

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2月
関西電力株式会社

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

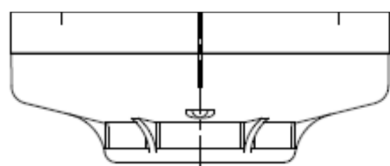
火災感知器のうち、基本的な組み合わせとなるアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器及びアナログ式でない炎感知器に加え、アナログ式でない熱感知器の動作原理及び仕様等について説明する。

1-1-1 アナログ式の煙感知器

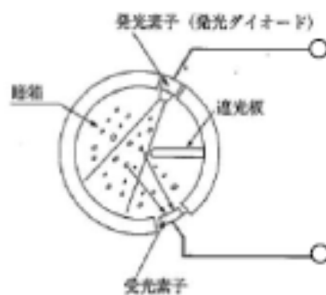
(1) アナログ式の煙感知器の概要

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を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。



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、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、グレーチング面に設置する煙感知器の感知性能を天井面に設置した場合と同等水準とするためには、感知器1個あたりの感知面積を小さく見積もる必要があるといえる。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。

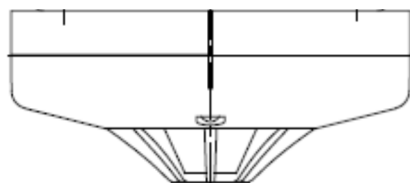
以上より、グレーチング面に設置する煙感知器は、感知器1個あたりの感知面積を天井面に設置する場合の半分と小さく見積もり設置個数を増やすとともに、上階からの粉塵影響を受けにくい位置に設置することで、火災の感知は十分に可能であり、誤作動の問題もないといえる。

1-1-2 アナログ式の熱感知器

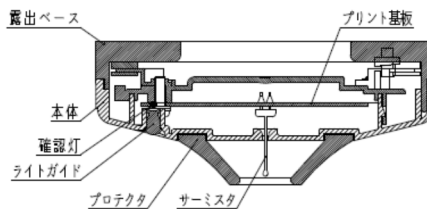
(1) アナログ式の熱感知器の概要

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实測結果を別紙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で実験結果を比較から、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、火源から離れた天井面に設置する熱感知器と火源に近いグレーチング面に設置する熱感知器の感知性能は同等といえる。従って、グレーチング面に設置する熱感知器の感知性能を

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。

天井面に設置した場合と同等水準とするためには、煙感知器と同様、感知器 1 個あたりの感知面積を小さく見積もる必要があるといえる。

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。

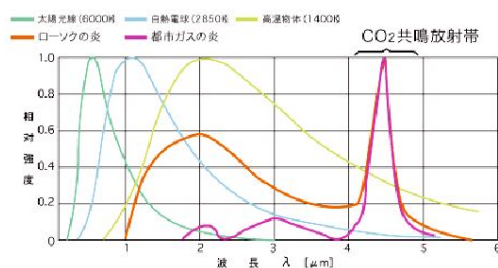
1-1-3 アナログ式でない炎感知器

(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

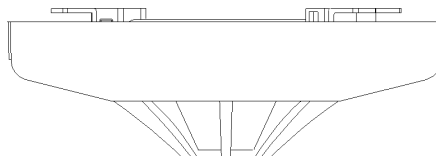
アナログ式でない炎感知器は、消防法で定められた検定品であり、消防法（火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和 56 年 6 月 20 日自治省令第 17 号）第 17 条の 8（炎感知器の公称監視距離の区分、感度及び視野角）に定められる感知性能を有している。

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。



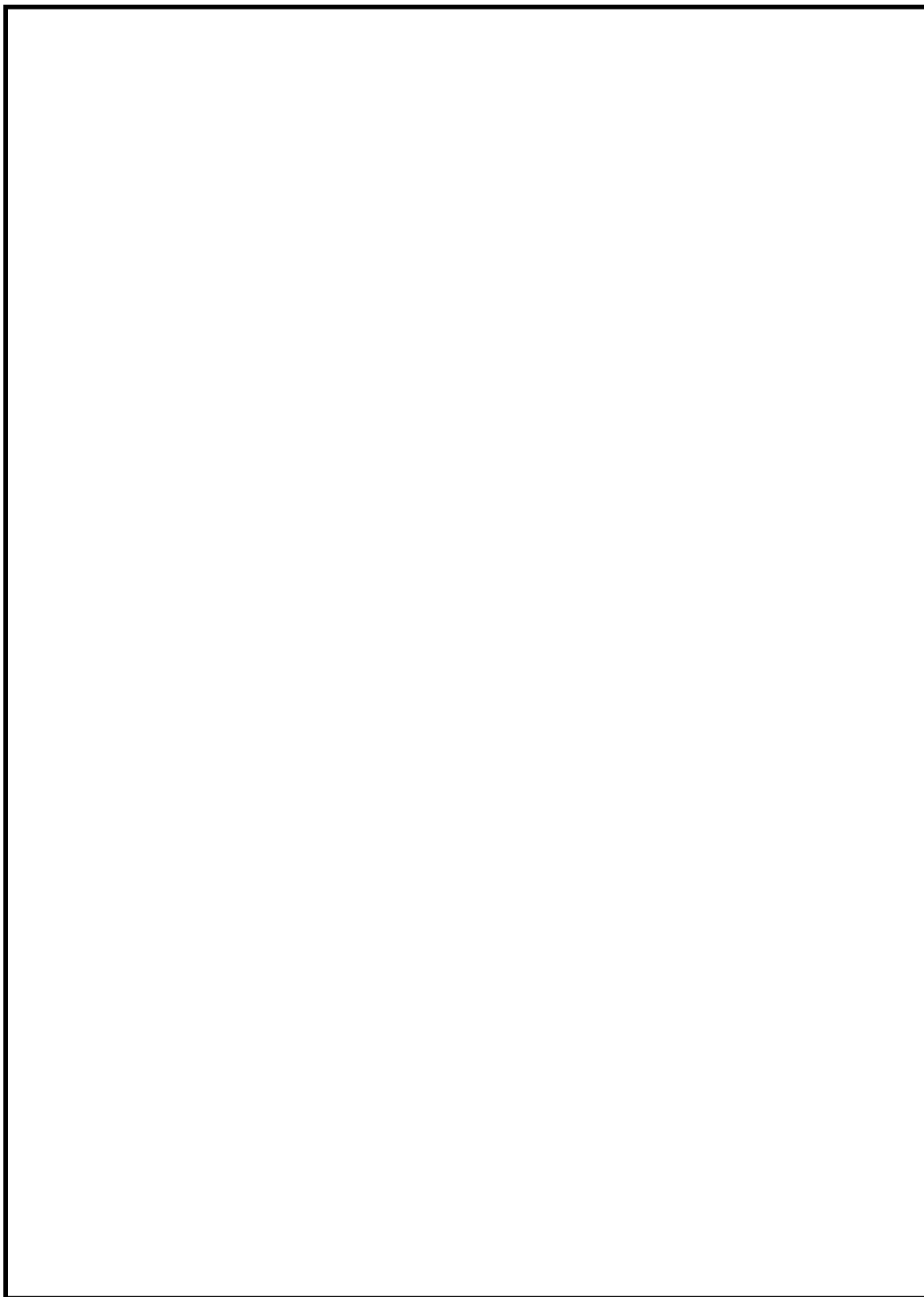
第 1-1-8 図

(2) 消防法の検定について

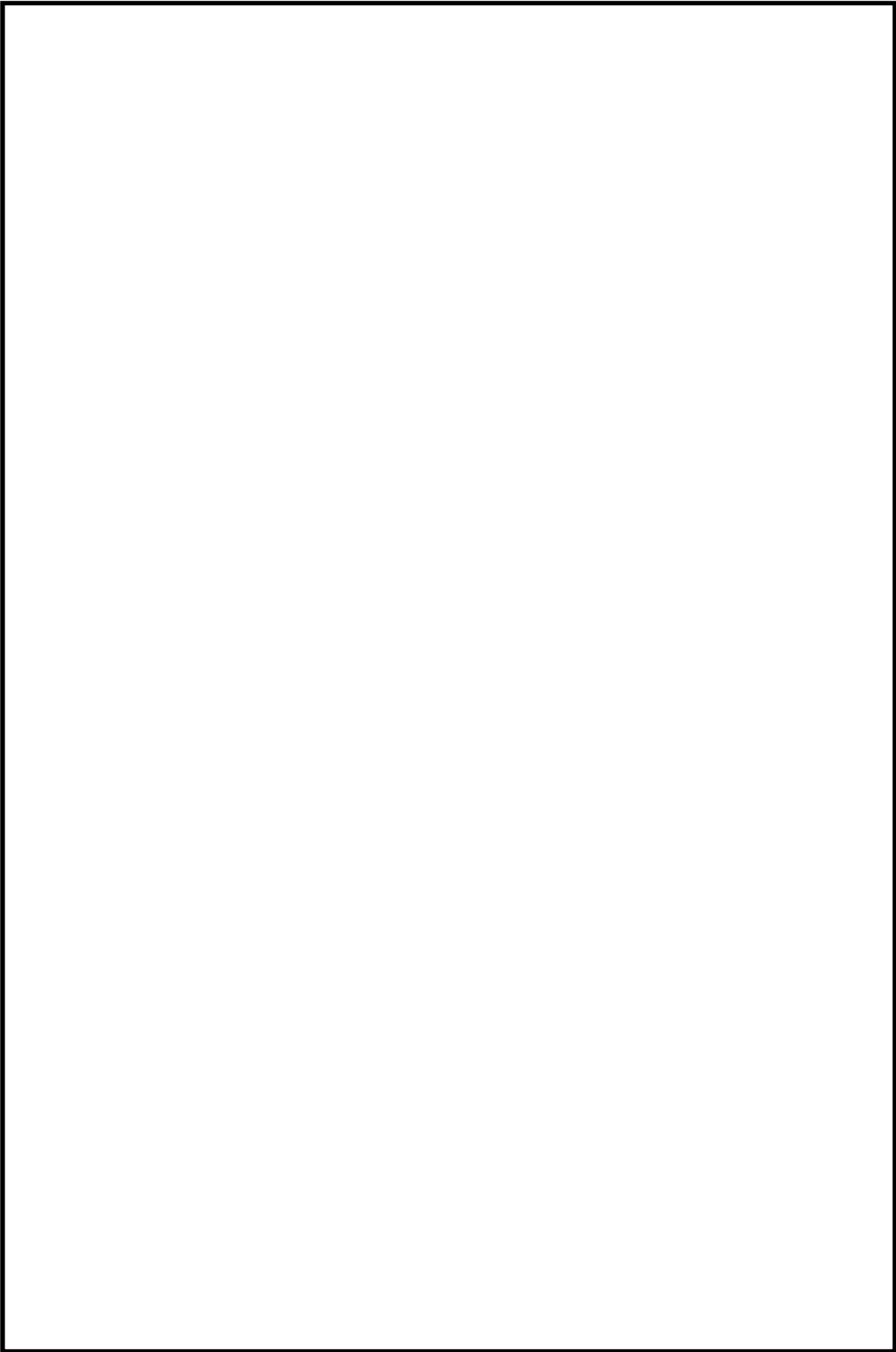
アナログ式でない防爆型の熱感知器は、消防検定品であり、消防法（火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和 56 年 6 月 20 日自治省令第 17 号）第 14 条（定温式感知器の公称作動温度の区分及び感度）に定められる感知性能を有している。

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。



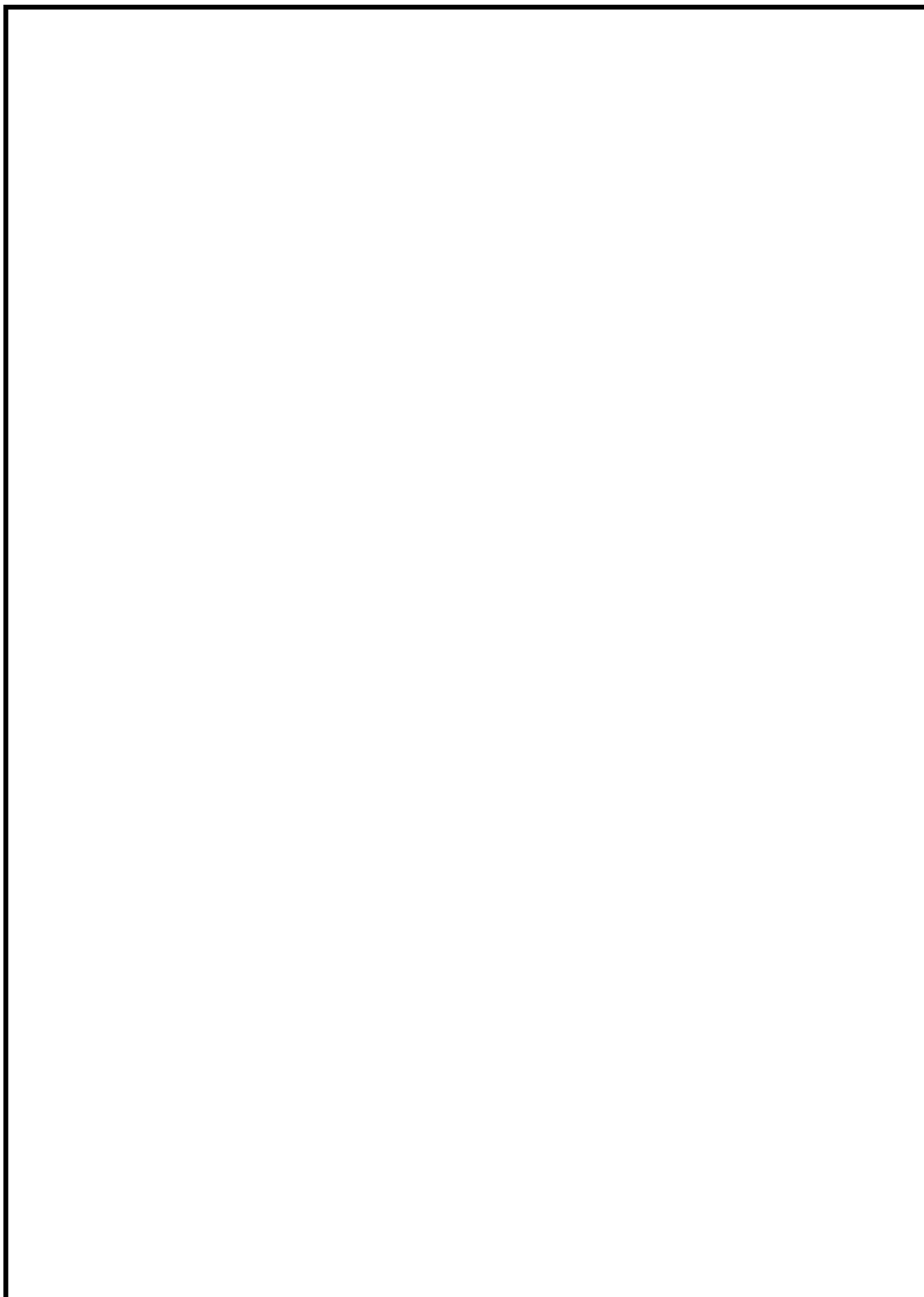
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



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。

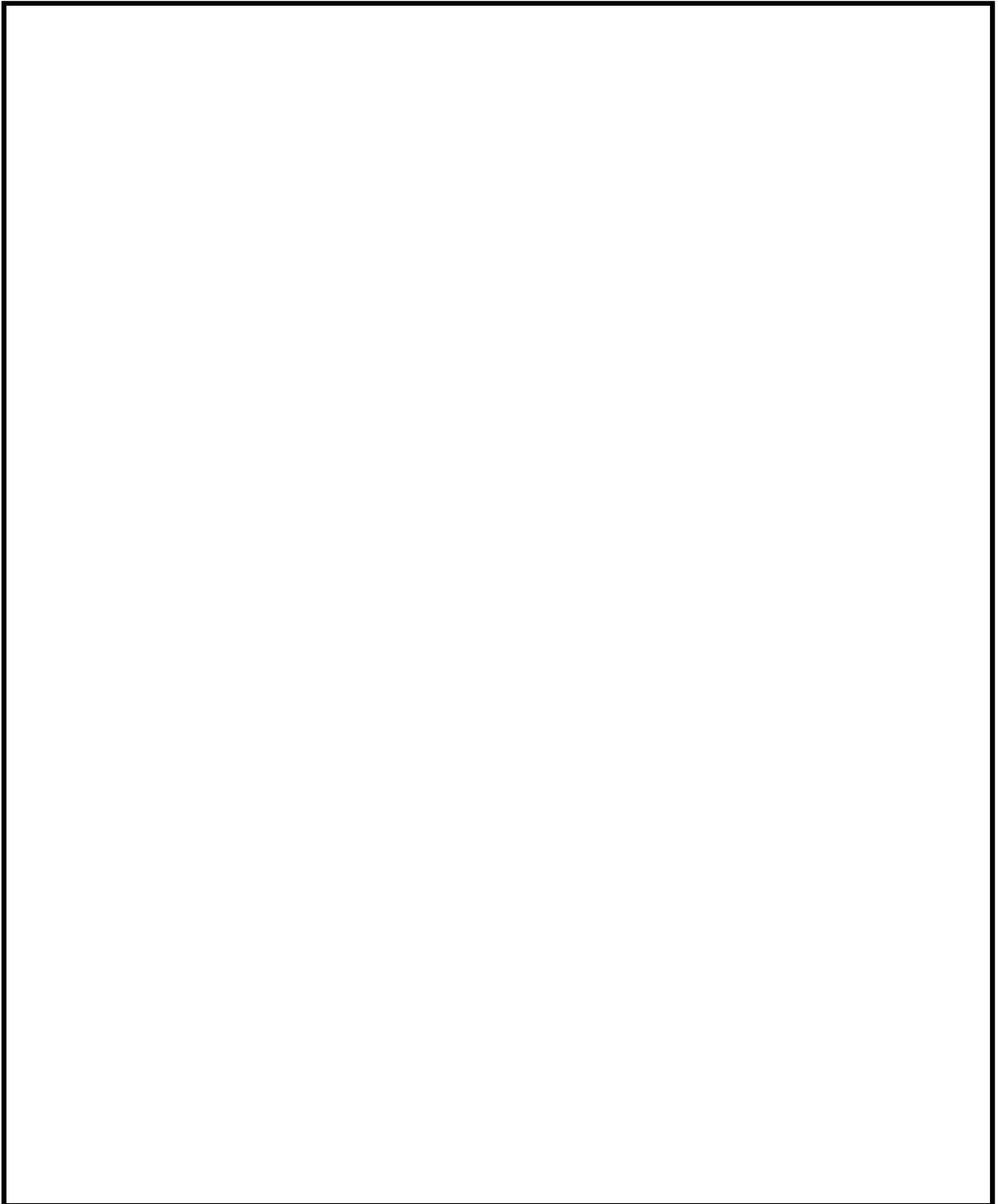
参照箇所：



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

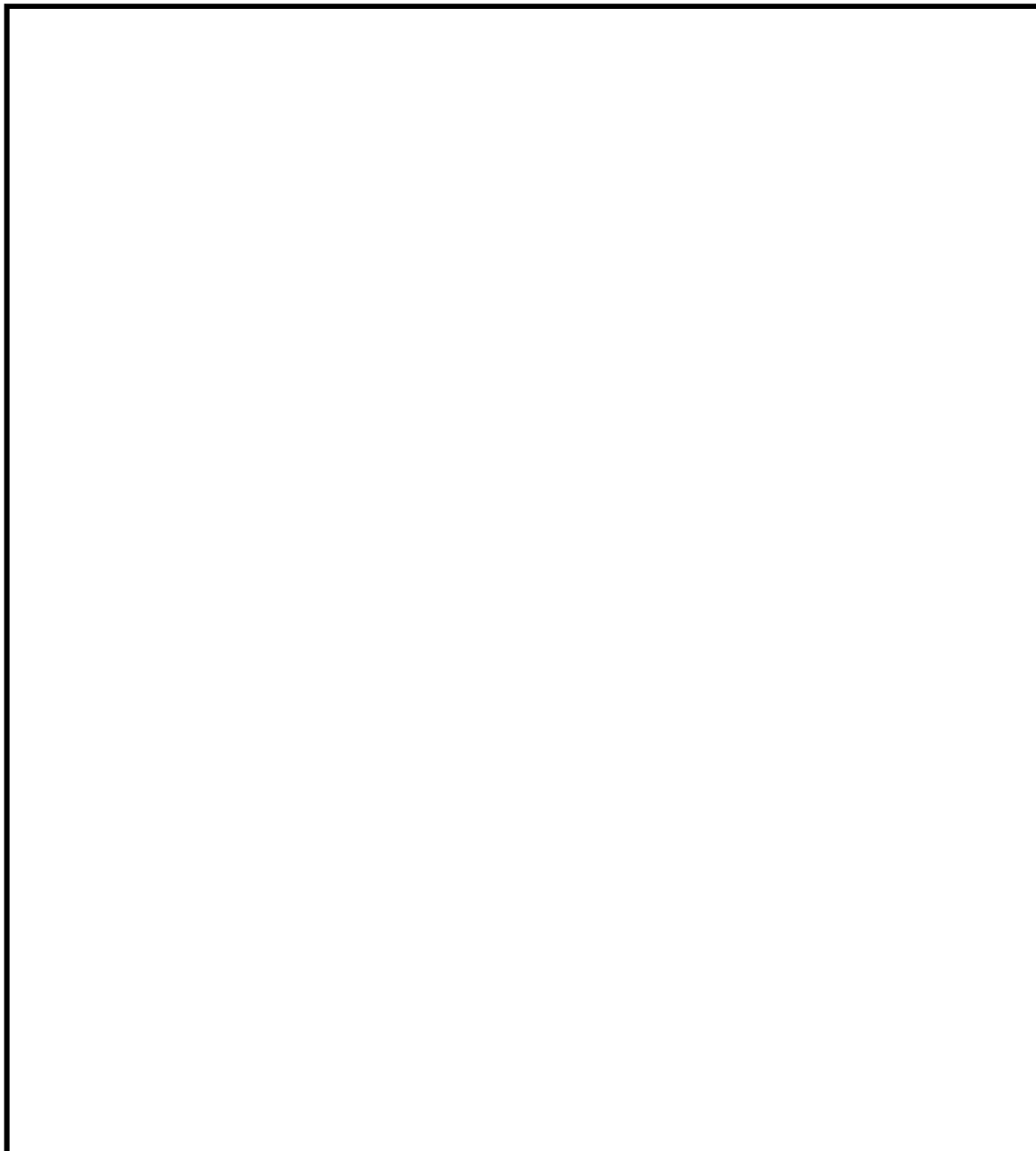
上部開口の風速 :



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。

F D T s (火災力学ツール) による発熱量の計算結果

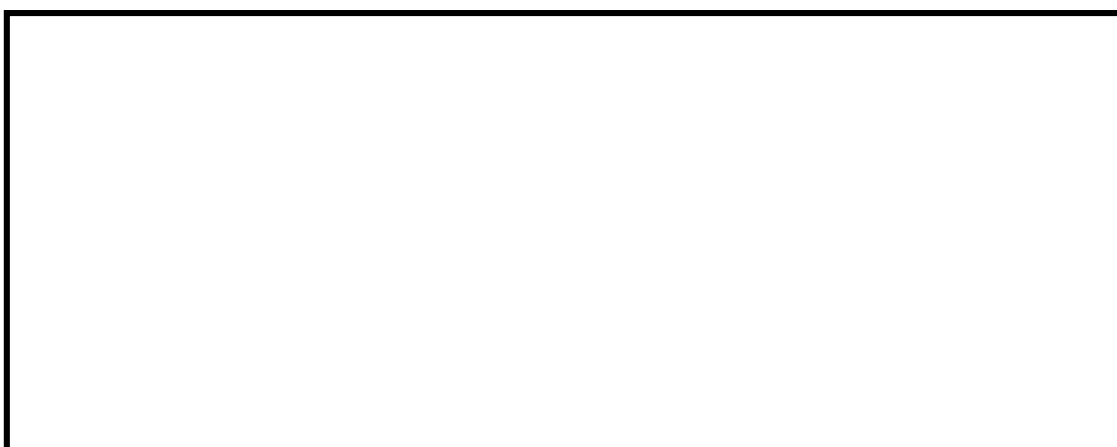
○発熱量 (温度上昇)

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 F D T s 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)	ΔT _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。

風の流れる条件下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。

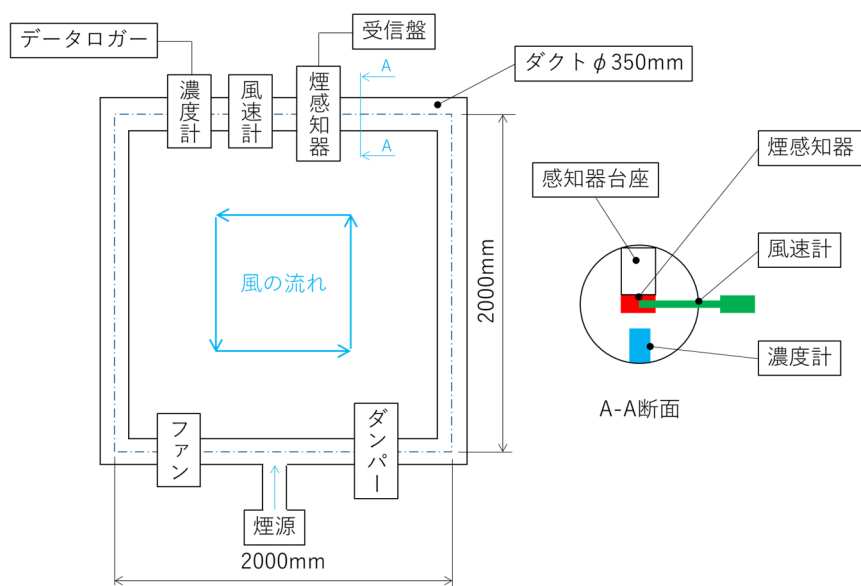
作動試験：1m 当たりの減光率（公称作動濃度×1.5）%の濃度の煙を含む風速 20 cm～40 cm/sec の気流に投入したとき、30 秒以内に作動すること。

【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。

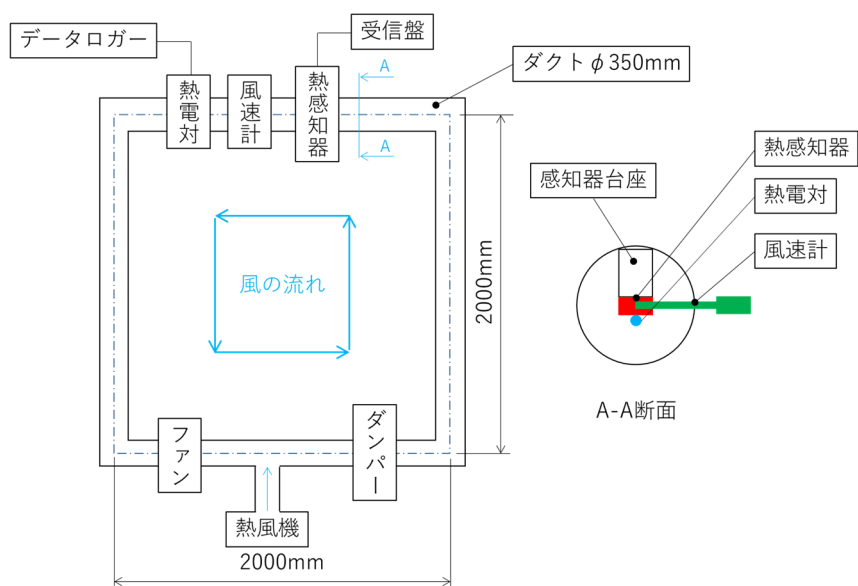
作動試験：公称作動温度の 125%の温度の風速 1m/sec の垂直気流に投入したとき、99 秒以内に作動すること。(感知器一種、室温 20℃の場合)

【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。

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

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

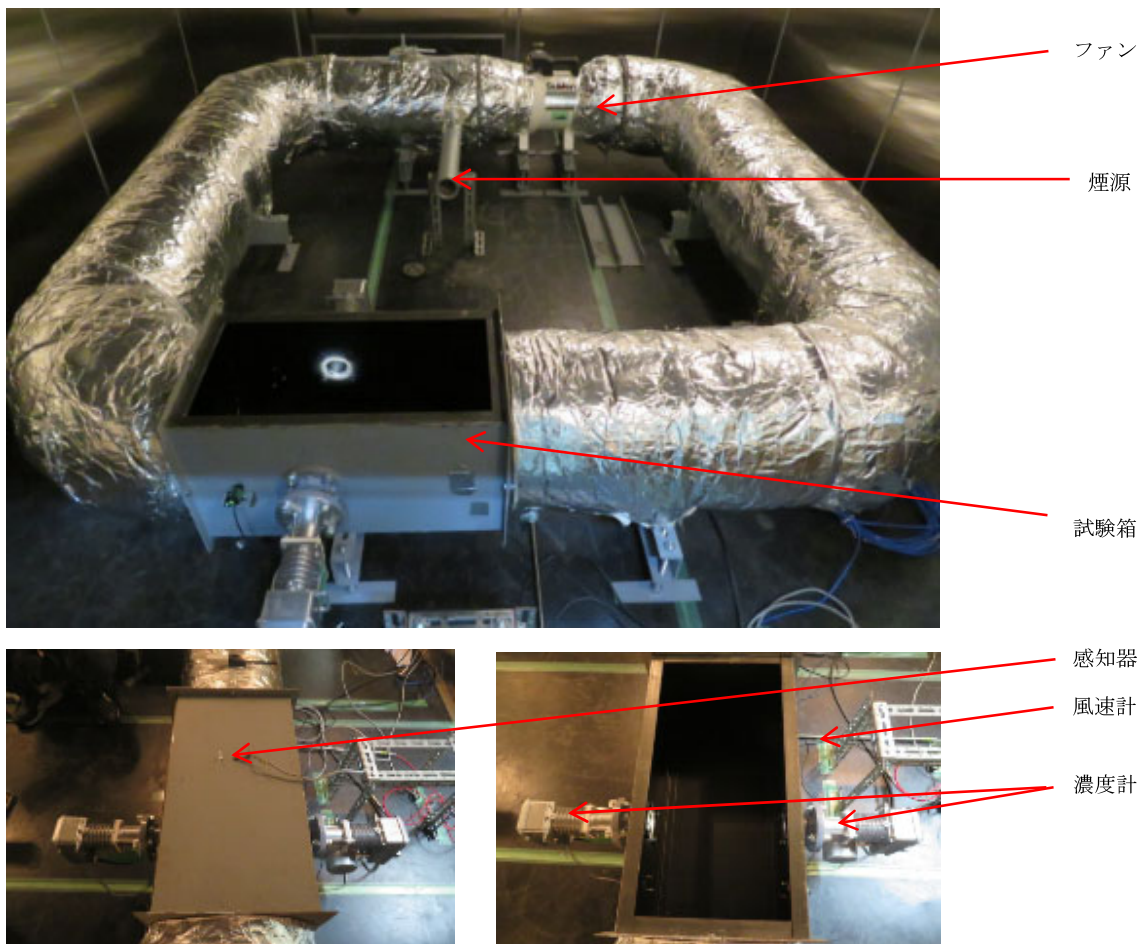
$$= 85.7 \dots \approx 85 \text{ 秒 (判定基準)}$$

【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。

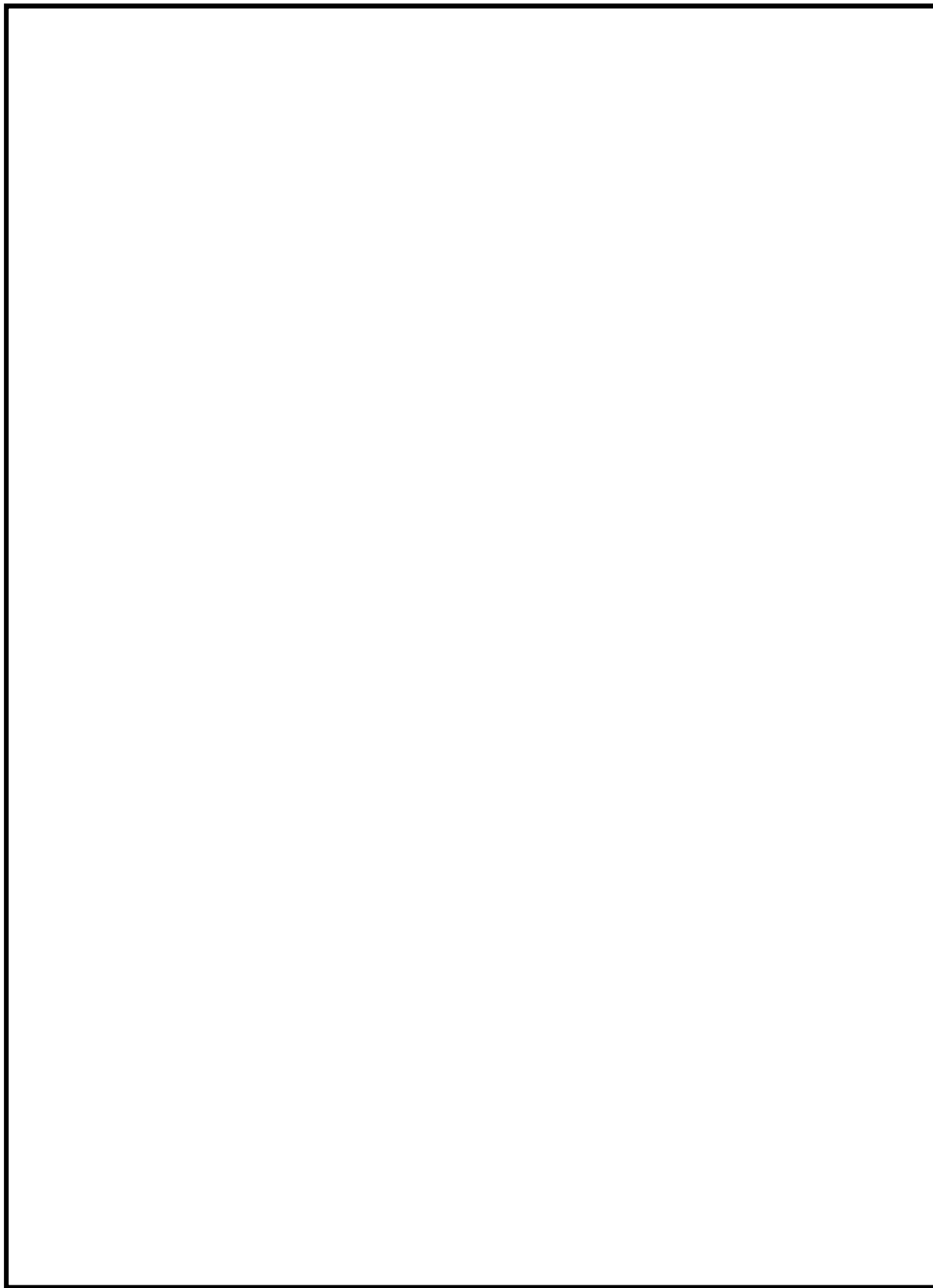
(4) 実機適用における感知器選定の考え方

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。

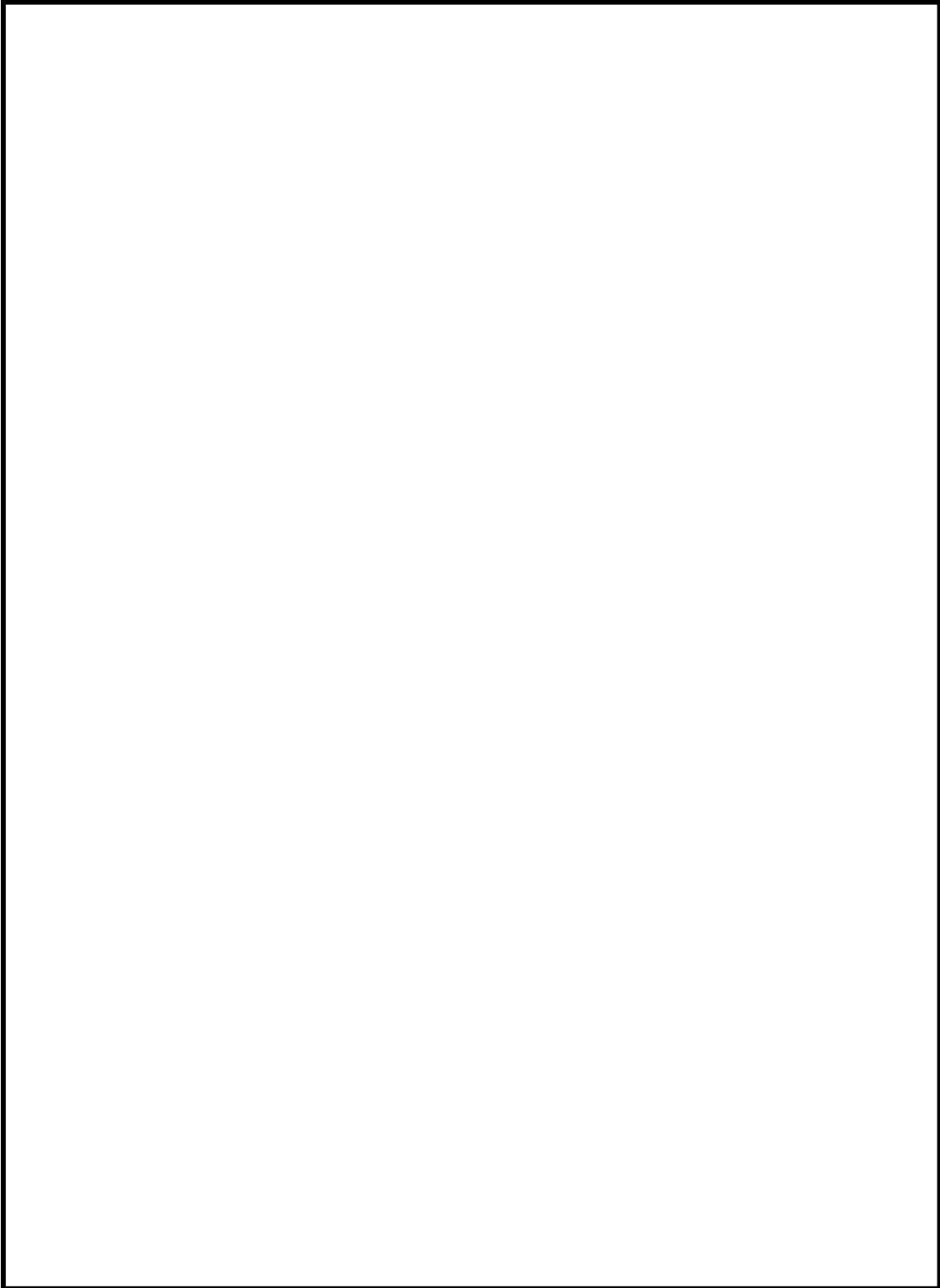
以上

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)



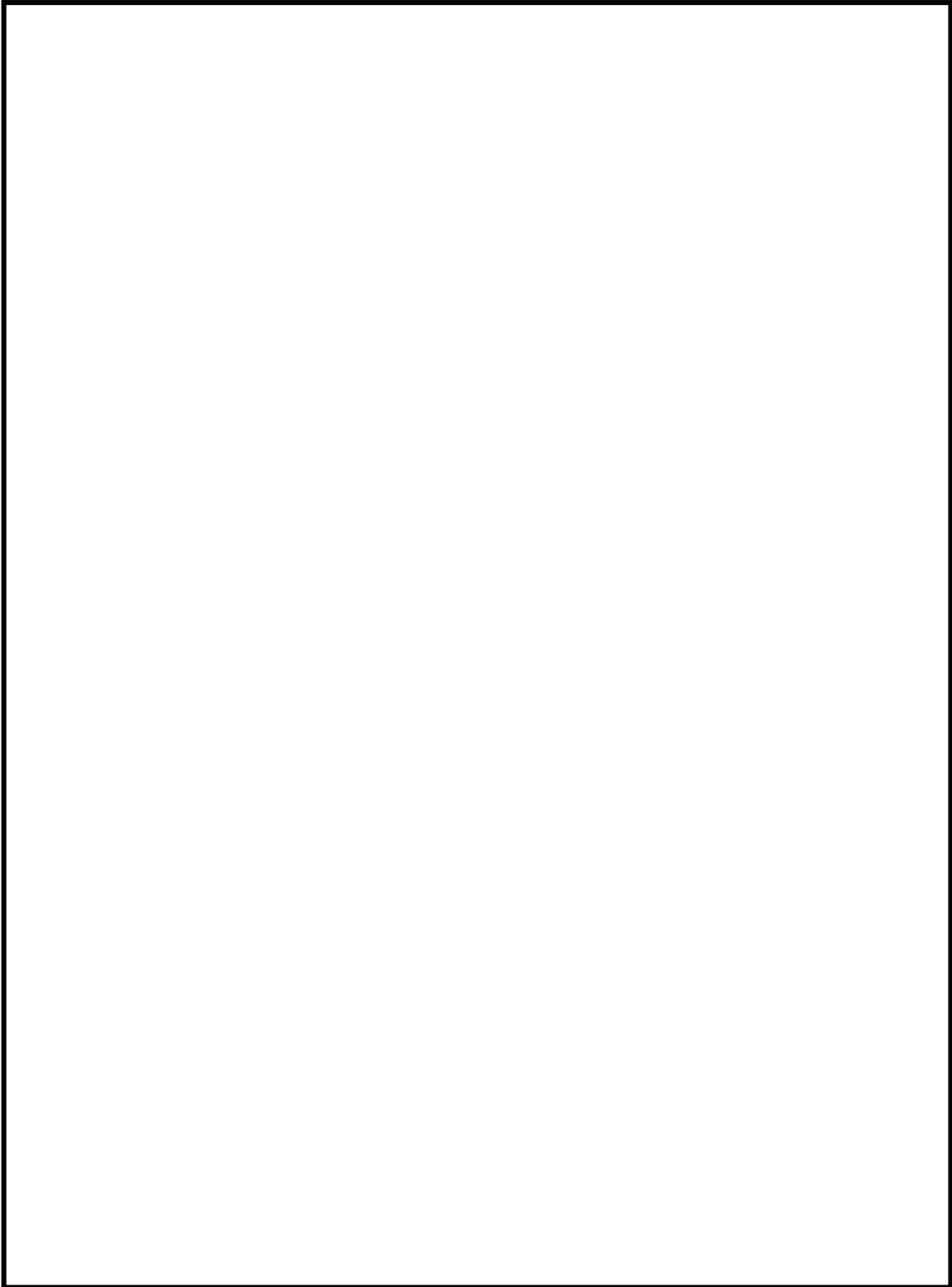
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：



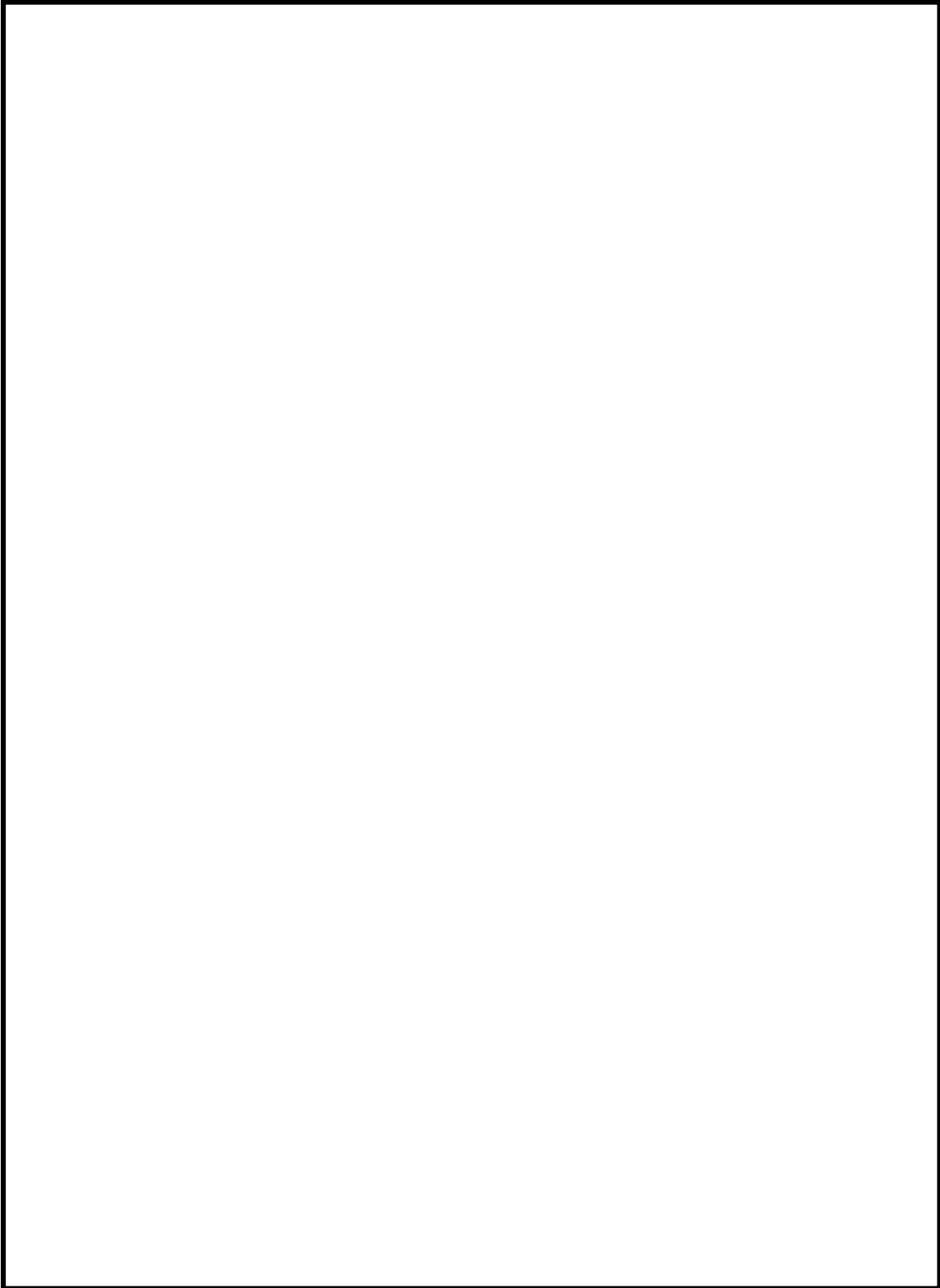
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：



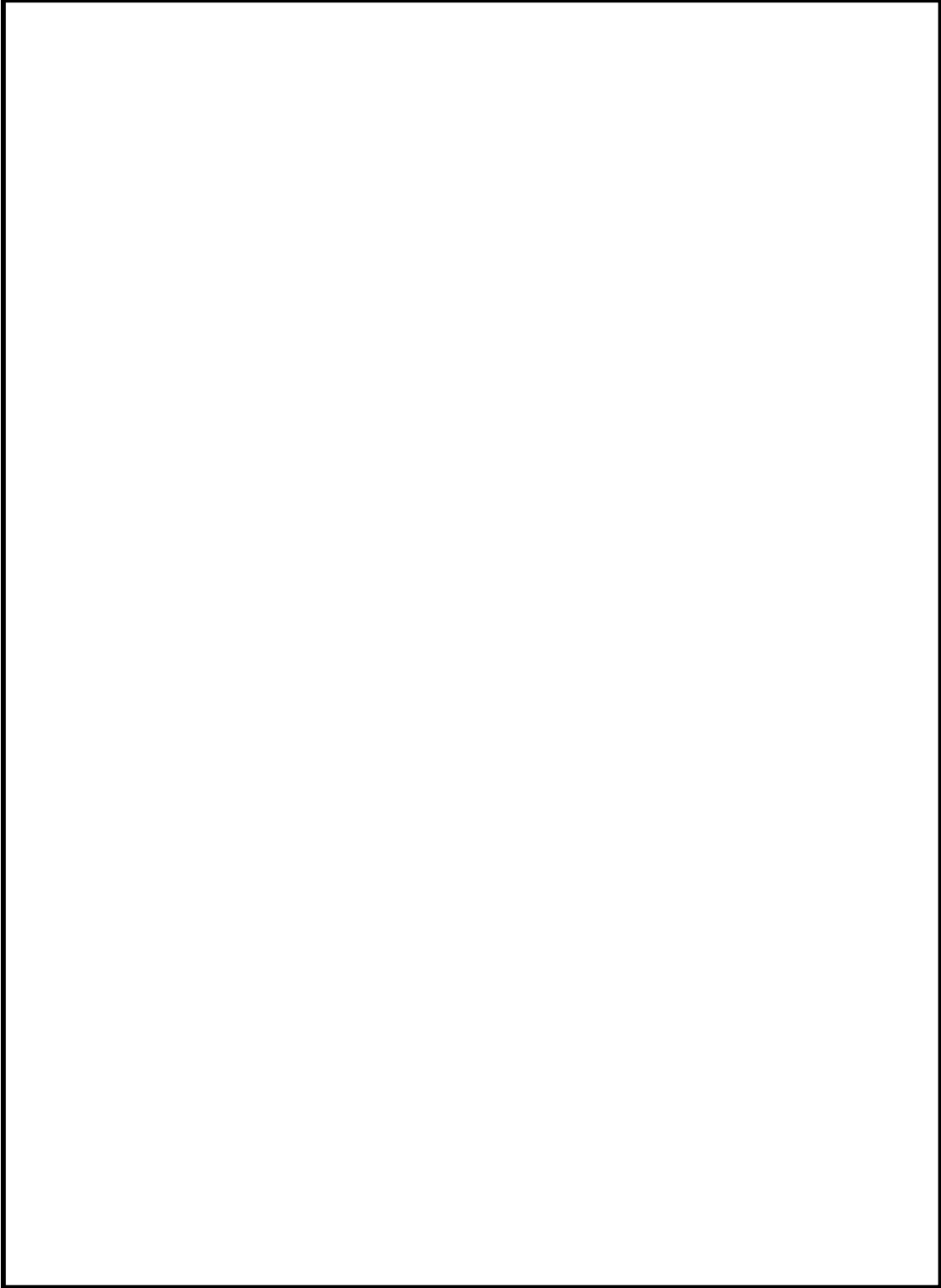
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：

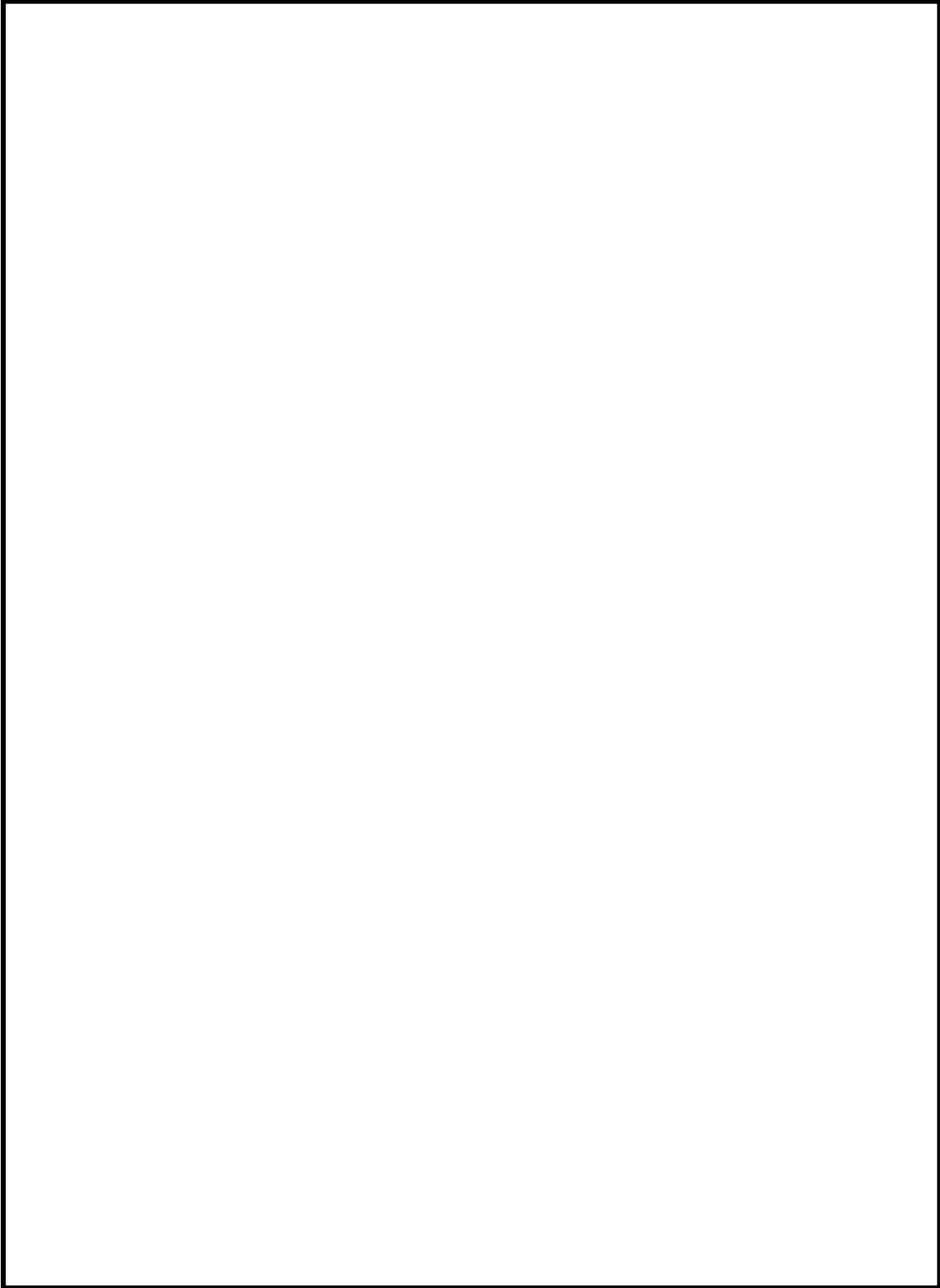


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：

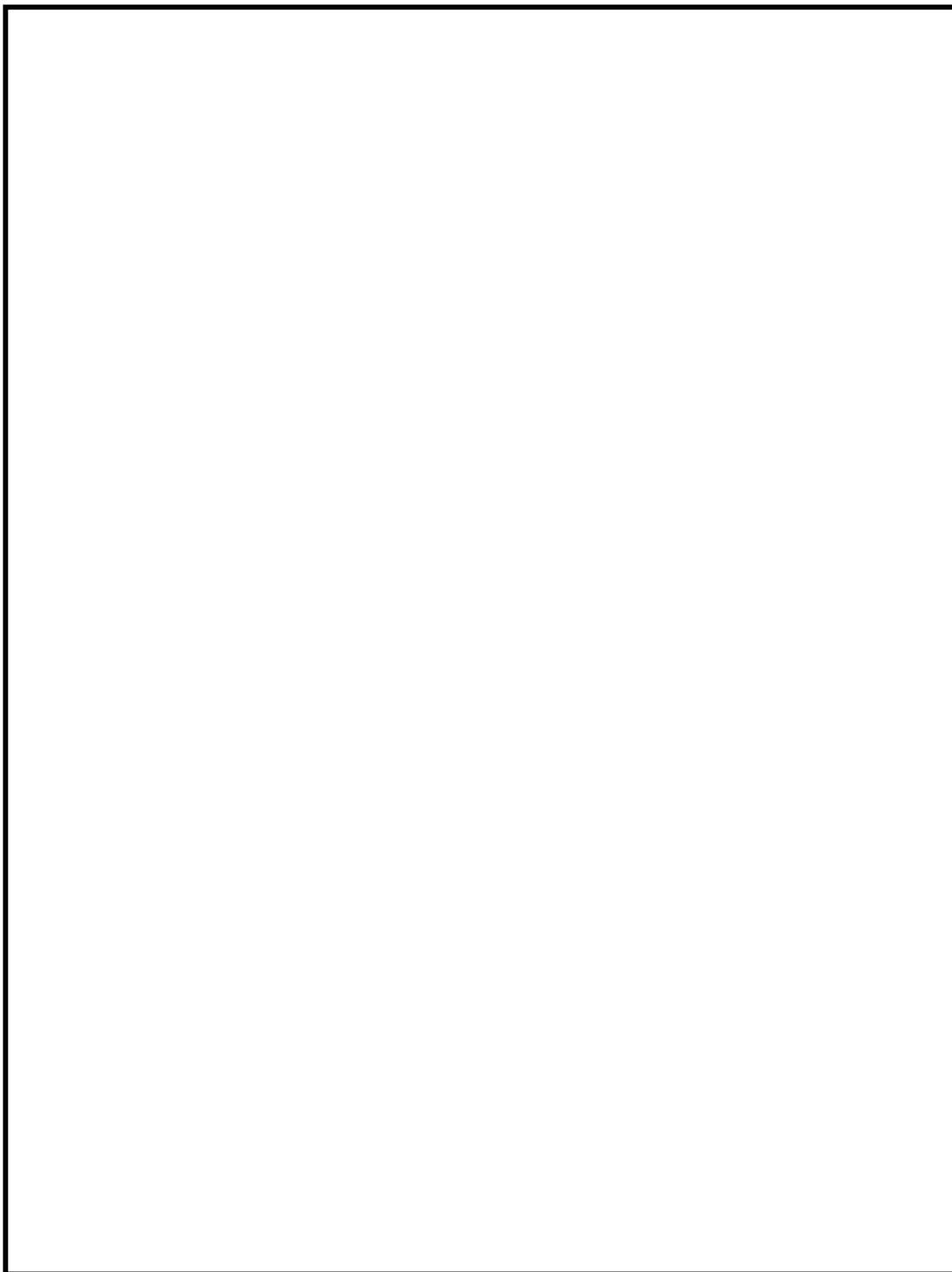


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

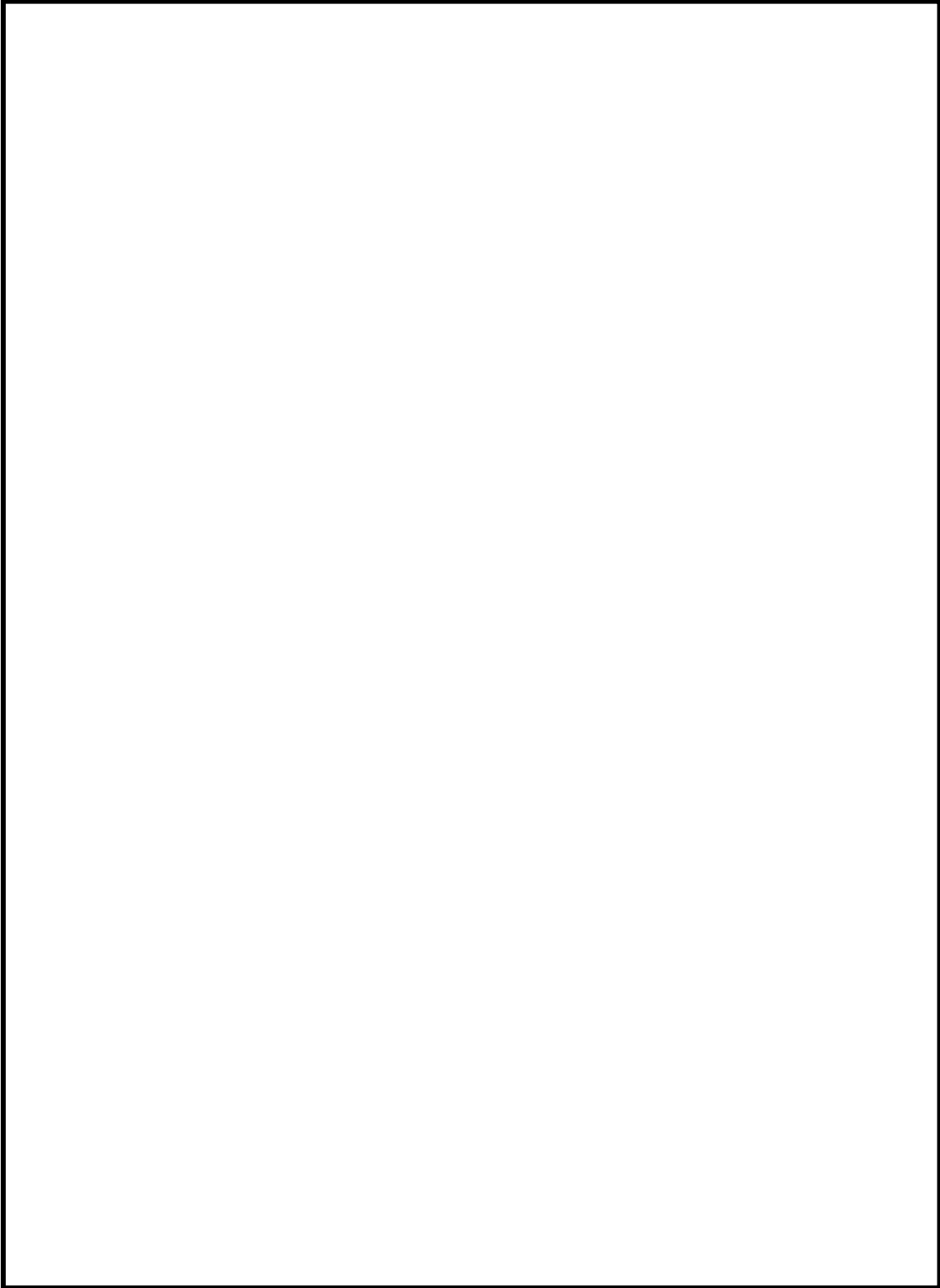


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

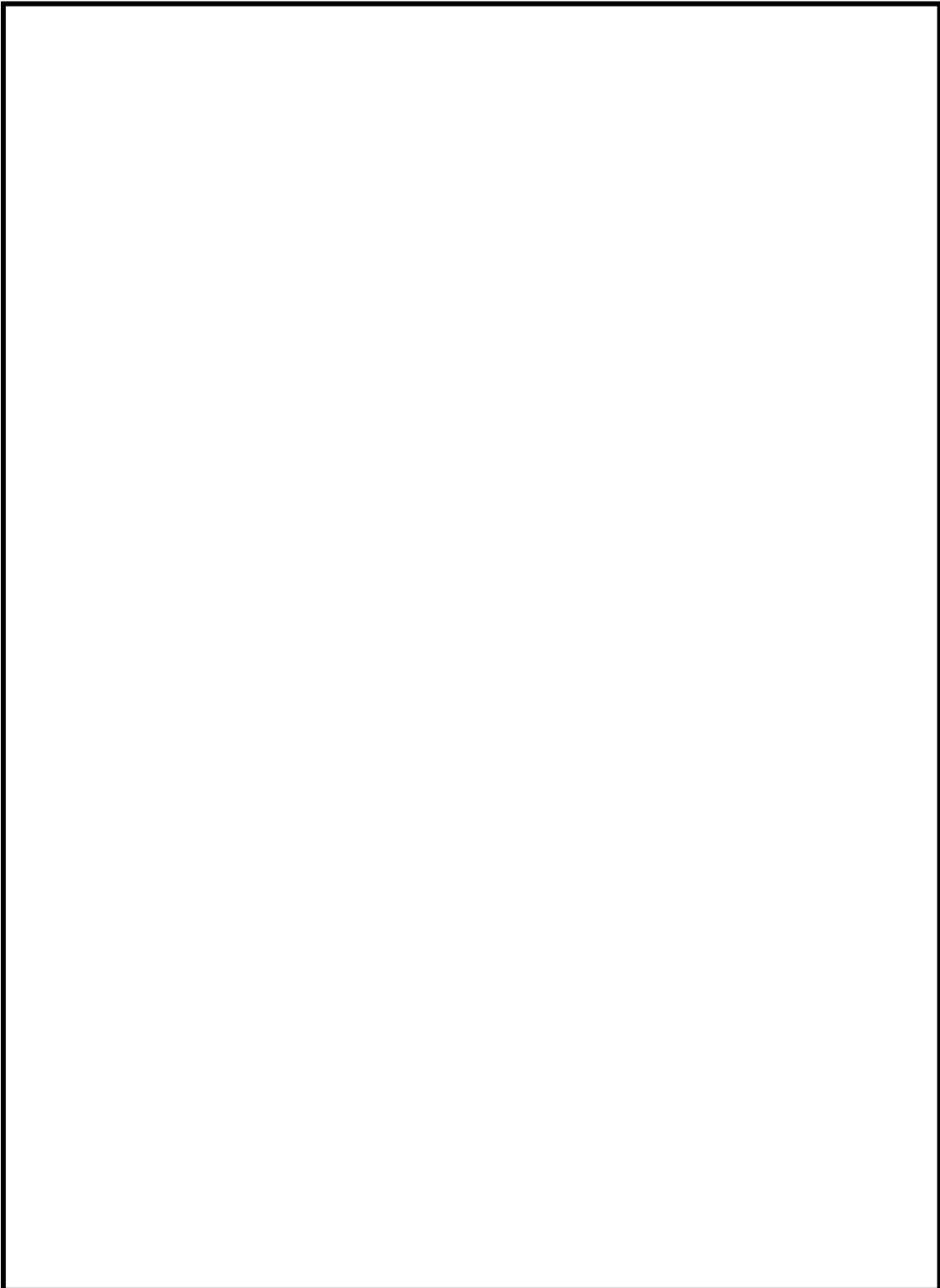
論文「区画火災の鉛直温度分布予測モデルの拡張と検証および火災プルームへの連行を考慮した天井ジェット温度予測」（日本建築学会環境系論文集 第 690 号,1・7,2005 年 4 月）



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。

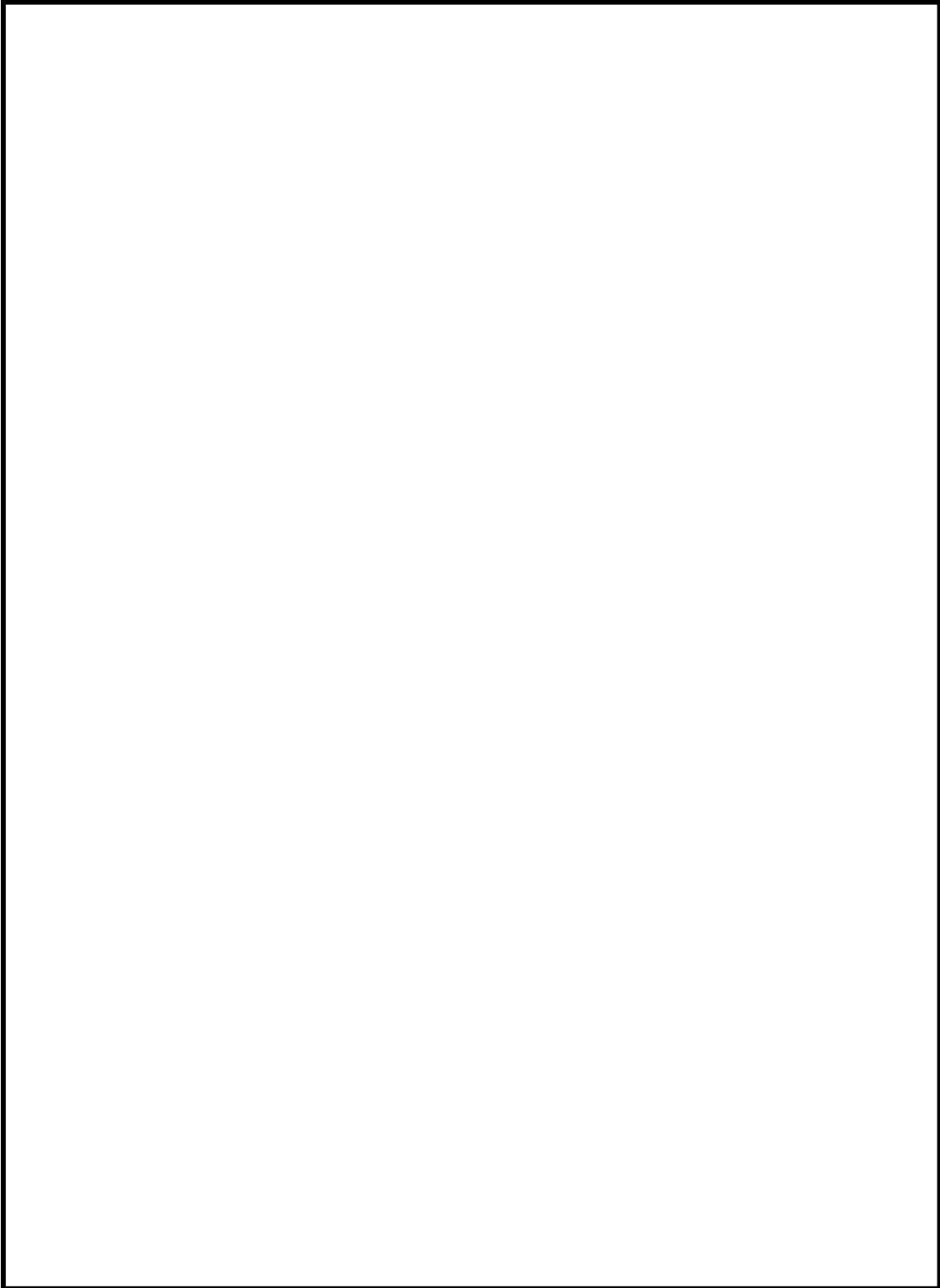


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



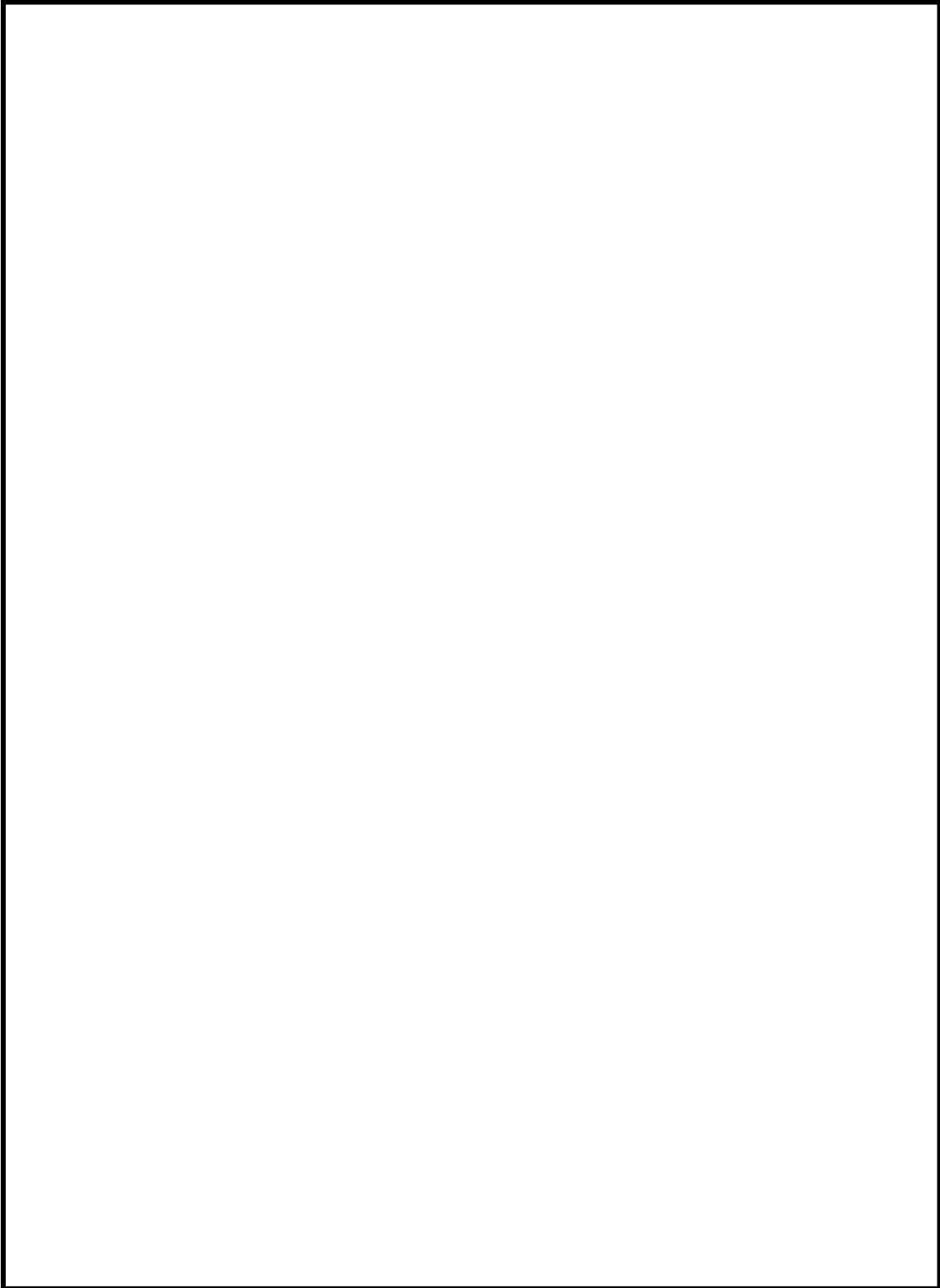
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

参照箇所：

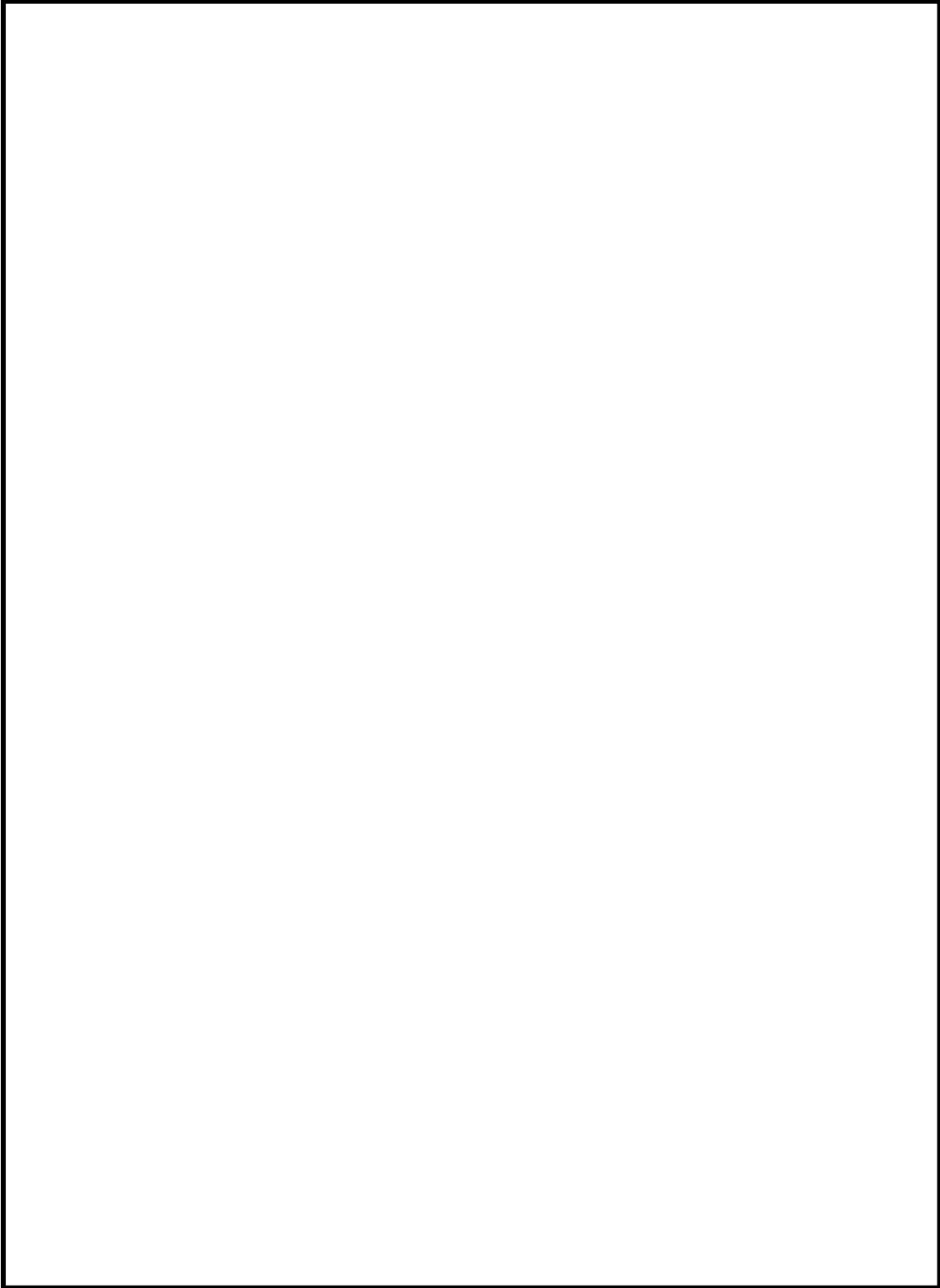


枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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。

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

屋外の空冷式非常用発電装置の火災監視を行う熱サーモカメラ、アナログ式でない防水型の炎感知器は消防検定品ではないことから、消防検定品である熱感知器や炎感知器と同等以上の性能を有していることを、以下のとおり検証する。

1-4-1 設備仕様、構成

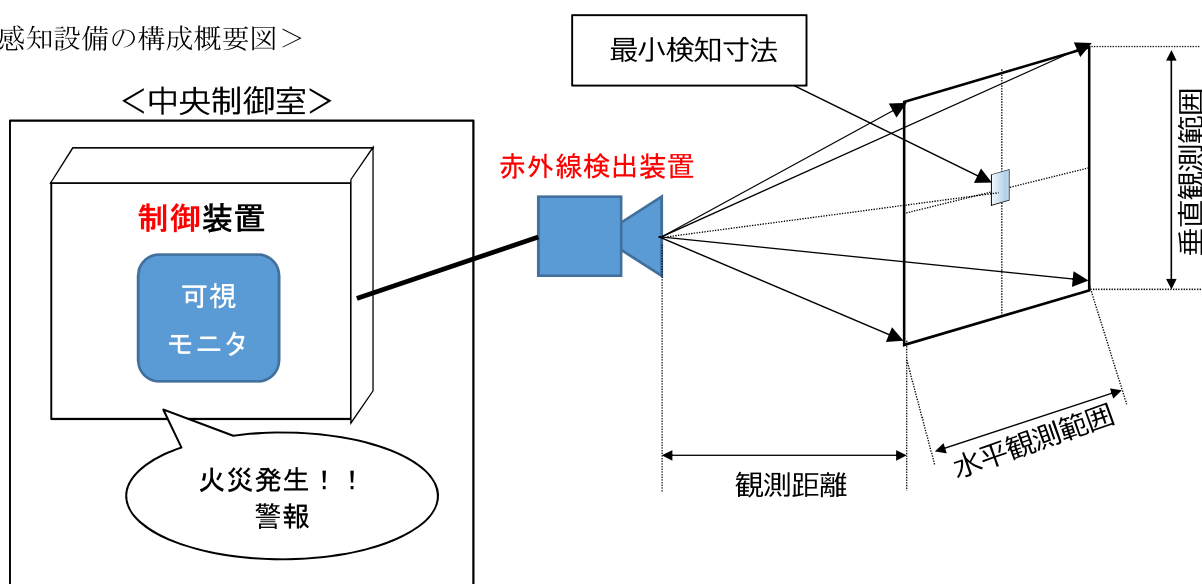
(1) 赤外線検出装置

- a. 温度測定範囲：0～500℃
- b. 温度感知分解能：最小検知寸法、約 300mm \square (at 観測距離 60m)
- c. 観測可能距離：最大 140m、
- d. 観測範囲：97.9m \times 73.4m (水平 \times 垂直監視範囲 at 観測距離 60m)
- e. 使用環境 温度：-20～50℃
湿度：45～85%RH以下

(2) 制御装置

- a. 温度表示範囲：0～500℃
- b. 表示サンプリング周期：5 秒ごと
- c. 温度警報設定範囲：プレ警報と警報の温度値は自由にセット可能
- d. 使用環境温度：10～35℃
- e. 自己診断機能：カメラを含め毎分周期でシステム異常をモニタ
- f. 蓄電池容量：1 時間以上の監視が可能

< 感知設備の構成概要図 >

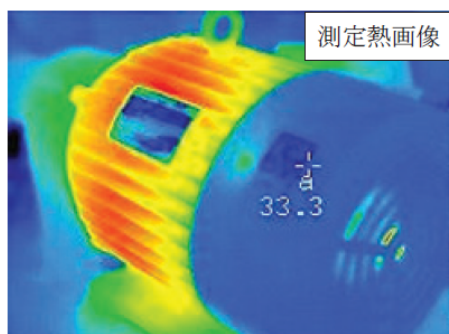


1-4-2 測定の原理

赤外線は、温度を持つ全ての物質から自然に放射されている。物体の温度が高温になると、放射される赤外線の放射量も大きくなり、その放射量は、物体の温度の4乗に比例して大きくなる。

熱サーモカメラは物体から放射される赤外線から物体の温度を測定し、**炎感知器は炎から放射される赤外線エネルギー（CO₂共鳴放射）を監視**できる装置で、物体に触れずには離れたところからの測定が可能である。**なお、熱サーモカメラは、1点の温度値ではなく、面として広範囲の温度分布を映像化することができるので、効率的かつ確実に異常温度箇所を検出することができる。**また、応答速度が速くリアルタイムでの計測が可能である。

<機器点検において熱サーモカメラを用いた例>



電動機(例)



送電鉄塔(例)

1-4-3 性能評価

熱サーモカメラ**及びアナログ式でない防水型の炎感知器**は、審査基準で定められている火災感知器として使用することから、**熱サーモカメラについては、**平常時の温度状況を監視し、かつ急激な温度の上昇を把握することができる熱アナログ式スポット型感知器の感知性能を持っていることを、火災感知器に係る総務省令*で定める技術上の試験に準じて、以下の性能試験等により確認を実施する。また、**熱サーモカメラ及びアナログ式でない防水型の炎感知器の監視距離**について、熱感知器には基準がないことから、総務省令*に監視距離の定めのある炎感知器の感知性能と比較評価する。

*「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、最終改定 平成 26 年 3 月 31 日総務省第 26 号)

(1) 評価項目

- a. **熱サーモカメラと熱アナログ式スポット型感知器の感知性能（総務省令 15 条の 3）の比較評価試験**

(a) 試験条件

温度 5°C~35°C、相対湿度 45%~85% (総務省令 7 条)

(b) 試験温度

公称感知器温度範囲の下限値から上限値に達するまでその温度が 2°C/min 以下の一定の割合で直線的に上昇する水平気流を加えたとき、そのときの気流の温度に対応した火災情報信号を発信するものでなければならない。

- ・公称感知温度範囲: 上限: 60°C ~ 165°C
- 下限: 10°C ~ (下限値-10) °C

b. 熱サーモカメラ及びアナログ式でない防水型の炎感知器と炎感知器の感知性能 (総務省 17 条の 8) の比較評価試験

(a) 試験条件

温度 5°C~35°C、相対湿度 45%~85% (総務省令 7 条)

(b) 試験内容

炎感知器の公称監視距離は、視野角五度ごとに定めるものとし、二十メートル未満の場合にあっては一メートル刻み、二十メートル以上の場合にあっては五メートル刻みとする。また、屋内型においては、公称監視距離の 1.2 倍離れた箇所において 33 センチメートルの正方形燃焼皿でノルマルヘプタンを燃焼させたとき、三十秒以内で火災信号を発信するものでなければならない。屋外型又は道路型においては、公称監視距離の 1.4 倍離れた箇所において 70 センチメートルの正方形燃焼皿でノルマルヘプタンを燃焼させたとき、三十秒以内で火災信号を発信するものでなければならない。

(2) 評価結果

a. 熱サーモカメラと熱アナログ式スポット型感知器の感知性能の比較評価結果

(a) 試験条件

熱サーモカメラの設置環境条件は以下のとおりであり、総務省令 7 条の試験条件を満足していることを確認した。

- ・温度 : -10~50°C (5~35°C)
 - ・湿度 : 45~85% RH 以下 (45~85%)
- () は、試験条件

(b) 温度試験

熱サーモカメラ設備の温度測定仕様は以下のとおりであり、試験温度の測定が可能であることを確認した。

- ・温度測定範囲: 0~500°C (最大: 0~165°C)
- ・サンプリング周期: 5 秒ごと (2°C/分)

- ・プレ警報 : 予めセットした温度上昇率 (°C/min) を超えると発報
 - ・警報 : 最高温度が予めセットした温度を超えた場合に発報
- () は、試験条件

b. 熱サーモカメラ及びアナログ式でない防水型の炎感知器と炎感知器の感知性能の比較評価結果

(a) 試験条件

a. (a)と同様、総務省令 7 条の試験条件を満足していることを確認した。

- ・温度 : -10~50°C (5~35°C)
- ・湿度 : 45~85% RH以下 (45~85%)

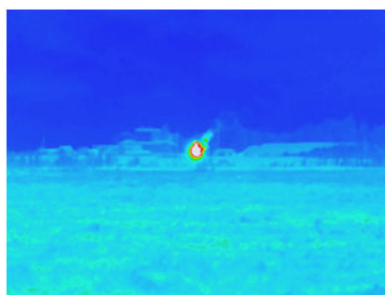
() は、試験条件

(b) 試験内容

認定品ではないことから公称監視距離がないので、以下のとおり観測距離と正方形燃焼皿の大きさでの試験を実施した。

<屋外型又は道路型>

監視距離 140m に対して、70cm の正方形燃焼皿における燃焼試験において、22 秒以内で火災を検知できることを確認した。



監視画像(例)



可視画像(例)

<屋内型>

監視距離 60m に対して、33cm の正方形燃焼皿における燃焼試験において、10 秒以内で火災を検知できることを確認した。

以上のことから、熱サーモカメラ及びアナログ式でない防水型の炎感知器は、消防検定品である熱感知器や炎感知器と同等以上の性能であることが確認できた。

以上