

産業構造審議会保安分科会電力安全小委員会風力発電設備構造強度ワーキンググループ

(第4回) 一議事録

日時：平成25年5月31日（金曜日）10時～12時

場所：経済産業省本館2階東3共用会議室

議題：

1. 太鼓山風力発電事故について
2. 笠取風力発電所について
3. 今般の事故を踏まえた当面の再発防止対策について

議事内容

○村上電力安全課長 定刻には少し早いのでございますけれども、委員の皆さんはもうおそろいでございますので、ただいまから第4回風力発電設備構造強度ワーキンググループを開催いたします。

本日はご多用の中、ご出席いただきまして、ありがとうございます。本日は委員6名中5名の出席をいただいておりますので、定足数は満たしております。

また、本日は、説明のため、事業者であります京都府さん、それからJFEエンジニアリングさん、シーテックさん、日本製鋼所さんの方々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、配付資料の確認をいたします。お手元に配付資料一覧がございますけれども、資料番号で1から3までと参考資料がございます。配付資料に不備がございましたら、議事進行中でも構いませんので、挙手をしてお知らせいただきたいと思います。

以降の進行は勝呂座長にお願いいたします。よろしくをお願いいたします。

○勝呂座長 どうもありがとうございました。どうも皆さん、暑い中をご苦労さまです。

まず、議事に入る前にお知らせというか、お願いをしておきます。本ワーキンググループは、資料は公開前提なのですが、座長の判断で一部資料を非公開としたいというところがありまして、具体的には資料1-3と2-3の中の一部の資料を非公開としております。理由は、お配りしております参考資料の1の点検結果の詳細に係る取り扱いについてというのが入っていると思います。それでご確認をいただきたいと思います。

よろしければ、次に行きたいと思います。それではまず、資料1について、京都府及び事務局から説明をいただいて、あわせて質疑応答にしたいと思います。

まず最初に、資料1-1に基づいて、京都府から太鼓山風力発電所の事故についてご説明をお願いしたいと思っております。お願いします。

○京都府 わかりました。それでは、資料1-1に基づきまして、太鼓山風力発電所の事故概要についてご報告をさせていただきます。

まず、太鼓山風力発電所の位置、場所でございますけれども、京都府の北、日本海側に面しております丹後半島に位置しております。具体的な所在地で申しますと、与謝郡伊根町ということで、日本海側、海からいきますと8キロほど山地部に入っております。丹後半島につきましては中起伏の山地ということで、太鼓山自体も標高は680メートルということで、山地を形成しているところに設置しております。

平成13年、2001年11月15日から運用を開始しております。風車でございますけれども、オランダのラガウェイ社製でございます。本日出席していただいておりますJ F Eエンジニアリングさんで設計から施工をやっていただいております。当時は日本鋼管さんでございました。設置台数につきましては、1基当たり750キロワットということで、6基を設置しております。発電所全体の出力といたしましては4,500キロワットという形になっております。

その下に風力発電設備の概要を入れさせていただいております。まず、カットイン風速でございますけれども、秒速3メートル、カットアウトが25メートル。耐風速につきましては60メートルでございます。ローターにつきましては、図1—3に外形図を入れておりますけれども、ブレード、ローター全体の直径が50.5メートル、発電時の回転数につきましては毎分13から33回転となっております。ブレード数については3枚、ハブのとりつけ高につきましては50メートルという形になっております。風車を支持しておりますタワーにつきましては、高さが46メートル、材質につきましてはSM 400の鋼製となっております。タワーの上に乗っておりますナセルにつきましては、そこに書いてある寸法のとおりでございます。風向制御につきましては強制ヨー制御。出力制御につきましてはピッチ制御という形になっております。

その図の下の方に太鼓山風力発電所の平面図と写真を入れております。ちょっとみにくいですが、図の右のほうが北側、写真につきましては、ちょうど東から西方向をみている状況でございます。手前に1基ありますけれども、それが6号風車ということで、そのさらに奥にありますのが、左から1号、最後に5号という形に配置しております。

次に、事故の概要につきましてご報告します。

発生の推定日時でございますけれども、平成25年、ことしの3月12日19時32分ということで異常警報が出ております。これを事故発生時の推定としております。

事故の状況でございますけれども、翌日の朝9時42分に現地でナセルの落下を確認しております。3号機風車の発電機、機械下にありますナセルとブレード、風車部分が落下していたという状況でございます。

風車の破損状況につきましては、高さ46メートルのタワートップと風車の接続しているフランジの溶接部の付近、下部でほぼ水平に破断していたという状況でございます。ちょうど写真1で左側に写っておりますのがタワートップ部の破断状況でございます。

次のページに1—4ということでタワートップとナセルの破断図を入れさせていただきます。

1—4をみていただきますと、タワーのトップのフランジとナセルのヨーベアリングの下部とをボルトで固定しているという状況になっておりまして、タワートップフランジの下部の溶接箇所のところから破断しているという状況でございました。

写真2にはタワーのトップ部で撮ったものを入れさせていただいております。少しみにくいですが、それぞれ方角を入れさせていただいております。

次に、事故の状況についてご説明します。

事故発生時の気象状況、風況でございます。事故が発生いたしました3月12日の3号機の風況観測データ、タワートップ部の観測データでございますけれども、事故発生時はおおむね南西の風、最大風速で申しますと毎秒15メートルから20メートルになっております。その下のほうに風速、それと風向を入れさせていただいております。1分間の平均風速で申しますと、毎秒大体11メートルから15メートルで推移しておりまして、事故発生時に突風など大きな風況の変化があったとは考えられておりません。

さらに、図2—1の下のほうに運転状況ということで、当時の風車の発電出力、赤いラインですけれども、それと風車の回転数、青いラインでございますが、入れさせていただいております。右のほうの19時32分事故発生ということでとまっておりますけれども、以降のデータは発生時のデータでとまっております。

その下に少し詳しく事故発生時の風車の運転状況を示させていただいております。事故発生時の運転状況ですけれども、19時ごろから回転数で申しますと25回転程度で回転していたという状況でございます。発電機の出力につきましては430から660キロワットの出力ということで運転がされておりました。事故発生直前のデータにつきましては、1分データですけれども、そこにお示ししておいでございます。

次に、ナセルとタワーの損傷状況についてご説明します。ページでいいますと3ページでございます。ナセルにつきましては、落下して地中に1メートルほど埋まっていたということもありまして、1ヵ月程度後によく回収ができたという状況でございました。

タワーの損傷状況でございますけれども、タワートップとフランジ溶接部付近で破断ということで、特に主風向が南西でございますが、これの反対に位置する北から東の位置でタワートップの風車接続フランジとタワーのシェルの間のところで破断している。具体的な位置で申しますと、図2—3でお示ししておりますけれども、フランジとシェルの溶接の止端部付近でございます。

次に、設計内容の確認ということでご説明させていただきます。建築基準法での設計関

係の考え方ということで、表1から表3まで一応入れさせていただいております。

次に、4番目でございます。3号機事故原因の調査について、その後の調査状況等でございます。

平成25年3月12日に事故発生ということで、3月20日に専門家の方々にも現地に来ていただいて現場調査をしていただいております。その後、26日から29日にかけて、他号機についての緊急点検を実施しております。主に超音波探傷試験等による探傷試験ということで実施しております。調査につきましては、一番最後に資料として調査結果をつけさせていただいております。4月26日ということで、損傷部、タワーの上部とナセルの回収しております。5月12日でございますけれども、第1回の専門家会議ということで、回収いたしました損傷部の破断面の状況の確認、今後の原因究明の調査に向けた調査内容、方法についてのご意見ということで、専門家会議を開催しております。

次に、4ページでございます。損傷原因の究明ということで、方針的なものを入れさせていただいております。破断面の調査によりまして、疲労破壊の進展したであろう断面の確認はできております。そういったことから、主要原因につきましては疲労破壊ということで、そういった観点からタワーの材料強度試験等を実施して検証を進めていきたいと考えております。具体的な調査項目につきましては、そこに書かせていただいております。

あと、調査の進め方ですけれども、風況の解析等ということで、風の評価、風荷重の評価、あるいはタワー、風車の強度評価といったことについてそれぞれ検討していきたいと考えております。

今後の検討ですけれども、発電時の荷重設計、疲労設計をどのように設計していたかということについて、まず検証していく必要があるだろうと考えております。これにつきましては、現在、データの収集、分析を行っているということで、次回の専門家会議を開催した中で意見をいただきながら原因究明を進めていきたいと考えております。

また、疲労破壊と思っておりますので、既存の風況観測データ、あるいは風車の運転データ等の活用を含めまして、原因究明の評価、検討を進めていきたいと思っております。

今後の予定でございますけれども、破断原因、特にSEM観察等において確定していきたいと思っております。また、年内を目標に破断のメカニズムを解明、あるいは他号機の調査結果も出ておりますので、そういったものも含めて再発防止策についてまとめてまいりたいと思っております。

現在の安全対策についてですけれども、全体で6基ございますけれども、1基が3号機ということで風車落下。それ以外の4基について探傷試験によりまして亀裂の確認がとれたという形でございます。現在、安全性の確認ができるまでの間ということで、風荷重等の影響を避けるため、全号機運転の停止を行っております。

また、今後の安全確認でございますけれども、定期的に試験等を実施して、亀裂の進行等の状況などを把握した上で、安全確認に努めてまいりたいと考えております。第2回目の点検といたしましては、6月上旬には探傷試験を再度実施したいと思っております。

また、他号機の亀裂の安全につきましては、3号機の解析結果等を踏まえて、安全性、あるいは対策方法の検討を行うことにしております。

以上でございます。

○勝呂座長　ありがとうございました。そうしたら、引き続き資料1-2と1-3の説明をお願いします。

○飯田補佐　それでは、資料1-2、それから資料1-3、続けてご説明させていただきます。

まず、お手元の資料1-2をご覧くださいと思います。こちらは先ほどご説明のありました太鼓山風力発電所事故を踏まえた、私ども経済産業省としての対応状況という内容でございます。まず、こうした事故が起きたときには、電気関係報告規則に基づきまして、まずは事故の発生したときから48時間以内に報告、それからその後30日以内に報告、そうした規定が定められております。

まず、平成25年、今年の3月13日、中部近畿産業保安監督部近畿支部に事業者である京都府から事故報告（速報）を受けております。

それから、翌日14日、中部近畿産業保安監督部近畿支部から現地に職員を派遣して現地調査を実施しております。

あわせて、同日付で私ども経済産業省本省から、こうした事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を使用しているほかの事業者に対して注意喚起、それから安全確認のための保安点検といった内容の周知文書を、同じメーカーの風車を使用しているほかの発電所を管轄する産業保安監督部及び風力発電協会宛てに発出しております。

それから、4月11日付で、今度は30日以内に報告いただきます事故報告を京都府から中間報告として提出いただいております。

それから、その内容を踏まえまして、翌日、改めて詳細な保安点検の実施を要請する旨

の文書を同じく関係する産業保安監督部、それから風力発電協会宛てに発出しておりまして、また、この中で5月10日を目途に産業保安監督部宛てに点検結果の報告をしていただくよう要請しております。

それから、4月24日におきましては、中部近畿産業保安監督部から京都府に対し、先般出されました中間報告の内容を踏まえまして、改めて報告徴収命令ということで、事故原因及びほかの号機における技術基準への適合性について、それからほかの号機における事故防止対策といったものを報告いただくよう求めております。

具体的な周知文書、あるいは要請文書、報告徴収命令文書につきましては、後ろに参考資料としてついておりますので、ぜひご覧いただければと思います。

続きまして、資料1-3についてご説明させていただきます。資料1-3につきましては3種類に分けて資料を作成させていただいております。

まず、資料1-3-1は、今回のほかの発電所に対して報告を要請した結果を概要としてまとめたものでございます。資料1-3-2は、概要（資料1-3-1）で表記しております具体的な類型化される事象が明らかになっている、ものについてそれを少し具体的に詳しく書いているものでございます。それから、資料1-3-3は、各発電所ごとに報告いただいた内容を網羅的に整理したものでございます。資料1-3-2、それから資料1-3-3は申しわけありませんが、委員限りとして扱っていただければと思っております。

まず、資料1-3-1で全体の概要についてご説明したいと思います。まず、5月10日を目途に報告を求めまして、その報告の結果、2.のところをごらんいただければと思うのですが、大きく4つの類型化される事象が確認されたと思っております。

まず、この事故を起こしましたラガウェイ社製の風車なのですが、これを使用しております太鼓山風力発電所を除いたほかの発電所としましては、全部で21発電所、風車基数としては115基ございます。これらの中で点検した結果明らかになったものが、まず1つ目、①のところでございますが、金属疲労による亀裂が疑われるもの。これは太鼓山風力発電所で亀裂が明らかになっておりますけれども、それと同類のものだと思っておりますが、こちらが2発電所、2基ございます。こちらにつきましては現在運転停止中でありまして、さらに一般公衆接近防止措置を実施中でございます。

続きまして、②のところでございます。①レベルの金属疲労までは行かないと思われるものの、溶接時における微細なキズと疑われるものが4発電所、9基明らかになっており

ます。こちらにつきましても運転停止を継続している、あるいは一般公衆接近防止措置を実施してございます。

それから、③としまして、タワートップフランジ接続ボルトの折損。こちらは今回の点検で明らかになったもの、それから過去の点検で明らかになっていたもの、いずれもこの中で表現しておりますが、5発電所、12基ございます。今回明らかになったものにつきましてはおおむねボルト交換を実施しておりますが、一部予定のものもございます。さらにこれらの発電所につきましては、運転停止中、あるいは一般公衆接近防止を実施中でございます。

最後に、①から③といった事象、何かしらの問題が何も確認されなかったものにつきましては18発電所、93基ございます。

あと、それらの事象につきまして少し詳しく資料1-3-2のところに記載しております。

一番下のところに備考がございます。ここにまた①から④とありますが、この点検につきましてはラガウェイ社製風車のメンテナンスを担っておりますJFEエンジニアリングで全て点検を実施しております。目視、あるいは接続ボルトの打音検査、ヨーブレーキ回りの点検、それから今回初めて実施したところと聞いているのですけれども、タワートップ溶接部における非破壊検査、超音波探傷検査といった項目を実施しております。

具体的なそれぞれの発見された事象につきましてはその上のほうに書いてありまして、太鼓山事故と同様と思われる金属疲労のところにつきましては一番深いところで3ミリ程度のものがあつたりしております。この2つの発電所につきましてはメーカーサイドから溶接補修を提案されていると聞いております。そのうちの1発電所は実際にそれを取り入れることを検討していると聞いております。

それから、その次の微細なキズのところでございます。これは先ほど申し上げたとおり、金属疲労による深い傷、あるいは長い傷まではいたっておりませんが、こうしたところにつきましても一部の発電所では改めて傷が亀裂といったレベルに進展しないかどうかといった観点も踏まえまして、超音波探傷試験を実施するという事を考えているという話も聞いてございます。

それから、その下のタワートップフランジの接続ボルトの折損につきましても、これ自体は太鼓山風力発電所での事故の検証の中で実際確認されている事象でありますけれども、こうした接続ボルトの折損がひいてはタワートップフランジにおける亀裂なりにつながっ

ていくということもあり得る、そうした可能性があるのではないかと推定されているところでございます、こうしたボルトの折損が過去みつかった、あるいは今回みつかったところにつきましては、速やかに交換しており、あるいはすぐに交換を予定していると聞いてございます。

あと、異常なし、つまり特段の問題が発見されなかったところにつきましては8割程度あるのですけれども、こうしたところは多くは運転中と聞いております。

雑駁ではありますが、以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。そうしたら、今の太鼓山風力発電所事故についてという資料1—1から1—2、1—3ということで、一旦質疑応答をしたいと思えますけれども、ご不明な点とかご質問、コメント等がありましたらお願いします。

○石原委員 今の資料1—3—3の報告の一覧をみると、中にハイフンが書いているのがたくさんありまして、それが検査していないからハイフンなのか、それとも問題ないからハイフンになっているのかを教えてください。

○飯田補佐 点検後の補修等の実施に係るハイフンの意味合いにつきましては、まずは事業者がこの点検結果を踏まえまして、不具合が発見されず対策を実施する必要のないもの、また、不具合が発見されたが、具体的な対策まで要しないものと報告されているものにつきまして、棒線を入れているところでございます。

○石原委員 確認ですが、要は金属疲労による亀裂の疑いがハイフンというのは検査しているか。太鼓山と同じようにきちんと検査していれば問題なしということを書くべきですし、検査していないなら検査していないというのを書かないと、今後の対策に影響を与えます。

○飯田補佐 失礼しました。そういう意味におきましては、資料1—3—3の中の真ん中から右側の「保安点検」の中の「点検項目」上のところに、今回の点検項目を①から⑤まで表現しております。ここで、これらの点検を行っていれば、それぞれ「実施」と記載しております。また、「未実施」というところが点検をまだしてなくて、これから実施する予定のものを記載しています。基本的に全て①から④における点検は実施しております、その結果不具合が明らかになったものだけを左側の黄色い部分、金属疲労の亀裂の疑いであるとか、微細なキズの疑いであるとかというところに表現してございます。

したがって、棒線のところは検査をした上で、不具合が明らかにならなかったものという位置づけでご理解いただければと思います。

○石原委員 わかりました。ありがとうございます。そういう意味では、未実施と書かれているところとハイフンを区別すべきではないかと思えます。

○勝呂座長 今のところ、未実施というのは2番の4台というところですね。今のはよろしいですか。――ほかにございせんか。どうぞ。

○若尾委員 資料1-3-2の今後の対応のところの特になしと記載のところがありますが、これは点検した結果何らかの不適合が一応確認はされているけれども、現状では問題ないだろうという判断で、特に何もしないという理解でよろしいのですか。

○飯田補佐 はい。事業者でそのように判断したという結果でございます。

○村上電力安全課長 今のご質問ですけれども、フランジボルト等の折損に関しては既に交換したという対策をとったということがあって、今後特になしと書いてございます。表の上のほうのキズ等については特になしと記載のものもございしますが、キズについては点検していくのだけれども、特に補修するとかということは考えていないと聞いているということでございます。

○勝呂座長 今のよろしいですか。――どうぞ。

○石原委員 今のタワートップフランジの接続ボルトの折損に関しては、現状では交換済み、あるいはこれから交換するという対策になっています。これはこれからの議論になると思えます。一般的にいうと、このボルトは20年もたないといけないボルトですので、主要構造物と我々は認識します。こういった折損が発生した場合は交換するだけで済むことではありません。一般的に構造物で考えるときは、これは何らかの設計上の問題があると疑われますので、こういった問題はきちんと評価すべきであると認識していますので、これは後でまたコメントさせていただければと思います。

○勝呂座長 ありがとうございます。ちょっとよろしいですか。例えばNo.11の微細な傷の疑いというのがあって、長さが細かく書いてあるのですけれども、一番最後の今後の対応なしというのは、傷の疑いのあるまま運転するのかというようなことも出てくると思うので、ここも今の石原委員の話ではないですが、今後どうするかというところで議論しないといけないところだと認識しています。

ほかよろしいですか。――そうしたら、時間もあれなので、次の報告をいただいて、それで、まとめてまたご質問等があればということで進めたいと思います。

次に、笠取の風力発電所の事故についてということで、資料2-1に関してシーテックさん、それから事務局から説明をお願いします。

○株式会社シーテック シーテックの伊藤でございます。よろしくお願いいたします。

ウインドパーク笠取発電所のCK-19号機の風車のナセルの脱落事故についてということで、5月2日に中間報告を出させていただきました内容でご説明をさせていただきたいと思っております。

まず、サイトの概要でございますが、所在地は三重県津市美里町及び伊賀市上阿波地内。こちらは津市と伊賀市にまたがっております。今回の事故機、CK-19号機については津市の美里町にあります。定格出力につきましては、2,000キロ×19基の3万8,000キロ。運転開始でございますが、第1期工事が平成22年2月22日、第2期工事が22年12月15日ということで、今回の事故機につきましては第2期工事ということで、平成22年12月15日に運転を開始しております。

風力発電設備の概要といたしまして、風車は日本製鋼所社製になります。定格出力は2,000キロワット、回転数は19回転、ローター直径は83.3メートルで、とりつけ位置、ナセルの中心ですけれども、地上から65メートルという形になります。

事故の概要でございますが、推定日時は平成25年4月7日の16時37分から16時55分の間と記載させていただいております。これは、最後の記録が16時37分で途絶えております。それから、現地の方からマスコミを通じまして弊社のほうに連絡があったのが16時55分ございましたので、37分から55分の中のどこかで落下したのではないかと推定してございます。状況でございますが、ローターの過回転によるブレードとナセルの脱落ということでございます。

事故状況でございます。そのときの気象状況・風況でございますが、三重県は4月6日の夕方より発達した低気圧に見舞われておりました。ウインドパーク笠取においても7日の未明から風速20メートル超過の風速が多々発生しておりまして、15時前にはカットアウト風速25メートル以上となりまして、16時27分には最大瞬間風速42メートルを記録してございます。風向きは西北西の風となっております。

事故発生直前でございますが、4月7日の16時37分、記録としては最終の時間になります。CK-19号機の風車で風速の観測データとしましては20.67メートル。10分間の移動平均としましては27.9メートルを記録してございます。

風車の状況、風速、回転数、ピッチ角の時系列については、この後ろのグラフに書かせていただいております。それを参考にいただければいいかなと思っております。

まず、正常な制御といたしまして、12時28分45秒に、コンバータートリップの発生をし

ております。コンバータートリップというのは、過回転によってコンバーターがトリップしております。強風等で過回転が起きております。0時、この日朝から累計12回が発生しております。風車が非常停止しております。それまでは強風であるものの、通常運転にて発電しております。

15時15分23秒でカットアウト。3秒間の瞬間風速で30メートルが発生しておりますので、この時点でカットアウトしております。ただし、12時28分45秒の段階でコンバータートリップしておりますので、ブレードはフェザリング状態になっております。

また、15時40分27秒には、10分間の平均風速で25メートルの信号が出ております。ですけども、やはりこれも同じように12時28分45秒の時点で運転を停止しておりますから、ブレードはフェザリング状態になっております。

15時56分47秒で、40メートルの平均風速で3秒間続きましたので、ストームモードという風見鶏の効果のような形で、これはアップウインドですが、ダウンウインドのほうに反対を向くということで、風下に向くように強制ヨーの動作指令が出ております。6分程度かかっております。1秒間に0.5度回転しております。

事故発生直前の風車状態を示す記録といたしまして、ストームモードが完了するちょっと前になりますが、16時1分43秒にピッチ1の制御異常が発生しております。ピッチ角が変化しております。フェザリング状態が維持できていないということです。これは、フェザリングという指令が出ているにもかかわらずピッチ角が動いているという状況でございます。このときの風速が27.99、ローター回転数が0.31、ピッチ角が87度。90度に対して87度、3度ずれているということです。

16時6分22秒、ピッチ3制御異常がこちらでも発生しております。こちらのときは風速が32.04、ローター回転数が1.22、ピッチ角が92度。

16時7分27秒では、ピッチ2の制御異常が発生しております。このときの風速37.45、ローター回転数は0.4、ピッチ角が93という形になります。

16時14分09秒、B 200ブレーキ時間超過というものが出ております。これは、フェザリング状態であればローターは回転しないのですが、わずかに3回転しているということでエラーが出る。ブレーキがかかっているというわけではなくて、フェザリング状態で回転数がゼロであるにもかかわらず、3回転以上回ったということで、表現としてはB 200のブレーキ時間超過というものが発生しております。実際には3回転以上回るとこのアラームが出るということです。

16時36分26秒、このときにソフト上の過回転とハード上の過回転を検出しております。26秒で24回転で回っております。そこで警報が出ております。ハード上が28秒で26回転。ハード上の26回転が発生いたしますと、セーフティーチェーンが動作します。セーフティーチェーンというものは、全ての制御回路を遮断するというようなこととだけ思えば結構です。

16時36分34秒でヨーの旋回方向異常が出ております。セーフティーチェーンが動作しておりますので、全ての制御信号については受け付けていませんが、この段階で風向きとナセルの不一致が発生しております。このとき、16時36分29秒からストームモードが維持できずに、風に向いて正対する方向に向かっております。

16時36分38秒ですが、ナセルの異常振動が発生しております。これは振り子式の振動計でございますが、設定値が 0.2G でございますけれども、これが動作している。

そして、16時37分30秒から33秒の間に変圧器の地絡故障ほか多数の故障が発生しております。33秒が最後の記録として残っている。この間にいろいろな故障が出ているということです。

事故発生時のピッチ角、回転数、ナセルの方向でございますが、ピッチ 1 の制御異常が発生している16時 1 分43秒のときは、16時13分ごろから徐々にピッチ角が26度からマイナス 187度となり、逆ファインの方向へ行っております。

ピッチ 2 も制御異常が出ておりまして、16時15分ごろから急激にピッチ角が 175度となり逆ファインとなっております。

ピッチ 3 制御異常も急激にピッチ角が92度から 176度に逆ファイン状態となっております。

これは2ページめくっていただいた運転記録添付資料をみていただくと、一番下のところにオレンジ色でピッチ 1 制御異常、ピッチ 3 制御異常、ピッチ 2 制御異常、16時 1 分と 6 分と 7 分というところで破線のところが書いてございます。この時点から、本来ならば赤の太線のフェザーというところにあるのですが、ブレード 2 と 3 については、緑色の線と青色の線でございますが、このように逆ファインの方向に向かっている。そして、オレンジ色の線のブレード 1 については、フェザーからファインの方向に行き、また逆フェザーのほうへ向かって最終的には逆ファインの方向に向かったということです。

このグラフ的には 360度を平面化しておりますので、ブレード 2 と 3 で逆ファインになっております。そして、ブレード 1 も最終的に逆ファインになっておりますが、ここは角度的には 180度とマイナス 180度となっておりますけれども、これは基本的には同じ方向

という形になります。ですので、ブレード1については90度からゼロを通り越してマイナス90、マイナス180という形になっておりますというところです。

戻りまして、16時36分28秒以降においては3枚のブレードのピッチ角が逆ファイン状態にそろい、過回転状態となっているということです。

回転数でございますが、16時36分28秒に26回転を記録しておりまして、57秒後の37分25秒には最大回転数57.78回転、37分35秒には53.19回転を最終記録しております。

ナセルの方向でございますが、15時56分47秒にストームモード。これは自動制御ですが、ダウンウインド状態になっております。

16時36分28秒には、セーフティーチェーンが動作後、ヨーの滑りが発生しておりまして、アップウインドの方向へ移行しております。62秒後の16時37分30秒には、風方向にほぼ正対しているという状況でございます。

風車の脱落状況でございますが、タワーはミドルタワーの中央部付近、頂部から約33メートルのところで風上、東南東の方向に約5度屈曲しております。タワー頂部では風上の西北西に座屈がみられております。また、中央部付近から上部には、ちょっと写真ではみづらいのですが、ブレードの擦傷がみられるということでございます。

発電機及びナセルは、タワーから風下方向へ80度から90度の方向に斜面に脱落してございました。ナセルとタワーを接合するフランジのボルトは、変圧器側ですが、108本中37本、約3分の1が引っ張り応力でございました。ハブ側でございますけれども、108本中71本の3分の2が剪断応力による破壊を確認してございます。これは写真3のところでございますが、このところからみますと、右側がトランス側で左側が発電機側という形になります。

ブレードは3枚全てが表裏が剥離しておりまして原形をとどめておりませんでした。第1軸、第2軸、第3軸のブレードの特定はできない格好になっております。表裏が剥離しておりますので、0.5枚、半分ずつの2枚がタワーに巻きついた状態になってございます。また、0.5枚についてはハブ、ナセルについた状態で落ちておりました。あと、1.5枚、0.5枚が3枚でございますが、山中にそれぞれ飛散しているというような状況を確認しております。

コンクリートの基礎でございますが、タワーの風下側の表面上にわずかにコンクリートの剥離がみられておりますが、これは今回の事故で剥離ではないと思われれます。

ナセルの落下と損傷の原因究明でございます。

まず、事故に至った要因でございますが、高風速によりストームモードに移行した後、3軸ともピッチ制御異常が発生し、ピッチ角が変化し、フェザリング状態が維持できなくなった。それで過回転に至ったと思われま。この時点にてピッチ電磁モーターブレーキの故障があったかどうかはちょっとわかりません。

②フェザリング状態が維持できずに、3軸ともばらばらではございますが、逆ファインへ通常の約3倍の速度にて移行し、逆回転となっております。セーフティーチェーンが動きましたが、フェザリング状態へ移行せず、ヨー旋回も指令が出ておりますが、セーフティーチェーンが切れておりますので、信号は途絶えております。反対方向へヨーが回りまして、通常の約8倍の速度で旋回しております。

ナセルの接合ボルトについては3分の1が引っ張り、3分の2が剪断という形で破壊しております。ナセルが脱落している。ブレードの破片については最大約260メートル飛散しております。小物については370メートルほど飛んでおります。

ピッチモーターの分解調査と事故原因への推定という形で、今回、この過回転に至ったことは、ピッチモーターブレーキが故障したのではないかと推定いたしまして、ピッチモーターブレーキを分解調査してございます。

調査結果でございますが、ピッチモーターブレーキの保持トルクの測定では最大でも34.5ニュートンメートルで、3台とも規定値200ニュートンメートルというものがあるのですが、それを約7分の1程度という形で下回っております。

3台ともピッチモーターブレーキを構成するスプライン、雌側ですけれども、歯が三角形形状に摩耗しております。その摩耗粉と推定されるものを確認しております。

スプライン、雌側は摩耗していますが、歯山が残っております。設計基準値は満足しております。ですので、スプラインそのものは空回りをしていないという状況でございました。

そして、ブレーキを保持するばねのストロークは通常0.15から0.35なのですが、それが2ミリから2.4ミリということで、大幅に上回る数値になっていたということでございます。

次のページのところにそれを表にしております。第1軸、第2軸、第3軸と回収しております。

第1軸については、ナセルが脱落したときの損傷が非常に激しくて変形してございます。ですので、電氣的な試験はやっておりません。第2軸と第3軸については原型をとどめて

おりますので、正逆回転とも定格回転数 1,800回転で駆動することができております。

保持トルクをはからせていただきました。第1軸については24ニュートンメートル、これは正回転。逆回転では25.5。第2軸も正回転33.5、逆回転34.5。第3軸が20.5、逆回転22.5ということで、規定値が200ニュートンメートルに対してこのような非常に小さなものということで、ブレーキがきかなかったということがわかります。

ストロークでございますが、規定値が0.15から0.35に対して2.4ミリ、2.2ミリ、2ミリという形で10倍程度のストロークということで、ギャップが非常に広がっていたという形でございます。

次の写真でございますが、ちょっと見づらい状況でございますが、これは三角の部分が出てきているという形ですので、右側の凹凸の凸の部分で三角形のような形になっている。ですので、右側の写真の出っ張っている部分がこのようになっているのではなくて、この下に飛び出ている部分が三角形に削れたとみていただくとわかるかと思えます。上のほうの山がふえたのではなくて、下のくぼんでいるところの山が三角形のようにへこんでしまったというか、すり減ってしまったとみていただければいいかと思えます。

歯山の高さについては、基準が2ミリに対して2.35とか2ミリとか2.3ミリとなっておりまして、規定よりも多くなっているというものは、歯山が高くなっているということは余分に削れているという形になっております。ですので、三角形の登頂部分、高さの部分については削れていなくて、へこんだ部分が余分に削れていると理解していただければ結構だと思えます。

図面のところでございますが、電磁ブレーキでございますが、スプリングでストロークのところの可動板を押すようになります。ですので、このストロークのところは本来0.15から0.35しかなければいけないところが10倍の距離があったということで、ばねの力が弱くなったということで、ライニングパッドを押すブレーキ力が下がったのが原因と思われる。

調査結果からの推定でございますが、ピッチモーターブレーキ動作中に発生する応力からピッチモーターとブレーキディスクを接合するスプラインが摩耗して、その摩耗粉がブレーキライニングに付着したことでブレーキの摩擦力が低下したと推定しております。

また、スプラインの摩耗粉がブレーキライニングに付着した状態でピッチブレーキが動作し制動トルクがかかったことにより、ブレーキライニングが摩耗して、ライニングの厚さが規定以上に薄くなった。これによってブレーキを保持するばねのストロークが長くな

り、ばねの押しつけ力が低下したと推定しています。

また、この①と②の事象が発生した結果、ブレーキの保持力が規定値の 200ニュートンメーターを下回り、ブレードのピッチ角が保持できなくなったとっております。

もう1つ、ボルトですけれども、ナセルとタワーの結合ボルトの破損調査をさせていただきました。写真にありますように、ハブ側のボルトが82番で、それから変圧器側のボルトが19番です。評価の下のところに図面がありますけれども、右側がハブ側になります。ですので、ハブ側の赤い点、82番のボルトと変圧器側のNo.19、赤い点のところですが、このボルトを回収しております。

これで調査をしますと、まず82番、ハブ側のボルトでございますが、破断部近傍で絞りが認められませんでした。破面は平坦でありまして、一定方向の伸長ディンプルが観測されていますから、剪断方向への過大な応力が発生して剪断したものと判断してございます。

19番目のボルトは変圧器側でございますが、これは破断部近傍で絞れています。ですので、写真のところのリングがありますけれども、それよりも小さくなってございます。傾斜した破面先端方向に向かった伸長ディンプルが観測されていますので、軸方向の過大応力により破損、延性破断していると思われまます。

いずれも金属疲労に特有の断面、うろこ状のものになるのですが、そういったものが観測されていなかったと思われまます。

調査結果からの推定でございますが、破面のSEM解析の結果から、82番のボルトにおいては剪断、19番のボルトにおいては延性破壊と推定というもので、繰り返し荷重による疲労破面は観察されなかったことから、ボルトの破断は金属疲労ではないと思われまます。

したがって今回のナセルの落下は金属疲労によるものではないと判定いたしております。

そして、風応答解析と事故発生メカニズムの推定でございますが、事故原因を解明するために風応答解析等各種解析を実施してございます。ここで風応答解析とは、実機と同様の動作を行うモデルにて風を流入させて、風車各部に作用する荷重を評価する解析をしてございます。

ブレードピッチ角を保持できなかった原因を究明するために、風応答解析からピッチモーターブレーキに作用する荷重の解析を行っております。風荷重によって3枚のブレードに発生するピッチモーメントは25から87キロニュートンでございます。フェザリング、またはピッチ角を保持した状態でおおむね49キロニュートン以上の力がかかれば、ピッチ角が変化いたします。ですので、49キロニュートンの力があればピッチが動くということ

す。ピッチモーメントとピッチモーターブレーキに作用するモーメント M_b というものは以下の式で計算されます。

ということで、49キロニュートンのピッチモーメントが発生した場合には、ピッチモーターブレーキには41ニュートンメートルのモーメントが作用することとなります。それで、左の表にもありますように、ピッチモーターの分解調査では保持トルクが22.5から34.5ニュートンメートルということで、ブレーキ力よりもピッチモーメント、ピッチを押し力が41ニュートンという形で大きいということからブレードが回ったと思っております。

解析結果によってピッチモーターブレーキが本来の設計要求を満たすことができない状態となっておりまして、通常に発生するモーメントに対してピッチ角制御ができなくなったと推定しております。

ただ、上記の値はシミュレーションに入力した諸条件によって異なるため、現実の値とは若干異なる可能性もございますということです。

あと、過回転になった原因の解明とブレードの変形に関する解析を行っております。16時37分20秒以降の時刻について風応答解析を実施しましたところ、ローター回転数は、記録データとしては57回転、風応答解析では60回転ということで、ほぼ同じということが判明しております。

風車が風に正対しブレードが逆ファイン状態であって、ローターが60回転になれば、流入風と回転に大きな揚力が発生いたします。ブレードはタワーに近づく方向に変位いたします。逆ファインということで、ブレードがタワーに近づく方向の状態になっているところにまた風が吹いて60回転になることから、ブレードの変位量は1軸で13.8メートル、2軸で10.6メートル、3軸で5.5メートルという形になります。実質、これは風が吹いていない状態で逆ファインの状態ですと5.3メートルとなりますので、1軸では8メートル以上、2軸では5メートル以上タワーよりも超過するということになりますので、1軸と2軸についてはタワーに衝突する可能性が非常に高いということが判明しております。

事故原因のまとめでございますが、ピッチモーターの分解調査、それからナセル、タワーの結合ボルトの破損調査及び風応答解析から、事故原因の解明としては以下のとおりになります。

1つ目としては、ピッチモーターブレーキを構成するスプラインが不適切な材料で製造されていたため、スプラインの異常摩耗が発生いたしまして、3枚のブレードともピッチ角を保持するブレーキ力が規定値を下回っております。これによって強風時にフェザリン

グ状態を保持できなくなりまして、3枚のブレードが同時に逆ファインになったことでローターの過回転が発生しております。

ローターの過回転により大きく変形したブレードがタワーに接触し、ナセルとタワーを結合するボルトに設計荷重を超える剪断応力及び引っ張り荷重が作用したことからボルトが破断し、ナセルが脱落した。

そして、3つ目として、風応答解析から、事故時の風条件においてピッチモーターブレーキに作用する風荷重がブレーキ力を上回り、ブレードのピッチ角を保持できなかったことを明らかにしました。また、過回転時のブレードの変位量から、ブレードがタワーに衝突した可能性が高いということもわかりましたということです。

当面の措置及び今後の検討課題として、まず、ウインドパーク笠取の全18基のピッチモーターブレーキについては早急に点検を行いまして健全性を確認するとともに、耐摩耗性の低い、あるいはブレーキ力の低いピッチモーターブレーキのとりかえをいたしますということで、こちらはとりかえさせていただきました。

そして、今後、事故原因のあったピッチモーターブレーキの安全性を向上するために、ピッチモーターブレーキの点検マニュアルを整備するとともに、ブレーキ力の監視方法やフェザリング時のピッチ角の保持力などの再発防止を検討させていただきたいと思っております。

以上になります。

○勝呂座長 詳細な説明をありがとうございます。

それでは、引き続き、事務局から次の資料2-2、それから2-3をお願いします。

○飯田補佐 それでは、資料2-2についてご説明させていただきます。こちらにつきましては、太鼓山風力発電所と同様に、ウインドパーク笠取風力発電所事故を踏まえた私ども経済産業省としての対応状況についてまとめさせていただいております。

まず、4月7日、株式会社シーテックから事故報告速報を受けております。

それから、翌日、4月8日、中部近畿産業保安監督部は現地に職員を派遣しまして現地調査を実施。

続きまして、私ども経済産業本省が、事故が起きた風車と同じメーカー製の風車を用いているほかの事業者に対しまして注意喚起、それから保安点検等を実施する依頼を行っております。あわせて、太鼓山の事故、それから笠取事故、続けて風車が落下するという重大な事故が起きておりますので、この2つの風車メーカー以外の全国のほかのメーカ

一製の風車を用いている事業者に対しても点検等の実施を依頼する旨、周知文書を各産業保安監督部、それから風力発電協会宛てに発出しております。

それから、5月2日、事業者である株式会社シーテックから30日ルールに基づく事故報告が中間報告という形でされております。

あわせて、こうした事故報告の内容を踏まえまして、改めまして私どもから、同じ日本製鋼所社製の風車を用いておりますほかの事業者に対しまして詳細な保安点検の実施の要請、それから別のメーカー製の風車を用いている事業者に対しましても、あわせて保安点検の実施について要請しております。また、日本製鋼所社製の風車を用いているほかの事業者に対しましては、その点検結果につきまして5月23日を目途に産業保安監督部宛てに報告するよう要請しております。

続きまして、資料2-3についてご説明させていただきます。こちら先般の資料と同じように、2-3-1、2-3-2、それから2-3-3とございます。

まず、資料2-3-1についてご説明させていただきます。5月23日を目途に点検結果について報告を求めた結果を概要としてまとめております。

2. 報告概要のところをごらんいただければと思います。日本製鋼所社製風車を用いておりますウインドパーク笠取風力発電所以外の全国の発電所につきましては全部で17発電所、風車の基数は88基ございます。この中で今般の点検の結果明らかになったものが大きく3つあると思っております。

まず、①ピッチモーターブレーキに摩耗の可能性がある材料のものが使用されていたもの。これはまさに先ほどご説明いただきました事故が起きた号機において摩耗の可能性がある材料を用いたものそのものについての扱いが明らかになったものが全国で3発電所、基数でいきますと9基ございました。こちらにつきましては既に適切な材料のものに交換が済んでございます。

それから、②としまして、ピッチ駆動系に不備が確認されたものということで、今回の点検で発見されたものは3発電所、20基ございます。先ほどもご説明がありましたけれども、ブレーキギャップが適切な間隔であることが必要なのですけれども、それが少し不備があったということでありまして、これも調整済み、あるいは速やかに実施する予定であると聞いております。

それから、今回ではないのですが、過去の点検等でこうしたピッチ駆動系不備が確認されたものが4発電所、9基ございます。もちろんこれは過去のものですので、対策済みで

ございます。

それから、特段の問題が確認されなかったものにつきましては、全部で15発電所、51基でございます。

続きまして、これらの事象について少し詳しく書いております資料2—3—2を用いましてご説明させていただきます。こちらは委員限りの扱いの資料でございます。

まず、今般の点検要請に対しまして実際に各発電所の点検を実施されたのは、いずれも日本製鋼所で行われております。

その点検内容につきましては、この資料の一番下にあります点検項目として①、②、③でございます。①摩耗の可能性のある材料の使用の有無、それから②ピッチモーターブレーキの点検結果、③過去の事故、故障などの履歴。

この3つについて点検した結果を上にも並べておりまして、まず、一番上のところ、摩耗の可能性のあるブレーキ材料の使用ということで、先ほど申し上げた3発電所、計9基ということで、先ほどシーテック様からご説明いただきました直接的な事故原因と推定されているところでございます。3発電所、9基あるのですが、いずれも全て適切なものにとりかえているということでありまして、さらに公衆接近防止という観点から、看板などを設置したり、もともとそうしたものを設置しなくても、通常、人が来れないところにあるので、そういった対策をしていないとか、基本的にはこの3発電所ともそうした公衆接近防止の措置を実施していると聞いております。

それから、ピッチ駆動系に不備が発見されたものということでありまして、これは3発電所、20基あるのですが、いずれもブレーキギャップがメーカーの管理基準値以下であったということでありまして、基本的に調整しておりますが、一部これから調整をする予定というところのものもあると聞いております。

それから、過去にそうした制御機構にトラブルがあったものが、4発電所、9基ということで、これは事象が少し違うのですが、1つはブレーキ動作不良というもの、それからブレーキにかかる部分として、モーターの冷却用ファンのステータの破損であるとか、オイル漏れであるとか、そうした事象が発見されているというところでございます。

結果としまして、異常なしとなったのが15発電所、51基でございます。今回点検の対象となったのが全部で17発電所、88基でございますので、約6割は問題なかったと聞いております。また、これらの事象が明らかになったものについては、いずれも対策などは講じており、点検あるいは補修後、運転再開をしていると聞いてございます。

以上でございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。それでは、今のウインドパーク笠取の風力発電所の事故を踏まえたということで、シーテックさんからの報告と事務局からの報告に関してご質問等がありましたらお願いします。どうぞ。

○石原委員 言葉の確認ですが、今回、3発電所、ブレーキギャップの設計値というか基準値を下回っているという言葉が出ていますが、これは先ほどの事故調査の中間報告にある、ページからいうとA3の2ページのピッチモーターブレーキの断面図があるのです。それはどこのことをおっしゃっているのですか。

○株式会社シーテック 済みません。この書類がストロークの測定とさせていただいておりますけれども、ここがギャップになります。

○石原委員 同じことですね。

○株式会社シーテック はい。ですので、ここはまた変えていきたいと思っています。

○石原委員 それはJ S Wさんがどのように使っているのか、用語に関して統一していただければと思います。規定値というのは、1ページの一番下のところに書いているように0.15から0.35ミリというようなところは、要はここがもともとそれより大きかったと理解してよろしいですか。

○株式会社シーテック はい、そうです。

○石原委員 どうもありがとうございました。

○勝呂座長 ありがとうございます。ほかによろしいですか。どうぞ。

○奥田委員 幾つか教えていただきたいのですが、資料2-1のA3の資料で、2、事故状況、(2)風車の状況というところで、今回の事故機はお昼過ぎぐらいのところでコンバータトリップの発生があつて過回転状態でしたという話で、そのときに12回ぐらい発生している。過回転になるというのは多分、風車にとって非常に致命的な話なのだと思いますが、それまではこういうことにはならなくて、今回、このときに初めてあつたという認識でいいのでしょうか。

○株式会社シーテック 過回転がですか。

○奥田委員 ええ。コンバータトリップの発生と書いてあるのですが、これは過回転の状態になってとかという説明。

○株式会社シーテック これは、通常19回転で回転しているものでございますが、突風が吹いたときに例えば24とか26の回転数が突然出るとコンバータトリップが発生いたし

ます。これについては故障ではないものですから、とりあえず安全でまずとめる。後でリセットをかければまた運転を再開することはできるということです。

この日、4月7日については、0時から12時28分までの間にトータル12回発生している。これは遠隔でリセットをかけられるのですけれども、かなり風速も上がってきたということで、12時28分の段階でリセットをかけるのをやめました。

○奥田委員　それから、同じ項目の16時14分のところでB 200ブレーキというのが時間超過という話だったのですけれども、これはどこのブレーキと考えているのですか。

○株式会社シーテック　これはブレーキではなくて、フェザリング状態にさせるために指令が出ています。ブレードをフェザリング状態にさせる。そうすると、90度になっているのですけれども、通常ならば90度のフェザリング状態になっていれば回転数はゼロであるはずなのに3回転回ってしまったということが、この警報、ちょっと名前がよろしくないのですけれども、ブレーキをかけているわけではないのです。ゼロ回転であるにもかかわらず3回転回ってしまったというのがこういう名称のアラームが出るということです。

○奥田委員　要するにローターの回転をフェザリングという状態とめてている。ローター自体にはブレーキがついているわけではないわけですね。

○株式会社シーテック　ついていません。

○奥田委員　わかりました。それで、ブレードのフェザリングという状態であれば回転しないというのはわかるのですけれども、この状態というのは風に対して安定な状態と考えていいのですか。それとも、この被害の次のページの添付書類などをみていると、回転するまではフェザーの状態だったみたいですが、一旦逆ファインとかファインの状態に動き出して回転し出すと、結局どういう状態が安定の状態といえるのかというのが1点。

それと、最終的には回転してしまっている、アップウインドに変わったとおっしゃったのですけれども、ストームモードというのも安定の状態ではないと考えたらいいのですか。ちょっとよくわからなかったのです。

○株式会社シーテック　まず、第1点目ですけれども、風に対してフェザリング状態であることが一番安定であるというのは間違いありません。ただし、この状態でカットアウトで風車がとまってフェザリング状態になっているのですけれども、それでもって風が吹いたときに、ヨー制御をしております。ただし、ヨー制御というものは、ある一定の時間の平均風速でヨーを制御しておりますので、風が一様に同じ方向から吹いていればいいの

ですが、たまたま違う方向から吹いた場合には、今回のブレードのピッチモーターのブレーキがきちとしたブレーキ力がなかったことによって、横から吹かれた風についてブレードが回ってしまったと。

○奥田委員 逆に質問しますと、ピッチブレーキが今回きかなかったという話なのですが、では、もしきかない状態で風向が変化しない状態であれば、何もしなければこのブレードはフェザリング状態で安定していると考えていいですか。

○株式会社シーテック そうです。

○奥田委員 ファインの状態とか逆ファインの状態にはならないと。

○株式会社日本製鋼所 日本製鋼所の吉永と申します。お答えします。安定な状態かどうかというのをどう定義するかというのにもよるのですけれども、風は常に上下左右乱れて吹いてまいります。ですから、そういう意味ではフェザリング状態がブレーキに何も力がかからない状態かといわれると、必ずしもそうではない。乱れによっては瞬間的にある程度強い力を受けたりもするという事です。

ですから、イメージとして、ブレードの角度が一定であれば風の当たる角度も一定だと考えがちなのですが、実際には風の吹いてくる方向が変化したり、上下の吹いてくる方向が変化したり、あるいは風車がストームモードに入る途中ですと、横風を受けるようなところを通過してダウンウインドに行きますので、そういう意味では、ブレードに当たる風の状況は刻々と変化しておりますので、常に安定な状態というわけではないです。

○奥田委員 そうすると、そういう形で一旦ピッチが、ブレードが回転してローター自体が回転し出すと、このような状態で過回転の状態に移行してしまうことは十分あり得ると。そのためにきちとピッチのブレーキ力を保持しておく必要があると考えていいのですか。

○株式会社日本製鋼所 おっしゃるとおりです。風車そのものはこういう過回転が起きないように設計されております。それも、設計書の一番根幹となるものは、3枚あるブレードが1枚でもフェザリングの位置にきちとあれば、ほかの2軸のブレードが仮に万一動き出したとしても、空力的なブレーキがかかりますので、それで過回転にはならない。ですから、設計上は3軸のブレーキがございますけれども、これは独立して設ける。独立して設けておかないと、ブレーキが壊れた瞬間に3軸ともばらばらに勝手に動き出すということがありますので、それがないように独立してブレーキをかけるという設計になっています。

ただし、今回の場合は不幸にして、そういう設計をしたにもかかわらず、3軸のブレーキが同時に同じような事象に陥ったということが過回転の原因であると考えています。

○勝呂座長　　どうぞ。

○奥田委員　　まだいいですか。済みません、私だけ質問ですけれども、あと、ブレーキがきかなくなった原因として歯車の材質が一部違った、不適切な材質で製造されたと書かれているのですけれども、不適切などというのは、もともと設計図書の指示と違うものかどうか。それとも、どういう意味合いと考えればいいですか。

○株式会社日本製鋼所　　風車メーカーとしては、風車をつくる側からご説明させていただきますと、全ての部品を自前でつくっているわけではないということです。このピッチモーターとブレーキに関しても購入品です。ですから、弊社としては、部品メーカーに仕様を出して、それで仕様に合ったものを購入するというをやっております。

○奥田委員　　その仕様にはこの材質とか、そういう……

○株式会社日本製鋼所　　指定はしておりません。ブレーキというのはピッチモーターの附属品なのです。この附属品の中のさらに細かい部品の設計になりますので、我々としてはそこまで細かく指定しておりません。

不適切な材料が使われたという意味合いですけれども、我々、こういう故障が昨年発生して、メーカーと協議していろいろ原因も調査していく上で、ブレーキの構造に対して材料が弱過ぎるという指摘をブレーキメーカーにして、対策品を考えているという状況の中で、今いったような意味合いで不適切な材料が使用されたというように使っております。

○奥田委員　　ちょっとよく……わかりました。

もう一点、これは資料2-3-1のところ、過去の点検でもブレーキのふぐあいがあったということなのですが、ブレーキ不良でというのは、今回の事故機と同じような原因のものがあつたと考えていいのですか。それとも全然別の要因でブレーキの不良があつた。

○株式会社日本製鋼所　　同じ要因です。

○奥田委員　　同じ要因だということですか。

○株式会社日本製鋼所　　はい。

○勝呂座長　　ありがとうございました。最初の質問で、私もちょっとあれなのですけれども、安定の状態というのを、風が云々ではなくて、とりあえず本当に風車が例えばピ

ッチをフェザリングにしておけば常に安定になるのかと。風向きが変わろうが安定なのか安定ではないのかというところを多分知りたかったのではないか。

もう1つ、アップウインドにしておくよりダウンウインドにしておいたほうが絶対に本質的には安定なはずなのに、何でアップウインドに変わっていったかという、そのあたりが多分欲しかったのではないかなということなのですけれども。

○奥田委員 その点もご説明いただければと思います。

○株式会社日本製鋼所 ダウンウインドからアップウインドに向かっていった原因なのですけれども、今調査検証中で、事故当時の状況は全部記録が残っておりますので、そのデータをベースに風応答解析を実施して、普通に考えると風下から風上に回るというのがなかなか考えづらい現象ですから、我々としては、後ろから前を向いた時期がちょうど 50rpmとかそれ以上の過回転が生じているときなので、恐らくタワー、風車全体がかなり異常な振動状態にあったと考えていまして、それがこういったナセルの旋回を誘発したのではないかと推測しております。

○奥田委員 またわかればよろしく申し上げます。

○勝呂座長 調査の後、また報告していただくことになると思います。よろしく申し上げます。

ほかに。どうぞ。

○石原委員 今の質問に関連しまして、質問の中に2つありまして、1つは過回転の話、もう1つは設計の話が出てきたのですが、今後の事故調査の最終報告に待たれますが、要はフェザリングできないと、風車はこの防御が破れると基本的に非常に危険だということは何回も説明があったのです。そうしますと、このブレーキに対してどういう設計をされた。さっきの話で、メーカーに指示して、もらって、それを使ったというのは果たしてよろしいですか。車のブレーキと同じ話なのですが、発注して、それでつけたら問題ないですぬというのは、果たして設計の考え方としてよろしいですかというところをぜひ事故調査の最終報告の中で検討していただきたいというのが1点です。

もう1つは、過回転という考え方をどのように考えるべきなのか。車の場合は当然ながら、山をおりるときは単なるブレーキを使うとブレーキが焼けてしまう。だからエンジンブレーキを使うというような二重保護というか、基本的な考え方は過回転というのは絶対にあってはいけない。それに対して、万が一起こったときどういう対策をとるべきかということも、これは破滅的なことにつながるもので、これに対する防御、二重三重、どのよう

に考えるべきかということをご検討し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。今の質問などに関連するのですけれども、実は資料3で準備されているのがそのあたりの今般の事故を踏まえた当面の再発防止対策で議論のたたき台ということで示してありますので、これを事務局から説明させていただきたいと思います。よろしく申し上げます。

○飯田補佐　今般の事故を踏まえた当面の再発防止対策について、議論のたたき台と題しまして、資料をご説明させていただきます。まず、資料3と下のほうにあります参考2をお手元にご用意いただければと思います。

まず、資料3でご説明させていただきますけれども、1. 総論としまして、今般の2発電所で起きました事故につきまして、現在、事故調査委員会も設けられまして詳細に検討されていると思っておりますが、この事故が起きた発電所で使用されていたメーカーの風車は現在においても全国において多数運転されております。したがって、事故が起きました発電所、あるいはほかの全国にあります発電所における安全確保の観点からも、早急な原因究明及び再発防止対策の実施が必要である。

したがって、両発電所の事業者におかれましては、事故事象の十分な検証を行った上で、事故原因の特定及び実効性のある再発防止対策の策定を可能な限り早急に行っていただきたいと思っております。

それから、先般ご説明させていただきましたけれども、現在ほかの発電所で詳細な自主点検を行っていただいたところではあるのですが、事故が起きました発電所における事故原因、が特定され、また実効性のある再発防止対策が策定されるまでの間は、やはりこうした事故調査委員会での検討の状況を注視しまして、各発電所におかれましては、現在の点検状況を勘案しつつ、2. に書いておりますような当面の対応の扱いを考えていただいて、対応をとっていただくことが必要ではなかろうかと思っております。

また、私ども国としましては、事業者におけるこうした取り組みにつきまして、その実効性を補完する観点から、必要に応じまして、法に基づく報告徴収命令、あるいは立入検査等の措置を講じることが必要と考えられると思っております。

それで、2. 当面の対応のところでございますが、太鼓山の事故に係るところ、それからウインドパーク笠取事故に係るところ、それぞれ今般明らかになった事象ごとに整理しているのですが、文章が多数ありますので、その点につきましては、参考2でそれらを簡潔にまとめた表をつくっておりますので、こちらをごらんいただければと思っております。

最初の、上側の当省が事業者に要請する対応策（案）でございますが、まず、ラガウェイ社製風車でございます。今般明らかになった4つの事項があったのですけれども、それを上から順番に掲載しております。まず、金属疲労による亀裂と思われるトップフランジとタワー筒身との溶接部の亀裂でございます。こちらにつきましては、やはり補修を完了するまでは運転再開には慎重に対応すべきものだと思っておりますが、事業者の中におかれましては、実際にこうした亀裂と思われるところについての補修をする場合、あるいは補修をしないでその様子を見るという場合もあろうかと思っております。そうした場合においてそれぞれ当面の対策として書かせていただいております。

まず、補修をする場合でございますが、点検というところなのですが、そもそもきちんと専門家の意見に従って適切な補修の方法であるとか、あるいは健全性の検証がもちろん必要だと思っております。ここではその補修をした後につきまして書いているのですが、補修すれば直接的な原因は除去される形にはなるのですけれども、やはり目視、あるいは打音といった通常点検の頻度を増やしてきちんと監視していただくことであるとか、公衆接近防止を継続していただくというところがあろうかと思っております。

それから、その次の行でございます。補修をせずに引き続き監視していくというところですが、こちらは深い、あるいは長い亀裂と思われるものが生じております。これを補修しない状態のままにするということでもありますので、最もきちんと管理をしていただくことが必要だと思っておりますが、やはり通常点検よりも頻度を増やした点検を行っていただくとか、専門家の意見に従って非破壊検査で亀裂の進展をきちんと監視するということが必要だと思っております。さらに、公衆接近防止としましては、確実にそうした取り組みをやっていただきたいと思っております。

次の事象としまして、溶接部に微細な傷があると思われるものでございます。こちらは、キズから先ほど申し上げたような亀裂に進展する恐れがあり得るのではなかろうかということでもありますので、きちんと専門家の意見に従って非破壊検査などを用いまして、その進展をきちんと監視していただく、それから接近防止の継続をしていただくことが望ましいと思っております。

それから、タワートップフランジの接続ボルトの折損でございますが、やはりこうしたボルト自体の折損が金属疲労といった亀裂に影響する、あるいは発生するところにつながっていくかもしれないという恐れがあるものだと思っておりますので、既にそうしたボルトは交換済みだとは思っておりますけれども、そうした事象がまた新たに発生していない

かどうかといったところにつきまして、通常点検における点検頻度をきちんと増やしていただいで確認をする、あるいはそうしたボルト折損部位周辺のところについても非破壊検査を実施していただくような取り組みをしていただくほうが望ましいかなと思っております。それから、公衆接近防止につきまして引き続き継続いただくことが望ましいかなと思っております。

あと、不具合がみつかっていないところは、現時点では特に問題はないものだと思いますのですが、通常点検をやっていただきつつ、今現在はわかっている、例えば新たに溶接キズが亀裂になるとか、あるいは今現在不具合がみつかっていないものであってもそうした亀裂が確認されるとかといったことがあり得ると思います。そうした時点におきましては、やはり速やかにその都度国に報告をしていただければと思っております。

もう1つの日本製鋼所製風車についてでございます。一番上のピッチブレーキディスクの摩耗でございまして、こちらも速やかな交換が必要なのですが、既に実施されております。ただし、先ほども議論がございましたように、交換をしたからといって、その材料がきちんと健全性を確保し続けているのかといった点につきましての確認はきちんとする必要があると思っておりますので、通常点検よりも頻度を増やした点検を通じて摩耗状況をきちんと監視していただく。さらに、接近防止措置の継続が望ましいと思っております。

それから、ピッチブレーキディスクのギャップ不足も速やかな調整が必要だと思っておりますけれども、既に実施されているということでございます。やはりこうしたところはきちんと通常の点検の範囲内で可能な限り健全性を確認していただくということがいいかと思っております。

それから、不具合がみつかっていないものは現時点においては特段問題ないと思うのですが、先ほどの事象も踏まえまして、例えばそういった健全性に不具合が改めて把握できた場合は、速やかに国に報告いただければと思っております。

これらの取り組みはいずれも当面ということで、両発電所における事故調査委員会における原因究明、それから再発防止対策の策定までの話でありまして、それらが策定された後は、改めましてその扱いについて検討することが必要かと思っております。

それから、2. のところでございます。今まで申し上げたところが当面の対策でありまして、今後の再発防止対策の検討課題としての素案と思っておりますけれども、やはり両発電所の事故調査委員会の報告の内容、それからほかのメーカーの風車での同様の事故発

生の可能性を考慮しつつ、また実効性も十分考慮した上で検討することが必要でございます。

私どもが今、こうした事故がそもそも起きないようにする中長期的な再発防止対策としてイメージしておりますのは、この下に少し書いていますけれども、例えばラガウェイ社製風車の事故を踏まえた対策のイメージでしたら、工事計画、設計段階でございますが、設置時における乱流を踏まえた適切な風圧荷重をきちんと考慮いただくであるとか、風車を設置した後も亀裂などが発生するような事象が起きるのであれば、それを早期に発見する適切な頻度による保安点検の実施。

それから、日本製鋼所社製風車の事故を踏まえた対策のイメージとしましては、同じく工事計画段階、設計段階におきまして、石原委員からもお話がございましたけれども、風車の過回転をきちんと防止するための安全機能を多重化するというところの扱いを考えていただくであるとか、品質管理段階なのか、あるいは設置後の取り組みであるのか、幾つかの観点はあろうかと思いますが、設計段階において摩耗に強い材料をきちんと考えていただく。また、実際に設置した時点でそれが摩耗に強いものであるかどうか、健全性を確認していただく。設置後の扱いとして、そうした早期発見のための適切な頻度による保安点検の実施が今後の検討する具体的なイメージとして考えられるのではないかと考えてございます。

以上でございます。

○勝呂座長　ありがとうございました。さっきの石原委員のご質問から、今事務局から今後の再発防止対策の議論の案としてたたき台ということで提出されましたけれども、これに対するご意見とかがあればと思いますけれども、どうぞ。

○石原委員　2点ありまして、1つは非常に細かい話ですが、1の表がありまして、ラガウェイ風車の発見された事象のところに、溶接部に微細な傷、その後、タワートップフランジの接続ボルトの折損。ここにラインを入れていただきたい。この2つは事象が違うものですので、今後、原因究明後の対策は恐らく違ってきますので、これはラインを入れていただければと思います。

もう1つ、最後の1行なのですが、設置後の対策に関しては、ラガウェイと日本製鋼所は同じような文章になっているのですが、できればここも文章を変えていただいて、例えば今回、補修ではなくて材料交換などの対策を実施した後の検証及び亀裂ではなくて摩耗などの発生の早期発見というような、上の事象に対応した言葉にしていいただければと思います。

ます。

以上です。

○勝呂座長 ありがとうございます。よろしくお願いします。

○村上電力安全課長 わかりました。

○勝呂座長 ほかによろしいですか。どうぞ。

○坂本委員 先ほど石原委員からもお話があったのですが、日本製鋼所社製の風車の事故として、不適切といわれている材料を選定したということなのですが、結局、何が適切で不適切なのかということは、そもそもピッチモーターブレーキに対する設計要件がはっきり明確化された上で、それがないと、何をもって適切なのか不適切なのかという議論がなかなか進まないのかなと思っています。

したがって、いずれにせよ、もともとこの部材に対する要求性能は一体何ぞやという議論をきちっとメーカーさんを含めてしていただきたいというのがお願いでございます。

○勝呂座長 ありがとうございます。今の件は、ここは今、たまたまラガウェイ社、日本製鋼所社製と書いてあるのですけれども、日本に建てようとする風車全部にかかってくることだと思うのです。そういう面でいうと、きちっとやらなくてはいけない。多分、欧米だと品質保証管理体制、QA/QCをどうしているかとか、ISO9001でやっているかとか、機器は第三者機関が認めてくれている機器なのかとか、今はサイトサーティフィケートといって、風況もちゃんと査定しろぐらいの非常に強い要求が出ています。あれは多分、銀行の関係もあるのでしょうかけれども、そういうことがありますので、日本は日本で独自の風とか状況、山岳地形とかがありますから、そのあたりをどこまで取り組むかということがあって、たまたま今は2社の名前が出ていますが、そういうことではなくて、バックアップ、フォローしていきたいと考えています。

ほかによろしいですか。では、先に若尾先生。

○若尾委員 参考2、あるいは資料3のところでは接近防止措置があるのですが、先ほどの資料1-3-3等を拝見すると、ロープ、あるいはチェーン、ポールによるバリケードということなのですが、この接近防止措置についてももう少し具体的にどういう形で人が近づかないようにしているかというのを教えていただければと思います。

○飯田補佐 接近防止措置につきましては、設置者の方がどういう対策をとるかは少し違ってくるとは思うのですが、まずは入り口のところに施錠するなり、ゲートをするなり、ロープをするなり、物理的に近づかないようにするといった取り組みであるとか、近づく

と危険であるとか、立入禁止という標識を置くとか、資料1-3-2に書いてあるような取り組みがまさにここで書いてあります接近防止措置と考えております。

○若尾委員 恐らく補修をしないで運転継続するというのは、人が近づかなければ何かあっても事故が起きないというエクスキューズを考えているかとは思いますが、先ほどのご報告だと、ブレードとかの破片が300、あるいは400メートル近いところまで飛ぶということを考えると、本当に接近防止措置がエクスキューズになるのか、それを満たすような対応になっているのかというのは一応確認する必要があるのかなと思いましたが、コメントですけれども、よろしく願いいたします。

○勝呂座長 ありがとうございます。よろしいですか。

○村上電力安全課長 今回の関係でございますけれども、壊れたときにたくさん破片が遠く飛ぶというものは、過回転の事故の事象に係る話だと思います。したがって、どちらかという日本製鋼所社さんの事故に絡むような話として、長距離の接近防止措置が必要だという感じになるのです。

ただ、一方で、こちらの風車については、先ほど言いましたように材質の固いものに材料を変えておりますので、対策済みということで、かなりリスクが下がったものと思いますので、そういう意味で接近防止措置の継続が望ましいという言い方で当面やっていくものと整理しております。

○勝呂座長 どうぞ。

○奥田委員 今回の委員会で検討すべきなのかわからないのですが、前回のワーキングで風車の事業後の取り扱いがあったと思うのですが、一応電気事業法から建築基準法に移行しますと。その場合に、このような保守点検というのはどういう形で保証されるのか、あるいはどうなるのかというのがまだ余りよくわからないのではないかなと思うので、ぜひ経産省と国交省の間で話を詰めていただいて、対応を考えていただきたいと思います。よろしく願いします。

○村上電力安全課長 今回の点は重要でございますので、これは引き続き検討してい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。ほかにないですか。よろしいですか。どうぞ。

○石原委員 1点だけよろしいですか。今まとめた案というよりは、もしかしたらその他というか、もしよろしければ全般的に対して少しコメントしたいことがあります。それでよろしいでしょうか。

今回、この事故から学んだことを考えますと、大きくいうと2つあるように思います。

1つは、重大事故につながる故障の報告、その対策の検討については、今後少し考えていく必要があるのではないかと感じています。

というのは、例えば太鼓山の場合も事前にいろいろな事象が既に起こってしまっていて、タワーのトップフランジのボルトの故障というよりは、それは実は重大事故につながる。また、ピッチモーターブレーキについても、これが故障すると、故障のレベルにもよりますが、全くきかなくなるような場合は、当然ながら重大事故につながるので、こういった重大事故につながる故障についてどのような報告体制、あるいは検討体制をすべきかというのは検討していただければと思います。

2番目は、過回転の話は非常に難しい問題ですので、今の風技の中では基本的に安全対策をきちんと講じるということが書いてあります。これは1カ所ではなくて数カ所に書かれています。にもかかわらず、これは実際本当に講じられているかということを検討する必要があるのではないかと。要は、ある意味で解釈の明確化というか、対策に対しても、例えばマニュアル、保安点検の見直しとかといった予防的な対策もあれば、保護の二重化、ハード的な対策もある。そこに関して、ここで要求されているものは一体どういうものかというのは今後もうちょっと明確化していただければというのが2点目です。

3点目、風車というのは制御とかが進歩が非常に早いので、こういった問題を検討するような場所はやはり必要ではないか。今後、一本化に伴い、顧問委員会とか、専門家委員会をもしつくれるのであれば、専門家による審査体制の確立ということもあわせて検討していただければと思います。

以上です。

○勝呂座長　　ありがとうございました。そのとおりのので、ちょっと遅きに失したかもしれませんが、頑張っていけないと思っています。

○村上電力安全課長　　今の点、3点ほどご指摘いただきました。やはり異常発生する前の予兆の段階できちんと対策を打っていくことは非常に重要でございます。通常、こういった発電事業であれば、まず、予兆現象があればメーカーさんでそれをよく分析していただいて手当てをする。それがたくさん出てきた場合は、もうちょっと系統的にきちんと対応するようにする。国もそういったことがもし捉まえらるのであれば、きちんと情報を得て考えていく。多分、こういう重層的な体制が今後必要だと思いますので、こういったことについては考えてまいりたい。

それから、風技の記載が十分明確化できていないというのはまさしくそういうご指摘だと思いますので、今後この原因究明がなされた段階で、きちんと風技の書きぶり、要求事項を明確にしていきたいと思います。またお知恵をおかりしたいと思っております。

それから、3番目、風車の進歩が非常に早いということでございます。これについてはおっしゃるとおりでございますので、私ども今後、そういった審査の顧問会等をつくる予定で考えてございますが、当然、新しい技術が何かということで、新たに基準に取り入れるものがあるのかなのかというようなことは常日ごろからやっていくような体制を組んでいきたいと考えております。

○石原委員 ありがとうございます。

○勝呂座長 どうもありがとうございました。では、きょう、ほぼ時間、予定どおりになりましたので、まだ追加であれば事務局にお申し入れいただいとということで、一応、本日のワーキンググループは終了ということにしたいと思っておりますけれども、本日の意見を踏まえて、同型の風車をもっている事業者の方はもちろん、ほかの方も……

○石原委員 参考資料1はもう説明されたのですか。

○勝呂座長 最初に。ということで、お願いしたいと思っております。では、あと、事務局にお願いします。

○村上電力安全課長 まず、今後のスケジュールでございませうけれども、次回は夏ごろに考えてございます。内容としては、各事業者さんの事故調査報告の進捗状況とか、前から議論になっております電事法への審査の一本化の準備状況についてご審議いただいとということで、日程についてはまた後日連絡させていただきたいと思っております。

なお、きょうの議事録につきましては後日、経済産業省のホームページに掲載するということで考えております。

以上でございます。

○勝呂座長 どうもありがとうございました。

それでは、質問、意見等が余りないというようなものではないと思っておりますけれども、きょうのワーキンググループを終了にしたいと思っております。どうもありがとうございました。

——了——