

伊方発電所第 3 号機
高圧注入ポンプ 3 B の動作不能に係る
運転上の制限の逸脱について

令和元年 1 2 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 高圧注入ポンプ3Bの動作不能に係る運転上の制限の逸脱について

2. 事象発生の日時

令和元年9月5日 15時09分

3. 事象発生の設備

高圧注入ポンプ3B (管理区域内)

4. 事象発生時の運転状況

通常運転中 (電気出力913MW)

5. 事象の概要

伊方発電所3号機は通常運転中のところ、原子炉補助建屋地下2階 (管理区域内)において、高圧注入ポンプ^{※1}3Bの定期運転中に電動機の軸受部より白煙が発生したことを運転員が確認した。

このため、9月5日15時09分に高圧注入ポンプ3Bを停止し、定期運転を中断した。

当直長は、高圧注入ポンプ3Bが動作不能と判断し、同日15時09分に保安規定に定める運転上の制限^{※2}からの逸脱を宣言した。

その後、高圧注入ポンプ3B軸受潤滑油の圧抜き部 (以下、エアブリーザ^{※3}という。)の確認、軸受潤滑油の油分析、ハンドターニングを実施し、高圧注入ポンプ3Bの軸受に異常がないことを確認したことから、高圧注入ポンプ3Bの確認運転を実施した。

確認運転の結果、運転状態に異常がないことを確認したことから、中断していた高圧注入ポンプ3Bの定期運転を再開し、正常に運転できることを確認した。これにより、同日23時02分、保安規定に定める運転上の制限からの逸脱から復帰し、通常状態に復旧した。

なお、本事象は白煙を確認したことから、念のため消防署へ連絡を行い、消防署員の現地確認により火災ではないとの判断がなされた。また、環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料-1、2)

※1 高圧注入ポンプ

1次冷却材配管の破断等により1次系の水が漏えいした場合に、原子炉を冷却するための水を1次冷却材系統に供給するポンプ

※2 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等を「運転上の制限」として定めており、高圧注入ポンプは、プラント通常運転中に2台が運転可能であることを求めている。

一時的にこれらを満足しない状態が発生すると、運転上の制限からの逸脱を宣言し、速やかに要求される措置（高圧注入ポンプ3Aが動作可能であることの確認）を行うことが求められる。

※3 エアブリーザ

大型の電動機の軸受部に取り付けられており、油温の変動により軸受内の圧力が上昇した際、潤滑油のオイルミスト^{*4}を含んだガスを外部に排出することで圧力の上昇を防止するもので、外部に排出するオイルミストを捕集するためのろ材を内部に設置している。

※4 オイルミスト

空気中に浮遊する微粒子状の油のこと。

6. 事象の時系列

9月5日

14時57分	定期運転のため高圧注入ポンプ3B起動	
15時09分	高圧注入ポンプ3B電動機の軸受部より白煙が発生したことを運転員が確認し、高圧注入ポンプ3Bを停止	
15時09分	当直長は、高圧注入ポンプ3Bが動作不能であると判断し、保安規定に定める運転上の制限から逸脱したと判断	
15時28分	消防署へ連絡実施	
16時48分	高圧注入ポンプ3B隔離	
16時51分	消防署員により火災でないと判断	
17時04分	高圧注入ポンプ3A起動	} 保安規定で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合の要求される措置の実施
17時16分	高圧注入ポンプ3A停止	
17時31分	高圧注入ポンプ3Aの健全性に問題がないことを確認	
17時45分	高圧注入ポンプ3Bエアブリーザカバーを取り外し、内部確認を行い、異常がないことを確認	
18時13分	高圧注入ポンプ3Bのハンドターニング開始	
18時16分	高圧注入ポンプ3Bのハンドターニング終了（異常なし）	
18時40分	高圧注入ポンプ3B隔離復旧	
21時07分	高圧注入ポンプ3B確認運転のための作業開始	
21時36分	高圧注入ポンプ3B起動（確認運転）	
21時56分	高圧注入ポンプ3B停止（異常なし）	
22時12分	高圧注入ポンプ3B確認運転のための作業終了	
22時15分	高圧注入ポンプ3B定期運転開始	
23時02分	高圧注入ポンプ3B定期運転終了	
23時02分	保安規定に定める運転上の制限からの逸脱から復帰	

7. 調査結果

高圧注入ポンプ3B電動機の軸受部より白煙の発生を確認したことから、事象発生時の状況および当該ポンプの健全性を確認するため、以下の調査を実施した。

(1) 作業管理

a. 作業体制

高圧注入ポンプ3B定期運転は、当直長の指揮のもと、中央制御室にて操作を行う運転員（以下、中央運転員という。）2名、現場操作を行う運転員（以下、現場運転員という。）2名の計5名で実施しており、作業体制に問題はなかった。

b. 知識および経験

現場運転員2名のうち1名は、これまでに高圧注入ポンプ定期運転の現場操作を5回担当していること、同様なポンプの定期運転の現場操作についてこれまでに複数回経験している。

もう1名の現場運転員は、高圧注入ポンプ定期運転の現場操作は今回が初めてではあるが、同様なポンプの定期運転の現場操作についてこれまでに複数回経験している。

両名ともエアブリーザからオイルミストが発生することに関する認識はあったが、今回のように白煙状になって排出される場合があることについての知識や実際に見た経験はなかった。

(2) 運転員への聞き取り調査

a. 現場の状況

現場運転員2名は、高圧注入ポンプ3Bを起動してから約10分後に電動機反ポンプ側の軸受部上部から20cm程度の白煙が連続的に発生し、滞留していることを確認した。

現場運転員2名は、先に実施していた高圧注入ポンプ3A運転時には、白煙の発生はなかったこと、これまでの経験から明らかに通常とは異なる状態であったことから中央制御室へ白煙の発生を連絡した。

また、現場運転員は高圧注入ポンプ3B運転中の軸受潤滑油の流れ状況に問題がなかったこと、軸受周辺で異臭がなかったことを確認している。

b. 中央制御室の状況

中央運転員は、現場運転員より高圧注入ポンプ3B電動機反ポンプ側の軸受部上部より白煙を確認したとの報告を受けたため、当直長にその旨を報告した。

当直長は、中央制御室の補機温度監視画面より、運転中の高圧注入ポンプ3B軸受温度に異常な徴候がないことを把握していたが、現場運転員の報告から軸受部損傷の可能性が否定できないと判断し、中央運転員に高圧注入ポンプ3Bの停止を指示し、指示を受けた中央運転員が高圧注入ポンプ3Bを停止した。

高圧注入ポンプ3B停止後、当直長は現場運転員より白煙の発生がなくなったことおよび電動機周りでの油漏れや異臭がないことの報告を受けた。

(3) 高圧注入ポンプ 3 B の健全性調査

a. 軸受潤滑油の油分析

高圧注入ポンプ 3 B 停止後、軸受潤滑油の油分析を実施し、以下の結果から異常のないことを確認した。

- ・目視確認により、異物や変色なし。
- ・濁度：検出限界以下
- ・鉄粉濃度：4 ppm（目標値：10 ppm 未満）

b. ハンドターニングの実施

高圧注入ポンプ 3 B 停止後、軸受に潤滑油を供給する補助油ポンプを起動し、軸受潤滑油圧力および潤滑油の流れ状況に異常がないことを確認するとともに、手動にて軸を回転させ、滑らかに動くこと、滑らかに停止することを確認した。

c. エアブリーザの確認

エアブリーザ外観および内部の目視点検を行ったところ、変形などの異常は認められなかった。また、内部のろ材に少量の油の付着を確認した。

d. 確認運転の実施

軸受潤滑油の油分析の結果、ハンドターニングの実施結果およびエアブリーザの確認結果から高圧注入ポンプ 3 B の軸受に異常がないと判断し、高圧注入ポンプ 3 B の確認運転を実施した。

その結果、高圧注入ポンプ 3 B の運転状態に異常がないことを確認した。

また、確認運転の際、白煙を確認した現場運転員 2 名が立ち会い、エアブリーザからオイルミストの排出状況を確認したが、事象発生時に確認した量の白煙は確認されなかった。

e. 総合判定

上記 a 項～d 項の結果から、高圧注入ポンプ 3 B の健全性に問題がないと判断した。

(4) 白煙事象の考察

白煙発生は以下のメカニズムによるものと考察した。

- ① 高圧注入ポンプ 3 B 電動機は油潤滑軸受であり、この油潤滑軸受は軸の回転によって軸受内の潤滑油がオイルリング、玉軸受によりかき回されることでオイルミストが発生する。
- ② 軸受内は、軸の回転に伴う潤滑油の温度上昇により圧力が上昇するため、オイルミストを含んだガスは配管を伝ってエアブリーザ内部に移動する。
- ③ エアブリーザ内部ではオイルミストが直接外部に排出されないようろ材にて捕集される。
- ④ 捕集されたオイルミストは液体となって配管を伝わり軸受内に戻る。
- ⑤ 捕集されなかった一部のオイルミストはエアブリーザより外部に排出される。

⑥ 排出されたオイルミストは、外気で冷やされることにより油滴化し、白く見えることがある。

ろ材に汚れや目詰まりがあった場合には、ポンプ運転に伴う軸受内の内圧の上昇により、エアブリーザ内部に設置しているろ材の目詰まり等によりろ材を覆うように形成された油膜が飛ばされ、再び通気するようになり、一時的に通常より多くのオイルミストが外部に排出されることがあるため、これが白煙に見えたものと考察した。

(添付資料－3)

なお、後日、新品のろ材を手配し、油の付着状況について新旧で比較したところ、旧品に少量の油が付着していることを確認した。

(添付資料－4)

(5) 当該電動機の点検内容と実績

高圧注入ポンプ3B電動機は、10定検毎に分解点検を行うことで計画しており至近では、3-12定検(2010年1月開始)で分解点検を実施している。また、簡易点検(絶縁抵抗測定、試運転)を毎定検実施しており、前回の3-14定検(2017年10月開始)において異常は確認されていない。

エアブリーザの点検は、電動機の分解点検に合わせて実施しており、ゴミなどの異物を除去するためろ材の清掃も行うこととしている。

(6) 類似電動機の調査

伊方発電所3号機に設置している電動機のうち、エアブリーザを設置している電動機を確認したところ38台設置しており、いずれも電動機の分解点検に合わせてエアブリーザの点検、ろ材の清掃を行っていた。

このうち、保安規定において運転上の制限を定めている重要な電動機は19台であった。

なお、高圧注入ポンプ3A電動機は、前回の3-14定検で分解点検を実施している。

8. 推定原因

調査結果から、高圧注入ポンプ3Bの定期運転中に確認された白煙は、ポンプ運転に伴う軸受内の内圧の上昇により、エアブリーザ内部に設置しているろ材の目詰まり等によりろ材を覆うように形成された油膜が飛ばされ、再び通気するようになり、一時的に通常より多くのオイルミストが外部に排出され、これが外気で冷やされて白煙に見えたものであると推定した。

なお、高圧注入ポンプ3Bの定期運転の前に実施した高圧注入ポンプ3Aの定期運転時に白煙が発生していないことについては、エアブリーザより外部に排出されたオイルミストが少量であったため確認できなかったものと推定した。

9. 対 策

- (1) オイルミストを白煙と誤認することを回避するため、同様の事象発生が想定される重要な電動機19台については、エアブリーザのろ材の清掃を分解点検時（10定検毎）から毎定検実施するよう点検周期の見直しを行う。

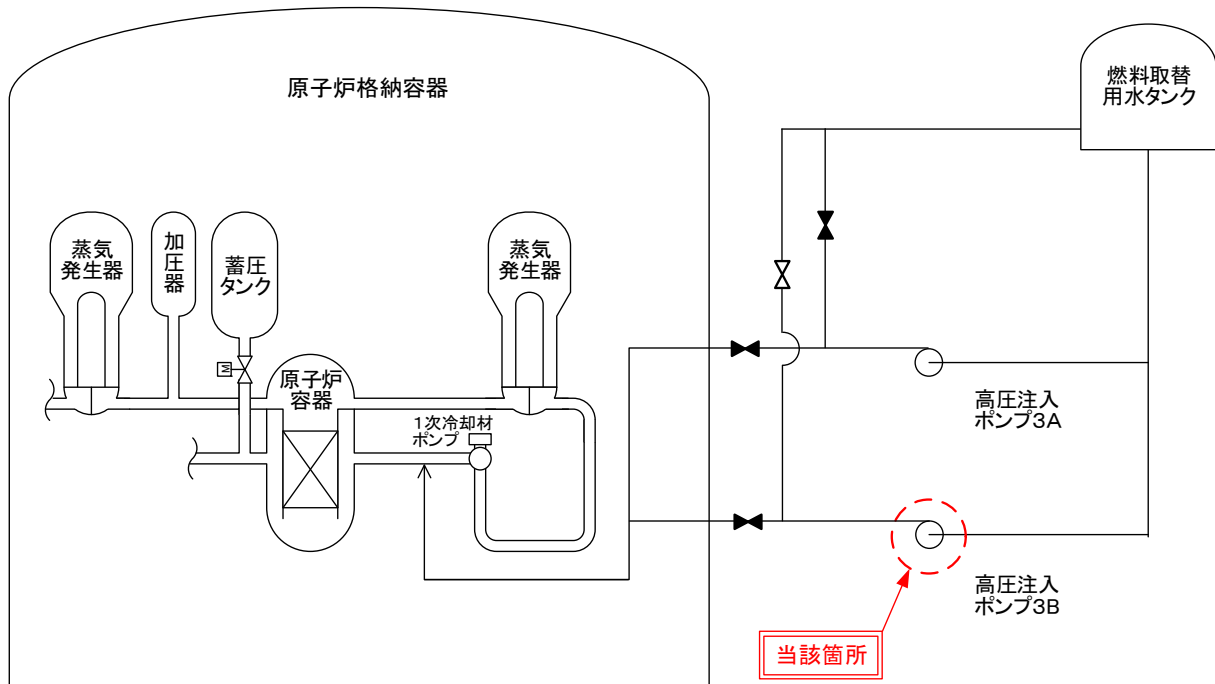
- (2) エアブリーザから外部に排出されたオイルミストが白煙となって見える場合があることを運転員に周知した。また、白煙状のオイルミストが発生した場合に確認する項目等を明確にし、運転員に周知した。

以 上

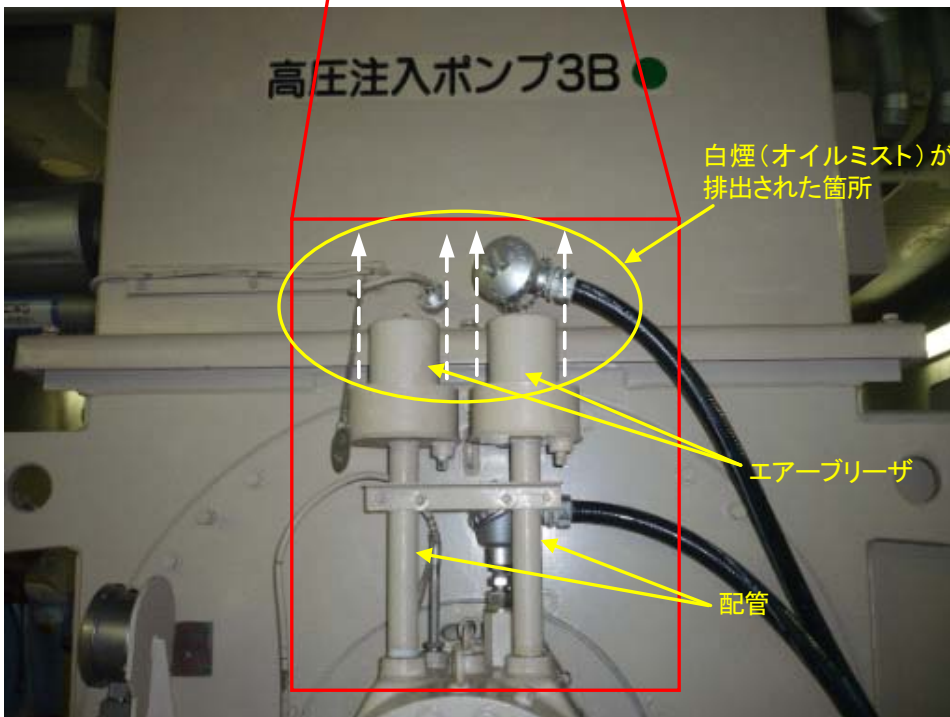
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所 3 号機 高圧注入系統概略図
- 添付資料－ 2 伊方発電所 3 号機 高圧注入ポンプ 3 B 現地状況
- 添付資料－ 3 高圧注入ポンプ 3 B 電動機反ポンプ側軸受断面図
- 添付資料－ 4 エアブリーザ内 ろ材の目視確認結果

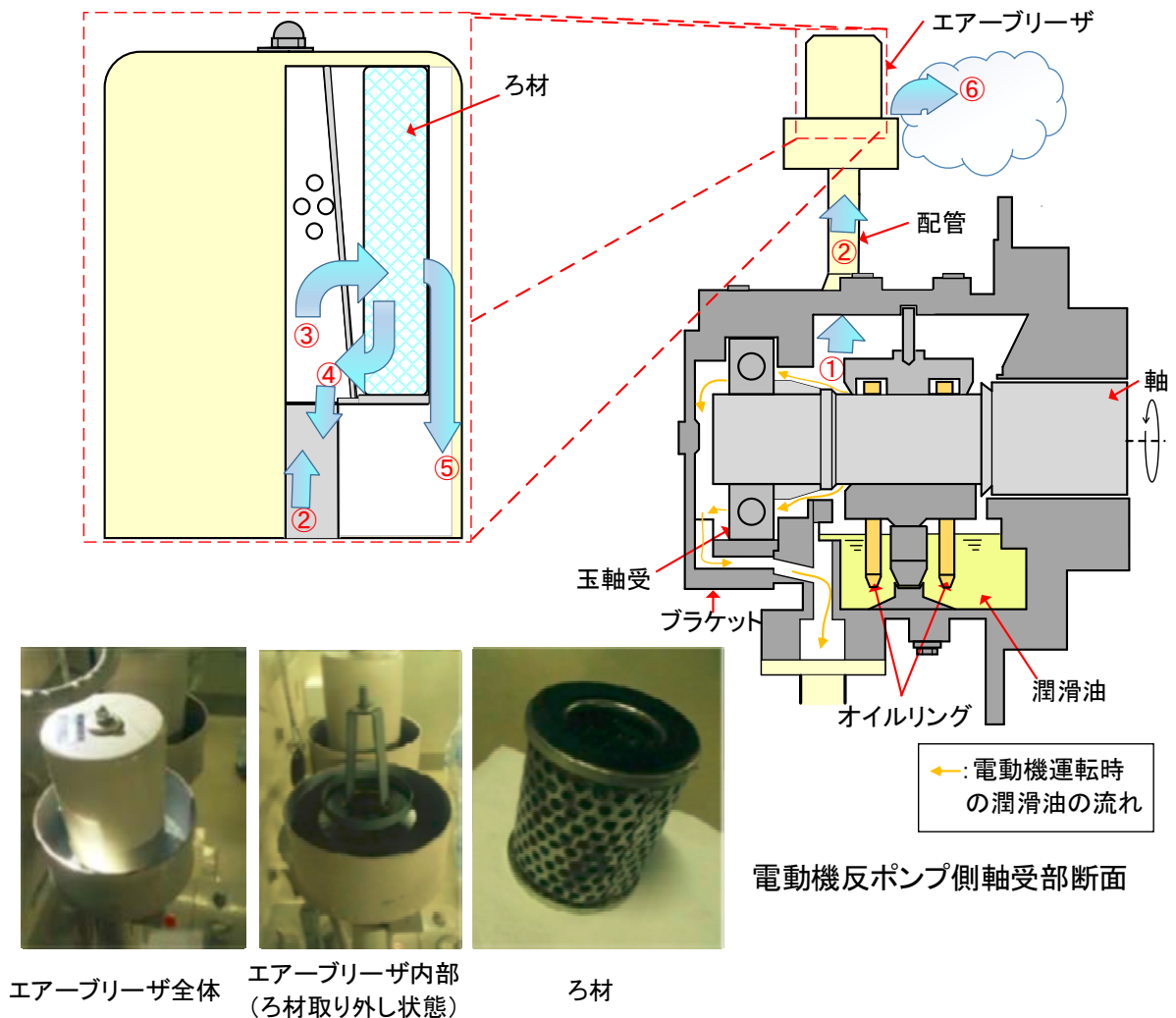
伊方発電所3号機 高圧注入系統 概略図



伊方発電所 3号機 高圧注入ポンプ 3B 現地状況



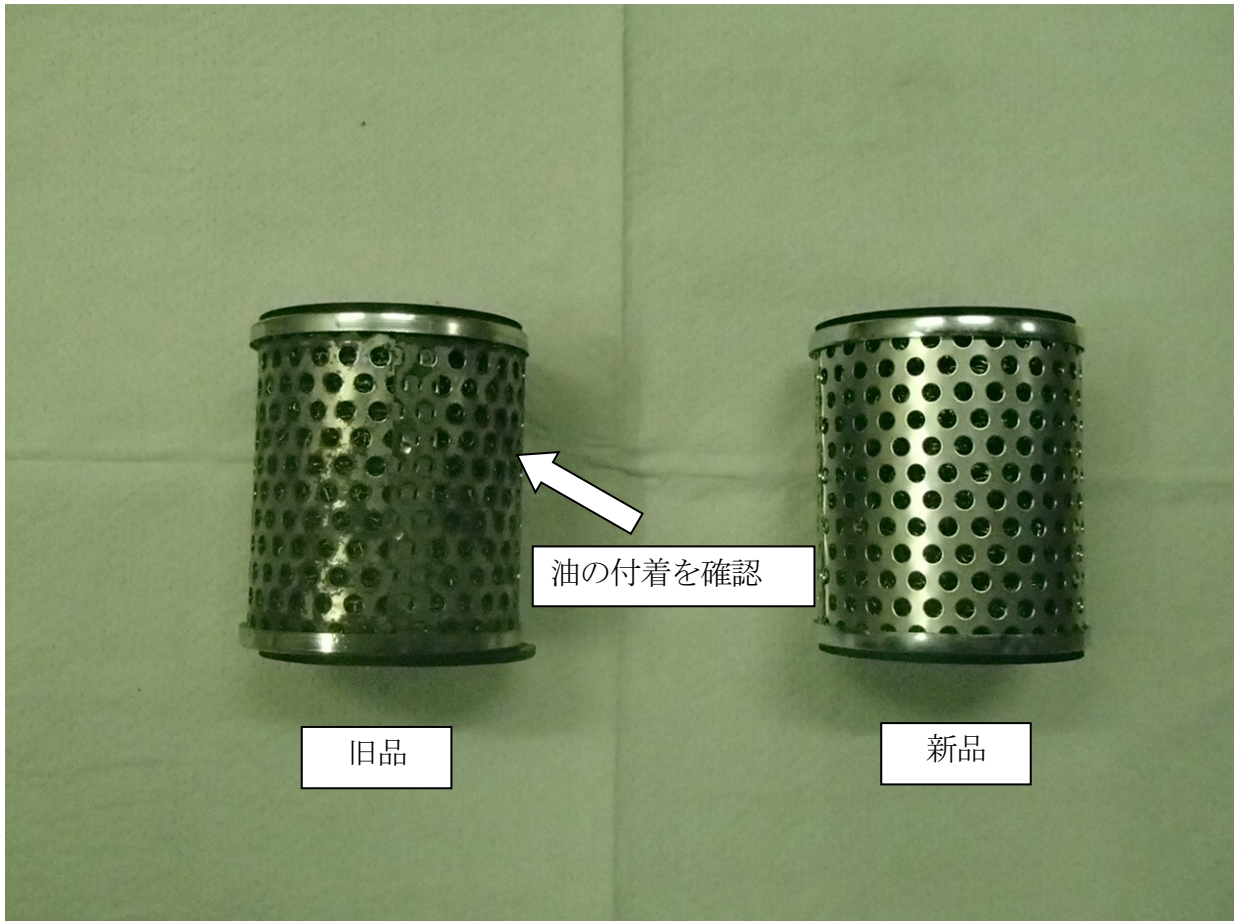
高圧注入ポンプ 3 B 電動機反ポンプ側軸受断面図



(白煙発生メカニズムの考察)

- ① 高圧注入ポンプ 3 B 電動機は油潤滑軸受であり、この油潤滑軸受は軸の回転によって軸受内の潤滑油がオイルリング、玉軸受によりかき回されることでオイルミストが発生する。
- ② 軸受内は、軸の回転に伴う潤滑油の温度上昇により圧力が上昇するため、オイルミストを含んだガスは配管を伝ってエアブリーザ内部に移動する。
- ③ エアブリーザ内部ではオイルミストが直接外部に排出されないようろ材にて捕集される。
- ④ 捕集されたオイルミストは液体となって配管を伝わり軸受内に戻る。
- ⑤ 捕集されなかった一部のオイルミストはエアブリーザより外部に排出される。
- ⑥ 排出されたオイルミストは、外気で冷やされることにより油滴化し、白く見えることがある。

エアブリーザ内 ろ材の目視確認結果



新旧 ろ材 外観