

本資料のうち、枠囲みの内容は機密事項に属しますので公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所 6号及び7号炉

保安電源設備について

平成27年9月

東京電力株式会社

第 33 条 保安電源設備

<目 次>

1. 基本方針	2
1.1 要求事項の整理.....	2
1.2 適合のための設計方針.....	6
2. 保安電源設備（33 条関係）	13
2.1 発電所構内における電気系統の信頼性（概要）	13
2.2 機器の破損、故障その他の異常の検知と拡大防止について.....	14
2.2.1 電気設備の保護.....	14
2.2.2 送電線保護装置.....	14
2.2.3 500kV 母線保護装置	15
2.2.4 66kV 母線保護装置	16
2.2.5 起動変圧器保護装置.....	17
2.2.6 その他設備に対する保護装置.....	17
2.2.7 変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相の開放が発生した場合.....	18
2.2.7.2 非常用高圧母線への電力供給について.....	19
2.2.7.2 1 相開放故障の検知性について	23
2.2.8 電力の供給が停止しない構成.....	31
2.3 電線路の独立性.....	32
2.3.1 柏崎刈羽原子力発電所 6/7 号炉への電線路の独立性.....	32
2.3.1.1 西群馬開閉所全停時の供給系統.....	33
2.3.1.2 東北電力株式会社刈羽変電所全停時の供給系統.....	34
2.4 電線路の物理的分離について.....	35
2.4.1 送電線の交差箇所・近接区間の概要について.....	35
2.4.1.1 送電線の近接区間について.....	36
2.4.2 変電所等と活断層等の位置.....	38
2.4.2.1 東北電力株式会社刈羽変電所について.....	39
2.4.3 鉄塔基礎の安定性.....	40
2.4.4 送電線の信頼性向上対策.....	43
2.4.4.1 送電線における信頼性向上の取組み.....	44
2.4.4.2 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性.....	46
2.5 複数号炉を設置する場合における電源の確保.....	47
2.5.1 2 回線喪失時の電力供給継続	47
2.5.2 変圧器多重故障時の電力供給.....	50
2.5.3 外部電源受電設備の設備容量について.....	51
2.5.4 開閉所設備.....	52
2.5.4.1 開閉所設備等の耐震性評価について.....	54

2.5.4.2	開閉所基礎の設置地盤の支持性能について.....	56
2.5.4.3	ケーブル洞道設置地盤の支持性能について.....	60
2.6	非常用電源設備について.....	65
2.6.1	非常用電源設備等.....	65
2.6.1.1	非常用電源設備の概要.....	65
2.6.1.1.1	非常用ディーゼル発電機.....	68
2.6.1.1.2	非常用電源設備の配置.....	71
2.6.1.1.3	非常用電源設備の配置の基本方針.....	73
2.6.1.1.4	外部からの衝撃による損傷の防止に対する適合のための設計方針について	74
2.6.2	非常用ディーゼル発電機の燃料容量について.....	76
2.7	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.....	77

<概 要>

1. において、設計基準事故対処設備の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する柏崎刈羽原子力発電所 6 号炉及び 7 号炉における適合性を示す。
2. において、設計基準事故対処設備について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備又は運用等について説明する。

1. 基本方針

1.1 要求事項の整理

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

第 1.1-1 表 設置許可基準規則第 33 条並びに技術基準規則第 45 条 要求事項

設置許可基準規則 第 33 条 (保安電源設備)	技術基準規則 第 45 条 (保安電源設備)	備考
<p>発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。</p>	<p>—</p>	<p>変更なし</p>
<p>2 発電用原子炉施設には、非常用電源設備 (安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。) を設けなければならない。</p>	<p>発電用原子炉施設には、電線路及び当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機からの電力の供給が停止した場合において発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置の機能を維持するため、内燃機関を原動力とする発電設備又はこれと同等以上の機能を有する非常用電源設備を施設しなければならない。</p>	<p>変更なし</p>
<p>—</p>	<p>2 設計基準対象施設の安全性を確保する上で特に必要な設備には、無停電電源装置又はこれと同等以上の機能を有する装置を施設しなければならない。</p>	<p>変更なし</p>
<p>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、<u>発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から安全施設への電力の供給が停止することがないよう、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。</u></p>	<p>3 保安電源設備 (安全施設へ電力を供給するための設備をいう。) には、<u>第一項の電線路、当該発電用原子炉施設において常時使用される発電機及び非常用電源設備から発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な装置への電力の供給が停止することがないよう</u>に、<u>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ために必要な措置を講じなければならない。</u></p>	<p>追加要求事項</p>

設置許可基準規則 第 33 条 (保安電源設備)	技術基準規則 第 45 条 (保安電源設備)	備考
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。	4 設計基準対象施設に接続する第一項の電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、当該設計基準対象施設において受電可能なものであって、使用電圧が六万ボルトを超える特別高圧のものであり、かつ、それにより当該設計基準対象施設を電力系統に連系するように施設しなければならない。	追加要求事項
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。	5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、当該設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるように施設しなければならない。	追加要求事項
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。	6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の敷地内の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないように施設しなければならない。	追加要求事項
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。	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。	追加要求事項 (設置許可基準規則解釈)

設置許可基準規則 第 33 条（保安電源設備）	技術基準規則 第 45 条（保安電源設備）	備考
<u>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。</u>	<u>8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないように施設しなければならない。</u>	追加要求事項

1.2 適合のための設計方針

保安電源設備に関する要求事項と適合のための設計方針は以下の通りである。(第 1.2-1 表)

第 1.2-1 表 設置許可基準規則第 33 条 要求事項

要求事項 (新規制基準の項目)	適合のための設計方針
<p>発電用原子炉施設は、重要安全施設がその機能を維持するために必要となる電力を当該重要安全施設に供給するため、電力系統に連系したものでなければならない。</p>	<p>柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線 4 回線 (4 回線は母線で接続されている) と 154kV 送電線 1 回線で電力系統に接続される設計としている。</p> <p>500kV 送電線 4 回線は、500kV 新新潟幹線 2 回線、500kV 南新潟幹線 2 回線の 2 ルートで柏崎刈羽原子力発電所より約 100 k m 離れた西群馬開閉所に接続される設計としている。154kV 送電線 1 回線は東北電力株式会社の電力系統より供給されており、東北電力株式会社 154kV 荒浜線 (以降、154kV 荒浜線) 1 回線の 1 ルートで柏崎刈羽原子力発電所より約 4 k m 離れた東北電力株式会社刈羽変電所 (以降、刈羽変電所) に接続される設計としている。</p> <p>【2.1, 2.3.1 参照】</p>
<p>2 発電用原子炉施設には、非常用電源設備 (安全施設に属するものに限る。以下この条において同じ。) を設けなければならない。</p>	<p>重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器において、その機能を達成するために電力を必要とするものについては、非常用所内電源系から給電可能な構成とし、非常用高圧母線は共通用高圧母線、非常用ディーゼル発電機のいずれからも受電できる設計としている。</p> <p>(6 号炉, 7 号炉)</p> <p>非常用ディーゼル発電機</p> <p>台 数 : 3</p> <p>容 量 : 約 6,250kVA / 台</p> <p>蓄電池</p> <p>組 数 : 4</p> <p>容 量 : 約 10,000Ah (1 組)</p> <p> 約 3,000Ah (2 組)</p> <p> 約 2,200Ah (1 組)</p> <p>【2.6 参照】</p>
<p>3 保安電源設備 (安全施設へ電力を供給するための設備をいう。) 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</p>	<p>外部電源系及び非常用所内電源系の機器の故障又は発電所に接続している送電線の短絡や地絡、所内高圧母線の低電圧や過電流に対し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することによ</p>

がないよう、機器の損壊、故障その他の異常を検知するとともに、その拡大を防止するものでなければならない。

解釈 1 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。

り、他の安全機能への影響を限定できる設計としている。

【2.2 参照】

500kV 送電線が接続されている開閉所と 154kV 送電線が接続されている開閉所は互いに異なる母線で構成されており、開閉所の設置場所も位置的に離れている。開閉所に設置される遮断器は各々信頼性の高いガス絶縁開閉装置とガス遮断器を使用している。

【2.1, 2.3.1, 2.4.4.2 参照】

また、66kV 起動用開閉所が 500 kV 起動用開閉所変圧器から受電ができない場合には、予備電源変圧器から受電を行うことが可能であり、非常用高圧母線が起動変圧器から受電ができない場合には、非常用ディーゼル発電機からの受電へ自動切替され、安全施設への電力供給が停止することがない設計としている。

【2.2.8 参照】

要求事項（新規制基準の項目）	適合のための設計方針
<p>解釈 2 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，電力供給の安定性を回復できることをいう。</p>	<p>外部電源系及び非常用所内電源系の機器の故障又は発電所に接続している送電線の短絡や地絡，所内高圧母線の低電圧や過電流に対し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することにより，他の安全機能への影響を限定できる設計としている。</p> <p>主な保護の一例</p> <ul style="list-style-type: none"> ・送電線保護 <p>送電線保護装置により短絡等の事故を検出した場合に，事故が発生した送電線に接続されている遮断器を開放し，故障箇所を隔離し，故障による影響を局所化することにより，他の安全機能への影響を限定する。</p> ・母線保護 <p>母線保護装置により短絡等の事故を検出した場合に，事故が発生した母線に接続されている遮断器を開放し，故障箇所を隔離し，故障による影響を局所化することにより，他の安全機能への影響を限定する。</p> ・変圧器保護 <p>変圧器保護装置により短絡等の事故を検出した場合に，事故が発生した変圧器に接続されている遮断器を開放し，故障箇所を隔離し，故障による影響を局所化することにより，他の安全機能への影響を限定する。</p> <p>起動変圧器の受電遮断器が開放された場合，非常用ディーゼル発電機が投入され非常用高圧母線への電力が供給できる。</p> ・1 相開放故障保護 <p>地絡を伴わない 1 相開放故障が発生した場合，警報を確認したのち，健全な起動用開閉所変圧器側への受電切替もしくは，手動にて非常用母線を隔離することにより非常用ディーゼル発電機を自動起動させ，他の安全機能への影響を限定する。</p> <p>a. 変圧器 1 次側にて 1 相開放故障が発生した際，地絡を検知した場合，遮断器を開放する。</p>

	<p>(電流差動継電器)</p> <p>b. 変圧器 1 次側にて 1 相開放故障が発生した際、電動機電流の増加を検知した場合、警報を発報する。(過負荷継電器) また、電圧の低下を検知した場合、警報を発報する。(交流不足電圧継電器)</p> <p>c. 変圧器 1 次側にて 1 相開放故障が発生した際、変圧器 1 次側中性点の過電流を検知した場合、警報を発報する。(中性点過電流継電器)</p> <p>【2.2 参照】</p>
<p>4 設計基準対象施設に接続する電線路のうち少なくとも二回線は、それぞれ互いに独立したものであって、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。</p> <p>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。</p> <p>解釈 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関連し、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。</p>	<p>柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線 4 回線 (4 回線は母線で接続されている) と 154kV 送電線 1 回線で電力系統に接続される設計としている。</p> <p>500kV 送電線 4 回線は、500kV 新新潟幹線 2 回線、500kV 南新潟幹線 2 回線の 2 ルートで柏崎刈羽原子力発電所より約 100 k m 離れた西群馬開閉所に接続される設計としている。154kV 送電線 1 回線は東北電力株式会社の電力系統より供給されており、154kV 荒浜線 1 回線の 1 ルートで柏崎刈羽原子力発電所より約 4 k m 離れた刈羽変電所に接続される設計としている。</p> <p>○外部電源</p> <p>送受電可能な回線：500kV 送電線 4 回線 受電専用の回線：154kV 送電線 1 回線</p> <p>○原子炉施設に接続する送電線の上流側の接続先は、以下のとおりそれぞれ異なる変電所等に接続され、互いに独立している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・500kV 送電線 新新潟幹線 (2 回線)：西群馬開閉所 ・500kV 送電線 南新潟幹線 (2 回線)：西群馬開閉所 ・154kV 送電線 荒浜線 (1 回線)：刈羽変電所 <p>【2.1, 2.3.1, 2.5.3 参照】</p>
<p>5 前項の電線路のうち少なくとも一回線は、設計基準対象施設において他の回線と物理的に分離して受電できるものでなければならない。</p>	<p>外部電源系のうち、刈羽変電所に接続される 154kV 送電線 1 回線は発電所内で 500kV 送電線 4 回線と異なる開閉所に接続され、他の回線と物理的に分離した設計としている。</p>

<p>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。</p>	<p>【2.4 参照】</p>
<p>6 設計基準対象施設に接続する電線路は、同一の工場等の二以上の発電用原子炉施設を電力系統に連系する場合には、いずれの二回線が喪失した場合においても電力系統からこれらの発電用原子炉施設への電力の供給が同時に停止しないものでなければならない。</p> <p>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。</p>	<p>500kV 送電線 1 回線又は 154kV 送電線 1 回線で原子炉を安全に停止するための電力を受電し得る容量を有した設計としている。500kV 送電線 4 回線は母線で接続されており、さらに 154kV 送電線 1 回線が接続されていることから、いかなる 2 回線が喪失した場合においても電力系統から原子炉を安全に停止するための電力を受電することができる設計としている。</p> <p>【2.5.1～2.5.3 参照】</p> <p>開閉所設備は以下のとおり、信頼性を確保している。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・開閉所は不等沈下等が起きないような十分な支持性能をもつ地盤、かつ津波に対して影響を受けない敷地に設置している。 ・耐震性の高い碍子及びガス絶縁開閉装置とガス遮断器を使用している。 ・塩害に対しては碍子洗浄装置を設置している。 <p>【2.5.4 参照】</p>
<p>7 非常用電源設備及びその附属設備は、多重性又は多様性を確保し、及び</p>	<p>非常用所内電源系は非常用ディーゼル発電機 3 台、非常用高圧母線 3 母線、蓄電池 4 組その他関連</p>

<p>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。</p> <p>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。</p>	<p>する開閉器及びケーブルで構成されており、いずれかの 1 系統を構成する機器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設計としている。</p> <p>【2.6.1 参照】</p> <p>非常用ディーゼル発電機は、外部電源喪失事故（LOPA）又は外部電源喪失を伴う冷却材喪失事故（LOCA+LOPA）時に、原子炉を冷温停止させるために必要な負荷に電源を供給するものについて、定格出力で 7 日間以上の連続運転ができる燃料貯蔵設備を発電所内に有する設計としている。</p> <p>【2.6.2 参照】</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

要求事項（新規制基準の項目）	適合のための設計方針
<p>8 設計基準対象施設は、他の発電用原子炉施設に属する非常用電源設備及びその附属設備から受電する場合には、当該非常用電源設備から供給される電力に過度に依存しないものでなければならない。</p> <p>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、認められる非常用電源設備の共用をいう。</p>	<p>非常用所内電源系は、当該発電用原子炉施設で専用の設備により構成しており、他の発電用原子炉施設との共用をしない設計としている。</p> <p>【2.7 参照】</p>

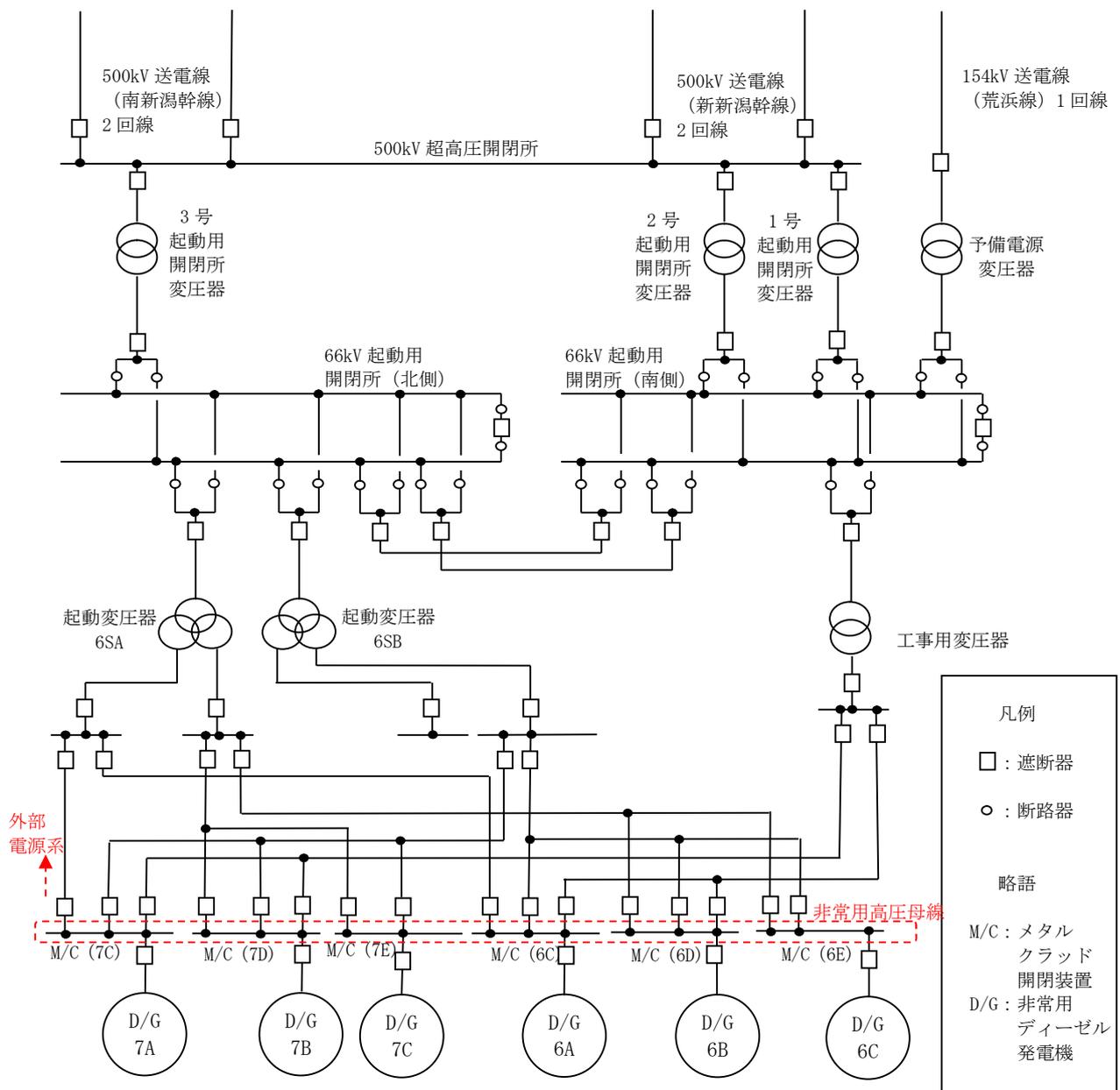
2. 保安電源設備 (33 条関係)

2.1 発電所構内における電気系統の信頼性 (概要)

重要度の特に高い安全機能を有する構築物、系統及び機器で、その機能を達成するために電力を必要とするものについては、非常用高圧母線からの給電可能な構成とし、非常用高圧母線は外部電源系又は非常用ディーゼル発電機のいずれからも受電できる構成としている。(第 2.1-1 図参照)【設置許可基準第 33 条 第 1 項】

このうち、外部電源系については、送電線に接続する遮断器や断路器等を設置した 500kV 超高圧開閉所機器、66kV 起動用開閉所機器、開閉所電圧を降圧する変圧器、及び M/C 等を設置した所内高圧系統から構成される。

開閉所機器、変圧器、及び所内高圧系統については、送電線や所内電源の切替操作が容易に実施可能なように操作スイッチ等を設ける設備構成としている。【設置許可基準第 33 条 第 3 項 解釈 1, 第 4 項 解釈 3, 解釈 4】



第 2.1-1 図 所内単線結線図

2.2 機器の破損、故障その他の異常の検知と拡大防止について

2.2.1 電気設備の保護

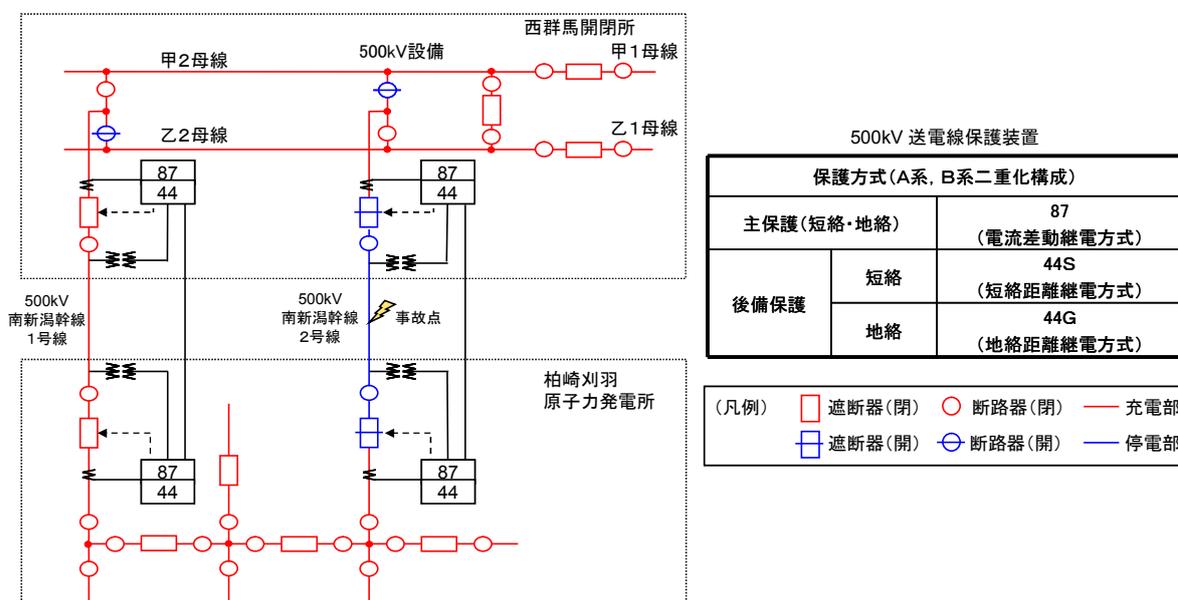
開閉所（母線等）、変圧器、その他の関連する電気系統の機器の故障により発生する短絡や地絡、母線の低電圧や過電流に対し、保護継電装置により検知できる設計としており、検知した場合には、保護継電装置からの信号により、遮断器等により故障箇所を隔離し、故障による影響を局所化し、他の電気系統の安全性への影響を限定できる設備構成となっている。【設置許可基準第33条 第3項】

2.2.2 送電線保護装置

柏崎刈羽原子力発電所と西群馬開閉所を連系する500kV南新潟幹線及び500kV新新潟幹線には、第2.2.2-1図の表に示す保護装置を設置している。

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

第2.2.2-1図に500kV南新潟幹線2号線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



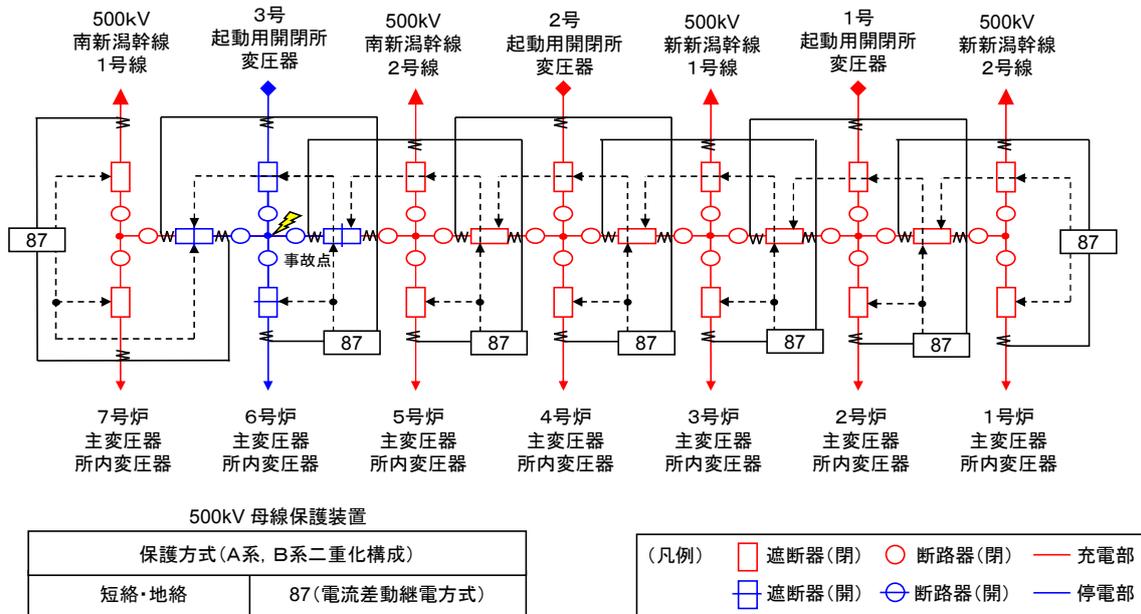
第2.2.2-1図 送電線保護装置(500kV南新潟幹線2号線故障時)

2.2.3 500kV 母線保護装置

柏崎刈羽原子力発電所 500kV 超高圧開閉所は、7 母線で構成されており、第 2.2.3-1 図の表に示す保護装置を設置している。

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

第 2.2.3-1 図に 6 号炉が接続する母線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



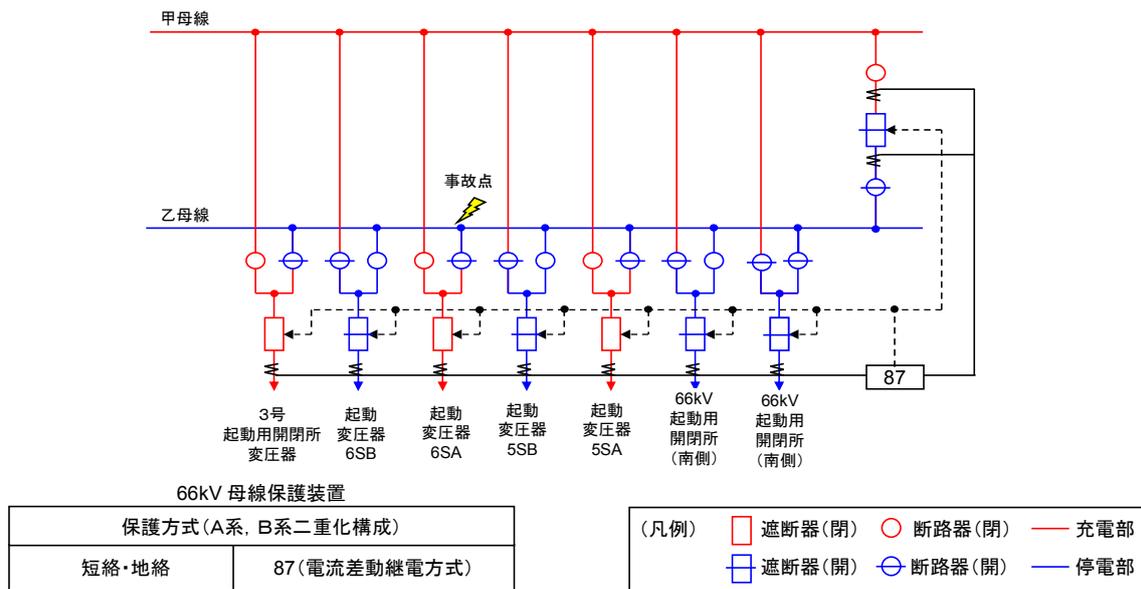
第 2.2.3-1 図 母線保護装置 (500kV 超高圧開閉所 6 号炉が接続する母線故障時)

2.2.4 66kV 母線保護装置

柏崎刈羽原子力発電所 66kV 起動用開閉所は、500kV 超高压開閉所の北側と南側に位置している。北側、南側共に甲乙母線の二重母線で構成されており、第 2.2.4-1 図の表に示す保護装置を設置している。

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

第 2.2.4-1 図に 66kV 起動用開閉所（北側）乙母線故障時に動作する遮断器及び停電範囲を示す。



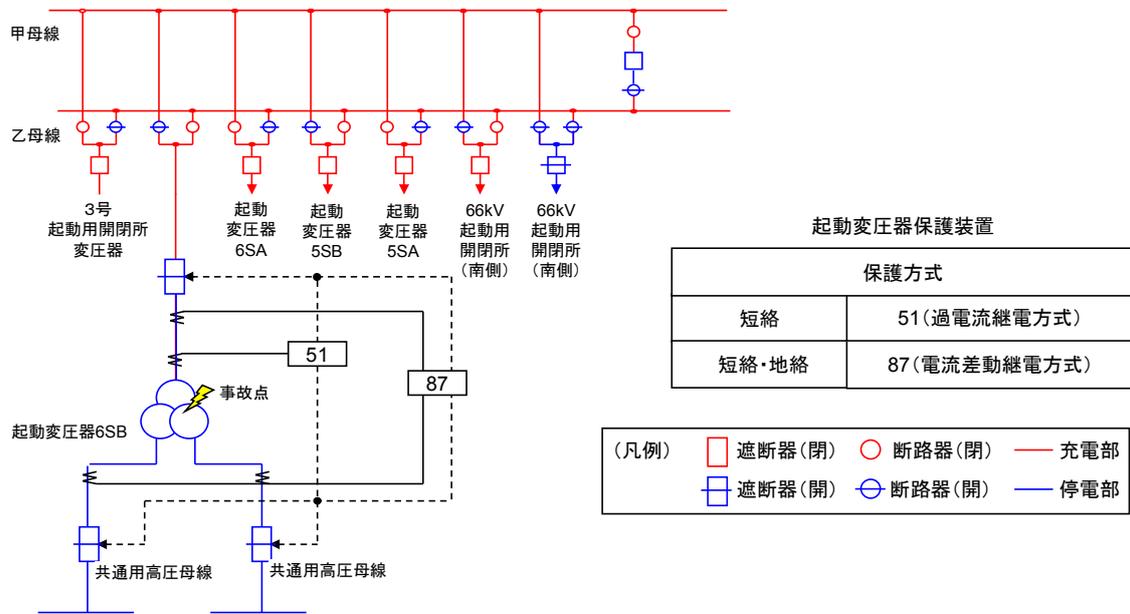
第 2.2.4-1 図 母線保護装置 (66kV 起動用開閉所 (北側) 乙母線故障時)

2.2.5 起動変圧器保護装置

変圧器には、第 2.2.5-1 図の表に示す保護装置を設置している。

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

第 2.2.5-1 図に起動変圧器 6SB で故障が発生した際に、動作する遮断器及び停電範囲を示す。



第 2.2.5-1 図 変圧器保護装置 (起動変圧器 6SB 故障時)

2.2.6 その他設備に対する保護装置

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

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

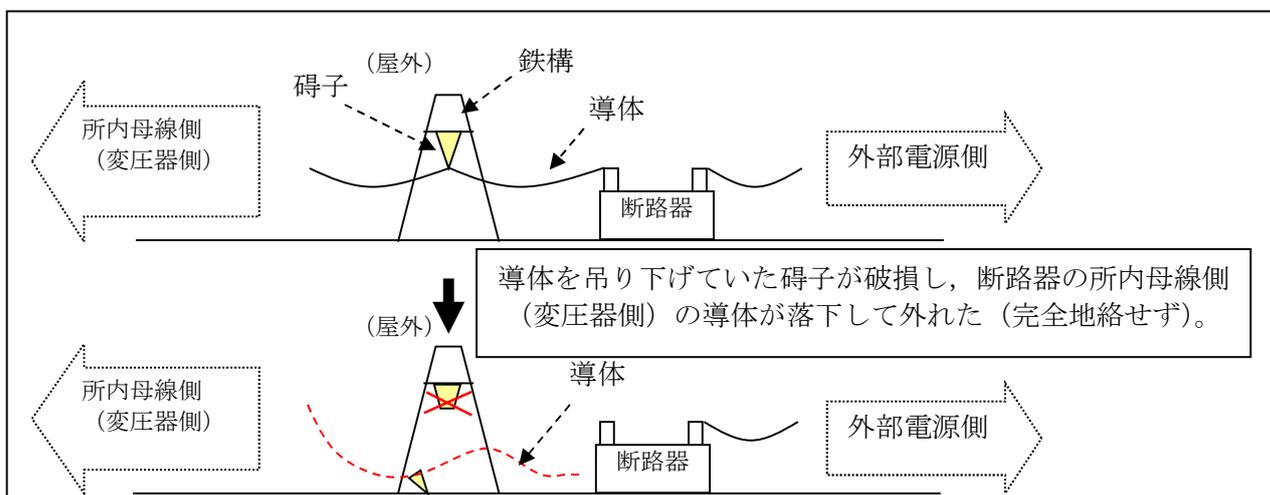
2.2.7 変圧器1次側の3相のうち1相の開放が発生した場合

2.2.7.1 米国バイロン2号炉の事象の概要と問題点

(1) 事象の概要

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

- ① 起動用変圧器の故障(架線の碍子の破損)により,3相交流電源の1相が開放故障した状態が発生した。(第2.2.7-1図参照)
- ② このため,起動用変圧器から受電していた常用母線の電圧の低下により,一次冷却材ポンプがトリップし,原子炉がトリップした。
- ③ トリップ後の所内切替により,非常用母線の接続が起動用変圧器側に切り替わった。
- ④ 非常用母線の電圧を監視している保護継電器のうち,1相分の保護継電器しか動作しなかったため,非常用母線の外部電源への接続が維持され,非常用母線各相の電圧が不平衡となった。
- ⑤ 原子炉トリップ後に起動した安全系補機類が,非常用母線の電圧不平衡のために過電流によりトリップした。
- ⑥ 運転員が1相開放故障状態に気づき,外部電源の遮断器を手動で動作させることにより,外部電源系から非常用母線が開放され,非常用ディーゼル発電機が自動起動し,電源を回復した。



第2.2.7-1図 米国バイロン2号炉の1相開放故障の概要

(2) 問題点

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

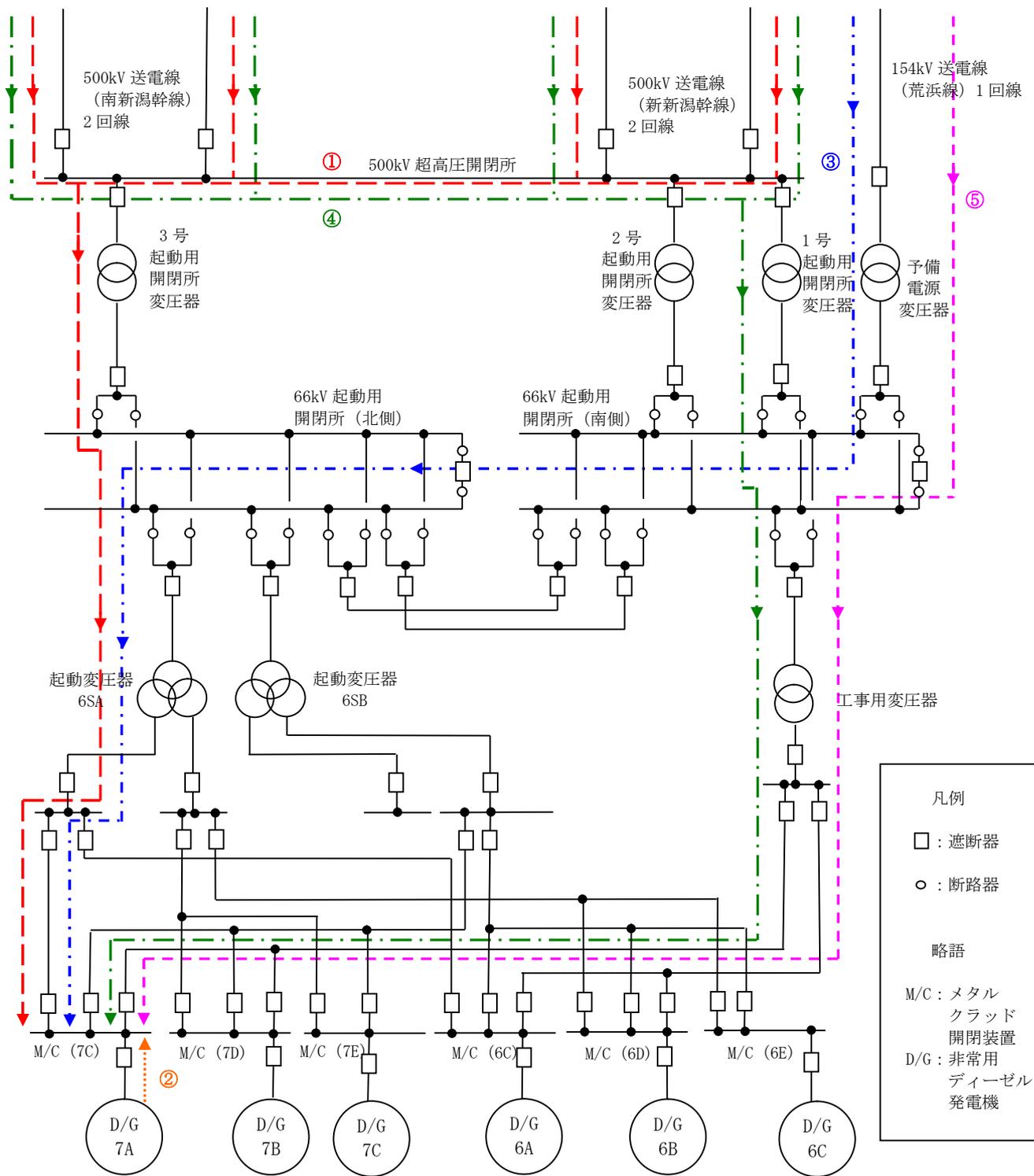
2.2.7.2 非常用高圧母線への電力供給について

柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線（500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線）2 ルート 4 回線及び 154kV 送電線（東北電力株式会社 154kV 荒浜線）1 ルート 1 回線で電力系統に連系している。

非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。

- ① 通常時、500kV 超高压開閉所内にある 500kV ガス絶縁開閉装置（以下、GIS という）を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器より受電する。
- ② 非常用ディーゼル発電機から受電する。
- ③ 500kV 送電線、500kV GIS もしくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器（以下、GCB という）を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器から受電する。
- ④ 起動変圧器が使用できない場合、500kV 超高压開閉所内にある 500kV GIS を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。
- ⑤ 500kV 送電線、500kV GIS もしくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合及び起動変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器（以下、GCB）を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。

非常用高圧母線への電力供給を第 2.2.7-2 図に示す。



※例としてM/C(7C)への給電ルートを図示

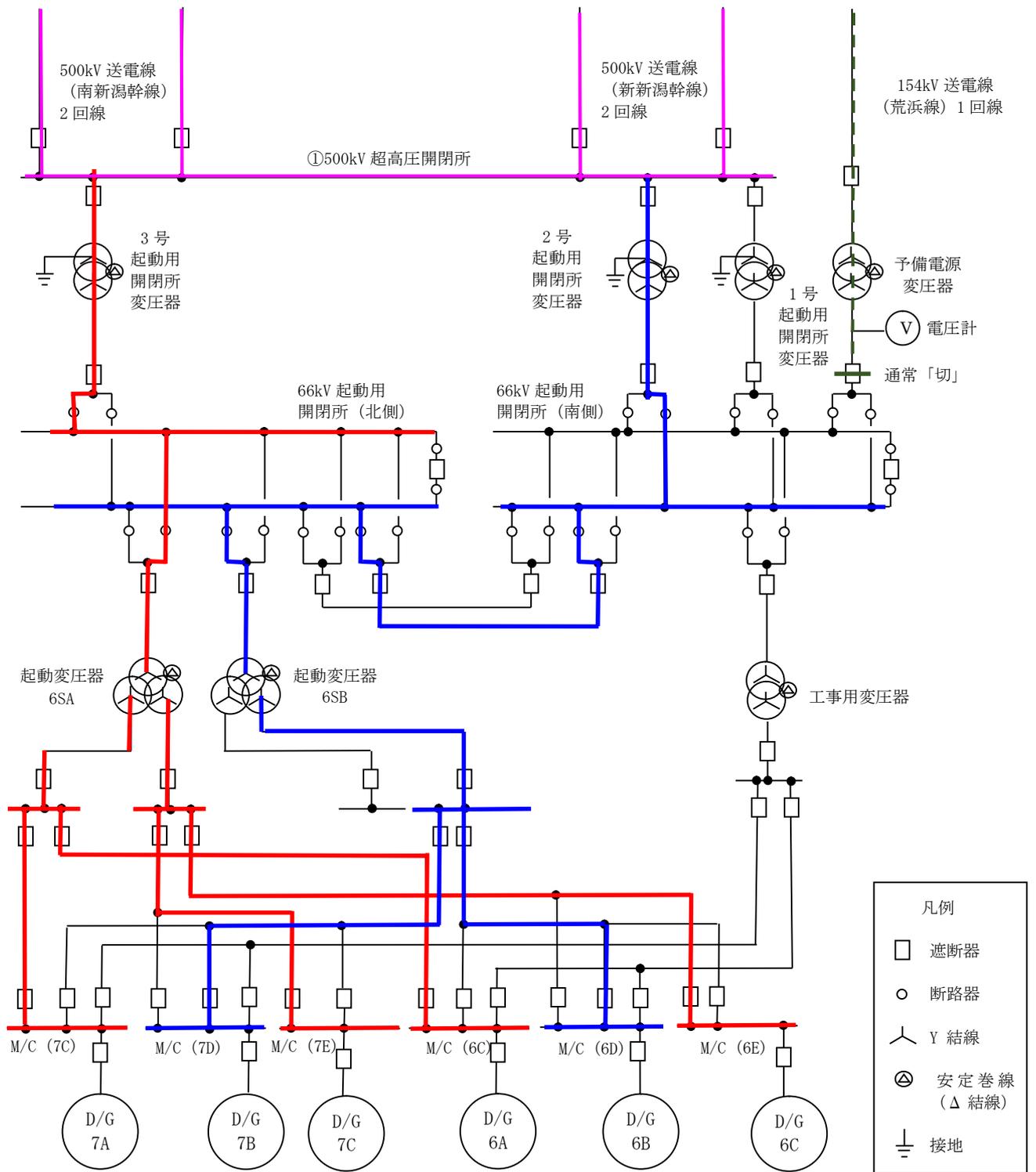
第 2. 2. 7-2 図 非常用高压母線への電力供給

また①の経路で受電する場合、通常は 500kV 送電線から 6 号炉及び 7 号炉の非常用高压母線まで第 2.2.7-3 図の経路で電源供給を行っているため、以下のとおり、変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生しても非常用高压母線への電源供給は 1 回線以上確保可能な構成としている。

- a. 500kV 送電線から受けた 4 回線の電源は 500kV 超高压開閉所にて連系しているため、500kV 送電線 1 回線にて 1 相開放故障が発生しても非常用高压母線の電圧に変化が生じない。
- b. 非常用高压母線 (M/C(C)及び M/C(D)) は多重化された異なる起動用開閉所変圧器及び起動変圧器より受電しているため、起動用開閉所変圧器又は起動変圧器の 1 次側において 1 相開放故障が発生しても、1 回線以上の非常用高压母線は健全な電源より受電可能である。

したがって、変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への給電が維持されたとしても、非常用高压母線への電源供給は 1 回線以上確保可能であることから、直ちに原子炉安全を脅かすものではないが、別の変圧器 1 次側で 1 相開放故障が発生する前に速やかに検知し、故障箇所を隔離することが重要となる。

なお、154kV 送電線から予備電源変圧器までは、通常負荷へ給電していないこと、及び変圧器の 1 次側が非接地であることから、予備電源変圧器の 1 次側に 1 相開放故障が発生した場合、予備電源変圧器の 2 次側で電圧が低下するため、電圧計を新規に設置し、検知性を向上させている。



第 2. 2. 7-3 図 通常時の非常用高压母線への受電経路

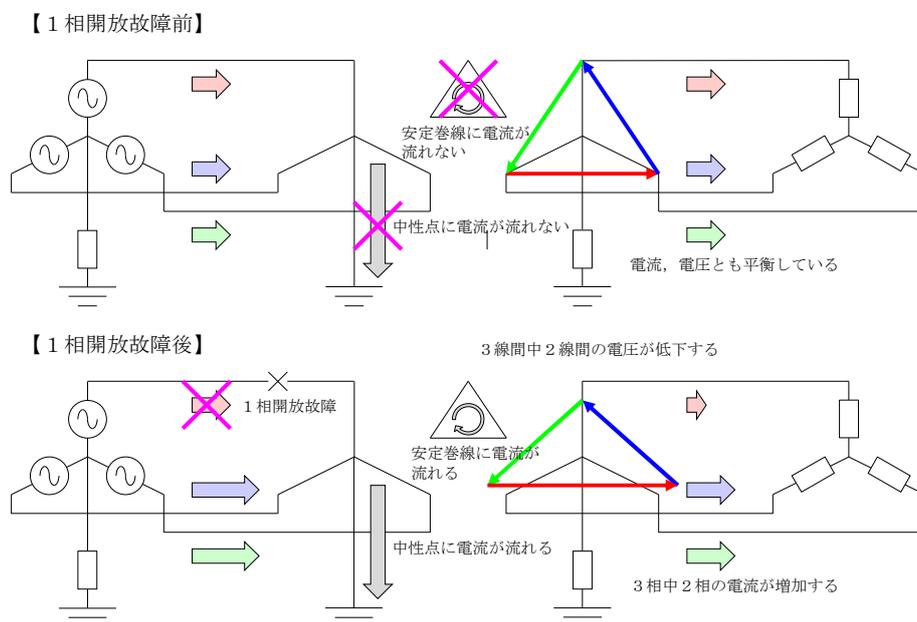
2.2.7.2 1相開放故障の検知性について

(1) 変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合電圧が低下しない事象の概要

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

一方、変圧器負荷が非常に少ない場合や、変圧器にΔ結線の安定巻線を含む場合などにおいては、所内電源系側の交流不足電圧継電器(27)の検知電圧が動作範囲まで低下せず、1相開放故障を検知できない可能性がある(3相交流では、変圧器1次側における1相のみが開放故障となっても変圧器鉄心に磁束の励磁が持続され、変圧器2次側(所内電源系側)において3相ともほぼ正常に電圧が維持されてしまう場合がある)。(第2.2.7-4図参照)

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



第2.2.7-4図 変圧器1次側における1相開放故障による電圧維持(イメージ)

(2) 当社変圧器1次側に1相開放故障が発生した場合の対応について

当社変圧器1次側の接続部位のうち、500kV送電線側については、米国パイロン2号炉のように全面的な空中に露出した架線接続ではなく、接地された筐体内等に配線された構造である。

一方、154kV送電線側については、米国パイロン2号炉のような空中に露出した架線接続部と、接地された筐体内等に配線された構造箇所を有している。(第2.2.7-5図、第2.2.7-6図参照)

筐体内等の導体においては、断線による1相開放故障が発生したとしても、接地された筐体等を通じ完全地絡となることで、電流差動継電器(87)、地絡過電圧継電器(64)、及び地絡方向継電器(67)による検知が可能である。

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

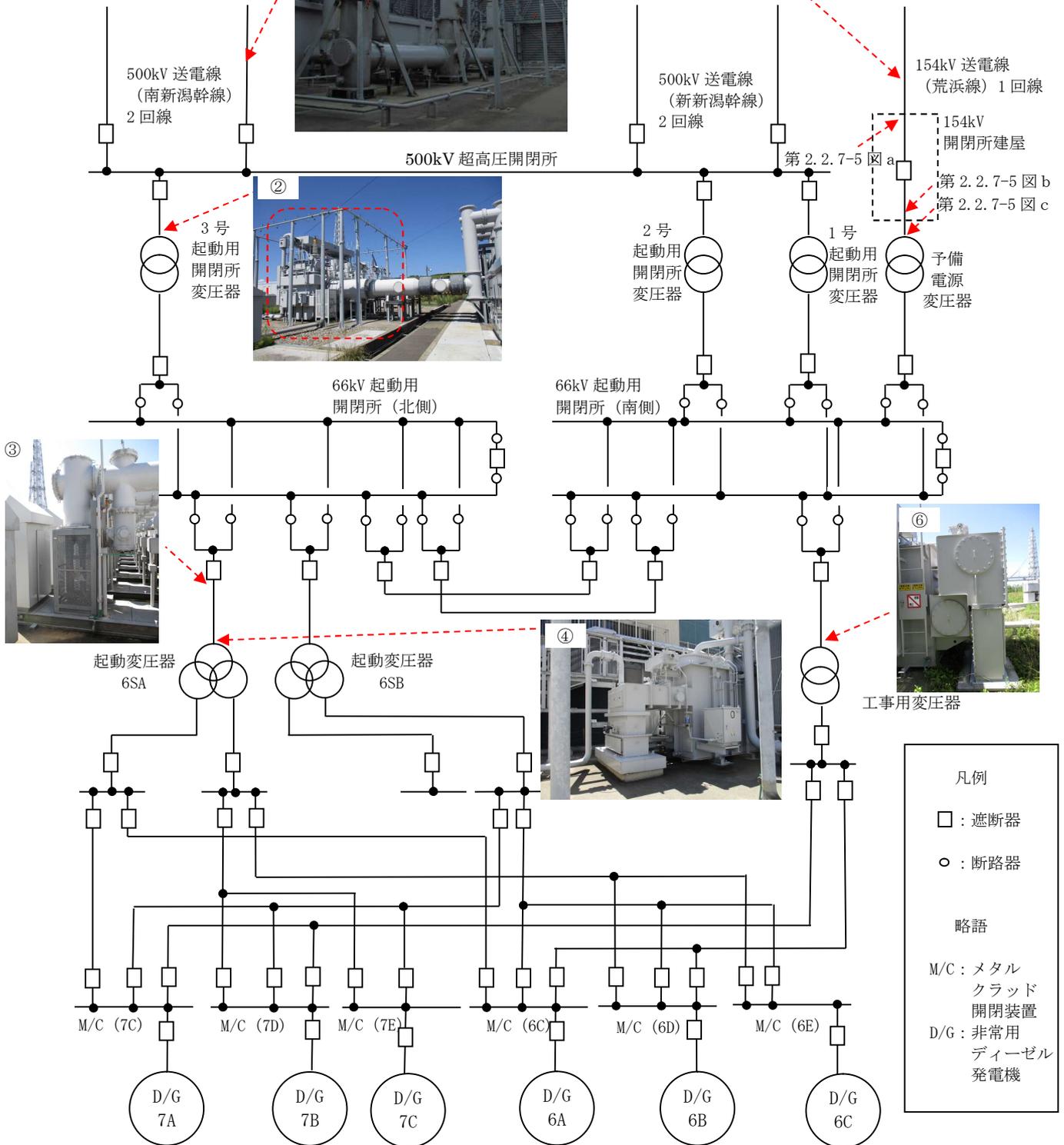
気中に露出した架線接続部を有しているのは、500kV 送電線の引込部及び 154kV 送電線の引込部から 154kV 開閉所機器が該当する。(第 2.2.7-5 図, 第 2.2.7-6 図参照) 当該部位については、毎日実施する「巡視点検」にて電路の健全性を確認することにより、1 相開放故障を目視にて検知することが可能である。

目視にて検知したのちは、健全な変圧器側への受電切替を実施すること、及び給電中の変圧器を手動にて切り離すことにより、非常用ディーゼル発電機が自動起動し非常用高圧母線に給電される。したがって、変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への給電が維持されることはない。

① 気中に露出した架線接続部



⑤ 気中に露出した架線接続部

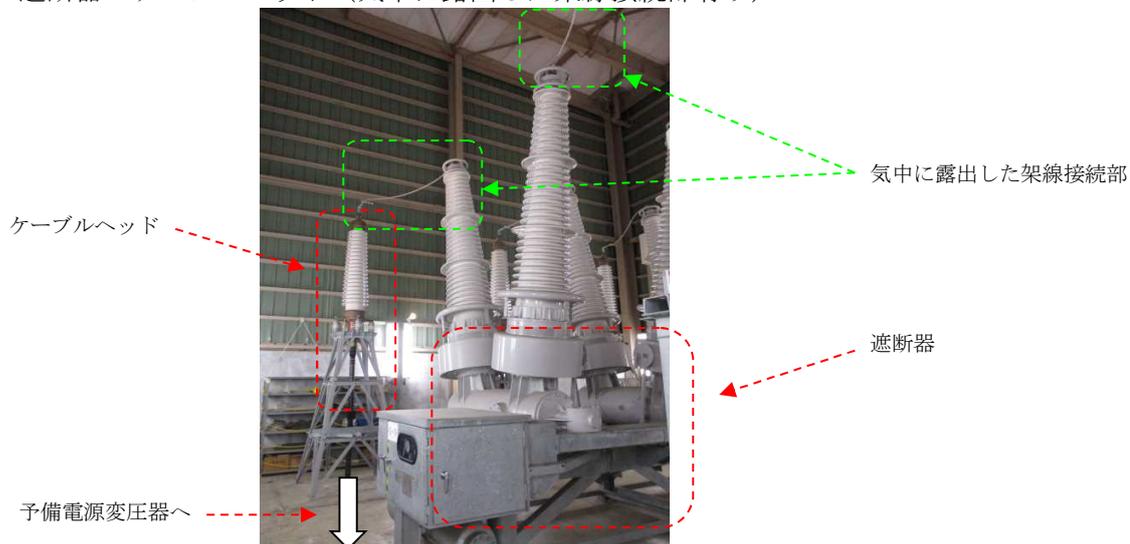


第 2. 2. 7-5 図 変圧器 1 次側の接続部位について

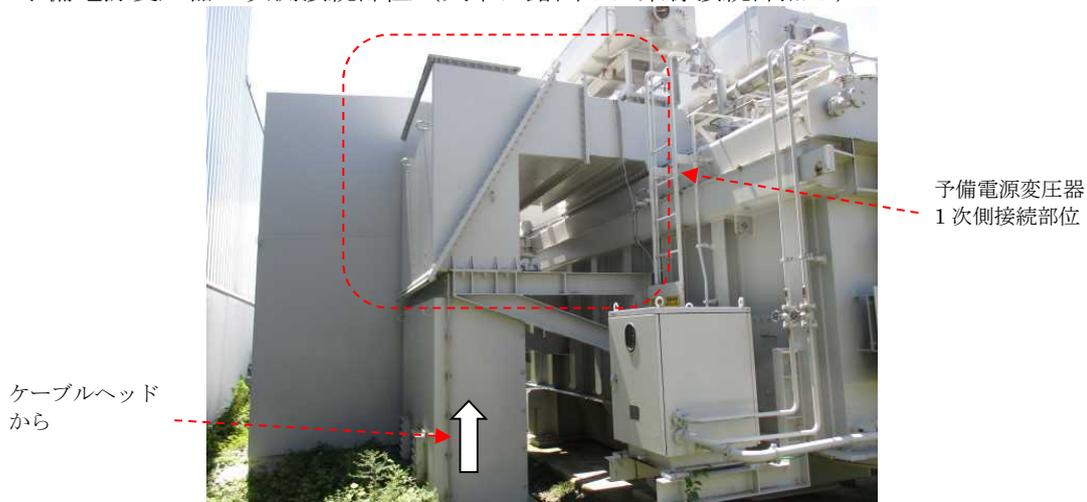
a. 154kV 引留部（壁抜ブッシング）～遮断器（気中に露出した架線接続部有り）



b. 遮断器～ケーブルヘッド（気中に露出した架線接続部有り）



c. 予備電源変圧器 1 次側接続部位（気中に露出した架線接続部無し）



第 2.2.7-6 図 変圧器 1 次側の接続部位について（154kV 送電線側）

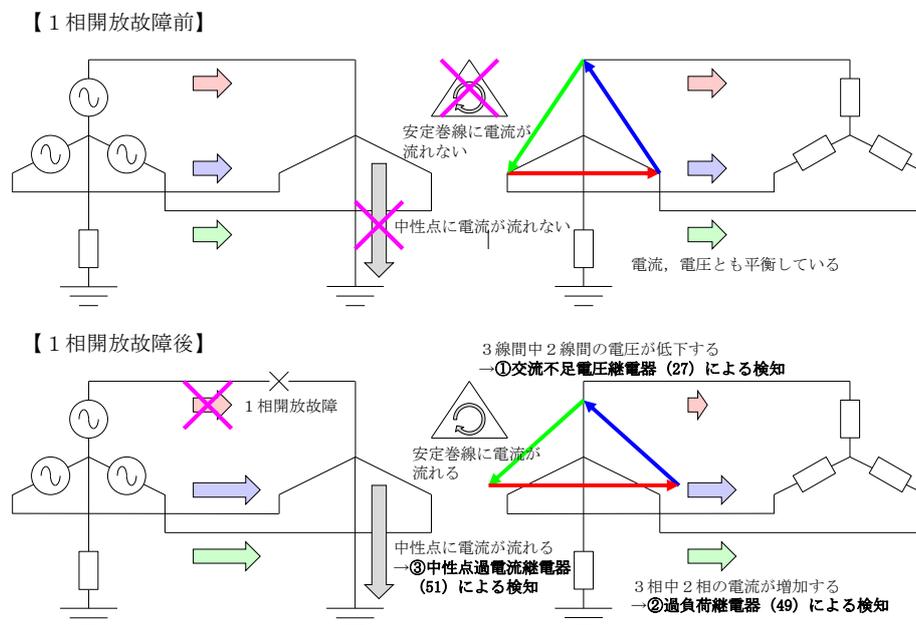
(2) 検知性向上対策について

前述の電流差動継電器（87）等及び目視の他に、第 2.2.7-7 図に示すとおり、変圧器の 1 次側において 1 相開放故障が発生した場合、「①交流電圧が低下する」の他にも以下の事象が発生する。（第 2.2.7-7 図参照）

② 電動機に逆相電流が流れるため、電動機電流の 3 相のうち 2 相が増加する。

③ 変圧器の 1 次側の中性点に電流が流れる。

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



第 2.2.7-7 図 変圧器 1 次側における 1 相開放故障の影響について（イメージ）

上記事象①②③は、変圧器の 1 次側において 1 相開放故障が発生した条件により検知できる保護継電器が異なる。1 相開放故障の発生条件に応じた保護継電器による検知方法を第 2.2.7-1 表に示す。

第 2.2.7-1 表 検知性向上対策

1 相開放故障の発生条件		検知可否※1	保護継電器	検知後の対処
発生場所	起動用開閉所変圧器の状態			
起動用開閉所変圧器の1次側 (直接接地)	重負荷 (負荷率： 約 15%以上)	○	③起動用開閉所変圧器1次側中性点過電流継電器(51) ※2	警報発生後，電圧を確認し，手動にて発生箇所を隔離する。
	軽負荷 (負荷率： 約 15%以下)	△	②過負荷継電器(49) ※3	複数の電動機に過負荷継電器(49)の警報及びトリップが発生することにより，1相開放故障の発生を想定し，電圧を確認後，手動にて発生箇所を隔離する。
	無負荷	×	なし※4	—
起動用開閉所変圧器の2次側 (非接地)	重負荷	△	②過負荷継電器(49) ※3	複数の電動機に過負荷継電器(49)の警報及びトリップが発生することにより，1相開放故障の発生を想定し，電圧を確認後，手動にて発生箇所を隔離する。
	軽負荷			
	無負荷	○	①交流不足電圧継電器(27)	警報発生後，電圧を確認し，手動にて発生箇所を隔離する。

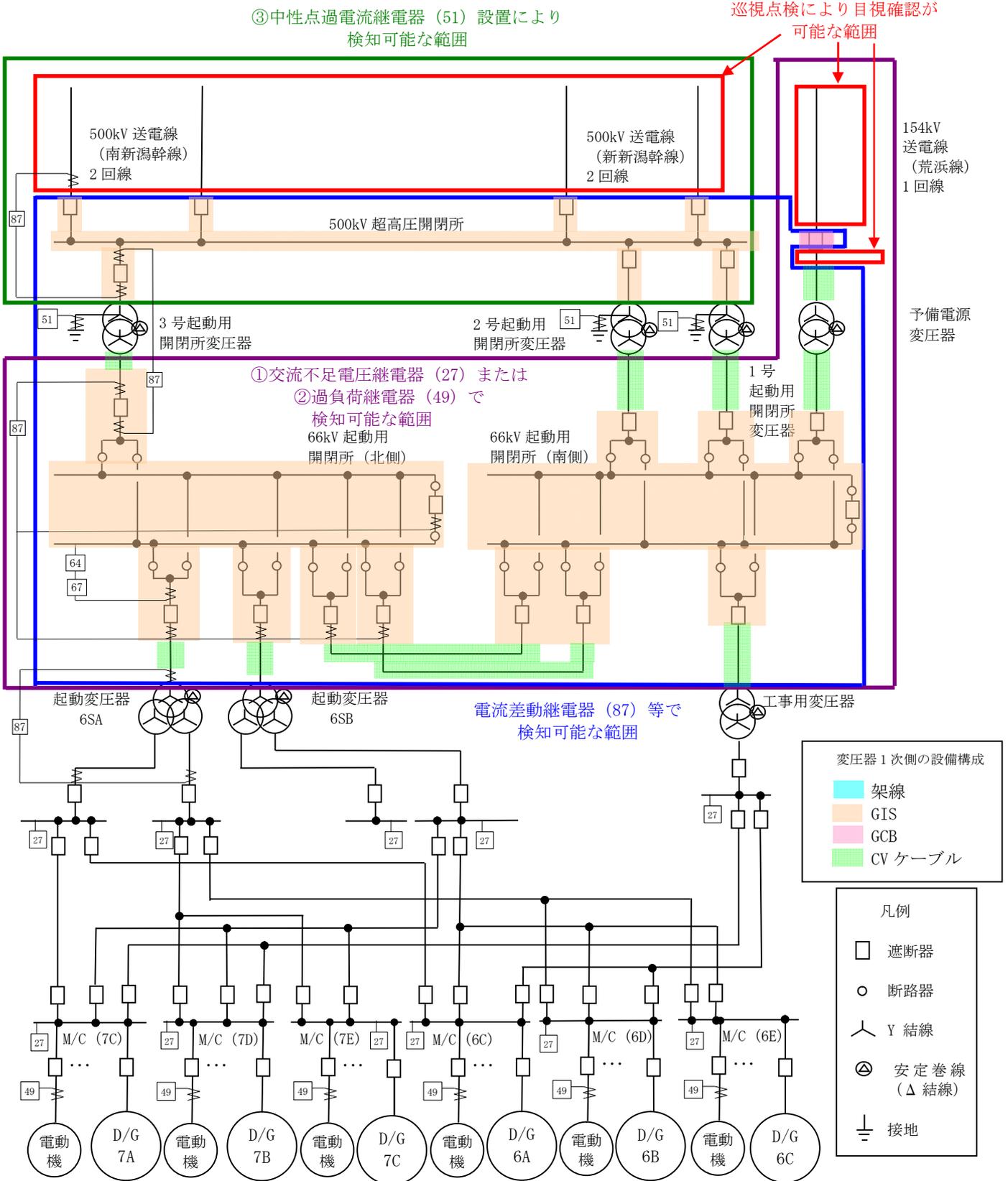
※1. ○：検知可能，△：検知可能な場合と不可能な場合有り，
×：検知できないことを示す。

※2. 既設中性点過電流継電器(51)では負荷率：約 25%～約 50%で検知可能であったが，新規に保護継電器を設置することにより，検知性向上を実現している。

※3. 過負荷継電器(49)の動作値に至らなければ電動機への影響は問題とならない。
また，電動機のすべりが増加し，電動機電流がさらに増加することにより過負荷継電器(49)が動作する場合や，交流電圧の低下に伴い交流不足電圧継電器(27)が動作する場合がある。

※4. 無負荷なので安全上の問題に至ることはない。

変圧器の1次側において1相開放故障が発生した場合の検知方法及び適用範囲について第2.2.7-8図に示す。



第2.2.7-8図 1相開放故障が発生した場合の検知方法及び適用範囲について

(3) まとめ

変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生しても、500kV GIS での連系により非常用高压母線の電圧に変化が起らないこと、又は 500kV GIS より下流側は設備が多重化されていることから、非常用高压母線への電源供給は 1 回線以上確保可能な構成としている。

したがって、変圧器 1 次側において 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への給電が維持されたとしても、非常用高压母線への電源供給は 1 回線以上確保可能であることから、直ちに原子炉安全を脅かすものではないが、別の変圧器 1 次側で 1 相開放故障が発生する前に速やかに検知し、故障箇所を隔離することが重要となる。

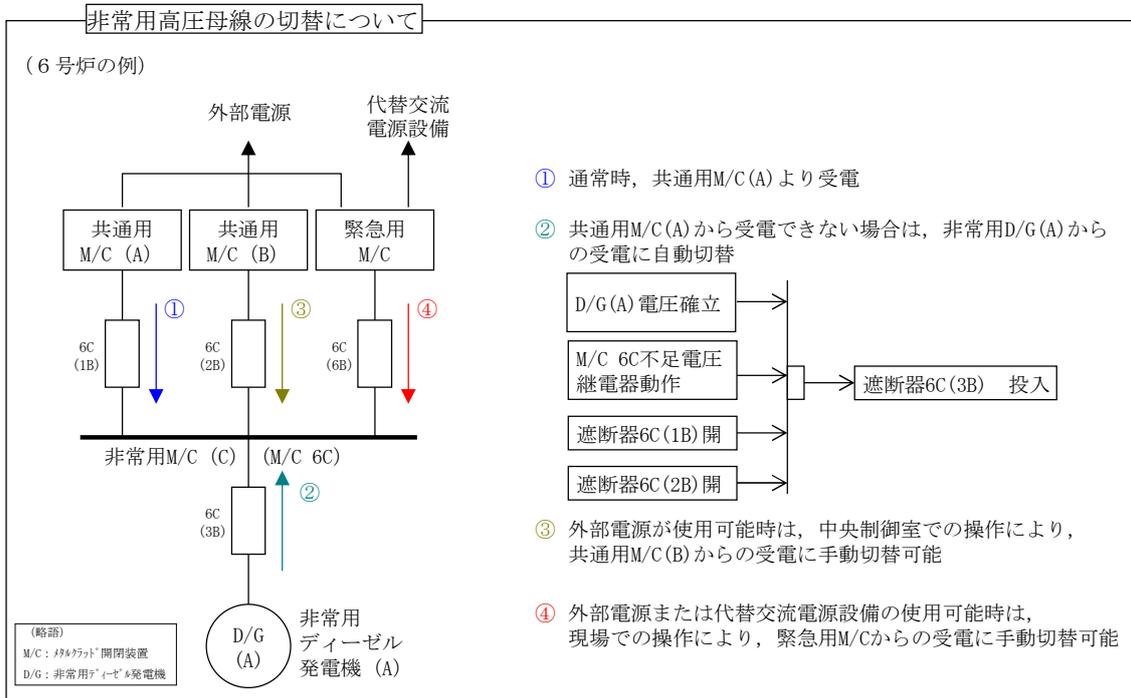
1 相開放故障の検知については、気中に露出した架線接続部での不具合については巡視点検等による早期発見による検知が可能である。それ以外の箇所については保護継電器で概ね検知可能であり、手動操作を含めて 1 相開放故障箇所を隔離することにより、変圧器 1 次側の 3 相のうち 1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、非常用母線への給電が維持されることはない。

また、運転員が保護継電器の動作にて 1 相開放故障の発生を想定し、1 相開放故障発生時の対応を確実にするために、手順書等へ反映する。

以上より、外部電源に直接接続している変圧器の 1 次側において 3 相のうちの 1 相の電路の開放が生じた場合にあつては、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、電力供給の安定性を回復できることから基準に適合している。【設置許可基準 第 33 条 第 3 項 解釈 2】

2.2.8 電力の供給が停止しない構成

非常用高圧母線が共通用高圧母線から受電できなくなった場合には、非常用ディーゼル発電機からの受電へ自動切替される。(第2.2.8-1図参照)【設置許可基準第33条 第3項 解釈1】



第2.2.8-1図 非常用母線の受電切替のイメージ図

2.3 電線路の独立性

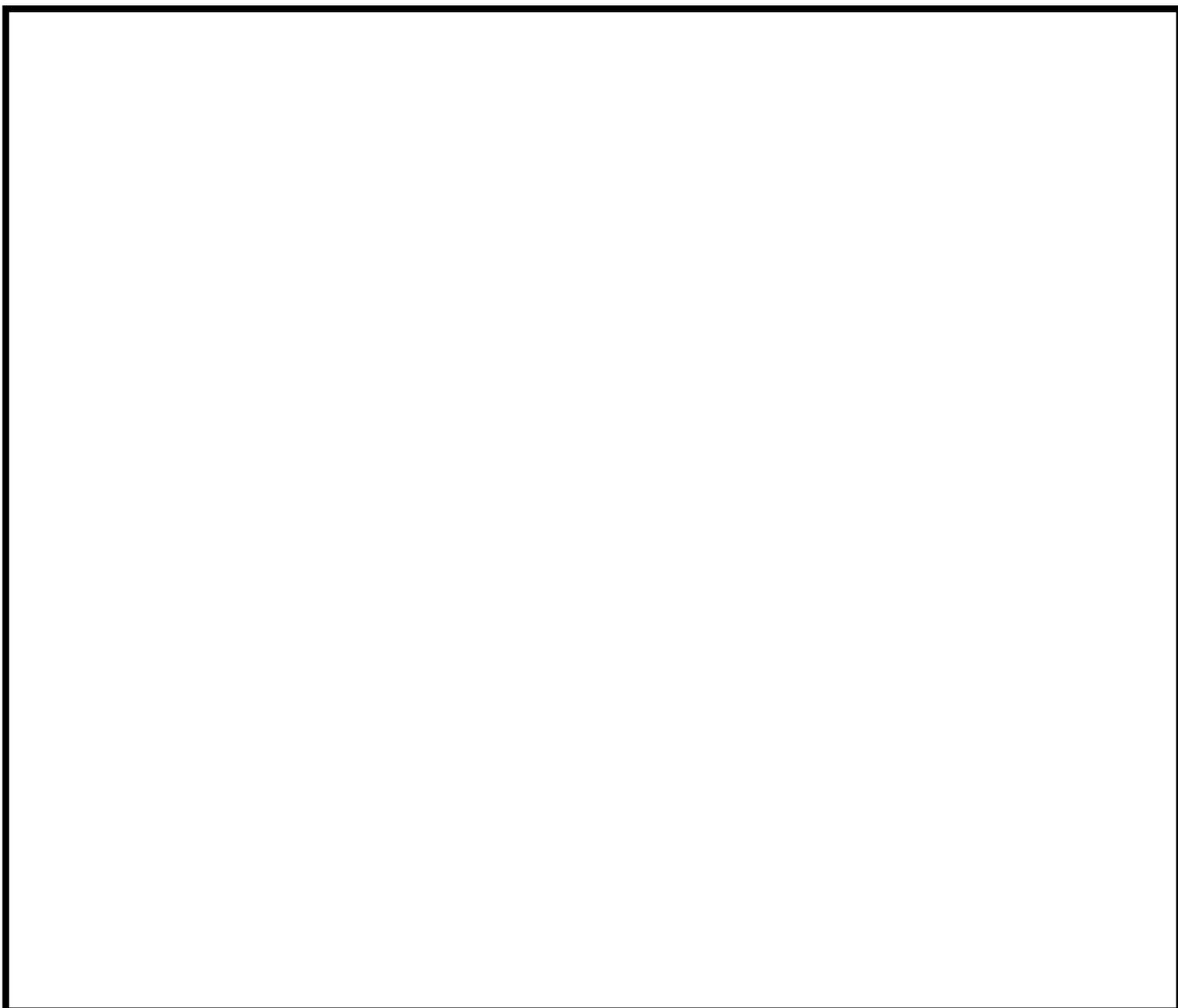
2.3.1 柏崎刈羽原子力発電所 6/7 号炉への電線路の独立性

第 2.3.1-1 図に示すとおり、柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線 4 回線及び 154kV 送電線 1 回線の合計 5 回線にて電力系統に連系している。

500kV 送電線 4 回線は、新新潟幹線 2 回線、南新潟幹線 2 回線の 2 ルートで柏崎刈羽原子力発電所より約 100km 離れた西群馬開閉所に接続し、154kV 送電線 1 回線は、東北電力株式会社荒浜線 1 回線の 1 ルートで約 4km 離れた東北電力株式会社刈羽変電所に接続する。

西群馬開閉所及び東北電力株式会社刈羽変電所は、その電力系統における上流側の接続先において異なる変電所に連系し、1 つの変電所が停止することによって、当該原子力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。

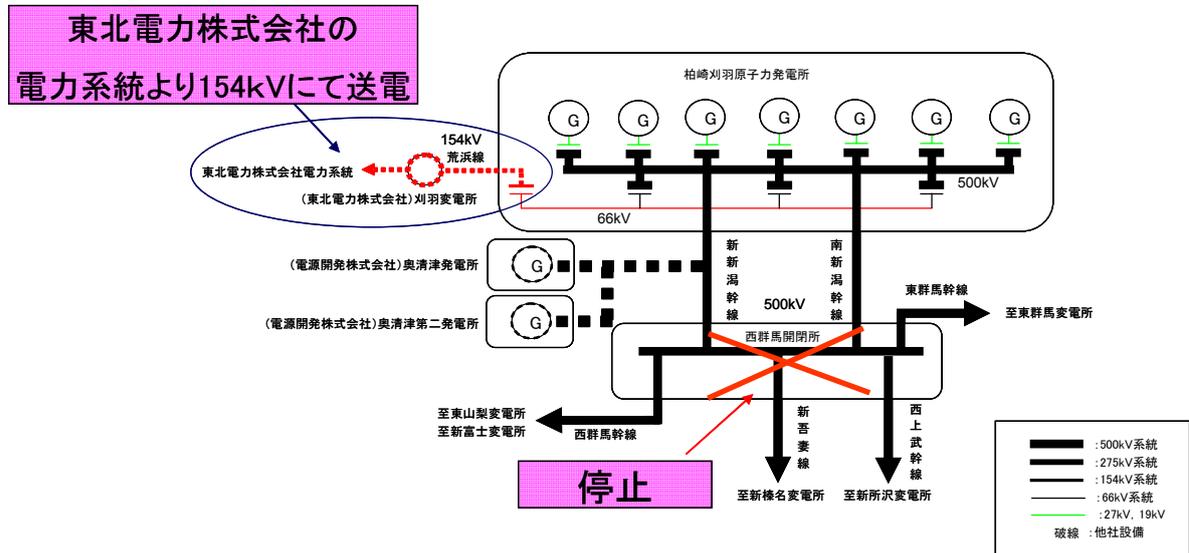
西群馬開閉所は、複数の変電所と送電線で接続されており、各方面からの電力供給が可能な構成としている。【設置許可基準第 33 条 第 1 項、第 3 項 解釈 1、第 4 項 解釈 3、解釈 4】



第 2.3.1-1 図 送電系統図

2.3.1.1 西群馬開閉所全停時の供給系統

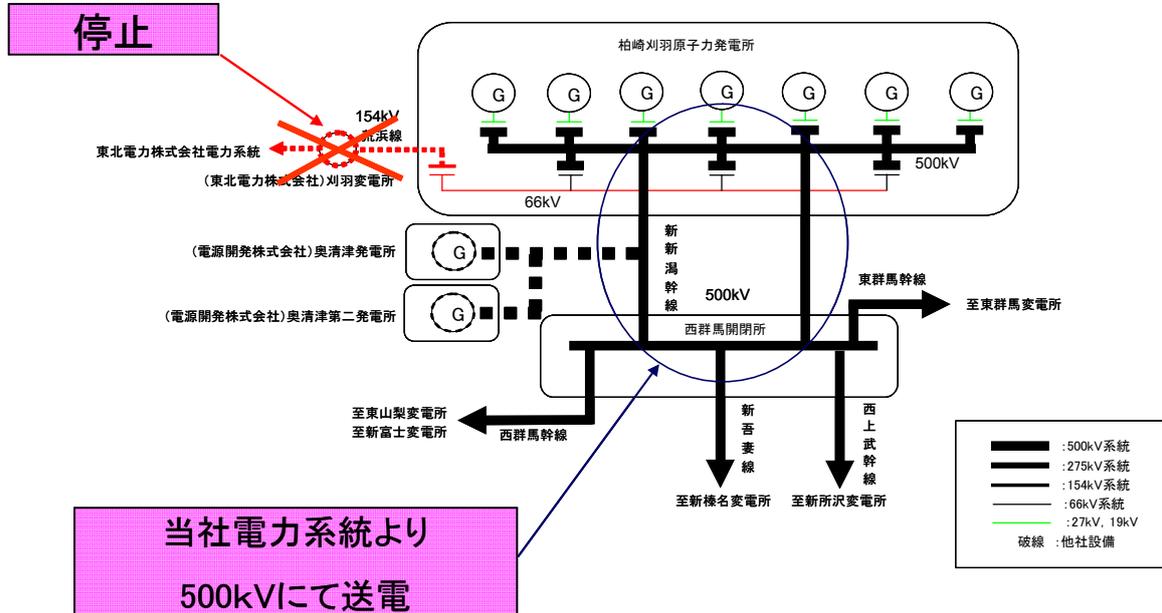
第 2.3.1-2 図に示すとおり，西群馬開閉所が停止した場合においても，東北電力株式会社刈羽変電所から東北電力株式会社 154kV 荒浜線より受電を行うことにより，柏崎刈羽原子力発電所への電力供給が可能である。【設置許可基準第 33 条 第 4 項 解釈 4】



第 2.3.1-2 図 西群馬開閉所全停時の供給系統

2.3.1.2 東北電力株式会社刈羽変電所全停時の供給系統

第 2.3.1-3 図に示すとおり，東北電力株式会社刈羽変電所が停止した場合においても，西群馬開閉所から 500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線より受電を行うことにより，柏崎刈羽原子力発電所への電力供給が可能である。【設置許可基準第 33 条 第 4 項 解釈 4】



第 2.3.1-3 図 東北電力株式会社刈羽変電所全停時の供給系統

2.4 電線路の物理的分離について

2.4.1 送電線の交差箇所・近接区間の概要について

柏崎刈羽原子力発電所に接続する送電線は、500kV 送電線 4 回線と 154kV 送電線 1 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。

500kV 南新潟幹線，500kV 新新潟幹線，及び東北電力株式会社 154kV 荒浜線のそれぞれに送電鉄塔を備えており，物理的に分離した設計としている。（第 2.4.1-1 図参照）【設置許可基準第 33 条 第 5 項 解釈 5】

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) 500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線と東北電力株式会社 154kV 荒浜線の交差箇所 | 無し |
| (2) 500kV 新新潟幹線と 500kV 南新潟幹線の送電線の交差箇所 | 無し |
| (3) 500kV 新新潟幹線と東北電力株式会社 154kV 荒浜線の近接区間 | 1 区間【2.4.1.1 (1)】 |
| (4) 500kV 南新潟幹線と東北電力株式会社 154kV 荒浜線の近接区間 | 無し |
| (5) 500kV 南新潟幹線と 500kV 新新潟幹線の近接区間 | 無し |



第 2.4.1-1 図 送電線の交差・近接箇所

2.4.1.1 送電線の近接区間について

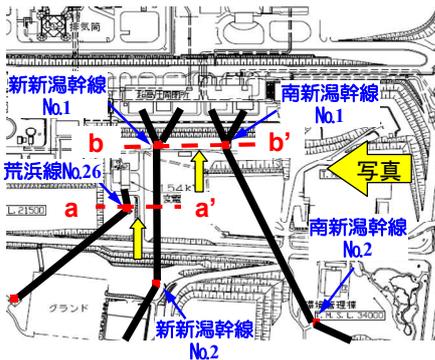
(1) 柏崎刈羽原子力発電所構内の近接箇所①の状況

第2.4.1-1図における柏崎刈羽原子力発電所構内①の近接箇所を第2.4.1-2図に示す。

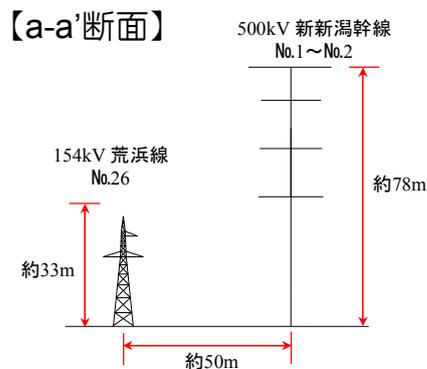
a-a'断面は第2.4.1-3図に示すとおり、500kV新新潟幹線No.1～No.2の架渉線は東北電力株式会社154kV荒浜線に影響を与える可能性はあるが、その反対側に位置している南新潟幹線に影響を及ぼすことはない。

したがって、500kV新新潟幹線が倒壊しても、500kV南新潟幹線にて外部電源の確保が可能である。【設置許可基準第33条 第5項 解釈5】

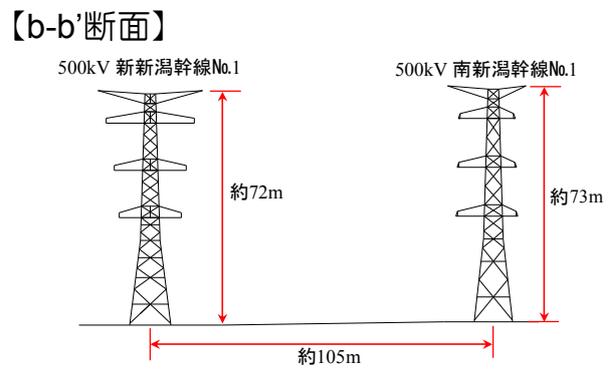
なお、b-b'断面の状況は第2.4.1-4図に示すとおり、500kV新新潟幹線No.1と500kV南新潟幹線No.1は鉄塔高さ以上の水平距離がある。



第2.4.1-2図 柏崎刈羽原子力発電所構内の送電線の近接箇所



第2.4.1-3図 近接箇所の詳細【a-a'断面】



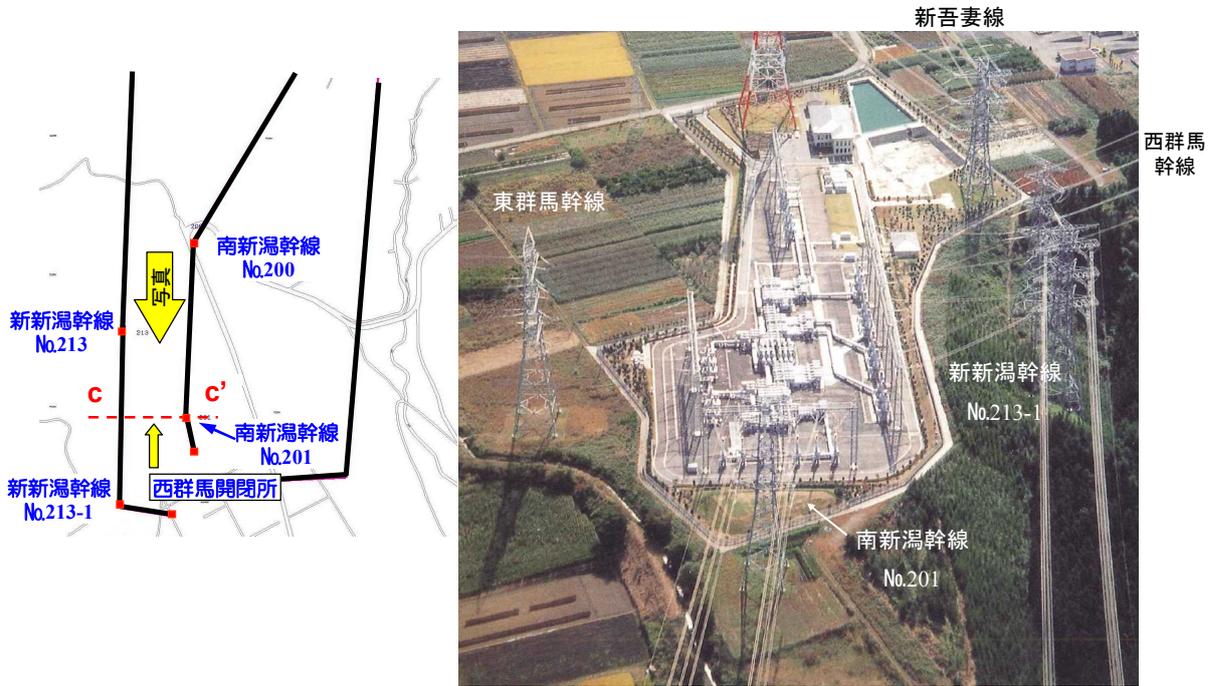
第2.4.1-4図 近接箇所の詳細【b-b'断面】

(2) 西群馬開閉所付近の近接箇所状況

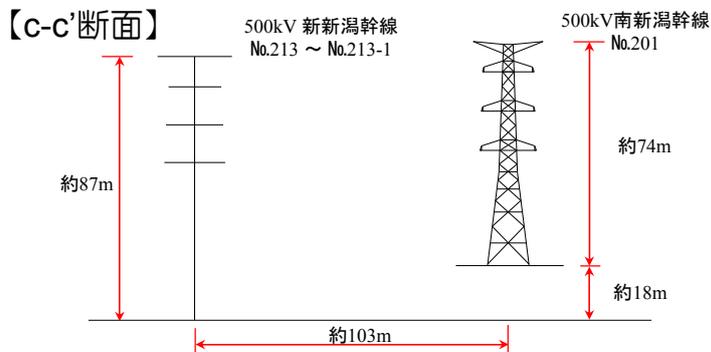
第 2. 4. 1-1 図における西群馬開閉所付近②の近接箇所を第 2. 4. 1-5 図に示す。

c-c' 断面は第 2. 4. 1-6 図に示すとおり、500kV 南新潟幹線No.201 鉄塔と 500kV 新新潟幹線No.213 ~ No.213-1 の架渉線は、それぞれの高さ以上の水平距離があり、問題ない。

【設置許可基準第 33 条 第 5 項 解釈 5】



第 2. 4. 1-5 図 西群馬開閉所近傍の送電線の近接箇所

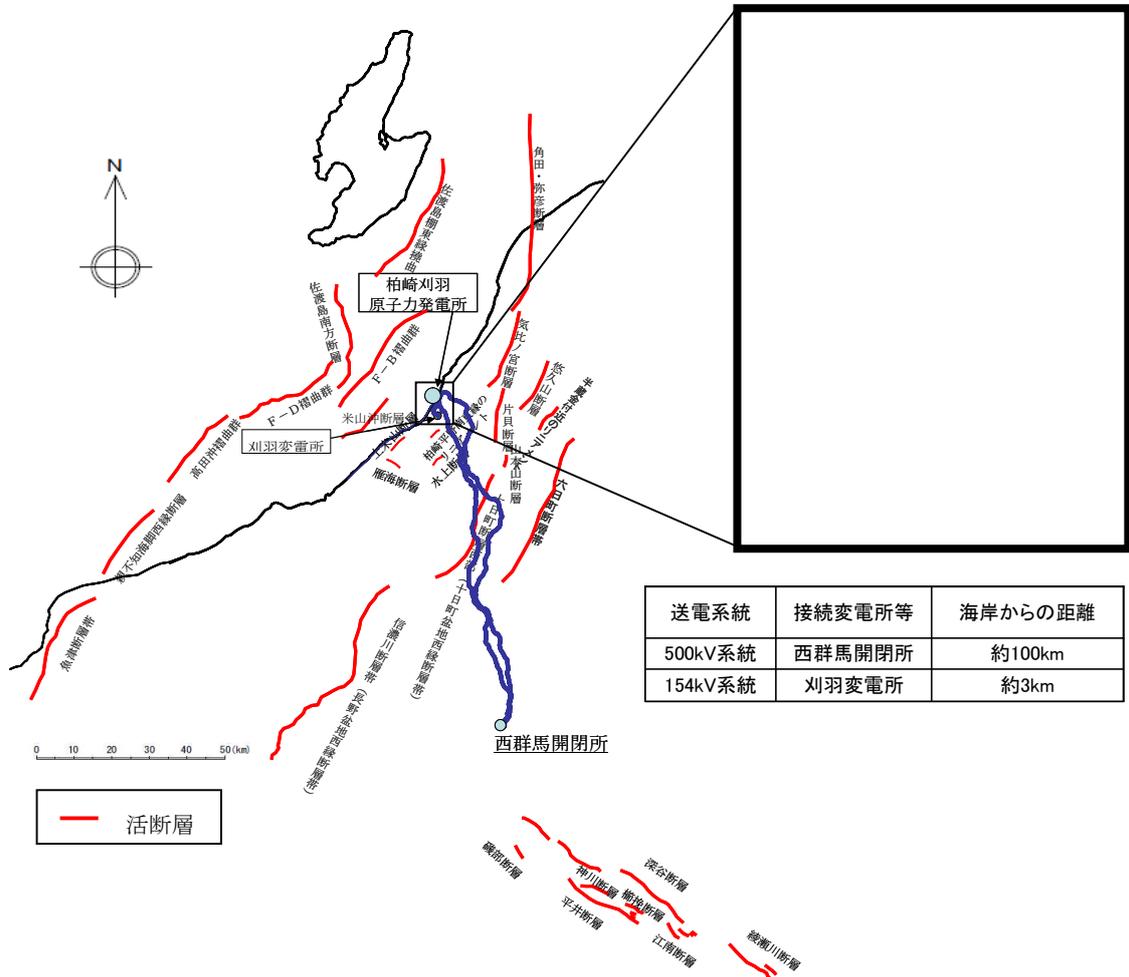


第 2. 4. 1-6 図 近接箇所の詳細【c-c' 断面】

2.4.2 変電所等と活断層等の位置

西群馬開閉所及び東北電力株式会社刈羽変電所は、その直下に活断層は認められていないことを確認した。第2.4.2-1図に変電所等と活断層の位置について示す。

西群馬開閉所及び東北電力株式会社刈羽変電所はそれぞれ独立しており、500kV 新新潟幹線2回線、500kV 南新潟幹線2回線及び東北電力株式会社154kV 荒浜線1回線の全5回線は共通する断層の上に設置されていない。



第2.4.2-1図 変電所等と活断層の位置

2.4.2.1 東北電力株式会社刈羽変電所について

東北電力株式会社刈羽変電所は、約 T.P. +6.3m であり、新潟県における津波シミュレーション結果によると津波による浸水がない場所となっている。(第 2.4.2-2 図参照)

「日本海における大規模地震に関する調査検討会 報告書」(平成 26 年 9 月)においても、柏崎市の平地*1における津波高は平均で 3.1m, 最大で 3.7m (新潟県の朔望平均満潮位 T.P. +0.42~0.61m) との報告があり、東北電力株式会社刈羽変電所内の 154kV 設備の浸水の恐れはない。

(*1: 海岸線から 200m 程度以内の標高が 8m を超えない海岸線)



第 2.4.2-2 図 新潟県の津波浸水想定と送電線の位置関係
引用元: 「新潟県津波浸水想定図」(柏崎市)

(参考) 基準津波における津波浸水想定



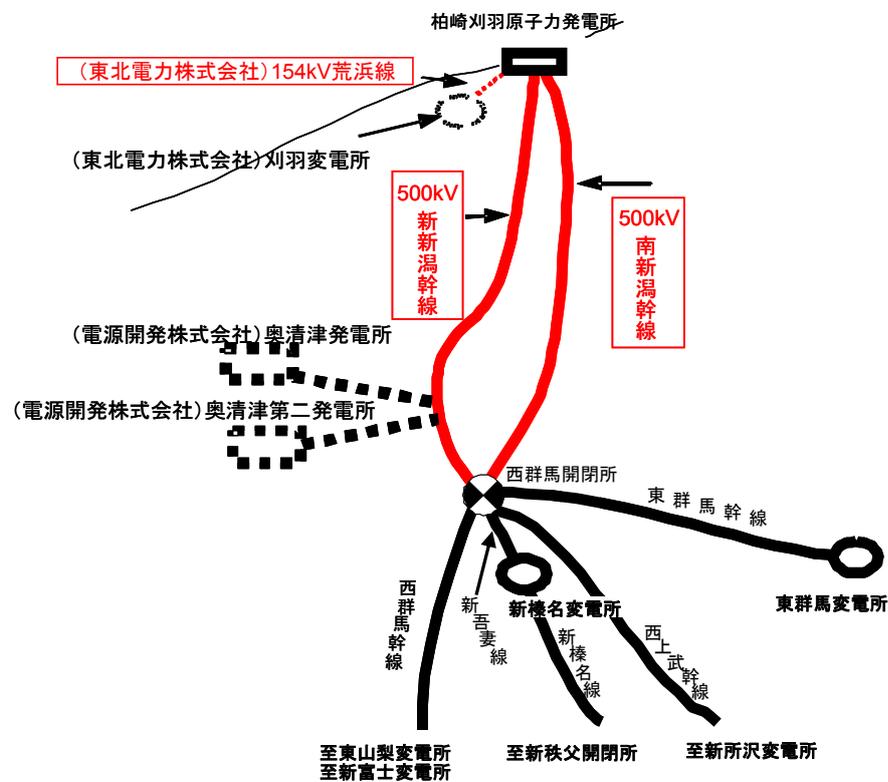
2.4.3 鉄塔基礎の安定性

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

さらに、柏崎刈羽原子力発電所 6/7 号炉に連系する 500kV 送電線 4 回線及び 154kV 送電線 1 回線については、鉄塔敷地周辺で基礎の安定性に影響を与える盛土の崩壊、地すべり、急傾斜地の土砂崩壊について、図面等を用いた机上調査及び地質専門家による現地踏査を実施し、鉄塔基礎の安定性が確保されていることを確認している。(第 2.4.3-1 図参照)

第 2.4.3-1 表 基礎の安定性評価対象

発電所	送電線区分	対象線路	鉄塔基数
柏崎刈羽原子力発電所 6/7 号炉	外部電源線	500kV 新新潟幹線	214 基
		500kV 南新潟幹線	201 基
		154kV 荒浜線	26 基

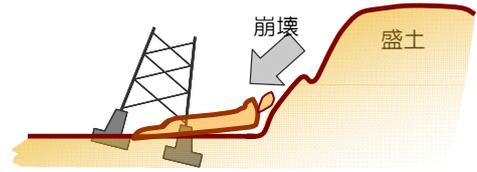


第 2.4.3-1 図 基礎の安定性評価対象線路

(1) 評価内容

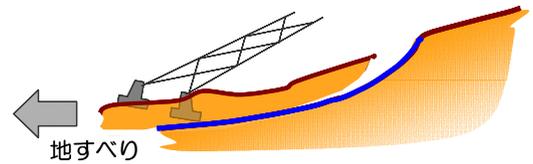
①盛土の崩壊

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



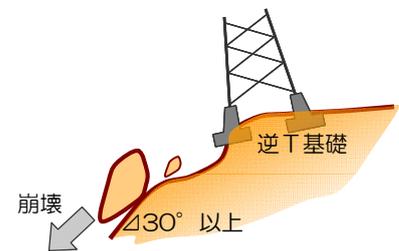
②地すべり

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



③急傾斜地の崩壊

【リスク】逆T字型基礎における地盤崩壊による鉄塔傾斜，倒壊
→急傾斜地（30度以上）で土砂崩壊が発生する可能性がある箇所を抽出し，リスクを評価する。



(2) 確認結果

①盛土の崩壊リスク

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

→500kV 新新潟幹線 1 基，500kV 南新潟幹線 3 基，東北電力株式会社 154kV 荒浜線 0 基

→抽出された 4 基について現地踏査等により，現時点では基礎の安定性に問題のないことを確認（第 2.4.3-2 表参照）

②地すべりリスク

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

→500kV 新新潟幹線 28 基，500kV 南新潟幹線 33 基，東北電力株式会社 154kV 荒浜線 2 基

→抽出された 63 基について現地踏査等により，現時点では基礎の安定性に問題のないことを確認（第 2.4.3-2 表参照）

③急傾斜地リスク

国土地理院発行の地形図等を使用し，急傾斜を有する斜面が近傍にある鉄塔を抽出

→500kV 新新潟幹線 25 基，500kV 南新潟幹線 0 基，東北電力株式会社 154kV 荒浜線 2 基

→抽出された 27 基について現地踏査等により，現時点では基礎の安定性に問題のないことを確認（第 2.4.3-2 表参照）

第 2.4.3-2 表 基礎の安定性評価結果

線路名	鉄塔基数	現地踏査基数			対策工等対応 必要基数
		盛土	地すべり	急傾斜地	
500kV 新新潟幹線	214 基	1 基	28 基	25 基	0 基
500kV 南新潟幹線	201 基	3 基	33 基	0 基	0 基
東北電力株式会社 154kV 荒浜線	26 基	0 基	2 基	2 基	0 基
3 線路	441 基	4 基	63 基	27 基	0 基

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

2.4.4 送電線の信頼性向上対策

過去に発生した設備の被害状況を踏まえて、電気設備の技術基準（第 32 条）への適合に加え、強風、着氷雪対策により、更に信頼性を高めている。

(1) 強風対策

- ・ 技術基準の設計に加え、一部の鉄塔については、地形要因等（強風が局地的に強められる特殊箇所）を考慮して風速を割り増し設計としている。

(2) 着氷雪対策

- ・ 過去の豪雪被害による対応として、電気設備の技術基準（第 32 条）への適合に加え、地域毎に定めた着氷雪厚さによる荷重を考慮する設計としている。
- ・ 着氷雪及び強風によるギャロッピングが予測される箇所の対策として、一部の区間に偏心重量錘、ルーズスペーサを設置している。
- ・ その他、架渉線への着氷雪対策として難着雪リングやねじれ防止ダンパーを設置している。着氷雪対策品について第 2.4.4-1 図に示す。



難着雪リング

電線、地線に一定間隔で取付けることにより、着雪の連続性が分断されるため、着雪の発達を抑制される。



ねじれ防止ダンパー

電線のねじれ剛性を増加し、電線自体の回転を防止することで着雪の発達を抑制する。

第 2.4.4-1 図 着氷雪対策品

2.4.4.1 送電線における信頼性向上の取組み

送電線の信頼性向上対策について第2.4.4-1表及び第2.4.4-2表に示す。

(1) 設備対策面

第2.4.4-1表 送電線の信頼性向上対策

項目	電気設備の技術基準（第32条） （解釈（第58条））	信頼性向上対策
風	風速40m/sの風圧荷重を考慮	・JEC-127(1979)における強風時荷重の導入（耐風強化設計）
雪	架渉線の周囲に厚さ6mm、比重0.9の氷雪が付着した状態に対し、風速28m/sの風圧荷重を考慮	・設置箇所に応じて、電線への湿型着雪（着雪厚さ）による荷重（厚さ25～50mm、密度0.6g/cm ³ ）を考慮（耐雪強化設計） ・着氷雪及び強風によるギャロッピングが予測される箇所の対策として偏心重量錘、ルーズスペーサを設置 ・架渉線への着氷雪対策として難着雪リングやねじれ防止ダンパー等を設置

第2.4.4-2表 500kV新新潟幹線、500kV南新潟幹線及び
東北電力株式会社154kV荒浜線の信頼性向上対策

線路名	強風対策	着氷雪対策			
	耐風強化設計	耐雪強化設計	ギャロッピング対策品	難着雪リング	ねじれ防止ダンパー
500kV 新新潟幹線	○	○	○	—	—
500kV 南新潟幹線	○	○	○	○*1	○*1
東北電力株式会社 154kV荒浜線	—	—	—	○	○

※1. OPGWの着氷雪対策による光ファイバーの損失対策

(2) 保守管理面

500kV新新潟幹線、500kV南新潟幹線及び東北電力株式会社154kV荒浜線に対し、保安規程に定めた巡視・点検により設備の異常兆候の把握に努めている。また、これらの巡視・点検に加え、地すべりや急傾斜地の崩壊が懸念される箇所に対して大規模地震や集中豪雨発生時など必要に応じて臨時巡視を実施し、現地状況を確認している。

【巡視】

普通巡視（ヘリコプター）：1回/年以上、普通巡視（徒歩）：1回/年以上
臨時巡視（台風前後・大雨後・地震後など）：必要の都度

【点検】

普通点検：1回/5年（荒浜線：1回/10年）

(補足) ギャロッピング対策品設置後の電気事故発生状況

ギャロッピング発生メカニズムを第 2.4.4-2 図に、ギャロッピング対策品を第 2.4.4-3 図に示す。

以下に、ギャロッピング発生実績と対策状況について示す。

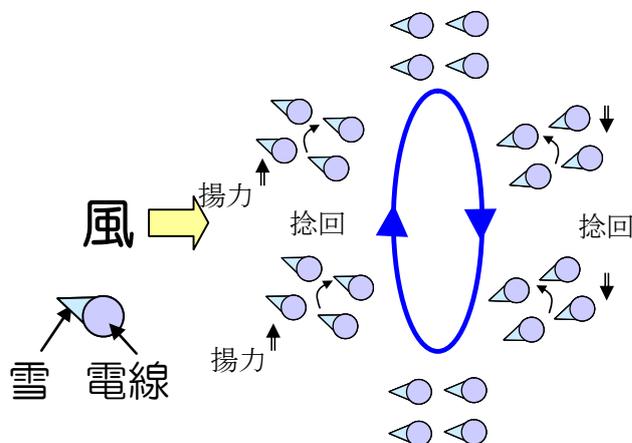
○平成 17 年 12 月, 500kV 新新潟幹線で発生したギャロッピングによる電気事故 (No.11, No.13~No.15 にて発生) を踏まえ, 以下の対策を実施した。

- ・平成 18 年 10 月, 500kV 新新潟幹線 (No.1~No.16) に偏心重量錘を設置。
 - ・平成 19 年 7 月, 500kV 南新潟幹線 (No.1~No.2, No.7~No.15) に偏心重量錘を設置。
- なお, 500kV 南新潟幹線 (No.2~No.7) については, 同送電線建設時に偏心重量錘を設置済み。

○平成 22 年 1 月, 500kV 南新潟幹線で発生したギャロッピングによる電気事故 (No.27 ~No.30 にて発生) を踏まえ, 以下の対策を実施した。

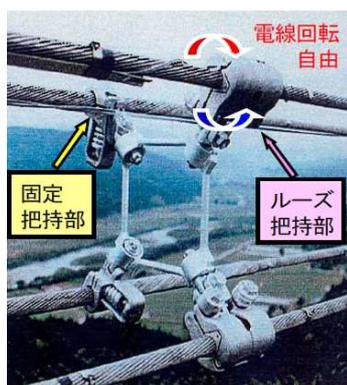
- ・平成 22 年 8 月, 500kV 南新潟幹線 (No.27~No.33) にルーズスペーサを設置。

上記, ギャロッピング対策品を設置後, 現時点において 500kV 新新潟幹線と 500kV 南新潟幹線でギャロッピングによる電気事故は発生していない。



電線に付着した冰雪が一定方向に発達して羽状になり, 風が水平方向にあたることで電線に上下方向へ揚力が発生し, ギャロッピングが発生する。

第 2.4.4-2 図 ギャロッピング発生メカニズム



ルーズスペーサ

固定把持部側は羽形状の着雪, ルーズ把持部側は筒形状の着雪となり, 多導体としての一定の揚力を低減する。



偏心重量錘

ギャロッピング時における電線の上下運動周期と捻回周期をずらせることによりギャロッピングを抑止する。

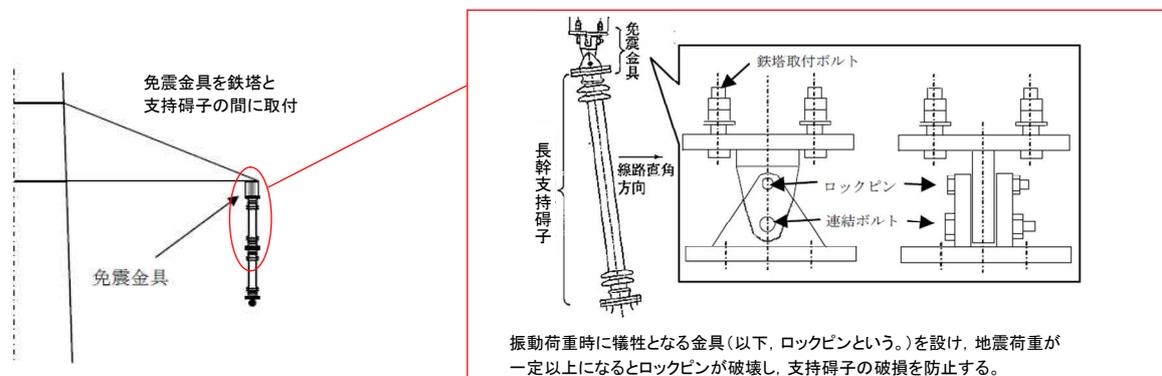
第 2.4.4-3 図 ギャロッピング対策品

2.4.4.2 送変電設備の碍子及び遮断器等の耐震性

(1) 送電線の長幹支持碍子の免震対策について

東日本大震災では長幹支持碍子の折損が発生したが、柏崎刈羽原子力発電所に接続されている500kV新新潟幹線、500kV南新潟幹線において長幹支持碍子は使用していない。

また、東北電力株式会社154kV荒浜線の長幹支持碍子については、鉄塔と支持碍子の間に免震金具を取り付け、耐震性を強化している。耐震対策内容を第2.4.4-4図に、耐震対策状況を第2.4.4-5図及び第2.4.4-3表に示す。【設置許可基準第33条 第6項 解釈6】



第2.4.4-4図 支持碍子の免震化



第2.4.4-5図 免震金具取付の施工状況

第2.4.4-3表 長幹支持碍子の耐震対策状況

線路名	長幹支持碍子の耐震対策	
	懸垂がいし化	免震金具設置
東北電力株式会社 154kV 荒浜線	—	12基 (37個) (H23.8完了)

※ 500kV 新新潟幹線, 500kV 南新潟幹線において、長幹支持碍子は使用していない。

(2) 変電所及び開閉所の遮断器等の耐震性について

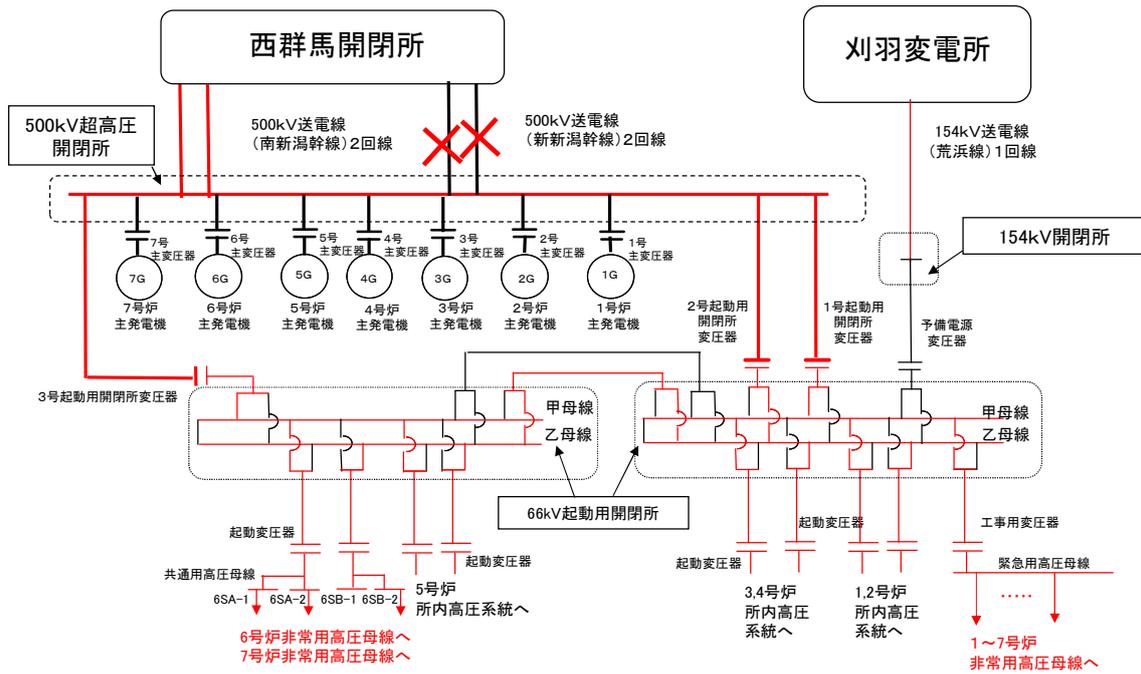
東日本大震災では空気遮断器及び断路器が損傷したが、柏崎刈羽原子力発電所に接続されている、西群馬開閉所は重心が低く耐震性の高いガス絶縁開閉装置、東北電力株式会社刈羽変電所は重心が低く耐震性の高いガス遮断器及び耐震性を強化した断路器を採用している。また上記の設備は、JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」に基づいた評価を実施し、設計上の裕度を確認している。【設置許可基準第33条 第3項 解釈1】

2.5 複数号炉を設置する場合における電源の確保

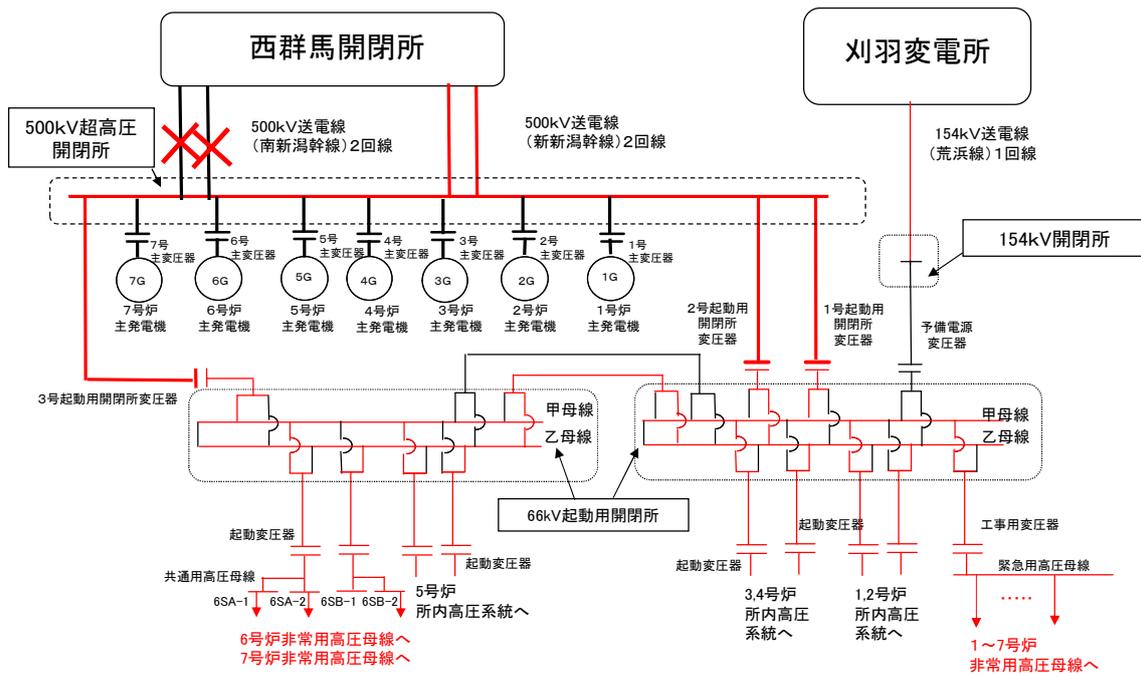
2.5.1 2回線喪失時の電力供給継続

柏崎刈羽発電所に接続する500kV送電線及び154kV送電線は1回線で6、7号炉の停止に必要な電力を受電し得る容量があり、500kV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500kV送電線及び154kV送電線から受電できる構成としている。【設置許可基準第33条 第6項 解釈6】

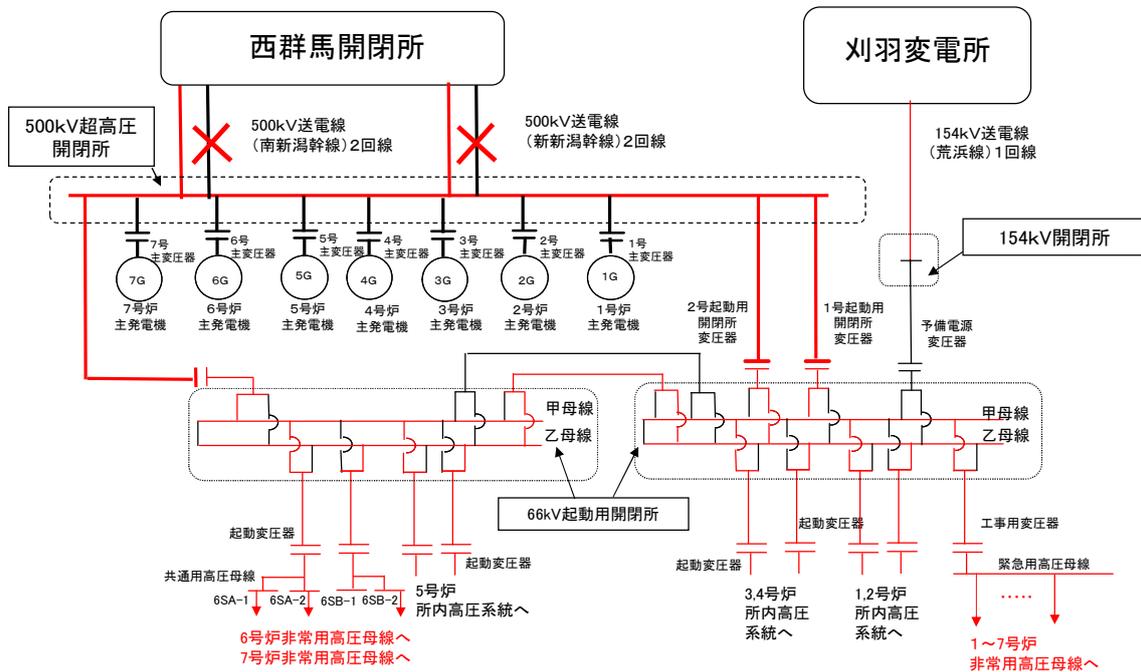
第2.5.1-1図～第2.5.1-4図に、いずれかの2回線が喪失した場合における非常用高圧母線への電力供給を示す。



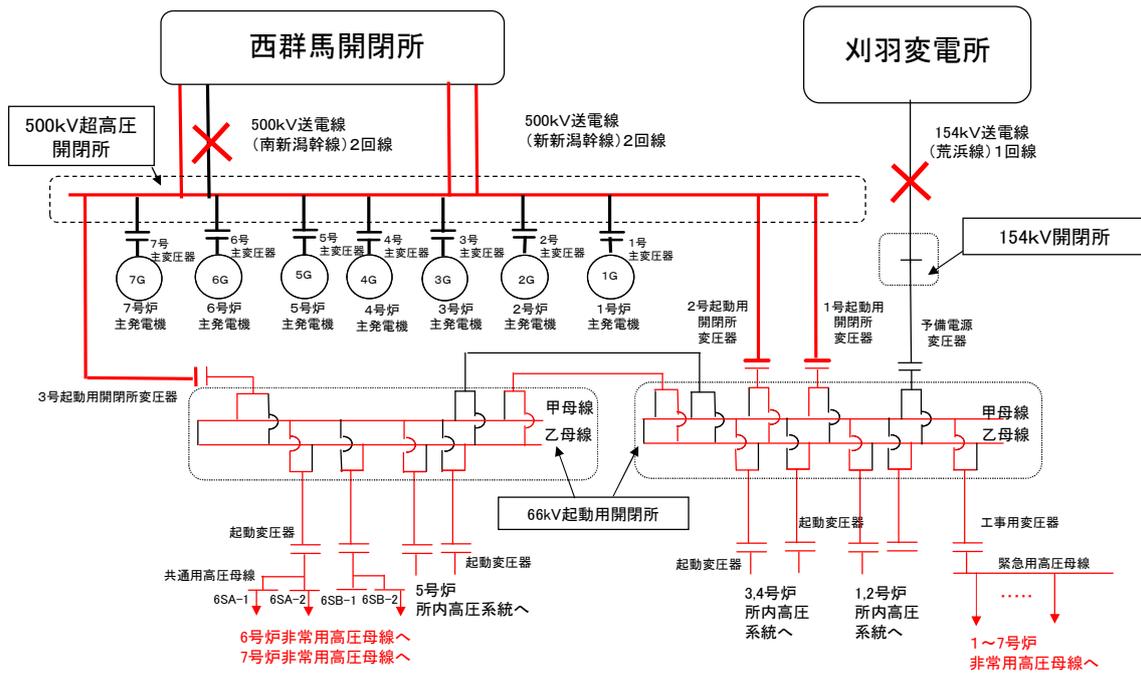
第2.5.1-1図 500kV 新新潟幹線 2回線喪失時の電力供給



第 2.5.1-2 図 500kV 南新潟幹線 2 回線喪失時の電力供給



第 2.5.1-3 図 500kV 新新潟幹線 1 回線及び 500kV 南新潟幹線 1 回線喪失時の電力供給

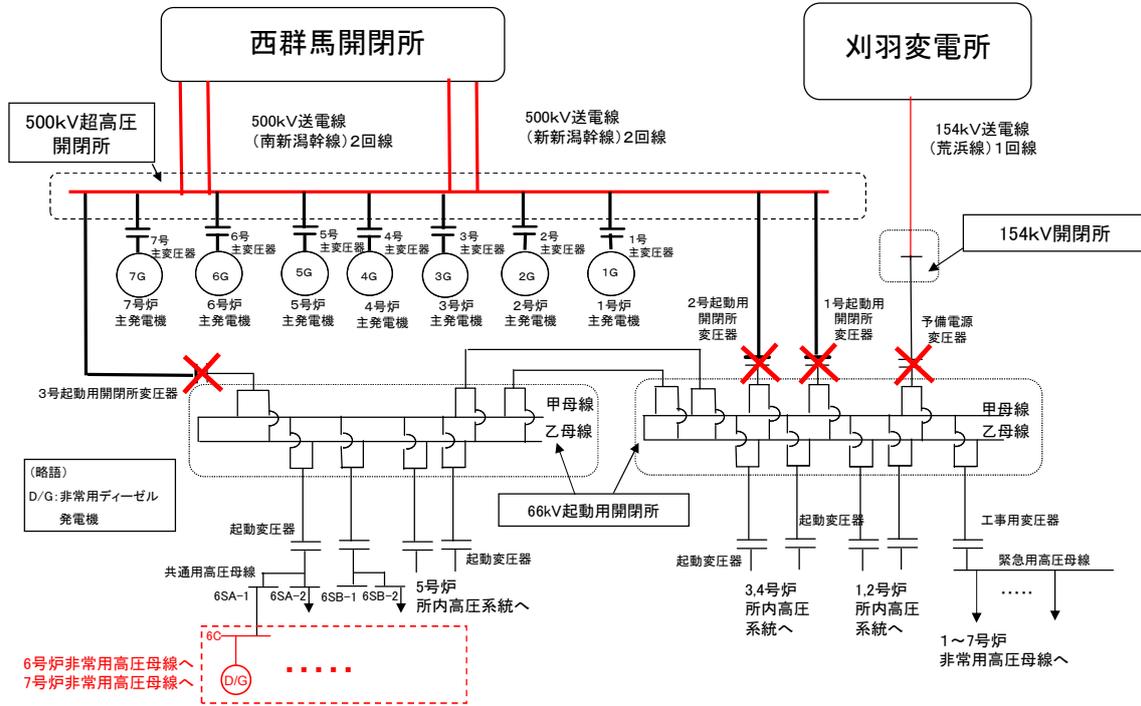


第 2.5.1-4 図 500kV 南新潟幹線 1 回線及び東北電力株式会社 154kV 荒浜線 1 回線
喪失時の電力供給

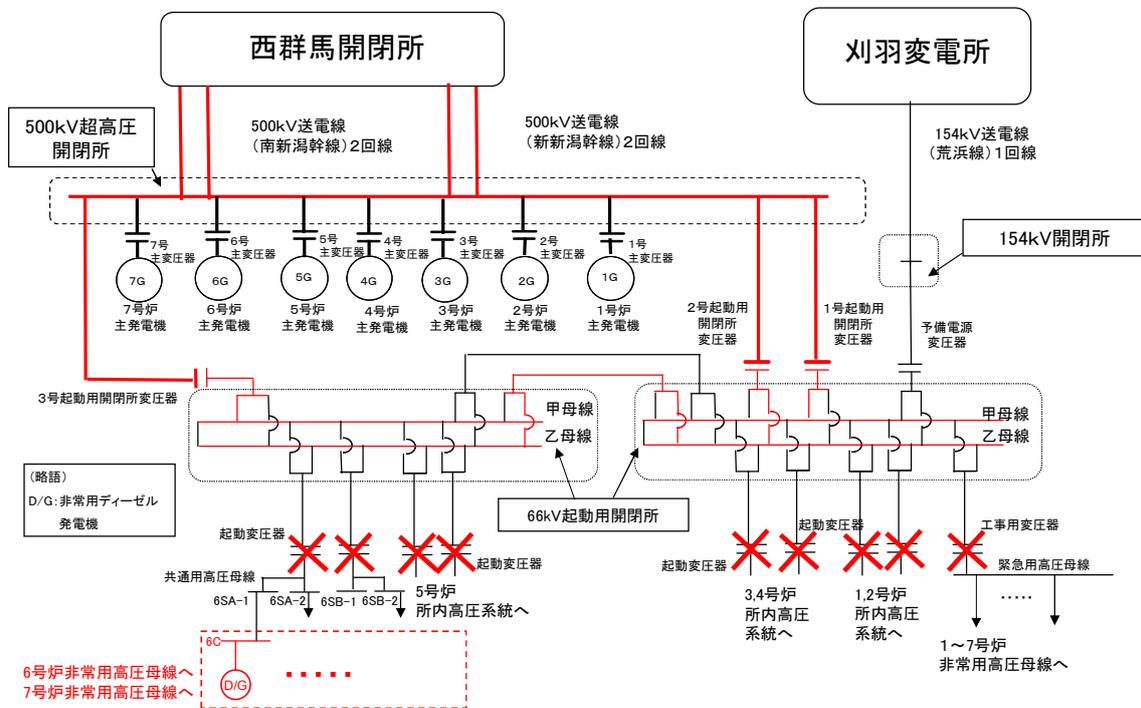
2.5.2 変圧器多重故障時の電力供給

変圧器多重故障などにより 500kV 送電線 4 回線及び 154kV 送電線 1 回線から受電できない場合は、非常用高圧母線が共通用高圧母線から受電できなくなるため、原子炉を安全に停止するために必要な所内電力は非常用ディーゼル発電機から受電する (2.2.8 参照)。

第 2.5.2-1 図、第 2.5.2-2 図に、変圧器多重故障時の非常用高圧母線への電力供給を示す。



第 2.5.2-1 図 起動用開閉所変圧器及び予備電源変圧器故障時の電力供給



第 2.5.2-2 図 起動変圧器及び工事用変圧器故障時の電力供給

2.5.3 外部電源受電設備の設備容量について

柏崎刈羽原子力発電所は、500kV 送電線（500kV 新新潟幹線及び 500kV 南新潟幹線）2 ルート 4 回線及び 154kV 送電線（東北電力株式会社 154kV 荒浜線）1 ルート 1 回線で電力系統に連系している。

非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。（第 2.2.7-2 図参照）

- ① 通常時、500kV 超高压開閉所内にあるガス絶縁開閉装置（以下、GIS という）を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器より受電する。
- ② 非常用ディーゼル発電機から受電する。
- ③ 500kV 送電線、500kV GIS もしくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器（以下、GCB という）を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、2 台の起動変圧器から受電する。
- ④ 起動変圧器が使用できない場合、500kV 開閉所内にある 500kV GIS を介し、3 台の起動用開閉所変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。
- ⑤ 500kV 送電線、500kV GIS もしくは起動用開閉所変圧器が使用できない場合及び起動変圧器が使用できない場合、154kV ガス遮断器（以下、GCB）を介し、予備電源変圧器にて 66kV に降圧し、66kV GIS を介し、工事用変圧器から受電する。

それぞれの送電線及び変圧器は、第 2.5.3-1 表に示す原子炉を安全に停止するために必要な電力を受電し得る容量を有している。（第 2.5.3-2 表参照）【設置許可基準第 33 条 第 4 項】

第 2.5.3-1 表 原子炉を安全に停止するために必要となる電力

		500kV 南新潟幹線（2 回線）						
		500kV 新新潟幹線（2 回線）						
		154kV 荒浜線（1 回線）						
非常用 ディーゼル 発電機容量	号炉	1 号	2 号	3 号	4 号	5 号	6 号	7 号
	1 台分容量	8.25 MVA	8.25 MVA	8.25 MVA	8.25 MVA	8.25 MVA	6.25 MVA	6.25 MVA
必要容量		53.75MVA						

第 2.5.3-2 表 送電線及び変圧器の設備容量

送電線容量	南新潟幹線（2 回線）	新新潟幹線（2 回線）	荒浜線（1 回線）
	約 4,139MW/回線*1(>53.75MVA) (4,357MVA/回線) (1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2)	約 4,139MW/回線*1(>53.75MVA) (4,357MVA/回線) (1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2)	約 118MW/回線*1(>53.75MVA) (124MVA/回線) (1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2)
変圧器容量	1 号起動用開閉所変圧器 (1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2)	2 号, 3 号起動用開閉所変圧器 (1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2)	予備電源変圧器 (1,2,3,4,5,6,7 号炉共用*2)
	120MVA (>53.75MVA)	170MVA×2 台 (>53.75MVA)	60MVA (>53.75MVA)
	起動変圧器 (6,7 号炉共用*2)		
	70MVA×2 台 (>6.25MVA×2 台)		

*1. 力率 0.95 で MVA に換算した。

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

2.5.4 開閉所設備

500kV 超高圧開閉所、154kV 開閉所、66kV 起動用開閉所及びケーブル洞道は直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し不等沈下、傾斜又はすべりが起きないように地盤に設置していることから、十分な支持性能を確保しており、耐震クラスCを満足している。

発電所内の開閉所の遮断器は耐震クラスCを満足するガス絶縁開閉装置（GIS）及びガス遮断器を使用している。（第 2.5.4-1 図参照）

開閉所の電気設備及び変圧器については、「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」（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審査指針」による耐震評価を実施し、耐震裕度を有していることを確認している。（平成 23 年 7 月 7 日報告）【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

また、塩害に対しては、定期的に碍子洗浄が可能な設備としている。（第 2.5.4-2 図参照）【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】



ガス絶縁開閉装置（500kV、66kV）



ガス遮断器（154kV）

第 2.5.4-1 図 開閉所設備外観



500kV 送電線（開閉所出口）



154kV 送電線（開閉所出口）

第 2.5.4-2 図 碍子洗浄装置外観

津波による影響に対しては、設計基準津波高さが最大で T.M.S.L^{※1} 8.5m に対し、500kV 超高圧開閉所及び 66kV 起動用開閉所高さが T.M.S.L 13.0m、154kV 開閉所高さが T.M.S.L 27.0m であり、津波の影響を受けない。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.5.4-3 図に基準津波による発電所周辺の最大水位分布（荒浜側遡上域最大ケース）を示す。

※1. T.M.S.L：東京湾平均海面



第 2.5.4-3 図 柏崎刈羽原子力発電所の敷地高さと各施設との関係

2.5.4.1 開閉所設備等の耐震性評価について

(1) 柏崎刈羽原子力発電所開閉所設備等の耐震性評価

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、柏崎刈羽原子力発電所の開閉所等の電気設備が機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性が低いことを確認した。

(2) 評価対象設備

当社福島第一原子力発電所の1号機及び2号機の遮断器等の損傷を踏まえ、柏崎刈羽原子力発電所における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、地震により倒壊、転倒しないことを評価した。

(3) 開閉所設備の影響評価手法

JEAG5003-2010「変電所等における電気設備の耐震設計指針」による評価を実施し、設計上の裕度（各部位の発生応力とその部位の許容応力の比率）を確認した。

開閉所設備については、機器下端に 3m/s^2 共振正弦3波を入力し、動的評価を実施している。裕度が1.3以上であれば、過去の地震データをほぼ包絡していることから、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性は低いものと見なす。

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

(4) 耐震性評価結果

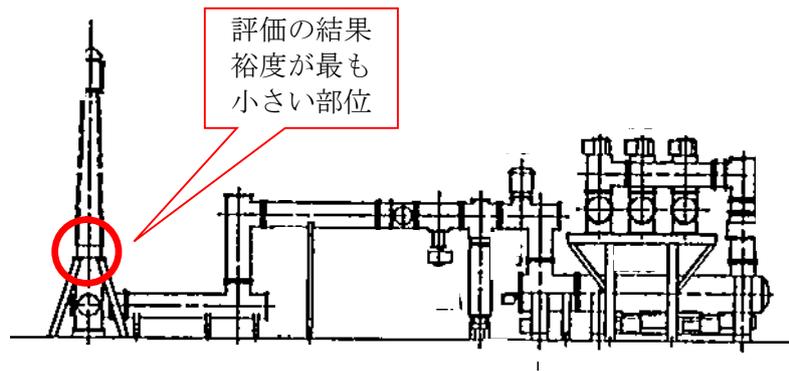
開閉所設備の評価結果を第2.5.4-1表及び変圧器の評価結果を第2.5.4-2表に示す。概略図を第2.5.4-4図及び第2.5.4-5図に示す。評価の結果、柏崎刈羽原子力発電所における評価対象設備について、以下のとおり裕度を満足しており、機能不全となる倒壊、損傷等が発生する可能性が低いことを確認した。

なお、更なる信頼性向上対策として、一部耐震補強対策を実施した機器を除き、機器の構造変更は実施していないため、本評価は現在も有効である。

第2.5.4-1表 開閉所設備の評価結果

電圧階級	仕様	裕度※	最小裕度部位
500kV	ガス絶縁開閉装置 (GIS)	3.80	ブッシング
154kV	気中遮断器 (ガス)	2.20	ブッシング
66kV	ガス絶縁開閉装置 (GIS)	2.30	タンク

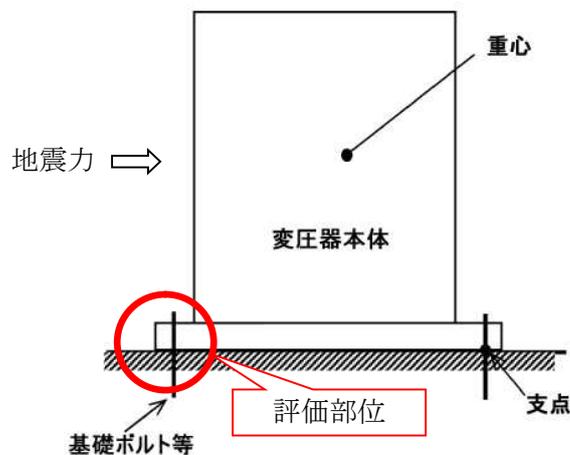
※. 裕度の最も小さい評価部位を記載する。



第 2.5.4-4 図 500kV ガス絶縁開閉装置の概要図

第 2.5.4-2 表 変圧器の評価結果

変圧器名称	電圧	裕度	評価部位
1号起動用開閉所変圧器	500/66kV	5.00	基礎固定部
2号起動用開閉所変圧器	500/66kV	5.62	基礎固定部
3号起動用開閉所変圧器	500/66kV	5.62	基礎固定部
予備電源変圧器	154/66kV	3.90	基礎固定部
起動用変圧器 6SA	66/6.9kV	3.40	基礎固定部
起動用変圧器 6SB	66/6.9kV	3.40	基礎固定部



第 2.5.4-5 図 変圧器評価の概要図

(5) 更なる信頼性向上対策

更なる信頼性向上対策として、66kV 起動用開閉所において架台補強、1号起動用開閉所変圧器において基礎ボルトを追加、2号及び3号起動用開閉所変圧器において基礎耐震金具を追加する耐震裕度向上対策を実施しており、本評価よりも耐震裕度が向上している。

この耐震裕度向上対策により、500kV 超高压開閉所、起動用開閉所変圧器、66kV 起動用開閉所、起動変圧器については、基準地震動 S_s に対して信頼性を確認している。

2.5.4.2 開閉所基礎の設置地盤の支持性能について

(1) 500kV 超高压開閉所

500kV 超高压開閉所（500kV 新新潟幹線，500kV 南新潟幹線に接続）は，直接基礎構造であり，1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準第33条 第6項 解釈6】

第 2.5.4-3 表に 500kV 超高压開閉所基礎の支持性能評価結果，第 2.5.4-6 図に 500kV 超高压開閉所位置，第 2.5.4-7 図に 500kV 超高压開閉所基礎構造図を示す。

第 2.5.4-3 表 500kV 超高压開閉所基礎の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	182 (kN/m ²)	392 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.5.4-6 図 500kV 超高压開閉所位置



第 2.5.4-7 図 500kV 超高压開閉所基礎構造図

(2) 154kV 開閉所

154kV 開閉所（東北電力株式会社 154kV 荒浜線に接続）は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.5.4-4 表に 154kV 開閉所基礎の支持性能評価結果、第 2.5.4-8 図に 154kV 開閉所位置、第 2.5.4-9 図に 154kV 開閉所基礎構造図を示す。

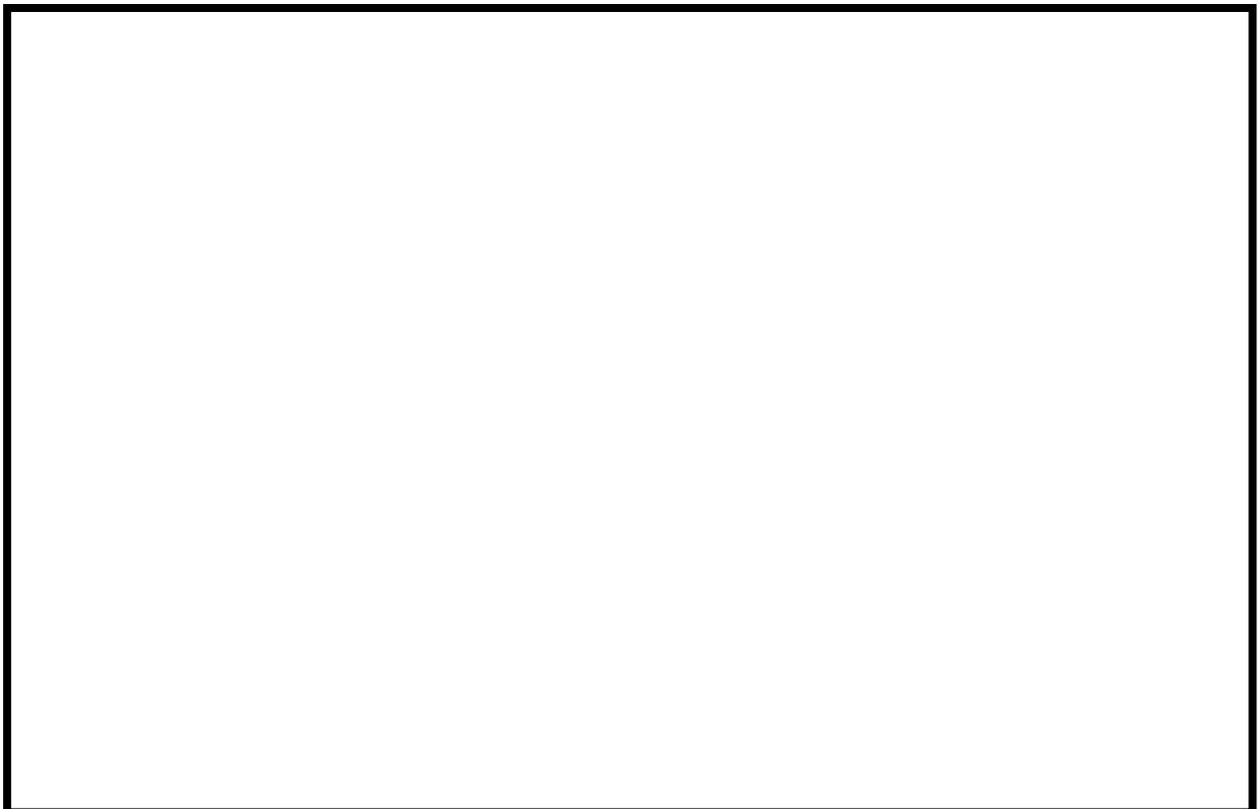
第 2.5.4-4 表 154kV 開閉所基礎の支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	87 (kN/m ²)	196 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.5.4-8 図 154kV 開閉所位置



第 2.5.4-9 図 154kV 開閉所基礎構造図

(3) 66kV 起動用開閉所

66kV 起動用開閉所は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.5.4-5 表に 66kV 起動用開閉所基礎の支持性能評価結果、第 2.5.4-10 図に 66kV 起動用開閉所位置、第 2.5.4-11 図に 66kV 起動用開閉所（北側）基礎構造図、第 2.5.4-12 図に 66kV 起動用開閉所（南側）基礎構造図を示す。

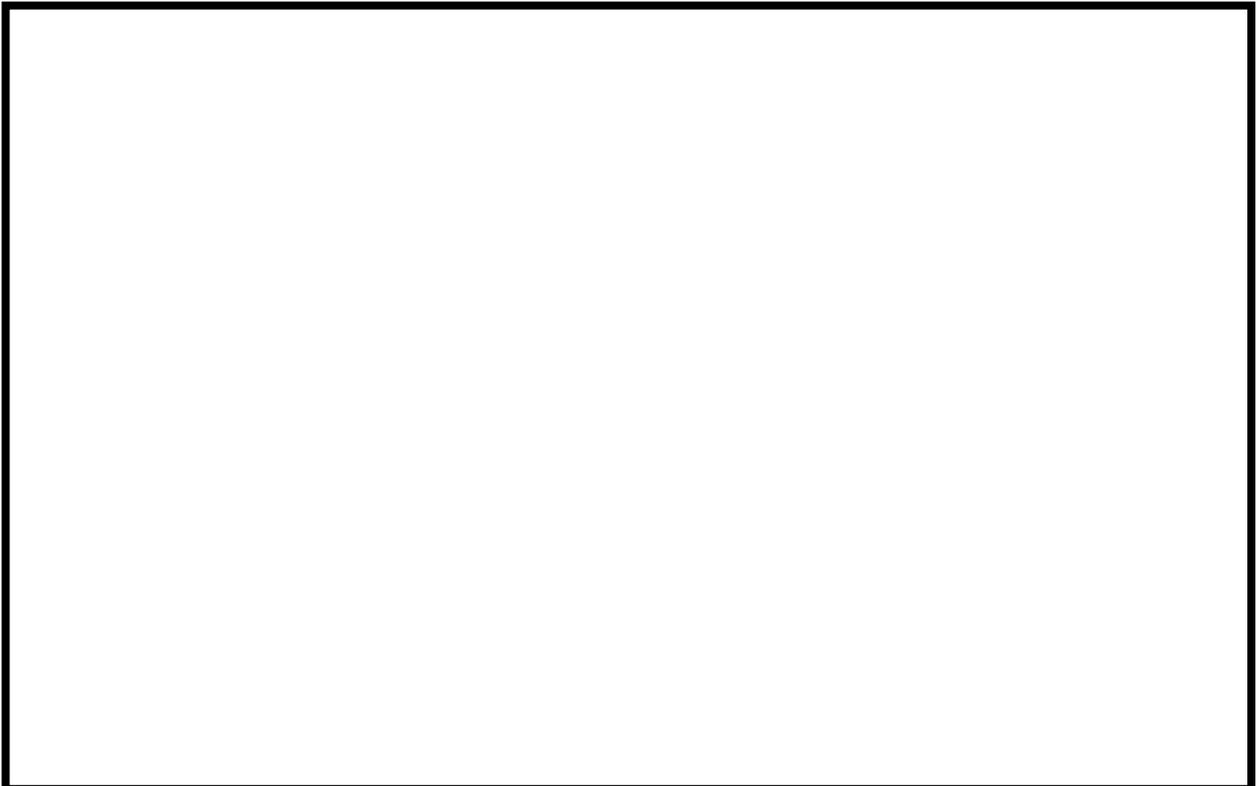
第 2.5.4-5 表 66kV 起動用開閉所基礎の支持性能評価結果

配置場所	照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
北側	最大接地圧	143 (kN/m ²)	392 (kN/m ²)	○
南側	最大接地圧	82 (kN/m ²)	196 (kN/m ²)	○

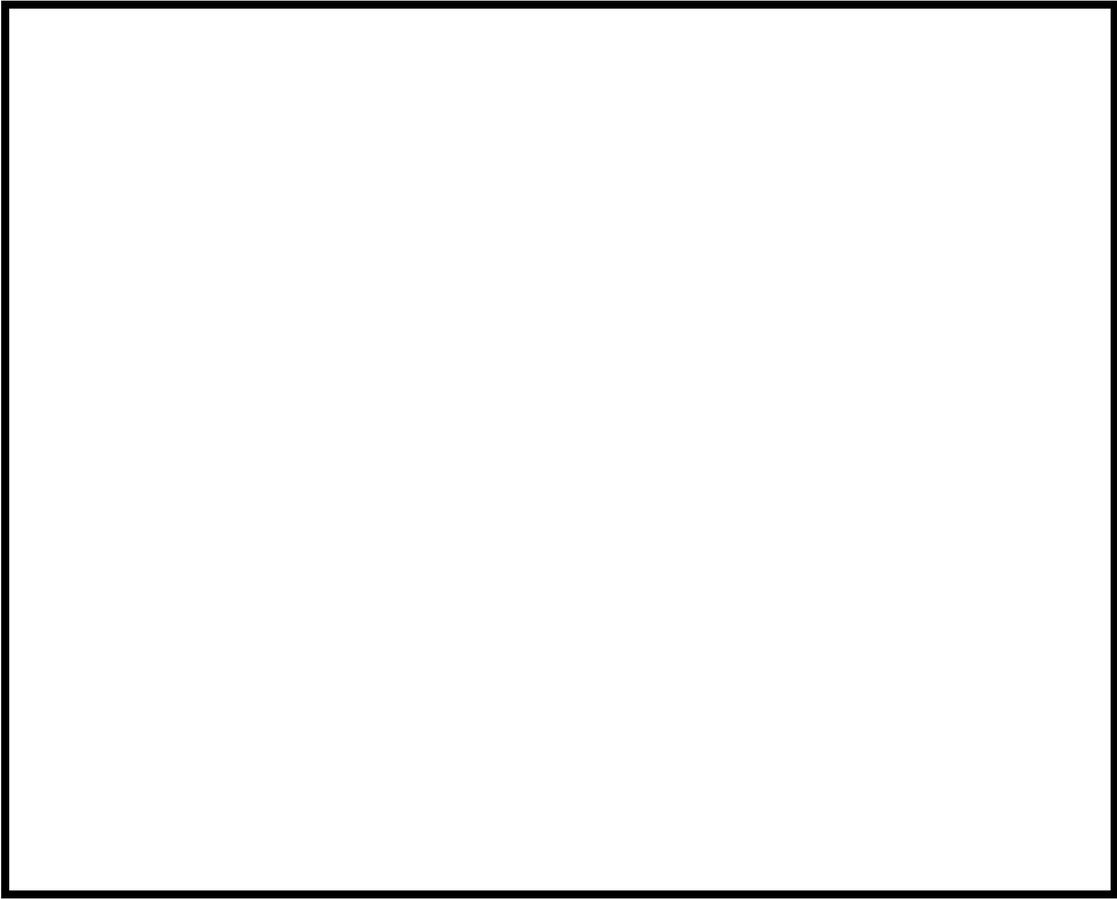
*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.5.4-10 図 66kV 起動用開閉所位置



第 2.5.4-11 図 66kV 起動用開閉所（北側）基礎構造図



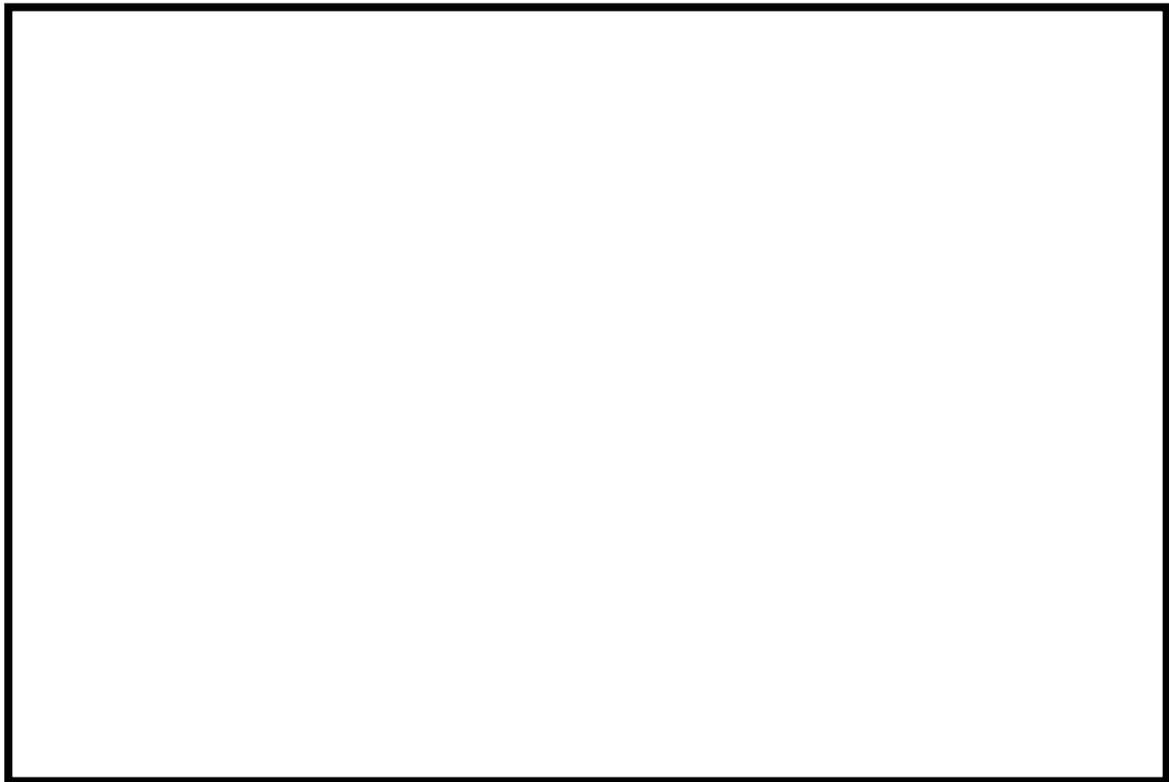
第 2.5.4-12 図 66kV 起動用開閉所（南側）基礎構造図

2.5.4.3 ケーブル洞道設置地盤の支持性能について

154kV 開閉所から柏崎刈羽 6・7 号炉まではケーブル洞道を通して接続している（第 2.5.4-13 図）。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

ケーブル洞道設置地盤の支持性能については、洞道の構造の相違により、154kV 開閉所から 66kV 起動用開閉所（南側）にかけて、66kV 起動用開閉所（南側）から 66kV 起動用開閉所（北側）にかけて、500kV 電力ケーブル洞道及び 6 号炉 C V ケーブル洞道の四つのエリアに区分した上で、検討している。

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



第 2.5.4-13 図 全体平面図

(1) 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）

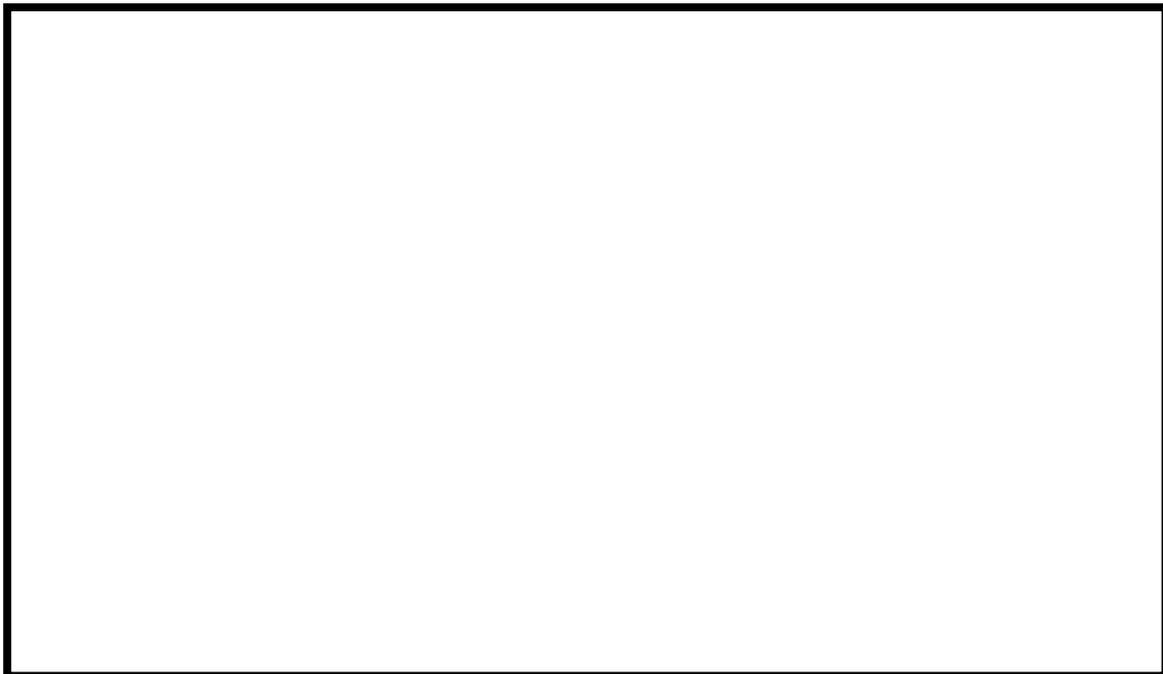
154kV 開閉所から 66kV 起動用開閉所（南側）にかけてのケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.5.4-6 表に 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道支持性能評価結果，第 2.5.4-14 図に 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道位置図，第 2.5.4-15 図に 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道断面図を示す。

第 2.5.4-6 表 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	77 (kN/m ²)	1142 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.5.4-14 図 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道位置図



第 2.5.4-15 図 154kV 開閉所～66kV 起動用開閉所（南側）ケーブル洞道断面図

(2) 66kV 起動用開閉所（南側～北側）

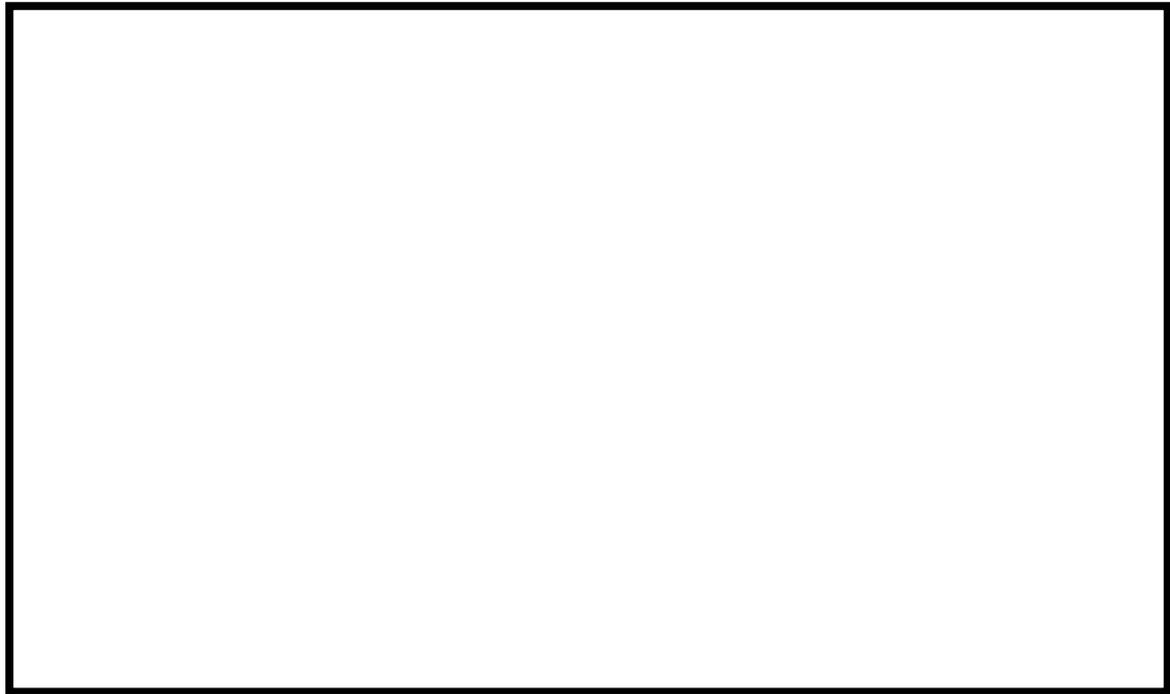
66kV 起動用開閉所（南側）から 66kV 起動用開閉所（北側）にかけてのケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.5.4-7 表に 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道支持性能評価結果，第 2.5.4-16 図に 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道位置図，第 2.5.4-17 図に 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道断面図を示す。

第 2.5.4-7 表 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	115 (kN/m ²)	284 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.5.4-16 図 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道位置図



第 2.5.4-17 図 66kV 起動用開閉所（南側～北側）ケーブル洞道断面図

(3) 500kV 電力ケーブル洞道

500kV 電力ケーブル洞道は、直接基礎構造であり、1.0Ci の地震力に対し十分な支持性能を確保している。【設置許可基準第 33 条 第 6 項 解釈 6】

第 2.5.4-8 表に 500kV 電力ケーブル洞道支持性能評価結果、第 2.5.4-18 図に 500kV 電力ケーブル洞道位置図、第 2.5.4-19 図に 500kV 電力ケーブル洞道断面図を示す。

第 2.5.4-8 表 500kV 電力ケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	153 (kN/m ²)	1920 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第 2.5.4-18 図 500kV 電力ケーブル洞道位置図



第 2.5.4-19 図 500kV 電力ケーブル洞道断面図

(4) 6号炉CVケーブル洞道

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

第2.5.4-9表に6号炉CVケーブル洞道支持性能評価結果、第2.5.4-20図に6号炉CVケーブル洞道位置図、第2.5.4-21図に6号炉CVケーブル洞道断面図を示す。

第2.5.4-9表 6号炉CVケーブル洞道支持性能評価結果

照査項目	評価値	評価基準値	判定*1
最大接地圧	160 (kN/m ²)	1800 (kN/m ²)	○

*1. 評価値<評価基準値となるとき判定○となる（十分な支持性能を確保）。



第2.5.4-20図 6号炉CVケーブル洞道位置図



第2.5.4-21図 6号炉CVケーブル洞道断面図

2.6 非常用電源設備について

2.6.1 非常用電源設備等

非常用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3台備え、各々非常用高圧母線に接続している。また、蓄電池及びその附属設備は、4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。【設置許可基準第33条 第7項】

2.6.1.1 非常用電源設備の概要

柏崎刈羽 6, 7号炉非常用電源設備の内、設計基準事故に対処するための設備は以下のとおりである。

①非常用ディーゼル発電機

台数： 3

容量： 約 6,250kVA/台 (約 5,000kW/台)

<主な負荷>

- ・外部電源が完全に喪失した場合に、発電用原子炉を安全に停止するために必要な負荷
- ・工学的安全施設作動のための負荷

非常用ディーゼル発電機は、外部電源の喪失及び冷却材喪失事故が発生した際、自動起動して原子力発電所の保安上必要とされる各負荷に電力を供給するものである。

各非常用ディーゼル発電機において、保安上必要とされる負荷を、第 2.6.1-1 表及び第 2.6.1-2 表に示す。

第 2.6.1-1 表 6号炉非常用ディーゼル発電機の保安上必要とされる負荷

負荷		非常用 D/G (A)		非常用 D/G (B)		非常用 D/G (C)	
		台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)
自動起動	高圧炉心注水系ポンプ						
	残留熱除去系ポンプ						
	原子炉補機冷却水ポンプ						
	原子炉補機冷却海水ポンプ						
	非常用ガス処理装置						
	非常灯						
	蓄電池用充電器						
	ディーゼル室換気設備						
その他の非常用負荷							
手動起動	その他の非常用負荷						
合計							

第 2.6.1-2 表 7 号炉非常用ディーゼル発電機の保安上必要とされる負荷

負荷		非常用 D/G (A)		非常用 D/G (B)		非常用 D/G (C)	
		台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)	台数	負荷容量 (kW)
自動起動	高圧炉心注水系ポンプ						
	残留熱除去系ポンプ						
	原子炉補機冷却水ポンプ						
	原子炉補機冷却海水ポンプ						
	非常用ガス処理装置						
	非常灯						
	蓄電池用充電器						
	ディーゼル室換気設備						
その他の非常用負荷							
手動起動	その他の非常用負荷						
合計							

②蓄電池

- 組数：4
- 容量：約 10,000Ah (1組)
約 3,000Ah (2組)
約 2,200Ah (1組)

<主な負荷>

- ・制御用負荷（原子炉緊急停止系作動回路，遮断器操作回路，自動減圧系等）及び非常用照明
- ・原子炉隔離時冷却系
- ・静止形無停電電源装置

各蓄電池の容量を第 2.6.1-3 表に示す。

第 2.6.1-3 表 蓄電池の容量

用途 項目	所内用直流電源設備				
	A系	A-2系	B系	C系	D系
型式	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池	鉛蓄電池
容量	6,000Ah	4,000Ah	3,000Ah	3,000Ah	2,200Ah
電圧	125V	125V	125V	125V	125V

2.6.1.1.1 非常用ディーゼル発電機

非常用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。

非常用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3台備え、各々非常用高压母線に接続する。

非常用ディーゼル発電機は、非常用高压母線低电压信号又は非常用炉心冷却設備作動信号で起動し、約13秒で電圧を確立した後は、各非常用高压母線に接続し負荷に給電する。

外部電源が喪失し、かつ、冷却材喪失事故が発生した場合の負荷の始動順位を第2.6.1-1図～第2.6.1-6図に示す。

負荷名称	
手動投入	その他の非常用負荷
第五ブロック	その他の非常用負荷
	非常用ガス処理装置
	蓄電池用充電器
第四ブロック	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却水ポンプ
第三ブロック	その他の非常用負荷
	原子炉補機冷却水ポンプ
第二ブロック	その他の非常用負荷
	ディーゼル室換気設備
	残留熱除去系ポンプ
第一ブロック	その他の非常用負荷
	非常灯

非常用ディーゼル発電機
始動信号

第2.6.1-1図 6号炉非常用ディーゼル発電機（A）における負荷の始動順位
（外部電源喪失及び冷却材喪失事故時）

負荷名称	
手動投入	その他の非常用負荷
第五ブロック	その他の非常用負荷
	非常用ガス処理装置
	蓄電池用充電器
第四ブロック	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却水ポンプ
第三ブロック	その他の非常用負荷
	原子炉補機冷却水ポンプ
第二ブロック	その他の非常用負荷
	ディーゼル室換気設備
	残留熱除去系ポンプ
第一ブロック	その他の非常用負荷
	非常灯
	高压炉心注水系ポンプ

非常用ディーゼル発電機
始動信号

第2.6.1-2図 6号炉非常用ディーゼル発電機（B）における負荷の始動順位
（外部電源喪失及び冷却材喪失事故時）

負荷名称	
手動投入	その他の非常用負荷
第五ブロック	その他の非常用負荷
	蓄電池用充電器
第四ブロック	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却水ポンプ
第三ブロック	原子炉補機冷却水ポンプ
第二ブロック	その他の非常用負荷
	ディーゼル室換気設備
	残留熱除去系ポンプ
第一ブロック	その他の非常用負荷
	非常灯
	高压炉心注水系ポンプ



非常用ディーゼル発電機
始動信号

第 2. 6. 1-3 図 6 号炉非常用ディーゼル発電機 (C) における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)

負荷名称	
手動投入	その他の非常用負荷
第五ブロック	その他の非常用負荷
	非常用ガス処理装置
	蓄電池用充電器
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第四ブロック	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却水ポンプ
第三ブロック	その他の非常用負荷
	原子炉補機冷却水ポンプ
第二ブロック	その他の非常用負荷
	ディーゼル室換気設備
	残留熱除去系ポンプ
第一ブロック	その他の非常用負荷
	非常灯



非常用ディーゼル発電機
始動信号

第 2. 6. 1-4 図 7 号炉非常用ディーゼル発電機 (A) における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)

負荷名称	
手動投入	その他の非常用負荷
第五ブロック	その他の非常用負荷
	非常用ガス処理装置
	蓄電池用充電器
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第四ブロック	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第三ブロック	その他の非常用負荷
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第二ブロック	その他の非常用負荷
	ディーゼル室換気設備
	残留熱除去系ポンプ
第一ブロック	その他の非常用負荷
	非常灯
	高压炉心注水系ポンプ

非常用ディーゼル発電機
始動信号

第 2. 6. 1-5 図 7 号炉非常用ディーゼル発電機 (B) における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)

負荷名称	
手動投入	その他の非常用負荷
第五ブロック	その他の非常用負荷
	蓄電池用充電器
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第四ブロック	原子炉補機冷却海水ポンプ
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第三ブロック	その他の非常用負荷
	原子炉補機冷却海水ポンプ
第二ブロック	その他の非常用負荷
	ディーゼル室換気設備
	残留熱除去系ポンプ
第一ブロック	その他の非常用負荷
	非常灯
	高压炉心注水系ポンプ

非常用ディーゼル発電機
始動信号

第 2. 6. 1-6 図 7 号炉非常用ディーゼル発電機 (C) における負荷の始動順位
(外部電源喪失及び冷却材喪失事故時)

2.6.1.1.2 非常用電源設備の配置

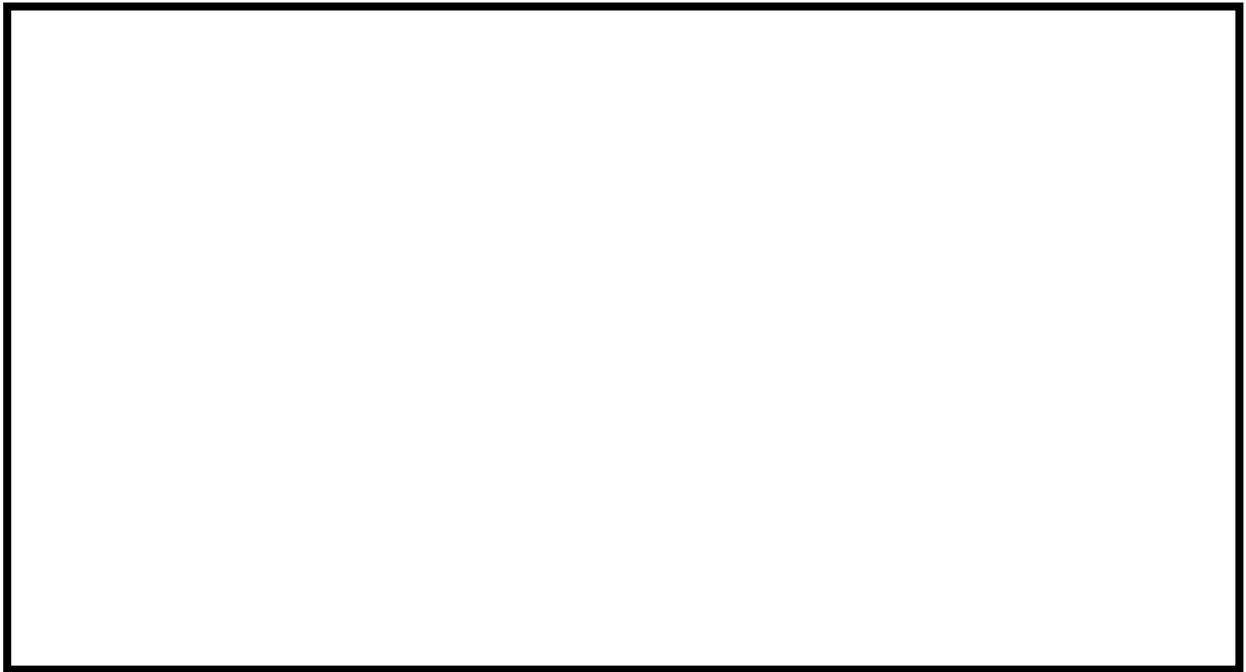
非常用電源設備は、区分Ⅰ、区分Ⅱ及び区分Ⅲに区画された電気室等に設置している。
第2.6.1-7図～第2.6.1-10図に電気設備の配置位置を示す。



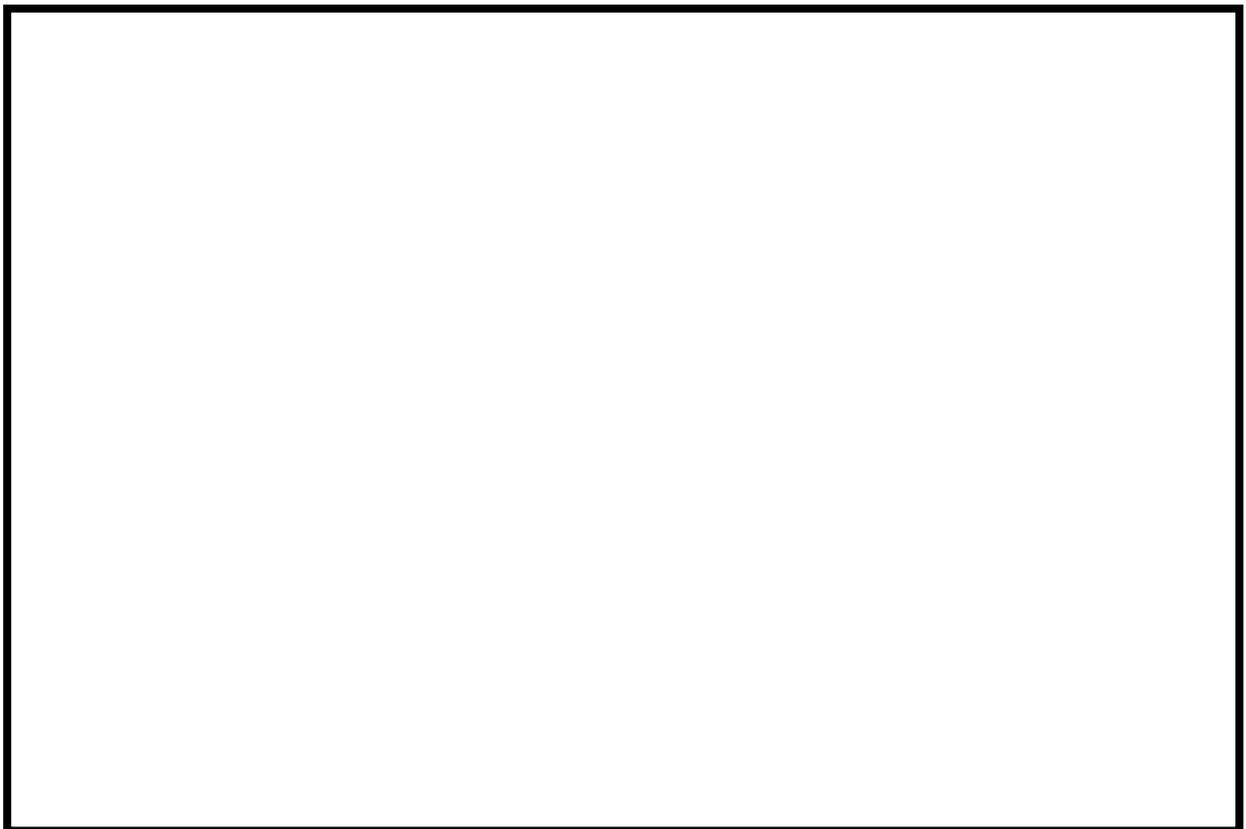
第2.6.1-7図 非常用ディーゼル発電機及び非常用高圧母線の配置（6号炉）



第2.6.1-8図 非常用蓄電池及び計測制御用電源設備の配置（6号炉）



第 2.6.1-9 図 非常用ディーゼル発電機及び非常用高圧母線の配置 (7 号炉)



第 2.6.1-10 図 非常用蓄電池及び計測制御用電源設備の配置 (7 号炉)

2.6.1.1.3 非常用電源設備の配置の基本方針

非常用交流電源設備は3系統、非常用直流電源設備は4系統あり、基準地震動に対して支持機能が維持可能な建物である原子炉建屋及びコントロール建屋内の区画された部屋に設置し、主たる共通要因（地震、津波、火災、溢水）に対し、頑健性を有している。第2.6.1-4表に非常用電源設備の主たる共通要因に対する頑健性を示す。

第2.6.1-4表 非常用電源設備の主たる共通要因に対する頑健性

共通要因	対応方針	状況
地震	設計基準地震動に対して十分な耐震性を有する設計とする。	設計基準地震動に対して、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。	6/7号の敷地高さは12mであり、遡上域における最大遡上高さ(7.5m(大湊側))より高いため津波流入の恐れがない。また、浸水防止設備を設置することにより非常用電源設備が配置されているエリアへの浸水を防止している。
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。	火災防護審査基準で要求される3時間以上の耐火能力を有するコンクリート壁により異なる系統の非常用電気品室、計測制御電源室及び蓄電池室は分離し、自動もしくは中央制御室にて遠隔操作可能な固定式消火設備を設置する。
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、もしくは溢水源等に対し溢水影響のないよう設備対策を実施する設計とする。	地震などによる溢水を想定しても、電気盤が機能喪失にならないことを確認している。 なお、非常用電気品室、計測制御電源室及び蓄電池室には蒸気源及び溢水源はない。

2.6.1.1.4 外部からの衝撃による損傷の防止に対する適合のための設計方針について

保安電源設備に関する要求事項のうち、設置許可基準規則第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）への適合方針は以下の通りである。

(1) 風（台風）

設計基準風速は保守的に最も風速が大きい新潟市の観測記録の極値である 40.1m/s とする。

発電所建屋内の非常用電源設備については、建屋が設計基準風速による風荷重に対して影響を受けず、非常用電源設備の機能を喪失しない設計とする。

発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については、設計基準風速による風荷重に対して影響を受けず、機能を喪失しない設計とする。

(2) 竜巻

設計基準竜巻の最大風速はF2の風速範囲の上限値である 69m/s とする。

発電所建屋内の非常用電源設備については、建屋が設計基準竜巻の最大瞬間風速による風荷重に対して影響を受けず、建屋の壁等により非常用電源設備が機能を喪失しない設計とする。

発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については、竜巻の影響により機能を喪失しない設計とする。

(3) 積雪

基準積雪量は、最深積雪量の平均値 31.1cm に、統計処理による 1 日あたりの積雪量の年超過頻度 10^{-4} /年値 135.9cm を加えた 167cm とする。

発電所建屋内の非常用電源設備については建屋が積雪による荷重、積雪による給排気口の閉塞による影響を受けず、非常用電源設備の機能が喪失しない設計とする。

発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については、積雪による荷重により機能が喪失しない設計とする。

(4) 低温

低温における基準温度は、観測記録の統計処理による年超過頻度 10^{-4} /年値の -17.0°C とする。また、低温の継続時間については、過去の最低気温を記録した当日の気温推移に鑑み、保守的に 24 時間と設定する。

低温の影響モードとして凍結を想定するが、発電所建屋内の非常用電源設備については、空調設備による温度制御により低温の影響を受けない設計とする。

また発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については、設計基準温度にて凍結しない設計とする。

(5) 落雷

設計基準雷撃電流値は 6 号炉及び 7 号炉への 10^{-4} 件/年となる約 156kA に保守性を考慮した 200kA とする。

発電所内の非常用電源設備は、雷害防止として排気筒及び各建屋等に避雷設備を設け、並びに接地網の敷設による接地抵抗の低減等の対策を行うことにより機能が喪失しない設計とする。

また発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については接地を構内接地網に接続し接地抵抗を低減しており影響を受けにくい設計としている。また、非常用ディーゼル発電機燃料移送系については、計装設備として軽油タンクの油面計があるが、万一当該機器の損傷に至る場合にも、軽油タンクの油量については現場確認が可能であり、当該機器の喪失によってプラントの安全機能に影響が及ぶことはない。

(6) 火山

発電所の安全性に影響を与える可能性のある火山事象として降下火山灰が抽出された。

降下火山灰の堆積量については、文献調査結果や国内外の噴火実績等を踏まえ、検討を

行った結果、火山噴火実績に保守性を考慮した 30cm を設計基準に設定する。

発電所建屋内の非常用電源設備については建屋が火山灰堆積による荷重、火山灰堆積による給排気口の閉塞による影響を受けず、非常用電源設備の機能が喪失しない設計とする。

発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については、火山灰堆積による荷重により機能が喪失しない設計とする。

(7) 森林火災

非常用電源設備に対して影響を及ぼし得る外部火災としては、森林火災が考えられる。

森林火災としては、発電所構内の森林の全面的な火災を想定する。

発電所建屋内の非常用電源設備は、防火帯及び建屋の壁等により防護されているとともに消火活動により森林火災の影響を受けない設計とする。

発電所建屋外の軽油タンク及び附帯設備については、防火帯により防護されているとともに消火活動により森林火災の影響を受けない設計とする。

(8) 落雷（雷サージ&誘導電流）と地震（地震荷重）の重畳

地震により避雷鉄塔が損壊することで、雷撃電流値増加する場合を想定し、雷撃電流値を 216kA とする。

発電所内の非常用電源設備は、雷害防止として排気筒及び各建屋等に避雷設備を設け、並びに接地網の敷設による接地抵抗の低減等の対策を行うことにより機能が喪失しない設計とする。

また発電所建屋外の軽油タンクについては接地を構内接地網に接続し接地抵抗を低減しており影響を受けにくい設計としている。また、非常用ディーゼル発電機燃料移送系については、計装設備として軽油タンクの油面計があるが、万一当該機器の損傷に至る場合にも、軽油タンクの油量については現場確認が可能であり、当該機器の喪失によってプラントの安全機能に影響が及ぶことはない。

(9) 積雪（相間短絡）と降水の重畳

相間短絡が発生する可能性が高まるが、発生したとしても外部電源喪失であり、設計基準設備により対応可能である。

(10) 積雪（空調）と火山（空調）の重畳

積雪と火山灰の堆積による、空調の吸排気口の閉塞が想定される。

積雪高さで厳しいのは、主事象が積雪（設計基準 167cm）、副事象が火山（VEI4 3cm）の組み合わせ（合計 170cm）となるが、その場合も口調吸排気口（一番低い箇所地上高 4.2m）まで達しない。

(11) 地震（地震荷重）と積雪（堆積）の重畳

<評価中> 迫而

(12) 火山（相間短絡）と積雪（堆積）の重畳

相間短絡が発生する可能性が高まるが、発生したとしても外部電源喪失であり、非常用ディーゼル発電機が建屋内施設であることから火山灰・積雪の影響は受けないため、対応可能である。

2.6.2 非常用ディーゼル発電機の燃料容量について

非常用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、C系 3 台有しており、また、軽油タンクから燃料油移送ポンプにて非常用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、非常用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。非常用ディーゼル発電機燃料油供給系統の構成を第 2.6.1-11 図に示す。

軽油タンクは、非常用ディーゼル発電機 2 台を 7 日間以上連続運転できる容量 (500m³ 以上*) をA系、B系の 2 系統を有しているため、軽油タンクの単一故障に対しても必要な機能を維持できる。

A系、B系の燃料油供給系統は連絡配管により接続されており、軽油タンクの燃料は、3 台の非常用ディーゼル発電機のどれ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。)【設置許可基準第 33 条 第 7 項 解釈 7】

*1 非常用ディーゼル発電機 2 台を定格出力にて 7 日間連続運転できる容量
(事故後、自動起動、燃費については定格出力にて事故後～事故後 7 日間を想定)

V : 軽油必要容量 (L)

N : 発電機定格出力 (kW) = 5,000 (力率 0.8)

H : 運転時間 (h) = 168 (7 日間)

γ : 燃料 (軽油) の密度 (kg/L) = 0.83

c : 燃料消費率 (kg/kW・h) = 247.2 × 10⁻³

$$V = \frac{N \times c \times H}{\gamma} \times 2 \text{台}$$

$$= \frac{5,000 \times 247.2 \times 10^{-3} \times 168}{0.83} \times 2 \text{台}$$

$$\div 500 \text{kL} < \text{保安規定制限値 } 510 \text{kL}$$

■軽油タンク

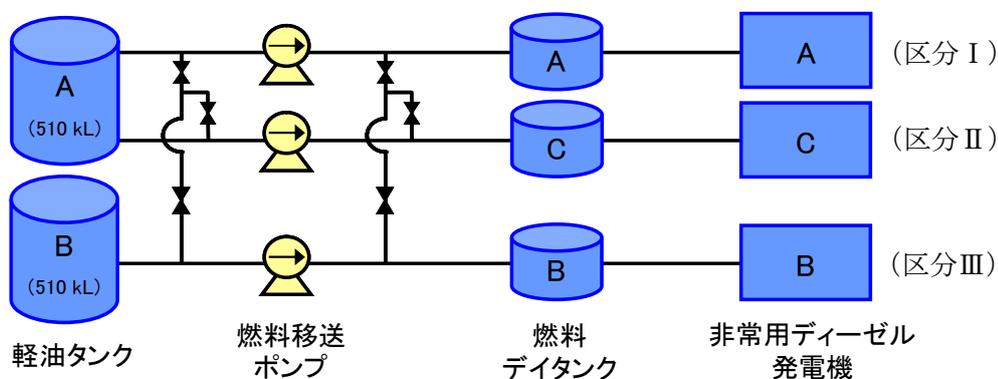
形 状 : たて置円筒形

基 数 : 2

容 量 : 550kL/基 (設置許可記載値)

(510kL/基 保安規定制限値)

使用燃料 : 軽油



第 2.6.1-11 図 非常用ディーゼル発電機 燃料供給系統の構成

2.7 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

(1) 非常用ディーゼル発電機の共用について

非常用ディーゼル発電機は、発電用原子炉毎に単独で設置し、多重性を考慮して、必要な容量のものを3台備え、各々非常用高圧母線に接続しており、他の発電用原子炉施設との共用をしない設計としている。【設置許可基準第33条 第8項】