

島根原子力発電所第2号機 審査資料	
資料番号	NS2-添 1-052
提出年月日	2022年1月27日

VI-1-5-2 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

2022年1月

中国電力株式会社

目 次

1. 概要	1
2. 基本方針	1
2.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	1
2.2 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	2
3. 施設の詳細設計方針	3
3.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	3
3.2 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	3
4. 工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値の根拠	5
4.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備	5
4.2 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備	9

1. 概要

本資料は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則」（以下「技術基準規則」という。）第 35 条、第 59 条及び第 61 条並びにそれらの「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」（以下「解釈」という。）に関わる、工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値の根拠について説明する。

なお、設計基準対象施設に関しては、技術基準規則の要求事項に変更がないため、今回の申請において変更は行わない。

重大事故等対処設備に関しては、工学的安全施設等の自動作動信号を発信する設備として、緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備及び原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備を設置したことから、本設備から発信される作動信号の設定値根拠について説明する。

2. 基本方針

2.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備

技術基準規則第 59 条及びその解釈に基づき、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（以下「ATWS」という。）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させるため、ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）により、全制御棒を全挿入させて発電用原子炉を未臨界に移行させる。

また、ATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）により、原子炉再循環ポンプを自動停止させ原子炉再循環流量の低下により原子炉出力を抑制する。

(1) ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）

運転時の異常な過渡変化のうち、「主蒸気隔離弁の誤閉止」のような原子炉が隔離される事象においてATWSが発生した場合、原子炉圧力の上昇に伴い、ボイドの減少による正の反応度が印加され、中性子束の上昇により平均表面熱流束が上昇し、燃料棒表面で沸騰遷移が生じることで燃料被覆管温度が上昇する。このような事象に対処するため、原子炉がスクラムする原子炉圧力高信号とは別にATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）用として原子炉圧力高信号を新たに追加する。

また、原子炉水位が低下する過渡変化時においてATWSが発生する事象に対応するため、原子炉がスクラムする原子炉水位低以下にATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）用として原子炉水位低（レベル2）信号を新たに追加する。

ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）は、原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）のいずれかの信号により作動する。

なお、ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）は、原子炉保護系とは別の電磁弁からス

スクラム弁の空気を排出することでスクラム弁を開操作させる。原子炉保護系が動作後にA T W S緩和設備（代替制御棒挿入機能）が動作した場合において、スクラム弁の空気は既に原子炉停止（スクラム）系のスクラムパイロット弁より排出されていることから、A T W S緩和設備（代替制御棒挿入機能）の動作による悪影響はない。

(2) 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）

運転時の異常な過渡変化のうち、「主蒸気隔離弁の誤閉止」のような原子炉が隔離される事象においてA T W Sが発生した場合、原子炉圧力の上昇に伴い、ボイドの減少による正の反応度が印加され、中性子束の上昇により平均表面熱流束が上昇し、燃料棒表面で沸騰遷移が生じることで燃料被覆管温度が上昇する。このような事象に対処するため、原子炉がスクラムする原子炉圧力高信号とは別に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）用として原子炉圧力高信号を新たに追加する。

また、原子炉水位が低下する過渡変化時においてA T W Sが発生する事象に対応するため、原子炉がスクラムする原子炉水位低以下に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）用として原子炉水位低（レベル2）信号を新たに追加する。

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）は、原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル2）のいずれかの信号により作動する。

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）は、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とは別にトリップ信号を出力することにより原子炉再循環ポンプの遮断器を動作させ、原子炉再循環ポンプをトリップさせる。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が動作後に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）が動作した場合において、原子炉再循環ポンプは既にトリップしていることから、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）の動作による悪影響はない。

2.2 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備

技術基準規則第 61 条及びその解釈に基づき、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原子炉格納容器の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の設備として代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）を設ける。

(1) 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）

原子炉減圧機能喪失の要因のひとつとして、高圧注水機能が喪失し、原子炉水位のみ低下し、ドライウエル圧力高が発生しない場合がある。このような事象に対処するため、残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中を条件に原子炉水位低（レベル1）信号を新たに追加する。

代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）は、残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中を条件に原子炉水位低（レベル1）の信号により作動する。

3. 施設の詳細設計方針

以下の設定方法により、計装誤差を考慮して規定した設定範囲における各施設の作動が保証される。なお、設定値、セット値等の用語の説明は「表 3-1 設定値根拠の用語の説明」のとおりである。

3.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備

(1) ATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）

以下のいずれかの信号によりATWS緩和設備（代替制御棒挿入機能）は作動する。

a. 原子炉圧力高

原子炉非常停止信号である原子炉圧力高（7.23MPa 以下）以上及び逃がし安全弁の逃がし弁機能最低吹出し圧力（7.58MPa）以下を考慮し、本設備の計装誤差を考慮して不要な作動を阻止し、かつ、確実に作動するように設定する。

b. 原子炉水位低（レベル2）

原子炉水位低による原子炉非常停止信号発生時の制御棒挿入に失敗した場合において事象を緩和するため、原子炉水位低（レベル2）を設定値とし、本設備の計装誤差を考慮して不要な作動を阻止し、かつ、確実に作動するように設定する。

(2) ATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）

以下のいずれかの信号によりATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）は作動する。

a. 原子炉圧力高

3.1(1)a. と同様。

b. 原子炉水位低（レベル2）

3.1(1)b. と同様。

3.2 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備

(1) 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）

残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中に、以下の信号により代替自動減圧機能は作動する。

a. 原子炉水位低（レベル1）

自動減圧系の代替として原子炉を減圧させるため、残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中を条件として、自動減圧系と同様の原子炉水位低（レベル1）を設定値とし、本設備の計装誤差を考慮して不要な作動を阻止し、かつ、確実に作動するように設

定する。

表 3-1 設定値根拠の用語の説明

用語	説明
設定値	工学的安全施設等の起動（作動）信号の上限値又は下限値。
設定範囲	工学的安全施設等の起動（作動）信号の許容範囲。 セット値に対して計装誤差を差し引いた値から，セット値に対して計装誤差を加算した値までの範囲。
セット値	計装誤差を含めても設定値内で作動する値。 実機の計装設備にセットする値であり，設定値に計装誤差を加算あるいは差し引いたもの。
計装誤差	検出器の計器誤差に余裕を加算したもの。

4. 工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値の根拠

4.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備

(1) A T W S 緩和設備（代替制御棒挿入機能）

名 称	原 子 炉 圧 力 高
目 的 / 機 能	運転時の異常な過渡変化時において、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、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ため、A T W S 緩和設備（代替制御棒挿入機能）により制御棒挿入を行う。
設 定 値	7.41MPa 以下
設 定 範 囲	7.29MPa 以上かつ、7.41MPa 以下

【設定根拠】

作動信号の設定値

設定値は、次の事項を考慮し 7.41MPa 以下に設定する。

1. 原子炉非常停止信号である原子炉圧力高設定値より高い圧力であること。
2. 逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッションプールへの熱負荷を考慮し、逃がし安全弁の逃がし弁機能最低吹出し圧力（7.58MPa）以下とする。

設定値に対するセット値及び設定範囲については以下のように設定する。

セット値は本設備の設定値 7.41MPa に計装誤差 0.06MPa を考慮した 7.35MPa とする。

設定範囲はセット値 7.35MPa に対して計装誤差 0.06MPa を差し引いた 7.29MPa から、計装誤差 0.06MPa を加算した 7.41MPa までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉非常停止信号である原子炉圧力高の信号に対して不要な作動を防止するため、原子炉非常停止信号である原子炉圧力高の信号が最も遅れて発信される 7.23MPa 以上、かつ、逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッションプールへの熱負荷を考慮し、可能な限り低い値とするため 7.41MPa 以下に設定する。

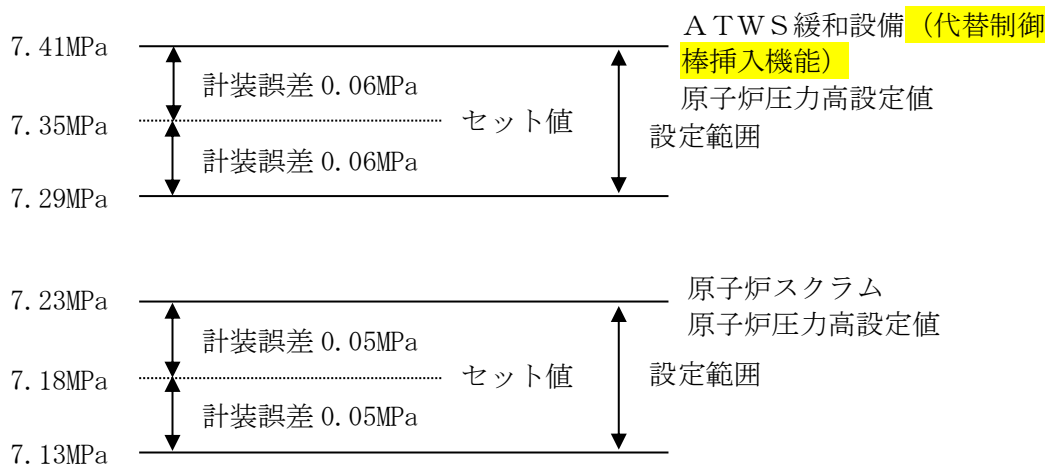


図 4-1 原子炉圧力高設定値の概要図

名 称	原 子 炉 水 位 低 (レベル2)
目 的 / 機 能	<p>運転時の異常な過渡変化時において、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、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ため、A T W S 緩和設備（代替制御棒挿入機能）により制御棒挿入を行う。</p>
設 定 値	気水分離器下端*より 112 cm 下以上
設 定 範 囲	気水分離器下端*より 112cm 下以上かつ、104cm 下以下
<p>【設定根拠】</p> <p>作動信号の設定値</p> <p>設定値は、次の事項を考慮し気水分離器下端*より 112cm 下以上に設定する。</p> <p>原子炉水位低による原子炉非常停止信号発生前に本インターロックが動作することなく、事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル2）を設定値とする。</p> <p>設定値に対するセット値及び設定範囲については以下のように設定する。</p> <p>セット値は本設備の設定値 112cm 下に計装誤差 4cm を考慮した 108cm 下とする。</p> <p>設定範囲はセット値 108cm 下に対して計装誤差 4cm を差し引いた 112cm 下から、計装誤差 4cm を加算した 104cm 下までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉非常停止信号である原子炉水位低の信号に対して不要な作動を防止するため、原子炉非常停止信号である原子炉水位低の信号が最も遅れて発信される 16cm 上より低く設定する。</p> <p>注記*：気水分離器下端は、原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上</p>	
<p>図 4-2 原子炉水位低（レベル2）設定値の概要図</p>	

(2) 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)

名 称	原 子 炉 圧 力 高
目 的 / 機 能	運転時の異常な過渡変化時において、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、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ため、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) により原子炉再循環ポンプをトリップさせる。
設 定 値	7.41MPa 以下
設 定 範 囲	7.29MPa 以上かつ、7.41MPa 以下

【設定根拠】

作動信号の設定値

設定値は、次の事項を考慮し 7.41MPa 以下に設定する。

1. 原子炉非常停止信号である原子炉圧力高設定値より高い圧力であること。
2. 逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッションプールへの熱負荷を考慮し、逃がし安全弁の逃がし弁機能最低吹出し圧力 (7.58MPa) 以下とする。

設定値に対するセット値及び設定範囲については以下のように設定する。

セット値は本設備の設定値 7.41MPa に計装誤差 0.06MPa を考慮した 7.35MPa とする。

設定範囲はセット値 7.35MPa に対して計装誤差 0.06MPa を差し引いた 7.29MPa から、計装誤差 0.06MPa を加算した 7.41MPa までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉非常停止信号である原子炉圧力高の信号に対して不要な作動を防止するため、原子炉非常停止信号である原子炉圧力高の信号が最も遅れて発信される 7.23MPa 以上、かつ、逃がし安全弁からの蒸気によるサプレッションプールへの熱負荷を考慮し、可能な限り低い値とするため 7.41MPa 以下に設定する。

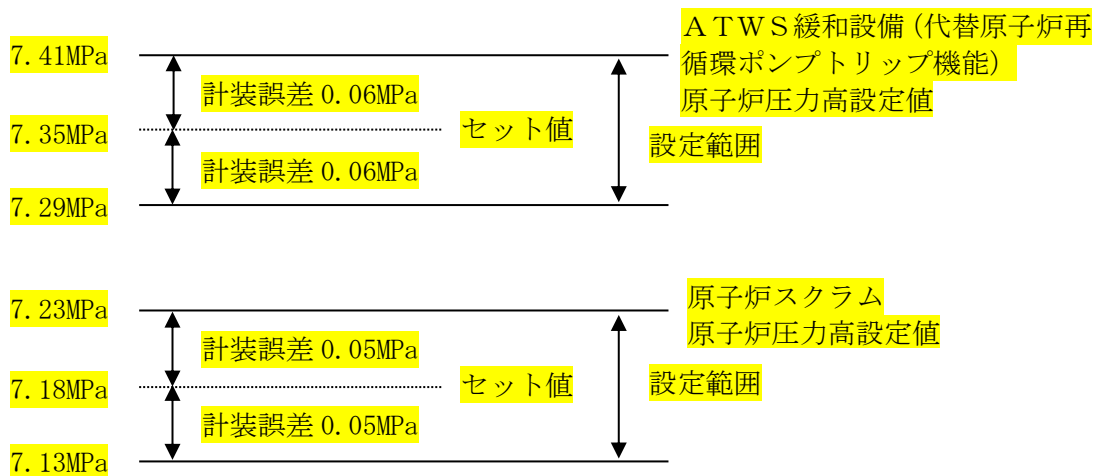


図 4-3 原子炉圧力高設定値の概要図

名 称	原子炉水位低 (レベル2)
目的 / 機能	<p>運転時の異常な過渡変化時において、原子炉を緊急に停止することができない事象が発生した場合、炉心の著しい損傷を防止し、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ため、ATWS緩和設備（代替原子炉再循環ポンプトリップ機能）により原子炉再循環ポンプをトリップさせる。</p>
設定値	気水分離器下端*より 112 cm 下以上
設定範囲	気水分離器下端*より 112cm 下以上かつ、104cm 下以下
<p>【設定根拠】</p> <p>作動信号の設定値</p> <p>設定値は、次の事項を考慮し気水分離器下端*より 112cm 下以上に設定する。</p> <p>原子炉水位低による原子炉非常停止信号発生前に本インターロックが動作することなく、事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル2）を設定値とする。</p> <p>設定値に対するセット値及び設定範囲については以下のように設定する。</p> <p>セット値は本設備の設定値 112cm 下に計装誤差 4cm を考慮した 108cm 下とする。</p> <p>設定範囲はセット値 108cm 下に対して計装誤差 4cm を差し引いた 112cm 下から、計装誤差 4cm を加算した 104cm 下までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉非常停止信号である原子炉水位低の信号に対して不要な作動を防止するため、原子炉非常停止信号である原子炉水位低の信号が最も遅れて発信される 16cm 上より低く設定する。</p> <p>注記*：気水分離器下端は、原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上</p>	
<p style="text-align: center;">図 4-4 原子炉水位低 (レベル2) 設定値の概要図</p>	

4.2 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備

(1) 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）

名 称	原 子 炉 水 位 低 （レベル1）
目 的 / 機 能	原子炉冷却材圧力バウンダリが高圧の場合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、原子炉水位低（レベル1）及び残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプが運転している状態で逃がし安全弁を作動させる。
設 定 値	気水分離器下端*より 381cm 下以上
設 定 範 囲	気水分離器下端*より 381cm 下以上かつ、373cm 下以下

【設定根拠】

作動信号の設定値

設定値は、次の事項を考慮し気水分離器下端*より 381cm 下以上に設定する。

1. 過渡事象時に高圧注水機能が喪失し、原子炉水位のみ低下していく事象では、ドライウエル圧力高が発生せず、自動減圧系が自動起動しない。そのため、自動減圧系の代替として原子炉を減圧させるため、残留熱除去ポンプ又は低圧炉心スプレイポンプ運転中を条件として、自動減圧系と同様の原子炉水位低（レベル1）を設定値とする。
2. 炉心の著しい損傷を防止するためのシステムであることを考慮し、炉心が露出しないように燃料棒有効長頂部より高い水位とする。

設定値に対するセット値及び設定範囲については以下のように設定する。

セット値は本設備の設定値 381cm 下に計装誤差 4cm を考慮した 377cm 下とする。

設定範囲はセット値 377cm 下に対して計装誤差 4cm を差し引いた 373cm 下から、計装誤差 4cm を加算した 381cm 下までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉水位低（レベル2）の信号に対して不要な作動を防止するため、原子炉水位低（レベル2）の信号が最も遅れて発信される 112cm 下より低く設定する。

注記*：気水分離器下端は、原子炉圧力容器零レベルより 1328cm 上

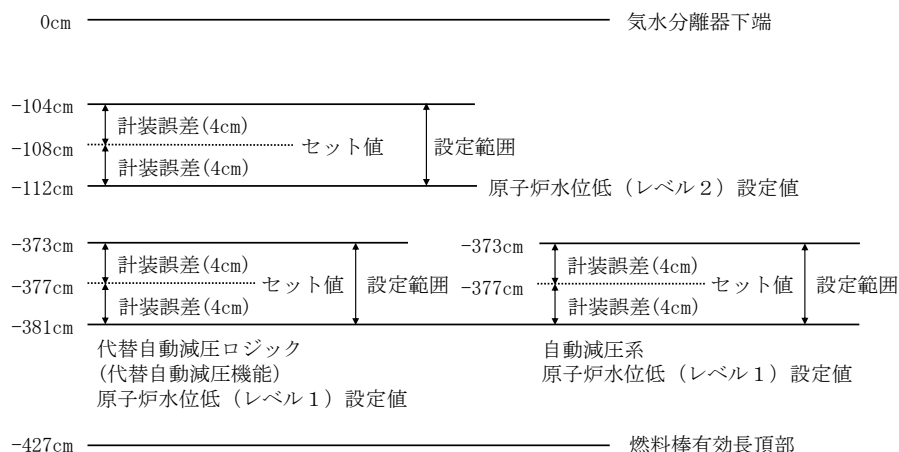


図 4-5 原子炉水位低（レベル1）設定値の概要図