

伊方発電所3号機  
原子炉補機冷却水冷却器海水出口弁の  
不具合について

令和8年1月  
四国電力株式会社

## 1. 件名

伊方発電所 3 号機 原子炉補機冷却水冷却器海水出口弁の不具合について

## 2. 事象発生の日時

令和 6 年 6 月 24 日 15 時 14 分

## 3. 事象発生の設備

3 号機 原子炉補機冷却水クーラ 3 D 海水出口弁

## 4. 事象発生時の運転状況

3 号機 通常運転中 (電気出力 918 MW)

## 5. 事象発生の状況

伊方発電所 3 号機は通常運転中、原子炉補機冷却水系統<sup>\*1</sup>の切り替えを行っていたところ、閉となるべき原子炉補機冷却水クーラ (冷却器)<sup>\*2</sup> 3 D 海水出口弁 (以下、「当該弁」という。) が完全に閉していないことを確認した。

このため、6 月 24 日 15 時 14 分、当直長が、伊方発電所原子炉施設保安規定<sup>\*3</sup> (以下、「保安規定」という。) に定める運転上の制限<sup>\*4</sup>から逸脱したと判断した。

調査の結果、当該弁の電動駆動装置に異常が認められないとみ、開閉試験を実施し、異常のないことを確認したため、同日 20 時 31 分に運転上の制限の逸脱から復帰し、通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラントへの影響および環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料-1、2)

### ※1 原子炉補機冷却水系統

原子炉補機 (1 次系のポンプ、空調機器等) に冷却水を供給する系統。

### ※2 原子炉補機冷却水クーラ (冷却器)

原子炉補機用の冷却水を海水で冷やすための冷却器。伊方発電所 3 号機に 4 基設置されている。

### ※3 伊方発電所原子炉施設保安規定

原子力発電所が運転中および停止中に事業者が実施すべき事項や、従業員等への保安教育の実施方針など原子力発電所の保安のために必要な事項が定められているもの。

#### ※4 運転上の制限

保安規定では、安全機能を確保するために必要な機器の台数などを「運転上の制限」として定めている。

原子炉補機冷却海水系統<sup>※5</sup>については、2系統が動作可能（1系統あたり、原子炉補機冷却水クーラ（冷却器）2台が必要）であることが求められている。具体的には、原子炉補機冷却海水系統の切り替えの際に、操作した弁が正しい位置にあることを確認することが求められている。一時的にこれを満足しない状態が発生すると、運転上の制限の逸脱に該当し、速やかに保安規定で定める措置（当該系統を動作可能な状態に復旧する、および残りの系統のポンプを起動し、動作可能であることを確認する措置の開始など）を実施しなければならない。

#### ※5 原子炉補機冷却海水系統

原子炉補機冷却水を冷却するための海水を供給する系統。

### 6. 事象の時系列

6月24日

- |        |   |
|--------|---|
| 15時03分 | 当直員が海水ポンプ <sup>※6</sup> 、原子炉補機冷却水系統定期切り替え作業中に当該弁が完全に閉していないことを確認           |
| 15時14分 | 当直長が運転上の制限から逸脱したと判断   |
| 18時18分 | 海水ポンプ3Bと原子炉補機冷却水ポンプ3Bを起動し、運転可能であることを確認（保安規定で定める措置）                        |
| 20時31分 | 保修員が当該弁の開閉確認を実施し、開閉状態に異常がないことを確認したことにより、当直長が運転上の制限の逸脱から復帰したことを判断し、通常状態に復旧 |

#### ※6 海水ポンプ

原子炉補機冷却水冷却用の海水を送水するポンプ。伊方発電所3号機に4台設置されている。

### 7. 調査結果

#### (1) 現場調査

##### a. 事象発生時の状況

当該弁は電動駆動式バタフライ弁<sup>※7</sup>であり、電動機（モータ）の動力によりステンレス鋼製の弁体<sup>※8</sup>を90°回転させて開閉する弁である。

事象発生時、中央制御室の開閉表示灯は、完全に閉していない状態を示していた。

また、現場を確認したところ、当該弁の電動駆動装置の開度指示計は約5%を指示しており、微開となっていた。

一方、弁体と直結した軸側の開度表示は全閉（SHUT）を示しており、原子炉補機冷却水クーラ（冷却器）と当該弁のある原子炉補機冷却水クーラ海水出口流量計は0 m<sup>3</sup>/h であったこと、また現場配管に流動音もなかつたことから海水は流れていなことを確認した。

（添付資料－1、2、3）

#### ※7 バタフライ弁

円筒形の弁箱<sup>※9</sup>の中で円板状の弁体が回転する構造であり、流れ方向に対する弁体の角度を変えて流量を調整する。開度0%の時の弁体位置を0° とすると、開度100%の時に弁体が90° となる。

#### ※8 弁体

バタフライ弁を構成する部品であり、角度を変えることにより配管内を流れる流体（気体や液体）の流量を調整したり、流れを止めたりするもの。

#### ※9 弁箱

バタフライ弁を構成する部品であり、配管内を流れる流体の圧力に耐える外殻の部分であり、配管の流路を構成する。

### b. 電動駆動装置の調査

電動駆動装置の電動機（モータ）について、負荷トリップ<sup>※10</sup>の警報が発信していないことおよび主回路の絶縁抵抗に異常がないことを確認した。

電動駆動装置には、トルクスイッチ<sup>※11</sup>とリミットスイッチ<sup>※12</sup>が備え付けられている。当該弁を閉止する際は、弁が全閉位置になったことをトルクスイッチで検知して電動駆動装置を停止させる仕組みになっており、リミットスイッチは電動駆動装置の停止信号に用いていない。事象発生の際は、トルクスイッチが作動し、弁が開度5%で停止したものである。このトルクスイッチについて、設定がずれていなことを確認した。

また、開度指示計の弁開度を示す指針および各スイッチを駆動する歯車機構に異常がないことを確認した。

#### ※10 負荷トリップ

機器の電気回路に短絡などの故障が発生し過剰な電流が流れた際に機器の損傷を防ぐため電源スイッチが自動的に切となる状態。

#### ※11 トルクスイッチ

弁を開閉する際の摺動抵抗などを検知し作動するスイッチ。当該弁では、全閉の際に作動し電動駆動装置を停止させる。

#### ※12 リミットスイッチ

弁を開閉する際の弁の開度位置を検知し作動するスイッチ。当該弁では、全開の際に作動し電動駆動装置を停止させる。

### c. 開閉試験

本事象発生後、当該弁の開閉試験を実施し、異音、振動、動きに異常がなく、中央制御室の開閉表示灯は全閉状態を示すこと、および電動駆動装置の開度指示計は0%を指示して全閉することを確認した。また、弁体と直結した軸側の開度表示は全閉（SHUT）を示していた。

（添付資料－2）

### d. 弁本体の調査

#### （a）弁体と直結した軸側の開度表示

当該弁の開閉試験により電動駆動装置の開度指示計と弁体と直結した軸側の開度表示にずれがないことを確認した。

（添付資料－2）

#### （b）弁内部部品

弁を配管から取り外し、配管内部、弁のシート面に異物がないことを確認した。

弁の開閉試験に異常がないことおよび弁を分解した際に弁体と弁棒<sup>※13</sup>にガタ付きがないことから、弁体と弁棒の取り付けに異常がないことを確認した。

弁体について、シート面の一部に通常の使用状態（海水の通水）において海水の流れが渦巻く等によって削り取られて生じる傷が有ることを確認した。

また、シートリング<sup>※14</sup>について、弁体全開時に弁体と接触する箇所の近傍に弁体シート面に付いている傷と同様の傷が有ることを確認した。

（添付資料－3、4）

#### ※13 弁棒

電動駆動装置の駆動力を、弁棒駆動部<sup>※15</sup>を介して弁体に伝達する軸であり、当該弁では90°回転する。材質はステンレス鋼製。

#### ※14 シートリング

弁構成部品の一部で流量調整するために弁体を受ける側の部分。シートに用いられているゴムはアクリロニトリルブタジエンゴム。

#### ※15 弁棒駆動部

電動駆動装置の駆動力を、弁棒に伝達する弁本体の部品。

### (c) 弁棒駆動部

弁棒駆動部（軸部）に異物の噛み込み、擦れ、摩耗などの異常が無いことを確認した。

(添付資料－3)

### (2) 当該弁の点検実績調査

当該弁本体は、保全計画に基づき2回の定期事業者検査（以下、「定検」という。）毎に分解点検を実施しており、至近では前回定検中の令和5年3月に行っている。

その際、弁体シート面およびシートリングに今回と同様の傷を確認しており、弁体シート面については、弁体シート面とシートリングの接触状態を確認し、弁の閉止機能に影響がないことを確認している。また、シートリングについては、分解点検の際、新品に取り替えている。

なお、当時と今回の状況を比較して弁体シート面の傷の進展は認められなかった。

(添付資料－4)

### (3) 当該弁の使用状況調査

当該系統は1か月毎に定期切り替えを行っており、切り替える度に弁は全開から全閉あるいは全閉から全開となる。

弁が全開になると、約 $1,520\text{ m}^3/\text{h}$ の海水が流れ、通水中は海水の流れによる不規則な振動および音が認められる。

### (4) メーカによる調査

取り外したシートリングをメーカーに送付し調査した結果、シートリングのゴムおよび台金に変形はなく、各部寸法およびゴムの硬度に異常はなかった。また、中心線からほぼ同じ距離にゴム表面が削り取られたような傷が確認され、傷の状況から、これまでに確認されている傷と同様に海水の通水によって削られた傷であるとの見解を得た。

弁体については、写真と寸法記録から傷の状況が従来から大きく進展していないことやこれまでに確認されていない新たな傷がないこと、また当該弁の使用状況に変更がないことを踏まえ、メーカーとの協議の結果、工場での調査は不要と判断するとともに、海水の通水により生じた傷であるとの見解を得た。

また、当該弁を全閉できなかった原因是、当該傷の影響による摺動抵抗の上昇によるものとの見解を得た。

(添付資料－4)

## (5) 過去の類似事象の調査

当該弁と同形式の電動駆動式バタフライ弁は、当該弁を含む原子炉補機冷却海水系統に4台設置されている他、2次系海水系統<sup>\*16</sup>に15台、および蒸気系統<sup>\*17</sup>に2台設置している。

このうち、蒸気系統に設置している主給水ポンプタービン3A排気弁<sup>\*18</sup>において、平成13年5月に全閉できない事象が発生しているが、本事象は全閉時におけるリミットスイッチ動作位置の設定が不適切であったことが原因であり、当該事象とは異なることを確認した。

それ以外には、電動駆動式バタフライ弁が全閉しない事象はなかった。

### ※16 2次系海水系統

2次系補機（タービン軸受や各種ポンプ等）の冷却水を冷却するための海水を供給する系統。

### ※17 蒸気系統

機器の駆動や加熱等を行うために機器へ蒸気を供給する系統。

### ※18 主給水ポンプタービン3A排気弁

主給水ポンプを回した後の蒸気を排気する配管に取り付けられている弁。

## (6) 類似箇所の調査

電動駆動式バタフライ弁のうち、当該弁と同じトルクスイッチにより弁の閉止状態を検知して電動駆動装置を停止させる弁は、当該弁が属する原子炉補機冷却海水系に設置した4台のみである。

当該弁を除く3台の弁のうち、2台の弁については弁体およびシートリングのシート面に傷および通水中に不規則な振動や音が認められたが、傷、振動および音は、当該弁と比べ小さいものであった。

その2台の弁については、弁体シート面の摺動抵抗の低減を図ることを目的に清掃を行うとともに、1台は保全計画に基づきシートリングの取り替えを行い、もう1台についてはシートリングの継続使用が可能であることを確認の上、再使用することとし、開閉試験を行い異常がないことを確認した。

残りの1台については、弁体およびシートリングのシート面に傷は認められず、開閉試験を行い異常がないことを確認した。

(添付資料-4)

## 8. 推定原因

原子炉補機冷却海水系統の経年使用による海水の通水により、弁体およびシートリングのシート面に傷（肌荒れ）が発生・進展したものと考えられる。

弁を閉止する際、全閉の直前で、弁体がシートリングに接触しながら摺動する状態となるが、シート面に付いた傷により、摺動抵抗が増加することとなり、トルクスイッチが作動し、開度5%で停止したと推定した。

## 9. 対策

- (1) 当該弁のシートリングを新品と取り替えた。
- (2) 当該弁の弁体が全閉を検知するトルクスイッチの設定値を127Nmから150Nmに変更し、シート面に付く通常認められる傷により、摺動抵抗が増加しても、弁が全閉となるようにした。
- (3) 当該弁以外の類似弁3台については、水平展開として当該弁と同様にトルクスイッチの設定値を変更した。
- (4) 当該弁および類似弁については、弁体およびシートリングの傷を経年監視とともに、摺動抵抗を低減させるための処置として、弁体の傷のうち触診で引っかかる部位の手入れを行うことを作業要領書に定める。

なお、当該弁については、駆動装置が製造中止となったことへの対応として、令和10年度に弁一式の取り替えを計画していたが、念のため、計画を3年前倒しし、令和7年度に実施の第18回定期検で取り替えを行った。

以上

## 添付資料

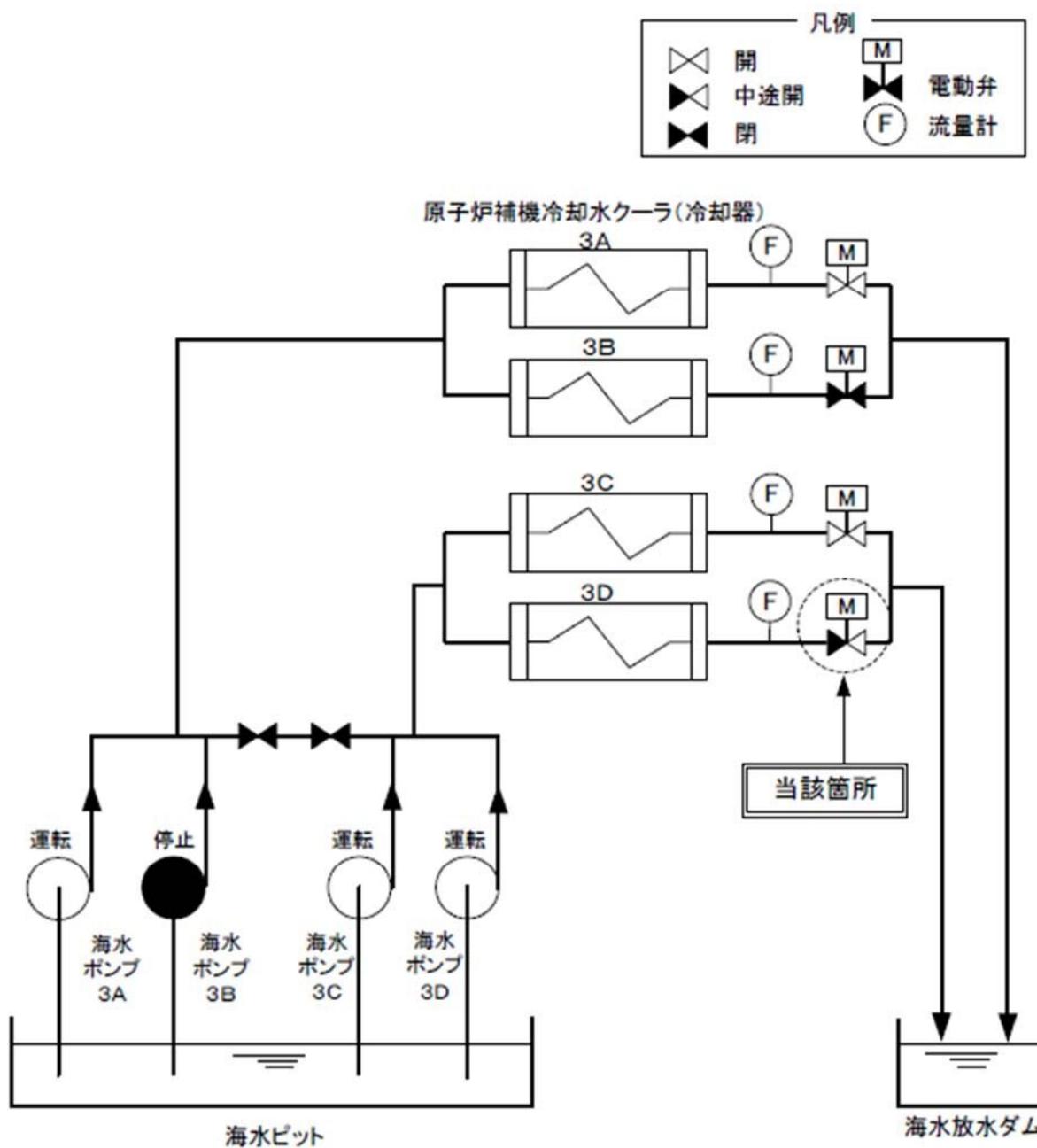
添付資料－1 伊方発電所3号機 原子炉補機冷却海水系統 概略図

添付資料－2 原子炉補機冷却水クーラ（冷却器）3D海水出口弁の状況

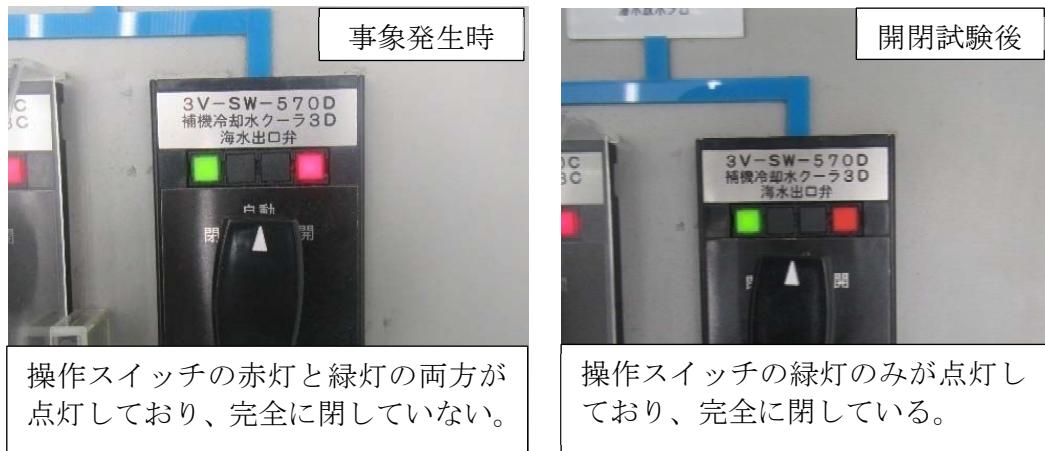
添付資料－3 電動駆動式バタフライ弁構造図

添付資料－4 弁体、シートリングの状況

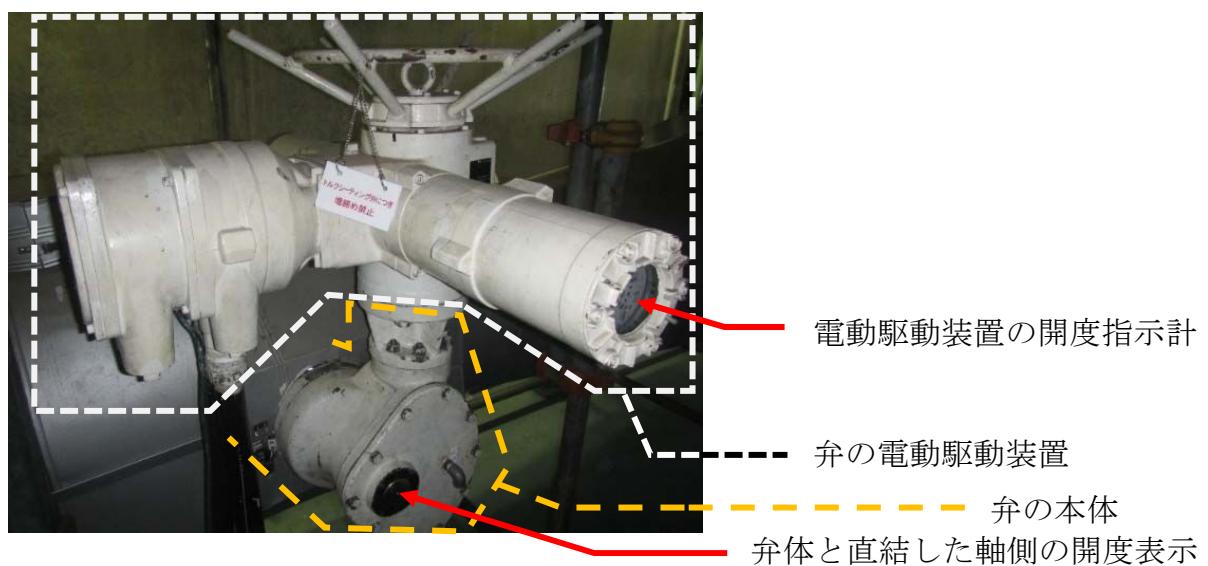
伊方発電所3号機 原子炉補機冷却海水系統 概略図



原子炉補機冷却水クーラ（冷却器）3D海水出口弁の状況



中央制御室 操作スイッチ表示灯



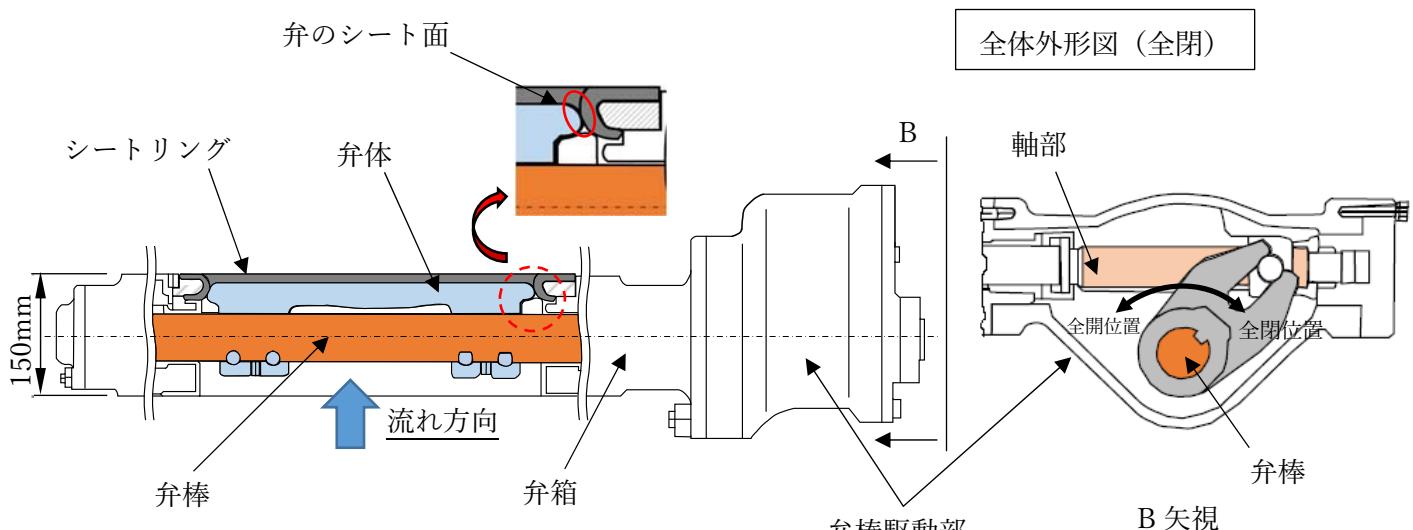
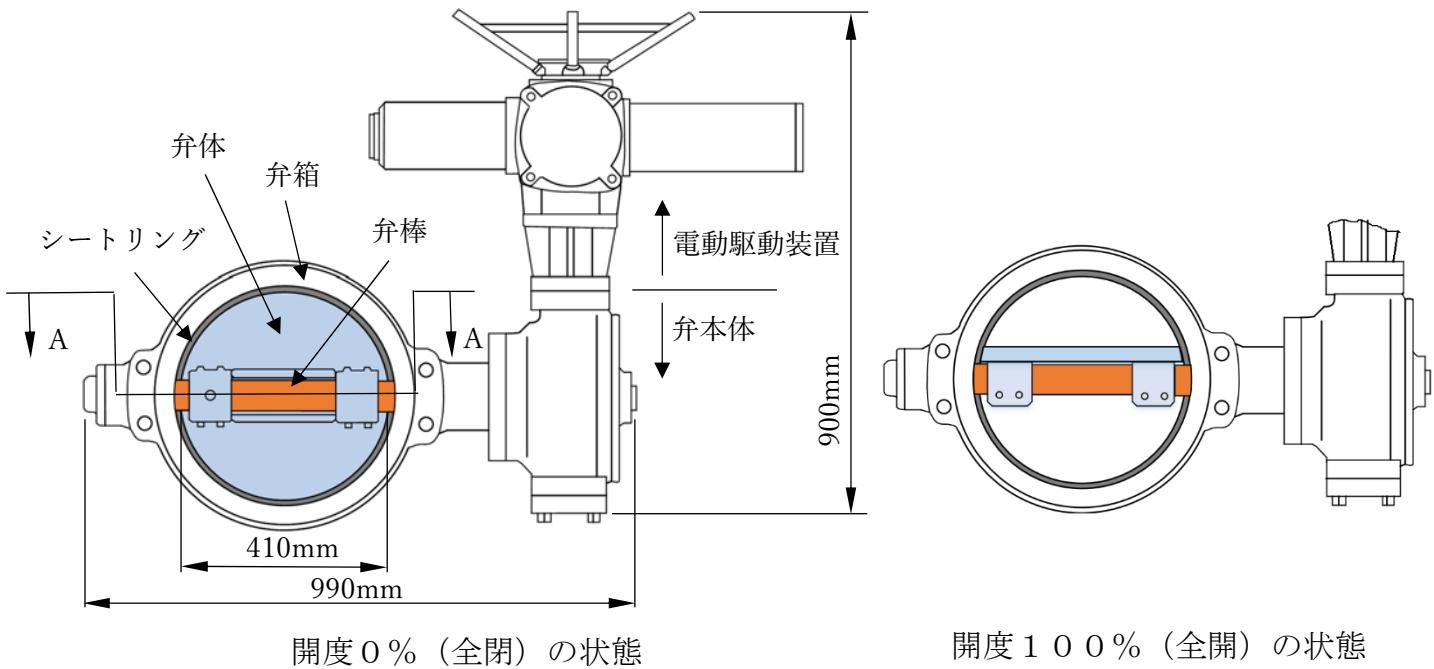
弁の全景

電動駆動装置開度計の状況

	弁体と直結した軸側の開度表示	電動駆動装置の開度指示計
事象発生時		 <p>事象発生時は 5 % 開の状態であった。</p>
開閉試験時（全開）		
開閉試験後（全閉）		 <p>開閉試験により全閉(0 %)となった。</p>

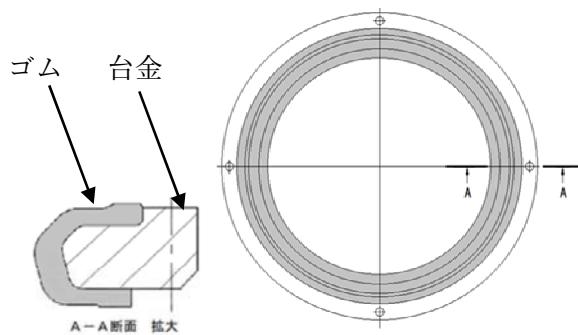
※社名等をマスキングしています

電動駆動式バタフライ弁構造図

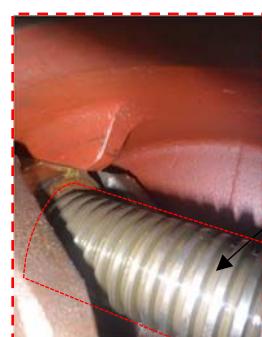


A-A矢視（開度0%全閉状態の状態）

注) 波線部間弁箱を省略し、弁体、弁棒、シートリングを表記している。



シートリング拡大図

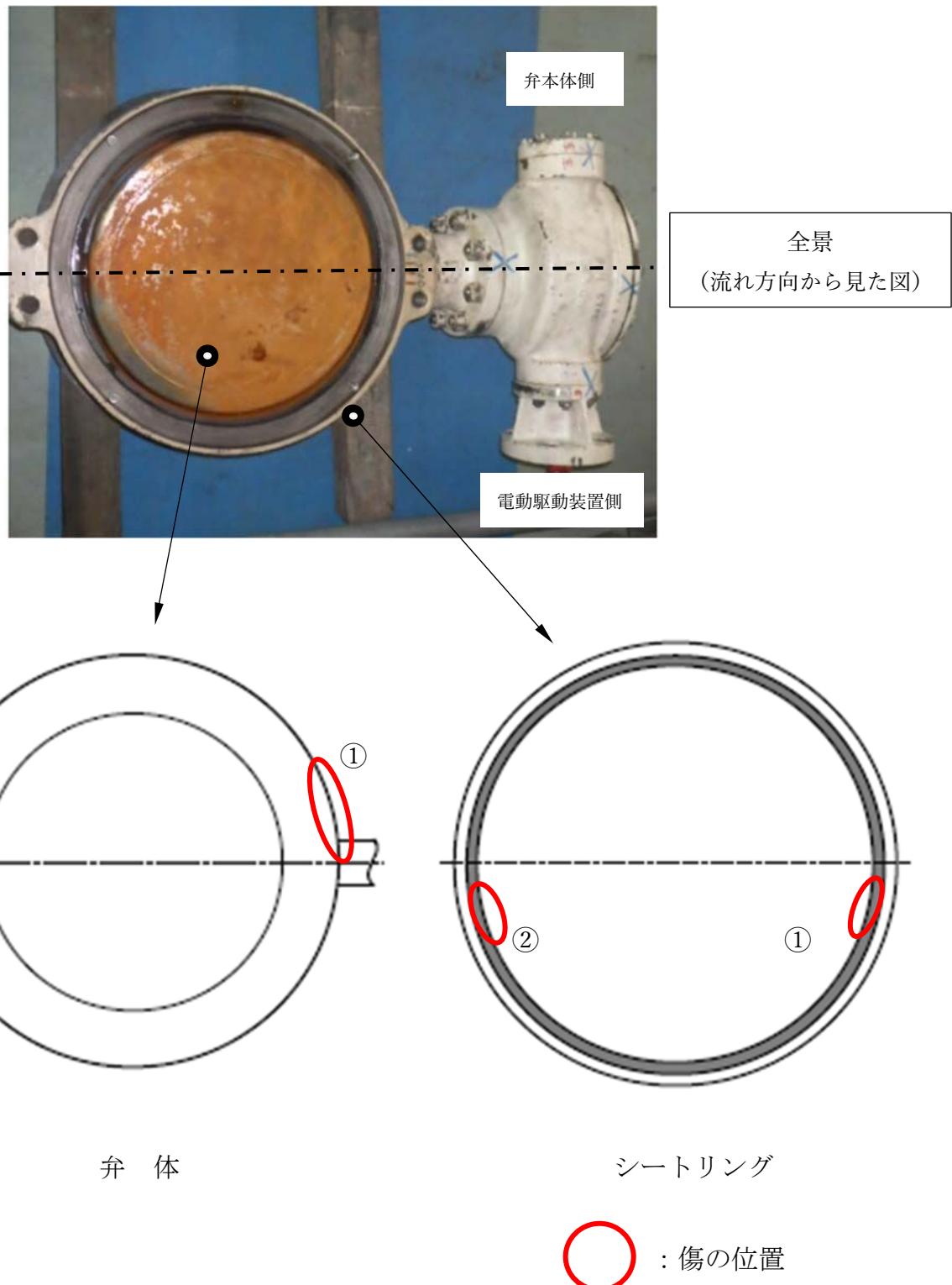


<弁棒駆動部（軸部）>

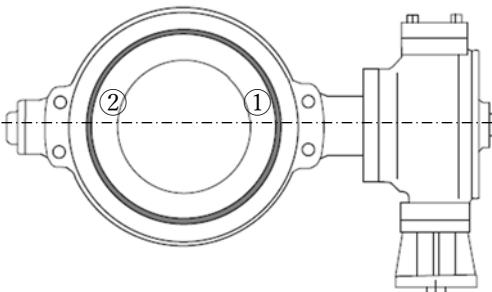
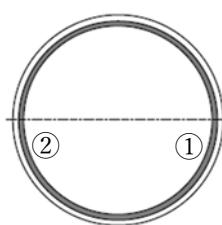
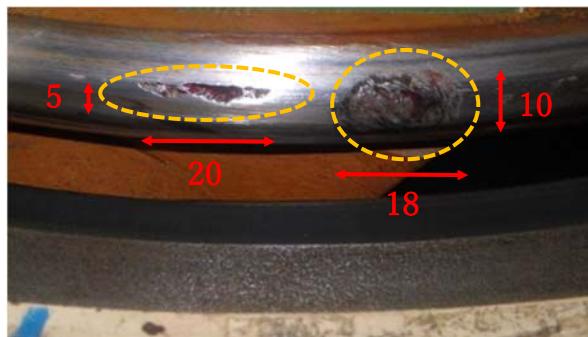
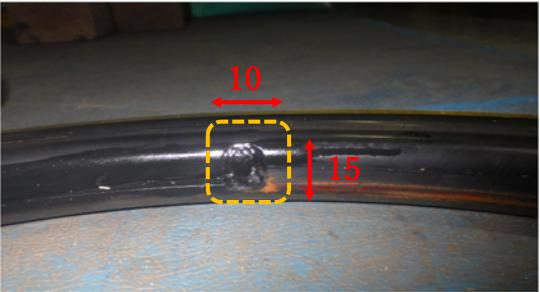
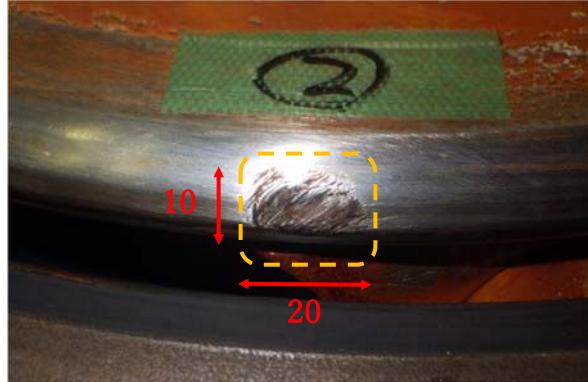
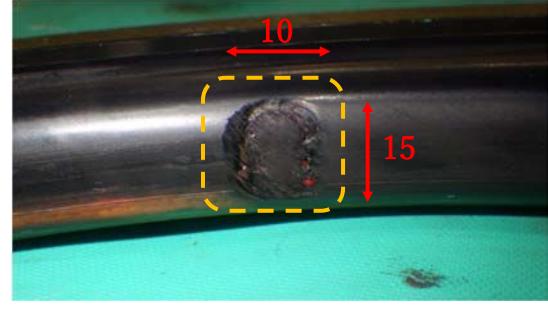
内部の状況写真

弁体、シートリングの状況

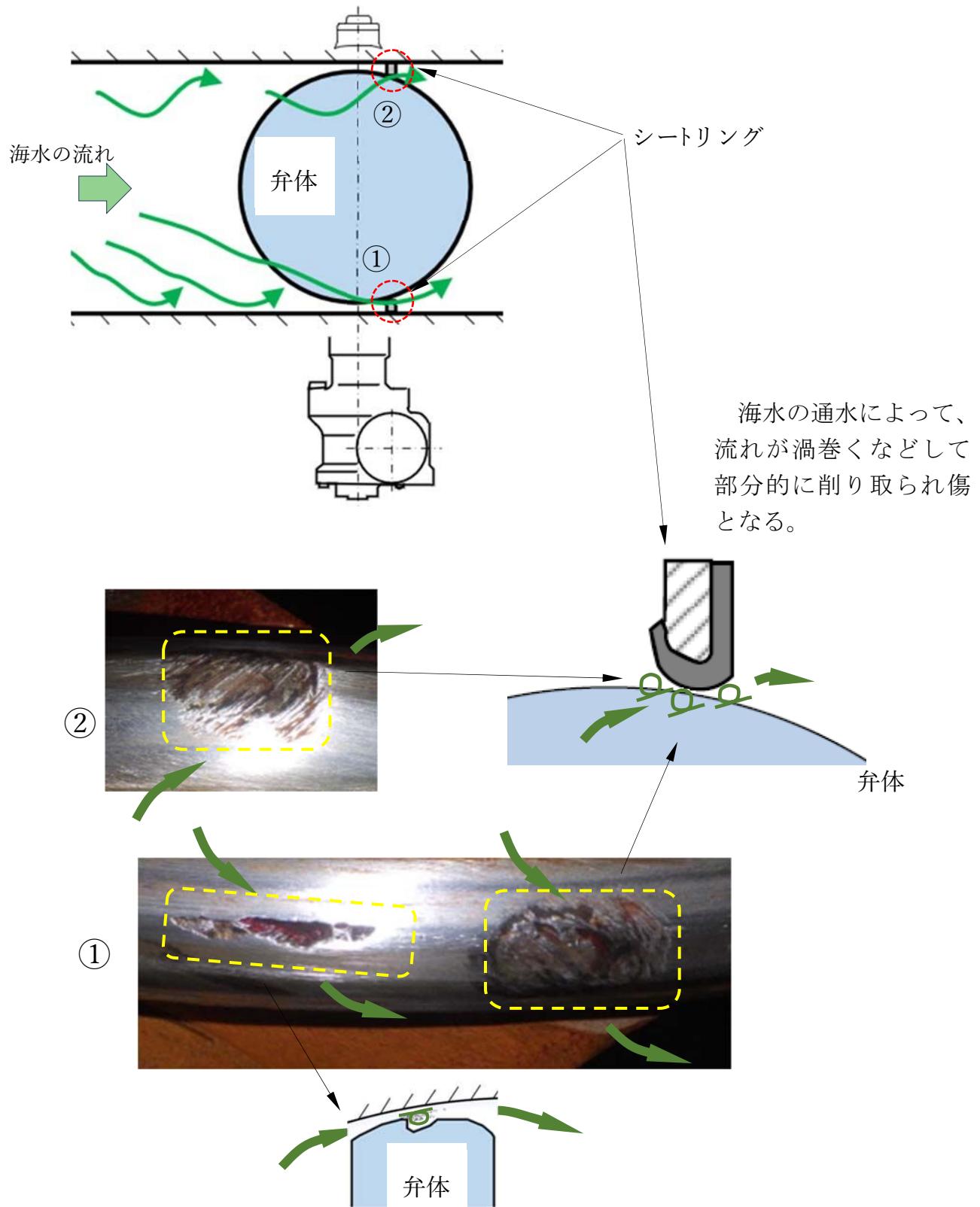
1. 外観



(寸法単位 mm)

当該弁 (D弁)	
弁 体	シートリング
	
①	①
	
②	②
	

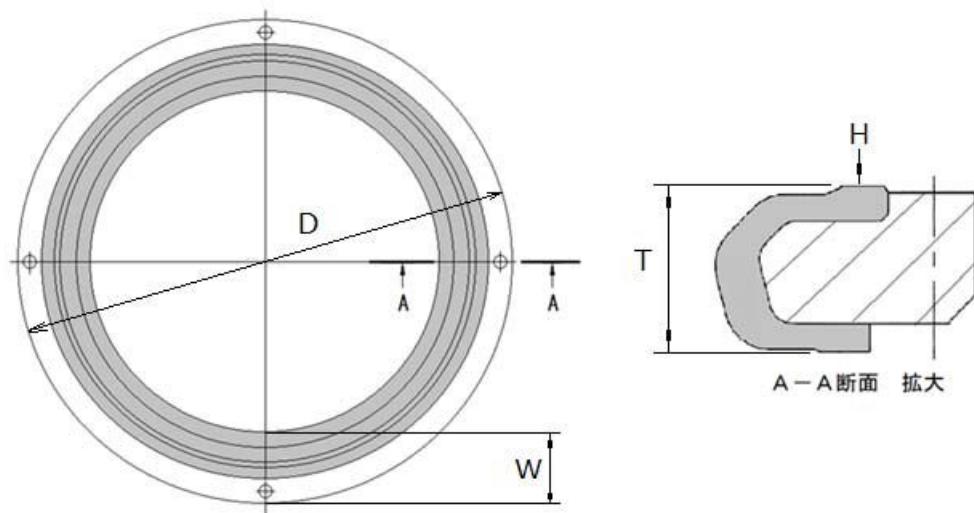
傷の発生メカニズム



## 2. シートリングの測定値

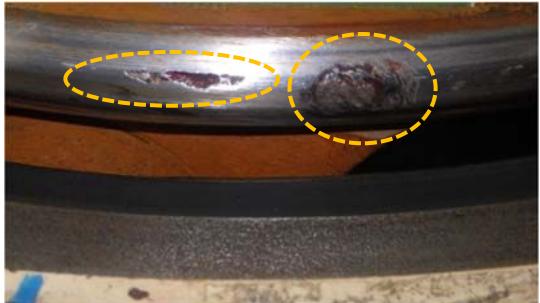
(寸法単位 mm)

測定箇所	外径 D	幅 W	厚さ T	ゴムの硬さ H
規定値	510	50.335	29.8	68
許容値	509.4~ 509.8	—	29.6~ 30.1	65~71
実測値	509.6~ 509.7	50.1~ 50.3	29.6	68



## 3. 前回点検との傷の比較

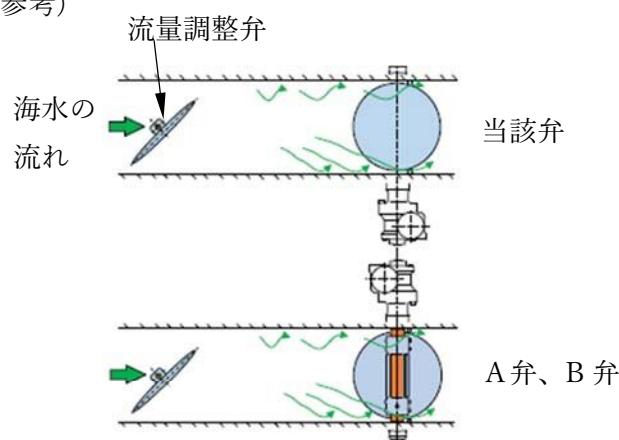
(寸法単位 mm)

当該弁 (D弁) 弁 体		
部位	今回 (令和6年9月)	前回 (令和5年3月)
①		
②		

## 4. 類似箇所の傷の状況

	弁体		シートリング	
	②	①	②	①
当該弁	10 mm×20 mm 10 mm×18 mm	5 mm×20 mm 10 mm×18 mm	15 mm×10 mm	15 mm×10 mm
A弁	6 mm×17 mm	8 mm×20 mm	10 mm×10 mm	10 mm×10 mm
B弁	8 mm×13 mm 4 mm×12 mm	10 mm×15 mm	新品取替のため 旧品記録なし	新品取替のため 旧品記録なし
C弁	傷なし	傷なし	傷なし	傷なし

(参考)



当該弁およびA, B弁は上流側の流量調整弁より 1.1~1.2mの距離に設置しており流れが非常に乱れた状態となっている。一方C弁は流量調整弁より 2.8mの距離に設置されており、流れの乱れが比較的小さい状態となっている。設置場所の違いが傷の発生状況の違いとなっている。

