

伊方発電所 2 号機
充てんポンプ 2 B 点検用フランジ部からの
漏えいについて

平成 23 年 1 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所2号機

充てんポンプ2B点検用フランジ部からの漏えいについて

2. 事象発生の日時

平成22年8月16日11時35分（確認）

3. 事象発生の設備

化学体積制御設備 充てんポンプ2B

4. 事象発生時の運転状況

通常運転中（電気出力565MW）

5. 事象の概要

伊方発電所第2号機は通常運転中のところ、運転中の充てんポンプ2B^{*1}室内において、ポンプ点検用フランジ部（No. 1シリンダ前面側）から1次冷却水が漏えいしていることを運転員が確認した。漏えい量は約120cc（放射能量：約70ベクレル）であり、全量を紙ウエスで回収した。

当該フランジ部を点検した結果、ポンプ点検用フランジにより締め付けているリフト押さえとポンプケーシング部の接触面をシールするためのOリングの一部に損傷が認められた。

また、当該フランジ部以外のポンプ点検用フランジ部（10箇所）について点検した結果、2箇所（No. 2, 3シリンダ前面側）のOリングの一部に損傷が認められた。このため、損傷のあったOリング（3箇所）を含む全てのOリングを新品に取り替え、充てんポンプ2A、2B、2C運転にて充てんポンプ2Bの確認運転を行い漏えいのないことを確認した。

充てんポンプ2Bの確認運転終了後、性能検査のため充てんポンプ2Cを停止し、充てん流量を調整していたところ、充てんポンプ2B出口逃がし弁が動作していることを確認したため、充てんポンプ2Cを起動し、充てんポンプ2Bを停止した。

その後8月21日8時50分、充てんポンプ2B運転状態で漏えいがないことを確認し、通常状態に復旧した。

なお、本事象によるプラント運転への影響および環境への放射能による影響はなかった。
(添付資料-1)

* 1 充てんポンプ

原子炉の主循環系統から1次冷却水を抽出し、浄化およびほう素濃度の調整等を行った後、再び主循環系統に戻すためのポンプ。充てんポンプは3台あり、通常1台または2台で運転している。(1台で100%の能力を有しており、保安規定では運転上1台以上動作可能であることが要求されている。)

6. 事象の時系列

8月16日

11時35分 充てんポンプ2Bのポンプ点検用フランジ部から1次冷却水が漏えいしていることを運転員が確認

12時07分 充てんポンプ2Bの停止により、漏えい停止

8月17日

14時10分 当該フランジ部点検開始

8月19日

17時00分 当該フランジ部点検終了

8月20日

16時18分 充てんポンプ2Bの確認運転を実施
(充てんポンプ2A, 2B, 2C運転)

16時21分 充てんポンプ2C停止

16時47分 充てん流量の調整実施

16時49分 充てんポンプ2B出口逃がし弁動作

17時03分 充てんポンプ2C起動

17時08分 充てんポンプ2B停止

8月21日

8時50分 充てんポンプ2B運転状態で漏えいがないことを確認し、通常状態に復旧

7. 調査結果

当該フランジ部（前面側）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）現地調査

a. フランジ取り付け状態

当該フランジ部を含む11箇所について分解前に点検した結果、フランジとポンプケーシングの合わせ面の隙間は均等であり、取り付け状態は正常であった。また、締め付けボルトを規定トルク（245 Nm[メーカ設定値]）で確認締めを行った結果、緩みは確認されなかった。

b. Oリング

- ・当該フランジ部を含む11箇所についてフランジを取り外し、状態を確認した結果、前面側の3箇所においてリフト押さえとポンプケーシングの隙間から、Oリングがはみ出していることを確認した。
- ・Oリングを取り外し、外観を調査した結果、前面側の3箇所に装着していたOリングの表面全体に荒れが見られ、外周部の一部に損傷が認められた。
- ・Oリングは、設計どおりの仕様であることを検査記録により確認した。

c. リフト押さえおよびポンプケーシングの接触面

リフト押さえおよびケーシングの接触面について外観検査および浸透探傷検査を実施した結果、腐食・変形等の損傷はなかった。また、締め付けボルトに腐食・変形等の損傷はなかった。（添付資料-2）

（2）保守状況の調査

第17回定検まで当該部の点検周期（Oリングの取替周期）は1回/1定検であったが、点検結果が良好であったため、点検周期を1回/3定検に変更した。

至近では、第20回定検（平成20年1月～3月）において点検を実施しており、取り外したOリングに損傷はなかった。また、組み立て時のOリングの取り付け状態についても問題はなかった。なお、第20回定検時までの運転時間は3サイクル*²運転であった。

*2 サイクル

定検から次の定検までの運転期間の呼称

（3）運転履歴の調査

当該ポンプは第20回定検（平成20年1月～3月）以降、運転をしており、運転時間は約2サイクル運転であった。

（4）類似箇所の調査

充てんポンプ2A、2Cについて、第22回定検（平成22年8月～11月）

時に当該の11箇所全てのフランジ部の点検を行い、Oリングの調査を実施した。なお、当該フランジ部と同じ構造で、同様な使用環境のポンプは、1、3号機を含めて他にはない。(添付資料-2)

a. 充てんポンプ2A

- ・フランジを取り外し、状態を確認した結果、前面側の1箇所においてリフト押さえとポンプケーシングの隙間から、Oリングがはみ出していることを確認した。
- ・Oリングを取り外し、外観を調査した結果、前面側の3箇所に装着していたOリングの表面全体に荒れが見られ、2Bに比べて軽微ではあるが外周部の一部に損傷が認められた。
- ・Oリングは、設計どおりの仕様であることを検査記録により確認した。
- ・充てんポンプ2Aの運転時間は3サイクル運転であった。

b. 充てんポンプ2C

- ・フランジを取り外し、状態を確認した結果、Oリングのはみ出しは認められなかった。
- ・Oリングを取り外し、外観を調査した結果、Oリングの表面に荒れおよび損傷等の異常はなかった。
- ・Oリングは、設計どおりの仕様であることを検査記録により確認した。
- ・充てんポンプ2Cの運転時間は1サイクル運転であった。

(5) 当該部の負荷状況およびシール部の構造の調査

- ・充てんポンプは往復動ポンプであり、フランジ部(前面側)の流体圧力は0.1MPa(吸込圧力)から17.2MPa(吐出圧力)まで約140回/分の周期で変動する。この流体圧力の変動により、Oリングには繰り返し荷重が負荷されることから、ケーシングおよびリフト押さえと接触しているOリング表面が劣化しやすい構造であった。
- ・当該シール部は三角溝形状であり、溝の中のOリングは、流体圧力が作用すると溝に沿って外側へ押し出される方向に動く構造であった。
- ・吐出圧力が作用すると、リフト押さえは外側へ押され、ケーシングとリフト押さえの間の隙間が大きくなる構造であった。
- ・吸込側および吐出側フランジ部については、構造上流体圧力は一定であるため、当該部のような流体圧力の変動はない。

(6) フランジ部(前面側)ボルト締付トルク値の調査

ボルトを規定トルク値245Nmで締め付けたときの締付力は約16.7tであるが、ばらつきにより締付力が小さくなった場合、流体圧力が内側からリフト押さえに作用するときの荷重約14.6tに対し、十分な締付力が得られ

ない可能性があった。

なお、一般に締付トルクは、ねじ面および座面の摩擦によって消費されるため、ねじ面および座面の状態により、締付力にはばらつきが生じる。

8. 推定原因

今回の事象は、

- ・ 充てんポンプ内部流体圧力の周期的な変動により、ケーシングおよびリフト押さえと接触しているOリング表面が劣化しやすい構造であった。
- ・ Oリングによるシール部は三角溝形状であり、溝の中のOリングは、流体圧力が作用すると溝に沿って外側へ押し出される方向に動く構造であった。
- ・ 点検フランジ部のボルト締付時に座面の摩擦等の影響により、ボルト締付トルクが十分に締付力に変換されなかったことから、吐出圧力が負荷されるときに生じるリフト押さえとポンプケーシングとの間の微小な隙間が大きくなっていった可能性がある。

これらの要因が重なったことから、充てんポンプ運転時間の経過とともに、Oリングはみ出し量が大きくなり損傷した結果、シール機能が失われ漏えいに至ったものと推定される。

(添付資料-3)

9. 対策

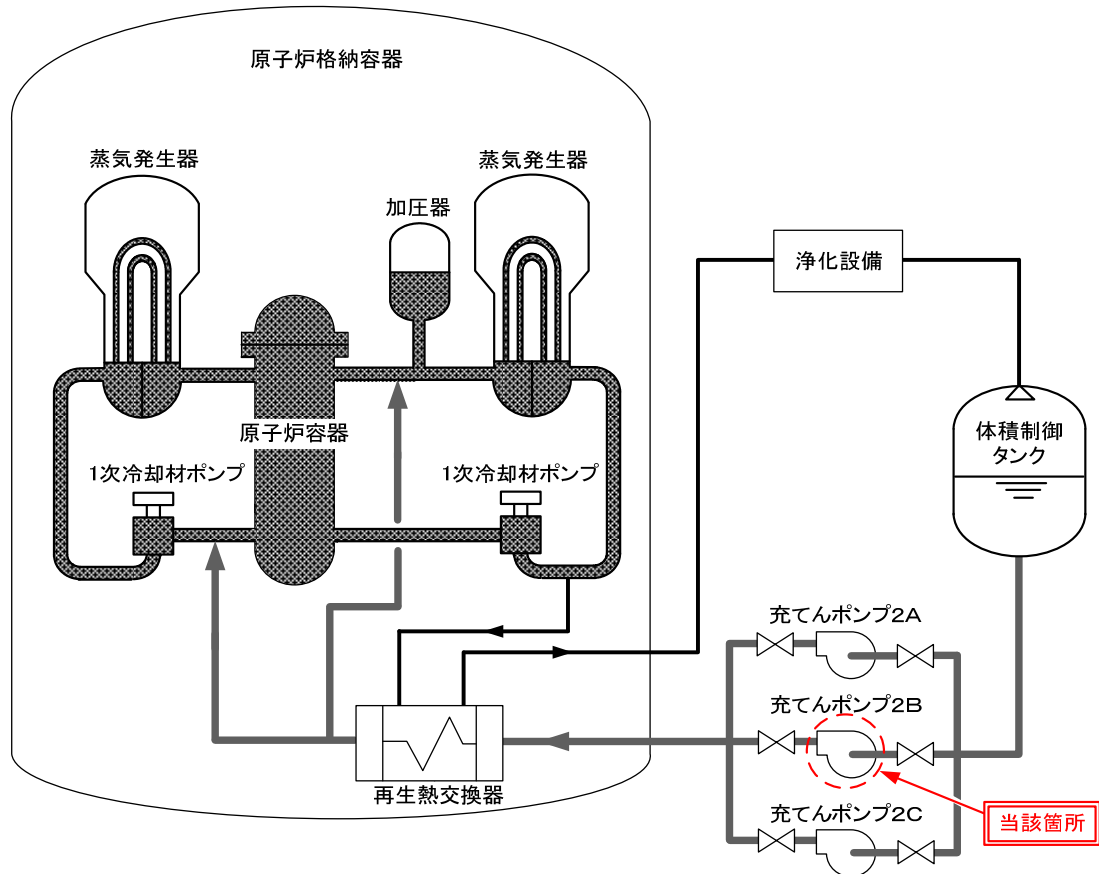
- (1) 充てんポンプ2A、2B、2Cについて当該フランジ部を含む全てのOリングの取り替えを実施し、復旧後、漏えいのないことを確認した。
- (2) Oリングのはみ出し事象は運転時間に起因していることから、充てんポンプ2A、2B、2Cについて、点検周期（Oリングの取替周期）を1回/3運転サイクルから、1回/1.5運転サイクルに短縮する。また、充てんポンプ2Bについては、次回の第23回定検時に当該フランジ部の分解点検を行い、Oリングの状態を確認する。
- (3) 充てんポンプ2A、2B、2Cのフランジ部（前面側）について、ボルトの締付トルクを座面の摩擦等による締付力のばらつきが生じても十分な締付力（約23.3t）が得られる345Nmとするよう作業要領書の改正を行い、当該フランジ部を345Nmで締め付けた。なお、345Nmで締め付けてもボルト等の部材強度には十分な余裕があることを確認している。

以上

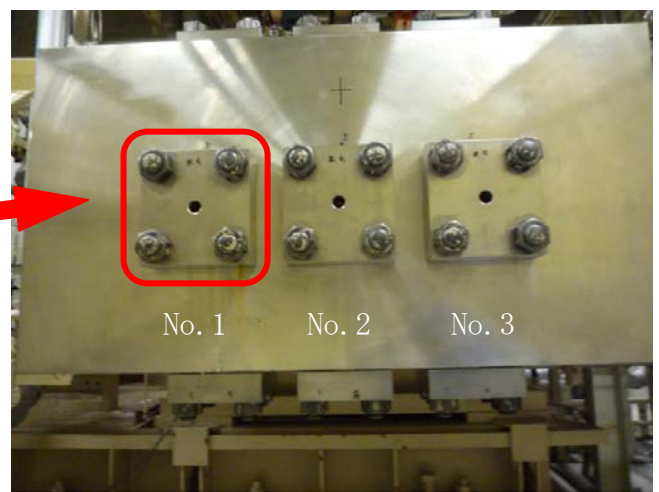
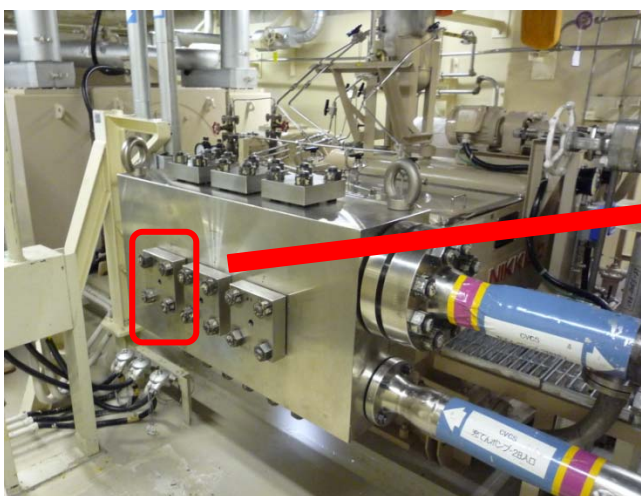
添 付 資 料

- 添付資料－1 伊方発電所2号機 充てんポンプまわり概略系統図および漏えい箇所写真
- 添付資料－2 充てんポンプ2B 当該フランジ部現地調査結果
- 添付資料－3 充てんポンプ2B 当該フランジ部構造および推定原因

伊方発電所2号機 充てんポンプまわり概略系統図および漏えい箇所写真



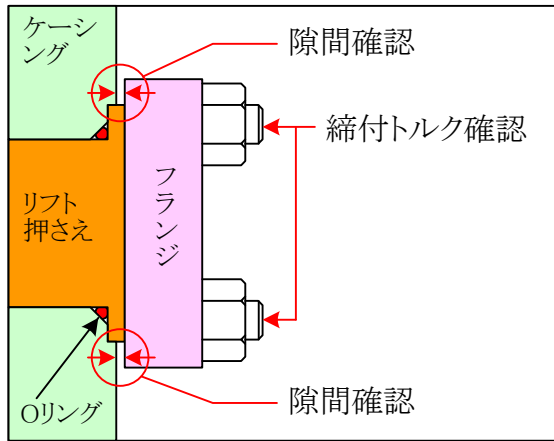
充てんポンプまわり概略系統図



漏えい箇所写真

充てんポンプ2B 当該フランジ部現地調査結果

1. 充てんポンプ2B フランジ取付状態

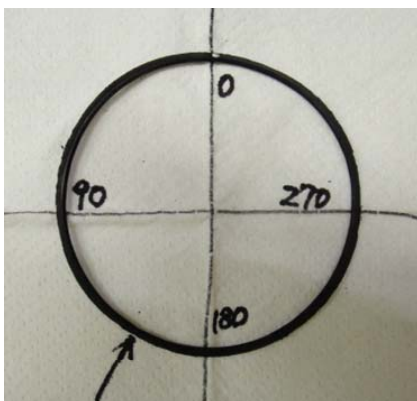


フランジ取付状態確認部位

2. 充てんポンプ2B Oリング (No.1 シリンダ) 調査結果



Oリングのはみ出し



Oリング (材質:エチレン・プロピレンゴム)

3. 充てんポンプ2B リフト押さえおよびポンプケーシングの接触面調査結果



ポンプケーシング接触面PT結果



リフト押さえ接触面PT結果

4. 類似箇所の調査結果



充てんポンプ2A Oリング (No. 3シリンダ)



充てんポンプ2C Oリング (No. 1シリンダ)

充てんポンプ2B 当該フランジ部構造および推定原因

