

産業構造審議会保安・消費生活用製品安全分科会
電力安全小委員会 電気設備自然災害等対策 WG
(第18回)
議事録

日時 2023年6月5日(月) 16:00～18:30

場所 Teams 会議

議題

1. 北海道電力ネットワーク株式会社における鉄塔倒壊事故について
2. 日本風力開発ジョイントファンド株式会社における風力設備事故について
3. いわき大王製紙株式会社におけるボイラー爆発事故について

○前田電力安全課長　それでは、定刻となりましたので、ただいまから第18回電気設備自然災害等対策ワーキンググループを開催いたします。

改めまして、私、電力安全課長の前田でございます。

委員の皆様方、夕方のお忙しい中、御参集いただきまして、誠にありがとうございます。今回議事が多うございます。効率よくやってまいりたいと思います。限られた時間ですけれども、忌憚のない御意見、御審議のほどお願いしたいと思います。

本日の委員の皆様のお出席状況でございます。11名中11名、全員御出席いただいております。定足数を満たしているところでございます。

今回は資料の説明者といたしまして、日本風力開発ジョイントファンド株式会社から平野様、北海道電力ネットワーク株式会社から冨喜様、いわき大王製紙株式会社から早川様、三菱重工パワーインダストリー株式会社から花田様が参加されております。

また、今回から新たに石原委員、貝塚委員、河井委員、田村委員の4名の委員の方をお迎えしておりますとともに、座長につきましては横山座長の御後任として、今回から白井先生に御就任いただいております。

冒頭、白井座長から一言、御挨拶をお願いできればと思います。先生、よろしくお願いたします。

○白井座長　京都大学の白井でございます。

横山先生が座長を降りられるということで、引き継ぐことになりました。活発な議論の会にしたいと思っておりますので、皆さんよろしくお願いたします。

以上です。

○前田電力安全課長　ありがとうございます。

それでは、石原委員、貝塚委員、河井委員、田村委員から順に一言頂戴できればと思います。よろしくお願いたします。

○石原委員　石原でございます。

東京大学社会基盤学専攻、橋梁・風工学研究室におります。専門は松井先生に近い風工学の分野です。建物や橋だけではなくて、鉄道あるいは送電線、さらに今回このWGに参加した理由は風力発電に関する安全性も研究してございまして、土木学会の風車設計指針もつくっています。よろしくお願いたします。

○前田電力安全課長　よろしくお願いたします。

貝塚委員、お願いいたします。

○貝塚委員 資源総合システムの貝塚でございます。

私、太陽光発電の市場産業動向等を分析する国際エネルギー機関の中の部会の副代表を今務めております。それから太陽光発電の標準化総合委員会、JEMAさんの委員会で委員長を務めておまして、この中で安全性ですとか信頼性に関する活動もIEC TC82の検討ということでやっておりますので、その辺の知見が生かせれば幸いです。

○前田電力安全課長 よろしくお願いいたします。

それでは、河井委員、お願いできればと思います。

○河井委員 河井でございます。

私は昨年度に退職いたしまして、非常勤として引き続き研究教育を続けている状況でございますが、私自身の専門は複合材料、特に炭素繊維の複合材料の疲労とか、疲労寿命といったことを専門として研究してまいりました。何かお役に立てればと思っておりますので、よろしくお願いいたします。

○前田電力安全課長 よろしくお願いいたします。

それでは、田村委員、お願いいたします。

○田村委員 新潟大学の田村圭子です。

私は防災・災害分野の社会科学の研究者です。コアな専門は危機管理、災害福祉となります。よろしくお願いいたします。

○前田電力安全課長 ありがとうございます。

それでは、これからの議事進行は白井座長にお願いしたいと思います。座長、よろしくお願いいたします。

○白井座長 承りました。

それでは、効率的に会議を進めていきたいと思いますので御協力をお願いいたします。まず、事務局より資料の確認をお願いいたします。

○前田電力安全課長 それでは、資料を確認させていただきます。投影もいたしますけれども、またホームページに既にアップしておりますが、資料1に関しては1-1、1-2がございます。資料2に関しては2-1から2-3まで、資料3につきましては3-1から3-3まで用意をしているところでございます。

以上でございます。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、議事に入りたいと思います。説明者におかれましては、最初に一言名のついでに、よろしくお願いいたします。

まず、議題の1番に参りたいと思います。「北海道電力ネットワーク株式会社における鉄塔倒壊事故について」、資料1-1及び資料1-2に基づきまして事務局及び事業者から説明をいただきまして、その後、質疑の時間を取りたいと思います。

それでは、資料1-1「令和4年12月に発生した北海道紋別市における鉄塔倒壊への対応について」のタイトルについて事務局より御説明をお願いいたします。

○前田電力安全課長　それでは、資料1-1につきまして事務局から御説明させていただきます。

私、経済産業省電力安全課長の前田でございます。

本件、昨年12月に北海道紋別市ほかで発生した鉄塔倒壊に起因する停電の関係でございます。事業者様から詳しい原因とか対策をお話しいただきますけれども、その前提として、電気事業法の規定がどうなっているかを少々御紹介したいと思います。詳細は御覧いただければと思います。

1枚目、過去も大雪による鉄塔倒壊事故が発生してございます。調べたところ昭和55年、56年、61年に発生してございます。詳細は概要に書かせていただいております。

当時この事故を踏まえまして、昭和62年に電気事業法に基づく通達を発出しております。下の欄のものでございます。現在この通達は中身は同じでございますけれども、電気事業法に基づく技術基準の解釈。例示ですけれども、解釈として今も盛り込まれているところがございます。

次のページ、今申し上げた技術基準及びその解釈、どういうものを具体的に示しております。上の欄が技術基準。電線路、電線とまた支持するものの満たすべき要件。解釈というのは例示でございます。ほかのものでも構いませんけれども、これでもいいというもので、具体的に示したものでございます。

詳細はこれから事業者様から御説明いただきますけれども、今回の事故はこれまでになかった知見も含まれていると認識しております。具体的には鉄塔の建っているところに高低差があって、それに起因する雪のつき方が鉄塔倒壊の一因になっているということでございますので、こうした条件を加味することを今の具体的な解釈に入れてはどうかということと、そもそも降雪の多い地域とか、異常着雪が起りやすい地域。最近専門組織の分析も出てきていますので、こういうものも踏まえて対策いただくことを例示してはどうか

ということでございます。

一番下に書かせていただいたのは、現時点において同様の状況にあるものについてはぜひ対策くださいということ。全体として一般送配電事業者さんをお願いしてはどうか、やりたいなということでございます。

私どもから冒頭、以上でございます。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、続きまして、資料1-2です。「66kV紋別東線鉄塔倒壊原因と再発防止対策について」を、北海道電力ネットワーク株式会社様より御説明をお願いいたします。多喜様、よろしく願いいたします。

○多喜様 北海道電力ネットワークの多喜でございます。

それでは、私から昨年12月に北海道で発生した暴風雪による鉄塔倒壊事象につきまして、原因と再発防止対策の御説明をさせていただきます。

1 スライド目でございます。当時の電気事故の発生状況につきまして御説明いたします。北海道の紋別地方では12月22日から24日にかけて湿った重たい雪が降り続き、紋別方面へ電力を供給する送電線では23日、朝方2時過ぎから短絡事故が繰り返し発生いたしました。スライドの表に記載のとおり7時31分に紋別線が樹木倒壊により停止、9時41分に紋別東線2号線が電線短絡事故により停止、そして15時32分に紋別東線1号線が同じく電線短絡事故により停止し、紋別変電所が供給支障となり、長時間停電となりました。その後、16時頃に鉄塔倒壊を確認したものでございます。

2 スライド目でございます。一番左の送電系統図は事故発生前の状態でございます、紋別変電所への供給ルートは電源側となる遠軽変電所。下側に示す変電所でございますけれども、こちらから紋別線の1回線、それと紋別東線2回線の合計2ルート。3回線でございますけれども、1スライド目で御説明しましたとおり暴風雪により3回線とも事故停止し、供給支障が発生したものでございます。その後、紋別線の倒木処理により電力供給を復旧させた後、12月28日には紋別東1号線を仮鉄柱により仮復旧いたしまして、2回線を確保いたしました。そして3月10日には紋別東線の2回線鉄塔の建設により本復旧を完了いたしました。

3 スライド目でございます。事故箇所の地理的な位置関係でございますけれども、紋別市は北海道のオホーツク海沿岸のほぼ中央に位置しておりまして、倒壊したNo.152号鉄塔は紋別市の市街地から約5km南側、そして沿岸部からは約2.2kmの距離に位置しておりま

す。

4 スライド目でございます。設備の損傷状況でございますけれども、左側に鉄塔を上から見た図を掲載させていただいております。鉄塔の4脚を、それぞれA、B、C、D脚として倒壊状況を御説明いたしますと、No.152号鉄塔は最初にC脚が座屈してNo.153号方向へ倒れ始めまして、その後、写真のとおり鉄塔のB、C面側、つまり山側に倒壊方向を変えて完全に倒壊いたしました。

また設備の保守状況でございますけれども、倒壊鉄塔は保安規程に基づきまして計画どおりに巡視及び点検を実施しており、異常は認められておりませんでした。

また鉄塔、電線に著しい腐食もなく健全であり、鉄塔部材やボルトについては倒壊後に採取したもので引張試験などを実施し、規定する機械的性能を満たしていたことを確認しております。

5 スライド目でございます。当時の天気図を主な時間断面で掲載しております。12月23日は複数の低気圧が北海道付近に長く停滞しておりました。この影響で北海道地方では日本海側北部やオホーツク海側で猛吹雪となりまして、湿った雪が降り続いて大雪となりました。紋別地方の白滝というところでは48時間降雪量が119cmに達し、観測史上1位の降雪量を記録更新いたしました。

6 スライド目でございます。アメダス紋別の風速、風向、気温、降水量の各データにつきまして、時系列でグラフにしたものでございます。

グラフの下に時刻のメモリがありますけれども、22日の20時頃から風速、気温、降水量におきまして電線着雪が発達しやすい条件が継続しており、これに加えまして23日6時頃からは風向が線路直角方向となり、電線着雪が発達する条件が全てそろった状況となりました。紋別エリアにおきましては、この条件が鉄塔倒壊に至る16時頃までの約10時間と、かなりの長時間継続している状況でございます。気象状況としてはまれな状況でございます。

7 スライド目でございます。鉄塔倒壊の原因を端的にまとめておりますけれども、図で示しますとおり倒壊したNo.152号鉄塔の前後径間で見えた場合、No.151側に比べましてNo.153側の着雪量が多く、着雪量のアンバランスによる不平均張力が発生し、No.153側に大きく引っ張られて倒壊したというものでございます。鉄塔強度面から見ましても、着雪シミュレーションから算定された加わる荷重を基に立体構造解析を実施しまして、その結果、鉄塔部材の強度を上回り倒壊することを確認しております。

8スライド目でございます。今回なぜ鉄塔の前後径間で着雪量のアンバランスが発生したのか、気象状況を詳しく分析しております。通常は電線に着雪が発達した場合におきましては、鉄塔の前後径間で着雪量のアンバランスがここまで大きく生じるといったことはないですけれども、現地の観測状況を基に実施したシミュレーションの結果、こちらの図に示す標高の高い水色の帯域はほとんど着雪しておりませんでした。一方で標高が低いピンク色の帯域です。こちらは電線着雪が大きく発達していました。

原因といたしましては気温減率と呼ばれる、標高が上がるにつれて大気気温が下がる割合が大きくなっていたことが原因と判明いたしました。気温減率は降雨、降雪時には標高が100m上昇するにつれ0.6℃低くなるとされておるのが一般的なところでございますけれども、今回は解析結果から0.8℃から1.0℃という高い値が20時間ほど続いておりました。この状況においては数十mの標高差におきましても気温が変化しやすいということございまして、つまりは雪質も変わりやすく、そして電線着雪にも変化を生じやすいといったことになるものでございます。これが着雪量のアンバランスを生じた大きな要因であると、私も判断しているところでございます。

9スライド目でございます。今回は電線着雪が発達しやすい気象条件により、最大で電線1m当たりの電線着雪重量が5kgを超える異常な気象であったことに加えまして、今申し上げました気温減率が顕著な高い値であったということで、標高わずか100m程度の狭い領域におきまして、標高が高いほうについてはほとんど着雪せず、標高が低いところについては電線への着雪が大きく発達し、事故箇所におきましては標高差36m程度でございましたけれども、この高低差でも着雪量のアンバランスが大きくなるという、着雪事象としては特異な状況下において鉄塔倒壊に至ったものでございます。

10スライド目でございます。再発防止対策といたしましては今回判明した倒壊原因を踏まえまして、こちらに示すフローチャートによりまして対策箇所を選定していきます。

選定条件としては4つ設定しております。1つ目は、今回と同レベルの大きな電線着雪に至るリスクの高いエリアを最新の着雪マップから選定いたします。

2つ目は、鉄塔の前後径間において大きな着雪アンバランスが発生することも考慮し、気温減率を考慮した電線の平均標高差30m以上を選定いたします。

そして3つ目でございますけれども、当社着雪設計を取り入れる前の旧規格鉄塔を選定いたします。当社は自主保安といたしまして電線着雪を考慮した荷重を1973年以降の鉄塔設計に反映し、強化しておりますけれども、今回の倒壊した鉄塔は強化する前の1970年に

建設された鉄塔でございました。着雪設計された現行設計基準の鉄塔であれば、今回の事象においても倒壊しない耐力を有していることが確認できておりますので、対策を必要とする鉄塔は1972年以前の旧規格鉄塔としております。

そして4つ目でございますけれども、当社のこれまでの事故実績から電線着雪が発達しやすい電線太さである330mm²未満の区間を選定いたします。

ただいま御説明申し上げました選定条件の4つの内容、詳細につきましては、今回配付させていただいた資料の末尾に参考資料として添付させていただいておりますので、御参照いただければと思います。

11スライド目でございます。再発防止対策は選定された65基、125径間を実施いたします。対策内容といたしましては、既に取り付けられている難着雪リングに加えまして、難着雪効果の高いねじれ防止ダンパを取り付けまして、電線への着雪を発達させない対策を実施いたします。対策工事につきましては、冬期前の2023年11月をめどに完了させることで計画しております。

以上で私からの説明は終了いたします。

○白井座長　　ありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明に対しまして御質問、御意見をお伺いしたいと思います。御発言を希望される場合は、Teamsのチャット機能を用いてお知らせください。まずは委員の皆様から指名させていただきたいと思います。よろしく願いいたします。いかがでしょうか。――石原先生、お願いいたします。

○石原委員　　御説明ありがとうございます。

調査結果についてはよく分かりました。調査についての質問というよりは、今後の対応についてちょっと教えていただきたいのですが、1つ目は、今回の調査の中で、例えば、観測史上最大という言葉が使われているのですが、観測史上最大というのは、もし近傍気象台によって決定されているのであれば、過去何年観測されて史上1位というのがお分かりでしたら、教えていただきたいと思います。

2つ目は、今回の調査の中で特異な状況という言葉が使われているのですが、一方、事故調査の中でフローチャートを示されているスライド10がありまして、先ほどの説明の中で1972年以前の鉄塔ですので、倒壊したのですが、その後の指針で設計されているものは何年でしたか。資料から見つからなかったのですが、1972年というのは次のスライドで明記されたのですが、新しい指針というのは何年の指針ですか。

要するに特異な状況という言葉が使われているのですけれども、新しい指針を使って設計すれば倒壊しないということであれば、特異な状況でないのではないかと考えていますが、この2点についてまず教えていただけますか。

○前田電力安全課長 小島委員からも御質問をいただいて、まとめてでもよろしければ先に手が挙がっていますので。

○石原委員 お願いします。

○白井座長 申し訳ありません、初めに御説明すればよかったですけれども、皆様から御質問をひとしきり受けました後でまとめて御回答いただこうと考えておりますので、よろしく願いいたします。

それでは、次は小島先生、お願いします。

○小島委員 では、小島からコメントさせていただきます。

先ほどの質問とちょっと重複するところがあるのですけれども、着雪設計を1973年のところを変えたと。それ以降の設計であれば問題ないということで今回こういう選定をされているのですけれども、今までほうっておかれた理由の1つは、恐らく着雪マップの更新がされていなかったのではないかと推測されるのです。つくった当初はこれで大丈夫だという想定があるものなので手つかずのまま来ていて、今回着雪マップを更新して、このように必要なものをピックアップしてくることになります。今回異常な着雪があったということなのですけれども、こういった気象条件は年々変わっていくところがありますので、着雪マップの適宜更新が結構重要なポイントですので、ぜひそのところを今後の対策でも重要視していただきたいと思います。

コメントとしては以上です。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、次の方、私、手を挙げておられる方が見えないのですけれども、事務局から御指名いただけますか。

○前田電力安全会長 青山委員、手を挙げていただいていますね。

○青山委員 青山ですけれども、石原先生の質問とかぶるので私は結構です。

○前田電力安全課長 次は、田中先生、お願いいたします。

○田中委員 田中でございます。

電線の平均標高を見てフローチャートをつくられているのは非常に面白いなと思っているのですが、実は私、2008年頃にある電力会社で、電線の手が出ている部分がぼきっと折

れてしまった事故があったのを覚えているのです。そのときは雪と関係ない事故だけれども、土地の関係で折れた前後の塔が低いところであって、ふだんから下のほうにかなり力が入っていたので折れてしまったという話を聴きました。

それを考えると、今回は標高差を着雪量のアンバランスの発生ということで30mを基準値に設定されているのだけれども、確かに1つ、原因としては考えられるものの、もう一つ、地形前後の標高差というものが着雪量と関係なく、ふだんからかなり引っ張っている可能性もあるのかなと思うのです。さらに着雪量の差が出てくるので非常に力が加わってしまう可能性も考えられるかなと思うと、標高差を見るときに着雪量のアンバランスだけを見て本当にいいのだろうか。それプラス、鉄塔前後のものとの位置関係。今平均と書いてあるのだけれども、多分温度のこととか考えているから平均だと思うのだけれども、前後の標高の違いでどのくらい下のほうに引っ張られているかということが結構関連してくるのではないかな。ある意味創発的に2つの原因が重なってくる可能性があるのではないかなと思うのですが、その辺はいかがでしょう。この中に含まれていると思っていいのか。あるいは、それは別に考える必要があるのか。その辺、私もよく分からないところがあるのですけれども、専門的な立場からいかがですか。

○白井座長 御質問ありがとうございます。後ほど御対応いただきたいと思います。

それでは、貝塚委員、お願いします。

○貝塚委員 貝塚です。

小島先生の質問とちよつかぶるのですけれども、かなり異常な気象とか、とりわけ特異な状況ということが強調されているのですけれども、温暖化によってどか雪が増えるという説も水蒸気が増えたりしてありまして、ぜひ積雪マップの更新状況とかも頻度を上げていただいて、現状では特異な状況という認識かもしれないですが、これからこういった状況が起きる可能性もあるので、その辺りも含めて対策を取っていただければと思います。コメントです。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、松井先生、お願いできますでしょうか。

○松井委員 東京工芸大学・松井です。

私からの質問は、着雪量のアンバランスが主な倒壊原因ということなのですが、着雪量がアンバランスになる。もしくは着雪して見かけの電線の太さが太くなると、そこに風が吹いたりすると風力も大きなものが作用することになります。その場合に、ここにも気象

状況で書かれているのですけれども、強い風が観測されている状況だったということなので、その風が複合的に作用して倒壊に至った可能性はないのかということについて御所見をいただきたいと思います。

以上です。

○白井座長 ありがとうございます。今手が挙がっている方はおられないのですけれども、いかがでしょうか。——よろしいでしょうか。

それでは、順番に今の御質問について、まずお答えをいただきたいと思います。前田さん、お願いいたします。

○前田電力安全課長 事務局からは特にないかと思います。北海道電力の彗喜様から内容についてお答えいただければと思います。

○白井座長 よろしくお願いいたします。

○彗喜様 北海道電力ネットワーク・彗喜でございます。

御質問ありがとうございます。一つ一つ答えてまいりたいと思います。よろしくお願いいたします。

まず石原先生から御指摘のありました、気象データが史上最大であったところは何をもってというところを伺っていますけれども、これは紋別地方のアメダスデータで観測史上1位というデータですので、紋別のアメダスデータで統計開始以来の最大値ということで、そういった意味で表現させていただいたところでございます。

実際には何年からのデータなのかというところでございますけれども、今確認しましたところ1977年以降(※)、紋別アメダスでは統計が取られてデータが存在しているところで、これまでの中で最大であったというように表現させていただいたものでございます。

(※)当ワーキンググループ終了後に再確認した結果、紋別地方白滝の現観測点におけるアメダスデータに関する統計開始年は1993年が正しいことが判明。

○石原委員 ありがとうございます。今の話は分かりました。

質問した意図は、歴代1位といっても、例えば積雪について、原子力でも土木でも電気でも同じだと思います。50年再現期間というのがあって、それに対してどうでしたかというのが聞きたかったです。1977年(同上)というのはそんなに古くはない。气象台だとすると、日本の場合は戦前まであるのですから60年代とか、50年代とかもっと前のものがあ

るので、1977年（同上）というのはある意味そんなに新しくもないけれども、歴代1位といってもすごい積雪かなという印象をちょっと受けました。

○茅喜様 ありがとうございます。

それと石原先生からもう一点、御質問があったと思います。当社が考慮した着雪の荷重の設計見直しはいつからかという御指摘かと思いましたが、これは1973年以降の設計から、当社独自で着雪荷重を考慮した設計として鉄塔のほうは反映してございます。

○石原委員 ありがとうございます。これもよく分かりました。そうしますと、こういう場合は特異な状況と言いますか。要するに新しい設計で壊れないということは、今回見直していないところで事故が発生しました。別に御社の責任というより、建築と土木の世界でも耐震設計の基準が変わった後に耐震補強していないものは、新しい基準を満たしていない既存不適格というものに分類されるかなと思っているのですが、その辺はいかがでしょう。

○茅喜様 御指摘ありがとうございます。まさに御指摘いただいたとおりでございます。1973年以降に設計された鉄塔であれば、今回の事象であれば耐えうるところであることは、確認させていただいているということでございます。

ただ、気象状況といたしましては、やはり設計上は考慮されているとはいえ、今回のような着雪アンバランスを生じるような状況が今まで我々のほうで確認している中ではなかった事象でございますので、こういった事象をしっかりと今後の設備保安につなげていく観点からは、しっかりと対策してまいりたいところでございます。

○石原委員 対策の話と事故原因分析と分けて考えないと、ミスリーディングになるのです。私の理解では、現在の設計で問題ないということは特異な状況ではないと思います。気象というのはいろいろなタイプ、いろいろなパターンがあって、風だって場所によって同じようなところは一つもないのです。みんな違っていただけから特異といってしまうと設計できないので、基本的に設計基準を満たしていれば、壊れなければ、それは特異ではないと個人的に思っています。

その辺、少なくとも今回の事故原因が特異とか、史上最大だからということではなく、あくまで古い設計のものがそのままになっていて、既存不適格によって結果的に従来の設計値を超えたが、新しい設計指針では超えていないような現象が起こった。それだけの話というように理解しています。その辺を、何が原因かを明確にしないと、今後の対策にも影響するので、ぜひ明確にさせていただきたいと思います。

以上です。

○多喜様 北海道電力ネットワーク・多喜でございます。

御質問ありがとうございます。今申し上げていただいたとおり弊社といたしましても、現行の当社の着雪荷重を考慮した設計基準を今回の事象を踏まえて見直すつもりはございません。今後しっかりと、また今回の事象を踏まえての対策を、こちらは荷重を考慮していない、建設年代の古い鉄塔に対しては着雪が発達しないような難着雪対策をしっかりとやっていくことで、しっかりとリスクを極小化して設備を維持管理していきたいと考えてございます。

あとは小島先生から、着雪マップを更新してこなかったのではないかという御指摘だったかと思えますけれども、今回提示させていただいたマップといたしますのは、電力中央研究所様のほうで2022年に公表していただいたマップを用いて、今回対策箇所を選定させていただきました。これとは別に弊社独自の着雪マップも保有しております、ほぼ同じようなマップの表示でございまして、着雪重量が大きくなるようなエリアはほぼ同じだったのでございますけれども、今回事故が起きました紋別エリアにつきましては、我々若干設計上の着雪重量を小さく見積もっていたエリアでございまして、その反省も踏まえまして、今回新しい着雪マップで選定させていただいたところでございます。御指摘のとおり必要に応じてきちんと着雪マップを見直して、設計もしくは設備対策に反映していくところは、今後もしっかりとやってまいりたいなと思っております。ありがとうございます。

○小島委員 ありがとうございます。まさにそのとおりで、着雪マップのデータもだんだん更新されてきますので、それに対して当初大丈夫だったものが、あれっということがありますので、そういったところをぜひ今後もよろしくお願ひしたいと思います。

○多喜様 ありがとうございます。

あと続きまして、田中先生から御指摘のあった件でございます。腕金折損の事例を御紹介いただきながら、高低差の影響はどう考慮されているのかという御質問だったかと思えますけれども、送電線鉄塔の場合、高低差につきましては設計上考慮しております。どのように考慮されているのかといいますと、先ほどお話しされましたとおり高低差があると、低い側のほうに電線張力の関係で引っ張られるようなところが容易に想定できるかと思えますけれども、まさに鉛直方向の荷重は加算されますので、鉄塔設計に当たりまして標高の高い側に位置する鉄塔につきましては、標高の低い側の引っ張られる荷重を鉛直方向にしっかりと考慮いたしまして鉄塔設計をして、部材を決定している。特に腕金につきまし

ても鉛直方向に引っ張られる荷重が加算されますので、その分腕金の部材も強化されるような形で設計上は反映されているところがございます。

こちらの質問につきましては以上でございます。

○田中委員　ありがとうございます。状況は分かりました。2つの原因が重なったりすると、予想外に大きな問題につながったりする可能性もあるので、その辺もまた今後十分注意していただければと思います。

○寿喜様　ありがとうございます。

あと貝塚先生からいただいたコメント、ありがとうございます。まさに温暖化によってどか雪が増えるのではないかと。考慮すべきというところでございますけれども、先ほど申し上げましたとおり今回提示させていただいた着雪マップというのは、私どもが認識している着雪量が増大するリスクのエリアを示したマップとしては最新のものと認識しております。こういったマップをしっかりと認識しまして今後の設計、設備対策等に反映してまいりたいと思っておりますし、また今後も特異な事象、我々にとっては初めての経験であるような事象が起きた場合につきましても、その時点でしっかりと見直すべきものは見直していくと。そういった取組をしっかりとやってまいりたいと思っております。

○貝塚委員　ありがとうございます。

○寿喜様　そして最後、松井先生の御指摘だったかと思っております。風荷重も大きくなるのではないかとこのところですが、こういった影響はどう評価しているのかというところがございます。

確かに10m程度の冬期の条件としては強い風でございますけれども、今回の鉄塔倒壊に関しましては着雪のアンバランスによる不平均張力の増大というのが倒壊原因の支配的なところがございます、風荷重も倒壊の一因となっているのではないかとこのところは、確かにそう思われるかもしれませんが、風荷重は今回の倒壊要因では余り大きく支配的な要素とはなっていないところは、立体構造解析から確認させていただいているところがございます。ただ、当然電線外径が着雪によって大きくなって、それで風が吹いているので、その分の荷重は加算されるというのはありますけれども、やはり今回の倒壊原因といたしましては着雪量のアンバランスによる不平均張力の増大。こちらのほうが圧倒的に支配的であったところを、解析として確認させていただいたところがございます。

以上でございます。

○松井委員　ありがとうございます。支配的であるということですので、グラフを見て

も風速が大きくなっているところと何となく符合しているようなところがありますので、そういう意味では心配だなどと思います。また着雪量が大きくなれば、それに応じて受風面積が大きくなるわけですから不平均張力もプラスされる方向にいくおそれがあるということで、今回は支配的な要因でなかったことを確認していただいているということなのであれば参考までに、そこにあるような風速で風が吹いた場合の割増しは何%ぐらいなので余り重要ではないと。その根拠を定量的に言及していただいたほうがよかったのかなという気がいたします。

以上でございます。

○白井座長　よろしいでしょうか。——ありがとうございます。ちょっと時間が押しています。申し訳ございません。

続きまして、オブザーバーの皆様、もし御意見がございましたらTeamsのチャット機能を用いてお知らせください。ございませんでしょうか。——それでは、菅様、よろしく願いいたします。

○菅オブザーバー　電事連・菅でございます。ありがとうございます。

私からは、資料1-1に関してコメントさせていただきたいと思います。今回の事象につきましては冬期の長期停電に至る可能性がある事故ということで、私どもとしては重大性をしっかり認識してございます。北海道以外のエリアにおいても対策の要否と、必要なものについてはできるだけ速やかに対策を講じたいと考えてございます。

その上で、資料1-1の3スライドの3つ目のポツのところに対してコメントさせていただきます。今回の事象につきましては一般送配電事業者だけに要請するような文章になってございますけれども、一般送配電事業者以外に送電線、鉄塔を保有する事業者もいるかと思えます。保安に万全を期すという観点からは、その他事業者についても網羅的に確認したほうがいいかなと考えてございますので、御検討のほうをよろしく願いしたいと思えます。

私から以上でございます。

○白井座長　ありがとうございます。

ほかにございますでしょうか。

○前田電力安全課長　事務局でございます。

電事連・菅様からいただいた御意見も踏まえて、私ども対応してまいりたいと思います。ありがとうございます。

○白井座長 活発な御議論をいただきまして、ありがとうございます。

それでは、御説明いただきました事務局資料に大きな御異論がない場合は、本日の審議をもちまして令和4年12月に発生した鉄塔の倒壊に関する本ワーキンググループとしての評価とさせていただきたいと思えます。事務局から補足説明があればお願いいたします。

○前田電力安全課長 特段ございません。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、続きまして、議題2に移りたいと思えます。「日本風力開発ジョイントファンド株式会社における風力設備事故について」ということで、資料2-1から2-3に基づきまして事務局及び事業者様から御説明をいただきまして、その後、質疑の時間を取りたいと思えます。今出ております資料2-1につきまして、続きまして、資料2-2について事務局より御説明をお願いいたします。

○前田電力安全課長 電力安全課長の前田でございます。

資料2-1と資料2-2を引き続いて御説明したいと思えます。

まず、資料2-1でございます。今回の事故の経緯でございます。3月に六ヶ所村の日本風力開発ジョイントファンド様の発電所において風車のタワーの倒壊が確認されました。

経済産業省の対応といたしましては、事故の翌日に職員が現地に往訪いたしまして、被害の状況の確認ですとか、立入制限の要請ですとか、その後の情報収集、情報交換をさせていただいているところでございます。

その上で経済産業省からは、今回倒壊があった風車と同じ型式の風車の設置者様に対して緊急点検の実施を要請しておりますとともに、他の型式の風車につきましても、今回ジョイントファンド様から示していただいた点検の仕方をホームページで公表いたしまして、点検の必要性の検討をお願いしているところでございます。

また、これからジョイントファンド様から発表があろうかと思えますけれども、今回の事故を踏まえた点検の結果ですとか、過去にも事故がございましたのでこれまでの対応ですとか、今回の事故の分析、再発防止策について発表いただくということでございます。

風車に関して、電気事業法の技術基準はどのようになっているかということ。技術基準と具体的な例示としての解釈を示させていただいております。御審議の参考としていただければと思えます。

次、お願いします。これも御参考としていただければと思えます。

次、お願いします。タワーにつきましても法律上、検査が義務づけられております。独

自にやっただけ検査に加えて法定の検査、3年を超えない時期に1回検査をする。また、国においては検査した体制について確認をする仕組みがございます。

風車のタワーについて自主検査、どういうところを見ていただくか。具体的な事例として解釈、このように記載させていただいているところがございます。

私からは以上でございます。

引き続き、資料2-2をお願いいたします。今回の事故において、実は電気事業法上、設置者様から出される主任技術者の届出ですとか、保安規程の届出において設置者等の連絡先は記載事項とはなっていないとございます。事業所のお名前、住所などはあるのですが、連絡先まで入っていないということでした。

それで今般の事故を受けて経済産業省では、他の設置者様に緊急点検などを要請してございます。実態上、名刺交換などして連絡はもちろんつくようになっているのですが、今後はこうした届出において連絡先も記載いただくことで、より有事の際の迅速、確実な連絡方法を担保すべきではないかという御提案でございます。具体的な方法は事務的に詰めてまいりますけれども、届出様式の変更によって連絡先、例えば電話番号ですとか、メールアドレスを求めることとしてはどうかということでございます。

事務局からは以上でございます。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、引き続きまして、資料2-3です。「六ヶ所村風力発電所1-3号機タワー破損事故について」というものを、日本風力開発ジョイントファンド株式会社様より御説明をお願いいたします。では、平野様、よろしく願いいたします。

○平野様 まず最初に、このたびはこのような事故を起こしまして、皆様には大変御心配をおかけしてお詫び申し上げます。それから関係者においてはお手数をおかけしているということで、申し訳ございません。今現在、事故調査委員会で活動させていただいているのですが、今回のワーキンググループの場で御支援いただきまして、二度とこのような事故を起こさないように努めてまいりますので、よろしく願いいたします。

ちょっと資料はボリュームがありますので、途中途中割愛させていただきながら御説明したいと思います。

まず3ページ目、事業の概要でございます。六ヶ所村風力発電所はゼネラルエレクトリック社製のGE1.5sという風車22基で構成されております。今回損傷を起こしましたタワーにつきましては、日本製鋼所様製の鋼製3分割タワーでございます。

こちらは倒壊事故を起こした1-3号機の位置図になります。下北半島の根元に位置するウィンドファーム。青い点が風車の位置なのですが、その中の一番西にある3台並んでいるものの1つが、今回倒壊を起こしました1-3号機でございます。倒壊している方向は、当時の風の主方向である西風に対して東側に倒れたという形でございます。後ほど緊急点検を行った結果、同じようなクラックが見つかったものがございます。そちら4-2号機の位置は、後ろの東側のほうに位置するものでございます。

こちらは風力発電設備の概要でございます。こちらにつきまして説明は割愛させていただきます。

事故の概要でございます。先ほどご提示いただきましたとおり3月17日、ちょうど日付が変わった夜中の1時27分に倒壊事故が起きたと推定しております。この風力発電所につきましては事故確認後に全機保安停止させて、現時点で運転も全機停止という状態でございます。

こちらの絵は損傷したタワーの位置関係を表したものでございます。損傷した位置はフランジ接合の3分割タワーの一番下のボトムタワーと呼ばれているところで、高さ20mあるのですが、ちょうど中間部、11mに位置したところでございます。この位置は周方向溶接の部分と合致しているところでございます。

こちらは当日の気象状況でございます。気象状況は西風8～12m程度の風速という形で、事故発生時における雷、突風、地震等の情報はございません。

続きまして、こちらは事故当時の風車の運転状況でございます。事故発生時のSCADAデータ、10秒平均データなのですが、それを確認したところ損傷発生時はちょうど定格出力近傍で運転していた形でございます。倒壊事故前にエラー等が発生していることはございませんでした。

続きまして、現場でのタワーの損傷状況でございます。損傷した部分の溶接線部の断面には、この写真でいうと青でくくったところになるのですが、こちらの部分にはさびが見られておりました。このことより、以前より亀裂が発生したと推定しております。さびが出ている範囲は主風向の西風の面で、約4.1mの幅でございます。現在損傷部位につきましては、後ほど説明しますが金属の分析の専門家であるキグチテクニクスさんに切り出して持ち込みまして初期調査を実施して、現在詳細な調査を実施しているところでございます。

こちらは風車タワーの設計・製造の概要でございます。このタワーの設計はIECの

Class II Aに基づいたものとしてG Lの認証を受けており、G Eの設計仕様に基づいてJ S Wさんが製造設計し、製造したものでございます。現在細かな設計仕様等を確認している最中でございます。

設計指針につきましては、ここに記載してあるものに準拠して計算がされております。

タワーの材質につきましては、シェルの材質はS M490 B材でございます。損傷を起しました周方向の溶接部に関しましては、適用規格としてD I N4133、鋼製の煙突の規格になるのですけれども、そちらが適用となっております。その中の溶接クラス2というのが指示されております。

こちらは事故原因の究明方針でございます。事故発生の翌日に社外専門家を含めた事故調査委員会を設置いたしまして、現在事故原因を究明中でございます。原因究明のフローと水平展開、再発防止という形で本当はやっていくのですけれども、今回重要な事象でしたので緊急点検を先に実施とか、再発防止策につきましても並行してやるという形で今進めているところでございます。

これ以降、破断面の調査について簡単に御説明いたします。1-3号機の破断面の調査につきましては、材料評価の第三者機関でもあるキグチテクニクスさんのほうで初期調査を実施、完了しております。現在詳細調査をしております。初期調査につきましてはここに書いてある項目を実施したのですが、現在も母材調査だとか、疲労亀裂進展の詳細調査、それから溶接の品質調査を継続して実施しております。

こちらは初期調査の一例でございます。工場に持ち込みました破断面を突き合わせまして、破断面の形状を観察しております。その結果、大きくA、B、Cと分かれると考えておりまして、A部につきましては板に対して鉛直・直線状であって、平らで潰された断面がございます。その両脇のBという区画になりますと内側のほうは同じように直角の断面があるのですけれども、外側のほうは角度がついた断面。C部になりますと延性破壊したと思われる断面があるという形で、大きく分けるとこのような性状になっていることが確認されております。このことから亀裂はAのところから発生して、B、Cというように広がっていると推定しております。

こちらはさらに詳細なものでございます。本日は割愛させていただきます。

こちらは破断したところで、破断面自身は溶接線に重なっていたのですけれども、それから外れているところから切り出した溶接部断面のマクロ観察の結果でございます。破断した場所は18mmの板厚と16mmの板厚をちょうど接いでいるところでございまして、外面を

合わせてあり、内面のほうに段差があるという形状でございます。内面の溶接の肩のところの詳細を見ますと、塗装においてはクラックが入っている状況が確認されております。

こちらは先ほど申し上げました事故を起こした後に一斉に緊急点検を実施した結果、同様な亀裂が見つかった4-2号機の状況でございます。4-2号機につきましても主風向である西側の外面、内面に発生が見られ、詳細を確認したところ、亀裂があることを確認しております。

こちらが亀裂の状況を非破壊検査等で確認したものでございます。亀裂につきましては貫通していると思われるところが約870mm程度で、その両側の内面側のほうに亀裂様の物影がある。ただし、貫通はしていないものであることが確認されております。4-2号機につきましても今運転を停止して、この後速やかに撤去するということが計画しております、この場所につきましてもまた切り出しをして詳細を確認する予定でございます。

こちらは前後しますが、緊急点検の結果分かった事象を表にまとめているものでございます。緊急点検の内容とは別に、塗装が割れているところ等を非破壊検査でいろいろ調べております。その結果、国内で稼働しているGE 1.5s189基の緊急点検の結果、倒壊事故を起こした1-3号機、それから貫通亀裂が発見された4-2号機の2基以外は、現在のところ問題のあるものは見つかっておりません。

以上のことから、亀裂進展のストーリーについて推定しております。現段階で試験体の観察、それから現地での緊急点検の結果から、亀裂進展のストーリーは板厚の違うところの内面側の溶接端部から亀裂が発生し、その亀裂が外面に向かって進展し、まず貫通してしまう。貫通した後、亀裂が周方向に進展して行って、最終的に今回の倒壊事象を起こしたと推定しております。これにつきましては現在試験とか解析を行いまして、エビデンスを固めていくつもりでございます。

こちらは1-3号機近隣の風車。先ほど申し上げた並んでいる1-1号機、1-2号機と地盤だとか、風況等の差を確認したものでございます。詳細のところは省きますが、1-3だけ特異な風が吹いていた、地盤がおかしいということは確認されております。

こちらは亀裂の発生した場所の応力集中についての検討でございます。GEタワーの製造仕様及びGEが指示する、先ほど申し上げたDIN 4133の溶接仕様には余盛高さ h ——盛り上がったところの高さなのですけれども、それにつきましては溶接の幅——ここでは L と称しておりますが、 L の10%以下にしなさいという記載がございます。一方、今回製造したJSWの溶接仕様——WPS と称しますが、そちらでは3mm以下という規定のみで、

10%以下という規定は使われていなかったところが分かっております。また、J S Wさんの板厚違い部の合わせ方が外面合わせという。外側をフラットにして内側に段差をつける設計だったところから、2mmの設計段差がある形から形状的に溶接幅の10%以下という規定を守るのは非常に難しい状況であったところでございます。

これに加えて製造時、当然のことながら3 mぐらいの外径なのですけれども製造誤差がございまして。その誤差があると、さらに溶接の今回亀裂が入ったところの端部の角度—— β と称しておりますが、これが大きくなり亀裂の起点になった可能性が高いというように現在推定しております。

こちらは貫通亀裂が観察された4-2号機。まだ建っているところです。それから倒壊した1-3号機に隣接している同様な風況であった1-1、1-2号機。これらは亀裂がないことは確認済みなのですが、それらの損傷部と同じ場所の溶接形状についてレーザースキャナーを使って測定した結果でございまして。

余盛の高さ、それから溶接幅、余盛の端角 β を比較したものが下の絵でございまして。オレンジ色が4-2号機になります。4-2号機につきましては余盛高さ、それから材料段差につきまして非常に高いということが分かっております。

こちらは現在実施しております強度解析、疲労進展解析の測定でございまして。それぞれ実施だったり、計画をしているところでございまして。

こちらは過去の点検状況の確認でございまして。先ほど事務局から紹介がありましたとおり、当該場所については電事法及び定期点検指針、J E A Gによって溶接割れがないことを確認しろという話の指定がございまして。これらにつきましては過去のトラブルに基づいて定められていたということではございますが、タワーフランジ近辺の溶接部についての注意ということでありました。

今回事故を起こした1-3号機なのですが、定期点検に加えて2021年にタワーの外観点検を実施してさびの状況を確認した上で、さびの激しいところに関しましては、その1年後の22年に補修をしております。残念ながら、そのときにさびが激しいところは、ここにありますようにフランジ間の継ぎ手にさびが卓越していたということで、溶接線部につきましては知見もなく補修をしなかったところでございまして。このことを含めて重要性を認識していなかったということです。本事象につきまして、なぜ・なぜ分析について今分析をしているところでございまして。

こちらの図が今回の原因についてフィッシュボーン図で表したものでございまして。青色

のところは製造起因のもの、それから黄色の部分が運用のところでございます。もう運用しているものでございますから製造起因のものというよりは運用だとか、メンテナンスで今後倒壊現象を防いでいくことを考えております。

こちらは今回の発表では割愛させていただきます。

こちらは今後の試験、解析方針を示しております。こちらにつきましても割愛させていただきます。

こちらは先ほどありました緊急点検の結果で、全てにおいて問題を確認しているところでございますが、今後点検方法を変えていかなければいけないということで、内部の溶接線につきまして360度カメラによる点検方法を試行しております。外面につきましては全景写真を撮る。もしくは、将来はドローンによる撮影をやることを考えております。

こちらは360度カメラでの内部の溶接線の点検の状況でございます。このような形で履歴を残せば、経年変化、履歴管理ができるということでございます。さらに訓練された判定員で実施することによって、個人差をなくすことができるということでございます。

再発防止策ですけれども、3点挙げさせていただいております。1つは亀裂損傷の早期発見というところで、こちらにつきましては緊急点検、なぜ・なぜ分析等から得られた知見を基に定期点検方法を改定して、実施していきます。

それから亀裂が発見されたものにつきましてはクライテリアを徹底しようということで、これらにつきましても検討を進めてまいります。

それから最終的なトリガーとして、今回の事象を含めて損傷を起こす1か月前、2か月前ぐらいから、振動がたくさん発生していたという事象がございます。それらにつきましても、異常兆候診断ということを予防保全としてやっていくことを考えております。

こちらがそのフローでございます。今回は割愛させていただきます。

今までの実施項目、今後の対応方針は、ここに書かせていただいたとおりでございます。事故調査委員会の活動は、事故発生以降から6回実施させていただいております。

これらの状況を受けまして、亀裂発生号機の確認及び現在実施している緊急点検結果を受けて、損傷のない部分につきましては運転の継続・再開。内面亀裂があるものについては、委員会で検討した監視方法で運転することを今後策定させていただく。貫通亀裂があるものにつきましてはクライテリア等が決まるまで、対応方針は撤去も含めですけれども、それが立案されるまで運転を停止することを考えております。

繰り返しになりますけれども、今回の事象を基に定期点検の方針は更改していくつもり

でございます。

すみません、時間をオーバーしました。以上で終わります。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、ただいまの御説明に対しまして御質問、御意見を受けたいと思います。御質問、御意見を受けた後、まとめて御回答いただきたいと思いますので御承知おきください。まずは委員の皆様から指名をさせていただきますので、希望される方はTeamsのチャット機能を用いてお知らせください。よろしく願いいたします。——それでは、青山先生、お願いいたします。

○青山委員 丁寧な事故原因の分析、ありがとうございました。分析の中で出てきているフランク角なのですけれども、フランク角がどのような状況になっているかというのは調べたのでしょうか。報告書の中では亀裂の進展がある、なしで事故の可能性を議論していらっしゃると思いますが、今回フランク角の大きさが直接の原因につながると思うのですけれども、その辺のフランク角が問題となっているところは調べられたのでしょうかという質問です。

○白井座長 御質問は後でまとめて御回答いただきたいと思います。

それでは、次、河井先生、お願いいたします。

○河井委員 河井です。

御説明ありがとうございました。私からの質問は、今映っております青山先生の溶接部の話と重なる部分がございますが、まずGEの仕様に沿っていない。そういう溶接部材の製造ですか。工場での製造がなされていることに対して、今後どのような形でクオリティを確保していくのかということも重要かと思うのです。その辺り、ちょっと御説明いただきたいのですが、非破壊検査で亀裂を検査することももちろん重要なのですけれども、その可能性が起こる今映っているような溶接部の条件です。できるだけリスクを減らすような形で製造されていることも重要かと思いますが、この辺り、どのように安全性を担保していくのかということも重要かと思うので、今後どう取り扱われるのか御説明いただければと思います。

2つ目、最後になりますけれども、今回余りはっきりと受け取れなかったのですが壊れているのは、溶接部で壊れていて現場でつなぐフランジ部ではないということですね。表面の亀裂等の検査はフランジ部で観察されて、それに対する補修はされているということですが、溶接部での亀裂については、ちょっと私、間違えているかもしれませんけ

れども対応されていなかったということですが、今後は一時的にフランジ部の検査、亀裂があれば補修、それから溶接部での対応も求められるのではないかという気がするのですが、この辺り、どのようにお考えか。この2点、お願いいたします。

以上です。

○白井座長　ありがとうございます。

それでは、松井先生、お願いいたします。

○松井委員　松井でございます。

まず資料の事故の状況、(2)事故発生時の風車の運転状況。このように各風車、挙動については一応運転されている状況というか、24時間全て記録されていると考えてよろしいのでしょうか。もし記録がきちんとあるのであれば、設置が2003年ということで約20年間運用しているわけですけれども、その間の全ての挙動で今回の疲労に至るような累積的な損傷になったのかどうかということ、ぜひ確認していただきたいと思います。

そのとき、このスライドの一番上のグラフの単位が間違っているのか、私が勘違いしているのか、どちらかなのですが、「 899.9m/s^2 」と書いてあるのですが「 cm/s^2 」ですかね。その辺りを御確認いただきたいと思います。よろしく申し上げます。

以上です。

○白井座長　ありがとうございます。

それでは、次、石原先生、お願いいたします。

○石原委員　私から3点ほど教えていただきたいと思います。1点目ですが、先ほど河井先生の質問の中にあるように28ページ、今回の事故はこの図が非常に分かりやすい説明でしたので、この図を使って質問させていただきたいと思います。

今回の事故原因は大きく分けると2つかなと思っています。1つは製造の問題です。1番目の質問は、製造を見ると、2mm以下になるべきところが実際3mmになっていたりするということです。いま電安課のほうで型式認証を実際に受けた風車でないと日本で設置できないことになっています。工場の品質も全て型式認証の中で管理されています。一方、今回J SWのタワーを造った後に受入検査はどうなっているのか。要するに品質が保証されている機関がどこで、誰が、どう検証されているかというのがもし分かるのでしたら教えていただきたいです。もし誰も面倒を見ていないことになると、これは品質保証されていないということになります。要するに既存の風車、特に最近の電力安全課の審査基準を変える前の風車は、製造の不備の可能性があることがここで出てきたかなと心配してい

ます。これが1点目です。

2点目ですが、25ページに戻っていただけますか。太鼓山のタワーの話が出てきたのですが、私自身は太鼓山の事故調査に参加して実際調査したのですが、あれはボルトの破断によって大きな疲労荷重がタワーのシェルに作用して、結果的に亀裂が入って破断したのです。もちろんチェックする必要があるのは当たり前の話なのですが、溶接の問題ではないです。

一方、ここに書かれている37番というのはタワーの塔身も含めて溶接のところですが、大きく分けると2種類があります。一つはペンキが割れです。ほとんどそういうケースなのです。それはそれで別に後でペンキを塗って直るのです。二つはそうではなく、今回のように亀裂が発生した場合です。当然進展すると今回のような倒壊事故につながるのです。溶接のところをきちんと検査すると私は理解しているのですが、その辺の見解を聞かせていただきたい。

要するに太鼓山の話は、そもそも溶接の問題ではないです。全然別の問題によって結果的にタワーに亀裂が発生したとしても、それはボルトの破断によってできた過剰な荷重がかかっているからです。それについては既に事故調査報告書の中に書かれていますし、日本風力エネルギー学会でちゃんと発表されていて、もう決着がついている話なのです。その話と今回の話を絡めて説明されるのはちょっと違和感を感じていますので、その辺の見解を聞かせていただきたいと思います。

3番目ですが、今後の調査と対策に関連する話なのですが、(スライド36) 3番目についてはいいですけども、2番目は内面亀裂が入っていて監視しながら運転するということなのです。要するに、既に亀裂が入っていて、貫通はしていないけれども、亀裂が入っていても、風車を運転するということですか。

36ページに絡んでいるのですが、ちょっと戻って33ページですが、これも同じことになっていて、亀裂損傷の判定とか、発見された亀裂の緊急性を判定して監視するとかが書いています。実は後ろの②に対応しているのですけれども、亀裂が入っている風車を運転するのですか。全く理解できないところです。タワーというのは主要構造物で、亀裂が入った場合に対策しないで運転していいのですか。保安上、ちょっと私の想定を超えているのです。本来タワーというのは主要構造物で一番荷重がかかっているところに亀裂が入っているにもかかわらず、風車を運転するというのは安全上認められているものですか。個人的に非常に不安を感じています。この3点について教えていただければと思います。

以上です。

○白井座長　　ありがとうございます。

それでは、熊田先生、お願いいたします。

○熊田委員　　東大の熊田です。

今の石原先生の質問とちょっとかぶるのですが、資料の25ページとか、26ページで、溶接の接手のところで溶接線があるかどうかの確認をなささいという点検状況になっていて、今の写真のようにびゅーっとあったときに、果たして中に亀裂があって、本当にまずいことが中で起きていて、このようなさびに結びついているのか。それとも本当に表面の辺りにちょっとだけ傷んだか何かで、大したことない環境要因の発さびなのかどうか。その判定方法を、これからちゃんと整備していくという理解でよろしいのでしょうかというのが私の質問です。

要は素人の私が見ると、何か横にびゅーっとつながっているから修理したほうがいいのではないかなとも思えるし、いや、そんなことはないですよと言われてたら、ああ、そうなのかなとも思えて。今青丸でついているような、補修をしなかった。今でも多分これだと補修しない判断になると思うのですが、それでやると今回みたいな事故が起きてしまったということであるならば、青丸で囲っているような溶接線が果たしてまずい線なのか、そうでないのかの判定が絶対必要かなと思っていました。

33枚目のスライドで再発防止のb. 亀裂損傷の判定、クライテリアの設定なのですが、これは亀裂なのか。亀裂が見つかったらやばいので、溶接に沿ったさびの線が亀裂によるものか、よらないものかの判定なのかなと。さびの線の危険度のクライテリアの設定を監視とか、判定する方法を見つけていくことなのではないかというのが、そこは日本語の解釈の問題なのですが、さびから亀裂がどうあるかをどう推測するのか。そこを整備していくということなのではないか。それとも、そうではないということなのか。ちょっとはつきりさせていただければと思いました。

以上です。

○白井座長　　ありがとうございます。

それでは、次、田中先生、お願いいたします。

○田中委員　　電通大の田中です。

実は私の質問も今の熊田先生とか、その前の質問ともすごく関連しているのです。設計とか製造に関する調査は一生懸命やられているのだけれども、保全の調査が問題です。保

全に関してのなぜ・なぜ分析をやられているが、その内容がまだちょっとうまくまとめられていないかなという感じがしたのです。

先ほどの、線を見たときに、まさにこのページ（スライド27）で重大損傷につながるという認識がなかったとか、何か危ないかなと考える知見がなかったというのが書いてある。その背景といいますか、なぜ考える必要はないと思ったのか。そのなぜ・なぜ分析を、ぜひしっかりやっていただきたいと思うのです。例えば何か問題がありそうだなと思ったら、本当は今先生が言われたようにきちんと調べてみるとか、よく知っている人に相談してみるとか、そういったところにつなげるのが普通だと思うのだけれども、そういうことをしていなかった。それはなぜなのか。多分そういうものに対する意識が薄かったのか。そういったものにも目を向けなければいけないという教育が弱かったのか。人の心理的なところといいますか、リスク意識がどの程度だったのか。そこに目を向けないと最終的な結果として出てくるのは、今後はモニタリング、センシングをすることによって見つけましょうという話に留まってしまいます。その対策は今回のトラブルに対しては確かに有効に利く。だけどほかのこれから発生するかもしれない似たような現象に対しては、やはり意識を変えていかないといけないと思うのです。だから、そういったところをどのように考えておられるのかなというものが1つあります。

もう一つは、そのときにちょっと気になったのは、そこでチェックしていた人たちが本当に全く認識がなくて、ああ、こんなのは大したことないよと簡単に考えたのか。あるいは、見もしなかったのか。一方で見たけれども、ちょっと不安に思った。だけど誰かに相談してもいいのかなといったところで、自分で静めてしまった。そういうこともあり得ると思うのです。そういうことがなかったのか、あったのか。

実は今心理的安全性という言葉が結構出てきているのですけれども、不安に思ったときにきちっと誰かに相談する。そのような雰囲気をつくってあげないと、その人が疑問に思っても解決せずにしまってしまう。そういうことはやめましょうというのが、今世の中で安全性のために必要だよねという話が結構言われ始めているのです。

そういうことを考えると、点検している人たちの心理的安全性がしっかり教育されていて、何か不安があったら何でもいいからとにかく上司に相談しなさいとか、そういったところがきちっとできていたのか。あるいは、そういうところが欠けていたのなら今後教育で広めていかなければいけない。そういう方向に持っていくべきです。

ですから、なぜ・なぜ分析の結果をしっかり追跡して、本当にどこに根本的な問題があ

ったのか。それが今回の事故だけではなくて、今後いろいろな事故が起こるところにもつながる解決策に、ぜひつなげてもらいたいなという感覚で何か結果を出してほしいと思います。意見もかなり入っていますけれども、そういったところです。

以上です。

○白井座長　　ありがとうございました。

それでは、山田先生、お願いいたします。

○山田委員　　京都大学の山田です。

今回発電所が海の近くにあるのですけれども、分析の中で潮風の影響について特に触れられていなかったのですが、塩分を含んだものによってさびが加速したとか、そういったことについては何か検討されたのか、質問させてください。

以上です。

○白井座長　　ありがとうございます。

それでは、御質問、御意見は出そろったようですので、御回答を事務局及び事業者さんからお願いいたします。

○前田電力安全課長　　まず事務局から今回いただいた意見も踏まえて、改めて事業者さんで今調査、検討を続けておられますので、最後の対応は御相談してまいりたいと思います。その上で最低限制度で担保すべき内容についても、私どもの下で検討してまいりたいと思います。

事務局からは冒頭、以上でございます。引き続いて、内容について事業者さんからお願いしたいと思います。

○平野様　　たくさんの御意見ありがとうございます。メモのほう追いつかずまた後で変わるかもしれませんが、一点一点やっていきたいと思います。

一番最初、青山先生からの御質問で、フランク角について実際に調べたのかというお話だったと思います。こちらにつきましては今現在、先ほどのレーザースキャナーで測定をしているので、まず緊急性の高い亀裂の発生した号機と、していない号機について優先して実施をしております。三次元測定機でございまして、これをやることによって三次元的に分かるというものでございます。こちらについては引き続き必要な号機についてどんどん調べていくという形で、フランク角と亀裂の発生関係についてはデータを蓄積した上で判断していきたいと思っております。

続きまして、河井先生からいただきましたGEの仕様に沿っていないという話なのです

けれども、どう対応しているか。こちらにつきまして……

○久保様 現在GEの仕様にのっとっていないことにつきましては、なぜそうなったのかを調査中になっております。設計したという人間にも話はしておりますけれども、その辺聞き取り等をやって運用していきたいというところになります。

○平野様 引き続き、古い20年近く前の話ですので慎重に調べているところでございます。

それから溶接の亀裂についても御質問をいただいたかと思うのですが、これは……

○久保様 溶接部の検査につきましては当社の基準に基づきまして適用しておりまして、検査記録等は当時、検査を行っております。ただ、これもかなり古いもので、一部残っていないものもありますので、それも現在調査中となっております。

○河井委員 河井です。ありがとうございます。

今ちょうど画面に映っておりますけれども、今回の事故のところだけではなくて、ほかにもGEの設計指針を超えているところがあるように見受けられますので、余盛の条件を満たさないところは非常に危険ではないかと思っておりますので、ぜひ引き続き、今調査中ということですので、この辺、気をつけて御検討いただければと思います。

以上です。

○平野様 それから松井先生からいただきました質問ですが、データの保管期間、それから過去にわたって疲労は大丈夫だったかということの御質問と理解しております。データにつきましては、10秒データと書いてあります。この10秒データにつきましては、残念ながらある程度時間がたつと消えてしまいます。ずっと残っているものは10分データというものになりまして、10分データにつきましては10年間以上データが残っておりますので、過去のデータをさかのぼって検討することもしていきたいと思っております。

すみません、単位につきましては「mm/s²」でございます。

○松井委員 分かりました。

○平野様 それから石原先生からの御質問です。製造についての問題というところで、型式認証はどうしていたのかというところでございますけれども……

○久保様 当時は、これは型式認証は取っていないタワーになっております。それで検査記録につきまして先ほども言いましたけれども、うちから検査した記録をお客様のほうに提出しております。ただ、御指摘の溶接のフランク角等は提出はしていません。

○平野様 引き続き細かなところを見た上で、またご報告をさせていただく形としたいと思っております。それから……

○石原委員 分かりました。この件についてはぜひ調べていただきたいです。これは御社の責任ではないですが、どちらかという受入体制というか。そもそも品質管理に関して昔は十分だったのか、そうでなかったのかということをはっきりさせたほうがよいかと思っております。最近品質管理に関しては非常に重要視して、電安課もきちんとこの辺の審査に関して型式認証を受けた風車だけではなくて、タワーについてもきちんと見るようになったのですが、この風車は古い風車なのです。ここは認識していますが、逆に言うと古い風車を今後このまま、また延ばして運転すると非常に危険ではないかと感じています。今回事故が起こったのは、20年になる風車の寿命はもうぎりぎりになっているところなのです。2mmを超えて3mmになると、実は疲労寿命が、こういった応力集中が発生すると、早く尽きて壊れるのです。今回まさしくそういうことが表れているので、こういった製造上のところで本当に基準を満たしていないものが過去の風車の中に存在すると、今後続けて風車を運転していいのかという話にもつながるので、ぜひこういうところをきちんと調査していただければと期待しています。

○平野様 どうもありがとうございます。

それから亀裂のところは太鼓山の過去のお話、これは申し訳ございませんでした。もちろん違う事象だということは認識しております、溶接線部、ほかのところも見なければいけないということで、要はしっかりやるということでございます。

○石原委員 この件については実は非常に重要なので、私は風力の分野でもずっと事故調査をやっているのですが、さっき田中先生がいろいろ指摘したことは非常に重要なのです。

風力の世界では今のように、例えばペンキ割れして、それで発生したりするようなことがあるのです。ほとんどの場合はそれなのですが、一方、亀裂が入ってという話も発生するのです。99%、ペンキが割れて結果的に発生することがほとんどだとすると、実際に事業者がどうやって検査するのか。大きいな問題になったと思っているのですけれども、目視で見ているか、ないか。目視だけでは、さびが入っているかどうかは分かります。一方、亀裂が入っているかどうかというのは、さびがあるところをきちんと人間が行って、そこで実際に亀裂が入っているかどうか慎重に調べないと本当に亀裂なんか発見しないのです。

そういう意味で点検という目視だけで亀裂を発見するのは、ここで言っている話は恐ら

く今回の件を見る限り亀裂の発見については、ちょっと甘いのではないかと感じています。ここで緊急的にルールを決めないと、99%のさびはペンキ割れということであっても、亀裂はこの中の1%であっても、このような大事故につながることを今回の事故からぜひ認識していただかないと、今後20年近くになるような風車がどんどん増えてきますので、そうなったとき果たして目視だけで発見できるのかなというのは、目視するだけではなく、実際に亀裂があるかどうかを慎重に調べる必要があると思っています。この辺、太鼓山の例を持ってきても、これはフランジでないのだから、そういう問題ではないのではないかなと思っています。この辺は至急対策を考えないと、このような亀裂を発見できなかったら大事故につながるという認識がないのではないかなと思っています。

○平野様 ありがとうございます。おっしゃるとおり今までフランジ近傍の溶接線しか見ていなかったところは反省すべき点だと思って、ほかのところも含めて、目視だけではない検査も含めて検討してまいります。

それから同じ質問だと思うのですが、亀裂が発生したものを運転するのかという話がありました。こちらにつきましてちょっと誤解がある書き方かもしれなかったのですが、運転するというよりはしていいのかどうかということを、まず事故調査委員会の先生方と相談して決めていくと。おっしゃるとおり亀裂が発生したらもう絶対駄目だというのであれば、もう運転はしないという判定になるという形で、現時点で亀裂のあるものについて運転すると決めているわけではございません。

○石原委員 そうすると36ページに書いているのは違うということですか？ 36ページの②というのは、内側に亀裂があっても運転するのでしょうか。

○平野様 クライテリアを決めた上でという形です。ちょっとこの書き方が弱くて申し訳ございません。

○石原委員 この文章はすごく大きな問題になるので、委員会で検討した監視方法で運転するのでしょうか？。撤去はしないけど、置いておくというのは運転するとは言わないでしょう。発電すると言うのですよね。この言葉の意味が全然理解できないです。亀裂が入ったタワーです。発電させるつもりですか。

○平野様 要は亀裂の程度、クライテリアをきっちり決めた上で、してもいいという基準があるのであれば運転をする。そうではなくて、おっしゃるとおりもう絶対亀裂が入ったら駄目だという場所であれば停止、補修という形になるかと思えます。

○石原委員 ただ、これについてまだ今は事故調査が終わっていないので、このような

書き方ではなくて、事故調査が終わるまで停止するというところでよろしいですか。

○平野様 内部亀裂が確認された場合はという形です。

○石原委員 この委員会で報告して了承を得た後でないと、運転するのですか。

○平野様 事故調査委員会できっちり、していい、悪いを判定していただいた上で、判定いたします。我々が勝手にやるということではなく。

○石原委員 要するに定量的に評価しない限り、亀裂が入っている場合は実際に運転すると、物すごい荷重がかかるので、太鼓山の場合はちょっとでも亀裂が入ったらすごい速度で進展して、知らないうちに倒れてしまうことが起こる可能性があるのです。

したがって、私の理解では亀裂が入っているタワーを監視するのはいいけれども、運転するというのはちょっと理解できなくて、もし本当に御社がタワーに亀裂の風車を運転すると考えているならぜひやめていただきたいと思っています。

以上です。

○平野様 ありがとうございます。事故調査委員会等含めて検討してまいります。

それから熊田先生からいただきました御質問、外面の本さび等につきまして判定基準はどうするのかという話。これは今の話とも関わってくるのですけれども、今後勝手にほうって？おかないように基準等は決めていきたいと思っています。

それから田中先生からいただきましたなぜ・なぜ分析のところでございますが、これにつきましては我々も強く認識しているところでございます。今回なぜ・なぜ分析、実は先週、事故関係のものが一段落したので実施したのですけれども、おっしゃられたことと全く同じようなところがいろいろ出てまいりまして、まだまとめ切れていないのが現状でございます。まさに今回の事象だけではなくて、今後の事象に対して何か問題点はなかったのかというところをまとめておりますので、こちらのほうにつきましてもまとめ次第、御報告させていただきたいと思っています。

それから山田先生からいただきました塩分を含んだ風の影響というところでございますが、この場所自身だとかを含めて沿岸に建っている風車に関しては、確かに塩分の影響で風の当たる方向にさびが発生しやすいという現象はございます。それを含めて、この場所も西側のところにさびが結構出ておりまして、先ほどのなぜ・なぜ分析にも関わるのですけれども、環境要因でさびていたのではないかぐらいのことで考えていたところが大きな反省でございます。今後クライテリアを含めて、きっちりしたやり方も含めて検討してまいります。

以上です。

○白井座長　　ありがとうございました。

それでは、続きまして、オブザーバーの皆様の御意見を伺えればと思います。チャット機能を用いてお知らせいただきたく思います。よろしく願いいたします。——ございませんでしょうか。皆さん、ありがとうございました。事務局から何か御意見ございますか。よろしいでしょうか。

○前田電力安全課長　　今回委員の皆様方から頂戴した御意見を事業者様、日本風力開発さんのほうで今検討中ですので、それを踏まえて検討いただくことと思いますし、その結果を踏まえて改めて審議会でも御報告させていただくとともに、私どもとして制度の在り方についても併せて、改めて御議論の対象としていただければと思っております。

今回は以上でございます。

○白井座長　　ありがとうございます。

それでは、活発に御議論いただきまして、ありがとうございました。今回提出いただきました事務局資料について大きな御異論がない場合には、本日の審議をもって災害時等の緊急時に備えた設置者等の連絡先確保については御了承いただけたことにさせていただきたいと思っております。——よろしいでしょうか。事務局から補足があればお願いいたします。

○前田電力安全課長　　特段ございません。

○白井座長　　ありがとうございました。

ちょっと時間がぎりぎりになってしまっして申し訳ないですけども、続きまして、議題の3番に行きたいと思っております。「いわき大王製紙株式会社におけるボイラー爆発事故について」について、資料3-1から3-3に基づきまして事務局及び事業者様から御説明をいただいて、その後、質疑の時間を取りたいと思っております。

それでは、資料3-1を事務局より御説明をお願いいたします。

○前田電力安全課長　　事務局でございます。電力安全課長の前田でございます。

本件、昨年9月、いわき大王製紙さんが事業で使っておられる発電用のボイラーが爆発事故を起こしたものでございます。この事故調査、一部まだ続いているところがございまして、その意味では改めて最終的ないわきさんの対応ですとか、私どもの制度的な対応については、この審議会で改めて御報告ということになろうかと思っておりますけれども、大部分まとまってございますので、中間的に御報告をさせていただくものでございます。

1枚目、同じ構造ですので多く申しませんが、制度の現状を書かせていただいております。

す。火力発電設備に対する技術基準、温度と圧力がございます。解釈として具体的なものを例示させていただいているところがございます。

次のページも例示に使っているものがございます。

次、お願いします。また風力は3年を超えない程度に一度とありましたけれども、ボイラーについては運転開始から2年を超えない時期に一度検査することになってございます。その結果を法律においては安全管理審査ということで、体制検査をする。これも風力と同様の構造で安全確保をしているところがございます。

冒頭、私からは以上でございます。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、引き続きまして、資料3-2、いわき大王製紙株式会社の早川様より御説明をお願いいたします。

○早川様 「自家発電設備の爆発事故について」、いわき大王製紙の早川から報告させていただきます。

1 ページ目、2 ページ目につきましては前回報告済みのため、割愛させていただきます。

3 ページ目です。ここで事故調査委員会の開催実績についてですが、事故発生後に事故調査委員会を発足し、事故の原因究明と再発防止対策について議論を行ってきました。これまでに計6回の委員会を開催した結果、複数の推定原因抽出と推定原因に対する対策をまとめてきました。

次の4 ページ目につきましては前回報告済みのため、割愛させていただきます。

5 ページ目、お願いします。事故原因の推定ですが、まず結論です。ボイラーの爆発原因として未燃ガス爆発、粉じん爆発、水蒸気爆発の可能性が考えられますが、運転データ及び現地目視調査結果から、当該事故は大量の水が大きな熱容量を持つ流動砂と瞬時に接触することに起因する水蒸気爆発によるものと推定しました。

設計・施工・運用・保全点検の各視点から水蒸気爆発発生の原因を調査した結果、複数の推定原因を導き出しました。なお、破口部に減肉は見られず、少なくとも前例の爆発事故とは異なる漏えいと判断できました。

第一破口部は当局に押収されており、様々な視点の調査を当局に要請中です。現状においては第一破口部の詳細状況が明確になっていないため、複数の推定原因からの絞り込みには至っておりません。

本件の再発防止策については事故調査委員会において検討を行い、管がいかなる原因で

破口してもボイラーが爆発しないような再発防止策についても議論を進め、事故防止ができることと評価されました。

今後当局での第一破口部の調査結果が入手できた際には必要に応じ改めて事故調査委員会を開催し、原因の特定及び必要な追加対策について協議することとしました。

なお、いわき大王製紙4号ボイラーの復旧に向けては、複数の推定原因に対する再発防止策を適用することと考えております。

次のページ、お願いします。現状の把握としてボイラーの損壊状況ですが、資料中央の概略図、右の写真のように火炉後壁下部が外部熱交室側へ大きく変形、破断しており、その方向に大きな力が作用した様相であり、炉底に近い部分での変形が最も顕著でした。このため、爆発の影響による強制的破断部が大多数の中、内圧によって破口した形態の炉底管、30番管の第一破口部と推定しました。資料の左側の写真の破口部と記載してあるのが、この管に当たります。

次のページ、お願いします。第一破口部の特徴ですが、資料の左側の側面図に赤で四角で囲ってある場所が第一破口の場所です。

その詳細を下の破口位置図に示しております。第一破口は三角スペースと言われるスペース内で発生しており、この写真を撮ったのが右の30番管炉底管破口状況という写真です。30番管の破口部は三角スペースを構成するフィンの溶接部に沿う形で、軸方向にオープンドアのような形で開口しておりました。目視上、破面は減肉がなく脆性的な破壊の様相です。管内面に内面スケールが0.4mm厚さと若干付着が認められましたが、爆発前に付着したものは不明です。30番管の破口部はシールフィンにより、本来はガスも到達しないスペース内で発生しておりました。

次のページ、お願いします。事故発生フローの推定ですが、漏えい発生の原因は管の破損により水が漏えいしたということです。火炉の損壊の原因は三角スペースという密閉した耐火材のない空間で大量の水が一気に漏えいし、大きな熱容量を持つ流動砂と瞬時に接触し、火炉内で水蒸気爆発が発生したと推定しております。それで火炉の損壊に至ったと推定しております。さらなる損害拡大の原因については火炉の損壊の影響が隣接する外部熱交のほうに及び、外部熱交側で水蒸気爆発が発生して外部熱交室が破損、そして全損に至ったと推定しております。

次のページ、お願いします。漏えい発生の原因についてですが、第一破口の詳細分析が未実施のため、原因の特定には至っていませんが、設計・施工・運用・保全点検の各視点

から事故原因の調査を行った結果、複数の推定原因を導き出しました。当局が押収した第一破口部において同事故調査委員会を実施した寸法検査、組織観察、硬さ試験等の調査を行うことによって原因を絞ることもできると考えております。

原因分析の設計についてですが、漏えい部の管は設計温度、設計圧力に適合した寸法、材質を選定しており、問題はありませんでした。

次のページをお願いします。設計の続きですが、メーカーにて当該部のシール性能改善を目的に、三角スペース用のシールフィンを94年から採用し始めていました。この構造の採用により、溶接線で囲まれた狭隘かつ点検ができない三角スペースといった空間が存在する構造となっていました。

事故調査委員会において、この部分にボイラー起動停止時の伸縮による応力や、ボイラーの振動による応力がかかり疲労亀裂が発生、進展することで蒸発管が破口したと仮説を立てて卓上検討を行いました。高応力発生の可能性は見出せませんでした。同様の理由で類似管の調査や類似箇所全域の非破壊検査を行いました。懸念された損傷傾向は確認できませんでした。

次、お願いします。施工についてですが、火炉底部は缶左右に3つのパートに分かれており、それぞれのパートは工場で作成した後に現地にて手溶接で組み立てられる構造となっていました。現地での溶接は第一破口30番管に近い28、29番管の間及び53、54番管の間であり、現地での耐圧部への直接溶接を極力避けるために工場ですべてのフィン同士を現地溶接する構造としていました。

いわき大王は現地調査において破口が炉底管、炉底フィンとシールフィンの現地溶接境界部を起点として発生しているように見えたため、類似管の溶接部を分析しました。その結果、工場で作成したフィンと管の溶接部や現地で溶接したフィンとフィンの溶接部の溶け込み不足やブローホール等が見られましたが、硬さや引張試験結果で強度異常は確認されませんでした。

次のページ、お願いします。次、運用についてですが、水質管理はJ I S B 8223の基準値に準じて管理しておりました。ボイラー給水、缶水pHは下記グラフのとおり基準値8.5を下回る状況がありましたが、水質悪化による水素侵食による影響を類似部位で分析実施の結果、水素侵食の特徴は確認されませんでした。

いわき大王は水質管理の面でボイラー給水、缶水のpH、電導度を自社にて1日1回の手分析を実施しております。水質データの連続監視計器の指示値は振れが大きいため、参考

値としていました。計器の校正は外注業者にて2か月に1回周期で実施しておりました。

続いて、13ページ目で保全点検についてです。第一破口となった火炉の水管と耐火材のこれまでの保全点検の状況ですが、ボイラー稼働翌年の2009年4月より約6か月周期で定期修理を実施していました。6か月周期は、いわき大王にて運転状況により任意に設定した周期です。定期修理時の保全点検内容は下記表のとおりで、コンバスタの水管については耐火物で覆われていない水管の溶射膜測定及び再溶射を実施しました。耐火物で覆われていない、かつ溶射膜がない水管については肉厚測定を行っていました。

耐火材については耐火ライニングの目視及び打音検査を行い、不適合時は打替え工事を実施していました。

左側面図の黄色で着色している火炉から外部熱交換間の非加熱空間については、この範囲は燃焼室ではなく流動砂、ガスが当たる箇所でないため、目視での点検のみとしておりました。

続いて14ページ目、お願いします。保全点検の続きですが、耐火材が設置されている空気ノズル更新の際、下の左の側面図のとおり耐火材を除去しなければいけない構造となっていました。いわき大王の判断でノズルを覆う部分の耐火材の一部を取り外していました。三角スペースが図面に記載がなく、いわき大王はその存在を知りませんでした。当初からの仕様を変える際、メーカーに確認はしておりませんでした。三角スペース周辺の耐火材が脱落し、水管が露出した場合の影響を評価しました。入熱が過剰となった場合でも、外部からの入熱が増加しただけではクリープ損傷が発生する温度域には到達せず、破損に至る可能性は低いということでした。炉底管の内面スケールが厚く付着すると伝熱阻害によりメタル温度が上昇するため、クリープ損傷が発生する可能性はありますが、今回の計測では有意性は定かではありませんでした。

15ページ目、お願いします。火炉損壊の原因についてですが、30番管破口部の詳細分析は未実施のため、破口の原因は明確になっていませんが、当該部の目視での点検結果などから下のイメージ図のとおり30番管に破口が発生し、三角スペースという空間で一気に大きく開口することで大量の漏えい水が発生し、シールフィンを破壊して保有熱量の多い流動材と一気に接触したことで水蒸気爆発が発生、ボイラー損壊に至った可能性が高いと考えました。

次のページ、お願いします。さらなる損壊拡大の原因についてですが、下のイメージ図のとおり火炉側で発生した水蒸気爆発を引き金として破断した外部熱交室の水管からの大

量の水が外部熱交室内の流動砂と接触し水蒸気爆発が発生、さらなる損壊拡大に至った可能性が高いと推定しております。

次のページ、お願いします。ほか類似CFBとの比較についてです。これは前回の御指摘事項にもなります。ボイラーの基本情報（使用時間、発停回数、燃料など）では異常な数値は確認されませんでした。類似CFBでは耐火のはつりは確認されませんでした。いわき大王4号ボイラーの缶水pHベース値は、類似CFBに比べて低めの傾向でありました。

次のページ、お願いします。事故原因の推定及び再発防止対策のまとめです。第一破口部の詳細状況が明確になっておらず、要因の絞り込みには至っていないものの、各種調査で導き出した複数の推定原因に対して、以下を適用することと考えています。

まず水管の漏えい対策についてですが、三角スペース用シールフィンをなくすことと、内面スケールの付着抑制、pH低下防止、耐火材除去による水管への熱負荷上昇リスクを発生させないという運用管理面の改善です。

続いて、万が一漏えいしたとしても水蒸気爆発発生リスクを低減するための対策として、大量の水が保有熱量の多い流動材と一気に接触することを防止するため、三角スペースを廃止します。

続いて、さらなる損壊範囲の拡大防止を図るため、外部熱交室周壁の水管構造を非耐圧構造とし、さらに外部熱交室内の蒸発器管を非設置とすることで、外部熱交室から水をなくすことと考えております。

2)、3)はボイラーの再建に向けて、いわき大王がメーカーに向けて要請した対策となっております。

ほか案件への水平展開については、別途メーカーから説明してもらいます。

以上となります。

○白井座長　　ありがとうございます。

それでは、続きまして、資料3-3です。「いわき大王製紙向け4号ボイラー爆発事故に関する類似ボイラーへの横展開について」という資料について、三菱重工パワーインダストリー株式会社の花田様から御説明をよろしくお願いいたします。

○花田様　　三菱重工パワーインダストリーの花田です。

それでは、いわき大王製紙向け4号ボイラー爆発事故に関します類似ボイラーへの横展開につきまして、三菱重工パワーインダストリー・花田が御説明させていただきます。

まず爆発事故の概要につきましては、先ほどいわき大王製紙様より御説明いただきまし

たので、割愛させていただきます。

2 ページ目になりますが、原因の推定です。ここは重要なので再度御説明させていただきますが、今回の事故に関しましては、大量の水が大きな熱量を持つ流動砂と瞬時に接触することによる水蒸気爆発だと考えております。大量の水と大きな熱容量を持つ流動砂、ここら辺の言葉がキーワードになると考えております。ここで大量の水といえますのは漏えい事象となりますけれども、この原因に関しまして水素侵食やクリーブ損傷の可能性が否定できない状況でございました。

また、亀裂に関しては漏えいの可能性は完全に否定できない状況であるのですけれども、大きな破口とはなり得ないため、水蒸気爆発のキーワードである大量の水、こちらの漏えい原因にはなり難いと考えております。

また今後、当局で第一破口部の調査結果が入手できた際にはその内容を精査いたしまして、必要に応じて原因の特定と必要な追加対策につきまして各ユーザー様に展開していく所存でございます。

続きまして、3 ページ目の事故発生フローでございますけれども、これにつきましても、いわき大王製紙様の発表内容と同じですので詳細は割愛させていただきますけれども、漏えいが発生し、その漏えい水の影響で水蒸気爆発が発生いたしまして火炉が損壊。火炉が損壊した影響で、さらに損壊が拡大した。こういったステップがあることは既に御理解いただけているかと思えます。

4 ページ目になりますけれども、今回の事故と同様の事象を発生させないためには、水蒸気爆発につながるフローの起点であります漏えいを防ぐことが基本的、かつ最重要な対策であると考えております。

そして矢印より先に示します見解のとおり、漏えい対策として水質管理を徹底していただくこと。そして耐火材を設計どおりメンテナンスいただくことがまず第一ということを、各ユーザー様に展開していくことで考えております。また亀裂に関しましては、先ほど申したとおり横展開の対象外と考えております。

火炉の損壊や損壊拡大の対策でございますけれども、左の漏えい発生の対策を実施いただいた時点で水蒸気爆発の発生は防止できると考えておりますので、横展開は不要と考えております。

ただ、本来三角スペースは要因とはなり得ないと考えているのですけれども、三角スペースを覆う耐火材がない場合など万が一漏えいの条件が整った場合を考慮し、この部分か

ら一気に大量の水が漏れ出す要因となってしまうリスクを少しでも低減するために、三角スペース廃止も推奨してまいりたいと考えております。

続いて、5ページ目になるのですけれども、4ページ目の見解に至った理由をもう少し、この絵を使って御説明させていただきたいと思っております。水蒸気爆発には大量の水、そして大きな熱容量（先ほどのキーワード）が必要となります。これらの条件が整ったときに水蒸気爆発の発生リスクがあると考えておりますけれども、言い換えると、どちらかを取り除けば当然ですけれども爆発発生を回避することができると考えております。

まず大量の水のほう、つまり大きく破口するといった漏れい事象に関しましては広範囲の外面減肉、そしてクリープ損傷、水素侵食といったものがキーワードになってきます。

次に、熱容量大の部分に関しましては、CFBであれば流動砂が多い部分になります。それが右図に示しますオレンジ色の部分になります。大きく分けて火炉の燃焼室下部、そして外部熱交室、外部熱交蒸発器、サイクロンなどが該当しますけれども、サイクロンは水管がなくて水が漏れないので問題ないと考えておまして、残りの3つにおきまして漏れい事象を発生させないようにする必要があると考えております。

それぞれの対策を考えますと外面減肉は肉厚計測、①番。クリープ損傷や水素侵食の対策となれば水質管理と耐火のメンテ、②番、③番となります。火炉下部に②番、③番を適用。外部熱交室にも同様。そして外部熱交蒸発器につきましては耐火材を施工しておりませんので、肉厚計測が可能です。なので①番、もしくは水質管理により大量の水が漏れるといった②番。こちらを対策として漏れい事象を避けることができると考えておりますので、これらのメンテナンスにより結果的に水蒸気爆発の対策ができていると考えております。

また、資料下部に記載の文書ですが、該当するエリアは黄色いエリア、白のエリアでもありますけれども、例えば火炉上部でしたら耐火材が施工されておきませんので、減肉や漏水のリスクはあるかもしれませんが、定期的な肉厚計測も基本的には実施していただいておりますし、そもそも漏れいしたとしても熱容量を持つ砂が少ないため、水蒸気爆発には至らないと考えております。

以上をまとめたインシデントレポートを作成いたしまして、先週、弊社のCFBユーザー様には発信させていただきましたが、今後併せてこのような内容を詳細に説明して回しまして、再発防止に努めたいと考えております。

以上で説明を終わります。御清聴ありがとうございました。

○白井座長　　ありがとうございました。

それでは、ただいまの御説明に対しまして御質問、御意見をお受けいたしたいと思えます。まず委員の皆様から指名させていただきたいと思えますので、チャットでお知らせください。よろしく願いいたします。――では、河井先生、お願いいたします。

○河井委員　　河井です。

説明ありがとうございました。現在調査を進めておられるということで詳細は待ちたいと思えますけれども、気になったことだけ申し上げます。炉の中の耐火材が除去されていたという御説明があったと思うのですけれども、それから一方で三角部を取り除くような対策のお話もあったかと思うのですが、個人的には耐火材と三角部は構造上セットになっているのではないかなという気がして。耐火材を取り除かないようにという推奨であれば、もしかしたら三角部のフィンとしての役割もあるかと思うのですけれども水管を保持するような、固定するような、そういう力学的な役割も何かあるのではないかなと推測します。最後に三角部を取り除くというお話があるのですが、内部の耐火材の扱い。それとセットで御議論されることではないかなと思ったので、その辺り、今後含めて御検討いただければと思えます。

一方で水管がなぜ破裂したのかという辺りは、何が原因だったかというのは調査を待ちたいと思えますけれども、私からは耐火材と三角部はセットになっていて、今回耐火材を除いてあったということですので、構造解析すれば何らかの情報が出てくるのではないかなという気もちょっとしております。コメントです。

以上です。

○白井座長　　ありがとうございます。

そのほか御意見のある委員の方、おられませんでしょうか。――田村先生、お願いします。

○田村委員　　3つまとめてコメントさせていただいてもよろしいでしょうか。

○白井座長　　どうぞ。

○田村委員　　事故の真摯な解明の取組についての御発表、先生方の御議論、興味深く聞かせていただきました。

顕在化したリスクの後ろには、さらに潜在化したリスクが存在しています。

具体的に申し上げますと、最初の鉄塔の分につきましては雪で鉄塔が倒れたということですが、その後復旧を進める中で風等による倒木等もあり、いわゆる複合災害になろうと

というような状況もあった。

2つ目の風車につきましては被害抑止を取るべきなのか、軽減策を取るべきなのか。まだはっきり分かっていないということです。これ自体においては、台風、地震、津波、竜巻等が起こると新たな二次災害を引き起こす可能性もゼロではない。

また、最悪のシナリオであれば人的被災も考えられるものだったのかどうか。そういった隠れたリスクのところまで目を向けていただいて、事故の解明の後かとも、最悪のシナリオについても検討いただくと、さらにリスクの低減につながるのではないかと思います。

○白井座長 ありがとうございます。

そのほか委員の方、御意見ございますでしょうか。——ございませんでしょうか。時間も押しておりますので、それでは、事務局から御回答をお願いいたします。

○前田電力安全課長 河井委員からの御質問は専門的なので、事業者さんからお願いできればと思います。

その上で田村委員からの御意見につきまして、私ども事故がありますと、まず事故報告が国に上がってまいります。その際に災害対応をどのようにするかということで、事業者さんと一義的に私ども話をしておりますので、その際に私どもから知見をためて、さらに何かあったときの対応を防ぐという。当面の対応ですとか、制度に落とし込むですとか、これは地震もあります。台風もあります。

また今回、ボイラーで人的被害、周辺という意味ではありませんでした。でも一般論でいけば、大爆発が起こってしまうと周辺の汚れがいくとか、最悪人がけがをされるとか可能性はございます。そういうことも含めて制度的にどうするかということも、また今後の予防的対策をするということ、しっかり私どもリードしてやってまいりたいと思います。そういったことも審議会に残すことによって、今後の知見を継承していくこともやってまいりたいと思います。ありがとうございます。

○早川様 いわき大王製紙の早川です。

河井先生の御質問については設計とか強度に関わる部分ですので、三菱さん、回答のほうをお願いしてよろしいですか。

○花田様 かしこまりました。三菱重工パワーインダストリーの花田です。

河井様から御質問いただいたものですが、三角スペースを構成しているシールフィンです。力学的に管を支持しているようなものかといった御質問になるかと思います。

れども、三角スペース用シールフィンの目的は単純に炉内側のガスを違う方向に、この絵（資料3-2、スライド14）でいくと向かって左だったり、下方向に行かさないようにするための壁となっております、力学的に何か支えているようなものではございませんので、極論取り外していただいて問題ないものとなります。

○河井委員 熱的な観点からの設計になっているということだと思っておりますけれども、それも重要なことだと思います。要するに熱力学的な状態になっているので、今映っております耐火部のところの応力と、それから熱温度分布。この辺り絡んでいるような気がしますので、ぜひ改めての御報告に対しましては、たしか先ほどの御説明は耐火部を除かないようにでしたよね。除かない場合、シールフィンのところで熱の流れを制御するといったことが、今の設計で考えられているのを考慮しなくてもいいという辺り、定量的に少し加えた形で御説明いただければと思います。よろしくお願いたします。

○花田様 そういった意味では、耐火材があればシールフィンの撤去までは極論不要だと考えております。耐火材があることによって入っていく熱量に関しては、設計の段階では既に検討済みですので、耐火材がありさえすればシールフィンの撤去まで本来は不要だと考えております。

○河井委員 ちなみに、耐火材が取り除かれていることによる悪さというか、影響というのは既に評価されていらっしゃるのですか。

○花田様 ここは正直推測になります。現状こちら辺を中心に爆発してしまっていて、耐火材が最終的な爆発直前の形までは把握することができないのですけれども、実際この状態で、もしくはさらに耐火材が落ちるなどしてシールフィンを経由して熱が入ったりするなどすれば、先ほどいろいろ懸念事項として挙がっていました水素侵食やクリープ損傷が複合して起こる可能性はあると考えてはいます。

○河井委員 よろしく御検討ください。

以上です。

○前田電力安全課長 事務局でございます。青山委員からもお手が挙がっておりますが、座長、よろしいでしょうか。

○白井座長 青山先生、よろしくお願いたします。

○青山委員 私も今の議論が少し気になっていて、シールフィンをなくせば問題ないのですかね。問題ないというのと、耐火材の話ですよ。本当にシールフィンをなくせばいいという話なのか。シールフィンが、何か役割を果たしていたものが逆にほかに影響を及

ぼして、より脆弱なシステムになってしまうのではないかなと思ったりもするので、安易にシールフィンをなくしても大丈夫というのはちょっとまずいのではないかなと思ったので、その辺、それでも十分大丈夫だという議論をしたほうがいいのではないかと思いました。

以上です

○白井座長　ありがとうございます。

これに対する御回答、ございましたらお願いいたします。

○早川様　いわき大王製紙の早川です。

青山先生の御質問についても設計に関するところなので、すみません、三菱さんのほうで回答をお願いしたいと思います。

○花田様　かしこまりました。青山先生の御指摘はごもっともで、安易になくしていいのかといった御心配はごもっともかと思えますけれども、実際のところいろいろな経緯があって、新しいボイラーにはシールフィンをつけていたのですけれども、シールフィンがないボイラーの構造もございます。正直実績がございますので、なくしても問題ないかと考えております。

○青山委員　今の発言でさらに気になったのは、ではなぜ今回シールフィンがあったのですか。

○花田様　その疑問もごもっともです。実際施工する上でチューブが2種類、違う方向に。水管（後壁）と書いているもの、水管（炉底）と書いている2本のチューブが互い違いに入っている構造です。ここのシールがなかなか難しい状況です。板1枚入れることでシール性能といたしますか、施工しやすいといったほうが早いかもしれませんが、溶接構造物としてしっかりシールができるといった構造を目指したために、シールフィンを入れる構造となっております。

○青山委員　理解しました。

○白井座長　ありがとうございました。

それでは、ほかに御意見ございませんでしょうか。――次、オブザーバーの皆様から御意見いただけましたらと思います。チャットでお知らせいただければ、よろしく申し上げます。――尾崎様、お願いいたします。

○尾崎オブザーバー　時間がないのですが、最初の議題に戻ってしまって申し訳ないですが北海道のことで。先ほどコメントしそびれてしまったのですが、鉛直方向の気温減

率の話があったのですが0.6℃よりも大きかった。そこに関して元データが何かという記載が多分なかったかなと思いましたので、元データは何かを書いておいたほうがいいかなと思いました。気温減率0.8～1.0℃/100mの根拠になる観測値ですね。これ（資料1-2、スライド8、9、13）かな。今回は気温減率が大きな値で、参考（スライド13）のほうを見ても気温減率の元データが何かという記載がなかったようなので、それを追記するといいかないかと思いました。ちょっと話が戻ってしまって、すみません。

以上です。

○白井座長 ありがとうございます。

それでは、これについて御回答がございましたらよろしくお願いします。

○前田電力安全課長 事務局でございます。

資料は最終的にデータをアップデートしたもので、改めてホームページに上げておきたいと思います。

○白井座長 よろしいでしょうか。

○尾崎オブザーバー よろしくお願いします。

○白井座長 ありがとうございます。

そのほかオブザーバーの方、御意見ございますでしょうか。

○早川様 いわき大王製紙の早川です。

田村先生から私たちの案件について御質問があったと思うのですけれども、最悪の場合、人的リスクがあるのかということなのです。今回はそれを踏まえた上で対策をして、再建をしようと思います。要は水管が漏れたとしても、それで爆発しないという対策を今回取っていますので、対策をきっちりした上で再建をしていきたいという考えであります。

以上です。

○白井座長 ありがとうございます。

田中先生、お願いします。

○田中委員 ささいなことなのですが、3件目の三菱重工さんの一番最後のところの横展開、これ（資料3-3、スライド5）です。横展開の方針ってすごく大事で、すばらしいアプローチだと思うのですが、ちょっと気になっているのは、インシデントレポートとして発行されているのだけれども、これって言葉が違うのではないかなと思うのです。インシデントレポートってアクシデントに至る直前でまだ損害は出ていないようなトラブルとか、ヒヤリハットとかのレポートですよね。横展開はそれとは違う意味で、既に起こっ

たアクシデントをベースにして、ほかでも類似なところでの未然防止につなげましょうという提案ですので、インシデントレポートという言葉は適切でないかなと思うのですが、その辺、いかがですか。

○花田様 御指摘ありがとうございます。言葉に関しましては、ごめんなさい、私のほうでちょっと勉強不足だったところがあるかと思います。言葉に関して再検討させていただきたいと思います。

○田中委員 内容は全然問題ないのでお願いします。

○花田様 ありがとうございます。

○白井座長 ありがとうございます。

ほかに御意見ございますでしょうか。――よろしいでしょうか。

時間を過ぎてしまいまして、申し訳ございません。活発に御議論いただきまして、ありがとうございました。事務局から補足説明等ございましたらお願いいたします。

○前田電力安全課長 座長、委員の皆様、オブザーバーの皆様、時間を延長してしまいまして、大変申し訳ありませんでした。事務局としておわびを申し上げます。

今回の議題は以上でございます。次回のワーキンググループの日程につきましては改めて座長とも御相談の上で後日、御連絡をさせていただきます。また今回の議事録につきましては委員の皆様にご確認いただいた上で、経済産業省のホームページに掲載したいと思います。

事務局から以上でございます。

○白井座長 ありがとうございます。

本日は皆様、本当に活発に御議論いただきまして、ありがとうございました。時間を大幅に過ぎてしまいまして、座長の不手際で申し訳ございませんでした。よろしく御容赦お願いいたします。

以上をもちまして、本日の会議を終了いたしたいと思います。どうもありがとうございました。

――了――