

美浜発電所第3号機
火災感知器増設に係る
設計及び工事計画認可申請

補足説明資料
(抜粋)

034との差異（環境条件、感知器設計、ユニット名称、及び機器名称等）
を赤字で示す。

2022年10月
関西電力株式会社

3. 消防法施行規則の設置条件と異なる感知設計に係るもの

3-1 火災区域・区画の特性に応じた感知設計について

本資料は、平成 31 年 2 月 13 日「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」（以下、「火災防護審査基準」という。）が改正され、火災防護審査基準の改正箇所である以下の下線部の記載を適合させるために、各火災区域・区画の特性に応じた感知設計について説明する。

(火災防護審査基準 2.2.1(1) 抜粋)

(1) 火災感知設備

- ① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できるよう固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等（感知器及びこれと同等の機能を有する機器をいう。以下同じ。）をそれぞれ設置すること。また、その設置に当たっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講ずること。
- ② 感知器については消防法施行規則（昭和 36 年自治省令第 6 号）第 23 条第 4 項に従い、感知器と同等の機能を有する機器については同項において求める火災区域内の感知器の網羅性及び火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和 56 年自治省令第 17 号）第 12 条から第 18 条までに定める感知性能と同等以上の方法により設置すること。

3-1-1 設計方針

(1) エリア毎の火災感知器設計に関する基本方針

本申請では、火災区域又は火災区画において消防法施行規則に基づき設定される感知区域を小部屋や天井高さの違い等を考慮し、グループ化した単位を感知区画、複数の感知区画を環境条件でまとめたものをエリアと定義し、エリアごとに設計を実施する。ただし、原子炉格納容器等については感知区域をグレーチング等の配置状況を考慮して細分化した単位を感知区画、複数の感知区画を環境条件でまとめたものをエリアと定義し、エリアごとに設計を実施する。

具体的には、火災区域又は火災区画を以下のとおり、一般エリア、高天井エリア、放射線量が高い場所を含むエリア、水蒸気が多量に滞留するエリア、屋外エリア及び屋内に準ずるエリアに分類し、エリアごとに設計を実施する。

(a)一般エリア

一般エリアは、感知器等を消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置できるエリアである。

(b)高天井エリア

高天井エリアは、天井高さが床面から 20m 以上のエリアであり、以下のエリアが該当する。詳細は補足説明資料 3-2、3-8 及び 3-12 に示す。

- ・原子炉格納容器内オペレーティングフロア
- ・燃料取扱エリア（新燃料貯蔵庫エリア）
- ・アニュラス
- ・1 次系ケーブルルチェイス

(c)放射線量が高い場所を含むエリア

放射線量が高い場所を含むエリアは、保安規定及びその下部規定において区分 3（1mSv/h を超える可能性のある区域）と定める場所を含むエリアであり、以下のエリアが該当する。詳細は補足説明資料 3-5 及び 3-11 に示す。

- ・原子炉格納容器ループ室
- ・加圧器室
- ・インコアモニタチェス室
- ・抽出水再生クーラ室
- ・燃料ピット脱塩塔室
- ・蒸りゅう液脱塩塔室
- ・脱ほう素塔室
- ・冷却材脱塩塔室
- ・冷却材カチオン塔室
- ・ホールドアップタンクカチオン塔室
- ・ホールドアップタンク脱塩塔室
- ・燃料ピットフィルタ室
- ・燃料ピットスキマフィルタ室
- ・冷却材フィルタ室
- ・キャビティフィルタ室
- ・封水注入フィルタ室
- ・蒸りゅう液フィルタ室
- ・ほう酸濃縮液フィルタ室
- ・イオン交換機フィルタ室
- ・封水フィルタ室

- ・ 廃液ホールドアップタンク室
- ・ 硫酸回収器・溶離器室
- ・ 蒸発器室
- ・ 濃縮廃液タンク室
- ・ 中和タンク室
- ・ 廃液供給ポンプ
- ・ 濃縮液ポンプ室
- ・ 第4廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア

(d)水蒸気が多量に滞留するエリア

水蒸気が多量に滞留するエリアは、水蒸気の影響により、熱感知器以外の感知器等を設置することができないエリアであり、以下のエリアが該当する。詳細は補足説明資料 3-9 に示す。

- ・ シャワー室

(e)屋外エリア

屋外エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用対象ではないエリアであり、以下のエリアが該当する。詳細は補足説明資料 3-6 及び 3-7 に示す。

- ・ 燃料取替用水タンク及び復水タンクエリア
- ・ 空冷式非常用発電装置エリア
- ・ 海水ポンプエリア

(f)屋内に準ずるエリア

屋内に準ずるエリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用対象ではない地下タンク、トンネル又はトレンチが設置されているエリアであり、以下のエリアが該当する。詳細は補足説明資料 3-3 及び 3-13 に示す。

- ・ 燃料油貯蔵タンクエリア
- ・ 海水管トレンチ

(2) 火災防護審査基準 2.2.1(1)①の要求事項に対する設計方針

火災防護審査基準 2.2.1(1)①の要求事項に対する対応方針として、火災感知器は、火災区域又は火災区画における環境条件（放射線の影響、引火性気体の滞留のおそれ、風雨の影響、設備配置）を考慮し、使用可能な感知器等を選定の上、それぞれの感知器等について誤作動を防止するための方策を検討し、その中から設置場所ごとに異なる感知方式の感知器等の組合せを選択する方針とする。

感知器には、アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、炎が発する赤外線又は紫外線を検知するため、煙や熱が感知器に到達する時間遅れがなく、火災の早期感知に優位性があるアナログ式でない炎感知器に加え、広範囲の空間監視に適したアナログ式でない煙感知器（光電分離型）、放射線量が高い場所（10mGy/h を超える場所）で使用可能なアナログ式でない熱感知器（スポット型又は差動分布型、以下、注記なき場合はスポット型を示す。）、風雨の影響による感知器等の不動作や故障が想定される屋外の火災感知に適したアナログ式の防水型の熱感知器、引火性気体が滞留するおそれがある場所で使用可能なアナログ式でない防爆型の煙感知器及びアナログ式でない防爆型の熱感知器を選定する設計とする。

また、検出装置には、アナログ式の煙感知器と同等の機能を有する検出装置として放射線量が高い場所で使用可能な空気吸引式の煙検出装置、アナログ式の熱感知器と同等の機能を有する検出装置として引火性気体が滞留するおそれがある場所で使用可能なアナログ式でない防爆型の熱検出装置、長距離にわたってケーブルが敷設される場所の火災感知に適した光ファイバー式熱検出装置及び風雨の影響による感知器等の不動作や故障が想定される屋外の火災感知に適した熱サーモカメラを選定し、アナログ式でない炎感知器と同等の機能を有する検出装置として風雨の影響による感知器等の不動作や故障が想定される屋外の火災感知に適したアナログ式でない防水型の炎検出装置及び引火性気体が滞留するおそれがある場所で使用可能なアナログ式でない防爆型の炎検出装置を選定する設計とする。

各火災区域又は火災区画において考慮すべき環境条件と、それを踏まえた火災感知器の選定について、第 3-1-1 表に示す。

第 3-1-1 表 火災区域又は火災区画において考慮すべき環境条件とそれを踏まえた火災感知器の選定

考慮すべき環境条件	環境条件を考慮した火災感知器の選定	
	感知器（検定品）	検出装置
放射線の影響 （故障の観点）	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ式でない熱感知器（差動分布型を含む） ・アナログ式でない防爆型の熱感知器※¹ 	<ul style="list-style-type: none"> ・空気吸引式の煙検出装置
引火性気体の滞留のおそれ （火災発生防止の観点）	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ式でない防爆型の煙感知器 ・アナログ式でない防爆型の熱感知器※¹ 	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ式でない防爆型の熱検出装置 ・アナログ式でない防爆型の炎検出装置
風雨の影響 （故障の観点）	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ式の防水型の熱感知器 	<ul style="list-style-type: none"> ・熱サーモカメラ ・アナログ式でない防水型の炎検出装置
設備配置※ ² （感知性の観点）	<ul style="list-style-type: none"> ・アナログ式でない煙感知器（光電分離型） 	<ul style="list-style-type: none"> ・光ファイバー式熱検出装置

※¹：アナログ式でない防爆型の熱感知器は、「放射線量が高い場所」及び「引火性気体の滞留のおそれがある場所」の両方で使用可

※²：設備配置とは、広範囲の空間において監視の障害となる設備がない、ケーブルトレイが長距離にわたって設置されているといった設備の配置状況のことであり、光電分離型は前者、光ファイバー式熱検出装置は後者の設備配置を考慮して選定

感知器等は、誤作動を防止するため、平常時の状況（温度、煙の濃度）を監視し、かつ火災現象（急激な温度や煙の濃度上昇）を把握することができるアナログ式の感知器を優先して使用することを基本とし、感知方式の特性及び設置場所における環境条件（温度（周辺設備からの影響を含む。）、煙の濃度（塵埃及び水蒸気の影響を含む。）、外光の影響）を考慮し、以下のとおり設計する。

煙感知方式のアナログ式の煙感知器、アナログ式でない煙感知器（光電分離型）及びアナログ式でない防爆型の煙感知器は塵埃及び水蒸気の影響を受けない場所に設置し、空気吸引式の煙検出装置は配管の空気吸引口を塵埃を吸込みにくい場所に設置することで、誤作動を防止する設計とする。

熱感知方式のアナログ式の熱感知器、アナログ式の防水型の熱感知器、アナログ式でない熱感知器、アナログ式でない防爆型の熱感知器、アナログ式でない防爆型の熱検出装置、光ファイバー式熱検出装置及び熱サーモカメラは、作動温度を周囲温度より高い温度で作動するものを選定し、誤作動を防止する設計とする。また、アナログ式でない熱感知器（差動分布型）は、加熱源となる設備の近傍等、急激な温度変化がない場所に設置することで、誤作動を防止する設計とする。

炎感知方式のアナログ式でない炎感知器、アナログ式でない防水型の炎検出装置及びアナログ式でない防爆型の炎検出装置は、赤外線を検知する方式と紫外線を検知する方式のうち、炎特有の性質を検出することで誤作動が少ない赤外線方式を採用し、外光が当たらず高温物体が近傍にない屋内の場所、あるいは遮光板を視野角に影響がないように設置し、太陽光の影響を防ぐことができる屋外の場所に設置することで、誤作動を防止する設計とする。

感知器等の組合せについては、設置場所ごとに予想される火災の性質（急激な温度変化、煙の濃度の上昇、赤外線量の上昇）及び環境条件（放射線の影響、引火性気体の滞留のおそれ、風雨の影響、設備配置）を考慮し、火災を早期に感知できるよう、上記の方針で選定し、誤作動の防止を検討した感知器等の中から固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等を選択する設計とする。各感知方式においては、感知器を検出装置より優先して選択するものとする。

消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用対象ではない屋外は、火災防護上重要な機器等、重大事故等対処施設及び発火源となり得る設備を全体的に監視できるよう感知器等を設置する設計とする。

また、消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用対象ではないが、屋内に準ずる場所として、**海水管トレンチ**は感知器を消防法施行規則第 23 条第 4 項に準じて設置し、**燃料油貯蔵タンクエリア**は感知器等を油火災の早期感知に有効な取付場所に設置する設計とする。

(3) 火災防護審査基準 2.2.1(1)②の要求事項に対する設計方針

選択する感知器等をそれぞれ設置するに当たり、感知器については消防法施行規則第 23 条第 4 項に従い、検出装置については同項において求める火災区域内の感知器の網羅性及び省令に定める感知性能と同等以上の方法により設置するとともに、誤作動を防止するための方策を講じる設計とする。また、感知器の設置方法については、火災の感知に支障がないことを確認した上で、以下の i. から iii. に掲げる方法についても適用する設計とする。

- i. 感知区域の面積が小さく、隣接感知区域に感知器があるときに、一定の範囲を限度として、感知器の設置を行わない方法
- ii. 感知器の設置面から換気口等の空気吹出し口までの鉛直距離が 1m 以上あるときに、感知器と空気吹出し口との水平距離が 1.5m を下回る位置に感知器を設置する方法
- iii. 空気吹出し口から水平に空気が吹き出されているときに、その吹き出し方向と逆方向について、感知器と空気吹出し口との水平距離が 1.5m を下回る位置に感知器を設置する方法

ただし、設置場所における環境条件（取付面の高さ、障害物の有無、水蒸気の影響、取付場所）を考慮した場合、以下のイ. からニ. に該当する場所は、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づく条件を満足しないため、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することができない。

また、感知器等の設置又は保守点検時における作業員の被ばくを考慮した場合、以下のホ. に該当する場所は、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することが適切ではない。

イ. 取付面の高さが消防法施行規則第 23 条第 4 項で規定される高さ以上の場所

取付面の高さが消防法施行規則第 23 条第 4 項で規定される高さ以上の場所は、消防法施行規則第 23 条第 4 項第 2 号に規定されている熱感知器を床面を網羅するように設置できないこと、並びに、取付面の高さが 20m 以上の場所は、消防法施行規則第 23 条第 4 項第 1 号イにより、炎感知器以外の感知器を設置することができないことから、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することができない場所である。

ホ. 障害物等により有効に火災の発生を感知できない場所

障害物等により有効に火災の発生を感知できない場所は、消防法施行規則第 23 条第 4 項第 7 号の 4 ハを満足するように炎感知器を設置することができないことか

ら、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することができない場所である。

ハ. 水蒸気が多量に滞留する場所

水蒸気が多量に滞留する場所は、消防法施行規則第 23 条第 4 項第 1 号のニ及びホにより、熱感知器以外の感知器等を設置することができないことから、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することができない場所である。

ニ. 感知器等を設置できる取付面がなく、有効に火災の発生を感知できない場所

感知器等を設置できる取付面がなく、有効に火災の発生を感知できない場所は、熱感知器においては消防法施行規則第 23 条第 4 項第 3 号ロ、煙感知器においては消防法施行規則第 23 条第 4 項第 7 号ホを満足するように設置することができないことから、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することができない場所である。

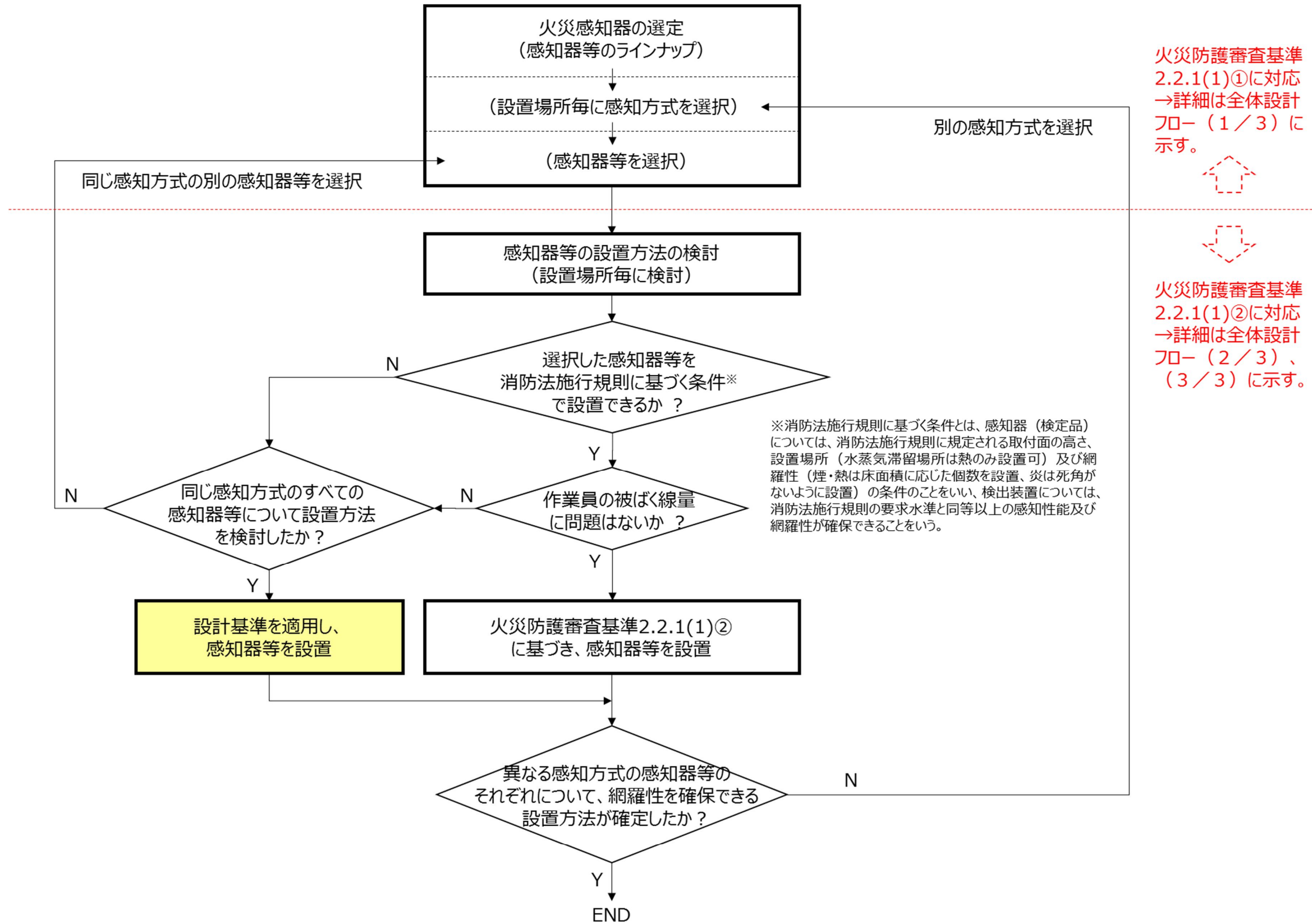
ホ. 放射線作業の計画段階において、感知器等の設置又は保守点検時における作業員の個人線量及び集団線量が、法令で定める線量限度を超過する又は発電所の 1 年間の集団線量を超過するおそれのある場所

放射線作業の計画段階において、感知器等の設置又は保守点検時における作業員の個人線量及び集団線量が、法令で定める線量限度を超過する又は発電所の 1 年間の集団線量を超過するおそれがある場所は、感知器等を火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で設置することが適切でない場所である。

以上より、上記のイ. からホ. に該当する場所は、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足できるよう感知器等を設置する設計とする。ここで、設計基準は、「感知器等を消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置した場合と同等水準で感知できるよう設置することにより、設置場所において発生する火災を早期に感知できること。」（設計基準①）とし、これができない場合は、「火災区域又は火災区画において感知器等を適切な場所に設置することにより、設置場所において発生する火災をもれなく確実に感知できること。」（設計基準②）を適用する方針とする。

3-1-2 設計方針を踏まえた感知器設計の一連の流れについて

3-1-1 にて示した設計方針を踏まえ、各火災区域又は火災区画における火災感知器の選定から設置までの全体概要フローを第 3-1-1 図に示し、その詳細フローを第 3-1-2 図に示す。



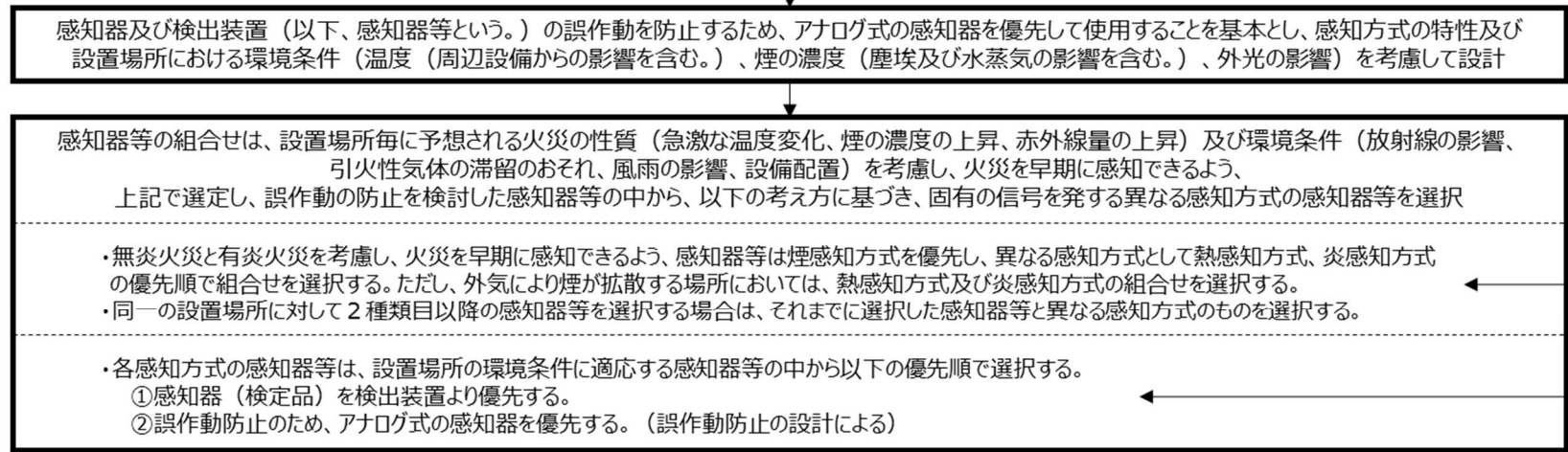
第 3-1-1 図 各火災区域又は火災区画における火災感知器の選定から設置までの全体概要フロー

環境条件を考慮した火災感知器の選定

【用語の定義】

検出装置：感知器と同等の機能を有する機器
放射線量が高い場所：10mGy/hを超える場所
煙感知器及び熱感知器について、特に注記しない場合はスポット型とする。

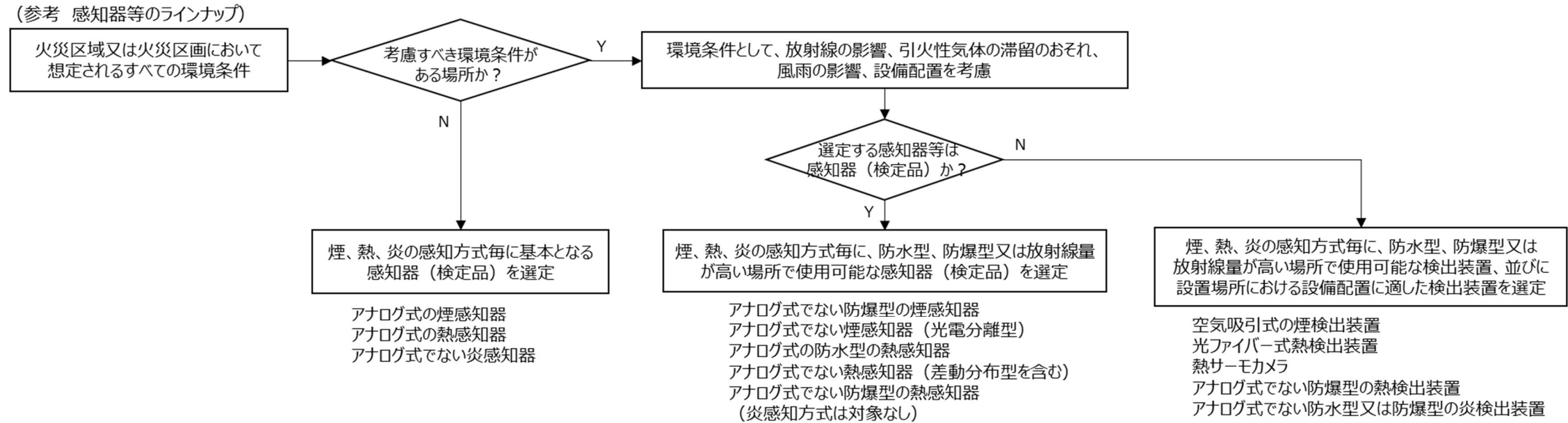
感知方式	感知器（検定品）の選定		検出装置（感知器と同等の機能を有する機器）の選定
	一般的な環境条件	考慮すべき環境条件 (放射線の影響、引火性気体の滞留のおそれ、風雨の影響、設備配置)	
煙	アナログ式の煙感知器	アナログ式でない防爆型の煙感知器（引火性気体の滞留のおそれがある場所で使用可） アナログ式でない煙感知器（光電分離型）（監視の障害となる設備がない広範囲の空間監視に適用）	空気吸引式の煙検出装置（放射線量が高い場所で使用可）
熱	アナログ式の熱感知器	アナログ式の防水型の熱感知器（屋外の設備監視に適用） アナログ式でない熱感知器（差動分布型を含む）（放射線量が高い場所で使用可） アナログ式でない防爆型の熱感知器（放射線量が高い場所、引火性気体の滞留のおそれがある場所で使用可）	光ファイバー式熱検出装置（長距離ケーブルレイの監視に適用） 熱サーモカメラ（屋外の設備監視に適用） アナログ式でない防爆型の熱検出装置（油タンク内部の監視に適用）
炎	アナログ式でない炎感知器	-	アナログ式でない防水型の炎検出装置（屋外の設備監視に適用） アナログ式でない防爆型の炎検出装置（引火性気体の滞留のおそれがある場所で使用可）



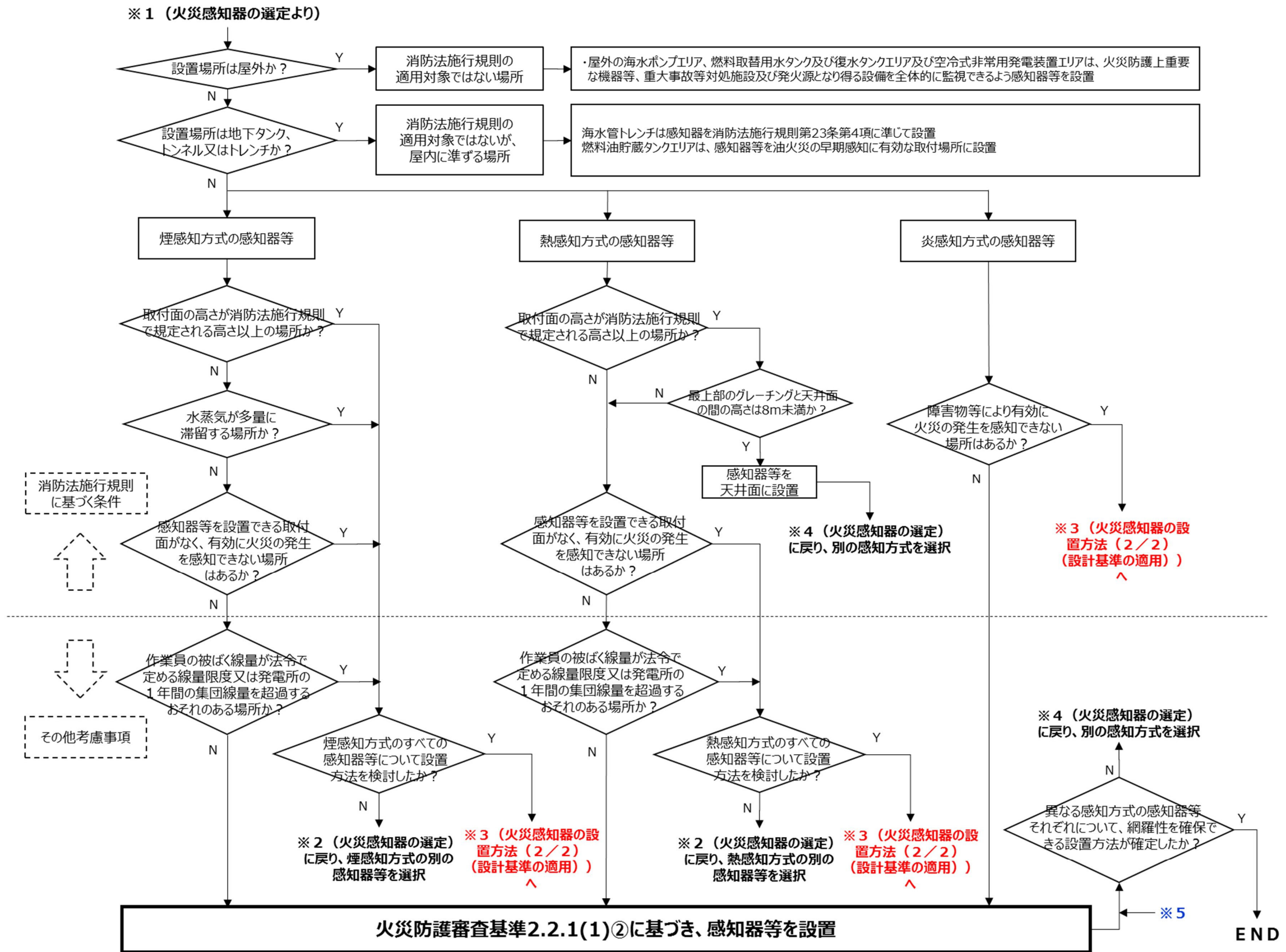
※4（火災感知器の設置方法（1/2）（基準どおり））より

※2（火災感知器の設置方法（1/2）（基準どおり））より

※1（火災感知器の設置方法（1/2）（基準どおり））へ

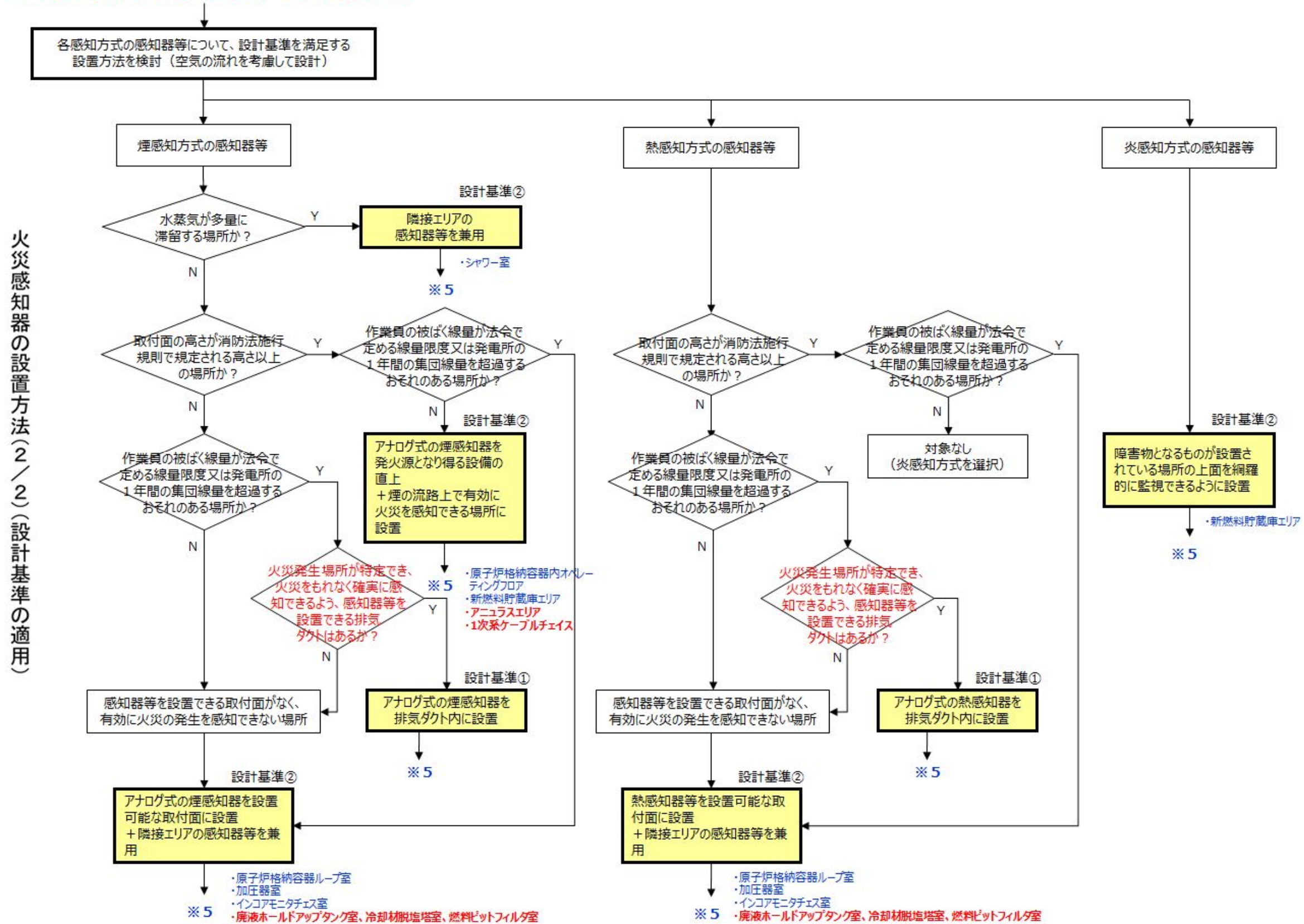


第 3-1-2 図 各火災区域又は火災区画における火災感知器の選定から設置までの詳細フロー (1/3)



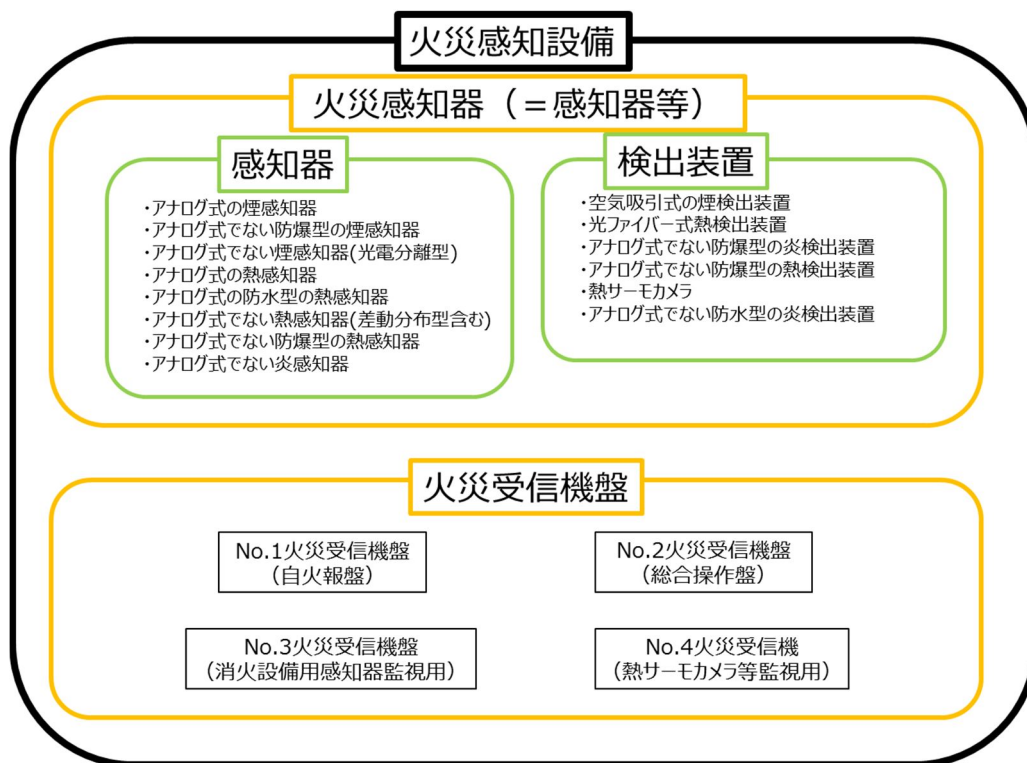
第 3-1-2 図 各火災区域又は火災区画における火災感知器の選定から設置までの詳細フロー (2/3)

※3 (火災感知器の設置方法(1/2)(基準どおり))より



第3-1-2図 各火災区域又は火災区画における火災感知器の選定から設置までの詳細フロー (3/3)

火災感知設備の定義について



3-2 原子炉格納容器の火災感知器設計について

本資料は、原子炉格納容器に設置する火災感知器（以下、感知器等という。）の設計について説明する。

火災防護審査基準における火災区域、区画の設定において、**美浜3号機**の原子炉格納容器はそれぞれ1つの火災区画として設定している。

今回、原子炉格納容器の感知器等の設計にあたっては、原子炉格納容器内の環境条件を考慮し、この火災区画を分割し、エリア毎に設計する。

3-2-1 原子炉格納容器内のエリア、フロアの概要

原子炉格納容器は、その容器内に原子炉容器、加圧器、蒸気発生器、1次冷却材ポンプ及びそれらを接続する配管等の機器を収納している。原子炉格納容器内の環境条件を考慮すると、第3-2-1図に示す原子炉格納容器の概略図のとおり、3つのエリアに分類することができる。

①一般エリア

原子炉格納容器内のうち下階層の周回通路沿いのエリア

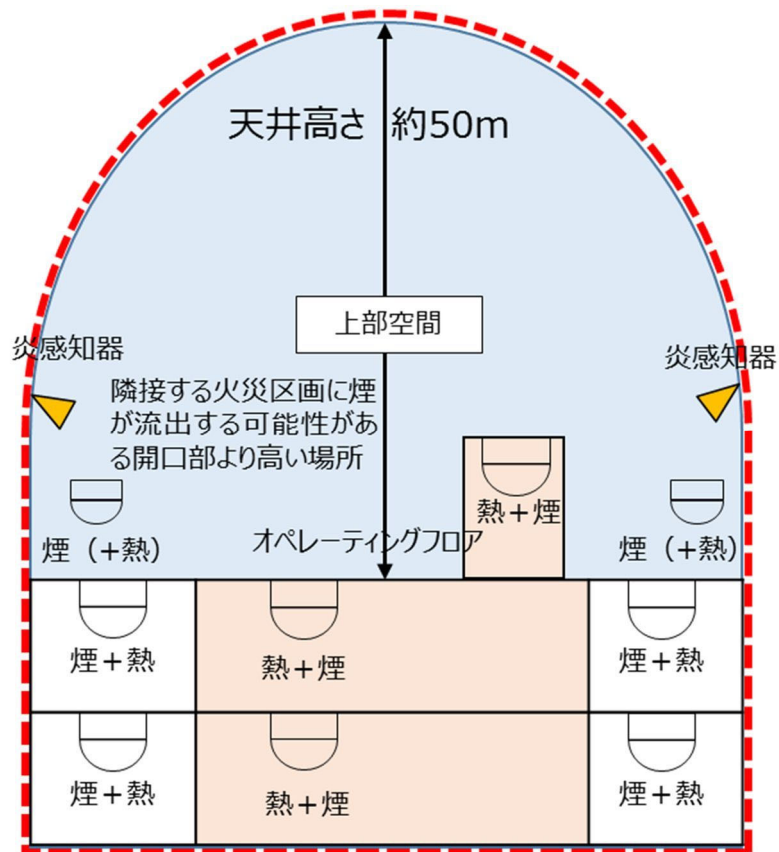
②放射線量が高い場所を含むエリア

運転中において線量当量率が最も高い区分3のエリア（原子炉格納容器ループ室、**加圧器室**、再生熱交換器室、**インコアモニタチェス室**）

③高天井エリア

原子炉格納容器内最上部でオペレーティングフロアから上部（キャビティを含む。）で、天井高さが床面から**20m**以上のエリア

- : 一般エリア
- : 放射線量が高い場所を含むエリア
- : 高天井エリア
- : 火災区画



第 3-2-1 図 原子炉格納容器の概略図

3-2-2 原子炉格納容器内の換気空調設備による空気の流れについて

プラント運転時及び停止時における原子炉格納容器内の換気空調設備による空気の流れを以下に示す。

(1) プラント運転時

プラント運転時は、格納容器循環ファン、原子炉しゃへい冷却ファンにより、原子炉格納容器内の空気を取り込み、原子炉格納容器内に排出することで、原子炉格納容器内で空気を循環させる設計としている。各ファンのプラント運転時における運転台数及び設計流量を第 3-2-1 表に示す。

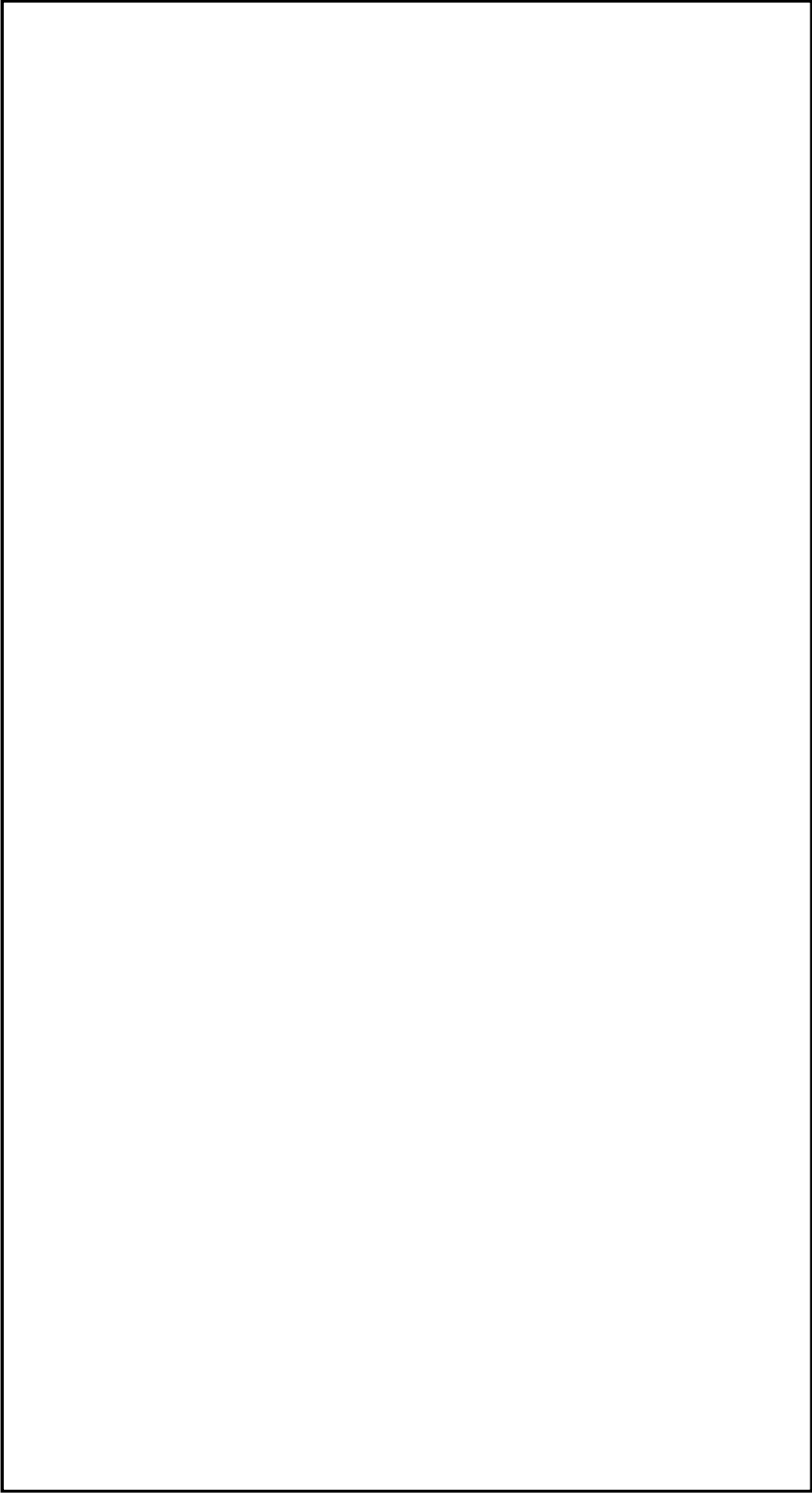
第 3-2-1 表 プラント運転時における格納容器循環系統について

ファン名称	運転台数	設計流量	計測風量
格納容器循環ファン	3 台		
原子炉しゃへい冷却ファン	1 台		

プラント運転時における格納容器循環系統の設計総流量は約 m³/min である。原子炉格納容器の自由体積が約 m³ であることから、5 分未満で原子炉格納容器内全体の空気を循環させることが可能である。

プラント運転時における原子炉格納容器内の格納容器循環系統の空気の流れを、第 3-2-2 図に示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第3-2-2図 プラント運転中における格納容器循環系統の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) プラント停止時

プラント停止時は、格納容器循環系統は停止状態となるが、格納容器送気ファン及び格納容器排気ファン等により構成される格納容器空調系統により、原子炉格納容器外の新鮮な空気を原子炉格納容器内に取り込み、排気筒を通じて格納容器外に排出することで、原子炉格納容器内の空気を換気及び浄化させる設計としている。各ファンのプラント停止時における運転台数及び設計流量を第 3-2-2 表に示す。

第 3-2-2 表 プラント停止時における格納容器空調系統について

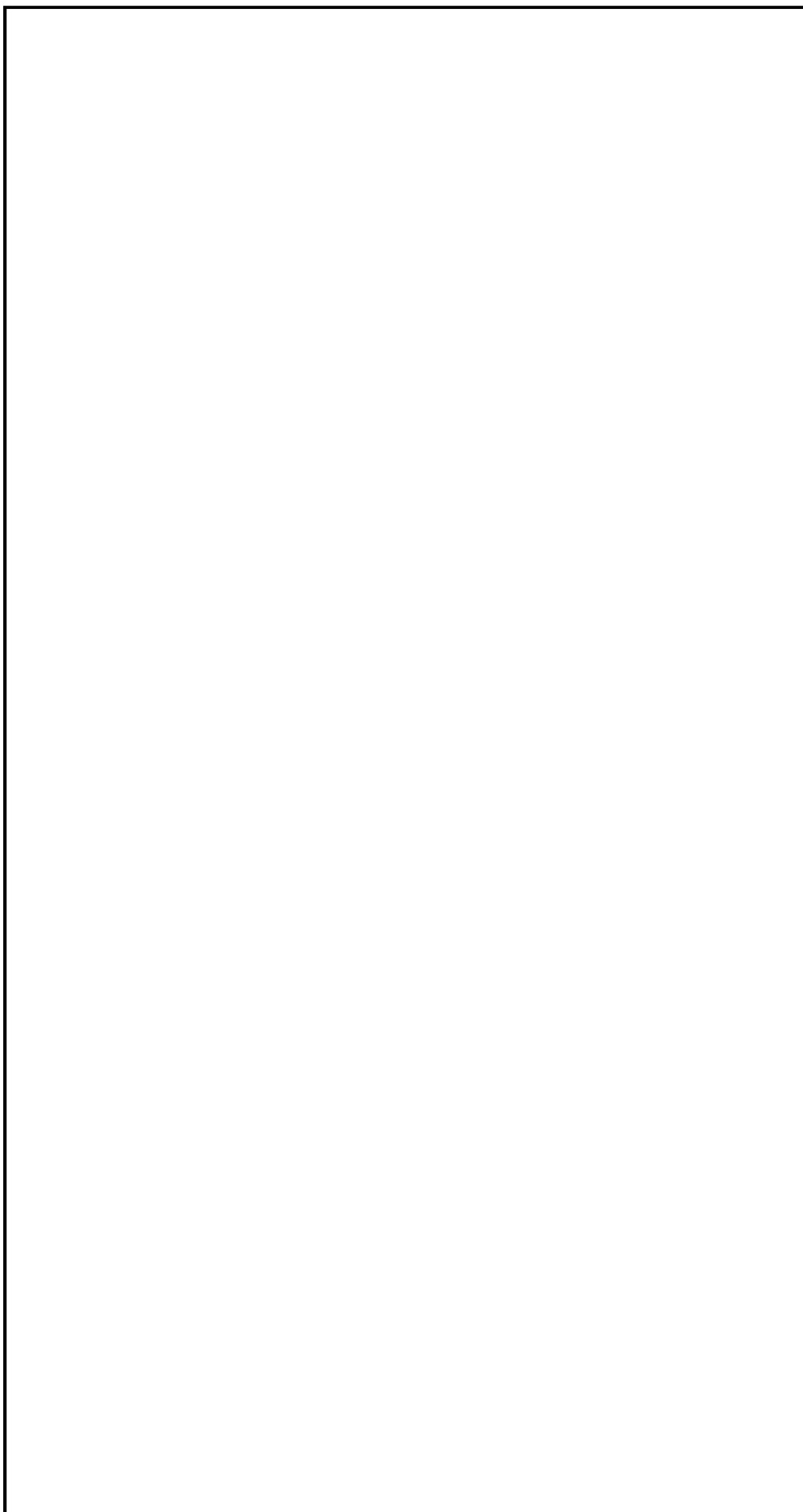
ファン名称	運転台数	設計流量	計測風量
格納容器送気ファン	1 台		
格納容器排気ファン	1 台		

プラント停止時における格納容器空調系統の総給気流量及び総排気流量はそれぞれ約 m³/min である。原子炉格納容器の自由体積が約 m³ であることから、80 分未満で原子炉格納容器内全体の空気を換気及び浄化させることが可能である。

プラント停止時における原子炉格納容器内の格納容器空調系統の空気の流れを、第 3-2-3 図及び第 3-2-4 図に示す。格納容器送気ファンより給気された空気は、排気ダクトを通して排気筒より排気される。



第 3-2-3 図 プラント停止中における格納容器空調系統の空気の流れ (平面図)



第 3-2-4 図 プラント停止中における格納容器空調系統の空気の流れ (系統図)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3-2-3 原子炉格納容器の火災感知器設計

3-2-1 項で分類した①～③のそれぞれのエリアについて、環境条件等を考慮した感知器等の設計の考え方を説明する。

(1) 一般エリア

原子炉格納容器内のうち下層階の周回通路沿いのエリアであり、ループ室内の主要機器からの配管、隔離弁等が設置されているが、高天井エリアや放射線量が高い場所を含むエリアにも該当しないため、異なる感知方式の感知器等として、アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器を設置する設計とする。

(2) 放射線量が高い場所を含むエリア

保安規定及びその下部規定の放射線・化学管理業務要綱にて管理区域内の各エリアを線量当量率が低い方から区分1～3の3段階で区分しているが、放射線量が高い場所を含むエリアはプラント運転中において線量当量率が最も高い区分3の場所を含むエリアであり、原子炉格納容器ループ室、加圧器室、抽出水再生クーラ室及びインコアモニタチェス室が該当する。

当該エリアの感知器等の設計については、補足説明資料 3-5「放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計について」に示す。

(3) 高天井エリア

原子炉格納容器内最上部でオペレーティングフロアから上部の天井高さが床面から20m以上のエリアである。

一般エリア及び放射線量が高い場所を含むエリアには機器、配管、弁が設置されているが、このエリアはそのような主要な機器類はなく、巨大な空間のエリアである。

イ. 使用する感知器等の選択

高天井エリアで使用する感知器等の検討結果を第3-2-3表に示す。第3-2-3表のとおり、高天井エリアにおいては、様々な感知器等が使用可能であるが、オペレーティングフロアの現場施工性を考慮して、1種類目はアナログ式でない炎感知器、2種類目はアナログ式の煙感知器を選択する。

第3-2-3表 原子炉格納容器オペレーティングフロアで使用する感知器等の検討結果

感知方式	熱感知方式				煙感知方式				炎感知方式	
	アナログ式の熱感知器 (スポット型)	アナログ式でない熱感知器 (スポット型)	差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式)	光ファイバー式熱検出装置	熱サーモカメラ	アナログ式の熱感知器 (スポット型)	アナログ式でない熱感知器 (スポット型)	光電分離型熱感知器 (非蓄積型)		空気吸引式の煙検出装置
火災感知器種類	放射線の遮蔽 (防護の防止)	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	環境条件の考慮	△	△	△	△	○	△	△	△	○
設置適合性 (実設後進行遅延(遅延時間))	取付面高さ、遮蔽、湿度、空気清浄の考慮 (感知性の確保)	△	△	△	△	○	△	△	△	○
	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○	○
設置項目	信頼性の確保	○	○	○	○	○	○	○	○	○
	電圧の確保	○	○	○	○	○	○	○	○	○
設置項目	現場施工性 (信頼性の確保に必要な施工の確立性)	○	○	△	△	△	○	△	△	△
	各感知方式で使用される火災感知器	△	△	△	△	△	△	△	△	△

○：選定可能 △：条件付きで選定可能 ×：選定することが適切でない

※：環境条件及び現場施工性を考慮して、アナログ式の熱感知器を他の熱感知方式の感知器等より優先使用
環境条件及び現場施工性を考慮して、アナログ式の煙感知器を他の煙感知方式の感知器等より優先使用

ロ. 使用する感知器等の設置方法

オペレーティングフロアは天井高さが床面から 20m 以上のエリアであり、炎感知器の設置は可能であるが、煙感知器と熱感知器は取付面の高さが消防法施行規則第 23 条第 4 項で規定される高さ以上の場所に該当し、消防法施行規則第 23 条第 4 項第一号イにより設置することが適切ではないため、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法又は設計基準①を満足する方法で設置することができない。

従って、アナログ式でない炎感知器は、オペレーティングフロアの床面上方に一部グレーチング床 が設置されていることを考慮し、グレーチングの上部と下部の床面をそれぞれ監視できるように火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法により設置する設計とする。炎感知器の監視範囲を第 3-2-5 図に示す。

また、アナログ式の煙感知器については、プラント運転中は原子炉格納容器循環ファン（以下「循環ファン」という。）の運転により原子炉格納容器内で空気が循環する設計となっていること、並びに、プラント停止中に原子炉内に燃料がある状態でこれらのファンを停止する運用となっていることを踏まえ、以下に記載するファンの運転状況と空気の流れを考慮して設置する設計とする。

- ・循環ファンの運転時においては、オペレーティングフロアの火災により発生した熱及び煙、あるいは原子炉格納容器ループ室又は加圧器室の火災により流れ込む熱及び煙は、原子炉格納容器ループ室を通過してオペレーティングフロアに抜ける空気の流れに乗って上昇し、循環ファンにより原子炉格納容器内で循環するため、火災の継続とともに原子炉格納容器内の空気温度及び煙濃度が全体的に均一になりながら高まっていく。
- ・循環ファンの停止時においては、火災により発生した熱により上昇気流が発生すること及び格納容器送気ファン及び格納容器排気ファンが運転を継続していることから、オペレーティングフロアの火災により発生した熱及び煙、あるいは原子炉格納容器ループ室又は加圧器室の火災により流れ込む熱及び煙は、格納容器送気ファンによって取り込まれる外気で攪拌されながらオペレーティングフロア内を対流し、格納容器排気ファンにより排出される。循環ファンの停止時における火災による熱及び煙の流れを第 3-2-6 図に示す。

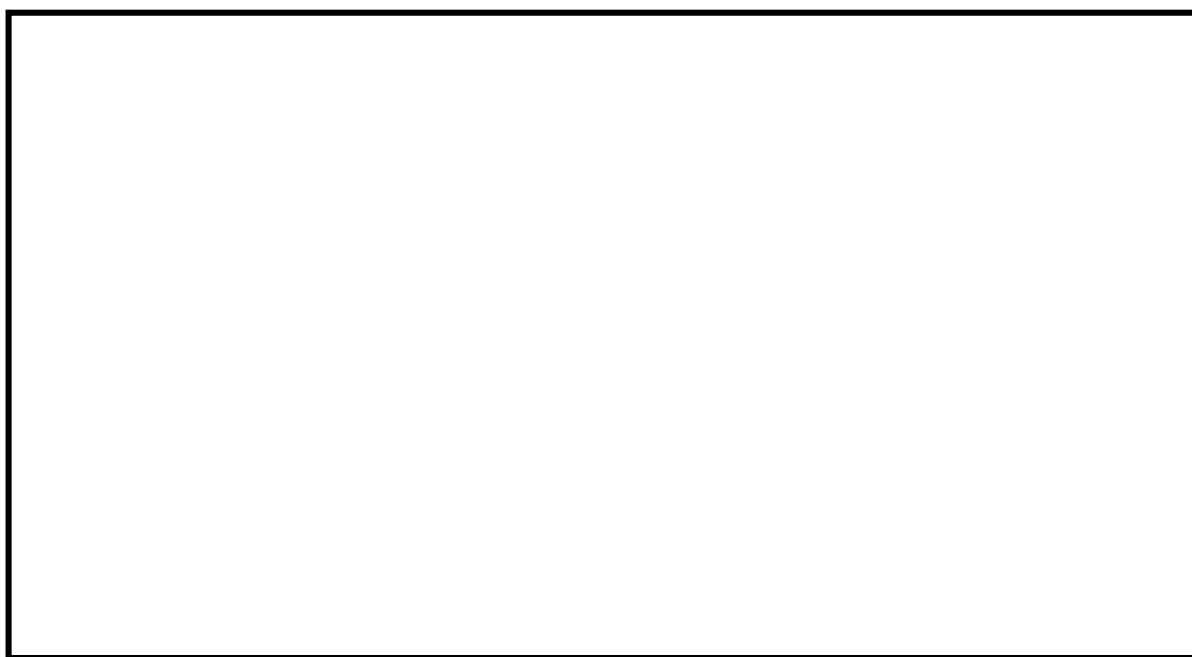
以上より、循環ファンの運転時及び停止時において、発炎段階の火災は消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づきアナログ式でない炎感知器を設置することにより早期に感知し、発熱量の少ないくん焼段階の火災は発火源となり得る設備の直上及び煙の流路上で有効に火災を感知できる場所にアナログ式の煙感知器を設計基準②を満足する設計とする。火災により発生した煙の流路上になる原子炉格納容器ループ室上部の SG 側のグレーチング面への煙感知器の設置方法は、原子炉格納容器ループ室における設置方法に準じた設計とする。（補足説明資料 3-11 参照。）また、循環ファンの停

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

止時において、原子炉格納容器ループ室又は加圧器室の火災により流れ込む煙についても、発火源となり得る設備の直上及び煙の流路上で有効に火災を感知できる場所に設計基準②を満足するよう設置するアナログ式の煙感知器により感知する設計とする。

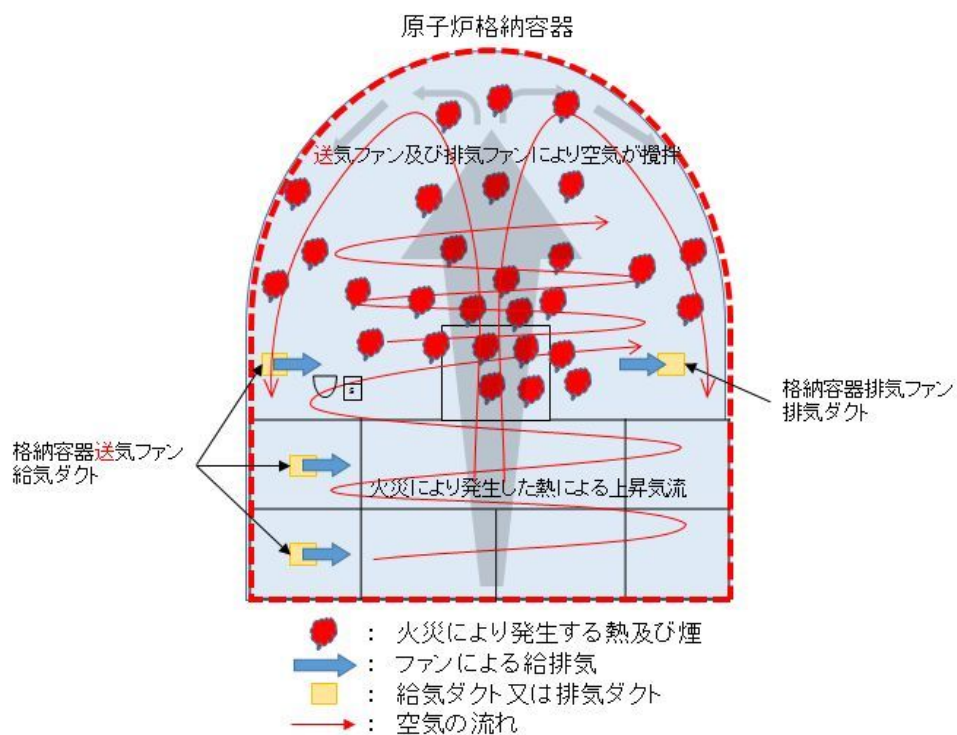
なお、発火源となり得る設備は、火花を発生する可能性のある設備又は高温となる設備に該当する電気盤とし、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を第 3-2-7 図のように電気盤の直上に支持鋼材（グレーチングのような開口部はない）を使用して設置する設計とする。アナログ式の熱感知器は、設計基準②を満足するために必須ではないが、より早期に火災を感知できるよう自主設置する設計とする。

オペレーティングフロアに設置するアナログ式の煙感知器を第 3-2-8 図に示し、原子炉格納容器内の開口部の位置を第 3-2-9 図、原子炉格納容器上部の設備設置状況を第 3-2-10 図に示す。

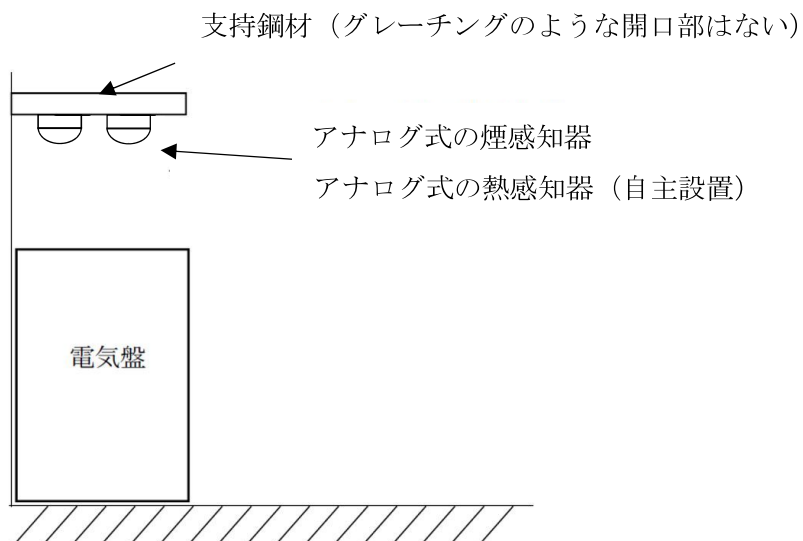


第 3-2-5 図 高天井エリアの感知器監視範囲図（美浜発電所 3 号機）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



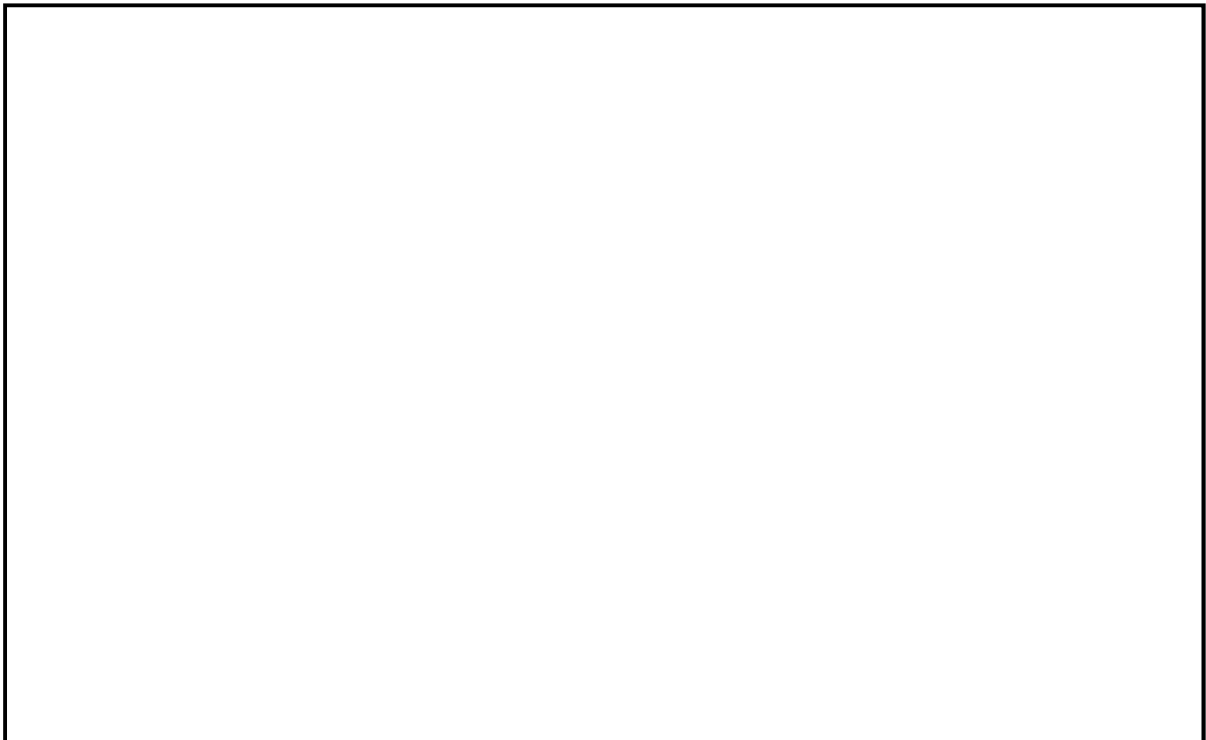
第 3-2-6 図 循環ファンの停止時（格納容器送気・排気ファンは運転）における火災による熱及び煙の流れ



第 3-2-7 図 感知器設置イメージ

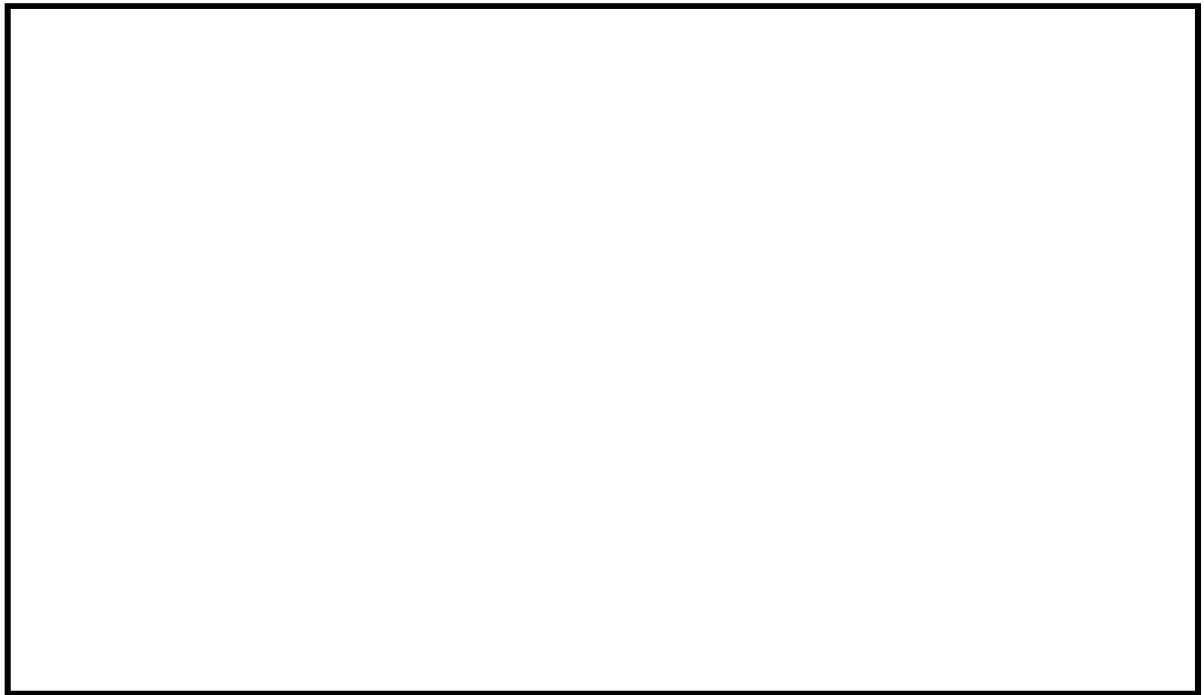


第 3-2-8 図 オペレーティングフロアに設置するアナログ式の煙感知器の配置図（平面図）



第 3-2-9 図 原子炉格納容器内の開口部の配置図（断面図）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第3-2-10図 原子炉格納容器上部の設備設置状況

ハ. 循環ファン停止時において原子炉格納容器内オペレーティングフロアで発生する火災規模の整理

a. 原子炉格納容器内オペレーティングフロアの火災発生時の空気の流れと火災規模の定義

(a) 空気の流れによる火災規模の定義

循環ファン停止時において原子炉格納容器内オペレーティングフロアで発生する火災の規模を煙の現象論を踏まえて大・中・小の3段階に分けて整理する。各火災規模を以下のとおり定義するとともに、第3-2-11図に各火災規模のイメージを示す。

火災規模の定義

大：発熱量が大きく、熱の気流に乗ってC/V頂部まで上昇した煙が、コンクリート内壁に接触しながら冷却され、周囲の空気との密度差により生じる自然対流で煙が下降に転じるといった流れが継続する大規模火災

中：発熱量が中程度で、熱の気流に乗ってC/V頂部まで上昇した煙がC/V頂部で平衡状態となり下降せず、溜まり続ける中規模火災

小：発熱量が小さく、熱の気流に乗って煙が上昇する過程で、周囲の空気に熱を奪われ、上昇力を失い、C/V内の低い層で煙が水平方向に拡散する流れの方が優位となる小規模火災

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



火災規模 小 中 大

第3-2-11図 各火災規模のイメージ図 (■ が煙の流れ)

(b) 火災規模毎の発熱速度

(a) で定義した火災規模毎に想定する発熱速度を以下のとおり設定する。

- ・火災規模「大」：C/V内において最大規模の火災源を想定する。具体的には、既許認可の実績として、美浜3号機の再稼働審査のまとめ資料で用いている「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」の「表8.1 火災源のスクリーニング用発熱速度 (HRR)」のうち、電気盤1面火災相当の211kWを適用し、熱流動により対流が生じる場合を想定する。
- ・火災規模「中」：C/V内における中規模の火災源として、「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」の「表8.1 火災源のスクリーニング用発熱速度 (HRR)」のうち、最小値であるモータ1台相当の69kWを適用し、熱流動が起こらず煙が格納容器頂部に溜まっていく場合を想定する。
- ・火災規模「小」：「原子力発電所の内部火災影響評価ガイド」に基づく発熱速度の設定がないことから、火災規模「大」及び「中」と比較して、より小さい発熱速度を想定する。

(c) 小括

循環ファン停止時において原子炉格納容器内オペレーティングフロアで発生する火災の規模を大・中・小の3段階に分けて整理した。この整理を踏まえ、次項以降で火災感知器の感知性について確認する。また、念のため原子炉格納容器の健全性について解析結果を考慮し確認する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

b. 煙感知器の感知性の確認

原子炉格納容器内オペレーティングフロアに設置する煙感知器の感知性について、定義した火災規模毎に確認する。

(a) 火災規模「大」

火災規模「大」の場合、発熱量が大きく、その熱による上昇気流に乗ってC/V頂部まで上昇した煙が、コンクリート壁に接触することで冷却され、周囲の空気との密度差により生じる自然対流により下降に転じるといった煙の流れが継続する。このような煙の流路となる場所に煙感知器を設置することで火災を感知可能である。

(b) 火災規模「中」

火災規模「中」の場合、発熱量が中程度であり、その熱による上昇気流に乗ってC/V頂部まで上昇した煙が下降せず、C/V頂部に溜まり続ける。このような火災が継続した場合、煙はC/V頂部に溜まっていき、煙層が厚くなっていくことから、時間の経過とともに感知可能である。

(c) 火災規模「小」

火災規模「小」の場合、発熱量が小さく、熱気流に乗って煙が上昇する過程で、周囲の空気に熱を奪われC/V頂部に到達する前に上昇力を失い、水平方向に拡散する流れの方が優位となる。このような火災が継続した場合、煙はオペレーティングフロアの床面付近で広がることから、オペレーティングフロア上の発火源となり得る設備の直上に設置する煙感知器にて感知可能である。

(d) 小括

原子炉格納容器内オペレーティングフロアに設置する煙感知器は、火災規模「大」「中」「小」いずれの火災についても感知可能であり、もれなく確実に火災を感知できる設計となっていることを確認した。

c. 原子炉格納容器の健全性の確認

火災発生時の原子炉格納容器の健全性について以下のとおり確認する。

(a) 解析条件

火災発生時の原子炉格納容器の健全性を確認するために、火災規模「大」を用いて温度評価を実施した。

①FDTsを用いた原子炉格納容器頂部の温度評価

原子炉格納容器内オペレーティングフロアにおける火災時の原子炉格納容器頂部の温度を評価するため、米国NRCが公開している評価ツールであるFDTsを用いて評価した。空間体積には、原子炉格納容器オペレーティングフロアより上部相当の体積を設定し、保守的な火源の条件設定として、最も発熱量の大きい火災規模「大」の火源を用いて換気のない条件下で温度評価を実施した。

(b) 原子炉格納容器の温度制限値

設計基準において発生する火災により、発電用原子炉施設の安全性が損なわれないようにするため、設計基準対象施設に対して必要な機能を有することが求められている。設計基準事故時の原子炉格納容器の最高使用温度が122°Cであることを踏まえ、火災発生時の原子炉格納容器頂部の温度制限値を122°Cと設定する。

なお、温度制限値の妥当性について以下に示す。

原子炉格納容器バウンダリとして、原子炉格納容器頂部には原子炉格納容器鋼板があることから、当該部への熱影響について評価を行う。

原子炉格納容器鋼板については、設計基準事故時の条件において変形が弾性域に収まっていることを確認している。また、クリープ現象については、融点の半分程度以上の高温で長時間かけて生じるものであるが、評価対象の鋼材は炭素鋼であり、一般的な炭素鋼の融点は1000°C以上であることから、クリープ現象を考慮する必要はない。

以上より火災発生時の原子炉格納容器頂部の温度制限値を122°Cと設定することは妥当である。

(c) 解析結果を踏まえた原子炉格納容器の健全性評価

原子炉格納容器内オペレーティングフロアにおける火災時の原子炉格納容器頂部の温度を評価するため、米国NRCが公開している評価ツールであるFDTsを用いて評価した結果、最も発熱量の大きい火災規模「大」の火源を用いた場合、原子炉格納容器頂部の高温ガス層温度は火災発生から1時間で75.7°C程度となった。

評価ツールを用いた火災規模「大」の評価結果を別紙 1-1 に示す。

火災発生時の原子炉格納容器頂部の温度が、原子炉格納容器頂部の温度制限値を超過しないことから、原子炉格納容器バウンダリの健全性が維持されることを確認した。

なお、感知までに最も時間を要する火災規模「中」の火源を用いた場合は、煙層は格納容器頂部より 30m 程度下 (相当) に火災発生から 10 分程度で到達するため、健全性評価については火災規模「大」の結果に包絡される。評価ツールを用いた火災規模「中」の評価結果を別紙 1-2 に示す。

(d) 小括

火災規模「大」の火源を用い、換気のない条件を想定しても、原子炉格納容器頂部の温度は温度制限値である 122℃を超過せず、原子炉格納容器バウンダリの健全性が維持されることを確認した。

d. 大括

循環ファン停止時における原子炉格納容器内オペレーティングフロアの空気の流れを踏まえ、火災の規模を煙の現象論に基づき大・中・小に分けて確認した結果、いずれの火災についても原子炉格納容器内オペレーティングフロアに設置する煙感知器により感知可能であり、もれなく確実に火災を感知できる設計となっていることを確認した。

また、原子炉格納容器頂部の温度は、設計基準事故時の原子炉格納容器の最高使用温度を基に設定した温度制限値である 122℃を超過しないことから、原子炉格納容器バウンダリの健全性は維持されることを確認した。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

二. 煙感知器の設置場所の評価

a. 煙感知器の感知性能及び網羅性に係る比較検討

原子炉格納容器内オペレーティングフロアの感知器設計のうち、火災により発生した煙の流路、並びに、隣接する火災区画に煙が流出する可能性がある開口部より高い場所に設置する設計としているアナログ式の煙感知器について、ハ. で評価及び解析した原子炉格納容器頂部の温度及び火災発生時の空気の流れを踏まえ、その設置場所について検討した。また、空気吸引式の煙感知器及び光電分離式の煙感知器についても同様に検討した。

検討にあたって、原子炉格納容器内オペレーティングフロアにおける煙感知器設置場所について、煙感知器の感知性能及び網羅性の観点で比較検討を実施した。検討結果を第3-2-4表に示す。

第3-2-4表 煙感知器の感知性能及び網羅性に係る比較検討結果

凡例 ○：もれなく確実に感知可能、×：感知不可

設置場所 及び 最大設置高さ	案1	案2	案3-1	案3-2	案3-3	案3-4
	感知区画 10-1のグレーチング面上部に煙感知器（スポット型）を設置	ポーラクレール付近で人が寄り付き、感知器の設置及び保守点検が可能なCV壁面に煙感知器（スポット型）を設置	CVトップトップドーム部に煙感知器（スポット型）を設置	CVトップトップドーム部の火災を必要な期間、感知できるように煙感知器（スポット型）を仮設	CVトップトップドーム部に空気吸引式の煙感知器を設置	CVトップトップドーム部に光電分離式の煙感知器を設置
火災規模	E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>	E. L. <input type="text"/>
	程度	程度	程度	程度	程度	程度
小 ^{※1}	○	○	○	○	○	○
中	○	○	○	○	○	○
大	○	○	○	○	○	○

※1：案1～案3のいずれにおいても、火災規模「小」の感知は原子炉格納容器内オペレーティングフロア下層（感知区画15）の煙感知器に期待しており、感知性能及び網羅性に差異はない。

検討の結果、上記の案において、いずれの場所に煙感知器を設置しても、感知性能及び網羅性に問題はないと評価できる。

b. 煙感知器の設置に係る比較検討

案1、案2及び案3のいずれの場所に煙感知器を設置しても、感知性能及び網羅性に問題がないことを確認したため、次にそれぞれの案について、感知器設置の成立性、

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

保守点検（定期点検及び定期取替）の成立性、偶発的な故障の対応及び耐震性の確保の観点他考慮事項を踏まえ、総合的評価を行い、その結果を第3-2-5表に示す。

第3-2-5表 煙感知器の設置に係る比較検討結果

凡例 ○：成立性に問題なし、×：成立性に問題あり

設置場所及び最大設置高さ		案1	案2	案3-1	案3-2	案3-3	案3-4
		感知区画10-1のグレーチング面上部に煙感知器（スポット型）を設置	ポーラクレール付近で人が寄り付き、感知器の設置及び保守点検が可能なCV壁面に煙感知器（スポット型）を設置	CVトップドーム部に煙感知器（スポット型）を設置	CVトップドーム部の火災を必要な期間、感知できるように煙感知器（スポット型）を仮設	CVトップドーム部に空気吸引式の煙感知器を設置	CVトップドーム部に光電分離式の煙感知器を設置
検討項目		E. L. <input type="text"/> 程度	E. L. <input type="text"/> 程度	E. L. <input type="text"/> 程度	E. L. <input type="text"/> 程度	E. L. <input type="text"/> 程度	E. L. <input type="text"/> 程度
設置の成立性		○	○	○	○	○	○
保守点検の成立性	定期点検※1	○ 直接目視点検可 遠隔試験可	○ 直接目視点検可 遠隔試験可	○ 双眼鏡で点検可 遠隔試験可	○ 外観点検・作動 試験後に仮設	○ 双眼鏡で点検可 現地試験可	○ 双眼鏡で点検可 遠隔試験可
	定期取替※2	○	○	○	○	○	○
偶発的な故障の対応		○	○	○	○	○	○
耐震性の確保		○	○	○	×	○	○
評価		懸念事項なし	労働安全確保の観点から、保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（20日以上）要する	保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（30日以上）要する	地震時の波及的影響の懸念あり	保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（30日以上）要する	保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（30日以上）要する
総合評価		いずれの案でも感知性及び原子炉格納容器バウンダリの健全性に問題がないことから、最も懸念の少ない案1が最適と判断する。					

※1：消防法に基づき、定期的な点検（外観点検、作動試験）が必要である。

※2：感知器は一般産業品のため、劣化による故障を想定し、定期取替の実施が必要である。

原子炉格納容器内オペレーティングフロア上部に設置する煙感知器の定期取替頻度について以下に示す。

日本火災報知機工業会は10年毎の感知器取替を推奨しているが、原子炉格納容器内オペレーティングフロア上部は一般的な環境に比べ10℃以上温度が高いことから、

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

アレニウスの10℃半減則（温度が10℃上がると寿命が半分になるという経験則）を適用し、感知器の熱劣化の影響についても考慮した場合、取替頻度は10年の半分以下となる3～5年程度が妥当と考えている。

上記の検討結果より、案1を煙感知器の最適な設置場所と判断し、感知区画10・1のグレーチング面上部に煙感知器（スポット型）を設置する設計とする。

案1において期待する煙感知器及び原子炉格納容器の感知器設計概要について、第3・2・12図に示す。また、参考として、案2において期待する煙感知器を第3・2・13図に示す。



第 3・2・12 図 案 1 で期待する煙感知器及び原子炉格納容器の感知器設計概要

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-2-13 図 (参考) 案 2 で期待する煙感知器

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ホ. 設計基準を満足できる理由

原子炉格納容器内のオペレーティングフロアを含む火災区画には、原子炉の安全停止に必要な機器等、放射性物質を貯蔵する機器等及び重大事故等対処施設が設置されているが、原子炉の安全停止に必要な機器等は、原子炉格納容器内において既許可から変更のない離隔距離 **6m** 以上の確保による系統分離が実施されており、また、原子炉格納容器内の動的機器がすべて火災の影響により運転停止し、かつ、原子炉格納容器内の弁の遠隔操作ができなくなることを仮定しても、運転員の操作により原子炉の安全停止が可能である。放射性物質を貯蔵する機器等は、原子炉格納容器内で火災が発生し、広範囲な火災又は原子炉格納容器内に進入できないと判断した場合には、保安規定に定められた手順に基づき、プラントを停止するとともに格納容器**スプレ**設備を使用した消火を行う運用としていることから、放射性物質が漏えいした場合でも、放射性物質の閉じ込め機能をもつ原子炉格納容器により管理区域外への放射性物質の放出を防止することが可能である。また、重大事故等対処施設は、原子炉の安全停止に必要な機器等と兼用する設備については、既許可から変更のない離隔距離 **6m** 以上の確保による系統分離対策が実施されており、また、原子炉格納容器内の動的機器がすべて火災の影響により運転停止し、かつ、原子炉格納容器内の弁の遠隔操作ができなくなることを仮定しても、運転員の操作により原子炉の安全停止が可能であることを踏まえ、原子炉格納容器内で火災が発生し、広範囲な火災又は格納容器内に進入できないと判断した場合には、保安規定に定められた手順に基づき、プラントを停止するとともに**格納容器スプレ**設備を使用した消火を行う運用としていること、並びに設置許可基準規則第 37 条第 4 項に規定されている運転停止中原子炉内の燃料損傷防止に必要な重大事故等対処設備については、同様の機能を有する設備（計装設備においては他チャンネル又は代替パラメータ）が既許可に準じて各設備間で離隔距離が **6m** 以上確保されているか、又は、1 時間耐火能力を有する隔壁等で分離されており、同一火災区画内において原子炉の安全停止に必要な機器等の系統分離対策に支障を及ぼすことなく、重大事故等の対処に必要な機能が確保できることを確認している。

上記を踏まえ、当該エリアで発生した火災を同一火災区画内に設置する煙感知器でもれなく確実に感知することにより、既工認から設計に変更のない初期消火活動に繋げ、同一火災区画内に火災の影響を限定することで、同一火災区画内及び同一火災区画外に設置されている設計基準対象施設が火災によりその安全性が損なわれないようにすることができ、かつ、重大事故等対処施設が火災によりその重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれないようにすることができるため、設計基準②を満足していると評価する。なお、設計基準②を満足するために必須ではないが、発火源となり得る設備の直上にアナログ式の熱感知器を自主設置する設計については、オペレーティングフロアで発生する火災をより早期に感知する効果が期待できる。

3-2-4 火災による消火設備への影響について

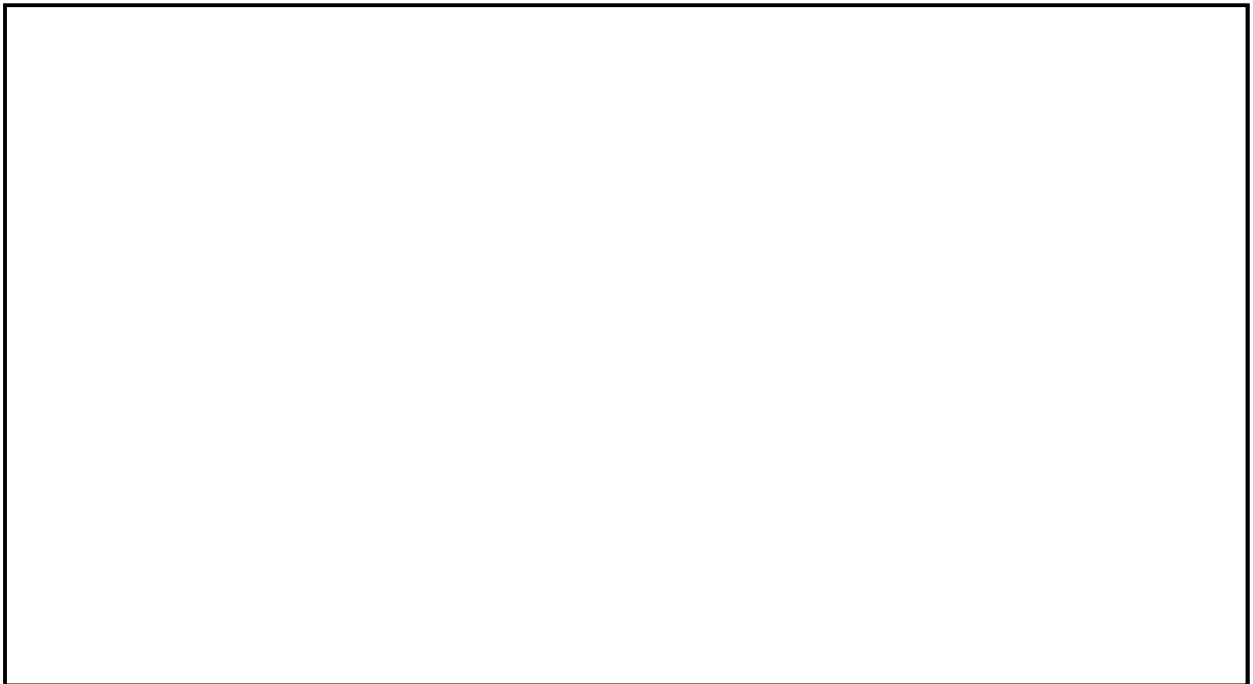
原子炉格納容器内で火災が発生した場合に消火設備として使用する格納容器スプレ設備への影響を以下に示す。

(1) 格納容器スプレ設備

格納容器スプレ設備の系統図を第 3-2-14 図に示す。

格納容器スプレ設備を構成する設備のうち、主要な設備である内部スプレポンプ及びモータ、内部スプレクーラ、よう素除去薬品タンク及び燃料取替用水タンクは格納容器外に設置されている。このことから、(1)で確認したとおり、格納容器内で発生した火災の影響を火災区画内に限定することができおり、格納容器外に設置しているこれらの機器が火災による影響を受けない。

格納容器スプレ設備を構成する設備のうち、原子炉格納容器内には頂部にスプレヘッドが設置されているが、金属製のスプレリング、スプレノズル及び逆止弁により構成されていることから、火災により発生する煙及び熱の影響は受けない。



第 3-2-14 図 系統図（格納容器スプレ系統）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

1. 作業計画

- 案1（ポーラクレーン昇降タラップ踊り場付近に煙感知器を設置）及び案2（ポーラクレーンガンター上部付近に煙感知器を設置）、案3（格納容器ドームトップ付近に煙感知器を設置）の感知器設置は、電線管等も含めてポーラクレーン昇降タラップ及び格納容器壁面へ、案3については更に格納容器ドームトップへ設置することから、いずれの場合も足場が必要となる。
- 感知器取替時は、案1の場合は足場設置が不要であるが、案2・案3の場合は安全を確保する観点と感知器にアクセスするための足場設置が不可欠と判断し、足場設置を前提とした作業計画を検討した。
- 案1、案2、案3の作業手順の概要及び作業日数を次ページ表に示す。

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び保守点検に係る作業計画について (2/10)

(参考)

2

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

作業内容	手順 案 1 ポーラークレーン昇降タラップ踊り場付近	手順 案 2 ポーラークレーンガーター上部付近	手順 案 3 格納容器ドームトップ付近
煙感知器の設置	足場組立 (22m) サポート溶接 電線管布設 感知器取付 試験調整 足場解体 (作業日数 33日間)	足場組立 (27m) サポート溶接 電線管布設 感知器取付 試験調整 足場解体 (作業日数 58日間)	足場組立 (42m) サポート溶接 電線管布設 感知器取付 試験調整 足場解体 (作業日数 76日間)
煙感知器の保守点検 ※ (定期取替・故障時対応)	足場設置は不要 (感知器取替は専用治具により実施可) ⇒ 資料 7 参照 (作業日数 1日間)	足場組立 (5m) 感知器取替 足場解体 (作業日数 22日間)	足場組立 (20m) 感知器取替 足場解体 (作業日数 30日間)

※1：消防法に基づく定期的な点検（外観点検、作動試験）については、案1、案2、案3のいずれにおいても直接目視又は双眼鏡による点検及び遠隔試験機能を用いた作動試験にて対応可能であり、足場の設置は不要。ただし、感知器は一般産業品であり、劣化を考慮した定期取替及び偶発故障時の取替が必要なため、感知器取替作業について比較検討を実施した。

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について (3/10)

3

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順 (詳細)

(1) 煙感知器の設置時

【案1 <input type="text"/> 、案2 <input type="text"/> 、案3 <input type="text"/> 共通内容
<p>・ポータークレーン昇降タラップに沿うように足場を設置 (<input type="text"/> グレーチングより約22m) 足場を使用しポータークレーン昇降タラップの背かご部に電線管を敷設</p> <p>足場設置、作業範囲を赤色、電線管敷設イメージを青色で示す。</p> <div data-bbox="721 1043 1445 1973" style="border: 1px solid black; height: 415px; width: 454px; margin: 10px 0;"></div> <div data-bbox="721 277 1445 871" style="border: 1px solid black; height: 265px; width: 454px; margin: 10px 0;"></div>

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（4/10）

4

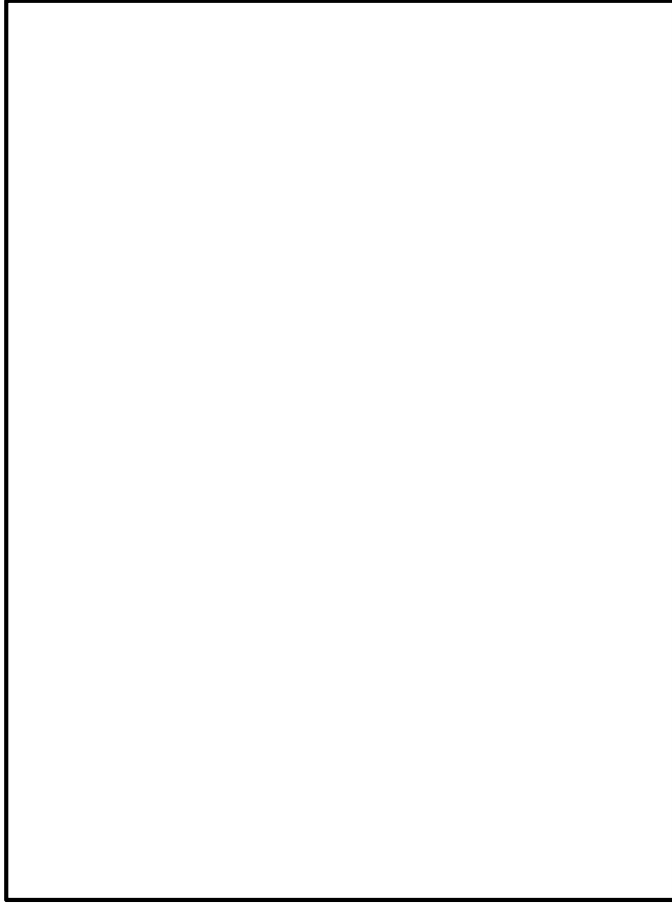
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順（詳細）

（1）煙感知器の設置時

【案1 】

- ・ポーラークレーン昇降タラップ踊り場に足場を設置（踊り場より約2m）
- ・リングダクトサポートに電線管サポート、感知器取付鋼材を溶接電線管・ケーブルを敷設し、煙感知器を設置
足場設置、作業範囲を赤色、感知器設置位置を緑色で示す。



原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について (5/10)

5

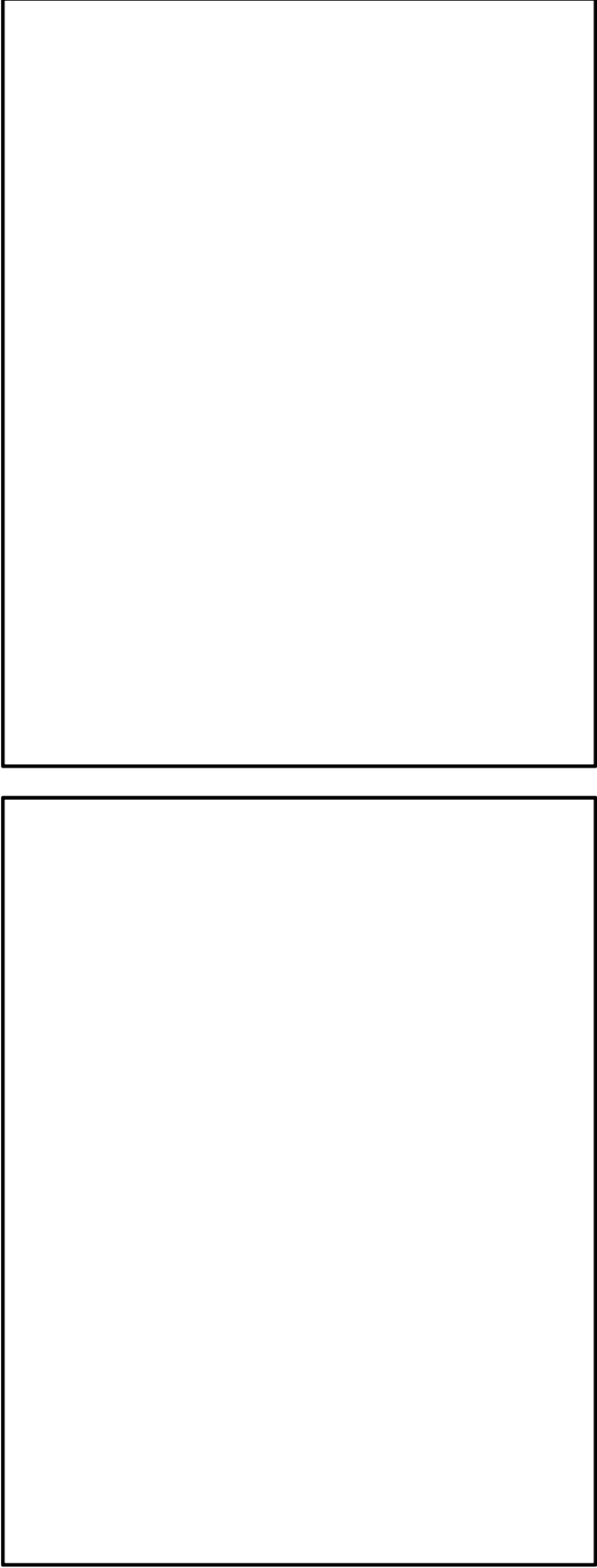
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順 (詳細)

(1) 煙感知器の設置時

【案 2 】

- ・ポーラークレーンガーターに足場を設置 (ガーターより約5m)
- ・壁面にサポート溶接、電線管・ケーブルを敷設し、煙感知器を設置
足場設置、作業範囲を赤色、感知器設置位置を緑色で示す。



原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について (6/10)

6

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順 (詳細)

(1) 煙感知器の設置時

【案3 <input type="checkbox"/> 】	
<ul style="list-style-type: none">・ポーラークレーンガーターに足場を設置 (ガーターより約20m)・壁面にサポート溶接、電線管・ケーブルを敷設し、煙感知器を設置 足場設置、作業範囲を赤色、感知器設置位置を緑色で示す。	

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（7/10）

7

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順（詳細）

(2) 煙感知器の保守点検（定期取替・故障時対応）

【案 1 】

・グレーチング上で専用治具を使用して感知器取替
(足場設置は不要)



原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（8/10）

8

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

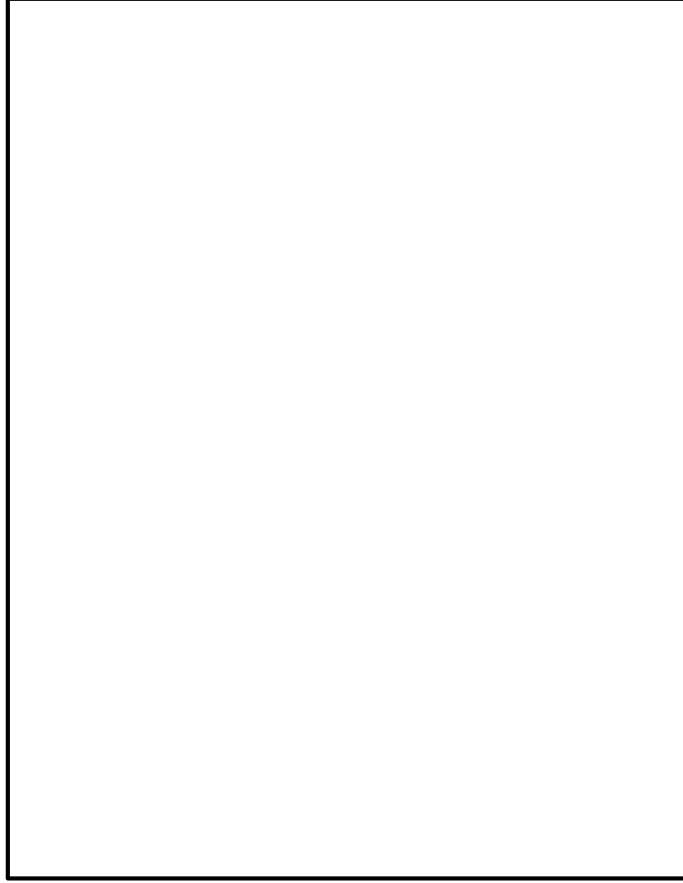
2. 作業手順（詳細）

(2) 煙感知器の保守点検（定期取替・故障時対応）

【案2 】

・設置時と同様にクレーンガーター上に約5mの足場を設置し、感知器取替

〔当案では専用治具（6m、1.6kg）を用いた作業は、高所かつ狭隘部作業であり墜落の可能性が
あること、感知器・治具を落下させるリスクがあることから実施しない。〕



原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（9/10）

9

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

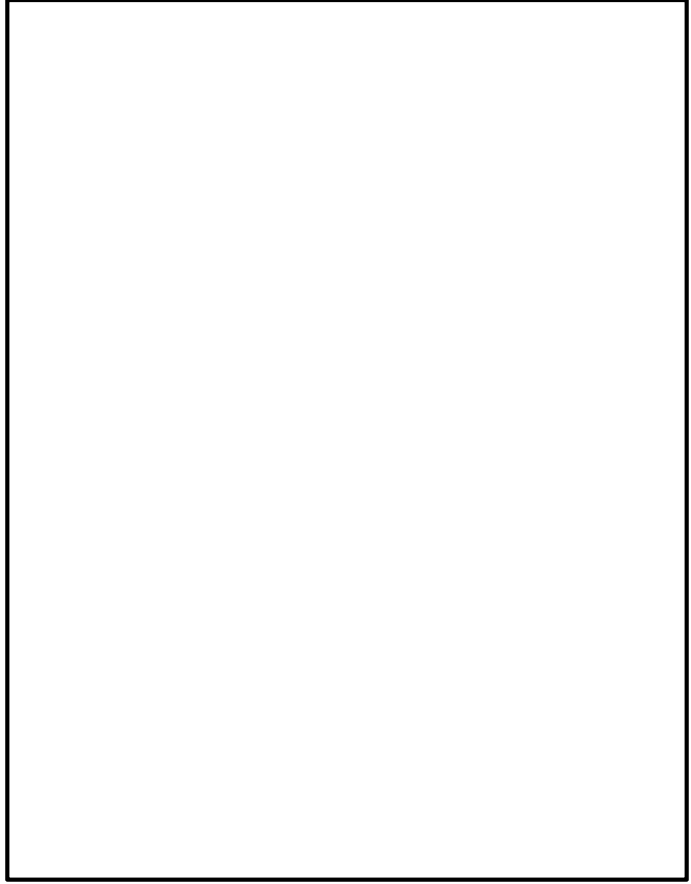
2. 作業手順（詳細）

(2) 煙感知器の保守点検（定期取替・故障時対応）

【案3 】

・設置時と同様にクレーンガーター上に**約20m**の足場を設置し、感知器取替)

〔当案では専用治具（6m、1.6kg）を用いた作業は、高所かつ狭隘部作業であり墜落の可能性があること、感知器・治具を落下させるリスクがあることから実施しない。〕



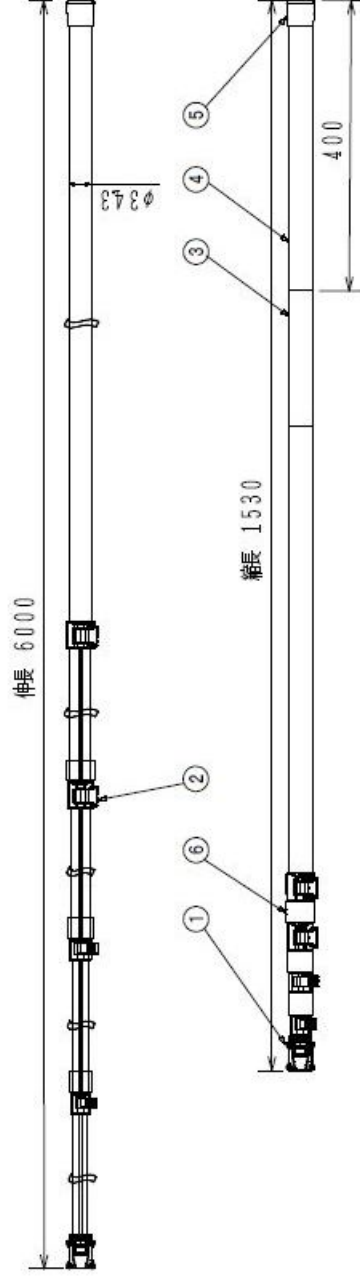
原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（10/10）

参考

【参考】

保守点検時に使用する専用治具（支持棒）の構造、使用イメージを示す。

- (1) 名称：支持棒
- (2) 材質：アルミニウム
- (3) 重量：約1.6kg
- (4) 特徴：1.53m～6 mの範囲で伸縮し、支持棒の先端に感知器取替用の着脱器
又は各種感知器作動試験器を用途に応じて付替え可能



①接続金具、②ロックレバー、③注意シール、④支持棒本体、⑤石突きゴム、⑥ゴム

構造図

使用イメージ



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION

別紙 1 - 1
Version 1805.1
(SI Units)

COMPARTMENT WITH THERMALLY THICK/THIN BOUNDARIES

The following calculations estimate the hot gas layer temperature and smoke layer height in enclosure fire.

Parameters in YELLOW CELLS are Entered by the User.

Parameters in GREEN CELLS are Automatically Selected from the DROP DOWN MENU for the Material Selected.

All subsequent output values are calculated by the spreadsheet and based on values specified in the input parameters. This spreadsheet is protected and secure to avoid errors due to a wrong entry in a cell(s). The chapter in the NUREG should be read before an analysis is made.

Project / Inspection
Title:

美浜3号機CV内 電気盤1面火災(垂直キャビネット:HRR211kW)

INPUT PARAMETERS

COMPARTMENT INFORMATION

Compartment Width (w_c)	34.00	m
Compartment Length (l_c)	34.00	m
Compartment Height (h_c)	40.00	m
Vent Width (w_v)	0.60	m
Vent Height (h_v)	2.00	m
Top of Vent from Floor (V_T)	2.00	m
Interior Lining Thickness (δ)	15.00	cm

AMBIENT CONDITIONS

Ambient Air Temperature (T_a)	40.00	°C
Specific Heat of Air (c_a)	1.00	kJ/kg-K
Ambient Air Density (ρ_a)	1.13	kg/m ³

Note: Ambient Air Density (ρ_a) will automatically correct with Ambient Air Temperature (T_a) Input

THERMAL PROPERTIES OF COMPARTMENT ENCLOSING SURFACES FOR

Interior Lining Thermal Inertia ($k\rho c$)	2.9	(kW/m ² -K) ² -sec
Interior Lining Thermal Conductivity (k)	0.0016	kW/m-K
Interior Lining Specific Heat (c_p)	0.75	kJ/kg-K
Interior Lining Density (ρ)	2400	kg/m ³



**CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION**

Version 1805.1
(SI Units)

THERMAL PROPERTIES FOR COMMON INTERIOR LINING MATERIALS

Material	kpc (kW/m ² -K) ² -sec	k (kW/m-K)	c (kJ/kg-K)	ρ (kg/m ³)	Select Material
					Concrete
Aluminum (pure)	500	0.206	0.895	2710	Scroll to desired material Click the selection
Steel (0.5% Carbon)	197	0.054	0.465	7850	
Concrete	2.9	0.0016	0.75	2400	
Brick	1.7	0.0008	0.8	2600	
Glass, Plate	1.6	0.00076	0.8	2710	
Brick/Concrete Block	1.2	0.00073	0.84	1900	
Gypsum Board	0.18	0.00017	1.1	960	
Plywood	0.16	0.00012	2.5	540	
Fiber Insulation Board	0.16	0.00053	1.25	240	
Chipboard	0.15	0.00015	1.25	800	
Aerated Concrete	0.12	0.00026	0.96	500	
Plasterboard	0.12	0.00016	0.84	950	
Calcium Silicate Board	0.098	0.00013	1.12	700	
Alumina Silicate Block	0.036	0.00014	1	260	
Glass Fiber Insulation	0.0018	0.000037	0.8	60	
Expanded Polystyrene	0.001	0.000034	1.5	20	
User Specified Value	Enter Value	Enter Value	Enter Value	Enter Value	

Reference: Klote, J., J. Milke, Principles of Smoke Management, 2002, Page 270.

FIRE SPECIFICATIONS

Fire Heat Release Rate (Q)

211.00 kW

Calculate



**CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION**

**Version 1805.1
(SI Units)**

METHOD OF McCAFFREY, QUINTIERE, AND HARKLEROAD (MQH)

Reference: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, 2002, Page 3-175.

$$\Delta T_g = 6.85 [Q^2 / ((A_v(h_v)^{1/2}) (A_T h_k))]^{1/3}$$

Where,

$\Delta T_g = T_g - T_a$ = upper layer gas temperature rise above ambient (K)

Q = heat release rate of the fire (kW)

A_v = area of ventilation opening (m^2)

h_v = height of ventilation opening (m)

h_k = convective heat transfer coefficient (kW/m^2-K)

A_T = total area of the compartment enclosing surface

boundaries excluding area of vent openings (m^2)

Area of Ventilation Opening Calculation

$$A_v = (w_v) (h_v)$$

Where,

A_v = area of ventilation opening (m^2)

w_v = vent width (m)

h_v = vent height (m)

$$A_v = \quad \quad \quad 1.20 \quad \quad \quad m^2$$

Thermal Penetration Time Calculation

$$t_p = (\rho c_p / k) (\delta / 2)^2$$

Where,

t_p = thermal penetration time (sec)

ρ = interior lining density (kg/m^3)

c_p = interior lining specific heat ($kJ/kg-K$)

k = interior lining thermal conductivity ($kW/m-K$)

δ = interior lining thickness (m)

$$t_p = \quad \quad \quad 6328.13 \quad \quad \quad sec$$



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

Heat Transfer Coefficient Calculation

$$h_k = \sqrt{(k\rho c/t)} \text{ for } t < t_p \quad \text{or} \quad (k/\delta) \text{ for } t > t_p$$

Where,

h_k = heat transfer

coefficient (kW/m²-K)

$k\rho c$ = interior construction thermal inertia (kW/m²-K)²-sec
(a thermal property of material responsible for the rate of
temperature rise)

t = time after ignition
(sec)

See table below for results (column 3)

Area of Compartment Enclosing Surface Boundaries

$$A_T = [2(w_c \times l_c) + 2(h_c \times w_c) + 2(h_c \times l_c)] - A_v$$

Where,

A_T = total area of the compartment enclosing surface boundaries excluding area of vent openings (m²)

w_c = compartment width (m)

l_c = compartment length (m)

h_c = compartment height (m)

A_v = area of ventilation opening (m²)

$$A_T = \quad 7750.80 \quad m^2$$



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

COMPARTMENT HOT GAS LAYER TEMPERATURE WITH NATURAL

$$\Delta T_g = 6.85 [Q^2 / ((A_v(h_v)^{1/2}) (A_T h_k))]^{1/3}$$

$$\Delta T_g = T_g - T_a$$

$$T_g = \Delta T_g + T_a$$

Results	Time After Ignition (t)		h _k (kW/m ² -K)	ΔT _g (°K)	T _g (°K)	T _g (°C)	T _g (°F)
	(min)	(sec)					
	0	0.00	-	-	313.00	40.00	104.00
	1	60	0.22	17.04	330.04	57.04	134.67
	2	120	0.16	19.13	332.13	59.13	138.43
	3	180	0.13	20.46	333.46	60.46	140.84
	4	240	0.11	21.47	334.47	61.47	142.65
	5	300	0.10	22.28	335.28	62.28	144.11
	10	600	0.07	25.01	338.01	65.01	149.02
	15	900	0.06	26.76	339.76	66.76	152.17
	20	1200	0.05	28.08	341.08	68.08	154.54
	25	1500	0.04	29.14	342.14	69.14	156.45
	30	1800	0.04	30.04	343.04	70.04	158.07
	35	2100	0.04	30.82	343.82	70.82	159.48
	40	2400	0.03	31.51	344.51	71.51	160.72
	45	2700	0.03	32.14	345.14	72.14	161.85
	50	3000	0.03	32.71	345.71	72.71	162.87
	55	3300	0.03	33.23	346.23	73.23	163.82
	60	3600	0.03	33.72	346.72	73.72	164.69



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

ESTIMATING SMOKE LAYER HEIGHT METHOD OF YAMANA AND TANAKA

$$z = ((2kQ^{1/3}t/(3A_c)) + (1/h_c^{2/3}))^{-3/2}$$

Where,

z = smoke layer height (m)

Q = heat release rate of the fire (kW)

t = time after ignition (sec)

h_c = compartment height (m)

A_c = compartment floor area (m²)

k = k = a constant given by $k = 0.076/\rho_g$

ρ_g = hot gas layer density (kg/m³)

ρ_g is given by $\rho_g = 353/T_g$

T_g = hot gas layer temperature (K)

Compartment Area Calculation

$$A_c = (w_c) (l_c)$$

Where,

A_c = compartment floor
area (m²)

w_c = compartment width
(m)

l_c = compartment length
(m)

$$A_c = \quad \quad \quad 1156.00 \quad \quad m^2$$

Hot Gas Layer Density Calculation

$$\rho_g = 353/T_g$$

Calculation for Constant k

$$k = 0.076/\rho_g$$



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

SMOKE GAS LAYER HEIGHT WITH NATURAL VENTILATION

$$z = [(2kQ^{1/3}t/(3A_c)] + (1/h_c^{2/3})^{-3/2}$$

Results Caution! The smoke layer height is a conservative estimate and is only intended to provide an indication where the hot gas layer is located. Calculated smoke layer height below the vent height are not creditable since the calculation is not accounting for the smoke exiting the vent.

Time (min)	ρ_g (kg/m ³)	Constant (k) (kW/m-K)	Smoke Layer Height z (m)	Smoke Layer Height z (ft)
0	1.13	0.067	40.00	131.23
1	1.07	0.071	31.56	103.54
2	1.06	0.072	25.66	84.17
3	1.06	0.072	21.37	70.10
4	1.06	0.072	18.14	59.52
5	1.05	0.072	15.65	51.34
10	1.04	0.073	8.76	28.72
15	1.04	0.073	5.75	18.87
20	1.03	0.073	4.14	13.57
25	1.03	0.074	3.16	10.35
30	1.03	0.074	2.51	8.22
35	1.03	0.074	2.05	6.73
40	1.02	0.074	2.00	6.56
45	1.02	0.074	2.00	6.56
50	1.02	0.074	2.00	6.56
55	1.02	0.075	2.00	6.56
60	1.02	0.075	2.00	6.56

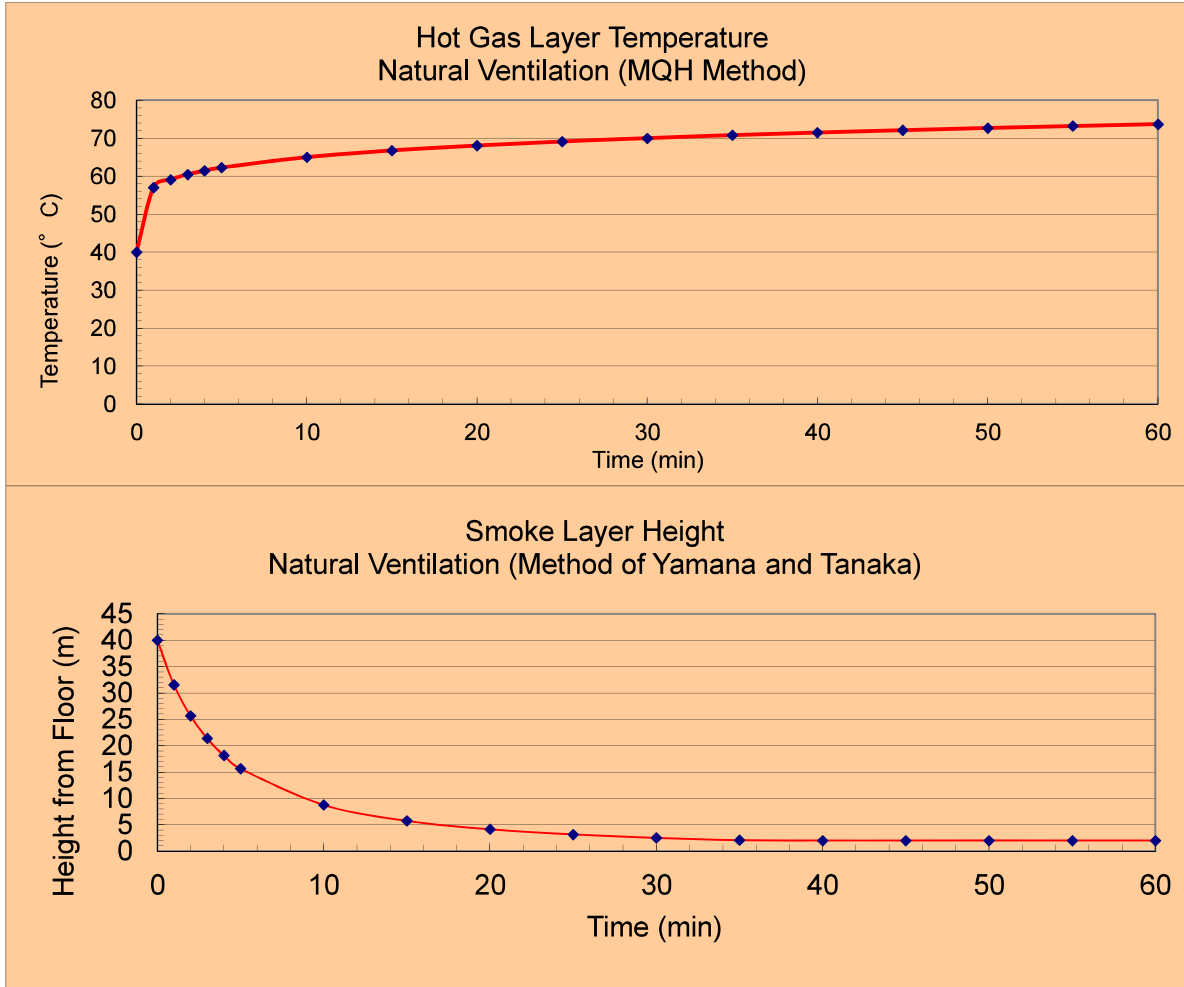
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT



**CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION**

**Version 1805.1
(SI Units)**

**Summary of
Results**



NOTE:
The above calculations are based on principles developed in the SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, 2002. Calculations are based on certain assumptions and have inherent limitations. The results of such calculations may or may not have reasonable predictive capabilities for a given situation and should only be interpreted by an informed user. Although each calculation in the spreadsheet has been verified with the results of hand calculation, there is no absolute guarantee of the accuracy of these calculations. Any questions, comments, concerns, and suggestions, or to report an error(s) in the spreadsheet, please send an email to David.Stroup@nrc.gov or Naeem.Iqbal@nrc.gov.

Prepared by: Date: Organization:

Checked by: Date: Organization:

Additional Information:



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE WITH NATURAL VENTILATION

別紙 1 - 2
Version 1805.1
(SI Units)

COMPARTMENT WITH THERMALLY THICK/THIN BOUNDARIES

The following calculations estimate the hot gas layer temperature and smoke layer height in enclosure fire.

Parameters in YELLOW CELLS are Entered by the User.

Parameters in GREEN CELLS are Automatically Selected from the DROP DOWN MENU for the Material Selected.

All subsequent output values are calculated by the spreadsheet and based on values specified in the input parameters. This spreadsheet is protected and secure to avoid errors due to a wrong entry in a cell(s). The chapter in the NUREG should be read before an analysis is made.

Project / Inspection Title:

美浜3号機CV内 モータ1台火災 (モータ:HRR69kW)

INPUT PARAMETERS

COMPARTMENT INFORMATION

Compartment Width (w_c)	34.00	m
Compartment Length (l_c)	34.00	m
Compartment Height (h_c)	40.00	m
Vent Width (w_v)	0.60	m
Vent Height (h_v)	2.00	m
Top of Vent from Floor (V_T)	2.00	m
Interior Lining Thickness (δ)	15.00	cm

AMBIENT CONDITIONS

Ambient Air Temperature (T_a)	40.00	°C
Specific Heat of Air (c_a)	1.00	kJ/kg-K
Ambient Air Density (ρ_a)	1.13	kg/m ³

Note: Ambient Air Density (ρ_a) will automatically correct with Ambient Air Temperature (T_a) Input

THERMAL PROPERTIES OF COMPARTMENT ENCLOSING SURFACES FOR

Interior Lining Thermal Inertia ($k\rho c$)	2.9	(kW/m ² -K) ² -sec
Interior Lining Thermal Conductivity (k)	0.0016	kW/m-K
Interior Lining Specific Heat (c_p)	0.75	kJ/kg-K
Interior Lining Density (ρ)	2400	kg/m ³



**CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION**

Version 1805.1
(SI Units)

THERMAL PROPERTIES FOR COMMON INTERIOR LINING MATERIALS

Material	kpc (kW/m ² -K) ² -sec	k (kW/m-K)	c (kJ/kg-K)	ρ (kg/m ³)	Select Material
					Concrete
Aluminum (pure)	500	0.206	0.895	2710	Scroll to desired material Click the selection
Steel (0.5% Carbon)	197	0.054	0.465	7850	
Concrete	2.9	0.0016	0.75	2400	
Brick	1.7	0.0008	0.8	2600	
Glass, Plate	1.6	0.00076	0.8	2710	
Brick/Concrete Block	1.2	0.00073	0.84	1900	
Gypsum Board	0.18	0.00017	1.1	960	
Plywood	0.16	0.00012	2.5	540	
Fiber Insulation Board	0.16	0.00053	1.25	240	
Chipboard	0.15	0.00015	1.25	800	
Aerated Concrete	0.12	0.00026	0.96	500	
Plasterboard	0.12	0.00016	0.84	950	
Calcium Silicate Board	0.098	0.00013	1.12	700	
Alumina Silicate Block	0.036	0.00014	1	260	
Glass Fiber Insulation	0.0018	0.000037	0.8	60	
Expanded Polystyrene	0.001	0.000034	1.5	20	
User Specified Value	Enter Value	Enter Value	Enter Value	Enter Value	

Reference: Klote, J., J. Milke, Principles of Smoke Management, 2002, Page 270.

FIRE SPECIFICATIONS

Fire Heat Release Rate (Q)

69.00 kW

Calculate



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

METHOD OF McCAFFREY, QUINTIERE, AND HARKLEROAD (MQH)

Reference: SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, 2002, Page 3-175.

$$\Delta T_g = 6.85 [Q^2 / ((A_v(h_v)^{1/2}) (A_T h_k))]^{1/3}$$

Where,

$\Delta T_g = T_g - T_a$ = upper layer gas temperature rise above ambient (K)

Q = heat release rate of the fire (kW)

A_v = area of ventilation opening (m^2)

h_v = height of ventilation opening (m)

h_k = convective heat transfer coefficient (kW/m^2-K)

A_T = total area of the compartment enclosing surface

boundaries excluding area of vent openings (m^2)

Area of Ventilation Opening Calculation

$$A_v = (w_v) (h_v)$$

Where,

A_v = area of ventilation
opening (m^2)

w_v = vent width (m)

h_v = vent height (m)

$$A_v = \quad \quad \quad 1.20 \quad \quad \quad m^2$$

Thermal Penetration Time Calculation

$$t_p = (\rho c_p / k) (\delta / 2)^2$$

Where,

t_p = thermal penetration time (sec)

ρ = interior lining density (kg/m^3)

c_p = interior lining specific heat ($kJ/kg-K$)

k = interior lining thermal conductivity ($kW/m-K$)

δ = interior lining thickness (m)

$$t_p = \quad \quad \quad 6328.13 \quad \quad \quad sec$$



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

Heat Transfer Coefficient Calculation

$$h_k = \sqrt{(k\rho c/t)} \text{ for } t < t_p \quad \text{or} \quad (k/\delta) \text{ for } t > t_p$$

Where,

h_k = heat transfer

coefficient (kW/m²-K)

$k\rho c$ = interior construction thermal inertia (kW/m²-K)²-sec
(a thermal property of material responsible for the rate of
temperature rise)

t = time after ignition
(sec)

See table below for results (column 3)

Area of Compartment Enclosing Surface Boundaries

$$A_T = [2(w_c \times l_c) + 2(h_c \times w_c) + 2(h_c \times l_c)] - A_v$$

Where,

A_T = total area of the compartment enclosing surface boundaries excluding area of vent openings (m²)

w_c = compartment width (m)

l_c = compartment length (m)

h_c = compartment height (m)

A_v = area of ventilation opening (m²)

$$A_T = \quad 7750.80 \quad m^2$$



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

COMPARTMENT HOT GAS LAYER TEMPERATURE WITH NATURAL

$$\Delta T_g = 6.85 [Q^2 / ((A_v(h_v)^{1/2}) (A_T h_k))]^{1/3}$$

$$\Delta T_g = T_g - T_a$$

$$T_g = \Delta T_g + T_a$$

Results	Time After Ignition (t)		h _k (kW/m ² -K)	ΔT _g (°K)	T _g (°K)	T _g (°C)	T _g (°F)
	(min)	(sec)					
0	0.00	-	-	-	313.00	40.00	104.00
1	60	0.22	8.09	321.09	48.09	118.56	
2	120	0.16	9.08	322.08	49.08	120.34	
3	180	0.13	9.71	322.71	49.71	121.48	
4	240	0.11	10.19	323.19	50.19	122.34	
5	300	0.10	10.58	323.58	50.58	123.04	
10	600	0.07	11.87	324.87	51.87	125.37	
15	900	0.06	12.70	325.70	52.70	126.86	
20	1200	0.05	13.33	326.33	53.33	127.99	
25	1500	0.04	13.83	326.83	53.83	128.90	
30	1800	0.04	14.26	327.26	54.26	129.66	
35	2100	0.04	14.63	327.63	54.63	130.33	
40	2400	0.03	14.96	327.96	54.96	130.92	
45	2700	0.03	15.25	328.25	55.25	131.46	
50	3000	0.03	15.52	328.52	55.52	131.94	
55	3300	0.03	15.77	328.77	55.77	132.39	
60	3600	0.03	16.00	329.00	56.00	132.81	



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

ESTIMATING SMOKE LAYER HEIGHT METHOD OF YAMANA AND TANAKA

$$z = ((2kQ^{1/3}t/(3A_c)) + (1/h_c^{2/3}))^{-3/2}$$

Where,

z = smoke layer height (m)

Q = heat release rate of the fire (kW)

t = time after ignition (sec)

h_c = compartment height (m)

A_c = compartment floor area (m²)

k = k = a constant given by $k = 0.076/\rho_g$

ρ_g = hot gas layer density (kg/m³)

ρ_g is given by $\rho_g = 353/T_g$

T_g = hot gas layer temperature (K)

Compartment Area Calculation

$$A_c = (w_c) (l_c)$$

Where,

A_c = compartment floor
area (m²)

w_c = compartment width
(m)

l_c = compartment length
(m)

$$A_c = \quad \quad \quad 1156.00 \quad \quad m^2$$

Hot Gas Layer Density Calculation

$$\rho_g = 353/T_g$$

Calculation for Constant k

$$k = 0.076/\rho_g$$



CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION

Version 1805.1
(SI Units)

SMOKE GAS LAYER HEIGHT WITH NATURAL VENTILATION

$$z = [(2kQ^{1/3}t/(3A_c)] + (1/h_c^{2/3})^{-3/2}$$

Results Caution! The smoke layer height is a conservative estimate and is only intended to provide an indication where the hot gas layer is located. Calculated smoke layer height below the vent height are not creditable since the calculation is not accounting for the smoke exiting the vent.

Time (min)	ρ_g (kg/m ³)	Constant (k) (kW/m-K)	Smoke Layer Height z (m)	Smoke Layer Height z (ft)
0	1.13	0.067	40.00	131.23
1	1.10	0.069	33.99	111.50
2	1.10	0.069	29.32	96.18
3	1.09	0.069	25.62	84.04
4	1.09	0.070	22.63	74.24
5	1.09	0.070	20.18	66.19
10	1.09	0.070	12.59	41.31
15	1.08	0.070	8.79	28.84
20	1.08	0.070	6.58	21.57
25	1.08	0.070	5.15	16.91
30	1.08	0.070	4.18	13.71
35	1.08	0.071	3.47	11.40
40	1.08	0.071	2.95	9.67
45	1.08	0.071	2.54	8.34
50	1.07	0.071	2.22	7.29
55	1.07	0.071	2.00	6.56
60	1.07	0.071	2.00	6.56

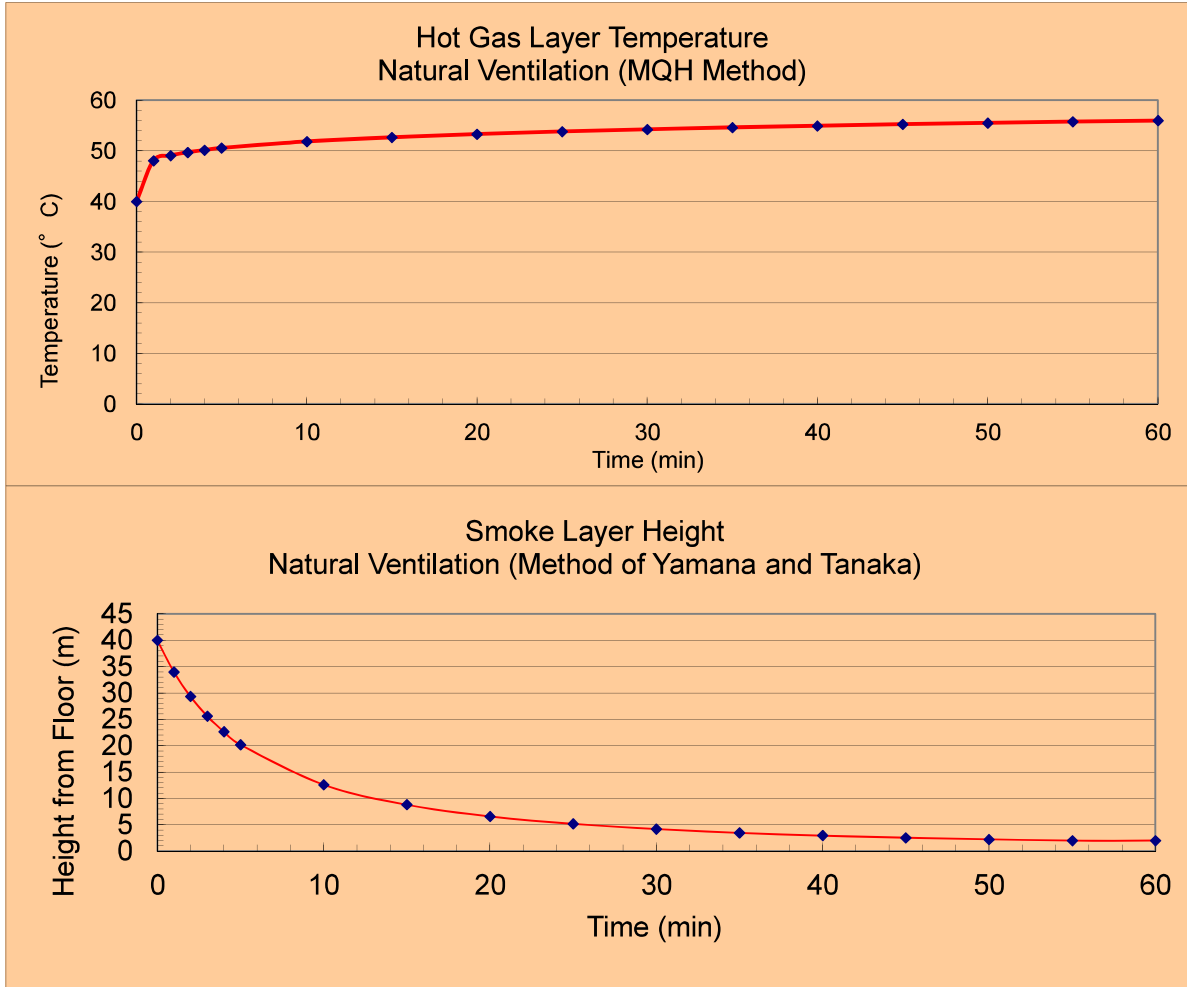
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT



**CHAPTER 2. PREDICTING HOT GAS LAYER TEMPERATURE
AND SMOKE LAYER HEIGHT IN A ROOM FIRE
WITH NATURAL VENTILATION**

**Version 1805.1
(SI Units)**

**Summary of
Results**



NOTE:
The above calculations are based on principles developed in the SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 3rd Edition, 2002. Calculations are based on certain assumptions and have inherent limitations. The results of such calculations may or may not have reasonable predictive capabilities for a given situation and should only be interpreted by an informed user. Although each calculation in the spreadsheet has been verified with the results of hand calculation, there is no absolute guarantee of the accuracy of these calculations. Any questions, comments, concerns, and suggestions, or to report an error(s) in the spreadsheet, please send an email to David.Stroup@nrc.gov or Naeem.Iqbal@nrc.gov.

Prepared by: Date: Organization:

Checked by: Date: Organization:

Additional Information:

原子炉格納容器内に設置される設置許可基準規則第 37 条第 4 項に規定されている運転停止中原子炉内の燃料損傷の防止に必要な重大事故等対処設備について

原子炉格納容器内に設置される設置許可基準規則第 37 条第 4 項に規定されている運転停止中原子炉内の燃料損傷防止に必要な重大事故等対処設備について、常設設備においては、既許可に準じて、設備が複数あり各設備間の離隔距離が 6m 以上確保されているか、1 時間耐火能力をもつ隔壁等で分離されていること（以下「理屈①」という。）、又は、計装設備においては、他チャンネル又は代替パラメータとの設備間の離隔距離が 6m 以上確保されているか、1 時間耐火能力を有する隔壁等で分離されていること（以下「理屈②」という。）により、同一火災区画内において原子炉の安全停止に必要な機器等の系統分離対策に支障を及ぼすことなく、重大事故等の対処に必要な機能が確保できることを確認した。

以下にその確認内容及び配置図を示す。

原子炉停止時における重大事故等の対応に必要な設備（設置許可添付十より）

□ C V内設備のうちDB設備として系統分離対策が実施されている。□ C V内設備のうちDB設備として系統分離対策が実施されていない。

第 7.4.1.1 表 「崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）」における
重大事故等対策について(1/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
a. 余熱除去機能喪失の判断	<ul style="list-style-type: none"> 余熱除去ポンプトリップ等による運転不能又は余熱除去クローラによる冷却不能を確認した場合は、余熱除去機能喪失と判断し、余熱除去機能の回復操作を実施する。 	-	-	余熱除去クローラ出口流量 1 次冷却材高温側広域温度 1 次冷却材低温側広域温度
b. 原子炉格納容器からの回避指示及び格納容器エアロロックの閉止	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内にいる作業員に対してエバケーションアラーム又はページング装置により退避の指示を行う。 作業員が所定の退避場所へ退避したことを確認すれば、格納容器エアロロックを閉止する。 	-	-	-
c. 余熱除去機能回復操作	<ul style="list-style-type: none"> 余熱除去機能が喪失した原因を究明するとともに、他の対応処置と並行して、余熱除去機能の回復操作を継続する。 	【余熱除去ポンプ】	-	-
d. 原子炉格納容器隔離操作	<ul style="list-style-type: none"> 放射性物質を原子炉格納容器内に閉じ込めるため、原子炉格納容器隔離を行う。 	-	-	-
e. 充てん/高圧注入ポンプによる炉心注水	<ul style="list-style-type: none"> 炉心水位を回復させるため、燃料取替用水タンクを水源とした充てん/高圧注入ポンプによる炉心注水が期待できる場合は、優先して実施する。 空冷式非常用発電装置及び恒設代替低圧注水ポンプの準備を行う。 	【充てん/高圧注入ポンプ】 【燃料取替用水タンク】 【ディーゼル発電機】 【燃料油貯蔵タンク】	-	加压器水位 1 次冷却材高温側広域温度 1 次冷却材低温側広域温度 燃料取替用水タンク水位 冷却材圧力（広域）

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

□ の設備に対して、重大事故等の対処に必要な機能が損なわれない理屈を以下の通り分類する。

理屈①：常設設備において、既許可に準じて、設備が複数あり各設備間の離隔距離が6 m以上確保されているか、1時間耐火能力をもつ隔壁等で分離されていることを踏まえ、同時に機能喪失することはないといえる。

理屈②：計装設備において、他チャンネル又は代替パラメータとの設備間の離隔距離が6 m以上確保されているか、1時間耐火能力をもつ隔壁等で分離されていることを踏まえ、同時に機能喪失することはないといえる。

第 7.4.1.1 表

「崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）」における

重大事故等対策について(2/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
f. 燃料取替用水タンクによる炉心注水	<ul style="list-style-type: none"> 炉心水位を回復させるため、燃料取替用水タンクの原子炉への重力注水が期待できない場合は、優先して実施する。 	—	—	—
g. 炉心注水及び1次冷却系保有水確保操作	<ul style="list-style-type: none"> 炉心水位を回復させるため、原子炉格納容器からの退避完了及び格納容器エアロックスの閉止を確認後、アキユムレータ出口電動弁を開操作し炉心注水を実施する。以降、炉心水位の低下を継続監視し、2個目のアキユムレータ出口電動弁を開操作する。 恒設代替低圧注水ポンプの準備ができれば代替炉心注水を開始し、1次冷却系保有水量を維持するとともに、加圧器安全弁（3個取外し中）からの蒸散により炉心崩壊熱を除去する。 	<ul style="list-style-type: none"> アキユムレータ出口電動弁 燃料取替用水タンク 恒設代替低圧注水ポンプ 空冷式非常用発電装置 ディーゼル発電機 燃料油貯蔵タンク 	<ul style="list-style-type: none"> 可搬式オイルポンプ 	<ul style="list-style-type: none"> 加圧器水位 冷却材圧力（広域） 1次冷却材高温側広域温度 1次冷却材低温側広域温度 燃料取替用水タンク水位 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算
h. アニュラス循環系及び中央制御室非常用循環系の起動	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器圧力計指示が上昇し21.1kPa[gage]になれば、アニュラス部の水素滞留防止及び被ばく低減対策としてアニュラス循環ファンを起動する。 中央制御室の作業環境確保のため、中央制御室非常用循環系を起動する。 	<ul style="list-style-type: none"> アニュラス循環ファン アニュラス循環ファンユニット 制御建屋送気ファン 制御建屋循環ファン 中央制御室非常用循環ファン 中央制御室非常用循環ファンユニット ディーゼル発電機 燃料油貯蔵タンク 	—	格納容器圧力

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他手ヤンネル

理屈①

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.1.1 表 「崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）」における
重大事故等対策について(3/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備			
		常設設備	可搬設備	計装設備	
i. 代替再循環運転による1次冷却系の冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、燃料取替用水タンクを水源とした恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水を継続して実施する。 余熱除去機能が回復しない状態で、燃料取替用水タンク水位計指示が32.2%到達及び格納容器再循環サンプ水位（広域）計指示が59%以上となれば、格納容器再循環サンプからA、B内部スプレポンプを経てA内部スプレクローラで冷却した水をA余熱除去系統及びA格納容器スプレイ系統に整備している連絡ラインより炉心注水する代替再循環運転に切り替えることで、継続的な炉心冷却を行う。 	恒設代替低圧注水ポンプ 燃料取替用水タンク 空冷式非常用発電機 デイジーゼル発電機 燃料油貯蔵タンク A、B内部スプレポンプ A内部スプレクローラ 格納容器再循環サンプ 格納容器再循環サンプ スクリュー 代替再循環配管	可搬式オイルポンプ	余熱除去クローラ出口流量 格納容器再循環サンプ水位（広域） 格納容器再循環サンプ水位（狭域） 1次冷却材低温側広域温度 1次冷却材高温側広域温度 冷却材圧力（広域） 加圧器水位 燃料取替用水タンク水位 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算	理屈② 代替パラメータ 理屈② 他チャンネル 理屈② 代替パラメータ 理屈② 代替パラメータ
j. 格納容器内自然対流冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、A格納容器循環冷却房ユニットへ原子炉補機冷却水を通水し、格納容器内自然対流冷却を行うことで、原子炉格納容器内の除熱を継続的に実施する。 原子炉格納容器雰囲気の状態に応じてC、D内部スプレポンプにより、格納容器スプレイ再循環運転を継続的に行う。 	A格納容器循環冷却房 ユニット 1次系冷却水ポンプ 1次系冷却水クローラ 海水ポンプ デイジーゼル発電機 燃料油貯蔵タンク C、D内部スプレポンプ B内部スプレクローラ 格納容器再循環サンプ 格納容器再循環サンプ スクリュー	窒素ポンプ（1次系冷却水タンク加圧用）	格納容器内温度 格納容器圧力 格納容器圧力（広域） 可搬型温度計測装置（格納容器循環冷却房ユニット入口温度/出口温度（SA）用） 1次系冷却水タンク加圧ライン圧力 格納容器再循環サンプ水位（広域） 格納容器再循環サンプ水位（狭域）	理屈② 代替パラメータ 理屈①

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.2.1 表 「全交流動力電源喪失」における重大事故等対策について(1/4)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
a. 全交流動力電源喪失の判断	<ul style="list-style-type: none"> 外部電源が喪失しディーゼル発電機が起動失敗することにより、すべての非常用母線及び非常用母線の電圧が「零」を示したことを確認し、全交流動力電源喪失の判断を行う。 	-	-	-
b. 早期の電源回復不能判断及び対応	<ul style="list-style-type: none"> 中央制御室からの操作による非常用母線の電源回復に失敗することで、早期の電源回復不能と判断し、空冷式非常用発電装置、恒設代替低圧注水ポンプ、C充てん/高圧注入ポンプ（自己供給）、アニュラス循環系ダンプへの作動空気供給、大容量ポンプによる格納容器内自然対流冷却、中央制御室非常用循環系のタンバ開処置並びに送水車の準備を行う。 	空冷式非常用発電装置 燃料油貯蔵タンク 蓄電池（安全防護系用）	可搬式オイルポンプ	-
c. 余熱除去機能喪失の判断	<ul style="list-style-type: none"> 余熱除去クローラ出口流量等のパラメータにより余熱除去機能喪失を判断する。 	-	-	余熱除去クローラ出口流量 1 次冷却材高温側広域温度 1 次冷却材低温側広域温度
d. 原子炉格納容器からの回避指示及び格納容器エアロックスの閉止	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内にいる作業員に対してエバケーションアラーム又はページング装置により回避の指示を行う。 作業員が所定の退避場所へ退避したことを確認すれば、格納容器エアロックスを閉止する。 	-	-	-
e. 燃料取替用水タンクによる炉心注水	<ul style="list-style-type: none"> 炉心水位を回復させるため、燃料取替用水タンク水の原子炉への重力注水が期待できる場合は、優先して実施する。 	-	-	-

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.2.1 表 「全交流動力電源喪失」における重大事故等対策について(2/4)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
f. 原子炉格納容器隔離操作	<ul style="list-style-type: none"> 放射線物質を原子炉格納容器内に閉じ込めるため、電源回復後、原子炉格納容器隔離を行う。 	—	—	—
g. 炉心注水及び1次冷却系保有水確保操作	<ul style="list-style-type: none"> 炉心水位を回復させるため、原子炉格納容器からの退避完了及び格納容器エアロックスの閉止を確認後、アキムレータ出口電動弁を開操作し炉心注水を実施する。以降、炉心水位の低下を継続監視し、2基目のアキムレータ出口電動弁を開操作する。 恒設代替低圧注水ポンプの準備ができれば代替炉心注水を開始し、1次冷却系保有水量を維持するとともに、加圧器安全弁(3個取外し中)からの蒸散により崩壊熱を除去する。 恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水が行えない場合、C充てん/高压注入ポンプ(自己冷却)による代替炉心注水を行う。 	<p>アキムレータ出口電動弁</p> <p>恒設代替低圧注水ポンプ</p> <p>燃料取替用水タンク</p> <p>空冷式非常用発電装置</p> <p>燃料油貯蔵タンク</p> <p>【C充てん/高压注入ポンプ(自己冷却)】</p>	<p>可搬式オイルポンプ</p>	<p>加圧器水位</p> <p>冷却材圧力(広域)</p> <p>1次冷却材高温側広域温度</p> <p>1次冷却材低温側広域温度</p> <p>燃料取替用水タンク水位</p> <p>恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算</p>
h. アニュラス循環系及び中央制御室非常用循環系の起動	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器圧力計指示が上昇し21.1kPa[gage]となれば、アニュラス部の水素滞留防止及び破ばく低減対策のため、アニュラス循環ファンを起動する。 中央制御室の作業環境確保のため、中央制御室非常用循環系を起動する。 	<p>アニュラス循環ファン</p> <p>アニュラス循環ファンユニット</p> <p>制御建屋送気ファン</p> <p>制御建屋循環ファン</p> <p>中央制御室非常用循環ファン</p> <p>中央制御室非常用循環ファンユニット</p>	<p>窒素ポンベ(アニュラス循環系ダンプ動作用)</p>	<p>格納容器圧力</p>

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャネル

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.2.1 表 「全交流動力電源喪失」における重大事故等対策について(3/4)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
i. 低圧代替再循環による炉心冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、燃料取替用水タンクを水源とした恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水を継続して実施する。 燃料取替用水タンク水位計指示が32.2%到達、格納容器再循環サンプ水位（広域）計指示が59%以上であること及び大容量ポンプによりB余熱除去ポンプへの海水通水ラインを確認し、格納容器海水が通水されていることを確認し、格納容器再循環サンプから余熱除去ポンプを経て炉心注水する低圧代替再循環運転に切り替え、炉心注水を継続する。 	恒設代替低圧注水ポンプ 燃料取替用水タンク 空冷式非常用発電装置 燃料油貯蔵タンク B余熱除去ポンプ（海水冷却） 【B余熱除去クーラ】 格納容器再循環サンプ 格納容器再循環サンプスクリューン	大容量ポンプ タンクローリー 可搬式オイルポンプ	余熱除去クーラ出口流量 加圧器水位 格納容器再循環サンプ水位（広域） 格納容器再循環サンプ水位（狭域） 1次冷却材高温側広域温度 1次冷却材低温側広域温度 燃料取替用水タンク水位 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算
j. 格納容器内自然対流冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、大容量ポンプを用いたA格納容器循環冷房ユニットへの海水通水により、格納容器内自然対流冷却を行うことで、原子炉格納容器内の除熱を継続的に実施する。 	A格納容器循環冷房ユニット 燃料油貯蔵タンク	大容量ポンプ タンクローリー	格納容器内温度 格納容器圧力 格納容器圧力（広域） 可搬型温度計測装置（格納容器循環冷房ユニット入口温度/出口温度（SA）用）

理屈②
代替パラメータ

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャネル

理屈①

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第7.4.2.1表 「全交流動力電源喪失」における重大事故対策について(4/4)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
k. 原子炉補機冷却系の復旧作業	<ul style="list-style-type: none"> 緊急安全対策要員等の作業時間や原子炉補機冷却系の機能喪失要因を考慮し、予備品の海水ポンプモータによる対応を行うこと等で、原子炉補機冷却系統の復旧を図る。 	-	-	-

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.3.1 表 「原子炉冷却材の流出」における重大事故等対策について(1/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
a. 1 次冷却系の水位低下による余熱除去機能喪失の判断	<ul style="list-style-type: none"> 1 次冷却材流出により 1 次冷却系の水位が低下し、余熱除去ポンプの運転に必要な水頭圧が確保できなくなり、余熱除去ポンプがトリップする。余熱除去系 2 系統の運転不能により、余熱除去機能喪失と判断する。 	-	-	余熱除去クーラ出口流量
b. 余熱除去機能喪失時の対応	<ul style="list-style-type: none"> 余熱除去機能回復操作を実施するとともに、1 次冷却材の流出原因調査及び隔離操作を行う。 	【余熱除去ポンプ】	-	-
c. 原子炉格納容器からの回避指示及び格納容器エアロックの閉止	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内にいる作業員に対してエバケーションアラーム又ははページング装置により回避の指示を行う。 作業員が所定の回避場所へ回避したことを確認すれば、格納容器エアロックを閉止する。 	-	-	-
d. 原子炉格納容器隔離操作	<ul style="list-style-type: none"> 放射性物質を原子炉格納容器内に閉じ込めるため、原子炉格納容器隔離を行う。 	-	-	-

【 】 は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.3.1 表 「原子炉冷却材の流出」における重大事故等対策について(2/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
e. 充てん/高圧注入ポンプによる炉心注水及び1次冷却系保有水確保	<ul style="list-style-type: none"> 充てん/高圧注入ポンプにより燃料取替用水タンク水を炉心注水し、1次冷却系保有水を維持するとともに、加圧器安全弁(3個取外し中)からの蒸散により崩壊熱を除去する。 	充てん/高圧注入ポンプ 燃料取替用水タンク デイザーゼル発電機 燃料油貯蔵タンク	—	加圧器水位 1次冷却材高温側広域温度 1次冷却材低温側広域温度 燃料取替用水タンク水位
f. アニュラス循環系及び中央制御室非常用循環系の起動	<ul style="list-style-type: none"> 格納容器圧力計指示が上昇し21.1kPa[gage]になれば、アニュラス部の水素滞留防止及び被ばく低減対策としてアニュラス循環ファンを起動する。 中央制御室の作業環境確保のため、中央制御室非常用循環系を起動する。 	アニュラス循環ファン アニュラス循環ファン ルタユニット 制御建屋送気ファン 制御建屋循環ファン 中央制御室非常用循環ファン 中央制御室非常用循環ファン デイザーゼル発電機 燃料油貯蔵タンク	—	格納容器圧力

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他予ヤンネル

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第7.4.3.1表 「原子炉冷却材の流出」における重大事故等対策について(3/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
g. 代替再循環運転による1次冷却系の冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、燃料取替用水タンクを水源とした充てん/高圧注入ポンプによる炉心冷却を継続して実施する。 余熱除去機能が回復しない状態で燃料取替用水タンク水位計指示が32.2%到達及び格納容器再循環サンプ水位(広域)計指示が59%以上であることを確認し、格納容器再循環サンプからA、B内部スプレポンプを経てA内部スプレクローラで冷却した水をA余熱除去系統及びA格納容器スプレレイ系統に整備している連絡ライにより炉心注水する代替再循環運転に切り替えることで、継続的な炉心冷却を行う。 	充てん/高圧注入ポンプ 燃料取替用水タンク デイゼル発電機 燃料油貯蔵タンク A、B内部スプレポンプ A内部スプレクローラ 格納容器再循環サンプ 格納容器再循環サンプスクリュー 代替再循環配管	余熱除去クローラ出口流量 格納容器再循環サンプ水位(広域) 格納容器再循環サンプ水位(狭域) 1次冷却材低温側広域温度 1次冷却材高温側広域温度 冷却材圧力(広域) 加圧器水位 燃料取替用水タンク水位	理屈② 代替パラメータ 理屈② 他チャンネル 理屈② 代替パラメータ 理屈② 代替パラメータ
h. 格納容器内自然対流冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、A格納容器循環冷却房ユニットへ原子炉補機冷却水を通水し、格納容器内自然対流冷却を行うことで、原子炉格納容器内の除熱を継続的に実施する。 原子炉格納容器雰囲気の状態に応じてC、D内部スプレポンプにより、格納容器スプレレイ再循環運転を継続的に行う。 	A格納容器循環冷却房ユニット 1次系冷却水ポンプ 1次系冷却クローラ 1次系冷却水タンク海水ポンプ デイゼル発電機 燃料油貯蔵タンク C、D内部スプレポンプ B内部スプレクローラ	格納容器内温度 格納容器圧力 格納容器圧力(広域) 可搬型温度計測装置(格納容器循環冷却房ユニット入口温度/出口温度(SA)用) 1次系冷却水タンク加圧ライン圧力	理屈② 代替パラメータ

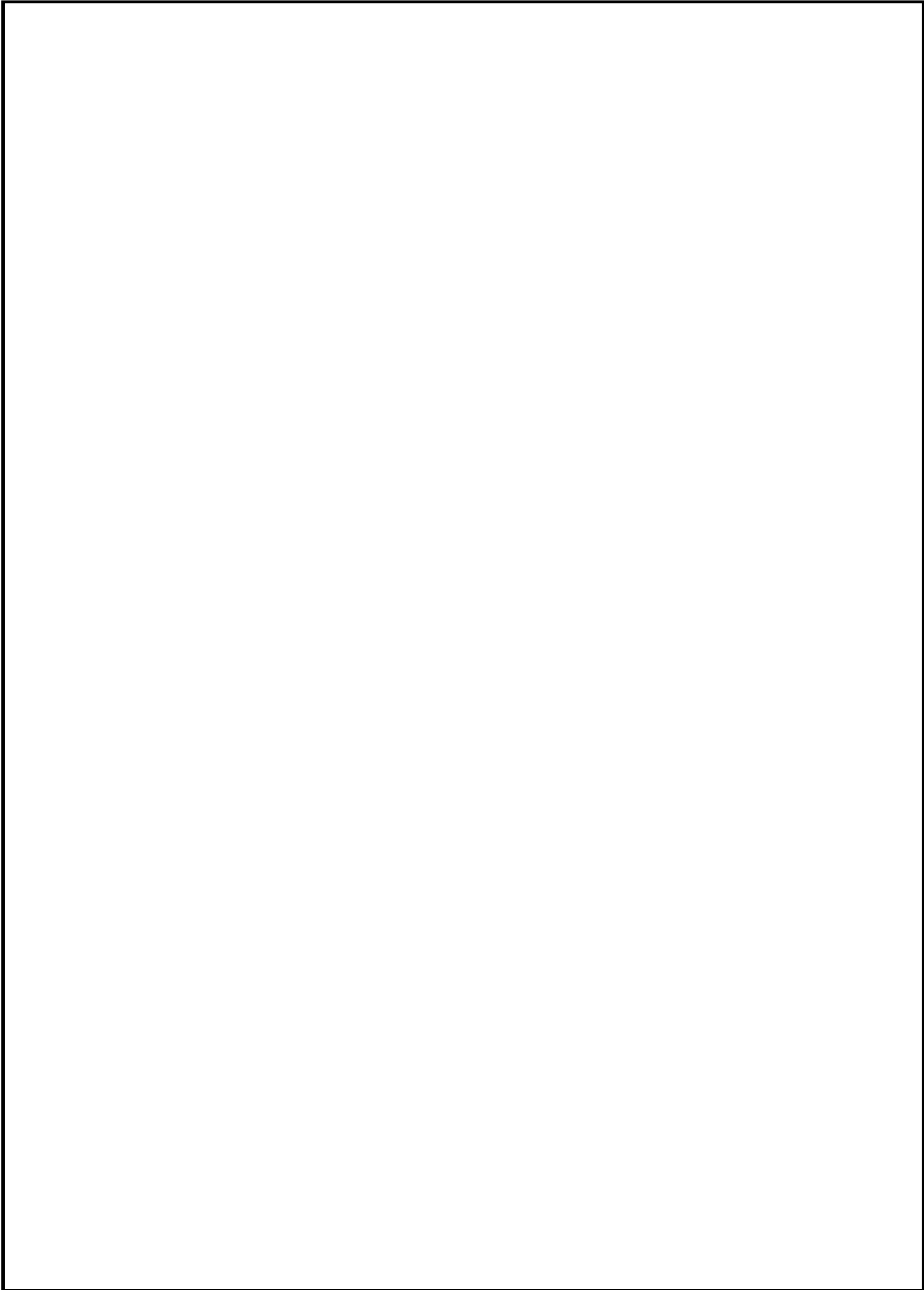
【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.4.1 表 「反応度の誤投入」における重大事故等対策について

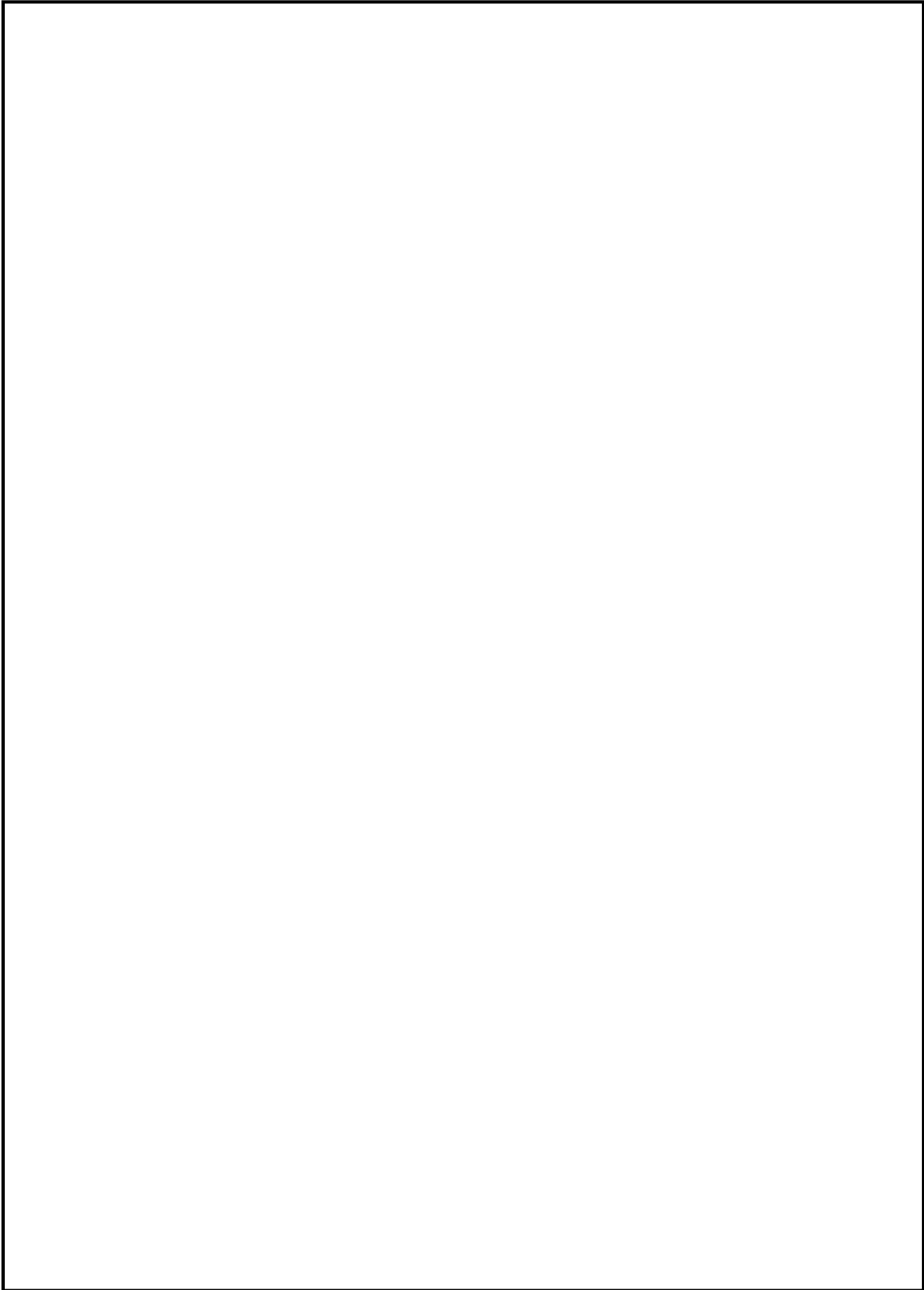
判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
a. 反応度の誤投入の判断	<ul style="list-style-type: none"> 1 次冷却系の希釈現象が発生し、中性子源領域中性子束及び中性子源領域起動率の指示上昇、ほう酸混合器純水流量制御器の動作音及び炉外核計装装置可聴計数率計の計数音間隔が短くなることにより、反応度の誤投入を判断する。 停止時中性子束レベルの 0.5 デカード以上となれば、「中性子源領域炉停止時中性子束高」警報が発信する。 	-	-	中間領域中性子束 中性子源領域中性子束
b. 原子炉格納容器からの退避指示及び格納容器エアロックの閉止	<ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器内にいる作業員に対してエバケーションアラーム又はページング装置により退避の指示を行う。 作業員が所定の退避場所へ退避したことを確認すれば、格納容器エアロックを閉止する。 	-	-	-
c. 希釈停止操作	<ul style="list-style-type: none"> 1 次系純水ポンプの停止及び当該系統の弁の閉操作により、ほう酸混合器純水流量制御器の動作停止を確認する。 	-	-	-
d. ほう酸濃縮操作	<ul style="list-style-type: none"> ほう酸ポンプ起動及び緊急ほう酸注入弁を開操作し、緊急ほう酸濃縮操作を行い、中性子源領域中性子束及び中性子源領域起動率の指示が低下することを確認する。 	ほう酸タンク ほう酸ポンプ 充てん/高圧注入ポンプ 緊急ほう酸注入弁	-	ほう酸タンク水位 中間領域中性子束 中性子源領域中性子束
e. 未臨界状態の維持確認	<ul style="list-style-type: none"> 中性子源領域中性子束及び中性子源領域起動率の指示、炉外核計装装置可聴計数率計の計数音間隔が現象発生前に戻っていることを確認する。 ほう酸濃度についてもサンプリングにより現象発生前の停止ほう酸濃度以上に戻っていることを確認する。 	-	-	中間領域中性子束 中性子源領域中性子束

【 】 は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

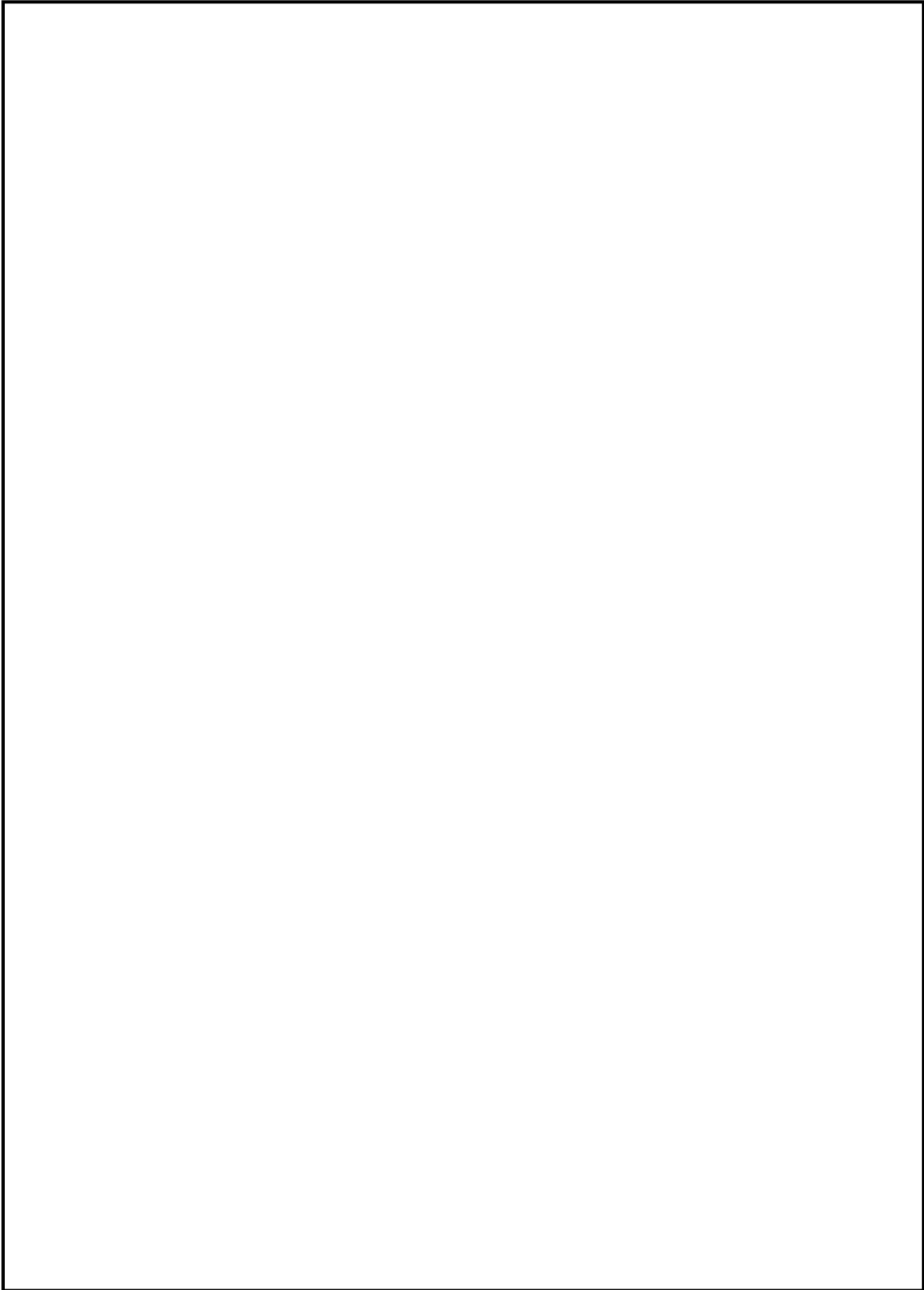
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



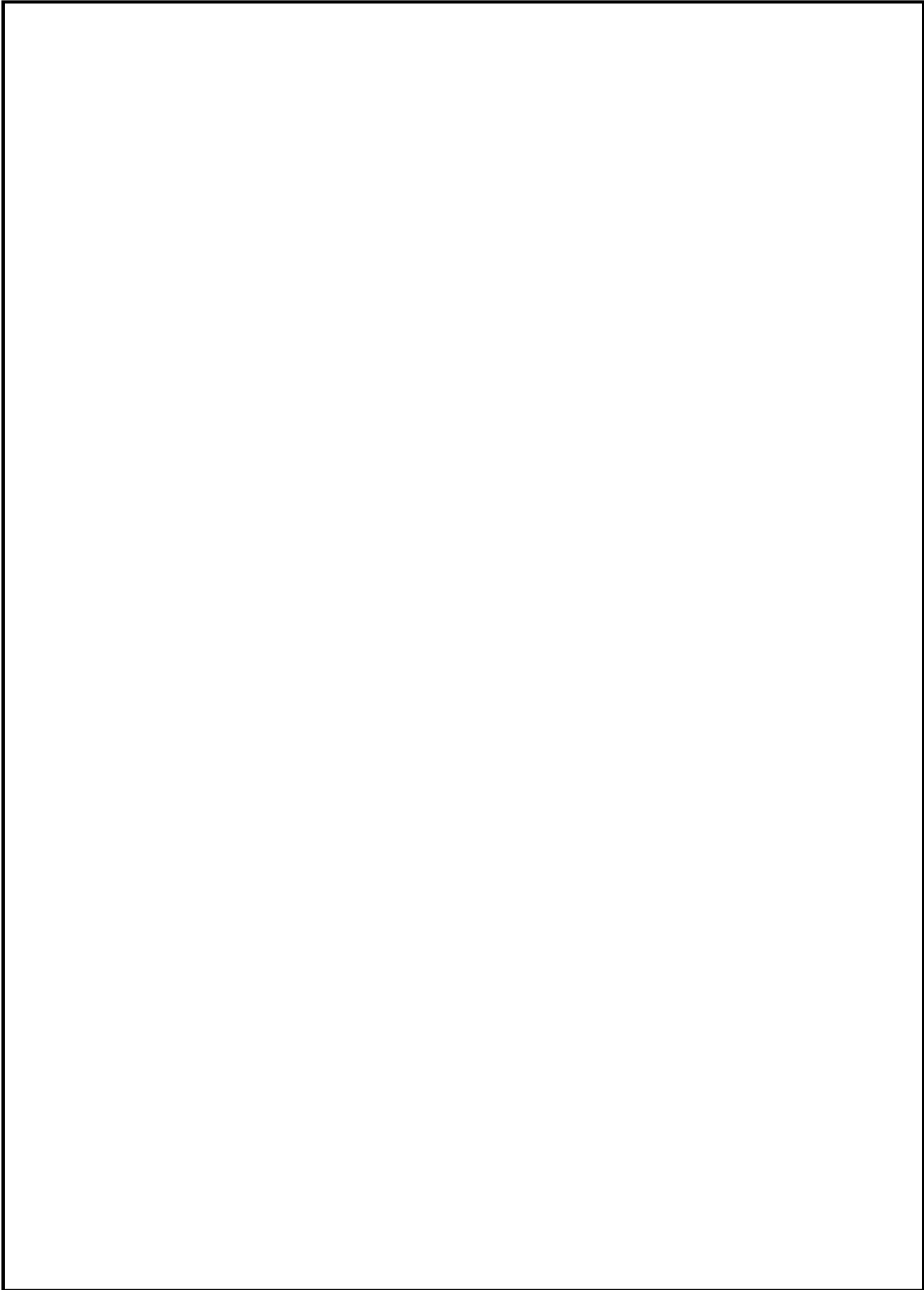
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



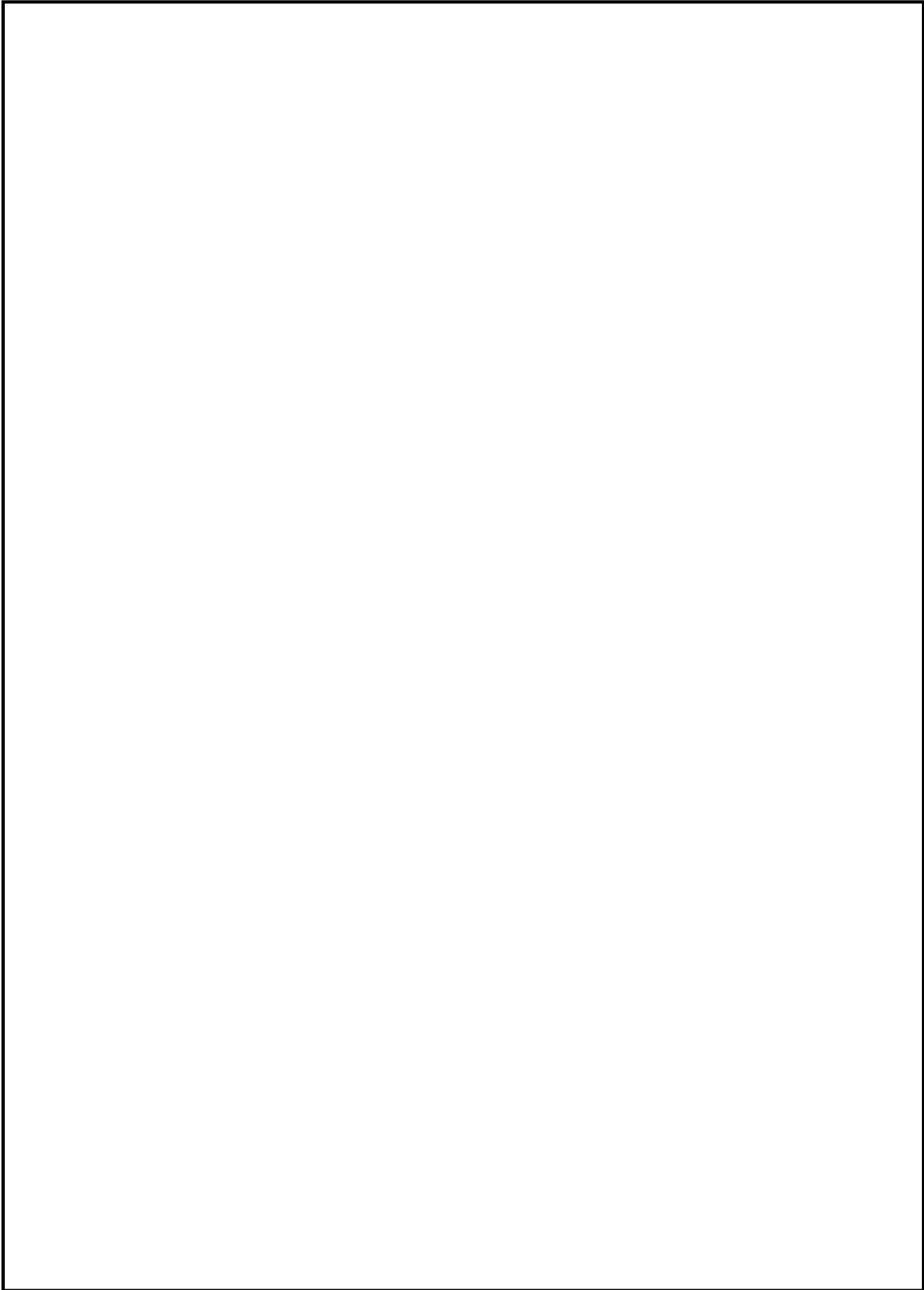
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



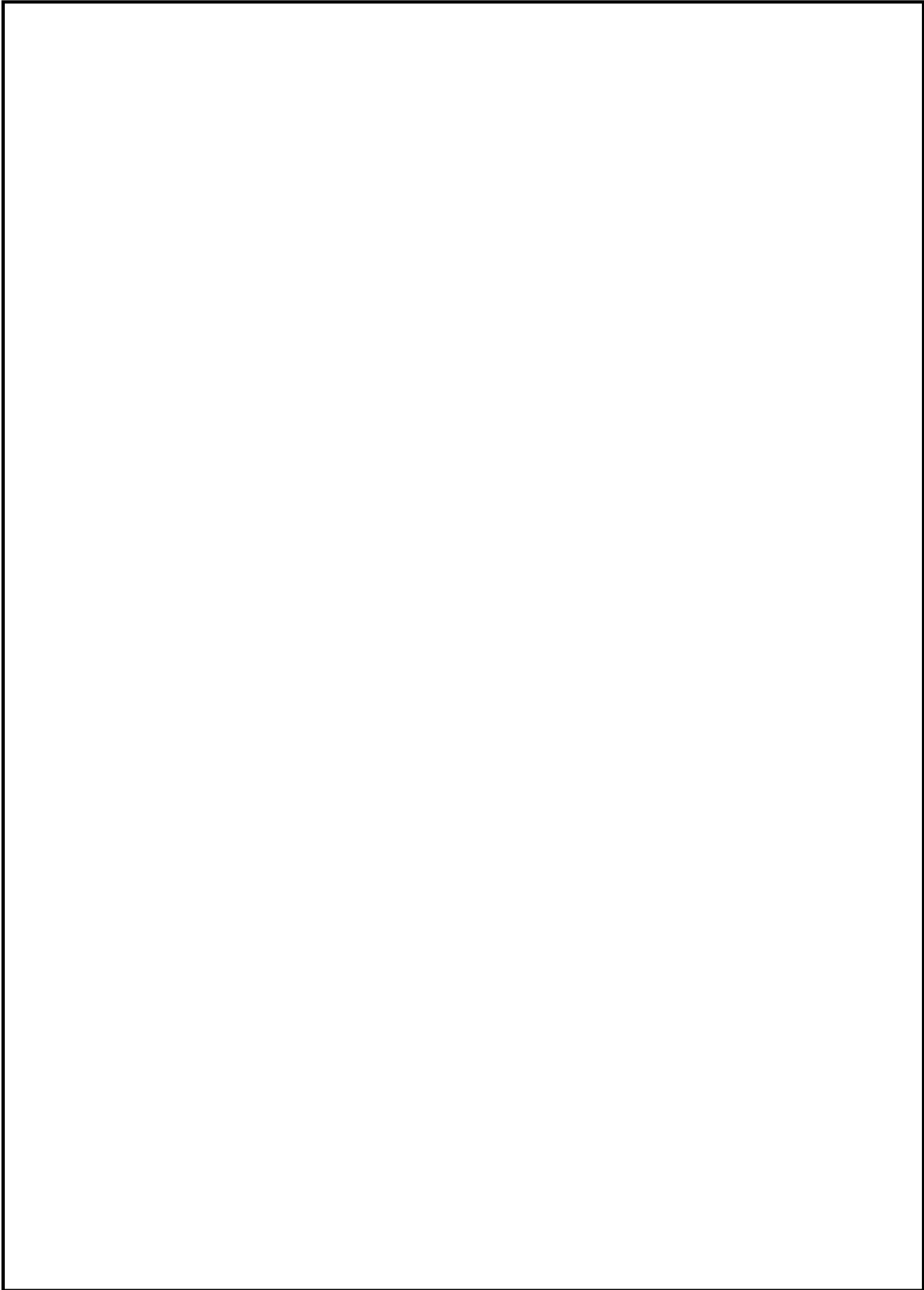
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



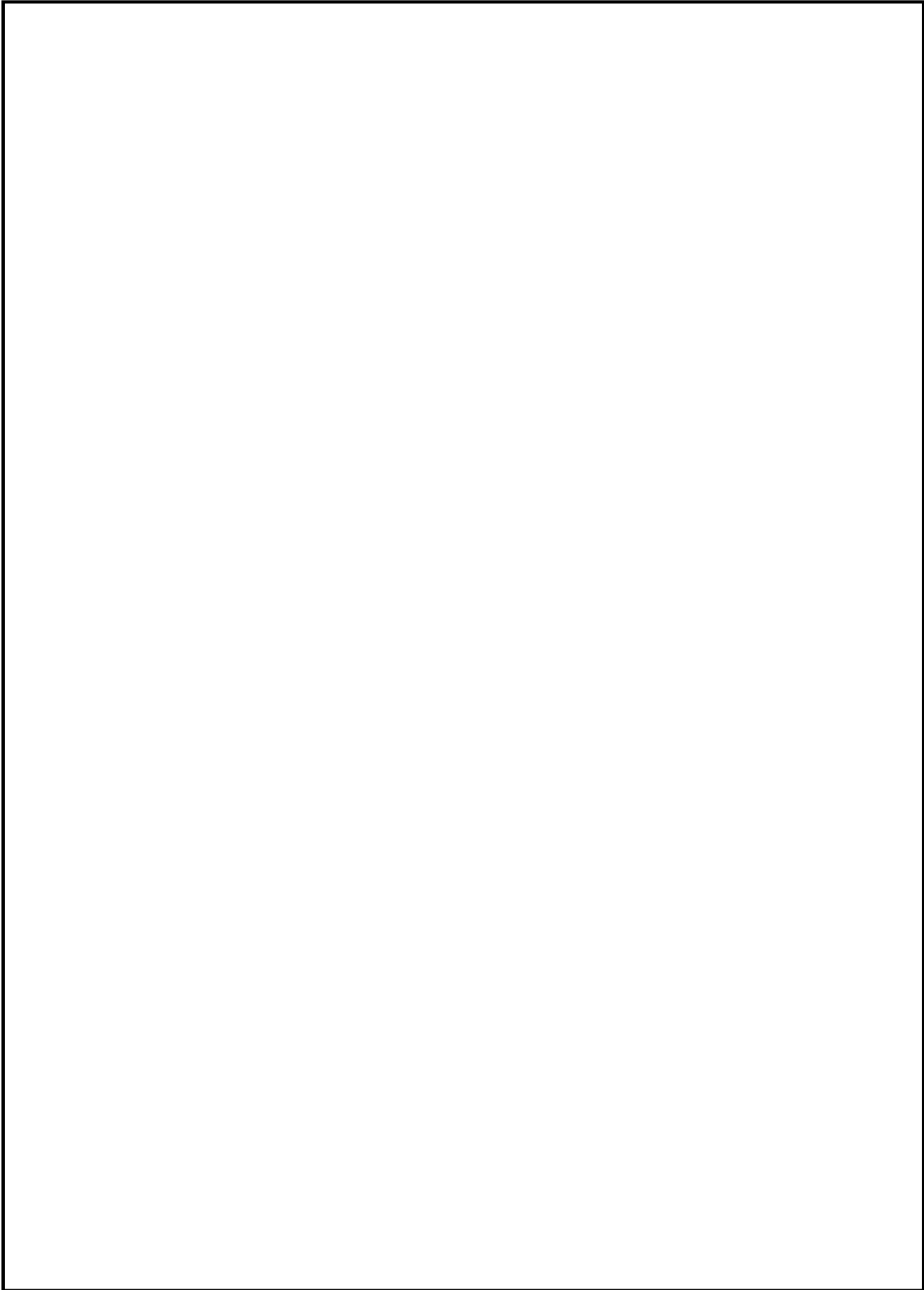
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



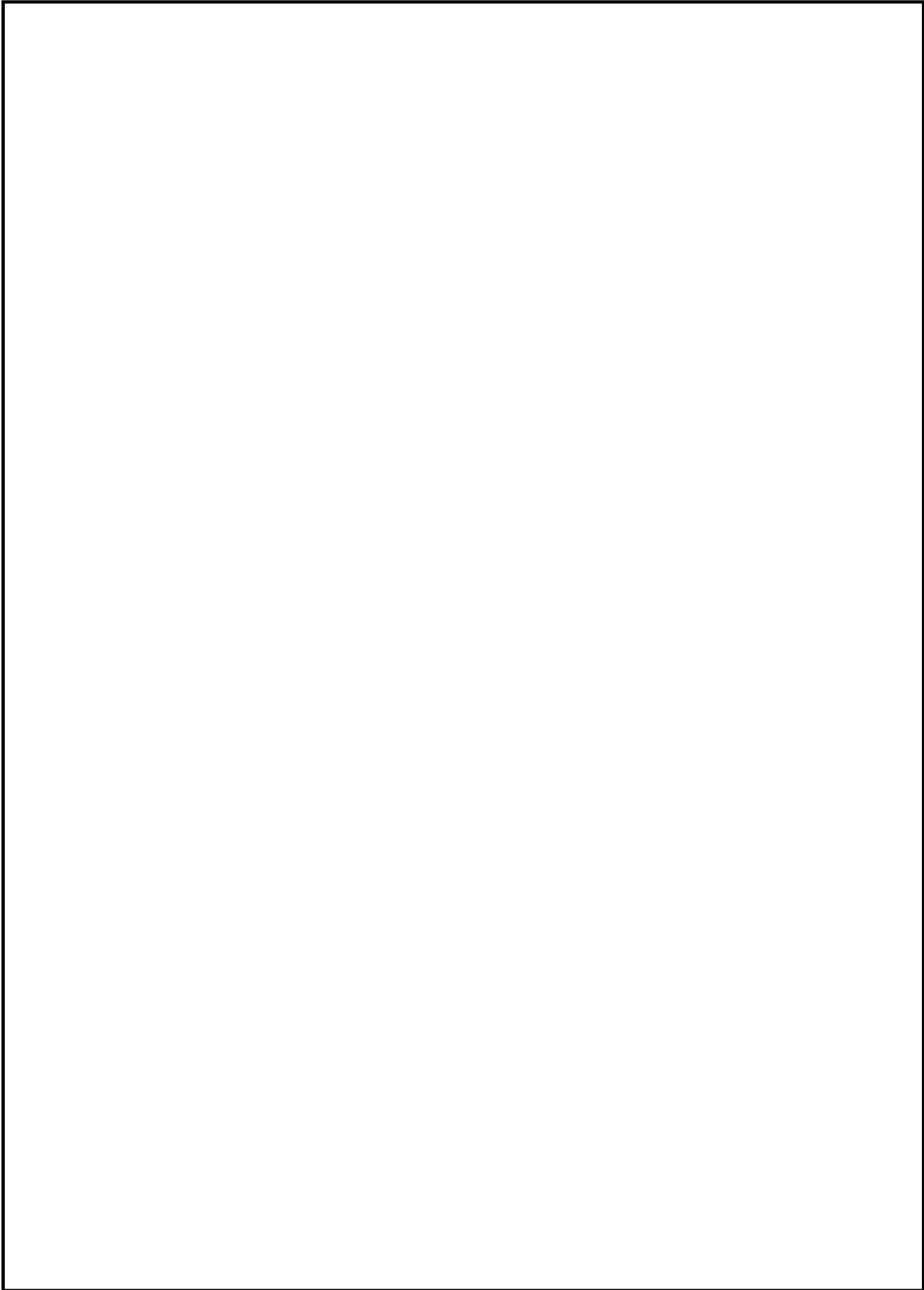
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



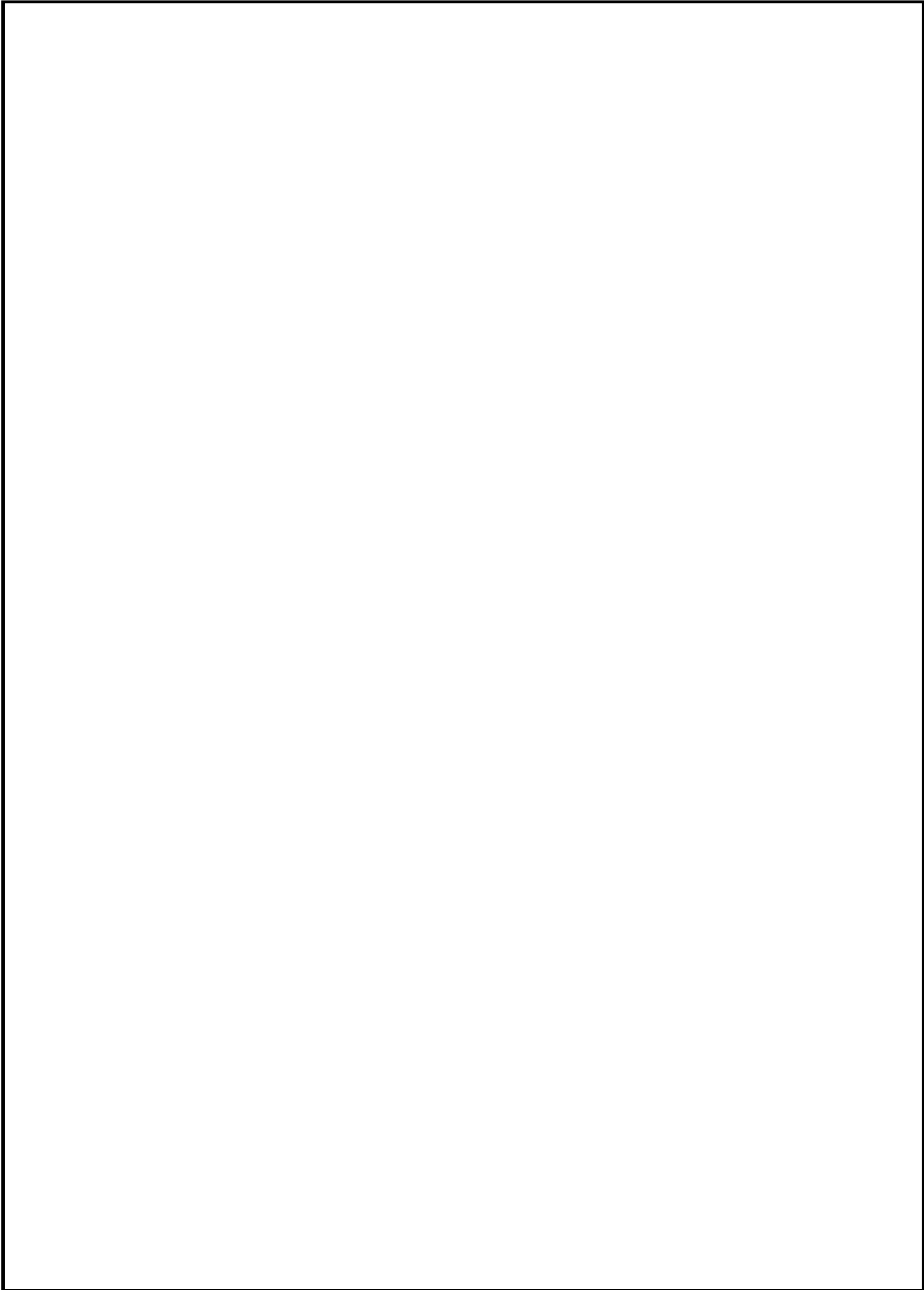
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



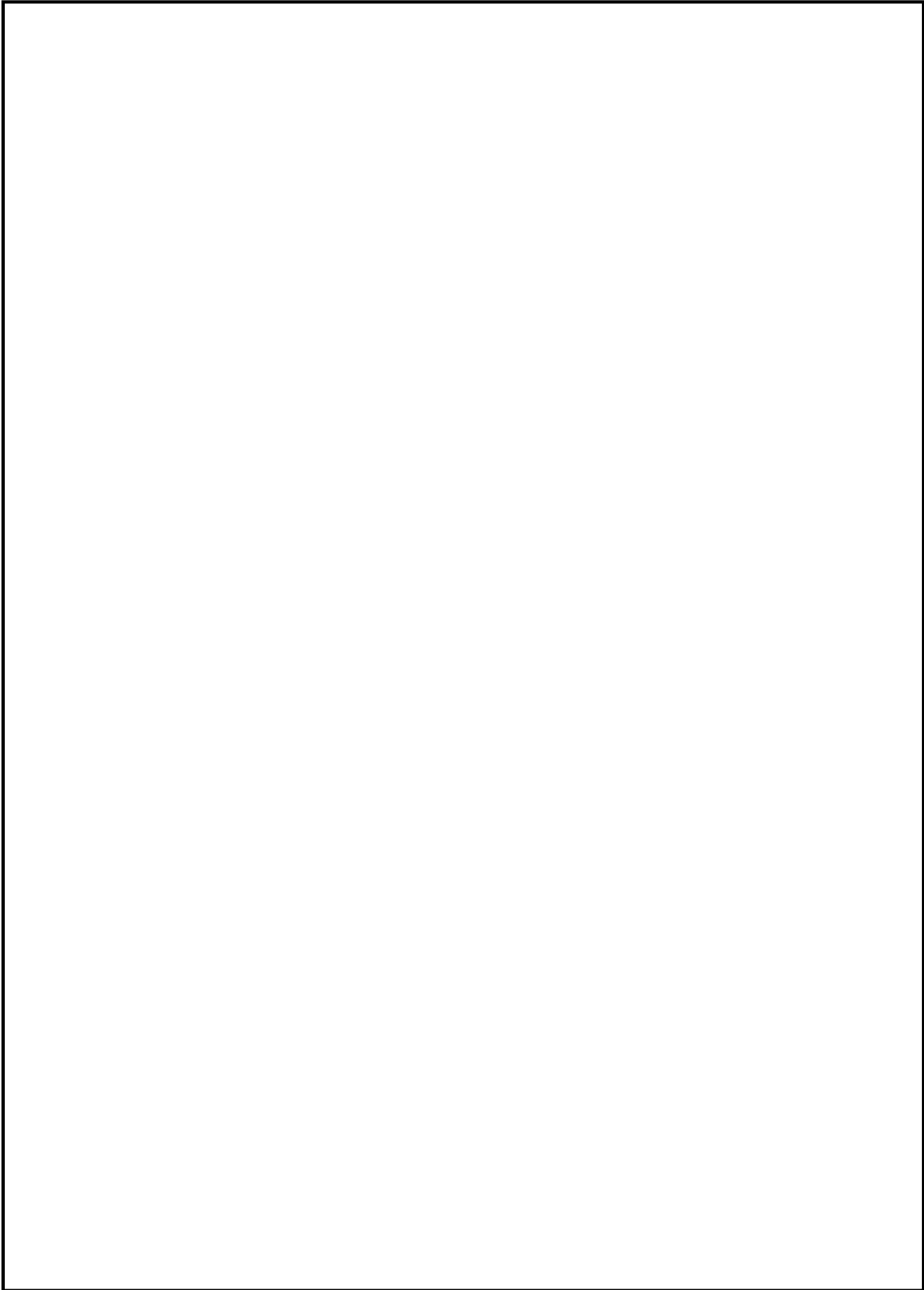
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3-3 燃料油貯蔵タンクエリアの火災感知器設計について

本資料は、燃料油貯蔵タンクエリアに設置する火災感知器の設計について説明する。

火災防護審査基準に照らして、火災区域、区画の設定において、美浜3号機の燃料油貯蔵タンクエリアは1つの火災区画として設定している。

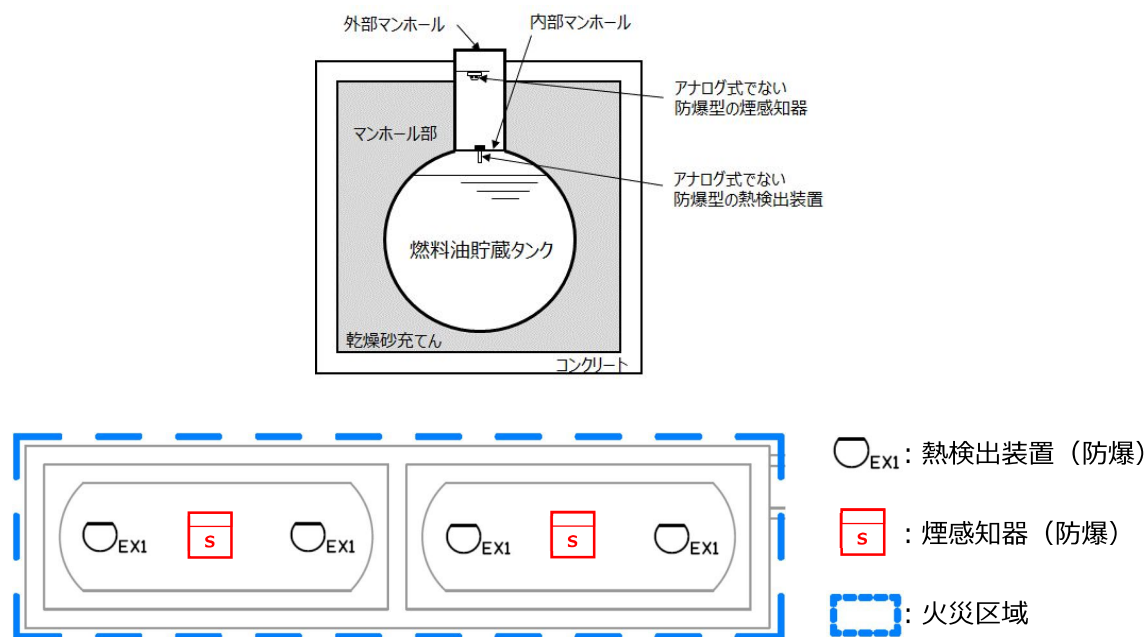
今回、火災感知器の設計にあたっては、その環境条件及び機器の設置条件等を踏まえて個別に火災感知器の設計を行う。

3-3-1 燃料油貯蔵タンクエリアの概要

燃料油貯蔵タンクエリアは、A重油を保管するタンクがコンクリートで囲まれた地下に設置されているエリアであり、一部の開口部とマンホールを通して外部と繋がっている。また、消防法施行規則第23条第4項の適用対象ではないエリアである。

今回、火災感知器の設計にあたり、その環境条件及び設備設置状況等を考慮し、異なる2種類の火災感知器を屋内に準じて3-3-2項の通り設置する。

燃料油貯蔵タンクエリアの火災感知器設置概要図を第3-3-1図に示す。



第3-3-1図 燃料油貯蔵タンクエリアの火災感知器設置概要図

3-3-2 燃料油貯蔵タンクエリアの火災感知器設計

燃料油貯蔵タンクエリア内の環境条件及び設備設置状況等をもとに火災感知器の選定、誤作動防止及び設置の考え方について説明する。

(1) 火災感知器の選定及び誤作動防止

燃料油貯蔵タンクエリアは、タンク内部の燃料が気化し、引火性気体が滞留するおそれがあることを考慮し、アナログ式でない防爆型の煙感知器とアナログ式でない防爆型の熱検出装置を選択する設計とする。

アナログ式でない防爆型の熱検出装置は、燃料油貯蔵タンクの温度を有意に変動させる加熱源等を設置しないことで、誤作動を防止する設計とし、燃料油貯蔵タンクの重油の発火点である約 250℃を考慮し、それよりも低い温度で作動するアナログ式でない防爆型の熱検出装置を設置する。また、アナログ式でない防爆型の煙感知器は、塵埃及び水蒸気の影響を受けないマンホール内に設置することで、誤作動を防止する設計とする。

(2) 火災感知器の設置

燃料油貯蔵タンクエリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項の適用対象ではないエリアであるが、選択した 2 種類の火災感知器を屋内に準じて設置する設計とする。

選択したアナログ式でない防爆型の煙感知器をマンホール部に設置し、アナログ式でない防爆型の熱検出装置をタンク内部の熱を監視できるよう設置する設計とする。

以 上

3-4 固体廃棄物貯蔵庫エリアの火災感知器設計について

本資料は、固体廃棄物貯蔵庫に設置する火災感知器の設計について説明する。

火災防護審査基準における火災区域、区画の設定において、美浜3号機の固体廃棄物貯蔵庫は第1廃棄物庫、第2廃棄物庫、第3廃棄物庫及び第4廃棄物庫が存在し、それぞれ1つの火災区域として設定している。

今回、火災感知器の設計にあたっては、固体廃棄物貯蔵庫内の環境条件を考慮し、この火災区域を分割し、エリア毎に設計する。

3-4-1 固体廃棄物貯蔵庫の概要

固体廃棄物貯蔵庫は、固体廃棄物を貯蔵する火災区域であり、環境条件等を考慮すると、以下の2つのエリアに区別することができる。

① 一般エリア

第1廃棄物庫

第2廃棄物庫

第3廃棄物庫

第4廃棄物庫エリア（放射線量が高い場所を含むエリアを除く。）

② 放射線量が高い場所を含むエリア

第4廃棄物庫の一部のドラム缶貯蔵エリア

3-4-2 固体廃棄物貯蔵庫の火災感知器設計

3-4-1項で大別した①、②それぞれのエリアについて、そのエリア内の環境条件をもとにそれぞれの火災感知器の選定、設計の考え方について説明する。

(1) 一般エリア

放射線量が低い一般エリアである第1廃棄物庫、第2廃棄物庫、第3廃棄物庫及び第4廃棄物庫の一部は、感知器等を消防法施行規則第23条第4項に基づき設置できるエリアであることから、アナログ式の煙感知器とアナログ式の熱感知器を選定し組合せ、設置する設計とする。

(2) 放射線量が高い場所を含むエリア

保安規定にて管理区域内の各エリアを線量当量率が低い方から区分1～3の3段階で区分し、プラント運転中において線量当量率が最も高い区分3のエリアであ

り、第4 廃棄物庫の一部のドラム缶貯蔵エリアが該当する。

当該エリアの火災感知器設計については、補足説明資料 3-5 「放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計について」に示す。

以上

3-5 放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計について

本資料は、放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器（以下、感知器等という。）を設計するにあたり、放射線量が高い場所に設置する感知器の過去の故障実績、原因調査及び文献調査に基づいた感知器等の選定、感知器等の設置場所における干渉物の観点並びに感知器等の設置又は保守点検時における作業員の被ばくの観点から現場施工の成立性を考慮した感知器等の選択、火災防護審査基準 2.2.1②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置する設計について、設計のプロセスを説明するものである。

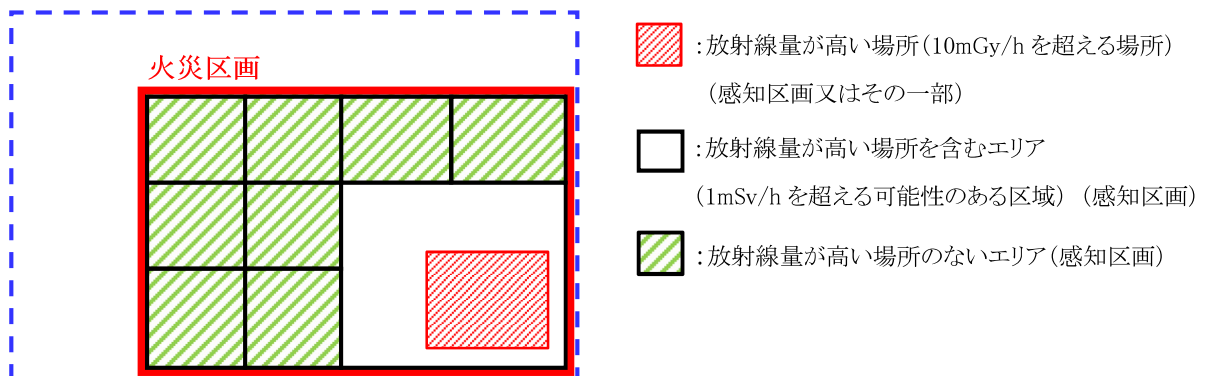
3-5-1 放射線量が高い場所を含むエリアの概要

管理区域内の放射線量が高い場所においては、感知器が故障する知見があること並びに感知器の設置又は保守点検時における作業員の被ばくが懸念されることから、設置場所の放射線量も考慮して感知器設計を行う必要がある。そこで、保安規定及びその下部規定の放射線・化学管理業務要綱にて区分 3（1mSv/h を超える可能性のある区域）と定める場所を含むエリアを「放射線量が高い場所を含むエリア」に設定した。

具体的には、①原子炉格納容器ループ室、②加圧器室、③インコアモニタチェス室、④抽出水再生クーラ室、⑤燃料ピット脱塩塔室、⑥蒸りゅう液脱塩塔室、⑦脱ほう素塔室、⑧冷却材脱塩塔室、⑨冷却材カチオン塔室、⑩ホールドアップタンクカチオン塔室、⑪ホールドアップタンク脱塩塔室、⑫燃料ピットフィルタ室、⑬燃料ピットスキマフィルタ室、⑭冷却材フィルタ室、⑮キャビティフィルタ室、⑯封水注入フィルタ室、⑰蒸りゅう液フィルタ室、⑱ほう酸濃縮液フィルタ室、⑲イオン交換機フィルタ室、⑳封水フィルタ室、㉑廃液ホールドアップタンク室、㉒硫酸回収器・溶離器室、㉓蒸発器室、㉔濃縮廃液タンク室、㉕中和タンク室、㉖廃液供給ポンプ・濃縮液ポンプ室及び㉗第 4 廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリアが該当する。

放射線量が高い場所を含むエリアのイメージ図を第 3-5-1-1 図に示す。

火災区域



第 3-5-1-1 図 放射線量が高い場所を含むエリアのイメージ図

3-5-2 放射線量が高い場所に設置可能な感知器の種類について

(1) アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値について

アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値の考え方について、過去の故障実績、当時の原因調査結果及び文献調査結果に基づき、説明する。

イ. 感知器の故障実績

過去に美浜、高浜、大飯の各発電所で原子炉格納容器内のアナログ式でない熱感知器をアナログ式の熱感知器に交換した際、第 3-5-2-1 表のとおり、ループ室内の蒸気発生器付近に設置した感知器が 1 年程度で故障する事象が相次いで発生した。(感知器の自動試験の際に信号不良発生)

第 3-5-2-1 表 アナログ式感知器の過去の故障実績

ユニット	故障時期	故障個数	故障内容
美浜3号機	平成10年1月	3個	感知器無応答
	平成12年4月	5個	感知器無応答
高浜1号機	平成10年8月	2個	信号線異常
	平成11年8月	3個	信号線異常
	平成12年1月	1個	信号線異常
高浜2号機	平成10年2月	3個	信号線異常
	平成11年9月	3個	信号線異常
高浜3号機	平成12年1月	1個	感知器無応答
高浜4号機	平成11年2月	3個	感知器無応答
大飯2号機	平成12年9月	1個	感知器無応答

ロ. 当時の原因調査結果

故障した部品はメモリ用の IC チップ (半導体素子) であり、プラント運転中のループ室内蒸気発生器付近の放射線量が 100mGy/h 以上と高いことを踏まえ、感知器の故障は放射線による影響と考え、調査を実施した。平成 6 年 3 月に東京都立アイソトープ総合研究所で実施した感知器の耐放射線性能試験は、第 3-5-2-2 表のとおり吸収線量 105.12Gy で感知器が故障する結果であった。

第 3-5-2-2 表 感知器の耐放射線性能試験の概要

試験機器	光電アナログ式スポット型感知器
	熱アナログ式スポット型感知器
試験条件	<ol style="list-style-type: none"> 1. 1 時間あたり 3×10^{-4}Gy/h の線量がある場所で、感知器が 40 年使用できるかを確認するために実験を行った。 2. 40 年分の吸収線量は 105.12Gy となる。試験は短時間でいうため、105.12Gy を 5 時間 20 分で照射した。このため、19.71Gy/h となる位置に感知器を設置した。 3. 線源を Co60 (γ 線) とし、10 年相当の線量照射ごとに感知器の作動を確認した。
試験結果	<ol style="list-style-type: none"> 1. 10 年、20 年、30 年相当の線量照射時の作動試験は正常であった。 2. 40 年相当の線量照射時、各感知器共故障した。 3. 故障した部品はメモリ用 IC であり、吸収線量は 105.12Gy であった。

試験で使用した線源である Co60 (γ 線) は、1 次冷却材中の放射性核種の主体が CP (腐食生成物) であることから、エネルギーが比較的高い Co60 (γ 線) を線源として試験を実施していることは妥当である。

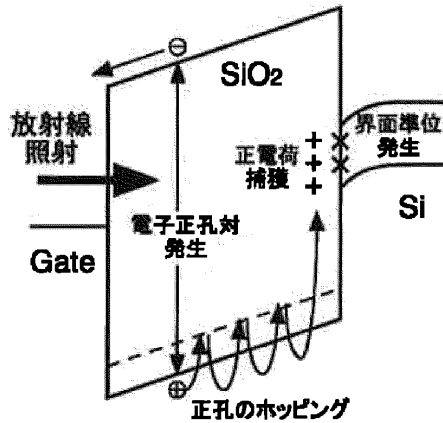
実機プラントにおける感知器の故障実績及び上記の試験結果から、γ 線の影響がある場所に設置するアナログ式の感知器は、約 100Gy の吸収線量で故障すると判断した。

出典：「半導体部品を使用した火災感知器の耐放射線性能について」,TR10241, 能美防災 (株) 平成 11 年 2 月

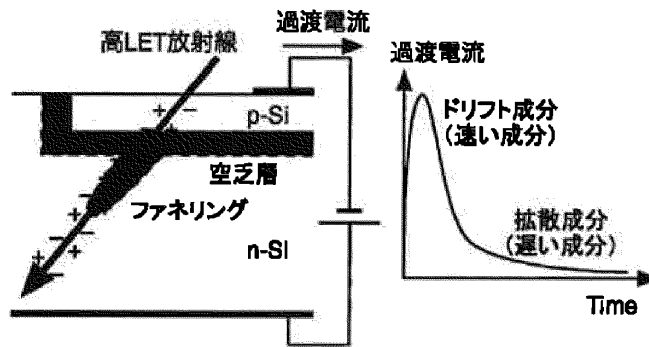
ハ. 文献調査結果

半導体の放射線による故障は、第 3-5-2-1 図に示すトータルドーズ効果又は第 3-5-2-2 図に示すシングルイベント効果によるものであるが、原子力発電所の管理区域のように主な放射線の線種が γ 線の環境では、吸収線量の増加に伴い素子の特性が変化するトータルドーズ効果による影響が支配的といえる。

※1,2

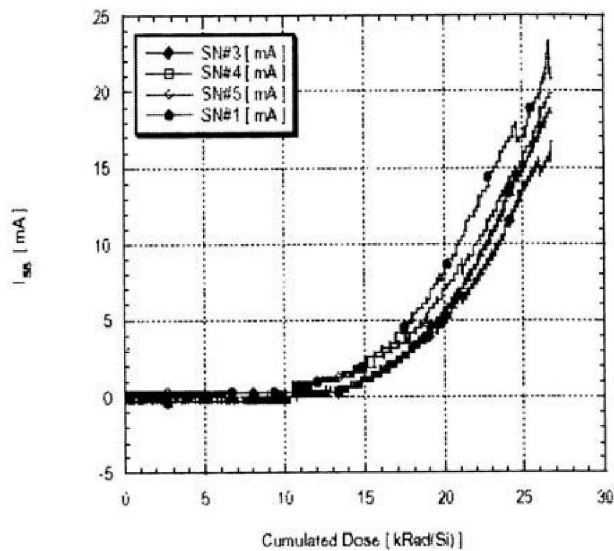


第 3-5-2-1 図 トータルドーズ効果のメカニズム



第 3-5-2-2 図 シングルイベント効果による過渡電流発生メカニズム

γ 線照射によるトータルドーズ効果の影響で、半導体デバイスは約 100Gy の吸収線量で劣化が見られるとされている。^{※3} 第 3-5-2-3 図の X 軸は吸収線量を示し、Y 軸はスタンバイ電流を示しており、約 10krad(=100Gy)から徐々に電流が増加し、性能が劣化していることを確認できる。



第 3-5-2-3 図 γ 線照射結果によるトータルドーズ効果の影響

参考文献

- ※ 1 : 半導体デバイスに対する宇宙放射線照射効果 (2014 年 : 日本信頼性学会誌)
- ※ 2 : 放射線による半導体素子の劣化・故障 (2004 年 : 日本信頼性学会誌)
- ※ 3 : RADFET による宇宙機環境におけるトータルドーズ計測法 (2008 年 : 鹿児島大学博士論文)

イ～ハで説明した過去の故障実績、当時の原因調査結果及び文献調査結果より、アナログ式の感知器は、1 サイクルのプラント運転中に故障しないよう 13 ヶ月で 100Gy を超えない場所に設置する必要があるため、感知器故障の観点から設置場所に対する放射線量の閾値を **10mGy/h** ($< 100\text{Gy} \div 365 \text{ 日} \div 24\text{h/日} \times 12 \div 13$) と設定する。

なお、1 次冷却材中の放射性核種の主体が CP (腐食生成物) であり、エネルギー領域が中程度 (0.1～数 MeV) であることから、実効線量/吸収線量 ≈ 1 として換算でき、吸収線量 (Gy) \approx 実効線量 (Sv) と考えることが可能である。

また、アナログ式でない煙感知器、光電分離型煙感知器及びアナログ式でない炎感知器についても、半導体素子を使用していることから、アナログ式の感知器と同様に感知器故障の観点から設置場所に対する放射線量の閾値を **10mGy/h** と設定する。

(2) 放射線量が高い場所に設置する感知器等の選択

アナログ式の感知器は10mGy/hを超える場所では1サイクルのプラント運転中に故障すると考えられるため、放射線量が高い場所に設置する感知器等として、設置許可に記載のアナログ式でない感知器等の中から、火災防護審査基準の要求事項を踏まえて具体的な感知器等を選択する。

放射線量が高い場所に設置する感知器等の選択方法を第3-5-2-3表に整理し、取付面の高さを考慮した場合の検討結果を第3-5-2-4表にまとめ、各エリアに設置する感知器等の選択結果を第3-5-2-5表に示す。

イ. 火災防護審査要求事項を踏まえた感知器等の選択

アナログ式の感知器以外の感知器等を抽出し、第3-5-2-4表及び第3-5-2-5表のとおり、火災防護審査基準への適合性、火災感知設備の現場施工性を基に各感知方式で使用する感知器等の種類を選択する。

第3-5-2-4表により放射線量が高い場所（10mGy/hを超える場所、以下同じ。）に設置する感知器等は、熱感知方式の「アナログ式でない熱感知器（天井高さが床面から8m以上15m未満の場合は差動分布型熱感知器）」及び煙感知方式の「空気吸引式の煙検出装置」とする。なお、設置許可（添付書類八）で原子炉格納容器内ループ室等は「アナログ式でない熱感知器」を設置する方針としているため、「アナログ式でない熱感知器」の使用を優先する。

上記に加えて、エリア内の放射線量が低い場所（10mGy/h以下の場所、以下同じ。）に設置する感知器等の種類は、天井高さが床面から8m未満の場合は熱感知方式の「アナログ式の熱感知器」及び煙感知方式の「アナログ式の煙感知器」、天井高さが床面から8m以上の場合は熱感知方式の「アナログ式の熱感知器」、煙感知方式の「アナログ式の煙感知器」及び炎感知方式の「アナログ式でない炎感知器」から選択する設計とする。

以上の設計の考え方にに基づき、各エリアに設置する感知器等を第3-5-2-5表のとおり選択する。

第 3-5-2-3 表 火災防護審査基準の要求事項及び感知器等の選択方法

火災防護審査基準	要求事項	感知器等の選択方法
<p>各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できるよう固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等(感知器及びこれと同等の機能を有する機器をいう。以下同じ。)をそれぞれ設置すること。また、その設置に当たっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講ずること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>火災の早期感知(火災の性質を考慮した異なる感知方式の組合せ)</u> ・ <u>環境条件の考慮(放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等)</u> ・ <u>誤作動の防止</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>放射線量が高い場所で使用可能な感知器等を抽出し、感知方式(熱、煙、炎)毎に基準適合の観点から最適な感知器等の種類を選択する。</u> ・ 基準適合の観点から、環境条件の考慮として<u>故障の防止及び感知性能の確保、誤作動の防止、網羅性の確保、電源の確保、監視</u>の6項目について評価する。
<p>感知器については消防法施行規則(昭和36年自治省令第6号)第23条第4項に従い、感知器と同等の機能を有する機器については同項において求める火災区域内の感知器の網羅性及び火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令(昭和56年自治省令第17号)第12条から第18条までに定める感知性能と同等以上の方法により設置すること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 消防法施行規則で求められる火災区域内の火災感知器の<u>網羅性の確保</u> ・ 消防法施行規則で求められる<u>感知性能の確保(環境条件の考慮に含まれる)</u> 	<ul style="list-style-type: none"> ・ その他、<u>現場施工性</u>として網羅性の確保に必要な施工の成立性も含めて評価し、関連項目として参考評価する。
<p>外部電源喪失時に機能を失わないように、電源を確保する設計であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非常用<u>電源の確保</u> 	
<p>中央制御室で適切に監視できる設計であること。</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・ 中央制御室での<u>監視</u> 	

第 3-5-2-4 表 アナログ式の感知器以外の感知器等の比較評価 (1/3)

・天井高さが床面から 8m 未満の放射線量が高い場所で使用可能な感知器等の検討結果

感知方式		熱感知方式				煙感知方式		炎感知方式	
火災感知器種類		アナログ式でない熱感知器 (スポット型)	差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式)	光ファイバー式熱検出装置	アナログ式でない煙感知器 (スポット型)	光電分離型煙感知器 (非蓄積型)	空気吸引式の煙検出装置	アナログ式でない炎感知器	
設置環境 取付面の寸法、温度、湿度、 空気流速等の考慮 (感知 性能の確保)	放射線の考慮 (取巻の防止)	○	○	○	×	×	○	×	×
	取付面高さ、温度、湿度、 空気流速等の考慮 (感知 性能の確保)	○	○	○	○	×	○	○	×
	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
	設置性の確保	○	○	○	○	○	○	○	○
設置環境 電線の確保 監視	電線の確保	○	○	○	○	○	○	○	○
	監視	○	○	○	○	○	○	○	○
設置環境 現場施工性 (設置性の確保に必要な 施工の成立性)	現場施工性 (設置性の確保に必要な 施工の成立性)	○	△	△	○	×	△	△	×
評価	各感知方式で使用する 火災感知器	○	△	△	×	×	△	△	×

○：選定可能 △：条件付きで選定可能 ×：選定することが適切でない

※:アナログ式でない熱感知器を光ファイバーケーブル、差動分布型熱感知器より優先使用

第 3・5・2・4 表 アナログ式の感知器以外の感知器等の比較評価 (2/3)

- ・天井高さが床面から 8m 以上 20m 未満の放射線量が高い場所で使用可能な感知器等の検討結果

感知方式	熱感知方式			煙感知方式			炎感知方式
	アナログ式でない熱感知器 (スポット型)	差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式)	光ファイバー式熱検出装置	アナログ式でない煙感知器 (スポット型)	光電分離型煙感知器 (非箱型)	空気吸引式の煙検出装置	
火災感知器種類	放射線の考慮 (故障の防止)	○	○	○	×	○	×
	環境条件の考慮	△ ・天井高さが 8m 以上で第 2 設置不可 ・グレーチング面に設置し、保護袋が設置できなければ感知性能の確保は可能	△ ・天井高さが 15m 以上の場合は設置不可 ・グレーチング面に設置し、保護袋が設置できなければ感知性能の確保は可能	△ ・天井高さが 15m 以上の場合は設置不可 ・グレーチング面に設置し、保護袋が設置できなければ感知性能の確保は可能	○	△ ・天井高さが 15m 以上の場合は設置不可 ・グレーチング面に設置し、保護袋が設置できなければ感知性能の確保は可能	○
設置項目	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○
	保護性能の確保	○	○	○	○	○	×
	電源の確保	○	○	○	○	○	○
	監視	○	○	○	○	○	○
評価	現場施工 (保護性能の確保に必要な施工の確立性)	○	△ ・保護性能を確保するため、広範囲に設置性能を確保し、支持金具設置、検出部の新設が必要で施工で施工困難	△ ・ケーブルのみのように感知範囲を限定できず、場所では、広範囲に設置性能を確保し、ケーブル敷設が必要で施工困難	○	○	×
	各感知方式で使用する火災感知器	△ (グレーチングが天井高さ 8m 未満の場合に限る)	△ (施工可能な場合に限る) (グレーチング含む天井高さ 15m 未満の場合に限る)	△ (施工可能な場合に限る) (グレーチング含む天井高さ 15m 未満の場合に限る)	×	△ (施工可能な場合に限る) (グレーチング含む天井高さ 15m 未満の場合に限る)	×

○：選定可能 △：条件付きで選定可能 ×：選定することが適切でない

※：天井高さが床面から 8m 以上 15m 未満の場合は差動分布型熱感知器を使用
 天井高さが床面から 15m 以上の場合は、アナログ式でない熱感知器を光ファイバーケーブル、差動分布型熱感知器より優先使用

第3-5-2-4表 アナログ式の感知器以外の感知器等の比較評価 (3/3)

・天井高さが床面から20m以上の放射線量が高い場所で使用可能な感知器等の検討結果

感知方式	熱感知方式			煙感知方式			炎感知方式
	アナログ式でない熱感知器 (スポット型)	差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式)	光ファイバー式熱検出装置	アナログ式でない煙感知器 (スポット型)	光電分離型煙感知器 (非蓄積型)	空気吸引式の煙検出装置	
火災感知器種類	放射線の考慮 (取遣の防止)	○	○	○	×	○	×
	取付面積、温度、湿度、空気流速の考慮 (感知性能の確保)	△	△	△	△	△	×
現場条件の考慮	取付面積が8m以上であれば設置不可 ・グレーチング面に設置可能	△	△	△	△	△	×
	取付面積が15m以上であれば設置不可 ・グレーチング面に設置可能 ・設置場所における放射線量の確保は重要	△	△	△	△	△	×
誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○
検知性能の確保	○	○	○	○	×	○	×
電源の確保	○	○	○	○	○	○	○
監視	○	○	○	○	○	○	○
現場施工性 (検知性能の確保に必要な施工の成立性)	○	△	△	○	×	△	×
評価	△ (グレーチングが天井高さ8m未満の場合に限る)	△ (施工可能な場合に限る) (グレーチングが天井高さ15m未満の場合に限る)	△ (施工可能な場合に限る) (グレーチングが天井高さ15m未満の場合に限る)	×	×	△ (施工可能な場合に限る) (グレーチングが天井高さ15m未満の場合に限る)	×

○：選定可能 △：条件付きで選定可能 ×：選定することが適切でない

※:アナログ式でない熱感知器を光ファイバーケーブル、差動分布型熱感知器より優先使用

第3・5・2・5表 放射線量が高い場所を含むエリアに設置する感知器等の選択結果(1/2)

・ 1 種類目の感知器等の選択結果

設置エリア	エリア内の天井高さ		天井高さ8m未満で放射線が低い場所の有無 (○：有、×：無)	天井高さ8m以上で空間内におけるグレーチングの有無 (○：有、×：無)	1種類目の火災感知器の選定	備考
	8m未満	8m以上				
①原子炉格納容器ループ室	○	○	×	○	アナログ式でない熱	グレーチングに設置する必要あり。
②加圧器室	○	○	×	○	アナログ式でない熱	グレーチングに設置する必要あり。
③インコアモニタチェン	○	○	○	-	アナログ式の熱 アナログ式でない熱	放射線量の高い場所と低い場所を使い分け
④抽出水再生クーラ室	○	○	○	-	アナログ式でない熱	放射線量が低い場所はあるが、念のためアナログ式でない熱を選定する
⑤燃料ピット脱塩塔室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑥蒸りゅう液脱塩塔室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑦脱ほう素塔室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑧冷却材脱塩塔室	○	○	×	-	アナログ式でない熱	
⑨冷却材カチオン塔室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑩ホールドアップタンクカチオン塔室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑪ホールドアップタンク脱塩塔室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑫燃料ピットフィルタ室	○	○	×	-	アナログ式でない熱	
⑬燃料ピットスキマフィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑭冷却材フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑮キャビテフィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑯封水注入フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑰蒸りゅう液フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑱ほう酸濃縮液フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑲イオン交換機フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
⑳封水フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
㉑廃液ホールドアップタンク室	○	○	×	-	アナログ式でない熱	
㉒硫酸回収器・溶離器室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
㉓蒸発器室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
㉔濃縮廃液タンク室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
㉕中和タンク室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
㉖廃液供給ポンプ・濃縮液ポンプ室	○	○	○	-	アナログ式の熱	
㉗第4廃棄物庫内のドラム貯蔵エリア	○	○	○	-	アナログ式の熱 アナログ式でない熱	放射線量の高い場所と低い場所を使い分け

第3・5・2・5表 放射線量が高い場所を含むエリアに設置する感知器等の選択結果(2/2)

・2種類目の感知器等の選択結果

設置エリア	エリア内の天井高さ		天井高さ20m未満で放射線が低い場所の有無 (○：有、×：無)	天井高さ20m以上で空間内におけるグレーチングの有無 (○：有、×：無)	2種類目の火災感知器の選定	備考
	20m未満	20m以上				
①原子炉格納容器ループ室	○	○	○	○	アナログ式の煙	天井面に設置するが大部分がグレーチング面のため感知性能が劣る
②加圧器室	○	○	○	○	アナログ式の煙	グレーチングに設置する必要あり。
③インコアモニタチェン	○	○	○	-	アナログ式の煙 空気吸引式の煙	放射線量の高い場所と低い場所を使い分け
④抽出水再生クーラ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑤燃料ピット脱塩塔室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑥蒸りゅう液脱塩塔室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑦脱ほう素塔室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑧冷却材脱塩塔室	○	○	×	-	空気吸引式の煙	
⑨冷却材カチオン塔室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑩ホールドアップタンクカチオン塔室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑪ホールドアップタンク脱塩塔室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑫燃料ピットフィルタ室	○	○	×	-	空気吸引式の煙	
⑬燃料ピットスキマフィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑭冷却材フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑮キヤピテフィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑯封水注入フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑰蒸りゅう液フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑱ほう酸濃縮液フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑲イオン交換機フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
⑳封水フィルタ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
㉑廃液ホールドアップタンク室	○	○	×	-	空気吸引式の煙	
㉒硫酸回収器・溶離器室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
㉓蒸発器室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
㉔濃縮廃液タンク室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
㉕中和タンク室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
㉖廃液供給ポンプ・濃縮液ポンプ室	○	○	○	-	アナログ式の煙	
㉗第4廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア	○	○	○	-	アナログ式の煙	

3-5-3 放射線量が高い場所を含むエリアにおける干渉物の観点からの現場施工の成立性について

放射線量が高い場所を含むエリアに感知器等を設置するにあたり、各エリアの干渉物の状況を整理し、干渉物の観点から現場施工の成立性について確認した。

(1) エリア内の放射線量が低い場所（10mGy/h 以下の場所）における現場施工の成立性

放射線量が高い場所を含むエリアの内、①原子炉格納容器ループ室、④抽出水再生クーラ室、⑤燃料ピット脱塩塔室、⑥蒸りゅう液脱塩塔室、⑦脱ほう素塔室、⑨冷却材カチオン塔室、⑩ホールドアップタンクカチオン塔室、⑪ホールドアップタンク脱塩塔室、⑬燃料ピットスキマフィルタ室、⑭冷却材フィルタ室、⑮キャビティフィルタ室、⑯封水注入フィルタ室、⑰蒸りゅう液フィルタ室、⑱ほう酸濃縮液フィルタ室、⑲イオン交換機フィルタ室、⑳封水フィルタ室、㉒硫酸回収器・溶離器室、㉓蒸発器室、㉔濃縮廃液タンク室、㉕中和タンク室、㉖廃液供給ポンプ・濃縮液ポンプ室及び㉗第4廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリアは、エリア内に放射線量が低い場所があるため、そこにアナログ式の熱感知器又はアナログ式の煙感知器を設置するが、現場施工に影響を与える干渉物がないことから、現場施工の成立性に問題はない。なお、②加圧器室については、放射線量が低い場所にあるグレーチング面にアナログ式の煙感知器を設置する設計であり、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう設置する設計に該当するため、その具体的な設計については補足説明資料 3-11 に示す。

(2) エリア内の放射線量が高い場所（10mGy/h を超える場所）における現場施工の成立性

放射線量が高い場所を含むエリアの内、①原子炉格納容器ループ室及び②加圧器室は、エリア内の放射線量が高い場所にアナログ式でない防爆型の熱感知器を設置するが、現場施工に影響を与える干渉物がないことから、現場施工の成立性に問題はない。ただし、①原子炉格納容器ループ室及び②加圧器室は放射線量が高い場所にあるグレーチング面にアナログ式でない防爆型の熱感知器を設置する設計であり、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう設置する設計に該当するため、その具体的な設計については補足説明資料 3-11 に示す。

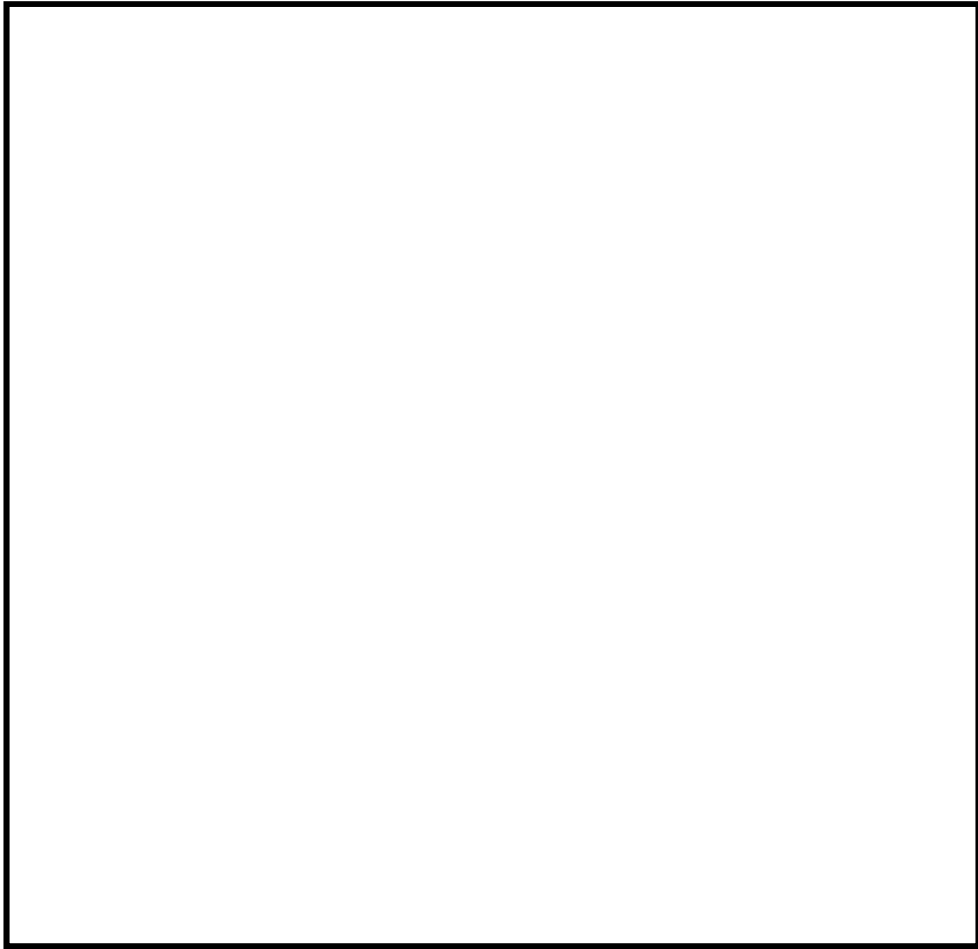
また、放射線量が高い場所を含むエリアの内、⑫燃料ピットフィルタ室及び⑭廃液ホールドアップタンク室は、エリア内の放射線量が高い場所にアナログ式でない防爆型の熱感知器及び空気吸引式の煙検出装置を設置するにあたり、現場施工に影響を与える干渉物がないことから、現場施工の成立性に問題はない。ただし、

③インコアモニタチェス室、⑧冷却材脱塩塔室については、現場施工に影響を与える干渉物が存在するため、エリア毎に干渉物の状況を以下のとおり整理し、干渉物の観点から現場施工の成立性を評価する。

イ. ③インコアモニタチェス室

インコアモニタチェス室にはシンプル配管、原子炉下部キャビティ水位計及び電線管、照明及び照明用電線管が設置されている。また、高放射線の影響を防止するため、インコアモニタチェス室の周りは厚さ約 700～2900mm のコンクリート壁が設置されている。

床面はシンプル配管が広く敷設されており、作業の際の足場設置時に干渉する。また、空気吸引式の煙検出装置の設置時は網羅性と耐震性を確保した配管配置とする必要があるため、配管や電線管及びそれらのサポート等が干渉物となり施工性は非常に低い。干渉物の観点における現場施工の成立性に問題はない。ただし、エリア下部から天井面を貫通して設置されているシンプル配管が干渉物となり、感知器の設置及び保守点検作業に必要な足場設置ができないため、感知器の設置に適する場所がないことから、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で感知器を設置することができない。



第 3-5-3-1 図 シンプル配管上面図及び断面図



第 3-5-3-2 図 原子炉下部キャビティ水位計及び電線管ルート図



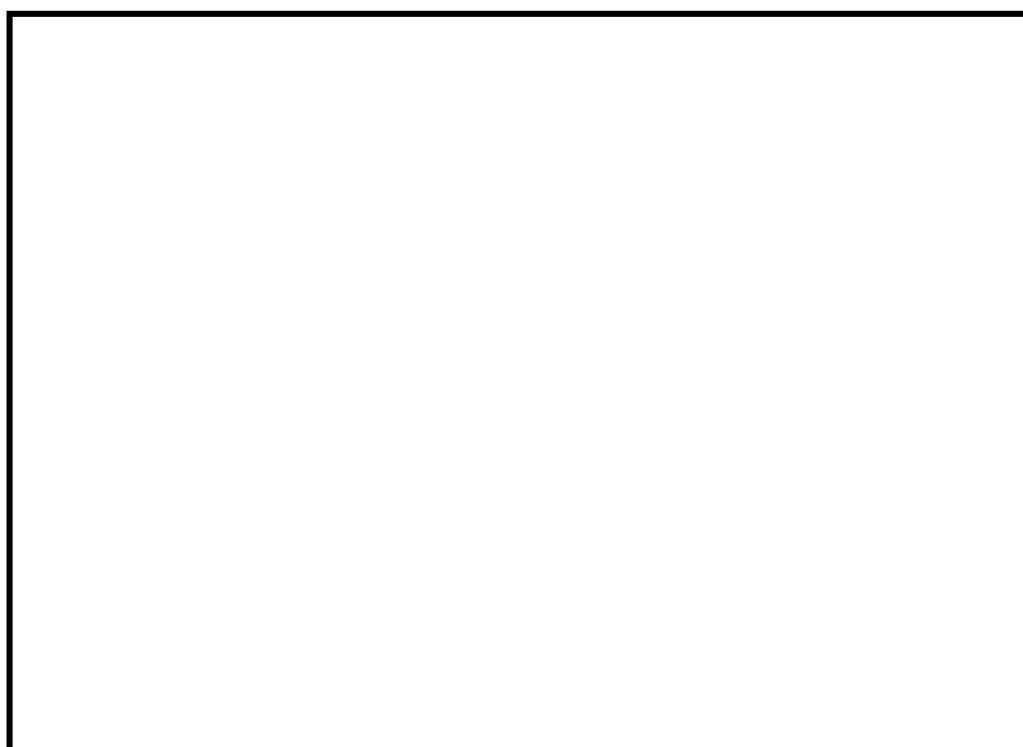
第 3-5-3-3 図 インコアモニタチェス室照明配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ロ. ⑧冷却材脱塩塔室

冷却材脱塩塔室には、樹脂入口配管、樹脂出口配管、入口配管、出口配管、逆洗水出口配管が設置されている。また、高放射線の影響を防止するため、冷却材脱塩塔の周りは厚さ約 600~1400mm のコンクリート壁が設置されている。

主に高放射線の影響を防止するために設置されたコンクリート壁が四方に存在することから干渉物となり、電線管等を敷設するにはコンクリート壁を貫通させる必要があることから施工性は低いが、干渉物の観点における現場施工の成立性に問題はない。



第 3-5-3-4 図 冷却材脱塩塔脱周り系統図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3-5-4 放射線量が高い場所を含むエリアにおける被ばくの観点からの現場施工の成立性について

放射線量が高い場所を含むエリアに感知器等を設置するにあたり、被ばくに関する考慮事項を整理し、各エリアの放射線量を勘案した上で被ばくの観点から現場施工の成立性について確認した。また、その結果を踏まえた感知器設計について以下に示す。

(1) 「火災感知器の設置等における放射線業務従事者である作業員の被ばく線量及び作業に係る集団線量」に対する考慮事項

火災感知器の設置及び保守点検においては、放射線業務従事者である作業員の被ばく線量（以下、「作業員の被ばく線量」という。）及び作業に係る集団線量（総量管理）に留意する必要がある。

イ. 作業員の被ばく線量

放射線業務従事者の被ばく線量限度は、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量限度等を定める告示」において、100mSv/5年、50mSv/年である。

電離放射線障害防止規則第1条では、「事業者は、労働者が電離放射線を受けることをできるだけ少なくするよう努めなければならない。」としている。

また、「原子力施設における放射線業務及び緊急作業に係る安全衛生管理対策の強化について」（基発0810第1号、平成24年8月）において、放射線業務従事者の1日の実効線量が1ミリシーベルトを超えるおそれのある放射線業務（作業）は放射線作業届を労働基準監督署へ提出することが必要であり、作業員の被ばく線量が1ミリシーベルト/日を上回らないことを一つの目安として、作業計画を立案している。

ロ. 集団線量

集団線量については、法令要求はないものの、電離放射線障害防止規則第1条より事業者として可能な限り被ばく線量を少なくするよう努める必要がある。

今般の作業追加により集団線量を大きく増加させないためには、設置及び保守点検を考慮して、可能な限り線量の低い箇所に火災感知器を設置することが必要である。

以上から、作業員の被ばく線量が線量限度を超えないよう考慮し、その上で、集団線量についても確認する。

(2) 「火災感知器の設置等における作業員の被ばく線量及び作業に係る集団線量」の確認事項について

イ. 作業員の被ばく線量の確認事項

- 火災感知器の設置及び保守点検に伴う作業員の被ばく線量が、線量限度（100mSv/5年、50mSv/年）を満足すること。
- 作業員の被ばく線量が1mSv/日を超えないことを目安として、感知器の設置場所を選定し、作業計画を立案する。

ロ. 作業に係る集団線量の確認事項

- 作業に係る集団線量は、可能な限り低くなるよう努める。
- 至近の美浜発電所の年間線量及び定検線量（いずれも集団線量）を第3-5-4-1表に示す。感知器等の設置及び保守点検時における作業に係る集団線量が、年間線量又は定検線量を大きく増加させないことを確認する。

第3-5-4-1表 美浜発電所の年間線量及び定検線量

参考データ	集団線量計(人・mSv)
2020年度 美浜発電所年間線量(3号機)	約230
2021年度 美浜発電所年間線量(3号機)	約160
第26回定検(2021.10.23~2022.9.26)	約170

(3) 工事設計における被ばくの考慮について

工事設計における作業員の被ばく線量及び作業に係る集団線量を次のとおり試算し、評価する。

イ. 被ばく管理上の設計方針

作業における被ばく管理は、社内標準に則り、作業員の被ばく線量（mSv）及び作業に係る集団線量（人・mSv）が可能な限り低くなるよう計画する。作業計画を立てる際には、放射線防護上必要な措置を講じることにより、作業員の被ばく線量及び作業に係る集団線量（以下、「被ばく線量及び集団線量」という。）の低減を図る。計画した作業の被ばく線量及び集団線量が許容できない場合、作業計画を見直す。

火災防護に必要な作業については、次の手順で作業計画の妥当性を確認する。

イ) 作業計画の立案

被ばく線量及び集団線量を低減するために、作業は個人の受ける線量を合理的に達成できる限り低減するため原則として次のように行う。

- 事前に被ばくの経歴、作業環境及びその変化を考慮し、個人の受ける線量を低減できるよう作業計画を立てるとともに、作業方法、手順等について、その周知徹底を図る。(例. 作業場所の線量が低い時期の確認)
- 放射線防護については、防護具類、個人線量計の着用、時間制限等必要な条件を定める。
- 作業を行う場合は、責任者を定めるとともに上記条件等を遵守させ、個人の受ける線量の低減を図る。
- 作業中に作業環境の変化が起こり得るような場合は、必要に応じ、外部放射線に係る線量、空気中の放射性物質の濃度等を測定し、作業環境の確認を行う。
- 必要な場合は一時遮へいの使用、除染等を行い作業環境の保全に努める。(例. 一時遮へいを用いた線源の遮へい、線源の移動)
- 作業管理については、立会い等により指導助言を行う。

ロ) 作業計画の改善

前項による放射線防護上必要な措置を反映した作業計画にもかかわらず、被ばく線量及び集団線量が許容できない場合、実施計画を見直す。

ハ) 判断基準及び考慮事項

作業計画の改善を要する基準及び考慮事項は次のとおりとする。

- ・ 火災感知器の設置及び保守点検に伴う作業員の被ばく線量が、線量限度(100mSv/5年、50mSv/年)を満足すること。
- ・ 作業員の被ばく線量が1mSv/日を超えないこと。
- ・ 火災感知器の設置及び保守点検時の集団線量について、年間線量又は定検線量を大きく増加させないこと。
- ・ 被ばく線量及び集団線量を可能な限り低くすること。

(4) 放射線量が高い場所を含むエリアの分類及び放射線量

放射線量が高い場所を含むエリアの放射線量の確認結果を第 3・5・4・2 表に示す。

第3・5・4・2表 放射線量が高い場所を含むエリアの放射線量

設置エリア	放射線物質が高い場所を含むエリアの放射線量	説明
①原子炉格納容器ループ室		作業に係る被ばくの線量を検討した結果（以下「被ばくの観測点」という）、定検中に設置及び保守点検が可能
②加圧器室		線量となる燃料を取り出し後、かつ、検出器の位置により放射線量が低下する期間がある。
③インコアモニタエリア		被ばくの観測点で、定検中に設備及び保守点検が可能
④再生熱クーラ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑤燃料ピット脱塩塔室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑥蒸りゆづ液脱塩塔室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑦脱ほう素塔室		線源である樹脂の交換を一齐に行えないため、常時線量が高く、保守点検を助案した設置箇所に適さない。
⑧冷却材脱塩塔室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑨冷却材カチオン塔室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑩ホールドアップタンクカチオン塔室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑪ホールドアップタンク脱塩塔室		線源であるフィルタの交換を必要タイミングで行えないため、常時線量が高く、保守点検を助案した設置箇所に適さない。
⑫燃料ピットフィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑬燃料ピットスキマフィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑭冷却材フィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑮キヤピタフィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑯封水注入フィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑰蒸りゆづ液フィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑱ほう酸濃縮液フィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑲イオン交換機フィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
⑳封水フィルタ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
㉑廃液ホールドアップタンク室		線源である高線量の廃液を貯蔵しており、常時線量が高く、設置及び保守点検を助案した設置箇所に適さない。
㉒硫酸回収器・溶離器室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
㉓蒸発器室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
㉔濃縮廃液タンク室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
㉕中和タンク室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
㉖廃液供給ポンプ・濃縮液ポンプ室		被ばくの観測点で問題なく、保守、点検が可能
㉗第4廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア		線源となるドラム缶の移動等により、放射線量を下げることが可能なことから、設置及び保守点検が可能

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

- (5) 火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法により感知器等を設置することが適切でないエリアにおける設計方針とこれに基づく被ばく線量及び集団線量について

放射線量が高い場所を含むエリアの内、①原子炉格納容器ループ室については、感知器を設置できる取付面がなく、有効に火災の発生を感知できない場所があり、煙感知器は消防法施行規則第 23 条第 4 項第 7 号ホ、熱感知器は消防法施行規則第 23 条第 4 項第 3 号ロを満足するように設置できない。また、壁面の放射線量が低い場所にアナログ式でない炎感知器を設置しても配管・サポート類が障害物となりエリア内を網羅的に監視することができない。従って、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法により感知器を設置することが適切でないため、グレーチング面又はグレーチング面が大部分を占める天井面に高放射線環境下でも使用可能なアナログ式でない熱感知器と放射線量が低い場所からエリア内を網羅的に監視することができるアナログ式の煙感知器を設置することにより、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。設計基準の定義及び具体的な設計については、補足説明資料 3-11 に示す。

②加圧器室については、取付面の高さが消防法施行規則第 23 条第 4 項で規定される高さ以上であり、熱感知器は消防法施行規則第 23 条第 4 項第 1 号イ、熱感知器は消防法施行規則第 23 条第 4 項第 2 号を満足するように設置できない。また、壁面の放射線量が低い場所にアナログ式でない炎感知器を設置しても配管・サポート類が障害物となりエリア内を網羅的に監視することができない。従って、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法により感知器を設置することが適切でないため、グレーチング面又はグレーチング面が大部分を占める天井面に高放射線環境下でも使用可能なアナログ式でない熱感知器を設置することにより、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。設計基準の定義及び具体的な設計については、補足説明資料 3-11 に示す。

③インコアモニタチェス室、⑤冷却材脱塩塔室、⑫燃料ピットフィルタ室及び⑭廃液ホールドアップタンク室については、放射線量が高く、アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器は使用できないことから、アナログ式でない熱感知器及び空気吸引式の煙検出装置の設置及び保守点検を実施する際の作業計画における被ばく線量及び集団線量を試算する。(添付参照)

試算の結果、判断基準及び考慮事項を満足できず、作業員の被ばくの観点から火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法により感知器等を設置することが適切でないため、以下のエリアについては、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められ

た方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。

- ・③インコアモニタチェス室では、線源となる燃料を取出し後、かつ、検出器の位置により放射線量が低下する期間があり、実施時期の適性を図ることは可能である。ただし、エリア下部から天井面を貫通して設置されているシングル配管が干渉物となり、感知器等の設置及び保守点検作業に必要な足場設置ができないため、感知器の設置に適する場所がない。また、空気吸引式の煙検出装置は、設置に時間を要することから設置における被ばく線量及び集団線量の試算結果が判断基準及び考慮事項を満たさないため、エリア内に煙感知器を設置することは適切でない。

以上より、感知器等を設置できる取付面がなく、有効に火災の発生を感知できない場所があり、煙感知器は消防法施行規則第23条第4項第7号ホ、熱感知器は消防法施行規則第23条第4項第3号ロを満足するように設置することができず、かつ、火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法により感知器等を設置することが適切でないため、火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。

- ・⑤冷却材脱塩塔室及び⑫燃料ピットフィルタ室では、線源となる放射性物質の除去を必要な時期に実施できないことから、常時放射線量が高く、保守点検における被ばく線量及び集団線量の試算結果が判断基準及び考慮事項を満たさない。作業員の被ばくの観点から火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法により感知器等を設置することが適切でないため、火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。
- ・⑭廃液ホールドアップタンク室では、線源である高線量の廃液を貯蔵しており、室内は常時放射線量が高いことから、設置及び保守点検における被ばく線量及び集団線量の試算結果が判断基準及び考慮事項を満たさない。作業員の被ばくの観点から火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法により感知器等を設置することが適切でないため、火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。

上記のエリアにおける設計基準の定義及び具体的な設計については、補足説明資料 3・11 にて示す。

見直した設計方針に基づき各エリアの被ばく線量及び集団線量を試算した結果を第 3・5・4・3 表に示す。

第 3・5・4・3 表 ③、⑤、⑫及び⑰のエリアの被ばく線量及び集団線量

【設置時線量】

項目	火災感知器個数				①放射線量 (mSv/h) [想定線量率]	②設置作業工数 (人・h)	③作業日数 (人)	④作業日数 (日)	集団線量 (人・mSv) [①×②]	作業員の個人線量 (mSv/h) [[①×②÷③)/④]	判定
	新設(個)			既設感知器							
	熱感知器	煙感知器	炎感知器								
③インコアモニタチェ ス室※1	4	1	—	0	5					○	
⑤冷却材脱塩塔室※ 2	1	1	—	0	2					○	
⑫燃料ピットフィルタ 室※2	1	1	—	0	2					○	
⑰廃液ホールドアップ タンク室※2	3	1	—	0	4					○	

【保守点検時線量】

項目	火災感知器個数				①放射線量 (mSv/h) [想定線量率]	②点検作業工数 (人・h)	③作業日数 (人)	④作業日数 (日)	集団線量 (人・mSv) [①×②]	作業員の個人線量 (mSv/h) [[①×②÷③)/④]	判定
	新設(個)			既設感知器							
	熱感知器	煙感知器	炎感知器								
③インコアモニタチェ ス室※1	4	1	—	0	5					○	
⑤冷却材脱塩塔室※ 2	1	1	—	0	2					○	
⑫燃料ピットフィルタ 室※2	1	1	—	0	2					○	
⑰廃液ホールドアップ タンク室※2	3	1	—	0	4					○	

※1 アナログ式でない熱感知器、アナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置
(加えて空気の流れを考慮し、ループ室の煙にも期待)

※2 隣接エリアに設置するアナログ式の熱感知器、アナログ式の煙感知器を兼用

試算の結果、作業員の被ばく線量が 1mSv/日を超えせず、線量限度 (100mSv/5年、50mSv/年) を満足していることを確認した。また、集団線量が年間線量 (3号機 約 230 人・mSv) を超過しないことを確認した。

よって、上記エリアの被ばくの観点における現場施工の成立性について問題ないものと評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3-5-5 放射線量が高い場所を含む 27 エリアの火災感知器設計の詳細について

(1) ①原子炉格納容器ループ室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	1 次冷却材高温側温度 (広域) 検出器、1 次冷却材ポンプ、蒸気発生器等
エリア面積 (m ²)	281.4

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

原子炉格納容器ループ室は、RCS 配管貫通部、エリア内給気ダクト及びエリア入口部分を除き側面がコンクリート壁で閉鎖された空間であり、原子炉格納容器内に設置された格納容器循環ファンによって、原子炉格納容器ループ室内の給気ダクトを経由して給気される。

また、プラント運転中においては、原子炉格納容器内で空気は循環しており、格納容器循環ファンは原子炉格納容器内で循環する空気を吸い込み、原子炉格納容器ループ室に給気している。

第 3-5-5-1-1 図に空気の流れを示す。



第 3-5-5-1-1 図 原子炉格納容器ループ室の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

原子炉格納容器ループ室は、取付面の高さが床面から 20m 未満のため、エリア内全域の天井面及びグレーチング面にアナログ式でない熱感知器、放射線量が低い場所にある天井面にアナログ式の煙感知器を設置することで、それぞれ設計基準②を満足するよう設置する設計とする。なお、アナログ式でない熱感知器は、取付面から下方に 8m 未満の距離にある床面又はグレーチング面までを監視範囲とし、エリア内全域を監視できるよう必要な階層面に設置する。
第 3-5-5-1-2 図に感知器配置図を示す。



第 3-5-5-1-2 図 原子炉格納容器ループ室の感知器配置図

ニ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等である 1 次冷却材高温側温度（広域）検出器がある。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器、放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器を設置する。なお、アナログ式の熱感知器は、その内部に半導体素子を使用していることから、アナログ式でない熱感知器に比べ、放射線の影響による感知器故障リスクが高く

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

誤作動防止が困難であること及び短周期での取替が必要になる可能性が高いことから、アナログ式でない熱感知器を設置する設計とする。

このアナログ式でない熱感知器は、設定温度に対し、ON-OFF 作動するが、このエリアはプラント通常運転中に環境温度が高くなることから、熱感知器が火災以外で誤作動することのないよう、運転中に想定される温度(約 65°C以下)よりも高い設定温度で感知し、作動するものを選択する。

加えて、万一、水素が発生するような場合を考慮し、**機械的な接点があり、火花の発生の恐れのあるアナログ式でない熱感知器は、発火源とならないよう念のため防爆型とする。**

また、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所にアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。

なお、アナログ式の煙感知器は、検出プロセスにおいて火花が発生するおそれはないことから発火源とならないため、防爆型でなくても問題ない。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリア内には、原子炉の安全停止に必要な機器等として1次冷却材高温側温度(広域)検出器がある。

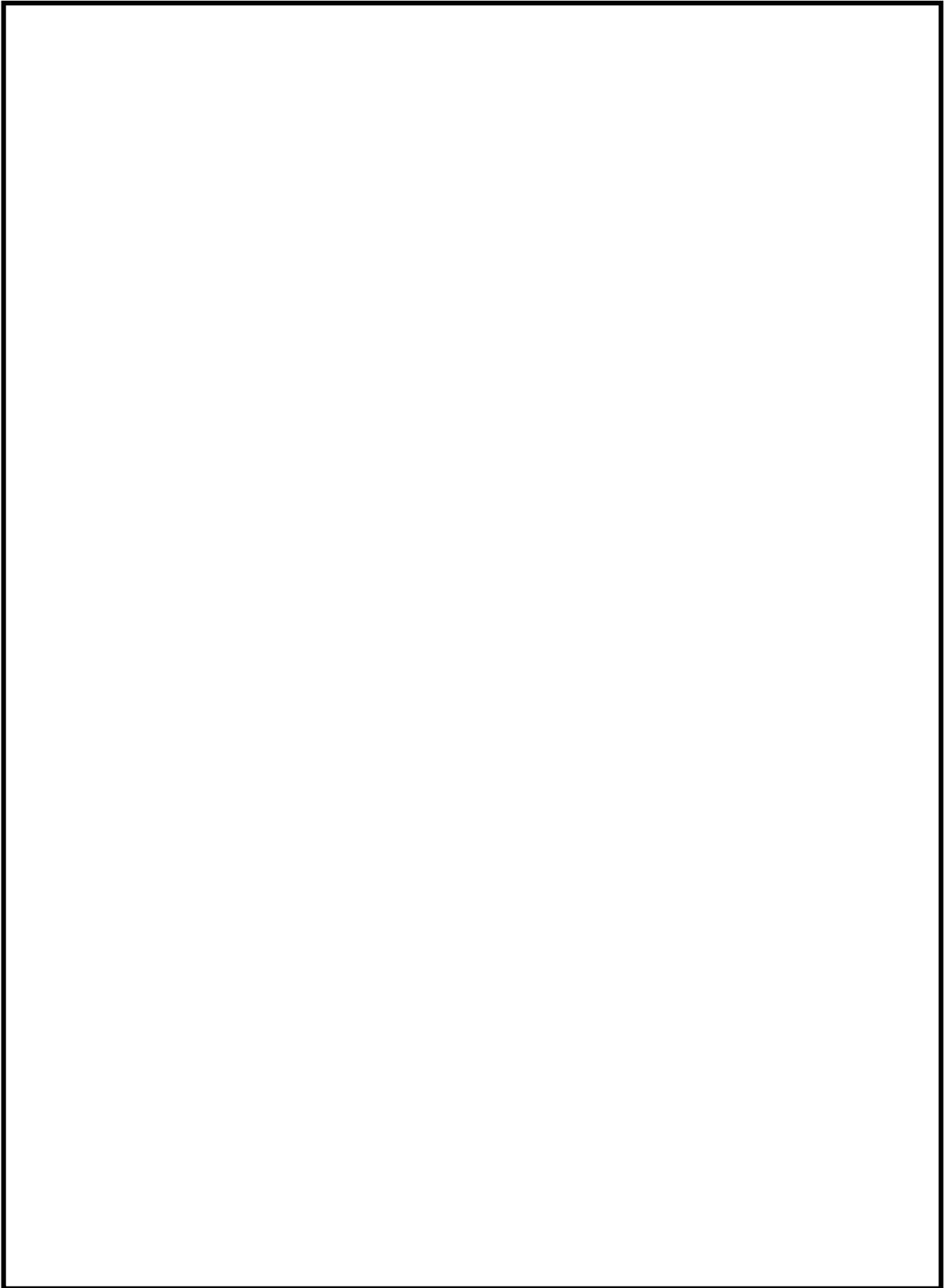
当該エリア内で万一火災が発生した場合、火災による熱及び煙は**格納容器循環ファン**からの給気によって攪拌・希釈されるが、四方が壁で囲まれ流路が制限されている空間を上昇すること、並びに、**循環ファン**による気流は原子炉格納容器内で循環する設計となっており、火災の継続とともにエリア内の空気温度及び煙濃度は全体的に高まっていくことを考慮して、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器、放射線量が低い場所に床面全体を監視することができるアナログ式の煙感知器を設置することで火災を感知し、火災の状況確認及び消火活動を実施することが可能となる。

また、第 3-5-5-1-3 図に原子炉格納容器ループ室での火災発生時の空気の流れを示す。

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち原子炉格納容器ループ室は、補足説明資料 1-1 及び 3-11 のとおり、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器、放射線量が低い場所に床面全体を監視することができるアナログ式の煙感知器を設置することによって火災を感知することが可能であり、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-5-5-1-3 図 原子炉格納容器ループ室の火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) ②加圧器室

イ. 環境条件

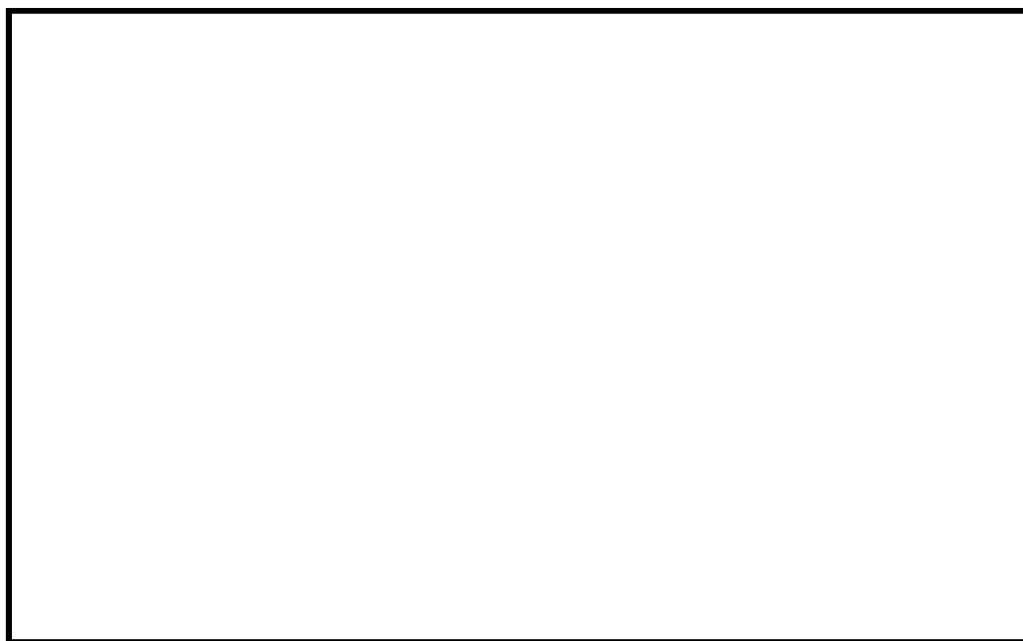
エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 5
エリア内機器	加圧器逃がし弁等
エリア面積 (m ²)	37.1

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

加圧器室は、エリア内給気ダクト及びエリア入口部分を除き側面がコンクリート壁で閉鎖された空間であり、原子炉格納容器内に設置された格納容器循環ファンによって、加圧器室の給気ダクトを經由して給気される。

また、プラント運転中においては、原子炉格納容器内で空気は循環しており、格納容器循環ファンは原子炉格納容器内で循環する空気を吸い込み、加圧器室に給気している。

第 3-5-5-2-1 図に空気の流れを示す。

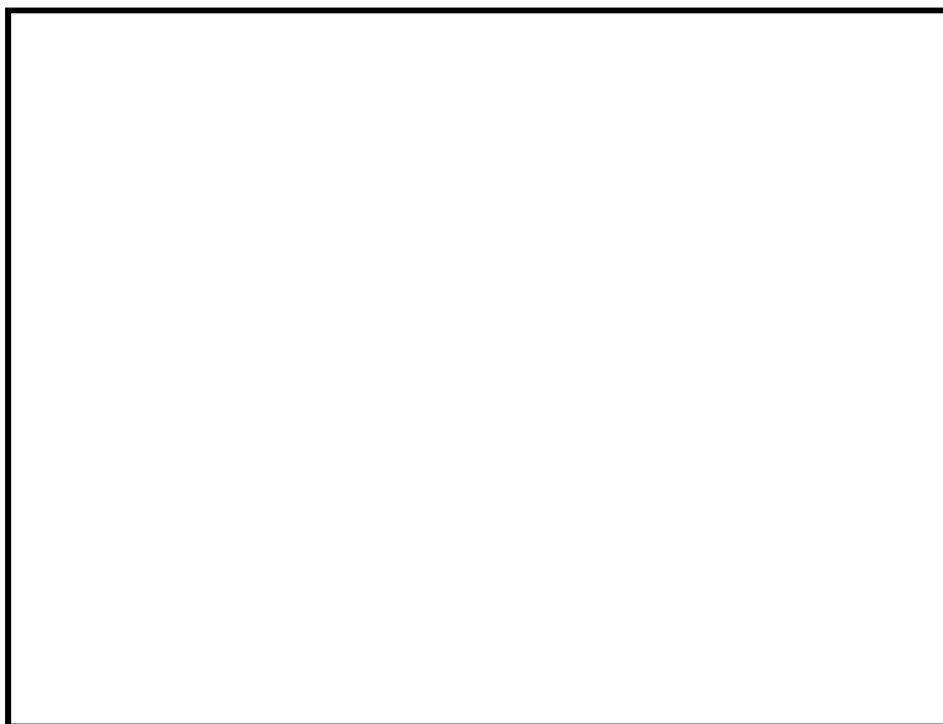


第 3-5-5-2-1 図 加圧器室の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

加圧器室は、取付面の高さが床面から **8m 以上 20m 未満**のため、エリア内の放射線量が低い場所にある天井面に**アナログ式の煙感知器**を消防法施行規則通りに設置するとともに、エリア内全域の天井面及びグレーチング面に**アナログ式でない熱感知器**を設置することで、設計基準②を満足するよう設置する設計とする。アナログ式でない熱感知器は、取付面から下方に **8m 未満**の距離にある床面又はグレーチング面までを監視範囲とし、エリア内全域を監視できるように必要な階層面に設置する。**第 3-5-5-2-2 図**に感知器配置図を示す。



第 3-5-5-2-2 図 加圧器室の感知器配置図

ニ. 選択理由

加圧器室は、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等である加圧器逃がし弁等がある。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、エリア内全域に**アナログ式でない熱感知器**を設置し、**アナログ式の煙感知器**を消防法施行規則通りに設置する。なお、アナログ式の熱感知器は、その内部に半導体素子を使用していることから、アナログ式でない熱感知器に比べ、放射線の影響による感知器故障リスクが高く誤作動防止が困難であること及び短周期での取替が必要になる可能性が高いことから、アナログ式でない熱感知器を設置する設計とする。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。


このアナログ式でない熱感知器は、設定温度に対し、ON-OFF 作動するが、このエリアはプラント通常運転中に環境温度が高くなることから、熱感知器が火災以外で誤作動することのないよう、運転中に想定される温度(約 65℃以下)よりも高い設定温度で感知し、作動するものを選択する。

加えて、万一、水素が発生するような場合を考慮し、**機械的な接点があり、火花の発生のおそれのあるアナログ式でない熱感知器は、発火源とならないよう念のため防爆型とする。**

また、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所にアナログ式の煙感知器を**消防法施行規則通りに**設置する設計とする。

なお、アナログ式の煙感知器は、検出プロセスにおいて火花が発生するおそれはないことから発火源とならないため、防爆型でなくても問題ない。


ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画  の一部である**加圧器室**には、原子炉の安全停止に必要な機器等として加圧器逃がし弁等があり、この機器への火災の影響を考慮し、アナログ式でない熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する。

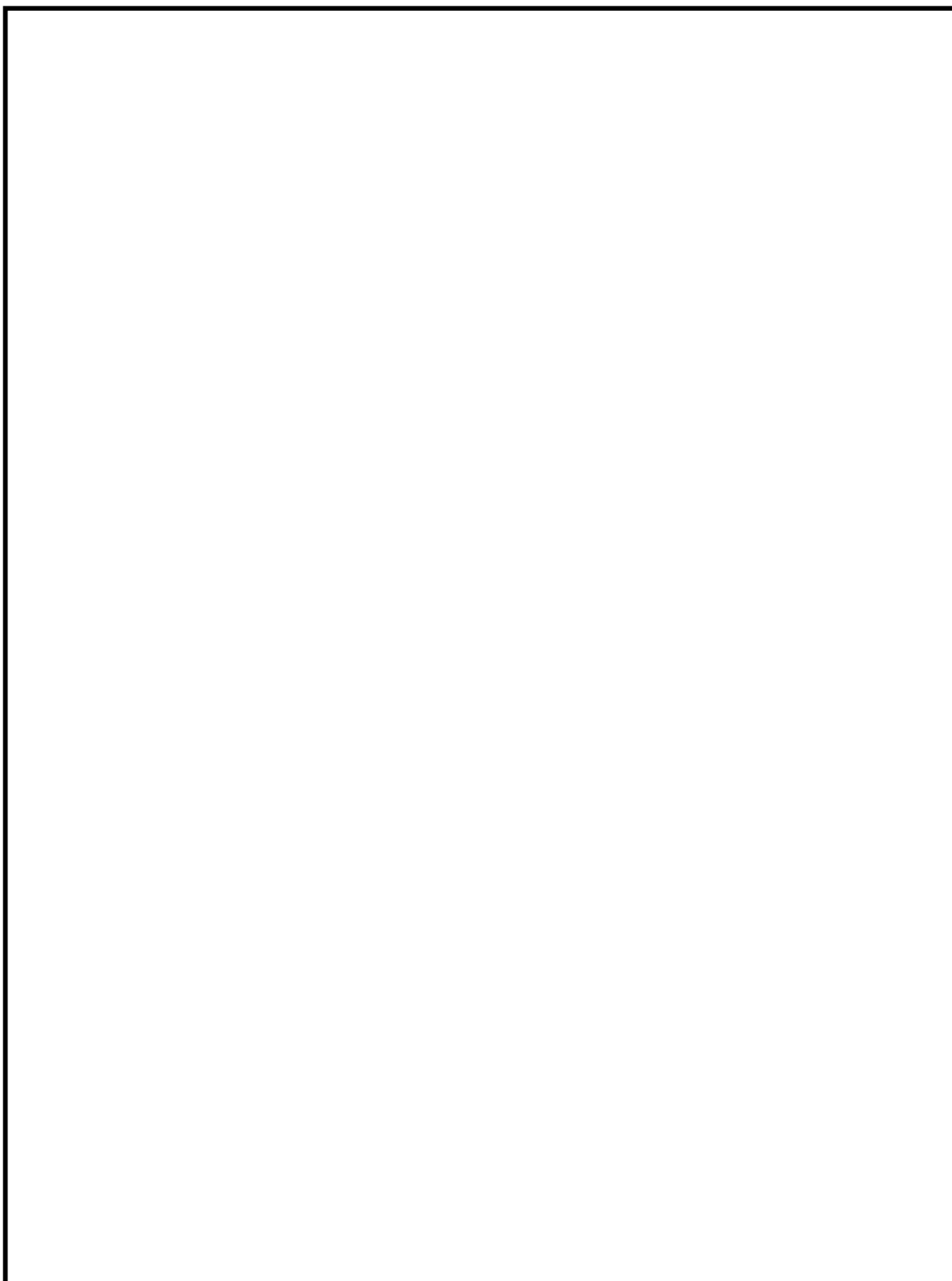
当該エリア内で万一火災が発生した場合、火災による熱及び煙は**格納容器循環ファン**からの給気によって攪拌・希釈されるが、四方が壁で囲まれ流路が制限されている空間を上昇すること、並びに、**循環ファン**による気流は原子炉格納容器内で循環する設計となっており、火災の継続とともにエリア内の空気温度及び煙濃度は全体的に高まっていくこと考慮して、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器**を設置し**、放射線量が低い場所に床面全体を監視することができるアナログ式の煙感知器を**消防法施行規則通りに**設置することで火災を感知し、火災の状況確認及び消火活動を実施することが可能となる。

また、第 3-5-5-2-3 図に**加圧器室**での火災発生時の空気の流れを示す。

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画  のうち**加圧器室**は、補足説明資料 1-1 及び 3-11 のとおり、**放射線量が低い場所に床面全体を監視することができるアナログ式の煙感知器を消防法施行規則通りに設置している。**また、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器を設置することによって火災を感知することが可能であり、**加圧器室**は既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-5-5-2-3 図 加圧器室の火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(3) ③インコアモニタチェス室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	100 以上
エリア内機器	シンプルチューブ、水位計、漏えい検出装置、照明
エリア面積 (m ²)	53.9
火災荷重 (MJ)	174.7 (恒設機器、照明 7 台)
等価火災時間 (h)	0.004 (約 15s)

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

インコアモニタチェス室は、原子炉格納容器内に設置された原子炉しゃへい冷却ファンにて、エリア外の空気をインコアモニタチェス室に給気し、原子炉容器下部を冷却後に、以下の2つのルートに分かれる。

第 3-5-5-3-1 図に空気の流れを示す。

- ① 原子炉キャビティシールリングから原子炉キャビティへ (インコアモニタチェス室の冷却風量の約 30%)
- ② 原子炉容器下部を通して R C S 配管貫通部からループ室へ (インコアモニタチェス室の冷却風量の約 70%)



第 3-5-5-3-1 図 インコアモニタチェス室の空気の流れ

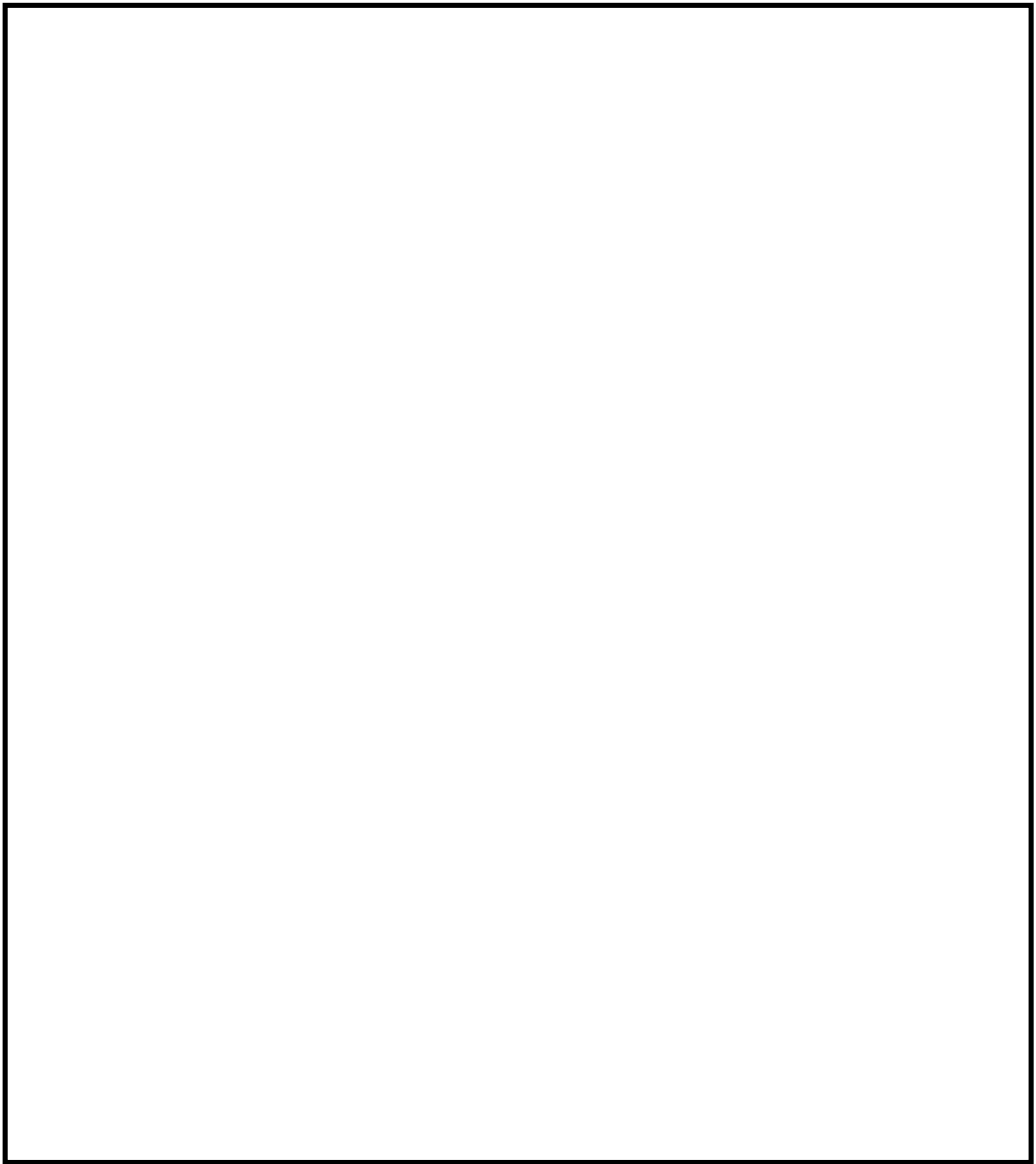
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

1 種類目の熱感知器は設計基準①を満足することができないため、原子炉しゃへい冷却ファンの運転時における給気口から原子炉容器下部を通過し、RCS配管貫通部から原子炉格納容器ループ室に抜ける空気の流れを考慮し、空気の流路となるインコアモニタチェス室下部にアナログ式でない熱感知器を設置するとともに、原子炉しゃへい冷却ファンの停止期間においても火災を感知できるように、火災の熱によって上昇する空気の流れを考慮して、同一エリア内であるインコアモニタチェス室の入口部分にアナログ式の熱感知器を設置し、同一火災区画内の原子炉格納容器ループ室に設置するアナログ式でない熱感知器を兼用する設計とする。

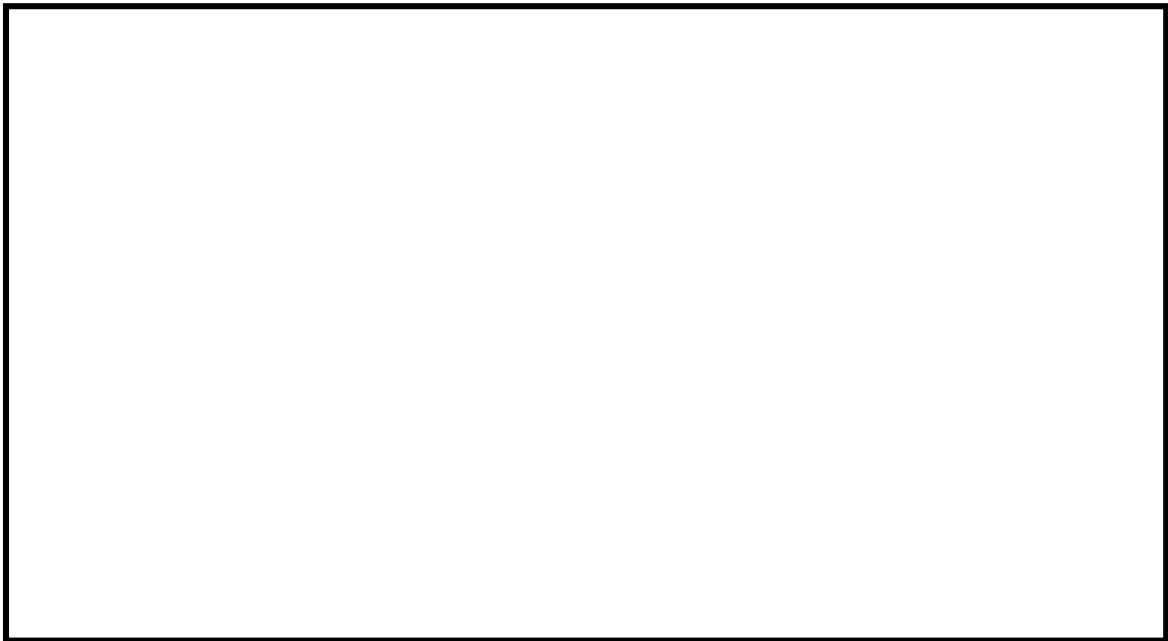
また、2種類目の煙感知器は、放射線による感知器の故障及び作業員の被ばくの観点から火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法又は設計基準①を確保できる方法でエリア内に設置することが適切でないため、原子炉しゃへい冷却ファンの運転時における給気口から原子炉容器下部を通過し、RCS配管貫通部から原子炉格納容器ループ室に抜ける空気の流れを考慮し、同一火災区画内で空気の吹き出し口となる原子炉格納容器ループ室に設置するアナログ式の煙感知器を兼用するとともに、原子炉しゃへい冷却ファンの停止期間においても火災を感知できるように、火災による煙が水平方向に拡散しながら上昇する空気の流れを考慮し、インコアモニタチェス室の入口部分にアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。

配置の詳細については、第 3-5-5-3-2 図、第 3-5-5-3-3 図に示す。



第 3-5-5-3-2 図 インコアモニタチェス室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3・5・5・3・3 図 ループ室の感知器配置図

ニ. 選択理由

補足説明資料 3・11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリア内には、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。

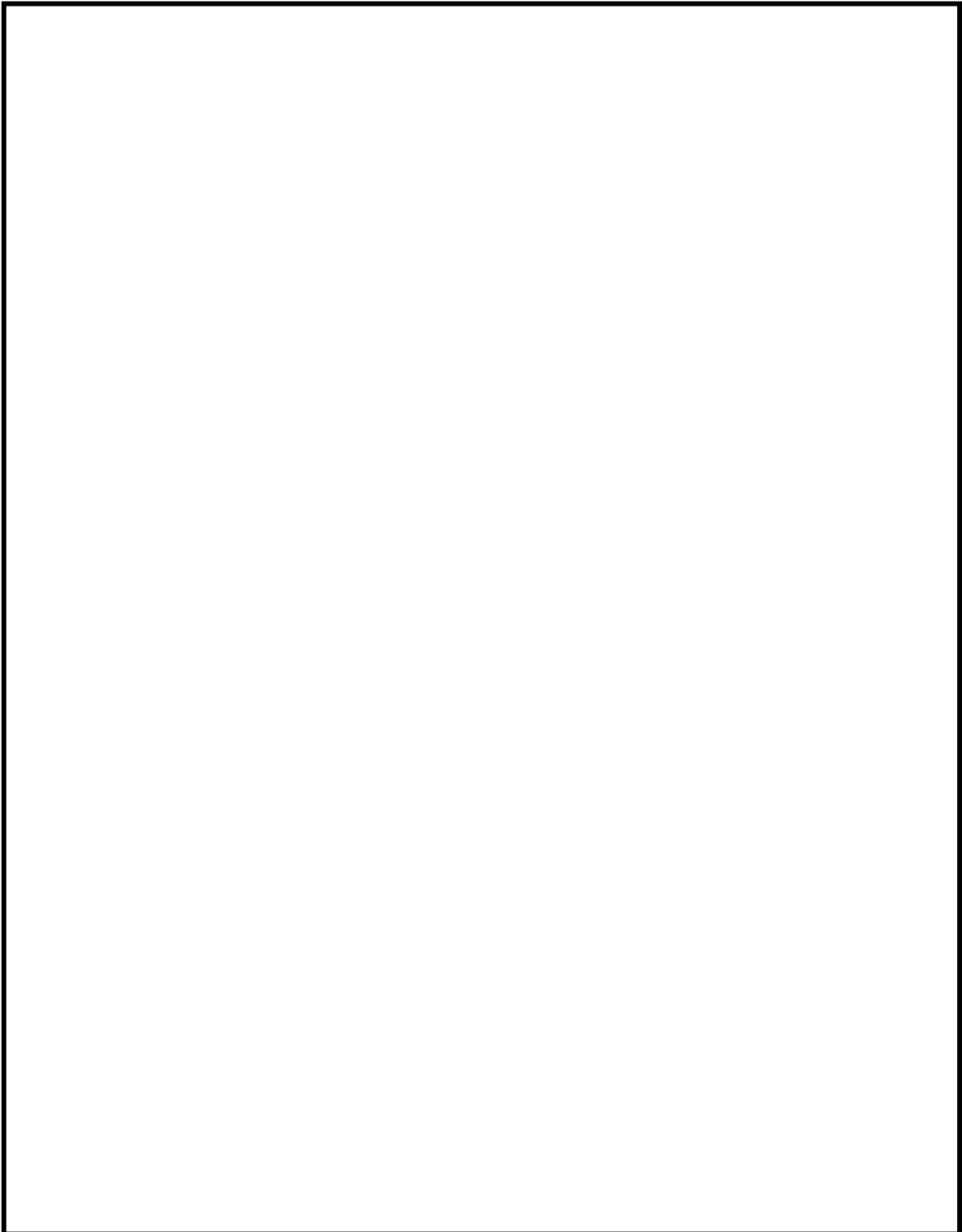
当該エリアには、金属製のシンプルチューブ、水位計及び照明しかないので、火災発生の可能性は低い。

隣接エリアには火災防護上重要な機器等である **1次冷却材系統、化学体積制御系統、余熱除去系統、プロセス監視計器、原子炉停止系、原子炉安全保護系のケーブル等**が存在する。

当該エリア内で万一火災が発生した場合には、**給気口**から原子炉容器下部を通り原子炉格納容器ループ室に抜ける空気の流れを考慮し、エリア内の下部にアナログ式でない熱感知器を設置し、隣接エリアで空気の吹き出し口となる原子炉格納容器ループ室内のアナログ式の煙感知器を兼用することで火災を早期に感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

第 3・5・5・3・4 図に**インコアモニタチェス室**での火災発生時の空気の流れを示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-5-5-3-4 図 インコアモニタチェス室の火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち **インコアモニタチェス室** は、熱感知方式としてエリア内にアナログ式でない熱感知器を設置し、煙感知方式として同一火災区画内の隣接エリアである原子炉格納容器ループ室内のアナログ式の煙感知器を兼用することで、それぞれ設計基準②を満足するよう設置する設計とする。

以上の設計により、エリア内で発生する火災を早期に感知し、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。また、設計基準②を満足するために必須ではないが、**インコアモニタチェス室** の入口部分にアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する設計については、入口部分で発生する火災をより早期に感知する効果が期待できる。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

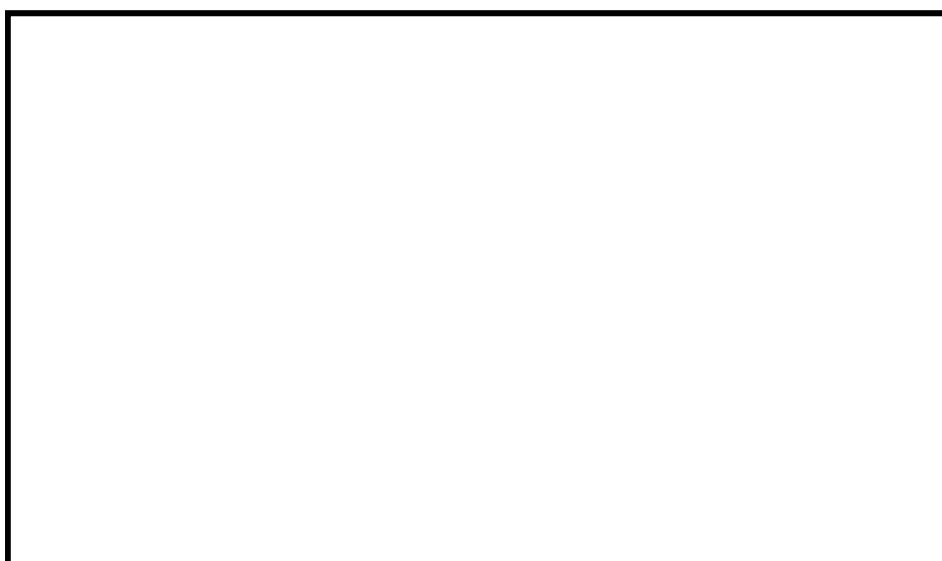
(4) ④抽出水再生クーラ室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50 以上
エリア内機器	抽出水再生クーラ、照明
エリア面積 (m ²)	13.75

ロ. 設置する感知器

エリア内にアナログ式でない熱感知器及びエリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器を設置する。



第 3-5-5-4-1 図 抽出水再生クーラ室の感知器配置図

ハ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等である抽出水再生クーラがある。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、エリア内にアナログ式でない熱感知器及びエリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器を設置する。なお、アナログ式の感知器は、その内部に半導体素子を使用していることから、アナログ式でない感知器に比べ、放射線の影響による感知器故障リスクが高く誤作動防止が困難であること及び短周期での取替が必要になる可能性が高いことから、アナログ式でない熱感知器を設置する設計とする。

このアナログ式でない熱感知器は、設定温度に対し、ON-OFF 作動するが、このエリアはプラント通常運転中に環境温度が高くなることから、熱感知器が

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

火災以外で誤作動することのないよう、運転中に想定される温度(約 65℃以下)よりも高い設定温度で感知し、作動するものを選択する。

加えて、万一、水素が発生するような場合を考慮し、**機械的な接点があり、火花の発生のおそれのあるアナログ式でない熱感知器は、発火源とならないよう念のため防爆型とする。**

また、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所にアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。

なお、アナログ式の煙感知器は、検出プロセスにおいて火花が発生するおそれはないことから発火源とならないため、防爆型でなくても問題ない。

ニ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリア内には、原子炉の安全停止に必要な機器等として**抽出水再生クーラ**があり、この機器への火災の影響を考慮し、エリア内にアナログ式でない熱感知器及びエリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器を設置する。

当該エリア内で万一火災が発生した場合、エリア内のアナログ式の煙感知器及びアナログ式でない熱感知器にて、当該エリア内の火災の早期感知が可能であり、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

ホ. 技術基準規則への適合について

火災区画 全域として、第 11 条第 2 項(火災の早期感知)へ適合している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

- (5) ⑤燃料ピット脱塩塔室、⑥蒸りゅう液脱塩塔、⑦脱ほう素塔、⑨冷却材カチオン塔、⑩ホールドアップタンクカチオン塔室、⑪ホールドアップタンク脱塩塔室

イ. 環境条件

・燃料ピット脱塩塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50 以上
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	5.2

・蒸りゅう液脱塩塔

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	4.6

・脱ほう素塔

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	4.6

・冷却材カチオン塔

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 5
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	4.1

・ホールドアップタンクカチオン塔室

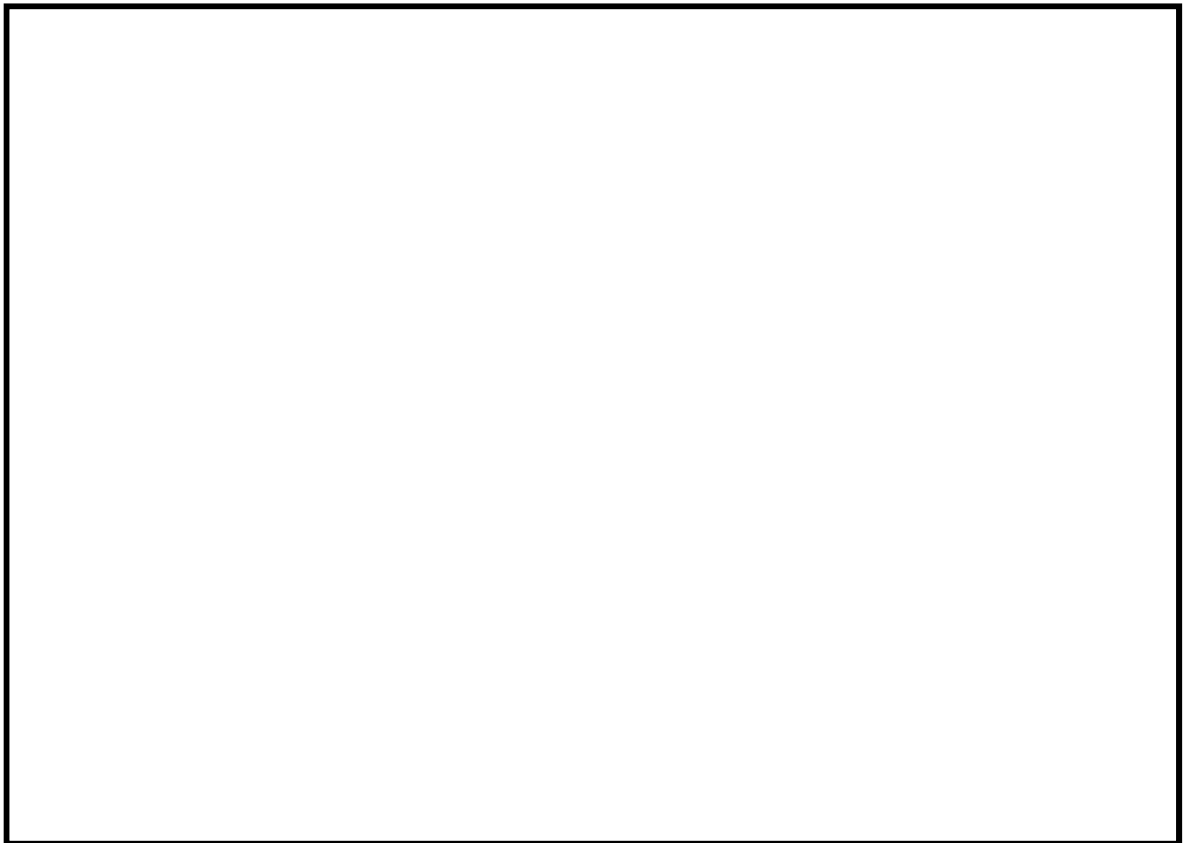
エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 5
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	4.1

・ホールドアップタンク脱塩塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	5 以上
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	4.6

ロ. 設置する感知器

エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する。



第 3-5-5-5-1 図 各脱塩塔室他の感知器配置図

ハ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部である。エリア内には安全停止に必要な機器等はなく、設置時、点検時及び保守時に係る作業員被ばく低減の観点进行考慮し、エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する。

ニ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリア内には、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。

当該エリア内で万一火災が発生した場合、エリア内のアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器にて、当該エリア内の火災の早期感知が可能であり、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

ホ. 技術基準規則への適合について

火災区画 全域として、第 11 条第 2 項（火災の早期感知）へ適合している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(6) ⑧冷却材脱塩塔室

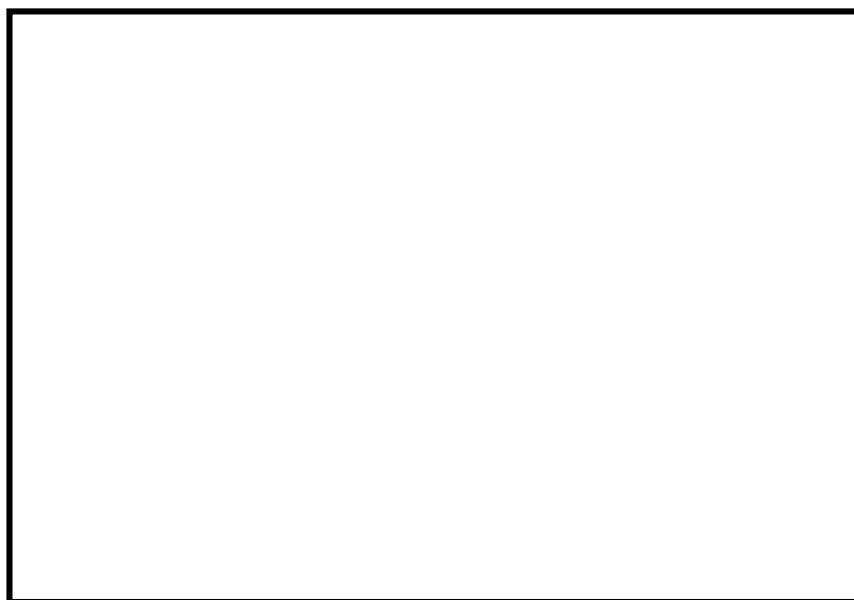
イ. 環境条件

・冷却材脱塩塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50 以上
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	3.6

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

放射線量が高い冷却材脱塩塔室は、第 3-5-5-6-1 図に示すとおり、隣接する上室からの排気ダクトの貫通口に開口部があるため、火災により発生した上昇気流（煙及び熱）が排気ダクトに向かう空気の流れを上回った時点で煙及び熱が天井面に滞留し、開口部から上室に流出することが想定できる。



第 3-5-5-6-1 図 冷却材脱塩塔室の空気の流れ

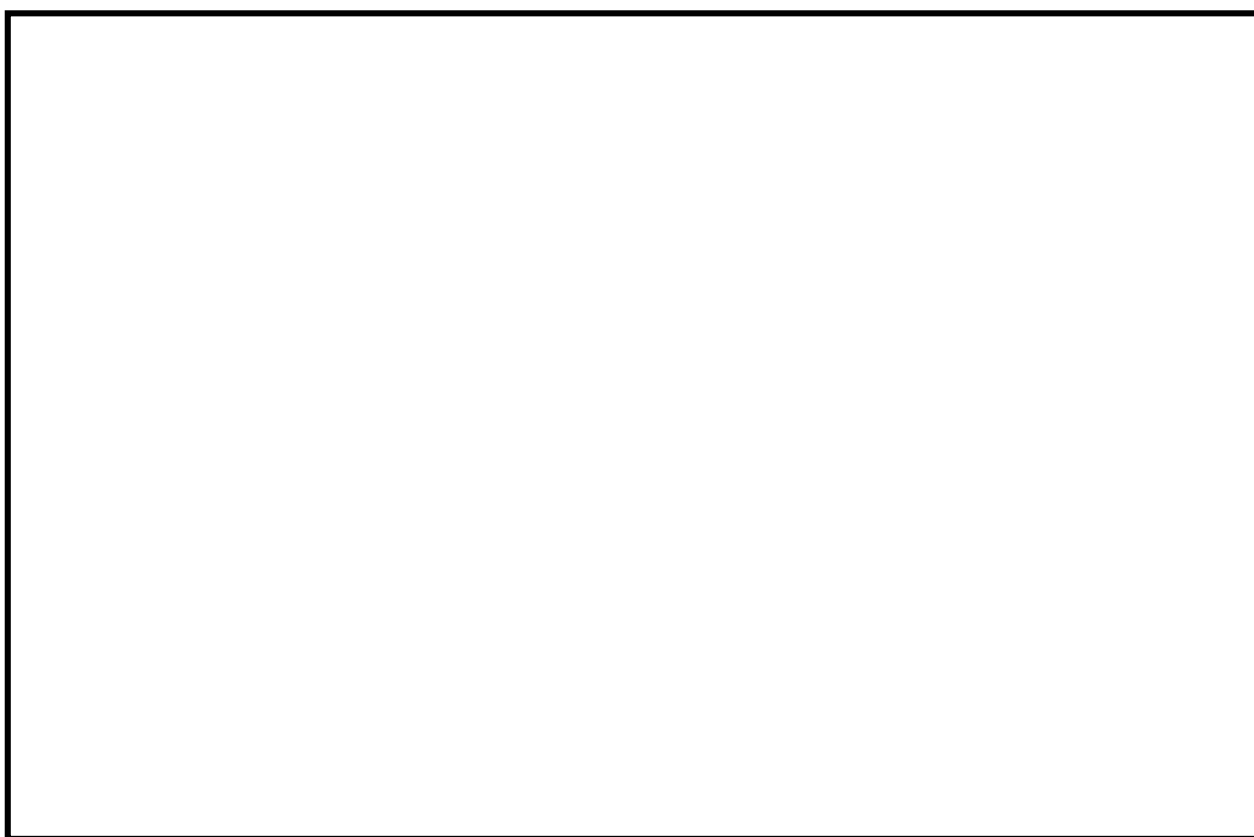
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

冷却材脱塩塔室については、室内全域が放射線量の高い場所となっている。

冷却材脱塩塔室には個別の排気ダクトがあるが、ダクト径が小さいことから、ダクト内に感知器を設置することができない。また、個別のダクトは垂直方向に敷設されており、消防法施行規則第 23 条第 4 項（取付角度 45 度以下）に従い感知器を設置することができない。このため、補足説明資料 3-11 のとおり、火災時の熱及び煙の流れを考慮し、上室内のアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用することで、それぞれ設計基準②を確保する設計とする。

配置の詳細については、第 3-5-5-6-2 図に示す。



第 3-5-5-6-2 図 冷却材脱塩塔室の感知器配置図

ニ. 選択理由

補足説明資料 3-11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である冷却材脱塩塔室内には、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。

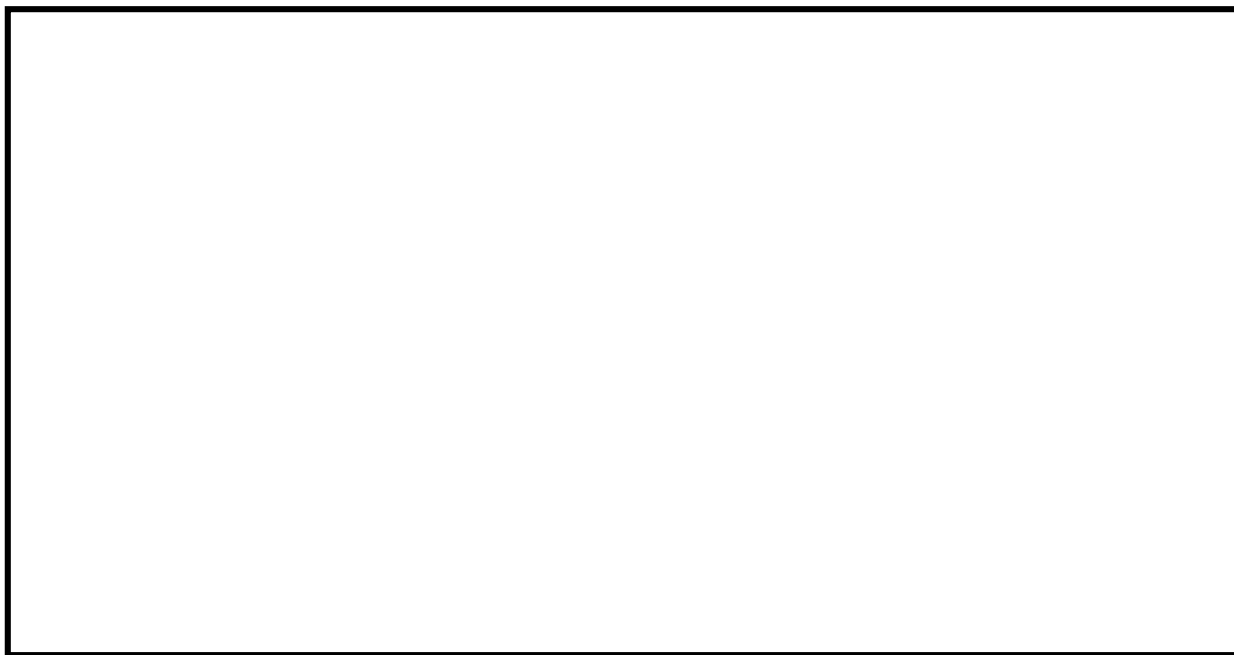
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

当該エリア内には、金属製である脱塩塔、容器、弁しかないため火災荷重も低く、等価火災時間（0秒）より、火災発生及び延焼の可能性は低い。

その上で、当該エリア内で万一火災が発生した場合には、床面、壁、天井がコンクリート壁で仕切られている状況を踏まえた補足説明資料 3・11 の評価に基づき、上室内のアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用することで火災を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

当該エリアは、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とはならない火災区域又は火災区画であり、消火要員による消火器又は消火栓を用いた消火活動が可能である。

また、第 3-5-5-6-3 図に冷却材脱塩塔室内での火災発生時の空気の流れを示す。



第 3-5-5-6-3 図 冷却材脱塩塔室内の火災発生時の空気の流れ

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち冷却材脱塩塔室は、補足説明資料 3・11 のとおり、同一火災区画内の隣接エリアにて感知することが可能であり、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(7) ⑫燃料ピットフィルタ室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 10
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.39
火災荷重 (MJ)	12.1 (照明 1 台)
等価火災時間 (h)	0.0133 (約 48s)

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

放射線量が高い燃料ピットフィルタ室は、第 3-5-5-7-1 図に示すとおり、排気ダクトの排気口より上部の天井面又は壁面に開口部があるため、火災により発生した上昇気流（煙及び熱）が排気ダクトに向かう空気の流れを上回った時点で煙及び熱が開口部から隣接エリア（バルブ設置エリア）に流出することが想定できる。



第 3-5-5-7-1 図 燃料ピットフィルタ室の空気の流れ

ハ. 設置する感知器

燃料ピットフィルタ室については、室内全域が放射線量の高い場所となっている。

燃料ピットフィルタ室には個別の排気ダクトがあるが、ダクト径が小さいことから、ダクト内に感知器を設置することができない。このため、補足説明資料 3-11 のとおり、火災時の熱及び煙の流れを考慮し、隣接エリア内のアナロ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

グ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用することで、それぞれ設計基準②を確保する設計とする。

配置の詳細については第 3-5-5-7-2 図に示す。



第 3-5-5-7-2 図 燃料ピットフィルタ室の感知器配置図

ニ. 選択理由

補足説明資料 3-11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である燃料ピットフィルタ室内には、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。

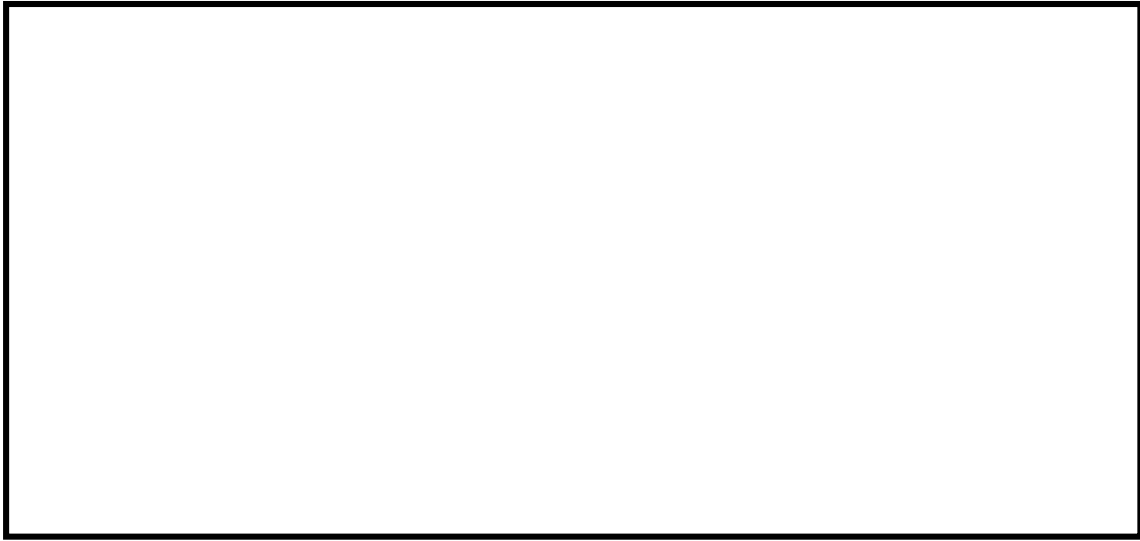
当該エリアには、フィルタ、容器、弁、照明しかないため火災荷重も低く、等価火災時間（燃料ピットフィルタ室：48 秒）より、火災発生及び延焼の可能性は低い。

その上で、当該エリア内で万一火災が発生した場合には、床面、壁、天井がコンクリート壁で仕切られている状況を踏まえた補足説明資料 3-11 の評価に基づき、隣接エリアのアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用することで火災を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

当該エリアは、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とはならない火災区域又は火災区画であり、消火要員による消火器又は消火栓を用いた消火活動が可能である。

また、第 3-5-5-7-3 図に燃料ピットフィルタ室内での火災発生時の空気の流れを示す。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-5-5-7-3 図 燃料ピットフィルタ室内の火災発生時の空気の流れ

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち燃料ピットフィルタ室は、補足説明資料 3-11 のとおり、同一火災区画内である隣接エリアにて感知することが可能であり、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

- (8) ⑬燃料ピットスキマフィルタ室、⑭冷却材フィルタ室、⑮キャビティフィルタ室、
⑯封水注入フィルタ室、⑰蒸りゅう液フィルタ室、⑱ほう酸濃縮液フィルタ室、⑳イオン交換機フィルタ室、㉑封水フィルタ室

イ. 環境条件

- ・燃料ピットスキマフィルタ室、

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 4
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.65

- ・冷却材フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.3

- ・キャビティフィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 4
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.4

- ・封水注入フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 0.1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.4

- ・蒸りゅう液フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.4

- ・ほう酸濃縮液フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.4

- ・イオン交換機フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 0.04
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.4

・封水フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 0.02
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	1.3

ロ. 設置する感知器

各エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器およびアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する。



第 3-5-5-8-1 図 各フィルタ室の感知器配置図

ハ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部である。エリア内には安全停止に必要な機器等はなく、設置時、点検時及び保守時に係る作業員被ばく低減の観点を検討し、エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を設置する。

ニ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリア内には、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

当該エリア内で万一火災が発生した場合、エリア内のアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器にて、当該エリア内の火災の早期感知が可能であり、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

ホ. 技術基準規則への適合について

火災区画 全域として、第 11 条第 2 項（火災の早期感知）へ適合している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(9) ㊸廃液ホールドアップタンク室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 7
エリア内機器	容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	A:63.8 B:46.0
火災荷重 (MJ)	A:36.3 (照明 3 台) B:48.4 (照明 4 台)
等価火災時間 (h)	A:0.040 (144s) B:0.053 (約 191s)

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

放射線量が高い廃液ホールドアップタンク室は、第 3-5-5-9-1 図に示すとおり排気ダクトの排気口より上部の天井面又は壁面に開口部があるため、火災により発生した上昇気流（煙及び熱）が排気ダクトに向かう空気の流れを上回った時点で煙及び熱が開口部から隣接エリアに流出することが想定できる。



第 3-5-5-9-1 図 廃液ホールドアップタンク室の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

廃液ホールドアップタンク室については、室内全域が放射線量の高い場所となっている。

廃液ホールドアップタンク室に個別の排気ダクトがあるが、ダクト径が小さいことから、ダクト内に感知器を設置することができない。このため、補足説明資料 3-11 のとおり、火災時の熱及び煙の流れを考慮し、隣接エリア内のアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用することで、それぞれ設計基準②を確保する設計とする。

配置の詳細については第 3-5-5-9-2 図に示す。



第 3-5-5-9-2 図 廃液ホールドアップタンク室周辺の感知器配置図

ニ. 選択理由

補足説明資料 3-11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリアとその隣接するエリアには、原子炉の安全停止に必要な機器等はない。

当該エリアには、金属製の容器、弁、照明しかないため火災荷重も低く、等価火災時間 (A:144 秒、B:191 秒) より火災発生及び延焼の可能性は低い。

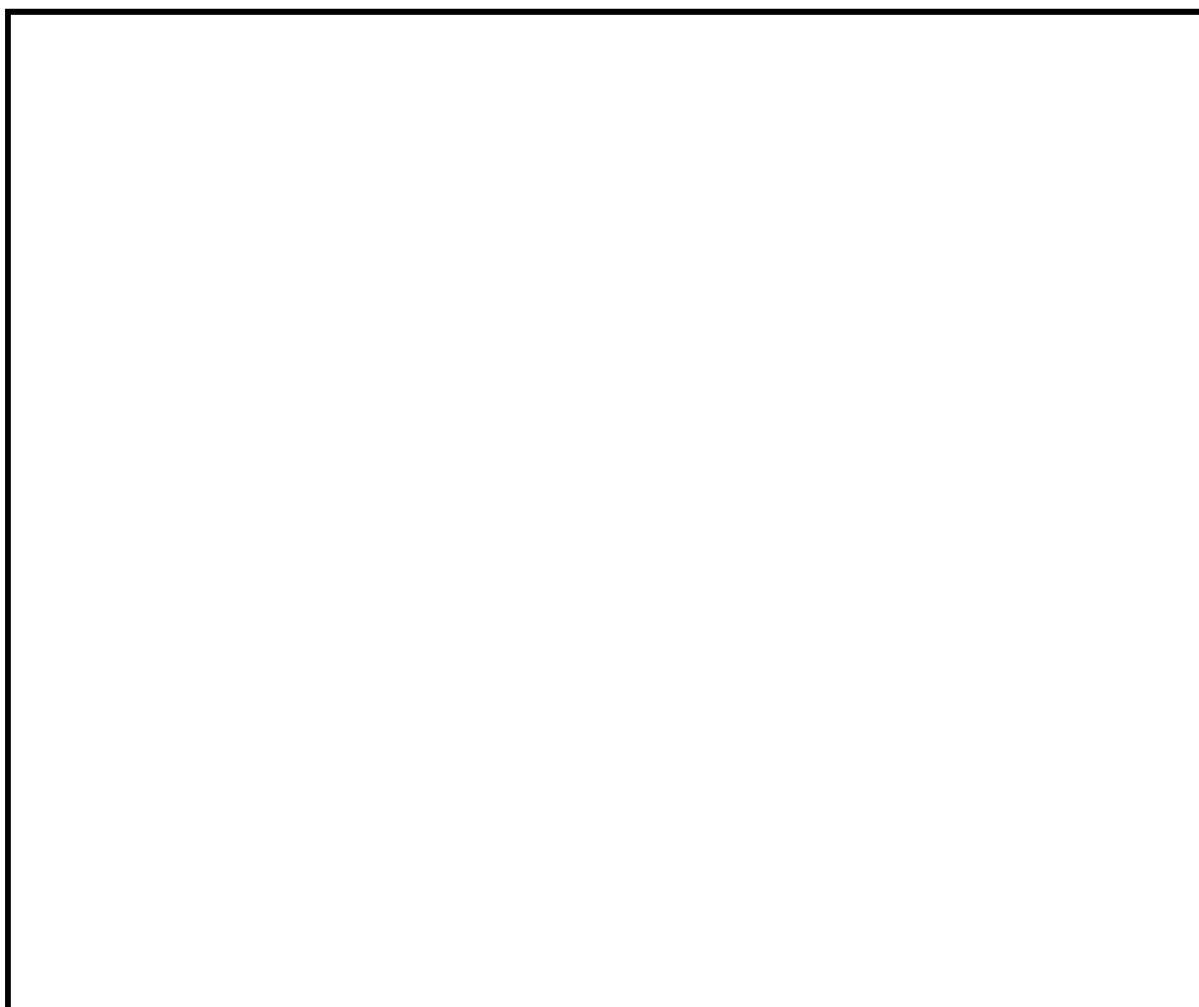
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

隣接エリアには火災防護上重要な機器等である廃液給水ポンプが存在する。
その上で、当該エリア内で万一火災が発生した場合には、床面、壁、天井が
コンクリート壁で仕切られている状況を踏まえた補足説明資料 3・11 の評価に
基づき、隣接エリアのアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用
することで火災を感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが
可能となる。

また、当該エリアへのアクセスは、上階からコンクリート蓋部を開けてエリ
ア内に立ち入るルートしかないため、容易に立ち入ることができない構造とな
っている。

当該エリアは、火災発生時の煙の充満等により消火活動が困難とはならない
火災区域又は火災区画であり、消火要員による消火器又は消火栓を用いた消火
活動が可能である。

また、第 3-5-5-9-3 図に廃液ホールドアップタンク室内での火災発生時の空
気の流れを示す。



第 3-5-5-9-3 図 廃液ホールドアップタンク室内での火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち廃液ホールドアップタンク室は、補足説明資料 3-11 のとおり、同一火災区画内の隣接エリアにて感知することが可能であり、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

感知器設置に係る被ばく線量及び集団線量の試算について

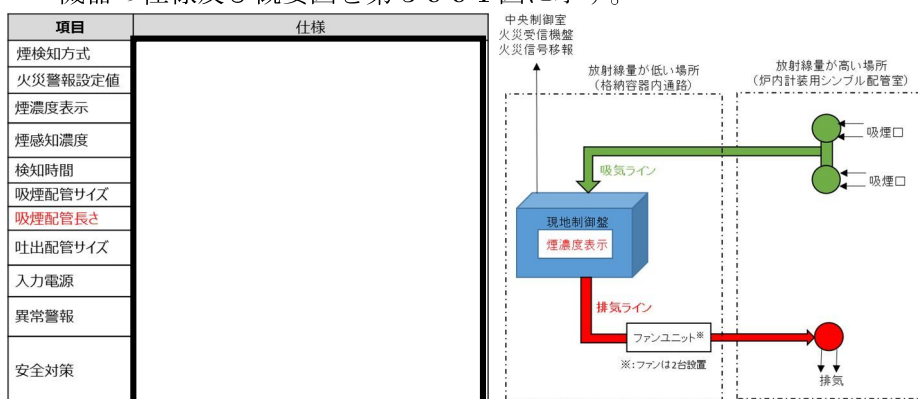
1. 空気吸引式の煙検出装置の設計概要

空気吸引式の煙検出装置を設置する場合の設計概要を以下に示す。

イ. 空気吸引式の煙検出装置の仕様について

空気吸引式の煙検出装置は、放射線量が高い場所にて発生する火災の煙を、ファンユニットにて煙吸引式検出設備に取り込む。感知器内部の発光素子の光が、火災の煙流入により散乱することで煙を感知する。

機器の仕様及び概要図を第 3-6-6-1 図に示す。

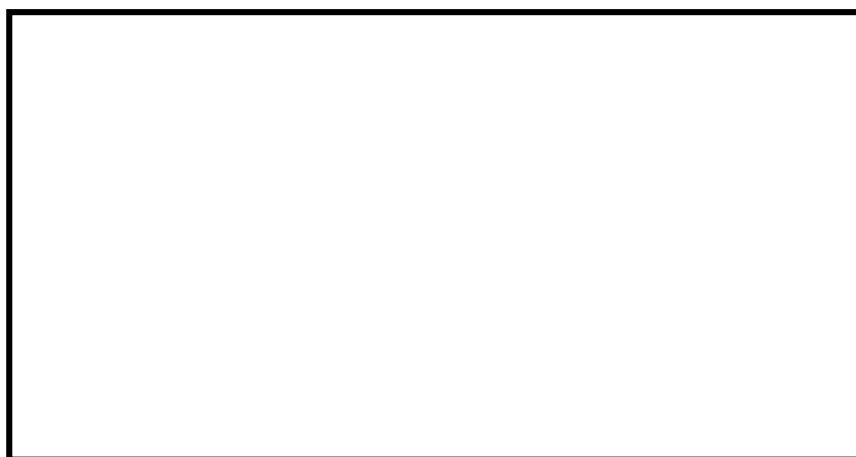


第 3-6-6-1 図 空気吸引式の煙検出装置の機器仕様及び概要図

ロ. 空気吸引式の煙検出装置の配置設計について

インコアモニタチェス室を例に空気吸引式の煙検出装置の設計について説明する。現地制御盤を原子炉格納容器内通路に設置し、インコアモニタチェス室の壁貫通を経て、吸気ラインを 1 系統、排気ラインを 1 系統設置する。

現地制御盤、配管の設置状況を第 3-6-6-2 図に示す。



第 3-6-6-2 図 現地制御盤、配管の設置状況

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. アナログ式でない熱感知器、空気吸引式の煙検出装置の検討について

- ③ **インコアモニタチェス室、⑧冷却材脱塩塔室、⑫燃料ピットフィルタ室及び⑭廃液ホールドアップタンク室に、アナログ式でない熱感知器、空気吸引式の煙検出装置**を設置・点検する場合の被ばく線量及び集団線量を試算し、試算結果を第3-6-6-1表に示す。

第3-6-6-1表 各エリアの集団線量、個人線量

【設置時線量】

	火災感知器個数					①放射線量 (mSv/h) [想定線量率]	②設置作業工数*4 (人・h)	③作業人数 (人)	④作業日数 (日)	集団線量 (人・mSv) [①×②]	作業員の個人線量 (mSv/日) [[①×②+③]/④]	判定
	新設(個)			既設 感知器	総数							
	空気吸引式 の煙感知器	熱感知器	炎感知器									
③インコアモニタチェス室	2※1	4	-	0	6							
⑧冷却材脱塩塔室	1	1	-	0	2							
⑫燃料ピットフィルタ室	1	1	-	0	2							
⑭廃液ホールドアップタンク室	2	2	-	0	4							

【保守点検時線量】

	火災感知器個数					①放射線量 (mSv/h) [想定線量率]	②保守点検作業工数 (人・h)	③作業人数 (人)	④作業日数 (日)	集団線量 (人・mSv) [①×②]	作業員の個人線量 (mSv/日) [[①×②+③]/④]	判定
	新設(個)			既設 感知器	総数							
	空気吸引式 の煙感知器	熱感知器	炎感知器									
③インコアモニタチェス室	2※1	4	-	0	6							
⑧冷却材脱塩塔室	1	1	-	0	2							
⑫燃料ピットフィルタ室	1	1	-	0	2							
⑭廃液ホールドアップタンク室	2	2	-	0	4							

- ※1 : インコアモニタチェス室の入口付近に設置するアナログ式煙感知器1個含む
 ※2 : 吸引箇所付近の放射線量
 ※3 : 各フィルタ室、脱塩塔室の最大線量

試算の結果、作業員の個人線量が1mSv/日を超え、線量限度(100mSv/5年、50mSv/年)を満足できない。また、集団線量が年間線量(3号機 約230人・mSv)を超過することから、設計基準を満足するように設置方針を見直す。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(参考)

作業における工数の見積もりについて

1. 現場作業体制は、社内標準に則り、作業監督、作業員、安全管理者、放射線管理者での体制とする。ただし、管理者は設置個数に影響しないことから、工数は未計上とした。

なお、部屋あたり、感知器個数あたりの作業工数を以下に示す。

- 足場組立・解体： / 1部屋あたり
 - 空気吸引式の煙検出装置： / 検出装置1組あたり
 - 熱感知器： / 感知器1個あたり
- 監督： × 上記作業の必要延べ日数

各部屋毎の詳細作業工数を以下に示す。

(1) ③インコアモニタチェス室の作業工数

(吸引式煙1組、煙1個、熱4個)

作業項目	作業人数×時間×日数	人・時間
足場設置・解体		
空気吸引式配管用架台の設置		
空気吸引式の煙感知器設置		
空気吸引式の煙検出装置調整・試験		
煙感知器設置		
熱感知器設置		
現場監督		
合計		386

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) ⑧冷却材脱塩塔室の作業工数

(煙1組、熱1個)

作業項目	作業人数×時間×日数	人・時間
足場設置・解体		
空気吸引式配管用架台の設置		
空気吸引式の煙感知器設置		
空気吸引式の煙検出装置調整・試験		
熱感知器設置		
現場監督		
合計		

(3) ⑫燃料ピットフィルタ室の作業工数

(煙1組、熱1個)

作業項目	作業人数×時間×日数	人・時間
空気吸引式配管用架台の設置		
空気吸引式の煙感知器設置		
空気吸引式の煙検出装置調整・試験		
熱感知器設置		
現場監督		
合計		

(4) ⑭廃液ホールドアップタンク室の作業工数

(煙2組、熱2個/1部屋)

作業項目	作業人数×時間×日数	人・時間
足場設置・解体		
空気吸引式配管用架台の設置		
空気吸引式の煙感知器設置		
空気吸引式の煙検出装置調整・試験		
熱感知器設置		
現場監督		
合計		

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

その他現場作業時の留意事項から、作業においては工数を要する。

- ・ 上下同時作業は、原則として実施しないよう計画する。止むを得ず上下同時作業を行う場合は、作業の準備、実施、片付け段階に関係なく、初めに作業区域を設定し、立入り禁止措置あるいは監視人の配置、ならびに落下防止措置等の危険防止対策を確実に実施することをマニュアル、作業計画書等に反映し作業関係者に周知・徹底する。
- ・ 電気配線の解結線を伴う作業においては、解線時、結線時とも作業監督者が立会いを行い、線番号と端子番号の照合について、作業者とダブルチェックする。また、結線時には目視確認、手触による締め付けにより接続状態の確認を実施する。
- ・ 火気使用作業に際しては、作業前に、不燃シート及びブリキ板等で床ならびに周囲の養生を確実にを行い、作業中は適切な監視を行う。また、作業中断・完了時においては、火災発生防止の観点からの後始末（火種、溶接くず等の排除、冷却等）を確実にする。
- ・ 工事に係る干渉物は一時撤去・復旧を行う。

以上

参考 脱塩塔・フィルタ室（以下、「脱塩塔室等」という。）の初期消火活動について

本資料は、脱塩塔室等の初期消火活動について説明する。

当該エリア内の火災により発生する熱又は煙の流れを考慮し、隣接エリアに設置するアナログ式の熱感知器及びアナログ式の煙感知器を兼用することにより、火災を感知する設計することから、火災発生場所の特定及び消火活動の手順を以下に示す。

1. 火災発生場所の特定

脱塩塔室等に隣接する上室又は隣接エリア（以下、「上室等」という。）に設置する火災感知器が動作した場合には、現場確認を行い火災発生場所の特定を行う。

脱塩室等の何れかのエリアで火災が発生していた場合、その脱塩塔室と上室等の間の開口部から上室等へ煙が流れていることから、どのエリアから煙が流れ出ているかを確認することで、火災発生場所の特定は可能である。その際、上室等に煙が充満していた場合には、中間建屋 No. 2 放管倉庫 () に保管している可搬型排煙機（ダクト等の付属資機材含む）を使用し、上室等の煙を排煙することで、どのエリアから煙が流れ出ているかを確認することは可能となる。



第 1 図 可搬型排煙機の保管場所

2. 消火活動の手順

脱塩塔室等で火災が発生した場合の消火活動は、以下の手順で行う。

- (1) 現場の火災状況、アクセス性を把握する。
- (2) 煙の充満により消火活動に支障があると判断された場合、可搬型排煙機により当該エリア及び上室等の煙を排気する。