

立 コ ミ 本 第 2 1 号  
平 成 3 0 年 5 月 1 5 日

佐 賀 県 知 事  
山 口 祥 義 様

九 州 電 力 株 式 会 社  
代 表 取 締 役 社 長 瓜 生 道

玄海原子力発電所4号機

1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフ流量増加について

拝啓 時下ますますご清祥のこととお喜び申し上げます。

かねてから当社事業につきましては、格別のご高配を賜り厚くお礼申し上げます。

さて、平成30年5月3日に確認された、第11回定期検査中の玄海原子力発電所4号機1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフ流量増加につきまして、調査を行い、別紙のとおり取りまとめましたので、「原子力発電所の安全確保に関する協定書」第5条第5号に基づき、ご報告申し上げます。

今後とも原子力発電所の安全確保に万全を期してまいる所存でございますので、一層のご指導を賜りますようお願い申し上げます。

敬 具

## 玄海原子力発電所4号機

# 1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフ流量 増加について

平成30年5月

九州電力株式会社

1. 事象発生の日時

平成30年5月3日 13時10分

2. 事象発生の場所

玄海原子力発電所 4号機

3. 事象発生の状況

玄海原子力発電所4号機は、1次冷却材系統漏えい検査(以下、RCS漏えい検査という)準備のうち1次冷却材ポンプの試運転準備を行っていたところ、5月2日16時10分頃に4B及び4D1次冷却材ポンプの「RCPシール廻り流量注意(RCP No.2シールリークオフ流量高)」の警報が発信したため、4B及び4D1次冷却材ポンプNo.2シールまわりの系統確認等を実施した結果、5月3日10時50分頃、4B及び4D1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフ流量が増加していると判断した。

このため、通常でも行うシール状態改善のための調整作業を実施したが、No.2シールのシール性が改善しなかったことから、5月3日13時10分に起動工程を一旦止め、ポンプシール部の点検を行うこととした。

なお、本事象による系統外への1次冷却材の漏えいや環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料 - 1 ~ 3 , 11)

(時系列)

- |           |  |
|-----------|--|
| 4月21日     | 燃料装荷開始   |
| 4月24日     | 燃料装荷完了   |
| 4月25日     | 原子炉容器組立開始  |
| 5月 1日     | 原子炉容器組立完了  |
|           | RCS漏えい検査準備開始   |
|           | 1次冷却材ポンプ試運転準備開始  |
| 5月 2日     |  |
| ・ 16時10分頃 | 4B及び4D1次冷却材ポンプの「RCPシール廻り流量注意(RCP No.2シールリークオフ流量高)」警報発信 |
| 5月 3日     |  |
| ・ 10時50分頃 | 4B及び4D1次冷却材ポンプNo.2シールリークオフ流量の増加と判断                     |
| ・ 11時08分  | 4B及び4D1次冷却材ポンプ調整作業開始                                   |

- ・ 11時22分 4 B及び4 D 1次冷却材ポンプ調整作業終了
- ・ 13時10分 4 B及び4 D 1次冷却材ポンプの点検実施決定
- 5月 5日 シール部点検・調査開始
- 5月15日 シール部点検・調査完了

なお、4 A 1次冷却材ポンプについては、5月3日の1次冷却材系統降圧時、一時的にNo.2シールリークオフ流量が増加する事象が確認されたため、4 A 1次冷却材ポンプのシール部の点検を行うこととした。

また、4 B及び4 D 1次冷却材ポンプと同様の傾向が確認されなかった4 C 1次冷却材ポンプについても、念のためシール部の点検を行うこととした。

#### 4．状況調査結果

##### (1) 事象発生時の状況

1次冷却材ポンプ試運転準備のためNo.2シールへのパージ水を約30ℓ/hの流量で供給していたところ、5月3日10時50分頃、通常であればパージ水流量と同じ約30ℓ/hとなる4B及び4D1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフ流量が、70ℓ/h(指示計の計測範囲の最大値)を指示していたため、流量が増加していると判断した。

No.1シールは、封水注入ラインとNo.1シール封水戻りラインとの差圧を示すNo.1シール差圧が通常範囲内であったことから、正常に機能していた。

(添付資料 - 4)

##### (2) シール状態改善のための調整作業

4B及び4D1次冷却材ポンプのNo.2シールのシール状態を改善するため、オイルリフトポンプの起動停止、ハンドターニングを実施したが、No.2シールのシール状態は改善しなかった。

##### (3) No.2シールリークオフ水の分析

4B及び4D1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフ水の分析を行った結果、通常パージ水には含まれないほう素が検出されたことから、封水注入ラインからの注水が、No.2シールリークオフラインに流れていることを確認した。

(添付資料 - 4)

##### (4) No.2シールリークオフ流量計の調査

4B及び4D1次冷却材ポンプのNo.2シールリークオフラインについては、燃料装荷開始前に通水確認を行い、No.2シールリークオフ流量がパージ水流量の変動と一致していたことから、No.2シールリークオフ流量計の誤指示ではないことを確認した。

##### (5) 運転操作履歴調査

4B及び4D1次冷却材ポンプのシール組込み後から事象発生までの運転操作のうち、No.2シールに影響を与える運転操作履歴を調査した結果、以下の運転操作が、運転基準等に定められた手順に従い適切に実施していることを確認した。

4B及び4D1次冷却材ポンプは、シール組込み後の3月20日に、

パージ水ラインの配管洗浄（フラッシング）を実施し、3月28日、4月4日、4月11日及び4月18日に、パージ水ヘッドタンクから連続的な通水により、パージ水ライン及びNo.2シールリークオフラインの空気抜きを実施した。

この空気抜きでは、4月18日の時点でパージ水ライン及びNo.2シールリークオフラインの流量計の指示値が計器誤差範囲の値となったが、新規制基準適合後の初めての再稼働にあたって万全を期すため、4月27日にスタンドパイプベント弁による満水操作を通常よりも長時間実施し、その後、パージ水ライン及びNo.2シールリークオフラインを5月1日まで満水状態で保管した。

（添付資料 - 5）

## 5 . N o . 2 シール部の点検・調査結果

4 A から 4 D のすべての 1 次冷却材ポンプの N o . 2 シールを分解点検し、調査を行った。

( 添付資料 - 6 , 7 )

### ( 1 ) N o . 2 シールリングの状態確認

N o . 2 シールの分解前に、シール追従性に異常がないことを確認するため、N o . 2 シールリングを上下させて、動作を確認した。その結果、4 A、4 B 及び 4 D の N o . 2 シールリングは、上下に動かず拘束状態であることを確認した。なお、4 C の N o . 2 シールリングには、拘束状態は確認されなかった。

また、N o . 2 シールリングを取り外す際、拘束状態が解けた後は、スムーズに動作し取外すことが可能であった。

### ( 2 ) N o . 2 シールのシール性に影響する部品の取付け状態確認

N o . 2 シールの分解時、シールランナー及びインサートを取付けているボルト類について緩みがないことの確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、ボルト類の緩みは確認されなかった。

また、N o . 2 シールリングに設置されたスプリングについて、取付け状態の確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、スプリングの突出し量及び取付け状態等に、異常は確認されなかった。

### ( 3 ) 外観確認

#### a . N o . 2 シールランナー及びスペーサスリーブ

N o . 2 シールランナーのシール面の外観確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、シール面に面粗れ等の異常は確認されなかった。

また、シールランナーとスペーサスリーブの合わせ面の外観確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、錆や異物等の付着は確認されなかった。

#### b . N o . 2 シールリング ( カーボンリング及びリテーナ )

カーボンリングのシール面の外観確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、錆や異物等の付着は確認されなかった。

また、カーボンリングとリテーナの合わせ面の外観確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、異物や浮き上がり等の異常は確認されなかった。

c . N o . 2 インサート

N o . 2 インサートについて、シールリングとの摺動部の外観確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、錆や異物等の噛み込みは確認されなかった。

d . N o . 2 インサートとリテーナ間のOリング

N o . 2 インサートとリテーナ間のOリングの取付け状態の確認を行うため、リテーナに取付け状態で外観確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、ねじれのような異常は確認されなかった。

また、リテーナからOリングを取り外し、Oリング単体の外観確認を行った。その結果、4 A、4 B 及び 4 D のOリングの一部に、噛み込みに伴うものと思われる痕（長さ約 0 . 4 mm から 0 . 9 mm ）があることを確認した。なお、4 C のOリングには、同様の痕は確認されなかった。

( 4 ) N o . 2 インサート表面粗さ計測

N o . 2 インサートの表面粗さの計測を実施した。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、動作不良につながるような面粗れは確認されなかった。

( 5 ) N o . 2 シールの至近の点検結果

N o . 2 シールについて、至近の組立点検記録等の確認を行った。その結果、4 A から 4 D のすべてにおいて、組立点検記録等に異常があるとの所見は確認されなかった。

( 6 ) まとめ

上記の点検・調査結果から、N o . 2 シールリークオフ流量増加の原因は、N o . 2 インサートとリテーナ間のOリングの噛み込みにより、N o . 2 シールリングが拘束状態となり、N o . 2 シールの状態不良が発生したためと考えられる。

至近の組立点検時までは、N o . 2 シールに異常がなく、以降の 1 次冷却材ポンプの試運転準備期間中に異常が認められたことから、組立点検時以降に、N o . 2 インサートとリテーナ間のOリングに、何らかの要因で通常よりも高い外力がかかり噛み込んだ可能性が考えられる。



## 6. No. 2シールの挙動に関する検討

### (1) No. 2シールへの外力について

1次冷却材ポンプのNo. 2シールリングに通常よりも高い外力がかかったメカニズムについて、シール組込み後から事象発生までの運転操作履歴等から、以下を推定した。

(添付資料 - 8)

#### a. パージ水ライン等の満水操作完了までの推定

1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインは、パージ水ヘッドタンクからの連続的な通水による空気抜き及びスタンドパイプベント弁による満水操作を入念に実施した。

このため、1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインの系統は十分に空気抜きが実施され、系統内に存在する気相部は僅かであったと推定される。

また、満水操作時の1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフライン中の水温は、満水操作の水源となるパージ水ヘッドタンクが設置されている原子炉格納容器内の雰囲気温度からの伝熱によって、約25℃であったと推定される。

#### b. パージ水ライン等の満水保管期間中における推定

満水保管期間中における1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフライン中の水温は、原子炉格納容器内の雰囲気温度の上昇に伴う伝熱によって、約28℃まで上昇したものと推定される。

#### c. 圧力発生メカニズムの推定

上記a, bから、気相部が僅かであった1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインは、水温が約25℃から約28℃に上昇したことに伴い系統中の水の体積が膨張し、No. 2シール出口側に約400～500kPaの外力がかかったと推定される。

( 2 ) No . 2 シールの状態不良について

No . 2 シールで発生した状態不良のメカニズムについて以下に整理する。

( 添付資料 - 9 )

a. パージ水ライン等の満水操作時

1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo . 2 シールリークオフラインの満水操作時には、No . 2 シールリングは、自重とバネの力を受け、シールランナーに着座しシール性を確保している。

b. パージ水ライン等の満水保管期間中 ( 通常より高い外力が発生 )

6 ( 1 ) c において、No . 2 シールリークオフライン側に約 4 0 0 ~ 5 0 0 k P a の圧力がかかったと推定されていることから、No . 2 シールに通常状態と逆方向の高い外力が発生した。

この逆差圧は、カーボンリングとリテーナの間作用するため、リテーナは上方に押し上げられ、カーボンリングは下方に押し付けられシールランナーに着座することにより、リテーナとカーボンリングの隙間が広がる。

このとき、No . 2 シールのリテーナとインサート間のOリングには、この逆差圧により静止摩擦力以上の力が上向きに作用するため、Oリングが溝内部を上方に移動し、リテーナとインサート間の隙間に噛み込んだことから、Oリングの拘束力が大きくなったと推定される。

c. R C S 昇圧時

R C S 昇圧時は、No . 1 シール出口側圧力が正圧になるため、リテーナは下がろうとするが、Oリングの拘束力が大きくなっているため、リテーナが通常位置に戻らない。

一方、カーボンリングには上向きの力が作用するため、リテーナに接触するまで上方へ移動することから、シールランナーとのシール面が開いた状態になったと推定される。

## 7. No. 2シールの挙動の確認試験

6にて検討したNo. 2シールの挙動を確認するための試験を実施した。

試験は、No. 2シールリークオフライン側の圧力を段階的に昇圧し、No. 2シール出入口に圧力差を発生させ、No. 2シールリークオフ流量の計測を行った。また、分解を行いNo. 2シールリングの状態を確認した。

その結果、No. 2シール出入口の圧力差を400kPaとした場合に、No. 2シールリークオフ流量が増加することを確認した。また、その後分解を行い、No. 2シールリングが拘束状態であったことを確認した。

(添付資料 - 10)

## 8. 推定原因

今回の事象は、1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインの満水保管期間中に、1次冷却材ポンプのNo. 2シールに通常状態と逆方向の高い外力が発生したことにより、インサート部のOリングがリテーナとインサート間の隙間に噛み込んだため、Oリングの拘束力が大きくなったと推定される。

結果として、No. 2シールリングのリテーナが固着して追従性が悪化したため、カーボンリングとシールランナーとのシール面が開いた状態となり、No. 2シールリークオフ流量が増加したものと推定される。

## 9. 対策

(1) 4A、4B、4D 1次冷却材ポンプについては、一体型の組立品となっているNo. 2シールとNo. 3シールを取替える。また、4C 1次冷却材ポンプについても、念のためNo. 2シールとNo. 3シールを取替える。

(添付資料 - 11)

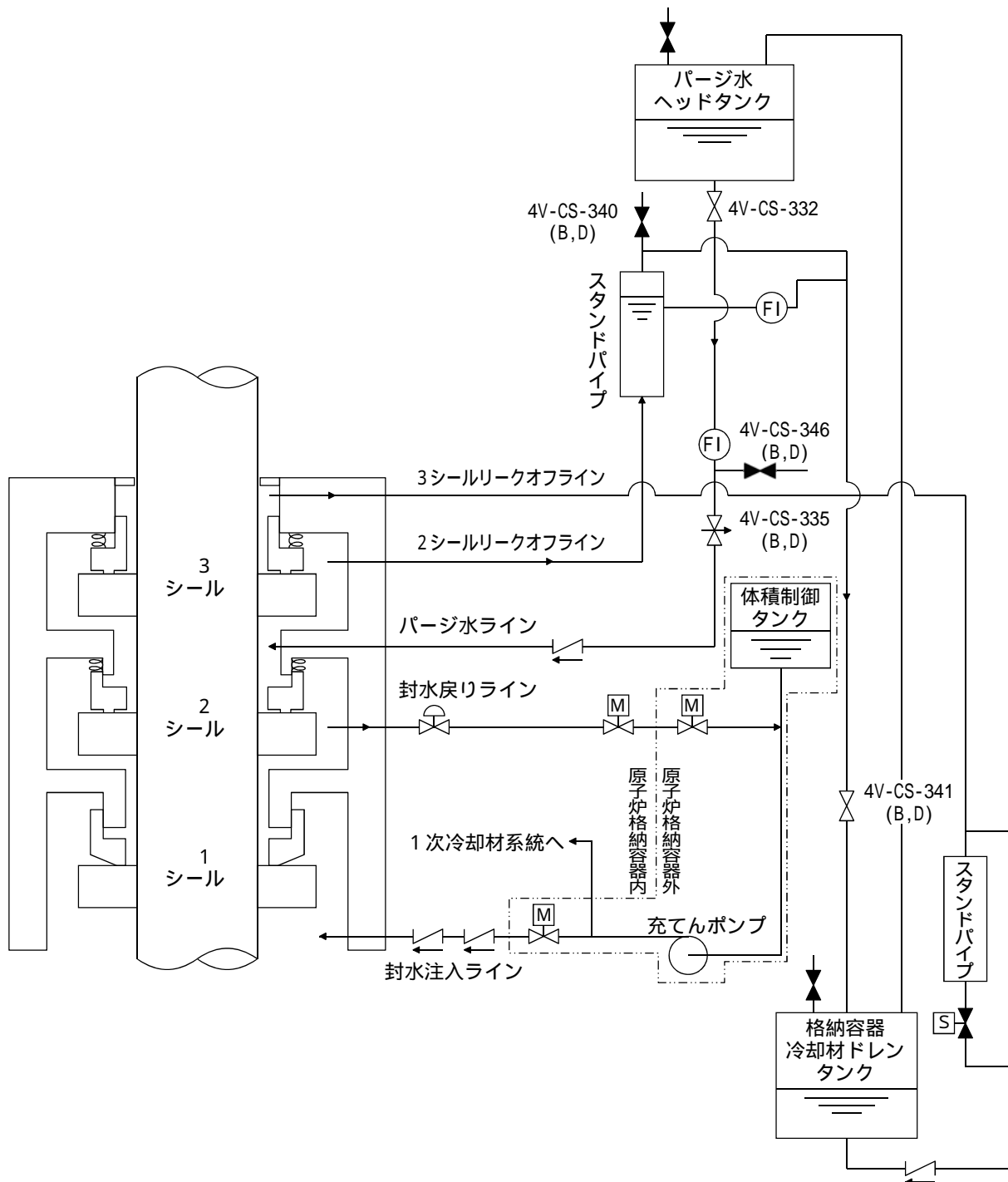
(2) 1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインを保管する際には、満水保管とせず、スタンドパイプに気相部を確保し維持する系統構成に見直す。

(添付資料 - 12)

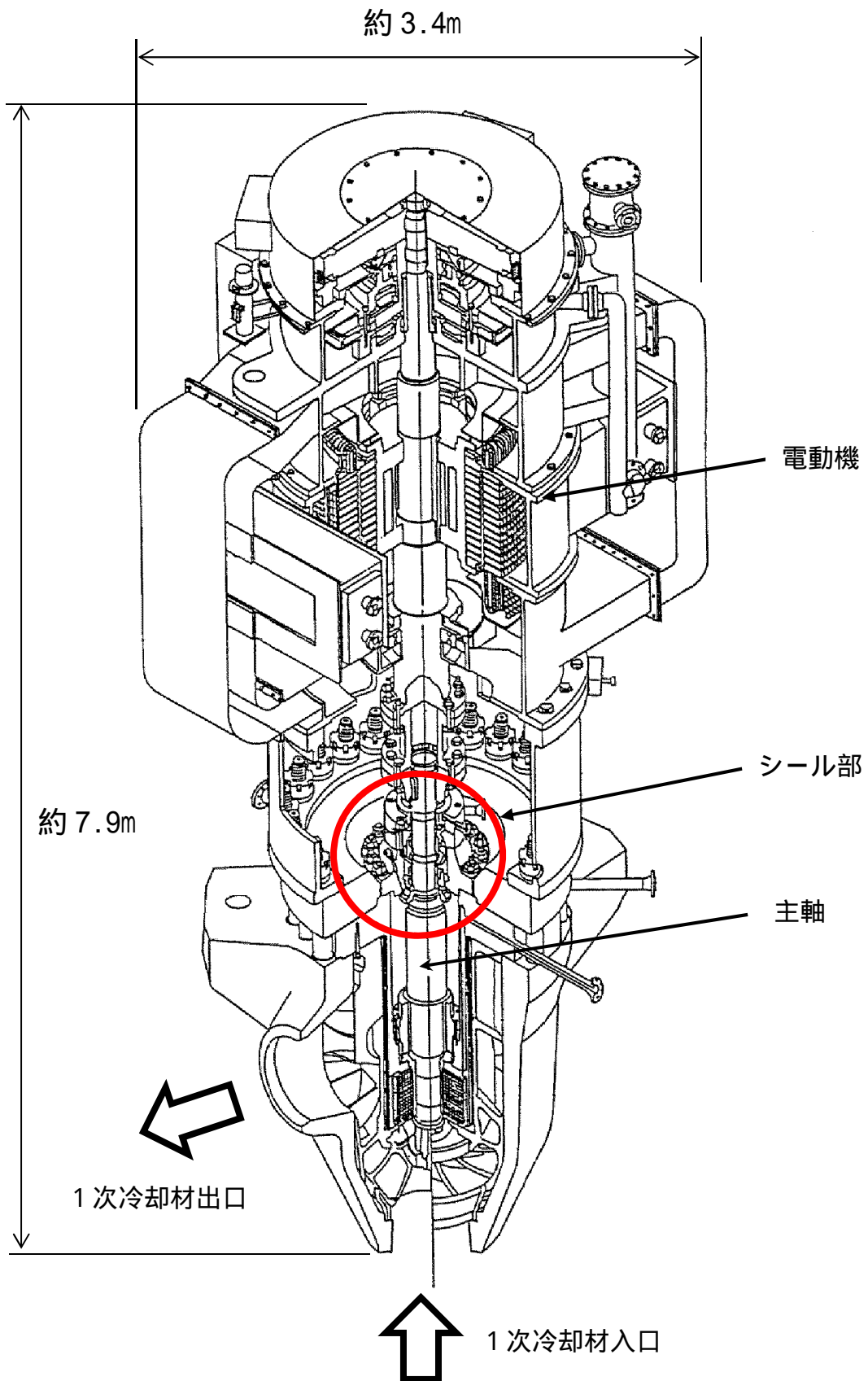
## 添 付 資 料 目 次

- 1 . 4 B 及び 4 D 1 次冷却材ポンプ軸シール水系統図
- 2 . 1 次冷却材ポンプ構造説明図
- 3 . 1 次冷却材ポンプ軸シール構造図
- 4 . 事象発生時のシール水の主な流れ（概要）
- 5 . 4 B 及び 4 D 1 次冷却材ポンプ運転操作履歴
- 6 . No . 2 シール点検・調査項目
- 7 . No . 2 シール部の点検・調査結果
- 8 . 1 次冷却材ポンプ No . 2 シール出口の圧力上昇評価
- 9 . No . 2 シール面の開き発生の推定メカニズム
- 1 0 . No . 2 シールの挙動の確認試験
- 1 1 . No . 2 シール点検工程
- 1 2 . 1 次冷却材ポンプ軸シール水系統図

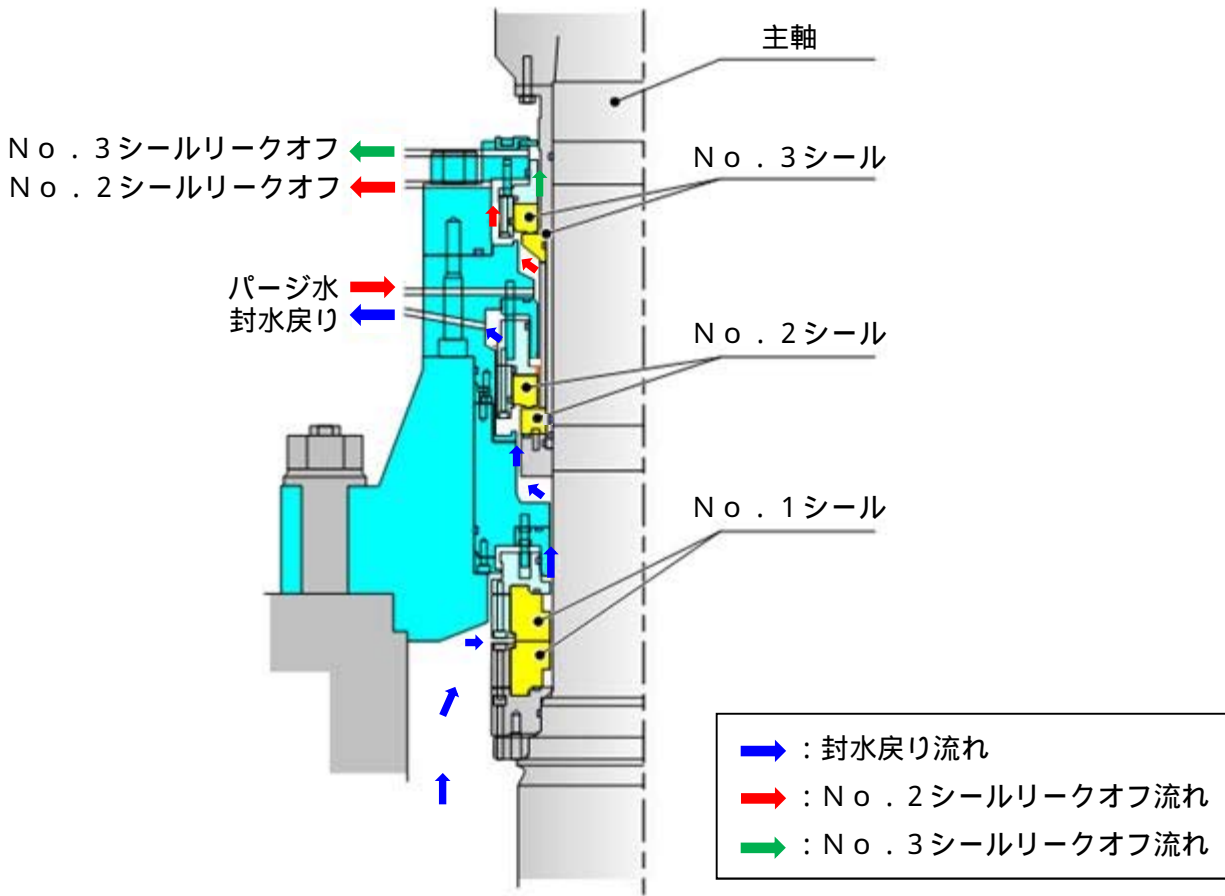
4 B 及び 4 D 1 次冷却材ポンプ軸シール水系統図



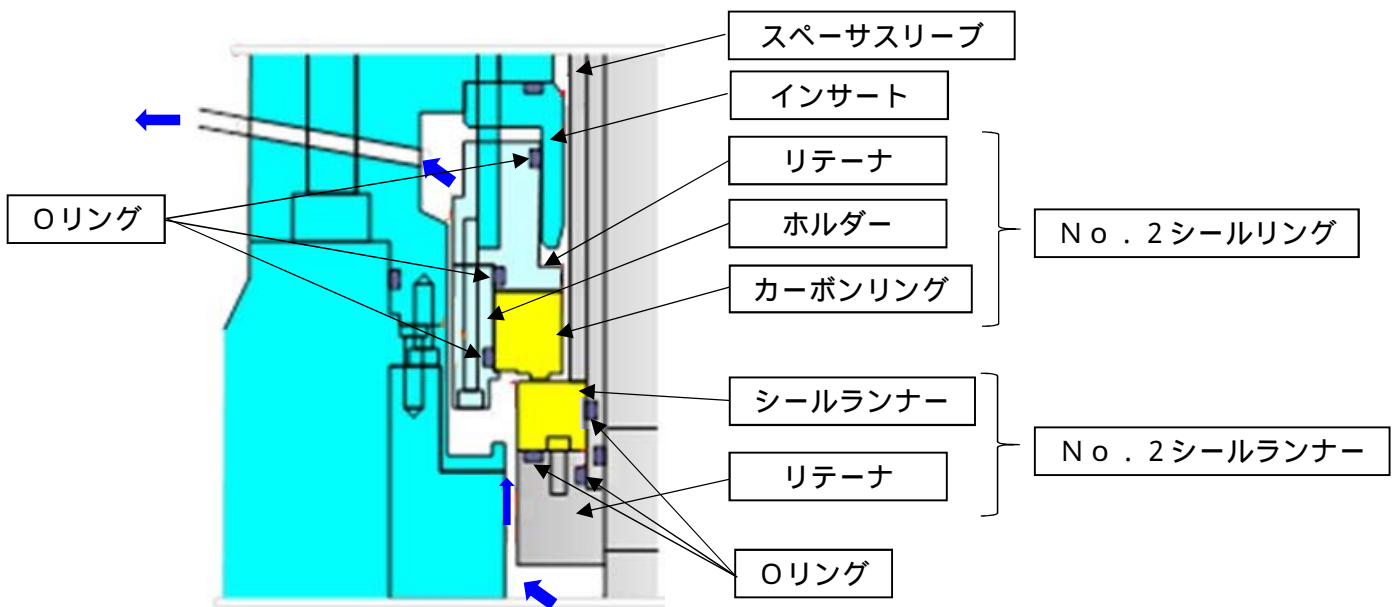
1次冷却材ポンプ構造説明図



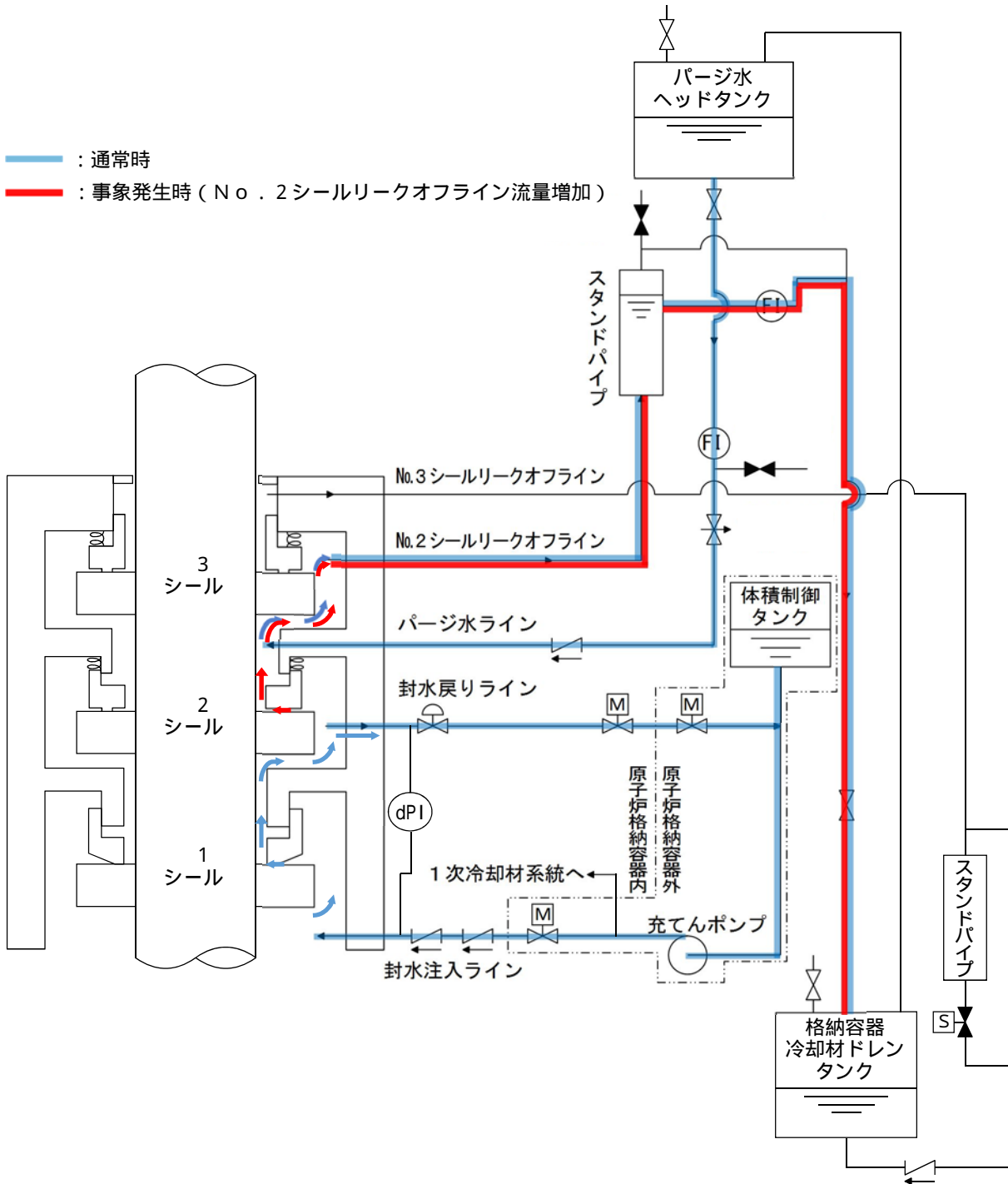
1次冷却材ポンプ軸シール構造図



No. 2シール拡大図

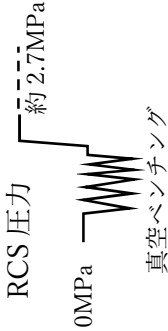


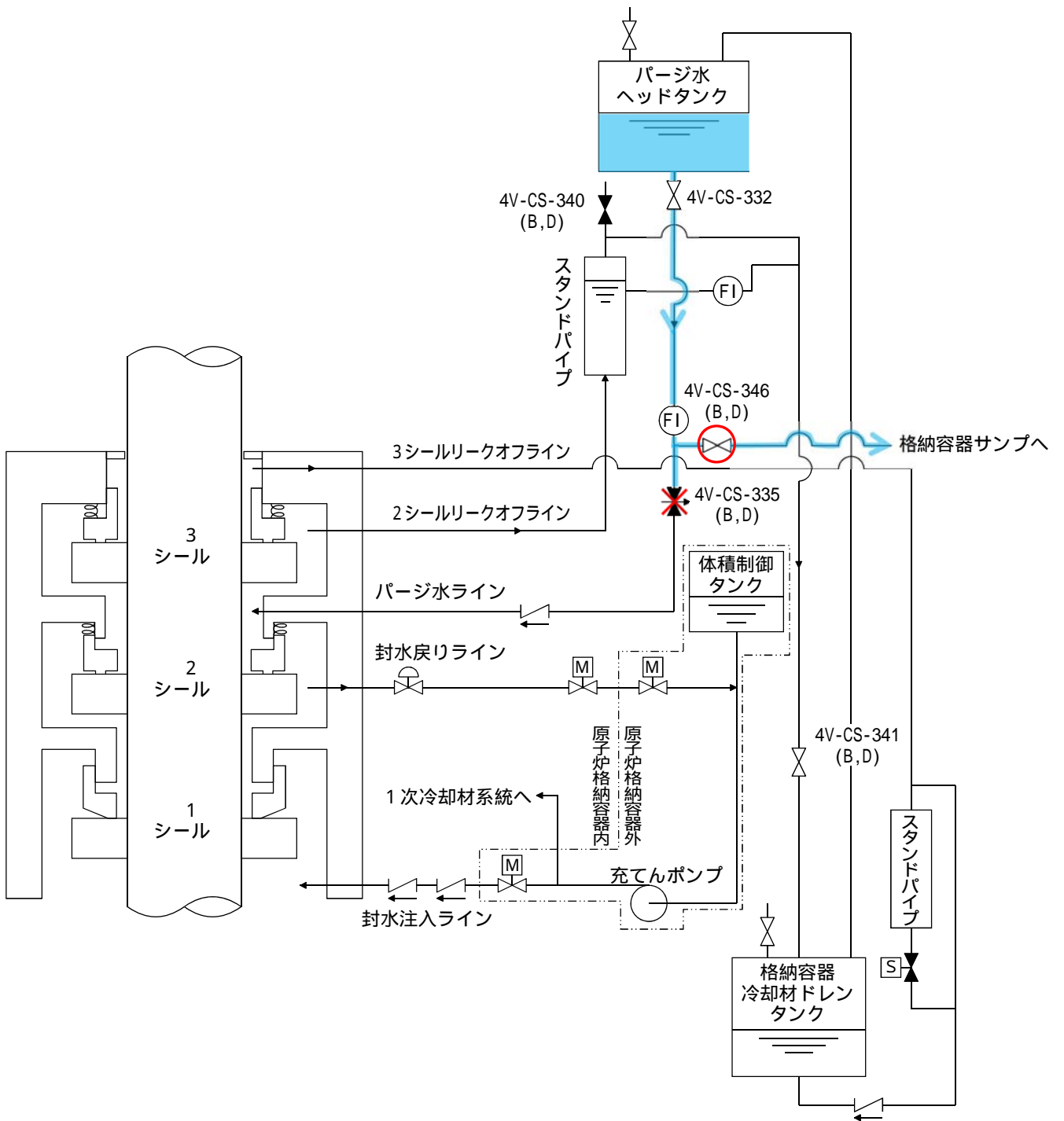
事象発生時のシール水の主な流れ（概要）



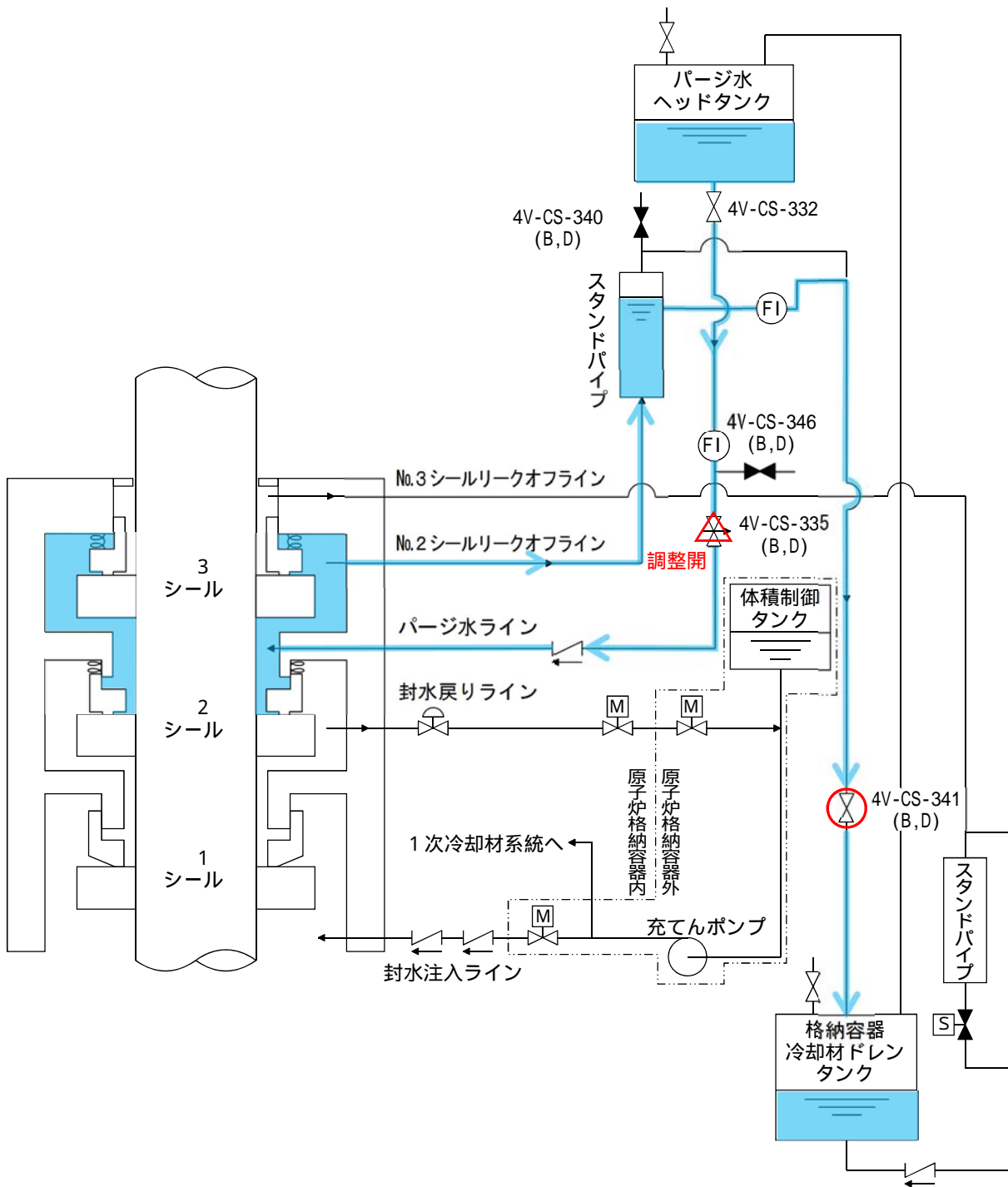


4 B 及び 4 D 1 次冷却材ポンプ運転操作履歴  
 ( シール組込み後から事象発生まで )

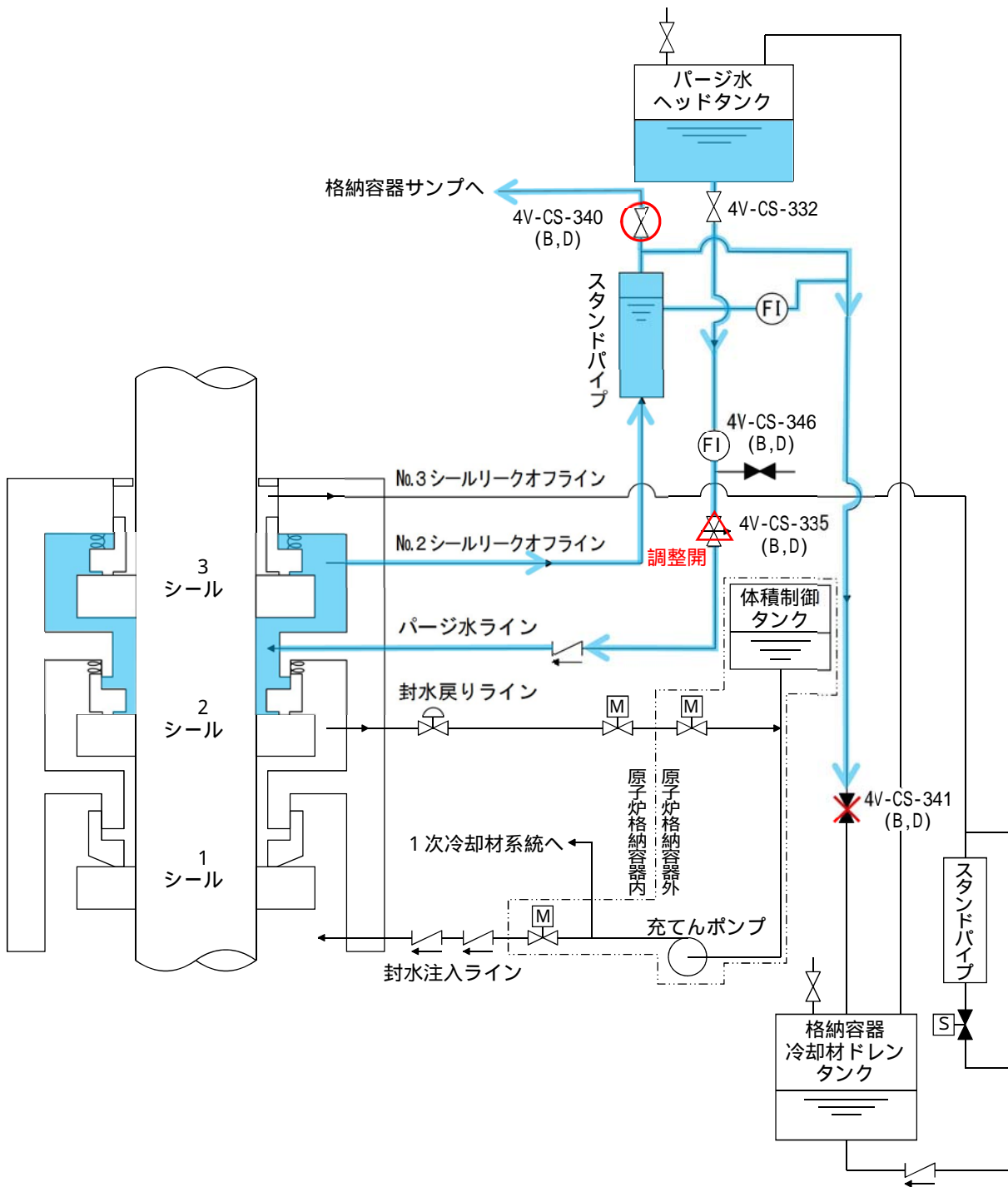
	平成30年3月	4月	5月
玄海4号機 定期検査 主要工程	1次系弁・機器類点検	燃料 装荷	R/V 組立 RCS 漏えい検査準備
4 B ・ 4 D 1 次冷却材 ポンプ 運転操作履歴	シール 組込み	RCS 圧力 0MPa 真空ベンチング 	パージ水ライン No.2 シールレークオフライン 空気抜き 3/20 3/28 4/4 4/11 4/18 4/27 5/1 5/2 パージ水 満水保管 通水開始



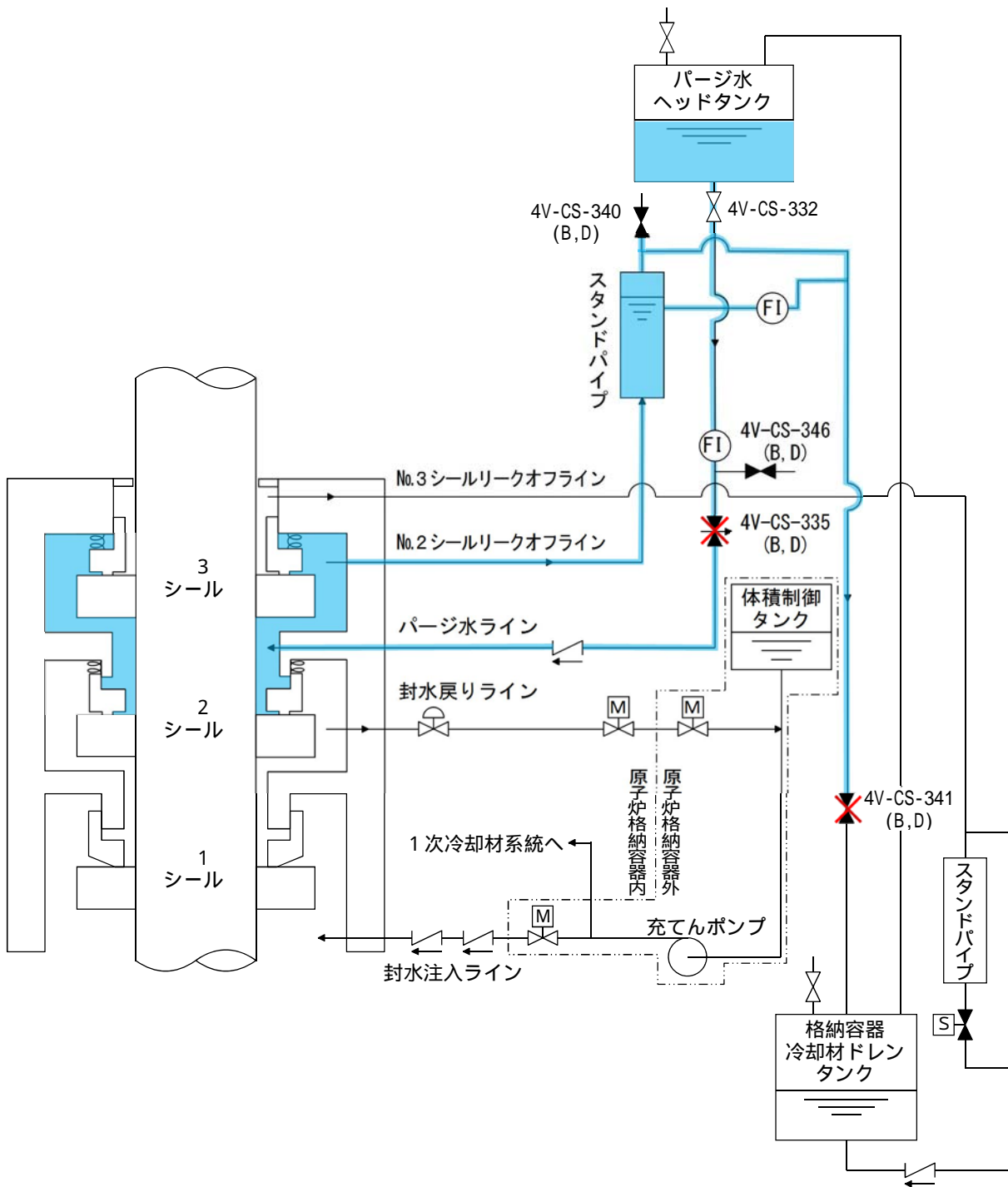
4 B、4 D 1次冷却材ポンプ軸シール水系統図  
 (パージ水ラインの配管洗浄[3月20日])



4 B、4 D 1次冷却材ポンプ軸シール水系統図  
 (連続通水[3月28日、4月4日、4月11日、4月18日])



4 B、4 D 1次冷却材ポンプ軸シール水系統図  
 (スタンドパイプベント弁による満水操作[4月27日])



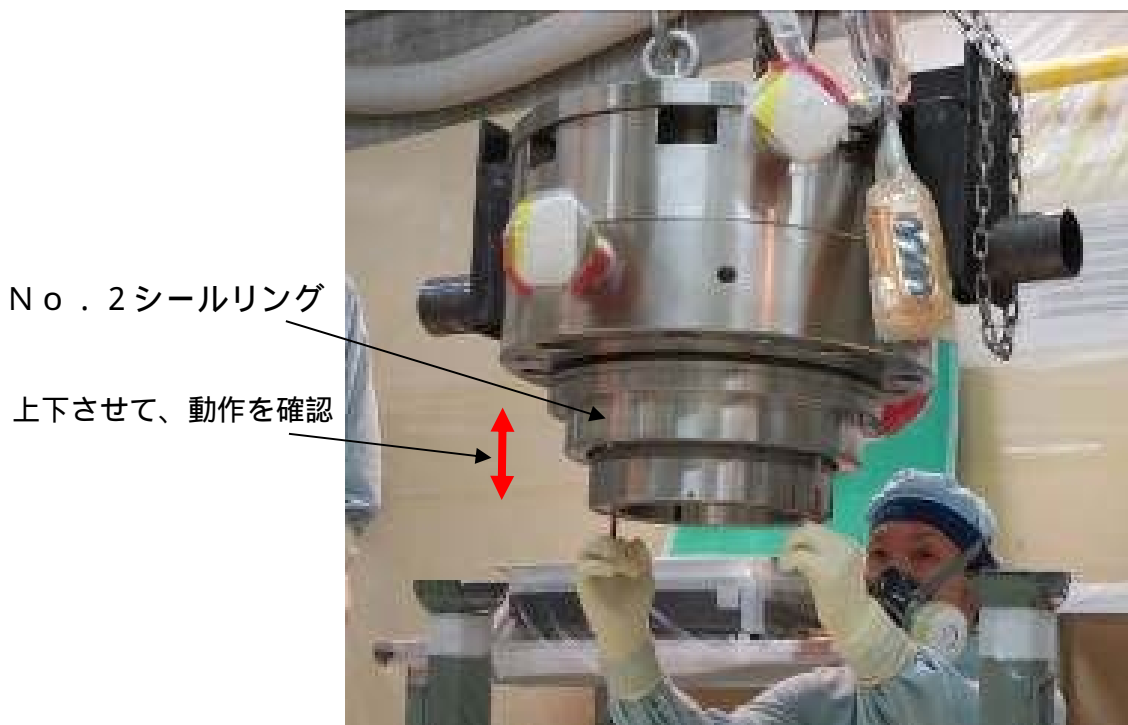
4 B、4 D 1次冷却材ポンプ軸シール水系統図  
 (満水保管状態[4月27日~5月1日])

№. 2 シールの点検・調査項目

項目	対象部品	着眼点
(1) №. 2 シールリングの 状態確認	№. 2 シールリング	№. 2 シールリング分解前に№. 2 シールリングを上下させて、動作を確認する。また、№. 2 シールリングを取外す際に動作を確認する。 【添付資料 - 7 ( 1 / 1 2 )】
(2) №. 2 シールのシール 性に影響する部品の取 付け状態確認	ボルト類  スプリング	シールランナー及びインサートを取付けているボルト類について緩みがないことを確認する。 【添付資料 - 7 ( 2 / 1 2 ) \ ( 3 / 1 2 )】 スプリングの突出し量、取付け状態等に、異常がないことを確認する。 【添付資料 - 7 ( 4 / 1 2 )】
(3) 外観確認	№. 2 シールランナー及びス パーサースリーブ №. 2 シールリング №. 2 インサート №. 2 インサートとリテーナ 間のOリング	錆や異物等の付着、噛み込みがないか等を確認する。 【添付資料 - 7 ( 5 / 1 2 ) ~ ( 7 / 1 2 )】  ねじれや噛み込みの痕等がないか確認する。 【添付資料 - 7 ( 8 / 1 2 ) ~ ( 1 1 / 1 2 )】
(4) №. 2 インサート表面 粗さ計測	№. 2 インサート	№. 2 インサートの表面粗さの計測を実施し、動作不良につながるような面粗れがないか確認する。 【添付資料 - 7 ( 1 2 / 1 2 )】
(5) №. 2 シールの至近の 点検結果	№. 2 シール	至近の点検記録により、外観目視点検結果、寸法計測結果、動作確認結果に異常のないことを確認する。 リークテスト時のリーク量等にも異常がないことを確認する。

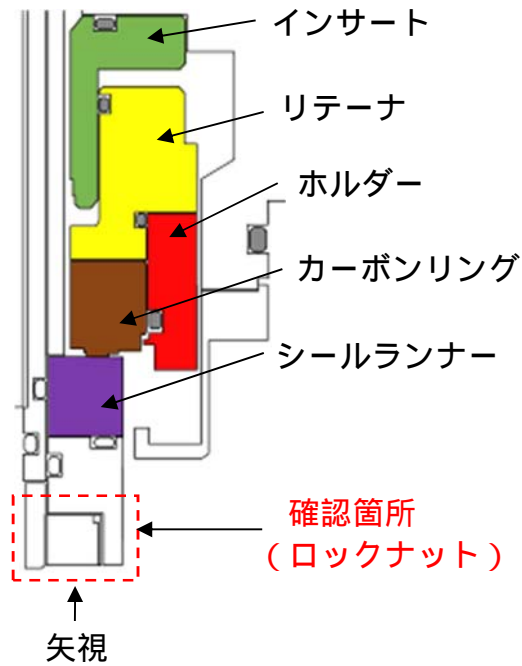
## No . 2 シール部の点検・調査結果

### ( 1 ) No . 2 シールリングの状態確認 〔分解前の確認〕



No . 2 シールリングを上下させて、動作を確認した結果、4 A、4 B 及び 4 D の No . 2 シールリングは、上下に動かず拘束状態であることを確認した。なお、4 C の No . 2 シールリングには、拘束状態は確認されなかった。

( 2 ) No . 2 シールのシール性に影響する部品の取付け状態確認  
〔 No . 2 シールランナーのロックナットの締付確認 〕



点検状況 ( B 号機 )

廻り止め



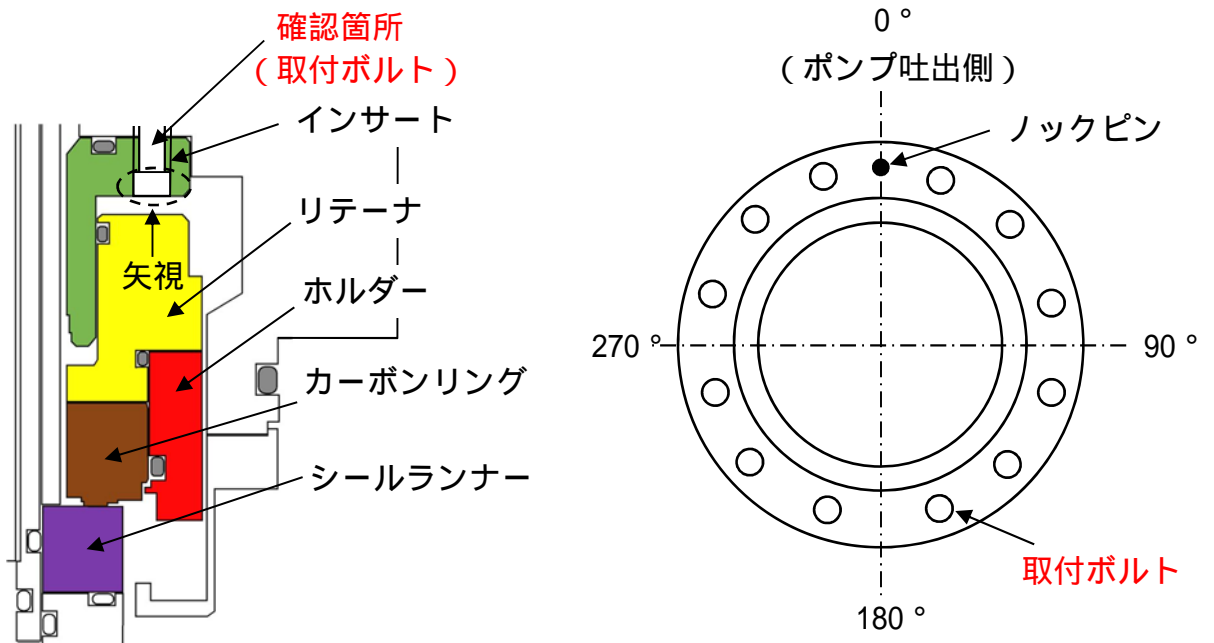
罫書き



No . 2 シールランナーのロックナットに緩みが無いことを確認した。



( 2 ) No . 2 シールのシール性に影響する部品の取付け状態確認  
〔 No . 2 インサートの取付ボルトの締付確認 〕



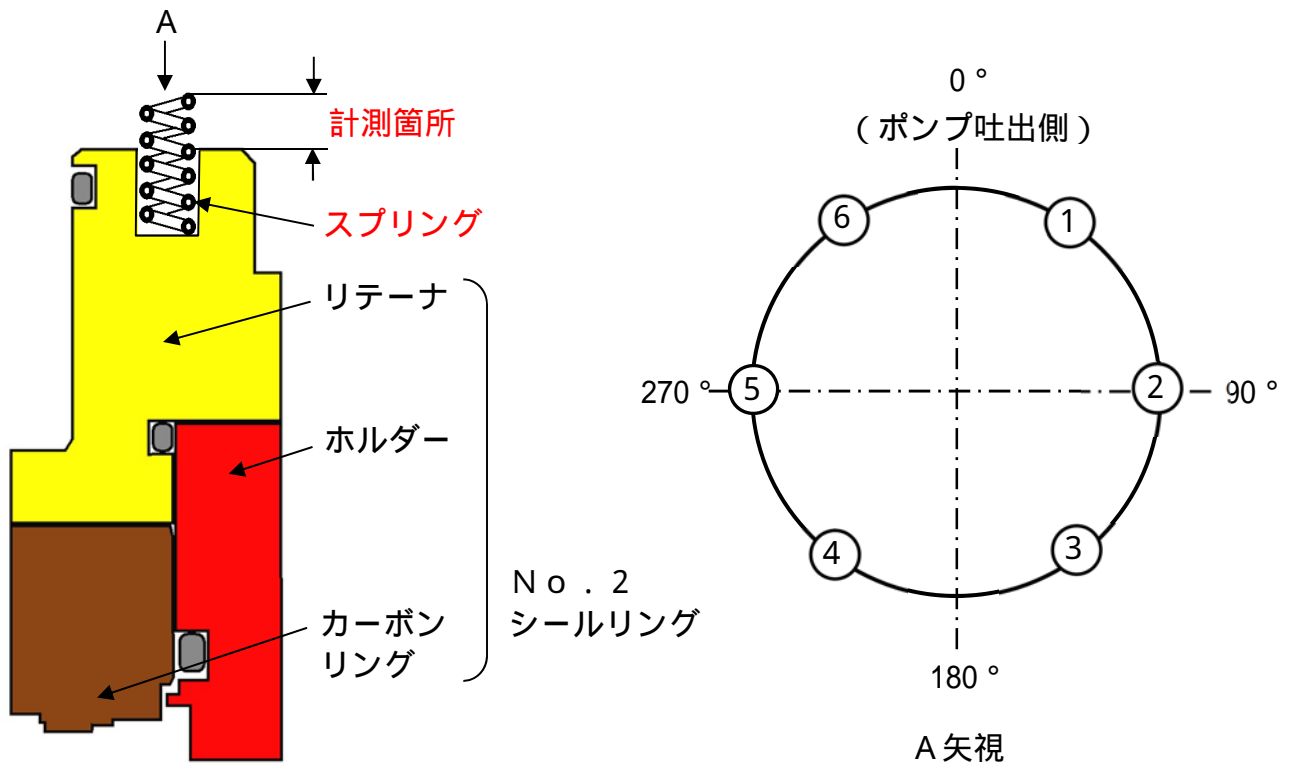
点検状況 ( B号機 )

0° 方向 ( ポンプ吐出側 )



No . 2 インサートの取付ボルトに緩みがないことを確認した。

( 2 ) No . 2 シールのシール性に影響する部品の取付け状態確認  
 [ No . 2 シールリングの Springs の突出し量計測 ]



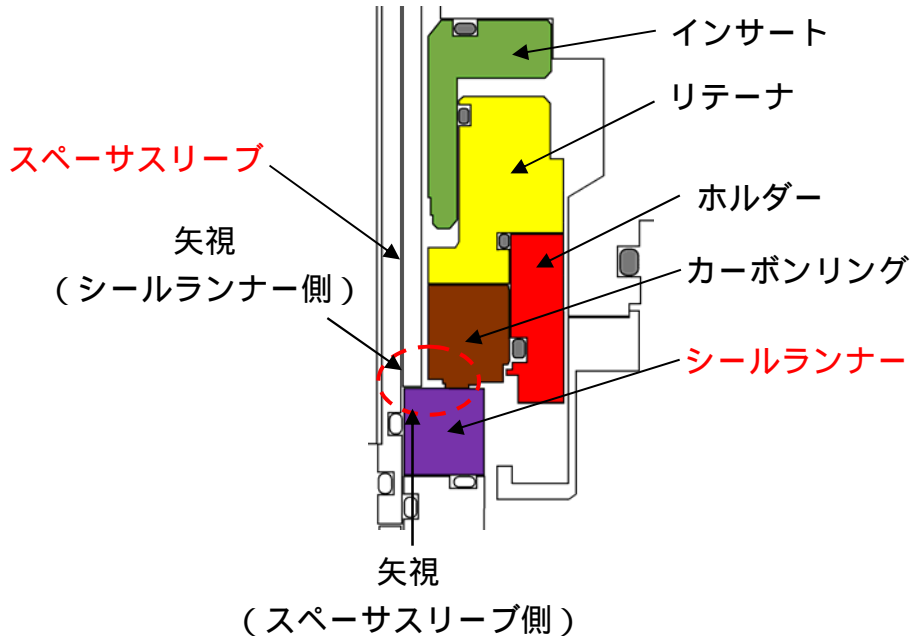
Springs の突出し量計測結果 [ 6 本 / 号機 ] ( 単位 : mm )

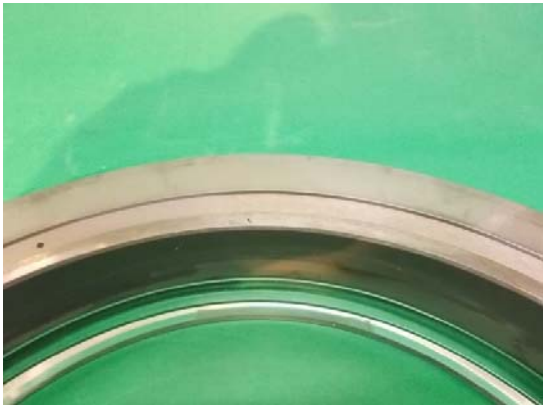
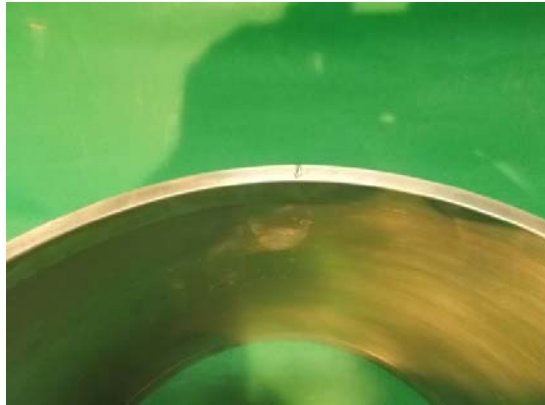
	A 号機	B 号機	C 号機	D 号機
1	18.4	18.6	18.4	18.6
2	18.5	18.8	18.5	18.9
3	18.6	18.8	18.3	18.5
4	18.7	18.4	18.2	18.6
5	18.7	18.4	18.8	18.4
6	18.8	18.1	18.8	18.7

Springs 突出し量は判定値 ( 19mm 以下 ) 内であり、 No . 2 シールリングの追従不良に繋がる取付け不良がないことを確認した。

( 3 ) a . 外観確認

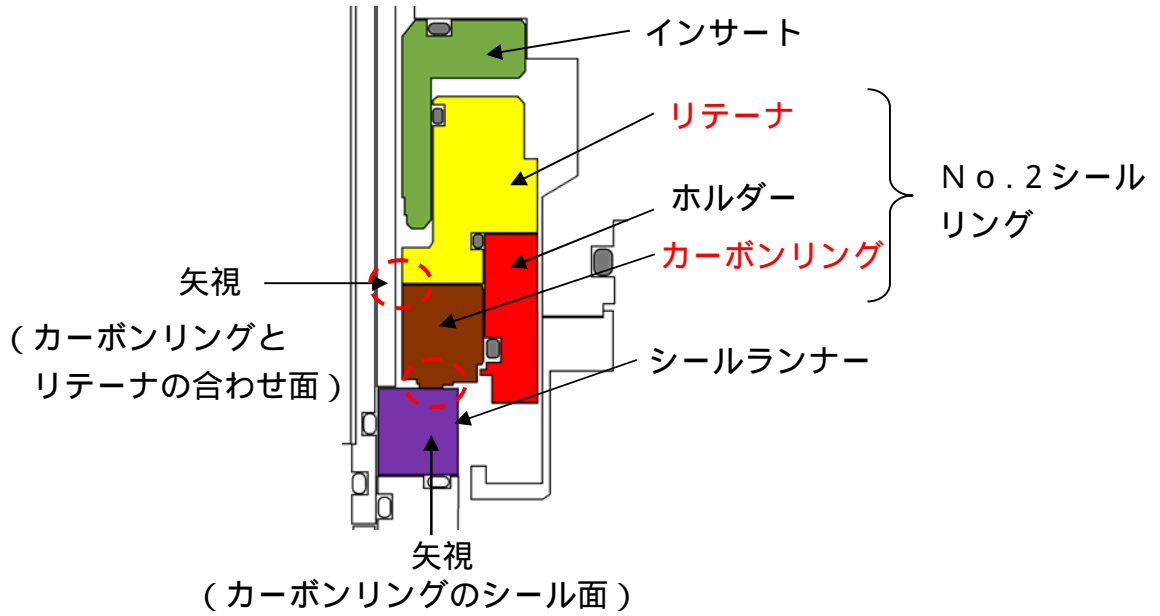
[ No . 2 シールランナー及びスペーサスリーブ ]





点検状況 ( B号機 )	
シールランナー側 (シール面及びスペーサスリーブ合わせ面)	スペーサスリーブ側 (シールランナー合わせ面)
0 ° 方向 ( ポンプ吐出側 ) 	0 ° 方向 ( ポンプ吐出側 ) 
シールランナーのシール面に面粗れ等の異常がないこと及びシールランナーとスペーサスリーブの合わせ面に錆や異物等の付着がないことを確認した。	

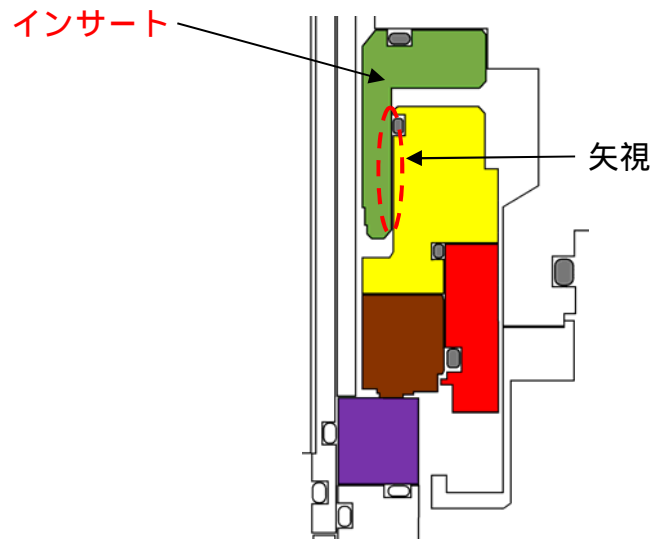
( 3 ) b . 外観確認

[ No . 2 シールリング ( カarbonリング及びリテーナ ) ]



点検状況 ( B号機 )	
カーボンリングのシール面	カーボンリングとリテーナの合わせ面
0 ° 方向 ( ポンプ吐出側 )	0 ° 方向 ( ポンプ吐出側 )
	
シール面に錆や異物等の付着がないことを確認した。	カーボンリングとリテーナの合わせ面に異物や浮き上がり等の異常がないことを確認した。

( 3 ) c . 外観確認 [ N o . 2 インサート ]



点検状況 ( B 号機 )

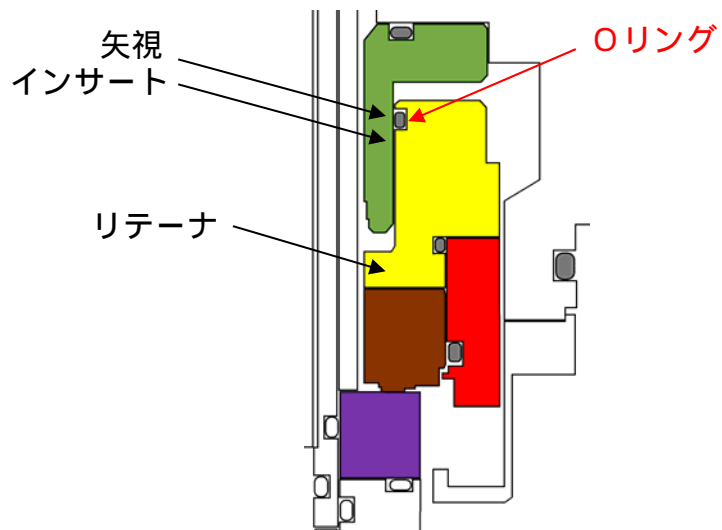
0° 方向 ( ポンプ吐出側 )



インサートの摺動部に錆や異物等の噛み込みがないことを確認した。

( 3 ) d . 外観確認

〔 No . 2 インサートとリテーナ間の O リング 〕



点検状況 ( B 号機 )

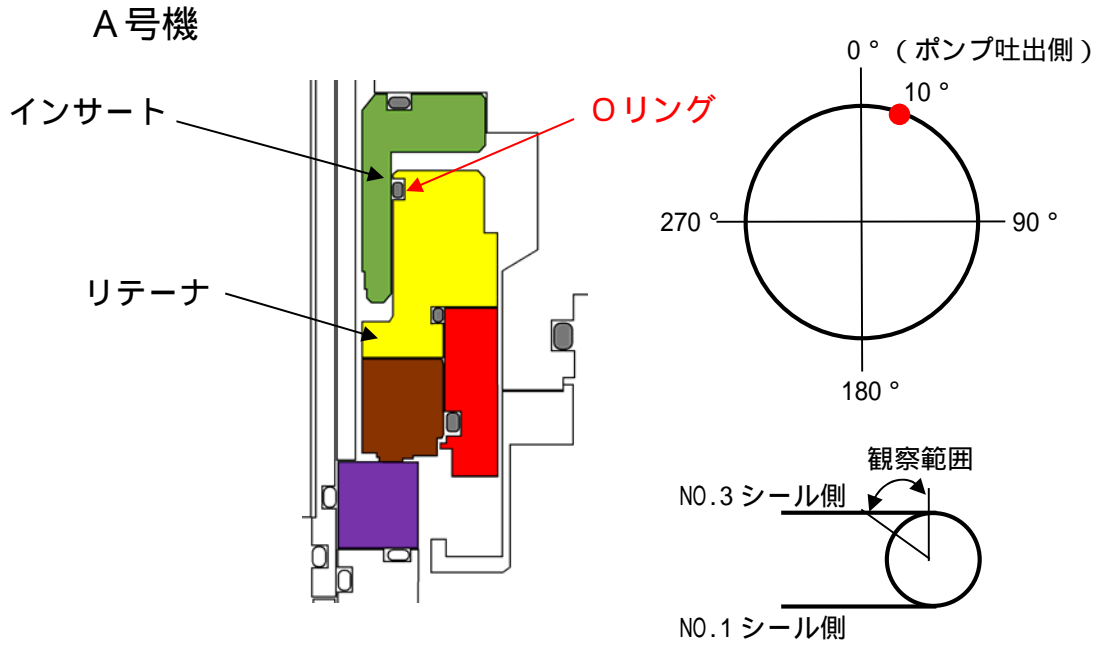
0° 方向 ( ポンプ吐出側 )





No . 2 インサートとリテーナ間の O リングにねじれのような異常がないことを確認した。

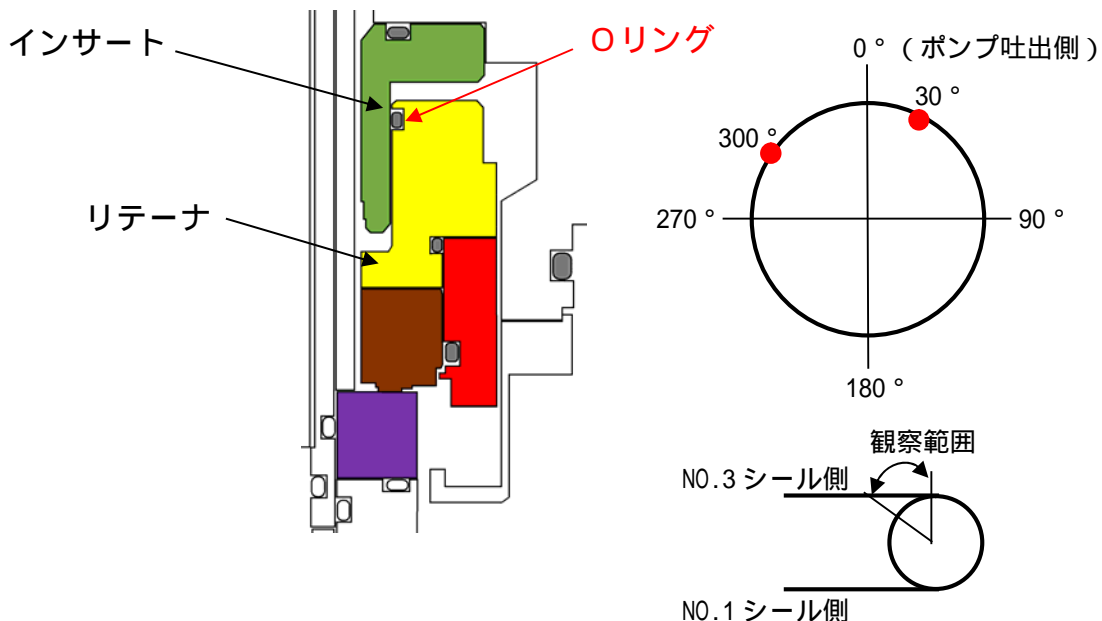
( 3 ) d . 外観確認

〔 No . 2 インサートとリテーナ間の O リング 〕



点検状況
<p data-bbox="699 1070 896 1108">Oリング全体</p>  <p data-bbox="730 1496 865 1534">10° 方向</p> 
<p data-bbox="327 1951 1268 2033">顕微鏡により拡大観察したところ、10° 方向に噛み込みに伴うものと思われる痕 (長さ約 0.9mm) を確認した。</p>

B号機



点検状況

Oリング全体



30° 方向

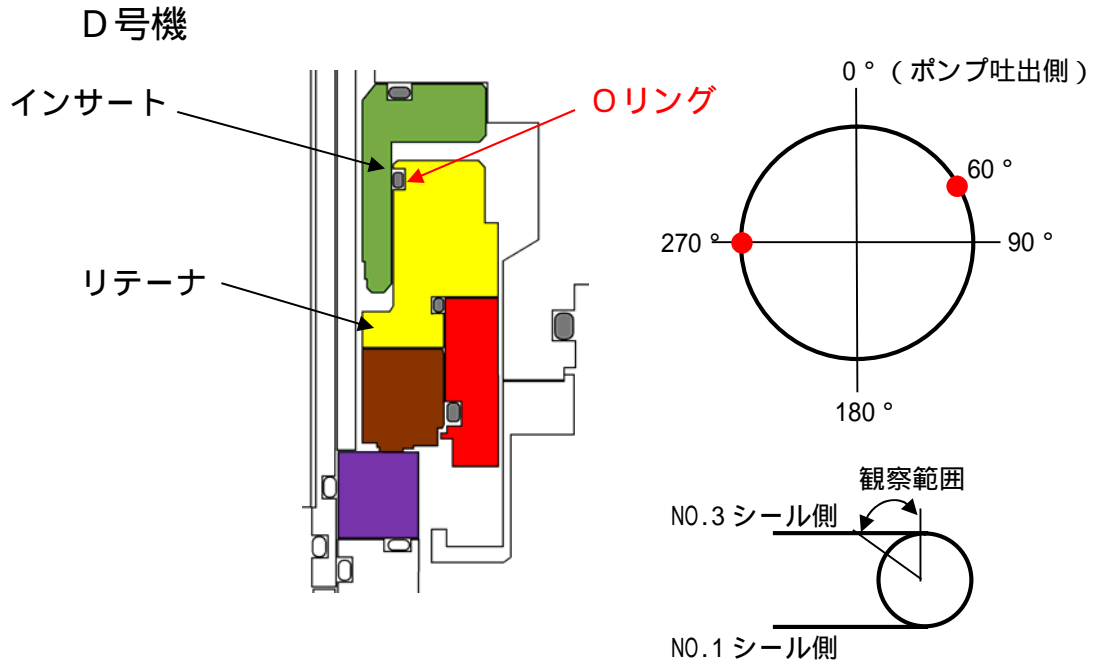


300° 方向



顕微鏡により拡大観察したところ、30° 及び 300° 方向に噛み込みに伴うものと思われる痕 (30° : 長さ約 0.5mm、300° : 長さ約 0.8mm) を確認した。





点検状況

Oリング全体



60° 方向

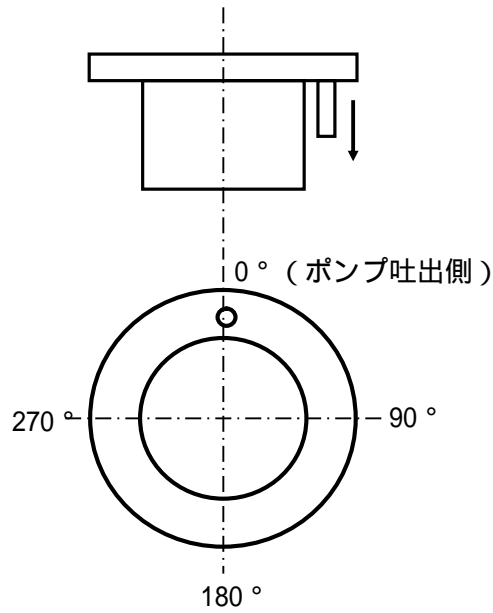


270° 方向



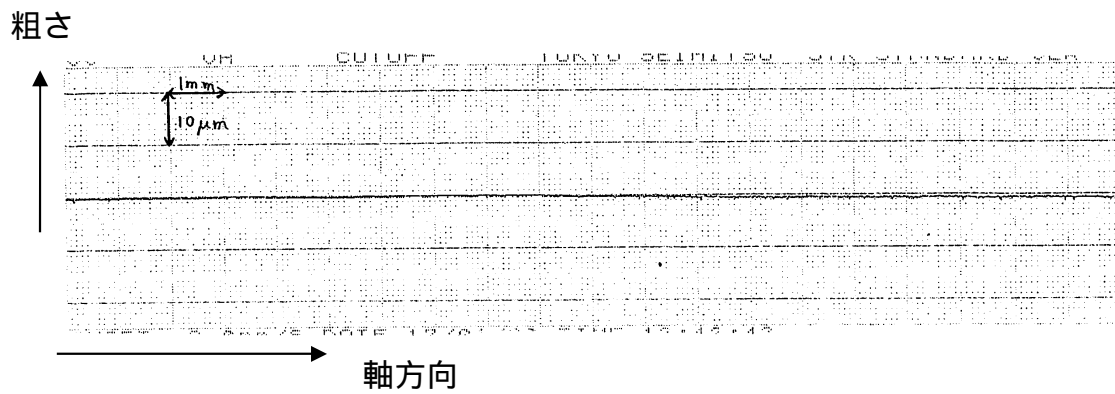
顕微鏡により拡大観察したところ、60° 及び 270° 方向に噛み込みに伴うものと思われる痕 (60° : 長さ約 0.9mm、270° : 長さ約 0.4mm) を確認した。

( 4 ) No . 2 インサート表面粗さ計測



点検状況 ( B 号機 )

0° 方向 ( ポンプ吐出側 )

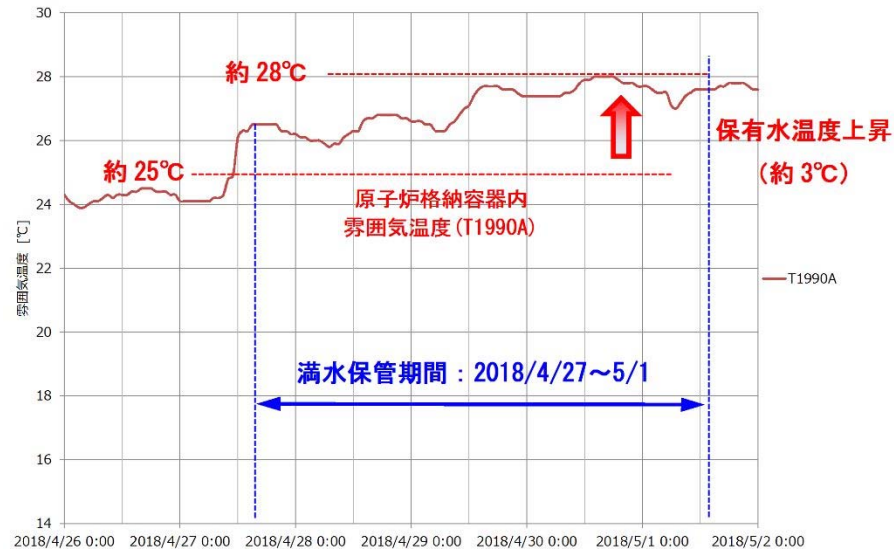


軸方向 4ヶ所、周方向 4ヶ所を各 90 度ピッチで計測した結果、表面粗さは 1~2 μm 程度であり、インサート摺動部に動作不良につながるような面粗れがないことを確認した。

## 1 次冷却材ポンプNo. 2シール出口の圧力上昇評価

### 1 保有水温度上昇評価

1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインは、満水保管期間中において原子炉格納容器内の雰囲気温度が上昇したことから、保有水温度が約3度上昇したと評価した。



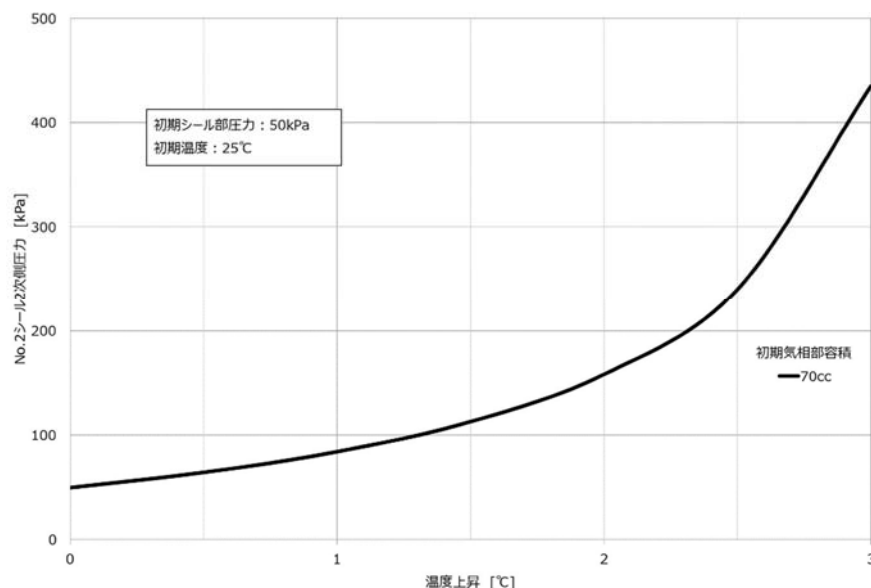
### 2 No. 2シール出口の圧力上昇評価

No. 2シール出口には、1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフライン圧力がかかる。

このため、満水保管をしている当該系統の温度上昇に伴う体積膨張により、No. 2シール出口にかかる圧力を以下に評価した。

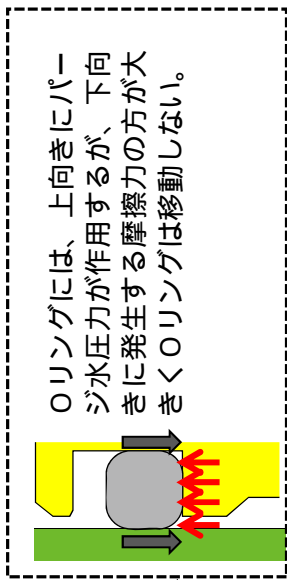
1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインは4回の空気抜きと入念な満水操作を実施しているが、最頂部の水平配管には、当該配管容積の1割程度（約70cc）の気相部が存在したと仮定した。

評価した結果、No. 2シール出口圧力は、1次冷却材ポンプのパージ水ライン及びNo. 2シールリークオフラインを満水保管している期間中の圧力上昇により約400～500kPaに上昇したと評価した。

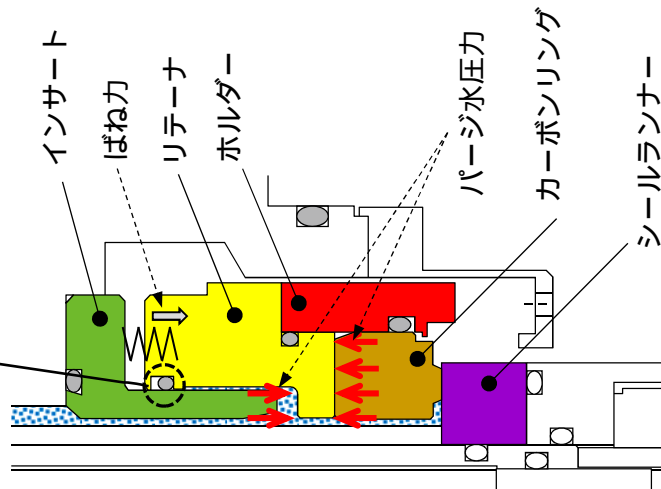
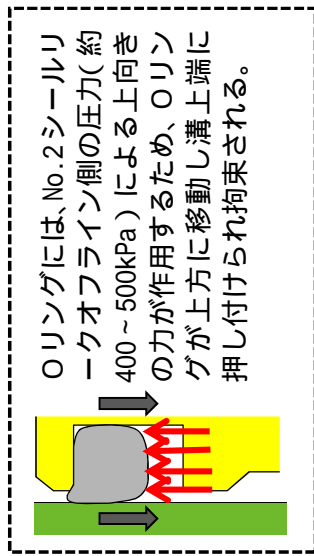


## No.2 シール面の開き発生の推定メカニズム

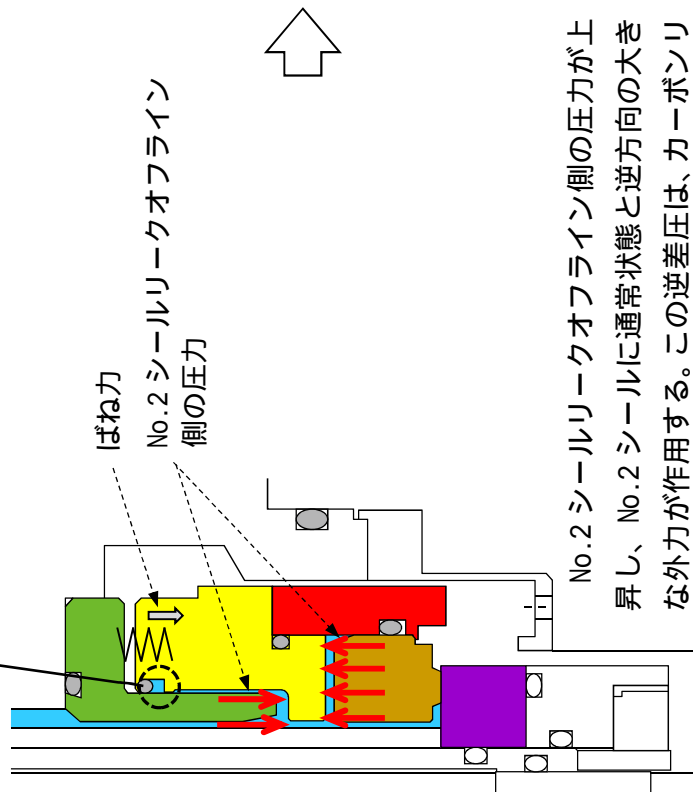
パージ水ライン等の満水操作時



パージ水ライン等の満水保管期間中



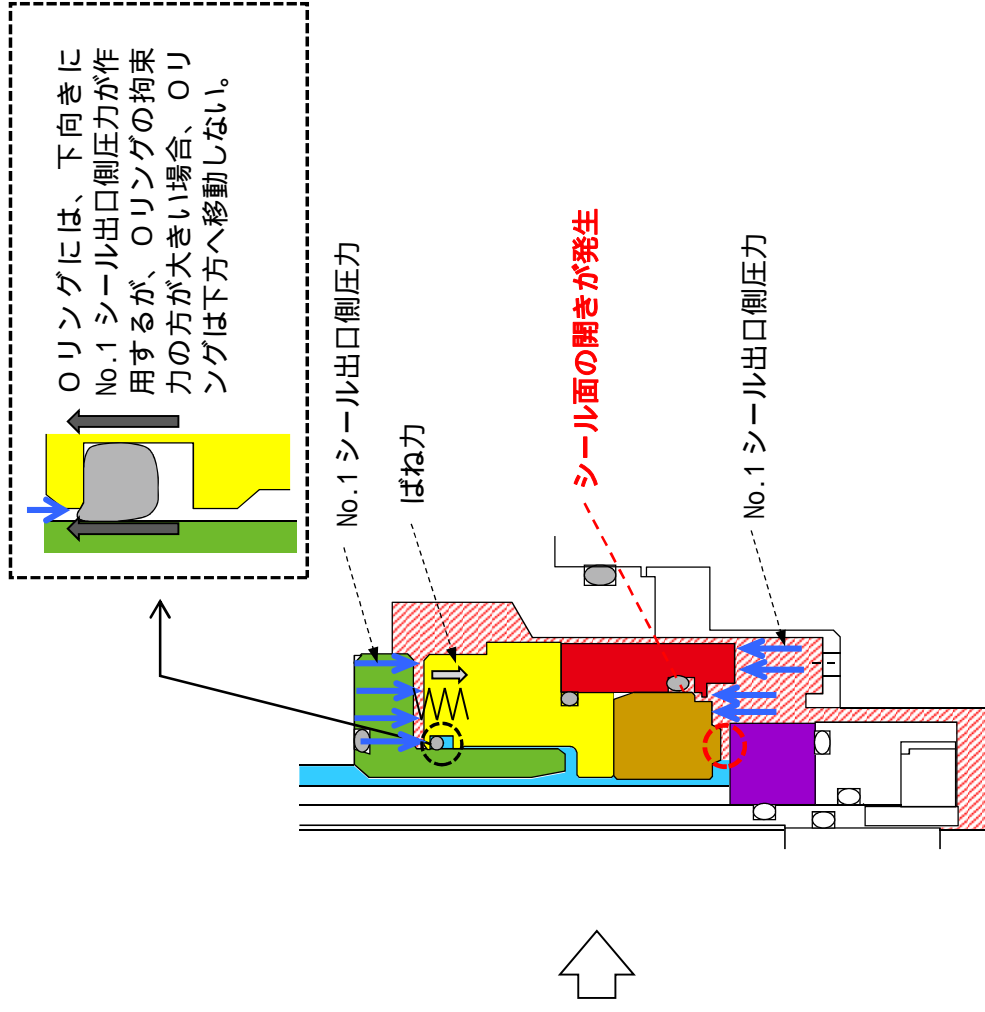
リテーナは、パージ水圧力により上向きの力を受けるが、自重とばね力により下向きへ押し付けられている。カーボンリングは、リテーナから下向きの力を受けシールランナーへ着座している。



No.2シールリークオフライン側の圧力が上昇し、No.2シールに通常状態と逆方向の大きな外力が作用する。この逆差圧は、カーボンリングとリテーナの間に作用するため、リテーナは上方に押し上げられ、カーボンリングは下方に押し付けられシールランナーに着座することにより、リテーナとカーボンリングの隙間が広がる。

## No.2 シール面の開き発生の推定メカニズム

RCS 昇圧時



リングには、下向きに No.1 シール出口側圧力が作用するが、リングの拘束力が大きい場合、リングは下方へ移動しない。

No.1 シール出口側圧力により、リテーナに下向きの力が作用するが、リングの噛み込みにより拘束され、リテーナは下がらない。一方、カーボンリングは、No.1 シール出口側圧力により、上方へ移動し、シール面が開いたと考えられる。



## No. 2シールの挙動の確認試験

## 試験要領

No. 2シールリークオフライン側の圧力を昇圧し、No. 2シール出入口に圧力差（逆差圧）を発生させる。

逆差圧は、270 kPa、350 kPa、400 kPaを段階的に付加する。

逆差圧付加後、正圧状態でNo. 2リークオフライン流量（リーク量）を測定する。

リークが確認された場合は、分解を実施しNo. 2シールリングの状態を確認する。

## 試験条件

項目	試験条件
流体	純水
流体温度	約20
試験圧力（逆差圧）	270 kPa、350 kPa、400 kPa
試験回数	各圧力にて2回実施

## 試験装置



## 試験結果

逆差圧	リークの有無	
	1回目	2回目
270 kPa	なし	なし
350 kPa	なし	なし
400 kPa	あり	あり

No. 2シール出入口の圧力差（逆差圧）を400 kPaとした後に、正圧状態でNo. 2シールリークオフライン流量が増加することを確認した。また、その後分解を行い、No. 2シールリングが拘束状態であったことを確認した。

No. 2 シール点検工程

5月																							
4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24			
(金)	(土)	(日)	(月)	(火)	(水)	(木)	(金)	(土)	(日)	(月)	(火)	(水)	(木)	(金)	(土)	(日)	(月)	(火)	(水)	(木)			
点 検 工 程	点検準備																						

シール部復旧

シール部点検・調査

点検準備

点 検 工 程

1次冷却材ポンプ軸シール水系統図  
 (パージ水及びNO. 2シールリークオフライン保管状態[対策実施後])

