

3号機燃料取扱設備の安全点検及び 調達における品質管理上の問題と対策

2018年10月15日

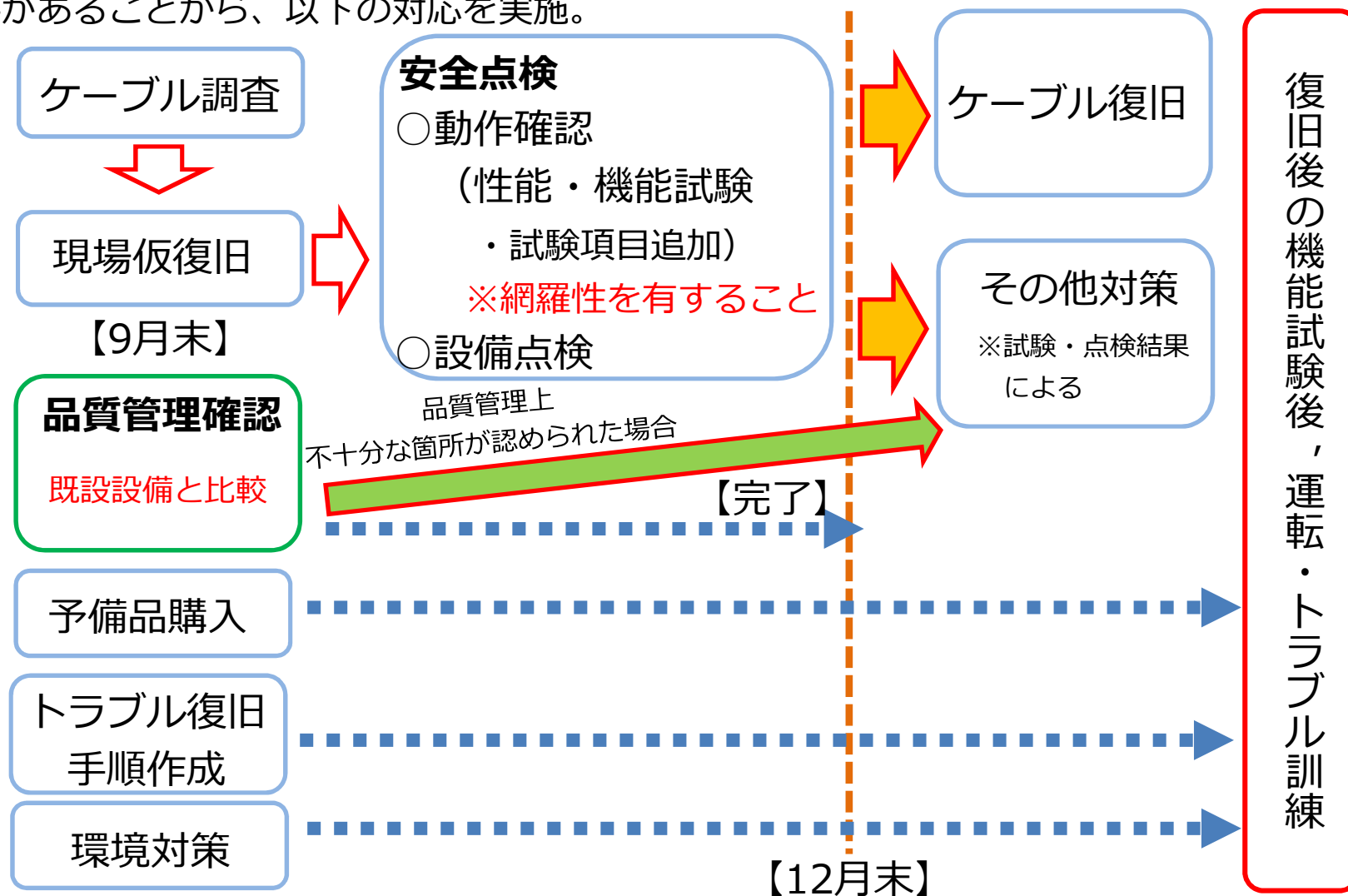
TEPCO

東京電力ホールディングス株式会社

I . 3号機燃料取扱設備の安全点検

1. 燃料取扱設備不具合に対する今後の対応

- ケーブルの抵抗異常が複数確認されたため燃料取出し開始までに設備の信頼性を万全にしておく必要があること、不具合箇所復旧に当たっては品質管理について確認したうえで実施する必要があることから、以下の対応を実施。



2. 安全点検（1／2）

安全点検として、試運転と燃料取出し作業時との条件の違いによる設備の不具合発生リスクを抽出するために、異常が確認されているケーブル・コネクタを仮復旧※し、機器単品や安全系インターロック並びに燃料取出し作業を模擬した組み合わせの動作確認を実施する。さらに、設備設置環境の影響による経年劣化を確認するための設備点検も実施する。また、その結果を考慮して燃料取出し開始時期を精査する。

対象設備：燃料取扱機（FHM）、クレーン、ITV（カメラ）
ツール類（吊具、移送容器蓋締付装置 等）

- 動作確認
 - ケーブル交換前に燃料取出し作業時と同等な気中及び水中での動作確認（ダミー燃料入りキャスクを使用した動作確認含む）、並びに燃料取出し作業時に想定されるあらゆる操作を想定した動作確認を実施し、不具合発生リスクを抽出・対策を実施することで設備不具合の発生を防止する。
- 設備点検
 - 各機器に対して外観確認等を行い、設備設置環境の影響や異常（発錆、劣化、変形、き裂等の確認）の有無を行う。また、劣化傾向の確認が見られた機器・部品は手入れ・補修・交換等の処置を行う。
 - リミットスイッチ（LS）等の計器の健全性確認。

※ 仮復旧は、調査のためにコネクタを分解したケーブル（5ライン6本*）について、同型のケーブルへ交換、又はコネクタ修理を実施する。

* 抵抗値に異常を確認し分解調査をしたケーブル2ライン3本
防塵対策パーツの有無を確認するために分解調査したケーブル3ライン3本

■ 動作確認の具体的例

● 気中及び水中での動作確認機器（例）

- ✓ クレーン主巻
- ✓ FHM補助ホイスト
- ✓ FHMテンシルトラス（マニピュレータを含む）
- ✓ 垂直吊り具
- ✓ 移送容器蓋締付装置
- ✓ 大型掴み具
- ✓ 燃料健全性確認治具
- ✓ キャスクを使用したワンスルー試験（電気系含む）

● インターロック確認等

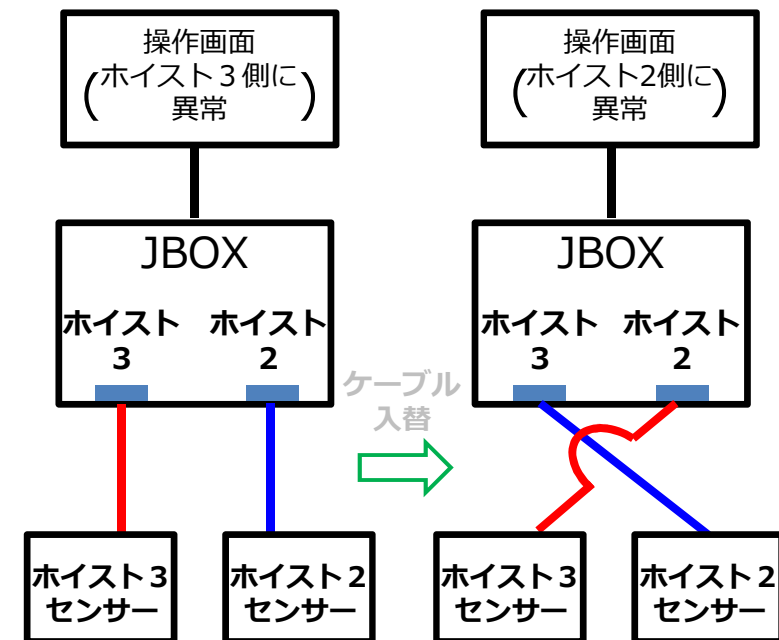
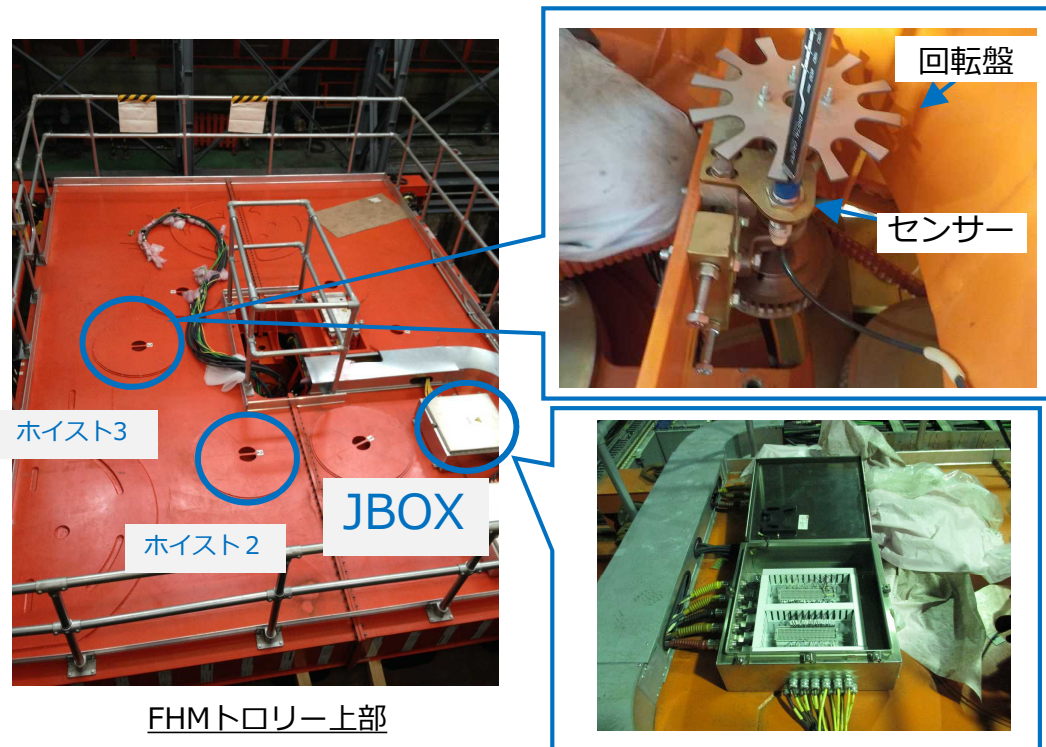
- ✓ 電源断時のインターロック確認、再起動時の影響及び対処法の確認
- ✓ 休止状態にしているLSなどの健全性確認
- ✓ 電源系ケーブルの絶縁測定・抵抗測定（制御系ケーブルは実施済）
- ✓ ソフトウェア修正後（####表示修正等）の動作確認
- ✓ 交換したインバータのブレーキレジスタの確認
- ✓ クレーンのブレーキ動作確認

3. 動作確認で抽出された不具合（テンシルトラスト3ドラム回転異常）

- テンシルトラスを500~1000mm降下させた際に「テンシルトラスト3ドラム回転異常」※の警報が発生し、停止した。

※「テンシルトラスト3ドラム回転異常」は、FHMトロリー上部にあるセンサーでホイスト3ドラムの回転状態を確認しており、回転状態に異常があった場合に警報を発報する。

- 警報の発生したホイスト3と正常動作しているホイスト2のセンサーのケーブルをJBOX内に入れ替えたところ、操作画面上でホイスト2側に異常が発生し、ホイスト3側が正常動作する事を確認。ホイスト3のセンサーに異常を確認。
- ホイスト3のセンサーと制御盤間の絶縁抵抗測定を行い異常がないことを確認。



実施方法

3. 動作確認で抽出された不具合（クレーンでのエラーメッセージ発生）

- テストウェイト（49.244ton）を用いたクレーンの動作確認の際、テストウェイトの吊上げ時にエラーメッセージが発生し、クレーンが停止。
- エラーメッセージ【BE2】*は8/15の資機材片付け中に発生したエラーメッセージと同一。

* 主巻の巻き上げ操作実施時に主巻ブレーキの健全性を確認するもの。

巻き上げ開始時に主巻ブレーキが掛かった状態で主巻ブレーキの電動機に規定トルク相当の電流が設定時間以内に到達することの確認。ブレーキに滑りが発生した場合は、設定された電流が流れないため、ブレーキ不良とみなし、巻き上げ動作ができないインターロックとなっている。

- ブレーキドラムの動きを確認した結果、重量物を吊った状態でブレーキドラムが0.5回転程度※回転し、その後エラーメッセージの発生、クレーンが停止したことを確認。8/15も同事象が発生したと推定。
- 今後メカニズムを解明するために再現性試験（パラメータの取得）を実施していく。

8月15日の事象

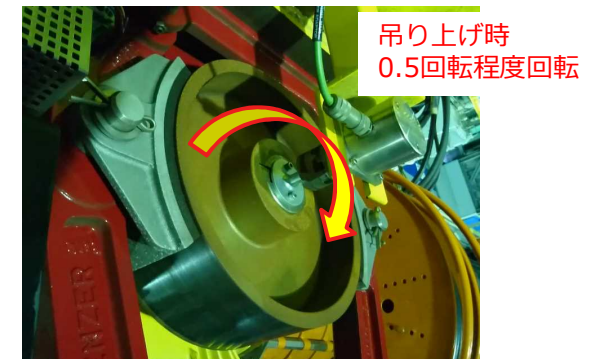
- 3号機燃料取扱設備の試運転中に、オペレーティングフロア（以下、オペフロ）に設置してあるクレーンを用いて資機材を片付けていたところ、エラーメッセージ【BE2】が発生しクレーンが停止。

■ 調査結果

外観確認 : 異常なし

動作確認

- 主巻動作時：ブレーキが開放していることを確認（異常なし）
- 主巻停止時：ブレーキが閉となり、ガタつきが無いことを確認（異常なし）
- オシロスコープによる主巻電動機電流及び主巻ブレーキ電圧値の確認（異常なし）

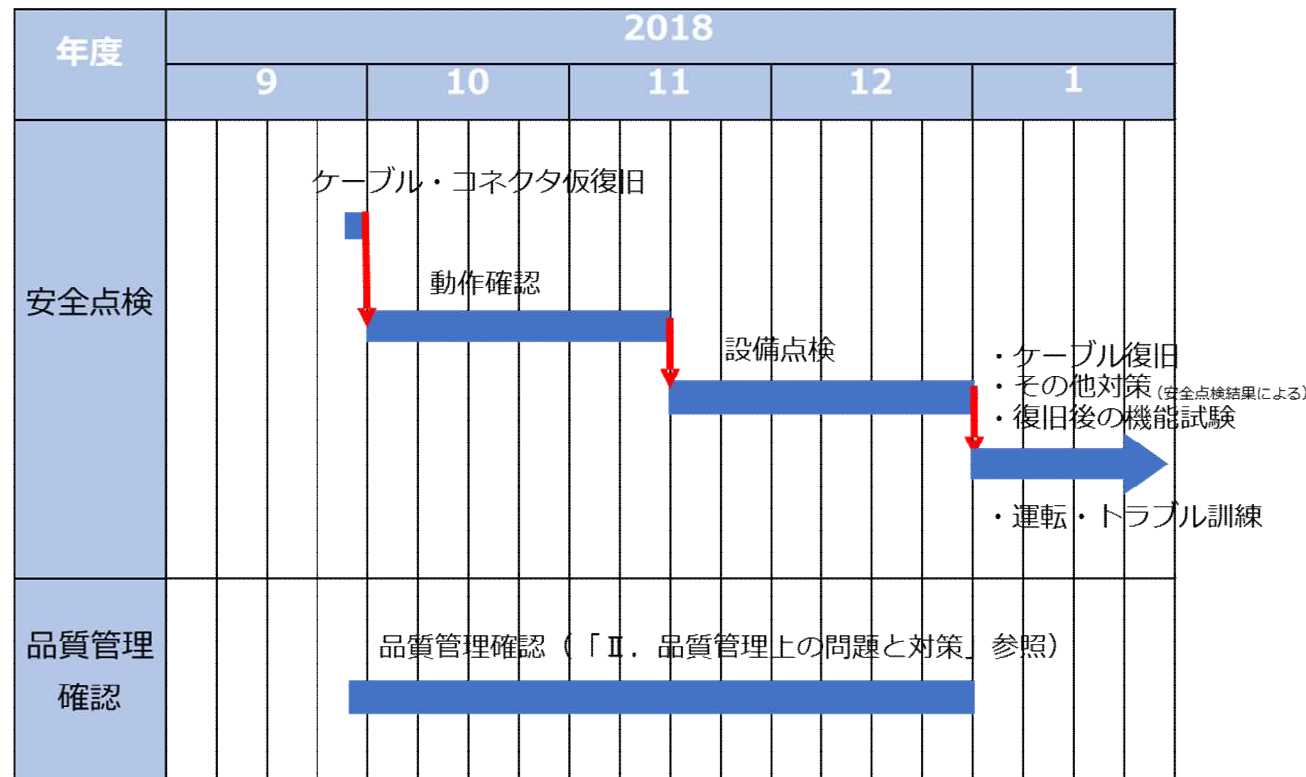


ブレーキドラム

※ ブレーキドラムの0.5回転程度の回転は、クレーンワイヤーの2mm程度に相当

4. 安全点検と品質管理確認工程（案）

- 2018年3月15日の試運転開始以降、複数の不具合が発生していることから、設備の不具合発生リスクを抽出するために、燃料取扱設備の安全点検を実施する。安全点検において確認された不具合についても原因を調査し対策を実施する。また、必要に応じ燃料取出し手順への反映を行う。
- 不具合が確認されたケーブル・コネクタについては、製品の品質が担保されていることを確認の上、復旧を行う。
- また、経年変化による不具合は安全点検での確認は困難であるため、不具合発生リスクを完全に無くすことはできない。このような観点も踏まえ、予備品の購入、不具合が発生した場合の手順作成及び実試験、燃料取出し環境の改善、点検計画及び設備の品質管理確認を行い、燃料取出し開始に向けて万全を期していく。



【参考 1 - 1】 クレーン主巻インバータ損傷（発生事象）

■ 試運転中にクレーンの不具合が発生。

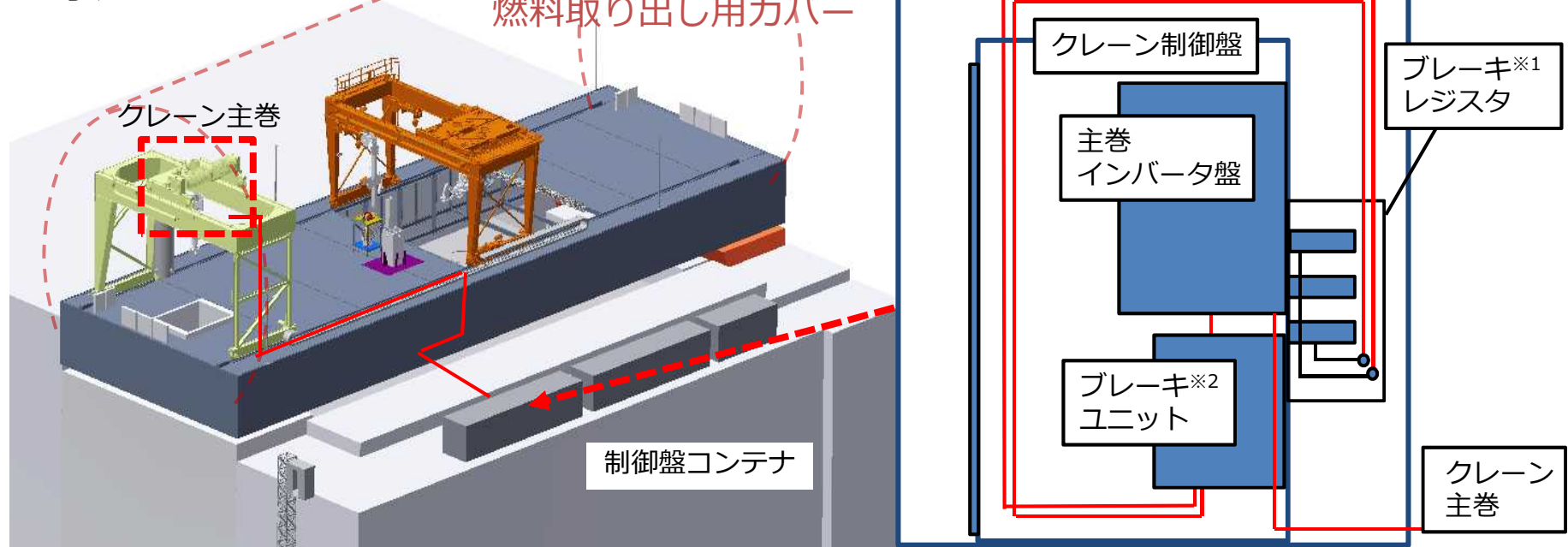
● 発生事象

2018年5月11日 クレーンの試運転において、主巻の巻き下げ停止操作をしていたところ、R/Bオペフロに設置してある制御盤コンテナ内のクレーン主巻インバータから異音が発生し、クレーンが停止した。クレーン主巻インバータの内部を確認した結果内部にすすが付着していた。（消防署より非火災と判断）

● 調査状況

2018年5月12日 クレーン主巻インバータ異常の調査の為、R/Bオペフロに設置してある制御盤コンテナ内機器の外観確認を行っていたところ、クレーン制御盤背面にあるブレーキレジスタ※¹に損傷を確認した。

3号機オペフロ



※¹ ブレーキレジスタ：ブレーキユニットから回生電流を受けて熱に変換し、インバータの電圧上昇を抑える素子

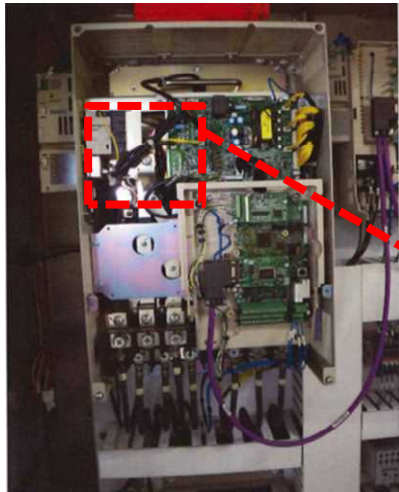
※² ブレーキユニット：クレーン主巻動作により発生する回生電流が一定値を超えたとき、ブレーキレジスタ側に逃がす回路

【参考1－2】クレーン主巻インバータ損傷（発生事象）

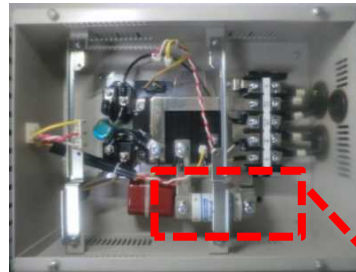
■ クレーン不具合（主巻インバータ異常）発生状況は以下の通り。

- 3月16日：電源投入。主巻インバータ異常の他、複数の警報を確認。
3月28日：通信異常やケーブルの一部断線の復旧を実施したが主巻インバータ異常の警報のみクリアせず。
4月 5日：インバータ内整流器の損傷を確認。
4月21日：主巻インバータ異常は機器単体の故障と考え、主巻インバータの交換を実施。
動作確認の中で主巻の巻き下げ速度を上昇させた際、主巻インバータ異常の警報を確認。
4月25日：ブレーキユニットのヒューズに損傷を確認。
5月11日：ブレーキユニットの交換を実施し、動作確認の中で主巻の巻き下げ停止操作をした際、主巻インバータ異常の警報を確認。インバータ内部に煤を確認。
5月12日：ブレーキユニットに付随のブレーキレジスタに損傷があることを確認。

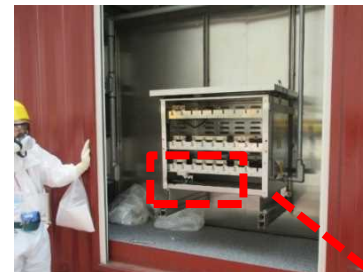
クレーン制御盤 (3号機南側構台上)



主巻インバータ内部写真



ブレーキユニット内部写真



ブレーキレジスタ内部写真



主巻インバータ内部の煤
(5月11日)



損傷の確認された整流器
(4月5日)



損傷の確認されたヒューズ
(4月25日)



ブレーキレジスタ内の損傷
(5月12日)

【参考 1 - 3】 クレーン主巻インバータ損傷（原因調査）

■ 事実関係整理

- 動作確認を行った工場と発電所では電源電圧が異なっている。
（米国工場：380V，国内工場420V，発電所480V）
- 米国出荷時において，電源電圧の違いをインバータのパラメータ設定に反映していたが，ブレーキユニットの設定は低いままとなっていた。

■ 現場調査

- 制御盤内及び電源ケーブルについて外観確認を実施し，接続に問題のないこと，ボルトに緩みのないこと，地絡発生の痕跡がないことを確認。
- 制御盤内の絶縁抵抗測定を実施し，絶縁が保たれていることを確認。

⇒制御盤内の機器及び電源ケーブルに短絡・地絡の発生がないことを確認。



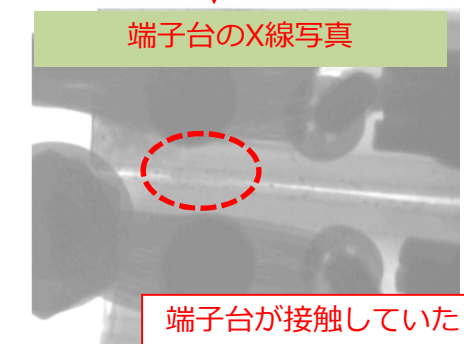
現場調査実施項目
【外観確認】
・電源ケーブル（20本）
・制御盤内機器（37種類）
【絶縁抵抗測定】
・制御盤内（11箇所）
【導通確認】※
・電源ケーブル(20本)
・制御盤内機器（2種類）
※機器の健全性確認の為実施

【参考1－4】クレーン主巻インバータ損傷（原因調査）

■ 機器調査

- ブレーキレジスタの外観確認において、端子台の絶縁物が溶けていること、ボルト頭部も溶融していることを確認。盤扉の溶融と盤内配線の被覆が溶けている状況を確認。
- ブレーキレジスタの分解調査を実施し、端子台、盤扉以外に地絡の痕跡がないことを確認。レジスタ本体（抵抗器）の外観、抵抗値に異常の無いことを確認。端子台と盤扉の機械的な接触が無いことを確認。
- 端子台をX線撮影で確認した結果、端子が接近していることを確認。

⇒絶縁物の溶融により端子部が接触したことで短絡が発生。端子台と盤扉の機械的な接触が無いことから、短絡時の放電によって盤扉と端子台間で地絡が発生したと考えられる。



機器調査実施項目

【目視確認】

- ・ ケーブル、盤、扉、抵抗器
端子台

【抵抗測定】

- ・ 抵抗器

【導通確認】

- ・ 端子台

【材料調査】

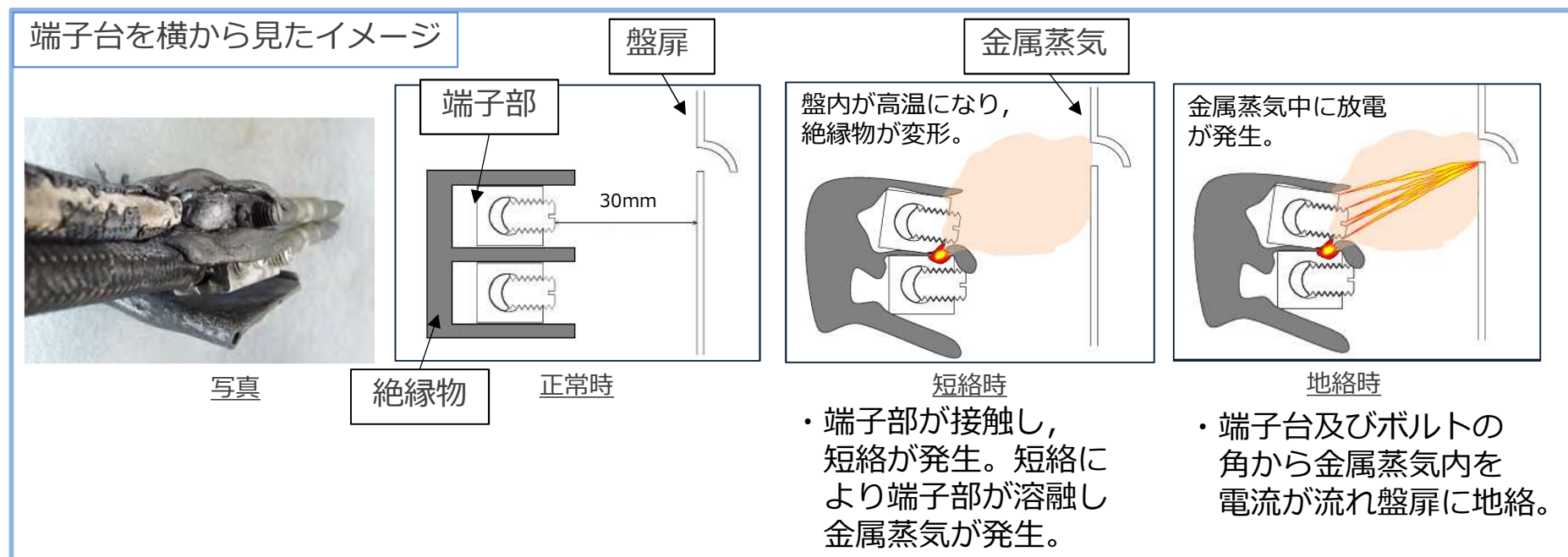
- ・ ケーブル、盤、扉、端子台

【参考 1 - 5】 クレーン主巻インバータ損傷（原因）

■ 調査結果より不具合原因を以下と推定。

- ブレーキユニットのパラメータ設定※が、米国出荷時の低い設定のままとなっていたことから、電源投入時よりブレーキレジスタに連続して電流が流れる状態となった。
- ブレーキレジスタ盤内が高温になり、端子台の絶縁物が変形し、端子部で短絡が発生。
- 短絡時の放電により、ブレーキレジスタ盤扉と端子台間で地絡が発生。
- ブレーキレジスタから主巻インバータへ短絡・地絡電流が流れ、インバータが損傷した。

※回生電流が発生して直流電圧が高くなった場合に、ブレーキレジスタに電流を流す設定



【参考 1 - 6】 クレーン主巻インバータ損傷（対策）

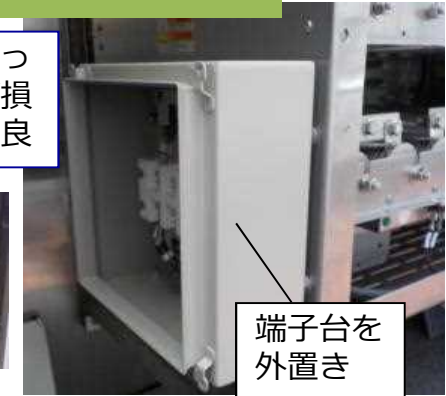
- 要求仕様と異なる条件で工場試験を実施していたことに気がなかったことから、以下を確認・要求する
 - 試験条件と要求仕様の差異を明確にし、その差異による影響について問題ないことを確認
 - 設定の変更を必要とするものについては、図書（取扱説明書等）に設定変更方法を記載
 - 工場試験と発電所で設定の変更を必要とするものについて、納入時に設定記録を提出
- 発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映しなかったことにより損傷に至ったことから、以下の対策を実施
 - 損傷した部品の交換。
 - 発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映。
 - ブレーキレジスタ端子台の接続部の改良。

端子台の接続部の改良

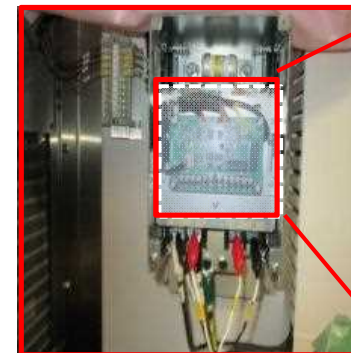
盤内が高温になった際、端子台が損傷しないよう改良



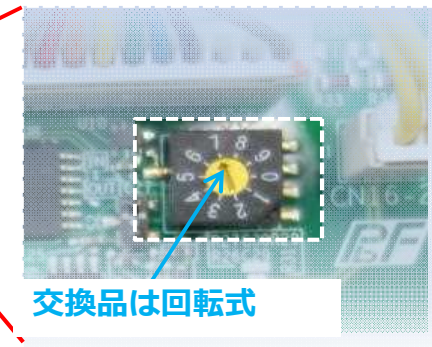
端子台を外置き



発電所の電源電圧をブレーキユニットの設定に反映



ブレーキユニット表蓋を外した状態

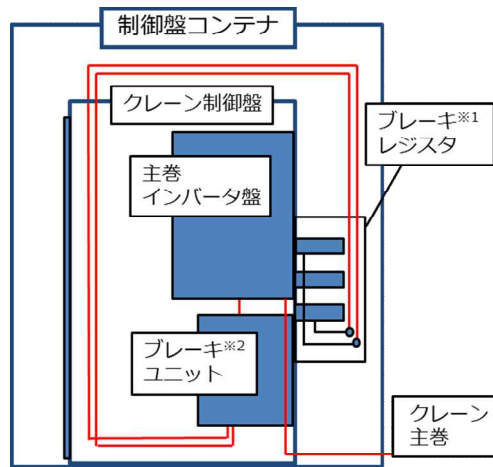


交換品は回転式

損傷した部品の交換

部品	処置内容
クレーン主巻インバータ	新品へ交換 (部品廃番のため、同仕様の部品に交換)
ブレーキユニット	新品へ交換 (部品廃番のため、同仕様の部品に交換)
ブレーキレジスタ	新品へ交換 端子台の改良

【参考 1 - 7】 クレーンブレーキユニット警告分及び電圧設定スイッチ **TEPCO**



制御盤コンテナ内構成



Do not attempt to service unit without understanding service manual and circuitry.

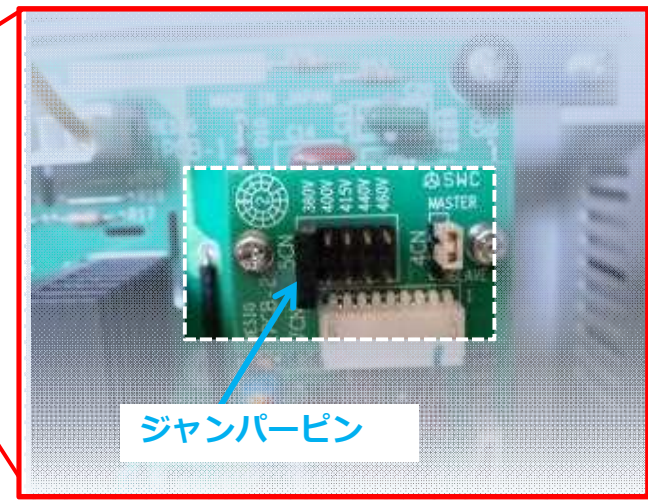
(保守マニュアルと回路を理解していない状態で保守をしないでください。)



ブレーキユニットの外観（交換後）



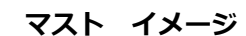
ブレーキユニット表蓋を外した状態（交換前）



TEPCO

2018年8月8日 原子力規制委員会による使用前検査中、機能検査のために燃料取扱機（以下、FHMという）の燃料把握機（マスト）を使用済燃料プールに降下させていたところ、制御系に関する異常を示す警報が発報し、FHMが停止した。そのため、使用前検査を中断した。

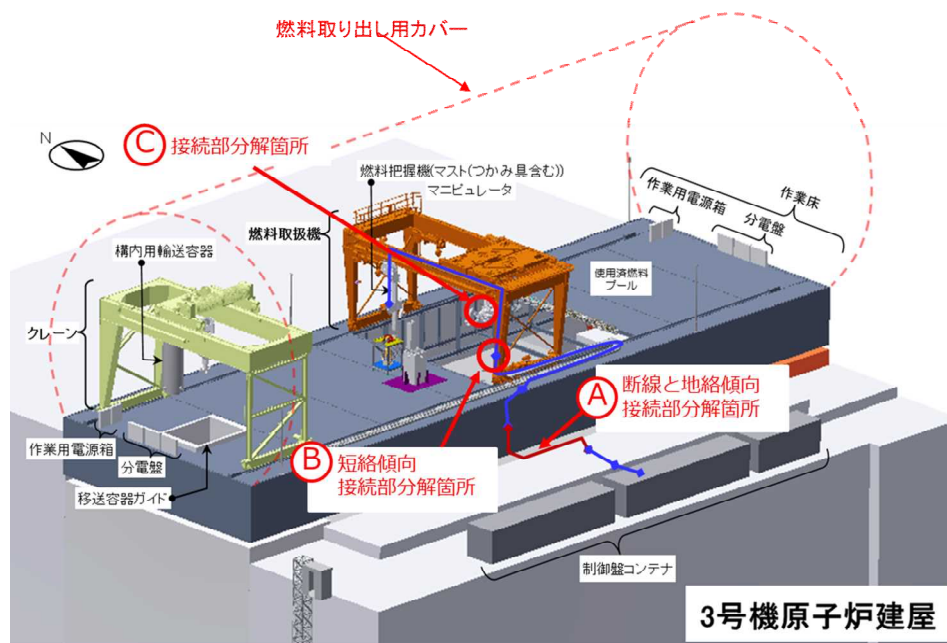
- 燃料把握機（マスト）は、マストホイストモータでマストロープを出し入れすることで、上下に伸縮する。
- マストロープは2本あり、片側のロープが破断しても、もう片方のロープで燃料等の保持が可能。片方のロープが破断した際は、マストホイストイコライザーが傾きロープの破断を検知する。



【参考2－2】不具合調査

■ 不具合箇所特定のため以下の実施

- 外観確認，動作確認の結果，ロープの破断，制御系機器に損傷は確認されなかった。
- ケーブル入替試験，抵抗測定の結果，マストホイストモータ速度検出器（1）につながるケーブルに断線，地絡傾向，短絡傾向を確認。
- 分解調査の結果，接続部内部にリード線の断線を1箇所確認。



調査項目，調査対象

項目	対象	箇所数
外観確認，動作確認	●マストホイストイコライザ ●ロープ ●LSレバー周辺 ●マストロープ破断LS	●1 箇所 ●2 本 ●2 箇所 ●2 箇所
ケーブル入替試験， 抵抗測定	●マストホイストモータ速度検出器 につながるケーブル	●1 ライン (6本繋ぎ)
分解調査	●抵抗測定の結果，短絡・地絡が確認されたケーブルのコネクタ ●上記短絡・地絡が確認されたコネクタのうち，コネクタに付着していた異物（成分分析）	●3箇所 ●1 箇所（オス側）

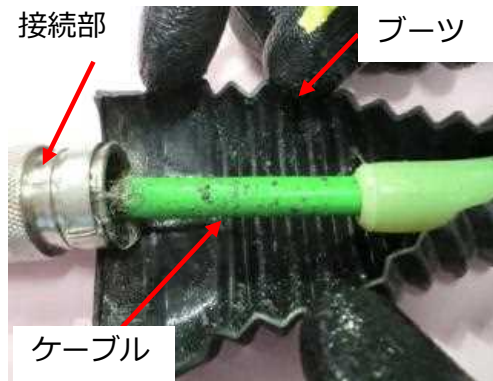
【参考2－3】リード線断線メカニズム，及びFHM停止要因について

TEPCO

- 不具合が確認されたケーブルの接続部を分解し内部を確認した結果，ブーツ用滑り止め※にずれや熱収縮の痕跡が少ないこと，内部が湿っていることを確認。
 - リード線の断線は，ブーツの隙間から接続部内部に雨水等が浸入したため，水分により腐食し，破断に至ったと推定。
- ⇒ FHMの停止は，制御装置がリード線（制御ケーブル）の断線を検知したことで制御系の異常と判断した（「マストホイストsimotion異常」）ため停止に至った。



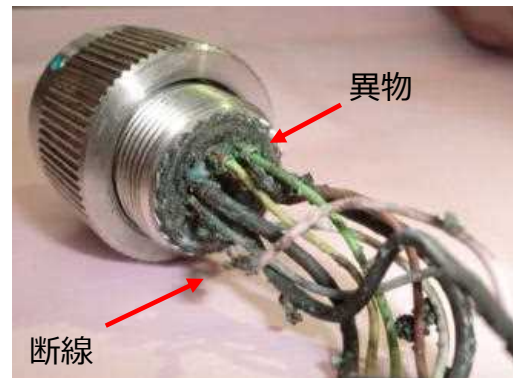
①ブーツ用滑り止めのずれ



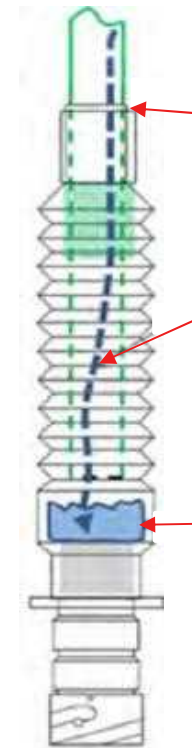
③ブーツ開放状況



②ブーツの熱収縮状況



④ブーツ等取外し後



①ケーブル径が細いため，ブーツとケーブル間に隙間が形成

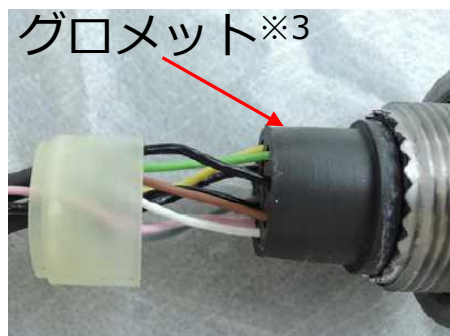
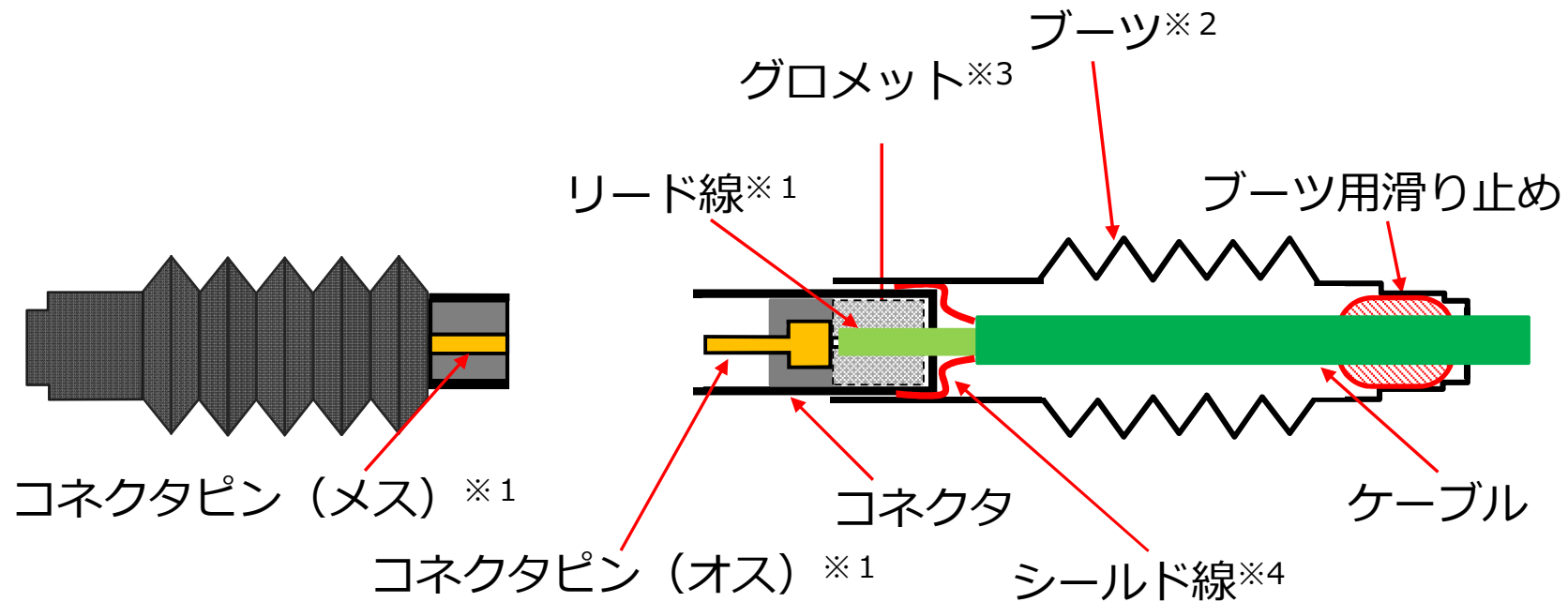
②雨水等の水分がブーツ内に浸入

③接続部内部に水分がたまる。水分により腐食，減肉，リード線破断に至る

損傷メカニズム（推定）

※ブーツ用滑り止め：ケーブル径が小さいためブーツに合わせるための治具

【参考 2 - 4】 接続部構造図の概略図（現行品）



※1：コネクタピン，リード線については，ケーブル仕様によって，本数（個数）が異なる。

※2：ブーツはコネクタからケーブルの抜け防止及び雨水浸入防止のため。

※3：グロメットは，防塵対策のため。

※4：シールド線は外部からのノイズ防止のためのアース線であり金属コネクタと電氣的に接続されている。

【参考 2 - 5】 その他の不具合（短絡・地絡傾向）の要因について

- 接続部を分解し内部を確認した結果、シールド線に一部短いものを確認。（分解調査箇所 A・B）
⇒ シールド線が折損し、折損したシールド線が接続部内部に脱落することにより、リード線間で短絡及び地絡が発生する可能性がある。
- 断線が確認されたケーブルの接続部に、シールド線の混入を防止する防塵対策パーツ（グロメット）が組み込まれていないことを確認。
⇒ 一部のFHMケーブルは、防塵対策パーツが組み込まれていない可能性があるため、シールド線が折損した場合、接続部内で地絡及び短絡が発生する可能性がある。
- 分解調査箇所Bの追加調査箇所では、ハンダによるリード線の被覆損傷を確認し、被覆損傷部にシールド線が接触することにより短絡発生の可能性を確認。

分解調査箇所A

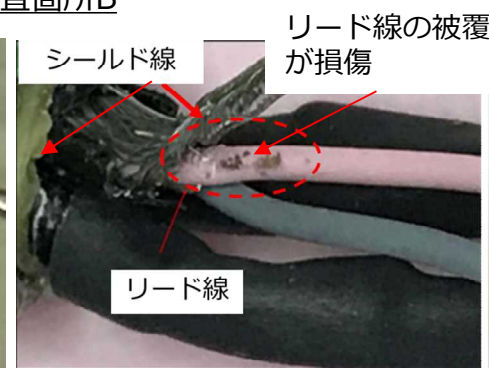


分解後
(メス側、異常なし)

分解調査箇所B



シールド線状況



シールド線とリード線

分解調査箇所C



接続部内部のシールド線

■ 類似箇所調査

- FHM, クレーンの制御系ケーブル76ライン（断線ラインを除く）及び電源ケーブル37ラインに対し, 制御盤～機器間での抵抗測定（絶縁抵抗／導体抵抗）を実施。
- ケーブルメーカーへの聞き取り調査の結果, 一部のFHMケーブルに防塵対策パーツ（グロメット）の組み込み漏れの可能性を確認したため, 1F敷設ケーブルのコネクタ総数約 1 5 0 0 個のうち, サンプルとして1F敷設ケーブルから20個（2頁で分解調査した3個を除く）, 予備ケーブルから8個のコネクタ（計28個）を分解調査。

■ 類似箇所調査結果

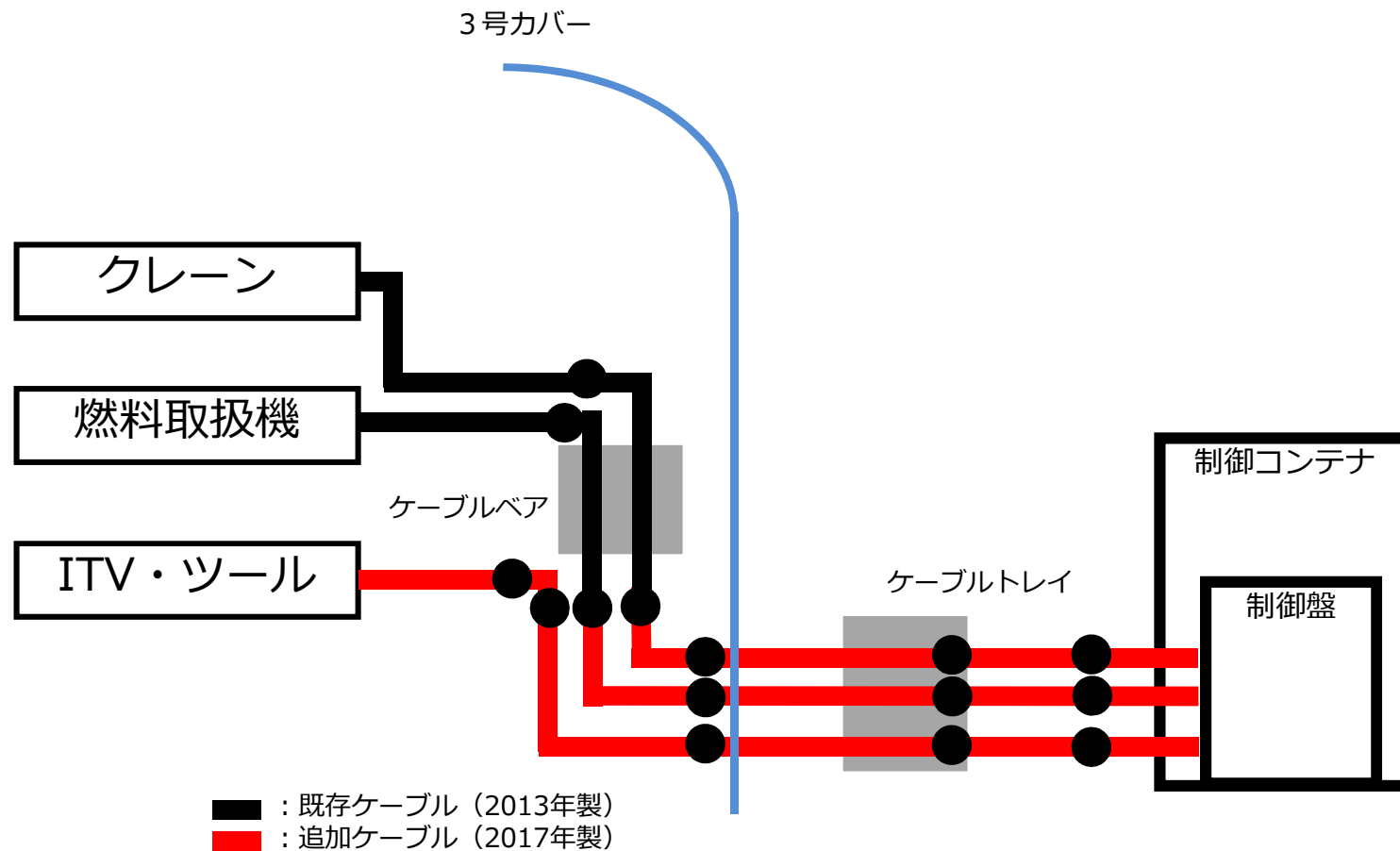
- 類似箇所調査の結果, 制御系ケーブル**1 1 ラインに抵抗値の異常を確認**。尚、電源ケーブルは健全性を評価中。
- FHMケーブルの接続部に, シールド線の混入を防止する防塵対策パーツ（グロメット）が組み込まれていないコネクタがあることを確認。防塵対策パーツ（グロメット）がなかったコネクタは, 追加ケーブル（2017年手配）の一部に確認された。
- コネクタ内部にシールド線の折損・混入を1箇所確認（分解調査箇所C, 写真は5頁）
- ブーツ取付不良及びリード線に断線が確認されたコネクタは, 追加ケーブル（2017年手配）の 1 本のみであった。

コネクタ総数（個）	コネクタ分解調査状況				
	グロメット有無		ブーツ取付状態＊		リード線腐食状況
	有り	無し	健全	不良	
約1500	17/28	11/28	28/28	0/28	1本腐食有り

＊ 分解の他に 1 0 8 箇所の取付状態を目視で確認し取り付け状態に問題はなかった。

【参考 2 - 7】 ケーブルの試運転実績と製造時期

- 燃料取扱設備は米国・国内で試運転後、1Fに持ち込み設置したが、試験環境の違い（配置の違い）からケーブルを追加している。追加ケーブルは、既存ケーブルのメーカーとは別のメーカーが製造しているケーブルがある。



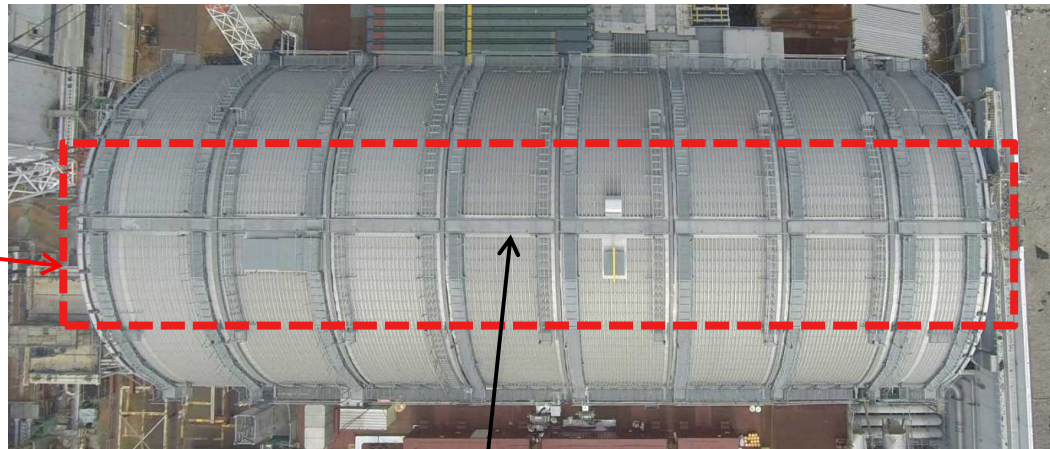
【参考3】環境対策の例

(3号機原子炉建屋燃料取り出し用カバーの雨水対策について)

TEPCO

- 3号機原子炉建屋燃料取り出し用カバー（以下、カバーという）は、2018年2月に設置完了。
- カバーは、作業員被ばく線量低減の観点から省人化施工を志向し、雨水はカバー内への滴下程度は許容する仕様。
- 2018年2月の設置完了以降、強雨時にカバー内への雨水浸入が確認されることがあったため、雨水浸入対策として、雨水浸入経路と考えられる部材の隙間を塞ぐ工事を実施。

取合部
止水シーリング
実施範囲



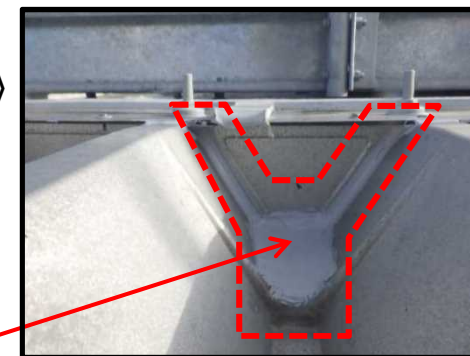
■ 対策状況一例
《対策前》

ドーム屋根頂部



《対策後》

止水シーリング



Ⅱ． 3号機燃料取扱設備の調達における 品質管理上の問題と対策

1. 燃料取扱設備(FHM・クレーン)一連の不具合と調達の状況

- 3号機燃料取扱設備の一連の不具合において、問題の事象は以下3点
 - a. コネクタの製造不良による、制御系ケーブル・リード線の断線（2018.8発生）
 - b. FHM機外ケーブルに防塵対策パーツ（グロメット）の組み込み忘れ（a.の事象を踏まえた類似箇所調査から発覚）
 - c. クレーン電圧設定誤りによる、ブレーキレジスターの損傷（2018.3発生）

■ 3号機FHM・クレーンの調達

契約種別	契約件名	契約先	3事象との関係
購買契約：モノを買う 当社の要求仕様を満たす製品を、工場での製作・試験を経て、当社指定の場所に納入すること	①燃料取扱機及びクレーン他の購入	東芝ESS※	工場試験と現地据付時の電圧設定の違い（c）
	②燃料取出・移送関連設備の購入	東芝ESS※	
据付工事契約：買ったモノを据付ける 当社指定の製品を当社指定の場所に設置し、試運転を経て、当社の要求仕様を満たす性能を発揮すること	③燃料取扱機及びクレーン他設置工事	東芝ESS※	据付工事にて調達したケーブル・コネクタ類に不具合(a)、(b)

※ 東芝ESS：東芝エネルギーシステムズ(株)

2. 調達プロセスの概要 (1/2)

- 発注者：当社、受注者：東芝ESS
- 今回の不具合事象c（購買・据付工事契約）及びa、b（据付工事契約）における調達プロセスを以下に示す

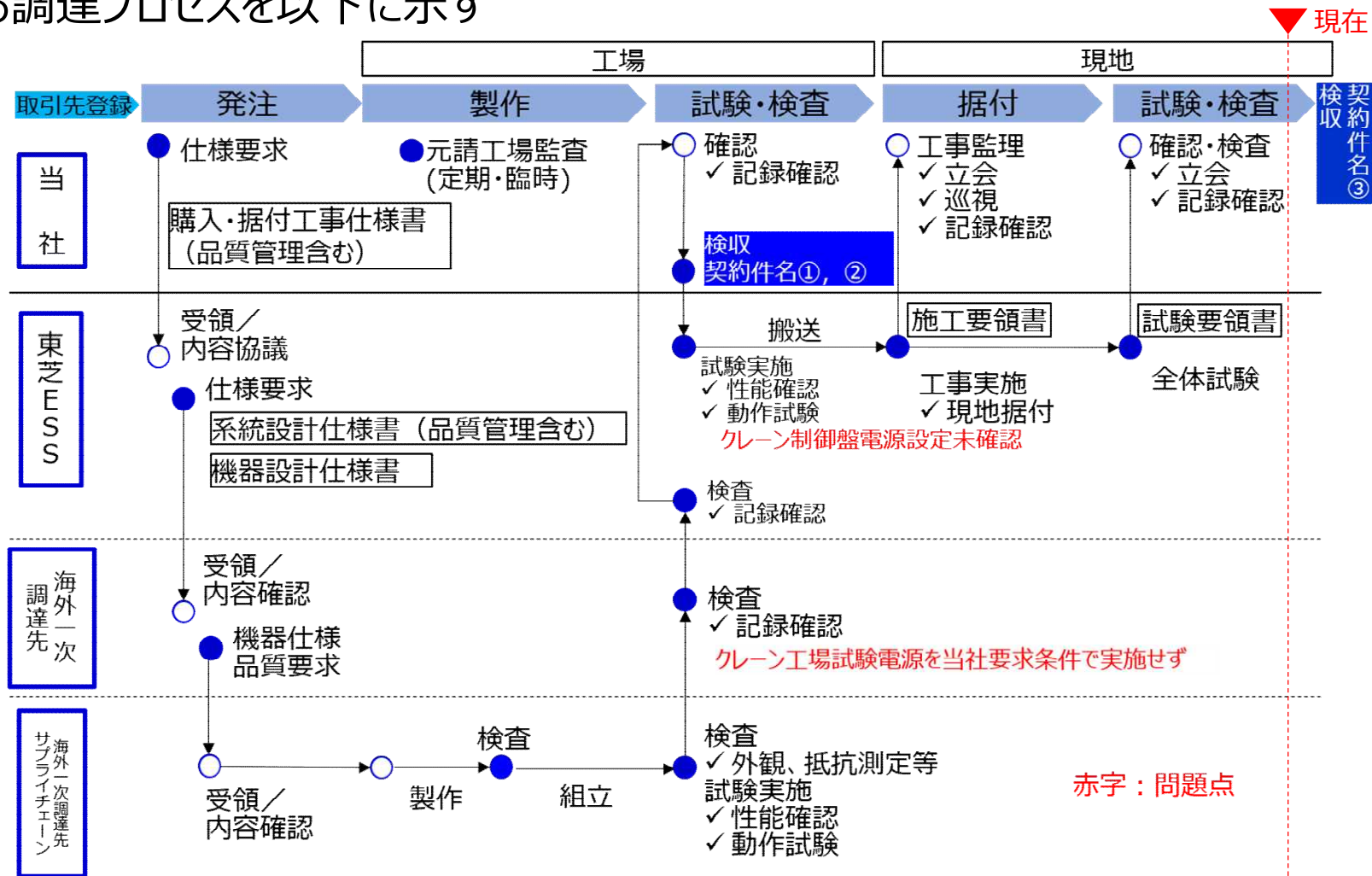


図1 不具合事象c（購買契約）調達フロー

2. 調達プロセスの概要 (2/2)

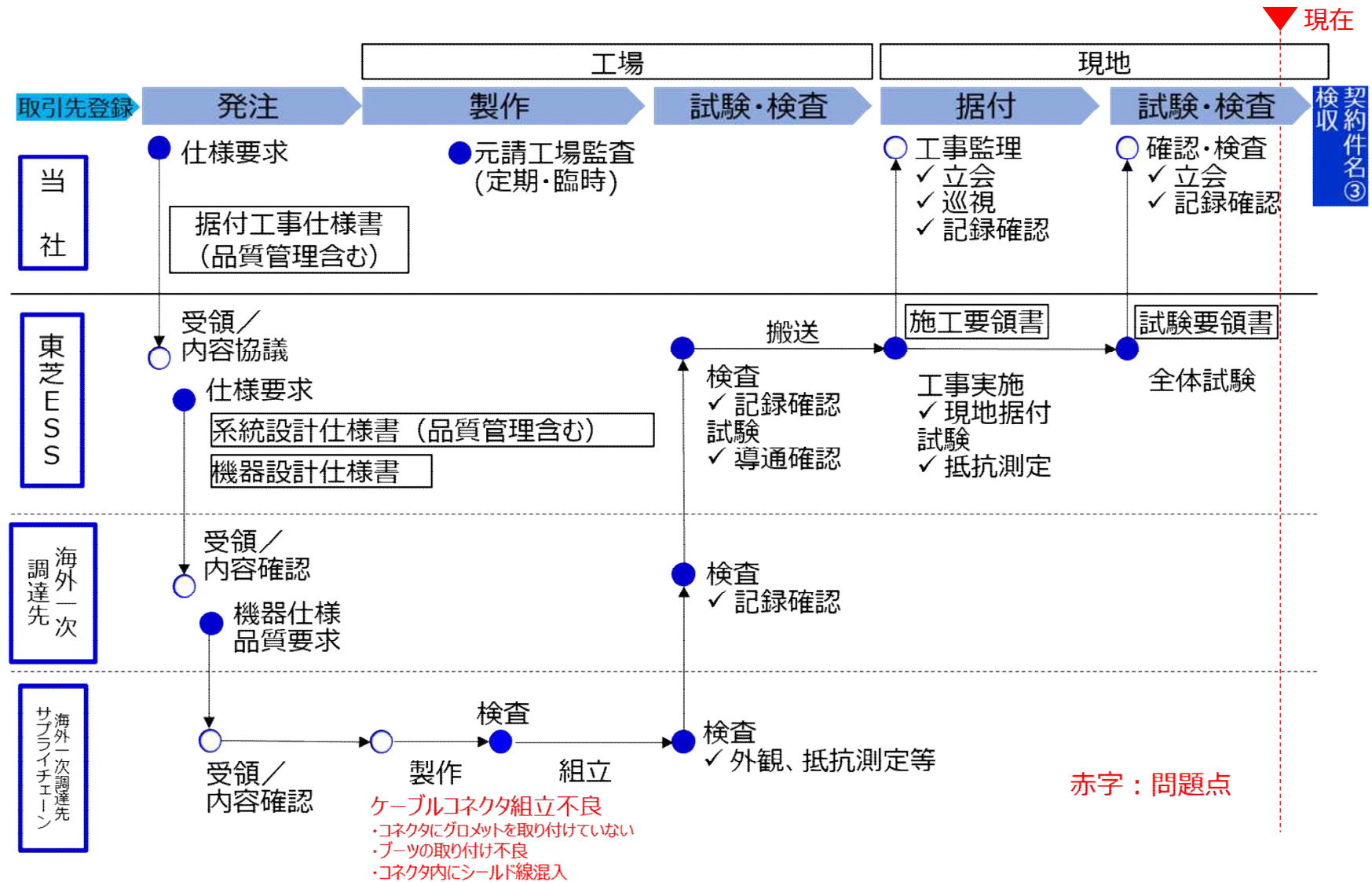


図2 不具合事象a、b (据付工事契約) 調達フロー

3. 調達品の品質に係る問題点の抽出 (1/3)

■ 製品の要求仕様について

- 今回の不具合3事象に関連する設備について、当社の要求仕様と受注者の回答を整理
- ✓ 当社は購入仕様書及び据付工事仕様書にて要求、受注者は見積仕様書にて回答、かつ、当社・受注者担当組織間での協議を重ね、仕様を明確化

不具合関連設備		当社要求	受注者回答
クレーン電圧		当社と協議して決定した電源盤から電気を供給するための電気工事を実施	480V原子炉カバー用MCC 3B - クレーン制御盤 440V
制御系ケーブル	設計方針	- 施工時・運用開始後のメンテナンス時の被ばく低減を考慮した設計とすること - オペフロ上のケーブルは、敷設作業の簡略化のためコネクタを設け分割可能なものとする	南側構台上制御コンテナとFHMガータ上の設備を繋ぐケーブルは、1Fサイトでのケーブルの施工簡易化のため、コネクタを設け分割可能なものとする
	環境条件 (防水・防滴等)	- 風雨に直接晒されないよう電気品室等を用いた設計とすること - 風雨に晒される機器は、その影響を軽減するよう設置すること	FHMが雨水に晒されることを考慮する設計
	品質 グレード	一般汎用品扱いとするよう協議	一般汎用品扱い

⇒ 要求仕様における、当社・受注者間の認識は一致 (要求仕様における問題なし)

3. 調達品の品質に係る問題点の抽出 (2/3)

■ 1F3FHMケーブルの設計の特殊性

- 1F3で使用したFHMケーブルは、1F4や通常炉で使用するものとは異なる設計
 - ✓ 屋外を通るため雨水の影響を考慮する必要 → 防水・防滴性
 - ✓ 高線量エリア → コネクタを用いることで、作業時間を短縮し被ばく低減



■ 反省点

- 要求仕様について、当社・受注者間の認識相違はなかったものの、設計の特殊性に鑑み、具体的に、**工業規格を明示して要求**すべきだった



■ 1F3FHMケーブルの品質管理上の対策

- 復旧にあたって、新たに調達するケーブルは、防水・防滴性を受注者と確認
 - ✓ USミリタリー規格「MIL-DTL-5015」（IP6・7相当、防塵について最上級レベル、防水について水面下15cm～1mで30分間に水の浸入のないレベル）を用いることを、当社・受注者で確認
 - ✓ 設計図にて構造上、防水・防滴性が十分であることを、当社が直接確認
 - ✓ 規格及び設計図通りに、製造されることを確認（記録や試験立会などの確認方法、当社・受注者の役割分担を調整中）

3. 調達品の品質に係る問題点の抽出 (3/3)

■ 製造～納品までの反省点

- 当社は、購入品が要求仕様通りの品質であるか確認する機会があったにもかかわらず、対策を施さなかった

- 購入品は、海外で製作後、現地の工事環境を整えるための追加作業により、据付工事に着手するまで、東芝ESSの工場にて約3年間保管
- 保管中、作動確認や操作訓練において、約30件の不適合が発生



- 多数の不適合を受けて、購入品を部品レベルの品質まで（一次調達先の品質まで）疑う必要があった
 - ✓ 一次以下調達先の部品は、海外メーカーであり、**当社が技術的信頼度を把握していないメーカー**もあった
 - ✓ 社内第三者組織から、海外調達の注意点を指摘されたが、今後の発注に対して教訓を生かすのみに留まってしまった

⇒ **一次調達先以降の製品の品質確保策**、製品の仕上がりだけでなく**途中の段階で当社が確認**する方策が必要

【参考】調達管理に係る問題点の深掘り(1) 要求比較調査①



- 一連の不具合が発生した1F3の当社要求仕様と、他プラント（1F4ほか）における当社要求仕様について比較・分析を実施

比較の一例

		プラントA	プラントB	1F-3	評価
F H M	安全機能	移送中の燃料集合体等の落下防止の措置を講じること	燃料落下防止対策を施す。	移送中の燃料集合体の落下防止の措置を講じること	◎
	操作	記載なし	燃料取替機の運転方法は遠隔自動操作とし、作業内容が自動的に記録できること	遠隔操作室を主たる操作場所とし、現場では無線機による操作が可能	○
クレーン	安全機能	燃料への重量物落下防止(運転通過範囲の制限)の措置を講じる 移送中の燃料集合体等の落下防止(二重化、駆動源喪失時の保持等)の措置を講じる	使用済燃料貯蔵ラック上には重量物を吊った原子炉建屋天井クレーンを通過させないようにし、貯蔵燃料への重量物の落下を防止できるように設計	移送中の移送容器等の重量物の落下防止(二重化、インターロック、駆動源喪失時の保持)の措置を講じる	◎
(ケーブル 電気 設備 含む)	電圧	記載無し	所内の電圧構成は以下の通り 負荷種類：電動機(AC)3相 電圧：電源端480V、負荷端440V	記載無し	●
	環境	記載なし	設置場所の通常時、事故時の環境条件下においてもその機能を満足するよう設計する	風雨に晒される機器については、その影響を軽減するよう設置すること	◎
	ケーブル難燃性	記載なし	難燃性、低塩素発生ケーブルを使用	原則としてFR-CVケーブルとするが一般難燃を使用する場合は事前に当社の了解を得ること	◎

◎：同等な記載あり、○：プラント特有設計、●：記載はないが提出図書等で確認しているため問題なし、×：記載なし、提出図書等にもなし

⇒ 主要部品の材質、必要個数及び機能・性能などを要求しており、**1F-3と他プラントの要求度合いは概ね同等**

【参考】調達管理に係る問題点の深掘り(1) 要求比較調査②



- 当社要求事項に対し、東芝ESSから一次調達先への要求事項の展開及びその実現に関する実施状況（製造記録等）、更には一次調達先以降への要求事項の展開及びその実現に関する実施状況について調査を実施
- 当該調査において、品質上の問題が確認された場合は処置について検討並びに一次調達先以降など調査の深掘りが困難となった場合は、機器の目視確認または動作確認等により健全性の確認を行う

⇒ 現在調査中（11月まとめ）

なお、今回不具合が生じた各案件について、以下問題を確認している。

- クレーン電圧設定誤りによる、ブレーキレジスターの損傷
 - ✓ 二次調達先発行のFAT要領書の参照文書において、供給電圧を「440VAC、50Hz」にて実施する旨記載されており一次調達先も確認していたが、不具合発生後の確認の中で、一次調達先より380VACにて実施したとの見解が示された
 - ✓ 東芝ESSはFAT要領書等を受領していたが、380Vに変更するといった連絡を受けていないことから、制御盤の電源設定を確認しなかった
- 防塵対策パーツ（グロメット）の組み込み忘れ
 - ✓ コネクタ組立は3次海外調達先であるケーブルメーカーが認定した社外の組立会社に委託し実施
 - ✓ 組立会社は、4次調達先のコネクタメーカーから支給されたコネクタ構成部品を用いて、コネクタ組立を実施。その際、組立会社では構成部品内のグロメットの有無について確認せず。ただし、コネクタメーカーが支給した構成部品にグロメットが入っていなかった可能性がある

【参考】調達管理に係る問題点の深掘り(2) 実施計画上の確認

- 今回の不具合は調達の過程において問題が生じたと考えられることから、実施計画「1号炉、2号炉、3号炉及び4号炉に係る保安措置」の「第2章 品質保証 第3条 7.4調達」における要求事項に対して実施できていたのか確認を実施

- ⇒ DE-14調達管理基本マニュアル及び購入・工事据付仕様書の記載内容並びに検査記録等を確認し、要求事項について実施していることを確認
- ⇒ なお、今回の不具合の起点が一次調達先以降にあることを鑑みると、一次調達先以降に対する直接・間接的な関与が十分でなかったと考える

7.4 調達	実施内容及び課題
7.4.2 調達要求事項 (1)調達要求事項では調達製品に関する要求事項を明確にし、必要な場合には、次の事項のうち該当する事項を含める。 a) 製品、手順、プロセス及び設備の承認に関する要求事項 b) 要員の適格性確認に関する要求事項 c) 品質マネジメントシステムに関する要求事項 d) 不適合の報告及び処理に関する要求事項 e) 安全文化を醸成するための活動に関する必要な要求事項	左記要求事項については、購入・工事据付仕様書にて要求している。 また、調達要求事項として、供給者の調達管理に関する事項については、「受注者内の異なる組織および調達先選定における評価・確認等 ^{注1)} 」などを購入・工事据付仕様書にて要求しているものの、一次調達先に対する直接・間接的な関与が十分でなかったと考える。

注1)

- ・受注者は、受注者内の異なる組織（社内調達先）および他の企業（以下、「調達先」という。）に発注する場合、調達先を選定する際に、調達先の技術的能力、および品質保証体制の評価を行う。受注者は、受注者の調達先がさらに、調達先を選定する際にも同様の評価を行っていることを監査・調査等により確認する。なお、受注者の調達先がその下位の調達先の品質保証状況を自ら管理する場合を除く。
- ・受注者は、調達先に対して、当社が「購入共通仕様書」および「購入追加仕様書」等で要求している品質保証に関する要求事項について、受注者の責任において調達先を一元管理するか、もしくは同様な管理を調達先に対して要求する。

4. 対策の方向性

- ① 一般汎用品を使用する際は、具体的な要求仕様を提示（工業規格にて明示）
- ② 工業規格に応じた、予備品確保（対象物・量を検討）、代替品の早期調達策の確保
- ③ 一次調達先以降の製品の品質を確保する仕組みとして、部品レベルで、初めて参加するメーカー、海外製品など対象となる基準を設定した上で、当社の要求を満たす製品が作られていることを確認する仕組みを構築
（対象基準によって、当社直接（当社の検品）、受注者を通して間接）
- ④ 仕組みを徹底させる責任者の配置
 - 本社と1Fをまたぐ、安全品質責任者及び補助スタッフの配置

5. トップマネジメントについて

■ FHM不具合のトップとしての関与

- 2018年3月に生じたブレーキレジスターの損傷、8月に生じたケーブル・リード線の断線は、事象発生後、直ちに、社長へ報告

(社長指示)

- 問題の解決にあたっての廃炉推進カンパニー内のリソース評価と当社グループ専門分野の知見・協力の指示
- トラブル対応・検討の進め方、スケジュールに関する指示
 - ✓ 燃料を少しでも早く出すことが1Fリスクの低減になることを踏まえ、仮復旧を含めた、復旧までの工程調整
- 今回の事象を踏まえた、調達管理の改善を廃炉推進カンパニー及び原子力・立地本部に指示

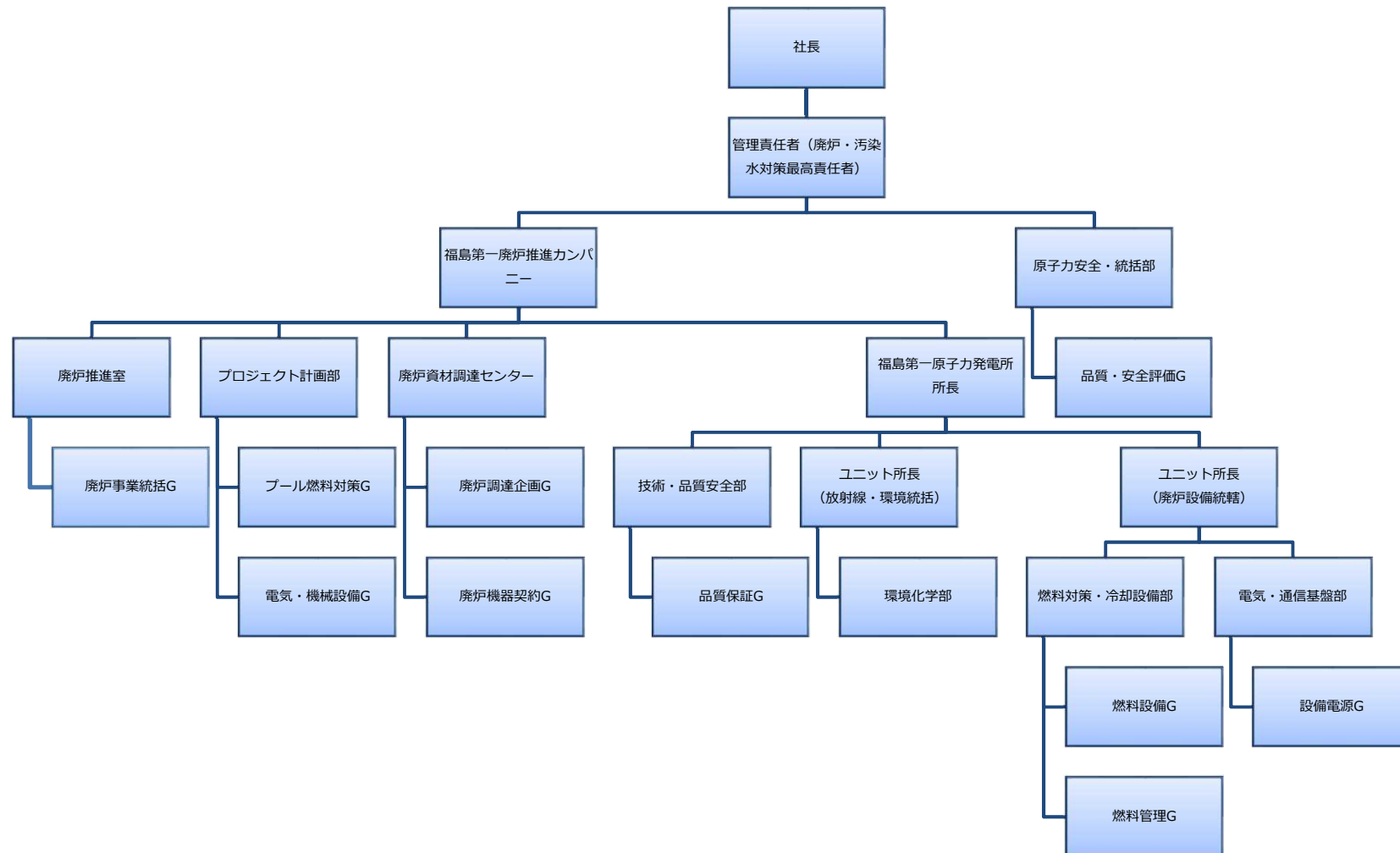
⇒ トラブル発生における、社長への報告とリソース配分、改善指示など社長による全体指揮を行ってきた

引き続き、廃炉推進カンパニーの対応状況を報告し、適宜、指示を受け、廃炉・汚染水対策を安全に進めていく

【参考】対応体制

- 今回の一連の不具合は、福島第一廃炉推進カンパニー内約50名の他、当社グループ専門分野の協力を得て、東芝に指示・報告を受ける体制で対応

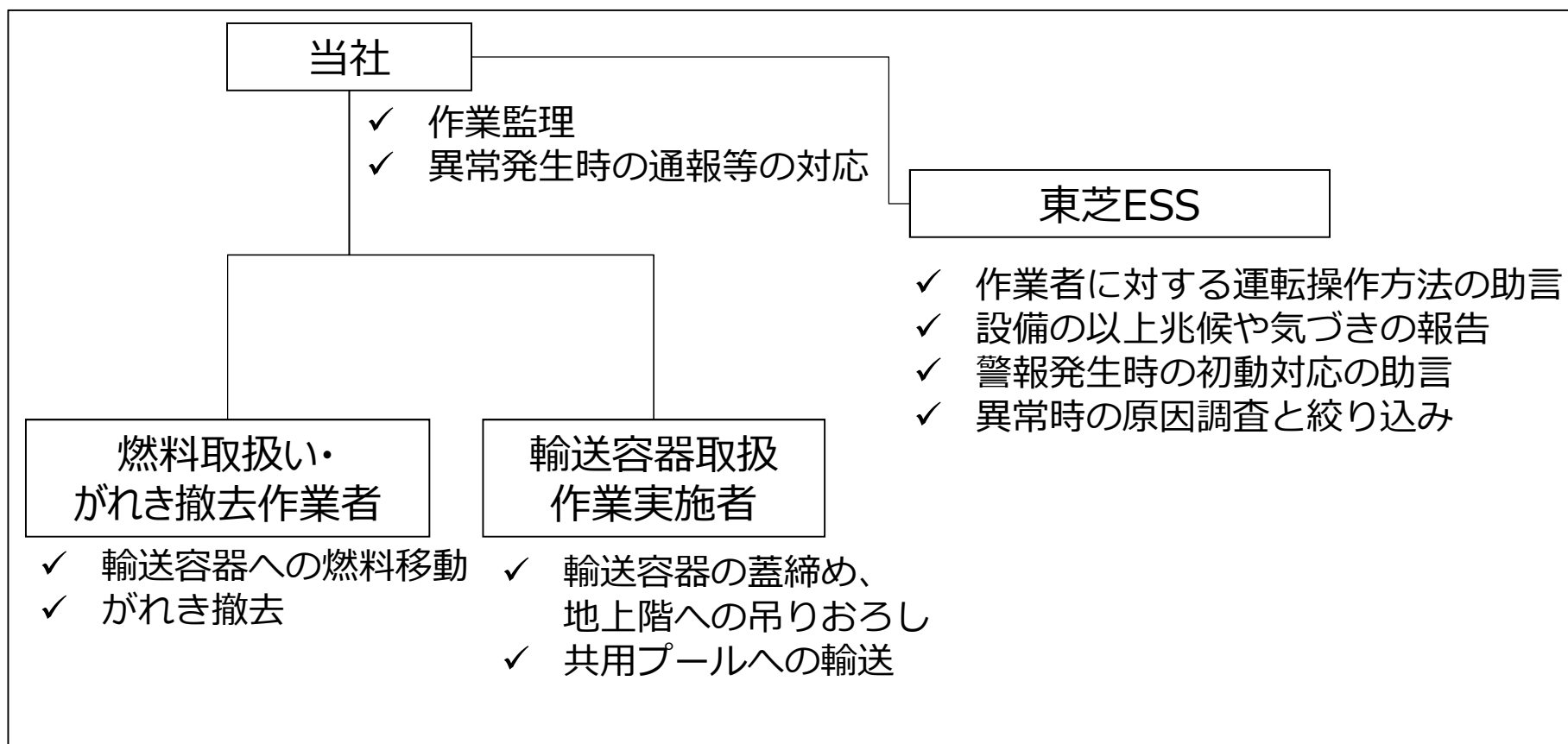
東京電力ホールディングス株式会社



【参考】燃料取り出し時（異常発生時）の体制

- 燃料取出し・がれき撤去作業中の設備不具合等に備え、燃料取り出し開始初期
※は東芝ESSの技術者を遠隔操作室に配置する体制を構築

燃料取出し作業の体制



※1年程度。燃料取り出し期間中全て常駐する体制とするかは今後状況を踏まえ判断