

新エネルギー発電設備事故対応・構造強度WG（第13回）－議事内容

（平成30年8月28日（火）10：00～12:00 経済産業省別館1階104各省共用会議室）

○榎本電力安全課長補佐　お一人、遅れていらっしゃるようですが、定刻になりましたので、始めたいと思います。

本日は、ご多用の中ご出席をいただきましてありがとうございます。本日、川田委員が欠席でございますけれども、9名の委員中8名の方にご出席をいただいておりますので、ワーキンググループの定数を満たしております。

また、今日はオブザーバーとして、電力中央研究所の横山名誉研究アドバイザー、それから、日本風力発電協会の海津技術部長にもお越しいただいております。

あと、説明者として、鎮西ウインドパワー株式会社、ジェイウインドサービス株式会社、羽後風力発電株式会社からご出席をいただいております。

まず初めに、新しく着任しております電力安全課長の覚道から、一言ご挨拶を申し上げます。

○覚道電力安全課長　おはようございます。本年8月2日付で電力安全課長に着任いたしました覚道と申します。よろしくお願いいたします。

委員の先生方におかれましては、大変お忙しい中お集まりをいただきまして、誠にありがとうございます。

本日は、これまでご審議をいただいております案件に加えまして、7月には、西日本豪雨で太陽光パネルの崩落等の事故が多数発生いたしました。また、先週は台風20号による影響で、淡路島において風力発電設備が倒壊するという事故も発生しております。こうした状況に鑑みまして、冒頭に少し最近のこうした事故の状況、特に淡路島のほうにつきましても非常に影響も大きいということで、当日、私どもの管轄の産業保安監督部の職員を現地に派遣して、とりあえずの状況の確認等を行ってきておりますので、そうしたところも含めてまずはご報告させていただきまして、あわせて、設備の設置者の方にも今いろいろ原因究明を進めていただいておりますけれども、そうしたところを踏まえまして、引き続きこのワーキングでご議論をいただきたいと考えているところでございます。

そういう意味で議題が非常に多くなりまして、限られた時間になりますけれども、ぜひ先生方にはご忌憚のないご意見を賜りまして、ご審議を賜りたいと考えております。本日はぜひよろしくお願いいたします。

私、この後30分ぐらい中座させていただきますけれども、また戻ってまいりますので、ご審議のほう、よろしく願いいたします。ありがとうございます。

○榎本電力安全課長補佐　そうしましたら、次に配付資料の確認をさせていただきますが、配付資料、今回はお手元の端末でみていただく形になっております。

端末の中に、議事次第、委員名簿、資料1-1、1-2、資料2-1、2-2、資料3-1～3-3、資料4-1～4-3まで入っております。

また、先生方の机上にはA3の資料を置かせていただいておりますけれども、こちらのほうは会議終了後に回収させていただきますので、ご了承を願います。

資料がみられない場合、端末の操作にご質問がある場合には、お手数ですが、事務局のほうまでお知らせください。事務局、後ろのほうに控えておりますので。

それでは、これ以降の進行を勝呂座長にお願いいたします。よろしく願いいたします。

それから、もし、プレスの方でカメラ撮りをされている方はここまででよろしく願いいたします。

○勝呂座長　朝早くからご苦労さまです。暑い中で大変ですけれども、審議を進めていきたいと思っております。

時間が限られていて、議題が多いので手短にご説明を進めていただいて審議をしたいと思っておりますので、よろしく願いいたします。

最初に、「最近の新エネルギー発電設備についての報告」ということで、事務局のほうから資料説明をお願いします。

○榎本電力安全課長補佐　それでは、資料1-1によりまして、「平成30年7月豪雨に伴う太陽電池発電所（50kW以上）の被害状況」をご報告させていただきます。

2枚に分かれてパワーポイントございますけれども、この間、電気関係報告規則に基づきまして、事故報告があった被害状況というのは全部で15件ございました。週末に少しまたふえまして、案件としては15件になっております。

今回の特徴は、水没、あるいは土砂崩れといった要因がきっかけとなった事故というのが多くなっておりまして、水没につきましては、15件中8件、土砂崩れに伴うものは7件ということになっております。

以前、平成27年の台風15号のときは風による影響が非常に大きかったのですが、今回は水没であるとか土砂崩れが大きいというところがポイントです。ですので、被害状況も、パネルよりはむしろパワーコンディショナー、キュービクルといった電気機器が水没した

ことによって破損したというケースが多うございました。

これが現在の状況でございます。

こちらにつきましては、今回、土砂崩れというのが1つ大きなキーワードになると思っておりますので、この土砂崩れにつきまして、もう少し深掘りをした調査をして、次回、どういうところが原因で起こったのかというようなことをご報告できたらなと考えております。

この中には50キロワット未満という小さな太陽光発電設備は対象外になっておりますので、こちらのほうはちょっとまだ把握できていない部分があるかと存じます。

これが資料1-1になります。

それからもう一つ、先ほど冒頭で覚道からお話をさせていただきましたけれども、資料1-2で、今度は「兵庫県淡路市における風力発電設備の倒壊事故について」ということをご報告させていただきます。

こちらのほうは、週末になりますが、平成30年の8月24日の未明ごろ、台風20号が通過いたしました兵庫県淡路市の北淡震災記念公園、いわゆる阪神淡路大震災の記念公園の中に設置された風力発電設備が倒壊しております。この発電設備は、平成29年5月に故障があつて発電を停止中であつたということでございます。

設置者につきましては、淡路市の第三者セクターであるほくだん。発電出力は600キロワット、タワーの高さが37メートル、羽根が全部で直径が45メートル、そして、足し算しますと最大の高さが59.5メートルということになります。平成14年4月に運転を開始した三菱重工製の機器でございます。

場所は、ここにお示ししておりますけれども、淡路島の北のほうになります。そして、これが倒壊しましたタワー、頭のほうとお尻のほうということになって、お尻のほうの拡大図がこちらになります。

こちらにつきましては、風力発電設備の安全性、平成14年当時は支持物の構造強度について指定建築材料が使われているかどうか、積載荷重は風圧等に耐え得るかどうか、建築基準法に基づく確認を行った上で、電気事業法に基づく技術基準への適合性の確認というのが行われております。

そして、兵庫県の建築確認を受けた本風力発電設備の設計図書においては、当該地域の風速が34メートルという建設省告示のデータを使ったもの、それを前提とした設計がなされるなど、建築基準法の安全基準は適切に満たすものとされておりました。

ところが倒壊してしまったということで、これは24日、当日に、私どもの出先でもあります産業保安監督部の近畿支部の職員2名が現地に赴きまして現地確認を行うとともに、設計図書の確認をしてきております。それから、同日、事業者さんからの事故報告を受けております。

設置者であるほくだんに対しては、徹底的な原因究明と1カ月以内に詳細な報告書を提出するように、これは電気事業法に基づく報告書でございますけれども、これを指示しております。

それから、昨日、風力発電設備の設置者に対して、改めて技術基準への適合性の確認、それから、台風の際には倒壊の危険性があるということを踏まえて安全対策を期す。それから、日常点検とか定期点検の際に、今回、倒壊したということを踏まえまして、支持物を含む設備の健全性の確認を徹底するよにということでのお願いをさせていただいております。

こちらを含めまして、この件につきましてはまだ細かいことがわかっておりませんので、現在のところ、31日に専門家の先生に現地へ行っていただいて、もう少し詳しい調査を行う、こういう予定でおります。

以上でございます。

○勝呂座長　　ありがとうございました。

それでは、今の報告というのは事務局からの報告ということですが、先生方の方から今後の審議に向けて何かご助言とかアドバイス等あれば賜りたいと思いますので、よろしくをお願いします。

○青木委員　　基礎が六角形で、すぽっと抜けて、余りにもきれいに抜けているので、施工の順序をぜひ確認していただきたい。これをみると、2回に分けて、ここだけを箱抜きして置いた感じにもみえるので、ちょっとその辺を確認していただきたいと思います。

○勝呂座長　　わかりました。事故は、私もテレビで見たのですが、基礎の上部だけがぽこっと抜けたような形で倒れているのですね。ですから、今いわれたことは注意するようにします。

ほかに。

○若尾委員　　太陽光発電の被害に関して、先ほどの一覧表の中で水没が8件ぐらいありますが、太陽光発電は電気設備ということで、水没すると感電等のおそれもあるわけですが、今回の水没は、想定外の豪雨で、予期し得なかったものなのか、あるいはもと

もと水没のリスクが前から想定できるような場所に設置されたケースなのか、そこら辺の区分けを教えていただければと思います。

○勝呂座長　ありがとうございます。今いわれたようなアドバイス、注目して検査を進めていただけたらと思いますので、よろしくお願いします。

どうぞ。

○奥田委員　まず、風車のほうですけれども、その原因究明がされてからだと思いますが、このような風車というのはかなりまだあるかもしれないというか、ある可能性があるのです、できれば経産省のほうで実態調査といいますか、一応建築基準法に基づいて確認はとったということですがけれども、本当にどういう構造計算をされているのかということもきちっとこれから原因究明されると思うので、どこに問題があったかというのがはっきりした段階で、同じようなものがないかどうかというのをちゃんと調べていただけるとありがたいと思います。

もう一つは、太陽光パネルのほうも、聞くところによると、こういう傾斜地に設置したことによってそういう土砂崩れでということを知っておりますので、土砂崩れ、崩れやすいような斜面というか、そこら辺について、まだ、多分、基準とか何も決まってないのではないかなと思いますけれども、ぜひ、どういう場所だったら斜面として使えるとか、そういう結論が出るのかどうかかわからないですけれども、今後の展開をちょっと考えていただけるとありがたいかなと思いました。

○勝呂座長　ありがとうございます。ほかによろしいですか。

それでは、今いわれましたのは2つですね。太陽光では事前にきちっと調査されていたか、または土砂崩れに対応するのをどのように考えていたかということ。それから、風車は基本的な構造の検討等が行われていたということ、それからあと、横通しという意味ですね。再確認をしていただくというようなことで今後進めていただきたいということをお願いします。ありがとうございました。

それでは、今の件は終了ということで、次に進めさせていただきます。2番目の議題ですけれども、「発電用風力設備の技術基準の解釈等の改訂について」ということで、これも事務局のほうから説明をお願いします。

○榎本電力安全課長補佐　資料2-1に基づきまして説明させていただきます。

発電風力設備の技術基準の解釈、通称、風技解釈と呼ばれておりますけれども、こちらのほうにつきましては、もともと発電用風力設備を設置する場合に技術基準への適合義務

が課されていると。工事計画等の審査でその適否が判断されるということになっております。これまでの工事計画の審査で、設備があらかじめ定められた特殊な要件を備えている場合は、専門家の意見を聴取しながら、結果を踏まえて適否が判定されているわけですが、その50件を超える今まで意見の聴取を行っていく中で明確になってきたことは、説明者自身が専門家に対して技術基準の適合性を説明することに苦心している状況だということで、その背景として、審査を行う際に確認する判断基準、その一部が風技解釈の中に入っていないということで恐らく迷われることが多いのだらうと判断いたしまして、この風技解釈のほうに判断基準のうち入ってなかったものを抽出して入れ込む作業をするのが今回の改訂でございます。

4枚目のスライドになりますけれども、5つの改訂事項というのがございます。雷保護に関する最新の知見に基づく民間規格の反映。これはJ I Sの型番を変えております。それから2番目につきましては、海岸沿いに建設される発電用風力設備に海象、海の影響がある場合の構造計算の追加。それから3番目、風車支持物と基礎構造物の定着部に用いられる材料の強度に関する規定の追加。それから4番目、風車の倒壊や崩壊による人命に対して危険が生じるおそれがある場合の例示の追加。それから5番目としては、風車支持物の基礎及び支持物の構造計算に追加的に必要とされる地盤調査項目の明記というこの5つの観点からの改訂でございます。

まず、改訂内容1につきましては、高さ20メートルを超えるものにつきましては、避雷設備、雷を受ける設備をつけることになっております。現在は、J I S A4201;2003年版というものを参考にして行うとなっております。現状では、風車発電設備については、このI E Cそのものが61400-24というものが新たに雷保護として定められて、こちらを使っております。我が国の避雷設置環境を考慮して、少し改良しましたJ I SのC1400-24、2014年版というものを使って、今、策定をされていますので、こちらのほうにつきまして、型番をA4201からC1400-24に切りかえるということが今回の改訂案の内容です。

それから、昔は山の上に建てるが多かったのですが、最近、海沿いに建てられる発電所がふえてきまして、海沿いに建てられますと、将来的に海が上がってきますので、海水面が上がってきたり、砂が削られてきたりすると足元が海にあらわれるかもしれないというぎりぎりのところまで今建てられるケースが出てきています。その場合につきましては、ちゃんと海の影響を考慮したものにしななければいけないということで、具体的にはこの5ページ目の下に書かれております赤い部分ですがけれども、海岸付近に設置される風車

については、波や海の流れ、水位、海氷、海洋付着物、洗堀、こういう影響がある場合には、ちゃんとこれを踏まえた水圧との荷重を考えてつくってくださいというお願いをさせていただき、こういう改正でございます。

それから3番目が支持物、基礎構造物の定着部、基礎とタワーをくっつける部分ですけれども、この相互の荷重を伝える上で非常に大事な部分ですけれども、ここに採用されているグラウトと俗にいわれている材料、これについて今のところ何も規定されていないということで、グラウトについてもきちんと計算を入れてくださいというお願いをさせていただき、ということでございます。

それから4番目につきましては、人が住んでいる、あるいは不特定な方が出入りする、そういう環境においては、風車が倒れたときに人に影響を与えないようにということで計算していただいているのですけれども、その周囲の状況について余りきちっと書かれていなかった、特定支持物の倒壊により人命に対して危険を及ぼすおそれがある場合はということで非常にアバウトな書き方だったものですから、もう少し特定をして、居住に供する建築物、またはこの建築物の一部がある場合などという形で、人にかかわる部分ということがこの特別な計算をしていただくための必要な根拠ですよということを明示させていただきました。

それから改訂の5番目が、これは風車を建てる際に、現在、風車の足元の部分、つまり、地質、地盤の部分と、あとは今度の乗っける風車の部分、これが工事計画を分けて出すことができるということで、風車のほうが多少新しいものを使うという場合に、まず基礎地盤の工事からするととなると、基礎地盤のときにきちっと風車の影響を考慮することができるデータをとっておかないと手戻りが生じてしまう可能性があるということで、地質調査の段階で、ここに書かれているようなこういうパラメータをあらかじめ測定しておいて、きちっと記録をとっておいてくださいねと。これがあれば、風車の影響を考慮した計算をするときにも役に立ちますということの示唆でございます。

こちらの5つの改訂、今回の淡路島の事故を受ける前に案をつくっていたものですから、淡路島について何かあれば今後つけ加えさせていただこうと思いますが、本日のところは、その影響を考えないで、5つご提案をさせていただいております。

こちらにつきましては、今後、30年度中に風技解釈及び逐条解説の改訂を予定しております。

それから、ことは洋上着床試験風力発電設備に関する判断基準とかその指標というの

も、走りながら、今つくってきておりますので、それとあわせて改訂ができればと考えております。

資料2-1は以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。今までちょっと不明確であったようなところを追記・改訂するというので、今、説明がありましたけれども、今の説明に関しましてご意見、ご質問等があったらお願いします。

よろしいですか。

それでは、引き続き工事計画審査の改訂案についてということで、事務局の説明をお願いいたします。

○榎本電力安全課長補佐 それでは引き続きまして、資料2-2に基づきまして、「工事計画審査の見直しについて」ということをご審議をいただきたいと思っております。

この見直しの趣旨につきましては2ページ目のほうに書かれておりますけれども、平成28年12月9日に第10回の新エネルギー発電設備事故対応・構造強度WGが開かれた折に、平成27年9月に発生いたしました与那国風力発電所の事故を踏まえた、発電設備工事計画審査の見直しについてということでご審議をいただいて了承されて運用してきたところですが、運用開始から1年半が経過しまして、事業者さんからいただくご質問、あとは運用の結果判明した問題点、こういうところを踏まえて、今まで不明確だったところをさらに明確化するというので見直し案を作成しております。

第三者認証を活用する審査ということをかなり取り込んだ形になってはいますが、これにつきましては、これによらない方法を明確に否定するものではなくて、審査に必要な全ての設計資料であるとかデータを事業者さんの責任で取得して提出していただければ、これによらない方法も可能であるということでございます。

変更された個所というのはこちらのほうに赤字で書かれておりますけれども、従来のフローチャート1と2というのをそれぞれ2と3に変えまして、フローチャート1というものを先にもう一つ加えました。

それから、今までここも明確になっていなかったのですが、風車という考え方の中に「タワーを含む」という言葉を入れておりますけれども、一般的に型式認証といわれるものは風車とタワーの部分を合わせて認証をとっておるわけですが、まれに風車だけの認証をとっておられる方がいらっしゃるのですけれども、やはりタワーと一体のものをもって我々としては型式認証と呼びたいということで、今回、この「タワーを含む」という言葉を追加

しております。ここに型式認証を取得しているかどうかによって、まず、していれば「YES」へいきますし、とっていないければ「NO」にいくわけですが、それでも、「NO」にいった場合にも、2つだけ審査が継続できるケースがございます。

1つは、プロトタイプ認証というものを取得している場合ですが、これにつきましては商業機とは異なる扱いとなるという条件で審査を行います。このプロトタイプ認証には基本的に有効期限が定められていますので、その有効期限までの運転ということを条件に審査をさせていただきます。

それから、この型式認証をとる前提の一つである設計適合評価が完了していて、まだ認証そのものに至っていないというケースについても、型式認証取得することが進んでいるということを確認させていただいて審査を行うことができるという形になっております。

それぞれフローチャートの2と3にいきました後は、基本的には前回と余り変わっておりませんが、この右端のところ、設計認証を取得して型式認証を取得するプロセスを進めている場合ということですね。これについては1年以内、かつ運転開始までに型式認証を取得できる見込みがある場合については数機程度の設置を認めることがあるという形の運用をさせていただこうと思っております。

3番の暴風時につきましても同じような考え方です。

基本的には前回とそんなに大きく変えているわけではないのですが、明確化する部分を明確にさせていただいたというところがございます。

以上です。

○勝呂座長 ありがとうございます。基本的なベースは型式認証を認めるというような形の流れの中で、見直しの趣旨、それから、不明なところを明確にするということで見直しを作成されたということで理解していますけれども、今のものと、それからさっきの件ですね。技術基準の定める、いわゆる風技の解釈改訂についてということと、今の工事計画審査の見直し案とあわせて、何かご質問、ご意見等があったらお願いします。

よろしいですか。

それでは、資料1と2について改訂をご了承していただいたということで進めさせていただくことになります。何かありましたら、後でもいいですが、連絡していただけたらと思います。

それでは引き続きまして、第3番目の議題に移らせていただきたいと思います。「最近の風力発電設備における事故の原因検証について」、まず申崎風力発電所の風車破損事故に関

する報告ということで、鎮西ウインドパワー株式会社さんからお願いします。よろしく
お願いします。

○説明者（金森） 鎮西ウインドパワーの金森と申します。よろしくお願いします。

ことしの1月26日第12回のワーキングで1度報告させていただいておまして、今回2
回目ということでございます。

（パワーポイント）

最初にちょっとおさらいも含めまして概要をご説明させていただいた後、前回宿題だっ
たことについてご報告させていただきたいと思っております。

まず、唐津市鎮西町にございます鎮西ウインドパワーの串崎風力発電所、Gamesa社の風
車G80-2MWを1基設置しておまして、2004年1月16日から運転を開始しておりました。

（パワーポイント）

火災のほうは、17年、昨年8月21日に発生いたしました。経緯、概略といたしまして
は、遠隔監視により風車を停止したのを確認していたのですけれども、そのためにメンテ
ナンス受託会社を現地に直行させ、警報解除後、風車を再稼働いたしましたところ、ナセ
ル後方トランス室からの煙、炎発生ということで消防に通報したということでございます。

16時間後の翌日に鎮火を確認したということでございます。

（パワーポイント）

「火災発生箇所の推定」でございますが、ナセルの部分を地上におろしまして、私ども
とメーカーのGamesa社の技術者も呼びまして確認いたしました。火災発生の箇所といたし
ましては、トランスU相のヒューズの部分が火災発生箇所と推定されたということでござ
います。

こちらにあります図7は健全に残っていた部分でございまして、図8のほうは、順番に
並んでおりますけれども、アルミバーの部分がなくなっていたということで、アルミが溶
けているということがわかりました。

（パワーポイント）

この火災発生のメカニズムの推定といたしましては、ヒューズの部分が銅でございまし
て、それを固定しているのがアルミバーということで、異種金属による電蝕、あるいはナ
セルの振動によってボルトの緩み等が発生して、ヒューズとアルミバーの間にギャップが
発生するということがありまして、基本的には接触面積が減少、大電流が流れてアーク発
生、アルミ、銅の融点を超え、熔融したと考えます。熔融した後は、周辺物、吸音材がご

ございますので、そちらに引火したということかと思っております。

なお、前回ちょっとご質問いただいたかと思いますが、他の相には腐食がなくて、なぜU相だけかというのは、原因はわかっておりませんが、他の相には腐食は発生しておりませんでした。

(パワーポイント)

前報のまとめといたしましては、まず技術的な要因といたしましては、「ナセル後部のトランスU相690Vヒューズでのアーク発生」ということで、今申し上げましたように、アークを発生させたギャップの原因は異種金属の電蝕かボルトの緩みだったということが考えられました。また、ヒューズの焼損した、溶けたところはわかりませんが、下部の健全だった部分をみますと腐食生成物が確認されたということもありまして、電蝕が発生したのではないかと推定しているところでございます。

運用上の問題もあったと考えておりまして、2007年に、Gamesa社からヒューズの接続バーの材質変更を推奨する連絡があったのですが、今いった異種金属の接触を避けるというようなところでございますけれども、交換費用が高額で、その費用を捻出できなかったということもあって交換を実施しなかったということが1つ運用上の問題だと思っております。また、交換実施しないと判断した後に、ヒューズ交換時期以外の定期的な点検を、このヒューズ面の点検というのを行っていませんでしたので、この辺も運用上の問題だと捉えているところでございます。

(パワーポイント)

前回のワーキングで、事業性、今後どうするかということも3案について検討しますということでご報告させていただいておりましたけれども、設備復旧、F I Tの事業を継続ということであれば同型機種ということになるかと思っておりますので、F I Tの残り期間が短く、事業継続難しいということでも断念しました。リプレースを考えて、新規でF I Tでまた発電事業をやろうかということも検討いたしましたけれども、投資回収のめどがなかなか立たないなということで、これも断念ということで、最終的には、鎮西ウインドパワーといたしましては、この串崎での事業の撤退をしようということで決めてきております。

撤退のスケジュールについては、地元唐津市様、自治会等々にご説明させていただきまして進んでおります。また、平成15年度の新エネルギー事業者支援対策費補助金補助事業というのをいただいておりますので、財産処分の手続が必要でございましたので、被災物も直近まで残っておりますので、このご許可出ました7月から被災したものの撤去も行って

るところでございます。残ったタワーとかはまさしく今撤去しているところですので、順次、電力安全課様、エネルギー対策課様への廃止届けを出していこうということでございます。最終的には、2月ぐらいに臨時株主総会を開きまして会社解散ということになるかと思っております。

(パワーポイント)

前回のワーキングで指摘いただいた事項は大きく4つあるかと思っております、1番は、風車のメーカーに対して他所での事故情報、部品の不具合情報の開示を強く求めなさいということでございました。これは、我々、一事業者がいつて開示するかわからないということもお伝えした中で、一応メーカーのほうに要求させていただいたということでございます。

それと、引火の要因をもう少し明確にしてくださいということもご指摘いただきました。

3番目は、運転中にデータが一部記録されていなかったのですけれども、遠隔監視システムで全データみられないということに対してどうだったかということもご質問いただいております、それには保安体制の見直しとかあるのではないかとということでご指摘いただいております。

4番目は、風車の停止の理由と火災の関係について何か因果関係があるかということでご質問いただいたかと思っております。それについてちょっと回答させていただきたいと思っております。

(パワーポイント)

まず、他所の事故情報について、G80-2MW基という同型機種で、日本で何基、世界で何基、あるいは火災原因はどうだということで、こういう表に基づいて要求いたしまして、開示を一応いただきました。ところが、公表するのはご勘弁願いたいということで、生のデータは本省様にご提出させていただいたところでございますが、火災件数、日本であったのは、7サイト55基納めたうちの2基ということで、恥ずかしながら、原因は違うにしろ、この串崎で2件というカウントになってございます。

我々としては強く要求したのですけれども、そのもの自体はご提供いただきましたけれども、公表ということに関しては勘弁してほしいということでございましたので、我々から報告できるのは以上でございます。

(パワーポイント)

火災発生原因のところでもう少し詳しくということで、これは前回の報告書でもちよっ

と書いてございましたけれども、ヒューズの下部のアルミバーの断面のマクロ組織の観察ということで、図10の下のほうにちょっと示してございますが、腐食が発生したということでございます。このヒューズの接触面積、1,990平方ミリメートルですけれども、腐食のみられない部分は160平方ミリメートルということで、8%しか残っていなかったということでございます。焼損したところはもう溶けて一体となっていたのでわかりませんが、同等以上の腐食が発生したのだろうと想像しているところでございます。

(パワーポイント)

そういったところで接触面積が非常に少なかったということがございまして、では電流密度はといいますと、キュービクル式配電盤等々の設計値ということであれば、銅だと1平方ミリ当たり1.5アンペア、アルミだと1.2アンペアということになりますので、腐食からみますと、火災時は接触面積が160平方ミリメートルしかなかったということですので、単位面積当たりは6.25アンペア流れたということになりますので、非常に過大な電流が流れたことは間違いないだろうということで、これによってアークが発生し、アルミ、銅が溶けたのだと考えるところでございます。

(パワーポイント)

再発防止策のところではございまして、技術的要因は、Gamesa社からの2007年の推奨にもありましたけれども、ヒューズ接続バーの材質を変更するというところで、ヒューズの接触部分をアルミから銅に変えると。どうしても、ナセル内、軽量にしなければいけないということでアルミも多用しておりますので、アルミと銅の接触部分には、もともと爆着したような、圧着して接合したクラッド材を挿入して接続するというところ。それと、ヒューズの固定方法の強化としては、緩みどめナットを使うということ。当然、従来どおりトルク管理もしていくということで、再発防止を図ることが考えられるということでございます。

(パワーポイント)

運用上の対策としては、前回のご指摘もいただいていたけれども、当然、対応を第一前提に考えるのですけれども、資金面で対応できないことも出てくるということもありまして、そのときは必ず代替案を検討するというところでしていきたいと思っております。

自主点検項目の追加としましては、トランスヒューズ固定ボルトの定期的な緩みチェック、ヒューズ接触面の目視チェックなどをやっていきたいと思っております。これは前回も少し報告いたしましたが、運転再開したらば、1カ月ごとぐらいに原則みていって様子をみていくことも考えたいと思っているところでございます。

防災措置に関しましては、最近、日本の各メーカーから消火装置も出てきていますので、消火装置の設置ということを考えて延焼防止を図りたいというところでございます。

(パワーポイント)

引火の要因のところでございますけれども、これは、先ほどいったように、過大電流が流れて、アルミ・銅溶融ということで、この溶融のアルミ・銅が飛散いたしまして、吸音材に飛んで着火したということで、その後、吸音材、FRPを伝わって前方のほうに火が回っていったということだと思っております。

(パワーポイント)

事故時のデータ収集の状況ということで、一部のサーバが壊れていてデータ遠隔監視ができない状態だったのではないかとご指摘もいただいておりますけれども、ここに書いてございますGamesaサーバというのがデータを44点とっておりまして、そこから一部のデータ、遠隔監視するデータを25点引っ張り出しまして抜粋しております。

このほかに、ここに鎮西ウインドWP/PCと書いてあるこのデータについては7点、右側に表をつけておりますけれども、系統の電圧、電流とか力率とか周波数、有効電力、無効電力、風速、これについてはデータをみていましたと。日常の点検で、現地へ行って係員がみるのも、こういったデータをとっていたので、最低限と申しますか、データをとれたということで運転を継続してしまったということがございました。

(パワーポイント)

これについては、ご指摘もいただいたように、保安体制の強化ということも当然必要だと思っておりますので、社長のもとに運転管理の責任者の明確化をいたしまして、例えばほかの事象に対しても、復旧するということに対しては、必ず運転責任者の確認をもって運転再開ということで、責任の明確化も当然ながら図っていきたいと思っておりますのでございます。

(パワーポイント)

指摘事項4で、風車の停止の理由と火災との因果関係はということもご指摘を前回いただきましたが、サーバの壊れるまでの8月10日までのPCのデータをとっておりまして、温度上昇だとかそういった関連するようなところのデータですが、トランス温度は、幅はあるものの、極端に上昇しているということもありませんでしたので、火災直前の停止理由は現在わかっておりませんが、火災発生につながるような何か兆候があったということはないと思っておりますのでございます。

(パワーポイント)

原因と対策のまとめですが、技術的要因と運用上の要因ということに分けますと、電蝕によるアーク発生があったということと、あるいはボルトの緩みがあるかもしれないということで、これについては、先ほどから説明いたしました、材質の変更をしていくとか、固定部分のボルトの定期的な緩みをチェックするとかいうことも当然やっていく。また、延焼防止には消火装置を入れることも考えていきたいということでございます。

運用上については、資金面、対応できないときが出てきた場合は必ず代替案、これは定期点検をふやすだとかいうところにつなげていきたいと思っておりますし、そういったことも考えていくということでございます。

あとは、運転監視データ、記録できないという場合には、運転をすぐとめて、復旧後に速やかな対応を検討したいと思っておりますし、運転の責任を明確化いたしまして運転再開の判断をするというようなことをとっていきたいと思っております。

以上でございます。

○勝呂座長　ご説明ありがとうございました。

それでは、今の報告に関しましてご質問等ありますでしょうか。よろしくお願ひします。

○横山オブザーバー　このヒューズというのは一般品なのでしょうか。

○説明者（金森）　一般的に販売されているものでございます。

○横山オブザーバー　それがこういう形でアルミのところ腐食することが原因で、それが焼けるとかそういうことはほかのところでも数多く経験しているのでしょうか。

○説明者（金森）　私どもはございません。ちょっとわかりませんが、風力発電ですので、ナセルの部分は非常に軽くしたいということもあってアルミが多用されているということもあろうかと思ひます。

○勝呂座長　よろしいですか。

○横山オブザーバー　結構です。

○勝呂座長　どうぞ。

○熊田委員　すみません。私も質問で、ヒューズ、要は何かの保護のために入れているものだと思うのですが、もし腐食が起きてなくて、すごくちゃんとした状態のヒューズだったとして、そこに何らかの理由で、例えば雷落ちたでも何でもいいのですけれども、というか、今回は腐食を起こしているのです、通常の発電している電流、1キロアンペアか何かの電流でも火噴いて溶けちゃいましたということだと思うのですが、もし

それが腐食を起こしていなかったとしても、そもそもヒューズ入れるということは何らかの保護のために入れているわけですから、何らかの過電流が流れて、普通、そのヒューズが溶けてぶちっと切れてくれることで役目を全うするわけですが、その普通に溶けてぶちっと切れたときには、アルミや銅は回りに飛び散って、ウレタンフォームに火つけてしまうなんていうことはないのでしょうか。

というか、すごく今回のことで腑に落ちないのは、ヒューズは切れているので、フェールセーフではないですけれども、腐食してから、本当だったらもっと高い電流まで耐えられるのが、わずか1キロアンペアでぶちり切れちゃいましたと。そこまではいいのですけれども、そこからあと、その溶けたことによって火を噴くという条件は何でかなというのがちょっと釈然としないところがあります。

○説明者（金森）　ここにちょっと書いていますけれども、このヒューズは2,500アンペアまでが定格ですから、これを超えたらヒューズが切れるということですが、この状態は、ちょっと上に書いていますけれども、電流密度の設計値が1.5アンペアですので、全体としては1,000アンペアしか流れていないのですけれども、電流の密度としては非常に高く流れていたということですので、この電流密度のほうが問題で、通常だと、全部が接触面積が1,990平方ミリメートルあれば、この単位面積あたりは0.5アンペアぐらいしか流れないということですので、そういった状態にならないと思われまます。

当然、保護としては過電流が流れたらヒューズが切れるということですが、多分2,000キロワットの風車から2,500は通常であれば超えないところにあって、何かの状態で過電流が流れたらヒューズのほうが保護装置になると。たまたま、今は腐食によるところの接触面積が少なくなって、各材料の許容値というか、設計値、本当の許容値というのはちょっとわかりませんが、それに対する過大電流が流れて、温度が、アークが発生したということかと思っております。

○熊田委員　　という、腐食を起こしてなければ、例えば正常なアークであれば2,500アンペアとか、ヒューズの切れるであろうという許容電流超えたものを流すと、アークは起きずにちゃんと切れちゃうということですか。

○説明者（金森）　　はい。

○熊田委員　　今回みたいに腐食しているから変な切れ方をしてアークが出てきたという。

○説明者（金森）　　切れるというか、そこにアークが発生してしまったと。だから、流れている電流としては1,000アンペアしか流れていませんので、通常であれば、それより高

い電流が流れればヒューズが切れて、ほかのところの電気保護をするということになるか
と思います。

○勝呂座長 よろしいですか。

ちょっと今のところで私もわからないのですけれども、例えば腐食が起きたら、腐食が
起きたところはインピーダンスが上がるから、電流としていえばそっちではなくて、正常
なほうに流れてくれるから、そこだけ選択的にヒューズが飛ぶということはあるのだろう
かというのがちょっとわからないのですけどね。だから、抵抗の多いところに流れないで、
抵抗のないほう、ないほうに流れていくからという感じがするのです。それで、そのと
ころで例えばスパークが出るよということは、全部が接触がなくなって電位差がすごい大
きくなるということがないとスパークが出ないのではないかという気がちょっとするの
ですけれども、その辺はこの説明でできるのかなあというのがちょっとわからないのですけ
どね。

○横山オブザーバー この説明ではこれは成り立つと思いますよ。それは線が細くなっ
たところで発熱するのだから、全体の電流は決まっていますが、それはそこで集中してやる
のだけれども、私がちょっと思ったのは、実際にそういうことがほかにもあるのか。そう
いう腐食が起きて。それで、それが起こったときに熱が出るのだけれども、それがヒュー
ズにも作用しても、またヒューズは無影響でそういうことが起きるかどうか、ほかに例が
あるかどうかというのはすごく大きいと思うのですよね。この考え方はこれしかないとい
うことでつくられたストーリーですけれども、あり得るかなあという感じはちょっとしま
す。すごく細くなったところに集中したことが原因というのは成り立ちはしますよ。

○勝呂座長 これは、接触面がいわゆるフラットなところで重ねているみたいな形でつ
ないではないですか。そういうところに、今いわれたような、例えば細い電線みた
いな形のイメージというのは出てくるのかなあという気がちょっとするのです。

○横山オブザーバー 腐食が起こるかどうかというのは、このとき、こういう状態で起
こりやすいのかどうか、ほかでも起こるのかどうかというのは非常に重要なことなので今
経験を聞いているのですけれども、細くなり出してそうなったとしたら、熊田さんおっし
ゃったように、それはやはり熱でそこが溶けて、それから発火する可能性はあると思いま
す。ちょっとうま過ぎるのだけどね。その発火したものがそっちに飛びついて燃えるとい
うのはね。そこら辺は実証あるのかなあという感じはしますね。

○勝呂座長 どうぞ。

○安田委員　メーカーからのデータ開示の件でもう一度お尋ねしたいのですけれども、データ開示できない理由は、メーカーは何かいっておりましたでしょうか。要するに、特段の理由がないのにデータ開示しないということは基本的にはあってはならないことなので。

それからもう一つ、メーカーは海外製ですけれども、日本において再生可能エネルギーが事故を起こした場合、今回のようなワーキングで審議がされて、かなりの情報を開示することになっているということはメーカーは知っているのでしょうか。

○説明者（金森）　どこまでメーカーが知っているかわかりませんが、前回の指摘を受けて、こういった委員会のワーキングから要請というか要求を受けて、必要だということはメーカーのほうに伝えました。伝えた結果として、ここにきょうは網かけでみえてないですけれども、そのデータは本省様と、被災したというか、購入者だった我々には提出すると。ただし、このワーキング自体が公表のワーキングですので、それについてはこの図までしか公表しないでくださいといわれたところでございまして、そのとおりのところできょう報告させていただいたということで、このワーキングからこういったことを要求しているということもお伝えしております。前回のワーキングではこういったことを要求したけれども出ないのですということも報告させていただいたと思いますけれども、それとは一歩進んで、これは我々のところだけですけれども、日本の基数とわかりましたので、多分、本省さんのほうがまた調べていただいたかと思えますけれども、とりあえずの要求したところについては一応開示してということでございまして、なぜ開示しないか、公表できないかというのはわかっておりません。

○榎本電力安全課長補佐　今お話ありましたことに事務局から補足させていただきます。

事業者さんのほうから強くいっていただいてもデータが出なかったということで、ただ、我々として非常に心配なのは、同型機がまた同じようなことを起こさないかということになっております。それで、ここで7件55基というデータが出ましたので、我々のほうももう一度調べてみたら、同じ数、7事業所55基というのが一応わかりましたので、それぞれの事業者さんにヒアリングさせていただきました。

その結果としては、7事業者のうち4事業者については、このヒューズバーの材質が推奨された交換後の銅製のバーに交換されたもの、もう既に銅製のバーを用いたものが納入されていたと。串崎さんが日本では最初の導入例ですけれども、後ろ4件の導入例に関してはもう既に銅に変えたものが入っていたと。それから、それ以外の2事業者については、

メーカーの推奨どおりにアルミのバーを銅のバーに交換しているということで、串崎さん以外に同種の理由で事故が発生する状況に今はないということは確認がとれております。

それからもう一つ、アークが飛ぶ原因となったボルトの緩みの点検、これにつきましても、各事業者さん、この事故を受けて、点検の中でマーキングをして、動いてないかどうかということをしちっと確認しながら進めていただいているということがわかりましたので、今回の原因であるところの材質の問題、それからねじの緩みの問題、これで現状同じような事故が発生することはないということの確認はとれております。

以上です。

○勝呂座長　ありがとうございます。

どうぞ。

○安田委員　そういう点では、電力安全課様のご努力により再発防止にはうまくいっていると理解しますが、今回だけではなく、過去、このワーキングでもたびたびあるのですけれども、メーカーからデータ開示がなされないということは、ちょっとした部品の故障であれば、まあまあそれは事業者さんとメーカーさんの間の関係で済むのですけれども、今回の場合のように公衆安全にかかわることでデータが開示されないというのはやはり問題があるような気がします。現段階での電気事業法のもとではなかなか致し方がないと思うのですけれども、ちょっと長期的な視野に立って、そういったものをどのように解決するのかということは、今すぐにはできないかもしれませんが、長い目でお考えいただければと思っております。

○勝呂座長　ありがとうございます。この問題は、さっきの報告が対応策としてまず成り立つということでもいいかというのが1点目ですね。2点目が、その対応策としていうと、今ここの串崎の2台は材料が変わるとかそういうのがなかったかもしれないけれども、ほかの7サイトのうちの6サイトはそういう、例えば材質の変更とかボルトの緩みの点検というような形での対応策はできていると考えていいということですよ。

そうすると、今の中でやらなければいけないのは、今いわれた、この対策でオーケーかどうかということですね。それは異議ないですかというのがまず1個目の皆さんに質問しなければいけないことと、あともう一つは、今、安田委員のほうからありましたけれども、長期的にそういうのに対応するようなことを各メーカーに、世界中のメーカーに、もし日本に設置するならばきちっと要求できるような権利をもっておかないといけないのではないかなと思うのですけれども、今の1番目の、この報告で原因はオーケーかという点ではいか

がでしょうか。

(「はい」の声あり)

それでは、今のことで、さっきの長期的な観点からということで残りがああるかもしれないということはありませんけれども、事務局で対応していただくということにしたいと。

私から1点ですけれども、私、台湾でみた風車もGamesa社で、同じようなやつが出ていて、こっちから、例えばあそこでもみたぞとか、そういうことをいって、あれは何が原因だとか、そういうこともちょっと聞かないといけないのではないかと。

○説明者(金森) この場で公表はできませんが、この黒で塗ってあるところは本省さんにご提出しておりますので、委員会のメンバーの方々は本省さんと同じだと思いますので、本省さんのほうからご開示いただければと思います。一般公開だけやめてくれといわれておりますので、埋まったところだとか、世界の台数とか等の比率もありますので、本省さんのほうから委員の皆様にご開示いただければと思います。

○勝呂座長 わかりました。

それでは、この議論は終了ということにしまして、次の議論にいきたいと思ひます。どうもありがとうございました。

次は、阿蘇にしはらウインドファーム熊本地震による被災と復旧についてということで、株式会社ジェイウインドサービスのほうからお願いします。

○説明者(本庄) それでは、ジェイウインドサービスの本庄でございますが、阿蘇にしはらウインドファームの熊本地震による被災と復旧についてご説明いたします。

本件は、平成28年4月16日に発生いたしました熊本地震で、阿蘇にしはらウインドファームの10基の風車のうち9基の基礎が損傷したものでございます。皆様ご存じのとおり、2007年に建築基準法が改正されまして、高さ60メートルを超える風車には超高層建築物で用いられる構造計算の基準が適用されておまして、地震時の時刻歴応答解析が必要となっております。今回の熊本地震によるサイトでの地震動はこの動的解析に用いられる告示波と呼ばれる地震動を超える大きな振動だったと推定しております。

当該発電所は2005年に運転開始しておまして、2007年の建築基準法以前に設計されておりましたので、当社では10基の風車の損傷の状況や保守状況を検討するために、社内で専門家をお招きしまして事故調査委員会を設置し、まず風車の被害状況を詳細に調査いたしました。その結果、建築基準法改正後の告示波を超えた地震動とみられる熊本地震においても、1号こそ基礎杭の重大な損傷を受けておりましたが、8基は軽微な損傷、6号は

損傷なしという結果でございました。

そこで、軽微な損傷を受けた8基の風車につきましては、シミュレーションで損傷のメカニズムを解明した上で、原状回復を目指した補修を行ってございます。熊本地震での被災状況と解析結果を考慮すれば、原状に近い強度に復旧することで、再度大地震を受けるようなことがありましても、倒壊するようなことはないと考えております。

本日のワーキングでは、本件の対応についてご了承いただけた場合には、9月から風車の運転再開をしたいと考えております。

以降は、社内事故調査委員会の検討状況を志水から説明させていただきます。

○説明者（志水） それでは、阿蘇にしはらウインドファーム熊本地震による被災と復旧について、ご説明させていただきます。

（パワーポイント）

まず設備の概要です。名称が阿蘇にしはらウインドファーム、所在地は熊本県阿蘇郡西原村。発電所出力が1,750kW10基の17,500kW、風車発電機がVestas製V66、ハブ中心高さ60メートル、ローター径66メートル。風車基礎の形式としましては、10基のうち2基が杭の基礎、残りの8基が直接基礎というものです。

こちらにそのウインドファームの概要の図がありますけれども、10基、丸がついていますが、端っこの赤丸の1と8号機、これが杭の基礎形式でございます。残りの8基は直接基礎というものです。運転開始は2005年2月でございます。

（パワーポイント）

これが基礎の概要ですけれども、こちらが杭基礎2基ですけれども、鉄筋コンクリートの下に杭を打ち込んでおります。これが8号機の例ですが、こういった鉄筋コンクリートの下に杭を打ち込んでいます。こちらは直接基礎でありまして、鉄筋コンクリートの基礎が直接地盤の上に乗っている状況です。この直接基礎の特徴としましては、建設当時結構多かった十字型の基礎でございます。

（パワーポイント）

これが被災の概要ですが、こちらの直接基礎、十字の基礎、これが地盤の中に埋まっているのですけれども、これの隅角部のあたりにひび割れがみられました。3号機ですが、こういった隅角部にひび割れがみられました。数ミリのひび割れです。あとは、杭基礎のところの、ここに書いてありますが、1号機と8号機、2基のうち1号機については、杭にダメージの大きいひび割れが推測されました。これについては、ここに書いてあります

が、衝撃弾性波試験という、非破壊検査でコンクリートの基礎の上からハンマーで打って、その衝撃弾性波で杭の状況を調べるものですが、それによりますと、1号機の杭の途中で破断していることが推測されたと、大きな損傷が推測されるという状況でございます。直接基礎については、ひび割れは1～2ミリ程度という状況でございます。

(パワーポイント)

これに基づいて、復旧に向けた検討を行いました。検討の結果の概要です。風車支持構造物（基礎）の被災を受けて検討を行いました。検討の結果、6号機は運転再開、1号機は復旧断念、その他の号機は補修により復旧と評価しました。

そのやり方、復旧の検討の方法ですが、地震発生後、地盤、上部構造、あと基礎構造を現地で調査し、それで、被災度の判定というものを、日本建築防災協会の出している「基準および指針」に基づいて行いました。

あわせて設計の確認をしました。それと、設計時に行っていない地震の応答解析も実施し、復旧の可否を評価しまして、1号機については復旧困難、供用断念、その他の号機については、構造被害の有無を確認し、被害なしの号機である6号機は供用再開、8号機についてはヘアクラックがちょっとありましたけれども、これも補修して復旧。残りの7基につきましては、ひび割れ補修後の復旧としました。地震の応答解析を行い、地震相当の解析モデルを推定。その後、地震後相当の地震応答解析を行い、それで転倒しないということを確認しまして、復旧目標の設定及び補修方針を決め、補修工を実施し、供用再開という流れとしました。

(パワーポイント)

設計の確認、建設当時の確認ですが、このウインドファームの支持構造物は、2004年設計時の建築基準法に準拠し、部材は許容応力度法に基づき設計しております。設計荷重としては、基準に基づいて地震時より大きな暴風時荷重、32m/sを採用しております。支持構造物の安定、応力度が許容値内であることを確認しておりました。

(パワーポイント)

これが追加の検討ですが、建設時の性能確認ということで地震応答解析を実施しました。もともとの設計は静的解析であったことから風車の耐震性（建設時相当）を確認するために、現行の発電用風力設備に関する技術基準に示される告示波（極稀地震（500年再現期間を考慮したレベル2地震））による地震応答解析を実施しました。

解析モデルとしては、実現象を考慮して、直接基礎は浮上りを考慮したモデルを採用し

ました。結果として風車の倒壊や基礎の損傷が生じないことを確認しました。ただし、1号機は杭が許容応力度を超えることを確認しました。

(パワーポイント)

地震が起こってから各種現地調査を実施しました。地盤と上部構造、基礎構造について、各号機ごとにそれぞれこのような調査をしまして、結果の概要としては次のようになります。

(パワーポイント)

地盤につきましては地表踏査、熊本地震前後の航空レーザー計測等から、周辺地盤の崩壊がないことを確認しております。

上部構造については、タワーの座屈等の損傷がなく、タワーの残留傾斜も小さいことを確認しました。

基礎につきましては、基礎の傾斜と沈下を調査。傾斜が1/150以下、沈下が0.1メートル未満。杭基礎については、先ほど申した衝撃弾性波探査、ハンマーで打って衝撃弾性波を確認して、それで杭の状況を見るものですが、1号機の杭体が損傷、8号機の杭体の被害が軽微であることを確認。直接基礎、十字の基礎ですが、これについては内部のひび割れの調査を実施しました。

これは、細い穴、1センチぐらいの穴を掘りまして、そこにボアホールカメラを入れまして、ひび割れの状況を確認しました。赤いバッチンがひび割れの確認されたところがございます。こういった1.7ミリぐらいのひび割れが確認されました。

これが3号機の例でございます。

(パワーポイント)

「被災度判定結果および復旧可否の評価」として、判定方法としましては、「震災建築物の被災度区分判定基準および復旧技術指針2015年改訂版」、これは日本建築防災協会の出しているものですが、それに準拠し、被災度判定及び復旧の可否判断を実施しました。

結果としましては、上部構造は被災がなかったので、被災なし、基礎構造については、風車2～10号機は復旧可能と判断しました。

これが表でまとめているものですが、杭基礎の1号機につきましては、杭体に大きな損傷があったので復旧不可、8号機は基礎コンクリートにヘアクラックがあって、杭体にも軽微な損傷がありましたが、これは復旧可。直接基礎十字型については、6号機は、これもヘアクラックで、復旧可で運転再開済み。その他の残り号機2、3、4、5、7、9、1

0号機については、補修して復旧ということで判断しました。

(パワーポイント)

被害の再現解析ですが、まず熊本地震の概要です。この再現解析の目的としては、現行基準の告示波に対し、風車の倒壊、基礎の損傷が生じないことをまず確認しました。本地点は、周辺の地震観測記録から「告示波」以上の地震動を受けたと推察されます。基礎の損傷状況を確認するため、周辺で観測された地震動を用いて再現解析を実施しました。このウインドファームの周辺で観測された代表的な強震記録としては、西原村小森、役場ですけれども、観測点までの距離が6.1キロメートルで、これが一番近いということで、これを採用しました。

(パワーポイント)

これが西原村小森、役場の本震記録ですが、最大の加速度が水平動で800ガル程度、鉛直動で500ガル程度であり、疑似速度応答スペクトルから周期0.8秒と2秒ぐらいのところで、この太いのが基準の告示波ですが、この赤いのか青い線が熊本地震ですが、それが告示波の速度応答スペクトルを超えている状況だということが確認できました。

(パワーポイント)

これで地盤、構造物の非線形特性を考慮した地震応答解析を実施しました。結果として、西原村小森で観測された本震記録相当の揺れがウインドファームでも起こったのではないかとということが推測されました。

やり方としては、西原村小森の地震動をこの固い地盤のところまで引き戻しまして、それで、ウインドファームのところの地質特性に基づいて各号機の地震動を推定したというやり方でございます。

(パワーポイント)

解析モデルとしましては、地震発生後の状態に相当する解析モデルとして、弾塑性及び浮き上がり、基礎がちょっと浮き上がっているということが推察されましたので、それを構築しました。基礎コンクリートをソリッド要素でモデル化してFEM解析を行って、基礎の危険断面位置、十字の基礎の隅角部のあたりですけれども、それに变形損傷が集中し、実被害とよく一致することを確認しました。

こういった隅角部のところにひび割れが発生していることが実被害と合っています。FEM解析に基づいて基礎危険断面位置に集中する変形をあらゆる弾塑性回転ばねを設定しました。地震応答解析結果から基礎の損傷を推定するため、回転ばねの変形と基礎の損傷

(ひび割れ、鉄筋歪) の関係を対応づけました。

(パワーポイント)

地震動を係数倍入力する非線形地震応答解析を、地震被害の生じた4号機、これは比較的地盤が固いものと、6号機、比較的地盤のやわらかいものについて実施したものがここに示しております。

解析の結果として、地盤のやわらかいほうが基礎に生じる応力が小さく、4号機のほうがちょっと固いのですけれども、ひび割れが1.8ミリぐらいと実被害と合っていました。6号機は無被害ということで再現できました。最大鉄筋歪みは規格破断歪みに至らず、破断しないということを確認し、実測の残留ひび割れ幅より、入力倍率を1倍程度、ウインドファームの地震動が役場の地震動と同程度とすれば、実被害と整合する傾向があることを確認しました。

(パワーポイント)

この解析モデルを確認した上で、次に大規模地震に対する耐震性評価(地震後相当を対象)を行いました。今後、サイトで発生する大規模地震を現行基準に基づき告示波(極稀地震(500年再現期間を考慮したレベル2地震))と想定し、地震後の状態に相当する解析モデルによる地震応答解析において、風車が倒壊・崩壊していない熊本地震により生じる危険断面モーメントより告示波によるモーメントが小さいということで、風車が倒壊・崩壊しないことを確認しました。

(パワーポイント)

これらを受けて、復旧の目標の設定及び補修方針を決めました。復旧目標の設定としては、復旧の対象は直接基礎(2～5、7、9、10号機)、杭基礎(8号機)とし、1号機は杭が損傷しているため復旧不可で、6号機は運転再開済みです。

主たる目標は、「耐久性確保」(内部鉄筋の腐食抑制)、構造上重要な部分については、剛性、耐力についても可能な限りの原状回復を目標に設定しました。

基礎構造の補修方針は、基準及び指針により注入工法を採用しました。

(パワーポイント)

注入工法としましては、超微粒子セメントミルクを使用しました。1次注入で、このように穴を掘りまして、基礎の下からセメントミルクを注入したのですが、1次注入で下に漏れていくものを遮断しまして、2次注入でひび割れ内部に補修材を充填しました。

充填状況の確認としましては、上から確認の穴を掘っていますけれども、そこから補修

材が出てくるのを確認しました。その後、固まった後に確認孔、また穴を掘りまして、こういったボアホールカメラを入れて注入状況を確認して入っていることを確認しました。また、供試体をとって見て、補修材が入っていることを確認しました。

全体的な確認として、この直接基礎の横からまたハンマーでたたいてみまして、非破壊検査でひび割れ箇所に反射波がないことを確認して充填を確認しました。

(パワーポイント)

まとめとしましては、先ほど本庄からご説明しましたけれども、もう一回繰り返すと、2016年、2年前の熊本地震により風車の基礎にひび割れが生じました。1～2ミリ程度。風車の設計は建設当時の基準である建築基準法に基づき実施しており、ひび割れは生じましたが、倒壊・崩壊はしていません。熊本地震は、現行基準で検討対象としている告示波（極稀地震）より強い地震であったことを確認しました。

各種調査を実施しまして、基礎にひび割れが確認されましたが、1～2ミリ程度であること、上部工（ナセル、タワー）が健全であることを確認しました。

日本建築防災協会の「基準および指針」に基づき、被災度判定、復旧可否、補修方法を検討しまして、あとは、被害の再現解析及び今後の大規模地震（極めて稀に発生する地震動）に対する耐震性評価を実施し、風車が転倒・倒壊しないことを確認しました。

上記の結果を受けて、1号機以外の復旧は可能、6号機は運転再開済みですが、ひび割れへのセメントミルク注入による補修を実施しました。

もう一回まとめますと、直接基礎、6号機は被害なしで再開済みです。そのほかの直接基礎2～5、7、9、10号機は基礎にひび割れ1～2ミリ程度ありましたが、セメントミルクを注入したひび割れ補修で今後供用を再開していきます。杭基礎につきましては、1号機は杭にダメージの大きいひび割れが推察されるので復旧は不可、8号機は杭に軽微なひび割れがありましたが、掘ってみたところ閉じていたのと、あと、側面にヘアクラックがあったのですけれども、それを補修して運転再開することとしました。以上で報告とさせていただきます。

○勝呂座長　ありがとうございます。それでは、今のご説明に関してのご意見、ご質問があったらお願いします。

○西尾委員　補修方法の妥当性というものを示す説明がもう少しあったほうが良いと思いますけれども、その辺はどのように。

○説明者（志水）　補修方法につきましては、日本建築防災協会の「震災建築物の被災

度区分判定基準及び復旧技術指針」中で、ひび割れ、基礎の傾斜と沈下に基づいて、それがどういった程度だということを判定する基準があります。それとともに、熊本地震の震度が7程度で、6以上だと復旧可という基準があり、これで判断しました。その上で、ひび割れの程度が2ミリ程度ですと注入工法で補修するということが指針に記載されており、それに基づいて補修しています。

今回時間が限られていましたのでここに細かく載せていないのですが、基準に準拠して検討し、こういった報告書をつくりまして、その中で、この判定基準と判定に至った経緯をまとめました。

○西尾委員 セメントミルクの充填は、その基礎構造物に対して妥当ですよという指針なのでしょうか。

○説明者（志水） そうですね。注入工法で、樹脂を注入したり、あとセメントミルクを注入するということで、注入工法を使うということが記載されています。

○西尾委員 あともう一点ですけれども、補修をされて補強をされない理由というのは何かというので、ちょっと考えるのは、原状回復、もししていたとして、本当にしているかという保証も妥当性も確認も必要だとは思いますが、しているとして、動的耐震設計では照査をクリアーしているという一方で、詳細なFEM解析のところで隅角部に応力集中が起きるならば、その隅角部で（鉄筋コンクリートの）増打ちをすとか、そういう補強というのも考えられるように思うのですが、そこはどのように。

○説明者（志水） この基準に基づきまして、例えばひび割れ幅がもう少し大きい5ミリ程度だと、例えば基礎を鉄板で巻くとかいう補修もあるので、今回その程度までには至っていなかったということがあります。実際に鉄板で巻くというと、基礎を全部掘り返して巻くとか、そういうことが必要になってきます。今回、基準に準拠し、注入工法による補修を行いました。また、鉄筋がどれぐらい伸びているかということもこのひび割れ幅から推定しまして、破断までに至っていないと判断して、注入で鉄筋の腐食を防止するという補修が妥当だと判断しました。

○勝呂座長 よろしいですか。

○奥田委員 1号機について教えてほしいのですが、結果的には杭が大きく損傷して使えないということですが、これが大きく損傷した理由というか、杭基礎が2つあって、8号機はそれほど損傷していなくて、1号機が大きな損傷を受けたと。ここはどういう理由かわかりますか。

○説明者（志水） 多分、地盤の特性もあると思いますけれども、1号機のほうが少し固い地盤です。

○説明者（ジェイウインドサービス） あと、1号機のほうが杭本数が少ない、耐力的には小さいものです。8号機のほうが杭本数が多いです。

○奥田委員 今後またこのような地震が起こったときに、杭体というのが結構被害を受ける可能性があると考えたほうがいいですか。本数が結構あればそういう水平力に対する負担ができるだろうということですか。そこら辺、今後の話としてどう考えたらいいかなど。ちょっと教えていただければ。

○説明者（ジェイウインドサービス） すみません。ちょっと言葉が足りなかったかもしれませんが、結局、地盤増幅の大きさと、それによるタワーの応答結果に対する杭基礎の耐力がどれぐらい足りているかどうかという話で、今回の当初設計では、たまたま1号機のほうの地盤が8号機よりも多少良いために杭本数が少なくて済んで、ただ、結果的には損傷を受けてしまったということなので、多分、その辺の関係についてはケース・バイ・ケースで、なかなか奥田先生に対して明確に答えることはできないかなと思います。

○奥田委員 もう一点、この1号機はもう発電しないということですが、結果的には除却するということになるのですか。

○説明者（志水） そうですね。基本的には取り外しまして、運転は再開しないと考えています。

○勝呂座長 ほか、よろしいですか。

私もわからないのでちょっと聞きたいのですが、例えば被災例の杭というのがありますよね。杭の図面が1の「設備と被災の概要－1. 2 被災の概要－」というところにあって、杭が3個、絵が書いてあって、1号機C1、C2、C3とあって、1号機のところに杭先端なしというのがありますよね。真ん中の図面は杭先端難ありで、3個目のC3というのは杭先端難ありと。これはどういう意味、一番左のやつは、先まで衝撃波がいかなかったということで、ここで全量が戻ってきていたと、そういうことですか。

○説明者（志水） そういうことです。

○勝呂座長 何本かの杭をやるとこのように途中で全部割れてしまっているというようなどころがあると。

○説明者（志水） 1号機については、基礎コンクリートの角のところに杭が3本ずつあって、12本あったのですが、そのうちの、この1号機のC1でみますと、大体10

メートル以上の杭が、普通であればその先端へ行って波が返ってくるのですけれども、途中で返ってこなくなってしまったということです。途中で杭が折れてしまっているのではないか、破断しているのではないかと推測しました。

○勝呂座長　この杭そのものというのはコンクリートなのですか。

○説明者（志水）　PHC杭。コンクリート製でございます。

○勝呂座長　そうすると、例えば鉄筋は入っている。

○説明者（志水）　はい。PHCで鉄筋は入っています。

○勝呂座長　鉄筋は切れてないけれども、クラックがばーっと入っていると考えればいいのですか。

○説明者（志水）　鉄筋がどこまで破断しているかは掘ってみてないのでちょっとわからないのですけれども、途中で大きなすき間があるのではないかと推測しました。

○勝呂座長　そのところがいわゆる構造物で鉄筋みたいな、単純にいうと、風車でいうと樹脂と、それからFRPの繊維の問題みたいなところで、ヤング率が違って、引っ張りが違うというのがありますよね。そうすると、片方はつながっているけれども、片方は剥離してしまっているとか、そういう状況という可能性もあるわけですね。

○説明者（志水）　そうですね。

○勝呂座長　わかりました。ありがとうございます。

それからあと、四角い直接基礎のところ、隅角というのですか、隅のところ、これは普通の構造屋が機械構造なんかでこうやると、ここのところは絶対にまず応力集中が発生するし、それから、例えばコンクリートでも何でもそうでしょうけれども、順番に乾かしていくと、こういうところいわゆる引け巣みたいなものができやすいとか、そのようになるようなところがあって、何でこういう構造になっているのかというのが、正直なところわかりにくいのですけれども、その辺をちょっと教えていただければと思います。

○説明者（志水）　風車が運転開始したのが2005年ですけれども、その当時には十字型のこういった基礎が結構採用されています。今はもうこういった形は使っていないと思いますけれども、その当時にはこういった十字の基礎が標準的なモデルみたいになっていて、それで採用しておりました。

○勝呂座長　アールつくとお金がかかるとか、わかるのはわかるのですけれども、そういうことかなあと思ったのですけどね。ほかにありますか。

よろしいですか。

それでは、今の報告で終了したと考えて異議ないということによろしいでしょうか。まだ何か追加を、これとこれちょっと気になるなあというところはないですか。

よろしいですね。

それでは、これで議論は終了したということで、次の議題に移りたいと思います。どうもありがとうございました。

次は、「本荘港風車発電所ブレード折損事故に関する報告」ということで資料の説明を羽後風力発電株式会社のほうからお願いします。

○説明者（見上） 羽後風力発電株式会社の見上と申します。本日は、「本荘港風力発電所ブレード折損事故に関する報告」ということで報告させていただきます。

（パワーポイント）

本ブレード折損事故は本年の2月17日に起きまして、2月17日に事故報告を出させていただいております。その後、3月15日に最終報告という形で東北経済産業局さんのほうに提出させていただいている事故です。

（パワーポイント）

本日の報告の内容は、まず事故の状況、その後、事故の原因の推定、対策及び復旧ということで話させていただきたいと思います。

（パワーポイント）

事故の状況ですけれども、まず、発電所の概要です。発電所名は本荘港風力発電所で、場所は秋田県由利本荘市にあります。

場所は、次のページにあります。本荘マリーナ港というところで、海岸のところに建設されております。

運転開始は2013年12月、風車の型式といたしましては、ENERCON社製のE82-E2という型式です。

定格出力ですが、1台の高圧連系ですので、出力は1,990キロワットとなっております。ハブ高さ、78メートル、ローター直径82メートルとなっております。

風車の形状はこちらのほうに書いてあります。

落雷対策規格は、IECの保護レベルIでできております。耐風速規格はIECのクラスIIです。本荘港風力発電所は日本海側に建っておりまして、当然強雷地域でありますので、建設当時はなかったのですけれども、後で落雷時に風車を停止するという機能をつける目的で雷電流検出装置を設置しまして、2014年12月から、落雷時に停止する運用をして

おります。

(パワーポイント)

風車の発電所位置でございます。本荘マリーナ港がありまして、ここの海岸のところに風車が建っております。こちらのほうに民家があるのですけれども、最寄りの民家までは大体500メートル、一番近いところで500メートル離れているというところで建っております。

(パワーポイント)

事故の概要ですが、ブレード3枚のうち1枚(ブレードB)が折損しました。周辺の落下物はありません。

事故の発生日時は、2018年2月17日8時34分。これは推定ですけれども、SCADAのデータ等から、ほぼこの時刻だろうと推定しております。

発見日時は9時15分ごろとなっております。

事故に伴う人的被害、物的被害はありませんでした。事故発生当時の落雷につきましては、雷電流検出装置のログ及びフランクリン・ジャパンの落雷発生の調査結果からも、発生は確認されておられません。

また、事故発生時の風速といたしましては平均12メートル程度で、設計耐風速以下の風速で運転されておりました。

こちらが折れた状態の写真になっております。

(パワーポイント)

全体の経緯ですが、事故が起きた後、ログ等を調査いたしまして、まず、2月14日19時46分に落雷電流計装置が落雷を感知しまして、風車が停止しました。このときの落雷電流が328Cとなっております。この落雷電流の計測装置の作動条件ですが、100キロアンペアもしくは300C以上の、落雷が検出した場合、停止するとしております。

落雷がありましたので、この時間で風車が停止いたしまして、翌日2月15日9時に電気主任技術者さんに現場のほうに行って確認をしていただきました。地上から目視点検を実施しまして、ブレードに黒い汚れ等を視認いたしましたが、汚れのみであり、損傷があるとの考えに至らなかった。

このため、電気主任技術者が運転再開可能だと判断いたしまして、手動復帰運転の操作を行って風車運転再開いたしました。

その後、2月17日ですが、風車「ブレードBピッチ角度異常」を検出して、風車が自動

停止しております。これは8時34分です。

9時15分ごろ、近隣を通行していましたが風車納入会社の社員から、ブレード3枚のうち1枚が折損しているということの連絡が当社のほうにありました。

同9時30分、警察から電気主任技術者へ同上の電話連絡が入りまして、ほぼ同じ時刻に当社から電気主任技術者に同じように、事故があったので現地に行ってくれという連絡をしております。

9時32分には、風車納入会社から遠隔操作により手動で風車の停止をお願いしております。

同10時、電気主任技術者が現場に到着しまして、現場でブレードの折損を確認しております。

10時20分ごろに、由利本荘市・地元警察の要請により周辺道路を通行止めとして、関係者以外立入禁止ということで安全対策措置をしております。

同日5時に電気事故速報を電安課のほうに提出させていただいております。

(パワーポイント)

「事故発生までの風車運転と落雷の状況」です。ブレードの折損事故発生までの風車運転状況と落雷検出状況を図2のほうに示します。当該風力発電所は、SCADAによる風車運転データの記録及びログウスキーコイルを用いた落雷の検出記録を行っておりまして、それらの記録により、以下の運転状況確認及び事故発生の推定を行っております。

また、落雷検出記録についてはフランクリン・ジャパンさんの記録と整合することも確認しております。

まず、2月14日、計5回の落雷を検出しておりまして、最後の落雷(19時46分)に328Cを計測しまして、風車が停止いたしました。

停止したときには風車はほぼ定格出力で運転しております。

2月16日に、先ほど申しました主任技術者さんが運転を再開いたしました。

その後、破損に至るまで、エラー及び落雷検出記録はなくて、継続運転をしております。また、風車出力のパワーカーブにおいても落雷検出前と差異はなく、異常な兆候はみられなかった。

これは実際に落雷を受けて破損したわけではなくて、落雷後に破損に至りましたので、その間に風車の運転として何か異常動作がなかったのかということでこちらの確認をしております。別途、後のほうで説明いたします。

17日に「ブレードBピッチ角度異常」を検出しまして、風車が自動停止しました。自動停止した際の風速は、定格出力12メートル程度であり、ナセルは北西のほうを向いておりました。直前まで定格出力運転を継続しておりますので、かつ、風車停止時に風車振動のログがありましたことから、ブレードBピッチ角度異常を検出したときにブレードが折損したと推定しております。

同8時55分から9時22分にかけて、自動復帰のエラー、風車としては折れたという認識をしていないので、自動復帰をしようと繰り返し動作が起こってしまいましたので、風車納入会社のほうに連絡しまして、風車の停止をお願いしております。

(パワーポイント)

手元の資料のほうが多分大きくみえるかと思われかもしれませんが、こちらのところが運転したときのログになっております。左側が、最初、雷を受けた最初に停止したところになっておりまして、雷が、最終的にはここにあります。雷はその前にも幾つか落ちているのですが、この328Cは落ちたところで風車が1回停止しております。この部分の拡大図が載っておりますけれども、ここで風車が停止しております。

このときは19時、夜中でしたので、翌日朝、主任技術者さんが確認しまして、問題がないとそのとき判断しまして、運転開始しております。その後、通常に運転しておりまして、事故発生時、急に、ブレードB、ピッチ角異常のエラーが出まして風車が運転停止しました。この後、▲が出ているのは、それぞれ自動復帰したときのエラーがそのままログとして出ている状態でございます。

(パワーポイント)

まずログのほうの確認ですが、これは多少抜粋しておりますけれども、風車が落雷を検知して、328Cを検出して、風車が一回とまりました。それからずっと抜粋でなっているのですが、このエラーが発生するまでの間はログ上のエラーは全く出ておりません。その後、とまった後のエラーがここに出ているのは、繰り返し軌道停止したところのエラーとなっております。

本日、お手元に配付していただきましたA3の2枚の資料があるかと思いますが、この資料は、実際にはこの風車自身はほかにエラーでとまっていないのかとか、SCADAとして正常に運転していたのかということを確認していただくために、この発電所のものについてのログをつけさせていただいております。2月1日から2月17日までの運転データと抜粋ということで、最後のほうは事故のところになってしまうのですが、1ペー

ジ目の上のほうをみていただきますと、例えばフェールで要コントロールのエラーとか、発電機のエラーとかそういったもので、通常、風があるなしとかも、こういった形で警報が種々出るようにはなっております。

ただ、今回に限りましては、落雷が起きた後、折損するまでの間にこのようなエラーが発生していなかったということでございます。

(パワーポイント)

エラーが発生していなくても、実際損傷するまでの間に風車の挙動でおかしな動きがあるのかどうなのかということを確認するために、風車の出力と風速の関係をプロットしてみました。落雷前のことし2月から2月14日までの部分がこの青のところ、パワーカーブ、多少ぶれがありますけれども、こういう状態になっていまして、落雷後の運転再開からピッチ異常発生するところまで、2月17日までぐらいが肌色になっております。事故発生の3時間前ぐらいのやつは赤のところになっているのですけれども、こういった出力と風速の関係からでも、異常が発生している兆候というのはちょっとみることができませんでした。

(パワーポイント)

「事故発生後の処置および被害状況」です。まず、事故発生しました後、立入禁止措置をいたしました。立入禁止措置といたしましては、風車のところがここにありますが、本荘港マリーナのところ、風車周辺に行くところの出入り口がありまして、ここの2カ所を、折損したブレードを安全に撤去するまでの間、立入禁止区間として作業いたしました。実際、2月17日から3月17日までの約1カ月間、この事故によって周辺の皆様方にご迷惑をおかけしたということになっております。

(パワーポイント)

ブレード折損・損傷状況ですが、ブレード自体は根元から全体の5分の1、約8.6メートルぐらいの部分を残しまして折損しております。開いた状態になりまして、内部の部材が落下している状態です。ブレード表面のグラスファイバーはほぼ全長が残存していました。

ここの図を模式的に書いてあるのがこちらのブレードのところにあります。ほぼ8.6メートルぐらいのところ折れていまして、後で確認しましたアーク痕は大体1.7メートルぐらいのところ確認されております。

(パワーポイント)

落下物による被害状況です。当時、こちらのほうから北西の風が吹いておりましたけれ

ども、風車のあるところから中心に、大きさが1メートル以上のものとして、大きく6つ、物が点在しておりました。一番遠くまで飛んだものが約100メートル、98メートルのところまで物が散乱しておりました。ただ、部品落下による人的、物的被害はありませんでした。

(パワーポイント)

折れた、回りに飛散した物品の様子でございます。これはちょうどブレード内側では開いて、中身の部材が飛び散った形になっております。ウェブと呼ばれている中身の構造材がそれぞれこういったところに飛んでいっている状態です。開いたことによって内部のものが落ちていったと。ブレード自身として飛散していたのはちょっと根元が太くなっているタイプの風車でして、この根元の太くなっている部分は一部、外側のほうが落下していたという状況になっております。

(パワーポイント)

ブレード損傷状況の調査ということで、ブレードをおろした後、ブレードの損傷状況の調査をいたしました。ブレードは先端部から約1.7メートル付近のところに直径10ミリ程度の貫通孔がありまして、導体には雷電流によるアーク痕がありました。内部導体接続部には雷電流のアーク痕もみられました。貫通孔周辺のFRP積層内部に、雷サージと思われる焦げた跡があり、焦げ跡周辺の積層が約4メートル剥離しておりました。

(パワーポイント)

ブレード内面損傷のところがこの絵になります。先端から1.3メートルぐらいのところに10ミリぐらいのアーク痕があります。こっち側の細くなっているのは雷の先端の、チップのところから雷を受けてケーブル走ってきまして、そここのところから避雷用のバーに変わっておりまして、そのバーのところに接続する部分ですね。ここの部分とこの先端のチップの接続部分には雷の跡がありました。

内部導体がみんな通っているところですね。反対側のところには雷痕の10ミリぐらいの穴があいているのが確認されております。

全体のここの落ちたものを確認しますと、大体4メートル部分のところに剥離した跡が残っておりました。

(パワーポイント)

これは表側のほうでございます。表側の左側のほうは、表面、全然きれいな状態でありまして、反対側のところは、15ミリぐらいの穴があいているところを確認することができました。

(パワーポイント)

「事故発生までの流れと事故の主要因の推定」ということで、まず、2月14日、落雷（電荷量328C）が発生いたしまして、落雷保護システムが動作し、風車が自動停止いたしました。このとき、ブレードの先端から1.7メートル付近のところに、表面から内部導体に向かって落雷があったものと推定しています。

このとき、ブレードの貫通孔が生じ、落雷の衝撃で、落雷部周辺及び導体接続部のブレード積層部に剥離や亀裂が発生したのではないかと考えております。

この段階で補修できればよかったのですが、翌日、電気主任技術者がマニュアルに基づき現場で確認したときはブレード表面の黒い汚れをみましたが、ブレードの損傷という考えに至らず、発見できず、手動操作にて風車の運転を再開いたしました。

その後、2月17日8時34分、風車運転による負荷で48時間後にブレード損傷に至りました。

事故の主要因は、ブレードの損傷を発見できず、風車を運転再開したことにあると考えております。

(パワーポイント)

これは事故発生までのところの写真ですが、下からみたら、望遠で写真を撮ると黒いところがみえるのですけれども、これが、今となっては落雷痕だということがわかりますが、当時、汚れという認識で、問題ないと判断して運転再開してしまっています。

(パワーポイント)

今後の対策ですが、落雷に対する保護システムが正常動作し風車が自動停止した場合は、風車納入会社のマニュアルに基づいて、ブレードの健全性確認の方法を電気主任技術者による地上からの目視外観点検としていた内容を改めて、メーカーに頼むことにしております。まず、このときアーク痕を発見することができずに運転再開により損傷を拡大させた、これが現状の運転マニュアルでございます。

今後、落雷に対する保護システムが動作し風車が自動停止した場合は、風車納入会社による地上からの望遠レンズを使用した目視点検及びファイバースコープによる内部ブレード内の精密点検を実施するというふうに改訂しております。

これによってブレードアーク痕の発見を可能として、運転再開による損傷拡大を防止したいと考えております。

風車納入会社の推奨マニュアルというのが改訂されておまして、現在、保安規程によ

る落雷による風車停止時の対応を追記する作業を実施しております。

復旧といたしましては、現時点では復旧しておりませんが、ブレードセットその他交換の部品等がそろい次第、復旧工事を実施して、復旧工事完了後、運転再開していく予定になっております。

(パワーポイント)

「落雷による風車停止時の対応」ですが、事故前まで、落雷計測計がありますと。300 C以上か100K A以上の場合は風車を停止いたしますと。風車を停止しましたら、ブレードの目視点検、外観点検して、落雷痕等が確認できたら風車停止のままでメーカーに連絡して点検等移動する。今回、異常がないと判断しまして、リセットして、風車運転に入れました。これが事故の要因になったと考えておりますので、今後の対応は、このところを強化するために、電気主任技術者の指示に基づいて風車納入会社が必ず点検するという方法に変えます。

風車が停止した場合、必ず風車納入会社に点検を依頼します。風車納入会社からの点検内容としては、地上からの望遠レンズを使用した目視点検と、ファイバースコープを利用したブレード内の精密点検を実施します。これにより、ブレード内のアーク痕の有無の確認やブレード内損傷等の有無確認を必ず実施します。

ここで異常が見つからなければ、運転を再開します。異常があった場合は、当然、復旧が終わるまで運転再開はしないというルーチンにしております。

(パワーポイント)

これは風車納入会社による点検事例として載せておりますけれども、風車の中の右のほうファイバースコープで中身をみている例でございます。中のほうをファイバースコープでみていくと、入り口からどこまでのところというのは距離がわかるのと、内部の状態がこういった写真のようにわかりますので、内部の導体はケーブルのところの接続部とかですけれども、こういうところにスパーク痕があったり落雷痕があったりするようなことも確認することができますので、こういった損傷の発見をきちんと事前に行うこと、雷によってとまった場合は発見するという事で対策をしていきたいと考えております。

以上になります。

○勝呂座長 ありがとうございます。それでは、今の説明について質問等があったらお願いします。

○安田委員 16ページの「ブレード内面損傷状況」の図をもう一度おみせください。

この中で、銅線とアルミバーの接触部分でアーク痕ありと図では書いているのですけれども、写真がないようですが、これは具体的にどのような状況だったのかをもう少し詳しくご説明いただけますでしょうか。

○説明者（見上） 申しわけありません。写真があればよかったですのですけれども、最後のページに戻してもらえますか。ファイバースコープの中。

（パワーポイント）

こういった接続部のところになっていまして、ここのところに黒く跡が表面に残っている、すすがついているような状態でした。すみません。写真、準備しておりませんでした。

○安田委員 今のは22ページの図ですよ。これは先端のレセプターとのかしめの部分ではないかと思いますが。

○説明者（見上） ここは先端の部分ですが、ここのかしめの構造というのは、ここのところがびーっとあって、ここにまたバーがありますけれども、基本的には同じバーのところと同じケーブルが出ているようなところにかしめているという同じような構造になっています。

○安田委員 なるほど。今回の事故を起こしたブレードは、確認したところ、かしめの部分とか、それから銅線の断線などは確認されましたでしょうか。

○説明者（見上） ここのかしめの部分と銅線の破断につきましては確認していまして、線が切れているということは特になくて、あと、ここのかしめの部分が浮いているかどうかということに関しては、きちんと締まっている状態ではありました。

○安田委員 つまり、周辺部分のFRPの焦げのようなものをアーク痕とご判断されたということですか。

○説明者（見上） そうです。

○安田委員 ちょっと横山先生にコメントいただきたいのですけれども、そういうところで黒焦げがあるからといって、今回のこれ、大かどうかというのは判断できないですよ。

○横山オブザーバー ちょっとわからないですね。その空白の4日間何やっていたのか。珍しいですね。これ、一発でやってくればまだいいのですけれども、ちょっとよくわからないです。

○安田委員 あともう一点、よろしいでしょうか。

○勝呂座長 どうぞ。

○安田委員　ブレードがバナナの皮のように剥離したということですがけれども、これは残っている痕跡からみて、どのあたりから剥離が始まったかとか、そういった断定、あるいは推測というのは可能でしょうか。

○説明者（見上）　起点になったところがどこになるかというのはちょっとわからないのが正直なところです。

アーク痕自身、ここの落ちたものをみると、ここの部分の大体4メートル分ぐらいは既にはがれているのですけれども、起点になった部分がどこかというのは現時点ではわかりませんが、アーク痕がここの点にありますので、ここの点の当然アークしたところでFRPのところ膨れて損傷が最初に始まって、そこを起点に広がっていったのではないかと考えますけれども、必ずここから起きたかどうかということに関しては断定できる材料はありません。

○安田委員　これは材料関係のご専門の委員の先生にもお聞きしたいのですが、一般論として、そういう痕跡から観察して、どこから起点になったかとか、そういう推測というのは可能でしょうか。難しいものでしょうか。もしご存じの委員の先生がいらっしゃればお聞きしたいと思います。

○勝呂座長　多分これ、FRPなので、川田先生、きょうおられないのでちょっと難しいかなあという気がするのですが。逆に、例えば最後の壊れたところというのはすごい根元のほうですよ。いわゆるバナナピール状になって、それでぼこっといったということ。例えばこのパワーカーブがこんなふうに乗るかなあというのがあって、考え方として、落雷があって、そこから何日間かかって順番にこうってというような考え方ではなくて、何かほかのことで根元からぼこんと折れて、あとは当たったやつが、接着部分がはがれて、それで飛んでしまったというような形になっているとか、そのようには考えられないのかというのがあるのです。

というのは、性能カーブをみると、例えば一翼だけおかしければ、このようなパワーカーブに乗らないのではないかと。このデータ、これだけばっとみるしかないのですが、そんなにおかしなデータは出てないし、それからちょっとわからないのは、赤いのとちょっと肌色みたいなやつが、両方とも2月17日の8時40分までですよ。上は2月15日から、下は2月17日の5時から8時の間で、一番最後のところでも、例えば性能落ちてないわけで、性能が落ちてないということは、空力特性がおかしくないのか、それとも、例えば、これはインバータ、コンバータ使っている機械ですよ。それで、こういう特性がと

られるのかとか、その辺で考えないといけないのではないかな。

そうすると、例えば翼はずうっと、壊れるまではプロファイルがちゃんと保たれていて、それで最後にぽこんと折れたときに急に悪くなったとか、そのように考えるべきなのではないかなという気がちょっとするのですけどね。

○説明者（見上） 勝呂委員のいうとおり、我々もそのように思ってこういうプロットをしてみたのですけれども、実際問題としてはほぼ問題はないという形になっていますので、かつ、ほかの機械的な振動とか出た場合、ストレインゲージなどが張っているのがあるので、異常振動が出たりすると当然そこはエラーとして上がってくるのですが、それもないというようなことから、徐々に広がったというよりも、その時期に大きく進展して広がって折れてしまったのかと今のところ推定せざるを得ないのかなと考えています。

○勝呂座長 そうすると、例えばバナナ状にびゅーっというのだと、そのところで性能が落ちるのではないかなという気がすごいですよね。例えば2月14日に落雷があって、15日に汚れがあるのをみましたよと。だけど、運転可能だと判断して運転して、16日、17日とずうっと回って、17日の朝に折損しているわけですよね。それで、あとはパワーカーブと、それからさっきのこのあれをみても、風速が落ちるにつれての出力が下がっているということであれば、風力的特性でいうとおかしなところはなくて、そうすると、あそこで起きたときにのみ、ぽこっと出ていると。なおかつ、振動大で出てますよね。振動大が出ているということは、3本の翼の一本が完全におかしくなっているから、励振力としてなって大きなのが来て、だから振動大が出ていると考えると、あそこで突然、例えば羽根が、極端な言い方でいうと折れたとか、そういうことを考えないとおかしくないのかなあという気がするのですよね。

その辺をもう少し検討しておかないと、もしそういう事故が起きたとすれば、例えば羽根のつくり方の問題なのかとか、接着が疲労でぽこっとこのところに来たとか、そういう目でもみておかないとまずくないのかなという気がちょっとしたのですけどね。FRPの疲労は、折れるときはすぱっと折れますよね。だから、そういう目でいうと、金属材料なんかとちょっと特性が違うので、そういうところをもう少しみて調べていただけたらなという気がちょっとするのですけどね。正直なところでいうと。

○説明者（見上） 先ほどお話ししましたように、ここまでログ等問題なかったところもあるので、この段階で、今いわれたみたく、すぱっと何か壊れたという認識ではいるのですけれども、ただ、ここからここまでの間、少しずつ広がっていった、ここですぱっと

折れたときの結果として、4メートルぐらいここではがれたのか、そこまで徐々にはがれていったのかというのに関しては、現状は、そのときにはがれたのではないかと考えています。本来少しずつはがれていくのであれば、今お話しされているみたく、徐々に空力的抵抗とか性能変わっていくはずだろうと我々も思いますので、それが無いということは、逆に、このときに兆候なく一気にいったのではないかと推定しております。

○安田委員 勝呂座長のお話を受けてですけれども、先ほどの16ページの落雷痕に戻りますが、こちらの写真って拡大することはできますか。モニタ上で。難しいですか。

手元のタブレットでは拡大できますので、みますと、貫通痕があるのはわかるのですが、そこから、本来、接着剤ついているところというのが比較的きれいなようにみえるのですね。ですので、もし端っこに運悪く当たって、そのあたりが全部焦げているとか何らかの変色をしているというのであれば、そこから接着剤の剥離が始まったということは十分推測できるのですが、この写真をみる限りでは、きれいに貫通していますので、この接着剤あたりと本当に因果関係があるのかというのは、にわかには、それ以外の原因はないとはいいがたい状況ではないかと思えます。

同様に、右側の裏側からみたものも拡大してお示しいただけますでしょうか。

(パワーポイント)

これもそうですけれども、ここもすごくきれいですよね。ですので、勝呂座長がお話しされたのとあわせてですけれども、1日前の落雷と、この剥離が始まったものが本当に因果関係があるのかどうか、それ以外の関係がないのかというのももう一度ご確認いただくとありがたいと思っております。

○説明者（見上） わかりました。左の、戻してもらえますか。

(パワーポイント)

もう少し拡大してもらおうと、このところにちょうどアーク痕がありまして、それによって、穴はあいているのですけれども、ここからここに、黒いすすというか、ここが結果的に落雷のときに最初の剥離のスタートになったのではないのかなと私は判断したのですが、そういったところが起点になったとかいうふうには推定できないでしょうかね。

○安田委員 そこで一番最初の質問をさせていただいたのですが、残っている痕跡の部材から、例えばクラックの方向とかそういうことをみて、どこが起点になっているのかとかいうのが明らかになるかどうかということですね。今のところ、恐らく落雷かもしれない程度で、それ以外の原因ではないとはなかなか断定できないですね。

いずれにしましても事故の再発防止が重要ですので、なぜこのバナナピールのように裂けてしまったのかというところの原因解明というのはやはりきちんともう少し追求していただければと思います。

○勝呂座長　もう時間も過ぎてしまったので、今いわれたようなことで、どういう進展になるかちょっとわからないのですけれども、突然来るということはないかとか、あわせてもう一回考えていただけますか。報告するしないは別としてですね。それで次回どうするかというのを決めたいと思います。よろしくをお願いします。

○榎本電力安全課長補佐　では、ちょっと事務局から補足させていただきます。

本件、冬に起きたということで、毎年、最近、冬季雷、冬に起きる雷に対する注意喚起というのをしております。ことしは10月ぐらいにしようと思っっているのですけれども、その折に、こういう事故が起きたので、雷には十分注意してくださいということをつけて、再発防止の周知をしてまいりたいと考えております。

○勝呂座長　それでは最後に事務局から、その他ということで報告をちょっと急いでお願いして終わりたいと思います。

○榎本電力安全課長補佐　資料4というシリーズが全部で3つついております。4-1ということで、「洋上風力発電設備に関する技術基準の統一的解説について」、これは前回お諮りしたものの最終版が出て公表しておりますということのご案内です。

それから4-2、「電気設備の技術基準の解釈及び解説の改訂」ということで、ここも今、改訂作業の最終段階に入っておりますので、8月後半から9月頭には改訂が終了するものと思います。そのご報告でございます。

最後に4-3としてつけておりますけれども、太陽光発電システムのガイドラインというのをNEDOさんでつくっていただいております。このガイドラインは、今回、先ほどお話ししました電気設備の技術基準の解釈の改訂の解説の中に参考文献として引かれているようなものでして、構造設計に関する一つのガイドラインとしてお使いいただけるようなものではないかと。

これの説明会というのをNEDOさんのほうで全国で実施するということになっております。8月8日には東京で実施しております。それから、紙の後ろに、広島で10月にやるご案内がついておりますけれども、広島のほうは、地元の監督部もちょうど同じようなセミナーをやろうと考えていたということで、若干内容が充実しております、スタンダードな会ではないのですけれども、これと同じようなのはあと残り全国で実施する予定だと

ということのご案内でございました。

あともう一点、こちらのほうからご案内させていただきます。

○覚道電力安全課長 覚道でございます。

本日は、もう時間も過ぎていっている中、大変活発に、かつ、建設的なご審議をいただきまして、ありがとうございました。

前半の最初の太陽光の事故と淡路市のところ、中座をしております大変申しわけございませんでした。

淡路市での倒壊事故についてですけれども、榎本補佐のほうからも説明いたしましたが、金曜日に現地の調査、具体的には、東大の石原先生と日大の安達先生に行っていただくことにしているのですけれども、根こそぎ根元から倒壊したということで、これからまだ台風もある中で非常に社会的な影響も大きかったということで、私ども経済産業省としても、事故の検証ですとか、それを踏まえた対策については速やかにしっかり進めていきたいと思っているところでありまして、その一環として先生方にも現地に行ってくださいということにいたしました。今日冒頭のほうでご説明をお聞きいただいて、原因が特定はできないまでも、こういうところが問題あったのではないかとということですか、あるいは、現地に行った場合に、このようなところをよく重点的に確認してきたらいいのではないかなど、もちろん専門の先生方に行っていただきますけれども、せっかくの機会ですので、先生方におかれましても、そのようなところがございましたら、ぜひご意見を賜ればと思っております。きょう、もう時間が過ぎていっているものですから、もしお気づきの点があれば、明日中ぐらいに事務局のほうに、こういうところが原因として考えられるのではないかとか、あるいはこういうところを現地でよく確認すべきではないかといったことを、もしよろしければ、コメント、あるいはご意見等いただければ幸いですので、ぜひよろしくお願ひしたいと思ひます。

○榎本電力安全課長補佐 先ほど議論の中でも、青木先生、奥田先生からもご意見頂戴しておりますので、含めて検討させていただこうと思っております。

最後、次回の日程でございますけれども、こちらのほうはこれからまた調整させていただきますので、後日、事務局のほうからご連絡をさせていただきます。

また、今回の議事録につきましては、後日、経産省のホームページのほうに掲載させていただきますことしております。

○安田委員 1点だけよろしいでしょうか。

次回日程、具体的には決まってないかと思えますけれども、資料1、2のように、社会的に非常に関心のある事項が相次いでいますので、大体いつぐらいかという大まかな見込みをお示しいただけますでしょうか。

○榎本電力安全課長補佐 例年ですと1月ぐらいになるのですがけれども、今回は秋口にもう一度実施させていただきたいと思っておりますので、また後ほど日程調整よろしくお願いたします。

○安田委員 ありがとうございます。

○勝呂座長 今日、皆さんの活発なご議論ありがとうございました。これで本日の部分は終了ということにしたいと思います。どうもありがとうございました。

——了——