

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-補-009 改13
提出年月日	2022年7月20日

工事計画に係る補足説明資料
(計測制御系統施設)

2022年7月

中国電力株式会社

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

1. 工事計画添付書類に係る補足説明資料

添付書類の記載内容を補足するための資料を以下に示す。

資料 No.	添付説明書名	補足説明資料（内容）	備考
1	計測装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書		
2	工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値の根拠に関する説明書		
3	発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る制御方法に関する説明書	<ol style="list-style-type: none"> 1. 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間について 2. 原子炉再循環ポンプトリップ機能について 3. 選択制御棒挿入機能及び原子炉再循環ポンプトリップ機能のインターロックにおける設定について 4. 中央制御室外原子炉停止装置対象設備の考え方について 5. 「蒸気加減弁急速閉」信号について 	今回提出範囲
4	中央制御室の機能に関する説明書		
5	通信連絡設備に関する説明書		

発電用原子炉の運転を管理するための制御装置に係る
制御方法に関する説明書に係る補足説明資料

目 次

1. 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間について	1
1.1 概要	1
1.2 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間について	2
1.3 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間の根拠について	6
1.4 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間の確認について	10
2. 原子炉再循環ポンプトリップ機能について	11
3. 選択制御棒挿入機能及び原子炉再循環ポンプトリップ機能のインターロックにおける設定について	15
3.1 選択制御棒挿入機能の設定について	15
3.2 原子炉再循環ポンプトリップ機能の設定について	15
4. 中央制御室外原子炉停止装置対象設備の考え方について.....	17
5. 「蒸気加減弁急速閉」信号について.....	18

1. 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間について

1.1 概要

安全保護系のうち原子炉保護系は、発電用原子炉の安全性を損なうおそれのある運転時の異常な過渡変化、設計基準事故、運転中の発電用原子炉における重大事故に至るおそれがある事故あるいは運転中の発電用原子炉における重大事故が発生した場合又は発生が予想される場合にそれを抑制あるいは防止するため、異常を検知し発電用原子炉を自動的に停止させる。

また、安全保護系のうち工学的安全施設作動回路は、原子炉冷却材喪失あるいは主蒸気管破断等に際して、事故の拡大防止及び環境への放射性物質の放出を抑制するため、異常を検知し工学的安全施設を作動させる。

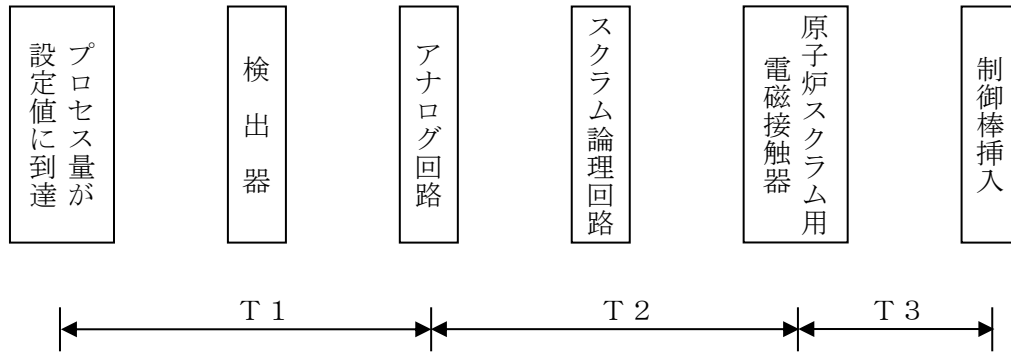
その他の工学的安全施設等の作動回路は、運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することのできない事象が発生した場合においても炉心の著しい損傷を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリ及び原子炉格納容器の健全性を維持するとともに、発電用原子炉を未臨界に移行するために、A T W S緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）及びA T W S緩和設備（代替制御棒挿入機能）を作動させる。また、原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧の状態であって、設計基準事故対処設備が有する発電用原子炉の減圧機能が喪失した場合においても炉心の著しい損傷及び格納容器破損を防止するため、原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するために、代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）を作動させる。

これらのうち、設置（変更）許可の安全評価の条件として使用している原子炉保護系の応答時間、工学的安全施設の起動信号（主蒸気隔離弁）の応答時間及びその他の工学的安全施設等としてA T W S緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）の応答時間について説明する。

1.2 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間について

(1) 原子炉保護系

原子炉保護系の原子炉非常停止信号の応答時間の内訳を以下に示す。



T 1 : プロセス量が設定値に達してから検出器が検知し、アナログ回路の信号がスクラム論理回路に発信されるまでの検出遅れ時間

T 2 : スクラム論理回路及び原子炉スクラム用電磁接触器での信号処理遅れ時間

T 3 : 原子炉スクラム用電磁接触器の動作から制御棒が全ストロークの 75%に至るまでの時間

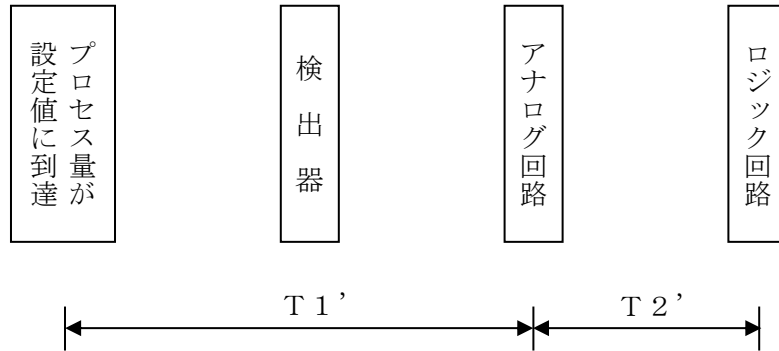
原子炉非常停止信号の応答時間

原子炉非常停止信号	応答時間 (秒)					
	T 1	T 2	合計 (T 1 + T 2) * ¹	T 3 * ²	合計 (T 1 + T 2 + T 3)	
原子炉圧力高			0.55	1.62	2.17	
原子炉水位低			1.05		2.67	
中性子束高			出力領域計装		0.09	1.71
			中間領域計装		0.09	1.71
主蒸気隔離弁閉			0.06		1.68	
主蒸気止め弁閉			0.06		1.68	

注記*1 : 設置許可添付書類十「運転時の異常な過渡変化の解析」における解析条件

*2 : 原子炉スクラム用電磁接触器の動作から制御棒が全ストロークの75%に至るまでの時間

- (2) 工学的安全施設作動回路及びその他の工学的安全施設等の作動回路
工学的安全施設作動回路及びその他の工学的安全施設等の作動回路の工学的安全施設等作動信号の応答時間の内訳を以下に示す。



- $T1'$: プロセス量が設定値に達してから検出器が検知し、アナログ回路の信号がロジック回路に発信されるまでの検出遅れ時間
- $T2'$: ロジック回路での信号処理遅れ時間

工学的安全施設等作動信号の応答時間

主蒸気隔離弁	応答時間 (秒)		
	T 1'	T 2'	合計 (T 1' + T 2') *
主蒸気管流量大			0.50
主蒸気管放射能高			0.50

注記* : 設置許可添付書類十「事故解析」における解析条件

A TWS緩和設備 (代替原子炉再循環ポンプトリップ機能)	応答時間 (秒)		
	T 1'	T 2' *	合計 (T 1' + T 2')
原子炉圧力高			0.70

注記* : 設置許可添付書類十「重大事故に至るおそれがある事故及び重大事故に対する対策の有効性評価」における解析条件

1.3 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間の根拠について

(1) 原子炉非常停止信号

設置（変更）許可を受けた安全評価の条件として考慮している応答時間（原子炉非常停止信号の応答時間：T1 + T2）をプロセス量ごとに設備の実現可能な範囲で割り当てた時間である。プラントの安全性確保の観点からは、T1とT2の合計値が安全評価で考慮している応答時間以内であれば問題なく、それぞれの割り当て時間は、設備に対する要求値として設備の実力等を考慮して合理的な範囲で定めたものである。

原子炉非常停止信号	応答時間の根拠			
	T1	T2	T3	T1 + T2 + T3
原子炉圧力高			1.62 秒	2.17 秒
			原子炉スクラム用電磁接触器の動作から、制御棒が全ストロークの 75%に至るまでの時間が 1.62 秒以下に収まることを定期事業者検査等で確認している。	
原子炉水位低		同上	1.62 秒	2.67 秒

原子炉非常停止信号	応答時間の根拠			
	T 1	T 2	T 3	T 1 + T 2 + T 3
中性子束高 (出力領域計装) 中性子束高 (中間領域計装)			1.62 秒	1.71 秒
		原子炉圧力高に同じ		
主蒸気隔離弁閉 主蒸気止め弁閉			1.62 秒	1.68 秒
		同上		

(2) 工学的安全施設等作動信号

設置（変更）許可を受けた安全評価の条件として考慮している応答時間（工学的安全施設等作動信号の応答時間： $T1' + T2'$ ）をプロセス量ごとに設備の実現可能な範囲で割り当てた時間である。プラントの安全性確保の観点からは、 $T1'$ 、 $T2'$ の合計値が安全評価で考慮している応答時間以内であれば問題なく、それぞれの割り当て時間は、設備に対する要求として設備の実力等を考慮して合理的な範囲で定めたものである。

主蒸気隔離弁	応答時間の根拠		
	$T1'$	$T2'$	$T1' + T2'$
主蒸気管流量大			0.50 秒
主蒸気管放射能高			0.50 秒

A T W S 緩和設備 (代替原子炉再循環ポンプトリップ機能)	応答時間の根拠		
	T 1 '	T 2 '	T 1 ' + T 2 '
原子炉圧力高			0.70 秒

1.4 安全保護系（原子炉保護系及び工学的安全施設作動回路）及びその他の工学的安全施設等の応答時間の確認について

設置（変更）許可を受けた安全評価の条件として使用している原子炉非常停止信号及び工学的安全施設作動信号の各応答時間の確認について説明する。

(1) 原子炉保護系の応答時間

原子炉非常停止信号の各応答時間（ $T_1 \sim T_3$ ）の確認について以下に示す。

T_1 ：プロセス量が設定値に達してから検出器が検知し、アナログ回路の信号がスクラム論理回路に発信されるまでの検出遅れ時間

検出器は工場試験等によりプロセス量を変化させ、出力が所定の値に達するまでの応答時間を計測している。また、アナログ回路部の継電器は工場試験等によりステップ状の模擬信号を加えた時点から動作するまでの応答時間を計測している。

T_2 ：スクラム論理回路及び原子炉スクラム用電磁接触器での信号処理遅れ時間
アナログ回路部の原子炉スクラム原因接点動作から原子炉スクラム用電磁接触器が動作するまでの時間を計測している。

T_3 ：原子炉スクラム用電磁接触器の動作から制御棒が全ストロークの75%に至るまでの時間

原子炉スクラムテスト信号発信から制御棒が全ストロークの75%に至るまでの時間を計測可能である。この応答時間は、定期事業者検査「制御棒駆動水圧系機能検査」として毎サイクル実施し確認している。

(2) 工学的安全施設作動回路及びその他の工学的安全施設等の作動回路

T_1' ：プロセス量が設定値に達してから検出器が検知し、アナログ回路の信号がロジック回路に発信されるまでの検出遅れ時間

検出器は工場試験等によりプロセス量を変化させ、出力が所定の値に達するまでの応答時間を計測している。また、アナログ回路部の継電器は工場試験等によりステップ状の模擬信号を加えた時点から継電器が動作するまでの応答時間を計測している。

T_2' ：ロジック回路での信号処理遅れ時間

ロジック回路の各継電器は工場試験等によりステップ状の模擬信号を加えた時点から継電器が動作するまでの応答時間を計測している。

2. 原子炉再循環ポンプトリップ機能について

タービントリップ又は負荷遮断時の原子炉再循環ポンプトリップ機能，ATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能），常用電源喪失時の原子炉再循環ポンプトリップ機能について，表2-1「原子炉再循環ポンプトリップ機能」に示す。

表2-1 原子炉再循環ポンプトリップ機能

	タービントリップ又は負荷遮断時の 原子炉再循環ポンプトリップ機能	ATWS緩和設備 (代替原子炉再循環ポンプトリップ機能)	常用電源喪失時
目的	タービントリップ又は負荷遮断が生じた場合，原子炉再循環ポンプをトリップさせることにより炉心流量を急減させ，原子炉出力の上昇を緩和させる。 発電用原子炉がスクラムすることで最小限界出力比の低下は抑制されるが，原子炉再循環ポンプをトリップさせることにより，ボイドの減少を抑制し燃料の熱的な影響を緩和することが可能である。 なお，本機能は既設の機能である。	原子炉緊急停止失敗による原子炉出力上昇や高出力状態の継続を抑制することで原子炉圧力バウンダリの破損回避やサブプレッションプールへの蒸気放出量を低減させるため，原子炉再循環ポンプをトリップさせることで速やかな出力低下が可能である。 なお，本機能は既設の機能である。	原子炉再循環ポンプの回転数を変更するために流体継手つき原子炉再循環ポンプMGセットが設置されている。 なお，本機能は既設の機能である。
概要 (動作の流れ)	タービン主塞止弁閉又は蒸気加減弁急速閉時に原子炉再循環ポンプ2台を同時にトリップさせる。	運転時の異常な過渡変化時において発電用原子炉の運転を緊急に停止することができない事象が発生するおそれがある場合又は当該事象が発生した場合に，原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）で原子炉再循環ポンプ2台を同時にトリップさせる。	常用電源喪失時には，流体継手つき原子炉再循環ポンプMGセットの慣性により原子炉再循環ポンプ速度が緩やかに低下する。
インターロック	図2-1「原子炉再循環ポンプトリップ回路（タービントリップ又は負荷遮断時の原子炉再循環ポンプトリップ機能）」参照	図2-2「原子炉再循環ポンプトリップ回路（ATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）」参照	—（常用電源喪失によるものであり，インターロックにより作動するものではない。） 図2-3「原子炉再循環ポンプトリップ回路（常用電源喪失時）」参照
動作遮断器等	・原子炉再循環ポンプトリップ遮断器（RPT遮断器）・・・ 原子炉再循環ポンプ1台毎に2台設置（A1/A2，B1/B2） 単一故障で機能喪失しないように直列に設置されたRPT遮断器の両方へ遮断信号を送り，原子炉再循環ポンプをトリップさせる。	・原子炉再循環ポンプトリップ遮断器（RPT遮断器）・・・ 原子炉再循環ポンプ1台毎に2台設置（A1/A2，B1/B2） 単一故障で機能喪失しないように直列に設置されたRPT遮断器の両方へ遮断信号を送り，原子炉再循環ポンプをトリップさせる。	—

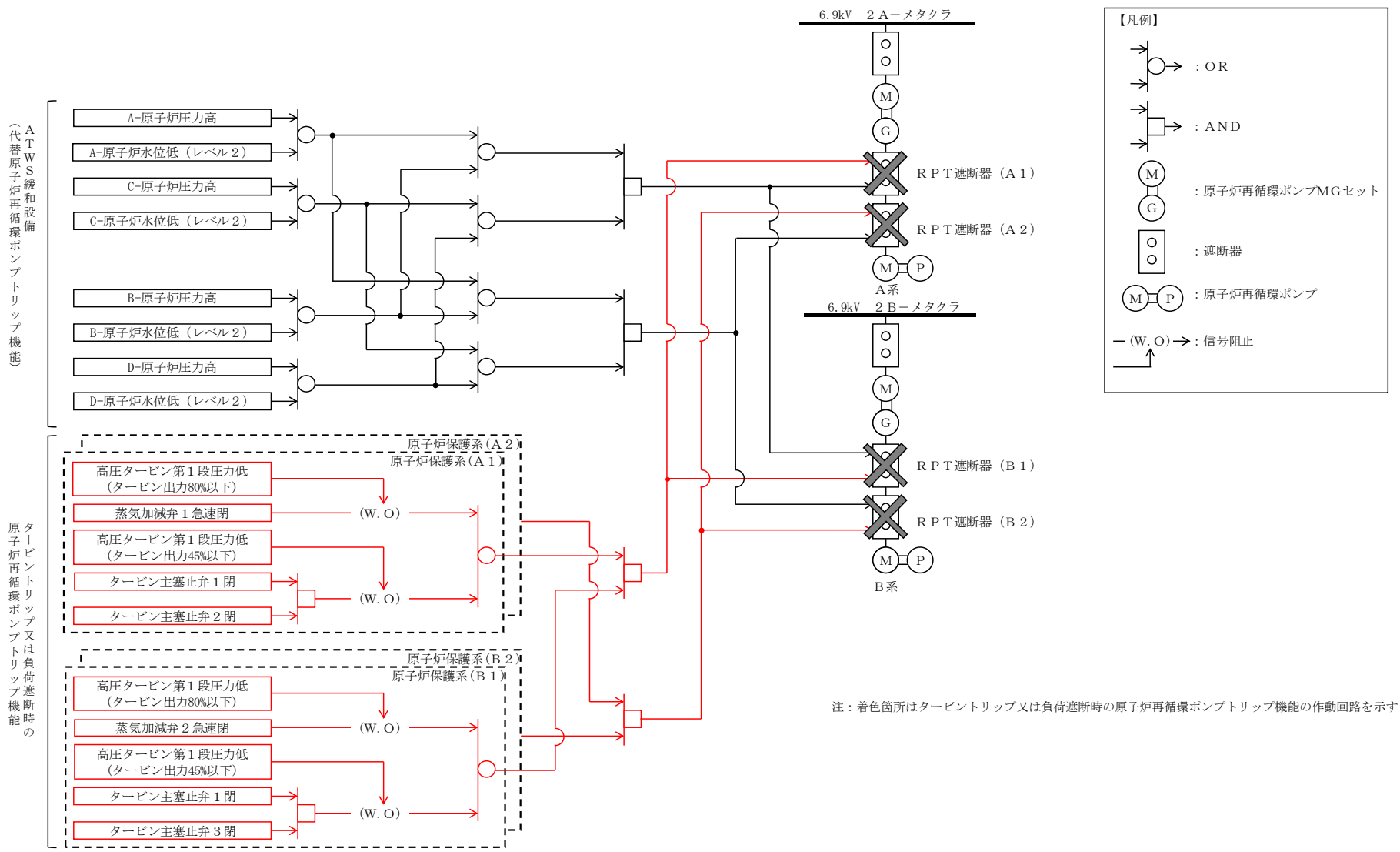


図 2-1 原子炉再循環ポンプトリップ回路 (タービントリップ又は負荷遮断時の原子炉再循環ポンプトリップ機能)

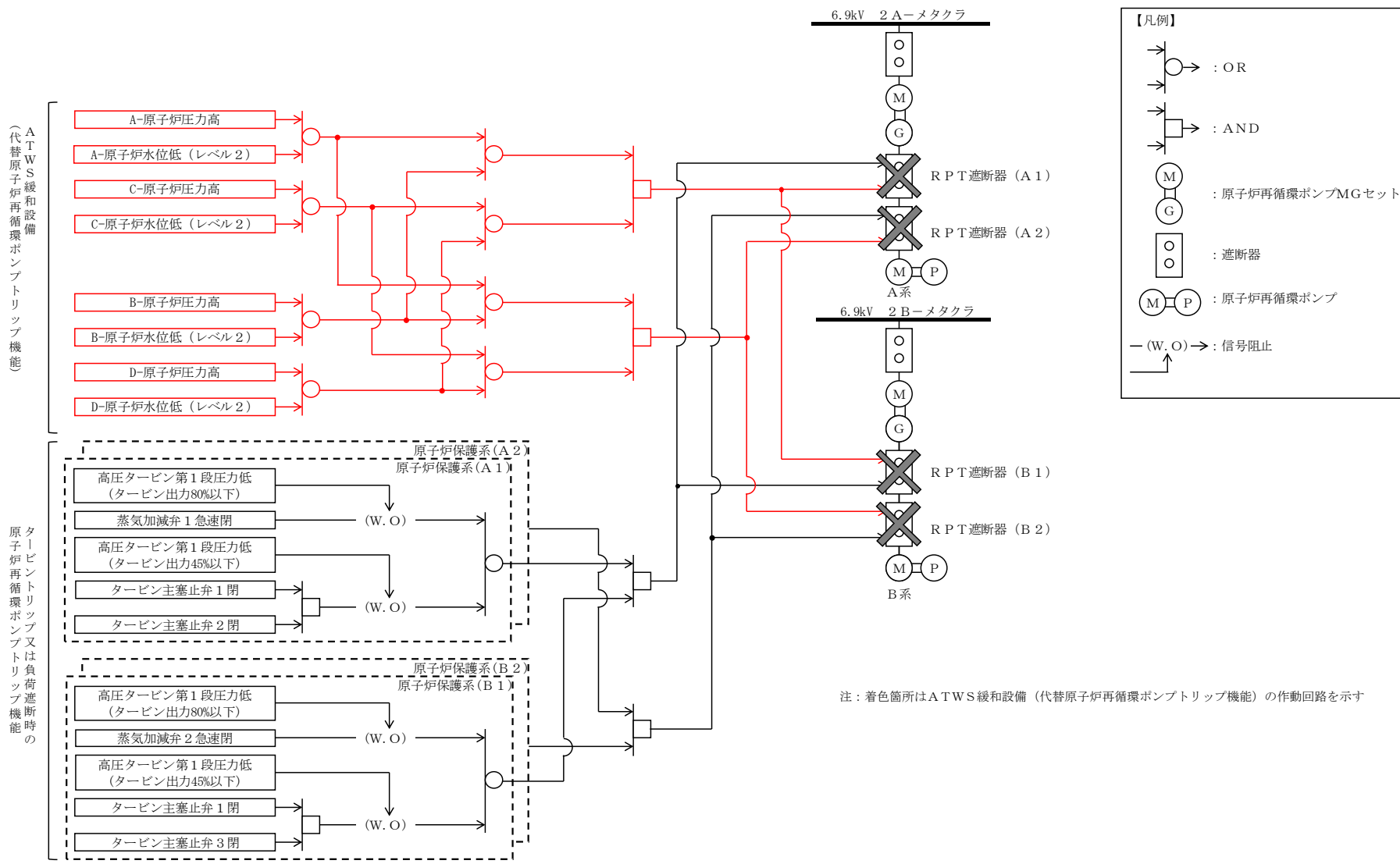


図 2-2 原子炉再循環ポンプトリップ回路 (ATWS緩和設備 (代替原子炉再循環ポンプトリップ機能))

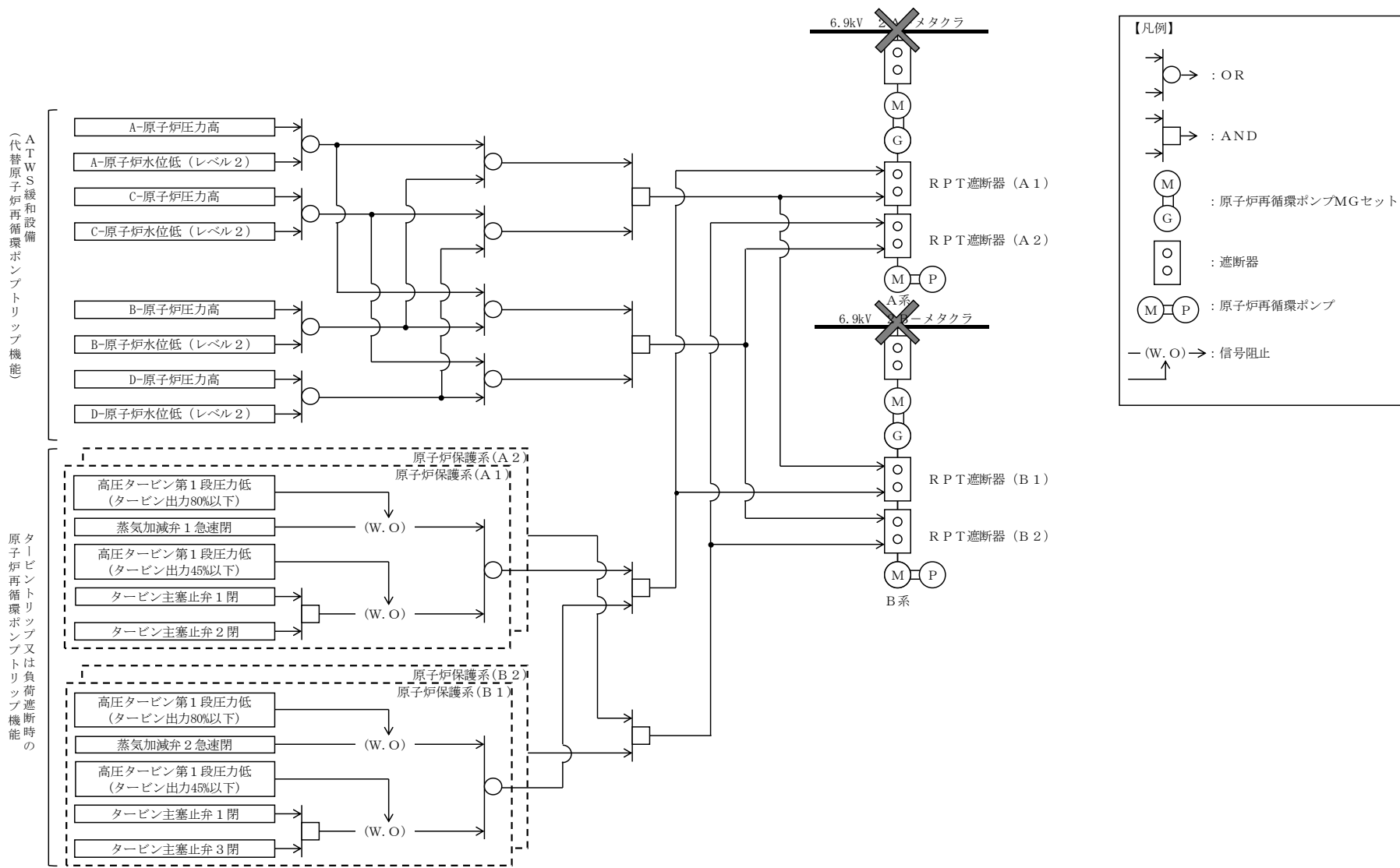


図 2-3 原子炉再循環ポンプトリップ回路 (常用電源喪失時)

3. 選択制御棒挿入機能及び原子炉再循環ポンプトリップ機能のインターロックにおける設定について

選択制御棒挿入機能及び原子炉再循環ポンプトリップ機能は、タービン出力に応じてバイパスされるインターロックとなっている。選択制御棒挿入機能は、負荷遮断がタービン出力45%以下で発生した場合にバイパスする。原子炉再循環ポンプトリップ機能は、タービントリップがタービン出力45%以下で発生、又は負荷遮断がタービン出力80%以下で発生した場合にバイパスする。

上記のタービン出力の設定について、「3.1 選択制御棒挿入機能の設定について」及び「3.2 原子炉再循環ポンプトリップ機能の設定について」にて説明する。

3.1 選択制御棒挿入機能の設定について

選択制御棒挿入機能は、負荷遮断発生時に予め選択された制御棒を挿入することにより、原子炉出力を低下する機能である。以下にバイパス設定値の根拠を説明する。

3.1.1 タービン出力45%

負荷遮断発生時に、燃料の熱的健全性を十分維持し、かつ所内単独運転移行後の給水温度低下による出力上昇が生じて、熱流束高スクラムを回避して発電用原子炉の運転を継続するために予め選択した制御棒の挿入が必要とならない値として、タービン出力45%以下をバイパス設定値とする。

3.2 原子炉再循環ポンプトリップ機能の設定について

原子炉再循環ポンプトリップ機能は、負荷遮断あるいはタービントリップ発生時に、タービン出力に応じて原子炉再循環ポンプを2台ともトリップすることにより、燃料の熱的な影響を緩和する機能である。以下にバイパス設定値の根拠を示す。

3.2.1 タービン出力45%

タービントリップ発生時に、原子炉再循環ポンプをトリップせずに、燃料の熱的健全性を十分維持できる値としてタービン出力45%以下をバイパス設定値とする。

3.2.2 タービン出力80%

負荷遮断発生時のタービン出力及びタービンバイパス弁の作動状態によって原子炉スクラムの発生有無が異なるため、以下の2点を踏まえた値として、タービン出力80%以下をバイパス設定値とする。

- ① 負荷遮断発生時にタービンバイパス弁が作動する場合には、蒸気加減弁急速閉信号によるスクラムをバイパスするため、原子炉再循環ポンプトリップによる原子炉出力低下により中性子束高スクラムの回避が可能であること。

- ② 負荷遮断発生時にタービンバイパス弁が作動しない場合には蒸気加減弁急速閉信号によりスクラムするため、スクラムと合わせて燃料の熱的健全性を確保できること。

4. 中央制御室外原子炉停止装置対象設備の考え方について

中央制御室外原子炉停止盤により操作及び監視が可能な機器を表4-1「中央制御室外原子炉停止装置系統一覧表」及び表4-2「中央制御室外原子炉停止装置計装一覧表」に示す。

中央制御室外原子炉停止盤より操作する系統の区分は、発電用原子炉が高圧時に使用可能な原子炉隔離時冷却系の分離区分に合わせ、区分Ⅱとする。

なお、スクラム操作は中央制御室で実施し、スクラム後の高温停止状態から低温停止状態までの操作を中央制御室外原子炉停止盤室で実施する手順とする。また、中央制御室でのスクラム操作が不可能な場合は、現場にある原子炉保護系の電源を遮断することにより原子炉をスクラムさせる。

表4-1 中央制御室外原子炉停止装置系統一覧表

系統	系統数*	操作場所	機能
原子炉隔離時冷却系 主蒸気系 逃がし安全弁 残留熱除去系	1 3弁 1	中央制御室外原子炉停止盤室	発電用原子炉をスクラム後の高温停止状態からその後の低温停止状態に導く
原子炉補機冷却系	一部	中央制御室外原子炉停止盤室	補機冷却
非常用ディーゼル発電機系	1	中央制御室外原子炉停止盤室	外部電源喪失時の非常用電源確保

注記*：区分Ⅱ

表4-2 中央制御室外原子炉停止装置計装一覧表

計装*1	指示場所	機能
原子炉圧力指示計	中央制御室外原子炉停止盤室	発電用原子炉をスクラム後の高温停止状態から、その後の低温停止状態に導く場合の主要変数の監視
原子炉水位指示計		
サプレッションプール水位指示計		
サプレッションプール水温指示計		
ドライウェル圧力指示計		
ドライウェル温度指示計		
R C I C *2 流量指示調節計		
R C I C 駆動蒸気タービン速度指示計		
R H R *3 流量指示計		
R H R 熱交換器入口温度指示計		
6.9kV 母線 2 D 電圧計		
非常用ディーゼル発電機電圧計		

注記*1：区分Ⅱ

*2：原子炉隔離時冷却系

*3：残留熱除去系

5. 「蒸気加減弁急速閉」信号について

「蒸気加減弁急速閉」信号を発信する際の蒸気加減弁の動作概要を図5-1に示す。

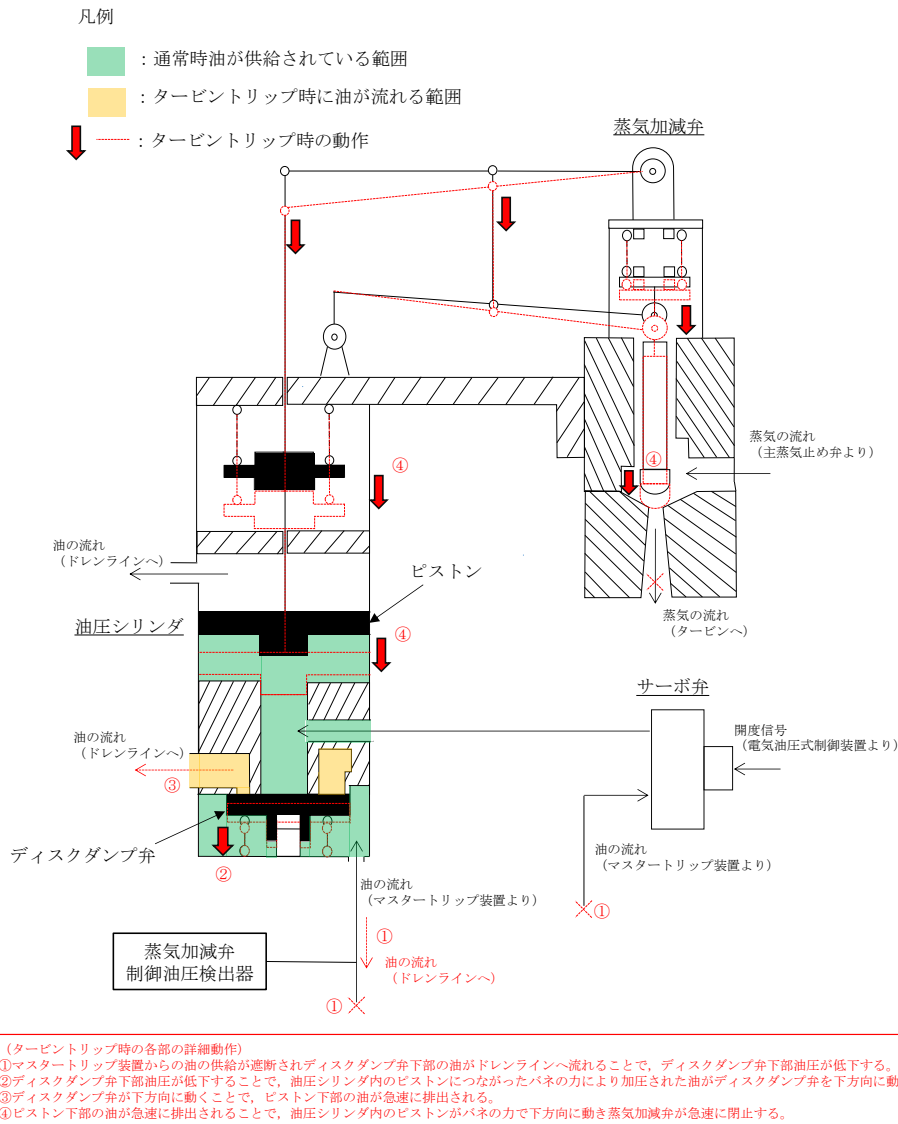


図5-1 蒸気加減弁の動作概要

通常時において、蒸気加減弁はマスタートリップ装置（タービントリップ信号を受けタービンに流入する蒸気を早急に遮断しタービンを停止するための装置）から供給される油（約11MPa）をサーボ弁で圧力調整することにより開度調整される。

タービントリップ時には、マスタートリップ装置からの油の供給が遮断され油圧シリンダ内の油が排出されることにより蒸気加減弁は急速に閉止する。その際に、蒸気加減弁制御油圧検出器で検出している蒸気加減弁のディスクダンプ弁下部油圧が設定値（4.12MPa）を下回ることで「蒸気加減弁急速閉」信号が発信される。

なお、この時タービン出力45%以下の場合は、タービンバイパス弁が不作動であっても燃料の熱的健康性を維持可能であるため原子炉非常停止信号を発信させない設計とし、タービン出力45%を超えて蒸気加減弁急速閉の信号発生後0.2秒以内にタービンバイパ

ス弁全 6 弁のうち 3 弁が 20%開度に達した場合は、所内単独運転に移行可能なため原子炉非常停止信号を発信させない設計とする。