

産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会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3回) 一議事録

日時：平成26年5月30日（金曜日）10時00分～12時30分

場所：経済産業省別館11階1111会議室

出席者：

勝呂座長、青木委員、石原委員、奥田委員、熊田委員、安田委員、坂本委員

オブザーバー

北海道産業保安監督部電力安全課 久家係長

関東東北産業保安監督部東北支部電力安全課 佐藤課長補佐

中部近畿産業保安監督部電力安全課 松浦課長補佐

中部近畿産業保安監督部北陸産業保安監督署 岡本署長

中部近畿産業保安監督部近畿支部電力安全課 友利課長補佐

九州産業保安監督部電力安全課 菊田課長補佐

議題：

(1) 風車落下事故を踏まえた再発防止対策等について（報告・審議）

- ・太鼓山風力発電所事故について

(2) 平成25年度冬季に発生した落雷に起因すると推定される事故及び火災事故等について（報告・審議）

- ・遊佐日向川風力発電所事故について
- ・国見岳風力発電所事故について
- ・輪島風力発電所事故について（新規）
- ・輪島コミュニティウインドファーム事故について
- ・御前崎港風力発電施設事故について
- ・細谷風力発電所事故について
- ・響灘風力発電所事故について（新規）
- ・南大隅ウインドファーム事故について（新規）

(3) 落雷対策に係る公共の安全確保のあり方について（審議）

(4) 株式会社日本製鋼所製風車におけるピッチベアリングの不具合事象について（報告）

- (5) 建築基準法から電気事業法への審査一本化について（報告）
- (6) その他（今後のスケジュール）

○渡邊電力安全課長　それでは、定刻となりましたので、ただいまから第3回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を開催いたします。

本日は、本当にお忙しい中、ご多用の中、お集まりいただきまして、大変ありがとうございます。

開催に当たりまして、一言ご挨拶させていただければと思っております。事務局の電力安全課長の渡邊でございます。

本日でございますけれども、太鼓山風力発電所での事故の最終的な調査結果を京都府からご報告いただきまして、本報告を踏まえた最終的な今後の再発防止策についてご審議をいただきたいということでございます。

本件につきましては、昨年3月に発生した事故でございますけれども、風車の上のほうの落下事故の一番最初のものでございますが、昨年3月ということで、1年以上の長期にわたりまして、この委員会、さらにこの前身のワーキングでもご審議をいただいたということでございます。ここになりまして、本当に最後の報告がとりまとめ、それのご審議をいただけるということでございます。この間、勝呂座長、石原先生を初め、大変ありがとうございました。ここまでさまざまな経緯等々もあつたかと思っておりますけれども、最終的な原因のところもきっちり追及いただきまして、きょうご審議いただけると思っております。京都府におかれても、本当に最後まで、当事者ということでありますけれども、ある意味規制当局としては最後まできちんとやっていただいたと申し上げたいと思っております。

また、昨冬以降の落雷に起因する事故がさまざま起こっておりまして、それに関しましても今日ご議論をいただくということでございますが、ブレードの破損や飛散、火災の事故でございますけれども、今日は個別の案件につきましてご審議をいただこうと思っております。今回と次回で横断的な政府としての対応策等々もとりまとめられればと思っておりますので、その審議をお願いできればと思っております。委員各位におかれましては、本日もぜひ忌憚のないご意見等々賜れればと思っておりますので、よろしく願いいたします。

本日でございますけれども、委員9名中7名にご出席いただいております。ワーキングの定足数も満たしております。

また、説明者といたしまして、事業者側から、京都府、JFEエンジニアリング、株式会社は省略させていただきますが、庄内環境エネルギー、日立パワーソリューションズ、

北陸電力、能登コミュニティウインドパワー、静岡県、ミツウロコグリーンエネルギー、エヌエスウインドパワーひびき、新日鉄住金エンジニアリング、電源開発、日本風力発電協会、日本製鋼所にもご参加いただいているところでございます。

続きまして、お手元の配付資料の確認をさせていただければと思いますけれども、議事次第、配付資料一覧、委員名簿、資料1—1から1—3、資料2—1から2—9、これは個別の事故に関する資料でございます。その後、資料3、資料4、資料5、参考資料1、参考資料2ということでございます。資料がない等ございましたら、議事進行中でもお知らせいただければと思っております。

それでは、以降の進行を勝呂座長にお願いいたします。よろしくお願いたします。

○勝呂座長 勝呂です。おはようございます。きょうもちよっと盛りだくさんです。

それでは、議事に入りたいと思います。まず、風車落下事故を踏まえた再発防止対策等について報告、審議を行いたいと思います。各資料に基づいて事業者から説明していただくということになりますけれども、主に前回の委員会での委員のご指摘に対する回答とか、調査が進捗したようなものについて中心に説明をしていただいとと考えています。

それから、毎回なのですけれども、時間が限られておりますので、説明時間は各社5分程度、それから質疑応答で5分ぐらいで進めていきたいと思っております。最後にも質疑応答の時間を設けておりますので、その辺を留意してお願いしたいと思っております。

では、まず、資料1—1及び1—2の説明を京都府とJFEエンジニアリングからお願いたします。

○京都府（中川） ありがとうございます。京都府の中川と申します。隣がJFEエンジニアリングの牧原でございます。2人で説明させていただきます。

お手元の資料1—1、京都府太鼓山風力発電所1号機と3号機ボルト損傷調査報告書をつけておりますので、そちらに基づいてご報告させていただきます。

まず、1ということで、ボルトの損傷原因調査の目的となりますけれども、先ほどありましたが、昨年3月12日に風車の落下事故が発生したということで、大きな事故の流れというのは、風車と下のタワーとをつなぐボルトの破断、それに続く応力の集中ということで、タワー本体の損傷が起こって破断をしたということが大きな形でございます。

その中で、タワートップボルトの損傷の原因について、前回の報告の中でも引き続き究明しますということでご報告させていただいていたものでございます。今回につきましては、ボルトの損傷原因の調査内容につきまして御説明させていただきます。

1の(1)ということで、調査内容の概要を入れさせていただいております。室内試験及び実機の試験ということで、ボルトの締めつけの施工方法の違いによる締めつけトルクと導入軸力の関係の調査、あるいは実際の風車の発電時の風荷重に関する風車の観測を実施しております。また、FEM解析によりまして、タワートップボルトへの作用力、タワートップボルトの軸力の関係を明らかにしております。風車の空力弾性モデルを用いた解析結果とあわせて、ボルトの疲労寿命の評価を行ったものでございます。

具体的な項目につきましては、(2)ということで調査項目を入れさせていただいております。それぞれの内容について次に少し触れさせていただきたいと思っております。

その下の大きな囲いの中の1号機と3号機のタワートップボルトの施工及び交換等の状況でございます。太鼓山風力発電所におきますタワートップボルトの損傷、それに伴う交換につきましては、1号機と実際に風車の落下事故を起こしました3号機の2基について経過がございます。それにつきまして状況等を点検、確認したものでございます。

表2-1にタワートップボルトの点検履歴ということで入れさせていただいております。建設当初から事故の起こりました25年3月まででございますけれども、主な点検内容といたしましては、ボルトの合いマーク、動きがないか、あるいはトルクの確認、緩みがないかということでやっております。ただ、本数につきましては、全体が60本のボルトでございますけれども、5%ということで当初は3本。あと、平成20年に3号機等でのボルトの折損が確認されたということがございましたので、5%を10%ということで、任意の6本ということで、トルクをかけてボルトの緩みがないかといったことを確認してきたところでございます。

それに対して、これまでのタワートップボルトの折損、あるいはそれに伴う施工の履歴ということで、図2-1にお示ししております。大きく3号機のボルトとりかえ及び損傷という表と、その隣に1号機のボルトとりかえ及び損傷という形で挙げさせていただいております。

20年6月9日で3号機のボルトとりかえ及び損傷の記録を入れさせていただいておりますけれども、ボルトのナンバーを打っております。17番から22番ということで、この6本について損傷。ちょうど主風向、西からということで、東側のボルトに当たるわけですが、そのボルトを中心に、3号機について折損、あるいは破断が起っております。また、1号機のボルトにつきましても、同じ主風向の反対側でやはりボルトの折損が集中して発生していたという状況でございます。3号機につきましては、25年3月に実際のボ

ルトの破損、タワーの破断で風車落下事故を起こしております。

その次に、3でボルトの軸力に関する室内試験、実機での調査結果についてご報告させていただきます。これにつきましては、ボルトの施工方法ということで、図3—2をみていただくとよろしいのですけれども、施工する器具、4倍力のレンチを使ったり、あるいは油圧レンチを使ったりということであったわけですが、この施工方法の違いについて確認しております。結論といたしましては、それぞれの工具による差異はなかったということでございます。

その次に、(3)でタワートップボルト交換後の緩みの確認をしております。これは、先ほど申し上げました折損履歴のある1号機の実機において調査をしております。対象といたしましたボルトにつきましては(3)ということを書いておりますけれども、ボルトの軸力の施工方法と軸力導入を確認したNo.18から25と風車の導体を観測した加速度計を設置しておりますが、この設置のためにとりかえたNo.36、51についてタワートップボルトの交換をしたということでございます。建設時につきましては運転開始から約500時間後ということで、24時間運転の場合ですと20日程度という期間がありますけれども、その時点において、締めつけ時と同条件、トルクで申しますと850ニュートンメートルで増し締めをしております。その同じやり方で、この交換したボルトについて増し締めをした結果でございます。

それについては表3—1に結果をお示ししております。赤く表示しておりますデータがございますけれども、交換したボルトが18から51でございますが、そのうち21から22、23ということで、トルクで締めつけたときに回転した、つまり緩んでいたということがございます。

図3—3に、ボルトの回転量、これは座金の円周の部分での長さでございますが、約15ミリ回転すると、当初入れた軸力が全て抜けるということで——これは試験をしたデータでございますけれども——なっております。そういったことから、先ほど申しました21から23の軸力の状況を確認しております。21で申しますと80、22でいいますと87ということで、約2割の軸力が運転開始500時間で抜けたという状況が確認されております。

また、51番は21番とちょうど正反対側、西向きになりますけれども、その位置にあるボルトでございます。当初、ローターの向きを東向けということでやっていたわけですが、それをちょうど反対側、西側に回転させて、ボルトに引っ張りがかからない状態で締めつけたものでございますが、やはり4ミリ動いたということで、これについては73%、

27%の軸力が落ちていたということが確認されております。

その下に (4) で、3号機は事故を起こしました号機でございますけれども、これについてのボルトの緩みの状況について調査をしたものでございます。備考に亀裂、あるいはボルトがない、折損という形で、これはボルトナンバー17番から22番のボルトについて亀裂等でほとんど軸力が無いといった状況で、それ以外につきましては、増し締め回転量でございまして、先ほどいいました15ミリ以下、10ミリとか7ミリ、6ミリという形でございまして、軸力がまだ少し残っているというような状況になっておりました。

その次に、ボルトの軸力と寿命についての評価をやっております。4番でFEM解析と空力弾性解析によるボルト疲労寿命の評価をやっております。その中で、まず、ボルトの軸力の評価ですけれども、図4-4をみていただきたいと思っております。そちらに60本のうち赤く示しておりますけれども、そのボルトについて疲労の評価を実施しております。基本的には西方向からの主風向に対しての入力、風の作用力を入れて軸力の評価をやったものでございます。

結論といたしましては、図の4-6をみていただくと、最後の結論が出ているわけですが、ちょうど横軸がボルトの導入した軸力を100%から20%ごととしてゼロ%まで落とした条件。それと、それに対しての疲労寿命がどうなのかといったグラフになっております。大きなモデルといたしましては、60本のうち8本についてそれぞれボルトの導入軸力を設定し、それ以外のボルトについては80%ということで設定した結果でございます。

結論から申しますと、ちょうど横に太く線を引っ張っておりますのが20年の設計寿命という値でございます。40%以下になると急激に疲労の寿命が短くなるという結果になっておまして、軸力が完全に抜けた場合は数日で切れる、非常に短時間で破断してしまうという結論になっております。

次に、ボルト損傷原因のまとめ、5でございます。ボルト損傷の履歴とボルト交換の施工記録を調査した結果から、ボルト交換時の増し締めを実施していなかったということでございます。こういったことからボルトの軸力の低下が発生し、ボルトが短期間で損傷したといった経過がこれまでの調査の中から明らかになってまいりました。

また、今回の調査では、増し締めにより、ボルト交換後にはボルトの緩みが生じるといったことも確認しております。また、先ほど申しましたように、ボルトの導入軸力については、ローターの荷重のかかる方向によって変動するということも確認しております。

FEM解析の結果及び空力弾性モデルによるボルトの寿命予測で、ボルトの緩みが進む

とボルトの軸力が急激に低下し、基準値の10%程度まで低減した場合、疲労寿命については極端に短縮され、さらに、ゼロ%、軸力が完全に抜けた段階では、ボルトについては短期間で破断するということが確認されております。

こういったボルトの疲労寿命の予測結果、あるいは事故機の損傷ボルトの調査の結果から得られた内容につきましては、こういった内容とよく一致しているということで、ボルトの損傷が短期間で発生したことの裏づけとなっております。

また、ボルトの緩みにつきましては、それまで実施していた合いマークの目視の確認、あるいは打音検査ではみつけれなかったということで、ボルトの軸力の低下を発見するための手法について検討しております。これらにつきましては、トルクの確認ということで、トルク確認について点検の内容、具体的には本数等でございますけれども、強化充実させるということで今回見直しをしております。点検要領につきましては資料1—2ということで添付させていただいております。

最後に、まとめということで、再発防止対策でございます。タワートップボルト交換後の緩みに対する軸力低下に対して、増し締めを行っていなかったということ。あるいはこれまでの定期点検の内容においては、ボルト軸力低下が発見できなかったことがボルト損傷の原因につながったということでございますので、特にタワートップボルトの交換手順、あるいは点検の頻度、点検の本数といった内容について見直しをしております。こういった内容について新たにタワートップボルトの点検要領ということで加えまして、ボルトの健全性をしっかりと担保してまいりたいと考えております。

現在、風力発電所につきましては、検証ということで運転を再開しているところでございますけれども、引き続き安全性を確認した上で、運転に努めてまいりたいと思っております。特に、太鼓山風力発電所につきましては、これ以外のトルク確認等に加えて、ボルトの亀裂を直接確認するというところで、超音波探傷試験等もあわせて実施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　ありがとうございます。それでは、今のご説明に関してご意見、それから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。

○奥田委員　国総研の奥田ですが、何回か欠席していたので、途中の検討状況がわかっていないところがあるのですが、最終的にボルトの軸力が低下するということがあったようなのですけれども、それはどういうことなのか。ナットが緩んでいるということなの

か、ボルト自体が伸びている。

○京都府（中川）　　まず、ボルトの緩みですけれども、これまでの定期点検では、合いマークということで、ボルトが回転しているかどうかということについては、それで確認しております。それについてはこれまでの点検結果からそういう形のもの確認されていないということで、ボルト本体が伸びたといいますか、そういった形で軸力が落ちたと考えております。

○奥田委員　　何となく理解できました。そういう形で伸びた部分をもう一度増し締めという形でとめる必要があるということなのですね。

　　あと、この破壊モードとしてはボルトが破断、あるいは軸力が抜けてということで、それが先行して、結果的にタワートップのフランジの下ぐらいのタワー部分が破断するという破壊ということでしょうか。

○京都府（中川）　　そのとおりでございます。

○奥田委員　　わかりました。そうするところ、逆にいうと、これは私は専門ではないので教えてほしいのですが、ボルトが健全であれば本当にタワー部の損傷というか疲労は起こらないといえるのか。逆にいうと、ボルトをどんどん強くしてしまうと破壊モードとしては変わってくるようなことはないのかというのがちょっとよくわからなかったのです。

○京都府（中川）　　前回の報告の中でタワー本体の疲労についても一応何ケースかやっていたいただいております。その結果で申しますと、ボルトが健全であれば、タワーについての寿命には問題ないということでの結論を得ております。

○勝呂座長　　よろしいですか。——ほかによろしいですか。——そうしたら、またご質問等があれば後でしていただくということで、次に進めたいと思います。

　　次に、資料1—3で、風車の落下事故を踏まえた再発防止対策についてということで、事務局から説明をお願いします。

○飯田補佐　　それでは、資料1—3に基づきましてご説明させていただきます。

　　太鼓山風力発電所事故を踏まえた再発防止対策についてということでございまして、昨年12月に、このワーキングの前身でございます風力発電設備構造強度ワーキンググループにおきまして、太鼓山風力発電所を含め3つの発電所の風車が落下するという事故に対する国としての今後の再発防止対策等につきまして、中間報告としてとりまとめております。こちらについては、参考資料1に用意させていただいております。

　　こちらでは、引き続き調査が行われております太鼓山風力発電所3号機の落下事故の原

因とされるタワートップボルトの折損対策についてのところは、少しペンディング状態となっていたのですが、今般、京都府からご説明いただきまして、その内容を踏まえまして、その中間報告におけるボルト折損についての扱いを改めて今回位置づける形にできればと思っております。

この四角の中に入っておりますのが、昨年12月の中間報告のうち、太鼓山風力発電所の事故の中での、さらに具体的な対策の該当する部分を抜粋したもので、②となります。亀裂等発生への対応及び早期発見のための適切な頻度による保安点検の実施並びに発見後の国への報告という、設置後の対策というところのくだりでありまして、こちらの文章の中に、3つほど今回の京都府の報告を踏まえた部分を追記させていただいております。

具体的には黒く網かけがかかっているところでありまして、まず1つ、ボルトの破断が明らかになった場合は速やかに運転を停止し、そのボルト及びその周辺のボルトをとりかえるということに加えて、今般報告がありました、「とりかえ後の増し締め」ということをきちんと明記するということ。

それから、その後、非破壊検査を含む詳細な保安点検を実施し、改めて設備の構造安全上の適合性について確認、検証するとともに、設計変更や、早期発見のための定期的な非破壊検査や、「ボルト軸力の適切な確認」を含む保安点検といったところでボルト軸力の適切な確認ということを追記させていただいております。

次の後ろのページでございます。中ほどのなお書きのところでございます。ボルト破断等の発生の有無にかかわらず、予防保全の観点から、状態監視の強化対策として、「ボルト軸力を適切に確認する」といったことを追記しております。

この3点を追記させていただく形で、今回の報告を踏まえた再発防止対策についてのまとめとさせていただければと思っております。

以上でございます。

○勝呂座長　ありがとうございます。それでは、今の説明に対してご意見、それからご質問等があったらお願いします。内容的には、さっき説明があった参考資料1の中の部分的な修正ということで、さっきの京都府からの説明を踏まえた形の修正になっております。よろしいでしょうか。どうぞ。

○安田委員　関西大学の安田です。

この分野は専門ではないので、基本的なことをお聞きしたいと思うのですが、この新しく文言が入りましたボルト軸力の適切な確認というところでは、この文言自体は全く同

意させていただきますが、一般論として、このようなボルト軸力の適切な確認というのはほとんど全てのウインドファームで一般的に普通に今まで行われていて、今回の事故はとりわけ行われていなかったのか、それとも、他のウインドファームで一般的に行われていなかった可能性が多いのか、そのあたり、ご知見のある方いらっしゃいましたらお教えいただければと思います。

○勝呂座長 よろしいですか。ご知見のある方という質問ですが。

○石原委員 過去のいろいろな風車に対する大臣認定とか、これまでの経験からいうと、各メーカーは増し締めをきちんとやっていると理解しています。やるというのは高力ボルトの施工要領の基本であると理解しています。今回は特別な事象と理解しています。本来ですと、きちんとやるというのはメーカーは明記すべきものであって、ルール上でもやるべきもの。会社によって抜けたというのは今回の問題だと思っています。

○安田委員 わかりました。ありがとうございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。石原先生は土木の御専門ですけれども、私は機械なのですが、やはりこういうものはやるべきだというのは普通考えてやっていると思っておりました。ほかによろしいですか。

(「なし」の声あり)

そうしたら、今の修正というか追加を承認していただいたということで、前回に出した中間報告書は参考資料1になっておりますけれども、これを改訂して周知する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。

では、引き続いて、次の議題に移りたいと思います。次は各発電所の事故の報告ということで、昨冬に発生しました落雷に起因すると推定されるような事故と火災事故等についての報告、審議を進めていきたいと思います。

まず、資料2-1から順番にですけれども、庄内環境エネルギーからお願いします。済みません。しつこいようですけれども、だんだん時間がおくれると思いますので、ぜひ時間厳守でお願いしたいと思います。

○庄内環境エネルギー(海藤) 庄内環境エネルギー・海藤と申します。

遊佐日向川風力発電所の事故につきまして、第1回目のワーキンググループに出席いたしまして、ご指摘いただいた件につきまして説明させていただきます。日立パワーソリューションズの前川より説明させていただきますので、よろしくお願いたします。

○日立パワーソリューションズ(前川) 日立パワーソリューションズの前川と申しま

す。お手元の資料に従ってご説明したいと思います。

まず、被害状況につきまして、破損したブレードを工場に全て返送いたしまして、詳細に内部の点検を行いました。その結果をまとめたものが4)という右側の上のほうに書いてある項目でございまして、まず1つ目、写真1というのが写真の真ん中の一番上にあります風車の羽根が折れた写真ですが、ブレード3枚中1枚が全長の根元の約5分の1の付近で折損した。下のブレードの図面でみていただきますと、ブレードの根元が右側にありますが、そこから7.3メートルぐらいのところ破損しております。破損した部分につきましては、返送の都合もありまして、一部をカッターで切り離したところ、内部のウェブが折れていたということから、ここを折損部と断定いたしました。

それから、まとめの2つ目でございますが、ナセル及びローターカバーには、折れ曲がったブレードが衝突したと思われるへこみが多数ございました。これにつきましては写真はございませんけれども、要するに、アルミのナセルがぼこぼこになっていたということでございます。

3つ目、先端から20から25メートルの位置にみられた部材の欠損及び灰色化、黒色化といってもいいと思うのですが、それは、ブレードが折れ曲がり、ナセルと衝突した痕跡と推定いたしております。これは、その灰色化した部分の成分分析を行ったところ、ナセルの表面材質であるアルミが検出されておりましたので、折れた後にナセルに当たったと考えています。左側の図でいきますと、ちょうど中央部に斜線と黒で描いた部分がございまして、斜線部は欠損していたのですが、この黒い部分に灰色化がみられ、アルミが多数検出されたということでございます。

それから、まとめの4つ目にありますが、先端から5.2メートルの位置にアルミ導体の溶損が発見されました。この位置から雷が入ったと今回推測しております。当初はブレード先端のチップに落ちたのではないかと考えていたのですが、返送して詳細に調べたところ、この図でいきますと、ブレードの図の左から5.2メートルの位置、その下に写真がございまして、アルミ導体周辺に焦げ跡がございまして、この部分のダウンコンダクターに、写真にあります4ミリ掛ける14ミリ掛ける厚さ3ミリメートルの溶損部分が発見されました。以上から、雷はここに入ったと推定しております。

2番目の推定原因につきましては、前回ご報告申し上げましたように、電荷量はわかりませんが、ピーク45キロアンペア、推定の継続時間63ミリ秒の冬季の落雷が主原因であると考えております。

今回、落雷点が先端から 5.2メートルと判明したと考えているのですが、この部分のリーディングエッジに落雷を受けて、ブレードに亀裂が入ったと推定しております。前回、第1回でもご報告申し上げましたように、その後20分間運転を続けましたので、その結果、先端の損傷が徐々に広がって折損に至ったと推定しております。

この調査につきましては、私どもは独自で行いましたし、あと、風車メーカーである ENERCON も彼らなりに一通り全部返送ブレードを点検した結果、見解としては同一でございます。

最後に、3番の対策ですが、応急対策として、これはもう行った過去のことになるのですが、雷接近検出器による風力発電機の停止措置を行いました。今回は、直撃ですぐ折れたのではなくて、落雷後の運転継続により折れたと考えておりましたので、当時は、とりあえずすぐ検出できる雷接近検出器で風車をとめるということを行いまして、具体的には、3月31日までの冬季間、雷検出を管理者に電話で発報するようにいたしまして、それを受けて管理者が手動で風車を停止させておりました。

2)の恒久対策でございます。これは応急対策でも行ったことですが、万一のために、公衆の接近防止のために、風車から半径 250メートルを進入禁止ということで、柵と看板を設置しております。

それから、ブレード及び導体の目視点検を年4回実施を継続いたします。特にブレードにつきましては望遠レンズを用いた点検を中心に行っていく予定でございます。

3番目、落雷による事故及び損傷拡大を防止するという目的のために、冬季間につきましては、一定規模以上の落雷を検出して風車をとめる装置の設置を今検討しております。検討しているというのは、一定規模というのをどう判断するかというのをまだはっきり決めておりませんので、最悪は落雷即停止となる可能性もございます。

最後になりますが、一応、メーカーには冬季雷についての構造改善を申し出ておりました、すぐには無理かもしれませんが、今後、ブレード内部導体の改良、主にサージインピーダンスの低減をしてもらうということを中心に、対策を検討してもらっている最中でございます。

以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。今報告がありましたけれども、何かご意見、ご質問等がありましたらお願いします。どうぞ。

○安田委員 幾つかご質問させていただきたいのですけれども、手短かに申し上げます。

まず、ビデオカメラによる映像が残っているということで、落雷を受けてから20分間の破断に至る映像はございますでしょうか。

○日立パワーソリューションズ（前川） 夜間でしたので、真っ暗で何もみえないということでした。

○安田委員 わかりました。もう1つは、今回新たに、先端部ではなくて先端から5メートル付近のところに着雷があったとわかったわけですが、お写真ではアルミ導体の部分が拡大されていますが、この付近のブレード表面、特に着雷で貫通したと思われるのですが、そのあたりの拡大写真とかはございますでしょうか。

○日立パワーソリューションズ（前川） 写真は戻ればあると思います。ただ、落雷痕はたくさんあったのですが、大きな落雷痕はなくて、今回、このブレードの中をよく調べていったら、ダウンコンダクターに大きく溶けている部分があったということで、今回ここを落雷点と判断しました。

○安田委員 質問は、直接貫通した部分だけではなくて、例えば前縁とか後縁のところに接着剤の剥がれがあるとか、亀裂があるとか、あるいは直線上にブレードがそこで破断されているとか、そういった詳細がわかるような、このあたりの先端から5メートルぐらいの付近の詳細例があるとありがたいと思うのです。

○日立パワーソリューションズ（前川） 残念ながら、真ん中の一番上の写真をみていただくわかるように、折損した状態で、先のほうは全てナセルに当たって割れたような状態になっていましたので、落雷で割れたのか、衝撃で割れたのかというのは我々判断できない状況でございます。

○安田委員 私自身が気になっていますのは、やはり20分間の継続運転で損傷が拡大ということなので、着雷があった時点では、恐らくその付近が何らかの形で短く割れた、あるいは接合の部分が剥がれたということをイメージしております。あくまで推測でございますけれども。ですので、そのあたりの、まず最初に開いたというメカニズムが知りたいと思いますし、それから、運転を継続したことによってどのように広がっていったのかということも興味がございます。それが恐らく今後の恒久対策につながるのですが、3番目で落雷を検知して自動停止するシステムを設置するというをご検討されていますが、具体的にこれはどのような装置でしょうか。要するに、風車に直撃があったものを検知するのか、付近に落雷があったものを検知するのか、どちらでしょうか。

○日立パワーソリューションズ（前川） 今は直撃雷を検出してということを考えてい

まして、一番わかりやすい方法は、ログスキーコイルのようなものを設置するという考え方で検討しております。

○安田委員　ログスキーは根元に巻くとちょっと高いかもしれませんが、ブレードに巻く小さいものもあるかと思えますし、そのような形で、落ちた瞬間にとめる検出システムをぜひ実現していただければ、恐らく仮に軽度な落雷があっても羽根が開いた場合でも大きな事故には至らないと予想されますので、ぜひそういった自動停止システムを実現していただければと思います。

○日立パワーソリューションズ（前川）　わかりました。

○勝呂座長　ありがとうございます。ほかによろしいですか。どうぞ。

○石原委員　今後の対策のところ、今回4つ対策をここで挙げられていますが、きょうこれからほかのところの事故調査結果に対して落雷対策を報告されるのですが、そういう意味では、1件目として挙げられた項目について非常に重要だと思っています。後ろの2つに関しては、先ほどの質問もあるように、具体的に、例えば一定規模というのは、おっしゃったようにまだ出ていないので、これからぜひ定量化していただきたい。

2番目は、サージインピーダンスの低減についてもぜひ定量化していただいて、具体的に、この風車はIECに対してどういう落雷対策をされていて、それに対してどういうものにしようかというのは定量的に評価していただきたいと思っています。この2点については、ぜひ定量化をお願いします。

その前の2つについてもちょっと質問があるのですが、例えば1番目に関しては、いわゆる進入禁止対策をこれから実施される予定ですが、この対策が本当に有効ですかという質問です。要は、人は入らないでくださいという看板を書いても、実際に我々が事故調査をしに行ったとき、入ってはいけないところに行ったら人がいたのです。子供を連れてあそこで遊んでいます。大変びっくりしました。だから、対策として本当に実施するのであれば、進入禁止という措置をとられたとき、どうやって監視するとか、あるいは発見したとき、どうやってアナウンスしていくのかということもぜひ検討していただきたい。

2番目に関しては導体の目視点検。今回は何で導体の目視点検で決められたかは、この資料をみる限りはよく理解できていないのですが、後で報告があるように、例えばもし線が切れているとか、ずれているとか、そういう場合は多分目視点検で見つかる場合もあれば、ちょっとずれる場合はみつからない可能性もあるのですが、そういった場合は実際にはかって、ちゃんと電流が通っているかどうかとか、後でいろいろ提案されているので、

導体に対する点検の項目と回数は、どのような根拠をもってこれで有効である、あるいはやるべきかということがわかるようにぜひ書いていただければ、ほかの方に対しても今後参考になるのではないかと考えています。

○日立パワーソリューションズ（前川） 一応、今お答えできる範囲だけでお答えさせていただきますと、年4回というのは、メンテナンスを年4回行うことにしておりますので、風車のメンテナンスのときに必ずブレード回りの点検をするということで、まずは年4回とさせていただきます。

○石原委員 これは、実はこれからの報告の中に、例えば非常に激しい落雷があった後にすぐに点検するとか、地震と台風に関しては、設計風速の何割となったとき、あるいは地震の震度5以上という具体的な数字が指針によって決められていて、それに対して点検するというのが実際支持構造物に関して実施されているのですが、落雷に関してどういう状態でどういうことをやるかというのは、今後まとめられれば有効ではないかと感じています。

○勝呂座長 ありがとうございます。どうぞ。

○安田委員 1点だけ短く補足させてください。最後のサージインピーダンスの低減は、恐らく風車内の電子機器とか観測装置などを守るためには有効ですけれども、ブレードの事故に対しては、サージインピーダンスを下げたとしても、根元とかレセプターがないところに着雷してしまうとかというのは確率論的にどうしても避けられませんので、それはやはりブレードの構造、特に接合部の強度とか、そういったところを中心に具体的な改良策をご検討いただければと思います。

○勝呂座長 ありがとうございます。私からも1点だけ教えてください。風車の羽根が折れていますよね。折れたからここに挟まってしまったと考えるべきですよ。

○日立パワーソリューションズ（前川） 灰色化した部分ですか。

○勝呂座長 そう。そうすると、ここに落雷が当たって、そのエネルギーでばんと割れて、それが運転中にずるずると広がって行って、タワーのところに行って挟まってしまったというような形と考えられるのです。そうすると、そういうところは、例えば割れ目などをみていて、例えば接着強度がこのぐらい足りないとかということを検討するということはしないのですか。

○日立パワーソリューションズ（前川） そうです。それよりも、今回は先端でしたけれども、まずは先端の落雷による小さな損傷が拡大しないようにするというのが今回の対

策の趣旨でございます。

○勝呂座長 わかりました。それともう一点、先端部のアルミ鋳物というのが、左の3の下のところの写真でいうとちょっと外れているみたいな感じなのですが、これは飛散しているのですよね。

○日立パワーソリューションズ（前川） 真下に落ちております。

○勝呂座長 では、とまってから落ちたと考える。

○日立パワーソリューションズ（前川） 要するに、ブレードの先端が裂けていますから、折れてナセルに当たったような状態で多分下に落ちたのだと考えております。

○勝呂座長 そうすると、裂けたとき、まだ曲がっているときにもしかしたら飛んでいく可能性があるのではないかと。そういう面でいうと危険なのではないかという気がちょっとするのですけれども、その辺は何か対策を講じるということは考えないのですか。

○日立パワーソリューションズ（前川） ナセルに当たって下に落ちたと我々は認識していますので。

○勝呂座長 だから、当たって落ちるのもいいのですけれども、例えば、逆にいうと、それぐらい緩いと、もしこれが当たらないでもう少しぐるぐる回ってれば、そこから抜けてぼんと飛び出すということはないのかというのを考察しないのかという質問なのです。

○日立パワーソリューションズ（前川） 構造上は10本ぐらいでしたか、ちょっと本数ははっきりしませんが、ビスというのですか、ねじでとめられておりますし、特にこれが抜け出して飛んでいくおそれは基本的には余りないと考えています。

○勝呂座長 わかりました。ありがとうございます。ちょっと時間がないので、そうしたら、今の説明で、あとまたフォローをお願いしたいと思います。

続きまして、資料2-2で、北陸電力さんからお願いします。2-2と2-3が両方とも北陸電力さんなので、続けてお願いします。

○北陸電力（水野） 北陸電力電力流通部の水野でございます。

第1回のワーキングにおきまして、国見岳風力発電所2号機の風車破損につきまして中間報告をさせていただきましたが、今回、3月23日に損傷いたしましたハブ、ナセルを地上におろしまして、その後、火災原因を含めまして詳細に現地調査させていただきましたので、どのようなメカニズムで出火したのかというところの報告と、それに対する対策案につきまして、まず、資料2-2で説明させていただきます。

資料2-3につきましては、輪島風力発電所の2号機におきまして、同じくブレードチ

ップのところ破損して、そこからレセプターブロックが脱落するというものが発見されました。こちらにつきましても国見と同じM i c o n製の風車でございますので、ブレードチップの裂け目をどうやって保護すればいいのかということにつきましても中間報告につきましても、2件連続して報告させていただきます。詳細につきましては、変電チーム統括の堀から説明させていただきます。

○北陸電力（堀） 電力流通部・堀です。

それでは、お手元の資料に基づきまして、まず、国見岳風力発電所の事象についてご説明いたします。大分前に報告させていただきましたので、まず軽く、先般お話ししました事故の概要だけおさらいさせていただきます。

別紙で添付してある資料をみていただきたいのですが、当該発電所、国見発電所につきましては、900キロ2基を有する発電所でございます。2010年に福井県から弊社が譲り受けております。

事故の概要なのですが、1.の(3)番に記載がありますように、昨年12月1日に落雷により火災が発生いたしまして、この資料の別紙の右側をみていただきますと、図4にありますが、これは現地のサイトを空撮した写真なのですが、このような形でタワーの上部にナセルとハブが残った状況になっておりました。

別紙の裏側をみていただきますと、地表に落ちたブレードの損壊状況を確認しましたところ、ブレード④と記載してある部分の根元の部分が焼失している状況が確認されております。これが先般、2月のタイミングでお話しさせていただいた内容です。

その後、今ほどお話ししました3月の下旬、天候が安定しまして現地の降雪がなくなったものですから、弊社の麓の社有地に物をもってまいりまして、詳細な損壊メカニズムの調査を行いました。それが資料2-2です。2-2の説明をさせていただきます。

2.目の火災発生メカニズム（推定）とありますが、我々、どうやって事故が発生したのかということで、各部位の燃焼状況とか放電痕跡、可燃物の有無、雷電流経路に着目いたしまして、実際に撤去したものを確認いたしました。

資料の裏側をみていただきたいのですが、裏側の右上が弊社の社有地に置きました損傷品です。

実際に火元ということで我々が詳細に調査した結果は、このペーパーの左側にあります。表形式で書いてありますが、例えば、部位といたしましては、チップブレーキ、ブレード、ナセル、ハブ、タワーというようにいろいろと検証を行いまして、かいつまんだお話をし

ますと、火元の可能性として残りますのは、この表の下のほう、ハブ、油圧装置、ちょっと太文字になっていますが、油圧装置（操作油）とありますが、こちらと同じく油圧装置の油圧ホースが火元としてはどうも怪しいということで推定を行いました。

その理由はなぜかということ、また表のページに戻っていただいてご説明いたしますが、2. の (1) です。火元についてということで、チップブレーキ[㊦]駆動用の油圧シリンダーから油圧装置の周辺であると推定いたしました。[㊦]といいますのは、事故が起きた当初、時計の12時の位置にいたブレードです。ここの油圧シリンダー、油圧装置は、このペーパーの右側の図1、油圧シリンダーというのは現物はこのような格好をしております。

具体的に調査を行って、ここが火元だと特定した理由がその下に書いてありまして、4つほどぼちがありますが、まず1つ目ですけれども、油圧シリンダーに複数箇所、それから油圧装置にアーク痕がまず認められている。これは図2、もしくは図3とかをみていただきますと、図2の赤枠で囲った部分、シャフトのところの赤い部分3ヵ所、それから、図3に行きますと、シリンダーヘッドの端部、こういうところにアーク痕が確認されております。それから、その下の図4の (b) で行きますとポンチ絵みたいなものがありますが、ここの黄色の部分3ヵ所は図2の四角枠と符合しておりますので、同じ箇所にアーク痕が確認されています。それが1点目です。

続いて、2つ目のぼちへ行きますと、油圧シリンダーシャフトのアークが発生した部分から操作油が噴出、漏油することを確認しております。これは1号機の当該部品で確認しております。これはなぜ噴出するかといいますと、実際に運転待機状態だったのですが、そこには120バールという圧力がかかっているものですから、そこで放電が起きると、圧力によって中の操作油が飛び出すことを確認しております。

3つ目に行きますと、落雷直前は当該発電機、運転待機中として、発電機だとか主軸ブレーキは荷電されていない、無電圧ということなので、火元ではない。最後は、落雷と同時に主遮断器、いわゆるメインCBがトリップしていますので、電源がない状態では電気火災の可能性は低いということで、ここに記載した場所が火元と推定いたしました。

そのメカニズムをこちらの図4の (b) に基づいて説明いたしますと、図4上のところの吹き出しからシナリオがスタートすると想定しております。まず、この図の上の部分はずっと延長していきますと、ダウンコンダクターを介してブレード[㊦]のレセプターにつながっていきます。5時30分に落雷いたしまして、①番、アーク（放電）が発生いたします。ここの黄色い部分です。その次に、②番、内部加圧中ですので、操作油が噴出して、

ピンク色の矢印のように外に飛び散る。③番、気化した操作油が滞留する。これは左側の赤っぽい部分です。一部は気化して上に滞留するものもありましょうし、もしくは、その下の部分に液体としてたまってしまったのではないのでしょうかということを考えております。それで、再度5時33分に落雷が実際に観測されておりますので、その雷撃によって再びこのルートですうっと雷が入ってまいりまして、それが火種となって着火したと想定しております。

図4の(b)をみていただきますと、雷電流の経路はどのような形かということで、赤色の線で記載してありますが、本来は点線のルートが我々がルートということで意図したルートなのですが、1つは、ダウンコンダクターということで、ステンレスの部分、左右八の字に開いているこの部分です。これがまず1つ目のルートになります。次、その下ですが、同じくダウンコンダクターで編組線と記載があります。緑色の実線です。こちらもルートなのですが、そのほかに、上のほうから直線の矢印がおりてきていますけれども、これは我々の意図しないルートということで、油圧シリンダーのロッドの部分を通して、1つは油圧装置のほうに逃げる赤い実線、もう1つは右側のシリンダーの外表面を編組線と合流して大地に逃げるルートがあるものですから、こちらの実線のルートが今回の事故の原因と我々は推定いたしました。

最後に、このようなメカニズムを立てまして、では、対策はどうしようかということになります。まず、この国見岳風力発電所はもう既に4月1日付で廃止しております。理由としましては、当該機2号機ですが、火災によって修理が不可能な状況になっているということが1点目です。2点目は、1号機、2号機ともに経年劣化や冬季雷によってトラブルが増加しておりまして、設備の維持が困難ということで4月1日付で廃止しております。ただ、同じような機械がこの後でお話いたします輪島風力発電所、Micon社製のものがありますので、再発防止の水平展開ということで、3.目に2つほど対策を記載しております。

まず1つ目は、編組線ルートを油圧シリンダーから離れたルートに変更いたします。図4の(b)の油圧シリンダーと編組線と記載した、実際インシロックで固定してあったのですが、ここを離すというやり方が1つの対策です。

2点目ですが、油圧ホースを金属メッシュなしに変更する(絶縁化)とありますが、同じく図4の(b)の油圧装置というところに行っているホースの強度を確保するために金属のメッシュが入っておりました。そこにメッシュが入っていたがために、雷電流の経路

を形成したと想定いたしまして、ここをメッシュなしにするということを再発防止、もしくは水平展開ということで考えております。

以上が国見岳2号機の概要です。

引き続きまして、輪島風力発電所の事故につきまして御説明いたします。資料ナンバーは2-3です。

輪島風力発電所は、600キロの風車5基を有しまして、石川県輪島市に建っております。運転開始が平成14年4月で、平成22年に石川県から弊社が譲り受けた発電所です。製造者はNEG-Micon、先ほどの国見岳と同じです。

その下に行きまして、事故の概要ですが、平成26年1月10日に巡視に行った際、2号機のナンバー2のブレードに口開きを発見しました。そういうことでこの2号機をとめまして、ナンバー2のブレードを時計の針でいう6時の位置に置いてとめておりました。それで、積雪がなくなりまして、あと、冬季雷もなくなったということで、3月4日に2号機のチップブレーキの修理ということで近接してみましたところ、この資料の右側の(3)番の写真1から3とありますが、このような状況で、中にレセプターブロックがないということが確認されたという中身です。

右側の上の部分、(3)番、風車の破損状況ということでご説明いたしますと、写真1が地上からみましたチップブレーキの裂け目の状況です。写真2、真ん中に行きまして、赤く四角で囲った部分がありますが、こちらがダウンコンダクターのロッドだけがありまして、レセプターブロックがない。写真3はロッド先端の状況ということで、背景に見えるシルバーのものは全然別物のレセプターブロックでして、その前の小さい破片みたいなものが実際、ロッドとレセプターブロックをつないでいる部分、本来であればここはねじが切っているのですが、そのねじが溶断して山がみえない状況が確認されております。

以上がレセプターブロックです。

続いて、下、b.に行きまして、レセプター及びブロックの検索の状況ということで、レセプターブロックだとか飛び散った破片をいろいろな箇所から探そうということで、いろいろと搜索をしたのですが、結果として、図5の地図がありますが、方角でいうと2号機から北東の位置にチップブレーキの破片が見つかった。ただし、レセプターブロックは金属探知機を使って一生懸命探しているのですが、今現在、発見には至っていないという状況にあります。

続いて、c.に行きまして、チップブレーキの破損状況。これは外からみた状況なので

すが、写真5、上の写真が後縁側になります。さっとみていただいて、裂け目が2.6メートルほどあります。それから、その下、前縁側とありますが、全長が3メートル50ありまして、裂け目ということで82センチ。表面のひび割れはその右側に載っている写真です。このような形で口開きはしていないけれども、ちょっと塗装が剥がれているかなみたいな感じなのですが、それが2メートル50ほど発見されました。

続いて、裏側のページを説明いたしますが、3. 目の(1)番、チップブレーキの内面側はどのようになっていましたかという話なのですが、写真を見ていただくと、チップブレーキ内面の先端部は、写真のとおりすすけた状況がみてとれました。ここはアークが発生したのだろうと我々は想定しております。

それから、その下、(2)番にて、チップブレーキの接着面の状況ということで、こちら確認いたしました。写真は4枚ありますが、4枚の右上は風上側、プレッシャーサイド側の状況なのですが、この写真の中に、カラーリングして部位A、B、Cと記載してあります。この部位Aといいますのは、ちょっと説明いたしますと、接着面が剥離、いわゆる開口しまして黒いすすが付着している部位です。今回の落雷によって接着面が剥離したと我々は推定しております。こちらが部位Aです。続いて、部位Bは赤い部分です。こちらは接着面が剥離、開口はしているものの、黒いすすが付着していない部分でして、落雷後、若干運転を続けたことによって接着面が剥離したのであろうと我々は推定しております。最後残った部位Cは、緑色の部分になりますけれども、こちらは接着面が剥離、開口していない部位と大きく分けて3つ、状況としてみてとれました。その下の風下側、サクシオン側も部位としては大別すると3つということになっております。

続いて、右上に行きまして、ロッド及びレセプターブロック周辺の状況ということで、こちら写真8をみていただくと、特徴といたしまして、まず、緑色の部分なのですが、緑の点線で記載した三角の部分があります。こちらですが、レセプターブロックが本来ついていたであろう場所です。若干うっすらと痕跡が残っておりますので、ここにレセプターブロックが入っていたのであろうと想定しております。次に、①番、レセプターブロックの緑のこのあたりをみてとれるのは、角っこ周辺が黒化している。その下、②番、ロッド周辺とその後縁側が黒化ということで、楕円形の赤い丸がありますけれども、こちらのすすけたところに1本すうっと直線が通っていますが、こちらがロッドに当たる部分です。ダウンコンダクターのロッドに当たって下のほうにすうっと延びていく部分なのですが、そこだけ白く跡が残っている。では、このロッドの状況はということで、みていただく

と、右側の写真9です。ロッドはレセプターブロックから外れていて後縁側に寄っている。表面上は多数の放電痕跡が確認されているという状況でした。

これらを踏まえて、最終的にどのような形で事故に至ったのかということで、4.になります。シナリオとしましては4つあります。まず、①番、落雷によりましてロッドのねじ込み部が溶融しまして、レセプターブロックと不完全な接続状態となっていた。②番、落雷によってチップブレーキ内部のロッド周辺で放電が発生していた。不完全な状況ですから点接触になっていたのかもしれませんが。その間でアークが発生して、最終的にその辺が黒化してしまったと想定しております。③番、チップブレーキの風上側、後縁部への落雷時に内部の圧力が上昇したため、接着面に裂け目が発生。従来であればこの辺は接着剤でひっついてはいるはずなのですが、内部の圧力上昇ということで破裂したのではないかと今は考えております。④番、裂け目が発生した状態での運転によって裂け目が進展した。⑤番、接着剤が周りについてはいたのですが、運転状態で裂け目から最終的にレセプターブロックが剥がれてしまって外に飛び出したのではないかと推定しております。

これを踏まえまして、再発防止対策になるのですが、まず、輪島発電所の周辺の立地環境をご説明しておきますと、まず、民家までの距離、最寄りの民家までが1,400メートル。道路の状況としましては、林道に面してはいるのですが、一般公衆が頻繁に通行する道路ではない。冬季の状況は、積雪のため車両通行ができない山間部であるという状況にあります。

再発防止策ということで、表3に対策が4つ載っていますが、従前より実施の対策が②番、取扱者以外への注意喚起ということで、敷地の入り口にチェーンを設置し、注意喚起を行っています。それから、発雷時は危ないのでそばに近寄らないでくださいという看板で注意喚起を促している。そのほか、今後、対策として実施するのは①番、③番、④番になります。

①番、落雷時の運転停止ということで、落雷時に風車を停止させまして、設備に異常がないことを確認した後、運転を再開するという考えています。

③番、点検。具体的にいきますと、年1回、高所作業車でブレードの近接点検を行って、レセプターとかダウンコンダクターの導通測定を行って、その判定値にちょっと怪しいという傾向が見受けられれば補修を行う。

ただ、この点検ですが、表の下にアスタマークがありますけれども、まず、当該発電所は、やはり冬の雷というのは非常に強うございまして、冬では結構やられてはいるのです

が、夏場はやられた実績が皆無です。もう1つは、現在、導通測定値の測定結果は母数が非常に少なく、大体1オームから3オームなのかなと今我々は想定を行って、現時点ではこの値をもとに詳細点検につなげていこうと思っているのですが、今後もデータを蓄積して、判定基準をきっちりつくっていきたいと考えています。

それから、対策の④番、国見岳風力事故の水平展開ということで、油圧シリンダーの油圧ホース絶縁化ということで、こちらも金網メッシュで強度をもたせたような構造になっておりますので、こちらをメッシュなしに変えるということで考えております。

以上です。

○勝呂座長 ありがとうございます。今の件でご質問、それからご意見ありましたらお願いします。どうぞ。

○青木委員 国見岳は廃止と書いているのですけれども、これはタワーを撤去されると理解していいのですか。それともタワーだけ残るのですか。

○北陸電力（堀） 全て、全撤去です。

○青木委員 ありがとうございます。何を質問したかったかという、そのまま建ってしまうと、今度、工作物になってしまうので、建築確認の絡みもありますのでということでお聞きしました。

○北陸電力（水野） 補足しますと、4月25日までに1号機、2号機のタワー、それから、基礎につきましては全撤というわけにはなかなかいかないのですけれども、地権者さんのご了解を得まして、地上1メートルカットさせた状態で全て撤去しております。

○勝呂座長 どうぞ。

○石原委員 2つの事故を報告されまして、1番目の場合は対策に関してはよく理解できましたが、そもそもこれは当初、落雷対策をする前に、要はもとの風車の設計、編組線はもともとあったのですか。

○北陸電力（堀） もともと弊社が譲り受けたのですが、やはり雷が多いということで編組線をつけたらしいです。

○石原委員 その前ですか、後ですか。

○北陸電力（水野） 資料2-2の右の上のほうの*1に少しコメントが書いてありますが、国見岳風力発電所の建設当時につきましては、こちらの編組線というものがございませんでした。ステンレスのバーだけが存在していた。それを、譲り受け以前、平成16年に、当時の設備を管理しておられました自治体さんが、やはり非常に雷被害が多いとい

うことで、雷電流を分流させるために編組線というものを用いまして、おつけになったと聞いております。

○石原委員　これは理解しています。私の質問は、要はこれをまとめるとき、メーカーが当初設計したものを勝手に変えた、あるいは勝手に修理しました。去年の苫前の事故のときも、修理するとき、もともと1センチのRを完全に削られて、それで結果的に主軸が破断したという例があったのです。だから、もちろんその後いろいろ対策をとるといのはわかるのですが、そもそもこの事故が風車を改変して、それによるものではないかと思っているところがあるので、その辺についてどのように理解しているのでしょうか。もちろん御社がやったものではないというのはわかっていますが、この結論は、風車のあるところをいじると、実は違う問題が発生することが過去にもあったので、そういうことをどのように理解しているのですかというのが私の質問です。

○北陸電力（水野）　理解につきましては、今ほどおっしゃったとおりでありまして、やはり当初の設計に戻さなければいけないよねと。よいと思って改造されたことが結果的に雷電流を分流させてシリンダーと接触させていたことによってアークを生じさせたという悪い方向に出てしまいましたので、やはりこういうものは改変すべきではない。要は当初の設計に戻すべきであろうと我々も理解しております。

○石原委員　ぜひ報告書に最後の原因のところを書いていただきたい。それが一番重要なところで、原因が実はここにあるというのは読み取れなかったので、質問させていただきました。

○北陸電力（水野）　ありがとうございました。では、最終的な報告書のところにはそういうコメントも触れさせていただきます。

○石原委員　これが思われた原因だと書いていただきたいと思います。

2番目の事故に関しては、最後、熔融したというか、溶けたということがあって対策したと理解しているのですが、4番目の①のところ、落雷により、ロッドのねじ込み部が熔融したと。これは一番最初に挙げられているので、そうすると、これについての根本的な対策、あるいは、導通の計測値が1オームから3オームであればこのようなことは起こらないと考えているのか、それとも今後調査してさらに対策を考えるのか。そこは今の資料からはちょっと読み取れなかったのですが、そこを教えてくださいませんか。

○北陸電力（堀）　導通測定をいたしまして、ここに記載のとおり1オームから3オームという状況であれば、これを超えているような値であれば点接触になっていると判断で

きますので、次のステップで内部を点検するという形になる。それが再発防止につながる
と我々は考えております。

○石原委員　今回、結果として確かに溶融したのですが、それは1オームから3オーム
しかなかったからそうなったのですか。ちょっとそこを理解できなかった。要は原因が何
なのですか。容量が足りないからなったのか、あるいは外れたからなったのか、それは何
が原因なのですか。

○北陸電力（堀）　最終的に外れてしまったからなってしまった。

○石原委員　という解釈ですね。わかりました。そうすると、これが溶融したのは最初
から事故前から外れているというのが根本的な原因と理解してよろしいですか。

○北陸電力（堀）　ですから、導通を確認して抵抗を測定すれば、その前兆がつかめる
であろうと考えています。

○石原委員　そうすると、この事故の原因が何かというのがよくわからないと対策がと
れないので。

○北陸電力（堀）　今まで導通測定をやっていなかったのです。

○石原委員　今の説明では理解できますが、要は今回の事故の原因が外れたと。そうし
ますと、何で外れたかというところを調査されたのですか。

○北陸電力（堀）　ですから、冬季雷が複数回、1回でいくことはないかと踏んでいるの
ですが、推定ですけれども、複数回雷撃を受けて徐々に溶断に至った。

○石原委員　もしそのように思われるのだったら、そういう形で書いていただかないと
対策はとれないので、例えばこれを測って1オームから3オームあった。しばらくたつた
ら、落雷があった後にこれが徐々に溶融されていって——これは年1回ですから、その間
に起こったこと——これはメンテナンスと関係あります。さっき私が質問したように、ど
ういうメンテナンス手順で、どのようにやっていたらこういう問題が防げるかというのを
きちんとまとめられないと再発防止策にはならないと思っていますので、こういう質問を
させていただきました。

○北陸電力（堀）　わかりました。

○勝呂座長　ほかに。どうぞ。

○安田委員　先ほど石原先生のご質問、コメントで、国見岳の編組線に関して原因があ
るのではないかというご指摘がありましたけれども、私はちょっと違う観点をもっており
ます。といいますのは、こういうところでアークが発生するというのは、基本的に等電位

ボンディングがうまくいっていないからという可能性を疑うべきで、編組線があるなしにかかわらず、シリンダーのシャフトとシリンダーの筐体間に電位差が発生したとみるべきではないかと思います。ですので、ここの図4で書かれています絶縁ブッシュ、それから油圧装置の設置、ボンディングがどのようになっているかというのをもう一度お聞きしたいと思うのですが、このあたりはいかがでしょうか。

○北陸電力（堀） 絶縁ブッシュの件ですが、こちらは現地のを調査いたしましたら、放電痕跡が残っておりませんので、いわゆる端子とは縁が切れている。ですから、ここは放電ルートには当たらない。

○安田委員 絶縁ブッシュの厚さはどれぐらいになりますでしょうか。

○北陸電力（坂井） 2.5ミリです。

○安田委員 あと、油圧装置のボンディングはいかがでしょうか。

○北陸電力（堀） そこは可能性は否定できないです。

○安田委員 いずれにしても、編組線があるかなしにかかわらず、そういった油圧装置ないしシリンダー筐体のボンディングが完全でない場合にこういう事故は起こり得ると思います。つまり、こういった形のチップブレーキ駆動の油圧シリンダーをもっているものに対しては全てそういう可能性はありますので、このあたりのボンディング回りを確認するというのが、御社の設備はもう廃止されてしまいましたけれども、他の事業者様でもこういった似たようなものをおもちの場合はボンディングをきちんと精査するというのを推奨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。

○北陸電力（水野） ありがとうございます。輪島風力も同じような構造になっておりますので、油圧装置の絶縁化と含めまして、ブッシュの定期的な確認みたいなものも今後検討させていただきます。

○勝呂座長 ちょっと2つだけコメント。1つは、さっき石原委員がいった件に関連するのですが、後でメッシュの電線を追加していますよね。それは多分、実績からいうと、落雷が多くて、これではちょっと弱いのではないかと、前の人が、事故が発生したり何かしたときに、これぐらいつけておかないとまずいのではないかとって、もしかしたら追加したのではないかと。今度、これをぽっと外してしまったら、キャパシティーが足らなくなるかということはないでしょうかというのが1点目。

2点目は、メッシュの入ったホースをやめますというのですけれども、例えば 120バー

ルぐらいの油圧でメッシュの入ったホースではなくて本当に大丈夫なのですかと。今度は逆にホースがパンクして油を吹き飛ばすような形が起きて、環境問題になるのではないかという心配がある。そういうところは、さっき石原委員がいわれたみたいな目で、変更するときには、それだけではなくてほかの波及するようなところに何かないかという目で調べて、一緒にしてお願いいたします。

○北陸電力（堀） わかりました。

○北陸電力（水野） 今、座長がおっしゃったところ、特に編組線につきましては、要はシリンダーとくっつけていたということが最大の問題ではないかと思っておりますので、仮に分流するルートをつくるのであれば、このような油圧装置のところとは距離を十分とって、分流効果があるようなものをつけるというものであれば、立派な雷電撃対策になるものではないかと思っております。

○勝呂座長 ありがとうございます。それでは、よろしいですね。

（「なし」の声あり）

では、次の説明に進みたいと思います。済みません、時間がだんだんというか、結構押していますので、よろしくお願いたします。次は、輪島コミュニティウインドファーム、能登コミュニティウインドパワーさんからお願いします。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） 能登コミュニティウインドパワーの田中でございます。

本日は、前回第2回のワーキングでご指摘をいただきました6つの項目について回答させていただきます。本件事象は、ことしの1月8日に、風車運転中にレセプターに当たらず先端から約3メートルのところに飛来しまして、ブレードの損傷とダウンコンダクターの損傷という事象でございます。そのとき風車は、ピッチコントローラーの通信異常ということで自動停止したということでございます。

それでは、資料2-4のご質問、ご指摘事項6ついただいておりますことに対して、隣のヤマトから回答させていただきます。よろしくお願いたします。

○能登コミュニティウインドパワー（ヤマト） ヤマトです。よろしくお願いたします。

時間が押しておりますので、ご指摘、ご指示事項につきましては読み上げを省略させていただくということでよろしいでしょうか。では、弊社側の回答をまず1点目から申し上げます。

まず、1点目は、風車停止以外の方法で安全性が担保されているのかという点についま

してです。こちらは、使用しているブレードは、IEC 61400-24（クラスI）に従い、日本の特殊仕様、600クーロンに耐えられる設計なのですが、これをクリアしてございます。

2点目のご指摘事項に移ります。こちらは、雷がレセプターに当たらなかった場合の対策についてということでございますけれども、こちらは落雷時に異常が発生すると停止する風車となっております。もし受雷時でも異常が発生せず風車が停止しなかった場合に対しましては、直撃雷検知システムを設置し、風車を停止させるよう現在検討しております。

3つ目のご指摘に移らせていただきます。こちらは、事業性を勘案した対策についてということでございますけれども、現状の運用で事業性は確保していると考えておりますが、さらに稼働率を上げるように検討いたします。なお、資料には記載してございませんが、雷予測システムの導入により、風車をとめる時間を削減し、事業性アップを図るということも検討してございます。

続きまして、4点目のご指摘事項に移らせていただきます。こちらのご指摘は、落雷時は、そのときごとにチェックしないと再発防止にならないというお話ですが、こちらのご指摘に関しましては弊社も十分に認識しております。落雷を受けたときには風車を停止後、チェックをして、問題がないことを確認した上で再稼働をさせております。さらに、年1回の定期点検時には、ブレードメーカーの技術員による細密点検を実施いたしまして、ブレード内部を含め、損傷を認めた場合は、すぐに修理を行っております。

5点目のご質問事項に移らせていただきます。雷が落ちたときの対策ということでございますが、これは2点目の回答とほぼ同じ内容なのですが、落雷時に異常が発生すると停止する風車となっております。もし受雷時でも異常が発生せず、風車が停止しなかった場合に対しましては、直撃雷検知システムを設置いたしまして、風車を停止させるよう現在検討中でございます。

6つ目のご指摘事項に移らせていただきます。こちらのご指摘は、部品の脱落、飛散時の対策ですが、本風車の設置場所は山の上で、周辺に民家もなく、1キロ以上民家から離れております。人通りもほとんどないところでございます。さらに、公衆の安全を図るために搬入路入り口には敷地内に入らないように注意札を設置し、チェーンを張っております。こちら先ほど申し上げました直撃雷検知システムが有効である。そもそも部品の脱落、飛散を防止すれば防げる話でございますので、直撃雷検知システムを今検討しているところでございます。

以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。何か質問等あったらお願いします。どうぞ。

○石原委員 一応、質問があったからこういう形で対応して回答していただいたのですが、まとめると、1番目は要は緊急点検。直撃雷検知システムを設置して、落雷を直接受けたときはそれを点検するということと理解してよろしいですか。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） そうです。10基動いていますので、異常が出なかった場合で継続して運転している場合に、雷が落ちたというのが仮にわかったとしても、どの風車に落ちたかというのが速やかにわからないといけないので、直撃雷検知システムが有効であろうと考えています。

○石原委員 今検討されていると聞いていますが、それはいつごろに導入される予定ですか。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） 次の冬季雷が11月から来る予定ですので、それに間に合うように設置するという事でスケジューリングしております。

○石原委員 そうすると、先ほど報告の中で定期点検が年4回というのがあれば、御社が1回ですね。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） これは書き方がちょっと誤解があるのですが、定期点検は年2回やっております、そのうちの片方、年次点検でブレードの詳細点検を実施しているということでございまして、定期点検は年2回でございます。

○石原委員 わかりました。最後は、やはりこのウインドファームも進入禁止ということと理解していいですね。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） そのとおりです。

○石原委員 わかりました。

○勝呂座長 どうぞ。

○奥田委員 済みません、ちょっと教えてほしいのですが、落雷した後は停止する。その後、チェックして問題がないことを確認した上で再稼働という話なのですが、ここは冬季でもすぐに現地へ行ってチェックができる場所なのですか。先ほどの事例などでは積雪があって現地まで車で行けないとか、そういうのがあったりしたのですけれども。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） 現地の山のすぐ下に現場事務所で常駐しております、積雪で現地へ行けない状況になりましたら除雪をかけておりますので、速やかに対応できるようにやっております。

○奥田委員　ここではそういう形で速やかにチェックをされる計画だと。

○能登コミュニティウインドパワー（田中）　そのとおりです。

○奥田委員　わかりました。ありがとうございます。

○勝呂座長　ほかによろしいですか。どうぞ。

○安田委員　私の質問は先ほどの石原先生のご質問で大分クリアになりましたが、少し補足させていただきます。

ここで一番重要な事故対策、今後の再発防止対策として一番重要なのは、やはり直撃雷検知システムだと思いますので、これが具体的にどのような性能のものをどのように設置するかのという具体案をお示しいただければと思います。単に検討しているとかではなくて、今、スケジューリングのお話もありましたけれども、どういう性能かというのが重要だと思います。

というわけで、No.1のご質問とかNo.3のご指摘というのも全く同じなのですが、それに対する回答で、IECとかをクリアしているからオーケーという考え方はぜひおやめくださいというのは、私、前回か前々回に申し上げたと思いますので、IECも現在進行形で改定中でございます。事故というのは規格のほうがどうしてもおくれがちでございますので、規格さえ守っていれば完全に大丈夫とお思いになるのではなくて、規格を守った上で、さらに日本に適合するような合理的な防止対策というのを国全体で考えていかなければいけない状況ですので、そういうところのご知見、お力をおかりできればと思っております。

そういう意味で、1、2、3の回答は、直撃雷検知システムということになるのではないかとコメントさせていただきます。

○勝呂座長　ありがとうございます。今の安田先生に追加するのですが、IEC 61400-24というのは、私の記憶だとダウンコンダクターの温度上昇ぐらいしか記載がないのです。それで、事故の状況を見てみると、例えばスリップリングの接触部分の脱落とか、ダウンコンダクターの損傷とか、ダウンコンダクターだけではなくて、例えばそれのつなぎの部分とか、ダウンコンダクティングシステムとして考えて、どこが問題点なのかというのをきちんとみて、61400云々を超えたような形を日本で考えておかないといけない。それでなおかつ、今日本は少なくとも600クーロンぐらいのエネルギーになっているということであれば、それが全受雷システムに反映されているかということを考えていかないといけないのではないかと思います。

そうはいつでも、もう1つ、例えば機械として考えると、羽根が相当壊れているわけで、これは600クーロンあったのかといわれると、多分今その辺はわからないということになると思うのですが、この故障とか、さっきの故障もそうなのですが、チップに結構割れが入っているという状況がありますので、そのあたりも系統的に調べを進めていくということが必要なのではないかと感じています。

○安田委員 勝呂さんのおっしゃるとおりだと思います。どちらかといえば、日本のほうが事故の知見に対しては情報が積み上がりつつありますので、そういったものを逆にIECに提案するということが今後日本が求められる国際的な立場ではないかと思っています。そういう点で、IECで満足ではなくて、新しいIECをつくるという考え方で再発防止対策を踏み込んでお考えいただければと思います。

○能登コミュニティウインドパワー（田中） ありがとうございます。わかりました。

○勝呂座長 どうもありがとうございます。

では、次の説明に移らせていただきたいと思います。相当おこなっていますので、済みませんけれども、より効率的な進め方をお願いします。次は、2-5の御前崎港風力発電施設事故についてということで、静岡県からお願いします。

○静岡県（堀口） 静岡県御前崎港管理事務所整備課の堀口と申します。よろしくお願いいたします。

御前崎港風力発電施設の事故につきましては、前回、新規として審議していただきました。本日は、前回のご質問に対する回答と現在の状況につきまして説明させていただきます。

それでは、担当の櫻井から説明します。よろしくお願いいたします。

○静岡県（櫻井） 御前崎港管理事務所の櫻井と申します。よろしくお願いいたします。

資料2-5をごらんいただきたいと思います。静岡県の御前崎港内にVestas社の1,950キロワットの風力発電が1基ございまして、こちらがことしの2月14日に何らかの理由で発火、火災を起こしまして、現在に至っております。3月3日の前回のワーキングのときに報告させていただいたのですが、それ以降のことについて報告します。

2月19日に、ブレードの回転をとめるためのローターロックを実施したのですが、その後、3月15日に、油圧ポンプの故障によりロックピンが外れたために、ロック作業を実施しております。これにあわせて、ポンプが故障しまして油が漏れたということで、ポンプに応急処置を施しております。その後、4月4日になりまして、ポンプの新品が準備でき

たものですから、ポンプの交換の作業を実施しております。

ローターロックは、3枚めくっていただきまして、7ページに図面をつけさせていただいたのですが、下のほうにローターロック参考図と、上のほうのナセル内の配置図でいきますと、ほぼ中央左寄りのところにこの部分があるのですが、ローター側のハブのところピン用の穴があいています。この参考図でいきますと、真ん中の上のほうに手動ポンプとあるのですが、こちらの手動油圧ポンプでピンを挿入していると、先ほどいったように3月15日にこのポンプが故障して、4月4日にポンプの交換をしたというところです。

次に、4番目としましては火災原因なのですが、現時点でまだ不明としております。現在、風速等のデータを保存おりましたボトムコントローラーを風車から取り外しまして、メーカーの本社のほうに持ち込んでデータの復元と解析をしました。メーカーのV e s t a s デンマークから、火災が起こる少し前に現地周辺は停電があったわけなのですが、その停電以降のデータが保存できていなかった、あと、停電前に残っていた得られたデータからは異常を示す値がみられなかった。なので、本データのみからは原因の特定には至りませんでしたという報告を受けました。引き続き、ブレード、ナセルを地上におろしまして、消防とメーカーによる検証と調査を行っていく予定にしております。

続きまして、今後の対応なのですが、撤去工事につきまして、事故が2月14日ということで、年度末ということもありまして執行する予算がなかったということもありまして、現在まで予算確保として調整を続けております。6月当初には何とか予算が確保できる見込みが立ってきたものですから、これから工事発注をして、ブレードとナセルを地上に降下することを進めます。一応、契約してから降下の完了までが最低2ヵ月を要する予定でいるものですから、何とかしてでも台風時期前までには降下を実施する予定でおります。

続きまして、原因調査なのですが、現在のところ、ブレードとナセルを地上に降下完了次第、消防とメーカーによる原因調査に着手する予定でおります。ただし、今後の展開によっては第三者機関等による調査についても検討していきたいと思っています。

3つ目に、二次災害防止対策としまして、後ほど説明しますが、5枚めくっていただきまして、12ページから15ページ、その後の二次災害防止対策を図面と写真で説明しております。

1つ目に、現在の状況としまして、火災後、メーカーによるナセルの調査の結果、ブレードとナセルについてはすぐに落下する危険性はありません。ただし、鉄の部材に熱が加わったことにより強度は不明という報告をもらっています。

2つ目に、ブレードのピッチ角が今現在、事故後、風の影響を受けにくいほぼゼロ度で停止しているものですから、これまで何度か強風がありましたが、特に異常なく保っております。

3つ目としまして、電力会社への波及事故を防止するために、構内の第1柱のパスを開放して、電気室の受電を停止しております。

続きまして、落下可能性の軽減対策としまして、ブレードの回転は、先ほど説明させてもらったようにローターロックをかけて停止しておりますので、ブレードは回転しない状態にしております。落下した場合の影響を軽減する対策としまして、1つ目に、人的被害を防止するために、立入禁止のバリケードを2ヵ所設置しております、幸いにして御前崎港の西埠頭がSOLASフェンスもくくられており、警備員も配置しているものですから、警備員による目視も含めて、24時間立入禁止の措置を施しております。

もう一点、人的被害を防止するために、近隣の1号荷さばき地、1号岸壁の使用について、港湾利用者と調整して利用を控えております。

3つ目に、部品、オイル等の落下を把握するために、最近はほとんど落ちてこないものですから週1にしているのですが、定点観測を実施しております。この定点観測にあわせて、電気計とか現物の目視による定点観測も行っております。

事故後、初動連絡体制を迅速にするために、所内、県庁内で緊急時連絡表を作成して、有事の際に連絡がすぐにとれるような状況を確認しております。

続きまして、前回のワーキンググループの際の質問に対する回答ということで、勝呂座長から、1,950キロワットの風車というのは、オブチスリップと呼ばれる運転の仕方のものでしょうかということに対しては、はい。OptiSpeed概念を利用して作動しております。ローターの可変速運転が可能であり、ピッチ制御システム(OptiTrip)とあわせて、発電量の最適化を図っております。

続きまして、安田委員からの質問で、電氣的な摺動部はどこにあるかということに関しましては、巻線型のローターとスリップリングを使用した誘導発電機のところです。詳細は降下後確認します。

もう一点、安田委員から、出火原因と延焼した原因を切り分けてお考えいただきたい。これに対しましては、はい。高温もしくはスパークの火種(出火原因)とオイル漏れや燃焼部材の有無、延焼した原因は分けて今後考えていきます。

もう一点、石原委員から、今後の対応のところを伺いたいということで、静岡県が全部

自分でやれるのか、それとも専門家委員会をつくって専門家を入れてやろうとしているのでしょうかということですが、先ほども述べましたが、基本的には、ブレード、ナセルを降下後、消防とメーカーによる現状検証を行っていく。ただし、今後の展開によっては、第三者機関等による調査についても検討していきます。

資料なのですが、11ページまでは前回の報告のままになっております。12ページから今回追加させていただいた資料でございまして、基本的には安全対策を示す資料にしております。

13ページをみていただきまして、左上の写真になりますが、こちらが御前崎港の風車の周りを位置しておりまして、今、岸壁の向こうに船が着いているのですが、船が着いているところが2号岸壁、その右側に自動車、完成車が置いてあるのですが、こちらが2号荷さばき地になっておりますが、今現在も手前、風車寄りの1号岸壁と1号荷さばき地の使用を禁止ではなく、港湾利用者をお願いして岸壁利用を調整させていただいています。これまで風車の事故後、この1号岸壁、1号荷さばき地は実際使っておりません。

左下の写真が受変電室になります。右側の3番の写真のように、今電気が全てとまっている状態になります。

右上の写真は4番ということで、写真の右上のほうにウイングルと書いてあるのですが、こちらが風力発電になりまして、そこまでの道路を一番手前からバリケードにしてとめております。写真には写っていないのですが、このバリケードのすぐ右側にSOLAS用の警備員の詰所があるということで、こちらまでは車で来られますが、それ以上は車で来ても、徒歩でも入っていけないような状況にしております。

14ページは図面がありますが、1号荷さばき地、1号岸壁を使用制限している。4番の写真、先ほど申し上げたように、立入禁止バリケードがそちらの道路と、もう一本、西埠頭の図面でいう上のほう、10号荷さばき地と書いてある上のほうに上がっていく道路も、そこに車を置いて、風車のほうに釣り人が昔からいたものですから、こちらにも立入禁止バリケードを設置しまして、歩行者でも入ってけないという形をとっている写真です。左の上中下は、先ほどいったように、構内第1柱を中部電力供給の電柱からパスを切りの状態に切断しておりまして、購入用の計器、供給用の計器も今電気が供給されていない状況になっております。

以上、簡単ですが、説明とさせていただきます。

○勝呂座長　ありがとうございます。今の件でご説明に関してご意見、ご質問等があっ

たらお願いします。基本的にはまだ、以降、本体を調査しているという状況ではないので
すね。安全対策を今行っているという状況です。ほかによろしいですか。

(「なし」の声あり)

それでは、どうもありがとうございました。

次の説明に行かせていただきたいと思います。次は、細谷風力発電所の事故についてと
いうことで、資料2ー6で、ミツウロコグリーンエネルギーさんから説明をお願いします。

○ミツウロコグリーンエネルギー (佐藤) ミツウロコグリーンエネルギー・佐藤で
ございます。よろしくお願いいたします。

弊社の細谷風力のブレード破損事故についてご説明させていただきます。前回までのワ
ーキンググループでご報告させていただきましたのは、弊社が2月15日に事故を起こしま
して、コンピュータに記載されていた風向及び風車設備の稼働状況、また、事故発生後の
公衆安全の確保の現場処置、そして住民、行政様への対応をご説明いたしました。本日は、
その後の事故原因の調査についてご報告させていただきます。

まず、3月12日に風車のブレードを全部おろしました。その際、まず最初に、落雷に対
してどのような状況になっているかということで、各風車のブレードの根元に設置してあ
りますライトニングカードを回収いたしました。このライトニングカードというのは、ブ
レードに落雷を受けた場合に流れた電流の最大値を記録するようなカードでございます。
こちらのカードをメーカー様、LM社様に送って解析をお願いいたしました。

また、おろしたブレードの状況でございますが、事故を起こしましたブレード2につ
きましては、写真2のようにばらばらになっておりまして、レセプター及び先端部の回収は、
現在においてもまだ発見されておられません。

また、写真3、4につきましては、ブレードシェルとビームの状況でございます。こ
ちらもばらばらになっておりまして、事故当時の内部の状況等を確認することが非常に難
しい状況になっております。そういう中で、前回のワーキンググループの中で、接着面の強
度についてもいろいろ検討するというご意見をいただきましたので、これについて強度を
どうやってはかるかということを社内で検討いたしました。

また、写真5につきましては、健全ブレードでございます。健全ブレードにつきま
しては、レセプター付近に落雷痕のような黒い筋があったということと、リーディングエッジ
側に空気抵抗による劣化が見受けられたことで、やはり劣化についても調査する形をと
りました。

以上のような状況の中、原因調査に当たりまして、各ブレードについての状況を表1にまとめさせていただきました。

まず、実は、事故が起きる以前に、弊社の細谷風力につきましては、2011年12月に劣化補修を行っております。この際、3本のブレード全てにおいてレセプターに受雷痕があった状況でございました。また、事故直前までの日常点検において、異音の有無を確認しておりますが、異音等の発生は確認されておられません。ということで、異常はなかったと判断しておりました。

それと、先ほどお話ししましたライトニングカードの結果でございますが、事故を起こしたブレード2につきましては、記録が出ていなかった状況でございます。ブレード1につきましては191キロアンペア、ブレード3につきましては94キロアンペアという結果でございます。

また、外観点検につきましては、先ほどもお話ししたように、1と3につきましては落雷痕、黒い筋があった、リーディングエッジに若干の劣化があったということです。

以上のような状況を踏まえまして、接着強度、ブレード劣化と導通チェックも検査を実施いたしました。まず、ブレードの接着状況の確認についてなのですが、破損したブレードにつきましては、このブレードを使って強度検査という非破壊検査ができないということで、健全ブレードを用いて検査を行うことといたしました。当初は自社で検査を行うつもりでございましたが、メーカー様といろいろ検討した結果、やはり検査方法、手法等によって検査データが異なるということだったものですから、製造メーカーのLM社様に非破壊検査の解析をお願いいたしました。健全ブレードの接着状況を調べることによって、製造不良の有無だとか事故当時のブレードの状況を把握しようと考えました。特にリーディングエッジ側、空気摩擦等でゲルコートが摩耗しやすく、グラスファイバー層まで劣化が深化していれば、やはりこれも1つの事故の原因になるといったことで、劣化の検査もお願いいたしました。

それと、ライトニングカードの解析結果につきましては、ブレード2が記録なしになっている点につきましては、引き下げ導体の接触不良等も考えられるということで、再度、同時に検査を行います。検査は5月23、24日に実施いたしました。現在、メーカーから検査結果が出るまでに2週間ほどの見込みでございます。

このような状況の中、弊社といたしましては、事故の推定ということで、1つは接着強度の不足による構造の強度面、2つ目がブレードの劣化、3つ目が落雷といったところで、

現状、検査結果が出た中で確認を進めてまいるところでございます。構造強度面につきましては、壊れたブレードは先ほどお話ししたように検査ができないということで、事故当時のブレードの状況を推測するという形で、健全ブレードで行ってまいります。それと、やはり先ほどお話ししたブレードの表面の劣化についても摩耗状況、劣化状況を確認いたします。

この辺のところにつきましては、検査結果がまだまだ出ていないわけなのですが、今後の対策につきましては、ビームの接着状況、ブレードの表面劣化等はロープアクセスによる目視、また、内部の接着状況につきましては定期点検時における内ぶたをあけての直接目視等を行って確認を行うつもりでございます。また、落雷につきましては、記録はライトニングカードにはありませんでしたが、2011年12月の経年劣化の際には落雷痕があったということで、引き下げ導体が事故前から接触不良をしていた可能性もある。レセプターから地上間の導通が適切でなかった場合もある。また、仮に落雷があったとしても記録ができないほど小さなこともあったかもしれないといったことも推測されます。

このようなものに対しての今後の対応としましては、ライトニングカードは年1回回収し、新しいものに変えていく。また、激しい落雷を確認した場合は、引き下げ導体が接触不良を起こしていたことも推定されるので、レセプターから地上間の導通試験を行うことを考えております。接触不良となった場合には、小さな落雷でもやはりブレードに受けるダメージが大きいということで、適切に地上に電流を流せる状態を維持するといったことを考えております。

以上でございます。

○勝呂座長 どうもありがとうございます。それでは、質問、ご意見等がありましたらお願いします。どうぞ。

○安田委員 LMによると引き下げ導体の接触不良だと報告されておりますが、実際に引き下げ導体の接触不良箇所は特定されて写真などは残っておりますでしょうか。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） LMの調査結果からは引き下げ導体の不良という結果は出ていなくて、我々のほうで、記録なしとなったことについては、どこかで引き下げ導体のふぐあいがあって接触不良を起こしていた可能性があるなど思っている状況です。

○安田委員 わかりました。それでは、もう1つ別の質問ですが、ばらばらになって落下したブレードの破片から、引き下げ導体はほぼ完全に復元できるほど全て発見されてい

ますでしょうか。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） いえ、発見できておりません。ワイヤー部分はあるのですけれども、先端から10メートルぐらいはどこか飛んでいっている可能性があつて……

○安田委員 先端から10メートルが飛んでいっている。では、みつかった部分に関する質問ですけれども、引き下げ導体でここからここまではあるといったところの最後の端がどのように破断されているか、あるいは溶損されているか、それに関する写真等のエビデンスをお示しいただければと思うのです。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） わかりました。次回、写真を撮って提出いたします。

○安田委員 写真がありましたらぜひご提供ください。現段階のところ、それがどういう感じだったかというのはご記憶にありますでしょうか。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） 済みません、確認をとります。

○安田委員 やはりそこが一番重要になると思います。どのように破断されたか、切断されたかである程度わかると思います。

○勝呂座長 どうぞ。

○石原委員 今回、ブレード1と3については落雷と書かれていますが、これからLM社の結果が出れば、ブレード1、3が健全かどうかというのはわかります。この2つのブレードについてはおおむね見通しがついていますが、問題なのは、今回折れたブレードの2番目に関しては、導通試験を定期点検でやっていないというのが今までの問題というか、メーカーはやれとっていないからやっていないと理解してよろしいですね。

○ミツウロコグリーンエネルギー（片峯） そうです。

○石原委員 最悪の場合は、落雷したのだけれども、これがどうなっているか、さっき安田先生はもうちょっと調べていただいて、やはり落雷によりブレード2に何らかの不具合があつて今回の事故になつたと、それが可能性が一番大きいと理解してよろしいですか。

○ミツウロコグリーンエネルギー（佐藤） はい。弊社としましては今お話があつたところで考えております。そういう中で、導通がないといったところで、導通試験をしていなかったということが非常に問題なのですが、やはり導通しないということでダメージといったところを考えております。

○石原委員 そうすると、もし本当にそれが断線したりすると、そこに落雷を受けると、

何らかの痕跡が残っていれば、それは安田先生も指摘したように、ちゃんと調べられれば結論を出せるのではないかと期待しています。

○勝呂座長　どうぞ。

○熊田委員　では、1つ追加で細かい話なのですが、ブレード2の落雷はカードに記録され——事故前から接触不良を起こしておりというその根拠は、2011年に補修をしたときにレセプターに受電痕があったが、落雷カードは全然ゼロですという状況だったということですよね。だとすると、ここの推定原因の(3)落雷の②落雷はカードに記録できないほど小さなものだったというのは、受電痕があるぐらいの落雷すらカードにひっかからないので、わざわざ②の原因で書くのはちょっと変かな。むしろカードが壊れていたとか、引き下げ導体が接触不良を起こしていたか、カードがろくでもないカードで故障していたかのどっちかなという気がして、小さなものだったというのは多分原因の候補からは外れるのかなとちょっと思ったのです。

○勝呂座長　ほかによろしいですか。ちょっと時間がないのであれなのですが、最後1点だけコメントさせてください。正直いうと、これでいうとメーカーはGEですよね。GEとかLMともう少し綿密に話をして検討しないと、多分これは原因がわからないのではないかという気がするのです。メーカーの人がわかるかどうかというのもあれなのですが、それで、事業者は運転のデータとか、気象条件のデータとか、今までのを出して、もっとフレンドリーに検討し合って、さっきの静岡県のところで石原委員の前のコメントがありましたけれども、もしそれで本当にわからないのだったら、第三者とか外部の力を使って原因をしないと、このブレードの事故は単純にいうと、何も起きていないのにバリッと折れたという印象があるのです。例えば、カードにはないです。だけれども、壊れました。跡をみたらちょっとすすがついていましたみたいな話になっている。だから、これをきちっとやっておかないと、例えば本質的にブレードがまずいのであれば、次に建てられないようなブレードになってしまうので、そのところは深掘りをきちっとしていただきたいというのが私のコメントです。

ほかになれば、よろしいですか。

(「なし」の声あり)

それでは、どうもありがとうございました。

続きまして、響灘のエヌエスウインド、2—7でお願いします。時間が大幅におくられて、済みません。短くといいつつ、やはりあれなのですけれども、よろしくお願いま

す。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内） 株式会社エヌエスウインドパワーひびきの宮内と申します。今回初めて報告、審議をさせていただきます。よろしくお願ひいたします。

それでは、資料に従いまして、響灘風力発電所の調速装置で起こりました破損事故の原因と対策について述べさせていただきます。また、今回、ボルトの破断といった現象が起きておりますので、ご説明の間、破断したボルトをご参考までに回させていただきます。

それでは、まず最初に、響灘風力発電所と事故の概要について手短にご説明させていただきます。

まず、サイトの概要なのですけれども、所在地が福岡県の北九州市の若松区というところにございまして、地図にあるとおひ九州地方の最北端にございまして、総出力、単機容量が 1,500キロワット、10基。これは図 1 の位置図の右のほうにございますけれども、東の方向から 1 号機、西のほうまで10号機が並んでございます。

事故の概要なのですけれども、今回、一番西側にある10号機で発生してございます。発生日時が2014年 3 月14日15時でございまして、状況は風車の第10号機のハブの内部でブレード 1 を駆動しているピッチギアがハブの内部で脱落いたしまして、これによって風車は自動停止してございます。

事故時の状況に移りますと、当時は、天候としては晴れで、北西の風が約12メートル吹いておりました。風車の状況なのですけれども、10号機は、 1,500キロワットで運転中にブレード 1 が角度90度、オーバーランというリミットスイッチをたたきまして、停止してございます。これはピニオンギアが脱落したためブレードがフリーの状態になって、恐らく最も風の抵抗を受けない垂直の角度になってリミットスイッチが動作したと考えてございます。残り 2、3 のブレードについては、フェザーリングポジションへ動作して、15時 1 分にローターブレーキ、通常かかるディスクブレーキがかかりまして、風車が自動停止してございます。

現場の調査なのですけれども、事故の状況調査をまずしました。脱落したピニオンギアは、しばらくハブが回っておりますので、ブレード 3 のプラットホームあたりにみられまして、ピニオンギア自体には異常な傷はありませんでした。

あと、ピニオンギアが脱落してございまして、これによってギアオイルが漏れてハブ内についていたという状況がありました。その他、ハブ内部では外見上大きな損傷等のございま

せんでした。

ピニオンギアの調査なのですけれども、脱落したピニオンギアは 420ミリで、幅、重量はおのおのこのような形で、ギア部の異常はなかったのですが、シャフトを固定しているボルト 3 本が折れておりました。

これは、添付の別紙 1 にピッチギアの構造を示した図面がございますけれども、全体感としては Pitch drive over viewというところで、左側にピッチモーターがありまして、そのモーターを減速、トルクアップして、最後、ピッチのピニオンに伝えているという構造でございます。Pitch Gear Viewというところで、脱落した部分が赤の斜線を引いている脱落シャフトと書いている部分で、ここをギア側ととめているボルト——折損ボルトと赤で書いていますけれども——が 3 本ございまして、それが 3 本とも折損していたということでございます。

写真 2 にその状況が示してございますけれども、ここは 3 本のボルトでスプラインの雄と雌側がかみ込む形で駆動を伝えてございますが、ここのボルトが折損したために、ずっとかみ込み部——45ミリあるのですけれども——がすぼんと外れてしまって、脱落したという状況でございます。ボルトは全て頭のところで折れておりまして、写真 3 にありますけれども、1 という番号をつけたボルトが手で緩む状態でありました。このボルトの頭に 10.9 という刻印がございました。恐らくこれは、日本でいう J I S の B 1 0 5 1 で規定されている強度区分 10.9 に相当するボルトと考えました。

ボルトの分析結果なのですけれども、まず科学分析を行いました。この結果を表 1 に書いてございますが、それぞれの分析値は J I S B 1 0 5 1 の強度区分 10.9 のボルトで規定されている範囲内でございます。

それから、念のため引っ張り強さも調べてみました。これはボルトが短くて、実際の引っ張り試験ができませんでしたので、硬度測定を行って、引っ張り強さの近似値換算でございまして、ですから、大体概算という数字になるのですけれども、約 1,200 メガパスカルということで、これも J I S で規定している範囲内なのですけれども、ちょっと上限に寄っている値でした。

ボルトの破断面の調査を行った結果を 5 に示してございますけれども、まず外観検査、あと電子顕微鏡によるミクロの検査を行ってございます。

まず外観検査は、3 本とも首下のねじ底部を起点としておりまして、破面の様相は 3 本とも同じでございました。全体的には平面的で滑らかな部分がありまして、あと、多分破

断の最終断面と思われるのですけれども、立ち上がった部分、この2つの部分から成って
ございます。

破壊は、軸方向に対して約20度上に偏った状態で進展しているようにみえました。破壊
の起点側にはラチェットマークがみられておりまして、最終破断面と思われるとんがりの
一番端っこは、すられたような金属光沢となっている状態でございます。これは3本と
も同じようなもので、ここに載せておりますのはボルト3の写真でございますけれども、
別紙2に1、2、3、それぞれ破断面と外観の状況を載せてございます。

今度は、ミクロの顕微鏡による破断面の観察を行ったものを写真7、それから別紙3か
ら6に示してございます。写真7は、ボルト2についてなのですが、まず3本とも
同じような破断面が観察されまして、粒界破壊と粒内破壊が混在した破面を呈しておりま
した。また、疲労破壊などでみられるようなストライエーションだとかリバーパターンは
みられておりません。最終破断の立ち上がり部も同じような断面だったので、
頂部は先ほど申し上げたとおりすられているため、残念ながら観察ができませんでした。
添付の3から6におのおのボルト1番から3番までのミクロの観察の写真をつけてござい
ます。いずれも同じような破面になっているのがおわかりいただけるかと思えます。

次に、(3)番で光学顕微鏡によるねじの断面観察を行いました。これは破断面だけでは
なくて、ねじを軸に対して垂直に切って中をみてみました。そうすると、写真8なのです
けれども、クラックが3カ所発見されております。これは破断面でないところにクラック
が発見されていまして、クラックはボルトの端から約8～10ミリの範囲に発生していまし
て、③、④に書いているとおり、ねじの山、谷両側にも発生している状態がみられており
ます。これは別紙7～9に拡大した写真を入れてございます。破断していない面でもクラ
ックが発見されたということでございます。

以上のことから、6番にまず破断形態について推定してございます。これは4項の引
張り強さ、このボルトが比較的かたい高強度というボルトであることを勘案した上で、5
項の破面の調査結果をみますと、恐らくこれは破断形態は水素脆化、おくれ破壊によるも
のと推定されます。

これは、いろいろここに書いてはございますけれども、私どもは今回、水素脆化を勉強しまし
たが、いろいろなメカニズムがいわれているようなのです。とにかく水素が何らかの形で
関与して金属が脆化するという割れでございまして、破面の特徴がマクロの観察では――
私どもも最初、これをマクロでみたときは疲労破壊と思いました。ボルトが緩んでいたと

いうのもあったのですが、ミクロでみると、このような粒界と粒内の破壊が混在しているということで、かつ、これら粒界破壊がおくれ破壊の特徴、それから、水素脆化の特徴として羽毛状の粒内破壊が観察されましたので、これらが進展していった、最終破断部ではおくれ破壊が進展して残存面積がなくなって、あと負荷に耐えられなくなった時点で破断して落ちたと推定を行いました。

再発防止対策でございますが、まずはピニオンギア部の脱落自体を防止しようということで、脱落防止カバーというものを導入して、いわば调速装置といわれる機能の維持を図って、安全をまず担保したいと思っております。これの絵を添付10に示してございますけれども、ブレード側の内輪のギア部のところに脱落防止カバーをつけて、仮に連結ボルトが外れても、ギアのカバーの中でとまって、図面と現物で確認するとギャップが13ミリぐらいなのでございますけれども、13ミリぐらい抜けたところでとまる。そうすると、スプラインが45ミリかみ合っておりますので、スプラインのかみ合いが残るということで、ギアのピッチの駆動力自体は失われないということでございますので、まずはこれを全台数に、ですからピッチが3本ありますので、3掛け10台全てに導入しようと考えてございます。

また、今回、破断形態までを推定しておりますが、それでは、なぜ水素脆化、おくれ破壊に至ったのかということまでまだ検討できておりませんので、これについては、材質というのは大体みてきたのですが、あと使用環境でございます。水素が入るような使用環境について検討しまして、その結果を踏まえて最終対策を検討したいと考えてございます。

スケジュールにつきましては、また別紙10の下のほうにありますとおり、今、5月のエンドの段階でございますけれども、先ほど申し上げた脱落防止カバーを設置して、設置完了したものから順次試運転を開始してまいりたいと思います。申しおりましたが、今、10台とも風車をとめさせていただいている状況でございます。

まず脱落防止カバーをつけるということと、原因究明については、どのような環境条件が今回の破断の原因になったのかということで、この周りにある潤滑油であるとか、ほかの脱落が起こっていないピッチボルトがどうだったかということも内面の観察をしまして、何とか水素脆化、おくれ破壊の発生原因を究明して、対策にこぎつけたいと考えてございます。

非常に駆け足でございましたが、以上でございます。

○勝呂座長　ありがとうございます。何かご意見ありますか。どうぞ。

○石原委員　　すごいことが起こったなという印象を受けています。というのは、水素破壊は昔あって、いまボルトをつくる時は非常に気をつけています。今回はM10というか、径の大きさはそんなに大きくないから。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内）　　M12でございます。

○石原委員　　そういうボルトは、特殊なものではないです。おくれ破壊は大きいボルトによくあって、M12とかそういうボルトは日本では一般的に起こっていないです。調べ方としては、これから環境条件とか潤滑油とか、いろいろ調べた方がよいかと思います。

1点確認したいのです。これはGEの風車ですね。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内）　　はい。

○石原委員　　GEさんは過去にこういった事例がないのか。あるいは、もしあったら、1つはボルトの問題が考えられる。もう1つは、使っている潤滑油の問題、その2点についてGEさんの見解はいかがですか。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内）　　まず、前者のほうは、おくれ破壊と結論づけられた破断が発生したとは聞いておりません。

○石原委員　　おくれ破壊というのは今あくまで推定であって、要はこういったところのボルトが破断した事例がGEさんの風車に過去にあったのですか。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内）　　過去にあったと聞いております。

○石原委員　　その原因は何なのですか。それは非常に重要な話で、おくれ破壊というのは、あくまで1つの推定原因なのですけれども、同じような場所で同じようなことが過去にGEさんはあったと。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内）　　詳しくはまだ聞いておりませんので、想像で物をいってしまうとあれなので、ちょっと確認させていただいて、ちゃんと申し上げます。

○石原委員　　GEさんも日本で実際に風車をこれからも売るのでですから、昔は一時撤退したのだけれども、そういう意味では、この風車のボルトという重要なところで切れることは非常に重大な問題で、その原因を明らかにするためには、ぜひメーカーの協力を得て明確な回答を出していただきたい。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内）　　承知しました。ありがとうございます。

○勝呂座長　　ありがとうございます。ほかにこれで何か。――私から1点だけいいですか。今、石原先生がいったのと大体似ているのですけれども、これをみていると、多分G

Eは自分でつくっていないくて、どこかから買っているのではないかと思うのです。

こういう装置は、私もトラブった経験があるのですけれども、結構いいかげんな設計をやっているところがあって、メーカーに情報を聞いてください。そうしないといけないのではないかと思います。

もう1つは、断面図をみていて、主軸の径がすごく大きいのに、中に3本だけボルトを打っていて、そのボルトはすごく小さいわけです。そうしたら、このボルトに本当にどういう力がかかっているかというのを、メーカーではなくて事業者としてもやはりよくみておいてください。そうしないと、例えば設計と違う条件で回ってくところがあるのではないとか、それをしないと多分解決に至らないのではないかという気がするのです。そういうところは自分の頭でよく考えてやっていただけたらと思います。よろしく願います。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内） 承知しました。力につきましては、今私どもがみているのはかみ合い、トルクはスプラインでかみ合っていますので、そこでもっていると考えていまして、恐らくボルトにはスプラインのがたの分、若干力がかかるかもわからないのですけれども、主に引っ張りが作用しているのではないかと考えております。

○勝呂座長 そうすると、ちょっと細かな話になるけれども、このボルトの切れた感じをみると、普通のいわゆる引っ張りで切れたような感じにちょっと思えないのです。何となくシアっぽい感じがすごくするので、そのあたりを材料屋さんとか物が壊れたのをみた人とか、ちょっとあれしておかないと、結局これで落ちるのを3本のボルトで防止しているわけでしょう。受けているわけですね。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内） おっしゃるとおりです。

○勝呂座長 回転力はスプラインで伝達しているから、ここは小さくていいのだということなのだけれども、例えば油かすがちょっとでも入ったら、このところに一発でかかるとか、何かそういうのがありますから、その辺は設計状態を気にするのではなくて、設計状態でないようなところでない、こんなの壊れっこないわけなので、そのところをちょっと気をつけておいてください。

以上です。

○エヌエスウインドパワーひびき（宮内） 承知しました。ありがとうございました。

○勝呂座長 ちょっと時間がないので、済みませんけれども、そうしたら次に行きたいと思います。何かあったらまた事務局に願います。

次が、南大隅のウインドファームの事故についてということで、資料2—8で、電源開発からお願いします。

○電源開発（本庄）では、電源開発から速報ということで簡単に説明させていただきます。

鹿児島県の大隅半島の先のほうに南大隅ウインドファームがございまして、風車が根占発電所にNORDEXの1.3メガが10基、佐多発電所に同じく風車が10基、合計20基ということで、運転開始が2003年と2004年にそれぞれされておりまして、その中で当社が丸紅さんの持ち分を譲り受けて、2009年2月から運転、保守をしている発電所でございます。

5月21日に保守員が点検したところ、60メートルのタワーのうち、下から40メートルの部分に筋状の傷が入っていることを確認しております。この傷がいつ入ったのかというのはよくわかっていないのですが、4月7日には傷がなかったことを確認しておりますので、4月7日以降5月21日までということになってございます。

現在、これを含めて根占10基は風車をとめておりまして、7号風車の周りの道も封鎖している状況でございます。現在、1日2回、傷の進展を確認しながら様子を見ていますということでございます。調査はまだまだこれからなのですが、今までやったところで、風況や設計、運転、保守の状況を確認しておりますが、そういったところについては余り問題がないように思われておりまして、今後、タワーの製作、施工状況について調査を進めていく予定でございます。タワーはIHIの子会社が製作なのですが、実際の製造国が中国でございまして、このタワーは溶接部にふぐあひがありまして、根占は建設時に全5台補修を受けてございます。

今回、佐多につきましては運転継続してございます。これは、タワーの製造メーカーが同じ中国の工場なのですが、違う工場で、建設時に溶接の補修等を受けていないということで、目視で異常のないことを確認しながら運転を継続して、根占のほうだけとめているということでございます。

今後、この状況は非常に危険だと認識してございまして、6月中にタワー、ナセルをおろすような方向で検討を進めております。ただ、おろす前に施工状況とか形状の確認をするために、クレーンでナセルを保持した状態でタワーの真円度、あるいは鉛直度等の確認を進めていきまして、それからタワーを解体して、今度、材料試験等を進めながら原因の究明に当たっていきたいと思っております。

きょうのところは、まず速報ということで、この報告にさせていただきたいと思っております。

○勝呂座長 ありがとうございます。質問を1点、2点で、なければ……。よろしいですか。

(「なし」の声あり)

それでは、速報ということで、また以後調査をお願いします。

次に、資料2―9で、風力発電業界としての取り組み状況についてということで、一般社団法人日本風力発電協会から説明をお願いします。

○日本風力発電協会(松島) 日本風力発電協会政策部会部会長の松島でございます。

ただいまよりJWPA、ジャパン・ウインド・パワー・アソシエーションの取り組みについて説明させていただきます。駆け足で説明させていただきます。

昨年来より、ハブ・ナセルの落下及びローターの過回転等により、公衆に危険を及ぼす事故が相次いでおります。

これを受けまして、風力発電協会では、昨年10月より、風車安全に係るタスクフォースを立ち上げまして、ことしの4月に至るまで、各事業者代表者が集まりまして対策案を練ってきて、直ちに行える対策等をきょう発表させていただくものでございます。

風力発電協会の立ち位置でございますが、現在、日本に設置済みの風力発電機が1,935台となっておりますが、そのうち、発電機ベースで申し上げますと75%、風力発電の容量ベースで申し上げますと80%のものを設置、運転する者が風力発電協会の会員となっております。ですので、風力発電協会としていろいろ対策することが風力発電の公衆安全の維持についてかなり影響するということで取り組みをしております。

そのほか、25%の機器については我々の協会に属していないということですが、その中の一般電気事業者さんが運転するもの、自治体が運転するもの、それと企業局が運転するものが重立っております。今から申し上げる取り組みについては、風力発電を推進しております42自治体で組織される風力発電推進市町村協議会というものがございまして、そのこのコラボレーションを組み合わせながら取り組みについてつくっております。

この取り組みにより、全ての事故が防止できるというわけではございませんが、今まで情報共有するものがこの業界としてなかったものですので、それは恥ずかしいと思っているところでもありますが、今後は重大事故について、その様子、原因、対策等を共有することによって業界全体のレベルを図るというものでございます。技術レベル、事故に対する認識、知識、そういったものが風力発電協会の会員にかなりレベル差があるという実態がございまして、将来的には点検の標準化が進めばいいと思っておりますけれども、今、

第一歩としてできることは何かということで、情報の共有化をしていこうというものでございます。

情報の共有、何をするかと申し上げますと、今までに事故があって、保安監督署に提出された事故調査報告書を2003年までさかのぼって共有していこうというものでございます。そのほかに、保守、メンテナンス、改善等、再発防止策に係る事例を会員の各事業者から出していただいて、それを共有するものでございます。

その方法論は、資料2-9のとおりでございますが、4ページまでめくっていただいて、重大事故という定義をどうしているかということでございますが、JWPA重大事故情報データベースというタイトルで、重大事故の定義としましては、風力発電設備の火災、風力発電設備支持物のふぐあい、ブレード飛散、ハブ・ナセルの落下、ローターの過回転、こういったものを公衆に危険を及ぼす可能性があるということで重大事故と定義づけまして、これらのものをデータベースとしてホームページ上で共有していくというものでございます。

風力発電協会には246社の会員が占めておりますが、その中には風力発電の設置者のほかに、メーカー、建設会社、メンテナンス会社、銀行、保険会社、コンサルタント会社なども属しております。それらの総合した情報として共有するものでございます。

注目していただきたいのは、資料2-9の2ページでございますが、データベースについての科目がずっとうたわれております。その中で特に注目していただきたいのが、真ん中のほうに発生の有無というものがございます。これは実際に事故が起きて、何かが落下したというものではなくて、その予兆をみたもの。例えば、コンクリートのフーチングのひびでありますとか、クラック、ボルトの金属疲労がみられるとか、音、油の漏れ、そういったものを事前にみつけて、事故の発生を未然に防いだものも各事業者から事例として挙げさせてもらって、それを会員で共有していくというものでございます。

メーカーの守秘義務などに係るものがあるが、全てを出せるというものではないと思いますが、各事業者から積極的に、許される範囲で情報をまとめていくというものでございます。

以上、駆け足で説明させていただきました。

○勝呂座長 どうもありがとうございました。今のご説明に関してご意見、ご要望あれば、どうぞ。

○安田委員 非常にすばらしい取り組みだと思いますが、1点だけお聞かせください。

最後の行に会員専用ページと書いてございますけれども、JWPA様の主会員のものを例えれば私どものような研究者が閲覧することは可能でしょうか。

○日本風力発電協会（斉藤） 風力発電協会の斉藤でございます。

この辺、どのように閲覧ができるようになるかという具体的なところは今検討中でして、今、安田先生がおっしゃったような形で、恐らく本当に必要な方々には正しい情報をご提供するべきだという方針はもっておりますので、それがどういった形で開示できるかというのをきちんと考えて、ぜひお手元に届くように配慮したいと思います。

○安田委員 開示とか公表というと、やはり基本的には全ての人へということですので、ぜひオープンな情報提供をしていただくよう、何とぞよろしく願いいたします。

○日本風力発電協会（斉藤） ありがとうございます。ただ、1点、逆の意味で、こういった情報ですので、悪用されるということも懸念として全くないわけではないということもございますので、その辺を考慮した形で検討させていただきたいと思います。

○勝呂座長 ありがとうございます。それでは、業界として有意義な取り組みになると信じていますので、以降積極的に、もう少し細かなデータも入れるように期待しておりますので、よろしく願います。どうもありがとうございました。

そうしたら、次の議題で、資料3に基づいて、落雷対策に係る公共の安全確保ということで、事務局から説明をお願いします。

○飯田補佐 資料3でございます。落雷に起因すると推定される事故に対する公共の安全確保のあり方についてと題しまして、次回の会合に向けて、特に今後の落雷に対する国としての対策ということでとりまとめていきたいと思っております、その議論のたたき台ということで用意させていただいたものでございます。こちらの資料はほとんど同じものを3月3日の第2回のワーキングに提供させていただきました。そのときは議論のお時間もなかったということで、今回もこういった形で同じものを準備させていただいたのですが、この会合でも時間も少し過ぎてございます。したがって、この場でもありがたいと思うのですが、後にでも結構ですので、こういった落雷に対する対策につきまして、委員の先生方皆様のご意見をぜひ事務局に提供いただければと思っております。

以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。この資料は落雷というのがありますので、ここで2、3件もしあったらと思っておりますけれども、電気の安田先生とか熊田先生、いかがですか。前回と多分そんなには変わっていないと思うのです。

○安田委員　それでは、私から先に。3ページ目なのですけれども、前回もお伝えしましたとおり、②の雷接近時の運転停止は学術的に有効かどうかというのはまだ十分な知見が積み重なってございません。特に冬季雷に関しては雷捕捉率が40%ということで、60%は外す可能性がありますので、ここは特に効果が高いという二重丸がついてございますけれども、このあたりは議論の中で再検討していただければと思います。特に、とめておけば何とかなるかなというようなドゥー・サムシングにならないように、確実な、合理的な防止方法という点で、②は過度に期待しないほうがいいのではないかという見解でございます。

○勝呂座長　ありがとうございます。これはいろいろ議論しなければいけないところだと思いますけれども、例えば回っていたら落ちる確率は同じだということで、雷が来ようが来まいが運転するのだから同じだという考え方等もありますし、落雷が出ているということでは、落雷の可能性が高いので、もし運転しておくと、例えば落雷して、飛散物ができて、それが飛んでいくときに、運転しているほうが当然遠くに飛んでいくだろうというような形で処理しなければいけないのではないかという考え方もできますので、そのところは今後議論していくしかないかなという気がします。

○安田委員　もちろん②が全く無効であるといっている意味ではございませんけれども、例えば②をやって③をやらないとなると、逆に本末転倒になってしまいますので、やはりできるだけデータを集めて合理的な検討をしなければならぬと思っております。

○勝呂座長　どうぞ。

○石原委員　これは、前回に比べると今回はかなり調査は進んでいまして、この対策のまとめ方は今①から⑤まで、このようにまとめられているのですけれども、私が先ほど申し上げたように、1つは一番最初の1、2とか設計という観点と、2番目は、ちゃんと導通しているかどうか定期点検の観点。もう1つは、落雷のセンサーをつけて直撃を受けているかどうか、そういったものに対して緊急点検とかといった分類の仕方を再度もう少し吟味して、きょうたくさん提案された対策とマッチした形で再度編集していただければ幸いです。

○勝呂座長　ありがとうございます。

○熊田委員　ちょっと半分、前のときにお話があったのかもしれないのですけれども、②の強風下などにおける雷接近時の運転停止と書いてあって、強風アンド雷、両方という条件になっているのですが、これは前回なかったような気がして、何でアンドになったの

ですかというのがちょっと気になった点です。⑤は強風オア落雷という感じでオアであるのに対して、②は強風アンド雷という形になっているので、この点がちょっと気になりましたというだけです。

○飯田補佐　　このワーディングにつきましては、特に強風下だけを限定ということではなくて、そこは強風下も含め取り組んでいただく扱いとしての認識で考えております。以前、平成21年のときに技術基準の改正をして、そのときには雷だけではなくて強風、台風に対する対策というところをセットで考えていた取り組みをやっていたときのワーディングを基本的にそのまま使わせていただいたというのがこの文章につながっておりますので、ここはあくまで強風だけということではなくて、雷が落ちるときの対策という目でみていただいて結構だと思っております。

○熊田委員　　それはむしろ②に強風下などにおけるというのは要らないのではないですか。

○飯田補佐　　言葉遣いはまた改めて考えることにいたします。

○勝呂座長　　どうぞ。

○奥田委員　　先ほども質問したのですが、冬季に山深いところで積雪が非常にあるようなところで落雷後に安全点検をとというのは本当に可能なのでしょうか。私も輪島だったかな、現地をみたことがあるのですけれども、夏場でも結構山深く、車で行ったのですが、行くのも非常に大変なところもあったかと思うのです。そういうところで積雪が1メートルとか、多雪区域だから多分1メートルを超えと思うのですけれども、そういう状況で本当にこれを実施せよといえるのかどうかというのはちょっと考えていただいたほうがいいかなと思いました。

○勝呂座長　　ありがとうございます。現実的に物理的に近寄れないところというのは当然出てくると思います。

そうしたら、これは落雷対策という形で、きょう答えをというわけではないので、次回までにとりまとめようと思いますので、きょういろいろな落雷対策のやり方を考えている各事業者の方もおられましたし、それから、今のご意見などを入れて、もう一度事務局としてまとめてご提案していただきたいと思いますので、よろしく申し上げます。

そうしたら、済みません、おくれていまして、次の議題に移りたいと思います。4番目の議題ですけれども、ピッチベアリングのふぐあい事象についてということで、日本製鋼所さんから資料4について説明をお願いしたいと思います。済みません、時間が押してい

ますので、何回もいうようですけれども、手短によろしく願います。

○日本製鋼所（吉田） 日本製鋼所でございます。

1回目、2回目に引き続きまして、ピッチベアリングに発生していますクラックについて、今回は現物調査がやられましたので、それについてのご報告と、暫定措置に対する対応と今後の対応についてご説明させていただきたいと思っておりますので、よろしく願います。

○日本製鋼所（鈴木） 日本製鋼所の鈴木でございます。

それでは、ご説明させていただきます。1回目、2回目でクラックの発生状況については既にご報告させていただいておりますけれども、改めてこの1番の項目でクラックの発生状況ということでまとめてございます。P社とR社ということで、P社の場合には挿入栓口付近、R社の場合にはボルト穴から発生しているということで、それぞれのクラックの発生状況をA、B、C、D、X、Yという形でまとめてございます。

2番は調査結果でございます。こちらに関しましては、実際のベアリングを回収しまして、材料の調査を行っております。特にP社製の場合には海外製ということもありまして、その材料が42クロムモリブデン4という材料を使用しております。この規格に関しましては、EN規格の10083という規格の基準にのっとり検査されておまして、その中でYS、TSともに規格内ということを確認しております。ただし、P社の場合には、そのばらつきが大きいということが明らかになってございます。

続きまして、損傷品の分解調査ということで、2.2に入ります。2.2の要因①の応力集中及び②の荷重分布ということで調査を進めてまいりました。そのうち①の応力集中ということで、構造的に、図5にあります①、②という加工穴の直交部分、交差部が起点となってクラックが発生していることが明らかになっており、さらにこの部分に応力集中が生じていることが明らかになっております。

②の応力分布ということで、こちらに関しては等価疲労荷重により、実際のベアリングにかかる疲労荷重の分布を解析いたしまして、実際に今のベアリングの挿入栓口位置が疲労荷重の高い位置に配置されているというのが明確となりました。

対策といたしまして、まず、P社とR社のベアリングの違いを表4にまとめてございすけれども、明らかな違いとしまして、R社の場合には挿入栓口付近に逃がし加工というのがされております。この逃がし加工によって、挿入栓に内部の玉が直接当たらないように、応力がかからないようにということで工夫されております。図7に戻りますけれども、

この逃がし加工のされたベアリングを、荷重の低い位置、240度付近にオリエンテーションを変えることによってクラックが防止できるということが判明いたしました。

続きまして、2枚目をご説明させていただきます。2枚目はボルト穴のクラックの調査結果でございます。こちらに関しましては、要因としまして強度不足、応力分布、それぞれ調査しております。その中で、ボルト穴の構造の比較ということで、表5にR社とP社のボルト穴の違いを比較しておりますけれども、こちらに関しては特に大きな違いはないということがはっきりしております。

図が戻りますけれども、図10と図11は実際に破損したベアリングの破断面を観察したものでございます。こちらで実際にブレード側の30～40ミリ位置に起点があるというのが確認されまして、そこを起点としまして疲労破壊が進展しているということが明確となっております。

図11をごらんいただきますと、起点位置に関しまして、焼き入れ層と実際の部材の段差部で進展速度の違いがピーチマークから確認されておまして、この進展速度の違いというのは高周波焼き入れによる残留応力の存在があるのではないかとということで、その残留応力の影響をクラックの発生の原因の1つと考えております。

続きまして、図12は実際に応力解析をした結果ですけれども、こちらに関しては、実際のクラック発生位置に関して応力分布が高いということは確認できましたが、それがクラックの発生を優位にするほど荷重が高いものではないということが確認されておまして、先ほどご説明しました溶接による残留応力との兼ね合いから、クラックの発生の原因を今調査している状況でございます。実際の疲労荷重に残留応力を付加した形で解析を進めるということで調査を進めております。

まとめといたしまして、3.1に関しまして、図1に先ほどA、B、C、Dという形態でクラックの状況を区別させていただきましたけれども、クラックのAというものに関しましては、クラックゲージをつけまして、風車を一度稼働するというのを考えております。そちらに関しては締結ボルト、その他の安全上問題ないということが確認されておりますので、こちらに関しては事業者様との協議、調整の上、再稼働して、クラックが進展した時点で風車を再度保安停止するという事で考えてございます。

次、3.2ということで最後まとめになりますけれども、ピン穴及び玉挿入栓口近傍のクラックに関しましては、形状による応力集中ということで結論づけしております。対策としまして、逃がし加工の実施と挿入栓位置の変更を実施するという事で、こちらを決

定してこれから対策してまいります。

ボルト穴部のクラックに関しましては、今、焼き入れを考慮した応力解析と残留応力の測定を行いまして、応力解析に関しましては、その残留応力を考慮した形で応力解析を進めてまいります。

非常に急ぎ足でしたけれども、以上でご報告とさせていただきます。

○勝呂座長 ありがとうございます。ちょっと時間がなくてあれなのですが、済みませんでした。今のご説明にご質問とかご意見等ありましたらお願いします。どうぞ。

○石原委員 余り時間がないので手短かいのですが、材料に関して、一番最初、2. 1のところ、さっき規格を言葉で話したのですが、その規格の名前をぜひ書いていただいて、その範囲を書き添えていただきたいと思います。規格内であれば、ばらつきがあっても許されているものですから、そこが原因ではない。したがって、そこが不要なコメントとか、もしそれが問題と思えばきちんと理由を書いて、そうではなければ、そういった混乱を招くような表現を改めていただきたいと思います。

2番目、応力低減のための逃がし加工は、ある会社がされていない。現状では国際基準があるかどうか私はわかりませんが、この業界ではこういったデファクトスタンダードのような基準とか規格がないかどうかというのはぜひ調べて、なければ将来的にこういうものは必要ですし、一般的に、こういった応力集中を逃がすような加工、例えばRのところをちゃんとつけるとかという常識と思われるものをやっていないのか、それとも誰も知らなかった事象なのか、その辺をぜひ明確にさせていただきたい。

3点目は、次のページの図12ですが、11と12をみていただければわかるように、焼き入れするところが明確な境界線が存在する。強度が違えばそこに応力集中が発生しますので、そういった応力集中を評価するための今のグリッドは明らかに不十分で、こういった解明を考慮した評価を実施していただいて、今の残留応力だけではなくて、こういった応力が急変するところ、物すごい力がかかるとき、その応力集中の影響がないかどうかを調べていただきたいと思います。

○勝呂座長 ありがとうございます。よろしいですか。

○日本製鋼所（鈴木） はい。

○勝呂座長 ほかにいいですか。

（「なし」の声あり）

それでは、どうもありがとうございました。

では、あとですけれども、風力一本化の取り組みの報告ということで、資料5で事務局から報告事項になります。お願いします。

○飯田補佐 資料5、一本化のための取り組み状況についての結果報告ということでございまして、前回のワーキングでもご報告いたしました取り組みが全て4月1日付で一本化という形で取り組むことができました。また、その取り組み後におきましても、2ページの最後のスケジュールのところでございますが、風技及び風技解釈に係る逐条解説の改正であるとか、特殊なものの審査に係る専門家会議を5月2日に第1回会合を開催しております。今後は特殊な案件について順次取り組んでいきたいと思っております。

こちらの一本化に当たっては、このワーキングの前身のワーキングの最初の段階から、委員の皆様方のご知見をいただきながら取り組んできたということで、おかげさまで一本化することができました。この場をかりて御礼申し上げます。

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ご意見、ご質問、よろしいですね。

(「なし」の声あり)

それでは、一応準備したものは終了なので、議事を事務局のほうにお返ししますので、よろしく。きょうも時間が遅くなりまして済みませんでした。

○渡邊電力安全課長 事務局からのご連絡でございますが、本日も大変ありがとうございます。

落雷の事故の原因究明、再発防止対策を検討する、これはある意味、何度も申し上げているところでございますが、公衆の安全という面からみて非常に危機意識をもっている話でございますので、今日も事務局として盛りだくさんに準備させていただいたので、まことに申しわけなかったところでございますけれども、さまざまコメント等をいただき、大変感謝申し上げます。

ご連絡としましては、1点目は、参考資料2で、第2回ワーキングでご審議いただいた風車落下事故を踏まえた風技解釈——風力の技術基準の解釈でございますが——この改正案をパブリックコメントに付しているというご報告でございます。

2点目でございますが、今後のスケジュールでございますけれども、第4回を6月25日15時から18時ということで予定しております。今回ございました個別の案件についての審議を引き続きということと、さらに続く案件があるわけでございますけれども、先ほど資

料3でご説明申し上げコメントいただいたところでございますが、中間的に横断的な、あるいは政府としての対策についてまとめたいと考えておりますので、ぜひまたご審議のほどよろしくお願ひしたいと思っております。

今回の議事録につきましては、後日ホームページで掲載いたします。

本日は大変ありがとうございました。

○勝呂座長　それでは、本日は、皆さん活発な議論をいただきまして、大変ありがとうございました。

以上をもって閉会とすることにしたいと思います。どうもありがとうございました。

——了——