

伊方発電所2号機
燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁からの
ほう酸水の漏えいについて

令和6年10月
四国電力株式会社

1. 件 名

伊方発電所 2号機 燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁からのほう酸水の漏えいについて

2. 事象発生の日時

令和6年3月14日 0時55分

3. 事象発生の設備

2号機 燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁

4. 事象発生時の運転状況

2号機 廃止措置中

5. 事象発生の状況

伊方発電所2号機は廃止措置中のところ、3月14日0時55分、運転員が燃料取替用水タンク^{※1}ポンプ^{※2}出口ライン弁（以下、「当該弁」という。）から床下までほう酸が析出し付着していることを確認した。

漏えいしたほう酸水の放射エネルギーは検出限界値未満、漏えい範囲は床面において30cm×50cmであり、漏えい量は約150ミリリットルと推定した。

その後、析出したほう酸を拭き取り、当該弁の弁蓋と弁箱の合わせ面からほう酸水^{※3}が漏えいした跡があることから、当該箇所のボルトを増し締めした上で燃料取替用水タンクポンプを起動し、同日8時44分、当該弁からの漏えいがないことを確認した。

また、原因調査のため、3月15日に当該弁の分解点検を実施したところ、弁の構成部品であるダイヤフラム^{※4}に傷があることを確認したため、ダイヤフラムの取り替えを行い、燃料取替用水タンクポンプを起動し漏えいがないことを確認したことから、同日17時24分、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環境への放射能の影響はなかった。

（添付資料－1、2）

※1 燃料取替用水タンク

運転中のプラントでは、原子炉の燃料取り替え時に使用するほう酸水を貯蔵するタンク。

また、原子炉冷却材喪失時に炉心に注入するための水源。

伊方発電所2号機は廃止措置中プラントであり、燃料取り替え作業がないため、使用済燃料ピットに水を補給する水源の一つ。

※2 燃料取替用水タンクポンプ

燃料取替用水タンクから使用済燃料ピットへほう酸水を給水するためのポンプ。

※3 ほう酸水

核分裂反応を引き起す中性子を吸収する性質を持つほう酸(ほう素)を溶かした水。

※4 ダイヤフラム

弁内部の構成品で、流体を閉止する機能を有する消耗品。

当該弁のダイヤフラムは内部に網目状の繊維質補強材が入ったエチレンプロピレンゴム製であり、エチレンプロピレンゴムは、弱酸性のほう酸水に対して耐性がある。

6. 事象の時系列

3月14日

- 0時55分 当直員がパトロールにてほう酸の析出を発見
- 4時46分 析出したほう酸のふき取り実施
- 4時57分 当該弁の弁蓋と弁箱合わせ面を締結するボルトの増し締めを実施
- 5時06分 燃料取替用水タンクポンプ起動
- 8時44分 当該弁からの漏えいがないことを確認

3月15日

- 13時40分 当該弁の分解点検開始
- 17時24分 当該弁の漏えい確認により点検終了し通常状態に復旧

7. 調査結果

当該弁からほう酸水が漏えいした原因について、以下の調査を実施した。

(1) 当該弁の分解前調査

a. 外観点検

ほう酸の析出は上流側の弁蓋と弁箱の合わせ面に認められた。
弁に腐食や割れなどの異常は認められなかった。

b. ダイヤフラム締め付け状態

ダイヤフラムを締め付ける弁蓋のボルト4本の締め付け状態を確認したところ、異常な緩みはなかった。

c. 操作性確認

弁の操作性確認を実施したところ、閉止状態および開閉操作に異常はなかった。

(2) 当該弁の分解調査

a. 弁蓋、弁箱

弁蓋を開放し内部を確認したところ、通常、ほう酸水が浸入しない弁蓋内部が濡れており、配管内のほう酸水が弁蓋内部に漏れ出ていることが確認された。

弁蓋、弁箱とダイヤフラムとの合わせ面に異常は認められなかった。
(添付資料-3)

b. ダイヤフラム

弁の下流側に複数の傷が認められた。傷の詳細は以下の通り。

なお、ダイヤフラムを切断し内部補強材とゴムの接着状況を確認したが、剥離箇所以外の接着不良箇所は確認できなかった。

また、接液面と非接液面の傷は同じ位置ではなかった。

(a) 接液面に長さ約5mm、深さダイヤフラム内部補強材^{※5}までの傷

傷の位置は、コンプレッサ^{※6}の爪で支えられている部位の1箇所の先端付近であった。傷の周辺は、コンプレッサの押し付け力と接液面側の内圧を受けてダイヤフラムが伸びた状態となっていた。

(b) 非接液面に長さ約20mm、深さダイヤフラム内部補強材までの傷、および長さ約10mm、深さごく浅い傷

傷の位置は、コンプレッサの爪で支えられていない部位であった。

このうち、長さ約20mmの傷については、ダイヤフラム内部の補強材の部分でゴムとの間に約29mm四方の剥離が発生しており、少し非接液面側に膨らみ、開口していた。

(添付資料-3)

※5 ダイヤフラム内部補強材

ポリアミド系樹脂製の繊維を網目状に平織したものの。

ダイヤフラムの厚み方向真ん中付近に挟み込まれ接着している。

繊維のため、ダイヤフラムが割れると、この補強材を通じて浸透漏れを生じる場合がある。

※6 コンプレッサ

弁棒の先端部に取り付けられており、ダイヤフラムと結合することにより、弁棒の上下の動きをダイヤフラムに伝えるもの。

また、接液面側の圧力を受けて非接液面側に押されるダイヤフラムを支えるもの。

c. その他の構成部品

弁蓋と弁箱を接続するボルト、コンプレッサ、その他の構成部品については、いずれも異常は認められなかった。

(3) 点検実績の調査

至近では、当該弁は平成26年7月に分解点検を実施し、ダイヤフラムおよびOリングを新品に交換していた。

なお、当該弁は10定検毎の頻度で点検していたが、令和2年の廃止措置計画認可以降、故障による発電所運営への影響は大きくないため、故障発見後に修復させる保全を採用している。

(4) 当該弁の使用状況調査

当該弁は通常「閉」の状態であるが、平成26年の点検以降、当該事象を発見するまでの間、通水のため8回の開閉操作を行っていた。

至近の開閉操作は令和6年1月10日であり、使用済燃料ピットへ水

を補給するためのものであった。

当該補給後は、燃料取替用水タンクポンプを運転状態で当該弁の下流側弁および当該弁の順番で弁が閉止されており、当該弁の下流側は約0.9MPaの圧力でほう酸水が封じ込められた状態となっていた。

(添付資料－4)

(5) 配管温度の調査

当該弁を含む配管は令和6年1月9日から10日にかけて通水しており、この時の水温は、燃料取替用水タンクの温度から13.8℃と推定した。

その後、当該事象が発生するまでの間、当該弁を含む配管は周辺気温の影響を受け、最大17.3℃程度まで上昇したものと推定した。

その温度変化により、ほう酸水が封じ込められた配管内の圧力0.9MPaから上昇し、ダイヤフラムの実用上問題ない圧力である1.4MPaより高い圧力となった可能性があることを確認した。

(6) 類似箇所の調査

当該弁の下流側に設置され、同様にほう酸水が封じ込められた状態となっていたダイヤフラム弁の分解調査を実施した結果、これらの弁のダイヤフラムに異常は認められなかった。

その他、今回漏えいが発生した箇所と同様、ダイヤフラム弁を含む配管を抽出し調査を実施した結果、配管内の通液を停止する際、ポンプにより加圧した状態となる可能性のある箇所(71箇所)について、異常が無いことを確認した。

(添付資料－4)

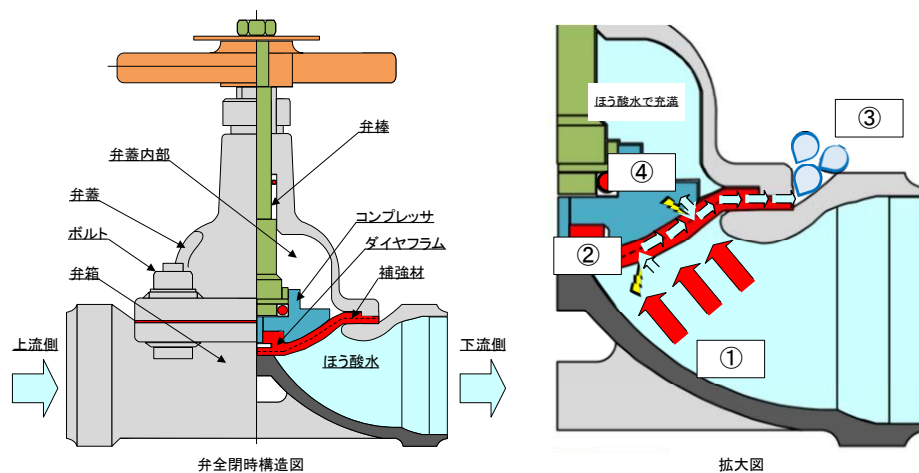
(7) 過去の類似事象の調査

伊方発電所における過去の事象を調査したところ、類似するダイヤフラム弁からの漏えい事象が無いことを確認した。

8. 推定原因

調査の結果、以下のメカニズムで漏えいの発生に至ったものと推定した。

- ① 当該弁から当該弁下流側配管において、ほう酸水が燃料取替用水タンクポンプの運転圧力の状態で封じ込められた。
- ② 建屋内の温度上昇に伴い、当該弁から当該弁下流側配管の内圧が上昇し、当該弁のダイヤフラム下流側接液面に実用上問題ない圧力以上の圧力が掛かり、ダイヤフラムの1か所に内部補強材まで到達する傷が生じた。
- ③ ダイヤフラムの接液面に生じた傷より配管内のほう酸水が補強材を伝って当該弁の弁蓋と弁箱の合わせ面から漏えいした。
- ④ ダイヤフラム内部補強材に浸透したほう酸水により、非接液面側ダイヤフラムと補強材との間の差圧により押されて接着面が剥がれ、非接液面側に膨れが生じ、非接液面側ダイヤフラムに内部補強材まで到達する傷が生じた。これにより、非接液面側へもほう酸水が漏えいした。



9. 対策

- (1) 当該弁のダイヤフラムを新品に取り替えた。
- (2) 燃料取替用水タンクのほう酸水を使用済燃料ピットへ補給するための配管系について、補給停止操作時に燃料取替用水タンクポンプの運転圧力が封じ込め状態となることを防止するため、当該弁の下流側の弁を通常開とする系統構成に変更する。

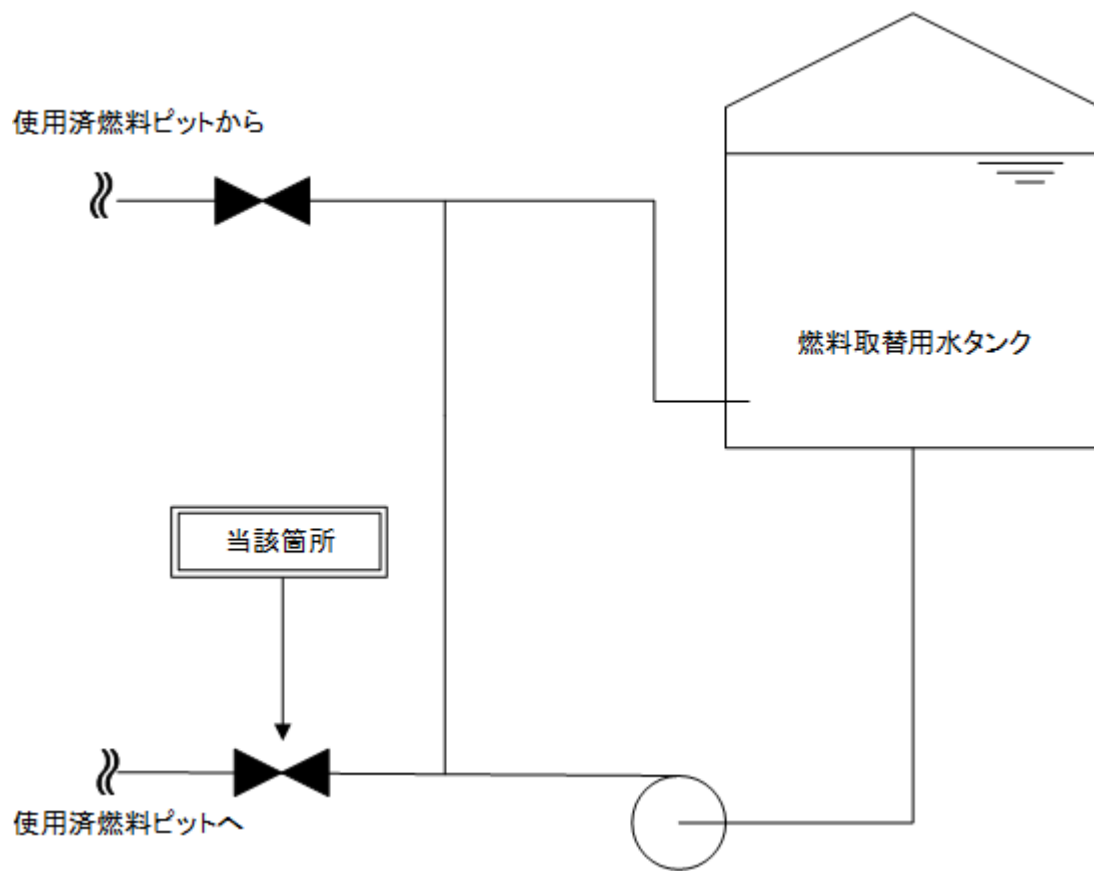
(添付資料－4)

以上

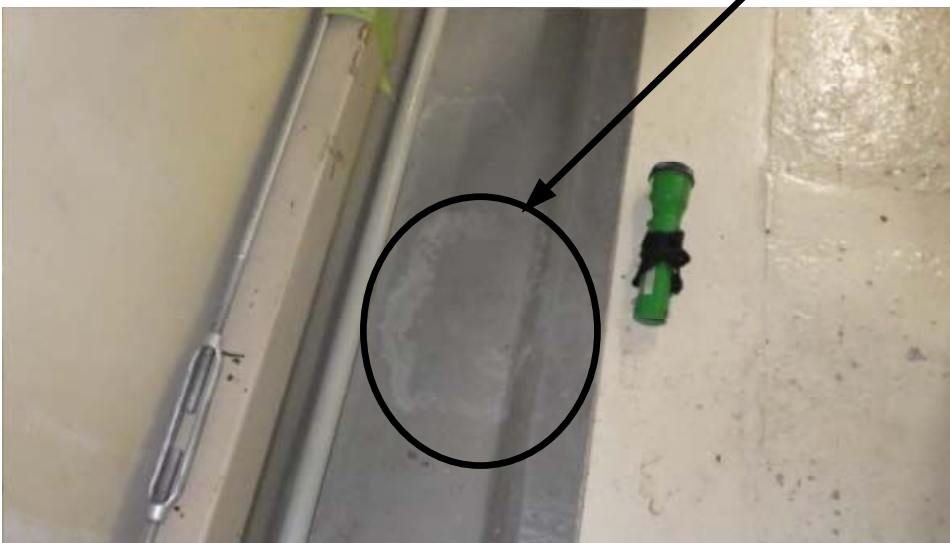
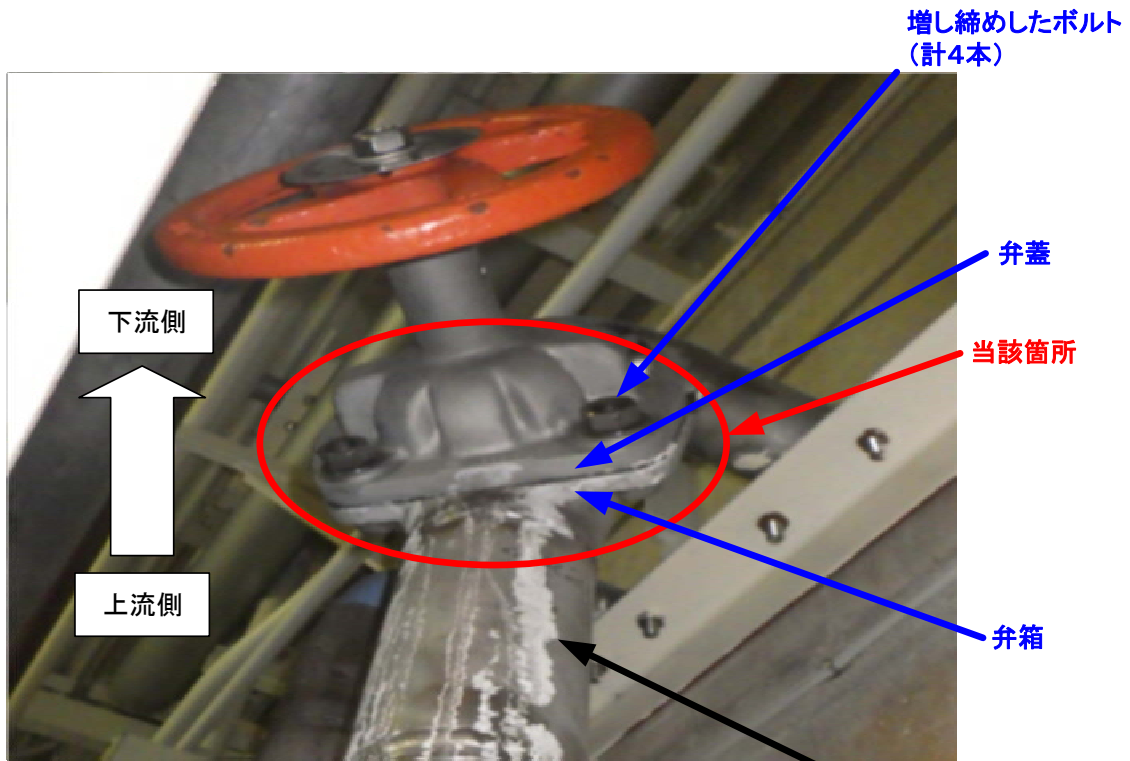
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所 2 号機 燃料取替用水系統概略図
- 添付資料－ 2 伊方発電所 2 号機 燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁
ほう酸析出状況
- 添付資料－ 3 弁分解調査状況
- 添付資料－ 4 燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁使用時の系統状態

伊方発電所 2 号機 燃料取替用水系統概略図

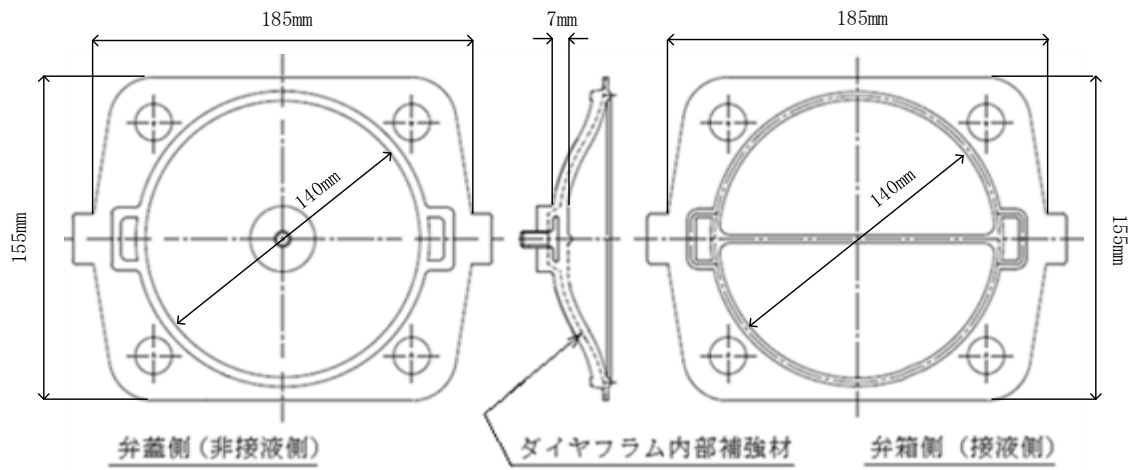


伊方発電所2号機
燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁ほう酸析出状況



弁分解調査状況

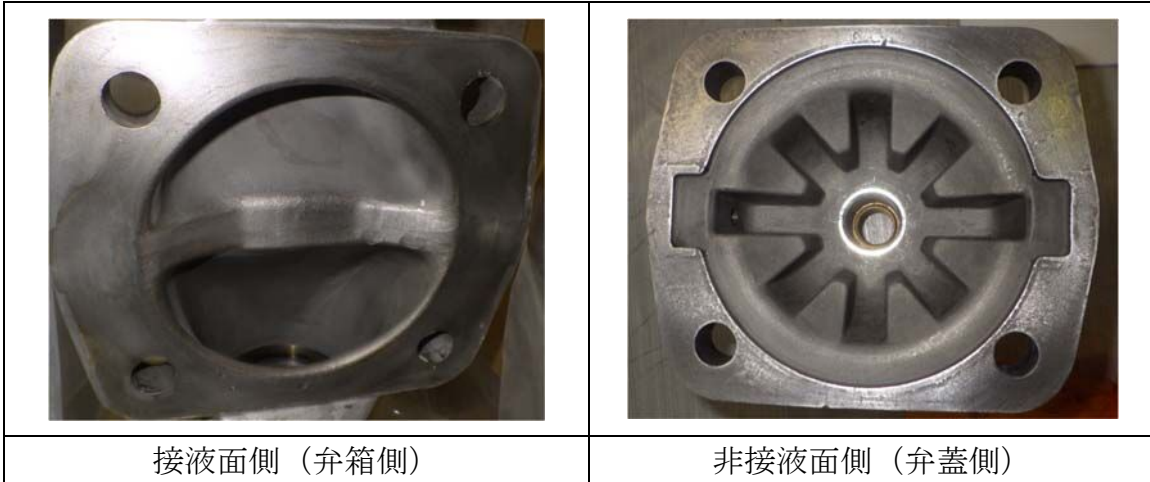
1. ダイヤフラムの構造



2. 弁蓋内部 (ダイヤフラム非接液面側) が濡れた状況



3. ダイヤフラムとの合わせ面の状況



4. ダイヤフラムの状況



燃料取替用水タンクポンプ出口ライン弁使用時の系統状態

