

産業構造審議会 保安・消費生活用製品安全分科会 電力安全小委員会

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

(第3回)

議事録

日時 2019年11月29日(金) 10:00～12:00

場所 経済産業省別館 310各省庁共用会議室

議題

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
4. 討議

議事内容

○田上課長 定刻となりましたので、ただ今から、第3回令和元年台風15号における鉄塔及び電柱の損壊事故調査検討WGを開催いたします。

本日は御多用のところ御出席いただきまして、まことにありがとうございます。

事務局の電力安全課長の田上です。よろしくお願いします。

委員の皆様の出席状況ですが、7名中5名の方に御出席いただいておりますので、定数を満たしております。

初めに、開会に当たりまして、河本産業保安担当審議官から御挨拶申し上げます。

○河本産業保安担当審議官 皆さん、おはようございます。産業保安担当審議官の河本でございます。

本日は、横山座長を初めといたしまして、皆様、お忙しい中をお集まりいただきましてありがとうございます。第3回のWGの開催に当たりまして、一言御挨拶を申し上げます。

このWG、御存じのとおり、10月31日に電力レジリエンスWGの中間論点整理で、さきの台風15号で鉄塔、電柱が損壊したということを受けまして、鉄塔について技術基準の見直しを含めた検討を先に実施するということを踏まえて立ち上がったものでございますけれども、事故の原因究明、技術基準の適切性、あるいは再発防止策につきまして検討するために、専門的な見地からさまざまな御意見をいただいていたところでございます。

本日は、これまでの皆様の御意見を踏まえまして、事務局の方で中間整理(案)を作成

いたしました。これは、後ほど詳しく申し上げますけれども、簡単に申し上げますと、鉄塔につきましては、地域の実情を踏まえた基準風速の適用とか、あるいは特殊地形を考慮するとか、あるいは平均風速の明確化、そういった技術基準の見直し、それから、電柱につきましては地方自治体等との連携による樹木の事前伐採を推進する、あるいは飛来物の飛来の防止についての注意喚起をする、あるいは無電柱化を推進する、そういった二次被害の防止を内容として盛り込んでおります。

また、今後の予定といたしましては、本日の中間整理の内容を電力レジリエンスWGに報告するとともに、引き続き具体案の検討を進めていきまして、できる限り迅速に実行に移してまいりたいと考えております。

本日は、この中間整理案につきまして忌憚のない御意見をいただきたいと思っております。この中間整理（案）を踏まえまして具体的な制度見直しに移るということを考えておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

○田上課長　　プレスの冒頭撮影はここまでとさせていただきたいと思っております。引き続き傍聴は可能ですので、傍聴される方は着席をお願いします。

ここからの議事進行は、横山座長にお願いいたします。

○横山座長　　皆様おはようございます。本日もお忙しいところを出席いただきましてありがとうございます。

それでは、議事次第に従いまして進めさせていただきたいと思っております。

本日は3つの議題がございます。原因調査、技術基準の適切性、中間整理（案）ということでございます。短い時間でございます。効率的に進めていきたいと思っておりますので、ご協力をよろしくお願いいたします。

それではまず、配付資料の確認、その他事務局の方からお願いいたします。

○田上課長　　配付資料の確認をいたします。配付資料はお手元のiPadで御覧いただけますでしょうか。

資料は、議事次第、委員名簿に続きまして、資料1として、東京電力PGの鉄塔及び電柱の被害発生原因、資料2、資料3、資料4は事務局の資料となっております。

資料5-1と5-2が本日御欠席されている友清委員と中村委員からの御意見となっております。端末が見られない、操作で御質問ある場合は事務局までお申しつけください。

○横山座長　　よろしゅうございましょうか。

それでは、議事次第に従って進めさせていただきたいと思っております。

まず、議題の1番です。東京電力の方から説明をお願いいたします。

#### 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

○東京電力PG（塩川） 東京電力PGの塩川でございます。

それでは、資料1「鉄塔及び電柱の被害状況及び被害発生原因について」ということで御説明いたします。

前回のWGにおきまして電柱を中心に御説明申し上げました。今回は、電柱については、前回宿題としていただいたところについて少し補足で御説明ということで、主に鉄塔の損壊原因の検討について中心に御説明いたします。

では、おめくりいただきまして、まずは電柱の方の話でございます。2ページを御覧ください。これは「沿岸部で損壊した電柱の周辺状況の調査」ということで、前回のWGで松井先生より御指摘いただいた点だと思っておりますが、今回、千葉エリアの海岸付近、おおむね海岸から200メートル以内の倒壊、損壊した電柱を全て調査いたしまして、その損壊したところについては二次被害と我々は判断しておりますが、その周辺の環境が比較的同じようなエリアでの電柱がどうだったかというのを含めて確認いたしました。

3ページを御覧いただけますでしょうか。この調査の概要については、今申し上げましたように、おおむね200メートル、海岸線からの距離の折損・倒壊した全ての電柱、具体的には9カ所14本の電柱が損壊いたしております。ここに記載のとおりでございます。

その内容が、その後、全ての地点がば一っと列記してありますが、まず4ページで御説明いたしますと、右側のところが全体の図でございますが、黄色く塗っておるものが、ここでは0650と3080というところの、これは本柱と支柱ですね。この黄色いものが損壊したということで、これについては、実際の地図でありますとか、海の家がこの近くにあるところの資材が飛来してということで、左側の1番のような形で資材が全部乗りかかってきて損壊したということでもあります。一方で、これに関します近くの3090というところの鉄塔、2番目の左側の電柱については特に何も被害がなかった。このような状況で、近隣で比較的、風という強さにおいては同じような環境であったと思われる電柱に被害がなかったということでございます。

以下、5ページ以降、先ほどの14本の電柱について同様の調査をいたしましたが、同じような形でその周辺のところの電柱については被害出ていないということからしますと、我々としては、この海岸のエリアにおける損壊についても、風直接だけではなくて、二

次被害というものが起因したものと整理いたしました。

ちょっと個別の御説明は省略させていただきますが、少しページは飛びますが、13ページまで飛ばさせていただきます。

これがもう一回まとめでございますが、第2回のWGの報告でもう既に1,996本の調査をしましたとか、あと設備形成、あるいは巡視点検というのは的確にやっていた、あるいは年代別にみても、特段、特異な、どこが集中しているということにはなかった。あるいは、鉄筋が破断したようなところについてその状況を見ましたけれども、中まで浸食しているようなさびということではなかったということで、今回、沿岸部のところで損壊した電柱の周囲環境を調査した結果、同じような、近隣の同じ施設に設置された電柱に被害がみられなかったことから、東京電力PGといたしましては、1,996本の電柱については、倒木建物や損壊や飛来物、地盤などの影響による二次被害であると判断しているところでございます。

以上が電柱のところでございます、続きまして、おめくりいただきまして14ページから鉄塔でございます。

15ページでございます。これは前からお示しているところでございますが、66キロボルト木内線の78、79号鉄塔が台風15号によりまして2基とも北北西側の方に倒壊しているということでございます。この2基は南の風を受ける東西ルートで、6回線の送電線でございます。

16ページからが、その損壊原因を調べるための気象、気流シミュレーションでございます。関東エリア全体をカバーいたしました領域で気象シミュレーションを実施いたしまして、左の下の図にありますように、風向、風速分布を求めるとともに、それをもとにさらに、右側のところにありますけれども、海上、倒壊場所から風上側6キロメートルを領域とした気流シミュレーションを行いまして、地形の影響などを考慮して、どういう形でその鉄塔のところでは風が吹いたかというところをみてございます。

右側の鉄塔のところをゼロといたしまして、そこから南南東側に風上側の方に断面的にカットした断面図というような位置づけでございます、風上8キロメートルのところでは地上50メートルの流入風を1としたときの風がどのように増速されるかというところをあらわしたものでございまして、御覧いただきましても、この77、78が経過している木内線のところについては赤が増速率が高いということで、この赤の部分が非常に地上高が低いところにまで起きているということで増速しているということでございます。

その結果を17ページに整理いたしますと、現地風速を気象、気流シミュレーションより

計算いたしました結果がこの図です。これは南南東の風向がということで、この風向に限りまして、特に77、78で、この下に書いてありますが、縦軸が地上高で、横軸が瞬間風速ということでございますので、この77、78のところにつきましては、鉄塔が位置しているような20メートル、30メートルというあたりのところで、瞬間風速としては70メートルを超えるような大きな風が吹いたとシミュレーションの結果としては出ているということで、ただ、一方で、他のところについてはそれほど大きな、この経過に比べると比較的小さいというような状況でございます。

おめくりいただきまして18ページ。では、なぜこれが増速されたかということについて、地形的な影響から少し分析したものが18ページでございます。

少し左側の絵がみにくうございますけれども、顕著な増速が確認された南南東の地形を分析いたしましたところ、台風による強い風が倒壊鉄塔の風上側の約6キロメートルとか、あるいは2キロメートル、ちょっと小高い丘がありまして、ここで増速されて、さらに送電線の鉄塔の直前のところに急斜面というか、ちょっと山になっている感じでしたので、そこで増速したものと推定いたしているところでございます。

19ページが、今度はシミュレーションの内容のところについてのことでございます。前回も御指摘があったと思いますけれども、動的解析と静的解析の比較というところで、これを載せさせていただいております。

基本的に大部分の解析というのは、送電線、動的な最大応答、静的に求める方法ということで、具体的には、平均風速と風の乱れ、強さのもとに最大応答を求める等価静的手法を使っておりますが、これが動的解析よりいろいろ詳細に模擬した形のものと比較いたしました。

その結果は、78鉄塔、79鉄塔、赤が動的解析、黒が等価静的ということで、非常によく近似されておりますが、この78鉄塔におきましては、動的解析の方が等価静的解析より約5%くらい大きくなっております。

このようなことも踏まえて、20ページのところにまいりまして、鉄塔倒壊のメカニズムでございますが、これは各それぞれ78、79鉄塔の南南東の風が入ったときの応力がこの赤い線でございまして、点線で書かれているものが設計上の降伏点、設計耐力とお考えいただければ。

ただ、このシミュレーションでは、78の動的解析を踏まえまして、赤い線のところについて5%上乗せした形でプロットさせていただいておりますが、これを御覧いただきます

とわかりますように、78の下部のところについては、降伏点を上回るような応力が加わったということでございます。

プロットしているところが、破壊箇所というところがございますが、このところについて、前回のWGで御説明いたしましたように、実際に材料の強度を測定いたしまして、設計よりも、規格値よりも少し大きいところもございますので、これも考慮した点がこのプロットの点でございますが、このプロットの点をも上回る応力が発生した。一方で79については降伏点を下回る応力だったということから、南南東の風におきまして下部の支柱材応力が降伏点を上回り、座屈が発生し、それに引きずられる形で79鉄塔が倒壊したと考えております。

21ページに、今ちょっと口頭で申し上げたことをメカニズムとして私どもとしては推定したということでございます。

あと参考でございますが、22ページにつきましては、南南東の風以外についての増速の状況でございますが、右上が、先ほどのページにもあったような南南東の風でのプロット図でございますが、それ以外につきましてはそれほど大きな、地形的な違いもございますので、大きな増速がみられなかったということ。また、この倒壊した鉄塔の両側の77、80につきましては、同じように降伏点と加わった応力というのを比較いたしますと、降伏点を下回る応力であったということでシミュレーションの結果としてお示しさせていただきました。

私の御説明は以上でございます。

○横山座長　ありがとうございます。

それでは、資料2の御説明を事務局からお願いいたします。

○田上課長　ただ今、東京電力から御説明がありました事故の原因調査や解析作業、これまでのWGにおいて委員の先生方から頂いた御意見と、また事務局でも外部の専門家から御意見を伺いながら事故原因の調査を行ってまいりました。

資料2を1枚おめくりいただき、右下1ページ、事故原因について。東京電力PGから入手しました設計図書や計算書、マニュアル・保安規程、巡視点検の記録、また鉄塔の損壊の状況やメカニズムを調査するために、鉄塔の基礎本体の損壊状況等につきまして、写真等を踏まえながら調査を進めているところです。

2ページを御覧ください。事務局において調査した結果、設計条件に関しまして、鉄塔の設計条件や設計計算書については、鉄塔が建設された当時の技術基準やJECの規定に基づ

いて、40メートルの設計風圧を設定し、各部材の応力が十分あるかどうかを確認したところ、十分な応力があることを事務局でも確認しております。

3ページを御覧ください。巡視・点検の記録に関しましても、倒壊した鉄塔の巡視・点検が保安規程どおりに行われていたことを記録で確認しております。また、倒壊した鉄塔の両隣についても記録を確認しており、こちらも保安規程どおりに巡視・点検が行われていたことを確認しています。

続いて5ページ、右下の写真等を御覧いただくと分かるように、倒壊した鉄塔の下部の損傷状態から、78番鉄塔の下部に座屈が生じていたことが確認されます。また、鉄塔全体の状況も改めて確認し、ボルトの破断と想定される倒壊要因は確認されておりませんので、やはり座屈によって倒壊が引き起こされた可能性が高いということになるかと思えます。

また、6ページ、基礎についても確認しました。柱体部の浮き上がりが少ないことや基礎の底面のコンクリート、いかり型ボルトが破損していないことを確認し、鉄塔の基礎は事故当時は健全であって、基礎が原因ではないことを確認いたしました。

また、送電線による影響の御指摘もありました。倒壊後の送電線の写真を確認しましたが、展望台と一部接触して切断している箇所はありましたが、他の送電線は事故当時、健全であったということを確認しております。

また、78番鉄塔の両隣で電線の長さに2倍の差があって、アンバランス発生したのではないかの御指摘がありましたので、これは更にシミュレーションで確認していきたいと考えております。

8ページ、周辺の倒木の状況を確認いたしました。航空写真で鉄塔の倒壊方向と周辺の倒木の方向が一致しているかどうかを確認いたしました。若干見にくいので、iPadで拡大して御覧いただきたいのですが、右側の白い線のところは矢印になっており、鉄塔が矢印の方向に向かって倒れている状況です。

以上を踏まえますと、鉄塔が倒壊した時点においては、局所的に竜巻が発生したわけではないことが言えるかと思えます。資料中の右から左の方向に強い風が吹いたのではないかと、ということかと思えます。

9ページ、広域の風況シミュレーションでございます。東京電力PGが使用いたしました風況シミュレーションの計算条件や計算結果を事務局でも確認作業をしているところです。

10ページを御覧ください。鉄塔の倒壊メカニズムです。こちらについては、倒壊メカニズムの解析結果を確認いたしまして、78番鉄塔の下部の支柱材について、やはり70メート

ルの風速が生じた結果、風速で座屈が生じる可能性があることを確認しております。今後、このシミュレーションの再評価を行い、送電線のアンバランス性も考慮しながら、改めて評価を行ってまいりたいと思います。

11ページ、まとめですが、鉄塔の倒壊のきっかけとなったものは、やはり鉄塔の脚部の座屈が原因で、基礎の破損や設計・施工の問題ではないと考えられます。基本的には強風が吹いたということが主な原因ではないか、ということでございます。引き続き、シミュレーションの専門家の方も交え、事務局でもしっかりと調査をしていきたいと思っております。

続いて電柱でございます。12ページを御覧ください。こちらでも東京電力PGから設計条件や施工に関する資料を入手し、確認しております。風荷重の設定方法について、安全率が満たされているかどうかを確認しています。

13ページ、これは巡視・点検の記録についても、損壊した1,996本の巡視・点検記録の全てを確認いたしまして、巡視・点検がマニュアル・保安規程に基づいて実施されていたことを確認いたしました。

14ページを御覧ください。先ほどの東京電力PGの御説明では、損壊の原因はすべて二次被害だったということでございます。1,996本の被害原因について、東京電力PGから二次被害と推定されるという報告を受けて、事務局でも改めて確認を行いました。

その結果、我々として、20本の電柱については、エビデンスが特定されていないとか根拠がどうなのかという疑念がございましたので、外部専門家のお力もお借りして、引き続き調査をしたいと思っております。

具体的な例として15ページで御紹介いたしますと、東京電力PGの現場調査票においては、この左側の電柱は、隣接する家屋の屋根と壁の損壊に由来する飛来物による折損が原因となっておりますが、関東産業保安監督部が現地調査を行ったところ、電柱は根元から折れているのが確認できまして、これで本当に飛来物によるものなのかどうかはもう少し精査が必要ではないかと事務局では考えております。こちらについては、引き続き専門家の御意見をいただきながら調べていきたいと思っております。

17ページからは関東産業保安監督部による立検の実施状況でございまして、手前味噌ではありますが、専門的な知識を有する職員が巡視・点検記録の書類をしっかりと検査をし、東京電力PGの保安体制を把握し、損壊した鉄塔の状況を確認したところです。同様に、17ページ、電柱についても、書類だけの検査ではなくて、実際に東京電力PGの方が巡視・点

検を行っている現場に立ち合わせていただき、保安規程どおりに巡視・点検が行われているかどうか、体制についても確認したところです。

18ページからは現地調査に行ったときの先生方のコメント等を載せておりますので、割愛させていただきます。事務局からは以上になります。

○横山座長 ありがとうございます。

それでは、本日は友清委員、中村委員が御欠席でございまして、コメントをいただいておりますので、資料5-1、5-2のコメントを御紹介ください。

○田上課長 続きまして、資料5-1、これは友清委員の方から、議題①、鉄塔・電柱の損壊事故の原因についてコメントを4ついただいております。

風況シミュレーションの検討範囲が鉄塔損壊、倒壊場所から風上側の6キロになっておりましたが、シミュレーションの領域の妥当性について検証した方がいいのではないかと。風上側6キロよりも遠くにある起伏にある地面が風速や風況の乱れに変化が生じる可能性があるのではないかと。また、広域の数値解析領域からの流入風の特徴はどういったものだったか。風速の変化や風況の乱れの特徴を十分に考慮されているのか。3点目として、倒壊鉄塔の動的応答解析の結果が準静的解析の結果を上回った原因は何か。最後、動的解析及び準静的解析の風荷重の設定、特に鉄塔の鉛直方向と水平方向の風荷重の分布などについてもしっかりと検証すべきではないか、というコメントをいただいております。

続いて5-2、中村委員からのコメントでございまして。議題①に関しましては、2点いただいております。鉄塔について基礎部分のコンクリートの破壊状況からコンクリートの割裂が鉄塔の倒壊時の過大な変形に伴って生じたこと。鋼材も基礎コンクリート中に定着されたままであるので、コンクリートの割裂破壊は鉄塔倒壊の原因ではないと考えるということでございます。

ただ、一部の部材の座屈に起因して鉄塔が即座に構造体として倒壊するのか、あるいはある程度の余裕度があるのかを非線形解析を用いて、鉄塔の構造体としてのロバスト性、冗長性を確認する必要があるのではないかとといったコメントをいただいております。

事務局からは以上です。

○横山座長 ありがとうございます。

それでは、議題1の鉄塔及び電柱の損壊事故の原因調査についてというところで、まずは皆さんの方から御質問、御意見をください。よろしく願いいたします。

それでは、松井委員、お願いいたします。

○松井委員 詳細な原因調査や計算結果をみせていただき、よく理解できました。その中で、まず電柱についてですけれども、現状においては、海岸付近で風速のみによる被害というものは特定することは少し難しかったというお話ですね。ということは、従来の設計、今回、気象官署で観測されている風速は設計基準の40メートル毎秒に比べるとかなり低い風速しか観測されていないので、そういう中で鉄塔が飛来物や倒木や地盤の変状によるもの以外で壊れた例ははっきり見つからなかったと。

ただ一方で、田上課長の方から、疑問の残る点も幾つかあったということだったので、その辺を慎重に評価して、鉄塔の安全性を検討していく必要があると思うのですね。その際に、電柱の耐力ですけれども、耐力自体は前回のWGの際に工場生産できちっと管理されて生産されていて、かなり余裕度もあるという話を伺っています。ということで、その耐力の方はある程度数値が押さえられるであろうと。それから、設計条件につきましても、電柱で配電する際には、何本そこに電線を通してどのくらいの受風面積になるかということはきちっと評価されていらっしゃるということで、その結果が海岸付近でそんなに飛来物がない状況では被害が起きなかったということにつながったということだとすれば、実際に被害が起きてしまった箇所が1,900カ所あるわけですから、その1,900カ所全ては無理かもしれないですけれども、可能なものについては、どういう想定であれば電柱のポールの耐力を上回ることになるのかということが評価可能ではないかと思うのですね。

例えば具体的にいうと、飛来物がかかって、このくらい受風面積が増せば実際にポールの耐力に達してしまいますよという計算はできると思うのですね。そうすると、今後、例えば同じような災害が起きるときに、どのくらいの飛来物が想定されるかということのある程度想定することもできるかもしれないということで、今後のこともありますので、そういった耐力を押さえた上での風力係数の逆算であるとか、それから、健全なものについては風速を逆算していただいて、例えば海岸線のものについては設計条件とポールの耐力から風速何メートルまで倒壊しないという計算はできるはずなのです。そうすると十分な余裕をもっているというようなことをきちっと示せると思うのですね。そのような観点からの評価ができればしていただきたいと思っておりますけれども、いかがでしょうか。

○横山座長 お願いします。

○東京電力PG（塩川） ありがとうございます。

まず1点目のところで、今被害があったところについての、例えば飛来物の大きさとか

倒木の重さ、前回のWGのときに、これは全く仮説の話で、倒木すると、その倒木そのものの重量とそれに伴う受風面積がふえるということで、幹が何センチのもの。これも仮説で、どのぐらいになると、いわゆる設計耐力、安全率が2ということを前提でやっていますので、そこは、飛来物では、面積さえ規定すれば多分できるかなと思っています。

それと、逆に健全なものについては、要は安全率が2だということを前提に、40メートルの設計で安全率2ということを考えると、風速でいうとルート2倍までの風については基本的に耐えられると。ちょっとざくっといってしまうと。ただ、当然、製品の一番の最低の値がその規格値ですので、実際の電柱はもう少し裕度を、ある意味ばらつきがある形で裕度があると思うので、必ずしも、今、ルート2ですから五十何メートルになるのですけれども、それが吹いたからといって倒れるわけではないのだけれども、そこになると基本的には、今の技術基準上は設計値を超えるような応力が加わるということは推測できるかなと思っています。

○松井委員　その計算の際には是非、いろいろな計算方法があるのですがけれども、最新の知見も考慮して評価するとか、そのようなことも考慮してください。例えばガスト影響係数がどうなるかとか、そういったようなことでございます。

○横山座長　ありがとうございました。

では、石川委員、お願いいたします。

○石川委員　同じく海岸線の調査をされたということで、実際、14本の何らかの被害があったわけですが、海岸線から200メートルに限って見た場合の全体の実数どれぐらいに対して14本ということでしょうか。

というのは、結局、海岸線は海から直接風が入ってくるので、内陸よりも風が相対的に強くなっていると考えられ、その強風の状況の中でもほとんど倒れていないというような、逆にいうと、風で特にそういう被害がないというようなところの実証的な数字にもなってくるのかなあとちょっと思いまして、実数と、それに対して、14本がこういう理由で減少が説明できるといえれば、風以外の原因の可能性が高いなあと判断できるのではないかなと。そのように思いましたが、いかがでしょう。

○東京電力PG（塩川）　申しわけありません。今の段階で海岸線の200メートルのところは何本あったかというところについては、数としては押さえておりません。おっしゃるように、それが分母で、14本が分子ということになろうと思いますけれども、ただ、多分、200メートルでこうやったときの、千葉の房総半島の全体の面積って結構広いので、意外に、

要は1,996本中の14本というのは0.1%以下、0.00何%ですけれども、200メートルでずうっと面積出すと、どっちかという千葉県全域の面積という感じの方が多くなってしまいかもしれないのですけれども、だから、そこで電柱がどのぐらいあるかというのが、その面積比であると、ただ、山の方はないからということでもありますけれども、ちょっと実数をみた上で、今、先生御指摘のように、比較的風が一般的に強くなる場所での全数に対する損壊比率というのが、低いというよりはほぼ、他のエリアのところについてとそれほど有意な差がないということがあれば、今先生御指摘いただいたように、やはり風だけというところについての原因での損壊というところが結果としては出てこないのではないかと、一つの間接的な証明にはなるかなと思いますので、ちょっと数字は、今、申しわけない、手元にないのですけれども、その数値を出した上で少し比較計算してみたいと思っております。

○石川委員　　お願いします。

○横山座長　　それでは、木本委員、お願いいたします。

○木本委員　　シミュレーションの結果をみせていただきまして、大まかにいうと、割とつじつまが合っているものだなあという感想なのですが、まず、この資料1の17ページに図が出ていまして、概況を大まかにシミュレートしてから現場近くをもっと細かにやったということですが、ちょっとテクニカルになって申しわけないですが、この細かい方のやつは気温の鉛直安定度とかも考慮できるようなモデルなのでしょうか。

　　何で聞いているかという、丘のてっぺんで流路が縮まって風速が増えたみたいな感じのシミュレーションになっているのですけれども、その増え方というのは鉛直安定度で結構、フルード数とかいいますよね、変わるのではないかなと思うのだけど、そのあたりはどんな感じのシミュレーションですか。

○東京電力PG(説明補助者)　　主に局所的な地形の影響の増速部分を計算していまして、気温のところは案には入っていません。

○木本委員　　それは結構です。それで、ちょっとすみませんが、役所の方のつくっていただいた資料2の9ページには、シミュレーションの結果とアメダスの観測所の結果の比較が載っていて、これもまた、見事によく合うものだなあと思って、合っているからいいのですけれども、ですけれども、これはアメダスの10分平均に対応する値がプロットしてあって、それが合っているということで、最大、木更津の場合は20メートルか30メートルいかにいくらの風ですよ。

片や、資料1のさっきの17ページの次の18ページには、78鉄塔あたりでは高さ10メートルでも70メートルを超えるということで、これは瞬間風速に当たる数値ではないかと思いますが、シミュレーションの中でアメダスと合っているのは、合っていないより合っている方がいいと思うのだけど、瞬間風速とか、その場所のローカルに地形の影響をシミュレーションで評価するときの入力の風速とか、それを幾つにするかで、荷重なんかはその風速を使って計算するのでしょうか、これは鉄塔の回りでは風速はかられていないので、かなり幅があって、その設定によって数値の評価のぐあいが変わってくるのではないかなあと思うのだけれども、数値をどれぐらい変えるとどれぐらい振れるとか、そのあたり、もしおわかりでしたら教えていただきたいのですが。

○東京電力PG（塩川）　　今先生御指摘の、特にこれは、観測所での9ページのところについては、合っているというのか合っていないのかというのは非常に微妙なところですが、今先生おっしゃったように、10分間の平均であったりとか、あと、結構観測所のあたりのところについても、回りの、例えば10メートルくらいのところだと、もしかすると家屋というか、建物とかそういうところまでの影響というのは入っているか入っていないか、これはシミュレーション上はそこまでは、多分、一個一個の建物みたいなところまでちょっとできていないところがありますので、我々としては、いろんなところのアメダスの観測所のところについての気象シミュレーションの結果と少し整合どうかなというところをやったのですけれども、風向なんかは比較的時間軸として合っているなど思っているのと、アメダス、風速についても、計算上のところでは、本当に平らなところであればこういう風が吹いたのかなあというところの、ちょっと傾向的なところだけがとれているところがございます。

一方で、この気流シミュレーションの方についてはかなり細かく地形を入れさせていただいて、先ほど友清先生からも御指摘があったのですけれども、8キロのところは今入れているのですけれども、例えば2キロぐらいのところから風を入れてみるとほとんど増速しないとか、そういう傾向は、やはりこの丘があるところが細かくシミュレーション出ていますので、そういう意味では、17ページでの、平均風速がどのぐらいだったというのがこちらで気象シミュレーション的なところを使っていて、それに対して気流シミュレーション、平均風速というか、それとあと乱れを出しているということですが、それに対して増速というのを気流シミュレーションで出しているということで分けてやっていますので、そういう意味では、気象観測所でのうまく合っているか合っていないかという

ころはなかなか判断が難しいところですが、17ページのところについては一定の確からしさはあるのではないかなと弊社としては考えているということでございます。

○木本委員　結構なのですが、私のいたかったのは、気象観測所レベルで10分平均だと、この9ページの図は、我々からするとすごくよく合っているのですよ。けども、国民目線からいいますと、そんなにきちっと風速がわかるのだったら対策しろよということにもなりかねない。けども、資料2の9ページの図は概況を大まかに説明できる条件を整えた上で、資料1の18ページのやつは、実際に倒壊した原因を探るためにその条件を若干振ってみて、それで、気象観測所と比べるときは10分平均でやるけれども、局地的な風速の解析をするときには瞬間風速のことも考えて、少し大き目の数を入れてやったから、78と79の違いが出たりしたということであって、最初からそんなに細かくわかるのだったら対策をしろよということにはならないのですよねということを確認したかったのです。

○東京電力PG（塩川）　おっしゃるとおりで、これもどちらかというと気象シミュレーションの結果等をもとに、基本的に、今日資料2の9ページで我々シミュレーションしたところですが、これはあくまでも実証の終わった後の気圧とか全部データがある程度観測点のところであるように、それに合うようなピッチングをやっていますので、逆にいうと、それに合わせた風の吹き方というのが、あるいは風向というのもそれをもとにチューニングしてこの気象シミュレーションという結果が出ている。それは全部の地点がないわけなので、もし観測所がたくさんあれば、その数値そのものでやればいいのですけれども、限られた中でチューニングしています。

ですから、逆にいうと、こういうところは比較的よく合うというのは当然といえば、先生が今御指摘のように、よく合ったというのか、合うようにというのか、もともとの気圧の分布の推移とかいうデータがある程度とれているので、それをもとにシミュレーションしています。それで、御指摘のように、本当に鉄塔という局所のところについては、その局所の地形というところの分析ができるので、先ほど先生おっしゃった瞬間風速的なものも入れ込んでシミュレーションした結果、こういう結果になったということでございます。

○横山座長　ありがとうございました。それでは、他に。

松井委員、お願いいたします。

○松井委員　まさに今の木本先生の御質問はすごく大事なところで、平均風速と最大瞬間風速、それぞれをどのように考えるのかという問題もあると思います。具体的に申し上げますと、鉄塔の動的応答解析をする上では、平均風速がどのぐらいの強さで吹いて、一

定の傾きをもって、そして、その上で動的な成分がどのぐらいの変動成分で鉄塔を揺らしているかと、送電線を揺らしているかと、そのようなことを総合的に計算されたのだと思います。

最新の計算方法を使えばかなりのことがわかってくるというようなことで、非常に計算された内容としては豊富なものが含まれていると思いますので、学術的にと申しますか、エンジニアリング的にと申しますか、そういった一つ一つの要因がどういう作用をしているかという知見が非常に重要になってくると思います。そのようなことをやはり今後、安全性の検討とかに反映できるのではないかと強くこの結果をみて思いましたので、是非そのようなことを分析していただきたいし、今後もそういう方向に向かって検討していくべきかなと思います。

○東京電力PG（塩川）      ありがとうございました。私どもの資料のところ、社内の検証委員会で今検討している内容を今日、途中段階ですけれども、その社内の検証委員会が終わったまとめの中ではもう少しいろいろなバックのデータとか、今日経済産業省が書いていただいたようなところも含めてもう少し詳細な、さらにいうと、今先生がおっしゃったように、今後の対策とか、あるいはいろんなシミュレーションの精度を上げていくということも活用できるような形で、そのようなものをちょっと目指しているような資料のまとめなども工夫してまいりたいと思っています。

○松井委員      その際に、例えば風の要因というのは、地形というのが複雑であったり、その地形の表面の扱いをどうするかといったような条件が非常に複雑で、不確定要因が入りやすいものなのですね。さらにその中で瞬間的な風速を計算するというのは非常に難しいと思います。今回、最大瞬間風速を評価することができているのですけれども、これは実際に非定常な計算をされて、そういった瞬間的な風速がちゃんとフォローできるような計算をされているのか、それとも統計的に推測したものなのか、そのあたりの細かいところ、特に風の乱れがどうなるかということについては予測が非常に難しいのです。数値シミュレーションを使っても、かなり限定した条件で、限定した範囲でしか評価できない可能性も高いという中で、例えば他の鉄塔の78と79ですよ。今回、78の方で高い風速が出てきましたけれども、79の方の風上は砂の採石場とかがあって非常に地形が急激に変化しているような場所があったりしますので、そういうところで風が、流れが剥離してせん断層が出てきて、そこで非常に乱れの強い気流が生成されたりして、それが鉄塔に当たったりするとか、いろんな複合的な要因も、実際どうかわからないのですけれども、イメー

ジすると考え得ると。

その中の一つとして、先ほど木本先生がおっしゃったような非静水圧条件を考えると、ハイドロリックジャンプのような現象も考えられるかもしれないという、そのような分析を細かくしていただいて、わけのわからない現象ということではなくて、きちっとした評価をしていただきたいと思います。

○東京電力PG（塩川）　どこまでできるかわかりませんが、要は、解析シミュレーションの中でちゃんとわかっているというか、確度の非常に高いものと、あるいはここについてはかなり推定というか、あるいはこういう一般的なものでやりましたというところも少し明確にした形で、すぐに、今先生おっしゃった乱れの部分とか、何が絶対正しいのかというのが仮にないとする、そういうものをどうやって今後、場合によるとデータを蓄積していくとそういうものが少しでもわかってくるのかどうかというのを含めて、今、一般的にも非常に確実性の高い前提条件と、少し推測しているところというのは明確にしたような形で、できるだけ整理したいと思っております。

○横山座長　ありがとうございました。今、友清委員のコメントの乱れの部分の関連する御質問だと思いますが、友清委員の後半の2つの動的応答について、何かコメントありましたらお願いしたいと思います。

○東京電力PG（塩川）　友清委員の、なぜ動的応答が静的を上回ったかというところについて、これも、こういうケースだと絶対上回るとかというのが正直申し上げられなくて、当然のごとく、動的解析ですと時刻歴で変動風をいろんなところに当てて時々刻々重ねていくというやり方でやりますので、いってみるとタイミングという感じのところ、上回る可能性もあるのかなあと思っておりますが、一方で、5%というのをよく合っていないのか合っているのかというのはちょっと難しいなと私は思っておりまして、比較的よく合ったという面もありますけれども、ただ、今回の、特に78の方については5%ぐらい、特に今回、損壊したというか、座屈した下部のところについて比較的、5%ぐらい誤差があるということなので加えたということですが、これを大きな誤差と考えるかというのはなかなか難しいのですけれども、動的でやっているときとのタイミングというところの差があるのかなと思っております、まだ、正直いうと、そここのところについて、なぜこういうことになるのか、あるいは、一方で79についてはわずかでありませけれども、動的の方が少し低くなっているというところもありますので、ここぐらいの差のところについてはまだ十分な検討ができていないというのが正直なところでございます。

○横山座長 ありがとうございます。先ほどのタイミングというのはその次の御質問にありました位相差とかそういうところの話ですね。

○東京電力PG（塩川） そうですね。

○横山座長 ありがとうございます。

それでは、石川委員、お願いします。

○石川委員 同じその資料の19ページの動的解析と等価静的の比較の横軸と20ページの横軸の大きさが違うのですけれども、これは自重とかそういう分を最終的な20ページのところには加えた実際の発生応力という意味合いでしょうか。

○東京電力PG（塩川） 20ページの方については、今回の、実際に計算して、風況、気象シミュレーションでやった結果でどうなるかというところを、実際の値を入れたものでございまして、19ページというのは少し前の段階で、そのシミュレーションが全部できる前に一つ的前提を置いて仮説で入れたもので、風というか、応力計算をしたものということで、その横軸が違っているということでございます。

○石川委員 わかりました。では基本、等価静的風荷重というのは動的応答解析と等価になるような評価を設計ベースで落とし込むために簡略化しているということで、そういう意味では、非常に簡単なのだけれども、複雑な現象をある程度簡易に評価できるということで、19ページで、その等価静的が動的応答解析とほぼほぼ対応するということを確認したうえで、それ以降は全て等価静的を用いて評価したということですね。

○東京電力PG（塩川） そのとおりです。私自身が解析していないのですけれども、動的解析というのは相当、1ケースに時間もかかりますので、他のいろんなケースではちょっとできないということもあまして、等価静的で解析しているのですけれども、その上で等価静的というのは改めて、もともとこれを使っているということは正しくなるだろうということが大前提で一般的に使われているものなのですけれども、それが確からしさを改めて確認して、逆にいうとこの程度の誤差ということで、等価静的も非常に精度高いということを確認したということでございます。

○石川委員 わかりました。ちょっと混乱していて、最終の結果も、動解、なぜやらなかったかなあというところもあったりしたので、そういう手順を踏んで、最終、こういう評価になったということですね。

○東京電力PG（塩川） はい、おっしゃるとおりです。

○横山座長 ありがとうございます。他によろしいですか。

ありがとうございました。それでは、引き続き東京電力PG様におかれましては、今回の議論を踏まえまして、次回のWGでまた追加の検討結果を御報告ください。よろしくお願いいたします。

それでは続きまして、議題の2でございます。事務局より資料3の説明をお願いいたします。

## 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

○田上課長　それでは、事務局から資料3を御説明したいと思いますが、一部文字化けしている箇所がございました。先ほどフォルダーに新たに格納し直しましたので、そちらを御覧ください。

1 ページおめくりください。今回、「事故原因を踏まえた現行の技術基準の適切性について」、先生方に御議論いただきたいと思っております。

先ほど東京電力PGから御報告のありました鉄塔の倒壊、電柱の損壊原因や最近の自然災害の頻発化、激甚化を踏まえまして、鉄塔や電柱の技術基準で風圧荷重の数値、この40m/sを、地域の実情に応じた風の強さをどのように考えていくべきかについて御議論いただきたいと思っております。

1 ページおめくりください。2 ページですが、先ほどからの説明にありますように、倒壊した鉄塔は現行の技術基準で求めている風圧荷重を満たす設計とはなっていましたが、特殊な地形による突風で当初の設計の強度を大きく上回る荷重が発生して、先に78番の鉄塔が倒壊して、それに引っ張られる形で79番鉄塔が倒壊したと考えられます。

この事故を踏まえまして、鉄塔の設計においては地域の実情を踏まえた風速の設定や、今回新たに判明した特殊な地形についても考慮するよう、現行の技術基準を見直してはどうかというのが事務局からの提案でございます。

また、今後、台風等の自然災害の激甚化も予想される中、技術基準の風速40メートルの風荷重の考え方について、明確になっていない10分間平均を明確にしてはどうかというのが提案でございます。

3 ページ、この技術基準の40メートルの考え方、これは前回の資料をそのまま使用しております。電気学会の技術規格、JECに基づいて行っているものです。

4 ページ、台風で局地的に強められる特殊箇所についても、平成3年台風第19号の鉄塔の倒壊事故を踏まえ、山岳部や海岸周辺の特殊箇所など3つを特殊地形として明示してお

ります。

5ページ、その特殊地形の具体的な絵を載せております。また、他の制度で地域風速をどのように使っているかについて、前回お示ししましたが、洋上風力の技術基準では建築基準法の基準風速を使っております。

基準風速の考え方については、7ページを御覧いただきたいと思いますが、外国では基準風速の設定で地域別の風速や観測値を用いているところが多くなっており、ハリケーンが襲来する米国や、オーストラリア、台湾などでも地域別の基準風速が使われております。また、国際規格であるIECでも地域別の基準風速を適用することになっております。

また、今回、鉄塔の倒壊のときの気象条件について、シミュレーションを行っていただきましたが、より精緻に気象情報を把握していくことが重要かと考えておまして、既存の気象庁の観測所の情報だけでなく、例えばですが、鉄塔への計測機器の設置、センサー等を設置して、より高度な気象情報の収集、解析が必要ではないかと考えております。既に一部、九州電力では、1991年の台風を踏まえまして、鉄塔のてっぺんに風向風速計が設置されております。こういったものを参考にしながら、より多くのデータを収集してはどうかと考えております。

また、電柱の技術基準の適切性について、事務局からの提案として、9ページを御覧ください。台風15号では、1,996本の電柱が損壊しましたが、倒木や建物の倒壊によるものが74%、看板等の飛来物によるものが14%、土砂崩れによる影響は12%と、二次被害が原因とされるのが大半でございます。

現時点では直接的に風で倒れたと断定される電柱はないので、まずは地方自治体と連携しながら、樹木の自然伐採や飛来物の飛散防止に関する注意喚起、あとは無電柱化の推進といった二次被害対策をまずは強力に進めていくべきではないかというのが御提案でございます。

技術基準の見直しにつきましては、引き続き原因が特定されていないものの損壊原因を究明する中で、あとは鉄塔に関する技術基準の見直しの方向性等も踏まえて検討を行っていかなくてはどうかということが電柱の技術基準の見直しに関する提案でございます。

10ページから各電力で、二次被害対策としてどういうことを行っているかということでございます。事前伐採、あとは飛来物の飛散防止としてマスメディアの活用や自社でのSNS等の活用、また配電線のルート変更や電柱の連続倒壊防止のために支線を張っていらっしゃる等の取組があります。取組を行っているところと行っていないところもありますので、

特に倒木の事前伐採のところは東北、中部、北陸の一部でやっているところがございますが、こうした取組をしっかりと広げていただきたいと考えています。

11ページ、地方自治体と連携した計画伐採ということで、配電設備の周辺の木について、事前の計画伐採を中部電力と岐阜県がされている事例、愛知県、長野県が今やっているという状況でございます。

12ページは二次被害対策の事例として、台風が接近されるときに、スマホのアプリで、プッシュで通知をしたり、SNSで飛来物対策をお願いする等がございます。また、チラシなどを配布して地方自治体や農協などから周知するという事例もございます。

13ページ、配電線のルート変更のところは、もともと森の中を通っていったのを幹線道路沿いにつけ直したという事例でございます。

14ページが連続倒壊の防止ということで、一定間隔ごとに支線を張っている沖縄の事例でございます。

15ページは各電力の取組をまとめたものでございますが、16ページ、台風15号で配電設備の損壊によってどれくらい停電の影響があったかを試算したものでございます。鉄塔の倒壊では、約11万軒の停電が発生いたしました。電柱の方も、これはあくまでも一定の条件で平均を試算したのですが、今回、電柱の損壊事故で変電所と変電所間の配電線が複数箇所損壊してしまっていて、この1配電線当たりで大体1,300軒の停電が発生いたしました。

これはあくまでも平均でございますので、配電線の状況によってはもっと多いものもあれば短いものもあるということです。

事務局の方から技術基準の見直しの方向性について御提案させていただきましたので、是非御議論いただきたいと思います。

○横山座長　　ありがとうございました。本議題につきましても、欠席されております中村委員から御検討いただいておりますので、資料5-2の御説明をお願いします。

○田上課長　　中村委員から、技術基準の適切性について、鉄塔と電柱について御意見をいただいています。鉄塔のところにつきましては、設計時の想定を超えた外力が作用する場合を想定して、一部の部材が限界値を超えても倒壊に至らないようなロバスト性、冗長性のある構造についても考えるのがいいのではないかと、この御意見をいただいております。

電柱については、二次被害が原因と確認できれば、技術基準の見直しではなくて、二次被害対策を主として進めるのがいいのではないかと、といった御意見をいただいています。

以上です。

○横山座長　ありがとうございます。それでは、皆様から御意見、御質問ありましたらお願いしたいと思います。

木本委員、お願いいたします。

○木本委員　まず最初に質問ですが、基準風速というのは鉄塔にも電柱にも一様にかかっているものだと考えてよろしいですか。今の場合、鉄塔についてはちょっと考える余地があるのだけれども、電柱については二次被害がほとんどだしという感じですが、一様にかかると考えてよろしいですか。

○田上課長　これから、基準風速をどうするかというところですが、それぞれの地域の風がどうなのかというところは、まず、過去の気象データも踏まえて改めて整理した上で、それは鉄塔だけに適用するのか、それとも電柱まで含めてやるのかとはまた御議論だとは思いますが。

○木本委員　検討の余地はあると。それで、特に鉄塔については倒れていますしあれですけれども、ですので、御提案の10分平均であることをはっきりさせるというのは大変大事なことではないかと思うのです。ついでに、それは気象庁でいうところの10メートルの高さの風速だというのもいった方がいいような気がします、余り細かいことを省令に書くのもあれかもしれませんが、で、要するに10分平均と最大瞬間の区別をつけるということ。

それから、安全率が1.5だというのも別に決まったことではないと思いますし、今回の場合も、木更津で30メートル弱の10分平均でも、現場のことを考えると、ひょっとしたら70メートル吹いていたかもしれないと。そうすると、2倍以上ということになっているわけですね。そのあたりも検討の余地があるのではないかなあと思いました。

○横山座長　ありがとうございました。他にいかがでしょうか。

松井委員、お願いいたします。

○松井委員　木本先生のおっしゃることに賛成ですけれども、基本的に建築学会では、先ほど御紹介いただいた標準状態という考え方、これはWMOで国際的にも一応考え方は統一されている内容で、開けた場所における地上10メートルにおける10分平均風速という定義がありますから、それとすり合わせるのが一番すっきりするのではないかと思います。

それから、また安全率のことに関連するのですが、鉄塔の構造物としての性質ですね。世の中でいろいろなものの耐風設計がされていますけれども、例えば建築物であると、建

建築物というのは柱がたくさんその階にあるわけです。そのときに、設計する場合にどの一本が壊れてもだめだというようなことで設計しますから、例えば1本だけ柱が壊れても何とか耐えるような状況にはあるわけですね。

ところが、鉄塔や電柱というのは、構造力学的にいうと不静定次数の非常に低い構造物で、どこか1カ所やられるとばたっとやられるということで、そういった構造物としての性質も考慮して全体の安全性を評価していくことも考慮に入れるべきかなと考えます。

○横山座長　　ありがとうございました。

それでは、石川委員、お願いいたします。

○石川委員　　6ページに地域風速の適用事例というところがありますけれども、技術基準の風速40メートルに対応する風圧加重に対しては、基本、安全率を1.5でというような形でセットで今まで規定されてきていますので、この風速と6ページのような建築基準法の基準風速の意味合いというのは基本的に大きく異なると思います。こちらの方は基準風速が一応再現期間50年で、粗度2の風速ということで、実際には粗度の補正をしたり、それから構造物の応答のガスト影響係数などがかかってきてというようなところがあるので、単に安全率1.5というようなところとこちらの基準風速とを同じ土俵で比較するのは多分よくなくて、そのあたり、十分注意しておかないと後々本当におかしな話になってきます。今の知見だと、素読分や高さに応じて乱れがこれくらいでしょうとか、それを実証する観測事例蓄積もありますので、そういった新しい知見や技術を反映できるような体系というのをきちんと考えておいた方がいいと思います。

だから、従来というか、現行の技術基準の風圧荷重についてはその考え方を明確にするというのは必要かもしれないですけども、それと同じような考え方で基準風速を扱っていくところは少し慎重に議論しておかないといけないかなとは思いました。

○横山座長　　どうもありがとうございました。他にいかがでしょうか。

○石川委員　　すみません。あと1点よろしいですか。

○横山座長　　どうぞ。

○石川委員　　あと、観測の話が出ていたかと思います。これは恐らく実施するとなるとかなり費用とか初期コスト、メンテナンスコストなどがかかってくると思いますけれども、そのあたりの費用対効果というところの視点も踏まえて、過去の事例などをレビューし、どういった効果があったとか、これを行うことによってうまく安全性を向上させたかどうかというようなところを十分精査しておく必要があります。費用だけかかって、うまく活

用できなかったとか、そういう話になると思いますので、そういったところも少し慎重に議論いただくのがいいと思っています。

当然、こういう情報があると、いろんな面で学術的にも幅広く防災というような捉え方をしたときにはいい面がすごくあるかなあとと思いますけれども、今回の事例を踏まえてこういうことをアクションとして起こすに当たってはそういった費用対効果の議論も十分していただきたいなと思います。

以上です。

○横山座長 どうもありがとうございました。他に御意見、御質問ございましょうか。

それでは、熊田委員、お願いします。

○熊田委員 資料5-2の、今日いらっしゃっていない中村先生のコメントのところちょっとわからなかったのですが、もしどなたかお答えできれば聞きたいなと思ったのが、議題2の(1)、鉄塔について、「設計時の想定を超えた外力が作用する場合を想定し、一部の部材が限界値を超えても倒壊に至らないような、ロバスト性・冗長性のある構造設計についても考えるのがよい」と書かれているのですけれども、これはどういうことを、いや、私がわからなかったのは、一部の部材が限界値を超えても倒壊に至らないというのは、要は、鉄塔の中、例えばどこか腕がもげてもいいからとか、そのようなことを考えていらっしゃるのでしょうか。倒壊に至らないようなロバスト性というのが一体どういうことを想定されているのか、よくわからなかったのですけれども。

○横山座長 それでは、事務局からお願いいたします。

○辻井課長補佐 先ほどの松井先生からコメントいただいたようなところとも似ているところがあるのかなと思っておりまして、まさにおっしゃっていただいたように、一部の部材が限界値を超えた、例えば折れたとしても、ある程度たえ得るような構造設計とかになっているのかどうか、それについて考えてみてはどうかというような御示唆をいただいたものだと思っております。

○横山座長 ありがとうございます。他にいかがでしょうか。

オブザーバーの皆さんもよろしゅうございましょうか。

それでは、どうもありがとうございました。いただきました御意見をもとに引き続き検討させていただきたいと思います。

続きまして、議題の3でございます。中間整理(案)でございますね。それについての御説明を事務局からお願いいたします。

### 3. 中間整理（案）について

○田上課長　ありがとうございます。これまで、11月に3回にわたって精力的に御議論いただきました御議論のまとめを「中間整理（案）」として事務局で御用意させていただいておりますので、委員の皆様にご議論いただきたいと思っております。

中間整理（案）の構成としては、本WGの位置づけ、台風15号の概要、鉄塔・電柱の損壊事故の概要に加えて、事故の原因、技術基準の適切性ということでございます。

1 ページおめくりいただき、右下3 ページを御覧ください。本WGの位置づけでございますが、今年9月に上陸した台風15号で東京電力管内の鉄塔2基の倒壊事故や電柱の損壊・損傷事故が発生して、電力レジリエンスWGで鉄塔・電柱の技術基準の見直しを含めた検討を行うことになりましたので、ここにお集まりの先生方に、損壊事故の原因や現行の技術基準の適切性、再発防止策について御議論いただいたということです。

4 ページは、電力レジリエンスWGの中間論点整理でございます。

電力レジリエンスWGの委員から頂いたコメントを5 ページに載せております。

6 ページが全国の鉄塔・電柱の数と費用ということで、全国に鉄塔が24万基、電柱は大体2,200万本でございます。

台風15号でございます。右下8 ページです。今回の台風15号の特徴としては、昨年台風21号と比較しても気圧の傾度が大きくて、中心付近で記録的な強風となり、東京電力管内で建物被害が約9倍、がけ崩れも約6倍といった被害が発生しております。

風について申し上げますと、関東地方を中心に19カ所で最大風速の観測史上1位を更新し、19地点で観測史上1位の記録を更新いたしました。

9 ページ、台風のこれまでの変化と将来予測でございます。気象庁の統計をみますと、過去の台風の強さを比較すると、長期的な変化は見られない状況です。左側の図でございますが。一方で、前回、気象庁から御報告いただきましたように、国連のIPCCの報告書では、世界全体で熱帯低気圧の最大風速や降水量が増えるとの予測もございます。また、北西の太平洋で強い台風の増加の可能性が示唆されております。

10ページから鉄塔・電柱の損壊事故の概要でございます。9月9日の2時55分頃に、東京電力PGの木内線の鉄塔2基が倒壊し、約11万軒の停電が発生いたしました。電柱につきましても、1,996本の電柱が損壊・折損・倒壊・傾斜いたしました。その被害の多くは、右側を御覧いただくとお分かりいただけるように、台風の進路の東側の山林部に集中してお

ります。

損壊の原因ですが、東京電力PGから御報告をいただきましたものを本WGの委員の皆様にご議論いただきながら、また事務局でも外部の先生方から御意見を聞きながら事故の原因を調査している状況です。

15ページから資料2の方で説明したものとかぶりますが、事故原因の調査について事務局で設計や保安規程に基づく点検を行いました。

16ページは損壊事故の原因ということで、倒壊した78番鉄塔付近で局地的に風が強められたと。地形の分析の結果、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、送電線の手前の急斜面で更に増速した可能性を記載しております。

17ページ、電柱の損壊事故の原因ということで、東京電力PGのマニュアルや巡視・点検記録、保安規程なども確認させていただきました。

事故の原因については二次被害ということですが、先ほど申しましたように、20本の電柱については、まだ損壊の原因が確定できていないので、引き続き外部の専門家の御協力を得ながら、調査を継続していきたいと考えております。

続きまして19ページ。これも先ほど説明しましたが、東京電力PGの現場の調査票では飛来物による折損とされているものでも、若干違うのではないかとというものもあります。

20ページは関東産業保安監督部による調査ということで、国の職員も電事法に基づく立入検査で巡視・点検記録の確認や実地の検査を行っております。

21ページは、これも電事法に基づく立入検査で、電柱の巡視・点検の記録の確認やマニュアル類の書類を検査したり、巡視・点検に実際に立ち合わせていただいて、保安規程どおりに巡視・点検が行われているかを確認させていただきました。

22ページ、現地調査の結果報告をまとめたものでございます。

26ページ、技術基準の適切性についてでございます。現行の鉄塔・電柱に関する技術基準として、現在、風速40メートル毎秒の風圧荷重を記載しております。この適切性について先ほど御議論いただきました。

28ページ、「鉄塔・電柱に係る風圧荷重の技術基準の変遷」ということで、第1回WGで御紹介させていただいたものです。

29ページが、1965年当時の鉄塔の技術基準はどのようなものだったかというものです。

30ページが技術基準にあります40メートルの考え方でございます。

31ページ、局地風に対する対応ということで、JEACで、山岳部、海岸部、岬、島しょ部の特殊地形を紹介しております。

32ページが技術基準の適切性、今後の対応の方向ということで、資料3で説明いたしましたが、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ということでございます。

1点目が、現行の技術基準、40m/sを維持するとともに、40m/sについては10分間平均であることを明確化すること、2点目として、地域の実情を踏まえた基準風速を適用すること、また3点目として特殊地形を考慮するというので、従来の3類型に加えて今回の事象を踏まえた形にしてはどうか、というものでございます。また、鉄塔の風況・風向について、より精緻に把握するためにセンサーの設置や他の気象データの収集についても検討してはどうかということでございます。

費用対効果のところは、次回のときに資料としてお示ししたいと思います。

33ページ、他制度の地域風速の適用事例ということでございます。

34ページ、こちらは資料3の方で御紹介した国際比較でございます。

35ページはセンサーの件について、また御紹介しております。

36ページは電柱に関する技術基準の適切性、今後の対応の方向性ということで、電柱の技術基準については、損壊原因の更なる究明や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。一方で、電柱の損壊被害の大半は二次被害ということなので、二次被害対策を強力に進めることではいかがか、ということでございます。

電力会社、地方自治体、自衛隊と連携して倒木処理、伐採の迅速化や、地方自治体と連携して事前伐採を推進していく、飛来物の飛散防止に関する注意喚起の徹底や無電柱化の推進ということを書かせていただきました。

37ページから各電力で行っている二次被害対策を御紹介しております。

39ページが今回の停電による影響ということで、鉄塔で11万軒、配電線の事故で1,300軒の停電が発生したというものになっております。

駆け足になりましたが、事務局からは以上です。

○横山座長　　ありがとうございました。この議題につきましても、友清委員、中村委員からコメントをいただいておりますので御紹介いただきたいと思います。

○田上課長　　友清委員の方から中間整理（案）について御意見をいただいております。

資料5-1です。2点いただいています。特殊地形を考慮した設計は必要であるが、今回の事例を類型化する場合、具体的にどのように条件を想定するのか。また、2点目として、今回の局所的な強風は、地形と風向がかなり限定的な場合に発生しており、類型化にはさらに検討が必要ではないか。過去に地形の特殊箇所を決定したときの経緯を確認すべきではないか、という御指摘をいただいております。過去の経緯等については、次回までに調べたいと思います。

また、中村委員からは、中間整理（案）については、鉄塔に関する技術基準の見直しに当たりまして、作用側だけでなく、抵抗側の措置として、鉄塔の構造設計におけるロバスト性、冗長性の確認の観点も必要ではないかと。先ほど熊田先生とか松井先生から御指摘いただいた点かと思えます。

以上でございます。

○横山座長 ありがとうございます。それでは、この中間整理（案）につきまして、皆様の方から御質問、御意見ありましたらお願いしたいと思います。

松井委員、お願いいたします。

○松井委員 先ほど石川委員からあった意見に重複するのですがけれども、事務局からの提案で、資料の32ページですね。現行の基準風速40m/sについて明確化することや基準風速を地域の実情に合わせることや特殊地形を考慮すること。また、実況を観測でフォローするというような内容ですが、基本的に40メートル毎秒を10分間平均風速と明確化するということは、鉄塔や電柱に作用する風力をきちっと評価していくという方向性になると思うのですが、先ほどありましたように、40メートルという設計風速と、それから安全率、それは構造側のもっている余裕度に相当するとは思いますが、そのようなトータルでどういったものに耐えられているのかということと、それから、この技術基準も設定されてからかなり年月がたっておりますので、できれば技術的には最新の知見を導入した形で現在の鉄塔や電柱の安全性がどの程度であるのかといったようなフォローを行って、設計耐力を上げる必要があるところはきちっと上げていく。また、先ほど鉄塔であった動的解析の必要性、動的解析で数%荷重が変化するというような結果がありましたので、そのようなことがどの程度の不確実性で安全率に影響を及ぼし得るのかといったような総合的な整理をきちっとした上で今後のいろんな情報を整理していくことが必要かなと感じられます。

以上です。

○横山座長 どうもありがとうございました。他にいかがでしょうか。

熊田委員、お願いします。

○熊田委員 32ページの、今の話であったところの現行の技術基準について、3点を規定する形で見直しをといるところの方向性は全然異存なくて、すばらしいと思いました。

③の特殊地形を考慮することというところの、「従来の3類型に加え、今回の類型を追加」というものの、今回の類型って一体どのように落とし込むのかなというのと、いろんな地形を考慮して、どんなふうに風が増幅されるかとかを計算されるのだと思いますが、多分、1個に限らず、何個か出てくるのかなあとと思いますので、今後の検討の方法と検討の結果に期待したいと思います。

○横山座長 ありがとうございます。他にいかがでしょうか。

石川委員、お願いいたします。

○石川委員 同じく32ページ、先ほどのコメントの繰り返しになりますけれども、現行の方はあくまでも安全率とセットだということになってきますので、そのあたり、基準風速の定義をどう書くというところはあるのですが、1と2は明確に書いておいた方がいいとは思いました。安全率の1.5と40のセット、それから、2だと、例えば33ページの中身をいうのであれば、これと例えばガスト影響係数とか、そういうペアでの記載。ここに記載するかどうかわからないですが、そんな整理の仕方をきちんとしておかないと、例えば33ページのマップで、最低40メートルでとしたうえで、それを超えるところを本マップでということになれば、本基準風速はガスと影響係数法を前提としていることから、いろんな矛盾を生む可能性があるのでは、そこは慎重に議論させてください。

○横山座長 ありがとうございます。

それでは、木本委員、お願いいたします。

○木本委員 さっきいったことや皆さんのいったこととちょっとかぶるかもしれませんが、32ページで見直しの御提案があつて、おおむね賛成でございますし、先ほどからいつております。

1番はさっきもいいましたけれども、2番、地域の実情とか特殊地形につきましては、今回倒れたのだから、今回の事例を入れても入れなくてもいいですけども、やはり風は非常に局地性の強いことで、いわゆる自然災害何でもそうですけれども、思ってもみなかったことが起こるということはあると思いますので、今回提案に具体的に盛り込むのはちょっと難しいとは思いますが、先ほどのシミュレーションでもわかるとおり、観測データだけから基準を定めようとする、やはり風の場合、無理があると思うのですよね。台風

だって50年に1回しかすごいのは来なかったりするし、それがたまたま千葉には来たけれども神奈川には来なかったみたいなこともあるわけですから、役所の方もちょっと御援助をいただいて、業界の方にももう少しシミュレーションやなんかで、この33ページの図のようなものをもう少し納得のいく形で推定するということが不可能ではないと思いますので、何年もかかるし、今すぐ役所がそれを指導しろということではないのですけれども、そういうことも考えの中には入るのではないかと。シミュレーションを活用して基準風速について考慮するという、検討するということですね。

それと似たようなことですが、矢印の2番目のところで、自然災害が起こったり事故が起こっているのに、実際に何メートルの風が吹いたかわからないまま、このまま10年先まで進むということは、今の世の中、やはりあり得ないのではないかなあと。いろんなセンサーが発達して、下手したら、このまま自動運転になろうかという時代に、せっかく鉄塔が立っているのに風をはからないということは、やはり国民目線からしてもあり得ないと思います。

ですが、それにばかりお金がかかって、そのせいで電気料金が2倍にも3倍にもなるというのも、これもまたばかばかしい話ですが、幸か不幸か、比較的簡便に設置できる機械も開発されていると聞いておりますし、何も鉄塔一つ一つに全部きちっとしたものをつけなくてはいけない、気象庁の検定が通ってはいけなくてはいけないというほどのことではないと思いますので、ここに書かれているとおり、「検討してはどうか」という形で役所の方が業界の方のアクションを希望的に示唆するというぐらいのニュアンスが今のところちょうどいいのかなあと。

国民目線からすると、鉄塔が立っているのに何もはかっていないというのは、ちょっとぐらい何かした方がいいのではないですか。それこそ地域性、特殊地形を考慮するときにも、やはり根拠が要ると思います。ですので、結局のところ、そこそこの、いい感じの落としどころではないかなあと感じました。

すみません。長くなって申しわけありません。

○横山座長 どうもありがとうございました。将来課題についていろいろ御意見いただきました。他にいかがでしょうか。

松井委員、お願いします。

○松井委員 我々が今検討しているのは、今回、台風15号に対してですけれども、相手が自然災害なものですから、この値で設計すれば100%安全ということは絶対言い切ること

は不可能だと思うのですね。そういった意味で、どの程度の安全性を全体のシステムに求めるのかという、ちょっとこれはフィロソフィ的な観点からの議論みたいなものを、例えばレジリエンスを検討されているような部分、WGとか委員会で明確にさせていただいて、その上で、鉄塔や電柱にどの程度の強度が求められるのかというような設計の考え方を明確にすることが全体としてのバランスのとれた設計になるのではないかと思います。よろしくをお願いします。

○横山座長　　どうもありがとうございました。他に御意見いかがでしょうか。

石川委員、お願いします。

○石川委員　　今回の東京電力の鉄塔倒壊地点の実際の風って、本当にシミュレーションのとおり、1.何倍とかになったというような話を実証するような取組というのは今後考えたりはされているのでしょうか。例えば地形による類型化とかそういった話も課題としてはあるので、今回の事例がどういう原因で、どういう地形の効果で発生したのかということ、ここでいう観測の話もありますけれども、あそこではかってみるとか、あるいは風洞実験をやってみるとか、そういった少し突っ込んだ議論をきちんとしておいた上で、類型化とか、そういう地形の効果というのを議論するというのも必要なあとだと思います。今回の事故を受けた上での、今回の検討ですので、そういったところは重要で、大きなポイントと思っていますので。

○横山座長　　塩川さんの方からいかがでしょうか。

○東京電力PG（塩川）　　今のところ、まだ具体的に風洞実験やっているところはありませんけれども、そういうこともおっしゃるとおりだと思いますので、皆さんの御意見をいただきながら、ちょっと考えていきたいと思います。

○横山座長　　どうもありがとうございました。他に御意見いかがでしょうか。

たくさん御意見いただきましたけれども、この中間整理（案）は、電力安全小委員会が、来週の金曜日ですね。それから、電力レジリエンスWGにも報告するというので、本日たくさん御意見をいただきましたが、時間ももうありません。そして、その電力安全小委員会とレジリエンスWGにはこのパワーポイントの形で出るわけですね。文章にした形ではまだ出ず、報告書としての形ではこの次に御議論いただくという形になります。レジリエンスWGは火曜日で、残り時間がないということで、パワーポイントの形で多分御提出になるかと思いますが、この案を皆さんからいただいた御意見をもとにちょっと修正させていただきたいと思いますけれども、その辺いかがいたしましょうか。

○田上課長　　本日いただいた御意見を踏まえまして、必要な修正をさせていただき、改めて週明け早々に先生方にお送りさせていただきたいと思っております。火曜日ぐらいには、お返事をいただければと。

○横山座長　　どうぞ。

○木本委員　　1つだけ簡単な質問をしたいのですが、電柱がどうして倒れたかというのを解明する委員会だったと思ったので。東京電力の御報告で、78が最初に倒れて、それで引っ張られて79、シミュレーションの結果もそうなっているのでそれに異存はないのですが、確認だけしておきたいのですが、どっちが先に倒れたという現場の証拠ははっきりはない？

○東京電力PG（塩川）　　基本的には、どちらが倒れたかという現場のところはわかりません。

○木本委員　　だけども、シミュレーションの結果で、多分、ある程度の風向幅に対して78の方がずっと風速が強かった？

○東京電力PG（塩川）　　そうです。77、78の間のところはかなり風速が強かったということで、そちらが座屈したと考えるのが、シミュレーションも含めて考えると、ということです。

○木本委員　　異存はありませんが、確認だけ。

○横山座長　　ありがとうございました。

ということで、先ほど田上さんから御説明ありましたように、この中間整理（案）を、皆さんの御意見含めて修正させていただき、来週直しまして皆さんのところにお送りして確認していただき、「案」をとらせていただいて、電力安全小委員会とレジリエンスWGの方に報告させていただきたいということでございますが、よろしゅうございますか。

（「はい」の声あり）

その皆様の御意見に対する修正、皆さんも御確認いただきますが、その修正に関しましては、私、座長の方に一任させていただき、皆さんにお送りして御確認いただくということでやらせていただきたいと思います。よろしゅうございますか。

（「はい」の声あり）

どうもありがとうございました。

それでは、今後につきまして、事務局からお願いいたします。

○田上課長　　ありがとうございます。

次回WGの日程につきましては、座長とも御相談の上、日程を調整させていただきたいと思っております。横山座長からありましたように、今回はこれまでの議論を報告書という形で中間的なとりまとめとしてお示しさせていただきたいと思っております。松井先生からも、今回の事故調査の中でいろんな知見が出てきたこともあるので、そちらについてはできるだけ事務局から東京電力に資料を出していただくようお願いし、こういったやり方があるということを世の中にもしっかりお示しできるような形にしていきたいと思っております。またドラフトは作成いたしまして、先生方に御確認いただきたいと思っております。

○横山座長　　ありがとうございました。それでは、電力安全小委員会及び電力レジリエンスWGでの審議の結果、異論、その他大きな修正の御意見が出ました場合には、また事務局から皆様に御連絡を申し上げたいと思っております。中間整理が固まり次第、事務局から各委員にお送りしたいと思っております。

皆様の方から、全体を通しまして何か御意見ございますでしょうか。

よろしゅうございますか。

それでは、本日のWGはこれにて終了したいと思います。どうもありがとうございました。

——了——