

福島第一原子力発電所の不具合と品質向上に向けた取り組みについて

福島第一原子力発電所の不具合と品質向上に向けた取り組みについて

1 1・2号機排気筒における不具合 P.2~5

2 3号機燃料取扱における不具合内容 P.6~8

3 その他の不具合 P.9~13

4 品質向上に向けた取り組み P.14~15

1・2号機排気筒における不具合

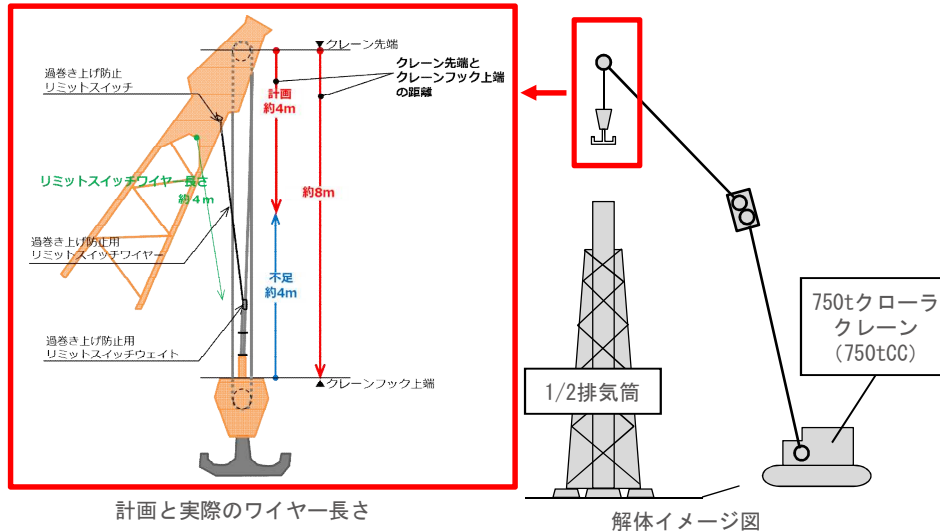
確認された不具合と対応

クレーン吊り上げ高さ不足の原因と対策

▶ 検証結果

2019年5月11日より排気筒解体に向けた最終確認を行っていたところ、クレーンの吊り上げ高さ不足が確認されたため、各所の高さ計測を行ったところ、最大巻き上げ時のワイヤー長さ※に計画と約4mの差異があることが判明しました。

この差異が発生した要因は、リミットスイッチ※ワイヤーの長さ約4mを誤って最大巻き上げ時のワイヤー長さ約4mとして計画してしまったことでした。そのため、実際のワイヤー長さ約8mに対して約4mの差異が発生しました。



計画と実際のワイヤー長さ

解体イメージ図

※ 最大巻き上げ時ワイヤー長さ：クレーン先端からフック上端までのワイヤーの長さ

※ リミットスイッチ：フックを止めるセンサー

▶ 原因

ゼネコンが別工事で使用していた当該クレーンの計画図を、当社が図面と実機の差異確認を行うことなく、排気筒解体工事を計画する協力企業に提示したことと、クレーン安全装置に関わる知識の不足が考えられます。

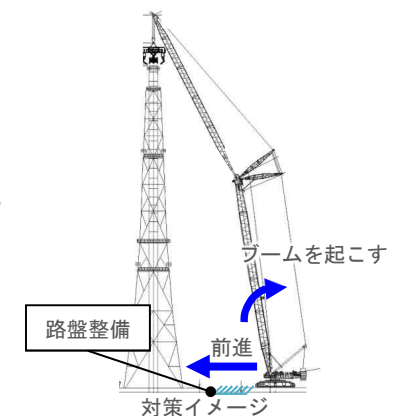
▶ 対策

吊り荷を最大巻き上げ高さまで荷揚げするような計画がある場合には、当社は協力企業任せにせず、計画の初期段階で計画の設定根拠や実測等による検証を行ったうえで、計画と実機の差異がないことを確認します。

クレーンを使用する工事において、当社がクレーン計画をチェックできるように安全装置（リミットスイッチ）に関する知識を習得します。

▶ クレーン吊り上げ高さ確保の対策

クレーンを排気筒に近づけるとともに、ブーム（クレーン）を起すことにより吊り上げ高さを確保しました。また、排気筒により近づけるように、段差を解消する路盤整備を行いました。



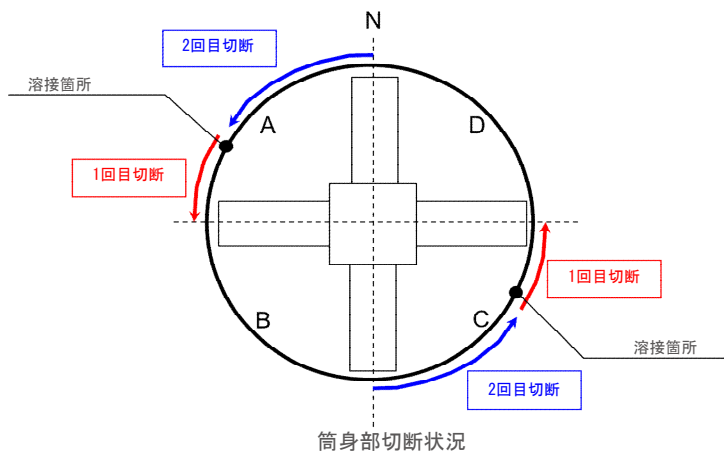
1・2号機排気筒における不具合

確認された不具合と対応

筒身切断装置の一部動作不良について①

▶ 概要

2019年8月7日、7時から筒身解体装置の吊り上げを行い、9時11分に筒身切断作業を開始しました。その後、チップソーの刃4枚のうち2枚（AとC）の摩耗が早かったことから刃を2枚交換する必要があると判断しました。交換後に再度、排気筒頂部に解体装置を設置し、切断を開始しようとした際に、チップソー（A）が動作しないことを確認しました。



取外し後のカーボンブラシ

▶ 原因

刃の摩耗及びチップソー（A）の動作不良については、筒身の溶接箇所が硬化していたことにより、刃及びモーターの部品（カーボンブラシ※）に過負荷がかかり、摩耗したことが原因と判断しました。

▶ 対策

硬い溶接箇所は押し切りで丁寧に切断することにより、チップソーの刃の摩耗やモーターの負荷を低減させる工法に変更しました。

（Cについては2019年8月7日、押し切りにて実施済み）

※ カーボンブラシ：電動工具のモーターを回転させるために必要な部品であり、モーター内で電気を一方方向へ流す役割を果たします。

1・2号機排気筒における不具合

確認された不具合と対応

筒身切断装置の一部動作不良について②

▶ 概要

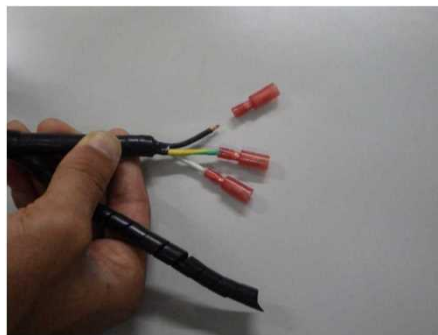
2019年8月21日、8時18分から筒身解体装置の吊り上げを行い、13時45分には筒身切断作業を開始しました。

その後、15時頃から残りの筒身をチップソー（BとD）で切断開始しようとした際に、チップソー（B）が動作しないことを確認しました。

解体装置を筒身から取り外し、地上に下ろした後、取り外した装置の確認を行ったところ、チップソー本体のケーブル3本の接続部のうち1本が圧着部より外れていることを確認しました。



チップソー本体



圧着端子拡大写真

▶ 原因

当該接続部に対して、ケーブルの剥き代が短いこと、及び圧着端子への挿入部が浅くなっていたことから、チップソー移動時にケーブル接続部へ通常動作時のテンションが加わったことで、接続部が外れたものと推定しました。

▶ 対策

チップソーモーター接続部の圧着再施工を実施しました。

また、直近の切断に使用する解体装置（電気部品・機械部品）の接続部の点検を実施しました。

今後は、解体作業のワンスルー※（4ブロック解体）を実施後に、解体手順および解体装置の運用に関する振返りを実施し、より確実性を高めて以降の解体作業を実施してまいります。

※ 解体作業のワンスルー：筒身切断、鉄塔斜材切断、鉄塔支柱切断（一括除却による）の一連の解体装置使用

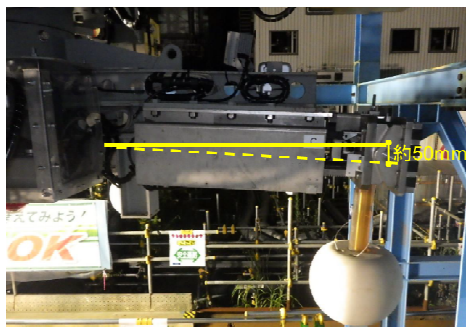
1・2号機排気筒における不具合

確認された不具合と対応

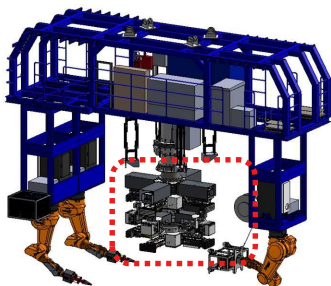
内周切断装置におけるクランプ傾きについて

▶ 概要

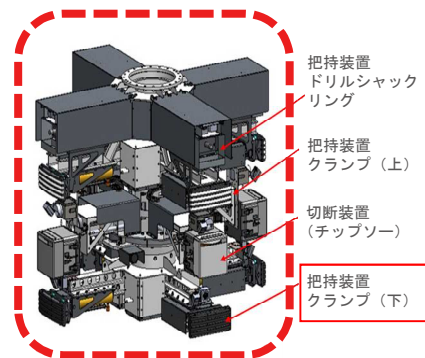
2019年8月7日の作業終了後の点検で、内周切断装置のクランプ（把持装置）Cの下段が約50mm傾いていることを確認しており、翌8月8日、内周切断装置を予備品に取り替える作業を実施しました。



傾きが確認されたクランプ (C)



筒身解体装置



内周切断装置

▶ 原因

クランプを排気筒頭頂部から引き上げる際は、強風時に装置と筒身が接触する衝撃を小さくするため、クランプが必要な分だけ張り出した状態で保持し引き上げる手順としています（頂部内径3m 筒身3.2m）。そのため、2019年8月7日の夜に吊り上げた際、クランプ下がひっかかったものと推測しています。

▶ 対策

カメラにてクランプ先端と筒身との接触状況を確認しながら、ゆっくり引き上げるとともに、クランプ下を15cm縮めて吊り上げるようにします。

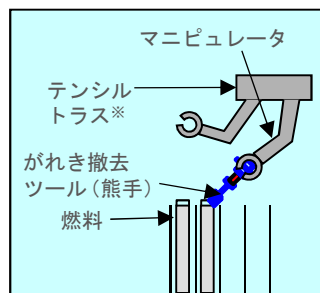
3号機燃料取扱機における不具合内容

確認された不具合と対応

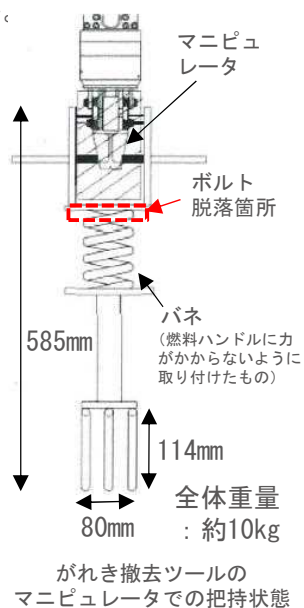
使用済燃料プールがれき撤去ツールの一部外れ

概要

2019年6月17日1時頃、3号機使用済燃料プール内がれき撤去作業中、マニピュレータ※で把持するがれき撤去ツール（熊手）の一部が外れました。外れた下部側は空きラック上に倒れ込みましたが、燃料への影響はありません。



発生時の作業状況



がれき撤去ツールのマニピュレータでの把持状態

原因

現場検証の結果、当該ツールの上部と下部の熊手とを締結しているボルトの緩みが原因であることが分かりました。がれき撤去ツール使用時にバネの振動に伴い、ボルトが徐々に緩んだことに作業中、気づかず、ボルトの外れに至ったと推定しました。



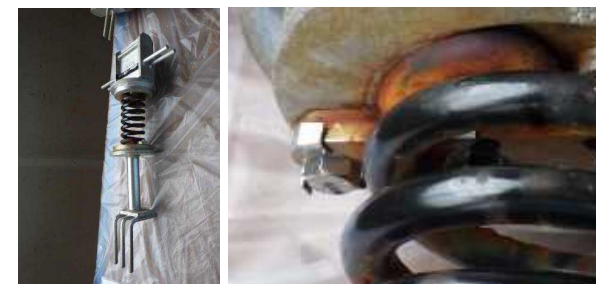
分離したがれき撤去ツール（熊手）の上部



分離したがれき撤去ツール（熊手）の下部

対策

ボルトを押しえ込み、緩みを抑制する折座金を使用するとともに、高強度の緩み止め剤を使用してボルト緩みを防止。作業中も定期的にボルトの締結状態を確認することを手順書に反映しました。また、他のがれき撤去ツールについても同様にボルトが緩む可能性があるため同様の対策を実施しました。



熊手緩み対策実施後

※ マニピュレータ : がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機に設置されている

※ テンシルトラス : マニピュレータの位置を動かしてプール内のがれきを撤去するための装置

3号機燃料取扱機における不具合内容

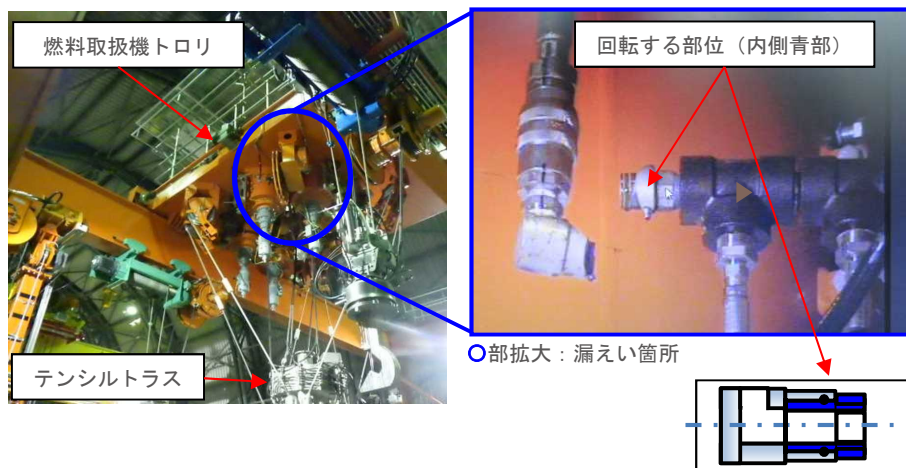
確認された不具合と対応

燃料取扱機からの作動流体の漏えい

▶ 概要

2019年7月17日17時30分頃、3号機燃料取扱機トリからテンシルトラス※ / マニピュレータ※につながる水圧ホースの接続部が破損しました。これにより、作動流体（水グリコール）が約50リットル漏えい※し、プール内に流入しました。

プール水の分析結果から、流入した作動流体による影響はないことを確認しています。



▶ 原因

破損部位の破面を観察した結果、疲労破壊時に見られる特徴的な段差が確認されました。ホースの復元力等の荷重が当該部にかかっていたこと、運転時の変動荷重が繰り返し発生したこと等から、疲労にてき裂が発生・進展し、破損に至ったと推定しました。

▶ 対策

7月24日から行っている設備点検中に当該箇所の修理を行い、8月29日に完了しました。

また、燃料取扱機及びクレーンの類似箇所については、非破壊検査（浸透探傷試験）を実施し、異常のないことを確認しました。

※ マニピュレータ：がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機に設置されている

※ テンシルトラス：マニピュレータの位置を動かしてプール内のがれきを撤去するための装置

※ 約50リットルの漏えい：漏えい量は作動流体水槽の水位低下量からの想定

3号機燃料取扱機における不具合内容

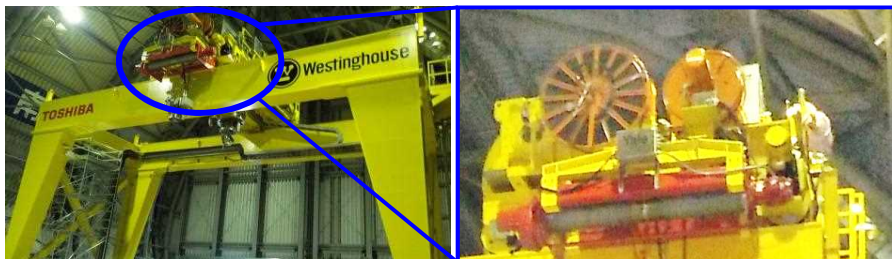
確認された不具合と対応

燃料取扱用クレーンからの作動流体の漏えい

▶ 概要

2019年7月21日1時頃、3号機クレーン補巻きによるがれき撤去作業中、協力企業作業員が補巻き先端部につながるホースのリール部から作業流体（水グリコール）の滴下を確認しました。

漏えいした作動流体はプール内へ流入しましたが、作動流体水槽の水位に変化が見られないことから、漏えい量は少量であったと判断しています。作動流体が喪失した場合でも、マニピュレータ※の状態は維持されるため、吊り荷の落下等に繋がる事象ではないと判断しています。



クレーン（○部：補巻）

クレーン補巻（○部拡大）

▶ 原因

分解点検の結果、分解時にゆるみを確認しました。また、接続部の外観目視点検を行い、異常のないことを確認し、接続部のゆるみによる漏えいと推定しました。

▶ 対策

当該接続部に緩み防止剤を塗布し、再施工、合いマーク施工を実施しました。また、5箇所の類似箇所についても、ゆるみがないことを確認しました。

※ マニピュレータ：がれきの撤去や燃料取り出しのサポートを行うロボットアームで燃料取扱機に設置されている

その他の不具合

確認された不具合と対応

2号機原子炉圧力容器窒素封入流量監視における運転上の制限の逸脱

▶ 概要

原子炉格納容器及び原子炉圧力容器に水素が滞留しないよう窒素を封入し、不活性状態を保っています。

2号機原子炉圧力容器窒素封入量は、2015年以降15Nm³/hから低下傾向にあり、窒素封入量の確認・記録として使用している監視計器（正）の交換を検討していたところ、2019年5月20日、監視計器（正）の測定範囲が5~50Nm³/hではなく正しくは10~50Nm³/hであることが判明しました。

そのため、これまでの窒素封入量の記録を確認したところ、2019年3月16日、4月23日から5月19日の窒素封入量が10Nm³/h未満と測定範囲を下回っていることを確認しました。当該期間において、実施計画で定める「必要な窒素流入量」の毎日1回の確認ができていなかったため、運転上の制限の逸脱に該当すると判断しました。

なお、窒素封入設備に異常はなく運転を継続していたこと及び原子炉格納容器ガス管理設備で監視している水素濃度が管理値（1.0%以下）に比べて十分低かったことから、原子炉の状態は安定していたと判断しています。

5月20日以降は、監視計器（副）により監視し、7月4日に低流量が測定できる計器（設計測定範囲：6~30Nm³/h）への交換を行いました。

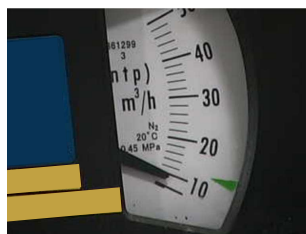
▶ 原因

計器仕様書の設計測定範囲の記載が5~50Nm³/hと間違っていたため、計器の指針のゼロ位置を5Nm³/hと誤って認識し記録していたことが問題であったと認識しています。

▶ 対策

当該計器の計器仕様書を修正するとともに他監視計器について同様な間違いがないか調査を行いました。

当該計器以外は、現状の指示値が最低目盛りより大きいことを確認しており、監視には影響ありませんでした。



監視計器（正）



監視計器（副）



7月4日に設置の流量計

※ 運転上の制限：実施計画では、原子炉の運転に関する多重の安全機能の確保及び原子力発電所の安定状態の維持のために必要な動作可能機器等の台数や遵守すべき温度・圧力などの制限が定められており、これを運転上の制限と言います。実施計画に定められている機器等に不具合が生じ、一時的に運転上の制限を満足しない状態が発生した場合は、要求される措置に基づき対応します。

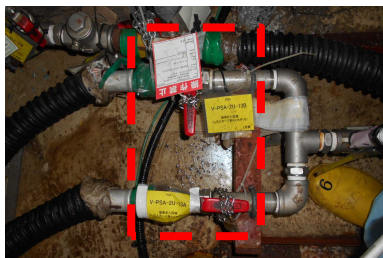
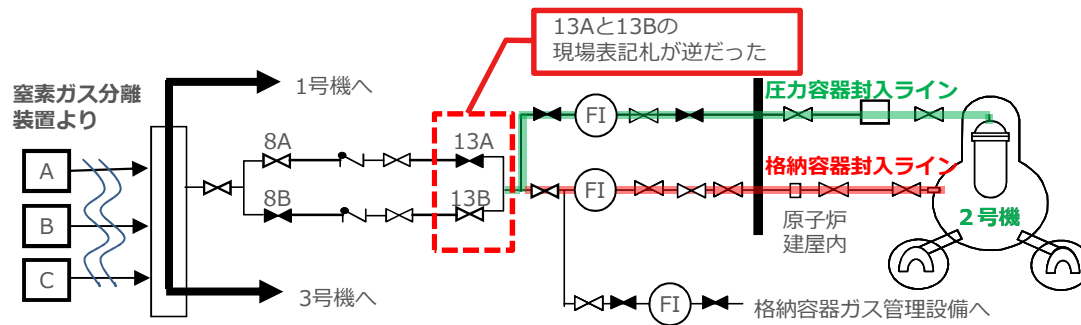
その他の不具合

確認された不具合と対応

2号機窒素封入設備における操作対象バルブの誤りによる運転上の制限の逸脱

概要

2号機窒素封入設備の系統試験において必要な安全装置※として、2019年8月6日10時8分窒素ガスの封入を原子炉圧力容器ラインから原子炉格納容器封入ラインへ切り替え作業を行っていたところ、10時50分から原子炉圧力容器ラインならびに原子炉格納容器ラインの窒素封入量が、0Nm³/hとなりました。その後、11時18分、弁を復旧し、原子炉格納容器封入ラインへの封入を開始しました。



原因

系統構成操作弁の現場表記札に相違があり、弁操作時、意図しない系統構成となったことによるものと考えています。このことから11時51分、実施計画に基づいた「原子炉格納容器内の不活性雰囲気維持機能」の運転上の制限※を満たしていないこと、及び弁を復旧し、2号機の窒素封入を開始したため、同時刻(11時51分)に復帰した(計画的に運転上の制限外に移行した状態になった)と判断しました。なお、プラントパラメータ及びモニタリングポスト、敷地境界ダストモニタに有意な変動はありません。

対策

窒素封入設備の当該弁の現場表記札の間違いを修正し、現場表記札の照合およびラインと弁の整合確認を行いました。弁操作時に、ラインと弁の整合確認が容易になるよう、視認性の良い箇所にラインの識別表示を取り付けました。今後、その他設備について、ラインと弁の整合確認を行ってまいります。

※ 必要な安全装置：特定原子力施設に係る実施計画「Ⅲ特定原子炉施設の保安」第1編第32条（保全作業を実施する場合）第1項を適用

※ 運転上の制限：実施計画では、原子炉の運転に関する多重の安全機能の確保及び原子力発電所の安定状態の維持のために必要な動作可能機器等の台数や遵守すべき温度・圧力などの制限が定められており、これを運転上の制限と言います。実施計画に定められている機器等に不具合が生じ、一時的に運転上の制限を満足しない状態が発生した場合は、要求される措置に基づき対応します。

その他の不具合

確認された不具合と対応

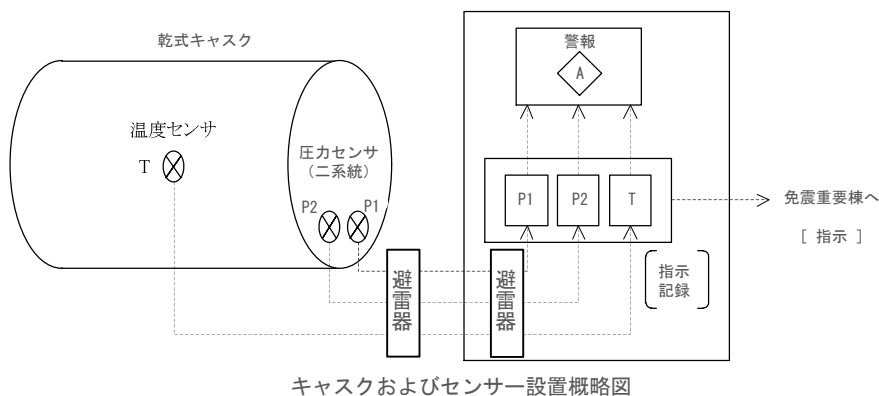
乾式キャスク仮保管設備キャスク蓋間圧力監視不能について

▶ 概要

2019年7月29日に発生した本事象の概要を以下に時系列で示します。

15時47分頃 当社社員が免震重要棟にて、使用済燃料乾式キャスク仮保管設備に保管しているキャスクの蓋間圧力の異常を示す警報が発生し、37基中7基のキャスク蓋間圧力が測定不能となったことを確認。キャスク表面温度およびエリア放射線モニタ指示値に有意な変動なし。

17時5分
↓
20時25分 異常値を示すキャスク7基の圧力センサを可搬型の測定器にて調査し、すべての圧力センサが異常値を示し、故障していることを確認。



▶ 原因

計器故障発生時には、発電所周辺で落雷が確認されていることから、その影響で異常な電流や電圧が計器に及んで故障したものと推測しています。



当社HPより

▶ 対策

当該キャスクの圧力センサについて、1系統を2019年7月31日から8月1日に交換し、通常監視ラインで測定可能な状態に復旧を完了しました。

もう1系統についても、8月22日までに復旧を完了しました。

なお、圧力センサが復旧されるまでの7月30日と31日については、仮設の圧力計にて蓋間圧力を測定し蓋の密封機能に問題がないことを確認しました。

さらに、各計測回路には避雷器が設置されていますが、圧力センサの故障に至っていることから、現在、発生メカニズムを確認しており、今後必要な対策を検討してまいります。



構内配置図

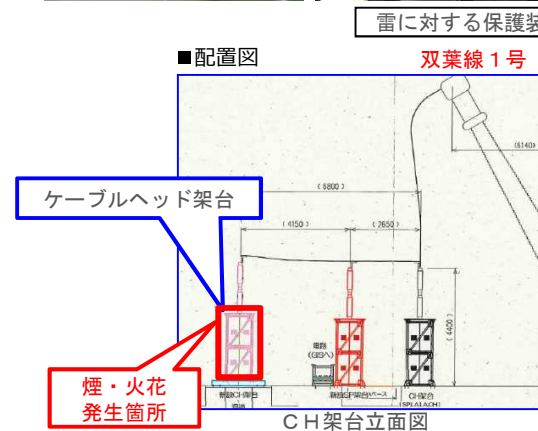
その他の不具合

確認された不具合と対応

5・6号機開閉所内双葉線1号ケーブルでの火災発生について

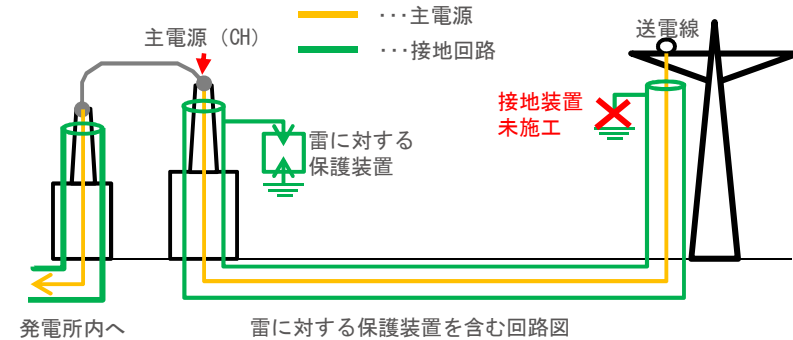
▶ 概要

7月25日、5/6号66kV双葉線1号ケーブルから火花と伴に発煙が発生していることを協力企業作業員が発見しました。双葉線1号を停止し、火花は停止しました。現場を確認した結果、雷に対する保護装置として設置している防食層保護装置が焼損していることを確認しました。



▶ 原因

防食層保護装置が焼損した原因は、雷に対する保護装置と接地装置を設置すべきところ、雷に対する保護装置のみ設置したため、加熱し、焼損に至ったと推定しました。



▶ 対策

応急処置の状態となっている双葉線1号、2号について、雷サージ解析の結果から最適と判断した設備構成の恒久対策を行いました。接地及び防食層保護装置の取付を行い、8月9日に完了しました。今回の火災に至った人的要因及び発火のメカニズムについては、今後調査してまいります。

その他の不具合

確認された不具合と対応

協力会社車両誘導員の電子式個人線量計・積算線量計の未装着について

▶ 概要

2019年7月22日、協力企業の車両誘導員が管理区域内において、工事車両内に警報付き電子式個人線量計と積算線量計を置き忘れたことについて、同日お知らせいたしました。

その後、元請会社にて詳細な原因調査と再発防止対策の検討を進めてきたところ、元請会社による当初の聞き取り調査に対し、当該車両誘導員の一部事実と異なる報告があったことが判明したため、改めてお知らせいたします。

(前回) 7月22日に車両誘導員が工事車両内に電子式個人線量計と積算線量計を置き忘れたのは、「午前中の作業を終了し、退域のため乗車した車内であった。」

(今回) 7月22日に車両誘導員が工事車両内に電子式個人線量計と積算線量計を置き忘れたのは、「作業開始のため現場へ向かう車内であり、未装着のまま午前中の車両誘導を行った。」

電子式個人線量計と積算線量計を未装着で車両誘導を行った理由について、当該車両誘導員に聞き取りをしたところ、工事車両内に置き忘れたためであることを確認しております。

今回のトラブルについて、当社としては重大に受け止めており、同様の不適切な対応が起きないように、改めて元請企業にしっかりと指導を行ってまいります。



労働基準監督署からの指導書の受領について

確認された不具合と対応

労働災害等の報告の徹底及び報告体制の構築について

労働基準監督署からの指導を踏まえ、引き続き、作業員の方々が安全・安心して働くことができるよう、取り組んでまいります。

▶ 経緯・指示内容（2019年7月5日受領）

2018年6月9日に福島第一原子力発電所内で発生した労働災害[※]について富岡労働基準監督署に対して労働安全衛生法に基づく報告が遅滞なくなされなかったことから、2019年7月5日、福島第一原子力発電所内で工事を行う元請会社が書類送検されました。

それを受け、当社に対しても、労働災害等の情報が速やかに報告される仕組みを協議し、再発防止を図ることについて報告するよう指示をいただきました。

▶ 対策（2019年7月31日報告）

2019年7月31日、富岡労働基準監督署に再発防止対策を報告いたしました。

<再発防止対策>

- ・作業員の方々に対しては入所時教育等において、救急医療室の積極利用、エコーBOX[※]などご意見を直接届ける既存の仕組みがあることをあらためて周知すること。
- ・元請企業に対して、「労災かくしは犯罪であり罰則があり速やかに報告が必要であること」、「作業終了後の労災有無の確認の徹底」を指導すること。

※ 労働災害：段ボール箱を持ったまま梯子を上りバランスを崩して落下、左足かかとを骨折
※ エコーBOX：福島第一原子力発電所で働く協力企業の皆様から寄せられるご意見・ご要望を回収するための投書箱

▶ 経緯・指示内容（2019年8月6日受領）

別の元請会社の作業において、2019年7月18日に発生した労働災害[※]について、労働災害であるにもかかわらずその事実を伏せて病院を受診させるという事案がその後に発覚したことを受け、8月6日に富岡労働基準監督署から、当社に対して7月31日に報告した再発防止対策が確実になされる仕組み作りを精査し報告するよう指示をいただきました。

▶ 対策（2019年8月19日報告）

2019年8月19日、富岡労働基準監督署にあらためて追加の再発防止対策を報告いたしました。

<追加再発防止対策>

- ・2019年7月31日の対策内容について継続すること。
- ・エコーBOXの設置場所等については、より活用しやすい配置とすること。
- ・ウェブサイト「1 FOR ALL JAPAN」[※]内にも、労働災害等の発生に関する相談等が投稿できるような仕組みを検討すること。

※ 労働災害：タンク溶接作業において、溶接完了部に右前腕部をのせた際に溶接直後の余熱で火傷

※ 1 FOR ALL JAPAN：福島第一原子力発電所の廃炉事業を進める作業員のみなさまに、働く場の情報を提供するために2015年10月に開設したウェブサイト

品質向上に向けた取り組み

今後の対応

燃料取扱機・クレーンの一連の不具合が生じた背景と今後の取り組み

▶ 概要

福島原子力事故（以下、事故）以前にはできていたことが、事故以降スピード優先で対応せざるを得なかったため、リスク抽出や品質管理面での対応が不十分となったり、配慮不足になることがありました。

今後は、同様の不具合が起こらぬよう、調達改善とともに、現状の設備品質・業務品質レベルの確認とその結果に基づく対策を実施し、さらなるリスク低減に努めていきます。

具体的には、2019年度廃炉推進カンパニーの業務計画に落とし込み、品質管理の強化に取り組んでいます。事故前後の設計・調達等のプロセスにおける業務運営の比較を踏まえながら改善策を推進。特に、技術検討プロセスの定着、設計レビューのレベルを高めていきます。

また、設計、調達の各プロセスにおける品質確保の仕組みを強化するため、他社ベンチマークを実施。良好事例を取り込み、業務プロセスへ展開するとともに、使用基準の策定を通じ、設計、調達の各プロセスを改善していきます。

▶ 品質管理強化の取り組み

設備の設計・調達・保守における技術・品質の信頼度を確保するプロセスは、現在2017年7月に整備されたマニュアルにより運用を行っています。さらに技術検討プロセスの定着、設計レビューのレベルを高めていくため、これまでの設計レビュー時のコメントを分析し、設計レビューの見直しを実施しています。

今後供用に入る設備は、見直した設計レビューに基づき、技術検討を実施します。すでに供用に入っている設備は、各設備について、設計上、脆弱な設備を抽出し、見直した技術検討プロセスに基づき、改めて設計／技術検討を実施します。

▶ 調達改善の取り組み

3号機燃料取扱機・クレーンでの不具合発生は、一般産業品かつ海外メーカーの製品であったことから、海外製品、初めて参入するメーカーの製品を対象に、一次調達先以外に対しても製造過程で当社が品質を確認する仕組みの構築を目指します。

▶ 品質管理向上に向けた体制

3号機燃料取扱機の一連の不具合を踏まえた反省点・教訓を業務に活かすため、2019年4月にCDOを補佐し調達改善を含む廃炉推進カンパニー品質全般を監督・助言・指揮する者としてバイスプレジデントを配置し、継続的改善に取り組んでいます。