

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26回）－議事内容

（令和3年3月3日（水）15：00～17：00 Skype開催）

○事務局（大神） 定刻となりましたので、第26回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始したいと思います。私、事務局の電力安全課課長補佐の大神と申します。

本日は、前回に引き続き、諸般の事情によりS k y p e開催となりました。委員の皆様方におかれましては、御多用の中、御出席をいただき、ありがとうございます。御不便をおかけいたしますが、どうかよろしく願いいたします。

本日は、11名中9名の委員に御出席をいただいております、ワーキングの定足数を満たしております。

また、オブザーバーとして、日本風力発電協会の柴田技術部長、日本小形風力発電協会の久保理事長、太陽光発電協会の鈴木事務局長、住宅生産団体連合会の伊賀川調査部長に御出席いただいております。

続きまして、資料の確認をいたしたいと思います。本日は、こちら（資料一覧）にありますように、3つの議題について、以下のような資料を御用意しております。資料につきましてはS k y p eの画面上に投影いたします。審議の途中で資料が見られない等の通信の不具合が生じた場合は、お手数ですが、S k y p eのコメント欄を活用し、お知らせください。

それでは、以下の進行を前田座長をお願いいたします。前田座長、よろしく願いいたします。

○前田座長 皆様、お忙しい中、御参加いただきまして、ありがとうございます。それでは、早速議事に入らせていただきたいと思います。本日の議題としましては、1つ目が山的山大島風力発電所のブレード折損事故に関する報告について、2つ目がユーラス西目ウインドファームの風車火災事故に関する報告についてというものです。この2つについて皆様に御審議いただきたいと思います。その後、3つ目の東伯風力発電所事故のその後の状況についてというのは報告でして、日本風力発電協会と事務局から御報告いただくという予定になっております。

説明をしていただく事業者の皆様におかれましては、時間が限られておりますので、簡潔にお願いいたします。

それでは、議事の(1)に入りたいと思います。的山大島風力発電所のブレード折損事故について、資料1を用いまして、株式会社の山大島風力発電所より、スライド投影の準備ができ次第、説明を始めていただきたいと思います。よろしく申し上げます。

○説明者（矢野） 的山大島風力発電所の矢野でございます。

本日は、貴重なお時間ありがとうございます。この場をお借りしまして、改めまして、御心配と御迷惑をおかけしておりますこと、おわび申し上げます。

今回も出席させていただいておりますのは、的山大島風力発電所から、私、矢野、それから金江、岡田の3名に加えまして、本日はベスタスジャパンさんから杉山様にも御同席いただいておりますので、よろしくご挨拶申し上げます。

前回報告では原因分析までとしておりましたが、今回は再発防止策までを加えましての御報告とさせていただきます。

それでは、弊社・金江から御説明に入らせていただきます。よろしくご挨拶いたします。

○説明者（金江） 的山大島風力発電所の金江です。

それでは、お手元の資料、または画面の表示する資料1に基づきまして御説明させていただきます。

めぐりまして、2 ページ目、目次でございますが、本日の御報告の内容としましては、まず風力発電所の概要、その次に事故の概要説明、その後に前回の審議時にいただきおりました質問事項に対する御回答、また前回御報告後に行った原因分析についての御説明と前回の報告内容との比較の御説明、その後にヨーウォームギアの構造についての御説明と、事故機のクラッチ板についての御説明、またヨーウォームギアクラッチ板のSEM観察結果の御説明となります。その後に事故原因分析、事故原因のまとめを行った上で、最後になりますが、再発防止対策の御説明となります。

めぐっていただいて、3 ページ目です。的山大島風力発電所の概要ですが、長崎県平戸市の離島に、ベスタス社製のV80-2.0MW機を16台設置しております。運転開始時期は2007年の3月。風車のクラスとしましては、IECクラスのIA。設計最大風速が50m/sとなっております。

続きまして、4 ページ目です。事故の概要となります。

台風9号のときに関しましては、2020年9月2日から9月3日未明にかけ、的山大島の

西側を通過した台風 9 号により、8 号風車でブレードが 3 枚、13 号風車でブレードが 1 枚、16 号風車でブレード 2 枚が破損しております。

台風 10 号時に関しましては、台風 9 号が通過した直後の 2020 年 9 月 6 日から 9 月 7 日早朝にかけて、的山大島の西側を通過しております。この際に 7 号風車のブレードが 1 枚破損しております。

この 7 号風車に関しましては、台風が来る以前からギアボックスの修理を行うために保安停止中でありました。台風 9 号の通過時にはブレードの破損は確認できておりませんが、台風 9 号が通過中に発生した故障によりヨーイングができない状態で台風 10 号を迎えております。この台風 10 号の通過後の確認で、この 7 号風車をはじめ、8 号風車、13 号風車、16 号風車に関しては、台風 9 号で受けたブレードの損傷が拡大しております。

続きまして、5 ページ目。5 ページ目からは、前回の御審議の際にいただいた質問事項に対する回答となります。

まず、風向風速計に関する質問への回答でございます。

1 つ目の御質問についてですが、Error on all wind sensors のエラーが発生時に、風向風速計が出力している信号について御説明となります。

まず、この風向風速計のエラーについてですが、3 つのパターンがあるとの回答を得ておりました。1 つ目が、センサーと風車コントローラーの間の通信が断絶した場合に発生。2 つ目が、センサー自体が故障した場合に発生します。3 つ目ですが、センサーに異物が付着した場合、または汚損があつて、測定値に変化がなくなった場合。この 3 つのパターンでエラーの発生が考えられるということでした。

まず、1 つ目の風車とセンサー間の通信が途絶えた場合についてですが、これは接続されるケーブルの断線や接続コネクタの接触不良等が原因と考えられます。この場合ですと、もっと頻繁にエラーが出る、またはエラーが継続するはずでございます。

2 つ目のセンサー自体が故障した場合についても、自動復旧は行われず、エラーがずっと出た状態が継続されると考えております。

今回のエラーに関しましては、センサーの故障がないこと、またエラーから自動で復旧していることにより、一時的な要因と考えられ、③番のセンサーへの異物付着または汚損によるエラーであると考えられます。

2 つ目の御質問ですが、測定範囲がゼロから 50m/s の風向風速計をクラス I A 機種に取り付けている理由についてです。

こちらにつきましては、ナセルに搭載された風向風速計はカットアウト風速である25m/s に到達するまでの範囲で風車を制御することが目的ということで御回答をいただきました。メーカーからは、発電時の風車の制御のための機器との回答ですが、今回の事故の内容を踏まえ、事業者としましては、計測範囲ゼロから75m/sの範囲が計測可能な風速計を導入することを開発方針として盛り込んでおります。

次の6ページ目。3つ目の御質問です。最大瞬間風速51.9m/sと10分平均風速48.8m/sの差が小さ過ぎるのではないかと。また、設置していた50m/sまでしか計測できない風向風速計で風速が50m/sを超えたときの計測データはどのように記録されるのか。その場合の10分平均風速はどのように算出されるかについての御説明となります。

まず、実際の風速が60m/sだった場合、センサーから送信される計測データは51.9m/s。こちらについては風速計の測定精度であるプラスマイナス4%の上振の上限値となります。風速50m/sを超えた場合の10分平均風速は実際の平均風速より低い値となります。

まず、風向風速計の計測データについては、エラー発生時以外は記録として残っており、台風9号時に記録されております10分平均値48.8m/sに関しては、前回御指摘のあった突風率で1.5倍すると、瞬間風速は73m/sを超えていた可能性があります。この場合でも計測データは51.9m/sと記録されるため、10分平均風速の計算は実際の値よりも低い数値となっております。

計測データのイメージを下のグラフで御用意しております。この計測データイメージについてですが、青い線が実際の風速、オレンジの線が計測値として記録される値として、風車に残っている値となります。風速51.9m/sを超える部分に関しては、計測値としては51.9m/sと記録されます。赤い網かけの部分が全てはみ出ている部分として、オレンジの線の計測値として51.9m/sの値で風車としては認識されております。このため、赤色の網かけ部分に関しては平均風速の計算には考慮されておりません。このため、風車の10分平均風速値は記録された計測値より算出されるため、実際の平均風速よりも低い値となることとお分かりいただけたらと思います。

御質問の中にあつた風向の計測につきましては、風速が50m/sを超えた状況下でも計測が可能であることをメーカーに確認しております。

続きまして、7ページ。ヨーイングに関する御質問への回答となります。

今回のヨーウォームギアクラッチ板の破損について、適切な点検が行われている状態で、10分平均風速が50m/s以下であれば、風向に対しナセルが正対しない状態でもクラッチ板

が破損することなく、ナセルが風向に対し追従可能であったのかということでしたが、メーカーに確認したところ、適切な点検が行われている限り、10分平均風速50m/s以下であれば追従可能であるという回答でした。ヨー追従速度は1分間に29.7度であり、健全機については今回の台風の風向変化への追従に問題はありませんでした。

これについては29.7m/s度だから大丈夫というわけではなく、健全機では今回の台風の風向変動に対する追従動作については問題が生じなかったという意味でございます。健全機の中でも風向が特に大きく変動した2号風車、3号風車のデータをグラフとして下に2つほど示しております。

2号風車の場合ですと風向変動幅は10分間で67.4度、3号風車の場合では10分間で68.8度の風向変動がありました。このグラフで分かるように、健全機については10分間で70度近い台風の風向変化でもヨーの追従動作には問題が生じていないことがお分かりいただけます。

繰り返すようですが、こちらについてはヨー追従速度が1分間に29.7度だから健全機は大丈夫でしたというわけではございません。健全機では今回の台風の風向変動においてはこの追従速度で問題が生じていなかったということでございます。

続きまして、8ページ目。風車制御に関する質問への回答となります。

台風における強風下でエラーが出た後、60秒間制御が停止したとのことであるが、エラー解消後、60秒後に再スタートなるが、この60秒に設定されている理由は何かという点についてです。センサーはエラーが解消すると、風車は60秒後に自動で再起動します。同一内容のエラーが60分間に4回発生した場合、風車の再起動には機器の確認のため手動介入が必要な状態となります。

この手動介入についての御説明なのですが、センサー等の機器の故障が可能性として疑われる場合、現場での確認を実施した後の現場でのリセット、現場での再起動の操作が必要となるということを意味しております。60秒間の設定時間を短くすると、自動での再起動が妨げられる可能性が高まるため、メーカーとしては60秒を設定しているということでした。この60秒間の設定を短くした場合、短時間で複数回発生するエラーにより自動での再起動が妨げられる可能性が高まります。自動での再起動が妨げられた場合、手動介入が必要なため、結果として風車が制御できなくなる時間が長くなるということになります。そのため60秒間の設定については、多くの風力発電設備におけるベスタス社の経験値から最適とされているとメーカーからの回答を得ております。

この 60 秒後の再起動については、風車が制御できない危険な状態を回避する目的があり、短縮は推奨しない旨の回答であるため、事業者として、風向風速計の二重化により冗長性を持たせ、エラーそのものを発生させない対策を取ることを考えております。この二重化により、一方が計測不能となっても他方が計測を継続し、エラーを発生させない。たとえ 2 台のうち 1 台が計測不能な状態になったとしても、1 台が計測可能であれば風車のコントローラーは制御の継続が可能であるということがお分かりいただけるのではないかと思います。

二重化する風向風速計については、ベスタス社の V80 に標準で採用されている F T テクノロジー社製の製品を予定しており、二重化することにつきましてはメーカーに確認を取っております。取り付ける位置はナセルの後方の、画像に示す赤い破線の丸で囲ってある部分に 2 台目を増設するというを考えております。

続きまして、9 ページ目です。風車の安全裕度に関する御質問への回答となります。

当時の I E C の規格では横風に耐えられるものではなかったのではないかと。また、風車はどの程度余裕を持った設計となっているのかについてですが、ヨーイング機能が正常な状態での耐風速は、10 分間の平均で 50m/s、風向変動幅はプラスマイナス 15 度での安全裕度は 1.35、風向変動幅が 15 度から 345 度までの間であれば安全裕度は 1.1 でありました。また、ヨーイング機能を失った状態での耐風速については、10 分平均で 45m/s というのがメーカーからの回答でした。このとおり、ヨーイングの機能を失った状態での耐風速は 10 分平均で 45m/s であり、そのためにブレードが破損した可能性が高いと考えられております。

続きまして、10 ページ目、設置時の想定風速、また建築基準法の設計風速はどうなっていたのかについての御説明となります。

まず、風車建設前に行われた 2001 年 7 月から 2003 年 7 月までの 2 年間の気象観測ポールの観測データを基にして、44m/s という想定風速を設定しております。こちらについてはベスタスさんのほうで算出された数字となっておりますが、暴風時の想定風速として 44m/s というのが算出されておりました。

左の表になりますが、建築確認申請時の当時の長崎県平戸市の基準風速は 10 分平均で 34m/s であり、建築申請に関しましてはこの数値を基に行われております。左の表は建築確認申請時の書類の抜粋となっております。

11 ページ目になりますが、クラッチ板に関する質問への回答です。

事故機以外のヨーギアは大丈夫だったのかということについてですが、健全機より取り外したヨーギアのクラッチ板には顕著な摩耗は見られず、問題は見られませんでした。他の全ての健全機についても、事故後に実施した風車の1年点検においてクラッチ板の確認を行いました。異常はありませんでした。

図の中に未使用品と健全機より取り外したクラッチ板の比較、その下に健全機と事故機より取り外したクラッチ板の比較を行っております。未使用品と健全機のクラッチ板を比較すると、摺動による表面の光沢は見られますが、クラッチ板表面の異常な摩耗等は見られません。健全機と事故機のクラッチ板の比較では、事故機については取り外したクラッチ板は表面が摩耗し破損しております。表面の金属コーティングが剥がれており、また8か所の歯が欠けていることがこの画像からお分かりいただけると思います。

続きまして、12ページ目。前回の御報告後に行った原因分析についての御説明となっておりますが、事故機を除く健全機の全ての風車において、台風時の風向変化でのナセル追従動作に問題はありません。健全機の中でも風向が特に大きく変動した2号風車、3号風車と、事故機の風向変動のデータの比較を下に示しております。

いずれも風速に関しては50m/sに近い状態で風向が急激に変化しておりますが、健全機でのヨーの制御に問題は見受けられず、事故機だけ風向の変化や強風が特別厳しい条件であったと言えるものではないということがこのグラフからお分かりいただけるのではないかと思います。

まず、2号風車、3号風車が健全機でありまして、風向変動幅は、2号風車では10分間で67.4度、3号風車では10分間で68.8度となっております。

また、その下に表示しております8号風車、13号風車は事故機でございますが、8号風車では10分間の風向変動は47度、13号機では10分間で74.3度ということでございます。

次の13ページ目ですが、前回の御報告後の原因分析についての続きでございます。前回、風向風速計のエラーが原因の可能性が高いと考えておりましたが、他の原因がないかの調査を行いました。

①番、事故機である8号風車、13号風車では、エラー発生の時刻の前に風向変化へのナセル追従動作に差異が発生しております。こちらについては、20時40分の時点でナセルと風向との差異が33.7度発生しておりますが、風向計のセンサーエラーの発生は20時41分50秒であり、ナセルの差異が発生した後にエラーが発生しているということでございます。

ます。また、13号風車に関しては、22時ちょうどの時点でナセルと風向との差がほとんどありません。22時10分の時点でナセルと風向の差異が29.7度発生しており、本来であれば、ここでナセルが風向に対して追従する動作をしているはずですが、赤い枠で囲ってありますが、ここでの追従ができておりません。さらに言うと、13号機の場合、風向風速計のエラーはこの後の22時31分31秒に発生しております。

②番、16号風車では、風向風速計のエラーそのものが発生していない状態でナセル追従動作に異常が発生しております。これも赤い枠で囲ってありますが、風向風速センサーのエラーは発生しておりません。

この①、②より、ナセル追従の異常発生については風向風速計のエラーに起因しておらず、ナセル追従動作の異常についてはヨーイング動作そのものに異常が発生した可能性が高いと判断しております。

続きまして、14ページ目。前回の報告内容との比較についてです。

前回の審議後に行ったクラッチ板の分析結果や原因究明の進捗より、風向風速計のエラー発生以前にナセル方向の追従動作の異常が判明したことから、前回の審議と今回の審議内容とで変更を行っております。

前回の審議時には、風向風速計のエラーが発生したことにより、2番目にある風向の変化にナセルが追従しようとしてヨーウォームギアの破損に至り、ヨーイングに異常が発生し、横方向または後方からの強風によりブレードが破損したという報告でございました。

今回の報告内容につきましては、その後の分析より、1番目が、風向の変化にナセルが追従しようとしておりました。このときにヨーウォームギアの破損によりヨーイングに異常が発生したことで破損に至ったのですが、その後に風向風速計のエラーが発生しております。最後に、横方向または後方からの強風によりブレードが破損した。このように分析しております。

15ページ目からはヨーウォームギアの構造についての御説明ですが、前回より、ヨーウォームギアの動きに対して、構造がどうなのかとか、そういった御理解がいただけていなかったのではないかと思いますので、イメージ図を用意して御説明させていただきます。

ヨーウォームギアのイメージ図なのですが、まず、ヨーモーターの回転をウォームギアを使って、ホイールギアを経て、ホイールギアの回転をヨーギアに伝えるというところで、クラッチ板がその間に入っているという状態です。クラッチ板の役割としましては、クラッチ板は風車（ギア）への過大な応力に対し、ヨーギア等を保護する役割があり



ます。クラッチ板を重ね合わせ、その摩擦力によりヨーモーターの駆動をヨーギアへと伝える。ギアにクラッチ板の摩擦力を上回る過大な応力が加わると、クラッチ板が滑り、ヨーギアやその他モーターの破損を防ぐといった動作をすることがクラッチ板の役割となっております。

次の16ページ目、事故機のクラッチ板についての御説明となります。

まず、クラッチ板の破損品は、事故機より取り外しておりますが、本来であればこのオレンジ色の部分で表示しているように、正常な状態であれば8本の歯がありますが、これが欠けた状態となっております。真ん中に欠けた歯の拡大図がございますが、破面の確認方向につきましては、緑色の矢印で表示してある方向からの観察を行っております。

一番右の画像ですが、欠けた歯の破面の画像でございます。

まず、事故機のクラッチ板に関しては、歯の破面に関しては顕著な塑性変形は見られません。また、破面の腐食の痕跡もございませんでした。摺動面につきましては、金属コーティングが摩耗し剥離しております。

事故機から取り外したクラッチ板は、表面の金属コーティングが摩耗し剥離している。クラッチ板が滑るだけでなく、クラッチ板同士が固着した状態、または滑り機能が低下した状態で、本来であればクラッチ板が滑る以上の応力がクラッチ板の歯に加わり、歯が欠けたと推測しております。

続きまして、17ページ目、ヨーウォームギアのクラッチ板のSEM観察結果でございます。

非破壊検査を行っている専門の会社に破損したクラッチ板の破面のSEM観察を依頼いたしました。まず、破面の全域に延性破壊を示すディンプル模様が見られる。また、ディンプル模様については伸長形ディンプルを呈しているとの報告をいただいております。

ちょっと分かりにくくて申し訳ないのですが、平滑面と呼ばれる部分に関しては引き裂き応力、下側の斜面側の位置に関しては剪断応力による延性破壊と考えられるということでした。ディンプル模様については、画像の下側から上側に流れており、亀裂の伝播方向についても、赤い矢印で示しているとおり、画像の下側から上側に流れていると考えられるとの報告でございました。この観察より、クラッチ板の歯に強い応力が加わったものと推測されるということがお分かりいただけると思います。

18ページ目、ヨーウォームギアのクラッチ板のSEM観察結果についてですが、クラッチ板の代表破面の破壊形態の確認より、クラッチ板の破面については延性破壊と見られる

様相が確認されました。また、摺動面の傷の状態より、摩擦によるクラッチ板同士の固着、または動性鈍化が考えられるとのことでした。このことより、歯の破断は鋼材の降伏点を超える外部応力が作用したものと考えられるという結果となっております。

クラッチ板のSEM観察より、破面の腐食がないこと、破面は延性破壊であること、クラッチ板表面の傷の状態から、クラッチ板摺動面が摩擦による固着や動性鈍化したことが考えられるとの調査結果を得たことから、クラッチ板の滑り機能が低下し、過大な力が加わったことでクラッチ板の歯が欠けたと推測しております。

続きまして、19 ページ目、事故原因の分析についてです。

前回は要因とその考えられる原因とを並べた表として表しておりましたが、今回この事故原因分析を行うに当たり、詳細に分析を行い、確認、調査した内容を分かりやすくツリー状にまとめてみました。ブレード破損の事象に対し、要因を大きく分け分析しております。大項目として、設計、製造、環境、制御、エラー、点検、補修、こういった要因に分けております。確認した調査結果についてですが、事故の原因となったと考えられるものに関して、赤い文字で表示しております。

まず、環境についてですが、風況異常があったのではないかという部分に関しては、設計耐風速を超えたと考えられる風が吹いたということでございます。50m/s を超えた際の風向風速計の挙動、あとはその記録の方法がメーカーより御提示いただいております。その内容を基に、風向風速計が測り切れなかった部分で、ヨーの機能喪失時の45m/sの10分平均風速を超えていたということが分かりましたので、原因としては可能性がないということで、判定としてはバツ印をつけております。

次に、制御の要因でございますが、ヨー制御の部分に関して、ヨー制御に問題はなかったかと書きましたが、事故機に関しては、台風の強風による風向変化等でナセル追従に異常が生じたことがありましたので、こちらについても判定としては可能性がないということでバツ印にしております。

制御についてまた、ピッチ制御についてですが、ブレードピッチ制御に問題はなかったかということについてですが、事故機に関しては、ピッチはフェザリング状態ではございましたが、強風を受けてピッチシリンダが破損しておりました。ただ、この破損につきましては直接の要因ではないと考えておりますので、可能性としては小さいと考えており、判定としては三角としております。

次の要因として、エラーに関してですが、台風時のエラーの履歴を確認しております。

事故機に関しては、台風通過時に風向風速計やピッチ角にエラーが発生しておりますが、そのどちらのエラーについても、ナセル追従に異常が生じた後の発生、またはエラー自体が発生していないため、エラーが起因してブレード破損に至ったものではないと考えております。そのため、判定としては可能性が少、三角にしております。

項目、要因として、点検の中で、点検記録について確認したところ、事故機に関しては、点検内容は健全機と同じ内容の点検を行ってございましたが、今年度の風車の1年点検については未着手の状態であり、事故前の動作に関しては問題がございましたが、事故後に行ったヨーウォームギアの点検で内部クラッチ板に破損が多数見受けられたことから、可能性がないということでバツ印としております。

最後になりますが、補修のヨーシステム。故障や異常の際は風車を直ちに保安停止させ、部品交換、修理等の補修作業を行い健全性を確認しておりますが、ヨー動作で特に異常がなければ内部のクラッチ板の確認は行っていないということで、可能性としては小さいと思っております、三角にしております。

最後、20 ページ。事故原因のまとめについてです。

ブレードの破損に至るまでの流れを図として表してみました。まず、クラッチ板、摩耗の進行、固着または動性鈍化により、暴風下でのヨーイングの際にクラッチ板が破損してしまったため、それにより、結果としてナセルが風向に追従できなくなるという状態が発生いたしました。ヨーイングができない状態で、設計風速を超えたと思われる45m/s以上の横風を受けたために、最終的にブレードが破損に至った。こういう流れを考えております。

事故発生後、風車全号機のクラッチ板の調査を行ったところ、事故機に関しては、クラッチ板が摩耗し破損してございました。また、健全機については、クラッチ板の摩耗は軽微でございました。

結論として、事故機については台風襲来の時点でクラッチ板の異常が発生しており、クラッチ板同士の固着により、滑り機能が低下した状態でヨーイングをしたことで、クラッチ板の歯に強い力が加わり破損した。その結果として、クラッチ板破損によりヨーイングができなくなり、耐風速である45m/sを超えた強い横風を受けて、最終的にはブレードが破損したという結論となりました。

最後ですが、再発防止対策についてです。事故発生の状況を踏まえ、下記の対策を全号機に実施します。

1 番目としては、CM/S、コンディションモニタリングシステムの導入です。ヨー動作時の異常振動、ヨーモーターの負荷電流変化等の常時モニタリングを可能とするCM/Sを導入します。異常振動、電流負荷変動を常時監視することで、クラッチ板の状態を把握し、余寿命管理を含め、異常の早期発見、早期解決を図ります。

こちらについては、クラッチ板がトルクリミッターとして動作する際のヨーモーターの負荷電流と通常動作時の負荷の状態を比較することで、現状では把握できていないトルクリミッターの動作回数を把握します。また、トルクリミッターの動作回数とクラッチ板の摩耗の相関関係については、定期検査時にウォームギアを分解し、目視による点検を行って、その回数と摩耗の関係に対するデータの追跡を行い、その精度を高めたm/sいと考えております。

現状では、壊れたら交換、または点検時に調整範囲を外れたら交換ということですが、CM/S 導入により異常の動向を把握し、早期に発見、対応を取ることで、事故の再発防止につながると考えております。

2 つ目ですが、耐候性の高い風向風速計への変更及び二重化の実施をいたします。現状の計測範囲、ゼロから 50 のものをゼロから 75 の機種に変更します。また、風向風速計を 2 台取り付け、二重化による冗長性を確保します。二重化により、エラー発生による停止状態を生じさせない対策を取ることで、2 台の風速計を取り付ける点についてですが、風速計のエラー発生時に生じる再起動の 60 秒の設定を短くすることができないため、それに代わる対策として、メーカーさんとも相談の上、現行機種で採用されている制御方式を V80 に取り付けることが可能と分かりましたので、この採用となりました。

また、風向風速計のエラー発生が直接の原因ではないと考えておりますが、エラーの発生が被害を拡大させたということに関しては否めないと思っておりますので、この二重化については十分効果があると考えております。

また、繰り返しになりますが、ゼロから 75m/s への対応と、耐候性の高いセンサーの交換に加え、二重化をすることでエラー発生を抑止し、風車をより安全に制御できる可能性が高まると考えております。

以上で御報告を終了させていただきます。ありがとうございました。

○前田座長　　ありがとうございました。前回の会議で委員の皆様からいただいた御指摘に対する回答と、再発防止策に関する内容でございました。

それでは、委員の皆様から御意見、御質問を承りますので、コメント欄に発言希望の旨

の御記入をお願いします。順に指名させていただきますので、御指名があるまでは音声はミュートのままでお願いいたします。それでは、石原委員、お願いいたします。

○石原委員 よろしいですか。聞こえますか。

○前田座長 はい、聞こえております。お願いします。

○石原委員 いろいろ検討していただけて、前よりは随分明確になったことがたくさんあります。ただ、最後、この2つについて、再発防止を論じる際に最も重要なのは、事故原因の特定というか解明ということがなければ、再発防止の対策が結果的に機能しない可能性がある。したがって、この2つの再発防止対策についてまず伺いたいのです。

2番目の風速計です。今度、耐風速の高いゼロから75m/sまで計測できる風速計を2台設置して、耐風性を高めると。多分、耐候性というのは耐風性ですよね。耐風性の高い風速計へ替えるということが再発防止対策と考えられているのですが、そもそも今日、この風速計がゼロから50m/sになっているから、今回の事故が発生したことではないという資料を説明されていて、そのように理解しているのはよろしいですか。まず第1点目。

○説明者（金江） まず、ゼロから50 m/sにつきましては、直接の原因ではないと考えておりますが、エラーが発生したことによって被害が拡大したことは否めないと認識しております。

○石原委員 それは別の話で、まず、拡大するかどうかの以前の問題。ゼロから50m/sの風速計によって今回の事故が発生したということではないと私は認識しているのです。

○説明者（金江） そうです。おっしゃるとおりです。

○石原委員 だから、そこはちゃんと明確にしないと。曖昧にして、次の拡大がどうだこうだという話をする前に、まずここは原因ではないということでもよろしいですか。でないとこの議論が、今日の説明が全部ひっくり返されてしまいます。

○説明者（金江） そのとおりです。

○石原委員 よろしいですね。だから、ゼロから50m/sの風速計が原因ではないということ。したがって、風速計を替えることによって再発防止にはならない。やったほうが良いと思いますが、替えることによって再発防止にはならないのではないかというのは懸念事項1です。

その2番目、一番上の①、CM/Sを導入するというのはクラッチ板の状態を監視するのですが、15ページのスライドを見ていただけますか。ヨーウォームギアというのがあって、これを回すことによって結果的に上のほうが、さっき説明したとおりなのですが、クラッ

チ板に伝わって、クラッチ板がこの上のほうに伝わる。

質問なのですが、このスライドの前の 14 ページのスライドのところに、今回、ヨーウォームギアによりヨーイングに異常が発生した。このギアは破損したのですか。

○説明者（金江） ギアの破損ではなくクラッチ板の破損です。

○石原委員 では、この文章は間違っていますね。

○説明者（金江） はい、申し訳ございません。

○石原委員 これは極めて重要です。これは間違っていることを書くと事故調査にならない。だからこれは間違いですね。

○説明者（金江） はい。

○石原委員 では、さっきのところに戻るのですが、このクラッチについては、確かに歯が剥がれていて、今回きちんと SEM 調査をして、ディンプルができていて延性破壊というのも同意します。したがって、非常に大きな力がこのクラッチ板に作用したことによってクラッチ板が損傷したというのが今回の事故の原因だということに理解してよろしいですか。

○説明者（金江） はい、そのとおりです。

○石原委員 そうすると、CM/S をつけても対策にはならないですね。なぜかという、これは大きな力を受けて、しかもこれは延性破壊です。要するに設計が想定された以上の力を受けたから壊れた。したがって、次に大きな力が発生、要するに暴風、台風時みたいに、今回と同じように非常に高い風速、今回は 48m/s という風速がいろいろな理由で実は 48m/s を超えている可能性もあるので、最後にコメントしますが、そもそもこれは破壊の原因が延性破壊によって引き起こされている。したがって、非常に大きな力がクラッチ板に作用して壊れたことが原因と理解してよろしいですか。

○説明者（金江） はい、そのとおりでございます。

○石原委員 そうすると、CM/S をつけても、対策にはならないです。クラッチ板については、今回調べて損傷していない風車が基本的に壊れていないし、健全であるということも理解して正しいですね。

○説明者（金江） はい。

○石原委員 したがって、今回壊れたのは、もちろん壊れるときは摩耗とか発生するのですが、別に事前に例えば腐食したりとかいろいろ問題があって、維持管理とかそういった問題によって発生したものではなくて、あくまで暴風により過大な力が発生して壊れた

と理解してよろしいですか。

○説明者（金江） 基本的にはそうなると考えております。

○石原委員 基本的にそうでないと、事故調査が元に戻ってしまうので、今日の説明だと私はそのように理解したのですが、それでよろしいですか。

○説明者（矢野） 先生、矢野です。

本来であれば、ギアの表面の摩耗が進行したことにより、ざらざら面がつるつるになってしまっている状態なのですけれども、摺動面の金属コーティングの剥離が進行していたことによって、通常であれば滑る状態のものが、摩擦力が増して滑らなかったと。

○石原委員 ここはすごく重要な話なのですが、剥がれたことも、これが今回ほかのところにはこういう問題があるかどうか。私が今回質問した意図ですが、過大な力が風車に作用して、それによって一連の不具合、あるいは事故が発生したのか、それとも、クラッチ板の表面の状態が本来想定された状態ではなくて、表面のコーティングが剥がれたことによって今回の事故が起こされたのか、その回答は明確にしていきたい。

今日ずっとこの資料を説明されていて、聞いていると、そこが原因ではなくて、要するにクラッチ板は別に腐食もないし、ふだんも剥がれているというようなことはどこも見当たらない。したがって、こういった一連の歯が欠けたことも、摩耗が発生したことも、剥がれたことも、大きな力が作用して、その結果としてなっていると私は認識したのですが、この認識が間違っているのですか。

○説明者（矢野） もちろんおっしゃるとおりなのですけれども、私どもが申しあげたかったのは、事故機に関しては特に、台風より前にクラッチ板の滑りの動作をしていて、摩耗が進行……

○石原委員 それはどうして分かったのですか。ごめんなさい、そこが重要なので。これは維持管理の問題につながるのです。だから、そこが原因であれば、どこをどのように証明されたかというのが分からないのです。今日の説明はそれではないのです。要するに、摩耗が発生して、事故が発生していない風車については一切それが見られていないですが、壊れている風車が結果的にそうなっただけけれども、摩耗が発生したのはどうやって分かったのですか。メーカーからこの風車はこういう問題が起こるということを言っているのですか。

○説明者（矢野） いや、そういうお話はメーカーさんからはいただいて……

○石原委員 ないですよ。そうすると、これは全くの推測ですよ。

○説明者（矢野） そうなります。

○石原委員 だから、それは推測すると事故調査にならないので、推測ではなくて、事実に基づいて、はっきりさせておかないと、事故調査の原因解明になっていないということになる。そこを曖昧にすると、どっちに行くかというのがわからなくなってしまう。今この話に基づくと、私の理解では、結果的にいろいろ壊れたのだけれども、それがあくまで大きな力を受けて、結果的に壊れている。例えば延性破壊とSEMをちゃんと調査するのは非常に大きな意味を持っているので、疲労とかそういう問題ではなくて、過大な力が発生して、それで延性破壊するというのが普通の認識なのですが、それでよろしいですか。

○説明者（金江） おっしゃるとおりでございます。過大な力によって欠けたというのが結果であると考えます。

○石原委員 そうすると、この2点をまず明確にした上で、では、この事故は今回どうして発生したかというのを、今度は9ページ、質問の6のところに戻っていただけますか。

質問6のところメーカーというのが書かれていて、これはちょっと困惑しているのですが、風車の設計というのは安全率1.35倍というのがあって、プラスマイナス15度のときの荷重が一般的にいうと小さい。なおかつ、ゼロ度のときと15度のときとかなり荷重が変わるので、安全率が小さい風車がそれよりもうちょっと大きくなるときもあるので、測ってみたデータを見ると、15度を超えるときもある。したがって、不確実性を考慮して、安全率1.35倍になっているというのがIECの基準です。今回、ここが明確になっていて、私、前回、この風車が古いので、横風はちゃんと対応していない風車かなと心配していたのですが、この結果を見ると、15度から345度の範囲においてはちゃんと安全率1.1倍にしているのです。これが何を意味しているかという、今のIECの基準と同じ要求性を要求されているので、50m/sの風速は耐えられると理解したのです。

ところが、この枠の中の下のところ、1.1倍割る1.35掛ける50m/s。これがメーカーからの資料ですか。これはメーカーからの資料だったら、今ベスタスに質問したいです。ベスタスさんがそんな設計になっているとは思えないので、これはメーカーからの回答ですか。式、文章とか、そういったエビデンスはあるのですか。

○説明者（金江） こちらに関しましては数式も含めてメーカーさんからの回答となっております。

○石原委員 これは間違いです。

○説明者（金江） 間違いですか。



○石原委員　　そもそも安全率というのは荷重に対して掛けているものです。風向の角度が変わると荷重は全然変わるので、こんなやり方はないです。これは完全な間違いです。私はベスタスさんがこんな間違いを起こすと思いません。これはどなたがやっていたのかを教えてください。

○説明者（杉山）　　ベスタスの杉山です。お世話になります。

今、石原先生おっしゃいましたとおり、荷重に対しての安全裕度、パーシャル・セーフティー・ファクターだという認識で我々もおります。荷重が風速の2乗に比例しているところから、そこに1.35、1.1というパーシャル・セーフティー・ファクターを掛けて、それが異常な場合、また起こり得る場合で1.1、1.35を考慮して、50m/sというところから、異常時の耐風速45m/sを算出させていただいております。

○石原委員　　それは間違いです。もう一回言います。これは杉山さんが計算したのですか。

○説明者（杉山）　　いえ、私ではないです。

○石原委員　　そもそも風向の角度が変わると荷重も変わるので。これは荷重が全部同じと仮定しているのです。それは正しいですか。

○説明者（杉山）　　すみません、今この場で答えを持ち合わせておりませんので、確認させていただきます。

○石原委員　　そもそも風車が50m/s耐えられるというのは、プラスマイナス15度のときも50m/s耐えられるし、15度から345度のところになったときも50m/s耐えられるというのが今の上のほうに書かれている文章の意味なのです。45m/sというのはどういう意味なのですか。

○説明者（杉山）　　ヨーイングの機能を失った状態では、風向がゼロ度から360度の状態がノーマルとしてあり得るところが……

○石原委員　　でも、今、上のほうはもともと360度を考慮されていますよね。

○説明者（杉山）　　ヨーイング機能が正常な状態で、はい。

○石原委員　　そもそもヨーイングが正常ではない状態でも1.1倍という安全率があり、風がどの方向から来ても50m/s耐えられるようになっているのです。この上の文章は今の説明で全く意味分らないのです。ベスタスがこういうレベルでやっているのだったら、ベスタスの設計者を呼んできて、1回話をしたいです。これはIECに対して何を言っているか分からないのです。50m/sの設計風速があるということは、どの角度から来ても、

今の1.1倍の裕度があって、さらにプラスマイナス15度の場合は1.35倍の裕度があるという設計をされているというのが私の理解なのですが、今の下のような形の式は存在しないし、そもそもヨーイングができない状態を考慮して今のIECが設定されているのです。だから、今の下の文章の意味は理解できません。

○説明者（杉山） そうしましたら、すみません、もう少し細かい説明を……

○石原委員 今、荷重は同じと仮定しても、それが50m/s耐えられないと、そもそも50m/sの耐風速を持っているとは言わないです。DLC6.2というのはそのため。要するに今の15度から345度を1.1倍の安全率で考えて設計するのは、ヨーが固着したときを考慮したものです。よろしいですか。これが3番目の質問なのです。

4番目です。今回設計風速、測ったのは48m/sなのだけれども、この前に示されている図面があるのです。要するに48m/sというのは、この風車が風速をちゃんと測れない。これが6ページのところに書かれているように頭打ち状態になってしまうのです。51.9というのは、ある意味で最大値がそこ以上の値が出ないというのは風速計の問題だと思いますが、この理解はよろしいですか。

○説明者（金江） はい。

○石原委員 そうすると、今回の風速は、実は平均値が48m/sを超えて、50m/sを超える可能性もあるのです。というのは理解してよろしいですか。

○説明者（金江） はい。

○石原委員 実は事故調査のとき、そこが最重要ですので、今回の事故のとき風速何m/sだったかというのはきちんと評価して。このサイトは海に近い地点もあるし、実際、ハブ高さが海面から換算するとかなりの風速が出る可能性もあります。そこら辺の風速の評価というのは今回やっていないのですか。

○説明者（金江） 申し訳ございません。そこはできておりません。

○石原委員 そうすると、今回の事故調査の一番肝腎なところ、設計風速というのは例えば、50m/s耐えられる風車を定義するためです。風速が50m/sを超えると、当然ながらIECの式を見ればわかるように、設計風速を超える可能性があるのです。そうすると、今回クラッチ板が損傷を受けて、結果的にヨーが制御できないで、ブレードを損傷したという可能性が十分あるので、そういう意味では風速が実際何m/s吹いたかというのをきちんと評価して、どのぐらいの風荷重を受けて、だからブレードが壊れたという話を明らかにしないと、今度、再発防止のところのいろいろな方策が実際機能しないという可能性が

あるので、今回質問させていただきました。

○説明者（金江） ありがとうございます。

○前田座長 ありがとうございます。

それでは、次に、山本委員、よろしくお願いたします。

○山本委員 聞こえておりますでしょうか。

○前田座長 はい、聞こえております。お願いします。

○山本委員 中部大学の山本です。

今、石原先生とのやり取りを聞いて、やはり1つちょっと質問をしたいと思ったことがあります。この風車は、そもそもやはり風速 51.9m/s を超えたとしても、ずっと表示は 51.9m/s という表示をするわけですよね。それが幾らかの時間続いたときに自動的に風車を停止させてしまうということですよね。合っていますか。

○説明者（金江） カットアウト風速が 25m/s ですので、25m/s を超えた場合には、風車は自動でポーズ状態になります。

○山本委員 すみません、風速 51.9m/s がしばらく記録されるとエラーが発生という表記がなかったですか。

○説明者（金江） 60 秒間同じ数値が測定されるとエラーということになります。

○山本委員 今回、風速 51.9m/s という状態がしばらく表示され続けてエラーというのは事実ですか。

○説明者（金江） 60 秒間 51.9m/s が続けばエラーになることは確認しております。

○山本委員 ということは、実際の風速は 51.9m/s 以上で変動しているにもかかわらず、そういう風の状況で、風向風速計はエラーと勘違いして風車を止めてしまうということがあるのですよね。

○説明者（金江） あり得ます。

○山本委員 それは問題ではないのですか。

○説明者（金江） 問題だと思います。

○山本委員 それが今回の原因ではないのですか。

○説明者（金江） 最大風速で 51.9m/s の表示というのは確かにございましたが、それが 60 秒間続いたかどうかというところがまだこちらでは分かりません。データがございませんので、そこが 51.9m/s に張りついたがためにエラーが発生したということは現状では確認できておりません。

○山本委員 強風状況でポーズ状態になったというのは事実なのですよ。こういう状況になってしまったにもかかわらず、それが今回のレポートでは事故の原因ではないと判断されています。風向風速計のエラーが原因ではなくて、もともとクラッチ板が壊れたことが原因だろうと今回の資料では記載されているのです。やはり先ほどの石原先生とのやり取りとかを聞いていると、何度も繰り返して申し訳ないですけども、風速 51.9m/s という高いところで、もしそれが実際は 51.9m/s が続いているにもかかわらず、連続でそれが表示されることによって風車側がエラーと判断するのは、技術的にはどうなのかなと素朴に感じたのです。この後ほかの委員の方からもコメントがあるかもわからないですけども、やはりそこははっきりとしたほうがいいのではないかと思います。

以上です。

○説明者（金江） 分かりました。ありがとうございます。

○前田座長 それでは、奥田委員、お願いいたします。

○奥田委員 奥田です。聞こえますでしょうか。

○前田座長 はい、聞こえています。

○奥田委員 石原先生、山本先生が御指摘されていることは、私も同じようなことを指摘しようと思っています。まず、山本先生が質問されたことです。先ほどの説明を聞いて私も同じように思いました。実際に今ここに出ていますけれども、51.9m/s がずっと連続した場合は、そこでエラーとなって止まるということは確認されているということなので、そもそもやはりこの風速計を 50m/s の風速計にしているということがまずいのだらうと思います。そういう意味で、事業者の対応として、これを 75m/s 毎秒の風速計に替えますというのは正しい判断だと思います。

一方で、メーカーはこれまでどおり 50m/s の計測範囲で問題ないのだというような回答をされています。ベスタス社に質問なのですが、質問 2 の回答で、カットアウト風速 25m/s まで風車を制御するための風向風速計なので、それが 50m/s でよいという理由だということが書かれています。そうすると、50m/s ではなくて 25m/s でいいのではないかと思います。いかがでしょうか？それから、それ以上の風速でも風車の挙動に変化はないと回答されているのですが、これはどのようにして確認されたのか、教えていただけますか。

○説明者（杉山） ベスタスの杉山です。

まず、25m/s の風速を超えた段階でポーズモードに入り、発電を停止する。ただし、ヨーイングを続けるというところは間違いございませんで、カットアウト風速までの制御を

するために当該風速計が設置されているという御認識も間違いございません。ただし、一方で 51.9m/s、上側に振れて、そこで張りついたことによってエラーを発生することによって、今御心配いただいているような問題が発生するというのは確かに否めないところでございます。

○奥田委員　そうすると、このメーカーの回答は変更するということですか。私の質問は、カットアウト風速の 25m/s まで風車を制御する目的というメーカーの説明なのですが、では、なぜ 50m/s まで計測できる風速計なのでしょうかとというのが 1 つ目の質問です。それから、25m/s 以上の風速でも風車の挙動に変化はないと書かれているのですが、これはどのようにして確認されたのでしょうか？というのが 2 つ目の質問です。

○説明者（杉山）　まず、こちら大島の発電所において、50m/s を超えるような風速を当初想定していなかったというところもあって、50m/s までの計測範囲の風速計で問題ないというような判断はしておりました。

○奥田委員　ということは、下の 6 ページ目にあるようなことは今後想定されるので、例えば 50m/s のクラスの風車であっても、この事業者は 75m/s まで計測できる風速計をつけるとおっしゃっているのですけれども、メーカーとしてもそのような対応を考えるとどうでしょうか。

○説明者（杉山）　そういう対応を考えるべきかと思います。

○奥田委員　分かりました。もう一点、石原先生もおっしゃっているのですが、設計風速の問題です。10 ページ目だと思います。2 年間の観測で設計風速 44m/s という数値を出されていますが、どういう形で観測値からこの設計風速を算出したのかというのを、後で結構ですので教えてください。

それから、左側の表で、建築基準法の場合はこの地域は 34m/s と書かれているのですが、これはあくまでも基準風速  $V_0$  の数値が 34m/s であって、これをこの風車のハブ高さまで持ち上げてくると、風速値は大分変わるはずですよ。私の試算で、地表面粗度区分Ⅱとして、ハブ高さで換算したら、45m/s 超になったと思います。そういう意味で、この 34m/s と設計風速を単純に比較して、問題ないというのではなくて、建築確認をされていると書かれているので、確認申請図書の構造計算書も併せて提出をお願いしたいと思います。

以上です。

○説明者（金江）　ちょっとよろしいでしょうか。まず、この粗度区分Ⅱで計算された、そのときの値が 45m/s ちょっとだというお話でしたが、資料としてはちょっと間に合っ

はおりませんが、粗度区分Ⅱで計算した場合、弊社のほうで確認した場合は 45.1m/s、これを粗度区分Ⅰで計算した場合には 50.7m/s という風速、ハブ高さでの数値となっております。

以上です。

○奥田委員 多分そのぐらいになると思います。また、最初のほうの写真にあったように、この風車は海岸の崖の上に立っているのです、本来ならば海を想定して粗度区分Ⅰとして、なおかつ崖地の高さまで想定した地形による増速の効果も考えるべきではないかと思えます。法的にはそこまでは要求されていないのですけれども、設計者判断として、これだけ海のそばとか崖の上に立っているわけですから、考えるべきではないかと私は考えます。

以上です。

○説明者（金江） 分かりました。ありがとうございます。

○前田座長 ありがとうございます。まだ何人かの委員の方が手を挙げられていますけれども、事務局、時間、どうしましょうか。この審議を続けますか。もうお二方。

○事務局（大神） お願いいたします。

○前田座長 では、続けます。では、石原委員、お願いいたします。

○石原委員 今、奥田委員から指摘したように、私は今回の原因は風速が高かったのだから、こういうことが起こったのではないかと考えています。この風車を設置した時点では、まだ建築基準法の大員認定が義務付けされていないので、今出てきた数字、45.1m/s という数値は粗度区分Ⅱに対応します。法令上でいうと、昔の 45.1m/s、粗度区分Ⅱは、建築主事が審査するものだったと理解しています。

一方、今回の事故を受けて、今後、再発防止を考えると、現在の設計方法で、もし今この風車を設計するのであれば、奥田委員おっしゃったように、海に近いところなので、粗度区分Ⅰで設計するようなところなのです。過去に宮古島で起きた風車の倒壊事故でも、風速を調査した結果、海に近いところに立っていたので、粗度区分Ⅰのような風速が吹いていたことが確認されました。さらに言うと、今回の風車は崖の上に設置されているため、さらに風が増速していると考えられるので、平均風速 50m/s を超えるような風速が吹いていたのではないかと考えています。ぜひ今後の事故調査の中で、今回何 m/s の風速が吹いたかをきちんと調査して評価するべきではないかと考えています。これが 1 点目です。

2 点目です。これも山本先生と奥田先生から指摘した話です。メーカーはもうちょっと

明確にしていだかないと、後々になって問題になるので。この風車は、基本的に風速 25m/s でカットアウトするのですが、風車の設計の考え方でいうと、50m/s の設計風速の場合は I E C の場合、瞬間風速でいうと 70m/s になります。1.4 倍にするので、瞬間風速を見たとき 70m/s というのが耐風速になりますが、その理解でよろしいですか。

○説明者（金江） はい。

○石原委員 一方、ベスタスさんの風車が 50m/s の風速計を設置しているのは、今の文書の説明のとおりと私は理解すると、この風車が、要するに 25m/s というカットアウトのところで制御する風速計であって、50m/s を超えた場合、実は瞬間的に見たとき風速 70m/s まで行くのです。よろしいですか。

○説明者（金江） はい。

○石原委員 事故が起こったとき、事故調査にとっては、風速計のデータがあるかどうか、風速は何 m/s 吹いたかというのが非常に重要なのはよく分かるのですが、この風車はどの方向から風が吹いてきても、50m/s になっても安全率は 1.1 倍あるという話でした。したがって、ベスタスさんの考え方では、m/s、風速計の計測範囲が 0-50m/s であることによって事故が起こるということはないので、50m/s まで計測できる風速計を採用しているというのは、その説明のとおりだと思っていますが、今、杉山さんは、75m/s まで計測できる風速計に変える対応が必要と言っているのはどういう意味なのですか。

○説明者（杉山） すみません、石原先生、もう一度よろしいでしょうか。

○石原委員 要するに、ゼロから 50m/s の風速計を使っても、この風車の安全性に影響しませんと私は理解しています。この風車が瞬間風速 70m/s までの風速に実際耐えられるように設計されているのですよね。瞬間風速は 70m/s を超えたらもちろん壊れることはあるのです。設計の考え方として、50m/s を超えたところは別に制御もしないし、何もしないのですから、別に何も起こらないというのは、今のベスタス本社がもしそう言っているのであれば、そういう設計思想で 50m/s までの風速計をつけていると理解します。ベスタスの杉山さんが、この風車に 50m/s までの風速計がついているのは、問題あるとか、懸念事項があるということになると、この風車は全世界に物すごい数あるので、全部おかしいことになってしまいます。そういうことですか。

○説明者（杉山） 改めてここの部分を確認させていただいて……

○石原委員 これは極めて重要なので。要するに今、杉山さんはベスタスを代表して答えています。この回答によって同じタイプの全風車が日本において風速計を取り替えなけ

ればいけないということにつながるので、発言は慎重にさせていただきたいと思います。

○説明者（杉山） すみません。

○石原委員 私の発言は以上です。

○前田座長 ありがとうございます。この件はもう一度後で事務局を介してきちんと対応してもらって、必要であれば次回の委員会で御報告をお願いします。

○事務局（大神） 事務局です。申し訳ありませんが、あとの議題のことを考えますと、そろそろ次の議題の審議に移っていただけないでしょうか。

○前田座長 分かりました。すみません、植田委員、後ほど事務局のほうに御質問とか御発言を伝えていただきますようお願いいたします。申し訳ありません。

○事務局（大神） そうですね。植田委員に限らず、ほかの委員の方々も御発言がありましたら、事務局のほうにいただければ、次回御回答させていただきます。

○前田座長 承知しました。それでは、株式会社の山大島風力発電所におかれましては、今いただきました御意見、御質問に対する回答と共に、次回のワーキングで再度詳細な報告をお願いいたします。

○説明者（杉山） 分かりました。ありがとうございました。

○前田座長 続きまして、議題の(2)に入りたいと思います。議題の(2)は、ユーラス西目ウインドファーム2号機風車火災事故に関する報告ということで、ユーラステクニカルサービスから、資料のスライド投影の準備ができ次第、御説明をお願いいたします。

○説明者（高木） 私、ユーラステクニカルサービスの高木と申します。本日はどうぞよろしくをお願いいたします。ユーラス西目ウインドファームの設置者となっておりますユーラステクニカルサービスより今回報告させていただきます。出席者としましては、ユーラステクニカルサービス国内設備運用管理部の私、高木と林が参加させていただいております。

まず、今回の報告ですけれども、火災を起こした風車がまだ解体できておりません。そのため、原因究明があまり進んでおりませんので、事故の状況、それから今後の検討方針といったところを御説明させていただきます。

このたびは事故を起こしまして、御心配並びに御迷惑をおかけしまして大変申し訳ございません。早期に原因究明、対策立案というところを検討してまいりたいと思いますので、御指導のほどよろしくをお願いいたします。



それでは、中身の説明に参りたいと思います。目次ですが、まず1番としてユーラス西目ウインドファームの概要、それから事故の概要、事故当日の運転状況、事故機の保守履歴、火災の状況、今後の検討内容といったところを御説明いたします。

まず、西目ウインドファームの概要ですが、所在地は秋田県由利本荘市、運転開始が2004年11月、定格出力は2,000kWの風車が15基で、30MWの発電所となっております。

風車につきましては、機種としてベスタスさんのV80-2.0MWの風車となっております。

こちらに風車の断面が表示されておりますけれども、前側に主軸、それから増速機、発電機、ナセル後方に変圧器が設置されております。

続きまして、事故の状況です。

西目ウインドファーム15基のうち、2号機についてナセル全焼、ブレードの一部焼損という事故が起こっております。

一番左の写真は事故前の状況です。ただ、2号機ではなくて別の号機ということになります。

中ほどが事故当日の実際火災が起こって火が燃えているときの写真になります。時刻は19時16分頃ということです。よく見ていただくと、ナセルの後ろ側、それからナセルの前方、ブレードの根元辺り、この辺が赤く、白く光っているのが見てとれるかと思います。この画面上では分かりにくいのですが、写真を大きくしますと、この中ほどはナセルの外壁が既に焼失しておりまして、中の機器が透けて見えているというような状況が確認されております。

右側の写真は、事故後2日後の写真になっております。ナセルの外壁が全て焼失しておりまして、ブレードの根元付近を中心に焼失しているという状況が確認されております。

続きまして、事故の経緯です。

12月20日、風車の通信トラブル発生前におきましては、特に異常なく風車は運転しておりました。

16時49分、通信トラブルが発生しております。このときトラブル発生のアラームは発報されておられません。通常ですと、アラームが発報すれば所員の携帯、あるいは本社にあります監視センターのほうに異常が発報される仕組みになっておりますが、その後の調査において、当該風車のスイッチギア、電源が落ちていたということが分かっております。スイッチギアがトリップしたことによりアラームが発報されなかったということがその後の調査で分かっております。

17時40分、地元の住民の方から消防のほうに火災発生の通報が行われております。ほぼ同じ時刻に、メンテナンス等で御協力をいただいております地元の協力業者の方から弊社の事業所の所員Aに、風車が燃えているという連絡をいただきました。連絡を受けた所員Aは、秋田事業所長のほうに連絡をしたという経緯になっています。

18時25分、秋田事業所長が西目ウインドファームの管理棟に到着しております。このとき既に消防署及び警察が到着しており、我々ユーラスの人間の到着を待っていたという状況になっています。

19時16分、先ほどお見せした写真を所員Aが撮ったということになっております。

19時30分、当該風車以外の風車は運転を継続しておりましたので、安全確保のため運転を停止しております。

最終的に翌12月21日3時22分、消防署の方に自然鎮火を確認いただいております。

現在、当該機以外、残り14基も風車全機運転を停止しております。

事故後の処置と飛散物になります。

火災において飛散したもの等によって人的被害、物的被害は発生しておりません。

それから、周辺の一般道から発電所にアクセスする道路。当日は積雪がありまして、実際車等でのアクセスは困難ではありましたが、バリケードを設置して、進入防止、立入禁止措置を取っております。このオレンジの破線が一般道になります。この入り口Aの箇所、Bの箇所にバリケードを設置しております。それから、この右上のところ、ちょっと細くて分かりづらいのですが、こちらは車両での進入はできない細い道ではありますが、こちらにつきましてもバリケードを設置して、進入防止の措置を取っております。

飛散物ですが、最大飛距離としては108m程度まで飛んでいるということを確認しております。この飛散物は制御盤のパネルの一部ということになっておりまして、大きさとしては30センチ掛ける50センチ程度の鉄板ということになります。

続きまして、当日の運転状況です。

まず、最寄りの観測所の当日の気象データですが、天候は曇り、気温はマイナス2度から零度、風速が約13m/sという気象状況になっておりました。

事故発生時の運転状況ですが、事故の前日、19日におきましてはかなり強風が吹いておりまして、風速20m/sぐらいは吹いておりました。そのため、ヨーのずれに関するエラーが幾つか発生しているという状況になっていました。

事故当日ですが、データが途切れた16時40分以前につきましては全くエラーが出てい

ないという運転状況でした。その後、風車のコントローラーからデータを取り出しまして、エラーのログを確認した結果、データが途切れる直前にインバーターの第3相の過電流というイベントログが発生していたのを確認しております。こちらのエラーですが、強風時には発生するエラーです。このエラーが記録されたということにおきまして、今回の事故に起因するものなのか、強風に起因するものなのかというところは現在調査中で、まだはっきりしておりません。

こちらが当日の運転データを示したグラフになります。先ほど言いましたけれども、当日、特にエラーは発生しておりません。赤の折れ線が風速になります。緑の折れ線が出力、発電量という形になりますが、ほぼ 1,500 から 2,000 kW の間で運転できていたという状況になります。

続きまして、風車にはいろいろセンサーがついておりまして、各所の温度を測っております。その温度データを示したグラフになります。各場所につきましては、次の 10 ページのところに測定箇所を示しておりますので、必要に応じて照らし合わせて御確認いただければと思います。

グラフですけれども、火災ということで、異常があれば温度が急上昇するような傾向が見られると考えるのですけれども、残っていたデータの中では特にそういった傾向が見られていないという結果になります。

一番上のトランスの温度ですが、多少上下していることが確認できると思うのです。これはトランスファンの動作によって温度が上昇しているということになりまして、ファンの停止が 65 度、それから起動が 95 度ということで、ファンが動作した場合に温度が下がって、またファンが止まると温度もまた上がってくるというようなことでありまして、異常な動きではないということになります。

続きまして、11 ページ、事故機の保守履歴の御説明をしたいと思います。

事故機の保守履歴ですが、事故発生前の定期点検及び直近の月例点検では、風車の異常は特に確認されておりません。

西目ウインドファームにおきましては、2018 年 5 月に定期安全管理審査を受審しておりまして、当時、適合の通知をいただいております。

ブレードベアリングの鉄粉濃度が高くということに対して御質問をいただいておりますけれども、これにつきましては、特に基準値を超えていたというものではなくて、相対的に見るとこの号機はちょっと高かったということもありまして、予防保全的に給脂をし

ているという状況になっております。本機以外にほかにもう一機、同じようなレベル感で鉄粉濃度が高かったという風車も確認されております。

続きまして、落雷の記録になります。

フランクリン様の落雷のデータを確認しますと、幾つか落雷の情報はあるのですが、火災が発生したであろう16時から17時前後には落雷の情報が出ていない。当該機につきましては落雷検出センサーがついておりますが、落雷の記録はございませんでした。

御質問の中で、過去の落雷履歴はという御質問をいただいておりますけれども、当該機につきましては、2015年以降7件の落雷が記録されています。

続きまして、焼損の状況になります。

写真の場所につきましては、お手元の資料19ページのスライドのほうに、どの場所を示しているかということで、写真の位置を説明したものがありますので、そちらを御確認いただければと思います。

まず、変圧器部分ですが、ケーブルの被覆は損傷しておりますが、銅線が溶損していないということから、それほど高温ではなかったのではないかと推測しております。

変圧器室には自動消火装置が設置されておりました。ただし、その動作の有無については現在確認できておりません。ナセル降下後に確認する予定になっております。消火装置については後ほど説明させていただきます。

続きまして、主軸部分です。細い配管、あるいはグリスが残っていたということから、それほど高温ではなかったのではないかと推測しております。

続きまして、制御盤の周辺です。こちら（左）が羽根側、ハブ側です。こちら（右）が変圧器側、ナセルの後ろ側という位置づけになります。この部分（中ほど）に制御盤があります。こちら側のH鋼の色を見ると、反対側と比べるとかなり変色しているという状況から、かなり高温になっていたのではないかと推測しております。

続きまして、高速軸ブレーキです。こちら、センサー類の細い配線は残っているということ、それからブレーキパッド、この辺りも原形をとどめているということから、それほど高温にはなっていないのではないかと推測しております。

また、残っておりましたSCADAデータからも高速軸ブレーキが動作したという記録が残っていないということになります。

続きまして、発電機周りです。こちらが発電機の端子箱になりますが、ほぼ原形をとど

めている。それから、発電機の後部についておりますスリップリングですが、ブラシが原形をとどめているということから、発電機周りにつきましてもそれほど高温にはなっていないと推測しております。

出火元の検討というところになりますけれども、これまで御説明したところをまとめております。落雷、変圧器、主軸、制御盤、高速軸ブレーキ、発電機、この6つに関しましては、過去の風車火災事故に起因する出火元ということで、そういった観点から、今般の火災事故の出火元を推測するというところで検証しておりました。

現状、落雷はデータがなかった。変圧器については、ケーブルの銅線が溶損していない。主軸周りについても細い配管が残っておりまして、グリスも残っている。なので、こちらについては高温にはなっていないさそうだと推測している。高速軸ブレーキは、センサーの配線が残っている。それから、発電機周りにつきましては、端子箱が原状をよくとどめている。この辺りは高温になっていないさそうだと推測している。ただし、制御盤の周りはこちらはちょっと変色しており、高温になっている可能性があるのかなと見ているという状況です。ほかの要因につきましても、それ以外のものがないかという観点から、現在調査をしているという状況にあります。

最後になりますが、原因究明及び対策というところでは。

現在、風車メーカーのベスタスさんのほうにナセルに上がっていただきまして、一度調査をしていただいております。その報告書を待っているという状況になっています。

3月上旬から中旬にナセルを下架する予定にしておりまして、今週末に下架をする予定となっています。下架しましたら、消防、それから専門家の方々に現物、ナセルを見ていただくということを考えております。専門家の方に見ていただいた御意見等々を反映して、火災の原因について、それから対策の立案ということを予定しております。

火災の対策というところになります。そもそも出火元の原因を究明するということも重要だと考えておりますが、火災を起こさないという対策も必要だと考えております。既存の自動消火装置ですが、もともとこの風車の場合、ナセルの部屋と変圧器が置いている部屋は隔壁、仕切りで分けられております。過去の風車の火災事例から、変圧器が出火元になったという事例がありましたので、それを考慮しまして、火災防止ということで当社のほうで消火装置を設置しておりました。仕組みとしては、サーミスタで熱を検知して、それによってボンベから消火剤が噴出されるという機構になっておりました。ただし、今回は自動消火装置によって火災を防げなかった。その原因につきましては現在分かっており

ませんが、設置場所が悪かったのか、検知方法が悪かったのか、消火剤が悪かったのか等々、いろいろあると思うのですけれども、その原因を究明して、自動消火装置の追加設置を含め、効果的な消火設備の構築を検討したいと考えております。

御説明は以上になります。

○前田座長　　ありがとうございました。本件は、当ワーキングで初めて御審議いただく事故報告となっていて、全体の概要と今後の方針についての内容でした。委員の皆様から、今後の原因究明の方向性や観点の相違など、御意見とか御質問がありましたらお願いいたします。山本委員、お願いいたします。

○山本委員　　中部大学の山本です。

今後の調査の参考にしていただければと思うことがあります。ちなみに、制御盤のところが結構燃えていたという話をお聞きしました。その辺りにパワエレ関係の機器というのはなかったですか。インバーターなどです。

○説明者（高木）　　盤の中に入っております。

○山本委員　　この資料の中で、雷が原因ではなかったと書いていたのですが、パワエレ関係の半導体関係の機器は、例えば小さい過電圧とか過電流であれば何回かはもつけれども、何回か後にしばらくしてから壊れてしまうことがあります。変圧器が火災になる場合は、巻線が短絡したりなど、短絡故障で火災になっていることが多いと思うのですが、半導体では、もしかしたらある程度何かしらのダメージを受けていて、短絡モードで壊れて、過電流が流れて火災の原因になったという可能性は否めないです。もし今後調査されるのであれば、半導体関係のところが出火原因になっていないかというところをぜひ調査してください。もしかしたら、過去の落雷でももしかしたらダメージを受けていて、今回火災に至ったという可能性があります。

そのような何かしら半導体がダメージを受けたときに、短絡モードで故障して過電流が流れてこういう火災になるのかどうかを、メーカーにも問い合わせていただきたいです。

以上です。

○説明者（高木）　　御意見ありがとうございました。落雷の影響というところも確認してまいりたいと思います。

○前田座長　　ほかの委員の皆様、いかがでしょうか。特によろしいですか。これからナセルを降ろしたり、本格的な事故調査をしていただくということで、特に委員の皆様から御発言がないようでしたら。では、貝塚委員、お願いいたします。

○貝塚委員 貝塚でございます。

事故の原因はこれからしっかり調べていただけると期待しております。ちょっと気になりましたのが、今回通信トラブルが発生してから事業者さんがこの火災を把握するのに結構時間がかかっておりまして、しかも、地元住民の方からの通報で知ることができたということなのですけれども、この辺り、いち早く事故が起きたということ把握するような仕組みというのでも考えることができるのでしたら、テクニカルなところだけではなくて、対策の中に入れていただきたいと思います。

以上です。

○説明者（高木） ありがとうございます。説明の中でも少し触れさせていただきましたが、今回、スイッチギアがトリップして、電源がなくなっていたということで、我々が知ることが遅れてしまったという状況が確認されておりますので、そういったところの対策も並行して考えていきたいと思っております。

○前田座長 では、続きまして、青木委員、よろしく願いいたします。

○青木委員 青木です。

ほかの号機は止めていないのですか。

○説明者（高木） 現在止めております。

○青木委員 止めていて、それはこの原因がはっきりするまで動かさないのですか。

○説明者（高木） はい、そのつもりでおります。

○青木委員 分かりました。確認したかったのはそこだけです。ありがとうございます。

○前田座長 ありがとうございます。ほか、委員の皆様、いかがでしょうか。

特にならなければ、以上で資料2ということで、株式会社ユーラステクニカルサービスにおかれましては、今いただいた御意見、御質問に対する回答と共に、次回また詳細な報告をお願いいたします。

○説明者（高木） はい、承知いたしました。

○前田座長 それでは、続きまして、議題(3)に移りたいと思います。資料3を日本風力発電協会(JWPA)から、それに続いて資料4については事務局から御報告いただきます。

なお、質疑応答はその2件の報告後にまとめて行いたいと思います。

それでは、JWPAから報告をお願いいたします。

○柴田オブザーバー JWPAの柴田でございます。聞こえておりますでしょうか。

○前田座長 はい、聞こえております。お願いいたします。

○柴田オブザーバー　それでは、御説明させていただきます。

昨年 12 月にブレード点検及び補修ガイドラインの概要につきまして御報告させていただいておりましたが、その後の状況について、本日御説明をさせていただきたいと思いません。

次のスライドをお願いいたします。まず、前回報告事項の振り返りとなりますけれども、前回は作成状況と概要を御報告させていただいておまして、その中で委員の皆様には作成の意義について御理解をいただくとともに、ガイドラインの周知に関する要望、それからガイドラインの記載に関する改善事項を御指摘いただいたところでございます。その御指摘事項に関しまして、その対応を含めて、この後御説明を簡単にさせていただきます。

次のスライドをお願いいたします。ガイドラインにつきましては、全体の作成は完了いたしましたしまして、作成が完了したものを JWP A のホームページにアップさせていただいているところでございます。このスライドにお示ししたのが表紙と目次となります。恐れ入りますけれども、ガイドライン本体につきましては、ここに記載しております URL から入っていただいて御覧いただきたいと思いますが、全体として約 80 ページの構成となっております。

本ガイドラインの扱いについてでございますが、電安課さんのほうで発電用風力設備の技術基準の解釈等に参照文書として位置づけられるということになっておりますことから、その解釈等の改正後から正式に運用を開始したいと考えてございます。

次のスライドをお願いいたします。次が前回御指摘事項に対する対応についてということでございます。ガイドライン記載に関することと今後の対応についてということで 2 つに分けさせていただいております。

まず、ガイドライン記載内容に関することといたしましては、点検で損傷が確認されて、技術的評価が必要な際には一旦停止することを対応フローだけではなく、本文に記載することが必要ということ。それから、対応フローについては、運転継続判断（赤）という記載ではなくて、保安停止判断（赤）とするべきではないかという御指摘をいただきました。

それらに対する対応といたしまして、まず、一旦停止とすることについての本文への記載については、そのことを明記してございます。

一旦次のスライドをお願いいたします。こちら、2-3-4、判定に対する措置ということで、ガイドラインの 23 ページに記載してございますけれども、ここの黄色ハッチしてある部分が該当部分でございます。点検に当たっては、原則として一旦停止するものとし、構造



上の安全が確保されているか確認できていない状態では、停止状態としなければならないということを明記いたしているところがございます。

それから、次のスライド、5 ページをお願いいたします。対応フローのところ、ちょっと小さい文字で大変恐縮でございます。先ほど申し上げました運転継続判断（赤）というものについては、保安停止としておく状態（赤）かどうかの判断という表現に変更いたしております。

フローの修正点はほかにも2点ございまして、②といたしましては、先ほど1つ前のスライドでも申し上げたものと同じでございますけれども、構造上の安全が確保されているか確認できていない状態では、停止状態とすることを明確に把握できる表現にしているところで、この点線枠、②のところ、②のところで囲ったような表現にしているということ。

もう一つ、③といたしましては、このフローが少し多岐にわたっているというか、表現が長くなっておりますので、そこをなるべく対応段階が明確化できるように、保安停止（赤）、計画的補修、それから経過観察という段階、補修対応を色分けして、どこかの立ち位置になっているかということが分かりやすいようにしたところがございます。

以上がガイドライン記載上の修正点でございます。

いま一度、2つ前のスライドの3 ページ目をお願いいたします。ありがとうございます。もう一つ、最後に今後の対応についてということでございます。こちらは3点いただいております。1つ目は、今後の水平展開としてどのように取り組むか、それから人材育成の中にも展開を検討するよう御指摘いただきました。これに関しましては、JWPAの会員企業には個別に連絡を行うということとともに、人材育成研修において講義を行うことで考えております。また、会員以外の発電事業者に対しましても、電安課様と協調しながら周知を図っていきたいと考えております。

あと、2つ目の安全に対する姿勢についての働きかけにつきましては、水平展開において、ガイドライン制定の目的をきちんと説明するというところで考えております。

それから、3つ目といたしまして、風力発電所のリスク低減の取り組みということで、保険・金融業界とも意見交換を行うとよいということをいただきました。これに関しましても今後実施していくということで考えております。

簡単ではございますが、以上、御説明させていただきました。一応これでガイドラインといたしましては作成できたということではございますが、これで終わりではなくて、水

平展開を図るとともに、このガイドラインを運用していく中で、必要に応じてブラッシュアップ、見直しを行っていくということで、引き続き考えていきたいと考えております。

以上でございます。

○前田座長 ありがとうございます。それでは、続きまして事務局より御報告をお願いいたします。

○事務局（大神） 資料4を御覧ください。

まず、立入検査の実施状況です。東伯の事故に関わる再稼働を行った後、3か月ごとに1回目の立入検査、6か月ごとに2回目の立入検査を行うこととなっておりますけれども、下の表にございますように、東伯風力発電所も12月21日に稼働しまして、その後の立入検査として3月16日を予定しております。これまでに再稼働していた大山、中山、六カ所、珠洲についても、1回目の立入検査、2回目の立入検査を以下の形で行うこととしております。

また、先ほどJWPAさんから御報告のありました点検、補修指針のガイドラインについては、JWPAさんの中で7回会議を開催して、昨日（3月2日）、JWPAさんのホームページの中で公表されました。また、1月15日に開催された第4回の制度WGの中で、JWPAのガイドラインができたところで規制とひもづけるということについて御了承いただいているところでございますので、風技解釈あるいは定検解釈にひもづける形で、本日からパブコメを開催しているところでございます。4月1日までということで、パブコメが終了次第、施行していきたいと思っております。

事務局からは以上となります。

○前田座長 ありがとうございます。それでは、以上2点の御報告事項につきまして、委員の皆様から御意見、御質問がありましたらよろしく願いいたします。——特によろしいでしょうか。

それでは、今説明いただいた2件の報告は以上とさせていただきますと思います。

活発な御議論ありがとうございました。本日の議題は以上になります。事務局から連絡事項をお願いいたします。

○事務局（大神） ありがとうございます。本日は活発な御審議をいただきましてありがとうございます。あと、議題(1)に関しては、途中で議事の進行を優先させていただくことになってしまい、申し訳ありませんでした。御意見ある先生方におかれましては、事務局のほうに1週間以内に御意見をいただければ、事業者伝えて、次回ワーキングの

ときに報告させていただきたいと思います。

あと、次回のワーキングの開催につきましては、座長とも御相談の上で、後日調整させていただきます。

また、今回のS k y p e会議の議事録は、これまでと同様に後日、経産省ホームページに掲載いたします。

事務局からは以上となります。

○前田座長　ありがとうございます。委員の皆様、時間を気にさせていただいて、御発言を控えていただいた方もお見えになると思いますので、1件目に限らず、ほかの件につきましても御質問、御意見などがございましたら、事務局のほうにお寄せください。

それでは、以上をもちまして本日の会議を終了とさせていただきます。活発な御議論、どうもありがとうございました。失礼します。

——了——