

本資料のうち枠囲みの内容は、
当社の機密事項に属するため、又
は他社の機密事項を含む可能性
があるため公開できません。

柏崎刈羽原子力発電所第6号機 設計及び工事計画審査資料

資料番号

KK6-010 改0

提出年月日

2023年12月22日

【参考資料】 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可申請に係る論点整理について

TEPCO

2020年6月9日 提出版
東京電力ホールディングス株式会社

【説明内容】

- ▶ 下記の工事計画認可申請に係る論点及び第854回審査会合における指摘事項に対する回答について説明する。

火災感知器の配置についてのみ抜粋

■ 機械設計に関する論点整理（1件）

分類	No.	説明項目（論点）	関連する 主な説明事項
機械設計	1	火災感知器の配置について	[2]－3

■ 耐震評価・強度評価に関する論点整理・指摘事項への回答（2件）

分類	No.	説明項目（論点/指摘事項への回答）	関連する 主な説明事項
強度	2	海水貯留堰等の設計において考慮する津波による荷重について	[3]－1
耐震	3	地震荷重と風荷重の組み合わせについて（指摘事項への回答）	－

【論点1】
火災感知器の配置について

1. 柏崎刈羽原子力発電所7号機の火災感知器の配置方針
2. 火災防護審査基準の改正について
3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認
 - (1) 火災の影響を受けるおそれ考えにくい火災区画の火災感知器の配置方針
 - (2) 常用系機器のみを設置する火災区画からの火災影響評価
 - (3) 煙・熱の流出入による誤検知に関する影響評価
 - (4) まとめ
4. 事業者の自主的な安全性向上対策
 - (1) 常用系機器のみを設置する火災区画からの火災影響評価
 - (2) 想定以上の大規模火災に対する対策方針

1. 柏崎刈羽原子力発電所7号機の火災感知器の配置方針

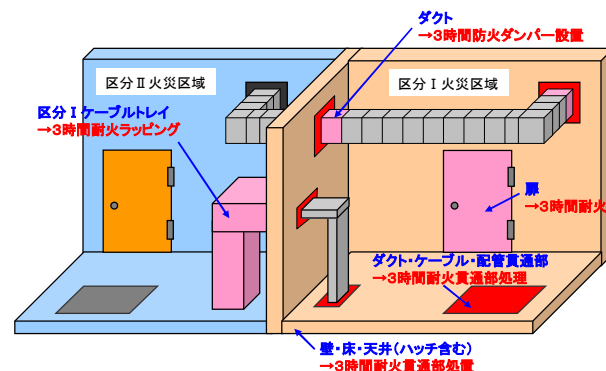
- 各建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために建屋外壁を「火災区域」と設定。
- いかなる火災に対しても「原子炉の高温停止・低温停止」が達成できるように、安全系区分ⅠとⅡの間を火災区域の境界（3時間耐火）として「区分Ⅰ火災区域」と「区分Ⅱ火災区域（区分Ⅰ以外の火災区域）」を設定して個々の特徴に応じて感知・消火方針を設定。
- 各部屋単位を「火災区画」として、火災防護対象となる安全系区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの機器等が存在する火災区画に異なる2種類の火災感知器を設置。

安全系区分	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	高圧炉心注水系 (B) [HPCF (B)]	高圧炉心注水系 (C) [HPCF (C)]
低温停止	自動減圧系 (A) [SRV (ADS (A))]	自動減圧系 (B) [SRV (ADS (B))]	—
	残留熱除去系 [RHR (A)]	残留熱除去系 (B) [RHR (B)]	残留熱除去系 (C) [RHR (C)]
動力電源	原子炉補機冷却水系 (A) [RCW (A)]	原子炉補機冷却水系 (B) [RCW (B)]	原子炉補機冷却水系 (C) [RCW (C)]
	原子炉補機冷却海水系 (A) [RSW (A)]	原子炉補機冷却海水系 (B) [RSW (B)]	原子炉補機冷却海水系 (C) [RSW (C)]
	非常用ディーゼル発電機 (A) [DG (A)]	非常用ディーゼル発電機 (B) [DG (B)]	非常用ディーゼル発電機 (C) [DG (C)]
	非常用交流電源 (C) 系	非常用交流電源 (D) 系	非常用交流電源 (E) 系
	非常用直流電源 (A) 系	非常用直流電源 (B) 系	非常用直流電源 (C) 系

※ 区分Ⅲ機器のうち、DG (C) の監視制御盤、RCW (C) のサージタンク水位計等、一部の機器は区分Ⅰ側の火災区域に設置

区分Ⅰ・Ⅱの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

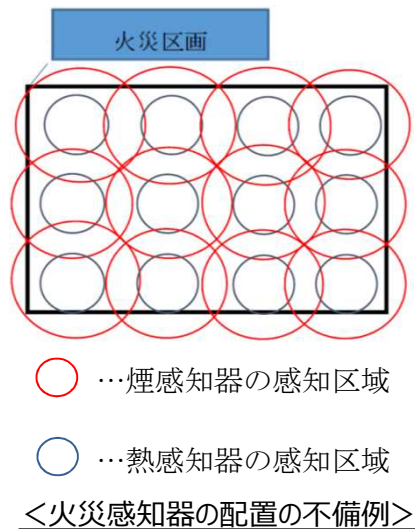
単一火災によっても区分Ⅰ・Ⅱが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止を達成



枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

2. 火災防護審査基準の改正について

- 平成31年2月13日に火災防護審査基準が改正され、異なる2種類の火災感知器の配置について、消防法に従うこと等が追加要求となった。
⇒柏崎刈羽原子力発電所7号機における異なる2種類の火災感知器の配置については、当初より、消防法に準拠することとしており、改正後の火災防護審査基準にも適合する。
- 一方、火災防護審査基準は、各火災区域に対して異なる2種類の火災感知器の配置を要求しているが、柏崎刈羽原子力発電所7号機では、火災区域内に火災防護対象とならない常用系機器のみを設置する火災区画が存在しており、当該区画には異なる2種類の火災感知器を設置しない方針としている。設置許可申請時の柏崎刈羽原子力発電所7号機における火災感知器の配置方針は、安全系機器にフォーカスした説明になっており、その他の常用系機器のみを設置する火災区画に対する扱いが明確になっていなかった。
⇒常用系機器のみを設置する火災区画に対する火災感知器の配置方針の妥当性を再確認した。
- また、火災防護審査基準は、異なる2種類の火災感知器の設置に際しては、「空気流」を考慮することを要求しているが、安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画と、常用系機器のみを設置する火災区画の間には貫通孔があり、貫通孔による「空気流」への影響も考慮して火災の感知性を評価する必要がある。
⇒貫通孔による「空気流」への影響を考慮して火災感知器配置の設計方針の妥当性を再確認した。



改正後の火災防護審査基準（抜粋）	改正前の火災防護審査基準（抜粋）
<p>2.2 火災の感知・消火</p> <p>2.2.1 (1) 火災感知設備</p> <p>① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できるよう固有の信号を発する異なる感知方式の感知器等（感知器及びこれと同等の機能を有する機器をいう。以下同じ。）をそれぞれ設置すること。また、その設置に当たっては、感知器等の誤作動を防止するための方策を講ずること。</p> <p>② 感知器については消防法施行規則（昭和36年自治省令第6号）第23条第4項に従い、感知器と同等の機能を有する機器については同項において求める火災区域内の感知器の網羅性及び火災報知設備の感知器及び発信機に係る技術上の規格を定める省令（昭和56年自治省令第17号）第12条から第18条までに定める感知性能と同等以上の方法により設置すること。</p>	<p>2.2 火災の感知、消火</p> <p>2.2.1 (1) 火災感知設備</p> <p>① 各火災区域における放射線、取付面高さ、温度、湿度、空気流等の環境条件や予想される火災の性質を考慮して型式を選定し、早期に火災を感知できる場所に設置すること。</p> <p>② 火災を早期に感知できるよう固有の信号を発する異なる種類の感知器又は同等の機能を有する機器を組合せて設置すること。また、その設置にあたっては、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>

3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認（1 / 6） **TEPCO**

(1) 火災の影響を受けるおそれが考えにくい火災区画の火災感知器の配置方針

- 以下に記載する火災区画は、当該区画での火災発生が想定されない、もしくは、火災が発生しても安全機能に影響がないことから、異なる2種類の火災感知器を設置しない、または消防法に基づく火災感知器を設置する設計としている（h～o）。

設置変更許可申請書 添付資料八（抜粋）

以下に示す火災区域又は火災区画は、火災の影響を受けるおそれが考えにくいことから、火災感知器を設置しない、若しくは消防法又は建築基準法に基づく火災感知器を設置する設計とする。（以下、詳細内容は省略）

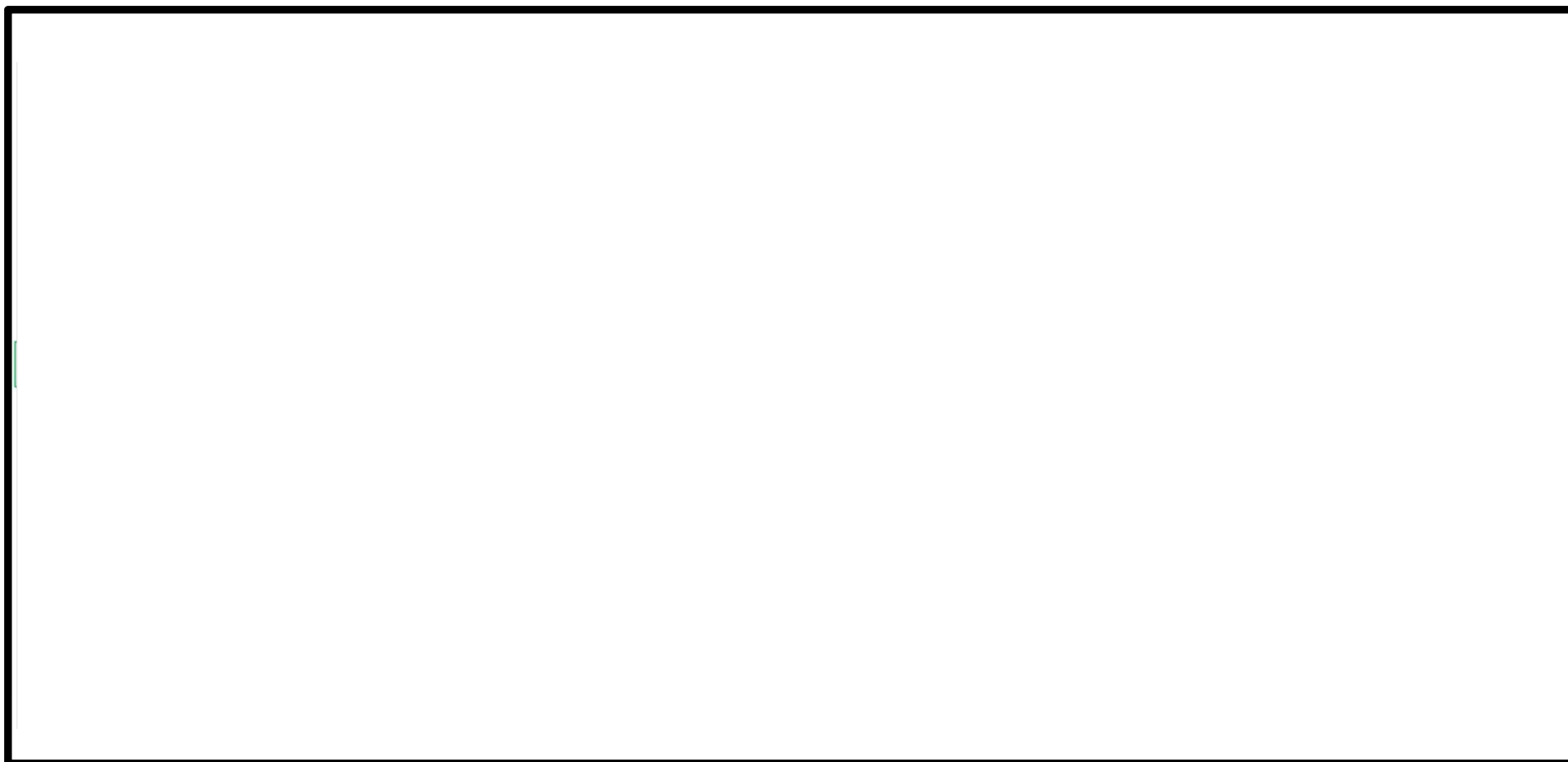
- h. 格納容器機器搬出入用ハッチ室 i. 給気処理装置室、冷却器コイル室及び排気ルーバ室 j. 排気管室 k. フィルタ室
- l. 使用済燃料プール、復水貯蔵槽、使用済樹脂槽
- m. 不燃性材料であるコンクリート又は金属により構成された火災防護対象機器のみを設けた火災区域又は火災区画
- n. フェイルセーフ設計の火災防護対象機器のみが設置された火災区域又は火災区画
- o. 気体廃棄物処理設備エリア排気モニタ検出器設置区画

- 「火災の影響を受けるおそれが考えにくい火災区画」とは、以下①②のいずれかの特徴を有するものである。
 - ①当該火災区画で火災が発生するおそれがない。
 - ②当該火災区画で火災が発生しても、安全系機器に火災影響を及ぼすことがない。
- 常用系機器のみを設置する火災区画は、当該火災区画に安全系機器が存在せず、火災によって安全機能に影響することがないこと、また、隣接の火災区画に安全系機器が存在する場合についても、3時間耐火壁もしくは障壁によって火災影響が及ばない設計としていることから、上記②に該当し、異なる2種類の火災感知器は設置せず、消防法に基づく火災感知器を設置する火災区画として整理できる（p）。

⇒上記の火災感知器の配置方針を、具体的に建屋内の各火災区画に展開すると、次ページに示す整理となる。

3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認 (2 / 6) **TEPCO**

- 常用系機器
- 防護対象機器
- 異なる2種の感知器の設置区画
- p. その他(常用)機器の区画
- n. フェイルセーフ機器の区画
- m. 不燃材で構成された機器の区画

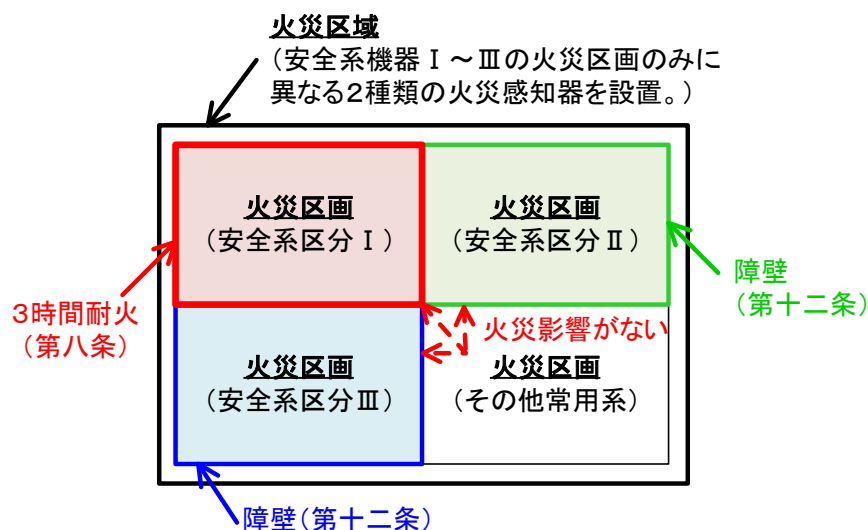


枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

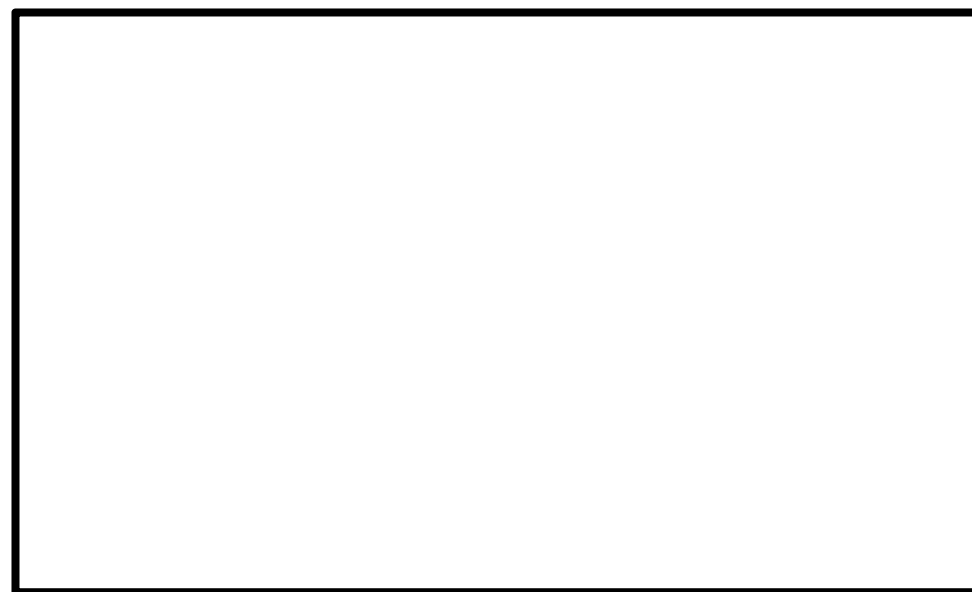
3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認 (3 / 6) **TEPCO**

(2) 常用系機器のみを設置する火災区画からの火災影響評価

- 柏崎刈羽原子力発電所7号機では下図の設計概念により、安全系区分Ⅰ・Ⅱ・Ⅲの機器がその他常用系機器の火災影響を受けないように設計している。
- 安全系区分Ⅰの機器は、火災防護審査基準の要求に基づく3時間耐火壁で他区分と分離する。(配管等の貫通孔に隙間なし)
- 安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器は、火災影響を受けないための障壁として、常用系機器のみを設置する火災区画との境界を3時間耐火相当の厚み(123mm以上)を有する耐火壁(コンクリート壁)で分離する。(一部、配管等の貫通孔に隙間あり)



<柏崎刈羽原子力発電所7号機の設計概念>



枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

<耐火障壁(コンクリート壁)による分離設計の例>

3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認（4 / 6） **TEPCO**

- 常用系機器のみを設置する火災区画には可燃物が存在しているが、安全系機器と同様に以下に示す火災の発生防止対策を行っていることから、大規模な火災が発生する可能性は非常に小さい。

<火災の発生防止対策の例（安全系機器および常用系機器に共通）>

- ・発火性又は引火性物質に対する漏えい・拡大防止のための堰の設置
- ・水素内包設備への溶接構造，シール構造の採用
- ・発火源となるおそれのある設備を金属製の筐体内へ収納
- ・不燃性，難燃性材料の使用
- ・難燃ケーブルの使用

⇒「不燃性，難燃性材料の使用」，「難燃ケーブルの使用」，「金属製筐体内への収納」の例



ポンプ，配管，支持構造物の例



ケーブルトレイ，電線管の例



電源盤の例

3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認 (5 / 6) **TEPCO**

(3) 煙・熱の流出入による誤検知に関する影響評価

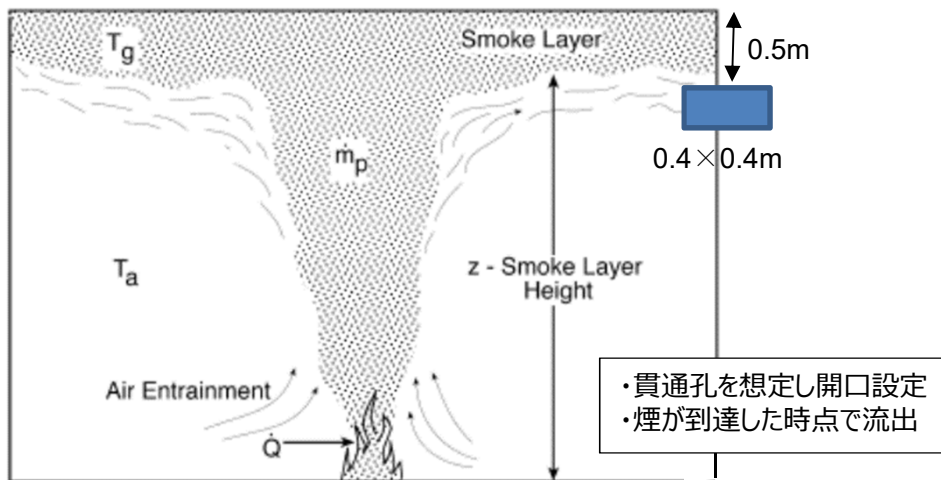
- 安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画と、常用系機器のみを設置する火災区画の境界には、一部、配管等の貫通孔については隙間が生じている箇所もあり、**貫通孔付近に「空気流」が生じる可能性**がある。
- 「空気流」を考慮した設計としては、消防法施行規則に則り、火災感知器を給・排気口から適切な離隔距離を取って設置する対応を図っている。しかし、**貫通孔付近の「空気流」を想定すると、以下のような懸念があったため、火災解析を用いた評価を実施し、その結果、問題無いことを確認した。**

<懸念>

安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画で火災が発生した際、貫通孔の隙間を通じて煙・熱が流出することにより、隣接する常用系機器のみを設置した火災区画の火災感知器が動作する可能性がある。このとき、**安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画に設置した異なる2種類の火災感知器よりも、隣接する常用系機器のみを設置した火災区画の火災感知器が早く動作する（誤検知する）と、火災発生箇所の特定に混乱が生じ、初期消火活動が遅れる可能性がある。**

<評価>

米国NRCの火災解析ツール（FDTs）を用いて簡易評価を実施。その結果、火災発生区画の天井部に速やかに煙が溜まる様子が確認されている。その後、貫通孔から隣接区画へ煙が流出することを踏まえると、**隣接区画の火災感知器が、火災発生区画の火災感知器より先に動作することは考えにくい。したがって、仮に安全系機器を設置する火災区画で火災が発生、貫通孔から煙が流出したとしても、火災発生箇所の特定に混乱を生じることはなく、初期消火活動が遅れることはない。**



Time (min)	ρ_c (kg/m^3)	Constant (k) (KW/m-K)	Smoke Layer Height z (m)	Smoke Layer Height z (ft)	
0	1.18	0.064	8.00	26.25	
1	0.75	0.101	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
2	0.72	0.105	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
3	0.70	0.108	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
4	0.69	0.110	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
5	0.68	0.112	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
10	0.64	0.118	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
15	0.62	0.122	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
20	0.61	0.125	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
25	0.60	0.127	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
30	0.59	0.129	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
35	0.58	0.130	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
40	0.58	0.132	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
45	0.57	0.133	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
50	0.56	0.135	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
55	0.56	0.136	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
60	0.56	0.137	7.50	24.61	CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT

3. 火災防護審査基準の改正を踏まえた配置方針の妥当性確認（6 / 6）

（4）まとめ

前記（1）～（3）の評価を踏まえると、火災感知器の配置方針、および「空気流」を考慮した設計方針は、改正された火災防護審査基準に適合している。

<火災感知器の設置方針>

- 常用系機器のみを設置する火災区画については、当該火災区画に安全系機器が存在せず、火災によって安全機能に影響することがない。また、火災の発生防止対策がとられていると共に、常用系機器のみを設置する火災区画と、安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器が設置されている火災区画との境界は3時間耐火相当の厚み（123mm以上）を有する耐火壁（コンクリート壁）で分離されており、隣接火災区画へ火災の影響がないように対策がとられている。

⇒常用系機器のみを設置する火災区画の火災が安全機能に影響することはない、当該区画について異なる2種類の火災感知器を設置しない又は消防法に基づく火災感知器を設置する設計としても火災防護審査基準に適合する。

<「空気流」を考慮した設計方針>

- 消防法施行規則に則り、火災感知器を給・排気口から適切な離隔距離を取って設置している。
- 安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画から、常用系機器のみを設置する火災区画への煙、熱の流出を考慮しても、安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画の火災感知器より、隣接区画の火災感知器が先に動作する可能性は非常に小さく、当該区画の火災感知性に問題はない。

⇒火災防護審査基準における「空気流」を考慮した設計要求を満足する。

4. 事業者の自主的な安全性向上対策

(1) 常用系機器のみを設置する火災区画からの火災影響評価

- 現設計方針においても、前記のとおり、常用系機器のみを設置する火災区画で火災が発生しても、安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画へ影響が生じることはなく、必要な安全機能は維持される。

(2) 想定以上の大規模火災に対する対策方針

- 現設計方針においても十分な火災防護対策が図られているが、火災発生防止の対策を施したうえでなお、可燃物全てが燃焼し、大規模な火災に発展する場合までも想定し、自主的な安全性向上対策を行う。
- 具体的には、火災防護対象となる安全系区分Ⅱ・Ⅲの機器を設置する火災区画に対し、常用系機器のみを設置する隣接区画の可燃物量を踏まえ、その等価火災時間が0.1時間（※）を超える場合には、貫通孔の耐火処理（防火区画相当）を実施する。
- 自主的な安全性向上対策については、工事物量を精査し、計画的に実施する。

（※）区画内に内包する全ての可燃物が燃焼したとしても、大規模な火災に発展するおそれはないと考えられる可燃物量として、等価火災時間0.1時間をひとつの目安とした。



枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

以下，参考資料

消防法に従った火災感知器の配置設計例

- 火災区画C-B2F-097号機C/B計測制御電源区域 (A) 送風機室の基本情報

- 床面積 111m²
- 天井高さ 5150mm

- 煙感知器の設置条件：消防法施行規則第23条第4項3口の規定により、煙感知器は天井より0.6m以上突出している場合は個別の区画とし、それぞれの床面積から煙感知器の必要個数を求める。

火災区画C-B2F-09は梁の高さが0.6m以上の梁により床面積を4つに区画。
 9 m², 38 m²(21 m²+17 m²), 34 m²(17 m²+17 m²), 30 m²(16 m²+14 m²)

消防法施行規則第23条第4項7木の規定により、天井高さから、それぞれの床面積に必要な煙感知器の設置個数を算出（天井高さ4m以上～20m以下の場合・・・床面積75 m²ごとに煙感知器を1個設置）。

9 m²・・・1個, 38 m²・・・1個, 34 m²・・・1個, 30 m²・・・1個

火災区画C-B2F-09に必要な煙感知器はそれぞれの区画に1個ずつ設置し、合計4個の煙感知器を設置する。

- 熱感知器の設置条件

消防法施行規則第23条第4項3口の規定により、熱感知器は天井より0.4m以上突出している場合は個別の区画とし、それぞれの床面積から熱感知器の必要個数を求める。

火災区画C-B2F-09は梁の高さが0.4m以上の梁により床面積を7つ区画。

9m², 21m², 17m², 17m², 17m², 16m², 14m²

消防法施行規則第23条第4項3口の規定により、天井高さから、それぞれの床面積に必要な熱感知器の設置個数を算出（天井高さ4m以上～8m以下の場合・・・床面積35m²ごとに熱感知器（特殊）を1個設置）。

9 m²・・・1個, 21 m²・・・1個, 17 m²・・・1個, 17 m²・・・1個, 17 m²・・・1個, 16 m²・・・1個, 14 m²・・・1個

火災区画C-B2F-09に必要な熱感知器はそれぞれの区画に1個ずつ設置し、合計7個の熱感知器を設置する。

