

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-240-2 改2
提出年月日	平成30年5月29日

補足-240-2 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に係る補足説明資料

平成30年5月
日本原子力発電株式会社

目 次

1. 原子炉圧力高設定値について……………	1
2. 過渡時自動減圧系の回路構成について……………	2
3. 設置許可申請書における原子炉水位設定値の記載適正化について……………	3
4. 計装誤差に含まれる余裕の考え方について……………	10

1. 原子炉圧力高設定値について

原子炉圧力高（ATWS）信号は、スクラム信号による動作に失敗した際に、期待する信号である。このため、設定値については、圧力上昇事象に対して原子炉圧力高（スクラム）が先に発信し、その後の圧力上昇に対して原子炉圧力高（ATWS）が発信するよう設定することを基本とする。

1.1 原子炉圧力高（スクラム）と原子炉圧力高（ATWS）の設定値に関する基本的な考え方

原子炉スクラム信号が発信する事象が発生した場合、スクラム動作が遅れると燃料の冷却性、原子炉圧力等の最大値はより厳しくなることが考えられる。

このため、実設計では、計装誤差を考慮しても、添付書類十の解析で妥当性を確認した設定値を超えないよう、セット値を設定する必要があり、解析上の入力値を上限として、下側に想定される計装誤差を考慮する。設定値の相対関係を図 1-1-1 に示す。

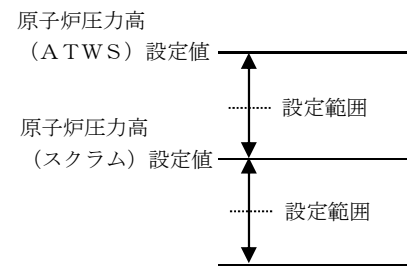


図 1-1-1 設定値の相対関係

1.2 誤差を考慮した原子炉圧力高（スクラム）と原子炉圧力高（ATWS）の相対関係

ATWS時の事象緩和の観点から、原子炉圧力高（ATWS）は可能な限り早く動作することが望ましい。一方で、1.1に記載したとおり、原子炉圧力高（ATWS）より原子炉圧力高（スクラム）が先に動作する必要がある。これらと1.1に記載した計装誤差を考慮すると、原子炉圧力高（スクラム）と原子炉圧力高（ATWS）の設定値に係る相対関係は図 1-2-1 に示すとおりとなる。

原子炉圧力高（ATWS）の下限值（図 1-2-1 の②）については、以下の事項を満足させる必要がある。

- ・②下限値は、①原子炉圧力高設定値（スクラム）より低い値とならないこと
- ・③原子炉圧力高（ATWS）設定値は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、可能な限り低く設定すること

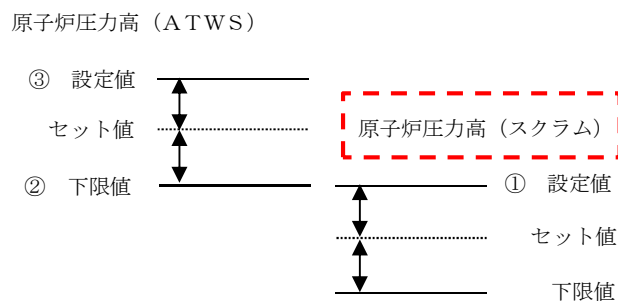


図 1-2-1 原子炉圧力高（スクラム）と原子炉圧力高（ATWS）の相対関係

ここで、原子炉圧力高（スクラム）の設定値を、最大の計装誤差を考慮した原子炉圧力高（ATWS）の下限值とすることが、上記要件を満足させられる設定点となる。

2. 過渡時自動減圧系の回路構成について

過渡時自動減圧系の論理回路は、原子炉水位異常低下（レベル1）、残留熱除去系ポンプ又は低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力確立の信号及び時間遅れを設けるタイマーより構成される。作動回路の概略を図2-1「過渡時自動減圧機能作動回路の概略図」に示す。

2.1 残留熱除去系ポンプ又は低圧炉心スプレイ系ポンプ吐出圧力確立について

過渡時自動減圧機能により逃がし安全弁が作動すると冷却材が放出され、その補給に残留熱除去系ポンプ又は低圧炉心スプレイ系ポンプによる注水が必要であることから、原子炉水位異常低下（レベル1）及び残留熱除去系ポンプ（低圧注水系）又は低圧炉心スプレイ系ポンプが運転の場合に作動する設計とする。

各ポンプの吐出圧力確立の信号は、各ポンプの吐出配管に設置されている圧力検出器により検出し警報設定器により接点信号を出力する。動作値は各ポンプの運転時の吐出圧力を考慮し、残留熱除去系ポンプ（低圧注水系）の吐出圧力確立を 0.69 MPa、低圧炉心スプレイ系ポンプの吐出圧力確立を 0.98 MPa としている。

2.2 タイマーによる時間遅れについて

過渡時自動減圧機能は、自動減圧系が不動作時に期待される機能であるため、不要な動作を回避する観点から、作動信号の発信に対してタイマーを設置している。

自動減圧系本来の安全機能と干渉しないように、自動減圧系の原子炉水位異常低下（レベル1）後 120 秒で成立する減圧信号より遅く起動する必要がある。また、過渡時自動減圧機能には、設備誤作動時に原子炉の運転を阻害しないように起動阻止スイッチの判断操作の時間的余裕を考慮し、設備作動までに 10 分の時間遅れを設ける。これにより、過渡時自動減圧機能論理回路タイマー設定値は 10 分とする。

なお、事象発生から 10 分後に過渡時自動減圧機能論理による減圧で低圧注水系等により十分な炉心冷却が可能である。

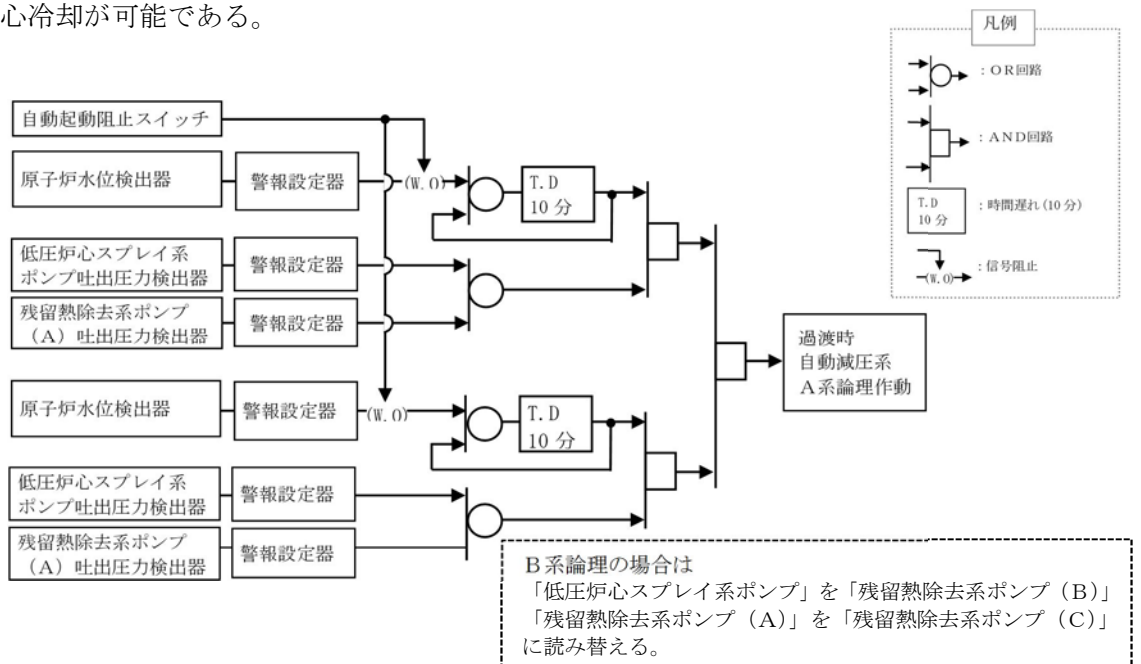


図 2-1 「過渡時自動減圧機能作動回路の概略図」

3. 設置許可申請書における原子炉水位設定値の記載適正化について
(原子炉水位設定値変更の経緯として公開資料を添付)

資料番号：C-18-1 改2

平成30年2月19日
日本原子力発電(株)

設置許可申請書における原子炉水位設定値の記載適正化について

1. はじめに

現在対応中の設置変更許可申請書等の審査書類における燃料有効長頂部(以下、「TAF」という。)の記載値誤りとは別の原子炉水位に関連する記載の不整合事案として、添付書類八(以下、「添八」という。)と添付書類十(以下、「添十」という。)との間の原子炉水位設定値に係る記載の不整合が過去に確認されている。この記載不整合事案については、各々の記載値には相応の根拠があることから記載間違いとまでは言えず、また評価結果に与える影響が軽微であることを感度解析により確認し、安全上直ちに問題になるものではないと考えることから、記載の適正化は、10×10燃料導入時など、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故の安全解析がともに変更となるタイミングで実施するものとしていた。(別紙1, 2)

2. 対応方針

今回のTAFの記載値誤りへの対応の中で、燃料域水位計の基準点*1を修正し運用管理を適正化することから、併せて原子炉水位設定値に係る不整合事案のうち、運用管理に係る原子炉水位設定値*2の記載についても適正化を図る。

(※1) 燃料域水位計はTAFを基準点としている。

(※2) 以下の原子炉水位設定値をいう。

- ・原子炉水位異常低下(レベル1)(以下、「L-1」という。)
- ・原子炉水位異常低下(レベル2)(以下、「L-2」という。)
- ・原子炉水位低(レベル3)(以下、「L-3」という。)
- ・原子炉水位高(レベル8)(以下、「L-8」という。)

(1) L-1, L-2及びL-3設定値の添八記載値について、設計基準事故及び有効性評価に係る添十記載値と整合するよう、以下のとおり変更する。

- ① L-1 ; RPV底部から 961 cm
- ② L-2 ; RPV底部から 1,243 cm
- ③ L-3 ; RPV底部から 1,372 cm

(2) L-1, L-2及びL-3設定値の記載のある審査資料について、上記(1)に合わせて修正する。また、L-8設定値の記載のある審査資料について、有効性評価に係る添十記載値と整合するよう、以下のとおり変更する。

- ④ L-8 ; RPV底部から 1,481 cm

以上

表1 添十と添八における設定値比較表（現状）

項目	添付書類十（設計基準事故）	添付書類八
L-1	セパレータスカート下端から-345cm [961 cm（ベッセルゼロより上）]	960 cm（ベッセルゼロより上）
L-2	セパレータスカート下端から-63cm [1,243 cm（ベッセルゼロより上）]	1,245 cm（ベッセルゼロより上）
L-3	セパレータスカート下端から+66cm [1,372 cm（ベッセルゼロより上）]	1,370 cm（ベッセルゼロより上）
L-8	セパレータスカート下端から+175cm [1,481 cm（ベッセルゼロより上）]	記載なし

（注） []内の数値は、比較のため申請書記載値から換算した値

添八及び添十における原子炉水位設定値の記載の考え方について

(1) 原子炉水位設定値に係る添十及び添八記載値の差異について

東海第二の設置許可申請書 添付書類十における原子炉水位設定値については、GEのオリジナル設計をベースに単位換算 (inch⇒cm) し設定されている。一方で、添付書類八は、単位換算し 5 cm 単位で端数処理した値が設定されている。

(2) 添十 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故における L-2 設定値

添十の設計基準事故評価においては、上記 (1) の設定値を使用している。一方で、運転時の異常な過渡変化評価においては、主蒸気隔離弁の閉止が早くなる保守的な設定を使用している。

以上

L-2 設定値の不整合が運転時の異常な過渡変化解析に与える影響について

添十の運転時の異常な過渡変化解析のうち L-2 設定値については、主蒸気隔離弁閉止のタイミングが早くなる保守的な条件設定をしており、設計基準事故の解析条件と不整合があるものの、感度解析により評価結果に与える影響は非常に小さいことを以下のとおり確認していることから、今後当該解析が変更となるタイミングで適正化する。

1. 運転時の異常な過渡変化解析における L-2 設定値の影響

(1) 主蒸気隔離弁閉止

原子炉水位が低下し、L-2 にて主蒸気隔離弁が閉止すると、原子炉圧力は上昇し、その後逃がし安全弁により制御される。主蒸気隔離弁閉止のタイミングが早まる場合、原子炉圧力評価の観点で厳しい条件となる。

(2) 原子炉再循環ポンプトリップ

原子炉水位が低下し、L-2 にて原子炉再循環ポンプがトリップすると、炉心流量は低下し、最終的には自然循環流量に静定する。原子炉スクラムが発生していない状態で原子炉再循環ポンプトリップのタイミングが早まる場合、原子炉出力の低下タイミングが早まるが、運転時の異常な過渡変化解析のうち L-2 まで水位が低下する事象では、再循環ポンプトリップ発生までに原子炉スクラムが発生していることから影響はない。

(3) 原子炉隔離時冷却系及び高圧炉心スプレイ系起動

原子炉水位が低下し、L-2 にて原子炉隔離時冷却系等が起動すると、原子炉水位が上昇する。但し、運転時の異常な過渡変化は、プラントに外乱が発生した場合の事象初期の過渡変化に伴う最小限界出力比等への影響を確認するものであることから、解析上 L-2 の原子炉隔離時冷却系等の起動を模擬していないため影響はない。

2. L-2 設定値の不整合が運転時の異常な過渡変化解析に与える影響（感度解析）

上記を踏まえ、L-2 設定値の不整合が運転時の異常な過渡変化解析に与える影響を確認するため、L-2 にて主蒸気隔離弁の閉止が発生する「給水流量の全喪失」を対象に感度解析を実施した。解析条件の比較を表 1 に、解析結果の比較を表 2 に、解析結果を図 1 に示す。

感度解析の結果、評価項目となるパラメータである「最小限界出力比（表 2 では初期値からの変化幅 $\Delta MCPR$ で提示）」、「表面熱流束」及び「原子炉冷却材圧力バウンダリにかかる圧力（表 2 では原子炉圧力を提示）」の最大値に変化はなく、L-2 設定値の不整合が運転時の異常な過渡変化解析に与える影響は非常に小さいことを確認した。

以上

表1 解析条件の比較

解析条件	ベースケース	感度解析	感度解析条件設定の考え方
L-2	セパレータスカート 下端から-59 cm	セパレータスカート 下端から-63 cm	記載不整合を踏まえて設定
燃料	9×9燃料 (A型) 9×9燃料 (B型)	9×9燃料 (B型)	A型/B型で挙動に有意な差がないことから代表としてB型を設定

表2 解析結果の比較

評価項目となるパラメータ	ベースケース (L-2 ; セパレータスカート 下端から-59 cm)	感度解析 (L-2 ; セパレータスカート 下端から-63 cm)
原子炉圧力 (MPa [gage])	7.53	7.53
表面熱流束 (%)	初期値以下	初期値以下
Δ MCPR	0.00	0.00

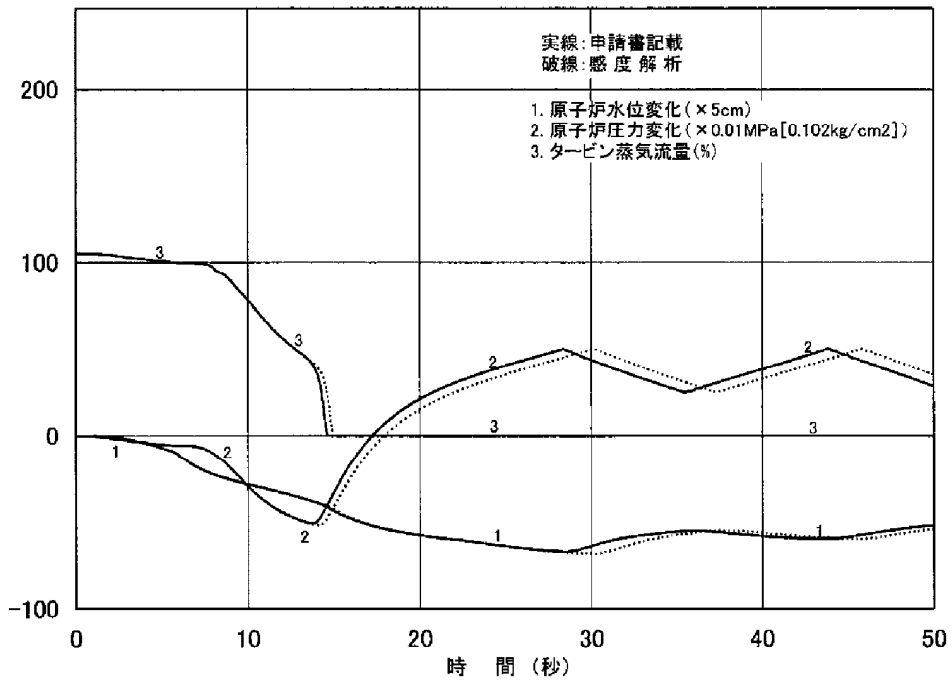
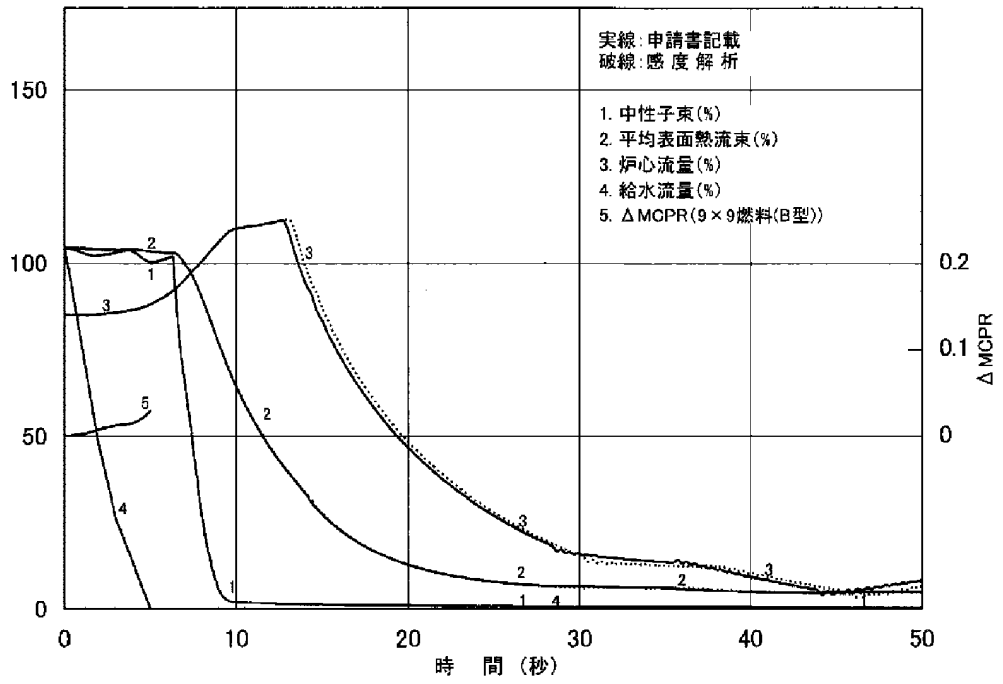


図1 給水流量の全喪失時の過渡変化解析結果 (感度解析)

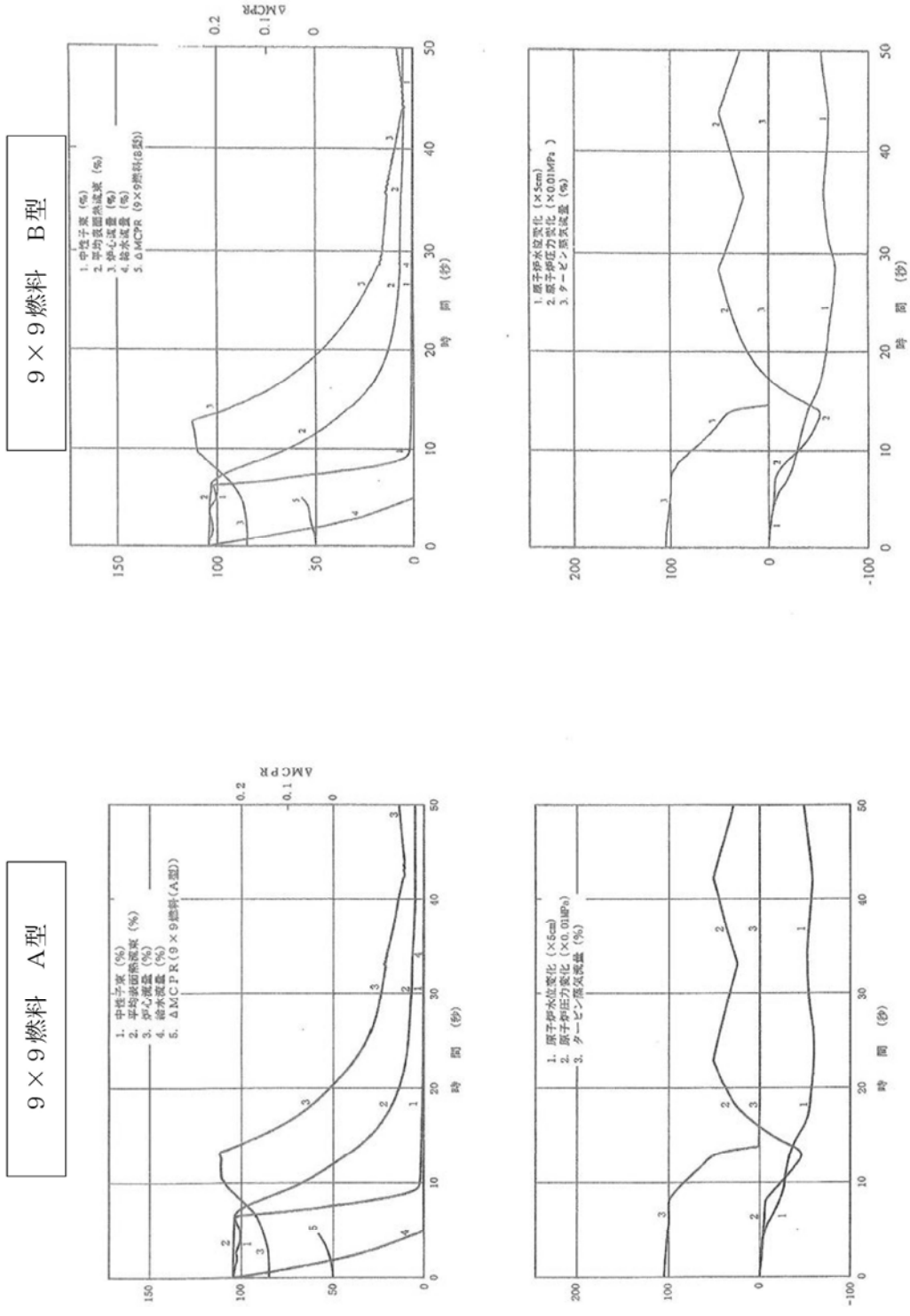


図2 (参考) 給水流量の全喪失時の過渡変化解析結果 (A型/B型の比較)

4. 計装誤差に含まれる余裕の考え方について

計装誤差に含まれる余裕（以下「余裕」という）は図 4-1 に示す通り、計装誤差と計器誤差の差分として表される。この余裕は計器誤差の値を切上げた際に発生する差分としている。

例として、原子炉水位低の信号を挙げる。運転時の原子炉水位低の計器誤差は 7.6 cm であるため、計器誤差を切上げて計装誤差を 8 cm とした際に 0.4 cm の差分が発生する。当初はこの 0.4 cm の差分を余裕としていた。現在は、計器を交換したことで計器精度は 0.8 cm となっているが、計装誤差は運転時の値を使用しているため、余裕は計装誤差 8 cm から現在の原子炉水位低の計器誤差 0.8 cm を引いた 7.2 cm としている。（表 4-1 参照）

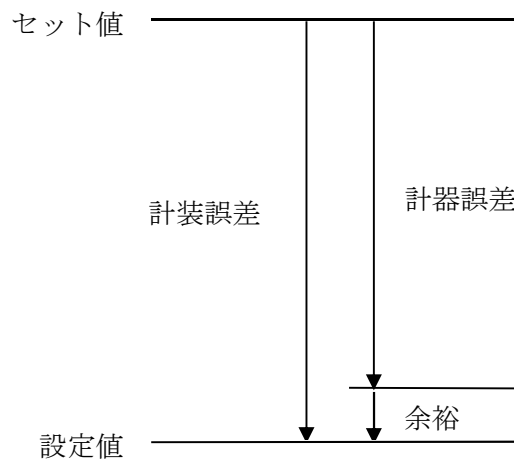


図 4-1 計装誤差の概念

表 4-1 計装誤差に含まれる余裕について

信号の種類	計装誤差	計器誤差 (運転時)	余裕 (運転時)	計器誤差 (現在)	余裕 (現在)
原子炉水位低	8 cm	7.6 cm	0.4 cm	0.8 cm	7.2 cm
原子炉圧力異常低下 (レベル 2)	4 cm	3.8 cm	0.2 cm	2.9 cm	1.1 cm
原子炉圧力異常低下 (レベル 1)	4 cm	3.8 cm	0.2 cm	2.9 cm	1.1 cm
原子炉圧力高	0.07 MPa	0.069 MPa	0.001 MPa	0.057 MPa	0.013 MPa