

伊方発電所第 3 号機
非常用ディーゼル発電機 3 B の起動試験中における
手動停止について

平成 3 0 年 1 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 非常用ディーゼル発電機3Bの起動試験中における手動停止について

2. 事象発生の日時

平成29年11月 6日 14時29分

3. 事象発生の設備

3号機 非常用ディーゼル発電機3B 燃料弁冷却水ポンプ3B

4. 事象発生時の運転状況

3号機 第14回定期検査中

5. 事象発生の状況

伊方発電所第3号機は定期検査中のところ、11月6日14時22分、非常用ディーゼル発電機^{*1}3B起動試験時に「4-3D1地絡^{*2}」警報が3回中央制御室に発信した。

その後、14時29分、非常用ディーゼル発電機3Bの燃料弁冷却水ポンプ^{*3}3Bが過負荷^{*4}により自動停止していることを確認したため、14時31分に非常用ディーゼル発電機3Bを手動停止した。非常用ディーゼル発電機3Aは定期検査における分解点検中であり、燃料弁冷却水ポンプ3Bが自動停止したことで非常用ディーゼル発電機3Bの運転が出来なくなったことから、14時29分、伊方発電所原子炉施設保安規定（以下、「保安規定」という。）に定める非常用電源を2系統確保するという運転上の制限（以下、「LCO^{*5}」という。）から逸脱した。

調査の結果、燃料弁冷却水ポンプ3B電動機への電源供給ケーブル（以下、「ケーブル」という。）に損傷箇所が確認され、これにより地絡が発生し、過負荷により自動停止に至ったものと推定した。

当該ケーブルについては、損傷箇所を切除して再接続し、絶縁抵抗測定を行い、健全性を確認した。その後、非常用ディーゼル発電機3Bの起動試験を行い、燃料弁冷却水ポンプの運転状態に問題ないことを確認した。

これにより保安規定に定める非常用電源2系統が確保でき、20時40分にLCOの逸脱から復帰し、通常状態に復旧した。

なお、発電所で必要な電力は外部の送電線より受電しており、本事象によるプラント運転への影響はなく、また周辺環境への放射能の影響もなかった。

（添付資料-1、2）

*1 非常用ディーゼル発電機

発電所の運転中に外部電源が喪失し、所内に電気が供給できなくなった場合に安全にプラントを停止するために必要な機器に電気を供給するための設備で、3Aと3Bの2台設置している。（1台で安全にプラントを停止するために必要な機器の100%容量）

- * 2 4-3D1地絡
440Vの電源系統は、4系統（A1, A2, B, E）の常用低圧母線と4系統の非常用低圧母線（C1, C2, D1, D2）で構成され、今回の事象は、非常用母線電源のD1系統において絶縁低下等により電気回路が漏電した状態（地絡）であることを示す警報名
- * 3 燃料弁冷却水ポンプ
非常用ディーゼル発電機が起動すると燃料（重油）を供給するための燃料噴射弁が過熱するため、燃料噴射弁を冷却するための冷却水を送水するポンプ
燃料噴射弁は、各シリンダーに1台ずつ設置している。
- * 4 過負荷
電動機に定格電流以上の電流が流れている状態
- * 5 LCO(Limiting Conditions for Operation)
保安規定で定める運転上の制限
保安規定では、安全機能を確保するために必要な動作可能機器の台数等を「運転上の制限」として定めており、非常用ディーゼル発電機は、プラント定検中においても非常用発電機（空冷式非常用発電装置）を含めた2台が運転できることを必要としている。
これが満足できない場合、同規定では非常用ディーゼル発電機2台および非常用発電機1台のうち、少なくとも2台を速やかに動作可能な状態に復旧する措置等を実施することを求めている。

6. 事象の時系列

11月6日

- 14時22分 非常用ディーゼル発電機3B 起動
- 14時22分 「4-3D1地絡」警報発信（3回発信）
- 14時29分 燃料弁冷却水ポンプ3B自動停止（LCO逸脱と判断）
- 14時31分 非常用ディーゼル発電機3B 手動停止
- 14時50分 保安規定で要求される措置開始（AOT*6：速やかに）
- 16時10分頃 燃料弁冷却水ポンプ3B電動機への電源供給ケーブルの絶縁抵抗値の低下を確認
- 16時30分頃 燃料弁冷却水ポンプ3B電動機への電源供給ケーブルに損傷を確認
- 17時40分頃 電源供給ケーブルの損傷部分の切除、再接続作業開始
- 17時55分頃 " 作業終了
- 18時40分頃 燃料弁冷却水ポンプ3B電動機への電源供給ケーブルの絶縁抵抗値を確認（良好）
- 19時20分頃 燃料弁冷却水ポンプ3B試運転開始
- 19時35分頃 燃料弁冷却水ポンプ3B試運転終了（良好）
- 20時11分 非常用ディーゼル発電機3B 起動（起動試験）
- 20時17分 非常用ディーゼル発電機3B 停止（良好）
- 20時40分 通常状態に復旧（LCO逸脱からの復帰）

*6 AOT (Allowed Outage Time)

LCOを逸脱した際に要求される措置を実行するための時間
本事象の場合、「速やかに」復旧する措置を求めている。

7. 調査結果

燃料弁冷却水ポンプ3Bが過負荷により自動停止した原因について、以下の調査を行い要因の検討を実施した。

(1) 自動停止原因の調査

a. 機械的要因

電動機とポンプが接続された状態でハンドターニングを実施した結果、接触による異音、固着等の異常はなく、電動機およびポンプが滑らかに回転することを確認した。

また、電動機とポンプを接続するカップリングの取付状態、電動機およびポンプ外観の目視点検を実施した結果、異常は認められなかった。

b. 電氣的要因

ディーゼルコントロールセンタ3B*7から当該ポンプまでのケーブルの絶縁抵抗を測定したところ0MΩとなっていることを確認した。このため、ディーゼルコントロールセンタ3Bから当該ポンプまでの電路で地絡が発生し、過大な地絡電流が流れ、過負荷状態となったことで自動停止に至ったものと判断した。

(添付資料-2)

*7 ディーゼルコントロールセンタ3B

非常用ディーゼル発電機を運転するために必要な機器へ電源を給電するための440V系統の電源開閉装置

(2) 電路の切り分けによる絶縁抵抗測定

地絡箇所特定のため、ディーゼルコントロールセンタ3Bから当該ポンプまでの回路を切り分けし、絶縁抵抗測定を実施した結果、以下のとおりであった。

a. 燃料弁冷却水ポンプ3B電動機

対地間で1,000MΩ以上であり、問題ないことを確認した。

b. ケーブル

当該ポンプへは3相交流*8により電気を供給するため、3芯(U相、V相、W相)のケーブルを使用しており、この芯線のうち、U相の対地間で0MΩとなっていることを確認した。また、V相およびW相は1,000MΩ以上であり、問題ないことを確認した。このため、U相が地絡していると判断した。

c. ディーゼルコントロールセンタ3B

U相、V相、W相すべて対地間で1,000MΩ以上であり、問題ないことを確認した。

(添付資料-2)

＊ 8 3相交流

3相交流とは、1つの電気回路に3つの正弦波電流が1／3サイクル（120°）のずれを保って流れているもので、これらを区別するために第1相をU相、第2相をV相、第3相をW相という。

(3) ケーブルの目視調査

ケーブルの地絡箇所を特定するため電動機端子箱を開放し、可とう電線管^{*7}を取り外して目視調査を実施した結果、カップリング部のケーブルは、芯線を保護するケーブルシース^{*8}が無く電動機端子箱のカップリング下端部付近にて、U相の芯線の絶縁被覆（赤色）が損傷して芯線が露出していることを確認した。また、他相の状況としては、V相（白色）には異常は認められなかったが、W相の絶縁被覆（黒色）に若干の擦れを確認した。

(添付資料－3)

＊ 7 可とう電線管

管を自由に曲げることができる電線管（当該品は金属製）

＊ 8 ケーブルシース

芯線に絶縁被覆を施した絶縁電線の保護外被覆

(4) 保守状況の調査

a. 燃料弁冷却水ポンプ3B電動機の保守状況

10定検に1回の頻度で分解点検を実施している。

前回の分解点検は平成23年5月に実施し、電動機分解点検および試運転を実施し、異常は認められなかった。

b. ケーブルの保守状況

毎定検、ディーゼルコントロールセンタ3Bから当該ポンプまでの絶縁抵抗を測定し、電動機を含めた回路の健全性確認を実施している。

また、至近では平成28年5月に実施し、測定結果に異常は認められなかった。

(5) 運転状況の調査

当該ポンプは非常用ディーゼル発電機の起動により自動起動する機器であり、1ヶ月に1回の頻度で点検を実施している。

なお、平成29年10月4日の非常用ディーゼル発電機の起動試験では、ポンプの運転状態に異常は認められなかった。

また、今回の起動時には、自動停止の前に地絡警報が3回発信していた。

(6) 燃料弁冷却水ポンプ3Aの調査

燃料弁冷却水ポンプ3Aのケーブルの類似箇所を確認した結果、カップリング部までケーブルシースがあり、ケーブルの芯線は露出しておらず損傷は認められなかった。

(添付資料－3)

8. 推定原因

電動機端子箱内のカップリング部にケーブルの芯線の絶縁被覆部に保護用のケーブルシースが無かったため芯線の絶縁被覆が可とう電線管内のカップリング部分に直接接触している状態で、非常用ディーゼル発電機の運転による振動および当該ポンプの運転による振動の影響により芯線の絶縁被覆がカップリング部で擦れ、徐々に絶縁被覆が損傷し、地絡に至り、ポンプが過負荷となり自動停止したものと推定される。

(添付資料-3)

9. 対策

(1) ケーブルの損傷箇所を切除してカップリング部からケーブルシースが出ている状態で再接続した。

また、非常用ディーゼル発電機3Bの起動試験を行い、運転状態に問題がないことを確認した。

(2) 非常用ディーゼル発電機3Aおよび3B系統の補機電動機（当該機器を除く全17台）について、電動機端子箱内のケーブルの芯線の保護状態（ケーブルシース有）に問題なく、絶縁被覆に損傷がないことを確認した。

(3) 1, 2号機の非常用ディーゼル発電機の補機電動機は、至近で計画されている廃止措置点検（1号機）および特別点検（2号機）で電動機端子箱内のケーブルの芯線の保護状態（ケーブルシース有）および絶縁被覆に損傷がないことを確認する。

(4) 今回と同様の形状である電動機端子箱で接続する低圧動力ケーブルで重要設備の電動機を対象とし、ケーブル（当該機器および（2）を除く17本）についてケーブルの芯線の保護状態（ケーブルシース有）および絶縁被覆に損傷がないことを確認した。

(5) 今後、全ての電動機は、分解点検またはケーブル解結線時にケーブルの芯線の保護状態（ケーブルシース有）および絶縁被覆に損傷がないことを確認するとともに、標準要領書に追加する。

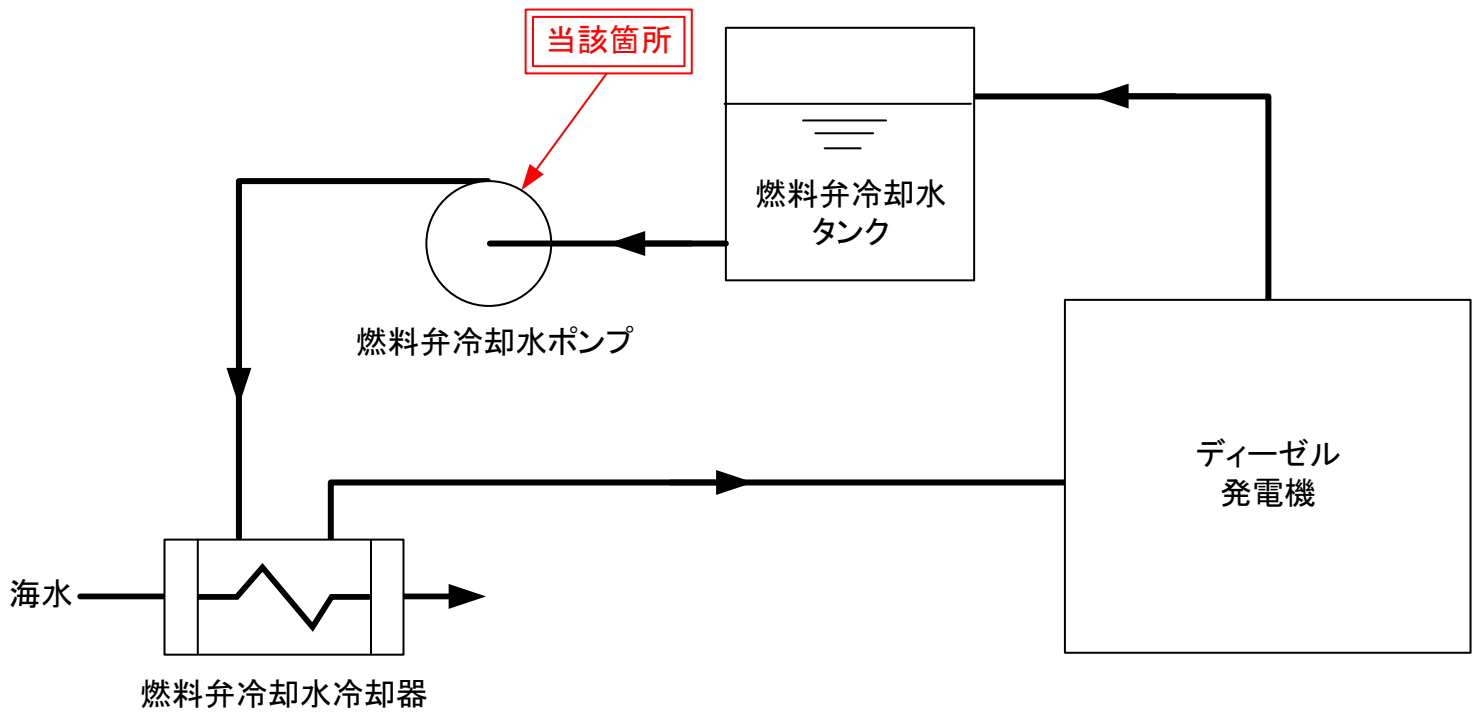
また、同様な事象の発生を防止するために、ワンポイントレッスンを作成し関係者に周知する。

以 上

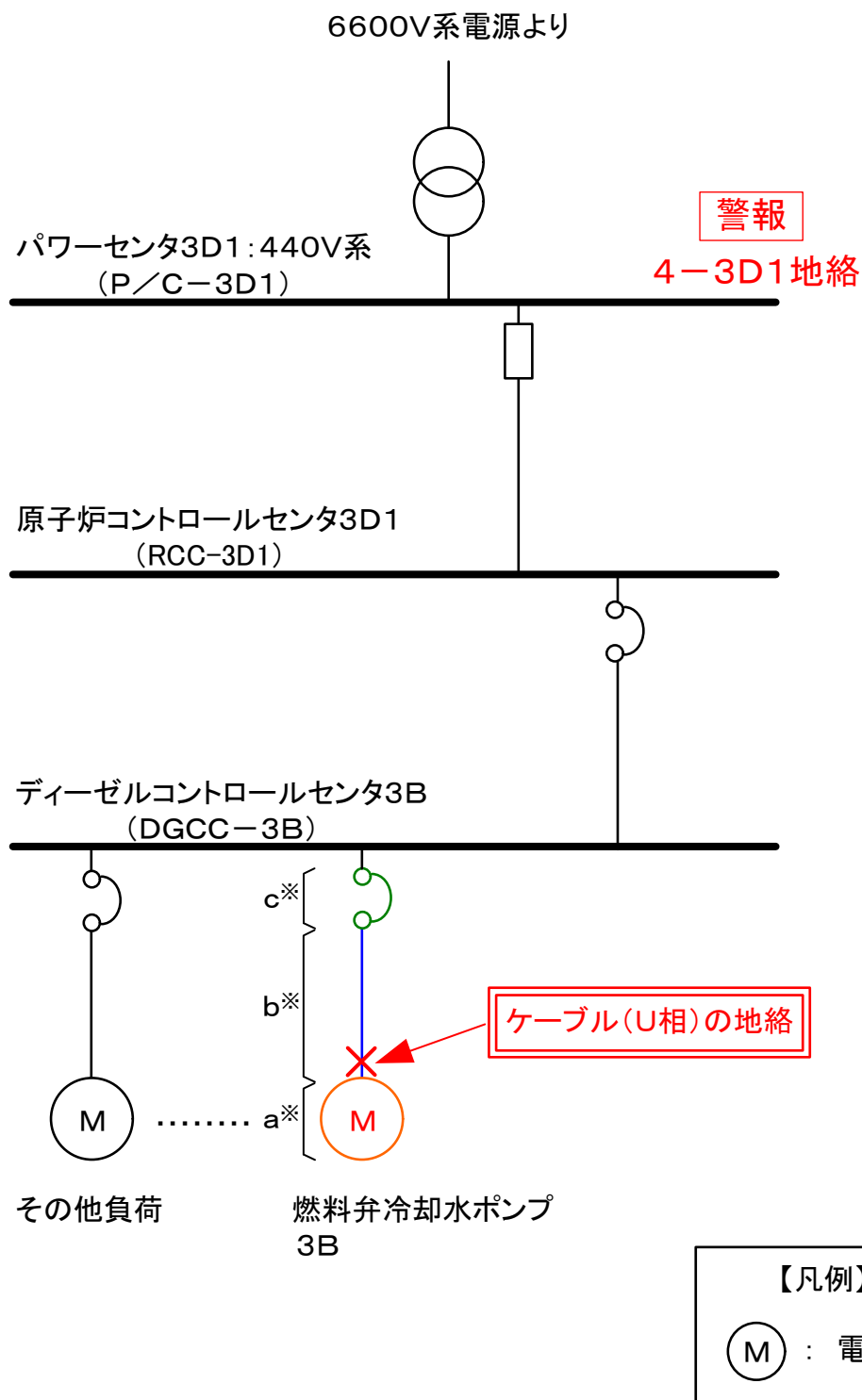
添 付 資 料

- 添付資料－ 1 伊方発電所 3 号機 非常用ディーゼル発電機燃料弁冷却水系統概略図
- 添付資料－ 2 伊方発電所 3 号機 燃料弁冷却水ポンプ 3 B 概略単線結線図
- 添付資料－ 3 伊方発電所 3 号機 燃料弁冷却水ポンプ 3 B ケーブル損傷状況

伊方発電所3号機 非常用ディーゼル発電機 燃料弁冷却水系統概略図

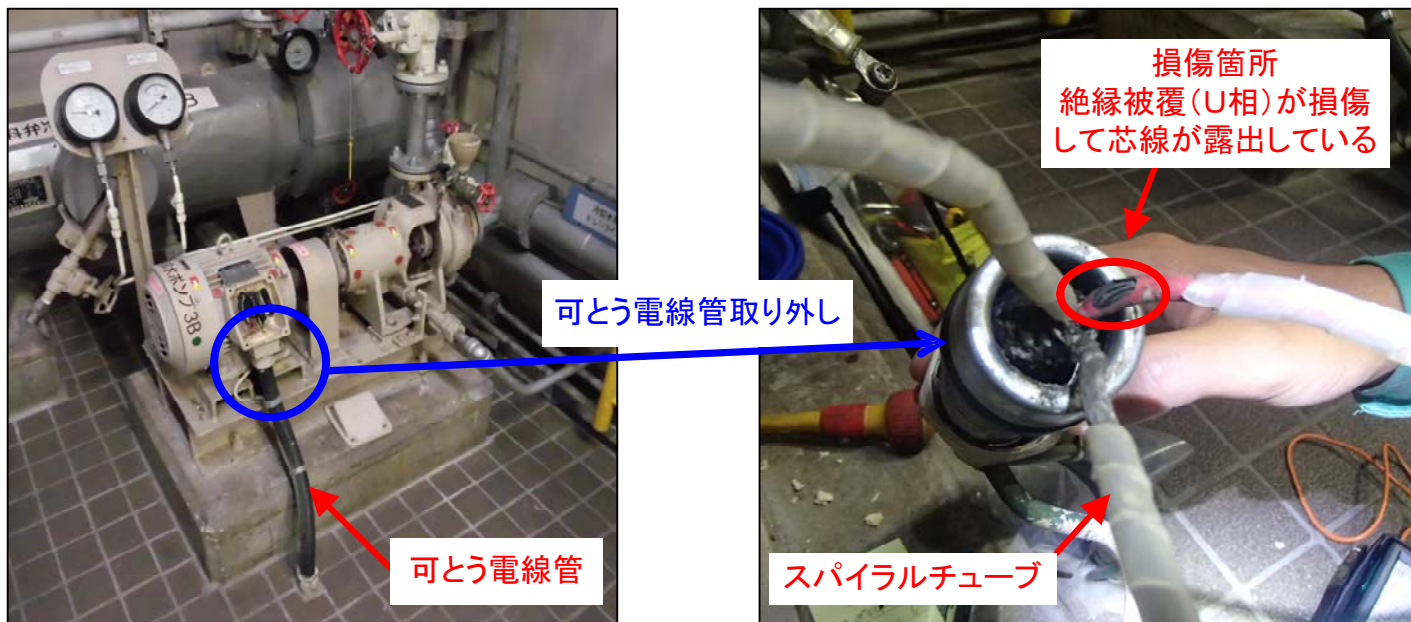


伊方発電所3号機 燃料弁冷却水ポンプ3B 概略単線結線図



※本文の7. (2)の電路切り分けによる絶縁抵抗測定範囲を示す。

伊方発電所3号機 燃料弁冷却水ポンプ3Bケーブル損傷状況



(燃料弁冷却水ポンプ電動機端子箱部ケーブル布設状況比較図)

