

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

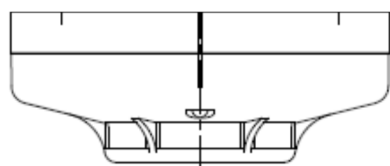
火災感知器のうち、基本的な組み合わせとなるアナログ式の煙感知器、アナログ式の熱感知器及びアナログ式でない炎感知器に加え、アナログ式でない熱感知器の動作原理及び仕様等について説明する。

1-1-1 アナログ式の煙感知器

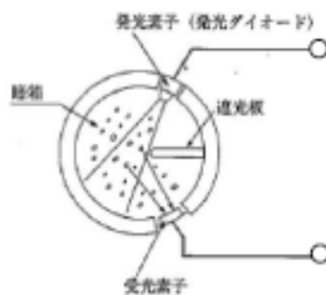
(1) アナログ式の煙感知器の概要

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) 換気ダクト内設置における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、換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。(換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、開口部や換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、また開口部から換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換気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」の論文により、エリア上部の換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)における図6の区画2,3の実験結果では、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、送風機により煙が外部に排気されていることが分かる。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、FDTS(火災力学ツール)により仮置き可燃物1個(HRR:105.6kW)の燃焼条件で発生する煙の量を計算した結果、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は約69m³/minと算出され、換気ダクト内の風量約 \square m³/minを十分に上回る結果となった。(別紙1参照)

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、 \square 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、換気ダクト内への感知器設置を模擬したモデルにより実証試験を実施した。(別紙2参照)

その結果、風速0~0m/secにおいてダクト内での煙の感知は可能であること及び誤作動しないこと(別紙2参照。)実証試験より、換気ダクト内での風速条件下における感知性能に係る実証試験を実施中であるものではなく、感知性能を阻害することのないことを確認できた。

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。

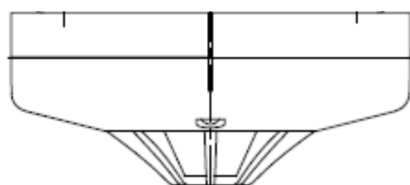
以上より、換気ダクト内に設置した煙感知器による火災の感知は十分に可能であり、誤作動の問題もないといえる。なお、換気ダクト内の風速は、「京都市消防局 消防用設備等の運用基準 基準 24 自動火災報知設備の設置及び維持に関する基準 第 3、3 項 (8)」に記載される誤作動の基準となる風速 5m/sec を下回っており、防災メーカーが示す取扱説明書においても誤作動の基準として「風速 5m/sec」の記載があることを確認している。また、防災メーカーとのヒアリングにおいてもダクト内に設置する感知器により火災感知は可能と考えるとの見解をもらっている。

1-1-2 アナログ式の熱感知器

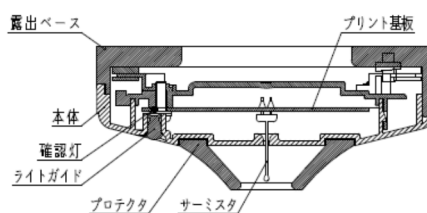
(1) アナログ式の熱感知器の概要

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) 換気ダクト内設置における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、換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。（換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）

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。

当該エリアでの火災を想定した場合、開口部や換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、また開口部から換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。

火災発生時におけるエリア内と換気ダクト内の温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」の論文により、エリア上部の換気ダクトからの外向き送風による排熱効果を確認した。消防技術安全所報 48 号(平成 23 年)における図 7 の実験結果では、実験開始（火災発生）から 3 分後のエリア内温度が「(a) 上部の外向き送風」のケースにおいて「(b) 送風なし」より低下していることから、送風機により熱が外部へ排気されていることが分かる。このことから、実機においてもエリア内に蓄積した熱が前項で記載した煙と同じようにダクト内に流入し、熱風として持続すると評価できる。

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℃、5 分後に約 87℃、10 分後に約 93℃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 1 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風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、換気ダクト内への感知器設置を模擬したモデルによる実証試験を実施した（別紙 2 参照）

その結果、風速 0～0m/sec においてダクト内での熱の感知は可能であること及び誤作動しない（風速条件下における感知性能に係る実証試験を実施中を参照。）実証試験より、風速による感知性能への影響を与えないものではなく、感知性能を阻害することはないことが確認できた。

以上より、換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。なお、誤作動の観点では、京都市消防局の条例やメーカーが示す取扱説明書より、熱感知器への換気ダクト内の空気の流れによる影響はないことを確認している。また、防災メーカーとのヒアリングにおいてもダクト内に設置する感知器により火災感知は可能と考えるとの見解をもらっている。

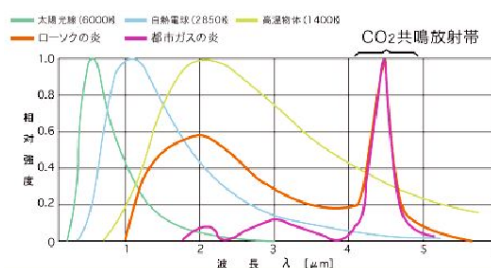
1-1-3 アナログ式でない炎感知器

(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

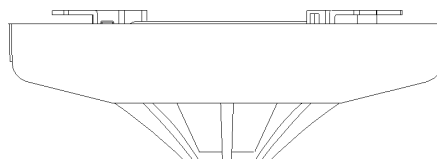
アナログ式でない炎感知器は、消防法で定められた検定品であり、消防法（火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和 56 年 6 月 20 日 自治省令第 17 号）第 17 条の 8（炎感知器の公称監視距離の区分、感度及び視野角）に定められる感知性能を有している。

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、爆発が生じても、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

FDT s (火災力学ツール) による計算結果

1. 煙の発生量

仮置き可燃物 1 個 (HRR:105.6kW) の燃焼条件で発生する煙の量を計算した結果、ダクト内風速が最大の B 使用済樹脂貯蔵タンク室で約 69m³/min と算出された。これは、当該エリアの換気ダクト内の風量約 m³/min を十分に上回るものであった。

ここで、煙の量及び換気ダクト内風速の計算結果を示す。

(1) 煙の発生量

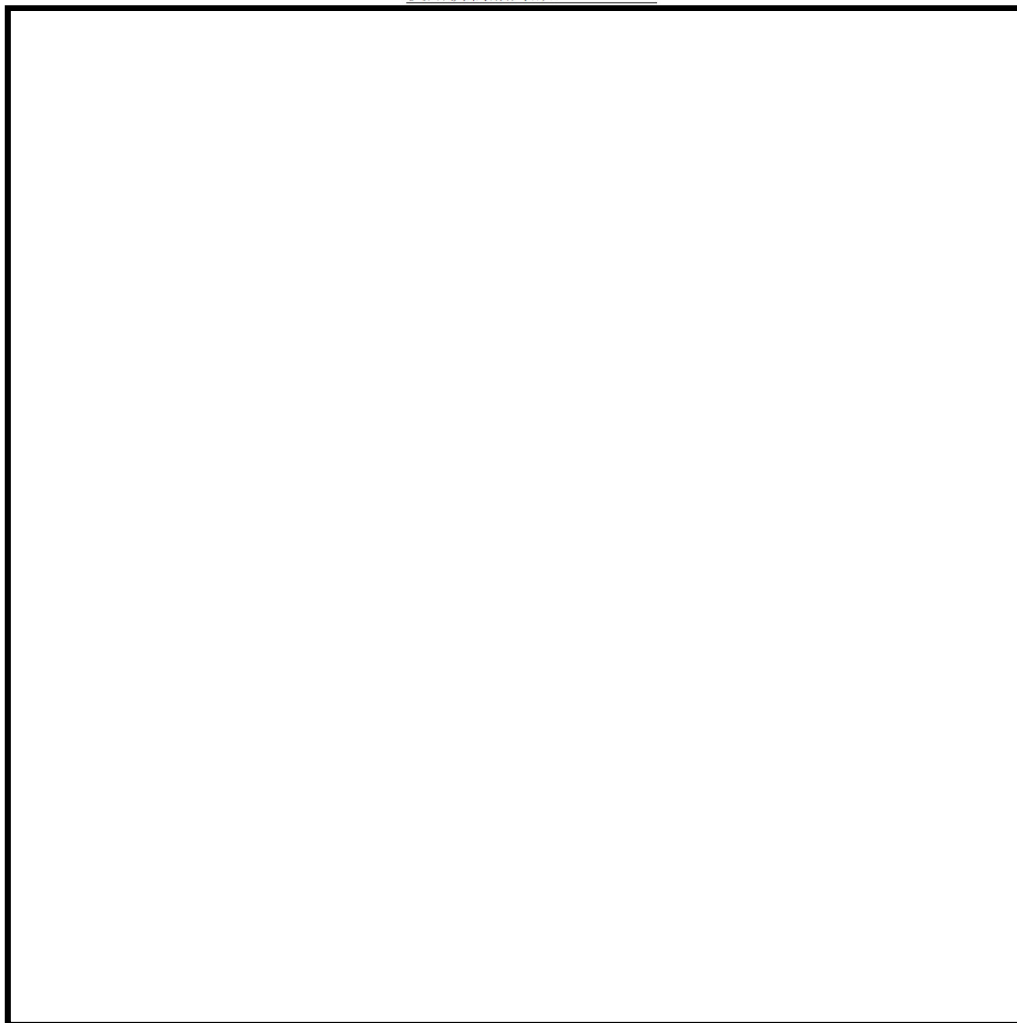
煙層の厚み (1 分間) (m - m : m) × 床面積 m² = 約 69 m³/min

(2) 換気ダクト内の風量

風速 m/sec × ダクト断面積 (φ mm ⇒ m²) = m³/sec = 約 m³/min

以下に FDT s による計算結果を示す。

使用済樹脂貯蔵タンク室 B



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 B (0【min】～60【min】)

～煙層高さ【m】～

“02.1-temperature-nv-supl-si” (自然換気) を使用

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		
1	0.84	0.090		
2	0.82	0.093		
3	0.80	0.095		
4	0.79	0.096		
5	0.78	0.097		
10	0.75	0.101		
15	0.73	0.103		
20	0.72	0.105		
25	0.71	0.107		
30	0.70	0.108		
35	0.70	0.109		
40	0.69	0.110		
45	0.69	0.111		
50	0.68	0.111		
55	0.68	0.112		
60	0.67	0.113		

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. 温度

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 FDT s による計算結果を示す。



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

換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) [※]	0, 1, 2, 3, 4, 5
2	作動試験	15(公称作動濃度×1.5) [※]	0, 1, 2, 3, 4, 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。

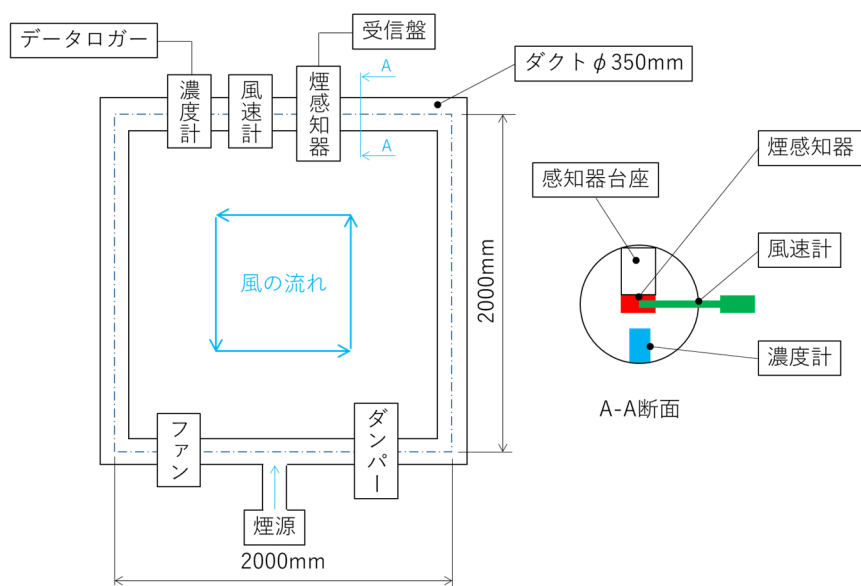
作動試験：1m 当たりの減光率（公称作動濃度×1.5）%の濃度の煙を含む風速 20 cm～40 cm/sec の気流に投入したとき、30 秒以内に作動すること。

【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、0～5m/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、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ダンパーにより風量を調整する。
- 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 (0~5m/sec) させて手順②③を繰り返す。

(3) 試験結果

実証試験を実施中

2. 熱感知器の実証試験

(1) 目的

換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℃) [※]	0, 1, 2, 3, 4, 5
2	作動試験	81(公称作動温度×1.25) [※]	0, 1, 2, 3, 4, 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。

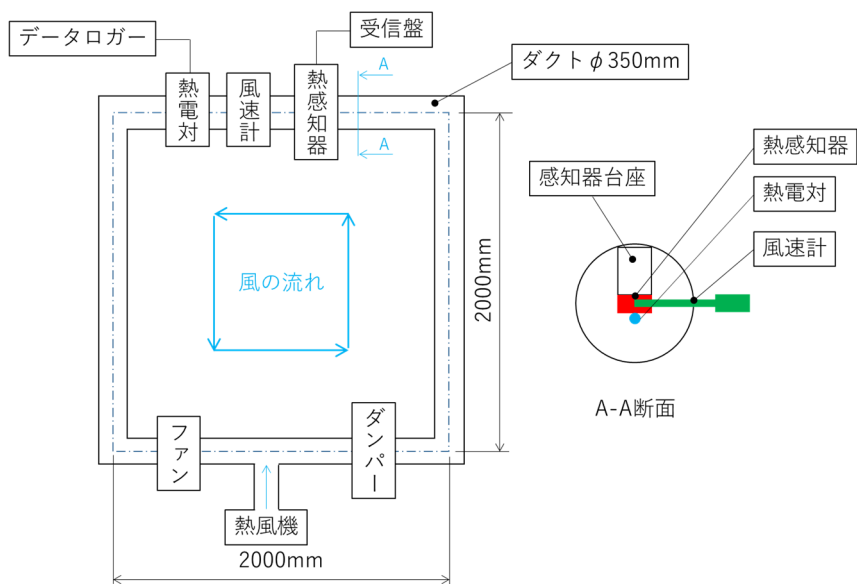
作動試験：公称作動温度の 125%の温度の風速 1m/sec の垂直気流に投入したとき、99 秒以内に作動すること。(感知器一種、室温 20℃の場合)

【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、0～5m/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ダンパーにより風量を調整する。
- ②熱風器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 (0~5m/sec) させて手順②③を繰り返す。

(3) 試験結果

実証試験を実施中