

再処理施設前処理建屋における油漏れについて  
(発生状況、原因及び再発防止対策)

**【公開版】**

平成20年4月23日  
日本原燃株式会社

本書は記載内容のうち、内の記載事項は公開制限情報に属するものであり公開できませんので削除しております。

日本原燃株式会社

## 目 次

1. 事象概要	1
2. 時系列	1
3. 現場の状況	3
4. 本年1月1日の油漏れ事象の反省を踏まえた対応	3
5. 事象発生後の処置	3
6. 漏えいした油の性質について	4
7. 油の噴き出しによる影響	4
8. 点検・調査	4
9. 推定原因分析	6
10. 当該事象に関する再発防止対策	7
11. 今後のせん断処理について	8
12. 今後の対応について	8

添付資料-1	再処理事業所 構内配置図
添付資料-2	前処理建屋 3階 平面図
添付資料-3	せん断機B油圧制御ユニット油漏えい事象概要図
添付資料-4	せん断機B油圧制御ユニット油漏えい箇所概要図
添付資料-5	せん断機B油圧制御ユニット周辺油漏えい状況
添付資料-6	せん断機油圧装置B室の放射線環境測定結果
添付資料-7	せん断機B油圧制御ユニット油漏れ箇所
添付資料-8	フィルタ差圧計取付け部調査結果 (バックアップリング脱落状況)
添付資料-9	通常のOリング及びバックアップリングの状況
添付資料-10	Oリング及びバックアップリングの調査結果
添付資料-11	バックアップリングの脱落に係る再現性確認試験の結果
添付資料-12	フィルタ差圧計取付け部からの漏えいに係る考察
添付資料-13	せん断機油圧制御ユニット 類似箇所の点検結果
添付資料-14	せん断機B油圧制御ユニット 燃料主押さえ駆動ポンプフィルタ差圧計取付け部からの油漏れに係る要因分析図
添付資料-15	バックアップリング脱落のメカニズムについて
添付資料-16	水平展開対象設備選定フロー

## 1. 事象概要

平成20年4月13日12時47分に、せん断機B燃料主押さえ駆動用ポンプ吐出配管フィルタの目詰まり警報が発報し、12時50分に、前処理建屋3階せん断機油圧装置B室の火災注意報が発報した。その後、当直員の現場確認により火災ではないことを確認した。状況を調査したところ、せん断機B油圧制御ユニットの燃料主押さえ駆動ポンプ用吐出配管フィルタの差圧計取付け部からの油漏えいであることを確認した。(添付資料-1～4参照)

漏えいした油の量は、油タンク残量より約60リットルと推定した。

なお、この時の主排気筒ガスモニタ測定値はせん断に伴う変動範囲内で異常はなく、モニタリングポスト及びモニタリングステーションの測定値も平常の範囲内で異常はなかった。また、同室内の床の表面密度測定結果も異常はなかった。

## 2. 時系列

4月12日	現場巡視点検中、当直員Aがせん断機B油圧制御ユニット
6時45分	内のせん断刃ホルダ駆動用ポンプAの油圧ホースの振れ止め部品にひび割れを発見し、当直長へ連絡。 当直長は統括当直長へ連絡。
6時47分	せん断機Bの運転停止及びせん断機B油圧制御ユニットの運転停止。
6時52分	溶解工程を短期工程停止へ移行。
8時45分	せん断機B油圧制御ユニットの他の油圧ホースの振れ止め部品にひび割れがないことを確認。
9時40分	せん断機A油圧制御ユニットの振れ止め部品を取り外し、せん断機B油圧制御ユニットの油圧ホースの振れ止め部品と交換。
10時24分	溶解工程を再起動。
10時48分	せん断運転を再開。
10時50分 頃	当直員Bは、交換した油圧ホースの振れ止め部品のせん断中における現場確認において、せん断機B油圧制御ユニットの台座の上面に細かい油滴を発見し、当直長へ報告するとともに協力会社作業員に相談。 協力会社作業員は油ふき取り作業中、燃料主押さえ駆動ポンプ用吐出配管フィルタの差圧計取付け部付近で白い紐状のものを発見。 当直員B及び協力会社作業員は白い紐状のものをゴミだと思った。協力会社作業員は、廃棄するつもりでその白い紐状のものを当該室の入口近傍に置いた。 なお、前処理課員は振れ止め部品交換作業後の現場確認時にせん断機油圧装置B室の入口近傍に白い紐状のものがあ

- 11時12分 当直員Bは、せん断機B油圧制御ユニットの台座上面の細かい油滴をふき取ったこと、その後の油滴の飛散や油の垂れがないことから、フィルタ差圧計取付け部に油のにじみがないことを当直長へ連絡。  
当直長は、せん断運転中においても、油のにじみがないことから「経過観察」を指示し、統括当直長及び前処理課員へ連絡。
- 12時45分 当直員Bは、せん断機B油圧制御ユニットのフィルタ差圧計取付け部を点検し、にじみのないことを確認。
- 15時30分 当直員Bは、せん断機B油圧制御ユニットのフィルタ差圧計取付け部を点検し、にじみのないことを確認。
- 16時00分 せん断機B油圧制御ユニットのフィルタ差圧計取付け部のにじみについて、写真と外形部の資料を作成し、巡視による当該箇所の監視強化を次の直に申し送り。
- 4月12日 2直 フィルタ差圧計取付け部を点検し、にじみのないことを確認。当該箇所の巡視による監視強化を次の直へ申し送り。
- 4月12日 3直 フィルタ差圧計取付け部を点検し、にじみのないことを確認。当該箇所の巡視による監視強化を次の直へ申し送り。
- 4月13日 燃料主押さえ駆動用ポンプ吐出配管フィルタ目詰まり警報  
12時47分 が発報。  
12時50分 火災注意報が発報。  
直ちに、前回事象をうけて改正した手順書を用いてせん断機及び油圧ポンプを停止。  
12時53分 六ヶ所消防署に連絡。  
12時57分 溶解工程を短期工程停止へ移行。  
13時02分 現場確認により火災による注意報ではないことを確認。  
13時03分 六ヶ所消防署に火災でないことを連絡。  
13時30分 現場確認したところ、せん断機B油圧制御ユニット周囲の堰外にも油が飛散していることを確認。  
13時57分 漏えい量は油タンク残量より約60リットルと推定。線量当量率、表面密度に異常がないことを確認。

14時23分	国、県、村に情報提供。
14時44分	現場にて漏えいが停止していることを確認。
15時01分	溶解工程を待機運転へ移行。
16時30分	現場の油拭取りを開始。
20時40分頃	漏えい箇所特定作業開始（養生後ポンプ起動により、系統を加圧し確認）。
21時頃	せん断機B油圧制御ユニット燃料主押さえ駆動用ポンプ吐出配管上のフィルタ差圧計取付け部からの油漏えいであることを確認。
23時頃	フィルタ差圧計を取り外したところ、フィルタ差圧計にOリング保護（はみ出し防止）のためのバックアップリングが取付けられていないことを確認。また、前処理課員は、前日発見した白い紐状のものが外れたバックアップリングであることに気がついた。

### 3. 現場の状況

せん断機B油圧制御ユニットから漏れた油は、約33リットルが堰内に、約26リットルが堰外に飛散していた。（添付資料-5参照）

事象発生当時の現場の線量当量率は平常値であり、表面密度及び空气中放射性物質濃度は全て検出限界値未満で、放射性物質による汚染等がないことを確認した。（添付資料-6参照）

### 4. 本年1月1日の油漏れ事象の反省を踏まえた対応

本年1月1日に発生した油漏れ事象では、現場巡視点検中の当直員が発見し、当直長に連絡したが、油圧制御ユニットの油タンク油量低注意報が発報し自動停止するまでポンプを停止しなかったという反省があったことを踏まえ、漏えいが発生した場合における油圧ポンプの停止をマニュアルに定めた。

今回の事象では、せん断機油圧装置B室の火災注意報が発報したことから、当直長は、当該室において油が漏えいしている可能性があるものと判断し、マニュアルに従って直ちに油圧ポンプの停止を指示した。

### 5. 事象発生後の処置

使用済燃料を1割弱せん断した状態で保持したままのせん断機を手動で停止するとともに、油圧ポンプを停止状態とした。また、溶解槽等の溶液を常温に移行させ、せん断・溶解工程を安定な状態に移行した。

なお、せん断中に油圧制御ユニットが停止した場合は、使用済燃料のせん断が停止し、安全な状態に移行するため、他の機器に影響を及ぼすことはない。

## 6. 漏えいした油の性質について

本事象において漏えいした油は、第4類第4石油類の一般鉱物油<sup>\*</sup>であり、主に油圧ポンプ等の作動油に使用され、引火点は220℃であり、揮発性はない。

※前処理建屋における貯蔵量は消防法上の危険物の指定数量（6000リットル）未満であり、少量危険物等貯蔵取扱いとして届出を行っている。

## 7. 油の噴き出しによる影響

### 7.1 火災に至る可能性

今回の漏えい事象は、本年1月1日に発生した油漏れ事象と同じ部屋・機器から同じ油が漏えいした事象であるが、系統圧力は約□□□□であり、前回油漏れが発生した系統圧力（約□□□□）より大きく、油の噴出速度も大きかったものと考えられる。

一般に、噴出する油の粒径は、噴出圧力の増加により小さくなり、また、噴出速度が大きくなるほど小さくなるため、1月1日の事象よりも粒径は小さかった可能性がある。

したがって、今回の事象においても結果的に火災に至らなかったものの、技術的な側面から火災に至る可能性を検討していくと、完全にその可能性を否定することはできないことから、今後引き続き、作動油等の火災に関する調査検討を進め、水平展開を推進していくこととする。

なお、今回漏えいした油を拭き取ったウエスについては、発火の可能性を考慮し、密封し容器に封入することにより適切に処理した。

### 7.2 建屋換気系への油の移行

当該室の換気ダクト入口部及び下流のフィルタを点検したところ、有意な油の移行がないことを確認した。漏えいが発生した時点の前後において、フィルタ差圧を現場で確認したところ日常管理範囲の「0.5kPa以下」にあり、顕著な変化はなく、フィルタの目詰まりによる負圧低下はなかった。

### 7.3 その他の影響

今回油が漏えいした前処理建屋3階せん断機油圧装置B室には、油圧制御ユニットB以外にエンドピース酸洗浄槽及びエンドピース水洗浄槽の水圧ジャッキユニットが設置されており、両装置の外表面に油が付着していたものの、油の拭き取りを行い動作確認し問題ないことを確認した。

## 8. 点検・調査

### 8.1 漏えい発生後の状況

火災注意報が発報した後、せん断及び油圧ポンプを停止したため、現場を確認したときには、既に漏えいは停止しており、漏えい箇所を特定することができなかった。

このため、漏えい箇所を特定するため、せん断機B油圧制御ユニットをせん断機B

から隔離し、各油圧ポンプをそれぞれ起動し、漏えい箇所を特定した。

その結果、漏えい箇所は燃料主押さえ駆動用ポンプ吐出配管上のフィルタ差圧計取付け部であることを確認した。

当該箇所について点検したところ、フィルタ差圧計とその取付け部の間に隙間が確認された。また、フィルタ差圧計を取り外したところ、バックアップリングが装着されていないことが確認された。

なお、当該バックアップリングは、前日（4月12日）の点検作業中にフィルタ台座ブロック付近に落ちていたのを協力会社作業員が発見し周辺の状況を確認したが、協力会社作業員及び当直員Bは当該部品がバックアップリングであることに気づかず、ゴミだと思い、協力会社作業員が当該室の入口近傍においたものである。

漏えい発生後、前日の点検作業中に発見された部品が、当該バックアップリングであることに前処理課員が気づいた。（添付資料-7，8参照）

## 8.2 Oリング及びバックアップリングに係る調査

バックアップリングは、高い圧力の系統や隙間が大きい場合に、Oリングと併せて使用し、系統内の圧力がOリングにかかったとき、隙間にはみ出して変形・損傷することを防止ために設置しているものである。

添付資料-9にOリングとバックアップリングを正常状態で使用したときの位置関係を示す。

漏えいが発生したフィルタ差圧計のOリング及び回収したバックアップリングの調査結果を以下に示す。

Oリングについては、半周にわたりOリング溝からはみ出した際に生じたと考えられるへこみ跡及びねじれが確認できた。

また、バックアップリングには、ほぼ全周にわたって断面が「への字形状」となっており、リングの端部がとぐろ状に変形していることが確認できた。（添付資料-10参照）

当該バックアップリングの交換作業は本年2月に実施している。その際に作業を行った協力会社作業員の聞き取り調査にて、当該箇所はトルク管理を必要とする部位ではなかったことから、レンチを用いて緩みなく締め付けたこと及び締め付け後に目視確認したことを聴取した。

しかしながら、当該部位は干渉物があり作業性が悪く、十分な締め付け及びフィルタ差圧計とその取付け部の間の隙間確認ができなかった可能性があり、また、これらを行った記録はない。

なお、2月に実施した当該油圧制御ユニットBの点検は、協力会社に請負工事として発注しており、当社は、交換部品の受入れ確認、設備点検後の据付確認及び漏えいがないことを含めた機能確認に立会い、問題のないものとして確認した。

## 8.3 モックアップを用いた再現性試験

漏えいが発生したフィルタ差圧計のモックアップを用いて、様々なバックアップリングの設置状態を模擬し、運転圧力変動によりバックアップリングが変形・脱落する



条件を検証した。

その結果、Oリング及びバックアップリングが正常にセットされていたとしても、フィルタ差圧計取付け部に隙間が生じた場合には、バックアップリングが脱落し、少量の油が飛散することが確認された。また、脱落したバックアップリングの断面が「へ」の字形状」となり、リングの端部がとぐろ状に変形することが再現できた。

(添付資料-11)

#### 8.4 差圧計取付け部からの漏えいに係る考察

上記8.2の調査結果から、OリングにOリング溝からはみ出した際に生じたと考えられるへこみ跡及びねじれが確認された。

そこで、確認されたへこみ跡などからOリングの変形により微小な流路が形成されたと仮定した場合の漏えい量について評価した。

その結果、約3.3mm<sup>2</sup>（直径2.1mm程度）の流路が形成された場合には、3分間で約60リットル程度の油が漏えいすると評価された。（添付資料-12）

本事象では、Oリングの観察結果より周方向に長さ約5mmにわたって傷がみられ、この部分に微小な流路が形成されたものと推定される。

#### 8.5 類似箇所等の健全性確認について

本事象を踏まえ、せん断機油圧制御ユニットにおける類似の接合部について健全性確認を実施し、異常のないことを確認した。（添付資料-13）また、フィルタの目詰まり警報が発報したことから、念のためフィルタの健全性を確認する。

### 9. 推定原因分析

#### 9.1 設備上の要因（添付資料-14）

漏えいの原因について要因分析をした結果及び再現性確認結果よりフィルタ差圧計の取付け不良に起因するバックアップリング脱落により漏えいが発生したと推定する。

なお、事象発生当初に発報した「せん断機B燃料主押さえ油圧ライン上フィルタの目詰まり警報」は、フィルタ差圧計の吐出側から油が漏えいしたことにより、見かけ上のフィルタ差圧が大きくなり、発報したものと推定される。

以上を踏まえ、当該バックアップリングの脱落に至ったメカニズムは以下のとおりと推定した。（添付資料-15）

- ① 2月に実施した設備点検において、当該フィルタ差圧計のOリング及びバックアップリングの交換を実施した。このとき、フィルタ差圧計を取付ける際に、当該フィルタ差圧計とその取付け部に2mm程度の隙間があることを認識できなかった。しかし、フィルタ差圧計取付け部の内径とフィルタ差圧計外径の隙間は0.05mmであるため、Oリングとバックアップリングによりシールされていた。
- ② このような状況で油圧制御ユニットの運転を実施していたことから、系統内の内圧を受けてOリングが外側に押し出され、バックアップリングを押し出すかたちとなり、バックアップリングの端部が僅かにはみ出した。

- ③ 時間の経過とともにOリングがバックアップリングを押し出すかたちとなり、バックアップリングが徐々に押出された。この際バックアップリングが、フィルタ差圧計とその取付け部の隙間を通るため、バックアップリングの断面が「への字形状」となった。
- ④ さらに時間が経過し、フィルタ差圧計とその取付け部の隙間からバックアップリングが完全に押し出され、脱落するとともに、少量の油が飛散した。  
この際、バックアップリングの端部がとぐろ状に変形した。
- ⑤ その後、Oリングによりシール性が確保されていたが、時間経過とともにOリングがOリング溝からはみ出し、ねじれが生じ変形したため、微小な流路が形成され、油が漏えいした。

## 9.2 管理上の要因

せん断機B油圧制御ユニットの台座上面の油滴については、当直長への報告がなされ、その後の監視も継続された。しかし、発見された白い紐状のものについては、台座上面の細かい油滴との関連に思い至らず、当直長へ報告されなかった。

この要因としては、以下の事項が考えられる。

- ① いつもと違う状況、異物等の確認は巡視等により実施されていたが、これらの情報が抜けなく報告され、必要な処置を行うことができなかった。
- ② 当該部分の構造図が配備されておらず、油漏れの防止のメカニズム、部品構造等に対する理解が不足していたことにより、発見されたものがバックアップリングとは思わなかった。

## 10. 当該事象に関する再発防止対策

### 10.1 当該設備に関する対策

- ① 漏えいが発生したフィルタ差圧計のバックアップリング及びOリングを新品と交換し、取付け時には隙間管理を行うとともに締め付け時の確認を確実に実施する。また、せん断機B油圧制御ユニットの全ての接続部について健全性を確認する。
- ② 当該設備における隙間管理が必要な部位について、締め付け時の確認を確実に実施することを工事要領書に定める。

### 10.2 管理に関する対策

- ① 本事象を運転員・保修員等に周知することにより、現場パトロール等で、異物等を発見したら、自分自身で問題ないと判断するのではなく、上長に報告するとともに、関連部署間で情報共有を図ることにより原因を調査することを習慣づける。
- ② ユニット品についても、構造図などの図面類を配備し、異物等があった場合、部品レベルでの確認ができるようにする。

### 10.3 水平展開

今回の事象では、油が約60リットル漏えいし、その原因として、設備点検時の

フィルタ差圧計の取付けが不十分であったためと推定した。また、本年1月1日にも同設備において油漏れが発生し、原子力安全・保安部会核燃料サイクル安全小委員会において、「火災に進展する可能性について否定できない」との指摘を受けている。以上を踏まえ、再処理工場において油・薬品を取り扱う設備を対象に、添付資料-16のフローに従って、漏えいのおそれのある箇所を対象に、健全性を確認する。

また、健全性の確認に当たっては、点検計画書を作成し、実施することとする。

## 11. 今後のせん断処理について

### 11.1 せん断機に保持している使用済燃料の処置について

せん断を中断してせん断機に保持している使用済燃料については、現状安全な状態で保持されているものの、より安定な状態に移行させることが望ましいことから、「10.1 当該設備に関する対策」、「10.2 管理上の要因に関する対策 ①」実施後に当該使用済燃料のせん断を実施することとする。

### 11.2 第5ステップのせん断処理について

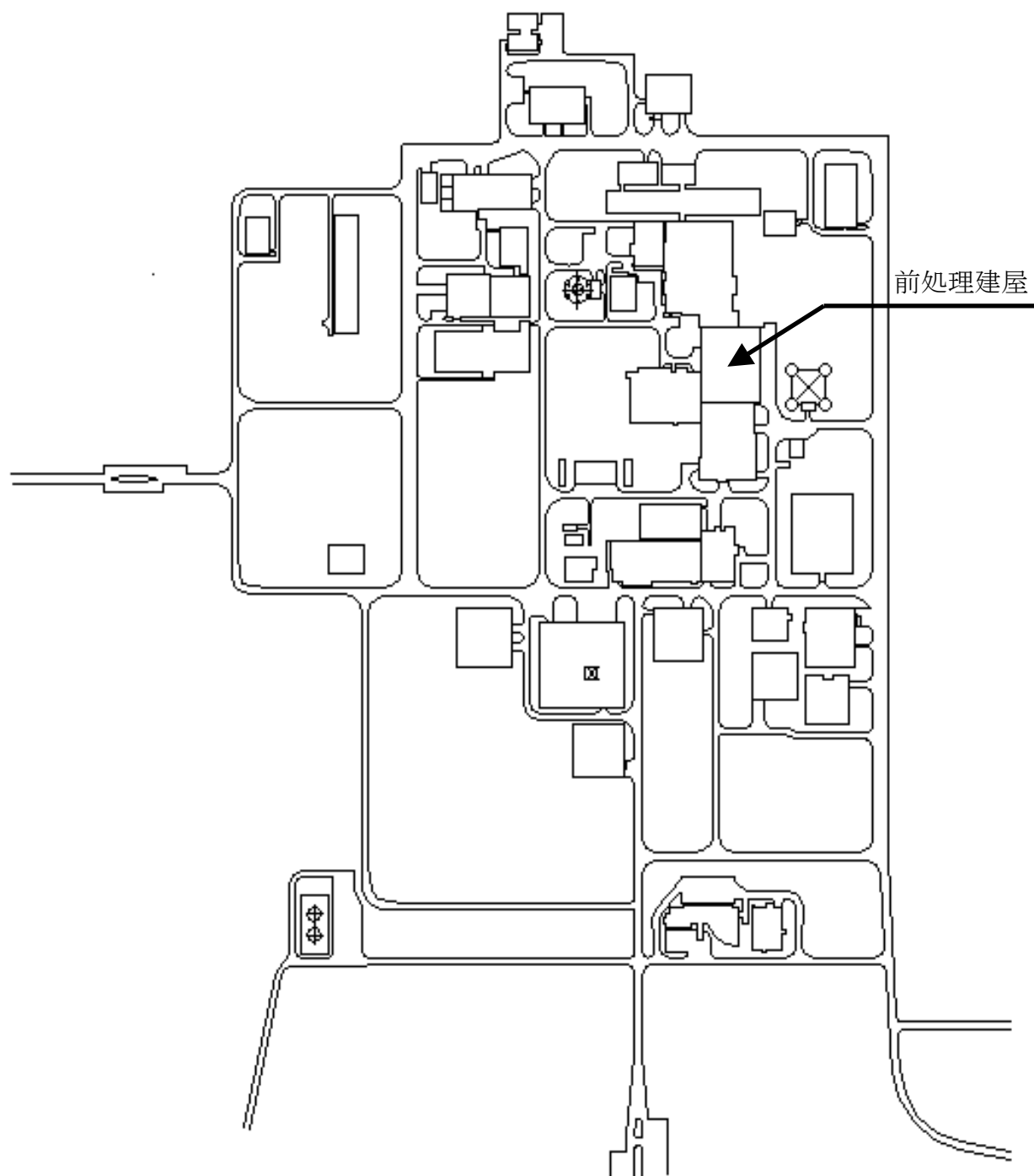
第5ステップのせん断処理については、「10.3 水平展開」により必要な設備の点検が終了した後、再開することとする。

## 12. 今後の対応について

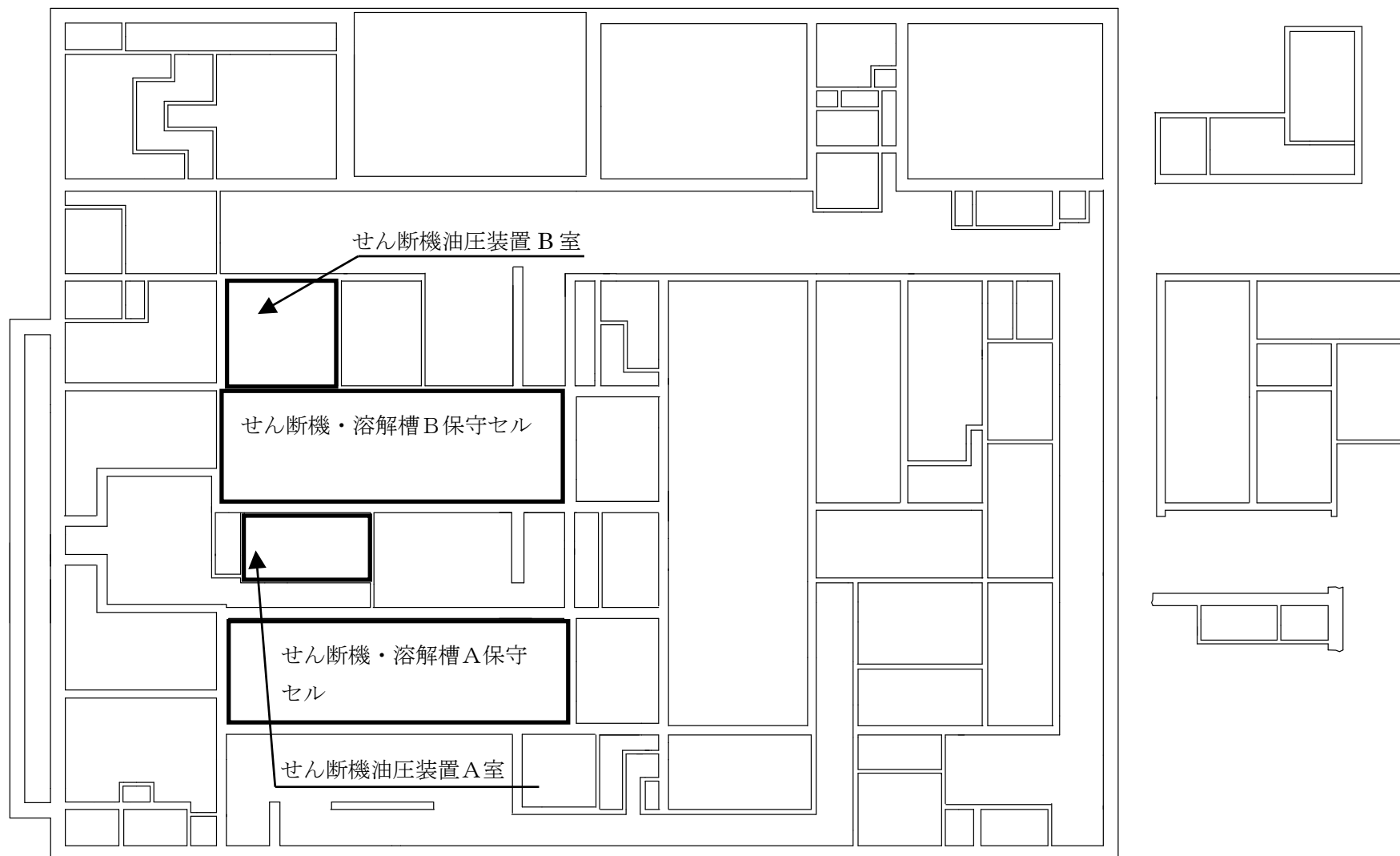
今回再び火災の可能性を否定することができない油漏れが発生したことを踏まえ、火災に対しての安全確保のための方策について検討し、報告する。

また、今回の事象における、管理上の要因（組織的な要因）については引き続き検討し、安全文化の醸成を図って行くこととする。

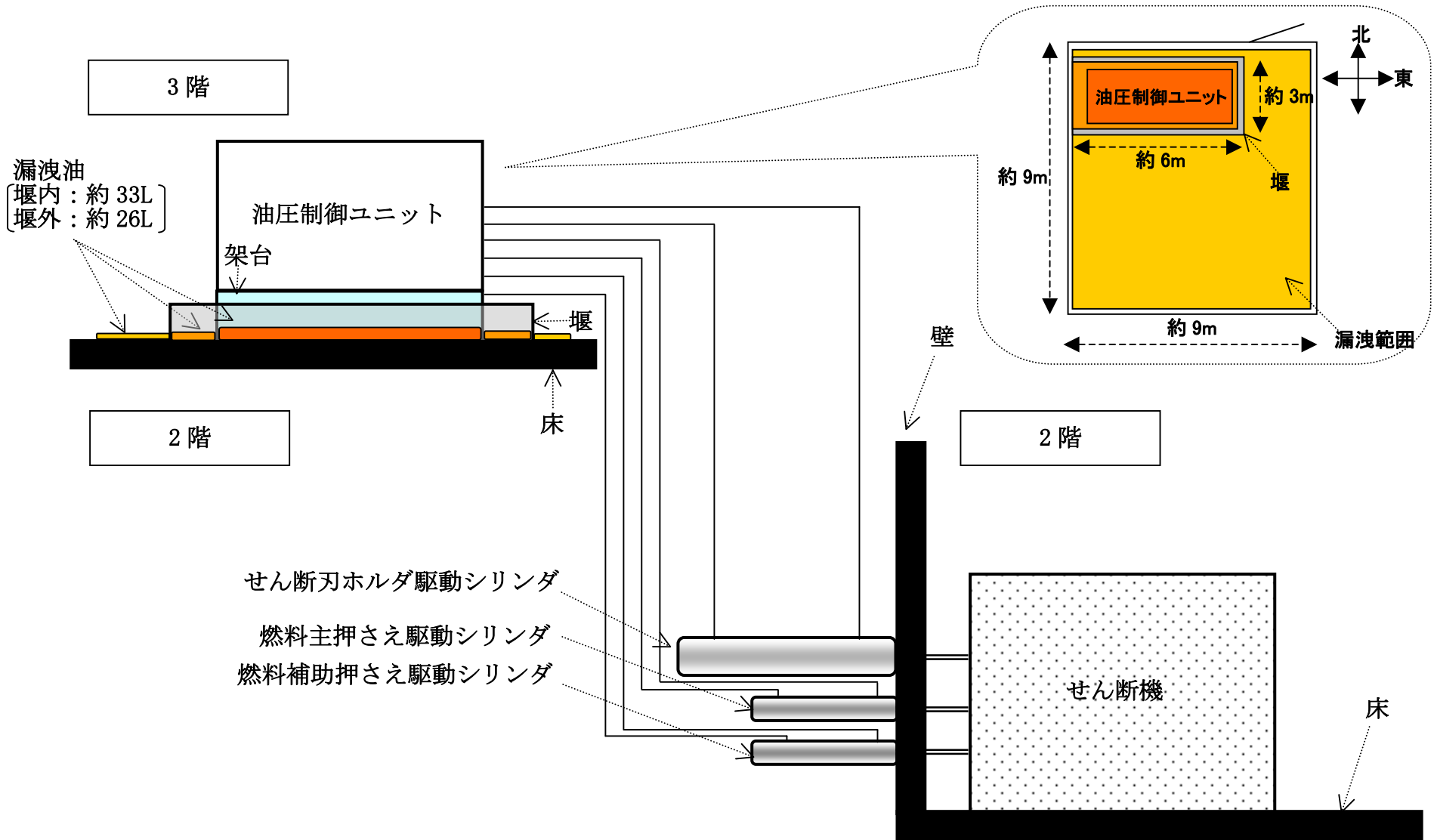
以 上



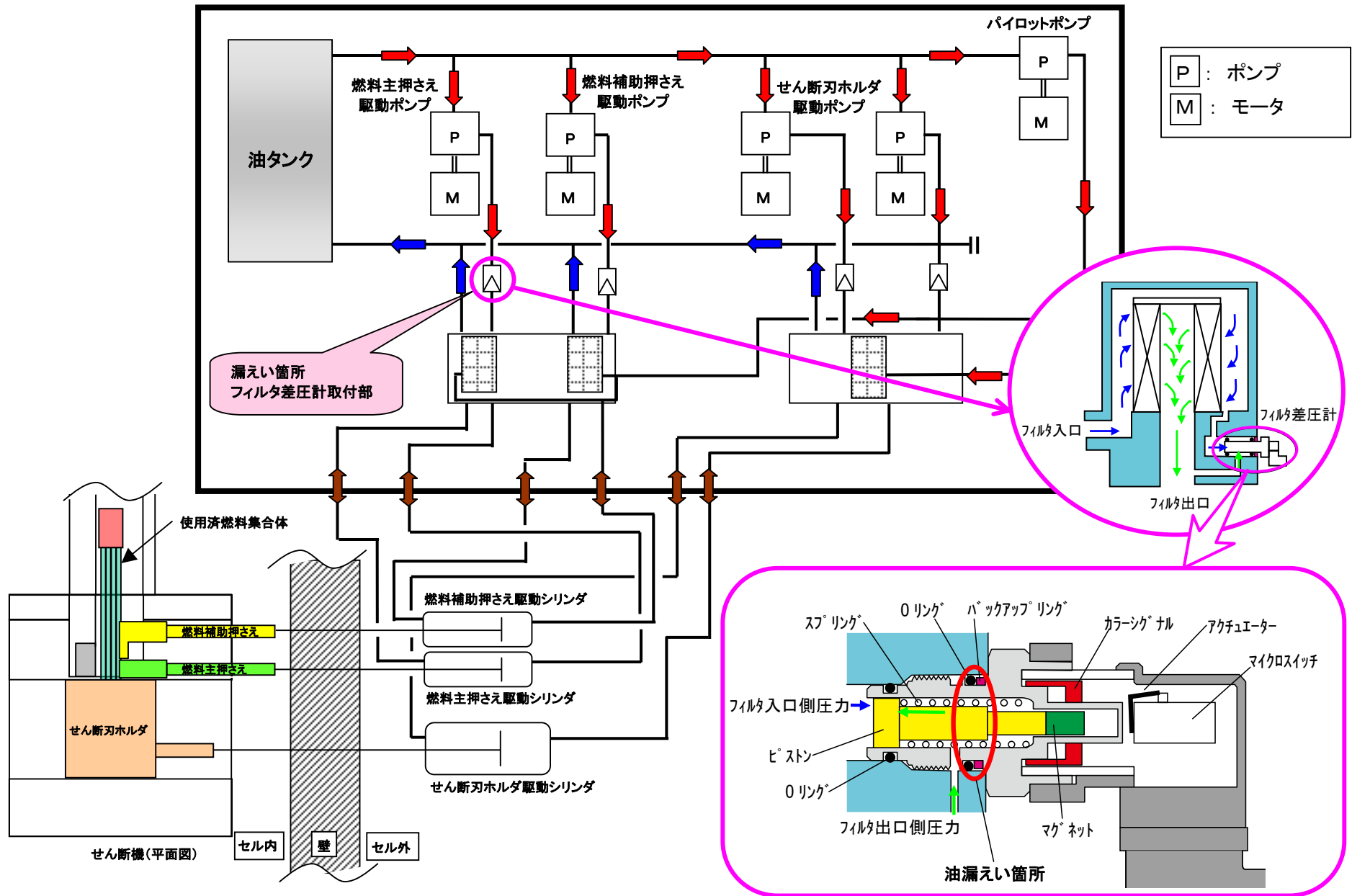
再処理事業所 構内配置図



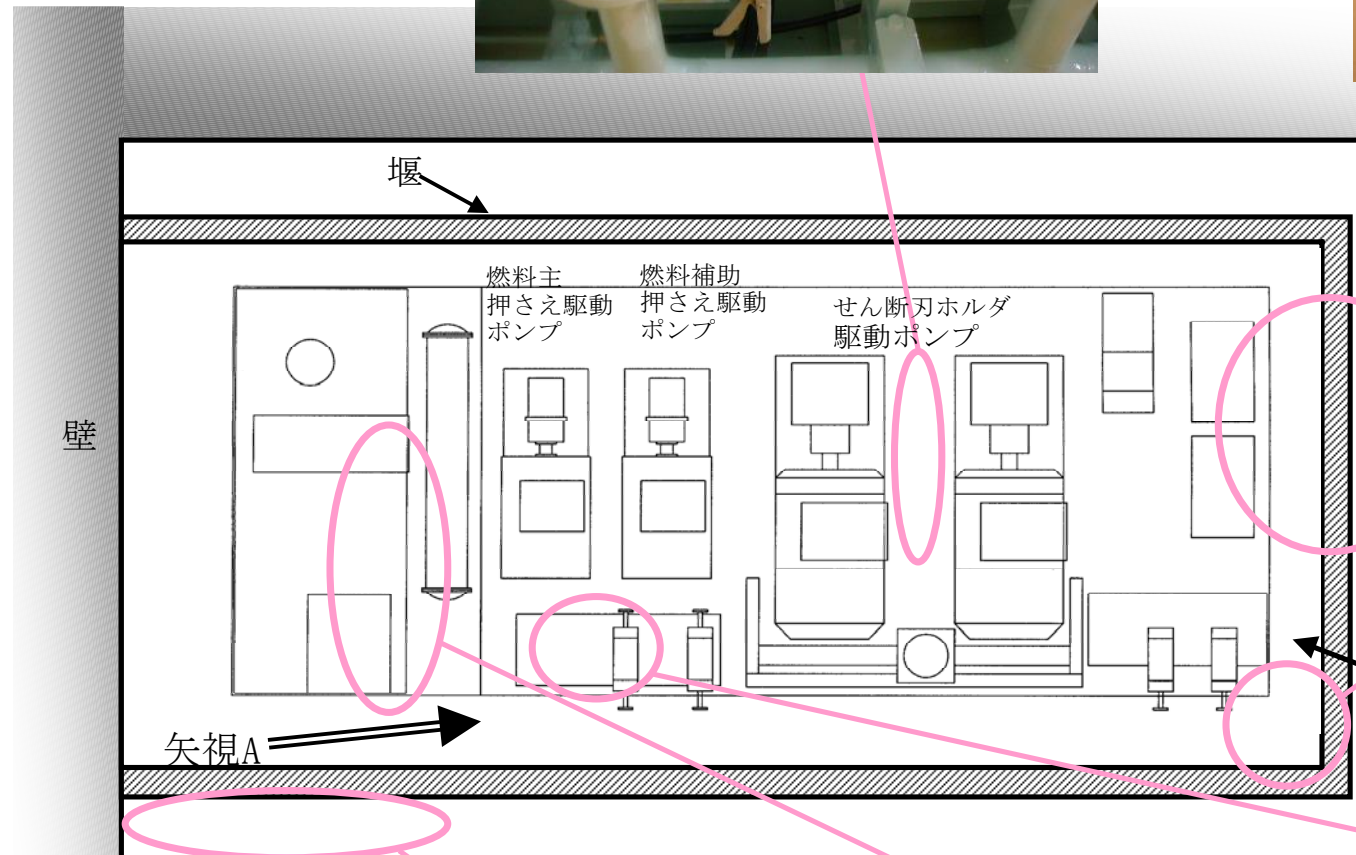
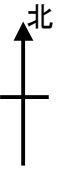
前処理建屋 3階 平面図



せん断機B 油圧制御ユニット油漏えい事象概要図



せん断機 B 油圧制御ユニット油漏えい箇所概要図



堰内に約33リットル

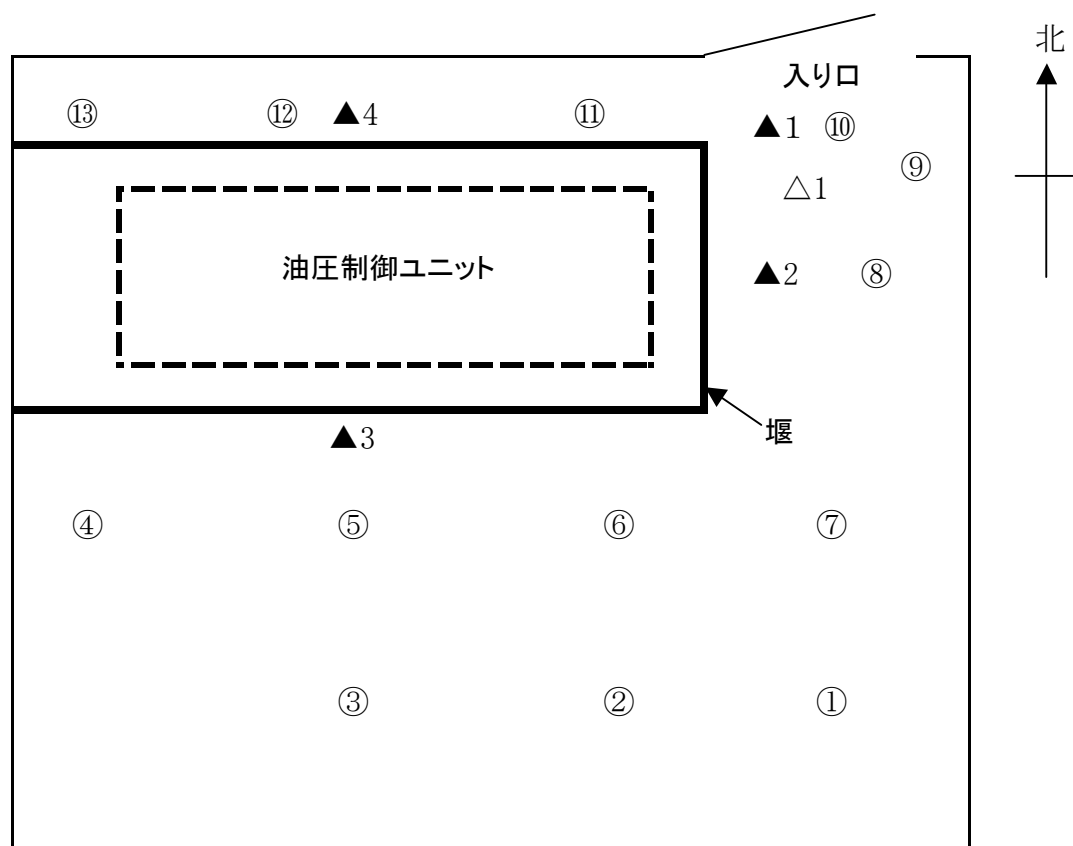


油圧制御ユニット全景(矢視A)



### せん断機B油圧制御ユニット周辺油漏えい状況





◎測定年月日：平成20年4月13日

○線量当量率

- ・測定結果：全て検出限界値未満
  - $\gamma$ 線： $<1.0 \mu \text{ Sv/h}$
  - n線： $<1.0 \mu \text{ Sv/h}$
- ・測定ポイント：▲1～4（床上 1.2m）

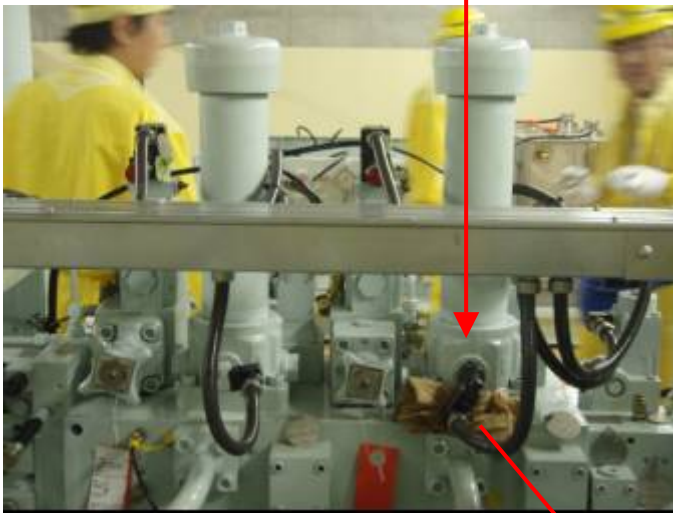
○表面密度

- ・測定結果：全て検出限界値未満
  - $\alpha$ ： $<1.6\text{E-}02 \text{ Bq/cm}^2$
  - $\beta$ ： $<3.5\text{E-}02 \text{ Bq/cm}^2$
- ・測定ポイント：①～⑬

○空气中放射性物質濃度

- ・測定結果：検出限界値未満
  - $\alpha$ ： $<1.6\text{E-}09 \text{ Bq/cm}^3$
  - $\beta$ ： $<3.3\text{E-}09 \text{ Bq/cm}^3$
- ・測定ポイント：△1（床上 1mで試料採取）

せん断機油圧装置B室の放射線環境測定結果



燃料主押さえ駆動ポンプ吐出配管上フィルタ差圧計取付け部からの漏えいであることを確認

せん断機B油圧制御ユニット油漏れ箇所

A系



B系



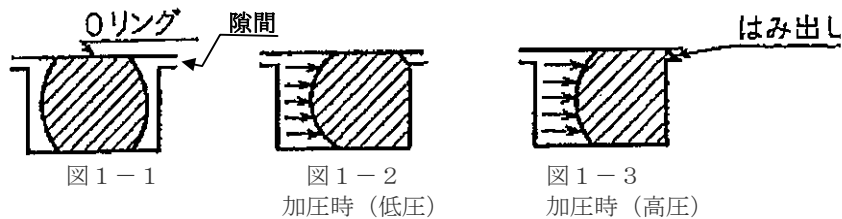
フィルタ差圧計取付け部調査結果 (バックアップリング脱落状況)

通常のOリング及びバックアップリングの状況

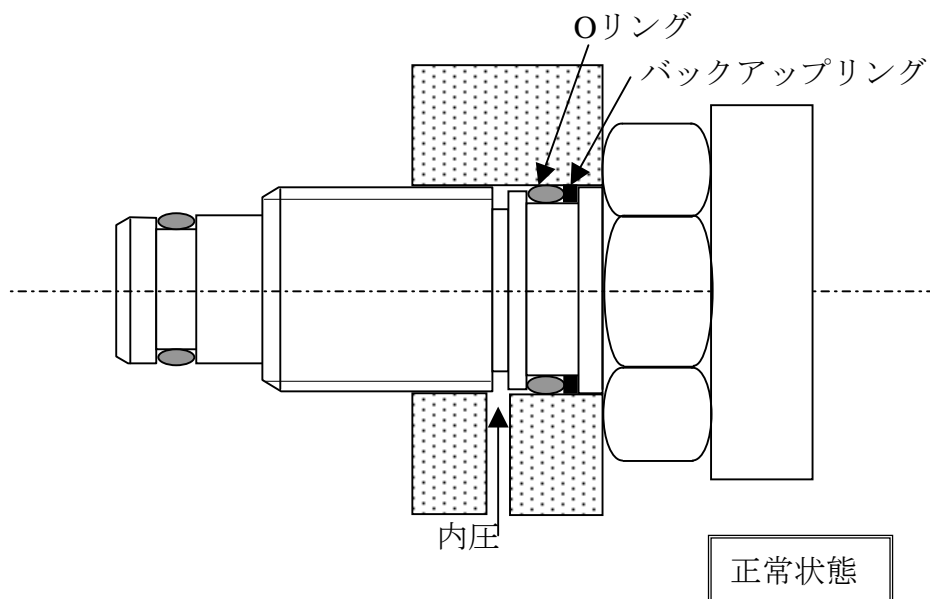
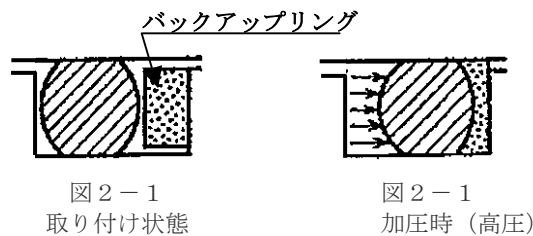
1. バックアップリングの目的

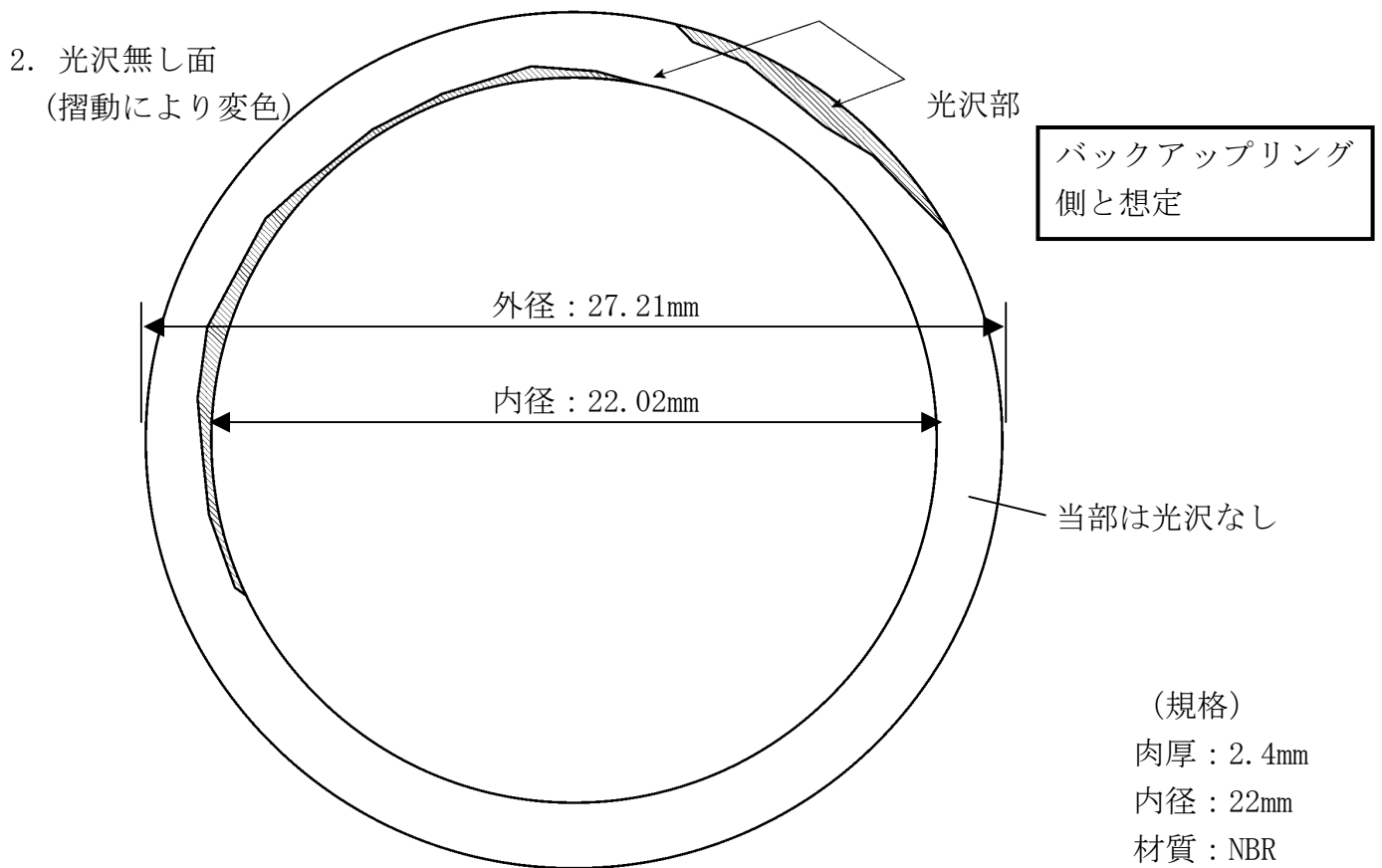
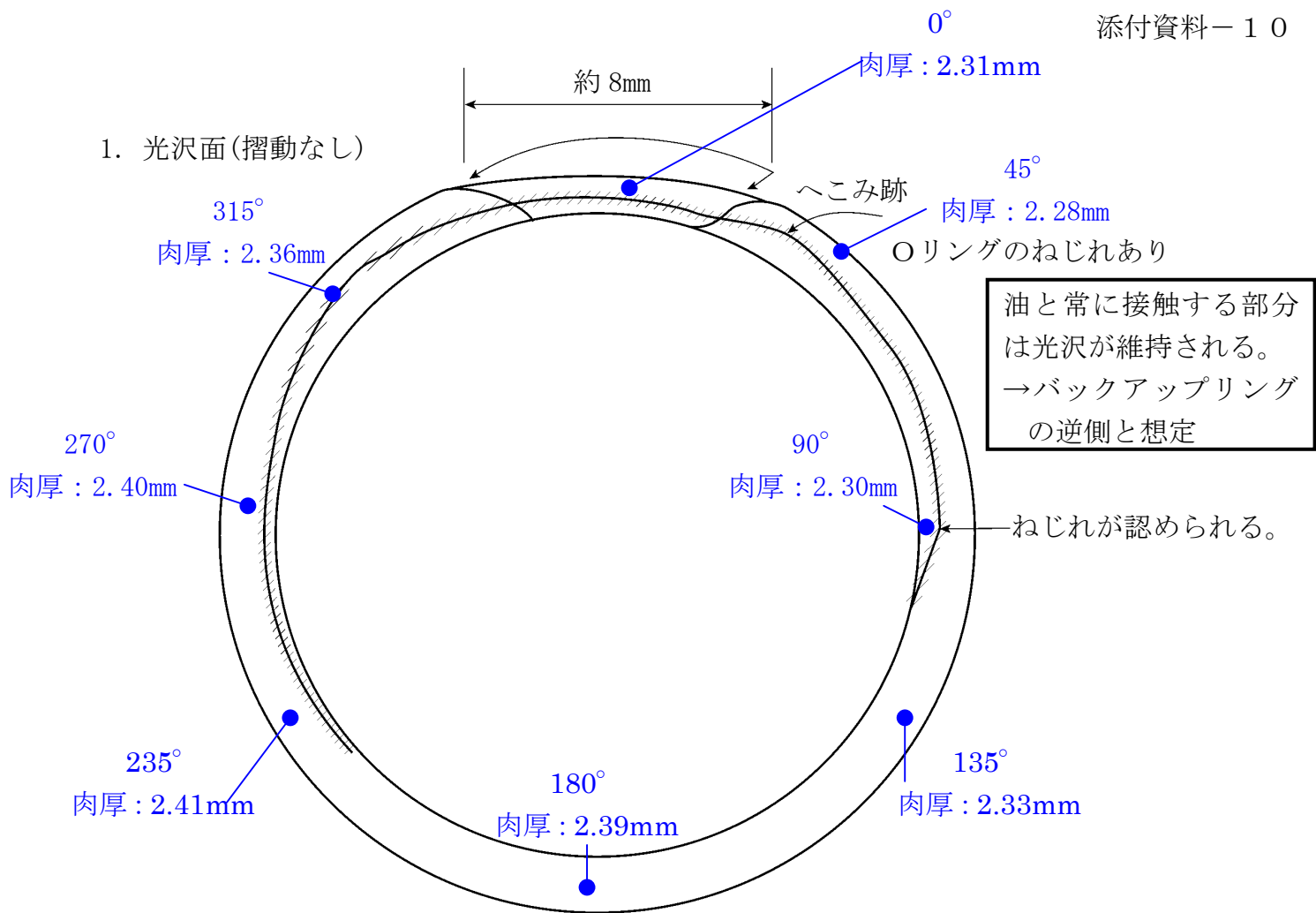
バックアップリングは圧力が高い場合や軸の隙間が大きい場合に使用し、圧力が掛った時にOリングが隙間にはみ出して変形・損傷することを防止するものである。

一般的なOリングの使用方法として図1-1のようにOリング溝にOリングを取り付けた場合、低圧ではOリング溝と本体の隙間へのはみ出しが小さく使用に問題は生じないが(図1-2)、高圧になると図1-3の様にはみ出しが発生し、Oリングの変形、破損などが生じる。



そこで、図2-1のようにバックアップリングを使用することで、図2-2の様に高圧時にバックアップリングにより隙間を埋め、Oリングのはみ出しによる変形・損傷を防止している。





使用済Oリングの概要



270° 側

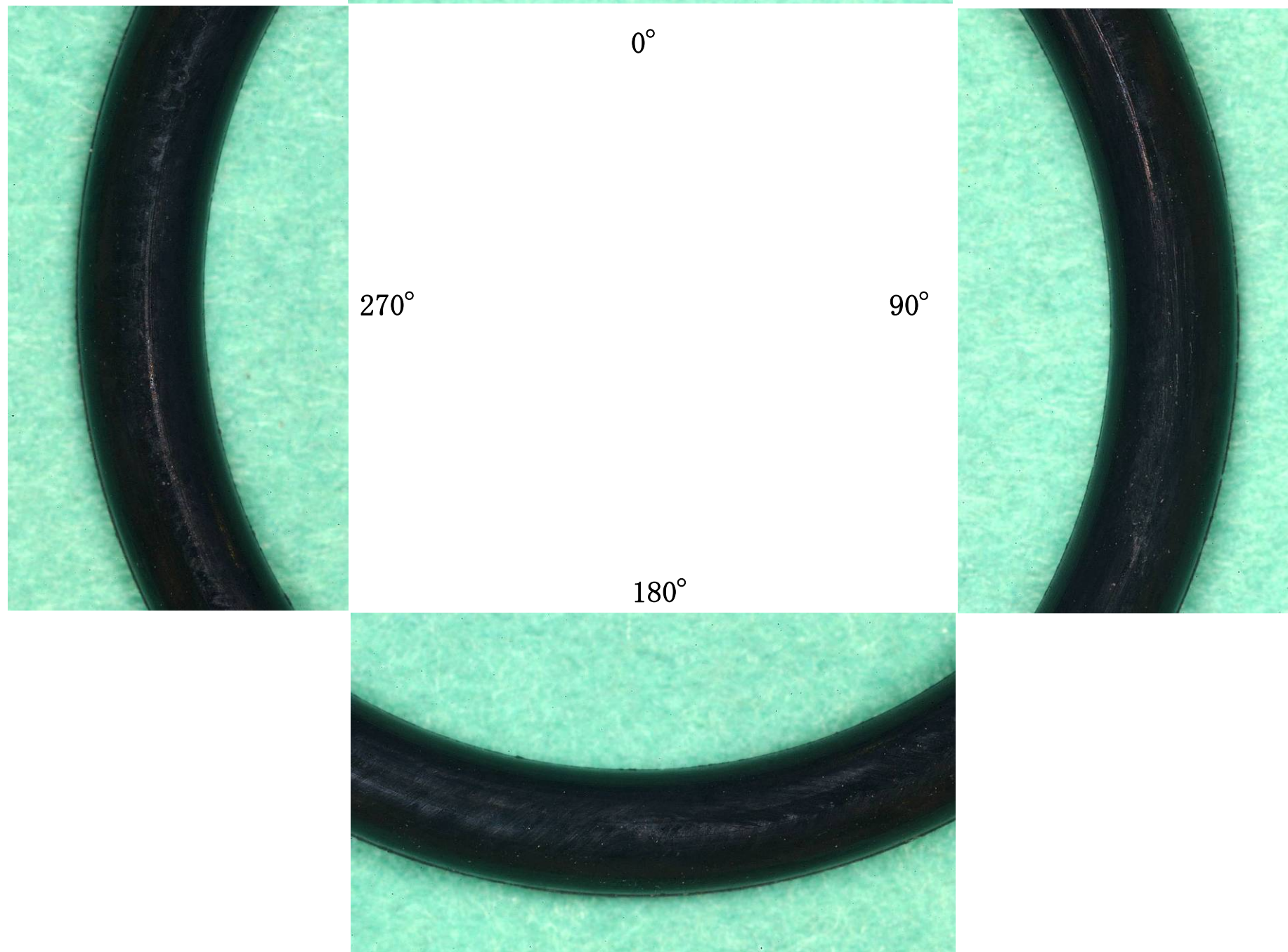
3mm



90° 側

3mm

側面



0°

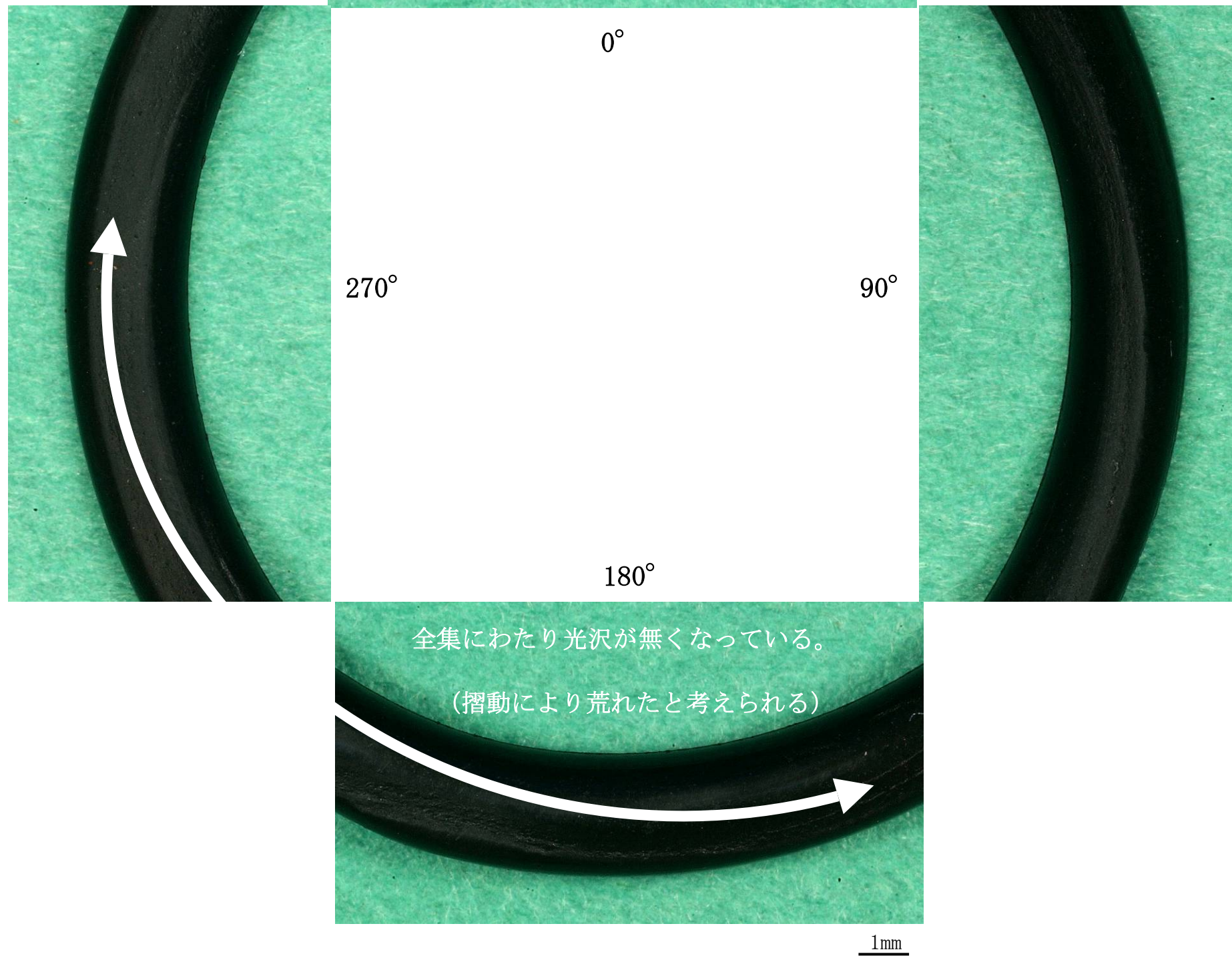
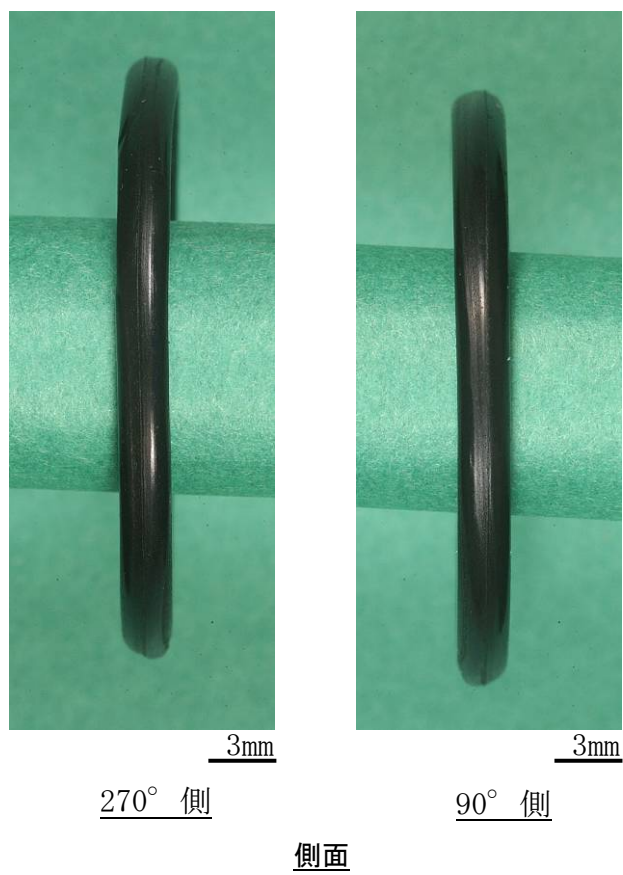
270°

90°

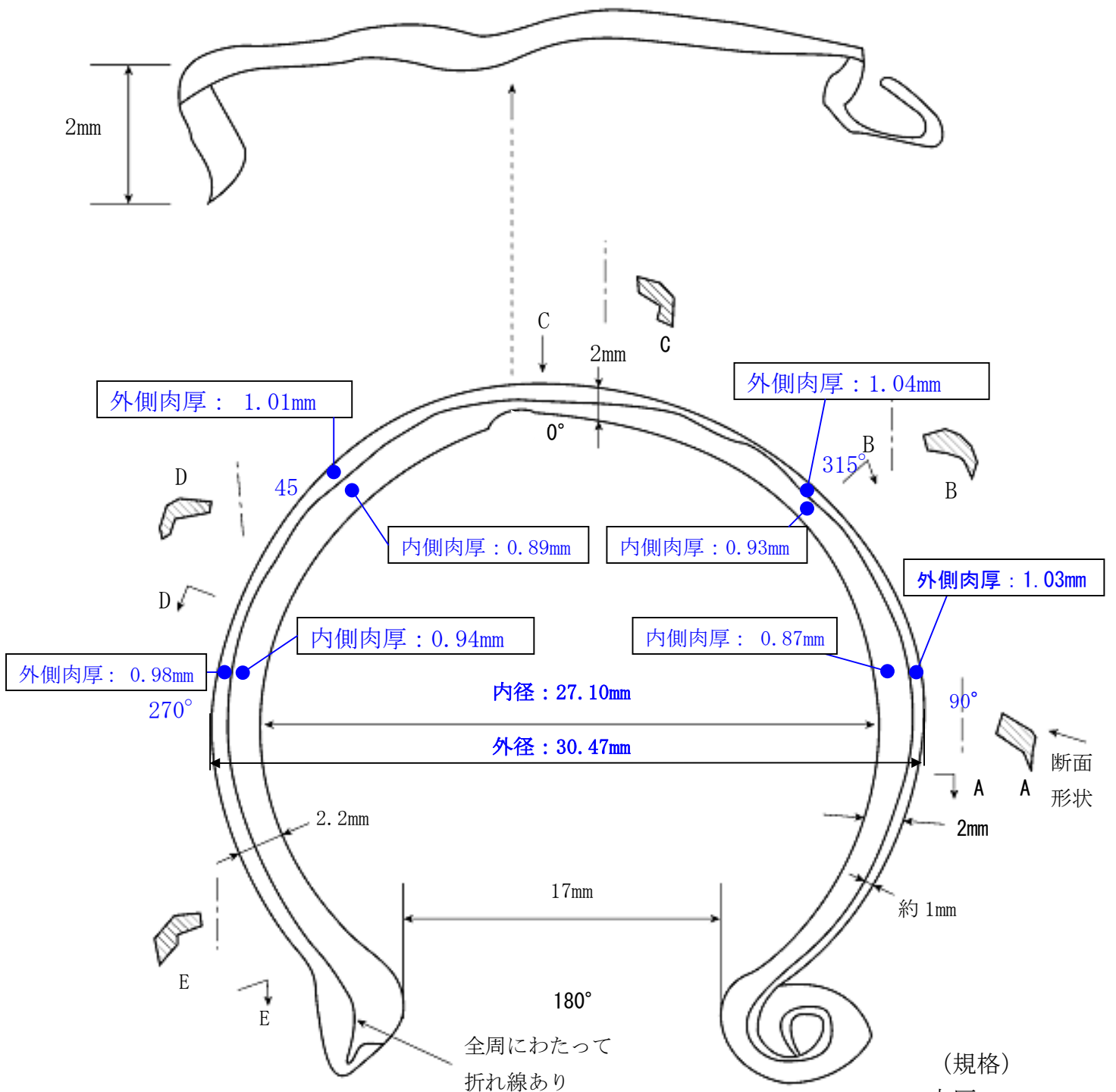
180°

1mm

新品Oリング（外側）の外観状況



使用済リング（つやなし側）の外観状況



(規格)  
 肉厚 : 1.25mm  
 幅 : 2.0mm  
 内径 : 22mm  
 材質 : テフロン

使用済バックアップリングの概要





270° 側

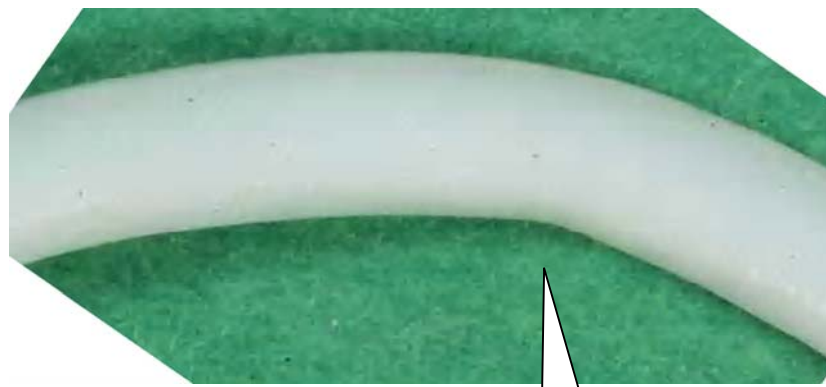


90° 側

側面



270°



0°



90°

バックアップリングのバイアスカット位置とほぼ 180 度対向位置に内側への角折れが認められる。

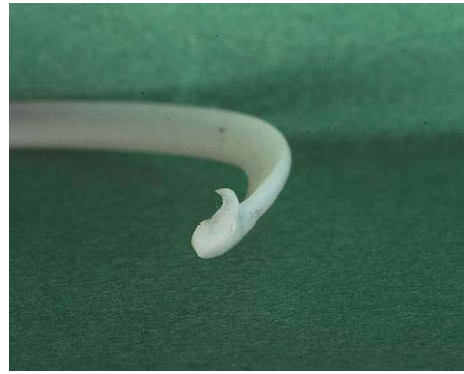


伸びているが重量は新品とほぼ同じ。



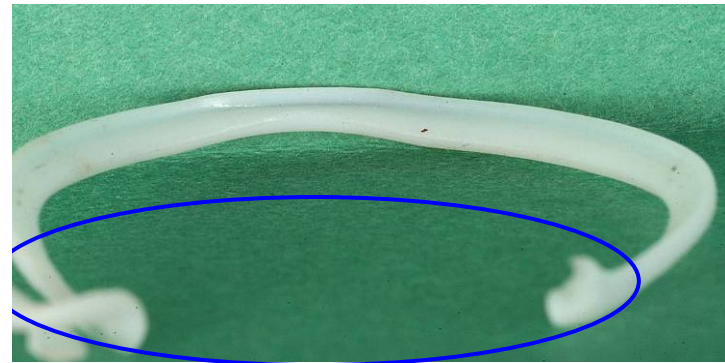
1mm

使用済バックアップリングの外観状況 (その1)



端部

3mm



側面

3mm

逆「へ」字形状となっている。

外側肉厚 : 1.04mm

内側肉厚 : 0.93mm

くぼみ有り

0°

315°

内側肉厚 : 0.89mm

外側肉厚 : 1.01mm

45°

外径 : 30.47mm

内径 : 27.10mm

90°

外側肉厚 : 1.03mm

内側肉厚 : 0.87mm

270°  
内側肉厚 : 0.94mm

外側肉厚 : 0.98mm



全周にわたって折れ線あり

1mm

使用済バックアップリングの外観状況 (その2)

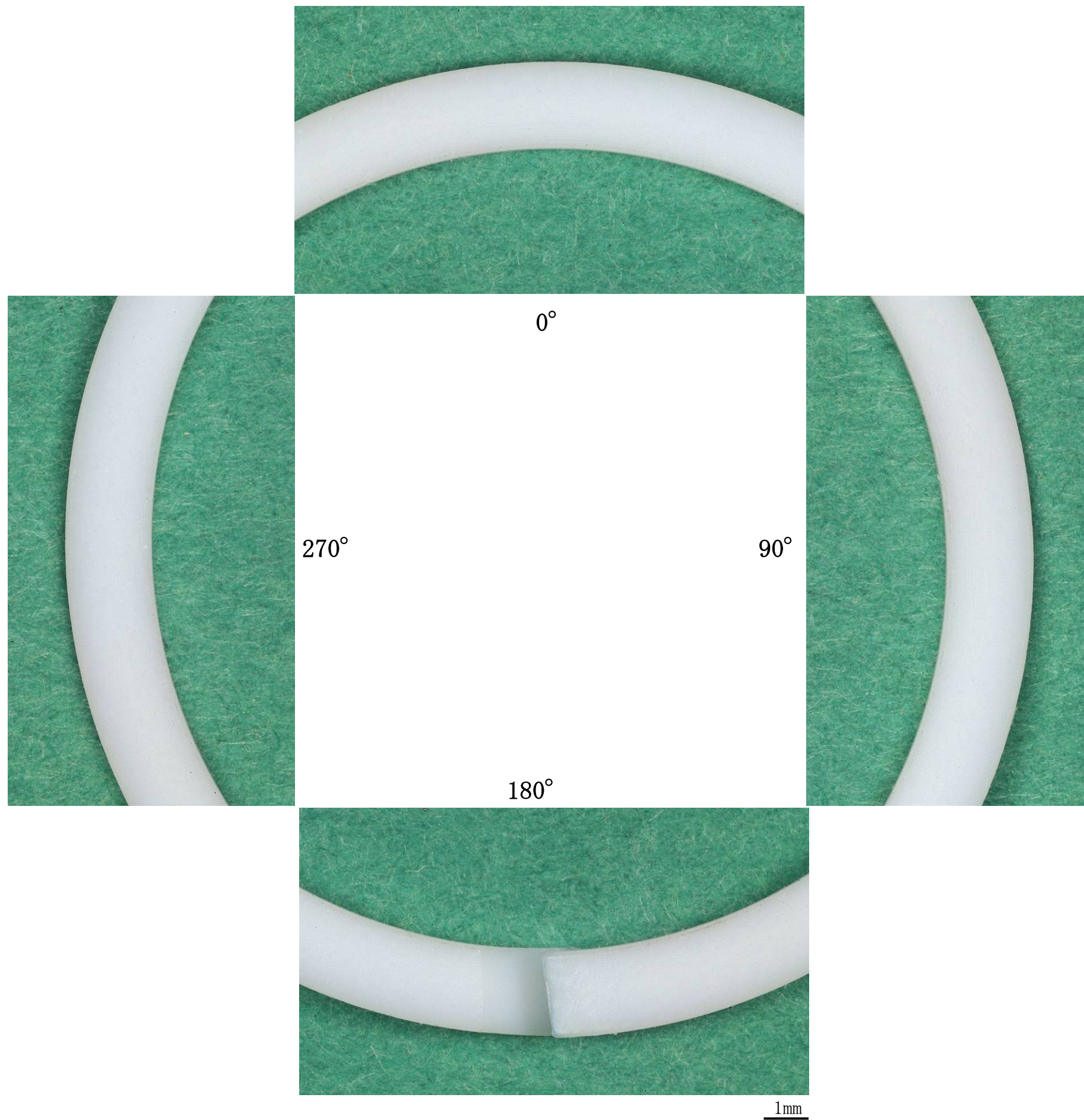


270° 側



90° 側

側面



新品バックアップリングの外観状況

## バックアップリングの脱落に係る再現性確認試験の結果

## 1. 概要

せん断機の油圧ユニット燃料主押さえ駆動ポンプ吐出配管上のフィルタからの油漏れに関して、調査の結果、フィルタ差圧計のバックアップリングの取付け状態が悪く、運転中にバックアップリングが脱落して漏洩が発生したものと推定された。

このため、バックアップリング周りの取付けが不適切であった場合、せん断機の運転圧力によりバックアップリングが脱落することを確認した。

## 2. 確認項目

- ・ 種々のバックアップリングの設置を仮定し、運転圧力変動によりバックアップリングが脱落することを確認する。
- ・ 上記の過程において、バックアップリングが変形する可能性を確認する。

## 3. 試験条件

下記の条件を使用して試験を実施した。

- ① 油圧条件 : 最大  、 最低 大気圧
- ② 油圧取出し : 同 油圧ユニット内 主ギャグ用ラインフィルタ
- ③ テストピース : オス側——実機用差圧発信器ノズル  
メス側——試験用模擬ブロック (製作品)  
実機の模擬程度については図－1 参照。

なお、試験に当たっては試験加速の観点から、下記の条件を実機運転条件から変更した。

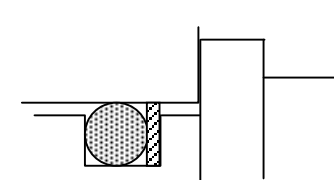
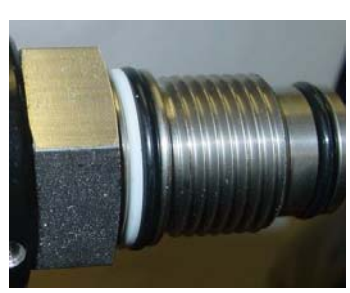
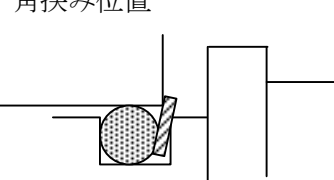

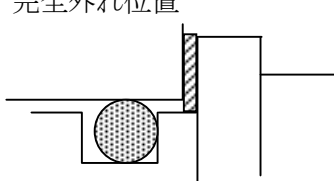
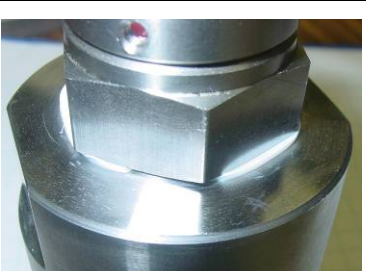

	実機	試験
⑤ 加圧減圧時間*	<input type="text"/> / <input type="text"/>	<input type="text"/> / <input type="text"/>
⑥ リング設置条件	グリースを適切に塗布	滑り易くするために グリースを多量に塗布
⑦ 締め付け条件	100Nm 程度で (手締め一杯) で締め付ける (実機計画)	差圧計取付け部の隙間を開けるために、50Nm 程度で締め付け もしくは更に差圧計取付け部の隙間を開ける

### 3. 試験結果

#### (1) 予備試験

フィルタ差圧スイッチの模擬ブロックに、実機と同じ O リング、バックアップリングをずれた位置と推定される取付け位置にセット／締付けし、バックアップリングを取り外した後のリングの接触痕の状況を確認した。

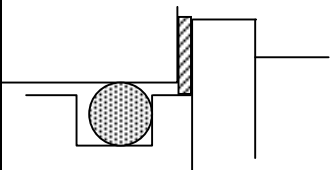
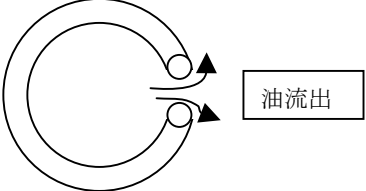
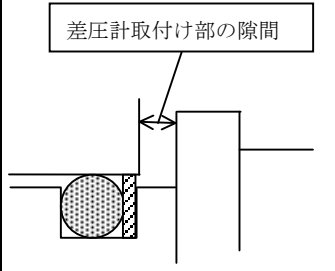
その結果、下記の成果が得られた。

セット位置	状況	備考
正規位置 		
角挟み位置 		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 全周を均等に挟み込むことは困難</li> <li>・ 締め込み具合によっては片当りによりバックアップリングの損傷が発生する（今回は再現できなかった）</li> </ul>
完全外れ位置 グリスを多めに塗布した場合に発生することを確認 	 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締め込みではみ出したバックアップリングの表面に圧痕がつく（漏れ事象の形状に類似）</li> </ul>

以上により、「角挟み位置」にセットされた可能性を完全に否定することはできないが、「完全外れ位置」に比較して再現が難しく、可能性が低いと判断した。よって、以降の試験は上記「完全外れ位置」と「正規位置」にて実施することとした。

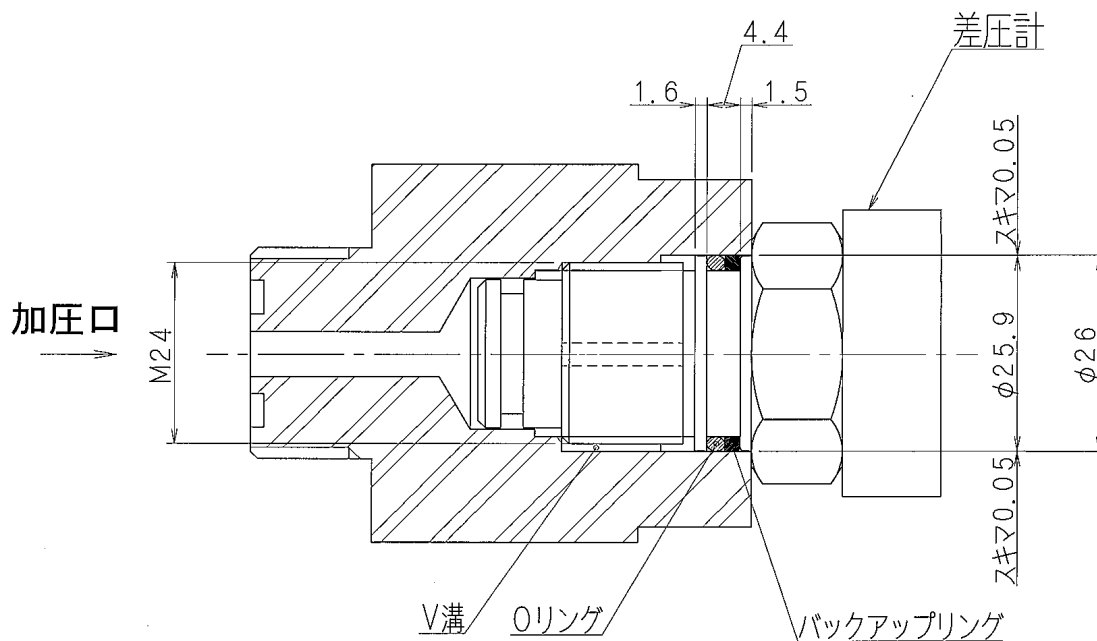
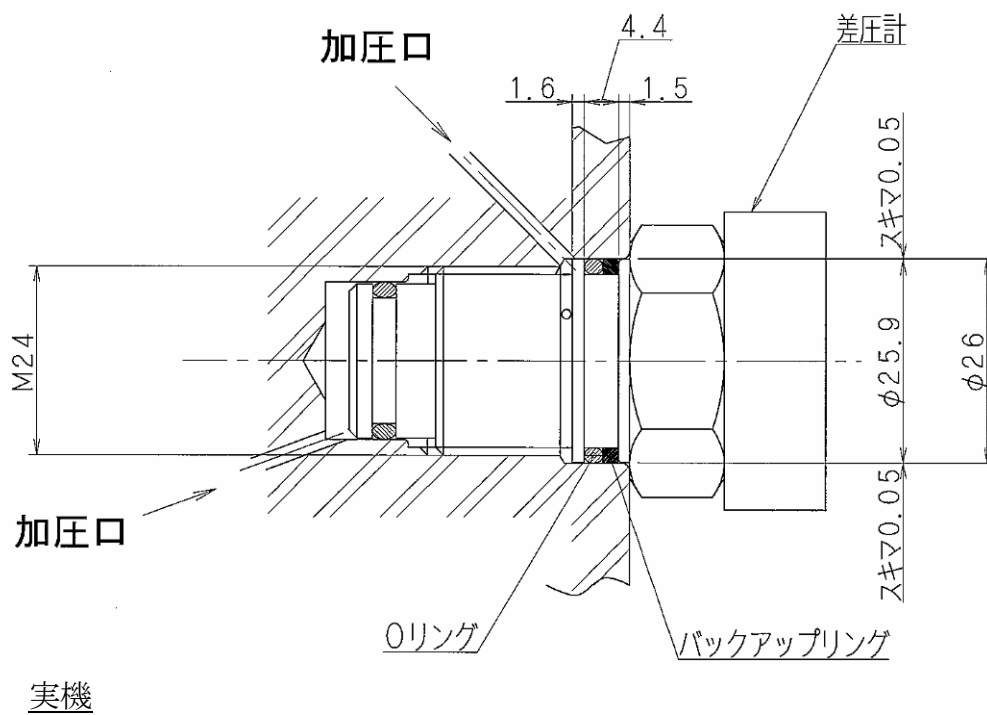
## (2) 油圧再現試験

上記で確認された取付け方法で、リングを固定し、油圧を繰り返し加え脱落の有無を確認した。なお、実際の運転では  $10^4 \sim 10^5$  程度の圧力変動を加えた後でリーク／漏洩が発生していることから、下記に示す更なる加速試験を実施した。

セット位置	試験加速条件	試験結果／評価
<p>完全外れ位置</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 締め付けトルク：50Nm ↓</li> <li>・ 差圧計取付け部の隙間 1.5mm 程度迄緩める</li> <li>・ O-リング表面をヤシで切削する (線径 <math>\phi 2.4 \rightarrow \phi 2.1</math>)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 差圧計取付け部の隙間 1.5mm 程度とした場合に、油の漏洩は確認されたが、バックアップリングは動かない</li> <li>・ O-リング表面を切削した場合にはバイアスの切れ目から油が漏れ出てきたのみで、バックアップリングは動かない</li> </ul> 
<p>正規位置</p> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 差圧計取付け部の隙間 1.5mm 程度迄緩める</li> <li>・ 差圧計取付け部の隙間を 1.6mm～2.0mm までパラメータで振って確認実施</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 差圧計取付け部の隙間 1.5mm では 30 分サイクル試験にて変化なし</li> <li>・ 差圧計取付け部の隙間 1.6mm～1.7mm では 10 回程度の加圧／開放の繰り返しでバックアップリングの脱落が発生 (詳細を添付表に示す)</li> <li>・ 脱落したバックアップリングの形状は実機における漏洩事象対象品と類似の形状あり。 (バイアス端面が逆巻きに変形) (全面に渡り薄く延ばした形) (片面は中央に筋状の圧痕、片面は比較的滑らか)</li> <li>・ バックアップリングが脱落した後は O-リングのみで油の漏洩は一旦停止する</li> </ul>

表一 1 正規位置における油圧再現試験結果一覧

	差圧計取付け部の隙間	バックアップリング挙動	備考
サンプル 0	1.5mm (面位置±0mm)	30分(約60サイクル)懸けても バックアップリング挙動なし	
サンプル 1	2.0mm (面位置+0.5mm)	1回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	
サンプル 2	1.8mm (面位置+0.3mm)	6回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	
サンプル 3	1.7mm (面位置+0.2mm)	2回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	
サンプル 4	1.6mm (面位置+0.1mm)	5回加圧 脱落無し(先端のみが引っ掛った状態 で油が漏出して中止) 片面中央部に全周にわたって圧痕あり 端部が逆方向へ屈曲(渦巻状に類似)	図-2参照
サンプル 5	1.7mm (面位置+0.2mm)	5回加圧 脱落無し(先端のみが引っ掛った状態 で油が漏出して中止) 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	
サンプル 6	1.6mm (面位置+0.1mm)	45回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	
サンプル 7	1.6mm (面位置+0.1mm)	11回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり 端部が逆方向へ屈曲	図-2参照
サンプル 8	1.6mm (面位置+0.1mm)	10回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり 端部が逆方向へ屈曲	
サンプル 9	1.6mm (面位置+0.1mm)	8回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	
サンプル 10	1.55mm (面位置+0.05mm)	27回目加圧で脱落 片面中央部に全周にわたって圧痕あり	



図—1 再現試験用テストピース構成



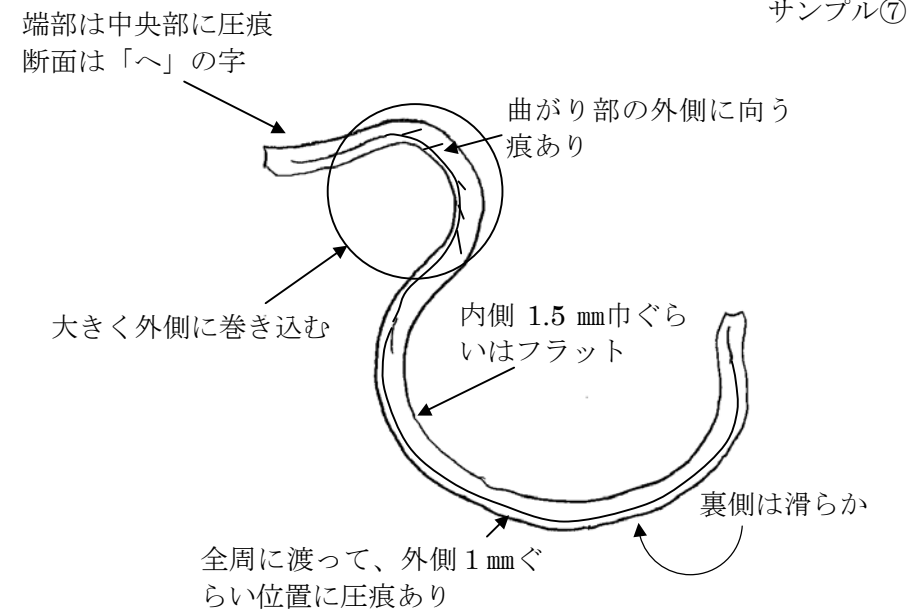
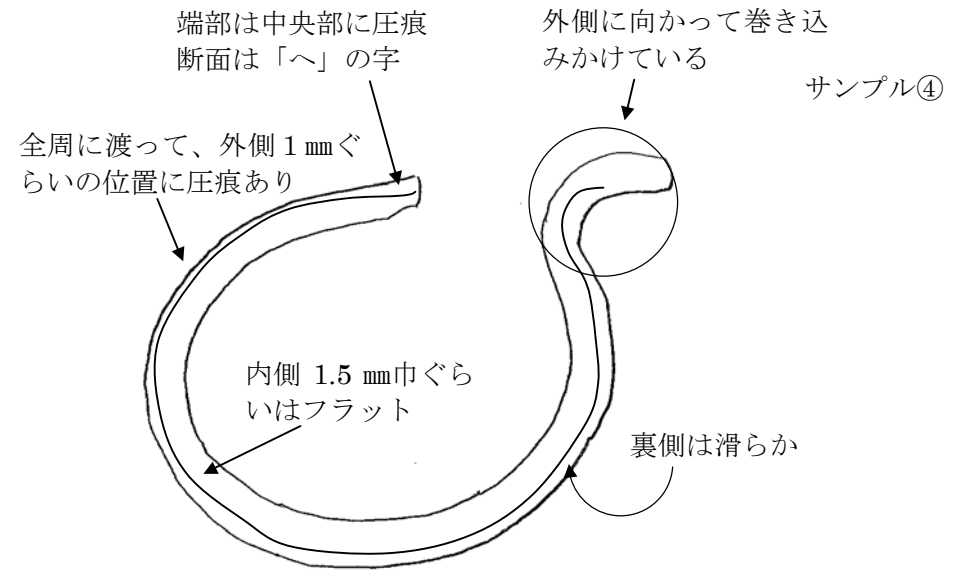
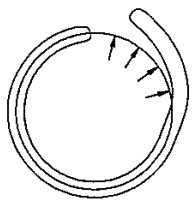
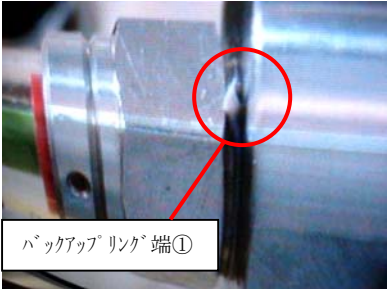




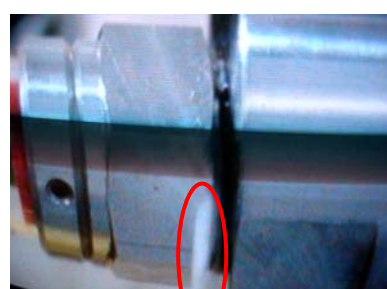

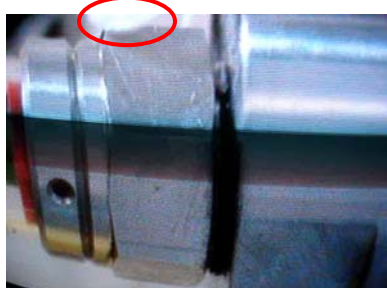

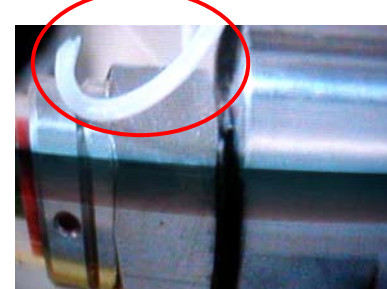



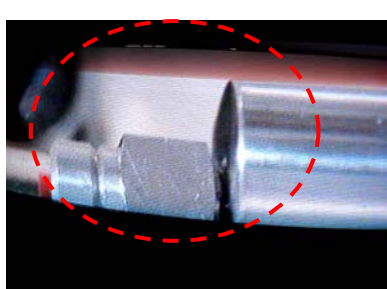



図-2 油圧再現試験 試験サンプル写真および観察図

ラインフィルタ バックアップリング脱落ステップ

No.	概要図	状態
1		初期状態
2		内圧で外に膨らむ
3		バイアス先端部が開き始める (バックアップリングに圧痕が生じる)
4		周方向にめくれ上る
5		外れが一気に一周する
6		最後に残った部分が引っ掛かりクルンと回り込む

モックアップ試験（取付け不良模擬）におけるバックアップリング脱落時の写真

<p>1. バックアップリング 端①はみ出し開始</p>  <p>バックアップリング 端①</p>	<p>2. バックアップリング 端①はみ出し量増加</p> 	<p>3. バックアップリング 端①はみ出し量更に増加</p> 
<p>4. バックアップリング 端②もはみ出し開始</p>  <p>バックアップリング 端②</p>	<p>5. バックアップリング 端①はみ出し量増加</p> 	<p>6. バックアップリング 端①脱落</p> 
<p>7. バックアップリング 端①脱落后</p> 	<p>8. バックアップリング 脱落が進行する。 (端①⇒端②の方向)</p> 	<p>9. バックアップリング 脱落が進行する。 (端①⇒端②の方向)</p> 
<p>10. バックアップリング 脱落が進行する。 (端①⇒端②の方向)</p> 	<p>11. バックアップリング 脱落が進行する。 (端①⇒端②の方向)</p> 	<p>12. バックアップリング 脱落が進行する。 (端①⇒端②の方向)</p> 
<p>13. バックアップリング 脱落が進行し、端②側も脱落</p>  <p>バックアップリング 端①はとごろ状に変形している</p>	<p>14. バックアップリング が完全に脱落</p> 	<p>15. バックアップリング 脱落后</p> 

## フィルタ差圧計取付け部からの漏えいに係る考察

本事象においては、OリングにOリング溝からはみ出した際に生じたと考えられるへこみ跡及びねじれが確認されており、フィルタ差圧計取付け部に微小な流路が形成されたものと仮定し、漏えい量を評価した。

漏えい量の評価にあたっては、「管路・ダクトの流体抵抗（社団法人 日本機械学会 著）」の「各種の管路要素の抵抗」の「4・2・3 穴を通る場合」を参考に検討した。

## (1) Oリングからの漏えい部分の面積の算定

Oリングの観察結果より、周方向に長さ約5mmにわたって傷が見られる(図1参照)ことから、この部分より油が漏えいしたと推定し、漏えい部分の面積を算出する。フィルタ差圧計と台座の位置関係(図2参照)より0.66mmの隙間が発生すると考えられる。これより、漏えい部分の面積は $5\text{mm} \times 0.66\text{mm} =$  約 $3.3\text{mm}^2$ となる。

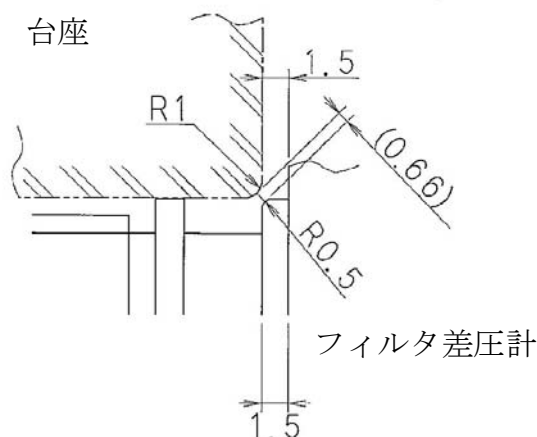


図2. フィルタ差圧計と台座の位置関係

## (2) 評価条件

- ・ 吐出圧力（損失ヘッド）： $P_1 =$  （前進時ポンプ吐出圧）、  
 $P_2 =$  （後退時ポンプ吐出圧）
- ・ 想定される漏えい時間：約3分（180秒： $T =$  前進/後退各々90秒）
- ・ 圧損係数（漏えい箇所穴の穴径は十分小さい  $d_0/d \approx 0$ ）： $\zeta = 2.67$ （グラフから読み取り）

- ・ Oリング変形部面積 :  $A = \text{約 } 3.3\text{mm}^2$  (約  $5\text{mm} \times 0.66\text{mm}$ 、直径  $2.1\text{mm}$  程度)
- ・ 油の密度 :  $\rho = 871\text{kg/m}^3$  (モービル DTE 24)
- ・ 重力加速度 :  $g = 9.80665\text{m/s}^2$

(3)漏えい量の計算

漏えい量  $Q$  の計算は以下の式により求められる。

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q_1 = A \times V_1 \times T, \quad Q_2 = A \times V_2 \times T$$

$$V_1 = (2 \times h_1 \times g / \zeta)^{1/2}, \quad V_2 = (2 \times h_2 \times g / \zeta)^{1/2}$$

$$h_1 = P_1 / (\rho \times g), \quad h_2 = P_2 / (\rho \times g)$$

上記より  $Q_1$  及び  $Q_2$  は  $Q_1 \doteq \square$  リットル、 $Q_2 \doteq \square$  リットルであり、漏えい量  $Q$  は約 66 リットルとなる。また、Oリングの変形部より流出する油の速度は、 $V_1 \doteq \square$ 、 $V_2 \doteq \square$  となる。

よって、Oリングの変形部の面積約  $3.3\text{mm}^2$  (直径  $2.1\text{mm}$  程度) の流路ができた場合、約 3 分間で約 60 リットル漏えいすると評価できる。

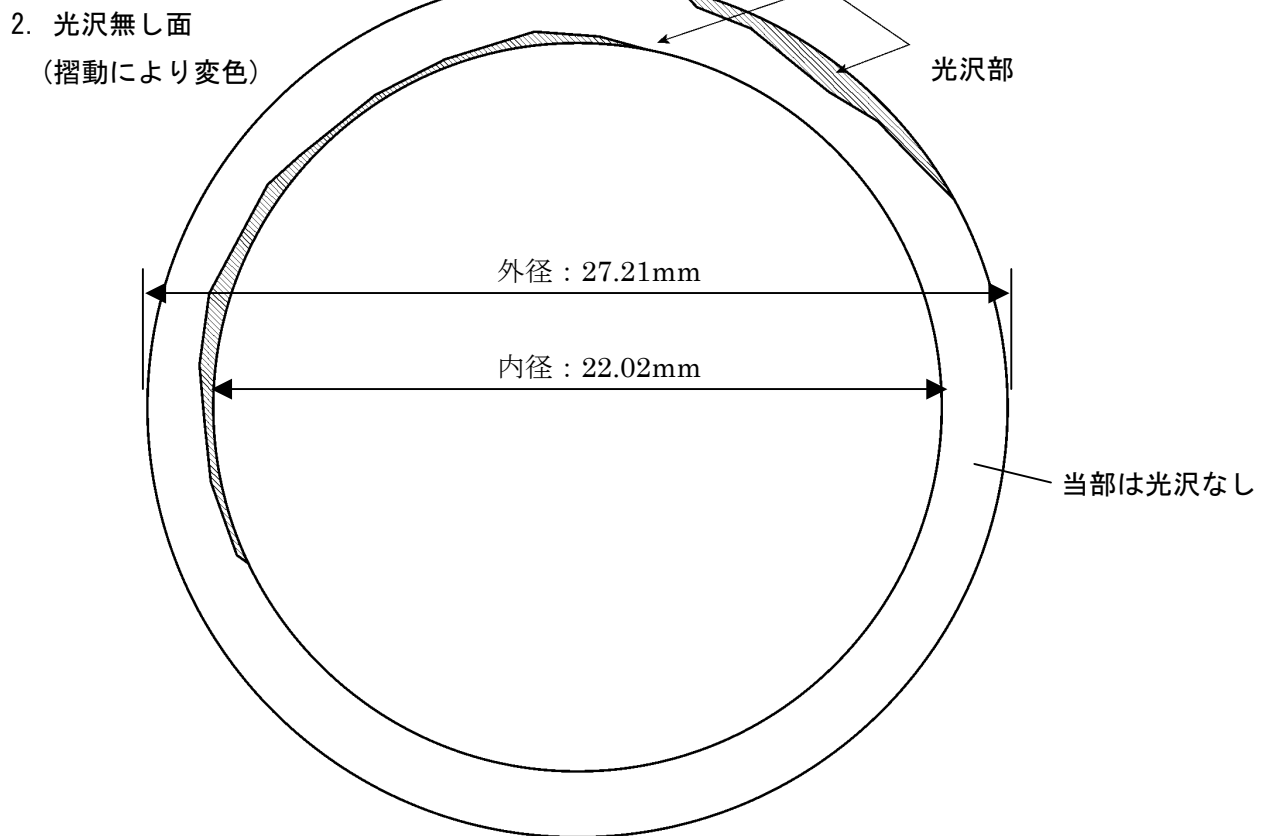
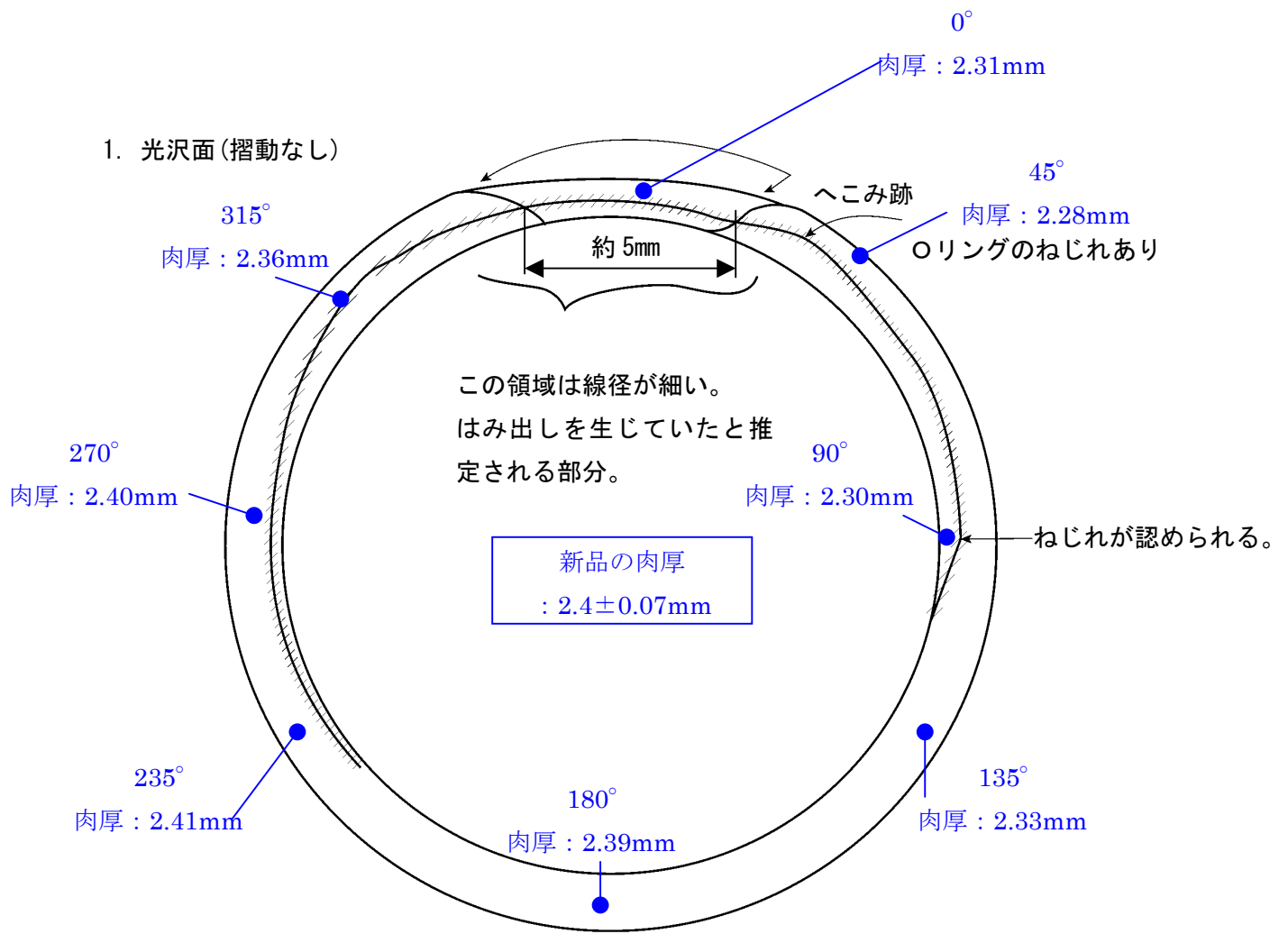


図1. 漏洩箇所の O リング観察

## バックアップリングを使用している箇所（油圧ユニット内）点検結果

	名称	使用部位	使用箇所 ／系列	グルーピング	点検結果
機器	ラインフィルタ（4基／系列）	蓋、差圧計取付け部、 ノズル、閉止プラグ	32	①機器ノズル用 : 4箇所 ②機器閉止プラグ用 : 12箇所 ③機器据付接続用 : 8箇所 ④機器蓋用 : 8箇所	良
	BHTポンプ（2基／系列）	内部部品組み付け	18	⑤-B 機器内部部品組付け（嵌め合い構造） : 14箇所 ⑤-C 機器内部部品組付け（内部リーク） : 4箇所	良
	AG/MGポンプ （2基／系列）	内部部品組み付け	10	⑤-B 機器内部部品組付け（嵌め合い構造） : 10箇所	良
	リリーフ弁（9基／系列）	内部部品組み付け	12	⑤-B 機器内部部品組付け（嵌め合い構造） : 3箇所 ⑤-C 機器内部部品組付け（内部リーク） : 9箇所	良
	電磁比例弁（2基／系列）	内部部品組み付け	6	⑤-A 機器内部部品組付け（完成品） : 6箇所	良
	止め弁（6基／系列）	内部部品組み付け	16	⑤-B 機器内部部品組付け（嵌め合い構造） : 16箇所	良
	アキュムレータ（1基／系列）	蓋部	1	②機器閉止プラグ用 : 1箇所	良
	計器元弁（13基／系列）	内部部品組み付け	13	⑤-B 機器内部部品組付け（嵌め合い構造） : 13箇所	良
配管	フランジ	フランジ用O-リング	8	⑥配管フランジ用 : 8箇所	良

合計 116箇所

せん断機油圧ユニット内でバックアップリングを使用している箇所のグルーピングと点検の考え方

No.	グルーピング	構造上の特徴	箇所数 /片系列	主要対象箇所	点検内容			点検の考え方	備考
					緩み 点検	隙間 点検	滲み 点検		
①	機器ノズル用	機器にノズル等をねじ込みで設置する場合に、軸方向にO-リングの動きを制限するためにバックアップリングを設置	4箇所	ラインフィルタ	—	○	○	・ ネジにて締めこむ作業において、バックアップリングの脱落/噛み込みの発生していないことを、軸方向の隙間で確認する。	
②	機器閉止プラグ用	機器に閉止プラグをねじ込みで設置する場合に、軸方向にO-リングの動きを制限するためにバックアップリングを設置	13箇所	ラインフィルタ アキュムレータ	—	○	○	・ 閉止プラグ部は、工場製作段階で設計圧力の1.5倍の耐圧確認を実施し、その後数年にわたって開放していない箇所であり、漏洩の可能性は低い ・ バックアップリングの脱落/噛み込みの有無を軸方向の隙間で確認する	
③	機器据付接続用 (フランジ型)	フランジ同様に、金属面の接触で機器を接続する場合に、径方向のO-リングの動きを制限するためにバックアップリングを設置	8箇所	ラインフィルタ	(○)*	○	○	・ バックアップリングの脱落/噛み込みの有無を、隙間なく設置されていることをもって確認する ・ *念のために増し締め確認を実施する	
④	機器蓋用	蓋等をねじ込みで設置する場合に、軸方向のO-リングの動きを制限するためにバックアップリングを設置	8箇所	ラインフィルタ	—	○	○	・ 蓋部の構造上、O-リング/バックアップリングの設置状況を外部から確認できないため、蓋/本体の相対位置から、O-リング/バックアップリングが正規の位置にあることを確認する。 ・ 確実にセットされていることを寸法で確認する。	
⑤-A	機器内部品組付け (完成品)	バルブ等、メーカ工場にて(良好な作業環境で)組立/耐圧確認された後に、完成品で購入し、現地では基本的に開放しないもの	6箇所	弁類	—	—	○	・ メーカ工場にて管理されたものを完成品で購入し、開放しない部位であるため、バックアップリングの脱落/噛み込みの可能性は低く、点検対象外	
⑤-B	機器内部品組付け (嵌め合い構造)	ポンプ等の機器・機械の構造上、嵌め合い構造となっている部分等に使用する部分で、加工公差の関係上、噛み込みが発生した場合には機器の組立ができないもの	56箇所	ポンプ/弁等	—	○	○	・ 機器構造上および機能上バックアップリングの脱落/噛み込みの可能性は低く、点検対象外 (機械加工部品の組み合わせであり、現場での分解点検は困難) ・ 正規に組みあがっていることを、外部からの目視点検(隙間点検)及び組上げ後の外径寸法で確認する	
⑤-C	機器内部品組付け (内部リーク)	ポンプ/弁等の内部で流体を仕切るためのものであり、万一漏れても内部リークにしか至らないもの 外側に多重のO-リングを設置してあるもの	13箇所	ポンプ/弁等	—	—	○	・ 機器構造上、バックアップリング部のみが漏洩しても内部リークにしか至らないので、点検対象外	
⑥	配管フランジ用	高圧の配管フランジ用として、径方向のO-リングの動きを制限するためにバックアップリングを設置	8箇所	高圧配管	(○)*	○	○	・ フランジ部は設置面が隙間なく設置されている場合にはバックアップリングの脱落/噛み込みの可能性が低いものとし、隙間がなく設置されていることを確認する ・ *念のために増し締め確認を実施する	

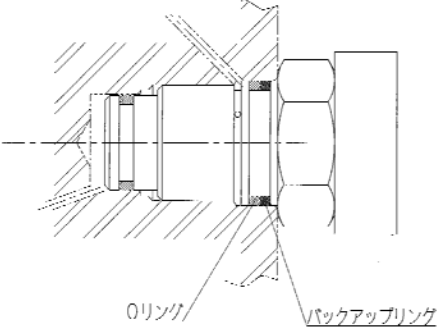
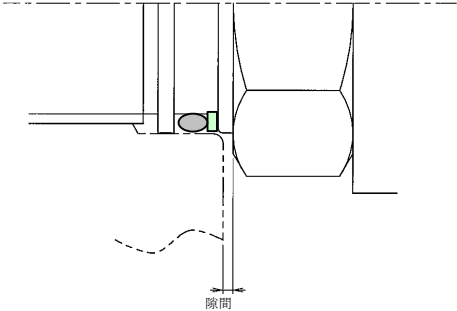
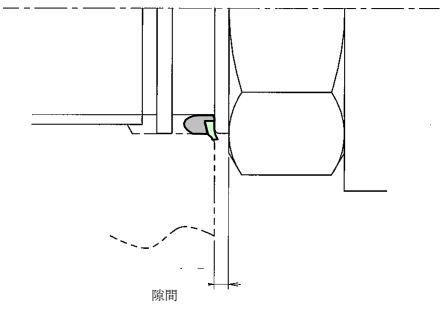
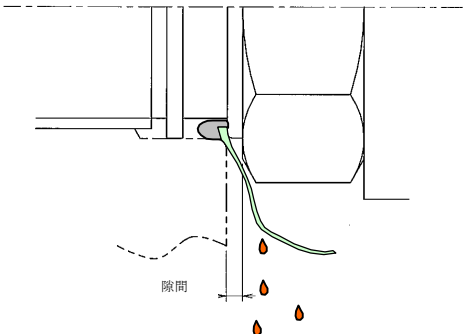
合計 116箇所/片系列

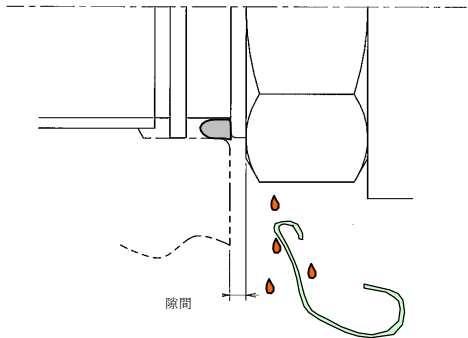
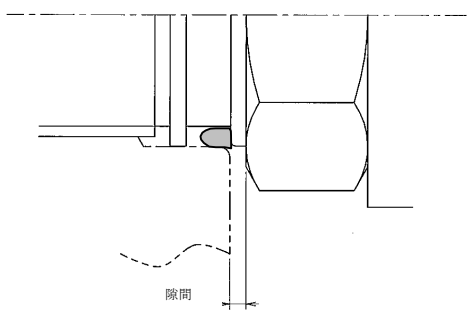


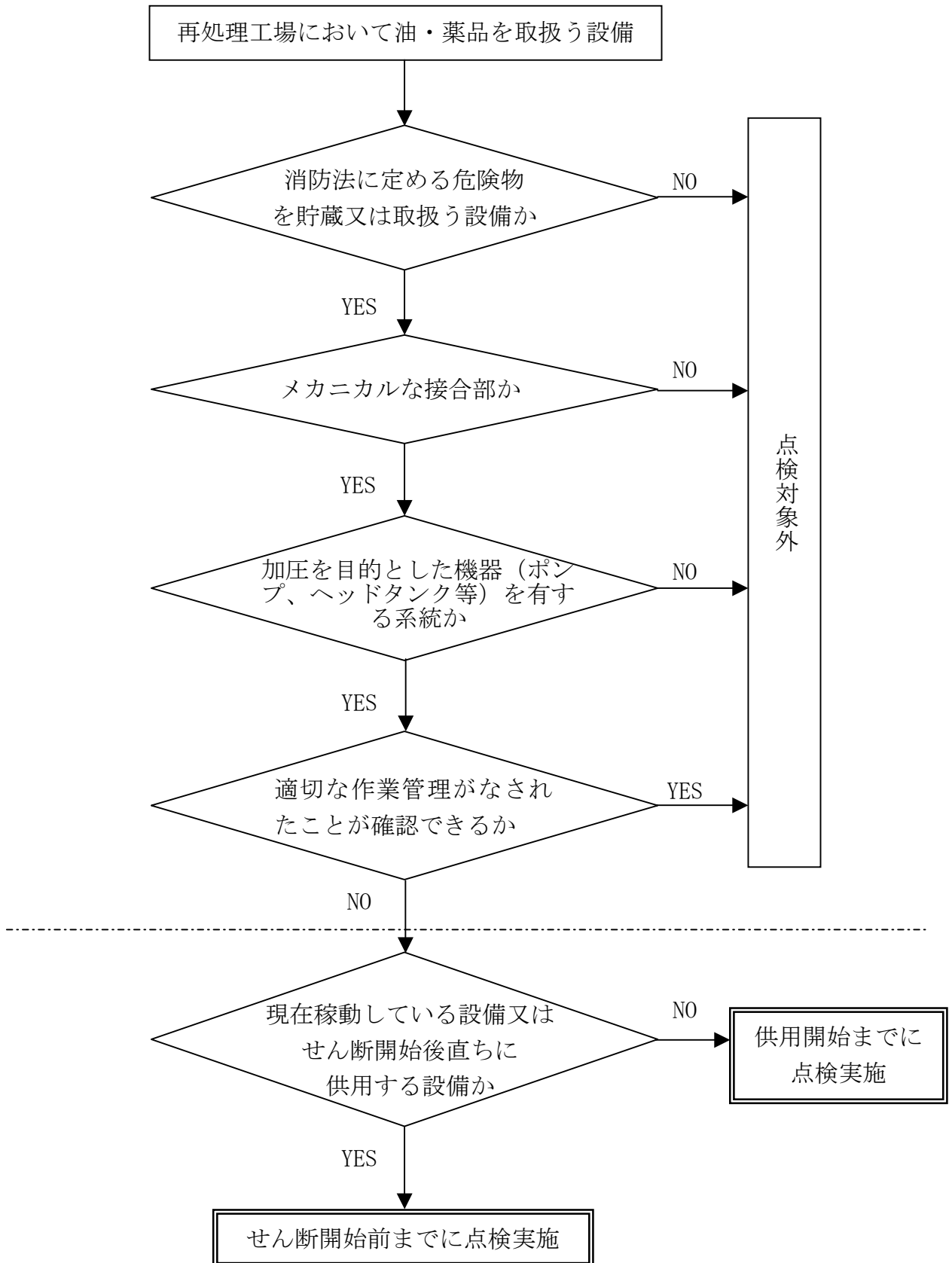
せん断機B油圧制御ユニット 燃料主押さえ駆動ポンプ フィルタ差圧計取付け部からの油漏れに係る要因分析図

【事象】	【要因1】	【要因2】	【要因3】	【要因4】	【要因5】	【確認結果】	【評価結果】					
フィルタ差圧計取付け部からの油漏れ	すきまが発生した。	接続部にゆるみがあった。	荷重で緩んだ。			現場確認を行い、フィルタ差圧計は伝送ケーブルに接続されており、差圧計継手部を回転させることができないことを確認した。	×	荷重によりケーブルが回転させることができないことから、ゆるみは発生する可能性は低い。	×			
			振動で緩んだ。			当該部位の近傍の振動を測定し、振幅が0.02mm程度であり、振幅の影響は比較的小さいことを確認した。構造図よりねじ山ピッチが約2mmであり、2mmの隙間が生じるためにはねじを1回転させる必要があることを確認した。フィルタ差圧計が伝送ケーブルに接続されていることを確認した。	×	当該部位の近傍で測定した振幅は0.02mm程度で比較的小さく、実際の隙間2mmが生じるためにはねじを1回転させる必要があるが、フィルタ差圧計の伝送ケーブルに接続されていることからゆるみは発生する可能性は低い。	×			
			故意に緩めた。			故意にゆるめた可能性について否定はしがたい。当該機器は常時施錠された室内に設置され、入域が制限されている。	△	当該機器は常時施錠された室内に設置され、入域が制限されており、また、関係者への聞き取りを行ったが、故意にゆるめたという事実は確認できなかったため、故意にゆるめた可能性は低い。	×			
			過失で緩んだ。			作業中に接触したことでゆるみが発生した可能性について否定はしがたい。構造図よりねじ山ピッチが約2mmであり、2mmの隙間が生じるためには接触によりねじを1回転させる必要があることを確認した。	×	フィルタ差圧計の伝送ケーブルに接続されており、ねじが1回転する可能性は低く、ゆるみが発生する可能性は低い。	×			
部品が不良品であった。			材料の選定ミスがあった。	バックアップリングの材料が適切でなかった。		設計上油圧装置で一般的に使用されるテフロン(PTFE)を採用することとしていたことを構造図にて確認した。	×	バックアップリングの材料選定ミスではない。	×			
				Oリングの材料が適切でなかった。		設計上油圧装置で一般的に使用されるNBRを採用することとしていたことを構造図にて確認した。	×	Oリングの材料選定ミスではない。	×			
				バックアップリング/Oリング/差圧計/取付け部の取り付け寸法が適切でなかった。		図面等により取付寸法を確認し、適切な寸法であることを確認した。	×	バックアップリング/Oリング/差圧計/取付け部の取付寸法が適切であり、選定ミスではない。	×			
			部品に割れがあった。	Oリングに割れがあった。		取付け前に確認し、顕著な異常は見られないことを確認した。	×	取付け前に確認し、顕著な異常は見られず、Oリングに割れがある不良品であった可能性は低い。	×			
				バックアップリングに割れがあった。		取付け前に確認し、顕著な異常は見られないことを確認した。	×	取付け前に確認し、顕著な異常は見られず、バックアップリングに割れがある不良品であった可能性は低い。	×			
				フィルタ差圧計に割れがあった。		取外した際に確認し、顕著な異常は見られないことを確認した。	×	取外した際に確認し、顕著な異常は見られず、フィルタ差圧計に割れがある不良品であった可能性は低い。	×			
				フィルタ差圧計取付け部に割れがあった。		取外した際に確認し、顕著な異常は見られないことを確認した。	×	取外した際に確認し、顕著な異常は見られず、フィルタ差圧計取付け部に割れがある不良品であった可能性は低い。	×			
			材料・寸法が規格品でなかった。	バックアップリングの材料・寸法が規格品でなかった。		設備点検報告書によりJIS規格品が取付けられたことを確認した。脱落したバックアップリングは変形しており、原型は不明であるが、重量は新規品と同等であることを確認した。現品確認(組成分析)により仕様を満足するものであることを確認した。	×	設備点検報告書、重量確認結果及び現品確認(組成分析)結果より、交換したバックアップリングの材料・寸法が不良品である可能性は低い。	×			
				Oリングの材料・寸法が規格品でなかった。		設備点検報告書によりJIS規格品が取付けられたことを確認した。取外したOリングはほぼ新品と同等の寸法であることを確認した。	×	設備点検報告書及び寸法確認結果より、交換したOリングの材料・寸法が不良品である可能性は低い。	×			
				フィルタ差圧計/フィルタ差圧計取付け部の材料・寸法が規格品でなかった。		フィルタ差圧計とその取付け部を取外して寸法測定を行い、Oリング取付け部に係る取付け部内径とフィルタ差圧計外径のすきまが2mm、フィルタ差圧計取付け部内径とフィルタ差圧計外径のすきまが0.05mmであり、計画通りである。	×	寸法確認結果より、フィルタ差圧計取付け部およびフィルタ差圧計の寸法が不良品である可能性は低い。	×			
			施工不良があった。			取付けを忘れた。	バックアップリングの取付けを忘れた。		バックアップリングがフィルタ差圧計の直下で変形した状態で発見された。	×	バックアップリングがフィルタ差圧計の直下で変形した状態で発見されたことから、取付けられていた可能性が高く、取付け忘れではないと推定される。	×
							Oリングの取付けを忘れた。		現品分解時に取り付けられていることを確認した。	×	現品分解時に取り付けられていることを確認しており、取付け忘れではない。	×
取付けを間違えた。	バックアップリングの取付けを間違えた。					バックアップリングがフィルタ差圧計の直下で変形した状態で発見された。	×	バックアップリングがフィルタ差圧計の直下で変形した状態で発見されたことから、所定の順番で取り付けられていた可能性が高い。	×			
	Oリングの取付けを間違えた。					現品分解時に取り付けられていることを確認した。	×	現品分解時に取り付けられていることを確認しており、取付け忘れではない。	×			
差圧計の取付けが不良であった。	バックアップリング取付け部の寸法不良があった。	寸法不良であった。					現品計測の結果、設計通りのバックアップリング取付け部寸法であることを確認した。	×	現品計測の結果、設計通りのバックアップリング取付け部寸法であり、バックアップリング取付け部の寸法不良ではない。	×		
		バックアップリング取付け部が変形していた。					取外した部品の外観目視点検の結果、表面に異常な変形等は認められなかった。	×	取外した部品の外観目視点検の結果、表面に異常な変形等は認められず、バックアップリング取付け部の変形ではない。	×		
		交換時の締付が不足していた。					作業員の聞き取り調査の結果、十分締付けたとの証言がある。当該場所は作業性が悪く、取付け不良を確認できなかった可能性は否定できない。	△	再現性確認結果及び漏えい流量計算結果等より、交換時のフィルタ差圧計締め付け不足によりバックアップリングが脱落し、その後の漏えいに至ったと考えられる。Oリングが変形して3.3mm2(直径約2.1mm)の流路が形成された状態で約10分の圧力が加わった場合に、約3分間で約60Lの油が漏えいすることを計算により確認した。	○		
バックアップリングがずれていた。	バックアップリングがずれていた。					バックアップリングがフィルタ差圧計の直下で変形した状態で発見された。	×	バックアップリングがフィルタ差圧計の直下で変形した状態で発見されたことから、取付けられていた可能性が高く、取付け忘れではないと推定される。	×			
	バックアップリングがバックアップリング取付け部の間に挟まっていた。					変形したバックアップリングが同室内で発見され、全周にわたって断面が「へ」の字形状になっていることから可能性は否定できない。	△	再現性確認結果より、バックアップリングの全周を接続部の角に挟む状態にすることが困難であり、かつ、挟みこまれた場合には、損傷が発生し断面の「へ」の字形状が再現できないことから可能性が低い。	×			
バックアップリングがフィルタ差圧計とその取付け部の間に挟まっていた。	バックアップリングがフィルタ差圧計とその取付け部の間に挟まっていた。					変形したバックアップリングが同室内で発見され、全周にわたって断面が「へ」の字形状になっていることから可能性は否定できない。	△	再現性確認結果より、バックアップリングが挟まった状態では圧力が加わってもバックアップリングが脱落しないことから、バックアップリングの挟み込みが発生した可能性は低い。	×			
			フィルタ差圧計取付け部の材質が炭素鋼、フィルタ差圧計ねじ込み部ステンレス鋼であるため、温度上昇による膨張により隙間は小さくなることを確認した。	×	フィルタ差圧計取付け部の材質が炭素鋼、フィルタ差圧計ねじ込み部ステンレス鋼であるため、温度上昇による膨張により隙間は小さくなる。	×						
熱膨張により隙間が大きくなる。	経年劣化していた。	バックアップリングが経年劣化していた。		2008年2月に交換していることを確認した。	×	2008年2月に交換しており、劣化の可能性は低い。	×					
		Oリングが経年劣化していた。		2008年2月に交換していることを確認した。	×	2008年2月に交換しており、劣化の可能性は低い。	×					
系統内の圧力が上昇した。			リリーフ弁の故障があった。		リリーフ弁の点検を行い、リリーフ弁の設定値が□であることを確認した。	×	リリーフ弁により□以上に上昇しない。	×				
			制御系の異常があった。		リリーフ弁の点検を行い、リリーフ弁の設定値が□であることを確認した。	×	リリーフ弁により□以上に上昇しない。	×				
			ポンプの故障があった。		リリーフ弁の点検を行い、リリーフ弁の設定値が□であることを確認した。	×	リリーフ弁により□以上に上昇しない。	×				
			他系統からの流入があった。		系統構成を確認し、燃料補助押さえのポンプ圧力は□であり、□以上にならないことを確認した。	×	燃料補助押さえのポンプからの流入が考えられるが、燃料補助押さえのポンプ圧力は□であり、□以上にならない。	×				
			配管に詰まりがあった。		リリーフ弁の点検を行い、リリーフ弁の設定値が□であることを確認した。	×	リリーフ弁により□以上に上昇しない。	×				

## バックアップリング脱落のメカニズムについて

1		<p>フィルタ差圧計設置 Oリングとバックアップリングを正規位置にセットし、フィルタ差圧計を取付ける。</p>
2		<p>締付不十分等によりフィルタ差圧計とその取付け部間に隙間が空いた状態となる。 半径方向隙間は <b>0.05mm</b> であるため、加圧時には O リングとバックアップリングによって正常にシールされる。</p>
3		<p>O リングに押されてフィルタコーナー部の R とインジケータコーナー部の隙間よりバックアップリングの端部が僅かにはみ出す。 時間の経過とともにバックアップリングが徐々に押し出される。押し出される際に狭隘部を通るため、厚みが薄くなるとともに表面に筋状の傷がつく。</p>
4		<p>さらにバックアップリングが押し出され、円周上をぐるっと一回り分が外れ、端部がひっかかる。</p>

5		<p>ひっかかっていたバックアップリングの端部がくるっと回って押し出され、脱落する。</p> <p>このときに端部にとぐろ状の巻き跡が残る</p> <p>油も同時に押し出される。</p>
6		<p>バックアップリングが押し出されることによって、変形していた O リングが隙間部をふさぐため、リークはない。</p>



水平展開対象設備選定フロー