

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
電気設備自災害等対策 WG（第16回）
議事録

日時 2022年8月29日（月）15：00～16：30

場所 Microsoft Teams 会議

議題 令和4年3月に発生した福島県沖地震の被害とその対応
のまとめ

○前田電力安全課長 それでは、定刻となりましたので、ただいまから第16回電気設備自然災害等対策ワーキンググループを開催いたします。

事務局の電力安全課長の前田でございます。7月から電力安全課長を拝命してございます。よろしくお願いいたします。

委員の皆様におかれましては、大変お忙しい中御参集、お時間をいただきまして、誠にありがとうございます。限られた時間ではありますが、ぜひ忌憚のない御意見、御審議をよろしくお願いいたします。

今回もTeamsの開催でございます。

委員の皆様の出席状況ですけれども、本日は7名中5名の先生に御出席いただいております。定足数を満たしてございます。また、7名のオブザーバーに御出席いただいているということでございます。また今回は説明者として、相馬共同火力発電株式会社から田鹿様が参加されてございます。

それでは、ここからの議事進行、横山座長にお願い申し上げます。

○横山座長 横山でございます。

本日はお忙しいところをワーキングに御参加いただきまして、ありがとうございます。

それでは、まず事務局より資料の確認をお願いしたいと思います。

○前田電力安全課長 前田でございます。

それでは、資料の確認をさせていただきます。議事次第と委員等名簿、あと資料1、資料2を用意してございます。資料につきましてはTeamsの画面上に投映してまいりますので、必要でしたらそちらを御覧ください。また資料が見られないなどありましたら、お手数ですが、Teamsのコメント欄などを使いながらお知らせいただければと思います。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、議題に入りたいと思います。お手元の議事次第にありますように、本日は「令和4年3月に発生した福島県沖地震の被害とその対応のまとめ」ということでございます。説明者におかれましては、最初に一言名のついでにお願いしたいと思います。まず資料1、2に基づきまして、事務局及び事業者の方から御説明をいただきたいと思います。その後に質疑の時間を取りたいと思います。よろしくお願いたします。

それでは、資料1につきまして事務局より御説明をお願いします。

○前田電力安全課長 電力安全課長の前田でございます。

私からは「令和4年3月に発生した福島県沖地震の被害と対応等の振り返り」をさせていただきます。

まず、今回の検討に当たっての考え方でございます。前回4月のワーキングで提示させていただいた左にございます4つの検討の視点と、過去に国におきまして検討してきた内容との関係を整理いたしましたので、まずその御説明をさせていただきます。

電気設備に関してですけれども、耐震性は平成7年の阪神淡路大震災後の中央防災会議でつくられました防災基本計画に基づいて、エネ庁の検討会で検討されてございます。その際、電気設備の耐震性の区分とそれに応じた耐震性の考え方ということで整理されてきて、その後の東日本大震災ですとか、北海道の胆振東部地震でも、この考え方が継続して適用されてございます。

具体的には下の耐震性区分Iを見ていただきますと、一旦機能を喪失してしまうと人命に重大な影響を与える可能性がある設備。電気設備におきましては、ダムとか、LNGや油のタンクということでございます。こうしたものについては確保すべき耐震性として、一般的な地震動と高レベルの地震動で分けて整理されてございまして、一般的な地震動は

後で出てきますけれども、震度5強までというイメージでございます。個々の設備ごとに機能に重大な支障が生じない。継続性の観点から耐震性が示されてございます。また高レベルのほうは、例えば首都直下ですとか、南海トラフの想定でありますけれども、この場合は設備の故障というよりも、それによって人命に重大な影響を与えないことが求められてございます。

それ以外の電気設備は、耐震性区分Ⅱに入っております。発電所の建屋ですとか、ボイラーなどがございますけれども、一般的な地震動については耐震性区分Ⅰと変わりません。事業継続性に主眼が置かれてございます。表現は同じですが、高レベルの地震につきましては、それぞれの機械の故障ということよりも、供給支障が生じないように代替性ですとか、多重化などによって総合的にシステムの機能が確保されることが求められてございます。

防災基本計画の考え方、改めて参考で載せさせていただきました。赤字の部分ですけれども、設備の供用期間中に一、二度発生する確率を持つ一般的な地震動——震度5強ということでありまして、確率が低いですが首都直下ですとか、南トラみみたいなものについても考慮しなさいということでもあります。一般的な地震動については、機能に重大な支障が生じない。また、高レベルについても人命に影響を与えないということです。

さらに下のなお書きでありますけれども、代替性の確保とか、多重化等により、総合的にシステムの機能を確保する方策も含まれるとなっております。

度々出てきております一般的な地震動ということでございます。過去の国の検討を見てまいりますと、エネ庁や保安、電力安全小委員会のワーキングでは、電力インフラの総点検の一環ということで火力設備の緊急点検をしました。その際、一般的な地震動を震度5程度として点検を実施して、問題となる設備はないことが明らかになっているところでございます。

また、規制上の定義でございます。電気事業法上、火力設備はどう定義されているかということですが、まず地震発生時に火力発電所の長期脱落による電力供給支障を防ぐのが目的で、技術基準では一定の耐震性を確保することを規定してございます。

左下に具体的な規定ぶりがありますけれども、地震力による損壊により、一般送配電事業者または配電事業者の電気の供給に著しい支障を及ぼすことがないように耐震性を有するとされてございます。

さらに、具体的な例示としまして解釈を示させているのが右でございます。供用中に一

度程度発生する可能性が高い一般的な地震動について復旧に著しい影響を与えることを防止するため、具体的には民間規格を引用させていただいているところでございます。

また送電、変電、配電設備の規定ぶりでございますけれども、まず送配電設備の支持物の規制であります。技術基準では、直接的には地震による振動とか、衝撃荷重による倒壊防止が規定されているのですけれども、右下にその解説を書かせていただきましたが、従来より一般の送電用支持物は地震荷重よりも風圧荷重のほうが大きいと評価されている。また実際、阪神淡路大震災ですけれども、平成7年1月17日に発生した兵庫県南部地震でも、送電用支持物については地震動による直接的な被害は見られなかったということでございます。風圧荷重が地震荷重よりも大きくなりますので、風圧荷重を考慮することで耐震性を確保してございます。

また変電設備の耐震性は、民間の規定が阪神淡路大震災後の検討会で示された耐震性の確保の考え方に沿ってつくられていますので、実際には民間規格が変電設備の設計に用いられているところでございます。

これは重要インフラ、それぞれ横並びで御参考につけさせていただきました。電気設備につきましては、主にL1について規定をしているところでございます。一般的な地震動ということですが、個々の設備の機能に重大な支障を生じないことという定義で横に並んでいます。

加えて、例えば右のほうに行って鉄道設備ですとか、高層ビルみたいな、まさに人命の話に係ってくるものについては、加えてL2地震動。首都直下みたいなものについての、人命に危害を及ぼすようなことがないようにという整理がなされているところでございます。

次に、耐性に加えて復旧の話です。平成26年から27年にかけて行いました経産省のワーキンググループでは、まさに南トラ、首都直下についての耐性ですとか、復旧の検討がなされておりまして、事業者の皆様からも御報告をいただいて電気設備について耐性を評価してございます。具体的に火力発電設備については過去の被害実績を基に震度ごとに、被害の程度ごとに復旧目安の期間を作成させていただきました。これによりますと、震度7であれば1か月以上かかります。震度6であれば1か月程度、またそれ以内。震度5強以下であれば1週間程度以内が復旧の目安ということでございます。

その内容ですけれども、震度7ですとボイラーやタービン、そもそも建屋の構造、鉄骨に塑性変形が起ってしまうと修繕に大きな時間がかかってしまうということでもあります。

し、震度6強、6弱ですと配管などに中規模な被害が発生しますが、こうしたところは部品の交換で対応可能になる可能性が高いので、一般的に目安として1か月程度以内となったようでございます。5強以下ですと小規模な被害、また被害なしということで運転継続、もしくは1週間以内ということになったようでございます。

また、このワーキンググループでは復旧迅速化に対する提言が取りまとめられてございます。下の箱の上のほうでございます。

さらに北海道胆振東部地震ですとか、平成30年台風15号の被害を踏まえて開催されたワーキンググループでも、早期復旧策の提言がされております。それは下の箱でございます。

この小委員会では、こうした提言について事業者様の取組をフォローアップして、平成31年に適切に実施されていたという評価がなされているところでございます。

もう見たままですけれども、例えば平成26年のワーキングでは復旧要員をしっかりと確保しておく。また、技術水準を高めておく。発電機車の保有台数が適正化されているかを確認する、検証するなどです。

また平成30年の災害の結果ですと、復旧作業の妨げになる倒木の撤去の仕組みですとか、災害対応の合理的費用を回収するスキームを考えるという提言がなされて、対応されているところでございます。

また平成30年のワーキングでは、情報発信についてもフォーカスされていて、提言がなされています。これも同じく翌年の電力安全小委員会でフォローアップをしまして、適切に実施されていると評価されてございます。具体的には事業者様のSNSアカウントの開設と情報発信ですとか、自治体との連携強化ですとか、リアルタイムな現場情報収集システムの開発等々でございます。こうしたものもしっかり対応してこられているところでございます。

その上で次ページ以降、福島県沖地震の被害状況でございます。今回令和4年3月16日の23時36分に、最大震度6強の地震が福島県沖で発生しております。この地震の影響で運転中の発電所の11か所、14基の火力発電所、また25か所の水力発電所が停止してございます。これによって、東京電力及び東北電力管内で周波数低下リレー。いわゆるUFRが動作しまして、最大で約220万戸の停電が発生しております。

水力発電所の被害は軽微で、翌日には全て復旧してございます。

また火力につきましても、東電管内は翌3月17日の未明、東北電力管内でも一日以内、21時41分に復電をした。早い復旧がなされたということでございます。

なお、UFRの評価につきましては、この地震の直後にエネ庁で行われた小委員会におきまして、系統崩壊によるブラックアウトを防いだ。高評価と言っていいと思いますけれども、評価がなされたところでございます。

送変電設備の状況でございます。総じて大きな被害はなかったことになるのですが、送電線については、ジャンパー線が跳ね上がったたり、碍子が破損したりとありましたけれども、翌日のうちに復電する。復電に影響を与えていないということでございます。また変電所につきましても、一部破損はありましたけれども、停電復旧に影響を生じなかった。また配電設備についても、大きな被害は生じなかったということでございます。

この後が火力発電設備でございます。この地震によって保安停止したものの11発電所、14基ございました。その後の復旧の状況ですけれども、翌日の17日中には3発電所の3基、また1週間以内には4発電所の5基、1か月以内に4発電所の4基、それぞれ運転を再開いたしまして、合計してみますと1か月以内に保安停止した14基のうちの12基が再開してございます。また、残りの原町の1号機も5月に再開ということでもあります。相馬の1号機は10月に再開見込みとなっているところでございます。

次のページと2ページにわたっているのですが、一番最後に電源開発の碍子火力の情報を載せさせていただきました。碍子火力につきましても地震後に停止しているのですが、その時点では震度3でありまして、実は地震の影響は不明確という整理でございます。地震の関係も含めて整理ができれば、情報共有が展開される状況になっているところでございます。

こうしたファクトを踏まえまして、今回の対応の振り返りをさせていただければと思います。

これは改めて、最初に申し上げた4つの視点でございます。設備の健全性、復旧迅速の妥当性、また規制自体がどうだったか、情報発信がどうかということでございます。

今回、震度6以上の揺れを観測した発電所をまとめてございます。以下のとおりでありまして、6個の発電所で9設備ございました。被害が出なかった発電所もあるのですが、5つの発電設備において被害が発生したということでございます。そういう意味では、4つの設備は被害がなかったということでもあります。他方、ボイラーやタービンなどに主要な被害が発生したものについては復旧に相当の時間を要している状況でございます。

また、震度5の揺れを観測した発電所につきましては5発電所、7設備ありますけれども、被害が発生しなかった発電所も多くありまして、被害が発生したのは2発電設備とい

うこととなります。広野の6号機と仙台パワーステーションということでございます。いずれも復旧してございます。

復旧期間について、先ほど申しあげました1か月とか1週間の目安の関係で、それを多少なりとも超えているもの。個別の事情がありますので機械的に抽出してみますと、以下の6個の発電設備でございます。

個別の理由につきましては、その次に書かせていただいております。東北電力の原町火力発電所につきましては、この地震の1年前に起こった地震でボイラーの被害があったことを踏まえて、改めて今回ボイラーの内部点検をしっかりといただいたということでございます。そういう意味で、その点検に1.5か月かかっている。復旧に約2か月かかっていますけれども、そこに時間がかかっていたということでございます。その結果、実際問題がなかったので2か月弱で復旧してございます。

仙台火力であります。11月末に復旧見込みとなっておりますけれども、これもタービンに影響があったので点検のために分解をする。これに約1か月かかっているところが非常に大きくて、再度やってみたら不具合があったので改めて同じオペレーションを行っているということで、今のところ11月の見込みとなっておりますのでございます。

ちなみになのですけれども、右に参考で書かせていただきましたが、仙台火力は令和3年の福島地震を踏まえた対策の部分は、今回被害がなかったということでございます。

相馬火力ですけれども、1号機、2号機の復旧見込みは、それぞれ10月末と来年1月ということでございます。それぞれちょっと被害が大きかったようでありまして、ボイラーの内部点検をしているとかです。その結果、被害が大きくて部品を大量に交換する必要があるということで、時間がかかっているところでございます。

なお、これまでの地震の対応としての取組。右のほうに書かせていただいておりますけれども、その部分については被害がなかった、もしくは被害が小さかったという報告をいただいております。

また、下に行きましてJERAの広野火力ですけれども、絶縁油が漏れたということで大量の絶縁油が必要になったので、その調達でやや時間がかかった。1週間を目安として3週間です。他施設からの融通では足りないぐらいの量だったということでありますし、また一番下の仙台パワーステーションですけれども、配管の交換で済むのですが予備品として保有していなかった。調達にプラス1週間で、2週間で回復したということでございます。

これは再掲です。情報発信について、改めて今回どうだったかということを確認したいと思っております。

以下、総じてSNSの活用ですとか、アプリの活用ですとか、いろいろなチャンネルを使って幅広い国民層への情報周知がなされたのではないかと考えてございます。

下に事例を書かせていただきましたけれども、例えば東北電力ネットワークさんだと英語版での発信ですとか、発電所と連携した稼働状況のツイートですとか、あとアプリを使った発信がございました。また、東電パワグリさんではUFRの話もツイートしていただいておりますし、Webサイト上ではチャットの問合せ対応ですとか、アプリの活用ですとか、またJERAさんでは発電所の再開状況を随時プレス発表していただいた状況でございます。前回のワーキングでは発電者と一般送配電の連携をしっかりとということでありましたけれども、今回そういう意味ではいい評価ができるのではないかと。引き続きしっかりやっていく必要があるよねということだろうと、考えているところでございます。

次のページとその次のページはTwitterの事例が載っていますので、これは御参考とさせていただきます。

最後にまとめでありますけれども、今までのものをまとめますと以下のとおりかなと思います。

まず送電設備については翌日に復電して、配電設備も大きな被害が発生していない。変電設備については、被害は主に5強以上のところですが、多重化されているところで長期の供給支障は回避された。

火力発電所の被害につきましては、5の揺れを観測したところについては2発電所ありましたけれども、多くの発電設備で被害が起らなかったということ。また、震度6以上の揺れを観測した発電所については5発電設備で被害が発生しましたが、長期の供給支障は回避。

また、過去の災害を踏まえた耐震対策、復旧対策も一定程度有効に機能して、その場所においては被害が少なかった、もしくはなかったという評価だと思います。

他方、一部施設で復旧の長期化が顕著になっております。タービンとかボイラーの構造がやられてしまった場合、まず原因特定だけで1か月程度時間を要する場合もあるということであり、その結果、実際に被害が大きいとすると復旧に大分時間がかかるということでした。

この点について矢印の下に書かせていただきましたけれども、まず原因特定など短期化

が何かできないのかということですし、また実際に被害が大きくなったものを事業者様でよく分析していただいて、それを関係者に共有していくことが大事なのだろうと考えてございます。

他方、復旧に相応の時間がかかってしまった施設。全体としては一部でありまして、全体観で見ると長期の供給支障は今回生じず、むしろすぐに復旧したい事例という捉え方もできるだろうなと思っておりますので、そういう意味では、今の耐震性基準との関係で見ると、妥当であったと考えられるのではないかと考えてございます。

情報発信のほうですけれども、これまでの厳しい状況を踏まえて大分洗練されてきて、いろいろなアプリケーションも使われて発信されていたというのが総じた評価だと思います。今回は発電所、UFRみたいなこともありましたので、発電側と一般送配電側の連携は非常に大事なということが認識されましたので、今後もそうしたところを大事にしていかなければいけないのではないかとということです。

また情報発信のツールとしては、もちろん国のツールというものはある。我々の認識ですけれども、よく国からも皆様と連携させていただいて情報発信して、とにかく国民の皆様幅広く情報発信をプッシュ型でやっていきたいというのが今回の評価というか、今後の認識でございます。

最後に、前回のワーキングの御指摘事項を参考につけさせていただきましたので、見ておいていただければと思います。

私からは以上でございます。

○横山座長　　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2「新地発電所揚炭機損壊メカニズムと対策について」ということで、本日御出席いただいております相馬共同火力発電株式会社の田鹿さんから御説明をお願いしたいと思います。田鹿さん、よろしく申し上げます。

○田鹿様　　今御紹介いただきました相馬共同火力発電株式会社の田鹿です。

では、早速説明させていただきます。福島県沖地震における弊社の揚炭機の損壊メカニズムと、今後の対策の方向性というところで御報告させていただきます。

説明内容は、記載のとおり1から7の項目でまとめております。

まず、弊社の揚炭設備の概要ということでお示ししております。図中の黄色い線で囲んでおりますところが石炭船で石炭を運んできて、それを荷揚げする揚炭機というものになります。損壊しましたのは、この揚炭機でございます。

弊社の揚炭バースの揚炭機の配置ですが、下の図にありますとおり東西方向に左から、No. 1 からNo. 4 の 4 基が直列に配置されております。石炭船が 2 隻同時に着船できるようなバース構成になっていまして、石炭の荷揚げも 2 隻同時に、それぞれ 2 台ずつの揚炭機で荷役ができるような設備になっております。右の写真が損壊前のNo. 3、No. 4 の揚炭機になっております。

次に、揚炭機の構造を記載しております。高さは大体42m程度ございます。長さが72mぐらいになります。揚炭機の脚の部分はレール上に載っておりまして、このレール上を揚炭機は走行できるものになります。

また上部の前方、図で言いますと右側になりますけれども、搔取部が下に延びておりまして、この搔取部を石炭船のハッチの中に入れて、ここから揚炭する。搔取部と重量のバランスを取るために、図で言いますと左側になりますけれどもバラスタタンクというおもりがついていまして、これでバランスを取っていまして、上部の大きな三角形のバランシングレバーというもので支えている構造になっております。

続いて、揚炭機の損壊状況になります。一番左の写真は健全な状態の揚炭機です。右側の赤枠の中に入れてある写真が今回損壊した 2 台の揚炭機になります。写真を見ていただくと、下の脚部については損壊といったところまでは至っておりませんで、上部のバランシングレバーという大きな三角形で前と後ろを保持しています、ここで損壊している状況が見えるかと思えます。

ここからは、今回損壊した揚炭機のメカニズムを解析しました手順をまとめたものになります。まず、上側の(1)の青矢印で示していますのが解析に用います地震波の取得方法になります。揚炭機が設置してありますバースには地震計が設置されていないため、新地発電所から約 6 km のところに防災科学技術研究所さんが設置しています K - N E T の相馬地点の地震計のデータを使って、これを青矢印の手順で揚炭機のレール部に入ってくる地震波を取得しております。

ここで上の青矢印で取得した地震波を、今度(2)の具体的解析方法になりますけれども、揚炭機の 3 D モデルをつくりまして、このモデルに上で取得した地震波を入れまして、揚炭機にかかる応力などを算出して評価したという手順になっております。

ここから解析結果が少し続きますけれども、まずバースの地盤面に計算された地震波、K - N E T の相馬の揺れから持ってきた地震波がどういう揺れだったかというのを示した解析結果になります。

グラフが上から3つ並んでおりますけれども、一番上のグラフが南北方向の揺れの地震波になります。真ん中が東西方向、一番下の緑が上下方向ということになります。

まず18秒後に、南北方向に500Galの揺れが始まっております。南北方向といたすのは、揚炭機がレール上を走行する向きに対して直角方向という位置関係になりますけれども、ここに500Galぐらいの揺れがまず最初に伝わってきた。その2秒後、トータル20秒後に、今度東西方向、レールの走行方向になりますけれども、ここに1,500Galを超える揺れが重なってきた。そういった地震波でございました。上下方向につきましては上の2つよりも相対的に小さく、230Gal程度の揺れでございました。この波を3Dモデルの揚炭機に入力して解析していきました。

こちらは、実際に解析した揚炭機にかかる加速度がどれくらいだったかというのを示した図になります。まず評価した場所は、上部のトップフレームの先端から下に搔取部がつながっていることなるのですけれども、トップフレームの先端部分でどれぐらいの加速度があったかということで、最大の値を右の表に南北、東西、上下の数字で示しておりますけれども、上下に関しては2,000Galを超えるぐらいの加速度が発生していたという状況でございました。

次は同じ解析で、今度は搔取部と反対側のバラストタンク部にどれぐらいの加速度が伝わったかという解析結果になります。こちら南北、東西、上下を表に記載しておりますけれども、御覧のような加速度が伝わっている。増幅しているのが分かるかと思えます。

こちらと同じく加速度の評価で、バランシングレバーの頂点の部分です。トップの部分で評価しております。ここも最初に御説明したトップと後ろ側よりも大きな加速度が伝わっているというか、増幅されている状況でございます。南北方向では最大値のピークでは6,000Gal、平均的にも3,000Gal以上を超えるような加速度が発生してまして、東西、上下も2,000Gal近い加速度が発生している状況でございました。

以上、加速度の評価をした後に、実際にバランシングレバーのところに荷重がどれぐらいかかったかというのを評価した図になります。バランシングレバーを支えている構造なのですけれども、赤い線で描いてありますが、前後にそれぞれ2本ずつ鋼材で支えているような構造になっております。それぞれ下の表で右前、左前、右後ろ、左後ろの鋼材に対して、どれぐらいの荷重がかかったかというのをkNで示した表になってございます。

最大値、最小値という数字を載せていますけれども、最大値というのは引っ張り側の荷重でございます。最小値、マイナス側は圧縮の荷重の最大値を記載しております。引っ張

りと圧縮が、右側のトレンドグラフで見ただけのように繰り返し加わったという状況でございます。そのため、ここの部分に引っ張り圧縮が繰り返し加わって、材料の強度を超える力が加わって、最初に破損した箇所というように想定しております。

これは先ほどの3Dモデルを少し簡単に絵にしたものなのですが、前と後ろ、2本ずつあるのですが、図では1つにまとめてしまっておりますけれども、前のほうが①、後ろのほうが②ということで、ここでは材料の許容応力に対してどれぐらい力がかかったかというのを表にしております。①の部材に関しましては軸力と曲げが合わせて -973N/m^2 ということで、ここの引張強度が 490N/mm^2 なので、①に関しましても、②に関しましても、今回の地震では曲げの応力が大きく作用して引張強度を超えて損壊に至ったという解析結果になってございます。

今のメカニズムを少しまとめたものになります。まず1番目、揚炭機に作用しました加速度は耐震設計規程に定める 196Gal (0.2G) を、そもそも大きく超える地震に見舞われたという状況でございました。

損壊のメカニズムとしましては、まず地震発生から南北方向、走行方向に対して直角の揺れで揺すられて、その後、そこに走行方向と同じ東西方向の大きな震動が加わった。それによってトップフレーム側とバラスタタンク側が垂直加速度、上下にシーソーのようなイメージで大きく揺すられた。この揺れによって大きな荷重が加わって、バラシングレバー頂部に向かっている部材が耐えられなくなった。部材の許容応力を大幅に超えて損壊に至ったというように、メカニズムとしては解析しております。

これは今口で説明し内容を、絵に落とし込んだものになります。まず左上の①という絵ですが、トップ側と後ろ側で地震動が大きくシーソーのように揺すられて、バラシングレバーを支えている鋼材のところ耐えられなくて破断しましたので、下の②の図のように落下していった。今度③のほうでは前方のブーム側も折れて、前方、後方とも④のように落下した。こんな損壊メカニズムのイメージとして評価しております。

今後の対策の方向性ということで、まとめたものになります。昨年2月にも同じように福島県沖、大きな地震になりました。去年は 647Gal 、今年は 745Gal と観測されていますけれども、大きさ的には1.15倍ということで比較的類似の地震であった。

ただ、今回損壊しておりますので、揺れとしては入力された地震波は同じようなのですが、応答スペクトルで比較しますと揚炭機の固有振動数に近い1秒周期のグラフのところで見ただくと、昨年ですとこの辺は1秒のところは 500Gal 。東西方向になりま

すけれども500Gal。今回1,800Galということで3倍以上、3.6倍ぐらいの違いが出ておりました。ということで同程度の観測された地震加速度であっても、このようにスペクトルが大きく違う地震が起こる可能性があるということで、対策の方向性としましては一番下の四角に囲んだ2点を今検討しております。

まず、揚炭機上部に増幅して伝わることを抑制するような構造の検討。次のページにイメージを記載しております。もう一つが、揚炭機の運転席の位置を安全を重視した場所への変更とか、または遠隔操作が可能かどうかとか、そういったものの検討の方向性で今進めております。

最後のページ、こちらは地震の揺れをうまく回避するような構造の検討例になります。左側は今回損壊したものですけれども、上のバランシングレバーが全て溶接構造で、がちっと押さえられているような剛構造になっていますので、それを逃がすようなものということで、対策①がピン構造のようなもの、もしくは②のような脚部に免振構造を取り入れる。そういったもので揺れを増幅させないように持っていくことを検討しております。

以上が御説明になります。よろしく申し上げます。

○横山座長　　どうもありがとうございました。

それでは、ただいま御説明いただきました資料1、そして資料2の内容に関しまして御質問、御意見等ございましたら、発言される場合にはTeamsの挙手機能でも結構ですし、それからお名前を御発言いただいても結構です。こちらで指名をいたしますので、どうぞよろしくお願いいたします。いかがでしょうか。

それでは、松井委員からどうぞよろしくお願いいたします。

○松井委員　　松井です。詳しい説明をありがとうございました。

資料1の福島県沖の地震の振り返りについて説明いただきまして、ほぼ設計条件を満足していて、設計基準と発電設備が所定の耐震性を有していることが確認できたのではないかと思います。

ただ、その中で幾つか特徴的な被害として、例えば特にタービン等の設備。これは非常に精度が高い設備で、地震等の外力に対して非常に敏感な設備だと思いますので、耐震性を満たすためにも設置架台における建物というか、基礎の応答を非常に小さく収めるように設計しなくてはいけないであるとか、動作振動数と構造物の共振振動数が接近しないようにしなくてはいけないような、いろいろ工夫がなされて設計されているように思います。

そのため、余り大きな被害には至っていないとは思うのですけれども、幾つかのタービ

ンに被害が、特に軸受等に被害が出ると点検、復旧に時間がかかることがあるようなのです。そういう状況を見ると一定の耐震性は満足しているものの、実際に地震が起きたときに、自然現象ですから不規則な揺れにさらされるわけなのですけれども、そういった不規則の揺れに対するロバスト性というか、予想できないような振動に対しても柔軟に対応できるような耐震性があるかどうかということが、現在の耐震性能にプラスアルファして検討することができるのかどうか。これは既に耐震基準を満足しているものに対してプラスアルファの性能ということになるので、ちょっと発想を変えた技術開発的な検討が必要かなと思うのですけれども、そのような観点から被害低減の方向性みたいなものが今後必要かもしれないなと少し感じました。

というのも、相馬火力さんのほうで対策として考えられている中に構造の免振化や揺れを分散する性能を導入するような、通常の頑強につくるといふ発想から少し違う方向性の対策も考えられているわけなのです。こういった揺れの分散や、そういうことによる減衰性能の向上、それから免振化といったことは、構造物にとっては加速度は小さくなるのだけれども、変形が大きくなるようなことの可能性もあるわけなのです。ですから、そういった場合に地震に対して非常にセンシティブティの高いタービンの軸受等の構造物がきちんと機能して、耐震性を発揮するのかどうかといったことも含めた、もう少し複雑な検討を今後していく必要があるのではないかというような印象を持ちました。

ちょっとコメントが長くなって申し訳ありません。委員長、以上でございます。

○横山座長 貴重な御意見ありがとうございました。一定の耐震性能を満足しているものに対して、プラスアルファとして先ほどおっしゃいましたロバスト性ですね。そのようなことに対する耐震性というか、そういう対策については今後どうなのかというような御質問だと思いますけれども、これはどなたにお答えいただければよろしいですか。

それでは、まず事務局からよろしく願いいたします。

○前田電力安全課長 松井先生、御指摘ありがとうございます。将来を見据えると大変重要な御指摘だと私は理解いたしました。

基本的には規制で個別の必要な対策をしていただいた上で、あと全体の供給という観点から、今電気事業者の皆様には御対応いただいている。その意味で、これまでのところはうまく機能しているかなというのが私どもの評価でありますけれども、その先を見据えた御指摘だと思います。

今日電事連の皆様にも先生の問題意識は、もしコメントできることがあればとお伝えし

てあります。今日齊藤さんが参加されていると思いますので、御紹介できることがあればぜひよろしく願いいたします。

○横山座長　　ありがとうございます。

それでは、電事連の菅さんの代理の齊藤さん、いかがでしょうか。何かありますでしょうか。

○菅オブザーバー代理（齊藤様）　　御指名ありがとうございます。貴重な御示唆をいただきまして、非常にありがたく思っております。

基本的に発電事業者といたしましても、早期復旧するためには何が必要かということで、いろいろ知恵を絞っているところでございますので、今回御示唆いただいたような対策についても、経済性、復旧度合いについてどれほど貢献できるかというところを、様々な早期復旧策を踏まえて考えていきたいと思っております。

足元といたしましては、いろいろ構造的に、再度解析するというのもあるかと思いますが、基本的に大規模な工事となりますと、その間発電設備が停止してしまっていて、供給力が低下してしまうことも懸念されますので、そういったことを避ける意味でも御提案いただいているような弱点部位を壊れやすくして、あるいは予備品という形で持つことも、1つの早期復旧策かなということで考えている次第でございます。

以上でございます。

○横山座長　　どうもありがとうございました。松井先生、よろしいでしょうか。

○松井委員　　御検討いただけるということで、ありがとうございます。確かにこうすれば問題が解決しますというのは今すぐ言えないことですから、多角的にいろいろな御検討、さらなる耐震性を確保するような技術開発をしていただければと思う次第でございます。よろしく願いしたいと思います。ありがとうございました。

○横山座長　　どうもありがとうございました。

それでは、次の御質問は田中委員からどうぞよろしく願いいたします。

○田中委員　　電気通信大学の田中でございます。非常に丁寧に説明していただきました。

最後のまとめのところではいろいろ整理されているのですが、実は私、この分野の専門ではないので分からない部分が多いのです。まとめのところではいろいろ書いてあるのですが、3-1から3-5までの内容との関係でちょっと分かりにくいところがあって、まとめの中で耐震対策と復旧対策、2つが重要である。最初からこの2点に焦点を当てているという話がありました。耐震対策に関してはそれほど問題はなかったけれども、復旧

対策に対してちょっと問題のある状況があったというのがまとめられているのです。

耐震対策に関しては、恐らく表で言うと3-1と3-2、19ページ、20ページ辺りの話だと思うのです。19ページの表を見て設備被害が整理されているのですけれども、ここで設備被害がどういうレベルだったのかということの評価するような列がないのです。こういう被害がありましたと赤で書いてありますので、ここは被害に遭ったということは分かるのですが、ここで大事なことは、冒頭にあったように震度6を超えたときには耐震性の問題よりも命を大事にしてくださいと。震度5までは耐震性を大事にしてくださいと大きく分かれていました。

ですから、震度6でこのような耐震性の問題が起きても一応基準には合っているといえますか、それほど大きく命に問題を与えているわけではないことをしっかりこの表の中で、設備被害の右側に何か一列入れて基準は守られていますよと。そこにそういう評価があると、その結果がまとめの中で耐震性に関しては余り問題はなくてとつながると思うのです。そのように、この状況をどう判断したかということがこの表の中に書いていなくて、まとめに書いてあるので、まとめまで見て初めてどういう意味なのか分かったところです。ですから、ここで設備被害を書くだけではなくて、それをどう評価するのかということ、そういう列が何か1つ欲しいなというのが1つです。

もう一つは、こういう問題が起きたということで、実は前回の委員会でも言ったのですけれども、全然予想されなくて起きたことなのか。いや、ある程度予想されていたけれども、それを超える状況だったのかという話があったほうが次のステップに行くときに使える。そういった点から学習することができるかなというので、その辺が含まれるといいかなというものです。

もう一つは、次の3-4のところ、今度は早期復旧の問題なのですけれども、一番右の列のタイトルが「早期復旧に向けたこれまでの対策内容」と書いてあるのですが、中身を見ると、これは耐震性の問題ではないかなと思うのです。もし間違えていたら後で訂正してください。中に書いてあるのは結局耐震性を強化することで、こういったことは起こりませんでしたよと。これは早期復旧の問題ではなくて、むしろ先ほどの耐震性の中で、こういう対策をしてあったから、こういうことは起こりませんでしたという話ですから、むしろ耐震性の中で評価してあげるべきポイントだと私は思うのです。

ですから、そういったものを明確にすることで、どういったところで従来の問題に対して対策を打って、それが今回はうまく効きましたよ、二重丸みたいな、そういった評価が

あっていいのかなど。それがなぜ早期復旧のところに書いてあるのか、ちょっと違うかなという感じがしたのですが、もし違っていたら言ってください。

もう一つは、3-4の相馬共同火力さんです。真ん中の時間を要した理由の2つ目のところでいろいろ書かれているのですけれども、こういった対策をしている。これに対して今後どういう再発防止策が必要なのか。多分今やっているのは再発防止というよりは対応だと思うのです。その中に再発防止策を含めて対応されようとしているものがあるのか。あるいは今回は復旧だけで、再発防止はさらにもっと時間をかけなければいけないという話なのか。

さらには、再発防止の先に我々がリスクマネジメントで考えるべきは未然防止です。例えば、こういう部品で、予定だと1か月ぐらいで復旧できるはずのものが3か月かかってしまいました。こういう部品類は収まるまでに数か月かかるものがある。だとしたら、これを早くしなければいけないというのが再発防止だし、いや、ほかのところを使っている部品でも同じようなことが起こるかもしれない。だとしたら同じようなところに水平展開して行って、ほかの部分でも同じような対策をすることで未然防止につながるかもしれない。そういったことを多分現場の人は結構考えられていると思うのです。そういった水平展開をこの表の中に入れることができると次のステップに行くときの土台になるといいますか、提案になると思うので、その辺も加えたらいかがかなと思いました。

以上です。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、事務局から、ただいまの御意見に対しましてコメントをよろしく願いしたいと思います。

○前田電力安全課長 田中委員、様々な視点から御指摘いただきまして、ありがとうございます。

まずは資料の分かりづらさ、大変申し訳ございません。御指摘を踏まえて今後のまとめ方、工夫をしてみたいと思います。

その中で御指摘いただいた今回の資料で3-1から、評価としてどうかというところで耐震性。これらの設備は、まず一般的な地震動については事業の継続性ということ。5強以下ということですが、6を超えてくると全体としての供給の安定性を保つことという状況になってございます。

資料の順番が離れてしまっていて、大変申し訳ありません。3ページの耐震性区分Ⅱに

当たる、高レベルの地震動において供給支障が生じないようにしますということ。この点から評価させていただきました。ちょっと離れていて分かりづらくて、恐れ入ります。そういう意味では、全体としていい評価ができるということでした。

また戻っていただいて、まさに全体として想定範囲内だったか、外だったかということですが、結果から申し上げる形になってしまいますが、今回そういう意味で一番大事にしております供給の安定性で大きな問題が生じなかったところで、全体としては想定どおり規制の在り方も含めてうまく機能したなど、想定範囲内と言っても差し支えないのかなと考えるのですが、他方、今回の地震においてレッスンをなかったわけではなくて、そこを我々しっかり抽出しなければいけないという思いがございます。

具体的にはタービンとか、ボイラーのダメージのところが大きくなってしまうと復旧に時間がかかる。そもそも分析のところでは点検するだけで1か月かかってしまって、そこからさらに修理云々という話が始まって長期化してしまうことが大きな課題であって、例えば検査のところを短くできないかなどについて、引き続き事業者さんと連携を取って改善を考えていきたいという思いがございます。

また3-4の復旧のところ、まさに耐震の話ではないかということで、すみません、ちょっと整理が悪いのかなと思いますけれども、ここで申し上げたかったのは、まずタービンの軸受なんかに影響を与えてしまうと被害箇所の特典だけで1.5か月かかる。ここを短くするやり方が何かできないかという議論につなげたくて、こういう定義をしたところでございます。もともとそういうところで体制を強化できないかにつきましては、まさに先ほどの松井先生の御指摘にもつながってこようかと思っておりますけれども、部品の準備とか、そういうところを事業者さんとはよく相談してまいりたいと考えてございます。

その上で再発防止、未然防止というところの御指摘もいただきました。なかなか悩ましいところは、まさに先ほど電事連の方がおっしゃっていた、全体としてどこまで経済性も含めてできるかということもあろうかと思っております。ただ、今回のレッスンをしっかり残していくことがまさにこのワーキンググループの使命だと思っておりますので、タービン、ボイラーの問題等々、どこまでの部品の準備。要は油の準備などできるかというところを、よく事業者さんと相談してまいりたいと思っております。

私からは以上でございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。田中委員、何かございますか。

○田中委員 ありがとうございます。全てが未然防止までつなげなければいけないとい

うことではなくて、今回これに関してはどこまでやりますというのをしっかり記載して、記録として残すことが大事だと思うのです。というところです。

以上です。今のお話で大体分かりました。

○前田電力安全課長 承知いたしました。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、続きまして、山田委員からどうぞよろしく願いいたします。

○山田委員 ありがとうございます。京都大学防災研究所の山田です。

資料2の7ページ目のバース地盤への地震波の解析結果についてお伺いしたいのですけれども、私、専門なので細かい話になってしまうのですが、まず簡単なほうのコメントから、今時刻と書いてあるのですけれども、どういう時刻か分からないので、0が何時何分何秒というのを資料に記入しておいてほしかったです。という点が1点目。

2点目がメインの質問になりますけれども、南北方向と東西方向の波形を見てみると、かなり違うというのがぱっと見て分かるかと思います。特に25秒ぐらい後から、南北方向は1秒ぐらいの規則的な波がずっと続いているのに対して、東西方向はパルスのようなぴんと立っている波形が何回も何回も来ているのです。

もともと使われたK-NET相馬の波形を見ていますと、南北方向と東西方向の波に関してこのような違いは確認できませんでした。もともとのK-NETの波形にはないものが、連成解析の入力用地震波に使ったときには含まれているということで、どういったものからこのような違いになったか。特にパルスの波形が拡大できないのでどんな形をしているのか分からないのですけれども、これが一体どういったメカニズムで生成されているのかということについて、解析の妥当性にも関係すると思いますので、そこを質問させていただきたく思います。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、相馬共同火力の田鹿さん、何かコメントはございますでしょうか。

○田鹿様 相馬共同火力の田鹿です。

山田先生、御指摘ありがとうございます。まず、最初の御指摘の今映っています横軸に何時何分何秒、時刻をという話だったのですけれども、この辺、どこまで精度よくぴったり合わせ込みができるかというのは、解析をお願いしている会社さんのこともあるので、そこちょっと確認させていただければと思っております。

もう一つの御質問なのですけれども、一個前のページに戻っていただけてよろしいです

か。K-NET相馬から我々のバースの揚炭機の地盤までの地震波の取得の考え方なのですけれども、K-NET相馬の地震計の下の地層は把握されているので工学基盤までの地層状態は把握できる。一方、バース側も工学基盤から揚炭機まで揺れを戻すときに、工学基盤からの地層とバース固有のところは把握できているということで、考え方はK-NETから工学基盤に落として、バース上で工学基盤からバース部にかけて地震波取得というところなのです。

実際ここで計算したバース上の入力してきた地震波なのですけれども、K-NET相馬の応答スペクトルとはちょっと形が違う状況に計算上はなっております。そこは我々もどういう要因かなと思って検討しているところなのですけれども、バースの構造、もしくはその下の地盤の値というのが、もう少し詳細に見ていかないと応答スペクトルの形が少し違うというのは分からないです。ただ、恐らく関係してくるのはバースの構造物と、その下の地層の部分なのかなと今考えているところでございます。

以上ですけれども、よろしいでしょうか。

○横山座長 どうもありがとうございました。山田先生、いかがでしょうか。

○山田委員 ありがとうございます。恐らくK-NETを工学的基盤に引き戻しただけでは、そのような南北方向の波形の違いというのは表れないと思うのです。恐らく一次元で引き伸ばしただけなので、南北方向も東西方向も同じように地下に戻されていると思うのです。そこから全く同じ地震波なのでバースの下の工学的基盤の地震波は、恐らく南北方向も東西方向も同じような特徴を持っていると考えられるので、そちらを見せていただけたら、要はバースの下ですね。工学的基盤とバース上でどのように違いがあったのかを見たら、恐らくバースの中の応答がどんな感じだったか。例えばバースが東西方向に非常に揺れやすい構造物であるといったことが、その2つの波形の比較によって分かると思うので、その辺を確認していただけたらと思います。

○横山座長 ありがとうございます。田鹿さん、いかがでしょうか。

○田鹿様 相馬共火・田鹿です。御指摘ありがとうございます。

今先生がおっしゃっていただいた内容で、我々もそう考えております。そういう意味で今のコメントをいただいて、特にバースのところだと思いますけれども、その辺の解析状況は少し検討していきたいと考えております。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、ほかに委員の皆さん、またオブザーバーの皆さんからいかがでしょうか。御

質問、御意見ございますでしょうか。電事連から発言希望がございますが、齊藤さん、よろしいでしょうか。

○菅オブザーバー代理（齊藤様） ありがとうございます。電気事業連合会の齊藤でございます。御説明ありがとうございました。弊会から2点、コメントさせていただきたいと存じます。いずれも資料1に対してでございます。

まずは、火力発電設備の耐震設計についてコメントさせていただきたいと思います。今回の地震では長期にわたる供給支障が発生していないことから事務局で取りまとめたいただいたとおり、我々電気事業者としても現状の耐震基準で問題ないと捉えております。

しかしながら、先ほどから御議論いただいておりますように復旧に時間を要した設備もございますので、それらにつきましては復旧の迅速化に向けて設備被害に至った原因をよく調査して、どのようにすれば復旧迅速化ができるかというような観点で必要な対策を講じてまいりたいと考えてございます。

もう一点のコメントでございますが、情報発信の在り方についてコメントさせていただきたいと存じます。分社化後も非常災害時において各エリアの電力会社と一般送配電事業者は、これまでどおり一丸となって災害復旧対応を行ってございます。このような中で、これまで我々といたしましては御紹介いただいたように停電状況や復旧の見込み、発電設備の計画外停止の状況などを可能な限り速やかに情報発信するように努めてまいりました。

ただ、電力システム改革以降、電力会社以外の発電事業者がプレーヤーとして多く参画してきている状況でございます。また今後、再エネ電源が主力化することで、より一層そのようなプレーヤーが増加することが想定されております。このような状況になってございますと、エリア全体の供給力に対する電力会社の電源の占めるウェイトが相対的に小さくなってしまふなどの電源構成の変化が考えられます。

電気事業者といたしましては、引き続き連携して必要な情報発信に努めていく所存ではございますが、電力会社と資本関係のない会社が保有する電源の詳細設備被害の状況や、復旧見込みなどのリアルタイムでの状況把握ということは難しい状況になってきますので、エリアの電源に関して情報収集には今後限界があることは御認識いただければと存じます。

以上でございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。2点目の一般電気事業者以外の発電事業者さんの話も出てまいりましたけれども、その辺、事務局はいかがでしょうか。何かコメントがありましたらお願いしたいと思います。

○前田電力安全課長　　ありがとうございました。プレーヤーが増える中で情報発信がなかなか難しくなっているというのは、まさにそのとおりだと思います。そういう意味では、国のフォローすべき部分が多分増えてくるというのが今後の話だと思います。

他方、まさに電力の皆様が日本の電気を守っておられるのは変わらないところなので、できる限り努力いただいて、我々ともより連携していかなければいけないことだと思います。よろしく願いいたします。

○横山座長　　どうもありがとうございました。

それでは、続きまして、電力中央研究所の杉本さんからよろしく願いいたします。

○杉本オブザーバー　　電力中央研究所の杉本でございます。

電事連さんからの取りまとめの後にかなりささいな感があるのですけれども、復旧に時間を要したことが御報告されていまして、確認したいこととしては復旧に必要な部品とか、資材調達とか、あるいは要員確保のようところでコロナ禍の影響はなかったのでしょうか。お分かりでしたら教えていただければ幸いです。

以上です。

○横山座長　　どうもありがとうございました。これは電事連さんでよろしいですか。齊藤さん、いかがでしょうか。

○菅オブザーバー代理（齊藤様）　　ちょっと御発言がよく聞こえない部分があったので、大変恐縮なのですけれども、もう一度よろしいでしょうか。申し訳ございません。

○横山座長　　電事連の杉本さん、すみません、もう一度よろしく願いいたします。

○杉本オブザーバー　　端的に申し上げます。

今回復旧に時間を要した設備があったということなのですけれども、復旧に必要な部品ですとか、資材調達とか、あるいは要員確保の面でコロナ禍の影響はなかったのでしょうか。もしコロナ禍の影響があったのであれば、将来的にこのような理由は軽減されるのかなと思って御質問した次第です。

以上です。

○菅オブザーバー代理（齊藤様）　　大変申し訳ございませんでした。

基本的に復旧資材等々については日常品とは異なって、製造の段階で結構時間がかかるようなものが多い状況でございますので、製造自体が滞るような意味合いで言うとコロナの影響も多少あったのかもしれないのですけれども、それよりも一品物の部品の手配に時間を要したところがあるかと思っております。

あと復旧に際して、作業員の方々については大人数必要になりますので、そこについては施工力の確保ということで各社様、非常に御苦勞いただいたことは伺っておりますが、必要な要員は何とか確保できて復旧工事に当たっているということであるかと存じております。

以上でございます。

○杉本オブザーバー ありがとうございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、ほかにいかがでしょうか。――よろしいでしょうか。

本日はたくさんの貴重な御意見をいただきまして、ありがとうございました。この資料、先ほど表のまとめの仕方についてアドバイスもいただきましたけれども、大きな異論はなかったと思っております。本日の審議をもちまして、令和4年の福島県沖地震に関します本ワーキンググループの評価とさせていただきたいと思っております。

事務局から、何か補足の説明がありましたらお願いしたいと思っております。

○前田電力安全課長 電力安全課長の前田でございます。

令和4年の福島県沖地震の審議は今回で一旦まとめとさせていただいて、今後のワーキングについて改めて開催の必要が生じた際に座長と御相談の上、お知らせをさせていただきたいと存じます。

また今回、いろいろな御意見をいただきました。まさに表のまとめ方など我々が改善すべき点、ありがとうございます。また、残すべき記録の話もございました。こうしたところも今後まさに事業者さんと相談しながら横展開するとか、また今後の資料に生かしていくことで対応していきたいと考えてございます。

○横山座長 どうもありがとうございました。

それでは、本日の議題は以上となります。

最後に、事務局から連絡事項等ありましたらお願いしたいと思っております。

○前田電力安全課長 ありません。

○横山座長 それでは、本日は活発に御議論いただき、ありがとうございました。

以上もちまして、本日のワーキンググループは終了したいと思っております。皆さん、どうもありがとうございました。

――了――