

伊方発電所第 3 号機
空冷式非常用発電装置の充電器の不具合について

令和 4 年 1 2 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充電器の不具合について
2. 事象発生の日時
令和4年6月25日12時10分
3. 事象発生の設備
3号機 空冷式非常用発電装置3号
4. 事象発生時の運転状況
3号機 通常運転中（電気出力922MW）

5. 事象の発生状況

伊方発電所3号機は通常運転中のところ、空冷式非常用発電装置^{※1}3号のバッテリー充電器盤^{※2}に「充電器/バッテリー 故障」ランプが点滅していることを確認したため、6月25日12時10分、保修員が点検した結果、充電器盤内の部品（バッテリーチャージャー^{※3}）を交換する必要があることを確認した。

その後の調査でバッテリー液の比重^{※4}が低下していたため、充電器盤内の部品交換に合わせてバッテリーを予備品と交換し、同日20時27分、通常状態に復帰した。

なお、バッテリーの取り替え作業に伴い、空冷式非常用発電装置3号が起動できない状態となったが、非常用電源は伊方発電所原子炉施設保安規定に定める必要数^{※5}を確保していたことから、本事象によるプラントへの影響はなかった。

また、環境への放射能の影響もなかった。

（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の非常時において、非常用ディーゼル発電機2台が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 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^{※6}を充電するための制御盤。

※3 バッテリーチャージャー

バッテリー充電器盤内に取り付けている始動用バッテリーを充電する装置であり、交流を直流に変換する機能を有する。

※4 バッテリー液の比重

バッテリーの性能を示す指標の一つで、水とバッテリー液の重さの相対的な比。充電不足や電極の劣化などにより低下する。

その他のバッテリーの性能を示す指標として電圧がある。

※5 伊方発電所原子炉施設保安規定に定める必要数

伊方発電所3号機運転中は、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2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は待機状態であった。

※6 始動用バッテリー

空冷式非常用発電装置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。バッテリーであることから、バッテリーチャージャーの故障等により充電が途絶えたとしても始動用バッテリーが即座に機能喪失するものではなく、空冷式非常用発電装置は起動可能である。なお、バッテリーチャージャーが故障した場合、空冷式非常用発電装置を起動するために必要な容量を下回るまでには、2日程度の時間的余裕がある。

6. 事象の時系列

6月25日

- | | |
|--------|---|
| 10時20分 | 運転員がパトロールにて空冷式非常用発電装置3号のバッテリー充電器盤に、「充電器/バッテリー 故障」ランプが点滅していることを確認 |
| 12時10分 | 保修員が現地確認したところ、空冷式非常用発電装置3号の充電器盤内の部品（バッテリーチャージャー）を取り替える必要があると判断 |
| 14時30分 | バッテリーの電圧およびバッテリー液の比重測定を実施した結果、電圧は基準値以内であったが、比重は基準値を下回っていたため、念のためバッテリー本体も取り替えが必要であると判断し、空冷式非常用発電装置3号を待機除外とした |
| 16時05分 | バッテリーおよびバッテリーチャージャーの取り替え作業開始 |
| 18時35分 | バッテリーおよびバッテリーチャージャーの取り替え作業終了 |

19時44分	空冷式非常用発電装置3号の確認運転開始
19時54分	空冷式非常用発電装置3号の確認運転終了
20時27分	空冷式非常用発電装置3号を待機状態に復旧

7. 調査結果

空冷式非常用発電装置3号のバッテリーチャージャーの不具合について、以下の調査を実施した。

(1) 現地調査結果

a. 事象発生時の状況調査

バッテリー充電器盤を確認したところ、通常消灯している「充電器/バッテリー故障」のランプが点滅していた。また、通常点灯している「入力電源入」のランプが点滅していることを確認した。

(添付資料-2)

b. 事象発生後の現地調査

バッテリー充電器盤内に取り付けているバッテリーチャージャーの出力電流（直流）を確認したところ、通常はバッテリーへの充電電流のため1A程度の出力があるのに対して、0Aとなっていることを確認した。

また、バッテリーチャージャーの出力電圧（直流）は、通常27V程度であるのに対して24.7Vとなっていることを確認した。通常、バッテリーチャージャーの出力電圧（直流）は充電のためバッテリーの電圧よりも高い値に設定されていることから、バッテリーチャージャーのスイッチを「切」とするとバッテリーの電圧まで指示値が低下するが、本調査時にはバッテリーチャージャーのスイッチを「切」としても出力電圧（直流）に変化はなかった。このため、バッテリーチャージャーからの出力がされていないと判断した。

一方で、バッテリーチャージャーの入力電圧（交流）を確認したところ、218V程度（定格電圧：210V）であり、異常がないことを確認した。

バッテリーチャージャーの外観点検を行ったところ、筐体の損傷等の異常については認められなかったが、通常消灯している「MAINS OR BACKUP」および「LOW BATTERY OR BATTERY REPLACEMENT」ならびに通常1秒に1回点滅する「DIAGNOSIS」のランプが、約4分に1回程度、不定期に点灯していることを確認した。

以上より、バッテリーチャージャーへの入力電圧（交流）は正常にも関わらず直流電圧が出力されていなかったこと、バッテリーチャージャーのランプの点灯状況に異常が認められたことから、バッテリーチャージャーに不具合が発生していると判断した。

なお、始動用バッテリーは空冷式非常用発電装置を起動するために必要な容量を下回っておらず、空冷式非常用発電装置は起動可能な状態であった。

(添付資料-2)

c. 外部要因の調査

事象発生時、空冷式非常用発電装置周辺での作業も実施しておらず、外部要因によるバッテリーチャージャーへの影響が考えられる状況は認められなかった。

(2) 保守状況の調査結果

当該バッテリーチャージャーは、令和3年12月に取り替えを実施しており、取り替え後の試験において不具合は確認されていない。

また、定期点検として1か月に1回の頻度で、バッテリーチャージャーの外観点検および充電状態の確認を実施している。至近では令和4年6月15日に定期点検を行っており、異常は認められなかった。

そのほか、パトロールとして、1日に1回の頻度でバッテリー充電器盤の外観確認およびランプの点灯状況の確認を実施している。本事象の前日である令和4年6月24日のパトロールでは、異常は認められなかった。

(3) メーカー調査結果

a. 当該バッテリーチャージャーの現物確認

当該バッテリーチャージャーをメーカーに送付し、調査を実施した。

バッテリーチャージャーを開放して内部を確認したところ、制御回路の基板に取り付けたコンデンサの割れおよび抵抗器の損傷を確認した。また、コンデンサが割れたことにより短絡（ショート）に近い状態となり、抵抗器に過大な電流が流れて抵抗器の変形（溶け）、変色に至ったものとのメーカー見解を得た。

b. メーカー製造工程の確認

a 項において割れ・損傷が確認されたコンデンサおよび抵抗器については、製造工程において制御回路の基板に実装後の状態で全数を外観検査しており、その時点では取り付け不良や目視可能な傷は無かったとのメーカー回答を得た。

また、制御回路の基板はバッテリーチャージャーの筐体内に収められており、機械的衝撃を与えるような打痕や傷は筐体外部に見られなかった。このため、製造工程において外観検査をしているが、はんだ付け時の残留応力や目視で確認できない傷などの要因が複合したことにより、出荷後にコンデンサが割れ、短絡（ショート）に至ったことが考えられるとのメーカー見解を得た。

(添付資料-3)

(4) 類似機器の調査

a. 伊方発電所における類似機器の調査

伊方発電所3号機には空冷式非常用発電装置3号および4号を設置しており、空冷式非常用発電装置4号もバッテリーチャージャーを有している。また、伊方発電所1号機にも空冷式非常用発電装置1号を設置しており、バッテリーチャージャーを有している。さらに、予備品として同型のバッテリーチャージャーを2個保有している。これら類似機器について、筐体に打痕や傷等の衝撃が加わった形跡が無いこと、および充電状態に異常がないことを確認した。

また、バッテリーチャージャーはメーカーにてパッケージ化された製品であり、分解すると機能保証がされなくなるため、筐体に内蔵されている制御回路の基板上の部品の状態確認を、当社にて実施することは困難であった。このため、製造工程において実施している制御回路の基板の外観検査の結果をメーカーに確認し、異常がなかったとのメーカー回答を得た。

b. メーカーにおける類似機器の調査

バッテリーチャージャーは、電子部品を制御回路の基板に組み込んだ状態で全数の外観検査を実施しており、異常が無かった製品のみが出荷されていることを確認した。また、同型のバッテリーチャージャーは直近の5年間で約2万台出荷されており、本事象と同様の不具合はこれまでに確認されていないとのメーカー回答を得た。

(5) 過去の類似事象の調査

伊方発電所における、空冷式非常用発電装置のバッテリーチャージャーの不具合について過去事象を調査したところ、類似事象がないことを確認した。

8. 推定原因

バッテリーチャージャーの制御回路の基板に取り付けたコンデンサが割れたことにより短絡（ショート）に近い状態となり、抵抗器に過大な電流が流れて抵抗器の損傷に至ったものと推定される。

これら電子部品はバッテリーチャージャーへの入力電圧を検出する回路に用いられており、電子部品の故障により入力電圧が正しく検出できなかったことからバッテリーチャージャー自身が故障と判断して充電機能を停止し、「充電器/バッテリー 故障」ランプが点滅した。

当該コンデンサの割れについては、バッテリーチャージャーの筐体には打痕や傷が見られないこと、事象発生時における周辺での作業等もなかったことから、外部からの影響は考え難い状況であった。製造工程において実施している制御回路の基板の外観検査での不良は確認されていないが、はんだ付け時の残留応力や目視で確認できない傷など、製造工程上の要因が複合したことにより発生したものと推定される。

9. 対策

- (1) 当該バッテリーチャージャーを予備品と取り替えた。
- (2) バッテリーチャージャーの故障時に適切かつ迅速に対応するため、今後も継続して2台の予備品（空冷式非常用発電装置3号および4号共通）を保有する。
- (3) 始動用バッテリーが空冷式非常用発電装置を起動するために必要な容量を下回るまでには2日程度の時間的余裕があることから、1日1回実施しているパト

ロールでは、バッテリー充電器盤の外観およびランプの点灯状況の確認を確実に実施し、空冷式非常用発電装置の機能喪失に至る前にバッテリーチャージャーの不具合を発見する。

- (4) バッテリーチャージャーのメーカー内の不具合データベースに本事象を登録させ、同様の事象を発生させないように、製造工程において実施している制御回路の基板の外観検査時において、はんだ付けおよびコンデンサの状態確認を強化するようメーカーに要請した。

以 上

添 付 資 料

添付資料－1 概略系統図

添付資料－2 空冷式非常用発電装置3号 現場確認状況

添付資料－3 バッテリーチャージャー メーカー調査

概略系統図

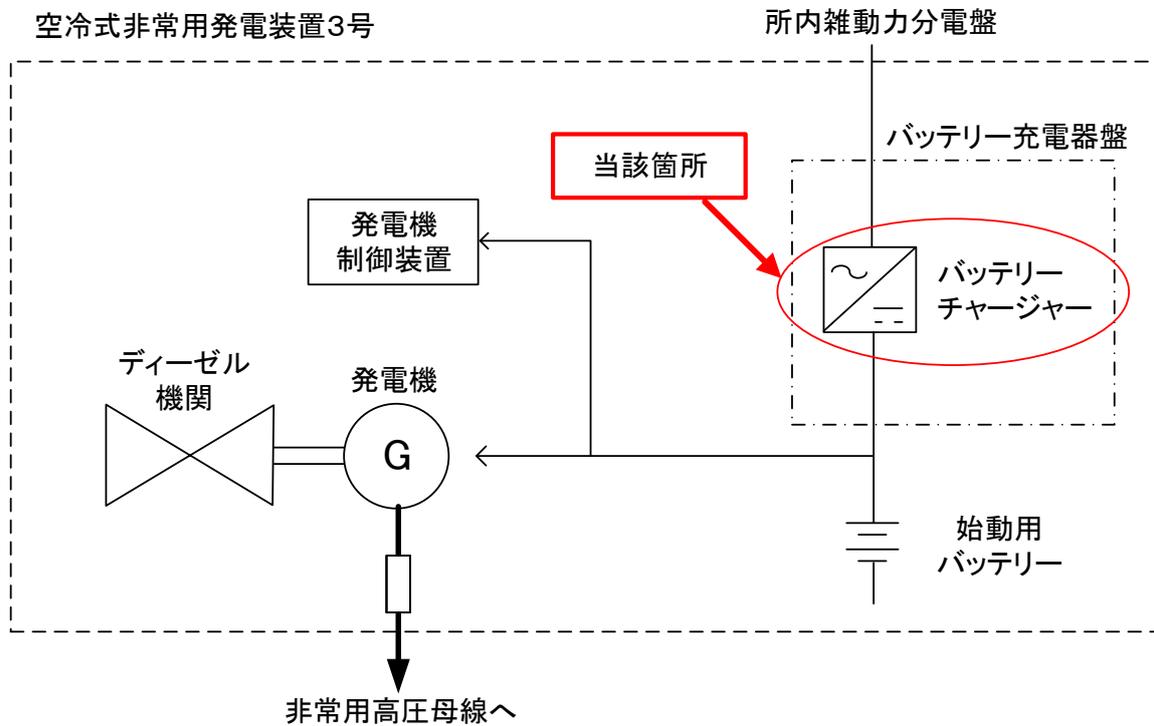


図 1 空冷式非常用発電装置 3 号 概略系統図

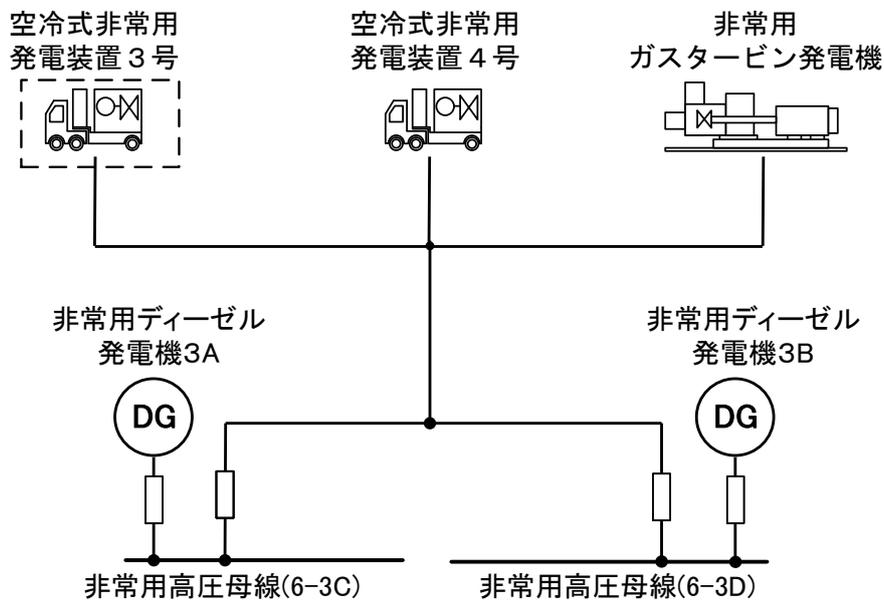
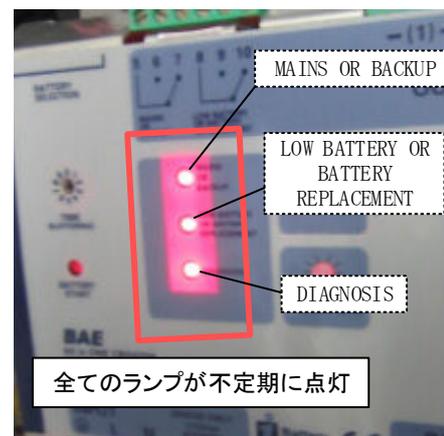
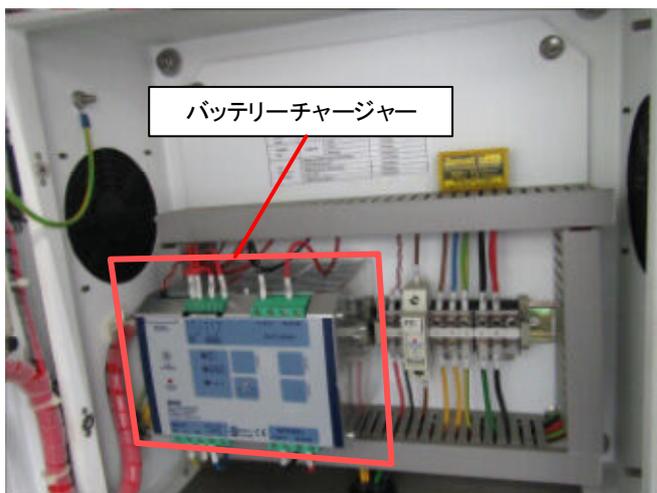


図 2 伊方発電所 3 号機 非常用電源系統 概略系統図

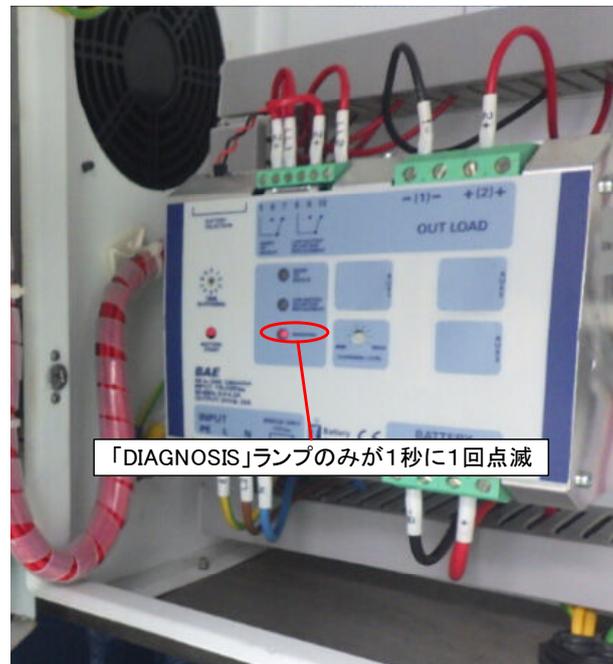
空冷式非常用発電装置3号 現場確認状況

(1) バッテリーチャージャー取り替え前



空冷式非常用発電装置3号 現場確認状況

(2) バッテリーチャージャー取り替え後



バッテリーチャージャー メーカー調査

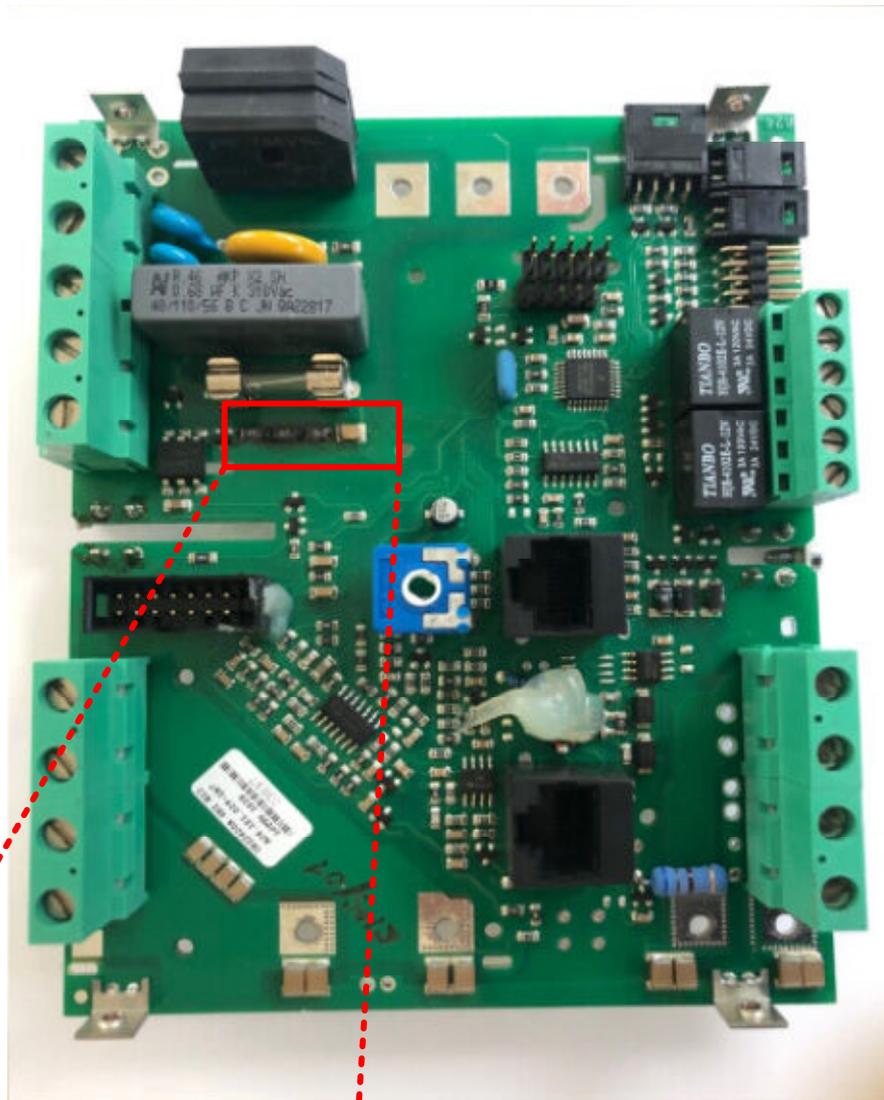


図1 制御回路の基板

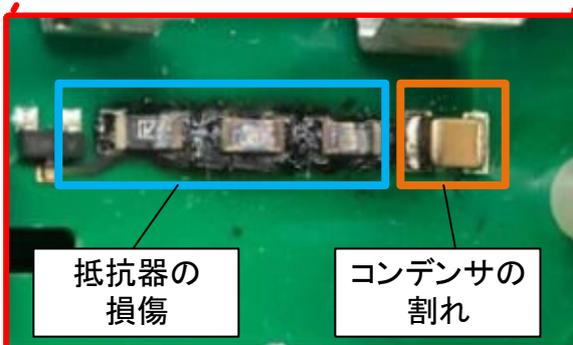


図2 電子部品 拡大写真

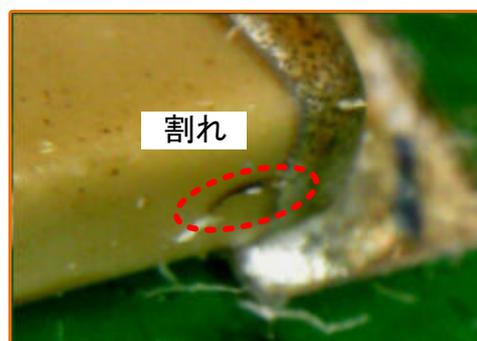


図3 コンデンサ 拡大写真