

3号機 燃料取出・移送設備

不具合に関する品質管理上の改善について

TOSHIBA

東芝エネルギーシステムズ株式会社

2018.10.15

3号機燃料取出・移送設備について

■ 設備安全設計

本設備は、地震荷重等の適切な組み合わせを考慮しても強度上耐え得る設計であるとともに、燃料取扱機の二重ワイヤロープや種々のインターロック（ソフト、ハード）、クレーンの主要要素の種々二重化等、移送中の燃料集合体の落下を防止するためにフェールセーフの思想に基づき設計されている。具体的内容を以下に示す

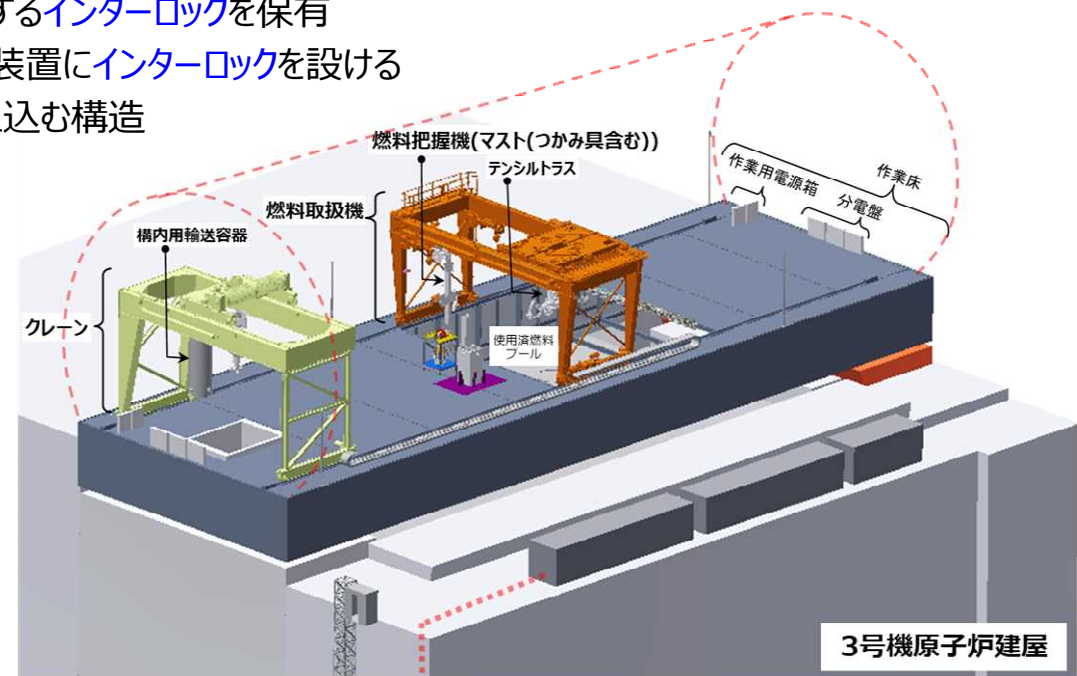
◆ 燃料取扱機（FHM）

- ・燃料把持機フックは水圧作動式、燃料集合体を掴んだ状態で水圧源が喪失してもフックが開とならない機械的機構を保有
- ・燃料把持機は二重のワイヤロープで保持する構造
- ・燃料取扱中に過荷重となった場合に上昇を阻止するインターロックを保有
- ・走行、横行、昇降を安全かつ確実に行うため、各装置にインターロックを設ける
- ・地震時にも転倒しないよう、走行部はレールを抱え込む構造

◆ クレーン

- ・地震時にも落下しない構造、構内用輸送容器の移送中において駆動源が喪失しても確実に保持
- ・主巻フックは二重のワイヤロープで保持する構造
- ・玉掛け用ワイヤロープ等がフックから外れることを防止するための装置を設ける
- ・重量物を吊った状態で使用済み燃料貯蔵ラック上を通過できないようインターロックを設ける

※実施計画書より



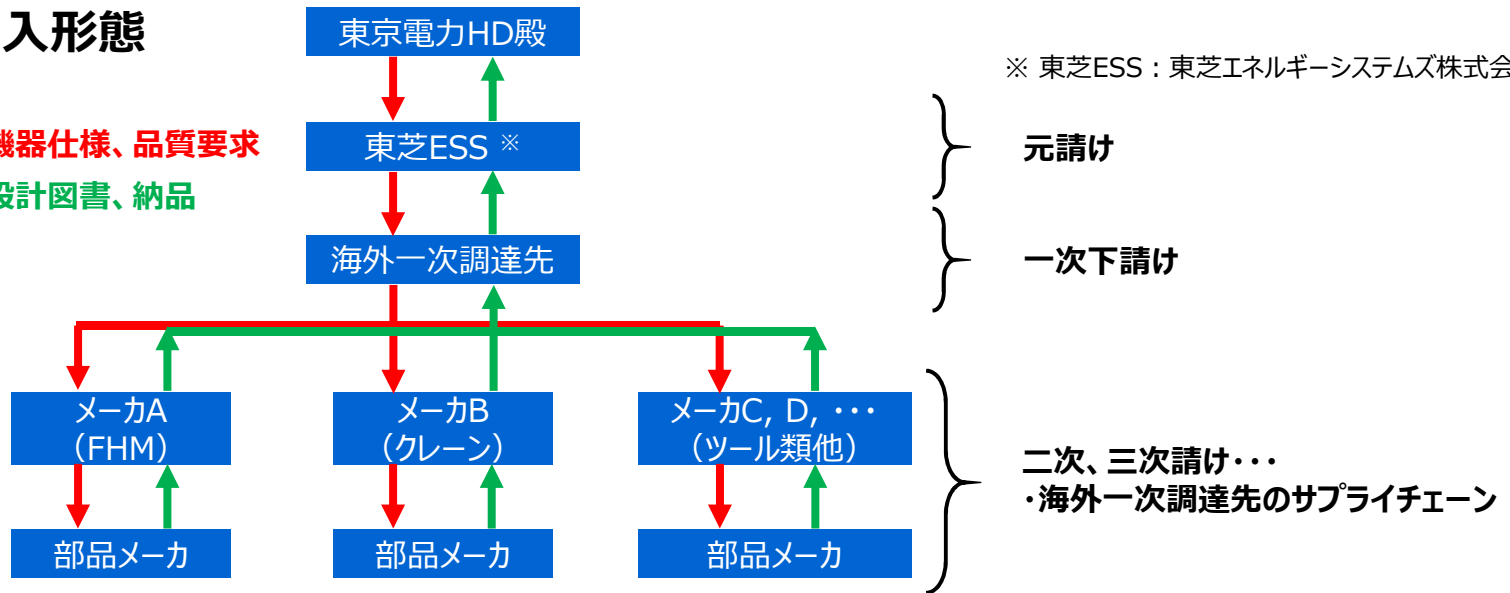
遠隔操作室（事務本館）

3号機燃料取出・移送設備の納入形態と品質要求

■ 設備の納入形態

赤：引合、発注、機器仕様、品質要求

緑：見積、仕様、設計図書、納品



■ 設備の設計等級および品質管理区分（東京電力HD殿と取り決め）

設計等級・・・7 ※1

品質管理区分・・・燃料取扱設備（本体、マスト、テンシルトラス、補助ホイスト、燃料つかみ具、上部タイプレートつかみ具）D ※2

クレーン（本体、主フック、補助ホイスト）D ※2

その他 G ※3

※1：JSME「設計・建設規格」対象外

※2：JEAG4612「安全機能を有する電気・機械装置の重要度分類指針」に基づくクラス2区分

※3：JSME「設計・建設規格」、省令「51号」等いずれの対象にもならない設備で、カタログ品の適用が可能な設備

3号燃料取出・移送設備における品質保証活動

■ 弊社は海外一次調達先に対して品質保証仕様書*を発行し、品質保証活動を要求

*The Quality Assurance Requirements for 1F-3 Spent Fuel Removal System (QAS-2012-000092)

■ 品質保証における主な要求事項（抜粋）

- ・サブベンダーまで含めたQAプログラムの確立、ベンダーリストの提出
- ・主要部材のトレーサビリティ要求(識別管理)
- ・検査要領書で検査項目、検査方法、合否判定を明確にすることと計測器の校正管理
- ・出荷時の梱包、輸送の管理及び東芝からの出荷許可の取得
- ・東芝ESSが要求する試験検査の実施と品質記録の提出

これらは本設備の製造プロセスにて確認した項目。主要ベンダーについては、QAマニュアルの提出も受け内容を確認している

上記品質保証仕様書に従い、弊社は試験検査の立会、記録確認を実施し、東京電力HD殿向けに品質記録を提出している

なお、海外一次調達先のQMS全般については監査にて有効性を確認し、ベンダー認定している
(2007～ 認証範囲：US Safety + ISO)

これまでの不具合

■ クレーン主巻インバータ損傷

- ◆発生日：2018年3月16日に主巻インバータ異常他の警報を確認。4月5日インバータ内のリレー損傷を確認し、インバータを交換するも、4月25日にブレーキユニットのヒューズ溶断を確認。5月11日にブレーキユニットを交換後、主巻の巻下げ停止操作時に、ブレーキレジスタ内の端子および表面扉に焼損が発生
- ◆原因：ブレーキユニットの電圧設置が米国工場試験時の設定380Vのままとなっていたため、現場電圧で使用した際にブレーキレジスタに電流が流れ、温度が上昇して端子台が変形。PN間で短絡が発生して焼損に至った

■ 電源条件の設定

(1) 設計仕様

- ・**現地計画電圧480Vに降下を考慮し「440V±10%」と設定**。機器設計仕様書に記載して、東京電力HD殿の了解を得た後、発注仕様として海外一次調達先へ提示。**海外一次調達先の設計図書にも反映されている**
- ・海外一次調達先には機器製作前に米国と日本の電源構成の違いや接地線の取り方を説明し、設計に反映済み

(2) 工場試験（海外調達先）

- ・FHM：海外一次調達先から工場の電圧と周波数を440V、50Hzに合わす方法について事前連絡あり
試験を440Vで実施
- ・クレーン：海外一次調達先から電源条件を440Vとする工場試験要領書を受領。**試験は380Vで実施**
弊社へは変更の連絡なし。弊社は440Vで試験を実施していると思い、**制御盤の電源設定を未確認**

(3) 弊社京浜事業所および本牧倉庫での動作試験

工場電圧は**410～420V**程度であったため、装置を米国から輸送してきたままの状態（FHM440V ±10%、クレーン380V±10%設定）で試験が実施できた

(4) 現地

現場電圧**460～470V**であったため、380V±10%に設定されていたクレーン制御盤のインバータが損傷。インバータ、ブレーキユニット、ブレーキレジスタを交換

(5) 今後の対応

海外調達機器に対して弊社要求仕様が適切に反映されていることの確認徹底

これまでの不具合

■ FHMマスト停止

- ◆ 発生日：2018年8月8日、使用前検査中、FHMマストをプールに降下させていたところ、警報が出てFHMが停止
- ◆ 原因：2017年3月に納入したマスト制御ケーブルのコネクタ部に雨水が侵入、リード線が断線したことにより、関連するマストホイスト、モータコライザ、ロープ破断警報が発生。コネクタ部の保護カバー（ブーツ）が外れていたこと、コネクタ内部の防塵対策パーツ（グロメット）が入っていないことが判明し、浸水の原因と推定

■ 2017年現地敷設ケーブルの納入

(1) 設計仕様

- ・当初ドーム内の線量が高いと想定されていたため、東京電力HD殿より制御盤設置場所をドーム外とする変更依頼あり
- ・弊社は本体設備と同じ「外気流入、結露影響あり、湿度100%、動作温度0～40℃、塩害・雨・風等の外部環境影響考慮」の条件で、制御盤と機内機器を繋ぐケーブルを2016年9月に追加手配。メーカー図面にて、ケーブルアセンブリが「塩水スプレーと最大0.5m深さでの一時的な浸水に耐える」との記載があることを確認した。現場施工性を考慮し4分割化

(2) ケーブル製作

- ・ケーブル、コネクタとも本体設備製作時と同じメーカー。ただし、コネクタ組立はケーブルメーカーが自身で認定した社外の組立会社に委託
- ・初めに組み立てたFHM向けケーブル用コネクタのパッケージだけグロメットが入っていなかった可能性あり（ケーブルメーカー聞き取り）
⇒ コネクタ部品を支給したコネクタメーカーが、FHM向けケーブルの部品パッケージにだけグロメットを入れなかったものと推測
- ・コネクタ組立時に、当該ブーツの取付ミス、コネクタ内へのシールド線混入等の不良が発生したものと推測

(3) 工場検査（メーカー）

- ・コネクタ組立会社では、寸法、絶縁抵抗測定、導通試験、材料確認を実施。ケーブルメーカーはこれらの記録確認に加えて、ケーブル外観、ケーブル長さ確認を実施。いずれの検査でも、グロメット無し、ブーツ取付ミス、シールド線混入等のコネクタの組立不良は検出できず

(4) 弊社での検査

- ・2017年11月米国出荷時に記録検査を実施、本牧倉庫で導通試験を実施

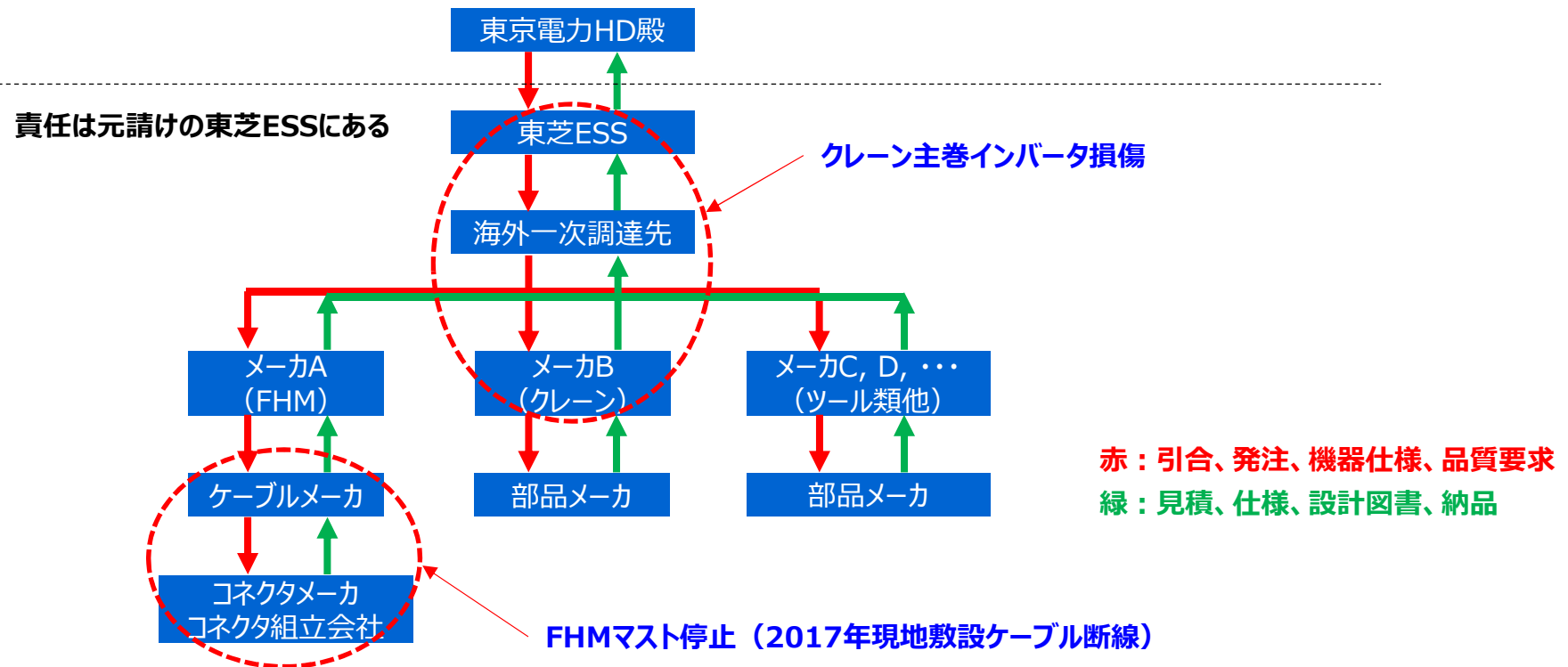
(5) 現地

- ・2018年3月現地接続後、運用開始前に社内検査として絶縁抵抗測定、導通試験を実施し、抵抗不良3本を交換。東京電力HD殿へ報告
- ・今回のマスト停止不具合の水平展開として、全制御系ケーブルの健全性確認を実施。設備動作に影響はないものの、一部コネクタで個別要因の不良を確認

(6) 今後の対応

- ・2017年現地敷設ケーブル（屋外ケーブル）は、中継端子箱を用いた圧着端子式にて繋げ直すことを検討する
- ・今後、不良が確認されたケーブルは交換、修理する

今回の不具合の主要因と責任



■ 不具合の主要因

クレーン主巻インバータ損傷：海外一次調達先の工場試験時電源条件変更の連絡不備
 弊社のクレーン制御盤の電源設定確認不足

FHMマスト停止：コネクタを組み立てたケーブルメーカあるいは組立会社の技量ばらつき
 コネクタ部品を供給したコネクタメーカの出荷管理不足

3号燃料取出・移送設備に関する今後の取り組み

■ 本装置に関する今後の取り組み

これまでの不具合対象に限らず、東京電力HD殿および弊社の要求仕様が海外一次調達先の設計仕様に反映されていることを確認する。その結果、要求仕様に合致しない場合や、現場環境条件に対して設計仕様が十分でない場合は、設備・機器の改善や環境条件の改善を図っていく

また、今後の円滑な設備復旧や燃料取出工事実施に向けて、安全点検や設備機能試験等の確実な実施、海外一次調達先やメーカーの技術者派遣調整、緊急時対応手順の事前準備および設備運用開始後の点検計画等について、東京電力HD殿と検討を進めていく

品質管理上の改善方針

■ 品質管理上の改善方針

海外一次調達先およびサブベンダーにて、品質保証規格、品質保証要求に従った活動を実施することを要求している

本設備に対するQMS要求では、部材単品について「受注者による自主検査」としており、記録提出も求めている

クレーンの製造工場における機能確認、システム総合試験は弊社のホールドポイントとして立会を実施しているが、動作電源電圧は立会確認項目とはしていない



本設備の品質は海外一次調達先のサプライチェーンに依存している。海外メーカーのような、弊社がその実力を十分に把握していないベンダーに対しては、プロジェクトの位置付け等も考慮した上で、関与を充実していく必要がある

具体的には、以下のような対策を東京電力HD殿とともに検討していく

- ・事前の製品試作による品質確認
- ・納入品の抜取りによる検査
- ・リスクを考慮した予備品の充実 等