

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29回）－議事内容

（令和4年1月12日（水）10：00～12：00 Microsoft Teams 開催）

○事務局（日野） 電力安全課の日野です。定刻になりましたので始めさせていただきます。

最初に、発言される方以外は、カメラはオフ、マイクはミュートにさせていただきますようよろしくお願いします。

それでは、第29回新エネルギー発電設備事故対応・構造強度WGを始めます。

本日は、前回に引き続き諸般の事情によりリモートでの開催になりました。委員の皆様におかれましては、御多用の中御出席いただき、ありがとうございます。御不便をおかけいたしますが、どうかよろしくお願いします。

本日の出席委員について、11名中9名の方に御出席いただいております。WGの定足数を満たしております。また、本日はオブザーバーとして日本風力発電協会の柴田技術部長様、日本小形風力発電協会の久保理事長様、太陽光発電協会の山谷事務局長様、住宅生産団体連合会の木村先進技術部長様に御出席いただいております。

次に、資料の確認をさせていただきます。本日用意している資料としては、議事次第、委員名簿、資料1から3を用意しております。全てで5点になります。資料につきましては、リモート会議の画面上にも投影させていただきます。

注意事項として、審議の途中で資料が見られない場合や通信不具合が生じた場合は、お手数ですが、チャット欄もしくは事前にお知らせしている電話番号にお知らせいただきますようよろしくお願いします。

それでは、以降の進行を前田座長にお願いしたいと思います。よろしくお願いします。

○前田座長 皆様、おはようございます。それでは、時間が限られておりますので、早速議事に入りたいと思います。

本日の議題は、議題1としましてGHRE製小形風力発電設備倒壊事故に関する報告についてと、議題2がSolid Production製小形風力発電設備ブレード落下事故に関する報告についての2件の審議を行っていただきます。その後、議題3としましてその他で事務局より報告をしていただきます。

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

それでは、議題1に入りたいと思います。GHRE製小形風力発電設備倒壊事故に関する報告について、資料1を用いまして上海GHRE POWER グリーンエネルギー株式会社より、スライドの準備が出来次第御説明をお願いします。

○説明者（許） おはようございます。上海GHRE POWERの許と申します。明けましておめでとうございます。では、このたび事業主、株式会社センコーコーポレーションの委託によって九州・鷹島に設置されたHY16-19.7小形風車倒壊事故について、原因究明及び再発防止対策について報告させていただきます。

報告書については4部分から説明いたします。1つは事故の概要、2番目は事故原因究明について、3番目は事故原因究明の結論、4番目は再発防止対策の内容でございます。

まず、事故概要について、発電所の基本情報は、事業主は株式会社センコーコーポレーション、EPCはナチュラルエナジークリエイト会社です。風車の型式はHY16-19.7、NK認証番号はTC-0018です。製造工場は上海GHRE POWER グリーンエネルギー株式会社です。設置場所は九州の鷹島にあります。組立て日は2019年3月18日、連携日は2019年4月29日です。事故の時間は2020年10月1日朝6時10分ぐらいです。事故日の天候は晴れ、23度、風速は4～6メートルです。

事故機については、定格出力が19.7kWです。ローター直径は15.6、タワーの高さは地上20メートル、タワーの型式は2段外フランジ式タワーです。

事故当時、風速は4.6メートルで、平均風速は5.42です。当日、瞬間最大風速は10.84メートルです。回転速度は54.76rpmです。出力は3.43kWです。

風車はタワー下フランジのR角辺りに断裂が発生し倒壊したことです。R角の図面はここです。タワー下のフランジのところでは

断面写真は左下の写真です。風車全体の倒壊写真は右のものです。

事故原因究明について、当社が設計、稼働荷重、タワー製造及びそのほかの原因の4部分から分析します。

まず設計について、図面及び強度を確認して、異常がなしです。稼働荷重について、極限荷重の調査及び疲労荷重の調査から分析して、設計耐風速の超過について可能性が小さいと判明します。そのほかの回転数、極限振動、回転数の波動、風速分布、ブレードのバランス、ブレード、ボルトの緩み、ボルトの材質、そのほかの振動については異常なしで

す。

タワーの製造について、寸法の確認、材料の確認、製造プロセス、溶接及び管理 5 部分から分析します。その中で寸法の確認の中、溶接後の寸法検査、事故機サンプルの寸法検査、継ぎ目位置の食い違いの検査について可能性が大きいと判明します。

そのほかのタワー本体の材料、フランジの材料、溶接剤の材料、断裂面の分析について異常なしです。

4 番目のそのほかの原因について、風車の建設及び補修から分析します。その中でメンテナンスの検査について可能性が大きいと判明します。

では、これから詳しい説明をします。まず、風車の設計について、タワーの本体の材料は Q345B、フランジの材料は Q345E-Z25 です。事故機のタワーのフランジは高ネック型フランジで、タワーとフランジの溶接は突き合わせ溶接方法を採用して、継ぎ目とフランジのあるところは同じ位置にしないことです。つまり、継ぎ目位置と応力集中位置とは分離されることです。図面については異常なしです。

タワー設計強度について、タワーの強度計算の極限強度は 285.6MPa、材料の極限強度は 325MPa で、安全係数も含まれて、295MPa になります。タワーは極限強度の状況になっても材料の耐えられる強度の範囲以内です。合格と評価します。

極限荷重調査について、まず超風速を説明します。事故発生 30 日前に台風第 9 号を経過しました。事故発生 25 日前に台風第 10 号を経過しました。

事故機の近辺約 30 キロメートルの距離の風車状況、稼働状況を確認して、台風第 9 号の経過時、事故機と 30 キロメートルぐらい離れている平戸に S C A D A 遠隔監視システムによって台風時の風速は 65~74 までを検知しました。

回転数に関して、遠隔監視データに基づいて風車稼働期間には回転数の履歴データは 63.8rpm です。設計の最大回転数は 70rpm です。異常なしです。

極限振動について、地震 0.3g 加速で模擬試験を実施して、結果は 109MPa で、材料の極限強度は 295MPa です。材料の耐えられる強度範囲内です。合格と評価します。

事故機は振動スイッチを搭載しています。0.3g 加速度な振動が発生する場合、スイッチが動作し、風車が停止します。それと 0.3g の由来は MW 風車の設計を参考にして、小形風車自身の特性を考えた上に 0.3g を設定したことです。

回転数の波動について、S C A D A 稼働データを確認して、異常な回転数がありません。

風速分布についても異常ありません。

疲労荷重の調査について、まずブレードのバランス検査などの記録を確認して、問題がございません。

ブレードボルトの緩みについて、現場でブレードボルトの断裂を確認した上、事故機周辺のそのほかの4基風車のメンテナンス記録も確認して、ブレードボルトの緩みは事故の転倒によって発生することが判明できます。異常がありません。

ブレードボルトの材質について、ボルトの材質報告書と性能試験報告書を確認して、規格を満たして異常がございません。

溶接前後の寸法検査について、溶接前後のタワー本体及びフランジの寸法検査報告書を確認して、異常がございません。ただし、溶接継ぎ目の寸法検査及び目視の検査を実施したことがございません。

事故機サンプルの寸法検査について、内壁と外壁の溶接継ぎ目の高さはばらつきがあります。内壁の溶接継ぎ目はフランジのあるところに接近しています。応力集中が発生しやすいです。

継ぎ目の食い違い検査について、内壁の溶接継ぎ目はフランジのR所に接近しています。サンプルの確認によってタワーの内壁とフランジの内壁は食い違いがありまして、最大食い違い寸法が5.21ミリです。設計図面の要求が1ミリ以下とのことです。

継ぎ目の食い違いの検査について、事故機の最大食い違い検査の5.1ミリの条件に基づいて、タワーの強度計算を実施します。計算の結果は以下になります。

耐風速は59.5メートルの場合、応力が497.3MPaで、材料の極限強度の325MPaを超えて設計基準を満足しません。20年間の疲労損傷は4.49で、設計要求の1も超えて、20年間の設計寿命を満足しません。計算の寿命が4～5年です。もし台風など自然災害がある場合、あるいは食い違い寸法がもっと大きい場合、寿命がさらに低下することが考えられます。

タワーの製造について、まずタワーの溶接継ぎ目のUT、MT検査報告書の確認については異常がございません。

材料の材質確認について、事故機のサンプルを①、②、③、④の4つのサンプルを取得し、代表的な①と④をもって成分分析などを行って、試験報告書によってタワー本体材料の材質に異常がないことです。タワー下のフランジ材料の材質も異常なしです。

溶接棒、溶接剤などの材料証明を審査して、プロセス要求を満たして、母材へもマッチングすることを確認して異常なしです。

材料の性能については、規格によって実際材料の引っ張り試験の極限強度の結果数値が

325MPaより大きい場合、材料の強度は異常なしとことが判明されます。事故機のサンプルを分析して、タワー本体の材料の数字が異常なしです。フランジの性能試験の数字が規格の要求により0.8%低下することが判明して、ただしタワーの設計極限要求を満たすため、強度低下の原因で風車の倒壊を起こす可能性が非常に低いと思われます。

事故機の断裂面の分析について、左上の写真から説明します。まず、Aエリアが亀裂開始エリアです。BとCエリアは亀裂伸展エリアです。Dエリアが引き裂くエリアです。Aエリアにはまず亀裂が始まりまして、BとCエリアまでゆっくり継続的に広がります。BとCエリアに亀裂が急速に伸展し、Dエリアまで広がり後、急に完全に引き裂かれて、風車が倒壊しました。Aエリアの亀裂の発生時間が長いため、湿っぽい空気にさらされてさびが発生します。BとCエリアがさびの寸法が大きいため、相対摩擦が発生し、フランジには黒い摩擦鉄粉が残っています。

第三者の分析報告書によって、黄色矢印方向は亀裂の伸展方向です。亀裂はフランジの外壁から内壁及び左側まで伸展します。

第三者の分析報告書によって、断面の特性は疲労断裂であり、疲労源がタワーフランジ外壁に線形で分布し、外壁から内壁までに伸展します。

溶接のプロセス検査について異常なしです。

仕入れ先の作業員の資格、製造工場の資格も検査して、異常がございません。

風車の建設及び保守検査について、まず定期的なメンテナンス、初期メンテ、半年メンテ及び年度メンテを実施したことがありません。台風など自然災害後の臨時点検を実施した記録もないです。

事故原因究明の結論について、上記の調査と分析に基づいて結論は以下です。

まず1つ、タワー実際の溶接継ぎ目の位置が図面と一致しなくて、タワーの内壁とフランジの内壁の食い違いがあることです。

タワーの製造過程で、円形溶接継ぎ目の食い違いに対して検査を実施したことがありますが、検査の箇所が少なく検査の不完備のため食い違いの識別ができなかったまま製品を出荷したことです。

3番目は、タワー内壁とフランジの内壁の食い違い及び外壁溶接継ぎ目があるところに接近することによって、タワーに応力が集中し、寿命が急激に低下したです。

4番目は、タワーに応力集中されるところは長期的稼働によって疲労損傷が亀裂まで発展されます。疲労源は応力集中されるところにあります。

2020年9月に2回の台風が亀裂の伸展を加速したことです。

最後は、規定的なメンテナンスを一回でも実施したことがないため、亀裂及び異常なことが識別されなかった。風車が続いて稼働して倒壊したことです。

これは事故機倒壊の推論図です。

次は再発防止対策について、まずまとめを説明します。事故機以外の40基の健全機に対して、まず全数風車に対し目視検査を実施しました。4割風車について探傷検査を実施しました。全数風車に対して食い違い検査を実施しました。検査結果を分析し、リスクのレベルを分別します。高いリスクについて改善対策は、振動センサを改良して、タワーを交換します。低いリスクの風車について、振動センサ改良及びメンテナンスの頻度を増加します。許容リスクの風車について、振動センサの改良とメンテナンスの確保を実施します。

今後の出荷品について、製造工場向け、食い違い検査の箇所を増加し、溶接継ぎ目の寸法検査及び目視検査の実施を要求します。GHRE向け、品質コントロールを強化します。食い違い検査及び寸法検査について、全数で実施します。

風車の運営及びメンテナンスについて、定期的にメンテナンスを実施する重要性を周知します。台風など自然災害が発生後、事業主に臨時メンテナンスの注意を通告します。

これは事故機以外の風車について、目視検査、超音波検査及び溶接継ぎ目の食い違い検査を実施します。結果はスライドの39ページにて報告します。

健全機に対して全数の目視検査結果及び4割の探傷検査の異常がございません。

食い違いの測量について、まずフランジの平面を基準として、フランジの外円と継ぎ目近辺のタワーのシェルとの距離を測量します。食い違い検査は24方位を実施します。また24方位の測量値を記録して、最大値と最小値と主風向の関係を分析します。

健全機40基の食い違い検査の結果はこのリストに反映します。まず許容リスクについて、20年の設計寿命及び風車の安全を満たして、最大食い違い数値が2.8ミリ以内です。許容リスクの風車は13基あります。

リスクが低いものについては、荷重安全係数が含まれない場合、強度計算は要求を満たすこと、かつ倒壊の食い違い場所が主風向にしないことで、最大食い違い数値が4.4ミリ以内のことです。リスクが低い風車は14本あります。

リスクが高い風車については、食い違い数値が4.4ミリ以上のものです。リスクが高い風車が13基あります。

各リスクのレベルの風車に対して、許容リスクの風車に対しては振動センサを改良して、

メンテナンスの実施を確保する対策措置です。

リスクが低い風車に対しては、定期的メンテを確保する以外、振動センサも改良し、台風、地震など自然災害後の臨時検査も実施することです。毎年については、定期的メンテする上に、タワーに関する検査の内容も半年検査の内容に追加します。

リスクが高いものについては、タワーを交換します。タワーを交換した後に、振動センサのバージョンアップも実施します。

タワーは保守な設計を採用し、強度計算については一定的な余裕があります。大量な計算によって円周の食い違いは2.8ミリ、荷重安全係数が1.35の場合、荷重計算の結果は20年の設計寿命及び風車の安全を満たすことが分かります。これは2.8ミリの計算の由来です。

41基の風車の食い違い検査を分析して、食い違いの分布は個別方位にあることです。円周ではないです。食い違い方位も主風向と一致することではありません。大量な計算によって円周の食い違いは4.4ミリの場合、荷重安全係数が1.0の場合は、荷重計算の結果は強度計算要求を満たすことが分かります。

次は品質管理について、まず食い違い検査の箇所を追加します。改善前の検査点は3ヵ所、改善後の検査点は24ヵ所になります。タワーの溶接継ぎ目の寸法検査と目視検査も要求しますし、その要求についての教育も強化します。

品質検査について、食い違い検査の改善後は実物への全数検査を実施します。タワーの溶接継ぎ目の寸法検査も資料の確認以外に実物への検査も全数に実施します。

運営及びメンテナンスについて、メンテナンスの重要性は代理店及び事業主への通知を強化します。台風など自然災害が発生後、遠隔監視システムそのほか一切の有効的な手段で、事業主へ臨時メンテナンスの注意も通告します。

以上でございます。

○前田座長      ありがとうございます。本件は当WGで初めて御審議いただく事故報告となっております。原因究明と再発防止対策まで含まれた内容でした。

それでは、委員の皆様から御意見、御質問がある場合は、チャット欄に発言希望の旨を御記入ください。挙手機能を使用していただいても結構です。私から順番に指名させていただきますので、指名があるまではミュートのままでお願いいたします。石原委員からお願いいたします。ミュートを外して御発言ください。

○石原委員      まず大きく言うと2点ありまして、1点目、今後の対策に関してリスクが

小さいとか大きいというのは36ページですか。36ページについて質問がありまして、まず、グループを分けると3つのグループです。1つは許容リスクというグループは、今の計算上では疲労に関して少し違いがあるのですが、20年間もつという設計中では問題ないというのは理解しています。

次のグループはリスクが高いグループについて、それを交換する。要するに新しい安全なタワーに交換するとそこも理解できます。

問題なのは、リスクが低いグループに関しては監視するということを書かれているのですが、このグループに関しては設計上、安全率をちゃんと考慮した場合、このグループが20年使えないという結果になっているのです。そこで安全率を外すとオーケーですと言っているのですが、設計上では安全率を外すことはできないので、設計上では安全率を要求されていると思いますが、ここの部分についての考え方を教えていただけますか。何で安全率を外すことができるのですか。

○説明者（許）      こちらの考えは、事故機以外の40基の風車の食い違い検査の結果を全て分析して、まず食い違いの分布方位は個別方位です。つまり円周ではないです。これが1つ。2のほうは検査結果によって食い違いの方位も主風向と一致ではございませんので、計算によって我々が円周の食い違いが4.4ミリの場合、荷重安全係数が1.0の場合は、荷重計算の結果は強度計算要求を満たすことが分かります。検査の結果の分析の2つに基づいて、我々が4.4ミリは個別方位になる場合は、計算結果は風車が安全なことを評価します。

○石原委員      今の説明の根拠は一応理解しました。要するに全方位に食い違いがあるとすれば外すことができないのですが、食い違いの方向は全方位ではなくある方位に発生して、その場合は実際風向は同じわけではないので、例えば風の吹く方向、主風向、風配図を考慮すると、荷重は低いから結果的にもつという考え方は理解できます。

ただ、この言い方が良くないと思います。安全率は外すことができません。1.1倍というのは、必ず材料安全率が必要だと思いますので、その代わりに各サイトについて風配図というのがありますよね。皆さん調査されているサイトを全て風配図があるので、その風配図を考慮して、荷重が実際にこのサイトにおいて風向を考慮すると、頻度分布が分かっているのです。その頻度を考慮して荷重が低くなるので、今言っている4.4ミリがもつということをきちんと評価して、それで問題がないということを出すべきだと思います。いかがでしょうか。

○説明者（許）      説明しました。分かりました。



○石原委員　もともと円筒というか筒状構造物ですので、荷重というのは風速階級別に1方位計算すれば、あと頻度分布を利用すれば、実際の各部位に作用されている疲労荷重を計算できますので、恐らく同じ結論が出ると思いますが、荷重を評価して、結果的に設計のクライテリア20年もつという形で整理されたほうが後々になって分かりやすいと思いますので、そういう形で進めていただければと思います。

○説明者（許）　はい、承知しました。

○石原委員　2点目は今後の話なのですが、大型風車の設計に関しては、例えば台風の後には点検するとか、定期メンテするとか、こういった指針がありまして、それに基づいて事業者さんや実際風車を持っている人がそれに従ってメンテするということになっているのですが、小形風車についてそういった指針とか、あるいはこういう風車を造った後にこういう形でメンテナンスするとか、そういったマニュアルといったものについては現時点であるのでしょうか。

○説明者（許）　はい、あります。

○石原委員　マニュアルがあつて、それを事業者さんが実施していないということですか。私が言いたいのは、今日紹介したものではなく、この風車を出荷したとき、こういう維持管理をしてくださいと。例えば定期メンテ、年間のメンテとか、特に台風の後問題が発生しているかないかとか、そういったマニュアル、あるいは皆さん日本に出荷するので、NKの審査を受けていますので、そういったマニュアル、NKがこういうことを要求されているといったものはありますでしょうか。これからではなくて今まで。

○説明者（許）　それについては、事業主から説明したほうがいいと思って……

○石原委員　これは事業主の話ではなくて、まず私が確認したいのは、定期メンテというものをマニュアルとか既に整備されていて、出荷するときそれがあるということと理解してよろしいですか。

○説明者（許）　製造メーカーの立場から見ると、我々は公表したメンテナンスマニュアルの中で、定期的メンテの内容及び時間、台風などの自然災害後の臨時点検の内容は、ちゃんとマニュアルの中に記入済みです。

○石原委員　そういうものを事業主に渡しているのですね。

○説明者（許）　はい、我々がHYエネルギーにちゃんと共有しました。

○石原委員　今の話は分かりました。製造メーカーは、ちゃんとこういうマニュアルを用意しているのですが、事業主がこれを実行していないというのが今回の事故調査で分か

ったということと理解してよろしいですね。

○説明者（許） 事業主のほうは、NK登録者のHYエネルギーの会社が管理することですので、本当に実施したかどうか及びメンテナンスどおりにやってくださいという連絡があったかどうか、こちらが把握できていないですけれども。

○石原委員 今日の資料を見るとそれが書かれているのです。事故調査の原因をフローという形で31ページに図面がありますよね。メーカーが出荷するときの検査については、メーカーが今回いろいろ提案したのですが、それはそれでいいですが、それは風車メーカーがコントロールできるところなのですが。それに対してその後ろのところ、矢印があって、例えば、亀裂は継続的に伸展するとか、ばつとか書いてありますよね。要するにメンテナンスしていないという意味で書かれているのでしょうか。

○説明者（許） 我々がメンテナンスの報告書を入手したことがございません。

○石原委員 でも、実際に実施されているかどうかというのが分からないとき、実施されていないというのも言い過ぎではないですか。要するに事業主の問題になるのです。こういう書き方をすると、事業主がちゃんとメンテナンスしていないから今回壊れたという話にもつながる話なので、事実に基づいて調査して明確にしないと、こういう書き方をすると事業主にとっては……事業主は今日来られていますか。

○説明者（許） 我々に対しては……

○石原委員 事業主が来ているのであれば、事業主にこの問題を回答していただきたいです。要するに実施していないのですか。メーカーが実施していませんと言って、実際に実施されていないのですか。どなたがお答えするか分からないですけれども。

○説明者（ワタベ） 私、ナチュラルエナジークリエイトのワタベと申します。メンテナンスに関してですけれども、GHREさんと我々の間に挟まっているHYエネルギーという会社があるのですが、そこは当初からメンテナンス契約を結びました。ただし、一方的にメンテナンスの条件を変更してきて、金額面をいろいろ変更してきて、当初のとおりやってくださいよという交渉をずっとやり続けてきていました。やらせてくれという中で、当初の契約を反故にされてメンテナンスができない状況。まずそこまでにします。

○石原委員 そういう意味では、メンテナンスに関してはここに書かれていることが事実と理解してよろしいですか。

○説明者（ワタベ） ただし、メンテナンスをやっていただけなかったのが、我々としては1ヵ月に1回、現地を回って風車が異常な振動を伴った回転をしていないかであると

か、足元であるとか、その他変なところがないかというのは回って見ていました。

○石原委員　これは非常に重要な事実ですので、それを今回の事故調査に反映してください。要するに事実として事業主が自主的に契約されていないけれども、自主的に見て異常がないかどうかというのを確認しているという事実をきちんと事業主さんから資料を出していただきたいのです。

○説明者（ワタベ）　それはG H R Eさん経由でよろしいですか。

○石原委員　もちろんいいので、この事故調査に関してはメーカーだけではなくて、事業者さんからも自分の立場、自分の認識をきちんとこの委員会に出していただいて、それで事実確認する必要があるのです。要するに今回は食い違いがあって、疲労荷重が非常に大きくなったので、多分これが今回の原因ですので、維持管理をやっていないから壊れたということではないと理解しているから、今の質問をしています。だから事業主さんが契約できていないけれども、事実としてちゃんと見て、亀裂があって無視したということはない、私が実際に調査していないので分からないのですが、事業主さんが今日いらっしゃったので、今日発言した内容をパワーポイントの形でまとめて提出していただきたいと思います。よろしいでしょうか。

○説明者（ワタベ）　はい、結構です。この文書中にも書かれているのですが、点検記録というものが無いのです。

○石原委員　点検記録がないということも明記していただければ。

○説明者（ワタベ）　承知いたしました。

○石原委員　今回の事故の原因が食い違いによって発生したものであって、メンテナンスしていないから壊れたとか、台風が来たから壊れたという話かどうか明確にしないと、どこが原因か不明確になるので、そういう意味では事業者さんが私の質問に対してちゃんと回答していただいて、資料を出していただきたいと思います。

○説明者（ワタベ）　はい、承知いたしました。

○石原委員　ありがとうございます。私の質問は以上です。

○前田座長　ありがとうございます。それでは、チャットと挙手を両方見ているのですが、順番に指名させていただきます。青木委員、よろしくお願いいたします。

○青木委員　私も石原先生の1つ目の質問とほぼ同じなので、同じところは省きますけれども、36ページの再発防止のところを開いていただけますか。基準法同等の構造安全性ということであれば、基準法でも食い違いということに対してのルールがあって、許容さ

れる食い違いというのは3ミリ以下かつ厚さの10分の1というルールがあるので、判定基準の2の許容リスクについては板厚が28mm以下であれば妥当ではないかと思うのですが、その後のリスクの等級で、例えばリスクが高いというところの対策措置で1、2書いていますが、これは1か2どちらかをするということですか。それともリスクが高いというのはタワーを交換するという事なのですか。まず確認事項は、4に対する対策措置は1かつ2なのか、1または2なのか。それを教えてもらえますか。

○説明者（許） リスクが高い風車について、まず1を実施した上に、2をやります。

○青木委員 そうするとタワーは全交換なのですか。部分的に何か補強して終わりとかではなくて……

○説明者（許） 今のタワーは全部交換することです。

○青木委員 では4は1かつ2ですね。分かりました。3は、先ほど石原先生の質問と回答によって、要は個別にチェックしますということと理解しましたが、3の中の風車で部分補強が必要だというものは一つもなかったということですか。計算で全部安全性が検証されたという理解でいいですか。

○説明者（許） はい、全部実施しました。

○青木委員 実施というのは、部分補強をしたものもあるのかなのかということの質問に対しての答えが欲しいのです。

○説明者（許） 主風向の方位と食い違いの方位が一致するものがあるかどうかのことでしょうか。

○青木委員 計算によってリスクが低いというものは、全て何の補強もしないで計算で安全性は確認できたということですか。それとも部分的に補強するものがあつたかどうか。部分的な補強は考えていないのでしょうか。

○説明者（許） 補強というのは対策の補強ですか。例えば……

○青木委員 強度が足りない部分はなかったということでしょうか。今ここで答えなくてもいいですから、補強の有無の事実だけでも分かるようにしていただきたいということです。

私からは以上です。

○説明者（許） 分かりました。確認の上返答します。ありがとうございます。

○前田座長 続きまして、奥田委員、ミュートを外して御発言ください。

○奥田委員 私も食い違いのところについて何点か質問させていただきたいと思います。

まず19ページ、サンプル調査で写真が載っているのですけれども、番号1から6のところでこれだけずれていますよと。下の表で番号が1から6番まででこれぐらいずれていますと。写真が左側にあるのですけれども、これで見ていると結構近いところでこれだけずれの差が出ているということですか。寸法が分からないのですけれども、鋼管の厚みとしては十何ミリぐらいかと思ったのです。

○説明者（許） はい、厚みは10ミリです。

○奥田委員 そうすると1番、2番、3番って20ミリとかそのぐらいの間隔ですか。

○説明者（許） 継ぎ目の厚みのことですか。

○奥田委員 1番、2番というのは計測ポイントの測定点の間隔です。1番、2番の間隔とか、2番、3番の間隔とか。

○説明者（許） そうです。間隔は1～2ミリあります。

○奥田委員 この写真で右側にずっと縦にあるのが交換の部分で、それが厚さ大体10ミリとしたら、それぞれ1番、2番、3番の計測点の間隔は20ミリぐらいかなと見るのですけれども、そうではない？

○説明者（許） まず、1、2と2と3の間隔は50ミリです。

○奥田委員 それぐらいでも鋼管の直径は結構大きな径だと思うのですけれども、それでもこのぐらい大きく変わるということなのですね。

あと右下に書いてあるのですが、もともと設計時の要求では1ミリ以下に食い違いを抑えてくださいと書かれているのですけれども、実際はそれ以上の食い違いが出ているということなのですよ。先ほどのリスク評価をされて、そのときも2.8ミリまでだったらいいのではないかということなののですけれども、もともと設計時1ミリを要求しているのに、1ミリ以下に抑えることは無理だということなのですか。。

○説明者（許） 実際我々が40基の風車の出荷の検査を全部確認する上で、円周から見ると95%の箇所が全部1ミリ以下のことが分かりました。ただし、このサンプルのとおりにある部分だけ食い違いが1ミリ以上になります。つまり、我々が1ミリ以下に抑えることについては難しいことではないと思います。

○奥田委員 結局、残りの5%のところで要求条件である1ミリを超えるような食い違いが発生していて、実際にそれが原因で今回のような疲労損傷が起こっているということではないのでしょうか。

○説明者（許） そうです。

○奥田委員 5%の部分についてもちゃんと1ミリ以内という要求性能を満たすような形で出荷できるだろうということでしょうか。

○説明者（許） そうしたいです。

○奥田委員 分かりました。了解です。ちゃんとそういう形で製品管理をしていただければと思います。

あと32ページのところで振動センサの改良と書かれているのですが、これまでも振動センサというのがこの風車にはついてたということですか。

○説明者（許） 今現在、我々の風車は振動スイッチを搭載しています。振動スイッチは、先ほどの説明のとおり振動の0.3g加速度が発生する場合、そのスイッチを動作し、風車を保護して停止します。つまりは、このスイッチはオンとオフの機能しかありません。振動センサを改良することについては、リアルタイムで振動のデータをサンプリングする及び遠隔監視システムで異常な振動があれば、直ちに風車を保護し、停止します。

○奥田委員 分かりました。そうするとセンサの出力はずっと記録されるという形なのですか。

○説明者（許） そうです。つまり風車が稼働しながら振動の数値もリアルタイムに収集して分析します。

○奥田委員 記録として残すようにするということですね。

○説明者（許） そうです。

○奥田委員 分かりました。私からは以上です。ありがとうございました。

○前田座長 それでは、河井委員、御発言をお願いします。

○河井委員 2つお尋ねします。

まず25ページを見せてください。Aから始まった亀裂は、こういう状態であれば目視で外壁から入った亀裂があるかないか判断できるかどうかお考えかというのが1つ目です。

それから、19ページ、先ほど映っていましたが、今回段違いの部分と溶接部がR部に近い、応力集中部に近いという2つの問題が重なっているのです。それで段違いの話がかなり強く出ているのですが、溶接部がR部にかかっているということで、応力集中の大きさが拡大されているということで、先ほど段違いの寸法と許容強度の範囲内にあるかないかというのは、溶接部がR部にかかっているかかかっていないかによって大きく変わってくると思われるのです。今回溶接部がR部にかかっているということが大きく効いているようにも思えるのですが、段違いと溶接がR部に近いという2つの要因が事故に関し

てどのくらい寄与して、どっちが大きいとか、同等なのか、この辺りの評価はどうされているのが2つ目です。お願いします。

○説明者（許）　　まず問題1について、AエリアからBとCエリアまで伸展し、Dエリアまで引き下げて倒壊することについては、目視だけでも伸展の関係が分かります。

○河井委員　　私もそう思いました。

○説明者（許）　　これが1つ。19ページの質問については、今回の事故の根本的な原因については食い違いがあることです。フランジのあるところに接近する原因も食い違いがあるためですので、一番重要な原因は食い違いがあることです。

○河井委員　　そうすると、先ほど応力解析で目違いの寸法が大きくなると問題が大きくなるという議論があったのですが、そのときの応力解析は溶接部がR部にかかっていないという健全な状態での応力解析でしょうか。それとも溶接部がかかっているという今回のようなより厳しい条件での解析結果でしょうか。要するに溶接部の食い違い部分、境界部分というのは厳しくなりますので、その評価、本当に目違いだけのほうが大きいという根拠はどこにあるのかコメント頂きたいのですが。

○説明者（許）　　我々がR所に接近すること、つまり事故機の状況を参考する上に模擬の計算をしました。つまりは今のR所に接近するより厳しい条件で、その後の強度計算を実施したことです。

○河井委員　　そうしますと、溶接部がちょっと離れるというか、かからない状況で評価したときに、目違いの寸法何ミリ以上が危険だという評価が変わってきませんか。

○説明者（許）　　我々が同じ食い違いの寸法によってR所に接近する場合、その応力はR所に接近しない応力より大きいです。つまりは同じ食い違いの場合、R所に接近する場合、その応力が大きいです。その場合約1.1～1.2倍です。

○河井委員　　ですから近いと影響が大きいのですよね。

○説明者（許）　　そうです。

○河井委員　　そうすると、今回溶接部がR部から離れているというか、標準な状態であれば、今おっしゃった応力集中はそこまで高くならないということになりますよね。ですから、今回の事故の亀裂発生は目違いの寸法と溶接部がR部にかかっているということ、どちらかという溶接部がR部にかかっていることが悪さをしているというか影響が大きいということになっていませんか。

○説明者（許）　　そうですが、こちらの理解は、R所に接近することの原因も食い違い

があることです。もし食い違いがない場合、フランジのあるところに接近することもないです。

○河井委員　　そうしますと、目違い、段違いを減らせば、溶接部がR部に近づかなくなるということで、表現の仕方が変わってくると思うのですけれども、目違いのところを改善すれば、溶接部の位置も自動的に改善される、R部から離れる方向になるので、対策としては安全側というか、今回の事故が起こらないような方向に改善できるという解釈ですね。

○説明者（許）　　はい。

○河井委員　　そのようには最初取れなかったもので、その辺り、対策のところにそういう表現になっていたほうが分かりやすいかなと思いました。

私としては以上です。

○前田座長　　では、植田委員、お願いいたします。

○植田委員　　よろしくお願いします。36ページのリスクが低い3番のところの判定基準に4.4ミリから2.8ミリ以内、その後にかつ当該食い違い場所は主風向にしないことと書いてありますが、実際にこれがかつ一致しないこと、主風向にしないことという条件で、3番ではなく4番になった例はないということでしょうかという確認です。それはなぜかと言うと、1枚前、35ページから見ても、検査したのは24カ所、風配図は16方位ですので、1対1に対応しないですね。中間のところ。だからある程度の幅を持って主風向と最大食い違い箇所の一致を確認したのだと思いますので、それをちゃんと記載していただく必要があるかなと思います。

その上で、主風向とは一致していないので、3番のリスクが低いという判断になっているのか、逆に主風向と一致しているので、これは4番に分類すべきというものが本当になかったのかというところが質問になりますけれども、そこはどうですか。大丈夫ですか。

○説明者（許）　　我々が全部24方位の数字と風配図と主風向の関係を全部分析した上で、この報告書をまとめました。

○植田委員　　はい、分かりました。そうすると今回、倒壊した風車における主風向と亀裂のあったところの位置関係というのはどうなっていましたか。

○説明者（許）　　事故機のデータを確認すると、食い違い5.1ミリが発生する方位と主風向も一致しないのですが、事故機については1ヵ月前に2回の台風を経過することがありますので、それについてはどこまで影響になるのか把握できていないです。



○植田委員 分かりました。それが心配なところだったので、コメントとしては3番のリスクが低い判断基準として、4.2～2.8ミリというところで判断できるならいいのですが、かつ食い違い場所がメインの風向にならないというのが重要なのであれば、ここは慎重に判断すべきかなと思いますので、そこを少し分かりやすく整理していただけるといいかなと思います。お願いします。

○説明者（許） はい、分かりました。

○前田座長 時間が押しているので、もし委員の皆様から御質問があるようでしたら、今週いっぱいぐらいに電安課に連絡していただくとしまして、事業主の方から委員の方に質問かな。ワタベさん、ミュートを外して御発言ください。

○説明者（ワタベ） ワタベでございます。19ページでお願いします。目違いの数字が書かれているのですが、短距離の中で目違いの数字がかなりばらついているというのが見受けられるのですが、タワーの真円度というのは本当に出ているのかどうかというところが疑問ではあるのです。真円度が確認されているかということと、真円度が出ていないことで悪い影響があるのかどうかというところは問題にはならないのかどうかということをお聞きしたいと思いました。素人質問でごめんなさい。

○前田座長 事業主とメーカーの間の質問のやりとりは別途やってください。

それでは、時間が超過しておりますけれども、委員の皆様、ありがとうございます。もしほかにも御意見あるようでしたら、電安課にまで御意見をお寄せいただくということをお願いします。

それでは、たくさん質問等が出ましたので、評価のし直し、あるいは資料を適切に作成し直すということで、上海GHREPOWERグリーンエネルギー株式会社におかれましては、今出ました御意見、御質問に対する回答とともに、次回WGで再度詳細な報告をお願いいたします。

では、続きまして議題2に入りたいと思います。Solid Production製小形風力発電設備ブレード落下事故に関する報告について、資料2を用いてCPOWER株式会社よりスライドの準備ができましたら説明をお願いいたします。

○説明者（松井） CPOWER株式会社の松井と申します。本日はこのような機会を頂きまして、誠にありがとうございます。弊社で輸入販売、施工、メンテナンスを行っておりますデンマークSolid Production社のSWP-19.8kW風力発電機において発生したブレード破損事故とその補修などについて説明をさせていただきます。

本日の発表の内容ですが、まず弊社の御案内、風車の概要、ブレード損傷事故とその状況、原因と対策、亀裂発生の要因、対策、補修したブレードの強度の順で御説明いたします。

CPOWER株式会社は、2016年3月に小形風力発電機の輸入販売、施工、メンテナンスを行う会社として設立しております。アイルランドのCF20、デンマークのSWP、また中国のGHREの風車にも携わってまいっております。

また、本件はソリッドウィンドパワー社が製造するSWP-19.8-14TV20という風車に発生した事故についての報告ですが、当社及び当該風車を販売する代理店の1つとして、メーカー事故機所有者に代わり本件の調査を進めております。メーカーではございませんので、詳細な資料等不備なところもございますが、御了承いただけたらと思います。

SWP-19.8-14TV20の型式の風車で、海事協会型式認証登録簿ではTC-0020となっております。仕様は御覧のとおり19.8kWの水平軸3枚羽の風車でございます。

機械的制御としまして、安全装置として電磁ブレーキ並びに過回転防止のためのチップブレーキを持っております。

また電氣的制御設備としまして、インバータがPCSとなります。コントローラーは風車を制御するためのコントローラーで、あとピークリミッタコントローラー並びに系統と接続するための変圧器を持っております。

次に、遠隔監視システムですが、SCADAシステムは電気制御設備と同様、オービタル社が開発しており、サーバーがデンマークにあります。グーグルクロームなどのブラウザでサーバーにアクセスしログインしますと、風車ごとに発電量や風速、回転数、エラー履歴などを視覚的に分かりやすくリアルタイムで確認することができるようになっております。また、画面からの風車を実際に停止したり、始動させたりもできるようになっております。

ブレードの損傷事故ですが、発生日時が2020年1月24日、北海道遠別町でブレード損傷事故が発生しました。原因はブレード根幹部分の溶接箇所の亀裂です。緑色で囲んだ部分が損傷箇所となっております。この写真は事故機とは別のものとなっておりますので、御了承ください。

この事故を受けて、2020年2月17日にNK認証が一時停止となりました。認証一時停止の2日後にSolid社から遠隔操作により国内で稼働中の同型機を全機停止しております。その後、4月8日に経済産業省から発電事業者に対しウェブサイト、メール等で停止要請

と注意喚起がなされました。3月下旬には代理店にSolid社から再稼働のための点検手順書が入手されておりまして、4月以降に根幹部分の点検とブレードの亀裂部分の検査を行い、亀裂の有無も確認しております。亀裂が確認された場合は、ブレードを新品に交換する、またトレーリングエッジの亀裂については目視による点検を行い、亀裂が確認された場合はSolid社指定のマニュアルによる手順で補修を行っております。

遠別町での事故の概要ですが、3本のブレードのうち1本が根幹部分の溶接箇所が破断し脱落、また脱落したブレードを確認したところ、トレーリングエッジに亀裂が生じていることを確認しております。弊社で把握している内容とほぼ同様です。

次に、全機点検によるブレードの損傷状況について説明いたします。点検による根幹部分の亀裂については、全機に対し非破壊検査を行った結果、CPOWERで管理する118基の中には根幹部の亀裂は一基も発見されませんでした。トレーリングエッジの亀裂については、118基のうち25基に亀裂が発見されております。割合で約2割となります。

1基3枚のブレードのうち何枚割れていたのかという内訳につきましては、3枚のうち1枚のみ割れているものが8基、2枚が7基、3枚が10基となっております。

また、設置エリア別に見てみますと、秋田県に設置している風車50基のうち19基、青森県23基のうち2基、長崎県18基のうち4基の亀裂が発生しておりました。

次に、ブレード破損の原因と対策について御説明していきます。ここで説明する原因と対策は、1、2まではメーカーから受けた説明によるものです。

ブレード損傷の原因は、振動によるブレード根幹部分の溶接箇所及びトレーリングエッジの亀裂。

対策としまして、1つ目は過度の共振を抑制するということです。インバータのファームウェアにより振動を抑制しようとしております。現在、メーカーではファームウェアの開発とテストを行っておるところでございます。

対策2は、損傷したブレードの補修、補修のうち根幹部分の亀裂は補修できませんので、ブレードごと交換となります。トレーリングエッジの亀裂については、メーカー指定の補修マニュアルに従って補修します。

対策3としまして、点検方法の改善です。点検方法を改善することにより早期発見、早期対応を図ってまいります。

亀裂が発生する要因について御説明します。要因の1つ目は、エッジ方向のブレード固有振動とストール効果やインバータ側からの負荷、この2つが干渉して発生する共振が継

続することで、根幹部分あるいはトレーリングエッジへの負荷が増大するというものです。エッジワイズとはブレードの長手方向ではなく、短手方向への振動です。

そのほかにストール効果について少し説明させていただきます。前のスライドでは制御方法としてリスクブレーキやチップブレーキ、インバータによる電氣的な制御について説明しましたが、そのほかにこの風車はストール制御という方式で回転を制御しております。これは強風時にブレードの形状により回転を制御するものです。ストール制御が働くときは、トレーリングエッジ周辺で乱流等が発生、また剥離効果が発生することにより、ブレードに負荷のかかる要因の1つとなっております。

亀裂が発生する要因の2つ目は、気象、気温にあります。冬の低温によりブレード素材であるグラスファイバーの硬化により振動を抑制する能力が低下することでブレードに亀裂が発生します。ここに示す図は、落下事故が発生した日の気温と風速ですが、事故当日、事故現場の北海道遠別町は気象庁の記録では最低気温マイナス8度、最大風速10.4メートル、最大瞬間風速17.4メートルです。SWP風車の運転温度範囲はマイナス20度からプラス50度ですので、これを下回っているわけではございません。風も強かったものの、台風並みという強風ではありませんでした。その数週間前の悪天候による負荷が蓄積していたことが考えられます。

それでは、次に対策についての説明ですが、ブレードに負荷をかける共振に対する対策として、インバータのファームウェアを振動抑制するプログラムに改修して破損を生じさせるような過度な振動を抑制します。これについては、現在メーカー、Solid社がデンマークでファームウェアを改修し、実機テストを実施中です。実際の数値を計測しながら、ファームウェアの改修を重ねているところです。これは、現在もメーカーと海事協会様との間で協議されているものと認識しております。機密保持の関係から、我々には詳しい内容については開示されておりませんので、この場では説明できませんが、どうぞ御了承ください。

2つ目の対策は、破損したブレードの補修です。ここで話をする補修はトレーリングエッジの補修です。根幹の溶接部分の破損は補修ができないため、ブレードごと交換となります。トレーリングエッジの補修方法については、メーカー側でマニュアルを作成し、現場ではそのマニュアルに従って作業しております。大まかな手順としては、表面の塗装をはがし、シェルの片面にドリルで穴を開け、穴から接着剤を注入し、十分に乾燥させた後に舗装して仕上げるというものでございます。

3つ目の対策は、点検方法の改善です。ブレード根幹部分の亀裂の確認には、非破壊検査を実施しております。メーカーでは非破壊検査については磁粉探傷試験、また浸透探傷試験のいずれかを実施することとしています。それぞれの試験方法で特性が異なりますので、場合に応じていずれかの方法で実施しております。

磁粉探傷試験のやり方をここに記載しております。

あとこちらが浸透探傷試験の方法となります。

続きまして、トレーリングエッジの亀裂に対する点検方法の説明をさせていただきます。トレーリングエッジの亀裂は目視により点検しております。これは直接の目視と画像による間接的な目視があります。直接の目視は、高所作業車でブレードの高さまで点検者が実際に上がって確認する方法と、タワーを油圧システムで倒して地上で点検する方法と2つ取っております。ほかにドローンによる画像での目視検査も静止画また動画から確認しております。その他の方法として、音で亀裂を判定する方法もあり、これは風車本体に音を検知する装置をつけて、異常音を遠隔で監視するものです。ただ、コストの点からCPOWERでは実際の使用には至っておりません。

こちらは実際に目視で点検したときの写真でございます。下側が実際に風車を倒して地上まで下ろしたところで行っております。

こちらは、ドローンで風車のブレードの近くまで行って、画像で判断しております。

また、こちらですが、赤外線カメラによる点検方法として、熱反応によるブレードの異常を正常に接着された部分と不良箇所を熱反応によって異常箇所を発見することができます。

ここまで点検の具体的な方法について御説明してまいりましたが、次に点検業務の運用面について簡単に説明いたします。点検の目的は、不具合の早期発見で事故を未然に防ぐことです。そのために当然ながら点検を十分な頻度で継続的に行い、点検の記録を残しておくことが必要となります。

点検頻度はこれまでメーカー指示として1年に1回のメンテナンス、分解検査を実施することとしてきましたが、ブレードに関しては頻度を高め、早期発見に努めて、亀裂の伸長を防止したいと考えております。また、強風、乱流の厳しい立地や風の強い冬その他に、前回の点検で要観察の風車を考慮して、適宜点検頻度を調整するよう考えております。

その他に点検した際の点検記録の保存についても、日付、点検項目、良否、所見等きちんと記録して、経過の観察に活用してまいります。

また、亀裂サイズなどの基準を明確にして、標準化を図ります。

先ほどトレーリングエッジの亀裂が発見された場合は、メーカー指定方法により補修を行うと申し上げました。その補修後のブレードの強度が元のブレードと比べて十分な強度があるかという点検につきましては、メーカー側で補修後のブレードの健全性について試験を行った資料がございます。これはメーカーが海事協会に提出していると聞いております。専門的な内容ですので、私ども代理店の立場で内容について詳しく説明できるものではございませんが、補修ブレードの強度に関する資料の内容の一部を紹介させていただきます。

健全性を確認するための試験として、有限要素解析、モーダル解析を行っており、補修ブレードが20年間の使用に耐えられる強度を持つものであると結論づけられております。

また、メーカーからの補修ブレードの強度資料については、第三者の立場から日本国内の専門業者に検証していただいております。これは日本コンポジット工業というプラスチック複合材製品の開発、設計などを行っておる会社でございます。試験設備を造っていただいて、試験をしていただいております。メーカーの指定の方法で補修したブレード、亀裂を補修していないブレード、新品ブレードの3種類について強度を検証していただきましたところ、メーカーが実施した有限要素解析の結果と一致しており、メーカー指定の方法で補修したブレードは、健全品と同等の強度との回答結果を頂いております。

以上でSWP風力発電機のブレード破損と補修についての説明を終わらせていただきます。今後も弊社はSWP風力発電機の安全な稼働のために最大限の努力をしていく所存でございますので、どうぞよろしくお願いいたします。また、先生方には引き続きの御指導をお願いして、説明を終わらせていただきたいと思います。ご清聴いただきありがとうございます。

○前田座長      ありがとうございました。本件も当WGで初めて御審議いただく事故報告となっております。原因究明と再発防止対策まで含まれた内容でした。委員の皆様から御意見、御質問がある場合には、チャット欄に発言希望の旨御記入をお願いします。挙手機能を使っても結構です。順番に指名させていただきますので、指名があるまではミュートのままでお願いいたします。時間を延長させていただきたいと思いますので、このまま審議継続とさせていただきますので、御了承ください。いかがでしょうか。それでは、石原委員、よろしくお願いいたします。

○石原委員      御説明ありがとうございます。確認させていただきたいのが、今回新しい

ファームウェアというソフトを今度実装することによって振動を抑えられるということを期待していますが、こういうプログラムを実装することによって、今実際20年設計なのですけれども、20年たたないうちに亀裂が発生しているということになっていきますので、その部分については既にメーカーの方で検証されたのでしょうか。

○説明者（松井） ファームウェアが改善されることによって、ブレードが20年……

○石原委員 この設計がもともと20年の設計ですね。

○説明者（松井） もともと20年ということですかね。

○石原委員 これはNKの認証を受けていますよね。だからその認証書の中に書いているはずなので、今日は認証書を提出されていないので分かりませんが、ここを分かる方はいらっしゃいますか。あるいは電安課とか。もちろん代理店が分からなければいけない話なのですけれども。

○説明者（松井） 基本的には認証を受けているというところで、元のブレードのNKの認証項目の中にブレードも入っていると思うので、20年もつという設計になっていると思うのですが、補修したブレードの……

○石原委員 補修の質問をしていない。補修することによって新品と同じ性能になるということを先ほどの説明の中で示されているので、そこについては質問していません。それは認めていますが、私の質問はもっと簡単な話で、もともとこれが20年設計でNKの認証も取って、20年もつことになっているのですが、今回事故が起こって調べると結構な数のブレードに亀裂が入っていると。NKの認証は今停止されていますよね。有効性もなくなっているはずなので、したがって今度ファームウェアのソフトをインストールすれば、20年もつということになれば、この対策が有効であり、その後亀裂が入ってブレードを修理すれば、元のブレードと同じ耐力になるので、この対策は有効であると思っていますので。

一方、ファームウェアというのはあくまでソフト。そのソフトをつけることによって、結果的に振動を抑えられて、今のような亀裂の発生がなくなるということがどのように評価されているのかという質問なのです。評価されて20年もつという認証とかNKでもいいし、そういったところの技術的な評価というものがありますでしょうかという質問です。

○説明者（松井） ファームウェアも今メーカーでテスト中なので、その辺は分かりません。メーカーに聞いてみないと。

○石原委員 メーカーに聞いてください。代理店が全部分かるということではないので、

代理店がメーカーの代理ですから、ここに出された質問に答えられなければ、メーカーに聞いていただいて、回答を出していただきたいと思いますが、よろしいでしょうか。

○説明者（松井） はい、分かりました。

○石原委員 よろしくお願ひします。私の質問は以上です。

○前田座長 ありがとうございます。それでは、貝塚委員、よろしくお願ひいたします。

○貝塚委員 貝塚でございます。御説明ありがとうございました。1点気になるところがございまして、対策を幾つか挙げられておりまして、ファームウェアとか補修で強度の面で対策が講じられることが期待されているわけですが、点検を強化していくという御説明があったのですが、こちらのほうはファームウェアの改善とか補修などが行き渡るまでは、代理店さんのほうで事故対策の取組の一環として、事業者様と相談の上進めていくのか、あるいは事業者様の責任としてドローンなどを使った点検というのを進めていくのか、その辺りの責任範囲の考え方というのを御説明いただけますでしょうか。代理店さんのほうでこういった点検をお願いしますということがきちんと実施されるかどうかというところが懸念されますので、教えていただきたいと思ひます。

○説明者（松井） 基本的に発電事業者に周知する内容なのですが、ほとんどの風車が我々と協業しておりますメンテナンス事業者がメンテナンスを行っておりますので、我々を含めた3者で点検方法であったり、メンテナンス内容、改善されたものに対しては、一緒になって行っていくというところでございます。説明になっておりますでしょうか。

○貝塚委員 御社と協業なさっているメンテナンス会社さんが今回御説明いただいたような対策で今後メンテナンスを実施していくという理解でよろしいでしょうか。

○説明者（松井） はい。

○貝塚委員 そうしますと、ファームウェアの改善や補修などが実施される、行き渡るようになる前に事故の発生というのはある程度早期の発見につながるような点検ができると理解すればよろしいでしょうか。

○説明者（松井） はい。

○貝塚委員 ありがとうございます。

○前田座長 では、続きまして奥田委員、御発言ください。よろしくお願ひします。

○奥田委員 資料の最初のほうで同型機が海外にもありますよということが実績で出ていました。デンマーク120基とあるのですけれども、デンマークでこのような被害は報告されているのでしょうか。



○説明者（松井） 一基もないと聞いております。

○奥田委員 それで今回の場合の事故は、日本だけの事象であると。単純に共振が原因です、ファームウェアを修正することで振動を抑制、制御しますということですが、本当にそれが原因だと言えるのかなと思いました。海外でも同じような被害事例があったということだったら理解できるのですが、海外にはなくて日本だけというのがちょっと疑問に思いました。風の条件がどのように違うのかというのが分からないのですが、何かお答えできるようなことがあるでしょうか。

○説明者（松井） 日本の気象条件と海外の気象条件、風の条件等の違いというのがあると思うのですが、日本の場合、台風がヨーロッパと違うというところと、また爆弾低気圧等により突風というものが日本の場合、三十何メートルというのも秋田とか青森、北海道などでも観測されることがあると思うのですが、乱流というところでヨーロッパの風と違うので、私個人的に思うのは、おっしゃられたファームウェアの改善だけでは無理なのかなというところがありまして、風車の運転稼働方法にも気をつける必要があると思うのです。ソフトウェア、ファームウェアで完全に風車を制御できるかといったら100%不可能なところであって、ヨーロッパと違う風の状況で、ブレードのトレーリングエッジの亀裂が発生しているという事象があるのではないかと考えております。

○奥田委員 だとすると、もう少しその点についてメーカーと相談されて、本当に共振対策だけでいいのかということについて検討されて、もう一度ここに提案されるべきではないかと思いますが、いかがでしょうか。

○説明者（松井） 冬季のウインドモードといいまして、通常3メートルから25メートルのカットアウトという設定になっているのですが、場所によって冬場の地域によって設定モードを変えることによって、風車の安全稼働というところでメーカーと相談してやったりもしております。

○奥田委員 やはり日本の風の状況が欧州の風の状況とは違うということであれば、その点も踏まえた対応策を考えていただいたほうがいいのではないかと思います。

以上です。

○説明者（松井） はい、分かりました。

○前田座長 ありがとうございます。それでは、弘津委員、よろしくお願いいたします。

○弘津委員 電力中央研究所の弘津です。御説明ありがとうございます。コメント1点ございます。

12ページで事故をきっかけで、一斉点検で21%の風車でトレーリングエッジに亀裂が発見されたと書かれていまして、点検の改善の必要性を認識したところです。

21ページからトレーリングエッジの亀裂の点検方法の改善について書かれているのですが、以前も目視点検で、これ以降も目視点検だということなので、以前はどうやっていて、今後どこを改善するとか、どこをより充実するという書き方をされると、亀裂の早期発見とか早期対応につながるということが分かりやすくなるのではないかなと感じました。何となくドローンの話とかがそうなのかなというように推察されるのですが、その辺の書き方を以前はこうだったけれども、今後はこうするというようにしていただけるといいかなと思いました。

25ページの点検頻度のところも、口頭で以前は年1回だったけれども、今後はという話がありましたので、そういうことを書いていただくとより納得感が高まるのではないかなと思いました。御検討のほどよろしく願いいたします。

以上です。

○前田座長      ありがとうございます。それでは、山本委員、よろしく願いします。

○山本委員      山本です。私が質問したいと感じていたところは他の委員の方にほとんど質問していただきましたので、1つだけ私から気になったところを質問させていただきます。

先ほどの件に関しても今回の件に関しても、小形風力発電設備ということで、メーカーや代理店から説明がなされていますが、基本、事業者の責任だと考えております。これまでの説明を聞いたところ、事業者の方と代理店、あるいはメーカーとのコミュニケーションが少し足りていないのかなと感じました。

今回の案件に関する技術的な部分について、事業者は理解できない部分が多いのかもしれないですが、基本的には電気工作物を自分たちが所有しているという認識を持って、密にメーカーや代理店と連絡を取って、事業者の責任をもう少し認識していただくべきではないかと感じました。事業者の方は密にメーカーや代理店の方と連絡を取って、今回の件に関しても情報の共有を図っておりますでしょうか。

○説明者（松井）      北海道のブレードが落ちたところは私どもの販売したもの、管理しているものではございませんが、我々がもともと管理しているものについては、密に連絡を取りながらやっておるところでございます。

○山本委員      基本、管理という面に関しては、もちろん代理店の方や、メンテナンス業

者の方が事業者の責任の下、事業者から依頼されて実施することだと思います。しかしながら、事業者の方にも事業者の責任をしっかりと認識していただいたほうがいいのではないかと感じました。

以上です。

○説明者（松井）      ありがとうございます。

○前田座長      石原委員、よろしくお願いいたします。

○石原委員      先ほどファームウェアだけでは抑えられないかもしれない。これは奥田委員の質問に対してそのように答えたのですが、そうなるともし乱れによるという話になると、実際に設置するとき、今大型風車に関しては全て設置場所の乱流条件とか設計条件をきちんと調査した上で、それに合った風車を導入するということになっているのですが、乱れによって壊れているとなると、設置する場所によって、今この設計、小形風車というのは I E C の 61400-2 で設計されているので、クラス分けがされていて、乱流強度については皆同じレベルなのですが、その辺についてどのように思われているのですか。

秋田は19基あって、秋田は別にすごい強い台風が行くところではないし、低気圧の影響というのもヨーロッパでも爆弾低気圧みたいなものはあるのですが、低気圧そのものはそんなに差がないのですけれども、今まで大型風車の設計で欧州と日本の違いが、どちらかというと宮古島とか沖縄は台風の影響が非常に強いのですけれども、秋田は別に台風の影響が強いエリアでもないし、あるとすれば日本の場合は山が多いというか、秋田であっても沿岸地域であって近くには、そんなに高い山でなくても100メートル、200メートルの地形でも、それなりに乱れが大きいというのは事実なので、その辺についてはどのように考えているのでしょうか。

○説明者（松井）      この風車はクラス3なのです。

○石原委員      クラス3というのは平均風速7.5メートル毎秒、耐風速がその分下がるのですよね。10メートル毎秒の場合は耐風速は50メートル毎秒です。クラス3だと37.5メートル毎秒ということになると思いますが、その理解でよろしいですか。

○説明者（松井）      はい。クラス2に移行できるようにということで、メーカーが努力していたのですけれども、そこまでなっていなかったと思います。

○石原委員      それは極値風速の話なのですが、平均風速7.5メートル毎秒で、今秋田は19基壊れていますよね。小形風車のハブ高さで7.5メートル毎秒超えていると理解してよろしいですか。

○説明者（松井）      そこまでないです。6メートルとか。

○石原委員      そのぐらいですよ。そうするとやはり平均風速では説明できないので、今 I r e f、I 15 といつか、それが18%なのですけれども、小形風車は低いので、地形とか地物があれば結構大きな乱れが発生し、18%を超える可能性があるので、そういうことを考えられないでしょうか。

○説明者（松井）      それは場所によればある可能性もあるかなと。

○石原委員      非常に気になっていたのは、デンマークでは120基、日本では118ですよ。ほとんど同じなのですけれども、デンマークは一基も壊れていないので、日本では25%も壊れているのですから、学術的に言うと25%壊れていれば設計に問題がある。設計に問題がある意味は、別に風車の設計が間違っているということを行っているのではなくて、設計された風車が25%も壊れていれば、実際日本の地形、日本の風環境に合っていないのではないかというのが疑われるのです。

となると、この辺について何で壊れたのか、乱れの影響であれば乱れが何ぼだったとか、もうちょっときちんと調査されて、今後の対策に反映していかないと、安全に運転できないのではないかと危惧しています。25%は非常に高い率ですので、許容できる故障率ではないように思いますので、その辺についてももう少し詳細に調査すべきではないかと思っています。

○説明者（松井）      個人的に私が運転監視している中で、メーカーがファームウェアの改善というところを言っているところの考えを個人的に見ますと、運転を監視して、基本的にはこの風車は定格回転数50回転を維持するように設計されているのですけれども、日本のP C S連系の場合に、電気が流れにくい状況の場合に、かつ風が強くて、電力をダンプロードに流すようになっているのですが、それ以上に電気が流れにくいときにどうしても風車の回転を落とさないといけないという状況にあるときに、定格回転よりも落として、40回転とかに落として回転するときに、突風が吹いたりとかそういうときに設計以上のストレスがかかると思うのです。そういう意味でメーカーがファームウェアの改善、ソフトウェアの改善を行うことによって、振動を抑えるということを行っているのだらうと思うのですけれども、先生の言われるように乱流に耐え得るだけの強度ではないのだらうかとかその辺を調査したいと思います。

○石原委員      よろしくお願ひします。

○前田座長      ありがとうございます。特にほかはよろしかったでしょうか。

それでは、ただいま委員の皆様から多くの御意見を頂きましたので、本当に共振が原因なのかとか、御自身も言われていましたが、運転方法の改善とかいろいろございますので、メーカーへのお問合せも含めまして、また再審議させていただきたいと思います。

CPOWER株式会社におかれましては、今出ました御意見、御質問に対する回答とともに、次回WGで再度詳細な報告をお願いいたしたいと思います。よろしくお願いします。

それでは、以上で議題2を終了とさせていただきます。

続きまして、事務局よりその他について報告をお願いいたします。

○事務局（日野） 電力安全課の日野です。時間が長くなっており恐縮です。私からは新エネルギーWGで今後審議いただく対象と、水平展開のルールについて少し明確化してほしい旨ご意見を頂いており、ルール化の案についてご説明させていただきます。

新エネルギーWGの審議対象について、これまで明確なルールがなかったところですが、資料は明確化の案としてまとめたものになります。

資料に沿ってご説明いたします。新エネルギーWGの目的は、類似事案の発生を未然に防止することです。これまで約8年間合計28回にわたり38件ほど御審議いただいている状況です。これまで審議いただいた案件について、今後類型化し、過去の類似案件であり、かつ過去の新エネ事故対応WGで審議結果によって再発防止策が確認された事案に関しては、事業者に対する指導は私どもの監督部で実施する形にしてはどうかと考えております。

他方、今後も再エネが増えていくと見込まれる中、本WGで審議する案件としては、類型化できない特異な事案かつ技術的な検討要素が存在する事案を御審議いただく、この2点を満たす案件を中心に御審議いただく形にしてはどうかと考えております。

参考資料として、設置紙、過去の事案を類型化した例を付けさせていただきます。

5ページ目から8ページ目までは、今まで御審議いただいた案件をまとめたものです。説明は割愛させていただきます。

次に、水平展開のルールについてご説明させていただきます。これまで、小形風力発電設備について使用停止要請をした事例が3つほどあります。

今まで20kW以上の風力発電設備に関しては、工事計画届出などの確認において、技術基準の不適合の懸念がある場合は、個別の設置者に対して、それぞれ停止要請等の指導を行ってまいりました。

他方、20kW未満の風力発電設備に関しては、今まで個別の設備に関して安全性を確認する情報を行政側に届け出る義務が課せられていなかったことがあり、これまでは第三者機

関による型式認証の一時停止などをメルクマールとして、同型機の所有者に対して使用停止を要請してきたところ。本日御報告させていただいた2件のうち1件がまさに一時停止をお願いしている案件になっております。

今後について、制度WGにおいて、近年の小出力発電設備の事故増加等を踏まえ、基礎情報の届出などを対象化することを検討しております。今後は、小出力発電設備についても個別に内容を確認していく、その上で、個別に使用停止要請の是非を検討していくべきではないかと考えているところです。

最後に、一時停止要請の解除手続についても明確化していきたいと考えております。過去に2例ほど解除した事例があります。これらを踏まえて、解除手順の案を①、②、③、④と記載しております。

具体的には、最初に新エネWGにおいて、事故原因、再発防止策の妥当性について確認いただく。新エネWGにて確認された設備に関しては、使用を再開する前に最初の設備について、国は当該設備の使用再開前に所有者等の再発防止策の実施状況を現場で確認。再発防止策の実施状況が確認できた場合には、同様の再発防止策を行った設備に対し、使用停止を解除する。このような手順を踏んでいくことを考えております。

さらに解除したものに関しては、使用再開した設備からいずれかの設備に対して、適宜適正に立入検査を実施していきたいと考えております。

以上、短時間での説明で恐縮ですが、私からの御説明は以上になります。御意見頂ければ幸いです。

○前田座長      ありがとうございます。今の事務局からの御提案につきまして……山本委員、よろしくお願いします。

○山本委員      山本です。この委員会に上げる案件についての整理に関連した資料をもう一度拝見させていただけますでしょうか。お願いがありまして、まずこのWGに上げるべきかどうかという検討段階において、明らかに上げるべきではないというものはいいと思うのですが、少しグレーな案件というのが多分今後もあると思うのです。そういったものは本委員会にも様々な分野の専門家の皆さんがおられるので、委員会に上げる前に都度関連の深い専門家の皆さんに相談したほうがいいのではないかと感じました。

最後にもう1つ質問があります。例えば委員会に上がらない案件でも、どこかでその案件に関する内容は公開されるようになるのですか。

○事務局（日野）      電力安全課の日野です。1点目について、審議対象とするか否か明

らかでない場合については、むしろ先生方に御相談させていただければと考えております。

2点目について、指導し、公開した事例として、先ほど示した過去3例の一時停止要請をした事例があり、ホームページ上などで公開し、周知徹底などを図っております。また、先ほどご説明した解除した事例も公開しております。

以上です。

○山本委員 雷のこともそうなのですが、WGにかけなくても、今後、「過去と同じような事例が発生しました。こういう指導を行いました。」という事例は皆さんに水平展開して、情報を共有すべきだと思います。決してWGに上がっていないからといって同じような事故が起きていないわけではないということを知ってもらう必要もあると思います。特に雷に関しては経年劣化により被害を受けやすいという特徴があり、少し古くなったブレードが落雷被害を受けたりという事例も結構あるので、WGには上がっていないけれども、経済産業省には上がってきているという情報も少し水平展開できるような仕組みをつくっていただけるとありがたいと思いました。

以上です。

○事務局（日野） 過去の事故事例やその対策については、類似事例の再発防止の観点から、各監督部のホームページや講習会などで事例紹介などを行い情報共有は図っているところです。

また、事故情報の公開の仕方については、見直しを検討しており、改めて御紹介させていただければと思っております。

私からは以上です。

○山本委員 ありがとうございます。

○前田座長 ありがとうございます。補足が田上課長からあります。田上さん、どうぞ。

○事務局（田上） 先生方どうもお疲れさまです。今チャットに資料（第26回 電力安全小委委員会（令和3年12月10日）資料1（※）の59ページ目）

※[https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan\\_shohi/denryoku\\_anzen/026.html](https://www.meti.go.jp/shingikai/sankoshin/hoan_shohi/denryoku_anzen/026.html)

をお送りしました。再生可能エネルギー等に関する規制等の総点検タスクフォースからも事故情報の公開のあり方について御指摘を頂いております。御指摘を踏まえて事故情報についてはしっかり公開していく方向で検討しており、今年の1月以降にN I T Eさんにデータベースを作っていただき、積極的に情報を出していくことを考えています。

具体的には、事故の概要や再発防止策を含め、できるだけ早く載せることを考えております。事故情報の公開のあり方について、御示唆いただきながら対応していきたいと思っております。

私から補足は以上になります。

○前田座長      どうもありがとうございます。それでは、石原委員、よろしくお願いいたします。

○石原委員      今御説明した内容については、さっき課長からも御説明したように、過去の事例とかを整理されて公開されるということは、今後の事故防止、再発防止には非常に役に立ちますので、ぜひお願いしたいと思います。

また、停止に関してどういった基準でこれを行うかという話も今回整理されて、今後統一した基準、ルールでやっていくということも賛成いたします。こういった停止とか解除のルールを統一化したことについては全くそのとおりだと思います。ぜひやっていただきたいです。

先ほど山本先生から指摘した件について、どういった案件をここで審議するかという話は、今後実際にやってみてどうなるかというのはまた相談させていただければ。今まだよく分かっていないのですが、やりながらそういう形で整理されていくことになるかなと思っていますが、電安課に上げる事故、要するに報告するものは結構重大な事故だと理解していますので、その辺どういう形で分類するかというのは、今後やりながらまた整理していけばと思います。

1点お願いなのですが、実はこの新エネ事故対応WGのいいところが、毎回こういった資料をちゃんとホームページに上げる。しかもWGの中で審議されていて、参考しやすいです。私は過去の第1回から今回の29回までの全てのファイルをダウンロードしていて、自分のパソコンの中に置いてあるのですが、今後そういう意味で探しやすいし、事故あるいは問題が発生したときの参考にもなりますので、もし今後電安課で審議される案件が過去の案件を参考にして審議された場合も、できれば資料、その結果、新エネWGにも報告していただいて、参照しやすいような形で出していただけるとありがたいかなと。

時にはいろいろなところでいろいろな資料を出されると、見落としたりとか探しにくいということもあるかと心配しまして、できれば新エネWGの中でこういった事故を報告されて、皆さんが共有されることを希望いたします。

以上です。



○事務局（日野） 電力安全課の日野です。承知しました。特に新エネWGで御審議いただいた案件に関しては、分かりやすい形で公開していくように努めていきたいと思えます。

また、今回ご説明した資料の5ページから8ページに参考資料として、これまで新エネWGにおいて御審議いただいた38件に関し、発電所名、主な事故原因、再発防止策に関してまとめたものを記載しております。

私からは以上です。

○石原委員 この取組とか内容については非常にいいと思っていて、私コメントしたのは、今後ここのWGで審議しないで、電安課の中で過去の事故事例に基づいて審議していた案件についても、できればこのWGの中で紹介していただくというか、資料を上げていただけると、同じところに資料があるという形になるかなと思っていましたので、コメントさせていただきました。これについては非常にいい取組ですので、ぜひやっていただければと思います。

○事務局（日野） 失礼しました。質問を取り違えて申し訳ありません。今後についても私どもで取り扱ったものに関しては、ある程度まとまった段階で先生方にも、この場を使って御報告していきたいと考えております。

私からは以上になります。

○石原委員 よろしくをお願いします。

○前田座長 ありがとうございます。

ほかに御意見がないようでしたら、ただいまの事務局の御提案の話を進めていただくということで終わりたいと思います。

それでは、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（日野） 電力安全課の日野です。本日は活発な御議論、御審議いただきまして、誠にありがとうございました。

次回WGの開催についてですが、前田座長とも相談の上、後日また調整させていただければと思っております。

今回の議事録なのですが、これまでと同様、後日経産省のホームページに掲載させていただきたいと考えております。

私からは以上です。

○前田座長 ありがとうございました。

それでは、時間を超過して大変失礼しました。活発な御議論ありがとうございました。  
以上をもちまして本日の会議を終了いたします。

——了——