

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

第3-2-5表 煙感知器の設置に係る比較検討結果

凡例 ○：成立性に問題なし、×：成立性に問題あり

設置場所及び最大設置高さ		案1	案2	案3-1	案3-2	案3-3	案3-4
		感知区画12のポーラクレーン昇降タラップ踊り場付近に煙感知器（スポット型）を設置	ポーラクレーン付近で人が寄り付き、感知器の設置及び保守点検が可能なCV壁面に煙感知器（スポット型）を設置	CVトップドーム部に煙感知器（スポット型）を設置	CVトップドーム部の火災を必要な期間、感知できるように煙感知器（スポット型）を仮設	CVトップドーム部に空気吸引式の煙感知器を設置	CVトップドーム部に光電分離式の煙感知器を設置
検討項目		程度	程度	程度	程度	程度	程度
設置の成立性		○	○	○	○	○	○
保守点検の成立性	定期点検※1	○ 直接目視点検可 遠隔試験可	○ 直接目視点検可 遠隔試験可	○ 双眼鏡で点検可 遠隔試験可	○ 外観点検・作動 試験後に仮設	○ 双眼鏡で点検可 現地試験可	○ 双眼鏡で点検可 遠隔試験可
	定期取替※2	○	○	○	○	○	○
偶発的な故障の対応		○	○	○	○	○	○
耐震性の確保		○	○	○	×	○	○
評価		懸念事項なし	労働安全確保の観点から、保守点検作業時に足場設置が必要であり、1週間程度要する	保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（30日以上）要する	地震時の波及的影響の懸念あり	保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（30日以上）要する	保守点検作業時に足場設置が必要であり、長期間（30日以上）要する
総合評価		いずれの案でも感知性及び原子炉格納容器バウンダリの健全性に問題がないことから、最も懸念の少ない案1が最適と判断する。					

※1：消防法に基づき、定期的な点検（外観点検、作動試験）が必要である。

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

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

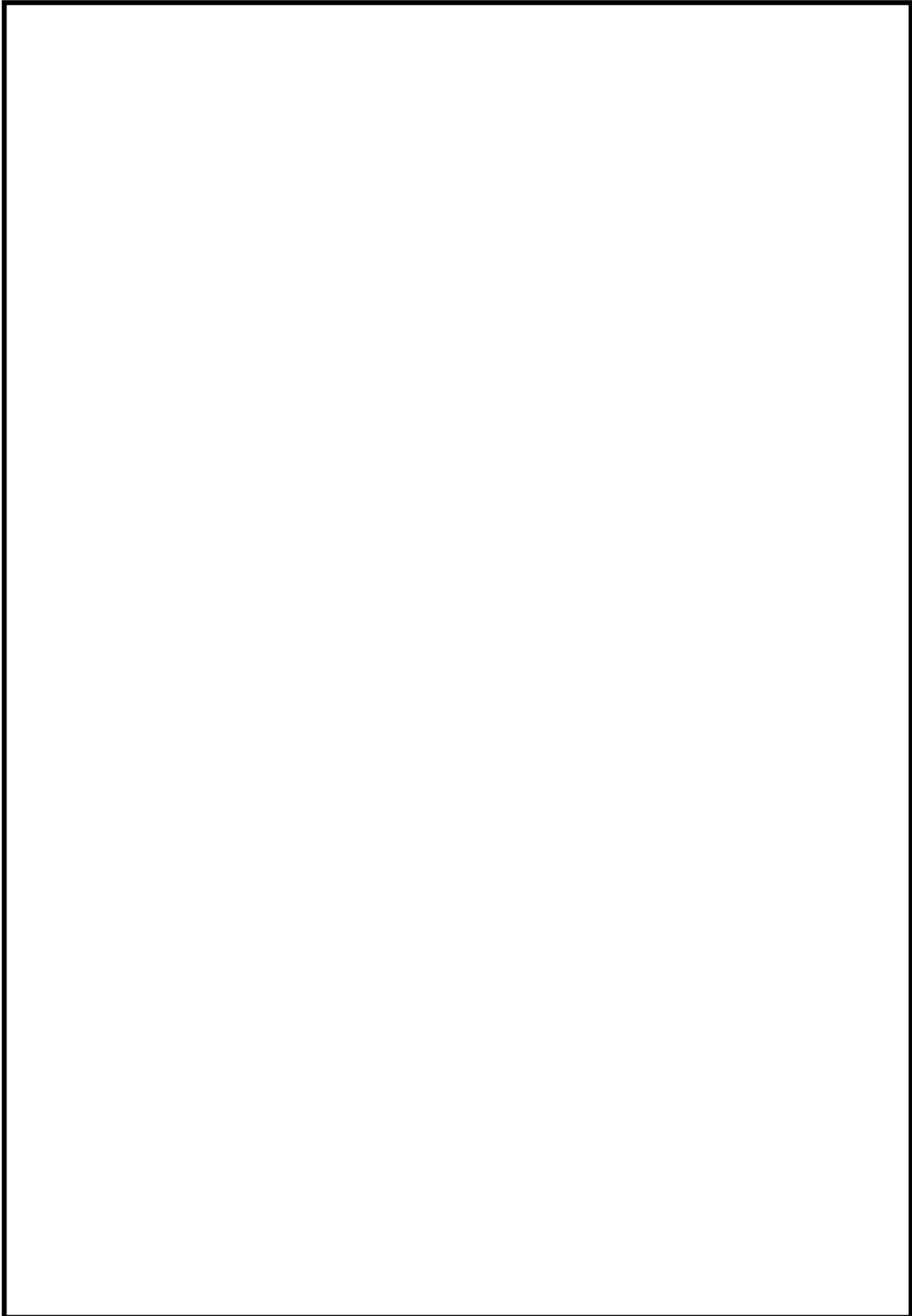
日本火災報知機工業会は10年毎の感知器取替を推奨しているが、原子炉格納容器内オペレーティングフロア上部は一般的な環境に比べ10℃以上温度が高いことから、アレニウスの10℃半減則（温度が10℃上がると寿命が半分になるという経験則）を適

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。

用し、感知器の熱劣化の影響についても考慮した場合、取替頻度は10年の半分以下となる3～5年程度が妥当と考えている。

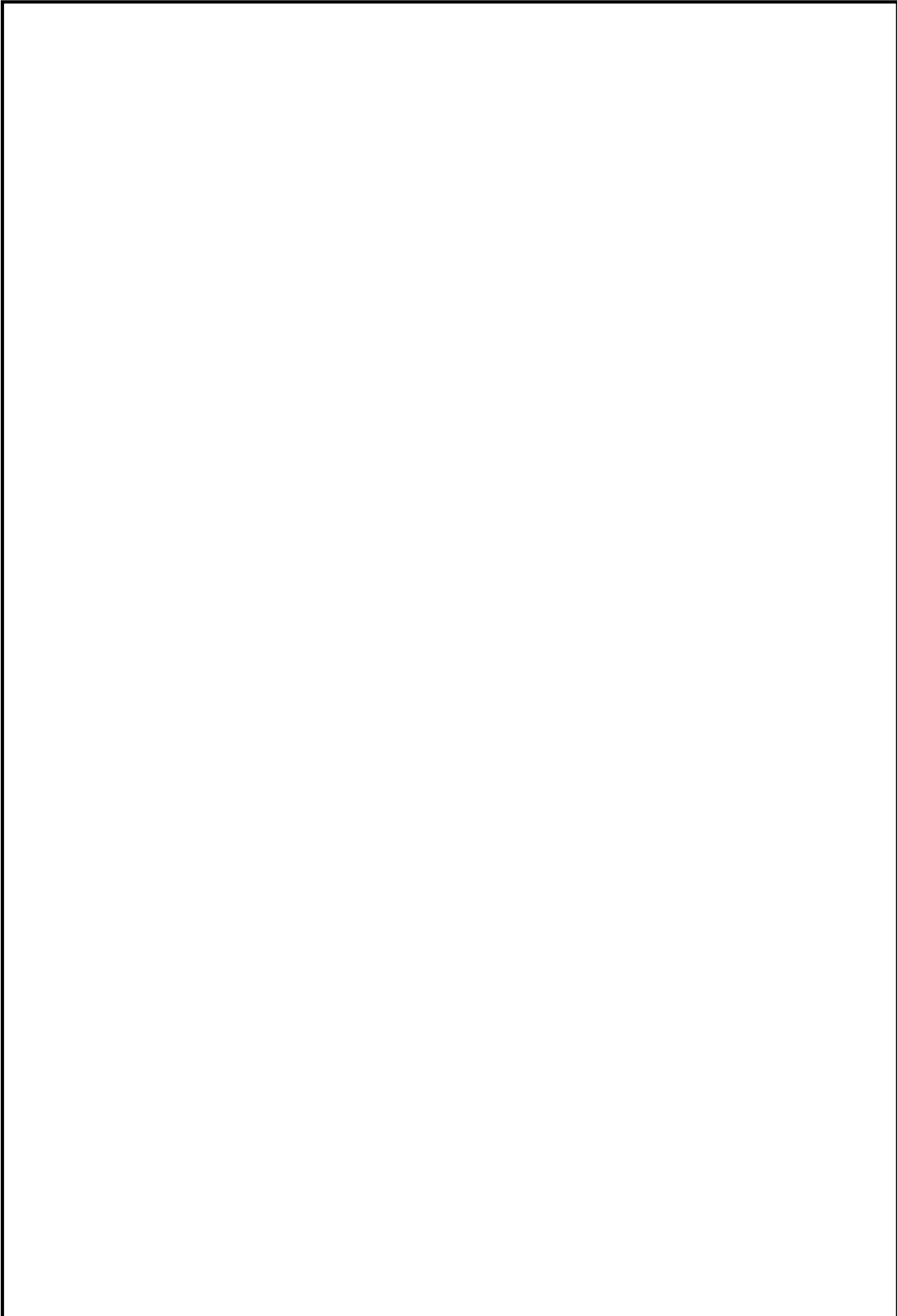
上記の検討結果より、案1を煙感知器の最適な設置場所と判断し、感知区画12のポーラークレーン昇降タラップ踊り場付近に煙感知器（スポット型）を設置する設計とする。

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



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

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-2-13 図 (参考) 案 2 で期待する煙感知器

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ホ. 設計基準を満足できる理由

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

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

3-2-4 火災による消火設備への影響について

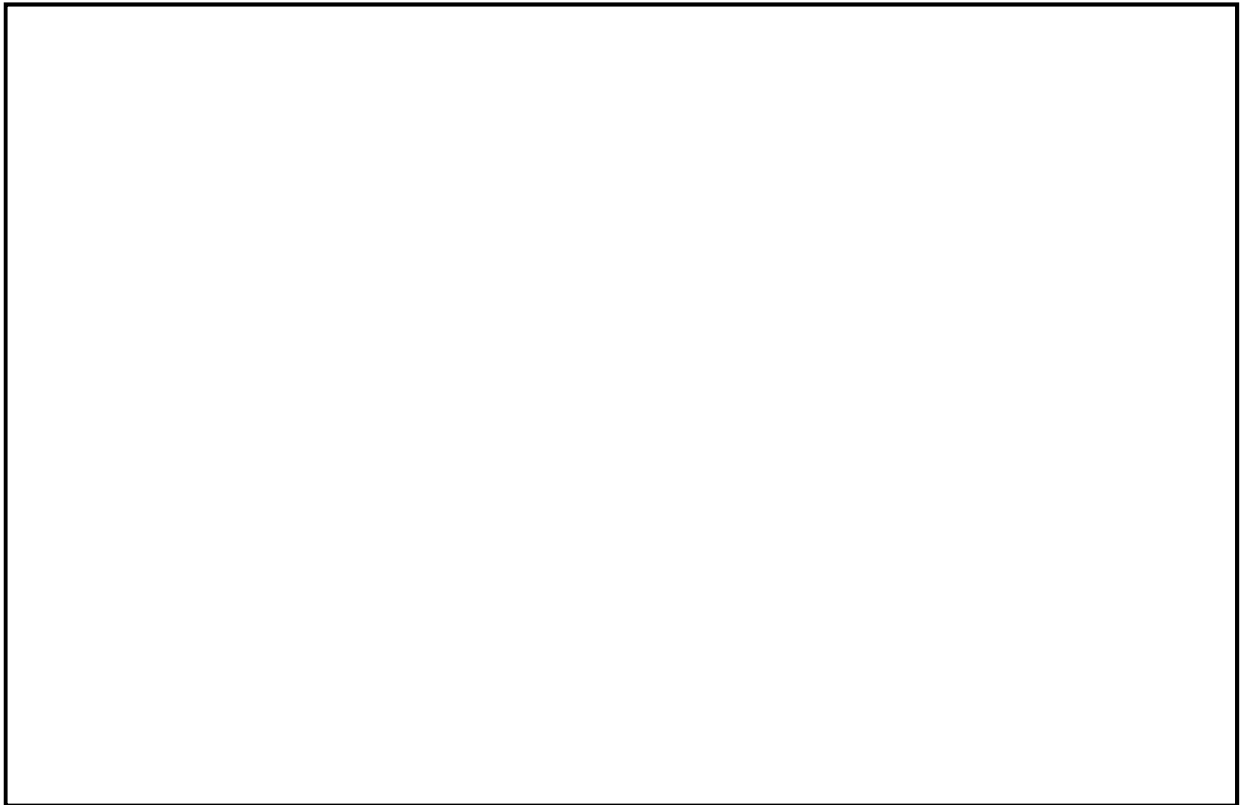
原子炉格納容器内で火災が発生した場合に消火設備として使用する格納容器スプレ設備への影響を以下に示す。

(1) 格納容器スプレ設備

格納容器スプレ設備の系統図を第 3-2-14 図に示す。

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

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



第 3-2-14 図 系統図 (格納容器スプレ系統)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



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

COMPARTMENT WITH THERMALLY THICK/THIN BOUNDARIES

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

Parameters in YELLOW CELLS are Entered by the User.

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

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

Project / Inspection Title:

高浜1号機CV内 電気盤1面火災(垂直キャビネット:HRR211kW)

INPUT PARAMETERS

COMPARTMENT INFORMATION

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

AMBIENT CONDITIONS

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

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

THERMAL PROPERTIES OF COMPARTMENT ENCLOSING SURFACES FOR

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

THERMAL PROPERTIES FOR COMMON INTERIOR LINING MATERIALS

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

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

FIRE SPECIFICATIONS

Fire Heat Release Rate (Q)

211.00 kW

Calculate



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

**Version 1805.1
(SI Units)**

METHOD OF McCAFFREY, QUINTIERE, AND HARKLEROAD (MQH)

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

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

Where,

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

Q = heat release rate of the fire (kW)

A_v = area of ventilation opening (m^2)

h_v = height of ventilation opening (m)

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

A_T = total area of the compartment enclosing surface

boundaries excluding area of vent openings (m^2)

Area of Ventilation Opening Calculation

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

Where,

A_v = area of ventilation

opening (m^2)

w_v = vent width (m)

h_v = vent height (m)

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

Thermal Penetration Time Calculation

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

Where,

t_p = thermal penetration time (sec)

ρ = interior lining density (kg/m^3)

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

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

δ = interior lining thickness (m)

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

Heat Transfer Coefficient Calculation

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

Where,

h_k = heat transfer

coefficient (kW/m²-K)

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

t = time after ignition
(sec)

See table below for results (column 3)

Area of Compartment Enclosing Surface Boundaries

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

Where,

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

w_c = compartment width (m)

l_c = compartment length (m)

h_c = compartment height (m)

A_v = area of ventilation opening (m²)

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

COMPARTMENT HOT GAS LAYER TEMPERATURE WITH NATURAL

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

$$\Delta T_g = T_g - T_a$$

$$T_g = \Delta T_g + T_a$$

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

ESTIMATING SMOKE LAYER HEIGHT METHOD OF YAMANA AND TANAKA

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

Where,

z = smoke layer height (m)

Q = heat release rate of the fire (kW)

t = time after ignition (sec)

h_c = compartment height (m)

A_c = compartment floor area (m²)

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

ρ_g = hot gas layer density (kg/m³)

ρ_g is given by $\rho_g = 353/T_g$

T_g = hot gas layer temperature (K)

Compartment Area Calculation

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

Where,

A_c = compartment floor
area (m²)

w_c = compartment width
(m)

l_c = compartment length
(m)

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

Hot Gas Layer Density Calculation

$$\rho_g = 353/T_g$$

Calculation for Constant k

$$k = 0.076/\rho_g$$



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

Version 1805.1
(SI Units)

SMOKE GAS LAYER HEIGHT WITH NATURAL VENTILATION

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

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

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

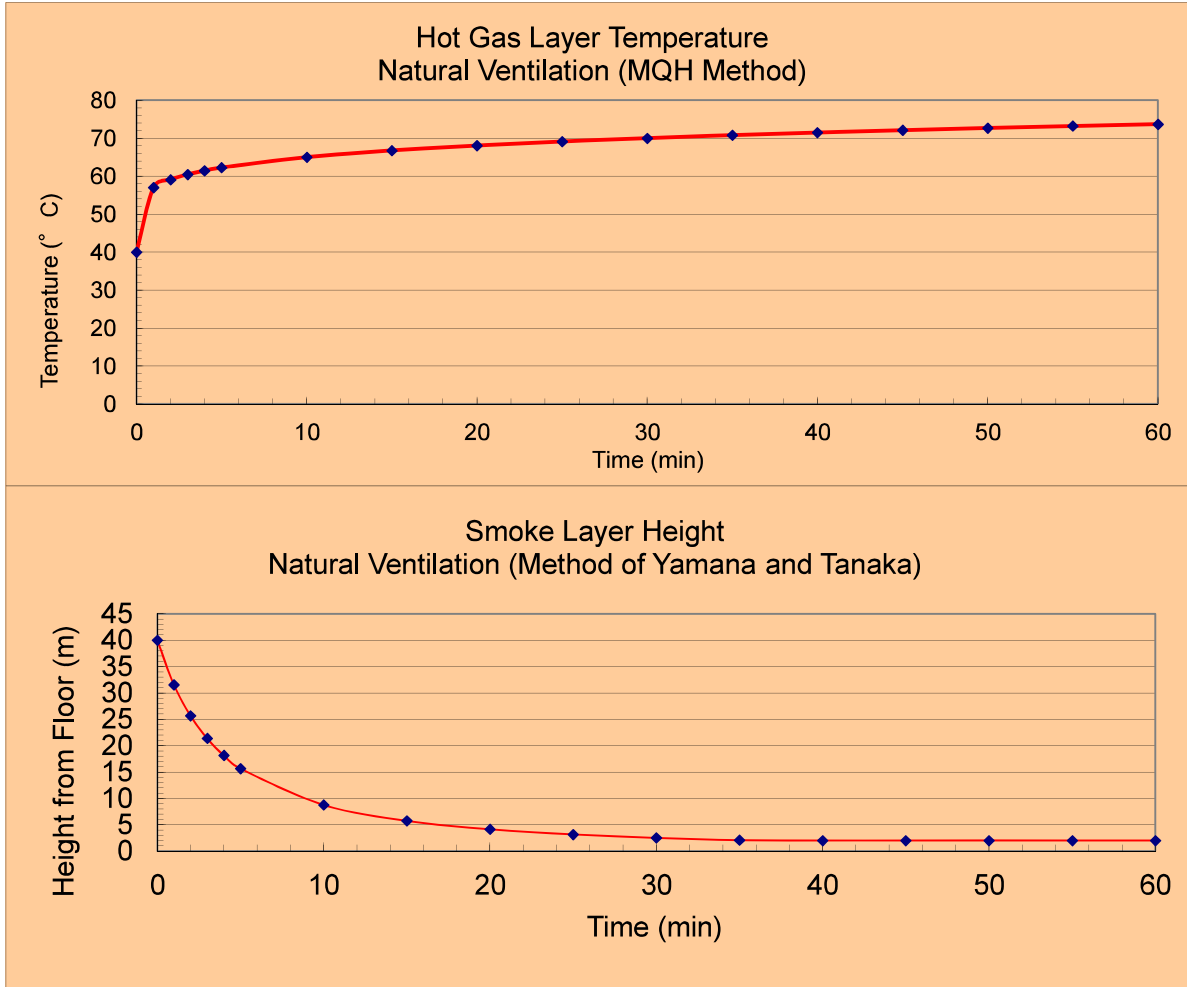
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT



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

**Version 1805.1
(SI Units)**

**Summary of
Results**



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

Prepared by: Date: Organization:

Checked by: Date: Organization:

Additional Information:



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

COMPARTMENT WITH THERMALLY THICK/THIN BOUNDARIES

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

Parameters in YELLOW CELLS are Entered by the User.

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

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

Project / Inspection
Title:

高浜1号機CV内 モータ1台火災 (モータ: HRR69kW)

INPUT PARAMETERS

COMPARTMENT INFORMATION

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

AMBIENT CONDITIONS

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

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

THERMAL PROPERTIES OF COMPARTMENT ENCLOSING SURFACES FOR

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

THERMAL PROPERTIES FOR COMMON INTERIOR LINING MATERIALS

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

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

FIRE SPECIFICATIONS

Fire Heat Release Rate (Q)

69.00 kW

Calculate



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

Version 1805.1
(SI Units)

METHOD OF McCAFFREY, QUINTIERE, AND HARKLEROAD (MQH)

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

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

Where,

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

Q = heat release rate of the fire (kW)

A_v = area of ventilation opening (m^2)

h_v = height of ventilation opening (m)

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

A_T = total area of the compartment enclosing surface

boundaries excluding area of vent openings (m^2)

Area of Ventilation Opening Calculation

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

Where,

A_v = area of ventilation
opening (m^2)

w_v = vent width (m)

h_v = vent height (m)

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

Thermal Penetration Time Calculation

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

Where,

t_p = thermal penetration time (sec)

ρ = interior lining density (kg/m^3)

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

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

δ = interior lining thickness (m)

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

Heat Transfer Coefficient Calculation

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

Where,

h_k = heat transfer

coefficient (kW/m²-K)

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

t = time after ignition
(sec)

See table below for results (column 3)

Area of Compartment Enclosing Surface Boundaries

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

Where,

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

w_c = compartment width (m)

l_c = compartment length (m)

h_c = compartment height (m)

A_v = area of ventilation opening (m²)

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

COMPARTMENT HOT GAS LAYER TEMPERATURE WITH NATURAL

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

$$\Delta T_g = T_g - T_a$$

$$T_g = \Delta T_g + T_a$$

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



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

Version 1805.1
(SI Units)

ESTIMATING SMOKE LAYER HEIGHT METHOD OF YAMANA AND TANAKA

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

Where,

z = smoke layer height (m)

Q = heat release rate of the fire (kW)

t = time after ignition (sec)

h_c = compartment height (m)

A_c = compartment floor area (m²)

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

ρ_g = hot gas layer density (kg/m³)

ρ_g is given by $\rho_g = 353/T_g$

T_g = hot gas layer temperature (K)

Compartment Area Calculation

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

Where,

A_c = compartment floor
area (m²)

w_c = compartment width
(m)

l_c = compartment length
(m)

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

Hot Gas Layer Density Calculation

$$\rho_g = 353/T_g$$

Calculation for Constant k

$$k = 0.076/\rho_g$$



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

Version 1805.1
(SI Units)

SMOKE GAS LAYER HEIGHT WITH NATURAL VENTILATION

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

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

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

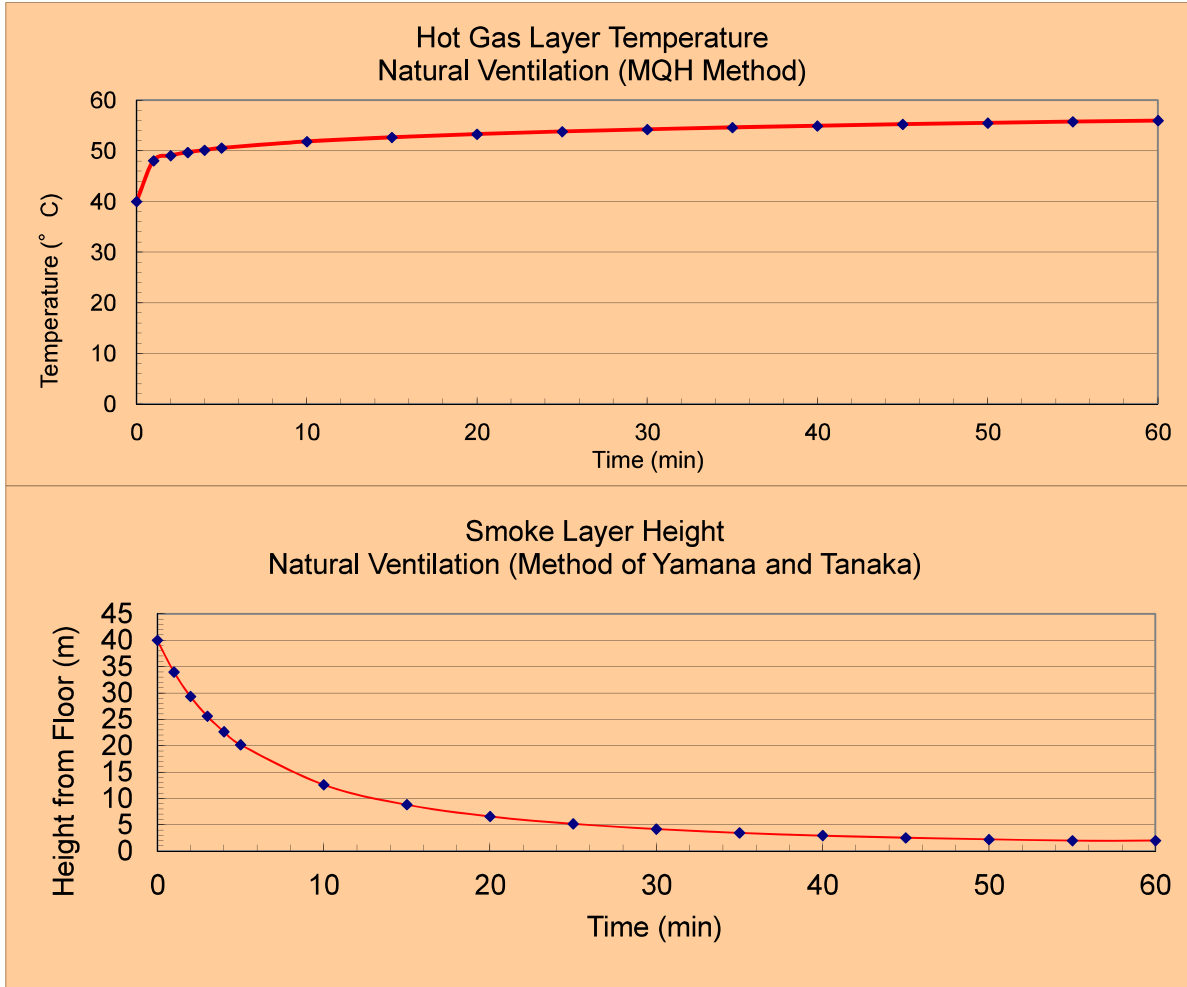
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT
CAUTION: SMOKE IS EXITING OUT VENT



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

**Version 1805.1
(SI Units)**

**Summary of
Results**



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

Prepared by: Date: Organization:

Checked by: Date: Organization:

Additional Information:

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

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

以下にその確認内容及び配置図を示す。

原子炉停止時における重大事故等の対応に必要な設備（設置許可添付十より）

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

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

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

理屈②
他チャネル

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャネル

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

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

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

第 7.4.1.1 表

「崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）」における

重大事故等対策について(2/3)

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

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャンネル

理屈①
離隔距離

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.1.1 表

「崩壊熱除去機能喪失（余熱除去系の故障による停止時冷却機能喪失）」における

重大事故等対策について(3/3)

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備			
		常設設備	可搬設備	計装設備	
i. 代替再循環運転による1次冷却系の冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、燃料取替用水タンクを水源とした恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水を継続して実施する。 余熱除去機能が回復しない状態で、燃料取替用水タンク水位計指示が26.9%到達及び格納容器サンプB広域水位計指示が59%以上となれば、格納容器サンプBからC、D内部スプレポンプを経てB内部スプレクラで冷却した水をB余熱除去系統及びB格納容器スプレ系統に整備している連絡ラインより炉心注水する代替再循環運転に切り替えることで、継続的な炉心冷却を行う。 	恒設代替低圧注水ポンプ 燃料取替用水タンク 空冷式非常用発電装置 空冷式非常用発電装置 用給油ポンプ デイゼル発電機 燃料油貯油そう C、D内部スプレポンプ B内部スプレクラ 格納容器サンプB 格納容器再循環サンプ スクラリーン 代替再循環配管	タンクローリー	余熱除去クラ出口流量 格納容器サンプB広域水位 格納容器サンプB狭域水位 1次冷却材低温側温度(広域) 1次冷却材高温側温度(広域) 1次冷却材圧力 加圧器水位 燃料取替用水タンク水位 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算	理屈② 代替パラメータ 理屈② 他チヤンネル 理屈② 代替パラメータ 理屈② 代替パラメータ
j. 格納容器内自然対流冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、A格納容器循環冷却暖房ユニットへ原子炉冷却水を連水し、格納容器内自然対流冷却を行うことで、原子炉格納容器内の除熱を継続的に実施する。 原子炉格納容器雰囲気の状態に応じてA、B内部スプレポンプにより、格納容器スプレポンプを継続的に行う。 	A格納容器循環冷却暖房ユニット 1次系冷却水ポンプ 1次系冷却水クラ 1次系冷却水タンク 海水ポンプ デイゼル発電機 燃料油貯油そう A、B内部スプレポンプ A内部スプレクラ 格納容器サンプB 格納容器再循環サンプ スクラリーン	窒素ポンベ(1次加圧器) 耐火隔壁 理屈① 耐火隔壁	格納容器内温度 格納容器圧力 格納容器広域圧力 可搬型温度計測装置(格納容器循環冷却暖房ユニット入口温度/出口温度(SA)用) 1次系冷却水タンク加圧ライン圧力 格納容器サンプB広域水位 格納容器サンプB狭域水位	理屈② 代替パラメータ

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

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

理屈②
他子ヤンネル

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

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

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャネル

【 】 は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

		重大事故等対処設備		
判断及び操作	手順	常設設備	可搬設備	計装設備
i. 低圧代替再循環による炉心冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、燃料取替用水タンクを水源とした恒設代替低圧注水ポンプによる代替炉心注水を継続して実施する。 燃料取替用水タンク水位計指示が 26.9%到達、格納容器サンポンプB広域水位計指示が 59%以上であることと、海水通水ポンプによりB余熱除去ポンプへの海水通水ラライを確認し、格納容器サンポンプから余熱除去ポンプを経て炉心注水する低圧代替再循環運転に切り替え、炉心冷却を継続する。 	恒設代替低圧注水ポンプ 燃料取替用水タンク 空冷式非常用発電装置 空冷式非常用発電装置用給油ポンプ 燃料油貯油そう B余熱除去ポンプ(海水冷却) 【B余熱除去クーラ】 格納容器サンポンプB 格納容器再循環サンポンプスクリュー	大容量ポンプ タンクローリー	余熱除去クーラ出口流量 加圧器水位 格納容器サンポンプB広域水位 格納容器サンポンプB狭域水位 I次冷却材高温側温度(広域) I次冷却材低温側温度(広域) 燃料取替用水タンク水位 恒設代替低圧注水ポンプ出口流量積算
j. 格納容器内自然対流冷却	<ul style="list-style-type: none"> 長期対策として、大容量ポンプを用いたA格納容器循環冷却暖房ユニットへの海水通水により、格納容器内自然対流冷却を行うことで、原子炉格納容器内の除熱を継続的に実施する。 	A格納容器循環冷却暖房ユニット 燃料油貯油そう	大容量ポンプ タンクローリー 耐火隔壁	格納容器内温度 格納容器圧力 格納容器広域圧力 可搬型温度計測装置(格納容器循環冷却暖房ユニット入口温度/出口温度(SA)用)

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

判断及び操作	手順	重大事故等対処設備		
		常設設備	可搬設備	計装設備
k. 原子炉補機冷却水系の復旧作業	<p>緊急安全対策要員等の作業時間や原子炉補機冷却水系の機能喪失要因を考慮し、予備品の海ポンプモーターによる対応を行うこと等で、原子炉補機冷却水系の復旧を図る。</p>	-	-	-

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

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

【 】 は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

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

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャヤンネル

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

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

重大事故等対処設備			
判断及び操作	手順	常設設備	可搬設備
g. 代替再循環運転による1次冷却系の冷却	<p>策として、燃料取替用水源と高圧注入ポンプによる炉心冷却を継続して実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 余熱除去機能が回復しない状態が26.9%到達及び格納容器サンプ領域水位計指示が59%以上であることを確認し、格納容器サンプからC、D内部スプレッドポンプを経由してB内部スプレッドポンプをB余熱除去系統及びB格納容器スプレッドポンプに接続している連絡ライオンより炉心注水する。代替再循環冷却を行う。 	<p>充てん/高圧注入ポンプ 燃料取替用水タンク ディーゼル発電機 燃料油貯蔵そう C、D内部スプレッドポンプ B内部スプレッドポンプ 格納容器サンプB 格納容器再循環サンプ スクリュー 代替再循環配管</p>	<p>余熱除去クローラ出口流量 格納容器サンプB広域水位 格納容器サンプB狭域水位 1次冷却材低温側温度(広域) 1次冷却材高温側温度(広域) 1次冷却材圧力 加圧器水位 燃料取替用水タンク水位</p>
h. 格納容器内自然対流冷却	<p>策として、A格納容器循環冷却房ユニオン内部の自然対流冷却を行うことと、原子炉格納容器内の除熱を継続的に実施する。</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉格納容器雰囲気の状態に応じてA、B内部スプレッドポンプにより、格納容器スプレッドポンプを継続的に行う。 	<p>A格納容器循環冷却房ユニオン 1次系冷却水ポンプ 1次系冷却水タンク 1次系冷却水タンク海水ポンプ ディーゼル発電機 燃料油貯蔵そう A、B内部スプレッドポンプ A内部スプレッドポンプ</p>	<p>格納容器内温度 格納容器圧力 格納容器広域圧力 可搬型温度計測装置(格納容器循環冷却房ユニオン入口温度/出口温度(SA)用) 1次系冷却水タンク加圧ライオン圧力</p>

理屈②
代替パラメータ

理屈②
他チャネル

理屈②
代替パラメータ

理屈②
代替パラメータ

理屈①
耐火隔壁

理屈①
耐火隔壁

【 】は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

第 7.4.4.1 表 「反応度の誤投入」における重大事故等対策について

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

【 】 は有効性評価上期待しない重大事故等対処設備

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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。

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（1/7）

（参考）

1

1. 作業計画

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

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び保守点検に係る作業計画について (2/7)

(参考)

2

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

作業内容	手順 案 1 ポーラークレーン昇降タラップ踊り場付近	手順 案 2 ポーラークレーンガーター上部付近	手順 案 3 格納容器ドームトップ付近
煙感知器の設置	足場組立 (25m) サポート溶接 電線管布設 感知器取付 試験調整 足場解体 (作業日数 30日間)	足場組立 (33m) サポート溶接 電線管布設 感知器取付 試験調整 足場解体 (作業日数 55日間)	足場組立 (50m) サポート溶接 電線管布設 感知器取付 試験調整 足場解体 (作業日数 65日間)
煙感知器の保守点検 ※ (定期取替・故障時対応)	足場設置は不要 (感知器取替は専用治具により実施可) (作業日数 1日間)	足場組立 (5m) 感知器取替 足場解体 (作業日数 7日間)	足場組立 (25m) 感知器取替 足場解体 (作業日数 30日間)

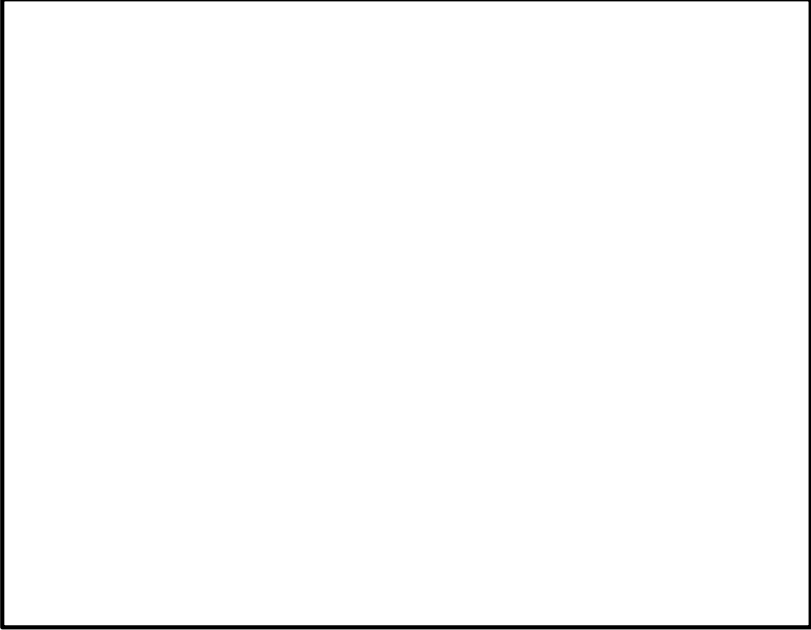
※1：消防法に基づく定期的な点検（外観点検、作動試験）については、案1、案2、案3のいずれにおいても直接目視又は双眼鏡による点検及び遠隔試験機能を用いた作動試験にて対応可能であり、足場の設置は不要。ただし、感知器は一般産業品であり、劣化を考慮した定期取替及び偶発故障時の取替が必要なため、感知器取替作業について比較検討を実施した。

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について (3/7)

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順 (詳細)

(1) 煙感知器の設置時

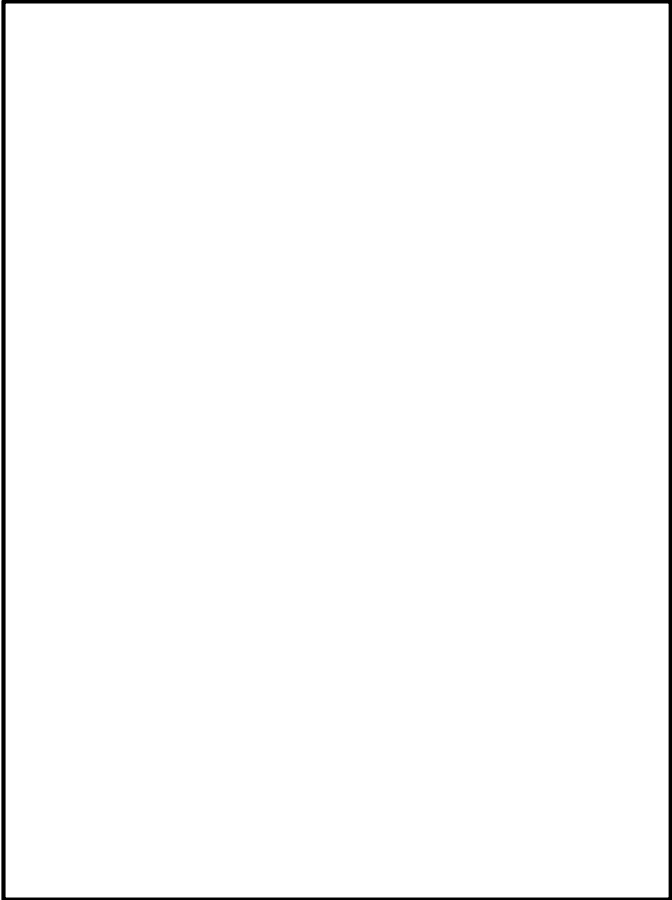
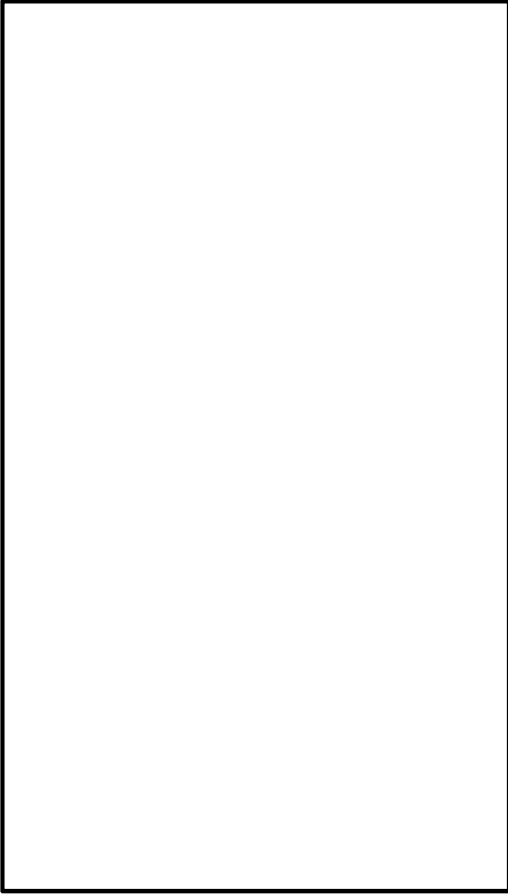
<p>【案1、案2、案3 共通内容】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポータルレーン昇降タラップに沿うように足場を設置 (<input type="text"/> オペレーティングフロアより約25m) ・足場を使用しポータルレーン昇降タラップの背かご部に電線管を敷設 ・足場設置、作業範囲を赤色、電線管敷設イメージを青色で示す。 	<p>【案1 <input type="text"/>】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・電線管、サポート、ケーブルを敷設し、煙感知器を設置 足場設置、作業範囲を赤色、感知器設置位置を緑色で示す。
<p>足場設置 <input type="text"/> オペレーティングフロアより)</p>	

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（4/7）

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順（詳細）

(1) 煙感知器の設置時

<p>【案2 <input type="text"/>】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポーラークレーンガーターに足場を設置（ガーターより約5m） ・壁面にサポート溶接、電線管・ケーブルを敷設し、煙感知器を設置 ・足場設置、作業範囲を赤色、感知器設置位置を緑色で示す。 	<p>【案3 <input type="text"/>】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ポーラークレーンガーターに足場を設置（ガーターより約22m） ・壁面にサポート溶接、電線管・ケーブルを敷設し、煙感知器を設置 ・足場設置、作業範囲を赤色、感知器設置位置を緑色で示す。
	

原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（5/7）

5

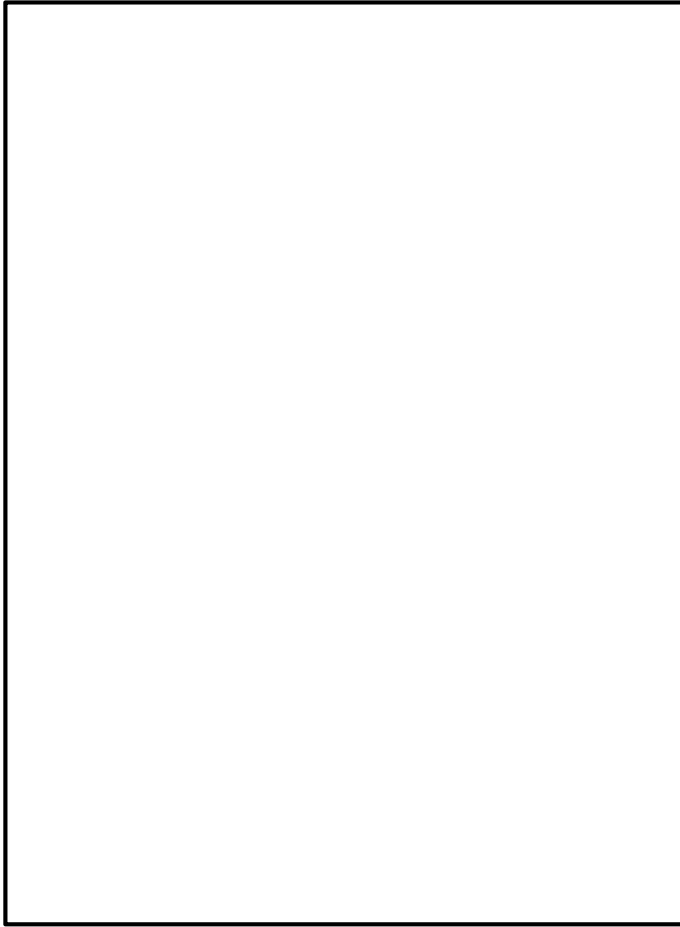
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順（詳細）

(2) 煙感知器の保守点検時（定期取替・故障時対応）

【案1 】

・架台上で専用治具を使用して感知器取替
(足場設置は不要)



グレーチング床より

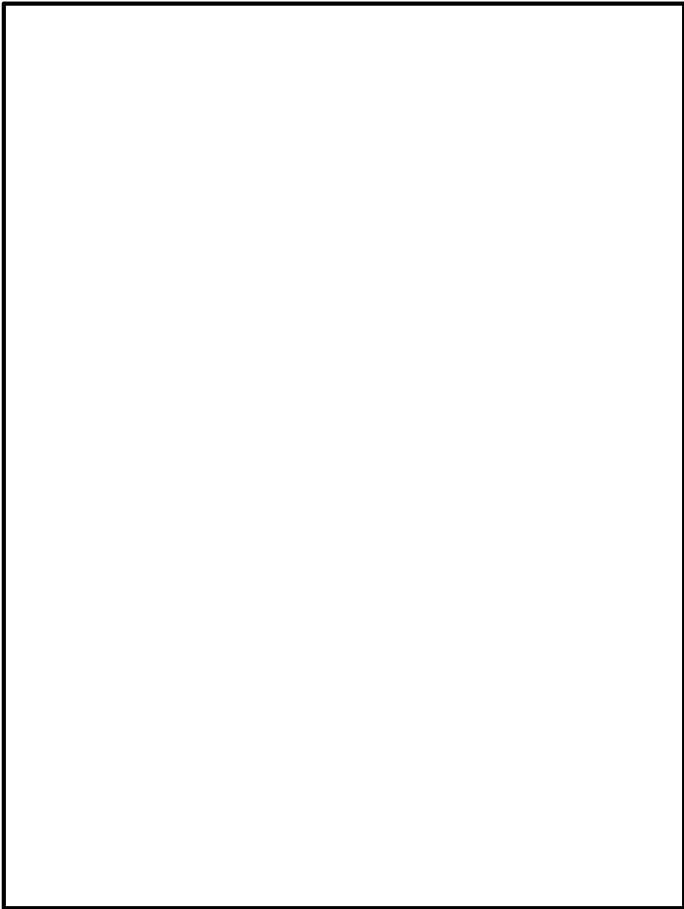
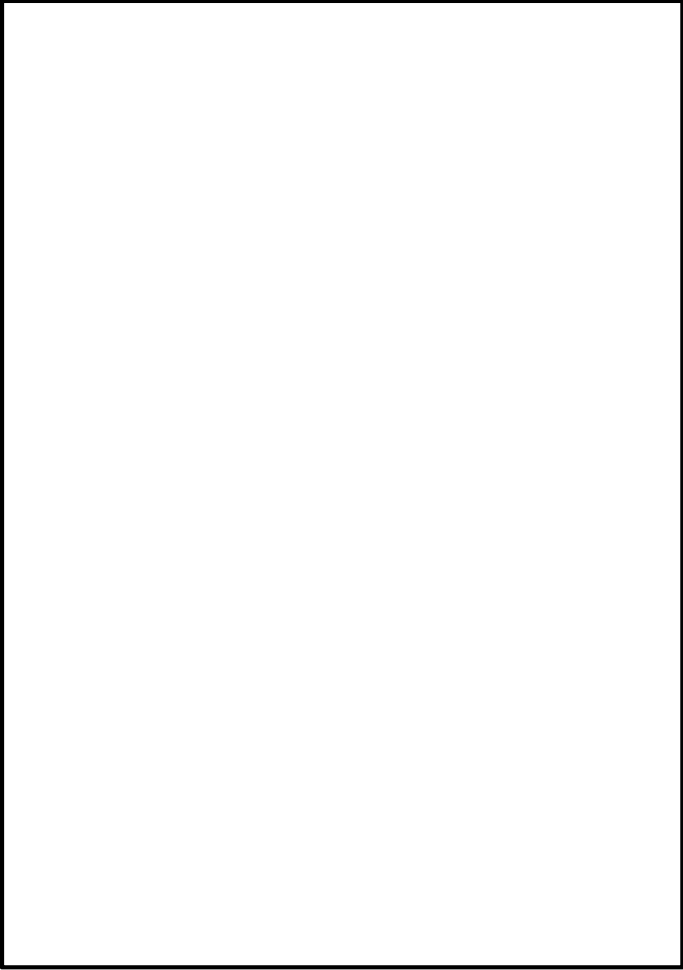
原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（6/7）

6

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

2. 作業手順（詳細）

(2) 煙感知器の保守点検時（定期取替・故障時対応）

<p>【案2 <input type="text"/>】</p> <p>・設置時と同様にポークレーンガンター上に足場を設置（ガンターより約5m）</p>	<p>【案3 <input type="text"/>】</p> <p>・設置時と同様にポークレーンガンター上に足場を設置（ガンターより約22m）</p>
	

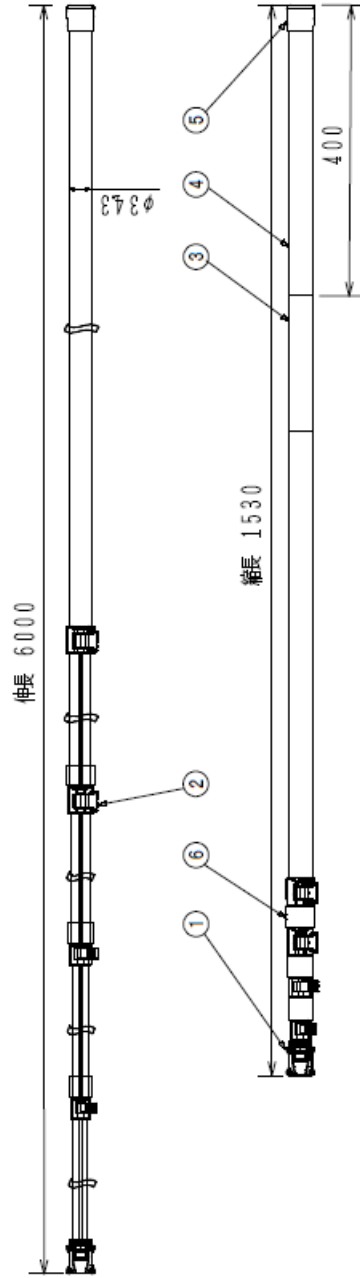
原子炉格納容器内オペレーティングフロア最上部の煙感知器設置及び 保守点検に係る作業計画について（7/7）

参考

【参考】

保守点検時に使用する専用治具（支持棒）の構造、使用イメージを示す。

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



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

構造図

使用イメージ

3-3 燃料油貯油そうエリアの火災感知器設計について

本資料は、燃料油貯油そうエリアに設置する火災感知器の設計について説明する。

火災防護審査基準に照らして、火災区域、区画の設定において、高浜1号機及び高浜2号機の燃料油貯油そうエリアは燃料配管トレンチも含めて、それぞれ1つの火災区画として設定している。

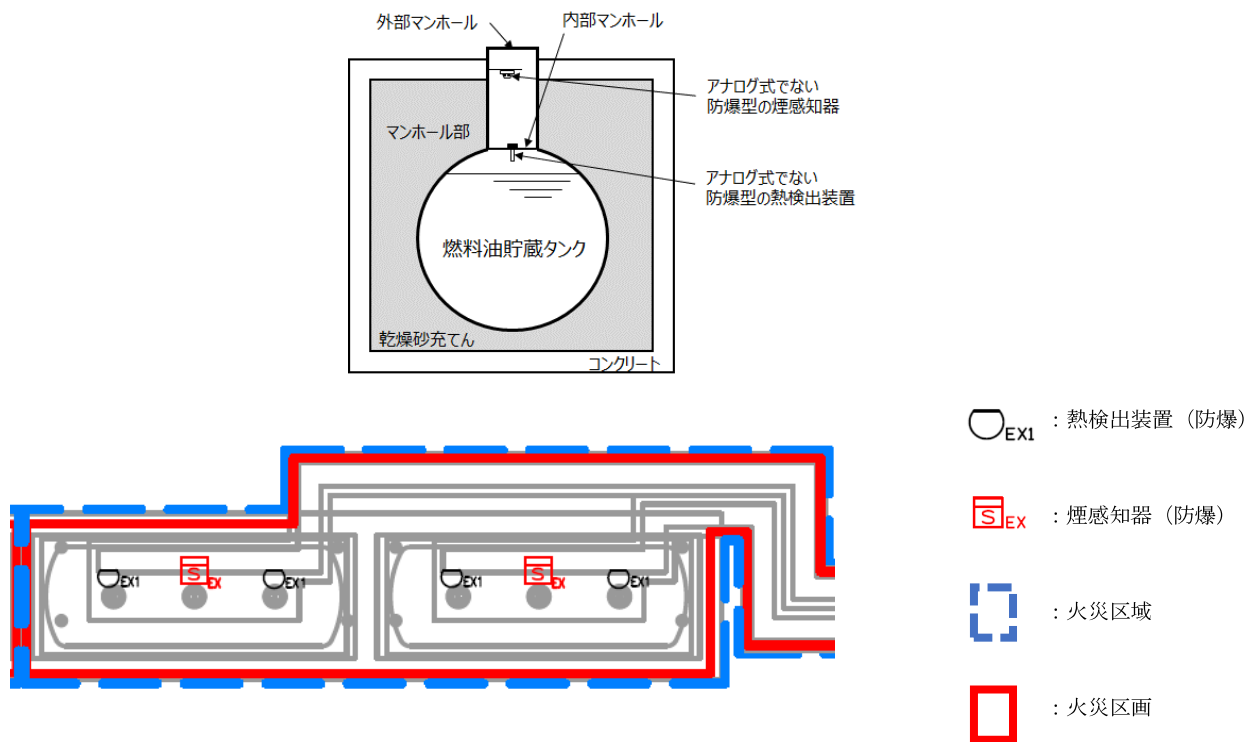
今回、火災感知器の設計にあたっては、その環境条件及び機器の設置条件等を踏まえて個別に火災感知器の設計を行う。

3-3-1 燃料油貯油そうエリアの概要

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

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

貯油そう設置エリアの火災感知器設置概要図を第3-3-1図に示す。



第3-3-1図 貯油そう設置エリアの火災感知器設置概要図

3-3-2 燃料油貯油そうエリアの火災感知器設計

燃料油貯油そう設置エリア内の環境条件及び設備設置状況等をもとにそれぞれの火災感知器の選定、誤作動防止及び設置の考え方について説明する。

(1) 火災感知器の選定及び誤作動防止

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

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

(2) 火災感知器の設置

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

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

以 上

3-5 放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計について

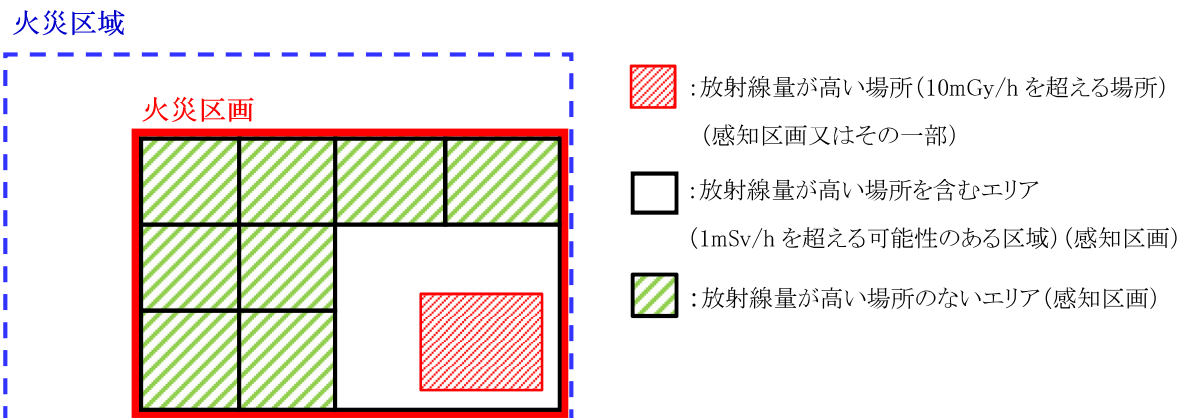
本資料は、放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器（以下、感知器等という。）を設計するにあたり、放射線量が高い場所に設置する感知器の過去の故障実績、原因調査及び文献調査に基づいた感知器等の選定、感知器等の設置場所における干渉物の観点並びに感知器等の設置又は保守点検時における作業員の被ばくの観点から現場施工の成立性を考慮した感知器等の選択、火災防護審査基準 2.2.1②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置する設計について、設計のプロセスを説明するものである。

3-5-1 放射線量が高い場所を含むエリアの概要

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

具体的には、①原子炉格納容器ループ室、②加圧器室、③インコアモニタチェス室、④抽出水再生クーラ室、⑤キャビティフィルタ室、⑥燃料ピットフィルタ室、⑦封水注入フィルタ室、⑧蒸りゅう液フィルタ室、⑨イオン交換器フィルタ室、⑩冷却材フィルタ室、⑪封水フィルタ室、⑫廃液フィルタ室、⑬ほう酸濃縮液フィルタ室、⑭スキマフィルタ室、⑮ホールドアップタンクカチオン塔室、⑯冷却材カチオン塔室、⑰冷却材脱塩塔室、⑱燃料ピット脱塩塔室、⑲蒸りゅう液脱塩塔室、⑳脱ほう素塔室、㉑ドラム貯蔵庫、㉒廃液ホールドアップタンク室、㉓廃液蒸発装置室、㉔廃樹脂処理建屋配管室、㉕濃縮廃液タンク室及び㉖廃樹脂貯蔵タンク前通路が該当する。

放射線量が高い場所を含むエリアのイメージ図を第 3-5-1-1 図に示す。



第 3-5-1-1 図 放射線量が高い場所を含むエリアのイメージ図

3-5-2 放射線量が高い場所に設置可能な感知器の種類について

(1) アナログ式の感知器が故障する放射線量の閾値について

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

イ. 感知器の故障実績

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

第 3-5-2-1 表 アナログ式感知器の過去の故障実績

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

ロ. 当時の原因調査結果

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

第 3-5-2-2 表 感知器の耐放射線性能試験の概要

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

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

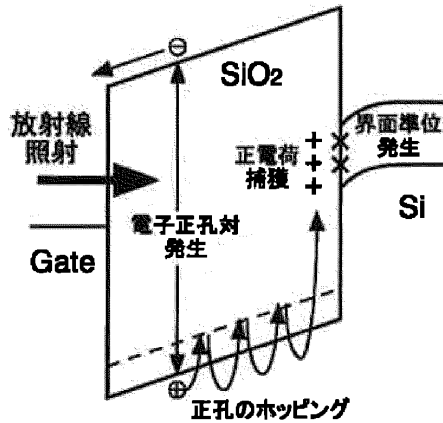
実機プラントにおける感知器の故障実績及び上記の試験結果から、γ 線の影響がある場所に設置するアナログ式の感知器は、約 100Gy の吸収線量で故障すると判断した。

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

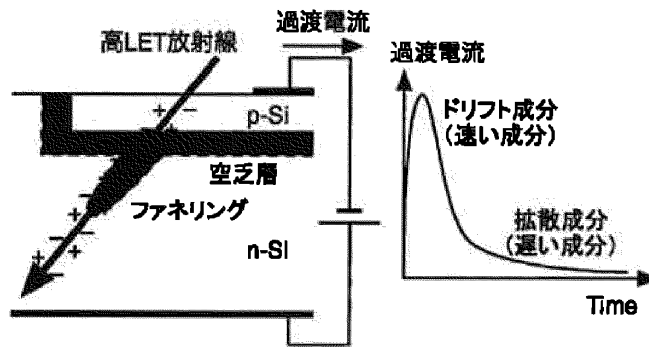
ハ. 文献調査結果

半導体の放射線による故障は、第 3-5-2-1 図に示すトータルドーズ効果又は第 3-5-2-2 図に示すシングルイベント効果によるものであるが、原子力発電所の管理区域のように主な放射線の線種が γ 線の環境では、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

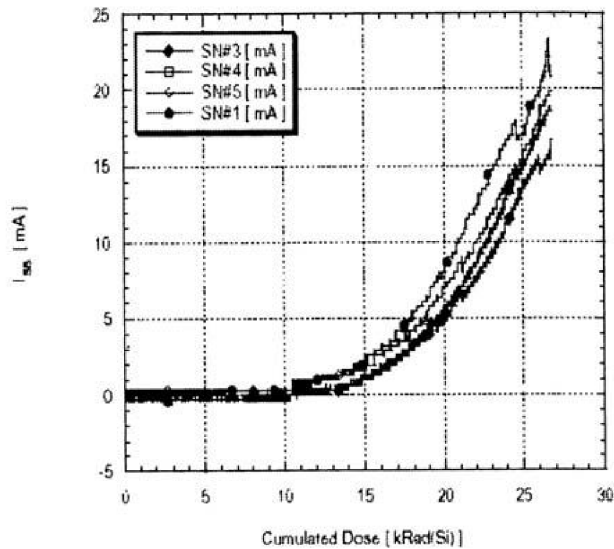


第 3-5-2-1 図 トータルドーズ効果のメカニズム



第 3-5-2-2 図 シングルイベント効果による過渡電流発生メカニズム

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



第 3-5-2-3 図 γ 線照射結果によるトータルドーズ効果の影響

参考文献

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

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

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

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

(2) 放射線量が高い場所に設置する感知器等の選択

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

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

イ. 火災防護審査基準の要求事項を踏まえた感知器等の選択

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

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

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

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

第 3-5-2-3 表 火災防護審査基準の要求事項及び感知器等の選択方法

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

第3-5-2-4表 アナログ式の感知器以外の感知器等の比較評価 (1/3)

・天井高さが床面から8m未満の放射線量が高い場所に設置する感知器等の選定

感知方式		熱感知方式			煙感知方式			炎感知方式	
火災感知器種類		アナログ式でない熱感知器 (スポット型)	差分分布型熱感知器 (熱電対式、空気管式)	光ファイバー式熱検出装置	アナログ式でない煙感知器 (スポット型)	光電分離型煙感知器 (非蓄積型)	空気吸引式の煙検出装置	アナログ式でない炎感知器	
環境条件の考慮 (故障の防止)	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	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
	信頼性の確保	○	○	○	○	×	○	○	×
電源の確保	電源の確保	○	○	○	○	○	○	○	○
	監視	○	○	○	○	○	○	○	○
設置項目	現場施工 (信頼性の確保に必要な施工の確立性)	○	△	△	○	×	△	×	×
	各感知方式で使用する火災感知器	○	△ (施工可能な場合に限る)	△ (施工可能な場合に限る)	×	×	△ (施工可能な場合に限る)	×	×

○：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式熱検出装置、差動分布型熱感知器より優先使用

第3-5-2-4表 アナログ式の感知器以外の感知器等の比較評価 (2/3)

・天井高さが床面から8m以上20m未満の放射線量が高い場所に設置する感知器等の選定

感知方式		熱感知方式			煙感知方式			炎感知方式
火災感知器種類		アナログ式でない熱感知器(スポット型)	差動分布型熱感知器(熱電対式、空管式)	光ファイバー式熱検出装置	アナログ式でない煙感知器(スポット型)	光電分離型煙感知器(非蓄積型)	空気吸引式の煙検出装置	アナログ式でない炎感知器
設置条件の考慮 取付面高さ、温度、湿度、湿度、空気の滞留、感度(感知性能の確保)	放射線の考慮(防護の防止)	○	○	○	×	×	○	×
	取付面高さ、温度、湿度、湿度、空気の滞留、感度(感知性能の確保)	△	△	△	○	×	△	×
	放射線の考慮(防護の防止)	○	○	○	○	○	○	○
	設置性能の確保	○	○	○	○	×	○	×
電源の確保 監視	電源の確保	○	○	○	○	○	○	○
	監視	○	○	○	○	○	○	○
設置目的	現場施工性(総重量の確保に必要となる施工の確立性)	○	△	△	○	×	△	×
	各感知方式で使用する火災感知器	△	△	△	×	×	△	×

○：選定可能 △：条件付きで選定可能 ×：選定することが適切でない

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

第3-5-2-4表 アナログ式の感知器以外の感知器等の比較評価 (3/3)

・天井高さが床面から20m以上の放射線量が高い場所に設置する感知器等の選定

感知方式		熱感知方式			煙感知方式			炎感知方式	
火災感知器種類		アナログ式でない熱感知器(スポット型)	差動分布型熱感知器(熱電対式、空気管式)	光ファイバー式熱検出装置	アナログ式でない煙感知器(スポット型)	光電分離型煙感知器(非蓄積型)	空気吸引式の煙検出装置	アナログ式でない炎感知器	
設置条件	取付時の考慮(故障の防止)	○	○	○	×	×	○	×	×
	取付面高さ、温度、湿度、空気清浄度の考慮(感知性能の確保)	△	△	△	△	×	△	×	×
設置条件	取付面高さ、温度、湿度、空気清浄度の考慮(感知性能の確保)	△	△	△	△	×	△	×	×
	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
設置条件	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
設置条件	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
	誤作動の防止	○	○	○	○	○	○	○	○
設置条件	現場施工性(誤作動の確保に必要な施工の確立性)	○	△	△	○	×	△	×	×
	現場施工性(誤作動の確保に必要な施工の確立性)	○	△	△	○	×	△	×	×
評価	各感知方式で使用する火災感知器	△	△	△	×	×	△	×	×

○：選定可能 △：条件付きで選定可能 ×：選定することが適切でない

※:アナログ式でない熱感知器を光ファイバー式熱検出装置、差動分布型熱感知器より優先使用

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

・1 種類目の感知器等の選択結果

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シングの有無 (○：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	・グレーチング面に設置する必要あり
②加圧器室	○		○	-	アナログ式の煙	同上
③インコアモニタチェイス室	○		○	-	アナログ式の煙 空気吸引式の煙	・放射線量の高い場所と低い場所を使い分け
④抽出水再生クーラ室	○		○	-	アナログ式の煙	・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
⑤～⑭各フィルタ室	○		○	-	アナログ式の煙	
⑰⑱各脱塩塔室（高線量）	○		×	-	空気吸引式の煙	
⑮⑯⑲各脱塩塔室	○		×	-	アナログ式の煙	
⑳ドラム貯蔵庫	○		○	-	アナログ式の煙	
㉑廃液ホルドアップタンク室	○		○	-	アナログ式の煙	
㉒廃液蒸発装置室	○		○	-	アナログ式の煙	
㉓廃樹脂処理建屋配管室	○		○	-	アナログ式の煙	
㉔濃縮廃液タンク室	○		○	-	空気吸引式の煙	
㉕廃樹脂貯蔵タンク前通路	○		○	-	アナログ式の煙	

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

・2種類目の感知器等の選定結果

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未満で放射線量が高い場所の有無 (○：有、×：無)	天井高さ8m以上の空間内におけるグレンジングの有無 (○：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	・グレーチング面に設置する必要あり
②加圧器室	○	○	×	○	アナログ式でない熱	同上
③インコアモニタチイス室	○		○	-	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
④抽出水再生クーラ室	○		○	-	アナログ式でない熱	・放射線量が低い場所はあるが念 のためアナログ式でない熱を選定
⑤～⑭各フィルタ室	○		○	-	アナログ式の熱	
⑰⑱各脱塩塔室（高線量）	○		×	-	アナログ式でない熱	
⑮⑯⑲各脱塩塔室	○		×	-	アナログ式の熱	
⑳ドラム貯蔵庫	○		○	-	アナログ式の熱	
㉑廃液ホールドアップタンク室	○		○	-	アナログ式の熱	
㉒廃液蒸発装置室	○		○	-	アナログ式の熱	
㉓廃樹脂処理建屋配管室	○		○	-	アナログ式の熱	
㉔濃縮廃液タンク室	○		×	-	アナログ式でない熱	
㉕廃樹脂貯蔵タンク前通路	○		○	-	アナログ式の熱	

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

放射線量が高い場所を含むエリアにおける感知器等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、④抽出水再生クーラ室、⑦封水注入フィルタ室、⑧蒸りゅう液フィルタ室、⑨イオン交換器フィルタ室、⑪封水フィルタ室、⑫廃液フィルタ室、⑬ほう酸濃縮液フィルタ室、⑮ホールドアップタンクカチオン塔室、⑯冷却材カチオン塔室、⑰蒸りゅう液脱塩塔室、⑱脱ほう素塔室、⑲ドラム貯蔵庫、⑳廃液ホールドアップタンク室、㉑廃液蒸発装置室、㉒廃樹脂処理建屋配管室、㉓濃縮廃液タンク室及び㉔廃樹脂貯蔵タンク前通路は、エリア内に放射線量が低い場所があるため、そこにアナログ式の煙感知器又はアナログ式の熱感知器を設置するが、現場施工に影響を与える干渉物がないことから、現場施工の成立性に問題はない。なお、②加圧器室については、放射線量が低い場所にあるグレーチング面にアナログ式の煙感知器を設置する設計であり、火災防護審査基準 2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう設置する設計に該当するため、その具体的な設計については補足説明資料 3-11 に示す。

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

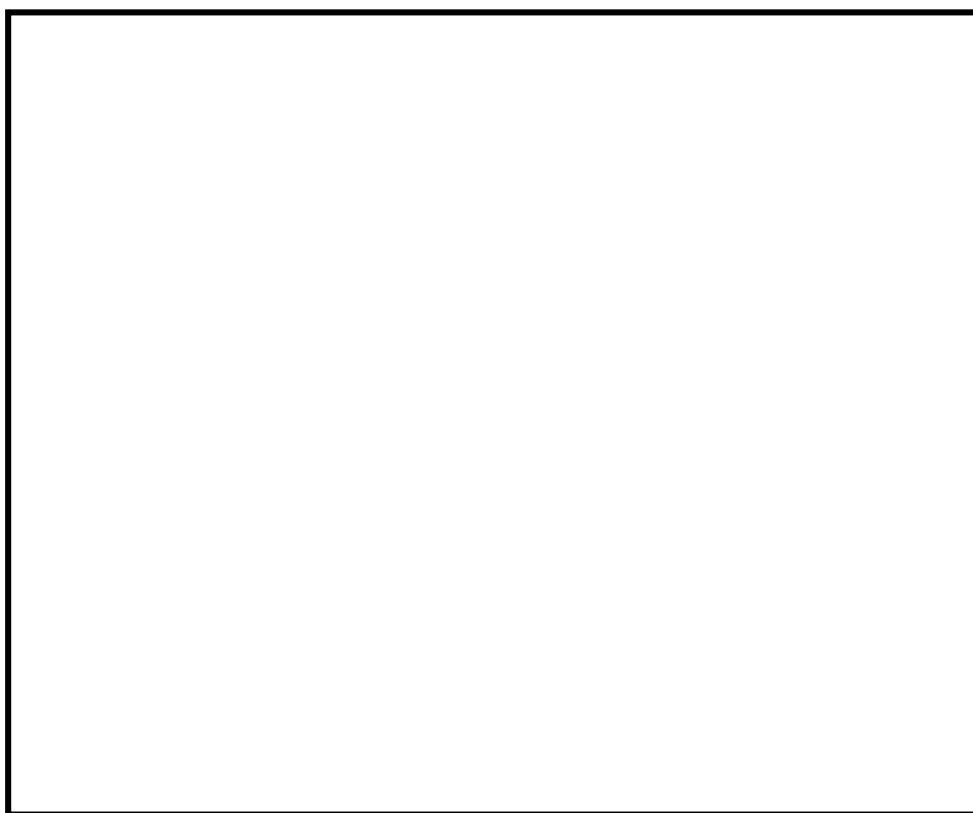
また放射線量が高い場所を含むエリアの内、⑤キャビティフィルタ室、⑥燃料ピットフィルタ室、⑩冷却材フィルタ室、⑭スキマフィルタ室、⑰冷却材脱塩塔室及び⑱燃料ピット脱塩塔室は、エリア内の放射線量が高い場所に空気吸引式の煙検出装置及びアナログ式でない防爆型の熱感知器を設置するにあたり、現場施工に

影響を与える干渉物がないことから、現場施工の成立性に問題はない。ただし、③インコアモニタチェス室は、現場施工に影響を与える干渉物が存在するため、干渉物の状況を以下のとおり整理し、干渉物の観点から現場施工の成立性を評価する。

イ. ③インコアモニタチェス室

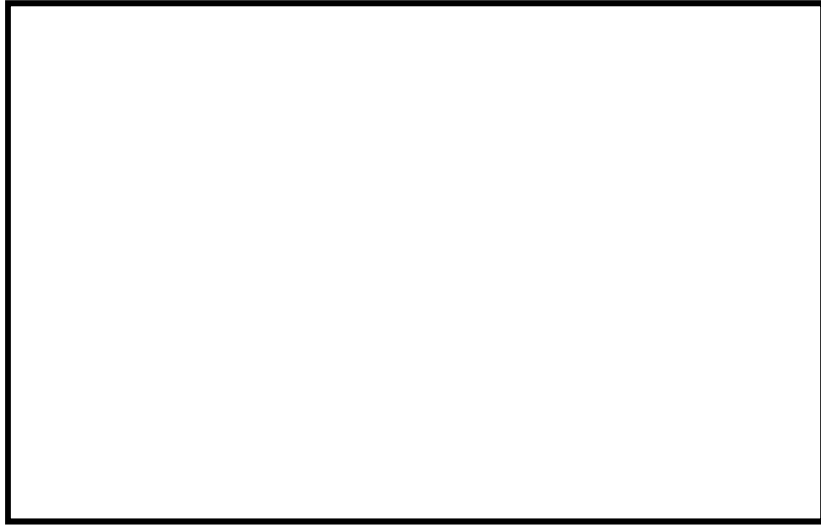
インコアモニタチェス配管室にはシンプル配管、原子炉下部キャビティ水位計及び電線管、照明及び照明用電線管が設置されている。また、高放射線の影響を防止するため、インコアモニタチェス室の周りは厚さ約 900mm のコンクリート壁が設置されている。

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



第 3-5-3-1 図 インコアモニタチェス室断面図

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 3-5-3-2 図 インコアモニタチェス室照明配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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

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

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

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

イ. 作業員の被ばく線量

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

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

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

ロ. 集団線量

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

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

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

(2) 「感知器等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

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

第3-5-4-1表 高浜発電所の年間線量及び定検線量

参考データ	集団線量計(人・mSv)
2020年度 高浜発電所年間線量(1号機)	約200
2020年度 高浜発電所年間線量(2号機)	約270
1号機第26回定検(2009.9.14~2009.12.15)	約1100
2号機第26回定検(2010.6.9~2010.10.26)	約1500

(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。

- ・ 感知器等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。
- ・ 感知器等の設置及び保守点検時の集団線量について、年間線量又は定検線量を大きく増加させないこと。
- ・ 被ばく線量及び集団線量を可能な限り低くすること。

(4) 放射線量が高い場所を含むエリアの分類及び放射線量

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

第3・5・4・2表 放射線量が高い場所を含むエリアの放射線量

設置エリア	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		<ul style="list-style-type: none"> ・被ばくの観点で、定検中に設置及び保守点検が可能。
③インコアモニタチェス室		<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が低下する期間がある。
④抽出水再生クラー室		<ul style="list-style-type: none"> ・被ばくの観点で、定検中に設置及び保守点検が可能。
⑤～⑭各ファイル室		<ul style="list-style-type: none"> ・被ばくの観点で、定検中に設置及び保守点検が可能。
⑮～⑳各塩塔室		<ul style="list-style-type: none"> ・線源である各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
㉑ドラム貯蔵庫		<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。
㉒廃液ホールドアップタンク室		<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。
㉓廃液蒸発装置室		<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。
㉔廃樹脂処理建屋配管室		<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。
㉕濃縮廃液タンク室		<ul style="list-style-type: none"> ・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
㉖廃樹脂貯蔵タンク前通路		<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。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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

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

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

③インコアモニタチェス室、⑤キャビティフィルタ室、⑥燃料ピットフィルタ室、⑩冷却材フィルタ室、⑭スキマフィルタ室、⑰冷却材脱塩塔室、⑱燃料ピット脱塩塔室及び⑳濃縮廃液タンク室については、放射線量が高く、アナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器は使用できないことから、空気吸引式の煙検出装置及びアナログ式でない熱感知器の設置及び保守点検を実施する際の作業計画における被ばく線量及び集団線量を試算する。(添付参照)

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

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

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

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

- ・⑮～⑳各塩塔室及び㉕濃縮廃液タンク室では、線源となる放射性物質の除去を必要な時期に実施できないことから、常時放射線量が高く、保守点検における被ばく線量及び集団線量の試算結果が判断基準及び考慮事項を満たさない。作業員の被ばくの観点から火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法により感知器等を設置することが適切でないため、火災防護審査基準2.2.1(1)②に定められた方法と別の設計基準を満足するよう感知器等を設置することで、技術基準規則に適合させる方針とする。

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

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

第 3-5-4-3 表 ③、⑮～⑳及び㉔のエリアの被ばく線量及び集団線量

【設置時線量】

	火災感知器個数					①放射線量 (mSv/h) [想定線量率]	②設置作業工数 (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									
③インコアモニタチェス室 ^{※2}	1	2	-	0	3						○	
⑮～⑳各脱塩塔室 ^{※3}	-	-	-	-	-						-	
㉔濃縮廃液タンク室 ^{※1}	-	-	-	-	-						-	

【保守点検時線量】

	火災感知器個数					①放射線量 (mSv/h) [想定線量率]	②保守点検作業工数 (人・h)	③作業人数 (人)	④作業日数 (日)	集団線量 (人・mSv) [①×②]	作業員の個人線量 (mSv/日) [[①×②÷③]/④]	判定
	新設(個)			既設 感知器	総数							
	煙感知器	熱感知器	炎感知器									
③インコアモニタチェス室 ^{※2}	1	2	-	0	3						○	
⑮～⑳各脱塩塔室 ^{※1}	-	-	-	-	-						-	
㉔濃縮廃液タンク室 ^{※1}	-	-	-	-	-						-	

- ※ 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、③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ループ室の感知器にも期待)
- ※ 3 : 各脱塩塔上室(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

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(1号機 約 200 人・mSv、2号機 約 270 人・mSv)を超えないことを確認した。

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

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

3-5-5 放射線量が高い場所を含むエリアの火災感知器設計の詳細について

(1) ①原子炉格納容器ループ室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 1
エリア内機器	冷却材ポンプ、蒸気発生器、 1次冷却材高温側温度 (ワイド) 検出器等
エリア面積 (m ²)	304

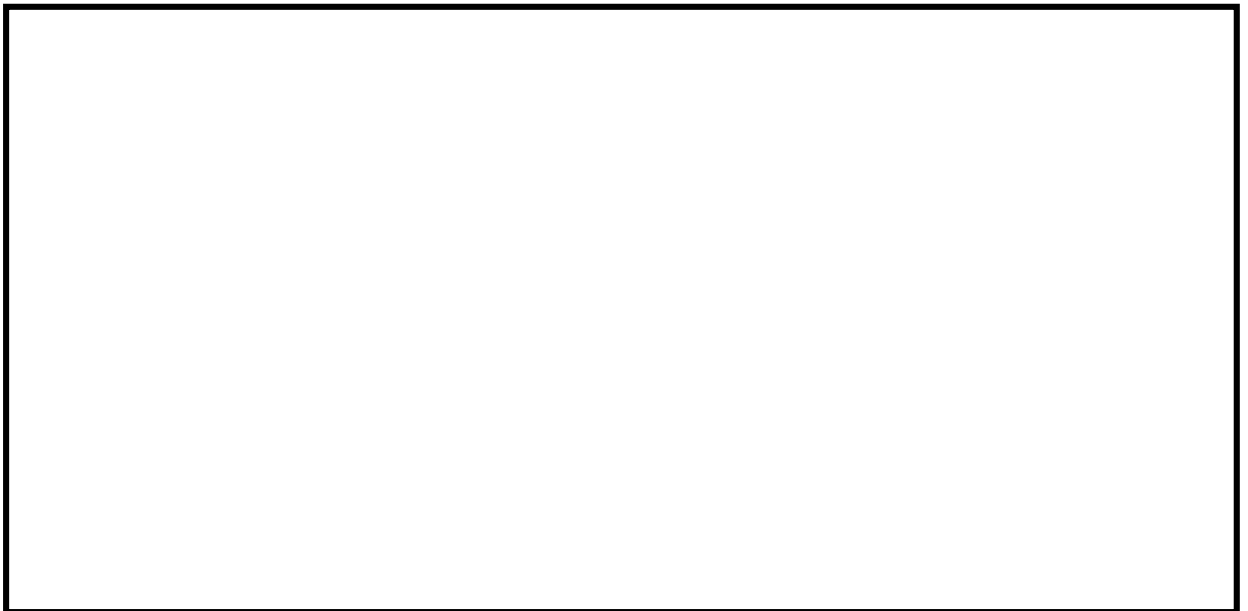
ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

原子炉格納容器ループ室は、RCS 配管貫通部、エリア内給排気ダクト及びエリア入口部分を除き側面がコンクリート壁で閉鎖された空間である。

プラント運転中は、原子炉格納容器内に設置された格納容器再循環ファンにより原子炉格納容器内で空気は循環しており、エリア内にある給気ダクトにより原子炉格納容器ループ室に給気している。

また、プラント停止中は、格納容器送気ファン及び格納容器排気ファンによって、原子炉格納容器ループ室入口からエリア内にある排気ダクトを經由して給排気される。

第 3-5-5-1-1 図に空気の流れを示す。



第 3-5-5-1-1 図 原子炉格納容器ループ室の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

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

第 3-5-5-1-2 図に感知器配置図を示す。



第 3-5-5-1-2 図 原子炉格納容器ループ室の感知器配置図

ニ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等である 1 次冷却材高温側温度 (ワイド) 検出器等がある。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器を設置する。なお、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所にアナログ式の煙感知器を設置する設計とする。また、アナログ式の熱感知器は、その内部に半導体素子を使用していることから、アナログ式でない熱感知

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。

器に比べ、放射線の影響による感知器故障リスクが高く誤作動防止が困難であること及び短周期での取替が必要になる可能性が高いことから、アナログ式でない熱感知器を設置する設計とする。

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

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

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

ホ. 火災発生時の影響及び対応

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

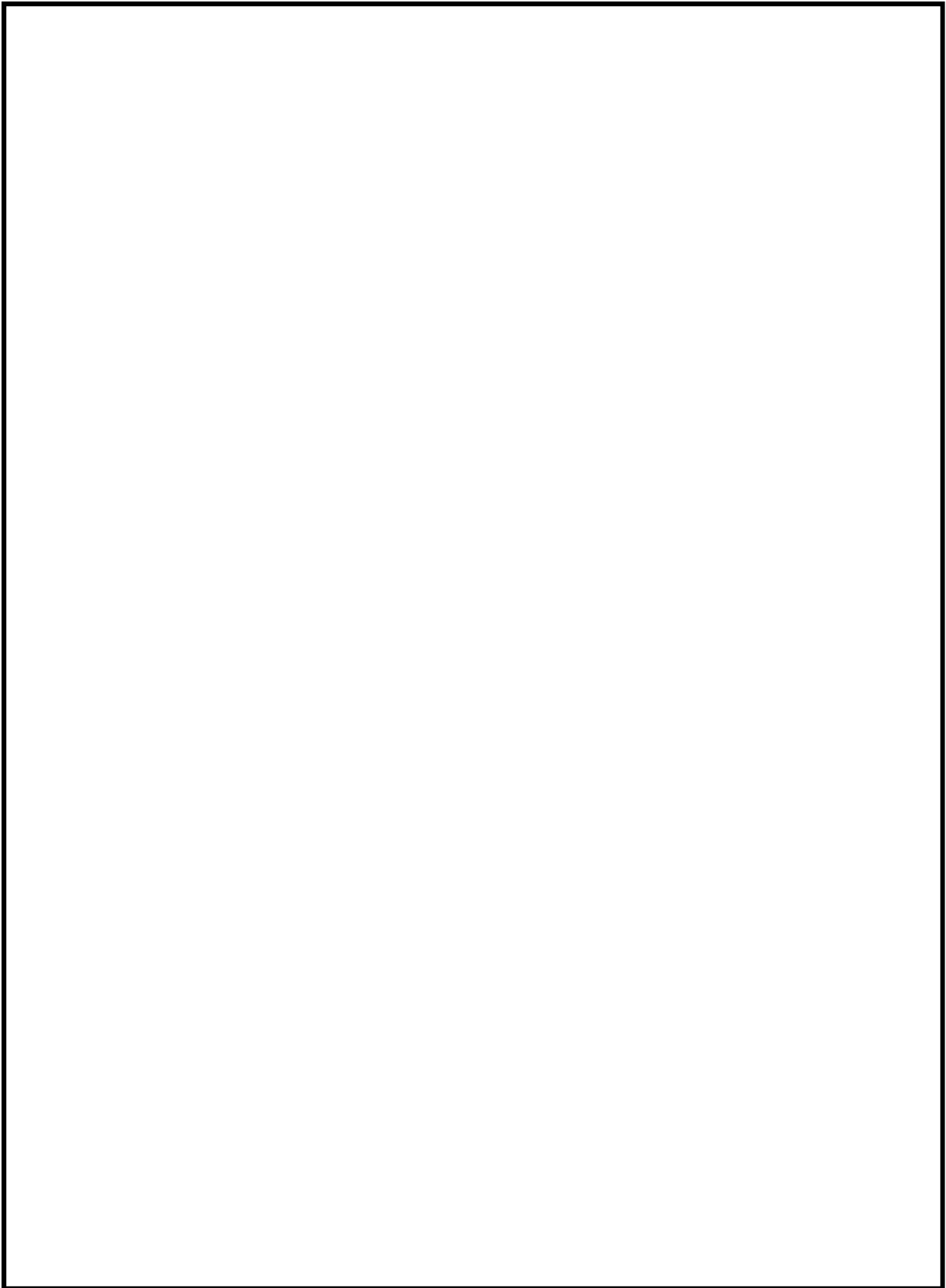
当該エリア内で万一火災が発生した場合、火災による煙及び熱は格納容器再循環ファンからの給気によって攪拌・希釈されるが、四方が壁で囲まれ流路が制限されているため煙濃度及び空気温度は均一になりながら上昇すること、並びに、格納容器再循環ファンによる気流は原子炉格納容器内で循環する設計となっており、火災の継続とともにエリア内の煙濃度及び空気温度は全体的に高まっていくことを考慮して、放射線量が低い場所に床面全体を監視することができるアナログ式の煙感知器、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器を設置することで火災を感知し、火災の状況確認及び消火活動を実施することが可能となる。

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

へ. 技術基準規則への適合について

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

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-5-5-1-3 図 原子炉格納容器ループ室の火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(2) ②加圧器室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	約 5
エリア内機器	加圧器逃がし弁等
エリア面積 (m ²)	32.6

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

加圧器室は、エリア内給気ダクト及びエリア入口部分を除き側面がコンクリート壁で閉鎖された空間である。

プラント運転中は、原子炉格納容器内に設置された格納容器再循環ファンにより原子炉格納容器内で空気は循環しており、エリア内にある給気ダクトにより加圧器室に給気している。

また、プラント停止中は、格納容器送気ファン及び格納容器排気ファンによって、加圧器室出入口からエリア内にある排気ダクトを経由して給排気される。

第 3-5-5-2-1 図に空気の流れを示す。

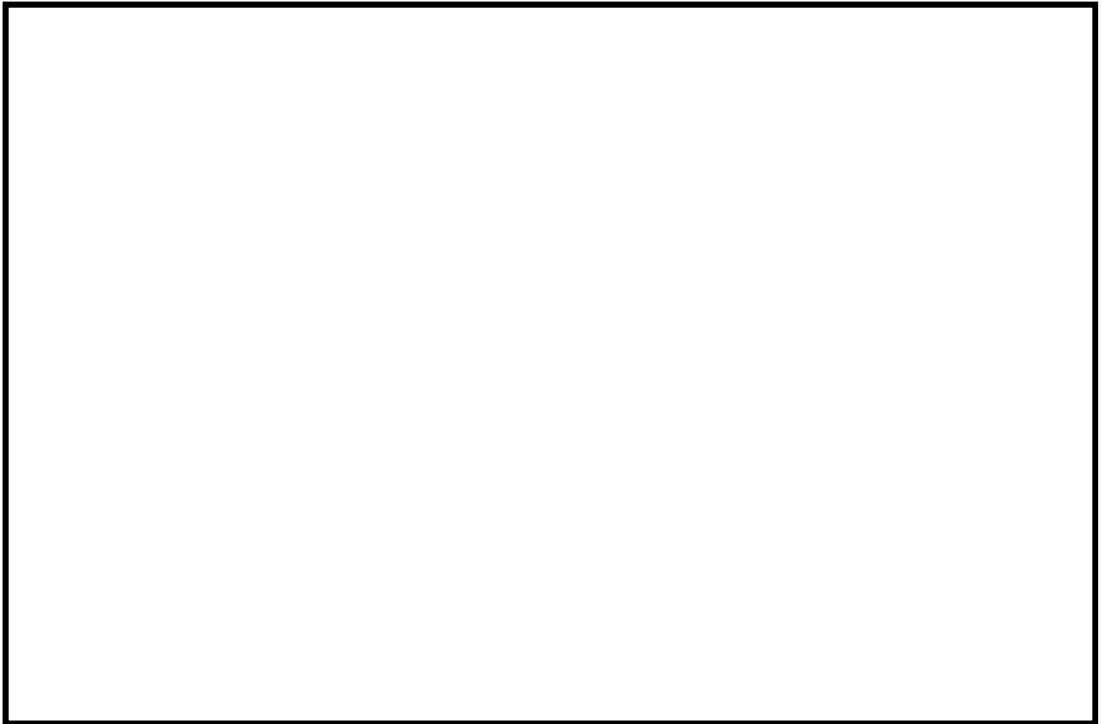


第 3-5-5-2-1 図 加圧器室の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

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



第 3-5-5-2-2 図 加圧器室の感知器配置図

ニ. 選択理由

加圧器室は、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等である加圧器逃がし弁等が存在する。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、アナログ式の煙感知器を消防法施行規則通りに設置し、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器を設置する。なお、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所にアナログ式の煙感知器を消防法施行規則通りに設置する設計とする。

また、アナログ式の熱感知器は、その内部に半導体素子を使用していることから、アナログ式でない熱感知器に比べ、放射線の影響による感知器故障リス

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。

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

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

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

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

ホ. 火災発生時の影響及び対応

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

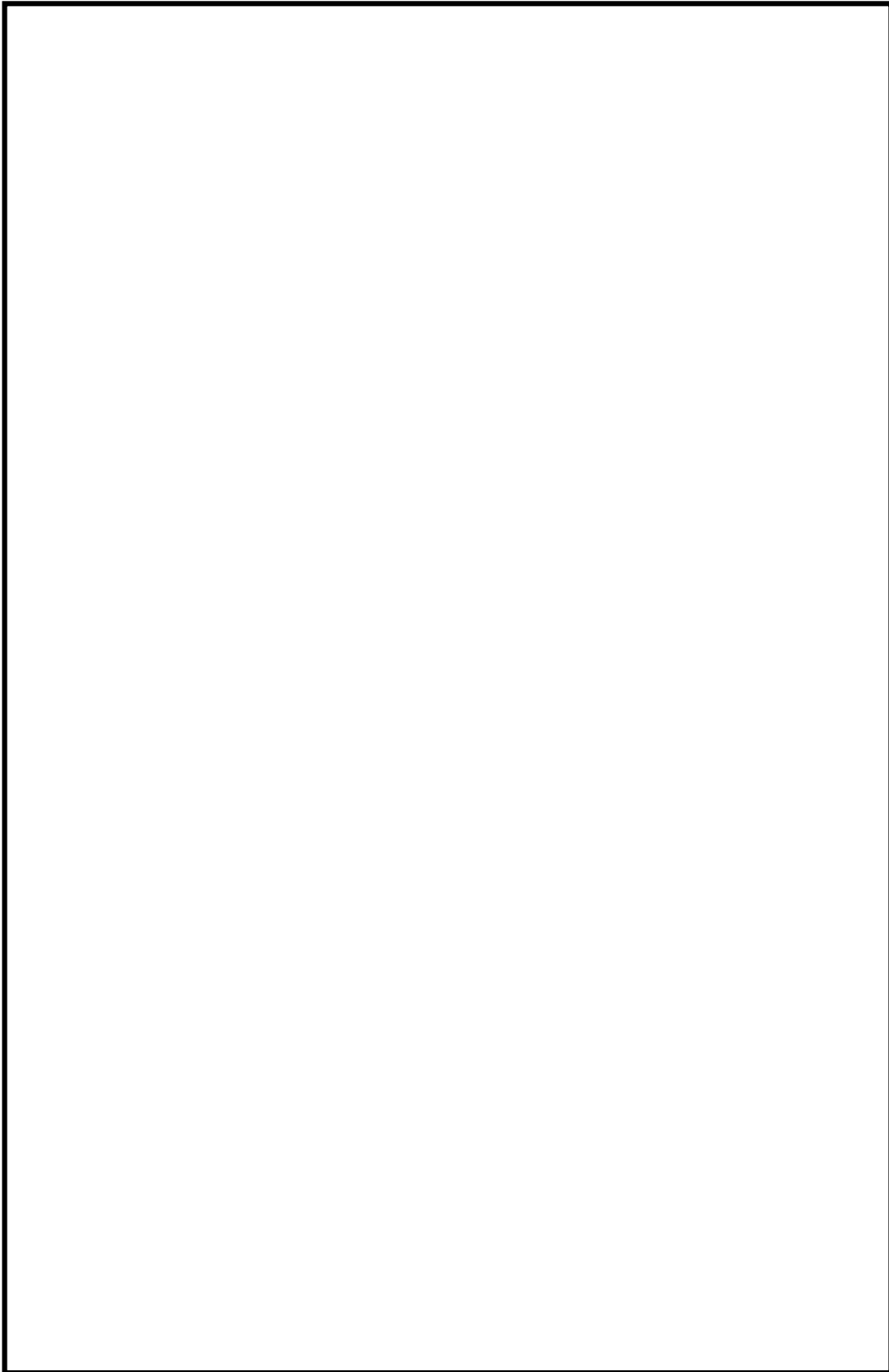
当該エリア内で万一火災が発生した場合、火災による煙及び熱は格納容器再循環ファンからの給気によって攪拌・希釈されるが、四方が壁で囲まれ流路が制限されている空間を上昇すること、並びに、格納容器再循環ファンによる気流は原子炉格納容器内で循環する設計となっており、火災の継続とともにエリア内の煙濃度及び空気温度は全体的に高まっていくこと考慮して、放射線量が低い場所に床面全体を監視することができるアナログ式の煙感知器を消防法施行規則通りに設置し、エリア内全域にアナログ式でない熱感知器を設置することで火災を感知し、火災の状況確認及び消火活動を実施することが可能となる。

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

へ. 技術基準規則への適合について

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

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3-5-5-2-3 図 加圧器室の火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(3) ③インコアモニタチェス室

イ. 環境条件

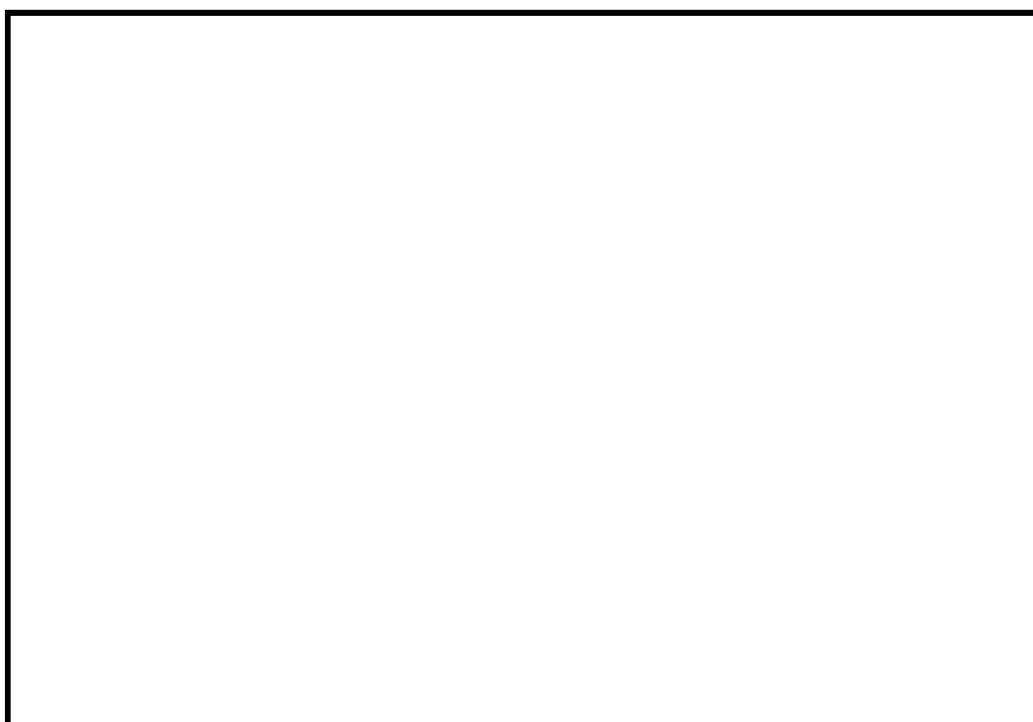
エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	100 以上
エリア内機器	シンブルチューブ、水位計、照明
エリア面積 (m ²)	47
火災荷重 (MJ)	102.1 (恒設機器、照明 1 台)
等価火災時間 (h)	0.0024 (約 8.7s)

ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

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

第 3-5-5-3-1 図に空気の流れを示す。

- ① 原子炉キャビティシールリングから原子炉キャビティへ (インコアモニタチェス室の冷却風量の約 20%)
- ② 原子炉サポートクーラを通して R C S 配管貫通部からループ室へ (インコアモニタチェス室の冷却風量の約 80%)



第 3-5-5-3-1 図 インコアモニタチェス室の空気の流れ

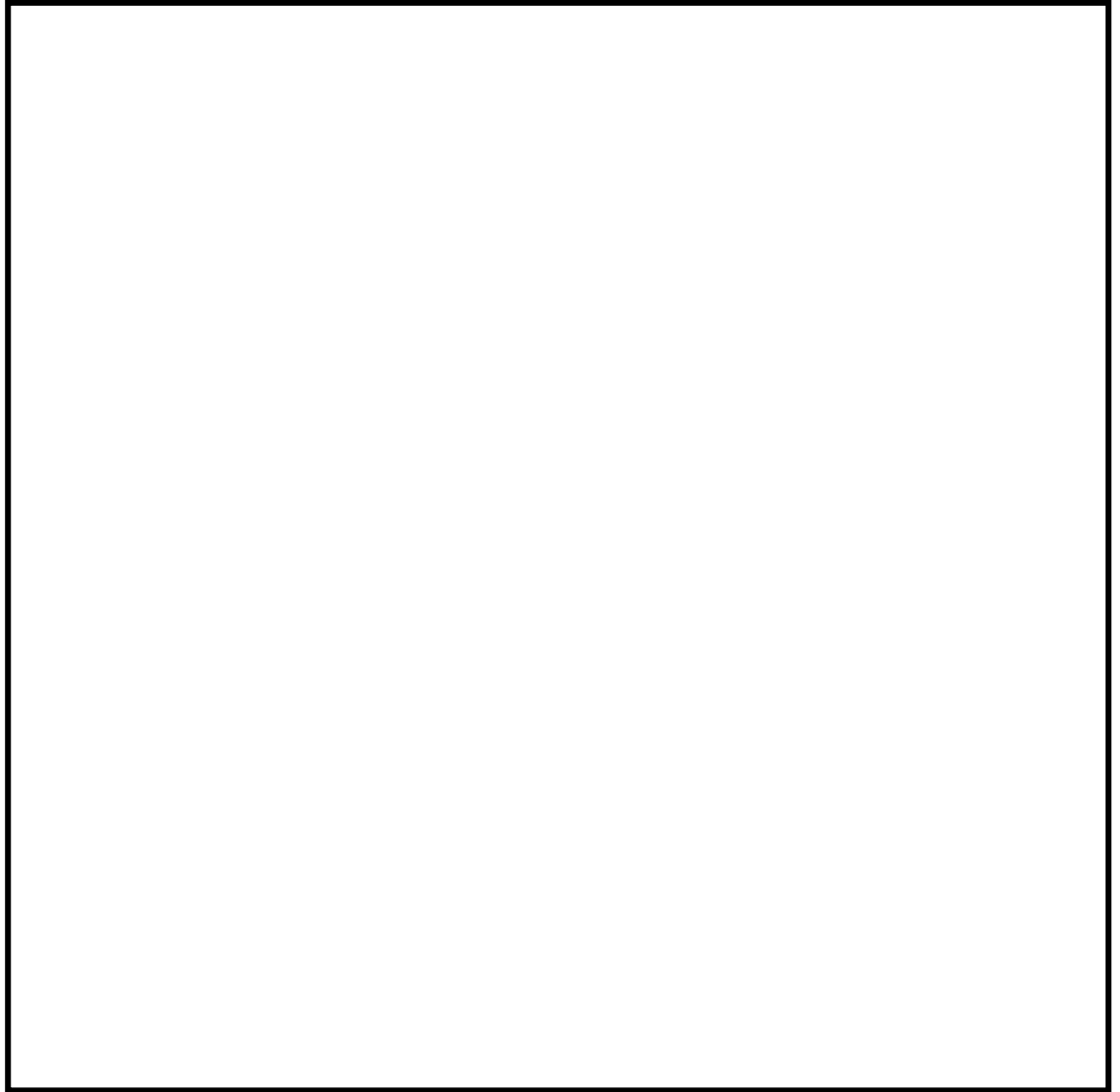
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 設置する感知器

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

また、2種類目の熱感知器は設計基準①を満足することができないため、原子炉しゃへい冷却ファンの運転時に給気口から原子炉容器下部を通過し、RCS 配管貫通部から原子炉格納容器ループ室に抜ける空気の流れを考慮し、空気の流路となるインコアモニタチェス室下部にアナログ式でない熱感知器を設置するとともに、原子炉しゃへい冷却ファンの停止期間においても火災を感知できるよう、火災の熱によって上昇する空気の流れを考慮して、同一エリア内であるインコアモニタチェス室の入口部分にアナログ式の熱感知器を設置し、同一火災区画内の原子炉格納容器ループ室に設置するアナログ式でない熱感知器を兼用する設計とする。

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



第 3-5-5-3-2 図 インコアモニタチェス室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第 3・5・5・3・3 図 ループ室の感知器配置図

ニ. 選択理由

補足説明資料 3・11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

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

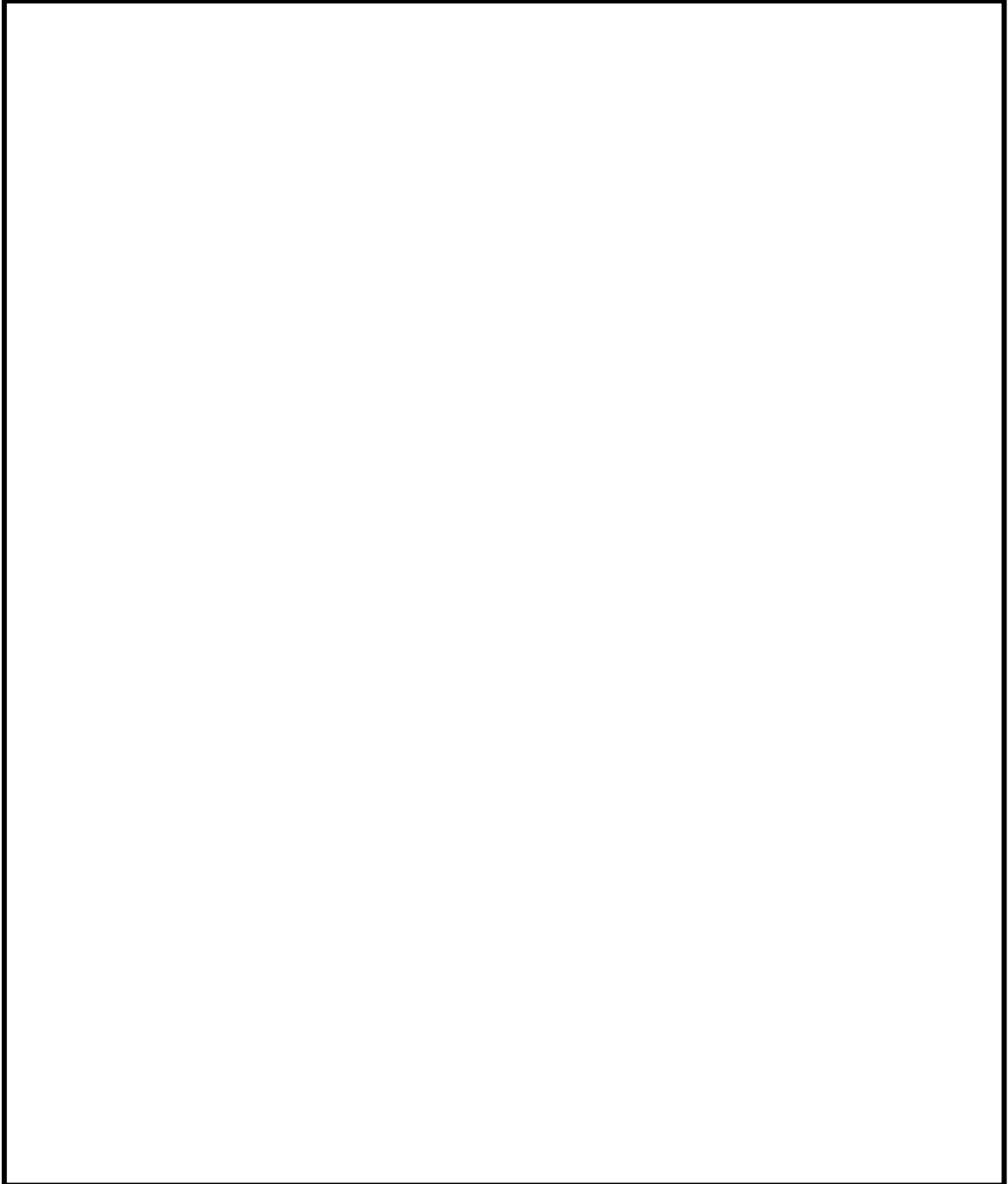
当該エリアには、金属製のシンプルチューブ、水位計及び照明しかないので、火災発生の可能性は低い。

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

当該エリア内で万一火災が発生した場合には、原子炉しゃへい冷却ファンの運転時に給気口から原子炉容器下部を通り原子炉格納容器ループ室に抜ける空気の流れを考慮し、同一火災区画内の隣接エリアで空気の吹き出し口となる原子炉格納容器ループ室内のアナログ式の煙感知器を兼用し、エリア内の下部にアナログ式でない熱感知器を設置するとともに、原子炉しゃへい冷却ファンの停止期間においても火災を感知できるよう、火災による煙及び熱が水平方向に拡散しながら上昇する空気の流れを考慮し、エリア内の入口部分にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置し、原子炉格納容器ループ室内のアナログ式でない熱感知器を兼用する設計とすることで火災を早期に感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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



第 3-5-5-3-4 図 インコアモニタチェス室の火災発生時の空気の流れ

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

へ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうちインコアモニタチェス室は、煙感知方式としてエリア内の入口部分にアナログ式の煙感知器を設置するとともに同一火災区画内の隣接エリアである原子炉格納容器ループ室内のアナログ式の煙感知器を兼用し、熱感知方式としてエリア内の入口部分にアナログ式の熱感知器、下部にアナログ式でない熱感知器を設置するとともに原子炉格納容器ループ室内のアナログ式でない熱感知器を兼用することで、それぞれ設計基準②を満足する設計とする。

以上の設計により、エリア内で発生する火災を早期に感知し、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準②を満足していると評価する。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(4) ④抽出水再生クーラ室

イ. 環境条件

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50 以上
エリア内機器	抽出水再生クーラ、照明
エリア面積 (m ²)	16.9

ロ. 設置する感知器

エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器、エリア内にアナログ式でない熱感知器を消防法施行規則通りに設置する。

第 3-5-5-4-1 図に感知器配置図を示す。



第 3-5-5-4-1 図 抽出水再生クーラ室の感知器配置図

ハ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等はない。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器、エリア内にアナログ式でない熱感知器を設置する。なお、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所に設置する設計とする。

また、アナログ式の熱感知器は、その内部に半導体素子を使用していることから、アナログ式でない熱感知器に比べ、放射線の影響による感知器故障リスクが高く誤作動防止が困難であること及び短周期での取替が必要になる可能性が高いことから、アナログ式でない熱感知器を設置する設計とする。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

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

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

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

ニ. 火災発生時の影響及び対応

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

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

ホ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち抽出水再生クーラ室は、第 11 条第 2 項(火災の早期感知)へ適合している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

- (5) ⑤キャビティフィルタ室、⑥燃料ピットフィルタ室、⑦封水注入フィルタ室、⑧蒸りゅう液フィルタ室、⑨イオン交換器フィルタ室、⑩冷却材フィルタ室、⑪封水フィルタ室、⑫廃液フィルタ室、⑬ほう酸濃縮液フィルタ室及び⑭スキマフィルタ室
- イ. 環境条件

・キャビティフィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	10
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.7

・燃料ピットフィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	10
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

・封水注入フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	5
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

・蒸りゅう液フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

・イオン交換器フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

・冷却材フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	3.9

・封水フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	5
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	3.9

・ 廃液フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

・ ほう酸濃縮液フィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

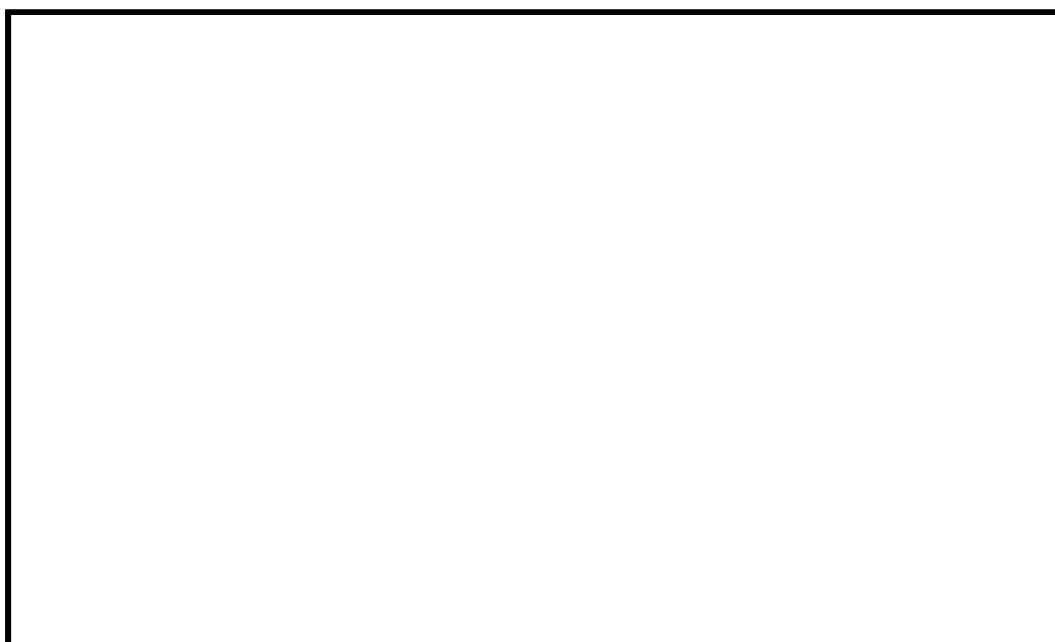
・ スキマフィルタ室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	20
エリア内機器	フィルタ、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	2.5

ロ. 設置する感知器

エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を消防法施行規則通りに設置する。

第 3-5-5-5-1 図に感知器配置図を示す。



第 3-5-5-5-1 図 各フィルタ室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ハ. 選択理由

当該エリアは、火災区画 の一部であり、エリア内には原子炉の安全停止に必要な機器等はない。火災の影響を火災区画内に限定することを目的に、エリア内の放射線量が低い場所にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置する。なお、アナログ式の煙感知器は、内部に半導体素子を使用しており、放射線の影響による感知器故障リスクが高いことから、エリア内の 10mGy/h 以下の場所に設置する設計とする。

ニ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 内の隣接エリアには、火災防護上重要な機器等である化学体積制御系等、非常用電源系統のケーブル等が存在するが、当該エリアには、金属製であるフィルタ容器（フィルタは容器内において水に浸かった状態で保管されているため、発火源になることはない）、弁、照明しかないため火災発生及び延焼の可能性は低い。

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

ホ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち上記の各フィルタ室は、第 11 条第 2 項（火災の早期感知）へ適合している。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

- (6) ⑮ホールドアップタンクカチオン塔室、⑯冷却材カチオン塔室、⑰冷却材脱塩塔室、⑱燃料ピット脱塩塔室、⑲蒸りゅう液脱塩塔室及び⑳脱ほう素塔室

イ. 環境条件

- ・ホールドアップタンクカチオン塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	5
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	3.9

- ・冷却材カチオン塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	5
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	3.9

- ・冷却材脱塩塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	4.2

- ・燃料ピット脱塩塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	50
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	4.5

- ・蒸りゅう液脱塩塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	3.8

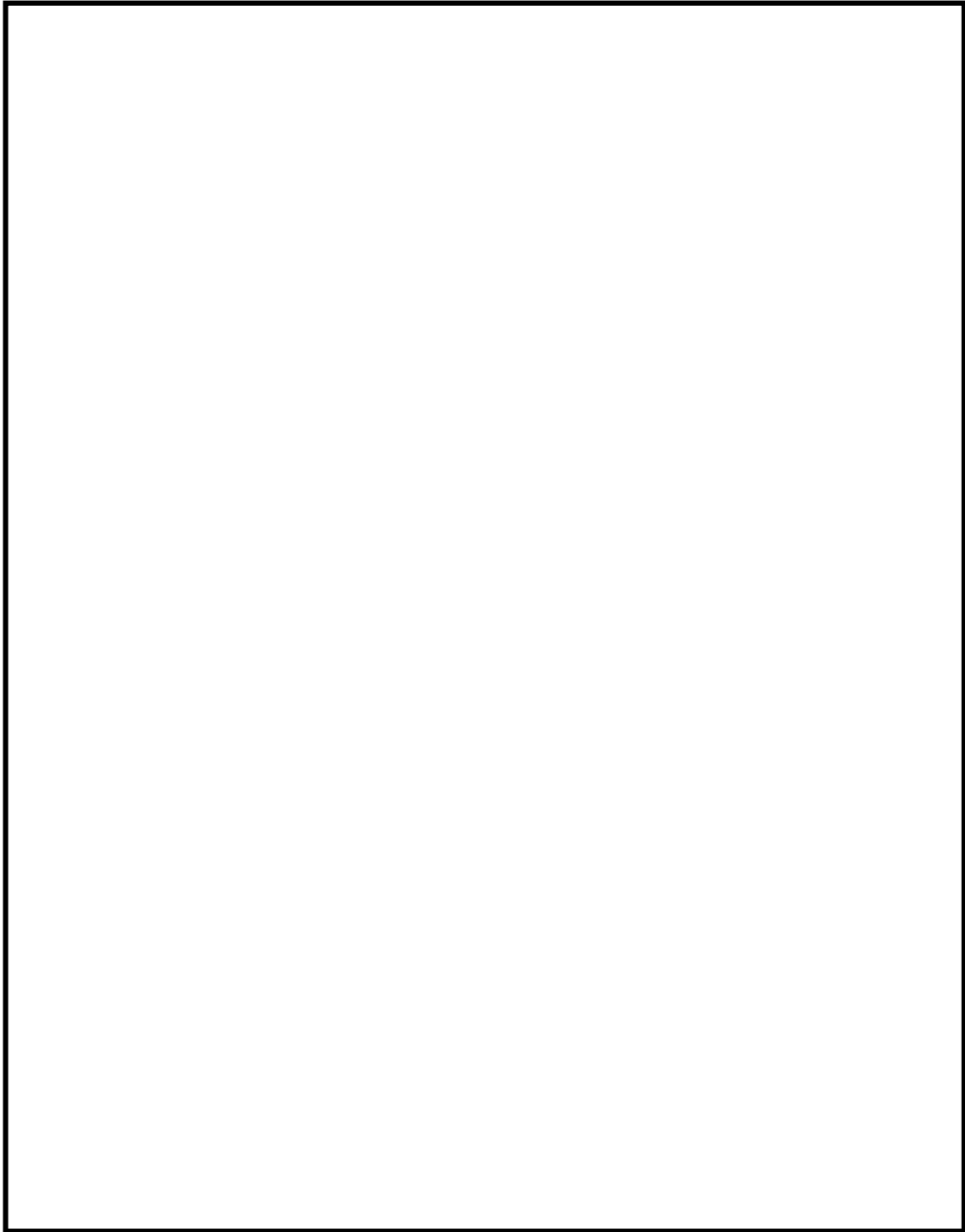
- ・脱ほう素塔室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1
エリア内機器	樹脂、容器、弁
エリア面積 (m ²)	4.5

ロ. 開口部を考慮した火災時の煙及び熱の流れ

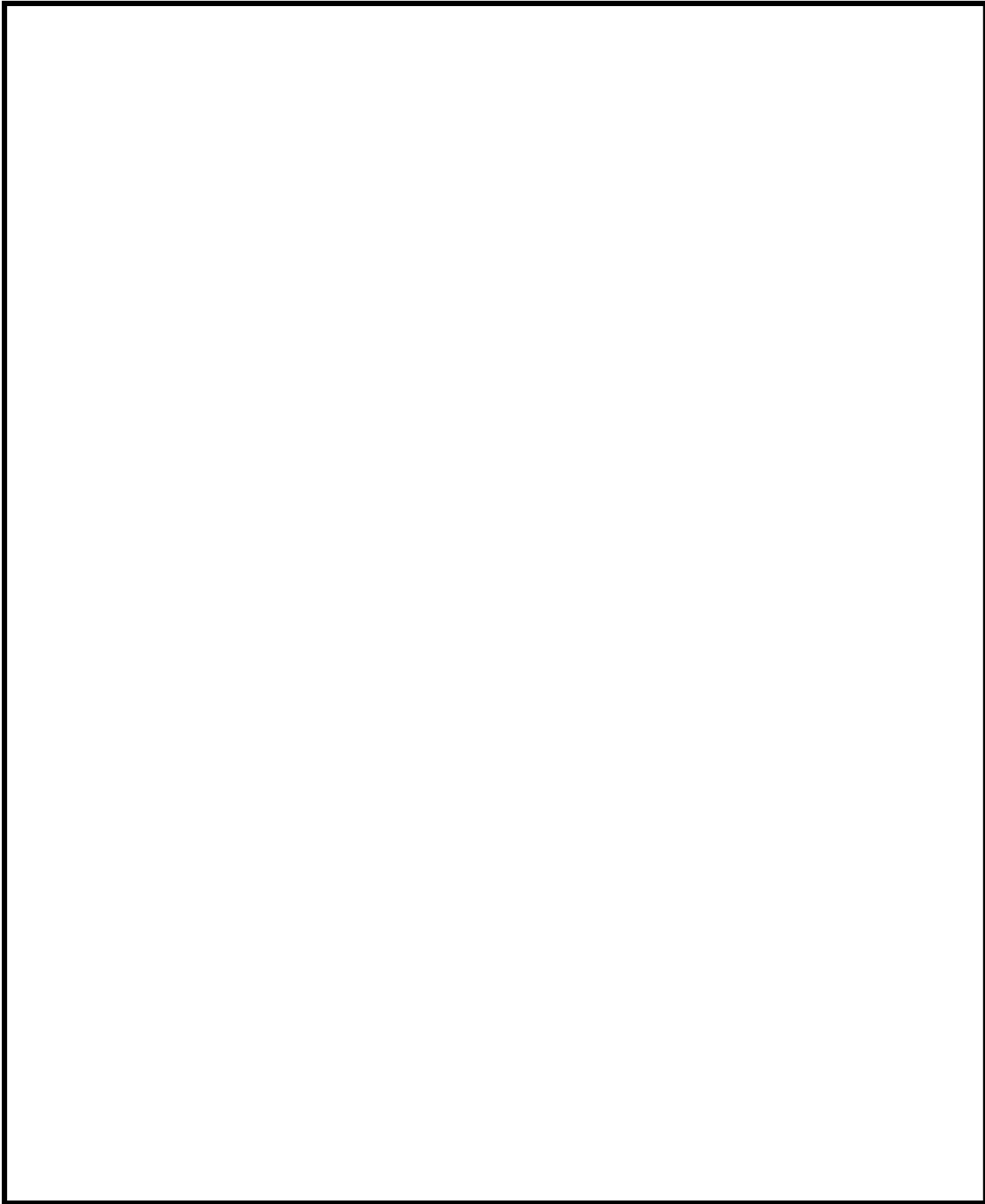
放射線量が高い各脱塩塔室は、第 3-5-5-6-1 図及び第 3-5-5-6-2 図に示すとおり、1号機においては隣接する上室からの配管の貫通口、また、2号機においては上室からの排気ダクトの貫通口に開口部があり、火災により発生した煙及び熱は天井面に滞留し、この開口部より上室に流れることが想定できる。

なお、2号機の排気ダクトの排気口は天井面から 3.4m 下方（床面から 1m 上方）に位置し、火災により発生した煙及び熱は天井面に滞留し、煙及び熱の上昇・拡散により、上室に流れることが想定できる。



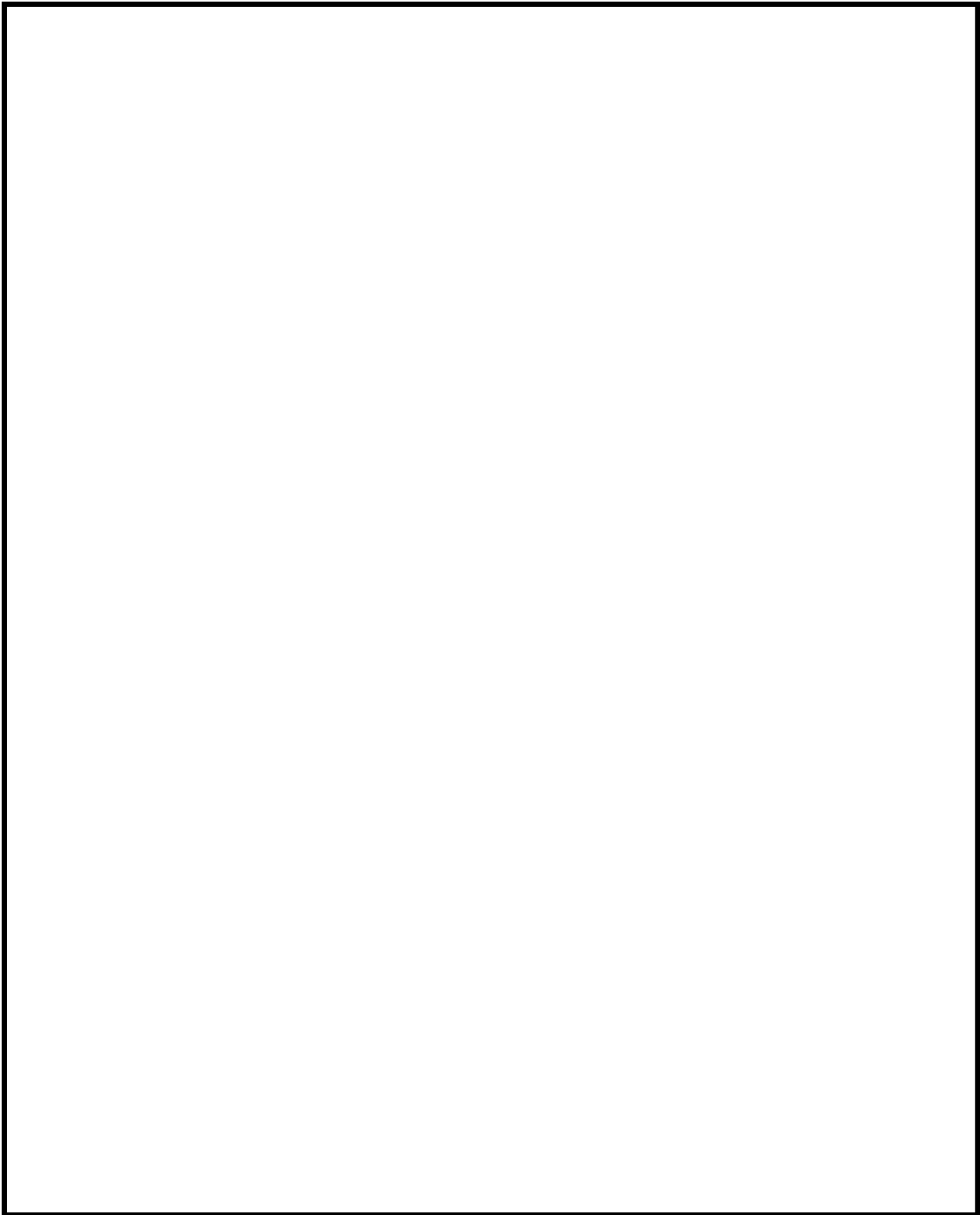
第 3-5-5-6-1 図 各脱塩塔室の空気の流れ（1号機平面図）

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。



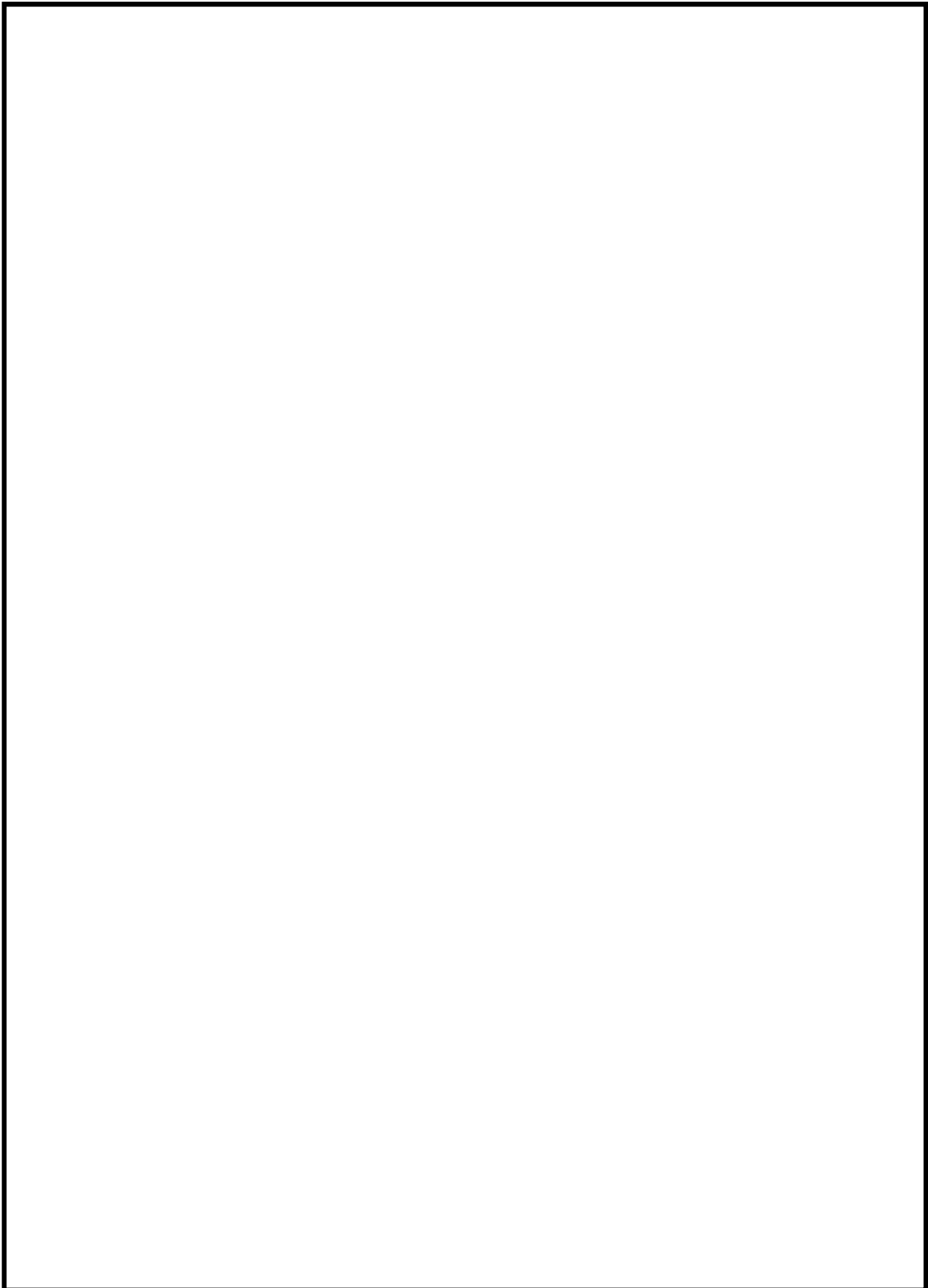
第 3-5-5-6-1 図 各脱塩塔室の空気の流れ (2号機平面図)

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 3-5-5-6-2 図 火災時の各脱塩塔室の煙及び熱の流れ (1 号機断面図)

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。



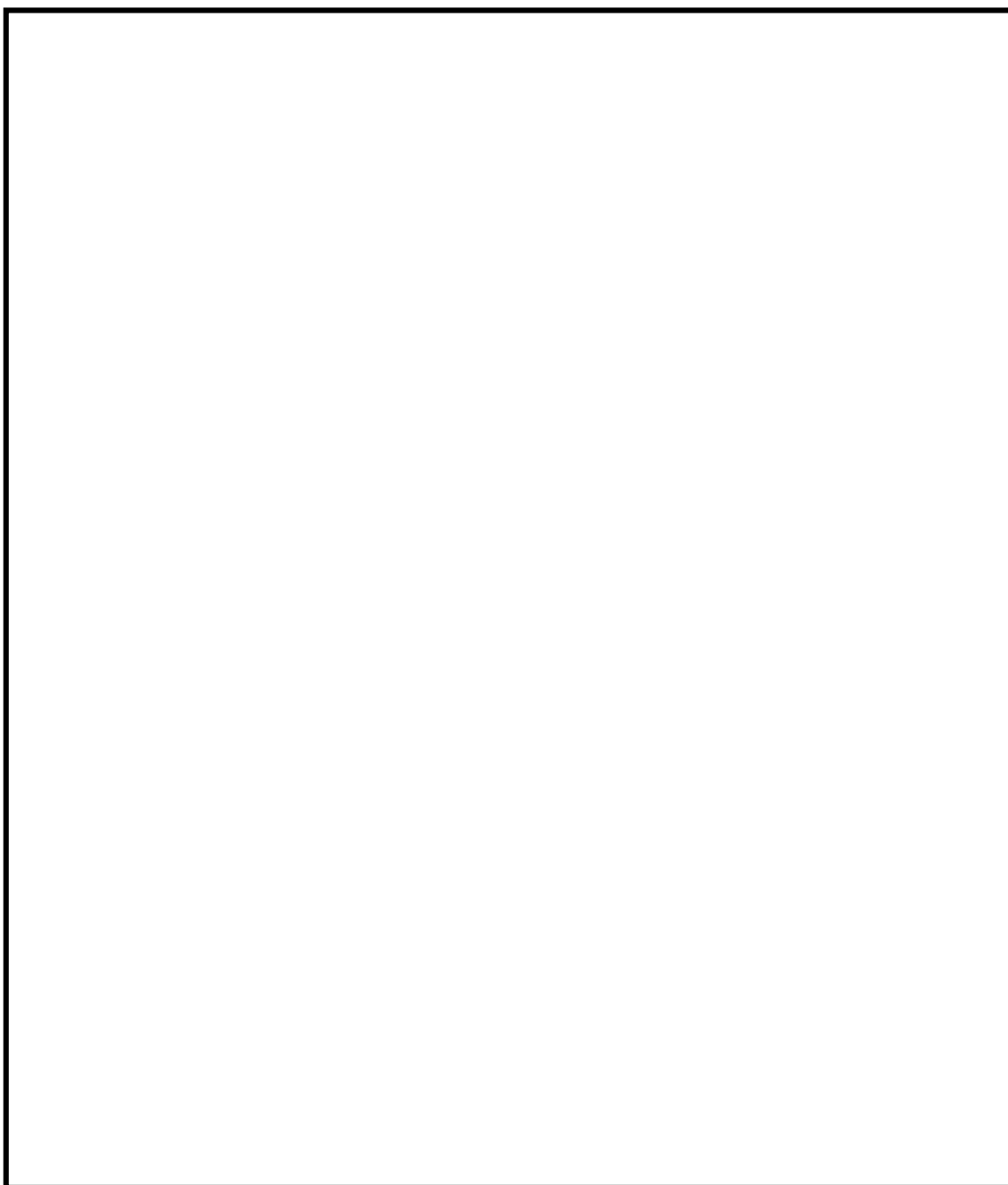
第 3-5-5-6-2 図 火災時の各脱塩塔室の煙及び熱の流れ (2 号機断面図)

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。

ハ. 設置する感知器

各脱塩塔室については、室内全域が放射線量の高い場所となっており、補足説明資料 3・11 のとおり、火災時の煙及び熱の流れを考慮し、隣接エリア内のアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を兼用することで、それぞれ設計基準②を確保する設計とする。

配置の詳細については第 3・5・5・6・3 図に示す。



第 3・5・5・6・3 図 各脱塩塔室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ニ. 選定理由

補足説明資料 3・11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

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

当該エリアには、金属製の各脱塩塔（樹脂は容器内において水に浸かった状態で保管されているため、発火源になることはない）及び配管しかないため火災荷重も低く、等価火災時間（各脱塩塔室：0 秒）より、火災発生及び延焼の可能性は低い。

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

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

ヘ. 技術基準規則への適合について

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

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

(7) ㊸濃縮廃液タンク室

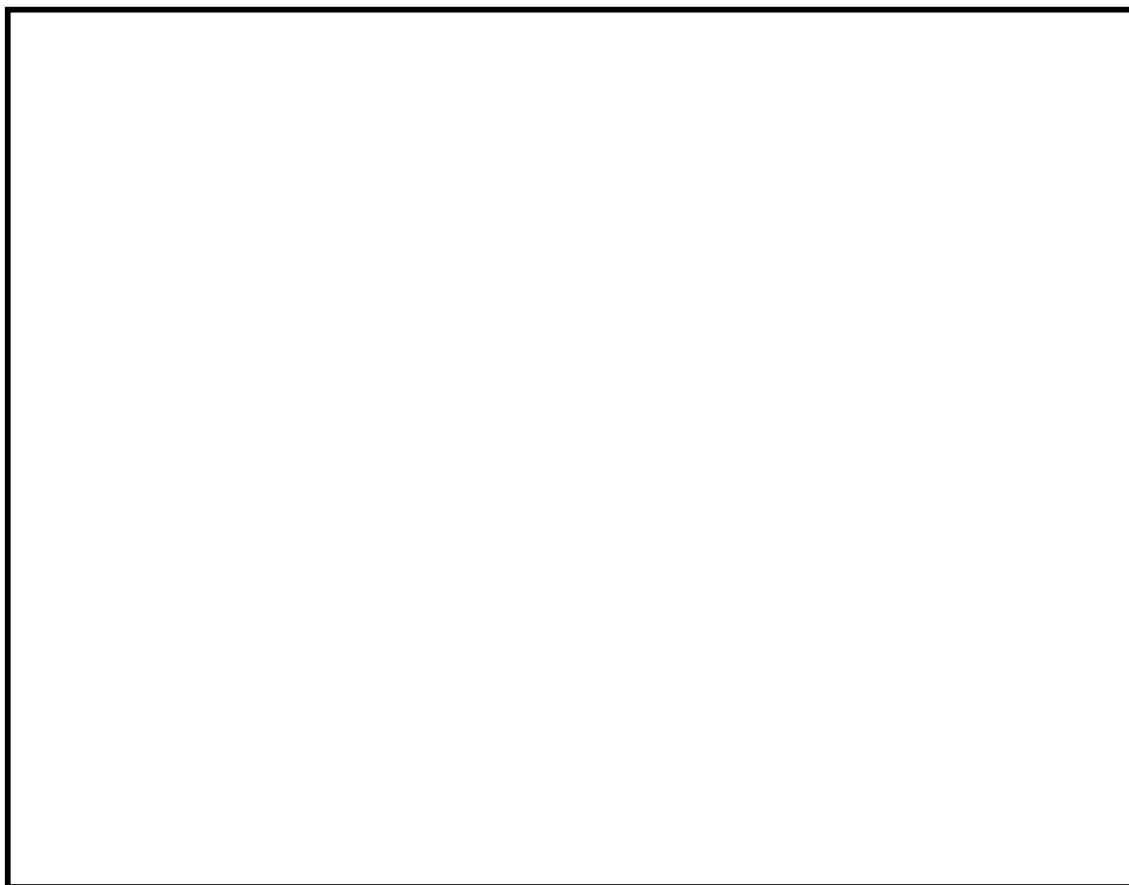
イ. 環境条件

- ・濃縮廃液タンク室

エリア内最大吸収線量率 (mGy/h)	1 以上
エリア内機器	樹脂、容器、弁、照明
エリア面積 (m ²)	38.6
火災荷重 (MJ)	48.5 (照明 4 台)
等価火災時間 (h)	0.0014 (約 5.1s)

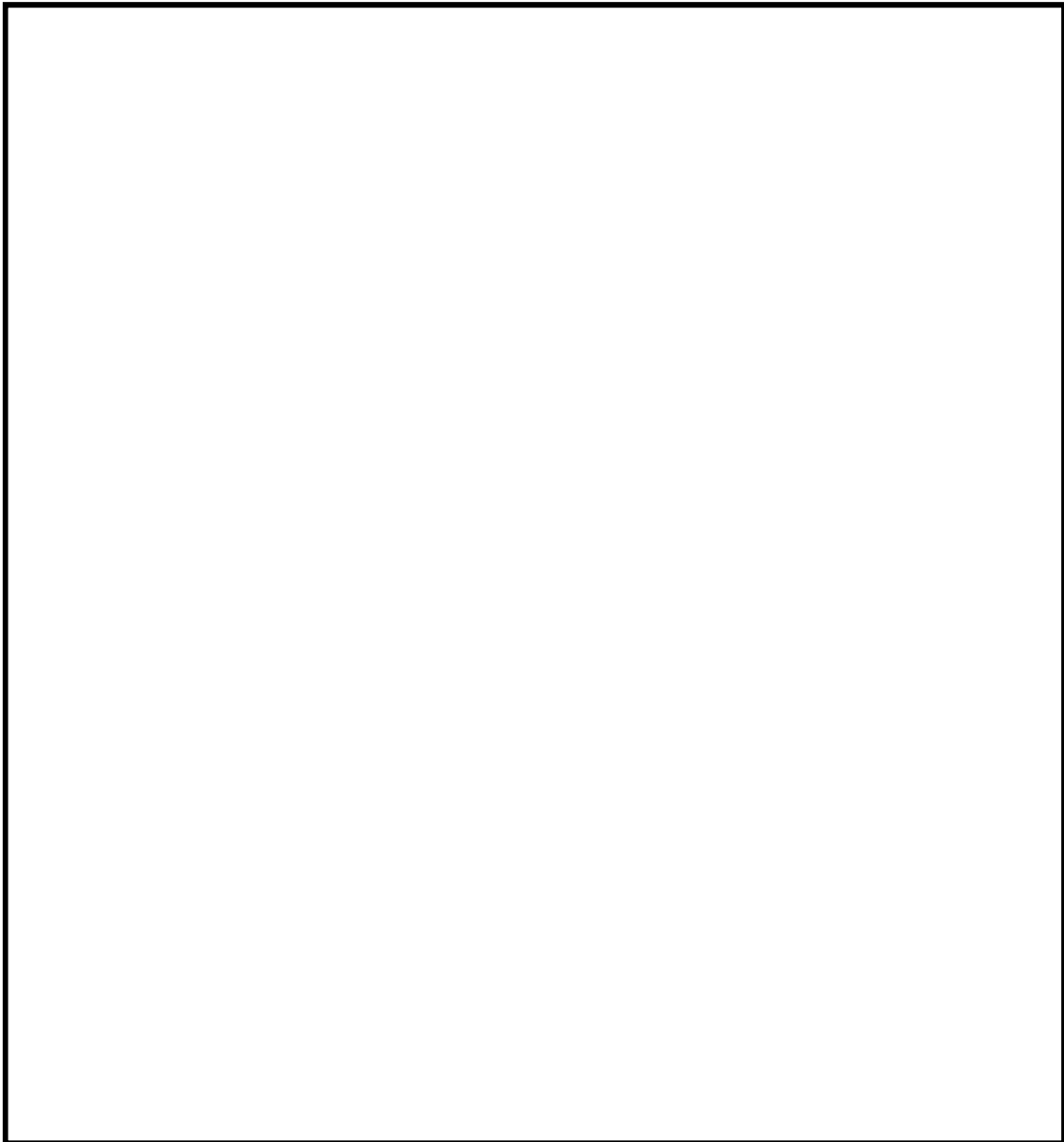
ロ. 開口部を考慮した空気の流れ

放射線量が高い濃縮廃液タンク室は、第 3-5-5-7-1 図及び第 3-5-5-7-2 図に示すとおり給気ファンのダクト及び隣接バルブ設置エリアとの貫通口より空気を給気し、排気ファンのダクトより空気を排気している。



第 3-5-5-7-1 図 濃縮廃液タンク室の空気の流れ (平面図)

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。



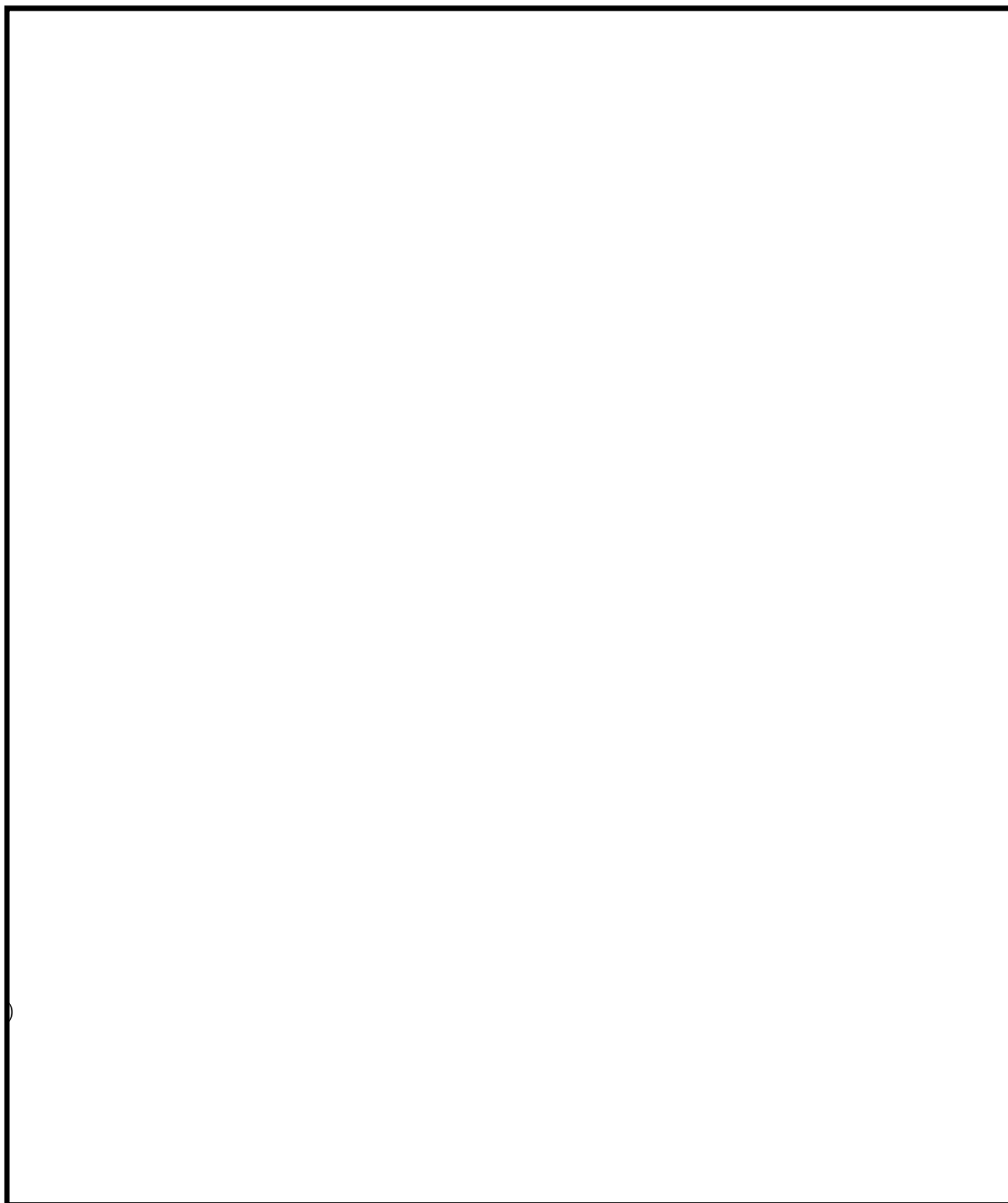
第 3-5-5-7-2 図 濃縮廃液タンク室の空気の流れ（断面図）

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。

ハ. 設置する感知器

濃縮廃液タンク室については、部屋内全域が放射線量が高い場所となっており、補足説明資料 3・11 のとおり、部屋内の換気による空気の気流を考慮し、エリア内とほぼ同じ煙濃度及び温度となる放射線量が比較的低い排気ダクト内にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置することで、それぞれ設計基準①を確保する設計とする。

配置の詳細については第 3・5・5・7・3 図に示す。



第 3・5・5・7・3 図 濃縮廃液タンク室の感知器配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

ニ. 選定理由

補足説明資料 3-11 のとおり。

ホ. 火災発生時の影響及び対応

火災区画 の一部である当該エリアには、火災防護上重要な機器等である廃樹脂処理装置（A、B 濃縮廃液タンク）が設置されている。

当該エリアには、金属製の濃縮廃液タンク及び照明しかないため火災荷重も低く、等価火災時間も約 5.1 秒と火災発生及び延焼の可能性は低い。

当該エリア内で万一火災が発生した場合には、エリアについては、床面、壁、天井がコンクリート壁で仕切られている状況を踏まえた補足説明資料 3-11 の評価に基づき、放射線量が比較的低い排気ダクト内にアナログ式の煙感知器及びアナログ式の熱感知器を設置することで火災を早期に感知し、火災の状況確認及び初期消火活動を実施することが可能となる。

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

ヘ. 技術基準規則への適合について

火災区画 のうち濃縮廃液タンク室は、補足説明資料 3-11 のとおり、同一火災区画内であるダクト部にて早期に感知することが可能であり、既工認から設計に変更のない消火活動に繋げることで火災区画内に火災の影響を限定することができるため、設計基準①を満足していると評価する。

以上

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

感知器設置に係る被ばく線量及び集団線量の試算について

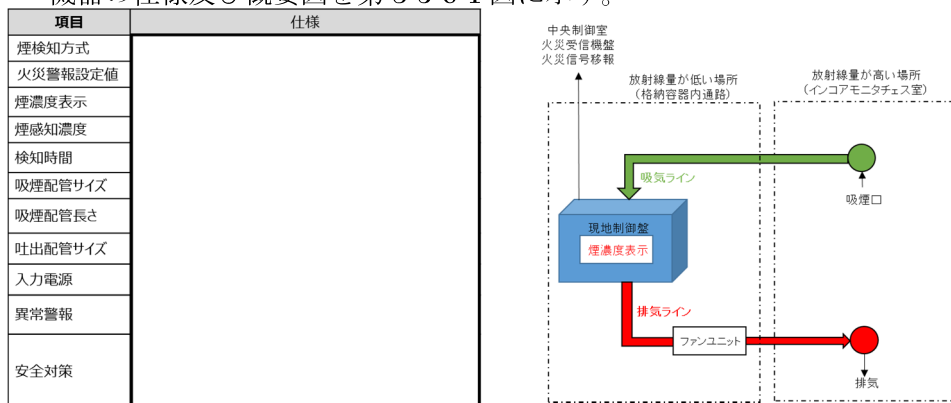
1. 空気吸引式の煙検出装置の設計概要

空気吸引式の煙検出装置を設置する場合の設計概要を以下に示す。

イ. 空気吸引式の煙検出装置の仕様について

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

機器の仕様及び概要図を第 3-5-6-1 図に示す。

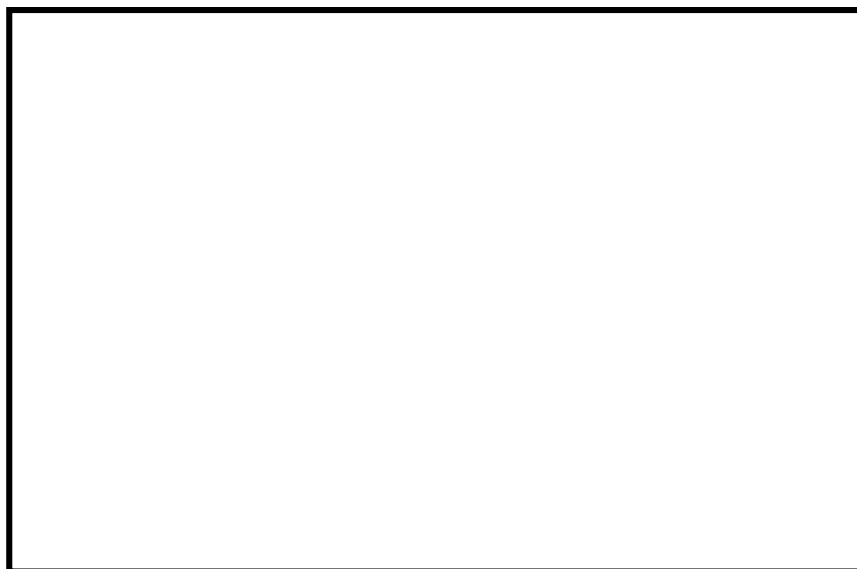


第 3-5-6-1 図 空気吸引式の煙検出装置の機器仕様及び概要図

ロ. 空気吸引式の煙検出装置の配置設計について

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

現地制御盤、配管の設置状況を第 3-5-6-2 図に示す。



第 3-5-6-2 図 現地制御盤、配管の設置状況

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。