鉄塔及び電柱の被害状況及び被害発生原因ついて

2019年11月東京電力パワーグリッド株式会社



1 電柱

1-1. 電柱損壊状況について

【台風15号の影響による電柱の被害状況内訳】

支持物本数【本】

	エリア	栃木	群馬	茨城	埼玉	千葉	東京 (23区)	多摩	神奈川	山梨	静岡	合計
	被害数	9	0	94	9	1,750	15	3	59	2	55	1,996
電柱被害	倒木・建物の 倒壊	9	0	57	8	1,311	6	3	37	2	44	1,477
電柱被害の原因	飛来物	0	0	9	0	265	3	0	6	0	0	283
(再掲)	地盤の影響	0	0	28	1	174	6	0	16	0	11	236



1-2. 電柱損壊原因の判定について

▶ 台風15号により損壊した1996本の電柱について、損壊原因の判定方法は下表の通り。

	損壊原因の	判定の根拠としたもの	
損壊した電 柱の全数 1996本	原因が明確なもの 1579本	停電復旧や巡視等を実施した現地出向者が損壊の原因を判断	改修管理表89本図面・写真1182本上記以外308本・[千葉エリア以外]拠点で停電復旧対応にあたった部署から被害状況の報告を書面で受領(246本)・[千葉エリア]停電復旧や巡視等を実施した現地出向者かる記載を記した現地出向者かる記載を記した現地出向者が
	原因を推定したもの 417本	本社要員が現地調査に行き、倒 木や損壊した家屋の有無などの周 辺状況から原因を推定(一部地域 の方にインタビューした結果も含む)	ら口頭で聞き取り(62本) 現場調査結果 417本

1-3. 設備形成の考え方(電気設備の技術基準と電柱・設計)

⇒ 当社では、電気設備の技術基準をもとに、電柱の機材仕様書を制定し、型式試験や受入試験などを実施している。また、設備設計においても、社内規程に電気設備の技術基準を反映している。

			法令 電気設備の技術基準(解釈)	社内規程
	電柱	鉄筋コンクリート柱	第56条 ・終局荷重は、ひび割れ試験荷重の2倍以上であ ること。	標準仕様書 ・破壊強度試験を行ったときに、設計荷重の2 倍の値で破壊してはならない。 型式試験 ・製造者別に構造、材料、性能と製造方法および品質管理能力を審査し当社の要求性能を満足していることを確認している。
	設計	電柱の強度	第59条 ・A種鉄筋コンクリート柱(複合鉄筋コンクリート柱以外)は、風圧荷重(40m/s)に耐える強度を有すること。 ・15m以下のA種鉄筋コンクリート柱は、根入れ深さを全長の1/6以上として施設すること。	電柱強度計算において、以下を満たすこと。 ・電柱の強度 選定した電柱の強度は、設備の施設状況を踏まえ算出した強度計算結果を上回ること。 ・電柱基礎の安全率
		電柱の基礎の強度	第60条 ・支持物の基礎の安全率は、荷重が加わった状態において、2以上であること。 ・A種鉄筋コンクリート柱については、上記の限りではない。	支持物の基礎強度は、電柱の設計荷重に対し安全率 2.0以上を確保するよう施設すること。 電柱の根入れは、全長の1/6以上となるよう、具体的な長さを規定している。

1-4. 電柱の巡視・点検業務

▶ 保安規程に基づき巡視を実施し、電柱の劣化度合いに応じて点検を実施している。

■ 保安規程に定める配電設備の巡視点検

電気事業法第42条第1項に基づき、当社が設置する事業用電 気工作物の工事、維持及び運用に関する保安の基本的な事項を 定め、公共の安全を確保し、電気工作物の保安の確保に万全を 期する。 電柱の巡視・点検・検査項目に関する標準(別表第3)

種別	<u> </u>	視
(生力リ 	機器設備	頻度
配電 設備	配電設備全般	1回/5年

【巡視業務】

保安規程に基づき配電設備全体に対し定期的に実施する巡視 配電設備を電気設備の技術基準ならびに各種規程・マニュアル に定められている基準を維持するため,設備全体について外観 目視および簡易な用具により健全性を確認することをいう。



東電タウンプランニング(株)HPより引用

地上から外観目視にて確認を行う。

【点検業務】

配電設備の経年劣化ならびに機能維持状態を個別に検査・測定することを言い,必要に応じて検出用具や測定器等を用いて行う。







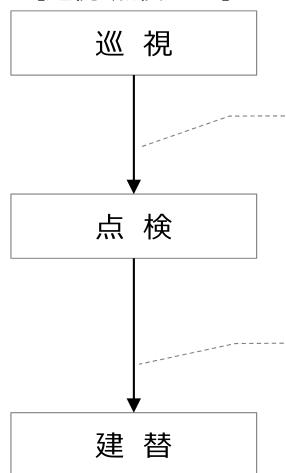
電柱に昇り、ゲージ等によりひび割れの発生を確認する。



1-5. 電柱の保全フロー

⇒ 設備の施設形態や劣化の進行度合いにより優先順位付けし、点検周期や建替期間を定めている。以下に主な判断ポイントを示す。

【巡視・点検フロー】



【巡視・点検実施後の主な判断ポイント】

【巡視発見後に速やかに対応するもの】

- ・折損・屈曲しているもの、ひび割れ箇所から錆びの流れだしのあるもの
- 【巡視から2年以内に初回点検を実施するもの】
- ・軽微なひび割れであり、公衆災害、設備事故の恐れがないもの

【点検を継続するもの】

・0.2mm未満の横ひび割れは、3年または5年の周期で点検を実施する

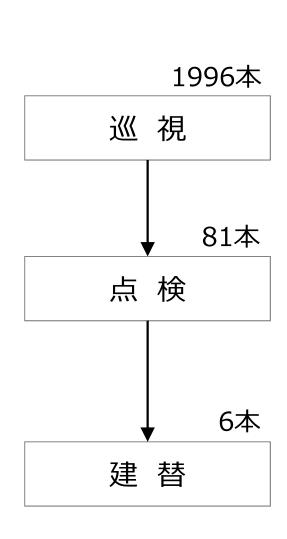
【建替するもの】

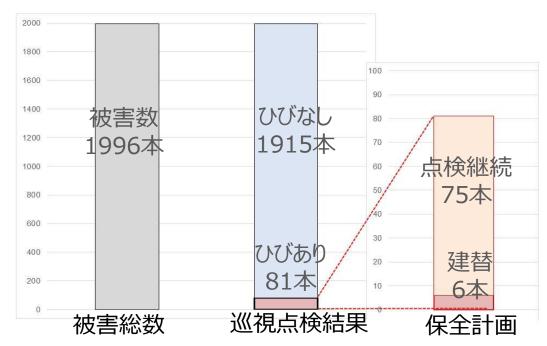
- ・0.2mm以上の横ひび割れは、1年または3年の期間で電柱の建替 を実施する
- ・建替までの間は、金属製の補強板を取り付け機能を維持する



1-6. 損壊した電柱の保全履歴

▶ 損壊した全ての電柱の保全履歴を確認したところ、保安規程に基づく保全が適切に実施されていた。





建替計画6本の保全履歴

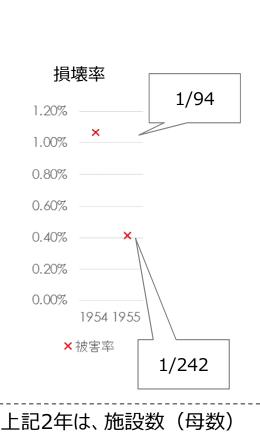
	巡視	直近点検	建替期限
Α	2017/03	2018/04	3年
В	2016/02	2016/09	3年
С	2016/05	2018/07	3年
D	2019/01	2019/05	1年
Е	2017/11	2019/07	1年
F	2018/11	2019/05	1年



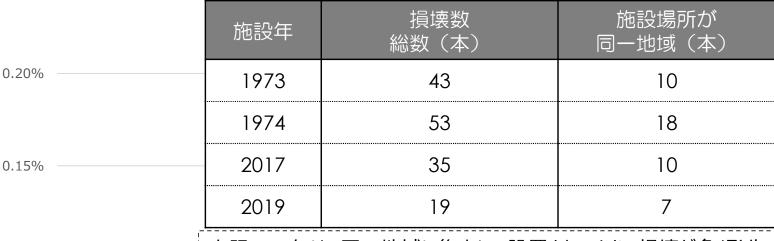
1-7. 施設年別の電柱損壊率の傾向

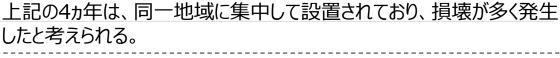
0.10%

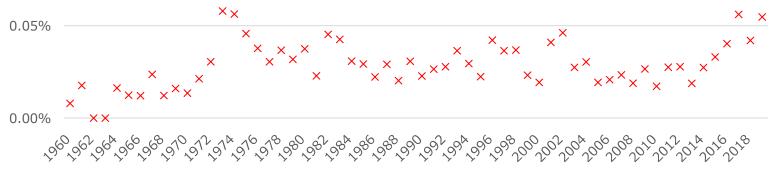
損壊した電柱は、特定の年代に集中するような特異性はなかった。



が少なく評価対象外とした。







損壊率



1-8. 撤去柱調查

- ▶ 損壊した電柱について、折損状況調査を実施した結果、電柱が折損する前の段階では鉄筋に錆は 発生しておらず、強度低下は起こしていなかったと判断した。
 - 破断した鉄筋は、全ての電柱において、その破断部の形状的特徴から鉄筋強度を上回る引張力が加わった事による延性破断と判断した。
 - 折損面に露出している鉄筋の錆は、初期の表面錆であった。(折損後に錆が発生したもの)

調査した電柱(本)	左記のうち、鉄筋破断を確認した電柱(本)
61	31

鉄筋の破断状況



鉄筋の発錆状態:表面錆 鉄筋破断様相:延性破断



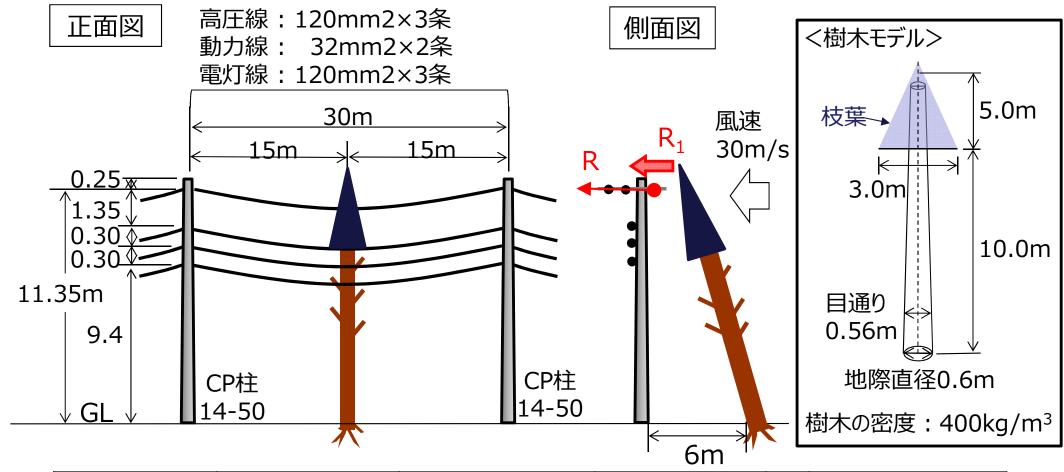
鉄筋の発錆状態:表面錆 鉄筋破断様相:延性破断

〈劣化サンプル〉



錆が進行し鉄筋の断面積が減少 (強度が低下)

(参考資料) 倒木が配電設備に与える影響について



	樹木に起因した 電柱地際モーメント	電力設備に起因した 電柱地際モーメント	合計の電柱地際 モーメント		電柱破壊モーメント
樹木1本の場合	3,377kg-m	3,063kg-m	6,441kg-m	<	11,350kg-m
樹木3本の場合	10,132kg-m	3,063kg-m	13,195kg-m	>	11,350kg-m

▶ 上記モデルでは、3本の倒木で折損に至る可能性がある事が分かった。

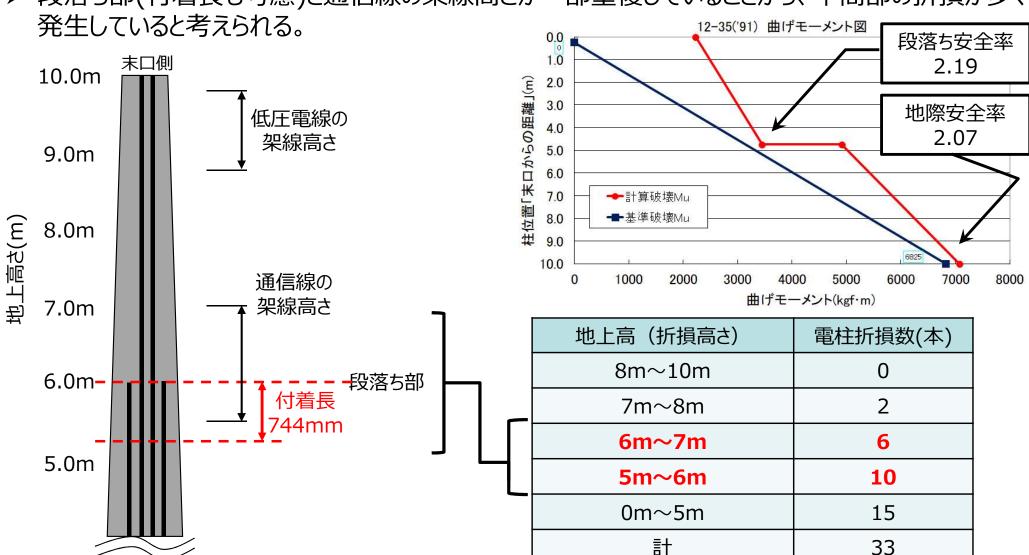


(参考資料) 段落ち部と中間部の折損の関係について

元口側

➤ 折損状況調査を実施した電柱のうち、12m-350kgf柱について鉄筋の段落ち部と電柱折損高さの関係を調査した(N=33本)。

▶ 段落ち部(付着長も考慮)と通信線の架線高さが一部重複していることから、中間部の折損が多く

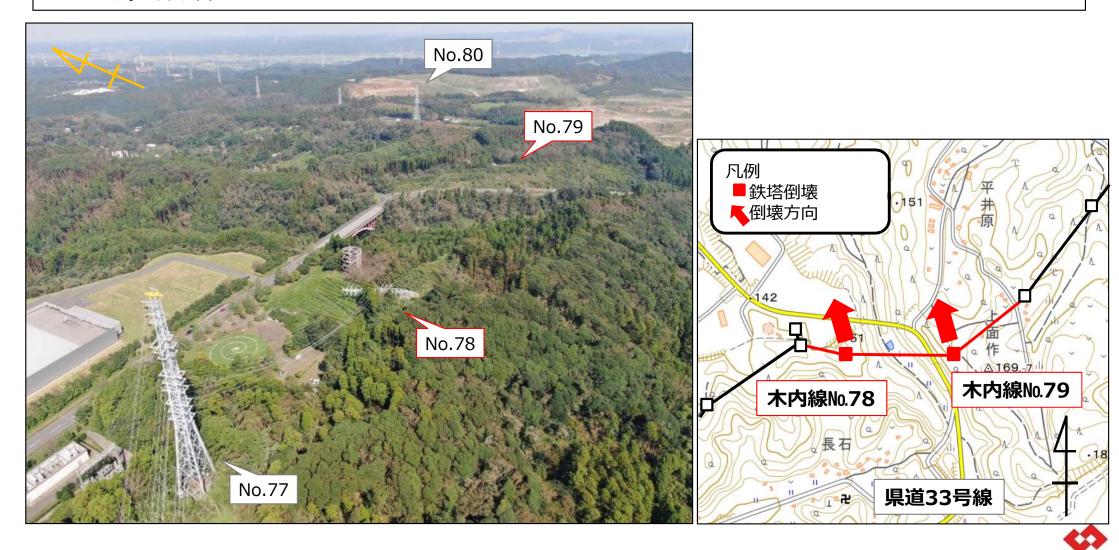


2 鉄塔



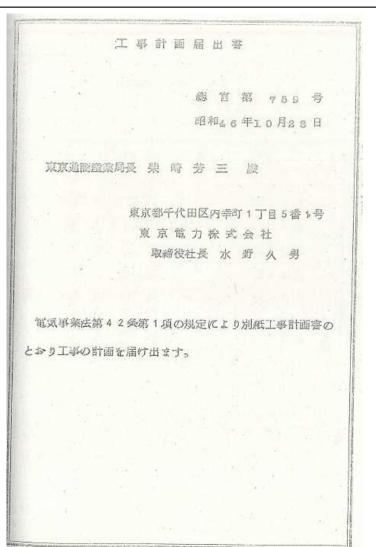
2-1. 倒壊鉄塔の概要

- 66kV木内線No.78、No.79は、台風15号により2基とも北北西の方向に倒壊。
- 当該鉄塔2基は、南方の風を受ける東西ルートで、6回線(6つの3相回路を支持している)鉄塔。

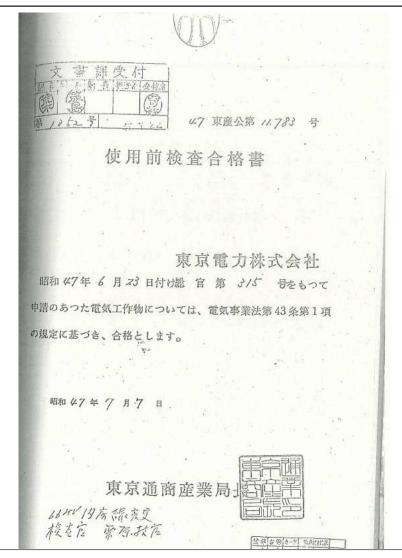


2-2. 倒壊鉄塔の建設

● 当該鉄塔2基は、電気事業法に基づき、1971年10月に工事計画届出、1972年7月 に使用前検査に合格。



工事計画届出 1971年(昭和46年)10月28日



使用前検査合格書 1972年(昭和47年)7月7日



2-3. 鉄塔設計の概要

- 全ての鉄塔は、電気設備の技術基準(電技)に基づき設計されている。
- 1991年西日本で発生した鉄塔倒壊に鑑み、弊社では、1992年(平成4年)以降, 地域・地形に応じて電技(高温季)の安全率を高めて設計している。

電技

○荷重・・・高温季, 低温季の荷重条件

・高温季:風速40m/sの風圧荷重

・低温季:電線・地線に厚さ6mmの被

氷を考慮し高温季の1/2の

風圧

〇対応強度

鉄塔:降伏点/1.5 基礎:降伏耐力/2.0

特殊地形箇所(平成4年~)

- 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、南側に風の収束し 易い地形、北側に風の吹き下ろす平野部があり、台風時の風 が局地的に強められる箇所(山岳部の特殊箇所)
- 南また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(海岸周辺の特殊箇所)
- 主風向方向の陸地の幅が2km程度以内の岬または島嶼部 にあって、主として切り通しまたは鞍部などの風が収束し易い地 形の箇所(岬・島嶼部の特殊箇所)



2-4. 倒壊鉄塔の設計

- 倒壊鉄塔は、「電技」により設計され、1972年に建設。
- 2019年9月に倒壊鉄塔の設計をチェックした結果,鉄塔および基礎ともに「電技」に基づく強度を満足していることを確認し,技術基準上の問題はなし。

鉄塔番号		鉄塔最小裕度	į	基礎安全 率
70	主柱材	部材:圧縮 1.21、引張 1.14 ボルト: 1.14	圧縮	3.08
78	腹材	部材:圧縮 1.02、引張 1.00 ボルト: 1.01	引揚	2.37
70	主柱材	部材:圧縮 1.16、引張 1.16 ボルト: 1.07	圧縮	2.50
79	腹材	部材:圧縮 1.04、引張 1.02 ボルト: 1.00	引揚	2.14



2-5. 巡視・点検の概要

- 送電線の巡視・点検は、保安規程により頻度・項目を定め実施している。
- 巡視は外観目視により1回/年実施
- 点検のうち電線・支持物は外観点検により1回/5年実施
- 点検のうちがいしは検出器により製造年毎に頻度を定め実施

<保安規程>

	巡視		点検(検査を含む)					
	機器設備	頻度	機器設備	項目頻				
身	兴空送電設備全般	(*1) 1回/年	電線・支持物	外観点検	鉄塔・鉄柱線路・木柱・コン柱 パンザ線路	1回/5年		
			がいし	がいし検出	昭和24年以前取付けのがいし 昭和25年以降取付けの280mm以下がいし	1回/3年		
					昭和25年以降取付けの320mm以上がいし	1回/20年		



2-6. 倒壊鉄塔の巡視・点検状況

● 倒壊鉄塔は、過去5年の実施結果のなかで、電気設備技術基準に抵触する或いは、 抵触する恐れのある異常は確認されていない。

木内線No.78, No.79巡視·点検実績

巡視		点検		
年月日	結果	年月日	対象	結果
2014年4月22日	良:巡視時の着眼点に基づき実施	2013年8月26日	電線(内房線)	良:点検時の着眼点に基づき実施
2014年10月3日	良:巡視時の着眼点に基づき実施	2014年4月22日	電線(木内線,小糸川線)・支持物	良: 点検時の着眼点に基づき実施
2015年4月27日	良:巡視時の着眼点に基づき実施	2018年11月13日	電線(木内線,小糸川線,内房線)・支持物	良:点検時の着眼点に基づき実施
2015年10月15日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2016年4月19日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2016年10月20日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2017年4月4日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2017年10月27日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2018年4月3日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2018年10月3日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			
2019年4月3日	良:巡視時の着眼点に基づき実施			

※過去5年以内において、保安規程で定めるがいし(不良懸垂がいし検出)点検の実施はなし。



2-7. 倒壊鉄塔の材料試験結果

● 鉄塔倒壊において、座屈損傷が生じた部材の材料試験を実施し、いずれも規格値を満足することを確認。

表 材料試験結果※

			降伏点σy [N/m㎡]	引張強さou [N/m㎡]	伸び [%]
		規格値	400~	540~	13~
No.78	最下 パネル 最下 2パネル	b脚	508	727	32
		b脚	489	712	35
		c脚	408	570	24
No.79	最下 パネル	b脚	486	687	22
		c脚	478	688	23

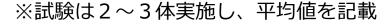




図 試験材切り出し方法(例)

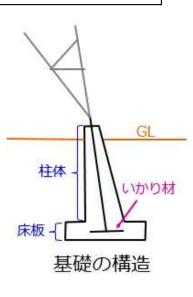


2-8. 倒壊鉄塔の基礎の試掘調査結果

No.78

- 倒壊鉄塔は,周辺地盤に大きな変状はなく,基礎が大きく動いた形跡はなかった。
- また、試掘調査を行った結果、土中内の基礎コンクリートといかり材(鉄塔の荷重を基礎に伝える鋼材)に損傷は確認されなかった。
- 上記より、基礎体の損傷が起因となり鉄塔倒壊に至った可能性はないと考えられる。





No.79



● 鉄塔損壊における検証内容と再発防止策については、66kV木内線鉄塔倒壊事故調 査検討委員会で検討した結果を11月中に経済産業省へ報告予定。



2-10.66kV木内線鉄塔倒壞事故調查検討委員会設置状況

1. 設置目的

2019年9月9日に発生した台風15号による66kV木内線の鉄塔倒壊事故を受け、事故原因の解明および再発防止対策を検討するために、社外専門家を交えた委員会を設置する。

2. 検討事項とスケジュール

下記事項を実施し、進捗に応じて委員会を開催する。

(1) 事故状況の把握 2019年10月(目途)

(2) 事故原因の解明 2019年11月(目途)

(3) 再発防止対策の確立 2019年12月(目途)

3. 委員会構成

顧問 大熊 武司 神奈川大学 名誉教授 加藤 央之 日本大学 文理学部地球科学科教授 高橋 徹 千葉大学 構造安全計画教育研究領域教授 塩川 和幸 委員長 PG技監 委員 龍岡 昭久 HD経営技術戦略研究所 瀬戸 晴彦 PGT務部長 赤木 康之 PG工務部送変電建設センター所長 北嶋 知樹 PGT務部 送電技術担当 吉本 正浩 PG丁務部 十木技術担当 山崎 智之 PG工務部 送電グループ送電設備保全担当 飯尾 直 PG木更津支社長 PG工務部 送電グループマネージャー 河原 童夫 PGT務部 流涌十木グループマネージャー 足立 倫海



2-11. 検討項目とスケジュール

検討事項	スケジュール
【事故状況の把握】	
・事故当時の気象と事故概要	概ね完了
・設備の被害	概ね完了
-周辺被害状況	概ね完了
・製作・施工および保守管理状況	概ね完了
- 鉄塔の既設計確認	概ね完了
・基礎の既設計確認	概ね完了
【事故原因の解明】	
・倒壊鉄塔付近の風速の推定	現在検討中
・推定風速による応力解析	現在検討中
・基礎の試掘調査、評価	概ね完了
・倒壊メカニズムの解明	現在検討中
【再発防止対策の確立】	
•既設設備の対策方針作成	今後検討予定
•新設設備の対策方針作成	今後検討予定
【総括】・事故報告書まとめ	今後作成予定



(参考資料)巡視時の着眼点

設備区分	主要項目	着眼点		
基礎 ・ 地盤	敷地及び周辺の地盤状況	地盤変状 (地盤沈下・地すべり・土砂崩壊・液状化・切土盛土等)		
+ ++ ++	部材	変形・折損・はずれ・発錆の有無		
支持物	異物	異物の有無*		
がいし	本体	破損の有無 (がいし複数枚の破損,がいし連の断連等)		
	異物	異物の有無**		
電線 ・ 地線	本線	損傷の有無 (素線の跳ね上がり等)		
	付属品	損傷, 脱落, 変形の有無		
	異物	異物の有無*		
その他		その他設備全般の異常の有無		

※ 異物:飛来物,カラスの巣ならびに枝,農事用ビニール等



(参考資料) 点検時の着眼点

点検対象		主要点検細目		
支		鉄塔全般	ボルト類のゆるみ・脱落の有無,部材の変形・亀裂・ 脱落の有無,発錆腐食の状態	
持	鉄塔	基 礎 (土留擁壁含む)	基礎の浮き上がり・沈下・移動,コンクリートの風化・亀裂・損傷等の程度,盛土・切取りの崩壊状態等の程度,敷地内の状況,用地杭の確認	
物		埋設地線	ターミナルのゆるみ、接地線の露出の有無、発錆腐食の状態、防食テープの劣化、離脱等の有無	
電線		電線全般	電線(各線)の発錆腐食・変色の状態,素線切れ・わらい・ 振動等の程度,ダンパー・カウンターウエイト・スペーサの異常の有無 と発錆腐食の状態	

