

廃炉発官R1第207号
令和2年 2月 3日

原子力規制委員会 殿

東京都千代田区内幸町1丁目1番3号
東京電力ホールディングス株式会社
代表執行役社長 小早川 智明

福島第一原子力発電所6号機残留熱除去ポンプ(B)圧力抑制室吸込弁駆動部
シャフト折損に関する発電用原子炉施設故障等報告書の提出について

東京電力株式会社福島第一原子力発電所原子炉施設の保安及び特定核燃料物質の
防護に関する規則第18条の規定により、廃炉発官R1第159号（令和元年12
月5日付）で報告しておりますが、本事象の原因、対策につきまして、その結果が
纏まりましたので、別添のとおり報告いたします。

添 付 資 料

福島第一原子力発電所6号機残留熱除去ポンプ(B)圧力抑制室吸込弁駆動部
シャフト折損に関する発電用原子炉施設故障等報告書

1部

以 上

発電用原子炉施設故障等報告書

令和2年 2月 3日

東京電力ホールディングス株式会社

<p>件名</p>	<p>福島第一原子力発電所6号機 残留熱除去ポンプ(B)圧力抑制室吸込弁駆動部シャフト折損について</p>
<p>事象発生の日時</p>	<p>令和元年11月26日 15時00分 (福島第一規則第18条第4号に該当すると判断した日時)</p>
<p>事象発生の場所</p>	<p>福島第一原子力発電所 6号機</p>
<p>事象発生の発電用原子炉施設名</p>	<p>原子炉冷却系統設備 原子炉残留熱除去系</p>
<p>事象の状況</p>	<p>1. 事象発生時の状況 (1) 事象発生時の状況 福島第一原子力発電所6号機において、令和元年10月5日、残留熱除去系（以下、「RHR」という。）（B）系のポンプ（B）圧力抑制室吸込弁（MO-E12-F004B）（以下、「当該電動弁」という。）が全閉状態にも関わらず、当該電動弁にシートリークがあることが確認された。 当該電動弁のシートリークを改善するため、10月17日に当該電動弁の手動操作ハンドルを使用して閉側に増締めしたが改善されなかった。11月19日に再度、当該電動弁の増締めを実施したところ、手動操作ハンドルのシャフト部（軸部）（以下、「シャフト部」という。）を折損させた。 これにより、当該電動弁は全閉状態で閉閉操作が不可能となったため、RHR（B）系は圧力抑制室（サブプレッションプール（以下、「S/P」という。））を水源とする運転ができない状態になった。 RHR（B）系は、「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示327号）」に該当することから、11月26日15時00分、福島第一規則第18条第4号「安全上重要な機器等の点検を行った場合において、発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していないと認められたとき。」に該当すると判断した。 なお、本事象による外部への放射性物質の影響はなかった。</p> <p>(2) 事象発生までの経緯 12月中旬に補機冷却海水系の点検に伴う補機冷却海水系の全停作業を予定していた。補機冷却海水系を全停すると燃料プール冷却浄化系が使用できなくなることから、代替冷却としてRHR（B）系による使用済燃料プール水の冷却運転（以下、「非常時熱負荷モード」という。）への切り替えを準備していた。 10月5日、5・6号機中央操作室の運転員（運転部門）は、RHR（B）系の系統構成を非常時熱負荷モードへ切り替えるため、当該電動弁の全閉操作を実施した。 その後、当該電動弁のシートリークの有無を確認する^{*1}ため、RHRポンプ（B）吸込配管を加圧して圧力変化を監視したところ、圧力降下が見られたことから、当該電動弁にシートリークがあると判断し、当該電動弁の増締めを保全部門に依頼した。 ※1：非常時熱負荷モードでは、使用済燃料プールの水がS/Pに流入しないように当該電動弁を「全閉」状態とし、その際にシートリークがないかを確認している。</p> <p>10月17日、保全部門の担当者は、当該電動弁のシートリークを改善するため、手動操作にて閉側に増締めを実施したが、改善は見られなかった。11月19日に再度、当該電動弁の増締めを実施したところ、シャフト部を折損させた。</p>

事 象 の 状 況

(3) 事象発生から法令報告の判断までに時間を要した理由

11月19日にシャフト部を折損させたが、保全部門は、6号機は原子炉内に燃料がないこと、RHRの非常時熱負荷モード時は当該電動弁を「全閉状態」で使用するため運転は可能であること、現状の6号機の状態では、福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画Ⅲ 特定原子力施設の保安（以下、「実施計画Ⅲ」という。）第2編の運転上の制限に要求がないことから、保全部門内での情報共有で十分と考えていた。

また、シャフト部を折損させたことは不適合として扱うこととし、11月22日に不適合処理票を起票（起票期限：発生から3日以内）した。

11月25日に、本事象の不適合処理票を確認していたパフォーマンス向上会議^{※2}事務局が、当該電動弁は「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示327号）」に該当する可能性があることに気がつき、不適合処理票を発行した保全部門の担当者にその旨を連絡した。

その後、保全部門からトラブル調査検討会^{※3}事務局に「安全上重要な機器等」の故障に該当する可能性があることを報告し、トラブル調査検討会による事実確認を実施したところ、11月26日に「安全上重要な機器等」の故障に該当すると判断した。

※2：不適合の管理方針を公正な立場で決定するとともに不適合処置、是正処置及び予防処置を確実に実施するために指導助言を行う会議体をいう。

※3：福島第一原子力発電所で発生したトラブル等に対する対応方法、原因調査及び対策立案について、発電所大での検討が必要と判断された場合に設置する会議体をいう。

2. 状況調査結果

(1) 当該電動弁の増締め状況調査

保全部門の担当者は、弁の保守企業にシートリーク時の増締め代を確認したところ、全ストローク量（614mm）の1%程度であったため、増締め代を約6.2mmと設定した。

また、当該電動弁の増締めは、保全部門2名で手動操作ハンドルを閉側へ増締めを試みたが、手動では動かなかつたため、補助工具（ウィルキー）を使用して増締めを実施した。

【増締め量】

測定は全閉からの弁棒頂部の移動量をノギスにて測定

10月17日：約2.6mm

11月19日：約3.7mm

合計：約6.3mm

なお、11月19日に当該電動弁の増締めを実施した際にシャフト部を折損させたことから、保全部門の担当者は、5・6号中央操作室の運転員（運転部門）に情報共有するとともに、保全部門の担当グループマネージャーに報告した。

(2) 当該電動弁の点検・使用履歴

a. 当該電動弁の至近の点検実績

(a) 本格点検（東日本大震災前）

当該電動弁：平成14年6月に点検実施

（点検周期：10定期検査に1回）

当該電動弁駆動部：平成14年6月に点検実施

（点検周期：10定期検査に1回）

(b) 動作確認、外観点検（東日本大震災後）

東日本大震災後は、点検内容の見直しにより、動作確認及び外観点検としており、至近では10月11日に実施した。（点検周期：85ヶ月毎）

b. 当該電動弁の至近の開閉実績

当該電動弁は、10月11日に開閉操作を実施している。

(3) 類似電動弁の状況確認

当該電動弁と同様のRHR（A、C）系のS/P吸込弁について、シートリークの有無を確認した結果、下記の通りであった。

	<ul style="list-style-type: none"> ・RHRポンプ（A）S/P吸込弁（MO-E12-F004A）は、シートリークなし。 ・RHRポンプ（C）S/P吸込弁（MO-E12-F004C）は、使用しておらず、通常状態（全開位置）で維持している。
<p>事 象 の 原 因</p>	<p>1. 原因調査結果</p> <p>当該電動弁のシャフト部が折損した要因としては、機械的要因及び人為的要因が考えられることから、要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。</p> <p>(1) 機械的要因</p> <p>a. 設計不良</p> <p>(a) 設計段階での設計不良 過去に同型電動弁で折損した前例がないことから、設計段階での設計不良が起因するものではない。</p> <p>(b) 材料の仕様変更による材料不良 当該電動弁駆動部のシャフト部材の仕様変更実績を確認した結果、調達時にシャフト部材を変更した実績はなかったことから、材料不良ではない。</p> <p>b. 強度低下</p> <p>(a) 接触等による機械的損傷 シャフト部の外観確認の結果、シャフト部表面に破断面につながる外傷はなかったことから、機械的損傷による強度低下はない。</p> <p>(b) 金属表面の腐食 折損したシャフトと破断面の外観確認の結果、金属表面に変色等はなく、腐食はなかった。</p> <p>(c) 疲労亀裂 シャフト部の破面観察の結果、疲労破面に特有な模様は確認されなかったことから、疲労亀裂はない。</p> <p>(2) 人為的要因</p> <p>a. 機械的強度を上回る荷重</p> <p>(a) 過大なねじり方向への荷重 シャフト部の破面観察の結果、せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致しているため、ねじり荷重によるせん断応力が作用したことが確認された。 また、シャフト部が折損した際、手動操作ハンドルの操作に当たっては、保全部門担当者2名で行い、それぞれが補助工具（ウィルキー）を使用したため、許容荷重を超える力（荷重）が加えられたと考えられる。</p> <p>その他聞き取り調査から、以下のことを確認した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ 保全部門の担当者は、シートリークの対応で電動弁が増締めされている過去事例を認識していたこと及び過去の手動弁増締めの経験から、増締めを実施すればシートリークが改善すると考えていた。 ✓ 原因調査の段階で、当該電動弁の増締めについて弁製造企業へ確認したところ、電動駆動による全閉位置からは、手動操作ハンドルによる増締め代がない弁であることが分かった。 ✓ また、補助工具（ウィルキー）の使用ルールについては、運転部門には教育資料があったが、保全部門にはなかった。 <p>(b) 過大なねじり方向以外の荷重 破面観察の結果、ねじり荷重によるせん断応力のみであったこと、また、折損したシャフト部の軸に対し、鉛直水平方向への変形は確認されなかったことから、切断荷重や曲げ荷重はなかった。</p>

<p>事 象 の 原 因</p>	<p>2. 推定原因（事象発生メカニズム） 「1. 原因調査結果」から、当該電動弁のシャフト部が折損した原因は、以下の通りと推定した。 (1) 本事象は、機械的要因ではなく、人為的要因で発生したものと推定した。 (2) 手動操作ハンドルによる増締め代のない電動弁に対して、二人がかりでそれぞれ補助工具（ウィルキー）を掛けて閉側に増締め操作を行ったため、シャフト部に許容荷重を超える過大なねじりによるせん断応力がかかったことから折損に至った。 a. 保全部門の担当者は、シートリークを改善しようとする意識から、予め設定した増締め代（約6.2mm）まで締め込もうと補助工具（ウィルキー）を使用してしまった。 b. 保全部門の担当者は、当該電動弁の手動操作ハンドルに対して補助工具（ウィルキー）を使用することによる、シャフト部が折損するリスクを想定できなかった。</p> <p>3. 推定原因（共有遅れ） 本事象におけるシャフト部を折損させた際の関係箇所への共有が遅れ、所大で事象を把握するのに時間を要した原因は、以下の通りと推定した。 (1) 保全部門は、6号機は原子炉内に燃料がないこと、RHRの非常時熱負荷モード時は当該電動弁を「全閉状態」で使用するため運転は可能であること、現状の6号機の状態では、実施計画Ⅲ第2編の運転上の制限に要求がないことから、保全部門内での情報共有で十分と考えた。 (2) 保全部門及び運転部門は、シャフト部が折損したことに対して「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示327号）」でRHRに求められる機能要求の認識不足があったため、軽微な設備不具合と判断し、緊急時対策本部に共有する事象ではないと考えた。</p>
<p>保護装置の種類及び動作状況</p>	<p>なし</p>
<p>放射能の影響</p>	<p>なし</p>
<p>被害者</p>	<p>なし</p>
<p>他に及ぼした害</p>	<p>なし</p>
<p>復旧の日時</p>	<p>1. 復旧状況 当該電動弁については、令和2年1月8日～9日にかけて、同型弁駆動部から取り外した手動操作ハンドルシャフトを当該電動弁駆動部に取付けを行い、開側に手動操作にて増締め解除（電動駆動で開閉可能となる状態への復旧操作）を行った。その後、1月10日に当該電動弁の調整後、電動駆動による動作確認を実施して異常なしを確認した。 当直長は、同日11時18分に当該電動弁が動作可能なことから、RHR（B）系が通常状態に復帰したことを判断した。 その後、当該電動弁のシートリークの有無を確認したところ、若干のシートリークはあるものの、RHR（B）系非常時熱負荷モードでの運転には支障がないと判断した。</p>

再発防止対策

1. 折損に対する対策

「2. 推定原因（事象発生メカニズム）」から、以下の通り再発防止対策を図る。

(1) 補助工具（ウィルキー）の使用方法に対する対策

a. 補助工具（ウィルキー）は、弁保護の観点から、弁の増締めには使用しないこととし、社内ルールに反映する。

（令和2年2月実施予定）

b. 弁操作の過程において、弁が固く手で動かない場合には補助工具（ウィルキー）の使用を可能とするが、弁が全閉位置に到達した以降は、補助工具（ウィルキー）での追加操作は実施しないこととし、事例紹介資料にて所員周知を行う。

（令和2年2月実施予定）

(2) シートリーク起因による増締めを実施する場合の対策

シートリークの発生により弁の増締めが必要と判断した場合には、弁製造企業に増締めの実施可否及び実施方法について確認するなど、必要な検討を行った上で実施することとし、事例紹介資料にて所員周知を行う。

（令和2年2月実施予定）

2. 共有遅れに対する対策

「3. 推定原因（共有遅れ）」から、以下の通り再発防止対策を図る。

(1) 報告の徹底

「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示327号）」を基に、安全上重要な機器リストを作成し、このリストに該当する設備で不具合等があった場合には、遅滞なく緊急時対策本部に報告することを所員に教育する。

（令和2年2月実施予定）

(2) 認識させる・気付かせるプロセスを設ける

作業許可申請書（PTW）及び作業依頼票（MRF）作成の際は、作業対象機器が「安全上重要な機器等」に該当するか確認を行うプロセスを社内マニュアルに反映する。

（令和2年2月実施予定）

福島第一原子力発電所6号機
残留熱除去ポンプ(B)圧力抑制室
吸込弁駆動部シャフト折損について

令和2年 2月

東京電力ホールディングス株式会社

目次

1. 件名	1
2. 事象発生の日時	1
3. 事象発生の発電用原子炉施設	1
4. 事象発生時の状況	1
5. 状況調査結果	2
6. 原因調査結果	3
7. 推定原因（事象発生メカニズム）	4
8. 折損に対する対策	5
9. 推定原因（共有遅れ）	5
10. 共有遅れに対する対策	5
11. 復旧状況	6
12. 添付資料	6

1. 件名

福島第一原子力発電所6号機
残留熱除去ポンプ(B)圧力抑制室吸込弁駆動部シャフト折損について

2. 事象発生の日時

令和元年11月26日15時00分
(福島第一規則第18条第4号に該当すると判断した日時)

3. 事象発生の発電用原子炉施設

原子炉冷却系統設備 原子炉残留熱除去系

4. 事象発生時の状況

(1) 事象発生時の状況

福島第一原子力発電所6号機において、令和元年10月5日、残留熱除去系(以下、「RHR」という。)(B)系のポンプ(B)圧力抑制室吸込弁(MO-E12-F004B)(以下、「当該電動弁」という。)が全閉状態にも関わらず、当該電動弁にシートリークがあることが確認された。

当該電動弁のシートリークを改善するため、10月17日に当該電動弁の手動操作ハンドルを使用して閉側に増締めしたが改善されなかった。11月19日に再度、当該電動弁の増締めを実施したところ、手動操作ハンドルのシャフト部(軸部)(以下、「シャフト部」という。)を折損させた。

これにより、当該電動弁は全閉状態で開閉操作が不可能となったため、RHR(B)系は圧力抑制室(サブプレッションプール(以下、「S/P」という。))を水源とする運転ができない状態になった。

RHR(B)系は、「安全上重要な機器等を定める告示(経済産業省告示327号)」に該当することから、11月26日15時00分、福島第一規則第18条第4号「安全上重要な機器等の点検を行った場合において、発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していないと認められたとき。」に該当すると判断した。

なお、本事象による外部への放射性物質の影響はなかった。

(2) 事象発生までの経緯

12月中旬に補機冷却海水系の点検に伴う補機冷却海水系の全停作業を予定していた。補機冷却海水系を全停すると燃料プール冷却浄化系が使用できなくなることから、代替冷却としてRHR(B)系による使用済燃料プール水の冷却運転(以下、「非常時熱負荷モード」という。)への切り替えを準備していた。

10月5日、5・6号機中央操作室の運転員(運転部門)は、RHR(B)系の系統構成を非常時熱負荷モードへ切り替えるため、当該電動弁の全閉操作を実施した。

その後、当該電動弁のシートリークの有無を確認する^{*1}ため、RHRポンプ(B)吸込配管を加圧して圧力変化を監視したところ、圧力降下が見られたことから、当該電動弁にシートリークがあると判断し、当該電動弁の増締めを保全部門に依頼した。

※1：非常時熱負荷モードでは、使用済燃料プールの水がS/Pに流入しないように当該電動弁を「全閉」状態とし、その際にシートリークがないかを確認している。

10月17日、保全部門の担当者は、当該電動弁のシートリークを改善するため、手動操作にて閉側に増締めを実施したが、改善は見られなかった。11月19日に再度、当該電動弁の増締めを実施したところ、シャフト部を折損させた。

(3) 事象発生から法令報告の判断までに時間を要した理由

11月19日にシャフト部を折損させたが、保全部門は、6号機は原子炉内に燃料がないこと、RHRの非常時熱負荷モード時は当該電動弁を「全閉状態」で使用するため運転は可能であること、現状の6号機の状態では、福島第一原子力発電所 特定原子力施設に係る実施計画Ⅲ 特定原子力施設の保安（以下、「実施計画Ⅲ」という。）第2編の運転上の制限に要求がないことから、保全部門内での情報共有で十分と考えていた。

また、シャフト部を折損させたことは不適合として扱うこととし、11月22日に不適合処理票を起票（起票期限：発生から3日以内）した。

11月25日に、本事象の不適合処理票を確認していたパフォーマンス向上会議^{※2}事務局が、当該電動弁は「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示327号）」に該当する可能性があることに気がつき、不適合処理票を発行した保全部門の担当者にその旨を連絡した。

その後、保全部門からトラブル調査検討会^{※3}事務局に「安全上重要な機器等」の故障に該当する可能性があることを報告し、トラブル調査検討会による事実確認を実施したところ、11月26日に「安全上重要な機器等」の故障に該当すると判断した。

※2：不適合の管理方針を公正な立場で決定するとともに不適合処置、是正処置及び予防処置を確実に実施するために指導助言を行う会議体をいう。

※3：福島第一原子力発電所で発生したトラブル等に対する対応方法、原因調査及び対策立案について、発電所大での検討が必要と判断された場合に設置する会議体をいう。

（添付資料－1， 2， 3， 4， 5， 6）

5. 状況調査結果

(1) 当該電動弁の増締め状況調査

保全部門の担当者は、弁の保守企業にシートリーク時の増締め代を確認したところ、全ストローク量（614mm）の1%程度との回答を得たため、増締め代を約6.2mmと設定した。

また、当該電動弁の増締めは、保全部門2名で手動操作ハンドルを閉側へ増締めを試みたが、手動では動かなかつたため、補助工具（ウィルキー）を使用して増締めを実施した。

【増締め量】

測定は全閉からの弁棒頂部の移動量をノギスにて測定

10月17日：約2.6mm

11月19日：約3.7mm

合計：約6.3mm

なお、11月19日に当該電動弁の増締めを実施した際にシャフト部を折損させたことから、保全部門の担当者は、5・6号中央操作室の運転員（運転部門）に情報共有するとともに、保全部門の担当グループマネージャーに報告した。

(2) 当該電動弁の点検・使用履歴

a. 当該電動弁の至近の点検実績

(a) 本格点検（東日本大震災前）

当該電動弁：平成14年6月に点検実施（点検周期：10定期検査に1回）

当該電動弁駆動部：平成14年6月に点検実施（点検周期：10定期検査に1回）

(b) 動作確認、外観点検（東日本大震災後）

東日本大震災後は、点検内容の見直しにより、動作確認及び外観点検としており、至近では10月11日に実施した。（点検周期：85ヶ月毎）

b. 当該電動弁の至近の開閉実績

当該電動弁は、10月11日に開閉操作を実施している。

(3) 類似電動弁の状況確認

当該電動弁と同様のRHR（A、C）系のS/P吸込弁について、シートリークの有無を確認した結果、下記の通りであった。

- ・RHRポンプ（A）S/P吸込弁（MO-E12-F004A）は、シートリークなし。
- ・RHRポンプ（C）S/P吸込弁（MO-E12-F004C）は、使用しておらず、通常状態（全開位置）で維持している。

6. 原因調査結果

当該電動弁のシャフト部が折損した要因としては、機械的要因及び人為的要因が考えられることから、要因分析表に基づき調査した結果、以下のことを確認した。

(1) 機械的要因

a. 設計不良

(a) 設計段階での設計不良

過去に同型電動弁で折損した前例がないことから、設計段階での設計不良が起因するものではない。

(b) 材料の仕様変更による材料不良

当該電動弁駆動部のシャフト部材の仕様変更実績を確認した結果、調達時にシャフト部材を変更した実績はなかったことから、材料不良ではない。

b. 強度低下

(a) 接触等による機械的損傷

シャフト部の外観確認の結果、シャフト部表面に破断面につながる外傷はなかったことから、機械的損傷による強度低下はない。

(b) 金属表面の腐食

折損したシャフトと破断面の外観確認の結果、金属表面に変色等はなく、腐食はなかった。

(c) 疲労亀裂

シャフト部の破面観察の結果、疲労破面に特有な模様は確認されなかったことから、疲労亀裂はない。

(2) 人為的要因

a. 機械的強度を上回る荷重

(a) 過大なねじり方向への荷重

シャフト部の破面観察の結果、せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致しているため、ねじり荷重によるせん断応力が作用したことが確認された。

また、シャフト部が折損した際、手動操作ハンドルの操作に当たっては、保全部門担当者2名で行い、それぞれが補助工具（ウィルキー）を使用したため、許容荷重を超える力（荷重）が加えられたと考えられる。

その他聞き取り調査から、以下のことを確認した。

- ✓ 保全部門の担当者は、シートリークの対応で電動弁が増締めされている過去事例を認識していたこと及び過去の手動弁増締めの経験から、増締めを実施すればシートリークが改善すると考えていた。
- ✓ 原因調査の段階で、当該電動弁の増締めについて弁製造企業へ確認したところ、電動駆動による全閉位置からは、手動操作ハンドルによる増締め代がない弁であることが分かった。
- ✓ また、補助工具（ウィルキー）の使用ルールについては、運転部門には教育資料があったが、保全部門にはなかった。

(b) 過大なねじり方向以外の荷重

破面観察の結果、ねじり荷重によるせん断応力のみであったこと、また、折損したシャフト部の軸に対し、鉛直水平方向への変形は確認されなかったことから、切断荷重や曲げ荷重はなかった。

(添付資料ー7, 8)

7. 推定原因（事象発生メカニズム）

「6. 原因調査結果」から、当該電動弁のシャフト部が折損した原因は、以下の通りと推定した。

(1) 本事象は、機械的要因ではなく、人為的要因で発生したものと推定した。

(2) 手動操作ハンドルによる増締め代のない電動弁に対して、二人がかりでそれぞれ補助工具（ウィルキー）を掛けて閉側に増締め操作を行ったため、シャフト部に許容荷重を超える過大なねじりによるせん断応力がかかったことから折損に至った。

- a. 保全部門の担当者は、シートリークを改善しようとする意識から、予め設定した増締め代（約6.2mm）まで締め込もうと補助工具（ウィルキー）を使用してしまった。
- b. 保全部門の担当者は、当該電動弁の手動操作ハンドルに対して補助工具（ウィルキー）を使用することによる、シャフト部が折損するリスクを想定できなかった。

(添付資料ー9)

8. 折損に対する対策

「7. 推定原因（事象発生メカニズム）」から、以下の通り再発防止対策を図る。

(1) 補助工具（ウィルキー）の使用方法に対する対策

- a. 補助工具（ウィルキー）は、弁保護の観点から、弁の増締めには使用しないこととし、社内ルールに反映する。

（令和2年2月実施予定）

- b. 弁操作の過程において、弁が固く手動で動かない場合には補助工具（ウィルキー）の使用を可能とするが、弁が全閉位置に到達した以降は、補助工具（ウィルキー）での追加操作は実施しないこととし、事例紹介資料にて所員周知を行う。

（令和2年2月実施予定）

(2) シートリーク起因による増締めを実施する場合の対策

シートリークの発生により弁の増締めが必要と判断した場合には、弁製造企業に増締めの実施可否及び実施方法について確認するなど、必要な検討を行った上で実施することとし、事例紹介資料にて所員周知を行う。

（令和2年2月実施予定）

9. 推定原因（共有遅れ）

本事象におけるシャフト部を折損させた際の関係箇所への共有が遅れ、所大で事象を把握するのに時間を要した原因は、以下の通りと推定した。

- (1) 保全部門は、6号機は原子炉内に燃料がないこと、RHRの非常時熱負荷モード時は当該電動弁を「全閉状態」で使用するため運転は可能であること、現状の6号機の状態では、実施計画Ⅲ第2編の運転上の制限に要求がないことから、保全部門内での情報共有で十分と考えた。

- (2) 保全部門及び運転部門は、シャフト部が折損したことに対して「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示 327号）」でRHRに求められる機能要求の認識不足があったため、軽微な設備不具合と判断し、緊急時対策本部に共有する事象ではないと考えた。

（添付資料-10）

10. 共有遅れに対する対策

「9. 推定原因（共有遅れ）」から、以下の通り再発防止対策を図る。

(1) 報告の徹底

「安全上重要な機器等を定める告示（経済産業省告示 327号）」を基に、安全上重要な機器リストを作成し、このリストに該当する設備で不具合等があった場合には、遅滞なく緊急時対策本部に報告することを所員に教育する。

（令和2年2月実施予定）

(2) 認識させる・気付かせるプロセスを設ける

作業許可申請書（PTW）及び作業依頼票（MRF）作成の際は、作業対象機器が「安全上重要な機器等」に該当するか確認を行うプロセスを社内マニュアルに反映する。

（令和2年2月実施予定）

1.1. 復旧状況

当該電動弁については、令和2年1月8日～9日にかけて、同型弁駆動部から取り外した手動操作ハンドルシャフトを当該電動弁駆動部に取付けを行い、開側に手動操作にて増締め解除（電動駆動で開閉可能となる状態への復旧操作）を行った。その後、1月10日に当該電動弁の調整後、電動駆動による動作確認を実施して異常なしを確認した。

当直長は、同日11時18分に当該電動弁が動作可能なことから、RHR（B）系が通常状態に復帰したことを判断した。

その後、当該電動弁のシートリークの有無を確認したところ、若干のシートリークはあるものの、RHR（B）系非常時熱負荷モードでの運転には支障がないと判断した。

1.2. 添付資料

- 添付資料-1 時系列
- 添付資料-2 事象発生場所
- 添付資料-3 系統概要図
- 添付資料-4 当該電動弁外形図及び当該電動弁駆動部図
- 添付資料-5 当該電動弁の折損状況
- 添付資料-6 モニタリングポストにおける空気中の放射線量の測定結果
（令和元年10月～令和2年1月）
- 添付資料-7 当該電動弁手動操作ハンドルシャフト部折損に関する要因分析表
- 添付資料-8 シャフト部の破面観察結果
- 添付資料-9 事象発生メカニズム
- 添付資料-10 共有遅れに対する要因分析と対策

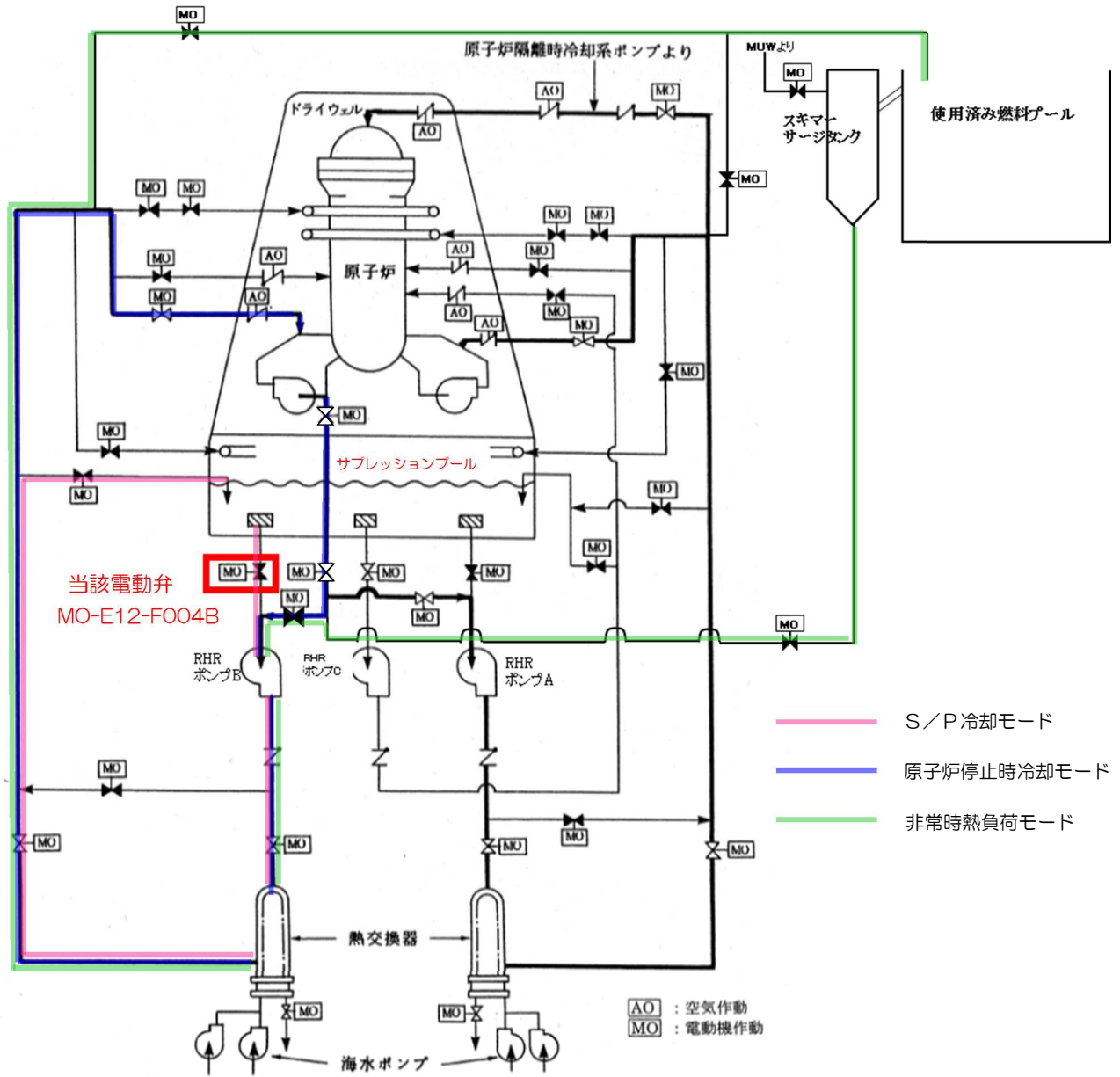
以上

時系列

日時	内容
令和元年	
10月 5日	補機冷却海水系の全停作業準備に伴い、燃料プール冷却浄化系を停止することから、5・6号機中央操作室の運転員（運転部門）は、燃料プール水の冷却をRHR（B）系非常時熱負荷モードの系統構成へ切り替えを開始
15時01分	当該電動弁「全閉」
15時40分	当該電動弁のシートリークの有無を確認するため、RHRポンプ（B）吸込配管を加圧して圧力変化を監視したところ、系統の圧力降下を確認したことから、当該電動弁にシートリークがあると判断した。（その後、運転部門から保全部門に当該電動弁の増締めを依頼）
15時45分	当該電動弁「全開」
10月17日	<保全部門は、当該電動弁の増締めを実施（1回目）>
9時21分	当該電動弁「全閉」
9時39分	当該電動弁 電源「切」
10時13分	当該電動弁を増締め
～11時42分	当該電動弁のシートリークの有無を確認するため、RHRポンプ（B）吸込配管を加圧して圧力変化を監視したところ、系統の圧力降下を確認
12時20分	当該電動弁を再度増締め
～12時35分	再度、RHRポンプ（B）吸込配管を加圧して圧力変化を監視したところ、系統の圧力降下を確認 シートリークの状況に変化がないため、後日改めて増締めを行うこととした。 ※10月17日の増締め量：約2.6mm
11月19日	<保全部門は、当該電動弁の増締めを実施（2回目）>
14時27分	当該電動弁を増締め
～14時47分	
14時47分	当該電動弁のシャフト部を折損 保全部門の担当者は、5・6号中央操作室の運転員（運転部門）に情報共有
15時15分	RHRポンプ（B）吸込配管を加圧して圧力変化を監視したところ、系統の圧力降下を確認
～15時35分	当該電動弁のシートリーク状況に変化なし ※11月19日の増締め量：約3.7mm 10月17日と11月19日の合計増締め量：約6.3mm
17時頃	保全部門の担当者は、本事象を保全部門の担当グループマネージャーに報告するとともに保全部門内で共有 保全部門の担当グループマネージャーは、6号機は原子炉内に燃料がないこと、RHRの非常時熱負荷モード時は当該電動弁を「全閉状態」で使用するため運転は可能であること、

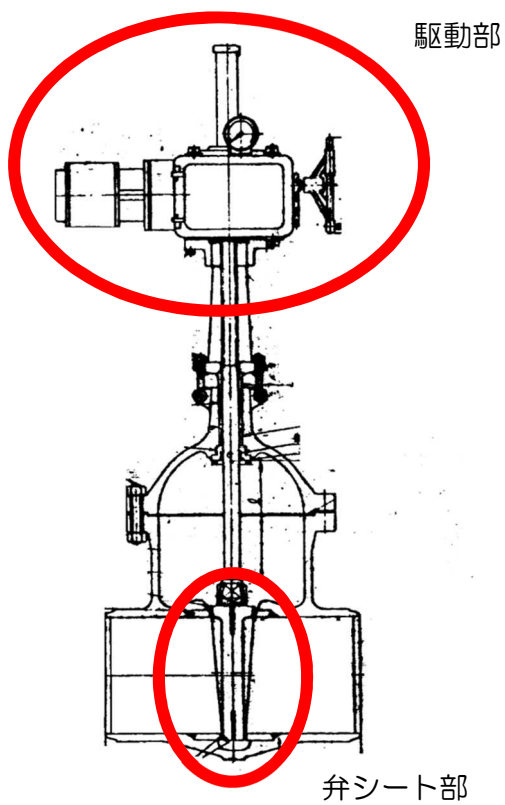
日時	内容
	現状の6号機の状態では、実施計画Ⅲ第2編の運転上の制限に要求がないことから、保全部門内での情報共有で十分と判断
11月22日	保全部門は、本事象に関する不適合処理票を起票
11月25日 11時頃	本事象の不適合処理票を確認していたパフォーマンス向上会議事務局が、当該電動弁は経済産業省告示327号に定める「安全上重要な機器等」に該当することに気がつき、不適合処理票を発行した保全部門にその旨を連絡
14時頃	保全部門は、トラブル調査検討会の事務局に「安全上重要な機器等」の故障に該当する可能性があることを報告
17時30分頃	トラブル調査検討会を発足し、事実確認を実施
11月26日 15時00分	福島第一規則第18条第4号「安全上重要な機器等の点検を行った場合において、発電用原子炉施設の安全を確保するために必要な機能を有していないと認められたとき。」に該当すると判断
令和2年 1月7日	同型弁駆動部より手動ハンドルシャフトの取外し及び当該電動弁駆動部の取外しを実施
1月8日～9日	同型弁駆動部より取外した手動ハンドルシャフトを当該電動弁駆動部に取付けを行い、開側に手動操作にて増締め解除（電動駆動で開閉可能となる状態への復旧操作）を実施
1月10日 11時18分	当該電動弁の電動駆動による動作確認を実施し、異常がないことがないことを確認 当直長は、当該電動弁が動作可能なことから、RHR（B）系が通常状態に復帰したことを判断
	当該電動弁のシートリークの有無を確認したところ、若干のシートリークはあるものの、RHR（B）系非常時熱負荷モードでの運転には支障がないと判断

系統概要図

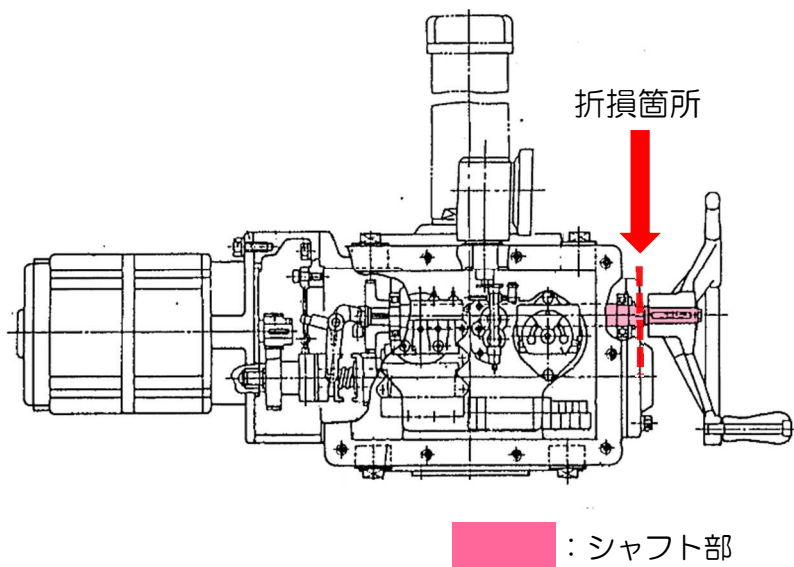


当該電動弁外形図及び当該電動弁駆動部図

当該電動弁外形図

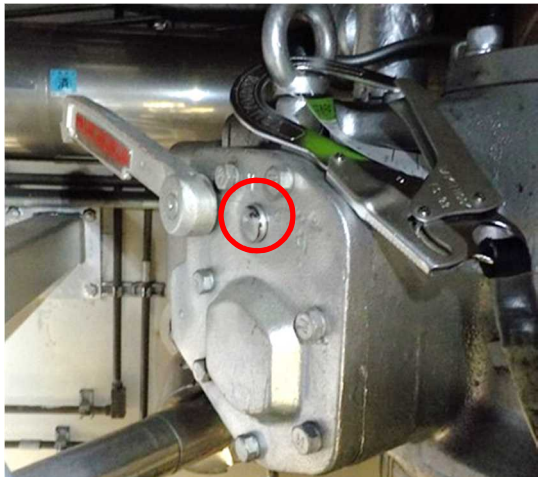


当該電動弁駆動部図



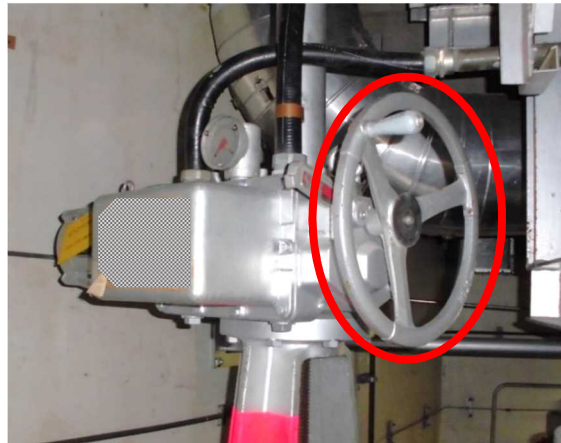
当該電動弁の折損状況

当該電動弁
MO-E12-F004B



折損したシャフト部（駆動部側）

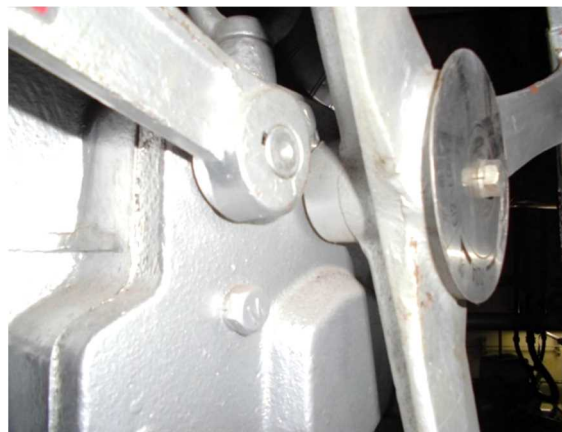
折損前の状態
MO-E12-F004A



手動操作ハンドル



折損した手動操作ハンドル



シャフト部

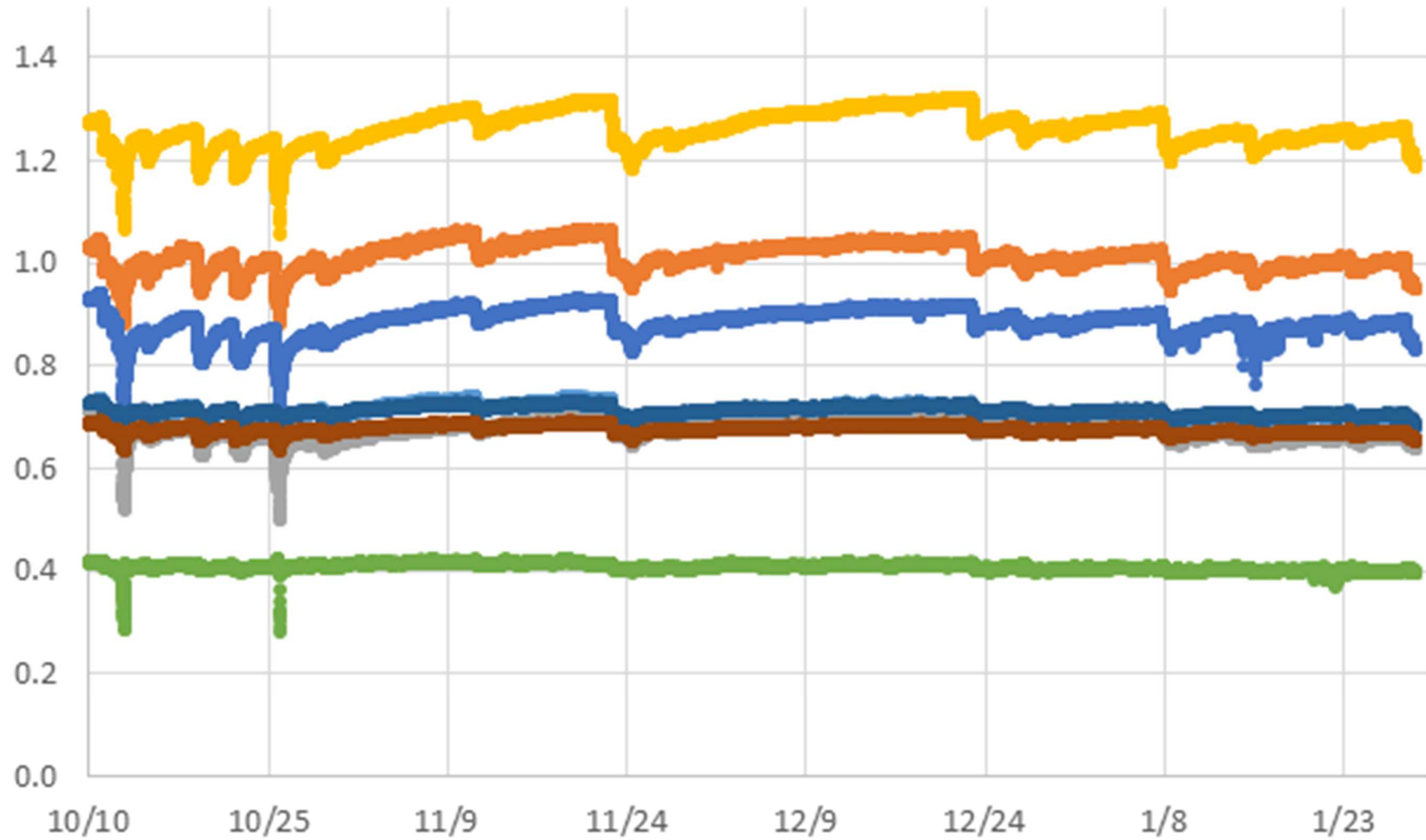


折損断面（駆動部側）

モニタリングポストにおける空気中の放射線量の測定結果（令和元年10月～令和2年1月）

● MP-1 ● MP-2 ● MP-3 ● MP-4 ● MP-5 ● MP-6 ● MP-7 ● MP-8

$\mu\text{Sv/h}$



当該電動弁手動操作ハンドルシャフト部折損に関する要因分析表

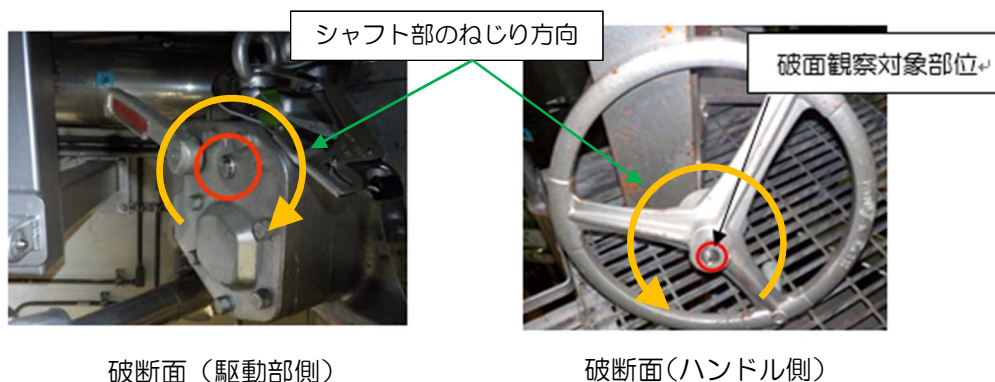
事象	大分類	中分類	推定原因	確認方法	確認結果	評価	備考
手動操作ハンドルシャフト部折損	機械的要因	設計不良	設計段階での設計不良	・シャフト折損の前例有無	・震災後当社原子力発電所にて、過去に同型電動弁のシャフト部が折損した前例はなかった。	○	
			材料の仕様変更による材料不良	・当社からの仕様変更有無を確認	・駆動部調達時にシャフト部材の変更実績はなかった。	○	
		強度低下	接触等による機械的損傷	・シャフト部の外観確認	・外傷はなかった。	○	
			金属表面の腐食	・シャフト部の外観確認	・外観上の腐食はなかった。	○	
			疲労亀裂	・疲労破面特有の模様を確認	・疲労破面に見られる特有な模様は確認されなかったことから、疲労亀裂による影響ではなかった。	○	
			人為的要因	機械的強度を上回る荷重	過大なねじり方向への荷重 ・許容荷重を超える荷重 ・補助工具（ウィルキー）の使用	・シャフト部の外観確認 ・破面観察 ・関係者からの事実関係聞き取り	・破断面にはねじりによるせん断方向の伸長ディンプルが確認されている。 ・操作は二名で行い、それぞれ補助工具（ウィルキー）を用いた。 ・保全部門の担当者は、シートリークの対応で電動弁が増締めされている過去事例を認識していたこと及び過去の手動弁増締めの経験から、増締めを実施すればシートリークが改善すると考えていた。 ・当該電動弁について弁製造企業へ確認したところ、電動駆動による全閉位置からは、手動操作ハンドルによる増締め代がない弁であることが分かった。 ・補助工具（ウィルキー）の使用ルールは、運転部門の教育資料としてはあったが、保全部門にはなかった。
	過大なねじり方向以外の荷重 ・切断荷重 ・曲げ荷重	・操作時の荷重方向の確認 ・破面観察			・破面観察の結果、伸長ディンプルとシャフトねじり方向が一致しているため、ねじり荷重によるせん断応力がかかっている。 ・シャフト部に対し鉛直水平方向への変形は確認されなかった。	○	

○：異常なし ×：原因の可能性あり

シャフト部の破面観察結果

1. 調査概要

折損したシャフト部について破断面の観察を行い、折損原因を調査する。



2. 調査結果

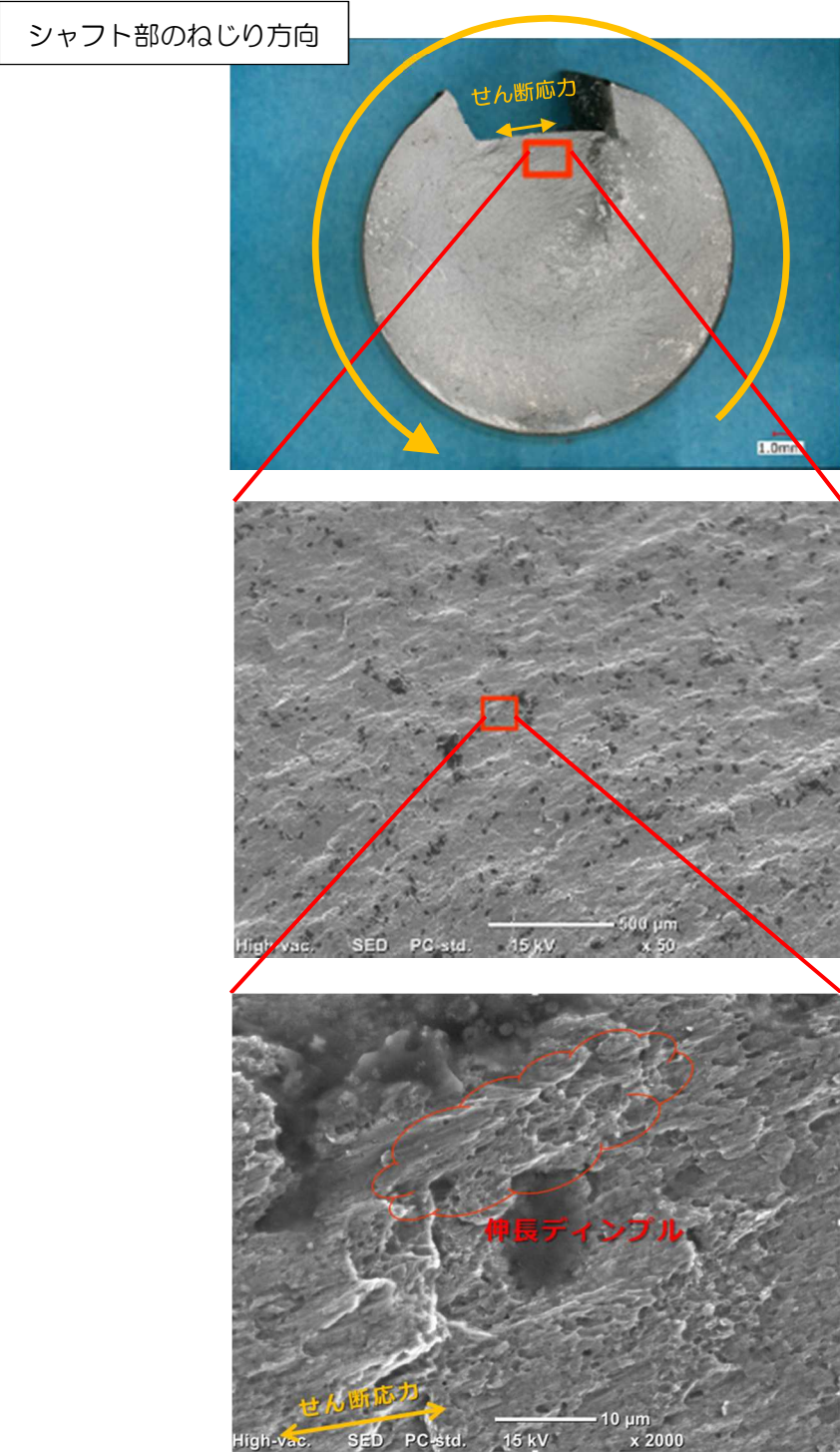
破断面の4箇所について破面観察を実施した結果は以下の通り。

破面観察箇所	観察結果
破断面①	せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致
破断面②	同上
破断面③	同上
破断面④	同上

3. 考察

破断面の観察結果から、シャフト部の折損は、過大なねじりによるせん断応力がかかったためと考えられる。

破断面観察
①

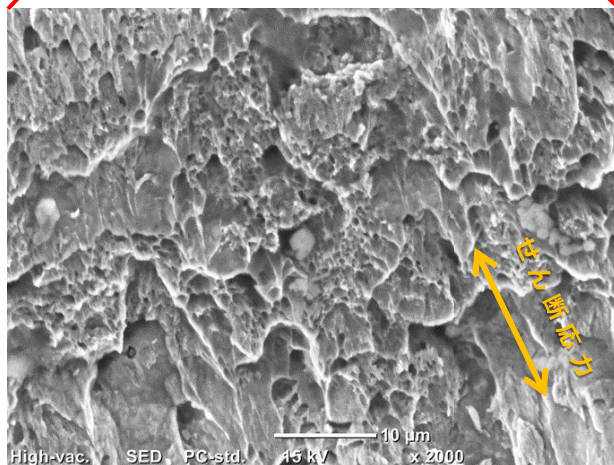
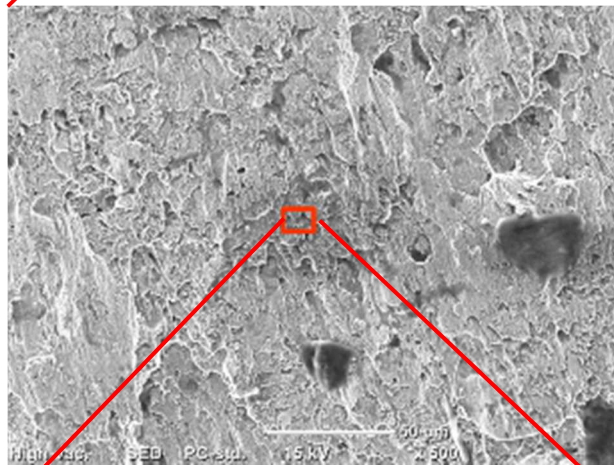
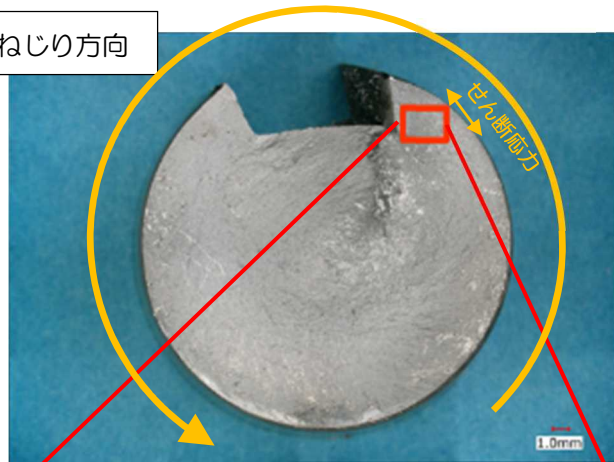


観察結果

せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致

破断面観察②

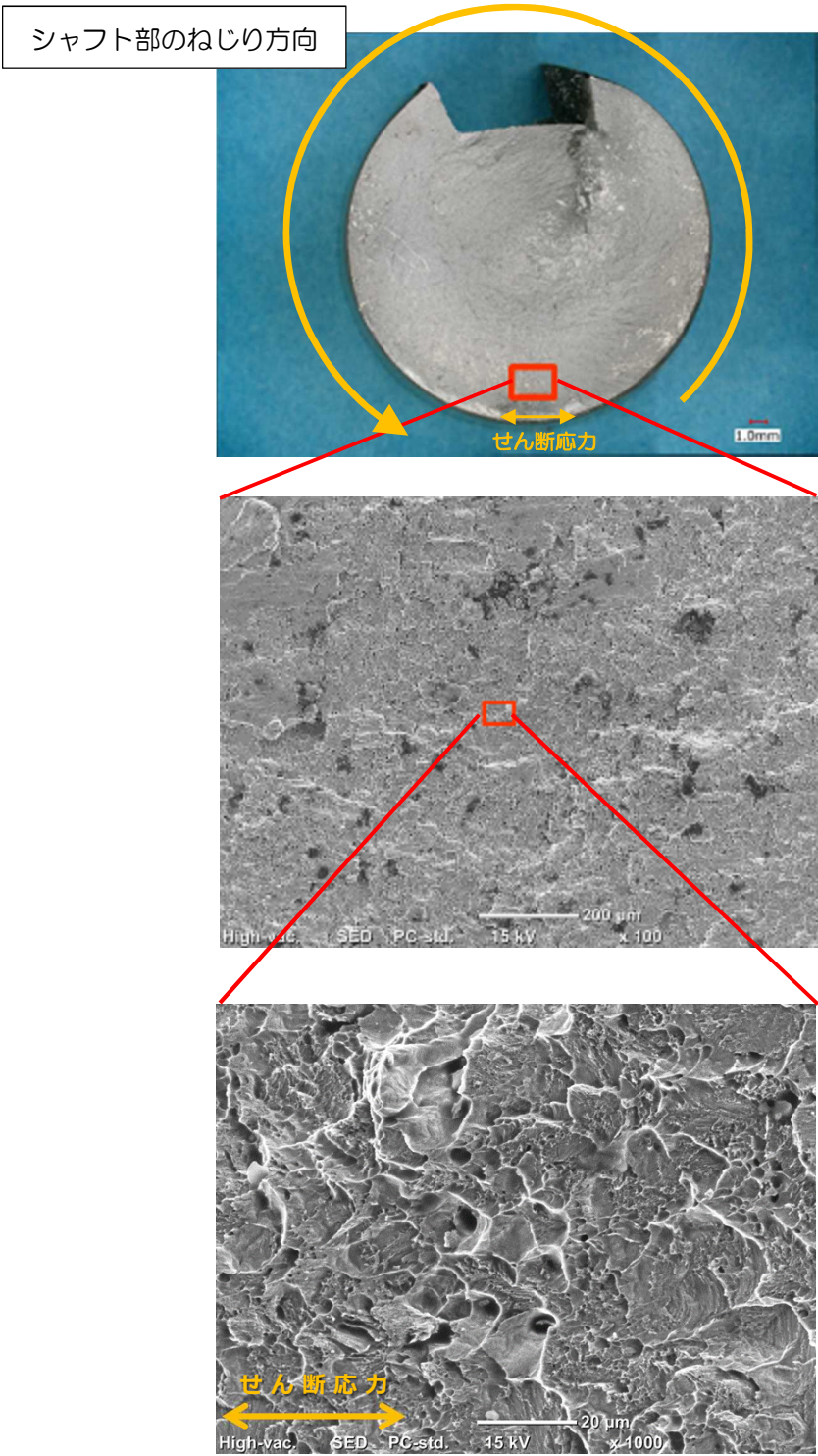
シャフト部のねじり方向



観察結果

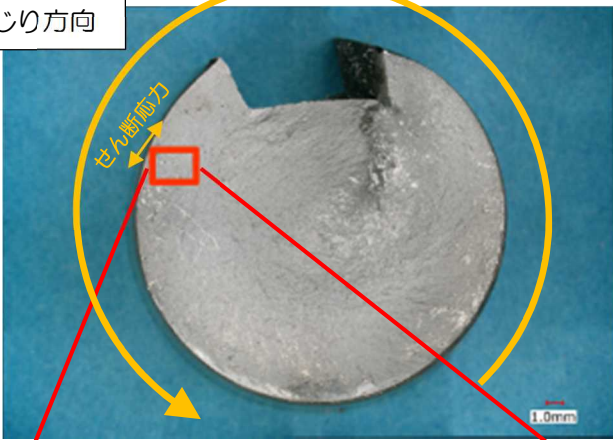
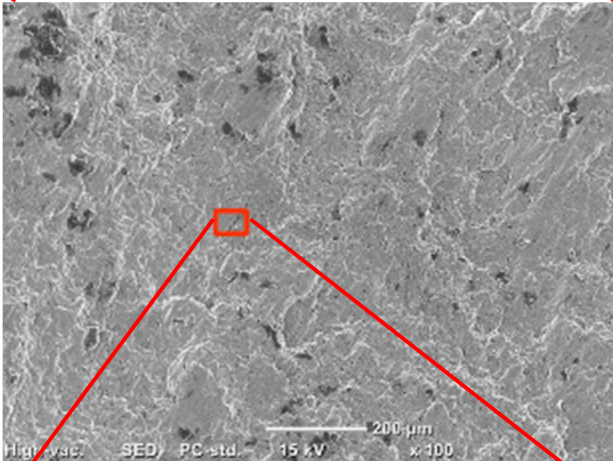
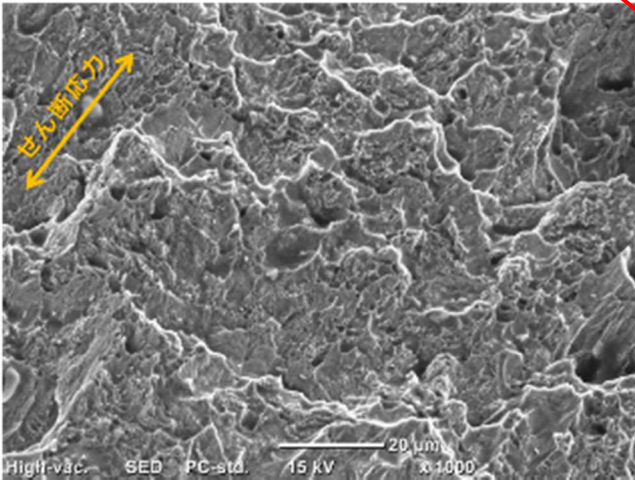
せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致

破断面観察
③

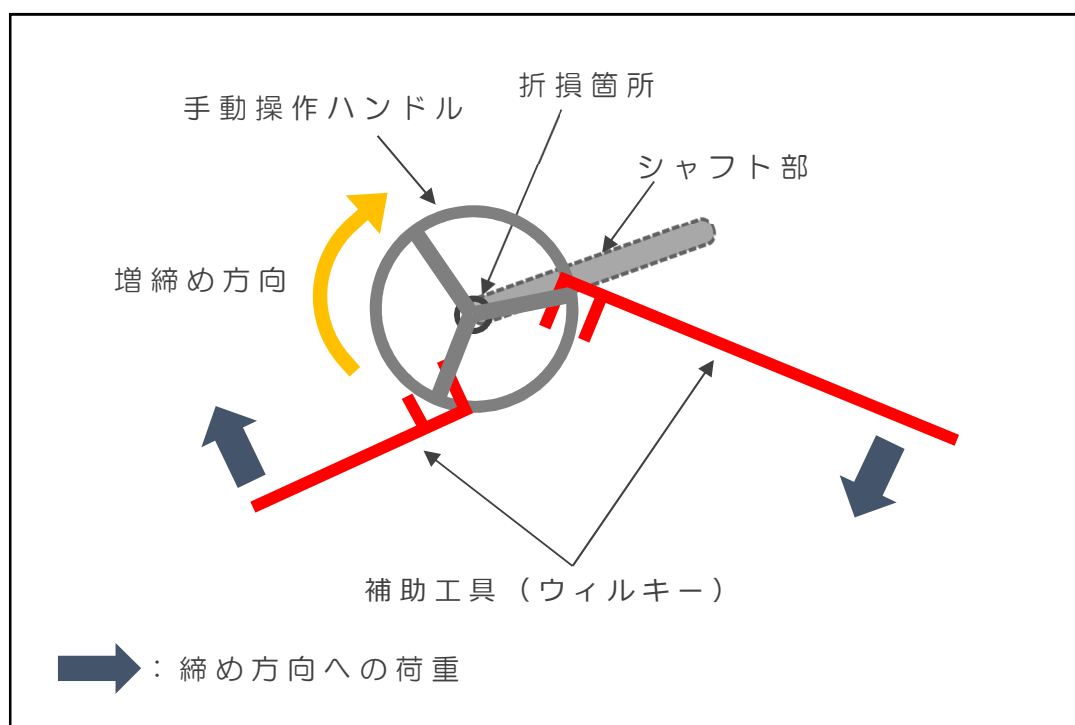


観察結果

せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致

破断面観察 ④	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-bottom: 5px;"> シャフト部のねじり方向 </div>   
観察結果	せん断応力や引き裂きの応力が作用した場合に見られる伸長ディンプルが確認され、 応力の作用方向とシャフト部のねじり方向が一致

事象発生メカニズム



手動操作ハンドルによる増締め代のない電動弁に対して、二人がかりでそれぞれ補助工具（ウィルキー）を掛けて閉側に増締め操作を行った。このため、シャフト部に許容荷重を超える過大なねじりによるせん断応力がかかったことから折損に至った。

共有遅れに対する要因分析と対策

改善が必要な箇所

