

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9回議事録

令和元年12月6日（金）

原子力規制委員会

（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。）

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9回
議事次第

1. 日 時 令和元年12月6日（金）10:00～11:59

2. 場 所：原子力規制委員会 13階B、C会議室

3. 出席者

(1) 原子力規制委員会

山中 伸介 委員

武山 松次 実用炉監視部門 安全規制管理官（実用炉監視担当）

吉野 昌治 実用炉監視部門 企画調査官

小野 達也 実用炉監視部門 上級原子炉解析専門官

比企 教雄 実用炉監視部門 主任監視指導官

東 侑記 実用炉監視部門 原子力規制専門員

藤森 昭裕 実用炉審査部門 安全管理調査官

坂本 一信 システム安全研究部門 主任技術研究調査官

船田 立夫 システム安全研究部門 技術参与

(2) 事業者

関西電力株式会社

近藤 佳典 原子力事業本部 副事業本部長

決得 恭弘 原子力事業本部 原子力発電部門 原子力発電部長

日下 浩作 原子力事業本部 原子力発電部門 原子力保全担当部長

千秋 隆博 原子力事業本部 原子力発電部門 保修管理グループマネージャー

佐藤 友康 原子力事業本部 原子力発電部門 機械設備グループマネージャー

越智 文洋 原子力事業本部 原子力発電部門 機械設備グループマネージャー

丹羽 悠介 原子力事業本部 原子力発電部門 機械設備グループリーダー

足立 憲治 原子力事業本部 原子力発電部門 機械設備グループ

清水 一将 原子力事業本部 原子力発電部門 機械設備グループ

田中 裕久 原子力事業本部 原子力安全部門 安全技術グループチーフマネージャー

橋田 憲尚 原子力事業本部 原子力安全部門 安全技術グループマネージャー

野元 滋子 原子力事業本部 原子力技術部門
プラント・保全技術グループ
マネージャー

鶴 一隆 高浜発電所 副所長

今村 雄治	高浜発電所	運営統括長
小島 庸光	高浜発電所	保全計画課 課長
志和屋裕士	高浜発電所	課長
福岡 大志	高浜発電所	原子炉保修課 原子炉係長
藤井 浩之	東京支社	技術グループ チーフマネージャー

4. 議 事

- (1) 高浜発電所4号機 蒸気発生器伝熱管の損傷について
- (2) その他

5. 配付資料

- 資料1-1 高浜発電所4号機 蒸気発生器伝熱管の損傷について(概要版)
- 資料1-2 高浜発電所4号機 蒸気発生器伝熱管の損傷について

6. 議事録

○山中委員 定刻になりましたので、第9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会合を開催します。

本日の議題は1件でございます。

議題1は、高浜発電所4号機蒸気発生器伝熱管の損傷についてです。本日の配付資料は、議事次第に記載のとおりです。

発言に当たりましては、所属とお名前をおっしゃってから発言をしてください。また、できるだけ要点を絞って御説明をお願いするようお願いいたします。

それでは、議題1の高浜発電所4号機蒸気発生器伝熱管の損傷についてに進みたいと思いますが、以後の議題1に関する議事進行は、武山安全規制管理官をお願いをいたします。

では、武山安全規制管理官、よろしくようお願いいたします。

○武山安全規制管理官 実用炉監視部門の武山です。

今、山中委員の方から御紹介がありましたように、議題はこの一つでございます。

本件は、施設定期検査中の関西電力高浜発電所4号機において、関西電力が3台の蒸気発生器の伝熱管全数について渦流探傷検査を実施したところ、A-蒸気発生器の伝熱管1本、B-蒸気発生器の伝熱管1本、それからC-蒸気発生器の伝熱管3本の管支持板部直下に外部からの減肉と見られる有意な信号指示が認められ、本年10月17日に法令に基づいて原子力規制委員会に報告があった事案でございます。

今回、関西電力から本件に係る原因と対策について報告ということでしたので、御説明をお願いいたします。

○近藤関西電力副事業本部長 関西電力の近藤でございます。

まず、本日の公開会合を設定いただきましたことをお礼申し上げます。

さて、弊社、高浜4号機は、先ほどお話がありましたように、2019年9月18日から定期検査を実施しておりましたところ、10月17日に蒸気発生器の伝熱管のECT検査におきまして、有意な信号指示を確認いたしました。以後、当社社員だけでなく、協力会社を含め、徹底した原因調査に全力で取り組みまして、11月28日に原因と対策を取りまとめ、法令に基づく報告書を提出いたしました。

また、昨年5月に規制委員会殿が示されました事故トラブル事象への対応の進め方の御趣旨は、やはり事業者の責任を明確にして、対応状況の透明性を確保することで対応プロセスの透明性の向上、対策実施の迅速化を図るものと理解してございます。

そこで、本日は、弊社が実施いたしました原因調査とそれに応じた対策につきまして、しっかりと丁寧に御説明させていただきますので、よろしくようお願い申し上げます。

では、説明を変えます。

○日下関西電力原子力保全担当部長 関西電力の日下です。

資料1-1に基づき御説明いたします。

2ページは目次になってございまして、この順で御説明いたします。

3ページ目につきましては、事象の概要ですけれども、こちらは先ほど御説明のあったとおりでございますので、ちょっと飛ばさせていただきます、4ページ目の事象の概要（SG-ECT）結果、蒸気発生器のことはSG、渦流探傷試験につきましてはECTというふうに説明させていただきます。

この4ページ、5ページ目にECTの結果を示してございます。5本の伝熱管の外面に有意な信号指示が認められております。まず、A-SGのアドレスX85Y2というアドレスで認められました信号指示について御説明いたします。

有意な信号指示が認められた傷は、渦電流の変化を電気信号で示したりサーージュ表示とあって、先ほどのそちらの部分になりますけれども、リサーージュ表示で分析した結果、伝熱管の外面の周方向に沿った非貫通の傷の特徴を有しておりました。また、その箇所は、色調図表示、左上のカラーの図二つになりますけれども、で分析した結果、低温側の管支持板部下面付近であることがわかりました。この色調図につきましては、上下が逆になってございまして、左側の色調図の赤く細長いラインが四つほどあると思っておりますけれども、この上の四つ、下の四つがありますが、上が管支持板の下面、下が管支持板の上面というふうになってございます。そして、その減肉率は約60%であることがわかりました。

なお、右側に前回の第21回定期検査におけますデータと比較してございますけれども、前回は有意な信号等は認められませんでした。

次、5ページですが、5ページにはB-SG、C-SGそれぞれで確認されましたその他の4本の伝熱管についても同様の傷の特徴を有していることを確認しました。傷の箇所は、先ほどと同様に、低温側の管支持板部下面付近であることを確認いたしました。

また、これらの伝熱管の減肉率は約40%～60%であること、また、前回の定期検査では有意な信号指示が認められなかったことを確認してございます。

次に、6ページですけれども、このECTの結果を踏まえまして、減肉と見られる信号指示が認められた伝熱管の外観を2次側から小型カメラを用いて観察を実施してございます。その結果、ECT信号指示が認められた箇所におきまして、以下のとおり、各SGの第二及び第三管支持板の下部に長さが約4mm～8mm、幅が2mm以下の光沢のある摩耗痕を確認いたしました。また、有意な信号指示がございました伝熱管周辺の管支持板等に接触痕を確認してございます。なお、この外観観察結果とECTからの信号指示による位置及びサイズに相違がないことを確認してございます。

次から原因調査になります。7ページをお願いいたします。この7ページは、ECT及び外観検査結果を踏まえられた伝熱管の外表面減肉の原因調査について説明いたします。

要因の分析に当たりましては、FT（フォルトツリー）図を用いて実施してございまして、FT図につきましては、本資料の右肩44ページ、あるいは、もう一つございます資料1-2の通し番号で言いますと37ページを横目で見ただけであればと思っておりますけれども、このFT図を基の一つ一つ検討を行ってございます。

まず、一つ目のSG伝熱管内面からの損傷につきましては、ECTの信号指示を確認し、内

面に傷のないことを確認してございます。

それから、二つ目の丸のSG伝熱管外面からの損傷につきましては、次のとおり確認してございます。まず、過去のSG2次側環境において発生してございます粒界腐食割れ、ピitting、リン酸減肉発生については、アンモニアとヒドラジンの注入により、良好な水質が維持されていることから、発生の可能性はないと考えてございます。

また、カメラによる外観観察結果からも、これらの要因による損傷ではないことを確認してございます。

また、管支持板との接触により摩耗減肉が生じたというふうに考えたとした場合、4カ所の管支持板のランド部、それぞれに減肉が生じることとなります。しかしながら、今回のECT結果によりますと、周方向に1カ所しか減肉指示が確認されていないこと、それから、カメラによる位置関係の観察結果から、管支持板との接触・摩耗によって発生した減肉ではないというふうに考えてございます。

デンティングにつきましても、これは局所的な変形となりますので、ECTの信号指示によりその可能性はないと考えております。

流体振動による疲労につきましても管支持板の流れにより発生する伝熱管の応力は、疲労限に比べ非常に小さいことを確認してございまして、疲労損傷は発生しないと考えてございます。

エロージョンにつきましても、当該部の流速は毎秒約3mと小さく、かつ、TT600合金につきましても、耐エロージョン性が高いため、その可能性はないと考えております。

二つ目の丸のこの最後で残りましたSG伝熱管外面からの損傷で、SG器内での発生物、それからSG器外からの流入物との接触による損傷の可能性につきましては、次ページ以降で御説明いたします。

そして、三つ目の丸、一番下にお示ししてありますように、この局所的なスケールの剥離による損傷以外のECT信号指示というものも考えられますが、こちらにつきましては、スケールの剥離は減肉と識別できることから、今回の信号はスケールの剥離ではないというふうに考えてございます。それでは、次をお願いいたします。

次の8ページでは、SG器内発生物との接触及びSG器外流入物との接触の可能性について、次のとおり調査を実施してございます。

まず、SG器内の管板、流量分配板、第一及び第二管支持板の上面の全ての範囲並びに第二及び第三管支持板の下面の減肉指示が確認された伝熱管周辺部につきましてカメラによる目視点検を実施しました。

その結果、伝熱管から剥離したスケール、以下、スラッジと言いますが、これらが従来と同様にSG器内の各所に確認されてございます。

また、A-SGの第一管支持板上に、下の写真に示すような金属片が確認されてございます。この金属片につきまして調査を行った結果、オーステナイト系ステンレス鋼SUS304相当が主体であることがわかりました。なお、表面観察の結果から、この金属片には伝熱管

との接触に伴う摺動痕がないことを確認しました。

それと、あと、B、C-SG器内にはスラッジ以外の異物は確認されませんでした。次、お願いします。

次に、この管板部に堆積したスラッジを除去するスラッジランシング等を実施してございますが、これらを実施した結果につきましても、スラッジ以外の異物については確認されませんでした。

さらなる異物調査としまして、SG器内の一番上部の管支持板である第七管支持板まで一旦水を張り、図の左下に示すように、底部から窒素を数時間噴射しまして、これをN₂バブリングと言いますけれども、こういうふうに噴射させた後、水を抜くことにより異物の回収を試みましたが、写真に示すとおり、スラッジ以外の異物は確認されませんでした。

次に、SG器内の部品の脱落について調査を行ってございます。後ほど御説明いたしますけれども、この減肉メカニズムの検討におきまして、今回の異物の形状は薄片であると想定してございまして、SG内部品でこれに該当するような形状があるかを設計図面で確認いたしました。

その結果、振止め金具のキー固定板等において、このような形状が使用されていることを確認いたしました。ただし、これらの内部品は、溶接止めされていること、もしくは、周囲を溶接止めされた構造物に囲まれておりますので、万が一、脱落したとしても周囲の構造物の外には出ないこと、さらに、これらの内部品のサイズが異物の想定形状に合致しないことから、内部品の脱落の可能性はないと考えてございます。次、お願いします。

また、SG器内の2次側の経年劣化事象を起因とする脱落につきましては、流れ加速型腐食による給水内管裏当金の脱落の可能性が考えられます。念のため、当該部をカメラにより点検した結果、給水内管裏当金の溶接部に損傷は確認されませんでした。

なお、A-SGで発見された金属片は、SUS304相当品であることから、右下の表に示すとおり、SGの内部で用いられている材料ではないことも確認いたしました。

次、12ページです。SG器内からは、先ほど申し上げましたように、スラッジが確認されてございます。また、このスラッジは、マグネタイト粒子の付着がベースとなって形成されておりますので、マグネタイト単体といたしましては伝熱管よりも硬いというふうに考えられることから、スラッジによる減肉の可能性についても検討を行いました。

まず、SG器内から回収したスラッジの断面観察を実施した結果、スラッジ内には空隙が存在するため、スラッジ自体は脆い性質であると考えられます。

ここで、スラッジによる伝熱管外面減肉の可能性を確認するために、加振装置を使用し、SG器内から回収したスラッジによる伝熱管摩耗の再現試験を実施しました。

スラッジの押付力を10Nの条件でこの摩耗試験を実施した結果、スラッジ自体が破損し、減肉を発生させることはできませんでした。

このため、押付力を約2N及び1Nに下げて摩耗試験を実施しました。その結果、伝熱管に軽微な傷はつけられましたが、その分、スラッジの先端部は摩滅いたしました。

下の表には、約2Nの押付力の場合の結果をお示ししていますが、伝熱管の傷の深さはわずかに約0.03mmに対しまして、スケールは約0.8mmも摩滅しておりました。これらのことから、スラッジとの接触により伝熱管が減肉する可能性は低いと考えてございます。

次に、減肉を発生させた原因となる異物がSG器内では発見されなかったことから、これらの異物は原子炉停止後のSG水抜き時にSGブローダウン系統からSG器外へ流出したというふうに想定しております。

この左側の図に示すように、SGブローダウン系統のうち、異物が滞留する可能性のあるSGブローダウンタンクや水位制御弁等につきまして、残留異物の確認を実施しました。機器等を開放しまして、内部の目視点検を実施しましたが、異物は確認されませんでした。

次に、14ページに、このSG器内発生物及びSG器外流入物との接触による損傷の可能性についてまとめてございます。

まず、SG内部品が脱落した可能性はございません。また、スラッジとの接触により伝熱管外面が減肉した可能性は低いと考えてございます。

A-SGで確認された金属片につきましては、伝熱管との接触に伴う摺動痕がないため、減肉の直接の原因ではないと考えてございます。しかしながら、このA-SGで確認された金属片と同じように、異物がSG器外から流入した可能性は否定できないというふうに考えてございます。

なお、SG器内を点検した結果、伝熱管に損傷を与えたと推定される異物は発見されませんでした。

以上のことから、SG器外から流入した異物により減肉が発生した可能性が高いというふうに考えてございます。次、お願いします。

ここからは、減肉メカニズムとしてSG器外から流入した異物がどのような形状かということ推定し、この推定した異物がどのように減肉箇所へ到達したか、それから、どのように伝熱管に減肉を与えたかを解析及び試験により検証してございます。

具体的には、このフローによって検討を進めてございます。まず、①では、目視で減肉痕等の位置関係から異物の形状を推定してございます。

次に、②において、推定した形状の異物が、今回、減肉が認められた第二及び第三支持板に到達するまでの挙動を推定しております。

次に、この推定した異物がどのように伝熱管に減肉を与えたかを検証します。まず、③の摩耗形態の推定では、異物と伝熱管のどちらかの振動で今回の減肉が起きたのか、解析により推定します。具体的には、両者の摩耗の仕事率、ワークレートというものを算出、比較しまして、実機の減肉量が得られるのはどちらになるかを確認します。

次に、フローのほうは④のほうに流れていきますが、ここでは、①で推定した形状の異物と、③で推定した摩耗形態によって今回認められた減肉が起こるのかを④-1、④-2の試験で確認します。

具体的には、④-1の試験では、模擬の伝熱管と異物を用いまして、両者の接触角度を

変えながら摺動させることで、さまざまな減肉形状を取得します。

その次に、④-2におきまして、①で得た減肉形状と同形状の人工欠陥を実機と同材料の伝熱管に与えまして、そのECT信号を取得して実機のECT信号と整合するかを確認してございます。この結果、実機のECT信号と整合すれば、この推定した形状の異物により今回の減肉が発生した可能性があるというふうに言えると考えてございます。

一方で、この④-1、④-2の試験では、時間的なファクターを考慮してございませんので、今回の減肉が1サイクルの運転で発生し得るものであるという確認も必要なため、⑤では、その確認も行ってございます。

具体的には、③で算出したワークレートで摩耗が1サイクル続いたとして摩耗体積を計算し、④-2で実機ECTの信号と整合を確認した人工欠陥の体積との比較を行います。整合しておれば、推定した摩耗形態により今回の摩耗量が1サイクルで発生し得ることが確認できたと言えると考えてございます。

これが一連の流れでございまして、次ページ以降では、この各項目の内容を説明してまいります。

まず、16ページをご覧ください。まず、異物形状の推定についてです。C-SGの減肉アドレスX45Y5の例を代表に示しますが、右の写真のように当該管の減肉痕と隣接管の接触痕、管支持板上の接触痕から異物の形状を推定します。この場合、長さ約22mm、幅約6mm、厚さ1mm以下であると推定されます。

同様に、他のアドレス4カ所についても推定を行った結果を次のページにまとめてございます。

推定の結果、どのアドレスも概ね同様の形状を有してございまして、長さは約18～24mm、幅は約6～8mm、厚さ1mm以下と推定されました。

次ページ以降は、ここで推定した形状を基に検討を行ってまいります。

次の18ページですけれども、こちらでは、先ほどのフローの②に当たりますSG器内に異物が流入してからどのように今回減肉が認められた第二及び第三管支持板に到達したのかを推定してございます。

下の絵のとおり、給水に乗って流入した異物は、SG2次側の胴のすぐ内側、管群大管の外側を降下し、2次側の一番底面にある管板上面に至ります。これは、一番外側の青色の下向きの長い矢印を見ていただければと思いますけれども、この矢印のように流れていきます。管板上では、管群中心へ向かう流れがございまして、異物は管群中心部に至った後、上昇流に乗って流量分配板を抜けて上昇してまいります。この流量分配板の次には第一管支持板がございまして、この左の鳥瞰図のとおり、各管支持板には伝熱管が通る孔だけではなく、この伝熱管がない中央の列には、ちょっと見にくいですが、フローロットと呼ばれる長方形の孔が開いてございまして、推定した形状の異物であれば、十分通り得る開口となっています。そのため、このフローロットから第一管支持板を通過したものと考えられます。

一方、この第一管支持板より上では、中央の断面図にお示ししておりますとおり、オレンジ色の高温側の流れと青色の低温側の流れの圧力差から、高温側から低温側への水平方向の流れがございますので、異物もこの低温側へ流されるものと考えられます。このため、右側の絵に示しておりますとおり、第一管支持板を追加した異物は第二管支持板又は第三管支持板の低温側下面に至ったものと推定されます。次、お願いします。

次は、続いてこのように各管支持板下面に至った異物が、その場で保持されるのかを試験にて検証した結果を御説明いたします。左側に示す3次元流動解析から得られる2次側流況を再現するこの中央の試験装置の図を作成しまして、実機相当の流速の水空気二相流の中で模擬物の挙動を確認いたしました。

その結果、右下に示しております写真のとおり、赤く着色した模擬物が管支持板の下面で保持されるということを確認しております。次、お願いします。

次に、冒頭フローの③にあります摩耗形態の推定を行います。今回の摩耗が異物の振動によるものか、あるいは、伝熱管の振動によるものかを推定するため、摩耗の仕事率に相当するワークレートという指標を用いて両者の比較を行います。摩耗体積は、ここに示しておりますArchardの式という一般式によって算出ができて、比摩耗量、接触物の押付力、接触物の摺動速度及び時間の積で表されますが、ワークレートはこのうち押付力と摺動速度の積で表される摩耗の仕事率に相当するものです。

今回認められた減肉量を再現するには、1mW程度のワークレートが必要なことから、異物振動と伝熱管振動、それぞれにおきまして、このワークレートを試算した結果を次ページ以降に示しております。

21ページは、異物振動のケースのワークレートの試算結果でございます。異物が振動する場合には、この図で示す計算モデルのように、異物の片側が管支持板のBECの孔に挟まり、拘束された片持ち梁を想定してございまして、この場合のワークレートの計算式は、スライドの右側に示すとおりとなります。C-SGのX45Y5の想定異物のケースでは、右下の表に示すとおり、ワークレートは0.01mW未満と1mWに比べて非常に小さく、異物振動では今回の摩耗体積は再現できないことがわかりました。

次に、伝熱管振動の場合のワークレートの試算結果です。伝熱管振動の場合は、伝熱管が2次側の流体の乱れによって振動するため、ワークレートは先ほどの異物振動の場合のように簡単な計算式を解くのではなく、流動振動解析により算出いたします。解析の結果、ワークレートは約3mWと試算され、今回の摩耗体積を得るのに十分であることを確認しました。

したがって、今回、認められた摩耗減肉は、伝熱管が振動したことによるものと推定いたしました。

以降では、伝熱管が振動するケースで検討を行います。なお、この伝熱管が振動するケースにおきましては、伝熱管の振幅はランド部により制限されますので、減肉深さには上限があるというふうに考えてございます。それでは、次、お願いします。

ここからは、冒頭フローの④-1に示しました減肉試験について御説明いたします。ここでは、さまざまな減肉形状を取得するため、右の写真に示すように石膏で製作しました円筒型の模擬の伝熱管に異物を模擬した砥石を当てまして、この砥石と石膏の接触角度を変えながら石膏側を振動させデータを取得してございます。接触角度につきましては、この左側の平面図のとおり、伝熱管の水平方向に対する接触角度①、それから、中央の側面図のとおり、伝熱管の軸方向に対する接触角度を②というふうに設定してございます。

接触角度①につきましては、 0° では異物が辺で接触するイメージで、 15° 、 30° 、 45° と角度をつけていきますと、辺ではなく、角部が接触するイメージになります。接触角度②につきましては、 90° は異物が水平に接触するイメージで、 60° 、 30° と角度が小さくなるにつれまして、異物が傾いて伝熱管に接触するイメージとなります。

対象となる伝熱管に応じた接触角度は、下の試験条件の表に示すとおり設定してございます。なお、減肉形状の観察のしやすさから、大きさは実機の2倍というふうに設定してございます。

以上の条件で試験を実施した結果を次のページに示しております。減肉試験の結果、取得した減肉形状のイメージを表に示してございます。接触角度①を変化させた結果、水平方向断面を見ますと 0° では砥石が辺で接触するため、この表の一番上の蒲鉾型の形状が得られた一方で、 15° ～ 45° までの角度をつけますと、砥石の角が接触するために三角型の形状が得られております。

それと、接触角度②を変化させた結果、軸方向の断面を見ますと、 90° で砥石が水平に接触しているため、 90° ではスリット状の形状が得られる一方で、 60° 、 30° と傾けていきますと三角形に近い形状が得られました。得られた形状の一例を右のほうの写真にお示ししてございます。次、お願いします。

この④-2のモックアップ試験では、先ほどの④-1の減肉試験で得られた形状と同等の形状の人工欠陥を実機と同材の伝熱管に与えまして、ECT信号を取得し、実機のECT信号と整合するかどうかの確認を行ってございます。

C-SG、これはX52Y9のアドレスを代表例に試験結果を真ん中の表に示してございます。この表の上から2番目の三角型（ 15° ）の結果が、実機のECT信号と整合するという結果が出てございますが、その比較の詳細はスライドの下の色調図、あるいは、リサーチを載せた表に示してございまして、表の上段が実機のECT信号、そして、下段がモックアップの信号となります。

ECT信号の振幅、すなわち、この電圧につきましては、欠損した体積と相関がございしますので、電圧による比較を行いますと、実機では1.51Vであるのに対しまして、三角型（ 15° ）では1.43Vとよく整合していることがわかります。

また、参考にリサーチを比べた場合におきましても、欠陥を検出しているコイル四つ分のリサーチがよく一致していることがわかります。

他の伝熱管の場合におきましても同様の結果が得られてございまして、いずれも蒲鉾

型ではなく、三角型で整合することから、推定した形状の異物が角部で接触することによって今回の減肉が再現できるということがわかりました。

試験については以上ですが、試験では、時間的なファクターを考慮してございませんので、伝熱管の振動により今回の減肉量が1サイクルで得られるかの確認も行ってございます。それを次のページに示してございます。

26ページですけれども、伝熱管振動による摩耗の仕事率であるワークレートを流動振動解析から求め、1サイクルの運転時間を乗じて摩耗体積を算出した結果を右の表の右端の赤枠に示してございます。比較のために、先ほど④-2の試験で使用した人工欠陥の体積も表示してございます。例えば一番右上のA-SGの例で言いますと、ECTモックアップ試験の摩耗体積が約0.6mm³であるのに対しまして、流動振動解析で算出したワークレートの摩耗体積は約0.8mm³とオーダーとしてよく整合していることがわかります。

その他の伝熱管につきましても結果は同様でございますので、この伝熱管の振動により今回の減肉は1サイクルで起こり得るということが確認できたと考えてございます。

以上、一連の減肉メカニズムに関する検証の結果から推定した形状の異物によって今回の減肉を発生させる可能性があるということを確認いたしました。

次の27ページをお願いいたします。ここからは、異物流入に関する調査についてまとめてございます。

まずは、異物の流入経路について御説明いたします。想定される異物の形状及び通常運転中の流速を勘案しまして、想定される異物が系統水の流れに乗る、すなわち、流れによって発生する流体抗力が異物自体の自重により発生する落下力、これを上回ることによって異物が移動する可能性がある範囲を調査しました。

その結果、黄色にマーキングしております主給水系統及びSG水張系統の脱気器タンクからSGに入るラインを抽出してございます。次、お願いいたします。

次の28ページでは、先ほどの黄色でマーキングした系統内でSGの内部品以外の2次側機器の内部構成部品が脱落して、異物となって流入する可能性について検討してございます。下の表に示すとおり、この黄色で示した系統内の機器の内部構成部品について検討した結果、想定される異物とこの類似形状を持つ構成部品はなく、2次系の機器の内部構成部品が脱落して異物となった可能性はないと考えられます。次、お願いします。

次に、系統の外部から異物の混入、作業時の異物混入について検討しております。まずは、異物混入の可能性のある作業を調査しました。前回の定期検査時の作業実績から、先ほどの系統範囲内の機器で開放点検等を実施した作業を抽出してございます。また、抽出した作業について、異物管理状況も確認してございます。

その結果、全ての作業につきまして、開口部の養生、連続監視及び服装管理は適切に実施されていたものの、12件の作業におきまして、最終異物確認時に目視確認が不可能となる範囲が存在するために、異物が混入する可能性が完全には否定できない以下の弁の分解点検作業、ストレーナ開放点検作業、脱気器タンク開放点検作業があるということがわ

かりました。

下の表に、その作業の一例として脱気器タンクの開放点検作業の確認結果を示してございます。次、お願いします。

この30ページでは、異物の混入が否定できない作業のイメージを絵で示してございます。左側がストレーナ、右側が脱気器タンクの開放点検作業の状況となります。それぞれ開口部より作業員が器内に立ち入って点検を実施いたします。この器内の立ち入りの際、作業服等に異物が付着していたことに気付かず、さらに、その異物を垂直管に混入させてしまった場合、最終の異物確認におきまして、緑色で示しております部分は目視確認が困難な範囲となりますので、異物が確認できず混入した可能性は否定できないというふうに考えてございます。

次に、異物として推定される資材等について調査を行ってございます。発電所の作業におきまして、想定する異物と類似する異物が発生する可能性の有無を確認したところ、以下のような異物となり得る資材の切れ端等が発生する可能性が考えられ、想定異物やA-SGの金属片と類似した形状となることは否定できないというふうに考えてございます。

保温材の外装板や配管識別表示の現地合わせ、例えば、外装板であれば機器サポートの近傍で形状やサイズ等を調整する際に現地で加工を行います。その際にやはり切れ端が発生いたします。また、配管取替えであれば、既設管の切断や開先の加工時にこのような右下に示しますような加工機を用いて加工を行います。その際、切削くずというものが発生いたします。このような切れ端や切削くずは、今回想定した異物と類似した形状になることを確認してございます。

また、先ほどの12件の作業の開口部の作業期間中に、その周辺の作業で切れ端や切削くずが生じる作業の実績を確認いたしました。その結果、32ページにお示ししてありますが、この下の表に記載してございますように、3件の作業において周辺で配管取替え等の作業に伴う保温作業や配管の加工作業等を実施していたことを確認しました。なお、これらの周辺作業以外であっても、他の場所で発生した資材等の切れ端や切削くずを近辺に持込み、異物となったことも考えられます。

以上より、12件のいずれの作業から異物が混入した可能性は否定できないというふうに考えてございます。

これまでの御説明を踏まえまして、推定原因は以下のとおりと考えてございます。33ページになります。まず、①ですが、前回の定期検査時に実施した機器の開放点検において異物が混入し、②でプラント運転時に異物が給水系統を通じてSGに到達、SG内の上昇流に乗って第二及び第三管支持板の下面に到達、保持され伝熱管と接触したというふうに推定しました。その後、運転中の伝熱管の振動によって伝熱管の外表面を摩耗させ、傷をつけたものというふうに考えてございます。

最後に対策について御説明いたします。対策の一つ目として、減肉伝熱管の施栓です。この施栓につきましては、従来の方法と同じく、外面の減肉が認められたSG伝熱管高温及

び低温側のSG管板部で施栓しまして、供用外といたします。方法は、機械式栓を用いて、この図に示しておりますとおり、栓の中の中子を引き下げ、栓を押し広げ施栓を実施します。本事象におきまして、SG伝熱管そのものに実施する対策につきましては、従前から実施しているこの施栓しかないというふうに考えてございます。

なお、11月15日に本対策に伴う工事計画の届出を実施させていただいております。

対策の二つ目として、SG器内への異物の流入の防止対策をお示ししております。今回の定検作業におきましては、昨年発生した高浜3号機の外面からの伝熱管の減肉事象を踏まえまして、異物対策の充実を図った対策を既に実施してございますが、今後の作業におきましては、異物の混入防止、拡散防止、最終確認の観点からさらに充実した対策を実施してまいります。

まず、対策1ですが、下記のイメージ図に示す異物混入防止策の徹底を図り、作業手順等に追記します。また、異物混入防止だけでなく、異物の拡散防止の対策として一作業一片づけというものを徹底しまして、異物の拡散を防止します。

対策のイメージ図をご覧ください。まず、周辺作業と隔離という観点で、区画のエリアを設けます。また、器内に立ち入る際には、作業服を着替え、また、靴カバーの着用も行います。これによりまして異物の持込み及び開口部からの異物の混入の防止をできるというふうに考えてございます。

次に、ここで弁の作業における対策について御説明いたします。まずは、内部の手入れ等に使用する機材に異物の付着がないか確実に確認を行います。ウエスは新しいウエスに限るものとしまして、再使用ウエスと区別して管理いたします。さらに、最終異物確認時におきましては、ファイバースコープを用いた確認を行います。これにより、異物の混入を防止できるというふうに考えてございます。

次に、対策2ですが、手順に反映したこれらの対策が確実に実施されていることを確認するため、現場パトロールの実施等による管理強化を図ってまいります。

最後に、対策3としまして、SG器内の水張り、N₂バブリング及び水抜きを行った結果、スラッジ以外の異物は回収されてございませんので、今後の運転継続に当たりまして、SG器内に異物が残留していないということを最終確認してございます。

対策につきましては以上ですが、これに加えまして、事業者といたしまして念のための対応としまして、定検立ち上げに当たりまして、ファイバースコープによる点検や2次系クリーンアップを通常より念入りに実施する予定としてございます。

説明は以上です。

○武山安全規制管理官 ありがとうございます。

それでは、今の説明に対しての質問をしたいと思います。お願いします。

○比企主任監視指導官 実用炉監視部門の比企です。

御説明どうもありがとうございました。まず、幾つかあるんですけども、一つずつ質問させていただきます。

まず、原因調査のところなんですけれども、10ページのところです。SG内部品の脱落の調査ということで御説明があったんですけれども、今回、異物が接触して傷をつけたというところは理解できたんですけれども、実は、その異物というのは特定されていない状況で、想定異物ということでお話をされているんですけれども、その上で、今回、SGの内部の脱落部品ということでいうと、今回、この二つですか、機器固定板というのと板止めを想定されているんですけれども、実際、異物が何かといったところは特定できない段階で、この内部の脱落の部品を二つに限定して調査をされたということ、ほかの部品についても可能性というのはなかったのかというところをちょっと御説明いただけますでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

異物を調査するに当たりましては、今回の想定異物のサイズ感がありますので、そちらのサイズ感に合ったものが、実際にSGですとか、2次側も調べているんですけれども、そちらに対して似たような物があるかという観点で、まず図面などで調べていております。

今回の傷ですとか、薄片の可能性がかなり高いというか、薄片が角を持ったもので傷をつけているというのが、現状、メカニズムのほうでわかっておりますので、それに該当するような物がまず図面上ないかというものを確認しております。

じゃあ、それが見つかったときに、実際に脱落とかそういうものが可能性があるかという観点でも見ておまして、今回のSGのもので言いますと、例えばこれは溶接付けでつけられているとか、あと、当該の物が溶接系の他の構成部品で覆われていて、もし外れたとしても外に出ていかないとか、そういう観点でも見まして、内部品からの脱落が今回の原因ではないと判断しております。

以上です。

○比企主任監視指導官 実用炉監視部門の比企です。

わかりました。ありがとうございます。今回は、例えば板ばねとかキー固定板というのは、実際にじゃあついているかどうかを見ることはできないものということでよろしいのでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 はい。ちょっと実際に見に行くということではできないんですけれども、現状、運転状態を見ても特に問題のあるような状況になっていないので大丈夫だと判断しております。

○比企主任監視指導官 実用炉監視部門の比企です。

わかりました。ありがとうございます。

続きましてもう一つなんですけれども、続いて減肉のメカニズムのところなんですけれども、19ページのところですか。

今回、異物につきましては、管支持板の下面で保持されていることを確認されたということなんですけれども、伝熱管が振動している中で、異物がしっかり確実に動かなかったということがちょっとよく、この説明だとわからなかったんですけれども、例えば異物が

多少なりとも動くという可能性があれば、もっと減肉する、もっと食い込んでいって傷が深くなっていくような感じがするんですけども、今回、保持されて動かないというところで御説明があったかと思うんですけども、それが本当に動かないかどうかというところをちょっともう一度御説明いただけますでしょうか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

今のところなんですけれども、この流況モックアップの試験では、確かに下からの流体力の押付力でしっかり押し付けられるということを確認したということ以外にも、実際にこの流体力で管支持板の下側に押しつけられる際には、押付力に伴って摩擦力が働いております。確かにおっしゃるように、伝熱管からの押し付ける力はあるんですけども、その摩擦力を計算すると、伝熱管の押付力よりも大きくて、そこにしっかり保持されるという力関係からの確認も行っております。

以上です。

○比企主任監視指導官 実用炉監視部門の比企です。

わかりました。ありがとうございます。

最後、もう一点なんですけれども、同じく減肉のメカニズムのところですが、17ページのところなんですけれども、写真のところなんですけれども、ちょっとまず一つ目の左上のA-SGの写真のところ、X84Y2のほうに、これは減肉じゃなくて接触痕だと思うんですけども、横に線みたいなのがあるんですけども、これは、今、想定した異物の当たり方から見ると、異物が動かないということで、こういう横の線というのはつかないかと思うんですけども、これはどういったことについてかというのと、また、右下のC-SGも同じようなX51Y9のほうにも接触痕みたいなのが見えるんですけども、これは、この異物とは接触していないところについてかと思うんですけど、これはどういうふうなメカニズムでついたかというところをちょっと御説明をお願いしますでしょうか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

確かにおっしゃるとおり、上に支持板部まで上がっていくときに、そこでいきなりぴたっとくっつくのではなくて、二相流ですので、ある程度流れの乱れがある状態なので、ぴたっとはまる直前にはある程度動くことはあったと想定しています。その中で伝熱管が振動している状況の中で流体力で押しつけられて、ちょうどいいポジションにおさまったと、そこから振動、摺動、そして減肉が始まったというふうに考えておりますので、全く周囲に摺動痕を残さないというのも逆に考えづらいかなというふうには考えております。

以上です。

○比企主任監視指導官 実用炉監視部門の比企です。

固定されるまでにはある程度動きがあって、最終的にどうか、特に今の想定される場所に動きながら流れてきて落ちついたということを予想されているということによろしいんですか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽です。

はい。時間軸はあるとして、そういうイメージで結構かと思います。

以上です。

○比企主任監視指導官 ありがとうございます。以上です。

○小野上席原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

13ページをお願いします。13ページにブローダウンタンク系統の目視点検の結果の記載がございますけれども、ブローダウンタンクからの上流側、SGブローダウンタンクの間での開放点検はなされていないのかと。多分、タンク上部側にアングル弁とかがあれば流れ方向が直角に変わりますので、ちょっと怪しいのではないか、確認したほうがいいんじゃないかと思うんですけど、いかがでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

おっしゃるとおりで、アングル弁も上流側でございます。すみません、ちょっと細かく書いていないんですけども、そちらのほうも開放して確認した結果、異物のないことの確認を実施しております。

○小野上席原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

ありがとうございます。

○東原子炉規制専門員 規制庁の東です。

20ページの内容について質問させていただきます。こちら、Archardの式なんですけど、Ws比摩耗量について、SUS304について具体的に想定されて計算されているんですけど、これを304と想定した根拠について少し御説明いただけたらと思います。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

31ページで想定される異物、いろいろ述べておりますけれども、基本、現場で発生する小さな切り粉とか、その辺はSUS304の物が多いという前提で、まずSUS304の比摩耗係数を使っております。

ただ、それ以外の材料であることも想定して、ほかの比摩耗係数についてもデータ取得は行っております。その上で、それぞれあまりオーダー的に違いが出ないということを確認した上で、最終的にこの304の数値を用いて計算したということになります。

以上です。

○東原子炉規制専門員 規制庁の東です。

ありがとうございます。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

今回の傷の原因のところですけど、今回のSGにつきましては、第三支持板以下、要は第三支持板のところに異物があったということで、それ以下のところを確認してございまして、それ以上のところに、要はバブリング等で行く可能性もあるのかなと思うんですけど、そこについて調査されなかったというのは何か理由があるのでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 バブリングについては、エアをぶくぶくとやるのがバブリングでございまして、異物が上に上がろうとすると、それなりの水による流量が

ないと上には上がっていかないの、バブリングによって何か異物が上にどんどん上昇していくというようなことは考えてはおりません。

バブリングは、もし残留物があった場合に、バブルでぶくぶくとやることの弾ける力でもって、もしどこかにひっかかっているようなものがあれば、それが落ちてくるということを期待してやったものですので、バブルでどんどん上に行くということは想定しておりません。

○吉野企画調査官 ただし、A-SGで見つかった異物ですが、報告書ですと1gということになっているかと思うんですけど、そういう物が上に上がらないということが本当に言えるのかどうかというのがわからないので、やはり網羅的にそこは確認する必要があるかなというふうには感じてございますけれど、何か見解ありますか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

今回の想定異物、それからAで見つかったような異物が重力よりも強い力で流れていこうとすると、計算上、大体〇〇（非公開情報）以上の流速がないと上昇も含めた移動がないというふうに試算しております、そうなりますと、バブリングでのぶくぶくではそれほどの流量がないので、上まで上がっていくということは基本的にはないというふうに考えております。

○吉野企画調査官 〇〇（非公開情報）以上ないと上昇しないというのは、その異物、今回であればA-SGの異物、10cm、20cmの物が水平の状態、垂直の状態とかいろいろと条件があるかと思うんですけど、そこをやった上でということでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 はい、おっしゃるとおりでございます。

○吉野企画調査官 それでは、異物については、やはり今回、異物が5カ所の傷に対して異物が何個あるかどうかはわかりませんが、やはりしっかりとそこの、見つからないということもあるので、調査をしていただければと思います。

一方で、A-SGの異物については見つかっていると、それも第一支持板の上で見つかっているということなんで、これは、どうしてそこの第一支持板にあったのか、また、そのA-SGの異物は何が、今回の材料ですね。切り端とか言われていますけれど、あれとの違いとこのを御説明いただけますでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

まず、A-SGで見つかった異物に対しては、SUS系の異物になっておりますので、今回の調査等を踏まえると、SUSの保温板等の切れ端ではないかというふうに想定しております。

恐らく、入り方も似たような入り方をしたのではないかなというふうに考えております。

今回のA-SGで見つかった異物が、当該箇所に残っていたところのメカニズムとしましては、恐らくですけれども、今回、傷をつけた異物については、管板の上の部分で当該の細管に傷をつけて、ある程度固定された形で傷をつけた、で、運転が止まりました、そうしたら上昇流はなくなります。けれども、恐らく、まだその傷がついているところに引っ掛かるか何なりして、とどまっていた。それが水を抜く。水を抜くと水の流れがありますの

で、その流れに乗ってずっと降りていって、一番水の流れやすいフローロットを通過して流量分配板の真ん中を通過してブローダウンから流れていったのではないかというふうに考えております。

一方、今回、SGで見つかったAの物については、傷をつけた物ではないと判断しておりますので、管板の裏側で恐らくどこにも引っ掛かるようなことなく、上昇流でもって保持だけされていたと。それが、運転を停止すると、上への押付力がなくなりますので、そのままひらひらと落ちて、恐らく大体直下に落ちて管板部のところに落ちたのではないかという、そういう違いがあるのではないかなというふうに考えております。

○吉野企画調査官 雰囲気的には、そういう説明も成り立つのかなと思うんですけど、やはり今回の傷をつけた異物というのと、傷をつけなかった異物、最低でも6片あるんでしょけれど、その違いについて、すみません、十分な理解はできませんので、その辺りを改めて御説明をいただければありがたいと思います。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

わかりました。

ですが、今回のバブリングですね。かなりのボリューム感、時間をかけてやっております。具体的に申しますと、窒素の量で言いますと、1,000m³近くの窒素を使っています。1,000m³はどんなぐらいのボリューム感かと言いますと、25m×14mのプールで言いますと大体350m³ぐらいのボリュームになりますので、大体それの2点何倍ぐらいのボリュームの水槽を使ってSGの下からぶくぶくとやっております。大体4、5時間かけてやっております。SGの二次側の有効的なボリュームというのも160m³ぐらいなので、約6、7倍の量のバブリングで中の洗浄というか、そういう行為をしております。

ちなみに、今回、定検に当たってスラッジランシングというものをやっているんですけども、これはSGの管板部にたまっているスラッジを回収する作業でして、それで回収できたスラッジの量が40kgあります。このバブリングによって回収、一応、きれいにした後に回収できたスラッジの量が約10kg、12kgございます。ですから、通常でやっているスラッジランシングで得られる物の、また更に25%ぐらいのボリュームの物が上から落ちてきて回収できておりますので、かなりのボリューム感、それから効果があったものと思っております。そういった作業の中で、今回見つかっておりませんので、我々としては、もうできる範囲、可能な限りできる範囲でいろいろやったんですけども、基本的には、もう残留物はないのではないかというふうに判断しております。

以上です。

○吉野企画調査官 とりあえず私の質問はこれで終わりです。

○山中委員 山中です。

原因の推定なんですけども、そもそもデブリフレッティングが原因であるというのが、何か最初から決まっていて、解析が進んでいるように聞こえてしまったんですが、恐らく、詳しくいろいろ検討はされていると思うので、2次側のそういうその減肉が今回の場合は、

デブリフレッシングであるという、その根拠をもう少しやっぱり詳しく調べて説明をしていただきたいなという。つまり、粒界腐食であるとかピッチングであるとか、あるいは、リン酸減肉、こういったものは、水質がきれいだから起こりませんというさらっとした説明でしたんですけども、起こったとしたら、こういう摩耗形状とか損傷形状になるはずなので、今回見つかったのとは違うよというのを、やっぱり示していただく必要はあるし、いわゆる5本も傷が入ったわけですから、5本の類似性と差異性ですよ。その違い。熱流体的な類似性というのは、一部説明があったかと思うんですが、例えば、素材的にどうだとか、あるいは、成分がどうであるか、あるいは引き抜きがどういう時期に行われた管で、共通性はないよとか、あるいは、メーカーでの製作時に、全く違う時期につくられているものであって類似性がないとか、そういうフレッシングであるという根拠を、もう少しやはり詳しく示していただく必要があるかなというふうに思うんですが、今、何かコメントございますか。

○丹羽 関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

今、外面減肉に絞り込んだ原因については、スライドにも一部つけておるんですけども、資料1-2の顛末書のほうに、詳しく記載をしております、26ページを御覧いただけないでしょうか。これが、今回外面減肉に絞り込んだ要因分析FT図であります。まず、一番左側で1次側の損傷と、今回の原因が1次側の損傷と、2次側の損傷と、あとECT探傷ってありますけれど、傷以外でなかったかという、三つの可能性についてスタートしています。

まず、一番上の1次側からの損傷については、もうECT信号から外面傷であるということは明確ですので、1次側ではないということは結論づけられます。

続いて、その下の2次側からの損傷というところに来るんですけども、ここが、この高浜4号機のSGの型式で、例えば、環境などに応じて、想定し得る劣化モードを全て列挙しております。それが、先ほど冒頭御説明した、例えば、粒界腐食割れであったりピッチングであったり、リン酸減肉であったりと、というようなことなんですけれども、冒頭の御説明では、確かにさらっとした説明だったんですが、ここで右側にいっていただきまして、調査項目で例えば粒界腐食割れ使用環境とあって、右側の資料2とあります。ここで、さらに詳細な説明をさせていただきます。例えば、粒界腐食割れの場合ですと、資料2になりますと、下ページで言うと32ページなんですけど、PDFの通しページで言うと43ページになります。これは、粒界腐食割れが起こるとすると、BEC穴の隙間部で濃縮して腐食環境下になった場合に発生するんですけど、その発生領域を示したのが、下の表です。横軸は、当該部のpHで、縦軸が腐食電位になるかどうかというのを発生領域に示しております。今回、TT600ですので、高浜4号機の場合は、そのTT600の発生領域が斜線で示されているわけなんですけども、ちょうど環境を、例えば、pHを見ると大体6弱ぐらいの位置にあります。水質的に。そうして、これ腐食電位を上げるような銅酸化物のようなものは、存在しないというのを、スラッジランシングの結果何かで確認しております、そうすると、ちょうどこの丸があったところ、要は、腐食環境にないということが明確に言えて、このことから

粒界腐食割れでないというふうな結論を出しております。

続いて、ピittingの話になりますと、その次のページ御覧ください。

これもピittingが起こるような状況は何かというと、過去は、海水リークのようなものがあって、塩素がたくさん入ってきたような状況で起きているんですけども、その起きる状況を塩素濃度と横軸温度で縦軸がこれも電位が大きい小さいかというグラフで示しています。一番上に、高浜4号機の至近サイクルの塩素イオン濃度0.4ppbと示しておりますけれども、仮にこれが、今回支持があったBEC穴のところで濃縮したとしても、 10^3 程度濃縮したとすると、ちょうどこの辺の位置にプロット、赤いところ。赤いところに来て、赤いところまで電位が上がって初めてピittingが起きるということになるんですけども、先ほども申し上げたとおり、腐食環境下にはなくて、酸化性の電位まで全然いかないで、還元性の大きい-500mVぐらいに当該の実機の環境がありますので、ピittingも起きていなかろうと。実際運転環境を見ても、海水リークなんかはないので、そうであろうというふうに推察しています。

その次に、リン酸減肉というところが先ほどの26ページのFT図であったと思うんですけども、これは、過去に昔の美浜1、2号機何かでは、水処理のためリン酸塩処理していて、そのリン酸塩が残留している条件で腐食してしまったということがあります。ただ、高浜4号機の場合は、運転履歴からそういったものは全くしてございません。最初からAVT運転でした。ということから、リン酸減肉の可能性もないというふうに考えております。

○山中委員 水質の件はよく理解しました。仮に、こういう腐食が起こったとしたら、どんな傷になるんですかという話はいかがですか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

その件も、カメラで見ると、外面上よくわかって、過去にこれらの損傷モードというのは、過去に実際に目視で見えておまして、例えば、腐食であれば、もっと全面的に腐食しているような格好でして、外観からも違いが非常によくわかるというものになります。そういったものからも違いは明確であるというふうに考えております。

○山中委員 理解しました。そういった意味で、絞り込みとしてフレットングに行き着いたと。で、過去の事例なんですけど、例えば、国内でこういうデブリフレットングでSGの外側が損傷した事例というのは、どれぐらいあって、あるいは1回に例えば、ワンサイクルで何本ぐらい損傷したという事例が出てきているのか、それを教えていただけますか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

資料1-1の参考スライドの最後のページをお願いいたします。

これ、国内外の外面からの減肉事象報告されているものを抽出したものです。例えば、国内で行きますと3件あります。例えば、一番上の高浜3号機では、法令報告対象ではなかったんですけども、軽微な20%未満の減肉がありました。その下の美浜3号機では、溶断のノロが2次側に入ってきて、これは大体40~50%程度減肉していた事象になります。

一番下の玄海1号機は、これは、公開情報から確認したんですけども、鋼製巻尺が運開時に残っていて、これは、リークに至っております。

その下が、海外事例で、海外では、多数の事例が報告されているということを確認しております。

○山中委員 1回でSG何本伝熱管壊れています。1例で、例えば、今回のように多数壊れているという事例がありますか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 国内でいきますと、美浜3号機の場合が隣接する3本に減肉が発生しました。

一方、海外の場合を見ますと、これは、件数ベースでしかカウントしてないんですけども、大体一度に複数本、多いときであれば、10本、20本という損傷が認められています。

○山中委員 わかりました。私のほうからは、以上です。

○船田技術参与 規制庁、船田です。

欠陥の大きさとか、そこの関連で確認させてください。

最初に、6ページを見ていただきたいんですけど、6ページに外見で見つかる傷の長さを書いてございますけど、この寸法と実際の深さとの関係がどのぐらいあるのかを説明して、多分簡単だと思うんですけど、形状を見たら、弧長が6mmとか、弦長か。6mmとか5mmとか4mm、8mmになる場合の深さというのが、ECTで測った深さと大体同じになっているかどうか教えていただきたいと思います。

それから、もう一つが、16ページでいいんですけど、先ほど異物が動かないということ、その原因が流れによって押し付けられるからというお話でしたけど、例えば、16ページにありますように、すぐそばに伝熱管の外側に大きな穴が開いていて、その流量がかなり速いと押し付けているところよりも、穴の開いているほうのほうの流量が速くて押し付け力が大きくて、そちらのほうに流れていくのではないかなと、傾いていくのではないかなという気がしています。それと、もし管支持板にびたっと押しつけられているのであれば、傷は大体管支持板と同じぐらいの高さに出てこないかなという気がしまして、今、管支持板から数mm離れたところに出てきているので、そこら辺の原因も何かあれば教えていただきたいと思います。

以上です。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

6ページの目視の結果とECTの深さの関係ですけども、例えば、この減肉が異物が辺で当たったような、例えば、蒲鉾型のような形状であれば、表面の開口から自動的に幾何学的に深さは求まるんですけども、今回減肉メカニズム側で想定していますように、角部で当たっておりますので、目視からだけでは必ずしも深さは言えないのかなと。ECTでもって初めて深さが言えるのかなと考えております。

○船田技術参与 そのとき、異物の先端は直線状にあるのではなくて、あれば大体推定できるんじゃないかと思ったんですけど。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 直線的にもし当たっていたときの深さは、実際にECT信号よりも浅く出てしまうので、この程度の開口であれば。もし、ECT信号と同じような深さまで辺で当たって、表面開口に現れるぐらい削ろうと思ったら、もっと開口が大きくなりますので、そういう意味から、目視と深さの関係というのは出ないのかなというふうに思っています。

○船田技術参与 今の件、了解しました。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 2点目です。傷の位置、管支持板に異物がぴたっとついていた状態であれば、管支持板から少し離れていることに対して、それが、どうなのかという御質問なんですけれども、停止中ですので、運転中は、これ熱伸び差でこの傷がちょうど支持板とのいわゆる面一のような状態になります。ということからも、整合はしているというふうに考えています。

あと、31ページで、想定異物の見本のようなものをお示ししていますが、今回切れ端のようなものなので、必ずしもぴたっとしたきれいな板というわけではなくて、ある程度3次元的な形状は持っていたことはあるであろうというふうに考えています。

以上です。

○船田技術参与 船田です。

一応わかりました。16ページにあるように、ここの伝熱管の外の支持板の流路側、そこもかなり面積が大きいので、そこに流れ込んで行かないかなという気がしたんですけど、それにもかかわらず押し付けられているということがわからなくて。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 完全に両側から支持する伝熱管がない条件では、恐らくそのようなことはあるかもしれませんが、隣接管にも接触痕があるということからも、全く支持がない状態で、片方に吸い込まれていたというようなことは起こらないのかなというふうに考えています。大きさによりけりだと思いますけれども、今回のサイズのものではというふうに考えています。

○船田技術参与 船田です。

くどくて済みません。16ページの右側のX44Y5は外面には何もなかったように書かれているんですけど、実際は何かあった可能性があるんですか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー X44Y5の接触痕は、異物が接触していたがための接触痕とは考えておりますけれども、実際、伝熱管がたくさん触れたほうで摺動が発生しますので、伝熱管の触れ方というのは、この減肉が起こった管と、その隣接管とで必ずしも同じ振動の仕方をするわけではないので、こちら側の振動は微小で、大きく振れた側の減肉が発生していたというふうなことを考えております。

○船田技術参与 説明、理解しました。

○武山安全規制管理官 ほかにどなたかいますか。私から質問したいんですけど、スライドで7ページです。1-1です。原因調査のところで、先ほどFT図でもって分析されているんですけど、一つ、エロージョンのところで室温条件で70と書いてあるんですけど、

当然ながら運転中は、室温じゃないので、もっと高い温度になるわけですがけれども、そういう高温の状態でのエロージョンというのは、どういうふうなしきい値になるんですか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー この場合、エロージョンでどちらかという化学的な作用というよりかは、機械的な作用が主になりますので、温度というよりかは、流速など、機械的なファクターが要因だと思っていますので、そこは常温と高温でそれほど有意な差が出るとは考えられないためこのような試験条件で試験を行っております。

○武山安全規制管理官 今言った話というのは、何かどこか文献とか、そういうものに出ていますか。何か温度で違わないんだとか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

資料1-2のページ数でいきますと76ページ御参照ください。

今、申し上げたのは、文献というのは、機械学会の資料から持ってきているものです。ちょうど、傷の形を見ていただいても、全体的に侵食して削れていきますので、今回のようなフレッシングで削れた傷とは、大分様相が異なるということもわかっていただけたかと思えます。

以上です。

○武山安全規制管理官 傷の様相は確かに広がりがあるということだと思えますけれども、ただ、温度で違うのかということについて言うと、これ何も書いてないんですけど、温度の状態でああいう高温の状態でまさに2相流の状態で、どうなるのかなというのは疑問があります。

あと、先ほど異物が入って行って、大体第3支持板ぐらいまでですか、までしか到達しないという、要するに、横方向に行ってしまって、上までいかないんだという話を言われていたんですけども、それは、そういうことは何でそういうことになるのかというのは、何か御説明ありますか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

なぜ、このような挙動になるかというのは、熱流動解析からちょうど第1支持板以降、高温側から低温側に横流れが顕著であるということから、このような推察を行っております。

○武山安全規制管理官 武山です。

いわゆる、第3支持板より上のほうというのは、まず上のほうまで行くことがないのかというのが一つと、それから横方向の流れって上のほうはないんでしょうかね、本当にとというのが疑問なんですけれども。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

横方向の流れは、ホットとコールドの温度差がありますので、上のほうでもあります。ただ、横方向への流れが始まるのは、第1支持板から出た後から始まりますので、そういったところから支持板を抜けたらすぐに行ってしまうので、基本は3より上まではいかないというふうを考えております。

以上です。

○武山安全規制管理官 可能性は、行っちゃうかもしれないというのはあるかもしれないけど、要するに確率的には下のほうに滞留しやすいんじゃないかということを行っているんですかね。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー そのとおりです。

○武山安全規制管理官 あと、異物で、今回異物ということが大体大きいということなんだろうと思うんですけども、先ほど他プラントの事例、海外は別として、国内でのプラントの事例というのは、ほとんどないに等しいのですと。ほかの電力会社のプラントもそうなんでしょうけども、要するに、そういう意味からすると、いろいろ異物の混入防止ということで、いろいろと工夫されるということなんだろうけれども、わからないのは、ほかのプラントで、そんなくないということと、その関係で、もし異物対策をするにしても、高浜で何でこんなに起きるのかというのは、すごく気になるのですと。それで、ほかのプラントとの環境の違いというんですか。例えば、高浜1、2、3、4全部、今工事していますよね。だから、すごい工事量ではないかと思われるのです。そういう意味からすると、工事をいろいろやられていて、今回周辺作業ということで、いろいろ言われていますけれども、周辺作業が影響するということは、影響しやすいだろうと思うんですけども、それだけではないのかもしれないというふうに思われるのです。だから、そういう意味からすると、いろんな工事をやられている中で、こういう対策をするということは、大事だと思うんですけども、そういうほかの工事との関係とか、いろんな工事が並行してやられているという状況下の中で、これで十分かどうかというのはあるかなと思います。

それから、もう一つは、これだけやられるのであれば、例えば、SGの中で先ほど言ったスラッジランニングだとか、バブリングとかを今回したわけですけども、今回傷は見つかったのも、それをやっているということだと思われるので、じゃあ、傷が見つからなくても何かやる必要があるのではないかと。要するに、誤って異物が入らないようにするという事はやっているんだけど、もしかしたら入っちゃうかもしれないわけで、要するに立ち上げる前に、そういうことは考えてはいないんですか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

まず一つ目の何で高浜が多いのかなというお話なんですけれども、3号に引き続き、4号機についても異物が混入する事象が発生してしましまして、深く反省するとともに、現在の異物管理の問題点について改めて検討しております。

高浜の特殊性のようなものが何かあるのかと、いう観点で他社及び大飯、美浜との異物管理に対してのルールとかを比較しましたけれども、異物管理に関するルールという観点では、内容的には、大体同等な遜色ない内容でありました。一方先ほどおっしゃってられましたように、高浜では、運転中の3、4号機と、あと安全対策をやっております1、2号機がありまして、他発電所に比べると作業量は多いと。現場がふくそうしているということは高浜の特徴としては上げられるかとは思っております。しかしながら、現在今回の4

号機、それから前回の3号機の定期検査の作業の中身を比べましても、特殊な作業をしたという実績はなく、作業、それから環境とも過去に比べてふくそうしているということはありません。今回の定検という観点で見ますとそうでございます。

また、4号機での異物混入というのは、1号機、2号機のほうでも作業をしているということで、発電所全体としては、ふくそうはしているんですけども、作業環境という意味ですと、1、2号機と3、4号機というのも、かなり離れたところがありますので、そこで作業自体が、両方の作業自体がふくそうして、何かどうこうというような環境にはないかというふうには考えております。

ただし、今回、実際に4号機のA-SGで異物が確認されておりますので、こういうことを踏まえますと、作業を行う際に異物管理が不十分であったということは明確でありまして、異物管理に改善の余地があったものと考えております。

今回、我々異物管理、じゃあ、実際に当該作業で異物管理をどうやったかという観点で作業一つ一つ確認しております。我々異物管理の基本的なやり方というのは、社内標準で定めておりまして、大きく五つあるんですけども、まず、開口部をちゃんと養生しましょうという話。それから、開放中の機器に対しては、連続監視をする。もしくは場所を外れるような場合には、養生して封印をする。それから、工具等ですとか、そういう資機材というものは持ち込み、持ち出しをちゃんとしましょうということで、チェックシート何かでの管理もしております。

あと、服装についても、服装自体、例えば、ボタンがついていて、そういう服装自体から異物が発生することがないようにと、というような服装の制限をしたりとかしております。あとは、最終の異物確認をきちんとしましょうという、大きく、こういう原則で作業をしておるんですけども、今回いろいろ作業の中身を精査した結果、今回の原因のところでもお話しさせていただいたとおり、最終異物の確認というところで、問題がある作業が12件確認できておりますので、これらの作業について、対策を深堀りしたという形で検討しております。

中身としては、よくある注意喚起とか、教育とか、そういうソフト対策ではなくて、人によらずに誰が作業をしても持ち込まないようにという、主にどちらかというとハード対策のほう、障壁を設けたりとか、服をちゃんと着がえてあれしましょうよという、そういうどちらかというとそういうハード対策のほうで防止をしておりますので、そのほかにもいろいろ申しあげましたけども対策しておりますので、そういう観点では、いろんな環境とかあるかもしれないんですけども、今回の対策は有効で再発防止対策が図れているものではないかというふうには考えております。

異物混入によるSG損傷を発生させてしまったこと、今回の事象として関西電力として、重く真摯に受けとめて、水平展開をしっかりと、改善に努めてまいりたいと思っております。

以上です。

○武山安全規制管理官 今おっしゃった中で、だから1、2号とか、そういうところは、遠いところなので、そういうのが干渉することはないだろうという話なんですけども、先ほど対策の中で、例えば、作業服に何かついていたのが入っちゃったんです、みたいなことを言われてたと思うんですけれども、そう考えちゃうと、例えば、作業員とか1、2号で働いていた人が3、4号に来ることってないんですか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 まず、作業服にいろいろついてしまう可能性というものは、定検単体で見たときでも、例えば3号機の環境、4号機の環境の中でも、さまざまな工事をしておりますので、基本的に3号機なら、3号機の定検、4号機なら4号機の定検で、そういうふうになってしまう環境というのはいたるところにあるというのが現実でございます。作業員という意味では、従前から定検作業については、それぞれの機器をきちんと管理していくという形で基本的に協力会社さんは、この機器はこの協力会社さんにきちんと責任を持ってやってもらおうというふうな形でやっておりまして、大体体制は同じです。定検作業を実施するに当たっては、基本的には、そちらを優先というか、来てやってもらうためにそういう人間を体制を整えた上で定検に臨むという形をとっておりまして、今回の定検についても、今回前回の定検についても一応そういう体制でやっております。1、2のほうの工事については、逆に言うところの一つ一つやっていく改造工事のような形ですので、そちらについては、そちらで人を集めたりなんなりという形で、新たな体制を組んでやって、多少の行き来というのはあるかもしれませんがけれども、基本的には、そういう体制でやっているというのが実情でございます。

○武山安全規制管理官 基本的には、行き来はないということですか。1、2号、3、4号の間では、行き来はする方もいるかもしれないけれども、本当に限られた人たち。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 はい、基本的には、そういう。

○武山安全規制管理官 ということですかね。マネジャーとか、そういう人たちはいるのかもしれないかもしれませんけれども。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 そういうように考えております。

○武山安全規制管理官 あとは、先ほど言った、一応入らないように対策をしますということなんですけども、今回、3号もこれから、また来年定検入ると思うんですが、その3号については、以前法令じゃないレベルだけれども、ちょっと傷があったということで、それについても異物だという判断をされていて、それで対策も似たような対策をされている。今回の対策は、それにプラスして、例えば、ファイバーで下を見るとかということまで追加されているんですけれども、ということなので3号機がどうなのかということについても、我々としては関心があると思っています。だから、その状況で、確かにそういうことで、有効に働いているかということは見なきゃいけないというふうな気がしますということです。

あとは、先ほど言ったバブリングとか、スラッジランシングの話なんですけど、それは、そこまではやらないんでしょうか。要するに、今回やってみて、何か出てきましたみたい

なのがあるので、一つは、そういうのも一つあるのかなと思ったんですけど。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 基本的にスラッジランシングのほうは、毎回やっております。定検としてやっております。バブリングのほうは、今回特殊な状況だったことを踏まえまして、異物の調査という観点も兼ねてやっておりますので、これについては、一般的な定検メニューという形では考えてはおりません。

○武山安全規制管理官 3号機の結果次第かもしれないですね。もし3号機でも事象が起これば、これは、もうということかもしれないというように思います。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

状況を踏まえて、また適切に対応していきたいと思っております。

○武山安全規制管理官 ほか何か気がついたことありますか。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

一点確認なんですけれど、今回有意な信号指示が出たのが、一応5カ所で、有意でないんだけど信号指示が出たというのは何カ所かありますでしょうか。要は、先ほどの高浜3号のような形の信号指示の事例でございます。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

そういった事例はございません。

○吉野企画調査官 それは、機器の精度は何%であって、それ以上のものはなかったという理解でよろしいんでしょうか。そこを御説明いただければありがたいですけども。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

その御理解で結構かと思えます。検出精度自体は10%ありますので、それ以上のものは確実に検出できる一方で、非常に微小なものは確かにおっしゃるとおりかなと思えます。

以上です

○吉野企画調査官 ありがとうございます。了解しました。

○武山安全規制管理官 ほかは何かありますでしょうか。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

異物対策で幾つか今回新たに挙げられていますけども、そもそも協力会社とか社員の方も含めてですけども、周知の方法、また教育に関してはどのようになされているか御説明をお願いいたします。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

今回の対策を実施するに当たってどういう対応をするかということですか。周知という。

○小野上級原子炉解析専門官 そもそもどういう形でやられているのか、あと今回の件で、何かそのあたりについてまた改善を図るとか、そういう対策があるのかないのかお願いします。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

今回の対策を立てるに当たっては、まず協力会社さんも含めて、一緒に検討して、これがまさに有効だなという形のものを作り上げております。今後、これを実際に導入してい

くに当たっては、作業をするに当たっては、作業計画書というものがありますので、それぞれの作業の作業計画書に、これらの内容を追加した形で今後の作業を実施していくという形になっております。

以上です。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

そもそも異物管理教育という、そういうメニューはございますか。所内の教育の中でです。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

協力会社さんに対しては、まず発電所の中で働いていただくに当たって、入所時教育をしたり、それから我々と働いていただくための請負工事一般仕様書という一般的な事項を定めたようなルールがございまして、その理解を深めていただくためのルール、教育とか説明会というのも定期的にやっております。そういう意味で、異物管理も含めて一般的なものというのは、発電所で働いていただく皆様に定期的に周知とか、教育をするというふうな形をとっております。

以上です。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

ありがとうございます。

○武山安全規制管理官 特にもうないですかね。先ほどのエロージョンのさっきの温度との関係のところなんですけども、これ後でどういうことなのかということをやちゃんと説明をしていただきたいなと思います。温度との関係は、要するに機械的な作用でもっての話なので、温度は上げないとおっしゃったんですけども、ただ、やっぱり環境が違うので、そこが本当にそうなのかということについて、もうちょっと説明を別途していただければなというふうに思います。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

承知いたしました。

○山中委員 2点あるんですけども、やはり昨年、高浜3号機で法令報告事象にはなっておりませんが、同じような事象が見つかっていると。さらに今年4号機で見つかったということで、去年からどう対策が進化したのかなという。あるいは、どう関西電力の他のプラントに水平展開していくのかなという、そのあたりもう少し詳しくお話をいただければなと思うんですけども、何かあまり去年からの進化というんですかね、ちょっと見えないようなところがあるんですけど、何か著しくそういう対策に対して進化があるんだということが何か主張できますか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

今回の4号の事象ですけれども、これは、定検の作業の時期のタイミングというのがあります。3号機が前回の事象があって、その対策を展開していったよりも、前の定検作業が原因で、そのときのタイミングで今回の事象が発生してしまっているというふうに

なっております。ということですので、3号機の対策を実施したにもかかわらず、今回の事象が起こったというものではないということは、御理解をまずお願いいたします。

これ、前回の3号機のとときにやると言っていた対策が左側です。今回、新たに右側で対策をしていこうというふうに思っているものです。赤字が今回追加した部分になるんですけども、先ほど少し長く御説明させていただいた観点で、以前は、立ち入る前にお互い服に異物がついてないか確認しましょうねという、そういうところだったんですけども、今回の対策については、もうちょっとソフトじゃなくてハード的な対策ということで、外部障壁を設けるですとか、服を着がえるですとかいうことを赤字の部分になるんですけども、新たに加えて、さらに、絶対起こさないぞという信念のもと、さらに充実した対策をとっているというものでございます。

他サイトへの展開につきましては、今回、QMS（品質マネジメントシステム）に基づく不適合処理を挙げております。大きい事象ですので挙げております。これをもとに、通常のQMSのルールに基づいて、他サイト、美浜、大飯に対しても水平展開をしていくというQMSのルールに基づいて、きちんとやっけていこうと考えております。

以上です。

○山中委員 作業場の問題というのは、当然気をつけていただく必要があるし、対策をいろいろ考えていただいているというところはあるんですが、確かに、第2世代のSGと第3世代のSGとを比較すると、第2世代で起こりやすいのかなというふうな感じも受けるんですが、必ずしもそうでもないのか、そのあたりどうですか。余りそういうことは考えなくていい。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

第2世代、第3世代で外からの持ち込み、異物という観点で見れば、そこに余り差異はないかなというふうに考えております。

○山中委員 何か、その異物が引っ掛かりやすいとか、そういうような特徴がSGのそういう細部にあるというような、そういうことはないと思ってよろしいですか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

伝熱管の配列も、管支持板のBECの構造も同じですので、これだけ特異性があるというふうには考えがたいと思っています。

以上です。

○山中委員 伝熱管の材質の変化ぐらいしか世代間ではないよと。ということは、先ほどマネジメントの問題をきちんとやれば、こういう問題が解決できるというふうに考えてよろしいか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

御指摘のとおりかと思えます。

○武山安全規制管理官 ほかにはもうないですね。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

今回新たに幾つかの対策を挙げられておりますけども、今定検については、ほとんど作業が終わっているので、実際は次回定検作業からの実施になるかと思うんですけども、最後のファイバースコープ等の確認も今回の作業には間に合っていないという理解でよろしいですか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

今回の事象を踏まえて、ファイバースコープによる確認も今回開放した機器で同様の箇所、カメラで見えにくい場所とか、そういうところがございまして、そういう部分については、やっつけようと思っております。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁の小野です。

今回、定検においても、ファイバースコープの確認は行えるということですかね。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 現在その方向でその対応をする予定にしております。

○小野上級原子炉解析専門官 規制庁、小野です。

承知しました。

○吉野企画調査官 規制庁の吉野です。

一点、対策のところの確認なんですけれど、高浜においては、過去運転開始以来、こういう事例というのはなくて、美浜にあったという事例です。そうしますと、この対策の中で、単純にハード面の対策もありますけれど、どうして今までなくて急に3号、4号と続け出たのか。背景等があるかと思うんですけど、それについて何か分析しているのであれば、御説明いただけますでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 関西電力の今村でございます。

先ほどの異物のところで御説明させていただきましたとおり他電力や、美浜、高浜での大きなルール上の差異はないという部分と、あと、高浜発電所自体としては、作業が1、2号もありますけれども、基本的には、そこの干渉というか、そちらが原因で3、4号の定検に影響を与えるということもないというふうに考えておりますので、明確にこの時期に何で起こっているかというところについては、一応そのような確認はしたんですけども、わかっていないと、明確にはわからなかったというのが、実情でございます。

一方で、今回こういう事象が発生しましたので、先ほど申しましたようなさらなる深掘りでハード的な対策で起こさないというところの対策として取りまとめをさせていただいたものでございます。

○吉野企画調査官 実用炉監視部門の吉野です。

原因がわからないと、その対策の妥当性というのが判断はできないかと思うんですけど、今の御説明ですと、なぜ今回出てきたのかというのは、原因はわかりませんという御説明に対して、その対策が妥当ですと、なかなか判断はできないかと思うんですけど、もう少し深掘りをする必要があるのかなと思っておりますが、どうでしょうか。

○今村関西電力高浜発電所運営統括長 今、御説明させていただいたとおり、ルール面で

すとか、ソフト面で、今考えられる範囲での確認というものは実施しているつもりでございます。ただ、現在、推定原因に基づいてできる対策、その派生し得る部分に対して、対策を打っておりますので、まずはそこに対して起きない対策を打っておりますので、今回の最終確認のところの問題があるというところに対して、それが起きないように対策として考えておりますので、有効に作用するものと考えております。

○決得原子力発電部長 関西電力の決得でございます。

吉野さんのおっしゃるとおり、ルールはきっちり作られているんですけども、他社と比べても遜色ないというのと、今回もルールも足したんですけども、実際それが守られているかどうかといったところが、一番大事なところだと思っております。教育なんかもし、現場の作業も一生懸命やってくれているんですけども、当社の目で、ちゃんとそのルールが守られているかどうか、その場でやはり確認することというのが大事かなど。そういう点では、高浜は、先ほど言いましたとおり、1、2号も作業している中での定検になりますので、作業がふくそうというか、繁忙な場合もありますので、今回の対策のところにも書いているんですけど、いろいろ対策は打つんですけど、それをきっちりパトロールとか、MO（マネジメントオブザベーション）、現場できっちりされていることを、社員の目で確認するといったところが、この対策の肝だと思っております。やはりルールは、もうきっちり作っている、大丈夫ですと、もうそれだけではなくて、やはりされていると、実際にされているといったところを現場で確認するといったところを、現場パトロール等の実施により強化を図っていくと、一言で書いておりますけども、そこには、その裏としまして、社員がちゃんとそこを確認するといったところが大事なところかと考えておりますので、その点が、できてなかったという証拠はないんですけども、やはり作業の忙しいとか、1、2号もあったので十分できてなかった。実際、異物も入ってございましたので、完璧じゃないと思いますので、そこは、そのような対策で1行で書いて、そこを十分説明できておりませんが、社員の目で確認するといったところがポイントだと考えております。

○吉野企画調査官 規制庁の吉野です、

今の御説明、了解はいたしました。ただ、しっかりと今回ルールを定めたのはいいんですけど、そのルールがしっかりやられているかどうか、というのと、あと昨年から高浜3号でありましたけど、なぜそういうふうなことになってしまったのかどうかも、しっかり対応を考えた上で、この対策が妥当なのかどうかは引き続き確認をしていただければと思いますので、よろしく願いいたします。

○武山安全規制管理官 対策のところ、聞いてなかったんですけども、今回施栓をするわけです。施栓自体は、今までも実績がある工法だと思っておりますけども、今回だから、傷があったところというのは、施栓は管板のところにするわけで、傷があったところは上のほうなんですよね。それで、今回そこについては、ある意味そのままにしておくということなので、一つは、この状態で運転をしたときに、これ以上この傷が進展しないかどうか

かというのが一つ。仮に進展して、破断に至った場合、これは1次冷却材が漏れないんですけれども、ただ、伝熱管がぶらぶらになるので、上のほうがこうなるので、要するに流体によって、何か振動が起きて、例えば、ほかの伝熱管と接触するとか、いうことによって、何か悪影響を起こさないとか、そういう分析とか検討というのはされていますか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

摩耗の進展ですけれども、これは、進展させるもとになるもとが取り除かれていれば、進展性はないものというふうに考えております。この程度の今回の減肉量であれば、伝熱管の構造的にも圧力に耐えるということを確認しておりますので、運転中に例えば損壊するといったようなことは考えられないというふうに考えております。

○武山安全規制管理官 それは、先ほど、工事計画の届出がされていると聞いたんですけれども、そういう分析なんかもされた形で出ているということでしょうか。

○丹羽関西電力機械設備グループリーダー 関西電力の丹羽でございます。

工事計画上は、施栓によって、この伝熱管が完全に供用外になりますので、この伝熱管の本数と減らすという届出を出しておりますので、使わない伝熱管に対しての工事計画というものはないという状況になります。

○武山安全規制管理官 私が言っているのは、施栓をするということによって、じゃあ、その施栓をするのはいいんですけども、結局施栓をした蒸気発生器の状態というのが、いわゆるここに傷がある状態で、運転するわけですから、その影響というのは見なきゃいけないと思うんですね。そういう意味からすると、それは、工事計画上の審査がするような気がするんですけども、それはどうですかね。

○福岡関西電力原子炉係長 関西電力の福岡です。

届出におきましては、健全性の説明書というところがございまして、その中で施栓した場合の影響ということで伝熱影響であったり、流体影響であったり、その辺のほうは確認してございます。

○武山安全規制管理官 わかりました。必要があれば、その審査の中で見るということですかね。わかりました。ありがとうございます。

ほかにはないようですので、議題1に関しては、この議論は今日は終わりということでございます。

○山中委員 それでは、今回見つかりました高浜4号機の蒸気発生器の伝熱管の損傷について、きょう公開の場で報告をいただいたわけでございますけれども、規制庁におかれましては、早急に報告書の内容について、詳細検討をしていただいて、改めて公開の会合が必要であるかどうかについては、後日できるだけ早いうちに連絡をさせていただくということにさせていただきたいと思っております。

何か事業者のほうからございますか。

○武山安全規制管理官 評価書をいずれにしても我々評価をしなければいけない。最後はですね。そのときには、また評価について、こういう形で公開の場で行うと思っておりますので、

また、そういうこともありますので。その前に、我々の評価をする上で、ここの部分をもう一回深くしたいというのがあるかもしれません。そのときには、また改めて公開会合をしますしということですので、そういう意味からすると、また、公開会合を必ずやらなければいけないんですけども、1回増えるか、2回増えるか、そういうことだと思っています。

○鶴関西電力高浜発電所副所長 関西電力の高浜発電所の鶴でございます。

本日の会合で、宿題幾つかいただきました。一つは、吉野調査官のほうからA-SGで見つかった異物と、それから、傷をつけた異物のメカニズムの違いといった点。それから、武山管理官のほうから、エロージョンの温度の関係ですね。についても宿題をいただきました。これは、速やかに御回答申し上げたいと思います。

それから、あと同じく武山管理官のほうから、高浜の工事が多いというところについても御指摘をいただきました。それは、我々現場で働いておりまして、まさに日々それを感じてございます。ただ、そういう工事が多いとか、あるいは、作業がふくそうしているがゆえに、そういう安全を損なうようなことがあっても、これは本末転倒でございまして、そういうことが絶対あってはならないというふうに思っています。従いまして、我々日々現場で、そういう困ったことがないかとかいうことを、いわゆる現場ファースト、現場主義でコミュニケーションをしながらやっていっております。改めて、きょうもこういう御質問、御指摘もございましたので、引き続き作業の質を落とすことないように取り組んでまいりたいというふうに思っています。

それから、本日御説明の中で、今回の事象を踏まえて、対策については、幾つか、御説明をさせていただきました。我々現場を預かる者としては、本件に限ったことではございませんけれども、何かあれば、しっかり反省をして分析をして何よりも大事なものは、その対策を可及的速やかに現場に落とす。現場で実行するということだというふうに考えてございます。

そういう観点で、今、少しお話もございましたけどもお願い事項がございまして、昨年5月に冒頭近藤のほうからも申し上げましたけども、事故トラブル事象への対応の進め方についてを拝見しますと、もちろん私どものまず宿題回答というのが必要だと思いますけども、今後評価書が作成され、その公開会合が開催され、そして、規制委員会でも御審議いただくというふうに認識してございます。一方本日御説明させていただきました対策のうち、施栓について、先ほど御質問もございましたけども、その施栓を行うこと自体については、これは施栓をするということは、絶対しなければいけないこととございまして、その点については、議論というのは、特にないのかなというふうに考えてございます。そういう意味で、繰り返しになりますけども、我々現場の人間としては、この対策については、できることは一つ一つ可及的速やかに実行していきたいというふうに考えてございます。従いまして、その安全最優先で速やかに処置をしたいという、我々現場の思いというのがございます。従いまして、先月の15日に施栓に係る工事の計画の届出を出させていただいてます。一方で、申し上げたとおり評価書の公開会合というものがございまして、そ

の評価書に関することと届出の審査というもの、並行して進めていただけないかというお願いでございます。我々、審査を受ける立場のものから、こういうことを言うのは大変恐縮なんですけれども、そういう並行して進めるということについて、例えば、来週の規制委員会などで御審議、御議論いただけたら大変ありがたいというふうに考えてございます。

私からは、以上です。

○武山安全規制管理官 審査を並行してやるかどうかというのは、これは、委員会というか、むしろ中身の問題なのかもしれませんけれども、審査自体をやっているのは、審査部門でやっているんですけど、藤森さん何か意見ございますか。

○藤森安全管理調査官 原子力規制庁、藤森です。

今、届出いただいているのは、施栓をするという対策なんですけど、それは、必要条件であると思っっているんですけど、必要十分条件かどうかは、まだ判断、もちろんこの原因と対策がはっきりしないと、判断しかねるところがございますので、今の時点では、やはり原因と対策がきちんとまとまってからでないと、我々としては、確認、完了とはならないというふうには考えております。

○鶴関西電力高浜発電所副所長 承知しました。まずは、宿題回答、これをさせていただくということが大事だということとも考えてございます。まず、回答もさせていただきながら、一方で先ほど申し上げた思いというのがございます。我々、いずれにせよ現場で施栓をする、今ある意味不適合状態の伝熱管がいるということでございます、やっぱりそこに早目に処置をするというのは、やはりやるべきことだというふうに考えてございますので、今、藤森さんからおっしゃっていただいたことも理解はもちろんするんですけども、何とぞ、そういう並行してといいますか、言葉があれですけども、速やかな御審査というものをお願いしたいなというふうに考えてございます。

以上です。

○武山安全規制管理官 審査はしているんですよ。審査はしているんですけども、最終的な結論を得るのに、ここの検討状況を見ないとなかなか難しいんじゃないかというふうに言っているだけだと思うので、審査自体は並行されてやっているとというふうに理解していますけども。

○鶴関西電力高浜発電所副所長 関西電力の鶴でございます。

了解しました。

○山中委員 そのほか、何か確認しておきたい事項ございますか。よろしいですか。

事業者もよろしいですか。

それでは、以上で第9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の会合を終了したいと思います。