

女川原子力発電所 2 号炉

保安電源設備について

平成 3 0 年 3 月

東北電力株式会社

第33条：保安電源設備

<目 次>

1. 基本方針
- 1.1 要求事項の整理
2. 追加要求事項に対する適合方針
- 2.1 保安電源設備の概要
- 2.1.1 常用電源設備の概要
- 2.1.2 非常用電源設備の概要
- 2.2 保安電源の信頼性
- 2.2.1 発電所構内における電気系統の信頼性
- 2.2.1.1 安全施設に対する電力系統の異常検知とその拡大防止
- 2.2.1.1.1 安全施設の保護装置について
- 2.2.1.1.1.1 送電線保護装置
- 2.2.1.1.1.2 275kV母線保護装置
- 2.2.1.1.1.3 変圧器保護装置
- 2.2.1.1.1.4 その他設備に対する保護装置
- 2.2.1.1.2 1相開放故障への対策について
- 2.2.1.1.2.1 米国バイロン2号炉の事象の概要と問題点
- 2.2.1.1.2.2 非常用高圧母線への電力供給について
- 2.2.1.1.2.3 1相開放故障の検知性について
- 2.2.1.1.3 電気系統の信頼性
- 2.2.1.2 電気系統の信頼性
- 2.2.1.2.1 系統分離を考慮した母線構成
- 2.2.1.2.2 電気系統を構成する個々の機器の信頼性
- 2.2.1.2.3 非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替え操作
- 2.2.2 電線路の独立性
- 2.2.2.1 外部電源受電回路について
- 2.2.2.2 複数の変電所又は開閉所との接続
- 2.2.2.2.1 変電所等と活断層等の位置
- 2.2.2.2.2 変電所又は開閉所の停止想定
- 2.2.2.2.2.1 石巻変電所全停時の供給系統
- 2.2.2.2.2.2 宮城中央変電所全停時の供給系統
- 2.2.3 電線路の物理的分離
- 2.2.3.1 送電鉄塔への架線方法について
- 2.2.3.2 送電線の信頼性向上対策
- 2.2.3.2.1 鉄塔基礎の安定性
- 2.2.3.2.2 送電線の接近・交差・併架箇所共倒れリスク
- 2.2.3.2.3 送電線の風雪対策について
- 2.2.4 複数号炉を設置する場合における電力供給確保
- 2.2.4.1 電線路が2回線喪失した場合の電力の供給
- 2.2.4.1.1 2回線喪失時の電力供給継続
- 2.2.4.1.2 変圧器多重故障時の電力供給
- 2.2.4.1.3 外部電源受電設備の設備容量について

- 2.2.4.2 受送電設備の信頼性
 - 2.2.4.2.1 開閉所設備等の耐震性評価について
 - 2.2.4.2.2 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性
 - 2.2.4.2.3 開閉所基礎の設置地盤の支持性能について
 - 2.2.4.2.4 ケーブル洞道・電線管路の設置地盤の支持性能について
 - 2.2.4.2.5 基礎及びケーブル洞道の不等沈下による影響について
 - 2.2.4.2.6 設置地盤の液状化について
 - 2.2.4.2.7 津波の影響, 塩害対策
- 2.3 外部電源喪失時における発電所構内の電源の確保
 - 2.3.1 非常用電源設備及びその附属設備の信頼性
 - 2.3.1.1 多重性又は多様性及び独立性
 - 2.3.1.1.1 非常用電源設備及びその附属設備の配置
 - 2.3.1.1.2 非常用電源設備及びその附属設備の共通要因に対する頑健性
 - 2.3.1.2 容量について
 - 2.3.1.3 燃料貯蔵設備
 - 2.3.2 隣接する原子炉施設に属する非常用電源設備等への依存
- 3. 別添
 - 別添1 鉄塔基礎の安定性について
 - 別添2 吊り下げ設置型高圧遮断器について
 - 別添3 変圧器1次側の1相開放故障について
 - 別添4 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作について
 - 別添5 非常用電源設備の配置の基本方針
 - 別添6 女川原子力発電所2号炉 運用, 手順説明資料 (保安電源設備)

- 参考1 非常用電源設備の多重性及び独立性について (BWR-5)

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

保安電源設備について，設置許可基準規則第 33 条及び技術基準規則第 45 条において，追加要求事項を明確化する（第 1.1-1 表）。

第 1.1-1 表 設置許可基準規則第 33 条及び技術基準規則第 45 条 要求事項

設置許可基準規則 第 33 条 (保安電源設備)	技術基準規則 第 45 条 (保安電源設備)	備考
<p>発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するため、電力が必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。</p> <p>2 発電用原子炉施設には、非常用電源設備 (安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。) を設けなければならない。</p>	<p>—</p> <p>発電用原子炉施設には、電線路及び当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機からの電力の供給が停止した場合において発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置の機能を維持するため、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備を施設しなければならない。</p> <p>2 設計基準対象施設の安全性を確保する上で特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する装置を施設しなければならない。</p>	<p>変更なし</p> <p>変更なし</p>
<p>—</p>		<p>変更なし</p>

設置許可基準規則 第 33 条 (保安電源設備)	技術基準規則 第 45 条 (保安電源設備)	備考
<p>3 保安電源設備(安全施設へ電力を供給するための設備をいう。)は、電線路、発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないよう、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならぬ。</p>	<p>3 保安電源設備(安全施設へ電力を供給するための設備をいう。)には、第一項の電線路、当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置への電力の供給が停止することがないよう、次に掲げる措置を講じなければならない。</p> <p>一 高エネルギーアーク放電による電気盤の損壊の拡大を防止するために必要な措置</p> <p>二 前号に掲げるもののほか、機器の損壊、故障その他の異常を検知し、及びその拡大を防止するために必要な措置</p>	<p>追加要求事項</p>
<p>4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するものでなければならぬ。</p>	<p>4 設計基準対象施設に接続する第一項の電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであり、かつ、当該設計基準対象施設において受電可能なものであり、かつ、使用電圧が六万ボルトを超える特別高圧のものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するように施設しなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>
<p>5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならぬ。</p>	<p>5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、当該設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるように施設しなければならない。</p>	<p>追加要求事項</p>

設置許可基準規則 第 33 条 (保安電源設備)	技術基準規則 第 45 条 (保安電源設備)	備考
<p>6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならぬ。</p>	<p>6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の敷地内の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないように施設しなければならぬ。</p>	追加要求事項
<p>7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならぬ。</p>	<p>7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために十分な容量を有するものでなければならぬ。</p>	追加要求事項
<p>8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならぬ。</p>	<p>8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないように施設しなければならぬ。</p>	追加要求事項

2. 追加要求事項に対する適合方針

2.1 保安電源設備の概要

2.1.1 常用電源設備の概要

女川原子力発電所に接続する 275kV 送電線 4 回線は、275kV 牡鹿幹線 2 回線、275kV 松島幹線 2 回線の 2 ルートでそれぞれ約 28km 離れた石巻変電所、約 84km 離れた宮城中央変電所に連系する。また、66kV 送電線 1 回線は、66kV 塚浜支線（66kV 鮎川線 1 号を一部含む）1 回線の 1 ルートで約 8km 離れた女川変電所に連系する。送電系統図を第 2.1.1-1 図に示し、開閉所単線結線図を第 2.1.1-2 図に示す。

上記 3 ルート 5 回線の独立性を確保するため、万一、石巻変電所が停止した場合でも、外部電源系からの電力供給が可能となるよう、松島幹線又は塚浜支線（鮎川線 1 号を一部含む）により電力を供給することが可能な設計とする。また、宮城中央変電所が停止した場合には、牡鹿幹線又は塚浜支線（鮎川線 1 号を一部含む）により、女川変電所が停止した場合には、牡鹿幹線及び松島幹線により電力を供給することが可能な設計とする。

これら送電線は、発電所を安全に停止するために必要な電力を供給可能な容量とする。

275kV 送電線 4 回線は、1 回線停止時でも女川原子力発電所の全発生電力を送電し得る能力がある。

通常運転時には、所内電力は、主として発電機から所内変圧器を通して受電するが、275kV 送電線より起動変圧器を介しても受電することができる。また、66kV 送電線より予備変圧器を介して受電することができる。

常用高圧母線は 2 母線で構成し、所内変圧器又は共通用高圧母線から受電する。

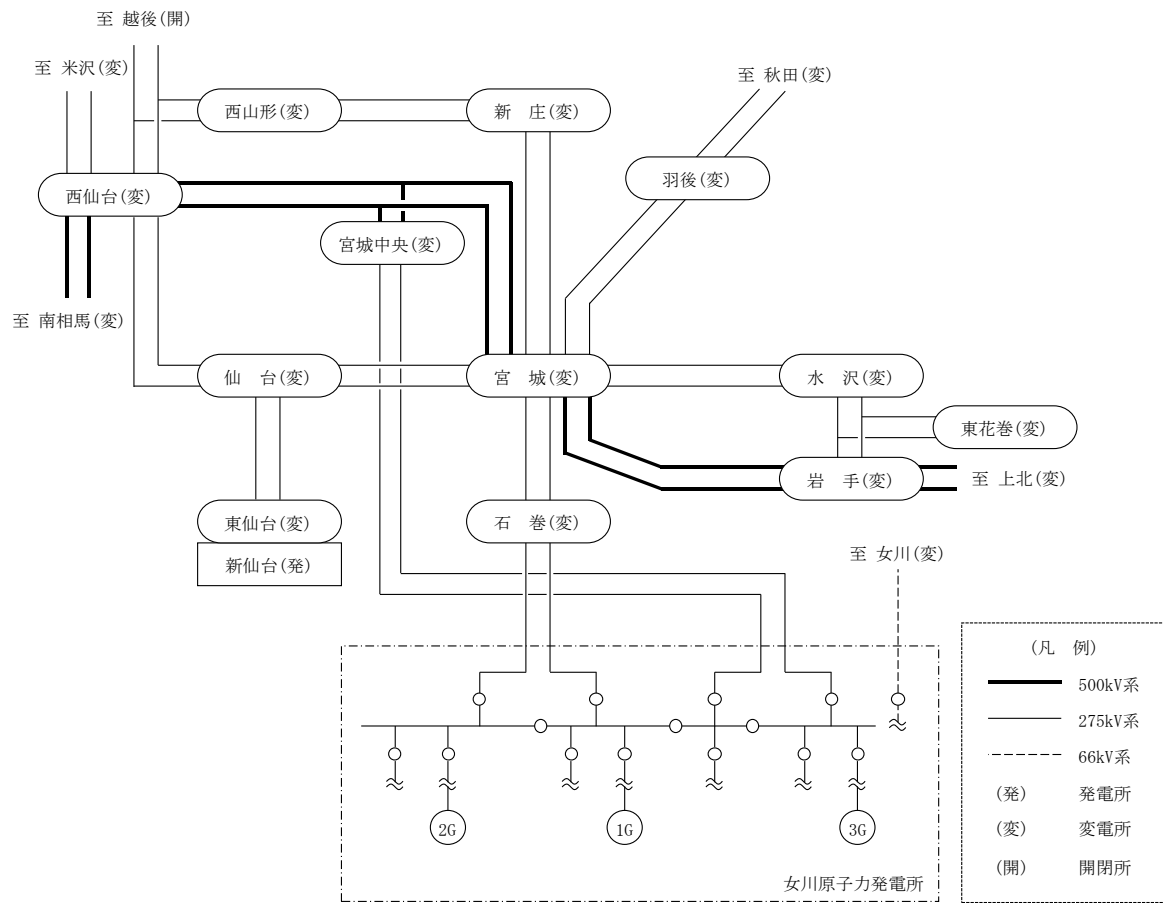
共通用高圧母線は 2 母線で構成し、起動変圧器から受電する。

常用低圧母線は 2 母線で構成し、常用高圧母線から動力変圧器を通して受電する。

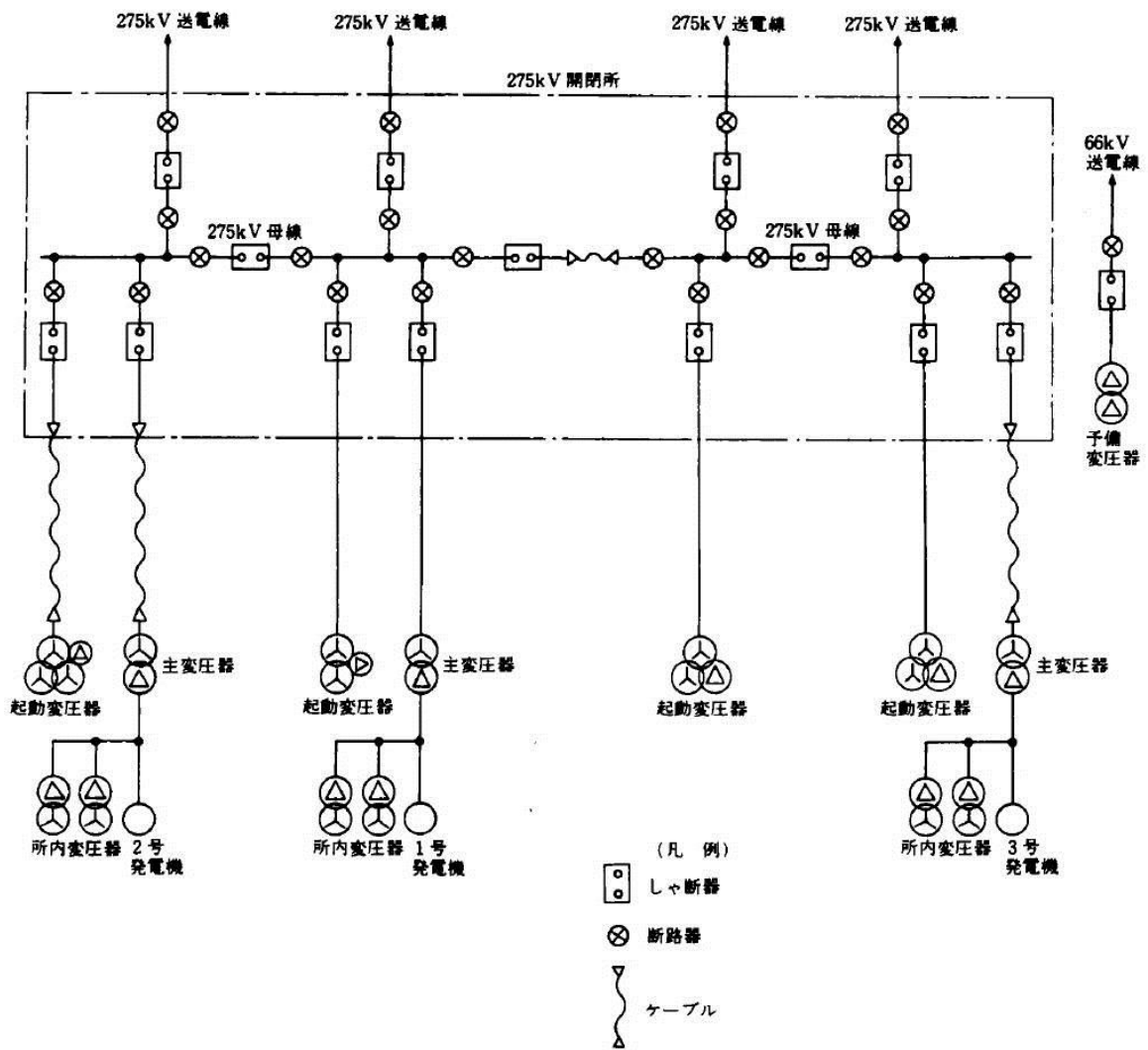
共通用低圧母線は 2 母線で構成し、共通用高圧母線から動力変圧器を通して受電する。

所内機器で 2 台以上設置するものは、単一の所内母線の故障があっても、全機能を喪失しないよう 2 母線以上に各々接続し、所内電力供給の安定を図る。所内単線結線図を第 2.1.1-3 図に示す。

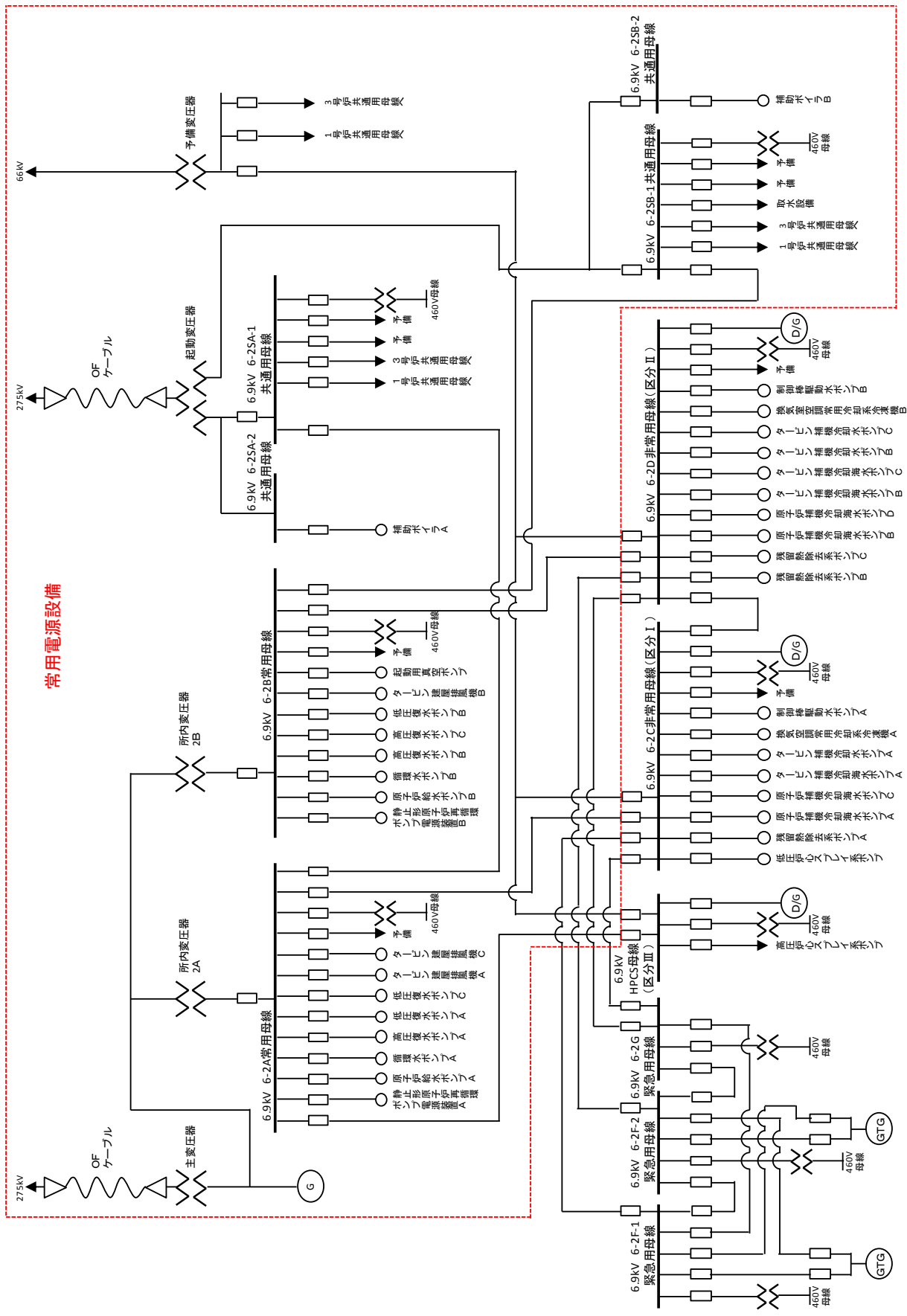
また、直流電源設備は、常用所内電源として、250V 1 系統で構成する。直流電源単線結線図を第 2.1.1-4 図に示す。



第 2.1.1-1 図 送電系統図

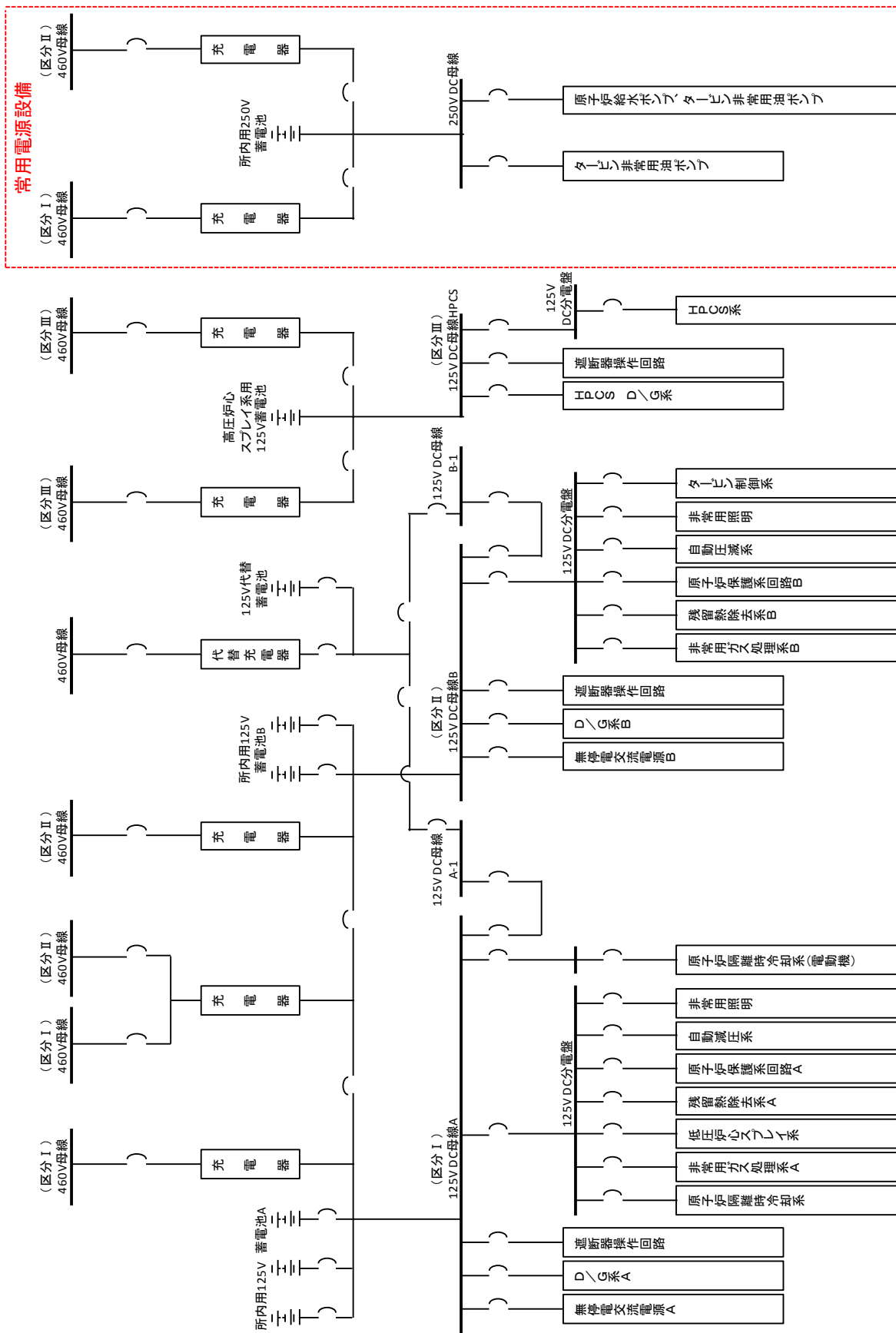


第 2.1.1-2 図 開閉所単線結線図



常用電源設備

第 2.1.1-3 図 所内単線結線図 (常用電源設備)



第 2.1.1-4 図 直流単線結線図 (常用電源設備)

2.1.2 非常用電源設備の概要

発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系する設計とする。

非常用の所内高圧母線は3母線で構成し、常用高圧母線、非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機並びに予備変圧器のいずれからも受電できる設計とする。

非常用の所内低圧母線は3母線で構成し、非常用高圧母線から動力変圧器を通して受電する。所内単線結線図を第2.1.2-1図に示す。

所内機器は、工学的安全施設に係る機器とその他一般機器に分類する。

工学的安全施設に係る機器は非常用母線に、その他の一般機器は原則として常用あるいは共通用母線に接続する設計とする。

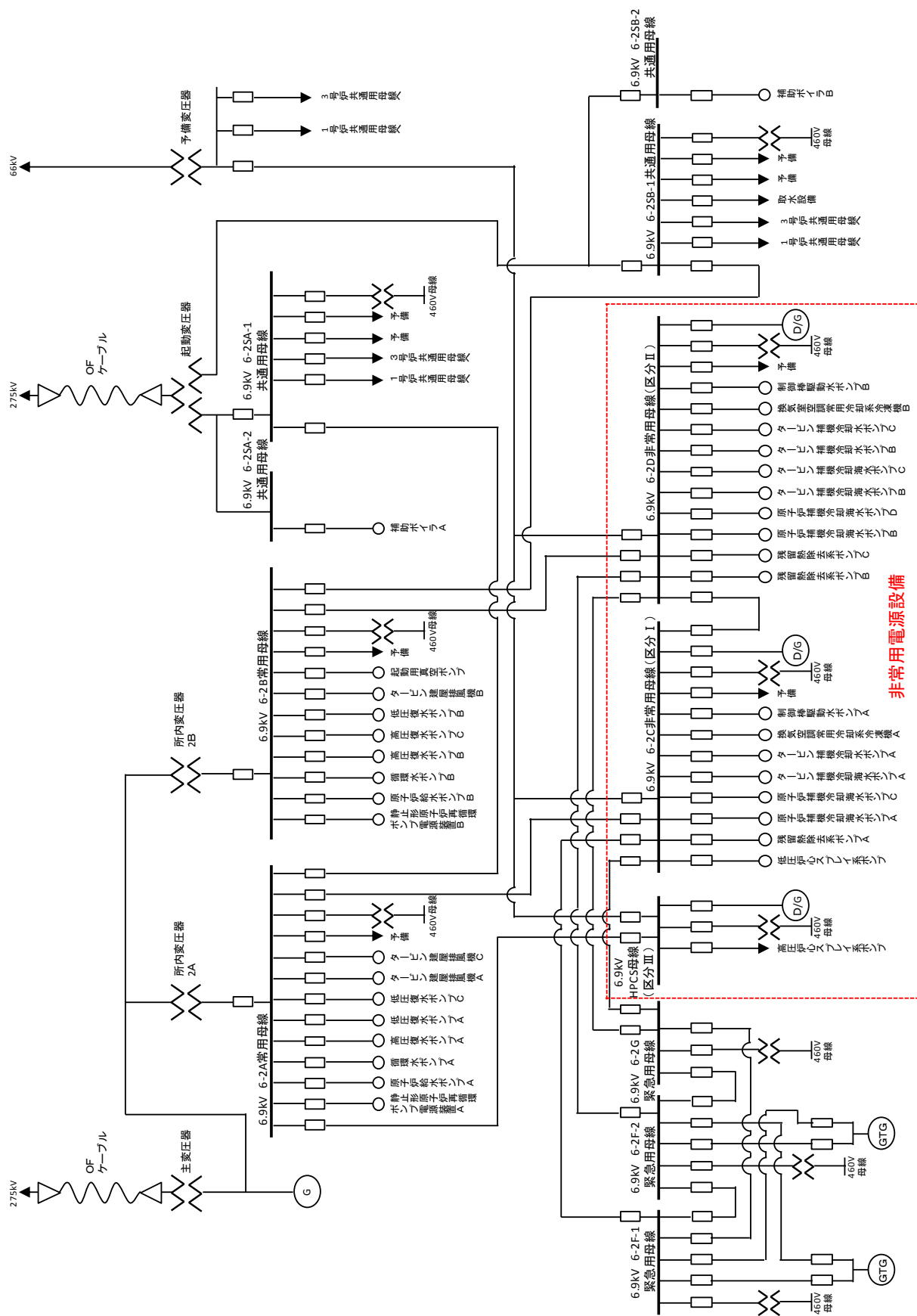
安全保護系及び工学的安全施設に係る機器は、単一の非常用母線の故障があっても、他の系統に波及して多重性を損なうことがないように系統ごとに分離して非常用母線に接続する。

ディーゼル発電機は、非常用2台と高圧炉心スプレイ系用1台で構成し、275kV送電線が停電した場合にそれぞれの非常用母線に電力を供給する。非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち1台が作動しないと仮定した場合でも原子炉内の燃料及び原子炉冷却材圧力バウンダリの設計条件を超えることなく炉心を冷却でき、あるいは、冷却材喪失事故時にも炉心の冷却とともに、原子炉格納容器等安全上重要な系統機器の機能を確保できる容量と機能を有する設計とする。

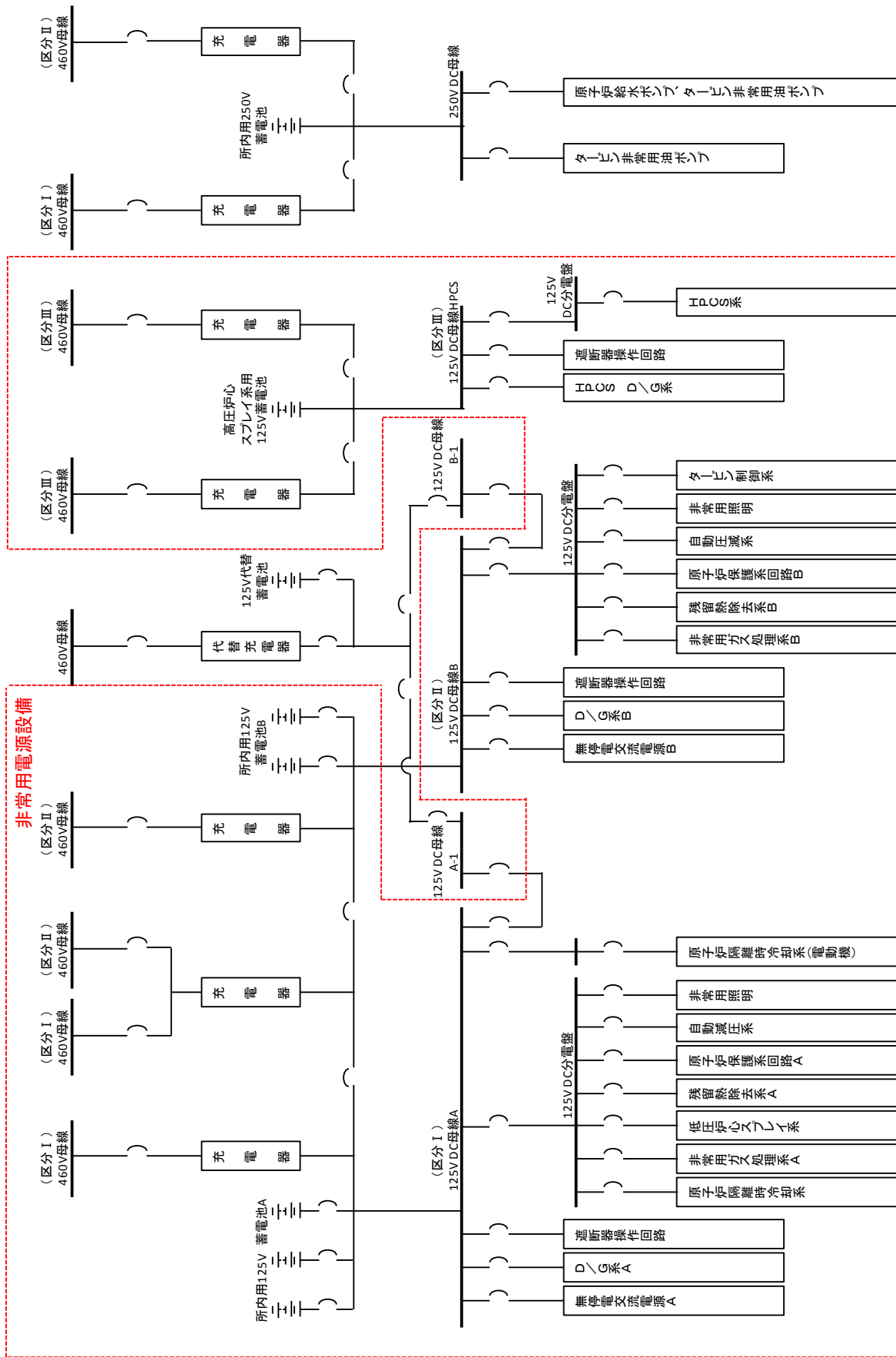
また、発電用原子炉施設の安全施設がその機能を維持するために必要な直流電源を確保するため蓄電池（非常用）を設置し、安定した交流電源を必要とするものに対しては、静止形無停電電源装置を設置する設計とする。直流電源設備は、非常用所内電源設備として3系統から構成する。直流電源単線結線図を第2.1.2-2図に、計測制御用電源単線結線図を第2.1.2-3図に示す。

外部電源系、非常用所内電源設備、その他の関連する電気系統機器の短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等を検知できる設計とし、検知した場合には、遮断器により故障箇所を隔離し、他の安全機能への影響を限定できる設計とする。

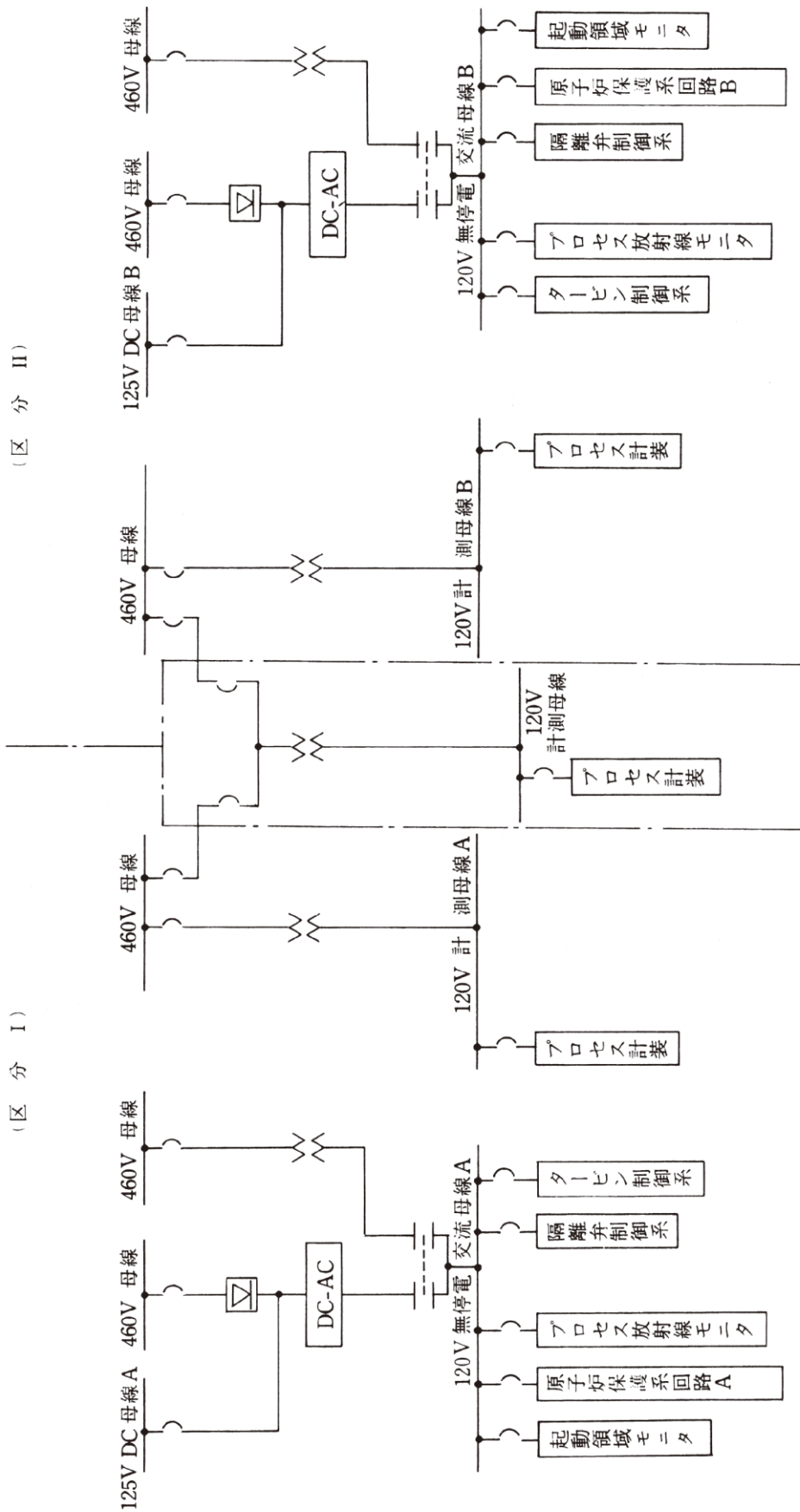
また、非常用所内電源系からの受電時に、容易に母線切替え操作が可能な設計とする。



第 2.1.2-1 図 所内単線結線図 (非常用電源設備)



第 2.1.2-2 図 直流単線結線図 (非常用電源設備)



(区 分 II)

(区 分 I)

第 2.1.2-3 図 計測制御用電源単線結線図

2.2 保安電源の信頼性

2.2.1 発電所構内における電気系統の信頼性

2.2.1.1 安全施設に対する電力系統の異常の検知とその拡大防止

2.2.1.1.1 安全施設の保護装置について

開閉所（母線等）、変圧器、その他の関連する電気系統の機器の故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等に対し、安全施設への電力の供給が停止することのないように、保護継電装置により検知できる設計としており、検知した場合には、異常の拡大防止のため、保護継電装置からの信号により、遮断器等により故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項】

なお、吊り下げ設置型高圧遮断器については、使用していない。（別添2）

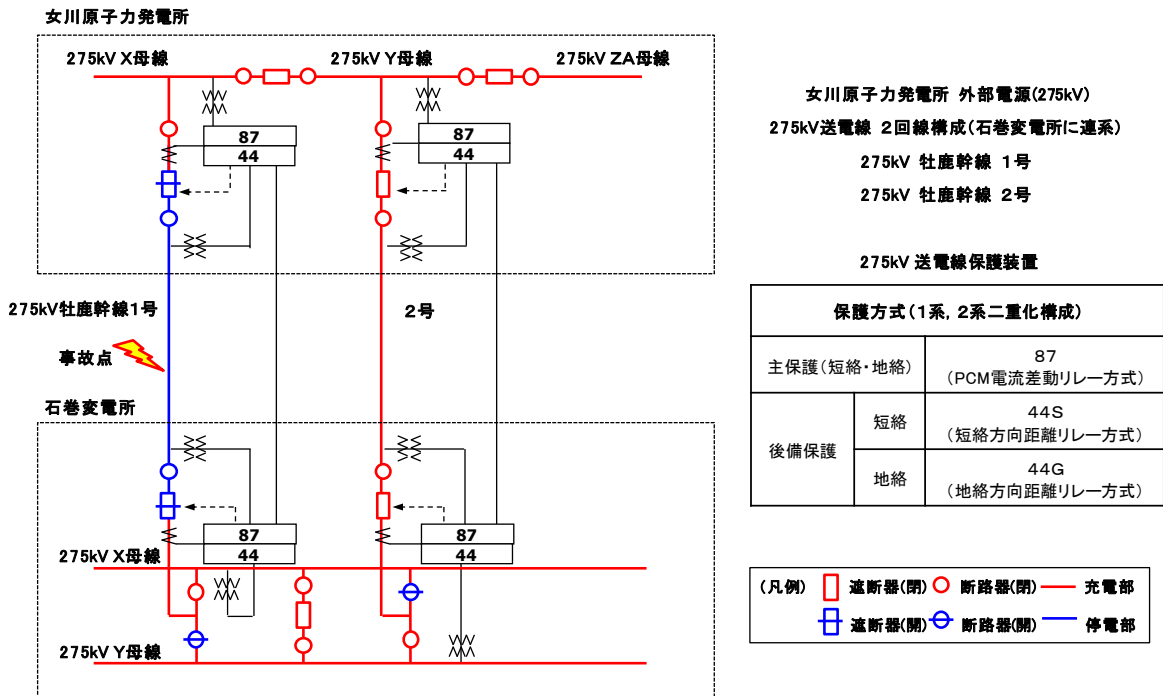
2.2.1.1.1.1 送電線保護装置

(1) 275kV牡鹿幹線

女川原子力発電所と石巻変電所を連系する275kV牡鹿幹線には、第2.2.1-1図の表に示す保護装置を設置している。

送電線の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該送電線が連系される遮断器を開放し、故障区間を速やかに分離し、残りの健全回線の電力供給を維持することが可能な設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

第2.2.1-1図に、275kV牡鹿幹線1号線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



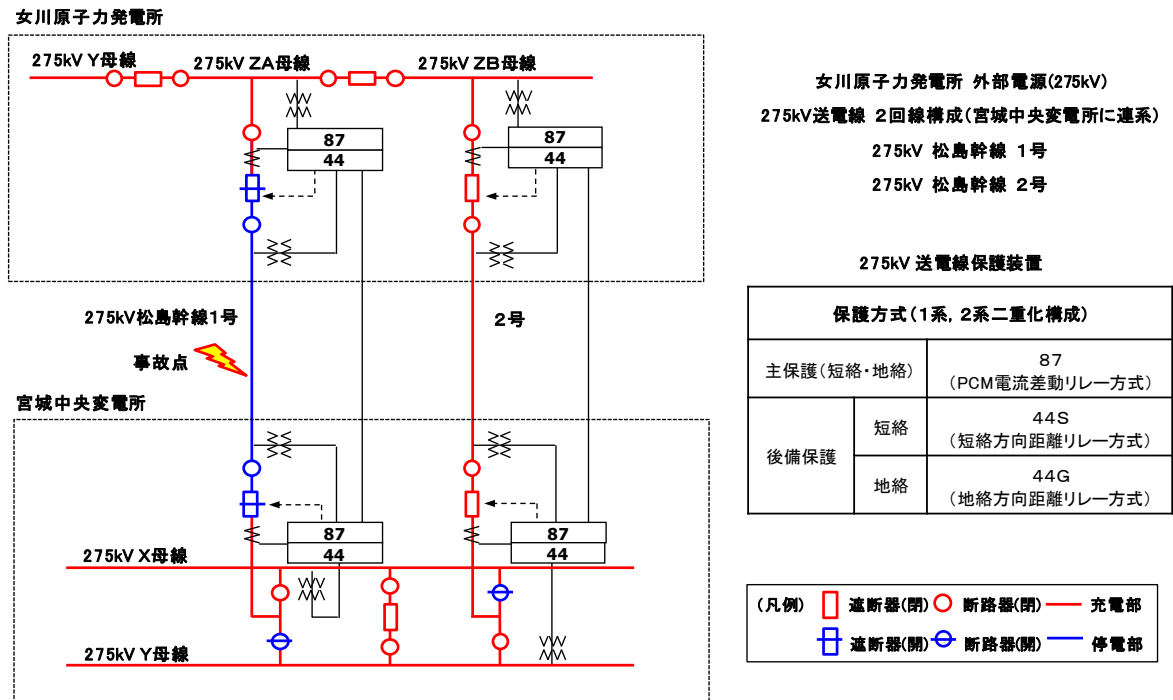
第2.2.1-1図 送電線保護装置 (275kV牡鹿幹線1号線故障時)

(2) 275kV松島幹線

女川原子力発電所と宮城中央変電所を連系する275kV松島幹線には，第2.2.1-2図の表に示す保護装置を設置している。

送電線の短絡若しくは地絡を検出した場合，当該送電線が連系される遮断器を開放し，故障区間を速やかに分離し，残りの健全回線の電力供給を維持することが可能な設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

第2.2.1-2図に，275kV松島幹線1号線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



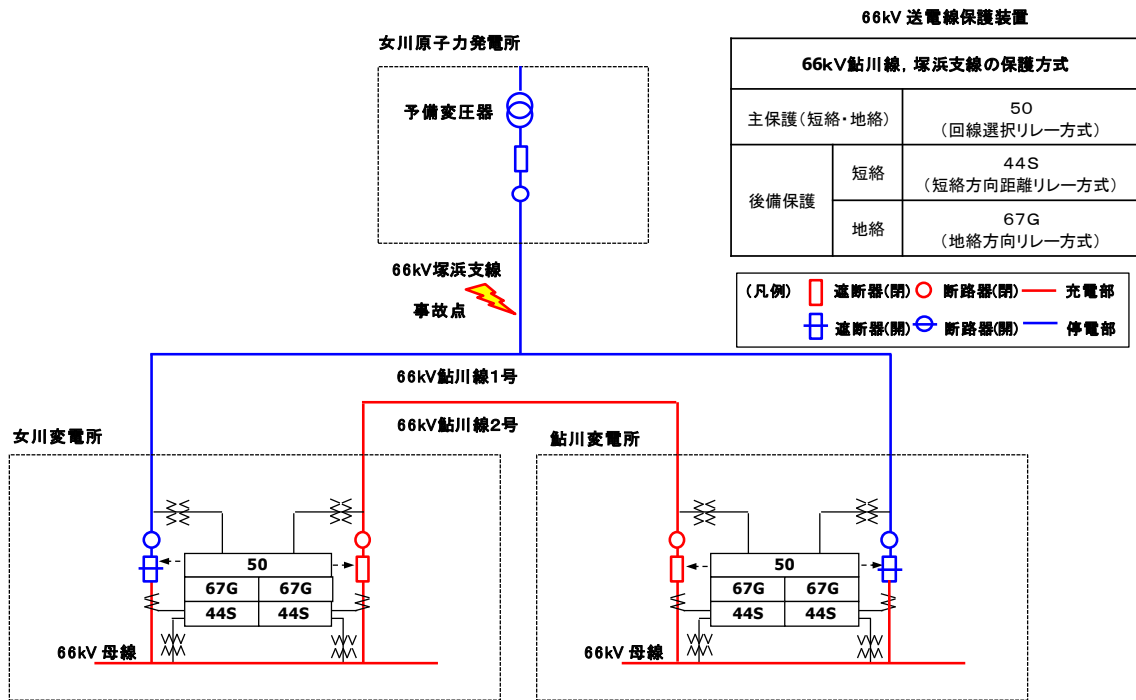
第2.2.1-2図 送電線保護装置 (275kV松島幹線1号線故障時)

(3) 66kV塚浜支線

女川原子力発電所と女川変電所を連系する66kV塚浜支線（66kV鮎川線1号を一部含む）には、第2.2.1-3図の表に示す保護装置を設置している。

送電線の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該送電線が連系される遮断器を開放し、故障区間を速やかに分離し、残りの健全回線の電力供給を維持することが可能な設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

第2.2.1-3図に、66kV塚浜支線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



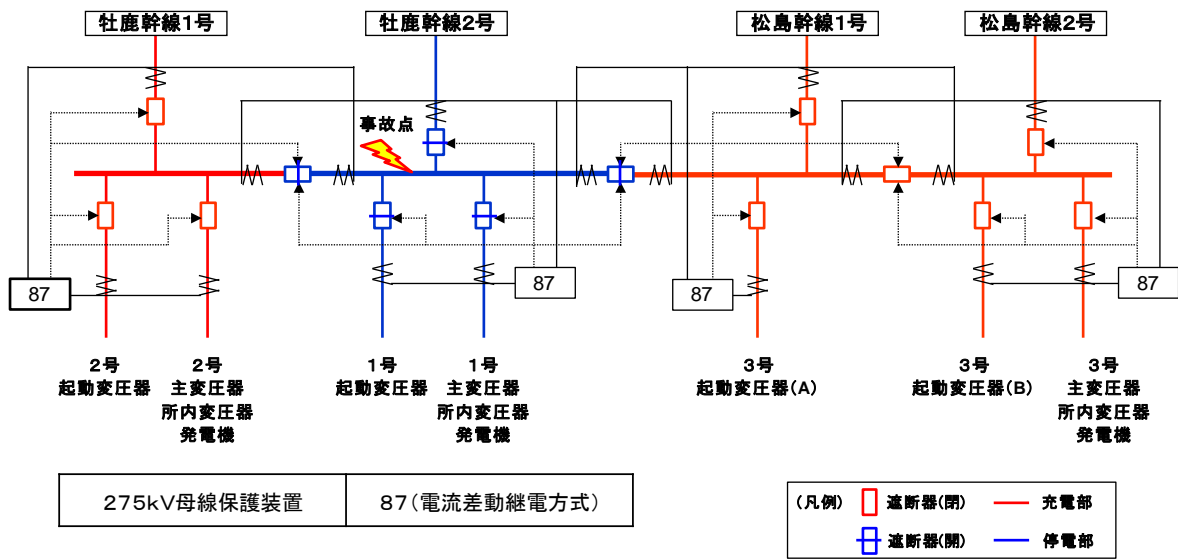
第 2.2.1-3 図 送電線保護装置 (66kV 塚浜支線故障時)

2.2.1.1.1.2 275kV 母線保護装置

女川原子力発電所 275kV 開閉所は、4 母線で構成されており、第 2.2.1-4 図の表に示す保護装置を設置している。

母線の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該母線が連系される遮断器を開放し、故障区間を速やかに分離し、残りの健全側母線の電力供給を維持することが可能な設計とする。【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

第 2.2.1-4 図に 1 号炉が接続する母線事故時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



第 2.2.1-4 図 送電線保護装置 (275kV 開閉所 1 号炉が接続する母線故障時)

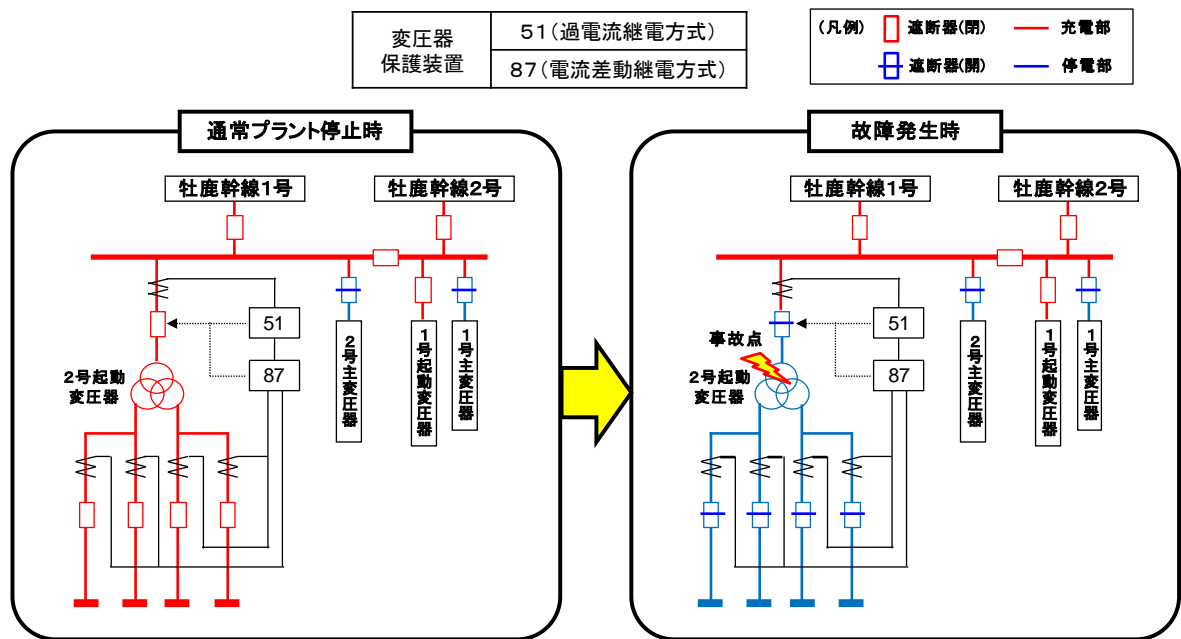
2.2.1.1.1.3 変圧器保護装置

変圧器には、第 2.2.1-5 図及び第 2.2.1-6 図の表に示す保護装置を設置している。

(1) 2号起動変圧器

変圧器の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該変圧器が連系される遮断器を開放し、故障変圧器を速やかに分離するとともに、他の安全施設への影響を限定できる構成としている。【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

第 2.2.1-5 図に 2 号起動変圧器で故障が発生した際に、動作する遮断器及び停電範囲を示す。

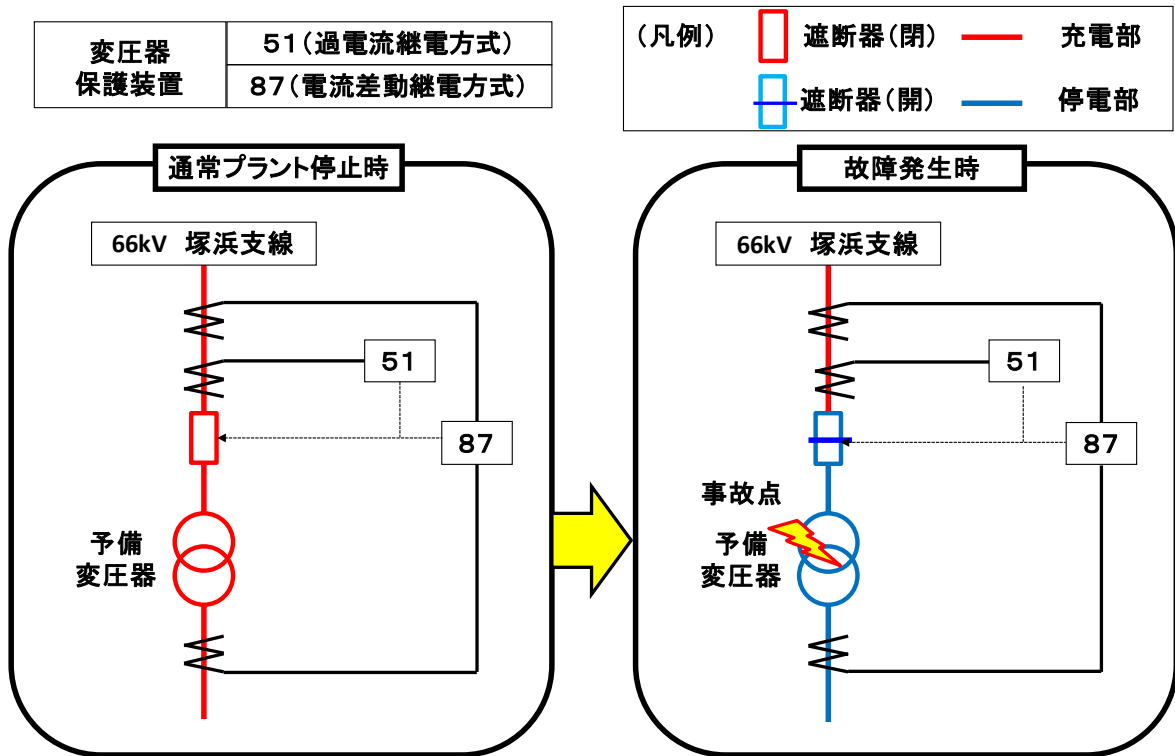


第 2.2.1-5 図 変圧器保護装置 (2 号起動変圧器故障時)

(2) 予備変圧器

変圧器の短絡若しくは地絡を検出した場合、当該変圧器が連系される遮断器を開放し、故障変圧器を速やかに分離するとともに、他の安全施設への影響を限定できる構成としている。【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

第 2.2.1-6 図に予備変圧器で故障が発生した際に、動作する遮断器及び停電範囲を示す。



第 2.2.1-6 図 変圧器保護装置 (予備変圧器故障時)

2.2.1.1.1.4 その他設備に対する保護装置

ファンやポンプ等の補機については過負荷保護継電器及び過電流保護継電器を設置している。

過負荷保護継電器(49)及び過電流保護継電器(51)にて過電流を検知した場合、警報を発生させることや補機を停止させることにより、他の安全機能への影響を限定できる設計としている。【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 2】

2.2.1.1.2 1相開放故障への対策について

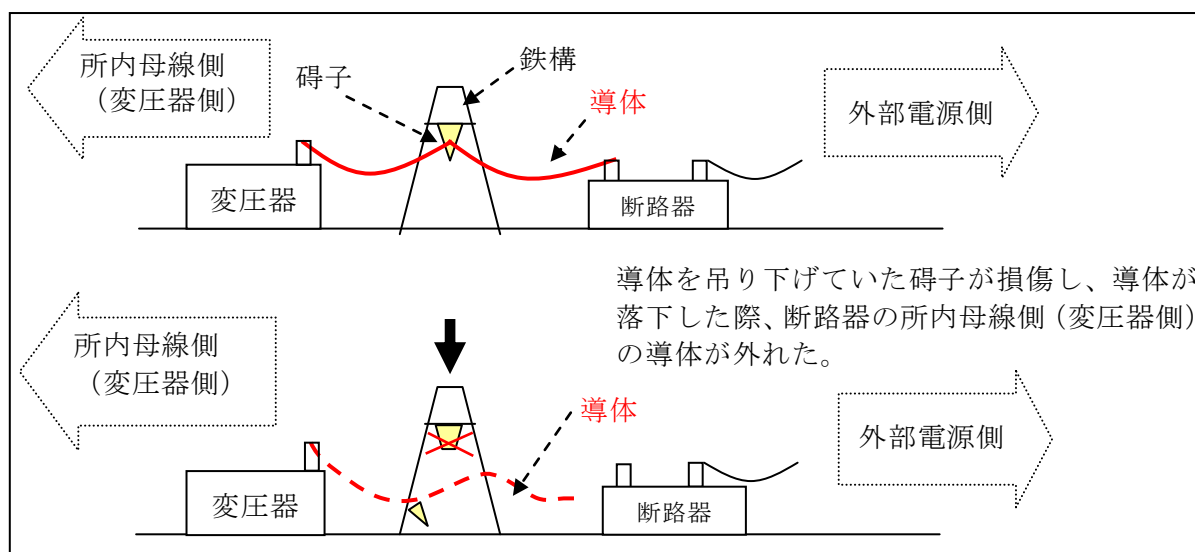
外部電源に直接接続している変圧器の1次側において3相のうち1相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、保護継電器が作動することによる故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動操作による対策を含む。）を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できる設計とする。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈2】

2.2.1.1.2.1 米国バイロン2号炉の事象の概要と問題点

(1) 事象の概要

2012年1月30日、米国バイロン2号炉において定格出力運転中、以下の事象が発生した。

- ①起動用変圧器の故障（架線の碍子破損）により、3相交流電源の1相が開放故障した状態が発生した（第2.2.1-7図参照）。
- ②このため、起動変圧器から受電していた常用母線の電圧の低下により、一次冷却材ポンプがトリップし、原子炉がトリップした。
- ③トリップ後の所内切替えにより、常用母線の接続が起動用変圧器側に切り替わった。
- ④非常用母線の電圧を監視している保護継電器のうち、1相分の保護継電器しか動作しなかったため、非常用母線の外部電源への接続が維持され、非常用母線各相の電圧が不平衡となった。
- ⑤原子炉トリップ後に起動した安全系補機類が、非常用高圧母線の電圧不平衡のために過電流によりトリップした。
- ⑥運転員が1相開放故障状態に気づき、外部電源の遮断器を手動で動作させることにより、外部電源系から非常用母線が開放され、非常用ディーゼル発電機が自動起動し、電源を回復させた。



第2.2.1-7図 米国バイロン2号炉の1相開放故障の概要

(2) 問題点

当該事象に対し、「変圧器1次側の3相のうち1相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への給電が維持された。」ことが問題点である。

2.2.1.1.2.2 非常用高圧母線への電力供給について

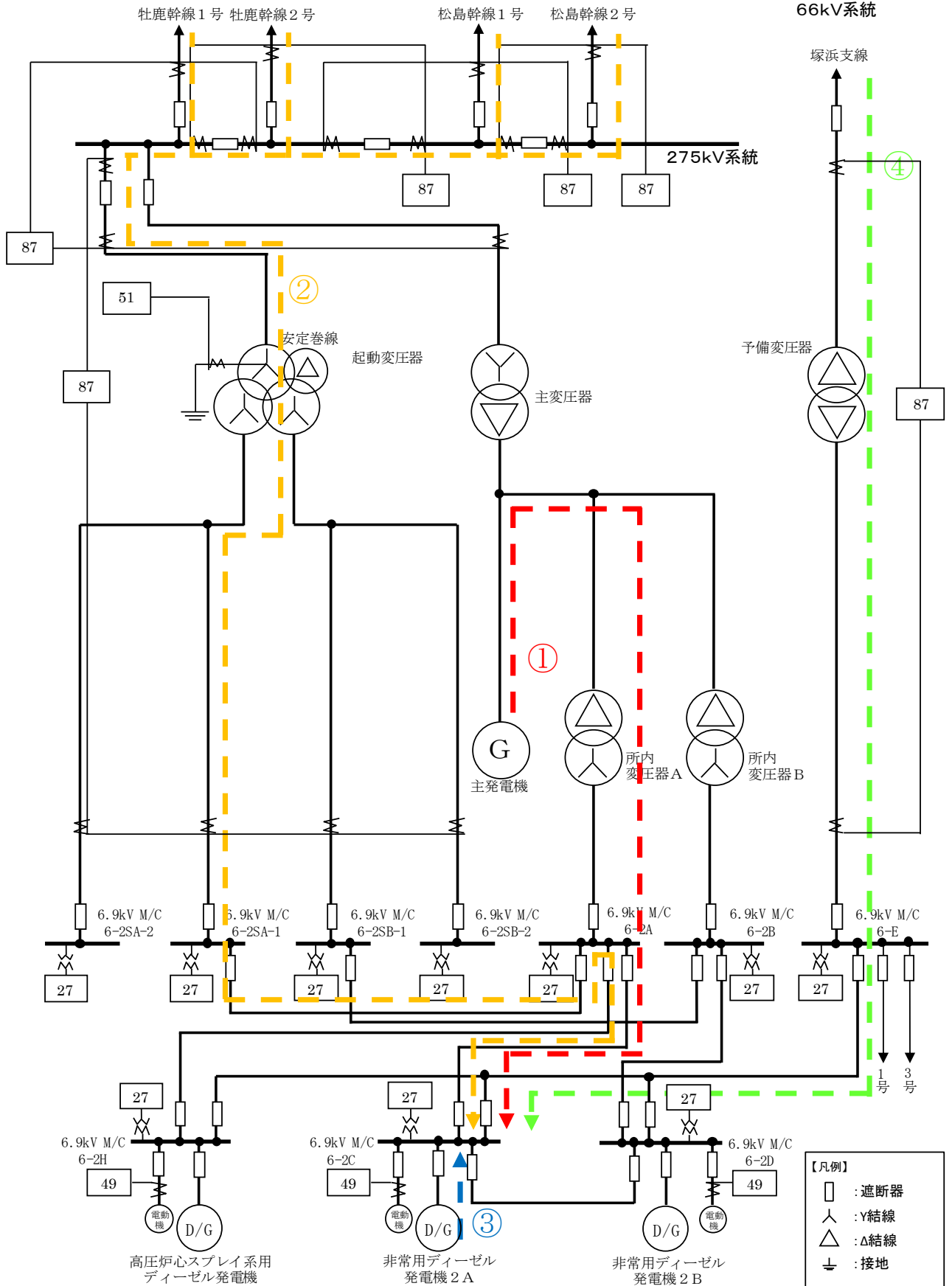
女川原子力発電所は、275kV 送電線（275kV 牡鹿幹線及び 275kV 松島幹線）2 ルート 4 回線及び 66kV 送電線（66kV 塚浜支線（66kV 鮎川線 1 号を一部含む））1 ルート 1 回線で電力系統に連系している。

非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。

- ① 通常時、主発電機より発生した電力を所内変圧器を介して受電する。
- ② 所内変圧器から受電できない場合、275kV 開閉所内にある 275kV ガス絶縁開閉装置（以下、ガス絶縁開閉装置を GIS という）を介し、起動変圧器より受電する。
- ③ 所内変圧器及び起動変圧器から受電できない場合、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から受電する。
- ④ 非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から受電できない場合、66kV GIS を介し、予備変圧器から受電する。

非常用高圧母線への電力供給を第 2.2.1-8 図に示す。

外部電源に直接接続している受電用変圧器は、起動変圧器及び予備変圧器であるが、通常運転時に非常用母線に電源供給を行っていないことから、変圧器 1 次側で 1 相開放故障が発生した状態が検知されることがないとしても、直ちに原子炉安全を脅かすものではないが、プラント停止時に当該変圧器を使用している場合には、変圧器 1 次側で 1 相開放故障が発生したことを速やかに検知し、故障箇所を隔離することが重要となる。



第 2.2.1-8 図 非常用高圧母線への電力供給

受電経路のうち米国バイロン 2 号炉のように導体が気中へ露出した類似箇所は第 2.2.1-9 図のとおり開閉所の送電線引込み部分（引留鉄構～ブッシング）である。②の経路で受電する場合，以下のとおり，変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生しても非常用高圧母線への電源供給は 1 回線以上確保可能な構成としている。

- ・275kV 送電線から受けた 4 回線の電源は 275kV 開閉所にて連系しているため，275kV 送電線 1 回線にて 1 相開放故障が発生しても非常用高圧母線の電圧に変化が生じない。

したがって，変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく，非常用母線への給電が維持されたとしても，非常用高圧母線への電源供給は 1 回線以上確保可能である。しかしながら，他の箇所で新たな 1 相開放故障が発生する前に速やかに検知し，故障箇所を隔離することが重要となる。

なお，66kV 送電線から予備変圧器までは，通常負荷へ電源供給していないこと，及び変圧器の 1 次側が非接地であることから，予備変圧器の 1 次側に 1 相開放故障が発生した場合，予備変圧器の 2 次側で電圧が低下するため，交流不足電圧継電器（27）にて検知可能である。



第 2.2.1-9 図 送電線引込み部（275kV 開閉所の例）

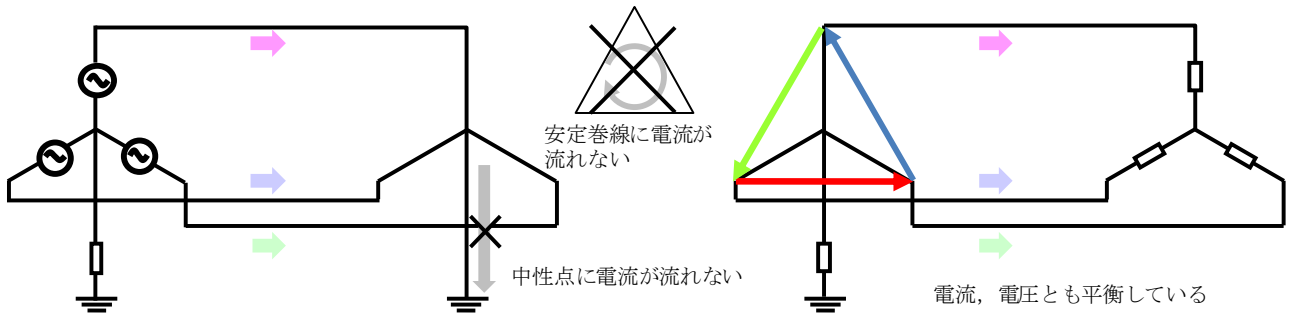
2.2.1.1.2.3 1相開放故障の検知性について

(1) 変圧器1次側に1相開放故障が発生し2次側電圧が低下しない事象の概要
 米国バイロン2号炉の事象のように変圧器1次側において1相開放故障が発生した場合に、所内電源系の3相の各相には、低電圧を検知する交流不足電圧継電器(27)が設置されていることから、交流不足電圧継電器(27)の検知電圧がある程度(約30%以上)低下すれば、当該の保護継電器が動作し警報が発報することにより1相開放故障を含めた電源系の異常を検知することが可能である。

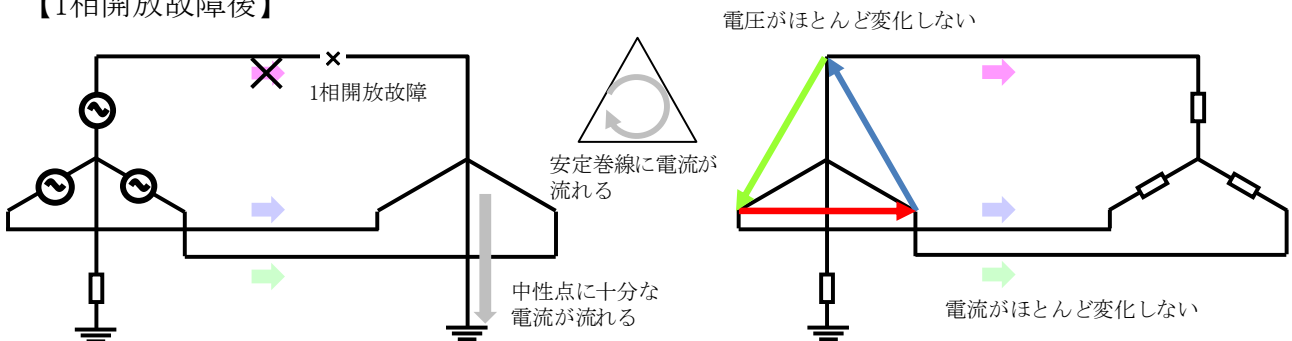
一方、変圧器負荷が非常に少ない場合や、変圧器に△結線の安定巻線を含む場合等においては、所内電源系側の交流不足電圧継電器(27)の検知電圧が動作範囲まで低下せず、1相開放故障が検知できない可能性がある(3相交流では、変圧器1次側における1相のみが開放故障となっても変圧器鉄心に磁束の励磁が持続され、変圧器2次側(所内電源系側)において3相ともほぼ正常に電圧が維持されてしまう場合がある)。(第2.2.1-10図参照)

したがって、変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合の検知の可否については、交流不足電圧継電器(27)が動作することにより検知できる場合もあるものの、発生時の負荷の状態などによっては検知できない可能性がある。

【1相開放故障前】



【1相開放故障後】



第2.2.1-10図 変圧器1次側における1相開放故障による電圧維持(イメージ)

(2) 変圧器 1 次側に 1 相開放故障が発生した場合の対応について

変圧器 1 次側の接続部位は、送電線の引込部を除き米国バイロン 2 号炉のように全面的に気中に露出した架線接続ではなく、接地された筐体内等に配線された構造である。

筐体内等の導体においては、断線による 1 相開放故障が発生したとしても、接地された筐体等を通じ完全地絡となることで、電流差動継電器 (87) 及び地絡過電圧継電器 (64) による検知が可能である。

電流差動継電器 (87) 等が動作することにより、1 相開放故障が発生した部位が自動で隔離されるとともに、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し非常用高圧母線に電源供給される。したがって、変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への給電が維持されることはない。(別添 3, 4)

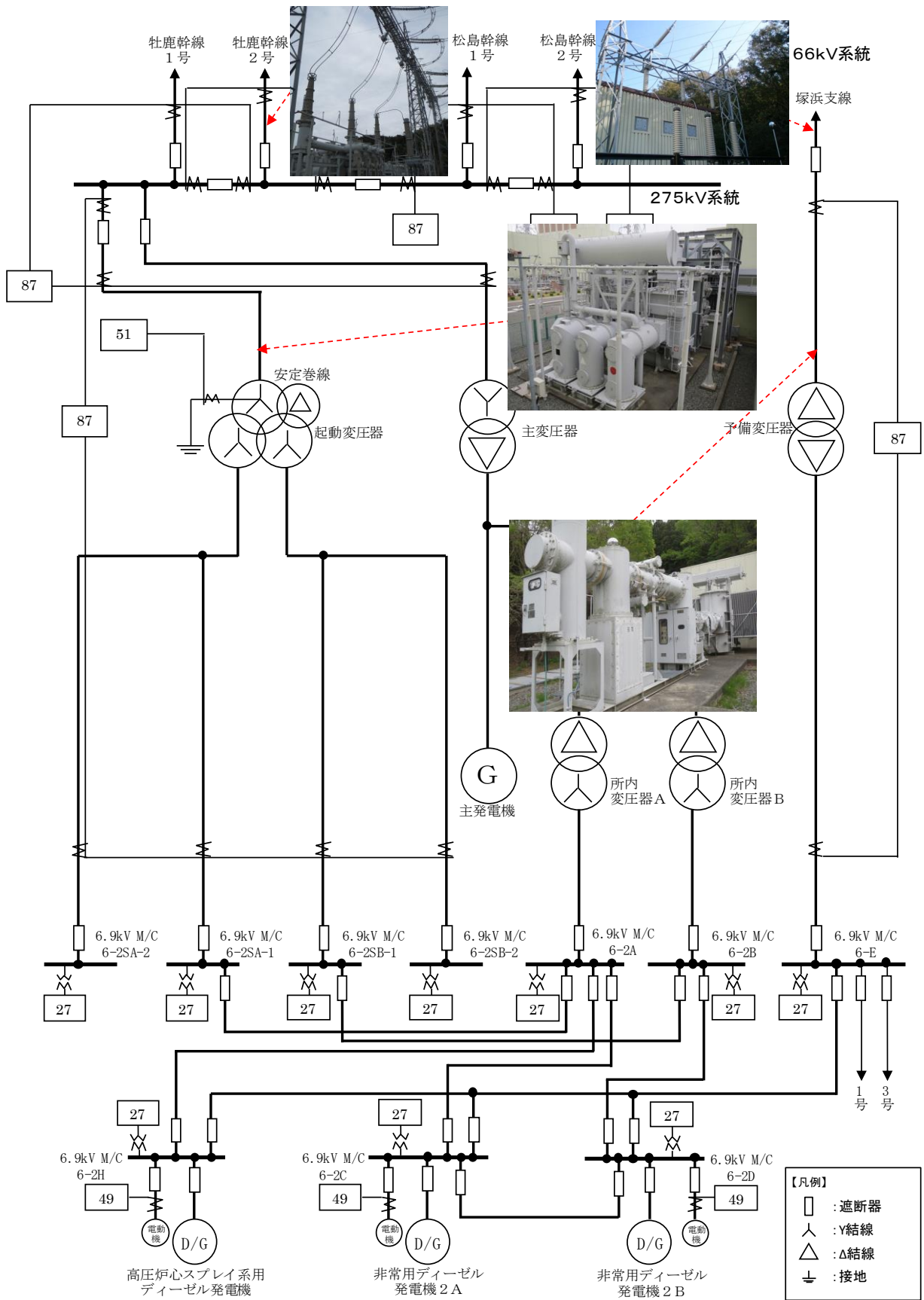
気中に露出した架線接続部を有しているのは、275kV 送電線の引込み部及び 66kV 送電線の引込み部が該当する(第 2. 2. 1-11 図参照)。当該部位については、毎日実施する「巡視点検」にて電路の健全性を確認することにより、1 相開放故障を目視にて検知することが可能である。

目視にて検知したのちは、故障箇所の隔離、若しくは電源供給中の変圧器を手動にて切り離すことにより、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し非常用高圧母線に電源供給される。したがって、変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線の電源供給が維持されることはない。

なお、女川原子力発電所では毎日実施する巡視点検時に確認すべき項目として、パトロール手順書にて第 2. 2. 1-1 表のとおり定めており、1 日 1 回以上パトロールを実施することで 1 相開放故障の発見が可能である。

第 2. 2. 1-1 表 巡視確認項目

巡視機器	点検項目
引留鉄構及び碍子	a. 外観損傷の有無



第 2.2.1-11 図 変圧器 1 次側の接続部位について

(3) 検知性向上対策について

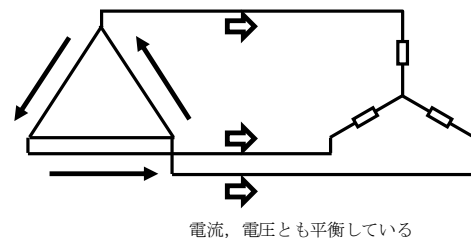
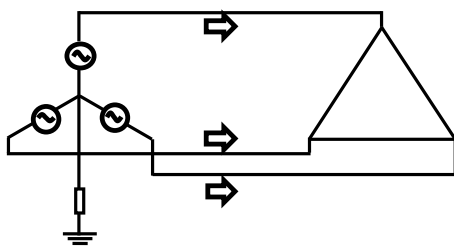
前述の電流差動継電器(87)等及び目視の他に、第2.2.1-12図に示すとおり、変圧器の1次側において1相開放故障が発生した場合、「①交流電圧が低下する」他にも以下の事象が発生する(第2.2.1-13~14図参照)。

②電動機に逆相電流が流れるため、各相の電流が不平衡になり、電動機電流の増加相が発生する。

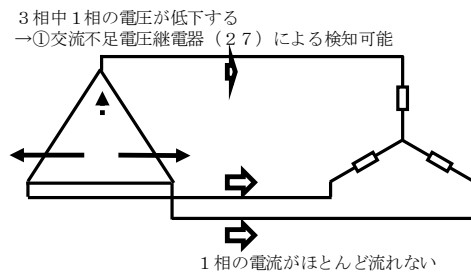
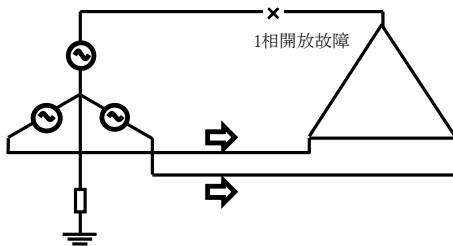
③変圧器の1次側の中性点に電流が流れる。

したがって、上記事象①②③を検知することにより、変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合の検知性向上の対策を図る。

【1相開放故障前】

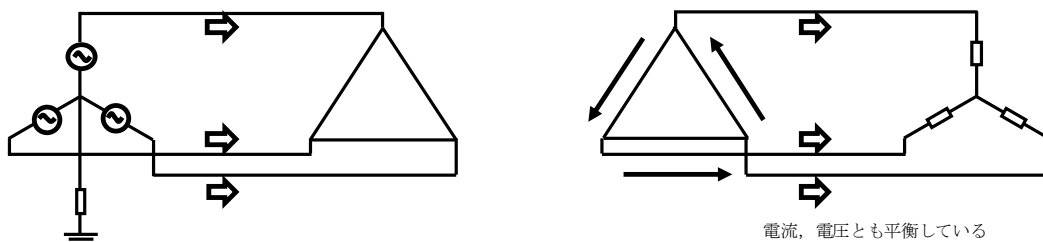


【1相開放故障後】

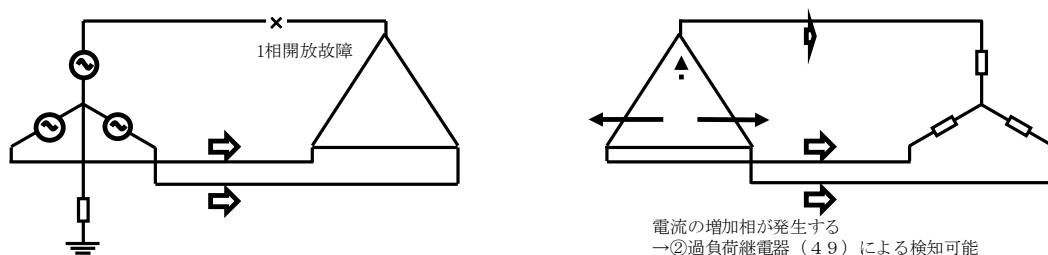


第2.2.1-12図 ①交流不足電圧継電器(27)による検知(イメージ)(予備変圧器)

【1相開放故障前】

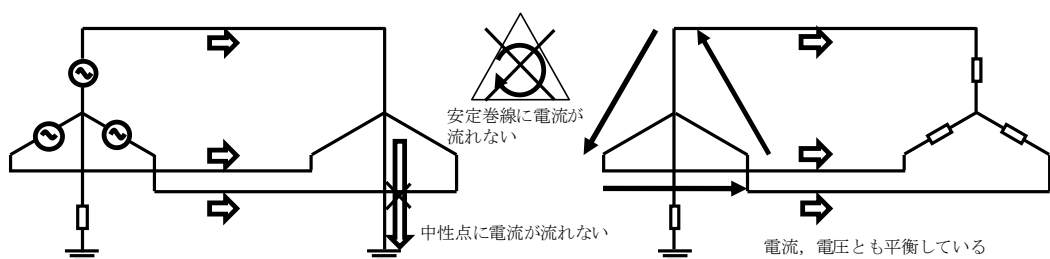


【1相開放故障後】

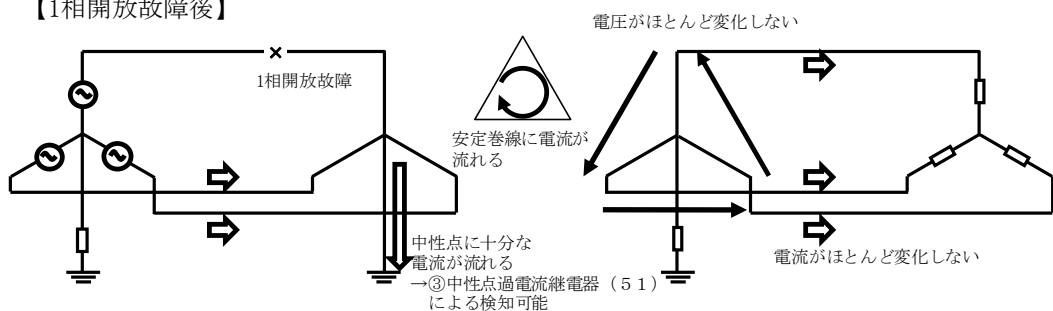


第 2.2.1-13 図 ②過負荷継電器 (49) による検知 (イメージ) (予備変圧器)

【1相開放故障前】



【1相開放故障後】



第 2.2.1-14 図 ③中性点過電流継電器 (51) による検知 (イメージ) (起動変圧器)

上記事象は、変圧器の1次側において1相開放故障が発生した条件により検知できる保護継電器が異なる。1相開放故障の発生条件に応じた保護継電器による検知方法を第2.2.1-2表に示す。

第2.2.1-2表 検知性向上対策

1 相開放故障の発生条件		検知可否 ^{※1}	保護継電器	検知後の対処	参照図
発生場所	変圧器の状態				
起動変圧器 1 次側	重負荷 (負荷率:約 40%以上)	○	中性点過電流継電器(51)	起動変圧器一次遮断器が自動開放し、非常用高圧母線の不足電圧継電器(27)が動作することで、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動、投入される。	第 2.2.1 -14 図
	軽負荷 (負荷率:約 2%以上)	○	中性点過電流警報設定器 ^{※2}	中央制御室に警報が出力されることにより、一相開放状態を検知し、手動で故障箇所を隔離することにより、上記と同様に非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動、投入される。	第 2.2.1 -14 図
	無負荷	×	なし ^{※3}		
予備変圧器 1 次側	重負荷	△	過負荷継電器(49) 又は 交流不足電圧継電器(27) ^{※4}	複数の電動機に過負荷継電器(49)の警報又はトリップが発生することにより、1 相開放故障の発生を想定し、電圧等を確認後、手動にて発生箇所を隔離する。交流不足電圧継電器(27)により検知した場合は無負荷の場合と同様。	第 2.2.1 -12 図 第 2.2.1 -13 図
	軽負荷				
	無負荷	○	交流不足電圧継電器(27)	中央制御室に警報が出力されることにより、一相開放状態を検知し、手動で故障箇所を隔離することにより、上記と同様に非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動、投入される。	第 2.2.1 -12 図

※1. ○：検知可能 △：検知可能な場合と不可能な場合あり

×：検知できないことを示す

※2. 自主対策により新規設置し、検知性向上を実現している。

※3. 無負荷なので安全上の問題に至ることはない。

- ※4. 予備変圧器の場合，保護継電器による検知は負荷の状態や種別に依存する。静的負荷のみの場合には3相中1相の対地電圧が低下するため，交流不足電圧継電器(27)にて検知可能であるが，電動機負荷が存在すると，変圧器2次側に逆電圧が誘起され，交流不足電圧継電器(27)では検知できない。その場合には，電動機の負荷率に依存した電動機電流の増加により過負荷継電器(49)にて検知可能な場合がある。

1相開放故障の発生箇所ごとに示した識別方法と対応操作を第2.2.1-3～5表に示す。

第2.2.1-3表 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作（通常運転時）

発生箇所	識別方法	切り離し操作	対応操作	別添
275kV 送電線	目視にて確認	手動	残り3回線で電源供給を維持する。 (非常用高圧母線の電圧に変化無し) ※通常運転時は非常用高圧母線への供給は行わない	4.1(1)
66kV 送電線	目視にて確認	手動	予備変圧器は通常、非常用高圧母線と隔離されている。 (非常用高圧母線の電圧に変化無し)	4.1(2)

第2.2.1-4表 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作
(プラント停止時)

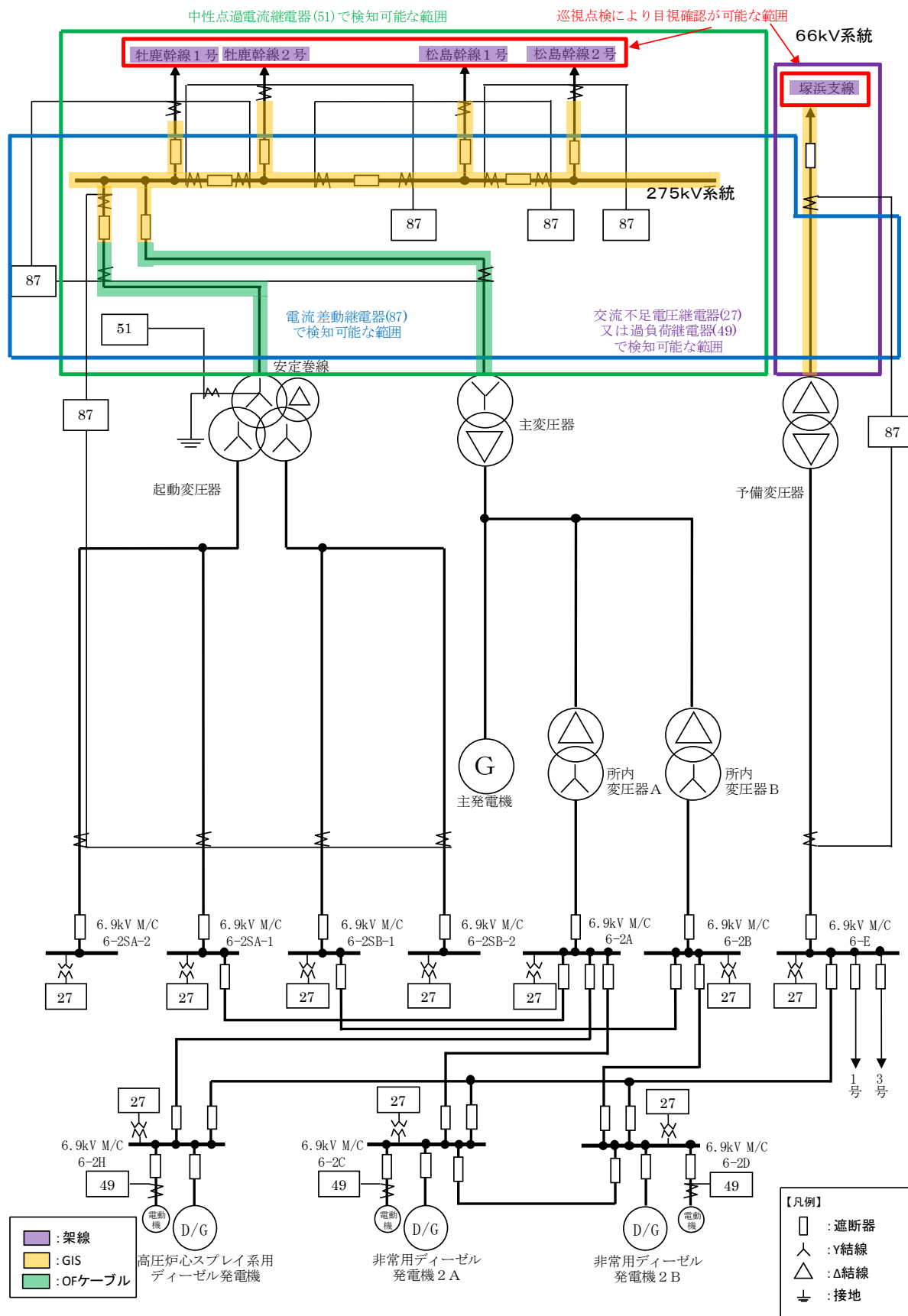
発生箇所	識別方法	切り 離し 操作	対応操作	別添
275kV 送電線	目視にて確認	手動	残り3回線で電源供給を維持する。 (非常用高圧母線の電圧に変化無し)	4.2(1)
起動 変圧器 1次側	起動変圧器又は 275kV母線の電流差 動継電器(87)にて 検知	自動	非常用高圧母線の電圧が喪失するこ とで、交流不足電圧継電器(27)が動 作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機から電源供給を行 う。	4.2(2)
	中性点過電流継電器 (51)にて検知	自動	非常用高圧母線の電圧が喪失するこ とで、交流不足電圧継電器(27)が動 作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機から電源供給を行 う。	4.2(3)
	中性点過電流警報設 定器にて検知	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失するこ とで、交流不足電圧継電器(27)が動 作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機から電源供給を行 う。	4.2(4)
66kV 送電線	目視にて確認	手動	予備変圧器は通常、非常用高圧母線と 隔離されている。 (非常用高圧母線の電圧に変化無し)	4.2(5)

なお、予備変圧器は通常、非常用高圧母線に電源供給を行っていないが、予備変圧器を用いた電源供給時の1相開放故障発生箇所ごとに応じた識別方法と対応操作を第2.2.1-5表に示す。

第2.2.1-5表 1相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作

発生箇所	識別方法	切り離し操作	対応操作	別添
275kV 送電線	目視にて確認	手動	残り3回線で電源供給を維持する。 (非常用高圧母線の電圧に変化無し)	4.3(1)
予備 変圧器 1次側	予備変圧器の電流差動継電器(87)にて検知	自動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から電源供給を行う。	4.3(2)
	過負荷継電器(49)にて検知	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から電源供給を行う。	4.3(3)
	予備変圧器2次側の交流不足電圧継電器(27)にて検知	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から電源供給を行う。 (1相開放時に2次側電圧低下が発生する場合、3相中1相の電圧が低下する。このとき、予備変圧器二次側の交流不足電圧継電器(27)が検知する)	4.3(4)
66kV 送電線	目視にて確認	手動	非常用高圧母線の電圧が喪失することで、交流不足電圧継電器(27)が動作し、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から電源供給を行う。	4.3(5)

変圧器の1次側において1相開放故障が発生した場合の検知方法及び適用範囲について第2.2.1-15図に示す。



第2.2.1-15図 1相開放故障が発生した場合の検知方法及び適用範囲について

(4) まとめ

米国バイロン2号炉のように導体が気中へ露出した類似箇所において1相開放故障が発生しても、275kV送電線においては巡視点検等による早期発見が可能であるとともに、4回線で構成されているため電力供給が不安定になることはない。66kV送電線に1相開放故障が発生した場合は、不足電圧継電器による検知が可能であるとともに巡視による点検でも確認している。

また、架線部以外で発生した場合に、地絡・短絡を伴うことが予想されることから既存の保護継電器にて検知が可能である。

仮に1相開放故障が発生した場合にも、その兆候を捉えることができれば、待機側の電源系の切替えや、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の起動により、安全上の問題に至る前に、事象を収束することが可能である。運転員の1相開放故障発生時の対応を確実にするため、運転手順書に1相開放（欠相）が発生した場合の兆候、対応について記載している。

2.2.1.1.3 電気設備の保護

開閉所（母線等）、変圧器、その他の関連する電気系統の機器の故障により発生する短絡若しくは地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等に対し、保護継電装置により検知できる設計としており、検知した場合には、保護継電装置からの信号により、遮断器等により故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設計とする。外部電源系の保護継電装置を第 2.2.1-6 表に示す。

第 2.2.1-6 表 外部電源系保護継電装置※

電気設備	保護継電装置の種類
275kV 送電線	PCM 電流差動継電方式 (87) 短絡方向距離継電方式 (44S) 地絡方向距離継電方式 (44G)
66kV 送電線	回線選択継電方式 (50) 短絡方向距離継電方式 (44S) 地絡方向継電方式 (67G)
275kV 母線	電流差動継電方式 (87) 母線分離継電方式 (44)
発電機	比率差動継電器 (87) 距離継電器 (44) 逆電力継電器 (67) 地絡継電器 (64)
所内変圧器	比率差動継電器 (87) 過電流継電器 (51)
起動変圧器	比率差動継電器 (87) 過電流継電器 (51)
予備変圧器	比率差動継電器 (87) 過電流継電器 (51)
非常用高圧母線 共通用高圧母線 常用高圧母線 緊急用高圧母線 予備電源盤	過電流継電器 (51) 交流不足電圧継電器 (27)
非常用及び高圧炉心スプレイ系 ディーゼル発電機	比率差動継電器 (87) 過電流継電器 (51) 逆電力継電器 (67)
負荷 (電動機類)	過負荷継電器 (49)

※ 工事計画書に記載の保護継電装置についても追記した。

※ 主変圧器については、非常用高圧母線に給電しないため、除外した。

2.2.1.2 電気系統の信頼性

重要安全施設に対する電気系統については、系統分離を考慮した母線によって構成するとともに、電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いものであって、非常用所内電源系からの受電時等の母線切替え操作が容易である設計とする。

2.2.1.2.1 系統分離を考慮した母線構成

通常運転時は、発電機から所内変圧器を介して非常高圧母線へ給電し、発電機停止時には275kV開閉所から起動変圧器を介して非常用高圧母線へ給電する設計とする。また、66kV送電線を予備電源として使用することも可能な設計とする。非常用母線を3母線確保することで、多重性を損なうことなく、系統分離を考慮して母線を構成する設計とする。

詳細な系統構成は2.2.1.1.2.2項参照。

2.2.1.2.2 電気系統を構成する個々の機器の信頼性

電気系統を構成する送電線（275kV牡鹿幹線，275kV松島幹線及び66kV塚浜支線（66kV鮎川線1号を一部含む）），母線，変圧器，非常用電源系，その他関連する機器については，電気学会電気規格調査会にて定められた規格（JEC）又は日本工業規格（JIS）等で定められた適切な仕様を選定し，信頼性の高い設計とする。

2.2.1.2.3 非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替え操作

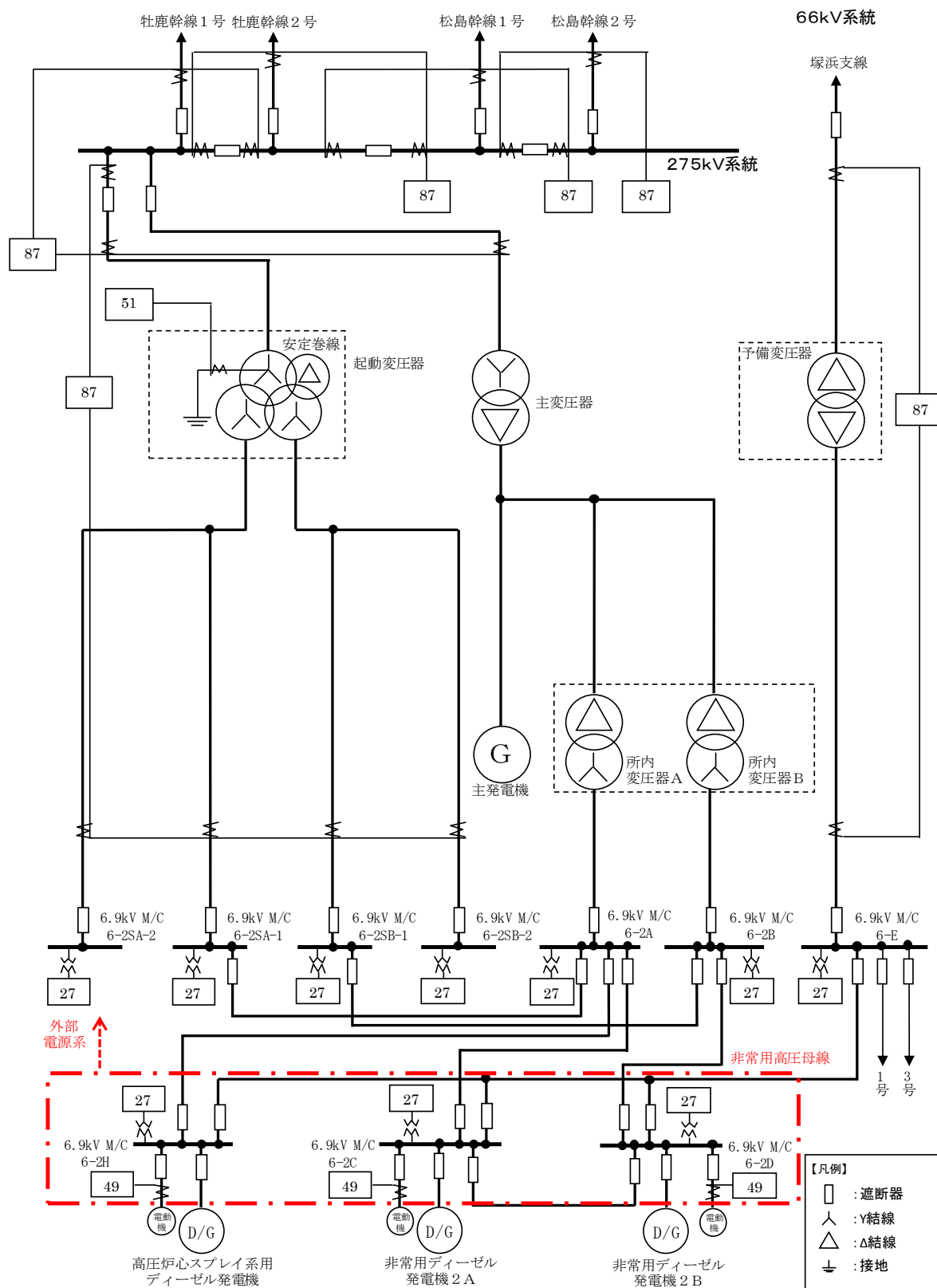
重要度の特に高い安全機能を有する構築物，系統及び機器で，その機能を達成するために電力を必要とするものについては，非常用高圧母線から電源供給可能な構成とし，非常用高圧母線は外部電源並びに非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のいずれからも受電できる構成としている（第2.2.1-16図参照）。【設置許可基準規則第33条 第1項】

このうち，外部電源については，送電線に接続する遮断器や断路器等を設置した275kV開閉所機器，66kV開閉所機器，開閉所電圧を降圧する変圧器，及び高圧母線等を設置した所内高圧系統から構成される。

開閉所機器，変圧器及び所内高圧系統については，送電線や所内電源の切替え操作が容易に実施可能なように操作スイッチ等を設ける設備構成としている。

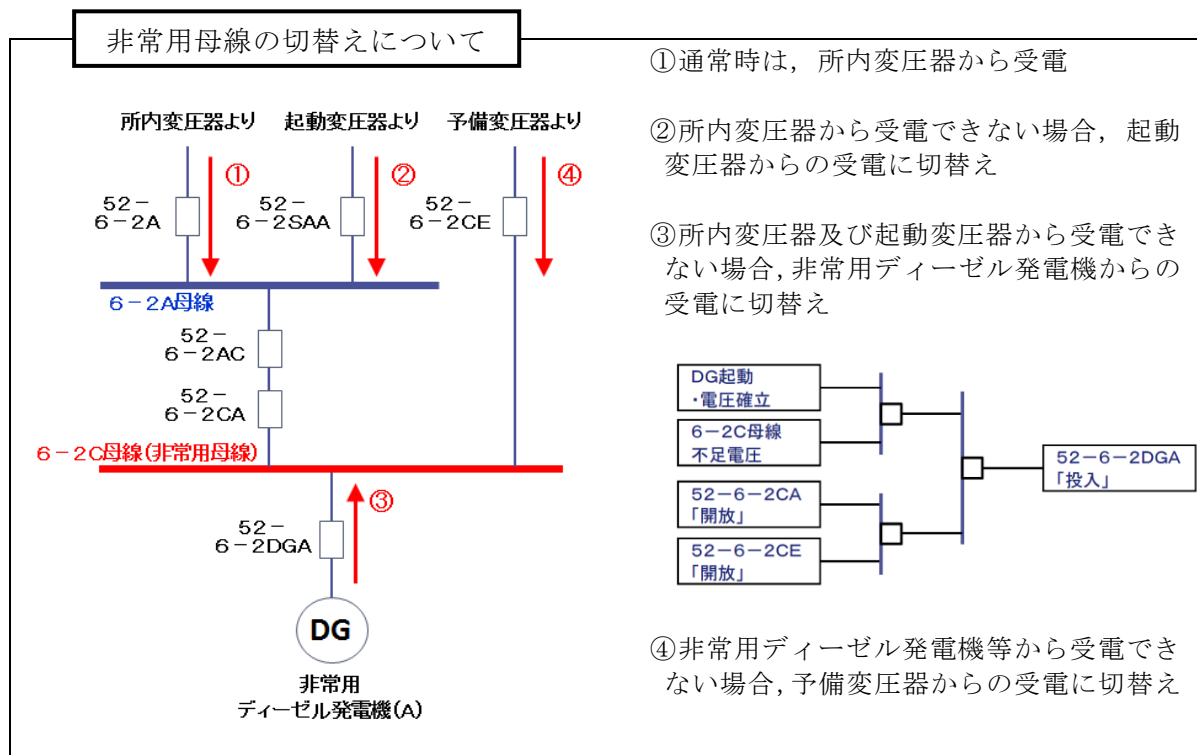
【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈1，第4項 解釈3，解釈4】

非常用所内電源系は，所内変圧器から受電できない場合，起動変圧器への自動切替えが可能であり，所内変圧器及び起動変圧器から受電できない場合，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの受電に自動切替えされる。また，所内変圧器，起動変圧器，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から受電できない場合，予備変圧器からの受電に自動切替えされる等，安全施設への電力の供給が停止することがない構成としている。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈1】



第 2.2.1-16 図 所内単線結線図

なお、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機への受電切替え及び予備変圧器への受電切替えは、変圧器の故障等により母線電圧が低下したことを検知する不足電圧継電器の動作により自動切替えする設計とする（第2.2.1-17図参照）。【設置許可基準規則第33条 第3項 解釈1】



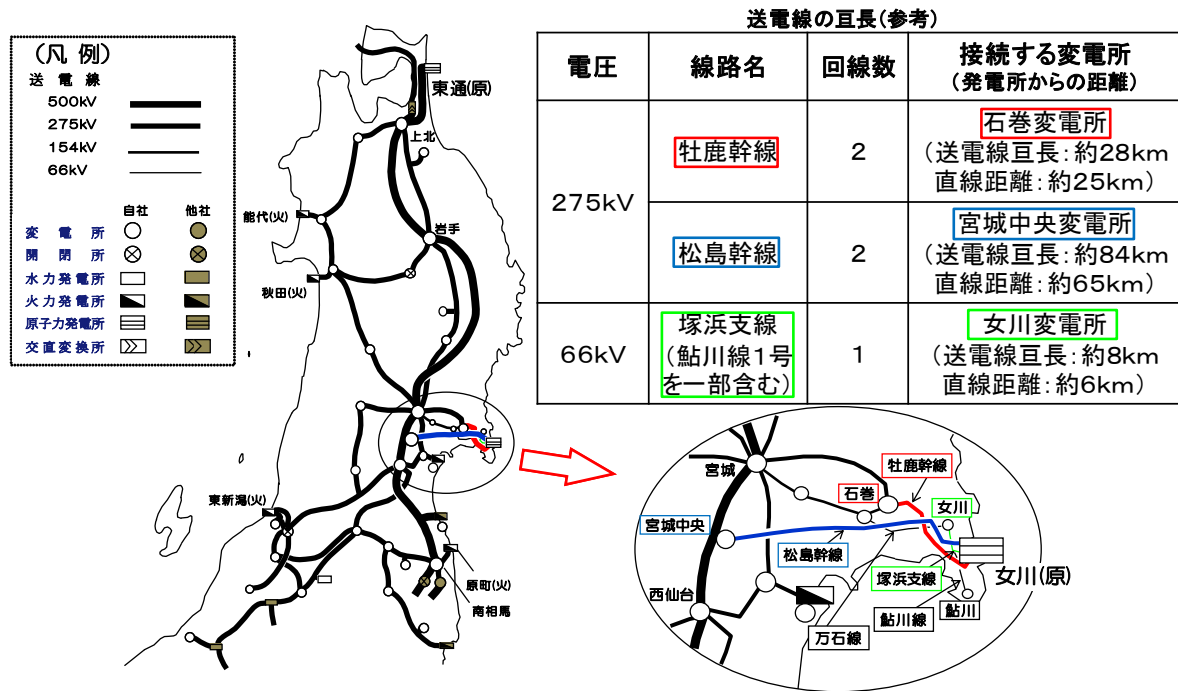
第2.2.1-17図 非常用母線の受電切替えのイメージ
 (非常用ディーゼル発電機 (A) の例)

2.2.2 電線路の独立性

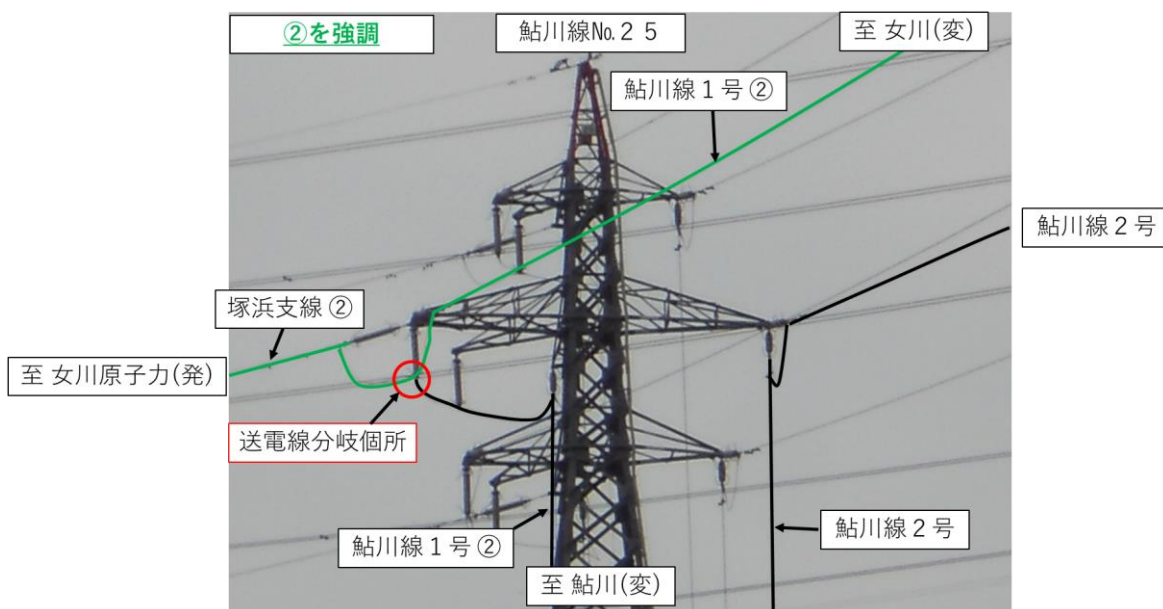
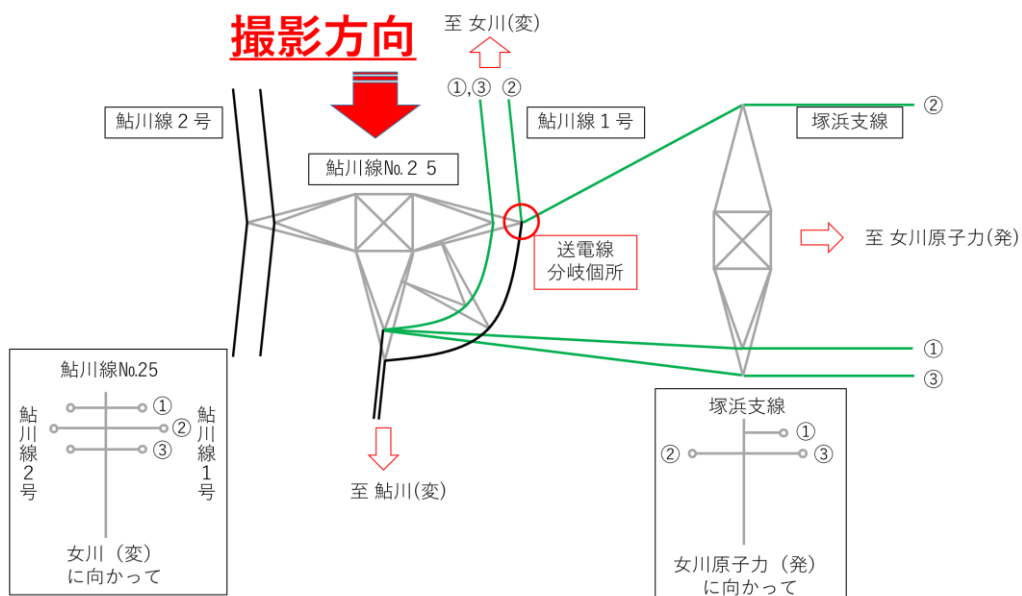
2.2.2.1 外部電源受電回路について

女川原子力発電所は、275kV送電線4回線及び66kV送電線1回線の合計5回線で電力系統に連系し、275kV牡鹿幹線2回線1ルートが発電所から送電線亘長で約28km離れた石巻変電所に、275kV松島幹線2回線1ルートが発電所から送電線亘長で約84km離れた宮城中央変電所に、66kV送電線は、66kV塚浜支線（66kV鮎川線1号を一部含む）1回線1ルートが発電所から送電線亘長で約8km離れた女川変電所に連系する設計とする。

外部電源受電回路の送電系統図を第2.2.2-1図に、66kV塚浜支線と66kV鮎川線1号の接続状況を第2.2.2-2図に示す。



第2.2.2-1図 送電系統図



第2.2.2-2図 66kV塚浜支線と66kV鮎川線1号の接続状況

2.2.2.2 複数の変電所又は開閉所との接続

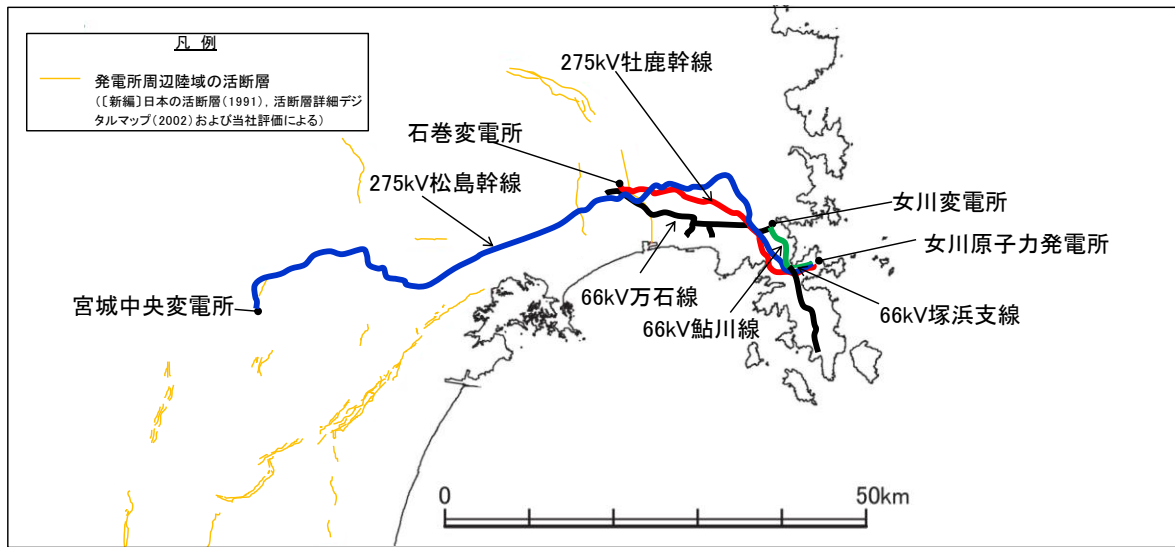
275kV送電線は、275kV牡鹿幹線2回線1ルートが発電所から送電線互長で約28km離れた石巻変電所に、275kV松島幹線2回線1ルートが発電所から送電線互長で約84km離れた宮城中央変電所に、66kV送電線は、66kV塚浜支線（66kV鮎川線1号を一部含む）1回線1ルートが発電所から送電線互長で約8km離れた女川変電所に連系する設計とする。

女川原子力発電所は、複数の異なる変電所へ接続することにより、1つの変電所が停止することにより当該原子炉施設に接続された送電線がすべて停止する事態に至らない設計とする。【設置許可基準規則第33条 第1項、第3項 解釈1、第4項 解釈3、解釈4】

2.2.2.2.1 変電所等と活断層等の位置

宮城中央変電所、石巻変電所及び女川変電所は、共通する活断層の上部に設置されていない。女川原子力発電所に接続する送電線等*と活断層との交差箇所において、鉄塔敷地内に活断層の横断はなく、断層運動による送電線への重大な影響はないものと判断している。第2.2.2-3図に変電所等と活断層との位置を示す。

宮城中央変電所、石巻変電所及び女川変電所はそれぞれ独立しており、女川原子力発電所から、直線距離で約65km、約25km、約6km離れた場所に設置し、位置的に分散している。



第2.2.2-3図 変電所等と活断層の位置

*「女川原子力発電所に接続する送電線等」とは275kV松島幹線、275kV牡鹿幹線、66kV塚浜支線、66kV鮎川線及び66kV万石線をいう。

なお、宮城中央変電所、石巻変電所及び女川変電所は、第 2.2.2-1 表のとおり、それぞれ標高約 230m、約 12m、約 40m にあり、津波の影響を受けない位置に設置している。

石巻変電所及び女川変電所の設置場所は、第 2.2.2-4 図のとおり、東北地方太平洋沖地震の浸水範囲にも該当していないことから津波の影響を受けないことを確認している。

宮城中央変電所については海岸からの距離が 23km と内陸部に位置しており、国土地理院の浸水範囲概況図が作成されていないため、図には記載されていない。

第 2.2.2-1 表 変電所の設置場所

電気所名	海岸からの距離	標高
宮城中央変電所	23km	約 230m
石巻変電所	7km	約 12m
女川変電所	0.7km	約 40m



第 2.2.2-4 図 東北地方太平洋沖地震の浸水範囲概況図（国土地理院）

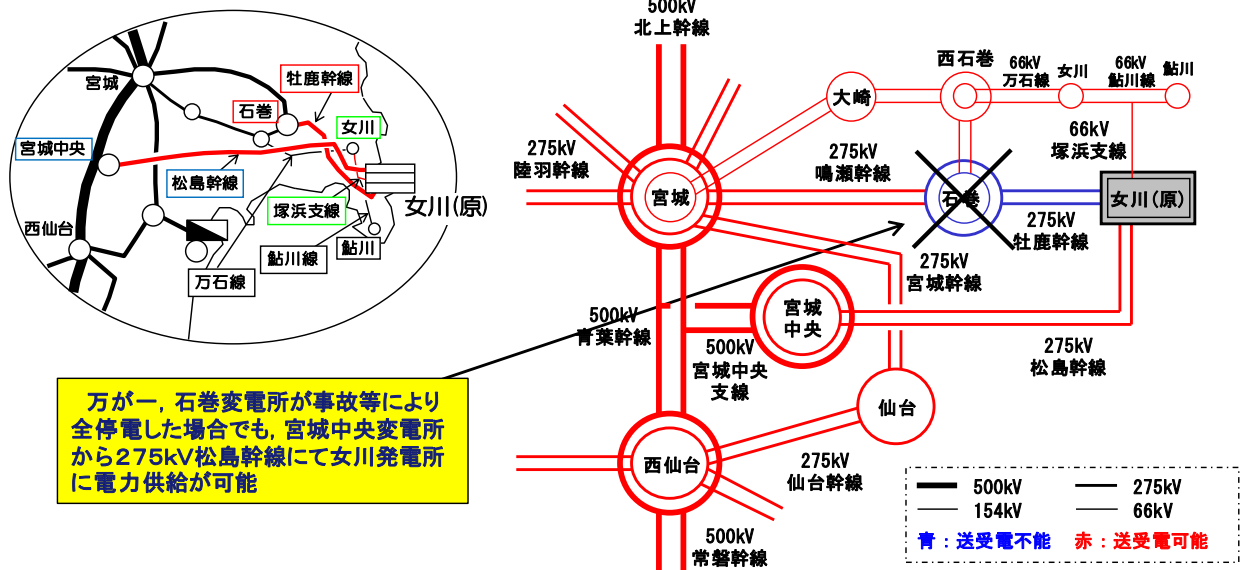
枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2.2.2.2.2 変電所又は開閉所の停止想定

2.2.2.2.2.1 石巻変電所全停時の供給系統

275kV 牡鹿幹線及び 275kV 松島幹線を含む 275kV 系統は、ループ状に形成しており供給信頼性の向上を図っている。

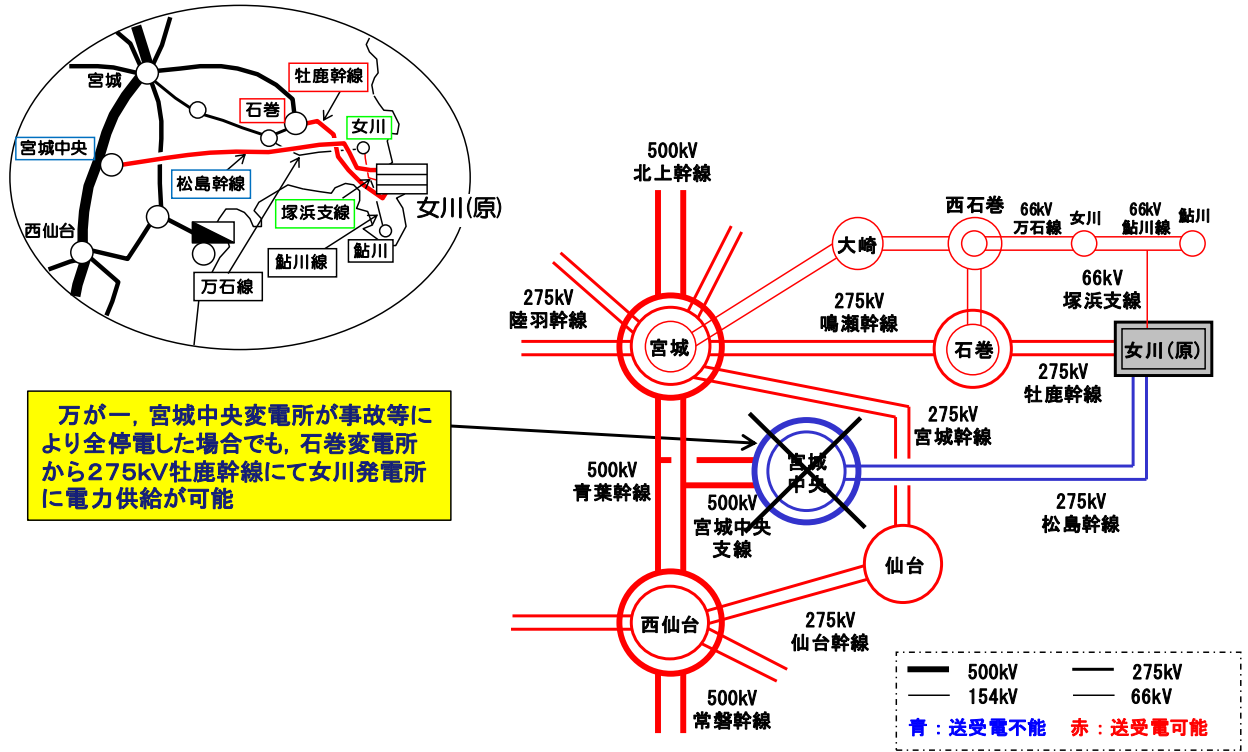
万が一、石巻変電所が事故等により全停電した場合には、第 2.2.2-5 図に示すとおり、宮城中央変電所から 275kV 松島幹線にて女川原子力発電所への電力供給が可能である。【設置許可基準規則第 33 条 第 4 項 解釈 4】



第 2.2.2-5 図 石巻変電所全停時の供給系統

2.2.2.2.2 宮城中央変電所全停時の供給系統

宮城中央変電所が事故等により全停電した場合には、第2.2.2-6図に示すとおり、石巻変電所から275kV牡鹿幹線にて女川原子力発電所への電力供給が可能である。【設置許可基準規則第33条 第4項 解釈4】



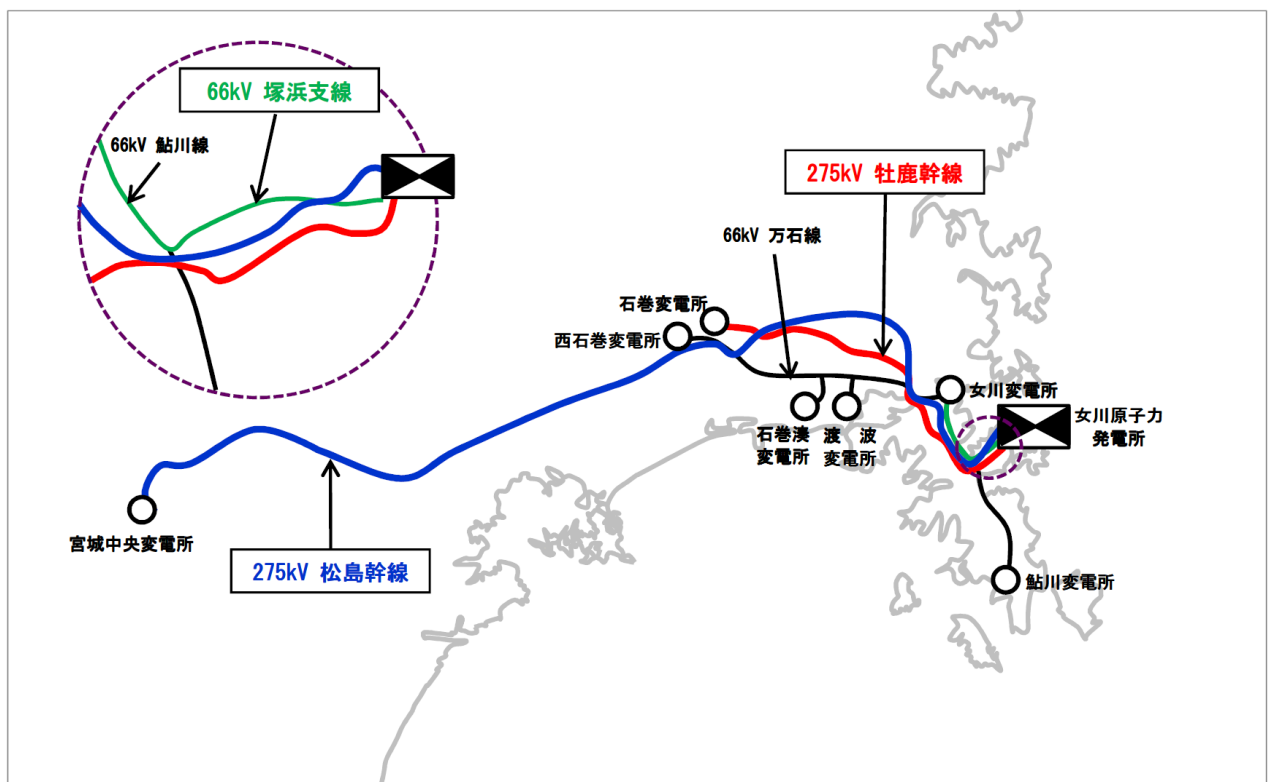
第2.2.2-6図 宮城中央変電所全停時の供給系統

2.2.3 電線路の物理的分離

2.2.3.1 送電鉄塔への架線方法について

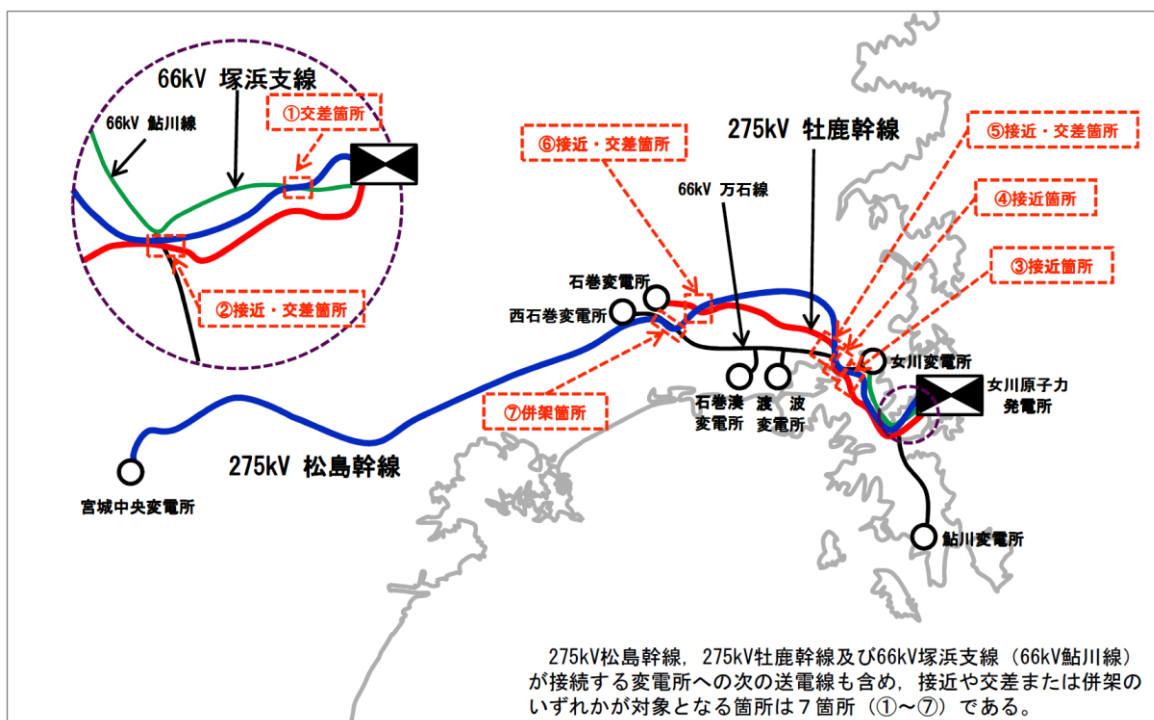
女川原子力発電所に接続する送電線は、275kV 送電線 4 回線（275kV 松島幹線 2 回線，275kV 牡鹿幹線 2 回線）と 66kV 送電線 1 回線（66kV 塚浜支線（66kV 鮎川線 1 号を一部含む））であり，全ての送電線が同一鉄塔に架線されている箇所はなく，物理的に分離した設計とする。

275kV 松島幹線，275kV 牡鹿幹線，66kV 塚浜支線及び 66kV 鮎川線のそれぞれに送電鉄塔を備えており，物理的に分離した設計としている（第 2.2.3-1 図参照）。【設置許可基準規則第 33 条 第 5 項 解釈 5】



第 2.2.3-1 図 送電線ルート

なお、女川原子力発電所に接続する送電線等には、第2.2.3-2図のとおり、発電所構外において接近・交差・併架する箇所が7箇所（①～⑦）ある。



第 2. 2. 3-2 図 送電線の接近・交差・併架箇所

女川原子力発電所に接続する送電線等の接近・交差・併架箇所の状況は、第2.2.3-1表のとおり。

第2.2.3-1表 送電線の接近・交差・併架箇所の状況

区 分	状 況
①交差箇所	・275kV 松島幹線 (No. 3～No. 4) と 66kV 塚浜支線 (No. 6～No. 7) の交差
②接近・交差箇所	・275kV 松島幹線 (No.10) と 275kV 牡鹿幹線 (No.10～No.11) の接近 ・275kV 牡鹿幹線 (No.10) と 275kV 松島幹線 (No. 9～No.10) の接近 ・275kV 松島幹線 (No. 9～No.10) と 66kV 鮎川線 (No.25～No.26) の交差 ・275kV 牡鹿幹線 (No. 9～No.10) と 66kV 鮎川線 (No.26～No.27) の交差
③接近箇所	・275kV 松島幹線 (No.26) と 275kV 牡鹿幹線 (No.29～No.30) の接近 ・275kV 牡鹿幹線 (No.29) と 275kV 松島幹線 (No.25～No.26) の接近
④接近箇所	・275kV 松島幹線 (No.27) と 66kV 万石線 (No.77～No.78) の接近
⑤接近・交差箇所	・275kV 松島幹線 (No.28) と 275kV 牡鹿幹線 (No.30～No.31) の接近 ・275kV 松島幹線 (No.29) と 275kV 牡鹿幹線 (No.32～No.33) の接近 ・275kV 牡鹿幹線 (No.33) と 275kV 松島幹線 (No.29～No.30) の接近 ・275kV 松島幹線 (No.28～No.29) と 66kV 万石線 (No.75～No.76) の交差 ・275kV 牡鹿幹線 (No.32～No.33) と 66kV 万石線 (No.73～No.74) の交差
⑥接近・交差箇所	・275kV 牡鹿幹線 (No.72) と 275kV 松島幹線 (No.75) の接近 ・275kV 松島幹線 (No.75～No.76) と 275kV 牡鹿幹線 (No.71～No.72 または No.72～No.73) の交差
⑦併架箇所	・275kV 松島幹線 (No.82～No.87) と 66kV 万石線 (No.15～No.20) の併架

※「A と B の接近・交差・併架」とは、A の倒壊が B の停電に波及しうる位置関係にあることを示している。

女川原子力発電所に接続する送電線等の接近・交差・併架箇所において、万が一送電線事故が発生した場合における評価は、第2.2.3-2表のとおりであり、いずれの場合も女川原子力発電所への電力供給が継続して可能である。

第2.2.3-2表 送電線の接近・交差・併架箇所の評価結果

区 分	事故線路	事故発生時の評価
①交差箇所	275kV 松島幹線 66kV 塚浜支線	・275kV 松島幹線が倒壊すると、交差する 66kV 塚浜支線に接触し 2 ルートが停電となるが、275kV 牡鹿幹線で供給が可能
②接近・交差 箇所	275kV 松島幹線 66kV 鮎川線	・275kV 松島幹線が倒壊すると、交差する 66kV 鮎川線に接触し 2 ルートが停電となるが、275kV 牡鹿幹線で供給が可能 (275kV 松島幹線の倒壊は、電線張力の影響により、接近する 275kV 牡鹿幹線とは逆方向のため、接触しない)
	275kV 牡鹿幹線 66kV 鮎川線	・275kV 牡鹿幹線が倒壊すると、交差する 66kV 鮎川線に接触し 2 ルートが停電となるが、275kV 松島幹線で供給が可能 (275kV 牡鹿幹線の倒壊は、電線張力の影響により、接近する 275kV 松島幹線とは逆方向のため、接触しない)
③接近箇所	275kV 松島幹線 275kV 牡鹿幹線	・275kV 松島幹線が倒壊すると、接近する 275kV 牡鹿幹線に接触し 2 ルートが停電となるが、66kV 塚浜支線で供給が可能
	275kV 牡鹿幹線	・275kV 牡鹿幹線が倒壊すると、電線張力の影響により、接近する 275kV 松島幹線とは逆方向のため接触することはない、275kV 松島幹線と 66kV 塚浜支線で供給が可能
④接近箇所	275kV 松島幹線	・275kV 松島幹線が倒壊すると、電線張力の影響により、接近する 66kV 万石線とは逆方向のため接触することはない、275kV 牡鹿幹線と 66kV 塚浜支線で供給が可能
⑤接近・交差 箇所	275kV 松島幹線 66kV 万石線	・275kV 松島幹線が倒壊すると、交差する 66kV 万石線に接触し 2 ルートが停電となるが、275kV 牡鹿幹線で供給が可能 (275kV 松島幹線の倒壊は、電線張力の影響により、接近する 275kV 牡鹿幹線とは逆方向のため、接触しない)
	275kV 牡鹿幹線 66kV 万石線	・275kV 牡鹿幹線が倒壊すると、交差する 66kV 万石線に接触し 2 ルートが停電となるが、275kV 松島幹線で供給が可能 (275kV 牡鹿幹線の倒壊は、電線張力の影響により、接近する 275kV 松島幹線とは逆方向のため、接触しない)
⑥接近・交差 箇所	275kV 牡鹿幹線	・275kV 牡鹿幹線が倒壊すると、電線張力の影響により、接近する 275kV 松島幹線とは逆方向のため接触することはない、275kV 松島幹線と 66kV 塚浜支線で供給が可能
	275kV 松島幹線 275kV 牡鹿幹線	・275kV 松島幹線が倒壊すると、交差する 275kV 牡鹿幹線に接触し 2 ルートが停電となるが、66kV 塚浜支線で供給が可能
⑦併架箇所	275kV 松島幹線 66kV 万石線	・併架区間の鉄塔が倒壊すると、併架する 2 ルートが停電となるが、275kV 牡鹿幹線で供給が可能

①交差箇所の状況

第 2. 2. 3-3 図に 275kV 松島幹線と 66kV 塚浜支線の交差箇所の現地状況を示す。



第 2. 2. 3-3 図 ①交差箇所の現地状況

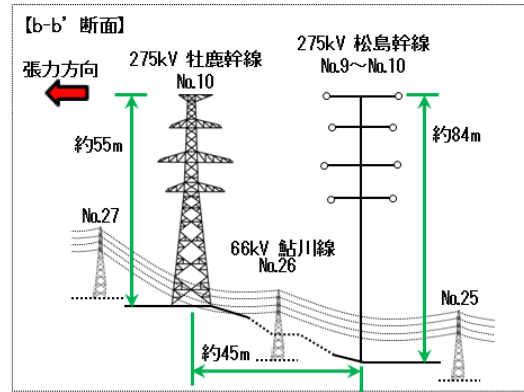
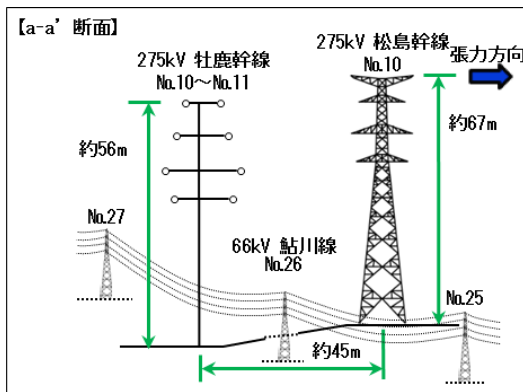
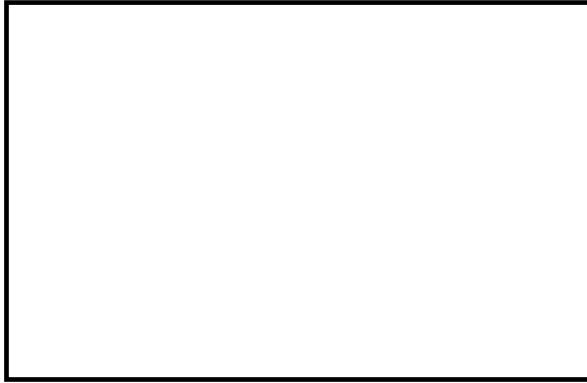
○想定状況 1/1 (交差)

1. 松島幹線No.3 又はNo.4 の鉄塔が倒壊, 松島幹線No.3~No.4 の電線が落下し, 松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.3~No.4 の電線が, 塚浜支線No.6~No.7 の電線と接触し, 塚浜支線が停電する。
3. 牡鹿幹線の 2 回線が残り, 女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

②接近・交差箇所の状況

第 2.2.3-4 図に 275kV 松島幹線, 275kV 牡鹿幹線, 66kV 鮎川線の接近・交差箇所の現地状況を示す。



第 2.2.3-4 図 ②接近・交差箇所の現地状況

○想定状況 1/4 (接近・交差)

1. 松島幹線No.10 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊, 松島幹線No.9 ~No.10 の電線が落下し, 松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.9~No.10 の電線が, 鮎川線No.25~No.26 の電線と接触し, 鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 松島幹線No.10 は, 水平角度による張力方向が牡鹿幹線と逆方向のため, 牡鹿幹線とは接触しない。
4. 牡鹿幹線の 2 回線が残り, 女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為, 公開できません。

○想定状況 2/4 (接近・交差)

1. 牡鹿幹線No.10 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊，牡鹿幹線No.9～No.10 の電線が落下し，牡鹿幹線が停電する。
2. 牡鹿幹線No.9～No.10 の電線が，鮎川線No.26～No.27 の電線と接触し，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 牡鹿幹線No.10 は，水平角度による張力方向が松島幹線と逆方向のため，松島幹線とは接触しない。
4. 松島幹線の 2 回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

○想定状況 3/4 (交差)

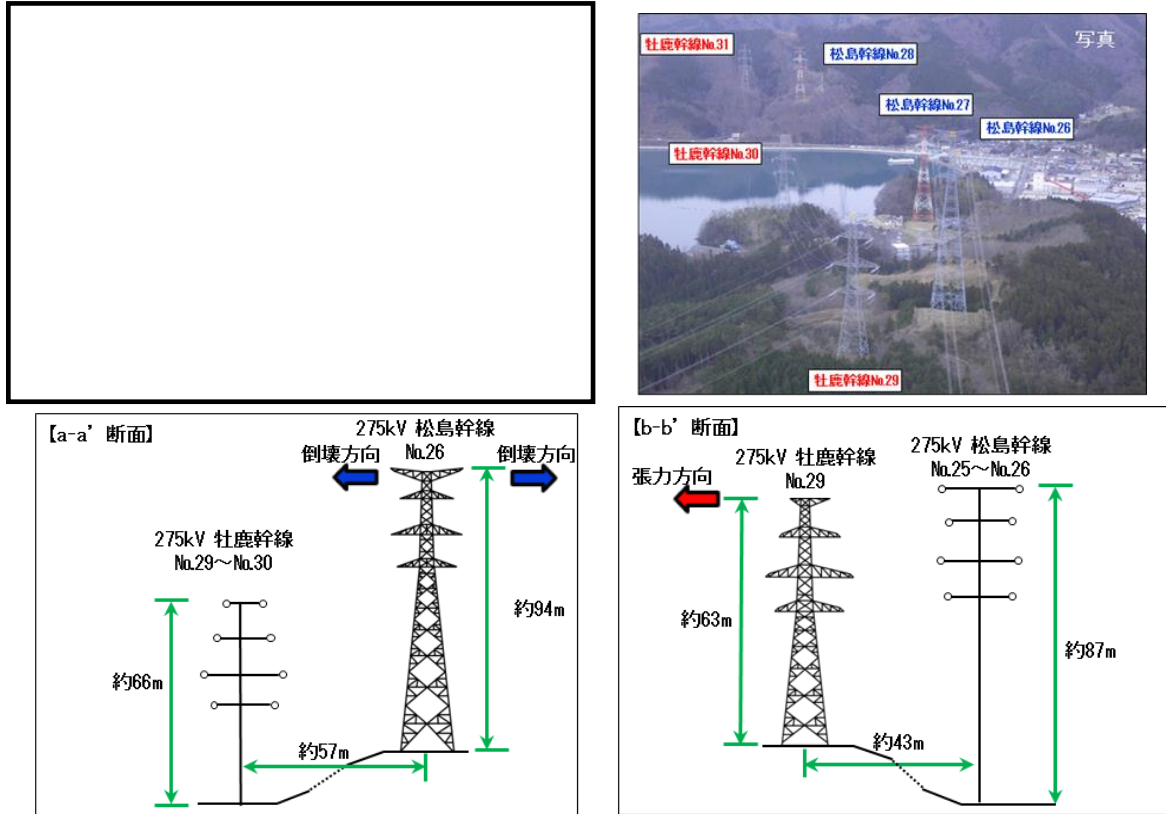
1. 松島幹線No.9 の鉄塔が倒壊，松島幹線No.9～No.10 の電線が落下し，松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.9～No.10 の電線が，鮎川線No.25～No.26 の電線と接触し，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 牡鹿幹線の 2 回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

○想定状況 4/4 (交差)

1. 牡鹿幹線No.9 の鉄塔が倒壊，牡鹿幹線No.9～No.10 の電線が落下し，牡鹿幹線が停電する。
2. 牡鹿幹線No.9～No.10 の電線が，鮎川線No.26～No.27 の電線と接触し，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 松島幹線の 2 回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

③接近箇所の状況

第 2. 2. 3-5 図に 275kV 松島幹線と 275kV 牡鹿幹線の接近箇所の現地状況を示す。



第 2. 2. 3-5 図 ③接近箇所の現地状況

○想定状況 1/2 (接近)

1. 松島幹線No.26 (水平角度による電線張力の影響なし) の鉄塔が倒壊し、松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.26 の鉄塔が牡鹿幹線No.29～No.30 の電線に接触し、牡鹿幹線が停電する。
3. 塚浜支線の 1 回線が残り、女川原子力発電所に電力供給が可能である。

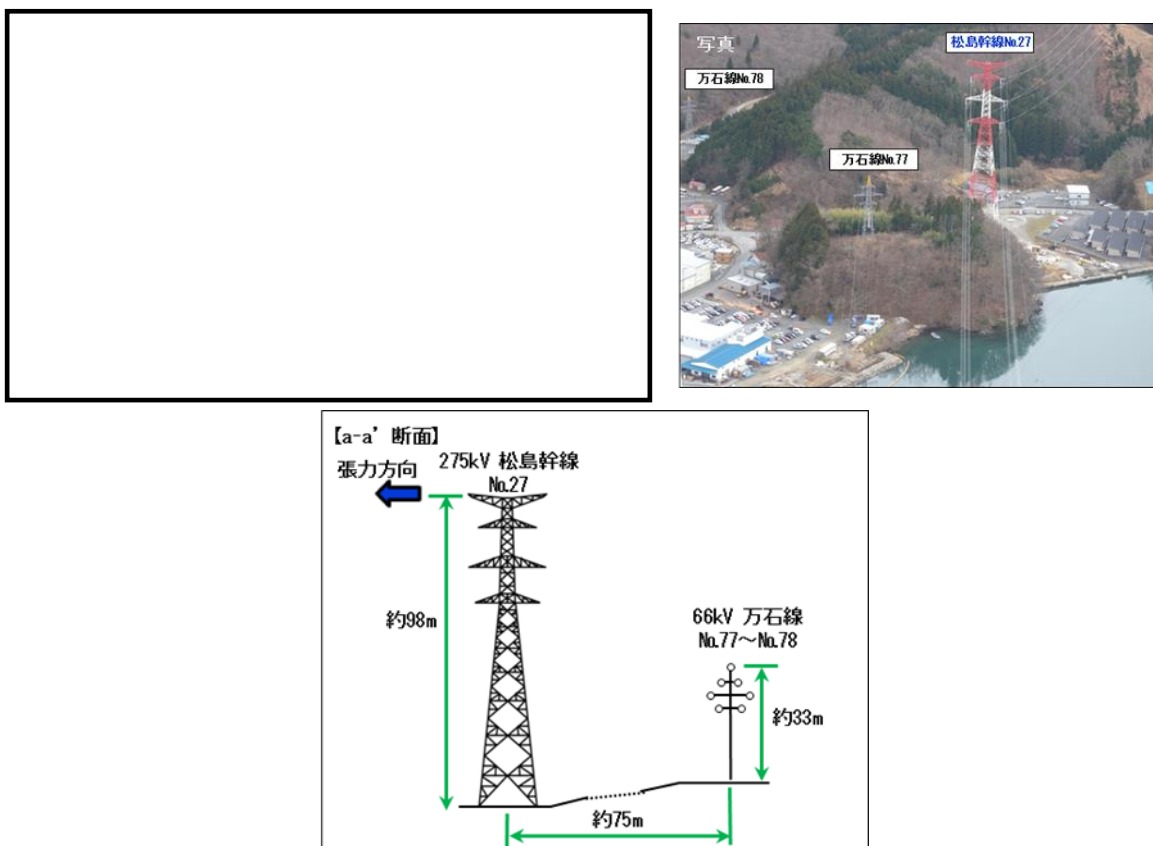
○想定状況 2/2 (接近)

1. 牡鹿幹線No.29 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊し、牡鹿幹線が停電する。
2. 牡鹿幹線No.29 は水平角度による張力方向が松島幹線と逆方向のため、松島幹線とは接触しない。
3. 松島幹線の 2 回線及び塚浜支線の 1 回線が残り、女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

④接近箇所の状況

第2.2.3-6図に275kV松島幹線と66kV万石線の接近箇所の現地状況を示す。



第2.2.3-6図 ④接近箇所の現地状況

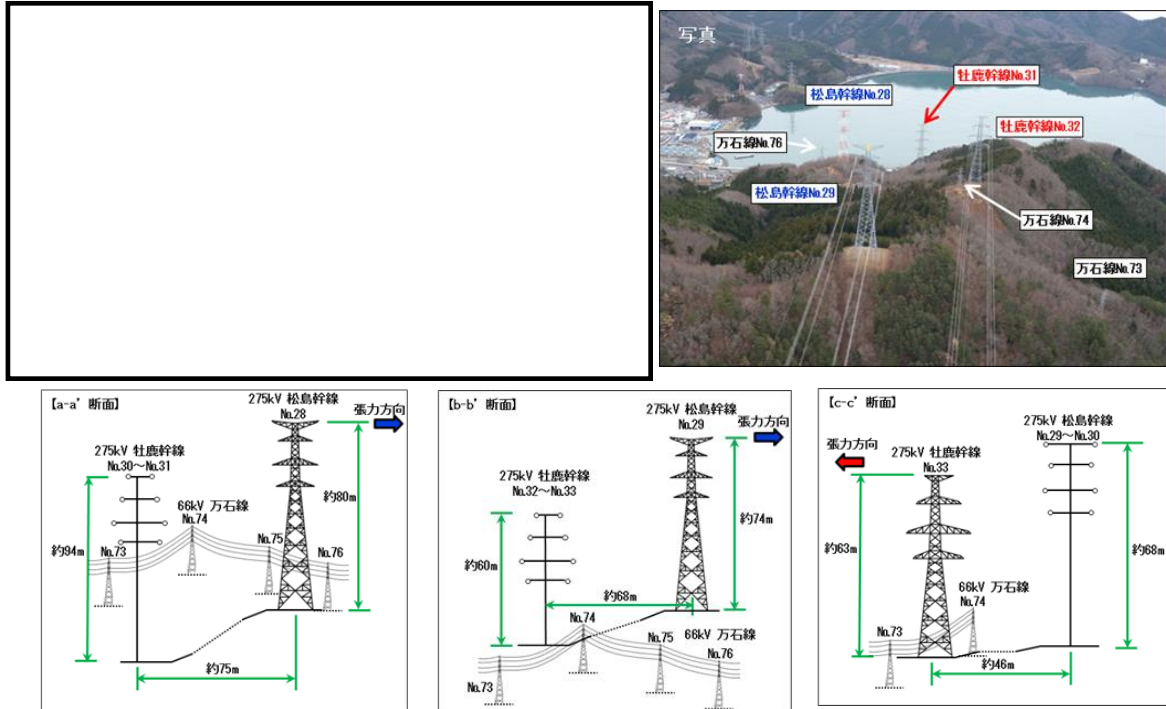
○想定状況 1/1 (接近)

1. 松島幹線No.27 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊し、松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.27 は水平角度による張力方向が万石線と逆方向のため、万石線とは接触しない。
3. 牡鹿幹線の2回線及び塚浜支線の1回線が残り、女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

⑤ 接近・交差箇所の状況

第 2.2.3-7 図に 275kV 松島幹線，275kV 牡鹿幹線，66kV 万石線の接近・交差箇所の現地状況を示す。



第 2.2.3-7 図 ⑤ 接近・交差箇所の現地状況

○ 想定状況 1/4 (接近・交差)

1. 松島幹線No.28 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊，松島幹線No.28～No.29 の電線が落下し，松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.28～No.29 の電線が万石線No.75～No.76 の電線と接触し，万石線，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 松島幹線No.28 は水平角度による張力方向が牡鹿幹線と逆方向のため，牡鹿幹線とは接触しない。
4. 牡鹿幹線の 2 回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為，公開できません。

○想定状況 2/4 (接近・交差)

1. 松島幹線No.29 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊，松島幹線No.28～No.29 の電線が落下し，松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.28～No.29 の電線が万石線No.75～No.76 の電線と接触し，万石線，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 松島幹線No.29 は水平角度による張力方向が牡鹿幹線と逆方向のため，牡鹿幹線とは接触しない。
4. 牡鹿幹線の2回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

○想定状況 3/4 (交差)

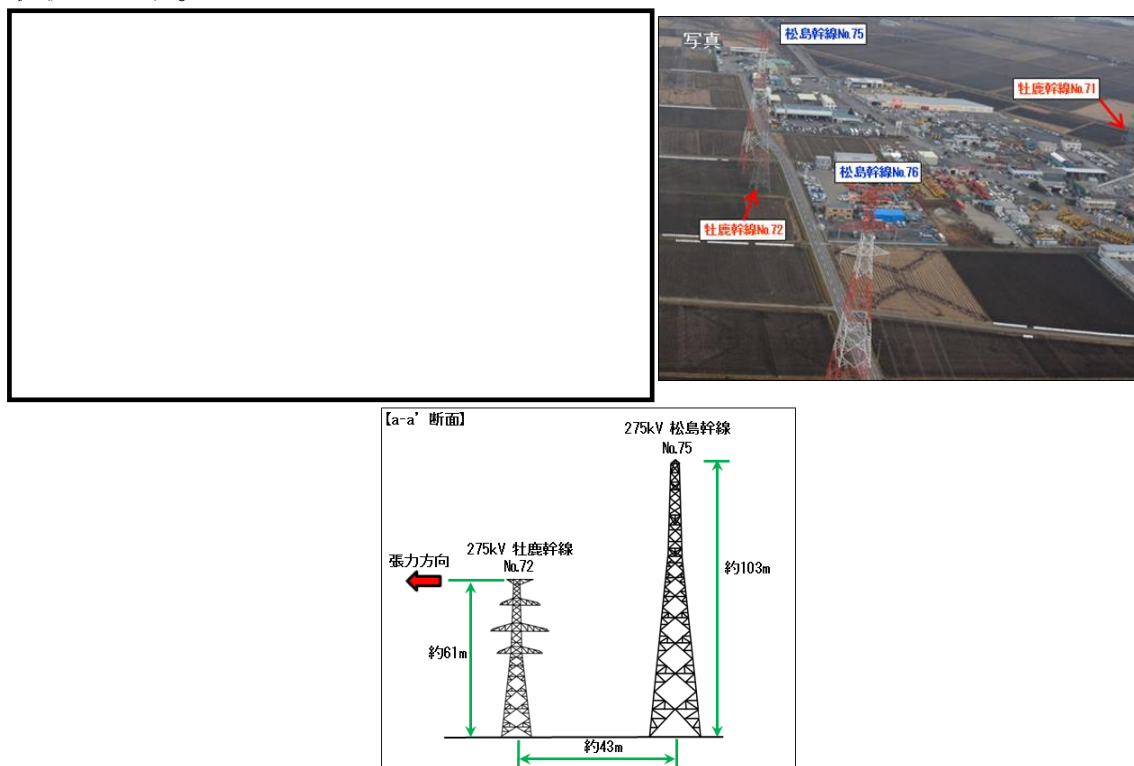
1. 牡鹿幹線No.32 の鉄塔が倒壊，牡鹿幹線No.32～No.33 の電線が落下し，牡鹿幹線が停電する。
2. 牡鹿幹線No.32～No.33 の電線が万石線No.73～No.74 と接触し，万石線，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 松島幹線の2回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

○想定状況 4/4 (接近・交差)

1. 牡鹿幹線No.33 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊，牡鹿幹線No.32～No.33 の電線が落下し，牡鹿幹線が停電する。
2. 牡鹿幹線No.32～No.33 の電線が万石線No.73～No.74 と接触し，万石線，鮎川線及び塚浜支線が停電する。
3. 牡鹿幹線No.33 は水平角度による張力方向が松島幹線と逆方向のため，松島幹線とは接触しない。
4. 松島幹線の2回線が残り，女川原子力発電所に電力供給が可能である。

⑥接近・交差箇所の状況

第 2.2.3-8 図に 275kV 松島幹線と 275kV 牡鹿幹線の接近・交差箇所の現地状況を示す。



第 2.2.3-8 図 ⑥接近・交差箇所の現地状況

○想定状況 1/2 (接近)

1. 牡鹿幹線No.72 の鉄塔が水平角度による張力方向に倒壊し、牡鹿幹線が停電する。
2. 牡鹿幹線No.72 は水平角度による張力方向が松島幹線と逆方向のため、松島幹線とは接触しない。
3. 松島幹線の 2 回線及び塚浜支線の 1 回線が残り、女川原子力発電所に電力供給が可能である。

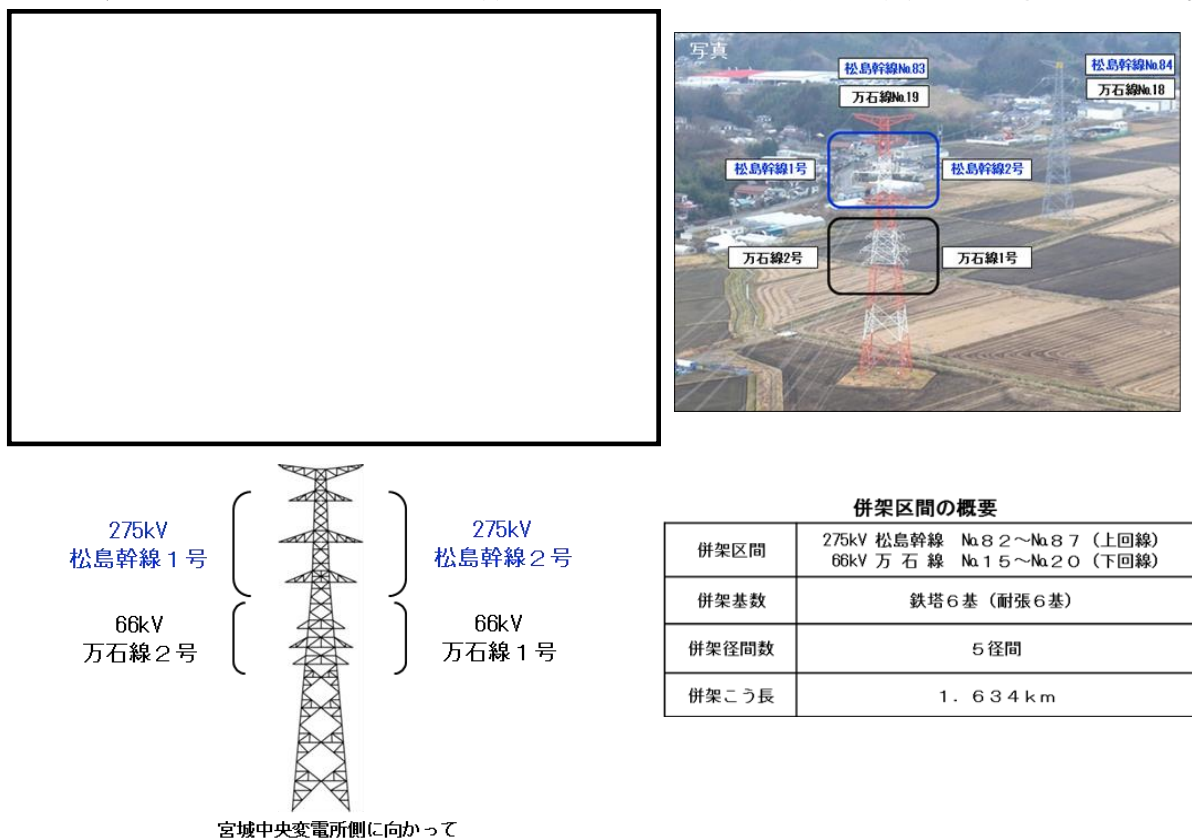
○想定状況 2/2 (交差)

1. 松島幹線No.75 又はNo.76 の鉄塔が倒壊、松島幹線No.75～No.76 の電線が落下し、松島幹線が停電する。
2. 松島幹線No.75～No.76 の電線が牡鹿幹線No.71～No.72 またはNo.72～No.73 の電線と接触し、牡鹿幹線が停電する。
3. 塚浜支線の 1 回線が残り、女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

⑦併架箇所の状況

第2.2.3-9図に275kV松島幹線と66kV万石線の併架箇所の現地状況を示す。



第2.2.3-9図 ⑦併架箇所の現地状況

○想定状況 1/1 (併架)

- 併架区間の鉄塔が倒壊し、松島幹線、万石線、鮎川線及び塚浜支線が停電する。
- 牡鹿幹線の2回線が残り、女川原子力発電所に電力供給が可能である。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2.2.3.2 送電線の信頼性向上対策

送電線は、大規模な盛土の崩壊、大規模な地すべり、急傾斜地の崩壊による被害の最小化を図るため、鉄塔基礎の安定性を確保することで、鉄塔の倒壊を防止する設計とする。

過去に発生した設備の被害状況を踏まえて、電気設備の技術基準（第32条）への適合に加え、冬期の着氷雪による事故防止対策を図ることにより、外部電源系からの電力供給が同時に停止することのない設計とする。

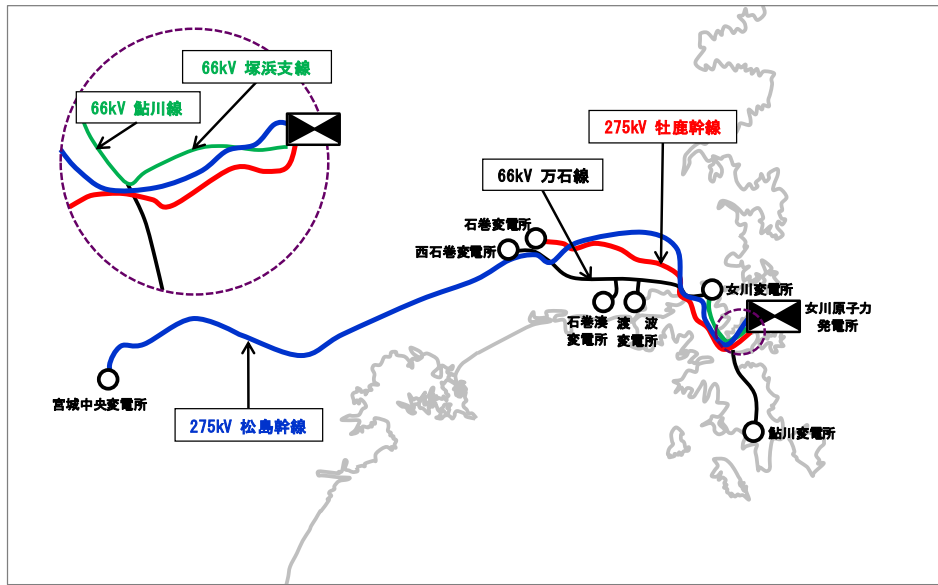
2.2.3.2.1 鉄塔基礎の安定性

一般に、送電線ルートはルート選定の段階から地すべり地域等を極力回避しており、地震による鉄塔敷地周辺の影響による被害の最小化を図っている。また、やむを得ずこのような地域を選定する場合には個別に詳細調査を実施し、基礎の安定性を検討して基礎型を選定する等の対策を実施している。

さらに、女川原子力発電所2号炉に接続する275kV送電線4回線及び66kV送電線1回線については、鉄塔敷地周辺で基礎の安定性に影響を与える盛土の崩壊、地すべり、急傾斜地の土砂崩壊について、図面等を用いた机上調査及び地質専門家による現地踏査を実施し、鉄塔基礎の安定性が確保されていることを確認している。評価対象となる鉄塔基数を第2.2.3-3表に、評価対象線路を第2.2.3-10図に示す。

第2.2.3-3表 基礎の安定性評価対象

発電所	送電線区分	対象線路	鉄塔基数
女川原子力発電所 2号炉	外部電源線	275kV 松島幹線	233基
		275kV 牡鹿幹線	86基
		66kV 塚浜支線	10基
		66kV 鮎川線	70基
		66kV 万石線	77基

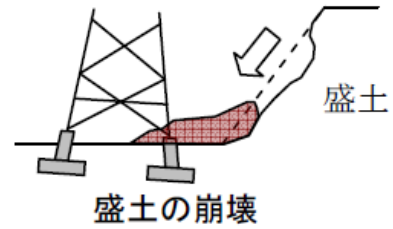


第 2. 2. 3-10 図 基礎の安定性評価対象線路

(1) 評価内容

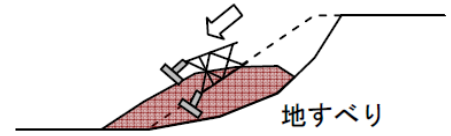
①盛土の崩壊

【リスク】盛土の崩壊に伴う土塊の流れ込みによる鉄塔傾斜，倒壊
→送電鉄塔近傍に大規模な盛土がある箇所を抽出し，リスク評価する。



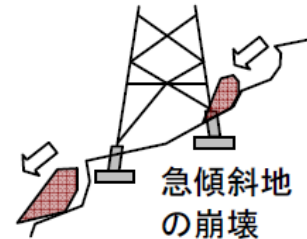
②地すべり

【リスク】鉄塔を巻込んだ地すべりによる鉄塔傾斜，倒壊
→地すべり防止区域，地すべり危険箇所，地すべり地形分布図をもとに地すべり箇所を抽出し，リスク評価する。



③急傾斜地の崩壊

【リスク】地盤崩壊による鉄塔傾斜，倒壊
→急傾斜地（30度以上）で土砂崩壊が発生する可能性がある箇所を抽出し，リスク評価する。



(2) 確認結果

①盛土の崩壊リスク

実測平面図や国土地理院発行の地形図等を使用し、人工的に土地の改変が加えられた箇所を抽出

→275kV 牡鹿幹線 4 基, 66kV 万石線 1 基

→抽出された 5 基について現地踏査等により、現時点では基礎の安定性に問題ないことを確認（第 2.2.3-4 表参照, 詳細は別添 1 を参照）

②地すべりリスク

地すべり防止区域, 地すべり危険箇所, 地すべり地形分布図から対象鉄塔を抽出した後, 空中写真判読により地すべり地形近傍の鉄塔を抽出

→275kV 松島幹線 14 基, 275kV 牡鹿幹線 3 基, 66kV 鮎川線 5 基, 66kV 万石線 2 基

→抽出された 24 基について現地踏査等により、現時点では基礎の安定性に問題ないことを確認（第 2.2.3-4 表参照, 詳細は別添 1 を参照）

③急傾斜地リスク

国土地理院発行の地形図等を使用し、急傾斜を有する斜面が近傍にある鉄塔を抽出

→275kV 松島幹線 41 基, 275kV 牡鹿幹線 21 基, 66kV 塚浜支線 4 基, 66kV 鮎川線 35 基, 66kV 万石線 17 基

→抽出された 118 基について現地踏査等により、現時点では基礎の安定性に問題ないことを確認（第 2.2.3-4 表参照, 詳細は別添 1 を参照）

第 2.2.3-4 表 基礎の安定性評価結果

対象線路	対象基数	現地踏査基数			崩壊防止対策等の追加対策が必要な基数
		盛土の崩壊	地すべり	急傾斜地の崩壊	
275kV 松島幹線	233 基	0 基	14 基	41 基	0 基
275kV 牡鹿幹線	86 基	4 基	3 基	21 基	0 基
66kV 塚浜支線	10 基	0 基	0 基	4 基	0 基
66kV 鮎川線	70 基	0 基	5 基	35 基	0 基
66kV 万石線	77 基	1 基	2 基	17 基	0 基
5 線路	476 基	5 基	24 基	118 基	0 基

*基礎の安定性評価以降も巡視及び点検を実施しており、基礎の安定を脅かす兆候（亀裂等）がないことを確認している。

2.2.3.2.2 送電線の接近・交差・併架箇所の共倒れリスク

送電線の接近・交差・併架箇所（第 2.2.3-2 図）に記載のとおり，女川原子力発電所に接続する送電線等には接近・交差・併架箇所が 7 箇所あるが，地形評価に加え，送電線相互の位置関係，気象状況から 3 ルートが共倒れするリスクは極めて低いと判断している。

(1) 地形評価

第 2.2.3-5 表の評価より，盛土崩壊，急傾斜地の崩壊，地すべり等，将来的にも鉄塔斜面の安定性が損なわれる可能性は低い。

第 2.2.3-5 表 地形評価結果

評価項目	主な評価項目	評価結果
盛土の崩壊	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土の状況 ・鉄塔と盛土の距離 ・崩壊跡の有無 	図面等を用いた机上調査の結果抽出された 5 基を対象に，現地踏査による評価の結果，基礎の安定性に影響はない。
地すべり	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり地形（地形・地質・変状） ・鉄塔と地すべり地形の距離 ・露岩分布 ・移動土塊の状況 ・地表面の変状の有無 ・地すべり地形の明瞭度 	図面等を用いた机上調査の結果抽出された 24 基を対象に，現地踏査による評価の結果，基礎の安定性に影響はない。
急傾斜地の崩壊	<ul style="list-style-type: none"> ・急斜面地形（地質・斜度・斜面変状） ・鉄塔と急傾斜地の距離 ・崩壊跡の有無 	図面等を用いた机上調査の結果抽出された 118 基を対象に，現地踏査による評価の結果，基礎の安定性に影響はない。

(2) 送電線相互の位置関係の評価

275kV 松島幹線，275kV 牡鹿幹線，66kV 塚浜支線，66kV 鮎川線，66kV 万石線の各線路において，地形評価で基礎の安定性が損なわれる可能性が低いことを確認しているが，万一，斜面崩壊を仮定した場合でも，3 ルートが共倒れとなる箇所はないことを確認している。

(3) 気象状況の評価

台風の影響について、当該地区は、JEC-127-1979「送電用支持物設計標準」における基準速度圧の地域区分が高温季、低温季共に、第 2.2.3-6 表に示す地域区分VIの地域であり、地域別の 50 年再現期間風速値が特に高い地域ではない。また、雪の影響については、経過地に応じて電線への着雪厚さを個別に評価し対策を実施している。

第 2.2.3-6 表 基準速度圧地域区分

地域区分	基準速度圧
I	240 kgf/m ²
II	200 kgf/m ²
III	175 kgf/m ²
IV	150 kgf/m ²
V	125 kgf/m ²
VI	100 kgf/m ²

2.2.3.2.3 送電線の風雪対策について

(1) 設備対策面


a. 風に対する設備対策

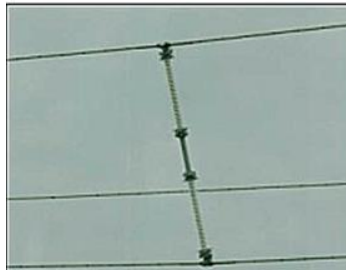

電気設備の技術基準（解釈）に基づく甲種風圧荷重（風速 40m/s）および乙種風圧荷重（架渉線の周囲に厚さ 6mm 又は 9mm，比重 0.9 の氷雪が付着した状態に対し，甲種風圧荷重の 0.5 倍を基礎として計算したもの）を考慮している。

b. 雪に対する設備対策

上記の荷重に加えて，275kV 松島幹線および 275kV 牡鹿幹線の全区間ならびに 66kV 塚浜支線，66kV 鮎川線および 66kV 万石線の一部区間については，これまでの雪害事故実績を踏まえ耐雪強化対策として，電線への湿型着雪荷重（経過地により架渉線の周囲に厚さ 20mm～40mm，密度 0.6g/cm³ の雪）を考慮している。

更に，重着雪，ギャロッピングを防止するため，雪害防止対策品を設置し，信頼性向上を図っている。女川原子力発電所に接続する送電線等に採用している雪害防止対策品とその役割は第. 2. 3-11 図のとおり。

難着雪リング	ヒレ付電線・地線	ねじれ防止ダンパ
		
電線・地線にリングを一定間隔で取り付け、電線・地線のよりに沿って滑る着雪をさえぎり、雪の回り込みによる着雪の発達を防止する。	アルミ線を圧縮してよりあわせた電線・地線の最外層の1本にヒレを取り付け、雪の回り込みによる着雪の発達を防止する。	電線・地線におもりを取り付けてねじれ剛性を高め、電線・地線の回転による着雪の発達を防止する。

相間スペーサ	ルーズスペーサ
	
電線間に絶縁性のスペーサを取り付け、電線の動揺を抑制するとともに、電線間の接触を防止する。 (主に 154kV 以下の単導体線路)	素導体把持部の半分が自由回転することで、揚力特性が変化し、ギャロッピングを抑制する。 (主に 275kV 以上の多導体線路)

第 2. 2. 3-11 図 雪害防止対策品とその役割

○雪害防止対策品の線路別採用状況

女川原子力発電所に接続する送電線等への線路別の雪害防止対策品採用状況は第 2. 2. 3-7 表のとおり。

第 2. 2. 3-7 表 雪害防止対策品採用状況

線路名	雪害防止対策品				
	難着雪 リング	ヒレ付 電線・地線	ねじれ防止 ダンパ	相 間 スペーサ	ル ー ズ スペーサ
275kV 松島幹線	○	○	○	—	○
275kV 牡鹿幹線	○	○	○	—	○
66kV 塚浜支線	○	○	○	○	—
66kV 鮎川線	○	○	○	○	—
66kV 万石線	○	○	○	○	—

※電線若しくは地線への採用状況を示す。

(2) 保守管理面

発電所に接続するすべての送電線に対し、送電設備全般を対象とした定期的な普通巡視を実施し設備の異常兆候の把握に努めている。また、大雨・地震後等に必要に応じて行う予防巡視により、送電鉄塔の安定性に影響がないことを確認している（第2.2.3-8表参照）。

第 2. 2. 3-8 表 巡視・点検の頻度

保守管理		頻 度
巡視	普通巡視	2 回／年
	予防巡視	必要の都度（大雨・地震後等）
点検	定期点検	1 回／10 年
	臨時点検	必要の都度

(補足)

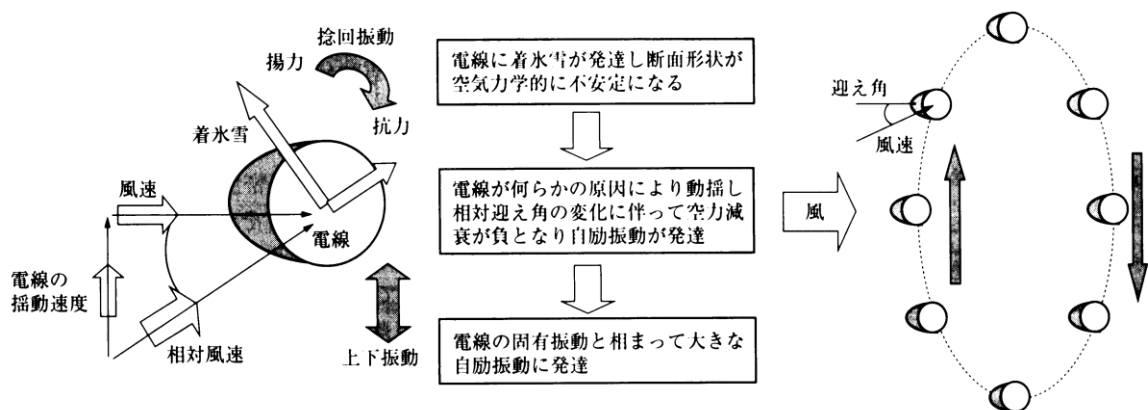
＜ギャロッピングによる電気事故発生状況＞

電線への着氷雪が翼状に形成された時、その形状と強風条件が重なることで電線が動揺するギャロッピングが発生し、その振幅が非常に大きくなると電線が互いに接近・接触して電気事故が発生する。

平成 21 年 2 月に万石線 No.57～No.58 及び No.65～No.66 においてギャロッピングによる電気事故が発生しており、対策として平成 21 年 5 月に相間スペーサを設置、それ以降は万石線でのギャロッピングによる電気事故は発生していない。

また、過去 20 年間、他の送電線でギャロッピングによる電気事故は発生していないが、ギャロッピングの未然防止のため、相間スペーサやルーズスペーサによる設備対策を図っている。

＜ギャロッピング発生のメカニズム＞



出典:電気協同研究第 65 巻第 3 号「自然災害に対する架空送電技術」

2.2.4 複数号炉を設置する場合における電力供給確保

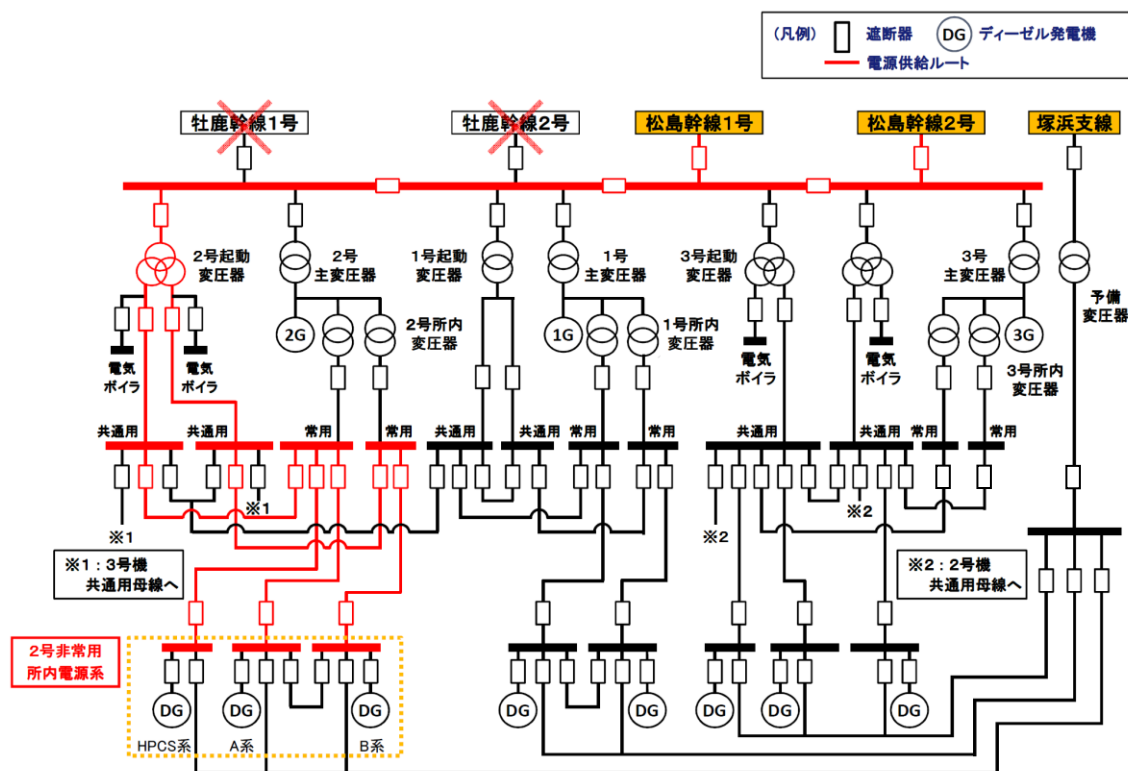
2.2.4.1 電線路が2回線喪失した場合の電力の供給

女川原子力発電所に接続する275kV送電線及び66kV送電線は、1回線で2号炉の停止に必要な電力を供給できる容量があり、275kV送電線4回線はタイラインで接続されていることから、いかなる2回線が喪失しても、原子炉を安全に停止するための電力を他の275kV送電線及び66kV送電線から受電できる設計とする。

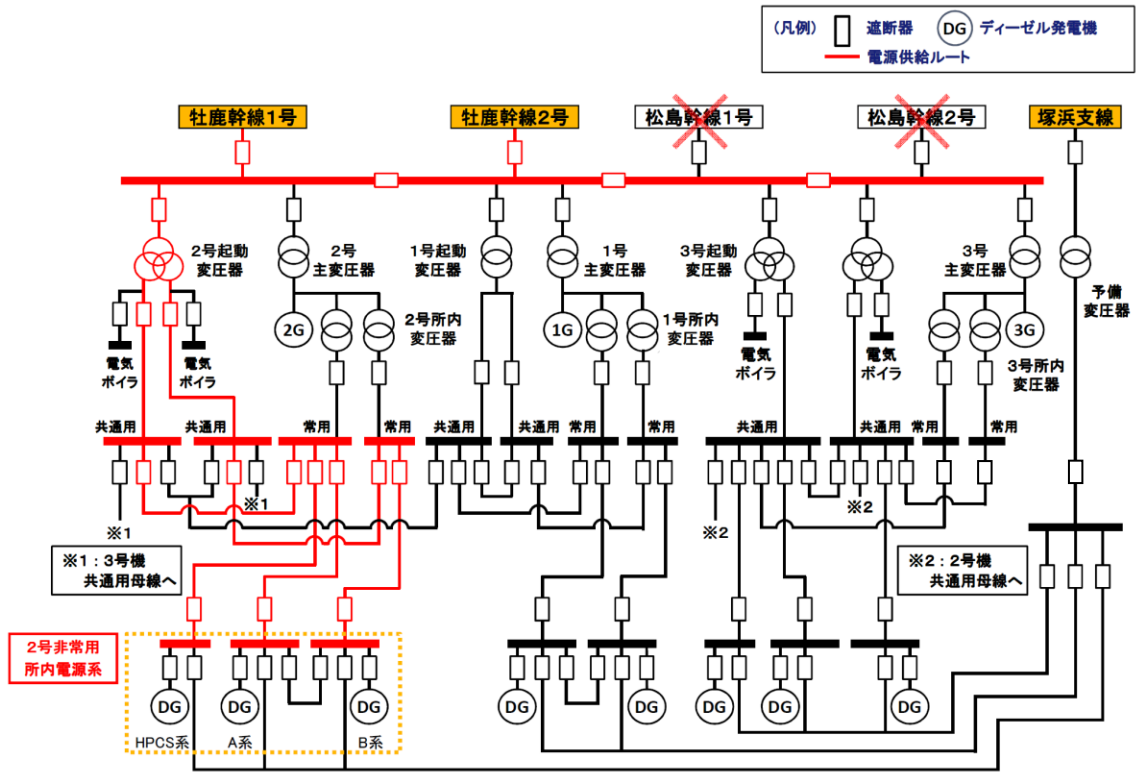
【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

2.2.4.1.1 2回線喪失時の電力供給継続

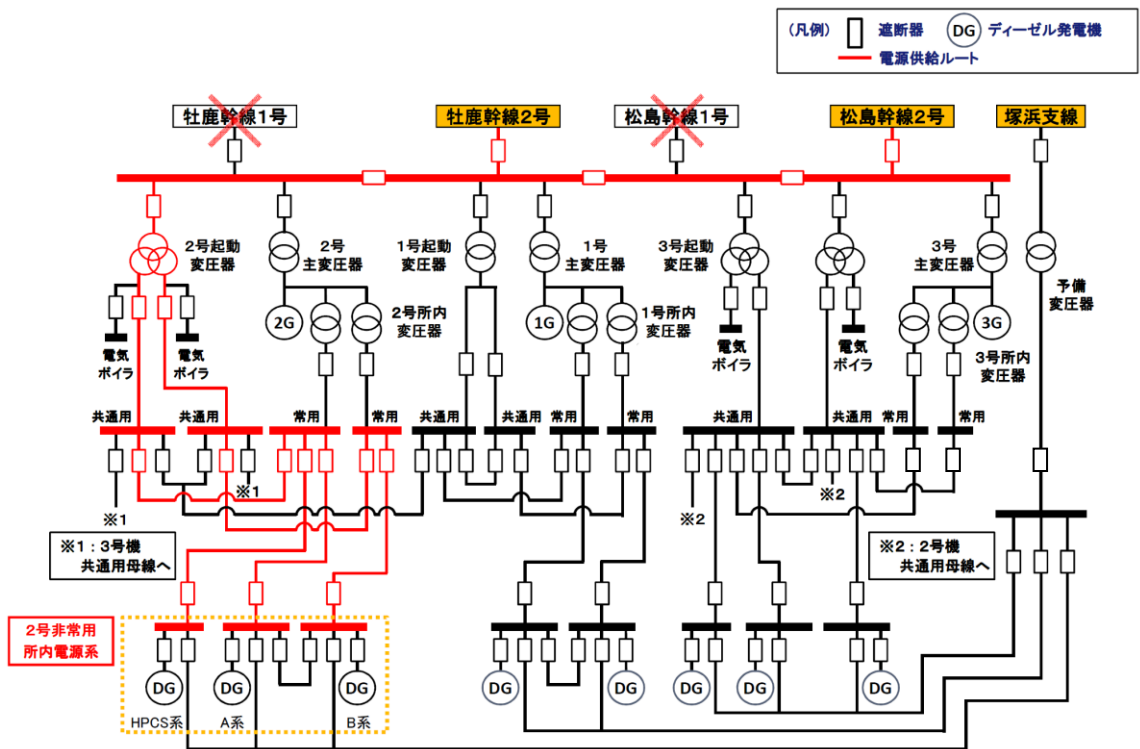
第2.2.4-1図～第2.2.4-4図に、いずれかの2回線が喪失した場合における非常用母線への電力供給を示す。



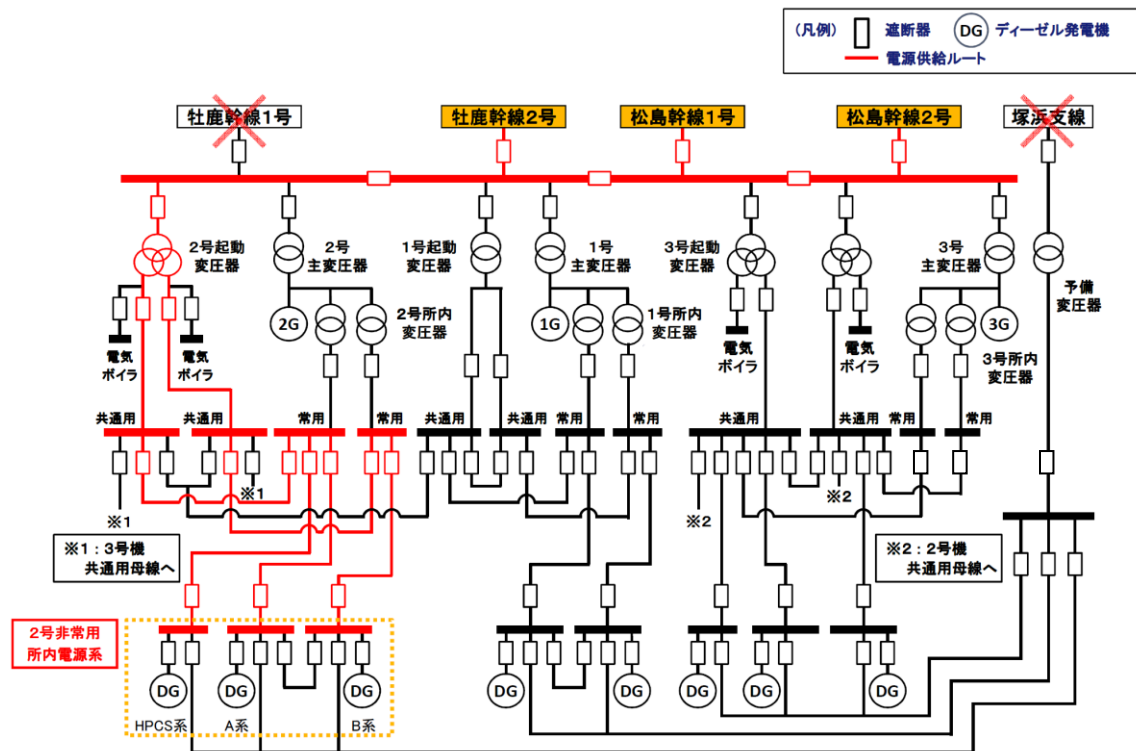
第2.2.4-1図 275kV 牡鹿幹線2回線電源喪失時の電源供給



第 2. 2. 4-2 図 275kV 松島幹線 2 回線電源喪失時の電源供給



第 2. 2. 4-3 図 275kV 牡鹿幹線 1 回線 (1 号) 及び松島幹線 1 回線 (1 号) 電源喪失時の電源供給

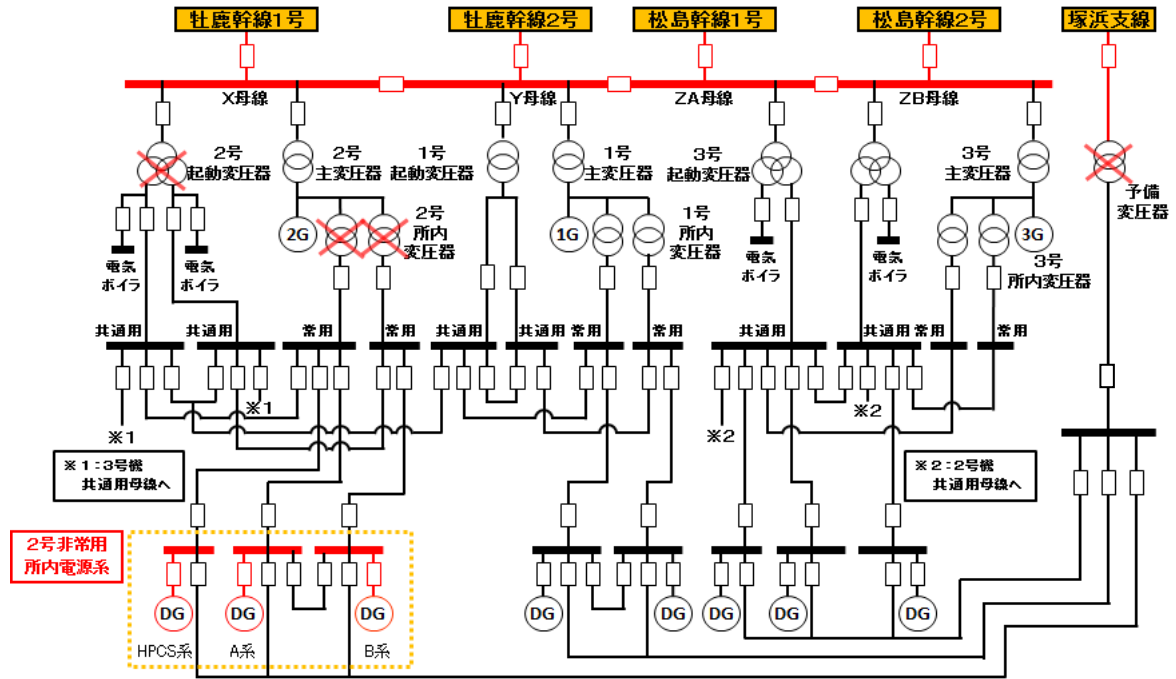


第 2. 2. 4-4 図 275kV 牡鹿幹線 1 回線 (1 号) 及び塚浜支線 1 回線
電源喪失時の電源供給

2.2.4.1.2 変圧器多重故障時の電力供給

変圧器多重故障等により、275kV送電線4回線及び66kV送電線1回線から受電できない場合は、非常用高圧母線が常用高圧母線から受電できなくなるため、発電用原子炉を安全に停止するために必要な所内電力は非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機から受電する。

第2.2.4-5図に、変圧器多重故障時の非常用高圧母線への電力供給を示す。



第2.2.4-5図 所内変圧器，起動変圧器及び予備変圧器故障時の電力供給

2.2.4.1.3 外部電源受電設備の設備容量について

女川原子力発電所は、275 kV 送電線（275 kV 牡鹿幹線及び 275 kV 松島幹線）2 ルート 4 回線及び 66 kV 送電線（66 kV 塚浜支線（66kV 鮎川線 1 号を一部含む））1 ルート 1 回線で電力系統に連系している。

非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。

- ① 通常時、所内変圧器から受電する。
- ② 所内変圧器から受電できない場合、起動変圧器へ自動切替えが可能。275kV 開閉所にある GIS を介し、起動変圧器にて 6.9kV へ降圧し、受電する。
- ③ 所内変圧器及び起動変圧器から受電できない場合、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機からの受電に自動切替え。
- ④ 非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機等が使用できない場合、予備変圧器からの受電に切替え。66kV GIS を介し、予備変圧器にて 6.9kV に降圧し、受電する。

それぞれの送電線及び変圧器は、第2.2.4-1表に示す原子炉を安全に停止するために必要な電力を受電し得る容量を有している（第2.2.4-2表参照）。【設置許可基準規則第33条 第4項】

第 2.2.4-1 表 原子炉を安全に停止するために必要となる電力

		275 kV 松島幹線 (2 回線)		
		275 kV 牡鹿幹線 (2 回線)		
		66 kV 塚浜支線 (1 回線)		
非常用 ディーゼル 発電機容量	号炉	1 号	2 号	3 号
	1 台分容量	5.625MVA	7.625MVA	7.625MVA
必要容量		20.875MVA		

第 2.2.4-2 表 送電線及び変圧器の設備容量

	牡鹿幹線 (2回線)	松島幹線 (2回線)	塚浜支線 (1回線)
送電線 容量	約1,548MW/回線 (>20.875MVA) (約1,629MVA/回線 ^{※1}) (1号炉, 2号炉及び3号炉共用 ^{※2})	約1,078MW/回線 (>20.875MVA) (約1,134MVA/回線 ^{※1}) (1号炉, 2号炉及び3号炉共用 ^{※2})	約49MW (>20.875MVA) (約51MVA/回線 ^{※1}) (1号炉, 2号炉及び3号炉共用 ^{※2})
変圧器 容量	2号起動変圧器		予備変圧器 (1号炉, 2号炉及び3号炉共用 ^{※2})
	40MVA (>7.625MVA)		25MVA (>20.875MVA)

※1 力率 0.95 で MVA に換算した。

※2 共用：安全施設（重要安全設備は除く。）については、電気事故の波及的影響を防止する観点から遮断器を設けており、電気的分離を実施し、発電用原子炉施設の安全性を損なわないものとしている。

2.2.4.2 受送電設備の信頼性

275kV 開閉所、66kV 開閉所及びケーブル洞道等は十分な支持性能を持つ地盤に設置した上で、遮断器等の機器については耐震性の高い機器を使用する設計とする。

275kV 開閉所及び 66kV 開閉所は津波の影響を受けない敷地高さに設置するとともに、塩害を考慮する設計とする。

2.2.4.2.1 開閉所設備等の耐震性評価について

275kV開閉所、66kV開閉所及びケーブル洞道等の基礎構造は、直接基礎構造又は杭基礎構造であり、1.0Ciの地震力に対し不等沈下、傾斜又はすべりがおきないような地盤に設置していることから、十分な支持性能を確保しており、耐震クラスCを満足している。

発電所内の開閉所の遮断器は耐震クラスCを満足するGIS及びガス遮断器を使用している（第2.1.4-6図参照）。

開閉所の電気設備及び変圧器については、経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所等の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の地震対策について（指示）」（平成23・06・07原院第1号）に基づき、JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」による耐震評価を実施することにより、耐震裕度を有する設計とする。（平成23年7月7日報告）【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】



第 2.1.4-6 図 開閉所設備外観

(1) 女川原子力発電所開閉所設備等の耐震性評価

平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震による揺れで、東京電力株式会社福島第一原子力発電所内の開閉所における空気遮断器等に損傷が発生したことを受け、経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所等の外部電源の信頼性確保に係る開閉所等の地震対策について（指示）」（平成23・06・07原院第1号）に基づき、開閉所等の電気設備の耐震性に関する評価を行った。

評価の結果、開閉所等の電気設備について、過去の大規模地震を考慮しても、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性が低いことを確認した。

(2) 評価対象設備

当社原子力発電所における、福島第一原子力発電所の1号機及び2号機の遮断器等と同様の開閉所設備について影響評価を行った。

また、開閉所設備で受電した後に電圧を変換する変圧器についても、地震による倒壊、損傷に関する評価を行った。

(3) 開閉所設備等の影響評価手法

福島第一原子力発電所で観測された地震記録の応答スペクトルにおいて、開閉所設備の固有周波数帯である0.5～10Hz程度に比較的大きな地震の揺れが確認されている。

このため、従来より地震応答スペクトルとそれに対する機器の共振も考慮したJEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」による評価手法により、機器の設計上の裕度（当該部位の許容応力／各部位の発生応力の値）を確認した。

開閉所設備については、機器下端に 3m/s^2 の共振正弦3波（地表面への 3m/s^2 共振正弦2波入力相当）を入力し、動的評価を実施している。裕度が1.3*以上であれば、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性は低いと考えられる。

また、変圧器設備については地震と共振する可能性が小さいことから、 5m/s^2 の静的入力で倒壊しない（基礎ボルトがせん断しない）ことを評価している。

(4) 耐震性評価結果

評価の結果、女川原子力発電所における評価対象設備について、以下のとおり、今回設定した指標をすべて満足していることを確認した（第2.2.4-3表及び第2.2.4-7図参照）。

なお、機器の構造変更等は実施していないため、本評価は現在も有効である。

*:地表面への共振正弦2波入力に相当する加速度応答倍率4.7（過去の大規模地震データの約93%を包絡する値）と地表面への共振正弦3波入力に相当する加速度応答倍率6.1の比

第 2.2.4-3 表 開閉所設備／変圧器設備の評価結果

《開閉所設備》

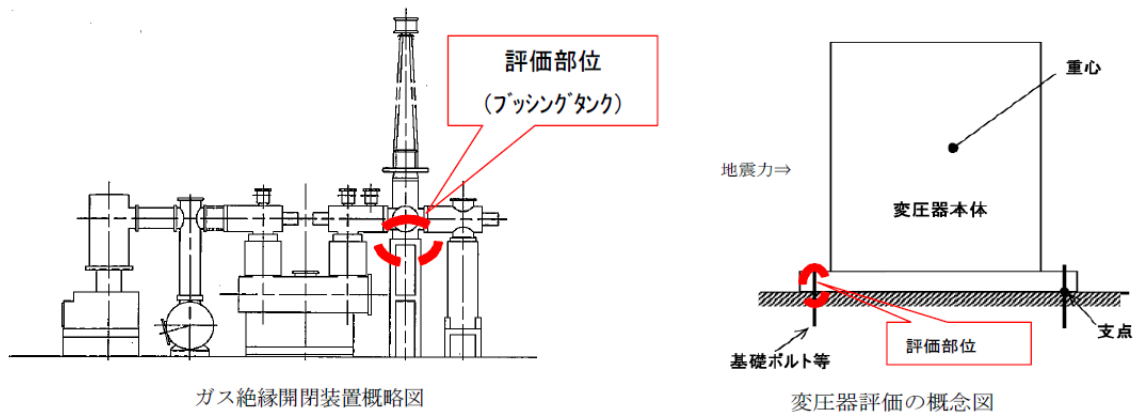
発電所	号機	電圧階級	設備仕様	裕度※	評価部位※
女川原子力	1～3号機	275kV	GIS	2.72	ブッシングタンク
発電所	1～3号機	66kV	GIS	1.33	ブッシング架台

※裕度の最も小さい値とその評価部位を記載

《変圧器設備》

発電所	号機	電圧階級	設備仕様	裕度	評価部位
女川原子力	2号機	275kV/6.9kV	起動変圧器	16.09	基礎溶接部
発電所	1～3号機	66kV/6.9kV	予備変圧器	1.91	基礎ボルト

(参考) 評価対象設備と評価部位の例



第 2.2.4-7 図 開閉所設備／変圧器設備の評価部位例

2.2.4.2.2 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性

(1) 送電設備の碍子の耐震性

女川原子力発電所に接続する送電線等の支持碍子について、以下のとおり耐震化対策を実施した。対象線路毎の耐震化対策の状況を第 2.2.4-4 表に示す。

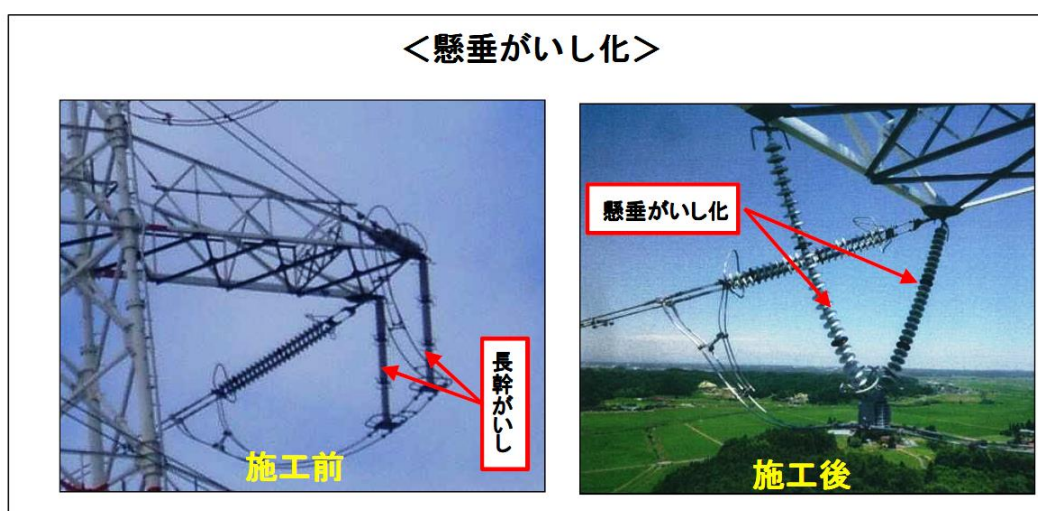
【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

- ・ 275kV の送電線で支持碍子に長幹碍子を使用していた鉄塔では、第 2.2.4-8 図のとおり、可とう性のある懸垂碍子に取替えを実施した。
- ・ 66kV の送電線で支持碍子がある鉄塔では、第 2.2.4-9 図のとおり、ロックピン式の免震金具の取付けを実施した。

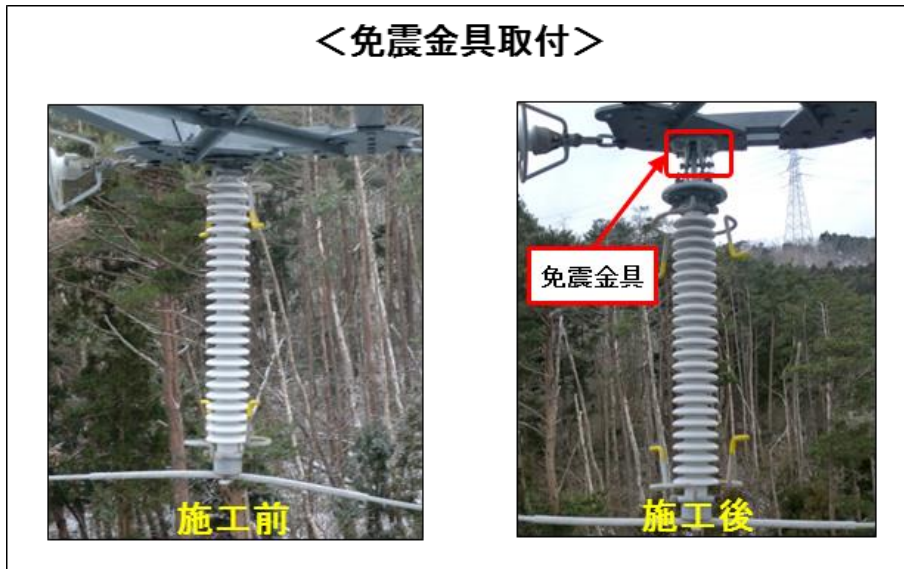
第 2.2.4-4 表 対象線路毎の対策状況

対象線路	支持碍子の耐震化対策	
	懸垂碍子化	免震金具取付
275kV 松島幹線	3 基 (9 相) (H23.7 完了)	-----
66kV 塚浜支線	-----	1 基 (2 個) (H24.1 完了)
66kV 鮎川線	-----	5 基 (27 個) (H24.2 完了)
66kV 万石線	-----	18 基 (125 個) (H24.2 完了)
合 計	3 基 (9 相)	24 基 (154 個)

※ 275kV 牡鹿幹線には耐震化対策を要する支持碍子はない。



第 2.2.4-8 図 懸垂碍子化の施工状況



第 2. 2. 4-9 図 免震金具取付の施工状況

(2) 変電所の耐震性

第 2. 2. 4-10 図のとおり，宮城中央変電所(500kV, 275kV)，石巻変電所(275kV)は GIS を採用し，女川変電所(66kV)はガス絶縁複合開閉器 (GCS) を採用している。

GIS, GCS は JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」に基づいて設計を行っている。【設置許可基準規則第 33 条 第 3 項 解釈 1】



第 2. 2. 4-10 図 変電所の GIS, GCS

2.2.4.2.3 開閉所基礎の設置地盤の支持性能について

(1) 275kV開閉所（松島幹線）

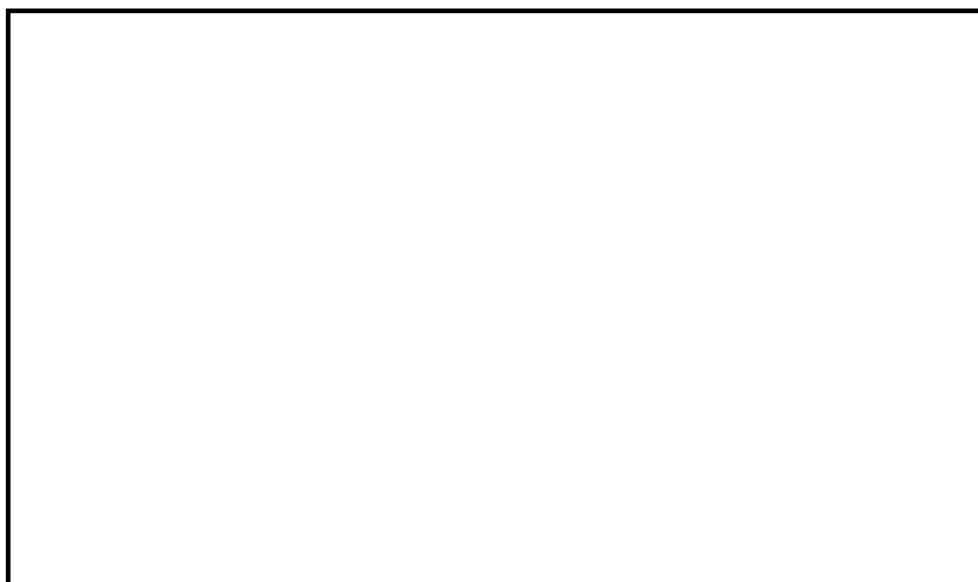
275kV 開閉所（松島幹線）は、杭基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-5 表に 275kV 開閉所（松島幹線）の支持性能評価結果、第 2.2.4-11 図に 275kV 開閉所（松島幹線）位置、第 2.2.4-12 図に 275kV 開閉所（松島幹線）基礎構造を示す。

第 2.2.4-5 表 275kV 開閉所（松島幹線）基礎の支持性能評価結果

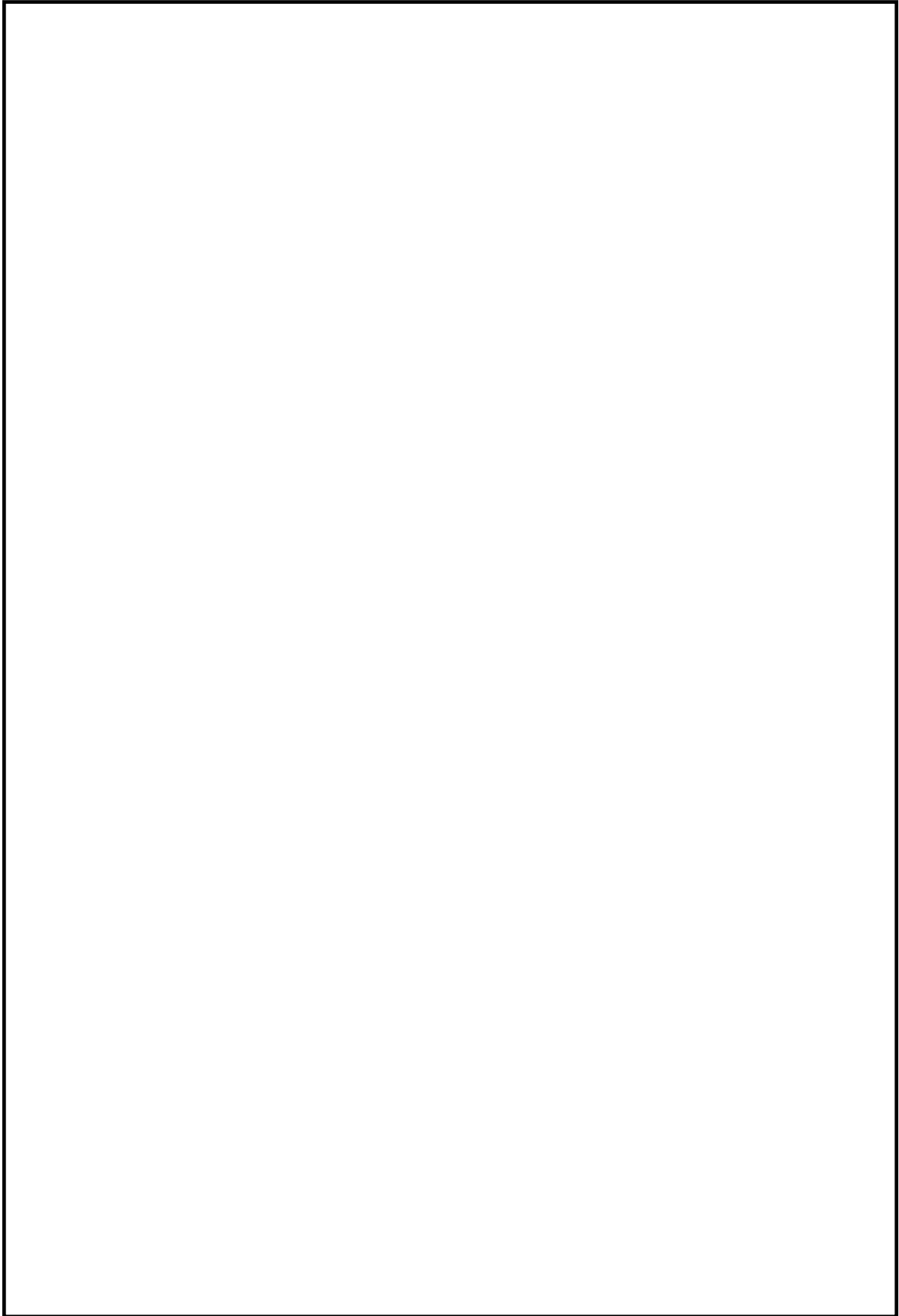
照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	940kN/本	1,488kN/本	○

*1 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-11 図 275kV 開閉所（松島幹線）位置図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。



第2.2.4-12図 275kV開閉所（松島幹線）基礎構造図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(2) 275kV開閉所（牡鹿幹線）

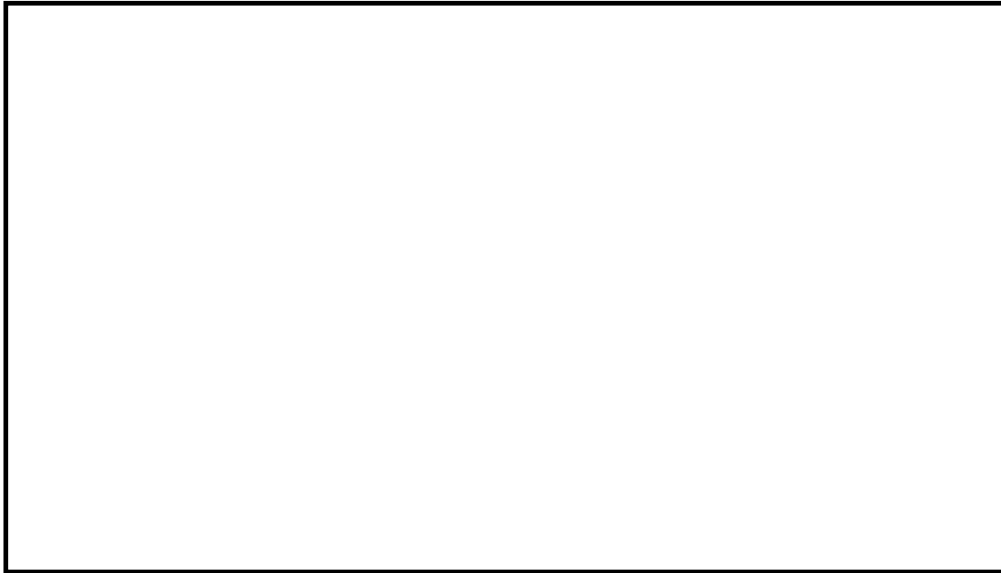
275kV 開閉所（牡鹿幹線）は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第2.2.4-6表に275kV開閉所（牡鹿幹線）の支持性能評価結果，第2.2.4-13図に275kV開閉所（牡鹿幹線）位置，第2.2.4-14図に275kV開閉所（牡鹿幹線）基礎構造を示す。

第 2. 2. 4-6 表 275kV 開閉所（牡鹿幹線）基礎の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	447kN/m ²	1,961kN/m ²	○

*1 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.2.4-13図 275kV開閉所（牡鹿幹線）位置図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。



第2.2.4-14図 275kV開閉所（牡鹿幹線）基礎構造図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(3) 66kV開閉所（塚浜支線）

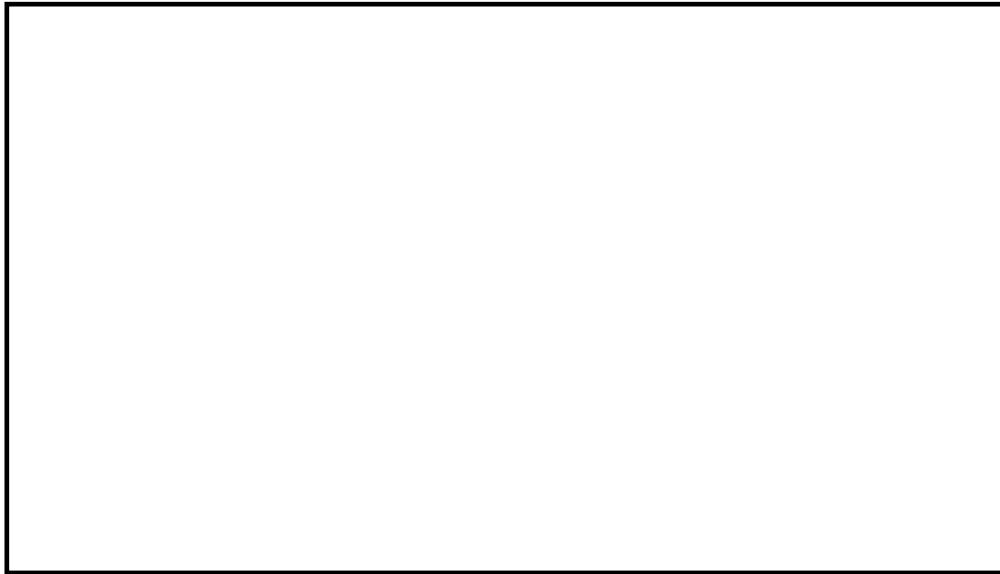
66kV 開閉所（塚浜支線）は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-7 表に 66kV 開閉所（塚浜支線）の支持性能評価結果，第 2.2.4-15 図に 66kV 開閉所（塚浜支線）位置，第 2.1.4-16 図に 66kV 開閉所（塚浜支線）基礎構造を示す。

第 2.2.4-7 表 66kV 開閉所（塚浜支線）基礎の支持性能評価結果

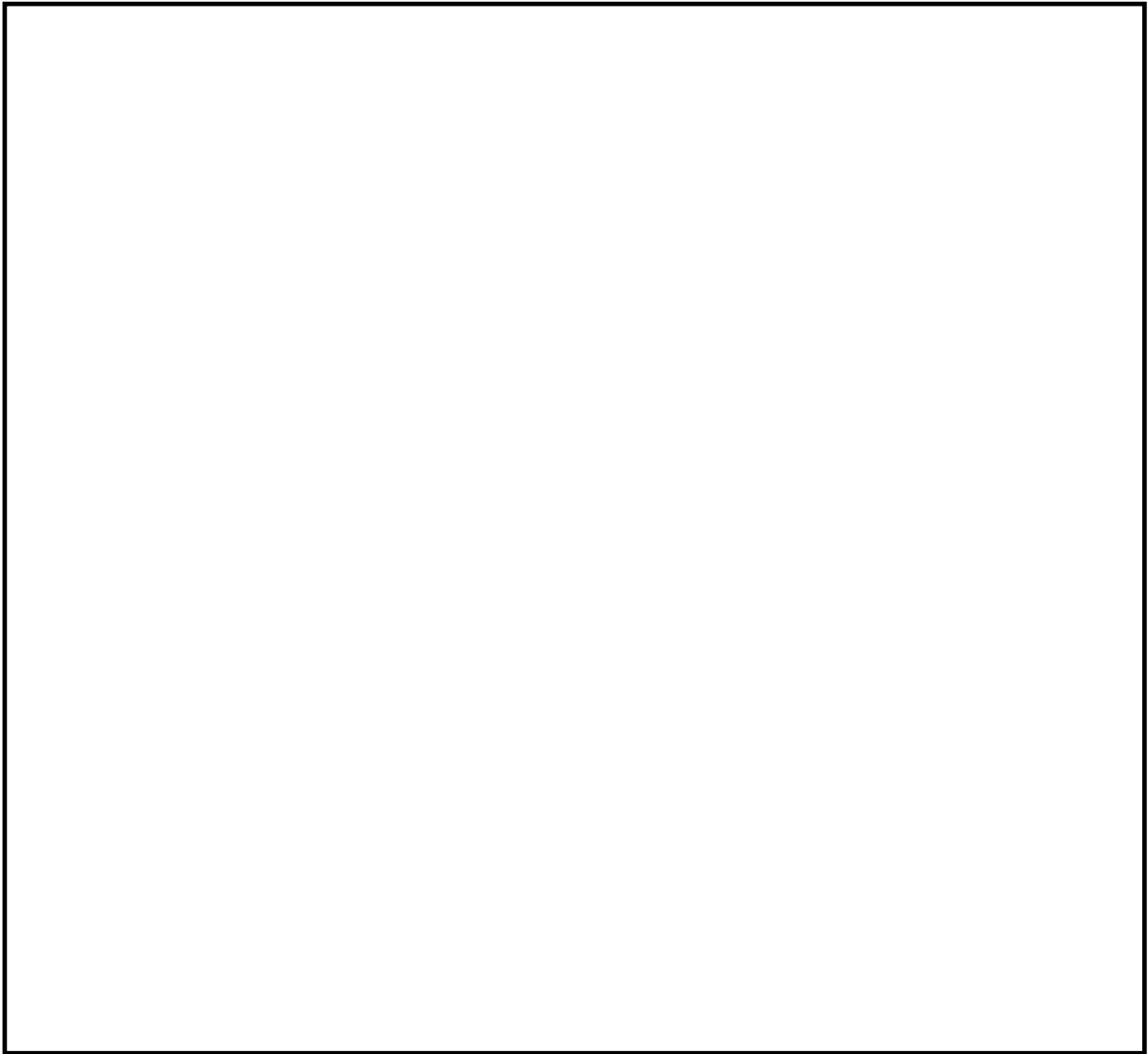
照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	343kN/m ²	1,961kN/m ²	○

*1 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.2.4-15図 66kV開閉所（塚浜支線）位置図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。



第2.2.4-16図 66kV開閉所（塚浜支線）基礎構造図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(4) 2号機起動変圧器

2号機起動変圧器は、杭基礎構造であり、1.0Ciの地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

第2.2.4-8表に2号機起動変圧器の支持性能評価結果、第2.2.4-17図に2号機起動変圧器位置、第2.1.4-18図に2号機起動変圧器基礎構造を示す。

第2.2.4-8表 2号機起動変圧器基礎の支持性能評価結果

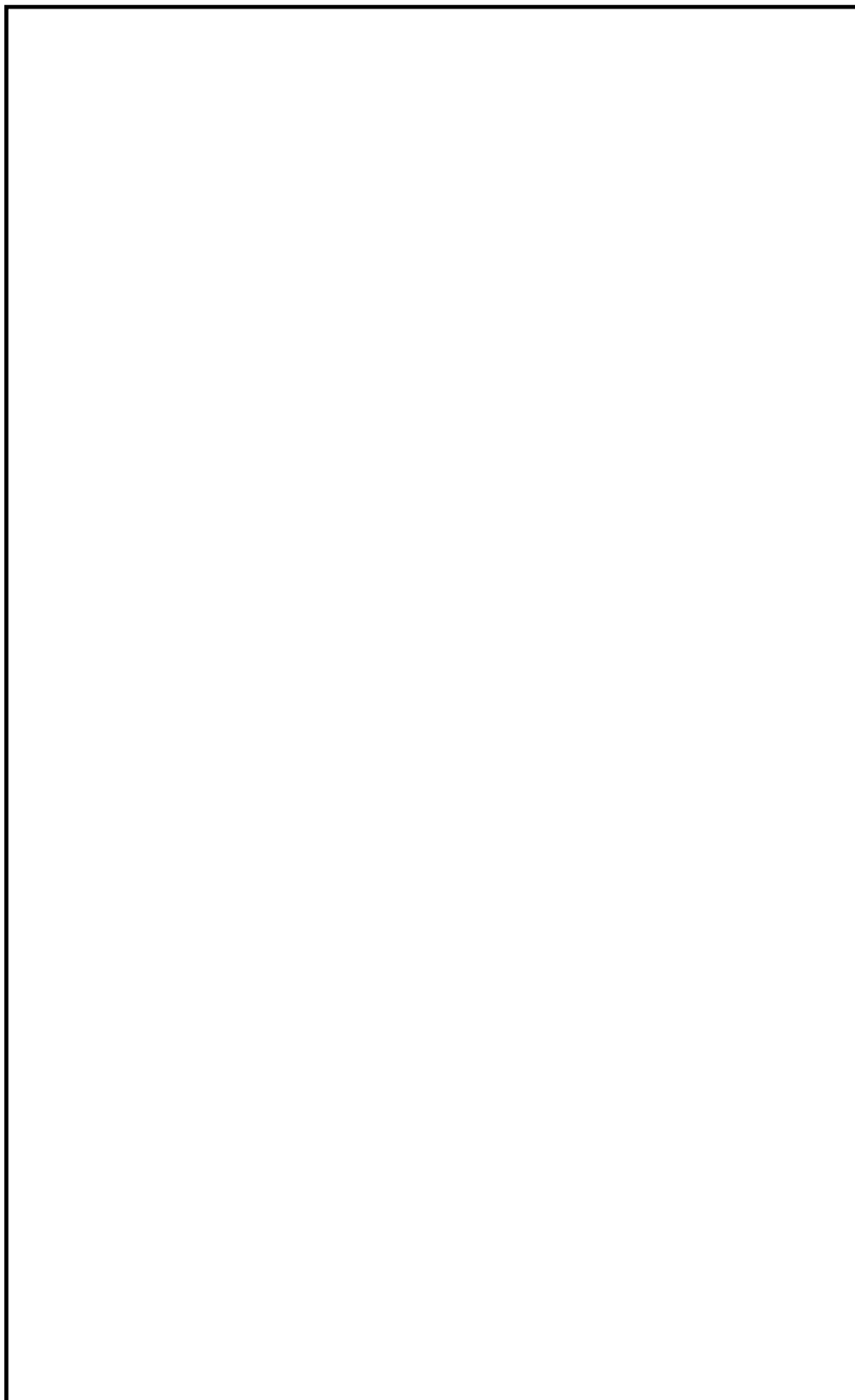
照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	950kN/本	1,794kN/本	○

*1 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.2.4-17図 2号機起動変圧器位置図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。



第2.2.4-18図 2号機起動変圧器基礎構造図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2.2.4.2.4 ケーブル洞道・電線管路の設置地盤の支持性能について

275kV 開閉所（松島幹線）、275kV 開閉所（牡鹿幹線）及び 66kV 開閉所（塚浜支線）から女川 2 号炉まではケーブル洞道及び電線管路を通して接続している。

【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

ケーブル洞道設置地盤の支持性能については、洞道の構造の相違により、275kV 開閉所連絡洞道、0F ケーブル洞道、T/B 西側ケーブル洞道及び電線管路（66kV 開閉所（塚浜支線）～275kV 開閉所（牡鹿幹線））の四つのエリアに区分した上で、検討している。

各エリアでは、評価式の特性を考慮して、ケーブル洞道の設置深さが浅くかつ断面形状の縦横比が大きい位置を代表断面として選定し、支持性能を確認した。



第2.2.4-19図 全体平面図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(1) 275kV開閉所連絡洞道

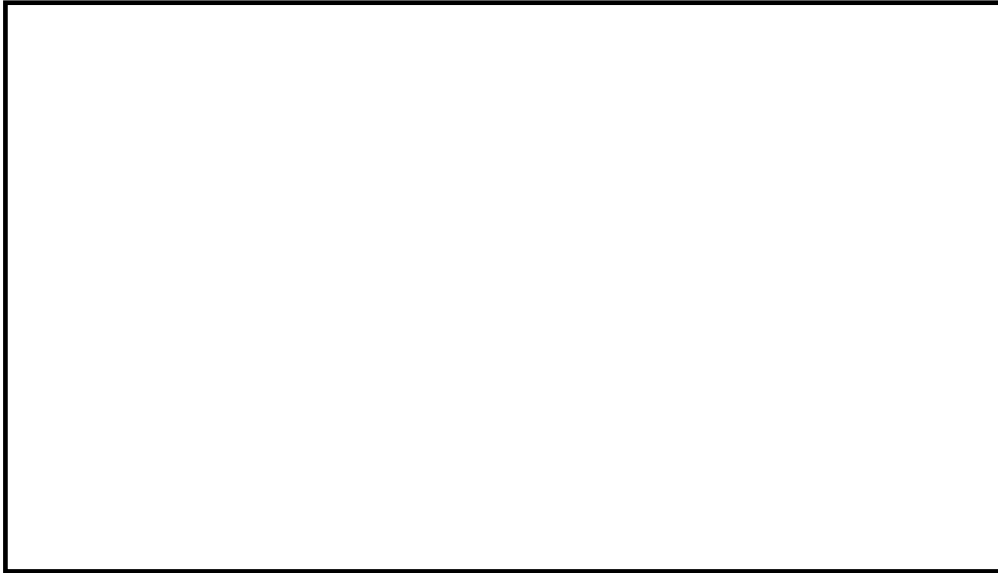
275kV 開閉所連絡洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-9 表に 275kV 開閉所連絡洞道の支持性能評価結果、第 2.2.4-20 図に 275kV 開閉所連絡洞道位置図、第 2.2.4-21 図に 275kV 開閉所連絡洞道断面図を示す。

第 2.2.4-9 表 275kV 開閉所連絡洞道の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	103kN/m ²	939kN/m ²	○

*1 評価値<評価基準値となる時判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.2.4-20 図 275kV 開閉所連絡洞道位置図



第 2.2.4-21 図 275kV 開閉所連絡洞道断面図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(2) 0Fケーブル洞道

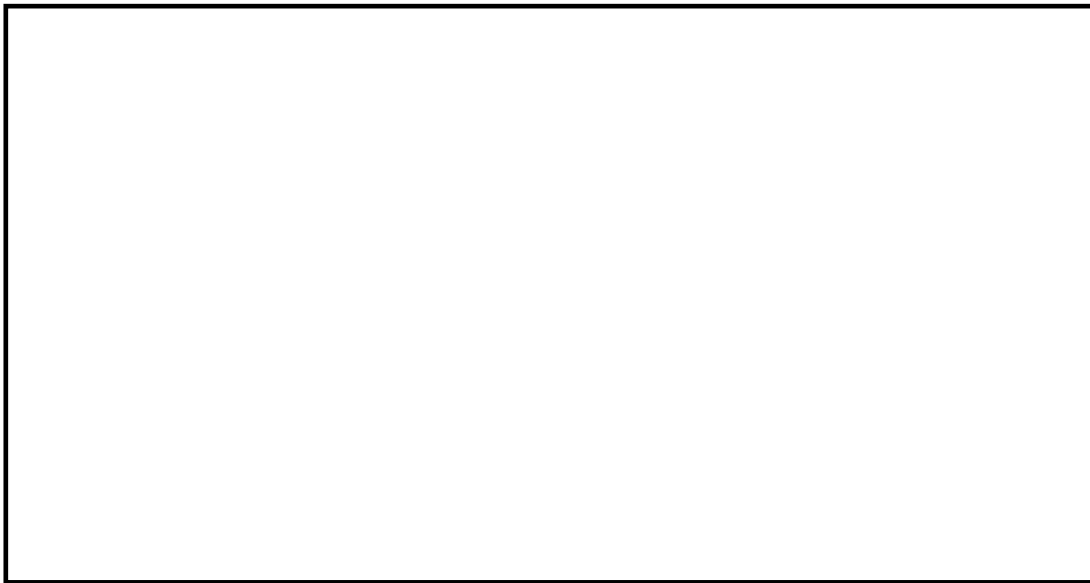
0F ケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

第2.2.4-10表に0Fケーブル洞道の支持性能評価結果、第2.2.4-22図に0Fケーブル洞道位置図、第2.2.4-23図に0Fケーブル洞道断面図を示す。

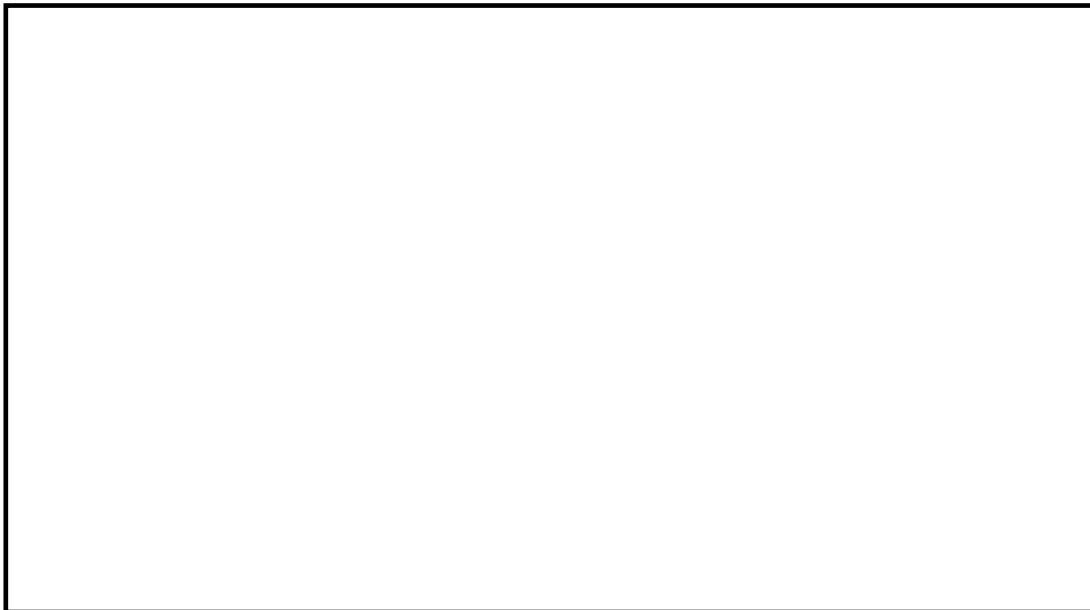
第2.2.4-10表 0Fケーブル洞道の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	138kN/m ²	792kN/m ²	○

*1 評価値<評価基準値となる時判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.2.4-22図 0Fケーブル洞道位置図



第2.2.4-23図 0Fケーブル断面図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(3) T/B西側ケーブル洞道

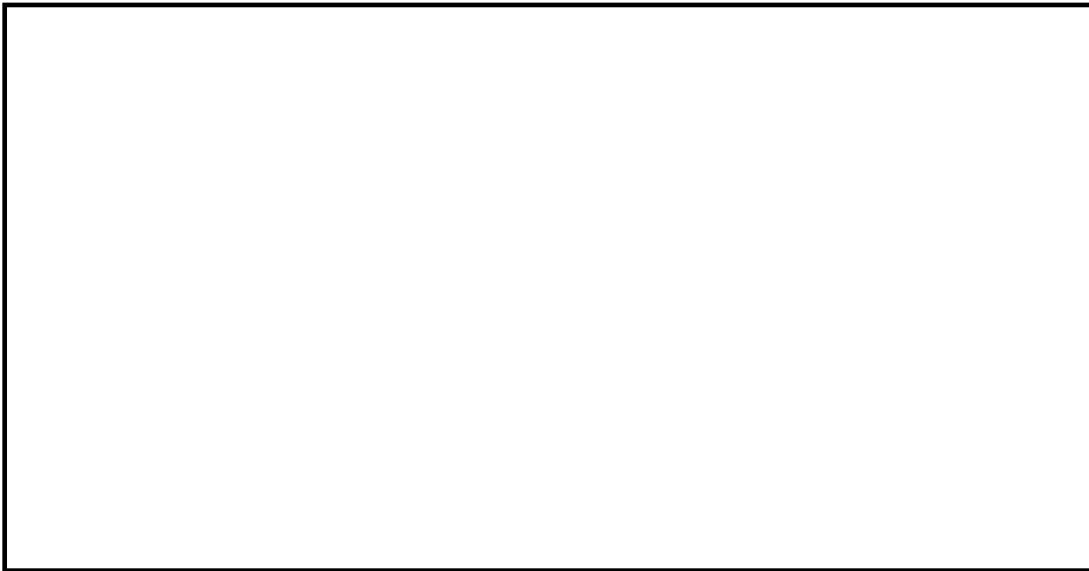
T/B 西側ケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.2.4-11 表に T/B 西側ケーブル洞道の支持性能評価結果、第 2.2.4-24 図に T/B 西側ケーブル洞道位置図、第 2.2.4-25 図に T/B 西側ケーブル洞道断面図を示す。

第 2.2.4-11 表 T/B 西側ケーブル洞道の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定 ^{*1}
最大接地圧	188kN/m ²	1,961kN/m ²	○

*1 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.2.4-24図 T/B西側ケーブル洞道位置図



第2.2.4-25図 T/B西側ケーブル洞道断面図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(4) 電線管路（66kV開閉所（塚浜支線）～275kV開閉所（牡鹿幹線））

電線管路は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

第2.2.4-12表に電線管路の支持性能評価結果、第2.2.4-26図に電線管路位置図、第2.2.4-27図に電線管路断面図を示す。

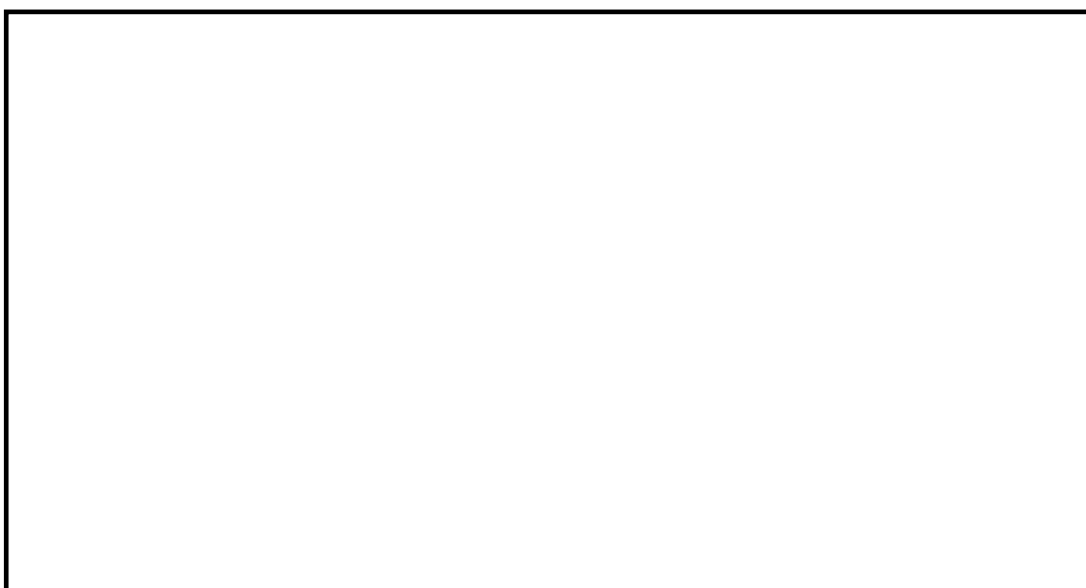
第2.2.4-12表 電線管路の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	38kN/m ²	68kN/m ²	○

*1 評価値<評価基準値となる時判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.2.4-26図 電線管路位置図



第2.2.4-27図 電線管路断面図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2.2.4.2.5 基礎及びケーブル洞道の不等沈下による影響について

(1) 不等沈下に伴う被害事例

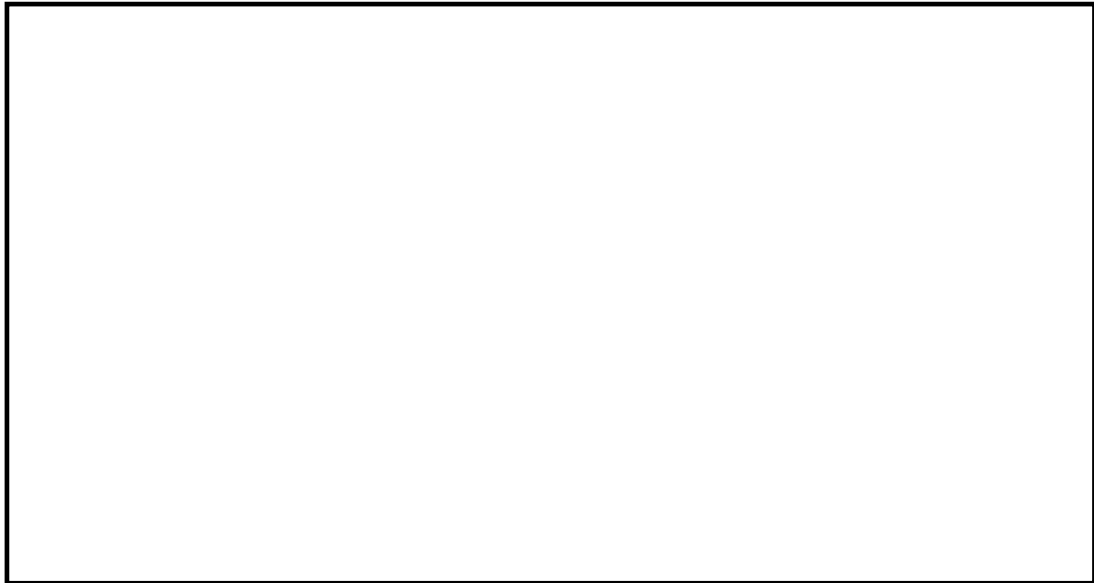
平成19年新潟県中越沖地震時に、東京電力柏崎・刈羽原子力発電所において、変圧器基礎およびケーブルダクトの間に不等沈下が生じた。この不等沈下の影響によりダクトがブッシングに衝突し、ブッシング部が破損したために絶縁油が漏れ、短絡によるアーク放電が漏れた絶縁油に引火して、火災に繋がるという事象が発生した。

不等沈下が起きやすい場所は、このように、それぞれが独立した異なる種類の基礎であり、かつ盛土などの沈下が起きやすい地層に設置されている場所と考えられる。

(2) 評価対象箇所の選定

2号炉の保安電源のケーブルラインは、直接基礎（第2.2.4-28図及び第2.2.4-13表に設置状況を、第2.2.4-29図に代表断面を記載）の洞道（鉄筋コンクリート構造）内に敷設しているため、杭基礎構造の275kV開閉所（松島幹線）および2号機起動変圧器基礎とは異種基礎間での接続となっている。また、2号機起動変圧器基礎と0Fケーブル同道はともに岩盤支持であるのに対し、275kV開閉所（松島幹線）と275kV開閉所連絡洞道の接続は、岩盤支持である開閉所と、盛土支持である洞道との接続となっている。

よって、沈下の影響を受けやすいと考えられることから、275kV開閉所（松島幹線）と同連絡洞道の接続箇所について変位量を算出し、影響評価を行った。

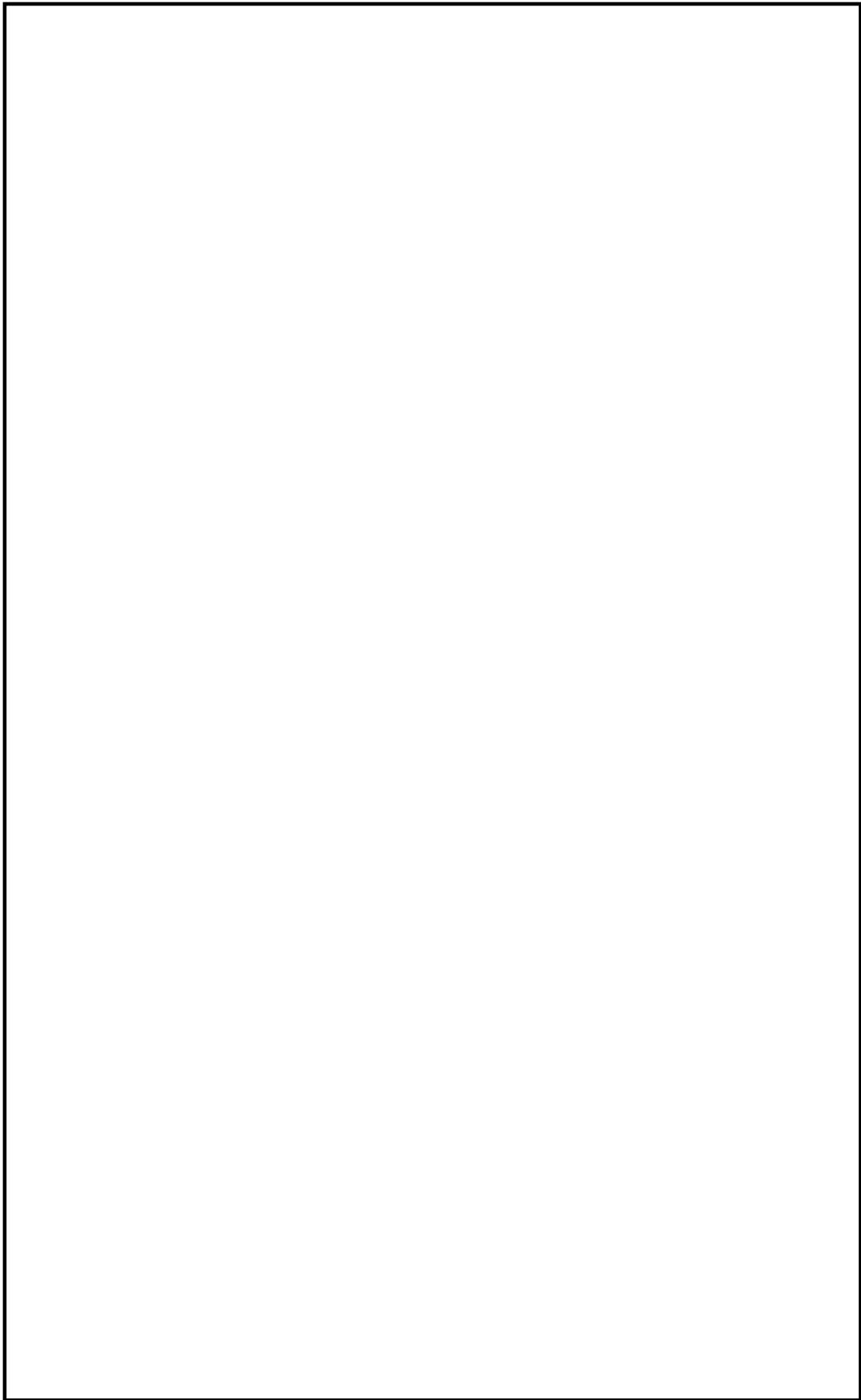


第 2.2.4-28 図 2号炉保安電源ケーブルライン全体平面図

第 2.2.4-13 表 2号炉保安電源ケーブルラインの基礎構造形式と設置地盤

設備名称	基礎構造形式	主な支持地盤	検討要否	備考
275kV 開閉所 (松島幹線)	杭基礎	岩盤	○	異種基礎形式
275kV 開閉所 連絡洞道	直接基礎	盛土		
275kV 開閉所 (牡鹿幹線)	直接基礎	岩盤	×	同一基礎形式
0F ケーブル洞道	直接基礎	岩盤	×	同一基礎形式
2号機 起動変圧器	杭基礎	岩盤	○	異種基礎形式
66kV 開閉所 (塚浜支線)	直接基礎	岩盤	×	同一基礎形式
電線管路	直接基礎	盛土	×	同一基礎形式
0F ケーブル洞道	直接基礎	岩盤		
275kV 開閉所 (牡鹿幹線)	直接基礎	岩盤	×	同一基礎形式

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。



第 2. 2. 4-29 図 2 号炉保安電源用ケーブルを内包する洞道及び基礎の代表断面図

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

(3) 評価手法及び評価結果

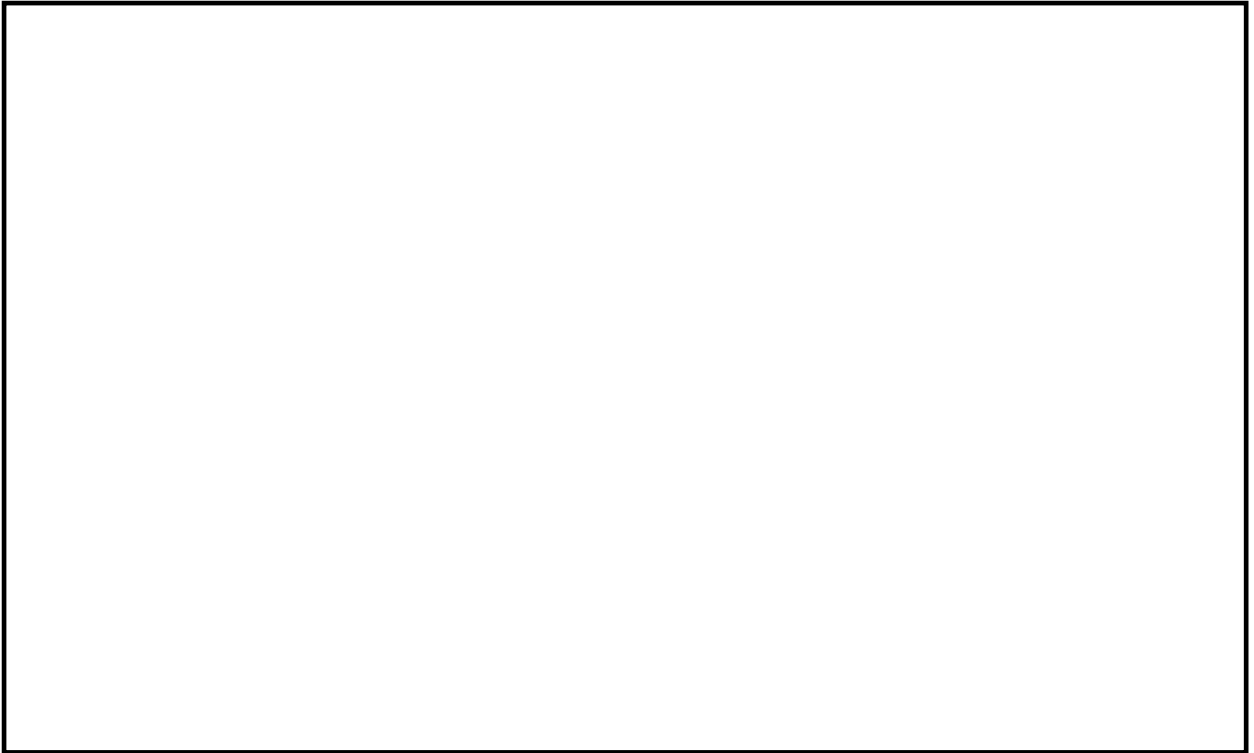
275kV 開閉所（松島幹線）は、杭基礎構造で岩盤に支持されており、275kV 開閉所連絡洞道は直接基礎構造で盛土層に支持されている。275kV 開閉所（松島幹線）周辺平面図を第 2.2.4-30 図に、275kV 開閉所（松島幹線）付近ボーリング柱状図を第 2.2.4-31 図、275kV 開閉所（松島幹線）の断面図及び解析モデル概念図を第 2.2.4-32 図に示す。地盤は、盛土層および旧表土層をモデル化し、上端を O.P. +14.8m の地表面、下端を O.P. +4.22m の岩盤上面とした。地震力は地表面で 1.0Ci とし、各要素に深度相当の地震力を静的に作用させ、静的非線形解析により求めたせん断ひずみから沈下量を算定した。

評価結果は、第 2.2.4-14 表に示すとおり、沈下量は である。

以上のことから、基礎及び洞道の不等沈下について、想定される相対沈下量はケーブル性能に影響を与えるものではなく、設置地盤は十分な支持性能を確保していることを確認した。



第 2.2.4-30 図 275kV 開閉所（松島幹線）周辺平面図



第 2.2.4-31 図 275kV 開閉所（松島幹線）付近ボーリング柱状図



第 2.2.4-32 図 275kV 開閉所（松島幹線）断面及び解析モデル概念図

第 2.2.4-14 表 地盤沈下量の算定結果

地盤名	層厚	沈下量
盛土及び旧表土	10.58m	

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2.2.4.2.6 設置地盤の液状化について

液状化の影響について、道路橋示方書・同解説（V耐震設計編，平成14年3月）に基づき，1.0Ciの地震力に対して液状化判定を実施する。

開閉所及びケーブル洞道の設置地盤は盛土層または岩盤である。盛土支持の構造物のうち，275kV開閉所連絡洞道は，第2.2.4-31図に示すとおり岩盤面の深度が深く，盛土の下部に液状化強度が最も低い旧表土層が厚く堆積しており，液状化の影響を受けやすいと考えられることから，275kV開閉所連絡洞道を対象に F_L 法に基づいた液状化判定を行う。

$$F_L = R / L$$

F_L ：液状化に対する抵抗率

R ：動的せん断強度比

L ：地震時せん断応力比

動的せん断強度比 R は，繰返し回数20回で軸ひずみ両振幅が5%に達するのに要するせん断応力振幅を，初期有効拘束圧で除した値（せん断応力比）として設定する。盛土層と旧表土層の動的せん断強度比 R を第2.2.4-15表に示す。

第2.2.4-15表 動的せん断強度比

盛土	0.673
旧表土	0.374

地震時のせん断応力 L は，地震時せん断応力と有効上載圧 σ_v' の比で定義される。このうち地震時せん断応力は，地盤の全上載圧 σ_v に，地表面からの深さ方向の低減係数 γ_d を考慮した設計水平深度 k_{hg} を乗じたものである。設計水平深度 k_{hg} には，1.0Ciの地震力を用いる。

$$L = \gamma_d \cdot k_{hg} \cdot \sigma_v / \sigma_v'$$

γ_d ：地震時せん断応力比の深さ方向の低減係数（ $=1.0 - 0.015x$ ）

x ：地表面からの深さ [m]

k_{hg} ：地表面における設計水平深度（1.0Ci）

σ_v ：全上載圧 [kN/m²]

σ_v' ：有効上載圧 [kN/m²]

F_L 法による液状化評価に用いる地盤物性値を第2.2.4-16表に、液状化評価結果を第2.2.4-17表に示す。

第2.2.4-16表 地盤物性値

地下水位以浅の盛土の単位堆積重量 γ (kN/m ³)	18.6
地下水位以下の盛土の有効単位堆積重量 γ' (kN/m ³)	8.8
地下水位以下の旧表土の有効単位堆積重量 γ' (kN/m ³)	9.2
地表面 (O.P. + (m))	14.8
地下水位 (O.P. + (m))	9.0

第2.2.4-17表 F_L 法による液状化評価結果

	動的せん断 強度比 R	地震時せん断 応力比 L	液状化に対する 抵抗率 F_L	判定
盛土	0.673	0.189	3.561	○
旧表土	0.374	0.224	1.670	○

評価の結果、盛土層及び旧表土層それぞれの液状化に対する抵抗率は $F_L = 3.561$ 及び 1.670 と、 1.0 を上回り、液状化しない判定となることを確認した。

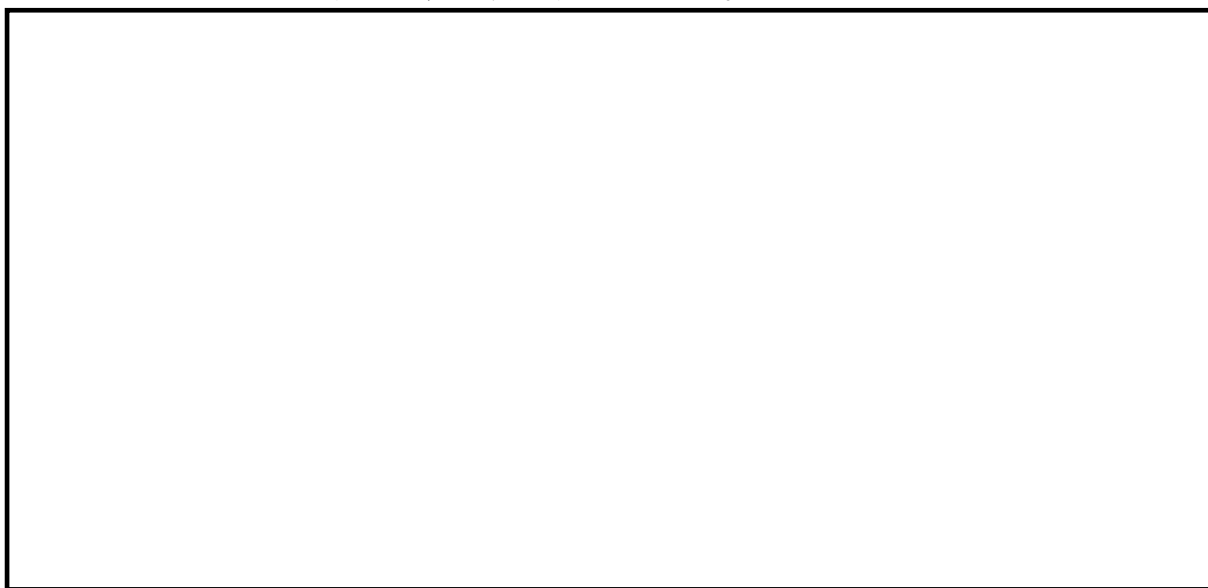
上記より、開閉所及びケーブル洞道の設置地盤は、液状化しないと判断され、2.2.4.2.3項及び2.2.4.2.4項に示すとおり、地盤は十分な支持性能を確保している。

2.2.4.2.7 津波の影響，塩害対策

(1) 津波影響

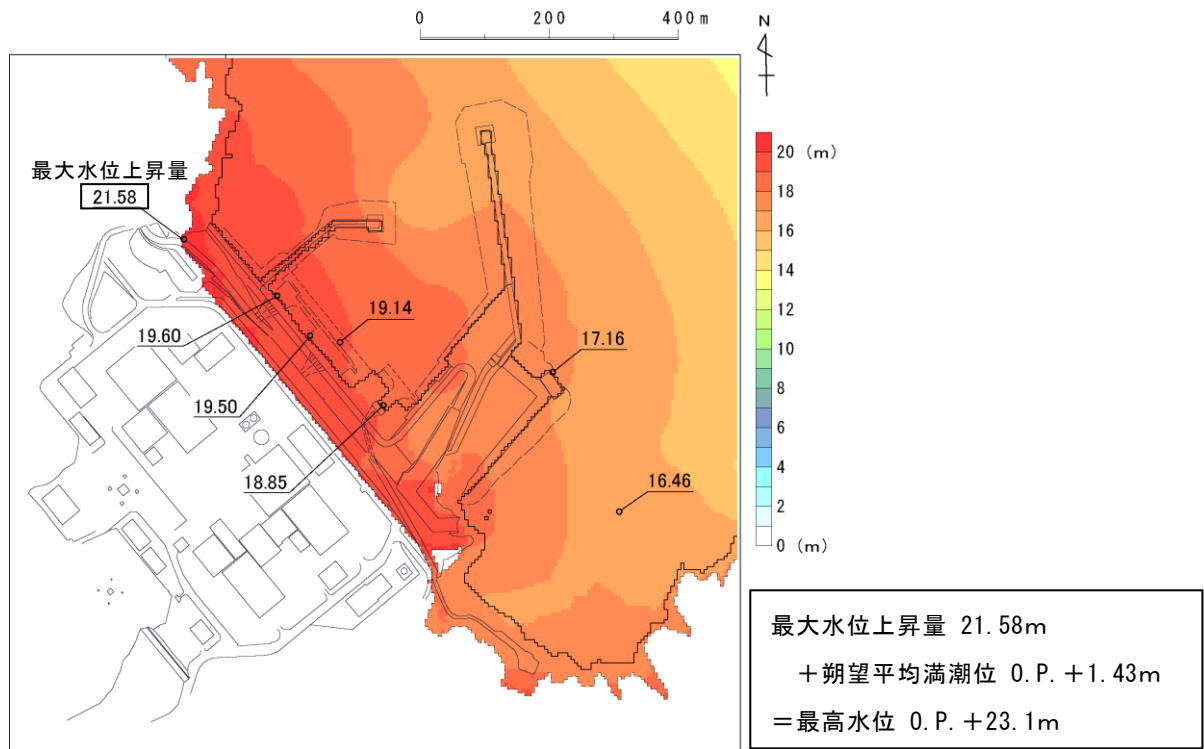
開閉所設備等の電気設備は，0. P. +14. 8m以上の高さに設置されている。基準津波による敷地前面の最高水位は0. P. +23. 1mであるが，防潮堤及び防潮壁の設置により敷地内への浸水はなく，当該電気設備が津波の影響を受けない設計とする。【設置許可基準規則第33条 第6項 解釈6】

第2.2.4-33図に開閉所設備等の電気設備と防潮堤の配置を示す。第2.2.4-34図に基準津波による最大水位上昇量分布を示す。



第 2.2.4-33 図 開閉所設備等と防潮堤の配置

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為，公開できません。



第 2. 2. 4-34 図 基準津波（水位上昇側）による最大水位上昇量分布

(2) 塩害対策

塩害対策として、第 2. 2. 4-35 図のとおり、275kV 開閉所には碍子洗浄装置を設置している。また、遮断器はガス絶縁装置を採用しており、タンク内に電路が内包されているため塩害の影響を受けない設計とする。【設置許可基準規則第 33 条 第 6 項 解釈 6】



第 2. 2. 4-35 図 碍子洗浄装置外観

2.3 外部電源喪失時における発電所構内の電源の確保

2.3.1 非常用電源設備及びその附属設備の信頼性

2.3.1.1 多重性又は多様性及び独立性

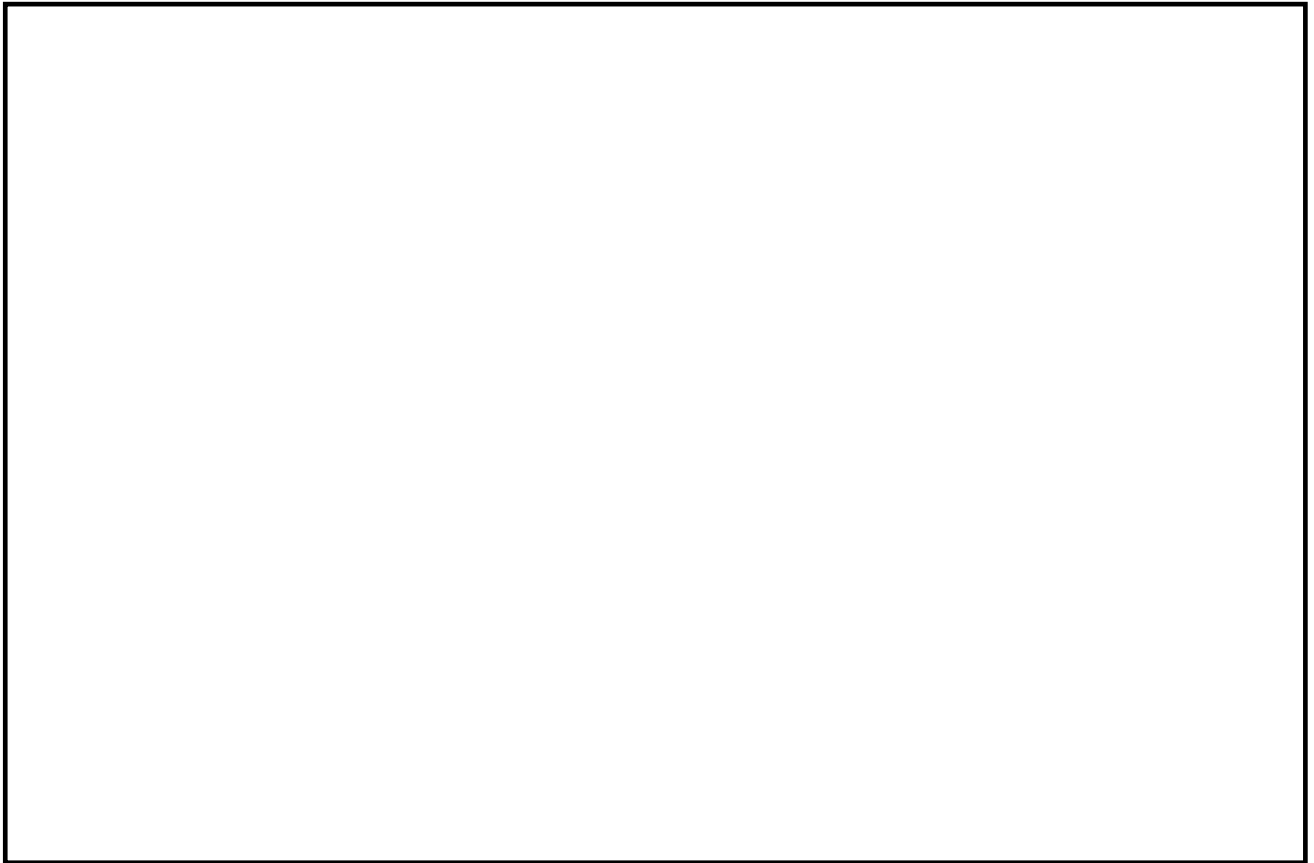
非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、必要な容量を有する合計3台を備え、多重性及び独立性を考慮して各々非常用高圧母線に接続している。非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の燃料貯蔵設備は、燃料デイトンク及び燃料移送ポンプを3台、軽油タンクを2基備えることにより多重性を有する設計とし、区分Ⅰ／Ⅲと区分Ⅱに独立性を考慮する設計とする。また、蓄電池（非常用）及びその附属設備も3系統を多重性及び独立性を確保し設置している。【設置許可基準規則第33条 第7項】

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機並びに非常用高圧母線は、常用系との独立性を考慮して、、常用所内電源設備はと異なる場所に設置することにより、共通要因により機能が喪失しない設計とする。

2.3.1.1.1 非常用電源設備及びその附属設備の配置

非常用電源設備は、区分Ⅰ、区分Ⅱ及び区分Ⅲに区画された電気室等に設置している。第2.3.1-1図～第2.3.1-6図に電気設備の配置位置を示す。

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

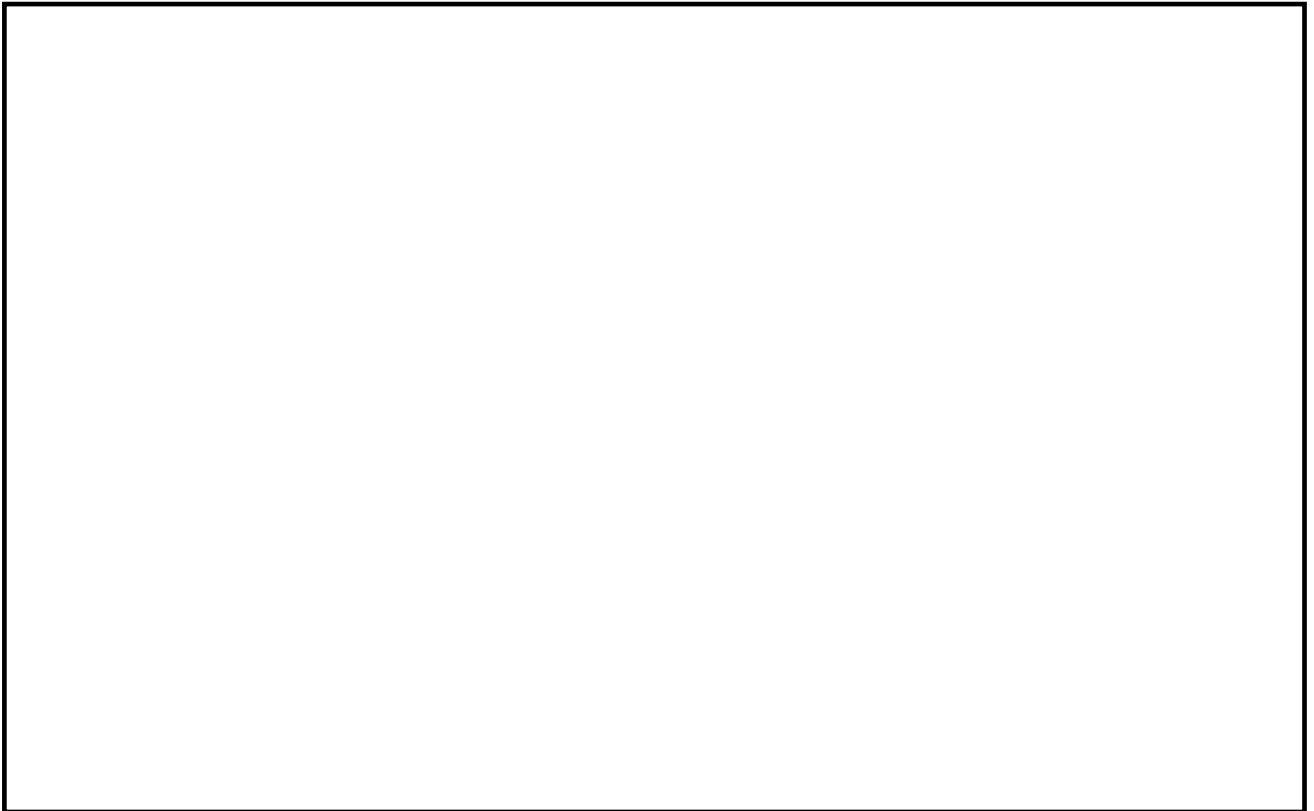


第2.3.1-1図 非常用高圧母線の配置

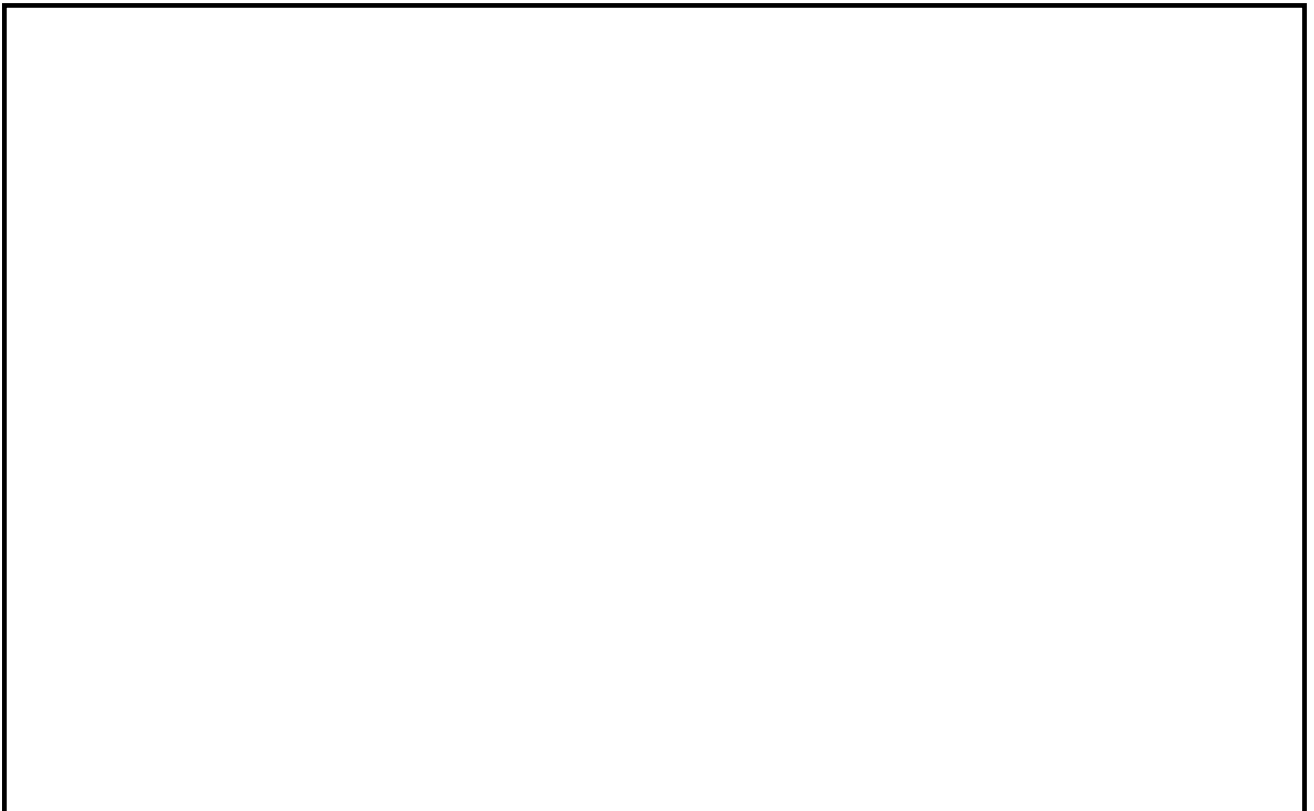


第 2.3.1-2 図 非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の配置

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

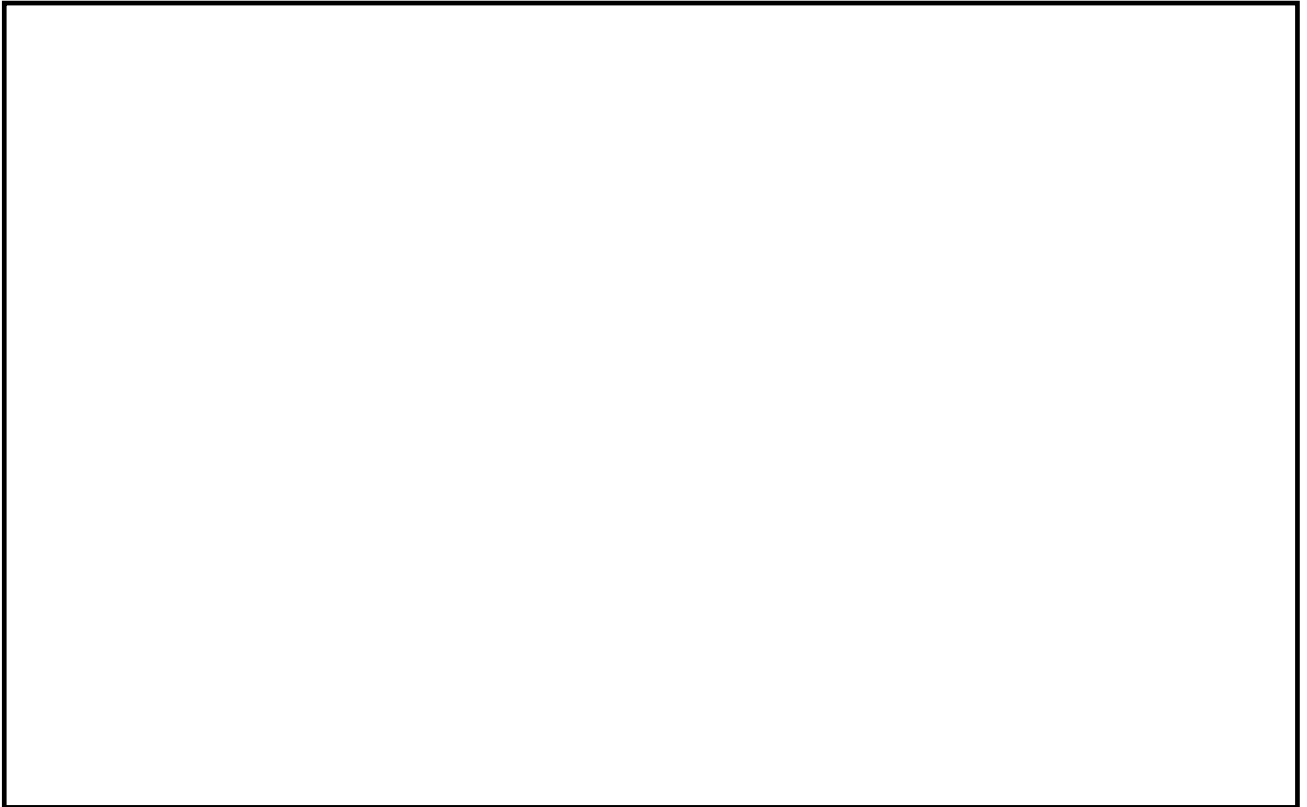


第2.3.1-3図 蓄電池の配置(1)



第2.3.1-4図 蓄電池の配置(2)

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。



第 2.3.1-5 図 燃料デイトンクの配置



第 2.3.1-6 図 軽油タンク及び燃料移送ポンプの配置

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2.3.1.1.2 非常用電源設備及びその附属設備の共通要因に対する頑健性

非常用電源設備及びその附属設備は、基準地震動に対して支持機能が維持可能な建物及び構築物の区画された部屋に設置し、主たる共通要因（地震、津波、火災、溢水）に対し、頑健性を有している。第2.3.1-1表に非常用電源設備及びその附属設備の主たる共通要因に対する頑健性を示す。

第2.3.1-1表 非常用電源設備及びその附属設備の主たる共通要因に対する頑健性

共通要因	対応方針	状況
地震	設計基準地震動に対して十分な耐震性を有する設計とする。	設計基準地震動に対して、非常用電源設備及び附属設備が機能維持できることを確認している。
津波	設計基準津波に対して、浸水等により機能喪失しない位置に設置する。	敷地高さ (O.P.+14.8m) は設計基準津波 (O.P.+23.1m) より低いですが、高さ約15m (O.P.+約30m) の防潮堤設置により基準津波に対して十分な裕度を有している。
火災	適切な耐火能力を有する隔壁等で分離を行うか、適切な離隔距離で分離した配置を行う。	非常用電源設備及びその附属設備は、火災防護審査指針で要求される3時間耐火能力(*)以上の耐火能力を有する鉄筋コンクリート (RC) 壁又は離隔距離により分離している。 (*)RC150mm相当, JEAG4607-2010「原子力発電所の火災防護指針」
溢水	想定すべき溢水（没水・蒸気・被水）に対し、影響のないことを確認, 若しくは溢水源等に対し溢水影響のないよう設備対策を実施する。	地震や火災による没水に対して同時に異区分の非常用電源設備及びその附属設備が機能喪失にならないことを確認している。 また、電気盤室には、蒸気源及び被水源がないため問題ない。

軽油タンク及び燃料移送ポンプは軽油タンクから燃料移送ポンプまでの配管及び燃料移送ポンプから燃料デイトンクまでの配管には連絡配管が設けられており、軽油タンク及び燃料移送ポンプいずれか1系統が使用できない場合でも、原子炉建屋内にある3系統の燃料デイトンクに燃料を供給可能な設計としている。また、燃料デイトンクは外部からの燃料補給がなくても一定時間非常用及び高压炉心スプレイ系ディーゼル発電機に燃料を供給可能な設計とする。

2.3.1.2 容量について

女川原子力発電所2号炉非常用電源設備のうち、設計基準事故に対処するための設備は以下のとおりである。

(1) ディーゼル発電機

◆非常用ディーゼル発電機

台数 : 2台

容量 : 7,625kVA (1台あたり)

<主な負荷>

- ・外部電源が完全に喪失した場合に、A系又はB系1台で原子炉を安全に停止するために必要な負荷
- ・工学的安全施設（高圧炉心スプレイ系除く）作動のための負荷

◆高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機

台数 : 1台

容量 : 3,750kVA

<主な負荷>

- ・外部電源が完全に喪失した場合に、高圧炉心スプレイ系の運転に必要な負荷

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、運転時の異常な過渡変化である外部電源喪失（LOP）又は設計基準事故である外部電源喪失（LOP）及び冷却材喪失事故（LOCA）が発生した際、自動起動して原子力発電所の保安上必要とされる各負荷に電力を供給するために、十分な発電機容量を有する設計とする。

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機において、保安上必要とされる負荷を第2.3.1-2表に示す。なお、その他の異常な過渡変化及び設計基準事故を考慮しても第2.3.1-2表で示す値が最大負荷容量である。

第 2.3.1-2 表 非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の負荷の内訳

負荷	非常用D/G(A)				非常用D/G(B)				HPCS用D/G			
	設置 台数	稼働 台数	稼働容量* (kW)		設置 台数	稼働 台数	稼働容量* (kW)		設置 台数	稼働 台数	稼働容量* (kW)	
			LOP	LOP+ LOCA			LOP	LOP+ LOCA			LOP	LOP+ LOCA
低圧炉心スプレイ系ポンプ	1	1000	1	947.4	—	—	—	—	—	—	—	—
残留熱除去系ポンプ	1	540	1	511.6	2	540	2	1023.2	—	—	—	—
高圧炉心スプレイ系ポンプ	—	—	—	—	—	—	—	—	1	1900	—	1800.0
原子炉補機冷却海水ポンプ	2	420	2	795.8	2	420	2	795.8	—	—	—	—
原子炉補機冷却水ポンプ	2	235	2	470.0	2	235	2	470.0	—	—	—	—
高圧炉心スプレイ補機冷却 海水ポンプ	—	—	—	—	—	—	—	—	1	60	1	60.0
高圧炉心スプレイ補機冷却 水ポンプ	—	—	—	—	—	—	—	—	1	40	1	40.0
タービン補機冷却水ポンプ	1	330	1	312.7	2	330	1	312.7	—	—	—	—
タービン補機冷却海水ポン プ	1	350	1	331.6	2	350	1	331.6	—	—	—	—
ディーゼル室換気設備	3	45	3	135.0	3	45	3	135.0	2	45	2	90.0
蓄電池充電器	—	280	—	280.0	—	280	—	280.0	1	10	1	10.0
非常用照明	—	200	—	180.0	—	200	—	180.0	—	—	—	—
非常用ガス処理装置	—	50.8	—	50.4	—	50.8	—	50.4	—	—	—	—
その他の非常用負荷	—	2188.9	—	2124.6	—	2398.8	—	2384.2	—	125.6	—	137.4
その他の非常用負荷	—	1687.8	—	1236.2	—	1111.8	—	915.1	—	1900	—	1800.0
合計	—	—	—	5916.3	—	—	—	5854.8	—	—	—	2107.4

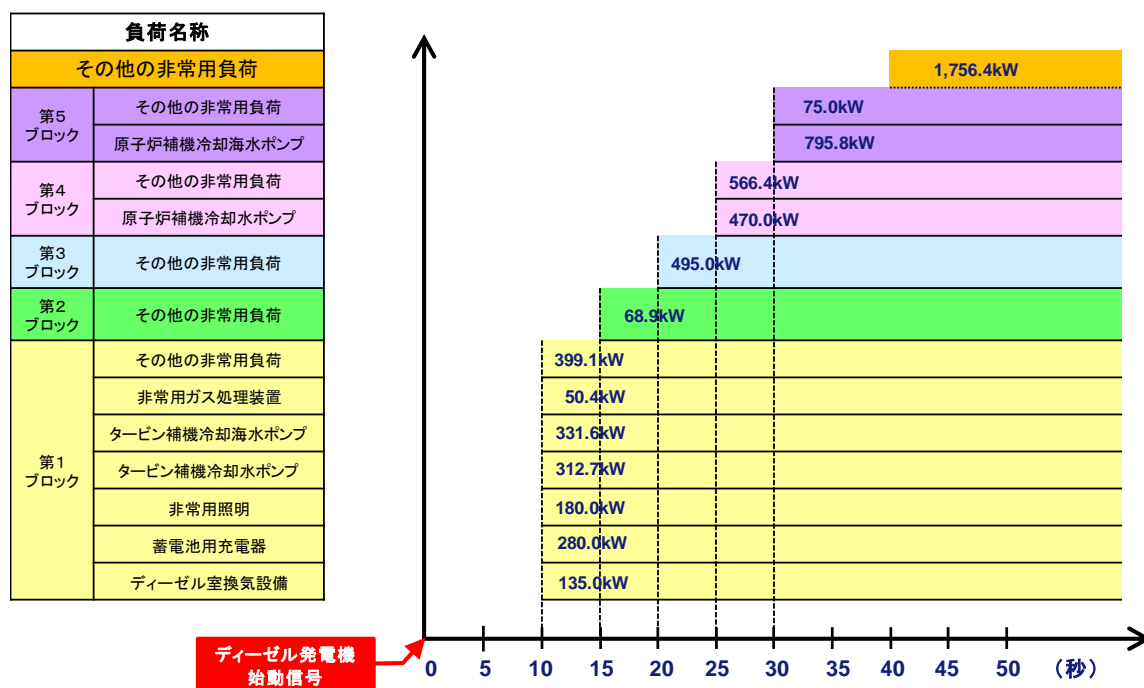
* 稼働容量：負荷の効率、負荷率、稼働率を考慮した容量

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、外部電源が喪失した場合に、原子炉を安全に停止するために必要な電力を供給し、かつ、冷却材喪失事故が発生した場合に、工学的安全施設作動のための電力も供給する。

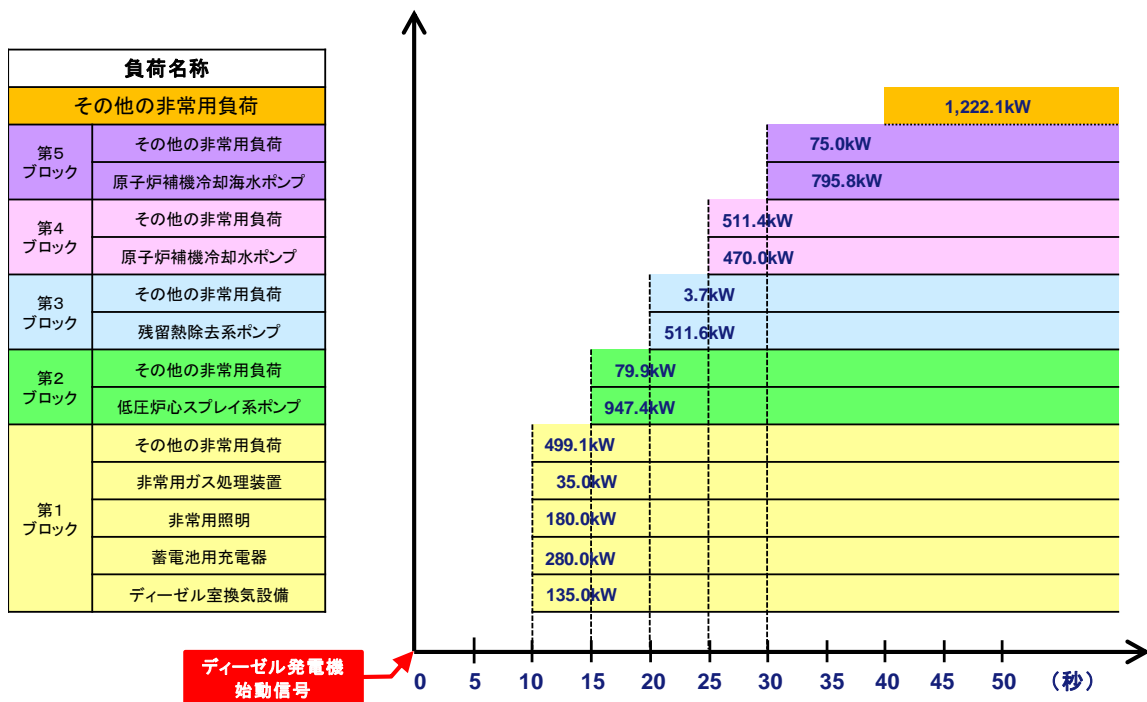
非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、多重性を考慮して必要な容量のものを合計3台備え、各々非常用高圧母線に接続する。3台のうち1台が故障しても原子炉の安全性は確保できる。

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、LOP（外部電源喪失）信号又はLOCA（原子炉水位低又はドライウェル圧力高）信号で起動し、約10秒（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は約13秒）で電圧を確立した後は、各非常用高圧母線に接続し負荷に電源供給する。

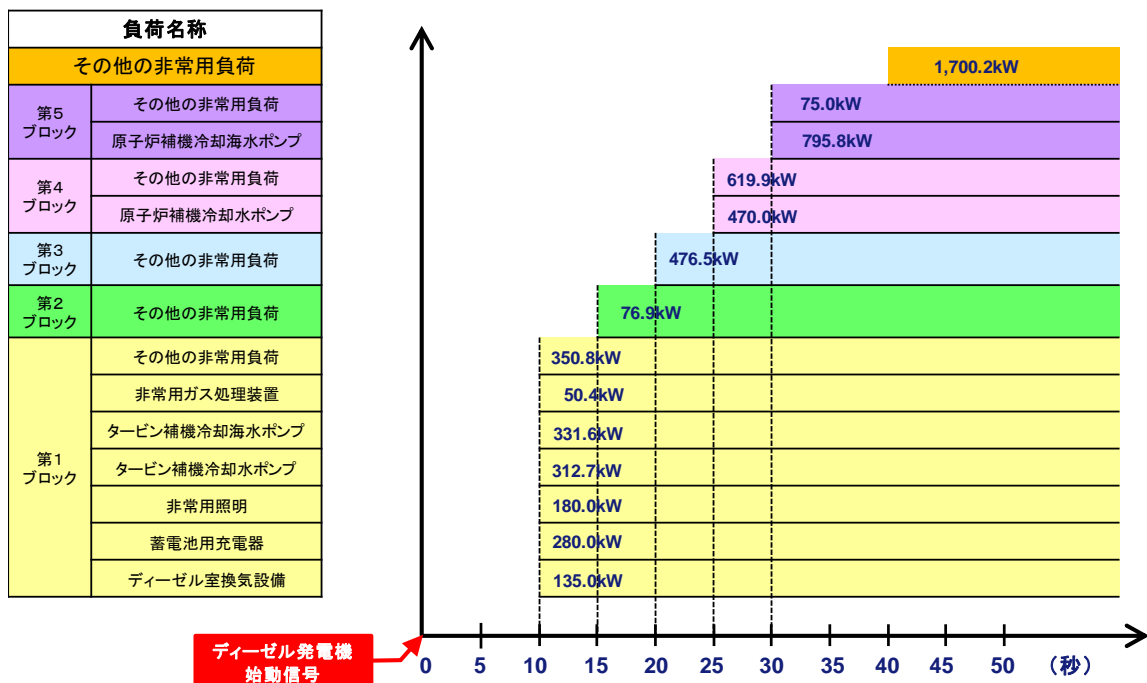
運転時の異常な過渡変化である外部電源喪失又は設計基準事故である外部電源喪失及び冷却材喪失事故が発生した場合の負荷の始動順位を第2.3.1-7図～第2.3.1-12図に示す。



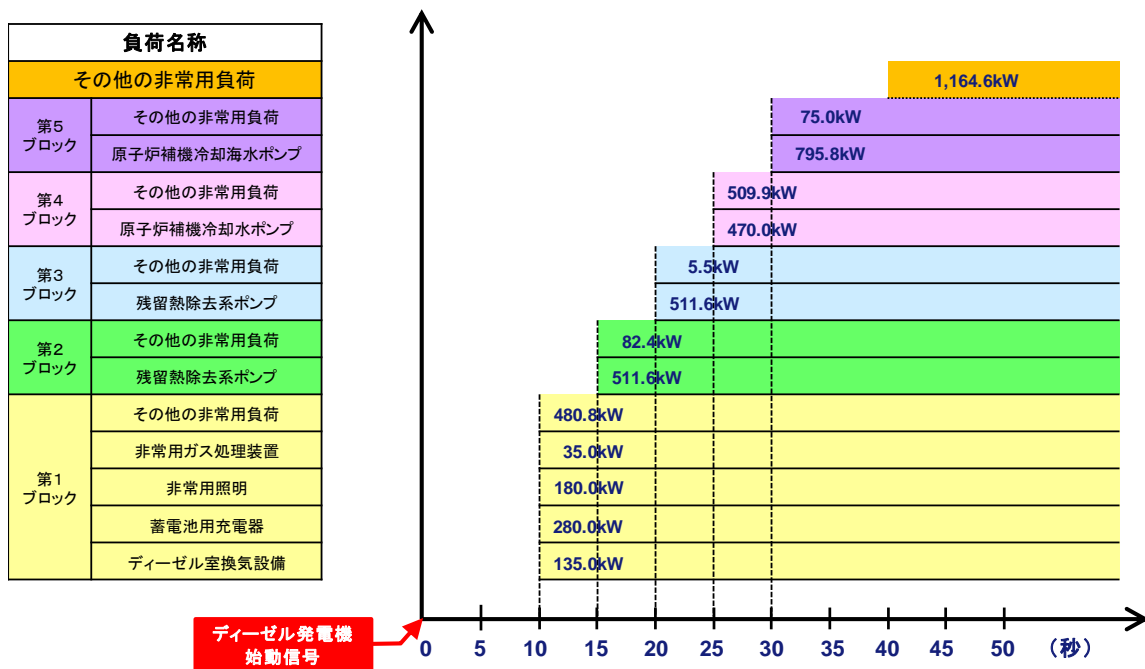
第 2.3.1-7 図 非常用ディーゼル発電機(A)における負荷の始動順位
(外部電源喪失時)



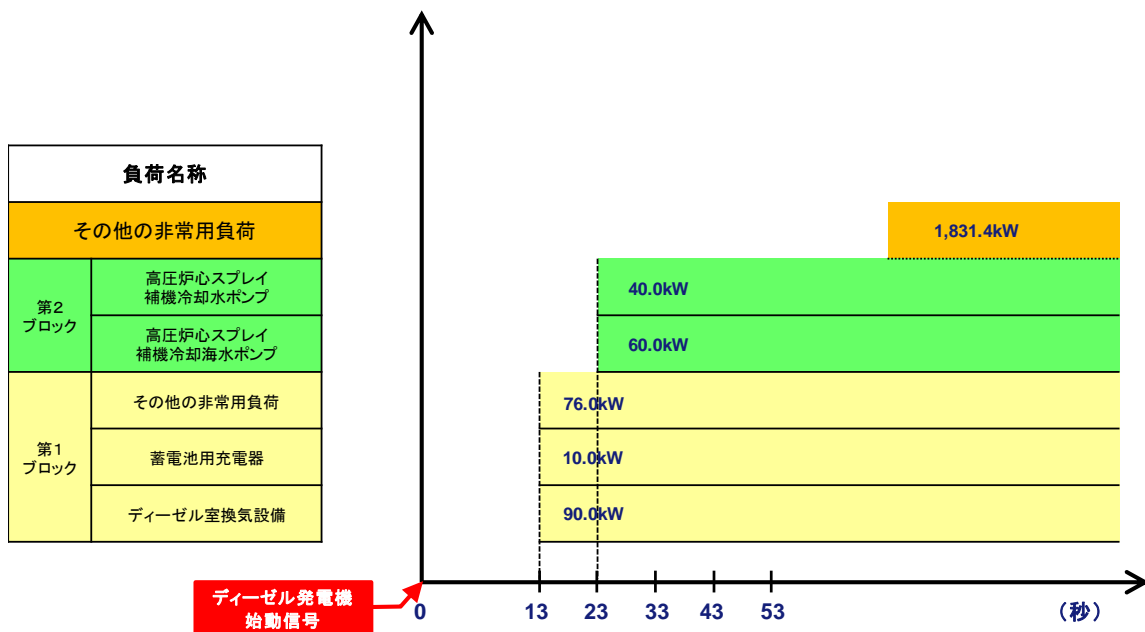
第 2. 3. 1-8 図 非常用ディーゼル発電機(A)における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



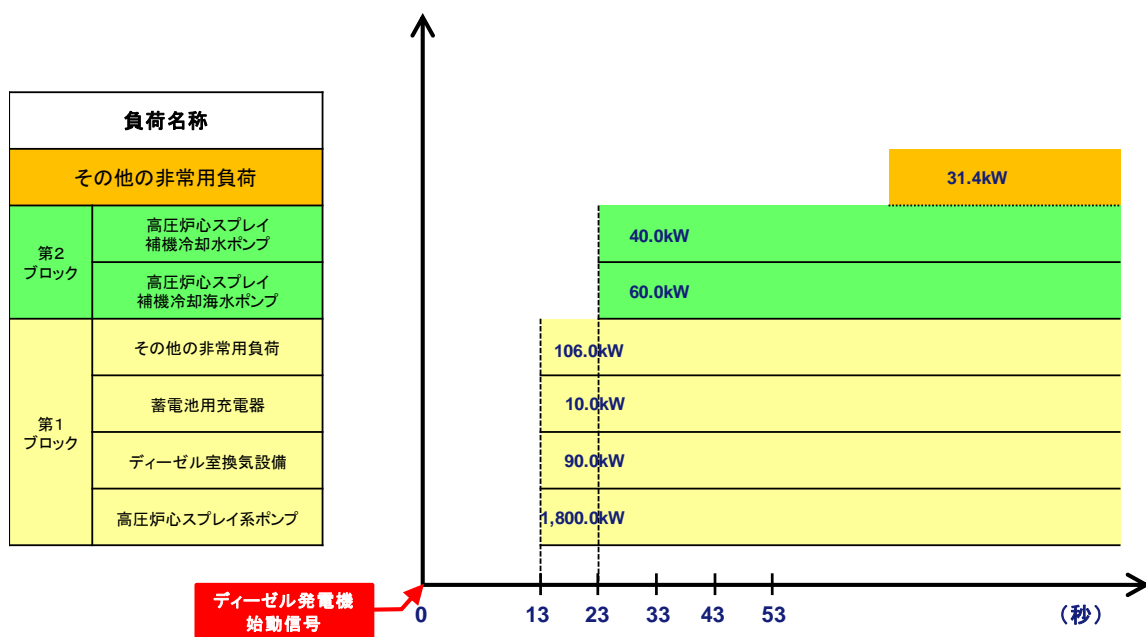
第 2. 3. 1-9 図 非常用ディーゼル発電機(B)における負荷の始動順位
(外部電源喪失時)



第 2.3.1-10 図 非常用ディーゼル発電機(B)における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)



第 2.3.1-11 図 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機における負荷の始動順位
(外部電源喪失時)



第 2.3.1-12 図 高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)

(2) 蓄電池（非常用）

非常用直流電源設備は、3系統3組のそれぞれ独立した蓄電池、充電器及び分電盤等で構成し、直流母線電圧は125Vである。これらの3系統のうち1系統が故障しても原子炉の安全性は確保できる。

また、万一、全交流動力電源が喪失した場合でも、安全保護系及び原子炉停止系の動作により、発電用原子炉は安全に停止でき、停止後の発電用原子炉の崩壊熱及びその他の残留熱も、原子炉隔離時冷却系により発電用原子炉の冷却が可能であり、原子炉格納容器の健全性を確保できる。

蓄電池（非常用）は鉛蓄電池で、独立したものを3系統3組設置し、非常用低圧母線にそれぞれ接続された充電器により浮動充電される。

全交流動力電源喪失に備えて、非常用の常設直流電源設備は原子炉の安全停止、停止後の冷却に必要な電源を一定時間、電源供給をまかなう蓄電池容量を確保している。全交流動力電源喪失後、常設代替交流電源設備であるガスタービン発電機から約15分以内に電源供給を行うが、万一ガスタービン発電機が使用できない場合は、可搬型代替交流電源設備である電源車から約8時間以内に電源供給を行う。蓄電池（非常用）は、ガスタービン発電機が使用できない場合も考慮し、電源が必要な設備に約8時間供給できる容量とする。

なお、重大事故等対処施設の各条文にて炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、使用済燃料プール内の燃料体等の著しい損傷及び運転停止中原子炉内燃料体の著しい損傷を防止するために設けている設備への電源供給時間は約24時間とする。

◆蓄電池（非常用）

組数	所内用	:	2組
	高圧炉心スプレー系用	:	1組
容量	所内用		
	A系	:	第2.3.1-3表のとおり
	B系	:	第2.3.1-3表のとおり
	高圧炉心スプレー系用		
	HPCS系	:	第2.3.1-3表のとおり

<主な負荷>

- ・制御用負荷（原子炉保護系回路、遮断器操作回路、自動減圧系等）
- ・原子炉隔離時冷却系
- ・無停電交流電源装置

各蓄電池の容量を第2.3.1-3表に示す。

第2.3.1-3表 蓄電池の容量

項目 \ 用途	非常用の常設直流電源設備			(参考) 常用の常設 直流電源設備
	A系	B系	HPCS系	
型式	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池
容量	8,000Ah	6,000Ah	400Ah	4,500Ah
電圧	125V	125V	125V	250V

(3) 計測制御用電源設備

計測制御用電源設備は、無停電交流120V 2母線及び計測母線120V 3母線で構成する。

無停電交流母線は、2系統に分離独立させ、それぞれ静止形無停電電源装置から給電する。

静止形無停電電源装置は、外部電源喪失及び全交流動力電源喪失時から約1時間、直流電源設備である蓄電池（非常用）から直流電源が供給されることにより、静止形無停電電源装置内の変換器を介し直流を交流へ変換し、交流母線に対し無停電交流母線に対し電源供給を確保する。

これにより、核計装の監視による原子炉の安全停止状態及び未臨界の維持状態の確認を可能とする。

なお、これらの電源を保守点検する場合、必要な電力は非常用低圧母線に接続された予備変圧器から供給する。また、計測母線は分離された非常用低圧母線から給電する。

2.3.1.3 燃料貯蔵設備

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、工学的安全施設等の機能を確保するために必要な容量をそれぞれ有しており、また、燃料貯蔵量は、外部電源喪失及び冷却材喪失事故並びに軽油タンクの単一故障が同時発生した場合であっても、7日分の連続運転に必要な容量以上を確保できる設計とする。非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機燃料油供給系統の構成を第2.3.1-10図に示す。

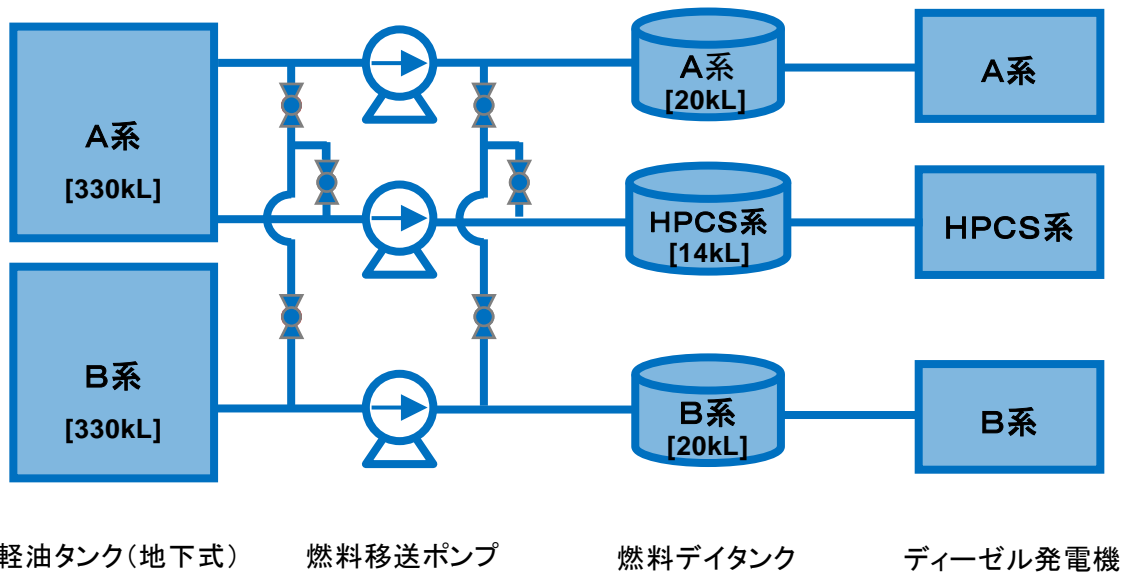
軽油タンクは、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のうち1台を7日間以上連続運転できる容量(292m³以上)をA系及びB系の2系統を有しているため、軽油タンクの単一故障に対しても必要な機能を維持できる。

A系及びB系の燃料油供給系統は連絡配管により接続されており、軽油タンクの燃料は、非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のどれに対しても供給できる構成となっている。(連絡配管は通常時は手動弁により隔離されており、片系で漏えい等が生じた場合でも他系へ影響しないようにしている。)【設置許可基準規則第33条 第7項 解釈7】

非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が起動した場合の燃料消費量

$$\begin{aligned}
 V &= N \times C \times 1.03 \times H / \gamma \\
 &= (6100 \times 0.2293 \times 1.03 \times 168) / 830 \\
 &\quad + (3000 \times 0.2400 \times 1.03 \times 168) / 830 \\
 &\approx 292 + 151 \\
 &= 443 \text{ kL} < \text{約}660 \text{ kL} (330 \text{ kL} \times 2 \text{基})
 \end{aligned}$$

V: 燃料消費量
 N: 機関定格出力(kW)
 = 発電機出力(kVA) × 発電機効率
 = 7625 × 0.8 = 6100 (A/B系), 3750 × 0.8 = 3000 (HPCS系)
 C: 燃料消費率(kg/kW・h) = 0.2293 (A/B系), 0.2400 (HPCS系)
 H: 運転時間(h) = 168(7日間)
 γ: 燃料油密度(kg/m³) = 830



第2.3.1-10図 燃料タンク構成図

(1) ECCS の運転モード

ECCSの運転モードは、以下のとおり、短期間冷却と長期間冷却の2つの冷却モードに分類され、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の運転台数及び運転時間は冷却モードに応じて決定される（第2.3.1-11図参照）。

a. 短期間冷却モード（事故発生から炉心再冠水まで）

本冷却モードは、事故が発生してから炉心の再冠水が完了し、水位維持が行われる時点、又は事故後 10 分の時点のうち遅い時間までの冷却モードである。（この場合は、事故解析結果を踏まえ、保守的に「事故後 10 分」を採用する。）また、本冷却モードでは、非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のいかなる単一故障によっても、少なくとも 2 台の継続運転が要求される。

b. 長期間冷却モード（炉心再冠水以降）

本冷却モードは、炉心再冠水が完了した時点、又は事故後 10 分の時点のうち遅い方から格納容器冷却と共に最終的に事故を収束するまでの冷却モードである。本冷却モードでは、非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機のいかなる単一故障によっても、少なくとも非常用ディーゼル発電機 1 台の継続運転が要求される。

(2) 非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の燃料貯蔵設備

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の燃料は、以下のとおり、燃料デイタンク及び軽油タンクに貯蔵されている。

a. 燃料デイタンク

燃料デイタンクの容量は、非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 1 台が定格出力で 8 時間以上運転できる容量及び油面低になってから定格出力で 30 分運転できる容量を確保している。また、燃料デイタンクは、第 2.3.1-10 図のとおり、ディーゼル発電機毎に 1 基ずつ設置している。

b. 軽油タンク

軽油タンクの容量は、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が長期間冷却モードにて運転している負荷を考慮し、最低 7 日間運転できる容量及びサーベイランス消費量を確保している。また、軽油タンクは、第 2.3.1-10 図のとおり、非常用ディーゼル発電機(A)及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の共用を 1 基、非常用ディーゼル発電機(B)専用を 1 基設置している。

(3) 非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の燃料貯蔵量

a. 短期間冷却モード（事故発生から炉心再冠水まで）

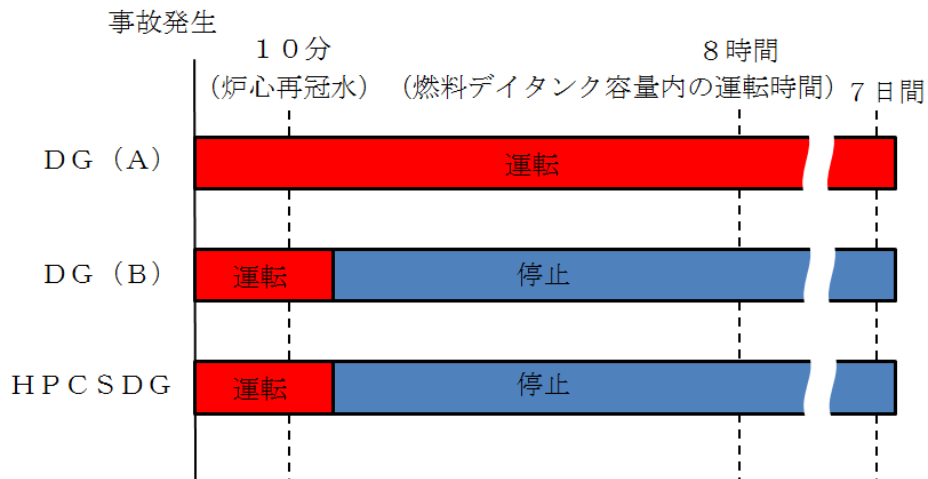
外部電源喪失及び冷却材喪失事故が同時発生した場合、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 3 台及び非常用炉心冷却系が自動起動することにより、事故後 10 分以内に炉心を再冠水できる。

このため、自動起動した非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機 3 台は、事故発生から炉心再冠水までの期間（事故後 10 分以内）、定格運転 8 時間分の燃料容量を有する各燃料デイトンクにより運転を継続できる。

b. 長期間冷却モード（炉心再冠水以降）

炉心再冠水後は、非常用炉心冷却系の流量調整を行い、原子炉水位を維持する。また、原子炉圧力が低下し、原子炉水位が安定した以降は、プラントパラメータを監視しながら、低圧炉心スプレイ系、高圧炉心スプレイ系又は残留熱除去系 A 系/B 系のポンプ等の停止を行い、非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の負荷（燃料消費量）を抑制する。

これにより、非常用ディーゼル発電機のうち 1 台（A 系又は B 系）は、外部電源喪失及び冷却材喪失事故ならびに軽油タンクの単一故障が同時発生した場合であっても、健全な軽油タンク 1 基により、7 日間の連続運転が可能である。



第 2.3.1-11 図 事故収束対応時の非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の運転状況

2.3.2 隣接する原子炉施設に属する非常用電源設備等への依存

(1) 非常用又は高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機の共用について

非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機は、発電用原子炉ごとに単独で設置し、多重性を考慮して、必要な容量のものを合計3台備え、各々非常用高圧母線に接続しており、他の発電用原子炉施設との共用をしない設計としている。【設置許可基準規則第33条 第8項】

(2) 非常用所内電源系の相互接続について

2号炉非常用高圧母線と3号炉非常用高圧母線は号炉間電力融通電気設備(自主対策設備)を用いた相互接続が可能な設計としているが、相互に接続することで安全性が向上する設計とする。

(「重大事故等対処設備について「3.14 電源設備(設置許可基準規則第57条に対する設計方針を示す章)」を参照)

3. 別添

別添1 鉄塔基礎の安定性について

1 女川原子力発電所外部電源線における送電鉄塔基礎の安定性評価

経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所及び再処理施設の外部電源の信頼性確保について（指示）」（平成23・04・15原院第3号）に基づき敷地周辺の地盤変状の影響による二次的被害の要因である「盛土の崩壊」、「地すべり」及び「急傾斜地の崩壊」を評価し、抽出した鉄塔について、地質専門家による現地踏査結果を踏まえ、鉄塔基礎の安定性に影響がないことを確認した。

第1-1表に、基礎の安定性評価結果を示す。

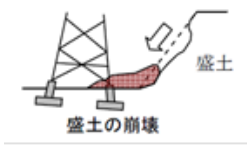
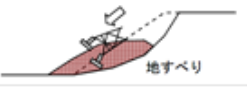
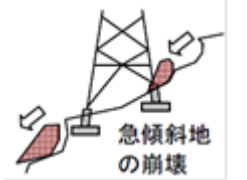
第1-1表 対象線路毎の評価結果

対象線路	対象基数	現地踏査基数			崩壊防止対策等の追加対策が必要な基数
		盛土の崩壊	地すべり	急傾斜地の崩壊	
275kV 松島幹線	233基	0基	14基	41基	0基
275kV 牡鹿幹線	86基	4基	3基	21基	0基
66kV 塚浜支線	10基	0基	0基	4基	0基
66kV 鮎川線	70基	0基	5基	35基	0基
66kV 万石線	77基	1基	2基	17基	0基
5線路	476基	5基	24基	118基	0基

2 地質の専門家による現地踏査の評価項目と方法

評価対象線路の全基を対象に図面等を用いた机上調査を行い、基礎の安定性に影響を与える兆候を有する鉄塔を抽出し、地質専門家による現地踏査で第2-1表に示す項目に基づき、鉄塔基礎の安定性評価を実施した。

第2-1表 現地踏査評価項目

評価項目	主な評価項目	評価方法
盛土の崩壊 	<ul style="list-style-type: none"> ・盛土の状況（形状・規模） ・鉄塔と盛土の距離 ・崩壊跡の有無 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地踏査に際しては、盛土の状況（形状・規模）、鉄塔との距離、崩壊跡の有無を確認し、健全性を評価した。
地すべり 	<ul style="list-style-type: none"> ・地すべり地形（地形・地質・変状） ・鉄塔と地すべり地形の距離 ・露岩分布 ・移動土塊の状況 ・地表面の変状の有無 ・地すべり地形の明瞭度 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地踏査に際しては、調査の対象とする地区に対して可能な限り見通しの良い正面又は側面から全体の地形、勾配、傾斜変換線の位置等を確認して地すべり地の概略を把握した。 ・その後、地形状況、露岩分布状況、移動土塊の状況、地表面の変状の有無等について詳細に確認し、健全性を評価した。
急傾斜地の崩壊 	<ul style="list-style-type: none"> ・急斜面地形（地質・斜度・斜面変状） ・鉄塔と急傾斜地の距離 ・崩壊跡の有無 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地踏査に際しては、斜面勾配等の地形条件、斜面上の変状の有無、植生状況、地下水や表流水の集水条件等を調査し、健全性を評価した。

3 盛土崩壊に対する評価結果

3.1 現地踏査対象の抽出

対象箇所への抽出にあたっては、送電線とその周辺の地形状況が記載されている実測平面図、国土地理院発行の地形図（1/25,000）、送電線周辺で発生した盛土に関する送電線の保守記録も使用し、人工的に土地の改変が加えられた箇所を抽出した。

また、地表地質の専門家による空中写真判読により人工改変地の抽出も行い、さらに現地を徒歩により直接確認して、漏れのないよう盛土箇所を抽出した。

抽出の結果、鉄塔 476 基のうち、5 基が該当した。

なお、盛土の規模としては、基本的に今回の評価の発端となった 66kV 夜の森線（他社送電線）周辺で発生した盛土崩壊と同程度の規模の盛土を対象とし、更なる安全性向上の観点から、それよりも小規模な盛土についても対象とした。

3.2 現地踏査結果

対象鉄塔 5 基について現地踏査を実施した結果、崩壊の危険性を有する盛土のり面は認められず、鉄塔基礎の安定性に問題ないことを確認した。

4 地すべりに対する鉄塔基礎の安定性評価結果

4.1 現地踏査対象の抽出

地すべり防止区域（地すべり等防止法）、地すべり危険箇所（地方自治体指定）及び地すべり地形分布図（独立行政法人防災科学研究所）から対象鉄塔を抽出した後、『切土工・斜面安定工指針』に示されている「地すべり型による地形図及び写真判読のポイント」を参考にした空中写真判読、あるいは送電線とその周辺の地形形状、地形状況を確認した結果、鉄塔 476 基のうち、計 24 基を抽出した。

4.2 現地踏査結果

対象鉄塔 24 基について現地踏査を実施し、地すべりの変状、地形特性に基づき各鉄塔を評価した結果、鉄塔基礎の安定性に問題ないことを確認した。

5 急傾斜地の土砂崩壊に対する鉄塔基礎の安定性評価結果

5.1 現地踏査対象の抽出

急傾斜地の土砂崩壊については、送電線とその周辺の地形状況が記載されている実測平面図や国土地理院発行の地形図（1/25,000）等を使用し、『切土工・斜面安定工指針』に示されている「斜面崩壊が発生した勾配の分布」を参考に以下の抽出条件を定め、鉄塔 476 基のうち、計 118 基を抽出した。

- ・鉄塔近傍に 30 度以上の傾斜を有する斜面がある箇所
- ・万が一、土砂崩壊があった場合、杭基礎と違い根入れが浅く影響を受けやすい逆 T 型基礎（かつ建設時にボーリング調査を実施しておらず地質状態が不明確なもの）の鉄塔

5.2 現地踏査結果

対象鉄塔 118 基について現地踏査を実施し、斜面勾配等の地形条件、斜面上の変状の有無、植生状況、地下水や表流水の集水条件等に基づき各鉄塔を評価した結果、鉄塔基礎の安定性に問題ないことを確認した。

6 巡視・点検実績

原子力安全・保安院への「原子力発電所等に対する供給信頼性向上対策ならびに原子力発電所等電源線の送電鉄塔基礎の安定性等評価報告書」（平成 24 年 2 月 17 日）提出以降も、送電設備全般を対象とした定期的な普通巡視、また、大雨・地震後等に必要に応じて行う予防巡視により、鉄塔基礎の安定性に影響がないことを確認している。

巡視及び点検の頻度を第 6-1 表に、巡視及び点検の実績を第 6-2 表に示す。

第 6-1 表 巡視・点検の頻度

保守管理		頻 度
巡視	普通巡視	2 回／年
	予防巡視	必要の都度（大雨・地震後等）
点検	定期点検	1 回／10 年
	臨時点検	必要の都度

第 6-2 表 巡視・点検の実績

275kV 松島幹線			平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
巡視	普通 巡視	仙台	4/27, 10/1	4/16, 10/9	5/14, 11/18	6/8, 12/16	6/6, 12/20	6/5, 12/21
		石巻	7/5/, 3/4	4/25, 2/14	5/19, 11/25, 3/6	5/12, 7/4, 1/26, 3/18	4/28, 6/15, 1/25, 3/7	4/19, 6/9 10/11, 12/4
	予防 巡視	仙台	5/5, 6/21, 7/9	7/19	2/19, 3/10	9/3, 3/11	9/26, 3/9	9/5, 3 月予定
		石巻	5/5, 6/20, 8/30, 10/26	4/18, 5/22, 8/7	9/11・12, 10/6・14・ 15, 2/19	4/2, 4/27, 8/10・19, 10/21, 11/12・24・ 27	7/15, 9/2, 10/14, 12/20	7/5, 9/4, 1/18, 3 月予定
点検	定期 点検	仙台	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	3/30	H30. 3 予定
		石巻	実績なし	実績なし	8/28	実績なし	実績なし	実績なし
	臨時 点検	仙台	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし
		石巻	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし

【次回定期点検予定：H30/3（仙台）、H31/4（石巻）】

※ 275kV 松島幹線は区間を分け 2 箇所保守管理を実施しているため地域別に記載

275kV 牡鹿幹線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
巡視	普通巡視	6/20, 2/1	4/26, 1/14	4/23, 5/19, 11/25, 2/5	5/9・12, 6/18・29, 1/26, 2/4	4/28, 5/31 1/25, 2/8	4/19, 5/24 10/11, 2/2
	予防巡視	5/5・6・20, 8/30, 10/26, 1/27	4/18, 5/22, 7/19, 8/5, 10/17	9/11, 10/6・ 14・15, 2/20	4/2・27, 8/19, 10/21, 11/13・16	7/15, 8/5, 10/14, 11/2	7/5, 8/2 11/20, 1/18
点検	定期点検	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	3/28	実績なし
	臨時点検	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし

【次回定期点検予定：H39/3】

66kV 塚浜支線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
巡視	普通巡視	7/4, 1/8	5/23, 1/14	5/23, 1/9	5/12・27, 1/12・26	4/28, 1/13・25	4/12・19, 10/10・11
	予防巡視	実績なし	5/21, 8/6	9/11, 10/15, 2/20	4/2・27, 8/10・19, 10/20・21	7/5・11, 10/14	7/5・11, 1/18
点検	定期点検	実績なし	実績なし	1/13	実績なし	実績なし	実績なし
	臨時点検	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし

【次回定期点検予定：H36/3】

66kV 鮎川線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
巡視	普通巡視	7/4, 1/8	5/23, 1/14	5/26	5/27, 1/12	4/28, 1/13	4/12, 10/10
	予防巡視	5/5, 6/20, 8/30, 10/26	4/18, 5/23, 7/19, 8/6, 10/17	9/11, 10/6・14・ 15, 2/20	4/2, 8/10, 10/20・21	7/11, 10/14	7/11, 1/9
点検	定期点検	実績なし	実績なし	3/6	実績なし	実績なし	実績なし
	臨時点検	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし

【次回定期点検予定：H36/3】

66kV 万石線		平成 24 年度	平成 25 年度	平成 26 年度	平成 27 年度	平成 28 年度	平成 29 年度
巡視	普通巡視	7/3, 1/8	5/17, 3/3	5/23, 1/9	5/27, 1/12	4/28, 1/13	4/12, 10/10
	予防巡視	5/5, 6/20, 8/30	10/17	9/11, 10/6・14・ 15, 2/20	4/2, 8/10, 10/26・30	7/11, 10/14	7/11, 1/9
点検	定期点検	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	11/5	実績なし
	臨時点検	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし	実績なし

【次回定期点検予定：H38/10】

別添 2 吊り下げ設置型高圧遮断器について

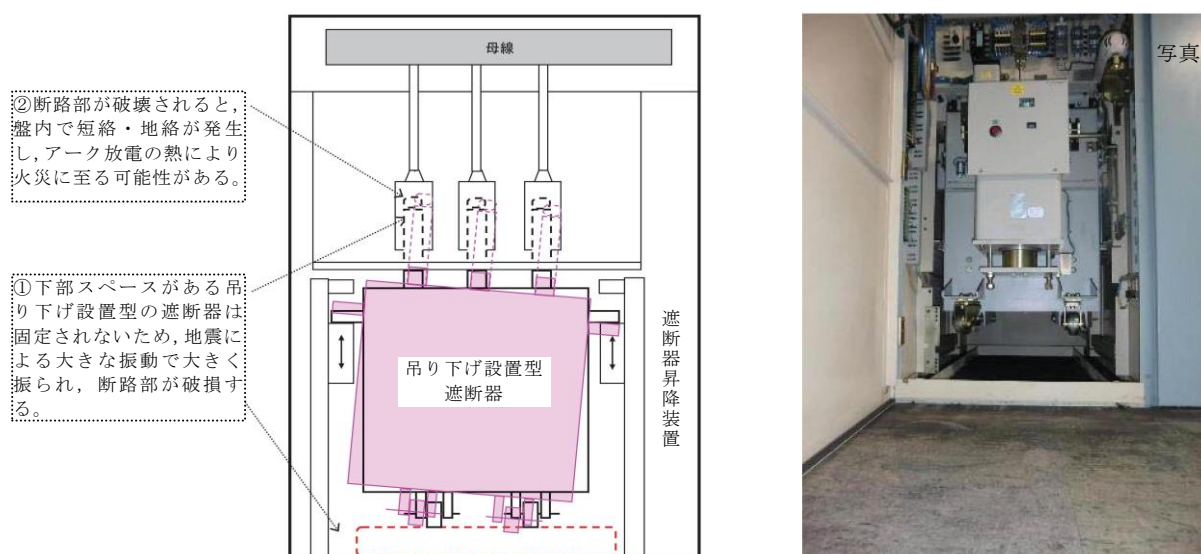
1 事象概要

平成 23 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震による揺れで、女川原子力発電所 1 号機（以下、「女川 1 号機」という。）のタービン建屋地下 1 階にある高圧電源盤 6-1A から火災が発生した。

2 推定原因

女川 1 号機高圧電源盤火災の原因は、盤内の吊り下げ設置型の高圧遮断器が地震により大きく揺れたことで、盤側及び遮断器側断路部が破損し、その際に発生した短絡・地絡に伴うアーク放電による熱の影響であると推定されている（第 2-1 図参照）。

一方、従来から吊り下げ設置型の高圧遮断器に本設の架台が設置されている RPT 用高圧電源盤については、地震後に実施した外観目視確認の結果、破損等の異常は認められていないことから、吊り下げ設置型の高圧遮断器の揺れを低減することにより、火災の発生を抑制することが可能と考えられる。

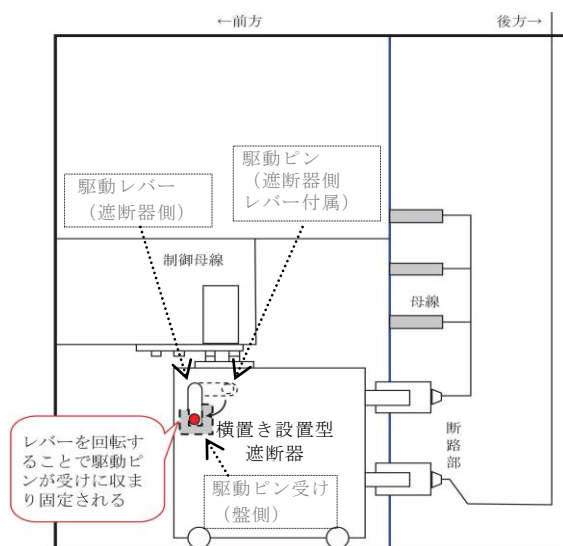


第 2-1 図 吊り下げ設置型の高圧遮断器 概要図

3 対策状況

上記 2 項の推定原因から、女川・東通原子力発電所で使用している吊り下げ設置型の高圧遮断器の有無について調査した結果、女川 1 号機の常用系高圧電源盤に、25 台（火災で焼損した 9 台を含む）のマグネブラスト遮断器（以下、「MBB」という。）が設置されていることを確認した。なお、女川 2, 3 号機及び東通 1 号機については、吊り下げ設置型の遮断器は使用していない。

対策として、抽出された 25 台の MBB について、吊り下げ設置型の高圧遮断器から、地震による大きな揺れが発生しない横置き型の真空遮断器（以下、「VCB」という。）に更新することとした（第 3-1 図参照）。なお、第 3-1 表のとおり更新は完了しており、対策済みである。



第 3-1 図 横置き型 VCB 概要図

第 3-1 表 吊り下げ設置型高圧遮断器調査結果及び対策状況

プラント名	該当遮断器台数	遮断器の設置場所	対策状況	備考	
女川 1 号機	25 台	12 台	高圧電源盤 6-1S	済 ^{※1}	
		9 台	高圧電源盤 6-1A	済 ^{※1}	
		4 台	RPT 用高圧電源盤	済 ^{※1}	
女川 2 号機	無	—	—		
女川 3 号機	無	—	—		
東通 1 号機	無	—	—		

※ 1 : MBB から VCB へ更新済み。

別添3 変圧器1次側の1相開放故障について

1 外部電源系の変圧器の巻線仕様一覧

女川原子力発電所2号炉の非常用高圧母線に電源供給する外部電源に直接接続している変圧器巻線仕様を第1-1表に示す。

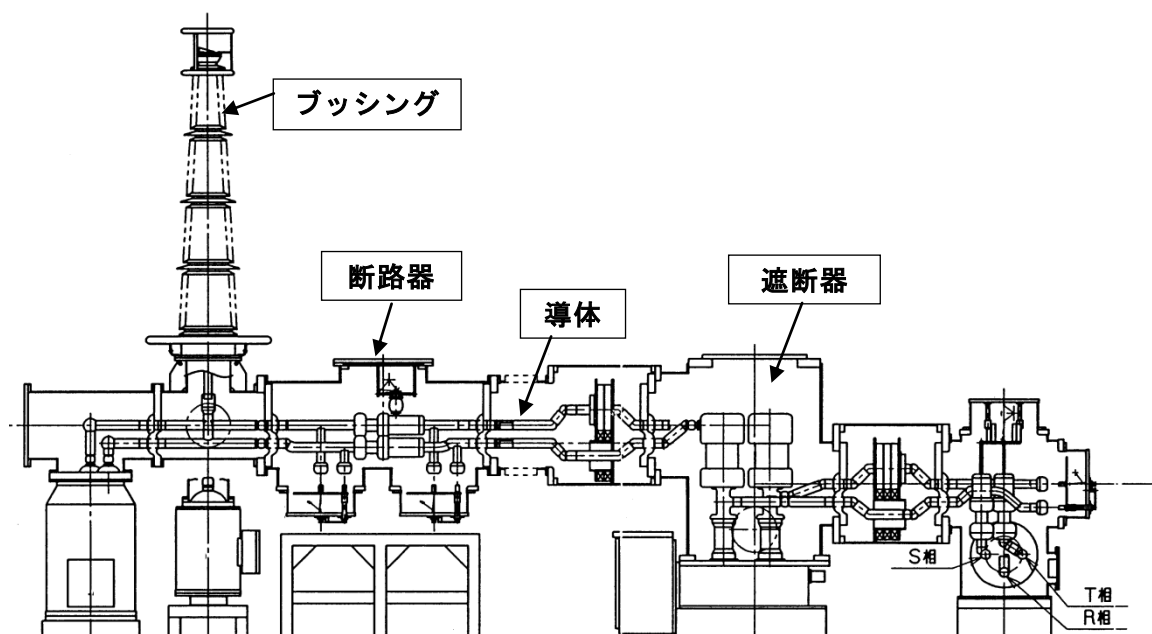
第1-1表 変圧器巻線仕様

変圧器名称	電圧	巻線の結線方法		
		外部電源側	負荷側	安定巻線
起動変圧器	275kV/6.9kV	Y (直接接地)	Y (リアクトル接地)	Δ
予備変圧器	66kV/6.9kV	Δ (非接地)	Δ (非接地)	無し

2 1相開放故障発生時の検知について

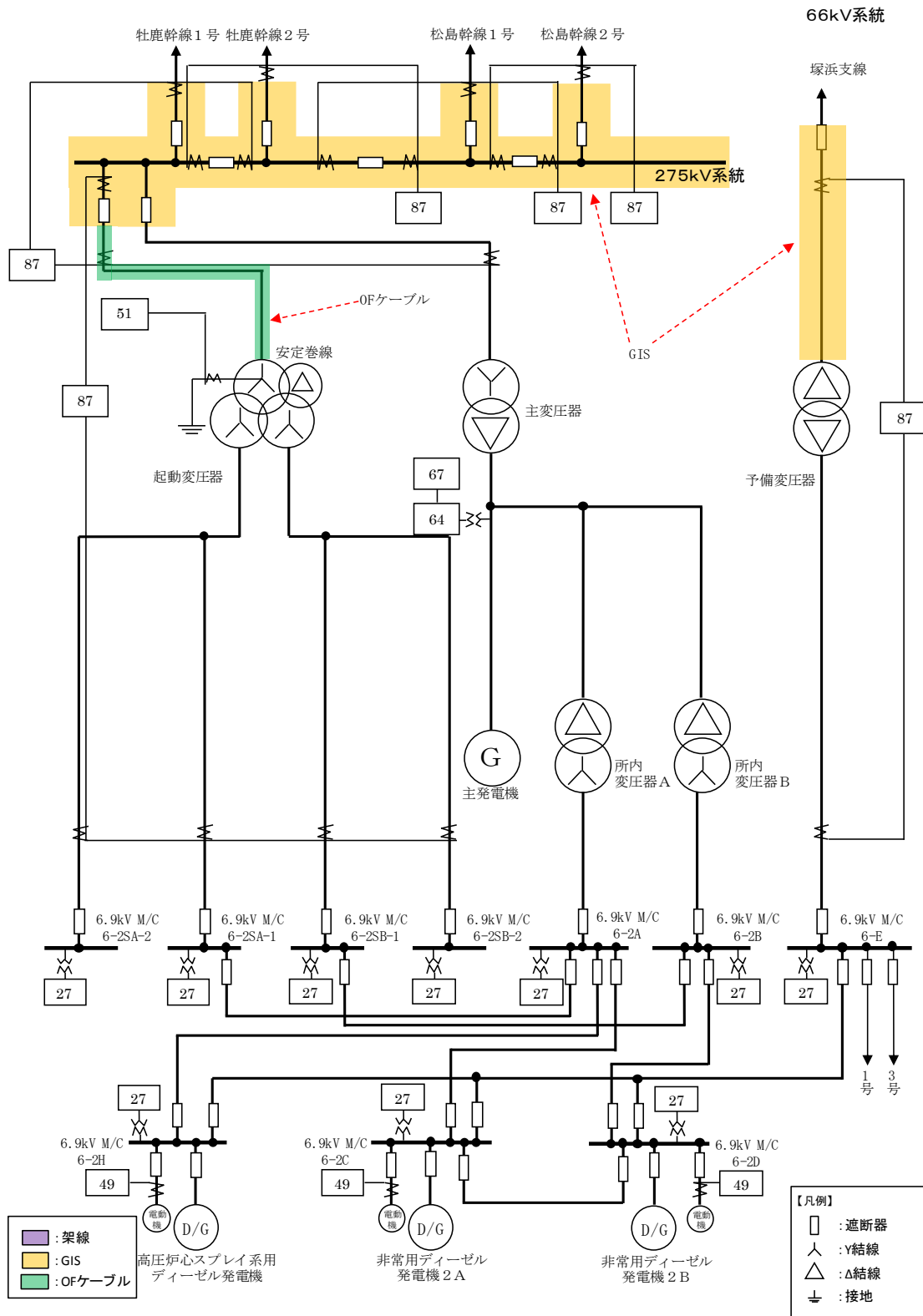
2.1 電流差動継電器(87)による検知

変圧器の1次側において、米国パイロン2号炉の事象のように1相開放故障が発生した場合、275kV送電線側については、米国パイロン2号炉同様の気中に露出した接続ではなく、第2-1図のように接地された筐体内等に導体が収納された構造である。このような構造の場合、導体の断線による1相開放故障が発生したとしても、接地された筐体等を通じ完全地絡となることで、電流差動継電器(87)による検知が可能である。



第2-1図 接地された筐体内等に導体が収納された構造 (275kV GISの例)

第 2-2 図に完全地絡による電流差動継電器 (87) により検知可能な GIS、変圧器及び 0F ケーブルの各部位を示す。



第 2-2 図 完全地絡による電流差動継電器 (87) による検知部位

以下に GIS，変圧器及び OF ケーブルの構造に関する詳細を示す。

(1) GIS の故障検知について

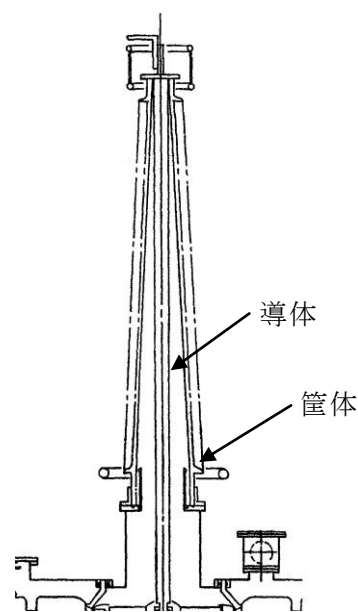
GIS は，接地されたタンク内に導体が収納されており，絶縁性の高い SF6 ガスにより絶縁が確保されている。

GIS は，ブッシングを通じて架線と接続する構成である。

a. ブッシング

ブッシングは第 2-3 図のとおり磁器碍管に導体等が収納された構造となっており，ブッシング内の導体等の破損については，磁器碍管の破損がない限り考えにくい。

仮に，磁器碍管の破損による故障が発生した場合，導体と管体間で地絡が発生する。その場合，電流差動継電器 (87) が設置されており，検知が可能である。



第 2-3 図 ブッシングの外観及び内部構造図

b. GIS (ブッシング除き)

(a) 導体

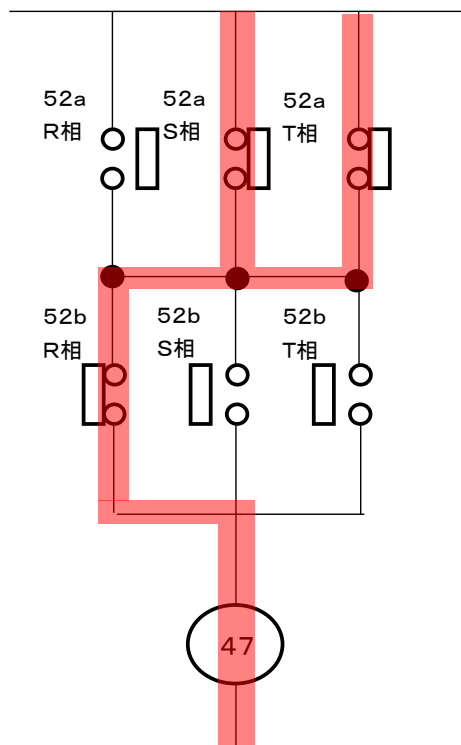
GISは第2-1図のとおり絶縁スペーサでGIS内の導体を支持する構造となっており、絶縁スペーサは、機械的強度が高く壊れる可能性が小さいと考えられることから、導体の脱落が生じにくい構造となっている。したがって、GIS内部での1相開放故障は発生しにくい構造である。

仮に、絶縁スペーサが破損した場合、導体と筐体間で地絡が発生する。その場合、電流差動継電器(87)が設置されており、検知が可能である。

(b) 遮断器の投入動作不良による欠相の検知

遮断器により1相開放故障が発生する要因として、各相個別に開放及び投入が可能な遮断器においては、投入動作不良による欠相が考えられる。しかし、このような遮断器には、欠相継電器(47)を設置しており、欠相の検知が可能である(第2-4図参照)。

欠相が生じた場合、欠相保護継電器が動作し、遮断器は3相開放されるため、欠相状態は解除され、また警報により、1相開放故障の検知が可能である。



第2-4図 遮断器投入不良による1相開放故障検知のインターロック

(c) 断路器の投入動作不良による欠相の検知

断路器投入時は遮断器開放状態であり、投入操作時は基本的に現場に人員がいるため、第 2-5 図のとおり投入成功状態の確認が可能であることから、投入動作不良による欠相の検知は可能である。

なお、断路器通電状態の場合は、開放及び投入不可のインターロックが構成されており、操作不可である。



第 2-5 図 断路器の開放及び投入表示について

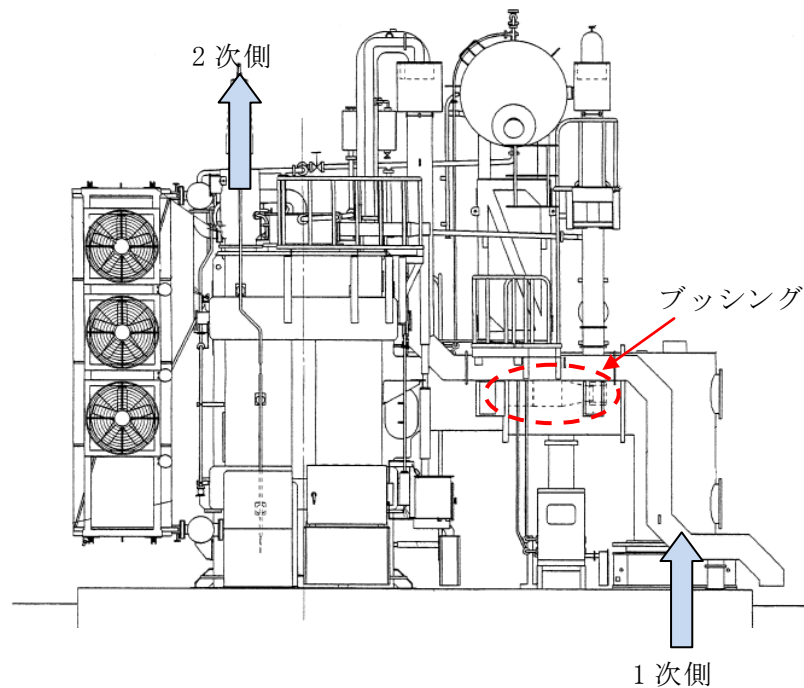
(2) 変圧器の故障検知について

変圧器は、接地されたタンク内に導体が収納されており、絶縁油により絶縁が確保されている。導体は、タンク内ブッシングを介し、リード線で変圧器巻線と連結した構造である。

変圧器は、十分強度を持った筐体内にあるため、断線が発生する可能性は低い。

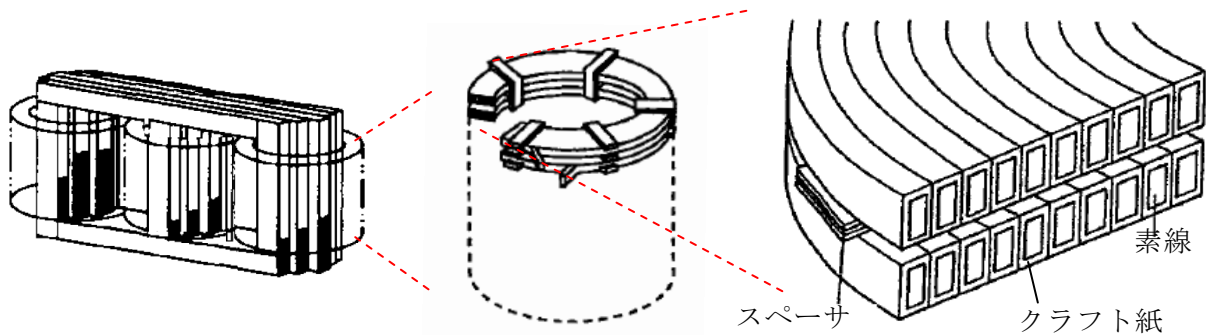
仮に、変圧器の筐体内で断線が発生した場合、アークの発生により衝撃油圧継電器による機械的保護継電器が動作することにより検知に至る場合や、地絡が生じることによって電流差動継電器(87)による検知が可能である。

変圧器の外形図を以下に示す。



第 2-6 図 変圧器外形図 (起動変圧器)

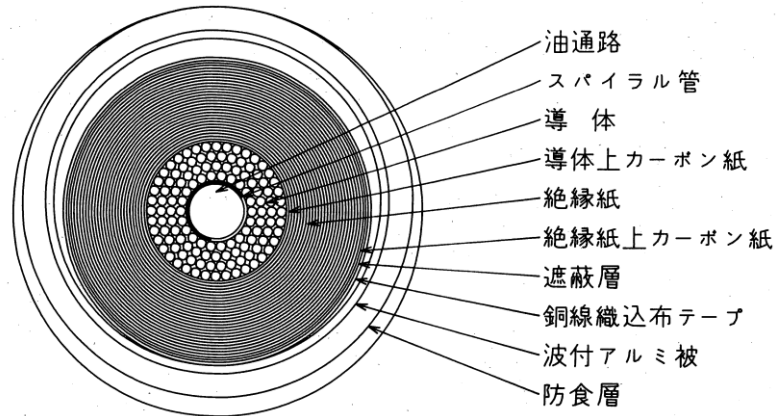
変圧器の巻線は、第 2-7 図のとおり 1 ターンが複数の素線により構成されており、断線が発生し、1 相開放故障が発生する可能性は低い。



第 2-7 図 変圧器巻線概要図

(3) OF ケーブルの故障検知について

OF ケーブルは第 2-8 図のとおり導体が絶縁体等に内包されており，導体の断線が起きにくい構造となっている。仮に，断線が発生した場合は，導体外側にある接地された層を通じ地絡に至り，電流差動継電器(87)又は起動変圧器中性点過電流継電器(51)が動作することで検知することが可能である。



第 2-8 図 OF ケーブル構造図

別添 4 1 相開放故障発生箇所の識別とその後の対応操作について

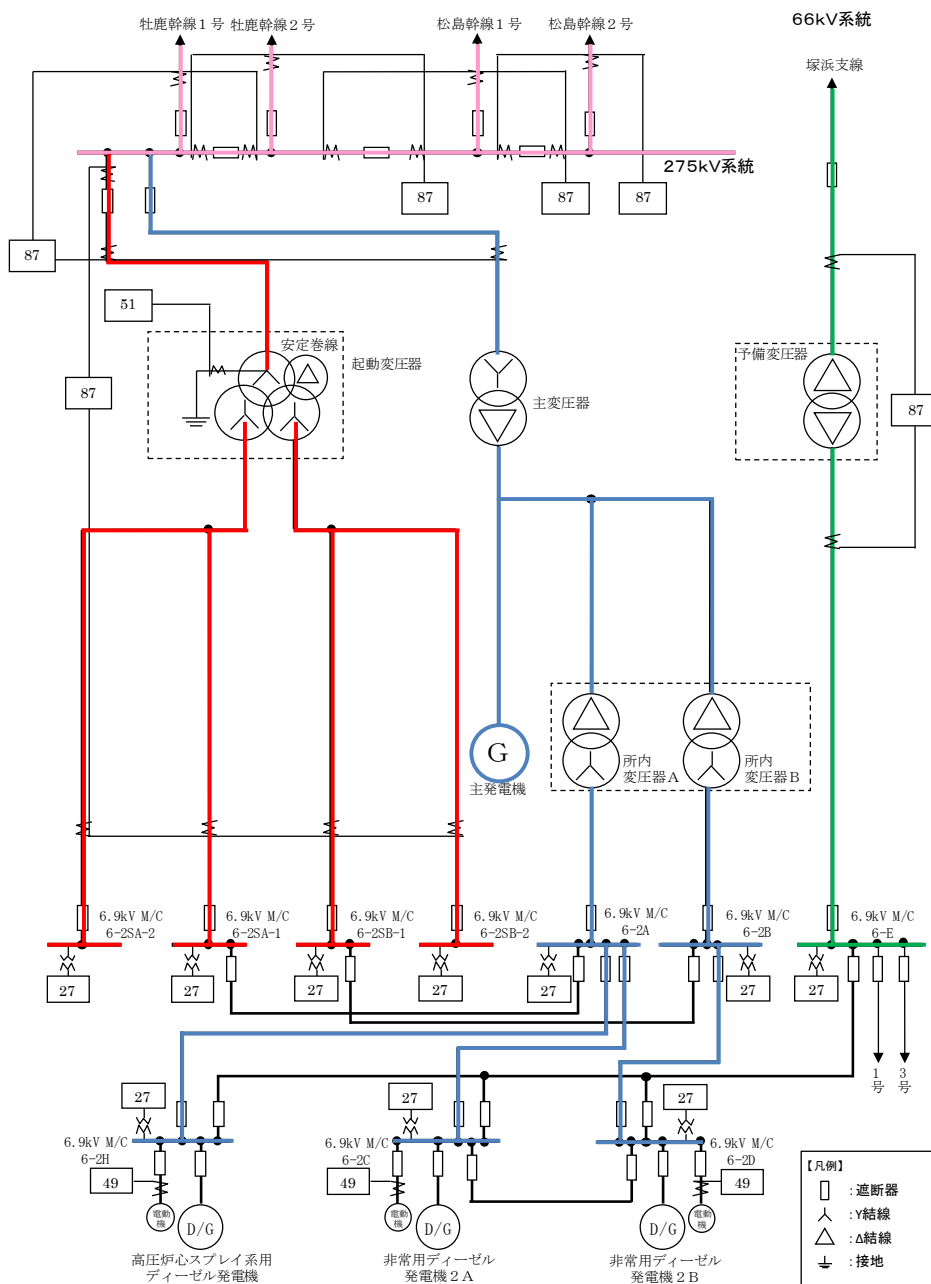
1. 通常運転時

(1) 275kV 送電線で発生する 1 相開放故障

(目視点検)

a. 1 相開放故障直前の状態

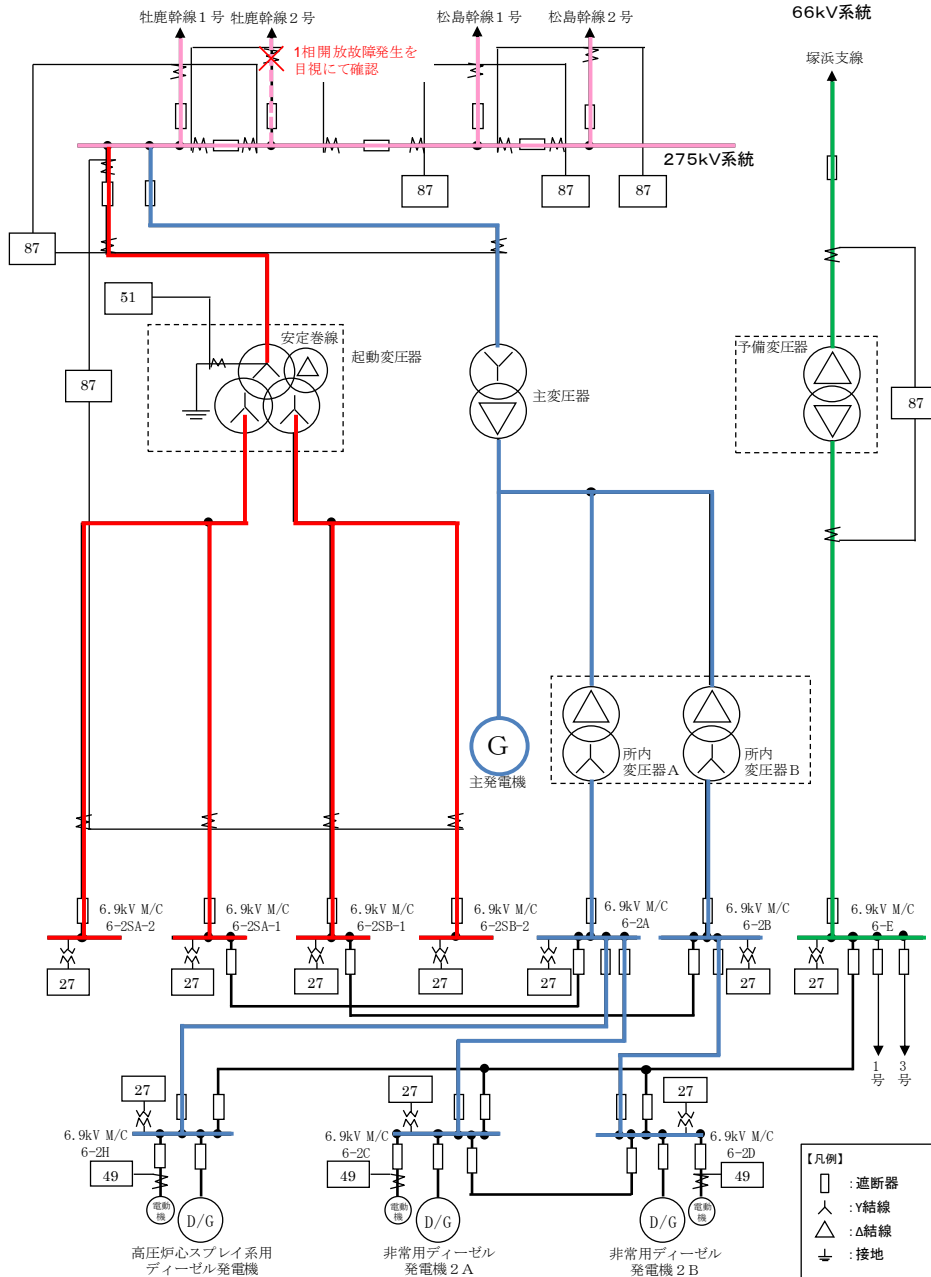
第 1.1-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器及び共通用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 1.1-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

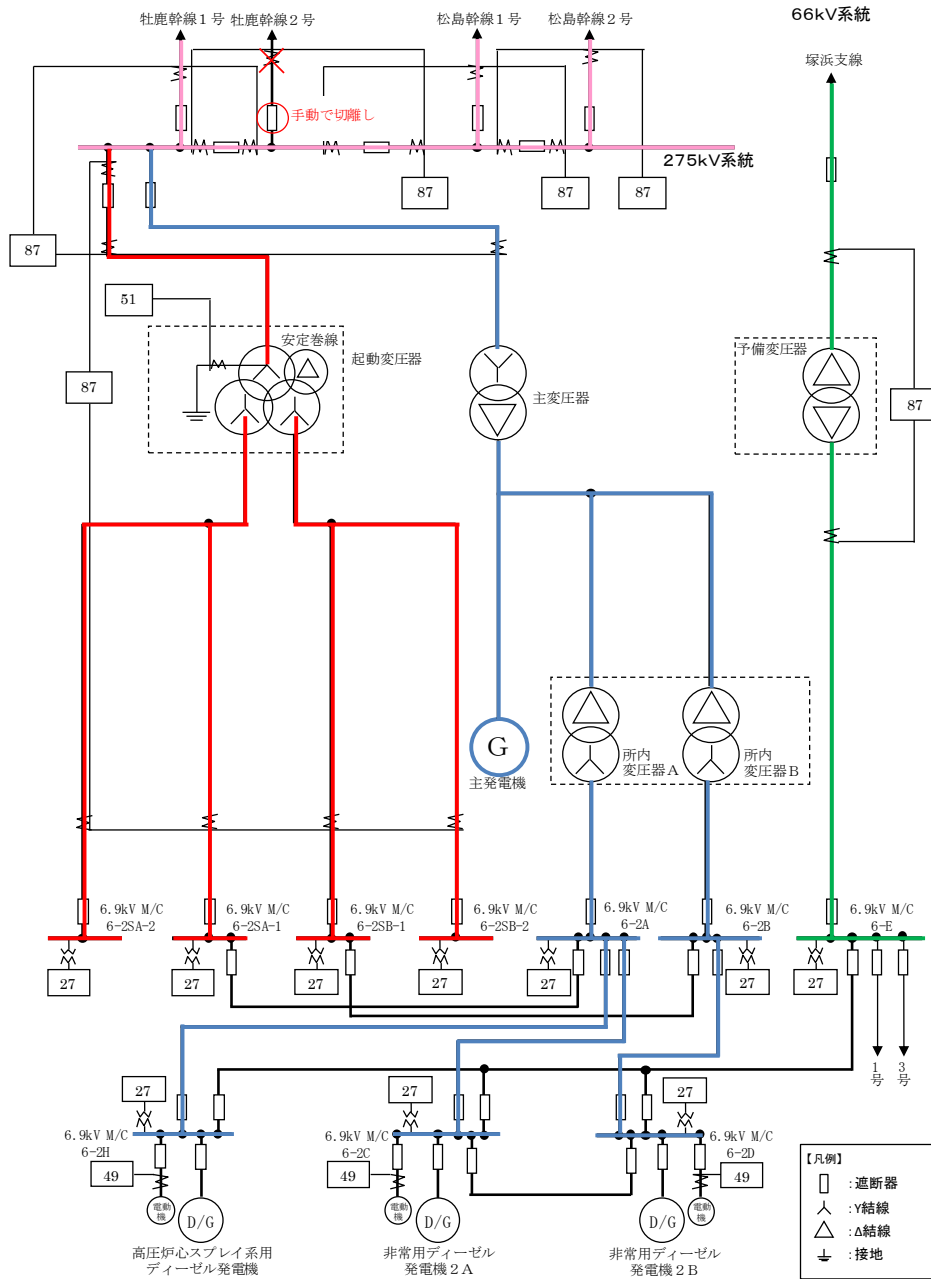
第 1.1-2 図のとおり、275kV 送電線の 1 回線で 1 相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、275kV 送電線の 1 回線にて 1 相開放故障が発生したことを検知可能である。



第 1.1-2 図 1 相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

第 1.1-3 図のとおり、運転員の手動操作により、275kV 送電線 1 回線を外部電源系から隔離すると、残り 3 回線で起動変圧器及び共用高圧母線へ電源供給を行う。（非常用高圧母線の電圧は変化無し。）

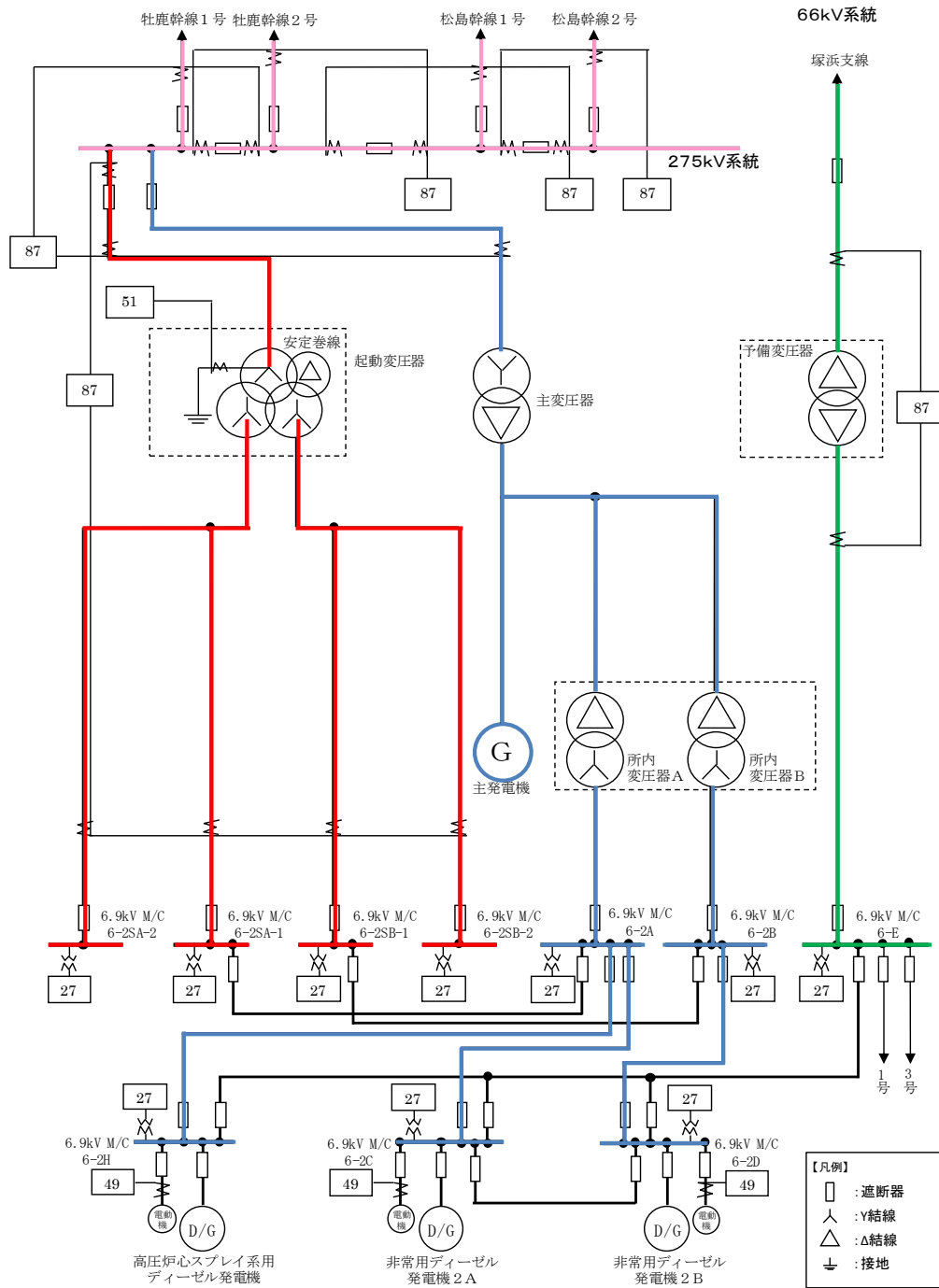


第 1.1-3 図 故障箇所を隔離した状態

(2) 66kV 送電線で発生する 1 相開放故障
 (目視による確認)

a. 1 相開放故障直前の状態

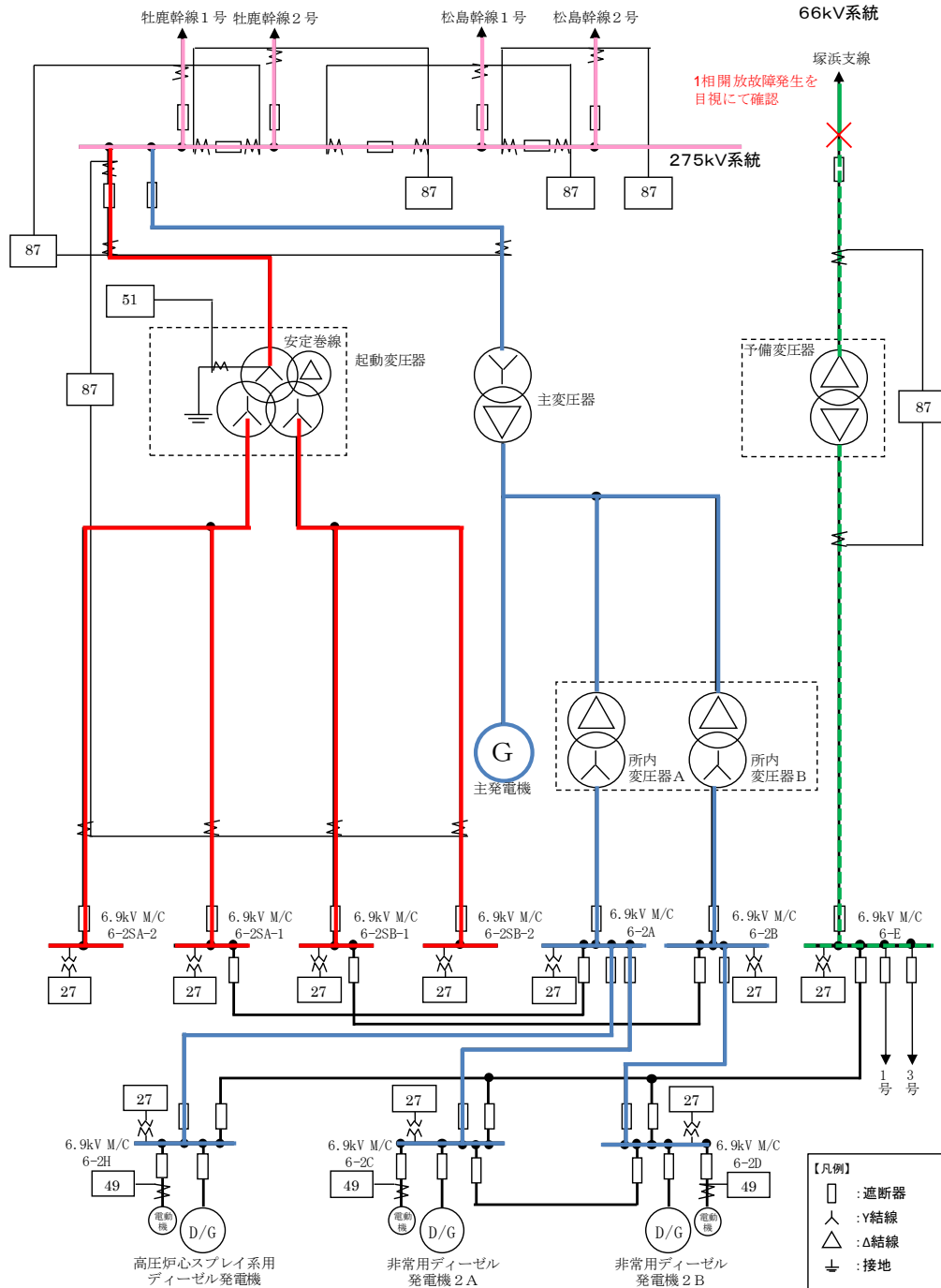
第 1.2-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器及び共通用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 1.2-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

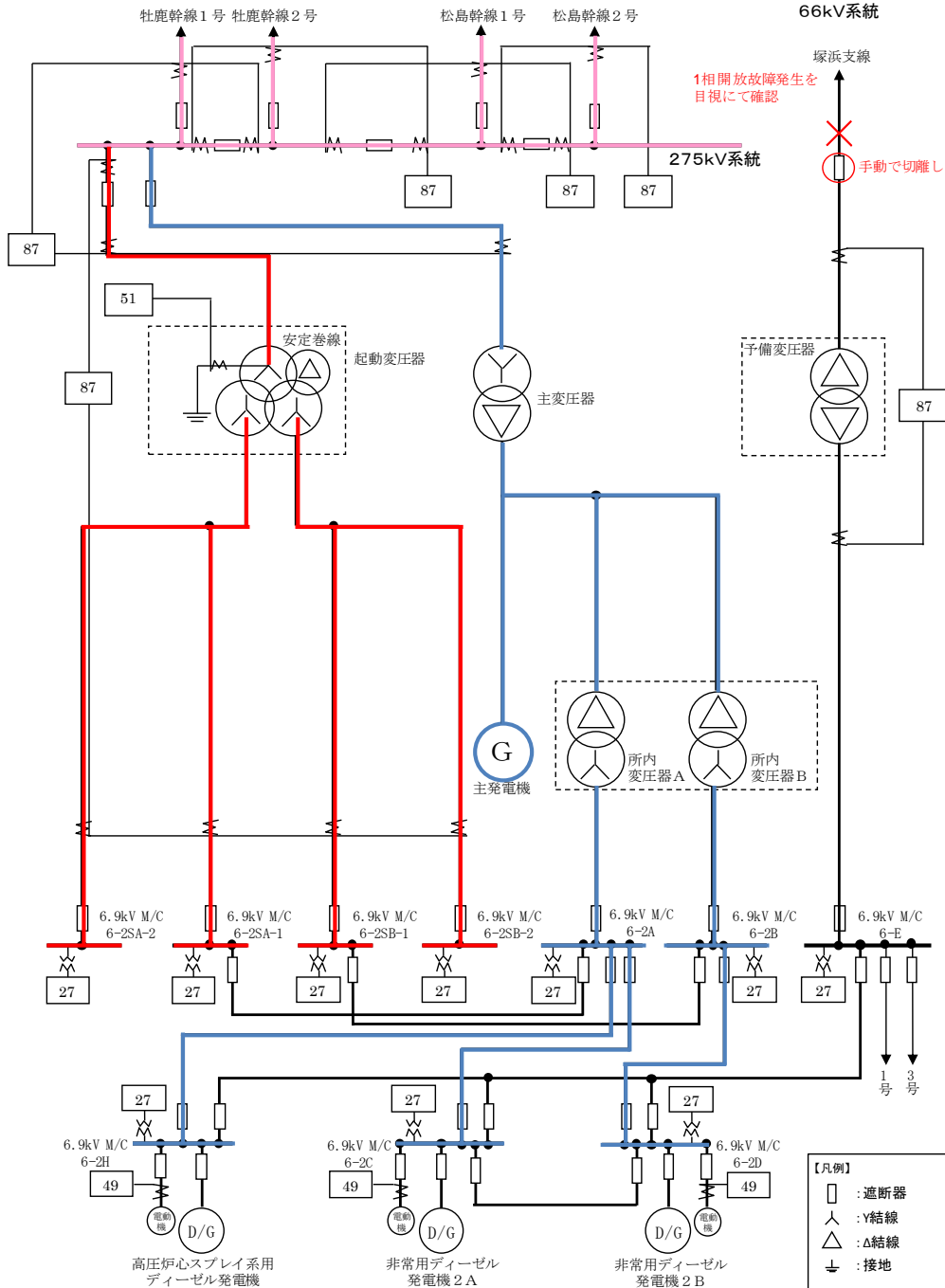
第 1.2-2 図のとおり、66kV 送電線で 1 相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、66kV 送電線にて 1 相開放故障が発生したことを検知可能である。



第 1.2-2 図 1 相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

第 1.2-3 図のとおり，運転員の手動操作により，66kV 送電線を外部電源系から隔離する。275kV 送電線で起動変圧器及び共通用高压母線へ電源供給を継続する。（非常用高压母線の電圧は変化無し。）



第 1.2-3 図 故障箇所を隔離した状態

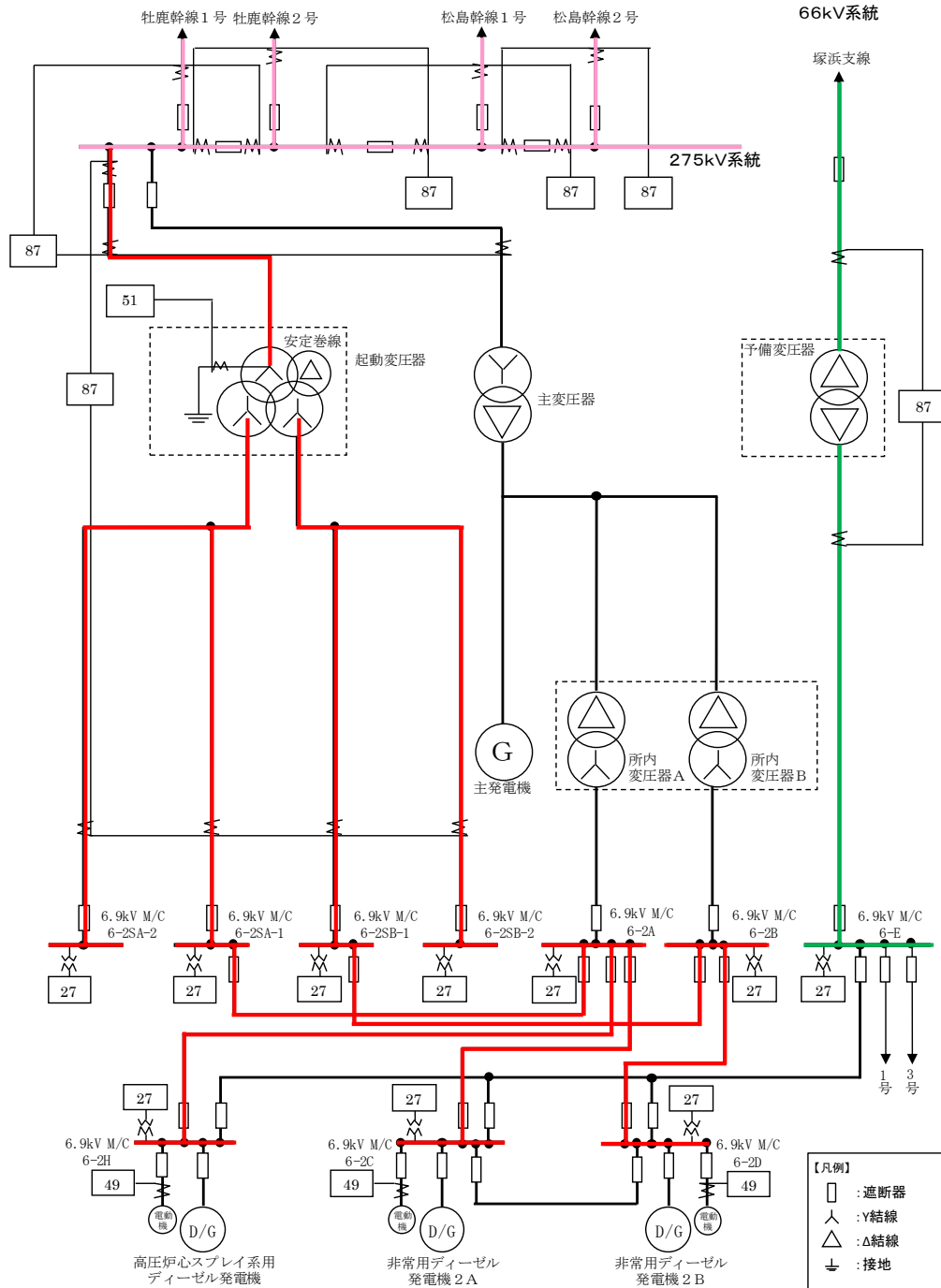
2. プラント停止時

(1) 275kV 送電線で発生する 1 相開放故障

(目視点検)

a. 1 相開放故障直前の状態

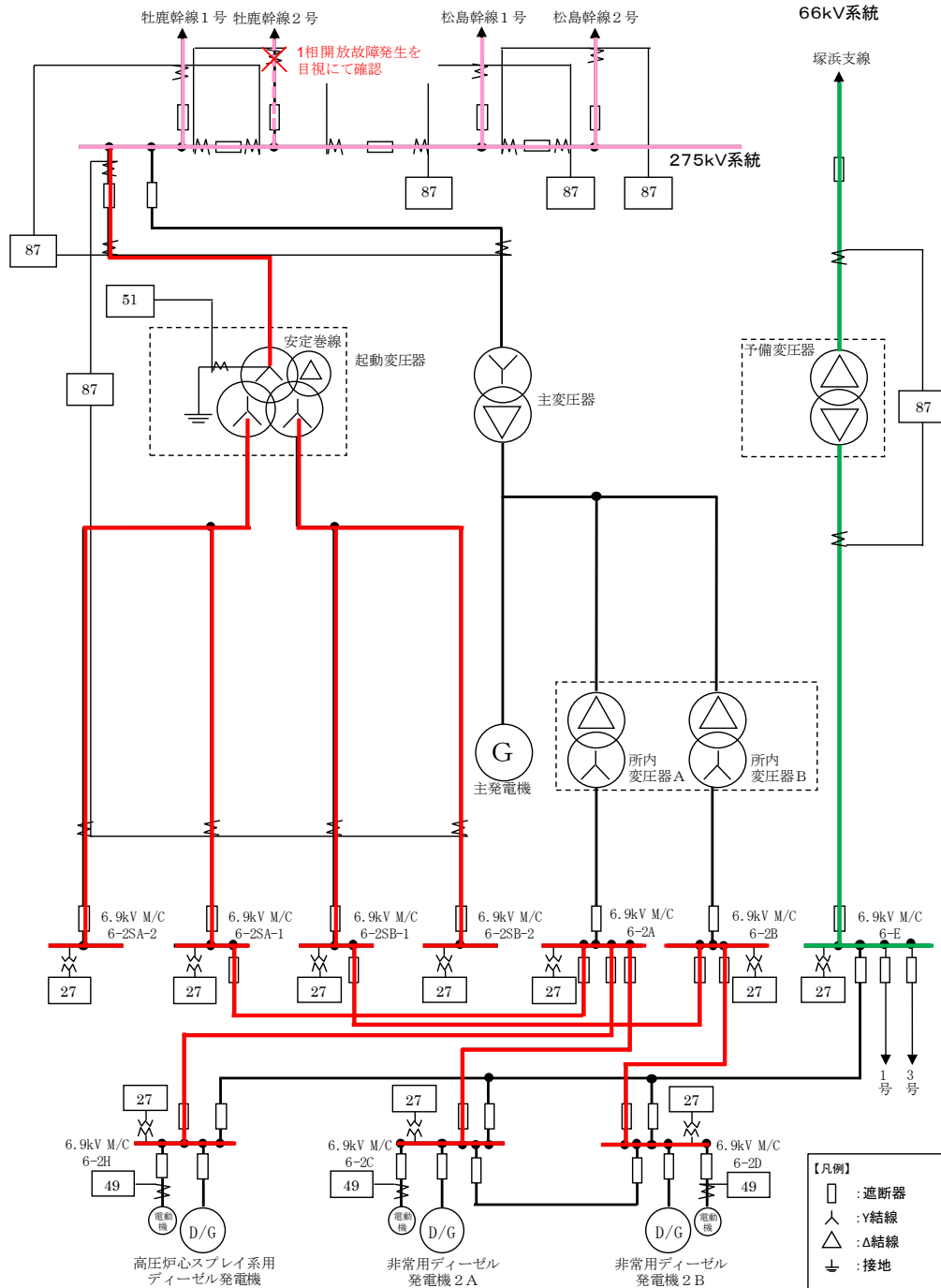
第 2.1-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器、共用高压母線、常用高压母線及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 2.1-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

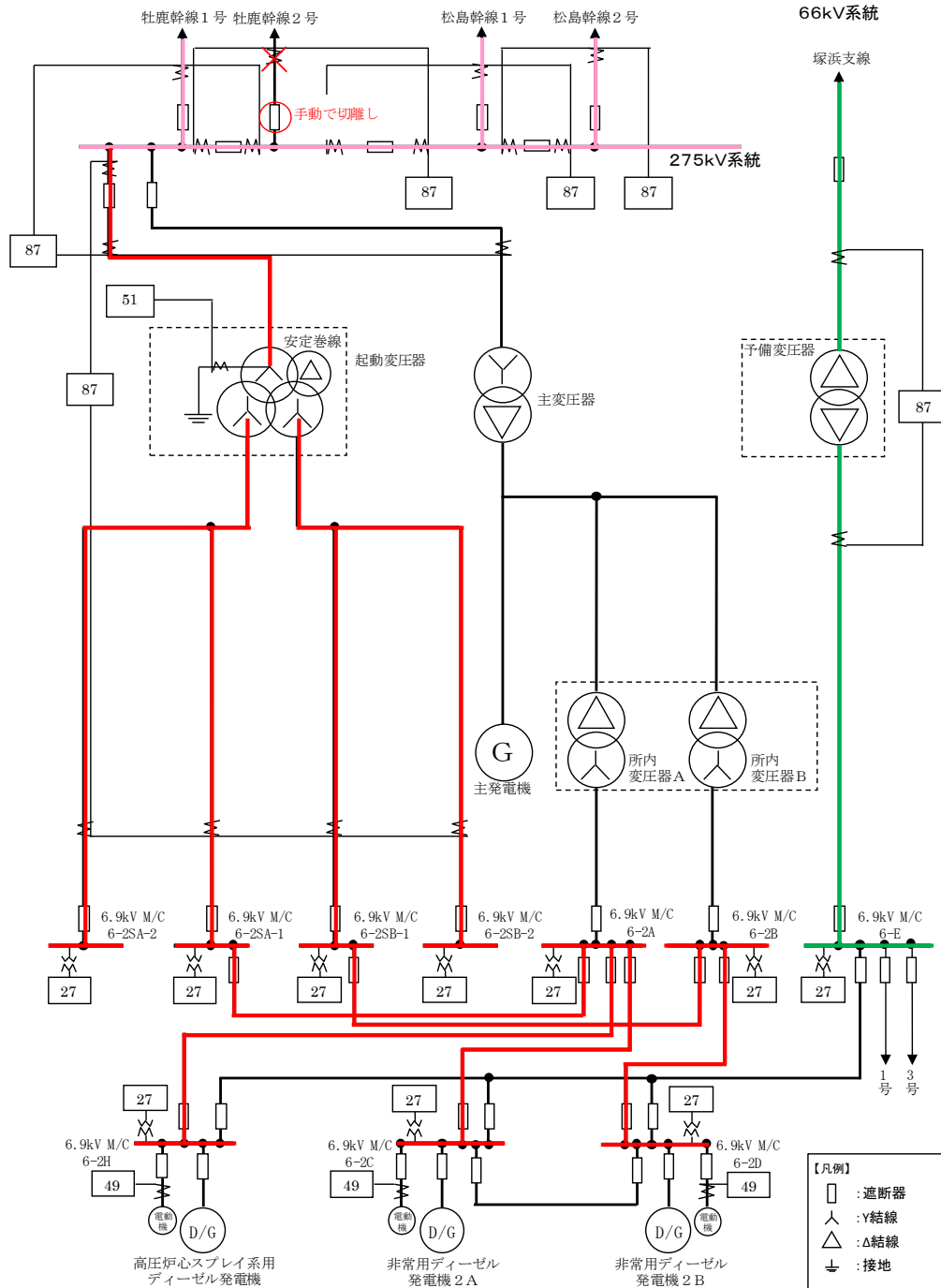
第 2.1-2 図のとおり、275kV 送電線の 1 回線で 1 相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、275kV 送電線の 1 回線にて 1 相開放故障が発生したことを検知可能である。



第 2.1-2 図 1 相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

第 2.1-3 図のとおり、運転員の手動操作により、275kV 送電線 1 回線を外部電源系から隔離すると、残り 3 回線で起動変圧器及び共用高圧母線へ電源供給を行う。（非常用高圧母線の電圧は変化無し。）

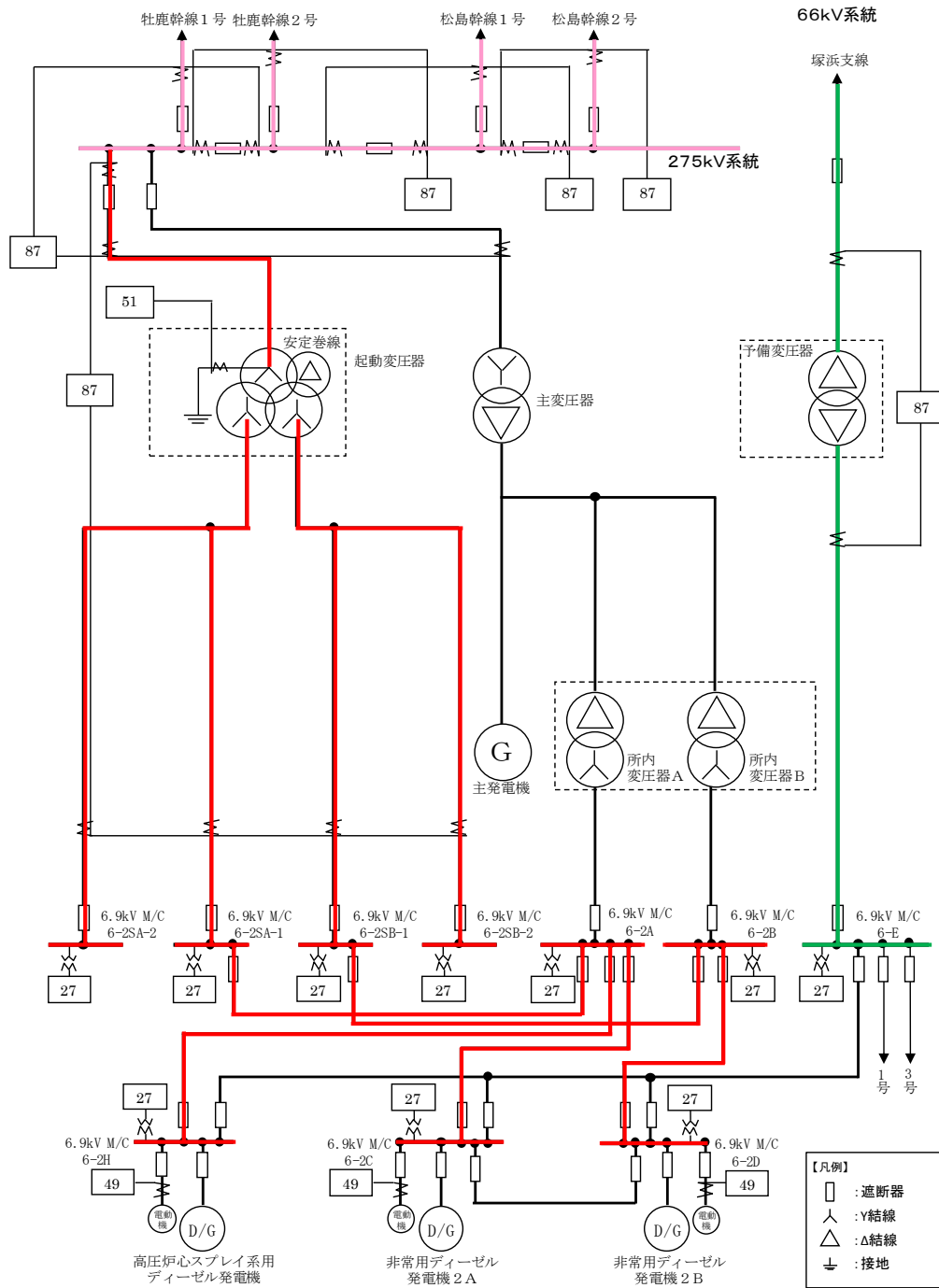


第 2.1-3 図 故障箇所を隔離した状態

(2) 起動変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (電流差動継電器 (87) にて検知)

a. 1 相開放故障直前の状態

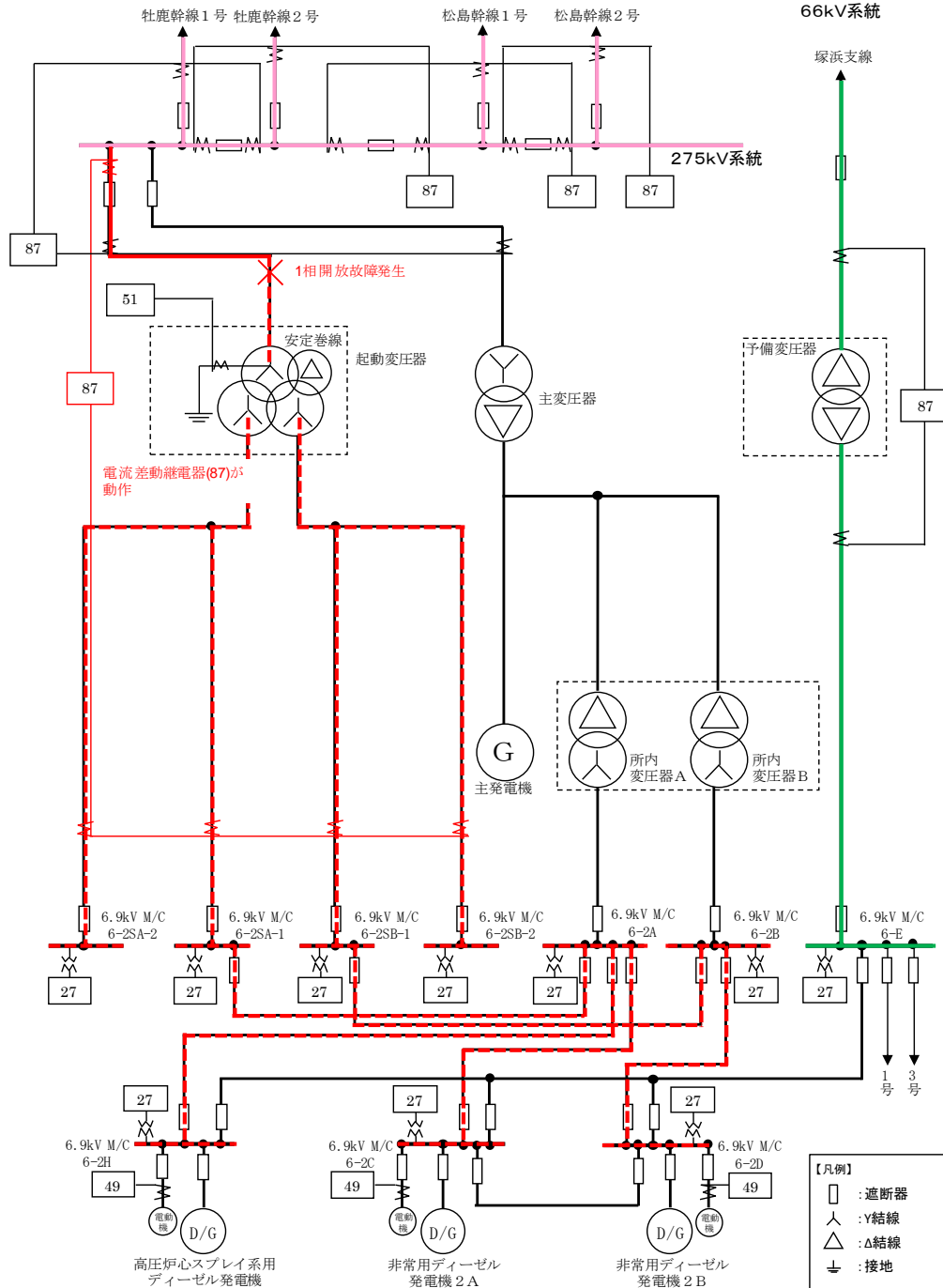
第 2.2-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器、共通用高压母線、常用高压母線及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 2.2-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

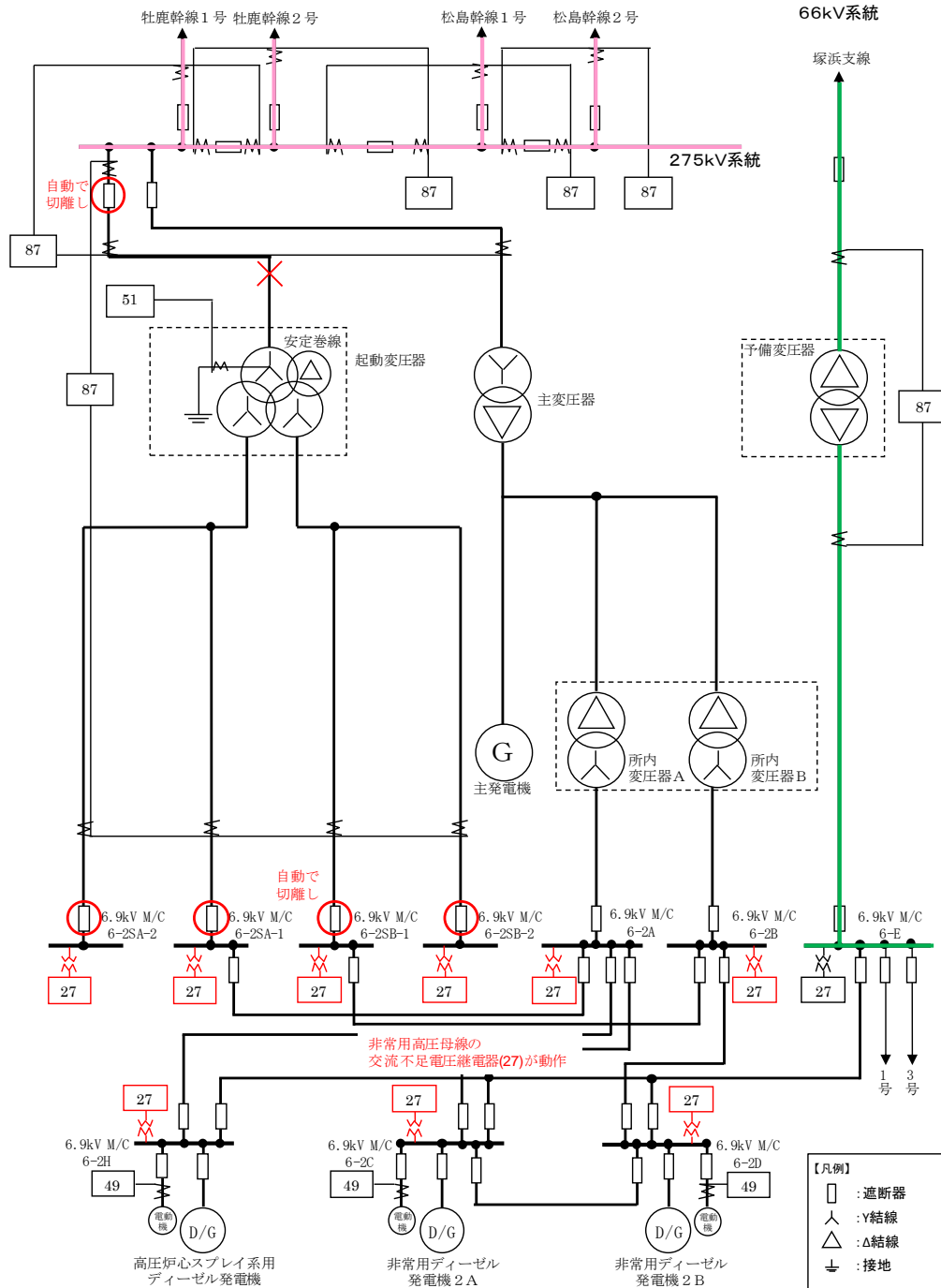
第 2.2-2 図のとおり，起動変圧器の 1 次側で 1 相開放故障が発生すると，起動変圧器又は 275kV 母線の電流差動継電器 (87) が動作する。このことから運転員は，起動変圧器の 1 次側にて 1 相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第 2.2-2 図 1 相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

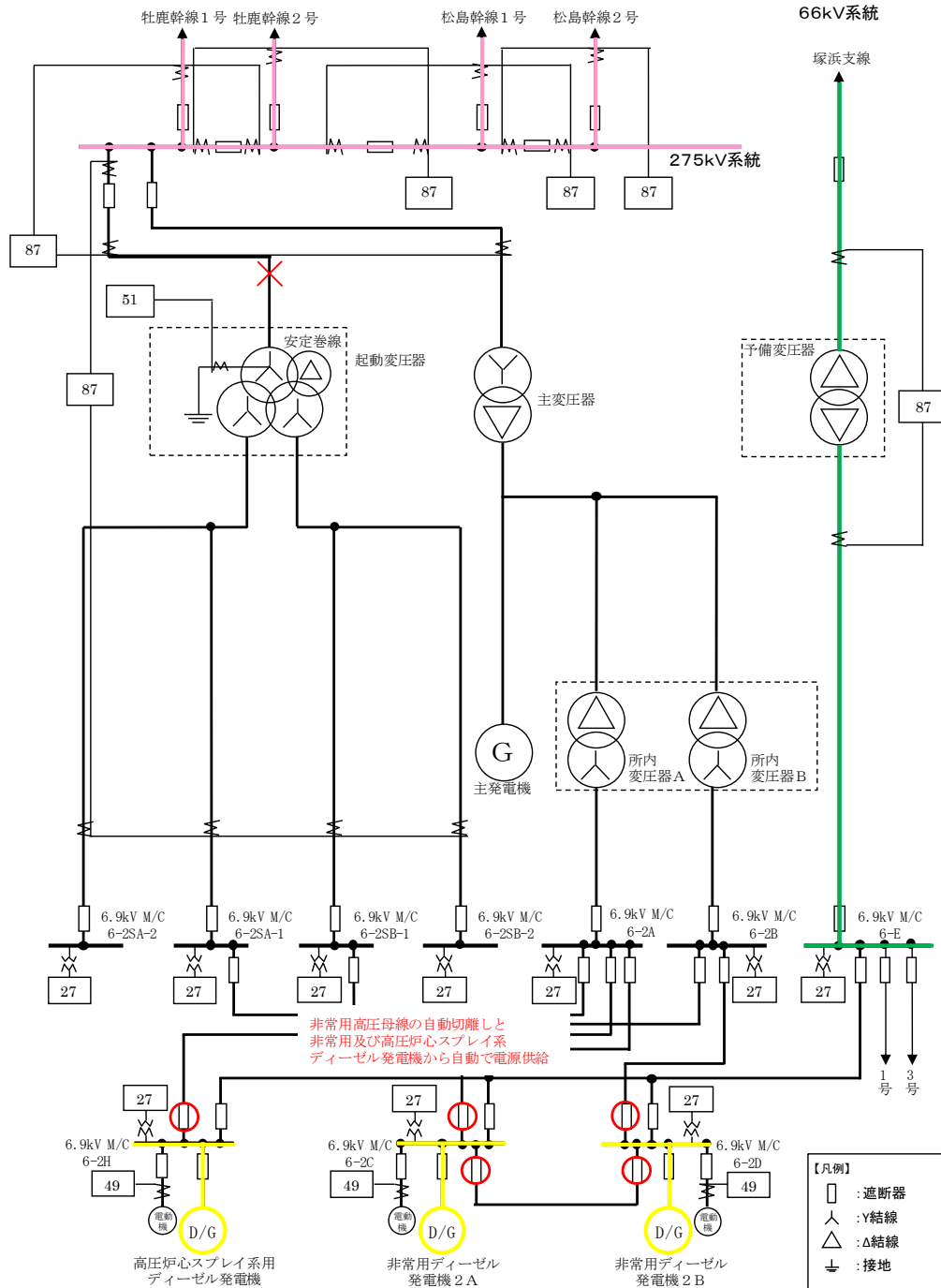
第 2.2-3 図のとおり，電流差動継電器 (87) の動作により，起動変圧器を外部電源系から隔離すると，起動変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器 (27) が動作する。



第 2.2-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 2.2-4 図のとおり，交流不足電圧継電器 (27) の動作により，非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し，電源供給を行う。

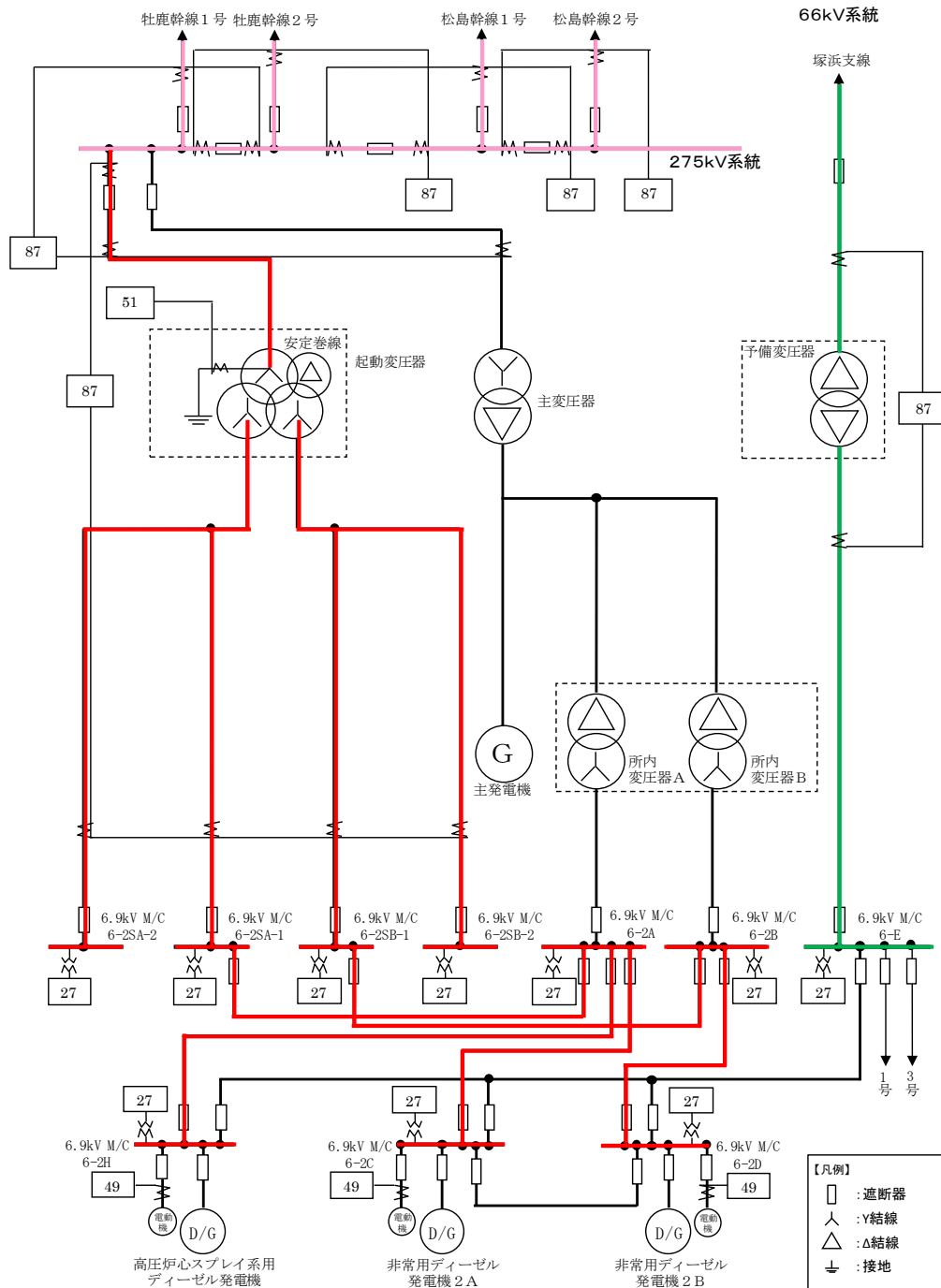


第 2.2-4 図 非常用高圧母線を隔離した状態

(3) 起動変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (中性点過電流継電器 (51) にて検知)

a. 1 相開放故障直前の状態

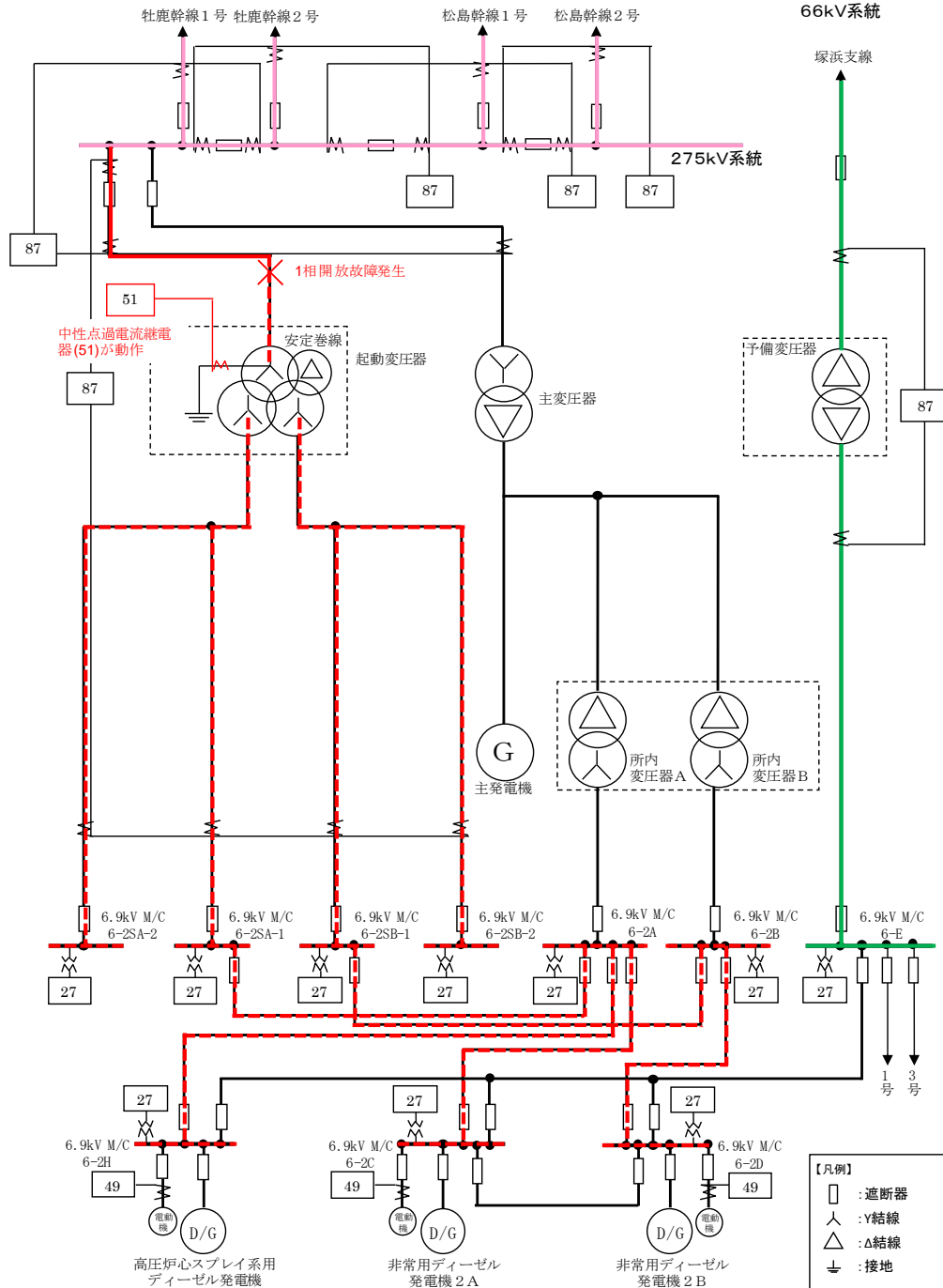
第 2.3-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器、共通用高压母線、常用高压母線及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 2.3-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

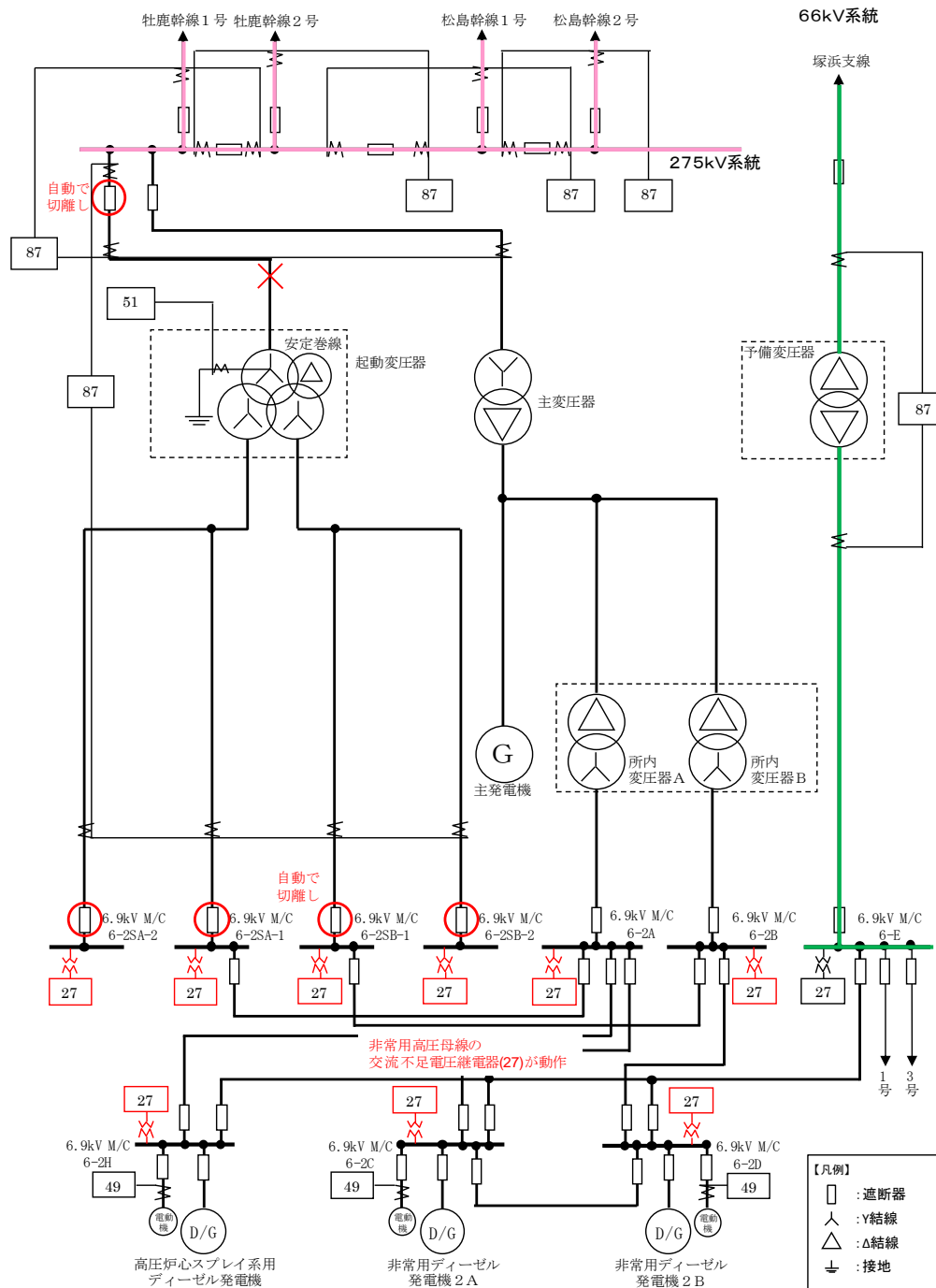
第 2.3-2 図のとおり，起動変圧器の 1 次側で 1 相開放故障が発生すると，起動変圧器の中性点過電流継電器 (51) が動作する。このことから運転員は，起動変圧器の 1 次側にて 1 相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第 2.3-2 図 1 相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

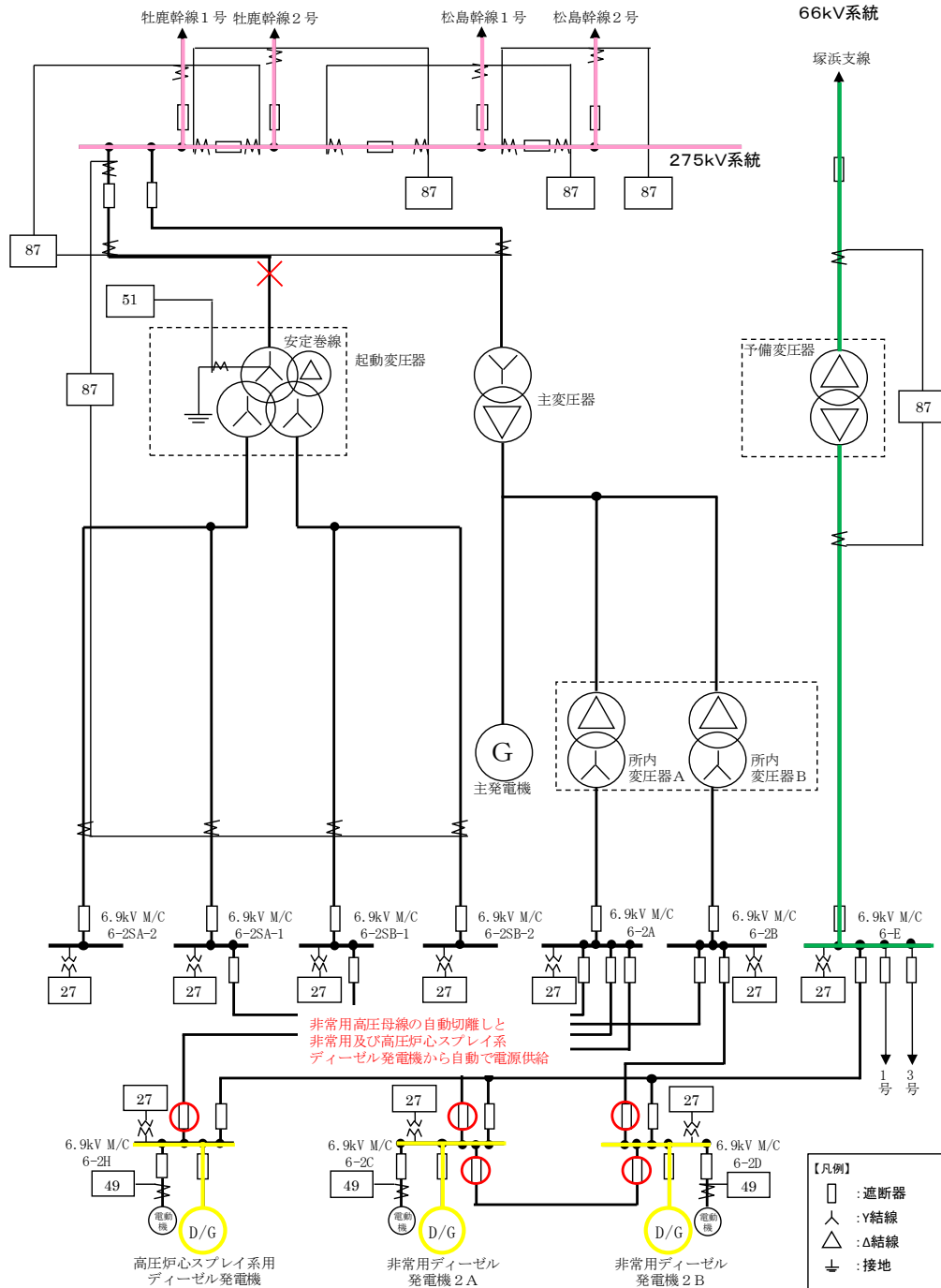
第 2.3-3 図のとおり，中性点過電流継電器 (51) の動作により，起動変圧器を外部電源系から隔離すると，起動変圧器から受電していた複数の非常用高压母線の交流不足電圧継電器 (27) が動作する。



第 2.3-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 2.3-4 図のとおり，交流不足電圧継電器 (27) の動作により，非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し，電源供給を行う。

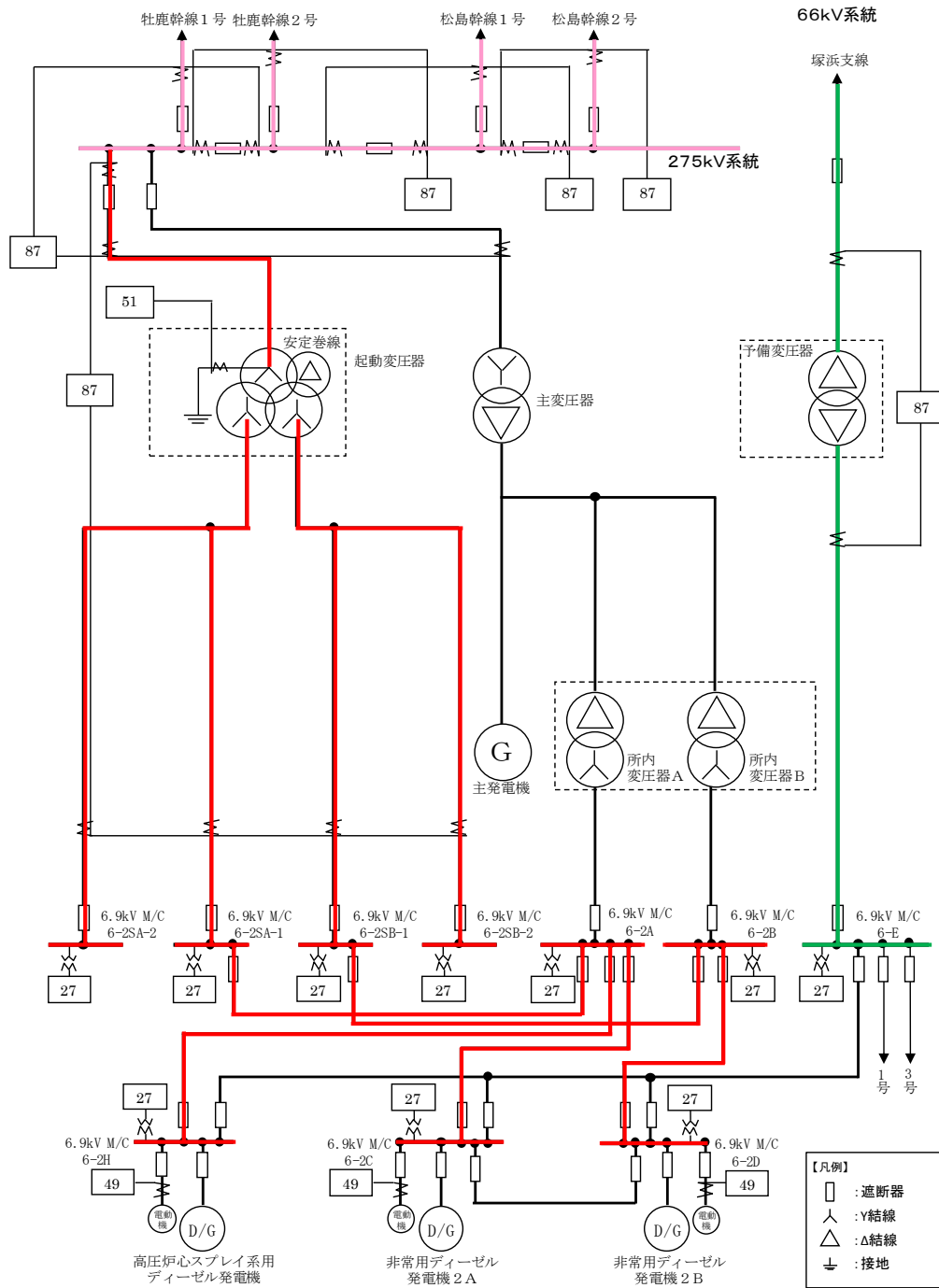


第 2.3-4 図 非常用高圧母線を隔離した状態

(4) 起動変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (中性点過電流警報設定器にて検知)

a. 1 相開放故障直前の状態

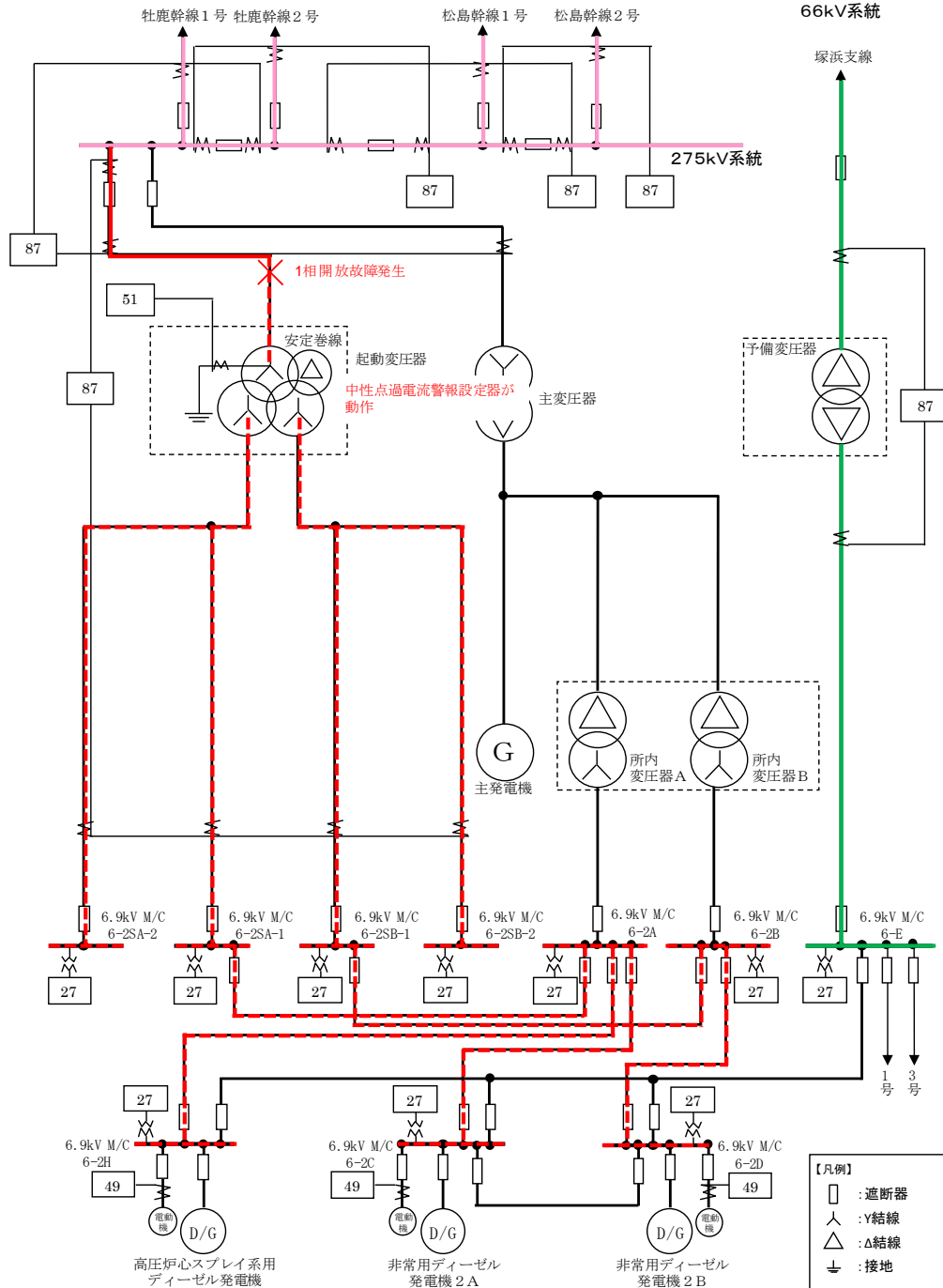
第 2.4-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器、共通用高压母線、常用高压母線及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 2.4-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

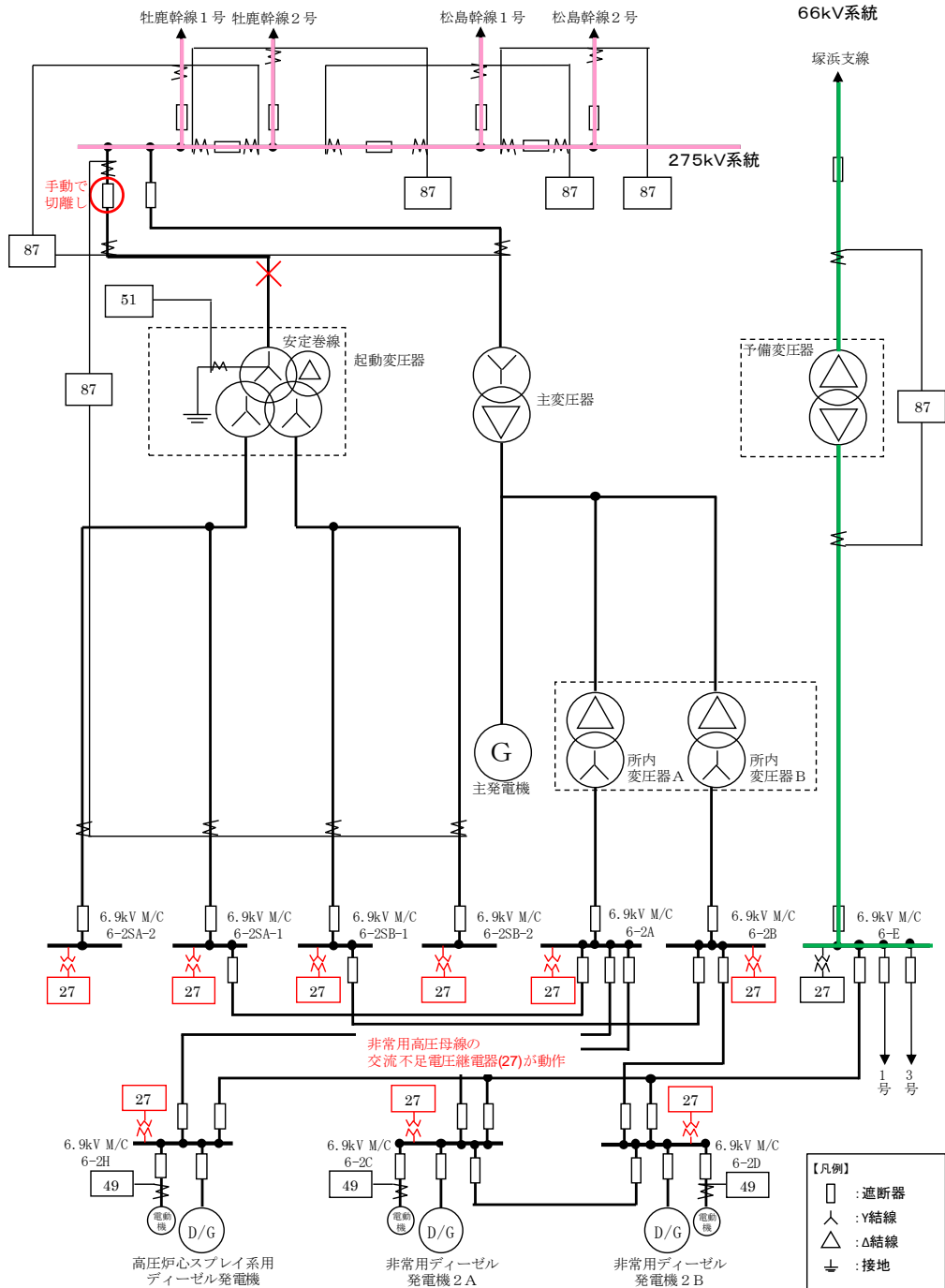
第2.4-2図のとおり，起動変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると，起動変圧器の中性点過電流警報設定器が動作する。このことから運転員は，起動変圧器の1次側にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第2.4-2図 1相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

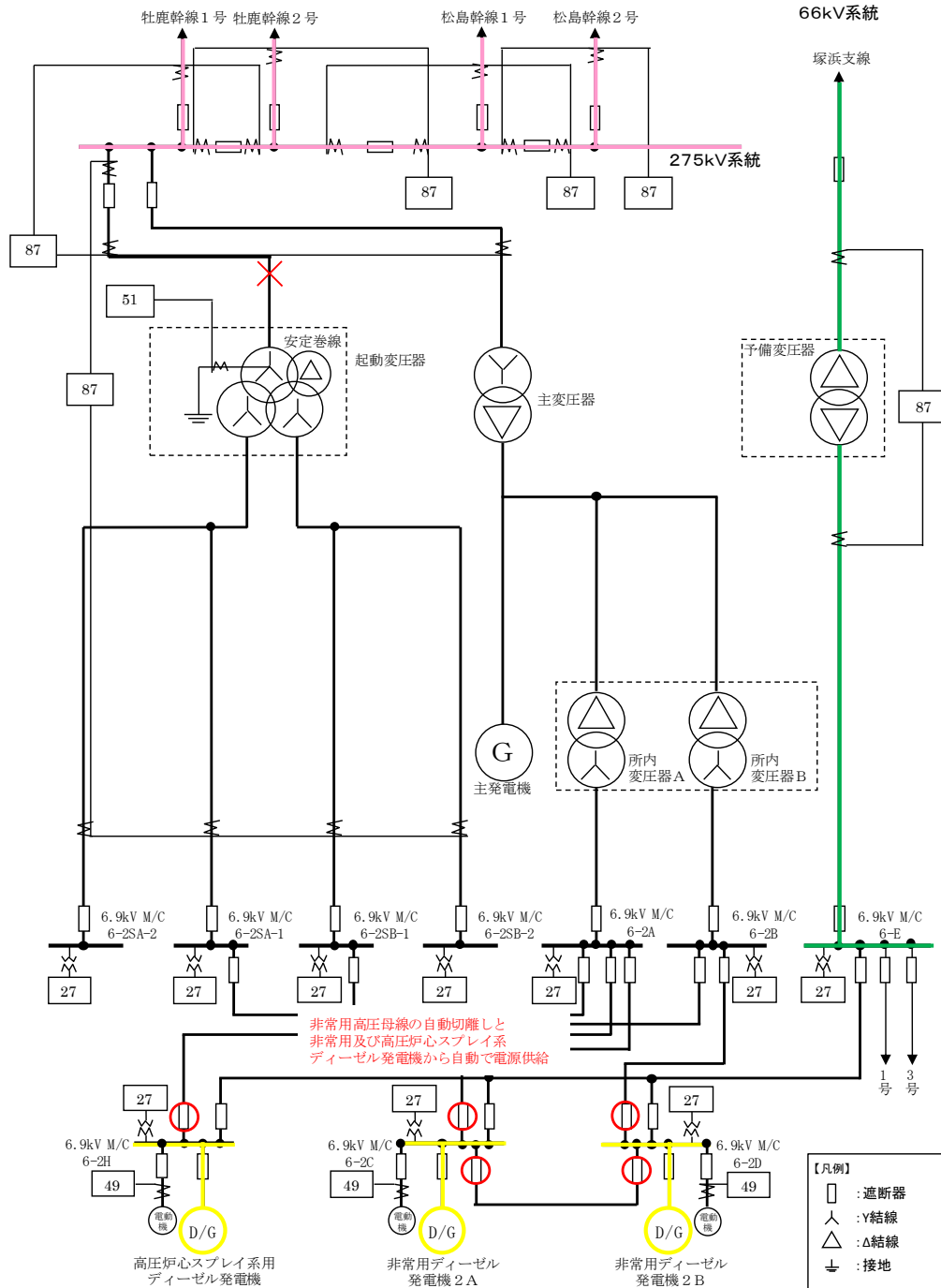
第 2.4-3 図のとおり，運転員の手動操作により，起動変圧器を外電源系から隔離すると，起動変圧器から受電していた複数の非常用高压母線の交流不足電圧継電器(27)が動作する。



第 2.4-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 2.4-4 図のとおり，交流不足電圧継電器 (27) の動作により，非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し，電源供給を行う。

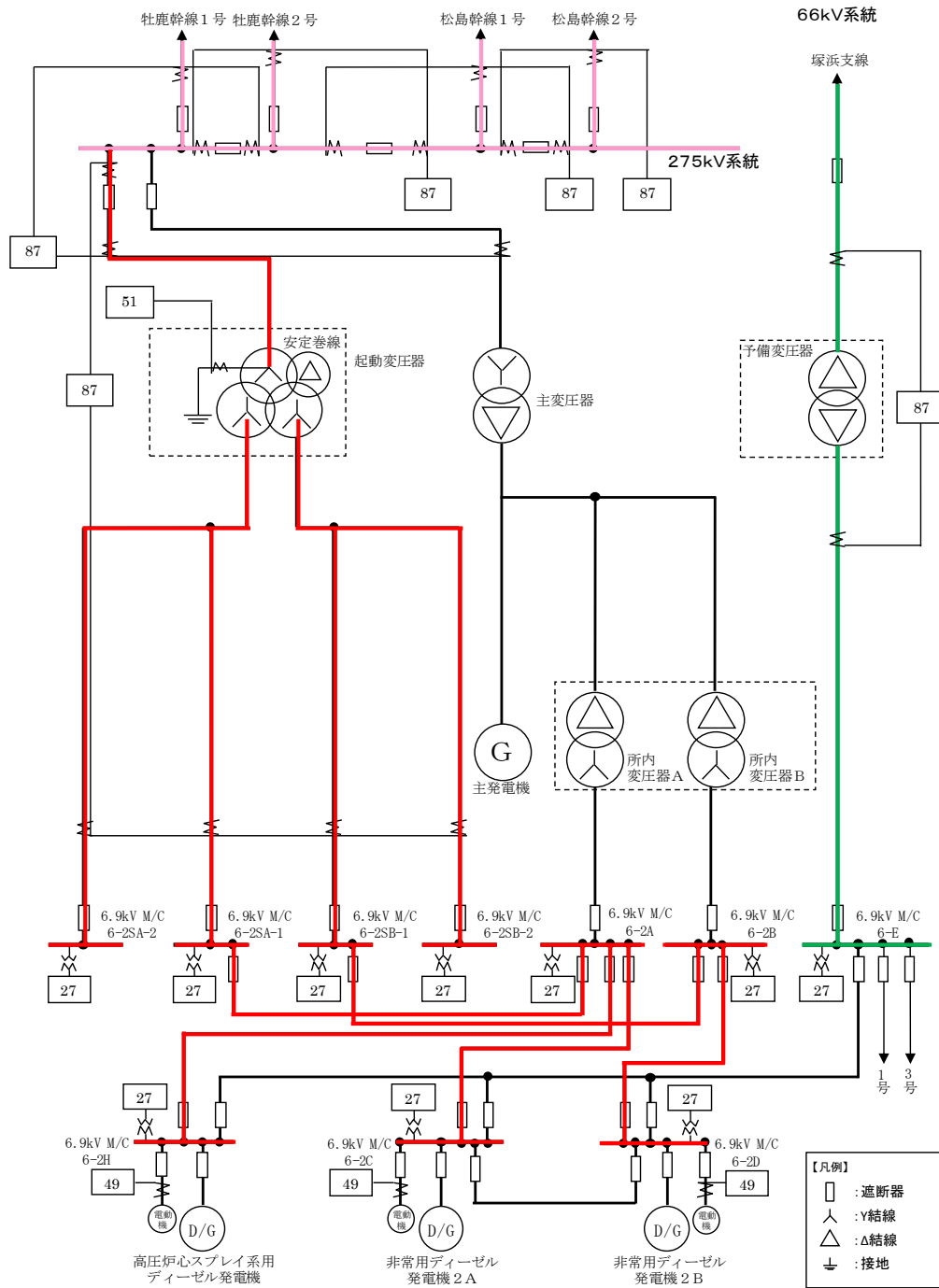


第 2.4-4 図 非常用高圧母線を隔離した状態

(5) 66kV 送電線で発生する 1 相開放故障
(目視点検)

a. 1 相開放故障直前の状態

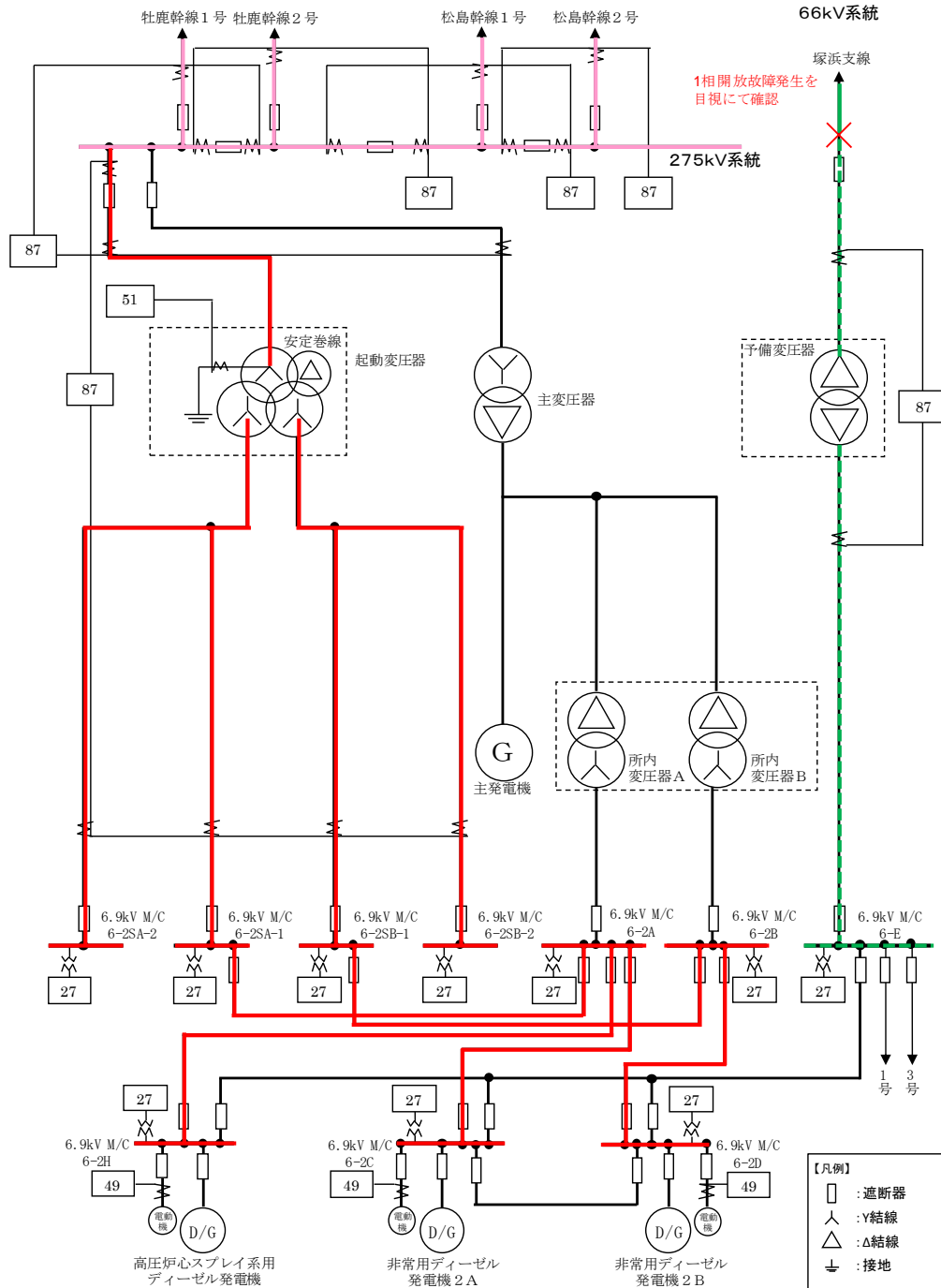
第 2.5-1 図のとおり、275kV 送電線から起動変圧器、共通用高压母線、常用高压母線及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 2.5-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

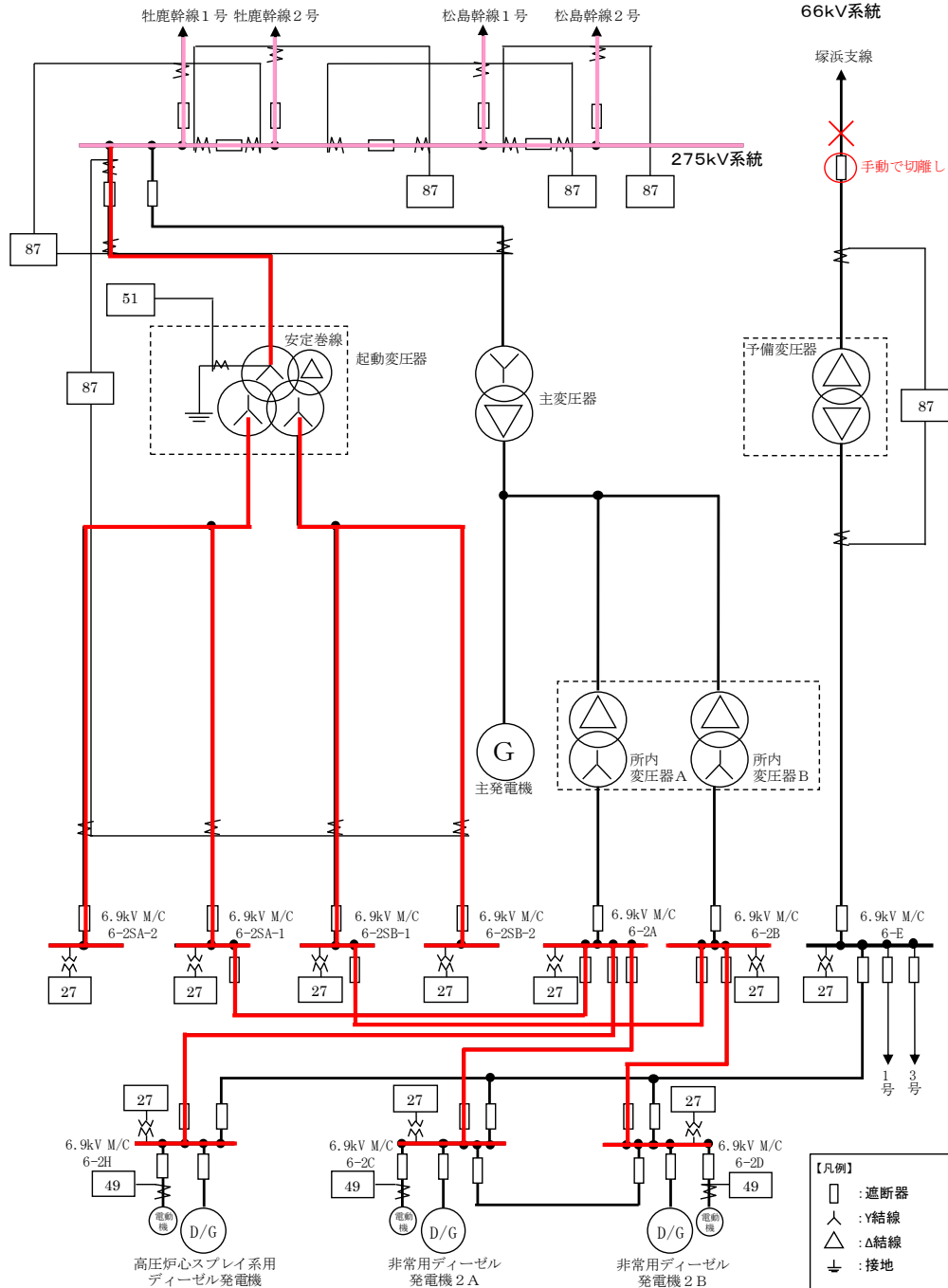
第2.5-2図のとおり、66kV送電線で1相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、66kV送電線にて1相開放故障が発生したことを検知可能である。



第2.5-2図 1相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

第 2.5-3 図のとおり，運転員の手動操作により，66kV 送電線を外部電源系から隔離する。275kV 送電線で起動変圧器及び共通用高压母線へ電源供給を継続する。（非常用高压母線の電圧は変化無し。）



第 2.5-3 図 故障箇所を隔離した状態

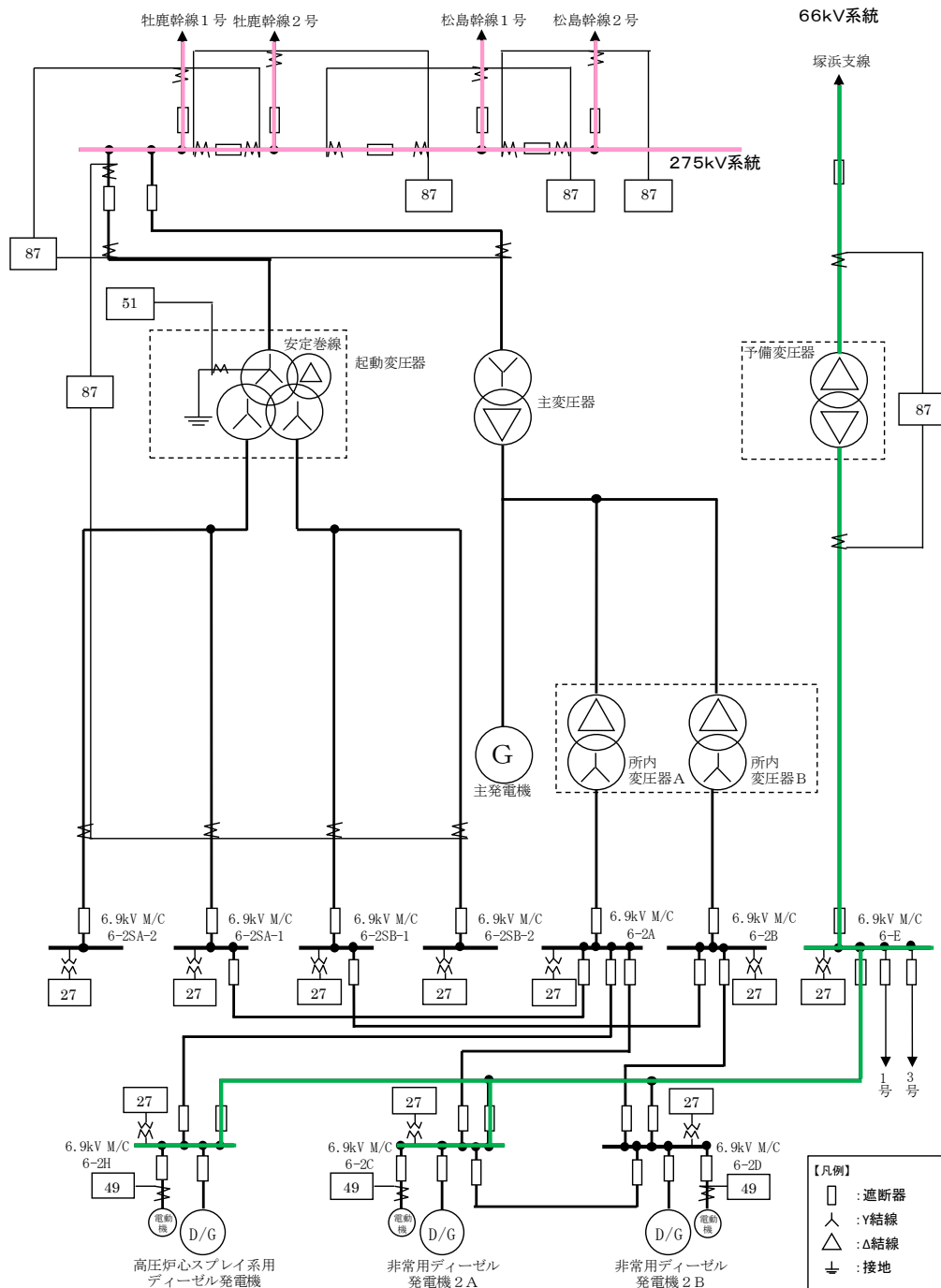
3. 予備変圧器による電源供給時

(1) 275kV 送電線で発生する 1 相開放故障

(目視点検)

a. 1 相開放故障直前の状態

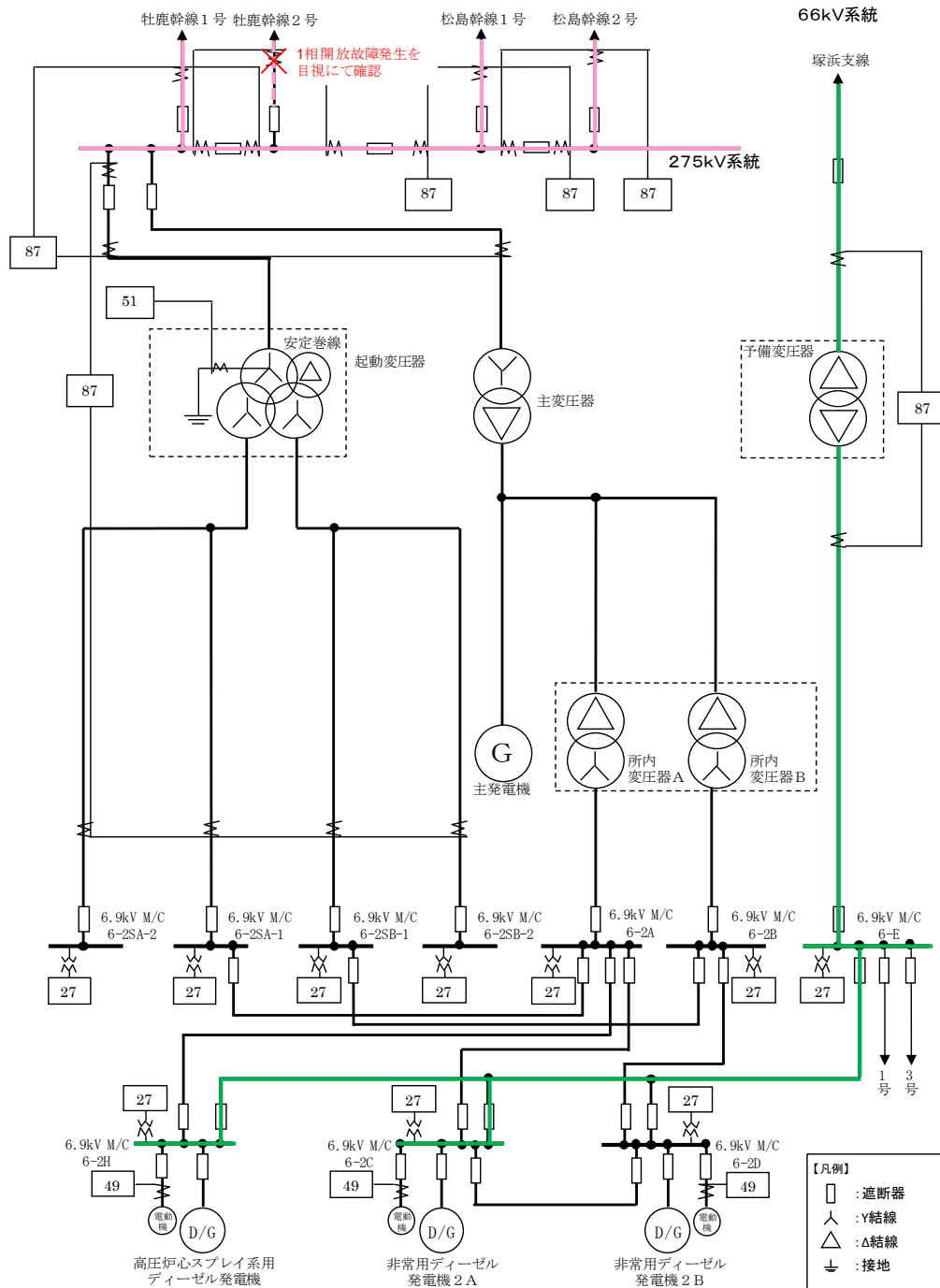
第 3.1-1 図のとおり、66kV 送電線から予備変圧器及び非常用高圧母線を受電している状態を想定する。



第 3.1-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

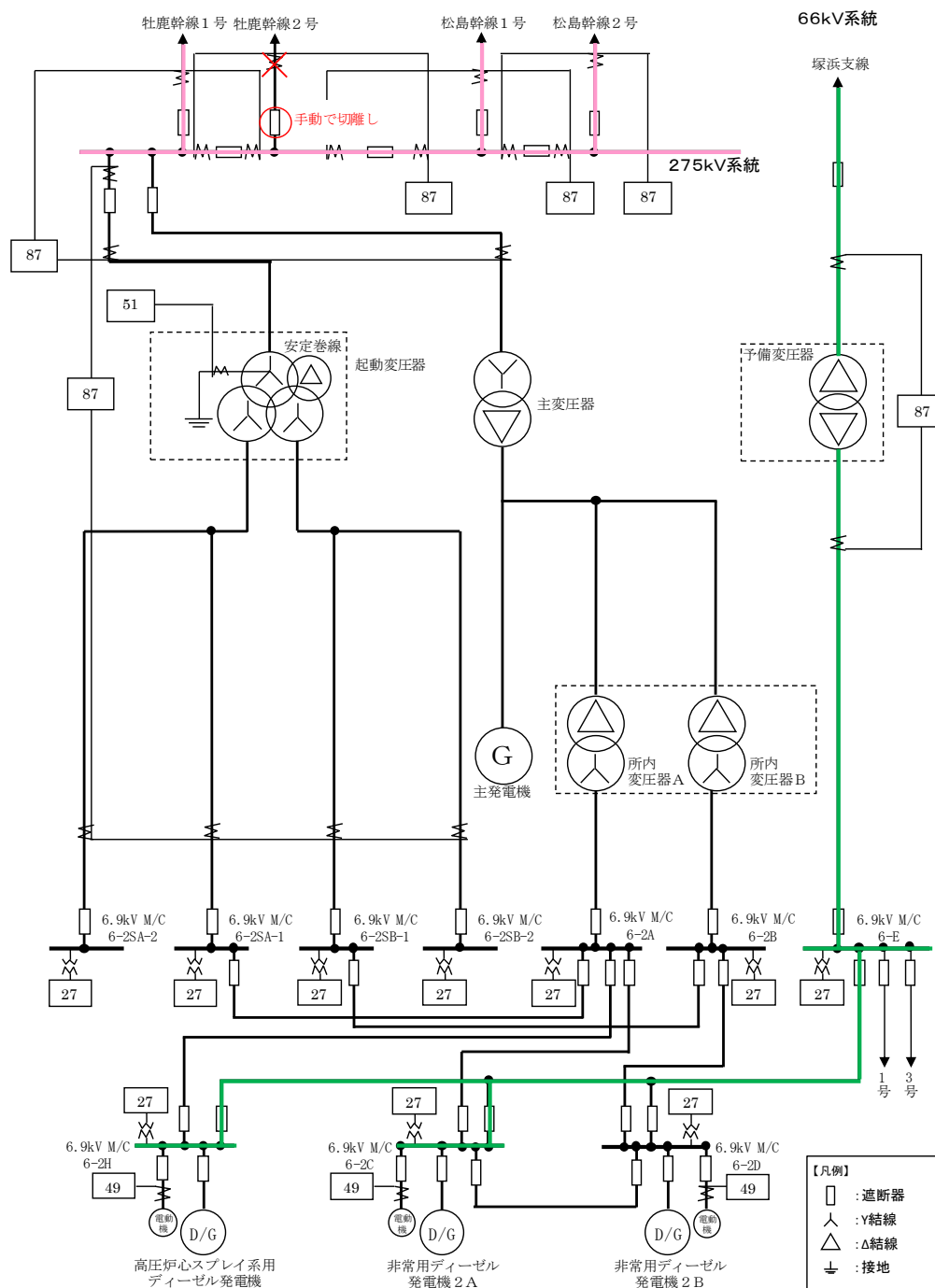
第 3.1-2 図のとおり、275kV 送電線の 1 回線で 1 相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、275kV 送電線の 1 回線にて 1 相開放故障が発生したことを検知可能である。



第 3.1-2 図 1 相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

第 3.1-3 図のとおり、運転員の手動操作により、275kV 送電線 1 回線を外部電源系から隔離する。残り 3 回線で 275kV 系統へ電源供給を継続する。（非常用高圧母線の電圧は変化無し。）

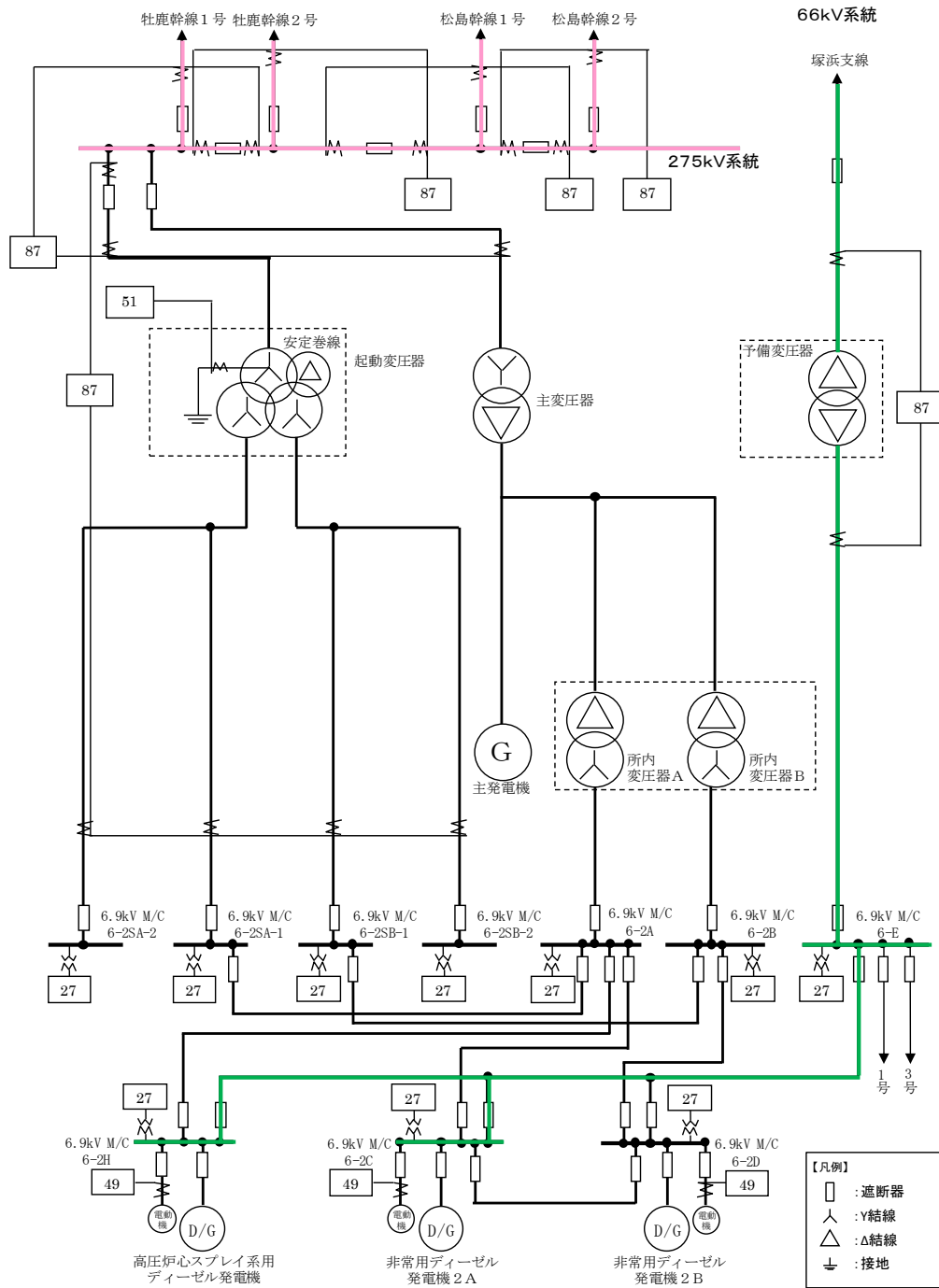


第 3.1-3 図 故障箇所を隔離した状態

(2) 予備変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (電流差動継電器(87)にて検知)

a. 1 相開放故障直前の状態

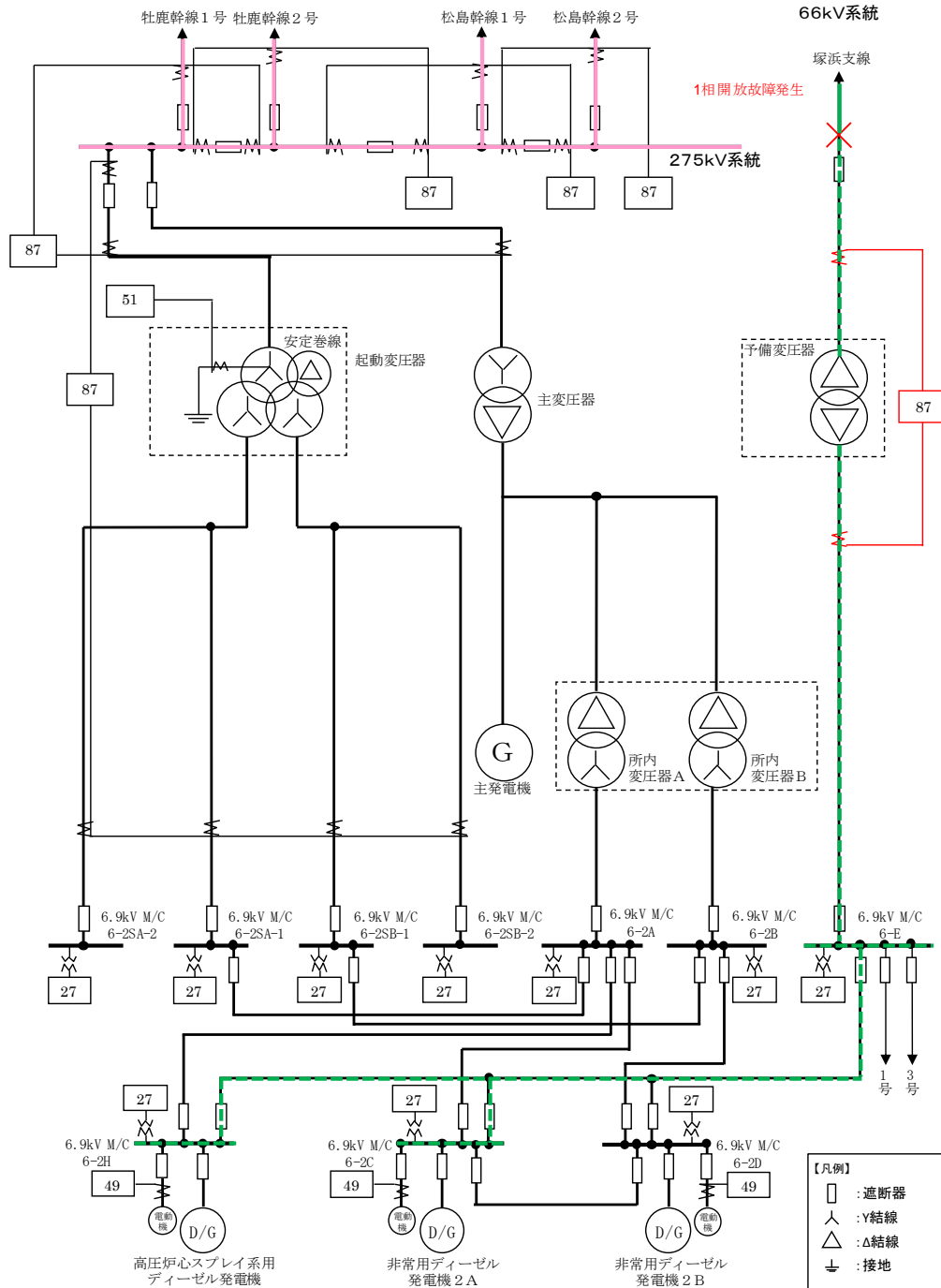
第 3.2-1 図のとおり、66kV 送電線から予備変圧器及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 3.2-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

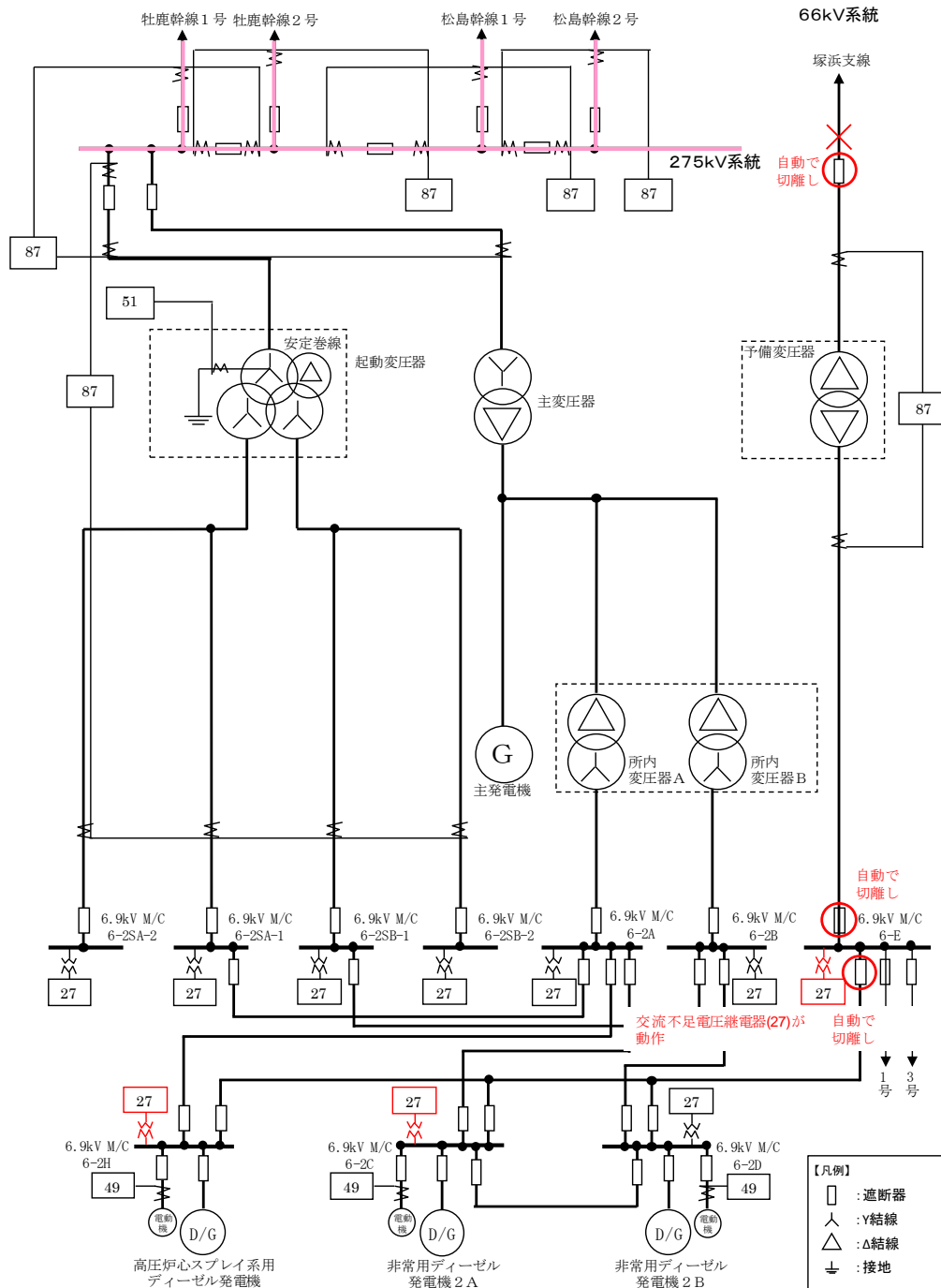
第3.2-2図のとおり、予備変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、電流差動継電器(87)が動作する。このことから運転員は、予備変圧器の1次側にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第3.2-2図 1相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

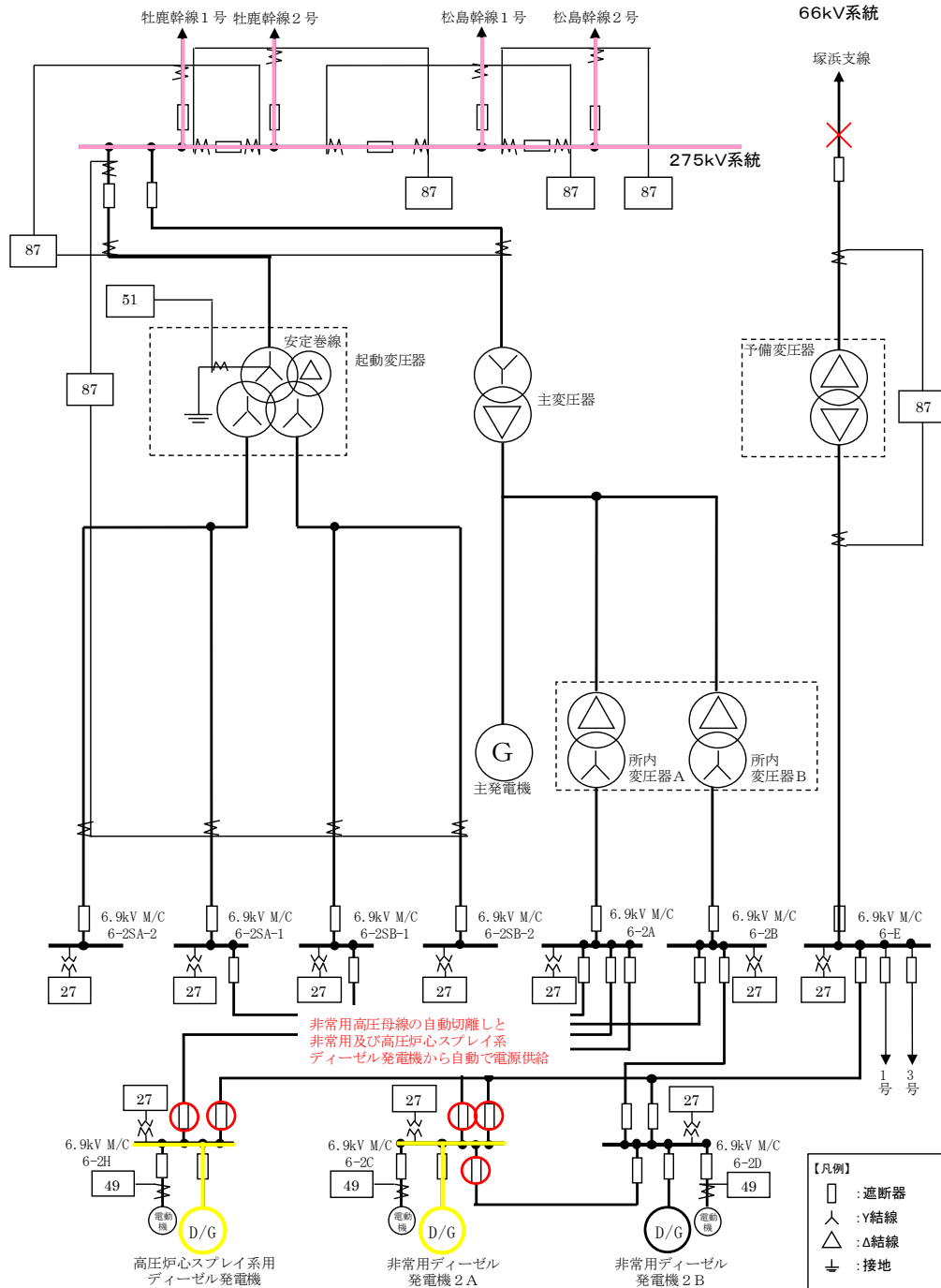
第 3.2-3 図のとおり、電流差動継電器 (87) の動作により、予備変圧器を外部電源系から隔離すると、予備変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器 (27) が動作する。



第 3.2-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 3.2-4 図のとおり，交流不足電圧継電器 (27) の動作により，非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し，電源供給を行う。

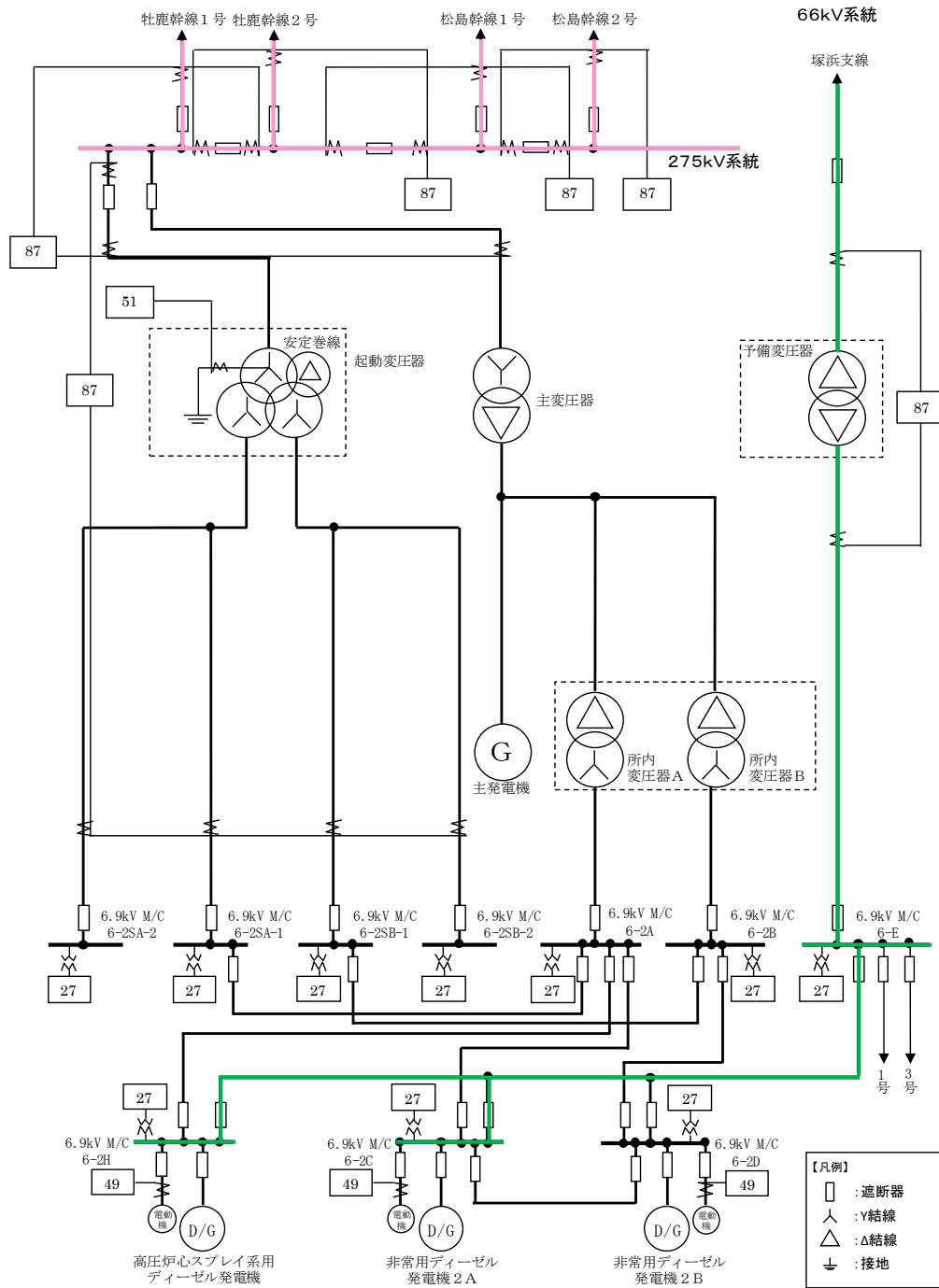


第 3.2-4 図 非常用高圧母線を隔離した状態

(3) 予備変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (過負荷継電器(49)にて検知)

a. 1 相開放故障直前の状態

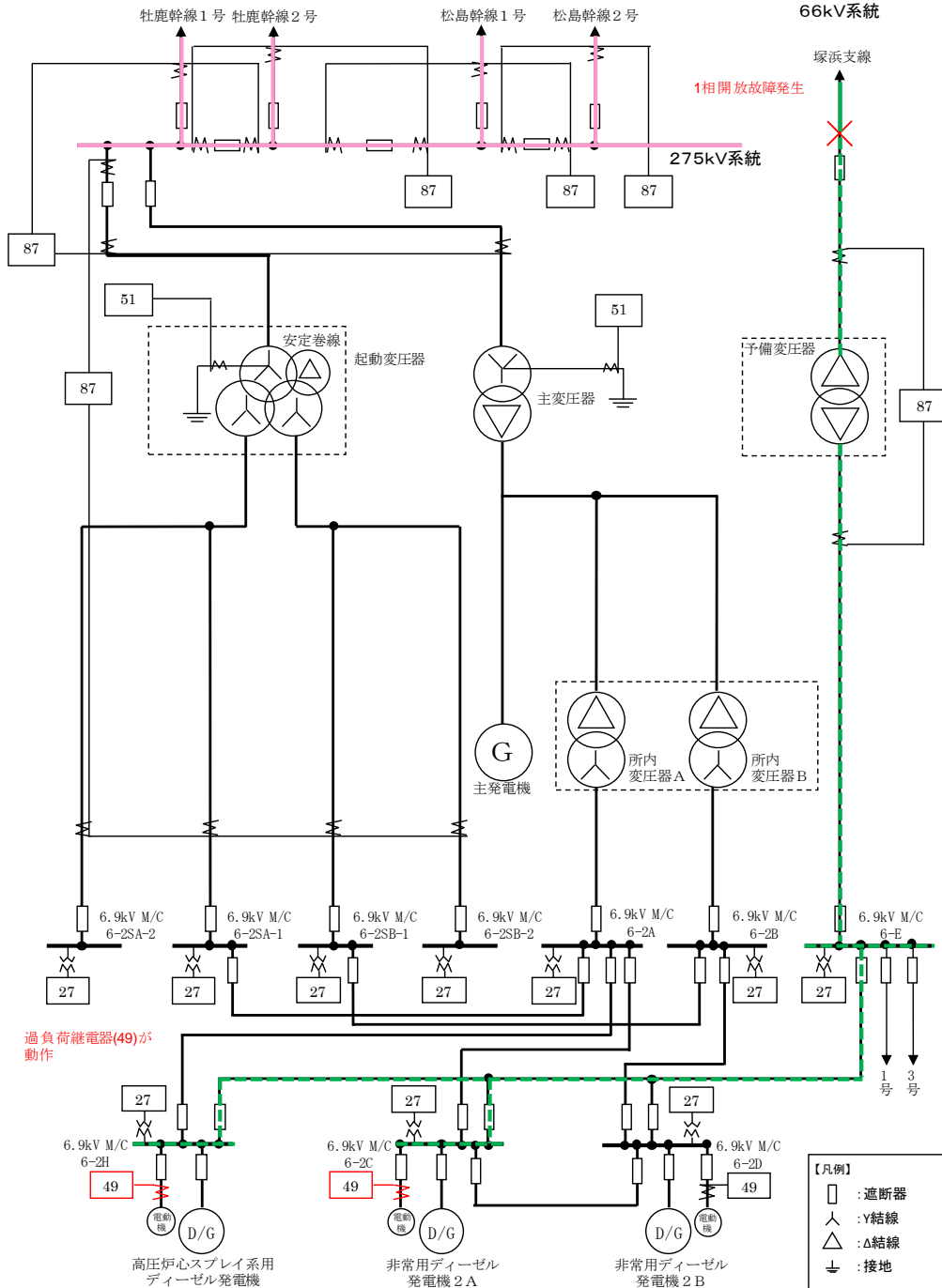
第 3.3-1 図のとおり，66kV 送電線から予備変圧器及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 3.3-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

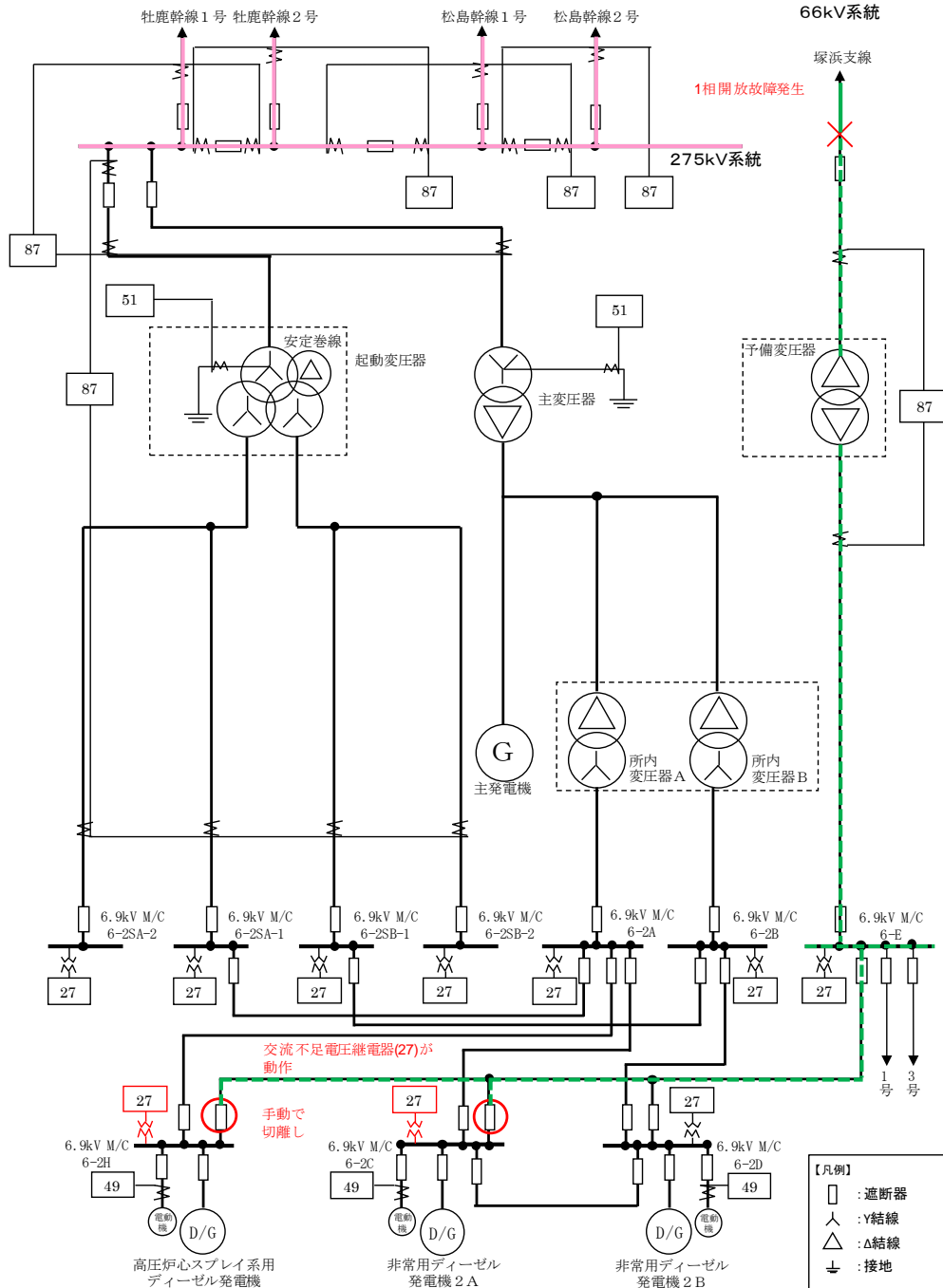
第3.3-2図のとおり、予備変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、予備変圧器から受電していた複数の負荷の過負荷継電器(49)が動作する。このことから運転員は、予備変圧器の1次側にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第3.3-2図 1相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

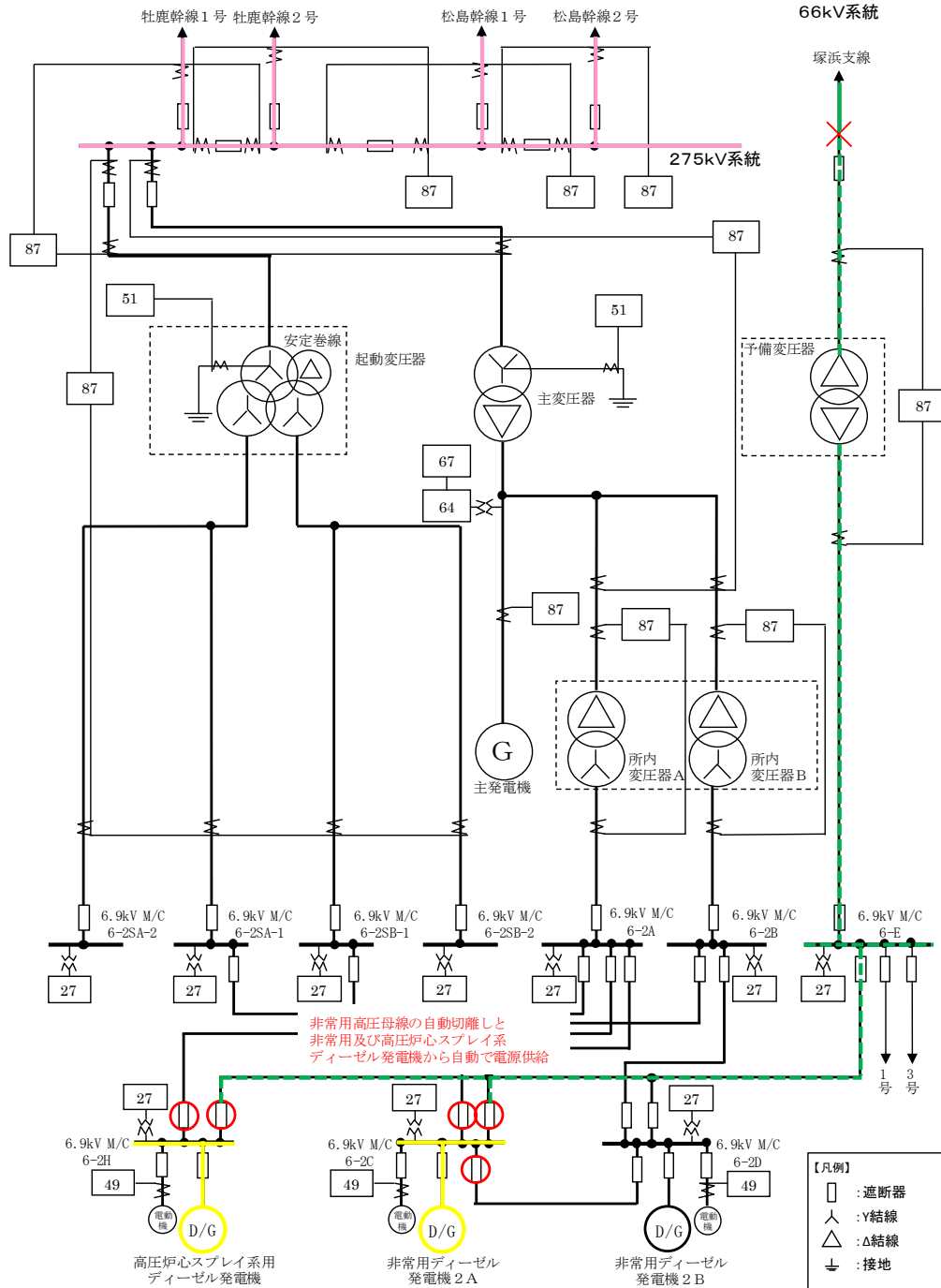
第 3.3-3 図のとおり，運転員の手動操作により，過負荷継電器 (49) が動作した非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると，予備変圧器から受電していた複数の非常用高圧母線の交流不足電圧継電器 (27) が動作する。



第 3.3-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 3.3-4 図のとおり，交流不足電圧継電器 (27) の動作により，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し，負荷に電源供給を行う。

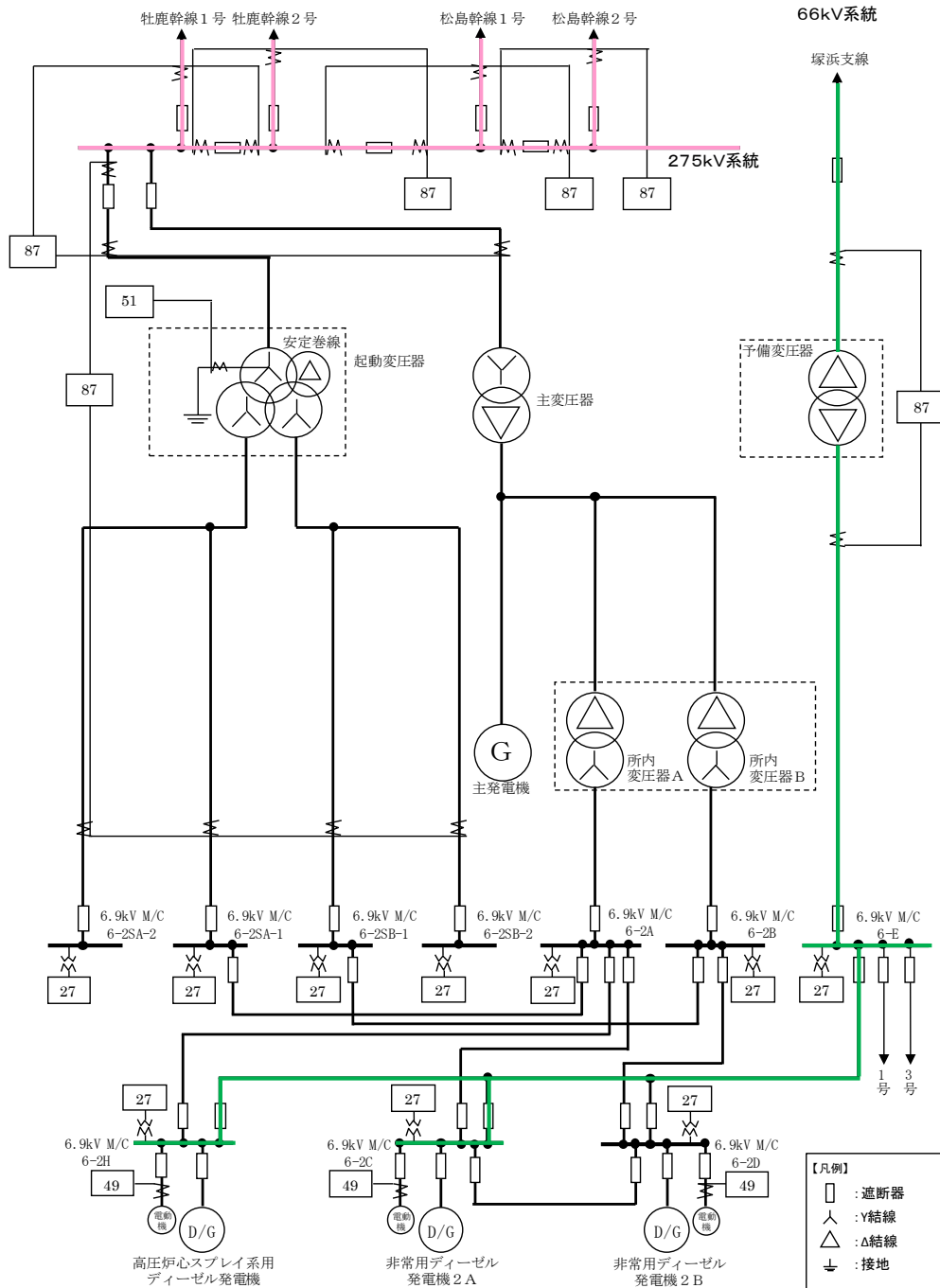


第 3.3-4 図 故障箇所を隔離した状態

(4) 予備変圧器 1 次側で発生する 1 相開放故障
 (交流不足電圧継電器 (27) にて検知)

a. 1 相開放故障直前の状態

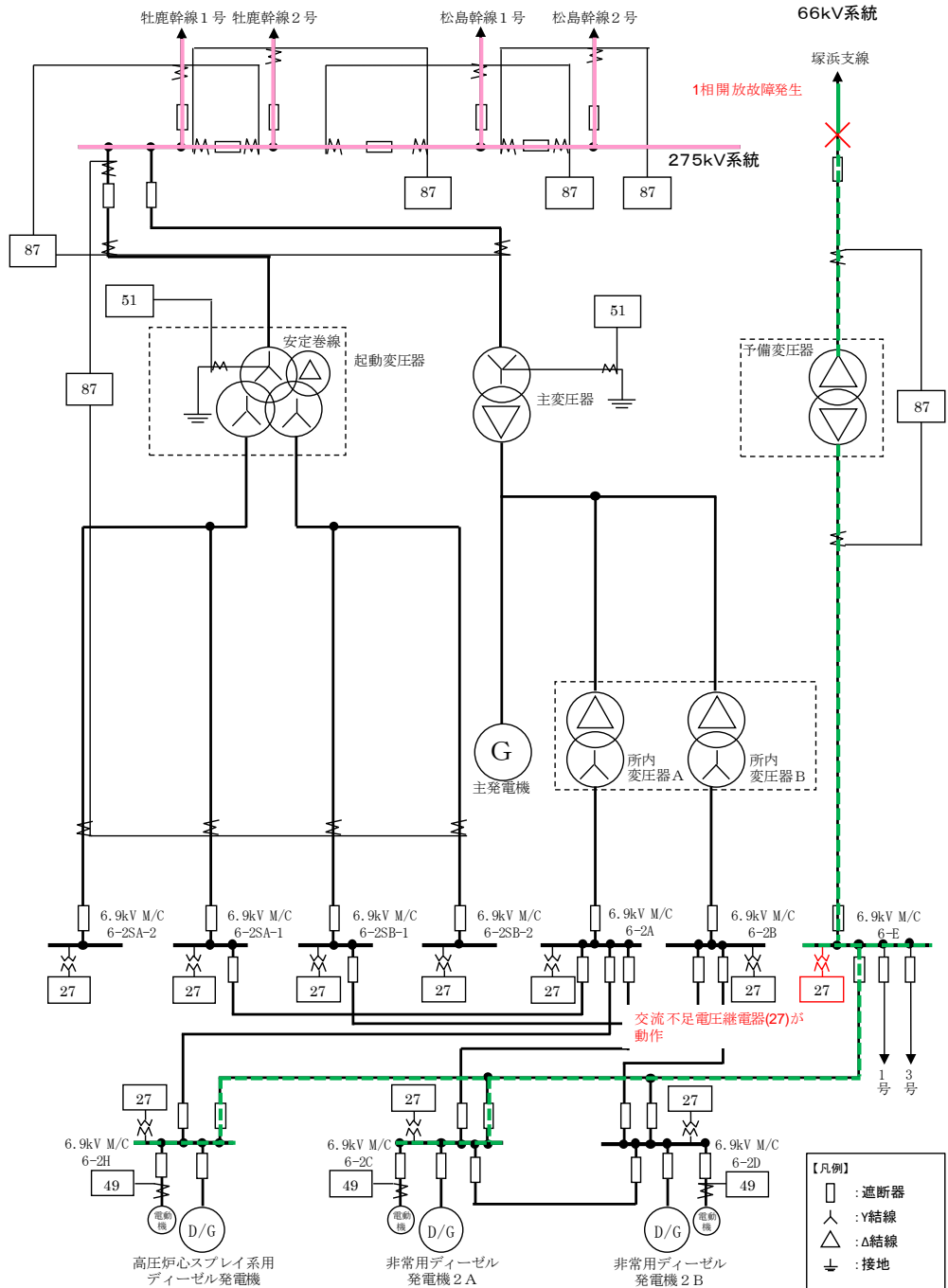
第 3.4-1 図のとおり、66kV 送電線から予備変圧器及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 3.4-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

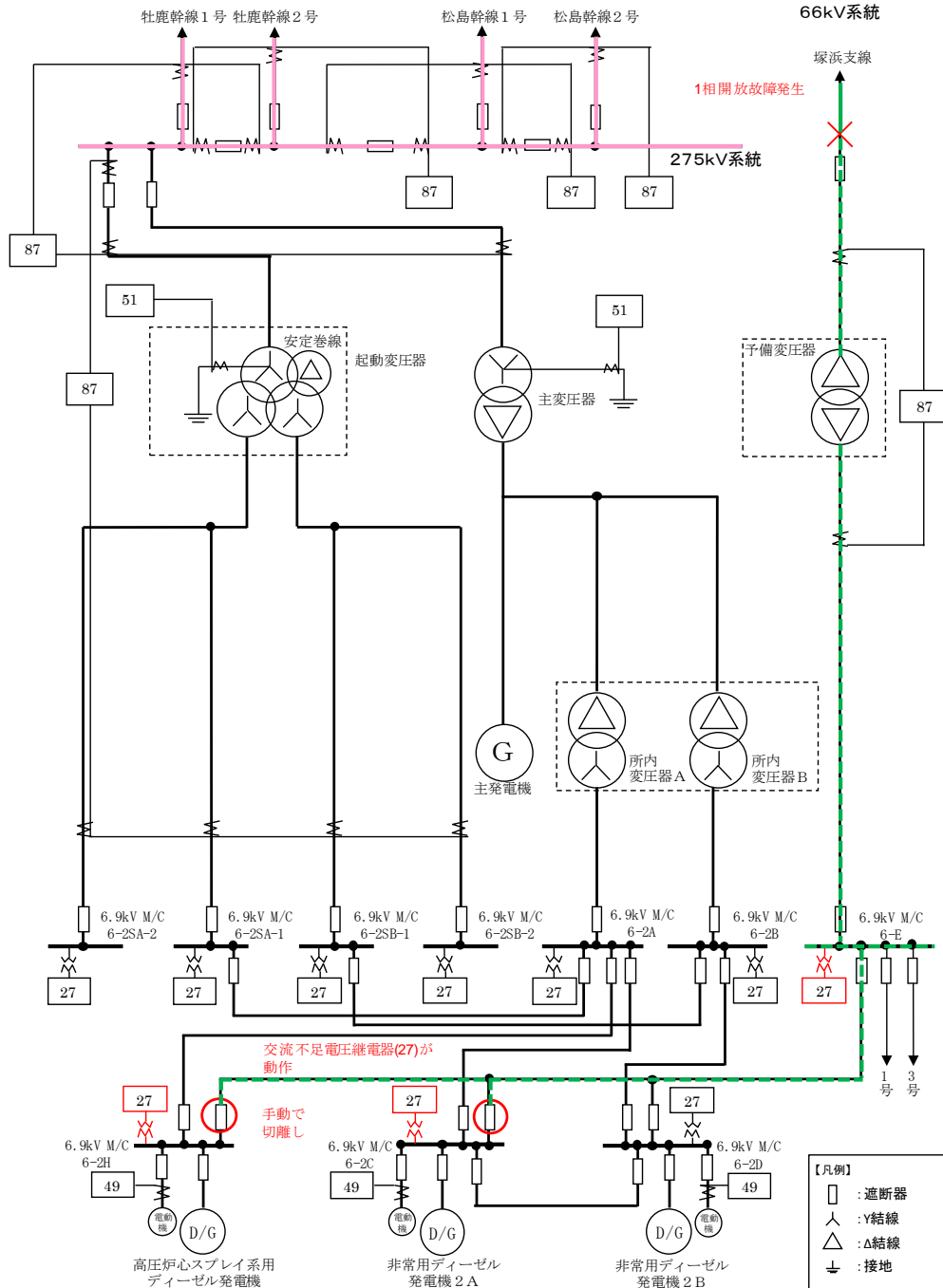
第3.4-2図のとおり、予備変圧器の1次側で1相開放故障が発生すると、予備変圧器2次側の交流不足電圧継電器(27)が動作する。このことから運転員は、予備変圧器の1次側にて1相開放故障を含めた異常が発生したことを検知可能である。



第3.4-2図 1相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

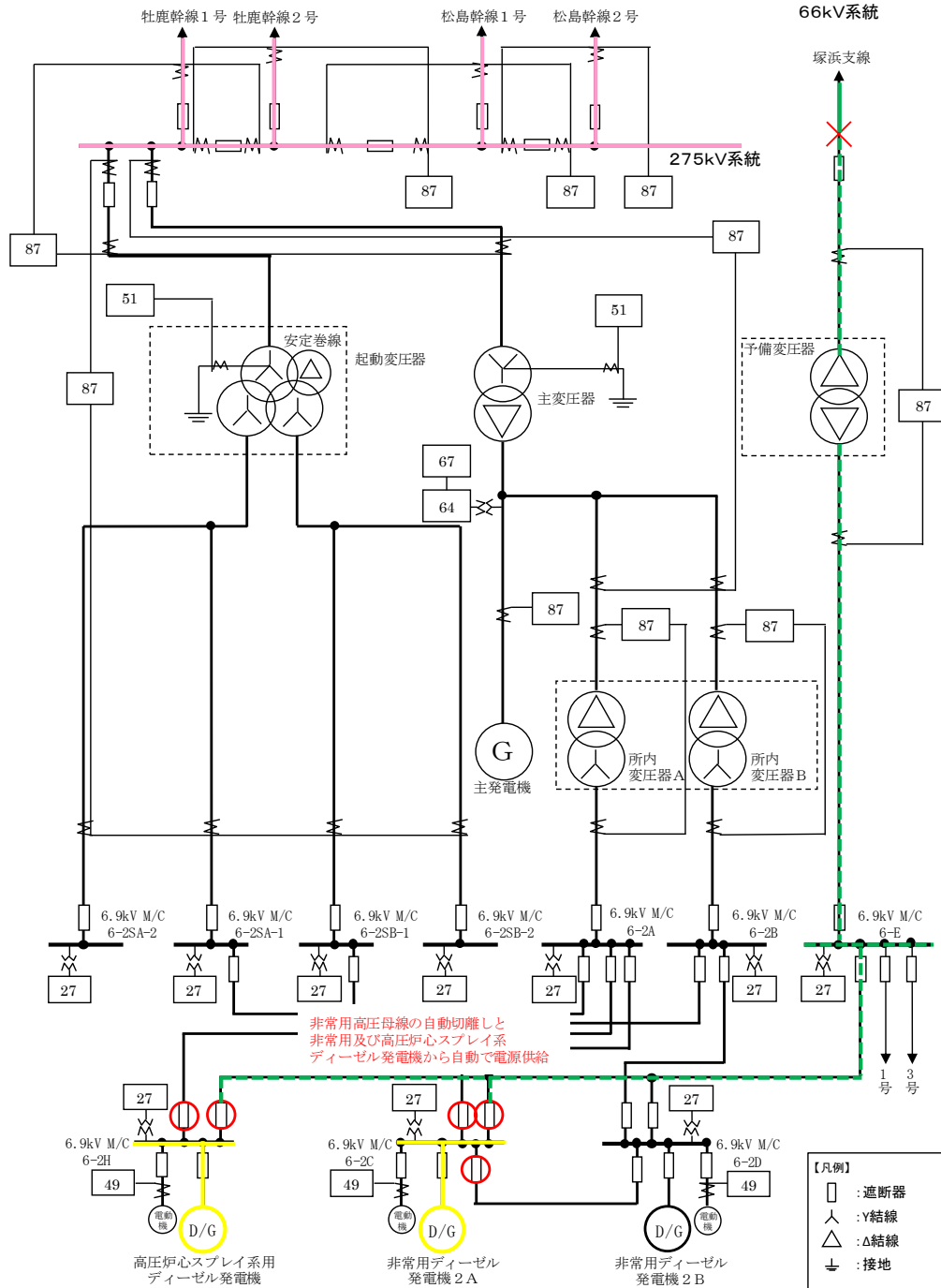
第 3.4-3 図のとおり，運転員の手動操作により，非常用高压母線を外部電源系から隔離すると，予備変圧器から受電していた複数の非常用高压母線の交流不足電圧継電器(27)が動作する。



第 3.4-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 3.4-4 図のとおり，交流不足電圧継電器(27)の動作により，非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機が自動起動し，負荷に電源供給を行う。

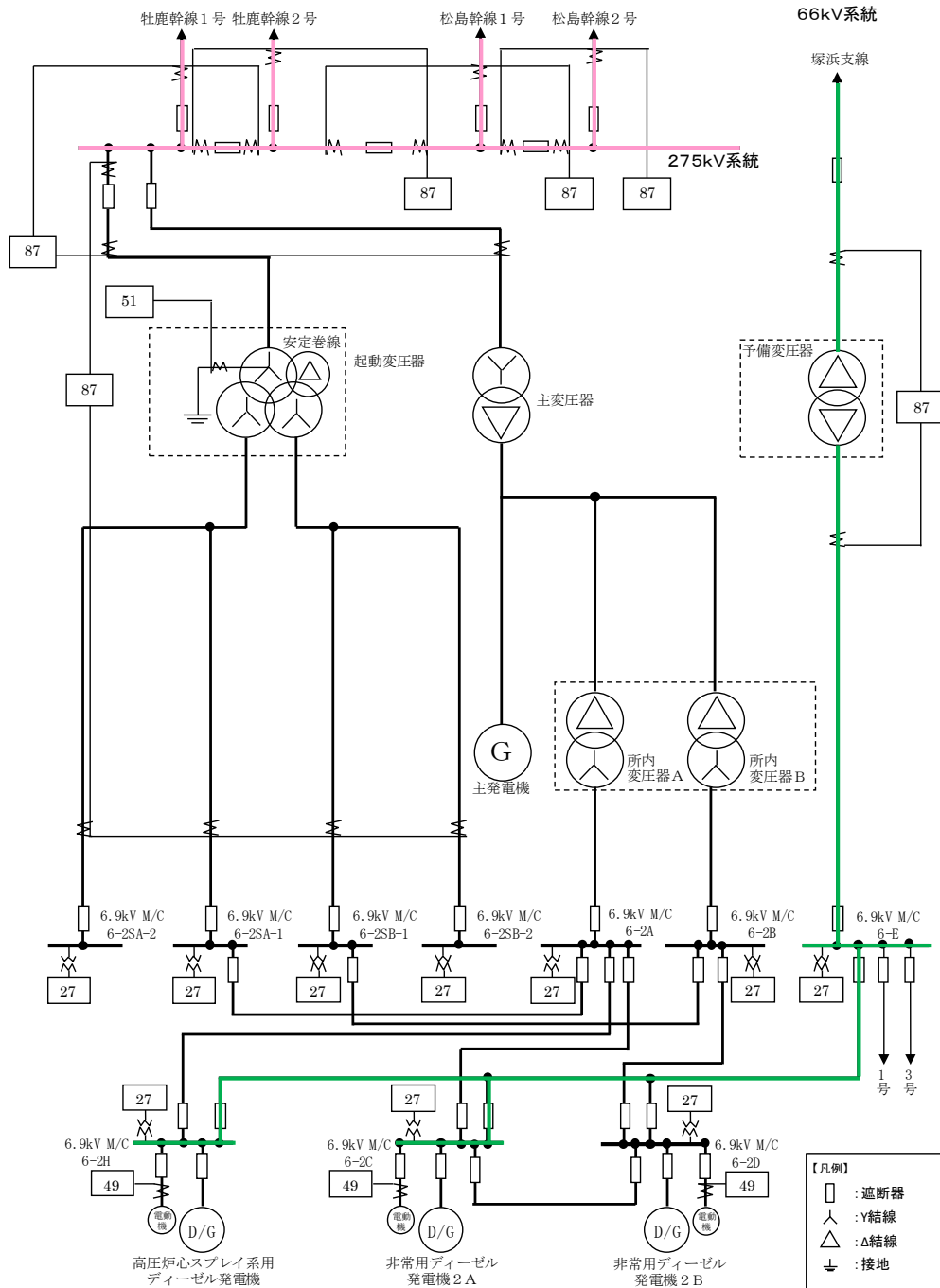


第 3.4-4 図 故障箇所を隔離した状態

(5) 66kV 送電線で発生する 1 相開放故障
(目視点検)

a. 1 相開放故障直前の状態

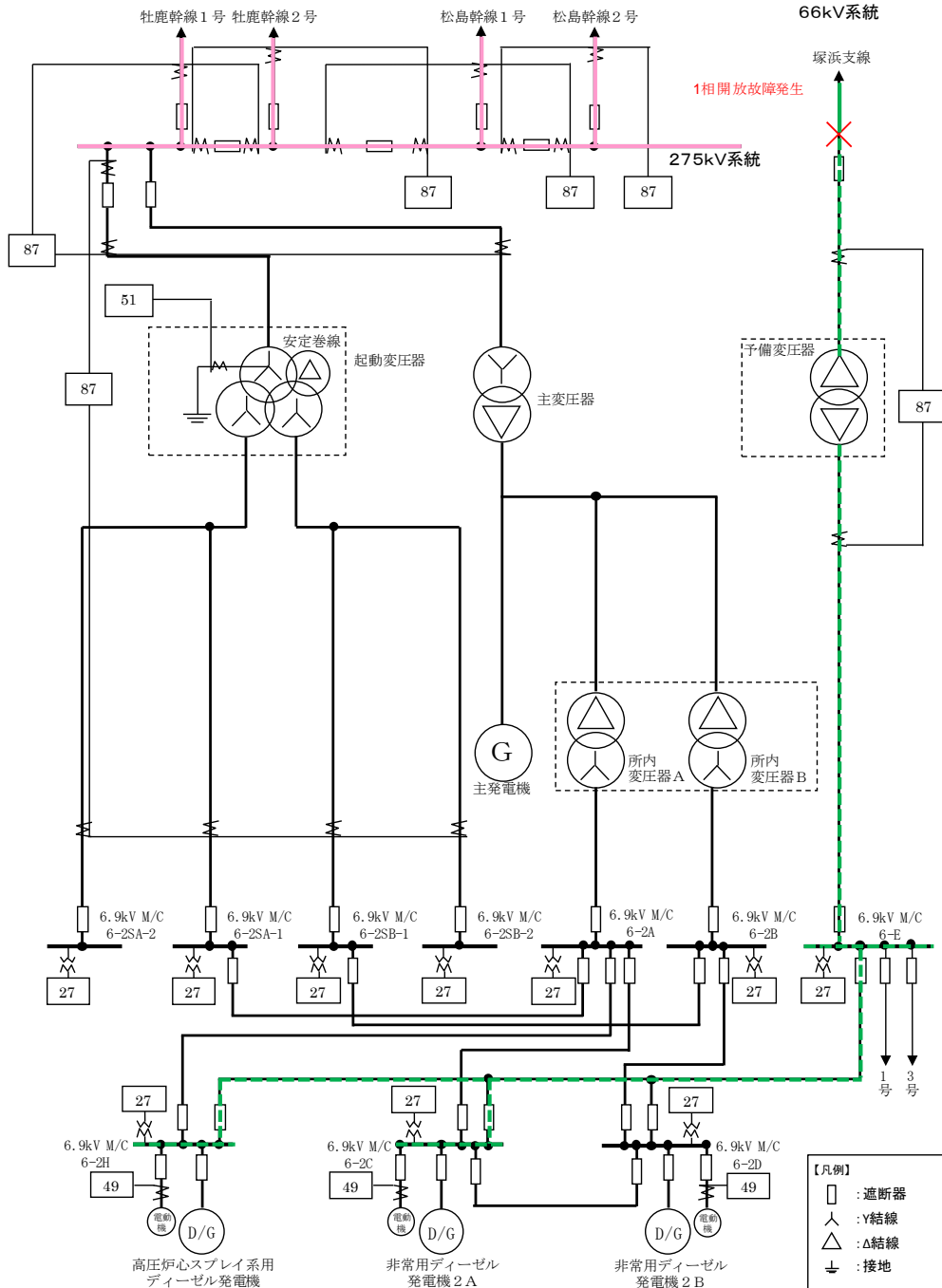
第 3.5-1 図のとおり，66kV 送電線から予備変圧器及び非常用高压母線を受電している状態を想定する。



第 3.5-1 図 1 相開放故障直前の状態

b. 1相開放故障直後の状態

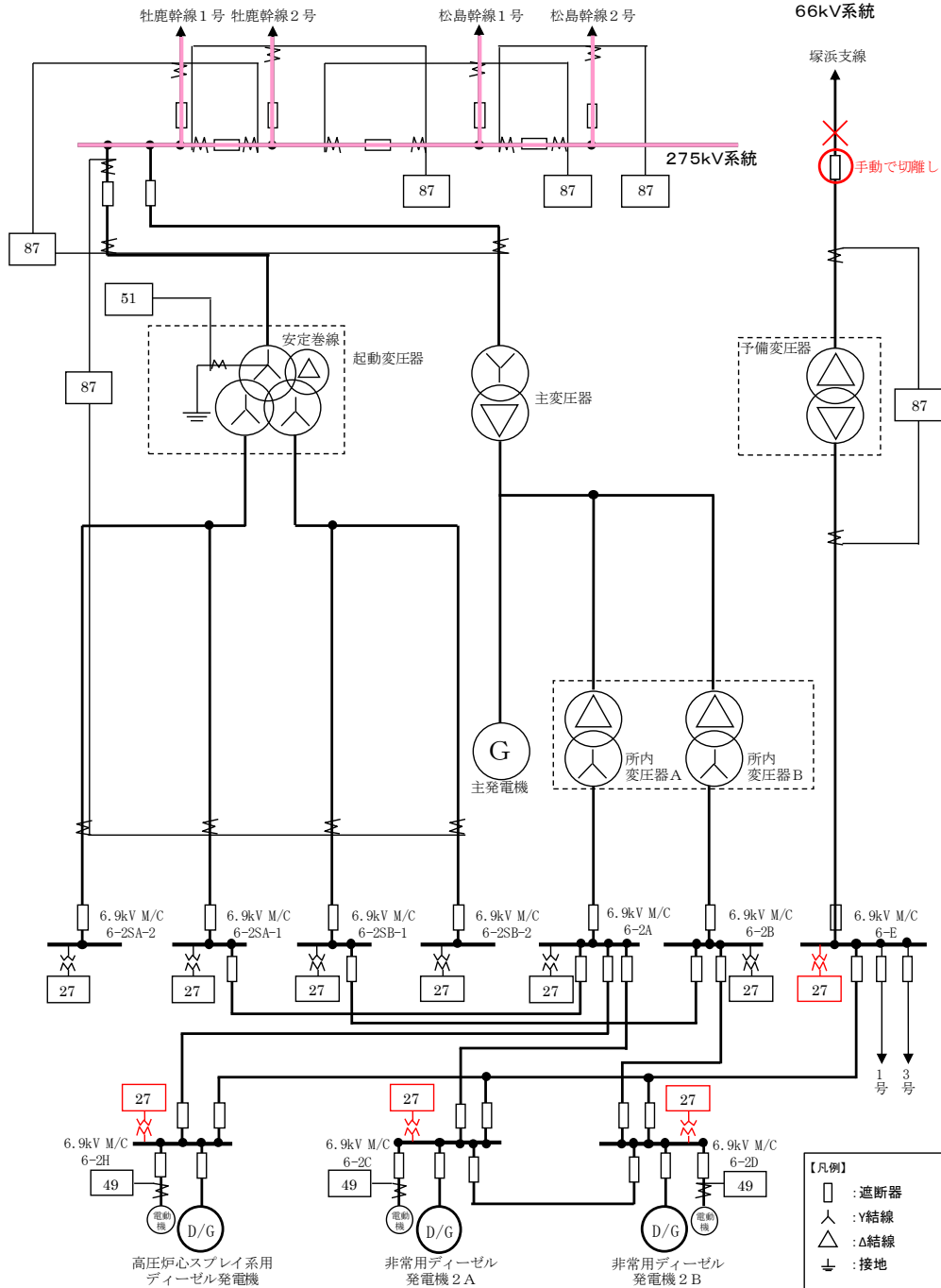
第3.5-2図のとおり、66kV送電線で1相開放故障が発生すると、故障部位を目視で確認できる。このことから運転員は、66kV送電線にて1相開放故障が発生したことを検知可能である。



第3.5-2図 1相開放故障直後の状態

c. 故障箇所を隔離した状態

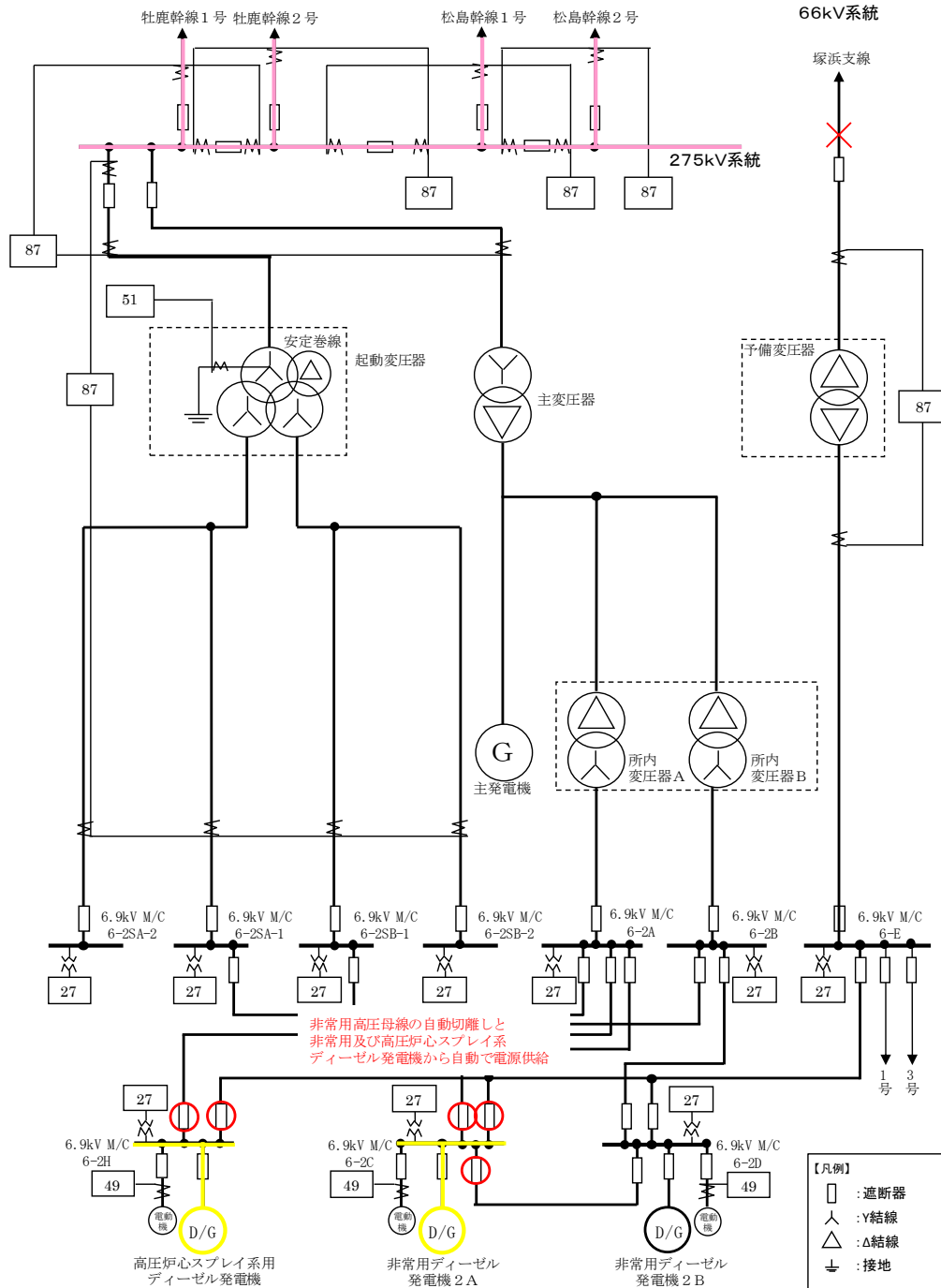
第 3.5-3 図のとおり，運転員の手動操作により，66kV 送電線を外部電源系から隔離すると，予備変圧器から受電していた複数の非常用高压母線の交流不足電圧継電器 (27) が動作する。



第 3.5-3 図 故障箇所を隔離した状態

d. 非常用高圧母線を隔離した状態

第 3.5-4 図のとおり，交流不足電圧継電器 (27) の動作により，非常用高圧母線を外部電源系から隔離すると，非常用及び高圧炉心スプレー系ディーゼル発電機が自動起動し，電源供給を行う。



第 3.5-4 図 非常用高圧母線を隔離した状態

別添5 非常用電源設備の配置の基本方針

電気設備は、区分ごとに区画された部屋に設置し、主たる共通要因（地震、津波、火災、溢水）に対し、頑健性を有している。

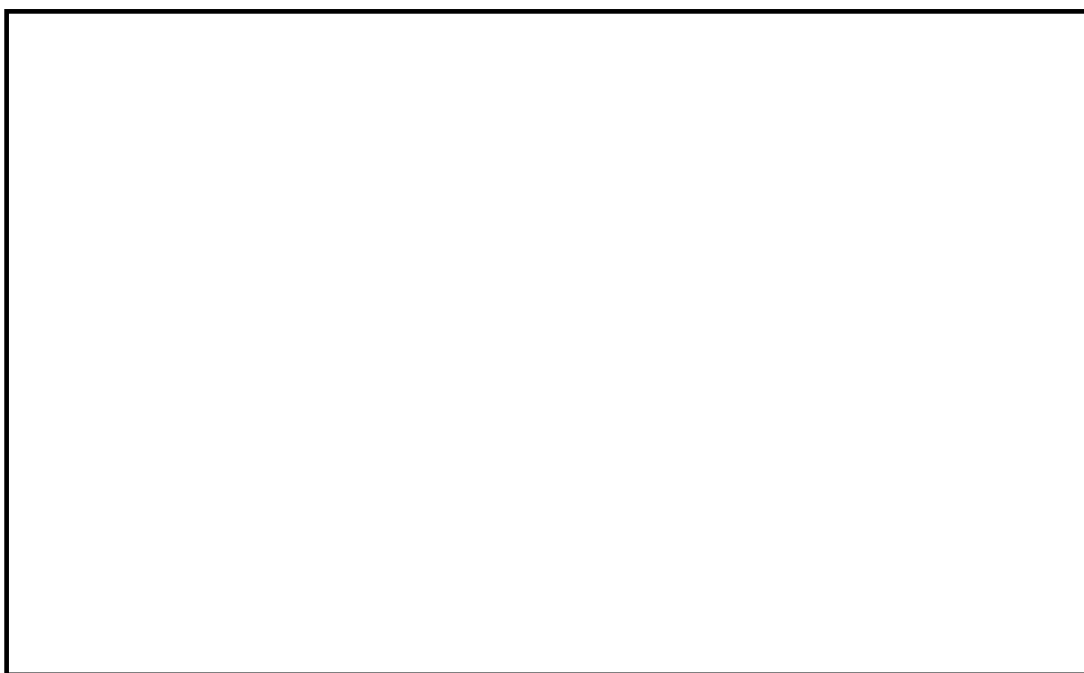
プラント全体の配置設計コンセプトにおいて、電気品室は非放射性機器から構成されているため、非管理区域に配置している。また、電気設備はケーブル、トレイ等の物量削減のため、電源供給を行う対象設備の近傍に配置している。

主要な動力設備（電動機、電動弁等）は原子炉建屋内で炉心を囲むように各区分の機器が存在するため、動力設備に電源供給を行うための電気設備（非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む）も原子炉建屋内で炉心を囲むような配置とする。また、主要な計測制御設備も制御建屋の中央制御室に存在し、運転員の動線を考慮して集中配置としているため、計測制御設備に電源供給を行うための電気設備（蓄電池を含む）も制御建屋又は隣接する原子炉建屋内に配置する。

電気設備を配置するうえでの基本的なコンセプトは、以下のとおりである。

- 非放射性機器で構成されるため、非管理区域へ配置
- ヒューマンエラーの発生を極力低減する配置
- ケーブル等の物量が極力低減される配置
- 地震、津波、火災、溢水に対する頑健性を確保する配置
- 同じ機能を有する設備は運転性、保守性に配慮し集中配置

女川原子力発電所2号炉の電気設備の配置及び動線は第1図のとおりであり、上記の基本的なコンセプトを満足している。



第1図 現状の電気設備の配置と動線

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

ここでケーススタディとして、電気設備の区分分離の考え方について、現状と異なる配置を行った場合の得失の検討を行う。検討対象として、下記の2ケースの配置パターンについて、検討を行った。

- (1) 管理区域と非管理区域に電気設備を分離配置する場合
- (2) 区分毎に配置する建屋を分離する場合

1 管理区域と非管理区域に電気設備を分離配置する場合

管理区域と非管理区域に電気設備を分離配置するケースを検討した場合の配置図を第2図、現状と比較した得失を第1表に示す。

図は原子炉建屋内の区分Ⅱの電気設備を非管理区域から管理区域に変更する場合を想定している。

この場合、管理区域へのアクセスで不要な被ばくが生じることになる。不要な被ばくを避け、プラントの運転及び保守を踏まえた動線とするためには、電気設備を非管理区域に配置することが望ましい。



第2図 管理区域と非管理区域に電気設備を分離配置する場合の配置と動線

第1表 管理区域と非管理区域に電気設備を分離配置する場合の得失

評価項目	現状と比較した場合の得失
地震及び火災等防護	同等
人的安全	低下（動線上に管理区域があるため不要な被ばくをする）
運転及び保守性	低下（動線が長くなる）
物量	増加（ケーブル、トレイ、貫通部等の物量増大）

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

2 区分毎に配置する建屋を分離する場合

区分毎に配置する建屋を分離するケースを検討した場合の配置図を第3図、現状と比較した得失を第2表に示す。

図は区分Ⅱの電気設備を原子炉建屋から制御建屋に変更する場合を想定している。

この場合、ケーブルの取り合いが複雑化し、建屋間を行き来するケーブルの物量や必要スペースが増えるデメリットがある。このことから電気設備は電源供給を行う対象設備の近傍に配置することが最適である。



第3図 区分毎に配置する建屋を分離する場合の配置と動線

第2表 区分毎に配置する建屋を分離する場合の得失

評価項目	現状と比較した場合の得失
地震及び火災等防護	同等
人的安全	同等
運転及び保守性	低下（動線が長くなる）
物量	増加（ケーブル、トレイ、貫通部等の物量増大）

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報の為、公開できません。

別添 6 女川原子力発電所 2 号炉 運用，手順説明資料（保安電源設備）

女川原子力発電所 2 号炉

運用，手順説明資料

保安電源設備

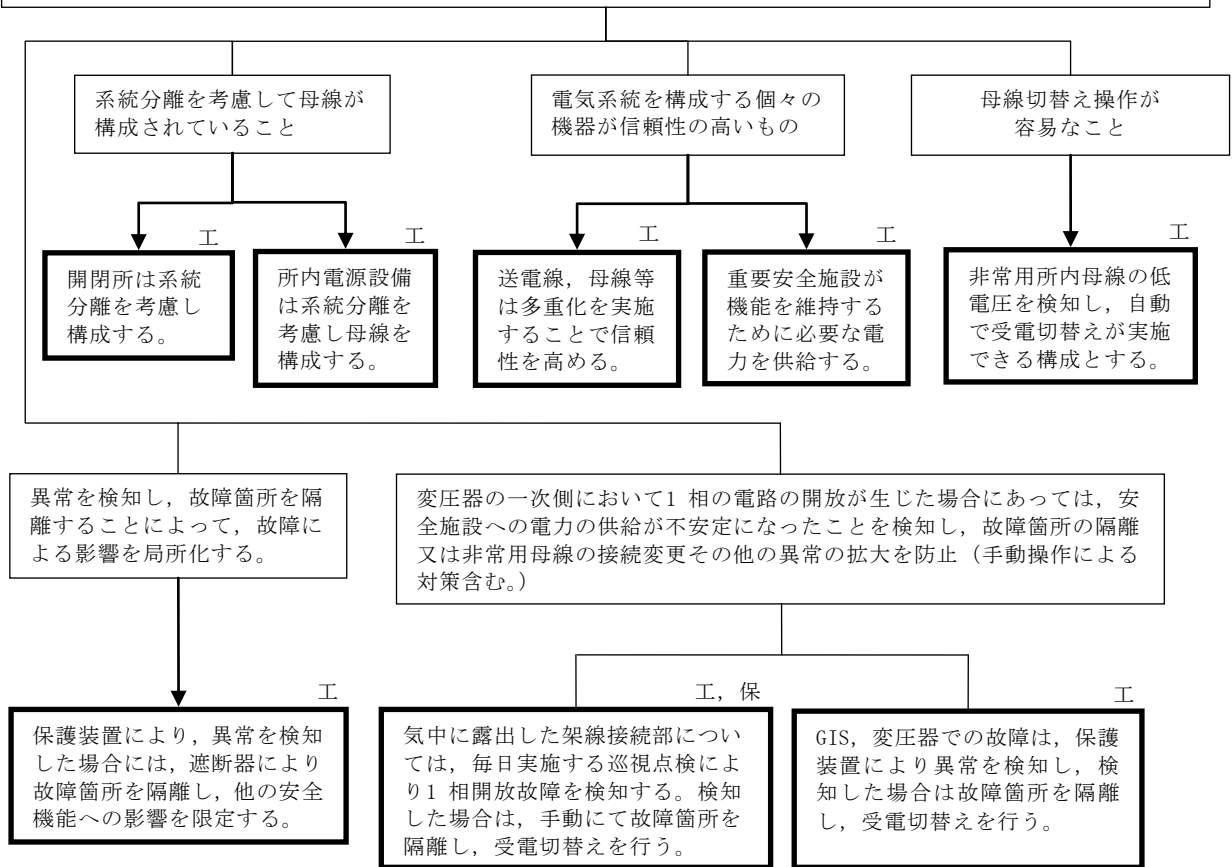
第 33 条 保安電源設備（追加要求事項）

3 保安電源設備（安全施設へ電力を供給するための設備をいう。）は、電線路、発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないよう、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。

【解釈】

第3 項に規定する「安全施設への電力の供給が停止することがない」とは、重要安全施設に対して、その多重性を損なうことがないように、電気系統についても系統分離を考慮して母線が構成されるとともに、電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いものであって、非常用所内電源系からの受電時等の母線の切替え操作が容易なことをいう。なお、上記の「非常用所内電源系」とは、非常用所内電源設備（非常用ディーゼル発電機及びバッテリー等）及び工学安全施設を含む重要安全施設への電力供給設備（非常用母線スイッチギヤ及びケーブル等）をいう。

第3 項に規定する「機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止する」とは、電気系統の機器の短絡、地絡又は母線の低電圧若しくは過電流等を検知し、遮断器等により故障箇所を隔離することによって、故障による影響を局所化できるとともに、他の安全機能への影響を限定できることをいう。また、外部電源に直接接続している変圧器の一次側において3 相のうち1 相の電路の開放が生じた場合にあっては、安全施設への電力の供給が不安定になったことを検知し、故障箇所の隔離又は非常用母線の接続変更その他の異常の拡大を防止する対策（手動による対策を含む。）を行うことによって、安全施設への電力の供給が停止することがないように、電力供給の安定性を回復できることをいう。



【後段規制との対応】
 工：工認（基本設計方針，添付書類）
 保：保安規定（運用，手順に係る事項，下位文書含む）
 核：核防規定（下位文書含む）

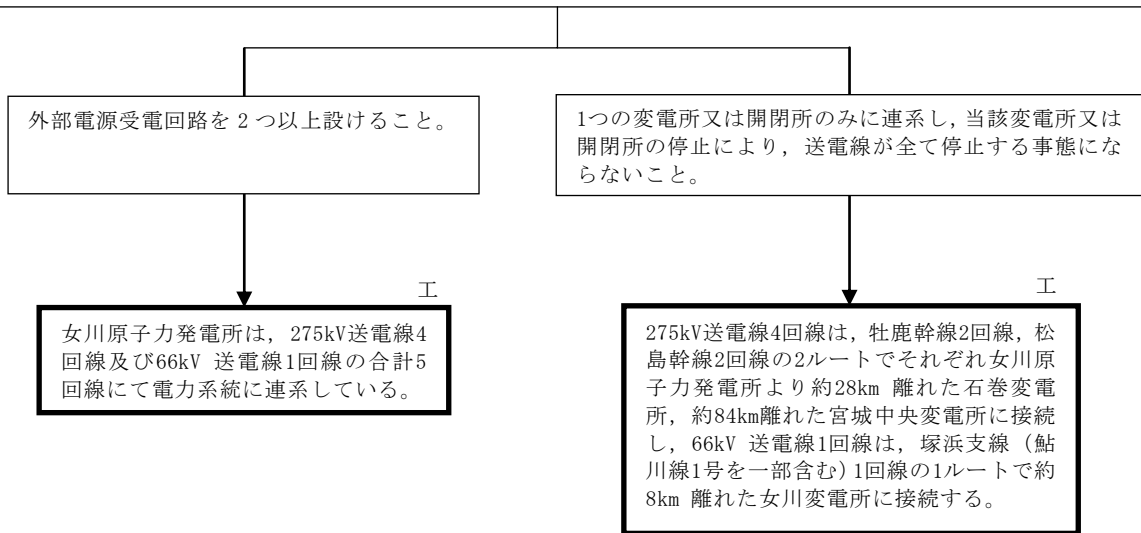
【添付八への反映事項】
 []：添付八
 []：当該条文に該当しない（他条文での反映事項）

4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであるであって、当該設計基準対象施設において受電可能なものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するものでなければならない。

【解釈】

第4項に規定する「少なくとも二回線」とは、送受電可能な回線又は受電可能な回線の組み合わせにより、**電力系統と非常用所内配電設備とを接続する外部電源受電回路を2つ以上設けること**により達成されることをいう。

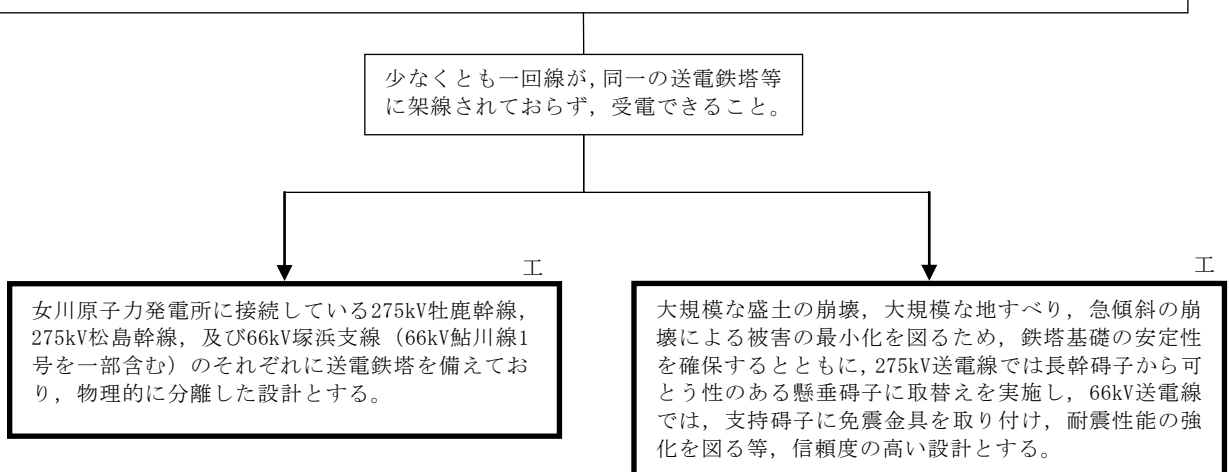
第4項に規定する「互いに独立したもの」とは、発電用原子炉施設に接続する電線路の上流側の接続先において**1つの変電所又は開閉所のみ**に連系し、当該変電所又は開閉所が停止することにより当該発電用原子炉施設に接続された送電線が**全て停止する事態にならないこと**をいう。



5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならない。

【解釈】

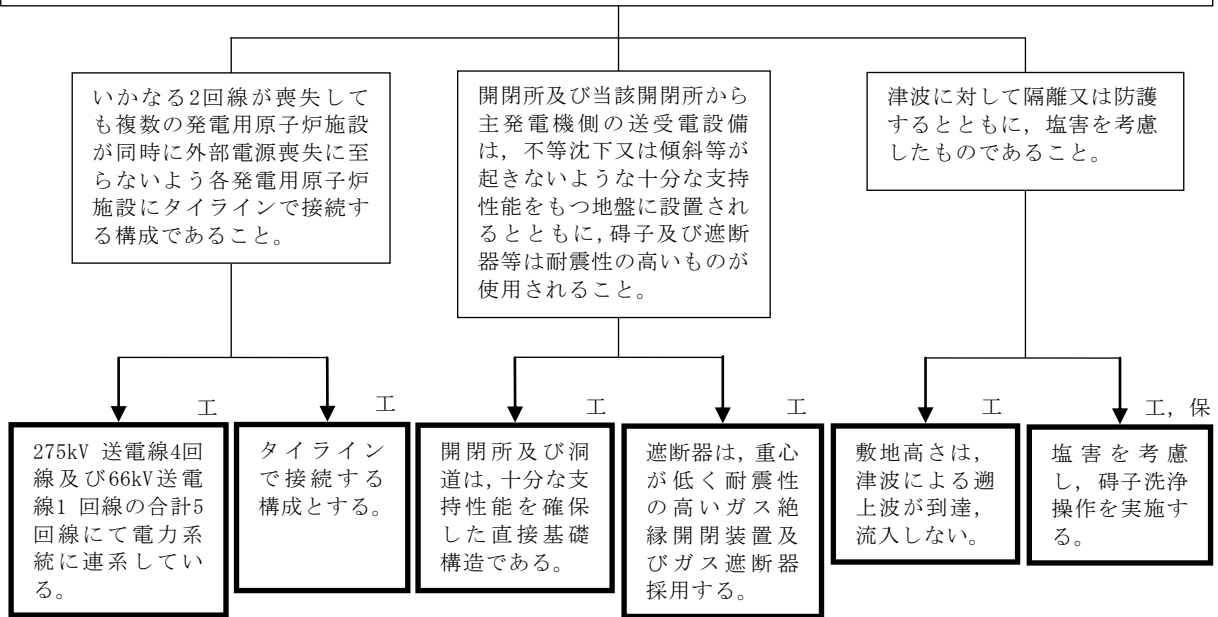
第5項に規定する「物理的に分離」とは、**同一の送電線鉄塔等に架線されていないこと**をいう。



6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの**発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。**

【解釈】

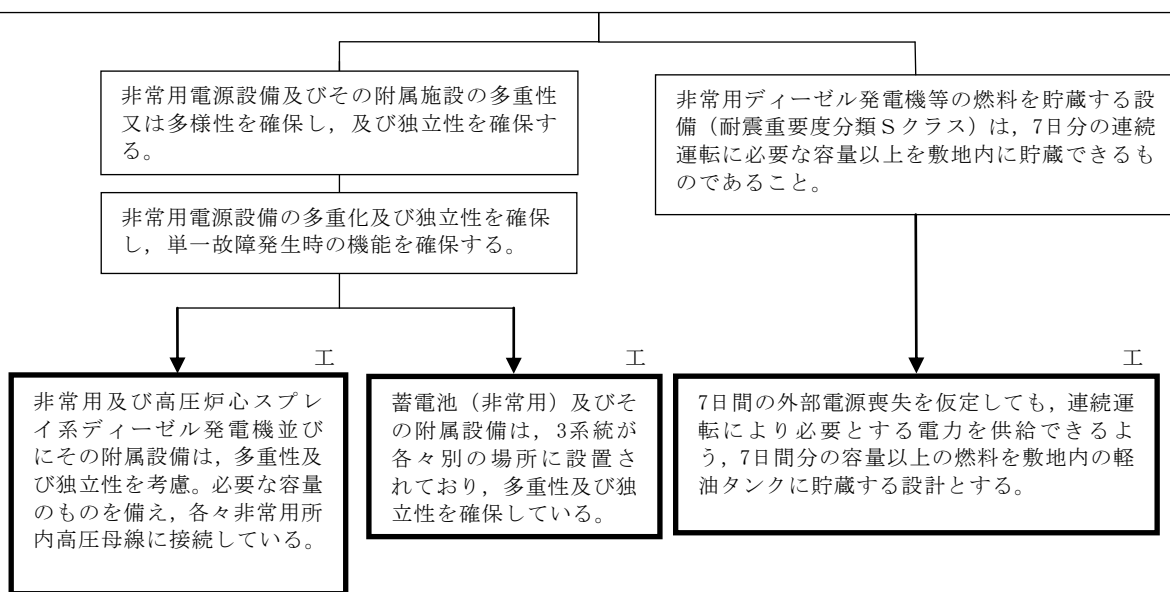
第6項に規定する「同時に停止しない」とは、複数の発電用原子炉施設が設置されている原子力発電所の場合、外部電源系が3回線以上の送電線で電力系統と接続されることにより、**いかなる2回線が喪失しても複数の発電用原子炉施設が同時に外部電源喪失に至らないよう各発電用原子炉施設にタイラインで接続する構成であることをいう。**なお、上記の「外部電源系」とは、外部電源（電力系統）に加えて当該発電用原子炉施設の主発電機からの電力を発電用原子炉施設に供給するための一連の設備をいう。また、**開閉所及び当該開閉所から主発電機側の送受電設備は、不等沈下又は傾斜等が起きないような十分な支持性能をもつ地盤に設置されるとともに、碍子及び遮断器等は耐震性の高いものが使用されること。**さらに、**津波に対して隔離又は防護するとともに、塩害を考慮したものであること。**



7 非常用電源設備及びその附属設備は、**多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保し**、その系統を構成する機械又は器具の単一故障が発生した場合であっても、運転時の異常な過渡変化時又は設計基準事故時において工学的安全施設及び設計基準事故に対処するための設備がその機能を確保するために**十分な容量を有するものでなければならない。**

【解釈】

第7項に規定する「十分な容量」とは、**7日間の外部電源喪失を仮定しても、非常用ディーゼル発電機等の連続運転により必要とする電力を供給できることをいう。**非常用ディーゼル発電機等の燃料を貯蔵する設備（耐震重要度分類Sクラス）は、7日分の連続運転に必要な容量以上を敷地内に貯蔵できるものであること。



8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならない。

【解釈】

第8項に規定する「他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合」とは、発電用原子炉施設ごとに、必要な電気容量の非常用電源設備を設置した上で、安全性の向上が認められる設計であることを条件として、認められ得る非常用電源設備の共用をいう。

非常用電源設備を共用する場合、過度に依存しないものでなければならない。

設計基準事故において、発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備は、原子炉毎に単独で設置し、他の原子炉施設と共用しない設計とする。

工

非常用電源設備を号炉毎に設置する。

表 1 (1/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第33条 保安電源 設備	開閉所設備, 所内電気設備の 系統分離	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	送電線, 母線等 の多重化	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	重要安全施設へ の電力供給	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	受電系統の 自動切替え	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
保護装置による 異常の検知	運用・手順	—	
	体制	—	
	保守・点検	—	
	教育・訓練	—	

表 1 (2/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第33条 保安電源 設備	電流不平衡の 監視又は開閉所 碍子の巡視点検	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> ・変圧器一次側において1相開放を検知した場合、故障箇所の隔離又は非常用母線を健全な電源から受電できるよう切替えを実施する。 ・1相開放故障が検知されない状態において、安全系機器に悪影響が生じた場合にも、運転員がそれを認知し、適切な対応を行えるよう手順書等を整備する。
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	故障箇所の隔 離，受電切替え	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

表 1 (3/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第33条 保安電源 設備	275kV送電線4 回線及び66kV 送電線1回線	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	送電線の物理的 分離	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	鉄塔基礎の安定 性, 碍子の耐震 性強化	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

表 1 (4/5) 技術的能力に係る運用対策等 (設計基準)

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第33条 保安電源 設備	275kV送電線4 回線及び66kV 送電線1回線, タイライン構成	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	地盤 (十分な支持性能)	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	遮断器 (ガス絶 縁開閉装置, ガ ス遮断器)	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	地盤 (津波の影響を受 けない敷地高さ)	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	碍子洗淨	運用・手順	・電気設備の塩害を考慮し, 定期的 に碍子洗淨操作を実施する。 ・また, 碍子の汚損が激しい場合 は, 臨時に碍子洗淨操作を実施 する。
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

表 1 (5/5) 技術的能力に係る運用対策等（設計基準）

設置許可 基準対象 条文	対象項目	区分	運用対策等
第33条 保安電源 設備	非常用及び高压炉 心スプレイ系ディ ーゼル発電機の 多重性及び独立性	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	蓄電池の多重性 及び独立性	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	7日間分の容量 以上の燃料貯 蔵，燃料輸送	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—
	非常用電源設備 を号炉毎に設置	運用・手順	—
		体制	—
		保守・点検	—
		教育・訓練	—

参考 1 非常用電源設備の多重性及び独立性について (BWR-5)

1 非常用炉心冷却系の多重性及び独立性

非常用炉心冷却系（以下、「ECCS」という。）は、原子炉冷却材圧力バウンダリのいかなる配管破断に対して単一故障及び外部電源喪失を仮定しても、所要の安全機能を確保できるよう、表 1-1 のとおり、系統の多重性に十分な裕度を持たせた設計としている。

また、ECCS は、図 1-1 のとおり、その起動信号、電源及び原子炉補機冷却系も含めて、区分Ⅰ、区分Ⅱ及び区分Ⅲに物理的に分離・独立し、相互に影響しない設計としている。

2 非常用電源設備の多重性及び独立性

非常用電源設備（非常用及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機並びに蓄電池）は、単一故障を仮定しても、所要の安全機能を確保できるよう、系統の多重性を考慮した設計としている。

また、非常用電源設備は、図 1-2 のとおり、区分Ⅰ、区分Ⅱ及び区分Ⅲに物理的に分離・独立し、相互に影響しない設計としている。

表 1-1 ECCS の安全機能と設計方針

ECCSの安全機能		設計方針	系統
炉心冷却	スプレイ冷却	1系統で十分なスプレイ能力を持つ炉心スプレイ系を独立2系統設ける。	HPCS LPCS
	再冠水冷却	再冠水能力を持つ低圧注水系(LPCI)を設け、独立3ループとする。炉心スプレイ系1系統当たりの再冠水能力は、低圧注水系1ループ分とする。最も過酷な破断でも3ループ分の注水量で十分な冠水能力を持つこと。	LPCI×3 HPCS LPCS
原子炉減圧	冷水注入	炉心スプレイ系の1系統を原子炉高圧で作動可能とし、減圧能力を持つこと。	HPCS
	蒸気放出	自動減圧弁で、弁1個故障しても十分な減圧能力を持つこと。	ADS×2
長期にわたる崩壊熱除去	炉心冷却	炉心スプレイ系1系統又は低圧注水系(LPCI)1ループのどちらか一方で十分な冠水能力を持つこと。	HPCS LPCS LPCI
	サブプレッションプール冷却	低圧注水系2系列に各々熱交換器を設け、1系列で十分なプール水冷却能力を持つこと。	LPCI×2

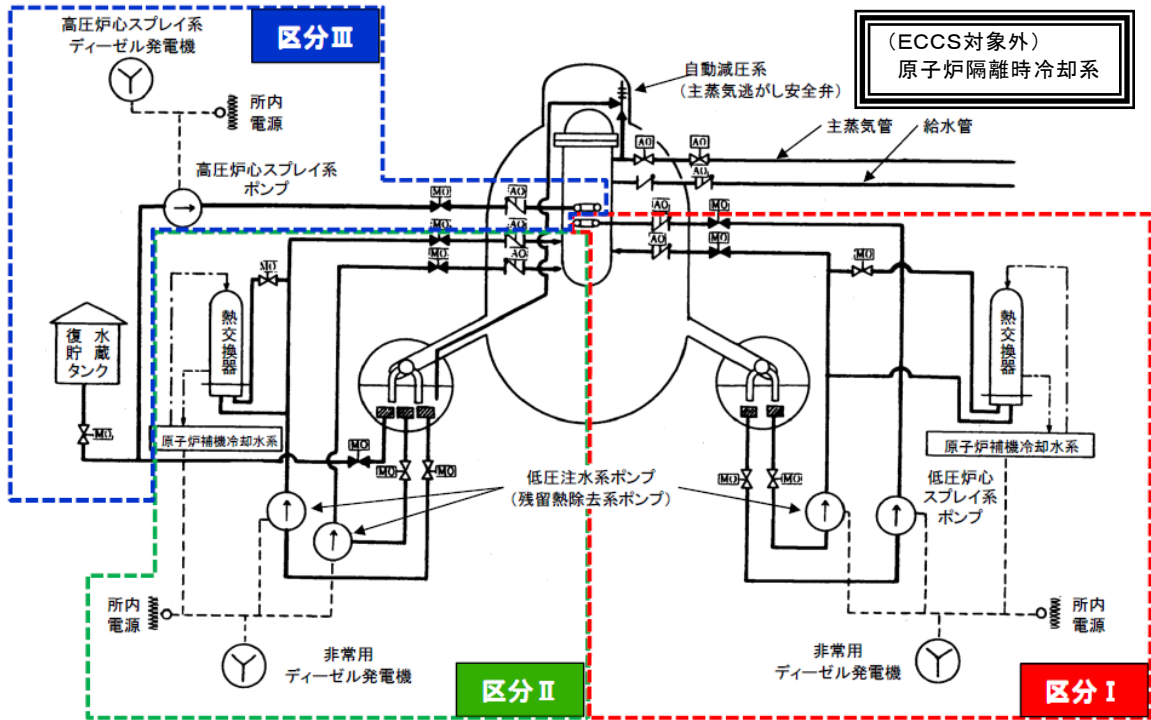


図 1-1 ECCS 系統構成図

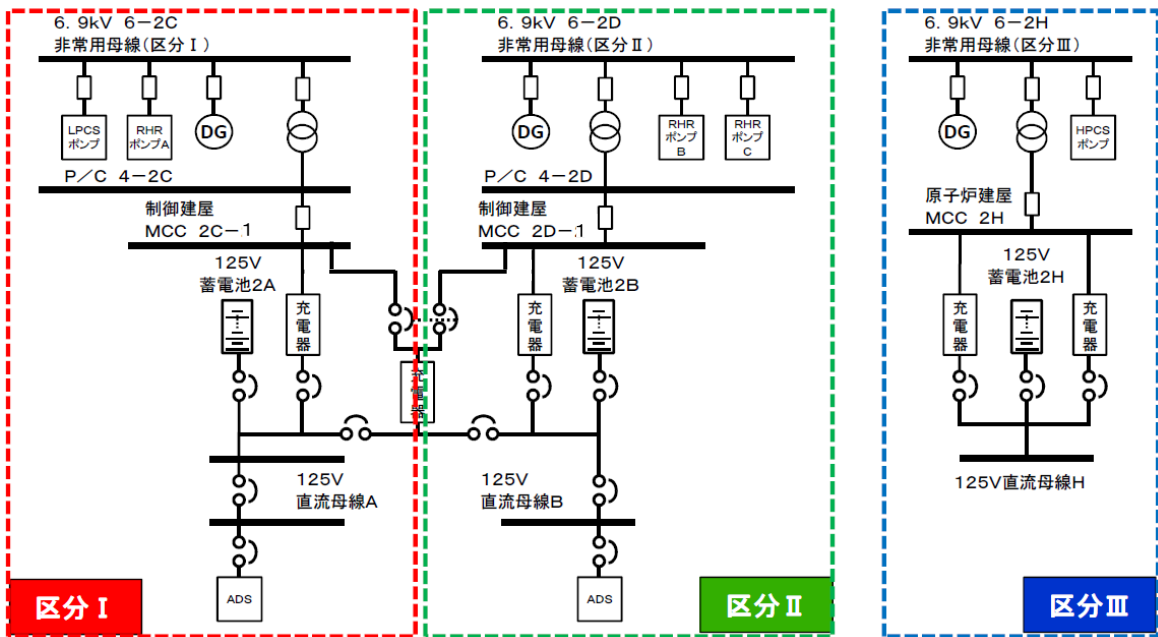


図 1-2 ECCS 電源構成図