

柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画審査資料	
資料番号	KK7 添-1-045 改4
提出年月日	2020年 5月 14日

V-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

K7 ① V-1-5-2 R0

2020年 6月

東京電力ホールディングス株式会社

V-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

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 その他の工学的安全施設	3
4. 工学的安全施設等の起動（作動）信号の設定値根拠	5
4.1 ATWS 緩和設備（代替制御棒挿入機能）	5
4.2 ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）	7
4.3 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）	10

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移行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の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原子炉を未臨界に移行させる。

また、ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）により、原子炉冷却材再循環ポンプを自動停止させ再循環系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可され、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によって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 緩和設備用として原子炉圧力高信号の検出器を新たに追加する。

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 緩和設備用として原子炉水位低（レベル 2）信号の検出器を新たに追加する。

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

なお、ATWS 緩和設備（代替制御棒挿入機能）は、原子炉緊急停止系とは別の電磁弁から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。

原子炉緊急停止系が動作後に ATWS 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すでに原子炉緊急停止系のスクラム・パイロット弁より排出されていることから、ATWS 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) ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・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 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可され、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、ATWS 緩和設備用として原子炉圧力高信号の検出器を新たに追加する。

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、ATWS 緩和設備用として原子炉水位低（レベル 3）信号の検出器を新たに追加し、ATWS 緩和設備用として原子炉水位低（レベル 2）信号の検出器を新たに追加する。

ABWR の原子炉冷却材再循環ポンプは慣性が小さく、10 台全台停止させると冷却能力の低下を招くことから、ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）は、原子炉圧力高又は原子炉水位低（レベル 3）の信号により、原子炉冷却材再循環ポンプ 4 台を自動停止し、原子炉水位低（レベル 2）の信号により、原子炉冷却材再循環ポンプ 6 台を自動停止する設計とする。なお、本機能は建設時から設置されている機能である。

ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）は、建設時から設置されているタービントリップ又は負荷遮断時の原子炉冷却材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冷却材再循環ポンプの遮断器を動作させ、原子炉冷却材再循環ポンプ 4 台をトリップさせる。

タービントリップ又は負荷遮断時の原子炉冷却材再循環ポンプトリップ機能が動作後に ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）が動作した場合において、原子炉冷却材再循環ポンプはすでにトリップしていることから、ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・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、残留熱除去系ポンプ（低圧注水モード）の吐出圧力確立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、残留熱除去系ポンプ（低圧注水モード）の吐出圧力確立を条件に原子炉水位低（レベル 1）の信号により起動（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 その他の工学的安全施設

(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

原子炉スクラム信号である原子炉圧力高7.34MPa以下及び主蒸気逃がし安全弁第1段設定圧力（7.51MPa）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（レベル3）スクラム発生時の制御棒挿入失敗時において、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（代替冷却材再循環ポンプ・トリップ機能）

以下のいずれかの信号により ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・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3）

原子炉水位低（レベル3）スクラム発生時の制御棒挿入失敗時において、事象を緩和するため、原子炉水位低（レベル3）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。

(c) 原子炉水位低（レベル2）

原子炉水位低（レベル3）で原子炉冷却材再循環ポンプ4台トリップが作動した後の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。

(3) 代替自動減圧ロジック（代替自動減圧機能）

残留熱除去系ポンプ（低圧注水モード）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、残留熱除去系ポンプ（低圧注水モード）の吐出圧力確立を条件として、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）信号の設定値根拠

4.1 ATWS 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において、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、制御棒挿入を行う。
設 定 値	7.48MPa 以下
設 定 範 囲	7.38MPa 以上かつ、7.48MPa 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 7.48MPa 以下に設定する。

1. 原子炉スクラム信号である原子炉圧力高より高い圧力であること。
2. 主蒸気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、主蒸気逃がし安全弁第1段設定圧力（7.51MPa）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 7.48MPa に計装誤差 0.05MPa を考慮した 7.43MPa とする。

設定範囲はセット値 7.43MPa に対し計装誤差 0.05MPa を差し引いた 7.38MPa から計装誤差の 0.05MPa を加算した 7.48MPa までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉スクラム信号である原子炉圧力高の信号に対して本設備の不必要な作動を防止するため、原子炉スクラム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 7.34MPa 以上、かつ、主蒸気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 7.48MPa 以下に設定する。

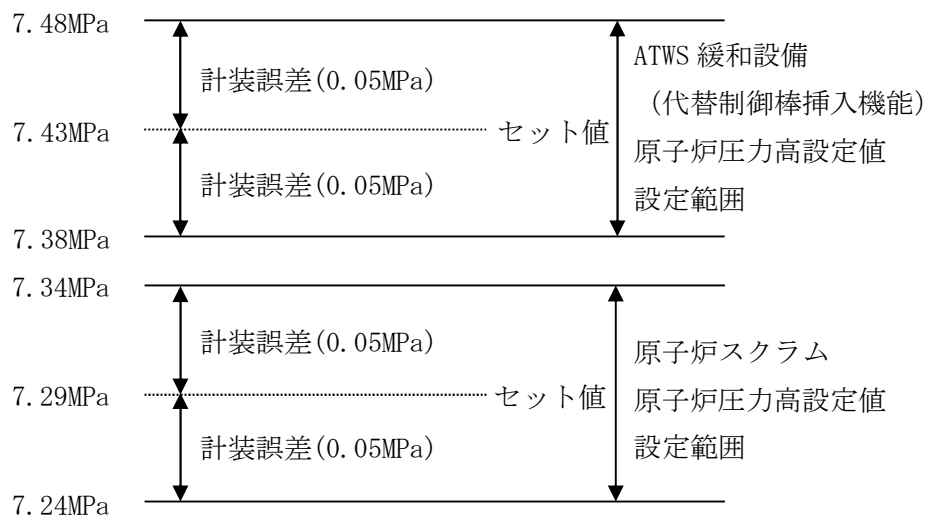


図 4-1 原子炉圧力高設定値の概要図

名 称	原子炉水位低 (レベル 2)
目 的 / 機 能	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において、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、制御棒挿入を行う。
設 定 値	原子炉圧力容器零レベル*より 1165 cm以上
設 定 範 囲	原子炉圧力容器零レベル*より 1165.2 cm以上、かつ、1175.6cm 以下

【設定根拠】

・ 作動信号の設定値

設定値は、次の事項を考慮し原子炉圧力容器零レベル*より 1165 cm以上に設定する。

1. 原子炉水位低 (レベル 3) スクラム発生時の制御棒挿入失敗時において、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。

・ 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 1165.2cm に計装誤差 5.2cm を考慮した 1170.4cm とする。

設定範囲はセット値 1170.4cm に対して計装誤差 5.2cm を差し引いた 1165.2cm から計装誤差 5.2cm を加算した 1175.6cm までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉水位低 (レベル 3) の信号に対して本設備の不必要な作動を防止するため、原子炉水位低 (レベル 3) の信号が最も遅れて発信される 1285.2cm より低く設定する。

注記*：原子炉圧力容器零レベルは、蒸気乾燥器スカート下端より 1224cm 下

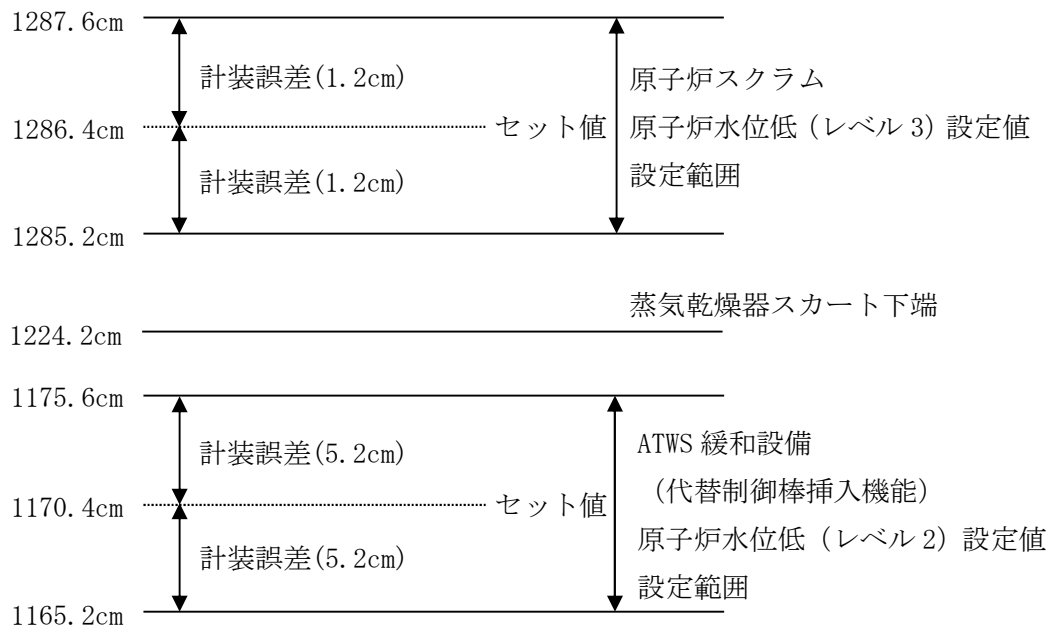


図 4-2 原子炉水位低 (レベル 2) 設定値の概要図

4.2 ATWS 緩和設備（代替冷却材再循環ポンプ・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において、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、原子炉冷却材再循環ポンプトリップを行う。
設 定 値	7.48MPa 以下
設 定 範 囲	7.38MPa 以上かつ、7.48MPa 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 7.48MPa 以下に設定する。

1. 原子炉スクラム信号である原子炉圧力高より高い圧力であること。
2. 主蒸気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、主蒸気逃がし安全弁第1段設定圧力（7.51MPa）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 7.48MPa に計装誤差 0.05MPa を考慮した 7.43MPa とする。

設定範囲はセット値 7.43MPa に対し計装誤差 0.05MPa を差し引いた 7.38MPa から計装誤差の 0.05MPa を加算した 7.48MPa までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉スクラム信号である原子炉圧力高の信号に対して本設備の不必要な作動を防止するため、原子炉スクラム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 7.34MPa 以上、かつ、主蒸気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 7.48MPa 以下に設定する。

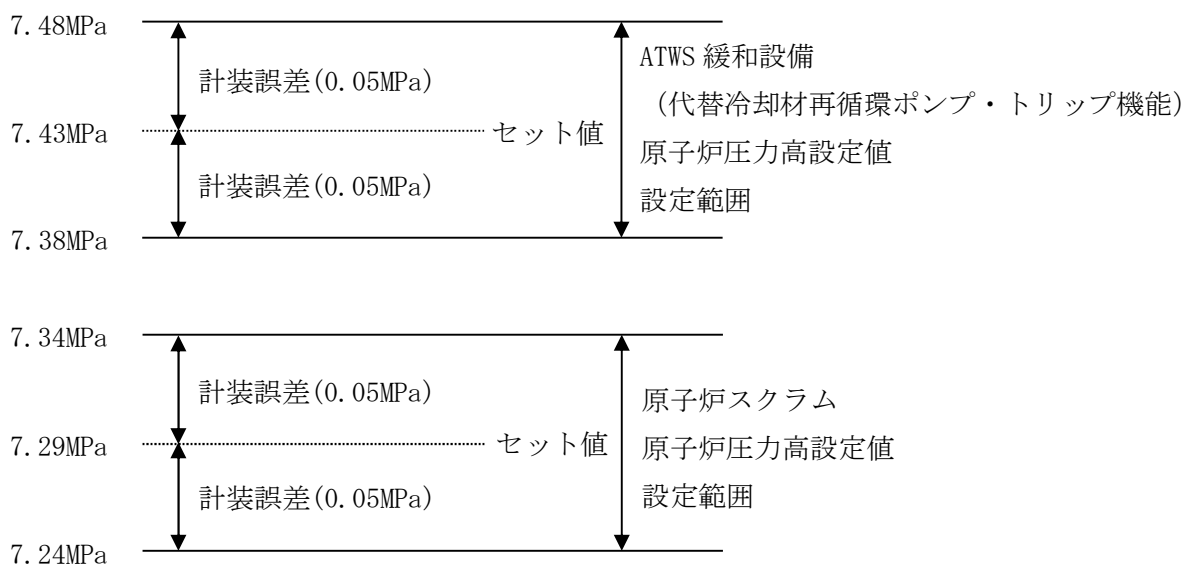


図 4-3 原子炉圧力高設定値の概要図

名 称	原子炉水位低（レベル 3）
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において、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、原子炉冷却材再循環ポンプトリップを行う。
設 定 値	原子炉圧力容器零レベル*より 1285 cm以上
設 定 範 囲	原子炉圧力容器零レベル*より 1285.2 cm以上、かつ、1287.6cm 以下

【設定根拠】

・ 作動信号の設定値

設定値は、次の事項を考慮し原子炉圧力容器零レベル*より 1285 cm以上に設定する。

1. 原子炉水位低（レベル 3）スクラム発生時の制御棒挿入失敗時において、事象緩和に有効な値として原子炉水位低（レベル 3）を設定値とする。

・ 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 1285.2cm に計装誤差 1.2cm を考慮した 1286.4cm とする。

設定範囲はセット値 1286.4cm に対して計装誤差 1.2cm を差し引いた 1285.2cm から計装誤差 1.2cm を加算した 1287.6cm までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉スクラム用の原子炉水位低（レベル 3）信号と同様に 1285.2cm 以上に設定する。

注記*：原子炉圧力容器零レベルは、蒸気乾燥器スカート下端より 1224cm 下

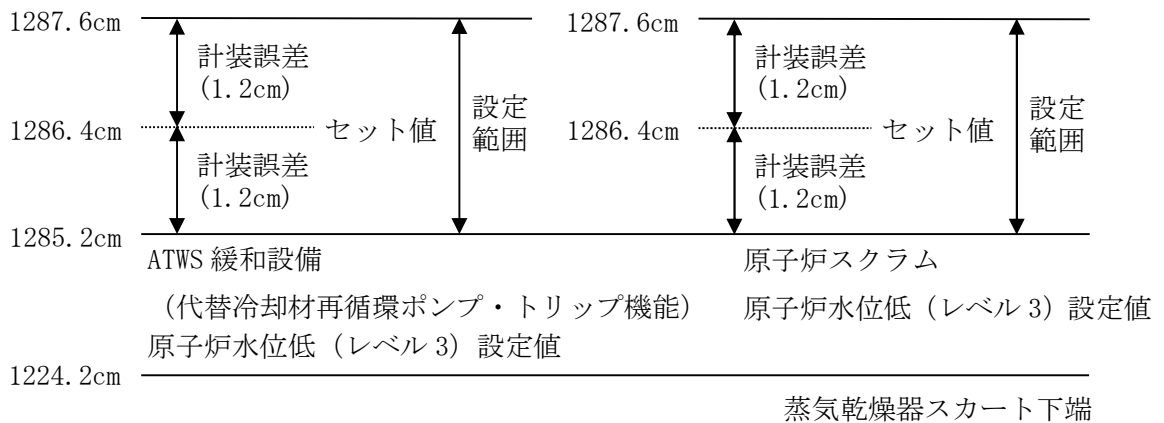


図 4-4 原子炉水位低（レベル 3）設定値の概要図

名 称	原子炉水位低（レベル 2）
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において、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、原子炉冷却材再循環ポンプトリップを行う。
設 定 値	原子炉圧力容器零レベル*より 1165 cm以上
設 定 範 囲	原子炉圧力容器零レベル*より 1165.2 cm以上、かつ、1175.6cm 以下

【設定根拠】

・ 作動信号の設定値

設定値は、次の事項を考慮し原子炉圧力容器零レベル*より 1165 cm以上に設定する。

1. 原子炉水位低（レベル 3）で原子炉冷却材再循環ポンプ 4 台トリップが作動した後の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。

・ 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 1165.2cm に計装誤差 5.2cm を考慮した 1170.4cm とする。

設定範囲はセット値 1170.4cm に対して計装誤差 5.2cm を差し引いた 1165.2cm から計装誤差 5.2cm を加算した 1175.6cm までの範囲とする。また、設定範囲は原子炉冷却材再循環ポンプ 4 台トリップ信号である原子炉水位低（レベル 3）の信号に対して本設備の不必要な作動を防止するため、原子炉水位低（レベル 3）の信号が最も遅れて発信される 1285.2cm より低く設定する。

注記*：原子炉圧力容器零レベルは、蒸気乾燥器スカート下端より 1224 cm下

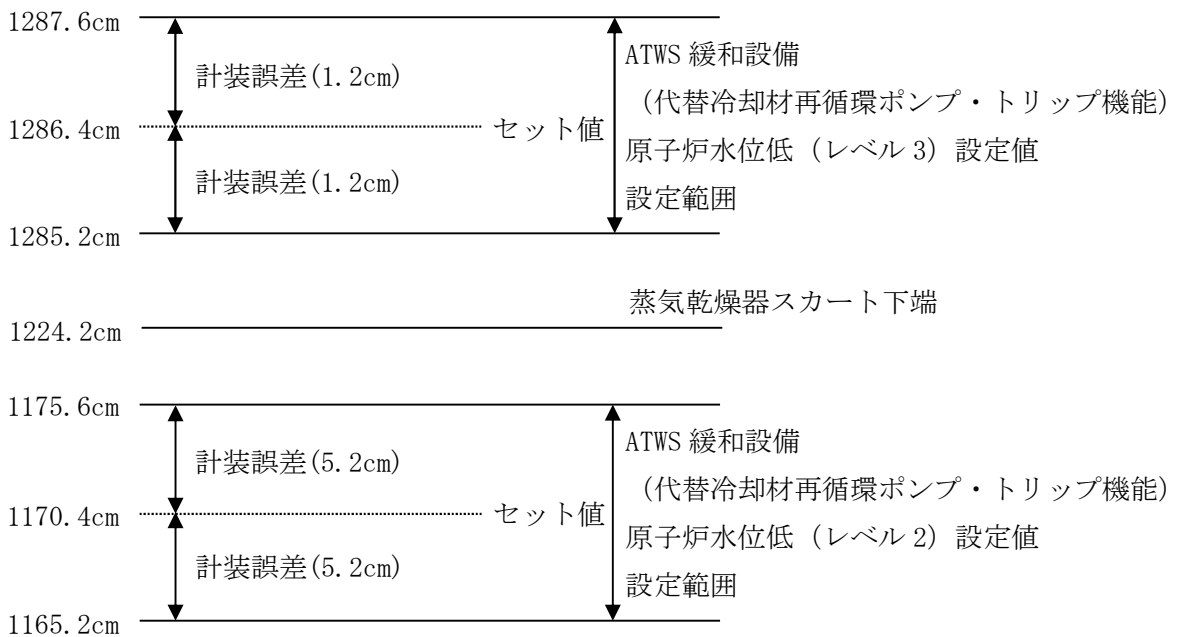


図 4-5 原子炉水位低（レベル 2）設定値の概要図

4.3 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の原子炉の有する減圧機能が喪失した場合において炉心の著しい損傷及び格納容器破損（炉心の著しい損傷後に発生するものに限る。）を防止するため、原子炉水位低（レベル1）及び残留熱除去系ポンプ運転状態で主蒸気逃がし安全弁を作動させる。
設 定 値	原子炉圧力容器零レベル*より 936 cm以上
設 定 範 囲	原子炉圧力容器零レベル*より 936.2 cm以上、かつ、946.6cm 以下
<p>【設定根拠】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 作動信号の設定値 設定値は、次の事項を考慮し原子炉圧力容器零レベル*より 936 cm以上に設定する。 <ol style="list-style-type: none"> 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、格納容器圧力高が発生せず、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、残留熱除去系ポンプ運転中のみ、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有効炉心上端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 936.2cm に計装誤差 5.2cm を考慮した 941.4cm とする。 設定範囲はセット値 941.4cm に対して計装誤差 5.2cm を差し引いた 936.2cm から計装誤差 5.2cm を加算した 946.6cm 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）の信号に対して不必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 1165.2cm より低く設定する。 <p>注記*：原子炉圧力容器零レベルは、蒸気乾燥器スカート下端より 1224 cm下</p>	

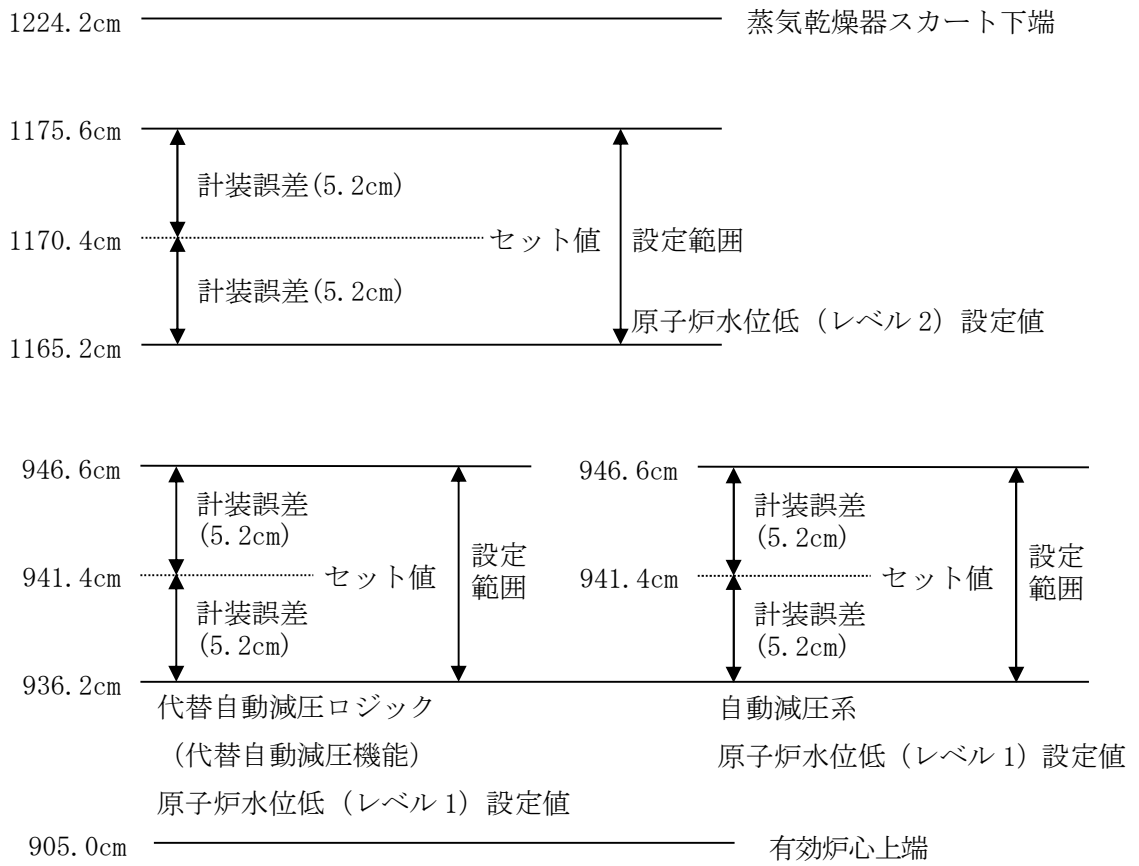


図 4-6 原子炉水位低 (レベル1) 設定値の概要図