

# ALPS処理水希釈放出設備 B群循環攪拌運転時のA群タンクの水位低下について

2023年4月5日

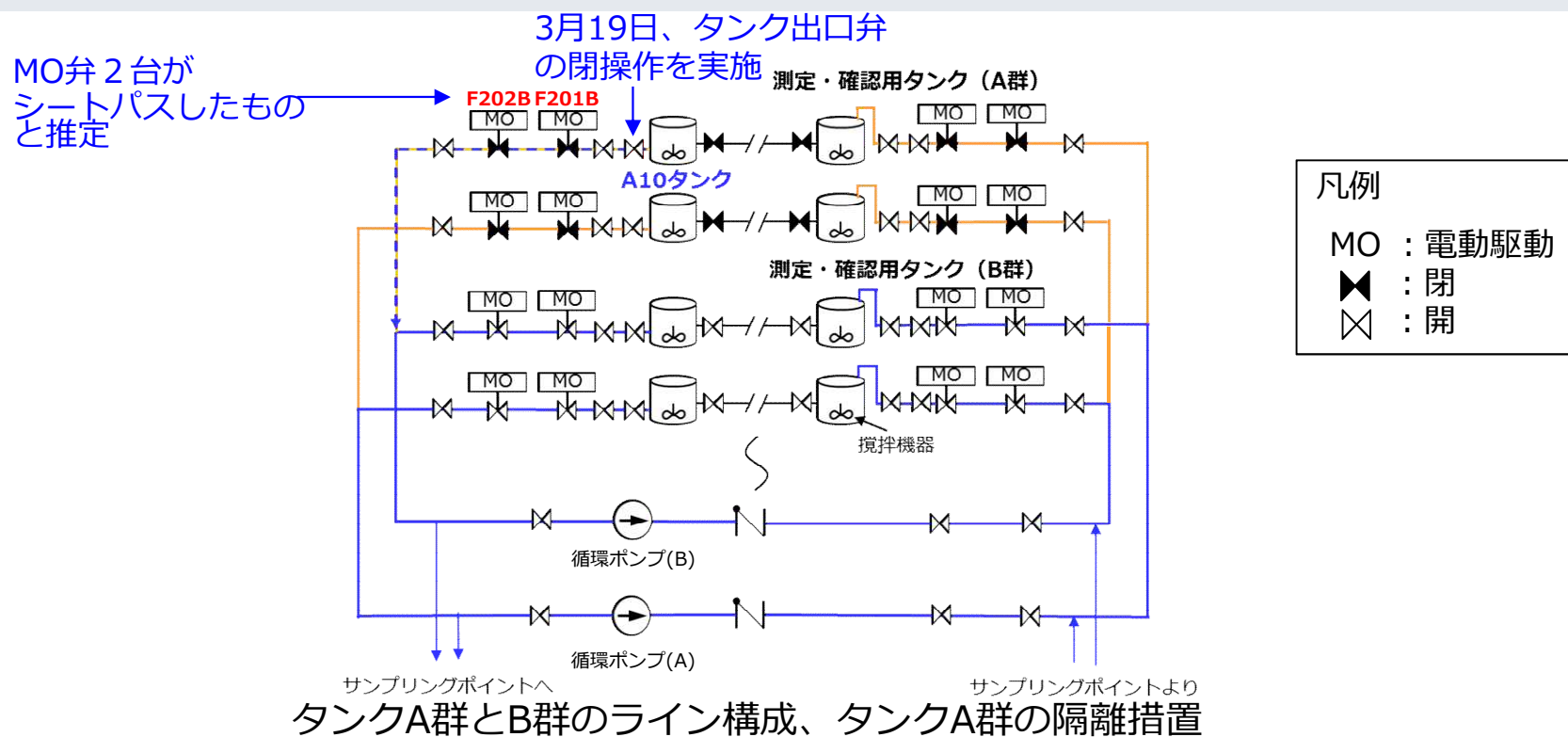
**TEPCO**

---

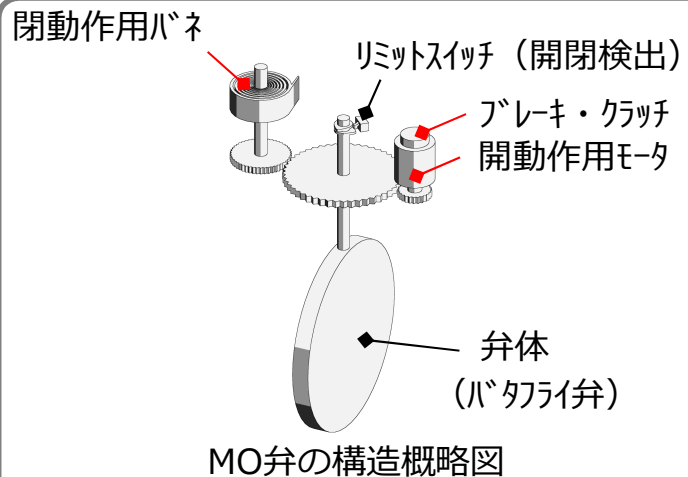
東京電力ホールディングス株式会社

# 事象概要

- 3月17日 午前11時頃より測定・確認用タンクB群についてサンプリングのための循環攪拌運転を開始。
- 3月19日 午前0時頃、待機中のタンクA群「A10タンク」の水位が約10cm低下（容量として約8m<sup>3</sup>）していることを、当社運転員が免震重要棟の集中監視室にて確認。
- 3月19日 午前1時58分、当社運転員が「A10タンク」出口弁を閉操作し、それ以降、「A10タンク」の水位低下が停止したことを確認。
- 「A10タンク」出口弁を閉操作したことでタンクの水位低下が停止したこと、外部漏えいがないこと、その他のタンクA群・C群の水位が変動していないことから、タンクA群の隔離弁である電動弁（F201B、F202B）がシートパスして、循環ラインを通じてタンクB群に流入したと推定。
- 循環攪拌運転の基点を3月19日午前1時58分に変更し、3月27日にタンクB群の試料採取を実施。その後、原因調査のため、シートパスの可能性がある電動弁2台について分解点検を実施した結果、電動機側と弁体側の駆動軸の結合（カップリング）が不十分のため、弁体にガタつきが生じ、シートパスが発生したと推定。



# MO弁の構造



- 当該MO弁はスプリングリターン方式のバタフライ弁であり、“開”は電動、“閉”はバネにより動作する。
- また、電動機側と弁体側の駆動軸を結合するカップリングボルトの締め込みを緩めることにより、手動操作への切り替えが可能。

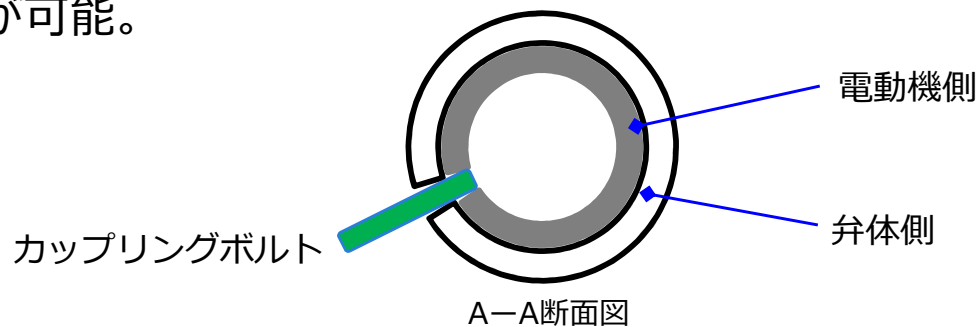


写真1 弁全体

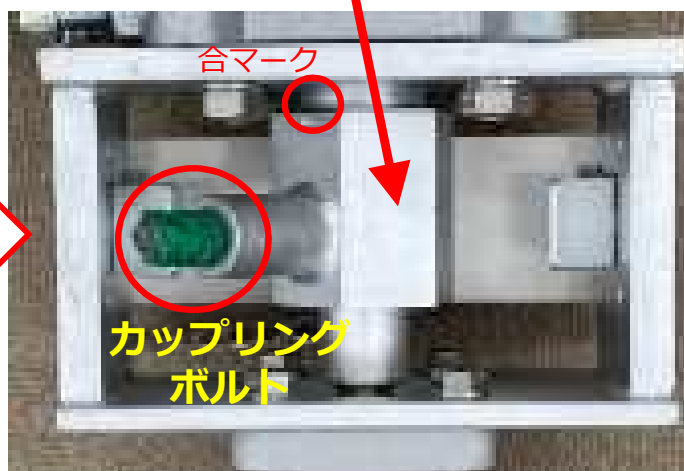
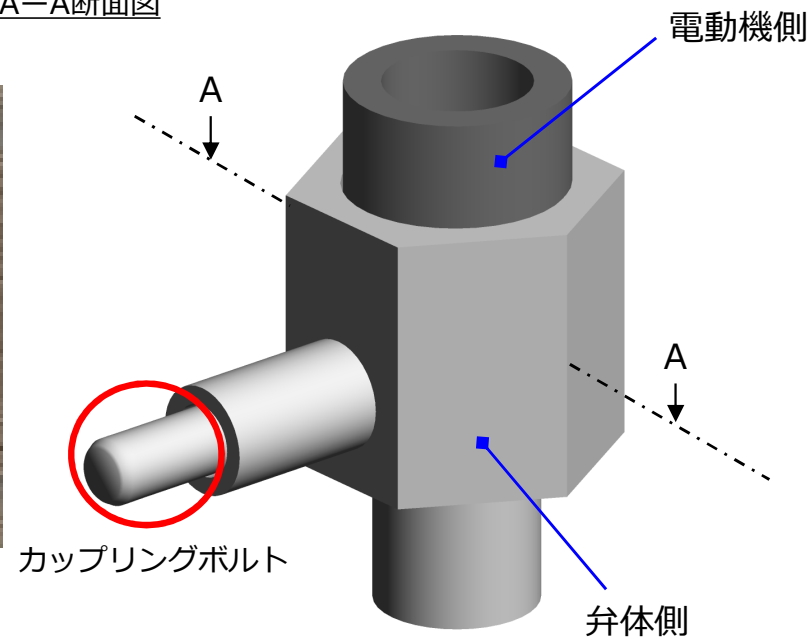


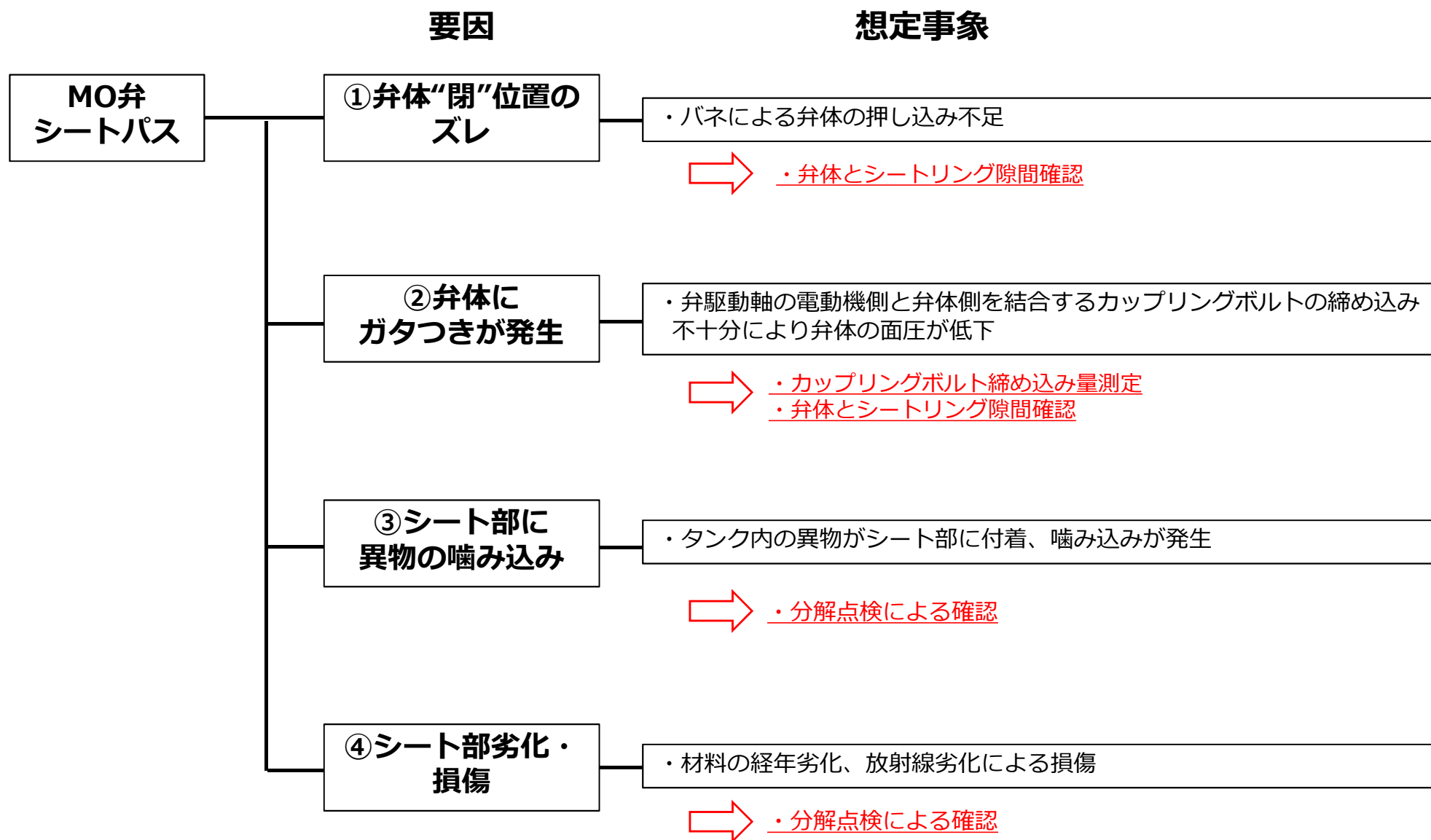
写真2 カップリング部拡大





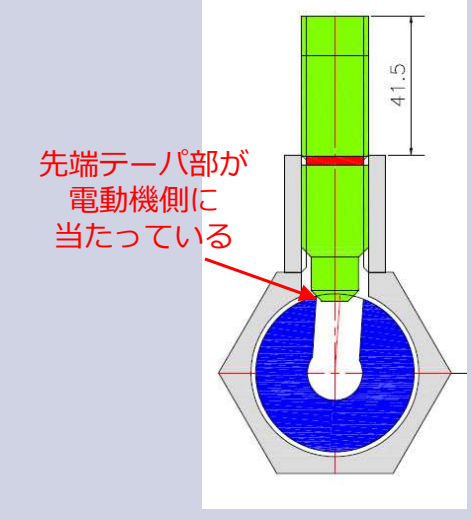
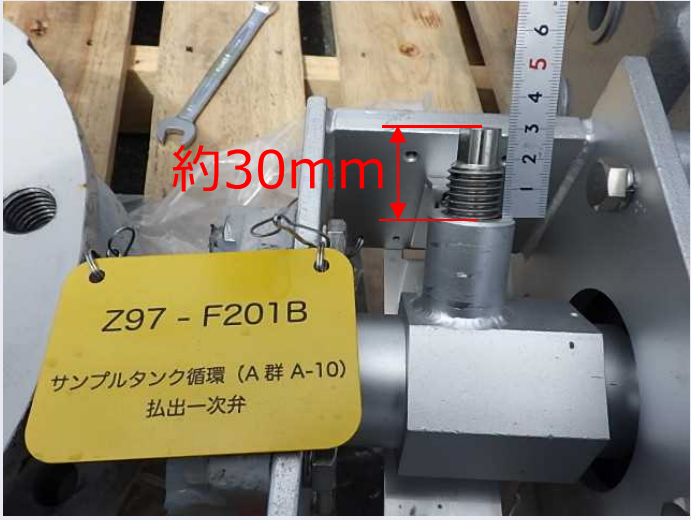

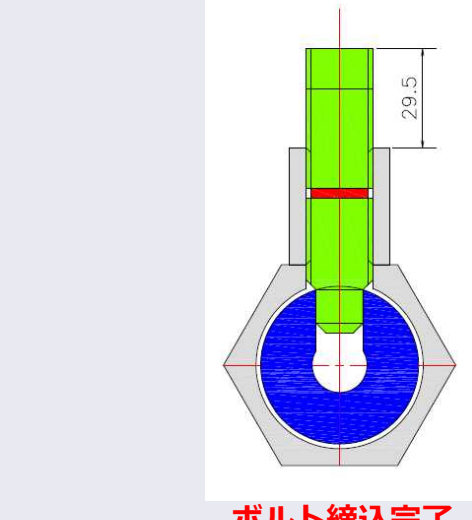
カップリング部概略図

※写真は100A 対象弁は200A (駆動部は200Aも同一機構)

# MO弁シートパスの要因分析 (FTA)



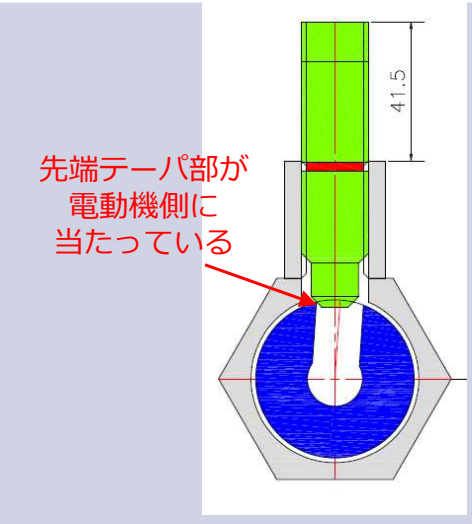


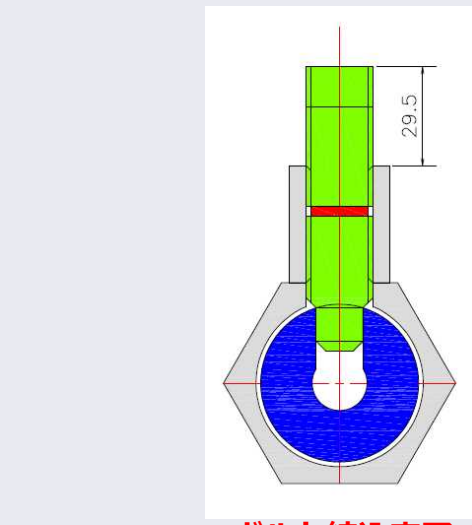


# 分解点検結果：カップリングボルト締め込み状況、弁体・シートリングの当たり状況（F201B）

	カップリングボルト挿入代	弁体・シートリング当たり状況	駆動部CP状況
分解時	 <p>約40mm</p> <p>Z97 - F201B サンプルタンク循環 (A群 A-10) 払出一次弁</p>	 <p>隙間 (光の通り道) 有り</p>	 <p>先端テーパ部が 電動機側に 当たっている</p> <p>41.5</p>
ボルト調整後	 <p>約30mm</p> <p>Z97 - F201B サンプルタンク循環 (A群 A-10) 払出一次弁</p>	 <p>隙間 (光の通り道) 無し</p>	 <p>ボルト締め完了</p> <p>29.5</p>

- ボルト調整により全閉位置になったことから要因①「弁体“閉”位置のズレ」の可能性はなく、  
要因②「弁体にガタつきが発生」の可能性あり

# 分解点検結果：カップリングボルト締め込み状況、弁体・シートリングの当たり状況（F202B）

	カップリングボルト挿入代	弁体・シートリング当たり状況	駆動部CP状況
分解時	 <p>約40mm</p> <p>Z97 - F202B サンプルタンク循環 (A群 A-10) 払出二次弁</p>	 <p>隙間 (光の通り道) 有り</p>	 <p>先端テーパ部が 電動機側に 当たっている</p> <p>41.5</p>
ボルト調整後	 <p>約30mm</p> <p>Z97 - F202B サンプルタンク循環 (A群 A-10) 払出二次弁</p>	 <p>隙間 (光の通り道) 無し</p>	 <p>ボルト締め完了</p> <p>29.5</p>

- ボルト調整により全閉位置になったことから要因①「弁体“閉”位置のズレ」の可能性はなく、  
要因②「弁体にガタつきが発生」の可能性あり

## 分解点検結果：異物噛み込み、シート部の損傷状況

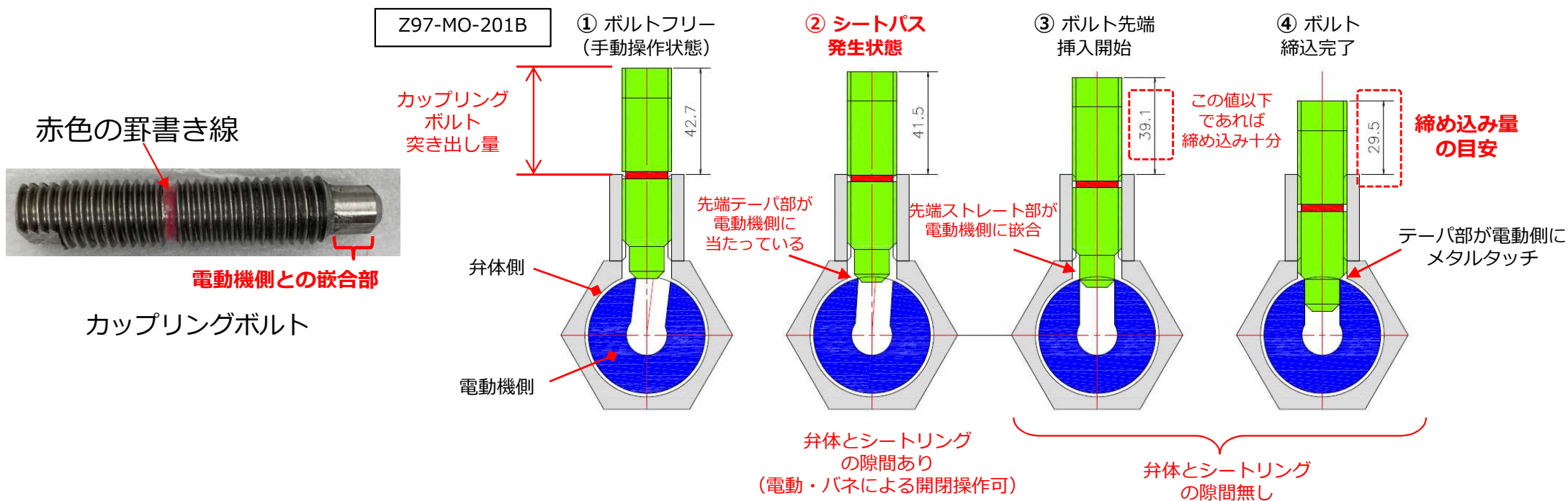
	F201B	F202B
弁体・シート部		
		

- 異物噛み込み、弁体・シート部に有意な傷がなかったことから、要因③「シート部に異物の噛み込み」、要因④「シート部劣化・損傷」の可能性はない

## 推定原因：要因②弁体にガタつきが発生

- カップリングボルト締め込み量と、弁体の状態（遠隔操作による動作可否含む）を確認
  - 下図②の状態でも電動・バネによる開閉操作が可能であることを確認（但し、弁体とシートリングの隙間あり）
  - 下図③（ボルト先端ストレート部がわずかでも電動機側に嵌合した状態）であると弁体とシートリングに隙間は確認されなかった

【シートパスの推定原因】 カップリングボルトの締め込みが十分でないと電動機側と弁体側の駆動軸に遊びが生じ、弁体に十分な面圧が確保できずシートパスが発生。



- 分解点検結果から、200A弁についてはボルト突き出し量が39mm（余裕を見て35mm）以下であれば、弁体とシートリングに隙間が発生せずシート機能は健全と判断
  - 他200A弁のボルト突き出し量は全て35mm以下であることを確認済み



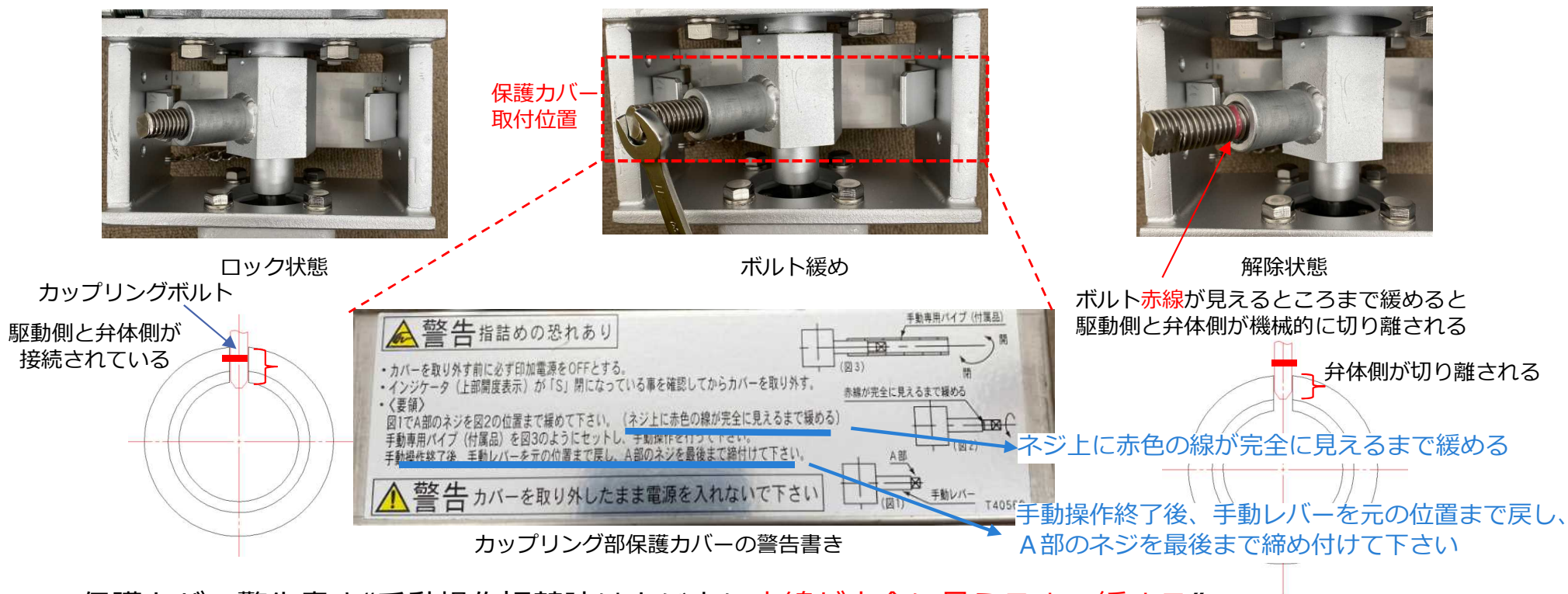
## 弁体にガタつきが発生した理由（MO弁の履歴）

---

- 2022.6.15～17 工場にてMO弁のシート機能を確認
  - 工場では「寸法検査」、「耐圧・弁座試験」、「作動検査」を実施  
弁座試験：弁体片側より水圧（1.1MPa）を掛けて、シート部より漏えいがないことを確認
- 2023.2.2 現地据付後、カップリングボルトを取り外して**手動にてMO弁を操作**
  - シーケンス試験に先立ち、電動で作動させる前に凍結有無の確認のため、カップリングボルトの取り外し・復旧を実施（凍結状態で電動作動させると過負荷により故障する恐れがあるため、機器保護の観点から実施）
  - なお、2023.2.2以前においても、耐圧バウンダリの構築でMO弁の手動操作を実施
- 2023.2.2 カップリングボルト復旧後、電動にて当該弁が開閉できることを確認
  - 開閉指令により動作することを確認

# 弁体にガタつきが発生した理由（設置施工業者への聞き取り調査）

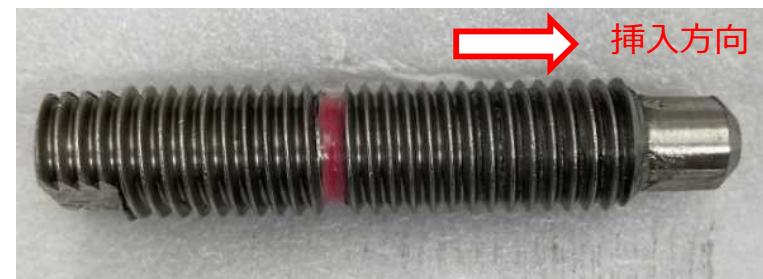
- 2023.2.2にMO弁の手動切替操作を行った設置施工業者の作業員4名に聞き取り調査を実施
  - 4名で30台のMO弁操作を行っており、当該弁を操作した作業員は特定できず
  - 聞き取り調査から判明した内容は以下の通り（作業員4名の認識）
    - カップリングボルトの締め付完了は、①ボルトに設けられている赤い罫書き線が見えなくなること、②手ごたえが変わったこと、の2点で判断した
    - ボルトは単に駆動操作を切り替えるだけのもので、弁開度に影響を与えるとの認識はなかった。
    - 電動駆動への切り替え後も動作したので問題ないと判断した。



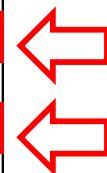
- 保護カバー警告書き“手動操作切替時はネジ上に赤線が完全に見えるまで緩める”  
⇒電動機側と弁体側の結合が外れることを意味した警告書き
- これに対し、カップリングボルトの締め付けを行った作業員は、警告書きとは逆の当該の赤線が見えなくなるところまで締め込めば電動機側と弁体側の結合は十分であると勘違い

# 【参考】カップリングボルト突き出し量調査（循環系統）

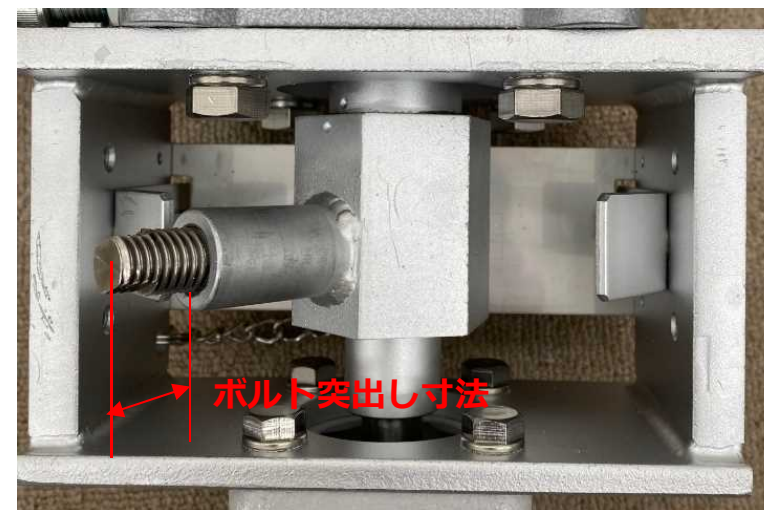
No.	機器番号	機器名称	呼び径	電動解除ボルト ボルト長さ (mm)
1	Z97-MO-162A	サンプルタンク受入 (A群) 入口一次弁	100A	17.3
2	Z97-MO-162B	サンプルタンク受入 (B群) 入口一次弁	100A	17.5
3	Z97-MO-162C	サンプルタンク受入 (C群) 入口一次弁	100A	17.4
4	Z97-MO-163A	サンプルタンク受入 (A群) 入口二次弁	100A	16.5
5	Z97-MO-163B	サンプルタンク受入 (B群) 入口二次弁	100A	17.7
6	Z97-MO-163C	サンプルタンク受入 (C群) 入口二次弁	100A	17.7
7	Z97-MO-201A	サンプルタンク循環 (A群 A-1) 払出一次弁	200A	31.3
8	Z97-MO-201B	サンプルタンク循環 (A群 A-10) 払出一次弁	200A	41.5
9	Z97-MO-202A	サンプルタンク循環 (A群 A-1) 払出二次弁	200A	31.0
10	Z97-MO-202B	サンプルタンク循環 (A群 A-10) 払出二次弁	200A	42.2
11	Z97-MO-205A	サンプルタンク循環 (B群 B-1) 払出一次弁	200A	30.0
12	Z97-MO-205B	サンプルタンク循環 (B群 B-2) 払出一次弁	200A	30.5
13	Z97-MO-206A	サンプルタンク循環 (B群 B-1) 払出二次弁	200A	30.3
14	Z97-MO-206B	サンプルタンク循環 (B群 B-2) 払出二次弁	200A	30.0
15	Z97-MO-209A	サンプルタンク循環 (C群 C-1) 払出一次弁	200A	30.0
16	Z97-MO-209B	サンプルタンク循環 (C群 C-6) 払出一次弁	200A	30.1
17	Z97-MO-210A	サンプルタンク循環 (C群 C-1) 払出二次弁	200A	31.1
18	Z97-MO-210B	サンプルタンク循環 (C群 C-6) 払出二次弁	200A	31.1
19	Z97-MO-218A	サンプルタンク循環 (A群 A-6) 受入一次弁	150A	30.5
20	Z97-MO-218B	サンプルタンク循環 (A群 A-5) 受入一次弁	150A	29.9
21	Z97-MO-219A	サンプルタンク循環 (A群 A-6) 受入二次弁	150A	31.1
22	Z97-MO-219B	サンプルタンク循環 (A群 A-5) 受入二次弁	150A	30.6
23	Z97-MO-222A	サンプルタンク循環 (B群 B-6) 受入一次弁	150A	30.0
24	Z97-MO-222B	サンプルタンク循環 (B群 B-7) 受入一次弁	150A	29.8
25	Z97-MO-223A	サンプルタンク循環 (B群 B-6) 受入二次弁	150A	30.1
26	Z97-MO-223B	サンプルタンク循環 (B群 B-7) 受入二次弁	150A	30.3
27	Z97-MO-226A	サンプルタンク循環 (C群 C-10) 受入一次弁	150A	31.3
28	Z97-MO-226B	サンプルタンク循環 (C群 C-5) 受入一次弁	150A	30.0
29	Z97-MO-227A	サンプルタンク循環 (C群 C-10) 受入二次弁	150A	30.0
30	Z97-MO-227B	サンプルタンク循環 (C群 C-5) 受入二次弁	150A	31.6



カップリングボルト外観



シートパス弁



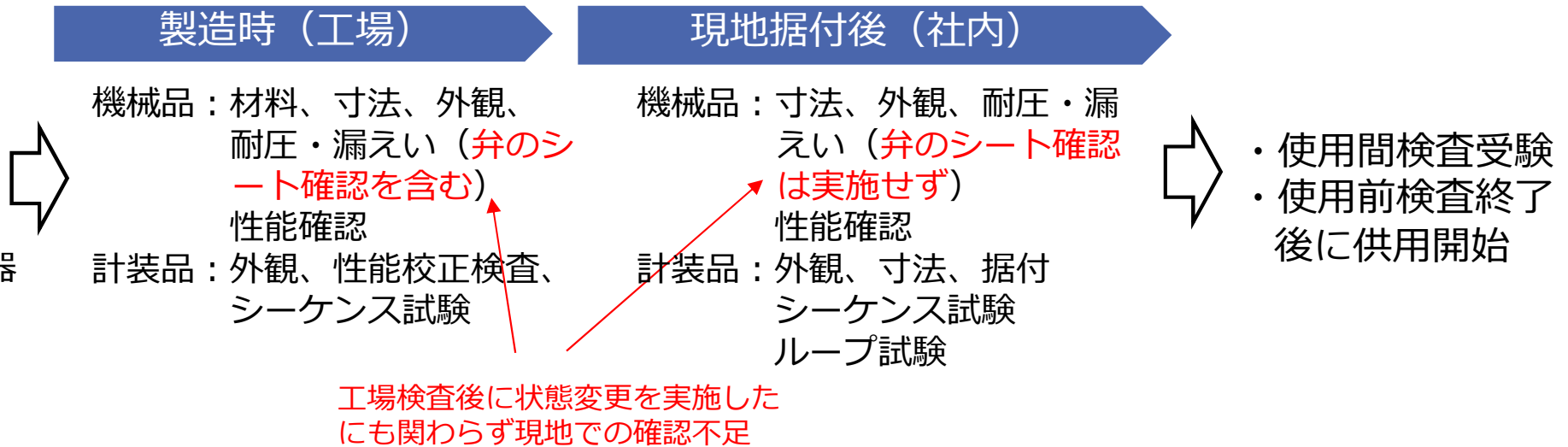
駆動部C P部

# 弁体にガタつきが発生した理由（当社の管理的要因）

- 設備構成機器の製造から現地試験まで、各プロセスにおいて記録確認および立会検査を実施。

## ■ 検査対象

- ・ポンプ
- ・電動機
- ・鋼管
- ・PE管
- ・耐圧ホース
- ・伸縮継手
- ・漏えい検知器
- ・流量計
- ・緊急遮断弁
- ・制御盤



## 問題点

- 工場出荷後、現地で状態変更を実施したにも関わらず、その後の復旧確認が不十分

## 【参考】工場/現地での検査実施後に機能変更が生じる機器

- 今回の不具合の要因の一つとして、工場/現地での検査実施後にシート機能の状態を変更してしまい、シート機能の回復を確認しないまま運転に移行してしまったことが挙げられる。
- その他の機器について、検査実施後に機器の状態を変更しているか整理した結果、シートパスを発生させた当該弁（同型弁含む）以外は、変更が無いことを確認している。

設備	機器	工場検査内容	現地検査内容	検査実施後の変更有無
機械	配管 (PE管)	材料・寸法・外観・耐圧漏洩等	寸法・外観・耐圧漏洩	無
	配管 (鋼管)	材料・寸法・外観・溶接・耐圧漏洩等	フランジ締付・外観・通水漏洩	無
	ポンプ (完成型)	材料・寸法・外観・溶接・耐圧漏洩・性能等	試運転における性能・通水漏洩	無 完成品として納入
	ポンプ (現地組立型)	材料・寸法・外観・溶接・耐圧漏洩・性能等	試運転における性能・通水漏洩	無 工場で分解し、現地で再組立
	手動弁	材料・寸法・外観・耐圧漏洩・弁座試験	外観・通水漏洩	無
	MO弁	材料・寸法・外観・耐圧漏洩・弁座試験・作動試験	外観・通水漏洩・作動試験	有（電動-手動切替によりカップリングが切り離され、シート変化が生じる可能性）
	AO弁	材料・寸法・外観・耐圧漏洩・弁座試験・作動試験	外観・通水漏洩・作動試験	無（手動切替機能なし。工場出荷状態で組込）
電気	電源盤	寸法・外観・耐電圧・シーケンス試験・性能試験・絶縁抵抗	外観・耐電圧・シーケンス試験・性能試験・絶縁抵抗	無
	電動機	外観・寸法・巻線抵抗・M単・ポンプ組合性能試験・絶縁抵抗	外観・巻線抵抗・M単・ポンプ組合性能試験・絶縁抵抗	無
	ケーブル	外観・絶縁抵抗・耐電圧	外観・絶縁抵抗・耐電圧・導通確認	無
計測 制御	制御盤	外観・導通確認・絶縁抵抗・ソフト検証試験	シーケンス試験・インターロック試験	無
	計器	入出力特性試験	単体ループ試験	無

## 推定原因・対策等

---

- シートパスが発生した直接的な原因
  - シーケンス試験前の凍結有無確認のため手動開操作を行った後の復旧の際、カップリングボルトの締め付け不良による弁体のガタつきが生じ、弁体の面圧が低下することでシートパスが発生した。
  - 当該弁の手動開操作を行った作業員は、弁カップリング部保護カバーの警告書きに対し、カップリングボルト上の赤線が見えなくなるところまで締め込めば電動機側と弁体側の結合は十分であると勘違いした。
  
- 対策
  - 当該弁を手動開操作を行う際は、カップリングボルト締め付け量の数値管理・記録管理を行う（施工要領書へ反映）。
  - カップリングボルトに電動機側と弁体側の十分な結合が得られる箇所に罫書き線を入れるとともに、警告書きの記載を見直し（施工要領書にも締め付け時の注意事項を記載）。
  
- シートパスを防ぐことができなかった管理的な原因
  - 現地施工で弁座のシート機能に影響を与えたにも関わらず、その機能回復の確認を行わなかった。
  
- 管理的要因の対策（当社、施工業者）
  - 工場出荷後、現地で状態を変更する場合、識別管理を行うとともに、機能回復を確認する検査を追加する。
    - すべての機器をリスト化し、工場検査後の状態変化の有無とその後の確認方法の妥当性を評価する。

## 【参考】 対策の反映状況 (1/3)

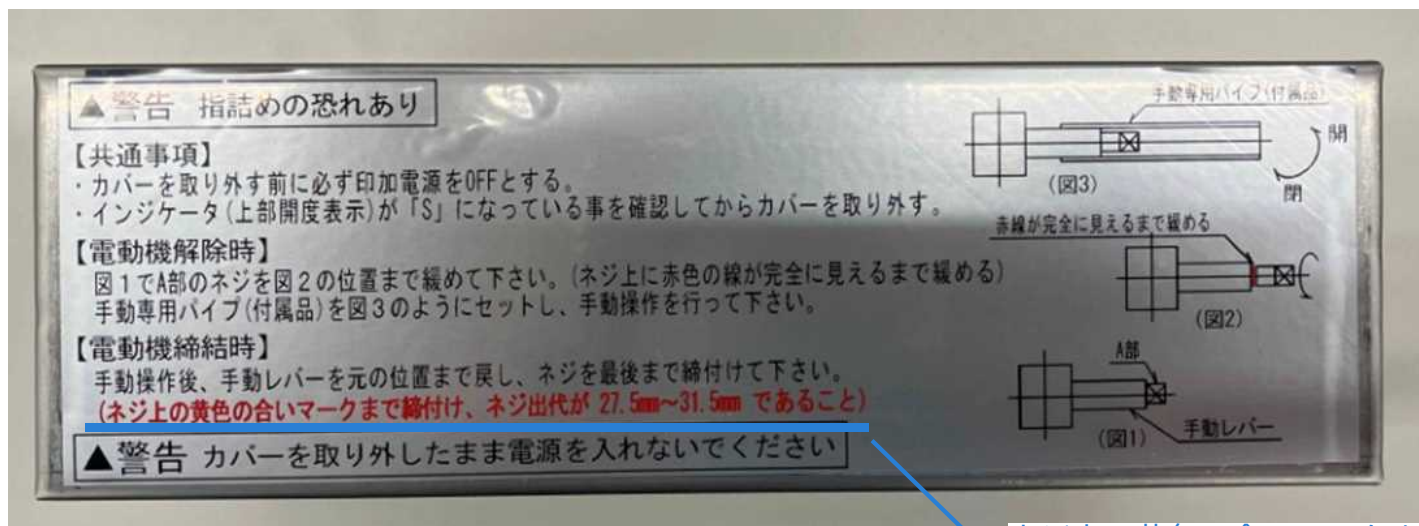
### ■ 罫書き線の追加

- カップリングボルトに電動機側と弁体側の十分な結合が得られる箇所（締込完了位置）に罫書き線（十字）を入れる。



### ■ 警告書きの記載見直し

- 電動機と弁体の解除時/締結時の注意事項を明確化。



ネジ上の黄色の合いマークまで締付け、ネジ出代が  
27.5mm~31.5mmであること

## 【参考】対策の反映状況（2/3）

### ■ 施工要領書への反映

- カップリングボルト締め付け時の注意事項について、施工要領書へ反映。
- カップリングボルトの突き出し長さ許容値を見直し。

項目	要領	留意点	検査	記録	備考																
1. 弁点検	<p>(5)電動解除ボルト締付</p> <p>a. 電動解除ボルトの締付を行う。</p> <p>※締付においては、社内「現物による電動解除ボルト取扱い講習」修了者が行う。</p> <p>b. 電動解除ボルトの突き出し長さの計測を行う。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・締付が固くなりはじめのボルト長さを計測する。</li> <li>・最終締付後のボルト突き出し長さを計測する。</li> </ul> <p>※計測においては、社内技術技能認定者「機械計測」が行う。</p> <p>※最終確認者は、機械計測者と品質管理Gのピアチェックとし、同一メンバーで全数確認を行う。</p> <p><b>電動解除ボルト 突き出し長さ許容値</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁口径</th> <th>許容値(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200A</td> <td>29.5 ± 2.0</td> </tr> <tr> <td>150A</td> <td>29.6 ± 2.0</td> </tr> <tr> <td>100A</td> <td>17.4 ± 2.0</td> </tr> </tbody> </table> <p><b>使用スパナ サイズ</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>弁口径</th> <th>スパナ二面幅(mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>200A</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>150A</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>100A</td> <td>10</td> </tr> </tbody> </table>	弁口径	許容値(mm)	200A	29.5 ± 2.0	150A	29.6 ± 2.0	100A	17.4 ± 2.0	弁口径	スパナ二面幅(mm)	200A	11	150A	11	100A	10	<p>㊦ 工具の掛かりを確認してからボルトを締める。</p> <p>㊦ 適正工具にて締付を行う事。</p> <p>㊦ 測定器は使用前点検を行う事。</p> <p>㊦ 測定器は校正期限を確認し、期限が有効の物を使用する事。</p> <p>㊦ 周辺の電源ケーブル、弁、配管に損傷を与えないように作業体勢を確保する。</p>			<p>○△ チェックシート P21-0645A-MO-2</p>
弁口径	許容値(mm)																				
200A	29.5 ± 2.0																				
150A	29.6 ± 2.0																				
100A	17.4 ± 2.0																				
弁口径	スパナ二面幅(mm)																				
200A	11																				
150A	11																				
100A	10																				
1. 弁点検	<p>c. 電動解除ボルトに合いマークをつける。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・漏えい確認の終了したMO弁の電動解除ボルトに合いマークをつける。</li> <li>・合いマークをつけ終えたMO弁の保護カバーを復旧する。</li> </ul>																				





# 【参考】 対策の反映状況 (3/3)

## ■ 施工要領書への反映

- カップリングボルト締め付け量の数値管理・記録管理用紙を施工要領書に追加。

P21-0645A-MO-2 No. [Redacted]

MO 弁 確認 チェック シート		[Redacted]			
発電所名	東京電力ホールディングス株式会社 福島第一原子力発電所 号機	東京電力HD様 記録確認者	QC	主技	担当
工 事 件 名	1F-ALPS処理水希釈放出設備設置工事				
機 器 名 又は系統名					
対象弁番号					
対象弁名称					
口径					
No.	確認内容	確認結果	確認日	確認者	備考
1	合いマークのずれ	有無			
		(mm)			
2	電動解除ボルトの突き出し長さ	(mm)			
3	C P 孔の位置ずれ	有無			
5	合いマークのずれ	有無			
		(mm)			
6	電動解除ボルト寸法測定	A寸法			
		B寸法			
		C寸法			
		D寸法			
7	電動解除ボルト締付	固くなり始め (mm)			
		最終寸法 (mm)			
8	シートリーク	有無			

測定器	管理番号

電動解除ボルト寸法測定位置

# 【参考】P&ID (循環系統)

