

新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキンググループ（第6回）

議事録

日時 平成27年7月30日（木）14:00～16:00

場所 経済産業省別館3階 312各省庁共用会議室

議題

（1）最近の風力発電設備における事故の原因検証について

- ① 株式会社日本製鋼所製風車のレセプタ交換作業の進捗状況について（報告）
- ② 御前崎港風力発電施設火災事故について
- ③ 細谷風力発電所ブレード破損事故について
- ④ 御前崎風力発電所ブレード取付けボルト破断について
- ⑤ 南大隅ウィンドファーム（根占7号機）タワー損傷について
- ⑥ 新上五島ホエールズウィンドシステム1号機のレセプタ脱落対策について
- ⑦ 稚内市水道部風力発電施設1号機ブレード脱落事故について（新規）
- ⑧ ユーラス釜石広域ウィンドファーム6号風車ブレード破損事故について（新規）

（2）風力発電設備の定期検査制度導入に向けた取組について（事業者の取り組み）

- ① 法制度施行までの流れについて（電安課）
- ② 事業者の取り組みの進捗状況（風力発電協会）

（3）その他

議事内容

○渡邊電力安全課長 それでは、定刻となりましたので、ただいまから新エネルギー発電設備事故対応・構造強度ワーキングを開催したいと思います。

電力安全課長の渡邊でございます。よろしくお願いいたします。

本日は、ご多用の中ご出席頂きまして、誠にありがとうございます。

今回のワーキングから、一般社団法人日本風力発電協会理事の坂東松夫様にオブザーバーとして参加を頂きます。坂東様は、風車の検査を専門とする事業者の社長をされておられます。坂東様から一言ご挨拶をお願いできればと思います。

○坂東オブザーバー　ただいまご紹介頂きました日本風力発電協会の坂東です。

風力に携わって十数年になります。大きな事故は余り経験していませんけれども、今回のワーキングでいろいろと学んで、また指摘するところがあったら指摘したいと思っています。よろしくお願いいたします。

○渡邊電力安全課長　どうもありがとうございます。

また、今回説明者といたしまして、株式会社日本製鋼所、静岡県、ミツウロコグリーンエネルギー株式会社、中部電力株式会社、電源開発株式会社、株式会社シグマパワーージャネックス、稚内市、株式会社ユーラステクニカルサービス、日本風力発電協会の方々にご参加を頂いております。

続きまして、配付資料の確認をいたします。

議事次第、配付資料一覧、委員名簿の資料がございます。商業上の秘密に該当するなど、委員の方々に限定して配付させて頂きました資料もありますので、あらかじめご了承いただければと思います。また、資料に過不足や落丁がございましたら、議事進行中でも、挙手をして事務局にお知らせ頂ければと思います。

それでは、以降の進行を勝呂座長をお願いいたします。よろしくお願いいたします。

○勝呂座長　こんにちは、勝呂です。お暑い中、ご苦労さまです。

それでは、早速議事に入りたいと思います。

事業者の方から説明頂く際には、簡潔に事故の概要を説明頂いて、調査が進捗した内容とともに、特に以前開催したワーキングの際に委員各位からご指摘のあった点に関する回答を中心に説明頂きたいと思います。

それから、誠に済みませんが、時間が限られておりますので、事業者の方による説明は約5分、質疑応答を7分ということで進めていきたいと思っておりますので、ご協力をお願いします。

それでは、まず資料の説明1番目で、日本製鋼所から説明をお願いします。

○日本製鋼所（柴田）　いつも大変お世話になっております。日本製鋼所の柴田でございます。本日の報告者、新庄、もう1名久保でご報告させて頂きたいと思っております。

では、日本製鋼所製風車のレセプタ交換作業の進捗状況のご報告ということで、昨年来

進めさせて頂いております状況をご報告させていただきます。

○日本製鋼所（新庄） それでは、お手元の資料1を御覧頂きたいと思います。

まず、今月末におけます進捗状況でございますが、資料の円グラフで示しますように、全対象機数110基のうち、交換済みが65基で59%、未交換のものが45基で41%となっております。この未交換45基につきましては、2015年度内に約4割、2016年度内に約6割完了する予定でございます。当初の予定では、今年度中にほぼ完了させるという話をさせて頂いておりましたが、このような結果となってしまう申しわけございません。

工事遅延の原因といたしまして、長雨、大雨や台風、低気圧の強風などの影響、特に冬期間においては悪天候が長期間にわたり、作業に着手できないなどの事情から、工事の中断、待機を余儀なくされたことが最大の原因と考えております。また、レセプタ交換時に発見されました落雷痕等の補修対応によります工事遅延も原因の一つであると考えております。

一方、補修作業者の増員も検討しておりますが、品質の確保のために特殊技量を必要としますので、その育成に時間がかかっているのが現状でございます。

また、強雷地域や風車周辺の立地事情などから、リスクが高いサイト、あるいはダウンコンダクターの断線が発見された風車を極力優先させるべく、工程を見直しておりますが、対策工事が完了していない場合には、直撃雷検出装置の設置による運用、あるいは事業者と協議の上、雷接近時の風車事前停止などの措置を実施しております。

また、雨対策としましては、ブレード改修工事をピッチベアリング交換工事と合わせまして、ブレードを地上におろした際に、ブレード先端部をテントなどで覆いまして工事を行ってきました。しかしながら、夏場に差しかかりまして、高温、高湿の環境下では作業ができないこともありました。

今後の対応といたしまして、簡易ブースや空調設備などを準備しまして、全天候での作業を可能とする工法と補修作業者の育成を検討してまいりたいと思います。

以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。

今のご説明に対しまして、ご意見、ご質問等があったらお願いをします。——よろしいですか。

それでは、ちょっと予定から遅れているということで、また落雷などがあったら大変なので、製造メーカーとしてできる限り早期に作業が完了するように努めて頂きたいと思い

ます。今後も作業の進捗状況の報告をお願いして、今日は終了したいと思います。ありがとうございました。よろしく申し上げます。

それでは、続きまして静岡県から、御前崎港の風車の説明をお願いします。

○静岡県（石井） 静岡県御前崎港管理事務所整備課長の石井といいます。資料の2の方になりますけれども、静岡県の御前崎港にあります風力発電設備の火災事故について報告をさせていただきます。

説明者なのですが、私の左側、櫻井が私ども御前崎港の事業担当で、今から説明させていただきますが、今回の報告に当たりまして、詳細についてはメーカーでありますヴェスタスウインドテクノロジージャパンの永井さんに来て頂いておりますので、質問等、私どもで答えられない場合には、ヴェスタスさんに対応して頂くことで御了解頂きたいと思っております。

平成26年の2月14日夕方に発生した火災なのですが、前回の会議では、まだ機械が燃えたまま、ナセル等を上の方に残した状態であるため、これからおろし、調査をしてからご報告差し上げることとしました。今回その調査結果がまとまりましたので、今日、御報告させていただきます。それでは、担当から説明します。

○静岡県（櫻井） 御前崎港管理事務所の櫻井です。よろしく申し上げます。

資料2を見て頂きまして、左側の1番、2番につきましてはこれまで報告した部分になりますが、基本的には、1番で行きますと17時04分に地域一帯で停電があったということで、当時調べたところ、落雷は観測されていません。

2番に行きますと、2月14日、低気圧接近のため強風が発生し、県内東部では大雪を観測しており、こちらの関東地方も大雪だったと聞いております。

3番、4番に移るのですが、まず3番の一番上の写真で「キャパシタ」と書いてあります。ナセルの床にキャパシタケースの溶けた跡がありまして、このキャパシタが溶けた跡からは灰は確認されていないので、タイムスケジュール的にキャパシタが最初に飛び散ったのではないかという推測に当たります。またヒューズにつきましても、3つヒューズがあるのですが、そのうち2つが吹き飛ばされている状態でした。

その下のブレーキシステムですが、フランジディスクに変色を確認しているのですが、こちらが出火元となるような焼損状況ではなく、後から燃えたであろうという変色具合になっております。ナセルのトランスフォーマーが一番最後尾にあるのですが、高電圧とか低電圧という所でアークが発生した形跡は残っていないという事実がわかります。

一番下段にスリップリングがあるのですが、こちらにもブレーキシシステムと同じように熱

損傷のみということを確認しております。

先ほど言ったキャパシタとヒューズは、こちらの図面に示したような位置関係になっており、風車が発電中、コンダクターは閉路となっていて、キャパシタに接続しています。一方、風車が発電をやめる場合、風が弱かったり、ポーズモードやサービスモード等になる。風車が発電をやめている時には、コンダクターが開放されてキャパシタへの接続が遮断される様になっています。

この時点での考察としては、ヒューズ3つのうち2つ、あとキャパシタ2つのうちの1つのダメージは、何らかの事象が発生したことを、先ほどの左の写真のように示している。この回路内の損傷につきましては、希にしか起きない事象であり、損傷原因の特定には至りません。

写真の3つ目のブレーキシステムですが、緊急停止用の押しボタンを押したり、サービスモード中のマニュアル操作をすることで作動します。仮にグリッドアウトが起きたときは、緊急停止用ボタンが30分以内に手動で押されない限り、ブレーキはかからないようになっていて、ブレーキがかかった場合には、ブレーキ解除に最低1時間を要するという構造になっています。

このことから、考察として、ブレーキシステムの変色は高温になっていたことを示している。火災によるブレーキシステム用の油圧システムが損傷したことで、ブレーキシステムが故障し、ブレーキが作動した可能性がある。これはあくまでも可能性です。ブレーキ作動に強風によるローターの回転も加わって、温度が上昇して変色したと考えられております。

右下の5番の方なのですが、ナセルの側面図になっておりまして、左手がブレードのハブの部分、真ん中辺にブレーキシステム、スリップリングとなっています。こちらの赤く囲ったところ、こちらがナセル内のコントロールキャビネット、制御盤になっております。

めくって頂きまして次のページです。左上に写真があるのですが、これは別の作業をやったときの写真なのですが、こういった形で、制御盤の付近には直接延焼を広げるような油分とかそういった燃えるものは存在していなかったという認識の写真です。ただ、一応ここでは、コントロールキャビネットから発電機後方まで1メートルぐらいあるということで、キャパシタが激しく爆発したという仮定をした時に、炎がこれらの1メートル先のケーブル等に燃え移った可能性も考えられると。これはあくまでも可能性の話です。

6番目に温度関係の話なのですが、事故発生日に風車は一旦、強風により14時53分に停

止しまして、それから全システムの温度が60度以下に下がり始めております。火災が起きた場合に、それらを示す何らかの動きがこのグラフの中であるはずなのですが、16時20分まで全てのシステムのところで60度以下を示しているということで、それまで火災は発生していないのではないかというふうにしております。

結びの7番なのですが、本調査というか今回の報告では、事故原因と一連の経緯を特定することは正直難しいと、あくまでも推測で報告させて頂いております。ただ、事故原因として最も可能性が高いのは、写真の一番最初にあったようなキャパシタの破裂が、後の現場検証からすると最も有力ではないかと。この破損した原因は確定できないのですが、頻発するグリッド不具合とか構成部分の経年劣化、あと環境要因が起因されているのかなというふうにまとめております。

あくまでも考えられる幾つかのうちの一つをまとめた中で、キャパシタの破損という報告にさせて頂いておりますが、そこに特定した中で、また1枚めくって頂きますと、右側、再発防止策ということで、今回メーカーのヴェスタスさんとも調整させて頂いて、メーカーとしてキャパシタの健全性の確認の項目を定期点検に含めていくということで、これまで年次点検で、コントロールキャビネットを開けて目視確認という点検項目1行で済んでいたのですが、今後は、下に書いてあるチェック行程（和訳）の大きくは2番から7番、コンタクターとのケーブル接続部のチェック、キャパシタ接続部のトルクチェック、キャパシタの目視点検、ヒューズのケーブルの目視点検、サーミスタとキャパシタ間の接続のチェック、キャパシタのキャパシタンスチェックを今後の年次点検で導入していくという形をとってまいります。

さらには、最後、裏ページに行きまして、万が一同じような形で火災が発生することを懸念した場合に、メーカーとしてファイヤートレースを提案するという事で検討させて頂いておりまして、ファイヤートレースというのは、高熱、炎により破裂するチューブを該当箇所にはわせて、消火剤を噴霧し鎮火させるシステムで、スプリンクラーみたいなもので、直接放出システムとか間接放出システムがあります。採用するに当たって、このシステムは新しい風車に導入するだけではなくて、既設の風車にも導入が可能だということで話を頂いておりますので、今後の再発防止策として有効ではないかという報告で締めさせて頂きたいと思っております。以上です。

○勝呂座長 ありがとうございます。

それでは、今の説明に関しまして、ご意見、ご質問等あったらお願いします。どうぞ。

○安田委員 関西大学の安田でございます。幾つか技術的なことと、あとは契約上のご質問をさせていただきます。

まず、契約上の質問の方を先にしたいと思うのですが、今回、資料2がコンフィデンシャルで委員限りとなっておりますけれども、実際に社会的影響が大きい事故を起こしたわけですので、どうしてこれが一般に公開できないのかという理由をお教え頂ければと思います。幾つか商業上の理由というのは理解できますけれども、事故が起きて原因を解明している最中であるということも含めまして、公開できない理由を今一度お聞かせ頂ければ幸いです。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） ヴェスタスの永井です。

本調査における資料に関しましては、私どもヴェスタスも原因調査に協力するのに全くやぶさかではございません。この資料に関しても、社に持ち帰りまして、原因調査のお役に立つのであれば、コンフィデンシャルの枠から外して公開するという姿勢でございます。ですが、申しわけございません、私どもが報告書を書く時点では、こういった流れで情報が外に行くのか行かないのかがわかりませんでしたために、コンフィデンシャル扱いにさせていただきました。そういったことで、当委員会が必要であるというようなことでありましたら、そういった形でまとめて再度、御提出し、コンフィデンシャルの枠を外すことには何の問題もございません。

○安田委員 わかりました。ありがとうございます。原因究明と再発防止の観点から、ぜひご努力頂ければと思います。

それに関連し、コンデンサーに関して質問をしたいのですが、今までヴェスタス社製、特にV80あるいは類似の機種で、キャパシタの破裂事故というのが実際に起こっているかどうか。それから、それを起因とした火災事故が起こっているかどうか。日本国内でなく世界全体でも、もしデータ、情報がございましたらご提示頂ければと思います。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） ヴェスタスの方からお答えさせていただきます。世界各国で数件、これと類似した事案があると私には報告が上がっております。発生した日時であるとか場所に関しましては、またとりまとめご報告させて頂くのはやぶさかではございませんが、それにしても多発しているわけではございませんで、私の知る限りでは数件であるというふう聞いております。

直近でありますと、ニュージーランドの方で1件起こったということですが、全焼という形にはなっておりません。これに関しては、サービス員がすぐさま発見して、その部

分の破裂を確認しています。

○安田委員 先ほどのデータの公開に関してと同様ですけれども、他に類似の事故がございましたら、ぜひ全て開示して頂ければと思います。

さらに質問を続けてよろしいでしょうか。

○勝呂座長 はい。

○安田委員 キャパシタが破裂した場合に、感覚的にいえば、破裂をしても直ちに火災に結びつくかどうかというのはなかなか理解がしづらいのですけれども、仮にキャパシタの破裂が原因だったとして、火災に結びつくそのメカニズムというのを、推測の段階で結構ですので、もしお調べになっていたらお聞かせ頂ければと思います。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 爆発的に破裂したのかどうか、今の段階では、破片だけでは何ともコメントのしようがないのですが、実際のところ、接続不良、ケーブル等の緩みから発生する延焼事例というのはございます。

したがって、今回の事案で、爆発的に発生したのか、それともゆっくりと何かの影響で燃え上がったのかというのはわかりませんが、ケーブル等は難燃性ではございますが、不幸にして何かに燃え移ってしまった可能性がゼロとはいえません。

○安田委員 今のお話で、ボルトの緩みでしょうか、接続部の緩みが原因でとありましたけれども、それはキャパシタ周りのということですか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） はい、そうです。キャパシタの取りつけで、振動等によりキャパシタ本体が緩むこともございます。

○安田委員 なるほど。だとすれば、2番目の質問に戻りますが、世界各国で、同機種で同様の事故がある場合は、全てご開示頂ければと思います。

最後に、質問ばかりで恐縮ですが、1点、裏面2ページの（5）の写真でございますけれども、これは別作業時の撮影でございますが、床材はどのようなものを使われておりますでしょうか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 私の方から答えさせていただきます。スチール製でございます。詳細な状態は手元に資料がないのですが、約6ミリの厚さの鉄板になっております。

○安田委員 つまり、可燃性のある例えば繊維製の材料とか、そういった物というのは当該事故機のナセル内には、置いてないということよろしいでしょうか。

○静岡県（櫻井） 基本的に、ナセル内に引火して延焼を及ぼすような資材という物は、

置いていた記憶はございません。

○安田委員 わかりました。ありがとうございます。

○勝呂座長 他にないですか。どうぞ。

○石原委員 東京大学の石原ですが、7番目の結論のところに、今回の原因の中で最も可能性が高いのはキャパシタの破裂であるとありますが、その後に「キャパシタが破損した原因は不明だが、」。その後3つの可能性を挙げられていますが、1つは頻発するグリッドの不具合、要するに頻発する停電と理解してよろしいですか。

○静岡県（櫻井） 中部電力さんの電力が一括した停電というわけではないのですが、地域一帯の停電も含めて……

○石原委員 日本の電力システムは最も信頼できると私は理解していきまして、この言葉の意味は、頻発というのは何が頻発するのか。例えば年間何回とか、日本国内あるいは世界的に見た場合に、これが頻発と言えるかどうかについて何等かの根拠はありますか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 私どもの風車は、誘導発電機でありますので、全て電圧低下というものがログされております。電圧低下の回数が多いということでは、私どもはグリッドの方で異常があったというふうな形では捉えておりませんが、そういった電圧低下のログは拾ってお出しすることはできます。設立年日から全てというわけではないのですけれども、直近の今生き残っているログデータの中で拾えるものは、拾ってお出しすることができます。

○石原委員 ぜひこの点については定量的に厳密に記述してください。グリッド不良というのは何を指しているかがわからないと、普通に停電と思われるのです。今後の対策に関係ありますので、厳密に何を言っているかぜひきちんと記述して頂きたい。これが1点目です。

2点目は、「構成部分の経年変化」ということを挙げられていますが、もし経年変化が理由であれば、今度全ての風車の経年変化について調べなければいけないのですが、何の根拠をもって経年変化ということを経年変化とされたのですか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 私どもが全てメンテナンスをしていけば、こういったキャパシタをいつの段階で交換していたかというのはわかるのですけれども、残念ながら一時期、私どものサービスではなくなった時期がございました。

したがって、キャパシタがずっと交換なしに11年間あったかどうかは、まだ今の段階では調べてみなければわかりませんが、直近で交換したという履歴がございませんで

た。それで、そういった可能性もあるという意味で書かせて頂きました。

○石原委員　もう少しわかりやすく答えて頂きたいのですが、キャパシタというのは何年間で交換しなければいけないのですか？メーカーの推奨、あるいはメンテナンスマニュアルの中に何かの記述があるのでしょうか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　今のところメンテナンスマニュアルでは、私どもは4年ごとにキャパシタンスを計測して、キャパシタの状態を判断するようにいたしました。

○石原委員　4年間たったら、事業者さんが交換するかしらないかを判断するということを明記しているのですね。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　2015年の5月に新しくしました私どものメンテナンスマニュアルで、4年ごと、計測値によってどれぐらいのトレランスで交換しなければならぬということが明記されております。

○石原委員　それは2015年ですね。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　この事故の後です。

○石原委員　以前はなかったこと、記載は事故の後になっていることを明記してください。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　承知しました。

○石原委員　3点目です。「環境要因」と書いてあるのですが、環境要因というのは何を指しているのですか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　環境要因といいますのは、先ほども言いましたグリッドの不安定さというのも一つの要因でございます。

○石原委員　それでしたら、さっきの1番目と同じ話ですので、そこを厳密に、定量的に評価できるようにきちんと理由を書いて頂きたい。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　承知いたしました。

○石原委員　最後ですが、さっきの接触不良というのが一番大きな原因ではないかというのは、ボルトの緩みを先ほど回答の中でおっしゃられたのですが、新しいマニュアルの中に、――3番目の「キャパシタ接続部のトルクチェック」ということと理解してよろしいですか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー(永井)　それも含めてそうです。

○石原委員　トルクチェックというのは、具体的な数字を書かれる予定はあるのでしょ

うか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） ございます。

○石原委員 それについても、今後チェックするためにも、どういうことを要求しているかというのをぜひ示して頂きたいと思います。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 承知しました。新しいマニュアルを、日本語を添えて提出させて頂きます。

○石原委員 ありがとうございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。他によろしいですか。では、熊田先生どうぞ。

○熊田委員 今の石原先生のご質問のところ、ちょっと追加の質問で。さっきの頻発するグリッド不具合が、最終的なキャパシタの劣化、事故に結びつくというふうに、これだと「起因している」と書かれているのですけれども、グリッド不具合というのは、電氣的に稼働している時間がある、ないとか、ちょっと電圧が不安定だとかがキャパシタの劣化とか発火とか爆発するような事故に結びつくというのは、ちょっとぴんとこないのですけれども、それはどういうストーリーで、例えばオン・オフの時間、頻度が高いとか、そういうのが結果的にどういうルートで最終的に劣化につながるという、そのプロセスをどのようにお考えなのでしょうか。これだけぱっとみると、とってつけたように、あまり考えずにぱっと理由を挙げたようにちょっと見受けられてしまうのですけれども、グリッドが不安定であることとキャパシタの劣化というのが直接結びつくストーリーをお持ちだったら、ちょっと教えて頂きたいのですけれども。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 私どももこれに関しましては、キャパシタを不具合にさせる起因というものに関してメーカーに問い合わせしております。それに関して、また詳細な形で、口頭ではなしに報告で出させて頂くという形でよろしいでしょうか。

○勝呂座長 それでは、坂東さん。

○坂東オブザーバー 日本風力発電協会の坂東ですけれども、今ご質問なさったのと同じですけれども、コンデンサーが爆発した場合に発火するというのは検証されたのでしょうか。

もう一つは、コンデンサーというのは、一般的には大体7年から10年ぐらいで更新するというふうに思われていると思うのですけれども、その辺は、メーカーさんからはユーザーさんに推奨値というのは出されていないのですか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 私どもの購入仕様書にはそういったものは書かれているのですが、現在のところは10年というふうな形ではございません。使用、運転状況によってキャパシタの状況が変わってまいりますので、それで4年ごとの点検というふうにしました。それに関しても、先ほどの不具合を発生するレポートとともに、推奨する製品年齢というものを調査してご報告させて頂きたいと思います。

○坂東オブザーバー 私どもも大容量のキャパシタのパンクというのは経験ありますけれども、発火した経験はないです。

それと、ワーキングボルテージに対する裕度というのはどれぐらいもっておいでですか。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） これはトレランスの話ですね。もう一度説明を。

○坂東オブザーバー コンデンサーにはワーキングボルテージという規格があると思うのですが、ストレスに加わる裕度というのはどれぐらいか。細かい話はできないと思うのですが、どれぐらいの裕度、何%ぐらいもっておられるのかということです。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 申しわけございません、今のところ手持ちにその資料がございませんので、それも調べてご報告させていただきます。

○勝呂座長 よろしいですか。

それでは、私もちょっと。今の各先生からの質問とほとんど変わらないのですが、1つお願いは、例えば、コンクルージョンの事故原因として最も可能性が高いのはキャパシタの破裂であると。その次が破損した場合の原因と、その次は爆発と3つあるのですが、このあたりの例えば言葉をどういうふうに使っているかとか、それから、さっきの質問にあった、「頻発するグリッド不具合」というふうに書いてありますけれども、例えば誘導発電機だと、遮断機を投入しないと電流は流れませんよね。同期発電機だと、遮断機を投入する前に電圧を確立させますから、そうすると、オン・オフの回数が多いとか、そういうのに影響するのか、それともそれは関係なくて、本当に純粹にグリッドの問題なのか、その辺もあわせて全部、いろいろなご質問がありましたけれども、そういうのをきちっと説明をして頂いて、次回でも報告をして頂きたいと思います。

時間が余らないので、これで終了とさせて頂きたいと思うのですが、今のいろいろな点と、それから、最終的にもう一点お願いは、メンテナンスマニュアルに、例えばチェック行程、ロックアウトタグアウトを行うと。特に2番のコンダクターとケーブル接続部のチェックとか、キャパシタ接続部のトルクチェックとか、目視点検とか、ずっと各項

目ありますけれども、これを具体的に、これだったら合格、これだったら不合格とか、具体的に選別するというか、その程度がきちんとわかるように説明を入れて頂けたらと思いますので、そのあたりもあわせて次回の説明をお願いしたいと思います。

○ヴェスタスウインドテクノロジー（永井） 承知いたしました。提出する方向で準備させていただきます。

○勝呂座長 では、お願いします。どうもありがとうございました。

引き続き資料の説明を、今度は3ですから、ミツウロコグリーンエネルギーからお願いをします。

○ミツウロコグリーンエネルギー（矢野） ミツウロコグリーンエネルギーでございます。本日、私、矢野と片峯でご説明とご報告をさせて頂きたいと思います。よろしくお願ひします。

まず、事故の概要をざっとおさらいしたいと思いますけれども、場所は愛知県の豊橋市、GE製の1.5sが1基のサイトでございます。事故が発生したのが昨年2月15日の正午頃で、左下の写真のとおり、3本のブレードのうち1本が破損いたしました。原因を特定するに当たって、破損したブレードが根元10メートルほどを残しまして、あとは粉々になってしまいましたので、第2回のワーキングに出席させていただいて以降、落雷ですとか風の乱流、飛来物の衝突、凍結、機械的トラブル、製造不良等々さまざまな原因を疑いまして、エラーログですとか当日の風況、地域周辺の落雷記録、ライトニングカードの解析ですとかケーブルの破断面の調査、桁とシェルの接着状況の確認、UT検査等々行ってまいりました。その中から原因の絞り込みをしました。これが1ページ目の右側の表でございます。

これを1つ1つご説明するお時間ありませんので、可能性の大きいところ、大きく分けてブレード本体、運転状況、故障の補修履歴という3つに分けて、一番右側に可能性、大、中、小と分けております。

まず、ブレード本体です。製造品質ということで、製造時の品質により劣化の状況が異なるであろうと考え、メーカーのGEにもいろいろ聞き取り調査をしました。2006年4月、このブレードは、工場出荷時の打音検査に合格したものであるということなのですが、我々事業者としては、回収したブレードの桁の接着面の施工不良と思われる箇所が多々みつき、出荷検査の精度に非常に疑問が残るため、ここが一番の原因と思われるところを◎にしてございます。

ブレードメーカーであるLM社に、残存ブレード、2枚の壊れなかったブレードの非破壊検査を依頼し、検査をいたしました。ここでも不具合が見つかっております。何カ所か接着の不具合が見つかっており、我々もブレード内部の点検は、特にメーカーの推奨もございませんでしたので、一度も行っていませんでした。ですので、こういったものでも内部の劣化が進行していたのではないかとということで、○にさせて頂いております。

その他、少し下に行きまして運転状況です。こういったものの確認もいたしまして、強風ですとか突風、乱流、落雷、飛来物、凍結等といった原因となり得る材料がそろいませんでしたので、可能性としては低いと。それから、7年間の発電状況、定期点検、事故直後の運転状況もきちんとメーカー、専門業者による点検も行っていた中、特段その原因と思われるところはなかったと。ただ、先ほど申し上げましたように、ブレード内部の点検は行っておりませんでしたので、そういった接着の剥がれとか接着剤のクラックとか、そういったものは発見に至らなかったもので、このあたりも原因の一つとなり得るだろうということで○にしております。

それから故障だとか補修履歴、これに関しましては、もちろん過去に補修履歴はございますけれども、特段ブレードの破損につながるような大きな修復履歴等もありません、トラブル履歴もございませんでした、という形で絞り込みを行いました。

次のページに行きまして、事故原因の調査経緯をフロー図にしました。左側の壊れたブレード、右側の残った1番、3番の残存ブレードを記載しましたが、ここは先ほどの話と重なりますので割愛させて頂き、中ほどの調査の結果を踏まえ、製造メーカーにこの状況を照会しました。前回、委員の先生方からご質問がありました製造工程におけるQC、QAの状況、同類の事故がどのくらいあったのかについて、ブレード出荷時の試験成績は残っていないこと、製造過程のQC、QAの開示はできないこと、3番目としまして類似事故に関しては、ブレードの全損事故に至ったものは、落雷が6件、風況による原因が2件で、計8件の事故が起きているとメーカーから報告がございました。

それを受け、我々も事故のブレードを、シェルに関しては粉々ですので、桁だけでも可能な限り復元をして検査をしたのですが、これが上の写真、図2-1の写真になります。素人でもわかるような接着状態で、非常に接着面積が少ない、押しつけの圧力が足りないということだと思っておりますが、非常に厚みのある接着なので、これでは強度が保てないだろうということがわかりました。

右側の2-2は、参考として健全なブレードの接着状況の中から確認したのですが、下

の桁に対して垂直に立っている両脇のシェル、その部分の接着部分がきちんと押しつけられ、接着剤が横にはみ出しているものをテープで押さえる。これが正規の状況ですので、壊れた桁の接着剤をみる限り、はみ出るのはおろか、きちんとつぶれてもいないという状況ですので、これを見て明らかに、一番下に書いてあるとおり、「破損は桁とシェルの接着不良が主因と考えられる」、これが事業者としての結論でございます。

まとめとして3つ、1つは受入検査の重要性です。当該ブレードは打音検査と目視検査のみで、製品としての品質に問題があったと考えております。それを回避するため、UT検査を今後は実施していくことが重要と考えております。

2番目、ブレード内部点検の必要性で、内部点検は今まで行っておりませんでしたので、直接人間が入って、肉眼で接着剤の状況の確認をするということが大事なのではないか。

3番目、定期的な調査の必要性で、新たに購入するブレードに関しては、UT検査を必ず受入時に実施する。この初期値、初期状態の記録を残し、その後行う検査との違いでもって経年の進捗を見るということです。それから、3年後をめどに、弊社の考えですが、同じ検査方法、できれば同じ検査機器を用いてUT検査を行い、劣化状態を把握することで疲労破壊を避けるという3点を重要と考えております。

これを踏まえまして再発防止策は、3ページ目になりますが、具体的に経年劣化などのダメージを早く察知し、適切に補修できるように、6項目を今後行ってまいります。1番目が、当然のことですが、3枚とも新しいブレードに交換するということです。

2番目、接着剤のクラックの有無確認で、こちらは日常的に内部で接着剤が欠けたり割れたりすると、それが落ちカラカラ音がするということがわかっておりますので、週に1度低速で回転をさせ、こういった割れがないかどうかということを確認してまいります。

3番目、ブレード内部の目視点検です。これは直接、人が入って点検をする。これを年に1度。

4番目、受入時と受入後のUT検査で、受入時に1度、3年目にもう一度UT検査を行い、その検査結果の違いでもって、どのぐらい劣化が進んでいるのかということを確認し、何も進捗がなければ、それ以降は目視検査を継続していくことを考えております。

それから、ライトニングカードの交換、アース線の導通、抵抗試験、こういったものも年に1度行ってまいります。

一番右側にあるとおり、当社にはもう1本サイトがあり、同メーカーの同型機がありま

すが、こちらは既に2番から6番目の項目を実施しております。

真ん中は検査の方法、過程ですので、ここは割愛し、再発防止策のまとめということで、新しいブレードとUT検査でダブルチェックを行う。定期点検時の内部の目視点検、受入時の3年後のUT検査、ライトニングカードの交換、アース線の導通検査、UT検査のない年はロープ検査による目視点検を確実に実施して再発防止に努めたいと考えております。

以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。

ただいまのご説明に関して、ご意見、ご質問等があったらお願いをします。どうぞ。

○川田委員 ご説明、そのとおりかと思えます。事故原因はなかなか特定するのが難しいのですが、ブレードそのものが壊れたと、外乱が考えられないとなったならば、やはり欠陥があって、それが起点としてというのはよく考える考えで、そのとおりかと思っています。

ちょっと質問させてもらいたいのですが、2ページ目の写真のウェブの所に団子状の接着剤があって、誰が見てもわかるような接着不良だというご説明だったのですが、これは羽根の長さからするとどの位置の写真なのでしょう。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） この写真の位置は、根元から15メートル程度の所でございます、根元から18メートル程度までこの状況が続いているといった状況でした。

○川田委員 ほぼ全部にわたってこういうこと。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） 先端のほうはちょっと発見できなかったものですから。

○川田委員 もう一つは、接着不良というものを説明するには、シェル側の様相と申しますか、そういう意味で、普通、接着破壊というのは界面破壊か凝集破壊かという分け方をするわけですが、相手側がどういう壊れ方をしているのかというのが大きなポイントになる。それが見つかからないのですか。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） 手の平ぐらいのサイズにバラバラになっていまして、どこがどこに着いていたのかというのはちょっと確認できない状況でございます。ここに着いている団子状の接着剤にも、相手方のシェルの剥がれた「けば」みたいなも着いてなかったもので、接着力自体も弱かったのかなと。

○川田委員 そういうことですね。右側の写真はいいというご説明だったのですがけれど

も、この場合の桁とシェルのすき間の間隔といいますか、接着面の寸法というのはいくらのものなのですか。というのは、接着剤をこれだけ多量に使うということは、普通、接着構造の場合ではなくて、薄ければ薄いほど実は接着強度というのはいいわけですね。だから、これは接着剤なのかパテなのか、私は全然わからない。これを果たして接着剤としていいのか、こんな接着剤の使い方は——余りいうとあれですけど、あり得ないということなのですから、その辺いかがでしょう。

○勝呂座長 私の経験でいうと、シェルとカバーの接着が悪いのがあって、そのすき間が大きいと、でき上がった時に接着剤がこういう団子状になっていることがあり、こういうものは製品として使えないという話で……

○川田委員 使えない工法の一つですよ。

○勝呂座長 最悪の状態ですね。だから、逆にいうと相棒が見つかってないというのは、「けば」も何も見えないという今の説明なので、多分ほとんど着いてないような状態で、どこか着いているところがかろうじてもってくれていたという状態で運転されていたのではないかなという気がしますけどね。

どうぞ。

○安田委員 安田です。こちらの報告書を拝見する限りでは、メーカー側の設計不良あるいは製造不良ということですので、これは、問題は事業者様にご報告頂くよりも、メーカーの方に直接来て頂いて状況を説明して頂く方が良いのではないかとこのように思いますが、いかがでしょうか。特にこれは海外メーカーの様ですので、報告書も英語だと思えますが、可能な限り開示をして頂いて、例えば2ページ3番の真ん中あたりにありますが類似事項、ブレード全損事故が雷6件、風況2件とありますが、これも全て開示して頂いて、事故状況と原因と対策をメーカーの方に来て頂いてきちんと報告して頂く。

それから、製造工程や検査方法が非公開とありますが、全て公開するのは難しいにしても、事故にかかわるものは可能な限り公開して頂くように強く求めて頂ければと思います。いかがでしょうか。

○渡邊電力安全課長 これは先生もよくご承知だと思いますけれども、電気事業法で、全ての保安責任、義務というものは設置者にかかっているということでございますので、一義的には設置者に来て頂いてということでございますが、私の理解としては、これまでもといいますか、メーカーの方が来て、ちゃんと補足なりして頂くというのはあると思いますので、そこは設置者が責任をもって、そういう先生のご質問に答えられるのであればそ

うでしょうし、答えられないのであれば、ちゃんと確認をいただき、もちろん出てきて頂いて補足の説明を頂くのは問題ないというふうに考えております。

○勝呂座長　今のでもよろしいですか。基本的には、今いわれたように事業者の方をお願いして、どうしてもだめだという時はお願いするという形にしようと思います。

○安田委員　もちろんそれは重々承知しておりますが、今後の対策でメンテナンスをしっかりするというので、それはそれで良いのですが、そもそも設計不良とか施工不良があった時は、メンテナンスだけではどうしようもない場合もございますので、そういう点ではメーカー側に強くご要請するという事はお願いしたいと思います。

○ミツウロコグリーンエネルギー（矢野）　承知しました。

○勝呂座長　どうぞ。

○石原委員　東京大学の石原です。2点ありまして、1つは、やはり今回の件に関して製造の問題が非常に大きい。これを防ぐ方法を今後きちんと考える必要があると思っています。設計不良も同じなのです、設計ミス等は審査の段階、すなわち、最初認める段階できちんとやるべきではないかと思っています。こういうことが何で発生しているか、風車の設置を認めた時の審査体制について、再度考える必要があるのではないかと思います。例えば、設計ミスについては、このワーキングの報告にも何件もありました。今のように製造の問題について、受け入れ体制もちゃんとしなければ、このような問題は今後もなくなると非常に危惧しています。風車の設計、製造、受け入れ検査、そしてマニュアルは大変重要です。さっきの話で、2015年に問題が発生したら、マニュアルを作ったという問題は審査する段階で防ぐべきであるというふうに思っています。それについてはぜひ審査する側の方できちんと考えて頂きたいと思います。

2点目ですが、今後の再発防止の具体策の5と6というのは落雷関係ですが、今回、どちらかというと接着の問題がメインだと理解しています。

そうしますと、この中で2、3、4というのは、どこまで実行できるかについて意見を伺いたいのですが、例えば毎週1回音を聞く。これをずっと延々と続けていく予定ですか。日本中の風車はみんなそれをやるべきですか。

2点目に、人が行ってブレードの中を見るのは、風車メーカーから推奨されてないと前のところに書いてあります。私も物をきちんとと作ってれば、それは必要かなと思っています。そもそもあんな高いところで人が中に入って、万が一ブレードが動いたら、落ちてしまったら命がないんですね。実行性についてどういうふうに考えているのか。

最後、3年に1回、UT検査などもそうですが、地上でのUT検査は、簡単とはいわなければでもできますが、空中でもちゃんとそれをやるというのか、要するにここで挙げられた2、3、4は、水平展開としてその実行可能性あるいは安全性の観点から見た時の、ご意見を頂きたい。

○勝呂座長 ありがとうございます。何か回答があれば。

○ミツウロコグリーンエネルギー(矢野) ブレードの内部に入る点検に関しましては、ブレードを水平にした状態で固定ということはできますので、私も実際に中に入ってみました。人が入っていける所には限界があるのですけれども、これはやってやれないことはないと思っています。ただ、メーカーがそこまでやるべきだというお話がもちろんあったわけではなく、我々も二度とこのような事故を起こしたくないという一心からこういう点検方法を挙げておりますけれども、UT検査に関しましては、我々もやってみてわかったことですが、メーカーさんにお問い合わせすると物すごくコストがかかります。ですので、コスト面を事故と比較してはいけないと思いますけれども、そういったものを鑑みますと、3年目に1度はやらなきゃいけないと思っておりますので、やらせて頂いて、その後は、特にその経過が問題なければ、UT検査はやるつもりはないです。ですから、一応現実的にやれる範囲で我々も決めたつもりでおります。

○石原委員 ちょっと関連しまして、今回3本とも交換していろいろ不具合を発見したのですが、今度受け入れる3本について、メーカーからはどういった保証、あるいは今後こういうことは起こらないことを我々も期待しているのですが、これを保証する検査あるいは設計要件というものをどういうふうにメーカーから伺っているのでしょうか。

○ミツウロコグリーンエネルギー(片峯) 今考えているのは、買う時に、新規にももちろんUT検査したもので、自分らがしっかり目視点検をしたものを付けるということは考えていますけれども、それ以上のことはまだ考えておりません。

○石原委員 今の話は事業者さん側の努力ですね。メーカーからの努力はないと思います。

○勝呂座長 今の話なのですけれども、例えば審査の問題とか製造中の問題とか、多分この風車を作った頃は、結構古いので、まだ技術的な、例えばUTが全部FRPなどで使えるかどうかというのは正直わからない時があるのですよね、この頃というのは。というのもあって、今はこういう形で最終版をアプライしようということとやられていると私は理解しているのですけれども。審査についても、製造についても、例えば今だと第三者機

関のサティフィケートをもらうとか、その品質管理はISO9001に準拠してやるとか、そういうものでないと、という形にだんだんなっていますので、現実問題としての事故は、新しいものについては多分相当減ってきていると思うのですけれども、逆に大型化が進んでくると、またちょっと別な観点の問題が出てくる可能性があります、そういうことで進めていかざるを得ないではないかという気はしています。今言われた様な指摘は、今後の事故をなくすという意味では非常に重要なことなので、引き続きとり進めていきたいというふうに思っています。どうぞ。

○石原委員 今日何でメーカーの話を知りたいかという、今度新しく導入されたものは本当に問題がないのか、私の質問は今度導入されるものは何で問題ないと言えるのか、ぜひメーカーに確認して頂きたい。というのは、過去、日本で起きた事故を調べると、そもそも工場で品質管理ができてないとか、こういった事例が実際電力安全課の過去の調査にあったのです。今度新しく持ってくるものは、どこまで過去の事例を調査してきちんと防ぐような手当てをしてやっているか、ぜひメーカーの見解を聞いて頂きたいと思います。

○勝呂座長 ありがとうございます。

それでは、今、各委員の方から質問等がありましたけれども、その辺の意見を次回にでも報告をして頂くということで、次の報告にさせて頂きたいと思います。どうもありがとうございました。

次は、中部電力さんから説明をお願いします。御前崎の風力発電所のブレード取り付けボルトについて、よろしくお願いします。

○中部電力（太田） 中部電力の太田でございます。日立さんと今からご説明をさせて頂きます。

資料の「はじめに」ですけれども、昨年、点検を5月21日にした際に、ブレードの取付ボルトの破断、54本あったうちの1本を発見しました。それで、昨年8月26日にご報告をさせて頂きまして、その後の中間報告以降の調査と不具合要因、対策について報告をさせて頂きます。

下の表にあります、まず破断ボルトの観察です。前回の報告後、ブレードを降ろして観察しました。その結果が資料1ページ目左下の図3の(ウ)になります。起点から徐々に亀裂が入って、疲労破壊しながら延性破壊という断面になります。破断面の起点近傍に摩耗と50～60μmの2本のクラックが発見され、この様相は文献等のフレッティング摩耗の初期クラックの長さとも一致するものであったというのが1つでございます。

それから、現地測定でございます。現地測定につきましては2つ行いまして、前回、勝呂座長の方から、設計を満足しているのかという交差のご質問を頂いていたこともあり、ブレードのボルト孔の真円度を測定しました。それが制限値2.39以下のところ、実際1.49でございます、制限値以内であることを確認しました。

また、ブレードの取付状態の測定ということで、これは図5の右の絵を見て頂きたいのですが、青い所がブレードでございます。ピンク色の所が回転軸受という形になっていて、その上の孔と下の孔のずれが5mmあるということを確認しております。また、ブレードを固定するためのクロスボルト、この図では赤になりますが、これが2.5mmずれているということを確認しました。

この状態でブレード取付ボルトのクリアランスがどのくらいあるかという解析を行ったところ、ボルトの設計軸力が確保されていればクリアランスは0.103mmあります。しかしながら、軸力が抜けたところであると、回転軸受けの境界部がボルトに接触するということが判明しました。また、風による風圧荷重の変位、0.077mmを考えますと、ボルト軸力が70%程度まで抜けると接触状態になるということがわかりました。

裏面をお願いいたします。このような状況を踏まえまして、ブレード取付ボルトの寿命評価を行っています。解析モデルは図7に示すとおりです。このモデルを用いまして、(イ)になります、御前崎の運転による応力の発生回数、これを20年間ににつきまして求めたのが、図8の応力の頻度分布の絵になります。その頻度分布をもとに、(ウ)になります、複合環境下、ボルト緩み+フレット+腐食の状態での寿命、これは図9のS-N曲線の緑のカーブになりますが、それと御前崎で実際引張応力が加わるものを比較して寿命を計算しました。結果、表にありますように20年間で3.0という疲労になりましたので、3回ボルトが折れるという理屈が出てきまして、寿命としては20割る3で6.6年という寿命という形のものが出てきました。実際の御前崎、4.5年で折れているということで、近い結果となっております。

続きまして、これらをまとめました要因分析と調査結果でございますが、これはまとめたものでございますので、本日は省略させていただきます。

続きまして、ブレード取付部の破断メカニズムになります。これが4のフローになりますが、まず軸力が抜けていたこと。軸力が抜けることによって、下に書いてございますが、孔がずれた状態で軸力が抜けると金属接触をするということ。それがあることによって、フレットという現象で亀裂が入った。けれども、これには腐食が入らないといけ

ないものですから、コーティング剤がとれて腐食が入ったという、この3つが合わさって、軸力低下から流れていく形で疲労破断に至ったという形になります。

以上を踏まえまして、不具合要因と対策になりますが、まず施工時のことですが、ブレード取付ボルトと旋回軸受内面の接触を防止するという事で、御前崎におきましては全号機のブレード取付孔について、ファイバースコープを用いてクリアランスがあるかどうかを確認しました。クリアランスが確保できていないものについては、(イ)のところですが、調整治具を用いてブレードの取付状態を修正しました。

それから、旋回軸受断面に接触していたボルトは、ボルト内部に疲労が蓄積しているおそれがあるものですから、全数交換をしております。また、ボルトの交換に際しては、今後にもなりますが、ブレードを降ろしてボルトを交換するものにつきましては、図11にあるような形でカラーをさしてブレードを際取付けし、クリアランスがちゃんととれるような形にしております。また、ブレードを付けたままでも、ボルトは54本ですから、1本ずつは換えられますから、その1本ずつ交換する場合は、テープを巻いてクリアランスを確保するというのが施工の話になります。

それから、2番になります。やはり軸力が抜けていたということになりますので、保全面としまして、全号機の取付ボルトの増し締めをもう一度全数行いました。また、ボルト交換、ボルトを再度換えたものについては、100時間後、リラクゼーションをとるということでまた増し締めをするということを行いました。今後も定期点検において、ボルトの緩みの有無について確認して進めてまいりたいと思います。

これにつきましては、次の水平展開の話は、日立さんから説明をして頂きます。

○日立製作所（加藤） それでは、3枚目です。本不具合の水平展開範囲と対策ということでご説明を差し上げたいと思います。

まず、原因のおさらいになりますが、最も大きな主要な原因は、ボルトの軸力の低下にあります。これが100時間点検時、増し締めをしていないものについては、リラクゼーションが発生したということの原因としてボルト軸力が低下したものと考えております。先ほど解析の説明がありましたが、もともとブレードが少し傾いて接続されていたものが、ボルトの軸力の低下によって金属接触を起こす。この金属接触を起こしたゆえにフレットインクが発生し、また金属接触が起きたことによって、ボルトのコーティング層が損傷して腐食が内部に入るということで、ボルトの軸力の低下を主要因といたしまして、二次的にフレットインク、腐食が発生。これが重なって、最終的にはボルトの破断につながったと

考えてございます。

では、水平展開の範囲（２）となりますが、先ほども申しましたとおり、100時間点検での増し締めというところが非常に大きなポイントになってまいります。100時間点検で、どういったことを実施していたのかというのが表１に規定されております。最初に規定したこのサイト、非常に我々にとっては古いサイトになります。点検整備要領書D9S-474、これが初期の要領書になりますが、こちらでは100時間点検、風車の稼働後100時間経過を目処に行う点検について、ボルトの抜き取り４本以上で軸力を確認して、軸力が抜けていれば増し締めをするということで、ボルト全数の増し締めではありませんでした。

ということで、ボルト全数の増し締め指示がされていなかったのが、某サイトA、御前崎Ⅰ期、某サイトBまでになります。御前崎Ⅱ期からはボルト全数の増し締めがされております。ということで、水平展開の範囲としましては、この上から１、２、３番目が増し締めをしていないということで範囲に入ると考えております。

初期点検、（３）になりますが、増し締めをしていないサイト、これにつきましては、先ほどご説明がありました御前崎Ⅰと同じ対策をとろうと考えております。それが下の表の方に出ていまして、御前崎Ⅰ、Ⅱということになりますが、Ⅰは増し締めしておりませんので、損傷の可能性のあるボルトを全数交換してボルトの増し締めを行う。Ⅱ以降は増し締めしておりますので、対策不要、通常の定期点検と考えてございます。

ただし、ここで某サイトBにおいて、今回と同じようなボルトの破断が起きております。このときはSCC、腐食割れを疑いましたので、定期点検の期間を短くする、または全数の増し締めを追加する等の対策で当初は対応しておりました。今回、はっきりとこのボルト破断の原因が追究できたということで、同じ対策を某サイトA、某サイトBについても実施する予定でございます。では、説明を終了させていただきます。

○勝呂座長　　ありがとうございます。今のご説明で、何かご質問等ありましたらお願いします。どうぞ。

○石原委員　　今の日立製作所の説明は非常に明快ですので、前の部分もそれと整合がとれるような形で、今の中部電力の資料を作り直して頂きたいと思っております。

確認なのですが、故障の原因は、太鼓山も同じことが起こっていきまして、本来100時間～数百時間後一何時間でもいいのですが、メーカー指定された時間で増し締めしなければいけないのですが、それを指示しなかったということが今回の原因と理解してよろしいですね。

○日立製作所（松岡） そのとおりです。その当時は、一度テンショナーを使って締め
てしまえば、その軸力が抜けるということは、実は正直想定していませんでした。ただ、
その後別なサイトで、同じようにテンショナーを締めたにもかかわらず軸力が抜けてしま
った事例があった。ただし、それはブレードではなかったのですが、他のところであって、
実はそれが御前崎Ⅱ期工事の頃でしたので、それ以降は、全数ボルトをテンショナーで締
め直すということに全部変えたのですけれども、それを遡って適用まではしてなかったと
いうことです。

○石原委員 太鼓山の事故の時もさんざんこれを話したのですが、一般的な構造物だと、
一回本締めすれば終わりだというのが正しいやり方なのですが、一方、勝呂座長も、いつ
も言っていることなのですが、機械は違うのだと。ちゃんと増し締めしないと振動によっ
て緩むと。この話は実は太鼓山の時も、そしてこの委員会でもさんざん言ったにもかかわ
らず、周知されていないように今日感じました。風車のどこをちゃんと増し締めしなけれ
ばいけないのか、きちんとリストアップして、事業者さんに、あるいはメーカーに徹底し
て周知する必要があると強く感じています。

○勝呂座長 ありがとうございます。

○中部電力（太田） 石原先生、弊社の資料について、このフローの所が日立さんの説
明と合っていないのではないかといいところですが、ちょっと質問なのですが、ブレードの
取り付け破断メカニズムのところ、日立さんから説明されたものと違うということなの
でしょうか。

○石原委員 複合原因と言っているところです。確かにボルトが壊れるときは複合要因
なのですが、原因は増し締めしていなかったということを明記すべきです。それが原因で
あって、あとの話は結果である。要するに、変形したり、当たったり、フレットイングし
たり、腐食するというのは結果である。原因ではありません。複合原因によるものではな
くて、あくまで増し締めを忘れたというのが原因です。

○勝呂座長 よろしいですか。

○中部電力（太田） はい、わかりました。

○勝呂座長 では、今後、また報告して頂くということで、終了したいと思います。あ
りがとうございました。

引き続き、電源開発さん、根占の風力発電の件ということで説明をお願いします。

○電源開発（本庄） 電源開発の本庄でございます。説明させていただきます。

本件、きょうが5回目の報告でございまして、少し最初の報告から時間も経っておりますので、簡単に概要、経緯をまとめて1枚物にしてございますので、それから説明させていただきます。

タワーの損傷の発見が昨年5月21日でございまして、5月30日の第3回ワーキングで損傷発見の経緯やタワーの製作工場等について報告して、立入禁止、全体停止という措置をしたことを報告いたしました。第4回のワーキングで、6月25日に変形の大きさとか変形のモニタリングとか設計資料の確認結果等を説明しまして、7月に根占7号のタワーを解体しております。第3報は、8月26日の意見交換会にタワーの解体の結果と3D計測の速報、サンプル切り出し試験の計画等を説明いたしました。その後、変形部を切り出してサンプル試験を実施しました。第4報が第5回のワーキングで、10月17日にサンプル試験の結果を報告しました。サンプル試験の結果は異常なかったのですが、損傷部の傷の状況から、初期不整の可能性があるということで報告いたしました。運転ログからは原因がみつからないということで、瞬時値データが入ってないということで、なかなか運転データからは原因がつかめないというお話。それから、溶接部の補修とは余り関係ないだろうというようなお話をさせて頂いてございまして、停止中の他の号機については、タワーの設計材質には問題ないと考えられ、鉛直度、真円度の初期不整の状況を確認して、異常がなければ運転再開というお話をさせて頂きました。

その後、当社にて初期不整、3D計測、FEM解析をやりまして、今年の3月に問題ないというふうに判断いたしました。今日の報告は、3月に社内で他号機については健全だということで運転再開を判断した資料を中心に説明させて頂くということになります。

資料なのですが、きょうは第5報ということでお持ちいたしました。1枚目が初期不整、他のタワーにも少し凸凹と初期不整が観察されまして、これを測定しまして、土木学会の設計指針の裕度と比べて検討したものでございます。結果としましては、根占の2号で3mmの初期不整が見つかりましたが、600mmゲージで計った時の裕度6mmに対して半分ということで、初期不整につきましては、その後、座屈耐力に影響を与えるようなものではないと判断いたしました。

それから2ページ目、3ページ目は、他のタワーの形を3Dで精密測定しまして、直径の短い方向と長い方向の差をずっと並べてみたものでございまして、7号は損傷したものでございまして、その他のものをずらっと並べて記載しております。7号だけが特に変形

が大きかったわけではなくて、他の号機も7号と同じ様に変形しております。その中で、根占の5号機が22m高で86mm、短径と長径の差があったということで、これが一番変形が大きいタワーであろうというふうに判断いたしまして、これにつきましてFEM解析をやりまして、暴風に耐えるかどうかという検討をいたしております。

その結果が最終ページでございまして、5号機のタワーでFEMモデルを作りまして、少し22m高付近が膨らんだ様な形の変形をしております。このモデルを作りまして、ハブ高で77m相当の風を加えまして、挙動をみてみたものでございます。解析結果のグラフがタワーのトップの変位でございまして、77m相当の荷重をかけたところでもまだリニアに変位しているということで、弾性領域で変位しているということをあらわしてございます。

それから、風向を変えて風を当ててみたところで、ミーゼス応力で一番大きな値が出たのが、西から風を当てたという時に、22mの膨らみの所が圧縮側になるというような変形の時が一番応力が大きく出たのですか、この時でも塑性領域に至らないというようなことが確認できまして、まだ暴風に対してもタワーは、この膨らみの所はさらに拡大して座屈に至るようなことはないというふうに判断いたしました。

この結果をもちまして、根占の他のタワーにつきましては健全だと確認いたしまして、3月から運転開始させて頂いております。

以上です。

○勝呂座長 ありがとうございます。

何かご質問、ご意見等ありましたらお願いをします。どうぞ。

○石原委員 ちょっと教えて頂きたいのですが、今回の不整の許容値が6mmに対して3mmだったのですが、7号機の調査結果、前回いろいろお示しされたのですが、その時の値はどのくらいの値だったのか、もし覚えていらっしゃいましたら教えて頂きたい。

○電源開発（本庄） 7号機は、タワーを切り取った後で10mm以上変形はしていたと思います。ただ、それは切り取った後ですので、切り取ったことで形が変わってしまった可能性はあります。

○石原委員 7号機の損傷の部分以外の所もいろいろ計ったのですね。

○電源開発（本庄） 7号機は計ってないです。

○石原委員 真円の計測に関しては、ほかの号機ですね。

○電源開発（本庄） 真円の計測ですが、7号機はタワーを解体する前と後で計っています。

○石原委員 不整については、7号機は計ってないということですね。

○電源開発（本庄） はい。

○石原委員 わかりました。

○勝呂座長 いいですか。

ちょっと正直なところでいいますと、アプローチして、これで故障というかタワーの変形はみられなかったというのは、逆の言い方でいうと、このアプローチの仕方では、今回の事故原因には全然至ってないため、他の原因を探さないといけないのではないかという気がするのですけれども、どうですか。

○電源開発（本庄） このFEM解析は他号機の健全性という観点で検討したアプローチであり、今回のものは、初期不整があったことは確実なのですが、それが拡大した理由は、SCADAのデータの瞬時値がとれていないといったこともあって、実際のところ、原因がちょっとわからないところが残っていることも事実でございます。ただ、タワー自体は解体しており、これを運転再開するものではございませんので、他号機の健全性を確認して、今回調査を終えた形となっております。

○勝呂座長 他号機は健全で、これはこれでいいのですけれども、壊れたタワーはもう解体してしまったとのことだけれども、この様にいろいろなアプローチをしても答えが出てこないということは、アプローチの仕方が間違っているために答えが出てこないとも考えられる。そうすると、何か仮定をして、検証をして、それでこうなったというけれども、その最初の仮定が間違っていないのかということを見ると、ほかの機械でまた同じようなことが起きないという保証とはならないという気がするため、そのアプローチを変えないと本当はいけないのかなという気がしているのですけれどもね。

運転を再開したという点で言うと、今までのノウハウの中でこういうことをやれば、言ってみればステート・オブ・アートの技術でやり、それで今のところは大丈夫であろうということになるのですが、厳然たる事実としては、パカッと割れているのが出たということがあるため、そこをよく認識しながら運転していかないといけないということになると思います。

○石原委員 この件に関しては、そもそもどういう原因であの様に變形したか、前回の青木委員の質問に対する回答をきちんと作成されていたと思いますが、それについて説明をして頂ければ、今の勝呂座長の質問に対する回答になるのではないかと思います、いかがでしょうか。よろしければ、説明して頂きたいと思います。

○電源開発（本庄） 前回の報告の時に引張試験の結果を報告させて頂き、その中で座屈で変形した部分の引張試験のデータをみますと、上下の降伏点がはっきりあらわれてない結果となったということでした。これに対し、青木委員から、この降伏点があらわれてないのは、この部分が塑性化しているからではないか、塑性化したのかどうかを確認したらどうかという質問を受けております。

確認した結果ですが、確かに多少変性、塑性化している可能性はあり、例えば同じデータで引張試験をやった時、他の所については、40%ぐらい伸びたところで破断していますが、変形した部分については、32%のところ破断したということであり、ともに規格値の18%と比べると大きな値ですが、他の部分と比べると、多少塑性化しているのではないかといいました。この時、この部分の損傷の形状から、工場で何かを当てたのではないかと我々は思っており、当てた時に少し変状した可能性がありますが、タワーの強度的には、まだ規格値を満たしており、それほど大きな問題ではなかった。ここが問題となったと判断いたしました。

変形の所ですが、タワーを解体する前にこの変形の大きさを計っており、その時は140mmゲージで計っており、5.3mmへこんでいました。その大きさは、土木学会の基準からみても座屈強度に影響を与えるぐらいの大きさでありましたが、この5.3mmの変形がいつ発生したのかという点が解明に至ってないところです。

○石原委員 本日の資料ですが、これは委員の皆様へ配付されていますよね。ローラーに当てた時、そういう2本の筋が出てくることを図面で説明して頂けますか。

○電源開発（本庄） こちらは変形の下部分の塗装を剥がしてみたところですが、2本筋状に、円周方向にずっと筋が入って傷がついており、こういう傷がどうしてできるのかをこのサンプル調査をしていただいた鉄鋼会社に聞いたところ、平板からタワーの形に丸く変形させるときに、ローラーで力を加えながら変形して、徐々に筒状の形にするのですが、そのときに養生の仕方が悪いと、ここに力が加わって傷がついたりすることがあるとのことであり、こうした傷がここについていたものだと私どもは考えております。

○勝呂座長 ちょっと時間が経過し、忘れてしまったので、これは後で読ませていただくとして、きょうの説明はこれでよろしいかと思いますが、ほかに何かありますでしょうか、よろしいですか。

それでは、電発さんの説明は、これで終了ということで、ありがとうございました。

引き続き、新上五島ホエールズウインドシステムということで、シグマパワーさんから

説明をお願いします。

○東芝（柴垣） 前シグマパワーージャネックス取締役と書いてあるのですが、この6月で外れまして、現在、東芝の回転機器の技師長をやっております。東芝とシグマパワーージャネックスは親子関係、完全100%の子会社ですので、今回は事業者側という形で、今までの経緯がわかっている人間に説明してほしいというご要求がありましたので、立場的には東芝でございますけれども、ご説明させていただきます。今日、J S Wの久保さんと一緒にご説明させていただきます。よろしくをお願いします。

それでは、資料6についてお話しさせていただきます。上五島ホエールズウインドシステム、2MW×8台のレセプタの脱落の対策の進捗についてということでご報告させていただきます。J S Wさんのレセプタ脱落の原因、それから恒久対策はこの委員会で随分議論されており、シグマパワーージャネックス関係では、その後のちゃんと安全対策をやった進捗を報告して頂きたいとのことで、本日ご報告させていただきます。

事故の状況としましては、ちょっと振り返りますけれども、14年7月に台風通過後、風車の健全性確認のため点検したところ、停止中であつたにもかかわらずレセプタが脱落していたということでございます。

脱落原因につきましては、今までもお話しさせて頂いておりますが、落雷時にライトニングケーブルは完全に断線していなかった。ただし、下記の1、2、3、4のステップで脱落したと推定されております。

まず最初に、ライトニングケーブルが曲げ疲労により一部断線しており、そこに雷撃を受けて、溶融して断線したのではないかと考えております。ただしこの断線は、先ほど言いました着雷による電氣的な溶解だけではなくて、今までの支持構造によって、ブレードの振動による曲げ疲労で断線する可能性もあつたというふうに今推定しております。ですので、雷だけではなくて、ある程度断線していたものが、ブレード表面に着雷したので、そこで完全にだめを押したというような状況でございます。

同時に、落雷のスパークにより、空気膨張でブレードのリーディングエッジ、トレーディングエッジが開口して、そこに挟み込む構造であつたレセプタが、挟み込みの力もなく、つながっていたライトニングケーブルも断線したことによってレセプタが脱落したと。これは今までのご報告と同じでございます。

それを受けまして、新型レセプタの交換までの安全対策をご報告させていただきます。まず、写真の図2にありますけれども、立ち入り侵入防止ゲートを変更しまして、第三者

の立ち入りを防止する安全対策を行いました。これは前回のワーキングで報告済みでございます。

その次に、右上のフローチャートを見て頂きたいのですが、電力会社発令の五島地区雷警戒運転発令に従いまして風車を停止いたしております。発令解除になった時、再開時に外観点検を実施し、これは旧レセプタの場合も新型レセプタ交換後も同じように継続運用しております。

それから、本年2月に直撃雷検出機を設置いたしまして、その後の運用としては、雷警戒運転発令が出なくとも、雷の直撃を検出した時には風車を自動停止すると。先ほどの雷警戒だと全号停止、それは新型だろうが旧型だろうが全号停止。それから、雷警戒が出なくとも、雷の直撃が出たら自動停止しております。その後、停止した時にはブレードを確認して目視点検を行っております。もし異常が確認されたならば、メーカーさんに判断を仰ぐという運転をやっております。異常がないということを確認してから運転再開ということで今まで運用しております。

それから、本年7月に全号機のライトニングケーブルの導通を確認しております。点検周期としては、ライトニングケーブルは定期点検ごとに、また週点検によって、ブレード全体の目視確認、カメラによる撮影、解析等を行って現在に至っております。

4番目でございますが、新型レセプタの交換の実績と交換スケジュールは、計画に対して実績が早まったり遅くなったりしており、先ほどJ S Wさんのご報告にもありましたが、まずは上五島8台のうちのレセプタ、脱落していたライトニングケーブルが断線していたものを、当初計画よりも早めて換えております。その事が確認されていた1、3、6は本年度中に行っています。それから4号機、5号機と、順番は多少入れかえておりますけれども、早期にレセプタを交換しております。

最後に、残念ながら今7号機だけ実行できておらず、本年の9月に交換予定で、計画からのずれは、同時にピッチベアリングの交換の作業もやっており、6号機の交換が8月の初旬ぐらいで終わってから、7号機のピッチベアリングの交換と同時にレセプタを交換して行き、本年9月には全量交換ということで進んでおります。スケジュールが若干前後しましたが、あと1台というところまで来ております。

図1に示しましたように、風車の直撃雷検出装置を取り付けまして、その後の運用をみております。4月はかなり各号機雷を受けまして、合計としては、この2月のとりつけから約半年で、各号機1～4回ぐらい直撃雷を受けておりますが、基本的には新型レセプタ

でも旧型のレセプタでも、その後のブレードへの異常、レセプタへのライトニングケーブルの断線というのは確認されておられません。ですので、新型レセプタへの交換は9月で終わりますけれども、現状の右上に示すようなフローチャートで安全に運転していきたいと考えております。以上でございます。

○勝呂座長 どうもありがとうございました。

今のご説明について、ご意見、ご質問等ありましたら。

これ、私の記憶だと、前回から順番に脱落後の進捗ということなので、対策そのものとしては、今回の一番最初の議事とほとんど同じであり、J S Wさんからの説明というのを今実行しているということで、特段問題はないと思いますけれども、あと、交換のスケジュールを着々とやって頂きたいということだと思います。

○東芝（柴垣） あと1点の7号機だけ、済みません。ピッチベアリングと同時にやったほうが経済的に有利なので、ちょっとここだけ遅れておりますけれども、9月完了の予定なので、またその時に、終わったら九州の産業保安監督部にご報告したいと思っております。

○勝呂座長 ありがとうございます。では、よろしいですかね。——では、どうもありがとうございました。

それでは、順番をちょっと変えさせて頂いて、日本風力発電協会から、今後の取り組みということで説明をして頂きたいと思えます。風力発電設備の安全管理検査制度に関して、風力発電協会が試行のため、各種の検討をされているとのことで、その報告をお願いしたいと思います。よろしく申し上げます。

○日本風力発電協会（海津） 日本風力発電協会の海津、松信の2名で説明させていただきます。

お手元の資料10-1です。「風力発電設備定期安全管理検査制度の試行について」ということで、シート1枚目のタイトルです。

シート2枚目を見て頂きますと、今年の6月18日、改正電気事業法が公布になり、2年6カ月以内に定期安全管理検査制度が導入されるということになっております。この図面の左側ですけれども、これまで使用前自主検査、使用前安全管理審査・評定、ここまでが今まで風力発電設備のほうで実施してきた検査ですけれども、今後、二重枠のところ、定期事業者検査、その審査・評定というものが加わることになります。

風車に関係する定期事業者検査の位置づけですけれども、事故の原因としては、風車の

メンテナンスが不適切であったもの、設計・製造・材料選定が不適切であったもの、古い基準で設計されており、現段階からみると不適合となっているもの、こういうものがあると思います。

今日ご説明させて頂く検査制度の試行版ですけれども、設置者が実施する風車のメンテナンスにかかわる部分ということについて検討したものでございます。未然に事故を防止していくためには、メンテナンス以外の要因についても対策を検討していく必要があるというふうに考えております。今、赤で説明させて頂いた部分のところの実際のスケジュールを次のページに載せております。

我々は風車検査スキームと呼んでおります。定期安全管理検査制度の試行版ということで、ここで試行版としておりますのは、業界で行っている自主的な取り組みという意味でつけております。スケジュールですけれども、一番上の法制化のスケジュールの所を見て頂きますと、2年後に法が施行になり、その半年前に公布されるということを想定しておりまして、今7月末の段階でこの風車検査スキームを策定してきましたので、会員周知を行いながら、10月からこの自主検査を開始していきたいと考えております。

2-1のところですが、事業者検査を10月から12月頃、それに伴って審査、それを踏まえて改善していき、それを今後、国の方で作成して頂く定期安全管理検査規程に反映して頂ければというふうに考えております。この一番上の文字に書いてあるとおり、定期安全管理検査制度のスムーズな移行を図っていくためには、この様な、実際に運用して課題を抽出していく必要があるという考え方でありまして、

次に、検査スキームの試行版の概要ですけれども、下にありますが、設置者の実施する定期事業者検査、それから、今のところ登録安全審査機関が実施するという方向性が出されておりますが、それを審査するもの、国の実施する評定という流れになりますけれども、これを実際に運用していくためには、そのやり方を定めたこの試行版というところ、黄色の部分ですけれども、方法とか、その具体的なやり方を示した指針とか、審査のやり方を示した手引とか、こういうものが必要となってきますので、それを風力発電協会の方で策定してきたというものでございます。

この定期事業者検査のところを説明したのが次のシートでありまして、シートの5です。ここでは、対象とする部位をどこに着目しているかといいますと、上から4行目のところですが、「公衆の安全に関わる事故（タワー倒壊等の支持物不具合、ロータ過回転、ハブ・ナセル落下、ブレード飛散等、火災）」、こういうものを防止するためにどこを点検

したらいいかというところで、表の右側の部位を抽出しております。

その部位について、左の枠のところですけども、設置者が点検を行い、それを検査の責任者が確認して、場合によっては現場で抜き取り検査をして、それを記録し、保存する。それを検査と我々は考えておりまして、それについて、法定審査6項目に対して審査するという流れになるかと思えます。

その審査の手続きですけども、次のシートに行きますと、設置者の出す申請書に対して、登録安全審査機関が文書審査、実地審査を行い、国が評定を行うというような流れですけども、この試行の期間においては、この審査の部分を風力発電協会、評定のところを、中に設置した委員会で担うということで進めさせて頂きたいと考えております。

一番最後のページは、昨年ですけども、この点検の考え方を一度報告させて頂いておりますので、参考にして頂けたらと思えます。以上で説明を終わります。

○勝呂座長　ありがとうございます。

今の試行について、委員の先生方、ご質問、ご意見等ありましたらお願いをします。どうぞ。

○若尾委員　早稲田大学の若尾でございます。今、実際試行して、その結果を記録して保存するという形で資料に書いてございますけれども、非常に事業者の方が多く、また多様な機種をいろいろ使われているということになると、こういった実際の検査をして記録したものなど、様々な情報をスムーズに事業者の方々が共有できるよう広く周知するような仕組みも大事かと思うのですが、この中ではそういう取り組みというのは考えられているのでしょうか。

○日本風力発電協会(海津)　試行の期間に14カ所ほど検査することにしておりまして、その結果を全部まとめた形で一度集約して、次のステップにというふうに考えておるんですけども。

○若尾委員　今後こういった検査をやった時に、様々な知見がどんどん増えてくるとは思うのですが、そういったものがスムーズに事業者の中で共有されていくような仕組みというのは検討されているのでしょうかという質問です。ただ検査をするだけではなくて、検査結果で得た情報は当然個別では知識として増えるわけですけども、事業者の間でそういったものが広くスムーズに共有されていくと、さらに効率が上がると思います。あるいは検査をするときのノウハウですとか、どんどんブラッシュアップをされていき、検査自体の効率性などがどんどん改善されていくような気がするのですが、そういったところま

で視野に入れて、何か今後検討されていく予定かどうかという質問です。

○日本風力発電協会（海津） 試行の段階では、一度情報を全部集めて、その結果を集約して周知するということまで元々やるつもりでございました。あと、本格的にこういうものが始まったときには、今コメント頂いたことを踏まえて、どういうふうに周知していくかということは今後検討していきたいと思います。

○渡邊電力安全課長 事務局から、この御議論の前提として、資料9でございます。ちょっと見て頂ければと思いますけれども、今、風力協会から試行をやるということで御説明頂きましたが、昨年10月にこのワーキングで、電気事業法の第3弾改正として、これまでは火力だけでしたが、風力発電に定期安全管理検査、審査制度を入れる。定検の対象にする。ということをご了解頂きまして、国会で法律が通りまして、制度設計をしていかなければならないという、今そういう状況になっているということでございます。

資料9の右下の方に、今の火力の定期安全管理検査はどういうことかというのを書いております。これは事業者の検査でございますけれども、それについて、国あるいは登録安全管理審査機関がダブルチェックをするというのが定期安全管理検査制度ということでございます。

裏を見て頂きまして、これについての我々の今後の予定としては、本年6月の公布から2年6カ月以内に施行ということでございますので、先ほど御説明頂いた試行と、さらには我々として、1つ目の○のほうですけれども、海外でどういった国でどういう事を行っているのかと、これもきちんと調査をしまして、その2つを合わせて、この場でもう一度、来年以降、ワーキングで具体的な制度設計をやっていきたいということでございます。その前に風力協会として自主的に取り組んで頂いています。それは自主的な取り組みとして非常に我々としても歓迎ということでございますし、そこから出てくる、実際にこういうことはこれぐらいの負担がかかるのだというような情報につきましても、合理的な検査制度をつくりたいということでございまして、これも非常に役立つ情報になるだろうなと思っております。それを踏まえた上で、きょうは試行について先生方からのアドバイスがあれば頂ければということでございます。

○勝呂座長 今の説明で概要は、バックグラウンドというのはおわかりいただけたと思うのですが、何かご意見等があったらお願いをします。どうぞ。

○石原委員 これは膨大な資料なので、全部わかっていないのですが、今のスライドの5番、その中にナセルに関して、内部でどういった所を見るかがいろいろ書いてあります

が、そういう意味でかなり包括的に書かれているのですが、それを点検のところで全部カバーするような形でやられる予定なのですか。

○日本風力協会（松信） 公衆安全に係る所という観点で抽出しておりまして、お手元に厚い資料がございますでしょうか、具体的には34ページを見て頂きますと、今回我々の方で抽出した部位の一覧表があります。ナセルの所でいきますと、上のボルトナット、動力伝達装置からずっとありまして、公衆安全の確保という観点でいくと、こういう部位を検査する必要があるだろうということで取り上げてあります。飛散の防止という観点でいくと、風車を動かすというだけではなくて、ナセル外部付属品とか、そういうようなものも今入れてありますので、少し項目は多くなっておりませんが、そういう観点で抽出した一覧表がこれでございます。

○石原委員 ありがとうございます。非常に包括的で、過去のいろいろな事故、このワーキングで検討されたものもいろいろ含まれていて、非常によくまとめられたものというふうに感じています。

○勝呂座長 ありがとうございます。今言われましたけれども、ここの事故の報告、回答が結構ありまして、そこで出てきたようなものを今後どうやって防ぐかという観点を含んで実際試行して頂いて、最終的には、先ほどの2年6カ月以内の施行というのにつなげていきたいというふうに思いますので、これからもよろしくご協力をお願いします。

他になければ、この件はよろしいでしょうか。

それでは、今の件はこれで終了ということにして、新規の案件の方に戻らせて頂いて、最初に資料7の稚内市の水道部風力発電施設の説明ということで、これは稚内市より、よろしくをお願いします。

○稚内市（片山） 稚内市水道部、片山でございます。隣は、報告書とりまとめをお手伝い頂きましたイー・アンド・イーソリューションズに加藤と根本でございます。

それでは、稚内市水道部風力発電施設1号機ブレード脱落事故の事故調査報告をさせていただきます。

稚内市水道部風力発電施設の事故概要でございますが、定格出力1,980Kw。2001年4月に運転開始し、風車はヴェスタス社製V47-660でございます。事故は2014年11月3日10時56分ごろに、1号機のブレード3枚のうち1枚が、右図1-3のように脱落、飛散いたしました。

事故状況でございますが、平均風速15.4mで、ほぼ定格出力で運転中に発生したもので、

このとき落雷は発生しておりません。なお、事故発生の10日ほど前に年次点検を行っており、この時にはブレード及びハブについては異常なしという結果となっておりました。

ブレードの落下状況でございますが、風車運転中にブレードが脱落し、飛散したブレードは市道を越え、約55m先に落下しております。ブレードはハブ側ピッチベアリングとブレードを接続するアルミニウムリングの接着部から、右図2-1のように剥離・脱落しております。アルミニウムリング、ブレードベアリングはハブ側へ残った状態でありました。アルミニウムリングに図で示すような亀裂が発生しております。

次に、事故原因の究明でございますが、まず破損状況の確認として、取りつけボルトの軸力・トルクチェック、アルミニウムリングの形状確認、クラック部の観察を行いました。このうち最も重要なクラック面の状況についてご説明いたします。

クラックが最初に発生したと考えられるところでは、クラックはボルト孔の底部から周囲に広がっており、隣接するボルト孔底部につながる形で伸展しているように見受けられます。また、ボルト孔底部を結ぶ形で伸びているクラックは、ところどころに図3-2右のように段差がみられます。

ヴェスタス社による事故調査報告書の評価と検証についてお話をさせていただきます。事故発生後の11月8日に現地調査を実施し、2015年1月12日に報告書を頂いております。ヴェスタス社報告書によれば、事故原因は囲みに示したとおりでございます。

次に、稚内市が立ち上げた事故調査委員会によるヴェスタス社事故調査結果について検証を行った結果をご説明いたします。クラックの発生場所、拡大状況の確認では、クラックが最初に発生した場所をクラックの中央付近と想定し、そこを中心にしてクラックの状況を確認しました。クラックはNo.40からNo.43付近で最初に発生し、これは図3-4の「Edge wise load」とある青線の下側の荷重が大きくなる部分になりますが、両側へ伸展したものと考えられ、こうした傾向はヴェスタス社による解析結果とおおむね一致しております。

ボルト孔底部の形状確認では、図3-5のとおり、ほとんど丸みがないシャープエッジ状になっていることが確認できました。また、接着剤に関しては、ブレード脱落の主要因ではないと判断されました。

超音波探傷検査によるクラック発生状況の確認では、ヴェスタス社では風車のアルミニウムリングにクラックが発生するリスクについて、2010年にTCCにて風車の所有者に通知と、超音波検査による点検の実施を推奨しており、実際に検査も行っております。これ

らの経緯を表3-1に示しております。

また、2011年9月及び事故発生後の2015年1月に実施したUT検査はどうであったか、表3-3に示しましたが、各検査でいずれかのブレードにクラックが検出されており、2015年の検査結果では、保安停止中の2、3号機も、ヴェスタス社基準に従うと、ブレード交換及び風車停止の推奨というカテゴリー6に該当することが判明しました。

風況条件の確認でございますが、風況条件については、乱流強度はやや高いものの、疲労荷重という点から大きな問題はないものと評価できました。

事故原因のまとめでございますが、ブレード脱落の直接的な原因は、アルミニウムリングのボルト孔底部を起点として疲労破壊によるクラックが発生し、長期間の運転によりクラックが拡大したことであり、クラックが発生した理由は、アルミニウムリング製造時のボルト孔底部のフィレット径が過小であったため、これによりアルミ部材の疲労強度を超える局所的な応力が発生したことによるものであります。風車メーカーによると、当該部位の図面をみると、フィレット径については記述がなく、設計段階ではこのような不具合が発生することを想定していなかったとメーカー自身が認めています。

また、実際にボルト孔は図面どおりに作られており、したがって、製造不良であるとは言えない。すなわち事故発生の要因は、繰り返し荷重が明らかに発生する部材にもかかわらずフィレット径を記載しなかったという設計上の配慮が欠けていた、設計上の問題があったことにあると結論づけられます。

再発防止策でございますが、復旧対策は、1号機脱落ブレードは、アルミニウムリングのボルト孔形状をフィレット径が大きい対策品とした中古ブレードへの交換を実施します。1号機の残りのブレード及び2、3号機の各ブレードは、超音波探傷検査によるクラック発生状況の確認及び補修の実施をいたします。

再稼働後の再発防止策は、定期的な超音波探傷検査の実施をします。クラックの発生を検出した場合、アルミニウムリングの補修実施、または点検頻度の見直しを行ってまいります。まとめでございますが、記載のとおりでございます。以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。

今のご説明に関して、質問、ご意見等ありましたらお願いします。――よろしいですか。

どうぞ。では、川田先生お先にどうぞ。

○川田委員 前にも報告あったかもしれませんが、設計のところの問題だということ、そのとおり作られていると。その起点のところはシャープエッジということな

のですが、このあたりの応力解析等はされたのでしょうか。

○イー・アンド・イーソリューションズ（加藤） 応力解析につきましては、メーカー、ヴェスタス社の方でやっております、フィレット径によって劇的に疲労強度がきいてくると。3-3の右図のような形ですと問題ないのですけれども、左側の図のような形ですと非常に危険が大きいというようなことが、TCCとこの概要版の中に書かれておりますが、その報告書の中に記載されております。稚内市で立ち上げた事故調査委員会としては、特に解析は行っておりません。

○川田委員 大きい小さいは何となくわかるのですけれども、それが許容値を超えるような設計になっているかということは確認されたのですか。

○イー・アンド・イーソリューションズ（加藤） それにつきましても、ヴェスタス社の報告書にはFEM解析とグラフの形で示しております、許容値を超えているというような説明になっておりました。

○勝呂座長 では、ほかに。安田さん。

○安田委員 3枚目の右側の表3-1に関するご質問でございますが、注釈のところ、ヴェスタス社が調査を有償にして提案したとございますけれども、これに対して、提案されたにもかかわらずその調査を行わなかった理由をお教えいただけますでしょうか。

○稚内市（片山） 事業者として、当時こういう大きな事故につながるという認識の甘さがあったというのは否認しません。

○安田委員 関連して、表の中で3月23日にヴェスタス社に対して今後のあり方を要請したと書いてありまして、その後回答なしとありますが、要請はどのような手段によって行われて、何回ほどコンタクトをとることを試みたのかも教えて頂けますでしょうか。

○稚内市（片山） これは電話での要請でございます、証拠となる確たるものは今のところ残っておりません。要請はこの時だけです。

○安田委員 わかりました。ここから先はちょっとコメントでございますけれども、一義的にはメーカーの設計不良ということで結論づけられると推測できると思いますが、メーカーのほうも幾つかのシグナルを送っており、調査や方法も提案している最中に起きた事故でございますので、メンテナンスあるいは定期点検の問題というのも非常に大きな要因であると思います。そのあたりを十分に再発防止策に盛り込んで頂いて、一義的にメーカーの不具合だけに帰することのないよう、もちろんメーカーの不具合があってははいけませんし、ほかの事故の事例でもそうですけれども、もし仮にそうであったとしても、メー

カーと多くのコミュニケーションをとりながら、後からでも、チェックができる体制というのをどうするかということのを再発防止策へ盛り込んでいただければと思います。

○稚内市（片山） わかりました。

○勝呂座長 よろしいですか。今の指摘は、多分再発防止策の一番下のところに書いてあるのですけれども、これではまだ弱いという安田委員のご意見ですか。

○安田委員 いえ、再発防止策、これ自体は良いのですけれども、フィロソフィーとして「設計上の配慮が欠けていた。（設計上の問題があった）」という、あたかも設計者だけに問題があったように読み取れますので。これが、メーカーから何のシグナルもなく、何の対策もなければ、これは事業者様としても大変な事故だったなということになりますけれども、今回はそういうケースではございませんので、できる限りメーカーとの連絡をとる。それから、対策が提示された場合にはどうするか。これは御社だけの問題ではなくて、業界全体で水平展開しなければいけない問題ですので、そういうところも含めていろいろご提案を頂ければという思いでございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。

他によろしいですか。それでは、時間も迫っていますので、どうも説明ありがとうございます。

引き続き、資料8のユーラス釜石広域ウインドファーム6号風車ブレード破損の件ということで、ユーラスエナジーさんから説明をお願いします。

○ユーラステクニカルサービス（榊原） ユーラステクニカルサービス、榊原と申します。こちら、三菱重工さんの野村様でございます。よろしくお願いします。

まず資料について、日付が3月31日になっておりますが、これは事故報告を行った日付になっておりまして、同じ資料が弊社のホームページで掲載されておるものですから、それを今回配付させて頂いたものでございます。

まず、サイトの概要ですが、岩手県釜石市にありまして、合計43基ございます。風車については、三菱製の1000Aであり、1,000Kwと250Kwの極数切りかえ方式でございます。

事故概要ですが、発生が2014年の11月15日でございます。12時22分に発生しております。状況としましては、6号風車にて過回転が発生しまして、ブレードが破損したというものでございます。

続いて事故状況ですが、当日、天候については曇り時々雪という状況でありまして、風速は、データによりますと10m/s前後でございましたが、他号機のをみますと、20m/s

程度吹いていたものと想定しております。落雷については、ございませんでした。

事故発生経緯ですが、12時22分に連系変電設備の遮断器がトリップをしまして、そこに繋がっている1～9号の風車全て、負荷遮断状態となりました。本来は、負荷遮断とともに翼のピッチがファインからフェザーに移動して自動停止をするのですが、6号風車のみはピッチがすぐに動作せず、過回転が発生してブレード破損に至ったということでございます。

事故の状況は、図3をご覧頂きたいと思いますが、3翼が折れ曲がり、主桁と外皮が損傷しております。タワーについては、地上から38m付近に接触の傷がみられました。また、ナセルについては、恐らく3翼と想定されますが、それがナセルに当たりまして、左舷前方側面に穴があいた状態になっておりました。これに伴う人身事故、公衆事故等々についてはございませんでした。

図4は、この一連の流れをグラフ化したものでございます。まず1番で、12時22分54秒に停電が発生しまして、それに伴いまして過速度が動作しております。ピッチの動作としましては、停電発生とともに不動作になりましたので、ピッチをフェザリングに示すべく指示は出ておりますが、ピッチの実角の方がすぐに低下しておらず、キープしている関係で過速度となり2番の55秒で過速度の115%を動作しております。これとともに、主軸のブレーキについても動作をしております。続いて3番目、23分5秒におきまして、風車振動大というエラーが出ました。4番目、23分07秒、主軸ブレーキパット磨耗というエラーが発報されました。そして5番、23分9秒ですが、この時点で回転数が最大となりまして、定格回転の288%を記録しております。その後、回転数は減少しました。というのも、ピッチの実角のほうで、6番、23分10秒をもちましてフェザリングのほうに移行を開始しております。7番、23分21秒をもちまして、実角がフェザー位置に戻っております。

以上が事故発生時の時系列でございます。

次のページに移らせて頂きまして、事故原因究明でございますが、まず究明方針としましては、今回の事故の流れを図5のようにフロー化しまして、3点に着目しております。まずは風速計の誤検出がございました。実際、20m/s程度吹いていたと想定されるにもかかわらず、10m/s程度と検出しておりまして、凍結により誤検出が生じていたものと言えます。

その後、フィーダートリップ、負荷遮断となり回転数が上昇するのですが、それはピッチの不動作があったからということで、ここで不具合事象の2番が発生しております。過回転になりブレーキは動作したのですが、本来はブレーキで止める設計でございました。

しかし、ブレーキは動作したにもかかわらず止めることができなかったということで、不具合事象3番が起こっております。

これら3件を、原因究明方針として検討を行ってまいりました。まず、事実関係の整理ということで、翼ピッチ関連になりますが、翼ピッチについては現物の動作確認を行った結果、問題となるような事象は確認できませんでした。また、翼ピッチの部品分解を行いまして、電磁弁やパイロット油圧弁の油圧系統も含めて調査をしたのですが、それに関しても異常となるような不具合はみつきませんでした。

(C) のところでグリスの分析をした結果なのですが、ここで唯一悪い点が確認されまして、通常、グリスの水分含有量は0.1wt%程度であるのに対し、10wt%と非常に多いことが確認されました。

続きまして、右の方に行きまして主軸ブレーキについてですが、まず主軸ブレーキの構造は、図6に示しますように、固定シューと可動シューでブレーキディスクを押しえ込んでとめるような構造になっており、ブレーキリングの左手右の方にこの様なブレーキの装置がついております。この図6のブレーキ構造を90度反転させますと、図7の様な模式図になるのですが、図7の左側、ブレーキディスクというのは回転部分にあり、これを固定シューと可動シューで押しえ込んで止めます。通常、このクリアランスというものを管理値として定期点検で管理して、問題がないかどうかを確認しております。

ただ、このピストンと可動シューの部分には、完全に密着されておらず、すき間が生じることがございます。すき間が生じた場合には、パットクリアランス+可動シュー～ピストンすき間というものも生じてきまして、ピストンストロークが伸びることになります。今回、このような実際伸びるようなすき間があった事が確認されたものですから、それを図8のように実験したところ、このような傾向がみられました。

押しつけ設計値は4.0MPaに対し、下限値は3.32MPaになります。新品の場合、ストロークが基準値の2.5mmであれば、油圧が3.8MPa程度あり全く問題ないのですが、新品であってもストロークが4.5mmを超えてくると、下限値を下回ってブレーキがきかなくなるということがわかります。今回6号機について調べたところ、ストローク基準値2.5mmでは下限よりも上回って3.5MPaを示しておりますけれども、ストロークが3.5MPaを超えるあたりからは押しつけ力が下限値を下回り、ブレーキがきかないということが示されております。

3ページに移り、ブレーキパットのクリアランスについて、8号機で調べた結果を示しております。まず、8号機については定期点検を1月30日に行っておりますが、合計する

と、1番にありますようにストロークは2.5mmで、基準値どおりでありました。ただし今回の事故を受けまして、また新たに調整・確認したところ、4番に示すように2.5mmを逸脱しておりまして、3.4～3.6mmという計測結果が出ております。

また、ピストンストロークについて計測しますと4.5mmということになりまして、これだとブレーキがきかなかつた可能性もあるのではないかとということが示唆されております。

以上をまとめますと、(翼ピッチ不動作の原因につきましては、グリス中の水分量が異常に多いために、通常よりもグリスのちょう度は低下しておりました。さらに、外気温がマイナスの状況で一定時間固定されていたために、翼ピッチが固着して磨耗定数が大きくなって、的確に迅速に動かなかつた可能性が考えられます。

次に主軸ブレーキ制動不良の原因ですが、パットクリアランスの調整誤差によりまして、ピストンストロークが基準値以上となっていたために、制動力が低下していた可能性があるといえます。

4-3は、三菱さんのセーフティーコンセプトであります。このコンセプトにおいてGL認証をとっており、過回転の場合、最後の手段としまして主軸ブレーキで止めると位置づけられております。

また、それについてシミュレーションを行った結果を図10に示しておりますが、ピストンストロークが3.5mm程度あれば、過回転が起こっても止まりにいくのですが、③のストローク4.1mmになりますと、その辺がだんだん微妙になってきてまして、4.5mmになりますと過回転が生じてしまうということが数値解析上も示されました。

以上をまとめますと、今回の事故というのは、風速計の誤検出とピッチ不動作と主軸ブレーキの制動不良の3つが重なったために起こった事象といえます。

三菱さんのセーフティーコンセプトにありますように、風速計の誤検出とピッチ不動作がもし生じたとしても、ブレーキが正常に機能していれば止めることはできたと考えられますので、主軸ブレーキの制動不良が直接的原因と考えております。

今後の再発防止対策としましては、主軸ブレーキ機能の担保がまず第一であるということで、パットクリアランスを調整するために、治具を新たに作り直しました。従来はシックネスゲージ、厚さが1cmであり、それで行っていたのですが、それだと十分にクリアランス調整ができないため、新たに15mm程度の幅のある特殊の治具を作り、実際にブレーキを動作させるような状態で調整を行うことにしております。

また、ピッチ固着につきましては、グリスの水分量管理はこれまでできていなかったの

ですが、今後、半年に1回採取をして水分管理を行いまして、管理値を超えた場合にはグリス給脂とオイルシール交換を行いたいと思っております。

また、本文中では余り触れておりませんでした。風速計の凍結等による誤検出については、ソフトウェアを導入しまして、万が一凍結が起こった場合には、風速から制御させるモードではなく、出力によって制御させるようなモードに切りかえるものを導入しております。

説明は以上でございます。

○勝呂座長 説明ありがとうございました。

今のご説明に対して、コメント、ご質問等があったらお願いします。——よろしいですか。どうぞ。

○奥田オブザーバー 国総研の奥田ですが、3年ぐらい前に三重県でこういう過回転の事案があったと思うのですが、そのときはナセルとタワーを繋結するボルトが剪断で破断してという破壊事故だったと思うのですが、今回の場合というのは、ボルトについてはそういう損傷とかはなかったと考えていいのでしょうか。

○ユーラステクニカルサービス（榎原） タワー等のボルトについては、損傷はなく、緩みについても特にみられませんでした。実は弊社、昔、別の発電所なのですが、過回転の事故を起こしておりまして、タワー倒壊までしました。その反省を踏まえて、基礎の補強工事を行ってまいりました。この釜石も行ってまいりましたことから、今回はタワーのほうには特に影響なかったと思っております。

○奥田オブザーバー ありがとうございます。できればそういうポイントも記載しておいて頂ければと思います。

○勝呂座長 今の奥田さんの指摘は、三重県の笠取山、あの時はナセルとタワーのつなぎの所のボルトが切れてナセルが落ちていましたけれども、これは同じような翼が衝突した事故だけれども、そこは大丈夫だったということで、そのところをきちんと記載する様にといいことですね。ありがとうございます。

他によろしいですか。——それでは、もうご質問もないので、これにて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。

それでは、この件をもちまして今日予定した部分は全部終了ということになりますので、事務局をお願いします。

○渡邊電力安全課長 それでは、私の方から事務的な事項についてご連絡させていただ

きます。

本日は、たくさんの審議、大変ありがとうございました。1点、資料9の表ですけれども、平成27年6月18日に第3弾改正について公布と書いてありますが、これは間違っております。申しわけございません。27年6月17日に成立で、24日に公布ということでございました。大変失礼いたしました。

今回のワーキングでございますけれども、別途調整をさせて頂ければというふうに思っております。また、今回の議事録につきましては、後日、ホームページに掲載いたします。

○三木審議官 審議官をしております三木でございます。本日も活発なご審議を頂きまして、誠にありがとうございます。

ちょっと時間を超過いたしまして誠に申しわけございません。慌ただしくなりまして、ちょっと議題を盛り込み過ぎた感じもございまして、一部議題も順番を変えたりしまして大変ご迷惑をおかけしました。

本ワーキンググループは、こういうふうに個別の事故事案について、専門家の皆様からいろいろご意見を頂戴するという事は非常に意義があると思っております。これだけ丁寧に事故原因の分析、再発防止対策ということを議論頂いておりますので、メーカー、事業者にとっても一つのプレッシャーになりますし、こういうふうにワーキングで議論しておりますので、関係者にとって水平展開できるという意味において非常に重要であると思っております。こういう過去の経験を踏まえて様々な対策がとられ、風力発電の安全が進んできているのだらうと思っております。

加えまして、このワーキングの成果として、これも昨年からご議論頂きましたけれども、技術基準、風力発電の解釈の改正をいたしまして、冬季雷の対策ということで今年の2月に成立をいたしまして、ハード面の対策をいたしたところでございます。

加えまして、やはりハード面の対策だけではなくて、こういう動的な構造体でございますのでメンテナンスも大事だということでございまして、これも先ほどご説明しましたとおり、今回の電事法改正の中で、風力発電の定期検査の義務づけということが実現できましたので、適切なメンテナンスを図って頂くということに向けまして、今日も風力発電協会からご説明頂きましたけれども、法施行に向けてどういうふうに法定で求めていくか、自主的にやってくかということも整備をしまいたいと思います。引き続き、今後ともご指導のほどよろしく願いいたします。どうもありがとうございました。

○勝呂座長 本日は、皆様の活発なご議論、ありがとうございます。以上をもちまして

終了としたいと思います。どうもありがとうございました。

——了——