

総合資源エネルギー調査会 原子力安全・保安部会電力安全小委員会
電気設備地震対策ワーキンググループ（第3回）

日時：平成23年12月27日（水） 14:00～16:05

場所：経済産業省 別館11階1111会議室

議題

1. 電気設備の損傷原因について
2. ワーキンググループのとりまとめの方向性について
3. その他

議事内容

1. 電気設備の損傷原因について

○村上課長 それでは、定刻になりましたので、ただいまから「電気設備地震対策ワーキンググループ」を開催いたします。

本日は御多用の中、御出席いただきまして誠にありがとうございます。

それでは、以降の進行につきましては横山主査をお願いいたします。よろしくお願いたします。

○横山主査 それでは、本日は年末のお忙しい時期に御出席を賜りまして、本当にありがとうございます。

本日は変電設備、送電設備の中で被害状況の高かった設備について解析をしていただきました、その結果につきまして御審議をいただくということと、地震対策の報告につきまして、とりまとめの方向性について御審議いただくということでございます。どうぞよろしくお願いたします。

それでは、まず議事に先立ちまして定足数の確認と配付資料の確認をお願いします。

○村上課長 定足数でございますけれども、定足数は全委員のうち、専門委員を除く過半数となっております。本日は5名の委員すべて御出席でございますので、そういう意味ではワーキングは有効に成立しております。

また、本日は電気設備の損傷原因の解析結果について御説明いただくために、東京電力、東北電力の方々に御出席いただいております。よろしくお願いたします。

○沼田班長 引き続き配付資料の確認をさせていただきます。お手元の資料で御確認ください。

議事次第、ワーキンググループの委員名簿。

資料1「東北地方太平洋沖地震における変電設備被害の原因分析結果について」。東京電力の資料です。

資料2「東北地方太平洋沖地震における変電設備の地震被害解析について」。東北電力

の資料です。

資料3「変電所機器の耐震設計基準と具体的な検証方法と弊社開閉設備の検証結果」。東芝の資料です。

資料4「東北地方太平洋沖地震におけるジャンパ支持V吊長幹支持がいし装置の折損原因分析結果について」。東京電力の資料です。

資料5「電気設備地震対策報告（骨子案）」。

以上でございます。過不足等ございましたらお知らせください。

○横山主査 どうもありがとうございました。

それでは、お手元の議事次第に従いまして進めさせていただきたいと思えます。

まず議題1「電気設備の損傷原因について」でございますが、これは9月28日の第1回のワーキンググループにおきまして、電気設備の被害状況の分析等について御説明いただきました。その中で基幹系統の変電設備及び送電設備におきまして、被害が相対的に高かった設備につきましていろいろ分析をしていただきましたので、その御報告と今後の取組みについて御説明をいただきたいと思えます。

まず資料1～資料3の変電設備の部分を最初に御説明いただきまして、それから、質疑応答。そして資料4の送電設備につきまして御報告いただいて、質疑応答としていきたいと思えます。

それでは、まず資料1につきまして東京電力さんの方から御説明をお願いします。

○東京電力 東京電力でございます。資料1を用いまして変電設備被害の原因分析結果について御説明いたします。

本日御説明する内容でございますが、初めに設備の被害状況を御説明いたしまして、遮断器、断路器について耐震解析をしてございますので、その結果。それを踏まえまして現行の耐震設計基準との比較、今後の取組みという順番で御説明させていただきます。資料がぶ厚い関係で25分ほどお時間をいただいております。

3ページ、これは9月の第1回のワーキンググループで報告した内容の再掲でございます。被害の状況でございますが、震源地に近い福島・茨城・栃木を中心といたしまして134の変電所、621の設備で被害が発生してございます。このうち震度5弱以上の設備に対しまして運転継続不可能な設備の被害率でございますが、0.3～1.2%という値でございます。詳細は図と表で示したとおりでございます。

4ページ、このうち170kV以上の主要設備の被害様相でございます。変電設備全体では比較的低い被害率であったものの、現行の耐震設計に基づく設備におきましても運転継続不可能な被害が発生しております。

500kV設備につきましては、断路器の碍子折損の被害が発生している。

275kV設備につきましては、空気遮断器、断路器で碍子折損が発生してございます。

ただし、変圧器につきましてはブッシングのずれによります漏油の被害が発生しているものの、損壊は発生していない状況でございました。

5 ページは変圧器のブッシングがずれて漏油している状況の写真でございます。

6 ページは空気遮断器が損壊している状況写真でございます。

7 ページは 50 万 V 断路器が損壊している状況写真でございます。いずれも前回のワーキング資料と同じものがございます。

これまでのワーキングにおけます議論を踏まえまして、耐震性区分に対する評価でございますが、今回の地震の設備被害では人命に重大な影響を及ぼしたものはなかったということでございまして、変電設備につきましては区分Ⅱに分類されてございますけれども、区分Ⅱの見直しの必要はなかったと考えてございます。

また、供給支障につきましては地震発生 7 日後にすべて解消していることから「耐震性確保の基本的な考え方」に基づきます確保すべき耐震性については、今回の高レベルの地震動に際しましても、総合的なシステムの機能として確保されたと考えてございます。

しかしながら、遮断器、断路器につきましては機能支障を伴う被害を受けたというものが見受けられたということから、その被害状況について分析し、設計への反映要否について検討を行うということで、以降その分析結果について詳細に御説明をいたします。

9 ページ、今回解析検討いたしました対象設備でございます。繰り返しになりますけれども、27 万 V の空気遮断器、50 万 V、27 万 V の断路器について検討してございます。

対象変電所でございますが、これらの設備で複数の被害が発生してございます新福島変電所、新茂木変電所、那珂変電所の 3 つの地点について検討してございます。

検討のフローを 10 ページにまとめてございます。中ほどにフローがございまして、まず①といたしまして地震の観測記録などから地震動の推定を行ってございます。

②としまして、機器の解析モデルを作成してございます。

③に、そのモデルに地震動を入力いたしまして、各部に発生します応力を解析してございます。

最後に、発生した応力に対する許容値の比較、壊れ方の比較を行ってございます。

以降、安全率という言葉が出てまいります。この安全率は許容応力に対しまして発生した応力で割ったものでございます。安全率が 1 を下回っていますと壊れてしかりという見方をしていただきたいと思っております。

11 ページ、具体的に地震動の推定をした経緯をまとめてございます。右上の表に 3 つの地点、新茂木、新福島、那珂と書いてございまして、地震計があるなし、観測記録があるなしとまとめてございます。

新茂木の変電所につきましては地震計が設置されてございまして、本震の地震記録も取れているということでございます。このため、フローの一番左側にございます当該地点の観測記録をそのまま用いて基盤面の地震動を推定してございます。

新福島変電所につきましては、地震計が設置してあったんでございますけれども、本震の際に途中で波形が途切れているということでございまして、当該地点の周辺地点の過去の地震観測記録を用いまして、その地点間の伝達関数を推定するという手法を用いて、新

福島の新福島変電所の地震動を詳細に推定してございます。

那珂変電所につきましては地震計がなかったということでございますので、波形が取れてございません。そのため、周辺地点の観測記録から断層からの距離減衰を補正して、当該地点の新福島変電所の地震動を推定しているという流れで推定してございます。

新福島変電所を推定した後、地表面の地震動も更に解析で設定しているということでございます。

12 ページが詳細に新福島変電所の地震動を推定した流れでございます。

新福島変電所の地震動の推定でございますが、左下に地図がございまして、新福島と書いてある地点が変電所の地点でございまして、そこから北に 16.5km 離れた地点に電中研さんの浪江観測所がございまして、この浪江観測所の新福島変電所の基盤につきましましては新福島変電所と同じ工学的基盤上にあるということと、距離も近いということから、この浪江の観測記録を用いて新福島変電所の地震動について行っております。

具体的には 13 ページをごらんいただきたいと思いますが、本震の記録が福島はとれておりませんでしたので、過去に本震と同じ震源域で発生しました 13 の地震記録から、浪江地点と福島地点のスペクトル比を求めてございまして、それぞれ周波数ごとにスペクトル比を求めてございまして、13 個の地震記録の平均的な伝達関数をまず算出してございまして、

14 ページ、求めた伝達関数を浪江の地点で観測されました本震時の新福島変電所の地震動を乗じて、福島地点の新福島変電所の地震動を推定するというやり方をしております。

実際に推定した結果でございまして、14 ページの左下に地震波形が載っております。X 方向、Y 方向とそれぞれ 2 つございまして、最大の加速度だけをまとめたものが右の表でございまして、推定波というのが新福島変電所の推定している値でございまして、新福島変電所でいきますと X 方向で 791Gal、Y 方向で 767Gal でございまして、これを地表面に直しますと、解析しますと X 方向で 833Gal、Y 方向で 773Gal という値になります。

新福島変電所につきましては波形が途中で途切れておるんですけども、最大値につきましては記録が残っております。観測記録の最大値がそれぞれ 727Gal、791Gal でございまして、個々に見ますと違いがございまして、おおむね合っているということで、以降、この求めました推定波から評価を行っております。

15 ページは新福島変電所の敷地平面図を載せてございまして、ここで赤く塗ってあるところが被害を受けた機器の場所でございます。50 万の変電所ということで敷地も広いことから、地層も複雑で地盤も異なっているということから、ここにあります①～⑧のそれぞれの地点の地表面の地震動を解析で推定しております。

推定した結果が 16 ページ目でございます。繰り返しになりますが、新福島変電所の地震動は X 方向で 791Gal、Y 方向で 767Gal でございまして、例えば③の地点でございまして、これは空気遮断器が壊れた地点でございまして、この地表面の加速度は X 方向が 823Gal、Y 方向が 1,069Gal というふうに解析から推定してございまして、

おおむね 679～1,069Gal というのが、新福島変電所地点における地表の地震動でござい

ました。

17 ページ、那珂変電所におけます地震動の推定でございます。那珂変電所につきましては地図でございますように、真ん中に那珂と書いてございますけれども、そこから北方面に IBR004 という K-Net の地震観測点がございます。この地点の地震動から那珂変電所を推定してございます。

K-Net の IBR004 の地点の基盤面の地震動を推定いたしまして、そこから断層からの距離減衰を補正して、那珂変電所基盤面の地震動を求めてございます。更に地表面の地震動を解析で求めるといふふうに繰り返してございまして、解析で求めた結果が 18 ページ目でございます。

同じように敷地平面図を載せてございまして、赤く塗ったところが被害を受けた機器の場所でございます。中央付近に青い○がございまして、この地点が盛土のところでございまして、このボーリングデータを用いまして地表面の地震動を算出してございます。

求めた結果が下の表でございまして、基盤面の地震動が X 方向が 673Gal、Y 方向が 638Gal でございまして、地表面ではそれぞれ 1,179Gal、1,393Gal ということで、那珂変電所につきましてはおおむね地表面におきまして 2 倍ぐらいに増幅している地点でございます。

19 ページ目が新茂木変電所の地震動を推定した結果でございます。同様に赤く塗ってあるところが被害を受けました機器でございます。小さくて恐縮でございますが、①～⑥の各地地点の地表面地震動を同様に推定してございます。

推定した結果が 20 ページでございます。基盤面の地震動につきましては X 方向で 362Gal、Y 方向で 286Gal でございましたが、地表面にいきますと例えば①の地点ですと 750Gal、612Gal ということで、こちらについても 2 倍強増幅しているような地点でございます。

ここで求めた地震動につきましては、後ろの方に参考として波形そのものを載せてございますが、説明の方は割愛いたします。

21 ページ目に求めた地震動で機器の解析を行っていくステップを書いてございます。解析については 2 つのステップで評価をしてございます。

まずステップ 1 としまして、基礎ですとか地盤の影響を評価することから、機器につきましては 1 質点の簡易モデルで模擬し、基礎・地盤一体のモデルで基礎上面の地震動を求めてございます。

ステップ 2 としまして、求めました基礎上の地震動を機器の詳細モデルに入力して、各部の発生応力を解析するというやり方をしてございます。

解析の手法でございますが、時刻歴モーダル応答解析という手法を用いて計算をしてございます。

22 ページ目に、小さくて恐縮でございますが、それぞれの機器のモデルを載せてございます。モデルにつきましてはいずれも碍子型機器ということもございまして、多質点の梁モデルでモデル化をしてございます。

以降は解析した結果について御説明いたします。新福島例を中心に御説明させていただきます。

23 ページ目は空気遮断器が損壊した状況の写真でございます。見ていただきましてわかりますように、主遮断部、補助遮断部というものが損壊してございます。遮断部というのは非常に重たい機器でございます、重心の位置が高いところにあるトップヘビーの機器でございます、弱点部で壊れている様相でございます。

更に詳細に見てまいりますと 24 ページ目でございますように、主遮断部を 3 方向から支えておりますステーと言われていた部分がございます。そこを固定してございますベースの部分の鋼材が変形をしてございます。鋼材が変形部分は写真を拡大してございますように、上方向に約 6 mm 変形をしてございます。

このステーと言われてますものにつきましては、遮断部を 3 方向から引っ張ることによりまして、頭が変位をするのをできるだけ抑制しようという役割で付いているものでございますが、若干ステーが緩んだということで、動きやすくなっていた状況にあることが確認できているということでございます。

25 ページに破壊のプロセスをまとめております。右下に加速度応答スペクトルを記載してございます。青い線で書いたものが今回、解析をいたしました空気遮断器の位置での加速度応答スペクトルでございます。黒い点線で書いてございますのが設計基準で想定している範囲でございます。ここを機器の固有周波数領域で読み取ってまいりますと、主遮断部につきましては 2,281Gal、補助遮断部が 3,823Gal ということで、設計基準で想定しております 1,830Gal をはるかに超える大きな地震動が発生してございます。

破壊プロセスのフローに戻っていただきますと、この大きな地震動が発生したということが起因になりまして、ステーの部分に張力が発生した。ステーの部分の応力が部材の引張強度を超過いたしまして、先ほど写真で見ていただきましたステーの固定部が変形をしたという事象に至っていると推定してございます。

ここが変形したことによりまして、遮断部の変位量がより増大いたしまして、支持碍子が破損したというプロセスで考えてございます。

それぞれ詳細に解析したのが 26 ページでございます。まずステーの鋼材部分の発生応力でございます。FEM 解析をした結果が載ってございますが、この部材につきましては SS400 でございまして、引張張力 400 に耐えるものでございますけれども、発生応力につきましては 876N/mm^2 ということでございまして、ちょうど部材の強度を上回ったために変形が生じたということでございます。

その状態で遮断部の発生応力を求めた結果が、その下の表でございます。表の中は安全率で書いてございまして、表の左の方から主遮断部のまずステーの変形を考慮した場合の安全率が 0.9 でございます。補助遮断部につきましては 0.59 ということで、いずれも安全率 1 を下回ってございまして破壊に至ったと考えてございます。

表の一番右は設計基準に対する安全率でございまして、もともとの基準に対しては主遮

断部、補助遮断部それぞれ 1.2、1.7 という安全率を持ってございます。仮にステーの変形がなかったとした場合も解析してございまして、それぞれ 0.94、0.73 ということでございます。この解析結果から見ますと、非常に大きな地震動が起きたということから、ステーの変形がなくても遮断部が壊れていたと見てとれますが、更にステーの変形があったことによつて、より震動が大きくなって壊れやすかったと判断しているところでございます。

27 ページで 50 万 V の断路器の御説明をさせていただきます。写真の左側はちょうど三角錐の中に真っ直ぐ 1 本立ってございまして、ここは操作碍子と言われているところでございまして、この操作碍子の中央部分で折損が生じてございます。

また、右の写真は支持碍子の頭の部分です。そこで折損しているというものでございます。

28 ページ、この操作碍子というのは地震の揺れがあった場合に、真ん中のところの応力が集中して弱点になるということから、それを回避するために中央部分が若干動ける構造になってございます。構造的には 100mm ほど中心が動ける構造になってございまして、地震発生の際の応力をここで緩和しようと考えているものでございます。

ところが、当該部分を詳細に観察いたしますと、真ん中の金具の部分が塑性変形をするぐらい大きな衝突をした跡が 4 か所ほど付いてございます。写真で色が変わっているところが衝突した後でございまして、今回 100mm 動けるものでございましたけれども、100mm 以上動こうとしてそこに衝突が生じたかと判断しております。

29 ページに、割れました碍子の破断面を観察したものでございます。見づらいなのですが、赤く囲ってあるところが破壊の起点になってございます。このところを詳細に見てまいりますと、破断面には複数の波面が狭小領域に混在しているということで、過度な衝撃荷重が加わったことによるものということとございまして、碍子の破断面からのピンジョイントの部分が衝突したことが裏付けられてございます。

以上から破壊プロセスを推定いたしますと、加速度応答スペクトルにございますように設計の基準と考えてございました 1,830Gal に比べまして、非常に大きな加速度が発生してございます。この加速度によりましてピンジョイントの変位量が動ける限界の 100mm 以上に動こうとしたということとございまして、金具同士が衝突して大きな衝撃力を発生した。そのために碍子が折損したと考えてございます。

右下にピンジョイントの部分の速度を解析した結果がございまして、横軸が地震発生からの時間を示してございまして、縦軸が速度の大きさでございまして、最大 3.16m/s の速度を発生してございまして、後ほど御説明いたしますが、2.3m 以上の速度でぶつかると碍子が破損するという領域になってございます。このグラフからわかりますように、2.3m を超えている回数が非常にたくさんあったということとございまして。

31 ページの上側がピンジョイントの速度と操作碍子に発生しますひずみとの相関性を求めたものでございます。実際に断路器を用いてございまして、ピンジョイントの速度を変えた場合に、操作碍子にどの程度ひずみが発生するかというものを求めたものでございまして。

て、2.3mを超えると破壊するひずみが発生するというデータが得られてございます。

これを基にして解析をしたのが左側の表でございまして、衝突なしとした場合の安全率につきましては5.7でございまして、衝突が生じますと0.73ということで安全率1を大きく下回るという結果でございまして。

このピンジョイントの部分につきましては、衝突さえしなければ非常に耐震裕度を高めることに役立つでございますけれども、今回のように非常に衝突が発生する領域まで至りますと、逆にここが弱点となって断路器の被害を助長したと判断してございまして。

同様に操作碍子につきましても、衝突を考慮しますと安全率が0.92ということで、破壊するというメカニズムでございまして。

32 ページ目が27万Vの断路器でございまして。27万V断路器は単純な構造でございまして、1本で自立しているものでございまして、同じように加速度応答スペクトルを評価いたしますと、機器の固有周波数のところで非常に大きな加速度が発生していたことによって壊れたということでございまして。安全率を評価しますと0.94という数字になって、壊れたということと合致してございまして。

以上、新福島変電所の例で御説明しましたけれども、33 ページ目の新茂木変電所の断路器の破壊様相の写真を示してございまして。新福島と同じ壊れ方をしてございまして、加速度応答スペクトルで比べてみましても、赤が新茂木、青が新福島でございまして、ちょうど機器の固有周波数に近いところにおきましては同様に加速度が発生してございまして、同じメカニズムで壊れたと判断してございまして。

34 ページが27万Vの断路器でございまして、こちらについても同じメカニズムで壊れたと判断してございまして。

以上、全体をまとめたものが35 ページの表でございまして。それぞれの機器ごとに、変電所ごとの地震動と実際の地震動に対する安全率、設計基準に対する安全率をまとめてございまして。

解析の結果、今回の地震につきましてはおおむね安全率が0.5~0.9程度ということで、設計基準で想定している地震動を大きく上回ることから、壊れるべくして壊れていたと判断されます。

以上の結果を基にして、現在の耐震設計基準はどうなのかという評価をしてございまして。

36 ページ、現在の変電所設備につきましてはJEAG5003「変電所等における電気設備の耐震設計指針」で規定してございまして。ここの基準のベースになってございまして地震動でございまして、大きさ300Galの地震動が共振正弦2波が連続してぴったり入ってきたということを前提にして考えてございまして。

更に基礎等の存在による増幅率ですとか、不確定要因といったものを考え合せまして、機器の地震動としましては機器の下端に300Galの共振正弦3波を考えてございまして。共振3波というのは重心の位置でいきますと6.1倍には増幅すると考えてございましてので、1, 830Galの地震が起きても耐えるようになっているのが、この設計の基準の考え方でございまして。

ざいます。

37 ページ、過去の地震動と加速度応答スペクトルを比べたものでございます。

赤い線が今回の新福島地点での地表面の地震動でございまして、青い線が兵庫県南部地震、阪神・淡路の地震波形でございます。そのほか宮城県沖地震ですとか、新潟県中越沖地震を並べてございますけれども、ごらんになっていただいておりますように、比較的短周期のところ、しかも機器の固有周波数帯に近いところで非常に卓越した大きな加速度が出ている地震波形だったということから、今回被害が発生していると見てとれるということでございます。

38 ページ、設計基準で想定している機器の重心における応答倍率はどうだったかというふうに評価したものでございます。

下の図でございまして、薄くプロットしてございます。これが設計基準を推定する際に、変電所地点でいろいろ集めた地震動でございます。この地震動の結果から応答倍率については4.7倍以下を想定してございますが、実際に福島、茂木の地点で、色が塗ってあるところでございますけれども、最大でも4倍ということで、設計基準で想定してございます4.7倍以下であったということでございます。

今回の地震動の特徴でございますが、継続時間が長かったということも1つの特徴でございますが、時間が長かったということで応答倍率もより大きくなる可能性があるかということで評価をしておいたわけでございますけれども、応答倍率の面から地震動の時間が長かったということは影響がなかったと評価されております。

39 ページは基礎の増幅率をまとめたものでございます。基礎の増幅率につきましては標準地盤ということで $V_s150\text{m/s}$ 以上の地点を標準地盤としてございますが、そこでおおむね1.2以下だというのが設計での考え方でございます。

新福島、新茂木のまとめたものが右下でございまして、新福島は V_s の値が非常に高い、地盤がかたいということでございまして、基礎の増幅率につきましても1.05以下ということでございます。それに対しまして新茂木は若干地盤がやわらかいということもございまして、増幅率が1.2に近いものが多かった。1か所1.34ということで、そこを上回っているところがございました。これも規格で考えてございます想定している範囲を超えている地盤であるということでございますが、全体で見ますと機器の増幅率を含めた評価でいきますと、規格の想定している範囲に入っているということでございます。

以上、現行の基準をまとめた結果が30ページ目でございます。地盤の地表の加速度が非常に大きかったということが主要因でございまして、機器の重心加速度が設計基準で想定してございます1,830Galを大幅に超過したというのが実態でございますが、設計基準の前提となつてございます機器の応答倍率、基礎等の存在による増幅率につきましては想定値以下でございまして、今回の高レベルの地震動に対しましても設計基準の考え方は妥当であると評価できると判断してございます。

以上を踏まえまして全体のまとめでございます。41ページ目でございますが、被害の分

析結果でございます。

そもそも今回の地震というのは、国内変電所で観測されました最大級の高レベル地震動であるということで、地表面加速度が非常に大きく、機器の固有周期に近いことから、発生応力が設計基準を大幅に超過したことが主要因で破損に至ったと判断してございます。

繰り返しになりますけれども、設計基準の前提になってございます機器の応答倍率、基礎等の存在による増幅率につきましては想定値以下でございまして、今回の高レベルかつ継続時間が長い地震でございましたが、これに対しても設計基準の考え方については妥当であったと評価してございます。

しかしながら、今回 50 万 V 断路器で見られましたように耐震性能が想定値より低いものがございました。高レベルの地震動におきまして可動部が衝突し、その衝撃力の重畳により破損する現象を生じたことが判明してございまして、特に可動部が弱点になるといったことについては新たな知見ということでございます。

今回、同じように変電機器におきまして同種の構造があるかないかということを確認した結果、可動部がある構造につきましては 50 万 V 断路器のみの固有の構造であったということも確認してございます。

42 ページ、今後の取組みでございます。原子力発電所の第一変電所など重要拠点変電所を対象といたしまして、万一被災した場合の早期復旧の対策並びに耐震裕度の少ない機器につきましては、弱点部の補強など耐震性能向上策を検討してまいりまいたいと考えてございます。

具体的には 27 万 V の空気遮断器でございまして、これにつきましては耐震強度の高いガス遮断器に計画的に更新をしていくことを考えてございます。

断路器につきましては早期復旧のための予備品の追加保有、復旧作業手順の整備といったことを行いまして、万が一被災した場合の早期復旧を図りたいと考えてございます。

併せまして、今回弱点部が明確になりました 50 万 V の断路器につきましては、ピンジョイントの部分の改良を行いまして、耐震裕度の向上を図るということも検討を進めてまいりたいと考えてございます。

以上が説明でございまして、以降は解析しました波形等を詳細に記載してございますが、説明の方は割愛いたします。

以上でございます。

○横山主査 どうもありがとうございました。

それでは、引き続きまして資料 2 につきまして、東北電力さんの方から御説明をお願いします。

○東北電力 東北電力でございます。

それでは、資料 2 に基づきまして東北地方太平洋沖地震における変電設備の地震被害解析結果について御説明いたします。

2 シート目に目次を記載してございますが、変圧器の被害状況と地震被害の解析の進め

方、変圧器の地震応答解析、耐震設計基準との比較、設備被害原因と今後の耐震対策。この順に沿って説明をまいります。

4 シートに今回の東北地方太平洋沖地震における設備被害概要を記載してございます。

震源域に近い岩手・宮城・福島県において 66 電気所の 214 設備に被害が発生しており、全体の 65% を変圧器、断路器が占めております。

なお、変圧器、遮断器、断路器の主要機器で運転継続不可能となった機器の比率は、全体で 0.1～1.8% という低い被害率でございました。

5 シート目に 275kV 変圧器の被害についてまとめております。変電機器全体といたしましては低い被害率でありましたが、275kV 変圧器が比較的高い被害率で運転継続不可能となりましたので、275kV 変圧器に関して被害原因の究明を行うこととしてございます。

震度 5 弱以上を記録いたしました 275kV 変圧器は延べ 92 台ありましたが、運転継続不可能となった変圧器は 8 台で、被害率は 8.7% でございます。そのうちブッシング破損に至ったのは 4 台で、被害率は 4.3% でございます。

なお、地盤変状や基礎沈下等、変圧器のブッシング被害以外の異常につきましては発生してございません。

6 シート目は 275kV 変圧器のブッシングの構造を示しております。頭部に設けております締付ばねにより中心導体を引っ張り、その反力で碍管部を締め付けるセンタークランプ方式を採用してございます。

7 シートはブッシング破損の様相を示してございます。写真のとおり導体が露出していることや、落下いたしました碍管の破断面から、縦方向の割れが生じ碍管が脱落したと推定されたため、電気協同研究で解明されております「地震動によるブッシング破壊メカニズム」との整合性について検証していくこととしてございます。

8 シートは地震被害解析の進め方につきまして記載してございます。今回は仙台変電所に複数のブッシング破損が発生したことから、仙台変電所が最も過酷な状況だったと推測いたしまして、同変電所で記録されました地震動データを使用し解析することとしてございます。具体的な解析フローにつきましては、記載のとおりでございます。

続きまして、変圧器の地震応答解析について御説明いたします。

10 シートに仙台変電所の 275kV 変圧器の被害状況の写真を載せておりますが、4 台あります変圧器のうち 2 台にブッシング破損が発生してございます。具体的には MT1 は一次側の 275kV ブッシングが、MT4 につきましては二次側の 154kV ブッシングが破損し、導体だけが残ったという状況になってございます。

11 シートに変電所の平面図を示してございます。中央部の赤く記した 2 か所が解析対象といたしました変圧器 2 台でございます。地震計は A、B 地点 2 か所に設置してございまして、A 地点には地表と地中 18m の位置に 2 個、B 地点には地表部に 1 個のセンサーを設けております。また、敷地全体の切土、盛土につきましては、薄くピンクに色付けした範囲が盛土となっております。MT4 の直近には今回地震計がなかったことから、①地点にお

いて地表面の地震動を推定し、解析を行ってございます。

なお、変圧器の長手方向をX方向といたしまして、その直角方向をY方向といたしまして、以後、説明をいたします。

12シートにつきましては、解析に使用いたしました入力地震動について御説明いたします。

先ほど11シートで示しましたとおり、MT1につきましては切土、MT4につきましては盛土に位置していることから、今回は個々の入力地震動を設定しております。

MT1につきましては、近傍に設置している地震計Bの記録をそのまま使用しております。

MT4につきましては、地震計Aの記録より基盤地震動を解析し、①地点の地盤モデルにより地表面地震動を設定いたしました。

その結果でございますけれども、地表面最大加速度につきましては、MT1についてはX方向で834Gal、Y方向で461Galであり、また、MT4につきましてはX方向で831Gal、Y方向で591Galと算出されております。

13シートは入力地震動に対するそれぞれの変圧器のX、Yの方向の加速度波形と加速度応答スペクトルを示してございます。

14シートにつきましては、変圧器の解析モデルを示しておりますけれども、複数の集中質量、梁、ばねの組み合わせとして変圧器、基礎、地盤の一体モデルを設定してございます。

15シートはMT1の解析結果をまとめてございます。一次側の275kVブッシングにつきましては、口開きが発生する結果となったことに加え、碍管下端面引張応力が 56.8N/mm^2 となりまして、碍管の許容応力の42.0を上回る結果となっております。

また、二次側の154kVブッシングにつきましては、碍管下部曲げモーメントが $15.0\text{kN}\cdot\text{m}$ となりまして、転倒抵抗モーメント13.5を上回り、口開きは発生するものの、碍管下端面の引張応力は碍管の許容応力を下回る結果となっております。

16シートにブッシングポケット下端の加速度波形の応答スペクトルを示してございます。今回の地震動では加速度応答スペクトルがブッシングの固有周期と近い短周期側で卓越しており、耐震設計値を上回る応力が発生したと考えられます。また、耐震設計基準であるブッシングポケット下端に対しての共振正弦3波0.5Gに対しましては、275kVブッシングの碍管破損安全率は2.5を確保していた状況でございます。

なお、破損いたしましたブッシングの特徴といたしまして、碍管下端面のガスケット厚が0.8mmであり、電気協同研究でブッシングの耐震対策として推奨されておりますガスケット厚の4mm以上というものを下回っていたという状況でございます。

17シートは、同様にMT4の解析結果をまとめております。一次側の275kVブッシングにつきましては、碍管下部曲げモーメントが $101.3\text{kN}\cdot\text{m}$ となりまして、転倒抵抗モーメント48.2を上回り、口開きは発生するものの、碍管下端面の引張応力は碍管の許容応力を下回るという結果になってございます。

また、二次側の 154kV ブッシングにつきましては、口開きが発生する結果になったことに加えまして、碍管の下端面の引張応力が 44.1N/mm^2 となりまして、碍管の許容応力である 42.0 を上回る結果となっております。

18 シートに MT1 と同様に、ブッシングポケット下端加速度波形の加速度応答スペクトルを示してございます。MT1 と同様に今回の地震動では加速度応答スペクトルがブッシングの固有周期と近い短周期側で卓越しており、やはり耐震設計値を上回る応力が発生したと考えております。

耐震設計基準であるブッシングポケット下端に対しての共振正弦 3 波 0.5G に対しまして、154kV ブッシングの口開きの安全率は 1.0 を確保してございまして、口開きによる応力集中が発生しないものでございました。

なお、破損いたしました 154kV ブッシングの碍管下端面のガスケット厚は 6 mm でございます。

先ほど説明いたしました MT1 と同一メーカーの変圧器ではございますけれども、ガスケット厚の違いは製造時期の違いによるものと考えてございます。

19 シートに、電気協同研究で示されておりますブッシング破壊メカニズムとの整合性についてまとめてございますが、被害様相、解析結果からおおむね合致するものと考えてございます。すなわち、碍管下部に口開きが生じた場合、碍管とガスケットの接触面積が減少するため、局所的な引張応力が発生し、この引張応力が碍管の許容応力を上回ったために破損に至ったものと考えてございます。

続きまして、耐震設計基準との比較について御説明いたします。

21 シートは現行の JEAG5003「変電所等における電気設備の耐震設計指針」の耐震設計基準について記載してございます。

変圧器の設計地震力につきましては、設計のベースとなる地震力を地表面入力 0.3G 共振正弦 2 波といたしまして、基礎・変圧器本体の存在による増幅率、不確定要因等を考慮いたしまして、ブッシングポケット下端に対して 0.5G 共振正弦 3 波としてございます。

22 シートに今回の東北地方太平洋沖地震と耐震設計基準との比較を行ってございます。仙台変電所の観測データより、今回の地震動は一般的な地震動を超過する高レベルの地震動に該当するものと考えてございます。また、加速度応答スペクトルでは変電機器の固有周期に近い短周期側で卓越したものと考えてございます。

23 シートに変圧器ブッシングの応答倍率を示してございます。今回の地表面地震動における仙台変電所の変圧器ブッシングの固有周期の応答倍率は、赤丸と青丸で示してございますけれども、2.5 と 4.5 倍ということでございまして、設計基準の想定値であります 4.7 倍以下となっております。

24 シートに基礎・変圧器本体によります増幅率を示してございます。実地震動入力に対する増幅率といたしましては、1.8 と 1.9 倍ということでございまして、設計基準の想定値 2.0 以下となっております。

25 シートに耐震設計基準との比較をまとめてございます。今回の地震動は地表面加速度が大きかったため、ブッシング重心加速度が設計基準の想定値を超過したものと考えてございます。なお、地表面とブッシング重心の加速度及び増幅率に関する解析結果と設計基準につきましては、表に記載のとおりまとめてございますけれども、ブッシング重心加速度は設計基準の 3,050Gal に対しまして、2,325～5,644Gal 程度の応力が発生したと考えております。

続きまして、まとめといたしまして設備の被害原因と今後の耐震対策について御説明いたします。

27 シートに設備被害の原因をまとめてございます。今回の地震動は地表面最大加速度が 800Gal 以上と設計値を上回っており、また、加速度応答スペクトルがブッシングの固有周期に近い短周期側で卓越しております。

今回のブッシング破損被害を受けました仙台変電所の MT1、MT4 については、耐震設計に対しては十分な安全率は有していたものの、設計値を上回る応力が発生したことにより碍管破損に至ったものと考えてございます。

また、被害設備の特徴といたしまして、MT1 の一次側の 275kV ブッシングにつきましては、ガスケット厚が薄かったといったことも影響したものと考えてございます。

28 シート、29 シートに今回復旧におきまして取替えを行いましたブッシングにつきましては、今回の地震動を入力した解析結果をまとめてございます。

275kV、154kV ブッシングとも口開きは発生するものの、碍管下端面引張応力は碍管の許容応力を下回る、すなわち碍管破損には至らないという解析結果でございます。

最後に 30 シートに解析結果を踏まえまして今後の耐震対策を記載してございます。今回の解析により高レベルの地震動では、耐震設計基準に基づく設備につきましても、機器の固有周期により設計値以上の応力が発生する場合があります、被害が発生する可能性があるということが判明いたしました。

また、現行使用のブッシングにつきましては、碍管素地の高強度化や十分なガスケット厚により、優れた耐震性を確保していることも併せて確認されてございます。

以上を踏まえまして、当社におきます今後の耐震対策といたしましては、設備耐震性能の向上を目的としまして、設備更新等の機会においては現行仕様のブッシングを採用していくこととしていきたいと思っております。

なお、設備更新が完了するまでの対策といたしましては、変圧器の予備ブッシングの追加配備を行いまして、万一、大規模地震による広域な設備被害が発生しても、早期に設備を復旧していくという対策をとっていきたいと考えているところでございます。

以上で簡単ではございますが、説明を終了いたします。

○横山主査 どうもありがとうございました。

それでは、続きまして資料 1 と関連といたしまして、遮断器等の一般的な耐震性能につきまして、東芝の横田委員から資料を御用意いただいておりますので、御説明をお願いしま

す。

○横田委員 それでは、資料－3に基づいて御説明を続けさせていただきます。

先ほど来の東電さん、東北電力さんの御説明と密接に関連しております。

まず最初のページに同様の図が目に入るかと思いますが、これは変電所の耐震設計の基準となっております615波形の地表面加速度のプロット図でございます。先ほどの説明の資料でいくと資料1の38ページ、または資料2の23ページに当該の図がございまして、この部分で色付けのドットが打たれていたのが御記憶にあるかと思いますが、今までの御説明の東電さん及び東北電力さんの評価の中からも、この実測のプロットの中で十分共振正弦2波の中に今回の加速度のストレスが入っているというのが、まず大きなポイントとなるかと思いますが。

一番下のところの文に移りますが、この図からわかりますように、これまでの地震の振動は0.5～10Hzの卓越周波数に入っている。これは日本におけるということですが、その応答加速度も正弦3波突印の応答加速度を上回ることがない耐震仕様であったことがわかりますということで、今回の地震は必ずしも従来より小さかったわけではございません。大きい地震でありましたが、今までの概念の中でのストレス評価であったということが、ここからも同定できるというのがまず1点ございます。

若干どのようなものを機器で評価して、どうやっているかというものを写真で御説明を続けたいと思います。具体的な耐震評価というのは実際に機器を揺すっております。図の写真のように耐震架台に載せまして、巨大な遮断器を含めて実加振試験を実施しますが、この際に何度か言葉が出ましたように、共振周波数を掃引して、まず小さな加振力、0.05G等の加振力で全体の周波数を振りながら、この機器のどこに周波数の共振域を持っているかというのを調べます。その事例が上の写真の場合、下のような波形で出てきておりまして、この場合0.5Hzの辺りに1つピークが来て、20Hzのところにも1つピークが来るというのがおわかりになるかと思いますが。

ここでこの周波数の共振点を見つけて以降、今度は0.5Hzをベースにした共振正弦2波、3波。2波というのは地面のところ、3波というのは機器の下端で印加する条件で厳しい試験を行うというところでございます。

3ページ、共振波による検証の事例でございます。図4と書いておりますが、0.1G、0.2Gと振りまして、最大0.3Gの正弦3波の突印をした事例。先ほどの写真の50万VのGCBのブッシングがやはり一番振れが大きくなり、この下端の部分にストレスが最大値として発生する。その状況をプロットしたのがこのようなグラフでございます。

更に(4)として、この実証試験のデータをどう見ているかということで、先ほどの遮断器の一番厳しいところが、ブッシング下端と書いた矢印のところが発生いたしますが、ここで碍子とフランジの分かれ目のところに最大発生応力1.165kg/mm²、安全率はこの場合は2.15であったということが実績としてわかっております。このようなことを各機器に対して実施する。

4 ページ、先ほど来、電力さんの御説明の資料にもありました機器、私どもの既納品も多数ございます。ここで写真 1 は 6 万 V の空気遮断器。高さ約 2.7m ですが、あと機器の破壊側が幾つか出ておりました 275kV の空気遮断器。これは 6 m 強あります。このようなものをそれぞれ評価した全体の比較が、その下のカラーの棒グラフでございまして、見ていただくと左側の図 6、断路器は高岳さんなので私どものデータにはございませんが、ここで電圧クラスというものを左側の軸に振っておりますが、500kV が実は後ほど御説明しますけれども、一番実は背が高くて本来ここが一番耐震強度としては厳しいんですが、これは耐震補強をしております関係から、安全率が実は見ていただくと超高圧クラスが一番谷になっている。今回、いろいろな地震による被害データからも 275kV の空気遮断器の破損というのが何例か目に残られたかと思いますが、ある意味でこのような機器の特性が実態として表れてきているのかというところでございます。

まとめとして 5 節にあります。JEAG5003 記載の共振正弦 3 波 0.3G の耐震設計基準というのは、経済的な耐震設計手法として妥当であると考えておまして、現状以上のような耐震仕様を設定すべきかは、これ以上のものというのやはり投資対効果、経済性からも皆さんの御判断からも、そんなに特別な検討のものではないのではないかと考えております。

御参考に先ほど少し申し上げました 500kV には対策をしているということで、5 ページにフリクションダンパーというものをに入れておまして、500kV は 9 m を超える高いものでございまして、それぞれアームからステーが出ておりますが、ステーの根本のところにはリジットにとめずに、ここのところにフリクションダンパーという内側と外側のばねがある程度ばね力を持ってたわむようなものを一番根元に付けておまして、これらの機器が柳のように重構造的に、ただ、制限範囲の中でしか揺れないような耐震強度の補強をしております。これで振動エネルギーを吸収して実際の被害を食い止めるということで、これらの施策が一番大きな、高さの高いものがゆえ 50 万に適用したことから、結果、安全率は 1 を超えておりますので十分超高圧のものも本来大丈夫であります。ここが安全率としては若干低かったというのが大きな流れでございまして。

以上で御説明を終わらせていただきます。

○横山主査 どうもありがとうございました。

それでは、この変電設備の資料 1 ～資料 3 の御説明につきまして、何か御質問、御意見がありましたらお願いをしたいと思います。

○山崎委員 2 点あります。

最初のもは簡単な質問ですけれども、今の御説明の 2 ページで一次共振周波数というのは変なところに矢印がありますが、これは 5 Hz のところですか。

○横田委員 これは 0.5 というか、約 5 Hz です。

○山崎委員 矢印は山のピーク辺りに。

○横田委員 ピークのところを指しています。

○山崎委員 わかりました。

あとはもう一件、東電さんの資料なんですけど、地震動の推定のところでちょっとよくわからなかったんですけども、13枚目のスライドで中ほどにR(F)という2点間の平均的な伝達関数を計算していますが、距離の影響で r_1 という項と r_2 という項を入れていて、これはもし距離減衰が距離の逆数 $1/r$ で距離減衰するという想定かつ過去の地震なるものの距離でやったのか。

よくわからないのは、もし距離は今回の震源と同じところだったら、 r_1 、 r_2 の項は要らないのではないかという気がするんですけど、いかがでしょうか。

○東京電力 東京電力の田邊と申します。今の御質問にお答えいたします。

こちらは先生の御指摘のとおり、それぞれの地震について距離が違いますので、それぞれの地震ごとに r_1 、 r_2 を設定しているという考え方でございます。

○山崎委員 その場合、距離減衰を r の逆数で考えているんですか。

○東京電力 単純な r の逆数ということではないんですけども、距離に応じてそれぞれ加速度応答スペクトルがどのくらい減衰するかという式を当社なりにつくってございまして、そちらを使うんですけども、今、先生がおっしゃられたように今回の場合は単純な $1/r$ にかなり近くなっていると思います。

○山崎委員 ここで $\times r_1$ とか $\times r_2$ というのは、スペクトルにかけているという意味ですか。

○東京電力 はい、そうです。

○山崎委員 例えば普通の距離減衰式なんかを適用してここに入れるとか、そういうことは。

○東京電力 もう一度確かめてから御返答したいと思いますけれども、私の記憶では $1/r$ というのは、先ほどは違うと申しましたが、単純な距離減衰を r_1 、 r_2 の形で反比例で書いているということでございます。この式どおりだと思います。

○山崎委員 結構です。

○横山主査 よろしゅうございますか。ほかにいかがでしょうか。

○日高委員 3点ほど質問させていただきたいと思います。全体を通じて現在の耐震設計基準というのは合理的であるということはよくわかりました。そのときに要するに今回は発生した応力が非常に大きいために、安全率が下がってしまったということもよく理解できました。

それはできましたが、もしわかれば今回のように発生応力が大きくなる確率というのは、どのくらいになるのか。多分いろいろ想定されるときにある程度いろいろ考えたと思いますが、そういうものがもしわかれば、もう少し定量的に今回の結果が正しいということがわかるのかなという気がいたしましたので、それが1点目でございます。

2点目は資料1、東京電力さんの解析結果の中の結論として、1つ50万の断路器のところでピンジョイント構造の改良というのが今後の取組みのところで取り上げられたと思

ます。改良というのをこれから考えるのかもしれませんが、具体的に何かもしあれば、こういうふうに改良すればもう少し耐震性能がよくなるということがはっきりして参考になるのかなと思いましたが、もし現時点でおわかりでしたら改良の方向性を具体的に示して頂けるとよいと考えます。これが2点目です。

3点目は資料2、東北電力さんの方でございますけれども、これは変圧器のところで特に現在推奨されているブッシングのガスケットの厚さが4mm以上だったのに対して、被害に遭った設備では0.8mmであったということです。0.8mmというのはすごく小さいような気がします、これは何か摩耗というか、経年変化でこうなったのか、それとも導入された時期の仕様では0.8で全く問題なかったということなののでしょうか。もしそれが最初に導入したときなら、それは仕方がないことですから今後は厚いものを使うということで済むと考えてよいでしょうか。そうでなければ何か経年的変化が関係し、注意しなければいけないと思いましたが、この辺もしお答えがありましたらお願いします。

以上、よろしくお願いたします。

○横山主査 それでは、まず東電さんの方から1点目、2点目でもしあればお願いします。

○東京電力 まず1つ目の御質問で、大きな地震が発生する確率はいかにということでございますけれども、非常に難しい話でございます、今の設計基準は300Galを地表面で見でございますが、これについては過去の地震動からおおよそ93%カバーする。7%はそれより超えてしまうということでございます。ただ、古いデータは地震計の精度の問題もございまして、しっかりとれているかどうかというところがいささか疑問があるところもございまして、こういったところは今後地震データを蓄積して、逐次見直していく必要があると思っておりますけれども、今、データの評価としては93%はカバーするというところでございます。

2つ目の御質問で、断路器のピンジョイント部分の改良でございますけれども、これについてはもともとの目的はそこに応力を集中しないように動くようにしたものです。今度はそこをまたかためてしまうと、別のところを補強しなければいけないことになるんですが、今、ピンジョイントのところにダンパー構造を設けて、ある程度動こうとしたときに抑制できるというか、大きい衝撃力でぶつからないようにしましょうということを考えてございます。具体的にそこにはばね構造、ダンパー構造を付けるんでございますけれども、その評価についてはこれから試作をして、検証をしてということで、アイデアとしてはダンパー構造というものを考えてございます。

○東北電力 先ほどのガスケット厚の御質問でございますけれども、電気協同研究で変圧器ブッシングの耐震設計で推奨されたのが昭和57年になってございます。今回被害を受けました0.8mmという変圧器は、昭和48年製でございます、こういった推奨がされる前の製品でございました。この電協研の推奨以降は各メーカーさんのブッシングも、こういったものを採用しつつあるという状況でございます。

○横山主査 ほかにございますでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。どうもあ

りがとうございました。

それでは、次は資料4、送電設備についての解析の結果とその対策でございます。東京電力さんの方からお願いいたします。

○東京電力 それでは、お手元の資料4に基づきまして、送電設備で使用されておりますジャンパ支持V吊長幹支持がいし装置の折損原因の分析結果について、東京電力から報告させていただきます。

目次でございますように、報告の内容は被害の状況全体のお話をさせていただいた後で、耐震の解析結果とまとめという構成で御説明いたしたいと思っております。

3 ページ、送電設備の全体の被害状況ですけれども、主な被害状況が59か所ございました。この59か所のうち送電が再送電できないものの割合が、全体の震度5以上の設備約3万基に対しての割合が0.003～0.082%という結果でございます。特にこの中の原因が主に碍子の折損ということで、8割を占めてございます。

碍子の折損の中で特に東海原子力線という27万の送電線でございますけれども、こちらの碍子装置の折損が多発いたしまして、復旧にほかの設備に比べますと比較的時間を要したということから、今回この装置の折損原因の分析を行うことといたしております。下の円グラフと表が今お話した数字でございます。

4 ページに東海原子力線の支持碍子装置の被害状況ということで、経過地図と写真を載せてございますけれども、この線路は那珂変電所から東海第二原子力発電所を結ぶ線路でございます。図にございますようにNo.25～43の鉄塔に16基この装置が使われてございます。そのうち10基に折損が発生している状況でございます。折損したものは写真の中に赤矢印で示しているところが折損している様子でございます。

5 ページが長幹支持碍子装置の説明でございます。こちらの装置は長幹碍子を4個つないだタイプの装置でございます。全長が大体4.6mぐらいの一边を持ったV吊でジャンパ線が鉄塔との離隔を確保するような形の装置でございます。こちらの破断面の特徴としましては、右下の写真にございますように破断面が線路の直角方向を向いたような破断面になっているということでございます。この写真の上に取り付金具という図がございますけれども、この取付金具は線路の方向に対しては動くような形になってございます。線路の直角方向に対しては離隔を確保するために、稼働しない構造になってございます。

以上のことから下の概念図にございますように、こちらのV吊長幹支持碍子装置に線路直角方向の荷重が作用した結果、碍子中央に曲げ応力が発生して折損したと考えてございます。

6 ページ以降に、以上の仮説に基づきまして地震動と折損との関係を解析した結果を御説明いたします。

解析の流れは変電設備と同じでございますけれども、まず地震動を推定し鉄塔の解析モデルによって耐震解析を行って、折損の原因を評価するという流れでございます。今回は先ほど変電所の設備、那珂変電所の基盤面の推定のお話がありましたが、こちらの那珂変

電所の基盤面の推定地震動から、代表鉄塔として東海原子力線 No. 39 の地震動を推定して行ってございます。以下は変電設備と同様でございます。

7 ページが今回用いました解析モデルでございます。評価対象の No. 39 を中心にして前後の No. 38、No. 40、径間で言いますと 4 径間の鉄塔を動的解析モデルとしまして用いました。

8 ページに解析の結果を示してございます。まず東海原子力線 No. 39 の地表面地震動の推定結果が左側の図でございまして、右側の上の表のところ推定された地表面最大加速度ということで、NS、EW、UD と 3 つの加速度の最大値を載せてございます。その下に応答スペクトルを載せてございます。

この地震動を用いまして解析を行った結果が 9 ページでございます。左側の図が入力した地震動の鉛直成分の例でございますけれども、こちらを No. 39 の鉄塔の下部に入力いたしまして、碍子装置が取り付けられている支持点の応答波形を求めてございます。この応答波形からスペクトルを算出しまして、このスペクトルの装置の固有周期のところの加速度を読み取りまして、碍子に発生する曲げ応力を算出したということでございます。

10 ページが算出結果を用いまして、碍子装置の耐力に対する安全率を求めた結果でございます。東海原子力線については表のとおり安全率は 0.6~0.7 という結果でございます。戸崎線とございますけれども、こちらは No. 39 の東海原子力線に並架された 15 万の線路でございまして、こちらにも長幹支持碍子を使ってございますが、3 本のものでございまして、東海原子力線よりは耐力の高いものになってございます。安全率は 2.3~2.5 でございまして、右横に被害の発生箇所を赤が折損、黒が被害なしということで示してございますけれども、被害の結果とほぼ一致する結果になってございます。

11 ページ、今回の東海原子力線に用いました耐震対策についての御説明でございます。耐震対策としましては一般には懸垂碍子とあって、長さが 15~17cm ぐらいの懸垂碍子を何個か接続しまして、これによって対策をするというのが標準的でございますけれども、今回は鉄塔腕金への過重負担が大きくなるということをねらいまして、有機碍子を用いた対策を採用してございます。こちらについても同様な評価を実施しておりまして、安全率については 3.4~4.7 という結果を得てございます。

以上、検討結果のまとめでございますけれども、東海原子力線のジャンパ支持 V 吊長幹支持碍子装置は、耐震解析の結果、今回の地震により生じる曲げ応力が許容値以上になり、折損することが判明した。

(2) 耐震対策としましては、ジャンパ支持 V 吊有機碍子装置は、耐震解析の結果、今回の地震により生じる曲げ応力が許容値未満であり、その安全率は 3 以上であることを確認した。

今回の地震でジャンパ支持 V 吊長幹支持碍子装置の折損が多発した東海原子力線は、有機碍子へ取り替えることによって対策を実施している。

以上でございます。

13 シートは参考にお付けしました、推定された東海原子力線 No. 39 の地表面地震動、応答スペクトルでございます。

14 シートが今回、解析で求めました碍子装置支持点の加速度応答スペクトルでございます。上段のところは線路の1回線側でございます。C1、C2、C3 とあるのは腕金の上段、中段、下段を示してございます。左側が線路直角方向の成分。右側が線路鉛直方向の成分になります。その下が2回線、2号線側の結果でございます。

15 シート目は並架している戸崎線の同様のもののデータでございます。

16 ページは今回、対策で用いました有機碍子についてのスペックの紹介でございます。以上でございます。

○横山主査 どうもありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明に対しまして皆さんの方から御意見、御質問ありましたらお願いしたいと思います。いかがでしょうか。

○日高委員 先ほど質問させていただいた1点目を多少引きずった質問で大変恐縮ですがさせていただきます。安全率が要するに1以下になると非常に危なさそうだというのがわかりましたので、安全率が1になるような、例えば長幹支持碍子の場合だと、そのときの実際に加わる応力が表れるような地震というのは、確率的に言うところのどのくらいに当たるか試算できるのではないかと思います。先ほど300Galというのが93%の確率だったということなんですが、多分そのときの値で試算すれば安全率は随分大きな値になるわけです。それがずっとって安全率1になるところに対応するような応力が出るような地震の揺れというのは、過去の平均のいろいろな分布から考えて何%ぐらいというのは推定できる気もしますが、それはいかがでしょう。

今回はそれを超えてしまったということで、それよりも非常に小さな確率のものが起きたということになるのかなと思ひまして、直接この長幹支持碍子のことではないんですけども、そういうことをもしおわかりになれば教えていただくと、すごく参考になるので、改めて質問させていただきました。

○横山主査 東電さん、いかがでしょうか。

○東京電力 御質問の答えに直接なるかどうかなんですけれども、私どもの送電設備については、長幹支持碍子のような揺れに対して弱いというか、基本的には送電設備の場合は先ほどお話した懸垂碍子というものをメインに使ってございまして、というのは地震以外にも風だとか着雪による動揺だとか、いろんな動荷重が入りますので、基本的には可とう性のある碍子装置を使うのが基本でございます。ですので、こういう支持碍子のようなものを使うケースというのはそう多くはないんですけども、過去に経験した地震で、これは変電設備も同じなんですけども、宮城県沖地震というものがございまして、その当時いろいろ評価をした中では正弦3波、先ほどお話がありましたけれども、変電設備と同程度の再現が考えられるような地震動に対しては健全でないとはまずいだろうということで、こういう支持碍子については使用制限を設けていまして、4本までとなっております。これ以上は

使わない。

御質問の4本が折損するような地震動がどのぐらいの確率なのかと言いますと、答えとしては先ほど変電の方からも話があったように、300Galをベースにした指針を超えるような割合が97%を超える、3%の割合というところと言えるんですけども、それが実際1のところかどうかというところについては、まだこれからの課題かなと思います。

○日高委員 97%ですか。

○東京電力 失礼しました。93%です。

○日高委員 わかりました。7%はそれよりも大きなものかというところを今、基準に考えているんですか。

○東京電力 過去の地震の記録ではということです。

○日高委員 それを使ったときに想定される、加わるであろう応力というのは計算できるわけですね。

○東京電力 それと言いますと。

○日高委員 今回、実際の地震動が加わったら、応力がこのくらいになりました。許容応力を求めたその応力で割って安全係数を算出すると0.何がしになりましたから、確かに壊れましたということは確かに理解できました。しつこいようですが、許容応力イコールの応力が発生するようになる状況、それを引き起こす震動加速度と言いましょか、そうした値を計算できるような気がするのですが、そういう計算は余りされないのでしょうか。

○東京電力 計算は可能だと思います。ただ、いろんな条件がございますので、先ほどの地震の応答スペクトル、周波数特性だとか、支持物の影響だとか、いろんなケースがあると思ひまして、一律にはなかなか評価が難しいと思ひます。送電設備の場合は前提として冒頭お話ししましたように被害率が非常に少なく、起こっても非常に復旧が早くできるということもございまして、その辺の評価というのはこれまでは必要なくてしてこなかったということかと思ひます。

○日高委員 わかりました。

○横山主査 逆問題は非常に難しいということなんだろうと理解しました。

深沢委員、お願いします。

○深沢委員 ジャンパ支持V吊長幹支持碍子の東京電力さんの資料で教えていただきたいんですが、例えば9ページでも14ページでもいいんですけども、9ページで左側の地表面地震動の入力で減衰乗数2%という、こちらの2%は意味がわかるんですが、今度応答の方の波形が右側に書いてありまして、碍子支持点の減衰乗数3%と書いてあるんですけども、応答解析は線形でこういうふうに行われていて、全体系で鉄塔の一次か何かでこういう減衰乗数を支持して、どういう入れ方にするのかわからないんですが、ここでわざわざ3と書いたのと、応答の支持点というのが取りついている位置なのかどうか。

何でそういうことを質問するかというと、碍子での固有周期の0.17secというのと、応答のところの卓越しているところが余り関連性が見られないので、ちょっと質問させてい

ただきました。

○東京電力 まず支持点の方からですけれども、支持点はV吊長幹支持碍子が取りついている点の腕金の支持点のスペクトル。

○深沢委員 碍子部の真ん中とかそういうことではなくて、取りついている位置ということですか。

○東京電力 真ん中というか、そうです。取りついている位置になります。

それから、この減衰乗数については碍子装置そのものを、今回先ほどの説明の中で5ページのところで破断した可能性というのが、線路直角方向の加重に対する挙動で起こっただろうということで、線路直角方向に大きな加重を加えて、自由振動させて、そのときの減衰乗数を求めまして、その減衰乗数を使ってございます。

○横山主査 ほかにいかがでしょうか。それでは、どうもありがとうございました。

この分析結果等につきましても整理をしていただきまして、報告書の方に入れていただくようお願いしたいと思います。

それでは、議題2の「ワーキンググループのとりまとめの方向性について」に移りたいと思います。報告書の骨子案を事務局の方で作成していただいておりますので、この御説明をお願いしたいと思います。よろしく申し上げます。

2. ワーキンググループのとりまとめの方向性について

○沼田班長 それでは、資料-5に基づきまして御説明をさせていただきます。

電気設備地震対策報告の骨子案ということでございますけれども、これまでのワーキングの中でいろいろ御説明いただいた資料について書き込んだ形にしてございます。

第1章といたしまして地震・津波、供給支障の概要ということで、まず地震の概要として発生日時、震源、マグニチュード、速度、加速度などについての記載でございます。

「(2) 地震の被害」といたしまして、電気設備に限らないライフライン一般の被害についての記載をしてございます。

「(3) 地震動に関する見解」「(4) 地震動の特性」についてはまだ記載しておりませんが、地震の特徴を示す有識者などの見解を探して、何か適当なものがあれば今後記載をしていきたいと考えてございます。

「2. 平成23年東北地方太平洋沖地震による津波の概要」でございます。津波につきましても2ページの冒頭でございますけれども、各地の津波高についての記載をしております。

火力発電所を津波が襲ったということにつきまして、火力発電所の津波高についての記載がございしますが、具体的に火力発電所でどのぐらいの津波があったのかという適当な数値がないということでございまして、近傍の数値を記載しております。

「(2) 津波の被害」でございます。ここでも電気設備に限らない一般的な被害を記載してございます。

「（３）津波に関する見解」「（４）津波の特性」は地震の方と同様でございまして、有識者の見解があれば記載ということを考えております。

「３．電気設備の被害状況と復旧状況」。

「（１）設備被害の概要」ですけれども、地震・津波に関する全体的な被害の状況について、これまでのワーキングの説明を基にして記載をしております。

３ページ「（２）供給支障の規模、停電復旧について」も同様にワーキングの資料から記載をしております。

４ページ、第２章といたしまして地震に対する電気設備の被害状況と今後の対策。

「１．電気設備の耐震区分と被害状況」。この部分につきましては９月２８日の第１回のワーキングにおきまして御説明させていただきました。その内容について記載をしております。

６ページまで飛んでいただきまして、この項目のまとめ「（３）検討結果」でございすけれども、電気設備に関する被害の状況を踏まえますと、耐震性区分に応じた耐震性能は基本的に満足していると判断される。電気設備の被害に伴って人命等に重大な影響を与える事象がなかったことから、耐震性区分ⅡからⅠに移行させる設備はないと考えられるとしてございます。

したがって、現行の確保すべき耐震性について変更はないと考えられるとしてございます。

ただし、今ほど御説明にもございましたけれども、変電所の機器におきまして特に 275kV 遮断器の碍子部分で被害が発生したことから、さらなる耐震性向上のためには原因を分析し、結果を設計に活用をすることが有効であるとしてございます。

７ページはまだ記載してございませんけれども、本日のワーキングで御説明いただきました各設備の被害の原因、その対策について記載をしてみたいと考えてございます。

８ページ、第３章といたしまして津波に対する電気設備の被害状況と今後の対応でございす。

「１．津波による電気設備の被害状況」。

「（１）津波による電気設備の被害状況」は第２回のワーキングで説明をさせてもらった内容になってございます。火力発電所の被害の状況、送電設備の状況、変電所の状況でございす。

津波による被害を受けた電気設備は復旧に時間を要してございまして、一部の火力発電所では復旧に時間を要している。津波が広範囲にわたって発生したということで、複数の火力発電所で被害が発生したことから、電気供給力が減少し、全体の供給力に影響を与えるという状況を記載してございます。

「（２）津波による電気設備の被害の復旧状況」は復旧の時間的経緯などにつきまして、主に事実関係を記載してみたいと思っております。本資料の第４章に復旧状況を書いてございますので、その辺りを要約して書きたいと思っております。

「2. 電気設備の津波に対する基本的考え方」でございます。このページの一番下でございますけれども、津波によって大規模な被害が発生した。これは初めての経験でございます。これを契機といたしまして対応の基本的考え方について検討するとしてございます。

9ページ「(1) 津波のクラス分け(中央防災会議の検討)」でございます。9月の第1回のワーキングでも、この津波のクラス分けを御説明してございます。その際には中央防災会議の「東北地方太平洋沖地震を教訓とした地震・津波対策に関する専門調査委員会」の中間とりまとめを基にして御報告させてもらいましたけれども、この専門調査会の方で9月に最終的な報告がとりまとめられてございます。6月のものを9月に時点を変えさせてもらいます。

ただし、6月の中間報告と9月の最終報告では、津波のクラス分けに関しては特に変更はなかったことを確認してございます。

この専門調査会の報告におきまして、今後、想定津波の考え方としては、住民避難を柱とした総合的防災対策を構築する上で設定する津波(最大クラスの津波)と、防波堤などの構造物によって内陸への浸入を防ぐ海岸保全施設等の建設を行う上で想定する津波(頻度の高い津波)の2種類としてございます。

最大クラスの津波に関しては住民の避難を軸にいたしまして、ソフト・ハードのとり得る手段を尽くし、総合的な津波対策を確立することを基本的な考え方としてございます。

頻度の高い津波に関しましては、海岸保全施設等による対策を引き続き整備を進める。こういうことが基本的考え方としてございます。

このような考え方を踏まえまして、電気設備に関してはどのような考え方にするのかというのが(2)でございます。頻度の高い津波(供用期間中に1～2度程度発生する津波)に関しましては、需要地への津波への浸水は海岸保全施設等により防がれることが期待される。ただし、一旦機能を喪失した場合、人命に重大な影響を与える可能性がある設備については、個々の設備ごとに機能に重大な支障が生じないように対策を施すことが基本。これが頻度の高い津波への考え方でございます。

最大クラスの津波(発生が極めてまれである最大クラスの津波)に関しましては、被害を防ぐような設備とすることは、費用の観点からは現実的ではない。被害や復旧の実績を踏まえ、設備の被害が電力の供給に与える影響の程度を考慮し、可能な範囲で被害を減じ、あるいは復旧を容易とするような津波の影響の軽減対策が基本であるとしてございます。

「3. 電気設備の津波対策における耐震性区分の準用」。

「(1) 耐震性と津波対応の区別について」でございます。電気設備の耐震性区分については、平成7年の防災基本計画の考え方によりまして整理をしてございます。津波に関しましても電気設備が被災した場合の人命に与える影響の観点、機能に与える影響の観点からは耐震性の考え方が準用できると考えられるとしてございます。ただし、津波による被害というのは地震動による被害と少し違った特徴、津波の到達地域とそれ以外で被害の発生の有無が分かれる。津波の到達域では面的に被害が発生し、設備の種類に関係なく何

らかの被害が発生する。津波の程度によって被害の程度が大きく異なる。こういうことが地震動とは違う特徴があるのではないかと考えています。

「（２）津波への対応に関する電気設備の区分と対策について」でございます。耐震性区分は機能喪失のリスクの観点から、耐震性区分Ⅰとしてダム、LNG タンク、油タンク。耐震性区分Ⅱはそれ以外の設備としてございましたけれども、津波についてはダムを除くことによりまして、地震と同じような区分とすることが適当と考えられるとしてございます。

この区分に応じた津波対策を 11 ページの表に整理してございます。区分Ⅰの設備の特性といたしまして、一旦、機能を喪失した場合、人命に重大な影響を与える可能性がある。

区分Ⅱといたしまして設備の特性等でございますけれども、一旦機能を喪失した場合、人命に重大な影響を与える可能性というのは区分Ⅰほどではない。火力発電設備及びそこからの電気を需要地に送電するための送変電設備は、電力会社の供給区域全体に対し電気を供給するものでございまして、一度に多数が被災しない限りにおいて基本的に代替性または多重性がある。沿岸部に多く位置する火力発電所など、個々の発電所の重要度を踏まえた対策によって、供給力全体の中でバックアップをすることが必要としてございます。

電力保安通信設備でございますけれども、通信機能の確保というのは災害対策の観点から必要であるとしてございます。

電気は需要に応じた供給をするものでございまして、配電設備などについては沿岸部であっても需要地に設置されてございます。需要地の多くが被災し、需要が消失するような場合は、供給設備の機能も同時に失われると考えられる。このような特性を持っていると整理してございます。

12 ページ、このような特性に応じまして、それぞれ頻度の高い津波への対策、最大クラスの津波への対策がどのようなものかという点でございますけれども、区分Ⅰについて頻度の高い津波対策でございますが、個々の設備ごとに機能に重大な支障が生じないよう対策を施すこと。現行の敷地高さ、防潮堤の有効性の確認を行う。

区分Ⅱにつきましては、需要地である例えば市街地への浸水、海岸保全施設により防がれることが期待されるなどありますけれども、浸水が想定される場合には地域の防災計画、浸水後の需要の有無等の整合を図り、地域と協調し被害を減じ、または復旧を容易とするような設備形成を進める。

火力発電設備においては被害の想定を踏まえ、従来の対策の有効性を確認する。

電力保安通信設備については、沿岸部に通信ルートがある場合には多重化を行うとしてございます。

最大クラスの津波対策でございますけれども、区分Ⅰについては類似の石油コンビナート等との整合をとった対策が必要であるとしてございます。

区分Ⅱについては津波による被害を受け、電力需要が喪失するエリアについては、被災後の復旧で対応する。

供給力確保の観点から、発電設備については個々の設備の重要度や地域ごとの被害想定を踏まえ、復旧の迅速化を図るための対応を進めるとしてございます。この対応の例でございますけれども、表の下に※がございまして、例えば復旧を迅速化するため今回の教訓に基づく機器の復旧対応等マニュアルの整備。浸水被害機器に対する復旧方法の事前検討、非常用資機材の保有量の再検証、復旧に必要な物資輸送のための道路・航路アクセス対策の検討などを掲げてございます。

表に戻りまして、被災すると供給支障が当該電力会社供給エリアの過半になるなど、広範囲かつ長期間にわたるおそれがある送電線及び変電所については、津波の浸入が予想される海岸付近には施設をしないことが基本であるとしてございます。

このページの一番下には参考といたしまして、八戸変電所の対策を例示として掲げてございます。

13 ページが第 4 章でございまして、被害の復旧の状況と今後の対応でございまして。

「(1) 電気設備防災対策の目的」でございまして、これは平成 7 年の検討会の報告にある指摘をそのまま引用してございまして、いろんな観点から今回の地震の復旧活動を評価し、今後の対策に有効な知見と課題について整理をするとしてございます。

「(2) 電気の迅速な復旧の必要性和安全確保の両立」。これも平成 7 年の報告のとおりでございまして、電力供給支障が長引くと悪影響が大きい。なるべく早く復旧する必要があるのですが、地震のような場合には屋内の配線が損傷する可能性もありまして、適切な措置を講じないと通電による火災が発生するおそれがある。このような観点から迅速な復旧と安全確保の両方が求められるという内容でございまして。

「2. 東北地方太平洋沖地震における電力供給支障と復旧の状況」でございまして。

「(1) 供給支障の要因となった設備被害の概要」でございまして、東京電力では原子力、火力発電所の停止によって 3 月 11 日には約 2,100 万 kW の電源が停止。周波数は地震発生直前から最大 1.55Hz の低下があったという状況を記載してございます。

配電設備に関しては茨城県、千葉県の沿岸部で液状化によりまして電柱の傾斜などが発生した。これによって電柱に乗っている高圧線の断線、柱上変圧器の故障などが発生したという状況でございまして。

東北電力でも地震の震動で火力発電所、原子力発電所の自動停止なり手動停止が発生してございます。東北電力の特徴的なものとして、宮城変電所主要変圧器の停止や 175kV 送電線事故等により北側の系統と南側の系統の分離。これが東北電力管内の停電、供給支障の特徴でございまして。その後、津波が発生いたしまして送電鉄塔の倒壊などが発生してございます。

「(2) 供給支障と復旧の状況」でございまして、東京電力では最大約 405 万戸の停電が発生してございますけれども、逐次復旧を進めまして、3 月 18 日にはすべての停電が復旧。東北電力の方では北側の系統と南側の系統の分離がございましたので、154kV の新潟系統から日本海側のルートを使って復旧を行った。3 月 12 日には基幹送電系統の復旧。3

月 19 日にはその時点で津波等の影響で復旧作業に入れない地域を除いて復旧という状況でございます。

「3. 東北地方太平洋沖地震被害の復旧活動について」ということで、前回のワーキングで御説明いただいた内容を記載してございます。

項目だけの御紹介ですけれども「(1) 事業者の体制及びマニュアルについて」。

15 ページ中ほど「(2) 要員及び資機材の確保について」。

17 ページ「(3) 要員・資機材の確保に関する電力会社間の応援の状況」。

18 ページ「(4) 交通手段の確保(移動手段・燃料の確保)」。

19 ページ「(5) 連絡手段の確保」「(6) 各電気設備の復旧の実績」。

その後、24 ページに(7)といたしまして、今回の被害の復旧に関しての新たな知見と課題でございます。

東京電力の火力設備の復旧からは、発電設備の復旧には瓦れきの撤去、排水作業に時間を要した。これは2～3週間。周辺地域も含め、広範囲の被災のため生活環境、作業環境の確保の重要性の再確認。

25 ページ、浸水による被害を受けた電動機、制御基板は、洗浄により再使用できるものもあったというのも新たな知見。構内に建設所用重機があって、初期の動線確保が早期に実施できたという知見が報告されてございます。

東北電力の方につきましても、ほぼ同様な知見があったと報告されてございます。

26 ページの課題の部分でございますけれども、新たな知見でも触れましたとおり、発電設備の早期の復旧には工業用水とか道路という、インフラの優先復旧に関する自治体との連携が必要。洗浄によって復旧をした機器の将来的な影響の確認などが必要。

27 ページ、衛星画像提供でございますけれども、被害概要の把握には衛星写真も活用が可能。画像情報の提供に向けた協力体制の構築が必要。

移動のための道路情報の提供も課題になっているという報告でございます。

東北電力の報告につきましても、東京電力とほぼ同様な課題が挙げられてございます。

28 ページ「(8) 復旧活動の評価と課題」でございます。停電復旧に関しましては大規模停電の発生から8日程度で早期の復旧が達成できた。停電の復旧過程においては阪神・淡路大震災の際の停電として、自己完結型の応援、50/60Hz 共用の発電機車の活用、復旧に必要な車両の緊急車両指定、電力保安通信網の強化、社外の協力会社における保安電話設置などの提言が、有効に機能していることが確認できるとしてございます。

送電災害時の通電時の火災発生は、事業者さんからの御報告はございませんでした。

設備の復旧につきましても、発災直後から鋭意努力いただきまして、迅速な復旧のために工夫をされたことは評価できるとしてございます。

29 ページ、浸水の排水や瓦れきの撤去なども早期の復旧には課題となることが明らかとなったとしてございます。

復旧活動に当たった両者からの今後の課題として、以下に掲げているようなことが挙げ

られてございます。

早期の復旧に対して洗浄して再使用している状況でございますけれども、将来の影響の確認が課題となっている状況でございます。

次のページ以降に、地震動の特徴を示すような図表をお付けしてございます。特に説明は省略をさせていただきますけれども、添付の資料といたしましては地震動以外に適宜今後の参考となるような資料もあれば、添付をしていきたいと考えてございます。

長くなりましたが、説明は以上でございます。

○横山主査 ありがとうございます。

それでは、ただいま御説明いただきました報告書の骨子案につきまして、御意見をいただきたいと思っております。特に地震に対する今後の対応や津波への対策につきまして、こういうことを考慮しておくべきではないとか、いろいろな御意見があると思っておりますので、是非お願いをしたいと思います。

それでは、よろしく願いいたします。豊馬委員、どうぞ。

○豊馬委員 今までの報告がまとめてあって、地震に関しては意見はないんですけれども、津波の話で今、御説明があった12ページの表の最大クラスの津波への対策の区分Ⅱに、これは余り今まで議論されていないんですが「被災すると、供給支障が当該電力会社供給エリアの過半になるなど広範囲かつ長期間にわたるおそれがある送電線及び変電所については、津波の侵入が予想される海岸付近には施設しないことを基本とする」となっているんですが、たしかこういう過半になるような変電所、送電線というのは余りないことはないと思うんですけれども、いきなり施設してはいけないという書き方は、こういった事象が今回の東日本大震災でも生じていませんし、実際ほかのところにあるのかどうかということも検証していないんですが、もしあるとしても、いきなり施設してはいけないのではなくて、いろんな対策を今後考えていくのではないかと思います。

例えば、これは1つの対応案ですけれども、地震があって津波が来るまで時間があるので、ソフト面の対策、例えば系統切替えといった対応もできるわけです。したがって、こういうふうに施設してはいけないと書くのは書き過ぎではないかと思います。今回の事象には出ていないんですが、こういう箇所を心配すべきであるという御指摘はわかるんですが、この辺の書きぶりについては基本とするというのは書き過ぎかなと思います。今回は事象が出ていないので、いきなりこう記載されるのはどうかと思うところがありますが、確かにこういうものが心配される向きはあるので、施設してはいけないという書き方ではなく、その書き方については少し工夫が要るのではないかと思います。

万が一あるとしても、いきなり変電所とか送電線を撤去しろということではないと思うので、そういう趣旨の表現にここは変更することで検討していただければと思います。

あと、参考資料を付けるという話が最後、班長の方から御説明があったのですが、参考資料はいろいろ付けられるんでしょうけれども、できますれば復旧のスピードがどうだったかというのを、他のインフラと比較したものがこのワーキングで紹介されていますので、

参考資料を付けられるのであれば、そういう表も付けていただければというのが要望でございます。

以上です。

○横山主査 ありがとうございます。

事務局の方から何かございますか。

○村上課長 今の御意見に関してなんですけれども、施設しないことを基本とするという書き方がちょっと強烈だという御意見であります。ただ、ここに書いてあるのは電力系統の中で極めて重要なものという限定で書いてありますから、こういったものが避けられない津波に対してどういうふうに減災をしていくのかということについては、非常に重要な社会的関心事項でもございますから、何かうまくまとめたいなと思います。例えば既設ですと一旦できてしまっていますから、場所を変えてくれなんてことはなかなか実際できないわけですが、これだけ重要な施設という限定で書いていますから、何か減災措置を考えると、いろいろなやり方があると思うので、今後そこら辺はアイデアを出していきたいと考えております。

参考として他との比較のグラフを載せるべきという御意見でございます。確かにワーキングで紹介をさせていただきましたけれども、その資料を載せることの効果等について、よく考えさせていただいた上で判断したいと考えております。

○横山主査 ありがとうございます。

ほかにいかがでしょうか。山崎委員、お願いします。

○山崎委員 この報告の骨子案というのは、この委員会の最終的なまとめという形なんですか。文章としては役所が出す今回の設備被害に対する評価ということで、このような書きぶりになるのかなというのはわかるんですが、後でいろいろ技術的に例えば内閣府で南海トラフの地震の被害想定をしようというときに、今回の電力設備の被害がどうだったかというデータというのはやはり欲しい。今回の委員会でもかなりたくさん詳細なデータが出ていますので、どういう形になるのかわかりませんが、役所の報告としてはこれでいいんでしょうが、後で資料として残るもの、特に電力関係はなかなか一般には情報を出していただけないので、少なくとも今回、委員会で出たような資料を何らかの形で付録でも何でもいいんですけれども、少し整理した形で載せていただけると今後、災害対応を考えると非常に貴重な資料になるかと思えます。

阪神のときは結局、本になったんですけどか。ああいうものがどういう形で出版されるのかわかりませんが、字だけの文書だと余り利用価値がないと言ったら言い過ぎなんではと思うが、是非そういうものをつくっていただければと思います。

○村上課長 今の関係でございますけれども、ワーキングとしては報告書の形でまとめたいと思っていますから、この骨子で終わるわけではございませんで、当然この骨子が肉付けされた上で、更に参考図書といいますか、いろんな図表等をできる限り付けてまとめたいと考えてございます。

○山崎委員 わかりました。

○横山主査 よろしくお願ひします。

ほかにいかがでしょうか。日高委員、お願ひします。

○日高委員 多分、最後のコメントになります、ある一文を読むと大体全体がわかるような何かまとめと言いましょうか、アブストラクトと言いましょうか、そういうものがあるといいなと思ひます。それはどういふ文面にするか、これから考へていただけたらと思ひます。一般の方から見ると、こゝういふ一文があるとある程度イメージがつく、または将来に対するイメージがつくと思ひます。その例をちよつと考へてみますと、例へば今回の地震はマグニチュードが9でした。こゝういふときに、こゝういふところでのこのぐらゐの被害が起きた。地域的にいろいろあると思ひますのですけれども、その次に来る地震が、例へば9.5が来るとどんなふうになるだらうとか、8.5だとこんなふうになるだらうとかいふのが、ある程度頭の中に描けるよゝうになっていると一番わかりやすひと思ひます。

そゝういふ単純な区分で何か整理をしてしまふのは大変危険かなといふ気はしますが、いゝわゆる庶民感覚で言ふと、そゝういふところが一番強く印象に残ると思ひます。マグニチュード9でも私個人として考へるとそんなに致命的な被害はなかつたし、それにいろいろ支障があつても、極めて早ひ時期で復旧できたからよかつたといふことを言ふためにも、そゝういふものがあるといひなと感じました。

今の部分はいひ過ぎの部分がありますし、そゝういふふうな評価はできないかもしれませんけれども、最初に申し上げましたよゝうに、最初のA4の半ページぐらゐ読めば、こゝで何をして、こゝで一番言ひたいことは何かが分かるよゝうなものを、是非付けて頂きたいと思ひます。

○横山主査 どうもありがとゞございました。最終報告書案のときに、そゝういふものができるかどうか検討させていたゞきたいと思ひます。

ほかにいかがでしょうか。よろしゅうございますでしょうか。

それでは、この報告書の骨子案で幾つか御意見をいただきましたので、今いただきました御意見を踏まえまして整理させていたゞきたいと思ひます。

この報告書の骨子案でございますが、次回の親委員会でございます電力安全小委員会におきまして、地震対策ワーキンググループの中間報告書案として御報告をさせていただく予定となっております。ただいまいただきました御意見を基に骨子案を若干修正させていただくかもしれませんが、その案につきましては主査の私に御一任をいただければと思ひますけれども、よろしゅうございますでしょうか。

(「異議なし」と声あり)

○横山主査 どうもありがとゞございました。

それでは、また電力安全小委員会で報告をさせていただき、御審議をいただいた後、また再度このワーキンググループを開かせていただゞきまして、最終報告書案を御審議いただくことになるかと思ひます。どうぞよろしくお願ひいたします。

議題は以上でございますが、事務局から何か御連絡事項がありましたらお願いします。

○村上課長 本日はお忙しい中、また、年末というこういう時期に御議論いただきましてありがとうございました。

次回のワーキングの日程につきましては、年を明けて2月過ぎると思うんでございますけれども、また追って連絡をさせていただきまして、御対応いただきたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

○横山主査 それでは、これをもちまして本日のワーキンググループを終了させていただきます。

それでは、皆さんどうぞよいお年をお迎えくださいませ。