

伊方発電所第 3 号機
エタノールアミン含有排水生物処理装置からの
苛性ソーダの漏えいについて

令 和 4 年 6 月
四 国 電 力 株 式 会 社

1. 件名

伊方発電所第3号機 エタノールアミン含有排水生物処理装置からの苛性ソーダの漏えいについて

2. 事象発生の日時

令和4年3月23日 11時40分

3. 事象発生の設備

3号機 エタノールアミン含有排水生物処理装置 苛性ソーダ注入ポンプ戻り弁

4. 事象発生時の運転状況

3号機 通常運転中（電気出力924MW）

5. 事象発生の状況

伊方発電所3号機は、通常運転中のところ、3月23日11時40分にエタノールアミン含有排水生物処理装置^{※1}（屋外・管理区域外）の苛性ソーダ貯槽^{※2}付近から苛性ソーダが漏えいしていることを運転員が確認した。

その後、苛性ソーダ貯槽に直接接続されている苛性ソーダ注入ポンプ^{※4}戻り弁からの漏えいを確認したため、当該貯槽の苛性ソーダの抜き取りを行い、3月24日9時30分、保修員が漏えいの停止を確認した。

当該貯槽は、今後使用予定が無いことから、漏えいを確認した弁を取り外し、3月24日13時10分に配管部への閉止板の取り付けを完了した。

漏えいした苛性ソーダ約2.1m³（雨水含む）は、全量防液堤内に留まっており、発電所外への流出はなく、全量回収し、総合排水処理装置で処理することとした。

なお、本事象による周辺設備への影響および環境への放射線の影響はなかった。

（添付資料－1）

※1 エタノールアミン含有排水生物処理装置

2次系水（放射性物質を含まない）を浄化する復水脱塩装置からの排水中に含まれるエタノールアミン^{※3}などを菌による分解作用により処理する装置。エタノールアミンを含む排水の処理は、エタノールアミン含有排水生物処理装置およびエタノールアミン排水処理装置（電解処理）で実施していたが、1, 2号機の廃止に伴いプラントからの排水量が減少したことから、エタノールアミン排水処理装置（電解処理）のみで排水処理する

運用とし、エタノールアミン含有排水生物処理装置は令和4年1月7日より運用停止中となっている。

※2 苛性ソーダ貯槽

エタノールアミン含有排水生物処理装置の排水のpH調整に使用する苛性ソーダの貯槽

※3 エタノールアミン

配管の腐食抑制のための水質調整用薬品で、2次系水（放射性物質を含まない）に注入している。

※4 苛性ソーダ注入ポンプ

エタノールアミン含有排水生物処理装置の排水のpH調整に使用する苛性ソーダを苛性ソーダ貯槽からエタノールアミン含有排水生物処理槽へ注入するポンプ

6. 事象の時系列

3月23日

11時40分 運転員が苛性ソーダ貯槽付近からの苛性ソーダの漏えいを確認

12時01分 現場の立入禁止措置を実施

15時30分 苛性ソーダ貯槽からの抜き取り作業開始

3月24日

9時25分 苛性ソーダ貯槽からの抜き取りおよび防液堤内の苛性ソーダの回収作業終了

9時30分 保修員が漏えい停止を確認

13時10分 配管部への閉止板の取り付けを完了

7. 調査結果

苛性ソーダ注入ポンプ戻り弁から苛性ソーダが漏えいした原因について、以下の調査を実施した。

(1) 弁本体の調査

a. 外観調査

当該弁の外面の目視点検を実施した結果、弁蓋^{※5}の表面塗装にひび割れが確認された。また、表面塗装のひび割れに沿って弁蓋の割れが確認された。表面塗装のひび割れ部および弁蓋の割れ部以外の弁蓋外面にその他の有意な異常はなく、局所的な外力が加わったような形跡もなかった。

(添付資料-2)

※5 弁蓋

弁構成部品の一部で、弁の上部に設置されている蓋。

b. 分解調査

当該弁を分解し、目視点検を実施した結果、ゴム製ダイヤフラム^{※6}に変形が認められ、内部流体が接している側および弁蓋側の一部（同一箇所）に割れが確認され、微小な貫通穴が発生していた。ゴム製ダイヤフラムの厚さ計測において、割れが確認された箇所近傍のゴム製ダイヤフラムの変形（圧縮）量が比較的大きい状況であった。なお、ゴム製ダイヤフラムの内部流体が接している面について、苛性ソーダの影響による異常の有無を確認した結果、ダイヤフラムの変形および割れ以外で有意な劣化は確認されなかった。

弁蓋については、内面から腐食（減肉）が認められ、割れが確認されるとともに、弁蓋の内面およびゴム製ダイヤフラムの弁蓋側に白色の付着物を確認した。

（添付資料－3）

※6 ゴム製ダイヤフラム

弁構成部品の一で、弁内部に取り付けられ、流れる流体の流量調整をしたり流れを止めたりするもの。

c. ゴム製ダイヤフラムの材質確認

ゴム製ダイヤフラムの材質を確認した結果、製作図面どおり天然ゴム製のものが使用されていた。

なお、一般的に天然ゴムの苛性ソーダへの使用は問題ない。

d. 成分分析

弁蓋の内面およびゴム製ダイヤフラムの弁蓋側に存在した白色の付着物について成分分析した結果、C（炭素）、O（酸素）、Na（ナトリウム）、Al（アルミニウム）、Si（シリカ）、Zn（亜鉛）が検出された。このことから、白色の付着物は「苛性ソーダ」および「弁蓋（ADC12^{※7}：アルミニウム合金ダイカスト）が苛性ソーダにより溶かされ溶出したもの」と考えられる。

※7 ADC12（アルミニウム合金ダイカスト）の化学成分

（JIS H 5302：2006より抜粋）

化学成分	Cu	Si	Mg	Zn	Fe	Mn
	1.5～3.5	9.6～12.0	0.3以下	1.0以下	1.3以下	0.5以下
	Ni	Sn	Pb	Ti	Al	
	0.5以下	0.2以下	0.2以下	0.30以下	残部	

(2) 使用状況調査

当該弁は直射日光を受ける屋外に設置され、通常開運用で通液されている。また、聞き取り調査を行った結果、当該弁は苛性ソーダ貯槽の点検時にのみ手動で開閉操作を行っており、設備の健全性に影響を与えるような操作は実施していないことを確認した。

(3) 保守状況の調査

当該弁は平成18年の装置建設以降、約15年間異常は確認されておらず、弁の分解点検や取り替え等の実績はなかった。平成23年に実施した苛性ソーダ貯槽の点検時に隔離操作のため当該弁の開閉操作を実施しており、操作時に特に異常は確認されていない。また、薬品貯槽エリアの巡視点検を毎日実施しており、至近の巡視点検は令和4年3月22日に実施し漏えいはなかった。

なお、発電所内の各設備の点検計画については、設備の重要度等を踏まえ個別に設定しており、当該弁については異常が確認された場合に点検を実施する計画としていた。

(4) 運転状況および系統状況の調査

事象発生時、苛性ソーダ注入ポンプは停止しており、当該弁には苛性ソーダ貯槽の水頭圧である約0.03MPa程度の水圧が継続して加わっていたと考えられる。また、至近の苛性ソーダ注入ポンプの運転は令和3年5月12日であり、ポンプ運転状態および当該弁に異常はなかった。

また、当該弁は苛性ソーダ貯槽に直接接続されている弁であり、漏えい時において早期に系統隔離が困難で、貯槽内の苛性ソーダの抜き取りを実施しなければ弁の点検ができない系統状況であった。

なお、エタノールアミン含有排水生物処理装置は運用停止中であったが、当該弁は通常開運用であり、運用停止に伴う閉止操作も不要であったことから、漏えい発生時においても当該弁は開状態であった。

(5) 類似箇所の調査

エタノールアミン含有排水生物処理装置の当該弁以外の苛性ソーダ系統のダイヤフラム弁(18台)について外観点検を実施した結果、割れ・膨れ・変形等の異常はなく、苛性ソーダの漏えい跡も確認されなかった。

また、エタノールアミン含有排水生物処理装置以外の苛性ソーダを内包する系統のダイヤフラム弁(131台)について外観点検を実施した結果、割れ・膨れ・変形等の異常はなく、苛性ソーダの漏えい跡も確認されなかった。

8. 推定原因

調査の結果、弁蓋の割れ部および表面塗装のひび割れ部以外の弁蓋外面に有意な異常はなく、局所的な外力が加わったような形跡もなかったことより、以下の通り弁蓋に割れが発生し、苛性ソーダの漏えいに至ったと推定する。

- ① 弁蓋の締め付けによりゴム製ダイヤフラムの外周部に圧縮力が加わるが、ゴム製ダイヤフラムについては、割れが確認された箇所近傍の変形（圧縮）量が比較的大きい状況であったことから、弁製作時（納入時）から弁蓋の局所的な締め付け（片締め）状態が発生していた。
- ② 一方で弁開状態のためゴム製ダイヤフラムの中央部はコンプレッサ^{※8}により上部へ引っ張られた状態となり、ゴム製ダイヤフラムの片締め部にさらに負荷がかかる状態となっていた。
- ③ この状態で、長期使用および屋外環境の影響によりゴム製ダイヤフラムの劣化が進行し、微小な傷が割れ（貫通穴の発生）へと進展し、割れ部から弁蓋側へ苛性ソーダが侵入した。
- ④ 侵入した苛性ソーダは弁蓋と化学反応を起こし、徐々に弁蓋内面を腐食（減肉）させ、最終的に弁蓋に割れが発生し、苛性ソーダが漏えいした。

（添付資料－4）

※8 コンプレッサ

弁構成部品の一部で、ダイヤフラムを上下に動かすための、弁棒^{※9}とダイヤフラムを連結するもの。

※9 弁棒

弁構成部品の一部で、駆動部とコンプレッサを連結し、ダイヤフラムを上下に動かせる棒状のもの。

9. 対 策

- (1) 当該弁については、今後、装置の使用予定がないことから、弁を取り外し、閉止板を取り付けた。エタノールアミン含有排水生物処理装置の当該弁以外の苛性ソーダ系統のダイヤフラム弁18台については、今後、装置の使用予定がないことから、系統内の苛性ソーダの抜き取りを実施した。

- (2) 本事象は、貯槽に直接接続されている弁からの漏えいであり、早期に系統隔離が困難な状況であったことを踏まえ、エタノールアミン含有排水生物処理装置以外の苛性ソーダを内包する系統のダイヤフラム弁のうち、点検計画がなく、系統構成上、早期の系統隔離が困難なダイヤフラム弁について、定期的なダイヤフラムの取り替えを伴う分解点検を計画する。

以 上

添 付 資 料

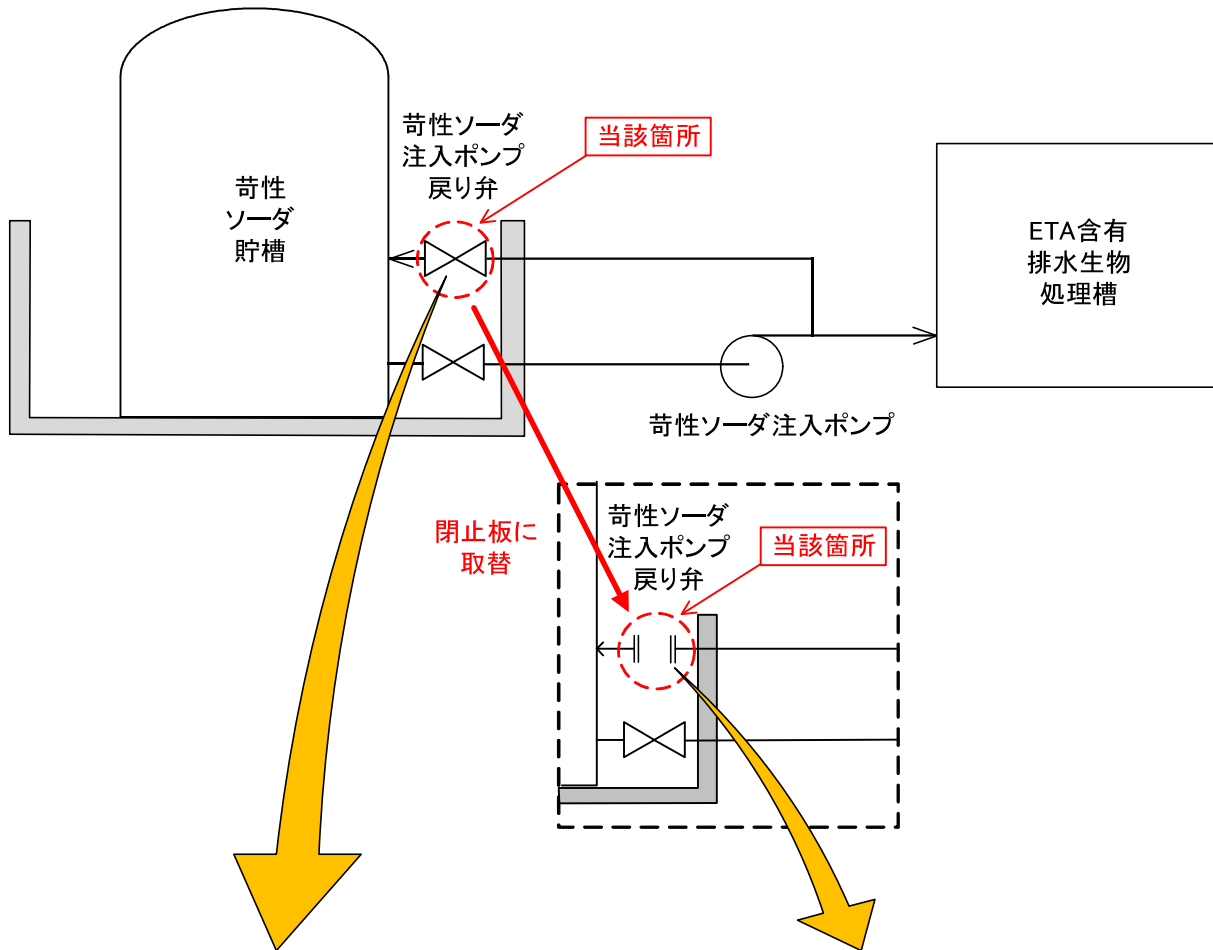
添付資料－1 伊方発電所3号機 エタノールアミン含有排水生物処理装置概略系統図

添付資料－2 外観調査結果

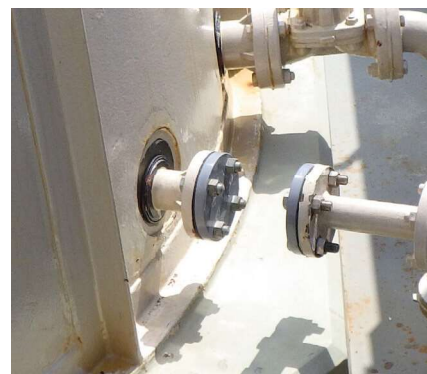
添付資料－3 分解点検状況

添付資料－4 漏えいまでの推定メカニズム

伊方発電所 3号機 エタノールアミン含有排水生物処理装置
概略系統図

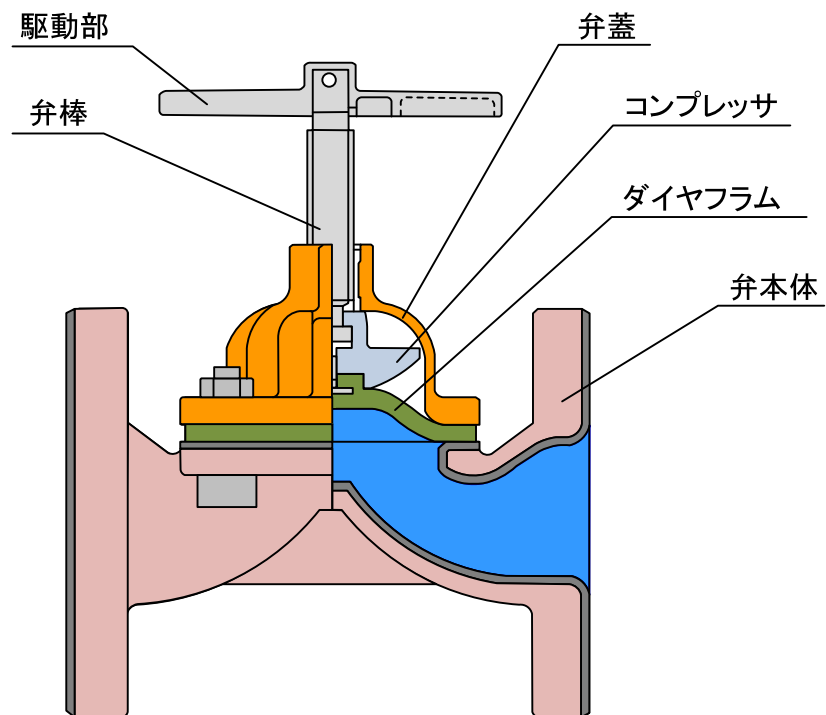
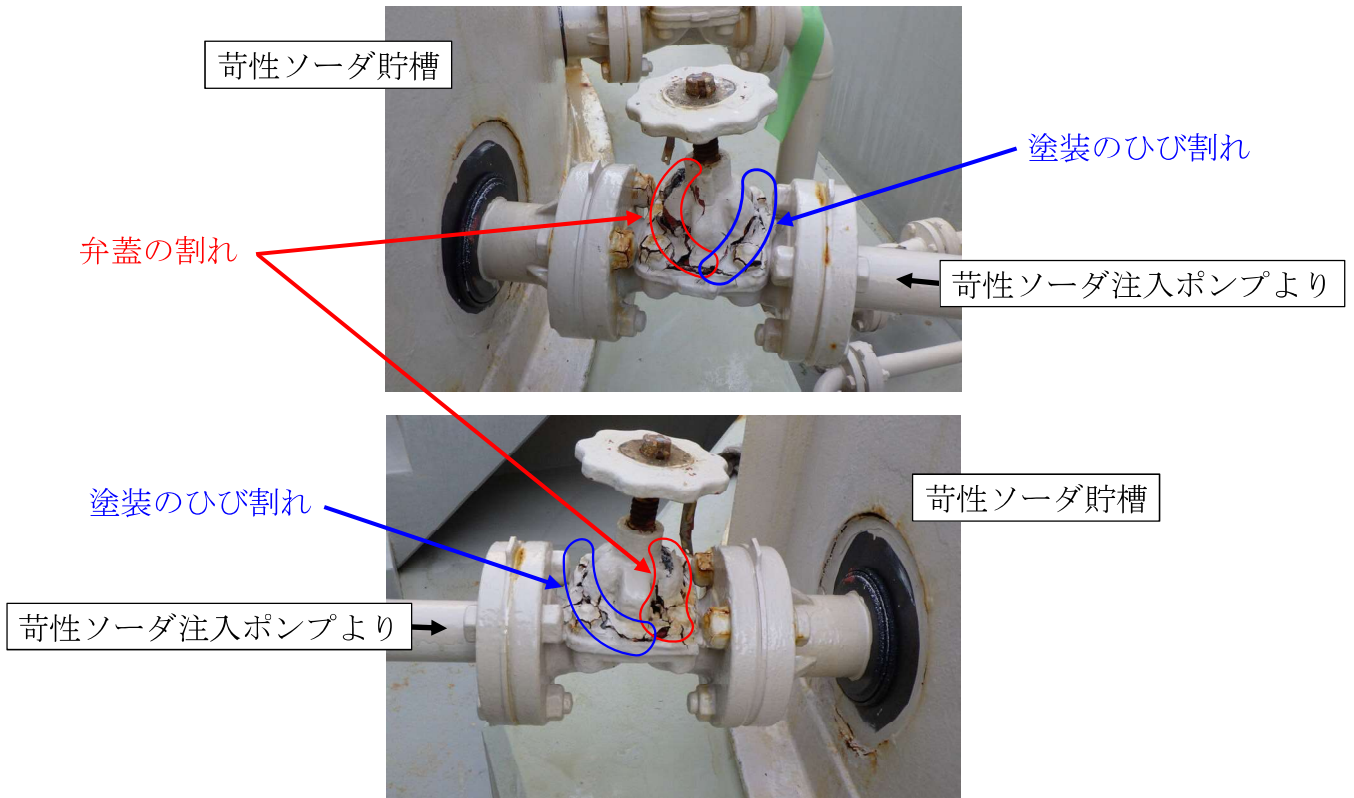


当該箇所



閉止板取付

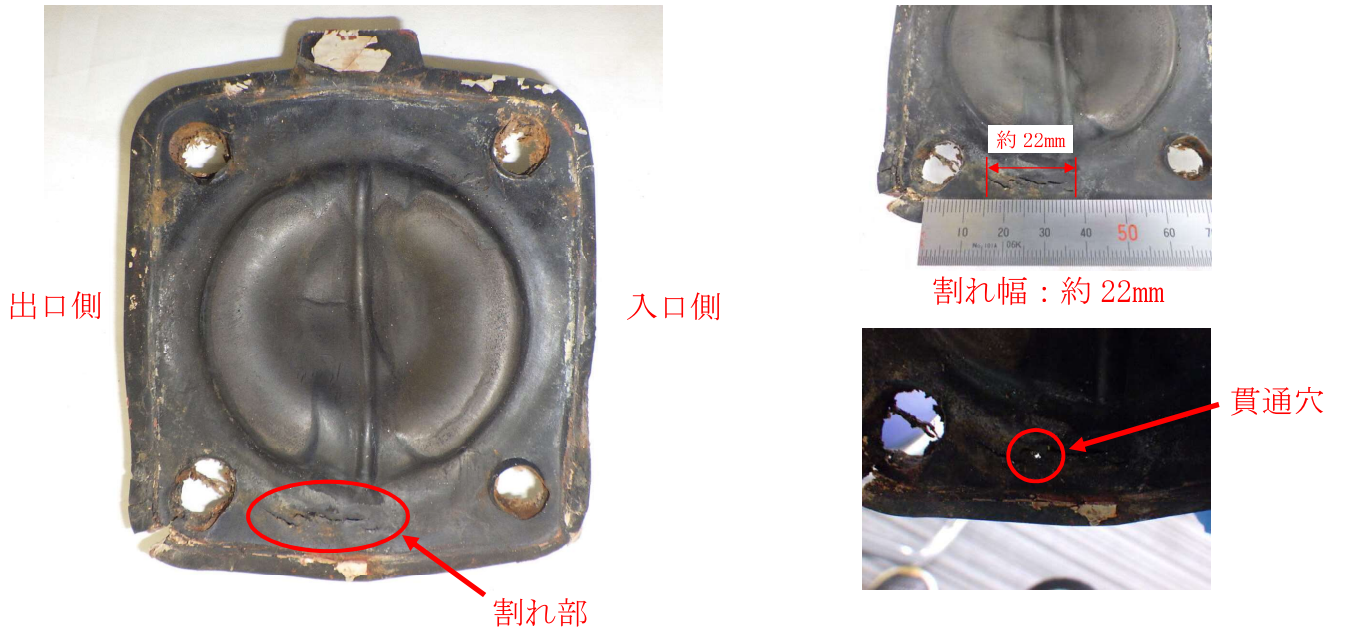
外観調査結果



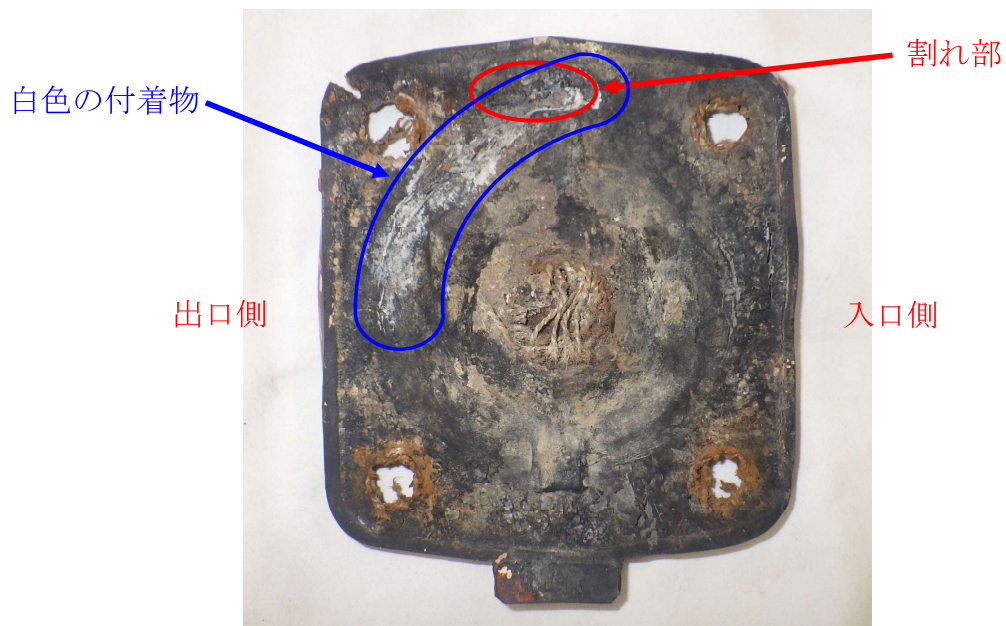
弁の概略構造図

分解点検状況

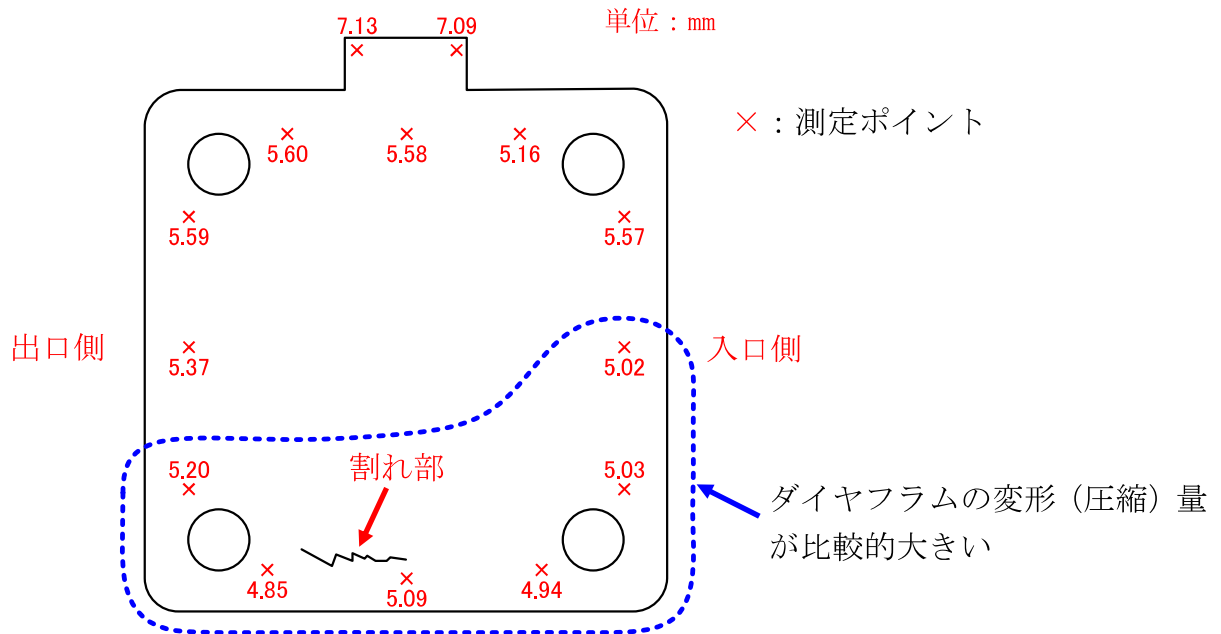
ゴム製ダイヤフラムの状況 (内部流体が接している側)



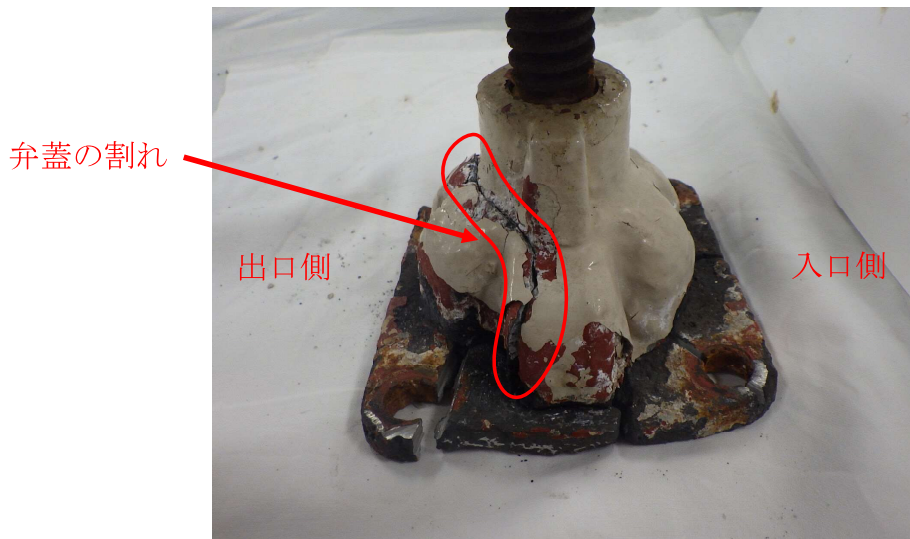
ゴム製ダイヤフラムの状況 (弁蓋側)



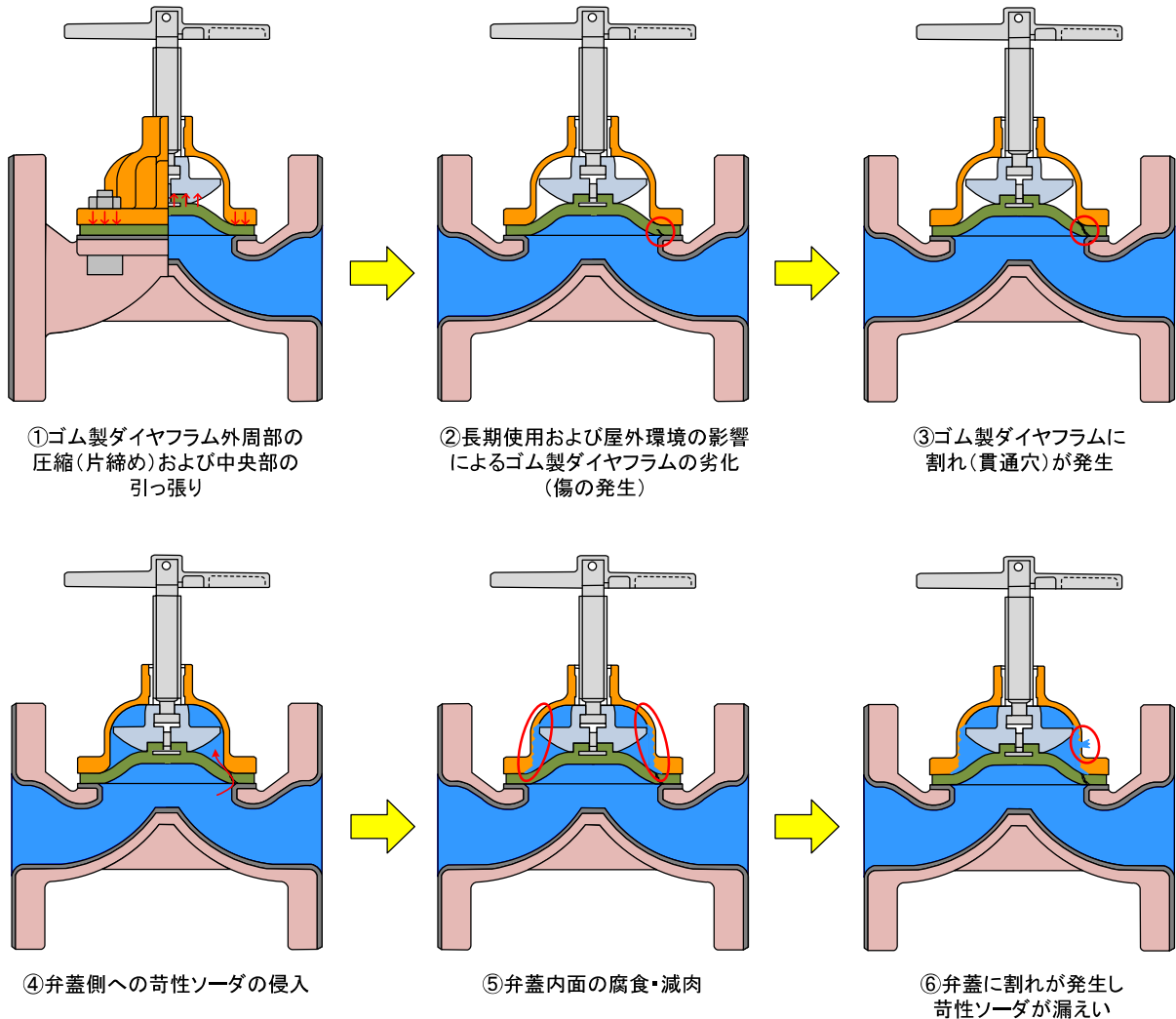
ダイヤフラム厚さ状況



弁蓋の状況



漏えいまでの推定メカニズム



- ① 弁蓋の締め付けによりゴム製ダイヤフラム外周部は圧縮される（局所的な締め付けによる片締めの発生）とともに、弁開状態のためゴム製ダイヤフラムの中央部はコンプレッサにより上部へ引っ張られた状態となる。（片締め部の負荷大）
- ② ①の状態でも長期使用および屋外環境の影響によりゴム製ダイヤフラムが劣化し、微小な傷（亀裂）が生じる。
- ③ ゴム製ダイヤフラムがさらに劣化し、割れ（貫通穴）が生じる。
- ④ 割れ部（貫通穴）から弁蓋側へ苛性ソーダが侵入する。
- ⑤ 苛性ソーダと弁蓋（アルミニウム合金ダイカスト）が化学反応を起こし、徐々に弁蓋内面を腐食（減肉）させる。
- ⑥ 弁蓋内面の腐食（減肉）が進行し、弁蓋に割れを発生させ、苛性ソーダの漏えいが生じる。