

伊方発電所における所内電源の一時的喪失について

令和 2 年 3 月
四国電力株式会社

1. 件名

伊方発電所における所内電源の一時的喪失について

2. 事象発生の日時

令和2年1月25日 15時44分（187kV母線保護継電装置動作）

3. 事象発生の設備

187kVガス絶縁開閉装置

(添付資料-1、2)

4. 事象発生時の運転状況

1号機 廃止措置中

2号機 平成30年5月23日 運転終了（第23回定期検査中）

3号機 第15回定期検査中

5. 事象発生の状況

1月25日15時44分、伊方発電所1、2号機の屋内開閉所（管理区域外）において、187kV母線連絡遮断器を動作させる保護継電装置（以下、「187kVブスタイ保護リレー」という。）の取替え終了後の確認作業で起動変圧器2号を系統切替えるため甲母線断路器を操作しようとしたところ、何ら操作していない状態で、187kV母線保護継電装置（以下、「187kV母線保護リレー」という。）が動作し、乙母線に接続されている187kV送電線4回線すべての遮断器が開放して受電が停止した。

このため、1、2号機は直ちに66kVの予備系統から受電した。また、3号機は直ちに起動した非常用ディーゼル発電機から受電し、その後、500kV送電線からの受電に切替えた。これにより、1～3号機ともに外部からの受電は復旧した。

その後の状況調査の結果、187kV送電線4回線のうち、1回線から受電する電路の一部に設備故障があることを確認した。このため、当該電路の切り離しを実施し、1月27日17時13分、当該電路を含む1回線を除く3回線から受電して、187kV送電線からの所内電源を確保した。これにより、本事象に伴い受電できなくなった4回線のうち3回線が回復した。

なお、本事象による環境への放射能の影響はなかった。

(添付資料-3)

6. 事象の時系列

1月 6日

6時54分 3号機について、保安規定第88条第3項に定める保全計画等に基づき定期的に行う点検、保守として、保安規定第72条の3外部電源を運転上の制限外へ移行

1月23日～1月25日(予定)

187kVブスタイ保護リレー試験

1月25日

15時39分 187kV送電線切替え作業開始

15時44分 187kV母線保護リレーが動作し187kV送電線4回線からの受電停止

1、2号機は予備変圧器より受電

2号機非常用ディーゼル発電機2A、2B起動(無負荷運転)

3号機非常用ディーゼル発電機3B起動(3Aは点検中)、非常用高压母線3Dに給電

15時51分 3号機非常用高压母線3Cを外部電源(500kV送電線)より受電

16時04分 2号機非常用ディーゼル発電機2A、2B停止

16時11分 3号機非常用高压母線3Dを非常用ディーゼル発電機3Bから外部電源(500kV送電線)に切替え

16時25分 3号機非常用ディーゼル発電機3B停止

22時40分 伊方南幹線1号線を187kV乙母線に接続する断路器を含むユニットで異常が発生したことを確認

1月27日

14時00分 187kV甲母線試充電作業開始

16時09分 187kV甲母線試充電作業終了

16時22分 3号機予備変圧器が受電の状態に復帰(187kV送電線からも受電できる待機状態へ)

保安規定第72条の3外部電源を運転上の制限外から復帰

16時56分 1、2号機予備変圧器から起動変圧器への受電に切替え開始(66kV送電線から187kV送電線に受電を切替え)

17時13分 187kV送電線3回線が受電後、1、2号機予備変圧器から起動変圧器への受電に切替え終了

7. 発電用原子炉施設への影響

本事象に伴う発電用原子炉施設への影響について、電源確保状況、燃料の冷却状況およびその他設備の状況について、異常がないことを確認した。

(添付資料－4)

8. 環境への影響

放射線モニタの記録より、本事象に伴う外部への放射能の影響はなかったことを確認した。

9. 作業状況

本事象に至るまでの関係箇所の作業状況として、中央給電指令所、伊方発電所の運転担当部署および保守担当部署の関連作業について、電源系統の状況、作業内容および手順について問題ないことを確認した。

(1) 電源系統の状況

当該試験に伴う電源系統構成については、方向試験のための制約があるなかで、各号機に必要な非常用ディーゼル発電機および空冷式非常用発電装置ならびに外部電源（500kV送電線、66kV送電線および亀浦配電線）を確保しており、外部電源（187kV送電線）系統の事故に対して電源の多様性を確保していた。

(添付資料－5)

(2) 作業内容および手順

当該試験に伴う電源系統切替え作業については、「四国電力株式会社 系統運用指針」等の社内規定に従い、関係箇所で協議の上、作業計画を策定し、一指令ごとに一操作を行い、その都度確認を行う操作指令により、適切に実施していた。

(添付資料－6)

10. 状況調査結果

本事象では、187kV母線保護リレーが動作し、187kV送電線4回線からの受電が停止したことから、状況調査を実施した。

(1) 自動オシロ装置の測定結果

事象発生時の自動オシロ装置によって測定された187kV送電線の電圧および電流の波形を確認したところ、V相－W相間の二相短絡から二相地絡を経て三相地絡に至ったものと推定した。

(添付資料－7)

(2) ガス分析等の調査結果

187kVガス絶縁開閉装置内のガス分析を行ったところ、伊方南幹線1号線乙母線断路器ユニットにおいて、短絡および地絡の際に発生するガスの存在を確認した。それ以外の箇所について異常はなかった。

187kVガス絶縁開閉装置内のガス圧力を確認したところ、異常はなかった。

なお、伊方南幹線1号線乙母線断路器は、今回の定期検査における点検対象ではない。

(添付資料－8)

(3) 健全性確認結果

187kV甲、乙母線について、主回路の対地間および相間の絶縁抵抗を測定したところ、異常はなかった。

187kV送電線3回線（伊方北幹線1、2号線、伊方南幹線2号線）から187kV甲母線を順次試充電し、部分放電診断およびセンサによる内部異物の確認診断を実施したところ、異常はなかった。

(添付資料－9)

(4) 内部調査結果

a. 現地確認結果

ガス分析の結果、地絡の発生を推定した伊方南幹線1号線乙母線断路器ユニットのガス絶縁開閉装置を現地にて開放し、内部調査した結果、タンク内に分解ガスによるフッ素化合物（白粉）が堆積しており、断路器のV相－W相間絶縁操作軸に黒色の炭化痕跡を確認したことから、当該箇所で相間短絡が発生したと推定した。また、V相可動接触子がW相およびU相と不整合の位置であることを確認した。

b. 工場確認結果

現地確認結果を踏まえてメーカー工場にて、当該断路器を分解し内部調査を実施した結果、以下の状況を確認した。

- ・V相－W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部に損耗を確認した。
- ・当該部位以外には、放電に伴うフッ素化合物の堆積や放電痕以外の異常はなかった。

(添付資料－10)

(5) 製造、点検履歴等調査結果

187kVガス絶縁開閉装置は、六フッ化硫黄（SF₆）の優れた絶縁性能により、極間、相間および対地間距離が大幅に縮小されるとともに、機器の合理的な配置により従来形ガス絶縁開閉装置に比べ、さらに縮小を図った装置であり、導電部、絶縁部、接触部等がすべてガス中に密閉され、外部雰囲気の影響を遮断しているために長期間劣化せず、耐環境性に優れていることから信頼性の高い装置となってい

る。

断路器ユニットの点検については、メーカー推奨に基づき定期的に開閉試験、絶縁抵抗測定、機構部の注油等を実施している。また、断路器ユニット内部については、長期的な劣化が無いことから開放点検、部分放電診断等についてはこれまで実施していない。

上記の設計および保守管理を実施している一方で、本事象が発生したことを踏まえて当該断路器に係る製造履歴、点検履歴および運転履歴について、記録等を確認した。

製造履歴については、製造時の試験記録より、電気規格調査会標準規格（以下、「JEC」という。）に基づく試験の判定基準を満足していること、点検履歴については、保全計画に従って、計画通り保守点検を実施していること、運転履歴については、メーカー動作確認回数である10,000回を十分に下回る使用状況であることを確認した。

（添付資料－11）

（6）類似事例調査結果

国内類似事例として、原子力施設情報公開ライブラリー（ニューシア）登録情報から、「ガス絶縁開閉装置」、「断路器」および「外部電源喪失（信号発信含む）に伴うディーゼル発電機起動」に係る件名から、「トラブル情報」および「保全品質情報」を抽出した結果、本事象と同様に断路器の相間短絡に起因する類似事例はないことを確認した。

また、原子力施設以外の施設については、伊方発電所の187kVガス絶縁開閉装置のメーカーに確認した結果、同一構造の断路器における類似事例はないことを確認した。

（添付資料－12）

1.1. 詳細調査結果

「10. 状況調査結果」から本事象に至った相間短絡を発生させる要因について、要因分析図を作成し、これに基づき詳細調査を実施した。

（添付資料－13）

（1）絶縁操作軸相間短絡に係る詳細調査

V相－W相間絶縁操作軸相間短絡を発生させた要因となる「電界異常」、「絶縁性能異常」の2つの因子について、要因分析を実施した。

その結果、「電界異常」の要因となる「電界設計不良」、「製造不良」、「変形・損傷」、「異常電圧の侵入」については、製造時の試験、運転記録等により、異常は認められなかった。また、「絶縁性能異常」の要因となる「絶縁設計不良」、「絶縁材料不良」、「SF₆ガス異常」についても、製造時の試験記録、分析結果等により、異常は認められなかった。

一方、「電界異常」、「絶縁性能異常」の共通因子である「異物の付着」については、以下の状況から、V相－W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部損

耗により発生した異物の付着が要因となって相間短絡が発生した可能性があることを確認した。

- ・ V相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部に損耗および嵌合部の山頂部付近に、機械的な衝撃で発生する擦過痕を確認した。
- ・ 断路器ユニット内部より採取した異物を確認した結果、放電に伴い発生する溶融金属以外の箔状の金属（最大で約4 mm）を採取した。成分分析した結果、絶縁操作軸の上部埋金（アルミ合金）と可動接触子（銅）の金属成分を検出した。
- ・ 相間短絡が発生したV相-W相間絶縁操作軸の表面汚損分析をした結果、絶縁操作軸の上部埋金（アルミ合金）と可動接触子（銅）の金属成分を検出した。

（2）絶縁操作軸の埋金と可動接触子の嵌合部損耗に係る詳細調査

「（1）絶縁操作軸相間短絡に係る詳細調査」において、異物発生の可能性を確認したV相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部損耗の要因となる「機械的な摩耗」、「熱による溶損」の2つの因子について、更なる要因分析を実施した。

その結果、「機械的な摩耗」の要因となる「設計強度不足」、「製造不良による強度不足」、「組立不良による強度不足」、「操作装置（電動機）からの過大応力」については、製造時の試験記録、材料分析結果等により、異常は認められなかった。また、「熱による溶損」の要因となる「嵌合部周辺からの熱影響」については、外観確認および製造履歴調査結果から、嵌合部周辺に異常な発熱はなかったことを確認した。

一方、「ギャップ放電の発熱」が要因となって、V相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部損耗(溶損)が発生した可能性があることを確認した。調査の詳細を以下に示す。

a. 機械的な摩耗

（a）設計強度の確認

i. 工場試験報告書確認

当該断路器は、JECに基づく、1,000回の連続開閉試験を実施し、合格していることを確認した。

また、メーカーとして自主的に、10,000回の開閉試験を実施し、合格していることを確認した。

ii. 設計強度評価

当該断路器の可動接触子および絶縁操作軸の埋金の嵌合部について、最大公差での隙間および実嵌合長さにおける、通常動作時および拘束時の荷重に対して、十分な設計強度を有していることを確認した。

（b）製造状態の確認

i. 製造履歴確認

製造履歴調査結果から、製造状態に異常は認められなかった。

ii. 材料分析

絶縁操作軸の上部埋金および可動接触子の材料分析を行い、設計通りの材料が使われていることを確認した。

iii. 硬度測定

硬度測定の結果、規格値以上であることを確認した。

iv. 寸法測定

寸法測定の結果から、異常は認められなかった。

(c) 組立状態の確認

i. 製造履歴確認

製造履歴調査結果から、組立状態の異常は認められなかった。

ii. 外観確認

外観を確認した結果、組立状態の異常は認められなかった。

(d) 操作装置（電動機）からの応力確認

i. 製造履歴確認

製造時の試験記録より、開閉特性に異常は見られないことを確認した。

ii. 開閉操作状況確認

当該断路器について、事象発生までの開閉操作履歴より、操作装置のモータ過電流警報発生などの異常履歴がないことを確認した。

iii. 操作装置特性確認

事象発生後の詳細調査において、開閉時間および操作電流が管理値内であること、製造時から有意な差がないことを確認した。

b. 熱による溶損

(a) 嵌合部周辺からの熱影響の確認

i. 外観確認

寸法測定の結果から、嵌合部は、機械的に損傷しない谷間（全24箇所）を含め、均一に損耗しており、山径、谷径ともに健全部より小さくなっていることを確認した。一方、嵌合部に熱影響を与えられ近隣部位には、異常はなかった。

ii. 表面観察

V相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部について、電子顕微鏡（SEM）による表面観察を行ったところ、熱による金属溶融の様相を確認した。

iii. 製造履歴確認

製造履歴調査結果から、主回路抵抗値は管理値内であったことから、嵌合部付近で通電による異常な発熱はないことを確認した。

(b) ギャップ放電による発熱の確認

以下の状況から、ギャップ放電の発熱が要因となって、V相-W相間絶縁操作軸とV相可動接触子の嵌合部損耗（溶損）が発生した可能性があることを確

認した。

- ・当該嵌合部は、機械的に損傷しない谷間（全24箇所）を含め均一に損耗しており、山径、谷径ともに健全部より小さくなっていることを確認した。
- ・電子顕微鏡（SEM）にて損耗部の金属表面を確認した結果、熱影響により表面が溶融していることを確認した。
- ・当該嵌合部の構造上のクリアランスにより絶縁操作軸の上部埋金と可動接触子の非接触状態が発生することを確認した。
- ・当該嵌合部で絶縁操作軸の上部埋金と可動接触子の非接触状態が継続することで放電が発生することを実証試験にて確認した。

調査の詳細は以下に示す。

i. 嵌合部の非接触状態継続確認

設計上、嵌合部をセレクション構造としていることから、動作開始直後と動作停止直前は絶縁操作軸の上部埋金と可動接触子の嵌合部が瞬間的に非接触となる場合があるが、瞬間的な非接触では放電は発生しない。動作停止後に非接触状態が継続した場合、嵌合部の隙間で放電現象が発生する可能性があることから、当該断路器と同型式の断路器を用いて、絶縁操作軸の上部埋金と可動接触子の非接触状態の継続有無について確認した。

(i) 操作装置による非接触状態継続有無の確認（通常）

運転時同様の操作装置を用いて絶縁操作軸および可動接触子を動作させ、非接触状態の継続有無を確認する試験を1,000回実施した。試験の結果、以下に示す挙動となることを確認した。動作中は瞬間的な非接触状態が発生するが、1ms程度の瞬間的な非接触状態であることから、放電が発生することはない。

- ・絶縁操作軸の下側の嵌合部は、構造上、可動接触子が絶縁操作軸の荷重を支えていることから常に接触状態となる。このため、動作中の瞬間的な非接触状態については、各絶縁操作軸の上側の嵌合部で発生し、下側の嵌合部においては発生しない。また、同様に絶縁操作軸の荷重を可動接触子が支える（絶縁操作軸が水平方向に配置される）構造となる断路器については、非接触状態は発生しない。
- ・動作開始直後は、絶縁操作軸のみが動き出し、停止時に接していた面と逆の面に当たるまでの瞬間は、面での接触がなくなることから、各絶縁操作軸の上側の嵌合部において瞬間的な非接触状態が発生する可能性がある。
- ・開放動作時は、停止直前に絶縁操作軸の速度が徐々に低下するのに対して、可動接触子は慣性によって速度低下が遅れるため、各絶縁操作軸の上側の嵌合部の面が離れ、瞬間的な非接触が発生する。一方、投入動作

時は、停止直前に可動接触子が固定接触子と嵌合するため、可動接触子は固定接触子から反力を受け、絶縁操作軸はねじりひずみによる回転力が加わることから、絶縁操作軸の埋金と可動接触子が接触した状態で停止する

- ・前述した非接触状態はすべて瞬間的なものであり、停止後は継続しない。
- ・W相可動接触子はV相-W相間絶縁操作軸の荷重を受け、U相可動接触子はW相-U相間絶縁操作軸の荷重を受けるのに対して、V相可動接触子は、上部から絶縁操作軸の荷重がかからないことから摩擦力が小さい。このためV相-W相間絶縁操作軸の上部埋金については、他部に比べて非接触状態となる可能性がある。

(ii) 操作装置による非接触状態継続有無の確認（摩擦力調整）

「(i) 操作装置による非接触状態継続有無の確認（通常）」のとおり、摩擦力の違いによって非接触状態となる頻度が異なることから、可動接触子と導体間の摩擦力を小さくして非接触状態の有無を確認する試験を1,500回実施した。摩擦力の調整は、可動接触子と導体間に塗布するグリスの量を調整することによって行った。試験の結果、以下の挙動を確認した。

- ・V相-W相間絶縁操作軸の上側の嵌合部は、動作停止直前に非接触状態となる回数が増えることを確認し、動作停止後にも瞬間的に非接触状態となる状況を確認した。
- ・その他の嵌合部の挙動については、変化がなかった。

動作停止後の継続的な非接触状態はなかったが、停止後に瞬間的であっても非接触状態が発生することがあった。これは、V相可動接触子の摩擦力が減ったことにより、停止直前に可動接触子がチャタリングし、停止後まで継続することによるものと推定した。

(iii) 手動による非接触状態継続有無の確認

「(ii) 操作装置による非接触状態有無の確認（摩擦力調整）」の結果、摩擦力を小さくすることによって可動接触子が停止後もチャタリングする可能性があることを確認したが、操作装置の停止後も非接触状態が継続することは確認できなかった。

このため、開放位置から手動で絶縁操作軸または可動接触子を微調整したところ、非接触状態が継続することを確認した。

以上のことから、可動接触子の摩擦力が小さく、停止時にチャタリングするよう場合は、停止後も非接触状態が継続する可能性があることを確認した。

ii. 嵌合部の放電有無の確認

絶縁操作軸の埋金と可動接触子の嵌合部を「i. (iii) 手動による非接触状態継続有無の確認」と同様の方法で非接触状態とした後に、主回路に187 kVを30分間連続的に印加した結果、放電（部分放電）が連続的に発生することを確認した。また、試験後、解体して絶縁操作軸の埋金と可動接触子の嵌合部を確認した結果、一部に白色化（フッ素化合物の付着）した様相を確認した。

本試験の結果から、嵌合部の部分放電の有無は、部分放電診断によって検知できるレベルであることを確認した。また、部分放電によって嵌合部が損耗している場合は、フッ素化合物が落下することから、開放点検時にフッ素化合物の有無を確認することが有用であることが分かった。

iii. 放電による溶融時間計算

絶縁操作軸の埋金と可動接触子の嵌合部に放電が継続した場合に、今回の事象と同等の損耗にかかる時間を解析した結果、200日程度であることを確認した。また、当該断路器の運転履歴を確認したところ至近に1年以上継続して開放状態となっている実績を確認した。

(添付資料－14)

12. 断路器内部確認結果

系統状態を変えずに点検可能な断路器3台について、現地で開放し内部確認を実施した。

以下に示すとおり、内部確認の結果、異常は認められなかった。

(1) 対象断路器

- ・主変圧器1号乙母線断路器
- ・起動変圧器1号乙母線断路器
- ・伊方南幹線1号線線路側断路器

(2) 確認結果

- ・外観確認の結果、V相－W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部に放電痕跡および損耗は認められなかった。また、導体表面やタンク底部等に放電に伴うフッ素化合物やその他異物の存在は認められなかった。
- ・V相－W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子とは接触状態（テスターで導通を確認）であることを確認した。

(添付資料－15)

1.3. 試験用系統構成、手順等の評価

本事象を踏まえて、今回の試験用系統構成、手順等の評価および更なるリスク低減に係る検討を実施した。

(1) 今回の試験用系統構成、手順等の評価

187kVブスタイ保護リレーの方向試験の計画にあたっては、「送電系統（原子力部門、系統運用部門）」、「所内系統（原子力部門の発電所内関係箇所）」についての検討を実施しており、その検討内容について評価した。

その結果、今回の方向試験の計画にあたっては、関係部門において必要な系統構成の立案を行うとともに、原子力安全に係るリスクを最小化するために実施時期の選定、天候条件の考慮などのリスクの特定、分析評価を行い、試験中止条件の設定、万が一のトラブルに対する外部電源、非常用電源の電源確保対策など、リスクを緩和するための必要な措置を講じていた。

(2) 更なるリスク低減に係る検討

今回、1、2、3号機の所内負荷が数秒間同時に停電したことから、他の作業手順の可能性を踏まえ、原子力安全に係るリスクを更に低減するため、3号機所内負荷の切替え時期及び試験用負荷の使用について、更なる検討を実施した。

また、過去の同様な試験についても試験系統内の事故発生時の影響について同様に評価を実施した。

その結果、3号機の所内負荷切替時期は、187kV片母線接続前後のいずれにおいても、機器故障発生確率の観点では有意な差はなく、故障発生時の影響度の観点でも、故障の発生箇所によっては、それぞれ一長一短あり、一概にどちらが有用とは言えない。

さらに、試験用負荷について、仮設備（模擬負荷）の使用を検討した結果、ケーブル敷設・接続作業等に伴う電気事故・作業安全上のリスクを伴うものの、TBM（作業前のミーティング）－KY（危険予知）の充実等によるリスク低減を図ることにより、有効な手段のひとつである。

今回の187kVブスタイ保護リレーの方向試験において、例えば仮設備（模擬負荷）を使用する等により、3号機所内負荷を試験系統構成から切り離すことで、1、2、3号機の所内負荷が同時に停電することはなかった。

1、2、3号機の所内負荷の同時停電を回避する手段の検討など、過去の実績にとらわれることなく、試験の都度、原子力安全に係るリスクについて、より幅広い観点から、特定、分析評価することが重要である。

(3) 今後の対応

1、2、3号機の所内負荷が数秒間同時に停電したことを踏まえ、今回の187kVブスタイ保護リレーの試験再開に際して、3号機の所内負荷を接続しない試験系統構成（模擬負荷を使用）にて実施する。

また、187kVブスタイ保護リレー等の方向試験を実施する場合、最適な試験系統構成、負荷の状況は、各プラント状態に大きく依存することから、過去の方向試験の状況と必ずしも同じとは限らない。

従って、原子力安全に係るリスクについて、試験の都度、過去の実績にとらわれることなく、より幅広い観点から、特定、分析評価することが重要である。

今後実施する保護リレーの方向試験においては、試験計画段階の都度、今回の再分析・評価を踏まえた検討を実施することとする。また、必要に応じ、確率論的リスク評価等、その他のリスク情報を活用するとともに、関係する主任技術者も含めた意思決定を行うこととする。

なお、現在当社では、発電所のマネジメントに対し、今回の事例のようにリスク情報を活用した意思決定を導入するための活動を推進している。

(添付資料－16)

1 4. 推定原因

「1 1. 詳細調査結果」および「1 2. 断路器内部確認結果」から本事象に至った相間短絡を発生させる要因分析を実施した結果、以下のメカニズムにより本事象に至ったものと推定した。

- ・ V相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部において、構造上のクリアランスによる非接触状態が継続した。
- ・ 非接触状態となったV相-W相間絶縁操作軸の上部埋金とV相可動接触子の嵌合部において放電が発生し、嵌合部の隙間が拡大した。
- ・ 嵌合厚さが薄くなったことから、動作時に嵌合部の擦れによって金属くずが発生した。
- ・ 発生した金属くずが落下し、V相-W相間絶縁操作軸または導体表面に付着、高電界部に付着した金属くずを起点にV相-W相間で短絡が発生した。

(添付資料-17)

15. 対策

「14. 推定原因」を踏まえて、伊方南幹線1号線乙母線断路器の相間短絡事象に対する伊方発電所における対策および他の断路器に対する対策を以下のとおり実施する。

- ・当該断路器（1台）の絶縁操作軸、可動接触子等の損傷（溶損）した部品については、新品に取替える。なお、187kVガス絶縁開閉装置のすべての断路器については、ギャップ放電の発熱による溶融が進展していないことを、内部ガス分析、部分放電診断および内部異物診断により確認した。さらに、構造が異なる3号機のガス絶縁開閉装置（500kV、187kV）の断路器についても、部分放電診断および内部異物診断を行い、異常がないことを確認した。
- ・本事象を踏まえ、同一構造および使用状態が同じ断路器（13台）については、計画的に断路器の内部開放点検を行い異常がないことを確認する。
- ・当該断路器（1台）ならびに同一構造および使用状態が同じ断路器（13台）について、今後も引き続き部分放電診断、内部異物診断を定期的実施し状態監視を強化する。断路器については、恒常的な対策について検討していく。

さらに、「13. 試験用系統構成、手順等の評価」を踏まえて、1、2、3号機の電源が数秒間同時に停電したことから、今回の187kVブスタイ保護リレーの試験再開に際しては、3号機の所内負荷を接続しない試験系統構成（模擬負荷を使用）にて実施する。また、今後実施する保護リレーの方向試験においては、リスク低減に係る取り組みを実施する。

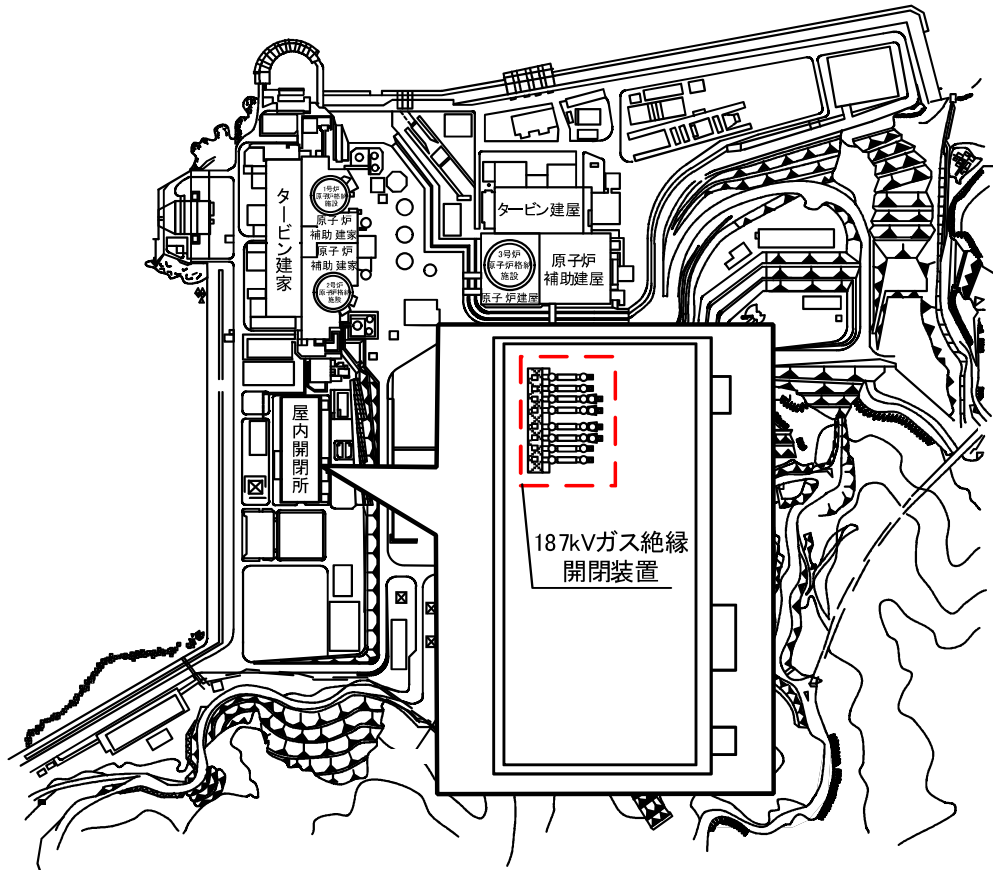
（添付資料－18）

以 上

添 付 資 料

添付資料－ 1	事象発生場所	16
添付資料－ 2	事象発生設備	17
添付資料－ 3	事象概要	20
添付資料－ 4	発電用原子炉施設への影響	22
添付資料－ 5	電源系統の状況	29
添付資料－ 6	作業内容および手順	31
添付資料－ 7	自動オシロ装置の測定結果	32
添付資料－ 8	ガス分析等の調査結果	33
添付資料－ 9	健全性確認結果	35
添付資料－ 1 0	内部調査結果	36
添付資料－ 1 1	製造、点検履歴等調査結果	41
添付資料－ 1 2	類似事例調査結果	43
添付資料－ 1 3	要因分析図	44
添付資料－ 1 4	詳細調査結果	46
添付資料－ 1 5	断路器内部確認結果	70
添付資料－ 1 6	試験用系統構成、手順等の評価	72
添付資料－ 1 7	推定メカニズム	86
添付資料－ 1 8	対策要否検討結果および対策内容	87
参考資料	用語解説	91

事象発生場所



事象発生設備

表1 ガス絶縁開閉装置の仕様

定 格 電 圧	204kV
定 格 電 流	1200A (変圧器ユニット) 2000A (送電線ユニット)
定 格 短 時 間 耐 電 流	31.5kA
定 格 周 波 数	60Hz
定 格 ガ ス 圧 力 (2 0 ℃)	0.6MPa

表2 断路器の仕様

定 格 電 圧	204kV
定 格 電 流	1200A (変圧器ユニット) 2000A (送電線ユニット)
定 格 短 時 間 耐 電 流	31.5kA
定 格 周 波 数	60Hz
定 格 ガ ス 圧 力 (2 0 ℃)	0.6MPa

表3 ガス絶縁開閉装置の設置時期

設 置 時 期	平成16年度
---------	--------

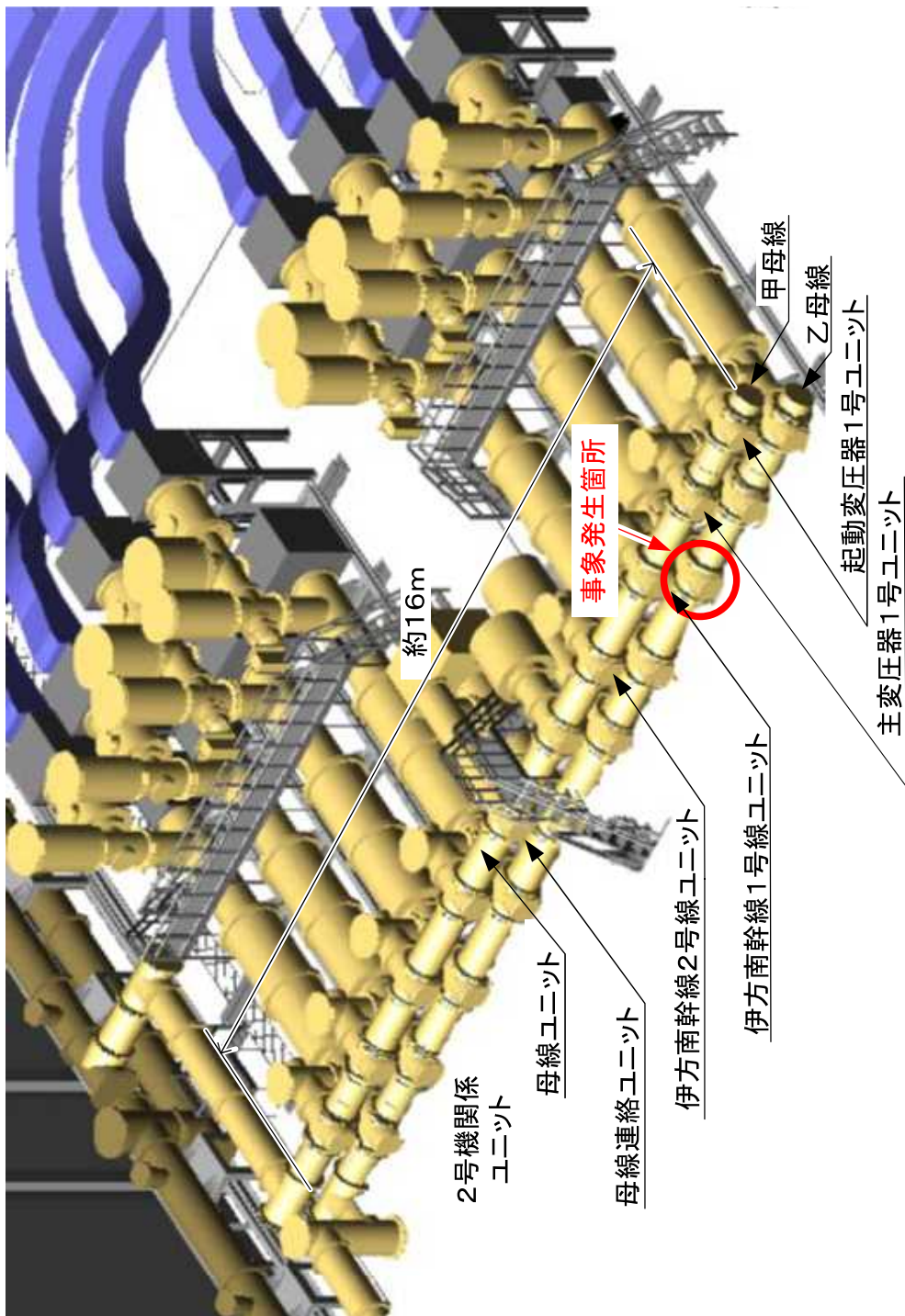


図1 187 kVガス絶縁開閉装置全体概要図

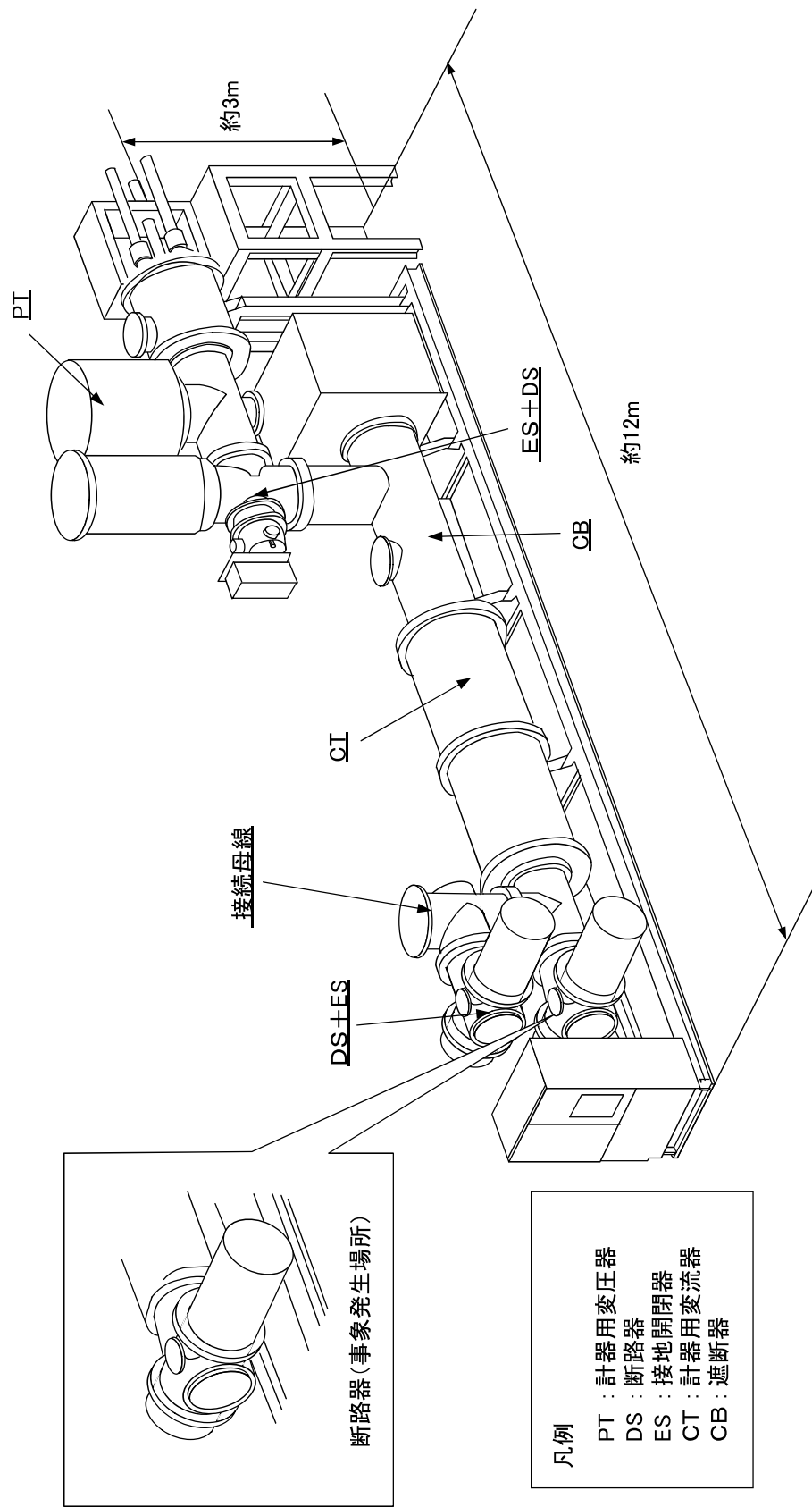


図2 ガス絶縁開閉装置概要図(送電線ユニット)

事象概要

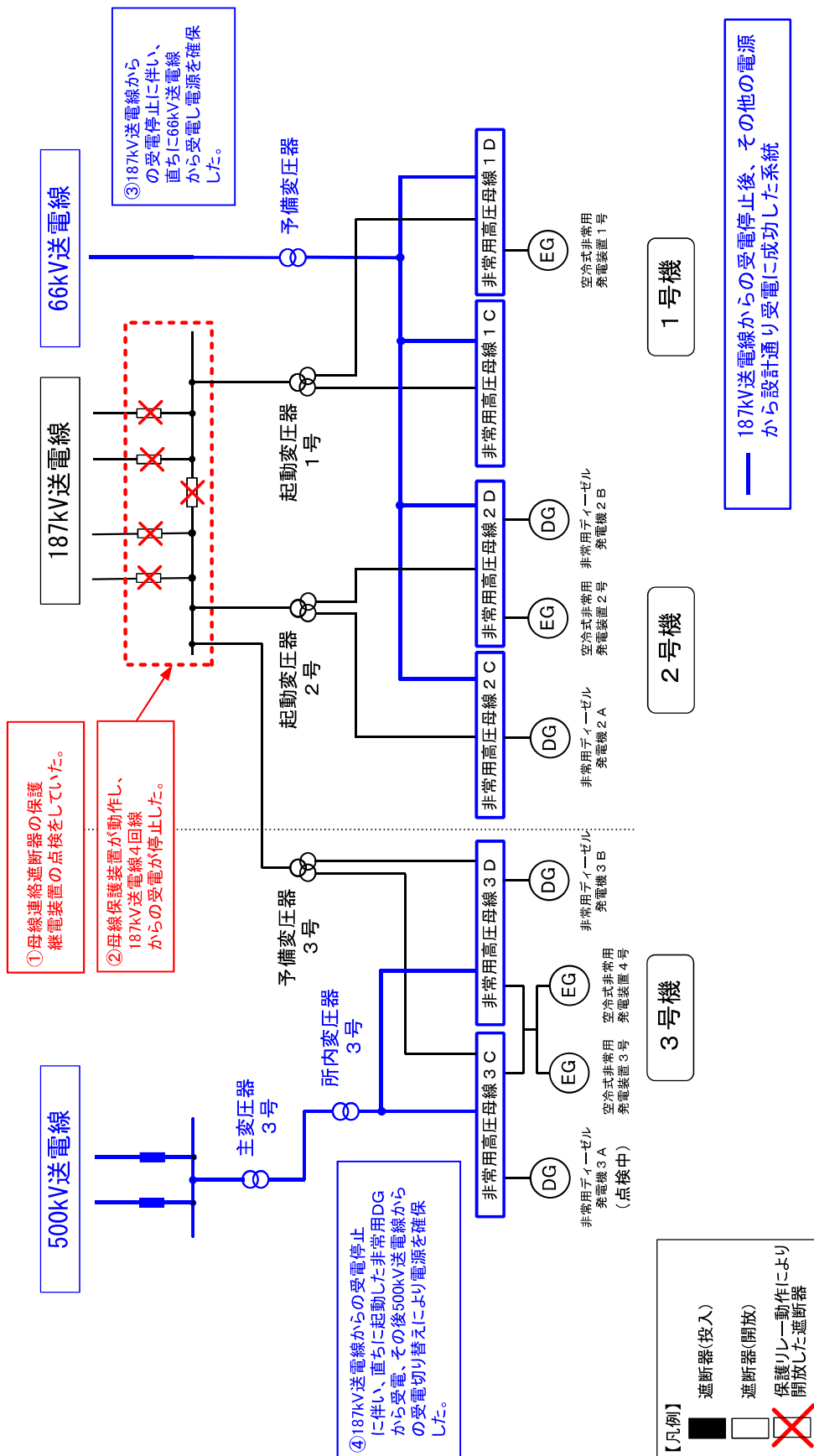


図1 事象概要図 (全体系統図)

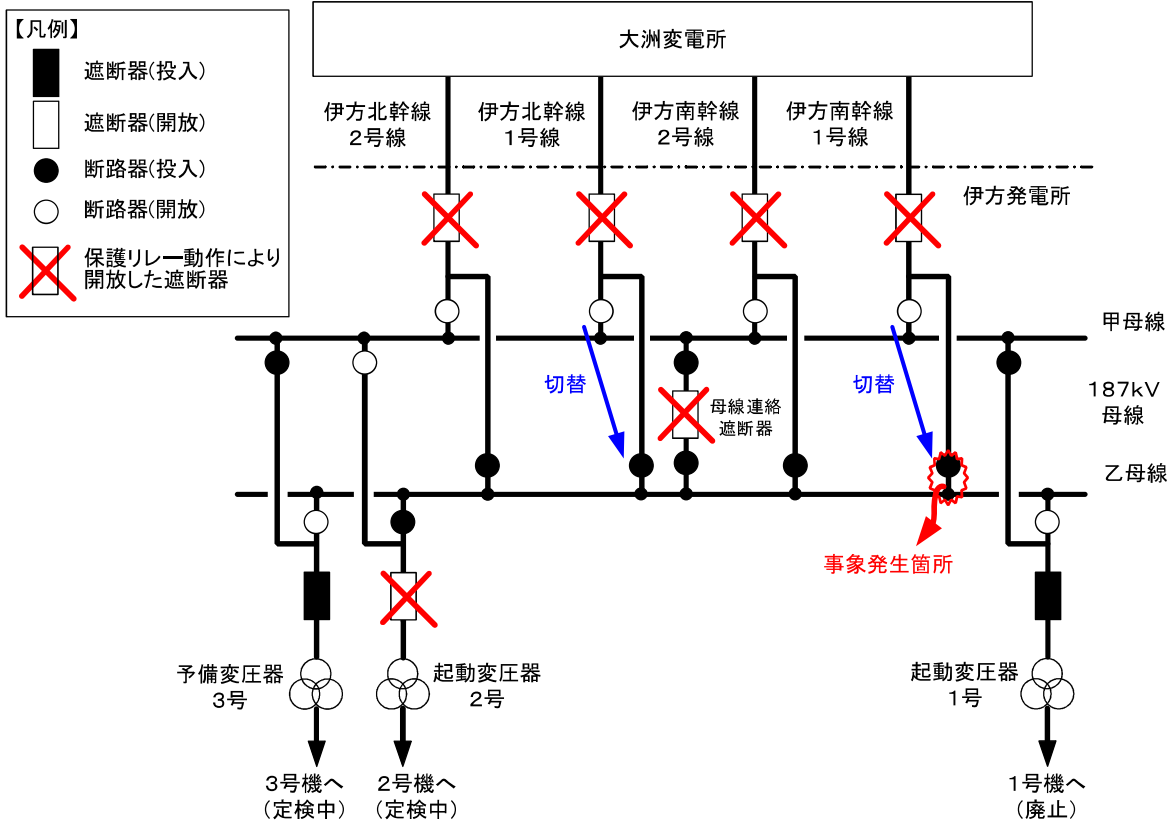


図2 事象概要図 (187kV系統図)

発電用原子炉施設への影響

事象発生時における伊方発電所1、2号機および3号機の電源確保状況、燃料の冷却状況およびその他設備の状況を確認した結果、異常がないことを確認した。

1. 電源確保状況

(1) 1、2号機

外部電源として、表1のとおり187kV送電線4回線、66kV送電線1回および亀浦配電線（亀浦変電所からの配電線）から受電可能であり、非常用電源として、非常用ディーゼル発電機2Aおよび2Bならびに空冷式非常用発電装置1号および2号から受電可能であった。また、号機間連絡ケーブルにより、3号機の外部電源または非常用電源からの融通も可能であった。事象発生前、1号機および2号機の所内電源は187kV送電線より受電していた。

事象発生後、187kV送電線4回線からの受電が停止したため、1号機および2号機の所内電源は設計どおり66kV送電線（予備変圧器）からの受電に切替わった。また、2号機の非常用ディーゼル発電機も設計どおり10秒以内に自動起動した。

表1 1、2号機 事象発生時の所内電気系統の概要

号機	受電		外部電源	非常用電源
	通常時	事象発生時		
1号機	甲母線	乙母線	<ul style="list-style-type: none"> ・ 187kV送電線（4回線） ・ 66kV送電線（1回線） ・ 亀浦配電線 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 空冷式非常用発電装置1号
2号機	乙母線			<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用ディーゼル発電機2A、2B ・ 空冷式非常用発電装置2号

(2) 3号機

外部電源として、表2のとおり500kV送電線2回線、187kV送電線4回線および亀浦配電線から受電可能であり、非常用電源として、非常用ディーゼル発電機3Bおよび空冷式非常用発電装置3、4号から受電可能であった。また、号機間連絡ケーブルにより、1、2号機の外部電源または非

常用電源からの融通も可能であった。事象発生前、3号機の所内電源は、予備変圧器の点検終了後の健全性確認のため、187kV送電線より受電していた。

事象発生後、187kV送電線4回線からの受電が停止したため、設計どおり10秒以内で非常用ディーゼル発電機3Bが自動起動し、非常用高压母線3Dは非常用ディーゼル発電機3Bから受電した。また、非常用高压母線3Cは、非常用ディーゼル発電機3A点検中のため500kV送電線から受電した。その後、非常用高压母線3Dを非常用ディーゼル発電機3Bから500kV送電線からの受電に切替えた。

表2 3号機 事象発生時の所内電気系統の概要

受電		外部電源	非常用電源
通常時	事象発生時		
所内変圧器 ^{※1} または 予備変圧器 ^{※2}	予備変圧器 ^{※2}	<ul style="list-style-type: none"> ・ 500kV送電線 (2回線) ・ 187kV送電線 (4回線) ・ 亀浦配電線 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用ディーゼル 発電機3B^{※3} ・ 空冷式非常用発電 装置3号、4号

※1：500kV送電線より受電

※2：187kV送電線より受電

※3：非常用ディーゼル発電機3Aは点検中