

女川原子力発電所保安規定審査資料	
資料番号	TS-50
提出年月日	2022年11月2日

## 女川原子力発電所2号炉

### 外部電源の運転上の制限について

枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。

2022年11月  
東北電力株式会社

本資料では、下記の内容について説明する。

- ・設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映
- ・設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映
- ・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の反映

## 目 次

1. 保安規定変更比較表 抜粋
2. 保安規定第58条（外部電源その1（2号炉））独立性に関する記載について
3. 設計及び工事計画認可申請書（常用電源設備 基本設計方針）
4. 1相開放故障の検知に関する記載について

1. 保安規定変更比較表 抜粋

(1 / 3)

変更前	変更後	記載の考え方								
<p>(外部電源その1)</p> <p>第59条 原子炉の状態が運転、起動および高温停止において、外部電源<sup>*1</sup>は表59-1で定める事項を運転上の制限とする。ただし、送電線事故等による瞬停時を除く。</p> <p>2. 外部電源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。</p> <p>(1) 発電課長は、原子炉の状態が運転、起動および高温停止において、外部電源の電圧が確立していることを1週間に1回確認する。</p> <p>3. 発電課長は、外部電源が第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59-2の措置を講じる。</p> <p>表59-1</p> <table border="1" data-bbox="778 1377 847 2063"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部電源</td> <td>2系列<sup>*2</sup>が動作可能であること</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：外部電源とは、電力系統または主発電機(当該原子炉の主発電機を除く)からの電力を第66条で要求される非常用交流高圧電源母線に供給する設備をいう。</p> <p>※2：外部電源の系列数は、非常用交流高圧電源母線に対して電力供給することができる発電所外からの送電線の回線数と主発電機(当該原子炉の主発電機を除く)の合計数とし、各々の非常用交流高圧電源母線について求められる。</p>	項目	運転上の制限	外部電源	2系列 <sup>*2</sup> が動作可能であること	<p>(外部電源その1 (2号炉))</p> <p>第58条 2号炉について、原子炉の状態が運転、起動、高温停止、冷温停止および燃料交換において、外部電源<sup>*1</sup>は、表58-1で定める事項を運転上の制限とする。ただし、送電線事故等による瞬停時を除く。</p> <p>2. 2号炉について、外部電源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。</p> <p>(1) 発電課長は、原子炉の状態が運転、起動、高温停止、冷温停止および燃料交換において、1週間に1回、所要の非常用交流高圧電源母線に電力供給可能な外部電源3回線<sup>*2</sup>以上の電圧が確立していること、および1回線以上は他の回線に対して独立性を有していることを確認する。</p> <p>変圧器1次側において1相開放を検知した場合、故障箇所の隔離または非常用交流高圧電源母線を健全な電源から受電できるような切替えを実施する。</p> <p>3. 2号炉について、発電課長は、外部電源が第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58-2の措置を講じる。</p> <p>表58-1</p> <table border="1" data-bbox="778 607 916 1323"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部電源</td> <td>(1) 3回線<sup>*2</sup>が動作可能であること (2) (1)の外部電源のうち、1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること<sup>*3</sup></td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：外部電源とは、電力系統からの電力を第64条および第65条で要求される非常用交流高圧電源母線に供給する設備をいう。</p> <p>※2：外部電源の回線数は、当該原子炉に対する個々の非常用交流高圧電源母線に対して電力供給することができる送電所外からの送電線の回線数とする。</p> <p>※3：独立性を有するとは、「送電線の上流において1つの変電所または開閉所のみに関連しないこと」をいう。</p>	項目	運転上の制限	外部電源	(1) 3回線 <sup>*2</sup> が動作可能であること (2) (1)の外部電源のうち、1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること <sup>*3</sup>	<p>第59条と第60条の条文をひとつにし、原子炉の状態の記載に見直し</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</p> <p>・1相開放を検知した場合の対応を反映</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</p>
項目	運転上の制限									
外部電源	2系列 <sup>*2</sup> が動作可能であること									
項目	運転上の制限									
外部電源	(1) 3回線 <sup>*2</sup> が動作可能であること (2) (1)の外部電源のうち、1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること <sup>*3</sup>									

1. 保安規定変更比較表 抜粋

(2/3)

変更前			変更後			記載の考え方		
表59-2			表58-2					
条件	要求される措置	完了時間	条件	要求される措置	完了時間			
A. 動作可能である外部電源が1系列のみの場合	A1. 外部電源を2系列動作可能な状態に復旧する。	10日間	A. すべての外部電源が他の回路に対し独立性を有していない場合	A1. 動作可能な外部電源について、電圧が確立していることを確認する。	速やかにその後、毎日1回			
B. 動作可能である外部電源が1系列のみの場合(高圧炉心スプレイ系母線を除く)	B1. 外部電源を2系列動作可能な状態に復旧する。または B2. 当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。	12時間	B. 動作可能な外部電源が2回路である場合	A2. 動作可能な外部電源の少なくとも1回線以上を他の回線に対して独立性を有している状態に復旧する。 B1. 動作可能な外部電源について、電圧が確立していることを確認する。	30日間	・第59条と第60条の条文をひとつにし、全原子炉の状態の記載に見直し		
および 非常用ディーゼル発電機が1台動作不能の場合(高圧炉心スプレイ系非非常用ディーゼル発電機を除く)		12時間	および すべての外部電源が他の回路に対して独立性を有していない場合	C1. 動作可能な外部電源が2回路である場合 C2. 動作可能な外部電源の少なくとも1回線以上を他の回線に対して独立性を有している状態に復旧する。	20日間	・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったこととの反映		
C. 高圧炉心スプレイ系母線に対し動作可能である外部電源が1系列のみの場合	C1. 1. 外部電源を2系列動作可能な状態に復旧する。 C1.2. 当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。 および C2. 自動減圧系(原子炉圧力が0.77MPa[gage]以上の場合)の窒素ガス供給圧力が表39-2に定める値であることを確認する。 および C3. 原子炉隔離時冷却系について動作可能であることを確認する。 ※3	10日間	D. 動作可能な外部電源が1回路である場合	D1. 動作可能な外部電源について、電圧が確立していることを確認する。	速やかにその後、毎日1回	・設置許可基準規則第三十三条(保安電源設備)において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたこととの反映		
および 高圧炉心スプレイ系非非常用ディーゼル発電機が動作不能の場合		10日間	および 動作可能である外部電源が1回線のみの場合(高圧炉心スプレイ系母線を除く。)	D2. 外部電源を少なくとも2回線動作可能な状態に復旧する。	30日間			
D. 高圧炉心スプレイ系母線に対し動作可能である外部電源が1系列のみ場合	D1. 外部電源を2系列動作可能な状態に復旧する。 および D2. 自動減圧系(原子炉圧力が0.77MPa[gage]以上の場合)の窒素ガス供給圧力が表39-2に定める値であることを確認する。 および D3. 原子炉隔離時冷却系について動作可能であることを確認する。 ※3	速やかにその後、毎日1回	E. 動作可能である外部電源が1回線のみの場合(高圧炉心スプレイ系母線を除く。)	E1. 外部電源を少なくとも2回線動作可能な状態に復旧する。 または E2. 当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。	速やかにその後、毎日1回			
E. 動作可能である外部電源が1系列のみ場合(高圧炉心スプレイ系母線を除く)	E1. 高温停止とする。 および E2. 低温停止とする。	24時間	および 非常用ディーゼル発電機1台が動作不能の場合(高圧炉心スプレイ系母線を除く。)	F. 高圧炉心スプレイ系母線に対し動作可能である外部電源が1回線のみの場合 高圧炉心スプレイ系非非常用ディーゼル発電機が動作不能の場合	10日間			
または 条件A,B,CまたはDで要求される措置を完了時間内に達成できない場合		36時間	および 非非常用ディーゼル発電機1台が動作不能の場合(高圧炉心スプレイ系母線を除く。)	F1.1. 外部電源を少なくとも2回線動作可能な状態に復旧する。 または F1.2. 当該非常用ディーゼル発電機を動作可能な状態に復旧する。 および F2. 自動減圧系(原子炉圧力が0.77MPa[gage]以上の場合)の窒素ガス供給圧力が表39-2に定める値であることを確認する。 および F3. 原子炉隔離時冷却系について動作可能であることを確認する。 ※4	速やかにその後、毎日1回			
※3: 原子炉圧力が1.04MPa[gage]以上の場合に実施する。								

1. 保安規定変更比較表 抜粋

(3/3)

変更前	変更後	記載の考え方						
<p>(外部電源その2)</p> <p>第60条 原子炉の状態が冷温停止および燃料交換において、外部電源※1は表60-1に定める運転上の制限を満足するものとする。ただし、送電線事故等による瞬停時を除く。</p> <p>2. 外部電源が前項に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。</p> <p>(1) 発電課長は、原子炉の状態が冷温停止および燃料交換において、外部電源の電圧が確立していることを1週間に1回確認する。</p> <p>3. 発電課長は、外部電源が第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60-2の措置を講じる。</p>	<p>6. 高圧炉心スプレイ系母線に対し動作可能な外部電源が1回線もない場合</p> <p>G1. 外部電源を少なくとも2回線動作可能な状態に復旧する。                  G2. 自動減圧系（原子炉圧力が0.77MPa[gage]以上の場合）の窒素ガス供給圧力が表39-2に定める値であることを確認する。                  G3. 原子炉隔離時冷却系について動作可能であることを確認する。※4</p> <p>H. 原子炉の状態が運転、起動および高温停止において、すべての外部電源が動作不能である場合（高圧炉心スプレイ系母線を除く。）                  または                  原子炉の状態が運転、起動および高温停止において、条件A,B,C,D,E,FまたはGの措置を完了時間内に達成できない場合</p>	<p>・第59条と第60条の条文をひとつにし、全原子炉の状態の記載に見直し</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源回線数の要求事項が「3回線以上」となったことの反映</p> <p>・設置許可基準規則第三十三条（保安電源設備）において外部電源の「独立性」が要求事項として追加されたことの反映</p>						
<p>表60-1</p> <table border="1" data-bbox="568 1346 639 2063"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>運転上の制限</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>外部電源</td> <td>1系列※2が動作可能であること</td> </tr> </tbody> </table>	項目	運転上の制限	外部電源	1系列※2が動作可能であること	<p>10日間</p> <p>速やかに</p> <p>24時間</p> <p>24時間</p> <p>36時間</p>			
項目	運転上の制限							
外部電源	1系列※2が動作可能であること							
<p>表60-2</p> <table border="1" data-bbox="711 1346 967 2063"> <thead> <tr> <th>条件</th> <th>要求される措置</th> <th>完了時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>A. 運転上の制限を満足していないと判断した場合</td> <td>A1. 外部電源を1系列動作可能な状態に復旧する。                  および                  A2. 炉心変更を中止する。                  および                  A3 原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。                  および                  A4. 有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉圧力容器パウンドリを構成する隔離弁の閉操作を禁止する。</td> <td>速やかに 速やかに 速やかに 速やかに</td> </tr> </tbody> </table>	条件	要求される措置	完了時間	A. 運転上の制限を満足していないと判断した場合	A1. 外部電源を1系列動作可能な状態に復旧する。 および A2. 炉心変更を中止する。 および A3 原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。 および A4. 有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉圧力容器パウンドリを構成する隔離弁の閉操作を禁止する。	速やかに 速やかに 速やかに 速やかに	<p>I. 外部電源を少なくとも1回線動作可能な状態に復旧する。                  および                  I2. 炉心変更を中止する。                  および                  I3. 原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。                  および                  I4. 有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉冷却材圧力パウンドリを構成する隔離弁の閉操作を禁止する。</p>	
条件	要求される措置	完了時間						
A. 運転上の制限を満足していないと判断した場合	A1. 外部電源を1系列動作可能な状態に復旧する。 および A2. 炉心変更を中止する。 および A3 原子炉建屋原子炉棟内で照射された燃料に係る作業を中止する。 および A4. 有効燃料頂部以下の高さで原子炉圧力容器に接続している配管について原子炉圧力容器パウンドリを構成する隔離弁の閉操作を禁止する。	速やかに 速やかに 速やかに 速やかに						
<p>※1：外部電源とは、電力系統または主発電機（当該原子炉の主発電機を除く）からの電力を第67条で要求される非常用交流高圧電源母線に供給する設備をいう。</p> <p>※2：外部電源の系列数は、非常用交流高圧電源母線に対して電力供給することができる発電所外からの送電線の回線数と主発電機（当該原子炉の主発電機を除く）の合計数とし、各々の非常用交流高圧電源母線について求められる。</p>	<p>※4：原子炉圧力が1.04MPa[gage]以上の場合に実施する。</p>							

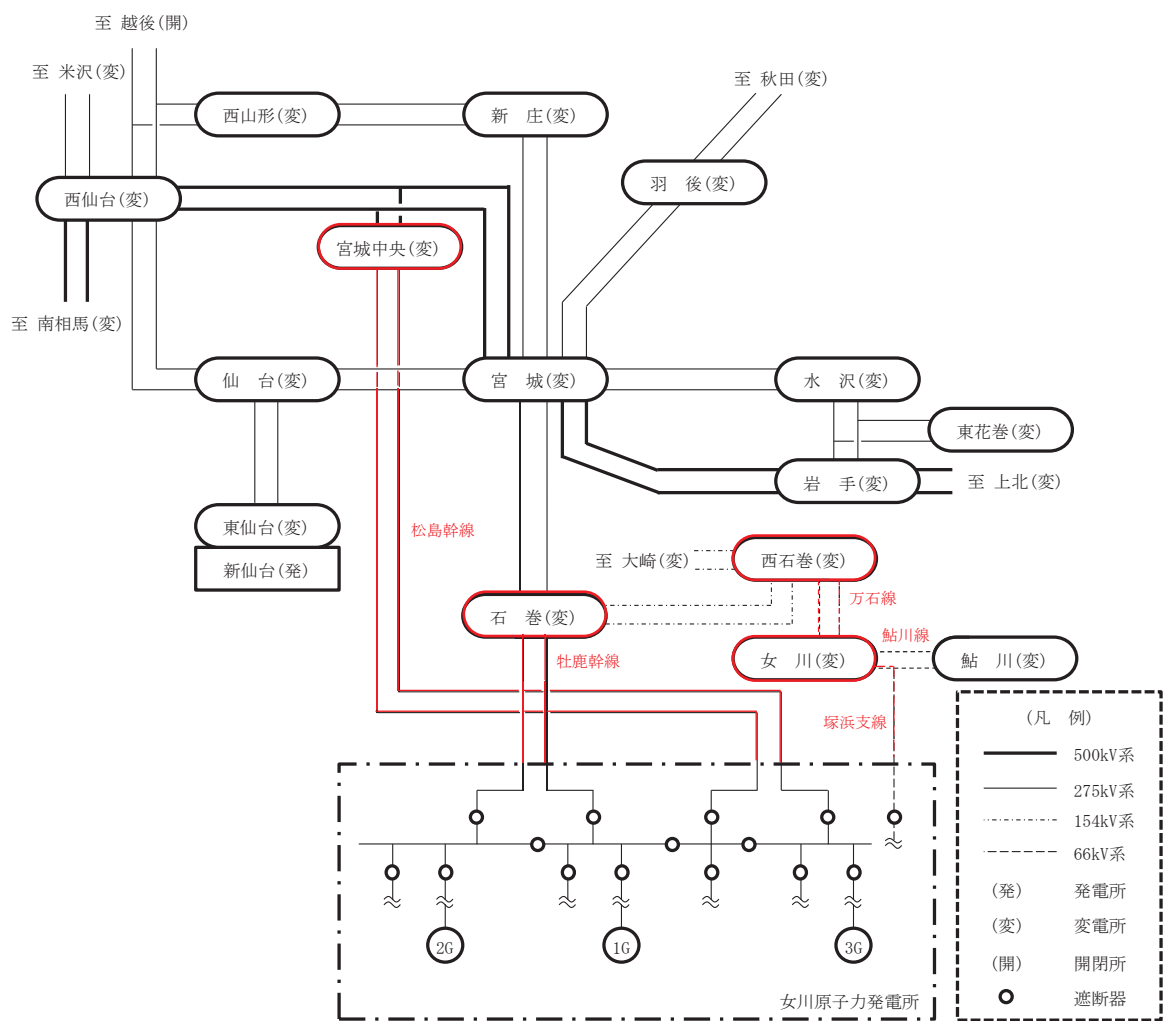
2. 保安規定第58条（外部電源その1（2号炉））独立性に関する記載について  
新規制基準適用のうち、保安規定第58条（外部電源その1（2号炉））の外部電源に関する運転上の制限として「外部電源3回線のうち1回線以上は他の回線に対して独立性を有していること<sup>※3</sup>」が新たな要求事項となった。

（保安規定条文案）

※3：独立性を有するとは、「送電線の上流において1つの変電所または開閉所のみに関係しないこと」をいう。

女川原子力発電所では、牡鹿幹線は石巻変電所に、松島幹線は宮城中央変電所に、塚浜支線（鮎川線1号を一部含む。）は女川変電所及び万石線を経由し、その上流接続先である西石巻変電所に接続するため、それぞれ独立性を有する設計としている。

以 上



常用電源設備系統概要図 (送電系統図)

3. 設計及び工事計画認可申請書  
 常用電源設備 基本設計方針

変更前	変更後
なし	<p>1.1.2 1相の電路の開放に対する検知及び電力の安定性回復</p> <p>変圧器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検知できるよう、変圧器1次側の電路は、電路を筐体に内包する変圧器やガス絶縁開閉装置等により構成し、3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合に保護継電器にて自動で故障箇所の隔離及び非常用母線の受電切替ができる設計とし、電力の供給の安定性を回復できる設計とする。</p> <p>送電線において3相のうちの1相の電路の開放が生じた場合、275kV送電線は1回線での電路の開放時に安全施設への電力の供給が不安定にならないよう、多重化した設計とする。</p> <p>また、電力送電時、保護装置による3相の電流不平衡監視にて常時自動検知できる設計とする。</p> <p>66kV送電線は、各相の不足電圧継電器にて常時自動検知できる設計とする。</p> <p>更に、275kV送電線及び66kV送電線は、保安規定に定めている巡視点検を加えることで、保護装置による検知が期待できない場合の1相開放故障や、その兆候を早期に検知できる設計とする。</p> <p>275kV送電線及び66kV送電線において1相の電路の開放を検知した場合は、自動又は手動で故障箇所の隔離及び非常用母線の受電切替ができる設計とし、電力の供給の安定性を回復できる設計とする。</p>



#### 4. 1相開放故障の検知に関する記載について

1相開放故障については、一部を除き、既設置の保護継電器等の検知デバイスにより検知可能と判断している。残りの一部については、人的な検知（巡視点検等）を加えることで、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。

そこで、人的な検知及び対応には、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、これらを品質マネジメント文書に反映し、運転員の事象に対する認識を高めることとしている。

（別紙1 「設置(変更)許可33条 まとめ資料」抜粋 参照。）

1相開放故障事象に関する教育については、原子力発電所運転員の教育・訓練要領にて定める。（別紙2 参照）

## 2.2.1.1.2.2 非常用高圧母線への電力供給について

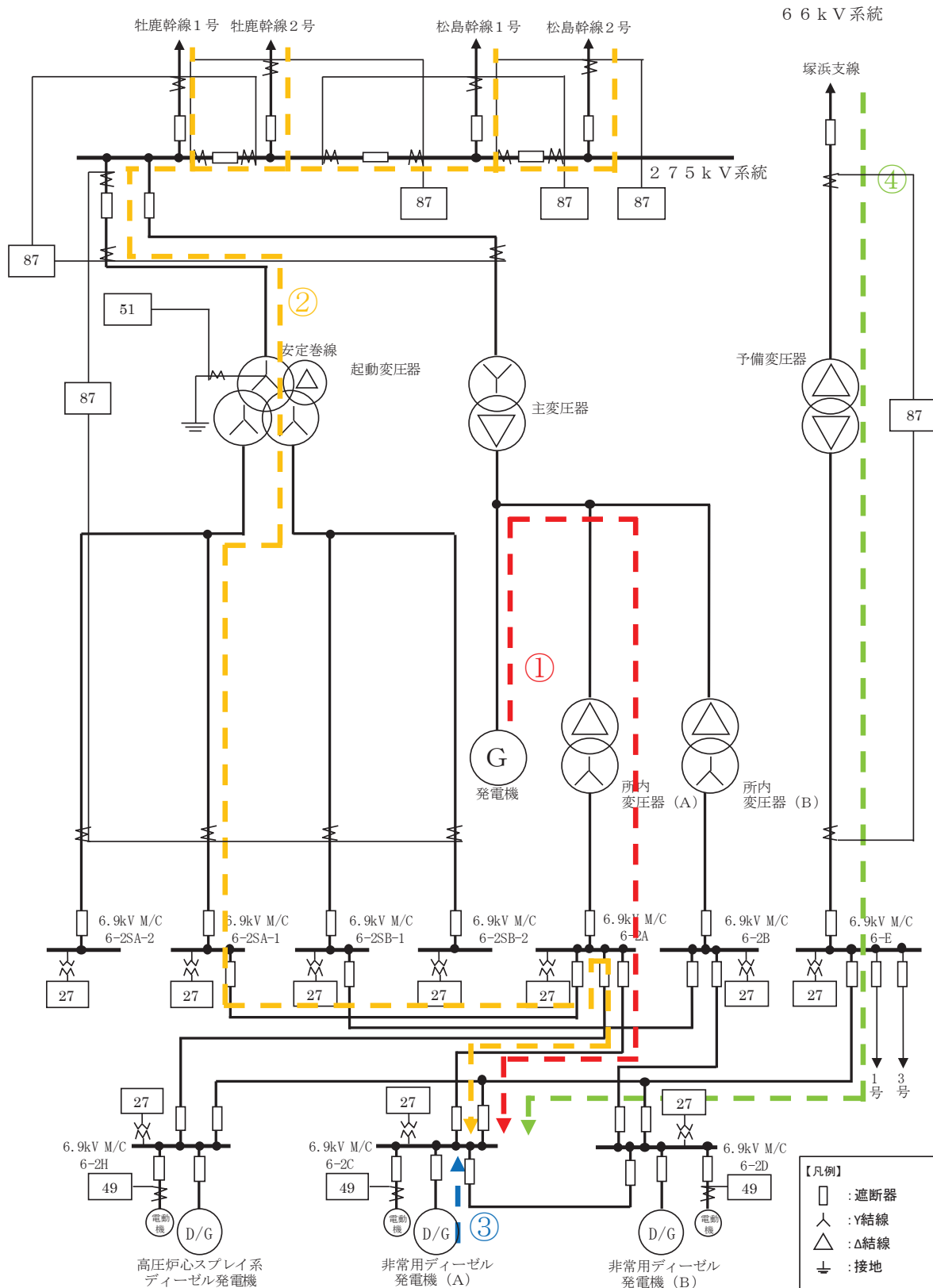
女川原子力発電所は、275kV 送電線（牡鹿幹線及び松島幹線）2ルート各2回線及び66kV 送電線（塚浜支線（鮎川線1号を一部含む。）及び万石線）1ルート1回線で電力系統に連系している。

非常用高圧母線は、以下の方法にて受電可能である。

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

非常用高圧母線への電力供給を第2.2.1-8図に示す。

外部電源に直接接続しており、安全施設へ電力供給を行う変圧器は、起動変圧器及び予備変圧器である。



第2.2.1-8図 非常用高圧母線への電力供給

## 2.2.1.1.2.3 1相開放故障時における検知性

### (1) 送電線引込み部以外での1相開放故障

外部電源に直接接続している対象変圧器（起動変圧器及び予備変圧器）1次側の接続部位は、送電線の引込み部を除き米国バイロン2号炉のように全面的に気中に露出した架線接続ではなく、接地された筐体内等に配線された構造である。

（第2.2.1-9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）及び地絡過電圧継電器（64）による検知が可能である。

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



起動変圧器

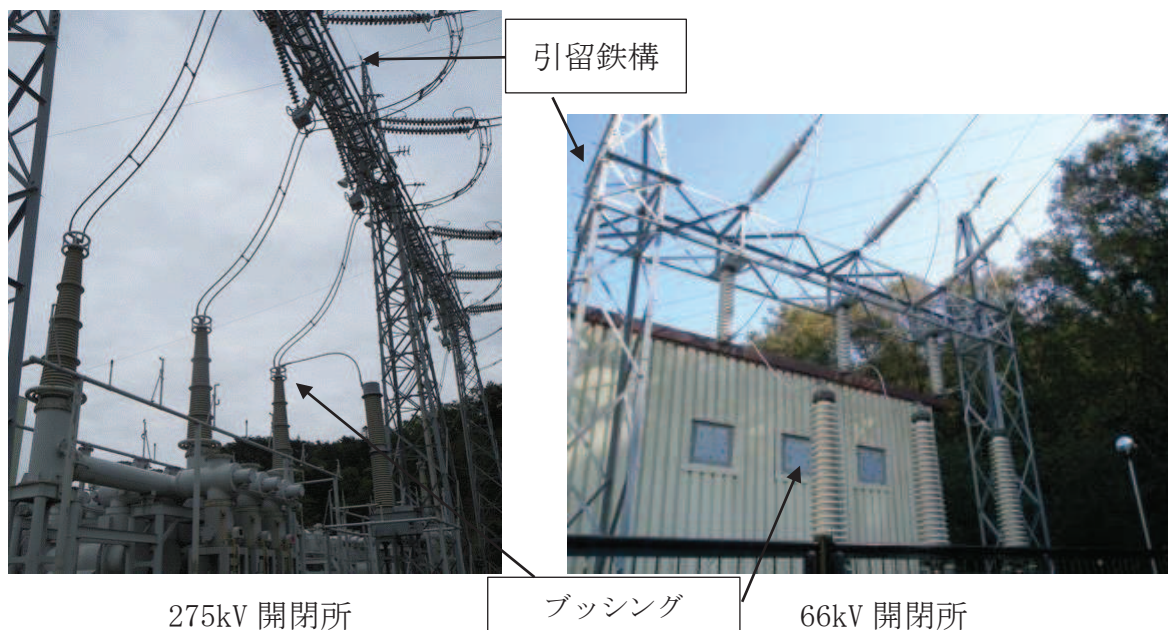


予備変圧器

第2.2.1-9図 変圧器1次側接続部

(2) 送電線引込み部の 1 相開放故障

第 2.2.1-8 図の受電経路において米国バイロン 2 号炉のように導体が空中へ露出した類似箇所は第 2.2.1-10 図のとおり開閉所の送電線引込み部（引留鉄構～ブッシング）である。



第 2.2.1-10 図 送電線引込み部

a. 275kV 送電線引込み部での 1 相開放故障発生

275kV 送電線 4 回線の電源は 275kV 開閉所にて連系しているため、②の受電経路で受電する場合に 275kV 送電線 1 回線にて 1 相開放故障が発生しても非常用高圧母線の電圧に変化が生じることはない。

この場合、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 相開放故障を目視で検知することが可能である。

女川原子力発電所では毎日実施する巡視点検時に確認すべき項目として、パトロール手順書にて第 2.2.1-1 表のとおり定めており、1 日 1 回以上パトロールを実施することで 1 相開放故障の発見が可能である。

したがって、1 相開放故障が発生した状態が検知されることなく、1 相開放故障が発生した変圧器を経由した非常用母線への給電が維持されることはない。

第 2.2.1-1 表 巡視確認項目

巡視機器	点検項目
引留鉄構及び碍子	a. 外観損傷の有無

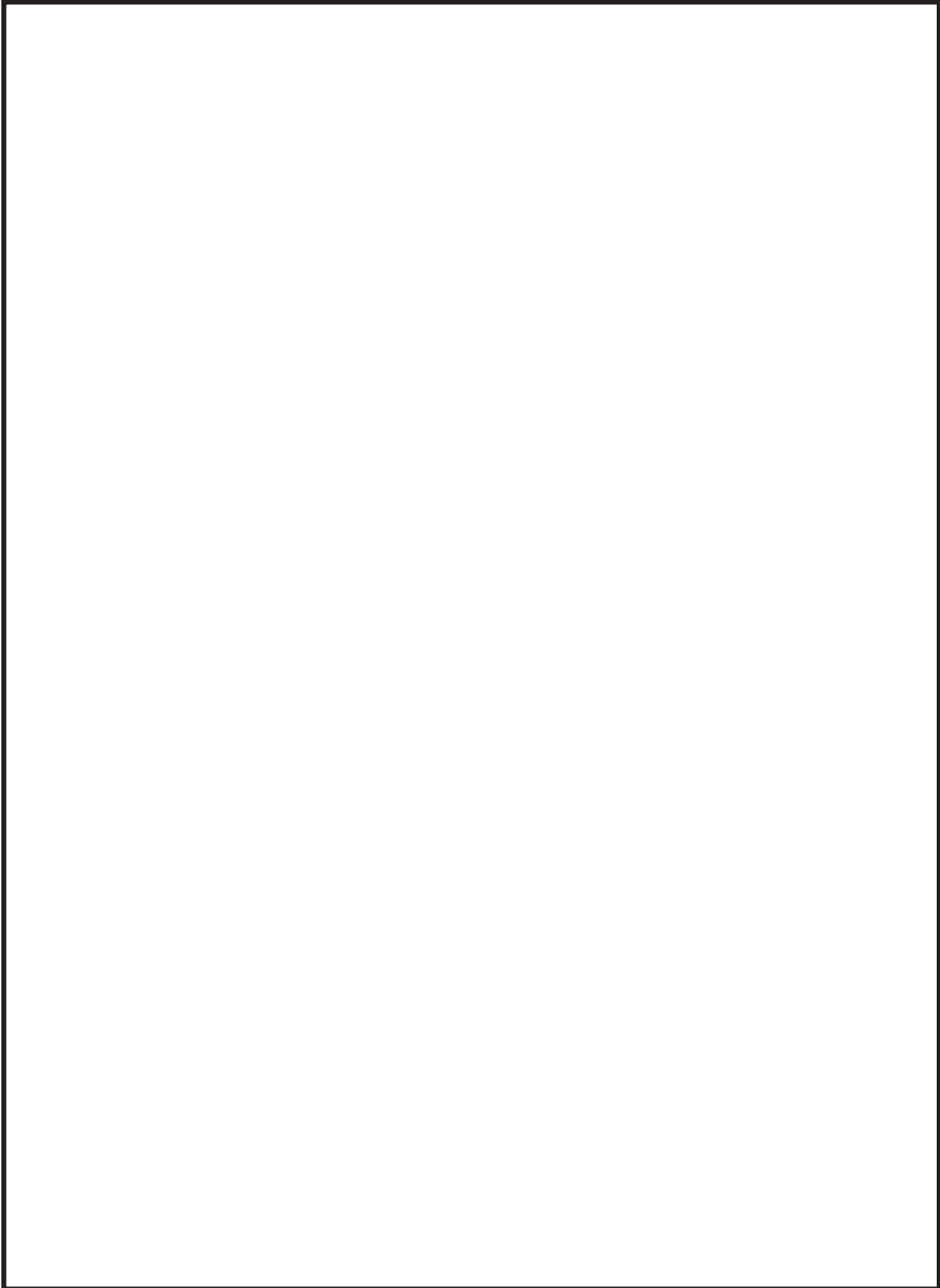
原6-1-人5 (原)

原子力発電所運転員の  
教育・訓練要領

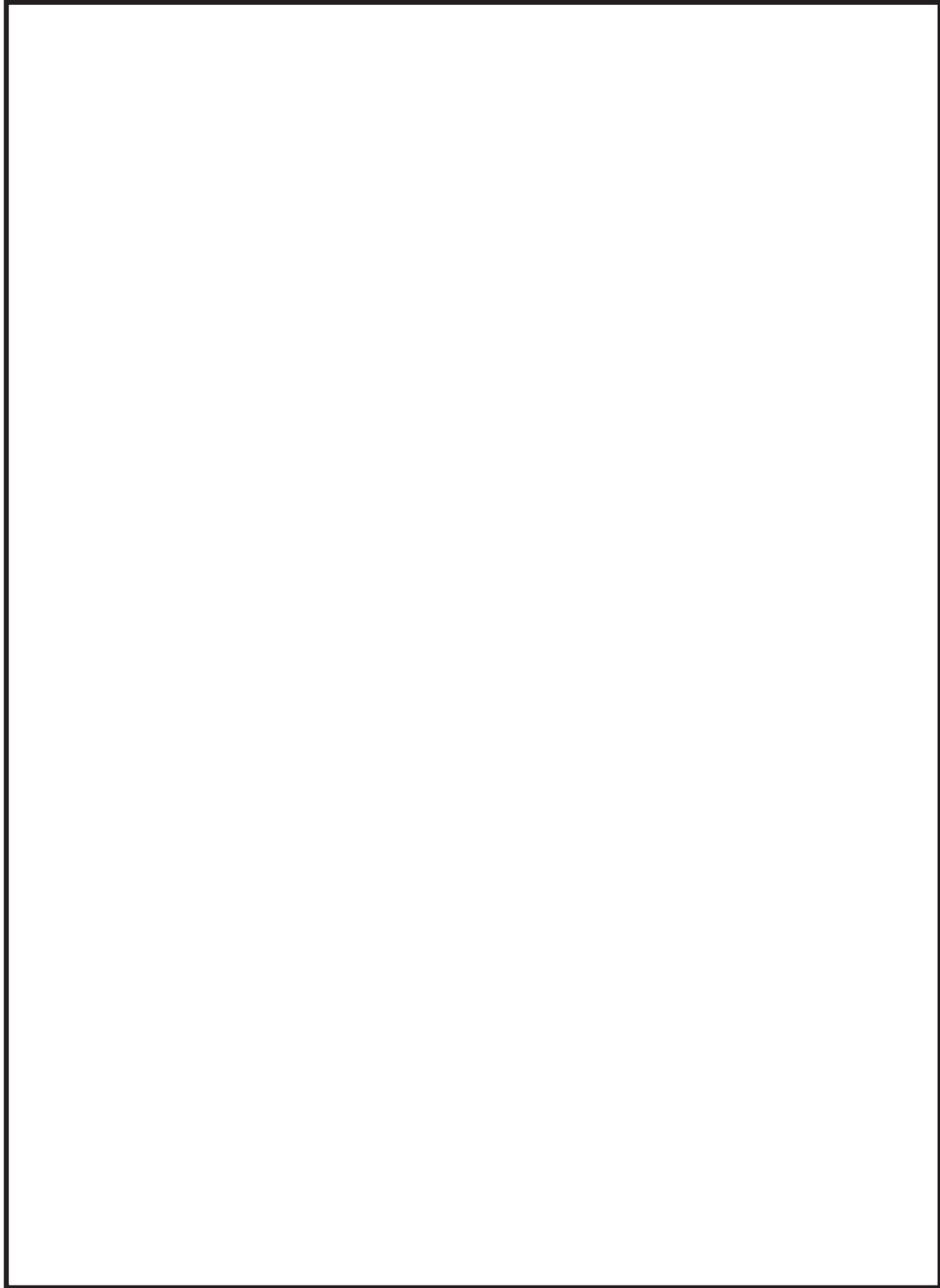
2020年3月23日 (制定)

2021年6月23日 (第5回改正)

原子力部



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。



枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません。