千7
8	千葉	千葉総	千中	4270	198910	2017/7/25	良	-	-	-	2002年11月	良	22	千8
9	千葉	千葉総	南天台	0420	197307	2017/1/10	良	-	-	-	2005年4月	良	23	千9
10	千葉	千葉総	川井	4850	201901	-	-	-	-	-	2019年1月	良	240	千10
11	千葉	千葉総	川井	4960	199606	2017/3/31	良	-	-	-	1996年6月	良	62	千11
12	千葉	千葉総	大作	0540	197811	2019/9/2	良	-	-	-	対象外	-	-	千12
13	千葉	千葉総	大作	0600	197108	2019/9/3	良	-	-	-	1999年5月	良	9	千13
14	千葉	千葉総	西鉄	0230	197112	2018/5/21	良	-	-	-	対象外	-	-	千14
15	千葉	千葉総	本行寺	0350	197106	2017/11/16	良	-	-	-	対象外	-	-	千15

4－3．電柱の損壊事故の原因調査について（③損壊事故の原因）

- 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報告を受けた内容について、改めて全て精査を行った。
- その結果、**20本の電柱については**、現存するエビデンスで原因が特定されていない、あるいは、根拠において**原因が確定できなかった**。引き続き、**外部専門家による調査を継続**。

<折損・倒壊等した電柱1,996本の被害原因>



(参考) 電柱の損壊事故で二次被害が原因と断定できない例

- 下の現場調査表については、隣接する家屋の屋根と壁の破損に由来する「飛来物による折損」とされている。
- 一方、折損直後の写真では、電柱は根元から完全に破断している。
- 折損の状態から、住宅間の隙間を通過する突風による折損の可能性を精査する必要があると考えられる。

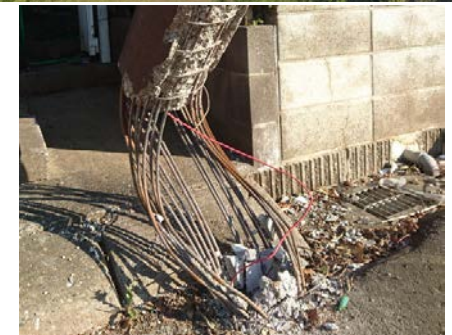
<現場調査票（原因：飛来物による折損）>

事業所	管理番号	住所	電柱番号		電柱種類	点検者	電柱の状態(調査結果)
			標識	ブロックNo. 番号			
東金	663	八街市大関 112-14	大関	7104 2240	本柱		飛来物による折損。

写真



<折損直後の写真>



折損直後に撮影された写真では、飛来物の衝突や電線への付着といった形跡が見られず、単独で根元が完全に破断している

(参考) 関東産業保安監督部による立入検査の実施（鉄塔）

- 倒壊した鉄塔に関して、電気事業法第107条に基づき、立入検査を東京電力PGに対して実施。専門的な知識を有する国の職員により、巡視点検記録等の書類を検査するとともに、実地検査を実施。東京電力PGの保安体制を把握すると共に、損壊した鉄塔の状況等を確認。
- 併せて、鉄塔倒壊の原因究明・再発防止を指示。また、台風19号上陸の際には予め、倒壊した鉄塔の撤去等の安全確保に係る対策を確認・指導した。



(参考) 関東産業保安監督部による立入検査の実施 (電柱)

- 電柱の損壊事故原因究明のため、電気事業法第107条に基づく立入検査を東京電力PGに対し実施。専門的な知識を有する国の職員により、点検記録・マニュアル等の書類を検査すると共に、東京電力PG職員による巡視点検に立会い、規程通りに巡視点検が行われており、千葉県内の電柱100万本の保安体制が確立されていることを確認。
- 併せて、電柱の損壊原因の多くが倒木・飛来物等による2次被害の影響との報告を踏まえ、巡視点検時に2次被害発生リスクの評価、それを踏まえた樹木の事前伐採等被害低減のための取組を要請した。



(参考) 現地調査について

- 台風15号により倒壊した鉄塔の現場確認、鉄塔・電柱の保全・復旧工事等を行っている東京電力PGや工事業者へのヒアリング調査等を実施することにより、鉄塔・電柱の損壊事故の原因調査の深掘りを行った。

項目	内容
調査日時	令和元年 11月10日(日) 13:45～16:30
参加者	横山座長、石川委員、木本委員、熊田委員、松井委員 ※事務局(経済産業省電力安全課長)、関東産業保安監督部長等が同行
先方対応者	東京電力PG(株) 塩川技監、工務部、配電部 (株)TLCの現場責任者
調査内容	①鉄塔の倒壊事故の現場調査 ②保全・復旧工事等を行った東京電力PG等へのヒアリング調査 ③鉄塔・電柱の損壊に関する写真・記録データの確認

(参考) 現地調査における委員からの主な指摘事項 (鉄塔)

- 委員からは主に、鉄塔の設計内容や局地的な風速上昇の可能性に関する指摘があった。

項目	委員からの主なご意見等
鉄塔の倒壊について	・鉄塔の上部構造に破損箇所や部材の腐食等は無かったのか。 ・No.79鉄塔の方が、送電線に角度がついており、張力も大きくなっているのではないか。 ・No.78鉄塔の下部部分の部材の破壊が激しい。また、No.79鉄塔も根本から大きく変形している。 ・倒壊した鉄塔付近では、樹木の損壊がひどく、大規模。樹木が倒れた向きの鉄塔の倒壊と同様の方向であり、付近で風がかなり加速されたおそれがある。 ・平成3年台風19号後に、各電力会社は鉄塔の特殊地形を考慮した対策を講じるようになったが、今回倒壊した鉄塔について何らかチェックは行ったのか。
確認データ	・事故当時の鉄塔周辺の気象データ(アメダス等)はないのか。 ・設計書に基づき、各部材への負荷も含めた鉄塔の強度検証は行ったのか。

(参考) 現地調査における委員からの主な指摘事項 (電柱)

- 委員からは、主に事故記録の保存・共有の方法や損壊原因について指摘があった。

項目	委員からの主なご意見
設計諸元等	・電柱の強度設計で考慮すべき諸元を明確にすべき。 ・他社の通信線も含め電柱の強度設計は考慮しているのか。
損壊原因	・損壊した1,996本の事故原因のデータ、特に事故状況を記録した写真は全てそろっているのか。 ・損壊した1,996本のうち、現場の写真等がないものも存在。現時点で原因が明確ではないものもあるのではないかな。 ・(電線の近くに)飛来物が落ちていても、それが原因か分からないのではないかな。海から強い風が吹いて、電柱の損壊に影響がなかったか確認すべき。 ・1,996本の中には、倒木等で停電に直接影響を与えたもの以外に、保安上の観点から取替えを行ったものもあるのではないかな。
気象の影響	・気象条件が時々刻々変化する中、配電設備の損壊状況は時系列的に分からないのか。 ・一般的に風速が強い海岸付近で倒壊した電柱は少なく、山間部が多い印象。
停電の原因	・電線の断線や屋根等の飛来物が電線に接触し、短絡を起こして停電したものもあるのではないかな。

1. 本WGの設置づけについて
2. 台風15号について
3. 鉄塔及び電柱の損壊事故の概要
4. 損壊原因について
5. **現行の技術基準の適切性について**

5－1．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（以下、単に「技術基準」という。）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）

5 – 1. 現行の鉄塔・電柱に係る技術基準（風圧荷重）

- 現行の技術基準の解釈における風圧荷重の例は、以下のとおり。

58-1表

風圧を受けるものの区分			構成材の垂直投影面 に加わる圧力	
支持物	木柱		780Pa	
	鉄筋コンクリート柱	丸形のもの	780Pa	
		その他のもの	1, 180Pa	
	鉄柱	丸形のもの		780Pa
		三角形又はひし形のもの		1, 860Pa
		鋼管により構成される四角形のもの		1, 470Pa
		その他のもの	腹材が前後面で重なる場合	2, 160Pa
			その他の場合	2, 350Pa
	鉄塔	単柱	丸形のもの	780Pa
			六角形又は八角形のもの	1, 470Pa
		鋼管により構成されるもの（単柱を除く。）		1, 670Pa
		その他のもの（腕金類を含む。）		2, 840Pa
架渉線	多導体（構成する電線が2条ごとに水平に配列され、かつ、当該電線相互間の距離が電線の外径の20倍以下のものに限る。以下この条において同じ。）を構成する電線		880Pa	
	その他のもの		980Pa	
がいし装置（特別高圧電線路用のものに限る。）			1, 370Pa	
腕金類（木柱、鉄筋コンクリート柱及び鉄柱（丸形のものに限る。）に取り付けるものであって、特別高圧電線路用のものに限る。）		単一材として使用する場合	1, 570Pa	
		その他の場合	2, 160Pa	

(参考) 鉄塔・電柱に係る風圧荷重の技術基準の変遷

- 鉄塔・電柱に係る風圧荷重の技術基準に関しては、1911年（明治44年）に制定された電気工事規程において、「風圧荷重」の概念が初めて導入された。その後、1932年（昭和7年）に改正された電気工作物規程の解説において、風速について記載があり、「基準風速を40m/秒」と定めていることが確認されている。
- その後、1965年（昭和40年）の電気事業法の制定と同時に、電気設備の技術基準（省令）の解説を策定する際に、当時の民間規程（JEC-127（1965））を参考にして「40m/秒の風圧荷重」を規定したと推察される。
- さらに、1997年（平成9年）の電気設備の技術基準（省令）の改正において、「風速40m/秒の風圧荷重」が技術基準の本体に明記。

年	1911年 （明治44年）	1919年 （大正8年）	1932年 （昭和7年）	1965年 （昭和40年）	1997年 （平成9年）
規程名	電気工事規程	電気工作物規程	電気工作物規程	電気設備の技術基準	電気設備の技術基準
主な改正内容	鉄塔風圧の規定	着氷荷重の規定等	鉄塔種類の規定 鉄塔風圧の増加	風圧荷重の種別と適用JEC127(1965)の改訂に伴い改正	技術基準の性能規定化（省令で風速40m/sと規定）
鉄塔風圧（山形鋼・高温季）	4貫800匁/平方尺 （196.02kg/m ² ）	40ポンド/平方尺 （197.6kg/m ² ）	300kg/m ²	290kg/m ²	2,840Pa
風速の規定の詳細	—	—	規程の解説に「風圧荷重（基準風速を40m/秒とした場合の値）」と記載	基準の解説に「風速40m/秒の風があるものと仮定した場合に生ずる荷重」と記載	技術基準に「風速40m/秒の風圧荷重」と記載

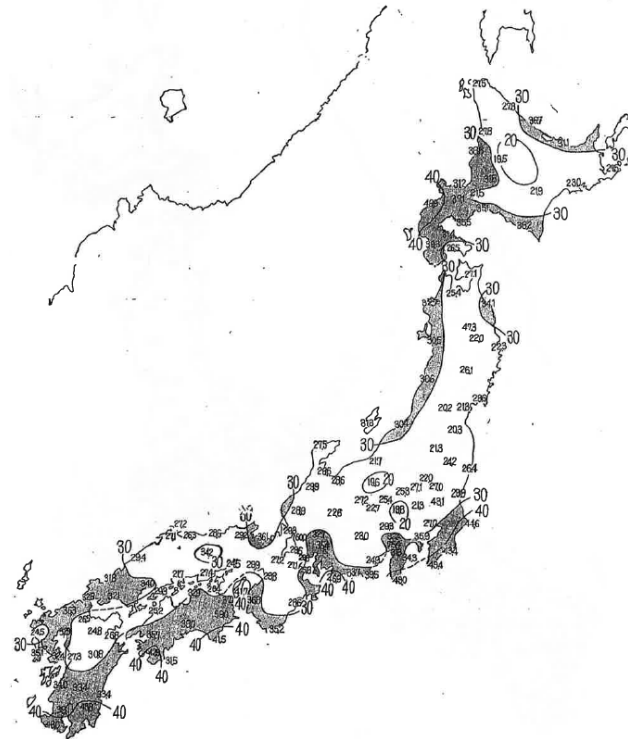
（注）1928年（昭和3年）11月、我が国初の耐風構造に関する規則が警視庁令第27条（強度計算に適用する風圧力）として発布された。

（資料）経済産業省調べ

(参考) 送電用鉄塔設計標準JEC-127 (1965)

- 鉄塔の耐用年数から考えて、再現期間 (※) を50年に設定。
(※) 一定の強度をもった自然現象 (台風・豪雨など) が再び発生するまでの期間。
- 4月～11月 (高温季)、12月～3月 (低温季) に分けて、地上15mにおける各地の風速の等値線をもって図示した風速分布図を参照し、一般地域の基準風速を40m/sと定めた。

<風速分布図 (4月～11月 (高温季)) >



(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) 局地風に対する対応について (鉄塔)

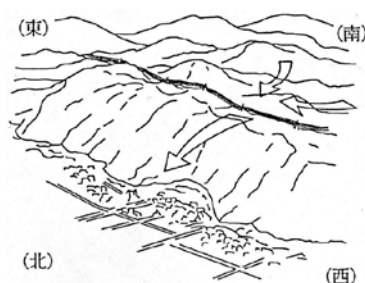
- 電力会社では、台風の襲来頻度が多い地域では個別の基準風速を設定、若しくは地形的な条件により風速が増加する特殊箇所においては、JEAC6001(JESC E0008)「架空送電規程」に基づき、局地風況シミュレーションや観測データを用いた解析による鉄塔の強風設計を実施。

<台風頻発エリアにおける基準風速>

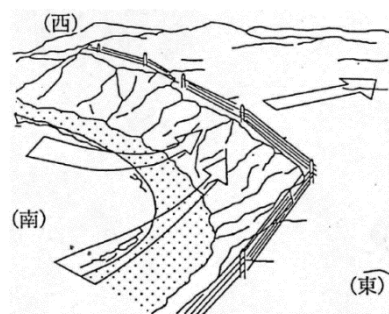
電力	対応内容	基準風速への反映 ※平均風速
沖縄	台風の襲来頻度が多いことから、基準風速を個別設定。	全エリアで風速60m/s※
九州	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。その後、1993年台風13号での設備被害を受けて、基準風速を個別設定。(再設定)	大隅半島北部ならびに薩摩半島北部:風速45m/s※ 大隅半島南部ならびに薩摩半島南部:風速50m/s※ 北緯30°以南(奄美大島など):風速55m/s※
四国	JEC-127(1965)における再現期間50年の全年最大平均風速(m/s)を参考にして、基準風速を個別設定。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

(資料) 電気事業連合会

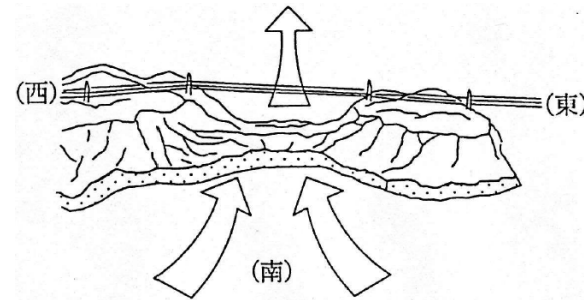
<強風が局地的に強められる特殊箇所>



(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

5 - 2. 鉄塔に関する現行の技術基準の適切性、対応の方向

- 台風15号により倒壊した鉄塔 2 基は、現行の技術基準で求められる風圧荷重40m/s（10分間平均風速）を満たすよう設計されていたものの、**特殊な地形による突風**（最大瞬間風速70m/s、10分間平均風速50m/s）により、**当初の設計強度を大きく上回る荷重が発生し、先にNo.78鉄塔が倒壊し、それに引っ張られる形でNo.79鉄塔が倒壊したと推定される。**

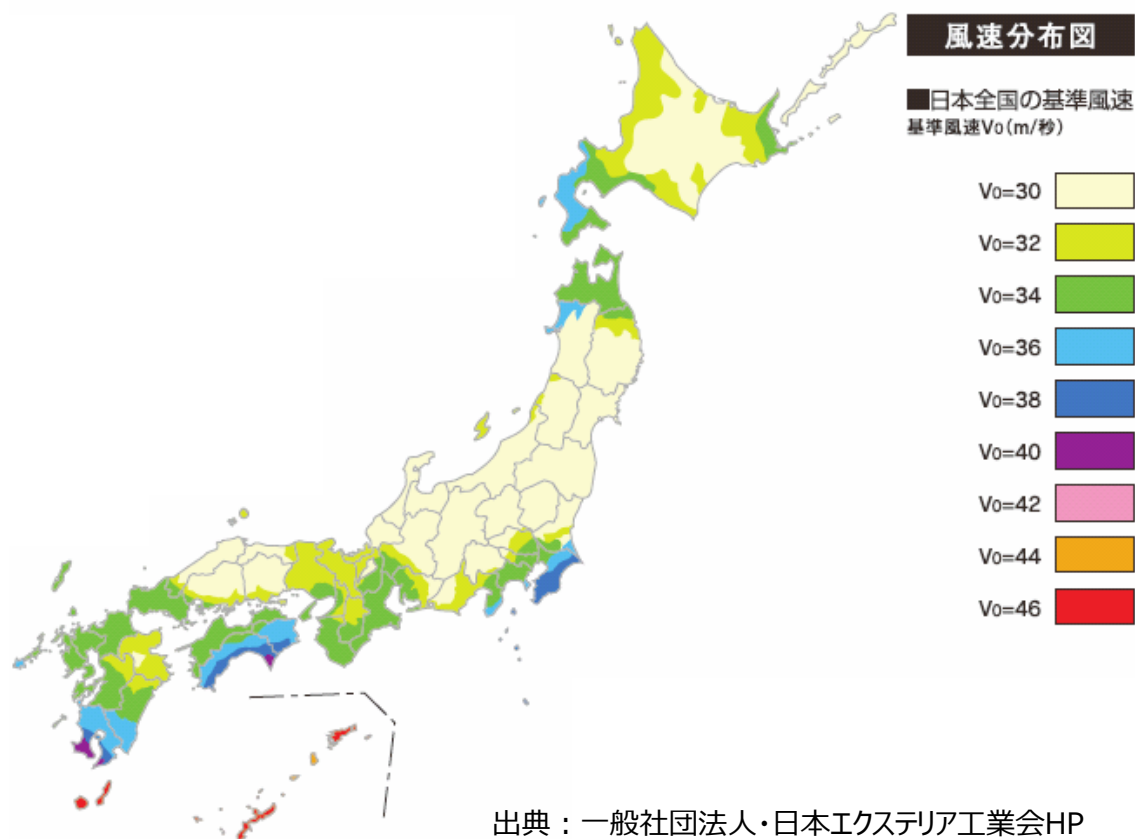


- **現行の技術基準について、以下の3点を規定する形で見直し**を行ってはどうか。
 - ① 現行の基準風速40m/sを維持するとともに、40m/sについて「10分間平均」を明確化
 - ② 地域の実情を踏まえた基準風速を適用すること
 - ③ 特殊地形を考慮すること（従来の3類型に加え、今回の類型を追加）
- 鉄塔周辺の風況・風向等について、より精緻に把握するためセンサーの設置や様々な気象データの収集等を検討してはどうか。

(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) 諸外国の規格における設計風速について

- 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

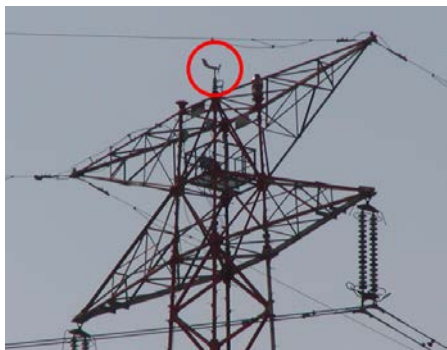
※諸外国では、最大瞬間風速から風圧を算定し、安全率約1.0で設計を行うことが一般的（基準風速が10分平均で求められている場合においても、最大瞬間風速に換算後、風圧に換算）。日本では、最大瞬間風速に対する安全性については、安全率を1.5で包含している。

(参考) 鉄塔周辺の気象状況の把握

- 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。



＜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

5－3．電柱に関する現行の技術基準の適切性、対応の方向

- 今回の台風で損壊した電柱1996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。



- 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、結論を得ることとしてはどうか。
- 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てはどうか。
 - 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

(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）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。

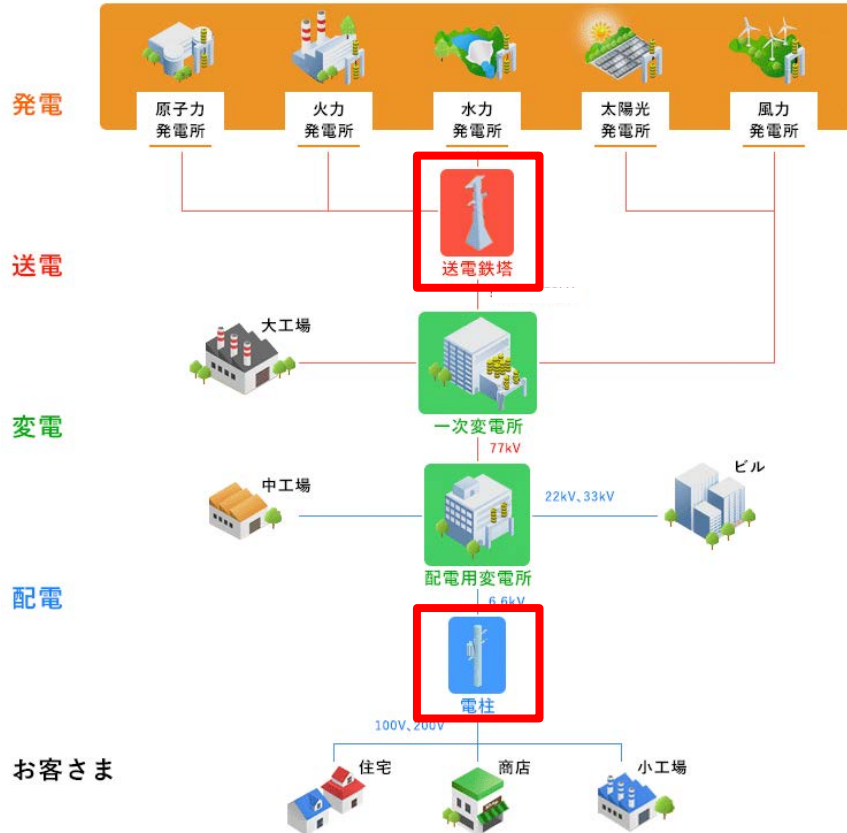
電力	対応内容	備考
全国	「配電規程（JEAC7001-2017）第2章 第210節 2.支線の取付が望ましい支持物」に基づき、 連続倒壊防止として支線を設置 。※2	電柱の連鎖倒壊を防止するため、設備施設環境や支線施設可否を考慮し直線部が連続する線路は十数径間毎に電線路方向両縦支線を極力取付し、数径間毎に線路直角方向にその両側に振留支線（支柱）を極力取付けている。
九州	1985年の台風13号被害を踏まえ、JEC-127（1965）における再現期間50年の全年最大平均風速（m/s）を参考にして、基本風速を見直し。 その後、1991年の台風19号による甚大な被害等を踏まえ、一部地域の基準風速を個別設定。	・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

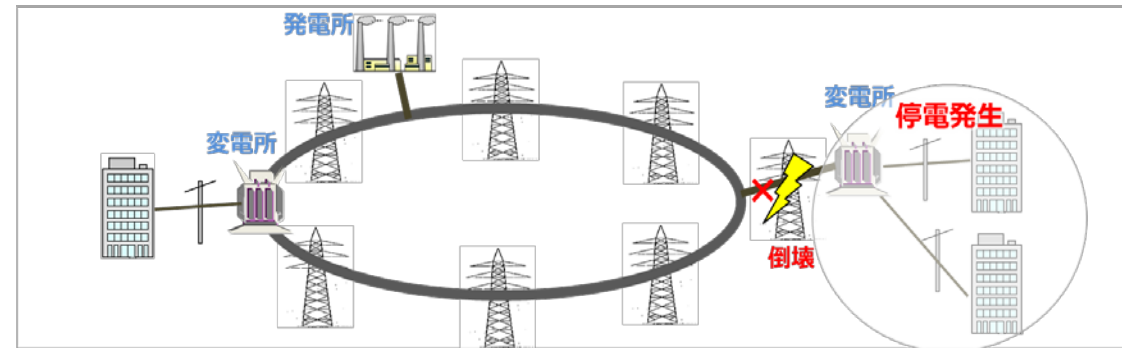
※2 使用電圧が35,000Vを超える特別高圧架空電線路については、電気設備の技術基準解釈第92条で規定されている内容だが、低圧及び高圧の架空電線路では規定されておらず、配電規程に基づき自主的に実施しているもの。

(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】

