

メタルクラッド開閉装置，パワーコントロールセンタ，ディーゼル発電機設備，直流電源設備及び計測制御用電源設備の主要仕様を第 10.1.1 表から第 10.1.5 表に示す。

10.1.5 試験検査

10.1.5.1 ディーゼル発電機

(1) 手動起動試験

ディーゼル発電機は，定期的に手動で起動し，非常用高压母線に接続して，定格負荷をかけた状態で，健全性を確認する。

(2) 自動起動試験

原子炉停止時に，非常用高压母線低電圧信号及び非常用炉心冷却設備作動信号を模擬し，信号発信後 10 秒以内に電圧が確立することを確認する。

10.1.5.2 蓄電池（非常用）

蓄電池（非常用）は，定期的に電解液面の検査と補水，電解液の比重とセル電圧の測定及び浮動充電電圧の測定を行い，健全性を確認する。

10.1.6 手順等

- (1) 電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
- (2) 電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。

10.3 常用電源設備

10.3.1 概 要

設計基準対象施設は、275kV 送電線のうち 2 回線（泊幹線）にて、約 67km 離れた西野変電所に連系し、他の 2 回線（後志幹線）にて、約 66km 離れた西双葉開閉所に連系する。また、66kV 送電線（泊電源支線）にて約 19km 離れた国富変電所に連系する設計とする。

上記 3 ルート 6 回線の送電線との独立性を確保するため、万一、送電線の上流側接続先である西野変電所が停止した場合でも西双葉開閉所から、また、西双葉開閉所が停止した場合でも西野変電所から電力を供給することが可能な設計とする。さらに、西野変電所と西双葉開閉所が停止した場合でも国富変電所から電力を供給することが可能な設計とする。

なお、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。

【説明資料(2.1.2)】

275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）は、1 回線で 3 号炉の全発生電力を送電し得る容量とすることで、1 回線事故が発生しても、発電所を全出力運転できる設計とする。

【説明資料(2.1.4.3)】

所内電力は通常時には、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（泊幹線及び後志幹線）から所内変圧器及び予備変圧器を通して受電することができる。さらに、

275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）停電の場合には、66kV 送電線（泊電源支線）から後備変圧器を通し、発電所を安全に停止するために必要な所内電力を受電できる設計とする。

所内高圧母線は、常用 3 母線と非常用 2 母線で構成する。常用 3 母線は所内変圧器から直接受電できる他、予備変圧器からも受電できる設計とする。

所内低圧母線は、常用 5 母線、非常用 4 母線で構成する。常用 5 母線は常用高圧母線から動力変圧器を通して受電できる設計とする。

所内の設備は工学的安全施設を含む重要度の特に高い安全機能を有する設備とそれ以外の設備に分類し、工学的安全施設を含む重要度の特に高い安全機能を有する設備は、非常用母線に、それ以外の設備は、原則として常用母線に接続する。所内の設備で 2 台以上設置するものは非常用、常用ともに各母線に分割接続し、所内電力供給の安定を図る。

【説明資料(2.1.1)】

また、必要な直流電源を確保するため蓄電池を設置し、安定した交流電源を必要とするものに対しては無停電電源装置を設置する。

直流電源設備は、非常用所内電源として 2 系統及び常用所内電源として 2 系統から構成する。

【説明資料(2.2.1.1.2)】

10.3.2 設計方針

10.3.2.1 外部電源系

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、外部電源系を設ける。重要安全施設へ電力を供給する電気施設は、その電力の供給が停止することがないように、送電線の回線数と開閉所の母線数は、供給信頼度の整合が図られた設計とし、電気系統の系統分離を考慮して、275kV 母線を 2 母線、66kV 母線を 1 母線で構成する設計とする。

【説明資料(2.1.2.1)(2.1.1)】

また、発電機、外部電源系、非常用所内電源系、その他の関連する電気系統の機器の短絡や地絡又は母線の低電圧や過電流、変圧器 1 次側における 1 相開放故障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することにより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構成とする。

【説明資料(2.1.1.3)(2.1.1.1)】

外部電源系の少なくとも 2 回線は、それぞれ独立した送電線により電力系統に連系させるため、万一、送電線の上流側接続先である西野変電所が停止しても西双葉開閉所から、また、西双葉開閉所が停止しても西野変電所から電力を供給する。さらに、西野変電所と西双葉開閉所が停止した場合でも国富変電所から電力を供給することが可能な設計とする。

【説明資料(2.1.2)】

少なくとも 1 回線は他の回線と物理的に分離された設計とし、すべての送電線が同一鉄塔等に架線されない設計とすることにより、これらの原子炉施設への電力供給が同時に停止しない設計とする。

さらに、いずれの 2 回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの原子炉施設への電力供給が同時に停止しない設計とする。

【説明資料 (2. 1. 3) (2. 1. 2. 1. 1) (2. 1. 2. 1. 2)】

開閉所から発電機側の送受電設備は、十分な支持性能をもつ地盤に設置する。

碍子、遮断器等は耐震性の高いものを使用する。さらに津波に対して隔離又は防護するとともに、塩害を考慮した設計とする。

【説明資料 (2. 1. 4. 4) (2. 1. 4. 4. 1) (2. 1. 4. 4. 2)

(2. 1. 4. 4. 3) (2. 1. 4. 4. 4)】

10. 3. 3 主要設備

10. 3. 3. 1 送電線（1 号，2 号及び 3 号炉共用，非常用電源設備と兼用）

発電所は、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、第 10. 3. 1 図に示すとおり、送受電可能な 275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）2 ルート 4 回線及び受電専用の回線として 66kV 送電線（泊電

源支線) 1 ルート 2 回線の合計 3 ルート 6 回線で電力系統に連系する設計とする。

275kV 送電線のうち 2 回線(泊幹線)は、約 67km 離れた西野変電所に連系し、他の 2 回線(後志幹線)は約 66km 離れた西双葉開閉所に連系する。また、66kV 送電線(泊電源支線)は約 19km 離れた国富変電所に茅沼線及び泊支線を経由して連系する設計とする。

万一、送電線の接続先である西野変電所が停止しても西双葉開閉所から、また西双葉開閉所が停止しても西野変電所から電力を供給する。さらに、西野変電所と西双葉開閉所が停止した場合でも手動で切替えることにより国富変電所から電力を供給することが可能な設計とする。

【説明資料(2.1.2)】

送電線は 1 回線で、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供給できるような容量を選定するとともに、常時、重要安全施設に連系する 275kV 送電線(泊幹線及び後志幹線)は、単一故障時の影響を考慮し、4 回線とする。

【説明資料(2.1.4.1)(2.1.4.2)(2.1.4.3)】

275kV 送電系統については、短絡、地絡検出用保護装置を 2 系列設置することにより、多重化を図る設計とする。また、送電線両端の電気所の送電線引出口に遮断器を配置し、送電線で短絡、地絡等の故障が発生した場合には、遮断器により故障箇所を隔離することにより、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設計とする。

【説明資料(2.1.1.3)(2.1.1.1)】

また、送電線 1 相の開放が生じた際には、275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）は電力送電時、66kV 送電線（泊電源支線）は後備変圧器から所内負荷へ給電している場合、保護装置による自動検知又は人的な検知（巡視点検等）を加えることで、一部の保護継電器等による検知が期待できない箇所の 1 相開放故障の発見や、その兆候を早期に発見できる可能性を高めることとしている。

【説明資料(2.1.1.2)】

設計基準対象施設に接続する 275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）4 回線と 66kV 送電線（茅沼線及び泊支線）2 回線は、同一の送電鉄塔に架線しないよう、それぞれに送電鉄塔を備える。

また、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とともに、強風発生時及び送電線着雪時の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はない。

さらに、275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）と 66kV 送電線（茅沼線及び泊支線）の交差箇所の離隔距離については、必要な絶縁距離を確保する。

これらにより、設計基準対象施設に接続する送電線は、互い

に物理的に分離した設計である。

送電系統概要図を第 10.3.1 図に示す。

【説明資料(2.1.3)】

10.3.3.2 開閉所（275kV 開閉所（1号，2号及び3号炉共用），66kV 開閉所（後備用））

275kV 開閉所は，第 10.3.2 図に示すように，275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）と主変圧器及び予備変圧器を連系するそれぞれの遮断器，断路器，避雷器，計器用変圧器，計器用変流器，275kV 母線等から構成する。また，66kV 開閉所（後備用）は，第 10.3.2 図に示すように，66kV 送電線（泊電源支線）と後備変圧器を連系するそれぞれの遮断器，断路器，避雷器，計器用変圧器，計器用変流器，66kV 母線等から構成する設計とする。

故障を検知した場合には，遮断器により故障箇所を隔離することにより，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設計とする。

また，開閉所は地盤の不等沈下や傾斜等が起きないような十分な支持性能を持つ場所に設置し，かつ津波の影響を考慮した設計とする。

碍子，遮断器は耐震性の高い懸垂碍子及びガス絶縁機器を使用する。

また，塩害を考慮し，275kV 開閉所を塩害の影響の小さい陸側後背地へ設置し，碍子に対しては遮風建屋内に絶縁性能の高いポリマー碍管を設置し，遮断器等に対しては電路がタンクに内包されているガス絶縁開閉装置を採用する。66kV 開閉所（後

備用)も陸側後背地に設置するとともにガス絶縁開閉装置への送電線の接続はケーブル引き込みとし、遮断器等に対しては電路がタンクに内包されているガス絶縁開閉装置を採用する設計とする。

【説明資料(2.1.4.4)(2.1.4.4.1)(2.1.4.4.2)
(2.1.4.4.3)(2.1.4.4.4)】

10.3.3.3 発電機及び励磁機

発電機は約1,020,000kVA, 約1,500min⁻¹の蒸気タービンに直結された横置・円筒回転界磁形・全閉自力通風・三相同期交流発電機で励磁機はブラシレス励磁機である。発電機の回転子は水素ガス内部冷却で、固定子は水及び水素ガスで冷却する。

また、発電機主回路には、発電機負荷開閉器を設置する。

10.3.3.4 主要変圧器

主要変圧器は以下のとおりである。

主変圧器・・・発電機並列中は、発電機電圧(21kV)を送電線電圧(275kV)に昇圧する。また、発電機解列中は、送電電圧(275kV)を発電機電圧(21kV)に降圧する。

所内変圧器・・・発電機電圧(21kV)を所内高圧母線電圧(6.6kV)に降圧する。

予備変圧器・・・送電線電圧(275kV)を所内高圧母線電圧(6.6kV)に降圧する。

後備変圧器・・・送電線電圧(66kV)を所内高圧母線電圧

(6.6kV)に降圧する。

発電機の発生電力は主変圧器を通して 275kV 開閉所に送る。

所内電力のうち常用高圧母線は，発電機並列中には発電機から所内変圧器を通して受電し，発電機解列中は，発電機負荷開閉器を開としておくことにより，275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）から主変圧器及び所内変圧器を通して受電する。また，非常用高圧母線は，275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）から予備変圧器又は所内変圧器を通して受電し，275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）停電の場合には 66kV 送電線（泊電源支線）から後備変圧器を通して発電所を安全に停止するために必要な電力を受電することができる設計とする。

【説明資料(2.1.1)】

10.3.3.5 所内高圧系統

所内高圧系統を第 10.1.1 図に示す。常用高圧母線は，次の 3 母線で構成する。

常用高圧母線（6-C1，6-C2，6-D）

所内変圧器又は予備変圧器から受電する母線

これらの母線は，母線ごとに一連のメタルクラッド開閉装置で構成し遮断器には真空遮断器を使用する。故障を検知した場合には，遮断器により故障箇所を隔離することにより，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設計とする。

常用高圧母線のメタルクラッド開閉装置は，電気建屋内に設置する。

常用高圧母線には，通常運転時に必要な負荷を振り分け，通常時は所内変圧器から給電する。また，常用高圧母線は所内変圧器の停止時に予備変圧器に切替える。

【説明資料(2.1.1)】

10.3.3.6 所内低圧系統

所内低圧系統を第 10.1.1 図に示す。常用低圧母線は，次の 5 母線で構成する。

常用低圧母線（4-C1，4-C2，4-D1，4-D2，4-E）

常用高圧母線から動力変圧器を通して受電する母線

これらの母線は，一連のキュービクルで構成し，遮断器は配線用遮断器を使用する。故障を検知した場合には，遮断器により故障箇所を隔離することにより，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設計とする。

常用低圧母線のパワーコントロールセンタは，電気建屋内に設置する。

10.3.3.7 直流電源設備

直流電源設備は，第 10.1.3 図に示すように，蓄電池（非常用）2 組に加え，蓄電池（常用）2 組の合計 4 組のそれぞれ独立した蓄電池，充電器，直流コントロールセンタ等で構成する。直流母線は 125V であり，うち蓄電池（常用）2 組の電源の負荷は，タービン発電機及び原子炉関係の計測制御電源，タービンの非常用油ポンプ，発電機の非常用密封油ポンプ，電磁弁等である。

4組の蓄電池は、据置型蓄電池で独立したものであり、蓄電池（常用）2組は非常用低圧母線に接続された充電器で浮動充電する。

【説明資料(2.2.1.1.2)】

10.3.3.8 計測制御用電源設備

計測制御用電源設備は、第 10.1.4 図に示すように常用として計装用交流母線 8 母線及び計装用後備母線 5 母線、また、非常用として計装用交流母線 8 母線で構成し、母線電圧は 100V である。

常用の計測制御用電源設備は、非常用低圧母線と常用直流母線に接続する無停電電源装置及び非常用低圧母線に接続する定電圧装置等で構成する。

無停電電源装置は、外部電源喪失等により交流入力が喪失しても、蓄電池からの直流入力により計装用交流母線の電源を確保する。

常用の計装用交流母線のうち 3 母線は計装用後備定電圧装置から、2 母線は計装用後備変圧器からも受電できる。

10.3.3.9 制御棒駆動装置用電源設備

制御棒駆動装置用電源は、電動発電機を使用する。

電動発電機は、100%容量のものを 2 台備え、常用低圧母線から給電する。また、電動機にフライホイールを取り付け、瞬間的な電源変動による発電機出力のじょう乱を極力抑制し、制御棒駆動装置用電源の安定化を図る。

10.3.3.10 作業用電源設備

作業用電源としてはパワーコントロールセンタ及びコントロールセンタから変圧器を通して、交流 200V 及び 100V に変圧し、給電する。

また、分電盤、スイッチ、コンセント等を所要場所に設置する。

10.3.3.11 ケーブル及び電線路

動力回路、制御回路及び計装回路のケーブルは、それぞれ相互に電氣的・物理的分離を図るため、適切な離隔距離又は必要に応じて隔壁を設けたケーブルトレイ、電線管及び格納容器電線貫通部を使用して布設する。

さらに、ケーブルトレイ等が耐火壁を貫通する場合は、火災対策上、耐火壁効果を減少させない構造とする。また、格納容器電線貫通部は、原子炉冷却材喪失時の環境条件に適合するものを使用する。

10.3.3.12 事故時母線切替

通常時は 275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）4 回線を使用して運転するが、275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）1 回線事故時でも残りの 3 回線で発電所の発生電力を送電し得る容量がある。

【説明資料(2.1.2)(2.1.4.3)】

万一、電気系統の短絡や地絡、母線の低電圧や過電流等が発生した場合も、それらを検知できる設計としており、検知した場合には、遮断器により故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の安全機能への影響を限定できる構成とする。

【説明資料(2.1.1.1)】

(1) 予備変圧器への切替

所内変圧器から受電している常用高圧母線は所内変圧器及び主変圧器停止時には、予備変圧器に切替えを行う。本切替は自動切替であり容易に実施可能である。

10.3.4 主要仕様

メタルクラッド開閉装置、パワーコントロールセンタ、直流電源設備、計測制御用電源設備、送電線設備、開閉所設備、発電機及び励磁機設備並びに主要変圧器設備の主要仕様を第10.1.1表、第10.1.2表、第10.1.4表、第10.1.5表及び第10.3.1表から第10.3.4表に示す。

10.3.5 試験検査

10.3.5.1 蓄電池（常用）

蓄電池（常用）は、定期的にセル電圧の測定及び浮動充電電圧の測定を行い、健全性を確認する。

10.3.6 手順等

- (1) 外部電源系統切替を実施する際は、手順を定め、給電運用担当

箇所と連携を図り確実に操作を実施する。

- (2) 電気設備の塩害による汚損，劣化を監視するためポリマー罫管の漏れ電流測定を実施する。また，罫子の汚損が激しい場合は，罫子の清掃を実施する。
- (3) 変圧器 1 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を実施する。
- (4) 変圧器 1 次側における 1 相開放事象への対応として，275kV 送電線は複数回線を確保し，1 回線となる場合には送電線引留部（架線部）の巡視点検を実施する。
- (5) 電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
- (6) 電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。

第 10.1.1 表 メタルクラッド開閉装置の主要仕様（1／2）

構成及び仕様

項 目	受電盤	き電盤	計器用変圧器盤
型 式	屋内用鋼板製単位閉鎖垂直自立型		
台 数	16	51	10
定 格 電 圧	7.2kV		
電 気 方 式	50Hz	3 相	3 線 変圧器接地式
電 源 引 込 方 式	バスダクト又はケーブルによる		
フ ィ ー ダ 引 出 方 式	ケーブルによる		
母 線 電 流 容 量	3,150A	2,000A	1,200A

遮断器

項 目	受電用	き電用
型 式	真空遮断器	
台 数	16	51
極 数	3 極	
操 作 方 式	バネ投入操作(DC125V)	
定 格 耐 電 圧	定格雷インパルス耐電圧：60kV 定格短時間商用周波耐電圧：22kV	
定 格 電 圧	7.2kV	
定 格 電 流	3,150A	2,000A 1,200A
定 格 遮 断 電 流	44kA	
定 格 遮 断 時 間	5 サイクル	
引きはずし自由方式	電氣的，機械的	
投 入 方 式	バネ式	

第 10.1.1 表 メタルクラッド開閉装置の主要仕様（2／2）

動力変圧器

項 目	非常用母線用	常用母線用
型 式	屋内用 3 相乾式変圧器	
台 数	4	5
冷 却 方 式	自 冷	
周 波 数	50Hz	
容 量	約 2,500kVA	約 2,500kVA, 約 2,300kVA
結 線	一次：星形 二次：三角形	
定 格 電 圧	一次：6.6kV(5 タップ) (6.3, 6.45, 6.6, 6.75, 6.9kV) 二次：460V	
絶 縁	H 種	

第 10.1.2 表 パワーコントロールセンタの主要仕様

構成及び仕様

項 目	き電盤	動変盤
型 式	屋内用鋼板製閉鎖垂直自立型	
台 数	47	9
定 格 電 圧	600V	
電 気 方 式	50Hz 3 相 3 線 非接地式	
電 源 引 込 方 式	バスダクト又はケーブルによる	
フ ィ ー ダ 引 出 方 式	ケーブルによる	
母 線 電 流 容 量	4,000A（主母線） 1,600A（分岐母線）	

遮断器

項 目	き電用
型 式	配線用遮断器
台 数	127
極 数	3 極
操 作 方 式	交流操作（AC100V）
定 格 電 圧	600V
最 大 容 量	900kVA（モータ負荷 300kW）
定 格 遮 断 電 流	50kA
引 外 し 自 由 方 式	電氣的，機械的

第 10.1.3 表 ディーゼル発電機設備の主要仕様

(1) エンジン

台 数	2
出 力	約 5,600kW (1 台当たり)
起動時間	約 10 秒
起動方式	圧縮空気起動
使用燃料	軽油

(2) 発電機

型 式	横置・回転界磁形・三相同期発電機
台 数	2
容 量	約 7,000kVA (1 台当たり)
力 率	0.8 (遅れ)
電 圧	6.9kV
周波数	50Hz

(3) ディーゼル発電機燃料油貯油槽

種 類	横置円筒形
基 数	4
容 量	約 146m ³ (1 基当たり)
使用燃料	軽油

(4) ディーゼル発電機燃料油移送ポンプ

台 数	2
容 量	約 26m ³ /h (1 台当たり)

第 10.1.4 表 直流電源設備の主要仕様

(1) 非常用

a. 蓄電池

型 式	鉛蓄電池
組 数	2
容 量	約 2,400Ah (1組当たり)
電 圧	約 130V

b. 充電器

型 式	サイリスタ整流装置
台 数	2
充電方式	浮動 (常時)

(2) 常用

a. 蓄電池

型 式	鉛蓄電池
組 数	2
容 量	約 2,000Ah (1組当たり)
電 圧	約 130V

b. 充電器

型 式	サイリスタ整流装置
台 数	2
充電方式	浮動 (常時)

c. 予備充電器

型 式 サイリスタ整流装置

台 数 1

充電方式 浮動

(3) 直流コントロールセンタ

型 式 屋内用鋼板製自立形抽出式

台 数 4

母線容量 約 600A（非常用）× 2 台

約 800A（常用）× 2 台

第 10.1.5 表 計測制御用電源設備の主要仕様

(1) 非常用

a. 計装用インバータ（無停電電源装置）

型 式	静止型インバータ
台 数	4
容 量	約 25kVA（1 台当たり）
電 圧	100V

(2) 常用

a. 計装用インバータ（無停電電源装置）

型 式	静止型インバータ
台 数	3
容 量	約 60kVA（1 台当たり）
電 圧	100V

b. 計装用定電圧装置

型 式	静止型インバータ
台 数	2
容 量	約 60kVA（1 台当たり）
電 圧	100V

第 10.3.1 表 送電線設備の主要仕様

(1) 後志幹線（1号，2号及び3号炉共用）

（「常用電源設備」及び「非常用電源設備」と兼用）

公称電圧	275kV
回線数	2
導体サイズ	TACSR 610mm ² ，2導体
送電容量	約 1,578MW／回線
亘長	約 66km（西双葉開閉所まで）

(2) 泊幹線（1号，2号及び3号炉共用）

（「常用電源設備」及び「非常用電源設備」と兼用）

公称電圧	275kV
回線数	2
導体サイズ	ACSR 1,160mm ² ，2導体
送電容量	約 1,529MW／回線
亘長	約 67km（西野変電所まで）

(3) 66kV 送電線（1号，2号及び3号炉共用）

（「常用電源設備」及び「非常用電源設備」と兼用）

公称電圧	66kV
回線数	2
導体サイズ	ACSR 160mm ² ，1導体
	CVT 150mm ² ，1本

送電容量	約 54MW／回線（ACSR） 約 35MW／回線（CVT）
亘長	約 19km（国富変電所まで）

第 10.3.2 表 開閉所設備の主要仕様

(1) 275kV 母線 (1 号, 2 号及び 3 号炉共用)

型 式	SF ₆ ガス絶縁方式
定 格 電 圧	300kV
定 格 電 流	4,000A
定格短時間耐電流	50kA 2 秒

(2) 遮断器

	主変圧器用	予備変圧器用	送電線用	母線連絡用	後備変圧器用
台 数	1	1	4	4	1
定 格 電 圧	300kV	300kV	300kV	300kV	72kV
定 格 電 流	4,000A	2,000A	4,000A	4,000A	800A
定格遮断電流	40kA	50kA	40kA	40kA	25kA
備 考	—	—	1 号, 2 号及び 3 号炉 共用		—

第 10.3.3 表 発電機及び励磁機設備の主要仕様

(1) 発電機

型 式	横置・円筒回転界磁形・全閉自力通風・三相同期発電機	
台 数	1	
容 量	約 1,020,000kVA	
力 率	0.9（遅れ）	
電 圧	21kV	
相	3	
周 波 数	50Hz	
回転速度	約 1,500min ⁻¹	
結 線 法	星形	
冷 却 法	回転子	水素ガス内部冷却
	固定子	水及び水素ガス冷却

(2) 励 磁 機

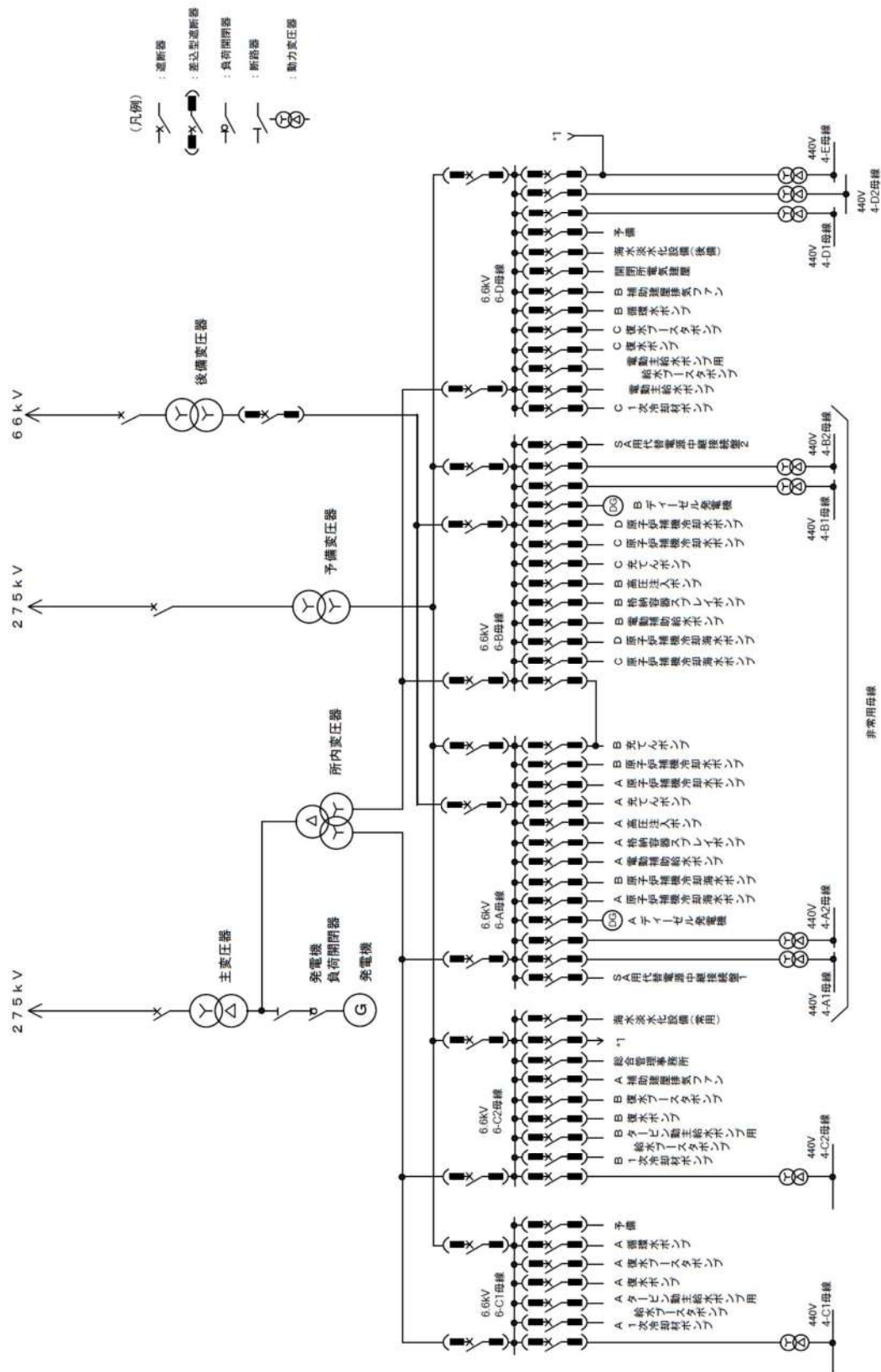
型 式	ブラシレス励磁機
台 数	1
容 量	4,600kW
電 圧	DC470V
回転速度	1,500min ⁻¹
駆動方式	発電機と直結

(3) 発電機負荷開閉器

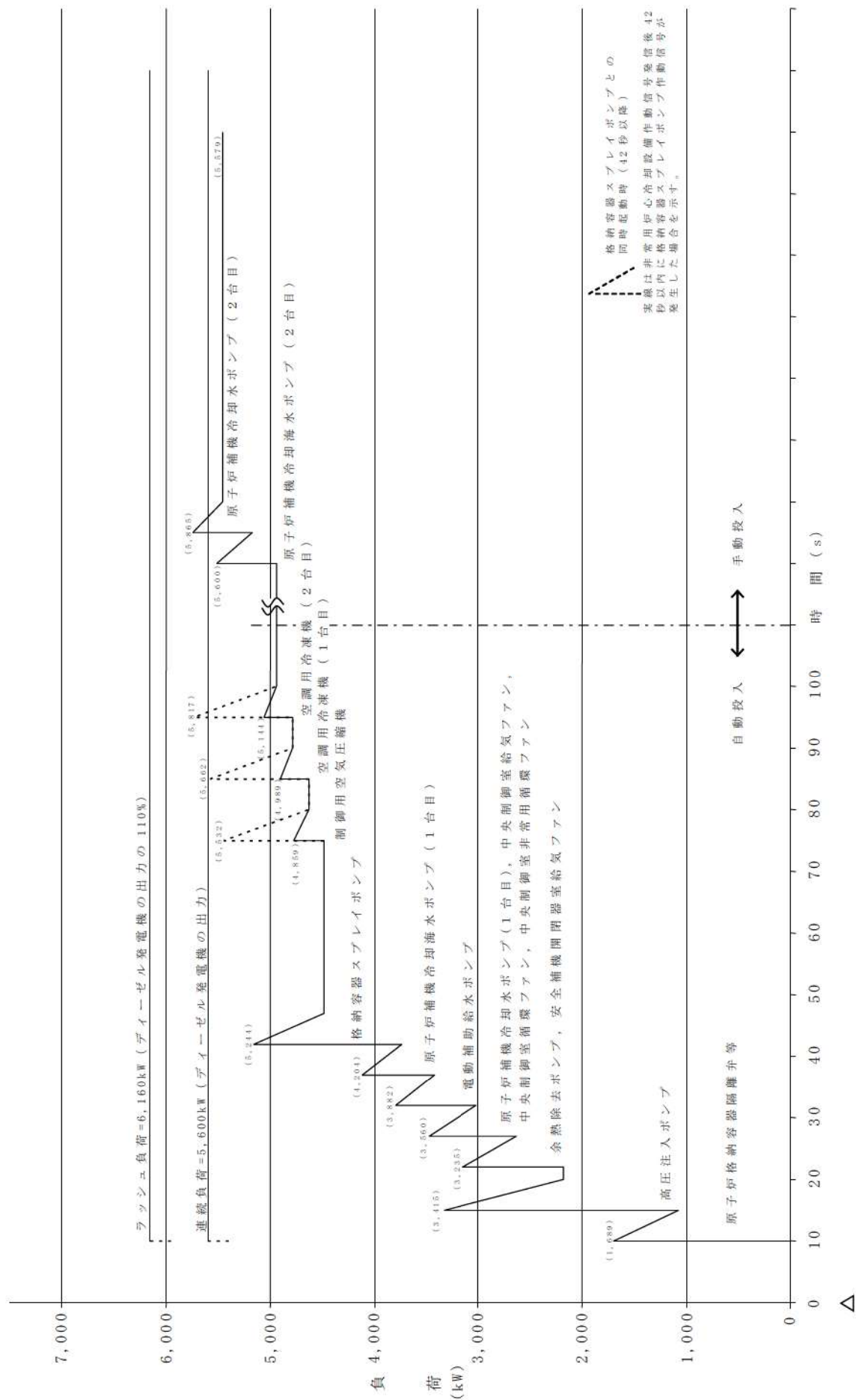
台数	1
定格電圧	23kV
定格電流	30,000A

第 10.3.4 表 主要変圧器設備の主要仕様

名 称		主変圧器	所内変圧器	予備変圧器	後備変圧器
型 式		屋外無圧密封式	屋外無圧密封式 負荷時タップ切換 器付	屋外無圧密封式 負荷時タップ切換 器付	屋外無圧密封式 負荷時タップ切換 器付
台 数		1	1	1	1
容 量		約 950,000kVA	約 72,000kVA	約 30,000kVA	約 40,000kVA
電 圧	一 次	21kV	21+1.5, -2.5kV	280±28kV	64.5±7.5kV
	二 次	287.5kV/284.375kV/281.25kV/278.125kV/275kV	6.9kV, 6.9kV	6.9kV	6.9kV
相		3	3	3	3
周 波 数		50Hz	50Hz	50Hz	50Hz
結線法	一 次	三角	三角	星形	星形
	二 次	星形	星形, 星形	星形	星形
冷 却 方 式		導油風冷	導油風冷	油入自冷	油入自冷
備 考		—	—	—	—

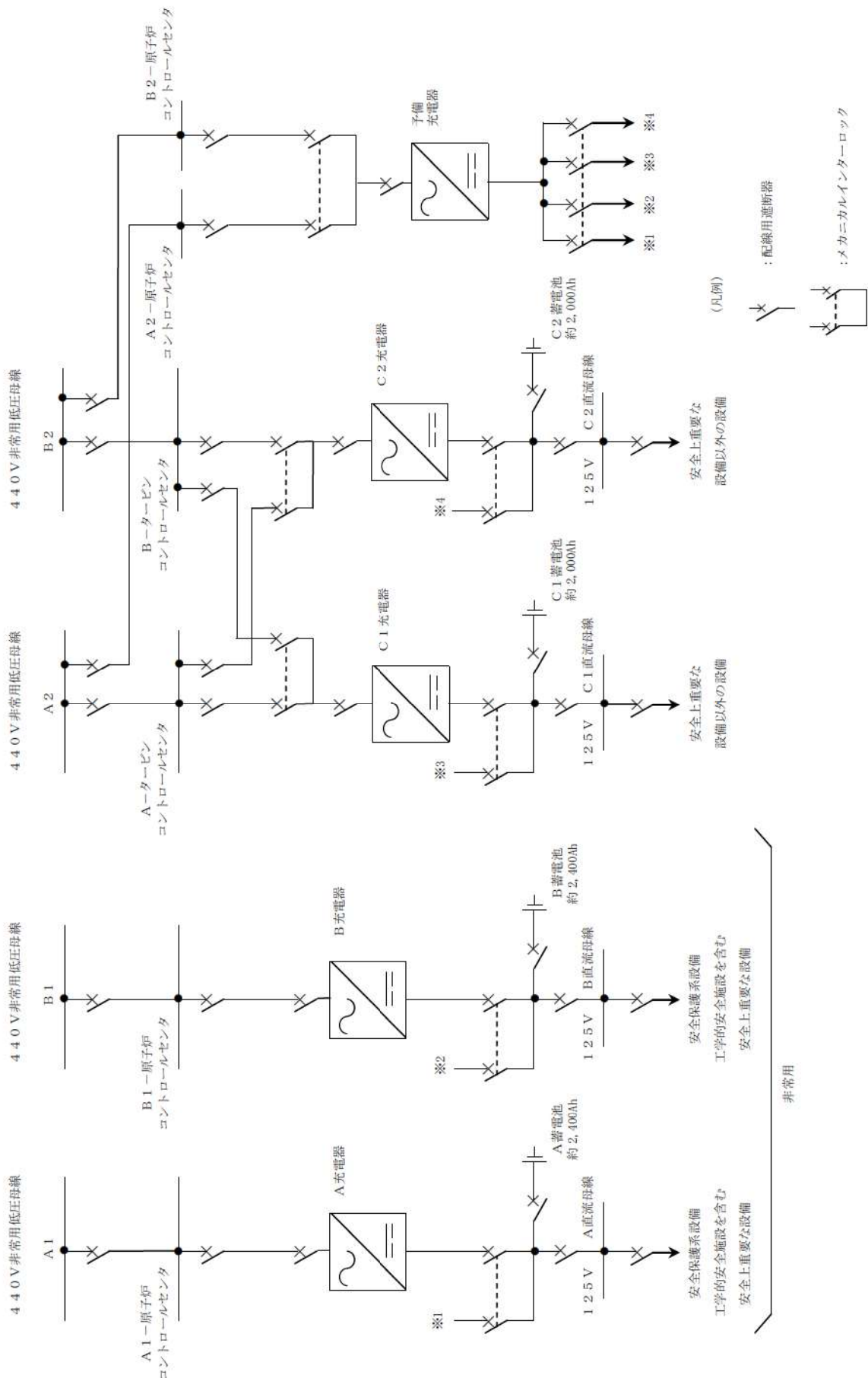


第 10.1.1 図 所内単線結線図
(後備変圧器の接続工事了後)

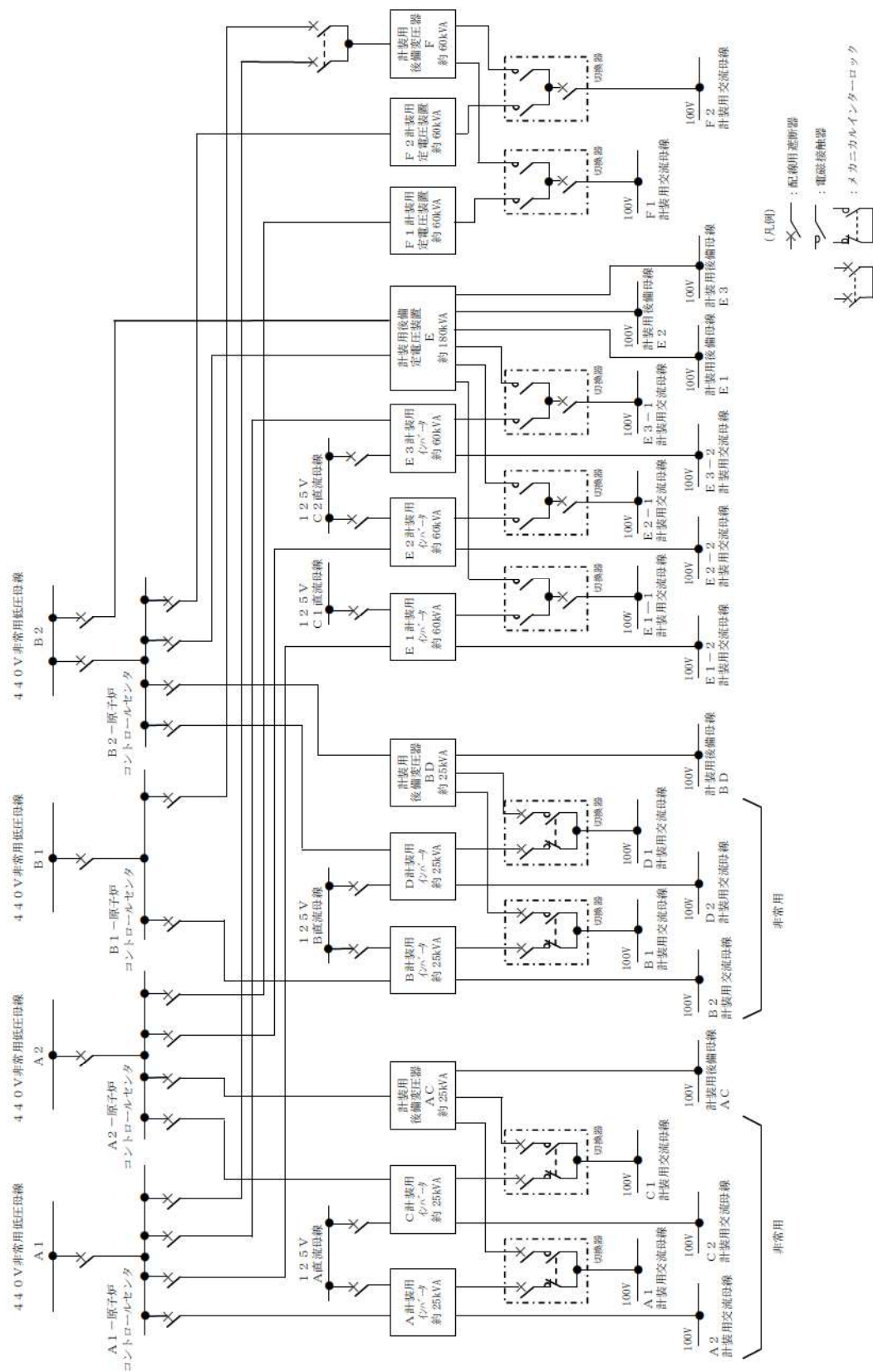


第 10.1.2 図 工学的安全施設作動時におけるディーゼル発電機の負荷曲線

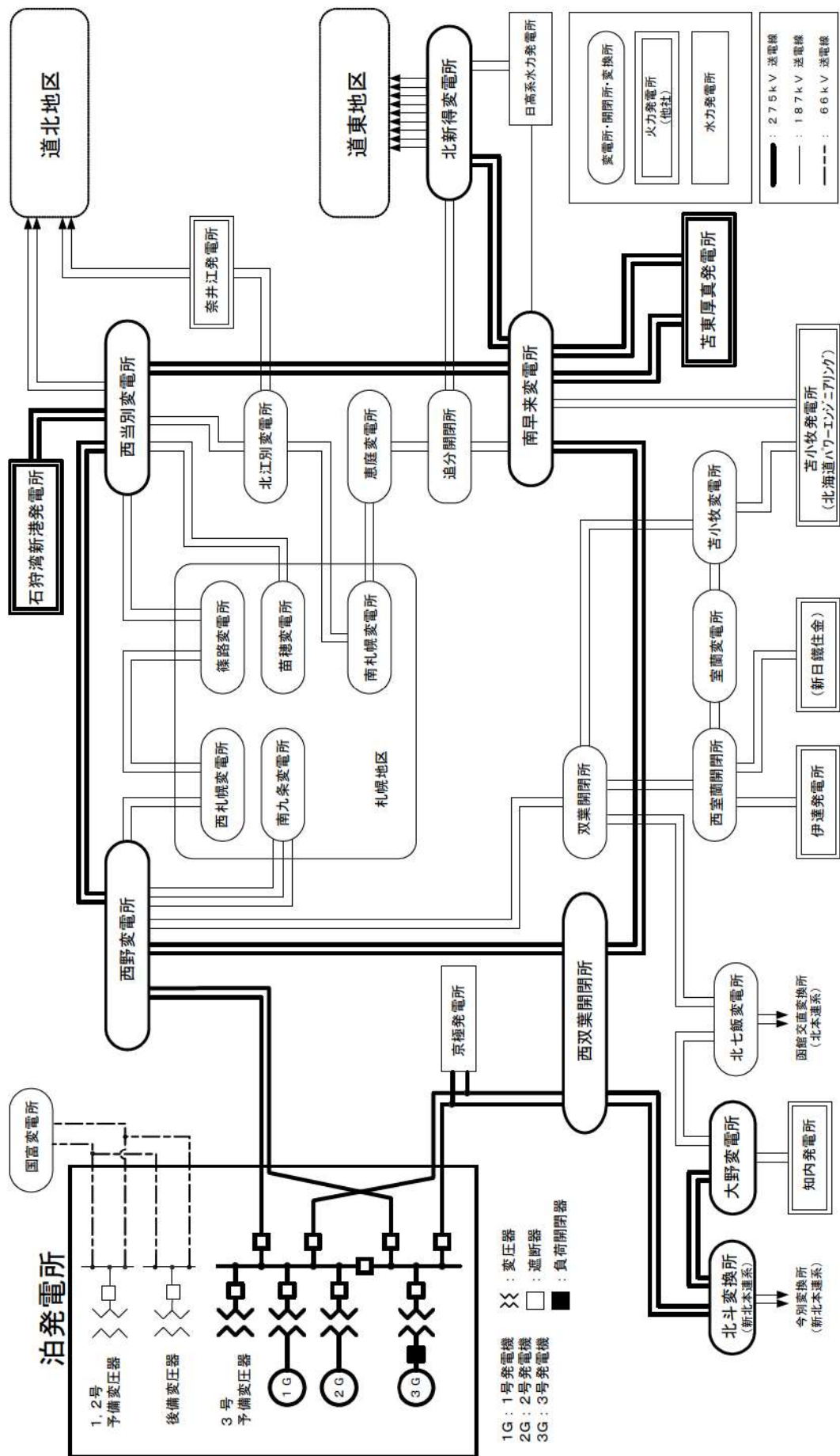
非常用炉心冷却設備作動信号
ディーゼル発電機起動



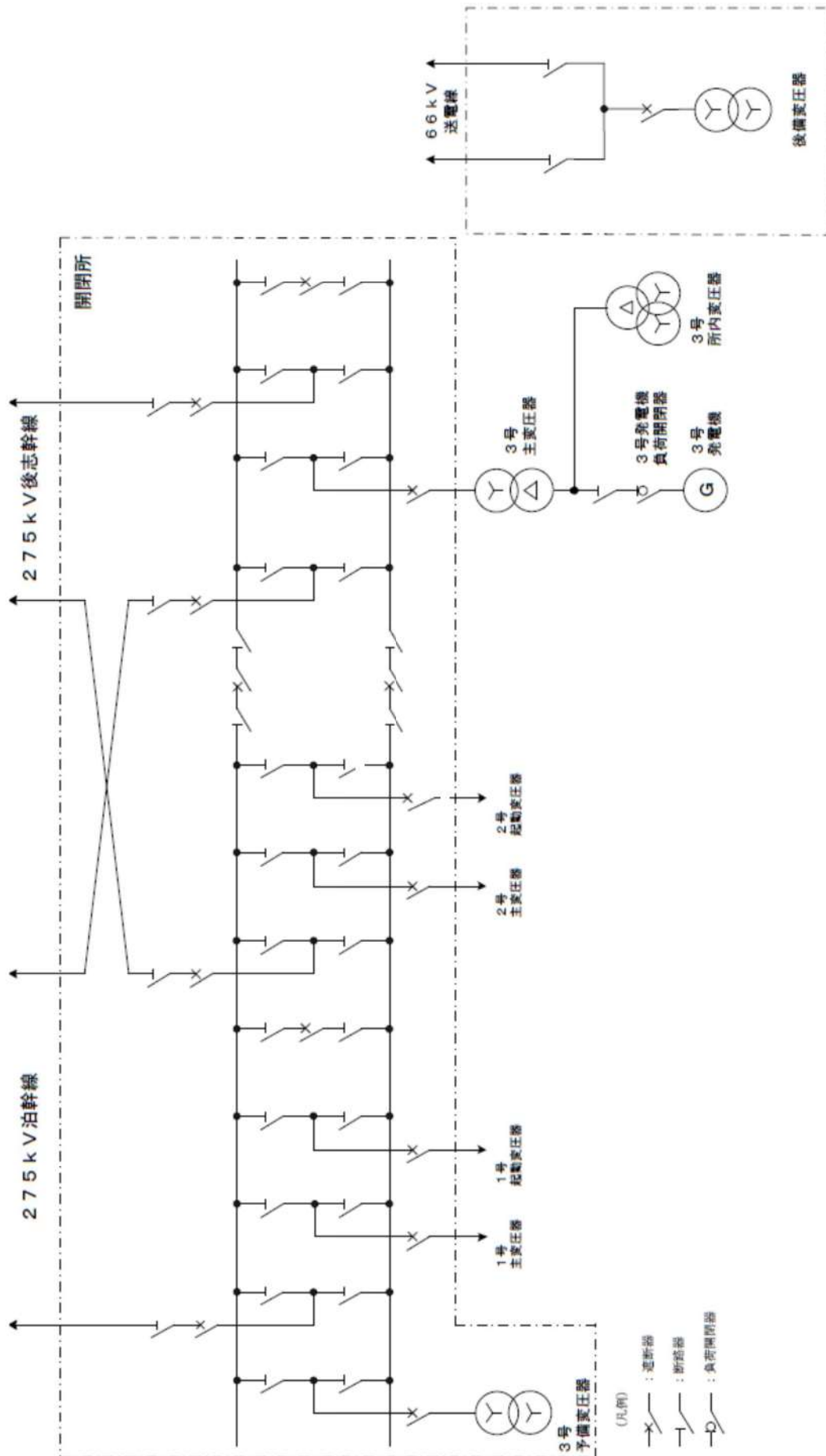
第 10.1.3 図 直流電源設備単線結線図



第 10.1.4 図 計測制御用電源設備単線結線図



第 10.3.1 図 送電系統概要図（後備変圧器の接続工事後）



第10.3.2図 開閉所単線結線図
(後備変圧器の接続工事後)

2.1.1.1.1 電気設備の保護

(主な保護の一例)

変圧器の短絡又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待機側変圧器に切替えることで、母線の電力供給を維持する。



(補足1) 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、東北電力株式会社女川原子力発電所1号機高圧電源盤6-1Aで火災が発生したことを受け、平成23年5月31日に発出された経済産業省原子力安全・保安院指示文書「原子力発電所における吊り下げ設置型の高圧遮断器に係る火災防護上の必要な措置の実施等について（指示）」（平成23・05・30 原院第2号）に基づき、原子力発電所において所有している吊り下げ設置型高圧遮断器の有無を確認した。

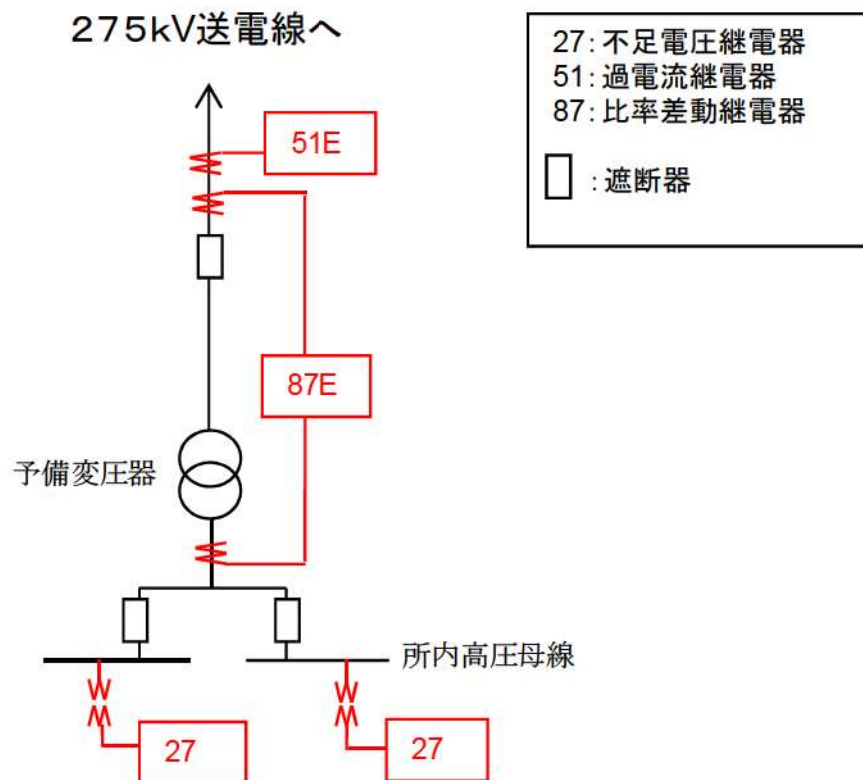
2 吊り下げ設置型高圧遮断器の有無

泊発電所で使用している吊り下げ設置型の高圧遮断器について調査した結果、設置されていないことを確認した。

2.1.1.1.2 所内保護継電器

発電所で使用されている機器保護継電器は種々あり，保護対象機器により発電機関係・変圧器関係・電動機関係に大別することができ，それぞれの機器の保護動作を担っている。

所内保護に対する基準は，機器保護と同様の基準をもとに，保護継電器を設けて所内動力母線（メタクラ母線，パワーコントロールセンタ母線等）に事故が発生した場合の完全な保護動作を行っている。



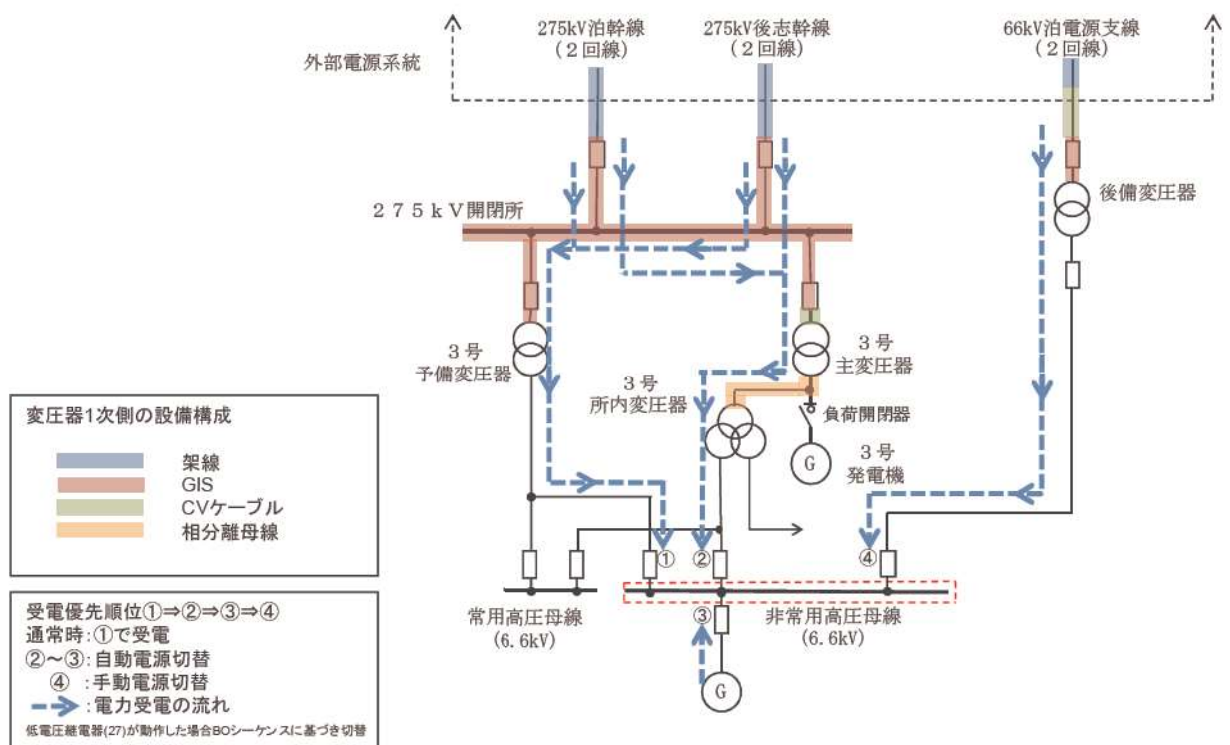
予備変圧器受電系統の保護概要

2.1.1.2 変圧器1次側の3相のうち1相の開放が発生した場合

2.1.1.2.1 安全施設への電力供給について

泊発電所は、275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）2ルート4回線及び66kV 送電線（泊電源支線）1ルート2回線で外部電源系統と連系している。

非常用高圧母線への受電については、通常時、275kV 開閉所にあるガス絶縁開閉装置（以下、GISという）を介し、予備変圧器より受電している。また、所内変圧器、ディーゼル発電機及び後備変圧器からの受電も可能となっている。



安全施設（非常用高圧母線）への受電イメージ

2.1.1.2.2 1相開放故障の検知性について

発生想定箇所（変圧器の1次側）において、米国バイロン2号炉の事象のように1相開放故障が発生した場合に、所内電源系の3相の各相には、母線の低電圧を検知する交流不足電圧継電器が設置されており、変圧器1次側の1相開放故障に伴い、交流不足電圧継電器の検知電圧がある程度（3割程度）低下した場合、当該保護継電器が動作し警報が発信することにより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。

ただし、変圧器負荷が非常に少ない場合や、変圧器に Δ 結線の安定巻線を含む場合、所内電源系側の交流不足電圧継電器の検知電圧が保護継電器の動作範囲まで低下せず、当該保護継電器での1相開放故障が検知できない可能性がある。（3相交流は1相のみの開放故障では変圧器鉄心に磁束の励磁が継続されるため2次側が3相不平衡になることなく、ほぼ正常な電圧が維持されるケースがある。）そのため、交流不足電圧継電器による変圧器1次側の1相開放故障が検知できない可能性がある。

しかし、予備変圧器、所内変圧器、主変圧器の1次側（外部電源系側）の接続部位は、米国バイロン2号炉同様の架線による接続ではなく、接地された筐体・管路内に配線が収納された構造（GIS、CVケーブル、相分離母線）である。また、後備変圧器についても同様な設計とする。

このような構造の場合、変圧器1次側に破損が想定される架線の碍子は存在せず、また仮に導体の断線による1相開放故障が発生したとしても、接地された筐体・管路を通じ完全地絡となることで、保護継電器による検知が可能である。

このように設備構成上、泊3号炉において変圧器の1次側（外部電源側）での地絡・短絡を伴わない1相開放故障の発生は、かなり稀なケースといえる。

また、1次側で1相開放故障が発生した場合に、当該母線から給電された電動機に異常な挙動（振動・異音）があったり、連続的に過負荷トリップする等の挙動を示す場合もあり（米国バイロン2号炉においても確認されている）、これらの事象で1相開

放故障が発見される場合も考えられる。

2.1.1.2.3 具体的な検知方法

(1) 275kV 送電系統からの受電の場合

① 275kV 送電系統の異常検知について

通常、原子炉補機冷却海水ポンプモータ等の負荷が有る状態であり、送電線においては、異常を検知する手段として電流の3相平衡監視を常時行っており、電力送電時、1相開放故障が発生した場合は電流が不平衡となるため、異常を検知することが可能である。

また、送電線のガス絶縁開閉装置への引き込み部は、運転員が毎日実施する巡視点検により1相開放故障を早期に検知することが可能である。

② 275kV GIS の異常検知について

GISは、接地された筐体内に導体が内包されており、導体の断線が起きない構造となっている。仮に、断線が発生した場合でも、アークの発生により接地されたタンクを通じ地絡が発生し、比率差動継電器(87)あるいは地絡過電流継電器(51G)が動作する等、異常を検知することが可能である。

③ 変圧器の異常検知について

変圧器は、1次側の接続部位に架線の碍子は存在せず、また、変圧器の導体は、十分強度を持った筐体内にあることから、断線の可能性は考えにくい。しかし、仮に、配線の断線が発生した場合、アークの発生により接地された筐体を通じ地絡となることで、比率差動継電器(87)又は地絡過電流継電器(51G)若しくは地絡過電圧継電器(64)が動作する、あるいは、アークにより内圧上昇による機械的な異常を検知することで配線の断線を検知することが可能である。

④ CVケーブルの異常検知について

CVケーブルは、導体が気中部に露出した箇所はなく、導体は接地された金属外装

に内包されている。仮に断線が発生した場合においても、アークの発生により接地された金属外装を通じ地絡が発生し、比率差動継電器(87)あるいは地絡過電流継電器(51G)が作動する等、異常を検知することが可能である。

⑤ 相分離母線の異常検知について

相分離母線は、接地された筐体内に導体が内包されており、導体の断線が起きない構造となっている。仮に断線が発生した場合においても、アークの発生により接地された外被を通じ地絡が発生し、比率差動継電器(87)あるいは地絡過電圧継電器(64)が動作する等、異常を検知することが可能である。

(2) 66kV 送電系統からの受電の場合

① 66kV 送電系統の異常検知について

通常、後備変圧器は無負荷状態で待機しており、電流が流れていないことから電流計による1相開放故障の検知は難しい。

ただし、引留鉄構等の米国バイロン2号で発生した事故と類似した箇所については、米国バイロン2号機と異なり、導体の断線が起きないケーブル引き込みによる設計とする。仮に、断線が発生した場合には、導体と接地されたタンク間の絶縁距離が保てなくなるため地絡が発生し、地絡過電圧継電器(64)が動作する等、異常を検知することが可能な設計とする。

一方、後備変圧器に負荷が有る状態においては、1次側で地絡・短絡を伴わない1相開放故障が発生した場合には、電流計による確認を実施することで検知することができる設計とする

② 66kV GIS の異常検知について

GISは、接地された筐体内に導体が内包されており、導体の断線が起きない構造となるような設計とする。仮に、断線が発生した場合においても、アークの発生により接地されたタンクを通じ地絡が発生し、比率差動継電器(87)あるいは地絡過電圧継

電器(64)が動作する等、異常を検知することができる設計とする。

③ 後備変圧器の異常検知について

後備変圧器は、1次側の接続部位に架線の碍子は存在せず、また、変圧器の導体は、十分強度を持った筐体内に収納する設計とする。仮に断線が発生した場合においても、アークの発生により接地された筐体を通じ地絡が発生するため、比率差動継電器(87)又は地絡過電圧継電器(64)が動作する、あるいは、アークによるガス圧上昇により機械的な異常を検知できる設計とする。

(3) 検知後の対応

予備変圧器から非常用母線へ給電中の変圧器の1次側において1相開放故障を検知した場合、給電中の変圧器を手動にて切離すことにより、待機側の変圧器が受電可能な状態であれば自動的に切替わり、健全な変圧器より非常用母線に給電される。

仮に待機側の変圧器も健全な状態でない場合や、点検や運用上の理由から待機側変圧器がない場合等においては、ディーゼル発電機の起動により非常用母線に給電される。

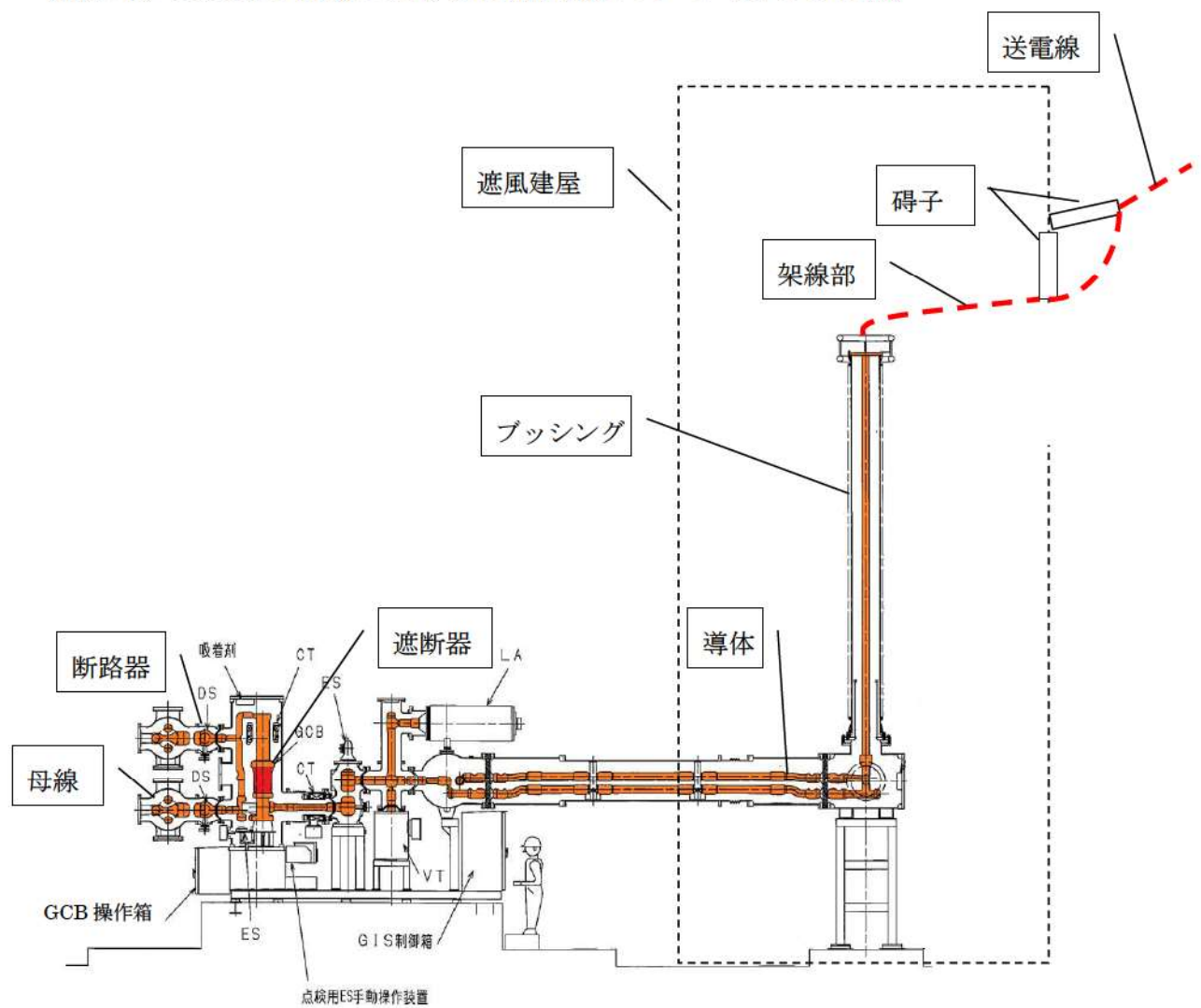
(4) まとめ

1相開放故障の検知については、架線部での不具合については巡視点検等による早期発見による検知が可能である。それ以外の設備については1相開放故障が発生する可能性はかなり低く、発生した場合でも地絡・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でも検知可能である。現状において、人為的な検知と機械的な検知を組み合わせ地絡・短絡を伴わない1相開放故障も含めて検知できている。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、待機側の電源系への切替や、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に、運転・

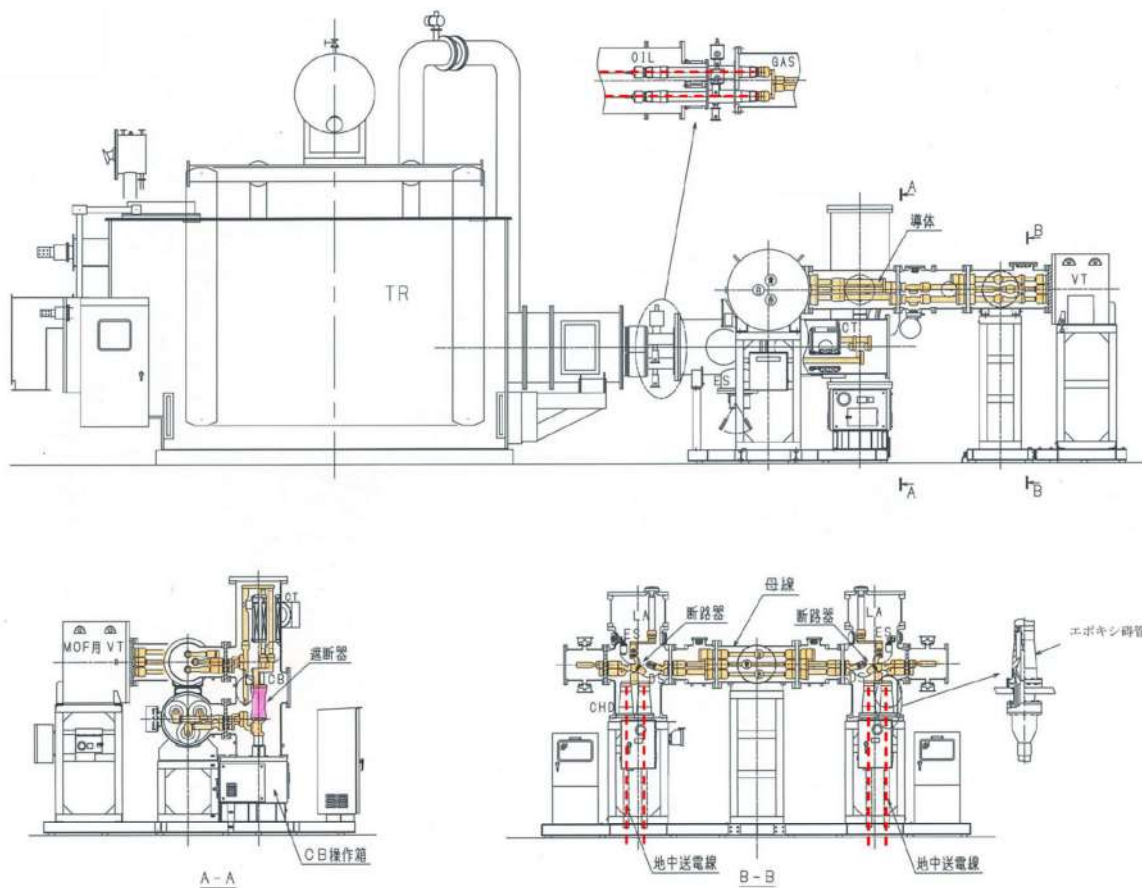
監視業務に関する文書類に 1 相開放（欠相）が発生した場合の兆候，対応について記載している。

更なる信頼性向上のためには，極力人為的な要素を排除することが重要であることから，必要な箇所に 1 相開放故障自動検知システムを適宜導入する計画である。

(補足1) 変圧器1次側における設備状況について (GIS設備)



275kV 系統イメージ図 (横から)



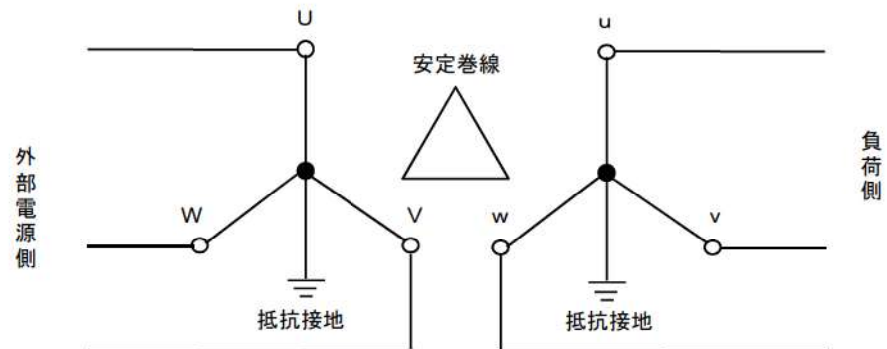
66kV 系統イメージ図（横から）

変圧器 1 次側における設備状況について（変圧器の巻線仕様）

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
予備変圧器	280kV/6.9kV	Y	Y	Δ
所内変圧器	21kV/6.9kV	Δ	Y	無し
主変圧器	275kV/21kV	Y	Δ	無し
後備変圧器	64.5kV/6.9kV	Y	Y	Δ

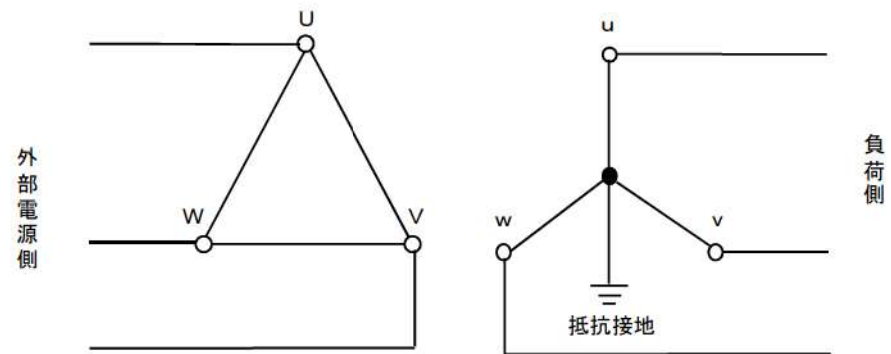
※主変圧器については，受電時の状態を記載

※安定巻線は，当該変圧器で発生する高調波等の抑制を目的として設置されている



変圧器（Y－Y結線及びΔ安定巻線有り）

外部電源側で 1 相開放故障が発生した場合に，安定巻線 Δ を含む Y－Y 結線では，安定巻線 Δ の影響により，変圧器 2 次側の電圧がほとんど低下しない状態となる（INSS JOURNAL Vol.20 2013 NT-16 参照）



変圧器（ Δ －Y結線）

外部電源側が Δ 結線，負荷側がY結線，安定巻線を有しない巻線構成である場合は，無負荷時においても地絡を伴わない1次側の1相開放故障が発生した場合でも負荷側の電圧が交流不足電圧継電器の動作する範囲まで低下する可能性が高い（INSS JOURNAL Vol.20 2013 NT-16 参照）

(補足 2) 送電線保護装置による検知

送電線保護装置は、装置の健全性の自己監視機能として、3相電流の平衡監視機能を有している。

検出条件

$$I_{\max} - 4 \times I_{\min} \geq \text{CT 2 次側定格} \times 10\%$$

R 相断線時： $I_{\max} = 1$ 相分の潮流（健全相 S, T）

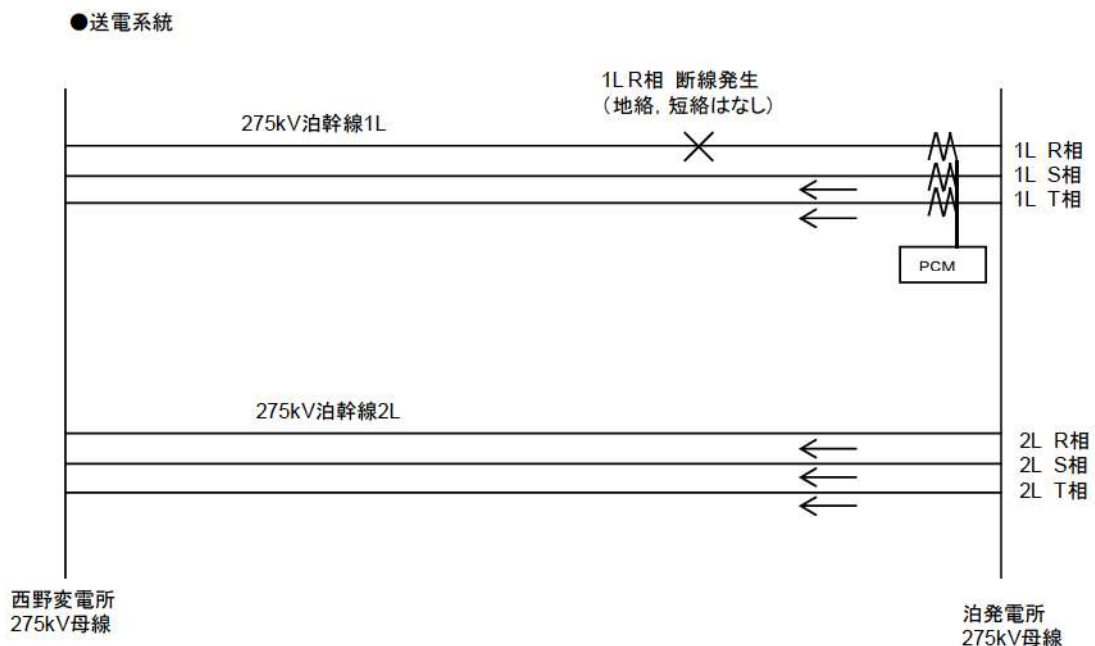
$$I_{\min} = \text{R 相電流} = 0\text{A}$$

$$\text{CT 2 次側定格} = 5\text{A}$$

式に代入する

$$I_{\max} \geq 0.5\text{A}$$

通常時は、CT～入力変換器間の断線検出を主な目的としているが、系統の1相断線時の電流不平衡により検出条件を満たせば、本機能により故障として検出することが可能となる。

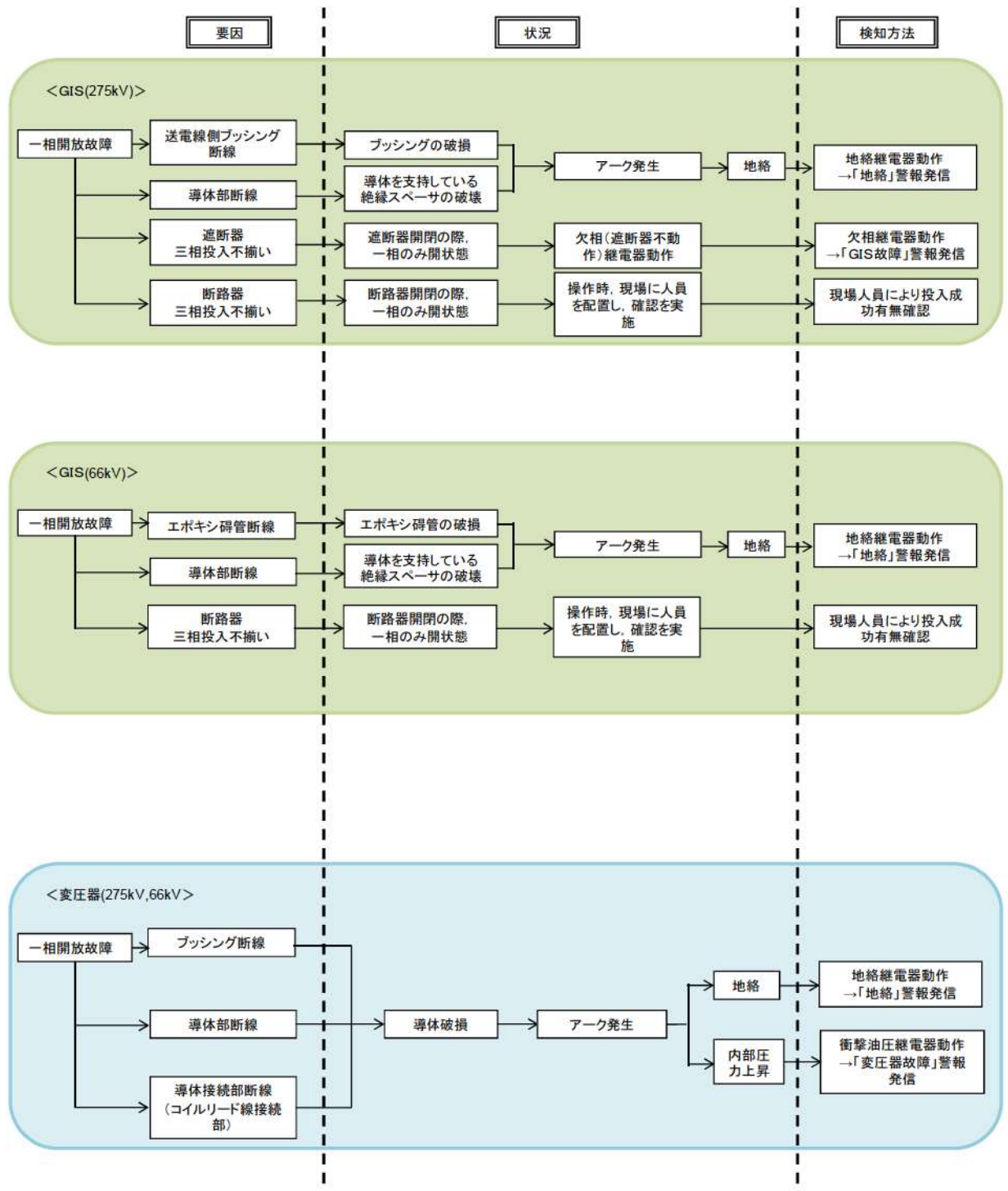


(補足 3) 各設備での故障の検知方法について

泊発電所における電気系統のうち、1 相開放故障発生のおそれがある設備について
検知の方法は以下のとおりである。

設 備		検知方法
G I S	ブッシング破損 (275 kV 系統)	ブッシングはポリマー碍管内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、ポリマー碍管の破損がない限り考えにくい。 仮に、ポリマー碍管の破損による故障が発生した場合、導体と接地物間の絶縁が保てなくなるため地絡が発生する。その場合、比率差動継電器(87)あるいは地絡過電流継電器(51G)が設置されており、検知が可能。
	エポキシ碍管の 破損(66kV 系統)	エポキシ碍管は、接地されたタンク内に収納されており、エポキシ碍管内に電力ケーブルが接続された構造となっており、機械的強度が高く、壊れることはない。仮に、破損した場合は、電力ケーブル導体とタンク間の絶縁距離が保てなくなるため地絡が発生し、地絡過電圧継電器(64)が設置されており、検知が可能な設計とする。
	導体部の断線	絶縁スペーサ(材料:エポキシ樹脂)でGIS内の導体(材料:アルミ合金)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、壊れることがない。 また、導体は接地されたタンク内に収納されており、脱落しない構造であるが、導体脱落による断線を想定した場合、導体とタンク間の絶縁距離が保てなくなるため地絡が発生し、275kV 系統には比率差動継電器(87)あるいは地絡過電流継電器(51G)が設置されており、検知が可能。また、66kV 系統には比率差動継電器(87)あるいは地絡過電圧継電器(64)を設置し検知可能な設計とする。
	遮断器の故障	275kV 系統においては、遮断器により 1 相開放故障が発生する要因として、投入動作不良による欠相が考えられる。しかし、投入動作不良による欠相が発生した場合においては、欠相継電器(47)を設置しており、検知が可能。 66kV 系統においては、遮断器は三相一括操作で三相は連結リンクで係合されている。連結リンクは金属製で機械的強度が高く壊れることのない設計とする。
	断路器の故障	断路器投入時は遮断器開放状態であり、投入操作時は現場に人員がいるため、投入成功状態の確認が可能である。断路器通電状態の場合は、開放・投入不可のインターロックが構成されており、点検時以外(現場に人がいない状態)では操作不可。
変 圧 器	導体部の断線	変圧器 1 次側の接続部位に破損が想定される架線の碍子は存在せず、また、変圧器の導体は、十分強度を持った筐体内にあることから、断線の可能性は考えにくい。 しかし、仮に、配線の断線が発生した場合、接地された筐体を通じ地絡となることで、275kV 系統においては、比率差動継電器(87)又は地絡過電流継電器(51G)若しくは地絡過電圧継電器(64)が動作する、あるいは、アークによるガス圧上昇により機械的な異常を検知することで検知が可能。 また、66kV 系統においては、比率差動継電器(87)あるいは地絡過電圧継電器(64)が動作する、あるいは、アークによるガス圧上昇により機械的な異常を検知できる設計とする。

各設備での故障検出について



(補足 3-1) ガス絶縁開閉装置 (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。

SF6 ガスは気中絶縁に比べ約 7 倍の絶縁性能を有しているため、導体とタンク間の距離を縮小化することが可能である。

GIS は母線、ブッシング、遮断器、断路器等の機器から構成されている。

275kV 系統のブッシングはポリマー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、ポリマー碍管の破損がない限り考えにくい。

仮に、ポリマー碍管の破損による故障が発生した場合、導体と接地物間で地絡が発生する。その場合、地絡過電流継電器(51G)あるいは比率差動継電器(87)が設置されており、検知が可能。

66kV 系統のエポキシ碍管は、接地されたタンク内に収納されており、エポキシ碍管内に電力ケーブルが接続された構造となっており、機械的強度が高く、壊れることはない。仮に、破損した場合は、電力ケーブル導体とタンク間の絶縁距離が保てなくなるため地絡が発生し、地絡過電圧継電器(64)が設置されており、検知が可能な設計とする。

ガス絶縁開閉装置は、絶縁スペーサ（材料：エポキシ樹脂）で GIS 内の導体（材料：アルミ合金）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ことはないことから、導体の脱落が生じな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ない構造である。

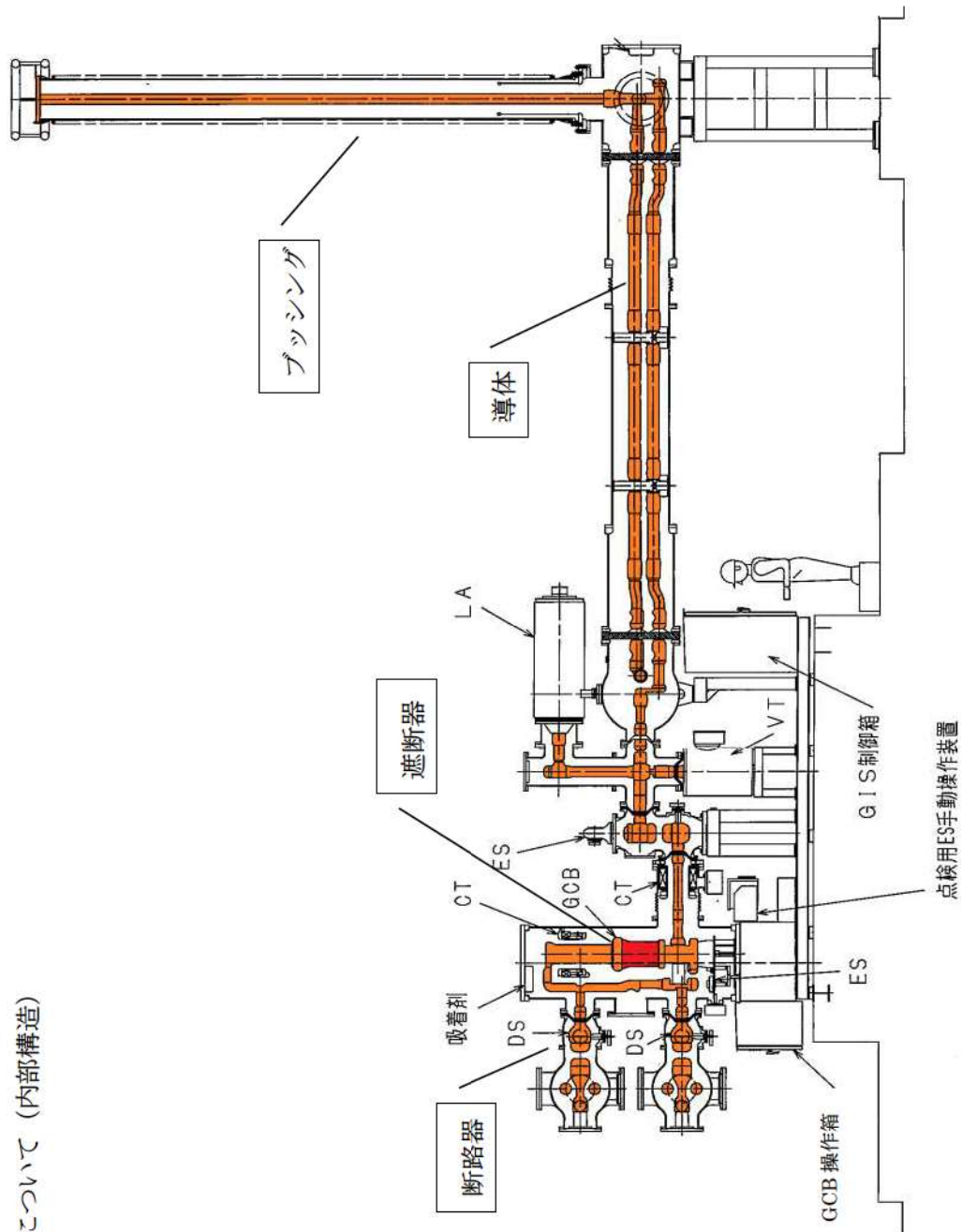


275kV ブッシングの外観

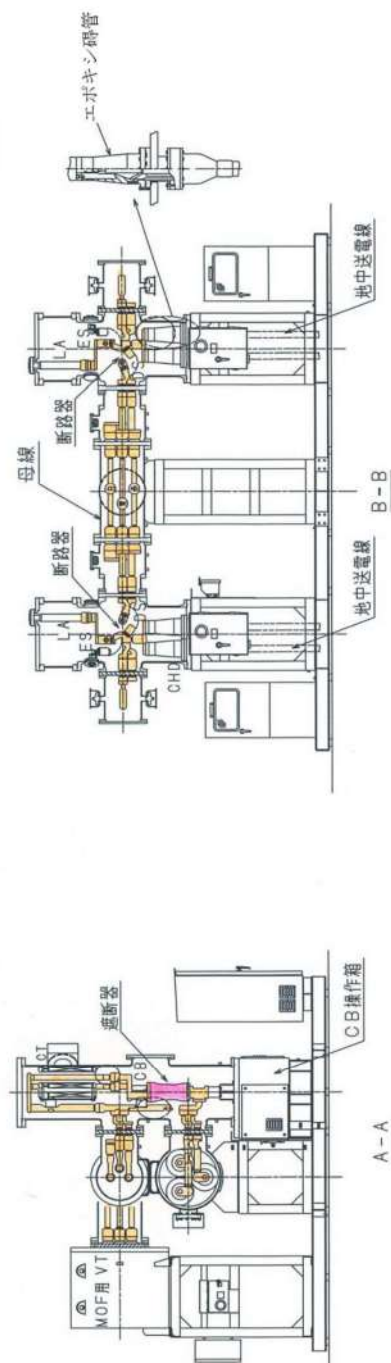
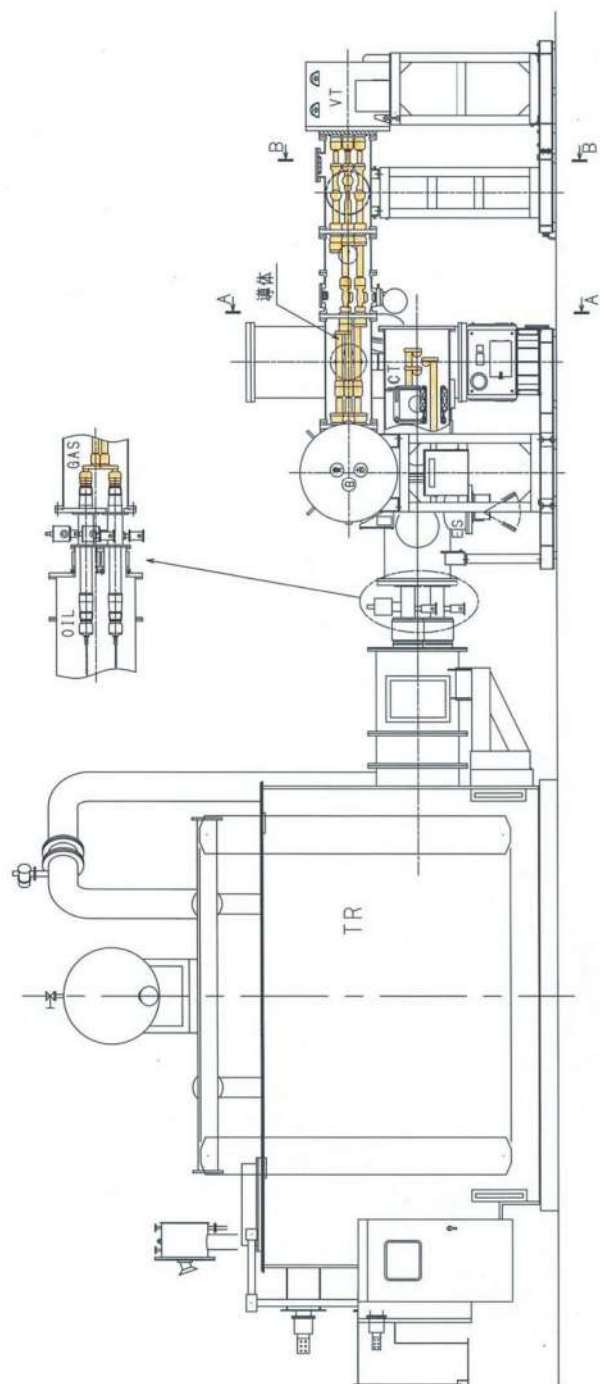


G I S 導体

GISの故障検知について (内部構造)



275kV GIS 内部構造



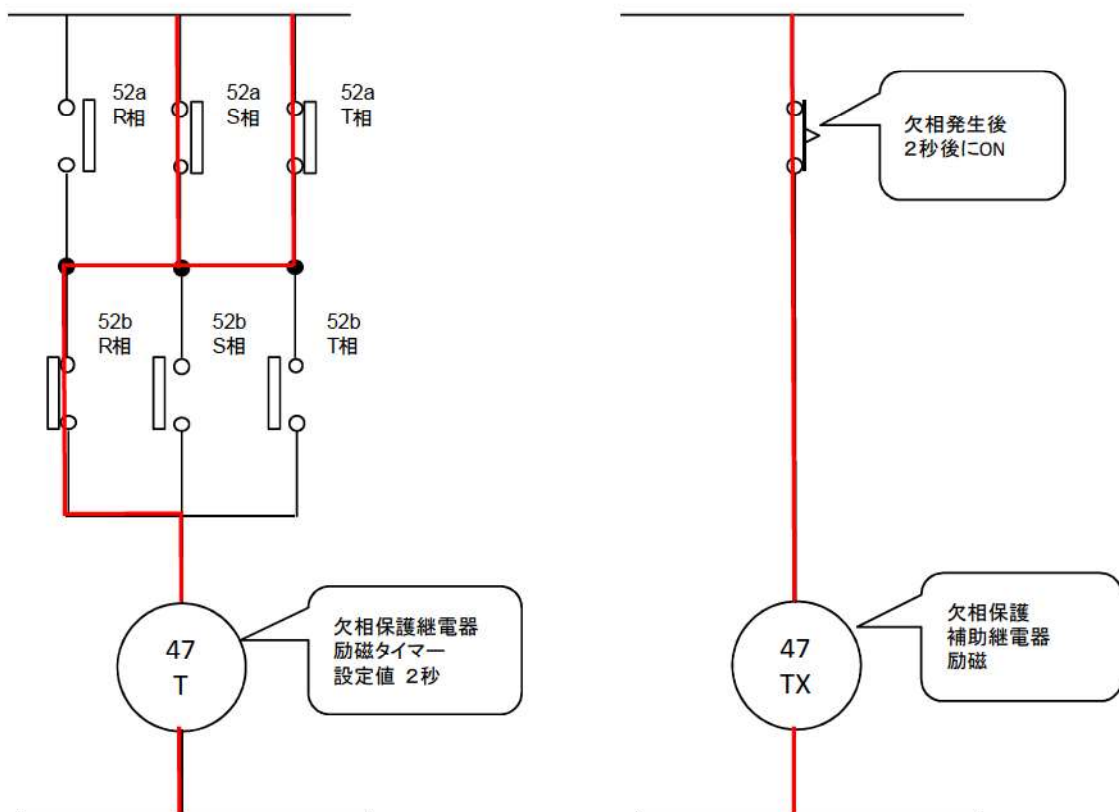
66kV GIS 内部構造 (イメージ)

ガス絶縁開閉装置（GIS）の故障検知について
（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、投入動作不良による欠相が考えられる。しかし、投入動作不良による欠相が発生した場合においては、欠相継電器(47)を設置しており、検知が可能である。

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。

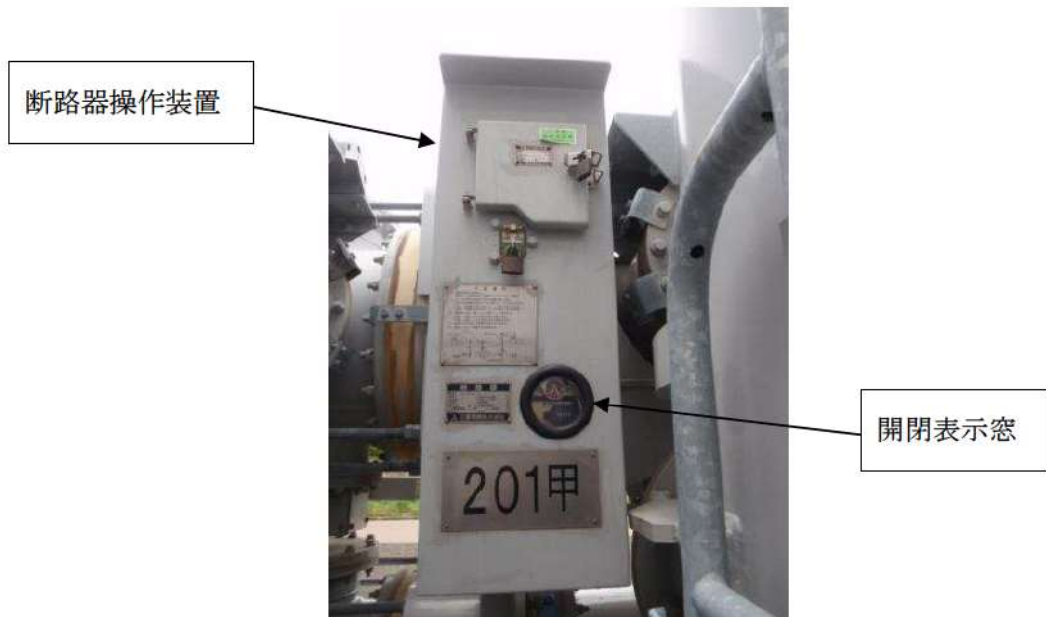
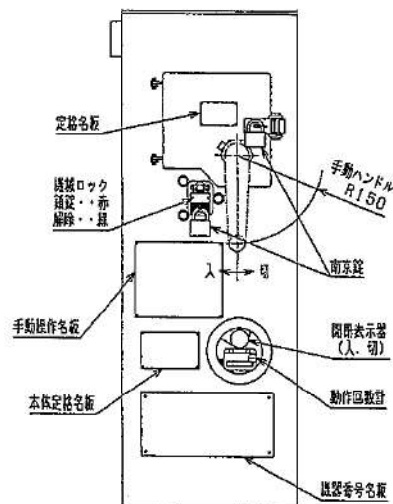
【例：R 相のみ開放，S，T 相投入】



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

ガス絶縁開閉装置（GIS）の故障検知について （断路器の開閉状態確認）

断路器投入時は遮断器開放状態であり、投入操作時は現場に人員がいるため、投入成功状態の確認が可能である。断路器通電状態の場合は、開放・投入不可のインターロックが構成されており、点検時以外（現場に人がいない状態）では操作不可である。



断路器の開閉状態確認

(補足 3-2) 変圧器の故障検知について

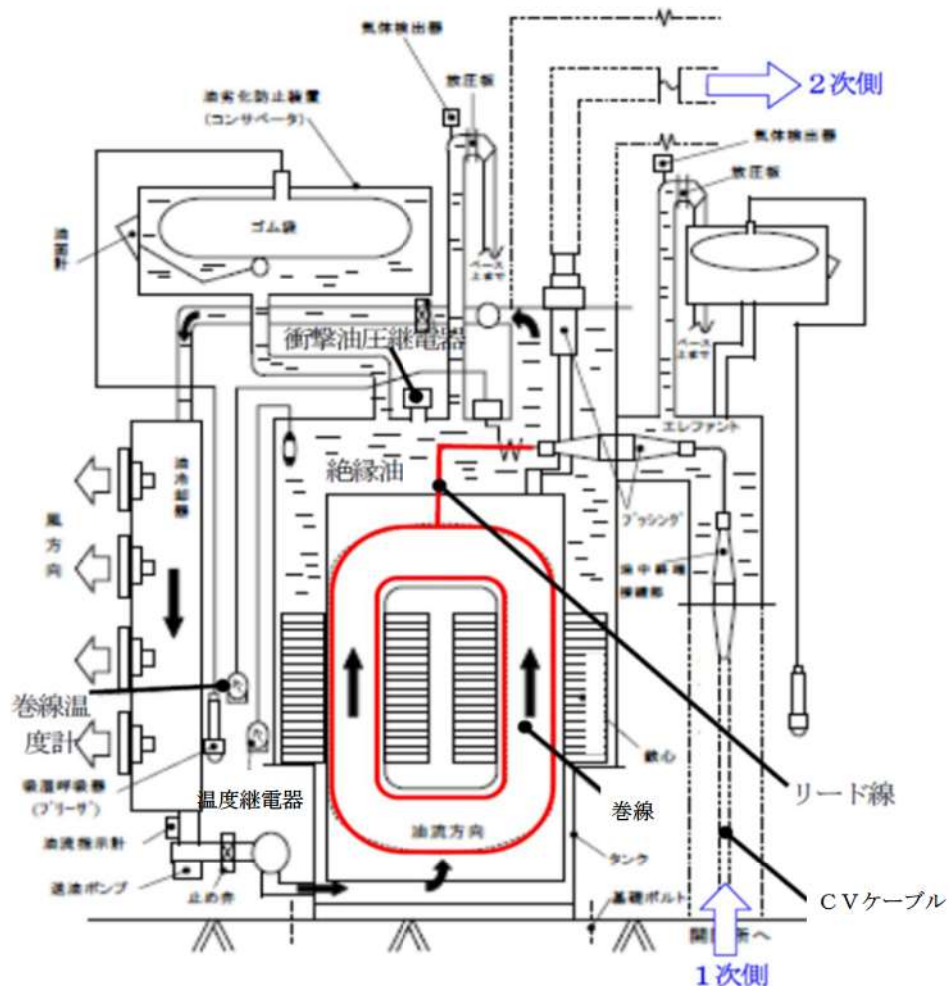
変圧器は、接地されたタンク内に導体が収納されており、絶縁油により絶縁が確保されている。

予備変圧器の導体は、GISから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。主変圧器の導体は、GISからCVケーブルにより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。所内変圧器は、主変圧器から相分離母線により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。また、後備変圧器の導体は、GISからガスー油ブッシングを介し、リード線で変圧器巻線と連結した構造とする設計とする。

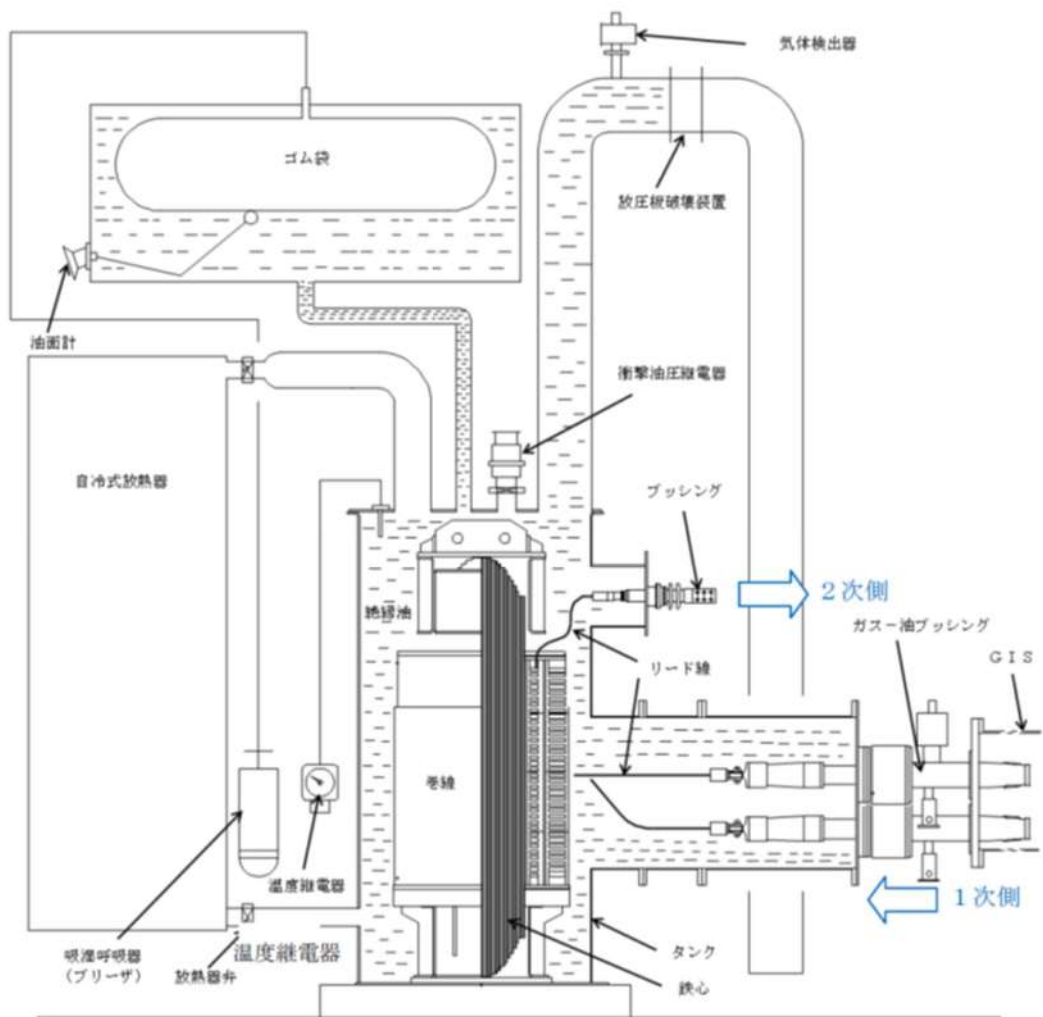
変圧器は、十分強度を持った筐体内にあるため、断線は発生しない。

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あるいは温度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検知が可能である。

変圧器の構造を以下に示す。



外鉄形変圧器（主変圧器）の中身構造イメージ例

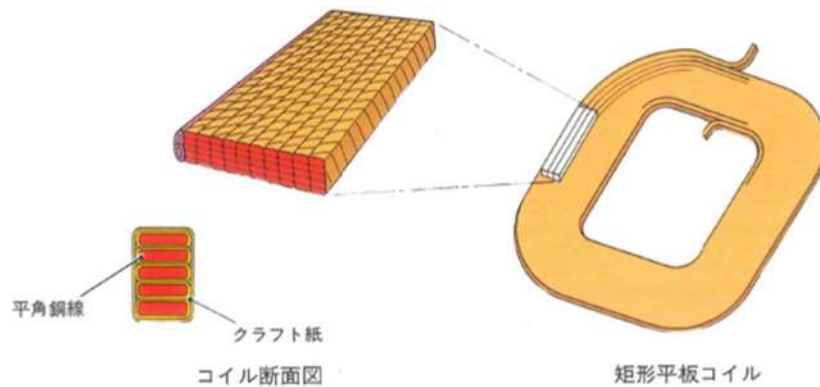


内鉄形変圧器（後備変圧器）の中身構造イメージ例

変圧器の故障検知について（断線が発生しない構造）

変圧器の巻線は、矩形平板コイルを組み合わせて構成するが、この矩形平板コイルには、複数の平角銅線（素線）が用いられる。素線は各々クラフト紙が巻かれ、また、複数の素線全体をまとめて共通絶縁を施している。

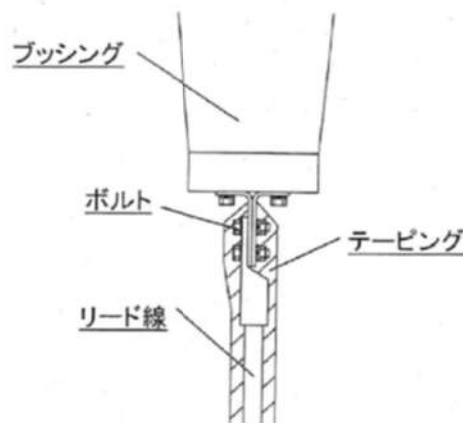
このように、巻線 1 ターンは複数の平角銅線により構成されていることから、断線が発生し、1 相開放故障が発生することは無い。



巻線概要

ブッシングと巻線のリード線の接続箇所は、ボルトで接続している。且つ 275kV 系統ではテーピングを施しているため、接続が外れて断線することは無い。万が一外れた場合には、導体とタンク間の絶縁離隔距離が保てなくなるため地絡が発生し、検知が可能である。

過去、この様な事例が発生したことはないことをメーカーにも確認している。



(補足4) 巡視点検による検知について (275kV 系統)

遮風建屋は、外部電源をガス絶縁開閉装置へ引き込むため、送電線を碍子により固定している。導体は気中に露出しており、米国バイロン2号機の事象と類似した箇所であるため、運転員が毎日実施する巡視により、仮に碍子の破損等が発生した場合においても、巡視点検により確認可能であり、1相開放故障を早期に検知することが可能である。なお、送電線については、適宜巡視を実施している。



275kV 架線部 (引留碍子)

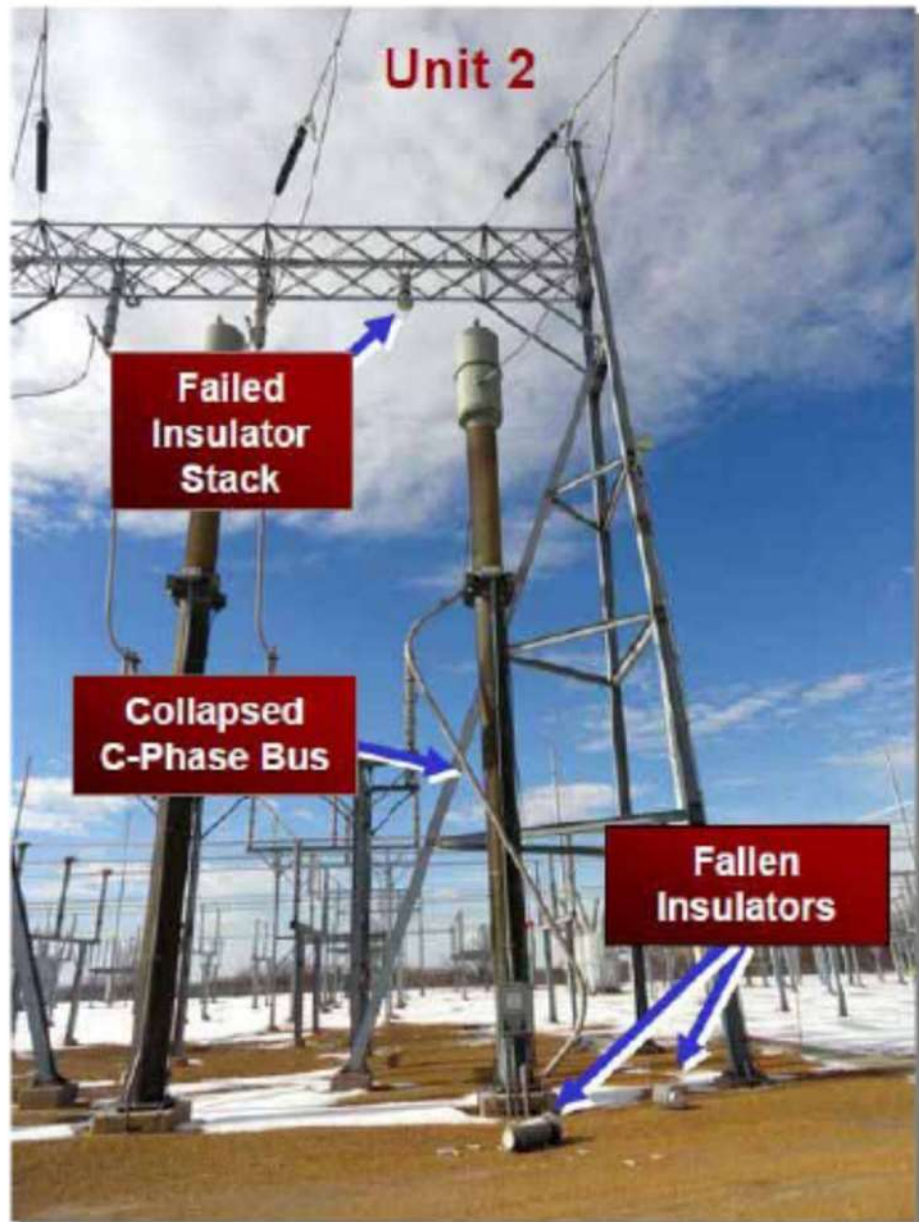


275kV GIS (架線部なし)

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

(参考) 米国バイロン 2 号の事象

屋外の気中絶縁開閉所において、碍子の損壊により C 相母線が断路器との接続部で切れて 1 相開放故障状態になった様子。



(NRC ホームページ公開資料より抜粋)

(補足 5) 保護継電器が検知可能な範囲について

変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生した場合には、以下の保護継電器により設定値に到達した場合、検知可能である。

主な保護継電器	概 要
不足電圧継電器(27)	1 相開放故障の影響により所内母線の検知電圧が 3 割程度低下した場合、不足電圧継電器が作動し、警報が発報することにより、異常を検知することが可能。
過電流継電器(51)	1 相開放故障の影響により所内母線電圧の不平衡が発生した場合において過電流トリップした場合、1 相欠相の可能性があることから原因調査を行う手順を定めており、原因調査結果から、1 相開放故障を検知することが可能。
過負荷継電器(49)	1 相開放故障の影響により所内母線電圧に不平衡が発生した場合、それに伴う電流値が設定値を超えた場合、警報が発報されることにより、原因調査結果から、1 相開放故障を検知することが可能。

ただし、地絡・短絡を伴わない 1 相開放故障の場合、設備構成や負荷状況によっては、保護継電器の設定値まで値が変動しない可能性がある。

・不足電圧継電器にて検知できない事象

不足電圧継電器は、所内母線に設置しており、母線電圧が低下した場合に、保護装置が動作する。これらの設定値は、電圧変動による誤動作が起きないように、大型電動機の起動時の電圧低下や送電系統の電圧変動などを見込んだ上で設定値を定めており、69%以上としている。

仮に、短絡・地絡を伴わない 1 相開放故障が発生した場合に、これらの設定値を下回る電圧変動が発生すれば検知可能であるが、変圧器の巻線構成及び負荷状態によっては、電圧がほぼ低下しない状態となり、不足電圧継電器の動作値まで到達しない可能性があり、その場合不足電圧継電器にて検知できない。

・過電流継電器にて検知できない事象

電流については、安定巻線の作用により、電源側電流のうち、零相電流のみ安定巻線に流れ、正相及び逆相電流が所内側へ流れる。電流の大きさ及び位相については、所内側電圧がほぼ正常を保っており、電動機の正常運転を維持することから、全相が1相開放故障前と等しい電力を消費するように、3相電流が流れようとする。

しかし、この電流値が、過電流継電器の設定値に到達しない場合は、過電流継電器による検知はできない。これらの設定値は、電動機ごとの定格電流の約150%にて動作となるよう設定している。また、過負荷継電器により、電動機ごとに定格電流の約110%増加した場合に動作となるよう設定している。

INSS 及び EPRI にて実施された解析結果も以下のとおり安定巻線 Δ を含む場合、電流、電圧がほとんど変化しない結果も報告されている。

パラメータ			INSS	EPRI
無負荷	低圧側	電圧	ほとんど変化なし	変化無し
		電流	—	解析無し
有負荷	低圧側	電圧	ほとんど変化なし	0～20%ほど降下
		電流	ほとんど変化なし	解析無し

なお、外部電源側（入力）Y、負荷側（出力） Δ 、外部電源側（入力）Y、負荷側（出力）Yの場合及び外部電源側Y、負荷側Y+ Δ の安定巻線の場合は、電圧の変化による地絡のない1相開放（欠相）を検出することはできない、又は困難である。

しかし、上記以外の結線の変圧器は、制御室の電圧計の変化で地絡のない1相開放（欠相）を検出することはできると報告されている。

(補足6) 運転員への当該事象に関する教育及び規定類への反映

米国原子力規制委員会による情報「電源系統の設計における脆弱性」(Bulletin 2012-01)に記載されたバイロン2号機での1相開放故障に係わる事象を受け、原子力規制委員会による指示文書(H25.10)を基に本事象の対策について検討した。

泊発電所3号炉において、まとめ資料 本文2.1.1.2「変圧器1次側の3相のうち1相の開放が発生した場合」でまとめているとおり、1相開放故障が発生した場合の検知性や発生が想定される箇所ごとの検知方法を検討した結果から、一部を除き、既設置の保護継電器などの検知デバイスにより検知可能と判断しているが、人的な検知(巡視点検等)を加えることで、一部の保護継電器等による検知が期待できない箇所の1相開放故障の発見や、その兆候を早期に発見できる可能性を高めることとしている。

また、万一上記対応にて1相開放故障が検知されない状態において、当該の電源系につながる安全系機器が1相開放故障による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している。

なお、上記の人的な検知並びに対応には、バイロンの事象から得られた1相開放故障に関する知見が有用であることから、これらをマニュアル等に反映し、運転員の事象に対する認識を高めることとしている。

(得られた知見)

- ①母線電圧が不足電圧継電器の動作設定値以下にならない場合もあり、欠相を検出できない可能性がある
- ②母線電圧低下に伴い負荷電流が上昇し、当該母線に接続された各補機が過電流継電器の動作により連続的にトリップする
- ③現場確認、電圧計の指示低下により当該母線が異常と判断した場合は、健全系統への電源切替が必要
- ④電動機による異常な挙動(振動・異音)が発生する※

※既にマニュアル等へ記載しており異常が疑われる場合は保修課員へ連絡し詳細な点検を実施しているため、運転員の巡視点検の心得として記載する運転要領へは①から③について反映している。

本事象の教育を継続的に行うことにより、運転員への「気づき」を醸成していくこととする。

なお、これらの対応により運転員が1相開放故障を認知すれば、既存の健全系統への電源切替の手順書にて切替操作を行う。

(補足 7)

泊 3 号炉 1 相開放故障対応の概要について

G I S から変圧器の 1 次側の接続部位は、米国バイロン 2 号炉同様の架線による接続ではなく、接地された筐体・管路内に配線が収納された構造（G I S，C V ケーブル，相分離母線）であり，このような構造の場合，破損が想定される架線部は存在せず，また仮に導体の断線による 1 相開放故障が発生したとしても，接地された筐体・管路を通じ完全地絡となることで，保護継電器による検知が可能である。

1 相開放故障において自動検知が困難な箇所は，米国バイロン 2 号機の故障箇所のような架線部であり，泊 3 号炉では G I S への送電線引込部に架線部がある。この送電線引込部における 1 相開放故障に対し，外部電源の複数回線接続，巡視点検により 1 相開放故障が問題とならないようにしている。

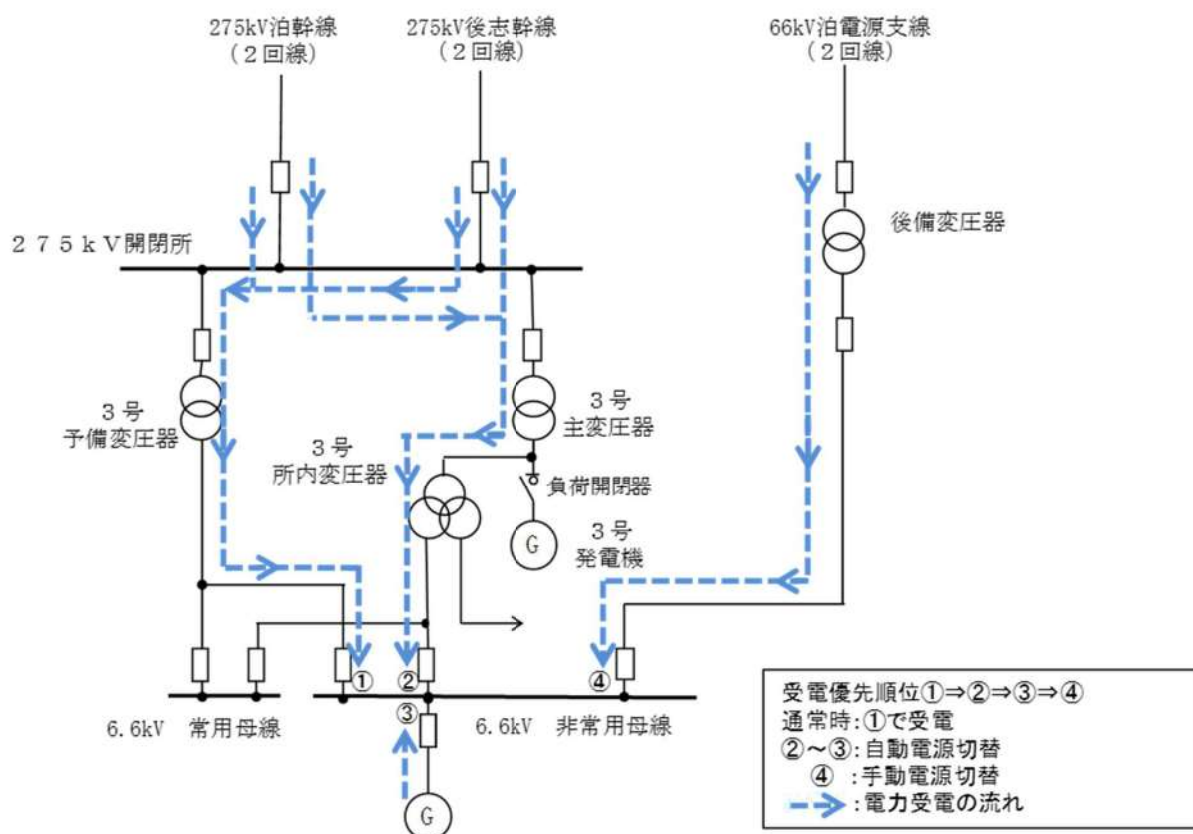
具体的には，以下のとおりである。

- 保安規定に外部電源との接続は 3 回線以上で接続するよう定めることとしており，複数回線と接続されていれば，1 相開放故障が発生しても，他の回線により各相の電圧が維持されるため，問題が生じない。
- 架線部（送電線引込部）での 1 相開放故障が発生した場合には，自動検知ができないため，故障状態が放置されないよう，運転員の巡視点検（1 回／1 日）にて架線部（送電線引込部）の確認を実施している。

2.1.1.3 電力の供給が停止しない構成

非常用母線が優先電源（予備変圧器）から受電できなくなった場合には、後備電源（所内変圧器に切替えられ、最終的にはディーゼル発電機が投入）に切替えられる。本切替は、通常自動切替であり容易に実施可能な構成となっている。

さらに、ディーゼル発電機からの受電も失敗した場合には、後備変圧器から受電する。本切替は手動切替で容易に実施可能である。



非常用母線の受電切替のイメージ図

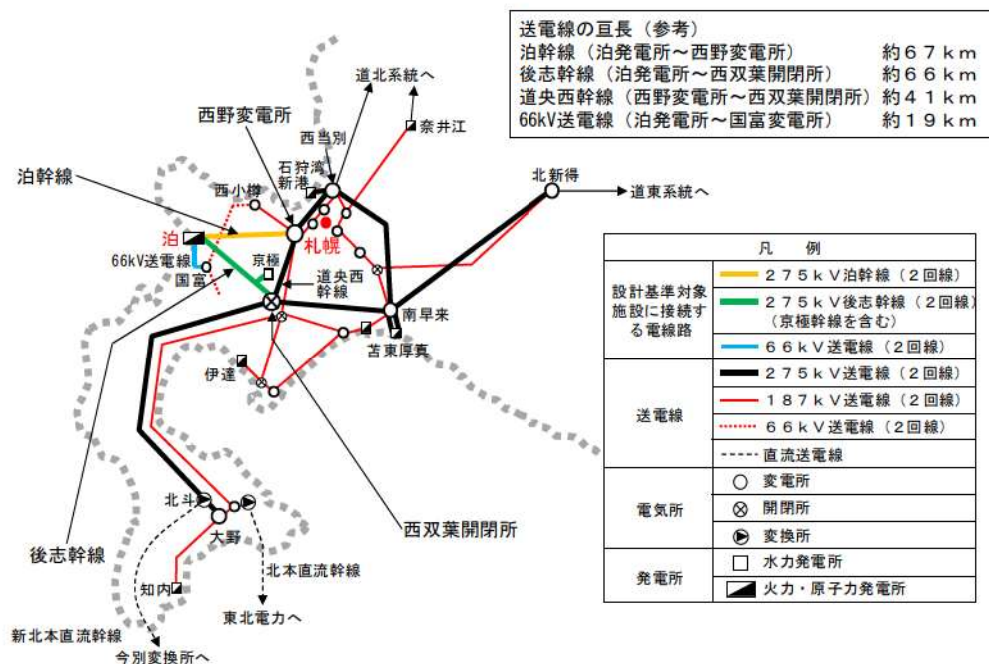
2.1.2 電線路の独立性

2.1.2.1 泊発電所3号炉への電線路の独立性

泊発電所3号炉に接続する送電線の構成は、275kV送電線4回線（4回線はタイラインで接続されている）と66kV送電線2回線とで構成されており、275kV送電線4回線のうち2回線（泊幹線）は、約67km離れた西野変電所に連系し、他の2回線（後志幹線）は約66km離れた西双葉開閉所に連系する。66kV送電線（泊電源支線）2回線は茅沼線及び泊支線を経由して約19km離れた国富変電所に連系する。これらの電気所の概ね直下には活断層が認められておらず、津波による浸水の恐れがないことを確認している。

上記4回線の275kV送電線は、万一、泊幹線、後志幹線の上流側接続先である西野変電所又は西双葉開閉所のいずれかが全停電した場合でも、残りの電気所から泊発電所3号炉への電力供給が可能となる構成としており、1つの電気所が停止することによって、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。さらに、上記4回線の275kV送電線がすべて喪失しても国富変電所から電力の供給が可能である。

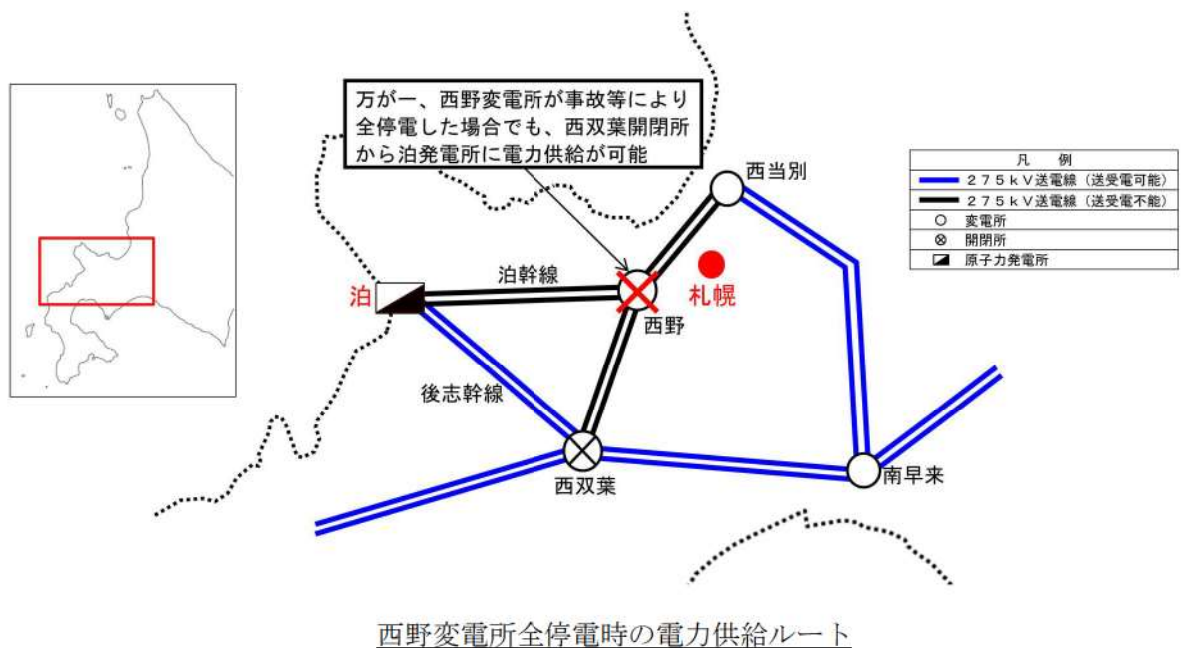
なお、泊幹線及び後志幹線を含む道央圏の275kV系統は、ループ状に形成しており供給信頼性の向上を図っている。



泊発電所周辺の主な電力系統

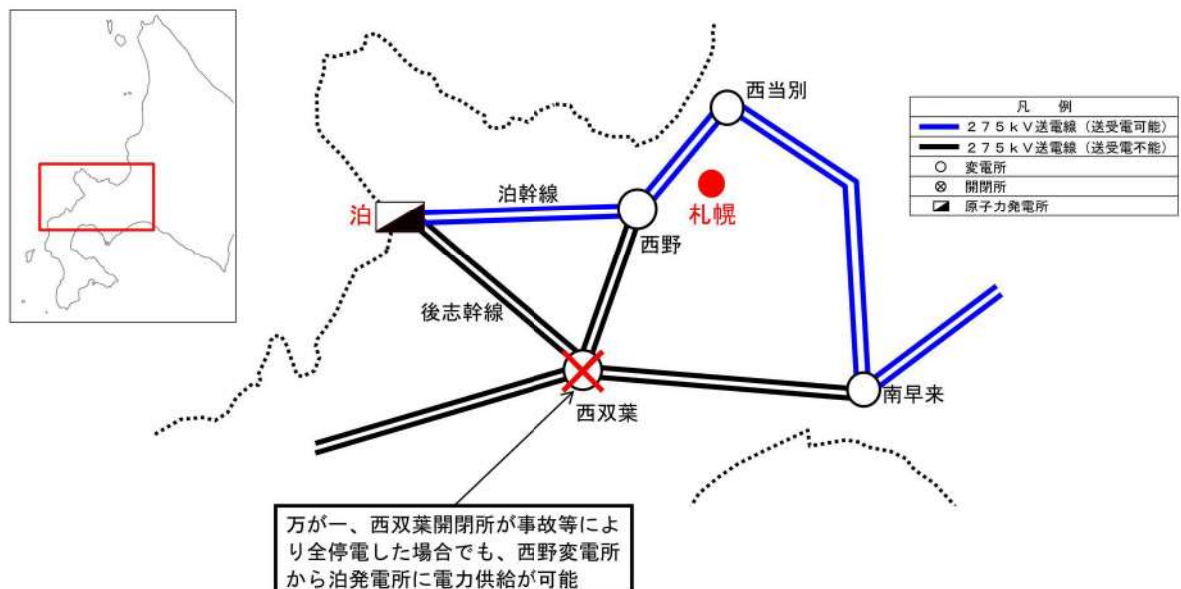
2.1.2.1.1 西野変電所全停電時の供給系統

泊発電所に接続する送電線のうち、通常時に接続される 275kV 送電線は、4 回線（4 回線はタイラインで接続されている）で構成されており、275kV 送電線 4 回線のうち 2 回線（泊幹線）は西野変電所に連系し、他の 2 回線（後志幹線）は西双葉開閉所に連系する。仮に西野変電所が全停電となった場合でも、保護リレーにより事故区間を速やかに除去することで、他への波及を防止するとともに西双葉開閉所からの送電が継続されることから泊発電所の外部電源系が全停電することはない。



2.1.2.1.2 西双葉開閉所全停電時の供給系統

泊発電所に接続する送電線のうち、通常時に接続される 275kV 送電線は、4 回線（4 回線はタイラインで接続されている）で構成されており、275kV 送電線 4 回線のうち 2 回線（後志幹線）は西双葉開閉所に連系し、他の 2 回線（泊幹線）は西野変電所に連系する。仮に西双葉開閉所が全停電となった場合でも、保護リレーにより事故区間を速やかに除去することで、他への波及を防止するとともに西野変電所からの送電が継続されることから泊発電所の外部電源系が全停電することはない。



西双葉開閉所全停電時の電力供給ルート

2.1.3 電線路の物理的分離

2.1.3.1 送電線の物理的分離

泊発電所に接続する送電線は、275kV 送電線 2 ルート 4 回線、66kV 送電線 1 ルート 2 回線の設備構成であり、全ての送電線が同一鉄塔に架線されている箇所はなく、物理的に分離した構成としている。具体的には、泊幹線、後志幹線及び茅沼線経由泊支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。

これらの送電鉄塔について、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崩壊や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価し、鉄塔基礎の安定性に問題ないことを確認しており、共倒れのリスクは極めて低いと考えている。



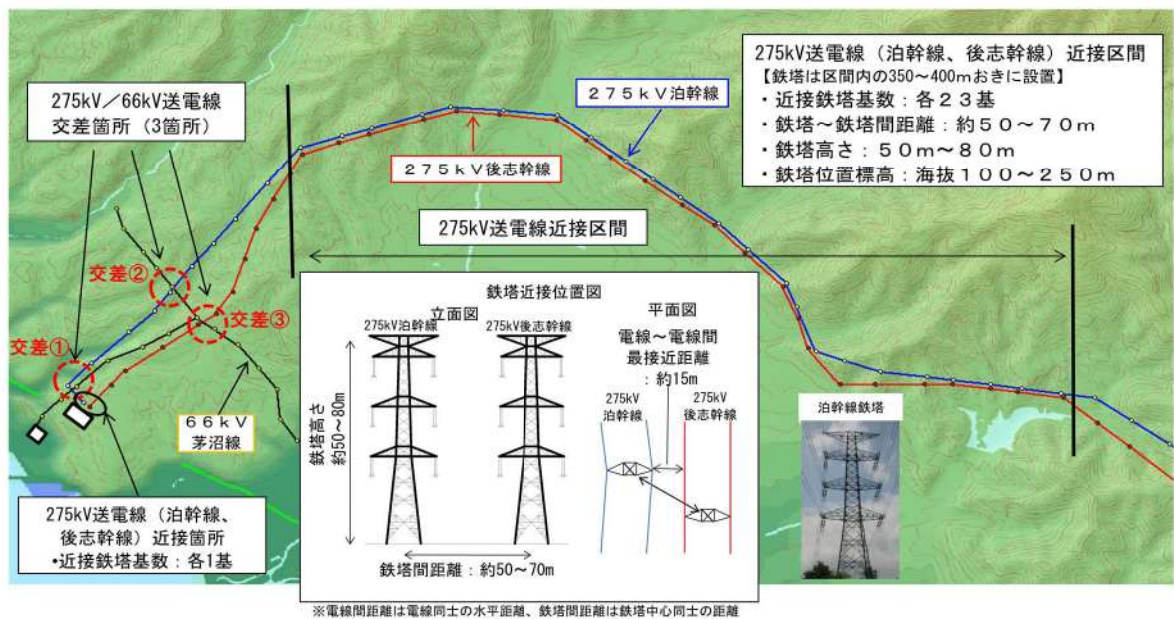
送電線の物理的分離

2.1.3.2 送電線の交差箇所・近接区間の概要について

泊発電所に接続する送電線は、275kV 送電線 4 回線、66kV 送電線 2 回線の設備構成であり、全ての送電線が同一鉄塔に架線されている箇所はなく、物理的に分離した構成としている。具体的には、泊幹線、後志幹線及び茅沼線經由泊支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。なお、送電線の交差箇所、近接区間の状況については以下のとおりである。

【送電線の交差箇所・近接区間】

- (1) 275kV と 66kV 送電線における交差箇所は 3 箇所
- (2) 275kV 送電線同士の交差箇所はなし
- (3) 275kV 泊幹線、275kV 後志幹線が近接している箇所は 24 基



送電線の交差箇所・近接区間

2.1.3.2.1 送電線の交差箇所について

送電線の交差部においては、上部の送電線は断線など何らかの異常が発生した場合に、下部の送電線へ影響を与え、上部、下部同時に機能を喪失することが考えられる。一方で、下方の送電線に断線など何らかの異常が発生した場合には、上部の送電線へ影響を与えることはない。

泊発電所に接続する 66kV 送電線（茅沼線及び泊支線、交差部の鉄塔高さ約 20～40m）は、275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線、交差部の鉄塔高さ約 65～85m）より、下方で交差していることから、66kV 送電線の異常が 275kV 送電線へ影響を与えることはない。このため、275kV 送電線の異常が 66kV 送電線に影響を与える場合を以下のように想定し、外部電源が全停電に至ることがないか確認した。

(1) 275kV（泊幹線）が 66kV（茅沼線及び泊支線）へ影響を与える場合

（交差①及び②での送電線事故時） → 275kV 後志幹線 2 回線により供給可能

(2) 275kV（後志幹線）が 66kV（茅沼線）へ影響を与える場合

（交差③での送電線事故時） → 275kV 泊幹線 2 回線により供給可能

上記のとおり、交差部で送電線事故が発生した場合でも外部電源が全停電することはない。

写真（１）交差①：泊幹線と泊支線の交差箇所



写真（２）交差②③：泊幹線・後志幹線と茅沼線の交差箇所



275kV/66kV送電線交差箇所の断面イメージ図



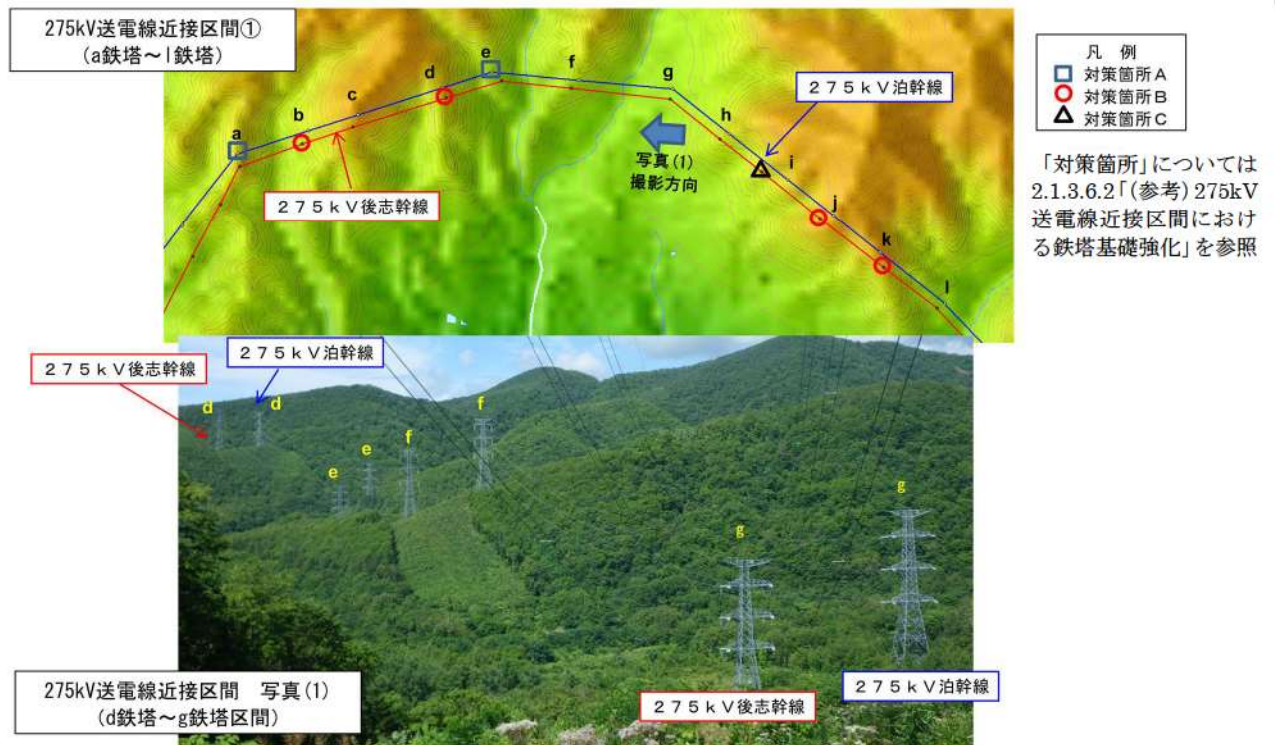
275kV/66kV送電線交差箇所の拡大図（3箇所）



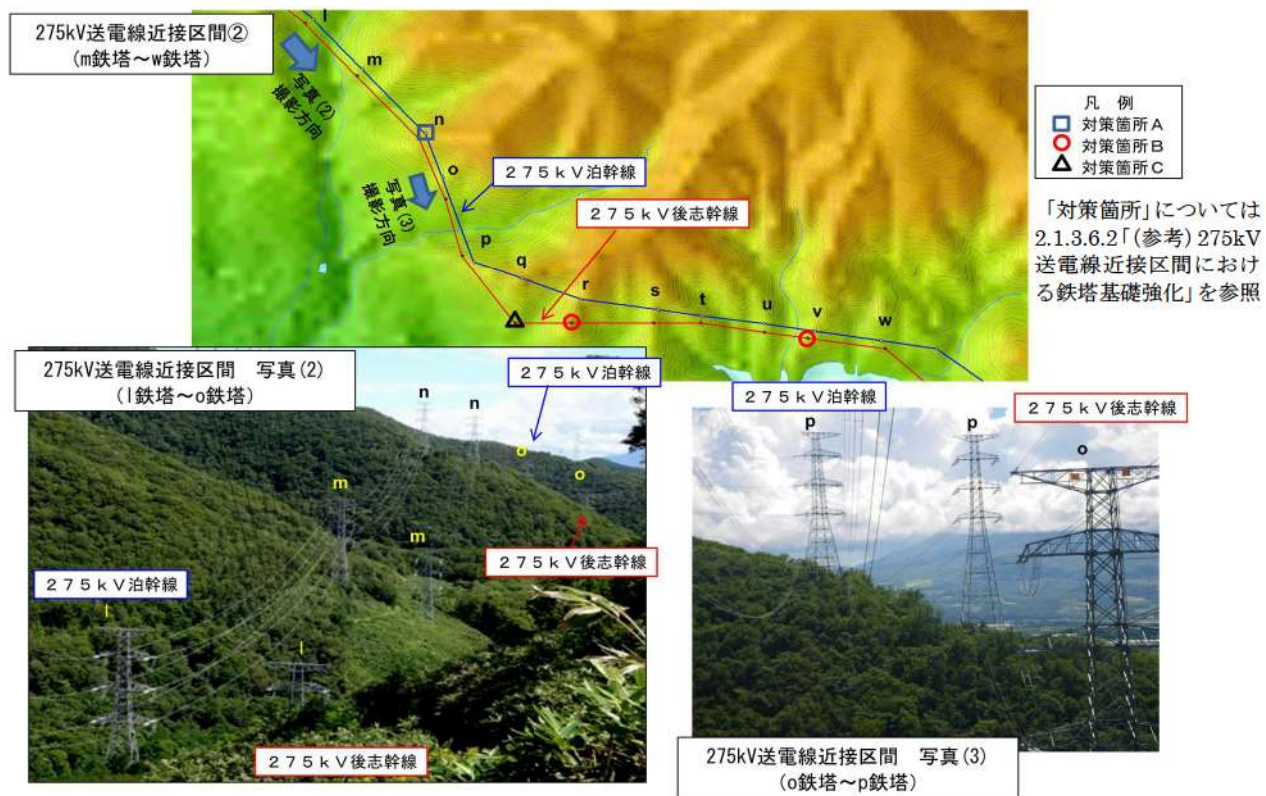
2.1.3.2.2 送電線の近接区間について

275kV 送電線（泊幹線及び後志幹線）、66kV 送電線（茅沼線及び泊支線）については、鉄塔敷地周辺の地盤変状による鉄塔基礎の安定性への影響評価を行い、問題がないことを確認している（地盤変状の影響評価については、「2.1.3.5 鉄塔基礎の安定性評価」にて記載）。近接区間①及び②については、泊幹線と後志幹線が近接している状況にあるものの、万が一、事故が発生した場合でも約 19km 離れている国富変電所から 66kV 送電線より供給が可能である。近接区間①及び②については、地形・地質評価、表層評価、気象状況から共倒れが発生するリスクは極めて低いと評価している。

以上のことから、3 ルートある送電線の共倒れの発生リスクは極めて低いと判断している。



近接区間①（泊幹線と後志幹線）

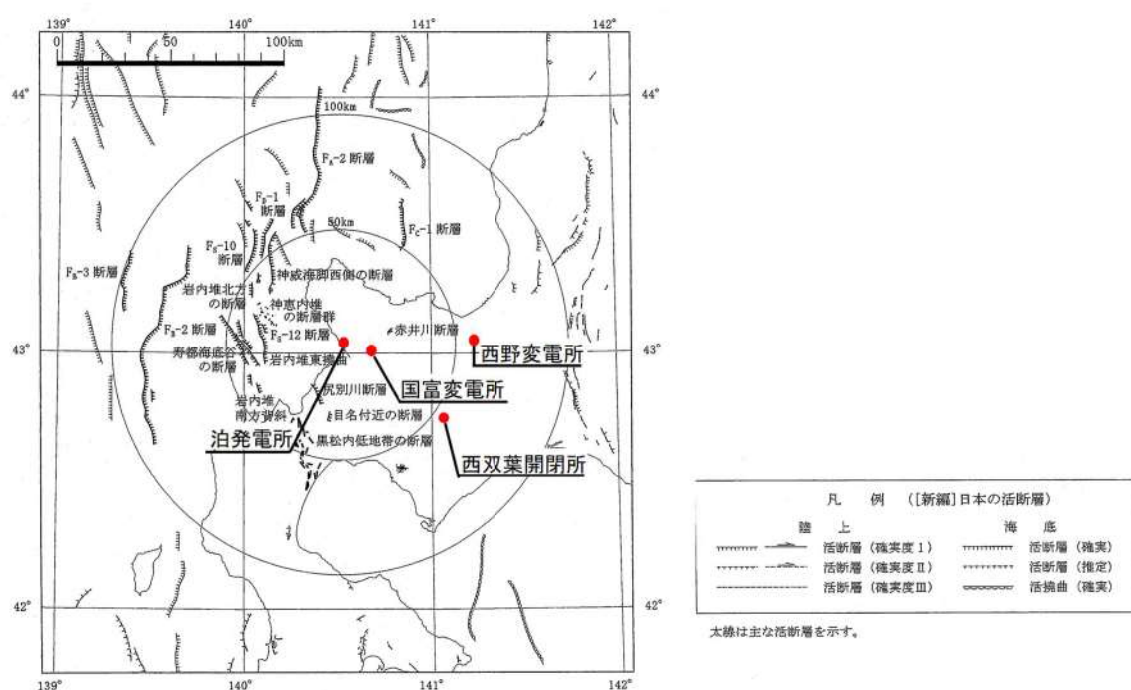


近接区間②（泊幹線と後志幹線）

2.1.3.3 変電所等と活断層の位置

西野変電所及び西双葉開閉所は、直線距離で約 41km 離れた場所に位置している。西野変電所及び西双葉開閉所は標高が約 300m であり、津波の影響を受けない内陸に位置している。敷地周辺の活断層分布によると、近傍に活断層は認められていない。

また、国富変電所は、泊発電所より約 19km 離れた場所に位置している。国富変電所は標高が約 40m であり、津波の影響を受けない内陸に位置している。敷地周辺の活断層分布によると、近傍に活断層は認められていない。

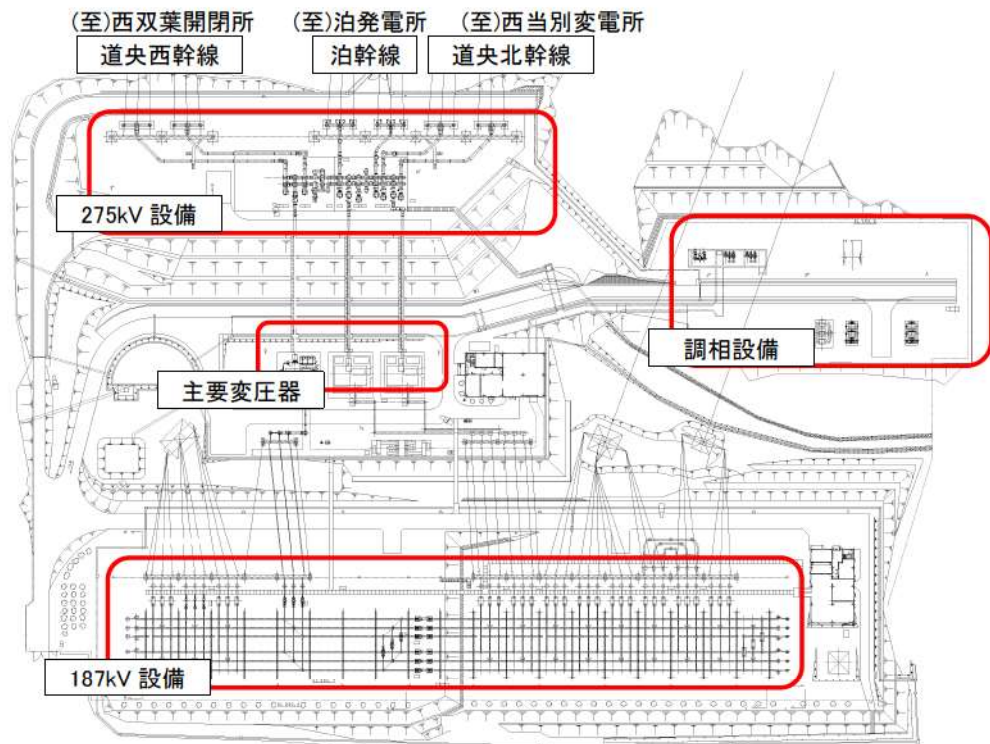


泊発電所周辺の活断層分布

「活断層研究会編（1991）：[新編] 日本の活断層 分布図と資料，東京大学出版会」に一部加筆

2.1.3.3.1 西野変電所について

西野変電所は内陸部に位置しているため、津波の影響を受けない。また、敷地直下に活断層は認められていない。



(1)西野変電所 設備配置図



(2)西野変電所 単線結線図

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

2.1.3.3.2 西双葉開閉所について

西双葉開閉所は内陸部に位置しているため、津波の影響を受けない。また、敷地直下に活断層は認められていない。



(1)西双葉開閉所 設備配置図



(2)西双葉開閉所 単線結線図

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

2.1.3.3.3 国富変電所について

国富変電所は内陸部に位置しているため、津波の影響を受けない。また、敷地直下に活断層は認められていない。



(1)国富変電所 設備配置図

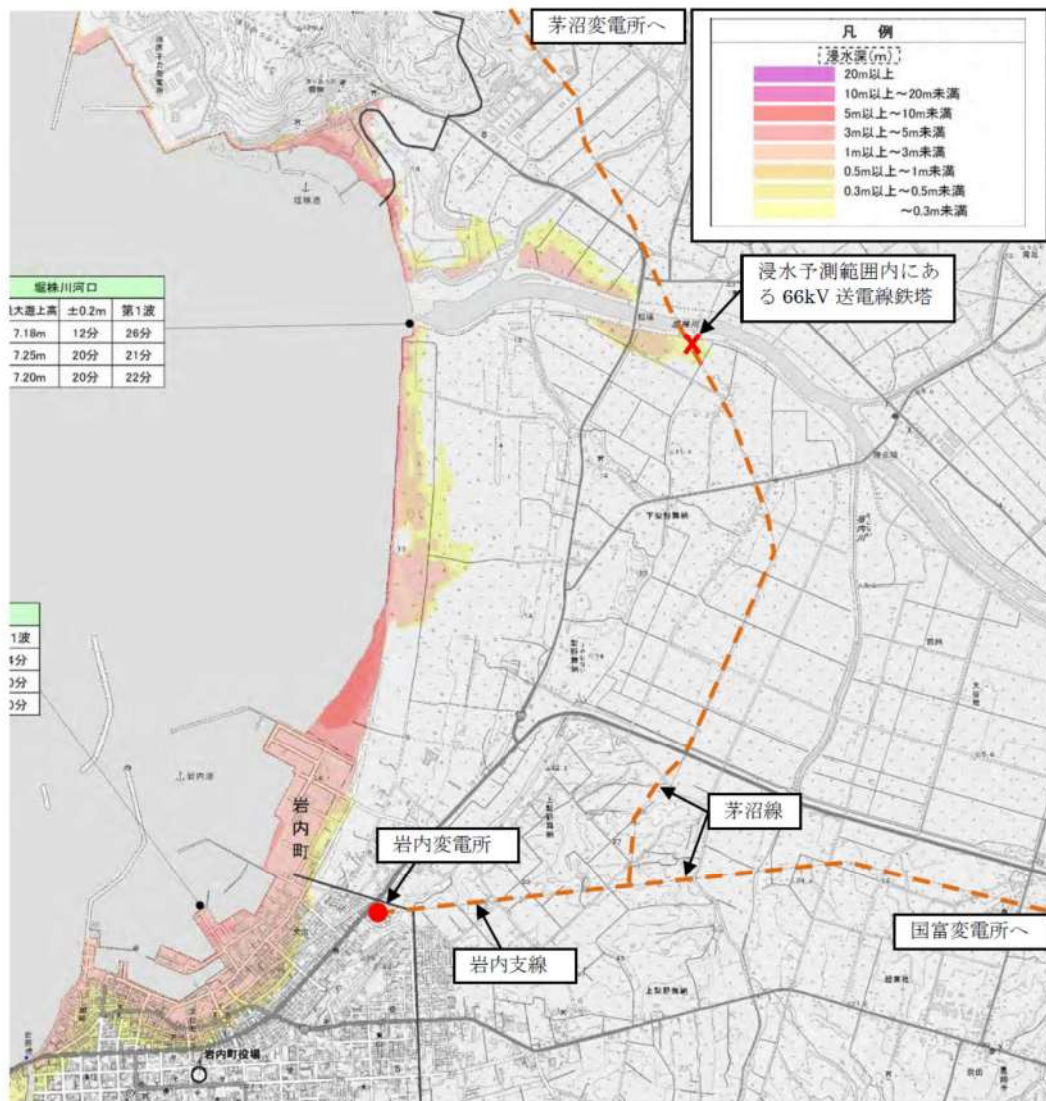


(2)国富変電所 単線結線図

2.1.3.3.4 66kV 送電線の津波影響について

66kV 送電線に連系している変電所のうち、もっとも標高が低く海岸に近い北海道電力ネットワーク株式会社岩内変電所（以下「岩内変電所」という。）の付近の津波高さは、北海道の検討結果によると岩内港における最大遡上高さは約 7 m であり、岩内変電所は標高 10m に設置されていることから津波による浸水の恐れはない。

また、66kV 送電線のうちの茅沼線の送電線鉄塔 1 本が北海道の検討結果による津波の浸水予測範囲内となるが、当該送電線鉄塔については基礎の周囲を構造物で囲うことにより津波の浸水による影響を受けないようにしている。



北海道における津波シミュレーション結果について

(平成 29 年 2 月 北海道ホームページに一部加筆)

2.1.3.4 鉄塔基礎の安定性

泊発電所に接続する送電線の送電鉄塔について、敷地周辺の地盤形状の影響による二次的被害の要因である盛土の崩壊や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価した。

鉄塔周辺の地盤変状の影響による被害の要因として、「①盛土の崩壊」、「②地すべり」及び「③急傾斜地の土砂崩壊」の3項目（下図参照）としており、それぞれの評価を行った。

(1) 評価内容

① 盛土の崩壊

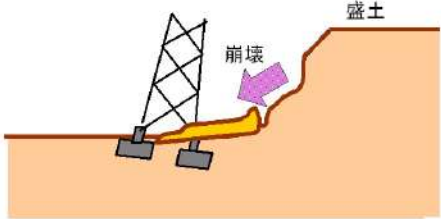
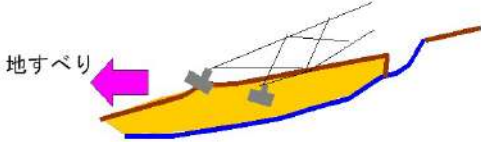

対象鉄塔周辺に基礎の安定性に影響を与えるような盛土は存在しないこと

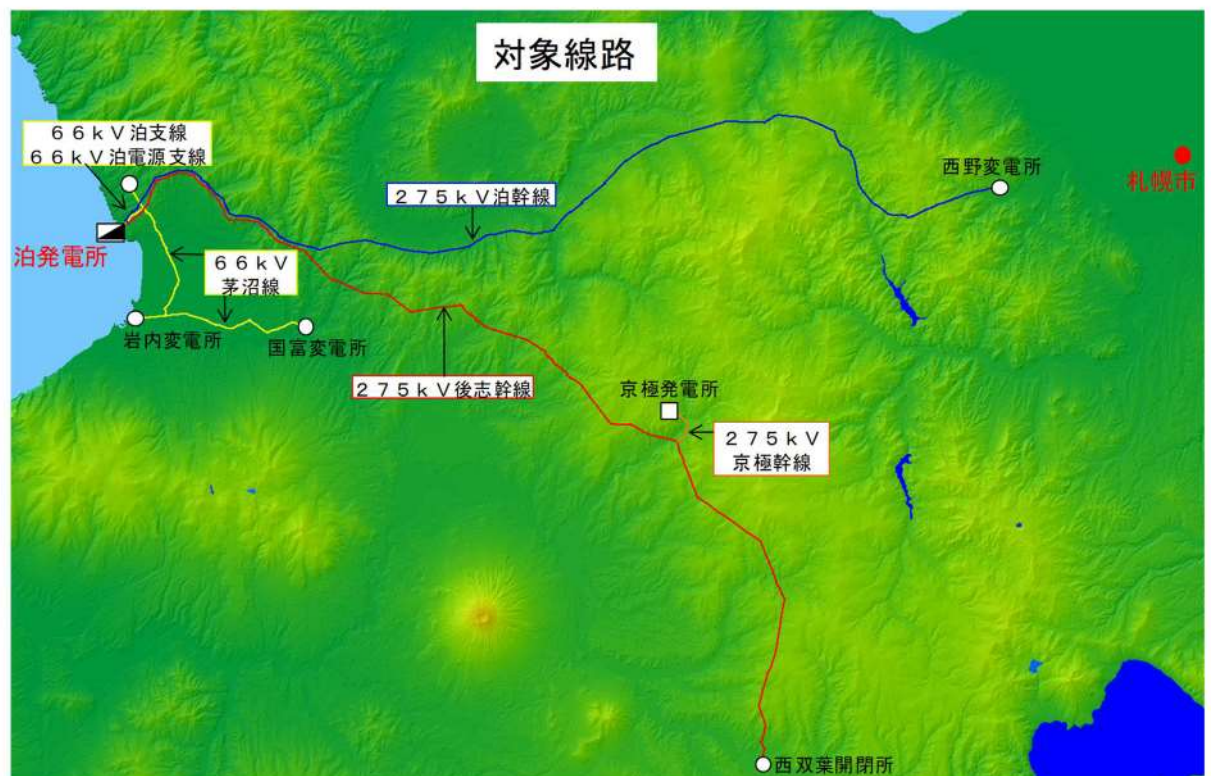
② 地すべり

地すべり付近の地形状況、露岩分布状況、移動土塊の状況、地表面の変状有無等を確認し基礎の安定性に影響がないこと

③ 急傾斜地の土砂崩壊

斜面勾配等の地形条件、斜面上の変状有無、植生状況、地下水や表流水の集水条件等を確認し基礎の安定性に影響がないこと

二次的被害の想定	具体的内容
①盛土の崩壊	<p>○地震によって盛土が崩壊する現象</p> <p>【リスク】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔周辺の盛土崩壊による鉄塔傾斜，倒壊 
②地すべり	<p>○地盤内の地下水等に起因して滑ったり，移動する現象</p> <p>【リスク】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔周辺での大規模な地すべりによる鉄塔傾斜，倒壊 
③急傾斜地の土砂崩壊	<p>○傾斜地で土地が崩壊する現象</p> <p>【リスク】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔周辺の地盤が崩壊し，鉄塔傾斜，倒壊 



(2) 対象鉄塔の抽出

対象線路全鉄塔について、鉄塔敷地周辺で、盛土崩壊や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊が想定される箇所を図面などを用いた机上調査や現地の状況を確認し、現地踏査が必要な箇所を抽出した。

(3) 評価結果

抽出した鉄塔について、地質の専門家による現地踏査結果を踏まえ、基礎の安定性に影響がないことを確認した。

【現地踏査基数と対策必要箇所】

対象線路	鉄塔基数	現地踏査基数			対策箇所
		盛土	地すべり	急傾斜地	
275kV 泊幹線	182 基	0 基	52 基	1 基	0 基
275kV 後志幹線	169 基	0 基	50 基	10 基	0 基
275kV 京極幹線	5 基	0 基	2 基	0 基	0 基
66kV 茅沼線	69 基	0 基	4 基	1 基	0 基
66kV 岩内支線	7 基	0 基	0 基	0 基	0 基
66kV 泊支線	7 基	0 基	3 基	0 基	0 基
66kV 泊電源支線	2 基	0 基	2 基	0 基	0 基
66kV 茅沼線 (No. 9 鉄塔建替)	1 基	0 基	0 基	0 基	0 基
(合計)	442 基	0 基	113 基	12 基	0 基

2.1.3.5 鉄塔基礎の安定性評価

【泊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や地すべり、急傾斜地の土砂崩壊の影響を評価し、抽出した鉄塔について、地質の専門家による現地踏査結果を踏まえ、基礎の安定性に影響がないことを確認した。

【地質専門家による現地踏査の評価項目】

評価対象鉄塔について、地質の専門家による現地踏査で下記項目に基づき、基礎の安定性評価を行った。

調査項目（要素）	
地 形	・周辺斜面形状（斜面横断方向）
	・周辺斜面形状（斜面上下方向）
	・周辺斜面の勾配変化（遷急線、遷緩線）
	・地すべり土塊や崩壊物の堆積状況（崖錐地形）
	・崩壊地の状況
	・崖地形の有無や状況、地表面の亀裂の有無
土質・岩質	・侵食に弱い土質、水を含むと強度低下しやすい土質
	・割れ目・弱層の密度が高い、侵食に弱い軟岩、風化が早い岩質・その他
	・岩盤の層理面の傾斜方向（流れ盤構造など）
崩壊・亀裂の状況	・開口亀裂の規模（大・小）
	・連続する水平系亀裂の目の方向
	・小崩落、落石
	・硬岩、軟岩における亀裂の状況（規則性・間隔）
表層の状況	・植生状況
	・樹木異常（樹幹曲がり・倒木）
	・湧水状況（有無や痕跡）
設備の状況	・鉄塔部材
	・基礎周辺
	・その他

(1) 盛土の崩壊に対する基礎の安定性評価結果

【現地踏査対象の抽出】

盛土箇所の抽出にあたっては、今回の検討の発端となった東京電力（株）の 66kV 夜の森線周辺で発生した盛土崩壊箇所と同程度の盛土規模を対象とし、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。

対象箇所の抽出にあたっては、送電線並びにその周辺の地形状況が記載されている実測平面図や送電線路周辺の保守記録を使用して、人工的に土地の改変が加えられた箇所がないか机上で確認した。

更に、机上で確認した箇所を含め、送電線周辺の現地状況を徒歩・ヘリコプター巡視で確認し、漏れがないように盛土箇所を抽出した。

その結果、評価対象鉄塔 442 基について、鉄塔付近や鉄塔敷地の斜面上方に盛土箇所がないことを確認した。

(2) 地すべりに対する基礎の安定性評価結果

【現地踏査対象の抽出】

地すべりについては、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）防災科学技術研究所）から対象鉄塔を抽出した後、さらに『道路土工 切土工・斜面安定工指針（（社）日本道路協会 平成 21 年 6 月）』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（P. 377）」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状況が記載されている実測平面図等を用いて、地形勾配、地形形状、地形状況を確認し、113 基を抽出した。

【現地踏査結果】

抽出した 113 基について、地質、地盤、斜面崩壊等の知識とともに土質調査や土木施工など、地質に関する様々な経験を有する地質専門家により現地踏査を実施し、詳細な地形、地質、変状の情報等を収集した。

踏査にあたっては、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また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するとともに、地すべり地内を詳細に踏査し、地形状況、露岩分布状況、移動土塊の状況、地表面の変状、構造物の変状の有無等について確認した。

安定度の評価にあたっては、安定度区分に応じた評価基準と対応方針を示す必要があるが、『道路土工 切土工・斜面安定工指針』における「地すべりの安定度判定一覧表（P. 370）」等を参考に地質専門家の意見を踏まえて設定した。

上述の現地踏査で収集した地形、地質、変状の情報等と評価基準に基づき、各鉄塔を評価した結果、鉄塔基礎の安定性は問題ないことを確認した。

(3) 急傾斜地の土砂崩壊に対する基礎の安定性評価結果

【現地踏査対象の抽出】

急傾斜地については、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等を使用し、『道路土工切土工・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（P. 314）」を参考に、以下の条件に該当する鉄塔 12 基を抽出した。

①鉄塔近傍に 30 度以上の傾斜を有する斜面がある場合

②万が一、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易い逆T字基礎（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

【現地踏査結果】

抽出した 12 基について、地質、地盤、斜面崩壊等の知識とともに土質調査や土木施工など様々な経験を有する地質専門家により現地踏査を実施し、詳細な地形、地質、変状の情報等を収集した。踏査にあたっては、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た。

安定度の評価にあたっては、安定度区分に応じた評価基準と対応方針を示す必要があるが、「道路土工 切土工・斜面安定工指針」における「表層崩壊と落石の安定性評価の目安（P. 68）」、「9-2

斜面崩壊対策の調査（P. 312～318）」等を参考に地質専門家の意見を踏まえて設定した。

上述の現地踏査で収集した地形，地質，変状の情報等と評価基準に基づき，各鉄塔を評価した結果，鉄塔基礎の安定性は問題ないことを確認した。

(補足1) 送電鉄塔の基礎安定性評価内容

1. 地すべりに対する基礎の安定性評価結果

【現地踏査対象の抽出】

【33条 保安電源設備 記載内容(抜粋)】

地すべりについては、地すべり防止区域(地すべり防止法)、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)防災科学技術研究所)から対象鉄塔を抽出した後、さらに『道路土工 切土工・斜面安定工指針((社)日本道路協会 平成21年6月)』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(P.377)」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状況が記載されている実測平面図等を用いて、地形勾配、地形形状、地形状況を確認し、113基を抽出した。

抽出に当たり参考とした「地すべり型による地形図及び写真判読のポイント(P.377)」を以下に示す。地すべり地形分布図から対象鉄塔を抽出した後、空中写真判読で周辺地形をさらに詳細確認する際に、ここに記載されている定性的な事項を参考とした。

地すべり型による地形図及び写真判読のポイント

検討項目 区分	地形勾配 (地表面平均)	地形形状	線状構造 (リニアメント)~	地形状況(地すべり性変状)	等高線 模 様	地すべり 地 質
崩積土・粘質土 地すべり	一般に緩傾斜地 地表面平均勾配 5~25° 最多頻度値 10~20°	谷型地形 谷状及び 凹地状台地	主として地 すべり頭部、 あるいは側 面(周辺部) で関連 不明の場合 も多々あり	・馬蹄形状の滑落崖、山腹斜面での 陥没及び沼・池・湿地帯の存在 ・傾斜変換点(急斜面から緩斜面 への移行)及び分離小丘の存在 ・傾斜変換点を伴うなだらかな斜 面(台地)及び階段状地形 ・斜面末端部での急斜面及び隆起 または泥流状押出し ・河川の異常な屈曲 ・頭部~末端部にかけたの無数の 亀裂、頭部亀裂の勾配:比較的 に緩傾斜	曲線状の 縞模様 (千枚田)	主として 崩積土が 地すべり 土塊を形 成 ついで強 風化岩
岩盤・風化岩 地すべり	比較的急傾斜地 地表面平均勾配 15~40° 最多頻度値 20~30°	尾根型地 形 尾根状及 び凸地状 台地	地すべり頭 部および両 側面で密に 関連 不明の場合 は、岩盤地 すべりの可 能性少な し(予知不可 能)	・山頂あるいは山腹傾斜における 帯状陥没(線状構造と関連) ・帯状陥没に伴う分離小丘、及び 土柱状の直立岩柱の存在 ・山腹斜面における直線状の傾斜 変換点、及びそれに伴う台地 ・斜面末端部での急斜面及び水平 的な押出しと崩壊 ・河川の異常な屈曲 ・頭部陥没亀裂顕著にて、ほぼ垂 直、ついで末端部での水平的な 押出しと圧縮亀裂、中間部では 変状なし	直線状の 縞模様	主として 強風化岩 並びに風 化・破碎 岩が地す べり土塊 を形成

【現地踏査および安定性評価】

【33条 保安電源設備 記載内容（抜粋）】

安定度の評価にあたっては、安定度区分に応じた評価基準と対応方針を示す必要があるが、『道路土工 切土工・斜面安定工指針』における「地すべりの安定度判定一覧表（P.370）」等を参考に地質専門家の意見を踏まえて設定した。

地すべりの評価基準は、地質専門家による現地踏査結果を踏まえ、以下のとおり設定した。

地すべりの評価基準

評 価		判断基準
影響なし		・地すべり地形ではない。
		・明瞭なもしくは不明瞭な地すべり地形が認められるが、十分な離隔距離がある。
		・鉄塔基礎の近傍に活動中の地すべり地形が認められるが、十分な離隔距離がある。
		・地すべり地形内に分布するが、開析が進むなど、現在は安定しており、再活動の兆候は認められない。
影響あり	安定性が損なわれる危険性が低い	・鉄塔基礎本体および敷地内に変状は認められないが、周辺に変状が認められる、もしくは変状の可能性がある。
	安定性が損なわれる危険性が高い	・活動中の地すべり地内、または影響範囲内に位置する。 ・鉄塔および基礎に変状が認められる。

評価にあたり参考とした「地すべりの安定度判定一覧表（P.370）」を以下に示す。現地踏査ではこれを参考に地質専門家が詳細調査を実施するとともに、「地すべりの変状・地形特性」の記載に該当する箇所については「影響あり」として区分した。

抽出された各鉄塔を評価した結果、全ての鉄塔が「影響なし」に区分され、基礎の安定性に問題ないことを確認した。

地すべりの安定度判定一覧表

安定度区分	地すべりの変状・地形特性	地すべり変動ランク	道路土工に対する留意点
A	斜面に地すべりによる亀裂、陥没、隆起、小崩壊等が発生しているもの、路面や擁壁、水路等に地すべり性の亀裂や隆起等が発生しているもの、あるいは過去に地すべり等の災害が発生した記録や確かな伝承があり、地すべり対策工が施工されていないもの等、今後人為的な改変がなくても道路等に直接の被害を及ぼす可能性の大きいもの	変動 a	原則として路線を避けるが、やむを得ない場合は計画安全率確保できるような対策工を検討する。
		変動 b	

B	明瞭な地すべり活動は認められないが、滑落崖が分布する等、明らかな地すべり地形（崩積土、風化岩地すべり）を示し、地形的にも地すべり発生を有するもので、人為的な環境変化を直接の誘因としてすべり出す可能性が大きいもの、または地すべり災害発生後、地すべり対策工を実施したもの	変動 c	地すべり頭部の盛土や末端部の切土をなるべく避けるために、路線の線形の修正及び対策工の実施を検討する。やむを得ない場合はその安全率を一時的に5%まで低下させることができる。
C	地すべり地形を示すが、滑落崖等の微地形が不明瞭なもの	変動 c を生じる可能性あり	Bに準ずる

2. 急傾斜地の土砂崩壊に対する基礎の安定性評価

【現地踏査対象の抽出】

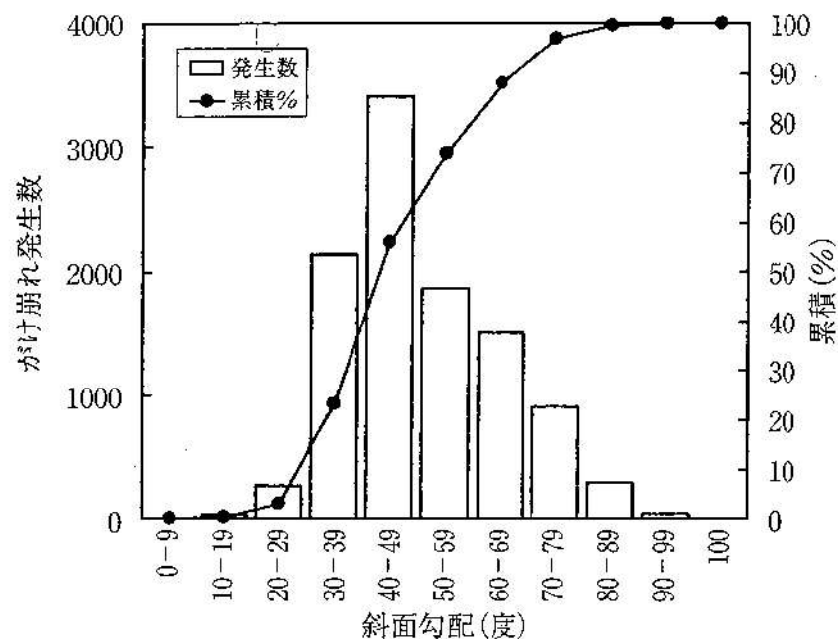
【33条 保安電源設備 記載内容（抜粋）】

急傾斜地については、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等を使用し、『道路土工 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（P.314）」を参考に、以下の条件に該当する鉄塔12基を抽出した。

①鉄塔近傍に30度以上の傾斜を有する斜面がある場合

②万が一、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易い逆T字基礎（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

抽出にあたり参考とした「斜面崩壊が発生した勾配の分布（P.314）」を以下に示す。本図は過去（昭和47年～平成9年）に人家、人命、公共施設等の被害にあった崩壊実績（10,686例）をまとめたものであり、全体の約95%が勾配30°以上の斜面で発生している。



斜面崩壊が発生した勾配の分布

【現地踏査および安定性評価】

【33条 保安電源設備 記載内容（抜粋）】

安定度の評価にあたっては、安定度区分に応じた評価基準と対応方針を示す必要があるが、『道路土工 切土工・斜面安定工指針』における「表層崩壊と落石の安定性評価の目安（P.68）」、「9-2 斜面崩壊対策の調査（P.312～318）」等を参考に地質専門家の意見を踏まえて設定した。

急傾斜地の崩壊評価基準は、地質専門家による現地踏査結果を踏まえ以下のとおり設定した。

急傾斜地の崩壊評価基準

評 価		判断基準
影響なし		<ul style="list-style-type: none"> 急傾斜地に位置するが、鉄塔基礎周辺に亀裂や崩落の可能性のある急崖や法面等がない。 鉄塔基礎周辺の下方および側方において崩落の可能性が認められるが、十分な離隔距離があり、小規模で基礎に影響はない。
影響あり	崩落する危険性が低い	<ul style="list-style-type: none"> 鉄塔基礎の変状はなく、鉄塔敷地および周辺に亀裂等が確認されるが、進行性のものではない、もしくは急傾斜によるものではない。 鉄塔基礎の変状はなく、鉄塔基礎周辺の下方および側方において小規模な崩落が認められるが、基礎より離隔があり、かつ崩落箇所に緩みや風化の進行は認められない。
	崩落する危険性が高い	<ul style="list-style-type: none"> 鉄塔基礎周辺の上方や近接した下方および側方の急崖や法面に進行性の亀裂や崩落の兆候、崩落が認められる。 鉄塔基礎周辺に亀裂や崩落があり、鉄塔および基礎に変状が認められる。

「9-2 斜面崩壊対策の調査（P.312～318）」の記載のうち要点を抜粋して以下に示す。現地踏査はこの内容を熟知している地質専門家が実施し、崩壊の進行性等を評価するための重点調査項目とした。

○調査の基本的考え方

斜面崩壊の詳細調査および対策は、斜面崩壊の可能性が顕在化し、かつ対策の計画を合理的に決定できる場所、すなわち、表層の亀裂・段差・せり出し、明瞭な緩みゾーン、表層クリープによるはらみ状の地形等、崩壊範囲をある程度推定できる様な顕著な変状を示す斜面で実施するのが一般的である。

○調査項目

斜面に関する調査項目の詳細について以下に示す。

表層崩壊の主な調査項目

調査項目	調査細目
地表踏査	<ul style="list-style-type: none"> 斜面上の変状調査（亀裂や段差、表層クリープ、微細な凹凸地形、小陥没地、根曲り、パイピング孔、湧水、高含水箇所等） 土質調査、地表踏査

斜面崩壊の調査においては、以下に記載する項目について特徴を明らかにする。

①斜面勾配等の地形条件

一般的に豪雨による斜面崩壊は30°以上の勾配に多く、斜面傾斜と密接な関係がある。また、地形図による傾斜区分や傾斜変換点、比高、斜面方位等の区分を行い、傾斜分布斜面の形状について明らかにする。

②斜面上の変状の有無

崩壊に関係する斜面上の亀裂や段差、凹凸や湧水、過去の崩壊跡や、道路の路面や切土・盛土のり面、斜面近傍の構造物の変状について空中写真あるいは現地での地表踏査により調査する。

③植生状況

斜面上の樹種、分布、密度等を調査する。植生の状況は、その斜面の地形・地質的な特徴を推定する参考になる。例えば、竹、杉は地下水等水気を好む植物であり、松、ヒノキは比較的透水性の良い地盤にあるなどである。また、勾配が同様な斜面で樹木が繁茂しているのに、植生が草本のみからなる斜面がある場合には崩壊履歴がある可能性がある。

伐採跡については、一般的に伐採後の根系は腐食して、数年から 10 年後で最も地表の状態が悪くなるとされており、伐採跡地の状況について調査を行う。風倒木が発生した場合、地割れによる雨水の浸透等により崩壊しやすくなる傾向にある。

以上の状況については、空中写真や現地での地表踏査により分布を明らかにする。

④地下水や表流水の集水条件

崩壊の誘因である地下水や表流水について、空中写真や現地での地表踏査により、斜面上の湧水、パイピング等の分布を把握する。また、斜面及び周辺の地形から表流水、地下水が集まりやすい地形であるかどうかの状況についても調査を行う。

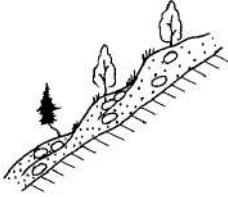
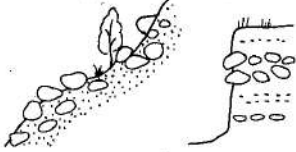
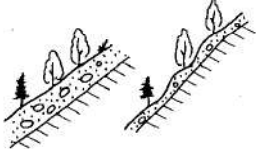

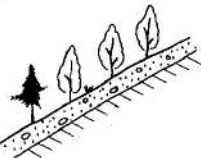

次に、斜面を地形的にみると、表層崩壊の発生しやすい斜面形態は次のように区分される。

- ・谷頭部斜面（0 次谷）
- ・沢の源頭部や湧水部
- ・山腹斜面の遷急線付近や崩壊跡地の上部
- ・台地の縁辺部や段丘崖

しかし、これらの斜面形態が直ちに危険という訳でなく、斜面上の変状の有無、斜面表層の土質や地質の形状、植生状況、地下水や表流水の浸透・集水条件等によって安定性は大きく異なるため、調査にあたってはこれらを観察し、崩壊危険性の高い斜面かどうかを識別する必要がある。

さらに加えて参考とした「表層崩壊と落石の安定性を判定する目安 (P.68)」を以下に示す。現地踏査において「不安定」または「やや不安定」に該当する箇所については「影響あり」として区分した。抽出された各鉄塔を評価した結果、全ての鉄塔が「影響なし」に区分され、基礎の安定性に問題ないことを確認した。

表層崩壊と落石の安定性評価の目安

評 価	《表 土 層》	《浮石・転石》
「不安定」	<ul style="list-style-type: none"> ・表土層が厚く（50cm 程度以上）、表層の動きが見られたり、浸食を受けている。 	<ul style="list-style-type: none"> ・以下のようなものが多数散在する場合 <ul style="list-style-type: none"> ① 直径のほぼ2/3以上が地表から露出するもの。 ② 完全に浮いており、人力で容易に動く判断されるもの。 
「やや不安定」	<ul style="list-style-type: none"> ・表土層が厚くても表層の動きや浸食が見られない。 ・表土層は薄い、動きや浸食の可能性はある。 	<ul style="list-style-type: none"> ・上記の①、②のようなものが少ない。 ・露出の程度が小さい。 ・やや浮いてはいるが、人力では動かせない。 
「安 定」	<ul style="list-style-type: none"> ・表土層が薄いほとんどなく、植生状況からも表層の動きがない。 	<ul style="list-style-type: none"> ・浮石・転石がない。 ・あっても比較的安定しているもの。 

(補足2) 北海道電力ネットワーク株式会社の送電鉄塔の設計及び耐震性

1. 送電鉄塔の設計について

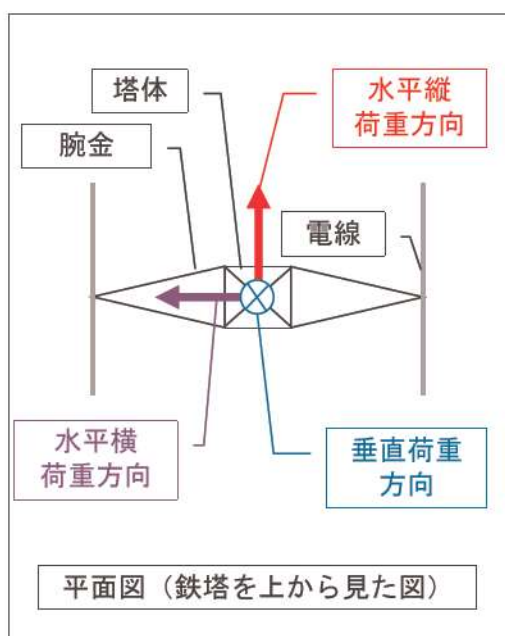
送電鉄塔の設計では、鉄塔の種類などを決めた後、電気設備の技術基準（電気設備に関する技術基準を定める省令）の規定に基づく想定荷重によって、鉄塔の各部材に生ずる応力に対して、耐えうる強度の部材を選定している。また、北海道電力ネットワーク株式会社の場合、着雪時を考慮した北海道電力ネットワーク株式会社独自の規定に基づく想定荷重によって、鉄塔の各部材に生ずる応力に対しても、耐えうる強度の部材を選定している。

(1) 送電鉄塔に加わる荷重

送電鉄塔に加わる荷重の主なものは、風圧荷重および電線張力による荷重であり、これに鉄塔自体および電線などの重量が荷重として加わる。

それらの送電鉄塔に加わる荷重は、垂直荷重、水平縦荷重および水平横荷重の3種類に分類できる。それぞれの想定する荷重の要素は下表のとおりである。

垂直荷重	水平横荷重	水平縦荷重
<ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔重量 ・電線・がいし等の重量 ・電線等の被氷（着雪）の重量 ・電線張力等の垂直分力 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔風圧 ・電線・がいし等に加わる風圧 ・電線張力等の水平分力 ・断線によるねじり力 	<ul style="list-style-type: none"> ・鉄塔風圧 ・不平均張力 ・断線による不平均張力 ・断線によるねじり力



（２）風圧荷重

電気設備の技術基準に規定されている風圧荷重は、高温季と低温季の２種類であり、さらに北海道電力ネットワーク株式会社では着雪時の風圧荷重（着雪時風圧荷重）を独自に規定している。それぞれに適用する風圧荷重は、下表のとおり。

種類	適用する風圧荷重	規定
高温季	甲種風圧荷重	電気設備の技術基準
低温季	甲種風圧荷重又は乙種風圧荷重の いずれか大きいもの	
着雪時	着雪時風圧荷重	北海道電力ネットワーク 株式会社独自

- 甲種風圧荷重 鉄塔の各構成材の垂直投影面に加わる風の圧力によって計算したものであり、平均風速 40m/s を考慮する
- 乙種風圧荷重 架渉線（電線等）の周囲に厚さ 6mm、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（平均風速約 27m/s）によって計算したもの
- 着雪時風圧荷重 気温 0℃で、架渉線（電線等）の周囲に比重 0.7 の雪が同心円状に 1m あたり 5kg 付着した状態に対し、平均風速 15m/s の風の圧力によって計算したもの

令和２年８月の電気設備の技術基準の解釈の改正により、送電鉄塔の主要な荷重である風圧荷重に平均風速 40m/s と地域別基本風速を比べて、大きい方の荷重を考慮することに見直しされた。送電線の経過地及び気象観測所の配置を下図に、周辺観測所における過去の最大風速（10 分間平均風速の最大値）を下表に示す。

当該地域における過去の平均風速の最大値は 29.7m/s であり、平均風速 40m/s を下回るため、令和２年８月の改正前と同様に平均風速 40m/s の風圧荷重を考慮することとしている。これは、強い台風による風の強さと同等である。

2. 送電鉄塔の耐震性評価について

(1) 送電設備の耐震性確保に関する基本的な考え方

送電鉄塔を含む送電設備の耐震性確保に関する基本的考え方については、兵庫県南部地震後の平成7年7月の中央防災会議において「防災基本計画」が決定され、それに基づいた「電気設備防災対策検討会」の報告書（以下、報告書）に、以下のとおり示されている。

【電気設備（送電設備）の確保すべき耐震性】

- A. 一般的な地震動に際し、個々の設備ごとの機能に重大な支障を生じないこと
- B. 高レベルの地震動に際しても、著しい（長期的かつ広範囲で）電力の供給に支障が生じることのないよう、代替性の確保、多重化等により総合的にシステムの機能が確保すること

(2) 現行の耐震基準（風圧荷重基準）の妥当性の評価

報告書では、兵庫県南部地震（以下、本地震）における被害状況を分析するとともに、理論的および実証的検討を行い、現行の耐震基準（風圧荷重基準）が、一般的な地震動及び高レベルの地震動に対して妥当なものと評価されている。

以下に、その概要を示す。

a. 理論的妥当性

一般的な地震動に関しては、現行の基準による鉄塔は、建築基準法の震度法によって地震荷重により解析した結果、地震荷重と鉄塔の応力比（地震荷重／風圧荷重）が1以下となり、200～300gal に対する耐震性を有すると評価されている。

また、高レベルの地震動に対しては、本地震にて観測された地震波形（水平方向 818gal および 585gal）を入力して動的解析を行った結果、鉄塔の各部材は弾性限界内にとどまり変形も発生しないことが確認されていることから、高レベルの地震動に対しても耐震性を有していることが評価されている。

b. 実証的妥当性

現行の基準による鉄塔は、本地震より過去の14回の大きな地震の震度6以上の地域において地震動による直接的な被害がなかったことから、一般的な地震動に対して十分な耐震性を有していると評価されている。

また、高レベルの地震動に対しても、本地震の地震動に対して鉄塔が倒壊し、送電不能となったものは特殊な構造※の1基のみであったことから、十分な耐震性を有していると評価されている。

※特殊な構造：一般的な鉄塔部材を交差させた構造（ブライヒ構造）ではない構造。

(3) 東北地方太平洋沖地震による被害を踏まえた耐震性の検討

電気設備地震対策ワーキンググループ報告書（原子力安全・保安部会電力安全小委員会、平成24年3月）において、平成23年3月11日に発生した東北地方太平洋沖地震では、倒壊・折損等の鉄塔被害が無かったこと、電力の供給支障を1週間程度でほぼ解消したことを踏まえ、現行の耐震性の考え方について変更の必要はないと評価されている。

2.1.3.6 近接区間の共倒れリスクの評価

泊発電所に接続する送電線の送電鉄塔については、敷地周辺の地盤変状による鉄塔基礎の安定性への影響を評価し、盛土の崩壊や地すべり、急傾斜地の崩壊に対して、鉄塔基礎の安定性に影響がないことを確認している。

近接区間①及び②については、近接している状況であることから、泊幹線・後志幹線の近接区間の鉄塔全基を対象として、新たに専門家による現地踏査と下記項目に基づく基礎安定性評価を行った。また、近接区間付近の気象状況について、専門家による文献調査および気象データの分析を行った。

調査・分析の結果は下表のとおりであり、地形影響による鉄塔倒壊・共倒れが発生するリスクは極めて低いと評価された。

評価項目	主な評価内容	評価の結果
地形評価	斜面形状（尾根、緩斜面など） 集水地形（谷状凹みなど） 斜面傾斜の急変 崖崩れ跡、地面の亀裂や段差	鉄塔のほとんどは安定した尾根の稜線上にあり、斜面崩壊の遠因とされる集水地形への立地はない
地質評価	土質（浸食に対する強度低下） 岩質（風化のしやすさ） 地層の傾斜方向（崖下方向か）	主に流紋岩、安山岩および石英閃緑岩といった堅硬な火成岩が分布しており、これら堅硬な地盤上に鉄塔基礎を設置している
表層評価	植生状況・樹木の曲がり 鉄塔の変形、基礎の傾斜	湧水や植生に異常はなく、また鉄塔部材の変形や基礎の傾斜なども見られない
気象状況	気象観測所による降水量データ 深層崩壊に関する文献調査	当該地域は『深層崩壊※1』が発生しやすい地域になく、『深層崩壊』が発生しやすいとされる連続降雨量400mm※2の実績はない

※1 出典：深層崩壊推定頻度マップ（独立行政法人 土木研究所・国土交通省砂防部監修）

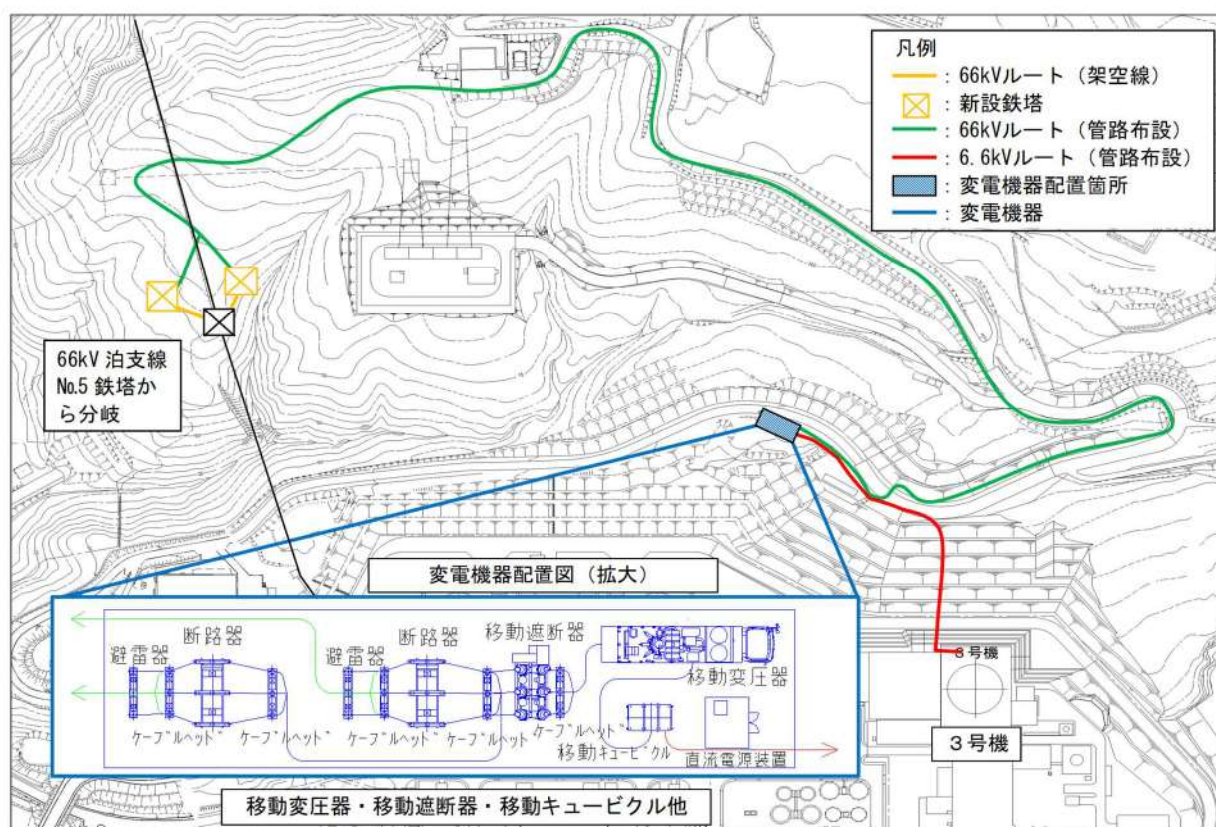
※2 出典：国土交通省ホームページ

2.1.3.6.1 (参考) 泊支線からの分岐によるルート確保（更なる信頼性向上対策1）

現状の泊発電所 3 号炉に対する電力供給は 275kV 送電線 2 ルートであるが、更なる信頼性向上対策として、66kV 泊支線を活用した電力供給ルートを常時確保した。

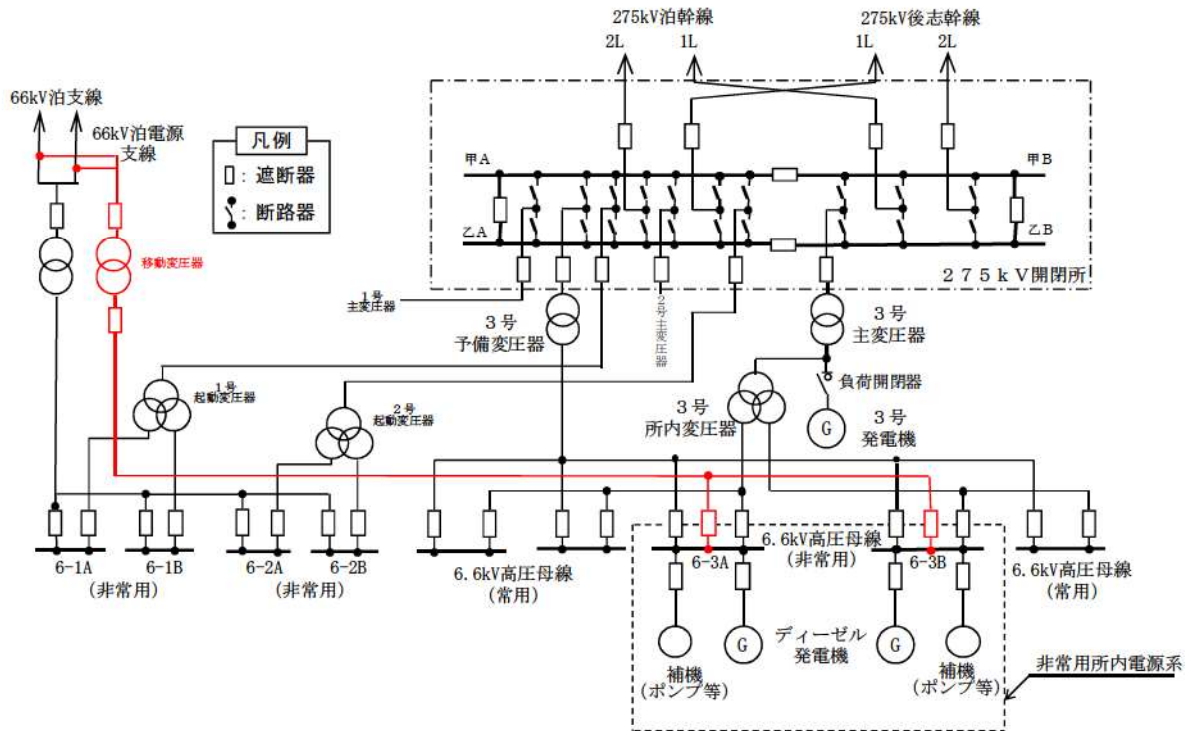
＜対策１－① 泊支線からの分岐によるルート確保＞

- 66kV ルート（管路布設）及び 6.6kV ルート（管路布設）の施工は、絶縁ケーブルを管路に布設し、一部を除き地中へ埋設する。
- 信頼性向上対策 1－②として実施する 66kV 泊支線から後備変圧器を介した泊発電所 3 号炉への接続工事が完了後、本対策により設置した設備は除却する。



配置図

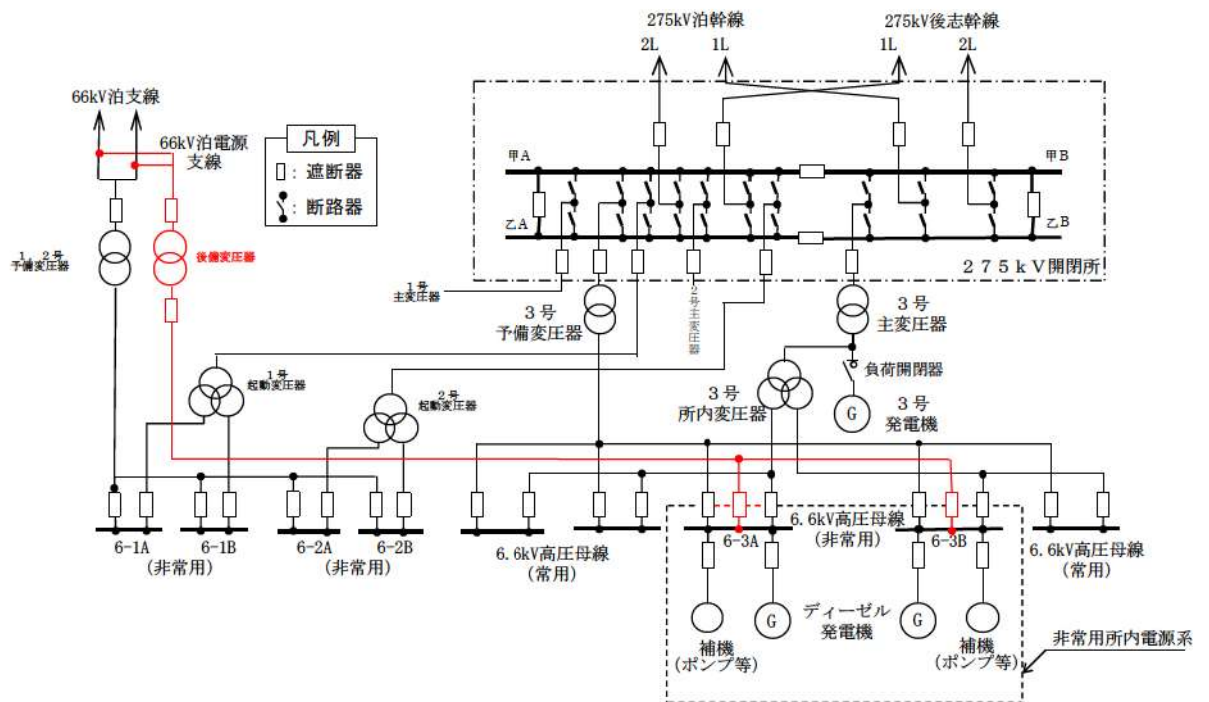
<対策1-① 泊支線からの分岐によるルート確保>



単線結線図

<対策1-② 後備変圧器からのルート確保>

単線結線図（後備変圧器を介した泊発電所3号炉への接続工事完了後）



2.1.3.6.2 (参考)275kV 送電線近接区間における鉄塔基礎強化（更なる信頼性向上対策2）

送電線近接区間については、共倒れリスクは極めて低いことから、現状において対策の必要性は無いと判断しているが、更なる信頼性向上対策として、鉄塔基礎の強化対策を実施した（平成26年11月工事完了）。

【対策箇所の選定条件】

斜面崩壊は尾根稜線方向には発生しないが、急斜面から徐々に斜面が崩落すると仮定し、尾根稜線の直角方向にある斜面の下方に、急斜面^{※3}が存在している箇所を抽出。抽出にあたっては斜面崩壊が発生しやすいとされる勾配 30° ^{※4}よりも安全側とし、斜面勾配 25° 以上を抽出。

【対策箇所の区分】

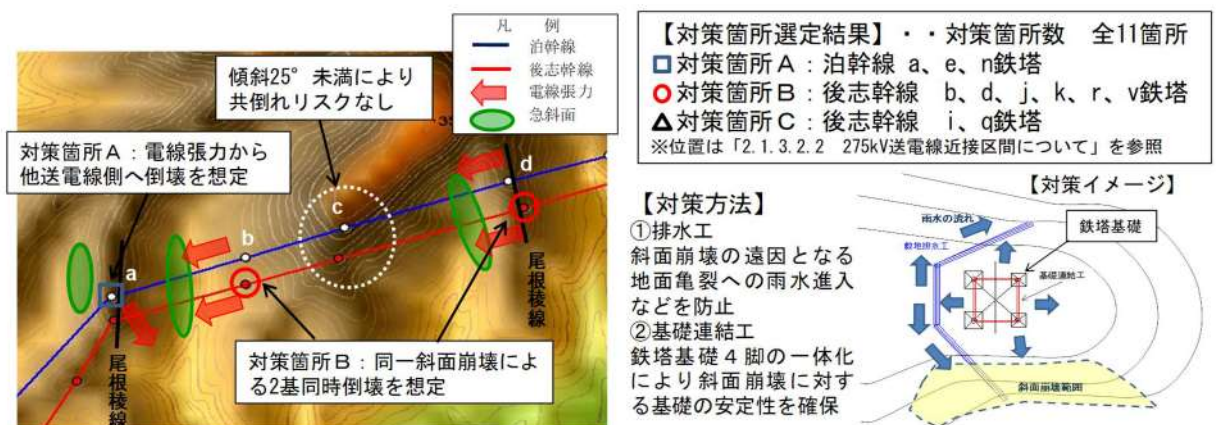
対策箇所A：選定条件を満たし斜面崩壊方向および鉄塔へ作用する電線張力方向から、他送電線側への倒壊が想定される箇所

対策箇所B：選定条件を満たし電線張力方向および同一斜面の崩壊によって2基同時倒壊が想定される箇所

対策箇所C：選定条件を満たし斜面崩壊による倒壊が想定される箇所

※3 出典：「急傾斜地の崩壊による災害の防止に関する法律」定義第2条『「急斜面」とは傾斜度が30度以上である土地をいう。』

※4 出典：日本道路協会編『道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成21年度版）』 P.313によれば、斜面崩壊の約95%が30°以上の斜面で発生しているとされる。



2.1.3.7 送電線の信頼性向上対策

送電鉄塔については、電気設備の技術基準に基づく風圧荷重等、各種設定荷重に対し、所定の強度を有するよう施設している。また、過去に発生した設備の被害状況を踏まえて、更に着雪荷重も考慮することにより強風時も含め信頼性を高めている。

(1) 強風対策

送電鉄塔の設計にあたっては、電気設備の技術基準に定められている風圧荷重（平均風速 40m/s）を鉄塔規模（高さ）に応じた設計風圧値の逡増を考慮し設定している。また、風圧荷重よりも大きな着雪荷重にも耐えうるよう設計を行うことにより、電気設備の技術基準に定められている風圧荷重を上回る強風にも耐えうる設計としている。

(2) 着雪対策

昭和 47 年に発生した電線着雪による稚内線での鉄塔倒壊を踏まえ、北海道電力ネットワーク株式会社独自の着雪荷重も考慮することとしている。泊発電所へ接続される送電鉄塔は以下の着雪荷重を考慮して設計されている。

- ・風速 15m/s
- ・送電線の周囲に比重 0.7 の雪が同心円状に 1m あたり 5kg 付着

また、電線に対しては以下の着雪対策を実施している。

➤ 難着雪リング

電線に一定の等間隔で取り付けることにより、着雪の電線のより方向への回転成長を途中で寸断し、筒雪・重着雪への発達を抑制させる。



難着雪リング

➤ 相間スパーサ

ギャロッピングによる短絡事故の防止を目的として適用されているが、電線の捻れ剛性（捻れにくさ）を増加させる効果もあり、着雪による電線の捻れを防止することで、同一方向に着雪させて自重で落下させるもの。電線の回転による着雪成長の抑制効果がある。

➤ 素導体スパーサ

多導体送電線において、導体同士の接触による損傷を防止するために、スパーサを一定間隔で取り付けているが、スパーサの取付部により導体が固定されるため、電線の捻れ剛性を増加させる効果もあり、相間スパーサと同様電線の回転による着雪成長の抑制効果がある。



相間スパーサ



素導体スパーサ

2.1.3.7.1 (参考) 送電線における信頼性向上の取組み

送電線における更なる信頼性向上の取組みは、以下のとおりである。

(1) 設備対策面

項目	電気設備の技術基準（解釈）	更なる信頼性向上の取組	備 考
地震	支持物の倒壊防止として平均風速 40m／秒が連続している場合の風圧荷重を考慮すれば、地震による振動・衝撃荷重に対して安全性が確保できるとされている。	○鉄塔基礎の安定性評価および長期的な安定性の確認（追加の地質調査） ○長幹支持がいしの免震対策（66kV 以下）	・東北地方太平洋沖地震を受けての対応
風雪	降雪地域の場合は、電線周囲の被氷を考慮 ➤対象着氷雪・・・雨水（厚さ 6 mm, 密度 0.9g/m ³ ）	○技術基準の適合に加え、自主保安として北海道電力ネットワーク株式会社着雪設計を取り入れ昭和 48 年以降の鉄塔設計に反映。 ○電線の難着雪化など着雪対策の導入 ○着雪，強風対策として，難着雪リング，素導体スペーサ，相間スペーサの設置	・昭和 47 年に発生した電線着雪による稚内線での鉄塔倒壊

(2) 保守管理面

電気工作物が常に技術基準に適合するよう維持すること及び事故の未然防止を図ることを目的として、それぞれの設備実態等に応じて計画を作成し、以下の頻度による巡視，点検を実施している。また、送電線事故発生時，風雪害，雷害，洪水などの異常気象が発生又は発生が予想される場合，事故発生の未然防止のため，臨時巡視を実施している。

【巡視】

普通巡視（ヘルコプター又は徒歩）：2 回／年（年 1 回以上，徒歩により巡視点検を行う）

臨時巡視（送電線事故時・異常気象など）：必要の都度

【点検】

定期点検：1 回／10 年

臨時点検：必要の都度

2.1.3.7.2 (参考) 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性

(1) 送電線の碍子の耐震性

泊発電所につながる送電線のうち支持碍子が設置されていた鉄塔については、可とう性を有する碍子へ取り替えを実施した。



可とう性のある懸垂碍子

(2) 変電所及び開閉所の遮断器等の耐震性について

「変電所等における電気機器の耐震設計指針(JEAG5003)」に基づいて設計を行っている。



西野変電所

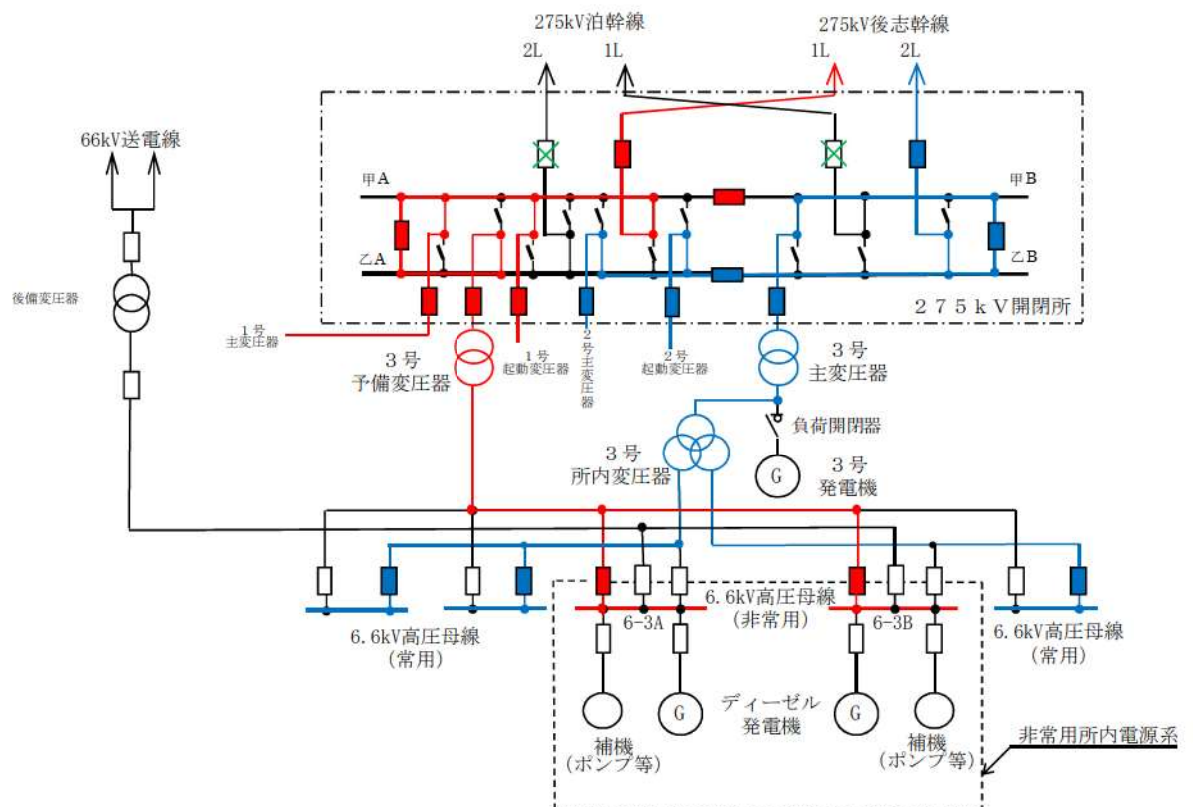


西双葉開閉所

2.1.4 複数号炉を設置する場合における電源の確保

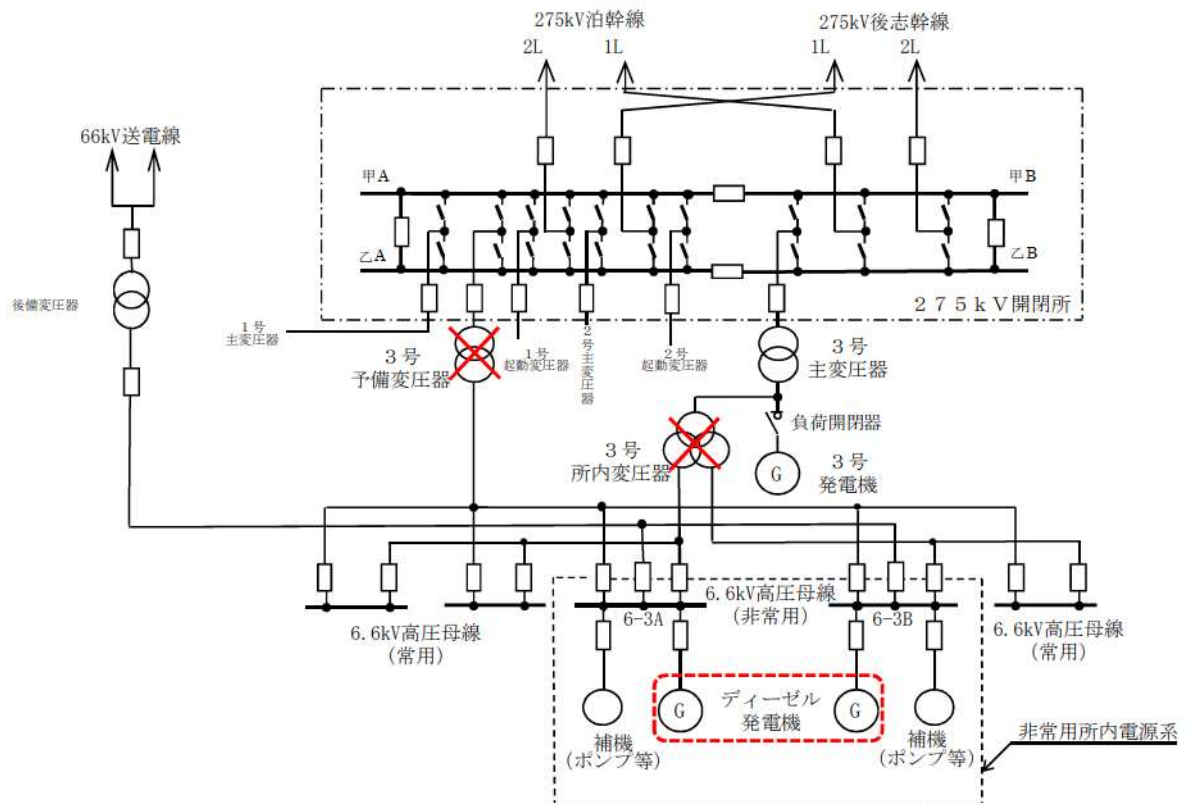
2.1.4.1 2回線喪失時の電力供給継続

泊発電所に接続する 275kV 送電線及び 66kV 送電線は 1 回線で 3 号炉の原子炉の停止に必要な電力を受電し得る容量があり、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構成とする。



(1) 275kV 泊幹線 2 回線喪失時の電力供給

変圧器多重故障などにより 275kV 送電線 4 回線が喪失した場合は、原子炉を安全に停止するために必要な所内電力は、ディーゼル発電機から受電する。また、66kV 送電線が健全であれば、66kV 送電線からも受電できる。



変圧器多重故障による外部電源喪失時の電力供給

2.1.4.3 外部電源受電設備の設備容量について

主に送電目的として設置されている 275kV 系統は、発電所事故時等において外部受電も可能である。非常用母線の受電は、予備変圧器からの受電、又は発電機負荷開閉装置を開放し主変圧器を経由し所内変圧器からの受電を行うことができる。

受電を目的として設置されている 66kV 系統は、後備変圧器から非常用母線に受電を行うことができる設計とする。

それぞれの送電線及び変圧器は、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。

(必要容量)		(単位：MVA)								
非常用 ディーゼル 発電機容量	号炉 片系容量	275kV 系統						66kV 系統		
		泊幹線（2回線）			後志幹線（2回線）			66kV 送電線（2回線）		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3
		5.925	5.925	7.000	5.925	5.925	7.000	5.925	5.925	7.000
必要容量		18.85			18.85			18.85		

(設備容量)		(単位：MVA)				
送電線容量		泊幹線（2回線）		後志幹線（2回線）		66kV 送電線（2回線）
		1,529MW ^{*1} 1,609／回線		1,578MW ^{*1} 1,661／回線		35MW ^{*1} 36.8／回線
変圧器容量		起動変圧器 （1号用）	起動変圧器 （2号用）	所内変圧器 （3号用）	予備変圧器 （3号用）	後備変圧器
		40	40	72	30	40

* 1：設置許可添付八で MW 表記，力率 0.95 で MVA に換算した。

2.1.4.4 開閉所

275kV 開閉所の基礎は岩着している。なお、1.0Ci の地震力に対し十分な安全性を確保しており、耐震クラスCを満足している。また、開閉所基礎コンクリート、周辺法面等について、定期的な点検を行い、有害な欠陥がないことを確認している。

発電所内の 275kV 開閉所及び送受電設備に使用する碍子は耐震性の高い懸垂碍子を使用しており、遮断器等は耐震クラスCを満足するSF6ガス絶縁開閉装置（GIS）を使用している。津波による影響に対しては、275kV 開閉所の設置高さが標高約 85m であるため問題ない。また、塩害を受けにくいよう、ブッシングは遮風建屋内に設置し、ポリマー碍管を採用している。



開閉所 275kV ガス絶縁開閉装置

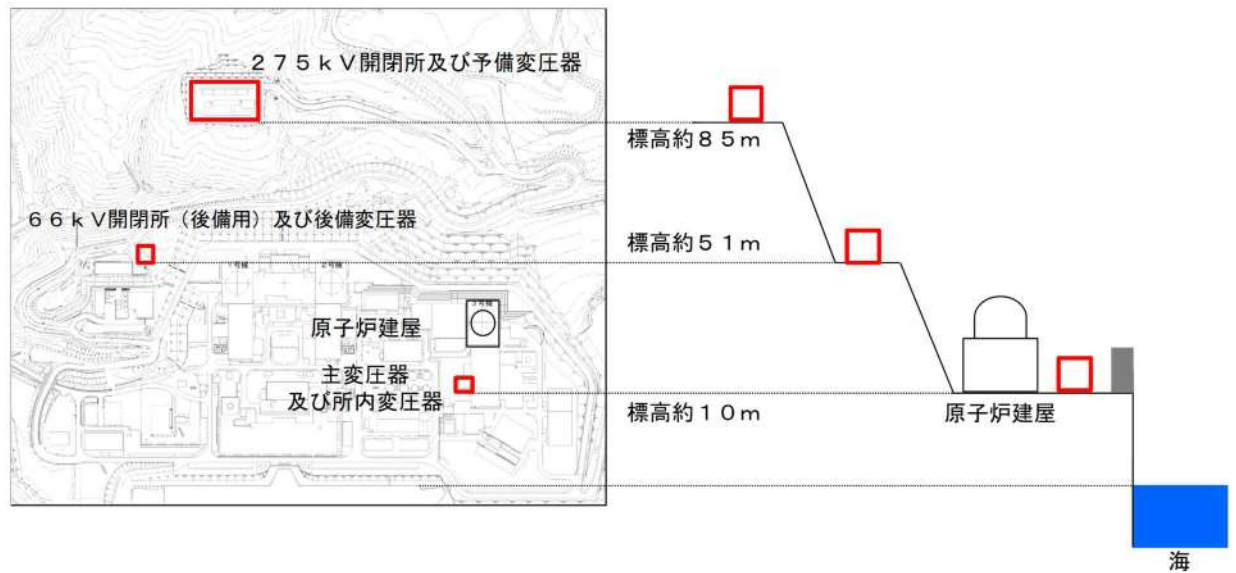
66kV 開閉所（後備用）は、津波の影響を受けない標高約 51m に基礎が岩着となるように、また、遮断器は、耐震クラスCを満足するSF6ガス絶縁開閉装置（GIS）を使用し送電線の引き込みは塩害を受けにくいようケーブル引き込みとする設計とする。

泊発電所の開閉所の配置は以下のとおりである。

275kV 開閉所は、標高約 85m の高所に設置している。

66kV 開閉所（後備用）は、標高約 51m の高所に設置する設計としている。

なお、3号機主変圧器及び所内変圧器は、基準津波より高い防潮堤内に設置している。



2.1.4.4.1 開閉所設備等の耐震性評価について

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）

(1) 泊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

泊発電所における、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 3 m/s^2 の共振正弦 3 波（地表面への 3 m/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、 5 m/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。裕度が 1.0 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。

*：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

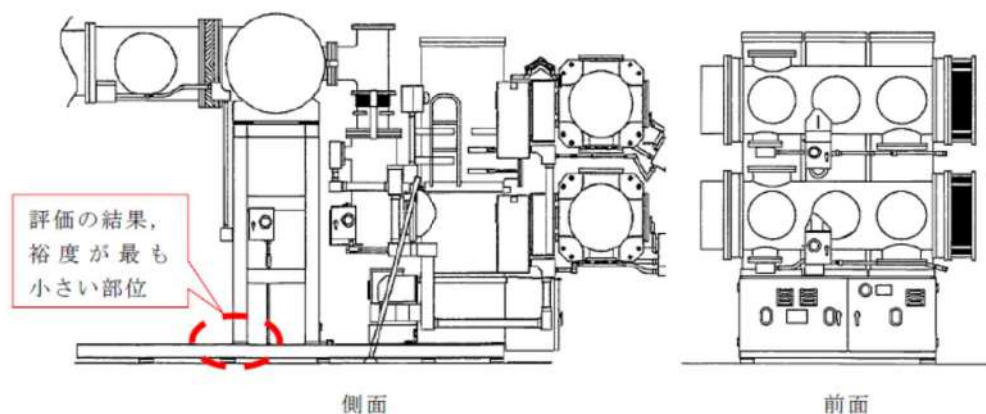
(4) 耐震性評価結果

評価の結果、泊発電所における評価対象設備について、下表のとおり裕度を満足しており、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。

なお、66kV 開閉所（後備用）及び後備変圧器の設置又は機器の構造変更を行う場合は、本評価手法による機器の設計上の裕度を満足する設計とする。

開閉所設備の評価結果

発電所	号機	電圧階級	仕様	裕度	評価部位
泊発電所	1～3号機	275kV	G I S	1.93	G I S 支持架台部

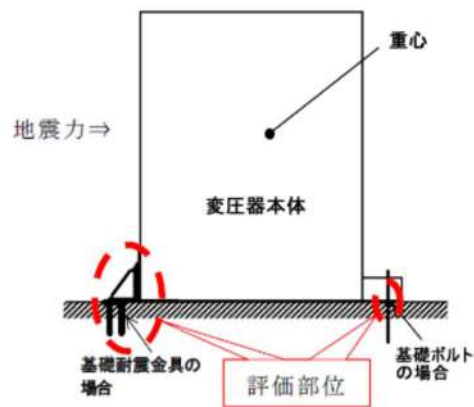


275kV G I S の最小裕度部位

変圧器設備の評価結果

発電所	号機	電圧	変圧器名称	裕度	評価部位
泊発電所	3号機	275/21kV	主変圧器／ 所内変圧器※	1.82	基礎耐震金具部
		21/6.9kV			
		280/6.9kV	予備変圧器	7.94	基礎耐震金具部

※3号機主変圧器，所内変圧器は一体型である。



変圧器評価の概念図

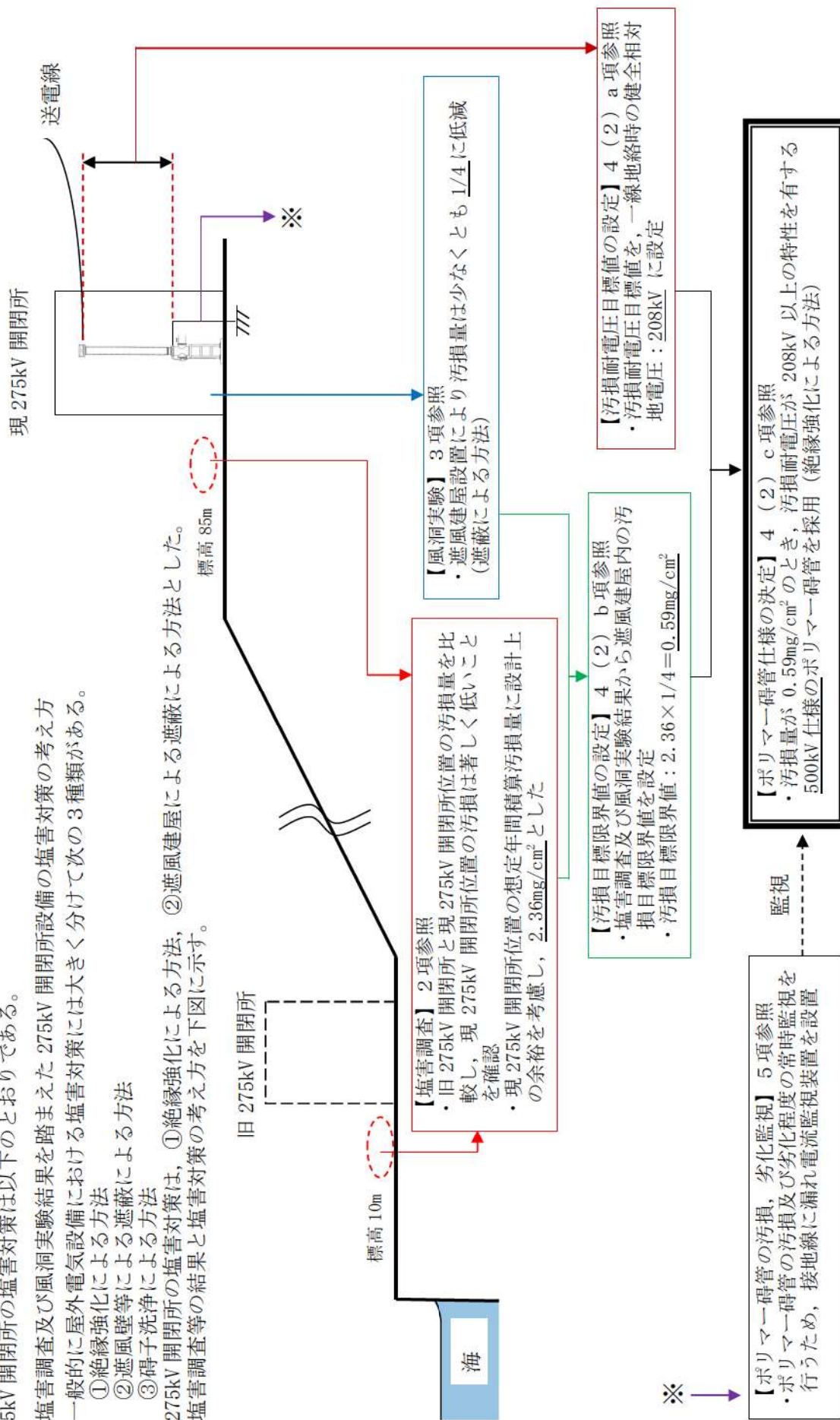
2.1.4.4.2 275kV 開閉所の塩害対策について

275kV 開閉所の塩害対策は以下のとおりである。

1. 塩害調査及び風洞実験結果を踏まえた 275kV 開閉所設備の塩害対策の考え方
一般的に屋外電気設備における塩害対策には大きく分けて次の 3 種類がある。

- ①絶縁強化による方法
- ②遮風壁等による遮蔽による方法
- ③碍子洗浄による方法

275kV 開閉所の塩害対策は、①絶縁強化による方法、②遮風建屋による遮蔽による方法とした。
塩害調査等の結果と塩害対策の考え方を下図に示す。



塩害調査等の結果と塩害対策の考え方

2. 塩害調査について

(1) 時期

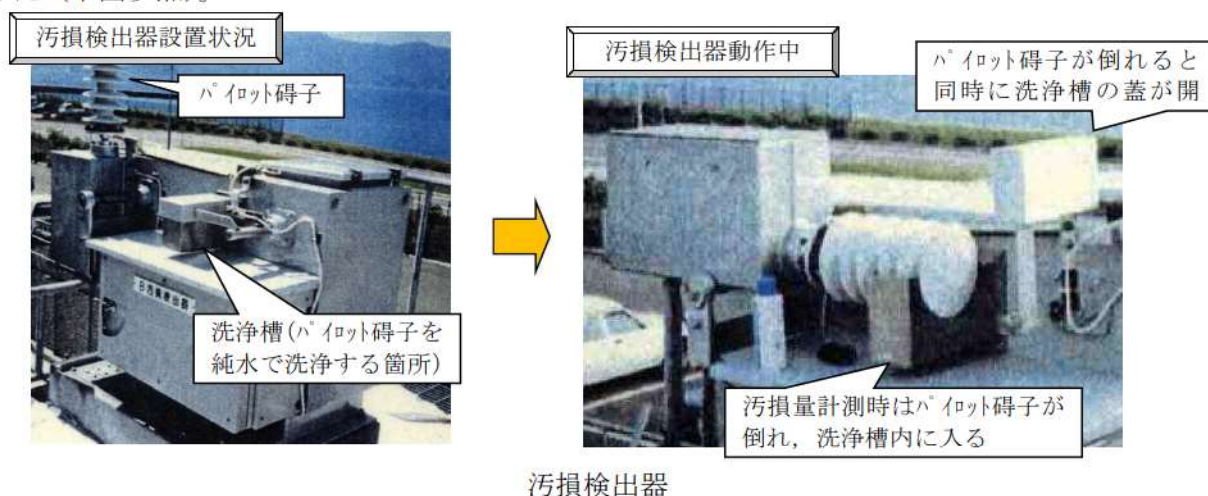
平成9年12月～平成11年2月

(2) 目的

旧 275kV 開閉所及び現 275kV 開閉所位置の汚損量の比較並びに現 275kV 開閉所位置の想定年間積算汚損量の設定

(3) 内容

調査場所に汚損検出器を設置し、汚損量測定用碍子（以下、「パイロット碍子」という。）に付着した塩分等の汚損を純水で超音波洗浄し、その洗浄水の導電率を計測することで、汚損量を求めた（下図参照）。



(4) 調査結果

代表例として、旧 275kV 開閉所位置（標高 10m）と現 275kV 開閉所位置（標高 85m）それぞれの月最大積算汚損量であったデータを示す。両者を比較して低減率を算出すると次のようになる。

塩害調査結果の代表例（冬季）

	①旧 275kV 開閉所位置の汚損量	②現 275kV 開閉所位置の汚損量	低減率(%)	備考
平成10年12月	5.516 mg/cm ²	0.178 mg/cm ²	3.2	②の最大月
平成11年2月	5.564 mg/cm ²	0.145 mg/cm ²	2.6	①の最大月

上記の表のように、特に汚損量の多い冬季において、現 275kV 開閉所位置は旧 275kV 開閉所に比べて著しく塩害の影響が少ないことが分かった。具体的には、旧 275kV 開閉所汚損量の3%程度の汚損量との評価結果であった。

一方、気候が穏やかな夏季については、旧 275kV 開閉所位置も現 275kV 開閉所位置も有意な汚損は見られていない。一例として、旧 275kV 開閉所及び現 275kV 開閉所位置ともに月最小積算汚損量であったデータを下表に示す。

塩害調査結果の代表例（夏季）

	①旧開閉所位置の汚損量	②現開閉所位置の汚損量	備考
平成10年8月	0.008 mg/cm ²	0.005 mg/cm ²	①②とも最小月

(5) 現 275kV 開閉所位置の汚損量推定

旧 275kV 開閉所及び現 275kV 開閉所位置の汚損量データの比較から、想定年間積算汚損量を求めると 1.573mg/cm² となるが、これに設計裕度 150%を見込み、現 275kV 開閉所位置における想定年間積算汚損量を 2.36 mg/cm² とした。

3. 風洞実験について

(1) 時期

平成 11 年 10 月～平成 12 年 3 月

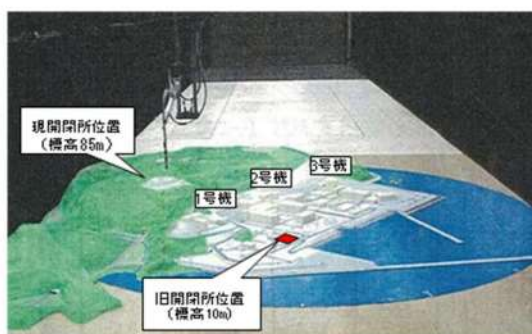
(2) 目的

遮風建屋形状を決めるための汚損量低減効果の確認

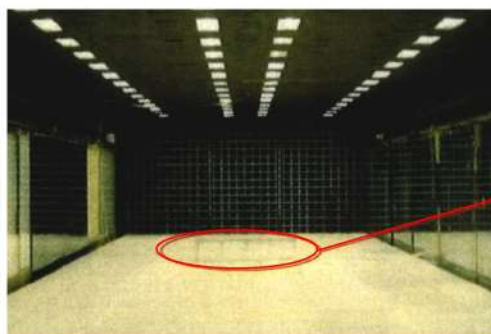
(3) 内容

泊発電所の地形模型を用いて、現開閉所位置の風況を確認した。

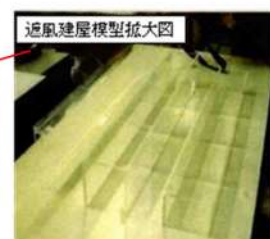
その結果を踏まえ、異なる形状（屋根の有無等）の複数の遮風建屋模型を用いて、汚損量低減効果を確認した（下図参照）。



地形模型



遮風建屋模型



風洞実験の様子

(4) 実験結果

異なる遮風建屋形状（屋根の有無等）の効果を確認するため、下表に示す4つの遮風建屋模型（アクリル製）を用いて風洞実験を実施した。風洞実験は、風洞入口部で塩分等を模擬した粒子を発生させ、遮風建屋模型内外の粒子量を計測し、比較することで遮風建屋による汚損量低減効果を確認した。

遮風建屋模型

モデル	特 徴
A	屋根付き、遮風建屋の高さ 16.7m
B	屋根なし、遮風建屋の高さ 9.2m
C	屋根なし、遮風建屋の高さ 13.7m
D	屋根付き、天井にフィン付き、遮風建屋の高さ 16.7m

(5) 遮風建屋構造の決定

風洞実験の結果から、モデルAが最も構造上有利であることを確認した。モデルAの場合、遮風建屋を設置した場合、しない場合に比べて、汚損量は少なくとも 1/4 に低減 されることが分った。

4. 現 275kV 開閉所設備仕様の決定について

(1) 現 275kV 開閉所仕様について

塩害調査結果から、現 275kV 開閉所位置は旧 275kV 開閉所に比べて著しく塩害の影響が小さいことが分ったが、さらに汚損低減効果がある屋根付き遮風建屋を設置した。

送電線との接続部には耐汚損特性に優れ軽量で耐震上も有利であるポリマー碍管を採用した(下図参照)。



遮風建屋

ポリマー碍管 (遮風建屋内)

275kV 開閉所

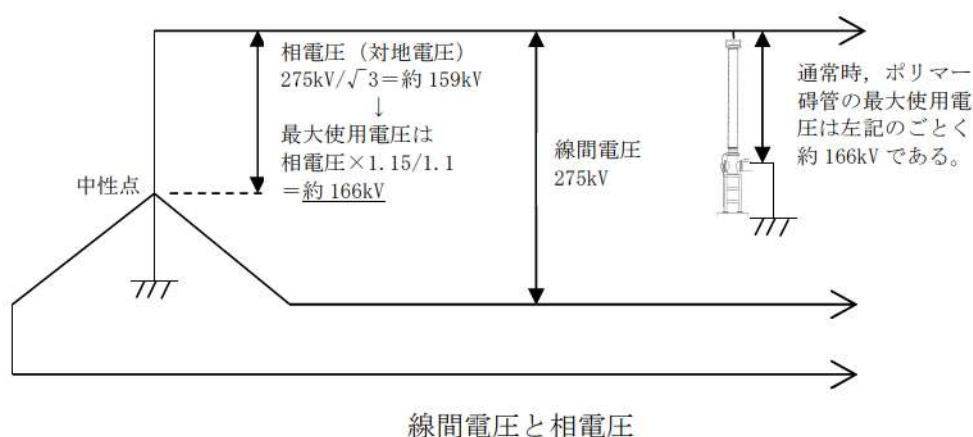
(2) ポリマー碍管仕様の決定

a. 汚損耐電圧目標値

ポリマー碍管仕様決定に必要な汚損耐電圧目標値は、一線地絡時の健全相対地電圧 E (1LG) 208kV とした (下図参照)。

$$E(1LG) = \underbrace{E(N)}_{\text{相電圧 (約 159kV)}} \div \underbrace{\sqrt{3}}_{\text{最大使用電圧}} \times \underbrace{1.15/1.1}_{\text{電圧上昇係数}} \times \underbrace{k}_{\text{電圧上昇係数}} = \underline{208kV}$$

ここで、 $E(1LG)$: 一線地絡時の健全相対地電圧
 $E(N)$: 系統公称電圧 (275kV)
 k : 電圧上昇係数 (1.25)

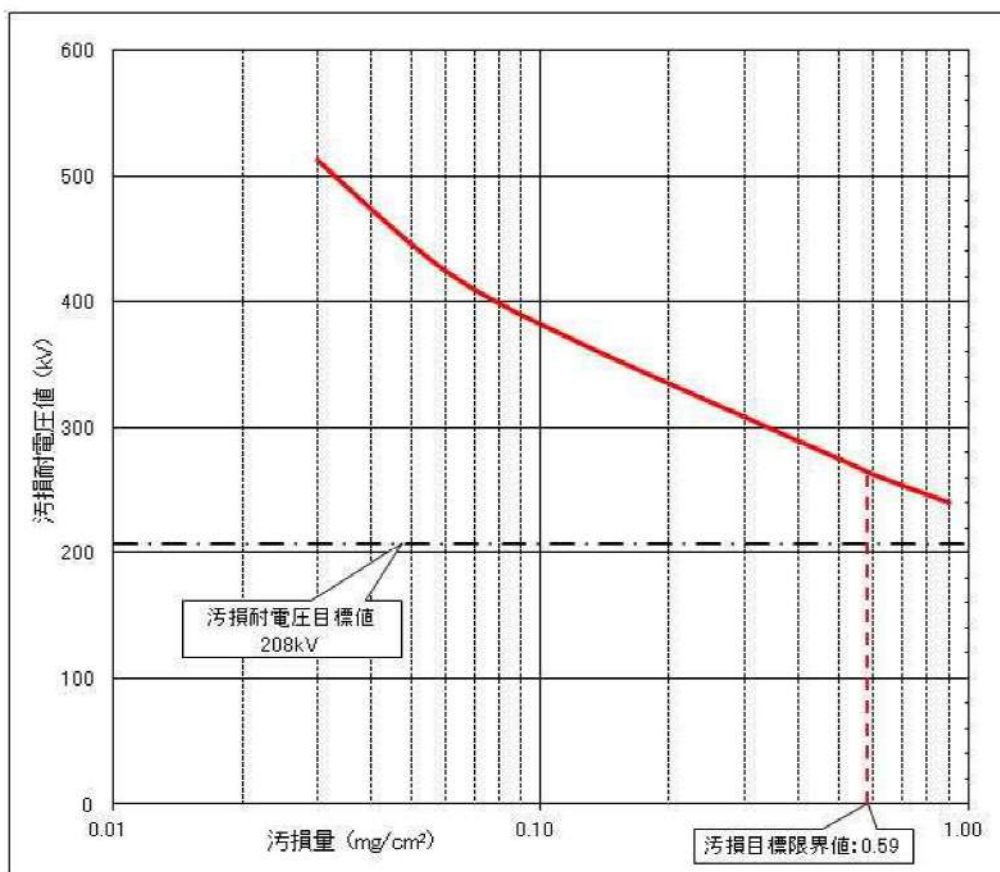


b. 汚損目標限界値

ポリマー罫管仕様決定に必要な汚損目標限界値は、塩害調査結果から求めた想定年間積算汚損量 2.36 mg/cm^2 に遮風建屋による低減効果 $1/4$ を乗じた値： 0.59 mg/cm^2 とした。

c. ポリマー罫管仕様の決定

ポリマー罫管を年1回は清掃することとし、汚損量が汚損目標限界値である 0.59 mg/cm^2 のときの汚損耐電圧が 208kV を上回る 500kV 仕様のポリマー罫管を選定した（下図参照）。



ポリマー罫管の汚損耐電圧特性

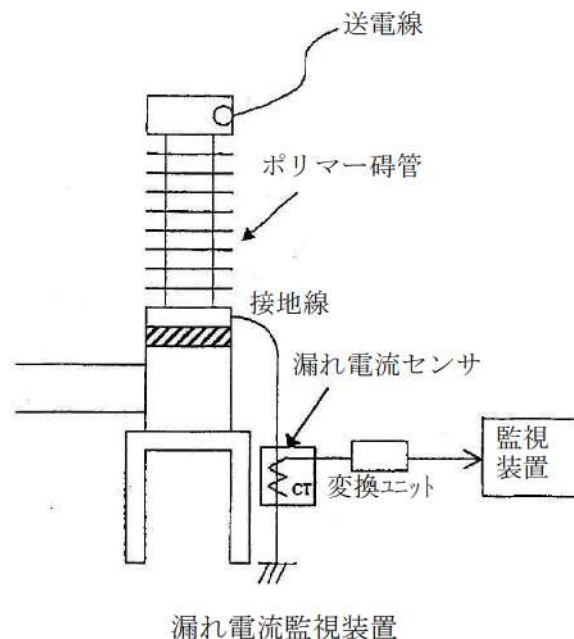
5. ポリマー罫管の汚損，劣化監視のための漏れ電流監視装置について

(1) 設置目的

ポリマー罫管の汚損，劣化が進行すると，漏れ電流が増加し，地絡事故に至る。ポリマー罫管の汚損及び劣化程度の常時監視を行うため，漏れ電流監視装置を設置した。

(2) 漏れ電流監視装置概要

ポリマー罫管の接地線に漏れ電流センサ（CT）を設置し，漏れ電流の増加の有無を常時監視する。装置構成概要を下図に示す。



(3) 監視方法について

一般的に，地絡事故の前兆としては 100mA 程度の漏れ電流が観測される。これを踏まえ，本装置では安全側に 100mA の 1/10 の 10mA が計測されると，警報を発信するよう設定した。

警報発信の際は，送電線を停電し，ポリマー罫管の清掃を実施する。

6. ポリマー罫管の汚損状況について

(1) 漏れ電流監視実績について

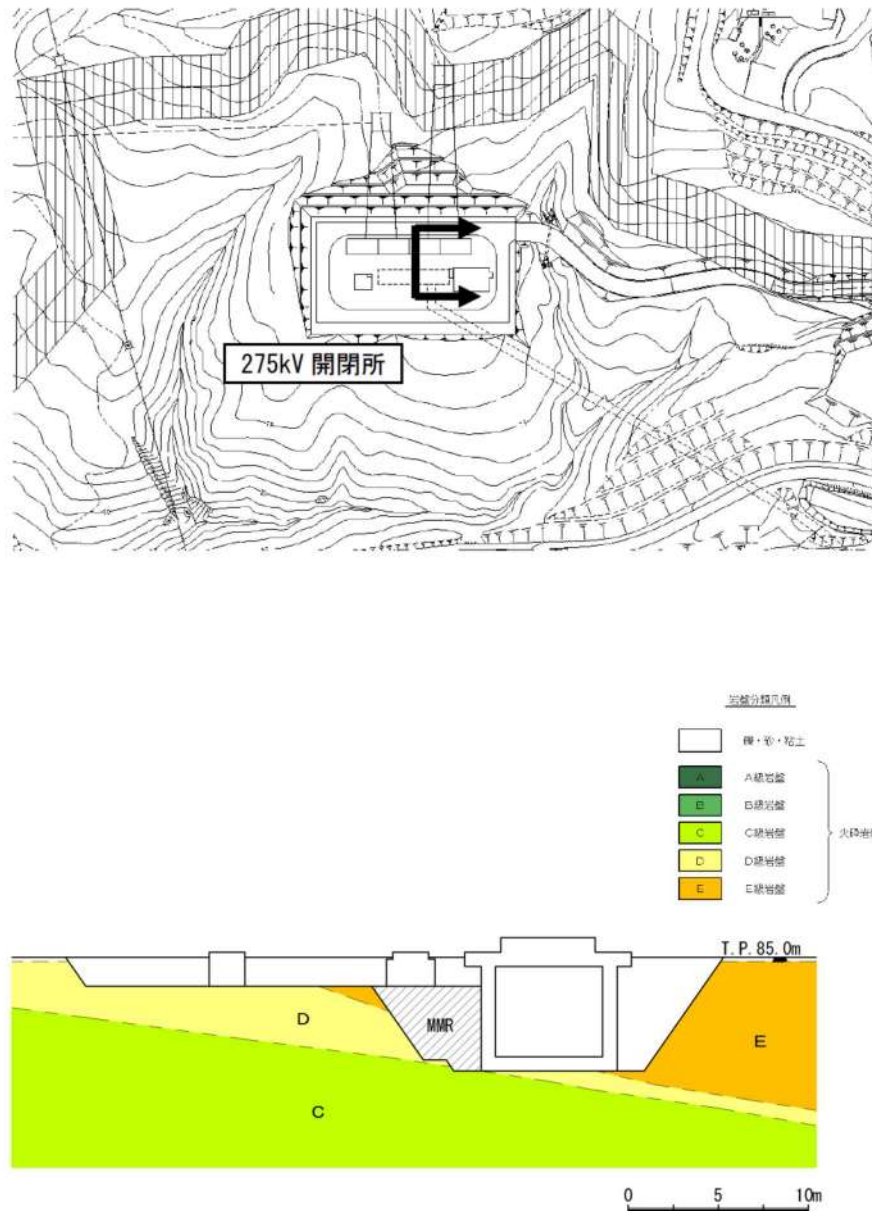
平成 19 年 10 月のポリマー罫管使用開始以降，ポリマー罫管の漏れ電流の計測結果は 0.1mA 程度が継続しており，汚損，劣化の兆候は見られていない。

(2) 汚損状況について

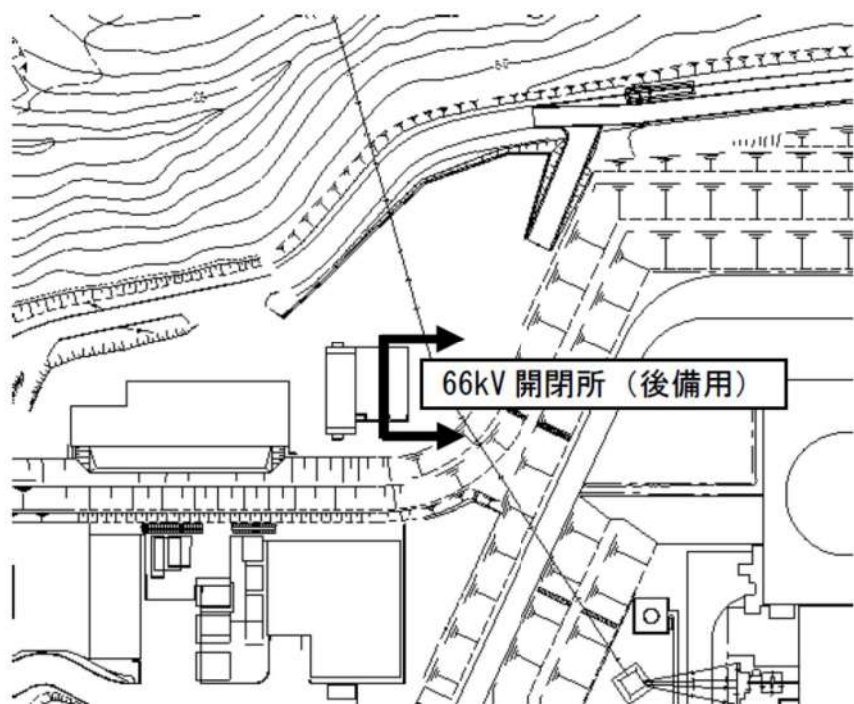
ポリマー罫管の清掃は 3 年ごとに実施しており，清掃に合わせてポリマー罫管の汚損量測定を実施したが，現時点において著しい汚損は確認されていない。

2.1.4.4.3 開閉所の耐震安定性について

275kV 開閉所の基礎が岩着していること、また、66kV 開閉所（後備用）も基礎が岩着となるよう設計していることから、機器に支障を与えるような地盤の不等沈下又は傾斜が生じることはない。



275kV 開閉所の地盤



66kV 開閉所（後備用）の地盤

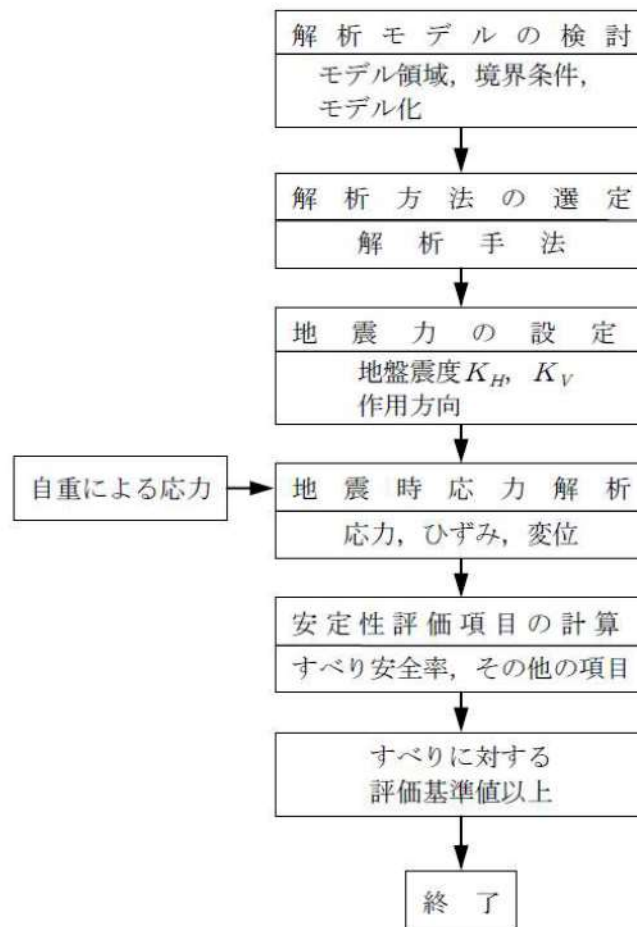
(補足) 開閉所の地盤及び斜面の安定性評価

1. 275kV 開閉所の地盤及び斜面の安定性評価

(1) 評価方法

275kV 開閉所は、耐震Cクラスであることから、275kV 開閉所の基礎地盤及び周辺斜面についても耐震Cクラス相当の地震力に対する安定性評価を実施する。

耐震Cクラスの基礎地盤及び周辺斜面に対する安定性評価方法として、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987 (日本電気協会)」(以下、「JEAG4601-1987」という。)を参照し、原子炉建屋基礎地盤及び原子炉建屋周辺斜面に対して静的解析による検討を実施する場合の評価方法を用いる。



静的解析による基礎地盤及び周辺斜面安定性評価フロー (JEAG4601-1987 (抜粋))

評価用地震力は、275kV 開閉所が原子炉建屋等が設置される発電所敷地 T.P. 10m 盤の周辺斜面に相当する位置に設置されていることを考慮し、JEAG4601-1987 における原子炉建屋周辺斜面に対する静的検討に用いる地震力の記載に基づき、水平震度 $K_H=0.3$ 、鉛直震度 $K_V=0.15$ と設定し、安定性評価フローに基づき、想定すべり面におけるすべり安全率がすべりに対する評価基準値 1.5 を上回ることを確認する。

【JEAG4601-1987（抜粋）】

第4章 地盤の安定性評価及び土木構造物の耐震設計

4.3 原子炉建屋周辺斜面

4.3.2 設計用地震力

(1) 静的検討に用いる地震力

静的な耐震評価に用いる地震力は、原則として次式によるか、あるいは基準地震動 S_2 に基づき地盤の震動特性を考慮して求めた等価震度によるものとする。

$$K_H = n_1 \cdot n_2 \cdot K_0 \dots\dots\dots (4.3.2-1)$$

K_0 : 標準設計震度であり、0.2とする。

n_1 : 地域による補正係数であり、1.0とする。

n_2 : 地盤条件、斜面形状等による応答に関する割増係数であり、一般的には1.5とする。

また、原則として、鉛直震度は水平震度の1/2の値を震度として、同時に不利な方向に作用させる。

4.3.4 安定性の評価

(2) 評価基準値

⇒ $K_H=0.3$, $K_V=0.15$

表4.3.4-1 原子炉建屋周辺斜面のすべりに対する評価基準値⁽¹⁾

すべり面法	静的解析	動的解析
1.5	1.5	1.2

注：(1) すべり安全率に対する周辺斜面の耐震性評価の目安としての値である。

なお、「耐震設計に係る工認審査ガイド」によると、耐震Cクラスの土木構造物に対する設計用地震力は、静的地震力として水平震度 $K_H=1.0 \times C_i^*=0.2$ （鉛直震度は考慮しない）と設定されることから、今回設定した評価用地震力（水平震度 $K_H=0.3$ 、鉛直震度 $K_V=0.15$ ）は、耐震Cクラス相当の安定性評価のための地震力として十分保守的であると判断される。

* C_i : 地震層せん断力係数（=0.2）

【耐震設計に係る工認審査ガイド（抜粋）】

2.3 設計用地震力の算定

(4) 具体的な地震力は、以下によること。

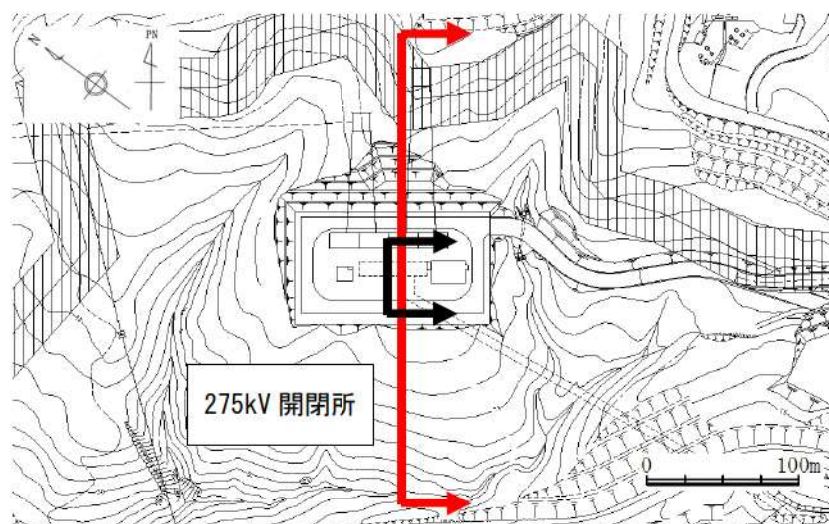
① 建物・構築物

耐震設計上の重要度分類	建物・構築物			
	静的地震力		動的地震力	
	水平	鉛直	水平	鉛直
S	$Kh(3.0C_i)^{(1)}$	$Kv(1.0C_v)^{(2)}$	$Kh(Ss)^{(3)}$ $Kh(Sd)^{(4)}$	$Kv(Ss)^{(5)}$ $Kv(Sd)^{(6)}$
B	$Kh(1.5C_i)$	—	$Kh(Sd/2)^{(7)(9)}$	$Kv(Sd/2)^{(8)(9)}$
C	$Kh(1.0C_i)$	—	— ⁽⁹⁾	— ⁽⁹⁾

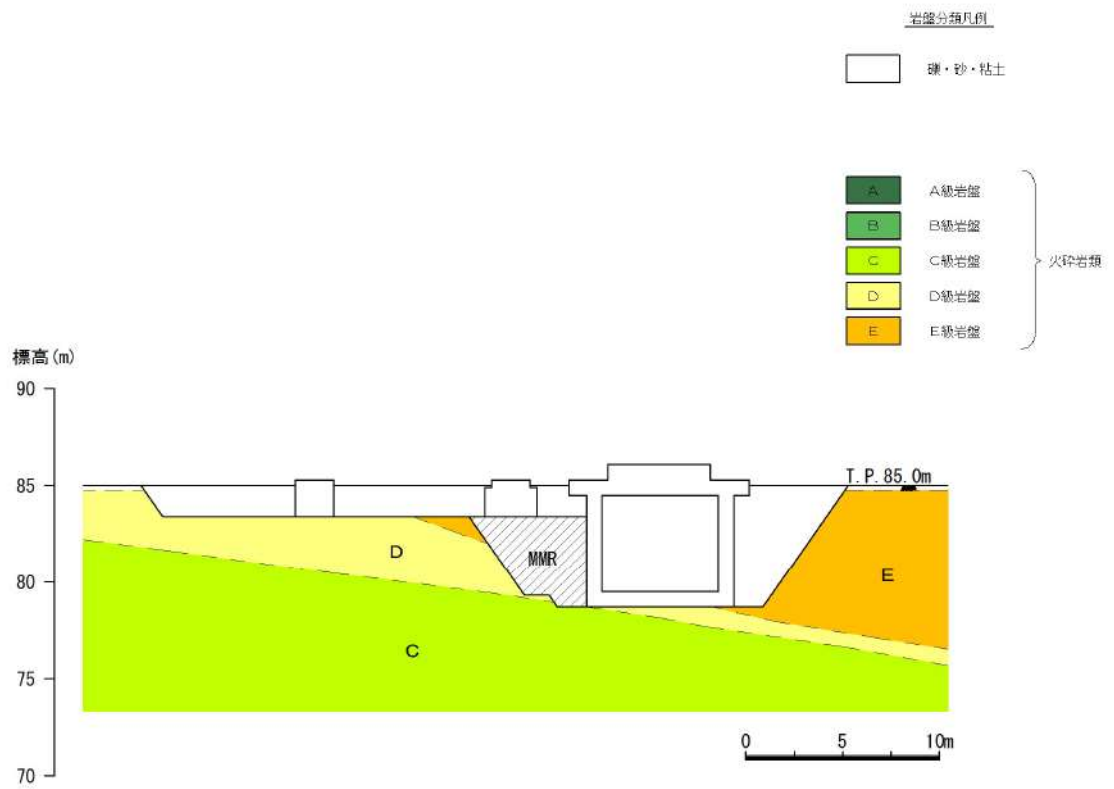
③ 土木構築物

a) 土木構築物の静的地震力は、JEAG4601の規定を参考に、Cクラスの建物・構築物に適用される静的地震力を考慮していること。

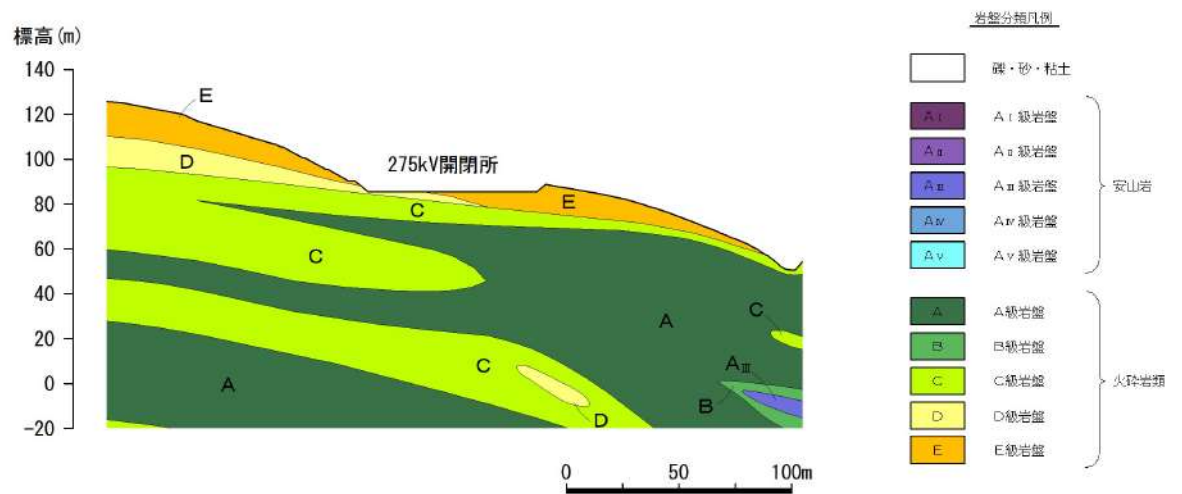
275kV 開閉所の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に当たっては、斜面の高さ・勾配及び斜面の地質・地質構造を考慮し、以下に示す周辺斜面高さが最も大きい赤字矢視の断面（275kV 開閉所を通る海山方向断面）を評価断面として選定し、二次元有限要素法による静的解析を実施する。



275kV 開閉所位置図



275kV 開閉所断面図（鉛直岩盤分類図）〈黒字矢視〉



}

火砕岩類

275kV 開閉所安定性評価断面図（鉛直岩盤分類図）〈赤字矢視〉

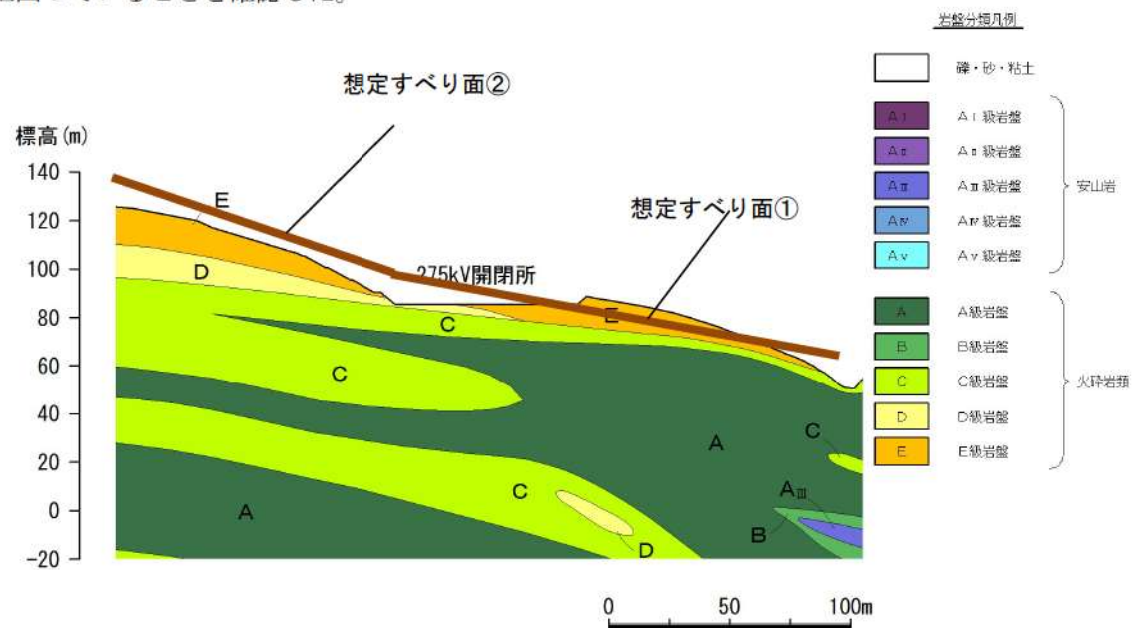
解析用物性値

岩種・ 岩盤分類		物理特性	強度特性			静的特性	
		密度 ρ (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦 角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s
安山岩	A _I 級	2.67	2.42	47.2	$2.01 \sigma^{0.64}$	11.9	0.25
	A _{II} 級	2.64	2.26	51.2	$2.21 \sigma^{0.61}$	2.7	0.23
	A _{III} 級	2.62					
	A _{IV} 級	2.43	0.17	26.7	$\sigma \leq 0.13, \sigma \geq 0.62$ $\tau = 0.60 \sigma^{0.46}$ $0.13 < \sigma < 0.62$ $\tau = 0.17 + \sigma \tan 26.7^\circ$	0.012	0.35
	A _V 級	1.80					
火砕岩類	A級	2.2	2.17	51.0	$2.26 \sigma^{0.63}$	6.1	0.25
	B級	2.1	1.61	46.9	$1.94 \sigma^{0.62}$	2.8	0.25
	C級	1.9	0.57	46.3	$1.23 \sigma^{0.76}$	0.94	0.25
	D級	1.9	0.49	34.1	$0.86 \sigma^{0.51}$	0.64	0.30
	E級	1.7	0.23	31.5	$\sigma < 0.14, \sigma \geq 0.49$ $\tau = 0.71 \sigma^{0.41}$ $0.14 \leq \sigma < 0.49$ $\tau = 0.23 + \sigma \tan 31.5^\circ$	0.030	0.35

σ : 圧密応力

(2) 評価結果

想定すべり面における最小すべり安全率は以下に示すとおりであり、最小すべり安全率が評価基準値1.5を十分上回っていることを確認した。



検討断面		275kV 開閉所断面
最小すべり安全率	想定すべり面①	11.1
	想定すべり面②	4.6

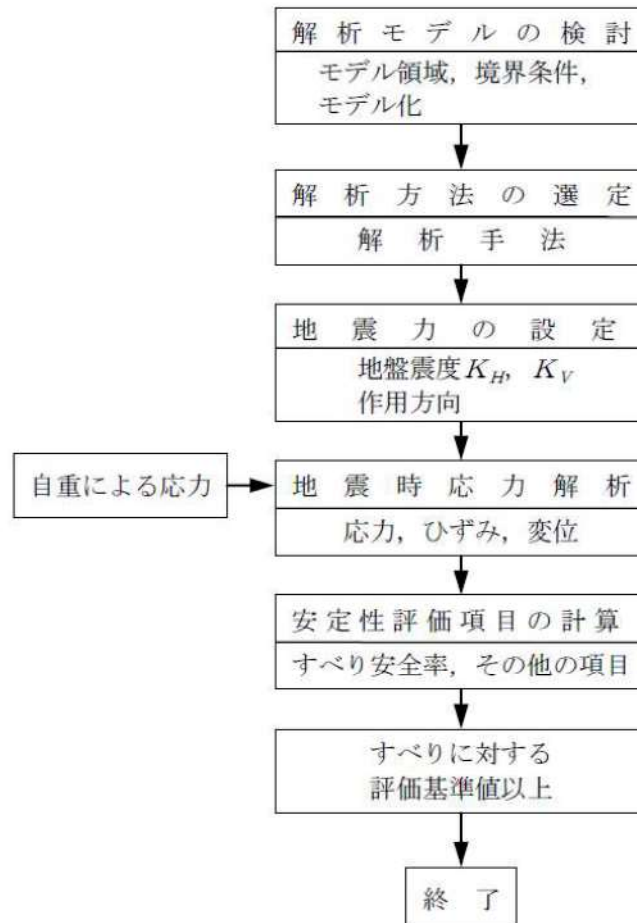
275kV 開閉所断面評価結果

2. 66kV 開閉所（後備用）の地盤及び斜面の安定性評価

（1）評価方法

66kV 開閉所（後備用）は、耐震Cクラスであることから、66kV 開閉所（後備用）の基礎地盤及び周辺斜面についても耐震Cクラス相当の地震力に対する安定性評価を実施する。

耐震Cクラスの基礎地盤及び周辺斜面に対する安定性評価方法として、「1. 275kV 開閉所の地盤及び斜面の安定性評価」と同様に JEAG4601-1987 を参照し、原子炉建屋基礎地盤及び原子炉建屋周辺斜面に対して静的解析による検討を実施する場合の評価方法を用いる。



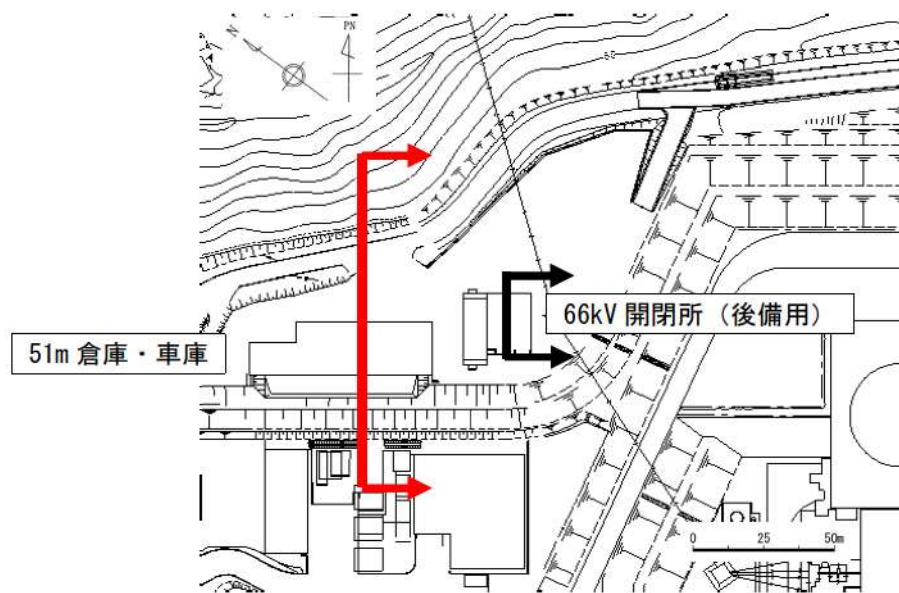
静的解析による基礎地盤及び周辺斜面安定性評価フロー（JEAG4601-1987（抜粋））

評価用地震力は、66kV 開閉所（後備用）が原子炉建屋等が設置される発電所敷地 T.P. 10m 盤の周辺斜面に相当する位置に設置されていることを考慮し、JEAG4601-1987 における原子炉建屋周辺斜面に対する静的検討に用いる地震力の記載に基づき、水平震度 $K_H=0.3$ 、鉛直震度 $K_V=0.15$ と設定し、安定性評価フローに基づき、想定すべり面におけるすべり安全率がすべりに対する評価基準値 1.5 を上回ることを確認する。

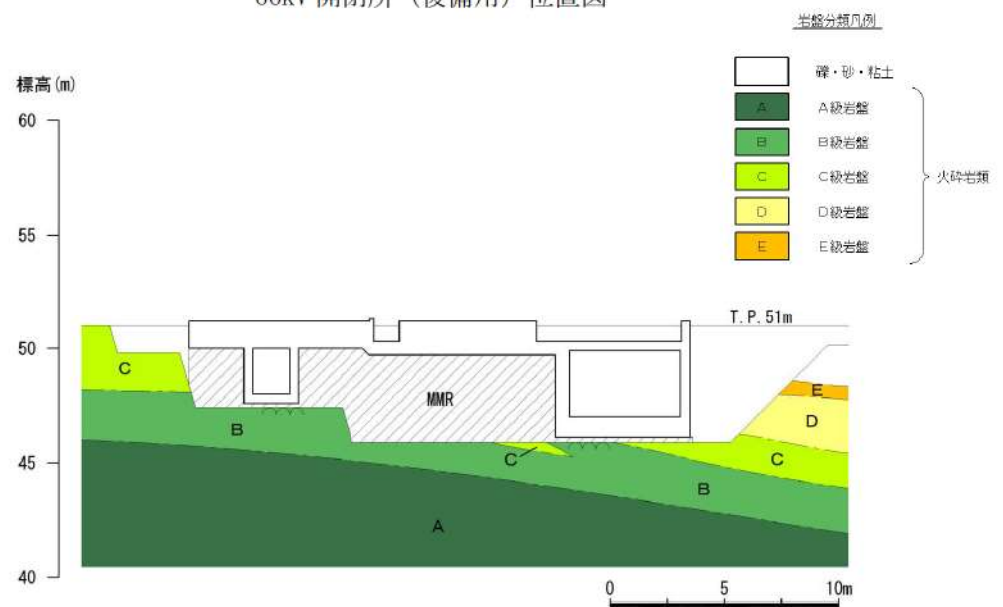
以下に示すとおり、66kV 開閉所（後備用）の設置位置（黒字矢視）は、B 級岩盤が主体であるが、付近には D 級岩盤、E 級岩盤等も分布する。また、泊発電所の基礎地盤及び周辺斜面で認められる岩盤（火砕岩類）の岩級及び強度特性は、下表に示すとおり、下位の岩級ほどせん断強度は小さい。

したがって、66kV 開閉所（後備用）の基礎地盤の安定性評価に当たっては、地盤の地質・地質構造を考慮し、保守的な検討を行う観点から、すべり安全率に影響を与えるせん断強度が B 級岩盤よりも小さい D 級岩盤及び E 級岩盤等が分布する 66kV 開閉所（後備用）近傍の赤字矢視の断面（51m 倉庫・車庫を通る海山方向断面）を評価断面として選定し、二次元有限要素法による静的解析を実施する。F-1 断層については、ジョイント要素でモデル化して解析を実施する。

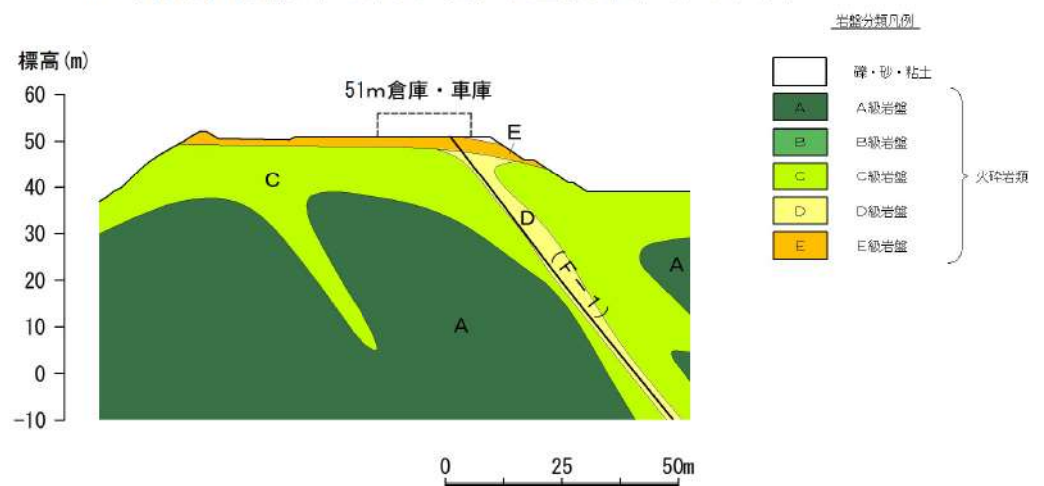
なお、66kV 開閉所（後備用）及び 51m 倉庫・車庫に対する周辺斜面は認められない。



66kV 開閉所（後備用）位置図



66kV 開閉所（後備用）断面図（鉛直岩盤分類図）〈黒字矢視〉



66kV 開閉所（後備用）安定性評価断面図（鉛直岩盤分類図）〈赤字矢視〉

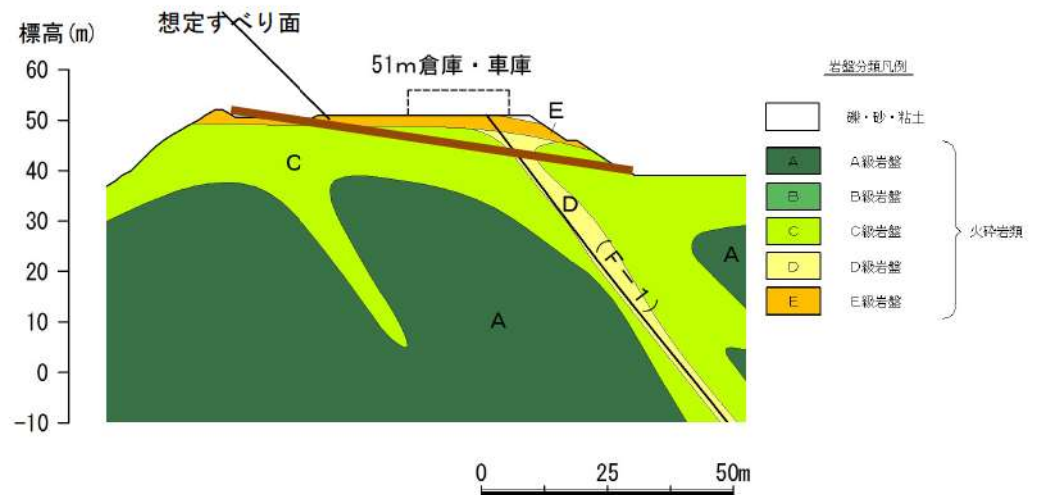
解析用物性値

岩種・ 岩盤分類		物理特性	強度特性			静的特性	
		密度 ρ (g/cm ³)	せん断強度 τ_0 (N/mm ²)	内部摩擦 角 ϕ (°)	残留強度 τ (N/mm ²)	静弾性係数 E_s (10 ³ N/mm ²)	静ポアソン比 ν_s
安山岩	A _I 級	2.67	2.42	47.2	$2.01 \sigma^{0.64}$	11.9	0.25
	A _{II} 級	2.64	2.26	51.2	$2.21 \sigma^{0.61}$	2.7	0.23
	A _{III} 級	2.62					
	A _{IV} 級	2.43	0.17	26.7	$\sigma \leq 0.13, \sigma \geq 0.62$ $\tau = 0.60 \sigma^{0.46}$ $0.13 < \sigma < 0.62$ $\tau = 0.17 + \sigma \tan 26.7^\circ$	0.012	0.35
	A _V 級	1.80					
火砕岩類	A級	2.2	2.17	51.0	$2.26 \sigma^{0.63}$	6.1	0.25
	B級	2.1	1.61	46.9	$1.94 \sigma^{0.62}$	2.8	0.25
	C級	1.9	0.57	46.3	$1.23 \sigma^{0.76}$	0.94	0.25
	D級	1.9	0.49	34.1	$0.86 \sigma^{0.51}$	0.64	0.30
	E級	1.7	0.23	31.5	$\sigma < 0.14, \sigma \geq 0.49$ $\tau = 0.71 \sigma^{0.41}$ $0.14 \leq \sigma < 0.49$ $\tau = 0.23 + \sigma \tan 31.5^\circ$	0.030	0.35

σ : 圧密応力

(2) 評価結果

想定すべり面における最小すべり安全率は以下に示すとおりであり, 最小すべり安全率が評価基準値 1.5 を十分上回っていることを確認した。

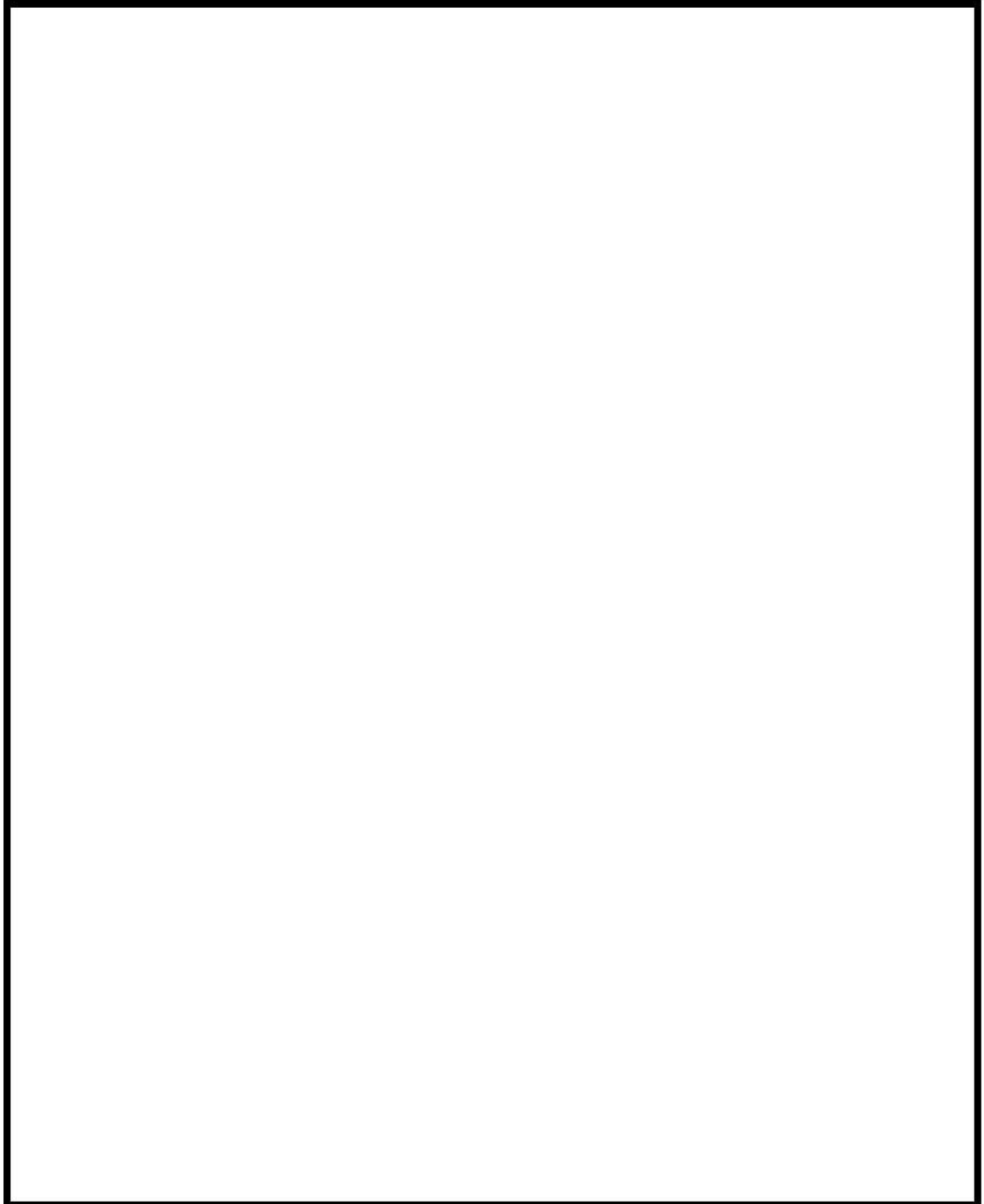


検討断面	66kV 開閉所 (後備用) 断面
最小すべり安全率	4.5

66kV 開閉所 (後備用) 断面評価結果

2.1.4.4.4 洞道の基礎構造

洞道については、概ね岩盤に支持されていることから、地震時に顕著な変位を生じることはいないため、不等沈下によりガス絶縁開閉装置や主変圧器との接続に支障が生じることはいない。下図にケーブルトンネル平面図及び断面図を示す。



2.2 外部電源喪失時における発電所構内の電源の確保

2.2.1 非常用電源設備等

ディーゼル発電機及びその附属設備は、多重性及び独立性を考慮して、必要な容量のものを2台備え、各々非常用所内高圧母線に接続している。また、蓄電池（非常用）及びその附属設備は、2系統を各々別の場所に設置し、多重性及び独立性を確保している。

2.2.1.1 非常用電源設備の概要

泊3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。

○ディーゼル発電機

台数 2

容量 約5,600kW（1台当たり）

<主な負荷>

- ・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源を供給
- ・工学的安全施設作動のための補機等

○蓄電池（非常用）（鉛蓄電池）

組数 2

容量 約2,400Ah（1組当たり）

<主な負荷>

- ・工学的安全施設等の開閉器作動電源、電磁弁、計測制御用電源設備（無停電電源装置）等

原子炉冷却材喪失事故と外部電源の完全喪失が発生した場合のディーゼル発電機にシーケンス的に起動する主要補機

- ・中央制御室給気ファン
- ・原子炉格納容器隔離弁等
- ・高圧注入ポンプ
- ・余熱除去ポンプ
- ・安全補機開閉器室給気ファン
- ・原子炉補機冷却水ポンプ
- ・電動補助給水ポンプ
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ
- ・制御用空気圧縮機
- ・空調用冷凍機

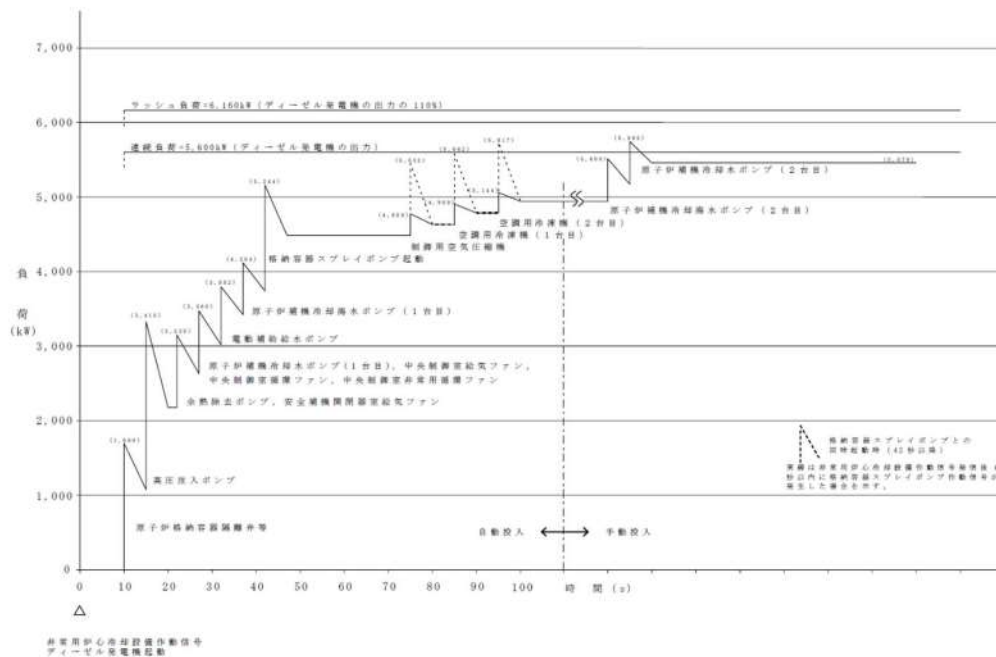
2.2.1.1.1 ディーゼル発電機

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源を供給し、さらに、工学的安全施設作動のための電源も供給する。

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2台備え、各々非常用高圧母線に接続する。

各ディーゼル発電機は、ディーゼル発電機建屋内のそれぞれ独立した室に設置する。

ディーゼル発電機は、非常用高圧母線低電圧信号又は非常用炉心冷却設備作動信号で起動し、約10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給電する。ディーゼル発電機負荷が最も大きくなる原子炉冷却材喪失事故と外部電源の喪失が同時に起こった場合の負荷曲線例を下図に示す。



工学的安全施設作動時におけるディーゼル発電機の負荷曲線

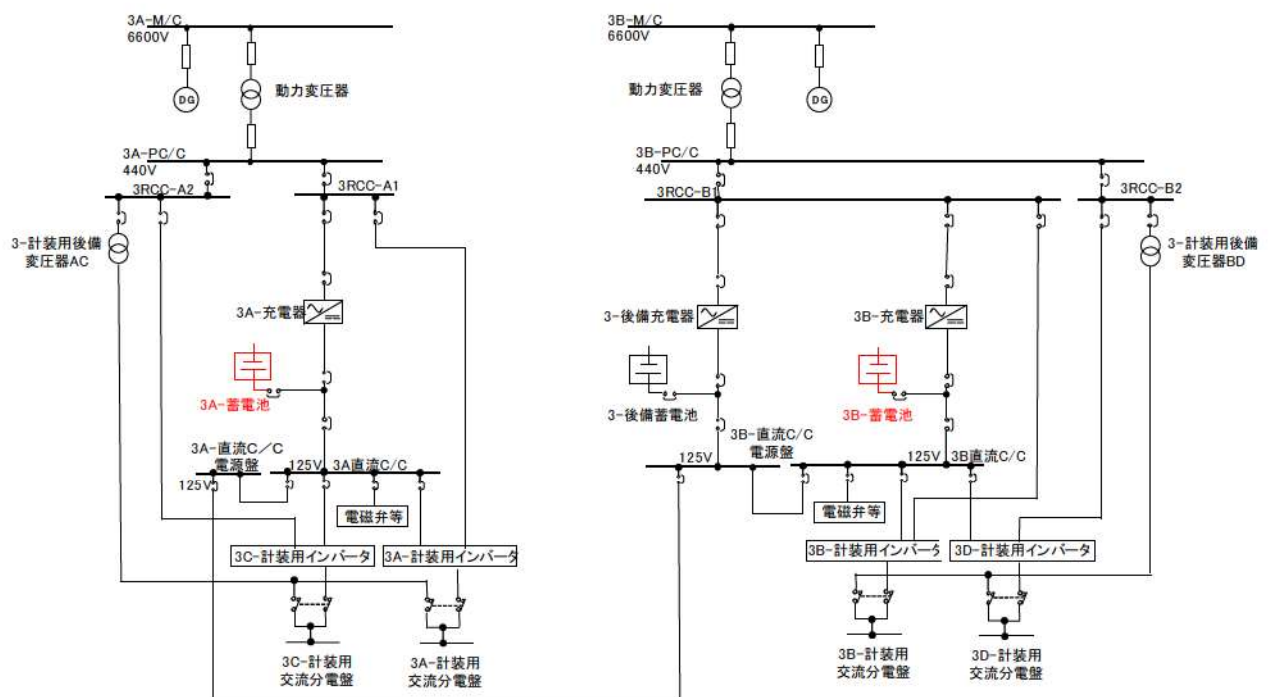
2.2.1.1.2 蓄電池

非常用の直流電源設備は、2系統のそれぞれ独立した蓄電池、充電器、直流コントローラセンタ等で構成し、直流母線電圧は125Vである。これら2系統の電源の負荷は、工学的安全施設等の開閉器作動電源、電磁弁、計測制御用電源設備（無停電電源装置）等であり、いずれの1系統が故障しても残りの1系統で原子炉の安全は確保できる。

また、万一、全交流動力電源が喪失した場合でも、安全保護系及び制御棒クラスタによる原子炉停止系の動作により原子炉は安全に停止でき、停止後の原子炉の崩壊熱及びその他の残留熱も、1次冷却系においては1次冷却材の自然循環、2次冷却系においてはタービン動補助給水ポンプ及び主蒸気安全弁により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2組設置し、非常用低圧母線にそれぞれ接続された充電器で浮動充電する。

蓄電池室内の水素蓄積防止のための換気設備等を設置している。



蓄電池（非常用）から必要な負荷への給電時間は、一定の時間（交流電源喪失から代替非常用発電機による給電開始までの時間（約 25 分））に対して、十分余裕がある。また、設計基準事故対処設備の電源が喪失したことにより、重大事故等が発生した場合には後備蓄電池と相まって、負荷切り離し（原子炉制御室又は隣接する電気室等において簡易な操作で負荷の切り離しを行う場合を含まない。）を行わずに 8 時間、必要な負荷以外を切り離して残り 16 時間の合計 24 時間にわたり、電気の供給を行うことが可能である。

C	230 分給電時の蓄電池容量 (Ah)	—
L	保守率	0.9
K ₁	容量換算時間 (時) (230 分)	6.18
K ₂	容量換算時間 (時) (229 分)	6.16
K ₃	容量換算時間 (時) (225 分)	6.09
K ₄	容量換算時間 (時) (1 分)	1.62
I ₁	負荷電流 (A) (60 秒)	673.8
I ₂	負荷電流 (A) (5 分)	376.3
I ₃	負荷電流 (A) (229 分)	331.2
I ₄	負荷電流 (A) (230 分)	385.7

$$C = \frac{1}{L} \{ K_1 \cdot I_1 + K_2 (I_2 - I_1) + K_3 (I_3 - I_2) + K_4 (I_4 - I_3) \}$$

$$= \frac{1}{0.9} \left\{ 6.18 \times 673.8 + 6.16 \times (376.3 - 673.8) + 6.09 \times (331.2 - 376.3) + 1.62 \times (385.7 - 331.2) \right\}$$

$$= 2,384 \text{ Ah}$$

$$< 2,400 \text{ Ah (蓄電池容量)}$$

① 230 分給電時蓄電池容量

負荷名称	0～1 秒	1～60 秒	1～5 分	5～229 分	229～230 分
3B・補助建屋直流分電盤	23.7	23.7	23.7	23.7	23.7
3B・6.6kV メタクラ	43.6	41.6	1.6	1.6	21.6
3・タービン動補助給水ポンプ起動盤トレン B	59.4	167.5	47.5	2.4	2.4
3B・計装用インバータ	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0
3D・計装用インバータ	145.0	145.0	145.0	145.0	145.0
3B・ディーゼル発電機制御盤（発電機盤）	3.4	3.4	3.4	3.4	3.4
3B・ディーゼル発電機制御盤（励磁機盤）	0.1	140.1	0.1	0.1	0.1
3DCB 共通電源	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
3・補助給水ポンプ出口流量調節弁盤トレン B	1.0	1.0	3.5	3.5	38.0
3B1・パワーコントロールセンタ	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
3B2・パワーコントロールセンタ	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
3B・AM 設備直流電源分離盤	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
合計電流 (A)	427.7	673.8	376.3	331.2	385.7

② 負荷パターン

B 蓄電池 (2400Ah) の例

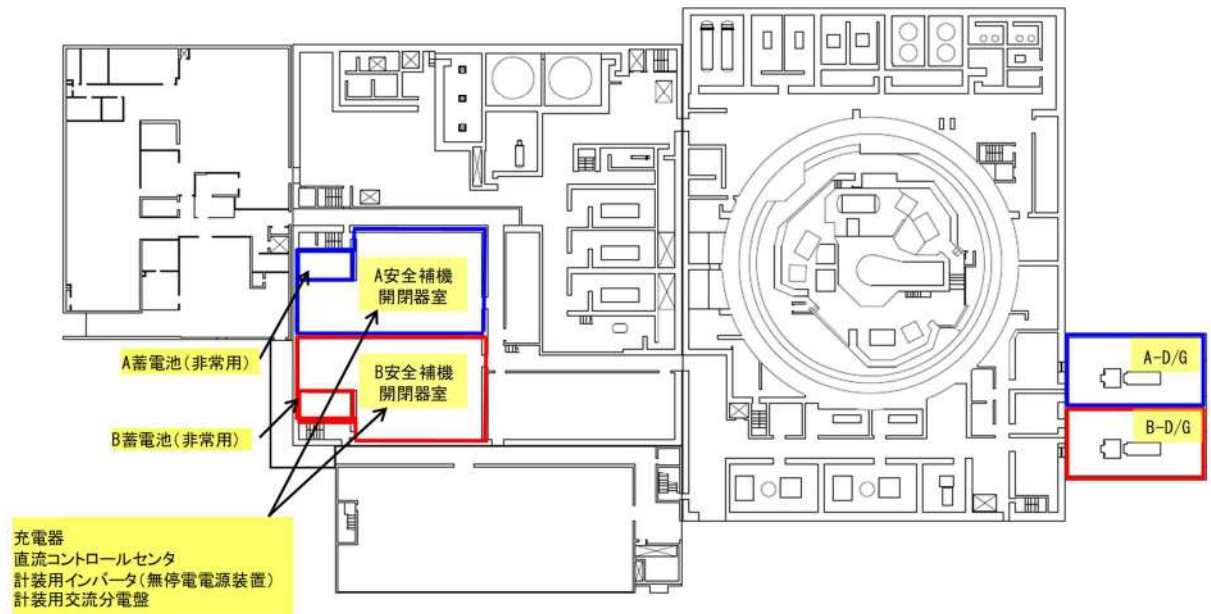
全交流動力電源喪失時から重大事故等に対処するために必要な電力の供給が交流動力電源設備から開始されるまでの時間については、代替非常用発電機による代替電源（交流）からの給電操作に要する時間約 15 分に、状況判断に要する時間 10 分を加え約 25 分を見込んでいる。

代替非常用発電機による代替電源（交流）からの給電

			経過時間（分）						備考
			10	20	30	40	50	60	
手順の項目	要員(数)		<div> 約15分 代替非常用発電機による 電源復旧開始 </div>						
代替非常用発電機による代替電源（交流）からの給電	運転員 (中央制御室)	1							
				受電準備					
				受電操作					
	運転員 (現場)	1							
				移動，受電準備					
				受電操作					
	災害対策要員	2							
				移動，受電準備					

2.2.1.1.3 非常用電源設備の配置

非常用電源設備は、A系統及びB系統ごとに区画された電気室等に設置している。下図に電気設備の配置位置を示す。



非常用電源設備の配置

(1) 非常用電源設備の配置

非常用電源設備は、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。また、運転操作、保守性を考慮し隣接配置としている。

プラント全体の配置設計コンセプトにおいて、電気盤室は、中央制御設備を中心とするプラントの動力・制御・計装の電気計装設備の主要設備として構成しており、非放射性機器で構成するため、非管理区域に配置している。また、電気計装設備は、プラントの監視、制御に直接影響を及ぼすものであり、設備故障時には早急に原因を調査し、措置を行うために、運転員が常駐する中央制御室のできる限り近傍に設置する必要がある。

【PWRプラント全体の配置設計について】

建屋の形状、規模は、サイト条件、耐震条件に適合するように設計する。また、建屋内配置は下記のとおり、①地震・火災等防護、②設備機能、③人的安全性、④運転・保守性等を考慮した設計をしている。

①地震・火災等防護

火災、溢水防護等の分離手段として、距離による分離、障壁（区画化）による分離、距離と障壁の組合せによる分離のいずれかを考慮する。

②設備機能

ポンプや水源の設置高さ（NPSH 確保）等を満足させる。

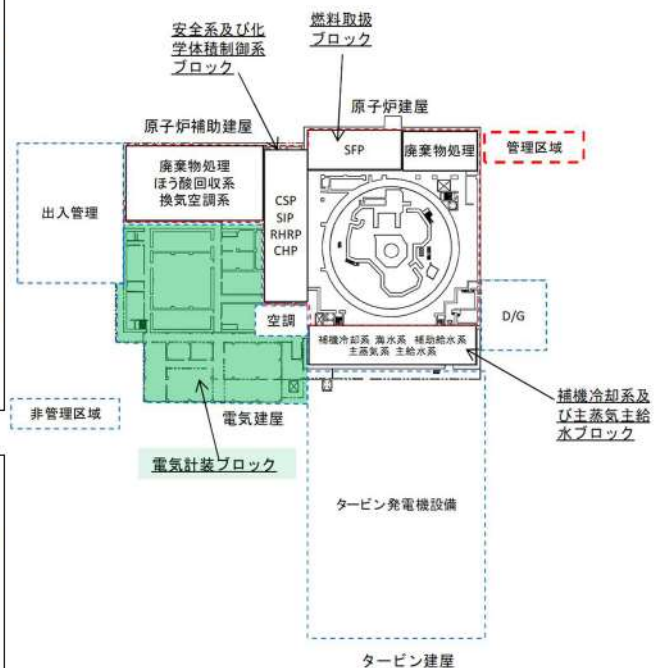
③人的安全、④運転・保守性

放射線管理区域と非管理区域を、設備ごとのブロックで分けし、集約して配置することにより、不要な被ばくや汚染を避け、また、プラントの運転・保守性を考えた人員動線を満足させる。

【非常用電源設備の配置設計について】

非常用電源設備をはじめとするプラントの動力・制御・計装の電気計装設備（電気計装ブロック）は、非放射性機器で構成されるため、同じ機能を有する設備は、非管理区域に集約し、運転・監視を踏まえた人員動線や設備の保守等を考慮して隣接配置している。また、蒸気から分離した配置とする。

- ・非常用所内電気設備（電源盤等）は、運転員が常駐する中央制御室のできる限り近傍の非管理区域に集約して設置している。
- ・多重化された電気盤室等は独立性を確保するため十分な障壁により分離を図っている。なお、障壁は3時間耐火（RC150mm 相当）の要求を満足する壁厚 200mm 以上を有する。



(2) 電気設備の配置上のコンセプト

電気設備を配置する上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
- 設備故障時の早急な対応のため、中央制御室近傍へ配置
- 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

- 安全上重要な電気設備の独立性を確保する配置
- 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、洪水に対する頑健性を確保する配置

(3) 電気設備の配置の考え方

地震・火災等に対する防護の観点から、障壁（区画化）に加え、距離により分離する考え方があるが、障壁（区画化）で隣接配置にすることにもメリットがあるため、以下のとおり電気盤室については障壁により分離する配置としている。

○非放射性機器で構成する設備の非管理区域への配置

- ・プラント全体の配置設計コンセプトにおいて、電気盤室は、中央制御設備を中心とするプラントの動力・制御・計装の電気計装設備の主要設備として構成しており、非放射性機器で構成するため、非管理区域に配置している。

○設備故障時の早急な対応のため、中央制御室近傍へ配置

- ・電気計装設備は、プラントの監視、制御に直接影響を及ぼすものであり、設備故障時には早急に原因を調査し、措置を行うために、運転員が常駐する中央制御室のできる限り近傍に設置する必要がある。

○同じ機能を有する設備の運転性、保守性に配慮した集中配置

- ・PWRプラントでは、放射線管理上の理由により、放射線管理区域と非管理区域に分割して管理することが必要となる。電気計装設備は、非放射性機器で構成されることに加え、同じ機能を有する設備であることから、非管理区域に集約して配置している。

○安全上重要な電気設備の独立性を確保する配置

- ・多重化された電気計装設備は独立性を確保するため十分な障壁により分離を図っている。
- 多重化された電気計装設備間に十分な距離を確保するためには、間に管理区域を挟んで配置

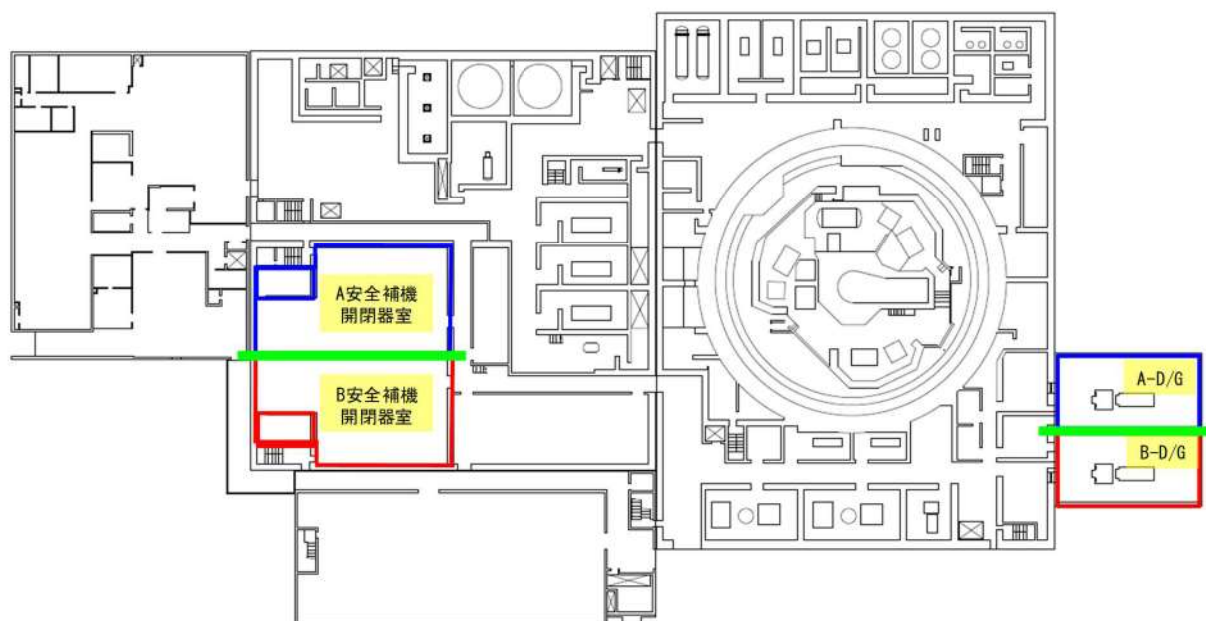
する必要があるため、設備故障の対応が遅れるとともに、管理区域内の移動のため、不要な被ばくを招くおそれのある人員動線となる。

○ケーブル等の物量が極力低減される配置

- ・同一ユニット内の非管理区域内で距離による分離を行う場合は、配置が複雑となり、ケーブル等の物量が増える割には、中央制御室との取り合いが整然とせず、更に必要なスペースもふえてしまう。

○地震、津波、火災、溢水に対する頑健性を確保する配置

- ・地震、津波、火災、溢水の観点から、これら共通要因に対しても、頑健性を有していることを確認している。



■：障壁

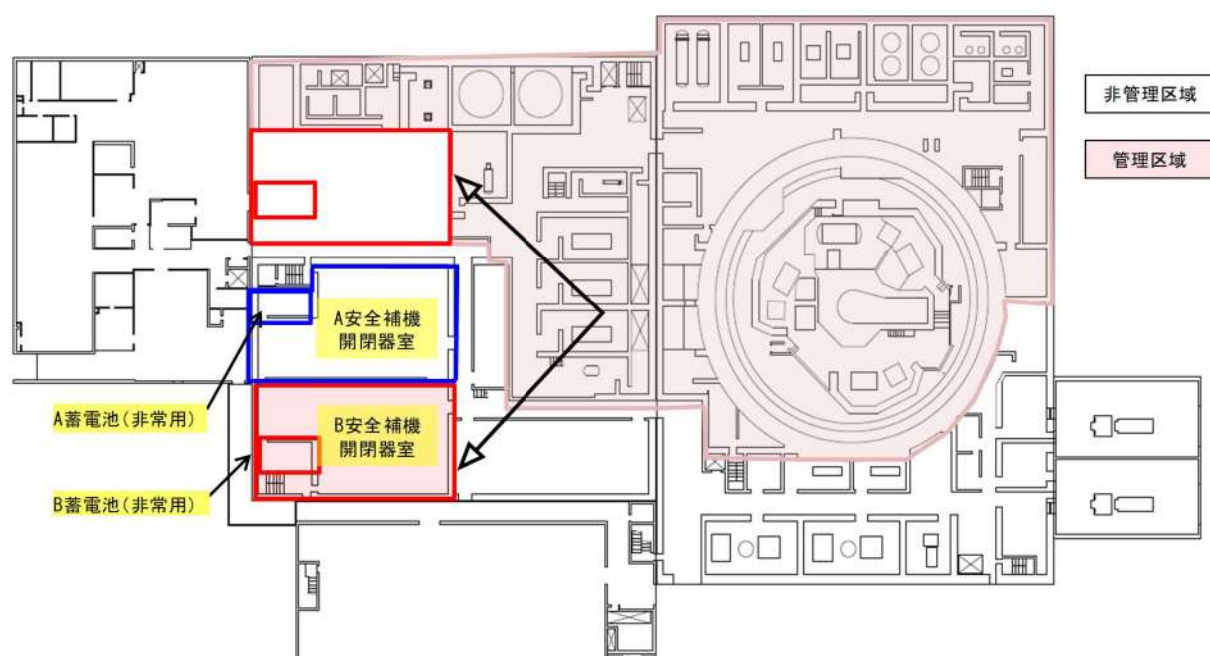
3時間耐火能力を有する耐火壁（障壁）により分離した設計としている。
（厚さ 150mm 以上のコンクリート壁）

障壁による分離

(4) 管理区域と非管理区域に電気盤を分離配置するケース

A系とB系の安全補機開閉器室の電気盤を管理区域と非管理区域に分離配置するケースを検討した場合、電気盤の設置が可能な耐震クラスを有する管理区域及び非管理区域が限られていることから、管理区域内設備との配置の入れ替えをする必要がある。

この場合、それぞれのトレン設備を収容する区画の間に管理区域を配置することとなり、非管理区域内のトレン間のアクセスで不要な被ばくを招くおそれがある。不要な被ばくを避け、プラントの運転・保守を踏まえた動線とするためには、各トレン設備のエリアは集中的に配置することが望ましい。



	現状配置(集中・隣接)	距離による分散
①地震・火災等防護	現状	同等
②人的安全性	現状	低下(動線上に管理区域があるため不要な被ばくをする)
③運転・保守性	現状	低下(管理対象が分散、人員の動線が長くなる)
④物量	現状	増大(ケーブル、トレイ、貫通部、ダクト、配管、サポート、遮へいコンクリートの増大)

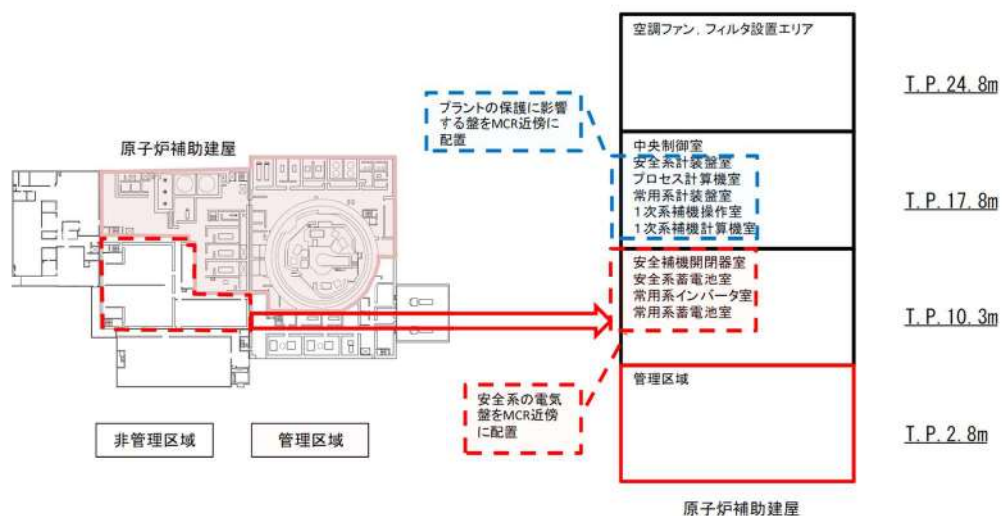
管理区域と非管理区域に電気盤を分離配置するケース

(5) 非管理区域内で分離配置するケース

非常用電源設備を設置する非管理区域として原子炉補助建屋がある。原子炉補助建屋には、3号炉の中央制御室とその関連設備室、安全上重要な設備が配置されており、例として安全補機開閉器室は、保守の合理性の観点からA、B系を隣接して配置している。これらの設備はその役割から3号炉の原子炉補助建屋内に配置することが望ましい。原子炉補助建屋の下層階には、系統機能上の要求(NPSH 確保など)を満足させるために水系統の設備を優先的に配置するが、上層階に安全補機開閉器室等の電気盤室を配置することで、原子炉補助建屋の安全系電気盤を集約でき、保守・管理面でのメリットがある配置としている。

また、安全補機開閉器室などは障壁による分離を採用してA、B系を隣接させているが、隣接しない配置とするためには、片系を他の設備と入れ替えをする必要がある。列盤で構成される安全補機開閉器室(約470m²/系)を配置するためにはまとまったスペースが必要になるが、計装盤室と入れ替えると計装盤室が中央制御室から離れてしまうデメリットに加え、ケーブルの取り合いが複雑化し、物量や必要スペースが増えるデメリットがある。上層階の換気空調系と入れ替える場合、配管ダクトとケーブルトレイが上下に行き来し、複雑なルートになり物量が増える。

これらのことから安全補機開閉器室は原子炉補助建屋 10.3m にA系B系ともに配置することが最適である。



	現状配置（集中・隣接）	距離による分散配置
①地震・火災等防護	現状	同等
②人的安全性	現状	同等（非管理区域内であるため被ばくの影響なし）
③運転・保守性	現状	低下（管理対象が分散（ヒューマンエラーの懸念）、人員の動線が長くなる）
④物量	現状	増大（ケーブル、トレイ、貫通部、サポート、配管類の物量増大）

非管理区域で分離配置するケース

(6) 非常用電源設備の主たる共通要因に対する頑健性

非常用所内電気設備は2系統あり、それぞれが分離設計されているため、共通故障要因である地震、火災、津波、溢水等によっても機能を失うことなく、少なくとも1系統は機能を維持する。

共通要因	対応（確認）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、建屋及び安全系の電気設備が機能維持できる設計としている。
津波	設計基準津波に対して、浸水や波力等により機能喪失しない設計とする。	施設の設置された敷地において、基準津波による遡上波を地上部から施設へ到達又は流入させない設計としている。また、取水路及び放水路等から施設へ流入させない設計としている。
火災	適切な耐火能力を有する耐火壁（障壁）で分離を行うか、適切な離隔距離で分離した配置設計とする。	電気盤室等は、3時間耐火能力を有する耐火壁（障壁）により分離した設計としている。（厚さ 150mm 以上のコンクリート壁を満足する 200mm 以上を有している） 外部火災については、外部火災影響評価にて、設備、居住空間に影響を及ぼさないことを確認している。
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、又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。	配置エリア内に蒸気を内包する機器、配管は存在せず液体を内包する機器、配管等は破損が生じない設計とするため、溢水源にはならない。また、消火については、二酸化炭素及びハロン消火設備による消火を行うことから、配置エリアにおける消火水の放出はない。隣接するエリアにおける内部溢水に対しては、配置エリア外からの溢水流入を防止する対策（止水板）を施すことにより系統機能を失わないことを内部溢水影響評価で確認する。

2.2.1.2 ディーゼル発電機燃料

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A系、B系2台有しており、また、ディーゼル発電機燃料油貯油槽から燃料油移送ポンプにてディーゼル発電機へ供給される燃料油系統等もA系、B系の2系統を有しているため、ディーゼル発電機の単一故障に対しても必要な機能を確保できる。ディーゼル発電機燃料油供給系統の構成を図に示す。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽はディーゼル発電機1台を7日間以上連続運転できる容量(264m³以上※1)をA系、B系の2系統を有しているため、ディーゼル発電機燃料油貯油槽の単一故障に対しても必要な機能を維持できる。

A系、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、ディーゼル発電機燃料油貯油槽の燃料は、2台のディーゼル発電機のどちらでも使用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。)

※1：ディーゼル発電機1台を定格出力にて7日間以上連続運転できる容量

$$\begin{aligned}\text{燃料容量} &= \frac{\text{発電機端定格出力} \times \text{燃料消費率} \times 7 \text{ 日間} \times 24 \text{ 時間}}{\text{燃料油密度}} \\ &= \frac{5,600 \text{ (kW)} \times 0.2311 \text{ (kg/kW} \cdot \text{h)} \times 7 \text{ (D)} \times 24 \text{ (h)}}{825 \text{ (kg/m}^3\text{)}} \\ &= 263.5 \text{ m}^3 \\ &\div 264 \text{ m}^3\end{aligned}$$

■ディーゼル発電機燃料油貯油槽

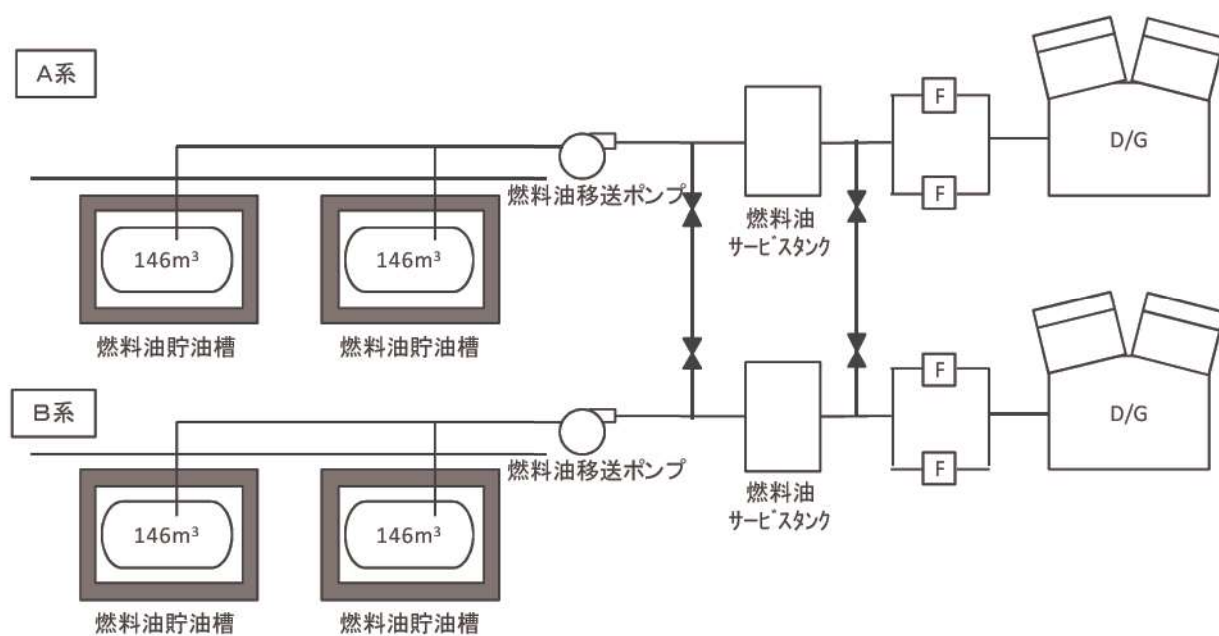
型 式：横置円筒型地下タンク

基 数：2（機関1台当たり）

容 量：約146m³／基（設置許可記載値）

2基合計で264m³（保安規定制限値）

使用燃料：軽油



ディーゼル発電機 燃料油供給系統の構成

2.2.2 隣接する発電用原子炉施設に属する非常用電源設備等への依存

2.2.2.1 他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備との取り扱い

ディーゼル発電機は、原子炉ごとに単独で設置し、他の原子炉施設と共用しない。また、保安規定での経過措置に関する考えについて以下に述べる。

保安規定で経過措置として認めている号炉間融通について

保安規定で経過措置として認めている号炉間融通については、以下の理由により、設置許可基準の第33条第8項における共用には当たらないと考える。

- ①ディーゼル発電機は、号炉ごとに単独で設置されている。(設置許可基準 第33条 第8項)
 - ②号炉間融通については、1台のディーゼル発電機が点検中に、外部電源が喪失し、運転可能なもう1台のディーゼル発電機が故障した場合を想定している。
 - ③号炉間融通については、常時電路が構成されているものではなく、必要時に接続して使用するものである。
- 以上より、設置許可基準の解釈 第57条(電源設備) 第1項(d)で整理されるものとする。

(1) 保安規定への記載経緯

平成23年4月7日、宮城県沖地震による東北電力㈱東通原子力発電所において外部電源が喪失した際、ディーゼル発電機が起動し、電源が確保されたが、外部電源復旧後においてディーゼル発電機が全て機能喪失したことが判明した。これを受け、4月9日付けで原子力安全・保安院より、原子炉停止時においても2台以上のディーゼル発電機を動作可能な状態に確保させるため、「非常用発電設備の保安規定上の取扱いについて(指示)」が発出された。

具体的には、2台以上を確保するためには、非常用発電設備の増設が必要となるが、増設までには時間を要することから、経過措置として、他号炉のディーゼル発電機からの融通、電源車による電源供給が要求された。

(2) 指示内容を踏まえた対応

保安規定に以下の内容を反映し、変更認可申請を行った。

①保安規定第73条（ディーゼル発電機 モード1，2，3及び4以外）に以下を規定。

（ディーゼル発電機 モード1，2，3および4以外）

第73条 モード1，2，3および4以外において、ディーゼル発電機は、表73-1で定める事項を運転上の制限とする。

2 ディーゼル発電機が前項で定める運転上の制限を満足していることを確認するため、次号を実施する。

(1) 発電課長（当直）は、モード1，2，3および4以外において、1ヶ月に1回、ディーゼル発電機について、以下の事項を実施する。

a. ディーゼル発電機を待機状態から起動し、無負荷運転時の電圧が $6,900 \pm 345\text{V}$ および周波数が $50 \pm 2.5\text{Hz}$ であることを確認する。

b. 燃料油サービスタンク貯油量を確認する。

3 発電課長（当直）は、ディーゼル発電機が第1項で定める運転上の制限を満足していないと判断した場合、表73-3の措置を講じるとともに、照射済燃料の移動を中止する必要がある場合は、技術課長に通知する。通知を受けた技術課長は、同表の措置を講じる。

表73-1

項 目	運 転 上 の 制 限
ディーゼル発電機	(1) ディーゼル発電機2基が動作可能であること※1※2 (2) (1)のディーゼル発電機に対応する燃料油サービスタンクの貯油量が表73-2に定める制限値内にあること※3

※1：ディーゼル発電機の予備潤滑運転（ターニング，エアラン）を行う場合、運転上の制限を適用しない。

※2：ディーゼル発電機には、非常用発電機1基を含めることができる。非常用発電機とは、所要の電力供給が可能なものをいう。なお、非常用発電機は複数の号炉で共用することができる。

※3：ディーゼル発電機が運転中および運転終了後の24時間は、運転上の制限を適用しない。

表73-2

項 目	制 限 値	
	1号炉および2号炉	3号炉
燃料油サービスタンク貯油量 (保有油量)	0.92m ³ 以上	1.39m ³ 以上

②保安規定付則に以下を規定。

付則

(施行期日)

第1条 この規定は、平成23年5月13日から施行する。

2 第73条(ディーゼル発電機 モード1, 2, 3および4以外)の表73-1について、非常用発電機の運用を開始するまでは、所要の電力供給が可能な場合、他の号炉のディーゼル発電機または移動発電車を非常用発電機とみなすことができる

2.2.2.2 ディーゼル発電機の共用について

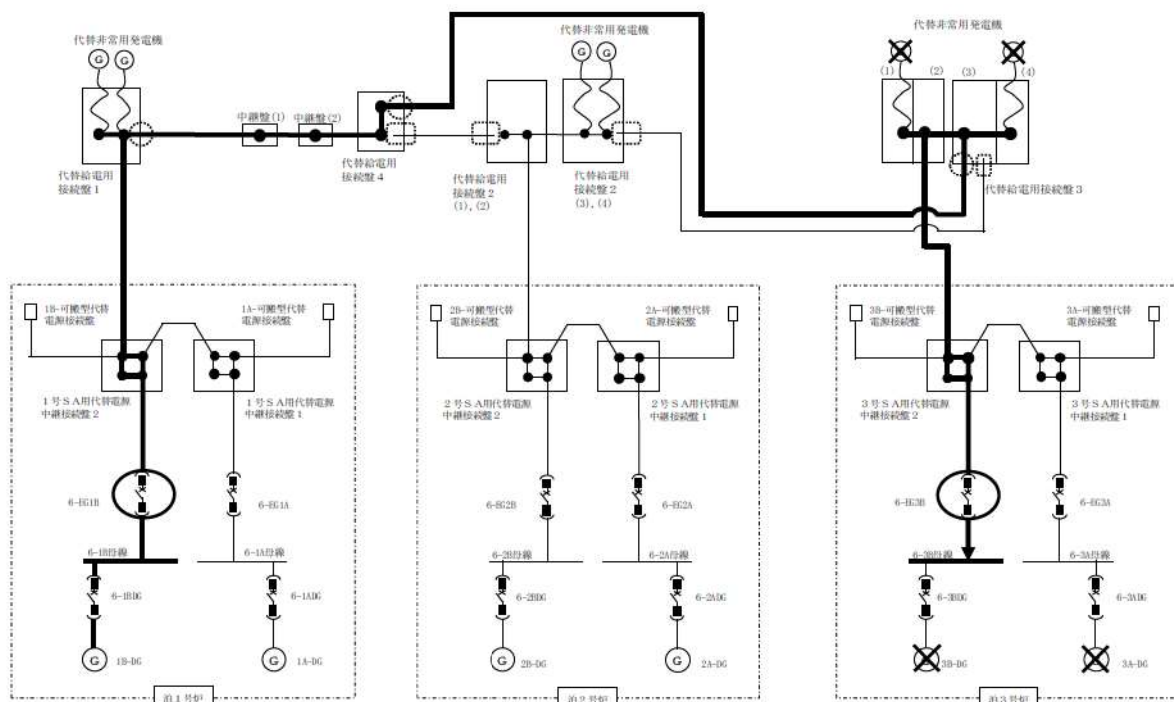
ディーゼル発電機は、設計基準事故時において、原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備は原子炉ごとに単独で設置し、他の原子炉施設と共用しない設計とする。

ただし、設置許可基準57条にて号炉間電力融通の要求があり、この要求に対応するため、開閉所設備、号機間連絡ケーブル及び予備ケーブルを使用し、号炉間の電力融通を実施する。この際、他号炉への電源の供給元としては、自号炉のディーゼル発電機による融通を実施するため、ディーゼル発電機から電力融通する際のプラント状況を以下に整理する。

(1) 全交流動力電源喪失時の代替電源（交流）の優先順位

全交流動力電源喪失時に、代替電源（交流）の供給手段として、以下の手段にて炉心の著しい損傷、原子炉格納容器の破損、使用済燃料ピット内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必要な電力を確保する。また、優先順位として電源供給を開始するまでに要する時間が短時間となるものから優先して供給することとしている。

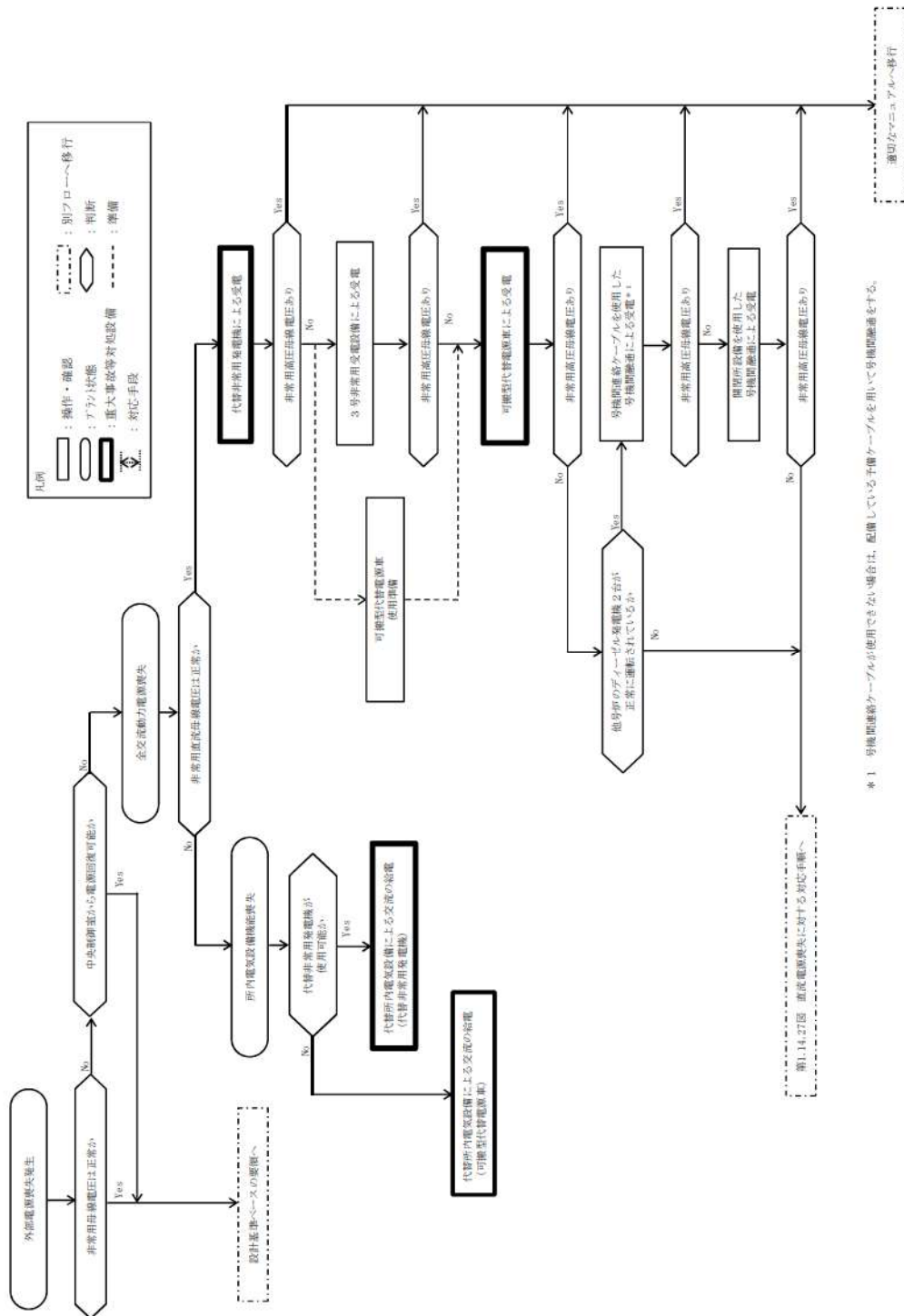
- ① 代替非常用発電機による給電
- ② 3号非常用受電設備
- ③ 可搬型代替電源車
- ④ 号機間連絡ケーブル（号炉間融通）
- ⑤ 開閉所設備（号炉間融通）



(2) プラント状況

	電力給電側のプラント	電力受電側のプラント
外部電源	使用不可	使用不可
ディーゼル発電機	2 台運転中 (1 台健全の場合は、他号炉へ融通可能な出力が確保できない)	使用不可
代替非常用発電機	使用不可又は待機中	使用不可
プラントの電源状況	外部電源が使用できない状態であるが、ディーゼル発電機が 2 台健全な状態であり、シビアアクシデントに至っていない可能性も考えられる。	外部電源、ディーゼル発電機が使用不可であり、全交流動力電源喪失を伴ったシビアアクシデント状態。 更に、代替電源（交流）からの電源復旧を試みた際に、代替非常用発電機からの受電が失敗している状態。

電力給電側の号炉は、外部電源が喪失しているが、ディーゼル発電機が2台健全な状態であり、シビアアクシデント状態となっていない可能性もある。この場合、電力給電側もシビアアクシデント状態として整理する。



全交流動力電源喪失に対する対応手順

泊發電所 3 号炉

技術的能力説明資料 保安電源設備

33 条 保安電源設備

【追加要求事項】

33 条 保安電源設備

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に、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）及び工学的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相のうちの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、電力供給の安全性を回復できることをいう。

系統分離を考慮して母線が構成されること

開閉所設備は系統分離を考慮し構成する

送電線、開閉所母線、変圧器の多重化

所内電気設備は系統分離を考慮し母線を構成する

非常用高圧母線は2母線で構成

電気系統を構成する個々の機器が信頼性の高いもの

重要安全施設が機能維持するために必要な電力を供給する

適切な機器仕様の選定

母線切替操作が容易なこと

非常用所内母線の低電圧を検知し、自動又は手動で受電切替が実施できる構成とする

受電系統の自動又は手動切替

異常を検知し、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する

保護装置により、異常を検知した場合には、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する

保護装置による異常検知

遮断器開放による故障箇所隔離

変圧器の1次側において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異常の拡大を防止（手動による対策を含む）

送電線での故障は、電流不平衡又は開閉所の送電線引留部（架線部）の巡視点検により可能な限り検知し、検知した場合は、手動にて故障箇所を隔離し受電切替を行う

開閉所の送電線引留部（架線部）の巡視点検

保護装置による電流不平衡検知

受電切替操作

GIS、変圧器の故障は、保護装置により異常を検知し、検知した場合には故障箇所を隔離し、受電切替を行う

保護装置による異常検知

遮断器開放による故障箇所隔離

①

運用による対応

設備による対応

①

- 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】

- 3 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専用の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。
- 4 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。

外部電源受電回路を2つ以上設けること

泊発電所は、送受電可能な回線として275kV泊幹線1ルート2回線、275kV後志幹線1ルート2回線及び受電専用の回線として66kV泊電源支線1ルート2回線の合計3ルート6回線にて、電力系統に連系する

275kV送電線（2ルート4回線）

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、送電線が全て停止する事態にならないこと

275kV泊幹線は約67km離れた西野変電所に、275kV後志幹線は約66km離れた西双葉開閉所に連系し、66kV泊電源支線は約19km離れた国富変電所に連系する

66kV送電線（1ルート2回線）

- 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】

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

少なくとも一回線が、同一の送電鉄塔等に架線されておらず受電できること

泊発電所に接続する275kV泊幹線、275kV後志幹線及び66kV泊支線は、同一の送電鉄塔に架線しないよう、それぞれに送電鉄塔を備える設計とする

275kV送電線（2ルート4回線）

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とともに、強風発生時及び送電線着雪時の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

66kV送電線（1ルート2回線）

②

②

- 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】

- 6 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。

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

275kV送電線4回線と66kV送電線2回線とで構成をする

外部電源系6回線と接続

タイラインで接続する構成とする

タイラインで接続

開閉所及び当該開閉所から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

開閉所及び当該開閉所から発電機側の送受電設備は、岩盤又は十分な支持性能を有する地盤で支持する

地盤（十分な支持性能）

耐震性の高い懸垂碍子を使用する

懸垂碍子の使用

遮断器は、耐震性の高いガス絶縁開閉装置を使用する

ガス絶縁開閉装置の使用

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

敷地は、津波による遡上波が到達、流入しない

地盤（津波の影響を受けない敷地高さ）、防潮堤

塩害を考慮し、275kV開閉所は遮風建屋の設置、ポリマー碍管を採用する。66kV開閉所（後備用）は送電線との接続をケーブル引き込みとする設計とする

遮風建屋の設置、ポリマー碍管の採用、ケーブル引き込みによる接続

ポリマー碍管の漏れ電流測定、碍子の清掃

③

③

- 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】

- 7 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。

非常用電源設備及びその附属設備の多重性又は多様性を確保し、及び独立性を確保

非常用電源設備の多重性及び独立性を確保し、単一故障発生時の機能を確保する

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

7日間の外部電源喪失を仮定しても、連続運転により必要とする電力を供給できるよう、7日間分の容量以上の燃料を敷地内のディーゼル発電機燃料油貯油槽に貯蔵する

ディーゼル発電機及びその附属設備は多重性及び独立性を考慮して、必要な容量のものを各々別の場所に2台備え、共通要因より機能喪失しない設計とするとともに、各々非常用高圧母線に接続する。

蓄電池は、非常用2系統を各々別の場所に設置し、多重性及び独立性を確保し共通要因により機能が喪失しない設計とする。

ディーゼル発電機燃料油貯油槽
(約146m³/基、基数4)

- 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】

- 8 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、原子炉ごとに単独で設置し、他の原子炉施設と共用しない設計とする

非常用電源設備を号炉ごとに設置

技術的能力に係る運用対策等（設計基準）

【33条 保安電源設備】

対象項目	区分	運用対策等
送電線，開閉所母線，変圧器の多重化	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
非常用高圧母線は2母線で構成	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
適切な機器仕様の選定	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
受電系統の自動又は手動切替	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
保護装置による異常検知	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
遮断器開放による故障箇所隔離	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
保護装置による電流不平衡検知	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため，適切に保守管理を実施するとともに，必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。

【33条 保安電源設備】

対象項目	区分	運用対策等
開閉所の送電線引留部（架線部）の巡視点検	運用・手順	変圧器1次側における1相開放事象の対応として、275kV送電線は複数回線を確保し、1回線となる場合には送電線引留部（架線部）の巡視点検を実施する。
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
保護装置による異常検知	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守・点検に関する教育を実施する。
遮断器開放による隔離及び受電切替	運用・手順	変圧器1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。
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
外部電源系6回線と接続 275kV（4回線） 66kV（2回線）	運用・手順	外部電源系統切替を実施する際は、あらかじめ手順を定め、給電運用担当箇所と連携を図り確実に操作を実施する。
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
タイラインで接続	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
地盤 （十分な支持性能）	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	—
	教育・訓練	—
懸垂碍子の使用	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。

【33条 保安電源設備】

対象項目	区分	運用対策等
ガス絶縁開閉装置の使用	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
地盤 (津波の影響を受けない敷地高さ)、 防潮堤	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	—
	教育・訓練	—
遮風建屋の設置、ポリマー罫管の採用、ケーブル引き込みによる接続	運用・手順	電気設備の塩害による汚損、劣化を監視するためポリマー罫管の漏れ電流測定を実施する。また、罫子の汚損が激しい場合は、罫子の清掃を実施する。
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
非常用電源設備の多重性及び独立性を確保しており、単一故障発生時の機能確保が可能	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
7日間分の容量以上の燃料を敷地内のディーゼル発電機燃料油貯油槽に貯蔵	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。
非常用電源設備を号炉ごとに設置	運用・手順	—
	体制	—
	保守管理	電気設備に要求される機能を維持するため、適切に保守管理を実施するとともに、必要に応じ補修を行う。
	教育・訓練	電気設備に係る保守管理に関する教育を実施する。