

大飯発電所第3,4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)

2022年3月
関西電力株式会社

<目次>

1. 火災感知器の性能に係るもの
 - 1-1 アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、アナログ式でない炎感知器及びアナログ式でない熱感知器について
 - 1-2 アナログ式でない防爆型の炎感知器について
 - 1-3 熱を感知できる光ファイバケーブルについて
 - 1-4 熱サーモカメラ、アナログ式でない防水型の炎感知器について
 - 1-5 感知器と同等の機能を有する機器の環境性能について

2. 火災感知器の配置に係るもの
 - 2-1 火災区域又は火災区画の火災感知器の設置個数について
 - 2-2 火災区域又は火災区画の火災感知器の配置図について
 - 2-3 火災感知器の配置設計における消防設備士の確認項目について
 - 2-4 火災感知器の配置設計における関西電力と協力会社の責任分担及び消防設備士関与の品質プロセスについて

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
 - 3-2 原子炉格納容器の火災感知器設計について
 - 3-3 海水管トンネルエリアの火災感知器設計について
 - 3-4 燃料油貯蔵タンク及び重油タンクエリアの火災感知器設計について
 - 3-5 固体廃棄物貯蔵庫の火災感知器設計について
 - 3-6 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
 - 3-7 海水ポンプエリアの火災感知器設計について
 - 3-8 空冷式非常用発電装置エリアの火災感知器設計について
 - 3-9 使用済燃料ピットエリア及び新燃料貯蔵庫エリアの火災感知器設計について
 - 3-10 燃料取替用水ピットエリア及び復水ピットエリアの火災感知器設計について
 - 3-11 放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計に関する実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則への適合性について
 - 3-12 水蒸気が多量に滞留するエリアの火災感知器設計について

4. 火災受信機盤に係るもの
 - 4-1 火災受信機盤の機能について
 - 4-2 消火設備用感知器の流用について

5. その他

5-1 本設計及び工事計画の申請範囲について

5-2 条文整理表について

5-3 設計及び工事計画認可申請書に添付する書類の整理について

5-4 火災感知設備増設における「工事の方法」の該当箇所について

5-5 火災感知設備の耐震性について

参考資料-1 火災感知設備の技術基準規則上の整理について

参考資料-2 感知区画の定義について

参考資料-3 火災区画と管理区域の設定範囲について

1. 火災感知器の性能に係るもの

1-1 アナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器、アナログ式でない炎感知器及びアナログ式でない熱感知器について

火災感知器のうち、基本的な組み合わせとなるアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器及びアナログ式でない炎感知器に加え、アナログ式でない熱感知器の動作原理及び仕様等について説明する。

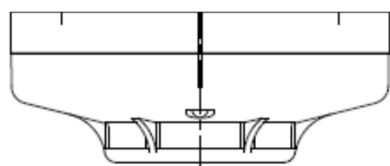
1-1-1 アナログ式の煙感知器

(1) アナログ式の煙感知器の概要

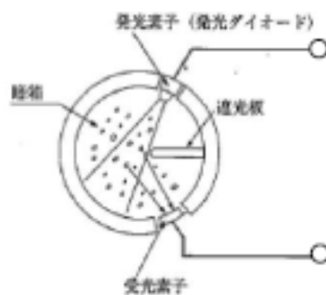
アナログ式の煙感知器(光電アナログ式スポット型感知器)の外観を第 1-1-1 図に、概要を第 1-1-2 図に示す。

アナログ式の煙感知器は、発光素子(発光ダイオード)、受光素子(フォトダイオード)、プリント基板から構成されている。感知器内部の検煙部には、発光素子と受光素子が配置されており、検煙部に流入した煙の粒子に発光素子から発せられた光が反射し、受光素子に届く散乱光(反射光)の受光量から煙濃度を判定する。判定した煙濃度を電気信号に変換し受信盤に送信し、設定値以上の煙濃度になれば火災警報が発信される仕組みであり、検出プロセスにおいて火花は発生せず、発火性または引火性の雰囲気形成する恐れのある場所での使用において発火源とならない。

なお、アナログ式の煙感知器としてイオン化アナログ式スポット型感知器もあるが、メーカーに確認したところ、現時点で製造及び供給がないことから本申請では取り扱わない。



第 1-1-1 図



第 1-1-2 図

(2) 消防法の検定について

アナログ式の煙感知器は、消防法で定められた検定品であり、消防法(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 6 月 20 日自治省令第 17 号)第 17 条の 5(光電アナログ式スポット型感知器の公称感知濃度範囲、連続応答性及び感度)に定められる感知性能を有している。

(3) 排気ダクト内に設置する煙感知器の感知性能と誤作動防止について

本工事内で計画している放射線量が高い場所を含むエリアにおける感知器設計において、排気ダクト内へのアナログ式の煙感知器を設置する計画としている。(排気ダクト内の空気の流れはB使用済樹脂貯蔵タンク室が最大で風速 \square m/sec)

当該エリアでの火災を想定した場合、開口部や排気ダクト以外はコンクリート壁で仕切られたエリアであり煙の逃げ場はなく、また開口部から排気ダクトへ向かう空気の流れを考えると、エリア内に蓄積した煙はダクト内部へ流れ込むため、エリア内とダクト内部はほぼ同じ煙濃度になる。感知器内部の検煙部に流入した煙粒子による散乱光(反射光)の量から煙濃度を判定するという煙感知器の動作原理を考慮すると、ダクト内の風の流れがある環境下においても煙感知器の動作閾値以上の煙粒子の流入があれば、感知は十分に可能であるといえる。評価根拠の詳細を以下に記す。

火災発生時におけるエリア内とダクト内の煙濃度の同等性を評価するため、消防技術安全所報 45号(平成20年)・48号(平成23年)「最適な排煙手法の検証」(別紙1-1, 2参照)の論文により、エリア上部の排気ダクトからの外向き送風による排煙効果を確認した。消防技術安全所報 48号(平成23年)(別紙1-2参照)には、⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室、⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室と排気ダクト及び開口部の位置(壁上部に排気ダクト、反対面の壁中央に開口部)が近い区画2, 3の実験結果が図6に示されており、この結果から天井付近の煙濃度が実験開始(火災発生)から1分後には上昇が緩やかになり、2~3分後から急速に低下していることから、排風機により煙が外部に排気されていることが分かる。ただし、図6の区画3では、天井付近(高さ7.35m)は「送風なし」より「上部の外向き送風」の煙濃度が低いかほぼ同等となっている一方、図6の区画2及び図7では、天井付近(高さ7.35m)は「送風なし」より「外向き送風」の煙濃度が高く、送風機による排煙効果が確認できない結果となっていた。しかし、これについては後述の「5 考察(2)」において、区画2の高さ5.67mと4.83mの実験結果では「送風なし」より「外向き送風」の煙濃度が低くなっていることを踏まえ、天井付近(高さ7.35m)の実験結果は建物周辺の風の影響を受けたものと考察されており、排風機による上部外向き送風の排煙が有効と結論付けられていた。

このことから、実機においてもエリア内の火災で発生した煙は、最初は天井付近に蓄積されるが、短時間のうちにエリア内の煙がダクト内に持続的に流入するようになると評価できる。

また、⑨使用済樹脂貯蔵タンク室は給気口が天井面にあり、⑤⑥のエリアと異なるが、天井面の給気口と壁面の排気ダクトは2m以上離れているため、コンクリート蓋の隙間(\square mm)から風速約 \square m/secで吹き出す給気がタンク上部にあたり、煙と十分に攪拌された後、排気ダクト内に流入すると考えられる。(使用済樹脂貯蔵タンク室の給気口、排気ダクトの配置を別紙2に示す。)

以上より、エリア内で火災が発生した場合、最初は天井付近に煙が蓄積されるが、短

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。

時間のうちに火災で発生した煙がそのままダクト内に入る空気の流れができ、エリア内とダクト内部はほぼ同じ煙濃度になるといえる。

次に、風の流れがある条件下での煙感知器の感知性能について、防災メーカーの仕様として、0.2~0.4m/secでの作動試験を行っているが、m/secを超える環境での試験は実施していない。また、技術的な根拠となる文献、論文も見当たらなかった。このため、風の流れがある条件下での感知性能を定量的に把握するため、排気ダクト内への感知器設置を模擬したモデルにより、「火災報知設備の感知器及び発信機に係わる技術上の規格を定める省令」に定める試験（検定試験）に準じ、風速1, 3, 5m/secで実証試験を実施した。（別紙4参照）

その結果、煙感知器の不作動試験、作動試験ともに判定基準を満足しており、風の流れがある排気ダクト内に煙感知器を設置した場合でも、風速5m/sec以下であれば煙感知器の感知性能に問題がないことを確認した。

以上より、排気ダクト内に設置した煙感知器による火災の感知は十分に可能であり、誤作動の問題もないといえる。また、エリア内の放射線が最も高い使用済樹脂貯蔵タンク室において、煙感知器を設置予定の排気ダクト内の放射線量を実測した結果、Sv/h以下と十分に低く、放射線による感知器故障の影響及び保守・点検に伴う作業員の被ばくに問題のないことを確認している。なお、放射線量を実測した方のBタンクは樹脂貯蔵量は上限であり、今後の樹脂受け入れによる線量の上昇はない。（使用済樹脂貯蔵タンク室の排気ダクト内の放射線量の实測結果を別紙2に示す。）

(4) グレーチング面に設置する煙感知器の感知性能と誤作動防止について

本工事内で計画している原子炉格納容器の放射線量が高い場所を含むエリア（ループ室及び加圧器室）における感知器設計において、グレーチングを床又は天井とみなし、天井面があるグレーチング上部、グレーチング間となる中間部、床面があるグレーチング下部で感知区画を細分化し、グレーチング上部は天井面に、グレーチング中間部はグレーチング面にアナログ式の煙感知器を設置する計画としている。

当該エリアでの火災を想定した場合、煙はコンクリート壁で仕切られたエリア内で熱気流に乗って上昇し、グレーチング面に滞留せずに通過することとなるが、火災規模の拡大に伴い、煙感知器の動作値を上回る煙濃度の空気流が継続する状況となるため、グレーチング面に設置する煙感知器による感知は十分に可能であるといえる。評価根拠の詳細を以下に記す。

グレーチング面に設置した煙感知器の感知性能を評価するため、消防研究センター「グレーチングが熱気流に及ぼす影響について」（別紙5-1参照）の論文を確認した。この論文は、グレーチングを通過した煙の挙動が天井面に設置した煙感知器の作動に与える影響を実験により調査したものである。実験では、天井面とグレーチング面に煙感知器を図4及び図5のとおり設置し、表2の実験条件に示されるようにグレーチン

グ有無及びグレーチングの閉鎖率を変化させ、天井面とグレーチング面の煙感知器の作動状況を確認している。表3及び図7の実験結果から、条件②⑩⑫（グレーチングあり／障害物なし）では、グレーチング面の煙感知器は天井面の煙感知器よりも早く作動したが、火源に近い煙感知器のみが作動しており、天井面に比べて作動した感知器数は少ない結果であったことが分かる。このことから、グレーチング面に煙感知器を設置する場合は、感知器1個あたりの感知面積を小さく見積もることで感知の信頼性を高めることができるといえる。なお、表3で条件②⑩⑫の実験結果を比較したところ、グレーチングの厚みの違いによる感知性能への影響はほぼなかった。

次に、グレーチング面に設置する煙感知器の誤作動について、地元消防（若狭消防組合）から留意するよう助言をいただいたが、上階からの粉塵による誤作動防止に配慮が必要と考えられるため、煙感知器をグレーチング上部の設備配置やグレーチング梁等の位置を考慮して上階からの粉塵影響を受けにくい位置に設置することとする。

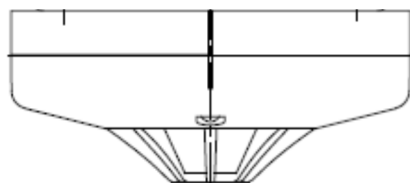
以上より、グレーチング面に設置する煙感知器は、感知器1個あたりの感知面積を天井面に設置する場合の半分と小さく見積もり設置個数を増やすとともに、上階からの粉塵影響を受けにくい位置に設置することで、火災の感知は十分に可能であり、誤作動の問題もないといえる。（別紙5-3参照）

1-1-2 アナログ式の熱感知器

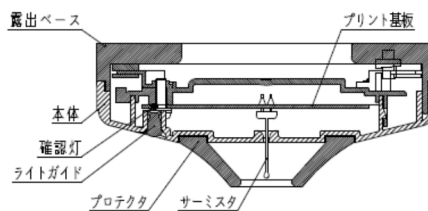
(1) アナログ式の熱感知器の概要

アナログ式の熱感知器の外観を第1-1-3図に、概要を第1-1-4図に示す。

アナログ式の熱感知器は、サーミスタ、プリント基板から構成されている。感知器内部の検出部には、感熱素子であるサーミスタが配置されている。サーミスタは温度変化により抵抗値が変化する素子であり、火災により感知器の周囲温度が上昇するとサーミスタの抵抗値が減少することから、抵抗値から周囲温度を判定する。判定した温度を電気信号に変換し受信盤に送信し、設定値以上の温度になれば火災警報が発信される仕組みである。



第1-1-3図



第1-1-4図

(2) 消防法の検定について

アナログ式の熱感知器は、消防法で定められた検定品であり、消防法（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 6 月 20 日自治省令第 17 号）第 15 条の 3（熱アナログ式スポット型感知器の公称感知温度範囲、連続応答性及び感度）に定められる感知性能を有している。

(3) 排気ダクト内に設置する熱感知器の感知性能と誤作動防止について

本工事内で計画している放射線量が高い場所を含むエリアにおける感知器設計において、排気ダクト内へのアナログ式の熱感知器を設置する計画としている。（排気ダクト内の空気の流れはB使用済樹脂貯蔵タンク室が最大で風速 m/sec)

当該エリアでの火災を想定した場合、開口部や排気ダクト以外はコンクリート壁で仕切られたエリアであり熱の逃げ場はなく、また開口部から排気ダクトへ向かう空気の流れを考えると、エリア内に蓄積した熱はダクト内部へ流れ込むため、エリアとダクト内部はほぼ同じ温度となる。感知器内部の感熱素子（サーミスタ）の温度による抵抗変化特性を利用して周囲温度の上昇を判定するという熱感知器の動作原理を考慮すると、ダクト内の風の流れがある環境下においても熱感知器の動作閾値以上の温度上昇があれば、感知は十分に可能であるといえる。評価根拠の詳細を以下に記す。

⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室、⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室、⑨使用済樹脂貯蔵タンク室は、いずれも閉空間の小部屋であり火災源から排気ダクトまでの距離が短いことから、一般的な事象想定として火災により発生した煙と熱は同じ空気の流れに乗って排気ダクトに流れ込むため、熱についても「1・1・1 アナログ式の煙感知器 (3)」で説明した煙の流れと同じ空気の流れに乗ってダクト内に流入し、熱風として持続すると考えられる。

また、FDTs（火災力学ツール）により仮置き可燃物 1 個（HRR:105.6kW）の燃焼条件で強制換気下におけるエリア内の温度上昇を評価した結果、ダクト内風速が最大のB使用済樹脂貯蔵タンク室において、天井付近の温度が 1 分後に約 75°C、5 分後に約 87°C、10 分後に約 93°Cと徐々に上昇する結果となり、火災により発生する熱量がダクトから排出される熱量より大きいことが分かった。（別紙 3 参照）

以上より、エリア内で火災が発生した場合、煙と同じように最初は天井付近に熱が蓄積されるが、短時間のうちにエリア内の熱が熱風としてそのままダクト内に入る空気の流れができ、エリア内とダクト内部はほぼ同じ温度になるといえる。

次に、風の流れがある条件下での感知性能を定量的に把握するため、排気ダクト内への感知器設置を模擬したモデルにより、「火災報知設備の感知器及び発信機に係わる技術上の規格を定める省令」に定める試験（検定試験）に準じ、風速 1, 3, 5m/sec で実証試験を実施した。（別紙 4 参照）

その結果、熱感知器の不作動試験、作動試験ともに判定基準を満足しており、風の流

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。

れがある排気ダクト内に熱感知器を設置した場合でも、風速 5m/sec 以下であれば熱感知器の感知性能に問題がないことを確認した。

以上より、排気ダクト内に設置した熱感知器による火災の感知は十分に可能であり、誤作動の問題もないといえる。また、エリア内の放射線が最も高い使用済樹脂貯蔵タンク室において、熱感知器を設置予定の排気ダクト内の放射線量を実測した結果、 Sv/h 以下と十分に低く、放射線による感知器故障の影響及び保守・点検に伴う作業員の被ばくに問題のないことを確認している。なお、放射線量を実測した方のBタンクは樹脂貯蔵量が上限であり、今後の樹脂受け入れによる線量の上昇はない。(使用済樹脂貯蔵タンク室の排気ダクト内の放射線量の実測結果を別紙2に示す。)

(4) グレーチング面に設置する熱感知器の感知性能と誤作動防止について

本工事内で計画している原子炉格納容器の放射線量が高い場所を含むエリア（ループ室及び加圧器室）における感知器設計において、グレーチングを床又は天井とみなし、天井面があるグレーチング上部、グレーチング間となる中間部、床面があるグレーチング下部で感知区画を細分化し、グレーチング上部は天井面、グレーチング中間部と下部はグレーチング面にアナログ式の熱感知器を設置する計画としている。

当該エリアでの火災を想定した場合、コンクリート壁で仕切られたエリア内で熱風が上昇し、熱はグレーチング面に滞留せずに通過することとなるが、火災規模の拡大に伴い、熱感知器の動作値を上回る温度の熱風が継続する状況となるため、グレーチング面に設置する熱感知器による感知は十分に可能であるといえる。評価根拠の詳細を以下に記す。

グレーチングに熱感知器を設置した場合の感知性能を評価するため、日本建築学会環境系論文集「区画火災の鉛直温度分布予測モデルの拡張と検証および火災プルームへの連行を考慮した天井ジェット温度予測」（別紙5-2参照）を確認した。この論文は、区画内で火災が発生した場合における鉛直方向の温度分布と時間変化について、予測モデルによる計算結果と実験結果との比較を行ったものである。実験では、火源と温度測定用の熱電対を図4及び図5のとおり設置し、表1の実験条件で火災を発生させ、火源から水平方向に約 4.1m 離れた場所の鉛直方向の温度分布、ならびに火源から水平方向に約 2.0m 離れた場所の天井面の温度を時間経過とともに測定している。図7の実験結果から、床から天井までの中間面（床面高さ 1.25m）の温度は天井面の約半分と低いが、時間経過とともに天井面・中間面の温度がともに上昇するため、中間面（この面がグレーチング面と仮定）に熱感知器を設置した場合でも作動するといえる。また、図7と図10の実験結果の比較から、天井面の温度は火源から約 2.0m 離れた場所の方が約 4.1m 離れた場所より高く推移していることから、**グレーチング面に煙感知器を設置する場合は、感知器1個あたりの感知面積を小さく見積もり**

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。

火源に近い感知器の個数を増やすことで感知の信頼性を高めることができるといえる。

なお、グレーチング面に設置する熱感知器の誤作動については、グレーチング特有の配慮事項はない。

以上より、グレーチング面に設置する熱感知器は、感知器1個あたりの感知面積を天井面に設置する場合の半分と小さく見積もり設置個数を増やすことで、火災の感知は十分に可能であり、誤作動の問題もないといえる。(別紙5-3参照)

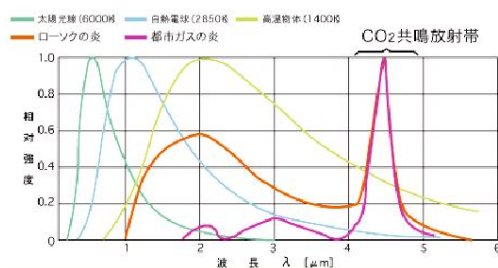
1-1-3 アナログ式でない炎感知器

(1) アナログ式でない炎感知器の概要

屋内に使用するアナログ式でない炎感知器の外観を第1-1-5図に、概要を第1-1-6図に示す。アナログ式でない炎感知器は、物質の燃焼時に発生する「特有な赤外線放射エネルギー(CO₂共鳴放射)を監視し、CO₂共鳴放射帯のピークを検出した場合」と、その「炎のちらつき」を捉えることで感知する。



第1-1-5図



第1-1-6図

(2) 消防法の検定について

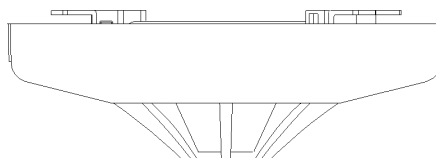
アナログ式でない炎感知器は、消防法で定められた検定品であり、消防法(火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令(昭和56年6月20日自治省令第17号)第17条の8(炎感知器の公称監視距離の区分、感度及び視野角)に定められる感知性能を有している。

1-1-4 アナログ式でない熱感知器

(1) アナログ式でない熱感知器の概要

アナログ式でない熱感知器の外観を第 1-1-7 図に示す。

アナログ式でない熱感知器は、感熱素子を用いて熱を検出し、周囲の温度上昇率が一定以上になった時に火災受信機盤へ火災信号を発する。



第 1-1-7 図

(2) 消防法の検定について

アナログ式でない熱感知器は、消防検定品であり、消防法（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 6 月 20 日自治省令第 17 号) 第 14 条（定温式感知器の公称作動温度の区分及び感度）に定められる感知性能を有している。

1-1-5 アナログ式でない防爆型の熱感知器

(1) アナログ式でない防爆型の熱感知器の概要

アナログ式でない防爆型の熱感知器の外観を第 1-1-8 図に示す。アナログ式でない防爆型の熱感知器は、サーミスタを用いて熱を検出し、周囲温度が一定以上になった時に火災受信機盤へ火災信号を発する。サーミスタは温度変化により抵抗値が変化する素子で、一定周期で電流を流してサーミスタの両端にかかる電圧を測定し、温度検出回路にて変換した電圧値を内部制御回路に送り、制御回路にて一定時間内の温度上昇を測定し、温度上昇率が設定値を超えた場合に火災と判断し、火災受信機盤に火災信号を発する。

アナログ式でない防爆型の熱感知器は、仮に内部の電気回路に可燃性ガスなどが侵入し、爆発が生じて、外部の可燃性ガス等に点火しないよう、全閉の構造となっていることから、防爆性能（耐压防爆構造※）を有する。

※：耐压防爆構造（「電気機器器具防爆構造規格」労働省告示第 16 条）全閉構造であって、可燃性ガス（以下「ガス」という。）又は引火性の蒸気（以下「蒸気」という。）が容器内部に侵入して爆発を生じた場合に、当該容器が爆発圧力に耐え、かつ、爆発による火炎が当該容器の外部のガス又は蒸気に点火しないようにしたものという。



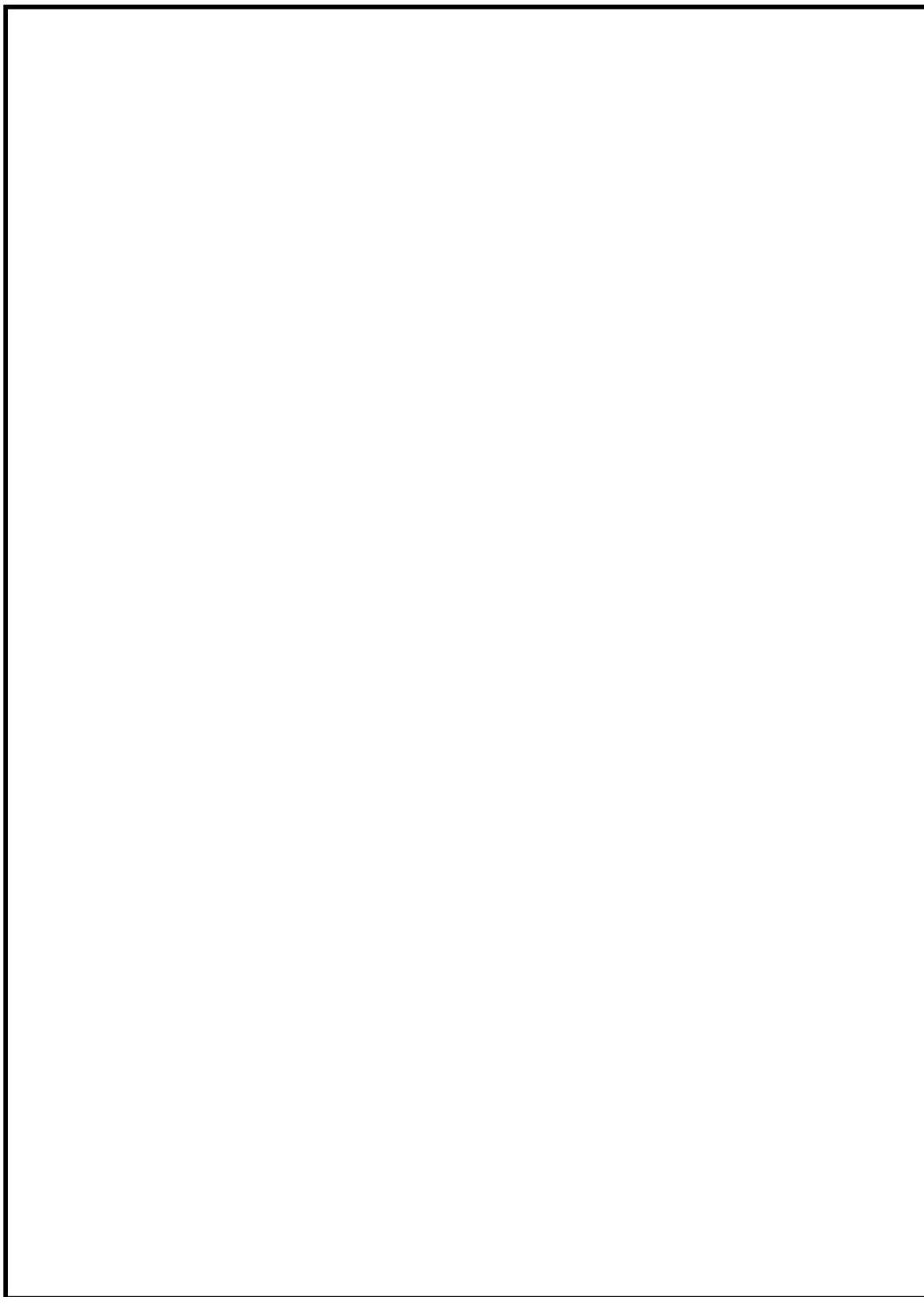
第 1-1-8 図

(2) 消防法の検定について

アナログ式でない防爆型の熱感知器は、消防検定品であり、消防法（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 6 月 20 日自治省令第 17 号）第 14 条（定温式感知器の公称作動温度の区分及び感度）に定められる感知性能を有している。

以 上

論文「最適な排煙手法の検証」（消防技術安全所報 45号(平成20年)）



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。

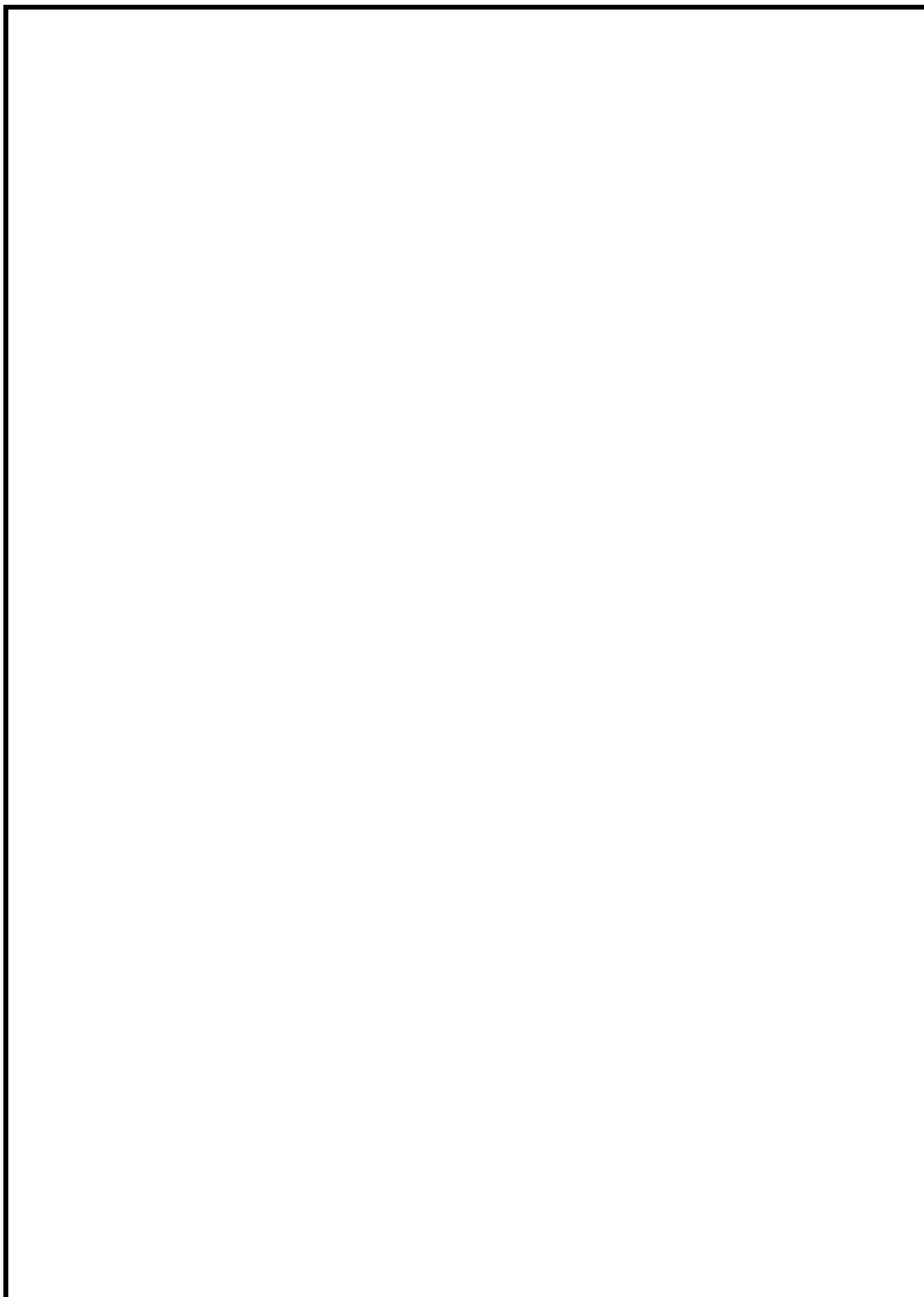


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



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。

論文「最適な排煙手法の検証（第2報）」（消防技術安全所報 48号(平成23年)）



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。

参照箇所：



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。

参照箇所：



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。

参照箇所：



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。

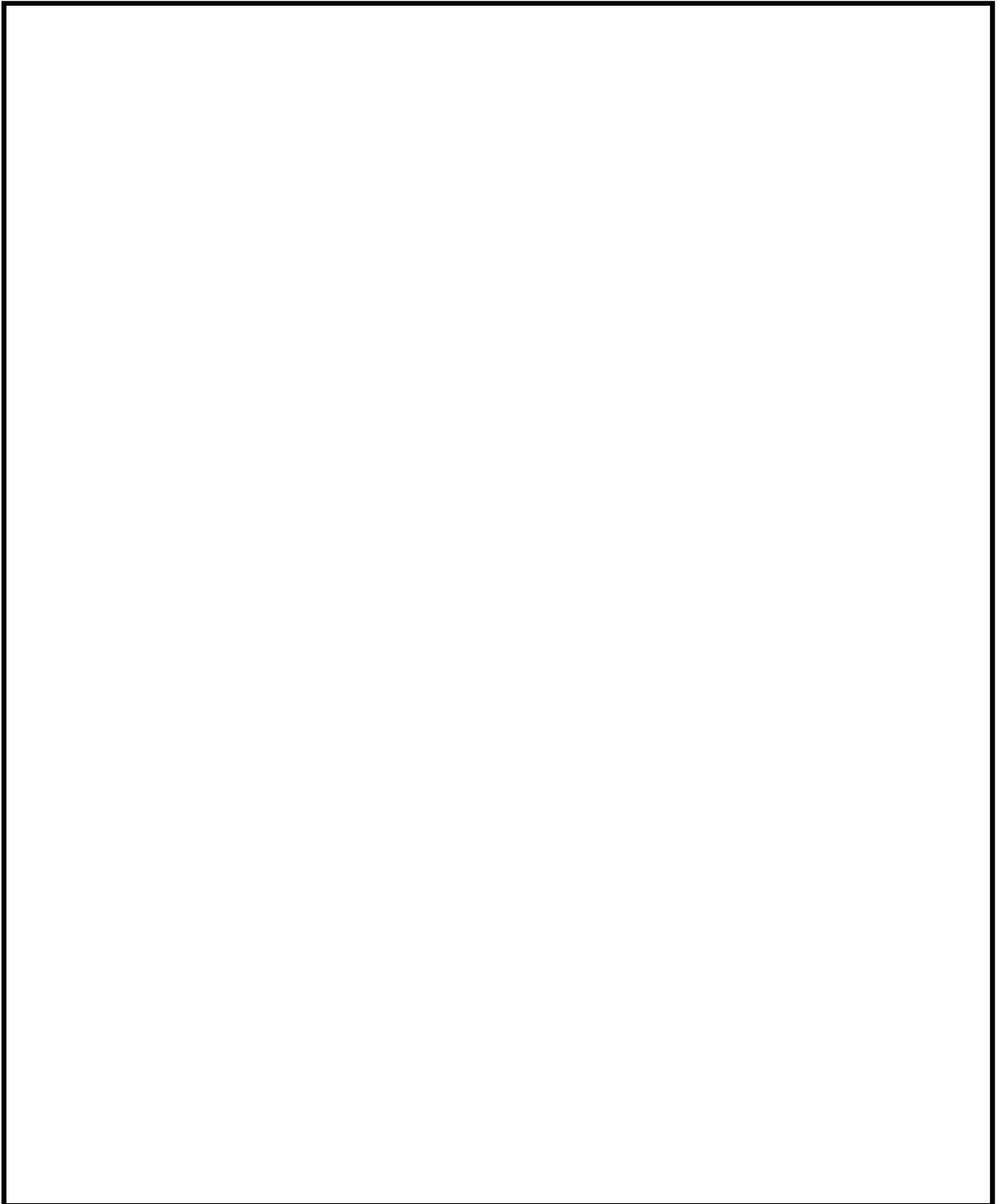
参照箇所：



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。

使用済樹脂貯蔵タンク室の給気口、排気口の配置

1. 給気口（コンクリート蓋）、排気口（排気ダクト）の配置



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. 上部コンクリート蓋の構造

○タンク室側から見た上部コンクリート蓋の平面図

コンクリート蓋の大きさ :

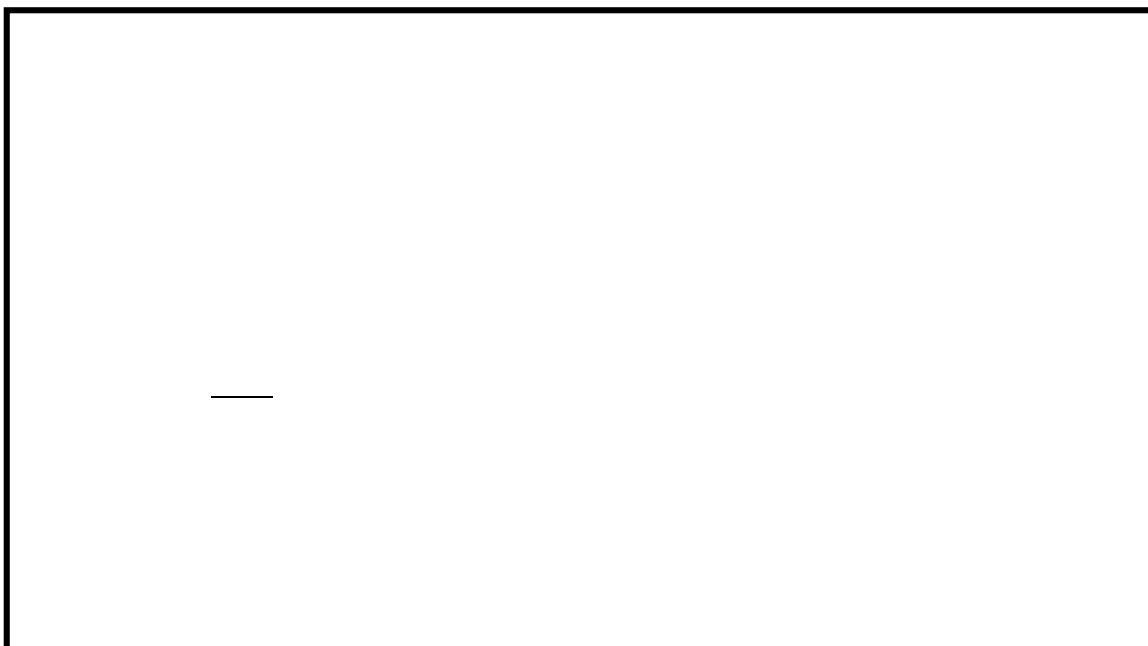
上部開口の大きさ :



○断面図

排気ダクトの風量 : 約

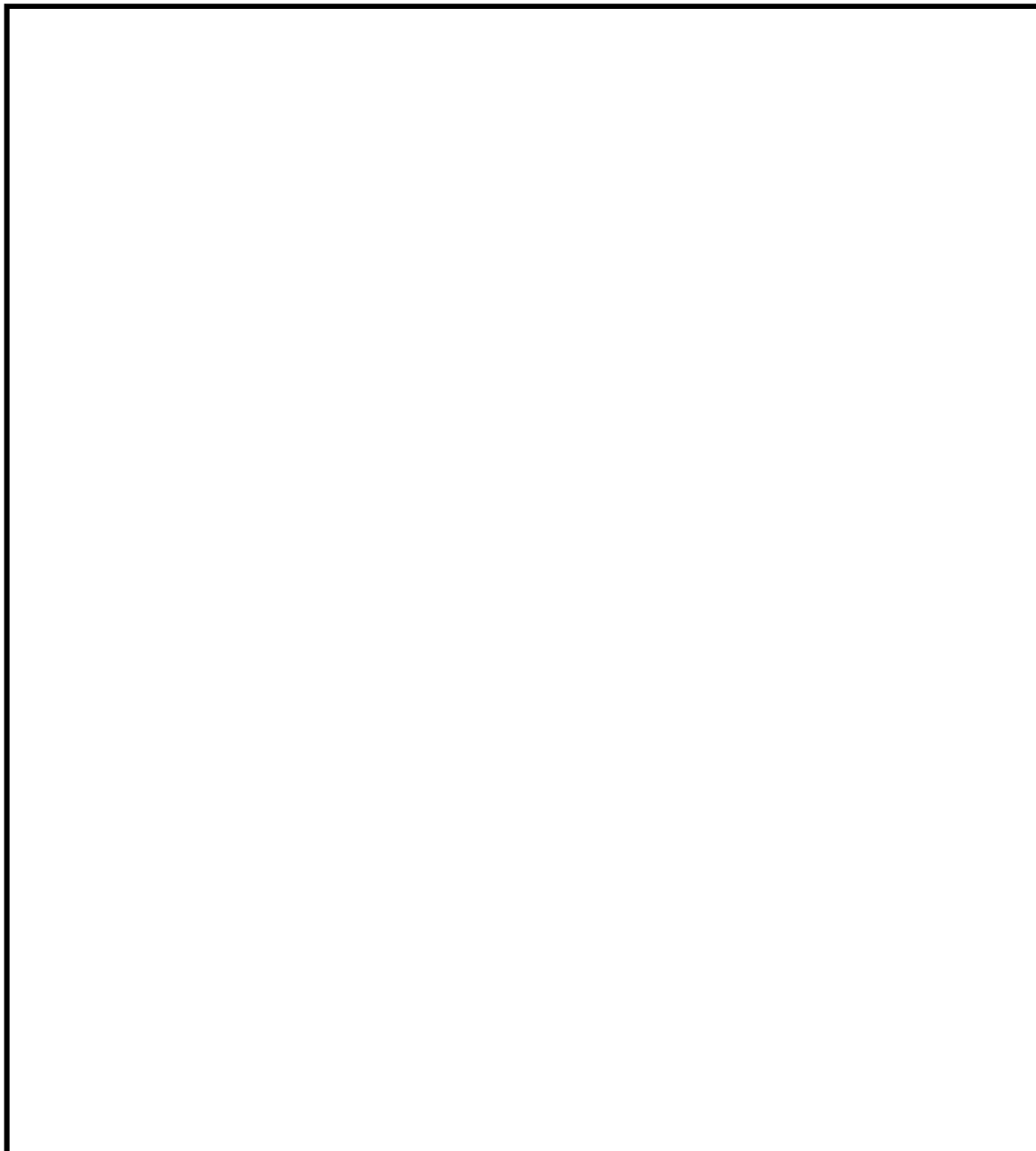
上部開口の風速 :



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. 排気ダクト内の放射線量測定結果

エリア内の放射線量が最も高い使用済樹脂貯蔵タンク室について、排気ダクト内の放射線量を実測した結果を以下に示す。



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。

FDTs (火災力学ツール) による発熱量の計算結果

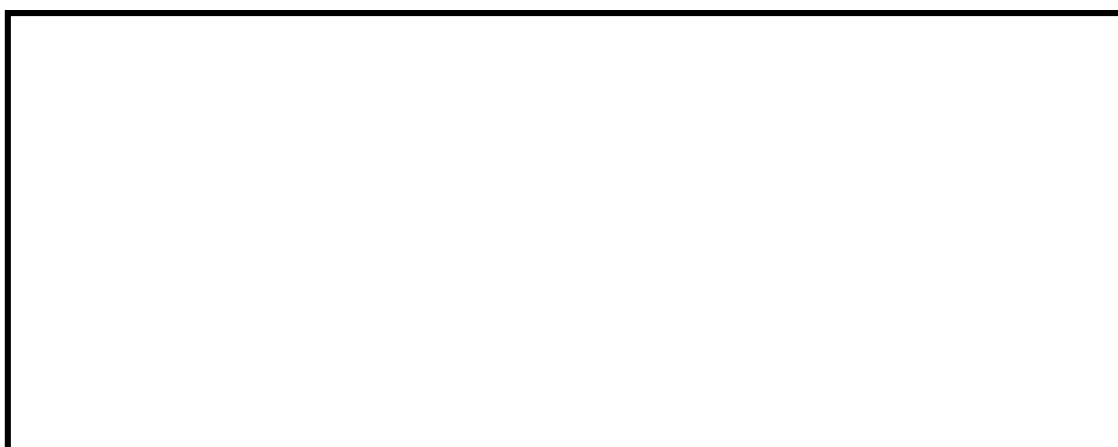
○発熱量 (温度上昇)

仮置き可燃物 1 個 (HRR:105.6kW) の燃焼条件で強制換気下におけるエリア内の温度上昇を評価した結果、ダクト内風速が最大の B 使用済樹脂貯蔵タンク室で天井付近の温度が 1 分後に約 75°C、5 分後に約 87°C、10 分後に約 93°C と徐々に上昇する結果となった。

以下に FDTs による計算結果を示す。

使用済樹脂貯蔵タンク室 B

～評価体系～



使用済樹脂貯蔵タンク室 B (0【min】～60【min】)

～温度【°C】～

“02.2-temperature fv-supl-si” (強制換気) を使用

| Time After Ignition (t) | | h_k (kW/m ² -K) | $\Delta T_g/T_a$ | ΔT_g (K) | T_g (K) | T_g (°C) | T_g (°F) |
|-------------------------|-------|---------------------------------|------------------|---------------------|--------------|---------------|---------------|
| (min) | (sec) | | | | | | |
| 0 | 0 | - | - | - | 313.00 | 40.00 | 104.00 |
| 1 | 60 | 0.22 | 0.11 | 34.97 | 347.97 | 74.97 | 166.95 |
| 2 | 120 | 0.16 | 0.13 | 39.62 | 352.62 | 79.62 | 175.31 |
| 3 | 180 | 0.13 | 0.14 | 42.62 | 355.62 | 82.62 | 180.71 |
| 4 | 240 | 0.11 | 0.14 | 44.88 | 357.88 | 84.88 | 184.79 |
| 5 | 300 | 0.10 | 0.15 | 46.72 | 359.72 | 86.72 | 188.10 |
| 10 | 600 | 0.07 | 0.17 | 52.93 | 365.93 | 92.93 | 199.28 |
| 15 | 900 | 0.06 | 0.18 | 56.94 | 369.94 | 96.94 | 206.49 |
| 20 | 1200 | 0.05 | 0.19 | 59.97 | 372.97 | 99.97 | 211.94 |
| 25 | 1500 | 0.04 | 0.20 | 62.42 | 375.42 | 102.42 | 216.36 |
| 30 | 1800 | 0.04 | 0.21 | 64.51 | 377.51 | 104.51 | 220.11 |
| 35 | 2100 | 0.04 | 0.21 | 66.32 | 379.32 | 106.32 | 223.38 |
| 40 | 2400 | 0.03 | 0.22 | 67.93 | 380.93 | 107.93 | 226.28 |
| 45 | 2700 | 0.03 | 0.22 | 69.39 | 382.39 | 109.39 | 228.90 |
| 50 | 3000 | 0.03 | 0.23 | 70.72 | 383.72 | 110.72 | 231.29 |
| 55 | 3300 | 0.03 | 0.23 | 71.94 | 384.94 | 111.94 | 233.50 |
| 60 | 3600 | 0.03 | 0.23 | 73.08 | 386.08 | 113.08 | 235.54 |

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。

風の流れる条件での感知器の感知性能に係る実証試験

1. 煙感知器の実証試験

(1) 目的

排気ダクト内の風速が煙感知器の感知性能に与える影響を試験により把握する。

(2) 試験内容

【検証 1】 不作動試験⇒作動濃度以下において感知器が誤作動しないことを確認する。

【検証 2】 作動試験 ⇒作動濃度にて感知器が作動することを確認する。

※不作動試験、作動試験の公称作動濃度はメーカー公称値に準拠する。(公称作動濃度 10%)

【試験条件】

| 試験 No. | 項目 | ダクト内煙濃度[%] | ダクト内風速 [m/s] |
|--------|-------|-----------------------------|--------------|
| 1 | 不作動試験 | 5(公称作動濃度×0.5) [※] | 1, 3, 5 |
| 2 | 作動試験 | 15(公称作動濃度×1.5) [※] | 1, 3, 5 |

※「火災報知設備の感知器及び発信機に係わる技術上の規格を定める省令」による。

不作動試験：1m 当たりの減光率（公称作動濃度×0.5）%の濃度の煙を含む風速 20 cm～40 cm/sec の気流に投入したとき、5 分間以内に作動しないこと。

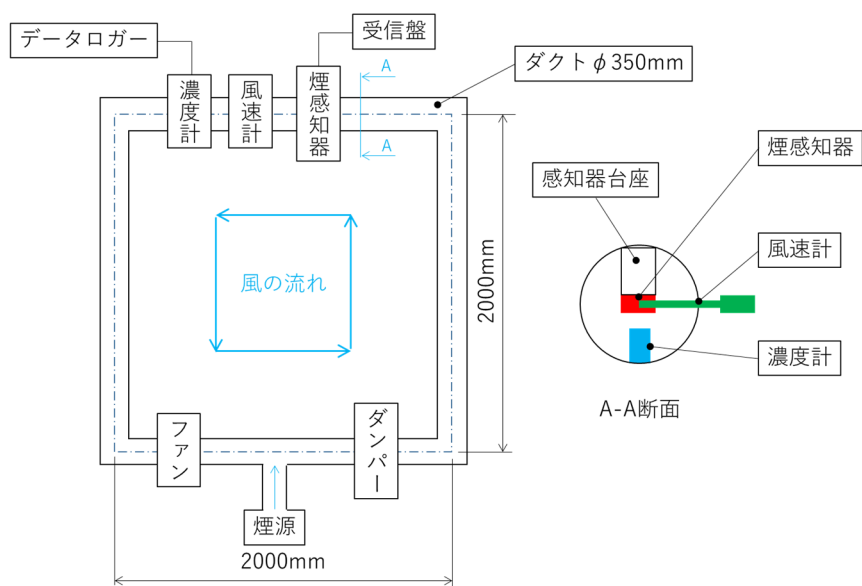
作動試験：1m 当たりの減光率（公称作動濃度×1.5）%の濃度の煙を含む風速 20 cm～40 cm/sec の気流に投入したとき、30 秒以内に作動すること。

【省令に定める試験（検定試験）との相違点】

| No. | 試験条件 | 相違有無 | 説明 |
|-----|-------|------|--|
| 1 | 試験濃度 | ○ | 作動試験 15%、不作動試験 5% |
| 2 | 試験風量 | × | 0.2～0.4m/sec（省令）→実機のダクト内環境を模擬し、1, 3, 5m/sec で試験を実施 |
| 3 | 試験風向 | ○ | 実機のダクト内の気流環境を模擬し、水平方向で試験を実施 |
| 4 | 試験前条件 | ○ | 感知器を通風下に置き、濃度が低下していることを確認して 5 分以上経過後に試験を開始 |
| 5 | 判定基準 | ○ | 不作動時間、作動時間の基準は省令と同じ |

(凡例) ○：相違なし、×：相違あり

【試験モデル概要図】



試験モデル平面図

【試験手順】

- ①ダンパーにより風速を調整する。
- ②煙源により発煙し、煙濃度を調節する。
- ③ダクト内の環境濃度が安定した後、感知器をダクト内に投入し、試験を開始する。
- ④風速を変化 (1, 3, 5m/sec) させて手順②③を繰り返す。

(3) 試験結果

① 不作動試験

風速を変化させ、5%濃度（公称作動濃度 $10\% \times 0.5$ ）において感知器が誤作動しないことを確認する。試験では、風速 1, 3, 5m/sec の条件下において、5%以上 10%未満の煙濃度で煙感知器が 5 分間以内に作動しないことを確認した。

【試験結果】

試験日：2021 年 10 月 7 日

| No. | 感知器 | 試験区分 | 風速 (m/sec) | 煙濃度 (%) ※ | 判定基準 (分) | 作動有無 | 判定 合・否 |
|-----|------------|------|---------------|--------------|-------------|------|-----------|
| 1 | アナログ 式煙 | 不作動 | 1 | 5.4~6.2 | 5 | 作動なし | 合 |
| 2 | | | 3 | 5.2~7.5 | 5 | 作動なし | 合 |
| 3 | | | 5 | 5.6~7.2 | 5 | 作動なし | 合 |

※：感知器投入から 5 分間のダクト内煙濃度を記す。

【まとめ】

風速 1, 3, 5m/sec で煙感知器が誤作動しないことを確認した。

② 作動試験

風速を変化させ、15%濃度（公称作動濃度 $10\% \times 1.5$ ）において感知器が作動することを確認する。試験では、風速 1, 3, 5m/sec の条件下において、10%以上 15%以下の煙濃度で煙感知器が 30 秒以内に作動することを確認した。

【試験結果】

試験日：2021 年 10 月 7 日

| No. | 感知器 | 試験区分 | 風速 (m/sec) | 煙濃度 (%) ※ | 判定基準 (秒) | 作動時間 (秒) | 判定 合・否 |
|-----|------------|------|---------------|--------------|-------------|-------------|-----------|
| 1 | アナログ 式煙 | 作動 | 1 | 12.6~14.1 | 30 | 5.5 | 合 |
| 2 | | | 3 | 13.1~13.6 | 30 | 5.7 | 合 |
| 3 | | | 5 | 12.5~14.4 | 30 | 6.0 | 合 |

※：感知器投入から感知器作動までのダクト内煙濃度を記す。

【まとめ】

風速 1, 3, 5m/sec で煙感知器が基準時間以内に作動することを確認した。

2. 熱感知器の実証試験

(1) 目的

排気ダクト内の風速が熱感知器の感知性能に与える影響を試験により把握する。

(2) 試験内容

【検証1】 不作動試験⇒作動温度以下において感知器が誤作動しないことを確認する。

【検証2】 作動試験 ⇒作動温度にて感知器が作動することを確認する。

※不作動試験、作動試験の公称作動温度はメーカー公称値に準拠する。(公称作動温度 65℃)

【試験条件】

| 試験 No. | 項目 | ダクト内温度[℃] | ダクト内風速 [m/s] |
|--------|-------|------------------------------|--------------|
| 1 | 不作動試験 | 55(公称作動温度-10℃) [※] | 1, 3, 5 |
| 2 | 作動試験 | 81(公称作動温度×1.25) [※] | 1, 3, 5 |

※「火災報知設備の感知器及び発信機に係わる技術上の規格を定める省令」による。

不作動試験：公称作動温度より 10℃低い温度の風速 1m/sec の垂直気流に投入したとき、10 分間作動しないこと。

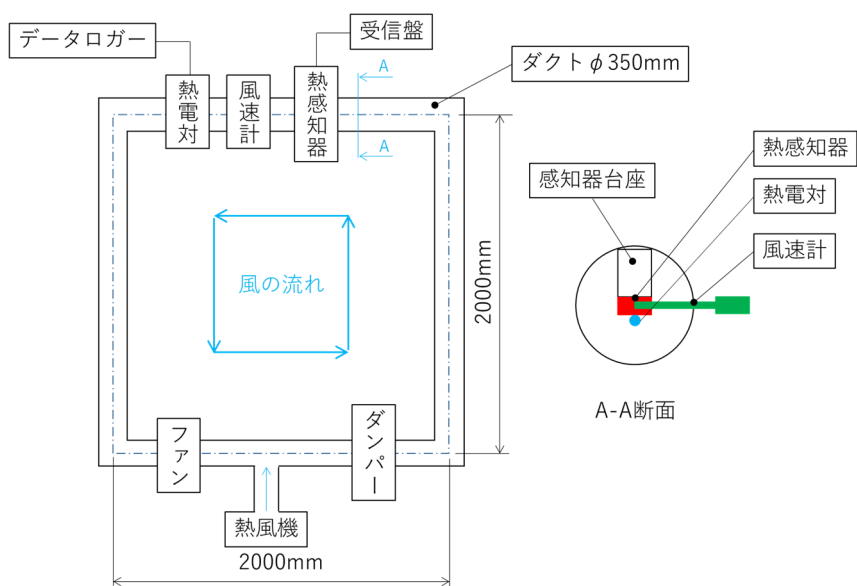
作動試験：公称作動温度の 125%の温度の風速 1m/sec の垂直気流に投入したとき、99 秒以内に作動すること。(感知器一種、室温 20℃の場合)

【省令に定める試験（検定試験）との相違点】

| No. | 試験条件 | 相違有無 | 説明 |
|-----|-------|------|--|
| 1 | 試験温度 | ○ | 作動試験 81℃、不作動試験 55℃ |
| 2 | 試験風量 | × | 1m/sec (省令) →実機のダクト内環境を模擬し、1, 3, 5m/sec で試験を実施 |
| 3 | 試験風向 | × | 垂直方向 (省令) →実機のダクト内環境を模擬し、水平方向で試験を実施 |
| 4 | 試験前条件 | ○ | 感知器を通風下に置き、温度が低下していることを確認して 5 分以上経過後に試験を開始 |
| 5 | 判定基準 | ○ | 不作動時間、作動時間の基準は省令と同じ |

(凡例) ○：相違なし、×：相違あり

【試験モデル概要図】



試験モデル平面図

【試験手順】

- ①ダンパーにより風速を調整する。
- ②熱風機により温度を調節する。
- ③ダクト内の環境温度が安定した後、感知器をダクト内に投入し、試験を開始する。
- ④風速を変化（1, 3, 5m/sec）させて手順②③を繰り返す。

(3) 試験結果

① 不作動試験

風速を変化させ、55℃（公称作動温度 65℃－10℃）において感知器が誤作動しないことを確認する。試験では、風速 1, 3, 5m/sec の条件下において、55℃以上 65℃未満の温度で熱感知器が 10 分間作動しないことを確認した。

【試験結果】

試験日：2021 年 9 月 15, 16 日

| No. | 感知器 | 試験区分 | 風速 (m/sec) | 温度 (℃) ※1 | 判定基準 (分) | 作動有無 | 判定合・否 |
|-----|--------|------|------------|-----------|----------|------|-------|
| 1 | アナログ式熱 | 不作動 | 1 | 55.1～58.2 | 10 | 作動なし | 合 |
| 2 | | | 3 | 55.7～57.9 | 10 | 作動なし | 合 |
| 3 | | | 5 | 55.2～57.8 | 10 | 作動なし | 合 |

※1：感知器投入から 10 分間のダクト内温度を記す。

【まとめ】

風速 1, 3, 5m/sec で熱感知器が誤作動しないことを確認した。

② 作動試験

風速を変化させ、81℃（公称作動温度 65℃×1.25）において感知器が作動することを確認する。試験では、風速 1, 3, 5m/sec の条件下において、65℃以上 81℃以下の温度で熱感知器が基準時間以内に作動することを確認した。

【試験結果】

試験日：2021 年 10 月 4 日

| No. | 感知器 | 試験区分 | 風速 (m/sec) | 温度 (℃) ※1 | 判定基準 (秒) ※2 | 作動時間 (秒) | 判定合・否 |
|-----|--------|------|------------|-----------|-------------|----------|-------|
| 1 | アナログ式熱 | 作動 | 1 | 77.6～78.3 | 85 | 33 | 合 |
| 2 | | | 3 | 76.7～77.2 | 85 | 28 | 合 |
| 3 | | | 5 | 77.8～79.8 | 85 | 28 | 合 |

※1：感知器投入から感知器作動までのダクト内温度を記す。

※2：判定基準は室温 30℃のため 85 秒以内とする。（室温 20℃の場合は 99 秒以内）
室温による熱感知器作動時間の換算式は、次頁【参考】のとおり。

【まとめ】

風速 1, 3, 5m/sec で熱感知器が基準時間以内に作動することを確認した。

【参考】

定温式熱感知器の周囲温度による作動時間の換算式は、「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」第14条2項に以下のとおり記載がある。

今回の試験は感知器一種、室温30℃で実施のため、作動時間の判定基準は85秒となる。

第十四条 定温式感知器の公称作動温度は、六十度以上百五十度以下とし、六十度以上八十度以下のものは五度刻み、八十度を
超えるものは十度刻みとする。

2 定温式感知器の感度は、その有する種別及び公称作動温度に応じ、次に定める試験に合格するものでなければならない。

- 一 作動試験 公称作動温度の百二十五パーセントの温度の風速一メートル毎秒の垂直気流に投入したとき、それぞれ次の表に定める時間以内で火災信号を発信すること。

| 種別 | 室温 | |
|----|------|---|
| | 零度 | 零度以外 |
| 特種 | 四〇秒 | 室温 θ_r (度) のときの作動時間 t (秒) は、次の式より算出する。 $t = \frac{t_0 \log_{10} \left(1 + \frac{\theta - \theta_r}{\delta} \right)}{\log_{10} \left(1 + \frac{\theta}{\delta} \right)}$ |
| 一種 | 一〇〇秒 | |
| 二種 | 三〇〇秒 | |

注

t_0 は室温が零度のときの作動時間 (秒) を、 θ は公称作動温度 (度) を、 δ は公称作動温度と作動試験温度との差を示す。

$$t = \frac{t_0 \log_{10} \left(1 + (\theta - \theta_r) / \delta \right)}{\log_{10} \left(1 + \theta / \delta \right)}$$

$$= \frac{120 \times \log_{10} \left(1 + (65 - 30) / (81 - 65) \right)}{\log_{10} \left(1 + 65 / (81 - 65) \right)}$$

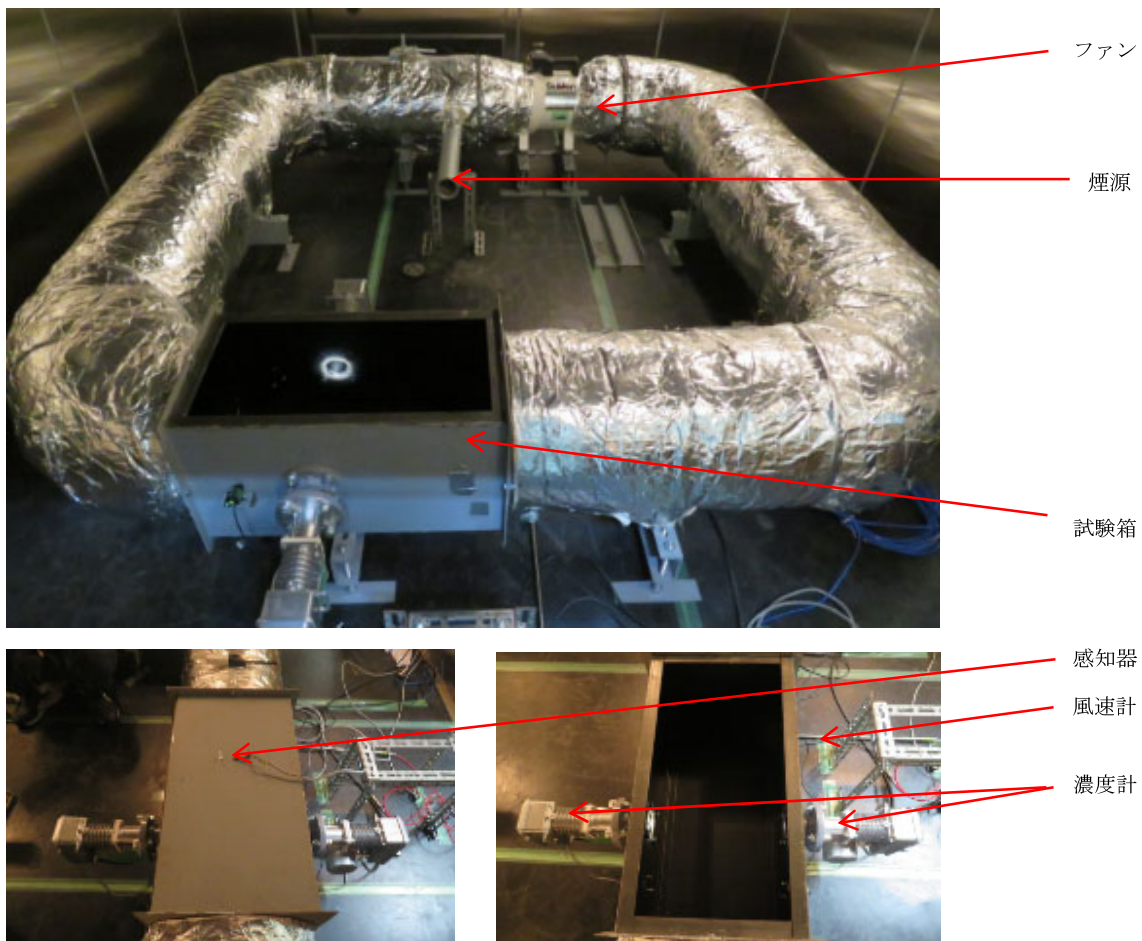
$$= 85.7 \dots \approx 85 \text{ 秒 (判定基準)}$$

【実証試験写真】

試験期間：2021年9月15日、16日、10月4日、7日

試験場所：エア・ウォーター防災株式会社 神戸工場

○試験装置（煙感知試験）



○試験風景



3. 火災感知器の型式適合検定試験と今回の実証試験の位置付けについて

(1) 型式適合検定の実施方法

a. 実施方法

火災感知器は、その販売、工事使用にあたり型式承認、ならびに型式適合検定を受けることが消防法に定められている。

国の認定を受けた日本消防検定協会において規定する検定業務規程により、火災感知器の型式適合検定の手順が定められている。製造者から申請のあった火災感知器について、型式承認を受けた感知器の形状、材質、性能等に適合することを検定細則に沿って検査を行っている。なお、申請にあたっては、ロット単位での最低受検個数が定められており、定温式スポット型及び光電式スポット型では型式番号ごとに50個となっている。

また、火災感知器単体に対する試験回数についての規定はない。なお、検定認定機関への聞き取りにより、感知器単体で1回の試験を実施していることを確認している。

(2) 関係法令等及び該当条文

① 消防法

(第二十一条の三 より抜粋)

型式承認を受けようとする者は、あらかじめ、日本消防検定協会又は法人であつて総務大臣の登録を受けたものが行う検定対象機械器具等についての試験を受けなければならない。

(第二十一条の八)

協会又は第二十一条の三第一項の規定による登録を受けた法人は、前条の申請があつたときは、当該申請に係る検定対象機械器具等について型式適合検定を行い、当該申請に係る検定対象機械器具等の形状等が第二十一条の四第二項の規定により型式承認を受けた検定対象機械器具等の型式に係る形状等に適合しているときは、当該申請に係る検定対象機械器具等を、型式適合検定に合格したものとしなければならない。

(第二十一条の九)

協会又は第二十一条の三第一項の規定による登録を受けた法人は、前条第一項の規定により型式適合検定に合格した検定対象機械器具等に、総務省令で定めるところにより、当該検定対象機械器具等の型式は第二十一条の四第二項の規定により型式承認を受けたものであり、かつ、当該検定対象機械器具等は前条第一項の規定により型式適合検定に合格したものである旨の表示を付さなければならない。

② 日本消防検定協会 検定業務規程

(第9条 型式適合検定の申請 より抜粋)

型式適合検定申請書は、型式番号ごとに作成すること。ただし、第14条第2項第1号アのただし書により一括して1ロットとすることができる型式で、種別、手数料単価及び受検日が同一である場合にあっては、種別ごとに作成することができる。

1回の受検に申請する数量は、原則として、型式番号ごとに附表第3に掲げる数量以上とし、かつ、確実に受検できる数量とすること。

(第14条 立会型式適合検定の検査方法 より抜粋)

試料の抽出は、ロットごとに受検品の型式番号、数量等の確認を行った後、検定細則に規定する抜取表に掲げるロットの大きさごとの通常検査及び少数検査に必要な数をJISZ9031の乱数表、正20面体乱数サイ又はその他協会が認めたものを用いて行うこと。

(3) 今回の実証試験の位置付け

検定試験(型式適合検定)では、ロット単位で感知器の感知性能に問題がないことを確認することで製品の品質が安定していることを確認している。

今回の実証試験では、一定の感知性能を有する検定品の感知器を使用しているため、感知器の個体差により試験判定への影響はないものと考えますが、試験における火災模擬条件(熱・煙の量、風量等)の違いが合否判定に影響する可能性を考慮し、試験結果の再現性を確認するために、感知器を交換して複数回試験を実施している。その結果、試験結果に大きな違いはなく、感知器の動作は安定していたため、試験結果には再現性ありと判断している。

この実証試験は、感知器の感知性能のバラツキを確認するものではなく、感知器が風速が大きい環境下においても所定の感知性能を発揮できることを確認したものである。

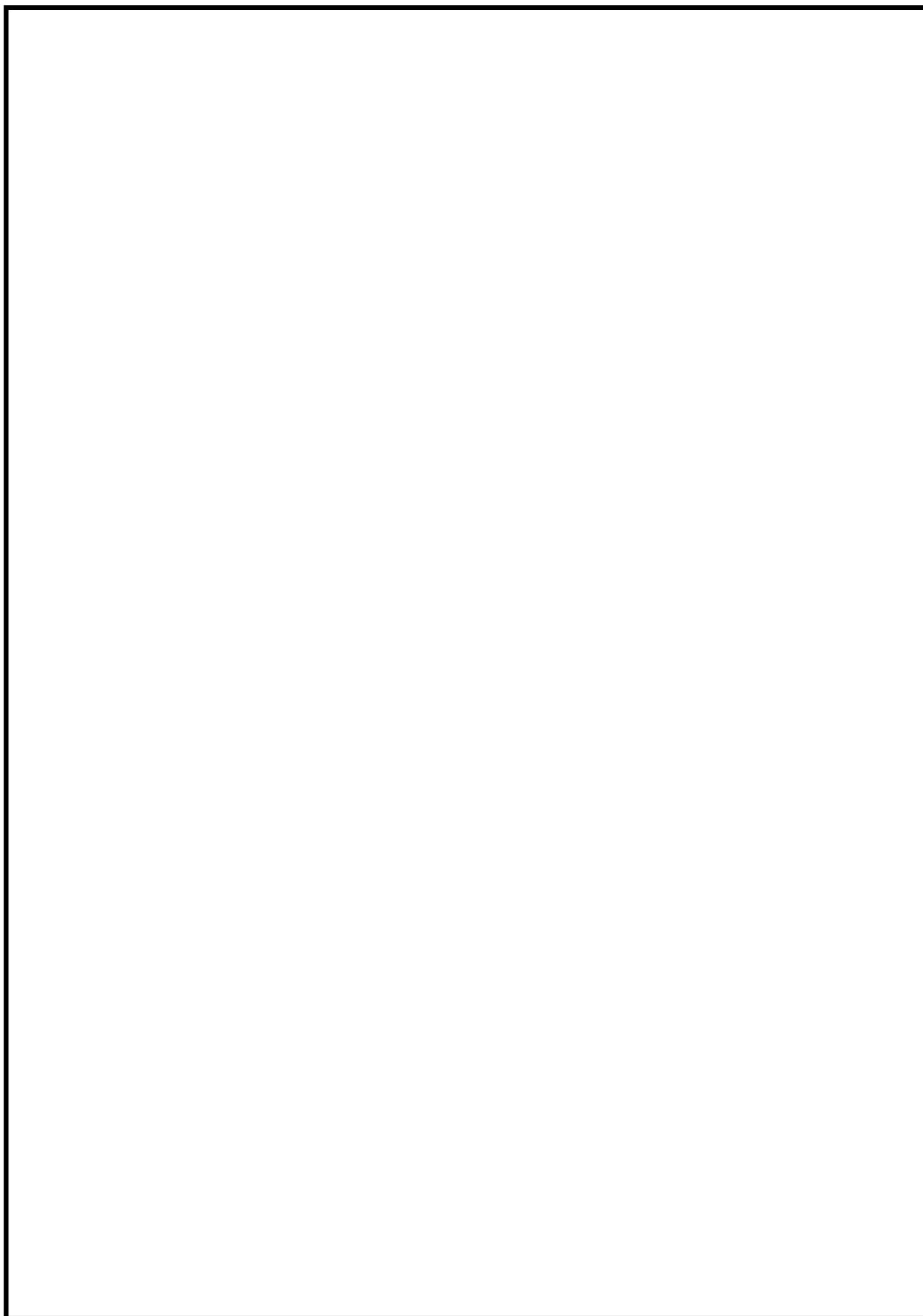
(4) 実機適用における感知器選定の考え方

今回の実証試験により、風速5m/sec以下での感知性能を確認できた感知器と同じ型式の感知器を実機の排気ダクトに設置する計画としている。

感知器は国の指定する検査機関における型式検定試験により、製品の品質が担保されている。このことから、実証試験によりその実力を確認した感知器と同じ型式のものを用いることにより、実機においても同等の性能が発揮されるものと評価する。

以上

論文「グレーチングが熱気流に及ぼす影響について」（消防研究センター）



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。

参照箇所：



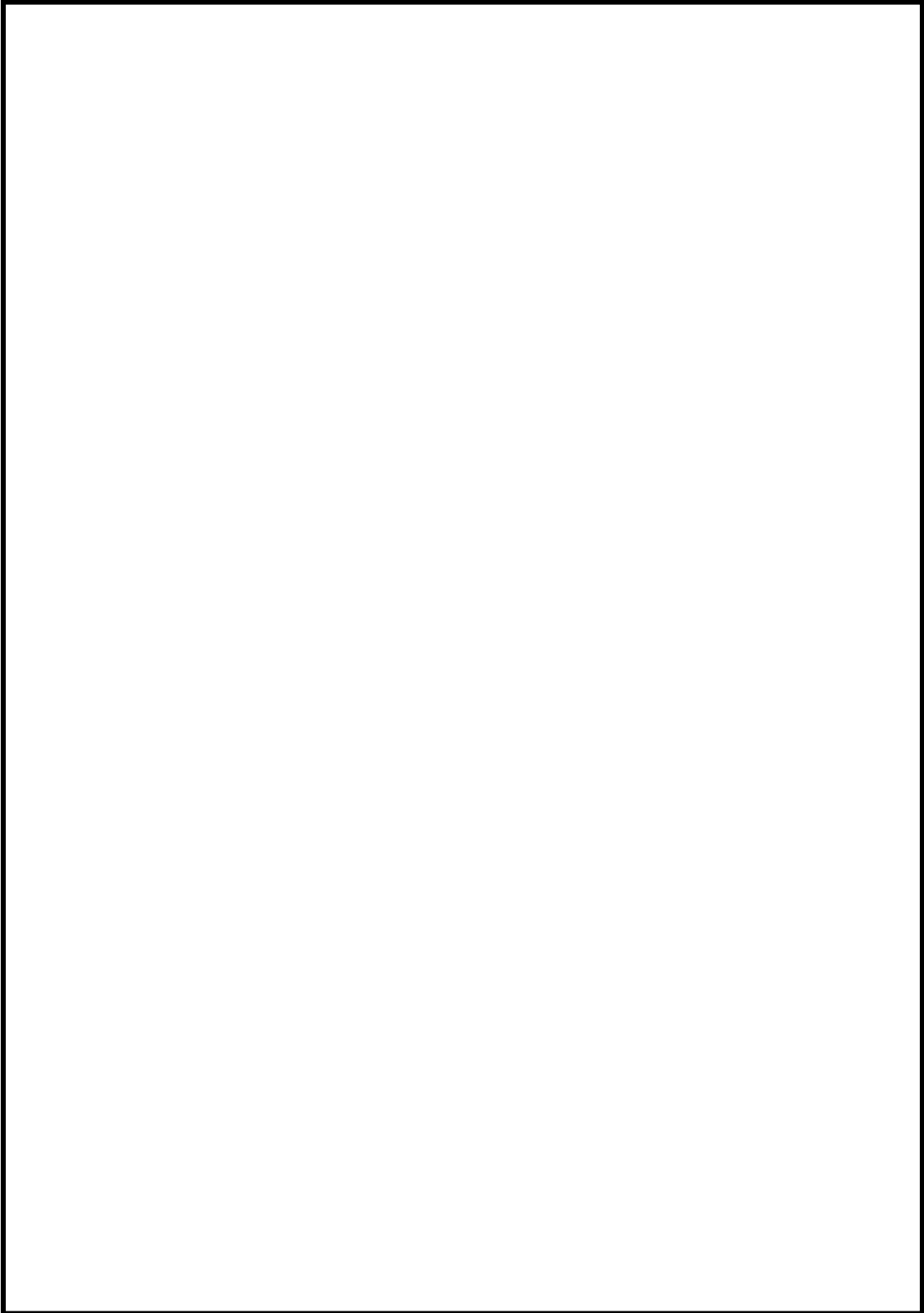
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：



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。

参照箇所：



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。

参照箇所：

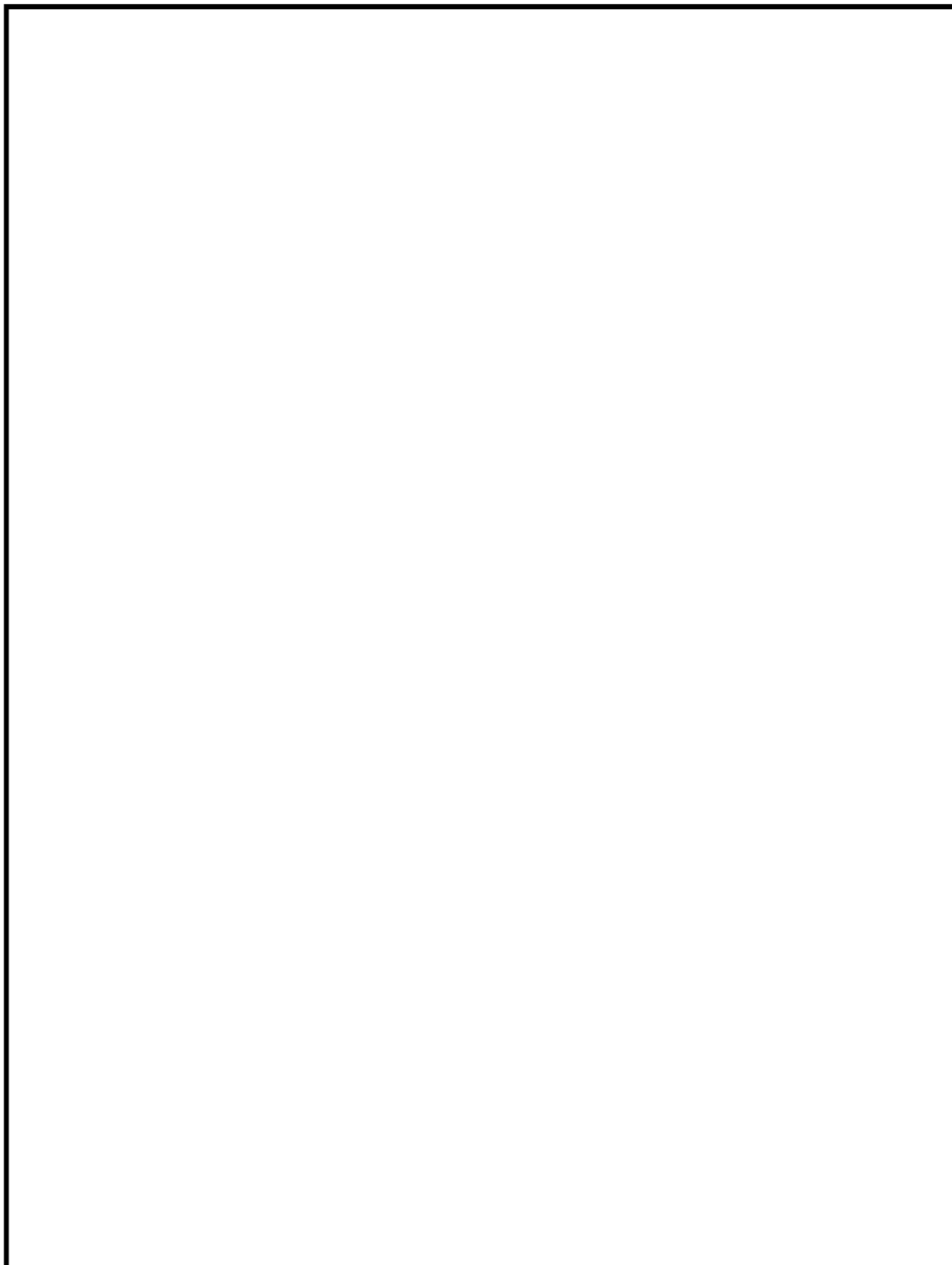


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

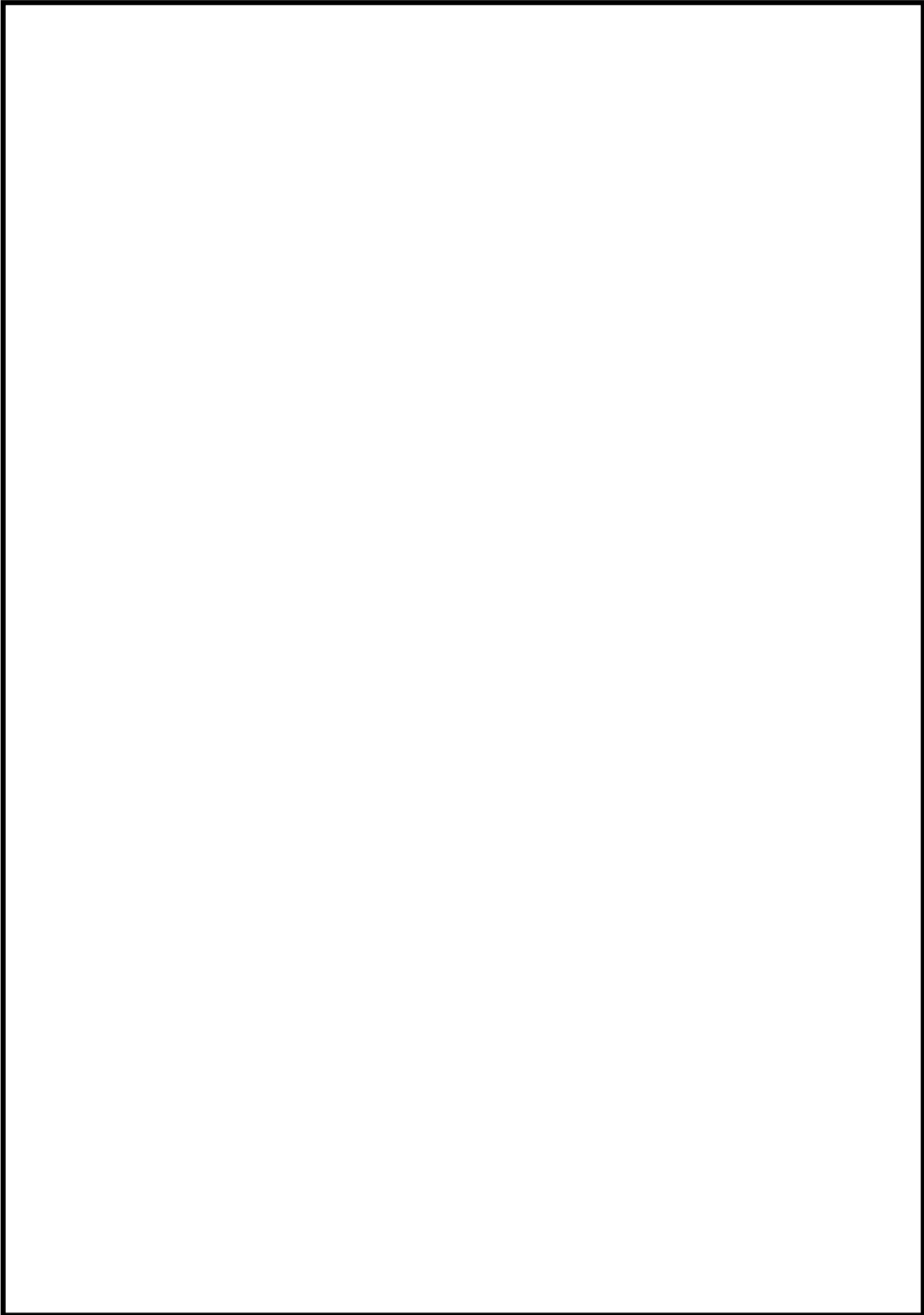


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

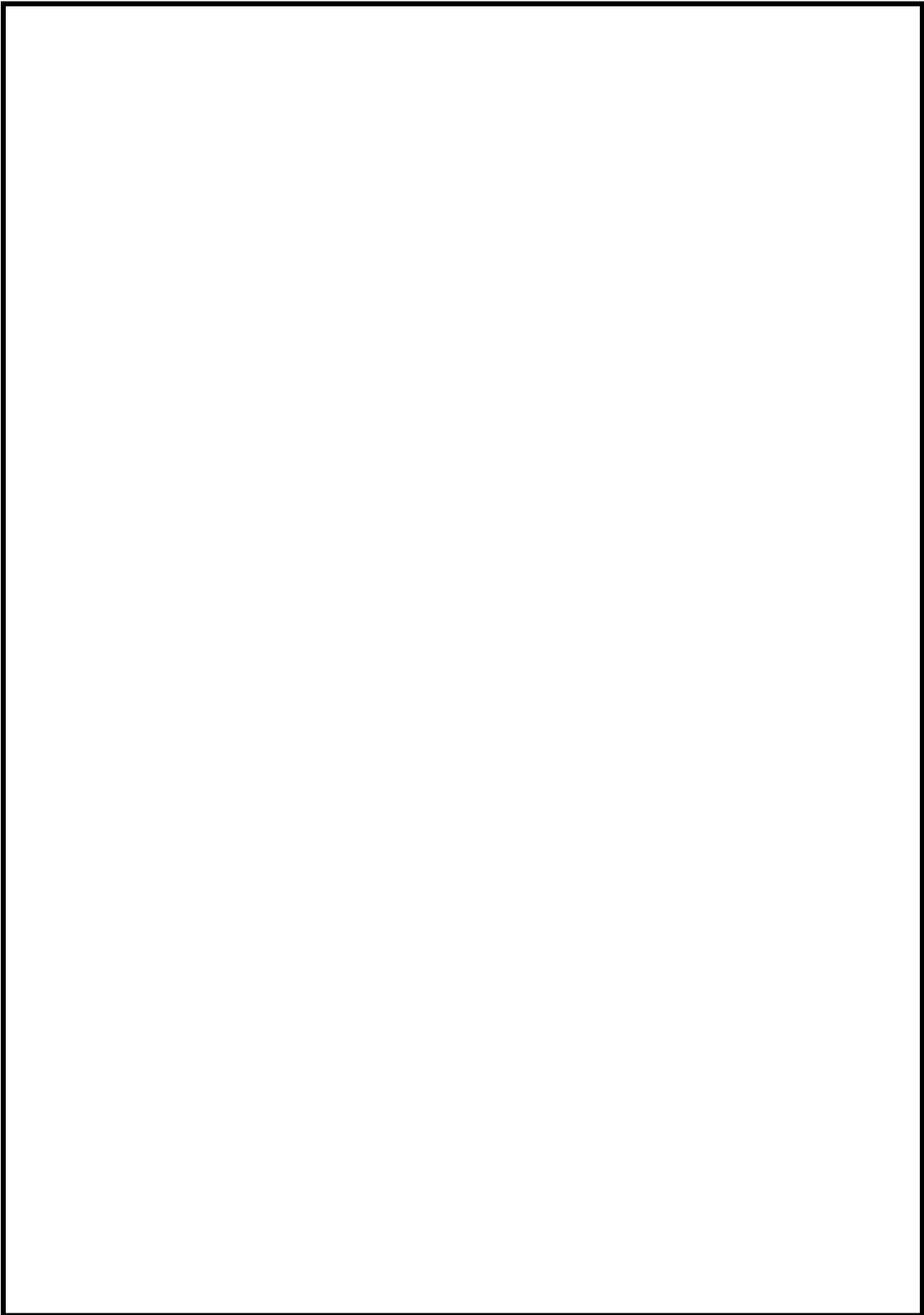
論文「区画火災の鉛直温度分布予測モデルの拡張と検証および火災プルームへの連行を考慮した天井ジェット温度予測」（日本建築学会環境系論文集 第 690 号,1・7,2005 年 4 月）



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。

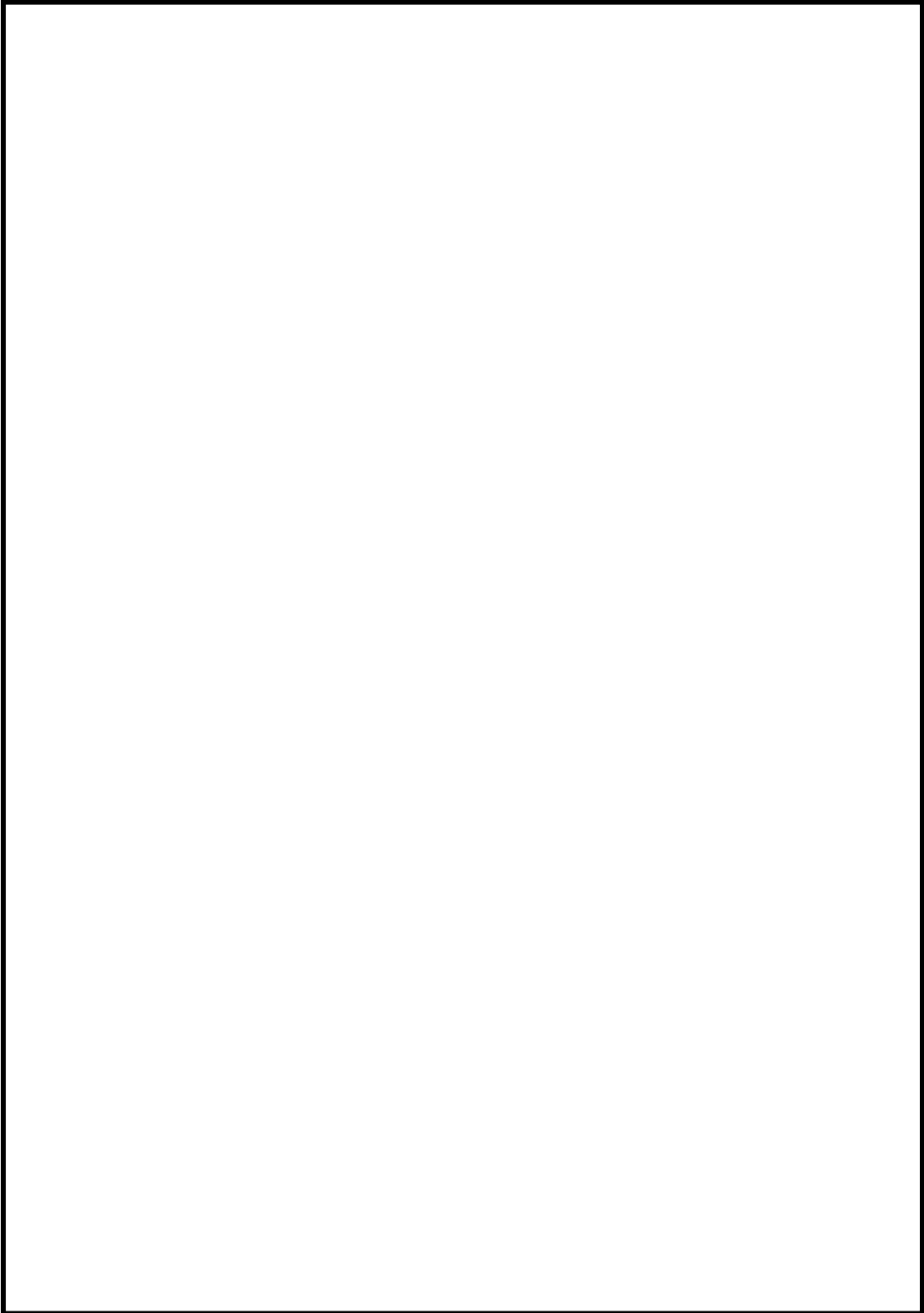


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



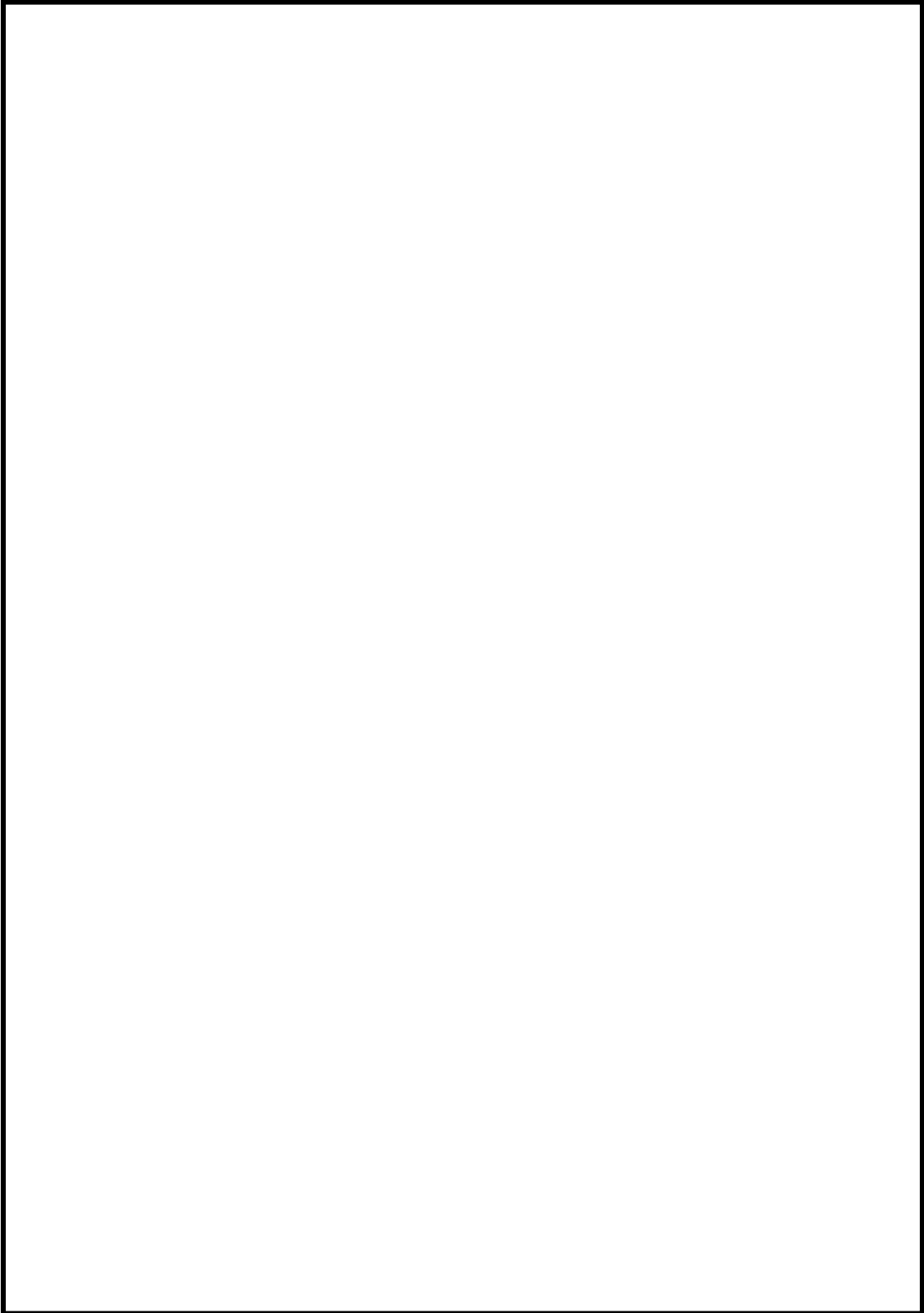
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：

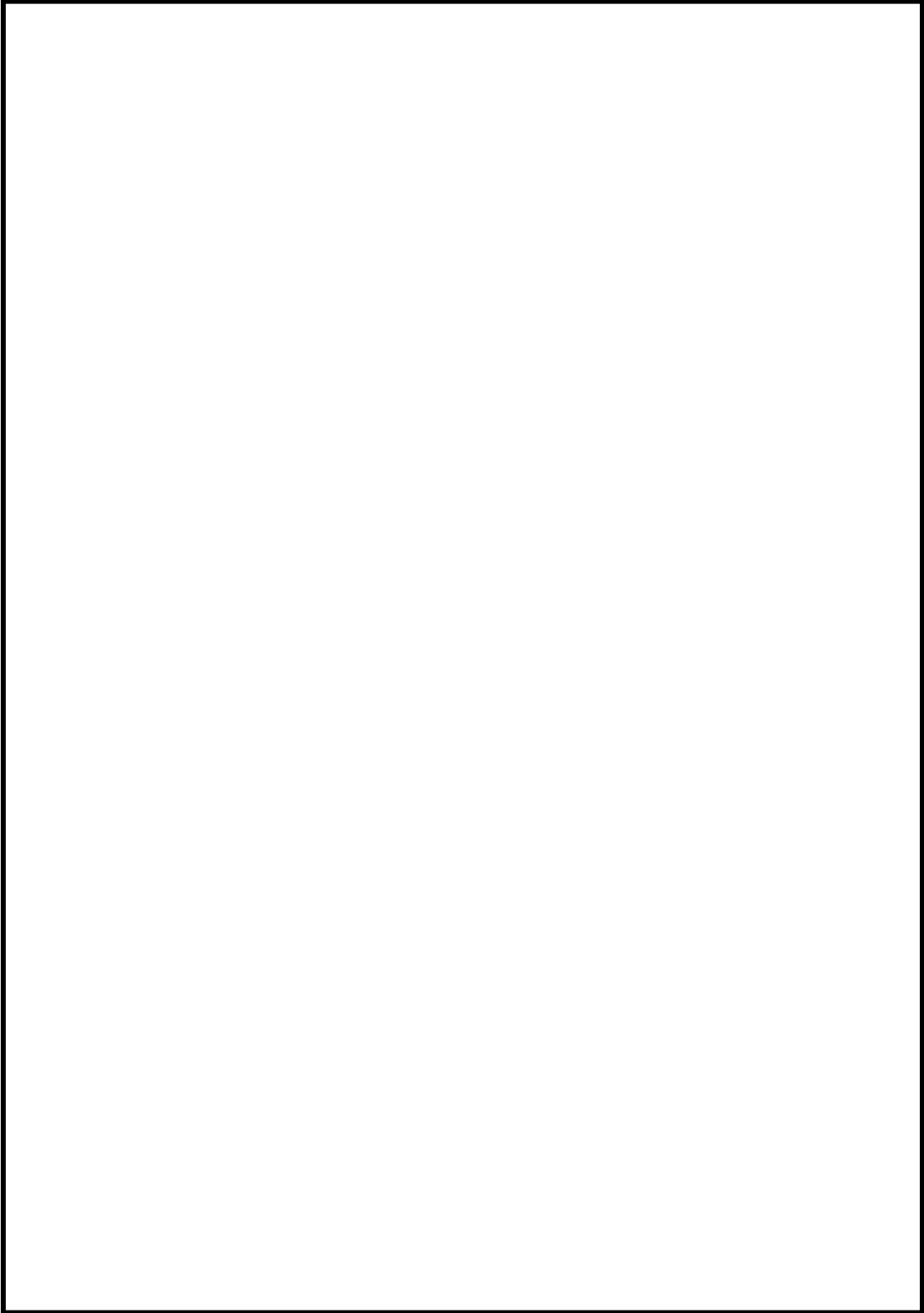


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：



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。

グレーチング面に設置する感知器の感知面積を半分とする考え方について

1. 基本的な考え方

グレーチング面に設置する感知器として、アナログ式の煙感知器ならびにアナログ式又はアナログ式でない熱感知器を設置する計画である。グレーチング面は、煙・熱が滞留しないため、天井面に感知器を設置する場合に比べて特別に考慮が必要と考え、以下のとおり論文を考察し、必要な考慮事項について検討した。

2. 論文「グレーチングが熱気流に及ぼす影響について」に対する考察



論文の表 3 ②、⑩、⑪の実験結果より、天井面に設置した感知器は 13 個ほぼすべて感知しており、グレーチング面に設置した感知器は 9 個の内、中心から近い 5 個が感知している。

なお、⑩の 1 回目の実験結果で天井面の感知器 1 個が感知していないことを踏まえ、この結果を天井面に設置する感知器の性能限界とみなした。

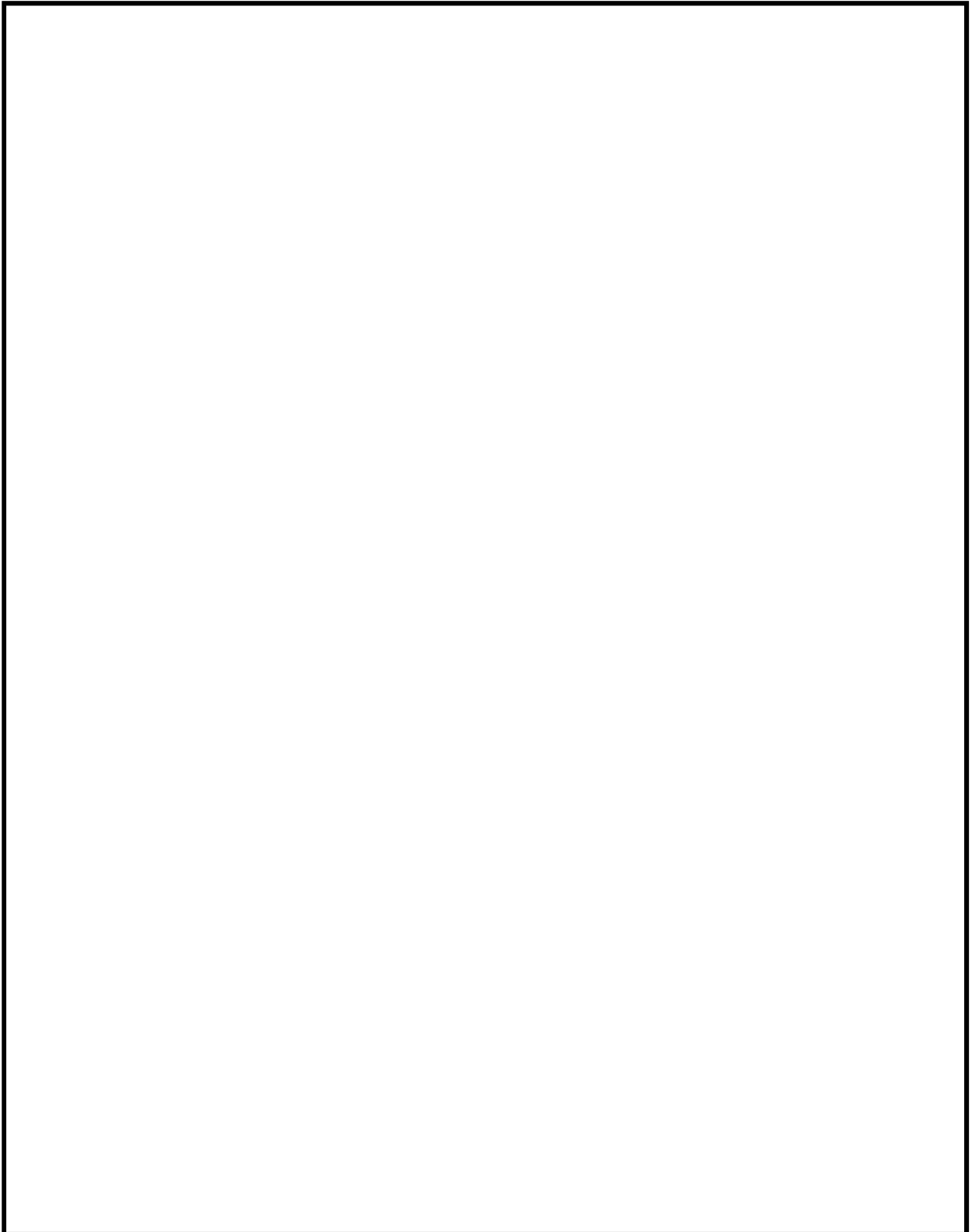


上図から、グレーチング面に設置する感知器の感知範囲は、天井面に感知器を設置する場合の $1/1.5^2=1/2.25$ となるが、実機条件下ではグレーチング上下に機器、配管等の様々な設備があり、煙・熱の一時的な滞留が期待できるため、感知面積を $1/2$ とすることは妥当と評価した。

なお、感知時間については、感知器が火源の直上付近に設置された場合であればグレーチング面に設置する感知器の方が早いといえる。

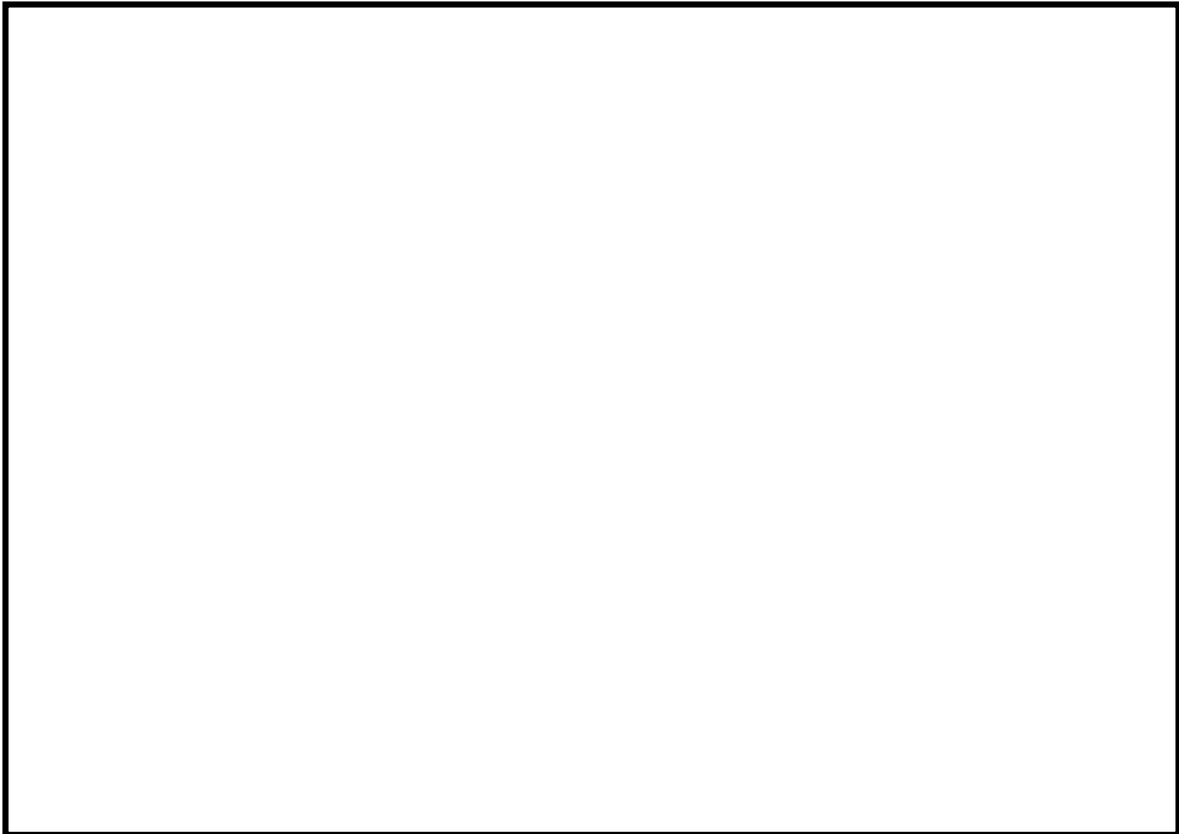
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3. 論文「区画火災の鉛直温度分布予測モデルの拡張と検証および火災プルームへの連行を考慮した天井ジェット温度予測」に対する考察



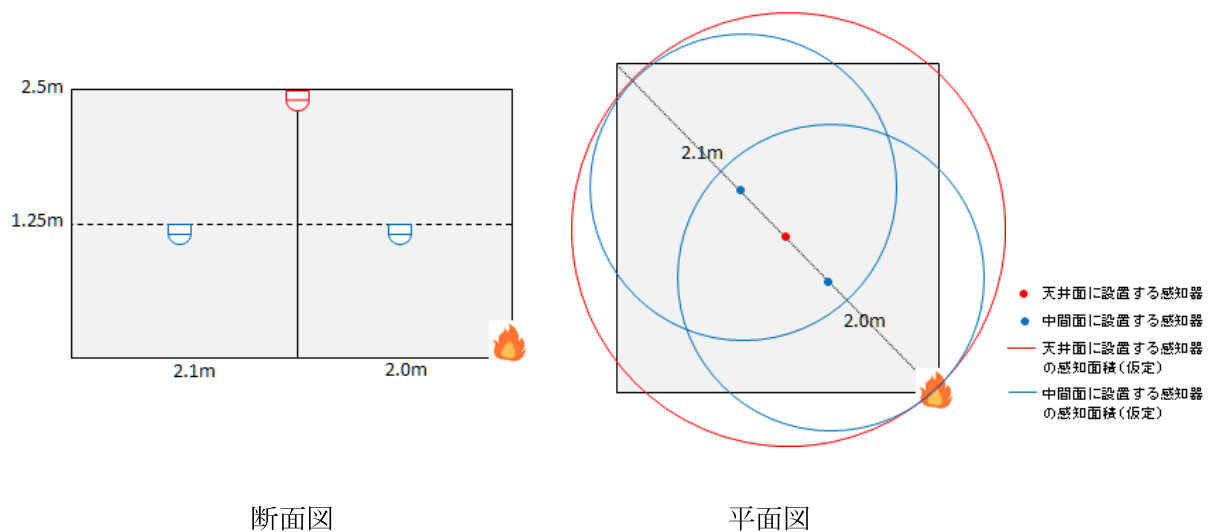
最も火力が強い実験条件である CASE3 に基づき、天井面と中間面（天井高さの半分の高さでグレーチング面を想定）に設置する感知器の感知性能について考察する。図 7 の CASE3 及び図 10 に基づき、火災発生からの経過時間と各部の温度を整理し、グラフ化したものを以下に示す。

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。



グラフ化した結果から、熱感知器の作動温度 65°C に到達する時間は、天井面（火源から 4.1m）が約 50 秒、中間面（火源から 4.1m）が約 100 秒である。また、火源に近い天井面（火源から 2.0m）では約 35 秒と時間が短いため、中間面（火源から 2.0m）も同様に時間が短いといえる。（火源から 4.1m の場合から推定すると約 70 秒）

従って、中間面に相当するグレーチング面に感知器を設置する場合は、感知器 1 個あたりの感知面積を小さく見積もり天井面に設置する場合より設置個数を増やすことで、火源と感知器の相対的な距離が短くなるよう考慮することとした。論文の実験において、天井面に感知器を 1 個設置する場合と、中間面に感知器 1 個あたりの感知面積を半分と見積もって感知器 2 個設置する場合のイメージ図を以下に示す。



以上より、感知器 1 個あたりの感知面積を半分と見積もり、グレーチング面に感知器を必要個数設置することにより、感知時間は天井面に設置する場合より遅れるものの、感知時間の遅れは短時間であると想定される。

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. まとめ

実機においては、グレーチングが複数の階層に分かれて設置されている原子炉格納容器ループ室及び加圧器室上部は、放射線量が高い場所を含むエリアで、かつ天井高さが床面から8m以上、グレーチングを天井とみなさない場合は大部分が20m以上のため、天井面にアナログ式又はアナログ式でない熱感知器（光ファイバーケーブル、差動分布型熱感知器も同様）を設置することができない。また、アナログ式でない炎感知器については高放射線環境下での故障を考慮して壁面の放射線量が低い場所に設置しても配管・サポート類が障害物となり、放射線量が高い場所を含むエリア全体を網羅的に監視することができない。

さらに、煙感知器については、原子炉格納容器ループ室はコンクリート天井にRCPをメンテナンスするための吊上げ用の鉄板開閉蓋を避けて設置できるが、大部分はグレーチング面のため、全面がコンクリート天井の場合に比べて感知性能は劣る。また、加圧器室上部は天井高さ20.05mのため、煙感知器を設置することはできない。

従って、グレーチング面を天井とみなさない場合、火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法で設置できる火災感知器がなくなるため、グレーチング面を天井とみなし、保安水準を適用することとしている。

グレーチング面は天井面のように煙・熱が滞留しないため、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感知器を設置した場合、火源の直上付近以外は感知器を全面がコンクリート天井の場所に設置する場合より感知時間は遅れるが、論文の実験のとおり、火災が継続して一定の煙濃度又は温度の気流が継続する状況になれば、火災を検知することはできると考える。

ただし、感知器の感知性能として感知面積と感知時間を考慮した場合、感知面積については煙・熱が滞留しない分、感知器1個あたりの感知面積を小さく見積もることで感知の信頼性を高めることはできるが、論文と実機での天井高さ等の環境条件の違いもあるため、感知時間については天井面に設置する場合と同等水準とすることは不可能であり、保安水準①を確保することはできない。

以上より、原子炉格納容器ループ室及び加圧器室上部において、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設置する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ついては、感知器1個あたりの感知面積を半分と見積もり必要個数を設置することで保安水準②を確保する設計とした。

以上

2 火災感知器の配置に係るもの

2-1 火災区域又は火災区画の火災感知器の設置個数について

2-1-1 火災区域又は火災区画の火災感知器の設置個数

火災感知器の選定においては、設置場所に対応する適切な火災感知器の種類を火災防護に関する説明書4.2(1)b.項に示すとおり選定する設計とする。火災感知器の取付方法や設置個数については、消防法施行規則第23条第4項に基づき設置する設計を基本とする。

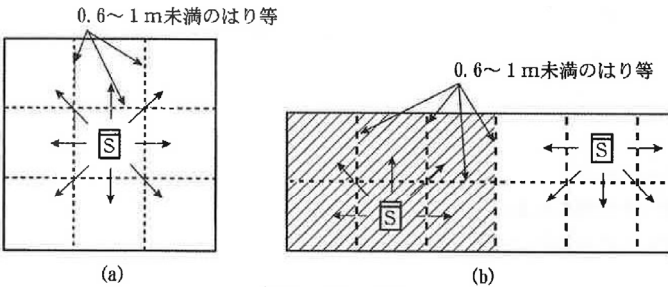
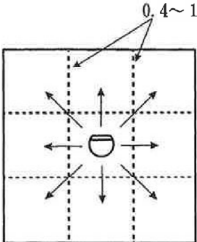
また、火災感知器の種類や設置に関する技術的な部分については、消防設備士の確認を受け、消防法施行規則に則り設置する設計を基本とする。

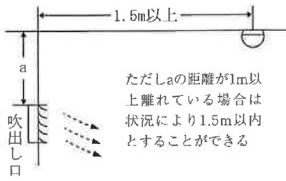
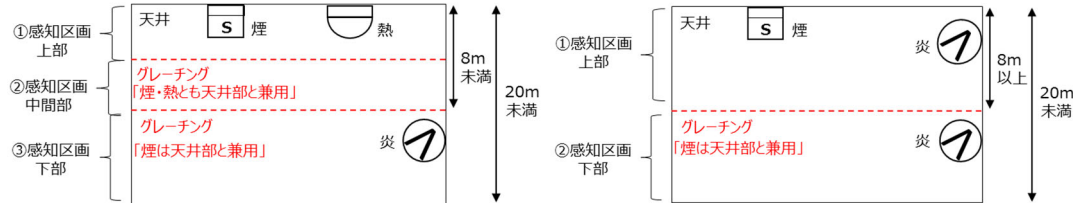
上記を踏まえた火災区域又は火災区画における火災感知器の設置個数例について、第2-1-1表に示す。なお、補足説明資料2-1においては、放射線量が高い場所を含むエリアを「高放射線エリア」とする。

火災感知器の配置設計にあたり、消防法施行規則第23条第4項に基づいた個数を「必要数」欄に記載し、消防法施行規則第23条第4項に基づき設置するものは「消防法適合確認」欄に「○」を付与するものとする。ただし、配置図の作成上特記すべき事項、自動火災報知設備工事基準書（日本火災報知機工業会出版）に基づき設計を行ったもの及び放射線量が高い場所を含むエリア等において個別の設計を行ったものは「消防法適合確認」欄に第2-1-1表の凡例を記載するものとする。

なお、自動火災報知設備工事基準書は、消防法施行令第32条に基づき各自治体の消防組織が感知器の施工方法や運用基準等を定める上で、消防法施行規則を補完するものとして一般的に用いられているものである。また、消防庁の通知文書（昭和57.6.7 消防予第132号）において、感知面積が小区画の場合は自動火災報知設備工事基準書を参照する旨の記載があることを確認している。

第2-1-1表 「消防法適合確認」欄 凡例一覧

| 凡例 | 凡例理由 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------------|---|------------------|---------------------------|---------------------------|----------------|----|-----|----------|------|------------------|------------------|----------------|------------------|------------------|----------|----|------------------|------------------|----|------------------|------------------|----------|----|------------------|------------------|----|------------------|-----------------|-------------|--|------------------|------------------|
| <p>A： 煙感 知器</p> | <p>はり等の深さが0.6m以上1m未満で、図2-3-108(a)、(b)のように小区画が連続している場合は、表2-3-15に示す面積の範囲内ごとに同一感知区域とすることができる。ただし、表に示す面積の範囲内で、かつ、感知器を設置した区画に他の区画が接していること。</p> <p>また、0.6m以上1m未満のはり等によって区画された10m²以下の小区画が1つ隣接してある場合は、当該小区画を含めて同一感知区域とすることができる。この場合の感知器は小区画に近接するように設けること。なお、小区画を含めた合計面積は、感知器の種別によって定められている感知面積の範囲内であること。</p> <div style="text-align: center;">  <p>0.6~1m未満のはり等</p> <p>(a) (b)</p> <p>図2-3-108</p> </div> <p>表2-3-15</p> <table border="1" data-bbox="379 1034 1077 1236"> <thead> <tr> <th rowspan="2">感知器種別</th> <th>取付け面の高さ</th> <th colspan="4">感知面積の合計 (m²)</th> </tr> <tr> <th></th> <th>4m未満</th> <th>4m以上 8m未満</th> <th>8m以上 15m未満</th> <th>15m以上 20m未満</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1種</td> <td></td> <td>60</td> <td>60</td> <td>40</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>2種</td> <td></td> <td>60</td> <td>60</td> <td>40</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3種</td> <td></td> <td>20</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>引用元：日本火災報知機工業会 自動火災報知設備工事基準書</p> | 感知器種別 | 取付け面の高さ | 感知面積の合計 (m ²) | | | | | 4m未満 | 4m以上 8m未満 | 8m以上 15m未満 | 15m以上 20m未満 | 1種 | | 60 | 60 | 40 | 40 | 2種 | | 60 | 60 | 40 | | 3種 | | 20 | | | | | |
| 感知器種別 | 取付け面の高さ | | 感知面積の合計 (m ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 4m未満 | 4m以上 8m未満 | 8m以上 15m未満 | 15m以上 20m未満 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1種 | | 60 | 60 | 40 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2種 | | 60 | 60 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3種 | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| <p>B： 熱感 知器</p> | <p>はり等の深さが0.4m以上1m未満で小区画が連続している場合は、表2-3-9に示す面積の範囲内ごとに同一の感知区域とすることができる。この場合、図2-3-32のように、各区画は感知器を設置した区画に隣接していなければならない。</p> <p>また、0.4m以上1m未満のはり等によって区画された5m²以下の小区画が1つ隣接してある場合は、当該小区画を含めて同一感知区域とすることができる。この場合、感知器は小区画に近接するように設けること。なお、小区画を加えた合計面積は、感知器の種別によって定められている感知面積の範囲内であること。</p> <div style="text-align: center;">  <p>0.4~1m未満のはり等</p> <p>合計で表2-3-9の面積の範囲内であること。</p> <p>図2-3-32</p> </div> <p>表2-3-9</p> <table border="1" data-bbox="367 1675 821 1937"> <thead> <tr> <th rowspan="2">感知器種別</th> <th rowspan="2">感知区域構造</th> <th colspan="2">合計面積</th> </tr> <tr> <th>耐火</th> <th>その他</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td rowspan="2">差動式スポット型</td> <td>1種</td> <td>20m²</td> <td>15m²</td> </tr> <tr> <td>2種</td> <td>15m²</td> <td>10m²</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">補償式スポット型</td> <td>1種</td> <td>20m²</td> <td>15m²</td> </tr> <tr> <td>2種</td> <td>15m²</td> <td>10m²</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">定温式スポット型</td> <td>特種</td> <td>15m²</td> <td>10m²</td> </tr> <tr> <td>1種</td> <td>13m²</td> <td>8m²</td> </tr> <tr> <td>熱アナログ式スポット型</td> <td></td> <td>15m²</td> <td>10m²</td> </tr> </tbody> </table> <p>引用元：日本火災報知機工業会 自動火災報知設備工事基準書</p> | 感知器種別 | 感知区域構造 | 合計面積 | | 耐火 | その他 | 差動式スポット型 | 1種 | 20m ² | 15m ² | 2種 | 15m ² | 10m ² | 補償式スポット型 | 1種 | 20m ² | 15m ² | 2種 | 15m ² | 10m ² | 定温式スポット型 | 特種 | 15m ² | 10m ² | 1種 | 13m ² | 8m ² | 熱アナログ式スポット型 | | 15m ² | 10m ² |
| 感知器種別 | 感知区域構造 | | | 合計面積 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 耐火 | その他 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 差動式スポット型 | 1種 | 20m ² | 15m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2種 | 15m ² | 10m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 補償式スポット型 | 1種 | 20m ² | 15m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2種 | 15m ² | 10m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 定温式スポット型 | 特種 | 15m ² | 10m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1種 | 13m ² | 8m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 熱アナログ式スポット型 | | 15m ² | 10m ² | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 凡例 | 凡例理由 |
|-----------------------------|---|
| C : 煙感 知器 | 感知器配置を明確にするため、感知器サイズを大きく記載していることから干渉しているが、現場は「壁面」「0.6m以上の梁」からは0.6m以上の離隔が確保されている。また、吹き出し口から1.5m以上の離隔が確保されているため、消防法施行規則第23条第4項に基づく設計である。 |
| D : 熱感 知器 | 感知器配置を明確にするため、感知器サイズを大きく記載していることから干渉しているが、吹き出し口から1.5m以上の離隔が確保されているため、消防法施行規則第23条第4項に基づく設計である。 |
| E : 熱感 知器 | <p>吹き出し口から感知器の鉛直方向距離（下図 a）は1m以上確保されており、1.5m以内でも問題ない。</p>  <p>引用元：日本火災報知機工業会 自動火災報知設備工事基準書</p> |
| F : 煙、 熱感 知器 | 欠番 |
| G : 煙、 熱、 炎感 知器 | <p>床面から天井高さが8m以上20m未満のエリア（放射線量が高い場所を含むエリアを除く）にグレーチング床が設置されている場合、グレーチングの上部と下部で感知区画を細分化し、消防法施行規則第23条第4項に基づき、以下のとおり感知器を設置する。</p> <p>①グレーチング上部</p> <ul style="list-style-type: none"> ・煙感知器を消防法施行規則第23条第4項に基づき天井面に設置する。 ・熱感知器又は炎感知器を消防法施行規則第23条第4項に基づき設置する。 <p>②グレーチング下部</p> <ul style="list-style-type: none"> ・煙感知器は上記①のグレーチング上部の天井面に設置する煙感知器と兼用する。 ・炎感知器を消防法施行規則第23条第4項に基づき設置する。  <p>なお、グレーチング床が設置されている放射線量が高い場所を含むエリア、床面から天井高さが20m以上のエリアの感知器設計については、それぞれI、Jに記載する。</p> |

| 凡例 | 凡例理由 |
|----------------------------|---|
| H： 煙、 熱、 炎感 知器 | <p>水蒸気が多量に滞留するシャワー室は、消防法施行規則では煙感知器及び炎感知器の設置に適さないエリアであることから、以下の設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> 1種類目の感知器として、防水型の熱感知器を消防法施行規則第23条第4項に基づき設置する。 2種類目の感知器として、煙感知器を保安水準②を確保するよう同一火災区画内の隣接エリアのシャワー室入口扉付近に設置する。 |
| I： 煙、 熱感 知器 | <p>放射線量が高い場所を含むエリアは、以下の設計とする。</p> <p>(ケース1：脱塩塔室、使用済樹脂貯蔵タンク室)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1種類目の感知器として、煙感知器を保安水準①を確保するようエリア内とほぼ同等の環境となる排気ダクト内に設置する。 2種類目の感知器として、熱感知器を保安水準①を確保するようエリア内とほぼ同等の環境となる排気ダクト内に設置する。 <p>(ケース2：原子炉格納容器ループ室及び加圧器室上部)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1種類目の感知器として、グレーチング面に設置する煙感知器を保安水準①を確保するよう感知器1個あたりの感知面積を天井面に設置する場合の半分と見積もり、床面積に対して必要個数の感知器を設置する。 2種類目の感知器として、グレーチング面に設置する熱感知器を保安水準①を確保するよう感知器1個あたりの感知面積を天井面に設置する場合の半分と見積もり、床面積に対して必要個数の感知器を設置する。 <div data-bbox="571 1373 1190 1615" data-label="Diagram"> </div> <p>※1：エリア内に放射線量が高い場所で使用可能なアナログ式でない熱感知器を設置し、アナログ式の煙検知器をエリア内の放射線量が低い場所に設置 ※2：感知器1個あたりの感知面積を天井面に設置する場合の半分と見積もり、床面積に対して必要個数を設置</p> <p>(ケース3：炉内計装用シンプル配管室)</p> <ul style="list-style-type: none"> 1種類目の感知器として、熱感知器を保安水準①を確保するようエリア内に設置する。 2種類目の感知器として、煙感知器は保安水準②を満足するよう同一火災区画内の隣接エリアの煙感知器と兼用する。 |

| 凡例 | 凡例理由 |
|----------------------------|--|
| J： 煙、 熱、 炎感 知器 | <p>天井高さが床面から 20m 以上のエリア（高天井エリア）は、以下の設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1 種類目の感知器として、炎感知器を消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき設置する。 ・ 2 種類目の感知器として、煙感知器又は熱感知器（原子炉格納容器のオペレーティングフロアにおいては、煙感知器及び熱感知器）を保安水準②を確保するよう発火源となり得る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。 |
| K： 熱、 炎感 知器 | <p>消防法施行規則適用対象外の屋外エリアは、以下の設計とする。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 1 種類目の感知器として、炎感知器を保安水準②を確保するようエリア内又はエリア近傍に設置する。 ・ 2 種類目の感知器として、熱感知器又は熱サーモカメラを保安水準②を確保するようエリア内又はエリア近傍に設置する。 |
| L： 煙、 熱感 知器 | <p>海水管トンネルエリアのうちケーブル布設エリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づきアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器と同等の機能を有する光ファイバーケーブルを設置する設計とする。</p> |
| M： 熱、 炎感 知器 | <p>燃料油貯蔵タンク及び重油タンクエリアは、消防法施行規則第 23 条第 4 項に基づき、アナログ式でない防爆型の熱感知器及びアナログ式でない防爆型の炎感知器を設置する設計とする。</p> |
| N： 煙、 熱、 炎感 知器 | <p>燃料取替用水ピットエリア及び復水ピットエリアは、ピットの側面と底面は金属で覆われており、ピット内は水で満たされていること及び可燃物を置かず発火源がないことから、火災が発生するおそれはなく、火災感知器を設置しない設計とする。</p> |

2・1・2 自動火災報知設備工事基準書に基づく火災感知器の設置について

火災感知器の設置については、火災感知器の取付方法や設置個数といった設計に関して、消防法施行規則第23条第4項に基づき設置する設計を基本とし、この設計を補完するものとして、日本火災報知器工業会から発行されている自動火災報知設備工事基準書（以下「工事基準書」という。）に記載される内容についても考慮した設計としている。工事基準書に記載されている内容は、一般的に用いられている設計事項であり、消防法の運用においても、実務上、火災予防に支障がないものとして認められているものである。

本申請においては、第2・1・1表に示す凡例「A」、「B」及び「E」が工事基準書に記載のある設計であるが、これらの設計を採用した場合においても、原子炉施設の安全に支障がないことを以下に示す。

(1) 凡例「A」、「B」

消防法適合確認の凡例「A」及び「B」は、熱感知器の場合0.4m以上1m未満、煙感知器の場合0.6m以上1m未満のほり等で分離されている小区画について、1つ隣の小区画に限り一定面積の範囲内で同一感知区域とすることができるというものである。

凡例「A」及び「B」を適用して感知器を設置した場合、感知器を設置していない小区画に滞留する熱又は煙の層厚さが0.4m以上又は0.6m以上となったとしても、層厚さが1m以上となった時点で隣の小区画に熱及び煙が流れ込み、隣の小区画に設置されている感知器により火災を感知できる。従って、エリアの下部にある入口扉等の開口部を通じて他の火災区域又は火災区画に火災の影響が及ぶ前に火災を感知できるため、原子炉施設の安全に支障はないと評価する。

(2) 凡例「E」

消防法適合確認の凡例「E」については、感知器は換気口等の空気吹き出し口から水平1.5m以上離れた位置に設置する必要があるが、空気吹き出し口が天井面から鉛直方向下方に1m以上の位置にある場合は、空気吹き出し口から水平1.5m以内でも天井面に感知器を設置することができるというものである。

凡例「E」を適用して感知器を設置した場合、空気吹き出し口から水平1.5m以内の天井面に感知器を設置したとしても、水平1.5m以上離れた場所から天井面を伝わり煙・熱が流れ込み、火災を感知できる。従って、エリアの下部にある入口扉等の開口部を通じて他の火災区域又は火災区画に火災の影響が及ぶ前に火災を感知できると考えられるため、原子炉施設の安全に支障はないと評価する。

3-6 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

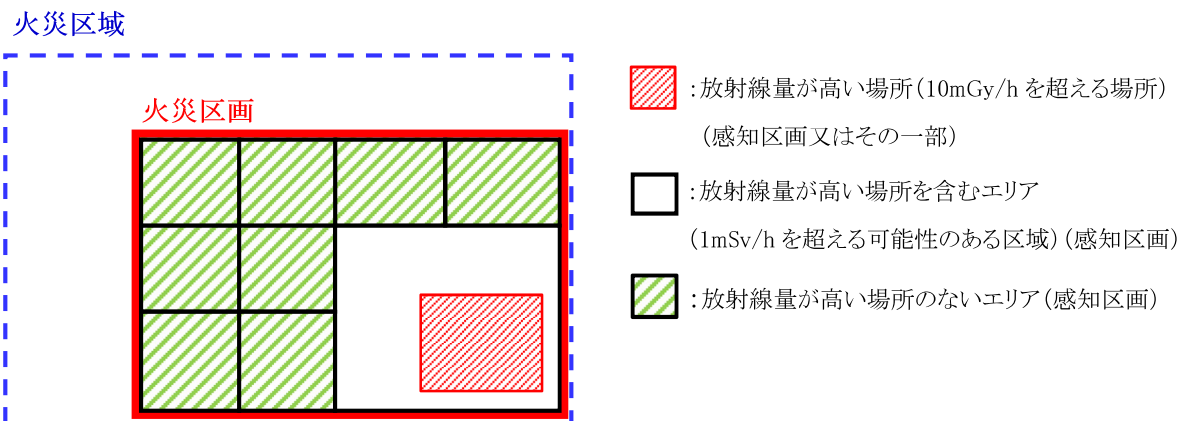
本資料は、放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器の増設を設計するにあたり、放射線量が高い場所を含むエリアの分類、放射線量が高い場所における火災感知器の過去の故障実績、原因調査及び文献調査に基づいた火災感知器の選定、干渉物の観点並びに設置時及び点検時の被ばくの観点における現場施工の成立性を踏まえ、火災防護審査基準への適合又は技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保した火災感知器の設計について説明するものである。

3-6-1 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の高い場所においては、火災感知器が故障する知見があること並びに感知器の設置・保守点検時の作業員の被ばくが懸念されることから、当該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、およ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、プラント運転中の線量等量率が最も高いエリア（感知区画）を「放射線量が高い場所を含むエリア」と設定した。

具体的には、①原子炉格納容器ループ室、②加圧器室、③再生熱交換器室、④水フィルタ室、⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室、⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室、⑦燃料移送管室、⑧体積制御タンク室、⑨使用済樹脂貯蔵タンク室、⑩炉内計装用シングル配管室及び⑪B・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3-6-1-1図に示す。



第3-6-1-1図 放射線量が高い場所を含むエリアのイメージ図

3・6・2 放射線量が高い場所を含むエリアに設置可能な火災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・6・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・6・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 3-6-2-2 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 3-6-2-2 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 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。

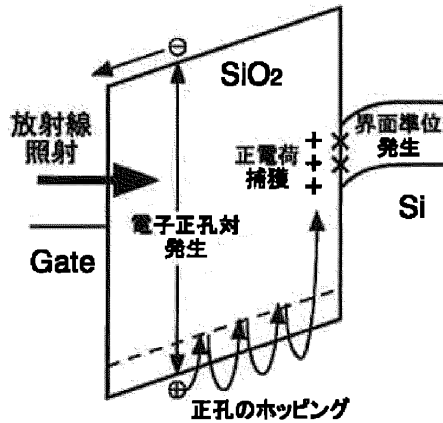
実機プラントにおける感知器の故障実績及び上記の試験結果から、γ 線の影響がある場所に設置するアナログ式の感知器は、約 100Gy の吸収線量で故障すると判断した。

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

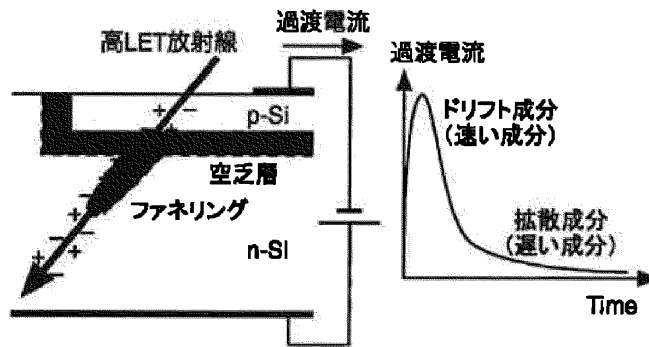
ハ. 文献調査結果

半導体の放射線による故障は、第 3-6-2-1 図に示すトータルドーズ効果又は第 3-6-2-2 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、被ばく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

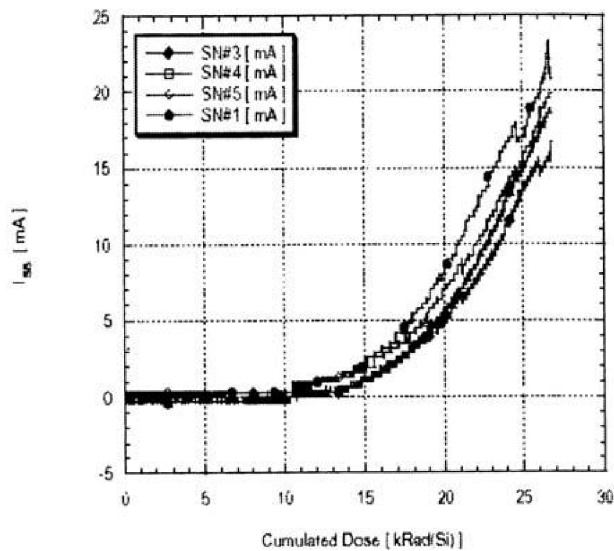


第 3-6-2-1 図 トータルドーズ効果のメカニズム



第 3-6-2-2 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 3-6-2-3 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 3-6-2-3 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 C P (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 $\cong 1$ として換算でき、吸収線量 (Gy) \cong 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火災感知器の種類

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火災感知器として、設置許可に記載のアナログ式でない火災感知器の中から具体的な火災感知器種類を選定する。火災感知器種類の選定については、火災防護審査基準の要求事項を踏まえて選定する。

イ. 火災防護審査基準の要求事項

第 3-6-2-3 表及び第 3-6-2-4 表のとおり火災防護審査基準に基づき、火災感知器に対する要求事項及び火災感知器種類の選定方法を整理する。

ロ. 火災防護審査要求事項を踏まえた火災感知器の選定

アナログ式の感知器以外の火災感知器を抽出し、第 3-6-2-4 表及び第 3-6-2-4 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火災感知器を選定する。

第 3-6-2-4 表により放射線量が高い場所（10mGy/h を超える場所）に設置可能な火災感知器の種類は、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）」と煙感知方式の「空気吸引式の煙感知器」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）に設置する火災感知器の種類は、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」、煙感知方式の「アナログ式の煙感知器」を選定し、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」から選定する設計を基本とする。

第 3-6-2-3 表 火災防護審査基準の要求事項及び火災感知器の選定方法

| 火災防護審査基準 | 要求事項 | 火災感知器種類の選定方法 |
|---|--|---|
| <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火災感知器を抽出し、感知方式(熱、煙、炎)毎に基準適合の観点から最適な火災感知器を選定する。</u> ・ <u>基準適合の観点では、環境条件の考慮(故障の防止、感知性能の確保)、誤作動の防止、網羅性の確保、電源の確保、監視の6項目について評価する。</u> |
| <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"> ・ <u>非常用電源の確保</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"> ・ <u>中央制御室での監視</u> | |

第3・6・2・4表 アナログ式の感知器以外の火災感知器の比較評価 (1/3)

・天井高さが床面から8m未満の放射線量が高い場所に設置する火災感知器の選定

| 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) | ファイバーケーブル | 差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式) | アナログ式でない煙感知器 (スポット型) | 空気吸引式の煙感知器 | 光電分離型煙感知器 (非蓄積型) | アナログ式でない炎感知器 | |
| 火災感知器種類 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 環境条件の考慮 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 放射線の考慮 (故障の防止) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 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 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 網羅性の確保 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 電源の確保 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 監視 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 現場施工性 (網羅性の確保に必要な施工の成立性) | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| 各感知方式で使用する火災感知器 | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| 基礎適合性 (消防法施行規則への適合性含む) | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 関連項目 | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |
| 評価 | ○ | △ | △ | △ | △ | △ | △ | △ |

○：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3-6-2-4表 アナログ式の感知器以外の火災感知器の比較評価 (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に設置する火災感知器の選定

| 火災感知器種類 | 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) | ファイバーケーブル | 差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式) | アナログ式でない煙感知器 (スポット型) | 空気吸引式の煙感知器 | 光電分離型煙感知器 (非蓄積型) | |
| 放射線の考慮 (故障の防止) | ○ | ○ | ○ | × | ○ | × | × |
| 環境条件の考慮 | △ ・天井高さが8m以上であり設置不可 ・ただし、グレーチングを天井とみかみて設置可能 | △ ・天井高さが15m以上の場合は設置不可 ・グレーチングを天井とみかみて設置可能 | △ ・天井高さが15m以上の場合は設置不可 ・グレーチングを天井とみかみて設置可能 | ○ | △ ・天井高さが5m以上の場合は設置不可 ・グレーチングを天井とみかみて設置可能 | × | × |
| 誤作動の防止 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 網羅性の確保 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × | × |
| 電源の確保 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 監視 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 現場施工性 (網羅性の確保に必要な施工の成立性) | ○ | △ ・ケーブルのよう感知範囲を限定できない場所では、広範囲に支持金具設置、ケーブル敷設が必要で施工困難 | △ ・網羅性を確保するため、広範囲に耐震性を確保して支持金具設置、検出部の敷設が必要で施工困難 | ○ | △ ・設計どおりに施工できれば網羅性の確保は可能 | × | × |
| 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) | × | × |
| 評価 | | | | | | | |

○：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3-6-2-4表 アナログ式の感知器以外の火災感知器の比較評価 (3/3)

・天井高さが床面から20m以上の放射線量が高い場所に設置する火災感知器の選定

| 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) | 光ファイバーケーブル | 差動分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式) | アナログ式でない煙感知器 (スポット型) | 空気吸引式の煙感知器 | 光電分離型煙感知器 (非蓄積型) | |
| 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 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| 基準適合性 (消防法施行規則(適合性含む)) | 取付面高さ、温度、湿度、空気流速等の考慮 (感知性能の確保) | △ ・天井高さが8m以上であり設置不可 ・ただし、グレーチングを天井と天井との間に設置可能 | △ ・天井高さが15m以上であり設置不可 ・グレーチングを天井と天井との間に設置可能 | △ ・天井高さが15m以上であり設置不可 ・ただし、グレーチングを天井と天井との間に設置可能 | △ ・天井高さが20m以上であり設置不可 ・ただし、グレーチングを天井と天井との間に設置可能 | △ ・天井高さが15m以上であり設置不可 ・ただし、グレーチングを天井と天井との間に設置可能 | × |
| | 誤作動の防止 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 関連項目 | 網羅性の確保 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | × |
| | 電源の確保 | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ | ○ |
| 評価 | 現場施工性 (網羅性の確保に必要な施工の成立性) | ○ | △ ・ケーブルトクトルによる感知範囲を限定できない場所では、広範囲に支持金具設置、ケーブル敷設が必要で施工困難 | △ ・網羅性を確保するため、広範囲に耐震性を確保して支持金具設置、検出部の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3-6-2-5表 放射線量が高い場所を含むエリアに設置する火災感知器の選定(1/2)

・ 1種類目の火災感知器の選定

| 放射線量が高い場所を含むエリア | エリア内の天井高さ | | 天井高さ8m未満で放射線量が低い場所の有無 (○：有、×：無) | 天井高さ8m以上の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 | ・グレーチングを天井とみならず必要あり(グレーチングを天井とみない場合、熱感知器は設置不可) |
| | 上部 | ○ | × | ○ | アナログ式でない熱 | 同上 |
| ②加圧器室 | 下部 | ○ | ○ | ○ | アナログ式の熱 アナログ式でない熱 | ・グレーチングの上下に分けて設置 |
| ③再生熱交換器室 | ○ | | ○ | - | 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 |
| ④水フィルタ室 | ○ | | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| ⑤化学体積制御設備 脱塩塔バルブ室 | バルブ設置エリア | ○ | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| | 脱塩塔設置エリア | ○ | × | - | アナログ式でない熱 | |
| ⑥使用済燃料ピット 脱塩塔バルブ室 | バルブ設置エリア | ○ | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| | 脱塩塔設置エリア | ○ | × | - | アナログ式でない熱 | |
| ⑦燃料移送管室 | ○ | | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| ⑧体積制御タンク室 | ○ | | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室 | ○ | | × | - | 差動分布型熱 | |
| ⑩炉内計装用シングル配管室 | ○ | | ○ | × | 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 で使い分け ・天井高さ8m以上の場所は、熱 感知器は設置不可 |
| | ○ | | ○ | - | 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 で使い分け |
| ⑪B-廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア | ○ | | ○ | - | アナログ式の熱 アナログ式でない熱 | |

第3-6-2-5表 放射線量が高い場所を含むエリアに設置する火災感知器の選定(2/2)

・2種類目の火災感知器の選定

| 放射線量が高い場所を含むエリア | エリア内の天井高さ | | 天井高さ20m未満で放射線量が高い場所の有無 (○：有、×：無) | 天井高さ20m以上の空間内におけるレーチングの有無 (○：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 | ・レーチングを天井とみならず必要あり(レーチングを天井とみさない場合、煙感知器は設置不可) |
| | ○ | ○ | ○ | ○ | アナログ式の煙 | |
| ②加圧器室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | 同上 |
| | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | |
| ③再生熱交換器室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | ・放射線量が高い場所はあるが念のためアナログ式でない熱を選定 |
| ④水フィルタ室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | |
| ⑤化学体積制御設備 脱塩塔バルブ室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | |
| | ○ | ○ | × | - | 空気吸引式の煙 | |
| ⑥使用済燃料ピット 脱塩塔バルブ室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| | ○ | ○ | × | - | 空気吸引式の煙 | |
| ⑦燃料移送管室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| ⑧体積制御タンク室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の熱 | |
| ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室 | ○ | ○ | × | - | 空気吸引式の煙 | |
| ⑩炉内計装用シンプル配管室 | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | ・放射線量の高い場所と低い場所を使い分け |
| | ○ | ○ | ○ | - | 空気吸引式の煙 | |
| ⑪B-廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア | ○ | ○ | ○ | - | アナログ式の煙 | ・放射線量の高い場所と低い場所を使い分け |

3-6-3 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おける火災感知器の設置を設計するにあたり、各エリアの干渉物の状況を整理し、干渉物の観点における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）の干渉物の観点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、②加圧器室、③再生熱交換器室、④水フィルタ室、⑦燃料移送管室、⑧体積制御タンク室及び⑩B・廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリアは、エリア内のアナログ式の熱感知器又はアナログ式の煙感知器（②加圧器室下部についてはアナログ式でない炎感知器を含む）の設置において現場施工に影響を与える干渉物がないため、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、①原子炉格納容器ループ室及び②加圧器室上部については、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異なることから、保安水準の定義及び具体的な設計について補足説明資料 3-11 に示す。

(2) 放射線量が高い場所（10mGy/h を超える場所）の干渉物の観点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、エリア内のアナログ式でない熱感知器の設置において現場施工に影響を与える干渉物がないため、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、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異なることから、保安水準の定義及び具体的な設計について補足説明資料 3-11 に示す。

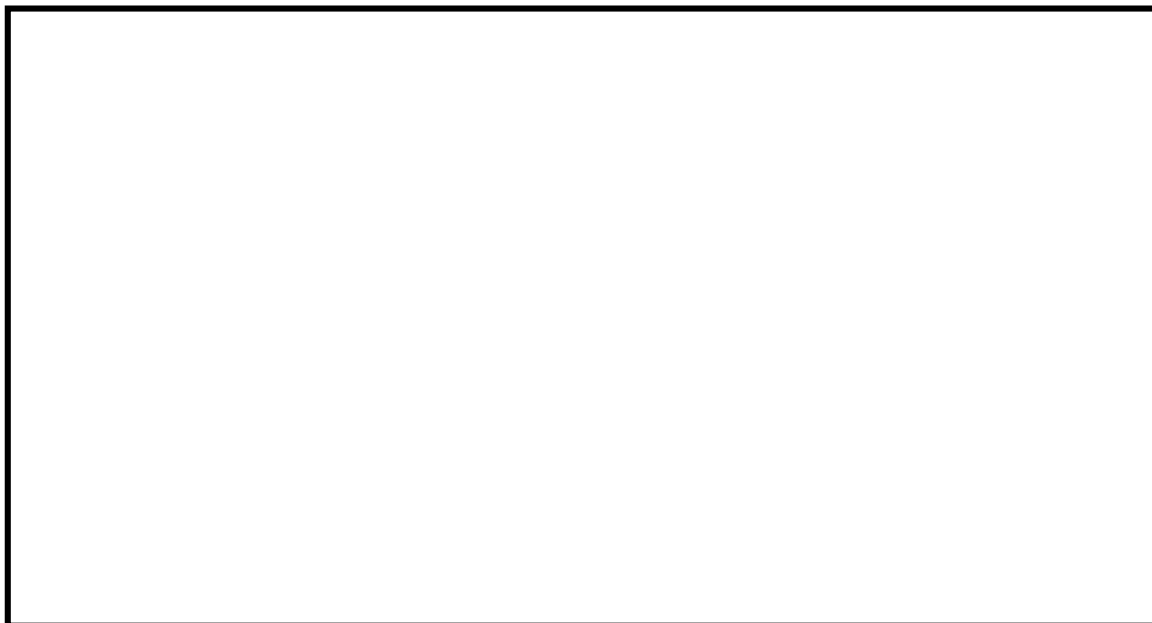
また、放射線量が高い場所を含むエリアの内、⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室、⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室、⑨使用済樹脂貯蔵タンク室及び⑩炉内計装用シンプル配管室は、エリア内のアナログ式でない熱感知器及び空気吸引式の煙感知器の設置において現場施工に影響を与える干渉物が存在するため各エリアの状況を以下に整理し、干渉物の観点における現場施工の成立性を示す。

イ. ⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室

化学体積制御設備脱塩塔バルブ室には照明及び照明用電線管が設置され、化学体積制御設備脱塩塔の周囲には樹脂入口配管、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、化学体積制御設備脱塩塔の周りは厚さ約 700～1300mm 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干渉物となり、電線管等を敷設する際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ですが、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 3-6-3-1 図 化学体積制御設備脱塩塔周り系統図



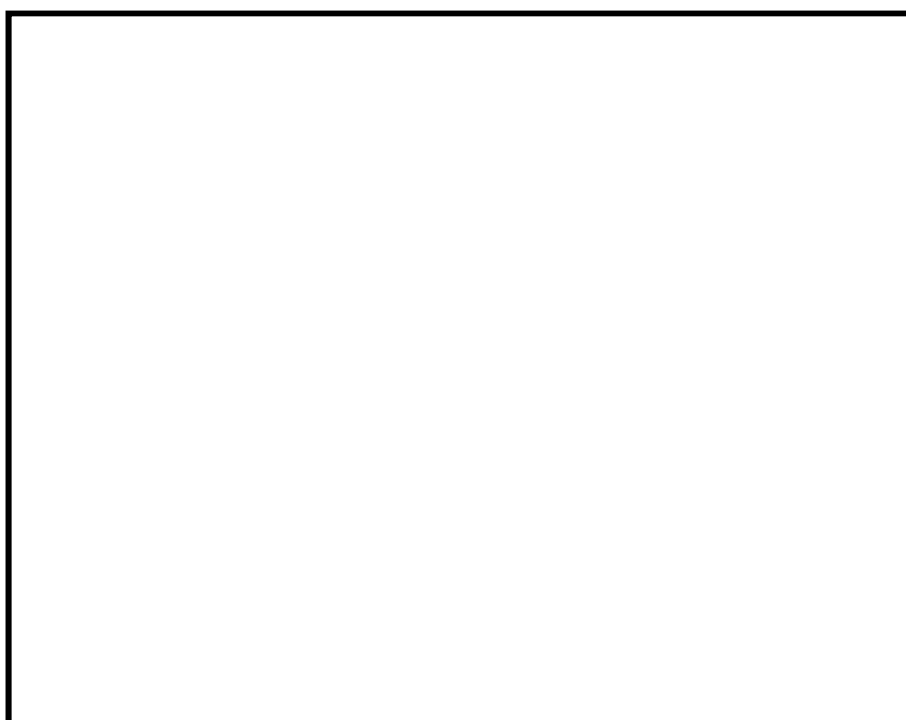
第 3-6-3-2 図 化学体積制御設備脱塩塔照明配置図

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。

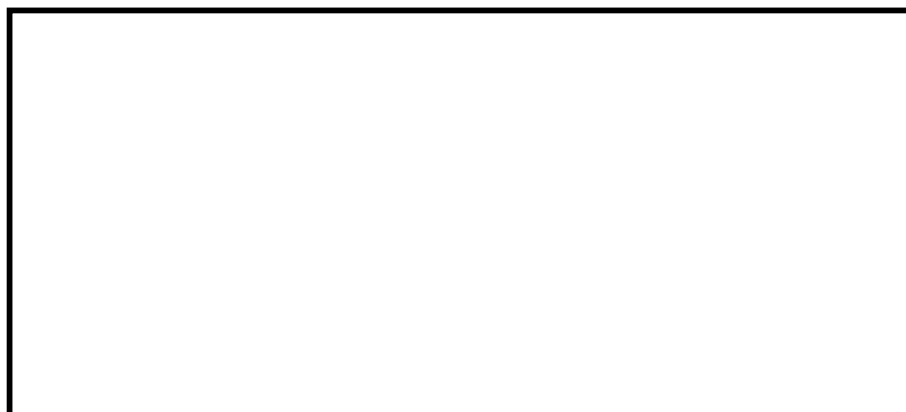
ロ. ⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室

使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室には照明及び照明用電線管が設置され、使用済燃料ピット脱塩塔の周囲には樹脂入口配管、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、使用済燃料ピット脱塩塔の周りは厚さ約 700～1200mm 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干渉物となり、電線管等を敷設する際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 3-6-3-3 図 使用済燃料ピット脱塩塔周り系統図



第 3-6-3-4 図 使用済燃料ピット脱塩塔照明配置図

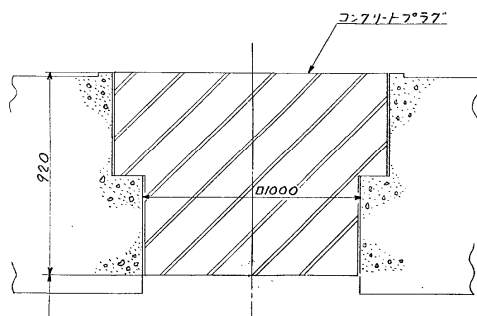
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室

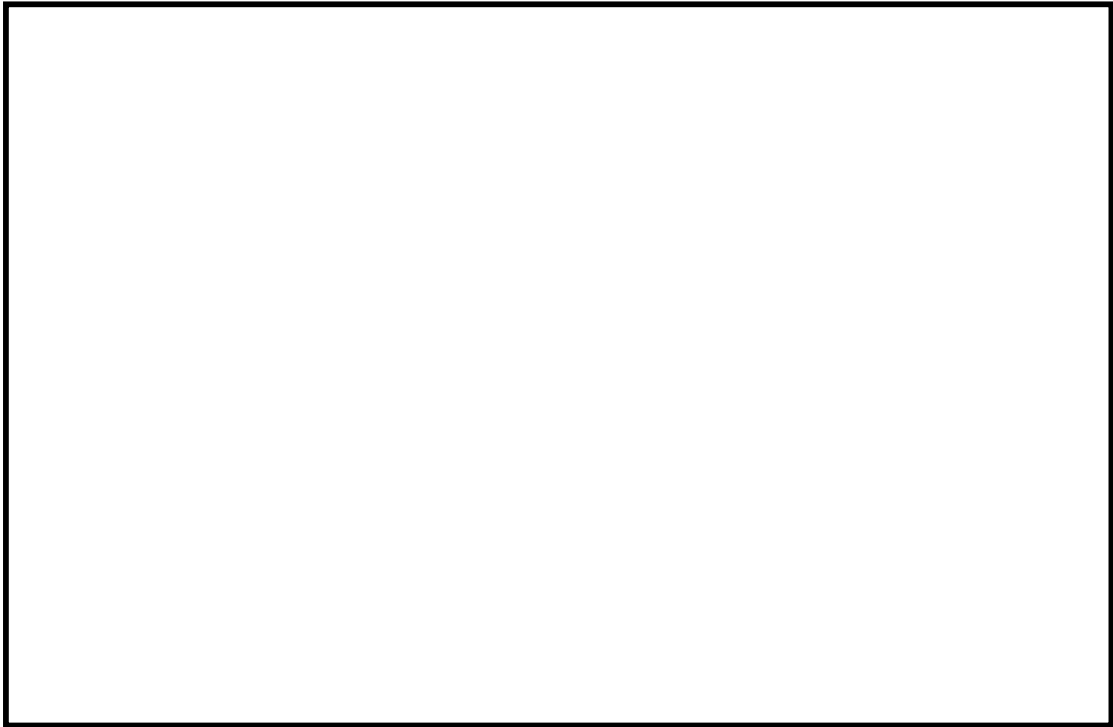
使用済樹脂貯蔵タンクは、使用済樹脂の最終保管場所であり、使用済樹脂貯蔵タンク室へのアクセスは上部エリアの厚さ **920mm** のコンクリート蓋を開放し、アクセスが必要であるが、上部エリアには、ドラム缶を移動させる恒設のコンベア設備が設置されており、室内へのアクセスは非常に困難である。

また、使用済樹脂貯蔵タンク室内には照明及び照明用電線管が設置され、使用済樹脂貯蔵タンクの周囲には樹脂入口配管、洗浄水入口配管、水位計配管、オーバーフロー配管、廃液戻り配管、ベント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、使用済樹脂貯蔵タンクの周りは厚さ約 **800～1250mm** のコンクリート壁が設置されている。

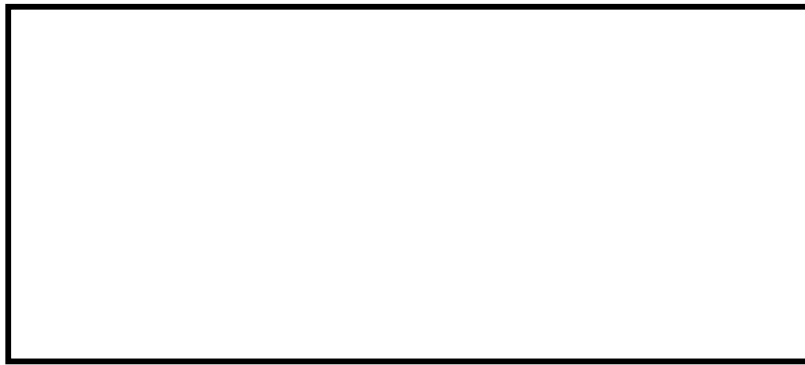
主に高放射線の影響を防止するために設置されたコンクリート壁が干渉物となり、電線管等を敷設する際にはコンクリート壁貫通させる必要があること、また作業の際には恒設のドラム缶移動用コンベア設備を移設し、上部コンクリート蓋を開放する必要があることから施工性は非常に低い、干渉物の観点における現場施工の成立性に問題はない。



第 3-6-3-5 図 コンクリート蓋断面



第 3・6・3・6 図 使用済樹脂貯蔵タンク周り系統図



第 3・6・3・7 図 使用済樹脂貯蔵タンク照明配置図

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。

ニ. ⑩炉内計装用シンプル配管室

炉内計装用シンプル配管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、炉内計装用シンプル配管室漏えい検出装置及び漏えい検出装置用電線管、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、炉内計装用シンプル配管室の周りは厚さ約 700～1100mm 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感知器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無い。ただし、立坑部分は非常に狭隘で、かつ、エリア下部から立坑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及び人の寄り付きができなく、感知器の設置に適する場所がないことから、立坑部については火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法で感知器を設置することができない。

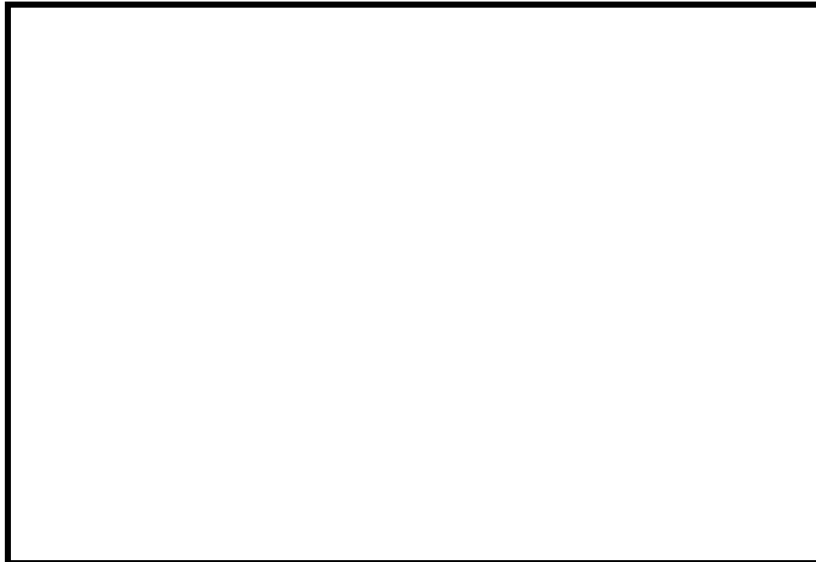


第 3-6-3-8 図 シンプル配管上面図及び断面図

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 3-6-3-9 図 原子炉下部キャビティ水位計電線管ルート図



第 3-6-3-10 図 漏えい検出装置電線管ルート図



第 3-6-3-11 図 炉内計装用シンプル配管室照明配置図

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。

3・6・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おける火災感知器の設置を設計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における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。
- 至近の大飯発電所の年間線量及び定検線量（いずれも集団線量）を第3-6-4-1表に示す。火災感知器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3-6-4-1表 大飯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 大飯発電所年間線量(3号機) | 約470 |
| 2020年度 大飯発電所年間線量(4号機) | 約440 |
| 3号機第17回定検(2019.4.11~2019.7.23) | 約370 |
| 4号機第17回定検(2020.11.3~2021.2.12) | 約410 |

(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・6・4・2表に示す。

第3-6-4-2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 | 設置時および保守点検時の放射線量 (mSv/h) | 説明 |
|-----------------------|--------------------------|--|
| ①原子炉格納容器ループ室 | | <ul style="list-style-type: none"> 作業に係る被ばく線量を検討した結果（以下、「被ばくの観点」という。）定検中に設置及び保守点検が可能。 |
| ②加圧器室上部 | | <ul style="list-style-type: none"> 被ばくの観点で、問題なく、設置及び保守点検が可能。 |
| ③再生熱交換器室 | | <ul style="list-style-type: none"> 被ばくの観点で、問題なく、設置及び保守点検が可能。 |
| ④水フィルタ室 | | <ul style="list-style-type: none"> 線源である樹脂の交換を一齐に行えないため、常時放射線量が高く、保守点検を勘案した設置箇所に適さない。 |
| ⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室 | | <ul style="list-style-type: none"> 被ばくの観点で、問題なく、設置及び保守点検が可能。 |
| ⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室 | | <ul style="list-style-type: none"> 線源である樹脂の交換を一齐に行えないため、常時放射線量が高く、設置を勘案した設置箇所に適さない。 |
| ⑦燃料移送管室 | | <ul style="list-style-type: none"> 被ばくの観点で、問題なく、設置及び保守点検が可能。 |
| ⑧体積制御タンク室 | | <ul style="list-style-type: none"> 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は低下する期間がある。 |
| ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室 | | <ul style="list-style-type: none"> 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。 |
| ⑩炉内計装用シングル配管室 (格納容器内) | | <ul style="list-style-type: none"> 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は低下する期間がある。 |
| ⑪B-廃棄物庫内のドラム缶貯蔵エリア | | <ul style="list-style-type: none"> 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火災感知器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及び②加圧器室上部については、天井高さが床面から 8m 以上でグレーチングが複数の階層に設置されていることから、天井面にアナログ式でない熱感知器を設置することができず、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、技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保し、技術基準規則に適合させる方針とする。保安水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。

⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室、⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室、⑨使用済樹脂貯蔵タンク室及び⑩炉内計装用シンプル配管室については、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感知器を設置及び保守点検する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、実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈(以下「技術基準規則の解釈」という。)の柱書を適用し、消防法施行規則と異なる方法であっても適切な感知器を設置することにより、技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保し、技術基準規則に適合させる方針とする。

- ・⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室のうち脱塩塔設置エリアでは、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異なる種類の感知器を設置することが適切でないため、技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保できるように火災感知器を設置する設計とする。

- ・⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室のうち脱塩塔設置エリアでは、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、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。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異なる種類の感知器を設置することが適切でないため、技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保できるように火災感知器を設置する設計とする。
- ・⑨使用済樹脂貯蔵タンク室では、線源である高線量の使用済樹脂を貯蔵保管（最終保管場所）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異なる種類の感知器を設置することが適切でないため、技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保できるように火災感知器を設置する設計とする。
- ・⑩炉内計装用シングル配管室では、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、実施時期の適性化を図ることは可能である。ただし、空気吸引式の煙感知器の場合、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。また、立坑部分は狭隘であり、立坑の天井部は貫通するシングル配管が干渉物となり、感知器の設置に適する場所がない。以上より、作業員の被ばくの観点及び現場施工の成立性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異なる種類の感知器を設置することが適切でないため、技術基準規則に照らして十分な保安水準を確保できるように設置する設計とする。

上記のエリアにおける保安水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・6・4・3 表に示す。

第 3・6・4・3 表 ⑤、⑥、⑨及び⑩のエリアの被ばく線量及び集団線量

【設置時線量】

| B II エリア | 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 | | | | | | | |
| | 煙感知器 | 熱感知器 | 炎感知器 | | | | | | | | | |
| ⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室 (脱塩塔設置エリア) ※1 | 3 | 3 | — | 0 | 6 | | | | | | | ○ |
| ⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室 (脱塩塔設置エリア) ※1 | 1 | 1 | — | 0 | 2 | | | | | | | |
| ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室※1 | 2 | 2 | — | 0 | 4 | | | | | | | |
| ⑩炉内計装用シンプル配管室※2 | 2 | 4 | — | 0 | 6 | | | | | | | |

【保守点検時線量】

| B II エリア | 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 | | | | | | | |
| | 煙感知器 | 熱感知器 | 炎感知器 | | | | | | | | | |
| ⑤化学体積制御設備脱塩塔バルブ室 (脱塩塔設置エリア) ※1 | 3 | 3 | — | 0 | 6 | | | | | | | ○ |
| ⑥使用済燃料ピット脱塩塔バルブ室 (脱塩塔設置エリア) ※1 | 1 | 1 | — | 0 | 2 | | | | | | | |
| ⑨使用済樹脂貯蔵タンク室※1 | 2 | 2 | — | 0 | 4 | | | | | | | |
| ⑩炉内計装用シンプル配管室※2 | 2 | 4 | — | 0 | 6 | | | | | | | |

※ 1 : 排気ダクト内 (放射線量が低い場所) に③アナログ式の熱感知器、④アナログ式の煙感知器を設置
 ※ 2 : ①アナログ式でない熱感知器、⑤アナログ式の熱感知器及び④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原子炉格納容器ループ室の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 470 人・mSv、4号機 約 440 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。