伊方発電所第１，２号機
純水装置における苛性ソーダの漏えいについて

平成２６年６月

四国電力株式会社

１．件　名

伊方発電所第１，２号機　純水装置における苛性ソーダの漏えいについて

２．事象発生の日時

平成２６年　４月　８日１０時４０分頃（確認）

３．事象発生の設備

１，２号機　純水装置苛性ソーダ系統

４．事象発生時の運転状況

１号機　第２８回定期検査中

２号機　第２３回定期検査中

５．事象発生の状況

平成２６年４月８日１０時４０分頃、１，２号機の純水装置*1において、運転員が巡視点検中に弁のフランジ部から苛性ソーダが漏えいしていることを確認した。このため、１０時５５分に漏えい箇所を隔離し、漏えいは停止した。

漏えいした苛性ソーダは全量（約４０リットル）を回収し、総合排水処理装置にて処理を実施した。なお、漏えいした苛性ソーダは、純水を製造するために用いるイオン交換樹脂を再生するために使用するものであり、放射性物質を含むものではない。

また、必要な純水量は確保されており、本装置を運転しなくてもプラントへの影響はなかった。

その後、当該フランジ部のガスケットを新品に取り替えし、漏えい試験を実施した結果、当該フランジ部からの漏えいがないことを確認したことから、４月２３日１５時２０分に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周辺環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－１）

＊１　純水装置

プラントで使用する純水（不純物を除去した水）を製造する装置で、イオン交換樹脂を充てんした脱塩塔に通水（不純物を除去したい水とイオン交換樹脂を接触させる）することにより、水中の不純物を除去する。

６．事象の時系列

４月　８日

１０時４０分　　運転員が巡視点検中に漏えい発見

１０時５５分　　漏えい対象弁の前後弁を隔離完了

１１時００分頃　漏えい停止確認
１２時３０分　　漏えいした苛性ソーダのふき取り開始
１４時５５分　　当該弁廻りの苛性ソーダのふき取り終了
１５時４５分　　当該弁のフランジ部の増し締め、緩みなし
１６時０５分　　漏えいした苛性ソーダのふき取り終了（全体）
４月１６日～１８日　当該弁のフランジ部点検
４月２１日　　ガスケットを新品に取り替え
４月２２日　　ポンプ運転により漏えいがないことを確認
４月２３日
１５時２０分　　通常状態で漏えいがないことを確認し、復旧

７．影響調査

苛性ソーダ（２５％濃度）の漏えい範囲は、漏えい個所から、東西方向にそれぞれ最大３m程度、南北方向にそれぞれ最大５m程度であった。なお、漏えい範囲は純水装置のコンクリート床の敷設されているエリア（広さは約２０m×約３０m）内に収まっていた。

８．調査結果

当該フランジ部から漏えいした原因について、以下の調査を行い、要因の検討を実施した。

（1）ガスケットの外観目視点検

当該フランジ部のガスケット（フッ素樹脂製）を外観目視点検および寸法確認した結果、弁入口側ガスケットが著しく変形しているとともにフランジ中心位置から斜め下方向に約７mmずれて取り付けられていた。

なお、弁出口側ガスケットは有意な変形は見られずフランジ中心位置に取り付けられていた。

（添付資料－２）

（2）弁体の外観目視点検

弁体のフランジ部の外観目視点検した結果、有意な変形、割れ等の異常は認められなかった。また、接触面にキズ等の異常は認められなかった。

当該弁の構造*2はボディがフッ素樹脂製で、ボディケースはステンレス鋼製と特殊な構造の弁となっている。ボディのガスケットシール面とボディケースのフランジ面は、構造図では平坦に接する構造であるが、ボディのガスケットシール面が内側にずれている状態（入口側：最大０．４９mm、出口側：最大０．５７mm）を確認した。

当該弁において、過去にフランジ部の増し締めを数回行っており、ボディがフッ素樹脂製でステンレス鋼製より柔らかいため、フランジ増し締めによる圧縮によって内側にずれたものと推測する。

なお、ずれ量はごく僅かであり、接触面も異常は認められなかったことから弁の機能に影響を与えるものではないが、今後、フランジ部の増し締めした場合、ボディのガスケットシール面がさらに内側にずれ、フランジ部の締め代が確保できなくなり、必要な面圧を維持できなくなることが推測される。

＊２　フッ素樹脂製のボディとステンレス鋼製のボディケースを組み合わせた特殊な構造の弁となっており、フッ素樹脂製のボディは、酸性、アルカリ性流体に対して耐腐食性に優れている。

（添付資料－３）

（３）配管の外観目視点検

当該弁の出入口配管（ステンレス鋼製）を外観目視点検した結果、有意な曲がり、傾き等の異常は認められなかった。また、配管のフランジ部についても接触面にキズ等の異常は認められなかった。

（４）当該弁の保守管理状況調査

当該弁の過去の保守状況を調査した結果、当該弁を設置した平成１８年１月から平成２６年４月７日までの期間にフランジ部に苛性ソーダの析出が数回確認されていたが、適宜、分解点検およびシール材の変更による対策を実施している。

当該弁のシール材は、全面形ガスケット*3（天然ゴム製）とＯリング（フッ素樹脂製）の併用で使用していたが、フランジ部に苛性ソーダの析出を確認したため、シール材の締付力が分散し、面圧が低下していると考え、Ｏリング（フッ素樹脂製）のみの使用に変更した。

その後も苛性ソーダの析出を確認し、Ｏリング（フッ素樹脂製）のみではフランジ部の締め代がなく、面圧を維持できないことから全面形ガスケット（フッ素樹脂被膜付ゴム製）に変更した。

全面形ガスケット（フッ素樹脂被膜付ゴム製）に変更して、しばらくの間は苛性ソーダの析出が確認されなかったが、ここ数年で苛性ソーダの析出が確認され、フランジ増し締めを数回行った。

度重なるフランジ増し締めによって、弁体の外観目視点検で確認されたボディのガスケットシール面が内側にずれた状態となり、シール材の面圧が確保できなかったと推測する。

その結果、平成２６年４月７日にボディのガスケットシール面の形状に合わせた特別な形状のリングガスケット*4(フッ素樹脂製)に変更することにより、フランジ増し締めの締め代を残しつつ、シール面の面圧をより確保できる形状のガスケットに変更したが、取り付ける際、フランジ中心の位置決めが必要なガスケットであった。

（添付資料－４）

＊３　全面形ガスケット

ガスケット外径がフランジ外径と等しく、ボルト穴があいているガスケット（ガスケットがフランジ中心位置からずれない形状）

＊４　特別な形状のリングガスケット

標準的なリングガスケットは、ガスケット外径がフランジ締め付け用ボルトの内側に入るガスケットでガスケットがフランジ中心位置からずれない形状であるが、当該弁はボディのガスケットシール面の形状に合わせたガスケットで、中心の位置決めが必要な特別な形状のリングガスケット

（５）当該弁の取り付け手順の調査

ａ．配管のフランジ部を弁のフランジ部に位置合わせし、ボルト、ナット、ガスケットの取り付けは標準作業要領書通りできていたことを聞き取りにより確認した。

ｂ．ガスケットがフランジ中心位置に取り付けられていることを金属製の物差しで確認しながらフランジナットによる締め付けをすることは標準作業要領書通りできていたが、ある程度、締め付けし、ガスケットが固定できた所までしか確認していなかったことを聞き取りにより確認した。

ｃ．締め付けた後にガスケットがフランジ中心位置にあることの確認は実施しておらず、標準作業要領書にもその旨の明確な記載はなかった。

なお、苛性ソーダ等の薬品系統に使用する弁の配管フランジ部の分解および組み立てにおける隙間の測定については、標準作業要領書に「締め代の寸法記録項目がある場合は記録を行い、管理値と比較すること」となっているが、当該弁の作業手順には締め代の寸法記録項目がなかったため、隙間の測定は行っていなかったことを聞き取りにより確認した。

（６）運転履歴の調査

通常運転中およびプラント停止中とも３号機純水装置を主に使用し、１，２号機純水装置については予備として運用をしているため、１，２号機純水装置の運転頻度は通常運転中とプラント停止中でほとんど差はなく、１０日／年程度である。

当該弁の苛性ソーダ系統について、イオン交換樹脂を再生する運転実績を確認したところ、保守管理状況調査の苛性ソーダ析出との関連性がないことを確認した。なお、苛性ソーダ系統が運転していない状態では３時間毎に苛性ソーダ受入タンクの出口弁が自動開閉する系統となっている。

（７）調査結果の考察

以上、漏えいの原因として考えられる要因となる弁体の有意な変形、割れ等および配管の有意な曲がり、傾き等、配管のフランジ部の接触面にキズ等の異

常はなかった。

ボティのガスケットシール面が内側にずれた状態であったことが原因となり、全面形ガスケットでは面圧が確保できず、その対応のため、フランジ中心位置の位置決めが必要な特別な形状のリングガスケットへの変更が必要であったことを確認した。

平成２６年４月７日にガスケットを特別な形状のリングガスケットへ取り替えた際、ガスケットがフランジ中心位置からずれて取り付けられていたことを確認した。

９．類似箇所の調査

当該弁は苛性ソーダ系統および硫酸系統に使用する特殊な構造の弁となっており、同じ型式の弁について確認した結果、３号機ＥＴＡ含有排水生物処理装置[*5]の苛性ソーダ系統に３台、硫酸系統に１台の計４台の類似箇所があり、フランジ部の苛性ソーダまたは硫酸の漏えいおよび苛性ソーダの析出がないことを確認した。

なお、この類似弁４台のフランジ部のガスケットは、全面形ガスケットを使用していることからガスケットがフランジ中心位置からずれない形状である。

また、リングガスケットを使用している配管フランジ部で中心の位置決めを必要とする特別な形状のリングガスケットは、当該弁以外に使用されていないことを確認した。

＊５　ＥＴＡ含有排水生物処理装置

プラント運転中において、２次系統に腐食損傷防止のため注入したＥＴＡ(エタノールアミン)含む排水を系外へ排出できるよう生物分解、処理する装置。

１０．推定原因

調査結果より、今回の苛性ソーダ漏えい事象に至った原因は、平成２６年４月７日にフランジ部で中心の位置決めを必要とする特別な形状のリングガスケットを使用し、取り替えた際、弁入口側ガスケットが約７ｍｍフランジ中心位置からずれて取り付けてしまったため、当該ガスケットのシール面に僅かな隙間ができた状態となった。その後、３時間毎に苛性ソーダ受入タンクの出口弁が自動開閉するため、その繰り返しによる当該系統の内圧の変化により、苛性ソーダがシール面の僅かな隙間から弁体の溝に沿って流れ、外部に漏えいしたものと推定される。

（添付資料－５）

１１．対　策

（１）ボディのガスケットシール面がずれない構造のものに弁本体一式を取り替える。
　また、弁本体一式の取り替えに伴いガスケットシール面がずれない構造とするため、フランジ部のガスケットについては、中心の位置決めを必要としない形状の全面形ガスケットに変更する。

（２）弁本体一式を取り替えるまでの当面の処置として、当該フランジ部のガスケットを新品に取り替え復旧し、漏えいがないことを確認した。

（３）当該フランジ部のガスケット取り替えにあたっては、ガスケット挿入時に正規の位置に容易に取り付けできる器具（以下、「治具」という。）を作成し、ガスケットがフランジ中心位置に取り付けられていることを治具にて確認しながらガスケットを取り付けるとともに、フランジを締め付けた後、ガスケットがフランジ中心位置からずれていないことを厚みがある治具では確認できないため、治具より薄い金属板にて寸法測定を行い、確認した。また、隙間の測定を行い、ガスケットが中心位置で均等に締め付けられていることを確認した。
（添付資料－６）

以　上

添　付　資　料

添付資料－１　　伊方発電所１，２号機　純水装置苛性ソーダ系統周り概略図

添付資料－２　　ガスケットの外観目視点検

添付資料－３　　弁体の外観目視点検

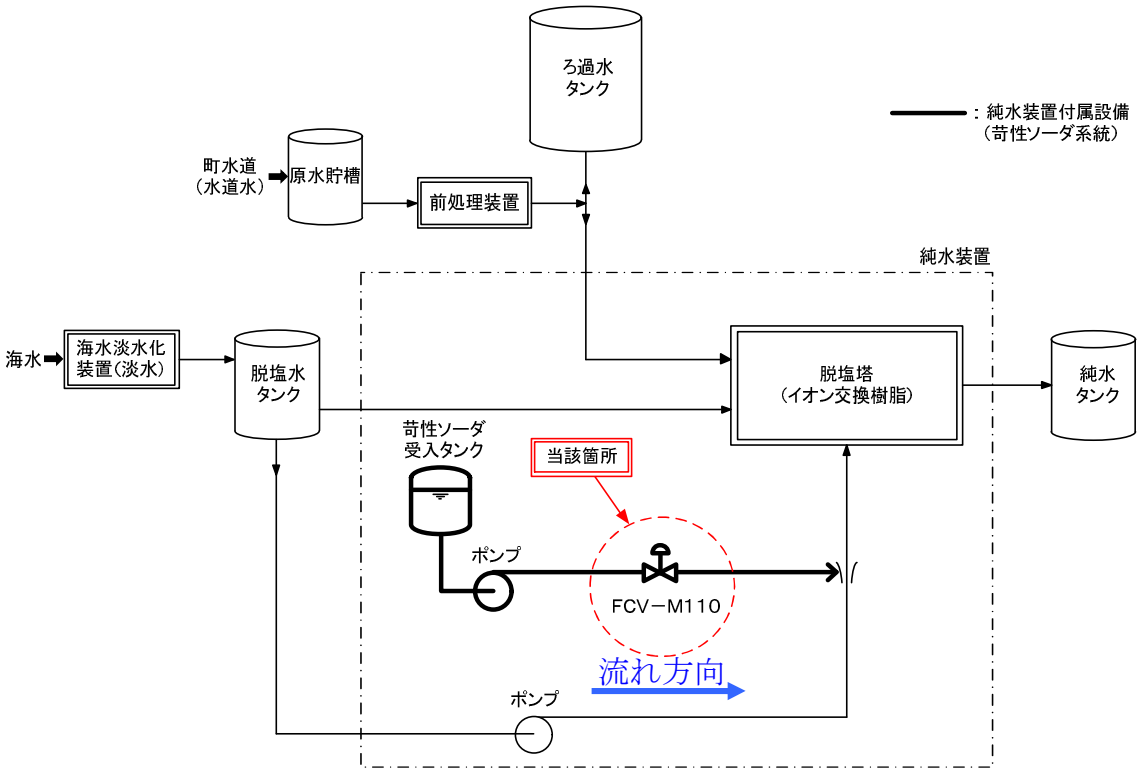
添付資料－４　　当該フランジ部の保守管理状況と考察

添付資料－５　　弁ガスケットずれの推定

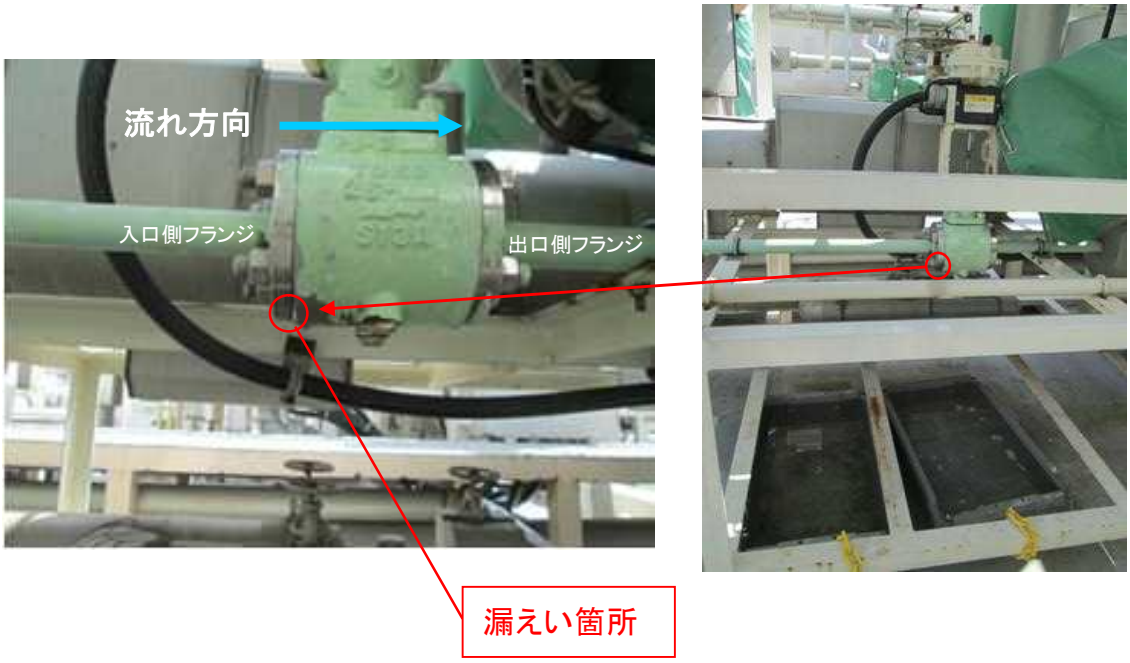
添付資料－６　　フランジ中心位置からのガスケット寸法測定

添付資料－1

伊方発電所１，２号機　純水装置苛性ソーダ系統周り概略図

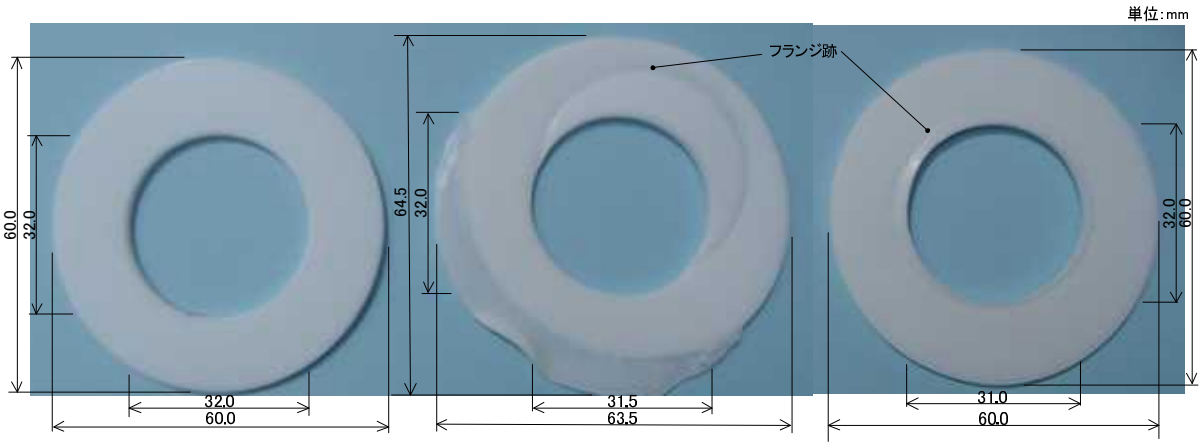


苛性ソーダ漏えい箇所

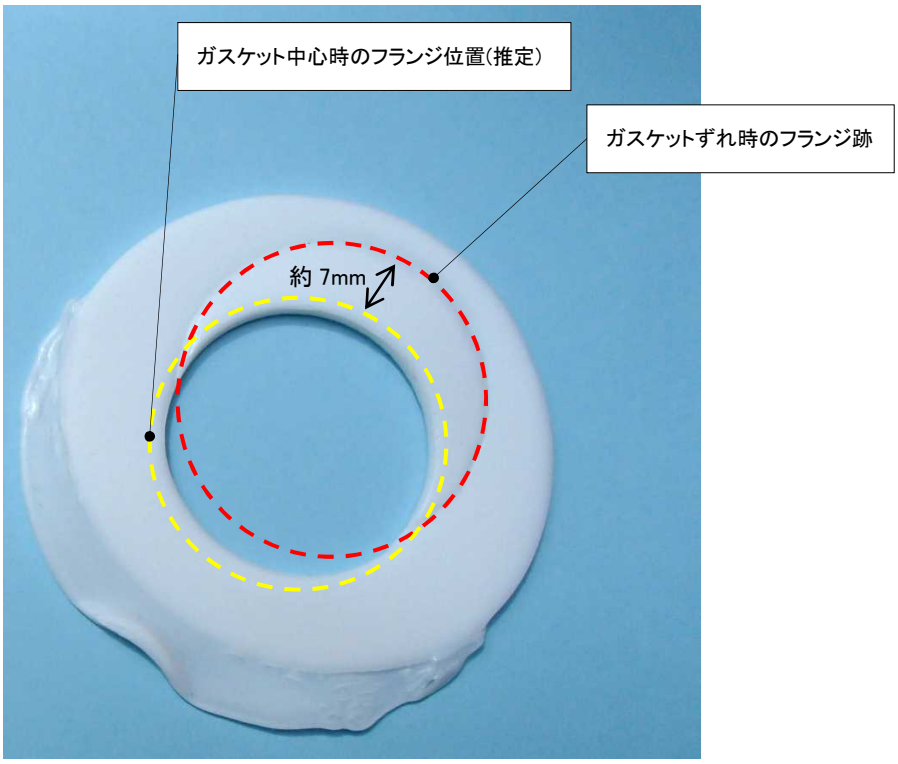


添付資料－2

ガスケットの外観目視点検

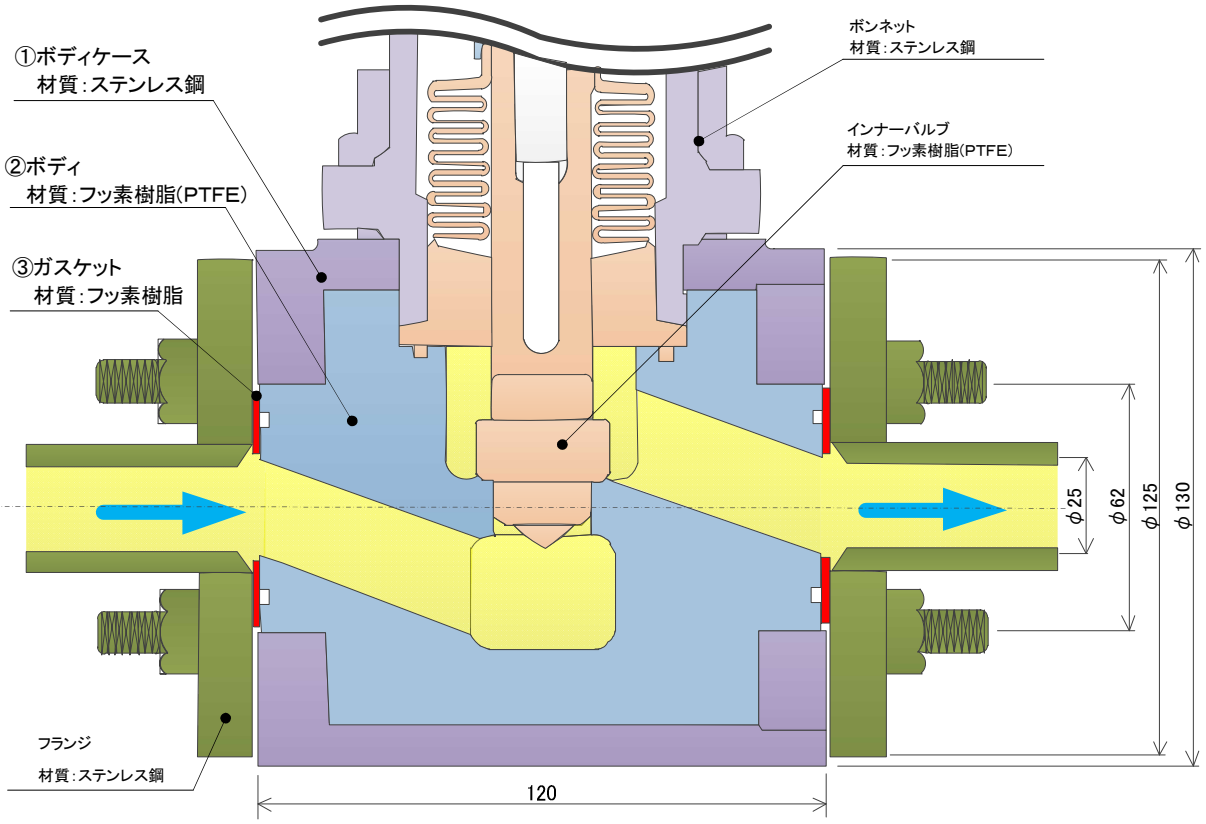


新品ガスケット外観(厚み：2.0mm)　弁入口側ガスケット外観　弁出口側ガスケット外観



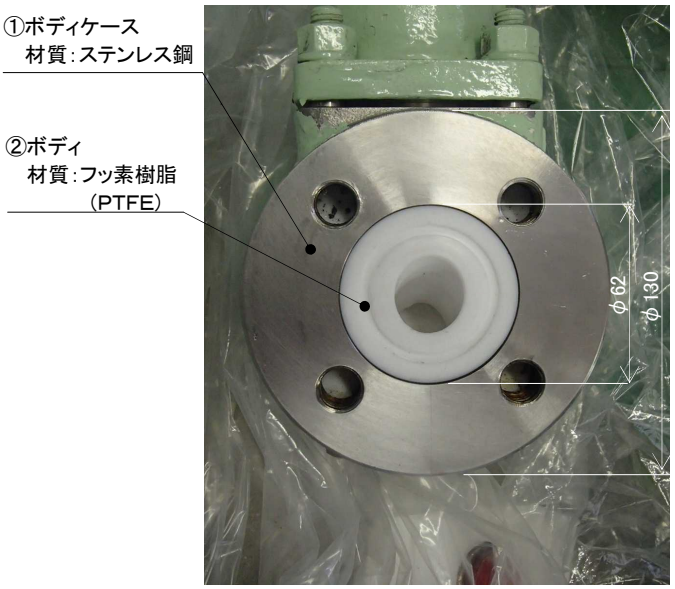
弁入口側ガスケット外観

弁体の外観目視点検（１／２）

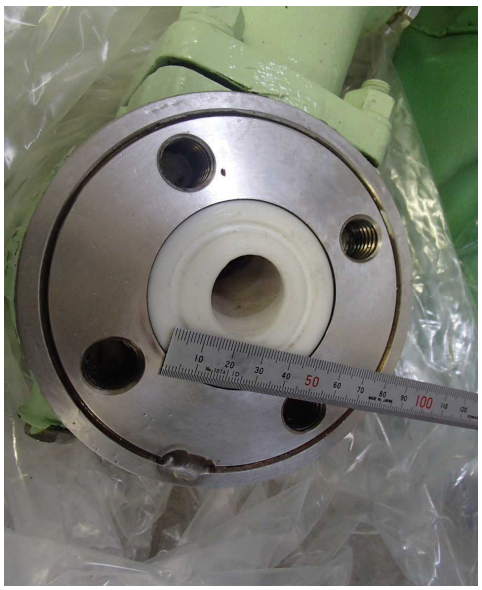


弁断面図

単位：mm



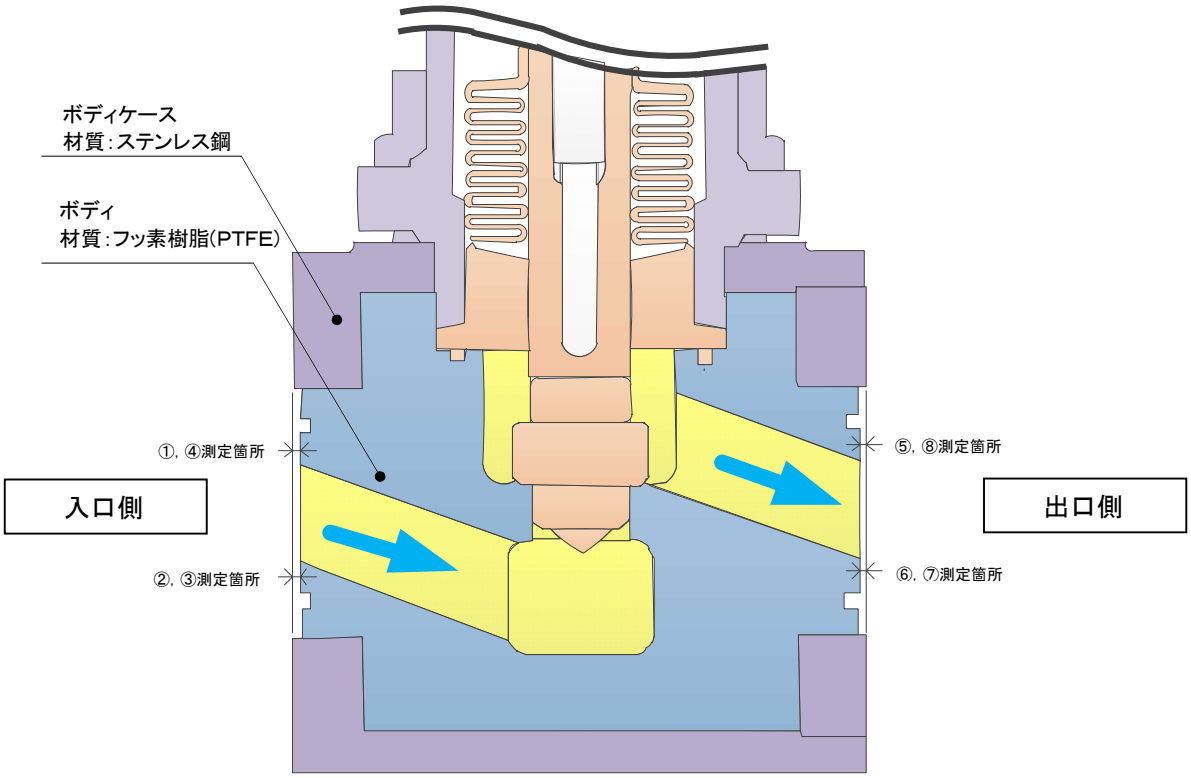
入口側弁体外観



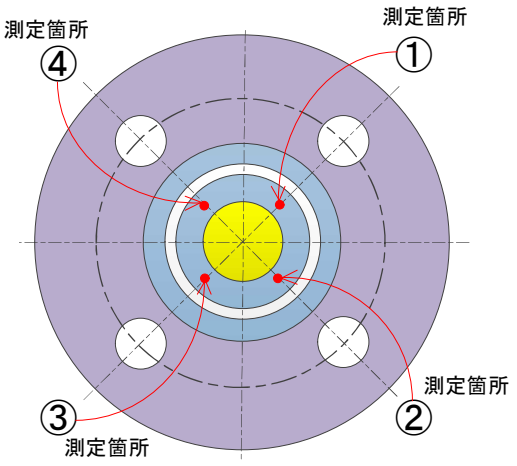
出口側弁体外観

出入口弁体外観

弁体の外観目視点検（２／２）



弁断面図

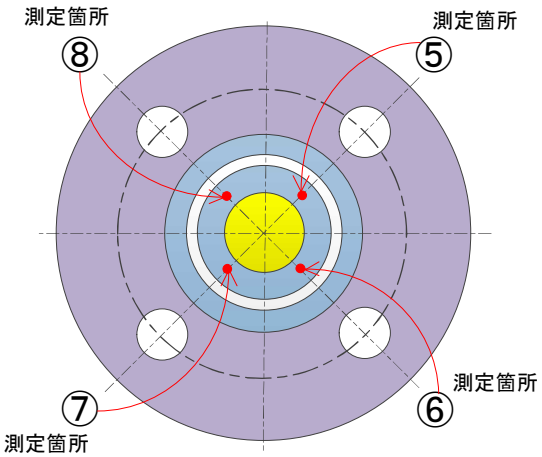


入口側
(入口方向から見たフランジ部)

単位：mm

測定箇所	①	②	③	④
入口側	0.17	0.49	0.30	0.24

入口側ボディ面内周深さ



出口側
(出口方向から見たフランジ部)

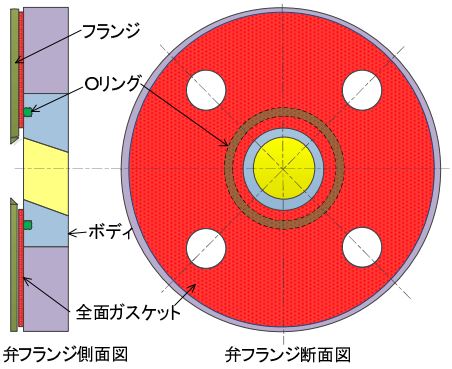
単位：mm

測定箇所	⑤	⑥	⑦	⑧
出口側	0.32	0.49	0.57	0.35

出口側ボディ面内周深さ

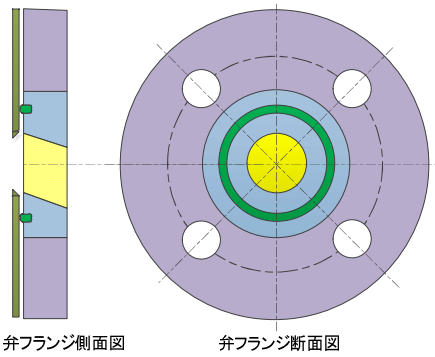
当該フランジ部の保守管理状況と考察（１／２）

①平成 18 年 1 月設置～平成 20 年 2 月



項目	内容
シール材の形状 （材質）	全面ガスケット(天然ゴム製)と Oリング(フッ素樹脂製)の併用
フランジ部の 状況と処置	弁のフランジ部に苛性ソーダの析出を確認したため、 全面形ガスケットは使用せず、O リングのみ取り替え復旧、その後析出は確認されなかった。(平成 20 年 2 月)
現状での考察	○:締め代はある。 △:シール材の併用により締付力が分散し面圧が低下している。 ○:シール材はフランジ中心位置からずれない形状である。

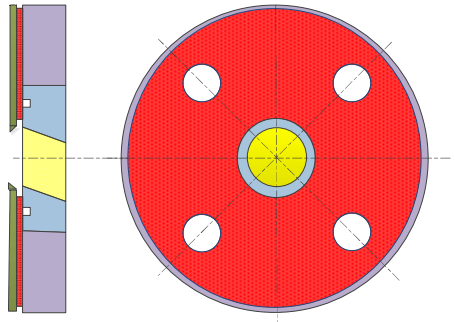
②平成 20 年 2 月～平成 20 年 12 月



項目	内容
シール材の形状 （材質）	Oリング(フッ素樹脂製)
フランジ部の 状況と処置	弁のフランジ部に苛性ソーダの析出を確認したため、 Oリングのみのシールでは析出が改善されないことからOリングは使用せず全面形ガスケットに変更、その後析出は確認されなかった。(平成 20 年 12 月)
現状での考察	△:締め代はない。 △:Oリングのみでは締め代がなく面圧が低下している。 ○:シール材はフランジ中心位置からずれない形状である。

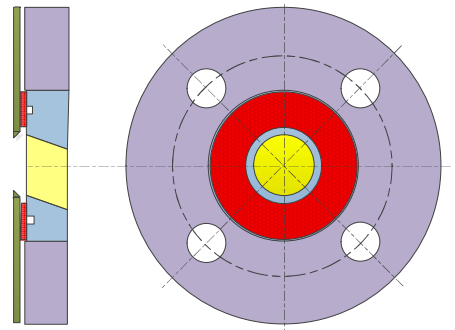
当該フランジ部の保守管理状況と考察（２／２）

③平成 20 年 12 月～平成 26 年 4 月 6 日


弁フランジ側面図　弁フランジ断面図

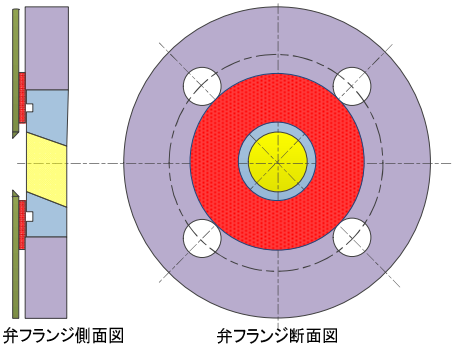
項目	内容
シール材の形状 （材質）	全面形ガスケット(フッ素樹脂被膜付ゴム)
フランジ部の 状況と処置	・ガスケットの状況確認のため、弁の分解点検を実施し、異常がないことを確認した。(平成 21 年 12 月) ・弁のフランジ部に苛性ソーダの析出を確認したため、フランジ部を増し締めし、その後析出は確認されなかった。 1 回目:(平成 22 年 2 月) 2 回目:(平成 25 年 4 月) 3 回目:(平成 26 年 2 月 17 日) ・全面形ガスケットに変更してから苛性ソーダの析出が 3 回確認されたことを受け、ボディのガスケットシール面の形状に合わせた特別な形状のリングガスケットに取り替えた。
現状での考察	○:締め代はある。 △:フランジ部の増し締めによりボディが内側へずれ、シール材の面圧が維持できない。 ○:シール材はフランジ中心位置からずれない形状である。

④平成 26 年 4 月 7 日


弁フランジ側面図　弁フランジ断面図

項目	内容
シール材の形状 （材質）	フランジ中心の位置決めが必要な形状のリングガスケット(フッ素樹脂製)
フランジ部の 状況と処置	ガスケット取り替え後に漏えいは確認されなかった。 (平成 26 年 4 月 7 日)
現状の考察	○：締め代はある。 ○：ガスケットへ締付力が均等にかかるためシール面の面圧が維持できる。 △:シール材はフランジ中心の位置決めが必要な形状である。

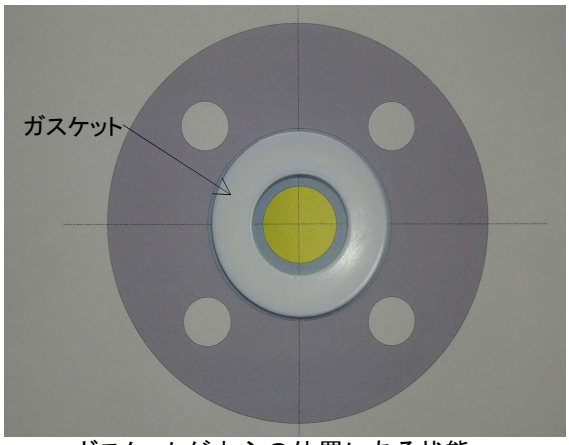
【標準的なリングガスケット(参考)】


弁フランジ側面図　弁フランジ断面図

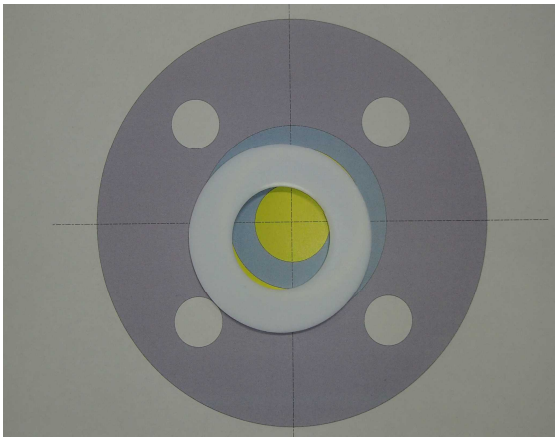
項目	内容
シール材の形状 （材質）	フランジ中心位置からずれない形状の標準的なリングガスケット（ー）
現状の考察	○:締め代はある。 △:ボディが内側へずれたことによるシール面の面圧が維持できない。 ○:シール材はフランジ中心位置からずれない形状である。

添付資料－5

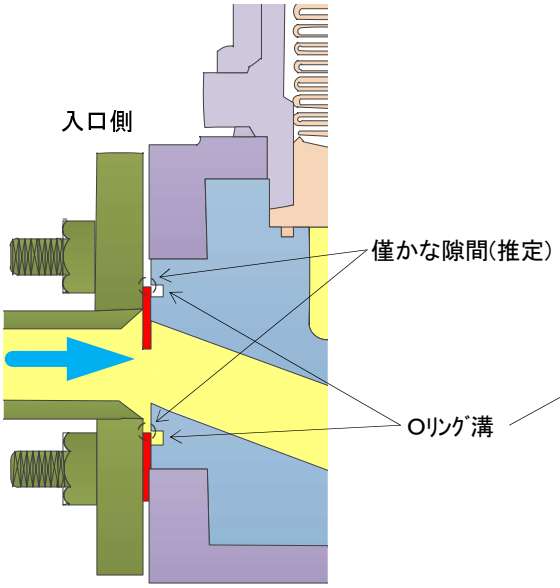
弁ガスケットずれの推定



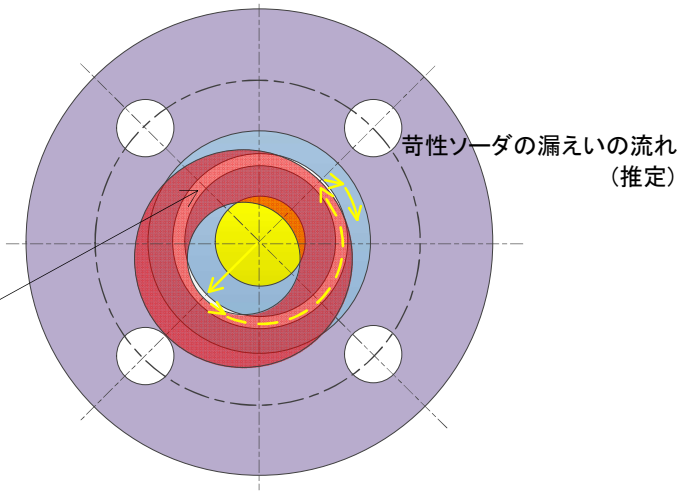
ガスケットが中心の位置にある状態
（入口方向から見た写真）



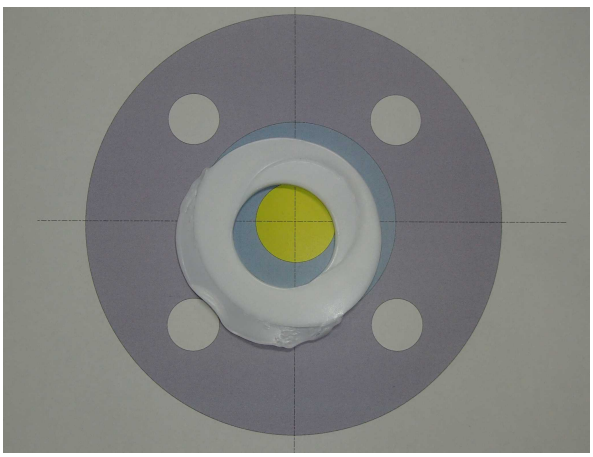
４月７日ガスケット取り付け後の状態(推定)
（入口方向から見た写真）



４月７日ガスケット取り付け後の弁断面図



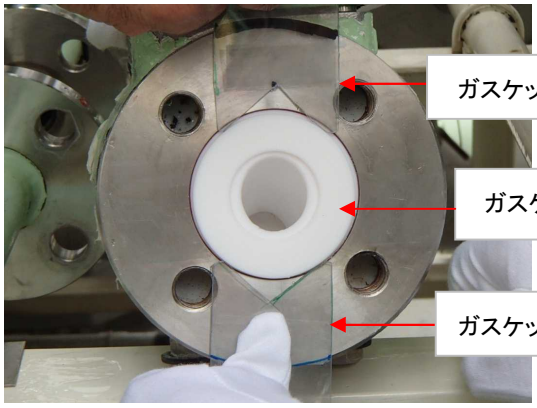
苛性ソーダの漏えい経路（推定）



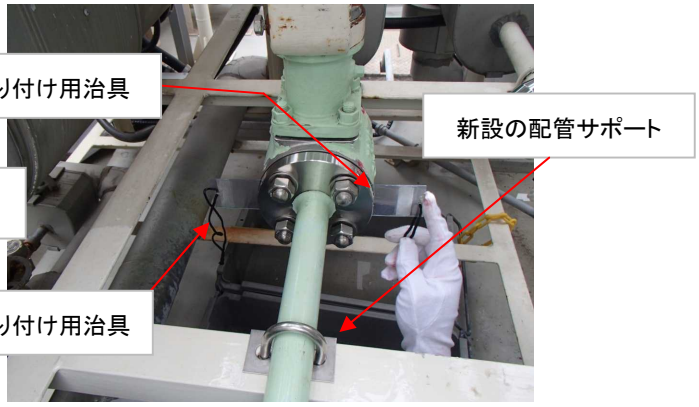
４月８日フランジ部の増し締め後の状態（入口方向から見た写真）

添付資料－6

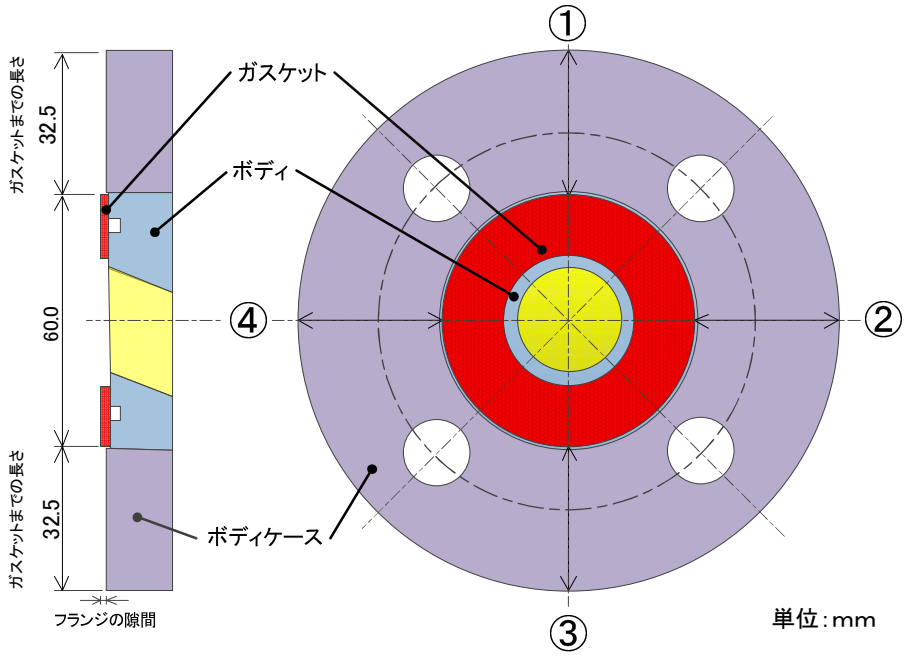
フランジ中心位置からのガスケット寸法測定



入口側フランジガスケット取り付け前の状態



入口側フランジガスケット取り付け時の状態



※測定箇所：フランジ外形面を基準にガスケットまでの長さおよび隙間を測定

単位：mm

	部位	①	②	③	④
ガスケットまでの長さ	入口側ガスケット	32.5	33.0	34.0	32.0
	出口側ガスケット	32.5	32.0	32.5	32.5
フランジの隙間	入口側ガスケット	0.40	0.40	0.40	0.40
	出口側ガスケット	0.40	0.40	0.40	0.40