

伊方発電所第3号機
空冷式非常用発電装置の始動用バッテリーの
電圧低下について

令和3年9月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所第3号機 空冷式非常用発電装置の始動用バッテリーの電圧低下について

2. 事象発生の日時

令和3年7月23日 2時20分

3. 事象発生の設備

伊方発電所3号機 空冷式非常用発電装置4号

4. 事象発生時の運転状況

伊方発電所3号機 第15回定期事業者検査中

5. 事象の発生状況

伊方発電所3号機は第15回定期事業者検査中のところ、令和3年7月23日1時54分、3号機中央制御室に空冷式非常用発電装置^{※1}4号の異常を示す信号が発信した。

このため、運転員にて現地を確認したところ、同日2時20分に始動用バッテリー^{※2}の電圧が低下していることを確認した。

その後、空冷式非常用発電装置4号の始動用バッテリーの充電を実施したが、完全に充電が完了するまでに時間を要することが判明したため、当該バッテリーを予備のバッテリーに取替えた後、空冷式非常用発電装置4号の起動試験により運転状態に問題がないことを確認し、7月28日14時47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周辺環境への放射能の影響はなかった。また、事象発生から復旧までの間、保安規定で要求される非常用電源の所要数^{※3}は満たしていた。

(添付資料－1、2)

※1 空冷式非常用発電装置

伊方発電所3号機の外部電源喪失等非常時において、非常用ディーゼル発電機2台共に使用できない場合に原子炉の冷却等に必要な設備へ電気を供給するための常設の空冷式ディーゼル発電機。3号と4号の2台を設置している。

その他に、非常用の電源として非常用ガスタービン発電機も設置している。

※2 始動用バッテリー

空冷式非常用発電機のディーゼル機関を起動させるためのセルモータの駆動源となるもの。

※3 保安規定で要求される非常用電源の所要数

原子炉から全ての燃料を取り出して使用済燃料ピットに貯蔵している期間は、重大事故等に対処できる電源設備として、非常用ガスタービン発電機1台または空冷式非常用発電装置1台の待機が要求されている。本事象発生時、非常用ガスタービン発電機および空冷式非常用発電装置3号は待機状態であった。

6. 事象の時系列

7月23日

- 1時54分 3号機中央制御室に空冷式非常用発電装置4号の異常を示す信号が発信
- 2時20分 現地にて、空冷式非常用発電装置4号の始動用バッテリーの電圧が低下していることを運転員が確認
- 2時32分 運転員にて、空冷式非常用発電装置4号の充電モード選択スイッチを「切」から「浮動充電^{※4}」に切替え、始動用バッテリーの充電を開始
- 4時41分 係員にて、空冷式非常用発電装置4号の外観点検を行い、その他に異常がないことを確認

7月23日～7月27日

空冷式非常用発電装置4号始動用バッテリーの充電を継続して実施

7月27日

- 13時25分 空冷式非常用発電装置4号始動用バッテリーを完全に充電するまでに時間を要することを確認^{※5}したことから、空冷式非常用発電装置4号を早期に通常状態に復旧するため、当該バッテリーを予備のバッテリーと取替えることを決定
- 17時45分 空冷式非常用発電装置4号始動用バッテリーの取替を実施
その後始動用バッテリーの充電を実施

7月28日

- 13時30分 空冷式非常用発電装置4号の起動試験開始
- 14時47分 空冷式非常用発電装置4号の起動試験終了
(始動用バッテリーの状況および運転状態異常なし)
空冷式非常用発電装置4号を通常状態に復旧

※4 浮動充電

充電回路にバッテリーと制御装置を並列に接続し、制御装置に給電しながらバッテリーの充電を行う方式。充電回路が停電した場合には、無停電でバッテリー

からの給電に切替わる。通常は始動用バッテリーを浮動充電している。

- ※5 バッテリーの性能を示す指標には電圧と比重があり、充電を継続しながら電圧と比重の確認を行っていた。電圧は速やかに回復したが、バッテリーが想定以上に放電していたため、比重の回復に時間を要する（比重の管理値：1.22以上に対し、7月27日時点で約1.10）ことが判明した。

7. 調査結果

空冷式非常用発電装置4号の始動用バッテリーの電圧低下について、以下の調査を実施した。

(1) 事象発生時の状況調査

a. 空冷式非常用発電装置の状況

3号機中央制御室に空冷式非常用発電装置4号の異常を示す信号が発信したため現地を確認したところ、同装置内のバッテリー充電器盤^{※6}において、始動用バッテリーの電圧の指示値が約1.2V（管理値：21.6V以上）であった。

一方、待機中の空冷式非常用発電装置3号のバッテリー充電器盤にて3号の始動用バッテリー電圧を確認したところ、約2.7Vであった。

※6 バッテリー充電器盤

空冷式非常用発電装置の始動用バッテリーを充電するための制御盤

b. バッテリー充電器盤の状況

空冷式非常用発電装置4号のバッテリー充電器盤について、充電モード選択スイッチが通常「浮動充電」位置であるべきところ、「切」位置であることを確認した。

(2) 充電モード選択スイッチの状況調査

(1)項のとおり、バッテリー充電器盤の充電モード選択スイッチが「切」位置であったことにより、始動用バッテリーの浮動充電が行われない状態で始動用バッテリーから制御装置への給電が継続し、始動用バッテリー電圧が低下したと推定される。

充電モード選択スイッチは自動で切替わるものではないため、充電モード選択スイッチの「切」操作について調査を行った。

a. 設置場所

充電モード選択スイッチは空冷式非常用発電装置内のバッテリー充電器盤に設置されている。当該箇所は通常、扉を閉止のうえ施錠管理しており、関係者以外が操作できないことを確認した。

b. 点検・作業

充電モード選択スイッチの操作を行う点検・作業手順について確認を行ったところ、空冷式非常用発電装置の月例点検において、充電を止めて始動用バッテリーの電圧を確認するために、当該スイッチを「浮動充電」位置から一旦「切」とすることが確認された。

空冷式非常用発電装置4号については、至近では本年7月14日に月例点検を行っていることを確認した。

(3) 空冷式非常用発電装置4号月例点検時の状況調査

至近で充電モード選択スイッチの操作を行ったと考えられる7月14日の空冷式非常用発電装置月例点検について、当日の作業状況について調査を行った。

a. 作業内容

空冷式非常用発電装置月例点検における主な作業内容は以下のとおり。

- ・各部外観点検（変形、損傷、発錆、漏油、漏水の有無等）
- ・バッテリー電圧、液位確認
- ・補機動作確認
- ・空冷式非常用発電装置起動状態確認

b. 体制

月例点検は、作業管理責任者1名、作業責任者1名、作業員2名（作業員A、B）の4名にて作業を実施した。主な役割分担は以下のとおり。

作業管理責任者：当直員への連絡、遮断器等の隔離／復旧操作

作業責任者：発電機やバッテリー電圧等のデータ採取、起動停止操作

作業員A、B：機器外観点検

このうち、発電機やバッテリー電圧等のデータ採取に係るスイッチ操作については、作業責任者が1人で指差し呼称確認によりデータ採取を行っており、2人での確認（ダブルチェック）は行っていない。

（添付資料－3）

c. 当日の作業状況（聞き取り調査）

作業員より当日の作業状況の聞き取りを行った結果は以下のとおり。

- 作業責任者は、空冷式非常用発電装置4号隔離後、発電機等の起動前のデータ採取を行い、作業員A、Bの2名は各部の外観点検等を実施した。
- 作業責任者は、始動用バッテリー電圧のデータ採取のため、バッテリー充電器盤の充電モード選択スイッチを「浮動充電」位置から「切」位置とし、電圧値が安定するまで1～2分間待った後、データを採取した。（データ採取後に、バッテリー充電器盤の充電モード選択スイッチを「浮動充電」位置に戻したか記憶していない。）

- (c) 作業員Aは始動用バッテリー端子の緩みを確認したため、作業責任者へ報告した。始動用バッテリー端子の緩みは、機能上問題がない程度であったが、念のため起動試験前に増し締めを行った。
- (d) 作業責任者は、作業員Aから始動用バッテリー端子緩みの報告を受け、作業管理責任者へ報告した。
- (e) その後、作業管理責任者、作業責任者および作業員A、Bは補機動作確認および空冷式非常用発電装置4号の起動試験を実施した。
- (f) 作業責任者は、空冷式非常用発電装置4号起動試験終了後、発電機等のデータ採取および待機状態への復旧を行った。その後、作業管理責任者は、起動試験の終了を3号機中央制御室へ連絡した。(通常、バッテリー充電器盤の充電モード選択スイッチは、バッテリー電圧確認後すぐに「浮動充電」位置に戻しており、起動試験終了後に「浮動充電」位置になっていることの確認は行っていない。)

以上より、作業責任者は、始動用バッテリーの電圧データ採取時に、始動用バッテリー端子の緩みに関する一連の報告を行った可能性があり、電圧データ採取作業が中断され、充電モード選択スイッチを「浮動充電」位置に戻すのを忘れた可能性がある。

d. 作業要領書

始動用バッテリー電圧のデータ採取は、充電モード選択スイッチを「切」位置としてデータを确认后、直ぐに「浮動充電」位置に戻すことが通常の手順であったが、作業要領書に充電モード選択スイッチを「浮動充電」に復旧する手順を明記しておらず、注意事項欄に「充電モード『切』で確認」とのみ記載していた。

8. 推定原因

空冷式非常用発電装置4号内にあるバッテリー充電器盤の充電モード選択スイッチが「切」であったことから、通常、充電器盤から制御装置へ給電されるべきところ、バッテリー充電器盤ではなく始動用バッテリーから制御装置への給電が継続したことにより、始動用バッテリー電圧が低下したと判明した。

充電モード選択スイッチが「切」となっていた原因については、自動でモードが切替わらないことおよび同選択スイッチ設置個所は施錠管理されており関係者以外操作できないことから、同選択スイッチの操作を行う空冷式非常用発電装置月例点検の始動用バッテリー電圧確認を行った際に、作業責任者が同選択スイッチを戻し忘れたものと推定した。

同選択スイッチの戻し忘れは、始動用バッテリー端子の緩みに関する一連の報告を受けたことにより、始動用バッテリーの電圧データ採取が中断され、そのまま復旧しなかったものと推定される。その要因としては、

- ・作業要領書には、電圧データ採取時の注意事項欄に「充電モード『切』で確認」とのみ記載しており、データ採取後、作業要領書を確認したときに、充電モードスイッチの復旧をする手順が記載されていなかったこと
- ・電圧データ採取は作業責任者1人で行っており、他の作業員が充電モード選択スイッチの復旧に気づけなかったこと

の2つが重なったことによるものと考えられる。

9. 対策

- (1) 当該始動用バッテリーについて、完全に充電が完了するまでに時間を要することから、空冷式非常用発電装置4号を早期に通常状態に復旧するため、予備の始動用バッテリーと取替えた。
- (2) 充電モード選択スイッチ操作による「切」位置への切替えおよび「浮動充電」位置への復旧について作業要領書の手順に追記した。
- (3) 今回の点検と同様に、運転中または待機中設備の点検に使用する作業要領書において、スイッチ操作を伴う手順を確認し、操作後の復旧状態の確認の記載がない作業要領書に対し復旧状態の確認手順の追加を行う。
- (4) 作業時におけるダブルチェックや手順書のステップ確認等のヒューマンエラー防止対策について、改めて関係者に周知を実施した。

以 上

添 付 資 料

添付資料－ 1 空冷式非常用発電装置 4 号 概略系統図

添付資料－ 2 空冷式非常用発電装置 4 号 現場確認状況（警報発信時および復旧時）

添付資料－ 3 空冷式非常用発電装置 4 号 点検時の作業員体制および配置状況

空冷式非常用発電装置 4号 概略系統図

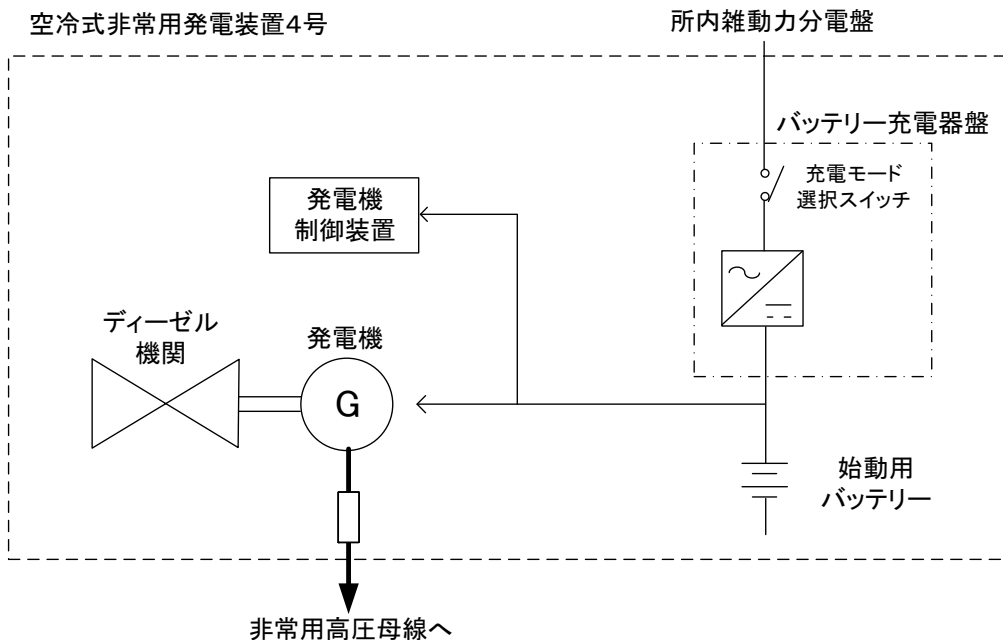


図1 空冷式非常用発電装置 4号 概略系統図

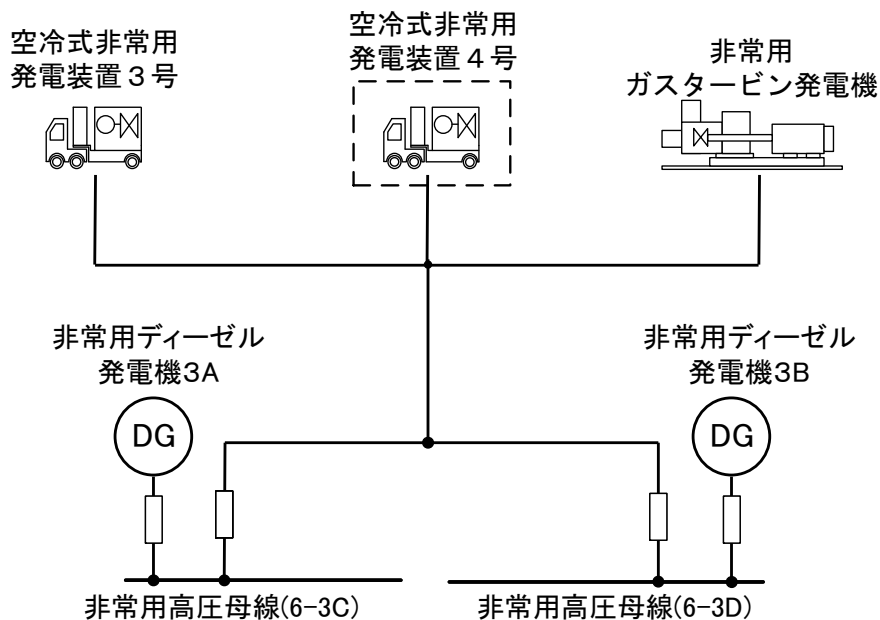
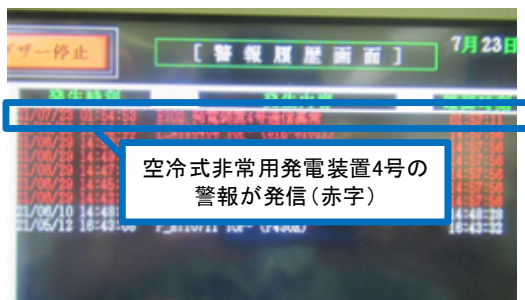


図2 3号機非常用電源 単線結線図

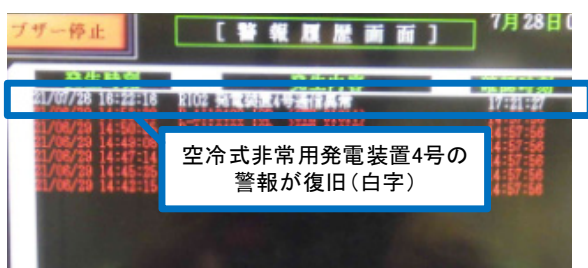
空冷式非常用発電装置 4号 現場確認状況（警報発信時および復旧時）

(1) 警報発信状況(中央制御室)

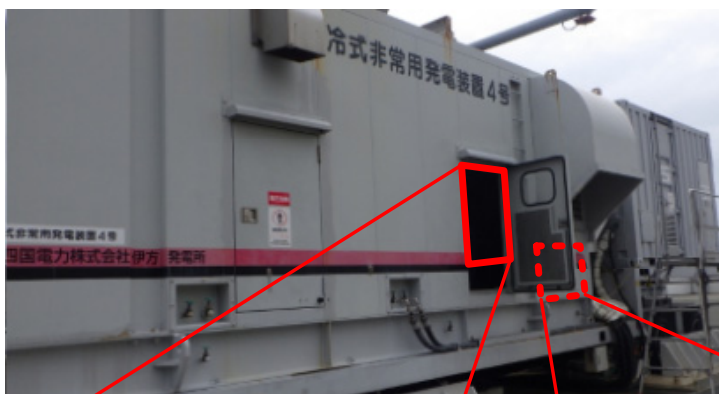
【発生時】



【復旧後】



(2) 空冷式非常用発電装置4号(外観、バッテリー)



バッテリー充電器盤(矢印箇所)



バッテリー: 全4個

(3)空冷式非常用発電装置4号(バッテリー充電器盤)

【電圧計】

発生時	復旧後
 <p data-bbox="587 813 754 840">電圧指示: 約12V</p>	 <p data-bbox="1029 801 1235 855">電圧指示: 約27V (判定値: 21.6V以上)</p>

【バッテリー充電器盤】



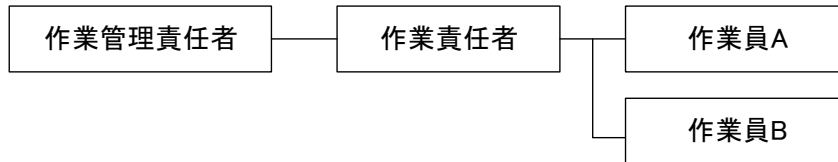
【充電モード選択スイッチ】



通常は「浮動充電(TRICKLE)」位置
警報発信時は「切(OFF)」位置であった

空冷式非常用発電装置 4 号 点検時の作業員体制および配置状況

(1) 作業員体制



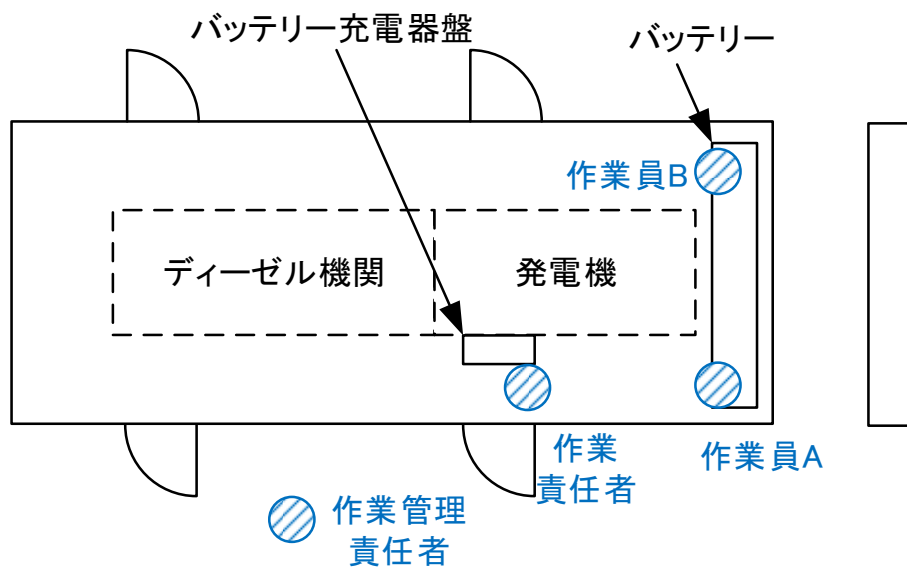
主な役割分担は以下のとおり。

作業管理責任者：当直員への連絡、遮断器等の隔離／復旧操作

作業責任者：発電機やバッテリー電圧等のデータ採取、起動停止操作

作業員 A、B：機器外観点検

(2) 作業員配置状況（電圧データ採取時）



(平面図)