

本資料のうち、枠囲みの内容は、
営業秘密又は防護上の観点から公
開できません。

東海第二発電所 工事計画審査資料	
資料番号	補足-170-1 改3
提出年月日	平成30年5月15日

工事計画に係る補足説明資料

工事計画に係る説明資料（核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設）のうち使用済燃料貯蔵槽の温度、水位及び漏えいを監視する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

補足-170-1 【使用済燃料貯蔵槽の温度、水位及び漏えいを監視する装置の構成並びに計測範囲及び警報動作範囲について】

平成30年5月

日本原子力発電株式会社

補足説明資料目次

1. 使用済燃料プール温度，使用済燃料プール水位，使用済燃料プール温度（S A）及び使用済燃料プール水位・温度（S A広域）について	1
1.1 使用済燃料プール温度（計測範囲，警報動作範囲，警報設定値）	1
1.2 使用済燃料プール水位（計測範囲，警報設定値）	2
1.3 使用済燃料プール温度（S A）（計測範囲）	3
1.4 使用済燃料プール水位・温度（S A広域）（計測範囲，警報動作範囲，警報設定値）	5
1.5 使用済燃料プール水位・温度（S A広域）の検出原理	7
2. 使用済燃料プール監視カメラについて	8
2.1 使用済燃料プール監視カメラの基本仕様	8
2.2 使用済燃料プール監視カメラの視野概要	8
2.3 蒸気雰囲気下での使用済燃料プール監視カメラの監視性確認について	9
2.3.1 可視カメラと赤外線カメラの映像比較	9
2.3.2 赤外線カメラのレンズに結露が発生した状況での監視について	10
2.4 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置について	11
2.4.1 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の空気圧縮機，除湿器，冷却器の機能及び原理	12
3. 大量の水の漏えいその他要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合の監視設備について	14
4. 使用済燃料プール監視設備の電源構成について	16

1. 使用済燃料プール温度，使用済燃料プール水位，使用済燃料プール温度（S A）及び使用済燃料プール水位・温度（S A広域）について

1.1 使用済燃料プール温度（計測範囲，警報動作範囲，警報設定値）

使用済燃料プール温度は，使用済燃料プール水中の熱電対の温度変動による熱起電力の変動を検出することにより，温度を連続的に計測する。

使用済燃料プール温度の計測範囲は，使用済燃料プール内における冷却水の過熱状態を監視できるように，0～100℃の温度を計測可能とする。また，使用済燃料プール水位の水位低警報設定（EL. 46053 mm）を包絡する範囲で温度計測可能な設置位置とする。（図 1-1-1「使用済燃料プール温度の設置図」参照。）

警報動作範囲は，0～100℃の範囲で設定可能であり，検出信号が警報設定値に達した場合には，中央制御室に音とともに警報表示を行う。温度高の警報動作温度以上の温度では，警報表示状態を継続する。

なお，燃料プール冷却浄化系により，通常 52℃以下で維持されており，これを超える場合には，残留熱除去系を併用し，65℃以下に維持することとしている。これらを考慮し，警報設定値は 52℃を超えるおそれがあることを検知するために，50℃とする。

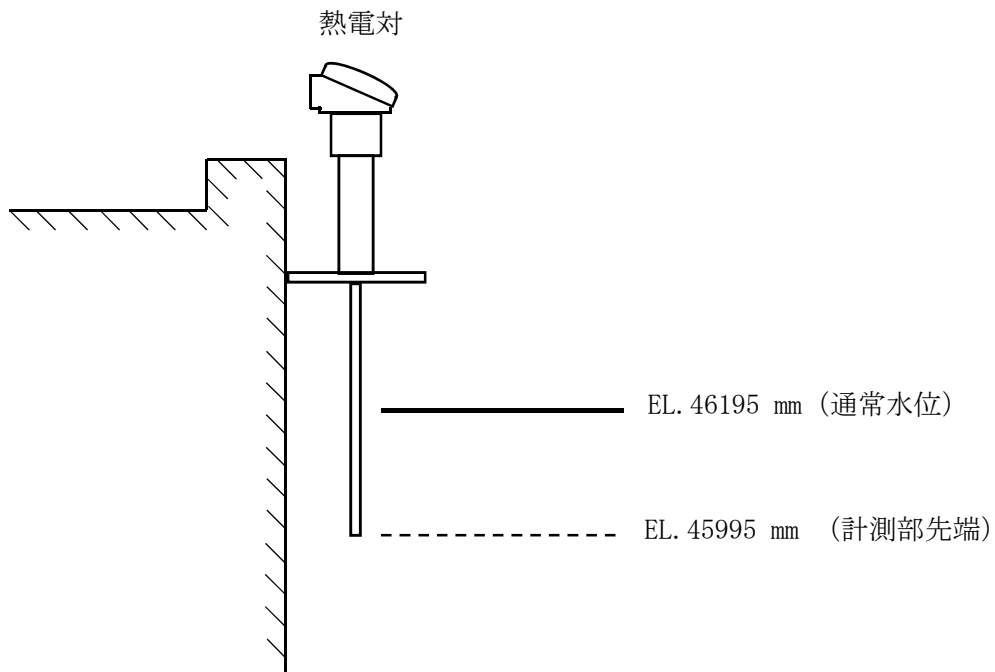


図 1-1-1 使用済燃料プール温度の設置図

1.2 使用済燃料プール水位（計測範囲，警報設定値）

使用済燃料プール水位は，警報設定値に水位が達した場合の接点動作により水位を計測する。また，使用済燃料プール水位は，浮力式水位検出器及びフロート式検出器で計測することにより多重性を有し，監視能力を向上させている。使用済燃料プール水位が警報設定値に達した場合には，中央制御室に音とともに警報表示を行う。

浮力式水位検出器及びフロート式検出器は，同一の警報設定値を持ち，使用済燃料プール水位高警報については通常水位（EL. 46195 mm）から運転操作床面（EL. 46500 mm）の間の（EL. 46231 mm）とする。使用済燃料プール水位低警報については通常水位（EL. 46195 mm）より下の（EL. 46053 mm）とする。（図 1-2-1「使用済燃料プール水位（浮力式水位検出器及びフロート式検出器）の警報動作範囲」参照。）

水位低の警報動作水位以下，又は水位高の警報動作水位以上の水位では，警報表示状態を継続する。

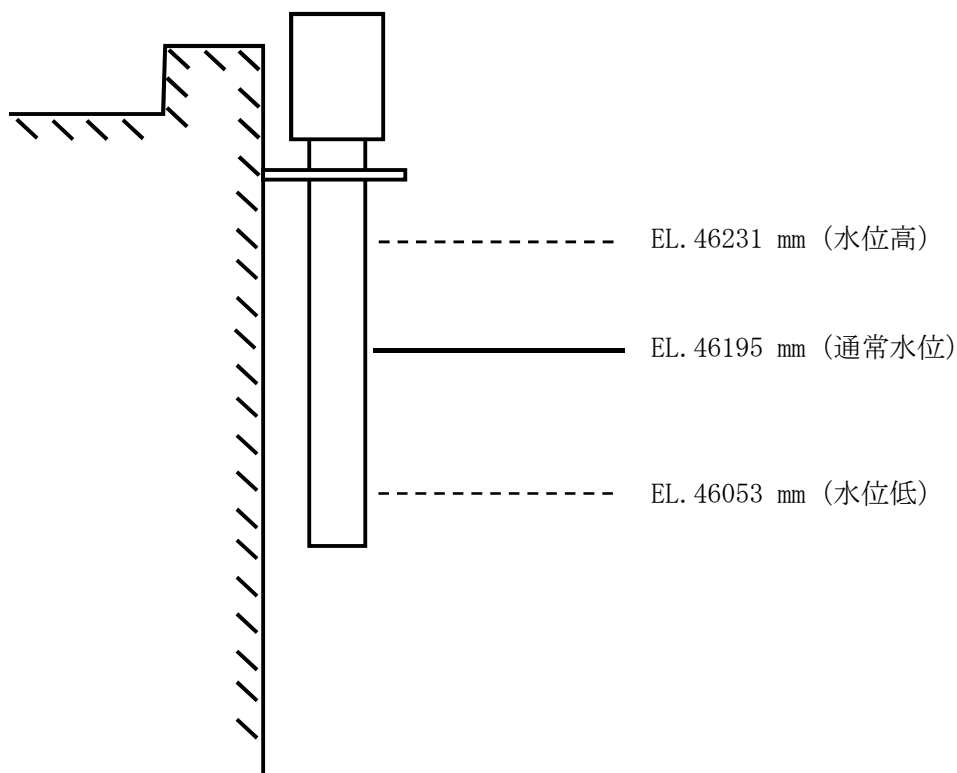


図 1-2-1 使用済燃料プール水位（浮力式水位検出器及びフロート式検出器）の警報動作範囲

1.3 使用済燃料プール温度（S A）（計測範囲）

使用済燃料プール温度（S A）は、想定事故 1 及び想定事故 2 における水位が低下した場合の最低水位（EL. 45575 mm）においても計測可能であり、燃料ラック上端より 1000 mm 下まで温度計測できる設置位置とする。（図 1-3-1 「使用済燃料プール温度（S A）の設置図」、図 1-3-2 「使用済燃料プール（S A）の外形図」参照。）

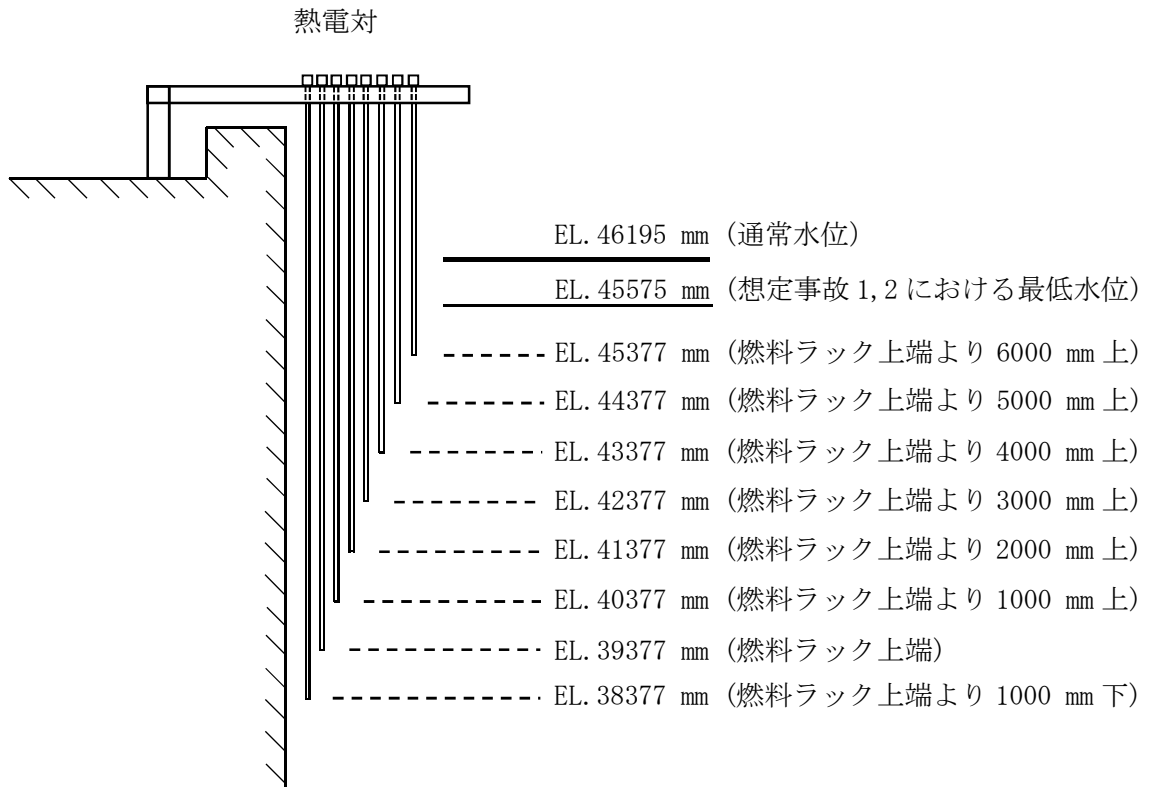


図 1-3-1 使用済燃料プール温度（S A）の設置図

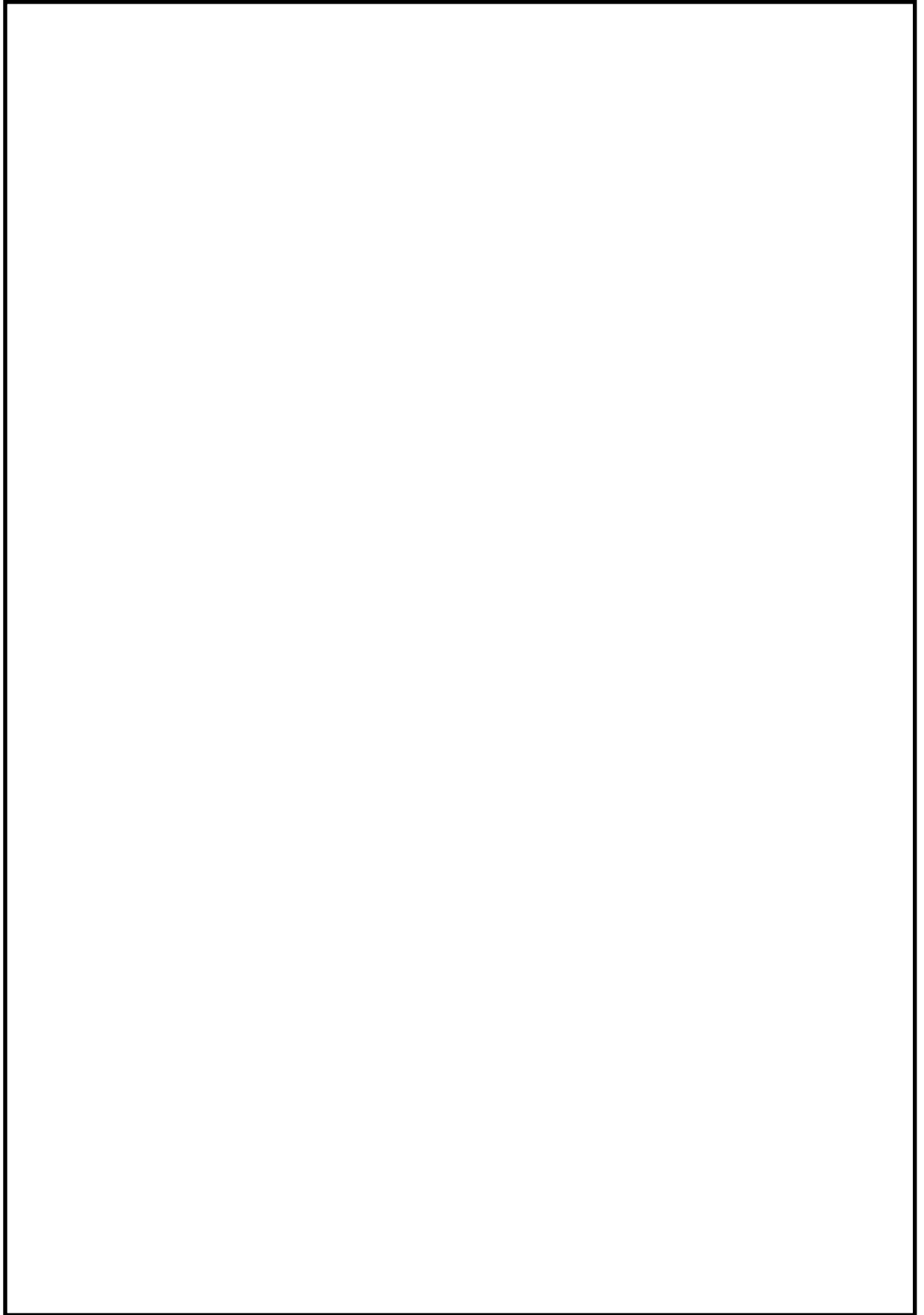


図 1-3-2 使用済燃料プール温度 (S A) の外形図

1.4 使用済燃料プール水位・温度（S A広域）（計測範囲、警報動作範囲、警報設定値）

使用済燃料プール水位（S A広域）は、ガイドパルス式水位検出器から反射したパルス信号を検出するまでの時間を計測することにより、水位を連続的に計測する。

警報動作は、EL. 35077 mm～ EL. 46577 mmの範囲で設定可能であり、検出水位が警報設定値に達した場合には、中央制御室に音とともに警報表示を行う。水位低の警報動作水位以下の水位では、警報表示状態を継続する。

なお、水位低の設定値は、燃料プール冷却浄化系ポンプが停止後、更に異常な水位低下が発生した場合に、これを早期に検知するため、EL. 46000mm とする。

また、使用済燃料プール水位（S A広域）は、想定事故 1、想定事故 2 及び使用済燃料プールの水位が異常に低下する事故を考慮し、使用済燃料ラック底部近傍（EL. 35077 mm）から使用済燃料プール上端近傍（EL. 46577 mm）を計測範囲とする。

使用済燃料プール温度（S A広域）は、2 箇所の検出点を持ち、使用済燃料プール水中の測温抵抗体の抵抗値を演算装置にて温度信号へ変換する処理を行うことにより、温度を連続的に計測する。

使用済燃料プール温度（S A広域）の計測範囲は、使用済燃料プール内における冷却水の過熱状態を監視できるよう、0～120 °Cの温度を計測可能とする。また、使用済燃料プール水位の水位低警報設定（EL. 46053 mm）を包絡する範囲で温度計測可能な設置位置とする。

警報動作範囲は、0～120 °Cの範囲で設定可能であり、検出信号が警報設定値に達した場合には、中央制御室に音とともに警報表示を行う。温度高の警報動作温度以上の温度では、警報表示状態を継続する。

なお、燃料プール冷却浄化系により、通常 52°C以下で維持されており、これを超える場合には、残留熱除去系を併用し、65°C以下に維持することとしている。これらを考慮し、2 箇所の検出点の警報設定値は 52°Cを超えるおそれがあることを検知するために、50°Cとする。

また、使用済燃料プール温度（S A広域）は、想定事故 1 及び想定事故 2 において想定する最低水位（EL. 45575 mm）においても温度計測できる設置位置とする。（図 1-4-1「使用済燃料プール水位・温度（S A広域）の計測範囲及び警報動作範囲」参照。）

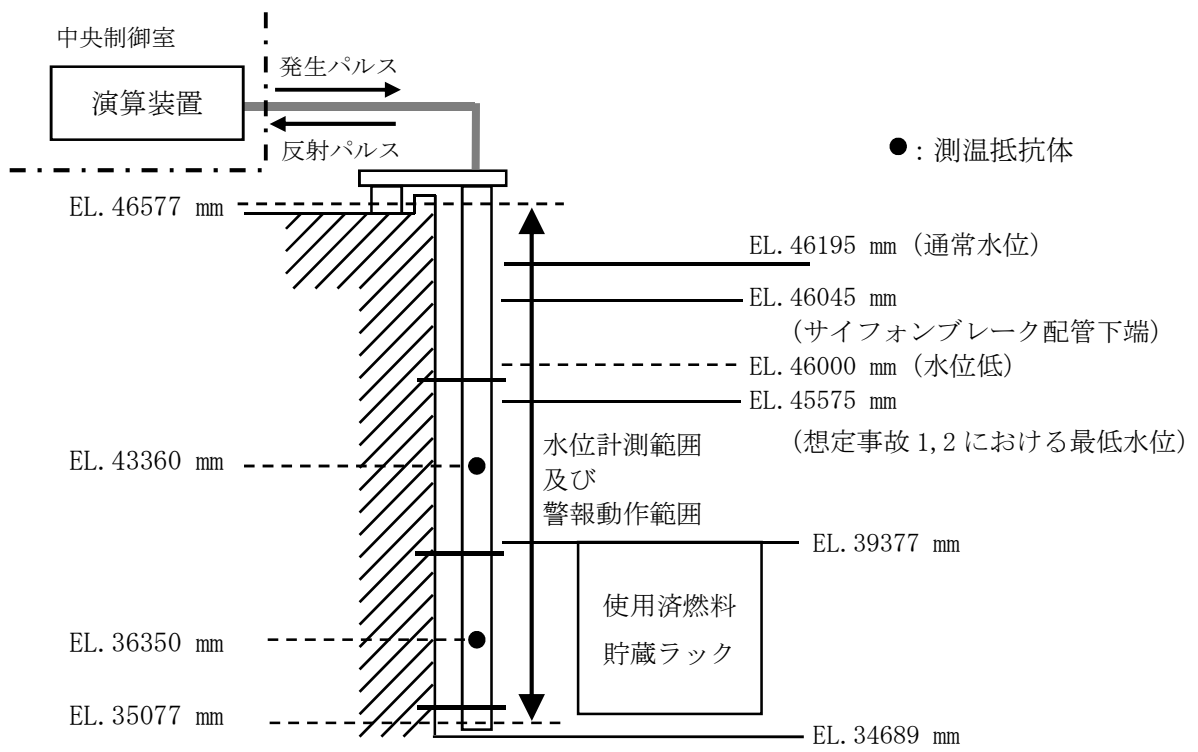


図 1-4-1 使用済燃料プール水位・温度（S A 広域）の計測範囲及び警報動作範囲

1.5 使用済燃料プール水位・温度（S A広域）の検出原理

使用済燃料プール水位（ガイドパルス式）は、演算装置から高速電圧パルスを発生させ、検出器頂部のコネクタ部からの反射波とインピーダンスの違いによる空気と水面の境界からの反射波が、演算装置に戻る時間差を水位に換算して測定する水位計である。

検出器は伝達回路となる導体のステンレスの芯棒が、同様に伝達回路となる導体のステンレス鋼管に収められており、検出器端部から検出器ボールジョイント部下付近までの連続水位測定が可能である。（図 1-5-1 「ガイドパルス式水位計による水位検出原理」参照）

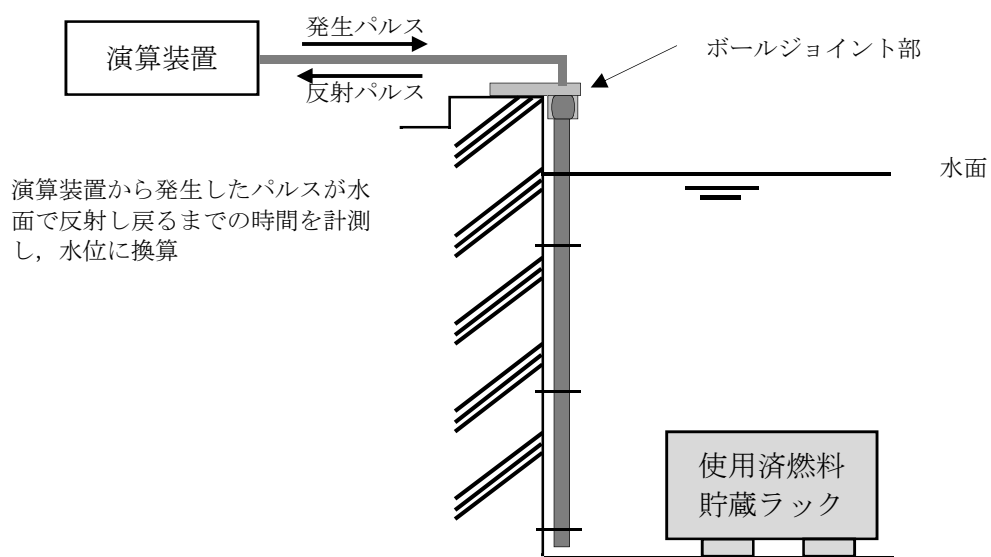


図 1-5-1 ガイドパルス式水位計による水位検出原理

2. 使用済燃料プール監視カメラについて

2.1 使用済燃料プール監視カメラの基本仕様

東海第二発電所に設置する使用済燃料プール監視カメラの基本仕様は以下のとおり。

項目	仕様
カメラの種類	赤外線カメラ
検知波長帯	7.5～13 μ m
検知温度範囲	-20℃～120℃
検知温度精度	±2℃または読み値±2%の大きいほう

2.2 使用済燃料プール監視カメラの視野概要

使用済燃料プール監視カメラは、重大事故等対処設備の機能を有しており、使用済燃料プールの水位、水温の傾向を映像により中央制御室で監視できる設計とする。また、照明がない場合や蒸気雰囲気下においても使用済燃料プールの状態が監視できるよう赤外線機能を有する設計とする。設置場所については、使用済燃料貯蔵ラック上端の露出が確認できるよう高所に設置するとともに、使用済燃料プール周辺機器との干渉を考慮した箇所に設置する。

なお、使用済燃料プール監視カメラの視野概略図を図 2-2-1 に示す。

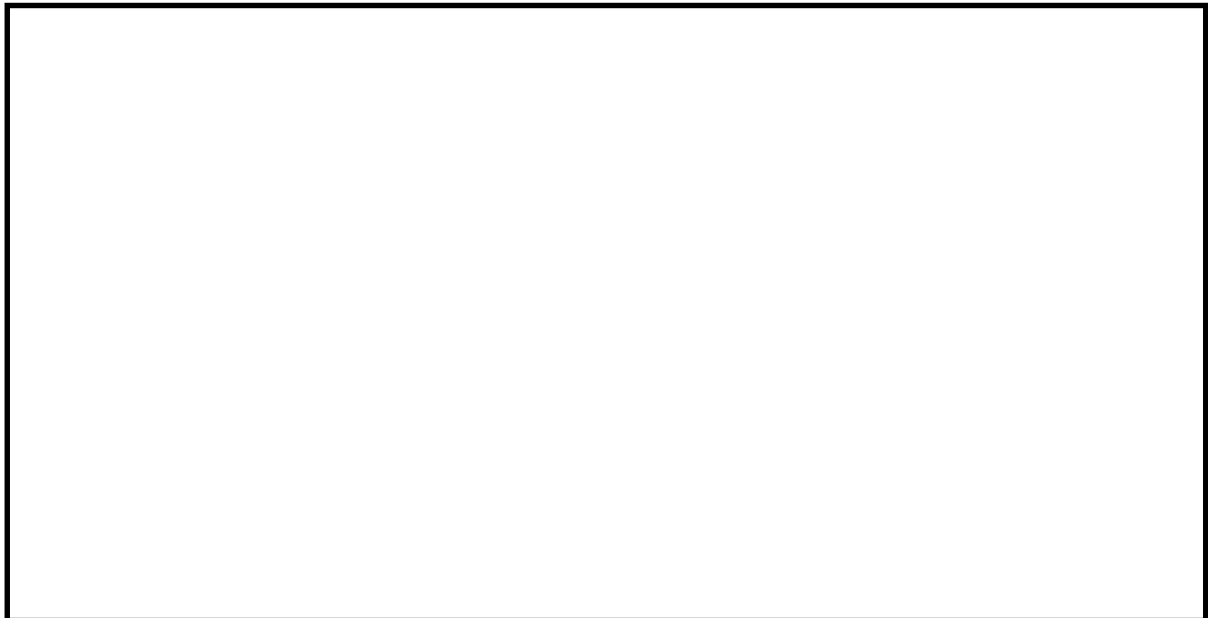


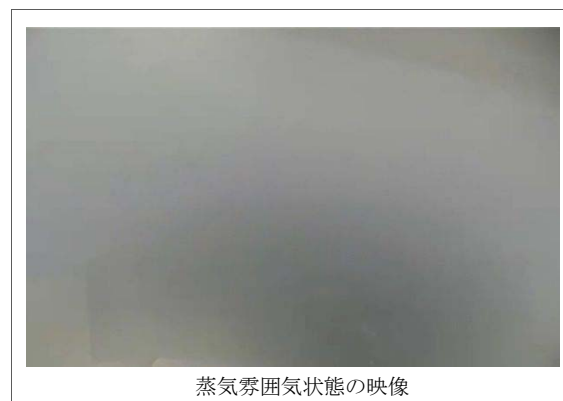
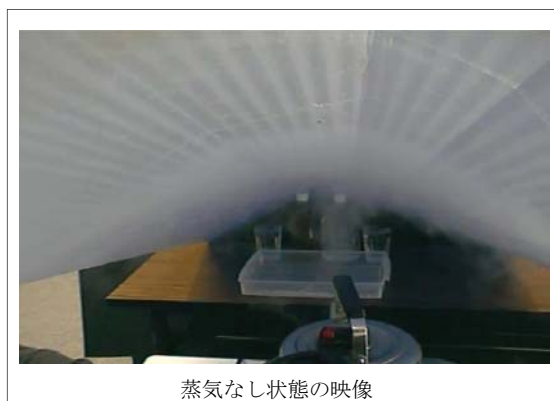
図 2-2-1 使用済燃料プール監視カメラの視野概略図

2.3 蒸気雰囲気下での使用済燃料プール監視カメラの監視性確認について

2.3.1 可視カメラと赤外線カメラの映像比較

蒸気雰囲気下（沸騰したヤカンの蒸気に加え、空焚きした鍋に水を注いだ状態）と蒸気なし状態において、可視カメラと赤外線カメラの映像を比較した結果、可視カメラにおいては、蒸気雰囲気下では蒸気によるレンズの曇りによって、状態把握が困難であるが、赤外線カメラは大きな影響は見られず、蒸気雰囲気下でも状態監視可能である。（図 2-3-1 参照）

①可視カメラ



②赤外線カメラ

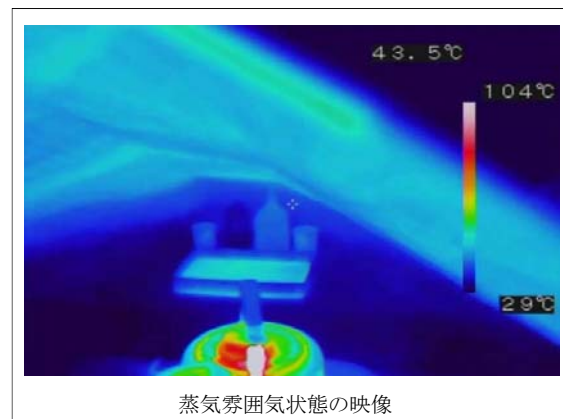
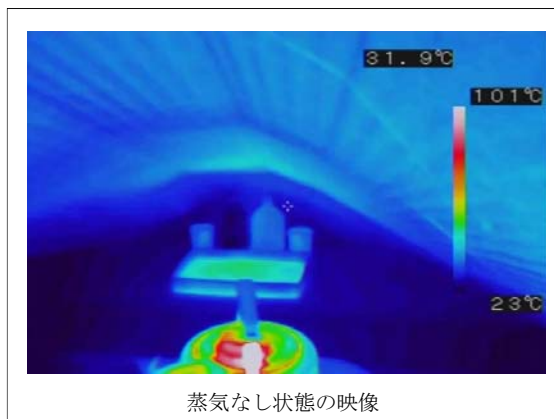


図 2-3-1 可視カメラと赤外線カメラの映像比較

2.3.2 赤外線カメラのレンズに結露が発生した状況での監視について

使用済燃料プール監視カメラは耐環境性向上のため使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置で冷却を行うが、使用済燃料プール監視カメラを設置する原子炉建屋 6 階の温度は 100℃となることから温度差により結露の発生が考えられる。赤外線カメラのレンズ表面に結露なしの状態と、レンズ表面に結露を模擬した状態のカメラ映像を比較した結果、結露ありの場合については、ガラス表面に水滴がつくことにより赤外線の減衰等により対象物がぼやけることがあるが、対象物に温度（赤外線放射量）の差があればさらにはっきりとした映像になると思われる。これより、赤外線カメラにおいては、カメラのレンズ表面に結露が発生した場合にも状態監視可能と考えられる。（図 2-3-2 参照）

③赤外線カメラのレンズに結露を模擬

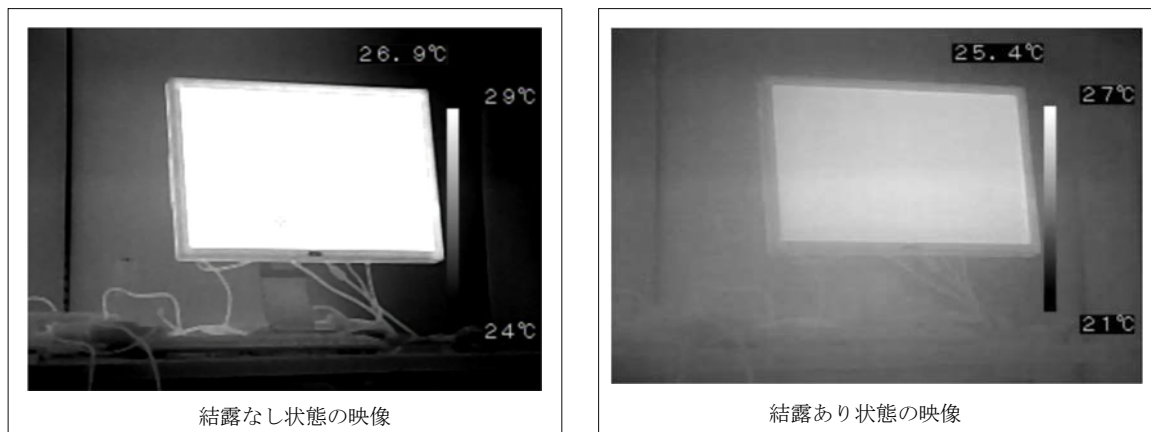


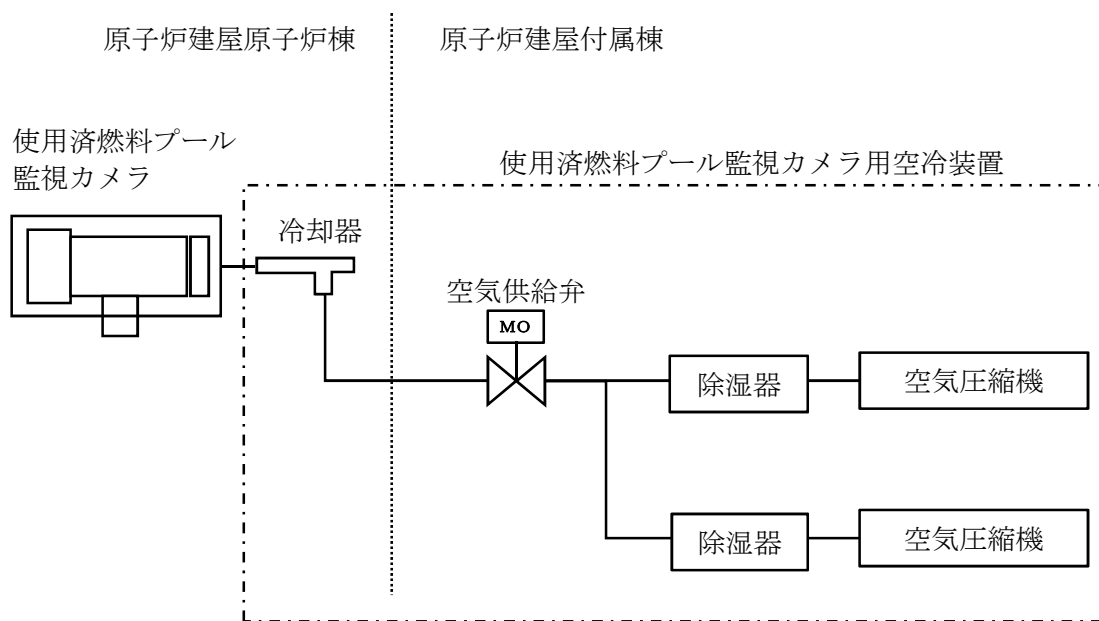
図 2-3-2 赤外線カメラのレンズに結露が発生した状態での監視

2.4 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置について

使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置は、第 2-4-1 図のとおり空気圧縮機、除湿器、冷却器及び空気供給弁で構成し、燃料貯蔵設備に係る重大事故時に使用済燃料プール監視カメラの耐環境性向上用の空気を供給する。このうち空気圧縮機及び除湿器については 2 台設置し、空気圧縮機は 1 台で必要流量の 450 L/min 以上を有する。(第 2-4-1 図参照)

使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置は常設設備とし、中央制御室より遠隔にて起動操作が可能な設計とする。

なお、空気圧縮機、除湿器及び空気供給弁については、常設代替交流電源設備である常設代替高圧電源装置又は可搬型代替交流電源設備である可搬型代替低圧電源車より電源を供給する。



第 2-4-1 図 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の概略構成図

2.4.1 使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置の空気圧縮機、除湿器、冷却器の機能及び原理

(1) 空気圧縮機

空気圧縮機は、圧縮機内を往復するピストンの作用で、内部の空間容積を変化させることにより、空気を圧縮し、圧縮された空気を除湿器に送り出す。空気圧縮機は、交流電源を必要とする。

(2) 除湿器

除湿器では、空気圧縮機より送られてくる空気の湿分を除去するため、除湿器内を循環する冷媒により圧縮機から送られてくる空気を冷却する。除湿器は交流電源を必要とする。なお、除湿機の概要図を図 2-4-1-1 に示す。

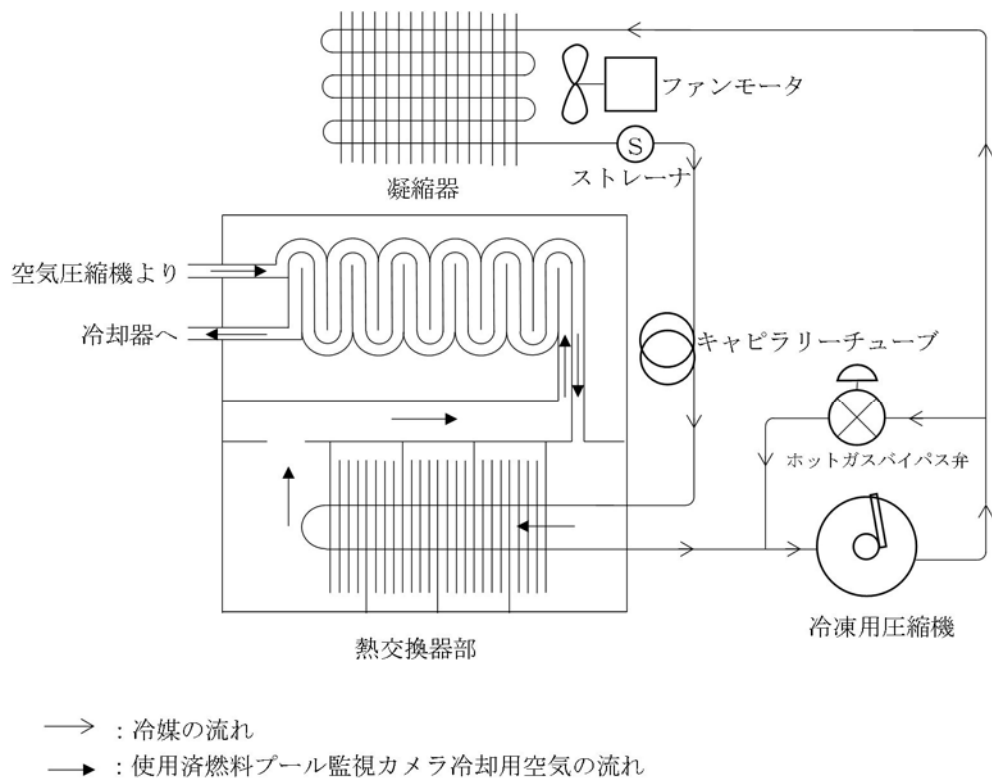


図 2-4-1-1 除湿器の概要図

(3) 冷却器

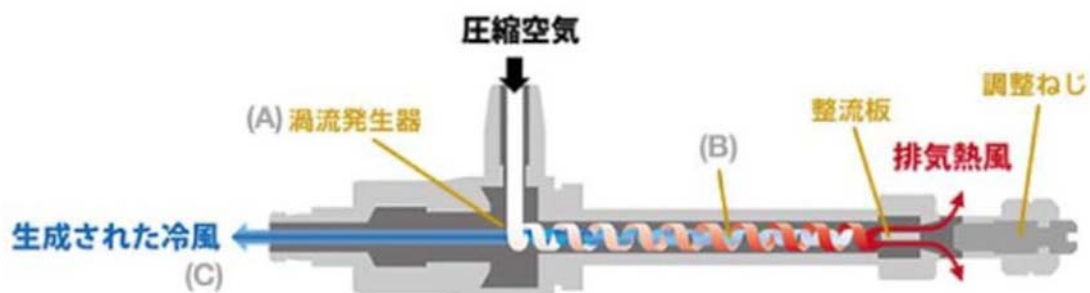
a. 冷却器の仕様

項目	仕様
圧縮空気圧	0.3 ～ 0.7 MPa
消費空気量	460 ～ 1043 L/min
冷風率	35～80 %*
温度差	50 °C
重量	800 g

* : 冷風率は調整ねじによりあらかじめ 35 % で固定とする。

b. 冷却器の機能及び原理

コンプレッサーから供給された圧縮空気は、渦流発生器（ゼネレーター）により接線方向に音速で吐出され、膨張すると共に高速回転し渦流となって、(A) から (B) の方向へ移動します。この時、整流板と調整ねじの間の空間によって熱風排出口から排出される空気量（冷氣比率）が定まる。



(東浜工業株式会社, 東浜商事株式会社HPより)

器内に発生した渦流には大きな遠心力が働いて圧力、密度が急上昇し、抵抗を増加して温度が上昇する。この時に渦流の外側ほど周速は大きく、また温度も高くなり渦流の中心部との間に大きな圧力差を生じる。整流板まで到達した空気は、一部が調整ねじから排気され、残る空気は、行き場を失うことから、渦流の中心部を (B) から (C) の方向へ移動する。この際、移動する空気は、膨張しながら減速による制動作用のため外側の渦流に対して仕事を行うため、外側では温度が上がり、中心部には低温の空気ができる。また、暖かい空気へ供給された熱量と冷たい空気から持ち去られた熱量は常に等しいので調整ねじから外側の熱量の排出量を多くすることにより、内側の冷気量が少なくなり、温度の低下は大きくなる。

3. 大量の水の漏えいその他要因により当該使用済燃料貯蔵槽の水位が異常に低下した場合の監視設備について

使用済燃料プールからの大量の水の漏えいその他の要因により当該使用済燃料プールの水位が異常に低下する事象においては、使用済燃料プールの水位及び温度による監視を継続し、水位監視を主としながら必要に応じて、使用済燃料プール監視カメラにより使用済燃料プールの状態を監視する。

- ・使用済燃料プール水位の異常な低下事象時における水位監視については、使用済燃料プール底部までの水位低下傾向を把握するため、使用済燃料プール水位（S A広域）を配備する。

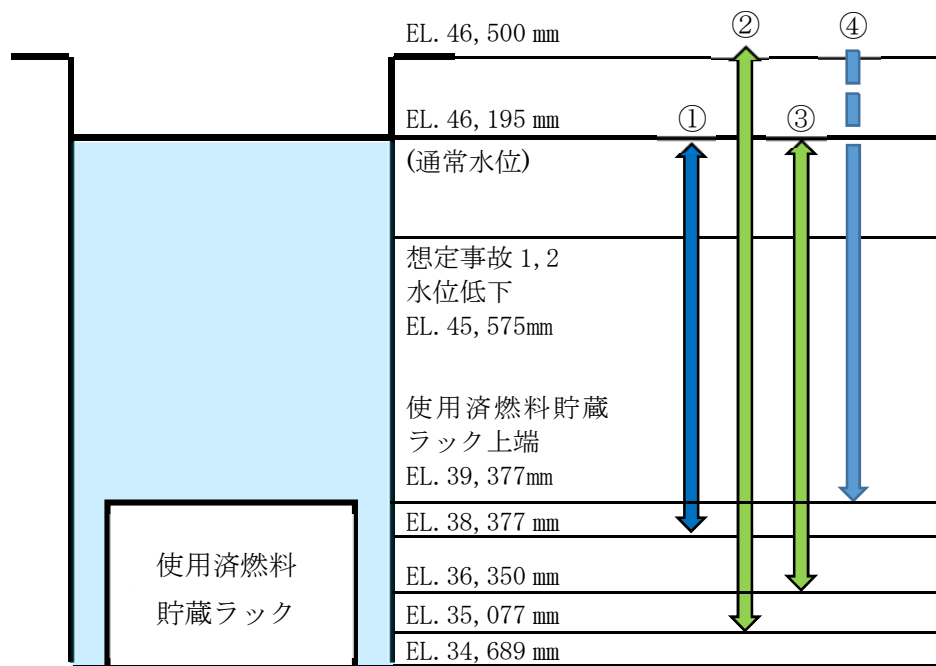
[水位監視]

使用済燃料プールの燃料貯蔵設備に係る重大事故等により変動する可能性のある範囲にわたり水位監視を行う。

[温度監視]

水位監視を主として、使用済燃料プール温度（S A広域）にて温度監視を行う。（温度は沸騰による蒸散状態では、使用済燃料プール水の温度変化がないことから、必要に応じて監視する。）

使用済燃料プールの水位が異常に低下した場合の監視設備については、図 3-1 に示す。



- ① : 使用済燃料プール温度 (SA)
- ② : 使用済燃料プール水位 (SA 広域)
- ③ : 使用済燃料プール温度 (SA 広域)
- ④ : 使用済燃料プール状態監視カメラ

図 3-1 使用済燃料プールの水位が異常に低下した場合の監視設備概略図

4. 使用済燃料プール監視設備の電源構成について

設計基準対象施設に関する使用済燃料プール温度、使用済燃料プール水位及び使用済燃料プール水位・温度（S A広域）は、外部電源が使用できない場合、非常用所内電源から給電を行える設計とする。

また、重大事故等対処設備に関する使用済燃料プール温度（S A）、使用済燃料プール水位・温度（S A広域）及び使用済燃料プール監視カメラは、常設代替直流電源設備である緊急用125V系蓄電池又は可搬型代替直流電源設備である可搬型代替低圧電源車及び可搬型整流器から給電を行える設計とする。使用済燃料プール監視カメラ用空冷装置は、常設代替交流電源設備である常設代替高圧電源装置又は可搬型代替交流電源設備である可搬型代替低圧電源車から給電が可能な設計とする。（図4-1「使用済燃料貯蔵槽の温度及び水位等を監視する装置の概略電源系統図（交流電源）」及び図4-2「使用済燃料貯蔵槽の温度及び水位等を監視する装置の概略電源系統図（直流電源）」参照。）

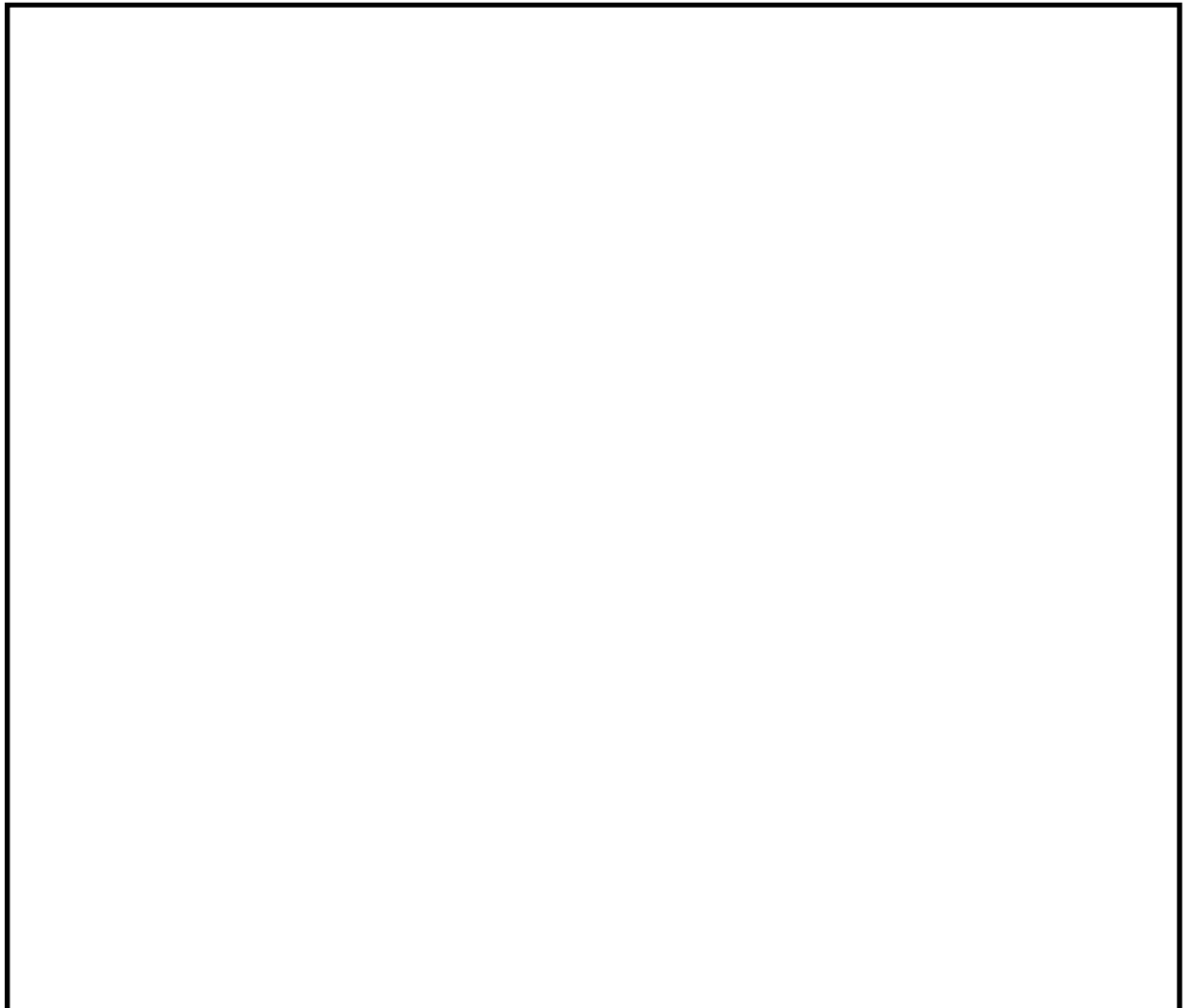


図4-1 使用済燃料貯蔵槽の温度及び水位等を監視する装置の概略電源系統図（交流電源）

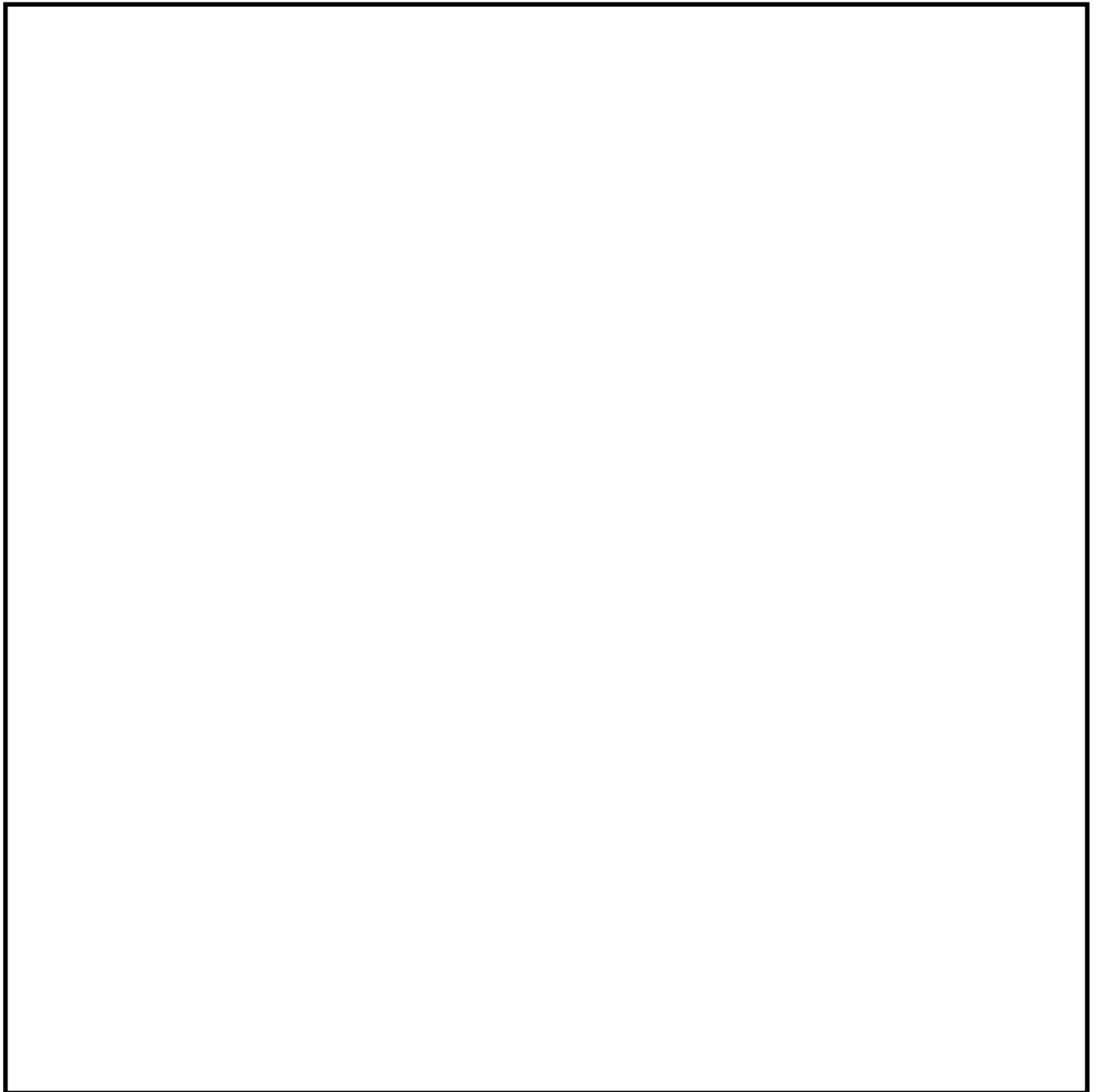


図 4-2 使用済燃料貯蔵槽の温度及び水位等を監視する装置の概略電源系統図（直流電源）