

第5-2図 燃料等輸送船火災想定位置と発電用原子炉施設との位置関係

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第5-2表 評価条件

燃料の種類	重油
燃料量[m <sup>3</sup> ]	560
燃焼面積※1[m <sup>2</sup> ]	1,600
燃料密度※2[kg/m <sup>3</sup> ]	1,000
質量低下速度※2[kg/m <sup>2</sup> ・s]	0.035
輻射発散度※3[W/m <sup>2</sup> ]	23,000
燃焼速度[m/s]	$3.50 \times 10^{-5}$

※1：船舶の投影面積に等しいとした

※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値

※3：評価ガイド付属書B 記載値

(5) 燃焼半径の算出

漂流船舶の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は、漂流船舶の投影面積に等しいものとする。したがって、燃焼半径R[m]は漂流船舶の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R : 燃焼半径[m], S : 燃焼面積[m<sup>2</sup>]

第 5-3 表 漂流船舶の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積 S [m <sup>2</sup> ]	燃焼半径 R [m]
漂流船舶	1,600	22.57

(6) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m<sup>3</sup>]

R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度=M/ρ[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m<sup>2</sup>・s], ρ : 燃料密度[kg/m<sup>3</sup>]

第 5-4 表 漂流船舶の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m <sup>3</sup> ]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m <sup>2</sup> ・s]	燃料密度 ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼継続時間 t [s]
漂流船舶	560	22.57	0.035	1,000	10,008

(7) 建屋外壁に対する危険距離評価

(a) 評価対象範囲

評価対象施設の外壁について、漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。

(b) 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 5-5 表に示す。

第 5-5 表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]			
	原子炉建屋	原子炉補助建屋	ディーゼル発電機 建屋	循環水ポンプ 建屋
漂流船舶	624	587	673	587

追而【基準津波審査の反映】  
(上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

(c) 判断の考え方

i. 危険輻射強度

コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃に至る輻射強度を危険輻射強度とし、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを、危険距離及び離隔距離から確認する。

ii. 評価方法

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、火災源を単一の円筒火炎と見なせることから、原子炉施設外壁を半無限固体として式1の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より外壁表面(x=0)の温度が200℃となる輻射強度を危険輻射強度として算出する。

なお、コンクリート表面温度評価にあたっては、外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため、保守的に対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{at}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) - \frac{x}{2\sqrt{at}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) \right] \quad (\text{式1})$$

(出典：伝熱工学，東京大学出版会)

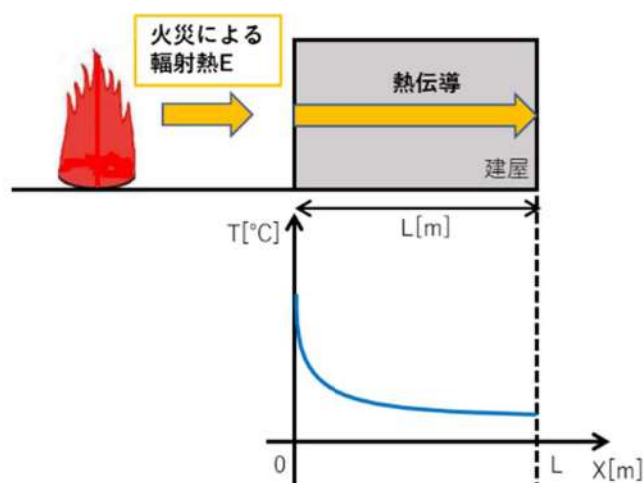
T：許容温度(200[℃])，T<sub>0</sub>：初期温度(50[℃])，E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

α：コンクリート温度拡散率(=λ/ρC<sub>p</sub>) (7.53×10<sup>-7</sup>[m<sup>2</sup>/s])

ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m<sup>3</sup>])，C<sub>p</sub>：コンクリート比熱(963[J/kg・K])

λ：コンクリート熱伝導率(1.74[W/m・K])，t：燃焼継続時間(10,008[s])

x：コンクリート壁表面深さ(0[m])



第5-3図 建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図

式1で求めた危険放射強度Eとなる形態係数Φを式2より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad (\text{式2})$$

E：放射強度[W/m<sup>2</sup>]，R<sub>f</sub>：放射発散度[W/m<sup>2</sup>]，Φ：形態係数

第5-6表 対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	放射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	形態係数[-]
原子炉建屋	重油	23,000	0.11
原子炉補助建屋			
ディーゼル発電機建屋			
循環水ポンプ建屋			

式2で求めた形態係数Φとなる危険距離Lを式3より算出する。

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式3})$$

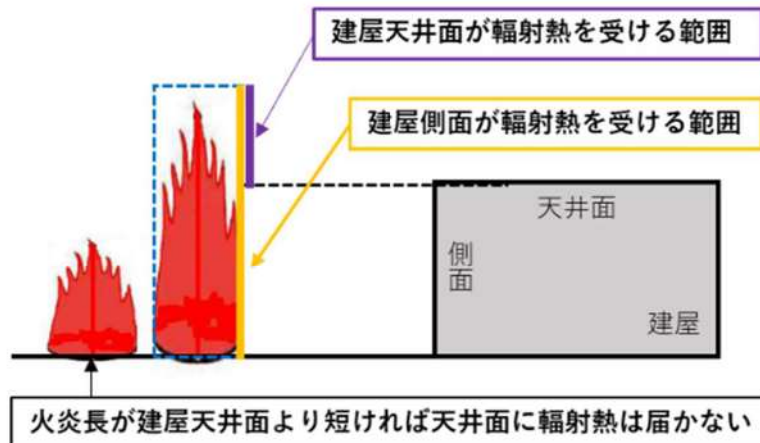
$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H：火炎長(67.71[m])，R：燃焼半径(22.57[m])，L：危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し、当該漂流船舶から各評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- ・火炎長が天井より短い場合、天井に放射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井より長い場合、天井に放射熱を与えるが、その放射熱は外壁に与える放射熱より小さい。
- ・火炎からの距離が等しい場合、垂直面(外壁)と水平面(天井)の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、天井の熱影響は外壁に比べて小さい。

天井スラブの評価概念図を第5-4図に示す。



第 5-4 図 建屋天井面の評価概念図

iii. 評価結果

危険放射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果、各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。

評価結果のうち、危険放射強度を第 5-7 表に、危険距離を第 5-8 表に示す。

第 5-7 表 対象施設の危険放射強度

対象施設	危険放射強度 [W/m <sup>2</sup> ]
原子炉建屋	2,530
原子炉補助建屋	
ディーゼル発電機建屋	
循環水ポンプ建屋	

第 5-8 表 外壁への漂流船舶火災影響評価結果

対象施設	危険距離 [m]	離隔距離 [m]
原子炉建屋	90	624
原子炉補助建屋		587
ディーゼル発電機建屋		673
循環水ポンプ建屋		587

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

(8) 排気筒の温度評価

(a) 影響評価対象範囲

排気筒について、漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。

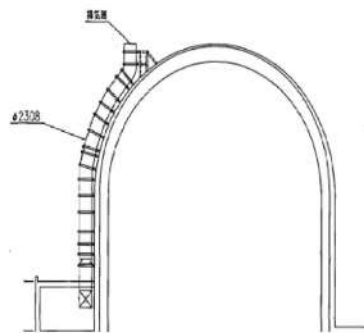
なお、排気筒の評価にあたっては、原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。

(b) 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第5-9表に、排気筒外形図を第5-5図に示す。

第5-9表 排気筒の仕様

名称	排気筒
種類	丸形
主要寸法	外径 2,308mm
	地表高さ 73.1m
材料	SUS304
個数	1



第5-5図 排気筒の外形図

(c) 評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第5-10表に示す。

第5-10表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	排気筒
漂流船舶	624

追而【基準津波審査の反映】  
(上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

(d) 判断の考え方

i. 危険輻射強度

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、排気筒の鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。

ii. 評価方法

排気筒は内部への伝熱はなく、熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため、速やかに定常状態となることから、円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が

到達し、外表面全体から放熱するものとして、一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき、輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式1により排気筒表面の温度から危険輻射強度を算出する。

なお、内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h} \quad (\text{式1})$$

$\varepsilon$ : 吸収率(1.0[-]),  $E$ : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>],  $h$ : 熱伝達率(17[W/m<sup>2</sup>·K])<sup>\*1</sup>,  $T_0$ : 初期温度(50[°C])

※1: 空気調和・衛生工学便覧(外表面の熱伝達率は、受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが、一般的な値として垂直外壁面、屋根面及び上げ裏面の夏季、冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから、これらのうち最も小さい値である17 W/m<sup>2</sup>·Kを用いる。)

第5-11表 対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
排気筒	8,970

式1で求めた危険輻射強度Eとなる形態係数Φを式2より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad (\text{式2})$$

$E$ : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>],  $R_f$ : 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>],  $\Phi$ : 形態係数

第5-12表 対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	形態係数[-]
排気筒	重油	23,000	0.39

式2で求めた形態係数Φとなる危険距離Lを式3より算出する。

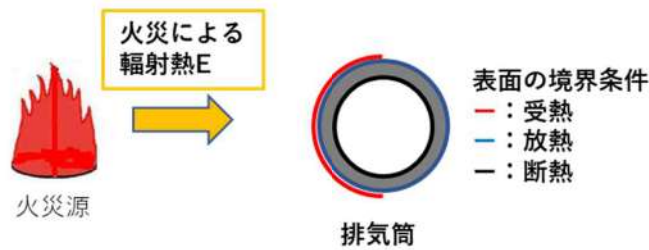
$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式3})$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

$H$ : 火炎長(67.71[m]),  $R$ : 燃焼半径(22.57[m]),  $L$ : 危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し、当該漂流船舶から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

排気筒の評価概念図を第5-6図に示す。



第5-6図 排気筒の評価概念図

iii. 評価結果

危険放射強度より排気筒の危険距離を算出した結果、排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第5-13表に示す。

第5-13表 排気筒への漂流船舶火災影響評価結果

対象施設	危険距離[m]	離隔距離[m]
排気筒	29	624

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

(9) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

原子炉補機冷却海水ポンプは、循環水ポンプ建屋内に収納されており、直接火災の影響を受けることはない。ただし、循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから、火災の放射熱が伝熱により建屋内雰囲気へ移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。また、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は、電動機本体を全閉構造とし、空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり、外部火災の影響を受けた場合には、周囲空気の温度上昇により、冷却機能への影響が懸念されることから、冷却空気の温度を評価対象とする。

電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり、そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要となる冷却空気の温度が、許容温度以下となることを確認する。

(b) 火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離

原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第5-14表に示す。



第5-14表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	循環水ポンプ建屋
漂流船舶	587

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

(c) 判断の考え方

i. 危険輻射強度

原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は、電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、下部軸受の機能が維持される吸い込み外気の許容温度 80℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。

ii. 評価方法

循環水ポンプ建屋内には、各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており、通常運転時にはこれらの機器からの発熱は、建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては、この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして、換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度から危険輻射強度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第5-7図に示す。

$$Q_{in} + q_f \times A_F = G_{air} \times C_{Pin} \times (T_R - T_{in}) \quad \dots\dots ①$$

$$\Delta P_H = \Delta P_{in} + \Delta P_{out}$$

$$\Rightarrow g \times (\rho_{in} - \rho_R) \times H = \zeta_{in} \times \frac{1}{2} \times \rho_{in} \times u_{in}^2 + \zeta_{out} \times \frac{1}{2} \times \rho_R \times u_{out}^2 \quad \dots\dots ②^{※1}$$

$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \dots\dots ③^{※2}$$

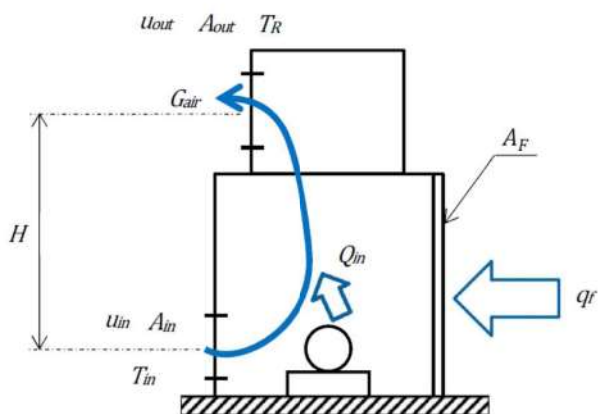
$$u_{in} = \frac{G_{air}}{\rho_{in} \times A_{in}} \quad \dots\dots ④$$

$$u_{out} = \frac{G_{air}}{\rho_R \times A_{out}} \quad \dots\dots ⑤$$

※1 出典：空気調和・衛生工学便覧第11版 空気調和・衛生工学会

※2 出典：伝熱工学資料第5版 日本機械学会（湯き空気として算出）

$Q_{in}$  : 建屋内のポンプモータの放熱量[W],  $q_f$  : 外部火災からの輻射熱受熱熱流束[W/m<sup>2</sup>],  
 $A_F$  : 輻射受熱面積[m<sup>2</sup>],  $G_{air}$  : 換気風量[kg/s],  $C_{pin}$  : 空気比熱[J/kg・K],  
 $T_R$  : 建屋内気温[°C],  $T_{in}$  : 外気温[°C],  $g$  : 重力加速度[m/s<sup>2</sup>],  $\rho_{in}$  : 外気密度[kg/m<sup>3</sup>],  
 $\rho_R$  : 建屋内空気密度[kg/m<sup>3</sup>],  $H$  : 換気有効高さ[m],  $\zeta_{in}$  : 給気口圧損係数[-],  
 $\zeta_{out}$  : 排気口圧損係数[-],  $u_{in}$  : 給気口流速[m/s],  $u_{out}$  : 排気口流速[m/s],  
 $A_{in}$  : 給気口面積[m<sup>2</sup>],  $A_{out}$  : 排気口面積[m<sup>2</sup>]



第5-7図 循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

第5-15表 対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却海水ポンプ	2,760

式①～⑤より求めた危険輻射強度Eとなる形態係数Φを式2より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad (\text{式2})$$

E : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub> : 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ : 形態係数

第5-16表 対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	形態係数[-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	重油	23,000	0.12

式2で求めた形態係数Φとなる危険距離Lを式3より算出する。

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{\sqrt{A(n-1)}}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{(n-1)}{(n+1)} \right] \right\} \quad (\text{式3})$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H : 火炎長(67.71[m]), R : 燃焼半径(22.57[m]), L : 危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し、当該漂流船舶から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

### iii. 評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果、評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第5-17表に示す。

第5-17表 原子炉補機冷却海水ポンプへの漂流船舶火災影響評価結果

対象施設	危険距離[m]	離隔距離[m]
原子炉補機冷却海水ポンプ	80	587

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

### (10) 危険距離の評価結果

漂流船舶の位置と評価対象施設との離隔距離は第5-18表のとおりであり、すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。

なお、輻射の一部は漂流船舶と発電用原子炉施設の間に設置している防潮堤によって遮られるが、保守的に輻射はすべて届くものとして評価している。

第5-18表 漂流船舶火災の評価結果

評価対象	危険距離[m]	離隔距離[m]
原子炉建屋	90	624
原子炉補助建屋		587
ディーゼル発電機建屋		673
循環水ポンプ建屋		587
排気筒	29	624
原子炉補機冷却海水ポンプ	80	587

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

### (11) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、漂流船舶において火災が発生した場合を想定したとしても、離隔距離(587m)が危険距離(最大90m)以上であることから、発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価できる。

追而【基準津波審査の反映】  
 (上記の破線部分は、基準津波審査結果を受けて反映のため)

### 漂流船舶（火災）の二次的影響について

発電所港湾内で漂流船舶が出火し重油が流出したとしても、約 T.P. -3.8m～T.P. -8.0m に設置された取水路より取水していることから発電用原子炉施設（海水系ポンプ）への影響はない。

発電所港湾外で船舶の油が流出した場合は、油の流出を確認し次第、速やかにオイルフェンスを設置し、発電用原子炉施設への影響がないよう対応する。

オイルフェンスは構内の保管庫に格納しており、また年に一度の点検により健全性を確認している。

## 敷地内における危険物施設 の火災について

## 1. 目的

本評価は、泊発電所の発電所敷地内の危険物施設の火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことについて、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書B石油コンビナート火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」及び、「附属書C原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」（以下、「評価ガイド」という。）に基づき、評価するものである。

## 2. 発電所敷地内危険物施設の火災影響評価

### (1) 敷地内危険物施設の火災の想定

評価ガイドに基づき、発電所敷地内の火災源又は爆発源となる石油類等の屋外の危険物施設のうち、3号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して、影響評価を実施する。

第6-1図のフローに基づき評価対象を抽出した。第6-2表に発電所敷地内の発火源となる危険物貯蔵施設の一覧と抽出フローによる抽出結果を示す。

敷地内危険物施設の火災の想定は以下のとおりとした。

- i. 評価対象とする危険物施設の燃料貯蔵量は管理上定められた上限値とする。
- ii. 危険物施設の損傷等による防油堤内の全面火災を想定した。
- iii. 気象条件は無風状態とした。
- iv. 火災は円筒火災モデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とした。
- v. 黒煙の発生による輻射発散度の低減は無いものとした。
- vi. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう i. で想定した危険物施設位置から発電用原子炉施設までの直線距離とした。

### (2) 評価手法の概要

本評価は、泊発電所に対する敷地内危険物施設の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第6-1表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	防油堤面積を火炎円筒の底面として求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	敷地内危険物施設から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	原子炉施設の外壁、排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する設備の温度上昇を評価し、温度上昇がその設備の熱許容限界値以下になるように発電用原子炉施設は離隔距離を確保する。

### (3) 評価対象範囲

評価ガイドに基づき、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジン等の危険物施設火災の影響評価を実施する。消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設（第6-2表、第6-3表）より、評価対象とする危険物施設等を抽出する（第6-1図）。発電所敷地内の発火源となる施設のうち、建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは外部への火災が発生する可能性が低いことから除外し、危険物を貯蔵し屋外に設置しているタンク等を想定発火源とする。発電所敷地内における危険物施設等の位置を第6-2図に示す。

#### (外部火災影響評価ガイド抜粋)

##### (2) 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお、発電所敷地外の10km以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は(1)の森林火災として評価する。

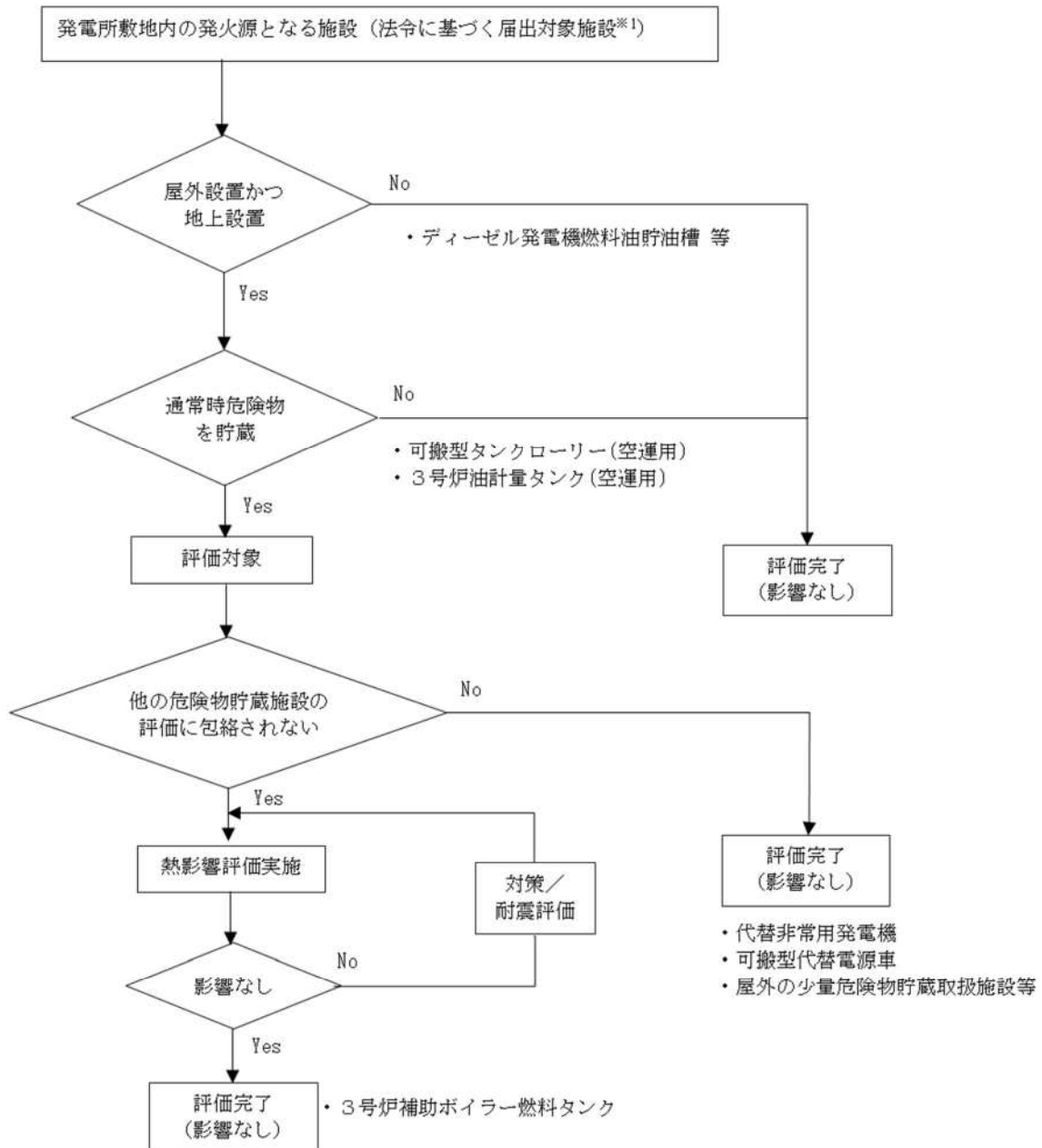
(ただし、発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3)の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。)

発電所敷地内には、危険物施設の他に可搬型タンクローリー(3.86kL×4台)を配備している。可搬型タンクローリーは通常時「空」の状態で開催している。通常時「空」の状態である可搬型タンクローリーは発火の可能性はないことから評価対象から除外する。同様に、発電所構内には3号炉油計量タンクがあるが、航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳による熱影響評価を踏まえ、運用を停止することとしたため評価対象から除外する。また、直接輻射熱の影響を受けない建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは壁面及び天井面に囲まれており、内部で火災が発生した場合でも、屋外への延焼の可能性が低いことから熱影響評価は実施しない。

以上より、評価対象は、1、2号炉及び3号炉の補助ボイラー燃料タンク、1号炉油計量タンク、代替非常用発電機(一般取扱所)、可搬型代替電源車(一般取扱所)及び屋外の少量危険物貯蔵取扱施設となる。

また、代替非常用発電機及び可搬型代替電源車(一般取扱所)は、3号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて、貯蔵量が少なく、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡

されるため熱影響評価は実施しない。1号炉油計量タンク及び屋外の少量危険物貯蔵取扱施設は、3号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて、発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置しており、貯蔵量が少なく、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。また、1号及び2号炉補助ボイラー燃料タンクは、3号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて、発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置しており、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。



※1: 消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設となる危険物タンク等

第6-1図 敷地内危険物施設のうち評価対象抽出フロー



第6-2表 危険物製造所等許可施設一覧 (1/2)

号炉	施設名	製造所の別	危険物		数量	詳細評価要否	
			類	品名			
1号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	461.6 kL	× (地下設置)
2号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	461.6 kL	× (地下設置)
3号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽(A側)	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	295.88 kL	× (地下設置)
3号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽(B側)	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	295.8 kL	× (地下設置)
3号炉	燃料タンク(SA) 【設置予定】	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	60 kL	× (地下設置)
1, 2号炉	補助ボイラー燃料タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第3石油類	A重油	600 kL	× (※3) (管理値 450kL)
3号炉	補助ボイラー燃料タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第3石油類	A重油	720 kL	○ (※1) (管理値 410kL)
1号炉	油計量タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第4石油類	潤滑油	70 kL	× (※3)
3号炉	油計量タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第4石油類	潤滑油	110 kL	× (※2)
1号炉	ディーゼル発電設備 燃料油・潤滑油装置	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	58.9 kL 14.6 kL	× (屋内設置)
2号炉	ディーゼル発電設備 燃料油・潤滑油装置	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	58.9 kL 14.6 kL	× (屋内設置)
3号炉	ディーゼル発電設備 燃料油・潤滑油装置	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	75.3 kL 12 kL	× (屋内設置)
1号炉	タービン潤滑油装置	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	73 kL	× (屋内設置)
2号炉	タービン潤滑油装置	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	73 kL	× (屋内設置)
3号炉	タービン潤滑油装置	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	110 kL	× (屋内設置)
1, 2号炉	補助ボイラー燃料油装置	一般取扱所	4	第3石油類	A重油	96 kL	× (屋内設置)
3号炉	補助ボイラー燃料油装置	一般取扱所	4	第3石油類	A重油	114.6 kL	× (屋内設置)
1, 2号炉	油倉庫	屋内貯蔵所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	4 kL 24 kL	× (屋内設置)
3号炉	油庫	屋内貯蔵所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	4 kL 25.02 kL	× (屋内設置)
1号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	× (※3)
1号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	× (※3)
2号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	× (※3)
2号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	× (※3)
3号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	× (※3)
3号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	× (※3)

第6-2表 危険物製造所等許可施設一覧 (2/2)

号炉	施設名	製造所の別	危険物		数量	詳細評価要否	
			類	品名			
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	8.88 kL 0.1 kL	× (※3)
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	3.86 kL	× (※2)
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	3.86 kL	× (※2)
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	3.86 kL	× (※2)
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第2石油類	軽油	3.86 kL	× (※2)

※1：運用管理により貯蔵量を制限しているため、410 kLにて熱影響評価を実施する。(別紙6-1)

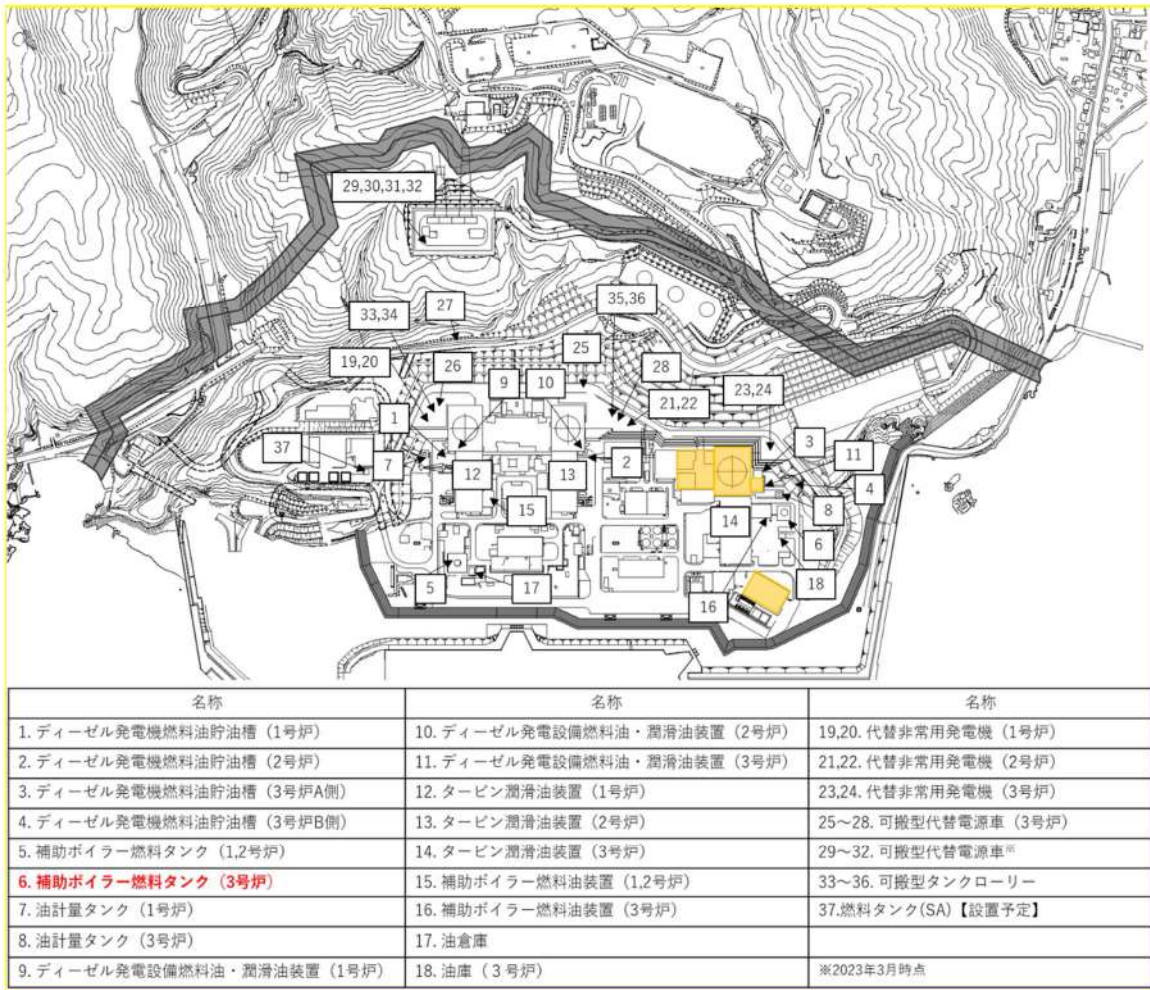
※2：空運用とするため、熱影響評価は実施しない。(別紙6-2)

※3：3号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて、発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置していること又は貯蔵量が少ないことから、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災の熱影響評価に包絡される。

第6-3表 少量危険物貯蔵取扱所施設一覧

号炉	施設名	危険物			数量	詳細評価要否
		類	品名			
1, 2号炉	エンジン消火ポンプ用燃料タンク	4	第2石油類	軽油	490 L	× (屋内設置)
3号炉	ディーゼル駆動消火ポンプ用燃料タンク	4	第2石油類	軽油	490 L	× (屋内設置)
1, 2号炉	循環水ポンプ油圧ユニット油タンク	4	第4石油類	潤滑油	1,600 L	× (屋内設置)
3号炉	循環水ポンプ油圧ユニット油タンク	4	第4石油類	潤滑油	1,310 L	× (屋内設置)
1号炉	1次冷却材ポンプ電動機油回収タンク	4	第4石油類	潤滑油	1,500 L	× (屋内設置)
2号炉	1次冷却材ポンプ電動機油回収タンク	4	第4石油類	潤滑油	1,500 L	× (屋内設置)
3号炉	1次冷却材ポンプ電動機油回収タンク	4	第4石油類	潤滑油	1,500 L	× (屋内設置)
3号炉	緊急時対策所用発電機	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第2石油類	軽油	490 L	× (※1)
3号炉	可搬型大容量海水送水ポンプ車	4	第2石油類	軽油	990 L	× (※1)
3号炉	可搬型大容量海水送水ポンプ車	4	第2石油類	軽油	990 L	× (※1)
その他	可搬型大容量海水送水ポンプ車	4	第2石油類	軽油	990 L	× (※1)
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第2石油類	軽油	250 L	× (※1)

※1: 3号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて、発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置しており、貯蔵量が少なく、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。



第6-2図 敷地内における危険物施設の位置 (発電所全体)

### 3. 温度影響評価

#### (1) 建屋外壁に対する熱影響評価

##### a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち、3号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して、原子炉施設外壁への熱影響評価を実施する。

b. 必要データ

評価に用いるデータは以下のとおりである。

第6-4表 危険物貯蔵施設の必要データ

	3号炉補助ボイラー燃料タンク
燃料の種類	重油
燃料量[m <sup>3</sup> ]	410
防油堤面積※1[m <sup>2</sup> ]	482.79
燃料密度※2[kg/m <sup>3</sup> ]	1,000
質量低下速度※2[kg/m <sup>2</sup> ・s]	0.035
輻射発散度※3[W/m <sup>2</sup> ]	23,000
燃焼速度[m/s]	3.50×10 <sup>-5</sup>

※1：防油堤の堰(20.9m×23.1m)の面積に等しいとした

※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値

※3：評価ガイド付属書B記載値

c. 燃焼半径の算出

防油堤には貯槽その他不燃障害物が存在し、火災面積はその面積分だけ小さくなるが、防油堤全面火災のような大規模な火災の場合は、多少の障害物も無視できる。したがって、本評価では、防油堤面積と等しい円筒火炎を生ずるものと想定し、次の式から燃焼半径R[m]を算出する。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m<sup>2</sup>]

第6-5表 危険物貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積 S [m <sup>2</sup> ]	燃焼半径 R [m]
3号炉補助ボイラー燃料タンク	482.79	12.40

d. 外壁に対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

評価対象施設の外壁について、3号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して評価を実施した。

(b) 火災源となる設備と評価対象施設までの離隔距離を第6-6表に示す。

第 6-6 表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]			
	原子炉建屋	原子炉補助建屋	ディーゼル発電機建屋	循環水ポンプ建屋
3号炉補助ボイラー燃料タンク	57	112	43	100

各建屋の外壁と天井スラブの構成を第 6-7 表に示す。各建屋の外壁と天井スラブの仕様については別紙 6-4 に示す。評価については、外壁に PC 板、天井スラブに防水押さえコンクリートが設置されている原子炉建屋、防護措置として断熱材及びコンクリート板を設置したディーゼル発電機建屋及び外壁に PC 板が設置されていない循環水ポンプ建屋について実施する。なお、原子炉補助建屋の評価は、原子炉建屋より離隔距離が長く、建屋の外壁と天井スラブの構成が同一であることから原子炉建屋の評価に包絡されるため、原子炉建屋の評価で代表できる。よって、以降の原子炉補助建屋の記載は省略する。

第 6-7 表 各建屋の外壁と天井スラブの構成

	外壁		天井スラブ	
	PC板 (60mm)	断熱材	防水押さえコンクリート (80mm)	コンクリート板 (30mm)
原子炉建屋	○	×	○	×
原子炉補助建屋	○	×	○	×
ディーゼル発電機建屋	×	○	○	○
循環水ポンプ建屋※1	×	×		

※1：地表面から約 2.8m が鉄筋コンクリート造の壁、上部の壁が鋼板で構成

○：設置，×：未設置

(c) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\} \quad (式 1)$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H：火災長(37.20[m])，R：燃焼半径(12.40[m])，L：離隔距離[m]

第 6-8 表 評価対象施設ごとの形態係数

対象施設	形態係数[-]
原子炉建屋	0.081
ディーゼル発電機建屋	0.13
循環水ポンプ建屋	0.030

(d) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。

$$E = R_f \times \Phi \quad (\text{式 2})$$

E : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub> : 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ : 形態係数

第 6-9 表 評価対象施設ごとの輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
原子炉建屋	1,863
ディーゼル発電機建屋	2,990
循環水ポンプ建屋	690

(e) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m<sup>3</sup>]

R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度=M/ρ[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m<sup>2</sup>・s], ρ : 燃料密度[kg/m<sup>3</sup>]

第 6-10 表 危険物貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m <sup>3</sup> ]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m <sup>2</sup> ・s]	燃料密度 ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼継続時間 t [s]
3号炉補助ボイラー 燃料タンク	410	12.40	0.035	1,000	24,264

e. 判断の考え方

(a) 許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、一般的にコンクリートの強度にほとんど影響がないとされている 200℃とする。

(b) 耐火性能の評価結果

i. 原子炉建屋及び循環水ポンプ建屋

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で原子炉施設外壁が昇温されるものとして、火災源を単一の円筒火炎と見なせることから、原子炉施設外壁を半無限固体と仮定して下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より躯体コンクリート表面の温度上昇を求め、躯体コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。

なお、躯体コンクリート表面温度評価に当たっては、外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため、対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

なお、天井スラブは以下の理由により、躯体外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。天井スラブの評価概念図を第6-3図に示す。
- ・火炎からの離隔距離が等しい場合、垂直面（外壁）と水平面（天井スラブ）の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、天井スラブの熱影響は外壁に比べて小さい。
- ・天井スラブには、外壁より厚いコンクリートが設置されていることから、天井スラブ部躯体の熱影響は外壁部躯体に比べて小さい。

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right] \quad (\text{式1})$$

(出典：伝熱工学，東京大学出版会)

T：許容温度(200[°C])，T<sub>0</sub>：初期温度(50[°C])，E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

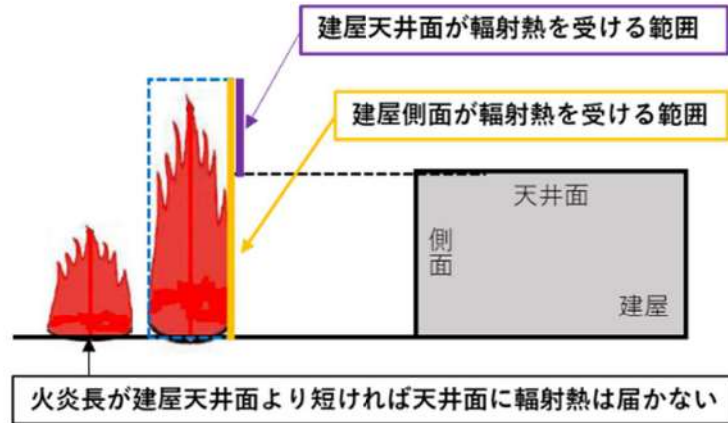
α：コンクリート温度拡散率(=λ/ρC<sub>p</sub>) (7.53×10<sup>-7</sup>[m<sup>2</sup>/s])

ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m<sup>3</sup>])，C<sub>p</sub>：コンクリート比熱(963[J/kg・K])

λ：コンクリート熱伝導率(1.74[W/m・K])，t：燃焼継続時間(24,264[s])

x：躯体コンクリート壁表面深さ(m)





第6-3図 建屋天井面の評価概念図

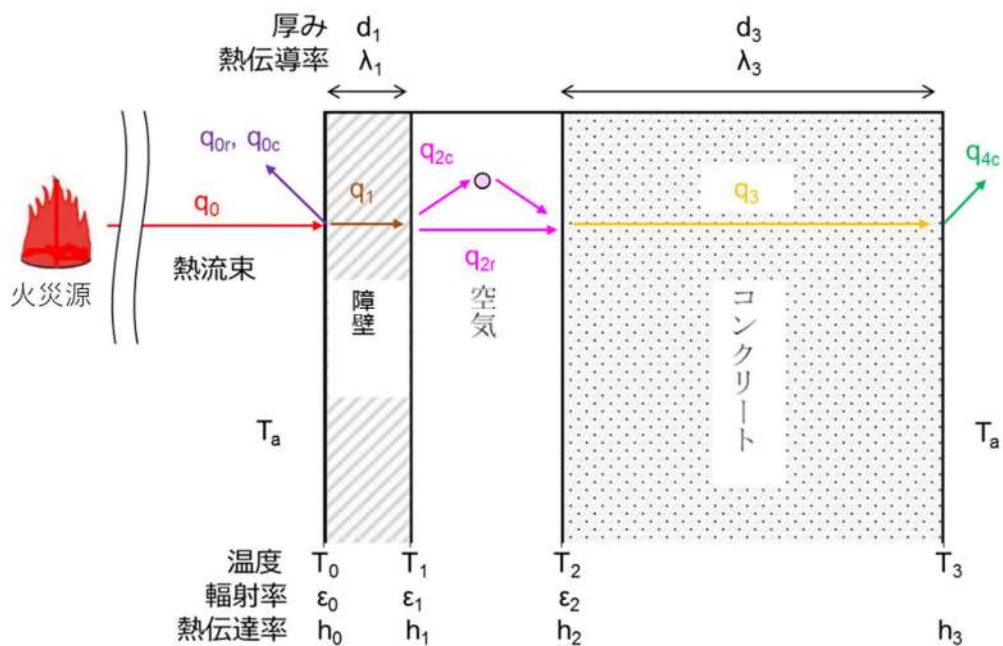
躯体コンクリート表面の温度上昇を評価した結果、許容温度 200℃以下であることを確認した。評価結果を第6-11表に示す。

第6-11表 評価対象施設ごとの熱影響評価結果

対象施設	躯体コンクリート表面温度[℃]	許容温度[℃]
原子炉建屋	約 157	< 200
循環水ポンプ建屋	約 111	

ii. ディーゼル発電機建屋

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で障壁を設置したディーゼル発電機建屋外壁が昇温されるものとして、定常状態における躯体コンクリートの温度上昇を求め、躯体コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。評価概念図を第6-4図に示す。



第6-4図 評価概念図

火災による輻射の入熱量 $q_0$ に対し、定常状態を考える場合、各部の熱流束が等しいことから、次式が成り立つ。

$$\begin{aligned}
 & q_0 - (q_{0r} + q_{0c}) && \cdots \cdots \text{(i) 障壁表面} \\
 & = q_1 && \cdots \cdots \text{(ii) 障壁内部} \\
 & = q_{2r} + q_{2c} && \cdots \cdots \text{(iii) 空気層} \\
 & = q_3 && \cdots \cdots \text{(iv) コンクリート内部} \\
 & = q_4 && \cdots \cdots \text{(v) コンクリート裏面}
 \end{aligned}$$

(i) 障壁表面

・ 輻射

障壁表面から火災以外に対して輻射放熱するものとして、火災分を除いた形態係数 $F_0$ を用いる。

$$q_{0r} = \sigma \epsilon_0 F_0 (T_0^4 - T_a^4)$$

$\sigma$  : ステファンボルツマン定数 [ $W/m^2 \cdot K^4$ ] ,  $\epsilon_0$  : 障壁表面の輻射率(1)

$F_0$  : 障壁表面からの輻射放熱の形態係数 (0.8) ,  $T_a$  : 雰囲気温度 (50[ $^{\circ}C$ ])

・ 対流熱伝達

$$q_{0c} = h_0 (T_0 - T_a)$$

$h_0$  : 対流熱伝達率 (12 [ $W/m^2 \cdot K$ ]) ,  $T_a$  : 雰囲気温度 (50[ $^{\circ}C$ ])

(ii) 障壁内部

・熱伝導

$$q_1 = -\lambda_1 \frac{T_1 - T_0}{d_1}$$

$\lambda_1$  : 障壁の熱伝導率(0.035[W/m・K]),  $d_1$  : 障壁の厚み(5[mm])

(iii) 空気層

・輻射

障壁裏面及びコンクリート表面について、空気層の隙間に対して十分に大きい面積の並行平板とし、かつ、形態係数を1とする。

$$q_{2r} = \sigma \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} (T_1^4 - T_2^4)$$

$\sigma$  : ステファンボルツマン定数[W/m<sup>2</sup>・K<sup>4</sup>],  $\varepsilon_1$  : 障壁裏面の輻射率(1)

$\varepsilon_2$  : コンクリート表面の輻射率(1)

・対流熱伝達

障壁裏面から空気層への対流熱伝達は、空気層の温度 $T_m$ を用いて次式が成り立つ。

$$q_{2c-1} = h_1(T_1 - T_m)$$

また、空気層からコンクリート表面への対流熱伝達についても、次式が成り立つ。

$$q_{2c-2} = h_2(T_m - T_2)$$

ここで、空気層は外気によって換気されないと設定する方が伝熱の観点で保守側の評価となる。よって、空気層の温度を障壁裏面とコンクリート表面の平均と仮定する。更に、対流熱伝達率が等しいとすると、次式が成り立つ。

$$q_{2c} = \frac{h_1}{2}(T_1 - T_2)$$

$h_1$  : 対流熱伝達率 (19[W/m<sup>2</sup>・K])

$$\left( \begin{array}{l} \because q_{2c-1} = q_{2c-2} = q_{2c} \quad \dots\dots\text{定常状態} \\ T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} \\ h_1 = h_2 \end{array} \right)$$

- (iv) コンクリート内部  
 ・熱伝導

$$q_3 = -\lambda_3 \frac{T_3 - T_2}{d_3}$$

$\lambda_3$  : コンクリートの熱伝導率(1.74[W/m・K]),  $d_3$  : 障壁の厚み(600[mm])

- (v) コンクリート裏面 (保守的に, 輻射放熱は考慮しない。)  
 ・対流熱伝達

$$q_{4c} = h_3(T_3 - T_a)$$

$h_3$  : 熱伝達率 (8[W/m<sup>2</sup>・K]) ,  $T_a$  : 雰囲気気温度(50[°C])

以上より,ディーゼル発電機建屋のコンクリート表面温度を数値解析により算出した結果,許容温度 200°C以下であることを確認した。評価結果を第6-12表に示す。

第6-12表 熱影響評価結果

対象施設	コンクリート表面温度[°C]	許容温度[°C]
ディーゼル発電機建屋	約 140	< 200

(2) 排気筒に対する熱影響評価

a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち, 3号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して, 排気筒への火災影響評価を実施する。

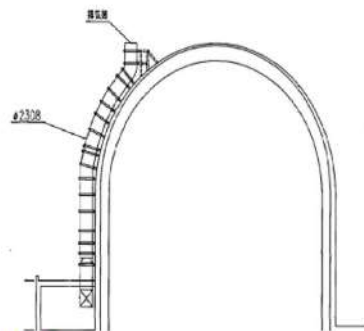
なお, 排気筒の評価に当たっては, 原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。

b. 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第6-13表に, 排気筒外形図を第6-5図に示す。

第6-13表 排気筒の仕様

名称	排気筒
種類	丸形
主要寸法	外径 2,308mm
	地表高さ 73.1m
材料	SUS304
個数	1



第6-5図 排気筒の外形図

c. 評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第6-14表に示す。

第6-14表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	排気筒
3号炉補助ボイラー燃料タンク	57

d. 燃焼半径の算出

(1) c. と同様。

e. 形態係数の算出

以下の式から形態係数を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式1})$$

$$m = \frac{H}{R} \approx 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H: 火炎長(37.20[m]), R: 燃焼半径(12.40[m]), L: 離隔距離[m]

第6-15表 評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
排気筒	0.081

f. 輻射強度の評価

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。

$$E = R_f \times \phi \quad (\text{式2})$$

E: 輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub>: 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ: 形態係数

第6-16表 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
排気筒	1,863

g. 燃焼継続時間の算出

(1) d. (e)と同様。

## h. 判断の考え方

### (a) 許容温度

「発電用原子力設備規格設計・建設規格」では、鋼材の制限温度を 350℃としていること、また、「建築火災のメカニズムと火災安全設計」では、鋼材の温度上昇に伴う強度低下率  $\kappa(T)$  が示されており、一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば、その強度が常温時と変わらないとしていることから、保守的に 325℃を許容温度とする。

### (b) 評価結果

排気筒は内部への伝熱はなく、熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため、速やかに定常状態となることから、円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し、外表面全体から放熱するものとして、一定の輻射強度で排気筒が升温される時、輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式により排気筒表面の最大温度を求め、表面温度が許容温度以下であるか評価した。

なお、内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

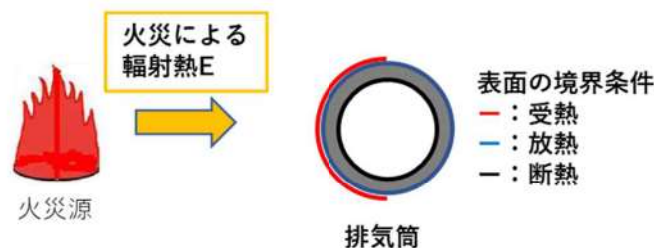
$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h} \quad (\text{式1})$$

$\varepsilon$ : 吸収率(1.0[-])、 $E$ : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>]、 $h$ : 熱伝達率(17[W/m<sup>2</sup>·K])<sup>※1</sup>、 $T_0$ : 初期温度(50[℃])

※1: 空気調和・衛生工学便覧(外表面の熱伝達率は、受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが、一般的な値として垂直外壁面、屋根面及び上げ裏面の夏季、冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから、これらのうち最も小さい値である 17 W/m<sup>2</sup>·K を用いる。)

上式を用いて排気筒表面の温度上昇を評価した結果、許容温度 325℃以下であることを確認した。評価結果を第 6-17 表に示す。

排気筒の評価概念図を第 6-6 図に示す。



第 6-6 図 排気筒の評価概念図

第 6-17 表 排気筒への火災影響評価結果

対象施設	排気筒温度[℃]	許容温度[℃]
排気筒	約 105	< 325

(3) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価

a. 評価対象範囲

原子炉補機冷却海水ポンプは、循環水ポンプ建屋内に収納されており、直接火災の影響を受けることはない。ただし、循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから、火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気へ移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。また、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は、電動機本体を全閉構造とし、空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり、外部火災の影響を受けた場合には、周囲空気温度の上昇により、冷却機能への影響が懸念されることから、冷却空気温度を評価対象とする。

電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり、そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要な冷却空気温度が、許容温度以下となることを確認する。

b. 火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離

原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第 6-18 表に示す。

第 6-18 表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	循環水ポンプ建屋
3号炉補助ボイラー燃料タンク	100

c. 燃焼半径の算出

(1) c. と同様。

d. 形態係数の算出

以下の式から形態係数を算出した。算出結果を第 6-19 表に示す。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (式 1)$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H : 火炎長 (37.20[m]), R : 燃焼半径 (12.40[m]), L : 離隔距離 [m]

第 6-19 表 評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	0.030

e. 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。算出結果を第6-20表に示す。

$$E = R_f \times \Phi \quad (\text{式2})$$

E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub>：輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ：形態係数

第6-20表 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却海水ポンプ	690

f. 燃焼継続時間の算出

(1) d. (e)と同様。

g. 判断の考え方

(a) 許容温度

原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は、電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である80℃とする。

(b) 評価方法

循環水ポンプ建屋内には、各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており、通常運転時にはこれらの機器からの発熱は、建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては、この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして、換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度を求め、許容温度を下回るか評価を実施した。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第6-7図に示す。

$$Q_{in} + q_f \times A_F = G_{air} \times C_{p,air} \times (T_R - T_{in}) \quad \dots\dots ①$$

$$\begin{aligned} \Delta P_H &= \Delta P_{in} + \Delta P_{out} \\ \Rightarrow g \times (\rho_{in} - \rho_R) \times H &= \zeta_{in} \times \frac{1}{2} \times \rho_{in} \times u_{in}^2 + \zeta_{out} \times \frac{1}{2} \times \rho_R \times u_{out}^2 \quad \dots\dots ②^{*1} \end{aligned}$$

$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \dots\dots ③^{*2}$$

$$u_{in} = \frac{G_{air}}{\rho_{in} \times A_{in}} \quad \dots\dots ④$$

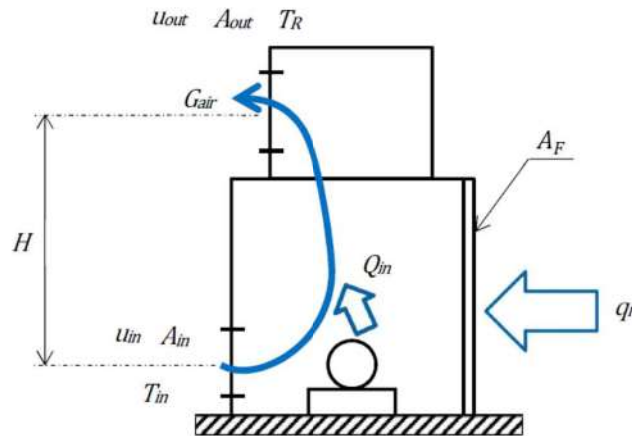
$$u_{out} = \frac{G_{air}}{\rho_R \times A_{out}} \quad \dots\dots ⑤$$

※1 出典：空気調和・衛生工学便覧第11版 空気調和・衛生工学会

※2 出典：伝熱工学資料第5版 日本機械学会（湯き空気として算出）



$Q_{in}$  : 建屋内のポンプモータの放熱量[W],  $q_f$  : 外部火災からの輻射熱受熱熱流束[W/m<sup>2</sup>],  
 $A_F$  : 輻射受熱面積[m<sup>2</sup>],  $G_{air}$  : 換気風量[kg/s],  $C_{pin}$  : 空気比熱[J/kg·K],  
 $T_R$  : 建屋内気温[°C],  $T_{in}$  : 外気温[°C],  $g$  : 重力加速度[m/s<sup>2</sup>],  $\rho_{in}$  : 外気密度[kg/m<sup>3</sup>],  
 $\rho_R$  : 建屋内空気密度[kg/m<sup>3</sup>],  $H$  : 換気有効高さ[m],  $\zeta_{in}$  : 給気口圧損係数[-],  
 $\zeta_{out}$  : 排気口圧損係数[-],  $u_{in}$  : 給気口流速[m/s],  $u_{out}$  : 排気口流速[m/s],  
 $A_{in}$  : 給気口面積[m<sup>2</sup>],  $A_{out}$  : 排気口面積[m<sup>2</sup>]



第 6-7 図 循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

### (c) 評価結果

輻射熱によって上昇する冷却空気の到達温度を算出した結果, 許容温度以下であることを確認した。評価結果を第 6-21 表に示す。

第 6-21 表 原子炉補機冷却海水ポンプへの火災影響評価結果

対象施設	吸い込み外気温度[°C]	許容温度[°C]
原子炉補機冷却海水ポンプ	約 53	< 80

## 4. まとめ

以上の結果から, 発電所敷地内の危険物施設において火災が発生した場合を想定したとしても, 原子炉施設(原子炉建屋, 原子炉補助建屋, ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋)の外壁温度, 排気筒温度及び原子炉補機冷却海水ポンプ温度が許容温度を超えないことから, 発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。

## 5. 敷地内危険物施設以外の設備の火災影響評価

### (1) 敷地内危険物施設以外の設備の火災の想定

消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設ではない設備のうち, 一体型である 3 号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して, 影響評価を実施す

る。第 6-8 図のフローに基づき評価対象を抽出した。第 6-23 表に発電所敷地内の発火源となる危険物貯蔵施設の一覧と抽出フローによる抽出結果を示す。

変圧器火災の想定は以下のとおりとした。

- i. 評価対象とする変圧器は、第 6-23 表で抽出した一体型である 3 号炉主変圧器・所内変圧器を想定した。
- ii. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう i. で想定した変圧器位置から発電用原子炉施設までの直線距離とした。
- iii. 変圧器の損傷等による変圧器の全面火災を想定した。
- iv. 気象条件は無風状態とした。
- v. 火災は円筒火災モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の 3 倍とした。
- vi. 黒煙の発生による輻射発散度の低減は無いものとした。
- vii. 変圧器の防火設備の消火機能等には期待しない。

## (2) 評価手法の概要

本評価は、発電所に対する変圧器の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 6-22 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	変圧器規模より求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	原子炉施設の外壁、排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

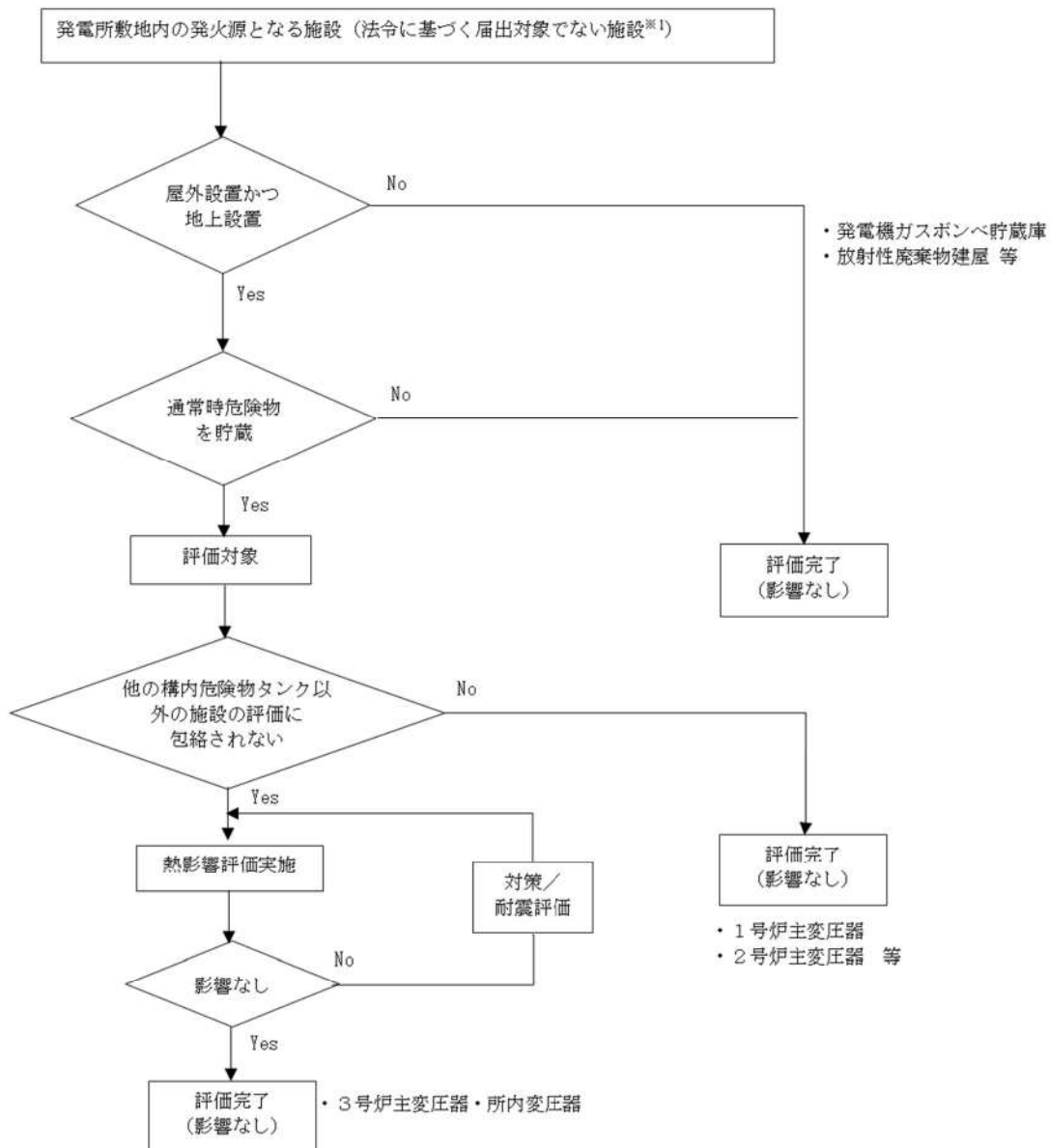
上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火炎面積の半径が 3m を超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する設備の温度上昇を評価し、温度上昇がその設備の熱許容限界値以下になるように発電用原子炉施設は離隔距離を確保する。

### (3) 評価対象範囲

消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設ではない施設について、火災影響評価を実施する。評価対象とする設備を危険物施設と同様に第6-8図のフローに基づき抽出する(第6-23表)。危険物を貯蔵し屋外に設置している設備を想定発火源(主変圧器等)とする。

なお、薬品を取り扱う設備は輻射熱を受けない屋内設置であること、外部への火災が発生する可能性が低いことから、評価対象から除外する。発電所敷地内における屋外変圧器の位置を第6-9図に示す。



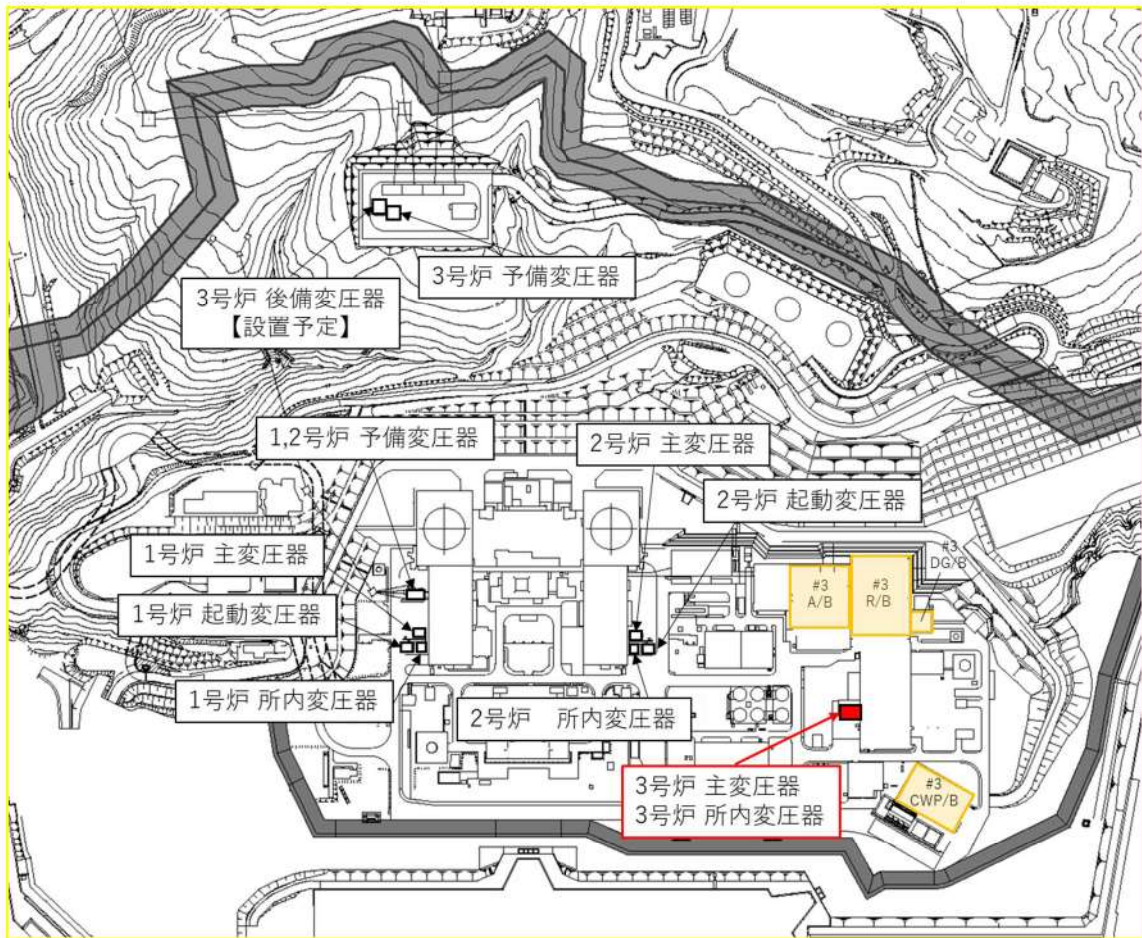
※1: 消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設ではない変圧器等

第6-8図 敷地内危険物施設以外の設備のうち評価対象抽出フロー

第6-23表 その他の危険物

号炉	施設名	危険物の種類	数量	詳細評価要否
1号炉	主変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	86.0 kL	× (※1)
1号炉	起動変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	41.0 kL	× (※1)
1号炉	所内変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	22.0 kL	× (※1)
2号炉	主変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	77.0 kL	× (※1)
2号炉	起動変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	41.0 kL	× (※1)
2号炉	所内変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	22.0 kL	× (※1)
1, 2号炉	予備変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	15.9 kL	× (※1)
3号炉	主変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	107.8 kL	○
	所内変圧器			
3号炉	予備変圧器	1種4号 鉱油 (重油相当)	31.8 kL	× (※1)
3号炉	後備変圧器 【設置予定】	1種4号 鉱油 (重油相当)	15.9 kL	× (※1)
1号炉	発電機ガスボンベ貯蔵庫	水素ガス (ボンベ)	945 m <sup>3</sup>	× (屋内設置)
2号炉	発電機ガスボンベ貯蔵庫	水素ガス (ボンベ)	945 m <sup>3</sup>	× (屋内設置)
3号炉	発電機ガスボンベ貯蔵庫	水素ガス (ボンベ)	1,120 m <sup>3</sup>	× (屋内設置)
1, 2号炉	1次系水素ボンベ室	水素ガス (ボンベ)	420 m <sup>3</sup>	× (屋内設置)
3号炉	1次系水素ボンベ室	水素ガス (ボンベ)	280 m <sup>3</sup>	× (屋内設置)
共用	放射性廃棄物処理建屋 プロパンボンベ庫	プロパンガス	2,000 kg	× (屋内設置)
1, 2号炉	補助ボイラー建屋	プロパンガス	180 kg	× (屋内設置)
3号炉	補助ボイラー建屋	プロパンガス	120 kg	× (屋内設置)

※1：3号炉主変圧器・所内変圧器に比べて、発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置していること及び貯蔵量が少ないことから、3号炉主変圧器・所内変圧器火災の熱影響評価に包絡される。



第6-9図 敷地内における屋外変圧器の位置（発電所全体）

## 6. 温度影響評価

### (1) 建屋外壁に対する熱影響評価

#### a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の変圧器のうち、一体型である3号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して、発電用原子炉施設への熱影響評価を実施する。

b. 必要データ

評価に用いるデータは以下のとおりである。

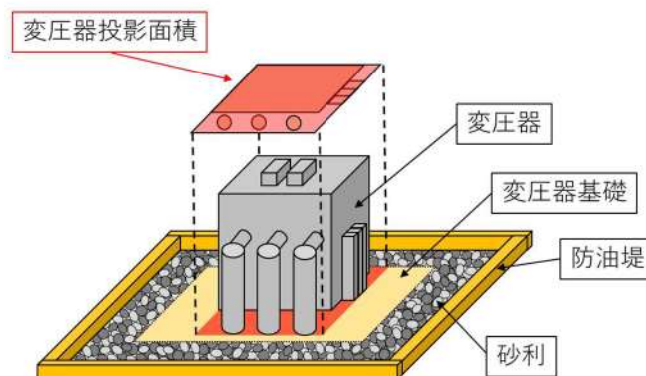
第 6-24 表 変圧器火災影響評価に必要なデータ

変圧器	3号炉主変圧器・所内変圧器
燃料の種類 <sup>※1</sup>	重油
燃料量[m <sup>3</sup> ]	107.8
投影面積[m <sup>2</sup> ]	118.39
燃料密度 <sup>※2</sup> [kg・m <sup>3</sup> ]	1,000
質量低下速度 <sup>※2</sup> [kg/m <sup>2</sup> ・s]	0.035
輻射発散度 <sup>※3</sup> [W/m <sup>2</sup> ]	23,000
燃焼速度[m/s]	$3.50 \times 10^{-5}$

※1：変圧器用の絶縁油はその元素成分に関する規格がないため、絶縁油の輻射発散度は物性の近い重油の値を使用する。

※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値

※3：評価ガイド付属書 B 記載値



第 6-10 図 変圧器の投影面積

c. 燃焼半径の算出

変圧器周りの防油堤には砂利が敷き詰められていること及び漏えいした油を回収する地下タンクを設置していることから、防油堤の全面火災が生じることはない。したがって、変圧器本体の全面火災により円筒火炎を生じることとし、燃焼面積は変圧器の投影面積に等しいものとして燃焼半径を算出する。変圧器の投影面積を第 6-10 図に、算出結果を第 6-25 表に示す。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m<sup>2</sup>]

第 6-25 表 変圧器火災の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積	燃焼半径
	S [m <sup>2</sup> ]	R [m]
3号炉主変圧器・所内変圧器	118.39	6.14

d. 外壁に対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

評価対象施設の外壁について、一体型である3号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して評価を実施した。

(b) 3号炉主変圧器・所内変圧器から評価対象の発電用原子炉施設までの離隔距離を第 6-26 表に示す。評価については、想定火災源から最短距離にある原子炉建屋を代表として実施する。

第 6-26 表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]			
	原子炉建屋	原子炉補助建屋	ディーゼル発電機建屋	循環水ポンプ建屋
3号炉主変圧器・所内変圧器	64	75	90	81

(c) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{B(n+1)} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{(n-1)}{(n+1)} \right] \right\} \quad (\text{式 1})$$

$$m = \frac{H}{R} \approx 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H : 火炎長 (18.42[m]), R : 燃焼半径 (6.14[m]), L : 離隔距離 [m]

第 6-27 表 評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
原子炉建屋	0.018

(d) 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点 (受熱点) の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。

$$E = R_f \times \Phi \quad (\text{式 2})$$

E : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub> : 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ : 形態係数

第 6-28 表 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
原子炉建屋	414

(e) 燃焼継続時間の算出

燃焼時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m<sup>3</sup>]

R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度=M/ρ[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m<sup>2</sup>・s], ρ : 燃料密度[kg/m<sup>3</sup>]

第 6-29 表 変圧器火災の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m <sup>3</sup> ]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m <sup>2</sup> ・s]	燃料密度 ρ [kg/m <sup>3</sup> ]	燃焼継続時間 t [s]
3号炉主変圧器・ 所内変圧器	107.8	6.14	0.035	1,000	26,028

e. 判断の考え方

(a) 許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、一般的にコンクリートの強度にほとんど影響がないとされている 200℃とする。

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で原子炉施設外壁が昇温されるものとして、火災源を単一の円筒火炎と見なせることから、原子炉施設外壁を半無限固体として下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式よりコンクリート表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。

なお、コンクリート表面温度評価に当たっては、外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため、対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

また、天井スラブは以下の理由により、躯体外壁の評価に包絡されるため実施しない。



- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。天井スラブの評価概念図を第 6-11 図に示す。
- ・火炎からの離隔距離が等しい場合、垂直面（外壁）と水平面（天井スラブ）の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、天井スラブの熱影響は外壁に比べて小さい。

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right] \quad (\text{式 1})$$

(出典：伝熱工学，東京大学出版会)

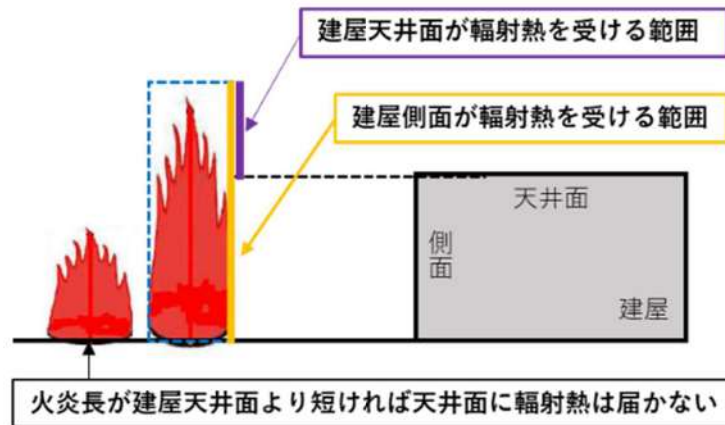
T：許容温度(200[°C])，T<sub>0</sub>：初期温度(50[°C])，E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

α：コンクリート温度拡散率(=λ/ρC<sub>p</sub>) (7.53×10<sup>-7</sup>[m<sup>2</sup>/s])

ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m<sup>3</sup>])，C<sub>p</sub>：コンクリート比熱(963[J/kg・K])

λ：コンクリート熱伝導率(1.74[W/m・K])，t：燃焼継続時間(26,028[s])

x：躯体コンクリート壁表面深さ(0[m])



第 6-11 図 建屋天井面の評価概念図

コンクリート表面の温度上昇を評価した結果、許容温度 200°C 以下であることを確認した。評価結果を第 6-30 表に示す。

第 6-30 表 外壁への火災影響評価結果

対象施設	コンクリート表面温度[°C]	許容温度[°C]
原子炉建屋	約 88	<200

(2) 排気筒に対する熱影響評価

a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の変圧器のうち、一体型である3号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して、排気筒への火災影響評価を実施する。

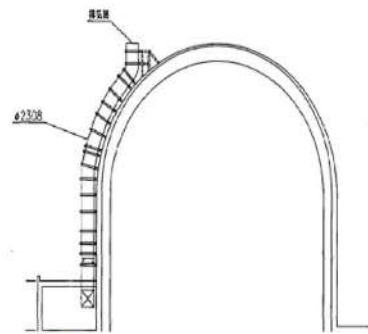
なお、排気筒の評価に当たっては、原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。

b. 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第6-31表に、排気筒外形図を第6-12図に示す。

第6-31表 排気筒の仕様

名称	排気筒
種類	丸形
主要寸法	外径 2,308mm
	地表高さ 73.1m
材料	SUS304
個数	1



第6-12図 排気筒の外形図

c. 評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第6-32表に示す。

第6-32表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	排気筒
3号炉主変圧器・所内変圧器	64

d. 燃焼半径の算出

(1) c. と同様。

e. 形態係数の算出

以下の式から形態係数を算出した。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式 1})$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H : 火炎長(18.42[m]), R : 燃焼半径(6.14[m]), L : 離隔距離[m]

第 6-33 表 評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
排気筒	0.018

f. 輻射強度の評価

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。

$$E = R_f \times \phi \quad (\text{式 2})$$

E : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub> : 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], φ : 形態係数

第 6-34 表 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
排気筒	414

g. 燃焼継続時間の算出

(1) d. (e)と同様。

h. 判断の考え方

(a) 許容温度

「発電用原子力設備規格設計・建設規格」では、鋼材の制限温度を 350℃としていること、また、「建築火災のメカニズムと火災安全設計」では、鋼材の温度上昇に伴う強度低下率 κ (T) が示されており、一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば、その強度が常温時と変わらないとしていることから、保守的に 325℃を許容温度とする。

(b) 評価結果

排気筒は内部への伝熱はなく、熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため、速やかに定常状態となることから、円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し、外表面全体から放熱するものとして、一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき、輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式に

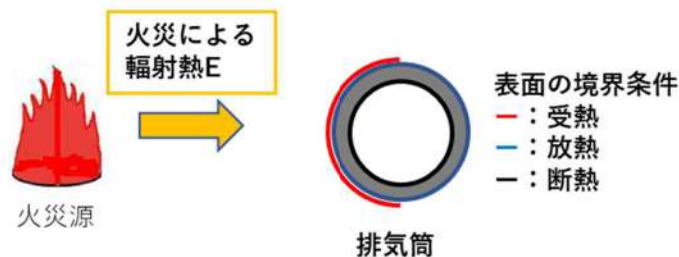
より排気筒表面の最大温度を求め、表面温度が許容温度以下であるか評価した。  
 なお、内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h} \quad (\text{式 1})$$

$\varepsilon$ :吸収率(1.0[-]),  $E$ :輻射強度[W/m<sup>2</sup>],  $h$ :熱伝達率(17[W/m<sup>2</sup>·K])<sup>\*1</sup>,  $T_0$ :初期温度(50[°C])

※1 : 空気調和・衛生工学便覧 (外表面の熱伝達率は, 受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが, 一般的な値として垂直外壁面, 屋根面及び上げ裏面の夏季, 冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから, これらのうち最も小さい値である 17 W/m<sup>2</sup>·K を用いる。)

上式を用いて排気筒表面の温度上昇を評価した結果, 許容温度 325°C以下であることを確認した。評価結果を第 6-35 表に示す。排気筒の評価概念図を第 6-13 図に示す。



第 6-13 図 排気筒の評価概念図

第 6-35 表 排気筒への火災影響評価結果

対象施設	排気筒温度[°C]	許容温度[°C]
排気筒	約 63	< 325

### (3) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価

#### a. 評価対象範囲

原子炉補機冷却海水ポンプは, 循環水ポンプ建屋内に収納されており, 直接火災の影響を受けることはない。ただし, 循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから, 火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気へ移動し, 建屋内雰囲気の温度が上昇する。また, 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は, 電動機本体を全閉構造とし, 空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり, 外部火災の影響を受けた場合には, 周囲空気の温度上昇により, 冷却機能への影響が懸念されることから, 冷却空気の温度を評価対象とする。電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり, そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要な冷却空気の温度が, 許容温度以下となることを確認する。

b. 火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離

原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第 6-36 表に示す。

第 6-36 表 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離 [m]
	循環水ポンプ建屋
3 号炉主変圧器・所内変圧器	81

c. 燃焼半径の算出

(1) c. と同様。

d. 形態係数の算出

以下の式から形態係数を算出した。算出結果を第 6-37 表に示す。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\} \quad (\text{式 1})$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H : 火炎長 (18.42[m]), R : 燃焼半径 (6.14[m]), L : 離隔距離 [m]

第 6-37 表 評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数 [-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	0.012

e. 輻射強度の算出

火災の火炎から任意の位置にある点 (受熱点) の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。算出結果を第 6-38 表に示す。

$$E = R_f \times \phi \quad (\text{式 2})$$

E : 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub> : 輻射発散度 [W/m<sup>2</sup>], Φ : 形態係数

第 6-38 表 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]
原子炉補機冷却海水ポンプ	276

f. 燃焼継続時間の算出

(1) d. (e) と同様。

g. 判断の考え方

(a) 許容温度

原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は、電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。

(b) 評価方法

循環水ポンプ建屋内には、各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており、通常運転時にはこれらの機器からの発熱は、建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては、この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして、換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度を求め、許容温度を下回るか評価を実施した。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第 6-14 図に示す。

$$Q_{in} + q_f \times A_F = G_{air} \times C_{pin} \times (T_R - T_{in}) \quad \dots\dots ①$$

$$\begin{aligned} \Delta P_H &= \Delta P_{in} + \Delta P_{out} \\ \Rightarrow g \times (\rho_{in} - \rho_R) \times H &= \zeta_{in} \times \frac{1}{2} \times \rho_{in} \times u_{in}^2 + \zeta_{out} \times \frac{1}{2} \times \rho_R \times u_{out}^2 \quad \dots\dots ②^{※1} \end{aligned}$$

$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \dots\dots ③^{※2}$$

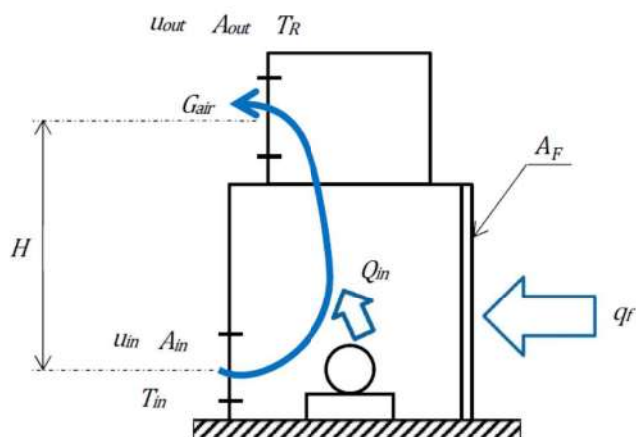
$$u_{in} = \frac{G_{air}}{\rho_{in} \times A_{in}} \quad \dots\dots ④$$

$$u_{out} = \frac{G_{air}}{\rho_R \times A_{out}} \quad \dots\dots ⑤$$

※1 出典：空気調和・衛生工学便覧第 11 版 空気調和・衛生工学会

※2 出典：伝熱工学資料第 5 版 日本機械学会（渦き空気として算出）

$Q_{in}$ ：建屋内のポンプモータの放熱量[W]， $q_f$ ：外部火災からの輻射熱受熱熱流束[W/m<sup>2</sup>]，  
 $A_F$ ：輻射受熱面積[m<sup>2</sup>]， $G_{air}$ ：換気風量[kg/s]， $C_{pin}$ ：空気比熱[J/kg・K]，  
 $T_R$ ：建屋内気温[°C]， $T_{in}$ ：外気温[°C]， $g$ ：重力加速度[m/s<sup>2</sup>]， $\rho_{in}$ ：外気密度[kg/m<sup>3</sup>]，  
 $\rho_R$ ：建屋内空気密度[kg/m<sup>3</sup>]， $H$ ：換気有効高さ[m]， $\zeta_{in}$ ：給気口圧損係数[-]，  
 $\zeta_{out}$ ：排気口圧損係数[-]， $u_{in}$ ：給気口流速[m/s]， $u_{out}$ ：排気口流速[m/s]，  
 $A_{in}$ ：給気口面積[m<sup>2</sup>]， $A_{out}$ ：排気口面積[m<sup>2</sup>]



第6-14図 循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

(c) 評価結果

輻射熱によって上昇する冷却空気の到達温度を算出した結果, 許容温度以下であることを確認した。評価結果を第6-39表に示す。

第6-39表 原子炉補機冷却海水ポンプへの火災影響評価結果

対象施設	吸い込み外気温度[°C]	許容温度[°C]
原子炉補機冷却海水ポンプ	約 46	< 80

7. まとめ

以上の結果から, 発電所敷地内の変圧器において火災が発生した場合を想定したとしても, 原子炉施設(原子炉建屋, 原子炉補助建屋, ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋)外壁温度, 排気筒温度及び原子炉補機冷却海水ポンプ温度が許容温度を超えないことから, 発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。

8. 敷地内危険物施設における延焼の危険性について

3号炉補助ボイラー燃料タンク近傍で危険物を保管している設備はなく, 現場作業に伴い「屋外の危険物保管」や「火気の使用」をする場合は, 社内規程類に基づき危険物や火気を管理した状態で取り扱っている。また, 防火の観点から定期的なパトロール等にて現場の状況を確認している。

以上により, 3号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定したとしても周囲の可燃物への引火の可能性は低いと評価する。

## 9. 発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器の火災影響評価

発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器（防護扉等）については、外部火災の熱影響を受けやすいことから、これらの機器について、火災影響評価を実施する。

### (1) 評価対象範囲

評価対象は、発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器のうち、外部火災の熱影響を受ける以下の機器とする。

- ・3B-ディーゼル発電機室外扉及び3B-ディーゼル発電機室
- ・ガラリフード（換気空調設備の給・排気口）
- ・配管貫通部

なお、複数設置されているこれらの機器のうち、最も熱影響を受ける位置にあるもの（発熱源に近く、機器本体だけでなく建屋内部へ熱影響が及ぶ可能性のあるもの）を評価することによって、その他の機器は本評価に包絡される。

発熱源は、火災時の輻射強度が大きい3号炉補助ボイラー燃料タンク、航空機とするが、建屋内への熱影響が確認された場合は内気温度についても評価する。

### (2) 3B-ディーゼル発電機室外扉及び3B-ディーゼル発電機室の熱影響評価

#### a. 外扉の温度評価

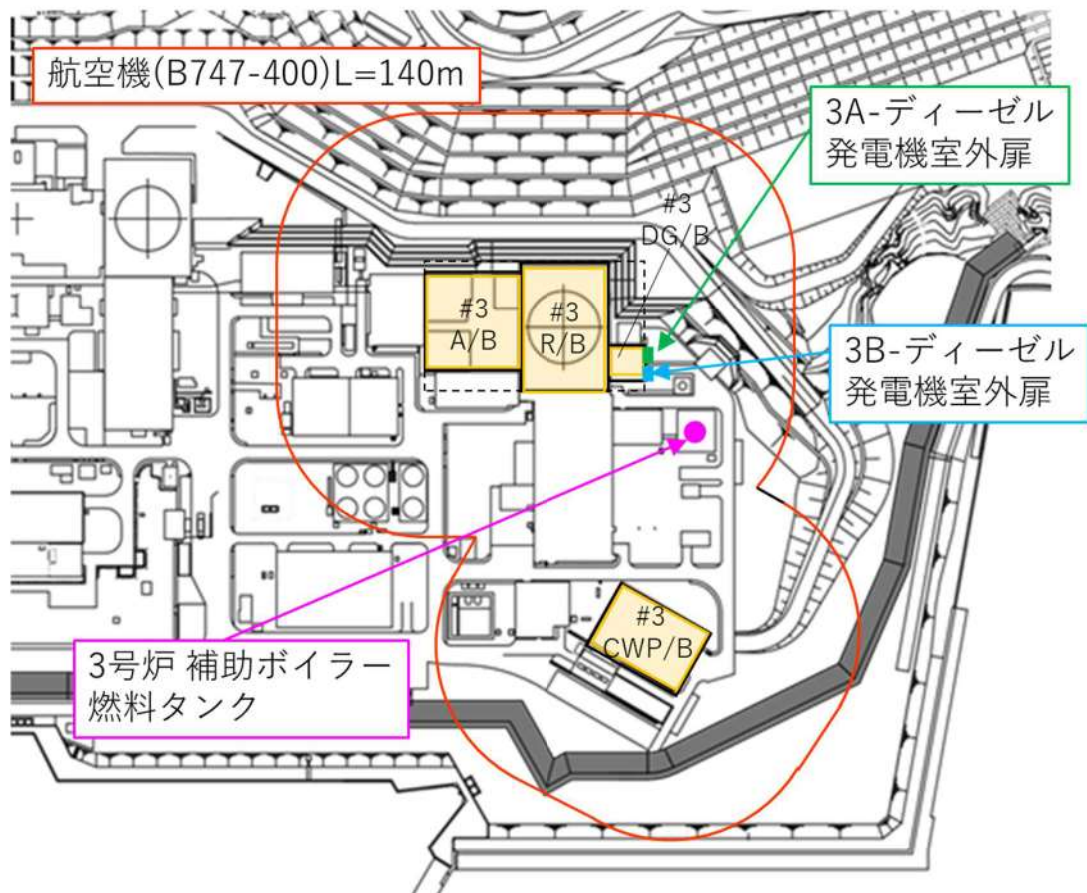
##### (a) 評価対象

室内に防護対象設備を内包する部屋の外扉のうち、3号炉補助ボイラー燃料タンクに最も近くに位置しており、輻射強度が最も大きくなる3B-ディーゼル発電機室の外扉を評価対象とする。

なお、室内に防護対象設備を内包する部屋の扉には、他に3A-ディーゼル発電機室の外扉があるが、3号炉補助ボイラー燃料タンクからの離隔距離は3B-ディーゼル発電機室より離れているため、熱影響評価は3B-ディーゼル発電機室の熱影響評価に包絡される。

ディーゼル発電機室外扉と火災源との位置関係を第6-15図に示す。





第 6-15 図 想定する 3 号炉補助ボイラー燃料タンクと航空機墜落による火災の火災源と 3B-ディーゼル発電機室外扉の位置図

(b) 想定条件

- i. 火災源は、3 号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災とした。
- ii. 外扉は、保守的に、扉外面の最も熱影響を受けやすい金属を外扉の構造材（均質体）とした。
- iii. 火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度を受けるものとした。

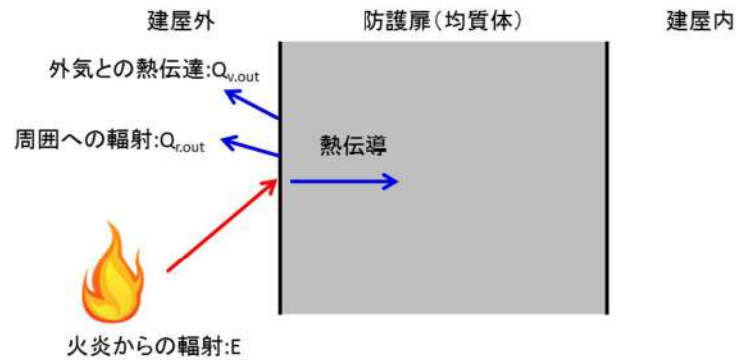
想定する火災の条件を第 6-40 表に示す。

第 6-40 表 想定する重畳火災の条件

評価対象	火災源	離隔距離※ [m]	輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]	火災継続時間 [s]
3B-ディーゼル 発電機室外扉	3 号炉補助ボイラー燃料タンク	43	2,990	24,264
	航空機墜落	140	1,150	6,660

※ ディーゼル発電機建屋までの離隔距離を採用した。

以下に、伝熱の概念図を示す。



第6-16図 伝熱の概念図

(c) 必要データ

評価の初期条件として必要なパラメータ及びパラメータの出典と保守性の考え方について第6-41表に示す。

第6-41表 建屋外扉及び隣接室の熱影響評価における初期条件の設定

項目	パラメータ	保守性	出典と保守性の考え方
外気温度 $T_{\infty}$ [°C]	50	○	日射の影響を考慮し、初期温度としている
3B-DG 室外扉の厚さ L [m]	0.3353	—	設計寸法
3B-DG 室外扉熱吸収率 $\varepsilon$ [—]	1.0	○	熱吸収はないものとしている
3B-DG 室外扉比熱 $C_p$ [J/(kg·K)]	473	—	伝熱工学資料より軟鋼の物性値を引用
3B-DG 室外扉密度 $\rho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	7,860	—	
3B-DG 室外扉熱伝導率 $\lambda$ [W/m·K]	51.6	—	
3B-DG 室外扉熱拡散率 $\alpha$ [m <sup>2</sup> /s]	$1.388 \times 10^{-5}$	—	
内表面熱伝達率 $h_1$ [W/(m <sup>2</sup> ·K)]	8.29	—	空気調和・衛生工学便覧より引用
空気比熱 $C_{p1}$ [J/(kg·K)]	1,007	—	伝熱工学資料より大気圧における値を引用
空気密度 $\rho_1$ [kg/m <sup>3</sup> ]	1.150	○	伝熱工学資料より引用 3B-DG 室の給気温度については、過去 10 年間の気象データから最大気温である 30°C の値を使用
3B-DG 室体積 $V_1$ [m <sup>3</sup> ]	1,858	—	設計値
3B-DG 室受熱面積 $A_1$ [m <sup>2</sup> ]	7.07	—	3B-DG 室外扉表面積を設計寸法より算出
3B-DG 室吹出温度 $T_{a1}$ [°C]	30	○	過去 10 年間の気象データから最大気温である 30°C の値を使用
3B-DG 室換気風量 $m_1$ [kg/s]	27.255	—	設計値
3B-DG 室室内負荷 $Q_1$ [W]	518,500	—	設計値

(d) 外気への放熱条件

外扉から外気への放熱として、周囲への輻射及び外気への熱伝達を考慮する。

周囲への輻射は、外面放射率を 1.0 とする。

外気への熱伝達は、扉から外気への熱伝達率の温度変化を考慮して、熱伝達率を Bayley の式より算出する (第 6-17 図)。

Bayley の式は以下のように表せる。

Bayley の式

$$\text{Nu} = \frac{hL}{\lambda} = 0.10\text{Ra}^{\frac{1}{3}}$$

$$\text{Ra} = \frac{g\beta(T_w - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$$

より、自然対流熱伝達率  $h$  は次式から求められる。

$$h = 0.10\lambda \left( \frac{g\beta(T_w - T_\infty)}{\nu\alpha} \right)^{\frac{1}{3}}$$

と表せる。ここで、

$h$  : 熱伝達率 [ $\text{W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ]

$T_w$  : 扉の表面温度 [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$T_\infty$  : 扉から離れた位置での外気温度 (50 [ $^{\circ}\text{C}$ ])

$\text{Nu}$  : ヌセルト数 [-]

$L$  : 扉の高さ (2.525 [ $\text{m}$ ])

$\lambda$  : 外気の熱伝導率\* [ $\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$ ] (境膜平均温度  $(T_w + T_\infty)/2$  における値)

$\text{Ra}$  : レイリー数 [-]

$g$  : 重力加速度 (9.80665 [ $\text{m}/\text{s}^2$ ])

$\beta$  : 体膨張率 [ $1/\text{K}$ ] (境膜平均温度  $(T_w + T_\infty)/2$  の逆数)

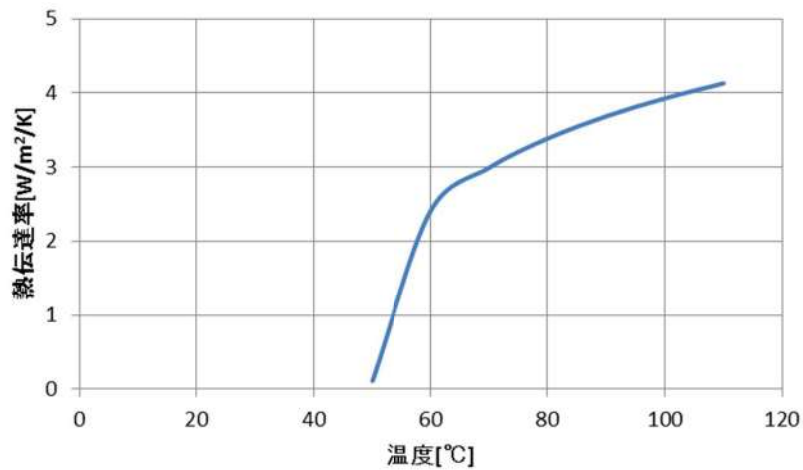
$\nu$  : 動粘性率\* [ $\text{m}^2/\text{s}$ ]

$\alpha$  : 熱拡散率 [ $\text{m}^2/\text{s}$ ] ( $=\lambda/\rho c_p$ )

$c_p$  : 空気比熱\* [ $\text{J}/\text{kg}\cdot\text{K}$ ]

$\rho$  : 空気密度\* [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ]

※ : 伝熱工学資料記載値から算出



第6-17図 自然対流熱伝達 (Bayley の式)

(e) 外扉の内外面温度評価

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて、外扉外面及び内面温度を求め  
る。

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \alpha \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

ここで、

$T$  : 3B-DG 室外扉温度 [°C]

$t$  : 時刻 [s]

$x$  : 外扉における外面からの距離 [m]

$\alpha$  : 3B-DG 室外扉熱拡散率 [m²/s] (=  $\lambda/\rho C_p$ )

$\lambda$  : 3B-DG 室外扉熱伝導率 [W/m·K]

$\rho$  : 3B-DG 室外扉密度 (7,860 [kg/m³])

$C_p$  : 3B-DG 室外扉比熱 (473 [J/kg·K])

上式は以下の境界条件を満たすことから、

$$h(T_\infty - T) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E(x = 0)$$

$$h(T - T_1) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = 0(x = L)$$

$L$  : 3B-DG 室外扉の厚さ (0.3353 [m])

$E$  : 火災による輻射強度

$h$  : 熱伝達率 [W/m²·K] (Bayley の式より算出)

$T_\infty$  : 外気温度 (50 [°C])

$T_1$  : 3B-DG 室初期温度

となる  $x=0$  及び  $x=L$  における時刻  $t$  のときの 3B-DG 室外扉温度を算出し、3B-DG 室外扉の最高到達温度を評価する。

評価結果を第 6-42 表に示す。

第 6-42 表 外扉温度評価結果

外扉外側 [°C]	外扉内側 [°C]
約 118	約 112

(f) 熱影響の有無の評価

評価の結果、3号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災による外扉の最高温度は、扉外面約 118°C、扉内面約 112°Cとなった。

b. 3B-DG 室の温度評価

建屋内に設置されている燃料油サービスタンクからの燃料供給により、ディーゼル発電機を運転している状態とし、その時の内気温度を算出、室内に設置している機器等への影響について評価する。

(a) 評価条件

- i. 火災が発生した時間から、燃料が燃え尽きるまでの間、扉内面温度約 112°C一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とした。
- ii. 評価対象室から壁、床、天井への放熱は考慮しないものとした。
- iii. 3B-DG 室に隣接している部屋のうち、放熱面積と室内負荷が最も大きいのは 3A-DG 室であるが、室内容積、換気風量及び室内負荷が 3B-DG と同等であることから、3B-DG 室を対象とすることで、3A-DG 室等の隣接室内機器への評価は包絡される。
- iv. ディーゼル発電機は、100%出力一定で運転しているものとした。
- v. 換気空調設備については、ディーゼル発電機室換気空調装置による除熱とした。

(b) 建屋内の温度評価

内気温度は、火災による外扉内面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び周囲壁と空調による除熱を考慮し、次式で求める。

$$\frac{dT_R}{dt} = \frac{Q_1 + Q_D - Q_V}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式 1})$$

$T_R$  : 3B-DG 室室温[°C]

$Q_1$  : 3B-DG 室熱負荷(518, 500[W])

$Q_D$  : 火災による 3B-DG 室外扉温度上昇に伴う熱負荷[W]

$Q_V$  : 3B-DG 室における空調による除熱[W]

$\rho_1$  : 3B-DG 室空気密度(1.150[kg/m<sup>3</sup>])

$C_{p1}$  : 3B-DG 室空気定圧比熱(1,007[J/kg·K])

$V_1$  : 3B-DG 室体積(1,858[m<sup>3</sup>])

式 1 記載の外部火災による 3B-DG 室外扉の温度上昇に伴う熱負荷 $Q_D$ は、3B-DG 室外扉から 3B-DG 室への熱伝達を考慮して、次式のように表せる。

$$Q_D = A_1 h_1 (T_{max} - T_R) \quad (\text{式 2})$$

$h_1$  : 3B-DG 室外扉内表面熱伝達率[W/m<sup>2</sup>·K]

$A_1$  : 3B-DG 室外扉表面積(7.07[m<sup>2</sup>])

$T_{max}$  : 3B-DG 室外扉内側最高温度(112[°C])

式 1 記載の空調による除熱 $Q_V$ は、次式のように表せる。

$$Q_V = m_1 C_{p1} (T_R - T_{a1}) \quad (\text{式 3})$$

$m_1$  : 3B-DG 室換気風量(27.255[kg/s])

$C_{p1}$  : 3B-DG 室の定圧比熱(1,007[J/kg·K])

$T_{a1}$  : 3B-DG 室吹出温度(30[°C])

以上より、式 2 から式 3 までを式 1 に代入し、3B-DG 室の室温を下式より算出する。

$$T_R = \left( T_1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) \exp(-\alpha t) + \frac{\beta}{\alpha} \quad (\text{式 4})$$

$T_1$  : 3B-DG 室内気初期温度[°C]

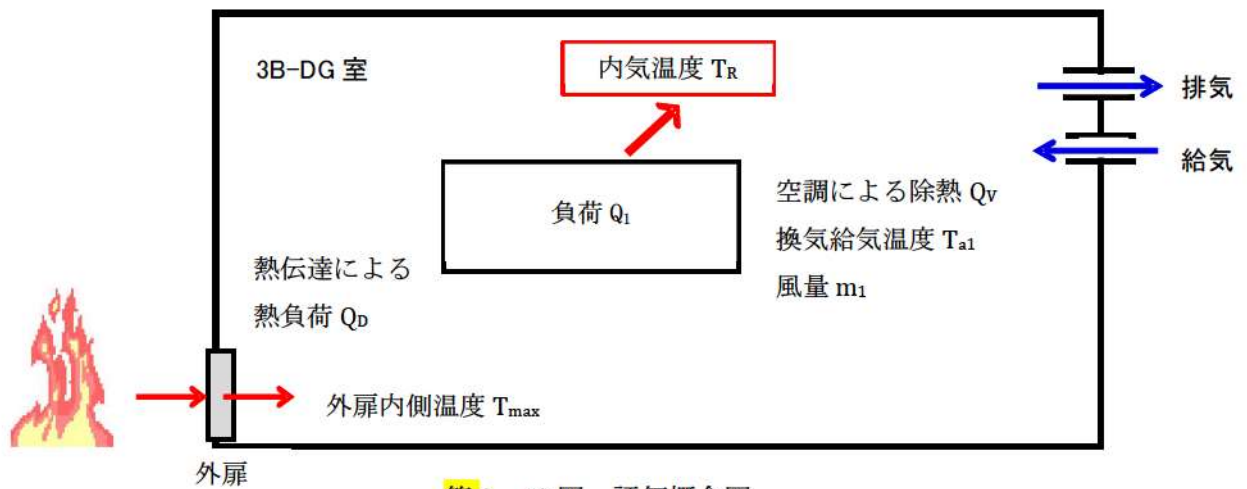
$t$  : 火災継続時間[s]

$$\alpha = \frac{A_1 h_1 + m_1 C_{p1}}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式 5})$$

$$\beta = \frac{Q_1 + A_1 h_1 T_{max} + m_1 C_{p1} T_{a1}}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式 6})$$

$$T_1 = \frac{Q_1}{m_1 C_{p1}} + T_{a1} \quad (\text{式 7})$$

である。



第 6-18 図 評価概念図

以下に評価結果を示す。

第 6-43 表 3B-DG 室の熱影響評価結果

	3B-DG 室 (評価対象室)
内気温度 [°C]	49.1
許容温度 [°C] ※1	50.0
初期温度 [°C]	48.9

※1 : DG 室の設計最高使用温度

(c) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災及び航空機墜落による火災の重畳火災による外扉の加熱を想定したとしても、建屋内の3B-ディーゼル発電機室の内気温度が、許容温度を超えないことから発電用原子炉施設の建屋内への熱影響はない。

なお、内気温度については、(a) 評価条件に加え、各部の温度に設計値を用いる等、保守的な評価を行っていることから、実際の温度上昇は更に低く抑えられると評価する。

(3) ガラリフードの火災影響評価について

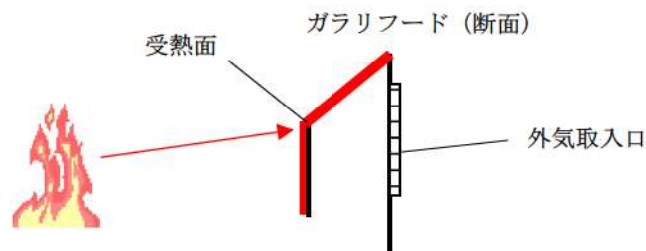
a. 評価対象

3号炉補助ボイラー燃料タンクに最も近くに位置しており、輻射強度が最も大きくなるガラリフードとしてはDG蓄熱室給気ガラリフードがあるが、ディーゼル発電機建屋の熱影響対策として障壁（断熱材）を設置していることから、ディーゼル発電機建屋近くに設置されているR/B給気ガラリフードを対象とする。

b. 想定条件

- ・ガラリフードへの熱影響が最大となる3号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災を火災源とする。重畳火災については、添付資料-7「2. 航空機墜落による火災の影響評価」と同様の想定とする。
- ・火災が発生してから燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度でガラリフードが昇温されるものとする。
- ・保守的な評価とするため、吸収率は1.0とする。

以下に、ガラリフードへの受熱面を示す。



第6-19図 ガラリフードの受熱面

c. 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第6-44表 ガラリフードへの火災影響評価に必要なデータ

	3号炉補助ボイラー燃料タンク	航空機
離隔距離[m]	56	140
燃焼半径[m]	12.40	14.93
形態係数[-]	0.083	0.023
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	1,909	1,150
燃焼継続時間[h]	6.74	1.85



d. ガラリフード温度と膨張量

3号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災の熱影響評価(添付資料-7「2. 航空機墜落による火災の影響評価 (13)航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳)」と同様の算出方法により輻射強度を求めた結果、ガラリフードが受ける輻射強度は3,059W/m<sup>2</sup>となり、この輻射強度にて一定でガラリフードが昇温されるものとして、下記の式より対象ガラリフードの温度及び膨張量を算出する。

なお、ガラリフードの材質は、SS400 (JIS : G3101) である。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{h}$$

$\varepsilon$  : 吸収率 (1.0[-]),  $E$  : 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

$h$  : ガラリフードの熱伝達率 (17[W/m<sup>2</sup>·K]) ※1,  $T_0$  : 初期温度 (50[°C])

※1 : 空気調和・衛生工学便覧

$$l = L\alpha(T - T_0)$$

$l$  : ガラリフード膨張量 [mm],  $\alpha$  : 熱膨張率 (12.8×10<sup>-6</sup>[1/K])

$T_0$  : 初期温度 (50[°C]),  $L$  : ガラリフード長さ (21,235[mm])

以下に評価結果を示す。

第6-45表 ガラリフードの熱影響評価結果

ガラリフード温度[°C]	230
ガラリフード膨張量[mm]	49.0

e. 火災による熱影響の有無の評価

ガラリフード温度は230°Cとなり、ガラリフード長辺方向の熱膨張量はガラリフード長さ21,235mmに対して、49.0mmとなったことから、ガラリフードの形状が大きく変形することはない。

また、ガラリフードの変形の有無にかかわらず、安全上支障のない期間に点検を行い、ガラリフードの使用に問題があると判断される場合には、交換等の措置が可能である。

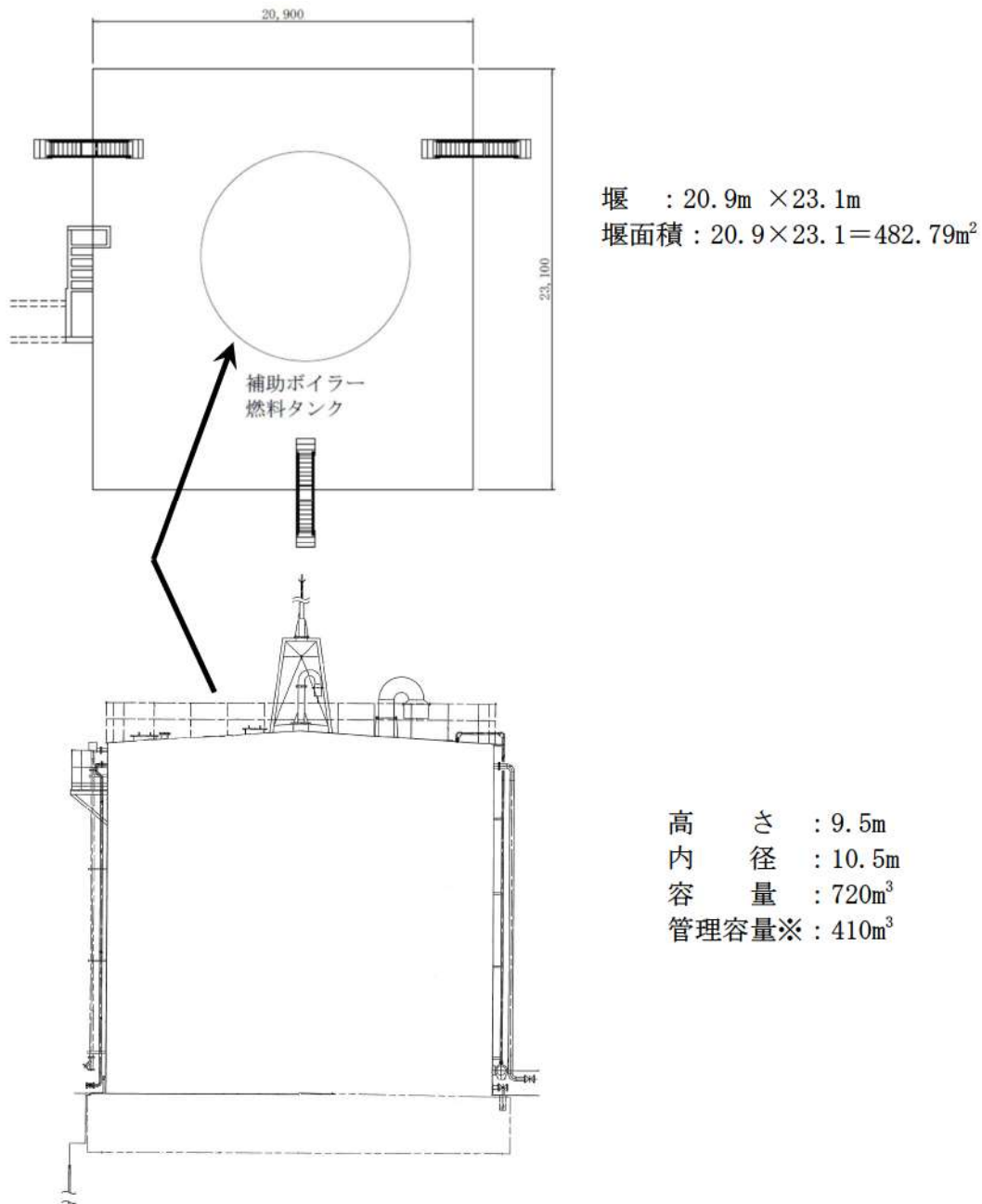
なお、ガラリフード内側には熱影響を受ける機器等がなく、3号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災時は、給気温度を監視しつつ、状況に応じて換気空調系の停止措置を講じることから、建屋内への熱影響はない。

(4) 配管貫通部の火災影響評価について

配管貫通部は、モルタルによる穴仕舞を行っており、建屋外壁の火災影響評価に包絡される。

3号炉補助ボイラー燃料タンクの仕様について

第1図に3号炉補助ボイラー燃料タンクの外形図を示す。また、3号炉補助ボイラー燃料タンクの管理値について、以下に示す。



第1図 3号炉補助ボイラー燃料タンク外形図

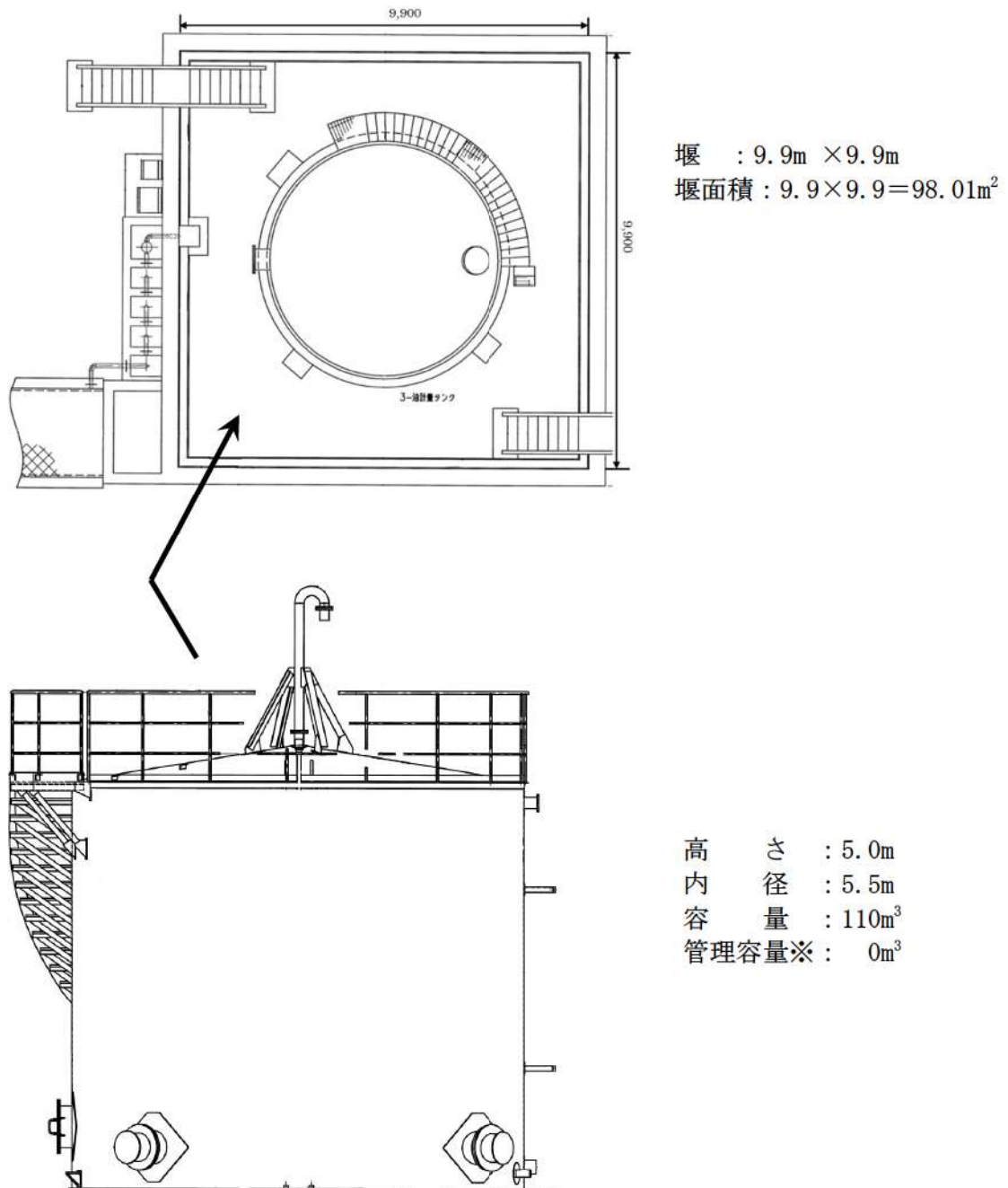
※ 3号炉補助ボイラー燃料タンクの管理容量について

3号炉補助ボイラー燃料タンクは、冬季期間中、燃料油補給までに必要な燃料使用量について、これまでの運用状況を踏まえ192.96kL（蒸気量：10t/h、冬季間）とし、3号炉補助ボイラー燃料タンク油面低警報レベルである214.96kL（タンク底面より2.5m：ポンプNPSH2.4mに余裕を見込んだ値）を考慮して、3号炉補助ボイラー燃料タンク容量の約57%にあたる410 kLでの運用とする。

3号炉補助ボイラー燃料タンクの最大容量は720kLであるが、タンク火災の熱影響評価は、410 kLを使用して評価を行うことから、評価で用いた410kLを確実に下回るよう保安規定で管理する。

3号炉油計量タンクの仕様について

第1図に3号炉油計量タンクの外形図を示す。また、3号炉油計量タンクの管理値について、以下に示す。



第1図 3号炉油計量タンク外形図

※ 3号炉油計量タンクの管理について

3号炉油計量タンクは、タービン本体の点検を実施するため、定期検査ごとにタービン潤滑油を移送するために設置したものである。

ここで、3号炉油計量タンクの使用期間は、定期検査中に限られ、通常運転中は空の状態になっているが、航空機落下との重畳火災による影響評価を踏まえ、今後は定期検査中も含めて使用せず、タンクローリーにより油を受け入れ敷地外に搬出するなど、当該タンクを外部火災の発生源から排除できる運用とする。

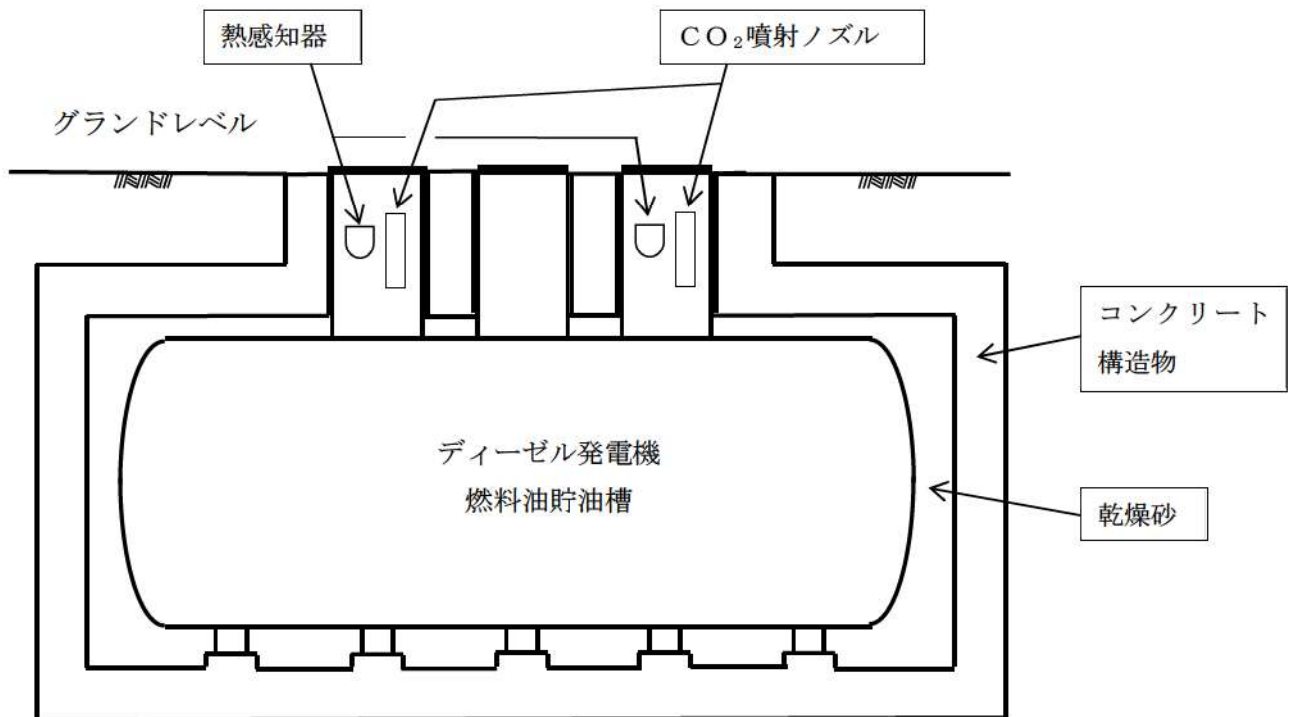
このため、3号炉油計量タンクは評価対象から除外する。また、3号炉油計量タンクが空の状態(0m<sup>3</sup>)となるように保安規定で管理する。

## ディーゼル発電機燃料油貯油槽について

ディーゼル発電機燃料油貯油槽は、コンクリート構造物に収納された地下埋設タンクとなっており、構造物とタンクの間には乾燥砂を詰めて、不燃物に囲われた状態で埋設し設置している。

また、熱感知器及びCO<sub>2</sub>消火設備を設置しており、警報値は80℃に設定し、中央制御室に警報が発信し、100℃を検知すると自動で消火設備が動作する。

以上より、直ちに消火活動が可能であり地表面で火炎は発生しないと考えられることから、外部事象防護対象施設及び熱影響評価の対象外とする。



第1図 ディーゼル発電機燃料油貯油槽概要図

## 評価対象建屋の外壁と天井スラブの構成について

## 1. 概要

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で建屋外壁が昇温されるものとして、建屋の構造体となる躯体コンクリートの温度上昇を求め、その躯体コンクリートの温度が許容温度以下であるかの評価を実施している。

原子炉建屋及び原子炉補助建屋外壁は、厚さ 60mm の PC 板（プレキャスト・コンクリート板）を外壁コンクリート打設時の型枠及び外装材としており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。

ディーゼル発電機建屋の外壁は、防護措置として断熱材を設置しており、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。

また、原子炉建屋及び原子炉補助建屋の天井スラブは、厚さ 80mm の防水押さえコンクリート、ディーゼル発電機建屋の天井スラブは、厚さ 80mm の防水押さえコンクリートに加え厚さ 30mm のコンクリート板を設置しており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。

各評価対象建屋の外壁と天井スラブの構成を第 1 表に示す。

第 1 表 各建屋の外壁と天井スラブの構成

	外壁		天井スラブ	
	PC板 (60mm)	断熱材	防水押さえコンクリート (80mm)	コンクリート板 (30mm)
原子炉建屋	○	×	○	×
原子炉補助建屋	○	×	○	×
ディーゼル発電機建屋	×	○	○	○
循環水ポンプ建屋※1	×	×		

※1：地表面から約 2.8m が鉄筋コンクリート造の壁，上部の壁が鋼板で構成

○：設置，×：未設置

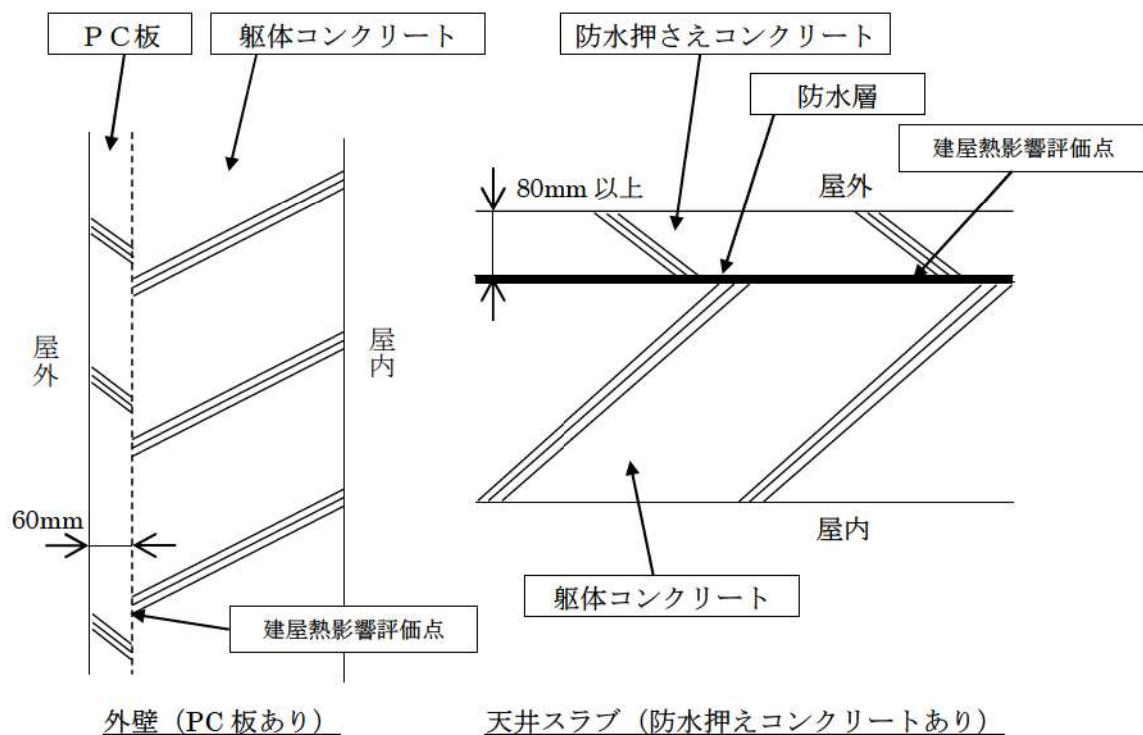
## 2. PC板及び防水押さえコンクリートについて

コンクリートは、水、セメント、細骨材（砂）、粗骨材（砂利）及びその他混和材料を練混ぜ、これらが一体的に硬化した複合材料であり、コンクリートの種類は、使用骨材の違いにより、普通コンクリート、軽量コンクリート、重量コンクリート等に区分される。

今回、建屋外壁温度評価に用いた主要建屋の躯体、PC板、防水押さえコンクリート及び保温材設置の模擬試験体に用いたコンクリートは、いずれも普通コンクリートであり、日本工業規格（JIS）の「普通コンクリート」に準拠して製造されたものである。

JISでは、コンクリート材料の品質（骨材の寸法・密度、セメントの密度・圧縮強さ等）について規定しており、JISに準拠して製造された普通コンクリートの熱的性質は同等と考えられることから、主要建屋の躯体、PC板、防水押さえコンクリート及び保温材設置の模擬試験体に用いたコンクリートについて、同様の熱的性質の物性値を適用できるものとする。

なお、この熱的性質の物性値については、JISに記載が無いことから、適切と考えられる日本建築学会規準から引用した。

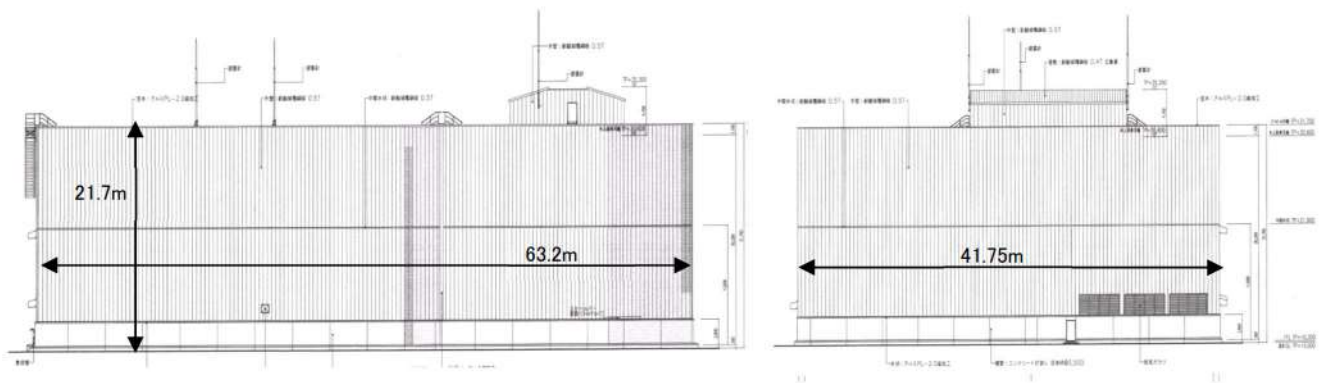


第1図 外壁及び天井スラブ構成図

## 3. 循環水ポンプ建屋及び原子炉補機冷却海水ポンプの影響評価について

3号炉循環水ポンプ建屋は、鉄骨造であり、地表面から約2.8mが鉄筋コンクリート造の壁、上部の壁が鋼板で構成している。





第2図 循環水建屋外形図

上部の壁については、外部火災の輻射熱が鋼板に照射されるため、ヒートシンクを考慮する壁厚のあるコンクリート壁とは異なり照射を受ける面と反対側の面より放熱されるため、コンクリート壁よりも高温となることはなく、建屋のコンクリート壁が許容温度以下ならば、鋼板が損傷を受けることはない。このため、下部の壁（コンクリート）の温度が許容温度以下であることを確認することで健全性を確認する。

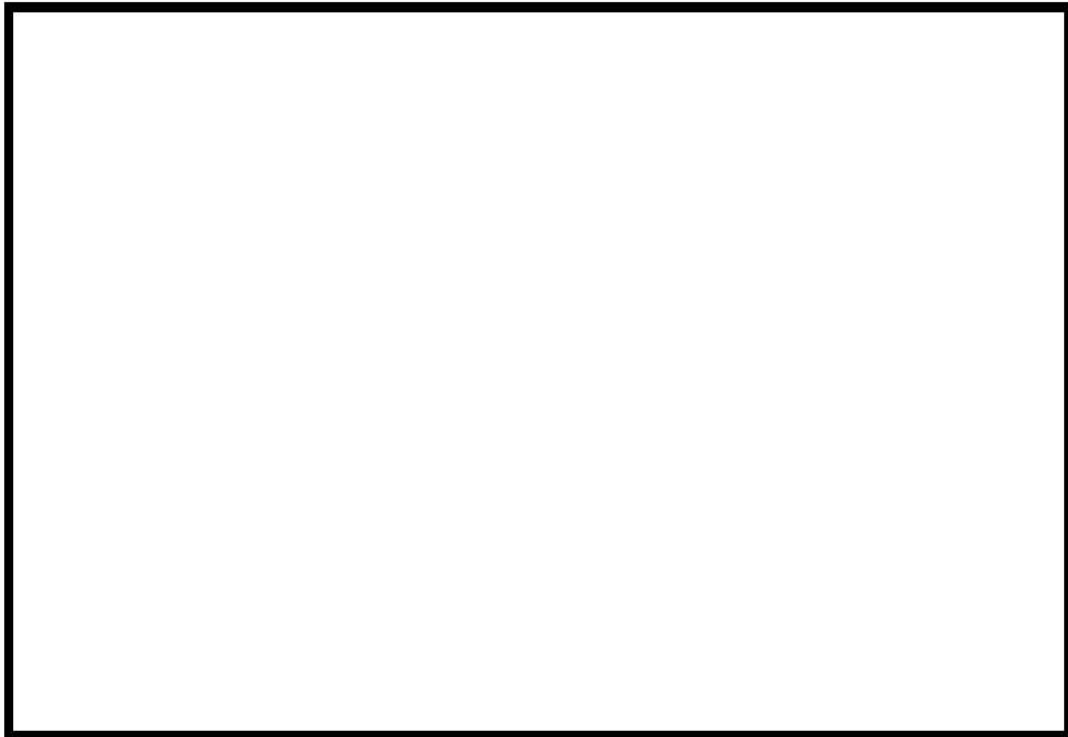
また、原子炉補機冷却海水ポンプは循環水ポンプ建屋内に収納されており、外部火災による輻射熱が原子炉補機冷却海水ポンプに直接作用することはないが、循環水ポンプ建屋の上部外壁は鋼板であることから、外部火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気へ移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。

原子炉補機冷却海水ポンプの評価としては、電動機下部軸受部を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気温度 80℃を原子炉補機冷却海水ポンプの許容温度とし、循環水ポンプ建屋内の許容温度として評価する。


#### 4. ディーゼル発電機建屋の影響評価について

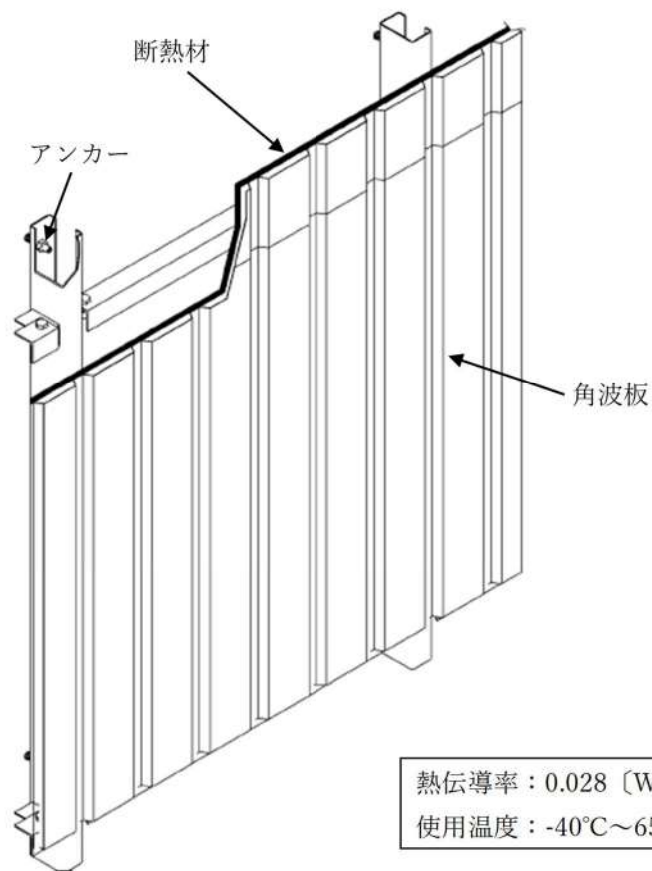
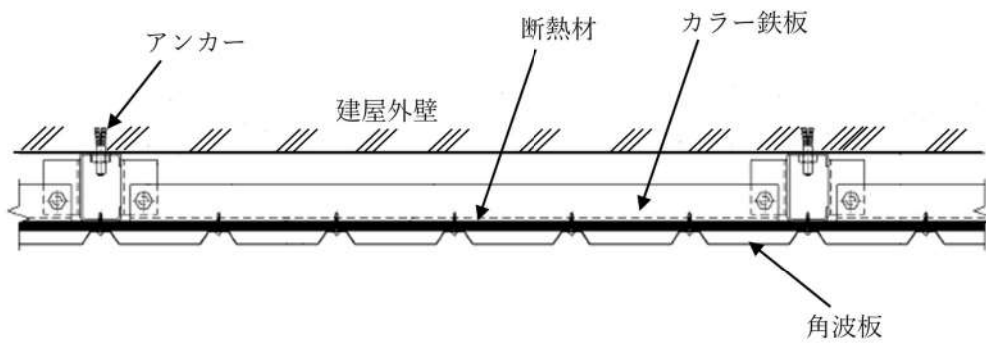
建屋外壁及び屋根スラブの防護措置は、200℃を超える範囲について実施するものとし、防護措置実施範囲及び断熱材設置イメージを第3図及び第4図に示す。なお、ディーゼル発電機建屋の上部構造物の重量に対して、設置する断熱材及びコンクリート板の重量は約0.2%であることから、防護措置に伴う重量増加を考慮しても建屋の耐震性に殆ど影響はない。

ディーゼル発電機建屋の評価としては、防護措置として障壁(断熱材)を設置した状態で、建屋躯体コンクリート外表面の温度で評価する。



第3図 ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲

 枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。



第4図 断熱材設置概略図

(1) 断熱材設置による模擬試験について

コンクリート板に断熱材を設置した状態を模擬し、加温試験を行った。

外気温度 30～35°C の状況において、約 410°C で加温したところ、断熱材内側のコンクリート板表面温度が 50°C 以下となることを確認した。

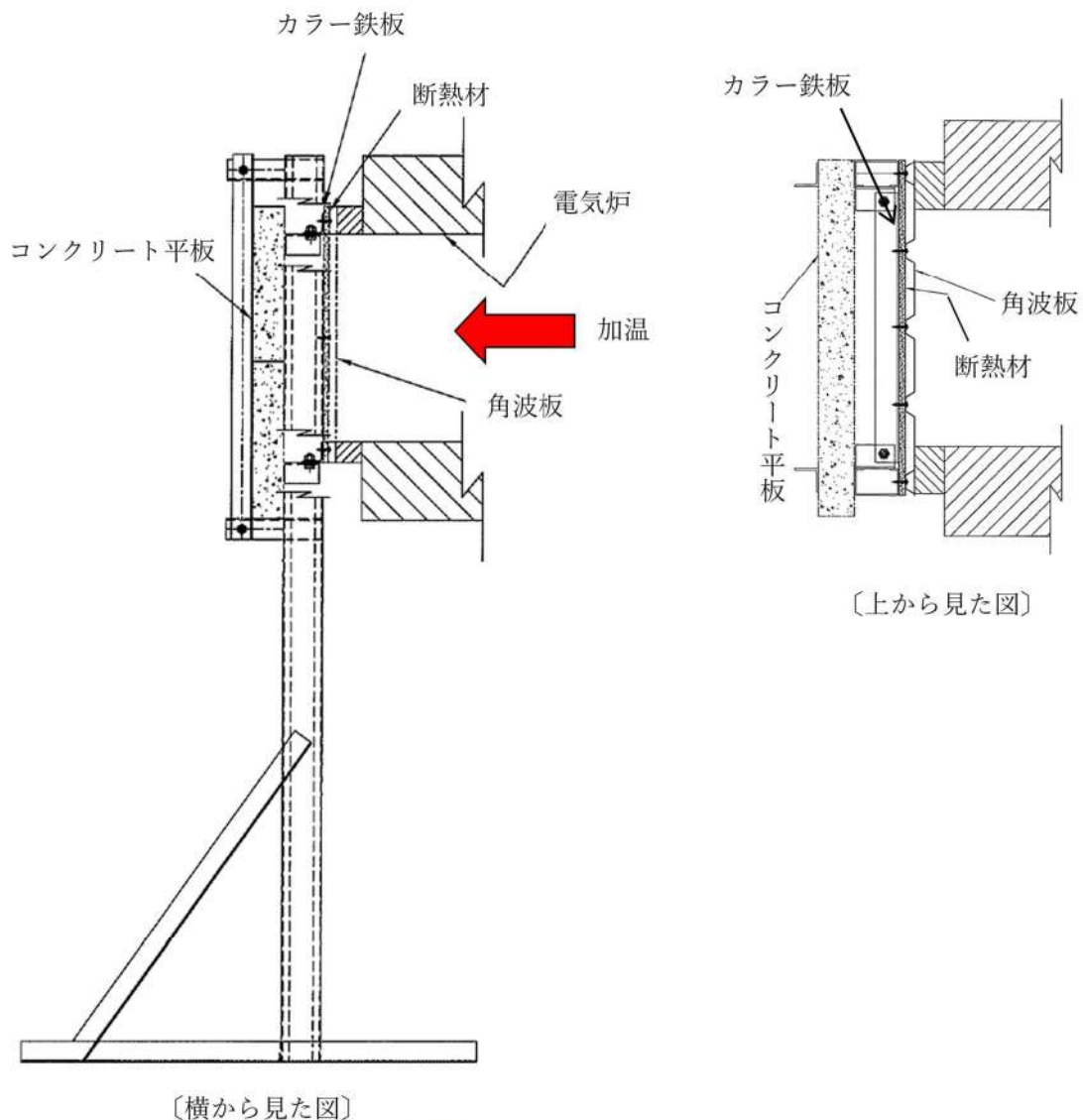
コンクリート板厚がディーゼル発電機建屋と相違があるものの、断熱材の設置により許容温度 200°C を下回ると考えられる。なお、評価結果においては模擬試験より高い温度

となっているが、これは評価において空気層の対流によるコンクリート外表面からの除熱を考慮していないことによると考えられる。

a. 試験状況

試験は以下のように実施した。

- ・実際の設置状況を模擬した角波板及び断熱材を電気炉に設置
- ・断熱材（約 10mm 厚）から約 75mm の空間をあけて模擬壁（コンクリート平板，約 60mm 厚）を設置
- ・角波板表面が 386℃（試験実施時点で敷地内危険物施設の火災による影響評価で最も高い温度）以上となるように加温し，模擬壁表面などの温度を計測する。

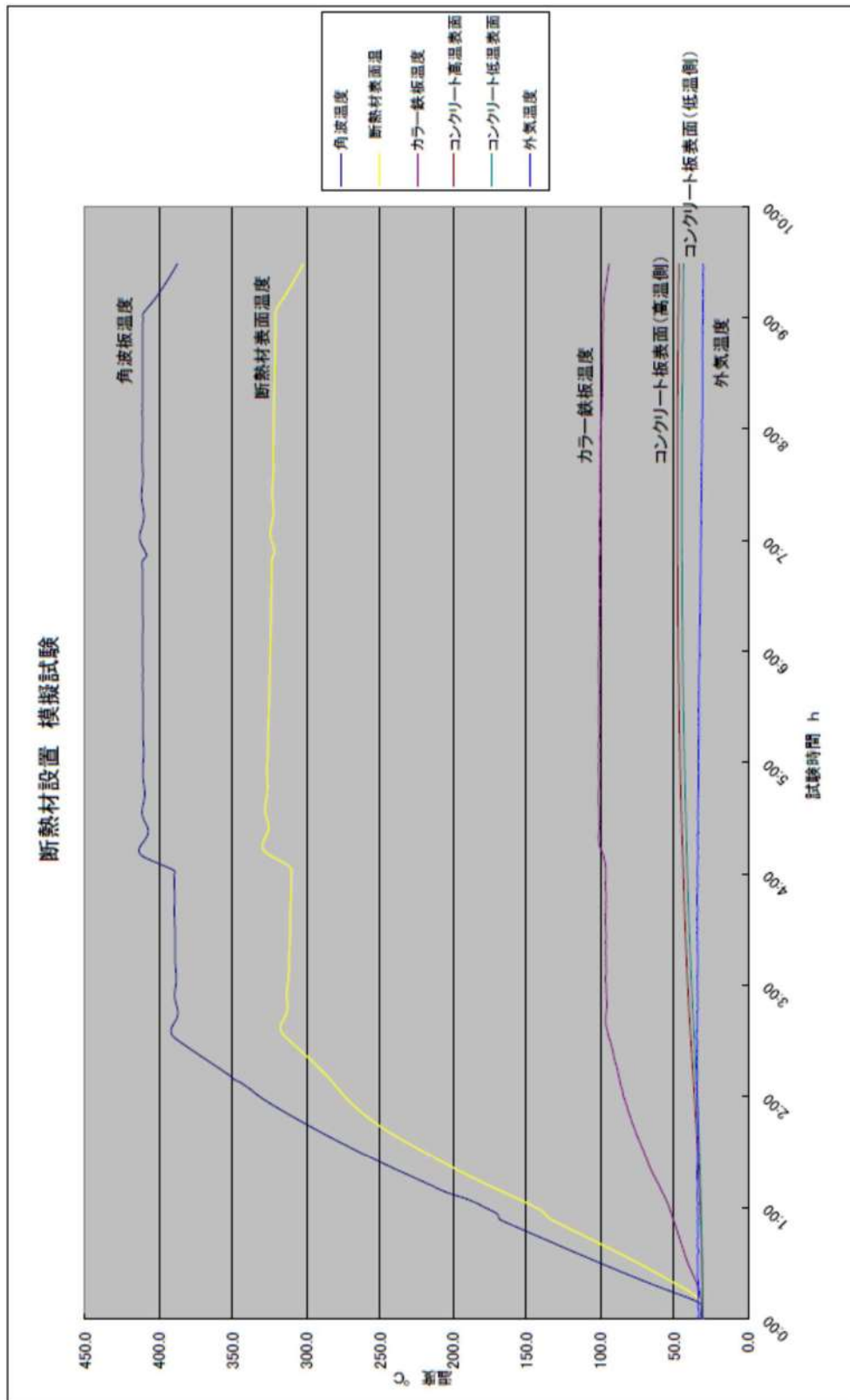


第 5 図 試験状況図

b. 試験結果

昇温開始後 2 時間 40 分頃に角波板表面が約 386℃になったものの、念のため、さらに昇温し、4 時間 20 分頃に約 410℃となり、9 時間頃まで維持した。この間、コンクリート板表面は 50℃を下回る状況であった（外気温度は 30～35℃）。

試験結果を第 6 図に示す。



第 6 図 模擬試験結果

## 泊発電所の敷地内への航空機墜落による火災について

## 1. はじめに

本評価は、発電所敷地への航空機墜落による火災に対して、より一層の安全性向上の観点から、その火災が泊発電所の敷地内で起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

本評価は、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書C原子力発電所への航空機墜落による火災の影響評価について」に基づき実施する。

## 2. 航空機墜落による火災の影響評価

航空機墜落確率評価では、対象となる航空機の種類及び飛行形態を考慮して墜落確率を求めている。

航空機墜落による火災の影響は、対象航空機の燃料積載量に大きく依存することから、別紙7-1に示すとおり、民間航空機と自衛隊機又は米軍機に分類し、また、大型航空機と小型航空機に分類し以下のカテゴリごとに火災影響評価を実施する。

第7-1表 落下事故のカテゴリ

1) 計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時	—※1
	航空路を巡行中	—※2
2) 有視界飛行方式民間航空機		大型民間航空機
		小型民間航空機
3) 自衛隊機又は米軍機	訓練空域内で訓練中及び 訓練空域外を飛行中	空中給油機等、高高度での巡行 が想定される大型固定翼機※3,4
		その他の大型固定翼機、小型固 定翼機及び回転翼機※3,4
	基地－訓練空域間往復時	—※5

※1：泊発電所は、札幌空港及び新千歳空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため対象外。  
(別紙7-2)

※2：泊発電所上空に航空路は存在しないため対象外。(別紙7-3)

※3：泊発電所周辺上空は自衛隊機の訓練空域であるため、自衛隊機は訓練中の落下事故を評価対象とする。(別紙7-3)

※4：泊発電所周辺上空は米軍機の訓練空域がないため、米軍機は訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。(別紙7-3)

※5：泊発電所は基地－訓練空域間の往復の想定範囲内がないため対象外。(別紙7-3)

### (1) 航空機墜落による火災の想定

- ・航空機は、泊発電所における航空機墜落評価の対象航空機のうち、燃料積載量が最大の機種とする。(第7-2表)
- ・航空機は燃料を満載した状態を想定する。
- ・航空機の墜落は発電所敷地内であって墜落確率が $10^{-7}$  [回/炉・年] 以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。
- ・航空機の墜落によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。



- ・ 気象条件は無風状態とする。
- ・ 火災は円筒火炎をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

第7-2表 航空機墜落による火災影響評価の評価対象航空機

分類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機		
	大型民間航空機	小型民間航空機	訓練空域内	訓練空域外	
			その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	空中給油機等、高高度での巡行が想定される大型固定翼機	その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機
対象航空機	B747-400	Do228-200	F-15	KC-767	F-15
選定理由	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定※	民間の小型航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定(別紙7-4)	主要自衛隊航空機の中で燃料積載量が最大規模のものを選定(別紙7-5)		

※評価対象航空路を飛行すると考えられる国内の定期便のうち、燃料積載量が最大の航空機を選定

## (2) 評価手法の概要

本評価は、泊発電所に対する航空機墜落による火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第7-3表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	火災の炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	航空機燃料タンクの投影面積より求めた燃焼半径
火災継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	発電用原子炉施設を中心にして墜落確立が10 <sup>-7</sup> [回/炉・年]以上になる地点とその地点から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	建屋の外壁等が想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は、受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では、火災面積の半径が3mを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが、本評価では保守的な判断を行うために、火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

輻射熱に対する設備の温度上昇を評価し、温度上昇がその設備の熱許容限界値以下になるように発電用原子炉施設は離隔距離を確保する。

### (3) 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地内であって墜落確率が $10^{-7}$  [回/炉・年]以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とすることから、泊発電所における航空機墜落確率評価の対象航空機を、第7-1表に示すカテゴリごとに墜落確率が $10^{-7}$  [回/炉・年]となる標的面積を算出し、その結果から発電用原子炉施設からの離隔距離を導出する。

### (4) 標的面積の算出

「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)」(平成21・06・25原院第1号)の航空機落下確率評価式に基づき、第7-1表に示すカテゴリごとに、墜落確率が $10^{-7}$ [回/炉・年]に相当する面積を算出する。

#### a. 大型民間航空機の標的面積の算出

##### (a) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

$P_v$  : 対象施設への航空機落下確率[回/年]

$f_v$  : 単位年当たりの落下事故率[回/年]

$S_v$  : 全国土面積[km<sup>2</sup>]

$A$  : 発電用原子炉施設の標的面積[km<sup>2</sup>]

$\alpha$  : 対象航空機の種類による係数

第7-4表 墜落確率の算出結果(大型民間航空機)

パラメータ	泊発電所3号炉
$f_v^{*1}$	大型固定翼機 0.5/20=0.025 大型回転翼機 2/20=0.1
$S_v^{*1}$	372,000
$\alpha^{*2}$	大型固定翼機, 大型回転翼機 : 1
$A^{*3}$	0.0116
$P_v$	$3.90 \times 10^{-9}$

- ※1：「平成 23 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成 24 年 9 月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。なお、大型固定翼機については平成 3 年～平成 22 年の間に事故は発生していないため、保守的に 0.5 件として評価した。
- ※2：「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」による。
- ※3：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7-6）

大型民間航空機の墜落確率  $P_v$  が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる標的面積  $A'$  を求める式は以下のとおり。

$$A' = \frac{10^{-7}}{P_v} \cdot A$$

上記より，標的面積  $A'$  は  $A' = 0.29$  [km<sup>2</sup>] となる。

b. 小型民間航空機の標的面積の算出

$$P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$

$P_v$ ：対象施設への航空機落下確率[回/年]

$f_v$ ：単位年当たりの落下事故率[回/年]

$S_v$ ：全国土面積[km<sup>2</sup>]

$A$ ：発電用原子炉施設の標的面積[km<sup>2</sup>]

$\alpha$ ：対象航空機の種類による係数

第 7-5 表 墜落確率の算出結果（小型民間航空機）

パラメータ	泊発電所 3 号炉
$f_v^{※1}$	小型固定翼機 35/20=1.75 小型回転翼機 30/20=1.50
$S_v^{※1}$	372,000
$\alpha^{※2}$	小型固定翼機，小型回転翼機：0.1
$A^{※3}$	0.0116
$P_v$	$1.02 \times 10^{-8}$

- ※1：「平成 23 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成 24 年 9 月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。
- ※2：「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」による。
- ※3：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7-6）

小型民間航空機の墜落確率  $P_v$  が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる標的面積  $A'$  を求める式は以下のとおり。

$$A' = \frac{10^{-7}}{P_v} \cdot A$$

上記より、標的面積  $A'$  は  $A' = 0.11$  [km<sup>2</sup>] となる。

c. 自衛隊機又は米軍機の標的面積の算出

(a) 訓練空域内を飛行中の落下事故（その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）

$$P_{si} = \frac{f_{si}}{S_i} \cdot A$$

$P_{si}$ ：訓練空域内での対象施設への航空機落下確率[回/年]

$f_{si}$ ：単位年当たりの訓練空域内落下事故率[回/年]

$S_i$ ：全国の陸上の訓練空域の面積[km<sup>2</sup>]

$A$ ：発電用原子炉施設の標的面積[km<sup>2</sup>]

第 7-6 表 墜落確率の算出結果

(自衛隊機：その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機)

パラメータ	泊発電所 3 号炉
$f_{si}^{*1}$	自衛隊機 3/20=0.15
$S_i^{*1}$	77,200
$A^{*2}$	0.0116
$P_{si}$	$2.26 \times 10^{-8}$

※1：「平成 23 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成 24 年 9 月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。

※2：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7-6）

訓練空域内での自衛隊機の墜落確率  $P_{si}$  が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる標的面積  $A'$  を求める式は以下のとおり。

$$A' = \frac{10^{-7}}{P_{si}} \cdot A$$

上記より、標的面積  $A'$  は  $A' = 0.051$  [km<sup>2</sup>] となる。

(b) 訓練空域外を飛行中の落下事故（空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機）

$$P_{so} = \frac{f_{so}}{S_o} \cdot A$$

$P_{so}$ ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

$f_{so}$ ：単位年当たりの訓練空域内落下事故率[回/年]

$S_o$ ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積[km<sup>2</sup>]

$A$ ：発電用原子炉施設の標的面積[km<sup>2</sup>]

第 7-7 表 墜落確率の算出結果

(米軍機：空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機)

パラメータ	泊発電所 3 号炉
$f_{so}^{*1}$	米軍機 1/20=0.05
$S_o^{*1}$	372,000
$A^{*2}$	0.0116
$P_{so}$	$1.56 \times 10^{-9}$

※1：「平成 23 年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成 24 年 9 月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。

※2：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7-6）

空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機の墜落確率 ( $P_{so}$ ) が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる標的面積  $A'$  を求める式は以下のとおり。

$$A' = \frac{10^{-7}}{P_{so}} \cdot A$$

上記より，標的面積  $A'$  は  $A' = 0.74$  [km<sup>2</sup>] となる。

(c) 訓練空域外を飛行中の落下事故（その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）

$$P_{so} = \frac{f_{so}}{S_o} \cdot A$$

$P_{si}$ ：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

$f_{si}$ ：単位年当たりの訓練空域内落下事故率[回/年]

$S_i$ ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積[km<sup>2</sup>]

$A$ ：発電用原子炉施設の標的面積[km<sup>2</sup>]

第7-8表 墜落確率の算出結果（米軍機：その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）

パラメータ	泊発電所3号炉
$f_{so}^{※1}$	米軍機 4/20=0.20
$S_o^{※1}$	372,000
$A^{※2}$	0.0116
$P_{so}$	$6.24 \times 10^{-9}$

※1：「平成23年度 航空機落下事故に関するデータの整備」（平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構）による。

※2：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙7-6）

その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機の墜落確率（ $P_{so}$ ）が $10^{-7}$  [回/炉・年]となる標的面積 $A'$ を求める式は以下のとおり。

$$A' = \frac{10^{-7}}{P_{so}} \cdot A$$

上記より，標的面積 $A'$ は $A' = 0.18$  [km<sup>2</sup>]となる。

(5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

(4)で求めた標的面積から離隔距離 $L$ を算出した結果を第7-9表に示す。

離隔距離の算出の考え方については別紙7-7に示す。

第7-9表 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

分類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機		
	大型民間航空機	小型民間航空機	訓練空域内	訓練空域外	
			その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	空中給油機等，高高度での巡行が想定される大型固定翼機	その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機
対象航空機	B747-400	Do228-200	F-15	KC-767	F-15
離隔距離 $L$ [m]	140	76	39	263	109

(6) 評価対象航空機の選定

航空機墜落による火災の評価対象とする航空機の選定結果を第7-10表に示す。

選定に当たっては、落下事故のカテゴリで対象とする航空機の燃料積載量及び(5)にて求めた離隔距離を考慮している。

各航空機の離隔距離を第7-1図及び第7-2図に示す。

第7-10表 落下事故のカテゴリごとの評価対象航空機の選定結果

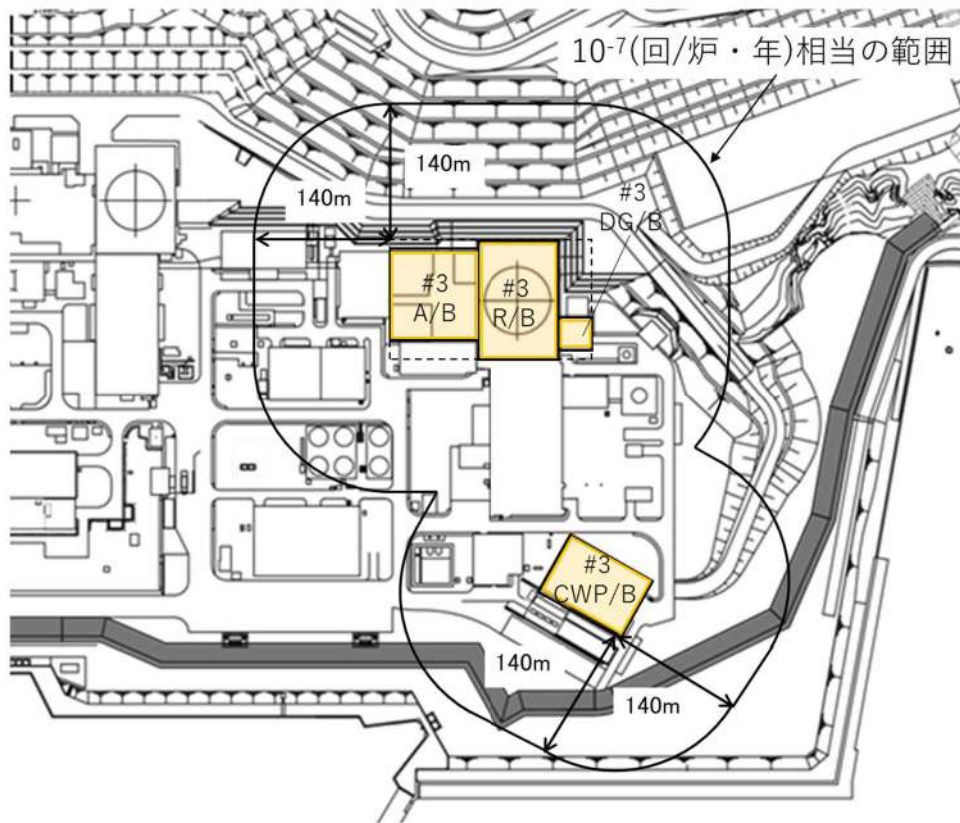
分類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機		
	大型民間航空機	小型民間航空機	訓練空域内	訓練空域外	
			その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	空中給油機等、高高度での巡行が想定される大型固定翼機	その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機
対象航空機	B747-400	Do228-200	F-15	KC-767	F-15
燃料積載量 [m <sup>3</sup> ]	216.84	2.39	14.87	145.03	14.87
離隔距離 L[m]	140	76	39	263	109
選定結果	○	× <sup>※1</sup>	○	× <sup>※2</sup>	× <sup>※3</sup>

○：評価対象 ×：評価対象外

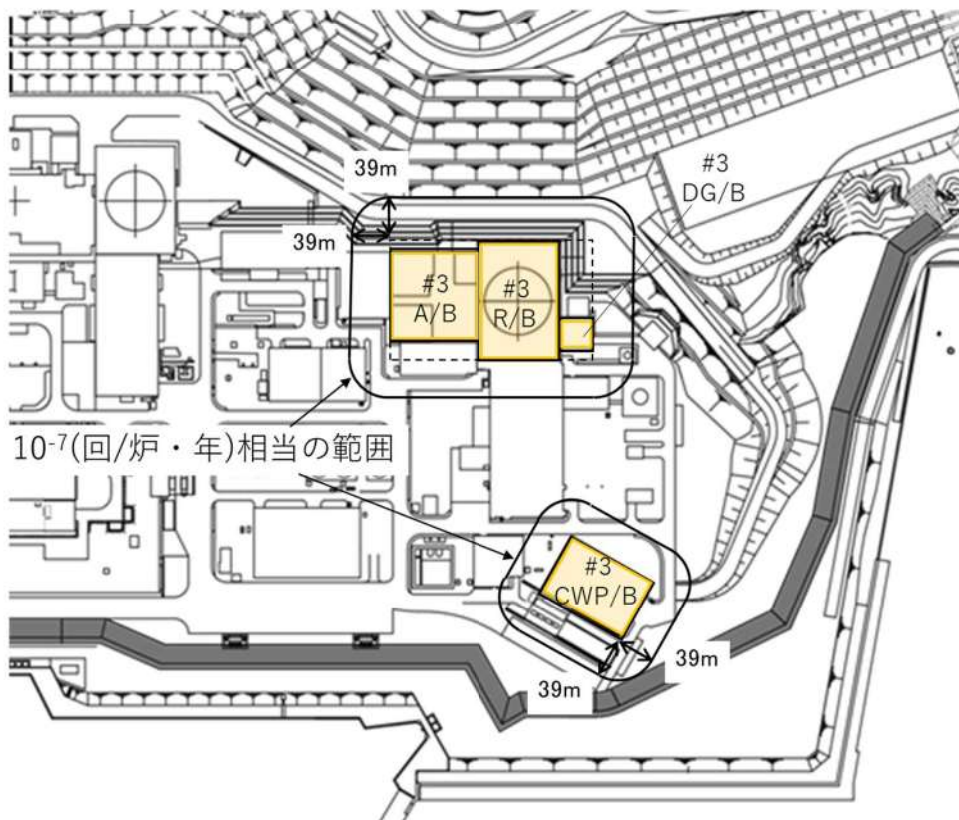
※1：燃料積載量が多く、離隔距離が短い訓練空域内の自衛隊機の落下事故の評価に包絡されるため評価対象外とした。

※2：燃料積載量が多く、離隔距離が短い大型民間航空機の落下事故の評価に包絡されるため評価対象外とした。

※3：対象航空機が同一で、離隔距離が短い訓練空域内の自衛隊機の落下事故の評価に包絡されるため評価対象外とした。



第7-1図 大型民間航空機の離隔距離



第7-2図 自衛隊機又は米軍機（その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）の離隔距離



(7) 必要データ

評価に必要なデータを第7-11表に示す。

第7-11表 航空機火災影響評価に必要なデータ

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
燃料の種類	Jet A-1	JP-4
燃料量[m <sup>3</sup> ]	216.84	14.87
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	50,000	58,000
燃焼速度[m/s]	4.64×10 <sup>-5</sup>	6.71×10 <sup>-5</sup>
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	700	44.6
離隔距離[m]	140	39

(8) 燃焼半径の算出

航空機墜落による火災は、その状況によって、様々な燃焼範囲の形態が想定されるが、円筒火災モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は対象とした航空機燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出する。

$$R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積（＝燃料タンクの投影面積）[m<sup>2</sup>]

第7-12表 燃焼半径の算出結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
燃料タンク面積[m <sup>2</sup> ]	700	44.6
燃焼半径[m]	14.93	3.77

(9) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H : 火炎長[m], R : 燃焼半径[m], L : 離隔距離[m]

第7-13表 形態係数の算出結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
燃焼半径[m]	14.93	3.77
離隔距離[m]	140	39
形態係数[-]	0.023	0.019

(10) 輻射強度の評価

火災の火炎から任意の位置にある点(受熱点)の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \Phi$$

E : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>], R<sub>f</sub> : 輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ : 形態係数

第7-14表 輻射強度の算出結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	50,000	58,000
形態係数[-]	0.023	0.019
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	1,150	1,102

(11) 燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

$$t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$$

t : 燃焼継続時間[s], V : 燃料量[m<sup>3</sup>]

R : 燃焼半径[m], v : 燃焼速度=M/ρ[m/s]

M : 質量低下速度[kg/m<sup>2</sup>·s], ρ : 燃料密度[kg/m<sup>3</sup>]

第7-15表 燃焼継続時間の算出結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
燃料量[m <sup>3</sup> ]	216.84	14.87
燃焼面積[m <sup>2</sup> ]	700	44.6
質量低下速度[kg/m <sup>2</sup> ・s]	0.039	0.051
燃料密度[kg/m <sup>3</sup> ]	840	760
燃焼速度[m/s]	4.64×10 <sup>-5</sup>	6.71×10 <sup>-5</sup>
燃焼継続時間[s]	6,660	4,968

(12) 評価結果

a. 建屋外壁に対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

評価対象の建屋外壁について、前項で分類したカテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定して評価を実施した。

(b) 判断の考え方

i. 許容温度

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃以下とする。

ii. 評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして、火災源を単一の円筒火炎と見なせることから、原子炉施設外壁を半無限固体として式1の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より、コンクリートの表面の温度上昇を求め、コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施した。なお、コンクリート表面温度の評価に当たっては、対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{at}}{\lambda} \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) - \frac{x}{2\sqrt{at}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) \right] \quad (\text{式1})$$

(出典：伝熱工学，東京大学出版会)

T<sub>0</sub>：初期温度(50[℃])，E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

α：コンクリート温度拡散率(=λ/ρC<sub>p</sub>) (7.53×10<sup>-7</sup>[m<sup>2</sup>/s])

ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m<sup>3</sup>])，C<sub>p</sub>：コンクリート比熱(963[J/kg・K])

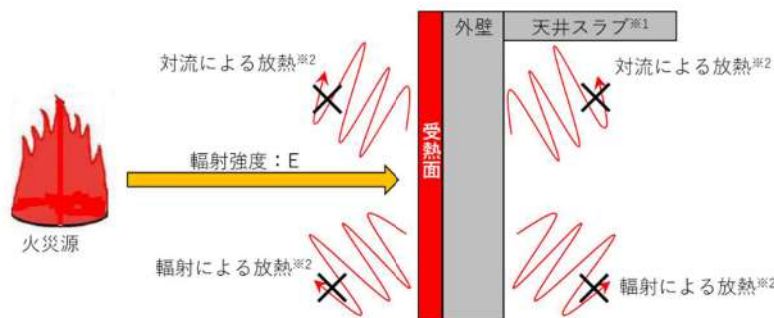
λ：コンクリート熱伝導率(1.74[W/m・K])，t：燃焼継続時間[s]

x：コンクリート壁表面深さ(0[m])

なお、天井スラブは以下の理由により、外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブに輻射熱を与えるが、その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。
- ・火炎からの離隔距離が等しい場合、垂直面（外壁）と水平面（天井スラブ）の形態係数は、垂直面の方が大きいことから、天井スラブの熱影響は外壁に比べて小さい。

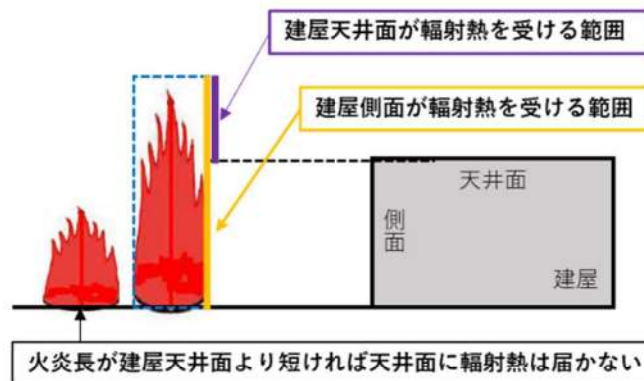
建屋外壁の評価概念図を第7-3図に、天井スラブの評価概念図を第7-4図に示す。



※1：天井スラブは外壁よりも火災源からの距離が遠いことから、外壁の評価に包絡される。

※2：コンクリート表面温度評価に当たっては、対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

第7-3図 建屋外壁の評価概念図

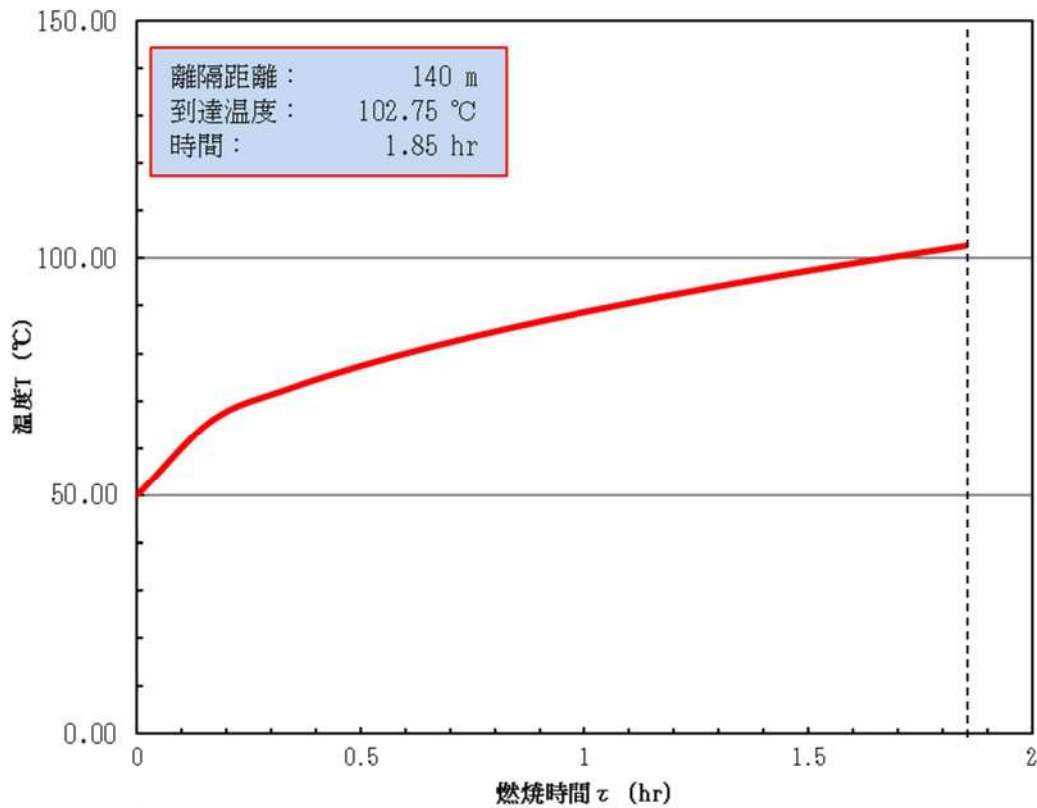


第7-4図 天井スラブへの輻射熱の影響

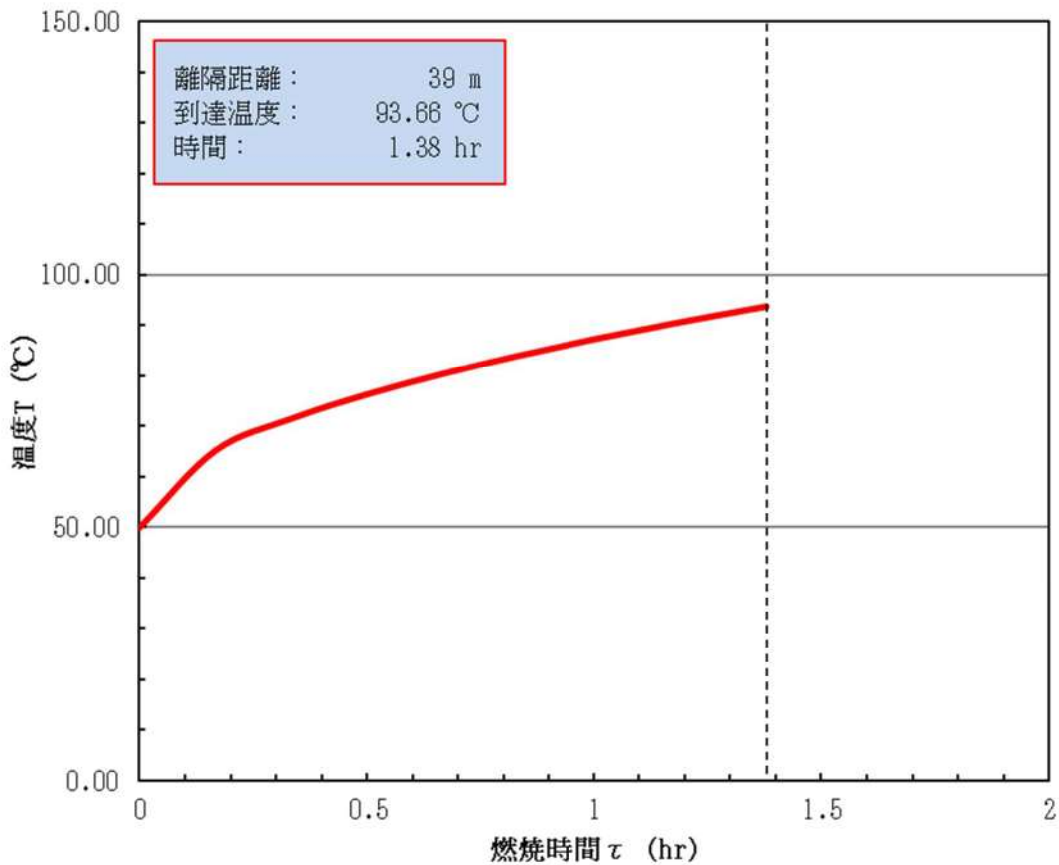
コンクリート表面の温度上昇を評価した結果、許容温度 200℃以下となることを確認した。評価結果を第7-16表に、温度変化を第7-5図及び第7-6図に示す。

第7-16表 外壁面の温度評価結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	1,150	1,102
燃焼継続時間[s]	6,660	4,968
表面温度[°C]	約 103	約 94



第7-5図 建屋外壁における温度上昇の評価結果 (大型民間航空機)



第7-6図 建屋外壁における温度上昇の評価結果  
(自衛隊機 (その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機) )

b. 排気筒に対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

排気筒について、カテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定して評価を実施した。

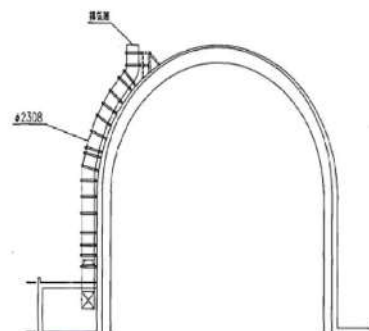
なお、排気筒の評価に当たっては、原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。

(b) 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第7-17表に、排気筒外形図を第7-7図に示す。

第7-17表 排気筒の仕様

名称	排気筒
種類	丸形
主要寸法	外径 2,308mm
	地表高さ 73.1m
材料	SUS304
個数	1



第7-7図 排気筒の外形図

(c) 判断の考え方

i. 許容温度

排気筒 (SUS304) の許容温度は、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、鋼材の強度が維持される保守的な温度 325°C以下とする。

ii. 評価結果

円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し、外表面全体から放熱するものとして、一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき、輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式により排気筒表面の最大温度を求め、表面温度が許容温度以下であるか評価した。

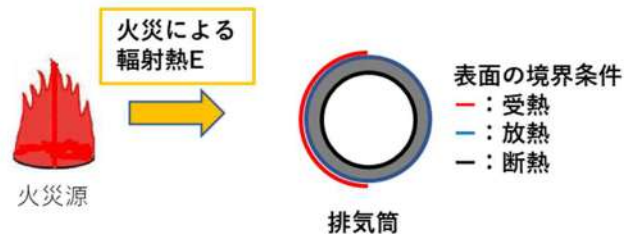
なお、内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

$$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h} \quad (\text{式 1})$$

$\varepsilon$ : 吸収率(1.0[-]),  $E$ : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>],  $h$ : 熱伝達率(17[W/m<sup>2</sup>·K])<sup>※1</sup>,  $T_0$ : 初期温度(50[°C])

※1: 空気調和・衛生工学便覧 (外表面の熱伝達率は、受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが、一般的な値として垂直外壁面、屋根面及び上げ裏面の夏季、冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから、これらのうち最も小さい値である 17 W/m<sup>2</sup>·K を用いる。)

排気筒の評価概念図を第 7-8 図に示す。



第 7-8 図 排気筒の評価概念図

排気筒表面の温度上昇を評価した結果、許容温度以下であることを確認した。評価結果を第 7-18 表に示す。

第 7-18 表 排気筒の温度評価結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内 その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	1, 150	1, 102
排気筒温度[°C]	約 84	約 83

c. 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

原子炉補機冷却海水ポンプは、循環水ポンプ建屋内に収納されており、直接火災の影響を受けることはない。ただし、循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから、火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し、建屋内雰囲気の温度が上昇する。また、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は、電動機本体を全閉構造とし、空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり、外部火災の影響を受けた場合には、周囲空気の温度上昇により、冷却機能への影響が懸念されることから、冷却空気の温度を評価対象とする。

電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり、そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要な冷却空気の温度が、許容温度以下となることを確認する。

(b) 判断の考え方

i. 許容温度

原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の許容温度は、電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。

ii. 評価結果

(i) 輻射強度の算出

火災の火炎から直接輻射の影響を受ける位置にある循環水ポンプ建屋内の上部外壁の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \Phi$$

E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>]，R<sub>f</sub>：輻射発散度[W/m<sup>2</sup>]，Φ：形態係数

形態係数 Φ は以下式で求める。

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H：火炎長[m]，R：燃焼半径[m]，L：離隔距離[m]



第7-19表 輻射強度の算出結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内
		その他の大型固定翼機, 小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
離隔距離[m]	140	39
燃焼半径[m]	14.93	3.77
形態係数[-]	0.023	0.019
輻射発散度[m <sup>2</sup> ]	50,000	58,000
輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]	1,150	1,102

(ii) 温度評価結果

循環水ポンプ建屋内には、各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており、通常運転時にはこれらの機器からの発熱は、建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては、この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして、換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度を求め、許容温度を下回るか評価を実施した。評価概念図を第7-9図に示す。

$$Q_{in} + q_f \times A_F = G_{air} \times C_{pin} \times (T_R - T_{in}) \quad \dots\dots ①$$

$$\begin{aligned} \Delta P_H &= \Delta P_{in} + \Delta P_{out} \\ \Rightarrow g \times (\rho_{in} - \rho_R) \times H &= \zeta_{in} \times \frac{1}{2} \times \rho_{in} \times u_{in}^2 + \zeta_{out} \times \frac{1}{2} \times \rho_R \times u_{out}^2 \quad \dots\dots ②^{*1} \end{aligned}$$

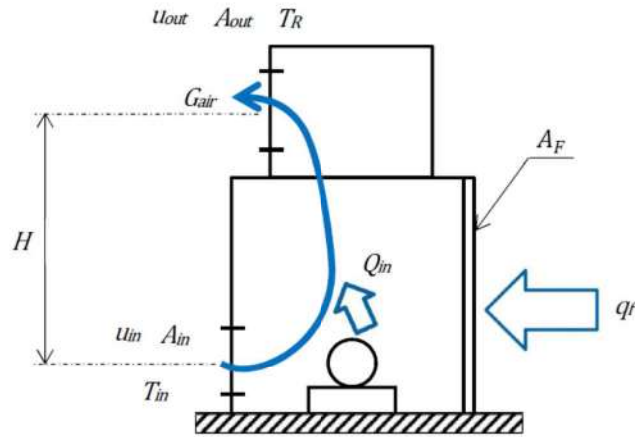
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \dots\dots ③^{*2}$$

$$u_{in} = \frac{G_{air}}{\rho_{in} \times A_{in}} \quad \dots\dots ④$$

$$u_{out} = \frac{G_{air}}{\rho_R \times A_{out}} \quad \dots\dots ⑤$$

- ※1 出典：空気調和・衛生工学便覧第11版 空気調和・衛生工学会
- ※2 出典：伝熱工学資料第5版 日本機械学会（濁き空気として算出）

$Q_{in}$ ：建屋内のポンプモータの放熱量[W],  $q_f$ ：外部火災からの輻射熱受熱熱流束[W/m<sup>2</sup>],  
 $A_F$ ：輻射受熱面積[m<sup>2</sup>],  $G_{air}$ ：換気風量[kg/s],  $C_{pin}$ ：空気比熱[J/kg・K],  
 $T_R$ ：建屋内気温[°C],  $T_{in}$ ：外気温[°C],  $g$ ：重力加速度[m/s<sup>2</sup>],  $\rho_{in}$ ：外気密度[kg/m<sup>3</sup>],  
 $\rho_R$ ：建屋内空気密度[kg/m<sup>3</sup>],  $H$ ：換気有効高さ[m],  $\zeta_{in}$ ：給気口圧損係数[-],  
 $\zeta_{out}$ ：排気口圧損係数[-],  $u_{in}$ ：給気口流速[m/s],  $u_{out}$ ：排気口流速[m/s],  
 $A_{in}$ ：給気口面積[m<sup>2</sup>],  $A_{out}$ ：排気口面積[m<sup>2</sup>]



第7-9図 循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

輻射熱によって上昇する冷却空気の到達温度を算出した結果、許容温度以下であることを確認した。評価結果を第7-20表に示す。

第7-20表 原子炉補機冷却海水ポンプの評価結果

項目	民間航空機	自衛隊機
	大型民間航空機	訓練空域内 その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
評価温度（下部軸受）[°C]	約 59	約 59

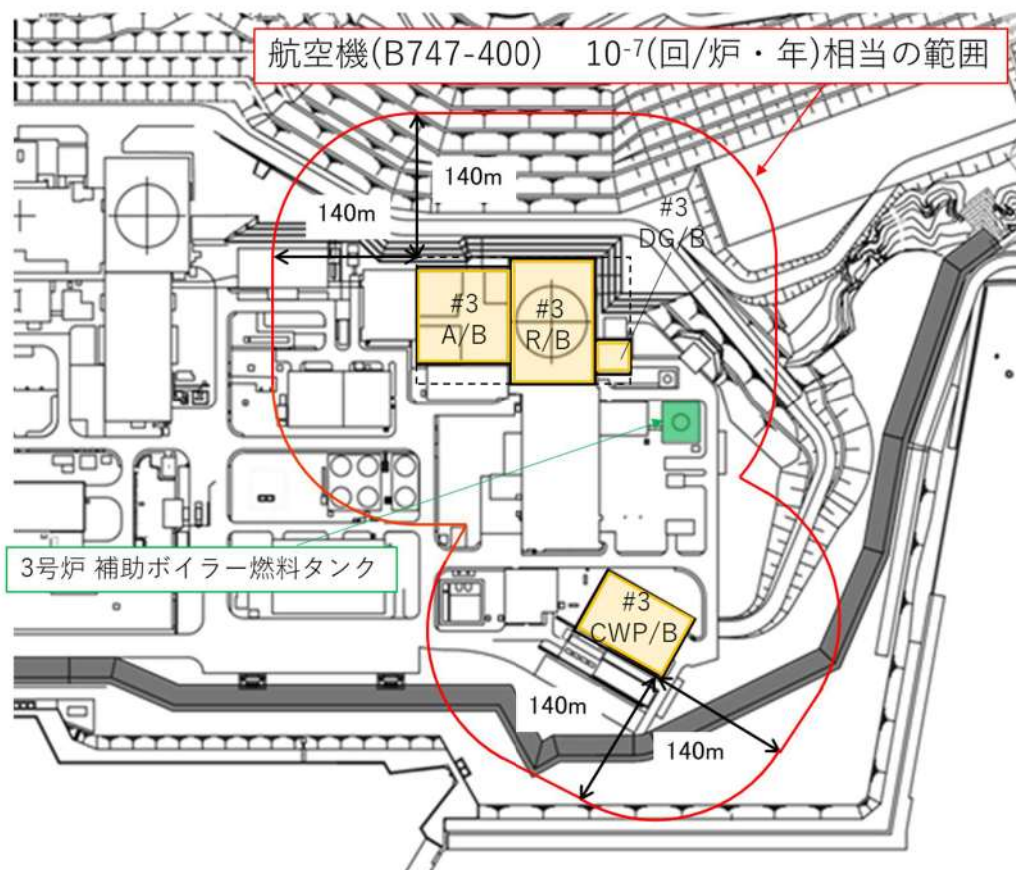
(13) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳

a. 重畳する危険物タンクの選定

航空機墜落による火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物タンクを検討する。航空機墜落確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる航空機墜落位置とその周辺の危険物施設の位置を第7-10図に示す。

発電用原子炉施設周辺には多量の油を保有する3号炉補助ボイラー燃料タンクがあることから、航空機墜落による火災との重畳火災を考慮する危険物タンクは、保有量の大きい3号炉補助ボイラー燃料タンクとする。

なお、対象航空機は熱影響の大きいB747-400とし、航空機墜落位置は航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう墜落確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年]となる位置とする。



第7-10図 航空機墜落位置と危険物貯蔵施設の位置

b. 評価に必要なデータ

第7-21表 重量評価に必要なデータ

項目	3号炉補助ボイラー燃料タンク	大型民間航空機(B747-400)
燃料の種類	重油	Jet A-1
燃料量[m <sup>3</sup> ]	410	216.84
輻射発散度[W/m <sup>2</sup> ]	23,000	50,000
燃焼速度[m/s]	$3.50 \times 10^{-5}$	$4.64 \times 10^{-5}$
燃焼面積[m <sup>2</sup> ]	482.79	700
燃焼半径[m]	12.40	14.93
燃焼継続時間[s]	24,264	6,660

次の式から形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right\}$$

$$m = \frac{H}{R} \cong 3, \quad n = \frac{L}{R}, \quad A = (1+n)^2 + m^2, \quad B = (1-n)^2 + m^2$$

H: 火炎長[m], R: 燃焼半径[m], L: 離隔距離[m]

火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E = R_f \times \Phi$$

E：輻射強度[W/m<sup>2</sup>]，R<sub>f</sub>：輻射発散度[W/m<sup>2</sup>]，Φ：形態係数

第7-22表 形態係数の算出結果

火災源	評価対象施設	離隔距離[m]	形態係数	輻射強度[W/m <sup>2</sup> ]
3号炉補助ボイラー 燃料タンク	原子炉建屋	57	0.081	1,863
	原子炉補助建屋	112	※1	※1
	ディーゼル 発電機建屋	43	0.13	2,990
	循環水ポンプ建屋	100	0.030	690
	排気筒	57	0.081	1,863
	原子炉補機冷却 海水ポンプ	100	0.030	690
B747-400	全対象	140	0.023	1,150

※1：原子炉建屋と同一の構造であり、離隔距離が長いことから、原子炉建屋の結果に包絡される

#### c. 重畳における火災発生タイミング

ここで重畳を考慮した場合、航空機墜落による火災と同時に3号炉補助ボイラー燃料タンクが延焼する場合は輻射強度が大きくなり、航空機が墜落後時間において3号炉補助ボイラー燃料タンクが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから、それらを以下のケースごとに、評価を実施し、火災が同時に発生する場合が最大温度となることを確認した（第7-23表）。

ケース1：火災が同時に発生する場合

ケース2：航空機の燃料が半分となった時点で3号炉補助ボイラー燃料タンク火災が発生

ケース3：航空機の燃焼終了直後に3号炉補助ボイラー燃料タンク火災が発生

第7-23表 重畳を考慮した場合のコンクリート温度及び経過時間

項目	ケース1	ケース2	ケース3
輻射強度（最大）[W/m <sup>2</sup> ]	3,013	3,013	1,863
燃焼継続時間[h]	6.74	7.67	8.60
表面温度[°C]	約171	約170	約170

#### d. 評価結果

重畳評価で想定される輻射強度及び燃焼継続時間を用いて、以下の式から評価温度を算出した。ただし、原子炉建屋及び原子炉補助建屋外壁は厚さ60mmのPC板（プレキャスト・

コンクリート板)を外壁コンクリート打設時の型枠及び外装材としており、建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。また、ディーゼル発電機建屋は防護措置として外壁に断熱材及び天井スラブにコンクリート板を設置した状態で評価する。

- ・建屋（原子炉建屋，原子炉補助建屋，循環水ポンプ建屋及びディーゼル発電機建屋天井スラブ）に係る評価式

$$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right)$$

T：建屋温度[°C]，x：コンクリート深さ[m]，t：時間[s]

λ：コンクリート熱伝導率 (1.74[W/m・K])

C<sub>p</sub>：コンクリート比熱 (963[J/kg・K])，ρ：コンクリート密度 (2,400[kg/m<sup>3</sup>])

- ・ディーゼル発電機建屋（障壁（断熱材））に係る評価式

$$q_0 - (q_{0r} + q_{0c}) = q_1 = q_{2r} + q_{2c} = q_3 = q_4$$

$$q_{0r} = \sigma \varepsilon_0 F_0 (T_0^4 - T_a^4), \quad q_{0c} = h_0 (T_0 - T_a)$$

$$q_1 = -\lambda_1 \frac{T_1 - T_0}{d_1}$$

$$q_{2r} = \sigma \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} (T_1^4 - T_2^4), \quad q_{2c} = \frac{h_1}{2} (T_1 - T_2)$$

$$q_3 = -\lambda_3 \frac{T_3 - T_2}{d_3}$$

$$q_{4c} = h_3 (T_3 - T_a)$$

σ：ステファンボルツマン定数[W/m<sup>2</sup>・K<sup>4</sup>]，ε<sub>0</sub>：障壁表面の輻射率[-]

F<sub>0</sub>：障壁表面からの輻射放熱の形態係数[-]，T<sub>a</sub>：雰囲気温度[°C]

h<sub>0</sub>：障壁表面の対流熱伝達率[W/m<sup>2</sup>・K]，λ<sub>1</sub>：障壁の熱伝導率[W/m・K]

d<sub>1</sub>：障壁の厚み[mm]，ε<sub>1</sub>：障壁裏面の輻射率[-]，ε<sub>2</sub>：コンクリート表面の輻射率[-]

h<sub>1</sub>：障壁裏面の対流熱伝達率[W/m<sup>2</sup>・K]，λ<sub>3</sub>：コンクリートの熱伝導率[W/m・K]

d<sub>3</sub>：障壁の厚み[mm]，h<sub>3</sub>：コンクリート裏面の熱伝達率[W/m<sup>2</sup>・K]

- ・排気筒に係る評価式

$$T_s = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$$

T<sub>0</sub>：初期温度 [°C]，T<sub>s</sub>：表面温度 [°C]，E：輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]

ε：吸収率 [-]，h：熱伝達率 [W/m<sup>2</sup>・K]

- 原子炉補機冷却海水ポンプに係る評価式

$$T_R^{n+1} = T_R^n + \frac{(Q_{in} + q_F^n \times A_F) - (T_R^n - T_{in}) \times G_{air}^n \times C_{pin}}{W_R^n \times C_{PR}} \times \Delta t$$

$T_{in}$  : 外気温[°C],  $T_R$  : 建屋内気温[°C],  $Q_{in}$  : 建屋内のポンプモータの放熱量[W]

$q_F$  : 外部火災からの輻射熱受熱熱流束[W/m<sup>2</sup>],  $A_F$  : 輻射受熱面積[m<sup>2</sup>]

$G_{air}$  : 換気風量[kg/s],  $W_R$  : 建屋内空気重量[kg],  $C_{pin}$  : 空気比熱[J/kg・K],

$C_{PR}$  : 建屋内空気比熱[J/kg・K],  $\Delta t$  : 時間刻み[s]

この結果, 第 7-24 表に示すとおり, どのケースにおいても許容温度を下回ることを確認した。

第 7-24 表 重畳評価結果

火災源	評価対象施設	評価温度[°C]	許容温度[°C]
B747-400 及び 3号炉補助ボイラー 燃料タンク	原子炉建屋	約 171	<200
	原子炉補助建屋	※ 1	<200
	ディーゼル 発電機建屋	約 167	<200
	循環水ポンプ建屋	約 135	<200
	排気筒	約 139	<325
	原子炉補機冷却 海水ポンプ	約 68	<80

※1 : 原子炉建屋と同一の構造であり, 離隔距離が長いことから, 原子炉建屋の結果に包絡される

#### (14) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から, 航空機墜落による火災が発生した場合を想定したとしても, 外壁面の温度, 評価対象施設の温度が許容限界温度を超えないことから, 発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。

## 火災影響評価における対象航空機

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準（内規）では、第1表に示すとおり計器飛行方式及び有視界飛行方式の民間航空機、自衛隊機及び在日米軍機について対象航空機の分類がなされている。

火災影響評価では、色別で示す4つのグループに分けて評価を実施している。

第1表 評価対象航空機の取扱と種類

		民間航空機		自衛隊機、在日米軍機
		計器飛行方式	有視界飛行方式	
固定翼 (ジェット旅客機等)	大型機	定期便：評価対象 (例) 大型旅客機 (B747、 B777 等)	定期便：該当なし	評価対象  自衛隊機 (F-4EJ 改、 F-15 等) 在日米軍機 (F-16、 F/A-18 等)
		不定期便：評価対象外 (注1)	不定期便：評価対象 (例) 海上保安庁のパトロール 機 (ビーチクラフト 90 型等) 民間の社有機 (三菱式 MU-300 型等) 等	
	小型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象
		不定期便：評価対象(注5)	不定期便：評価対象 (例) 本土-離島間コミュータ (DHC-6、BN-2 等) 軽飛行機 (セスナ 172 等)	自衛隊機 (T-1 等)
回転翼 (ヘリコプター)	大型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象
		不定期便：評価対象(注3)	不定期便：評価対象 (例) 資材輸送 (ヘリコプター 214B、 AS332 等) 等	自衛隊機 (MH-53 等) 在日米軍機 (CH-53 等)
	小型機	定期便：評価対象外(注2)	定期便：評価対象外(注2)	評価対象
		不定期便：評価対象(注5)	不定期便：評価対象 (例) 離島間コミュータ (SA365 等) 資材輸送、緊急医療、報 道用等 (アエロスハブ シアトル AS350、川崎 BK117)	自衛隊機 (OH-6 等) 在日米軍機 (UH-1 等)

(注1) 計器飛行方式で飛行する大型固定翼機の不定期便は、定期便と比べて運航回数が極めて少ないことから、評価対象外とする。

(注2) 小型固定翼機及び回転翼機の定期便については、定期航空運送事業者の登録機数の割合から、運航頻度が大型機の定期便の数%であると判断できることから評価対象外とする。

(注3) 小型固定翼機及び回転翼機では、リクエストベースで計器飛行方式による飛行が可能となっているが、原則としては、有視界飛行方式による飛行形態を取っていることから、本基準では、全て有視界飛行方式として評価することとする。

出典：実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について(内規)

- 計器飛行方式民間航空機 ■ 有視界飛行方式民間航空機 (大型機)  
■ 有視界飛行方式民間航空機 (小型機) ■ 自衛隊機又は米軍機

計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における  
航空機墜落確率の評価について

計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における航空機墜落確率の評価の必要性について検討した。

泊発電所付近に位置する札幌空港及び新千歳空港と発電所との距離は、札幌空港及び新千歳空港における最大離着陸距離よりも大きいことから、当該飛行場での離着陸時における航空機墜落確率の評価は不要であることを確認した。

発電所名称	空港名	発電所との距離※1	最大離着陸距離※2	判定
泊発電所	札幌空港	約 70km	約 27km (14.4nm)	対象外
	新千歳空港	約 100km	約 33km (17.6nm)	対象外

※1：発電所と空港の緯度，経度より計測した。

※2：航空路誌(AIP)を参照した。



札幌空港の最大離着陸地点までの距離  
 (札幌空港～泊発電所の距離：約 70km)

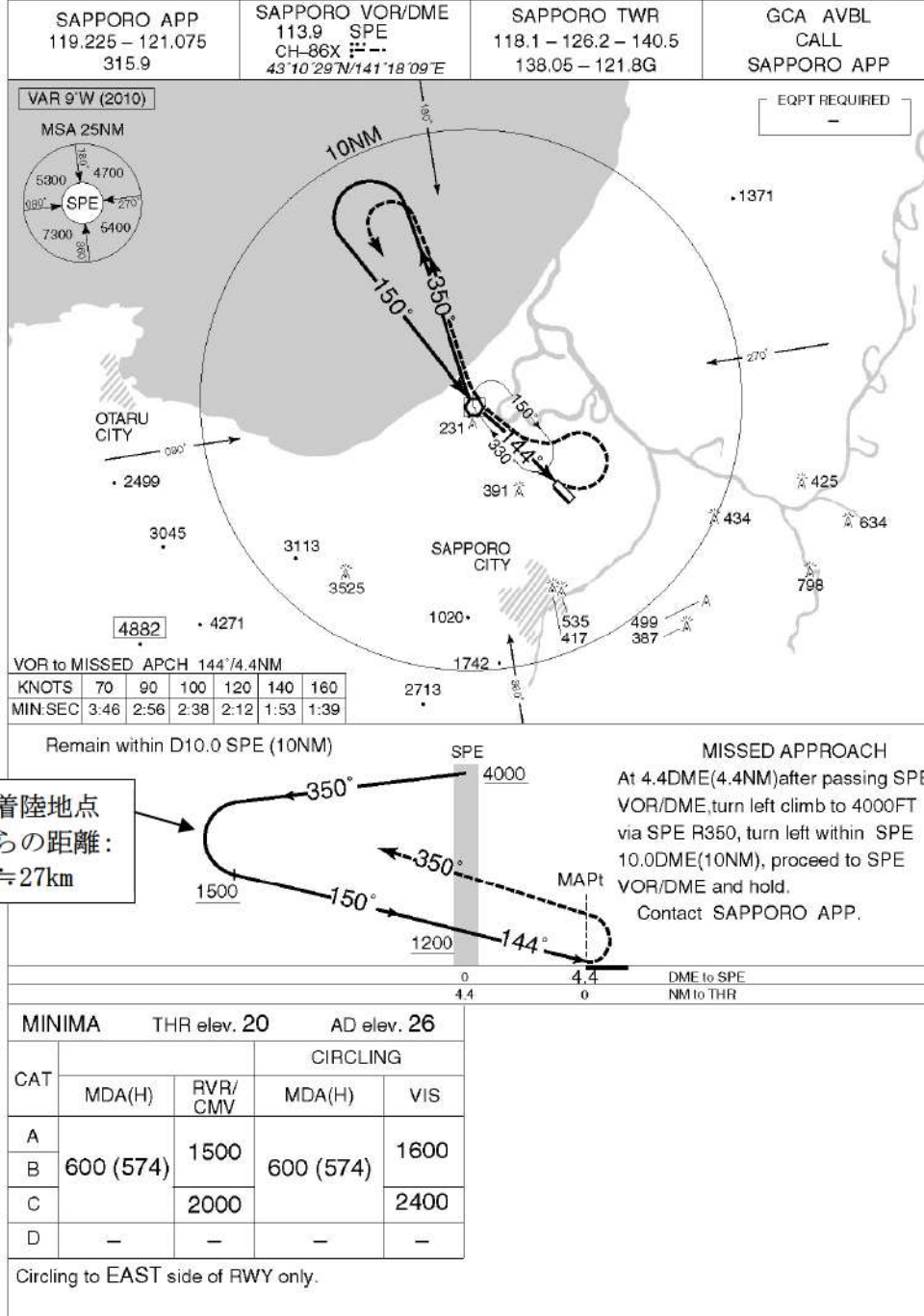
AIP Japan  
 SAPPORO

→ RJCO AD2.24-IAC-1

INSTRUMENT APPROACH CHART

RJCO / SAPPORO

VOR RWY14



最大離着陸地点  
 空港からの距離：  
 14.4nm ≒ 27km

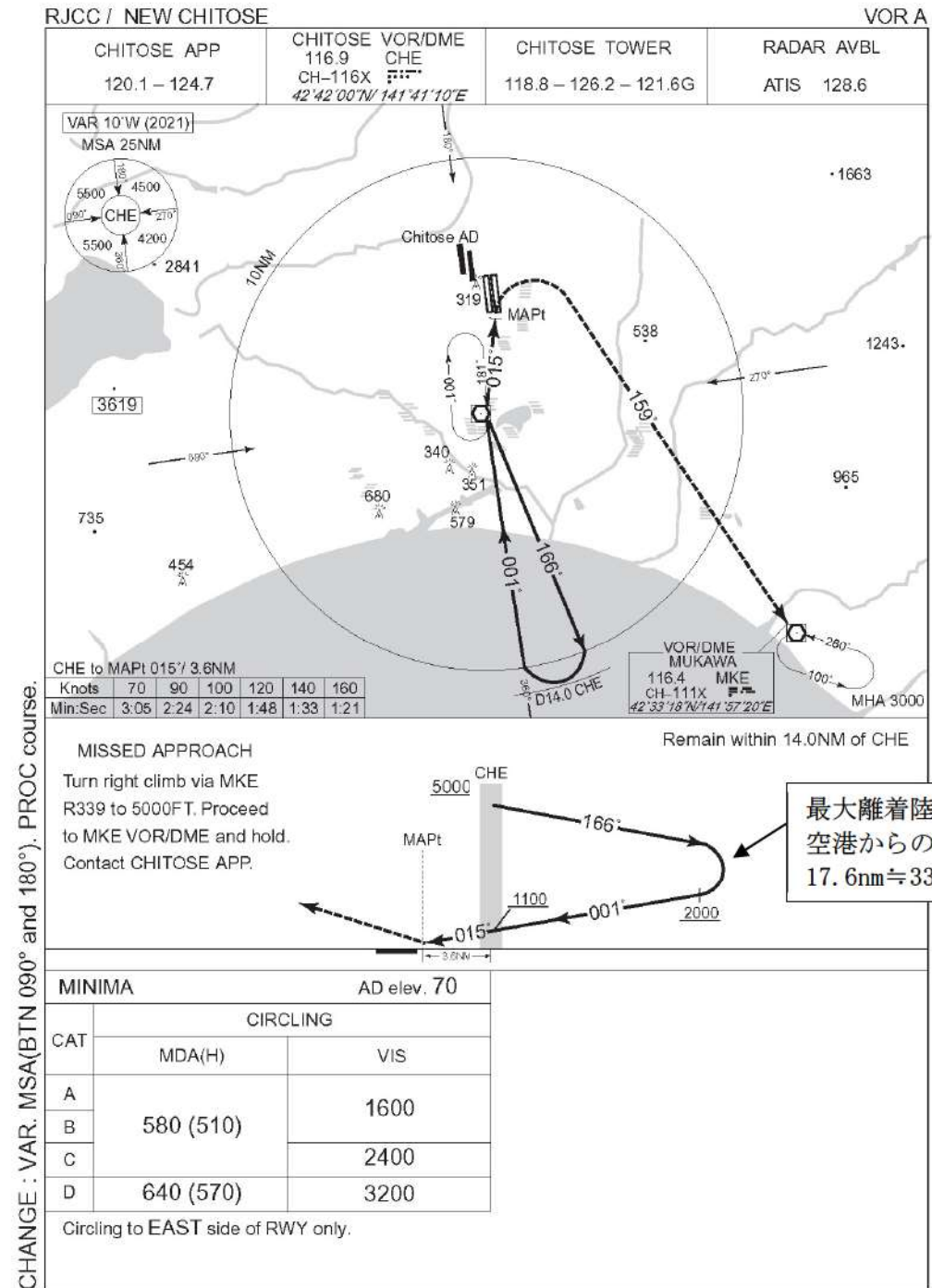
第1図 札幌空港の最大離着陸地点  
 (出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局)

新千歳空港の最大離着陸地点までの距離  
(新千歳空港～泊発電所の距離：約 100km)

AIP Japan  
NEW CHITOSE

RJCC AD2.24-IAC-15

INSTRUMENT APPROACH CHART



Civil Aviation Bureau, Japan (EFF: 7 OCT 2021)

9/9/21

第2図 新千歳空港の最大離着陸地点  
(出典：AIP-JAPAN, 国土交通省航空局)



「有視界方式民間航空機（小型機）」の落下事故で考慮している航空機の燃料積載量

第1表 有視界方式民間航空機（小型機）の固定翼機の燃料積載量\*

	機種	燃料積載量[m <sup>3</sup> ]
固定翼機	ドルニエ Do228-200	約 2.4
	パイパー PA-42-1000	約 2.2
	セスナ 501	約 2.2
	ビーチ B200	約 2.1
	ガルフストリーム・コマンド 695	約 1.8
	セスナ 525/525A サイテーションジェット	約 1.8
	ビーチ C90A	約 1.5
	セスナ 510	約 1.5
	セスナ 425	約 1.4
	セスナ 404	約 1.3
	セスナ 208	約 1.3
	セスナ 208B	約 1.3
	ソカタ TBM700	約 1.1

※日本航空機全集より作成

第2表 有視界方式民間航空機（小型機）の回転翼機の燃料積載量\*

	機種	燃料積載量[m <sup>3</sup> ]
回転翼機	ユーロコプター（アエロスパシアル）AS365N3	約 1.6
	ベル 412	約 1.5
	シコルスキ S-76A	約 1.5
	ユーロコプター EC155B/B1	約 1.4
	ベル 412EP	約 1.2
	ユーロコプター（アエロスパシアル）AS365N1	約 1.2
	ユーロコプター（アエロスパシアル）AS365N2	約 1.2
	三菱 MH2000A	約 1.1
	ベル 430	約 1.1
	シコルスキ S-76B	約 1.1
	シコルスキ S-76A+/S-76C/S-76C+/S-76C++	約 1.1

※日本航空機全集より作成

## 航空機墜落による火災の評価対象航空機（自衛隊機又は米軍機）について

自衛隊機又は米軍機を用途等により分類し、航空機墜落による火災の評価対象航空機を選定した。

以下に、自衛隊機又は米軍機の落下事故による火災影響を評価する機種を選定した結果を示す。

火災影響を評価する機種を選定する落下事故のカテゴリは、泊発電所の上空は自衛隊機の訓練空域であること、及び米軍機の基地—訓練空域間の往復の想定内でないことを踏まえ、「訓練空域内で訓練中の落下事故」及び「訓練空域外を飛行中の落下事故」としている。

また、選定に当たっては、自衛隊が保有する主要な機種を代表とし、用途による飛行形態及び燃料積載量を考慮している。

燃料積載量については、航空機墜落による火災の燃焼継続時間の算出に必要であり、燃料積載量が多い方が火災影響評価は保守的な評価となる。

## 1. 訓練空域内で訓練中の落下事故

発電所周辺上空には自衛隊の訓練空域があるため、訓練中の自衛隊機による事故が評価対象となる。

以上を踏まえ、訓練空域内で訓練中の落下事故で考慮する機種を航空自衛隊千歳基地に配備された機種から選定する。選定結果を第1表に示す。

第1表 訓練空域内で訓練中の落下事故で想定する機種の選定結果

カテゴリ	機種	寸法		燃料積載量 [m <sup>3</sup> ]	選定結果
		全長	全幅		
訓練空域内で訓練中の落下事故	F-15J/DJ	19	13	約 15	○
	T-4	13	10	約 3	×
	U-125A	16	16	約 6	×
	UH-60J	16	5	約 3	×

○：評価対象 ×：評価対象外

## 2. 訓練空域外を飛行中の落下事故

米軍機の訓練空域は全国に一部存在するが、泊発電所は訓練空域とはなっていないため、航空機墜落評価として、米軍機は訓練空域外を飛行中の落下事故として評価する。

米軍機の機種の分類としては、機密な部分が多いため、自衛隊機の代表的なデータを用いることとした。

自衛隊機の用途としては、「連絡偵察」、「哨戒」、「戦闘」、「偵察」、「輸送」、「空中給油」、「早期警戒」等がある。代表的な自衛隊機の用途等を第2表に示す。

用途を飛行形態で整理すると、「空中給油」及び「早期警戒」については、高高度での巡航を行うものと考えられる。また、「哨戒」及び「輸送」については、目的地付近では低高度での飛行となるものの、目的地までの移動は高高度での巡航を行うものと考えられる。

このことを考慮し、「空中給油」、「早期警戒」、「哨戒」及び「輸送」を用途とする機種を「空中給油機等、高高度での巡航が想定される大型固定翼機」として整理し、その他の用途の機種を「その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機」として整理する。

以上を踏まえ、火災影響評価の保守性の観点から、燃料積載量に着目し、代表的な自衛隊機のうち大型機について上記のカテゴリで整理し、訓練空域外を飛行中の落下事故で想定する機種を第3表に示すとおり選定した。

第2表 自衛隊機（大型固定翼機等）の用途等

所属	機種	型式	用途	寸法		燃料積載量 [m <sup>3</sup> ]
				全長	全幅	
陸上自衛隊	LR-1	小型固定翼機	連絡偵察	10	12	約 0.9
	LR-2	大型固定翼機	連絡偵察	14	18	約 2
	AH-1S	小型回転翼機	対戦車	14	3	約 1
	OH-6D	小型回転翼機	観測	7	2	約 0.2
	OH-1	小型回転翼機	観測	12	3	約 1
	OH-1H/J	小型回転翼機	多用途	12/13	3	約 0.8
	CH-47J/JA	大型回転翼機	輸送	16	4/5	約 4
	UH-60JA	大型回転翼機	多用途	16	3	約 3
	AH-64D	大型回転翼機	戦闘	18	6	約 1
海上自衛隊	P-3C	大型固定翼機	哨戒	36	30	約 35
	P-1	大型固定翼機	哨戒	38	35	KC-767 以下
	SH-60J	大型回転翼機	哨戒	15	3	約 1
	SH-60K	大型回転翼機	哨戒	16	3	約 1
	MH-53E	大型回転翼機	掃海・輸送	22	6	約 12
	MCH-101	大型回転翼機	掃海・輸送	23	19	約 5
航空自衛隊	F-15J/DJ	大型固定翼機	戦闘	19	13	約 15
	F-4EJ	大型固定翼機	戦闘	19	12	約 12
	F-2A/B	大型固定翼機	戦闘	16	11	約 11
	RF-4E/EJ	大型固定翼機	偵察	19	12	約 12
	C-1	大型固定翼機	輸送	29	31	約 11
	C-130H	大型固定翼機	輸送	30	40	約 37
	KC-767	大型固定翼機	空中給油・輸送	49	48	約 145
	KC-130H	大型固定翼機	空中給油機能付加	30	40	約 37
	E-2C	大型固定翼機	早期警戒	18	25	約 6
	E-767	大型固定翼機	早期警戒管制	49	48	KC-767 以下
	CH-47J	大型回転翼機	輸送	16	4	約 4

第3表 訓練空域外を飛行中の落下事故で想定する機種を選定結果

カテゴリ	用途	機種	寸法		燃料積載量 [m <sup>3</sup> ]	選定結果
			全長	全幅		
空中給油機等、 高高度での巡航 が想定される大 型固定翼機	「空中給油」 「早期警戒」 「哨戒」 「輸送」	P-3C	36	30	約 35	×
		P-1	38	35	KC-767 以下	×
		C-1	29	31	約 11	×
		C-130H	30	40	約 37	×
		KC-767	49	48	約 145	○
		KC-130H	30	40	約 37	×
		E-2C	18	25	約 6	×
		E-767	49	48	KC-767 以下	×
その他の大型固 定翼機、小型固 定翼機及び回転 翼機	上記以外	LR-2	14	18	約 2	×
		CH-47J/JA	16	4/5	約 4	×
		UH-60JA	16	3	約 3	×
		AH-64D	18	6	約 1	×
		SH-60J	15	3	約 1	×
		SH-60K	16	3	約 1	×
		MH-53E	22	6	約 12	×
		MCH-101	23	19	約 5	×
		F-15J/DJ	19	13	約 15	○
		F-4EJ	19	12	約 12	×
		F-2A/B	16	11	約 11	×
		RF-4E/EJ	19	12	約 12	×

○：評価対象 ×：評価対象外

### 3. 想定する航空機について

第1表及び第3表にて選定したとおり、訓練空域内で訓練中の落下事故についてはF-15を、訓練空域外を飛行中の落下事故については、空中給油機等の大型航空機としてKC-767を、その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機としてF-15を想定する。

## 航空機落下確率評価に係わる標的面積

単位：km<sup>2</sup>

発電所	号炉	原子炉建屋 <sup>※1</sup>	原子炉補助 建屋 <sup>※2</sup>	燃料取替用水 タンク建屋	ディーゼル 発電機	中央制御室	循環水ポンプ 建屋 <sup>※5</sup>	合計	標的面積 <sup>※6</sup>
泊発電所	3号炉	0.004582	0.003720	— <sup>※3</sup>	0.000420	— <sup>※4</sup>	0.002795	0.011517	0.0116

※1：炉心、安全系の機器及び使用済燃料ピットを含む

※2：安全系の機器を含む

※3：燃料取替用水ピットは原子炉建屋内に設置

※4：中央制御室は原子炉補助建屋内に設置

※5：原子炉補助機冷却海水ポンプを含む

※6：落下確率の算定にあたっては、合計を切り上げて0.0116[km<sup>2</sup>]を使用する



## 離隔距離の算出の考え方

## 1. 考え方

対象となる発電用原子炉施設の投影面積の周辺に  $L$ [m] の離隔距離をとった場合の航空機墜落確率  $10^{-7}$ [回/炉・年] に相当する面積の合計値が、落下事故のカテゴリごとに求めた航空機墜落確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年] に相当する面積(標的面積  $A'$ ) と等しくなる距離を離隔距離としている。

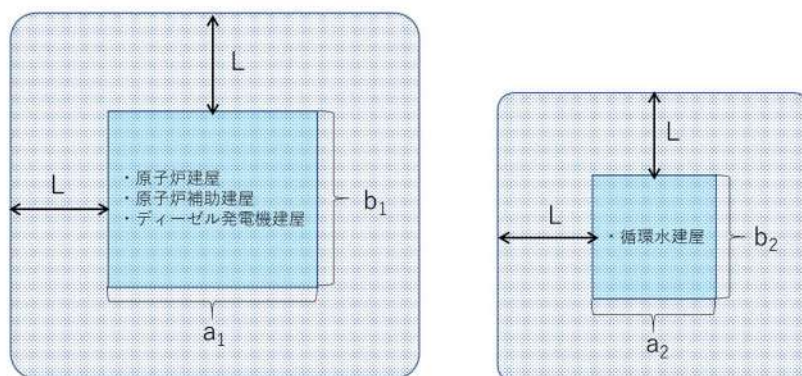
## 2. 離隔距離算出方法

評価対象施設が矩形の場合、各評価対象施設の各辺の長さを  $(a_i, b_i)$ 、離隔距離を  $L$  とすると、当該評価対象施設近辺の航空機が墜落しない範囲(面積:  $S_i$ ) は(1)式で表される。

すべての評価対象施設に対して求めた  $S_i$  の合計値が標的面積  $A'$  となる  $L$  について解くことで離隔距離が得られる。(2)式

$$S_i = 4L^2 + 2L(a_i + b_i) + a_i b_i \cdots (1)$$

$$A' = \sum S_i \\ = \{4L^2 + 2L(a_1 + b_1) + a_1 b_1\} + \{4L^2 + 2L(a_2 + b_2) + a_2 b_2\} \cdots (2)$$



第1図 離隔距離の概念図

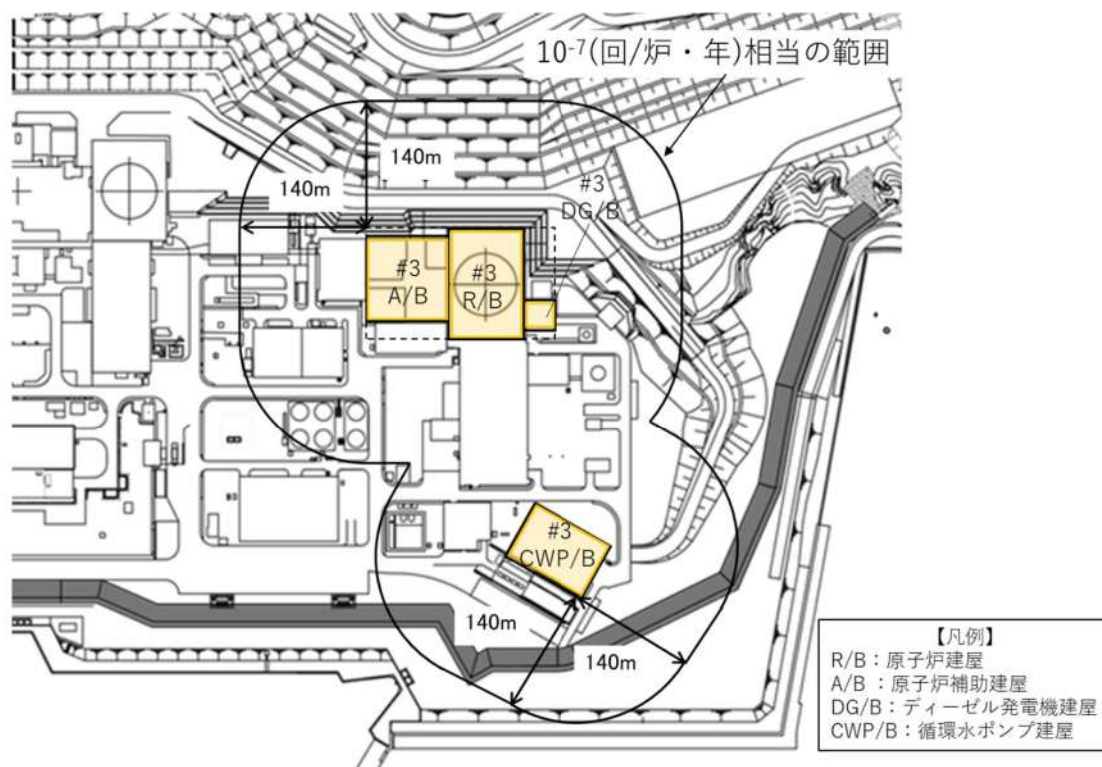
以下に、離隔距離の算出の例として、大型民間航空機の離隔距離の評価結果を示す。

大型民間航空機については、航空機墜落確率が  $10^{-7}$ [回/炉・年] に相当する標的面積  $A' = 0.29$ [km<sup>2</sup>] 及び評価対象施設の寸法より  $L = 149.6$ [m] と求められ、火災影響評価で用いる離隔距離  $L$  は安全側の値として  $L = 140$ [m] と設定する。(第1表, 第2図)

なお、熱影響評価に当たっては、評価の保守性の観点から、評価対象施設に対する離隔距離が(2)式より求めた評価対象施設に対する離隔距離より大きくなる位置であっても、(2)式より求めた評価対象施設に対する離隔距離を用いている。

第1表 評価対象施設の寸法

評価対象施設	寸法[m]			
	横方向	$a_i$	縦方向	$b_i$
原子炉建屋	58	138	79	79
原子炉補助建屋	60		62	
ディーゼル発電機建屋	20		21	
循環水ポンプ建屋	43	43	65	65



第2図 評価対象施設の離隔距離（民間大型航空機）

## 航空機落下事故に関するデータの最新データについて

## 1. はじめに

発電所敷地内への航空機墜落による火災影響については、設置許可申請当時（平成 25 年 9 月）の最新データとして、「平成 23 年度航空機落下事故に関するデータの整備（平成 24 年 9 月独立行政法人原子力安全基盤機構）」に基づく航空機の墜落確率より、発電用原子炉施設からの離隔距離を算出し、熱影響評価を行っている。

しかしながら、安全審査が長期化し、その間に、「航空機落下事故に関するデータ（令和 4 年 3 月 NRA 技術報告）」がとりまとめられたことを受け、その影響について確認することとする。

## 2. 航空機事故等のデータ更新による影響

「航空機落下事故に関するデータ（令和 4 年 3 月 NRA 技術報告）」では、平成 12 年 1 月～令和元年 12 月までの航空機事故データ、運航実績データ及び訓練空域面積データとして更新されているが、各航空機の落下事故率は、同等若しくは低下している。このため、航空機の墜落位置から発電用原子炉施設までの離隔距離は同等若しくは長くなり、火災による影響も軽減される傾向となっている。

なお、泊発電所上空に航空路は存在しないため、運航実績データの更新に伴う影響は無い。

第 1 表 航空機事故のデータ（平成 24 年版，令和 4 年版）

分類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機		
	大型民間航空機	小型民間航空機	訓練空域内	訓練空域外	
			その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	空中給油機等，高高度での巡行が想定される大型固定翼機	その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機
H24 年版	2	65	3	1	4
R4 年版	2	39	1	1	2

以上より、令和 4 年 3 月版は平成 24 年 9 月版よりも離隔距離が長くなるか同一であるため、平成 24 年 9 月版の熱影響評価に包絡される。

## 航空機墜落による火災の影響評価に用いたデータについて

## 1. 航空機の仕様について

第1表 航空機の仕様

項目	民間航空機	自衛隊機	米軍機 (参考)
想定した機種	B747-400	F-15	KC-767
燃料の種類	Jet A-1	JP-4	JP-4
燃料の最大積載量[m <sup>3</sup> ]	216.84 ※1	14.87 ※3	145.03 ※5
燃料タンクの投影面積[m <sup>2</sup> ]	700 ※2	44.6 ※4	405.2 ※6

※1：ボーイング社ホームページ“Technical Characteristics Boeing 747-400”に記載の値

※2：ボーイング社ホームページ資料「747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より、主翼、主翼と交差する胴体部及び尾翼面積が燃料タンク面積と同等と想定し、これらの面積を算出した値

※3：航空ジャーナル2月号増刊 F-15 イーグル（航空ジャーナル社 昭和55年2月5日発行）

※4：航空ジャーナル1978別冊F-15 イーグル（昭和53年3月5日発行）及び文献6）に記載の機体図面より、燃料タンクの配置及び大きさを想定し、これらの面積を算出した値。

※5：世界の航空機年鑑2012-2013に記載の値及び燃料密度から算出した値。

※6：航空ジャーナル世界の軍用機1986に記載の機体図面より、燃料タンクの配置及び大きさを想定し、これらの面積を算出した値

## 2. 燃料の物性値について

ジェット燃料は、JIS規格では1号の灯油型（低析出点）、2号灯油型及び3号広範囲沸点型（ガソリン型）の3種類があり、ASTM規格のJetA-1、JetA及びJetBに相当する。また、MIL規格では、JP-4（ガソリン型）、JP-5（灯油型）やJP-8（灯油型）があり、日本の民間航空機では安全性の高い1号（灯油型）が使用されており※1、自衛隊機又は米軍機ではJP-4が使われている※2。よって、民間航空機の燃料の種類はJetA-1（灯油型）、自衛隊機又は米軍機はJP-4とする。

火災影響評価において使用する燃料物性値のうち、放射発散度及び質量低下速度について、JetA-1燃料に関する明確な知見がない。このため、JetA-1は灯油型であることから、放射発散度は灯油の値を使用する。

また、Jet A-1の質量低下速度についてはNUREG-1805における灯油の値、密度については、ASTM D1655-12aに15℃の値として775～840 kg/m<sup>3</sup>と記載されているため、燃焼継続時間がより長くなる840 kg/m<sup>3</sup>を採用する。

自衛隊機又は米軍機の燃料（JP-4）は、ガソリン系の燃料であることから、輻射発散度はガソリン・ナフサの値を採用し、質量低下速度、密度は、「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering FOURTH EDITION」のJP-4の値を採用する。

第2表 評価対象航空機の燃料物性値

項目	民間航空機	自衛隊機
燃料の種類	Jet A-1	JP-4
輻射発散度 (Rf)	50,000 [W/m <sup>2</sup> ] <sup>※3</sup>	58,000 [W/m <sup>2</sup> ] <sup>※6</sup>
質量低下速度 (M)	0.039 [kg/m <sup>2</sup> ・s] <sup>※4</sup>	0.051 [kg/m <sup>2</sup> ・s] <sup>※7</sup>
密度 (ρ)	840 [kg/m <sup>3</sup> ] <sup>※5</sup>	760 [kg/m <sup>3</sup> ] <sup>※7</sup>
燃焼速度 (v=M/ρ)	4.64×10 <sup>-5</sup> [m/s]	6.71×10 <sup>-5</sup> [m/s]

※1：公益社団法人 石油学会 HP

※2：石油便覧 JX 日鉱日石エネルギーHP

※3：「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」の附録Bにおける灯油の値

※4：NUREG-1805における灯油の値

※5：ASTM D1655-12aにおけるJet A-1の値

※6：「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」の附録Bにおけるガソリン・ナフサの値

※7：「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering FOURTH EDITION」のJP-4の値

## ばい煙及び有毒ガスの影響評価について

## 1. はじめに

外部火災により発生するばい煙及び有毒ガスについては、火炎による上昇気流により上空に運ばれ、発電所近傍に滞留することはない。そのため、ばい煙及び有毒ガスが、防護対象設備の周辺への滞留及び換気空調系の外気取入口から建屋内に侵入する可能性は低いと考える。万一、高濃度のばい煙及び有毒ガスが建屋内に侵入することを想定し、以下のとおり評価を行った。

## 2. 評価対象

ばい煙等の影響が想定される施設として、設備内にばい煙を含んだ外気を取り込む可能性のある機器、煙や埃に対して脆弱な設備及び建屋外部に開口部を有する設備について影響評価を実施する。また、建屋内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。評価対象は以下のとおり。

第8-1表 評価対象

分類	影響評価設備
外気を取り込む設備	原子炉補機冷却海水ポンプ
換気空調設備で給気されるエリアの設置機器	ディーゼル発電機
	安全保護系
	制御用空気圧縮機
建屋外部に開口部を有する設備	主蒸気逃し弁、主蒸気安全弁、排気筒 及びタービン動補助給水ポンプ排気管
居住性への影響	中央制御室
	緊急時対策所

## 3. 評価結果

### 3.1 外気を取り込む設備

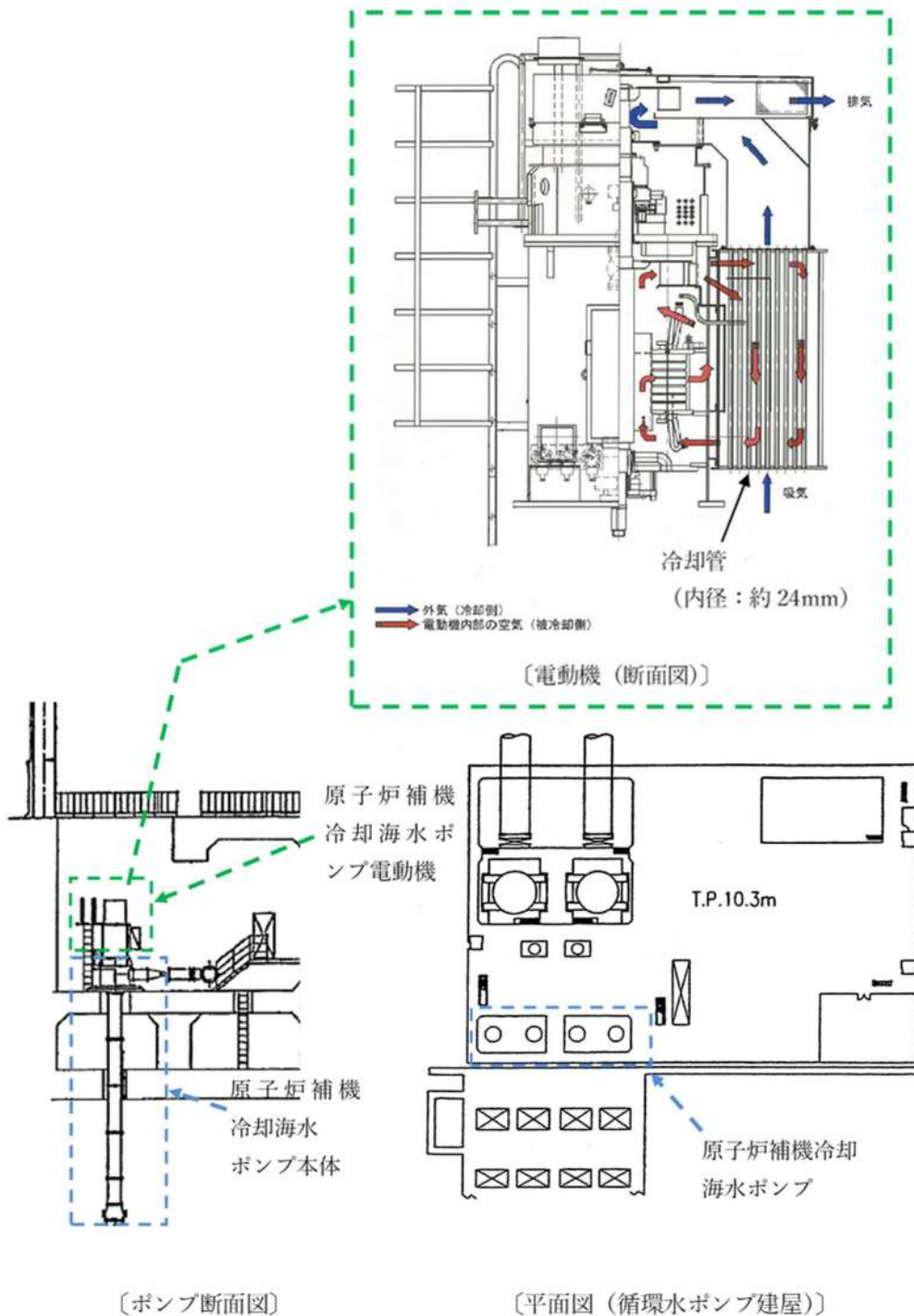
#### (1) 原子炉補機冷却海水ポンプ

原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機は、空気冷却器を電動機側面に設置して内部通風の熱交換により冷却する構造であり、外気を直接電動機の内部に取り込まない全閉構造であることから、ばい煙粒子が電動機内部に侵入することはない。また、空気冷却器冷却管の内径は約24mmであり、ばい煙粒子の粒径はこれに比べて十分に小さいことから、閉塞することはない。

また、軸貫通部の上部は、端カバーラビリンスでシール構造となっており、下部は軸受内圧が大気圧よりも高いため、ばい煙粒子が軸受内部に侵入しないと考えられる。

電動機端子箱は、電動機本体への取り付け部及び端子箱蓋に浸水防止のパッキンを使用しており、ばい煙が侵入しない構造としている。

以上のことから、ばい煙が当該電動機の機能に影響を及ぼすことはない。



第 8-1 図 原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機の冷却方式

### 3. 2 換気空調設備で給気されるエリアの設置機器

外気を取り入れている空調設備として、安全補機開閉器室、中央制御室、原子炉補助建屋、格納容器、試料採取室、制御用空気圧縮機室、ディーゼル発電機室、電動補助給水ポンプ室、タービン動補助給水ポンプ室及び主蒸気配管室の換気空調装置がある(第 8-2(a) (b) (c) 図)。



これらの換気空調装置の外気取入口には、平型フィルタ（主として粒径が $5\mu\text{m}$ より大きい粒子を除去）を設置しているため、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙は平型フィルタにより侵入を阻止できる。

上記装置のうち、外気取入ダンパを設置し閉回路循環運転への切替えが可能である中央制御室換気空調装置については、ばい煙の侵入が想定される場合には、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転への切替えを行うことにより、ばい煙の侵入を阻止できる（第8-2(d)図）。

それ以外の換気空調装置については、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。

#### (1) ディーゼル発電機

ディーゼル発電機は、換気空調装置で給気されるエリアに設置していることから、空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。

吸気消音器フィルタ（粒径 $120\mu\text{m}$ 以上において約90%を捕獲する性能）の入口と出口間の差圧を検知できる差圧計を監視し、差圧が上昇し吸気消音器フィルタが目詰まりした場合は吸気消音器フィルタの交換が可能である。

なお、ディーゼル機関は吸気系統から外気を取り入れているため、機関内にばい煙が流入し、機関燃焼を阻止することが考えられるが、ディーゼル機関への外気取入口には吸気消音器フィルタを設置していることから、一定以上の粒径のばい煙粒子が捕獲され、吸気消音器フィルタにより捕集されなかったばい煙粒子が機関内に送気される。

吸気消音器フィルタでは粒径が一定以上の粒子が捕集され、それ以下（数 $\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ ）のばい煙が機関内に送気されるが、シリンダまでの通気流路（過給機、空気冷却器等）の隙間より小さいことから閉塞に至ることはない（第8-3図）。

送気されたばい煙は粒径が小さく（数 $\mu\text{m}$ ～ $10\mu\text{m}$ ）、シリンダとピストンとの間隙へ侵入することによる摩擦が懸念されるが、ばい煙粒子は軟らかいと考えられるため、摩擦が発生することはないと考えられる。

また、通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから、機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない。

#### (2) 安全保護系

安全保護系の計装盤が設置されている部屋は、安全補機開閉器室空調装置にて空調管理しており、本空調装置の外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が $5\mu\text{m}$ 以上の大きい粒子を除去）を設置しているが、これに加えて下流にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタ（主として粒径が $2\mu\text{m}$ 以上の大きい粒子を除去）を設置している。このため、他の空調装置に比べてばい煙に対して高い防護性能を有している。また、必要な場合は、空調ファンを停止すること等によりばい煙の侵入を阻止可能である（第8-4図）。

なお、室内に侵入する可能性のあるばい煙の粒径は、おおむね $2\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定されるが、計装盤等において、数 $\mu\text{m}$ 程度の線間距離となるのは、集積回路(IC等)の内部であり、これらの部品はモールド(樹脂)で保護されているため、ばい煙が侵入することはない。

また、端子台等の充電部が露出している箇所については、端子間の距離は数 $\text{mm}$ あることから、ばい煙が付着しても、直ちに短絡等を発生させることはない。

したがって、万が一、細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合においても、ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。

### (3) 制御用空気圧縮機

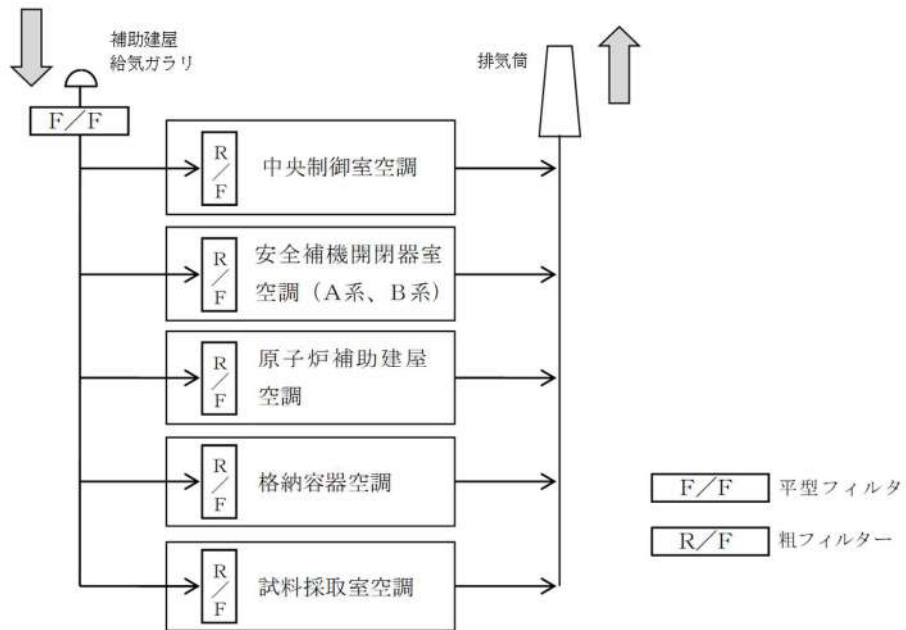
制御用空気圧縮機が設置された部屋は、制御用空気圧縮機室空調装置にて空調管理しており、本空調装置の外気取入口には、平型フィルタ(主として粒径が $5\mu\text{m}$ 以上の大きい粒子を除去)を設置している。また、制御用空気圧縮機室給気ファンの停止により、ばい煙の侵入を阻止可能である。

このため、室内に侵入する可能性のあるばい煙の粒径は、おおむね $5\mu\text{m}$ 以下の細かな粒子であると推定される。

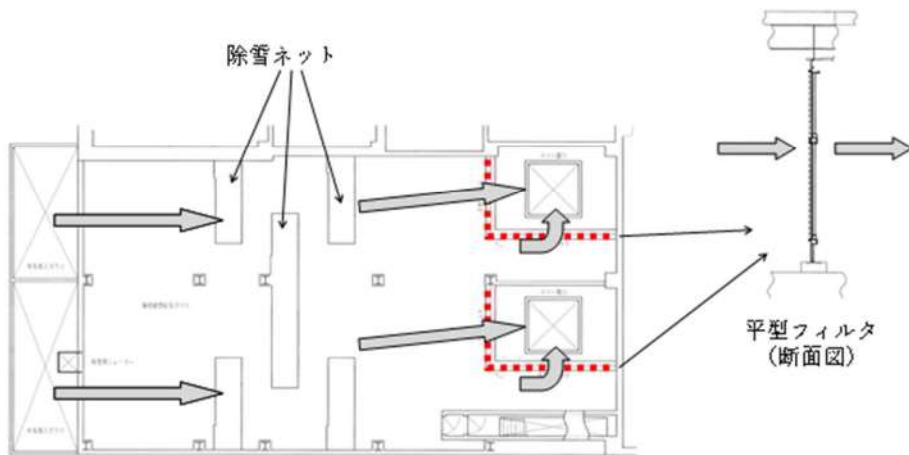
制御用空気圧縮機のシリンダライナ内面とピストンリングは直接、接触摺動している状態であり、機器内に吸入されたばい煙が、シリンダライナ内面とピストンリングの間に入った場合には摩耗発生が懸念される。しかしながら、シリンダライナは硬質クロムメッキ処理、ピストンリングはカーボンであり、これらよりばい煙粒子は軟らかいと考えられることから、摩耗が発生し、機器内を損傷させる可能性は小さい。

## 3. 3 建屋外部に開口部を有する設備

屋外に開口部を有する設備として、主蒸気逃がし弁、主蒸気安全弁、排気筒及びタービン動補助給水ポンプ排気管があるが、仮にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても、その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから、その機能に影響を及ぼすことはない。(第8-5図)

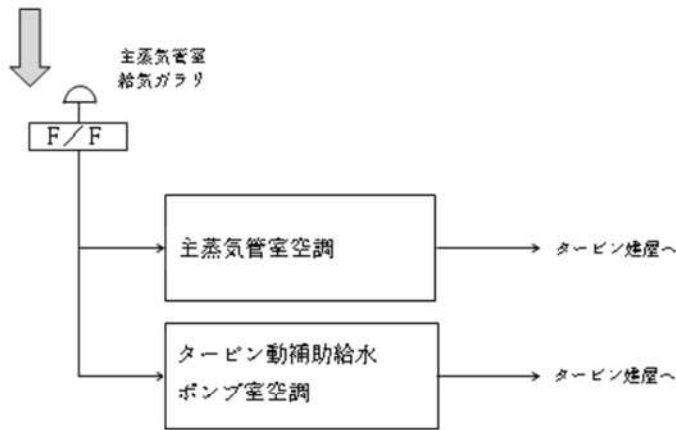
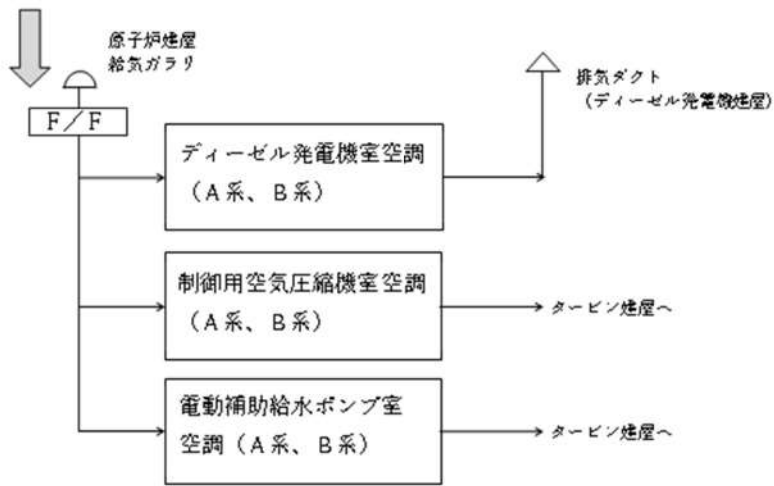


第8-2(a)図 原子炉補助建屋換気空調設備全体概要図



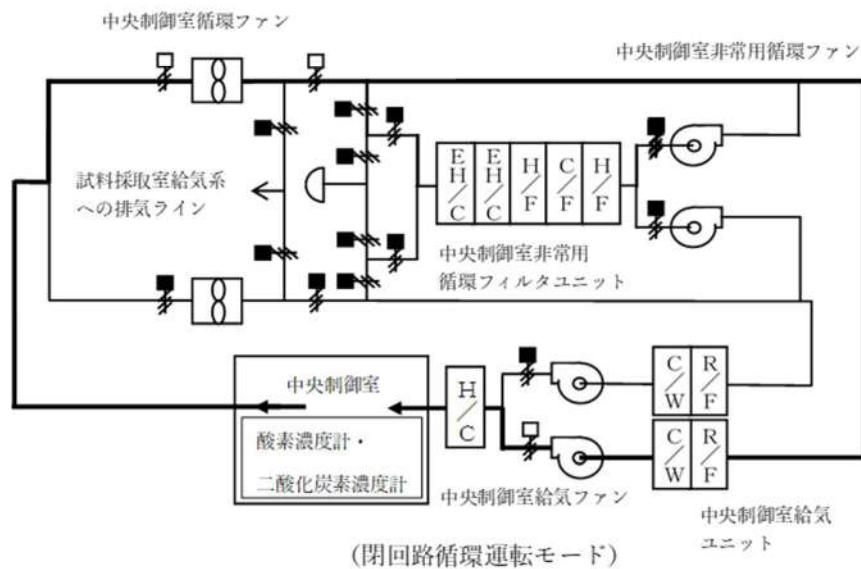
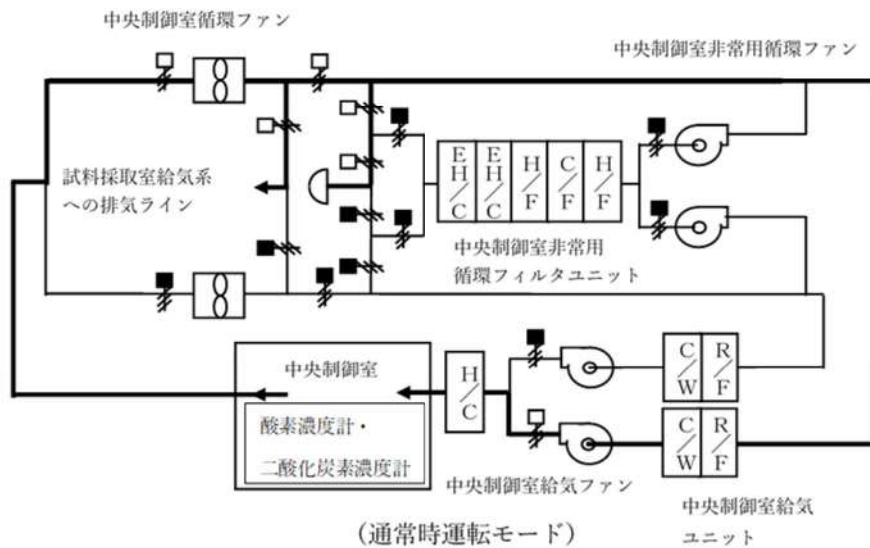
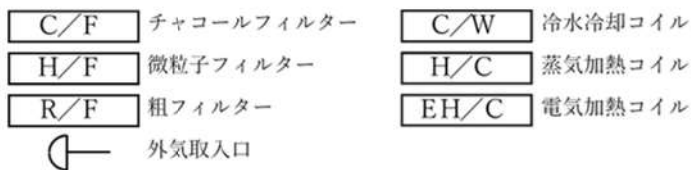
補助建屋給気ガラリ (平面図)

第8-2(b)図 安全補機開閉器室外気取入口 (補助建屋給気ガラリ) の空気の流れ

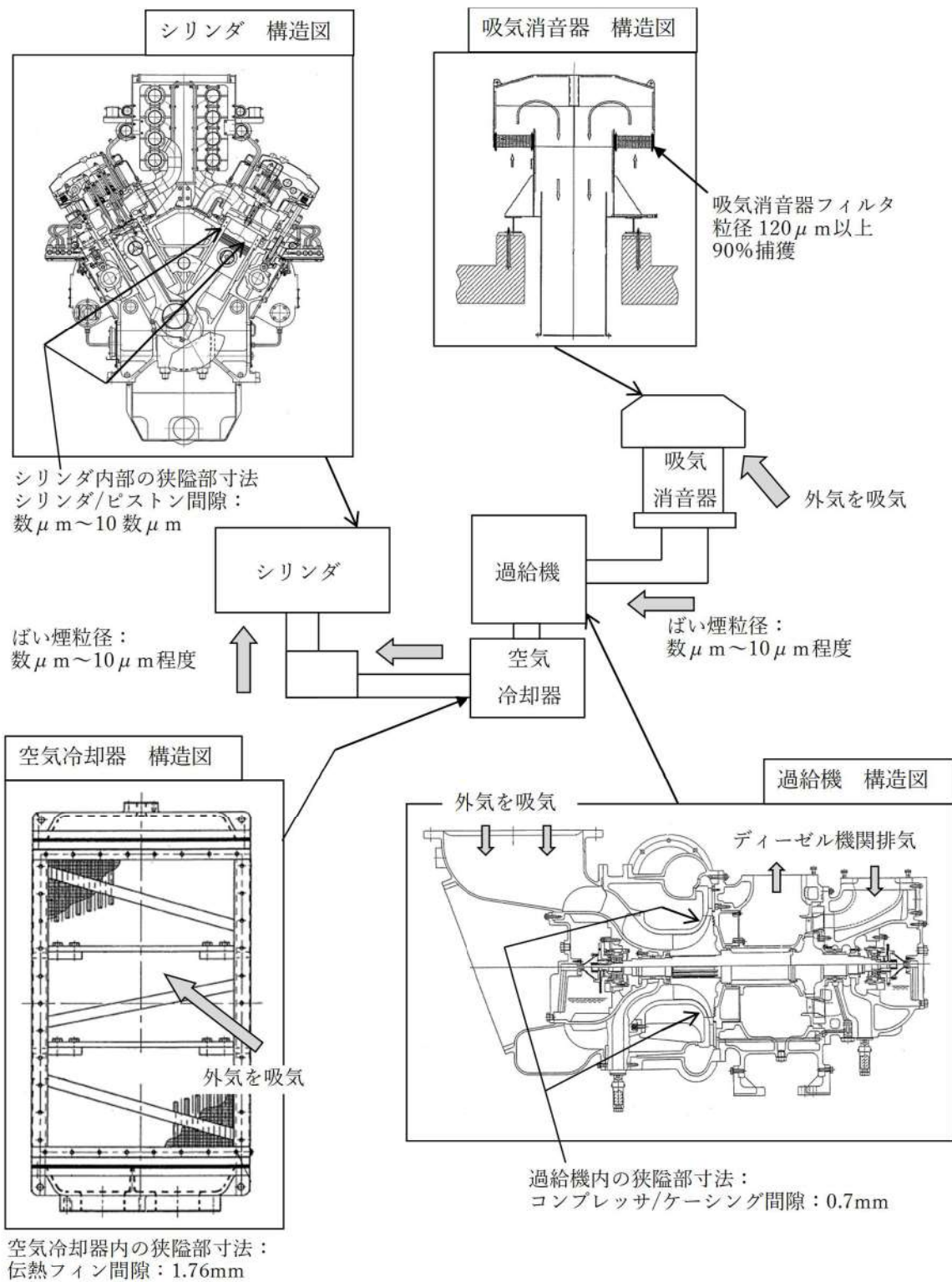


F/F 平型フィルタ

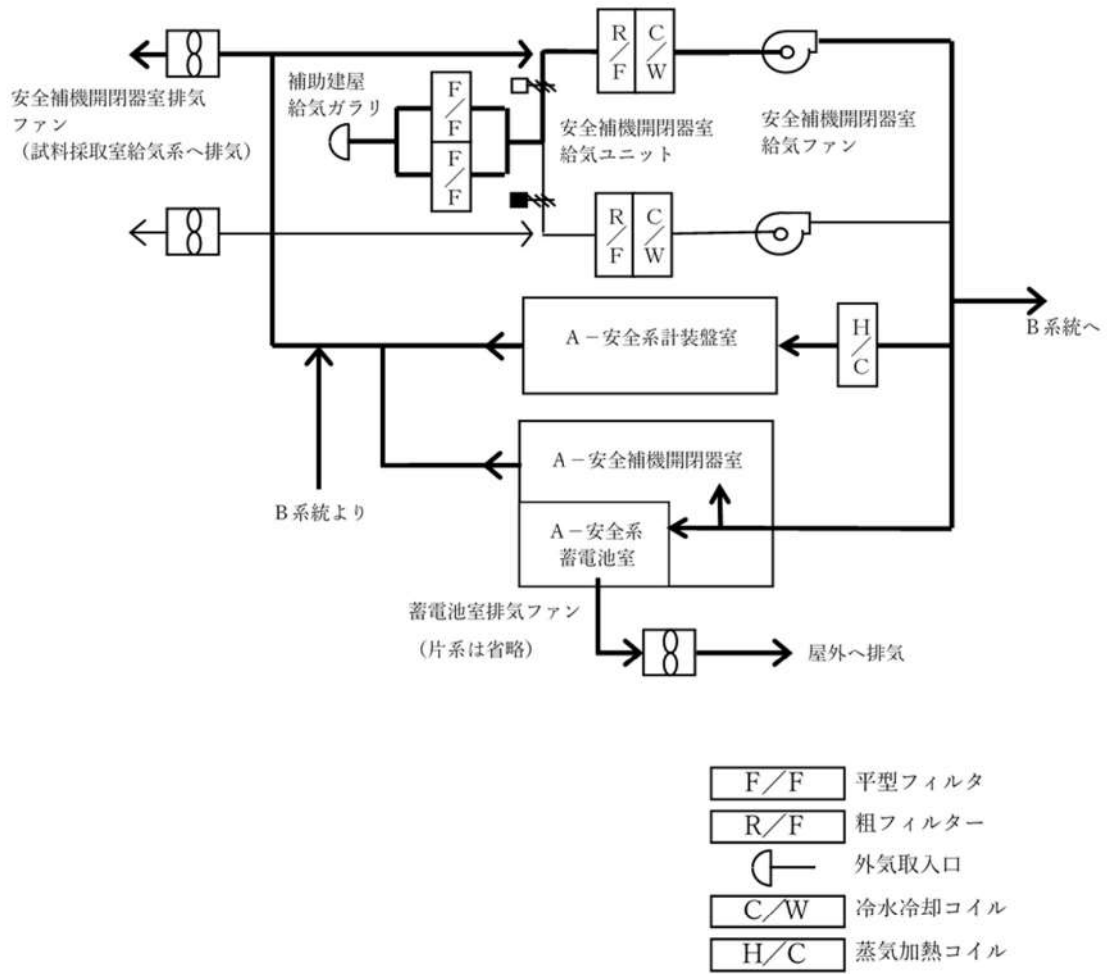
第 8-2(c) 図 原子炉建屋換気空調設備全体概要図



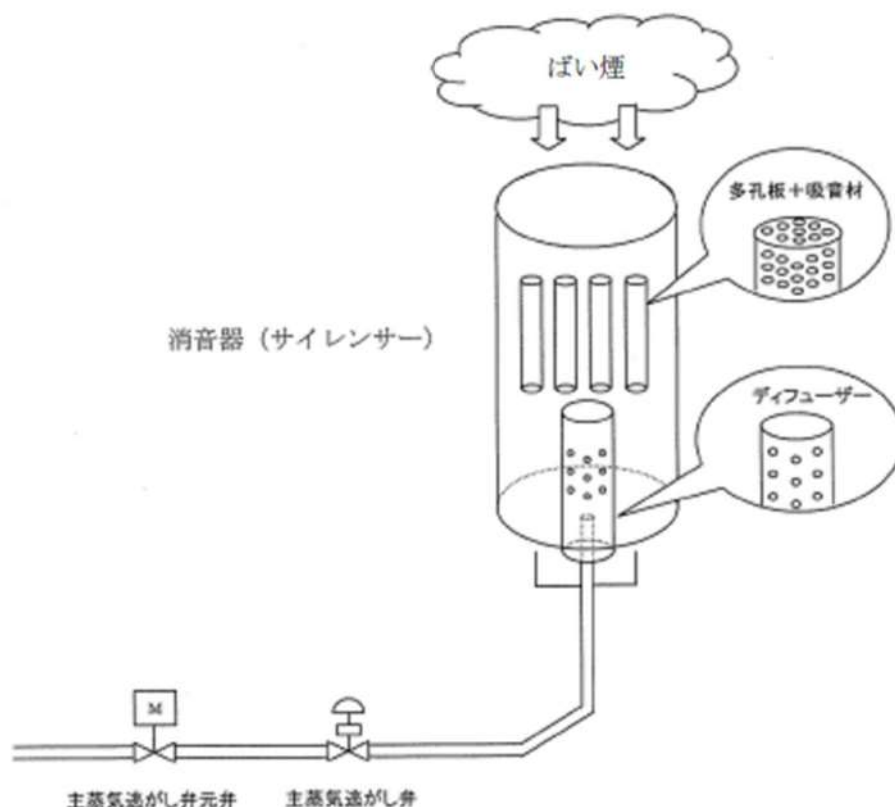
第8-2(d)図 中央制御室換気空調装置系統概要図



第 8-3 図 ディーゼル機関吸気系統概要図



第8-4図 安全補機開閉器室空調装置系統概要図



第8-5図 主蒸気逃がし弁出口配管形状及び消音器の構造

### 3. 4 居住性への影響

中央制御室換気空調装置は、外気を遮断し、再循環させる閉回路循環運転に切替えることができる。外気との遮断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は、通常モードに切替え、外気を取り入れることができる。また、外気からの空気を取り込みを一時的に停止した場合に、活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため、酸素濃度計・二酸化炭素濃度計を配備する。

外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の悪化防止のため、酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を行い、中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。

また、発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備（3号炉補助ボイラー燃料タンク及び一体型である3号炉主変圧器・所内変圧器）からの火災及び航空機墜落による火災を想定し、中央制御室内に侵入する有毒物質（CO、CO<sub>2</sub>、SO<sub>2</sub>及びNO<sub>2</sub>）の最大濃度を判定基準（IDLH値<sup>※1</sup>）と比較することで、有毒ガスに対する評価を実施し、中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。

※1：30分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。



### 3. 4. 1 中央制御室内の二酸化炭素，酸素濃度の評価

外部火災時の3号炉中央制御室の居住性の評価として、外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の劣化防止のため、二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行う。

なお、中央制御室内には、燃焼による二酸化炭素の排出や酸素を消費する機器はないことから、在室人員の呼吸のみを想定し評価を行う。

#### (1) 二酸化炭素濃度

以下のとおり、二酸化炭素濃度について評価する。

##### a. 評価条件

- ・在室人員 10人<sup>※1</sup>
- ・中央制御室バウンダリ内体積 3,500[m<sup>3</sup>]
- ・空気流入はないものとして評価する。
- ・初期二酸化炭素濃度 0.03[%]  
(「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程 (JEAC4622-2009)」)
- ・呼吸により排出する二酸化炭素排出量 0.046[m<sup>3</sup>/h/人]  
(運転操作を想定し、「空気調和・衛生工学便覧」における中等作業での二酸化炭素排出量)
- ・許容二酸化炭素濃度 1.0[%]  
(鉱山保安法施行規則 (平成16年9月27日経済産業省令第96号, 最終改正平成30年3月30日経済産業省令第9号))
- ・評価期間は各火災の燃焼継続時間を考慮し12時間<sup>※2</sup>とする。

※1: 運転員以外の人員については中央制御室に長期滞在しないことから、在室人員は運転員の人数とする。

※2: 外部火災影響評価にて長期間の影響をもたらす、航空機墜落による火災と3号炉補助ボイラー燃料タンク火災の重量を考慮すると、約7時間が火災の継続時間となることから、12時間で評価を実施する。

##### b. 評価結果

外気遮断時間 t[hour]での炭酸ガス濃度 C[%]

$$C = (M \times N \times t) / V \times 100 + C_0$$

M: 呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.046[m<sup>3</sup>/h/人]

N: 在室人員 10[人]

V: 中央制御室バウンダリ内体積 3,500[m<sup>3</sup>]

C<sub>0</sub>: 初期炭酸ガス濃度 0.03[%]

上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は、以下のとおりであり、12時間程度外気取入を遮断したままでも運転員の作業環境に影響を与えない。

第8-2表 二酸化炭素濃度の時間変化

時間	2時間	4時間	6時間	8時間	10時間	12時間
二酸化炭素濃度	0.06%	0.09%	0.11%	0.14%	0.17%	0.19%

(2) 酸素濃度

以下のとおり酸素濃度について評価する。

a. 評価条件

- ・在室人員 10人
- ・中央制御室バウンダリ内体積 3,500[m<sup>3</sup>]
- ・空気流入はないものとして評価する。
- ・初期酸素濃度 20.95[%]  
(「空気調和・衛生工学便覧」の成人の呼吸気・肺胞気の組成の値を使用)
- ・初期酸素量 733.25[m<sup>3</sup>]
- ・1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、「空気調和・衛生工学便覧」の歩行時の呼吸量を適用して、24L/min とする。
- ・1人あたりの酸素消費量は、「空気調和・衛生工学便覧」の成人吸気酸素濃度 (20.95%)、成人呼気酸素濃度 (16.40%) から 1.092L/min とする。
- ・許容酸素濃度 19%以上  
(鉱山保安法施行規則 (平成 16 年 9 月 27 日経済産業省令第 96 号, 最終改正平成 30 年 3 月 30 日経済産業省令第 9 号))
- ・評価期間は各火災の燃焼継続時間を考慮し 12 時間とする。

b. 評価結果

外気遮断時間 t[hour]での酸素濃度 C[%]

$$C = (A_0 - (M \times N \times 60 \times t \times 10^{-3})) / V \times 100$$

M: 呼吸による酸素消費量 1.092[L/min/人]

N: 在室人員 10[人]

V: 中央制御室バウンダリ内体積 3,500 [m<sup>3</sup>]

A<sub>0</sub>: 初期酸素量 733.25[m<sup>3</sup>]

上記評価条件から求めた酸素濃度は、以下のとおりであり、12 時間程度外気取入を遮断したままでも運転員の作業環境に影響を与えない。

第8-3表 酸素濃度の時間変化

時間	2時間	4時間	6時間	8時間	10時間	12時間
酸素濃度	20.91%	20.87%	20.83%	20.80%	20.76%	20.72%

### 3. 4. 2 中央制御室に対する有毒ガス影響評価

#### (1) 評価の概要

発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備からの火災、及び航空機墜落位置での火災を想定し、中央制御室内に侵入する有毒ガスの最大濃度を判定基準と比較することで、有毒ガスに対する中央制御室居住性の影響評価を実施する。

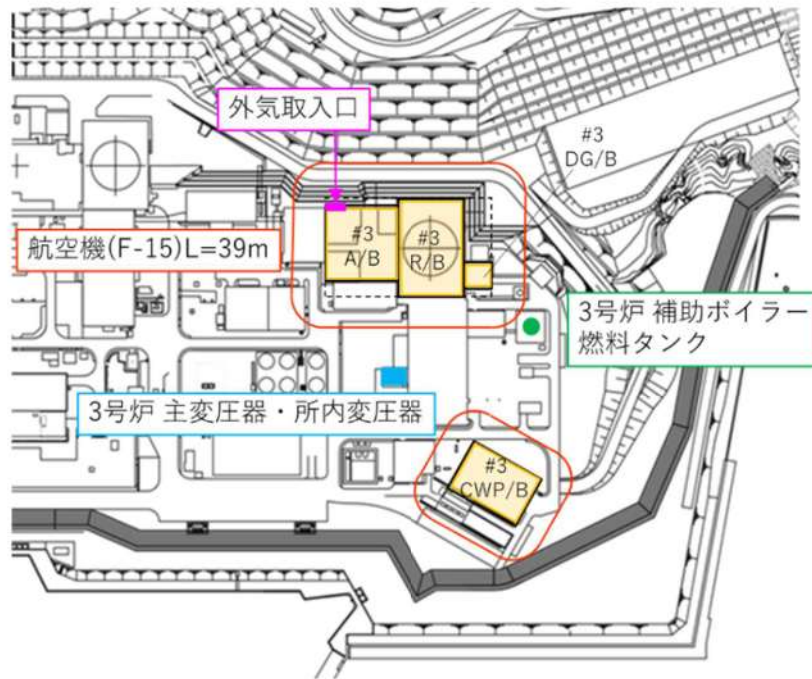
本評価では、石油コンビナートの防災アセスメント指針での判断基準と同様に、米国国立労働安全衛生研究所が定める IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) 値を採用する。この IDLH 値は、30 分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり、脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。

#### (2) 評価対象物質及び固定設備

発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備として 3 号炉補助ボイラー燃料タンク、一体型である 3 号炉主変圧器・所内変圧器及び航空機 (F-15) を評価対象とし、第 8-4 表に評価対象施設及び評価対象施設から外気取入口までの距離を示す。また、火災によって発生する物質のうち、IDLH 対象物質である一酸化炭素 (CO)、二酸化炭素 (CO<sub>2</sub>)、二酸化硫黄 (SO<sub>2</sub>) 及び二酸化窒素 (NO<sub>2</sub>) を評価対象物質とする。3 号炉補助ボイラー燃料タンク、変圧器、航空機墜落位置及び外気取入口の位置関係を第 8-7 図に示す。

第 8-4 表 評価対象施設と外気取入口までの距離

火災発生場所	離隔距離 [m]	油保有量 [m <sup>3</sup> ]
3 号炉補助ボイラー燃料タンク	176	410
3 号炉主変圧器・所内変圧器	140	107.8
航空機 (F-15)	39	14.87



第8-7図 3号炉補助ボイラー燃料タンク，航空機墜落，変圧器及び外気取入口の位置関係

(3) 評価方法

火災源から放出された有毒ガスは中央制御室換気空調装置給気口に向かう風によって，風下直線方向に拡散していくものとして，Briggs の排煙上昇過程式により求めた評価対象ガスの風速と有風時ブルーム式を用いて，中央制御室換気空調装置給気口の空気中に含まれる有毒ガス濃度を評価する。評価手法の概要を第8-8図に示す。

(有風時ブルーム式)

$$C_{xyz} = \frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \cdot \left(\exp\left\{-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right\} + \exp\left\{-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right\}\right) \quad (1)$$

(Briggs の排煙上昇過程式)

$$H_e = 1.6F^{1/3} \cdot x^{2/3} \cdot u^{-1} \quad (2)$$

$C_{xyz}$  : 濃度 [ppm]

$Q$  : 有毒ガス発生量 [Nm<sup>3</sup>/s]

$H_e$  : 有効発生高さ [m]

$\sigma_y, \sigma_z$  : 拡散パラメータ [m]

$u$  : 風速 [m/s]

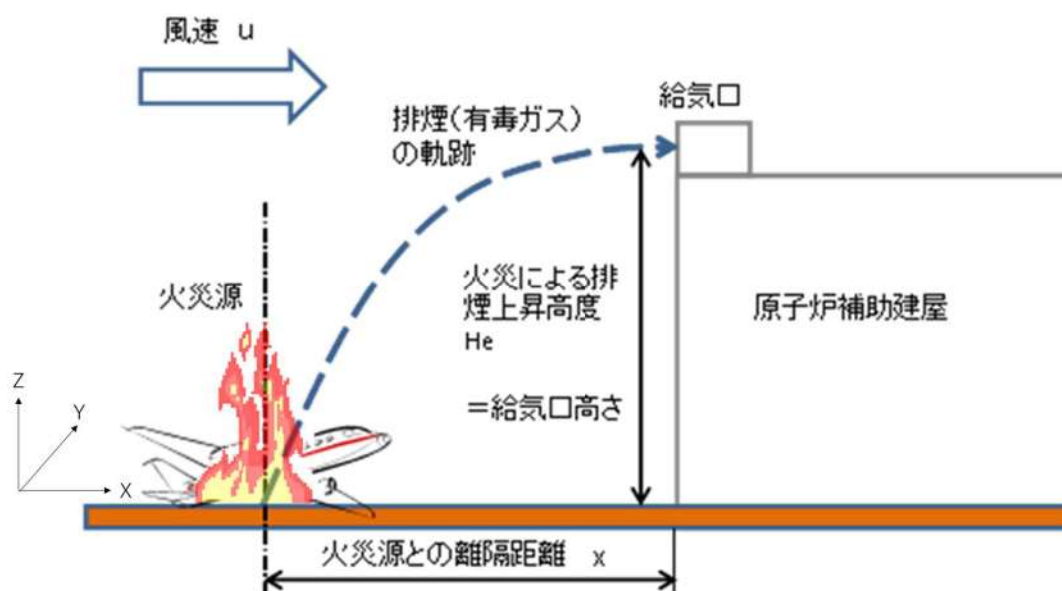
$F$  : 排熱フラックス [m<sup>4</sup>/s<sup>3</sup>] =  $\frac{gQ_H}{\pi C_p \rho T} = 0.037Q_H$

$Q_H$  : 排気熱量 [kcal/s] =  $\dot{m}A\Delta H_{c,eff}$

$\Delta H_{c,eff}$  : 燃焼時発熱量 [kcal/kg]

A	: 燃焼面積[m <sup>2</sup> ]
$\dot{m}$	: 質量低下速度[kg/m <sup>2</sup> ·s]
x	: 発生源と給気口との離隔距離[m]
z	: 発生源と給気口との鉛直方向距離[m]
y	: 排気プルーム軸からの距離[m]
g	: 重力加速度[m/s <sup>2</sup> ]
C <sub>p</sub>	: 定圧比熱[kcal/K·kg]
ρ	: 環境大気の平均密度[g/m <sup>3</sup> ]
T	: 環境大気の平均絶対温度[K]

(出展：窒素酸化物総量規制マニュアル，公害研究対策センター)



第 8-8 図 中央制御室換気空調装置給気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

火災によって発生する有毒ガスの中央制御室換気空調装置給気口位置での濃度を求め、判断基準である IDLH 値と比較評価を実施する。

評価手順は以下のとおり。

- ①それぞれの火災源から発生する有毒ガス発生量 Q を算出する。
- ②式(2)を用いて、火災源の排煙上昇高度  $H_e$  が給気口中央の地表面からの高さと同くなる風速  $u$  を求める。
- ③式(1)を用いて、給気口における有毒ガス濃度を求める。なお、 $H_e=Z=0$ 、 $Y=0$  とする。

なお、Briggs の排煙上昇過程式の適用条件<sup>\*1</sup> は以下のとおりであり、火災源ごとに下記条件を満たしていることを確認した。このため、Briggs の排煙上昇過程式を用いて、排煙高さが給気口高さと同じになる風速を求めることは可能である。

※1：G. A. Briggs, “Plume Rise” , U. S. Atomic Energy Commission, 1969

$$x \leq x^*$$

$$x^* = 2.16F^{2/5} \cdot h_s^{3/5}$$

X : 離隔距離[m]

X\* : 浮力の効果が薄れて大気気流による拡散効果が支配的になり始める距離[m]

F : 排熱フラックス[m<sup>4</sup>/s<sup>3</sup>]

h<sub>s</sub> : 排煙上昇量[m] (h<sub>s</sub> < 305m)

a. 評価データ

(a) 評価対象となる給気口及び火災源との距離

評価対象となる給気口と火災源の水平離隔距離及び鉛直方向距離を第 8-5 表に示す。また、航空機火災については、保守的な評価となる「訓練空域内（自衛隊機）」(F-15) の墜落位置を採用した。

第 8-5 表 給気口と火災源との距離

評価対象	中央制御室換気空調装置給気口	
	水平距離 [m]	高さ [m]
3号炉補助ボイラー燃料タンク	176	13.1
3号炉主変圧器・所内変圧器	140	13.1
航空機 (F-15)	39	13.1

(b) 火災発生時の有毒ガス発生量

第 8-6 表に燃料の燃焼特性を示す。

燃料 1kg あたりの有毒ガス発生量は、各文献に掲載されている単位重量あたりのガス発生量より単位換算することにより求められる。

第8-6表 燃焼特性に関するデータ

油種		重油	JP-4
有毒ガス発生量※ [kg/kg]	CO <sub>2</sub>	3.3050	3.0530
	CO	0.0300	0.0300
	SO <sub>2</sub>	0.0920	0.0006
	NO <sub>2</sub>	0.0069	0.0043

※有毒ガスの発生量は以下の文献より算出した。

CO<sub>2</sub>：環境省，温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル

CO：Ross J.L., Ferek R.J. and Hobbs P.V., " Particle and Gas Emissions From an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean ", J.Air & Water Manage. Assoc., 46, pp.251-259 (1996)

SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>：U.S. EPA AP-42, "Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I:Stationary Point and Area Sources"  
Aviation Emissions and Air Quality Handbook Version 3 Update 1,  
Federal Aviation Administration Office of Environment and Energy

(c) 評価対象及び火災源に関するデータ

第8-7表に火災源に対するデータ，第8-8表に有毒ガス発生量に関するデータを示す。

第8-7表 火災源に関するデータ

想定火災源	油種	燃焼面積 [m <sup>2</sup> ]	質量低下速度 [kg/m <sup>2</sup> ・s]	発熱量 [kcal/kg]	燃料消費 速度 [kg/s]	排出熱量 [kcal/s]	排熱 フラックス [m <sup>4</sup> /s <sup>3</sup> ]
3号炉補助 ボイラー 燃料タンク	重油	482.79	0.035	9,400	16.89	158,766	5,874
3号炉 主変圧器・ 所内変圧器	重油 <sup>※1</sup>	118.39	0.035	9,400	4.14	38,916	1,439
航空機 (F-15)	JP-4	44.6	0.051	10,300	2.27	23,381	865

※1：変圧器に使用している絶縁油について，変圧器の熱影響評価（添付6）と同様に重油とした。

第8-8表 有毒ガス発生量に関するデータ

想定火災源	有毒ガス発生量[Nm <sup>3</sup> /s]			
	CO <sub>2</sub>	CO	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>
3号炉補助ボイラー燃料タンク	28.419	0.406	0.5439	0.0568
3号炉主変圧器・所内変圧器	6.966	0.100	0.1334	0.0140
航空機 (F-15)	3.529	0.055	0.0005	0.0048

(d) 給気口に有毒ガスが到達する風速

火災によって発生する有毒ガスは燃焼によって高温となり熱浮力によって上昇する。したがって、Briggs式(排煙上昇過程式)を用いて、有毒ガス発生源と給気口との距離と高度差から、給気口に有毒ガスが到達する風速  $u$ [m/s]を求める。

算出結果を第8-9表に示す。

第8-9表 算出結果

評価対象		給気口に直撃する風速[m/s]
中央制御室換気 空調装置給気口	3号炉補助ボイラー燃料タンク	69.2
	3号炉主変圧器・所内変圧器	37.1
	航空機 (F-15)	13.3

(e) 火災によって発生する有毒ガスの大気拡散

給気口に到達する有毒ガスの濃度は、大気拡散を考慮し有風時ブルーム式を用いて評価する。

火災地点から放出された有毒ガスは、中央制御室換気空調装置の給気口の方向に向かう風によって、風下直線方向に拡散していくものとし、評価対象ガスの発生量及び給気口に有毒ガスが到達する風速と有風時ブルーム式の拡散式を用いて、給気口の空気中に含まれる有毒ガスの濃度を計算する。なお、給気口での空気中の濃度は、有風時ブルーム式の放出点の高さ  $H_e$  と評価点の高さ  $Z$  において、 $H_e=Z=0$ ,  $Y=0$  として中心軸最大濃度を計算する。計算結果を第8-10表に示す。

なお、算出した拡散パラメータは風による拡散しか考慮されていないため、想定する火災の熱気による鉛直方向への浮力拡散を考慮することとし、第8-11表に示すガウスブルームモデルにおける大気拡散パラメータより  $\Delta H^2/10$  を加えた値を採用した。



第8-10表 拡散パラメータの算出結果

評価対象	風速 u[m/s]	拡散パラメータ	
		$\sigma_y$ [m]	$\sigma_z$ [m]
3号炉補助ボイラー燃料タンク	69.2	13.496	8.556
3号炉主変圧器・所内変圧器	37.1	10.911	7.454
航空機 (F-15)	13.3	3.328	4.670

大気安定度は、発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に記載のとおり、風速の範囲と日射や夜間の放熱の大きさによって A-G に区分されるものであり、大気安定度 A が最も拡散しやすく G が最も拡散しにくい。本評価では給気口に有毒ガスが到達するとした場合の u[m/s] の中で、拡散幅が最小となる（濃度が最大となる）より拡散しにくい大気安定度を選択する。風速と大気安定度の関係は以下のとおりであり、本評価では第8-9表に示すとおり風速は6[m/s]以上であることから大気安定度はC又はDとなり、より拡散しにくい大気安定度Dで評価を行う。

第8-11表 大気安定度分類表

風速 (U) m/s	日射量 (T) kw/m <sup>2</sup>				放射収支量 (Q) kw/m <sup>2</sup>		
	T≥0.60	0.60>T ≥0.30	0.30>T ≥0.15	0.15>T	Q≥-0.020	-0.020>Q ≥-0.040	-0.040>Q
U < 2	A	A-B	B	D	D	G	G
2 ≤ U < 3	A-B	B	C	D	D	E	F
3 ≤ U < 4	B	B-C	C	D	D	D	E
4 ≤ U < 6	C	C-D	D	D	D	D	D
6 ≤ U	C	D	D	D	D	D	D

第8-12表 拡散パラメータ Passquill-Gifford 図の近似関係※

$$\sigma_y(x) = \gamma_y \cdot x^{\alpha_y}$$

安定度	$\alpha_y$	$\gamma_y$	風下距離x(m)
A	0.901	0.426	0~1,000
	0.851	0.602	1,000~
B	0.914	0.282	0~1,000
	0.865	0.396	1,000~
C	0.924	0.1772	0~1,000
	0.885	0.232	1,000~
D	0.929	0.1107	0~1,000
	0.889	0.1467	1,000~
E	0.921	0.0864	0~1,000
	0.897	0.1019	1,000~
F	0.929	0.0554	0~1,000
	0.889	0.0733	1,000~
G	0.921	0.0380	0~1,000
	0.896	0.0452	1,000~

$$\sigma_z(x) = \gamma_z \cdot x^{\alpha_z}$$

安定度	$\alpha_z$	$\gamma_z$	風下距離x(m)
A	1.122	0.0800	0~300
	1.514	0.00855	300~500
	2.109	0.000212	500~
B	0.964	0.1272	0~500
	1.094	0.0570	500~
C	0.918	0.1068	0~
D	0.826	0.1046	0~1,000
	0.632	0.400	1,000~10,000
	0.555	0.811	10,000~
E	0.788	0.0928	0~1,000
	0.565	0.433	1,000~10,000
	0.415	1.732	10,000~
F	0.784	0.0621	0~1,000
	0.526	0.370	1,000~10,000
	0.323	2.41	10,000~
G	0.794	0.0373	0~1,000
	0.637	0.1105	1,000~2,000
	0.431	0.529	2,000~10,000
	0.222	3.62	10,000~

※ 窒素酸化物総量規制マニュアル

第8-13表 拡散パラメータ  $\sigma_z^{**}$

TABLE 2. SUMMARY OF RECOMMENDATIONS FOR INTERIM CHANGES IN THE WORKBOOK VALUES OF THE DISPERSION PARAMETERS  $\sigma_y$  AND  $\sigma_z$

For crosswind spread  $\sigma_y$ , irrespective of the terrain roughness, release height and sampling duration up to up to about 1 hour, use the formula\*

$$\sigma_y/x = \sigma_\theta f(x), \sigma_\theta \text{ in radians}$$

with  $\sigma_\theta$ † the best available estimate of the standard deviation of the wind direction fluctuation for the sampling time of interest and for the height at which  $\bar{u}$  is specified, and with values of  $f(x)$  as follows:

x(km)	0.1	0.2	0.4	1	2	4	10	>10
f(x)	0.8	0.7	0.65	0.6	0.5	0.4	0.33	$0.33(10/x)^{1/2}$

For  $x \geq 20$  km add to the square of the  $\sigma_y$  as obtained above the quantity  $0.03\Delta\theta^2 x^2$  and take the square root to give the total  $\sigma_y$ , with  $\Delta\theta$  the total change of mean wind direction over the depth of the plume.

---

For vertical spread  $\sigma_z$ , for any sampling time for a surface release, and say >10 min for an elevated release (see Section 2), use the existing Workbook curves with adjustment or constraint as follows:

- For terrain with  $z_0$  different from 3 cm apply factors based on F. B. Smith's nomogram (Ref. 5 or Ref. 6, p 377)
- To allow for 'urban heating' adopt a stability category one-half category more unstable than that prescribed in the normal way in the Workbook
- For evaluating the concentration at the surface from a surface release, consider estimates of the effective mixed depth  $h'$  at the mid-time of sampling, recognizing especially its growth from very small values on stable nights, and then adopt either  $\sigma_z$  as given by the curves, or  $0.8h'$ , whichever is the smaller, for substitution in Eq (4).
- For buoyant plumes, increase the  $\sigma_z$  obtained from the curves by adding  $\Delta H / 10$  where  $\Delta H$  is the estimated plume rise.

\*, † see 'Notes on Table 2'

※ F. Pasquill, ATMOSPHERIC DISPERSION PARAMETERS IN GAUSSIAN PLUME MODELING, EPA-600/4-76-03b, 1976

(f) 評価結果

各火災で発生する中央制御室換気空調装置給気口での最大となる有毒ガス濃度を第8-14表に示す。

第8-14表 評価結果

評価対象	CO <sub>2</sub> 濃度 [ppm] (IDLH: 40, 000 <sup>※1</sup> )	CO濃度 [ppm] (IDLH: 1, 200 <sup>※1</sup> )	SO <sub>2</sub> 濃度 [ppm] (IDLH: 100 <sup>※1</sup> )	NO <sub>2</sub> 濃度 [ppm] (IDLH: 13 <sup>※2</sup> )
3号炉補助ボイラー 燃料タンク	1, 133	16. 18	21. 67	2. 27
3号炉主変圧器・所内 変圧器	735	10. 55	14. 08	1. 48
航空機 (F-15)	5, 435	84. 70	0. 77	7. 40

※1 人に対する急性吸入毒性データに基づく。(NIOSH, "NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards", September 2007)

※2 ボランティアに対する70分間のばく露後の呼吸器系への刺激及び重度の咳に対する最小毒性量 (LOAEL) に基づく。(NIOSH, "IDLH Value Profile: Nitrogen Dioxide", September 2017)

評価結果から、すべての評価に対し IDLH 値以下であることを確認した。

中央制御室に有毒ガスが流入してくる可能性がある場合には、中央制御室の外気取入を遮断し、再循環させる閉回路循環運転を行うことが可能であり、火災を確認・判断してから 10 分程度で中央制御室の外気取入を停止し、閉回路循環運転へ切替えることが可能である。

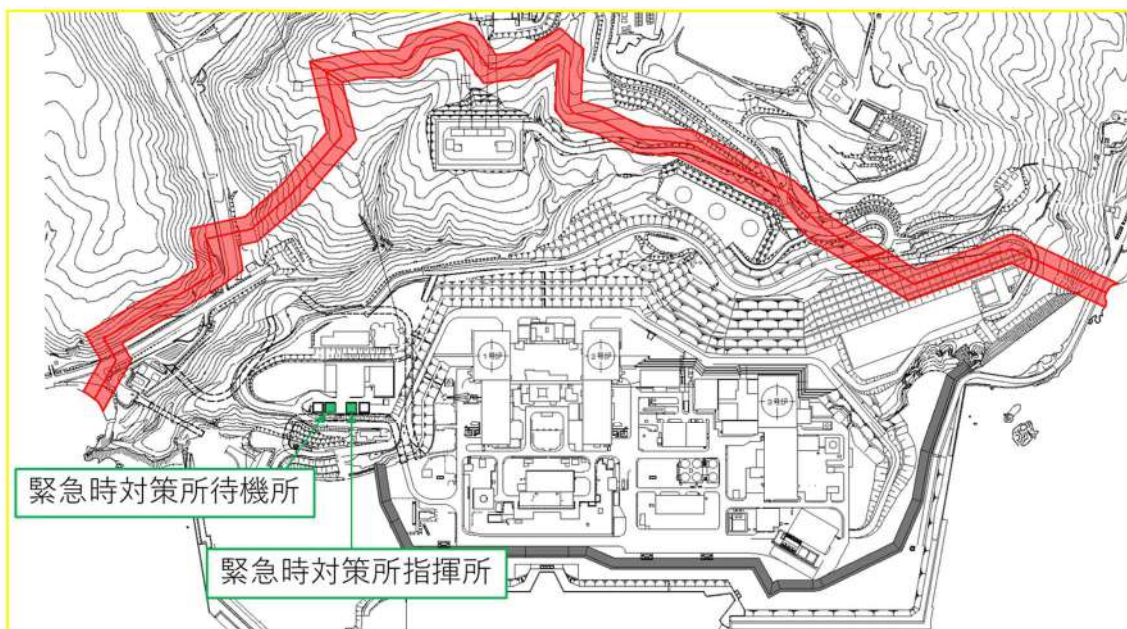
また、火災（有毒ガス）の発生は、火災感知器（3号炉補助ボイラー燃料タンク、変圧器等）、振動や衝撃音（航空機墜落）により覚知できることに加え、監視カメラにおいても屋外の状況を確認可能とし、中央制御室内で煙や異臭を確認した場合等の緊急時には、切替操作スイッチを使用し、必要な機器を同時に動作させる一括切替も可能であり、これらの覚知・判断に時間を要するものではなく、迅速に対応することが可能である。

以上より、外部火災により有毒ガスが発生した場合において、中央制御室の居住性が損なわれることはないと評価する。

#### 3. 4. 3 緊急時対策所の居住性評価

外部火災時の緊急時対策所の居住性の評価として、外気取入遮断時の緊急時対策所内に滞在する対策要員の居住環境の劣化防止のため、二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行った。

緊急時対策所の位置を第 8-9 図に示す。



第 8-9 図 緊急時対策所の位置

(1) 二酸化炭素濃度

外気遮断時の緊急時対策所内の二酸化炭素濃度について評価する。

a. 評価条件

- ・在室人員 57 人<sup>※1</sup>
- ・緊急時対策所バウンダリ内体積 519[m<sup>3</sup>]
- ・空気流入はないものとして評価する。
- ・初期二酸化炭素濃度 0.03[%]  
(「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程 (JEAC4622-2009)」)
- ・呼吸により排出する二酸化炭素排出量 0.046[m<sup>3</sup>/h/人]  
(運転操作を想定し、「空気調和・衛生工学便覧」における中等作業での二酸化炭素排出量)
- ・許容二酸化炭素濃度 1.0[%]  
(鉱山保安法施行規則 (平成 16 年 9 月 27 日経済産業省令第 96 号, 最終改正平成 30 年 3 月 30 日経済産業省令第 9 号))

※1: 緊急時対策所指揮所(57 人), 緊急時対策所待機所(24 人)の想定収容人数のうち多い人数を用いる

b. 評価結果

外気遮断時間 t[hour]での炭酸ガス濃度 C[%]

$$C = (M \times N \times t) / V \times 100 + C_0$$

M: 呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.046[m<sup>3</sup>/h/人]

N: 在室人員 57[人]

V: 緊急時対策所バウンダリ内体積 519[m<sup>3</sup>]

C<sub>0</sub>: 初期炭酸ガス濃度 0.03[%]

上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は、以下のとおりであり、外気取入を遮断したままでも、1.92 時間まで緊急時対策所内に滞在可能である。緊急時対策所周囲で発生する火災として想定される航空機墜落火災のうち、最も長い燃焼継続時間である B747-400 の約 1.86 時間に対して滞在可能時間が上回っており、対策要員の作業環境に影響を与えない。

第 8-15 表 緊急時対策所外気遮断時の二酸化濃度の時間変化

時間	1.00 時間	1.50 時間	1.92 時間
二酸化炭素濃度	0.54%	0.79%	1.00%

## (2) 酸素濃度

外気遮断時の緊急時対策所内の酸素濃度について評価する。

### a. 評価条件

- ・在室人員 57 人
- ・緊急時対策所バウンダリ内体積 519[m<sup>3</sup>]
- ・空気流入はないものとして評価する。
- ・初期酸素濃度 20.95[%]
- ・初期酸素量 108.74[m<sup>3</sup>]
- ・1人あたりの呼吸量は、事故時の運転操作を想定し、「空気調和・衛生工学便覧」の歩行時の呼吸量を適用して、24[L/min]とする。
- ・1人あたりの酸素消費量は、「空気調和・衛生工学便覧」の成人吸気酸素濃度(20.95[%])、成人呼気酸素濃度(16.40[%])から1.092L/minとする。
- ・許容酸素濃度 19%以上

(鉦山保安法施行規則(平成16年9月27日経済産業省令第96号, 最終改正平成30年3月30日経済産業省令第9号))

### b. 評価結果

外気遮断時間 t[hour]での酸素濃度 C[%]

$$C = (A_0 - (M \times N \times 60 \times t \times 10^{-3})) / V \times 100$$

M: 呼吸による酸素消費量 1.092[L/min/人]

N: 在室人員 57[人]

V: 緊急時対策所バウンダリ内体積 519[m<sup>3</sup>]

A<sub>0</sub>: 初期酸素量 108.74[m<sup>3</sup>]

上記評価条件から求めた酸素濃度は、以下のとおりであり、外気取入を遮断したままでも、2.70時間まで緊急時対策所内に滞在可能である。

緊急時対策所周囲で発生する火災として想定される航空機墜落火災のうち、最も長い燃焼継続時間であるB747-400の約1.86時間に対して滞在可能時間が上回っており、対策要員の作業環境に影響を与えない。

第8-16表 緊急時対策所外気遮断時の酸素濃度の時間変化

時間	1.00時間	2.00時間	2.70時間
酸素濃度	20.23%	19.51%	19.00%

## 熱気流による影響評価について

3号炉補助ボイラー燃料タンク火災や航空機墜落による火災が発生した場合、熱気流による発電用原子炉施設への影響が懸念されるため、その影響について評価するものである。

## 1. 概要

発電用原子炉施設から離れた位置における火災では、熱気流は上昇・拡散することから発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。このため、発電用原子炉施設近傍で発生する3号炉補助ボイラー燃料タンク火災及び航空機墜落による火災を熱気流の発生源として想定する。

## 2. 評価対象

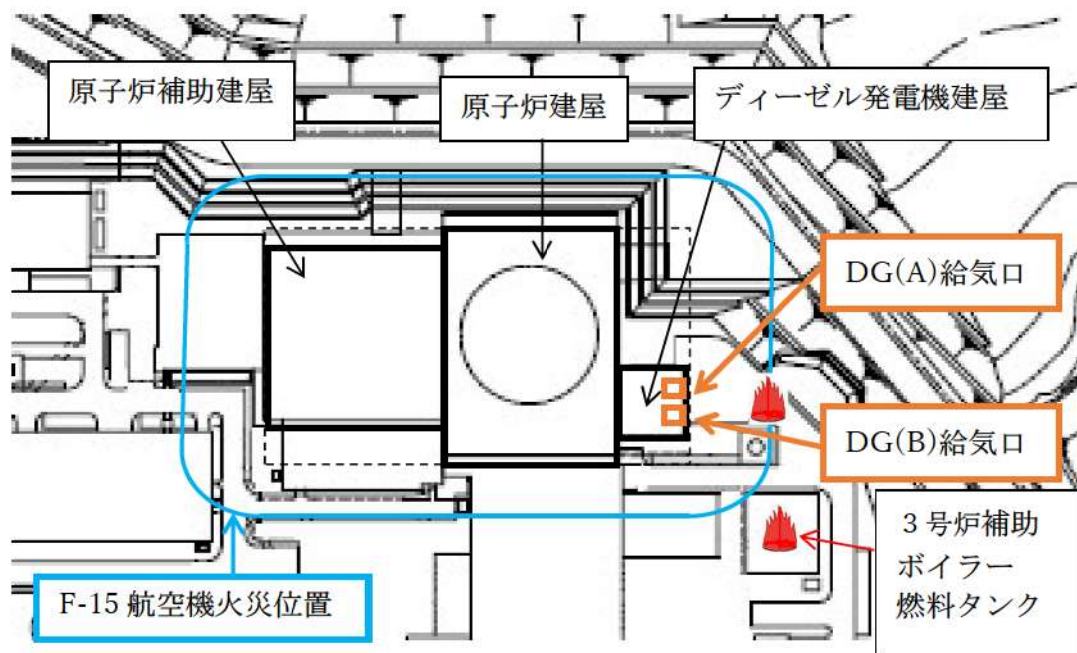
ディーゼル発電機は、外部電源喪失が発生した場合において安全機能を有する設備に電源を供給する設備であり、外気を内部に取り込む設備でもあることから評価対象とする。なお、ディーゼル発電機の給気口はディーゼル発電機建屋の屋上に設置されている。

## 3. 評価結果

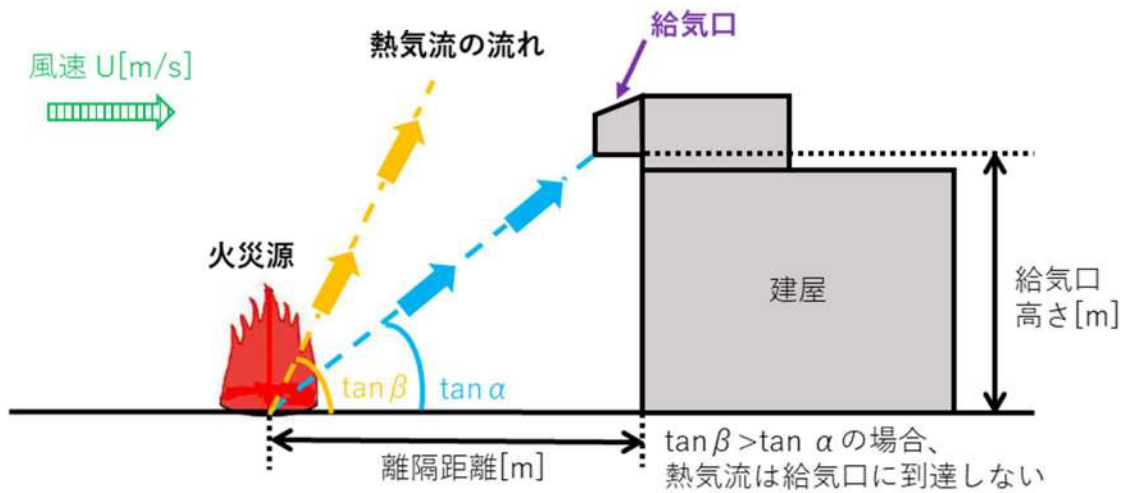
発電用原子炉施設近傍での火災を想定した場合、ディーゼル発電機の給気口から熱気流が直接取り込まれる可能性は否定できないが、熱気流の影響範囲は気象条件（風向、風速等）に大きく依存する（第1図）。

これら不確かさはあるものの泊発電所設置許可申請書添付書類六において、気象指針から求めた安全解析に使用する気象条件にて、熱気流の発電用原子炉施設への到達可能性を評価する。

評価の結果、3号炉補助ボイラー燃料タンク火災及び航空機火災において熱気流の取り込みの可能性がない結果となった。



第1図 熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（3号炉補助ボイラー燃料タンク火災及び航空機火災）



第2図 熱気流評価概念図



第1表 必要データ

火災源	給気口高さ h[m]	離隔距離 L[m]	熱源直径 D[m]	発生熱量 Q[kW]	風速無次元 パラメータ $\Lambda$	フルード数 Fr
3号炉補助 ボイラー 燃料タンク	9.7	43	24.79	$6.373 \times 10^5$	0.4598	0.263
航空機 F-15	9.7	39	7.54	$9.400 \times 10^4$	0.5851	0.477

$$\tan \alpha = h \div L$$

$$\tan \beta = C_t \times \Lambda^{-k} \times Fr^{-o}$$

$$\Lambda = (U \times D^{1/3}) \div (Q \times g \div (C_p \times \rho \times T_0))^{1/3}$$

$$Q = (1 - x) \cdot \Delta H \cdot S \cdot M$$

$$Fr = U \div \sqrt{D \times g}$$

C<sub>t</sub>:0.37<sup>※1</sup> (実験定数), k:1.125<sup>※1</sup> (実験定数), o:-0.0975<sup>※1</sup> (実験定数),

T<sub>0</sub>:周囲空気温度(50[°C]), U:風速(4.1[m/s]), g:重力加速度([m/s<sup>2</sup>]),

C<sub>p</sub>:比熱([J/kg・K]), ρ:密度([kg/m<sup>3</sup>]), x:放射分率0.05<sup>※2</sup> (実験定数),

ΔH:燃料の発熱量([MJ/kg])<sup>※3</sup>, S:燃焼面積([m<sup>2</sup>]), M:燃料の質量低下速度([kg/m<sup>2</sup>・s])<sup>※3</sup>

※1:佐賀武司,「正方形熱源の風下における温度分布」,東北工業大学紀要I 理工学編第16号,1996

※2:自治省消防庁消防研究所,「大規模石油タンクの燃焼に関する研究報告書」,消防研究所研究資料 第46号,1999

※3:THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering FOURTH EDITION

第2表 評価結果

火災源	tan β	tan α	結果
3号炉補助ボイラー燃料タンク	0.778	0.226	> 可能性なし
航空機 F-15	0.629	0.249	> 可能性なし

## 中央制御室に対する有毒ガス影響評価における入力条件

対象	項目	入力データ
評価モデル設定	航空機墜落位置	航空機火災影響評価にて算出された離隔距離で給気口に最も近い位置を設定
	給気口	火災源と給気口との間に障害物がないものとして設定
	風向	火災源から給気口に向かう風向を設定
	有毒ガス濃度	プルーム中心最大濃度で評価
	有毒ガス濃度評価位置	給気口位置で評価
有風時プルーム式	u : 風速	Briggs の排煙上昇過程式を用いて、有毒ガス発生源と外気取入口との距離と高低差から、外気取入口に有毒ガスが到達する風速を算出
	y : 排気プルーム中心軸からの水平方向距離	排気プルームの中心を外気取入口中心とするため「0」を設定
	$\sigma_y$ : 拡散パラメータ	大気安定度から設定
	$\sigma_z$ : 拡散パラメータ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大気安定度から設定</li> <li>・熱気による鉛直方向への浮力拡散を考慮し <math>\Delta H^2/10</math> を加えた値を設定</li> </ul>
	He : 有効発生高さ	プルーム中心最大濃度とするため「0」を設定
	Q : 有毒ガス発生量	(固定値)
	z : 火災源と給気口との鉛直方向距離	プルーム中心最大濃度とするため「0」を設定
Briggsの排煙上昇過程式	He : 有効発生高さ	火災発生源と外気取入口の高度差を設定
	F : 排熱フラックス	(固定値)
	x : 火災源と給気口との離隔距離	(固定値)

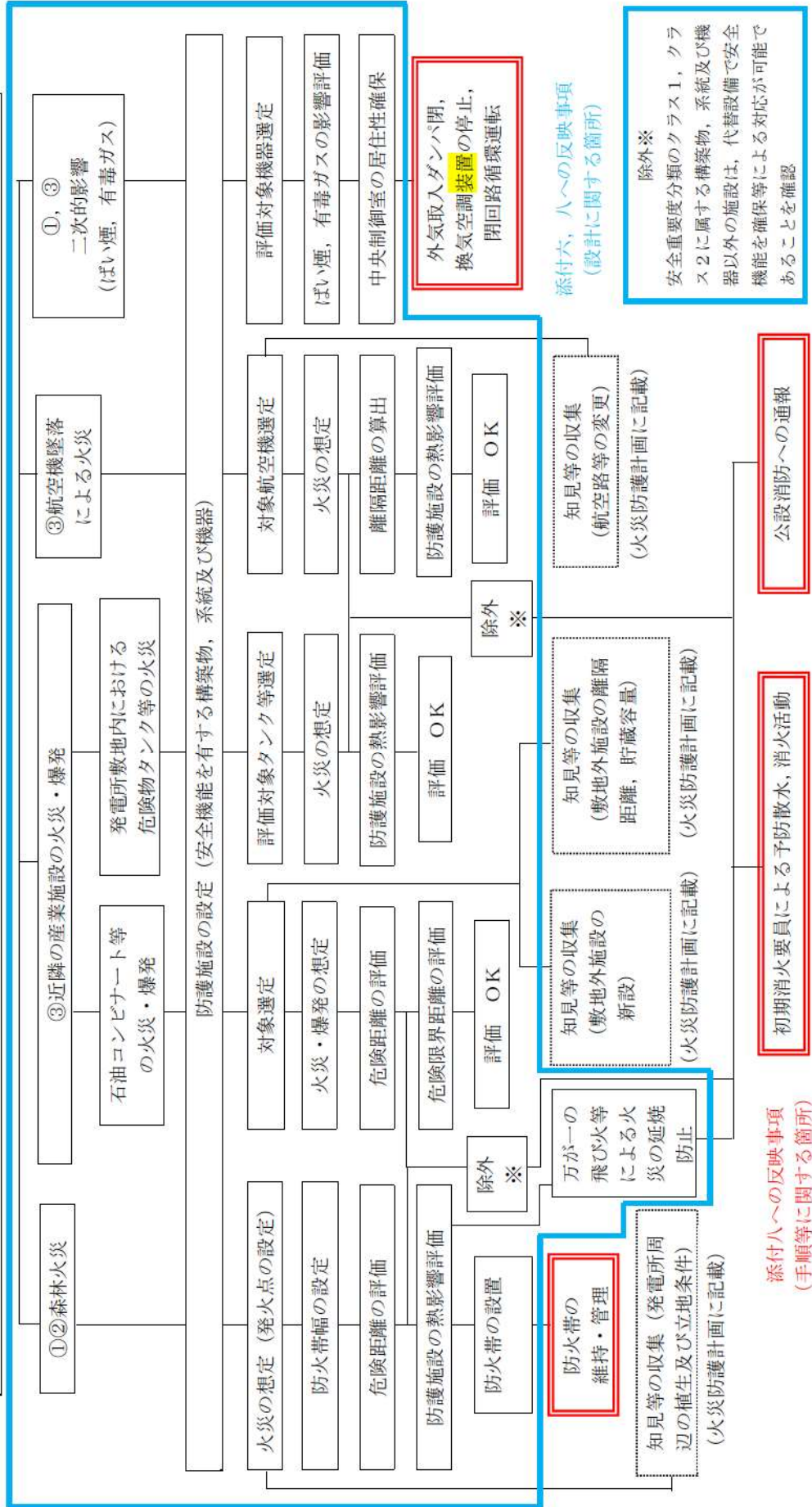
## 泊発電所 3 号炉

運用，手順説明資料

外部からの衝撃による損傷の防止  
(外部火災)

## 6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

- ① 安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項においても同じ）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。
- ② 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあるとして想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。
- ③ 安全施設は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならぬ。



第1表 運用, 手順に係る対策等 (設計基準)

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	防火帯の維持・管理	運用・手順	・火災防護計画 (防火帯上への駐車禁止等の措置, 防火帯のパトロール, 防火帯を覆うモルタルの保修)
		体制	・ (担当課・室) による防火帯の維持・管理)
		保守・点検	・ 防火帯の点検・維持
	知見の収集 (発電所周辺の植生及び立地条件)	教育・訓練	・ 火災防護に関する教育 (防火帯の維持・管理の教育を含む。)
		運用・手順	・ 火災防護計画 (外部火災影響評価ガイドに伴い, 外部火災影響評価を行う。)
		体制	・ (担当課・室) による外部火災影響評価)
	知見の収集 (石油コンビナート等の新設, 離隔距離, 貯蔵容量)	保守・点検	—
		教育・訓練	・ 火災防護に関する教育 (外部火災影響評価を含む)
		運用・手順	・ 火災防護計画 (外部火災影響評価ガイドに伴い, 外部火災影響評価を行う。)
	知見の収集 (航空路等の変更)	体制	・ (担当課・室) による外部火災影響評価)
		保守・点検	—
		教育・訓練	・ 火災防護に関する教育 (外部火災影響評価を含む)

第1表 運用, 手順に係る対策等 (設計基準)

※：初期消火要員の体制については、添付書類八「1.8.10.2 体制」に記載

設置許可基準対象条文	対象項目	区分	運用対策等
部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)	初期消火要員による 予防散水	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災発生現場の確認, 中央制御室への連絡</li> <li>現場指揮者は, 風向き等から火災進行方向を評価し, 散水場所を初期消火要員に指示する。</li> <li>初期消火要員は, 防火水槽等から水源をとり, ホースを展開し化学消防自動車等により予防散水を行う。</li> </ul>
		体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期消火要員※</li> </ul>
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>化学消防自動車, 水槽付消防ポンプ自動車の点検</li> <li>消火設備 (消火器, 消火栓等) の点検</li> <li>消防用資機材 (防火服, 空気呼吸器等) の点検</li> <li>故障時の補修</li> </ul>
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災防護に関する教育 (初期消火活動を含む)</li> <li>初期消火要員による総合的な初期消火訓練</li> <li>消防訓練</li> </ul>
	公設消防への通報	運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災防護計画 (運営課長又は当番者による公設消防への通報)</li> </ul>
		体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>初期消火要員※</li> </ul>
		保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>通報設備の点検</li> </ul>
		教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>火災防護に関する教育 (公設消防への通報)</li> </ul>
		運用・手順	<ul style="list-style-type: none"> <li>外気取入ダンパ閉, 換気空調装置の停止, 閉回路循環運転の手順</li> </ul>
		体制	<ul style="list-style-type: none"> <li>運転員による運転操作)</li> </ul>
外気取入ダンパ閉, 換気 空調装置の停止, 閉回路 循環運転	保守・点検	<ul style="list-style-type: none"> <li>換気空調設備の点検</li> </ul>	
	教育・訓練	<ul style="list-style-type: none"> <li>操作手順の教育 (運転員による外部火災発生時の外気取入ダンパ閉, 換気空調装置の停止, 閉回路循環運転)</li> <li>補修に関する教育・訓練 (換気空調設備)</li> </ul>	

## 泊発電所 3 号炉

森林火災評価に係る  
植生確認プロセスについて

## 1. 基準要求

【第6条】設置許可基準第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）にて、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないことを要求されている。また、外部火災影響評価について詳細に規定している「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下、「評価ガイド」という。）において、発電所敷地外で発生する火災が原子炉施設へ影響を与えないことについて評価することを要求されている。

当該基準要求を満足するにあたっては、評価ガイドの「付属書A森林火災の原子力発電所への影響評価について」において、FARSITE（Fire Area Simulator）という森林火災シミュレーション解析コードの利用を推奨しており、想定火災の火線強度に対する原子炉施設の防火帯幅を評価する。

## 2. 現場確認項目及び内容

上記基準要求を満足するためには、FARSITE を用いた評価に必要なデータのうち、植生データについて「現地状況をできるだけ模擬するため、樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報を用いて、土地利用データにおける森林領域を、樹種・林齢によりさらに細分化する。」と評価ガイドに記載されており、以下のとおり、国土数値情報土地利用メッシュ、北海道の森林簿情報及び現場調査による確認を実施している。

### 2.1 植生データの整備

#### (1) 植生データの入手及び整備

植生データについては、国土交通省の国土数値情報である泊発電所周辺の土地利用細分メッシュ（H21年度）を用い土地利用データを作成し、土地利用データの森林領域を細分化するための森林簿を北海道より入手し、森林領域等の植生データを細分化・整備した。

#### (2) 現場調査

FARSITE の入力にあたり、森林の樹種やその分布状況の詳細な現状把握が必要であるため、発電所を中心とする半径5kmの範囲の植生について、現場調査（写真撮影）を実施した。

現場調査にあたっては、平成17年以降国土交通省北海道開発関連業務のうち植生図作成を含む4件の業務に従事している者がウォークダウンをすることにより、植生を調査し、樹種、低木及び下草の有無を確認した。ウォークダウンの際に写真を撮影するとともに、調査位置についても記録した。



(3) 植生データの作成

(1), (2) を踏まえ補正し, FARSITE にて利用できるよう地理的な位置情報を扱う地理情報システム (GIS) に植生情報を入力してデータを作成した。

3. 記録の取扱い

現場調査結果及び FARSITE に入力した植生データを記録として保管する。

4. 今後の対応

発電所周辺の植生の変更がある場合は, その変更が森林火災評価へ与える影響に応じて再評価の必要性を検討する。

泊発電所3号炉審査資料	
資料番号	DB064V r.12.0
提出年月日	令和5年7月31日

## 泊発電所3号炉

設置許可基準規則等への適合状況について  
(設計基準対象施設等)

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止  
(火山)

令和5年7月  
北海道電力株式会社

枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません。

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止  
(火山)

## <目次>

1. 基本方針
  - 1.1 要求事項の整理
  - 1.2 追加要求事項に対する適合性
    - (1) 位置, 構造及び設備
    - (2) 安全設計方針
    - (3) 適合性説明
  - 1.3 気象等
  - 1.4 設備等
  
2. 外部からの衝撃による損傷の防止 (火山)  
別添 1 火山影響評価について
  
3. 運用, 手順説明資料  
別添 2 泊発電所 3 号炉 運用, 手順説明資料  
外部からの衝撃による損傷の防止 (火山)

## <概要>

1. において、設計基準対象施設の設置許可基準規則、技術基準規則の追加要求事項を明確化するとともに、それら要求に対する泊発電所3号炉における適合性を示す。
2. において、設計基準対象施設について、追加要求事項に適合するために必要となる機能を達成するための設備、運用等について説明する。
3. において、追加要求事項に適合するための運用、手順等を抽出し、必要となる運用対策等を整理する。

## 1. 基本方針

### 1.1 要求事項の整理

外部からの衝撃による損傷の防止について、設置許可基準規則第6条及び技術基準規則第7条において、追加要求事項を明確化する（第1.1.1表）。

第 1.1.1 表 設置許可基準規則第 6 条及び技術基準規則第 7 条要求事項

設置許可基準規則第 6 条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	技術基準規則第 7 条 (外部からの衝撃による損傷の防止)	備考
<p>安全施設（兼用キヤスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならぬ。</p> <p>3 安全施設（兼用キヤスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならぬ。</p>	<p>設計基準対象施設（兼用キヤスクを除く。）が想定される自然現象（地震及び津波を除く。）によりその安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置、基礎地盤の改良その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>【追加要求事項】</p>
<p>2 安全施設（兼用キヤスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならぬ。</p> <p>3 安全施設（兼用キヤスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）により発電用原子炉施設（兼用キヤスクを除く。）の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p> <p>3 航空機の墜落により発電用原子炉施設（兼用キヤスクを除く。）の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>2 周辺監視区域に隣接する地域に事業所、鉄道、道路その他の外部からの衝撃が発生するおそれがある要因がある場合には、事業所における火災又は爆発事故、危険物を搭載した車両、船舶又は航空機の事故その他の敷地及び敷地周辺の状況から想定される事象であつて人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）により発電用原子炉施設（兼用キヤスクを除く。）の安全性が損なわれないよう、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p> <p>3 航空機の墜落により発電用原子炉施設（兼用キヤスクを除く。）の安全性を損なうおそれがある場合は、防護措置その他の適切な措置を講じなければならない。</p>	<p>【追加要求事項】</p>

## 1.2 追加要求事項に対する適合性

### (1) 位置, 構造及び設備

#### 五 発電用原子炉及びその附属施設の位置, 構造及び設備

##### ロ. 発電用原子炉施設の一般構造

#### (3) その他の主要な構造

(i) 本発電用原子炉施設は, (1)耐震構造, (2)耐津波構造に加え, 以下の基本の方針のもとに安全設計を行う。

##### a. 設計基準対象施設

#### (a) 外部からの衝撃による損傷の防止

安全施設は, 発電所敷地で想定される洪水, 風(台風), 竜巻, 凍結, 降水, 積雪, 落雷, 地滑り, 火山の影響, 生物学的事象, 森林火災及び高潮の自然現象(地震及び津波を除く。)又はその組合せに遭遇した場合において, 自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として施設で生じ得る環境条件においても安全機能を損なわない設計とする。

なお, 発電所敷地で想定される自然現象のうち, 洪水については, 立地的要因により設計上考慮する必要はない。

上記に加え, 重要安全施設は, 科学的技術的知見を踏まえ, 当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生じる応力について, それぞれの因果関係及び時間的変化を考慮して適切に組み合わせる。

また, 安全施設は, 発電所敷地又はその周辺において想定される飛来物(航空機落下), ダムの崩壊, 爆発, 近隣工場等の火災, 有毒ガス, 船舶の衝突又は電磁的障害の発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの(故意によるものを除く。)に対して安全機能を損なわない設計とする。

なお, 発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象のうち, 飛来物(航空機落下)については, 確率的要因により設計上考慮する必要はない。また, ダムの崩壊については, 立地的要因により考慮する必要はない。

自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそ



れがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）の組合せについては、地震、津波、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災等を考慮する。

事象が単独で発生した場合の影響と比較して、複数の事象が重畳することで影響が増長される組合せを特定し、その組合せの影響に対しても安全機能を損なわない設計とする。

ここで、想定される自然現象及び発電所敷地又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設、設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

#### (a-8) 火山の影響

安全施設は、発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚 20cm、粒径 4 mm 以下、密度 0.7g/cm<sup>3</sup>（乾燥状態）～1.5g/cm<sup>3</sup>（湿潤状態）の降下火砕物に対し、以下のような設計とすることにより降下火砕物による直接的影響に対して機能維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせること、その安全機能を損なわない設計とする。

- ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること
- ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること
- ・ 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 水循環系の内部における摩耗並びに換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（摩耗）に対して摩耗しにくい設計とすること
- ・ 構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）並びに換気系、電気系及び計測制御系に対する

化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること

- ・発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室空調装置は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること
- ・電気系及び計測制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する安全保護系計装盤及び非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して、降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口の平型フィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは外気との連絡口を遮断し、閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること

さらに、降下火砕物による間接的影響である7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続できることにより安全機能を損なわない設計とする。

## (2) 安全設計方針

### 1. 安全設計

#### 1.8.8 火山防護に関する基本方針

##### 1.8.8.1 設計方針

###### (1) 火山事象に対する設計の基本方針

安全施設は、火山事象に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能を損なわない設計とする。このため、「添付書類六 8.1 火山」で評価し抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持、代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、安全重要度分類のクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。

降下火砕物によってその安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設のうち、外部事象防護対象施設は、建屋による

防護，構造健全性の維持等により安全機能を損なわない設計とする。

(2) 降下火砕物の設計条件

a. 設計条件の検討・設定

発電所の敷地において考慮する火山事象は，「添付書類六 8.1 火山」に示すとおり降下火砕物のみである。

降下火砕物の層厚は，降下火砕物の分布状況，シミュレーション及び分布事例による検討結果から総合的に判断し，保守的に20cmと設定する。

なお，鉛直荷重については，設計基準で想定している積雪荷重に，基準降下火砕物堆積量の設定において想定する噴火規模から1段階下げた噴火規模を考慮した層厚で湿潤状態の降下火砕物による荷重を踏まえて設定する。

粒径及び密度については，文献調査，地質調査及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえ，粒径4mm以下，密度 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態）～ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）と設定する。

(3) 評価対象施設等の抽出

外部事象防護対象施設等のうち，屋内設備は外殻となる建屋により防護する設計とし，評価対象施設を，建屋，屋外に設置されている施設，降下火砕物を含む海水の流路となる施設，降下火砕物を含む空気の流路となる施設，外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し抽出する。また，評価対象施設及び外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等という。

上記に含まれない構築物，系統及び機器は，降下火砕物により損傷した場合であっても，代替手段があること等により安全機能は損なわれない。

a. 建屋

- ・原子炉建屋
- ・原子炉補助建屋
- ・ディーゼル発電機建屋

- ・タービン建屋
- ・循環水ポンプ建屋

なお、タービン建屋に内包されているタービン保安装置及び主蒸気止め弁は、以下の設計とすることにより、以降の評価対象施設には含めないものとする。

評価対象施設のうちタービン建屋に内包されているタービン保安装置及び主蒸気止め弁については、蒸気発生器への過剰給水の緩和手段（タービントリップ）として期待している。火山事象を起因として蒸気発生器への過剰給水が発生することはないが、独立事象としての重畳の可能性を考慮し、タービン建屋も含め安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、安全機能を損なわない設計とする。

b. 屋外に設置されている施設

- ・排気筒
- ・A1, A2－燃料油貯油槽タンク室
- ・B1, B2－燃料油貯油槽タンク室
- ・A1, A2－ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ
- ・B1, B2－ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ
- ・主蒸気逃がし弁消音器
- ・主蒸気安全弁排気管
- ・タービン動補助給水ポンプ排気管

c. 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

- ・原子炉補機冷却海水ポンプ
- ・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び下流設備

d. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

- ・ディーゼル発電機
- ・換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）のうちディーゼル発電機室換気装置
- ・換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）のうち制御用空気圧縮機室換気装置
- ・換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）のうち電動補助給水ポンプ室換気装置

- ・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）のうち中央制御室空調装置，安全補機開閉器室空調装置
  - ・排気筒
  - ・主蒸気逃がし弁消音器
  - ・主蒸気安全弁排気管
  - ・タービン動補助給水ポンプ排気管
- e. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設
- ・安全保護系計装盤
  - ・非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）
  - ・制御用空気圧縮機
- f. 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設
- ・ディーゼル発電機排気消音器及び排気管
  - ・取水装置（除塵設備）
  - ・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）のうち補助建屋空調装置，格納容器空調装置，試料採取室空調装置
  - ・換気空調設備（主蒸気管室給気ガラリ）のうち主蒸気管室換気装置，タービン動補助給水ポンプ室換気装置

上記により抽出した評価対象施設等を第 1.8.8.1 表に示す。

#### (4) 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴，評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して，降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

##### a. 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より，降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (a) 火山ガラス片，鉍物結晶片から成る<sup>(1)</sup>。ただし，火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く<sup>(2)</sup>，主要な鉍物結晶片の硬

度は砂同等又はそれ以下である<sup>(3)(4)</sup>。

- (b) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している<sup>(1)</sup>。ただし、金属腐食研究の結果より、直ちに金属腐食を生じさせることはない<sup>(5)</sup>。
- (c) 水に濡れると導電性を生じる<sup>(1)</sup>。
- (d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する<sup>(1)</sup>。
- (e) 降下火砕物粒子の融点は約 1,000℃であり、一般的な砂に比べ低い<sup>(1)</sup>。

#### b. 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

##### (a) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、建屋及び屋外施設の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」及び建屋及び屋外施設に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。

評価に当たっては以下の荷重の組合せを考慮する。

- i) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重  
評価対象施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。
- ii) 設計基準事故時荷重  
外部事象防護対象施設は、当該外部事象防護対象施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該外部事象防護対象施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を、それぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせて設計する。
- iii) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ  
降下火砕物と組合せを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風（台風）及び積雪であり、降下火砕物の荷重と適切に組み合わせる。

##### (b) 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」及び降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）」である。

(c) 摩耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」及び降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）」である。

(d) 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより建屋及び屋外施設の外面を腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計測制御系において降下火砕物を含む空気の流路を腐食させる「換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）」及び海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

(e) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化及び降下火砕物の除去、屋外施設の点検等、屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

(f) 水質汚染

「水質汚染」については、給水源である海水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、降下火砕物の影響を受けた海水を直接給水として使用しないこと、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能には影響しない。

(g) 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が、電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる「盤の絶縁低下」である。

c. 間接的影響

(a) 外部電源喪失及びアクセス制限

降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」及び降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

(5) 降下火砕物の直接的影響に対する設計

直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。

a. 降下火砕物による荷重に対する設計

(a) 構造物への静的負荷

評価対象施設等のうち、構造物への静的負荷を考慮すべき施設は、降下火砕物が堆積する以下の施設である。

・ 建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

・ 屋外に設置されている施設

A1, A2-燃料油貯油槽タンク室, B1, B2-燃料油貯油槽タンク室, A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ, B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ

・ 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設



## ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは、降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価対象施設等の建屋においては、建築基準法における多雪区域の積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物による荷重を短期に生じる荷重として扱う。

また、降下火砕物による荷重と他の荷重を組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとする。

- ・原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋は、各建屋の屋根スラブにおける建築基準法の短期許容応力度を許容限界とする。

- ・建屋を除く評価対象施設等  
許容応力を「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」等に準拠する。

### (b) 粒子の衝突

評価対象施設等のうち、建屋及び屋外施設は、「粒子の衝突」に対して、「1.8.2 竜巻防護に関する基本方針」に基づく設計によって、外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。

### b. 降下火砕物による荷重以外に対する設計

降下火砕物による荷重以外の影響は、構造物への化学的影響（腐食），水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食），電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞），化学的影響（腐食）等により安全機能を損なわない設計

とする。

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については、「c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計」に示す。

(a) 構造物への化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物の直接的な付着による影響が考えられる以下の施設である。

・ 建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

・ 屋外に設置されている施設

排気筒，A1，A2－燃料油貯油槽タンク室，B1，B2－燃料油貯油槽タンク室，A1，A2－ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ，B1，B2－ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ

・ 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

金属腐食研究の結果より，降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食を生じないが，外装の塗装等によって短期での腐食により，外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお，降灰後の長期的な腐食の影響については，日常保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

(b) 水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，水循環系の閉塞，内部における摩耗及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は，以下の施設

である。

- ・ 降下火砕物を含む海水の流路となる施設  
原子炉補機冷却海水ポンプ，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び下流設備
- ・ 降下火砕物の影響を受ける施設であって，その停止等により，外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設  
取水装置（除塵設備）

降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが，当該施設については，降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けることにより，海水の流路となる施設が閉塞しない設計とする。

内部における摩耗については，主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから，摩耗による影響は小さい。また当該施設については，定期的な内部点検及び日常保守管理により，状況に応じて補修が可能であり，摩耗により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については，金属腐食研究の結果より，降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが，耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって，腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお，長期的な腐食の影響については，日常保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

- (c) 電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）を考慮すべき屋外に設置されている施設はない。

原子炉補機冷却海水ポンプは屋内施設であるが，仮に，自然換気による外気の流入により，降下火砕物が循環水ポンプ建屋内に侵入した場合でも，機械的影響（閉塞）については，原子炉補機冷却海水ポンプの電動機本体は外気と遮断さ

れた全閉構造，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の空気冷却器の冷却管内径は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより，機械的影響（閉塞）により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については，金属腐食研究の結果より，降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが，耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって，腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。なお，長期的な腐食の影響については，日常保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

(d) 絶縁低下及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち，絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は，以下の施設である。

- ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

安全保護系計装盤，非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）

当該施設の設置場所は安全補機開閉器室空調装置及び原子炉補助建屋空調装置にて空調管理されており，本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し，これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから，仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり，粒径は極めて細かな粒子である。

また，安全補機開閉器室空調装置については，外気取入ダンプの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることで，安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することが可能である。

これらのフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有することにより，降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し，安全保護系計装盤，非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）の安全機能を損なわない設計とする。

c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して、以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

(a) 機械的影響（閉塞）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

ディーゼル発電機機関

ディーゼル発電機吸気消音器

換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）、換気空調設備

（補助建屋給気ガラリ）、排気筒、主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管、タービン動補助給水ポンプ排気管

管

各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機機関及び換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ及び補助建屋給気ガラリ）は、吸気口上流側の外気取入口にガラリフードが取り付けられており、下方から吸い込む構造とすることにより、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

排気筒、主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管及びタービン動補助給水ポンプ排気管は、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒、主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管及びタービン動補助給水ポンプ排気管の構造から排気流路が閉塞しない設計とすることにより、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。

また、外気を取り入れる換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ及び補助建屋給気ガラリ）及びディーゼル発電機吸気消音器にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

主蒸気逃がし弁及び主蒸気安全弁は、開口部に降下火砕物が侵入した場合でも消音器や配管の形状により閉塞しにくい設計とし、また仮に弁出口配管内に降下火砕物が侵入し堆積した場合でも、弁の吹出しにより流路を確保し閉塞しない設

計とする。

ディーゼル発電機機関は、フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

(b) 機械的影響（摩耗）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（摩耗）を考慮すべき施設は、以下の施設である。

- ・ 降下火砕物を含む空気の流路となる施設のうち摺動部を有する施設  
ディーゼル発電機機関
- ・ 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設のうち摺動部を有する施設  
制御用空気圧縮機

主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さい。

構造上の対応として、ディーゼル発電機機関及び屋内の空気を取り込む機構を有する制御用空気圧縮機は、吸気口上流側の外気取入口にガラリフードが取り付けられており、下方から吸い込む構造とすることによりディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機に降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

また、仮にディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗によりディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機の安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れるディーゼル発電機吸気消音器及び制御用空気圧縮機室換気装置の空気の流路にフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、摩耗によりディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機の安全機能を損なわない設計とする。

(c) 化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下の施設である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

ディーゼル発電機機関，ディーゼル発電機吸気消音器，換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ），換気空調設備（補助建屋給気ガラリ），排気筒，主蒸気逃がし弁消音器，主蒸気安全弁排気管，タービン動補助給水ポンプ排気管

金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(d) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室空調装置の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有しているが、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止する。

さらに外気取入遮断時において、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施し、室内の居住性を確保する設計とする。

(6) 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわた

る送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対してディーゼル発電機の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却並びに使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

電源の供給に関する設計方針は、「10.1 非常用電源設備」に記載する。

#### 1.8.8.2 手順等

降下火砕物の降灰時における手順について、降下火砕物の除去（資機材含む。）等の対応を適切に実施するため、以下について手順を定める。

- (1) 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備に長期間降下火砕物による荷重を掛け続けないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除去を適切に実施する手順を定める。
- (2) 降灰が確認された場合には、評価対象施設に対する特別点検を行い、降下火砕物の降灰による影響が考えられる設備等があれば、その状況に応じて補修等を行う手順を定める。
- (3) 降灰が確認された場合には、状況に応じて外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。
- (4) 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、平型フィルタの差圧を確認するとともに、状況に応じて取替え又は清掃を実施する手順を定める。
- (5) 降灰が確認された場合には、ディーゼル発電機吸気消音器のフィルタについて、点検によりディーゼル発電機の排気温度等を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する**手順を定める**。
- (6) 降灰が確認された場合には、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナについて、差圧を確認するとともに、状況に応じて洗浄を行う**手順を定める**。
- (7) 降灰が確認された場合には、開閉所設備の除灰及び必要に応じ



て碍子清掃を行う手順を定める。

- (8) 降灰後の腐食等の中長期的な影響については、日常保守点検や定期点検等により腐食等による異常がないか確認を行い、異常が確認された場合には、その状況に応じて塗替塗装等の対応を行う手順を定める。
- (9) 火山事象に対する運用管理に万全を期すため、必要な技術的能力を維持・向上させることを目的とし、降下火砕物による施設への影響を生じさせないための運用管理に関する教育を実施する手順を定める。

#### 1.8.8.3 参考文献

- (1) 広域的な火山防災対策に係る検討会（第3回）資料2，内閣府
- (2) 「シラスコンクリートの特徴とその実用化の現状」武若耕司，コンクリート工学，Vol. 42，2004
- (3) 「新編火山灰アトラス[日本列島とその周辺]. 第2刷」町田洋ほか，東京大学出版会，2011
- (4) 「理科年表（2017）」国立天文台編
- (5) 「火山環境における金属材料の腐食」出雲茂人，末吉秀一ほか，防食技術 Vol. 39，1990

第 1.8.8.1 表 評価対象施設等の抽出結果

設備区分		評価対象施設等
外部事象防護対象施設等	建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋</li> <li>・原子炉補助建屋</li> <li>・ディーゼル発電機建屋</li> <li>・循環水ポンプ建屋</li> </ul>
	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排気筒</li> <li>・A1, A2-燃料油貯油槽タンク室</li> <li>・B1, B2-燃料油貯油槽タンク室</li> <li>・A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ</li> <li>・B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ</li> <li>・主蒸気逃がし弁消音器</li> <li>・主蒸気安全弁排気管</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ排気管</li> </ul>
	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ</li> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び下流設備</li> </ul>
	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ディーゼル発電機</li> <li>・換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）[ディーゼル発電機室換気装置, 制御用空気圧縮機室換気装置及び電動補助給水ポンプ室換気装置]</li> <li>・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）[中央制御室空調装置, 安全補機開閉器室空調装置]</li> <li>・排気筒</li> <li>・主蒸気逃がし弁消音器</li> <li>・主蒸気安全弁排気管</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ排気管</li> </ul>
	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全保護系計装盤</li> <li>・非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）</li> <li>・制御用空気圧縮機</li> </ul>
外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設		<ul style="list-style-type: none"> <li>・ディーゼル発電機排気消音器及び排気管</li> <li>・取水装置（除塵設備）</li> <li>・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）[補助建屋空調装置, 格納容器空調装置, 試料採取室空調装置]</li> <li>・換気空調設備（主蒸気管室給気ガラリ）[主蒸気管室換気装置, タービン動補助給水ポンプ室換気装置]</li> </ul>

### (3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 重要安全施設は、当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

#### 適合のための設計方針

##### 第1項について

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を選定し、設計基準を設定するに当たっては、発電所の立地地域である泊村に対する規格・基準類による設定値及び発電所の最寄りの気象官署である寿都特別地域気象観測所で観測された過去の記録並びに小樽特別地域気象観測所で観測された過去の記録をもとに設定する。

また、これらの自然現象ごとに関連して発生する可能性がある自然現象も含める。

安全施設は、発電所敷地で想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地で想定される自然現象に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設、設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。

また、発電所敷地で想定される自然現象又はその組合せに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として安全施設で生じ得る環境条件を考慮する。

発電用原子炉施設のうち安全施設は、以下のとおり条件を設定し、自然現象によって発電用原子炉施設の安全機能を損なわない設計とする。

(9) 火山の影響

外部事象防護対象施設等は、降下火砕物による直接的影響及び間接的影響が発生した場合においても、安全機能を損なわないよう以下の設計とする。

a. 直接的影響に対する設計

外部事象防護対象施設等は、直接的影響に対して、以下により安全機能を損なうことのない設計とする。

- ・ 構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること
- ・ 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること
- ・ 換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 水循環系の内部における摩耗並びに換気系、電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）に対して摩耗しにくい設計とすること
- ・ 構造物の化学的影響（腐食）、水循環系の化学的影響（腐食）並びに換気系、電気系及び計測制御系の化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすること
- ・ 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室空調装置は降下火砕物が侵入しにくく、さらに外気を遮断できる設計とすること
- ・ 電気系及び計測制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する安全保護系計装盤、非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすること
- ・ 降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して、降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口の平型フィルタの取替え若しくは清掃又は換気空調設備の停止若しくは外気との連絡口を遮断し、閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とすること

また、上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより、安全機能を損なわない設計とする。

b. 間接的影響に対する設計

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象が生じた場合については、降下火砕物に対してディー

ゼル発電機の安全機能を維持することで、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。

### 1.3 気象等

## 8. 火山

(地震津波側で審査中)

追而【地震津波側審査の反映】  
（「8. 火山」については、  
地震津波側審査結果を受けて反映のため）

### 1.4 設備等

該当なし

## 泊発電所 3 号炉

### 火山影響評価について



枠囲みの内容は機密情報に属しますので公開できません

## < 目次 >

### 1. 基本方針

- 1.1 概要
- 1.2 火山影響評価の流れ

【地震津波側審査の反映】  
は追而とする（目次のみ記載）

### 1.3 火山活動のモニタリングの流れ

### 2. 立地評価

- 2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出
- 2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価

### 3. 火山活動のモニタリング

- 3.1 火山影響評価の根拠が維持されていることの確認を目的とした火山活動のモニタリング

### 4. 影響評価

- 4.1 火山事象の影響評価
- 4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針
- 4.3 火山事象（降下火砕物）から防護する施設
- 4.4 降下火砕物による影響の選定
  - 4.4.1 降下火砕物の特徴
  - 4.4.2 直接的影響
  - 4.4.3 間接的影響
  - 4.4.4 評価対象施設等に対する影響因子の選定
- 4.5 設計荷重の設定
- 4.6 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針
  - 4.6.1 降下火砕物による荷重に対する設計方針
  - 4.6.2 降下火砕物による荷重以外に対する設計方針
  - 4.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針
- 4.7 降下火砕物の除去等の対策
  - 4.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理
  - 4.7.2 手順
- 4.8 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

### 5. まとめ



- 個別評価－1 建屋等に係る影響評価
- 個別評価－2 海水ポンプに係る影響評価
- 個別評価－3 海水ストレーナに係る影響評価
- 個別評価－4 ディーゼル発電機に係る影響評価
- 個別評価－5 換気空調設備（外気取入口）に係る影響評価
- 個別評価－6 取水装置（除塵設備）に係る影響評価
- 個別評価－7 安全保護系計装盤及び非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）  
に係る影響評価
- 個別評価－8 排気筒に係る影響評価
- 個別評価－9 主蒸気逃がし弁消音器に係る影響評価
- 個別評価－10 主蒸気安全弁排気管に係る影響評価
- 個別評価－11 タービン動補助給水ポンプ排気管に係る影響評価
- 個別評価－12 制御用空気圧縮機に係る影響評価

### 追而【地震津波側審査の反映】

(補足資料のうち立地評価に関する事項については、地震津波側審査結果を受けて反映するが、降下火砕物に対して安全機能を損なわないことを確認する)

#### 補足資料

1. 原子力発電所の火山影響評価ガイドとの整合性について
2. 降下火砕物の特徴及び影響モードと、影響モードから選定された影響因子に対し影響を受ける評価対象施設等の組合せについて
3. 降下火砕物による摩耗について
4. 降下火砕物の化学的影響（腐食）について
5. ディーゼル発電機吸気消音器の吸気フィルタの影響について
6. 降下火砕物の侵入によるディーゼル発電機機関空気冷却器への影響について
7. 降下火砕物の侵入による潤滑油への影響について
8. 降下火砕物の金属腐食研究について
9. 安全保護系計装盤及び非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）への降下火砕物の影響について
10. 建屋等の降灰除去について
11. 降下火砕物降灰時の平型フィルタ取替手順について
12. 観測された諸噴火の最盛期における噴出率と継続時間について
13. 重大事故等対処設備への考慮について
14. 水質汚染に対する補給水等への影響について
15. 気中降下火砕物の対策に係る検討状況について
16. 泊発電所における気中降下火砕物濃度の算出について
17. 降下火砕物と積雪荷重との組合せについて
18. 降灰時の外部支援及び開閉所の除灰の成立性検討について
19. 降下火砕物による摩耗や融解の影響について
20. 外部事象に対する津波防護施設、浸水防止設備及び津波監視設備の防護方針について
21. 火山影響評価における監視カメラ及びモニタリングポストの扱いについて
22. 原子炉の高温停止及び低温停止に必要な設備に関する降下火砕物の降灰の影響評価について
23. ディーゼル機関の故障要因について
24. 降下火砕物が降灰した際の対応手順について
25. 負圧管理箇所への降下火砕物の侵入影響について
26. 腐食による機能影響について
27. 腐食の長期的影響に対する保守管理について
28. 灰置場について
29. アイスランド火山を用いる基本的考え方とセントヘレンズ火山による影響評価について

## 1. 基本方針

### 1.1 概要

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成 25 年 6 月 28 日原子力規制委員会規則第五号）」第 6 条において、外部からの衝撃による損傷防止として、安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないとしており、敷地周辺の自然環境を基に想定される自然現象の 1 つとして、火山の影響を挙げている。

火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するため、火山影響評価を行い、発電用原子炉施設へ影響を与えないことを評価する。

### 1.2 火山影響評価の流れ

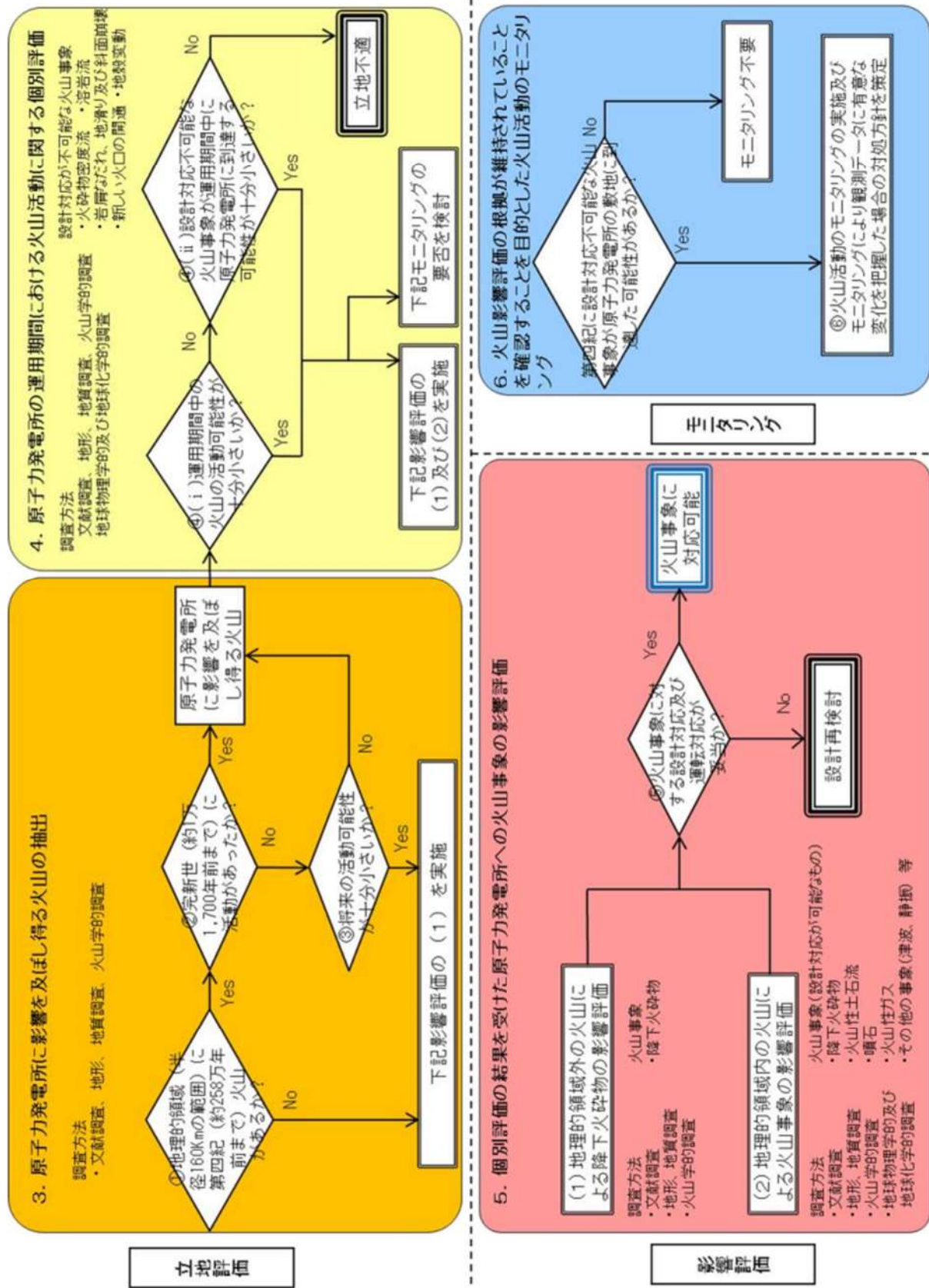
火山影響評価は、「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し、第 1.2.1 図のフローに従い立地評価と影響評価の 2 段階で行う。

立地評価では、原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出を行い、抽出された火山の火山活動に関する個別評価を行う。具体的には設計対応不可能な火山事象が泊発電所の運用期間中に影響を及ぼす可能性の評価を行う。

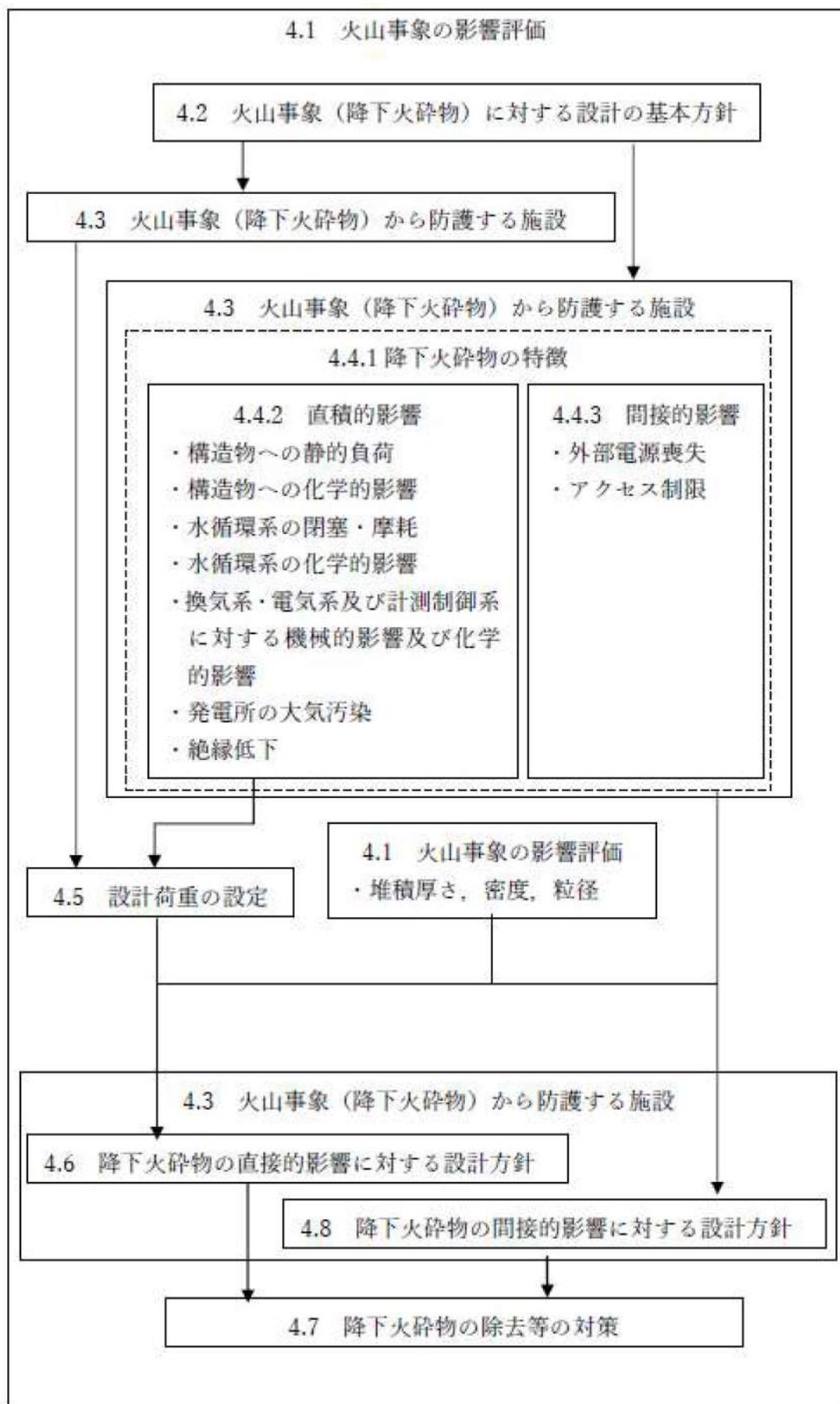
設計対応不可能な火山事象が影響を及ぼす可能性が十分低いと評価された場合は、原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価を行う。

影響評価では、個々の火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について「4.1 火山事象の影響評価」にて評価を行う。（第 1.2.2 図）

なお、立地評価及び原子力発電所に影響を与える可能性のある火山事象の抽出とその影響評価については、「添付書類六 8. 火山」にて示す。



第 1.2.1 図 火山影響評価の基本フロー「原子力発電所の火山影響評価ガイド」から抜粋



第1.2.2図 影響評価の詳細フロー

## 2. 立地評価

### 2.1 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出

追而【地震津波側審査の反映】  
(立地評価について、地震津波側審査結果を受けて反映のため)

### 2.2 運用期間における火山活動に関する個別評価

追而【地震津波側審査の反映】  
(立地評価について、地震津波側審査結果を受けて反映のため)

#### 4. 影響評価

##### 4.1 火山事象の影響評価

将来の活動可能性が否定できない火山について、泊発電所3号炉の運用期間中の噴火規模を考慮し、それが噴火した場合、発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、降下火砕物（火山灰）（以下「降下火砕物」という。）のみが泊発電所に影響を及ぼし得る火山事象であるという結果となった。

追而【地震津波側審査の反映】  
（立地評価について、地震津波側審査結果を受けて反映のため）

想定する降下火砕物堆積量は、敷地周辺の層厚等を考慮し、降下火砕物堆積量を20cmと設定した。

その他得られた降下火砕物の特性を第4.1.1表及び第4.1.2表に示す。なお、鉛直荷重については、設計基準で想定している積雪荷重に、基準降下火砕物堆積量の設定において想定する噴火規模から1段階下げた噴火規模を考慮した層厚で湿潤状態の降下火砕物による荷重を踏まえ設定する。また粒径及び密度については、文献、地質調査及び降下火砕物シミュレーションの結果を踏まえ、粒径4mm以下、密度 $0.7\text{g}/\text{cm}^3$ （乾燥状態）～ $1.5\text{g}/\text{cm}^3$ （湿潤状態）と設定した。

第4.1.1表 降下火砕物の特性

項目	条件	備考
層厚	20cm	「構造物への静的負荷」の評価に使用
密度	$0.7\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.5\text{g}/\text{cm}^3$ (乾燥状態) (湿潤状態)	
堆積荷重 <sup>※1</sup>	$5,970\text{N}/\text{m}^2$	
粒径	4mm以下	「水循環系の閉塞」及び「換気、電気系及び計測制御系に対する機械的影響」の評価に使用
化学的特性	火山ガス成分が付着	火山ガス成分には、化学的腐食や給水の汚染を引き起こす成分（塩素イオン、フッ素イオン、硫化物イオン等）が含まれる。

第 4.1.2 表 火山影響評価ガイド添付 1 の手法により算出した  
 気中降下火砕物の特性

$\phi$	-1~0	0~1	1~2	2~3	3~4	4~5	5~6	6~7
粒径 $i$ (mm) <sup>※4</sup>	1.4	$7.1 \times 10^{-1}$	$3.5 \times 10^{-1}$	$1.8 \times 10^{-1}$	$8.8 \times 10^{-2}$	$4.4 \times 10^{-2}$	$2.2 \times 10^{-2}$	$1.1 \times 10^{-2}$
粒径 $i$ の割合 $P_i$ (wt%)	$2.5 \times 10^{-12}$	0.80	49.7	42.8	6.6	0.18	$4.0 \times 10^{-3}$	$1.0 \times 10^{-4}$
堆積速度 $v_i$ (g/(s·m <sup>2</sup> ))	$5.8 \times 10^{-14}$	0.02	1.2	0.99	0.15	$4.1 \times 10^{-3}$	$9.3 \times 10^{-5}$	$2.3 \times 10^{-6}$
堆積時間 $t$ (h)	24							

※ 1 : 積雪条件に湿潤状態の降下火砕物を踏まえた鉛直荷重

積雪荷重 + 湿潤状態の降下火砕物の荷重

$$= (189\text{cm} \times 30\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}))^{*2} + (2\text{cm}^{*3} \times 150\text{N}/(\text{m}^2 \cdot \text{cm}))$$

$$= 5,970\text{N}/\text{m}^2$$

※ 2 : 北海道 建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重(多雪地域)

(積雪の単位荷重は, 1 cm 当たり 30N/m<sup>2</sup>)

※ 3 : 基準降下火砕物堆積量の設定において想定する噴火規模から 1 段階下げた噴火規模を考慮した層厚

※ 4 :  $\phi$  スケール ( $i = 2^{-\phi}$  (mm)) による中央粒径を示す



#### 4.2 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針

将来の活動可能性が否定できない火山について、発電所の運用期間中の噴火規模を考慮し、発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象を抽出した結果、「4.1 火山事象の影響評価」に示すとおり該当する火山事象は降下火砕物のみであり、地理的領域（160km）の広範囲に影響を及ぼす降下火砕物に対し、安全施設の安全機能を損なわない設計とする。以下に火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針を示す。

- (1) 降下火砕物による直接的な影響（荷重、閉塞、摩耗、腐食等）に対して、安全機能を損なわない設計とする。
- (2) 原子力発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。
- (3) 降下火砕物による間接的な影響である7日間の外部電源の喪失、発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、発電所の安全性を維持するために必要となる電源の供給が継続でき、安全機能を損なわない設計とする。

#### 4.3 火山事象（降下火砕物）から防護する施設

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則（平成25年6月28日原子力規制委員会規則第五号）」第6条において、「安全施設（兼用キャスクを除く）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。」とされていることから、降下火砕物の影響から防護する施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されている安全重要度分類クラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

また、以下の点を踏まえ、外部事象防護対象施設は、発電用原子炉を停止するため又は停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器、並びに使用済燃料ピットの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物、系統及び機器として安全重要度分類のクラス1、クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物、系統及び機器とする。また、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて外部事象防護対象施設等という。

- ・降下火砕物襲来時の状況を踏まえ、必要に応じプラント停止の措置をとること
- ・プラント停止後は、その状態を維持することが重要であること

その上で、外部事象防護対象施設等のうち、屋内設備は内包する建屋により防護する設計とし、評価対象施設を建屋、屋外に設置されている施設、降下火砕物を含む海水の流路となる施設、降下火砕物を含む空気の流れとなる施設、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設に分類し抽出する。また、評価対象施設及び外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設を評価対象施設等

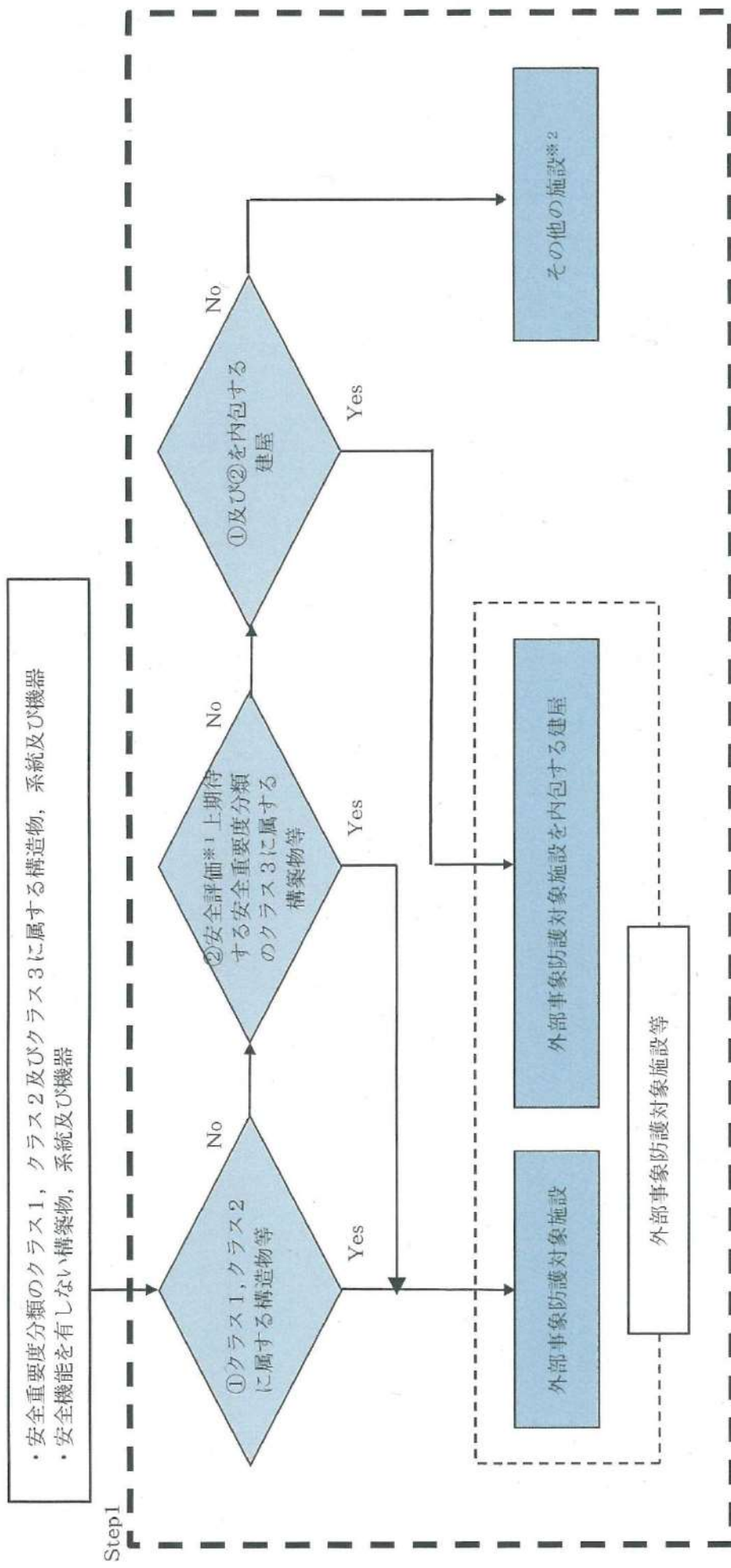
という。

上記以外の安全施設については、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応又はそれらを適切に組み合わせることで、その安全機能を損なわない設計とする。

以上を踏まえた抽出フローを第4.3.1図、第4.3.2図に示す。抽出フローに基づき抽出した評価対象施設等を第4.3.1表、第4.3.2表に示すとともに、評価対象施設等の設置場所を第4.3.3図に示す。

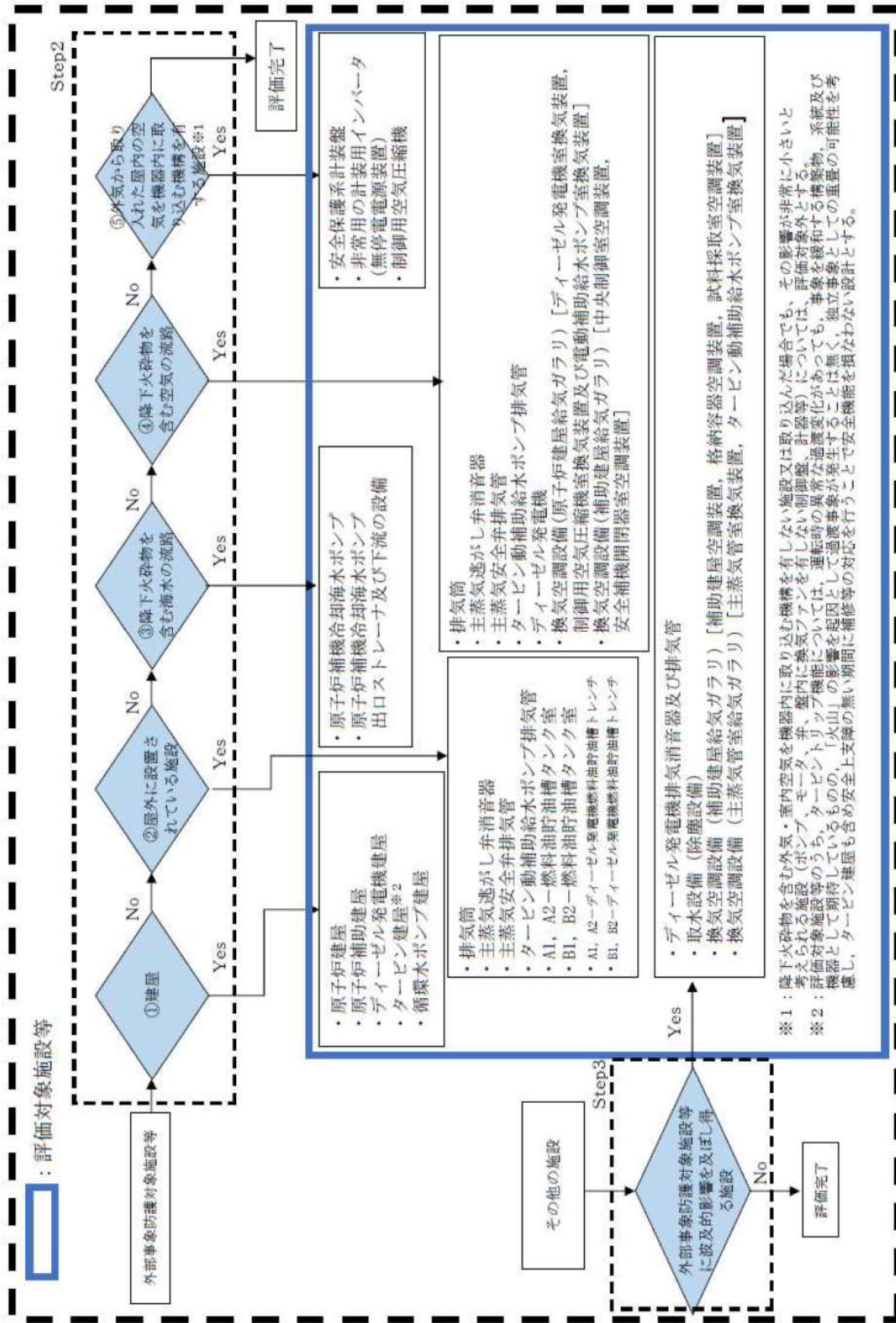
なお、津波防護施設は重要度分類指針におけるクラス1、クラス2及びクラス3に属する構築物、系統及び機器に該当しないが、基準津波の高さや防護範囲の広さ等の重要性を鑑み、自主的に機能維持のための配慮を行う。

(補足資料-20)



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析  
 ※2 その他の施設のうち安全施設は、降下火砕物に対して機能を維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること。安全上支障のない期間での除灰、修復等の対応が可能であることを確認する。

第 4.3.1 図 外部事象防護対象施設等の抽出フロー



第 4.3.2 図 評価対象施設等の抽出フロー

第 4.3.1 表 評価対象施設等の抽出結果

設備区分	評価対象施設等	
外部事象防護対象施設等	建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋</li> <li>・原子炉補助建屋</li> <li>・ディーゼル発電機建屋</li> <li>・タービン建屋※1</li> <li>・循環水ポンプ建屋</li> </ul>
	屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排気筒</li> <li>・A1, A2-燃料油貯油槽タンク室</li> <li>・B1, B2-燃料油貯油槽タンク室</li> <li>・A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ</li> <li>・B1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ</li> <li>・主蒸気逃がし弁消音器</li> <li>・主蒸気安全弁排気管</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ排気管</li> </ul>
	降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ</li> <li>・原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び下流設備</li> </ul>
	降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・排気筒</li> <li>・主蒸気逃がし弁消音器</li> <li>・主蒸気安全弁排気管</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ排気管</li> <li>・ディーゼル発電機</li> <li>・換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）[ディーゼル発電機室換気装置，制御用空気圧縮機室換気装置及び電動補助給水ポンプ室換気装置]</li> <li>・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）[中央制御室空調装置，安全補機開閉器室空調装置]</li> </ul>
	外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・安全保護系計装盤</li> <li>・非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）</li> <li>・制御用空気圧縮機</li> </ul>
外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ディーゼル発電機排気消音器及び排気管</li> <li>・取水装置（除塵設備）</li> <li>・換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）[補助建屋空調装置，格納容器空調装置，試料採取室空調装置]</li> <li>・換気空調設備（主蒸気管室給気ガラリ）[主蒸気管室換気装置，タービン動補助給水ポンプ室換気装置]</li> </ul>	

※1 タービン建屋については、安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、タービン保安装置及び主蒸気止め弁が安全機能を損なわない設計とすることから、降下火砕物の直接的影響評価は実施しない。

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (1/16)

分類	定義	機能	構築物, 系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考		
				構造物, 系統 又は機器	STEP1	STEP2									
						①	②	③	④	⑤					
PS-1	その損傷又は故障により発生する事象によって、(a) 炉心の著しい損傷、又は (b) 燃料の大量の破損を引き起こすおそれのある構築物、系統及び機器	1) 原子炉冷却材圧力バウンダリ機能 2) 過剰反応度の印加防止機能 3) 炉心形状の維持機能	原子炉冷却材圧力バウンダリを構成する機器・配管系 (計装等の小口径配管・機器は除く)	原子炉冷却材圧力バウンダリ隔離弁	○	×	×	×	×	×	×	R/B	—	・間接関連系 (クラス 3) として ※3 を抽出	
			制御棒駆動装置圧力ハウジング	炉内計装引出管	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
			制御棒駆動装置圧力ハウジング	炉心槽	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—
				炉心支持構造物 (炉心槽, 上部炉心支持板, 上部炉心支柱, 上部炉心板, 下部炉心板, 下部炉心支柱, 下部炉心板), 燃料集合体 (ただし, 燃料を除く)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, ①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流れとなる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設  
 ※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋  
 ※3: 換気空調設備 (補助建屋給気ガラー) のうち格納容器空調装置



第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (3/16)

分類	定義	機能	構造物、系統 又は機器	泊発電所3号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考		
				構造物、系統 又は機器	STEP1	STEP2								STEP3	
						①	②	③	④	⑤					
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し、残留熱を除去し、原子炉冷却材圧力パウンダリの過圧を防止し、敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構造物、系統及び機器	4) 原子炉停止後の除熱機能	残留熱を除去する系統(余熱除去系、補助給水系、蒸気発生器2次側隔離弁までの主蒸気系・給水系、主蒸気安全弁、主蒸気逃がし弁(手動逃がし機能))	余熱除去設備	○	×	×	×	×	×	○	A/B	○		
				余熱除去ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	○	A/B	○	
				余熱除去冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○	
				配管及び弁(余熱除去運転モードのルートとなる範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	・間接関連系(クラス3)として※4を抽出
				直接関連系(余熱除去設備)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				ポンプミニマムフローライン配管及び弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				補助給水設備	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○	
				電動補助給水ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				電動補助給水ポンプ(電動補助給水ポンプ室換気装置)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				タービン動補助給水ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	・排気管が屋外設備 ・間接関連系(クラス3)として※4を抽出
				補助給水ピット	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				配管及び弁(補助給水ピットから補助給水ポンプを経て主給水配管との合流部までの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				直接関連系(補助給水設備)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				ポンプタービンへの蒸気供給配管及び弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
				ポンプミニマムフローライン配管及び弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	
主蒸気設備	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
蒸気発生器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
主蒸気隔離弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
主蒸気安全弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	・排気管が屋外設備 ・間接関連系(クラス3)として※4を抽出				
主蒸気逃がし弁(手動逃がし機能)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○	・排気管が屋外設備 ・間接関連系(クラス3)として※4を抽出				
配管及び弁(蒸気発生器から主蒸気隔離弁の範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
給水設備	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
蒸気発生器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
主給水隔離弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					
配管及び弁(蒸気発生器から主給水隔離弁の範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○					

※1：評価対象施設等の抽出の観点：STEP1=外部事象防護対象施設等、①=建屋、②=屋外に設置されている施設、③=降下火砕物を含む雨水の流路となる施設、④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設、⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設、STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設  
 ※2：R/B=原子炉建屋(原子炉格納容器を含む)、A/B=原子炉補助建屋、DG/B=ディーゼル発電機建屋、CWP/B=循環水ポンプ建屋  
 ※3：換気空調設備(補助建屋給気ガラリ)のうち補助建屋空調装置  
 ※4：換気空調設備(主蒸気管室給気ガラリ)のうちタービン動補助給水ポンプ室換気装置  
 ※5：換気空調設備(主蒸気管室給気ガラリ)のうちタービン動補助給水ポンプ室換気装置  
 ※6：換気空調設備(主蒸気管室給気ガラリ)のうち主蒸気管室換気装置



第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (4/16)

分類	定義	機能	構造物, 系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考				
				構造物, 系統 又は機器	STEP1	STEP2											
						①	②	③	④	⑤							
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し, 残留熱を除去し, 原子炉冷却材圧力バウナダリの過圧を防止し, 敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構造物, 系統及び機器	5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 (低圧注入系, 高圧注入系, 蓄圧注入系)	低圧注入系	○	×	×	×	×	×	○	A/B	○	・ 間接関連系 (クラス3) と して※4を抽出			
				余熱除去ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	○	A/B		○		
				余熱除去冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
				燃料取替用水ピット	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
				格納容器再循環サンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
				配管及び弁 (燃料取替用水ピット及び格納容器再循環サンプから余熱除去ポンプ, 余熱除去冷却器を経て1次冷却設備までの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B		○		・ 間接関連系 (クラス3) と して※4を抽出
				直接関連系 (低圧注入系) 配管及び弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B		○		
				高圧注入系	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
				燃料取替用水ピット	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B		○		
				高圧注入ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
				格納容器再循環サンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
				配管及び弁 (燃料取替用水ピット及び再循環サンプから高圧注入ポンプを経て1次冷却設備までの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B		○		・ 間接関連系 (クラス3) と して※4を抽出
				直接関連系 (高圧注入系) ポンプミニマムフローライン 配管及び弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B		○		
				蓄圧注入系	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		—		
蓄圧タンク	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—							
配管及び弁 (蓄圧タンクから1次冷却設備低温側配管合流部までの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—							
原子炉格納容器	6) 放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器, アニュラス, 原子炉格納容器隔離弁, 原子炉格納容器スプレイ系, アニュラス空気再循環設備, 安全補機室空気浄化系, 可熱性ガス濃度制御系	○	×	×	×	×	×	×	R/B	—						
格納容器本体		○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—						
貫通部 (ペネトレーション)		○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—						
エアロック		○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—						
機器搬入口		○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—						
アニュラス		○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—						
原子炉格納容器隔離弁及び格納容器ハウダリ配管		○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—						

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, ①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流路となる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋

※4: 換気空調設備 (補助建屋格気ガラー) のうち補助建屋空調装置

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (5/16)

分類	定義	機能	構造物, 系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考	
				構造物, 系統 又は機器	STEP1	STEP2								
						①	②	③	④	⑤				
MS-1	1) 異常状態発生時に原子炉を緊急に停止し, 残留熱を除去し, 原子炉冷却材圧力バウレンダリの過圧を防止し, 敷地周辺公衆への過度の放射線の影響を防止する構造物, 系統及び機器	6) 放射性物質の閉じ込め機能, 放射線の遮へい及び放出低減機能	原子炉格納容器, アニュラス, 原子炉格納容器隔離弁, 原子炉格納容器スプレイ系, アニュラス空気再循環設備, 安全補機室空気浄化系, 可燃性ガス濃度制御系	原子炉格納容器スプレイ設備	○	×	×	×	×	×	R/B	—		
				燃料取替用水ピット	○	×	×	×	×	×	R/B	—		
				格納容器スプレイポンプ	○	×	×	×	×	×	A/B	○		・間接関連系
				格納容器スプレイ冷却器	○	×	×	×	×	×	A/B	○		(クラス3) と
				よう素除去薬品タンク	○	×	×	×	×	×	A/B	○		して※4を抽出
				スプレイエダクタ	○	×	×	×	×	×	A/B	○		
				スプレイレインダ	○	×	×	×	×	×	R/B	—		
				スプレイノズル	○	×	×	×	×	×	R/B	—		
				配管及び弁(燃料取替用水ピット及び格納容器再循環タンクから格納容器スプレイポンプ, 格納容器スプレイ冷却器を経てスプレイレインダヘッドまでの範囲。よう素除去薬品タンクからスプレイエダクタを経て格納容器スプレイ配管までの範囲)	○	×	×	×	×	×	R/B	○		・間接関連系
				アニュラス空気浄化設備	○	×	×	×	×	×	A/B	○		(クラス3) と
アニュラス空気浄化ファン	○	×	×	×	×	×	R/B	—						
アニュラス空気浄化ファン	○	×	×	×	×	×	R/B	—						
ダクト及びダンパ	○	×	×	×	×	×	R/B	○		・間接関連系				
直接関連系(アニュラス空気浄化設備)	○	×	×	×	×	×	A/B	○		(クラス3) と				
遮へい設備(外部遮へい壁)	○	×	×	×	×	×	屋外	○						
				○	×	×	×	屋外	○			原子炉建屋として評価		

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, ①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流れとなる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れられた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋(原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋

※4: 換気空調設備(補助建屋給気ガラー)のうち補助建屋空調装置



第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (7/16)

分類	定義	機能	構築物、系統又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置場所 <sup>※2</sup>	評価対象施設等	備考		
				重要度分類審査指針	構築物、系統又は機器	STEP1	STEP2								
							STEP3	①	②	③				④	⑤
MS-1	2) 安全上必須なその他の構築物、系統及び機器	2) 安全上特に重要な関連機能	非常用内電源系、制御室及びその遮へい・換気空調系、原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却海水系、直流電源系、制御用圧縮空気設備 (いずれも、MS-1 関連のもの)	構築物、系統又は機器	○	×	×	×	×	×	×	—			
				中央制御室及び中央制御室遮へい	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B		
				中央制御室空調装置 (放射線防護機能及び有毒ガス防護機能)											
				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											
				中央制御室給気ファン											
				中央制御室循環ファンダクト及びダンパ											
				原子炉補機冷却水設備											
				原子炉補機冷却水ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		
				原子炉補機冷却水冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		
				配管及び弁 (MS-1 関連補機への冷却水ラインの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B		
				直接関連系 (原子炉補機冷却水サージタンク)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B		
				原子炉補機冷却水設備											
				原子炉補機冷却水ポンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	CWP/B	○	
				原子炉補機冷却水ポンプ出口ロストレーナ	○	×	×	×	×	×	×	×	CWP/B	○	
原子炉補機冷却水冷却器海水入ロストレーナ	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B						
原子炉補機冷却水冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B						
配管及び弁 (MS-1 関連補機への海水補給ラインの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B						
直接関連系 (原子炉補機冷却水ポンプ出口ロストレーナ (異物除去機能を司る部分) 取水路 (屋外トレンチ含む))	○	×	×	×	×	×	×	×	屋外	○	直接関連系 (クラス 3) として取水装置 (除塵設備) を抽出				

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, ①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流路となる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (8/16)

分類	定義	機能	構造物、系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考			
				重要度分類審査指針	構造物、系統 又は機器	STEP1	STEP2									
							STEP3	①	②	③				④	⑤	
MS-1	2) 安全上必須なその他の構造物、系統及び機器	2) 安全上特に重要な関連機能	非常用内電源系、制御室及びその遮へい・換気空調系、原子炉補機冷却水系、原子炉補機冷却系、原子炉補機冷却系、直流電源海水系、制御用圧縮空気設備 (いずれも、MS-1 関連のもの)	非常用直流電源設備	○	×	×	×	×	×	×	A/B	—			
				蓄電池	○	×	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B DG/B	—	
				蓄電池から非常用負荷までの配電設備及び回路 (MS-1 関連)	○	×	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○	
				蓄電池から非常用負荷までの配電設備及び回路 (MS-1 関連) (安全補機閉器室空調装置)	○	×	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○	
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射性物質の放出のおそれのある構造物、系統及び機器	1) 原子炉炉冷却材を内蔵する機能 (ただし、原子炉炉冷却材圧力バウンダリから除外されている計装等の小口径のもの及びバウンダリに直接接続されていないものは除く)	化学体積制御設備の抽出系・浄化系	計測制御用電源設備	○	×	×	×	×	×	×	R/B A/B DG/B	—			
				制御用圧縮空気設備	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				制御用空気圧縮装置	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				配管及び弁 (MS-1 関連補機への制御用空気供給ラインの範囲)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	—		
				制御用空気圧縮装置 (制御用空気圧縮機室空調装置)	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				化学体積制御設備	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				再生熱交換器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				余熱抽出冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				非再生冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B	○		
				冷却材混床式脱塩塔	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○		
				冷却材陽イオン脱塩塔	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○		
				冷却材脱塩塔入口フィルタ	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○		
				冷却材フィルタ	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○		
体積制御タンク	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○						
充てんポンプ	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○						
封水注入フィルタ	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○						
封水ストレーナ	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○						
封水冷却器	○	×	×	×	×	×	×	×	A/B	○						
配管及び弁	○	×	×	×	×	×	×	×	R/B A/B	○						

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, ①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流路となる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れられた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋

※4: 換気空調設備 (補助建屋給気ガラリー) のうち補助建屋空調装置

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (9/16)

分類	定義	機能	構築物、系統 又は機器	抽出の観点 <sup>※1</sup>				設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考			
				STEP1	STEP2						STEP3		
					①	②	③					④	⑤
PS-2	1) その損傷又は故障により発生する事象によって、炉心の著しい損傷又は燃料の大量の破損を直ちに引き起こすおそれはないが、敷地外への過度の放射線物質の放出のおそれのある構築物、系統及び機器	2) 原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されていないものであって、放射性物質を貯蔵する機能	放射性廃棄物処理施設（放射能インベントリの大きいもの）、使用済燃料ピット（使用済燃料ラックを含む）	放射性気体廃棄物処理設備	○	×	×	×	○	R/B	○	・前後調理系 (クラス3)と して※4を抽出	
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
					○	×	×	×	×	○	R/B		○
PS-2	3) 燃料を安全に取り扱う機能	燃料取扱設備	燃料取扱設備	新燃料ラック 燃料ラック 燃料移送装置 使用済燃料ピットクレーン 燃料取扱棟クレーン 直接関連系 (燃料取扱設備) 原子炉キャビティ キャスクピット 燃料取扱キャナル 燃料検査ピット	○	×	×	×	×	R/B	○	-	
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
PS-2	2) 通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物系統、及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の吹き止まり機能	加圧器安全弁、加圧器逃がし弁、吹き止まり機能に関連する部分	加圧器安全弁（吹き止まり機能）	○	×	×	×	×	R/B	○	-	
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○
					○	×	×	×	×	×	R/B		○

※1：評価対象施設等の抽出の観点：STEP1＝外部事象防護対象施設等、①＝建屋、②＝屋外に設置されている施設、③＝降下火砕物を含む海水の流路となる施設、④＝降下火砕物を含む空気の流路となる施設、⑤＝外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設、STEP3＝外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2：R/B＝原子炉建屋（原子炉格納容器を含む）、A/B＝原子炉補助建屋、DG/B＝ディーゼル発電機建屋、CWP/B＝循環水ポンプ建屋

※4：換気空調設備（補助建屋給気ガラー）のうち補助建屋空調装置

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (10/16)

分類	定義	機能	構築物、系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考	
				重要度分類審査指針	構築物、系統 又は機器	STEP1	STEP2							
							①	②	③	④				⑤
MS-2	1) PS-2 の構築物、系統及び機器の損傷又は故障により敷地周辺公衆に与える放射線の影響を十分に小さくするようにする構築物、系統及び機器	1) 燃料プールの補給機能	使用済燃料ピット補給水系	燃料取替用水ピット	○	×	×	×	×	×	R/B	—		
		2) 放射性物質放出の防止機能	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁、燃料集合体落下事故時放射能放出を低減する系、排気筒(補助建屋)	燃料取替用水ポンプ 配管及び弁 (燃料取替用水ピットから燃料取替用水ポンプを経 て使用済燃料ピットまでの範囲)	○	×	×	×	×	×	R/B	—		
MS-2	2) 異常状態への対応上特に重要な構築物、系統及び機器	1) 事故時のプラント状態の把握機能	事故時監視計器の一部	中性子源領域中性子束	中性子源領域中性子束	○	×	×	×	×	R/B	—		
				原子炉トリップ遮断器の状態	原子炉トリップ遮断器の状態	○	×	×	×	×	R/B	—		
				ほう素濃度 (サンプリング分析)	ほう素濃度 (サンプリング分析)	○	×	×	×	×	R/B	—		
				1 次冷却材圧力	1 次冷却材圧力	○	×	×	×	×	R/B	—		
				1 次冷却材高温側温度 (広域) 及び 1 次冷却材低温側温度 (広域)	1 次冷却材高温側温度 (広域) 及び 1 次冷却材低温側温度 (広域)	○	×	×	×	×	R/B	—		
				加圧器水位	加圧器水位	○	×	×	×	×	R/B	—		
				格納容器圧力	格納容器圧力	○	×	×	×	×	R/B	—		
				格納容器高レンジエリアモニタ (低レンジ)	格納容器高レンジエリアモニタ (低レンジ)	○	×	×	×	×	R/B	—		
				格納容器高レンジエリアモニタ (高レンジ)	格納容器高レンジエリアモニタ (高レンジ)	○	×	×	×	×	R/B	—		
				ほう酸タンク水位	ほう酸タンク水位	○	×	×	×	×	A/B	—		
				蒸気発生器水位 (広域)	蒸気発生器水位 (広域)	○	×	×	×	×	R/B	—		
				蒸気発生器水位 (狭域)	蒸気発生器水位 (狭域)	○	×	×	×	×	R/B	—		
				補助給水ライン流量	補助給水ライン流量	○	×	×	×	×	R/B	—		
				主蒸気ライン圧力	主蒸気ライン圧力	○	×	×	×	×	R/B	—		
				補助給水ピット水位	補助給水ピット水位	○	×	×	×	×	R/B	—		
燃料取替用水ピット水位	燃料取替用水ピット水位	○	×	×	×	×	R/B	—						
格納容器再循環サンプ水位 (狭域)	格納容器再循環サンプ水位 (狭域)	○	×	×	×	×	R/B	—						
格納容器再循環サンプ水位 (広域)	格納容器再循環サンプ水位 (広域)	○	×	×	×	×	R/B	—						

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等、①=建屋、②=屋外に設置されている施設、③=降下火砕物を含む海水の流路となる施設、④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設、⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設、STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む)、A/B=原子炉補助建屋、DG/B=ディーゼル発電機建屋、CWP/B=循環水ポンプ建屋

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (11/16)

分類	定義	機能	構造物, 系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考				
				重要度分類審査指針	構造物, 系統 又は機器	STEP1	STEP2										
							STEP2 ①	STEP2 ②	STEP2 ③	STEP2 ④				STEP2 ⑤			
MS-2	2) 異常状態への対応上特に重要な構造物, 系統及び機器	2) 異常状態の緩和機能 3) 制御室からの安全停止機能	構造物, 系統又は機器 加圧器逃し(手動開閉機能), 加圧器ヒータ(後備ヒータ), 加圧器逃し弁元弁 制御室外原子炉停止装置(安全停止に関連するもの)	構造物, 系統又は機器	○	×	×	×	×	×	R/B	—					
				加圧器後備ヒータ	○	×	×	×	×	×	R/B	—					
				加圧器逃し弁(手動開閉機能)	○	×	×	×	×	×	R/B	—					
PS-3	1) 異常状態の起因事象となるものであって, PS-1 及び PS-2 以外の構造物, 系統及び機器 3) 放射性物質の貯蔵機能	1) 原子炉冷却材保持機能 (PS-1, PS-2 以外のもの) 2) 原子炉冷却材の循環機能 3) 放射性物質の貯蔵機能	原子炉冷却材圧力バウンダリから除外される計装等の小口径配管, 弁 1 次冷却材ポンプ及びその関連系 放射性廃棄物処理施設(放射能インベントリの小さいもの)	計装配管及び弁	×	—	—	—	—	—	—	—	—				
				計装採取系配管及び弁	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—		
				ドレン配管及び弁	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				ベント配管及び弁	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				1 次冷却材ポンプ	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				化学体積制御系	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				封水注入系	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				1 次冷却材ポンプスタンドバイ	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				配管及び弁	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				液体廃棄物処理系	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				加圧器逃しタンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
				格納容器サンプ	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	
廃液貯蔵ピット	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
冷却材貯蔵タンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
格納容器冷却材ドレンタンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
補助建屋サンプタンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
洗浄排水タンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
洗浄排水蒸発装置	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
洗浄排水蒸留水タンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
洗浄排水濃縮廃液タンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
洗浄排水濃縮廃液移送容器	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
廃液蒸留水タンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					
酸液ドレンタンク	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—					

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, STEP2①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流路となる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋(原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋, T/B=タービン建屋, EL/B=電気建屋



第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (12/16)

分類	定義	機能	構築物、系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考			
				重要度分類審査指針	構築物、系統 又は機器	STEP1	STEP2									
							①	②	③	④				⑤		
PS-3	1) 異常状態の起因 事象となるもの であって、PS-1 及 び PS-2 以外の構 築物、系統及び機 器  4) 電源供給機能 (非 常用を除く)	3) 放射性物質の貯蔵 機能	放射性廃棄物処理 施設 (放射能インベ ントリの小さいもの)	固体廃棄物処理設備	X	-	-	-	-	X	-	-	-			
				使用済樹脂貯蔵タンク	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
				固体廃棄物貯蔵庫 ペイラ	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
				種固体焼却設備	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
				新燃料貯蔵庫	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
				新燃料ラック	X	-	-	-	-	X	-	-	-	-	-	
				発電機及びその励磁装置	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				発電機	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				励磁装置	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				直接関連系 (発電機及びその励磁装 置)	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	
				タービン発電機固定子巻線冷却水系 タービン発電機ガス系 タービン発電機密封油系 励磁装置	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				蒸気タービン 主タービン	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				主要弁及び配管	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				直接関連系 (蒸気タービン)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	
				主蒸気設備 (主蒸気、駆動源) タービン制御系 タービン潤滑油系	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
復水設備	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
復水器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
復水ポンプ	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
配管及び弁	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					
直接関連系 (復水系)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X					
復水器空気抽出系 (機械式空気抽 出系、配管及び弁)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, STEP2①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流路となる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋, T/B=タービン建屋

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (13/16)

分類	定義	機能	構築物, 系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考				
				構築物, 系統 又は機器	STEP1	STEP2											
						①	②	③	④	⑤							
PS-3	1) 異常状態の起因 事象となるもの であって、PS-1 及 び PS-2 以外の構 築物, 系統及び機 器  4) 電源供給機能 (非 常用を除く)		構築物, 系統 又は機器	給水系													
				電動主給水ポンプ	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
				タービン動主給水ポンプ	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				給水加熱器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				配管及び弁	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				直接関連系 (給水系)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				駆動用蒸気	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				循環水系	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				循環水ポンプ	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				配管及び弁	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				直接関連系 (循環水系)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				取水設備 (屋外トレンチを含む)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				常用所内電源設備	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				発電機又は外部電源系から所内負荷までの配電設備及び電路 (MS-1 関連以外)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				直流電源設備	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
				蓄電池	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				蓄電池から常用負荷までの配電設備及び電路 (MS-1 関連以外)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				計測制御用電源設備	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				電源装置から常用計測制御装置までの配電設備及び電路 (MS-1 関連以外)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
				制御棒駆動装置用電源設備	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
送電線	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
変圧器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
主変圧器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
所内変圧器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
予備変圧器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
後備変圧器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
電路	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
直接関連系 (変圧器)	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
油劣化防止装置 冷却装置	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				
発電機負荷開閉器	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-				

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, STEP2①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流れとなる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋, T/B=タービン建屋

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (14/16)

分類	定義	機能	構造物, 系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考				
				重要度分類審査指針	構造物, 系統 又は機器	STEP1	STEP2							STEP3			
							①	②	③	④					⑤		
PS-3	1) 異常状態の起因 事象となるもの であり、PS-1 及 び PS-2 以外の構 造物, 系統及び機 器	4) 電源供給機能 (非 常用を除く)	主蒸気系 (隔離弁以 後), 給水系 (隔離弁 以前), 送電線, 変圧 器, 開閉所	開閉所													
				母線	X	-	-	-	-	X							
				遮断器	X	-	-	-	-	X							
		5) プラント計測・制 御機能 (安全保護 機能を除く)	原子炉制御系, 原子 炉計装, プロセス系 統	断路器	X	-	-	-	-	X							
				電路	X	-	-	-	-	X							
				原子炉制御系の一部	X	-	-	-	-	X							
		6) プラント運転補助 機能			原子炉計装の一部	X	-	-	-	-	X						
					プロセス計装の一部	X	-	-	-	-	X						
					補助蒸気設備	X	-	-	-	-	X						
					蒸気供給系配管	X	-	-	-	-	X						
					弁含む補助蒸気ドレンタンク	X	-	-	-	-	X						
					補助蒸気ドレンポンプ	X	-	-	-	-	X						
					スチームコンバータ	X	-	-	-	-	X						
					スチームコンバータ給水ポンプ	X	-	-	-	-	X						
					スチームコンバータ給水タンク	X	-	-	-	-	X						
			補助蒸気系, 制御用 空気設備 (MS-1 以 外)	軸受水 (スチームコンバータ のみ)	X	-	-	-	-	X							
				直接関連系 (補助蒸気設備 のみ)	X	-	-	-	-	X							
				制御用空気設備 (MS-1 以外)	X	-	-	-	-	X							
				原子炉補機冷却水系 (MS-1 以外)	X	-	-	-	-	X							
				軸受冷却水冷却系	X	-	-	-	-	X							
				軸受冷却水ポンプ	X	-	-	-	-	X							
				熱交換器	X	-	-	-	-	X							
				配管及び弁	X	-	-	-	-	X							
				直接関連系 (軸受冷却水冷却 系)	X	-	-	-	-	X							
				スタントドバイブ	X	-	-	-	-	X							
				復水補給水系	X	-	-	-	-	X							
				配管及び弁	X	-	-	-	-	X							
直接関連系 (復水補給水系)	X	-	-	-	-	X											
2次系補水タンク	X	-	-	-	-	X											

※1: 評価対象施設等の抽出の観点: STEP1=外部事象防護対象施設等, STEP2①=建屋, ②=屋外に設置されている施設, ③=降下火砕物を含む海水の流れとなる施設, ④=降下火砕物を含む空気の流路となる施設, ⑤=外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設, STEP3=外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2: R/B=原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む), A/B=原子炉補助建屋, DG/B=ディーゼル発電機建屋, CWP/B=循環水ポンプ建屋, T/B=タービン建屋

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (15/16)

分類	定義	機能	構築物、系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考			
				重要度分類審査指針	構築物、系統 又は機器	燃料被覆管	STEP1	STEP2								
								STEP3	①	②				③	④	⑤
PS-3	2) 原子炉冷却材中放射線物質濃度を通常運転に支障のない程度に低く抑える構築物、系統及び機器	1) 核分裂生成物の原子炉冷却材中への放射防止機能	構築物、系統又は機器	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2) 原子炉冷却材の浄化機能	化学体積制御設備の浄化系 (浄化機能)	化学体積制御系	燃料被覆管 上/下部端栓	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
	MS-3	1) 運転時の異常な過渡変化があっても、MS-1、MS-2とあいまって、事象を緩和する構築物、系統及び機器	1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	化学体積制御設備	化学体積制御設備	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			2) 出力上昇の抑制機能	タービンランバッキング系、制御棒引抜阻止インターロック	タービンランバッキング系、制御棒引抜阻止インターロック	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			3) 原子炉冷却材の補給機能	化学体積制御設備の売てん系、1 次冷却系補給水設備	化学体積制御設備	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	化学体積制御設備	化学体積制御設備	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			2) 出力上昇の抑制機能	タービンランバッキング系、制御棒引抜阻止インターロック	タービンランバッキング系、制御棒引抜阻止インターロック	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			3) 原子炉冷却材の補給機能	化学体積制御設備の売てん系、1 次冷却系補給水設備	化学体積制御設備	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			1) 原子炉圧力の上昇の緩和機能	化学体積制御設備	化学体積制御設備	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
			2) 出力上昇の抑制機能	タービンランバッキング系、制御棒引抜阻止インターロック	タービンランバッキング系、制御棒引抜阻止インターロック	燃料被覆管	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
MS-3	2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	
		2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	原子炉発電所緊急時対策所、燃料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	緊急時対策所	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	

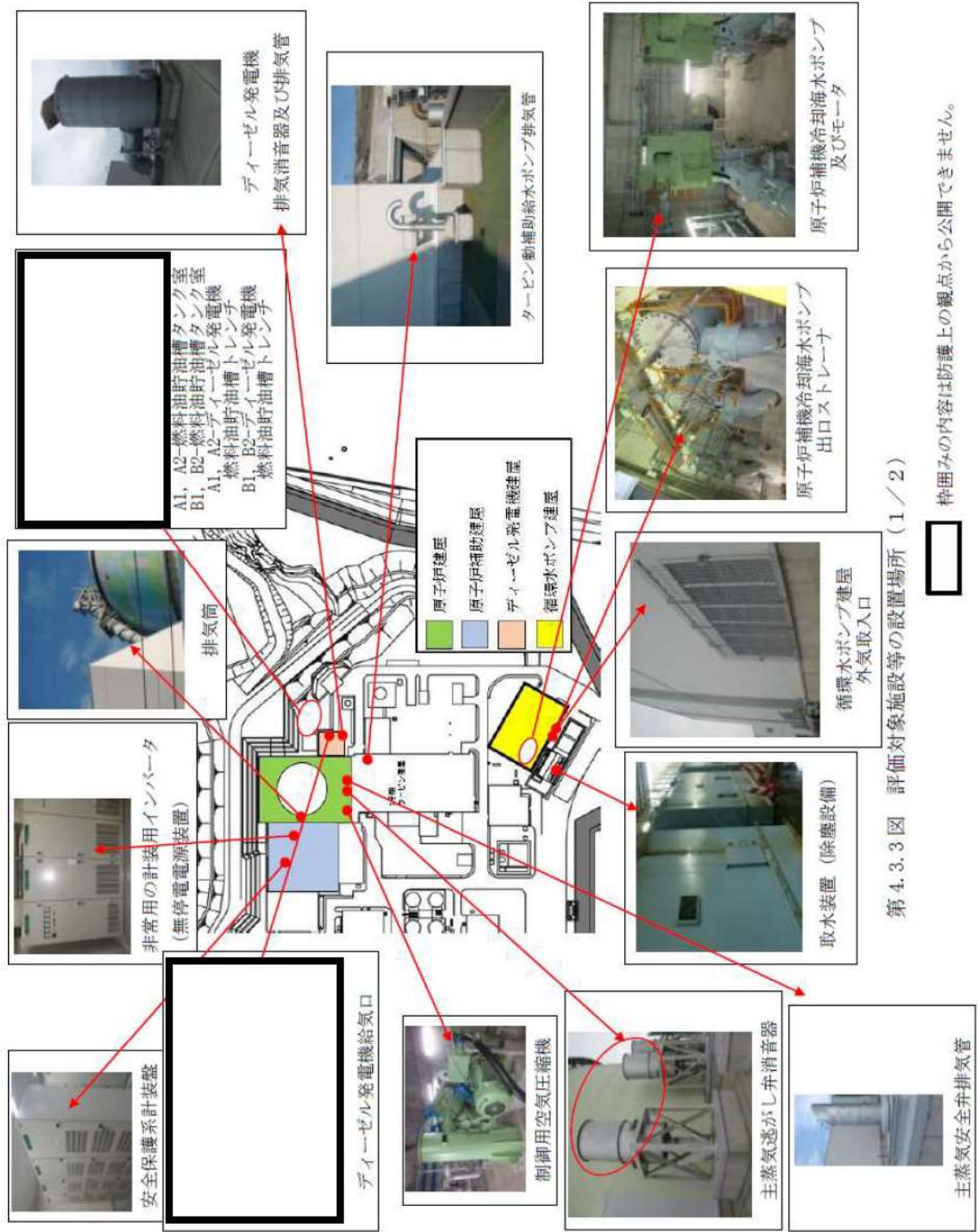
※1：評価対象施設等の抽出の観点：STEP1＝外部事象防護対象施設等、STEP2①＝建屋、②＝屋外に設置されている施設、③＝降下火砕物を含む海水の流れとなる施設、④＝降下火砕物を含む空気の流路となる施設、⑤＝外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機能を有する施設、STEP3＝外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

※2：R/B＝原子炉建屋 (原子炉格納容器を含む)、A/B＝原子炉補助建屋、DG/B＝ディーゼル発電機建屋、CWP/B＝循環水ポンプ建屋、T/B＝タービン建屋

第 4.3.2 表 外部事象防護対象施設等のうち評価対象施設の抽出結果 (16/16)

分類	定義	機能	構築物、系統 又は機器	泊発電所 3 号炉		抽出の観点 <sup>※1</sup>					設置 場所 <sup>※2</sup>	評価 対象 施設等	備考	
				構築物、系統又は機器	STEP1	STEP2								STEP3
						①	②	③	④	⑤				
MS-3	2) 異常状態への対応上必要な構築物、系統及び機器	1) 緊急時対策上重要なもの及び異常状態の把握機能	原子力発電所緊急時対策所、試料採取系、通信連絡設備、放射線監視設備、事故時監視計器の一部、消火系、安全避難通路、非常用照明	試料採取設備										
				異常時に必要な機能を有する配管及び弁（原子炉冷却材放射性物質濃度サンプリング分析、原子炉格納容器囲気放射性物質濃度サンプリング分析）	×	-	-	-	-	×	-	-		
				通信連絡設備（1つの専用回路を含む複数の回路を有する通信連絡設備）	×	-	-	-	-	×	-	-	-	
				放射線管理設備	×	-	-	-	-	×	-	-	-	
				事故時監視計器の一部	×	-	-	-	-	×	-	-	-	
				消火設備	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				水消火設備	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				泡消火設備	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				二酸化炭素消火設備	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				ポンプ冷却水、ろ過タンク、ろ過水タンク、火災検出装置（受信機含む）、防火扉、防火ダンパ、耐火壁、隔壁（消火設備の機能を維持・担保するために必要なもの）	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				直接関連系（消火設備）	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				安全避難通路	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				直接関連系（安全避難通路）	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				非常用照明	×	-	-	-	-	-	-	-	-	
				原子炉建屋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○
原子炉補助建屋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
ディーゼル発電機建屋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
循環水ポンプ建屋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
A1、A2-燃料油貯槽タンク室	○	×	○	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
B1、B2-燃料油貯槽タンク室	○	×	○	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
A1、A2-ディーゼル発電機燃料油貯槽トレンチ	○	×	○	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
B1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯槽トレンチ	○	×	○	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			
タービン建屋	○	○	×	×	×	×	×	×	×	○	外設施設			

※1：評価対象施設等の抽出の観点：STEP1＝外部事象防護対象施設等、STEP2①＝建屋、②＝屋外に設置されている施設、③＝降下火砕物を含む海水の流路となる施設、④＝降下火砕物を含む空気の流路となる施設、⑤＝外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設、STEP3＝外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設  
 ※2：R/B＝原子炉建屋（原子炉格納容器を含む）、A/B＝原子炉補助建屋、D6/B＝ディーゼル発電機建屋、CWP/B＝循環水ポンプ建屋、T/B＝タービン建屋  
 ※7：タービン建屋については、蒸気発生器への過剰給水の緩和手段（タービントリップ機能）として期待している、タービン保安装置及び主蒸気止め弁を内包する建屋であるため、評価対象として抽出する。火山事象を起因として蒸気発生器への過剰給水が発生することは無いが、独立事象としての重量の可能性を考慮し、安全上支障のない期間に補修等の対応を行うことで、タービン保安装置及び主蒸気止め弁が安全機能を損なわない設計とすることから、降下火砕物の直接的影響評価は実施しない。



第 4.3.3 図 評価対象施設等の設置場所 (1 / 2)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。







#### 4.4 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴，評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して，降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

##### 4.4.1 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より，降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (1) 火山ガラス片，鉱物結晶片から成る。ただし，火山ガラス片は砂よりもろく硬度は低く，主要な鉱物結晶片の硬度は砂と同等，又はそれ以下である。
- (2) 硫酸等を含む腐食性のガス（以下「腐食性ガス」という。）が付着している。ただし，金属腐食研究の結果より，直ちに金属腐食を生じさせることはない。
- (3) 水に濡れると導電性を生じる。
- (4) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する。
- (5) 降下火砕物粒子の融点は約 1,000℃であり，一般的な砂に比べ低い。

（補足資料－ 2, 3, 8, 19）

##### 4.4.2 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重，閉塞，摩耗，腐食，大気汚染，水質汚染及び絶縁影響を抽出し，評価対象施設等の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。なお，泊発電所 3 号炉で想定される降下火砕物の条件を考慮し，第 4.4.2.1 表に示す項目について評価を実施する。

##### (1) 直接的影響の要因の選定と評価手法

###### (a) 荷重

「荷重」について考慮すべき影響因子は，建屋及び屋外施設の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」，並びに建屋及び屋外施設に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。

粒子の衝突による影響については，「外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」に包絡される。

###### (b) 閉塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」，及び降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系，電気系及び計測制御系の機械的影響（閉塞）」である。

###### (c) 摩耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は，降下火砕物を含む海水が流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」，並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系，電気系及び計測制御系の機械的影響（摩耗）」である。

(d) 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより建屋及び屋外施設の外面を腐食させる「構築物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計測制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）」、及び海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

(e) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、並びに降下火砕物の除去、屋外施設の点検等、屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

(f) 水質汚染

「水質汚染」については、給水源である海水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、降下火砕物の影響を受けた海水を直接給水として使用しないこと、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能には影響しない。

(補足資料－14)

(g) 絶縁影響

「絶縁影響」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が電気系及び計測制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる盤の「絶縁低下」である。

第4.4.2.1表 降下火砕物が設備に影響を与える可能性のある因子

影響を与える可能性のある因子	評価方法	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を評価する。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、降雨条件及び積雪との重量を考慮する。	○
構造物への化学的影響（腐食）	屋外施設は外装の塗装等や金属材料の使用によって、短期での腐食による影響が小さいことを評価する。	○
粒子の衝突	降下火砕物は微小な粒子であり、「外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）」で設定している設計飛来物の衝突に包絡されることを確認していることから、詳細評価は不要。	-
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物の狭隘部等における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の内部における摩耗	海水中に漂う降下火砕物による設備内部の摩耗の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の化学的影響（腐食）	耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食による影響がないことを評価する。	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（摩耗・閉塞）	屋外施設等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気系の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）	屋外施設等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて、換気系の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室における居住性を評価する。	○
水質汚染	発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、降下火砕物の影響を受ける可能性のある海水を直接給水として使用していない。また、給水は水質管理を行っており、給水の汚染が設備に影響を与える可能性はない（補足資料-13）。	-
絶縁低下	屋内の施設であっても、屋内の空気を取り込み機構を有する盤については、影響がないことを評価する。	○

#### 4.4.3 間接的影響

降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、及び降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

#### 4.4.4 評価対象施設等に対する影響因子の選定

評価すべき直接的影響の要因については、その内容によりすべての評価対象施設等に対して評価する必要がない項目もあることから、各評価対象施設等と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設等の特性を踏まえて必要な評価項目を第4.4.4.1表のとおり選定した。

#### 4.5 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

##### (1) 評価対象施設等に常時作用する荷重、運転時荷重

評価対象施設等に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

##### (2) 設計基準事故時荷重

評価対象施設等は、当該評価対象施設等に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該評価対象施設等に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力をそれぞれの因果関係及び時間的变化を考慮して、適切に組み合わせ設計する。

評価対象施設等は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、降下火砕物の影響が原子炉冷却材喪失事故等の設計基準事故の起因とはならないことから、設計基準事故とは独立事象であり、因果関係はない。時間的变化の観点からは、事故の影響が長期に及ぶことが考えられる設計基準事故である原子炉冷却材喪失の発生頻度は小さく、また、評価対象施設等に大きな影響を及ぼす降下火砕物の発生頻度も小さいことから、降下火砕物と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さい。よって設計基準事故時荷重と降下火砕物の荷重を組み合わせる必要はなく、降下火砕物により評価対象施設等に作用する衝撃による応力評価と変わらない。

また、降下火砕物の影響が小さく発生頻度が高い火山事象と設計基準事故が同時に発生する場合、評価対象施設等のうち設計基準事故時荷重が生じ、降下火砕物の影響を受ける屋外施設はない。このため、降下火砕物の荷重と設計基準事故時荷重との組合せは考慮しない。

##### (3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ

降下火砕物と組合せを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風(台風)及び積雪であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

(補足資料-17)

#### 4.6 降下火砕物の直接的影響に対する設計方針

直接的影響については、評価対象施設等の構造や設置状況等（形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等）を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各評価対象施設等が安全機能を損なわない以下の設計とする。評価が必要となる設備については、第4.4.4.1表の影響因子を踏まえて評価を実施した。評価結果を第4.6.1.1表に示す。

（個別評価-1～12 参照）

##### 4.6.1 降下火砕物による荷重に対する設計方針

###### (1) 構造物への静的負荷

評価対象施設等のうち、降下火砕物が堆積する建屋及び屋外施設は、以下の施設である。

###### a. 建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

###### b. 屋外に設置されている施設

A1, A2ー燃料油貯油槽タンク室，B1, B2ー燃料油貯油槽タンク室

A1, A2ーディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ，B1, B2ーディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ

###### c. 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設

ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。若しくは、降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで、外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

評価対象施設等の建屋においては、建築基準法における多雪区域の積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物による荷重を短期に生じる荷重として扱う。また、降下火砕物による荷重と他の荷重を組み合わせた状態に対する許容限界は次のとおりとする。

###### ・原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋は、各建屋の屋根スラブにおける建築基準法の短期許容応力度を許容限界とする。

###### ・建屋を除く評価対象施設等

許容応力を「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）」等に準拠する。

(2) 粒子の衝突

評価対象施設等のうち、建屋及び屋外施設は、「粒子の衝突」に対して、「1.8.2 竜巻防護に関する基本方針」に基づく設計によって、外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。

4.6.2 降下火砕物による荷重以外に対する設計方針

降下火砕物による荷重以外の影響は、構造物への化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）、化学的影響（腐食）等により外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については、「4.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針」に示す。

(1) 構造物への化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物の直接的な付着による影響が考えられる以下の施設である。

a. 建屋

原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋，循環水ポンプ建屋

b. 屋外に設置されている施設

排気筒，A1，A2ー燃料油貯油槽タンク室，B1，B2ー燃料油貯油槽タンク室  
A1，A2ーディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ，B1，B2ーディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ

c. 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設  
ディーゼル発電機排気消音器及び排気管

金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食を生じないが、外装の塗装等によって短期での腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(2) 水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む海水の流路となる以下の施設である。

a. 降下火砕物を含む海水の流路となる施設

原子炉補機冷却海水ポンプ，原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナ及び下流設備

b. 降下火砕物の影響を受ける施設であって、その停止等により、上位の安全重

要度の施設の運転に影響を及ぼす可能性のある屋外の施設  
取水装置（除塵設備）

降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、当該施設については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けることにより、海水の流路となる施設が閉塞しない設計とする。

内部における摩耗については、主要な降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから、摩耗による影響は小さい。また当該施設については、定期的な内部点検及び日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(3) 換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）を考慮すべき屋外施設はない。

仮に、原子炉補機冷却海水ポンプが自然換気による外気の流入により、微細な降下火砕物の影響を考慮しても、機械的影響（閉塞）については、原子炉補機冷却海水ポンプの電動機本体は外気と遮断された全閉構造、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の空気冷却器の冷却管内径は降下火砕物粒径以上の幅を設ける構造とすることにより、機械的影響（閉塞）により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なうことのない設計とする。なお、長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(4) 絶縁低下及び化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、絶縁低下及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、電気系及び計測制御系のうち外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する以下の施設である。

- a. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設  
安全保護系計装盤、非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）

当該施設の設置場所は安全補機開閉器室空調装置及び原子炉補助建屋空調

装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、安全補機開閉器室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることで、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することが可能である。

これらフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有することにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下及び化学的影響（腐食）による影響を防止し、安全保護系計装盤、非常用の計装用インバータ（無停電電源装置）の安全機能を損なわない設計とする。

#### 4.6.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計方針

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して、以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

##### (1) 機械的影響（閉塞）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

##### a. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設

ディーゼル発電機機関，ディーゼル発電機吸気消音器

換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ），換気空調設備（補助建屋給気ガラリ），排気筒，主蒸気逃がし弁消音器，主蒸気安全弁排気管，タービン動補助給水ポンプ排気管

各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機機関及び換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ及び補助建屋給気ガラリ）は、吸気口上流側の外気取入口にガラリフードが取り付けられており、下方から吸い込む構造とすることにより、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

排気筒，主蒸気逃がし弁消音器，主蒸気安全弁排気管及びタービン動補助給水ポンプ排気管は、降下火砕物が侵入した場合でも、排気筒，主蒸気逃がし弁消音器，主蒸気安全弁排気管及びタービン動補助給水ポンプ排気管の構造から排気流路が閉塞しない設計とすることにより、降下火砕物の影響に対して機能を損なわない設計とする。

また、外気を取り入れる換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ及び補助建屋給気ガラリ）及びディーゼル発電機吸気消音器の空気の流路にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替え又は清掃が可能な構造とすることで、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

ディーゼル発電機機関は、ディーゼル発電機吸気消音器吸気フィルタを通過



した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物により閉塞しない設計とする。

## (2) 機械的影響（摩耗）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（摩耗）を考慮すべき施設は、外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する以下の施設である。

- a. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設のうち摺動部を有する施設  
ディーゼル発電機機関
- b. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設のうち摺動部を有する施設  
制御用空気圧縮機

降下火砕物は砂と同等又は砂より硬度が低くもろいことから、摩耗の影響は小さい。

構造上の対応として、ディーゼル発電機機関及び屋内の空気を取り込む機構を有する制御用空気圧縮機は、吸気口上流側の外気取入口にガラリフードが取り付けられており、下方から吸い込む構造とすることによりディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機に降下火砕物が侵入しにくい設計とする。

また、仮にディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗によりディーゼル発電機及び制御用空気圧縮機の安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れるディーゼル発電機及び制御用空気圧縮機が空気を取り込む制御用空気圧縮機室換気装置の空気の流路にフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、摩耗によりディーゼル発電機機関及び制御用空気圧縮機の安全機能を損なわない設計とする。

## (3) 化学的影響（腐食）

評価対象施設等のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、降下火砕物を含む空気の流路となる以下の施設である。

- a. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設  
ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機消音器、換気空調設備（原子炉建屋給気ガラリ）、換気空調設備（補助建屋給気ガラリ）、排気筒、主蒸気逃がし弁消音器、主蒸気安全弁排気管、タービン動補助給水ポンプ排気管

金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管

理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(4) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

大気汚染を考慮すべき中央制御室は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室空調装置の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

これに加えて、下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有しているが、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室空調装置については、外気取入ダンパの閉止及び外気との連絡口を遮断し、閉回路循環運転とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止する。さらに外気取入遮断時において、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施し、室内の居住性を確保する設計とする。

第4.4.4.1表 降下火砕物が影響を与える評価と影響因子の組合せ

影響因子 評価対象施設等	構造物への 静的負荷	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の 閉塞・摩耗	水循環系の 化学的影響 (腐食)	換気系、電気系及び 計測制御系に対する 機械的影響 (閉塞・摩耗)	換気系、電気系及び 計測制御系に対する 化学的影響 (腐食)	発電所周辺の 大気汚染	絶縁低下
原子炉建屋、原子炉補助建屋、ディーゼル発電機 建屋、循環水ポンプ建屋、A1、A2-燃料油貯油槽 タンク室及びB1、B2-燃料油貯油槽タンク室、 A1、A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ 及びB1、B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽ト レンチ	●	●	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)
原子炉補機冷却海水ポンプ	- (1)	- (1)	● (ポンプ)	● (ポンプ)	● (モータ)	● (モータ)	- (3)	- (3)
主蒸気逃がし弁消音器	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	- (2)	- (3)	- (3)
主蒸気安全弁排気管	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	- (2)	- (3)	- (3)
タービン動補給水ポンプ排気管	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	- (2)	- (3)	- (3)
ディーゼル発電機機関、 ディーゼル発電機吸気消音器	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	●	- (3)	- (3)
ディーゼル発電機排気消音器及び排気管	●	●	- (3)	- (3)	- (3)	●	- (3)	- (3)
換気空調設備 (外気取入口)	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	●	●	- (3)
排気筒	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	●	- (3)	- (3)
取水装置 (除塵設備)	- (1)	- (4)	●	●	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロストレーナ及び 下流設備	- (1)	- (4)	●	●	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)
制御用空気圧縮機	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	●	- (3)	- (3)	- (3)
安全保護系計装盤、非常用の計装用インバータ (無停電電源装置)	- (1)	- (2)	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)	- (3)	●

凡例 ●：詳細な評価が必要な設備 【評価除外理由】

一：評価対象外 ( ) 内数値は理由

①：降下火砕物 (静的荷重等) の影響を受け難い構造 (屋内設備の場合含む)

②：腐食に対して、機能に有意な影響を受け難い

③：影響因子と直接関連しない

④：塗装により腐食が起こりにくい

第 4.6.1.1 表 降下火砕物が影響を与える評価と影響因子の組合せ (1 / 3)

評価対象施設等	確認結果	個別評価
原子炉建屋, 原子炉補助建屋, ディーゼル発電機建屋, 循環水ポンプ建屋, A1, A2-燃料油貯油槽タンク室及びB1, B2-燃料油貯油槽タンク室 A1, A2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ及びB1, B2-ディーゼル発電機燃料油貯油槽トレンチ	確認結果 <ul style="list-style-type: none"> <li>考慮する堆積荷重は5,970N/m<sup>2</sup>であり, 各施設の許容堆積荷重はそれを十分に上回っていることから, 安全性への影響はない。</li> <li>外壁塗装が施されていること, 又はコンクリート構造であることから, 降下火砕物による短期での腐食により, 機能に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	1
原子炉補機冷却海水ポンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補機冷却海水ポンプ流水路の狭隘部は降下火砕物の粒径より大きく, 閉塞には至らない。軸受部は異物逃がし溝を設けているため, 降下火砕物による閉塞には至らない。また, 降下火砕物は破碎し易く, 摩擦による影響は小さいことから, 降下火砕物による閉塞・摩擦により, 機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> <li>原子炉補機冷却海水ポンプ内面は塗装等が施されており, 降下火砕物による短期の腐食により, 機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> <li>原子炉補機冷却海水ポンプモータは外気を直接内部に取り込まない冷却方式であり, モータ内部に降下火砕物の侵入はない。また, 原子炉補機冷却海水ポンプモータは空気冷却器冷却管があるが, 外気取入口は下向きに設置され, 吸込部には金網が設置されており降下火砕物が侵入し難い構造である。仮に侵入した場合にも, 冷却管内径に対して降下火砕物の粒径は十分小さく閉塞の可能性は低い。したがって, モータ軸受部の摩擦及び空気冷却器冷却管への侵入により機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	2
原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロスレーナ及び下流設備	<ul style="list-style-type: none"> <li>降下火砕物の粒径は, 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロスレーナのエレメント穴径より大きい, 原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロスレーナの閉塞対策として常時通水する海水の一部をバイパスするブロー水で連続的に排水する設計としていること, また, 原子炉補機冷却海水設備ロスレーナは差圧管理されており, ストレーナ差圧が上昇した場合には切替・洗浄が可能であることから, 降下火砕物による閉塞により, 機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> <li>降下火砕物は破碎し易く摩擦による影響は小さいことから, 降下火砕物による摩擦により機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> <li>原子炉補機冷却海水ポンプ出口ロスレーナ内面はライニングを使用している。また, 下流設備である熱交換器の伝熱管は耐食性の高い材料の使用していることにより腐食対策を実施しているため, 降下火砕物による短期での腐食により, 機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	3

第 4.6.1.1 表 降下火砕物が影響を与える評価と影響因子の組合せ (2 / 3)

評価対象施設等	確認結果	個別評価
ディーゼル発電機機関、 ディーゼル発電機吸気消音器 ディーゼル発電機排気消音器及び排 気管	・ディーゼル発電機機関の吸入空気の流れは下から吸い上げる構造となっており、降下火砕物が侵入しにくい構造である。さらに、フィルタにより粒径 0.12mm 以上のものは 90% 以上捕集できる。粒径が 0.12mm 程度の微細な粒子については、過給機、空気冷却器（空気側）に侵入する可能性はあるが、機器の間隙は十分大きく閉塞に至らないことから、降下火砕物による閉塞により機器の機能に影響を及ぼすことはない。 ・降下火砕物は砂と比較して破碎しやすく、硬度は砂と同等又は低いことから、降下火砕物による摩耗の影響は小さい。 ・金属材料の使用、又は外装塗装が施されていることから、降下火砕物による短期の腐食により、機器の機能に影響を及ぼすことはない。 ・屋外に設置されているディーゼル発電機排気消音器及び排気管は、降下火砕物が堆積しにくい形状をしているため、荷重の影響を受けることはない。	4
換気空調設備（外気取入口）	・外気取入口には、平型フィルタ（粒径約 5 μm に対して 85% 以上を捕獲する性能）が設置されていることから、給気を供給する設備に対して、降下火砕物が与える影響は小さい。また、金属腐食研究の結果から、降下火砕物による短期の腐食により、機器の機能に影響を及ぼすことはない。 ・中央制御室空調装置については外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行った場合でも、中央制御室の居住性が維持されることを確認した。	5
取水装置（除塵設備）	・降下火砕物の粒径は取水装置に設置されているパーススクリーンパーピッチ及びトラベルスクリーンメッシュ幅に対して十分小さく、取水口を閉塞することはない。また、降下火砕物は破碎し易く、摩耗による影響は小さいことから、降下火砕物による閉塞・摩耗により、機器の機能に影響を及ぼすことはない。 ・取水装置（除塵設備）は塗装等を実施しており、降下火砕物による短期での腐食により機器の機能に影響を及ぼすことはない。	6
安全保護系計装盤、非常用の計装用インバータ（無停電源装置）	・安全保護系計装盤及び非常用の計装用インバータ（無停電源装置）が設置されているエリアは、安全補機閉閉器室空調装置及び原子炉補助建屋空調装置にて空調管理されており、外気取入口に設置されている平型フィルタ（粒径約 5 μm に対して 85% 以上を捕捉する性能）に加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタ（粒径約 2 μm に対して 90% 以上を捕捉する性能）が設置されていることから、降下火砕物が大量に盤内に侵入する可能性は小さい。また、侵入する降下火砕物は微細なものに限られ、その付着により短絡等が発生させる可能性はない。	7
排気筒	・排気筒は常時排気があり、その排気速度は、降下火砕物の自由降下速度を上回っていることから、降下火砕物が排気筒内に侵入することはなく、閉塞により機器の機能に影響を及ぼすことはない。 ・排気筒は金属材料の使用、又は外装塗装が施されており、降下火砕物による短期の腐食により、機器の機能に影響を及ぼすことはない。	8

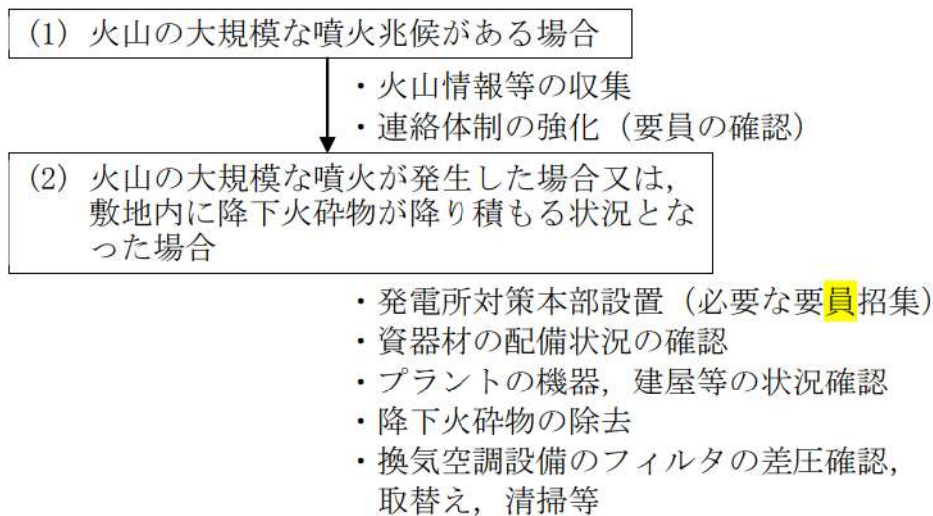
第 4.6.1.1 表 降下火砕物が影響を与える評価と影響因子の組合せ (3 / 3)

評価対象施設等	確認結果	個別評価
主蒸気逃がし弁消音器	<ul style="list-style-type: none"> <li>主蒸気逃がし弁消音器は、降下火砕物が主蒸気逃がし弁出口配管に侵入しにくい構造であること、並びに降下火砕物及び積雪荷重に比べ主蒸気逃がし弁の噴出力が十分大きいことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	9
主蒸気安全弁排気管	<ul style="list-style-type: none"> <li>主蒸気安全弁排気管は、降下火砕物が主蒸気安全弁排気管内部に侵入しにくい構造であること、並びに降下火砕物及び積雪荷重に比べ主蒸気安全弁の噴出力が十分大きいことから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	10
タービン動補助給水ポンプ排気管	<ul style="list-style-type: none"> <li>タービン動補助給水ポンプ排気管は、降下火砕物がタービン動補助給水ポンプ排気管内部に侵入しにくい構造であることから、機器の機能に影響を及ぼすことはない。</li> </ul>	11
制御用空気圧縮機	<ul style="list-style-type: none"> <li>制御用空気圧縮機が設置されているエリアは、制御用空気圧縮機室換気装置にて空調管理されており、外気取入口には、平型フィルタ（粒径がおおよそ 5 μm より大きい粒子を除去）が設置されていることから、降下火砕物が大量に機器内部に侵入する可能性は小さい。</li> <li>機器内部のシリンダライナ内面とピストリングの間に降下火砕物が侵入した場合でも、降下火砕物は硬度が低いことから、降下火砕物による摩擦の影響は小さい。</li> </ul>	12

## 4.7 降下火砕物の除去等の対策

### 4.7.1 降下火砕物に対応するための運用管理

降下火砕物に備え、手順を整備し、第 4.7.1.1 図のフローのとおり段階的に対応することとしている。その体制については地震、津波、火山噴火等の自然災害に対し、保安規定に基づく保安管理体制として整備し、その中で体制の移行基準、活動内容についても明確にする。なお、多くの火山では、噴火前に、震源の浅い火山性地震の頻度が急増し、火山性微動の活動が始まるため、事前に対策準備が可能である。



第 4.7.1.1 図 降下火砕物に対応するための運用管理フロー

#### (1) 通常時の対応

火山の噴火事象発生に備え、担当箇所は降下火砕物の除去等に使用する資器材等（スコップ、ゴーグル、防護マスク等）については、定期的に配備状況を確認する。

#### (2) 火山の大規模な噴火兆候がある場合

担当箇所は、火山情報（火山の位置、噴火規模、風向、降灰予測等）を把握し、連絡体制を強化する。

#### (3) 火山の大規模な噴火が発生した場合又は、降下火砕物が降り積もる状況となった場合

担当箇所は、火山の大規模な噴火が確認された場合、又は、原子力発電所敷地で降灰が確認された場合に、関係箇所と協議の上、対策本部を設置する。換気空調設備の取替用フィルタの配備状況を確認するとともに、アクセス

ルート、屋外廻りの機器、建屋等の降下火砕物の除去のため、発電所内に保管しているホイールローダー、スコップ、防護マスク等の資機材の配備状況の確認を行う。

プラントの機器、建屋等の現在の状態（屋外への開口部が開放されていないか）を確認する。

敷地内に降下火砕物が到達した場合には、降灰状況を把握する。

プラント及び屋外廻りの監視を強化し、アクセスルート、屋外廻りの機器、建屋等の降下火砕物の除去を行うとともに、換気空調設備のフィルタ差圧を確認し、フィルタの取替え、清掃等を行う。

降下火砕物により安全機能を有する設備が損傷等により機能が確保できなくなった場合、必要に応じプラントを停止する。

(補足資料-10, 18)

#### 4.7.2 手順

火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。

- (1) 発電所内に降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物による荷重を掛け続けないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除去に係る手順を定める。
- (2) 降灰が確認された場合には、評価対象施設に対する特別点検を行い、降下火砕物の降灰による影響が考えられる設備等があれば、その状況に応じて補修等を行う手順を定める。
- (3) 降灰が確認された場合には、状況に応じて外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。
- (4) 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、平型フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する手順を定める。
- (5) 降灰が確認された場合には、ディーゼル発電機吸気消音器吸気フィルタについて、点検によりディーゼル発電機の排気温度等を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する手順を定める。
- (6) 降灰が確認された場合には、原子炉補機冷却海水ポンプ出口ストレーナについて、差圧を確認するとともに、状況に応じて洗浄を行う手順を定める。
- (7) 降灰が確認された場合には、開閉所設備の除灰及び必要に応じて碍子清掃を行う手順を定める。