3号機燃料取扱設備点検結果及び今後の対応

2019年8月29日



東京電力ホールディングス株式会社

1-1. 燃料取扱設備の点検について



- 2019年7月24日から燃料取扱設備(クレーン、燃料取扱機等)の設備点検(通 常点検と振り返り点検)を実施している。
- 7月17日に発生した燃料取扱機からの作動流体の漏えい事象を踏まえて、設備 点検に加え、追加点検を実施することとした。

設備点検: 当初計画

[通常点検]

• クレーンの法令点検

[振り返り点検]

- 燃料取出し開始後の設備健全性の確認
- 不具合対策の検証

追加点検

燃料取扱機における水圧ホース継手部からの作動流体の漏えいは、設備を一定期間使用し、且つ様々な応力が重畳した状態にあったことにより発生



追加点検の観点

設備の運転状況から一般的に想定される劣化事象に とらわれることなく、3号機の特殊性を踏まえて設備に発 生しうる損傷・劣化事象を整理し、設備全体を俯瞰的 に確認

- 設備点検/追加点検で7件の不具合箇所を確認した。
- 今回の点検で確認した不具合箇所の補修及び取替等は、2019年9月初旬まで に完了する見込み。
- 設備点検/追加点検が完了する見込みであるため、2019年9月上旬から燃料取り出し作業を再開する予定。



- 設備点検
 - > 通常点検 点検結果:異常なし。
 - ✓ クレーンの外観確認、動作確認(リミットスイッチ含む)
 - ▶ 振り返り点検 <u>点検結果:4件の不具合事象を確認。</u>(次頁③④⑤⑥)
 使用開始後の設備健全性を確認する点検、及び過去に発生した不具合の検証を実施。
 - ✓ 燃料取扱機の外観確認、動作確認(リミットスイッチ含む)、蓋締付装置の点検及びトルク校正、 駆動水圧供給系の動作確認等 【設備健全性確認】
 - ✓ クレーン・燃料取扱機の通常操作で動作しないインターロックの確認等 【設備健全性確認】
 - ✓ 蓋締め付け装置一次蓋ガイドピンの点検、水圧ホース継手の緩み確認等 【不具合の検証】
 - ✓ 制御盤他の防湿材状態確認及びシリカゲル交換等【環境対策の検証】
- 追加点検 <u>点検結果:3件の不具合事象を確認。</u>(次頁⑦⑧⑨)

燃料取扱機からの作動流体漏えい事象を踏まえ、想定される劣化事象にとらわれること なく追加の点検を実施。

- ▶ 振動によるき裂・破断及び締結部等のゆるみ・ボルトの浮き確認
- ▶ ケーブル及び水圧ホースの引張り・異常な曲りの確認
- 設備作動状態での外観目視点検
- 非破壊検査(浸透探傷試験・超音波探傷試験)

1-3. 設備点検前及び追加点検で確認された事象の原因と対策



- 設備点検前に確認した事象(①②)
- 振り返り点検で確認した事象 (3456)
- 追加点検で確認した事象(⑦⑧)
- 追加点検時における調整不良(9)

No.	発生事象	原因	対策	参照項
1	燃料取扱機からの作動 流体の漏えい	繰り返し荷重の影響による疲労割れ	継手の交換及びサポート設置 類似箇所の非破壊検査(浸透探傷検査) 予備品の準備	次紙
2	クレーンからの作動流 体の漏えい	継手部のゆるみ	ゆるみ防止剤の塗布 継手部に緩み検知用の合いマークを実施	参考2-3
3	蓋締付装置の ボルト折損	図面の読み違いにより、規定トルク 以上のトルクを付与したため	ボルトの交換 類似箇所の非破壊検査(超音波探傷検査)	参考2-4
4	蓋締付装置バルブボッ クスへの浸水	パッキンの締付が不均一だったこと による水の浸入	抵抗測定、清掃、動作確認の実施 類似箇所の気密漏えい確認	参考2-5
(5)	燃料取扱機ロードセル 異常警報発生事象	コネクタ部に力がかかり嵌合不良が 発生	嵌合箇所を固縛	参考2-6
6	テンシルトラスホイス ト 5 用コネクタ損傷	作業用足場解体時に足場板を位置検 出器のコネクタに接触させた	コネクタの交換、動作確認	参考2-7
7	燃料取扱機マスト上限 検知用リミットスイッ チ取付ボルト破断	リミットスイッチの固定位置を異なる位置に設置したため、マストホイストイコライザ―と干渉したため	ボルトの交換及び正規位置へのリミットス イッチ取り付け	参考2-8
8	マニピュレータ用水圧ホースのひび割れ	ホース加締め部近傍のため、ホース にかかる曲げ応力と使用に伴う経年 劣化のため	水圧ホースの圧力バウンダリではなく、表 層部の劣化であるため、自己融着テープに よる補修	参考2-9
9	テンシルトラス旋回不 良	回転軸アライメント調整用ボルトの 締め付けに伴う摺動抵抗の増加	アライメント調整ボルトの再調整	参考2-10

2-1. 設備点検前に確認した事象について

①燃料取扱機からの作動流体の漏えい

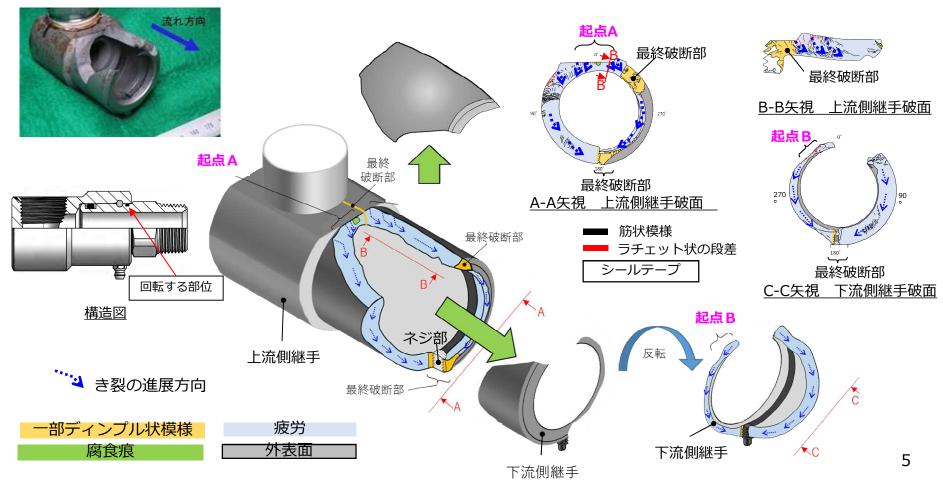


発生事象	燃料取扱機からの作動流体の漏えい	
概要	• 燃料取扱機のトロリからテンシルトラス/マニピュレータにつながる水圧ホースの継手が破損した。このため、作動流体(水グリコール)が約50L漏えいし、使用済燃料プール内へ流入した(漏えい量は水槽の水位低下量からの想定)。	
	燃料取扱機トロリ	
原 因	✓ 破面観察にて疲労破壊で見られる特徴的な『ラチェット状の段差』を確認したこと、ホースの復元力等の荷重が当該部にかかっていたこと、運転時の変動荷重が繰り返し発生したこと等から、疲労にてき裂が発生・進展し、破損に至ったと推定。	
対 応	 ✓ 当該部品の取替を行い、サポートを追設する(8/29予定)。 ✓ 予備品も準備済み。 ✓ 類似箇所(5箇所*)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済み。併せて、サポートの追設を行う(9/1予定)。 ※クレーン主巻:2個所、クレーン補巻:2個所、テンシルトラス/マニピュレータ:1個所(当該箇所の裏側) 	
備考	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 つながる事象ではない。 4	

2-2. 燃料取扱機からの作動流体の漏えい事象(メカニズム)



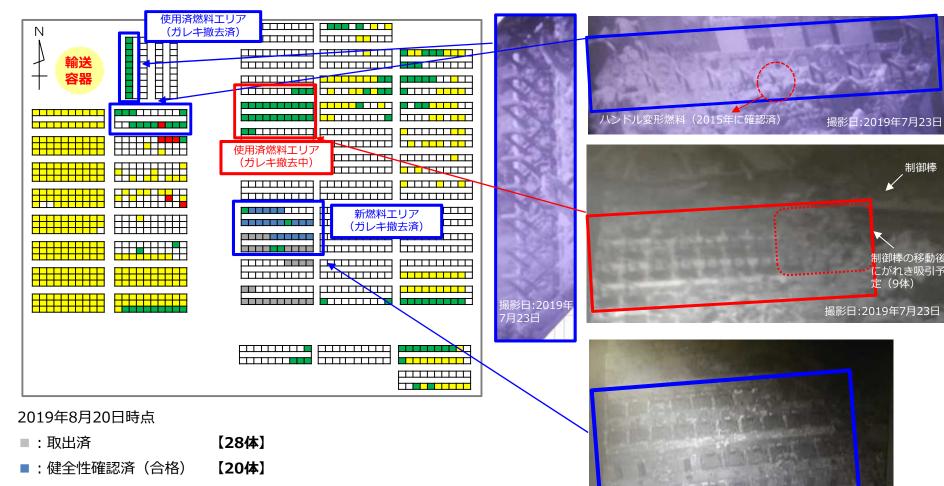
- 当該継手には、据え付け状態による荷重、作動流体供給時のホースの脈動、電磁弁開閉による繰り返し荷 重等の様々な荷重が発生。
- 破面観察から、上流側0°方向、及び下流側軸受部等にラチェット状の段差、一部にディンプル状の模様を確認。
- き裂は、ラチェット状の段差が確認された上流0側(起点A)、及び下流軸受部(起点B)等を起点に発生し、上記の繰り返し荷重により疲労によって矢印の方向(→)にき裂が進展し、破断に至ったと推定。



3. ガレキ撤去の進捗

TEPCO

■ 新燃料上部、一部の使用済燃料(青枠エリア)についてガレキ撤去済み。 赤枠エリアは一部を除き使用済燃料上部のガレキ吸引まで実施済み



(新燃料エリアの健全性確認を実施していない4体はガレキが若干残っているためガレキ撤去後に健全性確認実施)

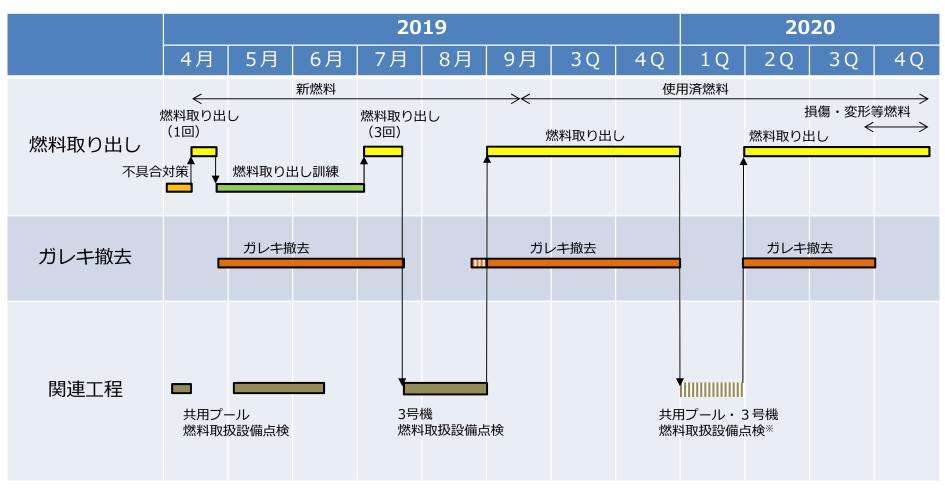
- ■:これまでにハンドル上部確認(明らかな変形は無し)【115体】
- ■:2015年12月使用済燃料プール調査にて明らかなハンドル変形を確認【6体】
- -: ハンドル未確認 【397体】

撮影日:2019年7月16日

4. 今後の取出し計画



- 燃料取り出し作業は、設備点検/追加点検が2019年9月初旬に完了する見込みであるため、準備作業を行い2019年9月上旬から開始予定。
- 引き続き、周辺環境のダスト濃度を監視しながら安全を最優先に作業を進めていく。



※丁程調整中



以下、参考資料



■ 追加点検の考え方

- 燃料取扱機からの作動流体の漏えい事象は、据え付け状態による応力、作動流体供給時のホースの脈動、電磁弁開閉により繰り返し荷重等の様々な荷重が発生したことが要因である。
- ▶ これより、設備の通常の運転状況から想定される劣化事象にとらわれることなく、設備に発生しうる損傷・劣化事象を整理した。

損傷・劣化事象の整理の例

評価機器				,	想定される損傷事	象、劣化事象
分類(1)	分類(2)	振動による 損傷	振動による ゆるみ	引張り・曲げ による損傷	摩耗	シール部 劣化
	ホース	0	×	0	×	×
水圧系	コネクタ (継手)	0	△ (作動流体のリーク: 目視点検にて確認)	0	×	△ (作動流体のリーク 目視点検にて確認
小 江东	サポート (取付ボルト含む)	0	0	×	×	×
	バルブボックス (電磁弁の確認は除く)	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	0	×	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	△ (機器の動作不良 動作確認にて確認
ケーブル	コネクタ	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	×	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	×	△ (機器の動作不良 動作確認にて確認
	サポート (取付ボルト今か)	0	0	×	×	×

<u> </u>	<u> </u>			
-	\ シール部 劣化	スプリングの へたり	絶縁不良	導通不良
	×	×	×	×
	△ (作動流体のリーク: 目視点検(こて確認)	×	×	×
	×	×	×	×
:	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)
	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	×	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)	△ (機器の動作不良: 動作確認にて確認)
	×	×	×	×
- 1	•	·	•	

【参考2-1】燃料取扱機からの作動流体の漏えい事象(破面観察①)

T=PCO

■ 継手部の状況

✓ 材質: SUS440C

✓ 外径:約50mm 内径:約34mm

✓ 部品の欠損状況

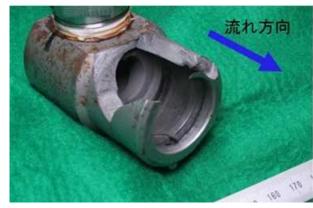
·約30mm×約30mm×約8mm

重量:約40g

・ベアリング用鋼球:25個 算出値

約4mm 直径

欠損部品が燃料に影響を与えないこと を評価にて確認済。

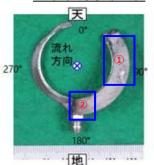


継手部外観



継手部外観

■ 破面観察結果

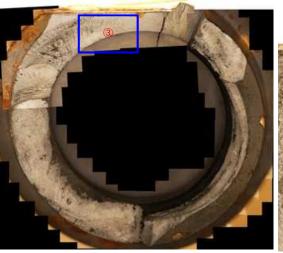


下流側継手

- / 下流側継手部(SEM観察)
 - ・おおむね平坦で無特徴な破面の様相であった。(写真①)
 - ・一部にディンプル状の模様を 確認した。(写真②)



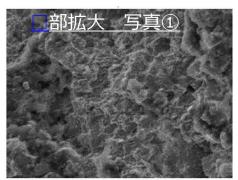
・ラチェット状の段差を確認した。(写真③)



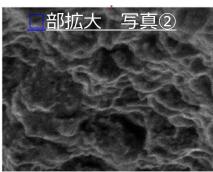
上流側継手破面全体



□部拡大 写真③



拡大図(2000倍) 10μm

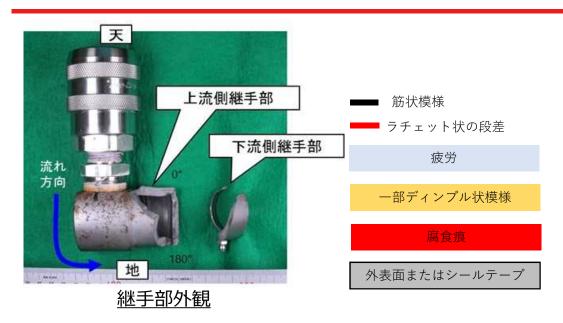


拡大図(2000倍)



【参考2-2】燃料取扱機からの作動流体の漏えい事象(破面観察②)







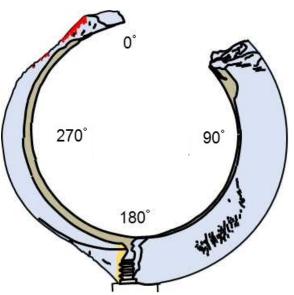
上流側(細切断後, 90°側から観察) 実体顕微鏡像



上流側継手破面 (細切断後, 90°側から観察)



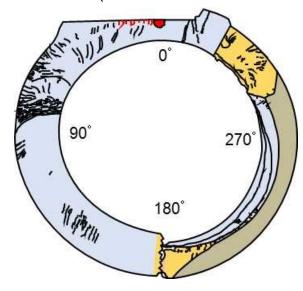
下流側(破面側) 実体顕微鏡像



下流側継手破面 (上流側から観察)



上流側(破面側) 実体顕微鏡像



上流側継手破面 (下流側から観察)



発生事象	クレーンからの作動流体の漏えい
概要	クレーンの補巻にてガレキ撤去作業中、協力企業作業員が補巻先端部へ繋がるホースの リール部から作動流体(水グリコール)の滴下を確認した。当該箇所は以前(同年6月2日)に滲みを確認しており、作動流体用の水槽水位、系統圧力に異常がないことを確認し、養生及び監視強化※を実施したうえで、作業を進めていた。※水位、圧力、床面への滴下有無確認水位、圧力に有意な異常は認められていないが、漏えい量の増加が認められたため、念のため作業を中断した。
	institution
原 因	✓ 分解点検の結果、分解時にゆるみを確認した。接続部の外観目視点検を実施し、異常の ないことを確認した。そのため、接続部のゆるみによる漏えいと推定。
対 応	✓ 当該接続部に緩み防止材を塗布し、再施工、合いマーク施工を実施済み。✓ 類似箇所(5箇所)について、ゆるみが無いことを確認した。
備考	作動流体が喪失した場合でも、吊り荷の状態は維持されるため、吊り荷の落下等につながる 事象ではない。

【参考2-4】振り返り点検時に確認した事象について

③蓋締付装置のボルト折損



発生事象	蓋締付装置のボルト折損について
概要	構内輸送容器の蓋を締め付ける装置(蓋締付装置)の点検をしていたところ、当該装置の 仮置き架台にナットが落ちていることを確認した。そのため、蓋締付装置を確認したとこ ろ、トルクレンチ # 4 シャフト部の片側ボルトに折損を確認した。なお、その他のボルト に折損は確認されなかった。
	4 .4
原 因	当該トルクレンチを交換した際に、図面の読み違いにより規定トルク以上を付与したこと、 及び使用に伴う振動の重畳により、ボルトが折損したと推定。
対 応	✓ 当該ボルトの交換を実施済み。✓ 類似箇所について、き裂の有無を確認するため非破壊検査(超音波探傷検査)を実施し、 異常のないことを確認した。
備考	輸送容器の蓋締付は、SFPでの作業時にITVやトルクで確認可能。

【参考2-5】振り返り点検時に確認した事象について

④蓋締付装置バルブボックスへの浸水



発生事象	蓋締付装置バルブボックスへの浸水
概要	 構内輸送容器の蓋を締め付ける装置(蓋締付装置)のバルブボックスについて、リークテストの準備をしていたところ、リークテスト用のプラグに水の付着を確認した。そのため、バルブボックスのカバーを取外し、内部の状態を確認したところ、内部に錆を確認した。 蓋締付装置には、バルブボックスが合計6箇所あり、内部確認の結果、5箇所(最初の箇所を含む)に入水の跡を確認した。
	バルブボックス内部状況の例 1 バルブボックス内部状況の例 2
原 因	✓ 水密性を確保するパッキンの締め付けが均一でなかったため、水密性を確保できていない部分から水が浸入した。
対 応	✓ 電磁弁の電気抵抗測定を行い健全性を確認し、異常部について補修等を行う。また、清掃・動作確認を実施する。(8/31予定)✓ パッキンの締付状況を確認する測定点を増やし、気密漏えい試験を行う(8/31予定)。✓ 類似箇所について、機密漏えい試験を行う(8/31予定)。
備考	輸送容器の蓋締付は、SFPでの作業時にITVやトルクで確認可能。

【参考2-6】振り返り点検時に確認した事象について

⑤燃料取扱機ロードセル異常警報発生事象



発生事象	燃料取扱機ロードセル異常警報発生事象
概要	・ケーブル交換作業後、制御電源を復旧した際に「ロードセル異常」警報が発生した。 (ロードセル信号ケーブルと交換したケーブルは別のケーブル) ・ロードセル信号ケーブルについて、制御盤と燃料取扱機本体側ジョイントボックス(JB)間で導通確認を行い、導通なしを確認したが、中間コネクタを再嵌合したところ「ロードセル異常」警報は解消された。また、導通が復帰した。 ・制御盤から中間コネクタ、中間コネクタから燃料取扱機本体側JBのケーブルおよびコネクタについて単体電気特性試験を実施し、異常のないことを確認した。 ・ケーブル交換作業時は狭隘部に多数設置されているケーブルの中から交換対象ケーブルを引き出す必要がある。当該中間コネクタは交換ケーブル引き出し作業箇所と同位置に設置されていることから、作業時に間接的に力がかかっていた可能性が高い。
原 因	✓ ケーブル交換作業時に当該ケーブル中間コネクタ部に力がかかり嵌合不良が発生した。
対 応	✓ 現状嵌合は良好であるが、念のため嵌合箇所を固縛する。(8/31予定)
備考	ロードセル異常警報によりマストの上下動作が停止するが、燃料の把持性能に影響を及ぼす 事象ではない。

【参考2-7】振り返り点検時に確認した事象について ⑥テンシルトラスホイスト5用コネクタ損傷



発生事象	テンシルトラスホイスト5用コネクタ損傷
概要	• 燃料取扱機のテンシルトラス点検用の足場を解体時に、テンシルトラスを上下させるホイストの位置検出器(レゾルバ)のコネクタに足場板を接触させ、コネクタを損傷させた。
	テンシルトラス点検用足場 テンシルトラスホイスト
原 因	✓ 足場解体のため足場板を下部の作業員へ手渡しする際、周囲状況の確認が不十分であったため、足場板がコネクタに接触した。
対 応	✓ 当該コネクタの交換を行い、動作確認を行う。(8/29予定)
備考	作業上の不具合であり、ガレキの落下等につながる事象ではない。

【参考2-8】追加点検時に確認した事象について

⑦燃料取扱機マスト上限検知用LS取付ボルト破断



発生事象	燃料取扱機マスト上限検知用LS取付ボルト破断
概要	 追加点検時に燃料取扱機マストの上限検知用リミットスイッチ (LS) の取付ボルトが破断していることを確認した。また、LS下部に隙間があり、更にLS上部に接触痕を確認した。 接触痕 ボルト 破断端部 ・ 選状の取付状態 (下部に隙間あり) 本来の取付状態 (下部に隙間なし)
原 因	 ✓ 1Fへの設置前に、国内工場で実施した工事で当該LSの交換を実施した。その際、LSの固定ボルトを 異なる位置に設置した(本来、下側の取付穴に取付すべきところ、上側の取付穴に取付)。 ✓ ケーブル破断事象や復旧手順確認時にLS上部にあるマストホイストイコライザ―が傾き、LSを押し下 げたことにより、取付ボルトに過大な力が加わり破断したと推定。
対 応	 ✓ 当該ボルトの交換を実施し、LSの動作が正常に動作することを確認した。 ✓ 類似箇所として国内工場で実施した工事で交換した他のLS(41個)は、取付状況に異常のないこと確認した。併せて、国内工場で実施した工事の再確認を行い、交換した部品が計画通りに施工されていることを再確認した。
備考	LSの機能は確保されており、ソフトウェアによる上限設定もあるため、燃料の取扱いに影響を及ぼす事象ではない。

【参考2-9】追加点検時に確認した事象について

⑧マニピュレータ用水圧ホースのひび割れ



576 AL 1	= 4	
発生	事家	マニピュレータ用水圧ホースのひび割れ
概	要	• 追加点検時に、マニピュレータ右腕(SAM1)のツール交換装置用水圧ホース(表層部) にひび割れを確認。作動流体の漏えいは発生していない。
		水圧ホースのひび割れ
		<u>マニピュレータ 右腕(SAM1)</u> <u>○部拡大</u>
原	因	✓ ホースの加締め部近傍のためホースにかかる曲げ応力と使用に伴う経年劣化と推定
対	応	✓ 耐圧部ではなく、表層部の劣化であるため自己融着テープにて補修を行った。✓ 追加点検にて類似箇所の確認を行い、異常のないことを確認した。✓ 当該箇所及び類似箇所について月例点検時にひび割れの有無について確認をしていく。
備	考	水圧ホースの耐圧部ではなく、表層部の劣化であるため、機能に影響はない。

【参考2-10】追加点検時における調整不良について

⑨テンシルトラス旋回不良



発生事象	テンシルトラス旋回不良
概要	• 追加点検時のテンシルトラス動作確認において、テンシルトラスが旋回できない事象を確認した。テンシルトラスの制御ケーブルには異常は確認されなかった。
	旋回箇所
原 因	✓ 今回の調整にてテンシルトラスの回転軸アライメント調整用ボルトの締め付けに伴う摺 動抵抗の増加
対 応	✓ テンシルトラスのアライメント調整、及び作動流体の流量調整・圧力調整を実施し、正常に旋回することを確認する(8/29予定)。✓ 調整用ボルトへ注意喚起の掲示(8/29予定)
備考	作動流体の漏えいを伴わず、マニピュレータの把持能力に影響を与えないため、ガレキの落 下等につながる事象ではない。