

原子力施設等における事故トラブル事 象への対応に関する公開会合 第3回議事録

平成30年10月29日（月）

原子力規制庁

（注：この議事録の発言内容については、発言者のチェックを受けたものではありません。）

第3回原子力施設等における事故トラブル事象への対応に関する公開合
議事録

1. 日 時：平成30年10月29日（月）10:00～11:36

2. 場 所：原子力規制委員会 13階会議室B、C

3. 出席者

(1) 原子力規制庁職員

古金谷敏之 安全規制管理官（実用炉監視担当）
小坂 淳彦 実用炉監視部門企画調査官
杉山 久弥 実用炉監視部門主任監視指導官
畠山 凌輔 実用炉監視部門係員
古作 泰雄 検査監督総括課課長補佐
上田 洋 専門検査部門上席原子力専門検査官

(2) 事業者

村野 兼司	東京電力ホールディングス株式会社	原子力運営管理部	部長
櫻井 秀夫	東京電力ホールディングス株式会社	原子力運営管理部	保守管理G GM
安達 晃栄	東京電力ホールディングス株式会社	原子力運営管理部	運転管理G GM
園田 裕信	東京電力ホールディングス株式会社	柏崎刈羽原子力発電所	第一保全部 部長
竹本 尚史	東京電力ホールディングス株式会社	柏崎刈羽原子力発電所	第一保全部 原子炉G GM
深澤 裕	東京電力ホールディングス株式会社	柏崎刈羽原子力発電所	第一保全部 電気機器G GM
品川 直樹	東京電力ホールディングス株式会社	原子力運営管理部	運転管理G 主任
土田 哲夫	東京電力ホールディングス株式会社	柏崎刈羽原子力発電所	第一運転管理部 発電G GM
栗田 隆	東京電力ホールディングス株式会社	柏崎刈羽原子力発電所	第一保全部 原子炉G 副長
桑原 仁	東京電力ホールディングス株式会社	柏崎刈羽原子力発電所	

4. 議 事

- (1) 柏崎刈羽原子力発電所1号機 非常用ディーゼル発電機(B)の異常について
- (2) その他

5. 配付資料

- 資料1 柏崎刈羽原子力発電所1号機非常用ディーゼル発電機(B)の過給機軸固着について(原因調査状況)
 - 資料2 添付資料-1 発電機出力低下に関する要因分析に基づく点検調査結果
 - 資料3 別紙 発電機出力低下に関する要因分析に基づく点検調査結果
 - 資料4 添付資料-2 要因分析表(過給機R側軸固着)
- 参考資料 柏崎刈羽原子力発電所1号機非常用ディーゼル発電機(B)の過給機軸固着に関する発電用原子炉施設故障等報告書の提出について

6. 議事録

○古金谷安全規制管理官 皆さん、おはようございます。

原子力規制庁実用炉監視部門の安全規制管理官をやっております、古金谷でございます。

今日は、第3回の事故トラブル事象への対応に関する公開会合を開催したいと思っております。過去2回は浜岡の非常用ディーゼル発電機（D/G）のトラブルについて議論いたしましたけれども、本日は、8月に発生いたしました東京電力の柏崎刈羽原子力発電所の1号機の、また同じくD/Gでございますけれども、ディーゼル発電機の過給機の軸の固着事象ということで、先日、東京電力のほうから中間的な報告をいただきましたので、その内容について、今日、確認するとともに御議論させていただきたいというふうに考えておりますので、よろしく願いいたします。

では、早速でございますけれども、先週提出いただきました調査状況につきまして、東京電力のほうからまず御説明をお願いしたいと思います。

説明のほうは、できれば30分程度ということで目安にさせていただいて御説明いただいて、その後、御議論、意見交換、あるいは、ちょっとこちらからの質問というようなことをさせていただきたいというふうに思っておりますので、よろしく願いいたします。

では、東京電力、よろしく願いいたします。

○村野東京電力原子力運営管理部部長 ただいま御紹介いただきました、東京電力でございます。東京電力、村野と申します。

早速ではございますけれども、担当の安達のほうから、まず資料のほうの説明をさせていただきます。よろしく願いします。

○安達東京電力原子力運営管理部運転管理G GM 東京電力、安達と申します。

それでは、弊社、柏崎刈羽原子力発電所1号機非常用ディーゼル発電機(B)の過給機軸固着の原因調査状況について御説明申し上げます。

まず、本日の資料ですが、マスキングをしております。弊社以外の法人名の特定に結びつく情報、またはメーカーの技術的な機密情報、こちらの箇所についてはマスキングしておりますので、あらかじめ御承知おきください。また、時間の都合上、資料、重要なポイントを絞って御説明させていただきます。

本日の資料ですが、三つの章で構成しております。まずは、事象の発生した発生当日から本件が法令報告に該当するまでの時系列、その他運転上の制限の観点からの整理、法令報告上の観点からの整理、機器の概要を1章にて御説明申し上げます。

次に、第2章で、現場、いわゆる発電所の中での調査状況の取りまとめと、その後、工場にて実施しました分解調査、こちらの状況について御説明申し上げます。

最後に第3章としまして、これまでの調査状況を踏まえた原因について、こちらを踏まえたメカニズムと今後の対応について御説明を申し上げます。

では、まず第1章について御説明いたします。

当該1号機については、2011年8月から長期の停止をしております。

先々月、8月30日の午後に、定例試験のため非常用ディーゼル発電機(B)を起動操作してございます。

その後起動しまして、いわゆるハーフロード、定格出力の半分の運転状態で現場の状況を確認し、異常がないということで定格出力6.6 MWまで出力を上昇させました。定格出力に到達後、およそ10分たった15時16分に現場で異音が発生するとともに、この異音については中央制御室でも確認されてございます。そういった異常を確認したことから、当該の非常用ディーゼル発電機を手動停止してございます。

この非常用ディーゼル発電機については、目立った警報の発生がないこと、外観上、特段の異常がないことから、いわゆる発電機あるいはディーゼル機関全般にわたって調査をするということで要因分析をして調査を進めておりました。

その後、事象発生から1週間ほどたちました9月6日に、二つあるうちの一つの過給機ですが、こちらのハンドターニングをしたところ、通常スムーズに回るものが回らないといったところで、過給機の軸固着がしている、つまり過給機の機能が喪失というふうに判断をしまして、法令報告の判断をしたものです。

まず、運転上の制限の判断です。

事象発生前は当該号機D/G3台（A系、B系、H系）全ての3台が動作可能な状態でございます。本件B号機が機能喪失といった観点から、残りD/GがA系とH系2台となっております。当該1号機については停止中でございますので、保安規定第61条により2台以上が動作可能であるといったところが設けられておりますので、本件については運転上の制限を満足している状態ということで運転上の制限（LC0）の逸脱には当たってございません。

次、法令報告の判断です。非常用D/G、過給機の軸が固着しているといった、この過給機なのですが、非常用ディーゼル発電機、こちらの機能喪失に結びつくといったところで、安全上重要な機器に該当するという判断をしてございます。

また、過給機の軸固着、こちらを復旧するには、工場への持ち出し等が必要なため、速やかに復旧が困難といったことをもちまして、実用炉規則第134条の第3号「発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していないと認められたとき」と、こちらに該当するものと判断したものです。

こちらがD/Gの機器の概要になります。こちら緑色のものが非常用ディーゼル発電機の全体の外観になります。こちら向かって左側に通常であれば発電機がありますが、この絵上は記載されてございません。

こちら発電機の反対側、ディーゼル機関の上部に過給機が二つ設置されてございます。幅については約2 m、高さ2 m、奥行き1 m、片方については重さ約1,650 kgといったものが右と左に二つ設置されております。今回については、このR側のほうの軸固着が確認されたものです。

こちらの図が過給機の断面図になります。過給機については、エンジン側のシリンダ、排気ガスを受けて駆動力を得る流れと、このオレンジで示している流れと、エンジンの燃

焼用空気を圧縮して送り込む青の矢印の大きく二つの部分から構成されます。エンジンの排気を供給される側については、我々、タービン側と申しております、右上の矢印から入ってきまして、タービンノズル、こちらによって駆動力を得て、こちら反対側のほうから排気出口、こちらについてはサイレンサーを通じて外気へ放出されます。

また、反対のエンジンを供給する給気については、外気から取り入れた大気をインジェーサ、インペラ、こちら二つの羽根を通して断熱圧縮、こちらを起こした後、若干空気が温かくなりますので、空気冷却で冷ました後、エンジンの各シリンダへ供給されるといった構成となっております。

次に、第2章として原因調査の状況を御説明いたします。

本件、事象発生した当時については、特段大きな警報が発生していなかったこと、また、外観上も異常がないといったところで、そのとき、事象発生時に確認された異音と出力低下、大きくこの二つの要因からディーゼル機関及び発電機全般について幅広く調査をしたものです。

大きく要因については17、こちら整理してございますが、このうち異常が確認されたものについては、要因4、過給機の異常というところが確認されてございます。それ以外の要因については、現場の確認としては異常は確認されてございません。

次に、こちら要因4、過給機の異常の結果について御説明いたします。

過給機については二つ、R側とL側でございますが、パーツですね、現場に、D/G機関に過給機を設置したままカバーを外した状態で異物等、折損等がないかどうかを確認したところ、R側に部品の損傷が確認されてございます。また、その際、ハンドターニング、手で回るかどうか確認をしたところ、本来であればスムーズに回るものが回らないといったものもR側に異常が確認されてございます。

一方、潤滑油については、性質としては異常がないと、いわゆる金属粉等は確認されたのですが、この軸固着に至るような潤滑油としての性能はきちんと担保されていたというところが確認されて、潤滑油の性状としては異常なしということが確認されております。

こちらが過給機をD/G本体にまだ設置したままで、カバーを外した状態で撮影した写真になります。こちらの写真については、タービン概要図のタービン側、こちらの反対側のカバーを外した図になります。写真方向は向かって右からとなります。

写真三つあるうち一番右側、こちらが健全側のL側の写真を写したものになりますが、真ん中の下に突起物がございまして。この突起物を両側から挟み込む形で若干濃い緑っぽいものが軸受押さえ回り止め部といったものですが、こちらが通常固定された状態にあるのですが、R側のカバーを外して確認したところ、この突起物が折損してございまして、270度回転しているといった状況が確認されてございます。

ロータ自体が一番左の写真でお示ししますとおり、時計方向に回転をしておりますが、この中にベアリングがあるといったところで、このベアリングのほうで回転が逆になりますので、部品を折損した、本来では回らない、この緑色の部品が270度回転したというふ

うに想定されています。

真ん中のところが270度回転して、そのものの図面になります。本来であれば、こちらの突起物は二つあるはずですが、赤点線矢印の中に入っている突起物が折損して下部のほうから回収されているといったところで、こちらの回り止めが折損しているというところで、この緑色の部品がフリーになった状態といったところで回転してしまったものというふうに想定してございます。

次に、全体の調査から異常が確認された過給機について工場による分解調査をしてございます。大きく軸が固着する要因としては、回転体そのものの異常もしくは軸受の異常、大きく二つに整理できますが、それぞれが起こり得る異常について各パーツについて点検をしてございます。この点検の結果、各パーツに損傷等が確認されてございますので、大きなポイントのみ御説明させていただきます。

まず、こちらの写真ですが、こちらはタービンブレードと呼ばれるものです。図でお示ししますとタービンの右側、こちら赤いパーツがちょうどこちらの羽根の部分になります。こちらはタービンブレードと呼ばれるものなのですが、ちょうどこの写真で一番上、いわゆる0時方向のところのブレード1枚が折損しているということが確認されてございます。

また、このタービンブレードから見て回転の後方側、こちらの羽根については時計方向に回りますが、恐らくこのタービンブレードが折損した際に傷つけられるだろう後方側の4枚の羽根の先端が曲がっている、めくれているといった状況も確認されてございます。

こちらの右側の写真が回収された、折損したブレードの破片になります。こちら破片については、タービンブレードの破面分析、あとは残りのタービンブレードの浸透探傷検査、または折損に関する応力解析を行うということで調査を進めております。

次に、同じくタービンブレードになりますが、こちらには各タービンの回転中に振動を抑制するレーシングワイヤといったものが設置されております。レーシングワイヤについては、内周・外周、それぞれ内周・外周とも180度ずつ2本なので、計4本のワイヤでこのタービンブレードの振動が抑制されています。

そのうち外側のレーシングワイヤについては、0時～3時ぐらいまでの方向が切断して紛失していると。内側のレーシングワイヤについては丸々1本分、大体10時～4時方向分が丸々脱落しているといったことが確認されております。

次に、こちらがブロワ側と呼ばれるものになります。こちらについては、外気から取り入れた空気を圧縮して、エンジンのシリンダへ燃焼空気として送れるものになります。こちらについては、インデューサ、インペラ、大きく2枚の羽根から構成されておりますが、こちらについても一部接触した跡が確認されてございます。図で示しますと、紫色のこの2枚になりますが、こちらの外側にケーシングがございまして、恐らくこのケーシングと接触したものといったところで、接触痕が6時～11時、半周ほど確認されてございます。

次に、こちらが軸受のベアリングになります。ベアリングについては、大きくタービン側に一つと、ブロワ側に一つ、大きく二つ設置されてございますが、こちらについてはタ

一ビン側のものになります。写真に示しますとおり、この全体、黄色い部分の溝が切つてある部分がシャフトと一緒に回転します。こちら黄色に塗られています、こちらが保持器と呼んでおりますが、こちらと一緒に、タービンの軸と一緒に回転します。こちら下のほうにある円柱状のものをローラベアリングと呼んでおりますが、こちらが、さらに外側の固定部分と接触して、円滑な回転を指示するといった構造部材になります。

こちらローラベアリングの幾つかが右側の写真のように完全に片減りしている、潰れてしまっているという状況が確認されており、完全にこのローラベアリングは回転に対する機能を失っているということが確認されてございます。

なお、反対側の、ブロウ側のベアリングについては手でも回るといった状況で、大きくは回転に対する機能を失っているということは確認されてございません。

次に、こちらがシュラウドリングとノズルリングの写真になります。場所としては、こちらタービン側の写真のうちピンクのものが、こちらの上半分、羽根がついているものになります。下側にあるシュラウドリングと呼ばれるものは、ちょうど赤い範囲の下にある紫色の部分になります。ちょうどタービンブレードの外周を覆うような形にあるものがシュラウドリングになります。こちらについても接触痕、打痕等が確認されております。

大きくノズルリングについては、大体6時方向、こちらのほうに羽根が大きく削れている、完全に割けているといった状況が確認されて、金属光沢が確認されてございます。

また、シュラウドリング、ちょうどこちらの上ですが、タービンブレードが回転するといったところと同じ場所に当たるのですが、大体真下6時方向のところに大きな打痕が確認されております。現状として推定していることは、恐らくタービンブレードの羽根が折損した際に、こちらに大きく衝突したものであったところの接触痕というふうに考えてございます。

次に、こちらが全体を青で示していますタービンのロータシャフトの写真になります。このロータシャフトについては、タービン側とブロウ側、大きく二つのパーツで構成されておまして、この二つのパーツを、こちらのロータシャフトフランジ部といったところでねじ止めされております。本来であれば、このねじ止め部は、完全にシャフトフランジ部は隙間がないといったものなのですが、工場の分解調査の結果、0.5 mmほどのスペースがあいているといったことが確認されてございます。

また、こちらのボルトについては、緩みが確認されていないといったこともございますので、何らかの大きな力が加わったことにより、このシャフトフランジ部に隙間ができたといったことを推定してございます。

こちらがシャフトシュラウドと呼ばれるもので、この青い軸のロータをエンジンからの排気の熱から遮熱するといった役割についている円柱と扇形の二つの形状から構成されている一つのパーツになります。こちらについては下半分が大きく欠損している、割れているといったところが確認されてございます。この破損した部品については、こちらの緑色の下側、ちょうどこちらのところで大きく三つに分かれて回収されてございます。

こちらが、当初、発電所での調査においては異常がなかったL側の写真になります。L側の過給機についても比較検討等の観点から工場で分解調査をしたところ、タービンブレード、同じくエンジンの排気から駆動力を得るタービン側、赤い羽根の部分の全周に接触痕が確認されております。この羽根の端部、金属光沢がある部分が接触痕というところですよ。

反対側のシュラウドリングといったところについては、6時方向のみに接触痕が確認されてございます。この理由としましては、シュラウドリング自体が一部冷却されており、特にこの下部が、冷却効率がよいというところで、シュラウドリング全体としては、あまりこちらのほうが熱の影響を受けにくいといったところを考えてございます。

こちらのL側の過給機については、恐らく熱膨張によるものと、あるいはR側過給機のタービンの振動等によるものというふうに考えてございますが、引き続きこちらのメカニズムについても調査をしたいというふうに考えてございます。

こちらがタービンブレードの折損部を破面観察したものになります。破面自体については真ん中下、こちらの写真、我々、ファツリー部と呼んでございますが、タービンの羽根をロータシャフトに埋め込む部分のものの取り出したものになります。山部と谷部、大きく三つぐらいの山と谷から構成されており、こちらをロータシャフトの根元に埋め込むことに、機械的に遠心力を保持するといった形状になってございます。

こちらのうち、破面が恐らく発生したであろうというふうに推定されているところが、いわゆる谷部の中央付近で、回転体としては矢印、写真の上方向に回転するといったところで、反対側ですね、圧力を受けない背側から亀裂が進展したといったところが確認されております。

真ん中の写真については、大きく二つの色に分かれておりますが、こちら現場で回収したものの洗浄後の写真になります。恐らくこちらの少し黄色みがかかった部分については若干ススで汚れているといった部分。下は、銀色の部分についてはあまりススで汚れていないといったところで、最終的に破断に至った部分というところと推定してございます。

大きく起点については、ファツリー部の谷部、中央付近といったところで、今のところ、二つほど推定されてございます。それぞれ①②というふうにお示ししてございますが、①については真ん中のくぼみ部、②についても真ん中上部のくぼみといったことで、物質としては非金属系の介在物といったところを推定してございます。大きさについては、こちらの白いほうが10 μm というところで、いずれも10 μm 程度の大きさというふうに考えてございます。縮尺はいずれも1,000倍となっております。

こちら、若干色が黄色くなっている部分、こちらをさらに拡大してみますと、いわゆる疲労破壊に典型的なストライエーション状の様相が確認されてございます。また、こちらの金属光沢の部分については、延性破壊時に特徴的に見られるディンプル状の様相が確認されており、タービンブレードの折損については大きく疲労破壊が支配的だったというふうに考えてございます。

これまでの調査結果のまとめになります。折損したタービンブレードについては、疲労

破壊を示すストライエーション状の模様が確認されてございます。

こういった疲労破壊を起こすといった観点から、本来であれば、この振動等を抑制するタービンブレードと直接接するレーシングワイヤ、こちらにも破断が確認されてございますが、こちらのレーシングワイヤについても、起因の事象として可能性が高いといったことを考えて、引き続き破面観察等を、調査を進めることをしてございます。

タービンブレードの折損あるいはレーシングワイヤの破断、それ以外の部位の接触痕等については、疲労破壊等に発生したものに比べて時間軸として極めて短い時間で発生したもの、いわゆる金属光沢等があるので、ススによる汚れはあまり長時間受けていないといった、そういったところを踏まえると、従属的な事象であるというふうに考えてございます。

以上まとめますと、疲労破壊、ある一定の時間経過が必要な事象、こちらが起因事象というふうに考え、その他の部位の損傷は従属的な事象であるというふうに考えてございます。R側の過給機の軸固着、こちらの起因事象としては、現在のところ、「タービンブレードの折損」または「レーシングワイヤの破断」、大きく二つ、こちらまで絞り込んだ上で今後の調査を進めていきたいというふうに考えてございます。

次に、これまでの調査である程度目処をつけた起因事象「レーシングワイヤの破断」と「タービンブレードの折損」、こちらの二つを軸としまして、事象の推定メカニズムあるいは今後の調査のまとめ、方針について御説明いたします。

まず、我々、事象発生当時、大きく警報等が発生していない、あるいは外観上、特段異変がないといったところから、広くディーゼル機関の調査をしてまいりました。その結果、R側の過給機の軸固着といった異常が確認され、さらに、その工場調査の結果から、部品についてはレーシングワイヤの切断あるいはタービンブレードの根元部の折損、大きく二つを起因事象として整理してございます。

この大きく流れで整理しますと、まず、何らかの理由でレーシングワイヤ切断あるいはタービンブレードのファツリー部が折損、これにより、過給機の軸、ロータシャフトがバランスを崩し、振動が増大し、ロータシャフトが一部曲がったということを考えてございます。その曲がったことにより、ベアリング等に過度な力がかかり、ベアリングが既に回転できない状況になったといったところで、R側の過給機のロータが固着したといったところを考えてございます。ここまでがR側の過給機の単体で起こった事象というふうに考えてございます。

それ以降、R側の過給機の機能を失った以降は、ディーゼル機関全体の事象になります。R側の過給機の機能を喪失したことによって、エンジンの片側、9気筒分の燃焼室への送気あるいは排気が遮断されてしまいます。そうすると、R側が普段受け持っていた仕事、こちらの分が全てL側のほうに乗かってしまうといったことになって、L側の負荷が大きくなると。その観点から、機関出力が低下ということになります。やがてR側がもともと持っていた負荷をL側では背負い切れなくなったといった観点で、やがて発電機のほうが、

出力が0 MWに低下したといったところを整理しています。

事象としての流れとしては全体を大きく整理しておりますが、この事象については、以降、R側過給機単体としてのメカニズムと、R側が機能喪失したことによりディーゼル機関の出力低下、ディーゼル機関全体の事象、大きく二つに分けて整理をしております。

こちらR側過給機の断面図について、R側過給機の軸固着に至ったメカニズムを御説明いたします。

まず、左上の①番です。何らかの理由により、この何らかの理由についてはレーシングワイヤの破断あるいはタービンブレード根元部の折損、いずれかを今後調査しますが、それによりレーシングワイヤの切断をしたものというふうに考えてございます。

レーシングワイヤが切断したことにより、②番、タービンブレードの振動が上昇して、ファツリー部、いわゆるタービンブレードの根元部に応力が集中したと考えており、③番、やがてタービンブレードの折損に至ります。

次、④番、右下にあります。タービンブレードの折損片がタービンブレードとシュラウドリングの間に入り込むと。場所で言うと、赤い羽根と紫色の間になります。こちらについてはシュラウドリングのほう、紫色の部品についても6時方向に打痕が確認されていたり、右側のピンクの部品、ノズルリングについても接触痕が確認されておりますので、こちらに恐らく折損したタービンブレードの羽根が接触したのだらうというふうに考えてございます。そのタービンブレードの折損部については緑側、左側のほうに落下して回収をされております。

一方、⑥番になります。タービンブレードの折損片の小さいものですか、タービンブレードが破損したことにより破断したレーシングワイヤ、こちらについては排気側へ移動し、こちら後方側、下流側の排気管より回収されてございます。

次に、⑦番になります。左下です。タービンブレードが折損したことにより、バランスを失ったシャフトの振動が増加、いわゆる径方向に振動が増加したものと考えられます。

ロータシャフトの振動が増加したことにより、大きくいろんな場所で接触が起こりますが、⑧番としては、こちら青いシャフト部分と紫色のシャフトシュラウド、こちらのところで接触をしたといったところも考えてございます。こちらのほうは、部品のほうから接触痕が確認されてございます。

また、ロータシャフトの振動により、この紫色の部品、インデューサ、インペラと、こちら外側、茶色部分のケーシング、こちらのほうも接触したと考えられ、分解調査から接触痕が確認されてございます。

次、⑩番になります。こちらは先ほど写真の説明は割愛しましたが、こちらのシャフトシュラウド、こちらを取りつけているボルトにも緩み、あるいは脱落が確認されており、こちら緑色部の下部のほうに落下しているものが確認されております。こちら、回収されたボルトについては、ねじ山等にあまりススで汚れた状況がなく、金属光沢が確認されており、あまりこういった排気の中に長時間さらされたといったところのものではないとい

うふうなことを考えてございます。

次に、⑪番になります。ロータシャフトフランジがシャフトシュラウドと接触して隙間が発生したというふうに考えてございます。隙間が発生したフランジ部、こちらになりますが、こちらについてはシャフトフランジ部との、いわゆる支えと通常は接触してございませませんが、クリアランスとして数mm程度、ロータシャフトの振動が大きくなることにより、この紫部分と接触したのだらうというふうに考えております。その接触により、こちらのシャフトのフランジ部に隙間が出たというふうに考えてございます。

次に、⑫になります。シャフトシュラウド下部が破損してございます。こちらについては紫色のパーツの下側になりますが、こちらについてもロータシャフトの振動の増加により接触、破損したものだというふうに考えております。破損した部分については、ちょうど下部、この緑色の一番下の辺りで回収されてございます。

次に、⑬番です。こういった一連のロータシャフトの曲がり、バランスの崩しにより、回転体とそれぞれの隙間が特に小さい部分なので大きく強く接触したといったところが考えられます。先ほど御説明差し上げましたパーツ以外にも大きく接触痕等が確認されておりますので、その一つの傍証というふうに考えてございます。

最後に、⑭番になります。回転体とケーシング、こちらが接触したことにより、こちらタービン側のベアリングに過度な力がかかり、こちらの回転体、ローラベアリングが潰れてしまった、片減りしてしまったといったところで、ベアリングとしての回転体としての機能、こちらが失われ、固着したものだというふうに考えてございます。

以上が過給機の軸固着に係るメカニズムになります。

続きまして、ロータ側の過給機、こちらが軸固着したことにより、エンジンの出力がゼロに至った時系列、メカニズムになります。

まず、R側、ロータ軸固着によりディーゼル機関半分9気筒分についての送気機能あるいは排気が妨げられるという状況となりました。

②です。過給機とR側とL側は、給気と排気ラインがそれぞれ分離してございますので、L側への送気のまま運転としては継続されていましたが、やがてR側の燃焼室への送気ですとかエンジン出力の排気、こちらがほぼ遮断されたことにより、それまでR側が担っていた負荷を全てL側で担うといったことになりました。そうすると、L側に過剰な負荷がかかるといったところで、やがて機関回転速度を低下させるといったように働くというふうな動きになります。

次に、③番です。機関としては、負荷が大きくなって回転速度が下がる方向に動くのですが、実際は系統と連携しておりますので、いわゆる50Hzを保つためにエンジンとしてはほぼ500回転を維持しようと動きます。そうしますと、回転数を維持して、どこかでその失った力、過度に使った負荷をしようとすると、いわゆる発電機の出力を低下させるといったところに動作します。

④です。やがて、回転数一定のまま、その過剰だった負荷を補う観点から、発電機の出

力がゼロ近傍まで急激に低下したというふうに考えてございます。

その後、運転員のほうがD/Gの解列操作を行ったことにより負荷状態となり、いわゆるアイドリングの状態が継続されたというふうに考えてございます。

これまでのメカニズムの中で、L側の過給機、こちらのタービンプレードの全周に接触が確認されておりますが、こちらについても、L側のほうに大きな負荷がかかった、あるいはR側の過給機の振動等により発生したものというふうに推定がございしますが、今後さらにメカニズムを整理する上で、L側についても整理をしたいというふうに考えてございます。

最後、まとめになります。これまでの調査においては、過給機、R側・L側、こちらを除きまして、ディーゼル機関及び発電機側に異常は確認されておらず、大きく「発電機出力低下」に至る原因としては、現時点では「R側過給機の軸固着」、こちらと推定してございます。

なお、ディーゼル機関については、R側過給機の破片等の波及影響あるいはL側過給機のタービンプレードに接触痕があった、こちら原因調査の観点から、エンジン本体の給排気系、あるいは機関のシリンダ等の調査を進めることとしてございます。

チェック三つ目です。「R側過給機の軸固着」については、これまでの調査から、「タービンプレード付け根部の疲労破損」または「レーシングワイヤの破断」のいずれかというふうに推定がございします。また、その他の破損部位については従属的な事象というふうに整理してございしますが、引き続きレーシングワイヤの破面調査等を進め、原因の特定、メカニズムの整理を進めるというふうに考えてございます。

最後です。現時点で原因の特定には至っておりませんが、R側過給機、残るブレードについても浸透探傷検査等を進め、疲労破損の原因あるいは水平展開の対象等を含む調査を進めたいと考えてございます。

以上の調査方針に基づき、本事象の原因及び再発防止対策、水平展開事項を取りまとめ、現時点では12月中旬を目途に報告をしたいというふうに考えてございます。

以上、御説明でした。

○古金谷安全規制管理官 東京電力、どうもありがとうございました。

では、これから質疑応答に入りたいと思います。それで、今回は中間的なものということですので、我々としても、まだこの内容を評価するということはできないと思っておりますので、むしろ事実関係の確認、まだ調査中だということも多々あるかと思っておりますけれども、その辺幾つか御説明いただいた内容を踏まえて、ちょっと確認したいことについてこちらから御質問させていただきたいと思っております。

では、特に原因調査と事象概要というふうに大きく二つに分かれると思っておりますけれども、恐らく質問の多くは原因調査のところかなと思っておりますので、まず事象概要のところでは何か確認しておきたいことがございましたらお願いしたいと思いますけれども、どなたかいかがでしょうか。

杉山さん、お願いします。

○杉山主任監視指導官 実用炉監視部門の杉山です。

ちょっと根本的な話を聞きたいのですが、その異音というのはどんな音で、何回ぐらい出たのか、というのと、その異音と解列操作の間の時間ってどのぐらいなのか、はかっているかと思うのですが、どの程度だというのはヒアリングか何かで聞かれていますでしょうか。

○土田東京電力第一運転管理部発電G GM 東京都電力、土田です。

まず、一つ目の御質問の異音についてですが、音質的には、ウォーンといったような低周波的な音を現場と中操それぞれ確認してございます。

あと、それで、定格出力に15時5分に到達しまして、その後、データをとったときには異常なく、15時16分にこの異音が発生しました。それから1分以内に解列操作、あとディーゼル発電機の停止操作というところまで1分以内で実施しておりますので、解列までの正確な時間というのはつかんでおりませんが、事象としましては数十秒単位で判断して実施しているというところなんです。

○杉山主任監視指導官 ありがとうございます。そのウォーンというのは、要するにイメージ的にどんな、金属がすれるとか、それとも何か中操までそのウォーンというのが聞こえるかというと、どんな音だったのかなというのがちょっと何か想像つかないのですが、教えていただけますでしょうか。

○土田東京電力第一運転管理部発電G GM 聞き取りでは、中操の操作員から聞いた話ですと、やはり低周波というようなことを言っておりましたので、音質的にはウォーンといったような、それ以上ちょっと表現できないのですが、よろしいでしょうか。

○杉山主任監視指導官 ありがとうございます。

○古金谷安全規制管理官 ほかに何か。

はい、古作さん。

○古作課長補佐 検総課の古作です。

今の点でもうちょっと教えていただきたいのですが、中央制御室と現場、両方で異音を確認ということですが、現場の方はその低周波的な音のほかに、タービンブレードの破損による機械音みたいなところというのは聞いていないのかということと、その異音で手動操作で停止操作をしているという話ですが、その操作によって出力が下がったというのか、機械的なところで下がり、下がった後に停止操作に入ったというのか。この4/68ページだと、順番に書かれてはいるのですが、時系列としてどういう状況なのかをもう少し詳しく教えていただけますでしょうか。

○土田東京電力第一運転管理部発電G GM 東京都電力、土田です。

時系列を詳細に御説明いたします。

15時16分に異音が発生して、現場の操作員の聞き取りでは、ディーゼル発電機100%出力ですと、部屋の中はもう振動と騒音でかなり大きな状況なのですが、それに加えて今ま

で聞いたことのないような異音といいますか、それが感じられたということをおっしゃっていました。

詳細な時系列は、まずは、異音が発生して中操の操作員は指示計の値を確認しております。異音発生時には、発電機出力、あと電流の変化がないことを確認しております。その後、異音が消えてから若干、出力が6.6 MWから6 MW程度まで下がったことを確認してございます。そのタイミングで中操のほうにディーゼルの故障警報が発生しまして、それでちょっと視線を切って、次に指示計を見たときには、もうディーゼル発電機の出力はゼロに下がっていたというところなんです。

それを確認し、遮断器がまだ入っている状況というのを確認し、当直長に遮断器を開放することを進言し、当直長の許可のもと、遮断器を開放。そのタイミングで自動火災警報器のプレアラームというのが発報いたしまして、これもディーゼル発電機室のエリアということで、これも聞き、すぐに停止しろということで、指示のもと、ディーゼル発電機を停止したといった時系列でございます。

よろしいでしょうか。

○古作課長補佐 ありがとうございます。確認しますと、この資料に書いておられますように、一瞬、目を切ったといったところで0 MWに機械的に落ちていて、その後、解列操作に入ったということで理解をいたしました。

1点、今の説明の中で追加で教えてほしいのは、6.6 MWから6.0 MWに落ちていたといったときに、異音が落ちついたというような話をされていましたが、それは中操の方でしょうか、現場の方でしょうか。

○土田東京電力第一運転管理部発電G GM 東京電力の土田です。

これは、中操の操作員の証言でございます。異音が止まってから、異音が消えてから6.6 MWから6.0 MWまで下がっているところは確認しているという話でございます。

○古作課長補佐 ありがとうございます。後ろのほうの御説明とあわせると、その時点ではL側が大分頑張って運転をしていたという状態だとは思いますが、それで異音は落ちつくというのがどういうことなのかなというのが若干わからなかったのですが、何か、そこら辺で推定とかがあれば、お聞かせいただけますか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本と申します。

事象が発生して異音が発生しているところというのは、恐らく、まだ完全にR側の過給機が止まり切っていない状態だと思ってしまして、それが完全に止まり切った状態が異音が止まった状態、そこからの時間的なものというのは、完全にR側が不完全燃焼状態から未燃焼状態になって、さらに、それが全面にR側が不可になっちゃう状態までのわずかな、本当に10秒足らずの時間ですけれども、その時間だけが唯一、見られた出力だったのかと推定しております。

○古作課長補佐 ありがとうございます。

○古金谷安全規制管理官 ありがとうございます。

ほかに事象概要のところでもどなたか御質問ございますか。

では、小坂さん。

○小坂企画調査官 実用炉監視部門の小坂でございます。

今、古作の質問の中にもありましたけれども、やはり異音だとか、それからあと、ディーゼルの上部に灰色のもやが出たりとか、それからあと、パワーポイントの説明にはなかったかと思えますけど、2-1の1/20の表の欄外のところとかで見ると、動弁注油タンクの油面低の警報が出ていたりというふうになっているのですけれども。ここについては、この資料を見る限りでは、発電機出力の低下と直接関係ないということなのですけれども、やはり、油系のところまで影響が出ているというのは、まあ先ほどの説明の中にもなかったもので、その辺の整理がどうなっているのかなというのが、ちょっと、今わかる範囲で結構なのですけれども、わかれば教えていただきたいというのと。

もう一つ、潤滑油に関してもいろいろ調べていらっしゃるのですけれども、やっぱり金属粉が認められたという記載があるのですけれども、その金属粉というのは、今回、問題ないというふうにされているのですけど、通常、潤滑油ですから、それなりの金属粉は入ってくるのですけど、それと比べて大差がないので問題がないということで判断されているのか、この油関係のところをちょっと教えていただければと思います。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本と申します。

まず、動弁注油タンクの警報値であったりとか、あと、白いもやみたいなところは、まだ確定的なところでわかっているところはありませんけれども、一時的に動弁注油タンク油面低については、油のタンク側への戻りが遅くなるような何か事象が起きたのだろうと。最終的には、事象が終わった後には動弁注油タンクのレベルは通常と同じように戻りますので、一時的な変動だったと思っておりますけど、そこはまだ、これから確認していかなければいけないと思っております。

あと、油の中のきょう雑物、特に金属粉については、まず、通常の機関の潤滑油の中の油と今回の過給機の中での油とは独立したところになります。過給機の油のところは完全にクローズしたところ、閉空間の中で油を供給しています。そこで見つかっている金属粉については、我々は異常でないとは思ってなくて、明らかに金属粉の中でも特に一部、銅合金に近いものが見受けられますので、こちらのほうは、恐らく過給機のベアリングの保持器とかに使われていますので、そこが削れて出てきているのだろうと思っております。ここは異常だと思っております。

ただし、機関側のほうの油の性状については、基本的には目立ったような性状の変化が見られていませんので、こちら側は異常がないと認識しております。

以上です。

○小坂企画調査官 実用炉監視部門の小坂です。

ありがとうございます。ということは、油系についても、今後、また調査を進められるということでもよろしいかと思えます。

あと、今度は油系のポンプのほうなのですけれども、資料の2-1の12/20とかを見ますと、冷却水ポンプのほうの点検はやられて異常なしになっているのですが、潤滑油系も何か異常が出ているので、潤滑油のポンプについては、特に点検、調査等はされる計画はないのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本と申します。

まず、こちら潤滑油側のポンプということですが、過給機側の軸受に油を供給している軸づけの油ポンプについては、単体の試験確認を今、行っているところです。ただし、恐らく、こちら側は今のところ問題はないだろうと。外観上、特に異常が出ているものではありません。

一方で、通常の油を供給するポンプについては、停止後も通常の運転をしていましたので、こちらにも異常がないと考えております。

以上です。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。軸づけのほうのポンプは、今、点検していらっしゃるということですので、また追って、正式に資料の中に入れていただけるということでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

そのとおりでございます。

○小坂企画調査官 続いて、よろしいでしょうか。実用炉監視部門の小坂ですけれども。

あと、事象の調査の2-2のほうで過給機の軸固着のところをいろいろと調査をしていたのですが、シャフトといいますかロータのところ、この表を見ますと、ロータの偏心とかというのはバーになっていたりするのですが、何らかの形で振動が大きくなって、いろいろと接触したり破損したりとしているのですが、もともとの原因としてワイヤが切れたりとかブレードが破損したりというところを一つの起因事象として今お考えですけれども、そもそもロータ自体がどうだったのかということもあるのではないかなというふうにも考えていますし、現状もロータは全然問題なく健全であるかということ、やはり見ておく必要があるのではないかなと考えてはいるのですが、その辺のお考えはいかがでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本と申します。

ロータについては、まず、先ほど安達のほうから説明しましたように、隙間があいていました。こちらのほうは、それを締結しているボルトに緩みがありませんので、恐らくボルトの伸びだろうと。今、最終的に工場側に持ち込んで緩みがないことを確認した状態で、隙間が戻っちゃうぐらい本当に全く緩みはなかったような状況です。

一方で、今回、最初に要因分析をしたときのロータの偏心というのは、ロータに直接的な曲がりがないかどうかということ、これを推定しております。こちらのほうについては、まだ完全に工場側で、今、徐々にタービンのブレードを外しながら調査をしていく最終段階のところ、軸が健全だったかどうかということを確認してから、また報告させていただいた

いと思っております。

以上です。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。では、今のところ、細かい表の参照ページのところ、まだ番号が入っていないというのは、これから調査をされていくという理解をすればよろしいということでしょうか。

○安達東京電力原子力運営管理部運転管理G GM 東京電力、安達です。

こちらの資料のバーの意味ですが、要因として潰しているという意味ではございませんので、この要因分析については、これからも調査をした上で各要因を正式に、起因として考えられるのか、あるいは排除できるのか、そういった観点できちんと整理をしたいと考えてございます。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。では、追って、また、その辺の御報告を確認したいと思います。

よろしいですか。そのときに、ブレードは、今回、根元のところで折れているのは1本だけだったのですけれども、今、ロータからブレードも抜いて、ロータのたわみとか変形を見られるのでしょうか、抜いたブレード、ほかのブレードは問題ないかというところも確認はされるのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

L側、R側、健全だった、健全だといいながらブレードが接触していますけれども、固着していない側の過給機も含めて、全数のブレードについては、抜き取った後に外観、非破壊検査を行う予定をしております。

以上です。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。では、また追って、その辺の御報告をお願いいたします。

私からは以上です。

○村野東京電力原子力運営管理部部長 東京電力、村野です。

今の御質問の件で少し補足をさせていただきますが、ロータの偏心につきましては、先ほどちょっと隙間があいている部分がございます。ああいったところのボルト関係について、特に今後、注視して調査を進めたいと思っております。その点については、また御報告いたします。

以上です。

○古金谷安全規制管理官 ありがとうございます。

途中から、ちょっと原因調査のほうも含めてということで質疑が入っていききましたけれども、特に概要のところ、もう御質問がなければ、どんどん原因調査のほうでの質疑応答に入りたいと思いますので、御質問がある方。

古作さん。

○古作課長補佐 検査監督総括課、古作です。

原因分析もいいよというふうにお話をいただいたのですが、時系列で、もう一点だけ。今のやりとりとも少し関連するかなと思って、明確にしておいていただければと思うのですけど。

発生時の15時16分に動弁注油タンク油面低という警報が出ているということで、今、少し御説明の中で一過性のものかなというような御説明もありましたけれども、これがどこの弁に供給をしているものなのかといったところで、別個のところにも供給しているとかと言われていたところもありましたので、この警報の関係性を少し説明をしていただけますでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM ここていうところの動弁というものは、機関側、エンジンの燃焼している機関側の給排気とかの部分に供給されている油になります。今回、別だと言ったのは、過給機側は完全に独立したところなので、機関側のほうの動弁の動きの中で何か過渡的に問題があつて、それで戻りが少し遅くなってレベル低が出たのではないかと。循環しているわけですから、戻ってくる油が途中で閉塞した形になって動弁注油低が出たのではないかとはいっていますけど、そこを確認していきたいと思っています。

○古作課長補佐 わかりました。念のため確認ですけど、一時的に低が出ただけで、機関が停止したときには油面は戻っていたということでよろしいですか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

そのとおりでございます。

○古作課長補佐 ありがとうございます。

それと、もう一点。原因分析側に少し入ってしまうのですけれども、これも先ほどのやりとりでちょっと気になったというか、明確にしておいてほしいなというところがありまして。58/68ページの2-5で至近の点検記録といったことを記載いただいているのですけれども、これ、記録といいながら内容はやること書いてあるだけで、実際の状況がわからないのですけれども。これで軸の偏心なりがあればどうなのかとかという話も恐らくされているのだと思いますので、その状況とかを少し御紹介いただけないでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本でございます。

こちらのほう、過給機のほうも、基本的には定期検査、ここでいうところの5サイクルに1回というタイミングで現場のほうで分解点検を実施しております。その際に、今回、工場側で分解するのと同じような手順で分解をしておりますけれども、その際に分解部品の清掃等を行った後に目視点検で異常がないこと、あとPT検査、浸透探傷検査をやっているのですけれども、このときの条件というのは、あくまでもブレードを軸側から外すわけではなくて、軸についたような状態で浸透探傷検査を行っています。ですので、今回、亀裂が発生したと考えている箇所は、このPT検査では確認することはできない部位になります。

また、軸の偏心等は、現場のほうでは、この点検のときには、はかっておりません。

あとは、全体的な締めつけの確認とかも、基本的には、外観上、異常がないかどうかと

か、最終的に分解したところ自身の締めつけの確認は行っておりますけれども、その記録の中になってしまいますけれども、今回の緩んだ箇所についてとかの回り止めがついているのですけれども、その異常とか緩みとかは記録上は残っていますので、恐らく、そのときには異常がなかったのだと考えております。

以上です。

○古作課長補佐 ありがとうございます。2点、確認なのですが、PTは、このPTだと、どの部位をPTをやっていたということなのかということ、今後、調査を全数やるというお話をされていたPTは、どの部分をやるといったことを教えてください。

もう一点は、偏心を見ていないということなのですが、いろいろな摺動もあるような部位があると思いますので、そこら辺のクリアランスなんかもはかっているということなのか。2点、お願いします。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM まず、今回の点検で、このページですね、37/68ページにタービンのほうがありますけれども、今、タービンの軸にタービンの翼がついた状態で浸透探傷検査を行いますけれども、今、見れるところのブレードというのは、翼の根元から先端まではPTを行いますけれども、今の根っこの部分の山型になったファツリー部と言われるところは浸透探傷検査の範囲になっておりません。あと、シャフトのほうは浸透探傷検査の範囲になっておりますので、そこは見れております。浸透探傷検査の範囲としては以上です。

今回は一つ一つ羽根を外しますので、ファツリー部と言われる山の部分、山、谷の部分の、今回、亀裂が発生したであろうと思われるところについても浸透探傷検査を行うということになります。

定期検査時のクリアランスですけれども、特に、クリアランスで重要と考えられるインペラとかラビリンスとかの回転体の部分と主要なところのクリアランスの計測は行っております。

以上です。

○古作課長補佐 わかりました。ありがとうございます。

最初のほうのやつ念のため確認なのですが、組み立ててある状態での表面全域は検査をしているということだけでも、組み込んでいる中の部分がやれていないということだと理解をしました。

今回の破損断面の部位なのですが、ブレードの根元というよりはファツリー部という、組み込んでシャフト側というのですかね、板になっているところとブレードの接触をしている部分ということによろしいのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

今、おっしゃられたとおりでして、ブレードの根元ではなくて、ブレードの根元の下の部分の段差の第一段目の部分ということになります。

○古作課長補佐 わかりました。ありがとうございます。

○古金谷安全規制管理官 ありがとうございます。

ほかにどなたか。

では、小坂さん。

○小坂企画調査官 実用炉監視部門の小坂でございます。

今、古作のほうからちょっとメンテナンスのときの話があったかと思うのですがけれども、資料では2-5のところに至近の点検記録ということで、点検内容、項目は上げていただいているのですがけれども、具体的にどこまでやられたのかというのと、検査として何をやられたのかというのがちょっとわからないので、何かまとめた資料、参考でも結構ですがけれども、次回、添付していただければと思います。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

了解いたしました。

○小坂企画調査官 その中でちょっと質問させていただきたいのですがけれども、今、括弧書きで、現在、長期停止中ですので特別な保全計画になっているのですがけれども、通常であれば5サイクルに1回ということなのですが、特別な保全計画で360時間というのは、サーベイランスの時間をどれぐらいにとるかによって運転時間が変わってくると思うのですが、これは、ざっくり言うと、年数で言うと、どれぐらいの感じなのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本と申します。

まず、特別な保全計画の中では、現在、このディーゼル発電機は状態監視保全、まずは前提としてはサーベイランス時の状態監視保全というものになっております。さらに、自主的なところで360時間の分解点検の頻度を設けているというのが保全計画上の位置づけになります。

続いて、時間数の考え方になりますけれども、およそサーベイランス時間、それぞれサーベイランスの時間はばらつきがありますけれども、ここで、もともとの5サイクルと言っているところでの時間数としては180時間ぐらいになります。なので、360時間ということになりますと、およそ倍ぐらいの時間、期間的には年数になるということになります。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。ということは、大体、通常の運転中というか、運転していく定検とかが入ってくる5サイクルに比べると、2倍近く点検周期が伸びているということでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM そのとおりでございます。

○小坂企画調査官 わかりました。ありがとうございます。

あと、原因分析のところではちょっと確認をしたいのが、破面観察のところなのですが、さっき御説明いただいたように、①が起点部というふうに今は見ていらっしゃるということですね。2-3の19/19ですが、ここに破面がありますが、③は確かに疲労破面の様相を呈しておりますし、④は最終的な破断の強制破面の様相を呈しているので、これは明らかにわかりやすいというところなのですが。

起点として、なぜ①のところを起点にされたのかということ、まず一つ、お伺いしたいのですが。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本です。

今回、起点というものがものすごく小さく、判断しづらかったところがあるのですが、この部分で、先ほど安達のほうからもありましたけれども、非金属製の抜けのような穴みたいなものが、10 μmですけれども、例えば①の起点部のちょっと表面から下がったところの下のところ、空洞みたいなものがあるのと、あと、例えば②番のところの起点部と言っているところが、ちょっと表面に近いところに少し突起みたいになって、表面から少し下がったようなところに金属成分ではないようなものが、そこに介在していたものと考えていて。

例えば、①番の部分でいうと、その周辺の部分で一部、すべりみたいな感じで割れているところがあるので、ここが起点だろうなというところで推定をしております。

以上です。

○小坂企画調査官 実用炉監視部門の小坂です。

ありがとうございます。ですから、何か介在物が、どこかと示されていないので、ちょっとわかりにくいところはあるのですが、よく見ればおっしゃるとおりかなというふうに、読めないわけではないと思いますけれども。

そうすると、①のところの何か筋が入っているのは、ここは、そういった意味で、すべったと今おっしゃったような。これが何か、ちょっとよくわからなかったのですが、縦に、こう、ひゅっとありますよね。あれが何を示しているのか、ちょっと材料的にあまりよくわからなかったのですけれども。

○古金谷安全規制管理官 竹本さん、もしよろしければ、図示しながらでも、説明していただけますか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本でございます。

まず、大きく、先ほど、すべりのような面というのは、ここの部分が非金属系の介在物だと認識をしております、その周辺の部分の、この大きくアーモンド状みたいになっているところ、この部分が最初の起点になっているのではないかと考えています。この黒くなっている線がこの破壊のところでどういう役割を果たすというか、そういうところというのは、まだ少しわかっていないところではあるのですけれども、明らかに特徴的に、ここに線が入っているのはわかっていますので、もう少し細かく見ていきたいと思っています。

○小坂企画調査官 すみません。それ、②のところは異物、不純物、それでいいのですね。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM この部分ですね。ちょっと、これ、拡大がありますが、同じ縮尺にしておりまして、もう少し拡大するとこの部分がわかるのですが、いずれにしても物すごく小さいものになります。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。確かに、構造的に破面の様相が違うので、そ

これは何か違う物質がありそうな感じがします。

この破面のところ、今、不純物が①のほうはなくなっているのかもしれませんが、②のほうは何か残っているようにも見えるのですが、これはSEM（走査型電子顕微鏡）とかの成分分析はやられる予定でしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 今後、やっていきたいと思っています。まず、こちらの写真は、今、製造メーカーのほうで写真を撮りまして、このものをそのまま、また研究所のほうに運びまして、弊社のほうの研究所でも破面のほうを見ていこうとしているところになりますので、その中で少し見ていこうと考えております。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。

それとあと、④のところですけれども、④のところではディンプルになっているので、もう強制的にパキッと破断してしまったということなのでしょうけど、その手前までのところって疲労破壊なん0ですが、それなりの時間があったと思うのですけれども、この辺の時間感覚というのはどのようにお考えでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本と申します。

一応、疲労の解析をやって、時間的なものをこれから評価しようと考えております。この写真の中で少し、今、代表的なところしかお示ししておりませんが、最後のディンプルに入る黄色の部分の境界の部分というのは、またストライエーションの間隔みたいなのがちょっと異なっているところもありますので、そういうところも全体的に踏まえて時間的なところも評価していきたいと考えております。

以上です。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。そのときに、今、異物が見えている側といえますか、起点になっている側が、先ほどの御説明と、冒頭の御説明ですと排気ガスを受ける面ではなくて裏側ということなので、普通、考えると、こう押されるので、こっち側がパキッといくというのが素直に考えられるのですが、こっち側、反対側ですよ。ですから、その辺のところも、なぜ、こっち側なのか。まあ、不純物があるからというところもあるのでしょうか。ただ、力の加わり方が相当違うと思いますので、その辺のところもよく調査をしていただきたいと思いますので、よろしくお願いします。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

了解いたしました。

○古金谷安全規制管理官 ありがとうございます。

ほかにどなたかございますか。

では、古作さん。

○古作課長補佐 検査監督総括課の古作です。

今の点で教えてほしいのですが、まだ分析中なのかもしれませんが、ディンプルの手前のところで間隔がちょっと違っているというようなどころもあるということだったので、今回の分析の結果としては、レーシングワイヤが切れて、その後、応力

が高くなって進展したというような話をされていたと思うのですけれども、それが今のストライエーションの様相とどういう関係があるのかというようなことですか、あるいは本当にレーシングワイヤが先なのかどうかといったようなことの関係性で考えていることがありましたら、教えてください。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

我々、メカニズムの中では、レーシングワイヤの切断というところをまず起点に置いておりますけれども、まだ完全にブレードが先なのか、レーシングワイヤが先なのかというところは、確定しているわけではありません。あと、今の調査から、より、どちらの確度が高いかというところまで、まだ、たどり着けているわけではありません。

何らかの形でレーシングワイヤがどこかで切れていくような形で、さらにタービンの振動を抑える機能がなくなると、こういう進展はないのかなと思っていますので、その辺りも含めて、どういう最終的には破断のメカニズムになったのかというのを少し考えていきたいと考えております。

○古作課長補佐 ありがとうございます。応力評価もされるということなので、その点で何らか見えることもあるのかなと思っています。

その関係ですと、もう一つ、メカニズムの考え方は理解できるのですが、一方で、ブレードの破損自体であれば、先ほどPT、浸透探傷試験をやるということで少し見えることもあると思うのですが、レーシングワイヤのほうについては、どういうお考えを持たれているのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本です。

レーシングワイヤについても、これから、今、破断面の確認をしていきます。とともに、材料的な劣化等がなかったのかどうかということも含めて少し見ていこうと考えております。

その中で、どういう検知ができるのか。特に、ブレードとレーシングワイヤが通っている穴の部分のところが一番、レーシングワイヤに力がかかるところではありますので、その部分を、どういう異常があるのかというのを検知できるのかというのは少し考えていきたいと思っています。

○古作課長補佐 確認しますと、現状ではまだその部分の調査というのは進められていなくて、これから見て考えていくという段階でしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

レーシングワイヤ単体としての調査は進めているところではありますけれども、浸透探傷検査みたいなものも行う予定ですが、どういう状況で異常が検知できるのかどうかという点では、まだ検討ができていませんので、今後の点検の中とかで、もし、そこが起点であった場合、どういう評価ができるのかというのは、まだちょっとできていませんけれども、今回の事象のメカニズムを組み立てる上での調査というのは進めているところで

○古作課長補佐 進めているところの状況なり、何か異常というか損傷というかといったところは、どうなのでしょう。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

まさにレーシングワイヤの破面というのは、今ちょうど分解し終わったところ、レーシングワイヤ自身は、抜けてしまったところと残っているところがあるのですが、抜けてしまったところというのは、蒸気に乗かって排気管のほうへ流れてしまっている関係もありまして、非常に破面の保存状態があまりよろしくないだろうということを考えておりまして、まず、残っている側の破面の逆側のサイドをはかっていると考えています。

その際にも、レーシングワイヤ自身を傷つけないようにというところで慎重にタービン翼の抜き取りを行っていきまして、それを今、行っている最中で、それが終わり次第、レーシングワイヤの調査に入ろうと考えております。

○古作課長補佐 わかりました。

○古金谷安全規制管理官 すみません。古金谷ですが、1点、その関係で教えてください。

2005年の点検のときに、レーシングワイヤ自体は、何か取り替えをすとか、何か確認をしたりとか、そういうことはされていたのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

2005年の点検時にレーシングワイヤを替えたということはありません。また、外観点検自身は、レーシングワイヤはロータとともに、タービン自身とともに行っておりますけど、その時点でも異常は確認されておられません。今、記録として残っているのは、そこまですなります。

○古金谷安全規制管理官 その外観というのは、基本的には目視ということですか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

目視点検になります。

○古金谷安全規制管理官 わかりました。ありがとうございました。

ほかにどなたかございますか。

では、畠山さん。

○畠山係員 実用炉監視部門の畠山です。

ページの59/68のところの過去の類似事象の調査というところがあるかと思いますが、NUCIAなどの公開情報で3件ほど破損事例を調査されておりますが、これ以外に、例えば海外の事例であったり一般産業界、D/Gはいろんなところで使われているかと思いますが、そういったところの観点で調査されているか、同様の事例があるかどうか、調査されておりましたら御説明のほど、お願いします。

○櫻井東京電力原子力運営管理部保守管理G GM 東京電力の櫻井です。

海外ですとか他産業の事例については、まだ調査できていませんので、今後、情報を収集して、必要に応じて展開してまいりたいと思います。

○畠山係員 ありがとうございます。

○古金谷安全規制管理官 ほかにどなたかございますか。

では、上田さん、お願いします。

○上田上席原子力専門検査官 専門検査部門の上田です。

ちょっと前後して申し訳ありませんが、先ほどの58/68ページの至近の点検結果のところ、こちらの軸受に対する点検というのは、この機会に実施をされているのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

軸受については、本格点検のときに交換をしております。外した部品が特に損傷しているということではありません。

以上です。

○上田上席原子力専門検査官 確認いたしますと、当該の点検時に新品に交換をされたということによろしいでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

そのとおりでございます。

○上田上席原子力専門検査官 承知いたしました。

○古金谷安全規制管理官 ありがとうございます。

ほかにどなたかございますか。

では、杉山さん。

○杉山主任監視指導官 実用炉監視部門の杉山です。

ちょっと1点だけ、破損の形がちょっと違うというイメージをしているのですが。2-3の17/19のシャフトシュラウドですね、これっていうのは、損傷箇所が割れた場所の頭辺りにあるから、こういう割れ方をしたという表現ですよ。この絵から見ると。これというのは、壊れ方として、これ以上、もう調査する予定はないのか、それとも、この壊れ方というのは何か適切な壊れ方をして、要するに、何か当たったら、ちゃんとこういう形で壊れるというのは、もう理論的に把握された壊れ方なのでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

このシャフトシュラウドというものは、鋳物でできております。ちょうど、この図面上でいうところのロータの部分のフランジ、この過給機の軸はタービン側とブロワ側、二つのパーツで分かれていて、それがフランジ締結されているところになります。その部分のところに、ちょうど、接触はしないのですけれども、数mmの間隔を持って鋳物で内側に突起になっているところがあります。その部分が、今回、恐らく、接触の跡も残っていますので、そこが接触して割れたと考えておりますけれども、方向性とか破損のメカニズムというところまでは、まだ詳しく検討しているわけではございません。恐らく、下側に当たって割れたのであろうということを推定しています。

○杉山主任監視指導官 この件に関しては、もう特に調査ということは。割れ方が何か円周方向にないような形があるというふうに見えるので。ちょっと、そこら辺は、今後も継続して、ここの割れ方の妥当性というのは見ていくということもあるのですか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

最終的にメカニズムを整理する段階で、今まで確認された事項に矛盾がないかどうかというのを見ていく段階で一つ考えていくことなのかなと思ってはいますが、主たるところでの調査項目ではないとは考えております。

○杉山主任監視指導官 わかりました。ありがとうございます。

○古金谷安全規制管理官 ありがとうございます。

ほかにどなたかありますか。

大体、中身についてはいいですか。

では、3番目の61ページ目以降、原因調査まで議論しましたけれども、今後の対応あるいは調査の今後の予定等について、何か御質問がございましたらお願いします。

では、小坂さん。

○小坂企画調査官 実用炉監視部門の小坂でございます。

62/68ページの3-1のところで、軸固着と、それから電気出力の低下事象の関連性についてということで、大まかなシナリオと申しますか、こういうふうになったのでしょうかということを書いていただいていますけれど、まず一つ目のところで、レーシングワイヤが先なのかタービンブレードのほうの破損が先なのかというのは、今のところ、よくわかりませんということなのですが、それぞれ、どちらが先かわからないにしても、ワイヤが先であれば、こう、ブレードが先であれば、こうというイメージは今、持っていられるのではないかなと思っていますのだけれども。

レーシングワイヤが先に切れたときに、タービンブレードのファツリーの折損にいくというのは、どういう形でいくのでしょうか。ワイヤの役割との関係にもなるのだと思いますけれども、それは今どのようにお考えでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力の竹本です。

これからレーシングワイヤの破断面を見ていきますけれども、その破断面が、レーシングワイヤ自身の破断が疲労なのか、それとも延性的に持っていかれた破面なのかというところが今回の一つの決め手にはなるかなと思っています。

いずれにしても、ブレードの疲労というところは恐らく変わらないところなので、そこに対してレーシングワイヤが従属的に切れてしまったのか、もしかしたら先にいったのかというところだけをちょっと判断したいなと考えております。

以上です。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。そういう意味では、3-2のところは①②と何か決まっているみたいを書いてあるので、そこを先にお話しすればよかったのだけれども。ちょっとそういうイメージを持ったのだけれども、3-2の表のほうも、①②は必ずしもこのとおりというふうに決めていられるわけではないということによろしいですね。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

そのとおりでございます。

○小坂企画調査官 実用炉監視部門の小坂ですが。

引き続き3-3のところの電気出力の低下メカニズムのところなのですが、確かに①が起こったというのは事実だと思うのですね。その後、②③④⑤といくのですが、先ほどの御説明の中で、異音がして、それで出力が6.6 MWから6 MWに下がって、ちょっと当直員の方が目を離したらゼロになっていたという、非常に短時間の間で6.6 MWからゼロまで落ちている。

それから、初めのほうにお示しいただいた電気出力のグラフを見ても、一気にやっぱり落ちているように見えるのですね。そうしたときに、この②③④⑤というのは、機械品において、こんなに短時間でだだだどといくのかなというのがちょっと理解できないのですが、その辺はどのようにお考えでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

このメカニズム、我々も考える上で非常に難しいところではあったところだったのですが、明らかに、ここの電気出力がゼロになったということは、電気側の異常がない以上、ある程度、動かない事実なのかなと考えておりました。その上で、我々、いろいろと、製造メーカーとか、いろいろな文献とかも調べていくと、過給機というものが片側、このようなタイプの機関で過給機自体の能力がない状態で、なおかつ過給機の今、回っている羽根とかブロワとかを全部、取り外しちゃった状態、要は過給機の部分だけを片側をなくして自然給気状態にした状態にして、片側の過給機だけは生かした状態での試験みたいなのがやられている、過去に、大分、昔にやられていることがわかりました。

そのときに目一杯、出せる能力というのが3割程度しかなかったと。その中で過給機とかが中に詰まった状態で、クリアランスがかなり少ない状態で、損傷も今回でいうとタービンが1個、ぼろっと抜けていますけれども、かなりの部分で、出る側も入る側も空気を遮断しちゃっている状態、機関側からすると、ちょうど出口を失ってしまった注射器が物すごい抵抗になるみたいな状態になってくると、片一方だけでしか、3割でしか出せないものに、さらに負荷になって出力自身はゼロになってしまうだろうと。

ただ、ここで当直員は速やかに遮断をしてしまったので、本当に機関的な出力に対して抵抗が上回ってしまって、もう発電機の系統側から電気をもらってモータリングになっちゃう状態だったのか、一時的にアンダーシュートをして、また一時的にするものの戻って、ある程度、低い出力でつり合ったかどうかというのは、このデータからは少しわからないところであるのですが、いずれにしても急激に出力が低下することはあり得るだろうなというところを納得して、我々はこのメカニズムを立ててみました。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。時間をある程度とれば、こういう可能性は理解ができるのですが、今回、非常に短時間の間で、そこまで至るのかなというのが何となく理解ができなくて。さっきおっしゃっていたように、R側が固着して、それによってR側に空気の供給が減って、その分をL側でカバーしようとしてガバナーがぐんぐん動き始

めてという機械的な流れを考えていったときに、やはり時間的な感覚がどうもびんとこないところがありますので、その辺をもう少しわかるような形で検討していただければ。まあ、これが正しいかどうかは、今のところわかりませんが。

そういった意味で、②のところではR側シリンダの不完全燃焼というか未燃焼ということになっているので、ただ、シリンダを開放はされていないので、やはり、こういうシナリオでいかれるのであれば、一つの物証としてシリンダの中の状態も把握をされた上で、その辺も検討する上では重要なファクターになってくるのではないかなと思っているのですが、いかがでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

まさに、おっしゃるとおりでございまして、R側の機関側でどういう状況になったのかということを確認する意味でも、R側の機関の中を見ていこうと今は計画しております。以上です。

○小坂企画調査官 ありがとうございます。では、よろしくお願いたします。

○古金谷安全規制管理官 ほかにどなたか。全体を通じてということ構わないと思いますので、今、小坂さんから質問がありました3.のところ、今後の対応あるいは調査状況というところも含めて御質問がございましたらお願いしたいと思っておりますけれども、いかがでしょうか。ほかにございますか。

では、古作さん。

○古作課長補佐 検査監督総括課、古作です。

これまでのやりとりで幾つか、ブレード全数の浸透探傷であり、レーシングワイヤの調査であり、今、言われたシリンダのほうの調査でありといったようなことというのは、いろいろと、まだ作業が残っているということかと思っておりますけれども、68ページの線表でいうと、どの部分にどれが当たって、どう進むのかがちょっとよくわからないので、全体的な進め方というのを改めて御説明いただけますでしょうか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

すみません。スケジュール側のほう、過給機の点検を中心に書いているところがありまして、今、申し上げました、レーシングワイヤ自身は過給機の点検に入りますので、今、まさにやっているところですので、間もなく結果が出るだろうとは考えております。

一方で、機関側の今のR側の機関をあけていくということが、現状、ここの記載はされていませんけれども、まずは開放して中を見ていくということなので、11月の、もう既に、すぐ11月になってしまいますけれども、11月に入りましたら速やかに開放を行って中を見ていくということを考えております。

いずれにしても、今、一番長くかかってしまうのが、ベアリングメーカーに出している、潰れてしまった軸受の調査だと考えておりますので、そこのお尻、12月の中旬目途の報告までには残りの調査というものは入れていきたいと考えております。

○古作課長補佐 ありがとうございます。念のため確認ですけど、残っている線表のどこ

ろだと、過給機点検でベアリングというのが今のお話で、その下、軸固着の要因検討というのと、その下に原因分析のところでのメカニズム特定、追加点検項目検討とありますが、要因検討、追加点検項目検討といった中でいろいろと、もう既に項目は上げられていて、調査を進めているということで理解をすればいいでしょうか。

さらに言うと、レーシングワイヤの結果によって、また追加検討などが出てくるかもしれませんが、そういったところを11月中に何とか整理をしていきたいというふうに思っていればよろしいですか。

○竹本東京電力第一保全部原子炉G GM 東京電力、竹本です。

おっしゃるとおりでございます。ただし、今後、見つかってくるもので、何か新しく調査を改めてしなきゃいけないことで、さらに時間がかかることってあまりないかもしれないですけど、もし、ある場合は、また、そのときに御相談させていただきたいと思っております。

以上です。

○古作課長補佐 わかりました。

○古金谷安全規制管理官 ほかにございますか。よろしいですか。

すみません。今日のところは、中身についてのお話はちょっとこれぐらいにさせていただいて、今後の進め方についてちょっと御相談です。

それで、先ほどの今後の対応というところであれば、12月中旬ぐらいを目処に、先ほどの竹本さんの話では、さらに何か出てくれば遅れる可能性もあるけれども。当面、今、見越しているところとしては、12月の中旬ぐらいを目処に最終的な原因の推定、それから、再発防止対策等々も含めてということでの御報告をいただけるというふうに考えております。

そうすると、その後、再度、公開会合をするというようなスケジュールかと思っておりますので、また、その辺のスケジュールは、ちょっと中身を御相談させていただきながら、さらに、もう一回、長期的に時間がかかるというようなことになれば、もう一度、中間的な公開会合というものもお願いするかもしれませんが、今のところ12月中旬ということであれば、それを待って、再度、こういった場で内容について我々から質問させていただいて、いろいろ御議論させていただきたいなと思っておりますけれども。

古作さん、そんな感じで。

○古作課長補佐 はい、結構です。何かあればということではありますけど、念のため11月下旬ぐらいに進捗状況はお聞かせいただいて、その上で12月のスケジュールなり、その先の話といったところを確認させてもらえればと思います。

○安達東京電力原子力運営管理部運転管理G GM 東京電力、安達です。

進め方について、承知しました。

○古金谷安全規制管理官 古作さん、それは、スケジュール確認なので、こういう面談ではなくて、スケジュールについての通常の面談で確認すると。

○古作課長補佐 はい、それでよろしいかと思えます。

○古金谷安全規制管理官 わかりました。

では、今日いろいろ質問させていただきましたけれども、まだ起回事象のところの特定とか、その辺もまだだと思えますし、あと、それがどうして起こったのかというようなところの最終的な原因のところ、それから再発防止というところは、これからの御検討というふうに思っておりますので。

我々、こういった事故について検討する際に、やはり推定メカニズムを特定するのも大事なのですが、あまりそこに注力し過ぎて、一つのメカニズムに固定し過ぎると時間がかかっちゃうということであれば、こういう複数の可能性があるというようなことがあったとしてもいいと思っております。その上で、それを包絡するような形での再発防止というふうな話をさせていただければ、そういうことでもいいかと思っておりますので。

我々、効率的にやっていきたいと思っておりますし、あまり技術的に突っ込むというよりは、こういった事象がこれから起きないように、こういった形で再発を防止していくかと。それは水平展開も含めてですけれども、そういったところのほうが、むしろ我々としても注力していきたいなというふうに思っておりますので、原因究明と合わせて再発防止のほうも御考察いただければなというふうに思っておりますので、引き続きよろしく願いいたします。

最後、何かございますか。いいですか。

(なし)

○古金谷安全規制管理官 東京電力のほうから何か質問、今後の進め方があれば。

○村野東京電力原子力運営管理部部長 東京電力の村野です。

ないようですので、結構でございます。

○古金谷安全規制管理官 わかりました。ありがとうございました。

それでは、今日の公開会合はこれで終了したいと思います。引き続き、よろしく願いします。どうもありがとうございました。