

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

(c) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

φ: 形態係数[-] H: 火炎長[m] R: 火炎半径[m] L: 離隔距離[m]

(c) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

H: 火炎長[41.43[m]], R: 燃焼半径[13.81[m]], L: 離隔距離[m]

表6-8 評価対象施設毎の形態係数

対象施設	形態係数[-]
原子炉建屋	0.096
ディーゼル発電機建屋	0.15
循環水ポンプ建屋	0.037

第6-6表 危険物施設毎の形態係数（原子炉施設建屋外壁の評価）

	1号炉軽油貯蔵タンク		3号炉軽油タンク		大容量電源装置
	A	B	A+B		
原子炉建屋 φ [-]	5.246 × 10 ⁻³	2.857 × 10 ⁻³	3.187 × 10 ⁻³	6.513 × 10 ⁻³	1.987 × 10 ⁻⁴
制御建屋 φ [-]	6.620 × 10 ⁻³	1.306 × 10 ⁻³	1.376 × 10 ⁻³	2.824 × 10 ⁻³	1.647 × 10 ⁻⁴
タービン建屋 φ [-]	1.808 × 10 ⁻²	1.814 × 10 ⁻³	1.395 × 10 ⁻³	2.874 × 10 ⁻³	1.434 × 10 ⁻⁴

(d) 放射強度の算出

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

$$E = R_f \cdot \phi$$

E: 放射強度[W/m²], Rf: 放射発散度[W/m²], φ: 形態係数

第6-7表 危険物施設毎の放射強度（原子炉施設建屋外壁の評価）

	1号炉軽油貯蔵タンク		3号炉軽油タンク		大容量電源装置
	A	B	A+B		
原子炉建屋 E [W/m ²]	221	121	133	274	9
制御建屋 E [W/m ²]	278	55	58	120	?
タービン建屋 E [W/m ²]	802	56	59	121	?

(d) 放射強度の算出

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

$$E = R_f \cdot \phi \quad (式2)$$

E: 放射強度[W/m²], Rf: 放射発散度[W/m²], φ: 形態係数

表6-9 評価対象施設毎の放射強度

対象施設	放射強度[W/m ²]
原子炉建屋	2,208
ディーゼル発電機建屋	3,450
循環水ポンプ建屋	851

(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[m³], R: 燃焼半径[m]

v: 燃焼速度(=M/ρ) [m/s]

M: 質量低下速度[kg/m²·s], ρ: 燃料密度[kg/m³]

第6-8表 危険物施設毎の燃焼継続時間（原子炉施設建屋外壁の評価）

	1号炉軽油貯蔵タンク		3号炉軽油タンク		大容量電源装置
	A	B	A+B		
質量低下速度 M [kg/m ² ·s]	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044 (軽油) 0.030 (潤滑油)
燃料密度 ρ [kg/m ³]	860	860	860	860	860 (軽油) 866 (潤滑油)
燃焼継続時間 t [s]	35,688	33,093	34,758	33,905	37,233

(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[m³]

R: 燃焼半径[m], v: 燃焼速度(=M/ρ) [m/s]

M: 質量低下速度[kg/m²·s], ρ: 燃料密度[kg/m³]

表6-10 危険物貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m ³]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m ² ·s]	燃料密度 ρ [kg/m ³]	燃焼継続時間 t [s]
3号補助ボイラー 燃料タンク	410	13.81	0.035	1,000	19,552

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>e. 判断の考え方</p> <p>(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。</p> <p>(b) 耐火性能の評価結果</p> <p>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升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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right]$ <p>T_0: 初期温度(50[℃])、E: 輻射強度 [W/m²] x: コンクリート深さ、t: 火災継続時間 [s] C_p: コンクリート比熱(963 [J/kg・K])、ρ: コンクリート密度(2400[kg/m³]) α: コンクリート温度拡散率 $\left[\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p} (7.53 \times 10^{-7} [\text{m}^2/\text{s}]) \right]$ λ: コンクリート熱伝導率(1.74 [W/m・K]) (出典：伝熱工学，東京大学出版会)</p> <p>第6-3図 天井スラブの評価概念図</p>	<p>e. 判断の考え方</p> <p>(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。</p> <p>(b) 耐火性能の評価結果</p> <p>i. 原子炉建屋及び循環水ポンプ建屋</p> <p>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升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。</p> <p>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。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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図6-3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。 $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) \right] \quad (\text{式1})$ <p>(出典：伝熱工学，東京大学出版会)</p> <p>T: 許容温度(200[℃])、T_0: 初期温度(50[℃])、E: 輻射強度(W/m²) α: コンクリート温度拡散率(= $\lambda / \rho C_p$) (7.53 × 10⁻⁷ [m²/s]) ρ: コンクリート密度(2,400[kg/m³])、C_p: 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 [9.552 [s]] x: 躯体コンクリート壁表面深さ (m)</p> <p>追而【アクセスルート審査の反映】 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p> <p>図6-3 建屋天井面の評価概念図</p>		<p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊の原子炉建屋は、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およ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。循環水建屋については躯体コンクリート表面温度で評価する。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

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6-9表に示す。

第6-9表 危険物施設毎の熱影響評価結果（原子炉施設建屋外壁の評価）

	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置
		A	B	A+B	
原子炉建屋外壁温度[℃]	約74	約63	約64	約79	約51
制御建屋外壁温度[℃]	約80	約58	約57	約63	約51
タービン建屋外壁温度[℃]	約136	約56	約57	約63	約51

泊発電所3号炉

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。評価結果を表6-11に示す。

表6-11 評価対象施設毎の熱影響評価結果

対象施設	躯体コンクリート表面温度[℃]
原子炉建屋	約159
循環水ポンプ建屋	約117

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。評価概念図を図6-4に示す。

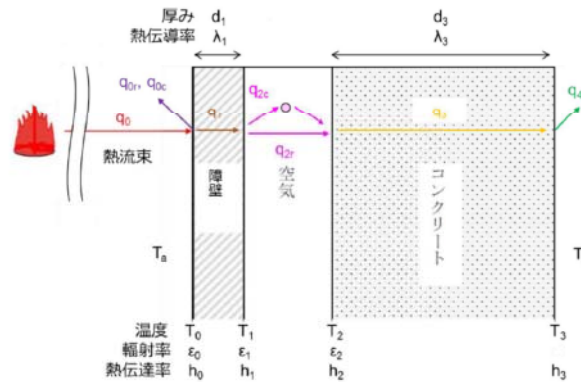


図6-4 評価概念図

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。

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

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

差異理由

設計方針の相違
 ・泊の原子炉建屋は、PC板が建屋外壁にあることから内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

設計方針の相違
 ・泊のディーゼル発電機建屋は防護措置として断熱材を設置していることから、その効果を加味したコンクリート表面温度で評価している。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
	<p>(i) 障壁表面</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 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、火炎分を除いた形態係数F_0を用いる。 $q_{or} = \sigma \epsilon_0 F_0 (T_0^4 - T_a^4)$$\sigma$：ステファンボルツマン定数[W/m²・K⁴]、$\epsilon_0$：障壁表面の輻射率(1) F_0：障壁表面からの輻射放熱の形態係数(0.8)、T_a：雰囲気温度(50[°C]) ・ 対流熱伝達 $q_{oc} = h_0 (T_0 - T_a)$$h_0$：対流熱伝達率(12[W/m²・K])、$T_a$：雰囲気温度(50[°C]) <p>(ii) 障壁内部</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 熱伝導 $q_1 = -\lambda_1 \frac{T_1 - T_0}{d_1}$$\lambda_1$：障壁の熱伝導率(0.035[W/m・K])、$d_1$：障壁の厚み(5[mm]) <p>(iii) 空気層</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 輻射 障壁裏面及びコンクリート表面について、空気層の隙間に対して十分に大きい面積の並行平板とし、かつ、形態係数を1とする。 $q_{2r} = \sigma \frac{1}{\frac{1}{\epsilon_1} + \frac{1}{\epsilon_2} - 1} (T_1^4 - T_2^4)$$\sigma$：ステファンボルツマン定数[W/m²・K⁴]、$\epsilon_1$：障壁裏面の輻射率(1) ϵ_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/m²・K]) $\left(\begin{array}{l} \forall q_{2c-1} = q_{2c-2} = q_{2c} \quad \dots\dots \text{定常状態} \\ T_m = \frac{T_1 + T_2}{2} \\ h_1 = h_2 \end{array} \right)$ 	<p>追而【アクセスルート審査の反映】 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p>	

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																		
<p>(2) 復水貯蔵タンクに対する熱影響評価</p> <p>a. 評価対象範囲</p> <p>発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち、1号炉軽油貯蔵タンク、3号炉軽油タンク(A及びB)、大容量電源装置の火災を想定して、復水貯蔵タンクへの火災影響評価を実施する。</p> <p>b. 評価対象施設までの離隔距離</p> <p>想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第6-10表に示す。</p> <p>第6-10表 危険物施設と復水貯蔵タンクとの離隔距離</p> <table border="1" data-bbox="98 965 676 1038"> <thead> <tr> <th rowspan="2">復水貯蔵タンクとの距離 [m]</th> <th rowspan="2">1号炉軽油貯蔵タンク</th> <th colspan="3">3号炉軽油タンク</th> <th rowspan="2">大容量電源装置</th> </tr> <tr> <th>A</th> <th>B</th> <th>A+B</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>294</td> <td>189</td> <td>174</td> <td>174</td> <td>435</td> </tr> </tbody> </table> <p>c. 燃焼半径の算出</p> <p>(1) c. と同様。</p> <p>d. 形態係数の算出</p> <p>次の式から形態係数を算出した。</p>	復水貯蔵タンクとの距離 [m]	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置	A	B	A+B	294	189	174	174	435	<p>(iv) コンクリート内部</p> <p>・熱伝導</p> $q_1 = -\lambda_2 \frac{T_2 - T_1}{d_2}$ <p>λ_2 : コンクリートの熱伝導率 (1.74 [W/m・K]), d_2 : 障壁の厚み (600 [mm])</p> <p>(v) コンクリート裏面 (保守的に、輻射放熱は考慮しない。)</p> <p>・対流熱伝達</p> $q_{ac} = h_2(T_2 - T_a)$ <p>h_2 : 熱伝達率 (8 [W/m²・K]), T_a : 雰囲気温度 (50 [°C])</p> <p>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。評価結果を表6-12に示す。</p> <p>表6-12 熱影響評価結果</p> <table border="1" data-bbox="831 587 1205 644"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>コンクリート表面温度 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ディーゼル発電機建屋</td> <td>約 151</td> </tr> </tbody> </table>	対象施設	コンクリート表面温度 [°C]	ディーゼル発電機建屋	約 151	<p>追而【アクセスルート審査の反映】</p> <p>(左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p>	<p>設計方針の相違</p> <p>・プラント設計の違いによる対象設備の相違 (泊には屋外に同様の設備は無い)</p>
復水貯蔵タンクとの距離 [m]			1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置														
	A	B		A+B																	
294	189	174	174	435																	
対象施設	コンクリート表面温度 [°C]																				
ディーゼル発電機建屋	約 151																				

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

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

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

e. 形態係数 [-] H: 火炎長 [m] R: 火炎半径 [m] L: 距離距離 [m]

第 8-11 表 危険物施設毎の形態係数（復水貯蔵タンク評価）

形態係数 ϕ [-]	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置
		A	B	A+B	
	2.442×10^{-1}	3.393×10^{-1}	3.820×10^{-1}	7.850×10^{-1}	1.729×10^{-4}

e. 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。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E: 輻射強度 (W/m²) , Rf: 輻射発散度 (W/m²) , ϕ : 形態係数

第 8-12 表 危険物施設毎の輻射強度（復水貯蔵タンク評価）

輻射強度 E [W/m ²]	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置
		A	B	A+B	
	103	143	181	330	8

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

復水貯蔵タンクの許容温度は、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、復水貯蔵タンクの貯蔵水を使用する復水補給水系の系統最高使用温度 66℃以下とする。

(b) 評価結果

一定の輻射強度で復水貯蔵タンクの火災源側の側面と天井面へ入熱するものとして、表面での輻射によるタンク内部に貯蔵された水及びタンク側面、天井面の温度上昇を表した下記の比熱と熱容量の関係式により最大温度を求め、許容温度以下であるか評価した。

$$T = T_0 + \frac{Er \left(\frac{\pi D_0 h}{4} + \frac{\pi D_2^2}{4} \right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps} \left\{ \frac{(D_0^2 - D_2^2) \pi h}{4} + 2\pi \frac{D_2}{4} e \right\}}$$

T₀: 初期温度 (50℃) , E: 輻射強度 [W/m²] , t: 火災継続時間 [m]

D₀: タンク外径 (20.012[m]) , h: タンク円筒高さ (11.6[m])

D₂: タンク内径 (20.0[m]) , e: タンク最小板厚 (0.006[m])

ρ_w : 水の密度 (979.9 [kg/m³]) ※1 , C_{pw} : 水の比熱 (4186 [J/kg/K]) ※1 , V: 水の体積 [m³]

ρ_s : タンク壁材の密度 (7860 [kg/m³]) ※2 , C_{ps} : タンク壁材の比熱 (473 [J/kg/K]) ※2

※1: 伝熱工学資料第5版記載値（軽水）を60℃となるように線形補間した値

※2: 伝熱工学資料第5版記載値（オールド鋼）

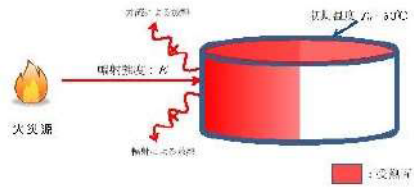
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

復水貯蔵タンクはタンク側面に遮蔽壁及び側面から天井面に向かって鋼板が設置されており、直接放射がタンクに到達する構造ではないが、評価にあたっては遮蔽壁及び鋼板がなく屋外にタンクが露出しているものとして評価を実施した。なお、復水貯蔵タンク温度評価にあたっては、タンク部材は熱伝導の良い鋼材であるが、内部に貯蔵する系統水への熱伝導による蓄熱を考慮するため、対流及び放射による放熱は考慮しないものとした。

復水貯蔵タンクの評価概念図を第6-4図に示す。



第6-4図 復水貯蔵タンクの評価概念図

温度評価を実施し、復水貯蔵タンク温度は許容温度である66℃を下回ることを確認した。

第6-13表 危険物施設毎の熱影響評価（復水貯蔵タンク評価）

	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置
		A	B	A+B	
復水貯蔵タンク温度 T [℃]	約51	約52	約52	約53	約51

(3) 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、1号炉軽油貯蔵タンク、3号炉軽油タンク(A及びB)、大容量電源装置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、排気筒の評価にあたっては、保守性を考慮して、筒身よりも離隔距離の短くなる鉄塔について評価した。

b. 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第6-14表に、排気筒外形図を第6-5図に示す。

泊発電所3号炉

(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

排気筒仕様を表6-13に、排気筒外形図を図6-5に示す。

先行審査知見の反映
 ・女川まとめ資料の記載を確認した結果、記載内容の充実が必要と判断したため、当該記載を追記した。

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価対象の相違

設計方針の相違
 ・泊は排気筒が筒身のみであり、原子炉建屋に設置されている。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

第6-14表 評価対象施設の仕様

名称	排気筒	
種類	鉄塔支持型	
主要寸法	内径 3.7m	
	地表高さ 100m	
材料	筒身	SM400AP
	鉄塔	SS400, STE400
個数	1	



第6-5図 評価対象施設の外形図

c. 評価対象施設までの隔離距離

想定火災源から評価対象施設までの隔離距離を第6-15表に示す。

第6-15表 危険物施設と排気筒との隔離距離

排気筒との距離[m]	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置
		A	B	A+B	
431	214	207	207	208	

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。

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

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

φ: 形態係数 [-] H: 火災長 [m] R: 火災半径 [m] L: 隔離距離 [m]

第8-16表 危険物施設毎の形態係数（排気筒）

形態係数φ [-]	1号炉軽油貯蔵タンク	3号炉軽油タンク			大容量電源装置
		A	B	A+B	
1.131 × 10 ⁻³	2.847 × 10 ⁻³	2.803 × 10 ⁻³	5.543 × 10 ⁻³	7.700 × 10 ⁻⁴	

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。

表6-12 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

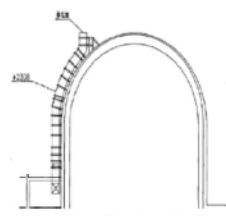


図6-5 排気筒の外形図

c. 評価対象施設までの隔離距離

想定火災源から評価対象施設までの隔離距離を表6-14に示す。

表6-14 想定火災源から評価対象施設までの隔離距離

想定火災源	隔離距離[m]
	排気筒
3号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。

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

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

H: 火災長 [41.43[m]], R: 燃焼半径 [13.3[m]], L: 隔離距離 [m]

表6-15 評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数 [-]
排気筒	0.096

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。

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる仕様の相違

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価条件の相違

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

$$E = Rf \cdot \Phi$$

E: 輻射強度 [W/m²], Rf: 輻射発散度 [W/m²], Φ : 形態係数

第8-17表 危険物施設毎の輻射強度（排気筒）

輻射強度 E [W/m ²]	1号伊勢油 許容タンク	3号伊勢油タンク			大容量 電機装置
	A	B	A+B		
	48	112	114	233	33

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鉄塔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。

$$T = T_0 + \frac{eE}{2h}$$

e: 吸収率 (0.9[-])^{*1}, E: 輻射強度 [W/m²]

h: 熱伝達率 (17[W/m²·K])^{*2}, T₀: 初期温度 (50[℃])

*1: 伝熱工学資料

*2: 空調調和・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 17W/m²·K を用いる。）

（出典：建築火災のメカニズムと火災安全設計、財団法人日本建築センター）

上式を用いて温度評価を実施し、許容温度 325℃以下であることを確認した。

泊発電所3号炉

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

E: 輻射強度[W/m²], R_f: 輻射発散度[W/m²], Φ : 形態係数

表6-16 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m ²]
排気筒	2,208

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。

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

e: 吸収率 (1.0[-]), E: 輻射強度 [W/m²], h: 熱伝達率 (17[W/m²·K])^{*1}, T₀: 初期温度 (50[℃])

*1: 空調調和・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/m²·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。評価結果を表6-17に示す。

差異理由

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる仕様の相違

設計方針の相違
 ・泊は保守的に吸収率を1.0として評価

記載表現の相違
 ・女川は第6-6図の前後で記載

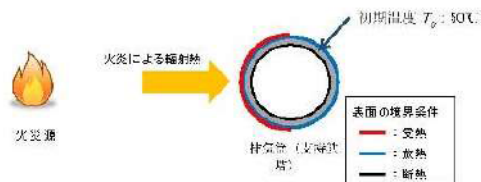
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

なお、評価に当たって排気筒は鉄塔と筒身で構成されているが、筒身よりも鉄塔が危険物貯蔵施設との距離が近いこと、材質も鉄塔はSS400、STK400、筒身ではSMA400APであり、物性値が鉄塔、筒身ともに軟鋼で同一であることから、鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。

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

排気筒鉄塔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6-18表に示す。

第6-18表 危険物施設毎の熱影響評価（排気筒）

排気筒温度 T [°C]	危険物貯蔵タンク				大容量 電源装置
	A	E	A+B		
約52	約53	約53	約57	約51	

(4) 原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ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電動機及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機は、海水ポンプ電動機高さより高い海水ポンプ室の壁で囲まれており、側面から直接火災の影響を受けることはないが、上面は熱影響を受ける可能性がある。

評価においては、海水ポンプ室の壁による遮熱効果を考慮せず、側面から直接火災の影響を受けることを想定する。また、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ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た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。火災発生位置と海水ポンプの位置関係を第6-7図、海水ポンプ室内配置を第6-8図、外形図を第6-9図、仕様を第6-19表に示す。

電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び軸受であり、そのうち許容温度が低い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。

泊発電所3号炉

排気筒の評価概念図を図6-6に示す。

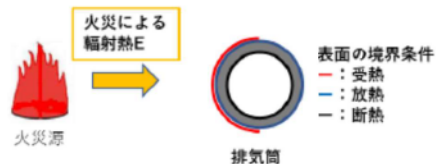


図6-6 排気筒の評価概念図

表6-17 排気筒への火災影響評価結果

対象施設	排気筒温度[°C]
排気筒	約115

(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電動機は、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モータは、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。

差異理由

設計方針の相違
 ・泊は排気筒が筒身のみである。

記載表現の相違
 ・泊は図6-6の前で記載

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

設計方針の相違
 ・本項については、海水ポンプの熱影響評価について記載しているが、女川は屋外設置であり直接熱影響を受けること、泊は屋内設置のため直接熱影響を受けないことが基本的な差異であり、このため、評価手法も異なっている。ただし、ポンプの許容温度（軸受温度）以下であることを評価していることに差異はない。また、高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプがない。

追而【アクセスルート審査の反映】
 （左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施）

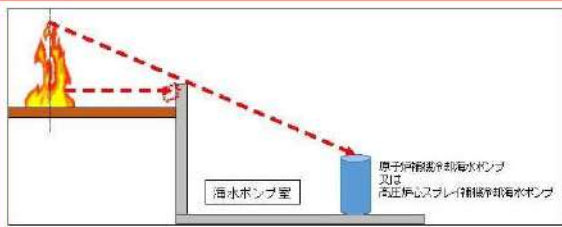
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

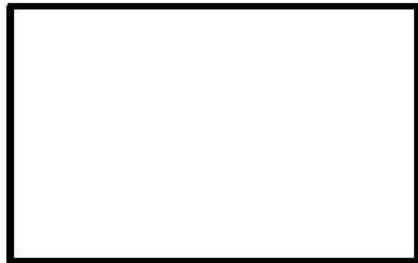
女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

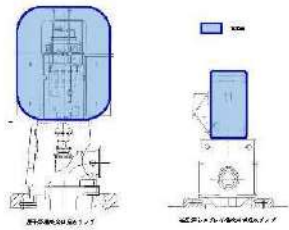
差異理由



第6-7図 火災発生位置と海水ポンプの位置関係



第6-8図 海水ポンプの配置図



第6-9図 海水ポンプの外形図

第6-10表 評価対象施設の仕様

	原子炉構内冷却 海水ポンプ電動機	高圧炉心スプレイ系統 冷却海水ポンプ電動機
主要寸法	全幅 約 2.5m 高さ 約 2.0m	全幅 約 0.55m 高さ 約 1.00m
材質	SS400	FC150
信数	4	1

秘密の内容は防護上の観点から公開できません。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

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及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプを内包する海水ポンプ室から火災源までの離隔距離を第6-20表に示す。

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表6-18に示す。

第6-20表 敷地内危険物施設から海水ポンプ室までの離隔距離

表6-18 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

離隔距離 [m]	1号伊勢油 貯蔵タンク	3号伊勢油タンク			大容量 電源装置
	A	B	A+B		
海水ポンプ室	190	257	243	243	502

想定火災源	離隔距離[m]
	循環水ポンプ建屋
3号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。

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6-21表に示す。

d. 形態係数の算出
 以下の式から形態係数を算出した。算出結果を表6-19に示す。

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

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

ただし $m = \frac{H}{R}$ とし、 $n = \frac{L}{R}$ 、 $A = (1+n)^2 + m^2$ 、 $B = (1-n)^2 + m^2$
 φ: 形態係数 [-] H: 火災長 [m] R: 燃焼半径 [m] L: 離隔距離 [m]

$m = \frac{H}{R} \approx 3$ 、 $n = \frac{L}{R}$ 、 $A = (1+n)^2 + m^2$ 、 $B = (1-n)^2 + m^2$
 H: 火災長 [41.43[m]]、R: 燃焼半径 [13.81[m]]、L: 離隔距離 [m]

第6-21表 敷地内危険物施設の形態係数

表6-19 評価対象施設の形態係数

形態係数 [-] φ	1号伊勢油 貯蔵タンク	3号伊勢油タンク			大容量 電源装置
	A	B	A+B		
φ	5.369×10 ⁻³	1.831×10 ⁻³	1.860×10 ⁻³	4.018×10 ⁻³	軽油: 1.55×10 ⁻⁴ 潤滑油: 0.149×10 ⁻⁴

対象施設	形態係数 [-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	0.037

e. 輻射強度の算出
 火災の火災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6-22表に示す。

e. 輻射強度の算出
 火災の火災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。算出結果を表6-20に示す。

$$E = R_f \cdot \phi$$

E: 輻射強度 [W/m²]、R_f: 輻射発散度 [W/m²]、φ: 形態係数

$$E = R_f \times \phi \quad (式2)$$

E: 輻射強度 [W/m²]、R_f: 輻射発散度 [W/m²]、φ: 形態係数

第6-22表 敷地内危険物施設の輻射強度

表6-20 評価対象施設の輻射強度

輻射強度 E [W/m ²]	1号伊勢油 貯蔵タンク	3号伊勢油タンク			大容量 電源装置
	A	B	A+B		
E	224.8	76.9	82.0	168.7	5.49

対象施設	輻射強度 [W/m ²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	851

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																		
<p>f. 燃焼継続時間の算出 (1) f. と同様。</p> <p>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及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気は、上部及び下部軸受の上昇温度を考慮した温度とする。軸受の機能維持に必要な冷却空気の許容温度、通常運転時の上昇温度をそれぞれ第6-23表、第6-24表に示す。</p> <div data-bbox="73 432 680 804" style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <p>第6-23表 海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度</p> <table border="1" data-bbox="138 475 571 635"> <thead> <tr> <th>対象機器</th> <th>上部軸受温度 [°C]</th> <th>下部軸受温度 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉補機冷却海水ポンプ</td> <td>40^{※1}</td> <td>55^{※2}</td> </tr> <tr> <td>高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ</td> <td>55^{※2}</td> <td>55^{※2}</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：軸受の機能を維持するため電気規格調査会標準規格 JEC-2137-3000「誘導機」で定める自由対流式軸受の表面で測定するときの温度限度 30°Cから冷却空気の初期温度 40°Cを差し引いた 40°Cを冷却空気の許容温度に設定</p> <p>※2：軸受の機能を維持するため電気規格調査会標準規格 JEC-2137-3000「誘導機」で定める耐熱性の良好なガラスを使用する場合の温度限度 55°Cから冷却空気の初期温度 40°Cを差し引いた 55°Cを冷却空気の許容温度に設定</p> </div> <div data-bbox="116 815 656 1034" style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin-top: 10px;"> <p>第6-24表 海水ポンプの通常運転時の上昇温度</p> <table border="1" data-bbox="123 847 629 1011"> <thead> <tr> <th>対象機器</th> <th>上部軸受温度 [°C]</th> <th>下部軸受温度 [°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉補機冷却海水ポンプ</td> <td>27</td> <td>18.7</td> </tr> <tr> <td>高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ</td> <td>32</td> <td>41</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p>(b) 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、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機が受ける輻射熱によって上昇する冷却空気温度を求め、第6-23表に示す許容温度を下回るかを比熱と熱容量の関係式より求める下式で評価を実施した。評価に用いた諸元を第6-25表に示す。</p>	対象機器	上部軸受温度 [°C]	下部軸受温度 [°C]	原子炉補機冷却海水ポンプ	40 ^{※1}	55 ^{※2}	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	55 ^{※2}	55 ^{※2}	対象機器	上部軸受温度 [°C]	下部軸受温度 [°C]	原子炉補機冷却海水ポンプ	27	18.7	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	32	41	<p>f. 燃焼継続時間の算出 (1) d. (e) と同様。</p> <p>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、モーター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 80.9°Cとする。</p> <p>(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、この建屋内部に取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図6-7に示す。</p>		
対象機器	上部軸受温度 [°C]	下部軸受温度 [°C]																			
原子炉補機冷却海水ポンプ	40 ^{※1}	55 ^{※2}																			
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	55 ^{※2}	55 ^{※2}																			
対象機器	上部軸受温度 [°C]	下部軸受温度 [°C]																			
原子炉補機冷却海水ポンプ	27	18.7																			
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	32	41																			

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

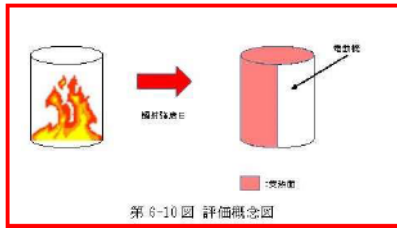
女川原子力発電所2号炉

$$T = T_0 + \frac{E \times A_F}{G \times C_p}$$

T:評価温度[℃], T_0 :通常運転時の上昇温度[℃]
 E:輻射強度[W/m²], A_F :受熱面積[m²]
 G:質量流量[kg/s], C_p :空気比熱[J/kg/K]

第6-26表 評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m ²] A_F	質量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/K] C_p
原子炉補償冷却水ポンプ	13.18	3.32	1008
高圧炉心スプレィ補償冷却水ポンプ	1.10	0.55	1008



第6-10図 評価概念図

(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。評価結果を表6-26に示す。

泊発電所3号炉

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

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

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

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

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

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

*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/m²],
 A_F : 輻射受熱面積[m²], G_{air} : 換気風量[kg/s], $C_{p,air}$: 空気比熱[J/kg・K],
 T_R : 建屋内気温[℃], T_{in} : 外気温[℃], g : 重力加速度[m/s²], ρ_{in} : 外気密度[kg/m³],
 ρ_R : 建屋内空気密度[kg/m³], H : 換気有効高さ[m], ζ_{in} : 給気口圧損係数[-],
 ζ_{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[m²], A_{out} : 排気口面積[m²]

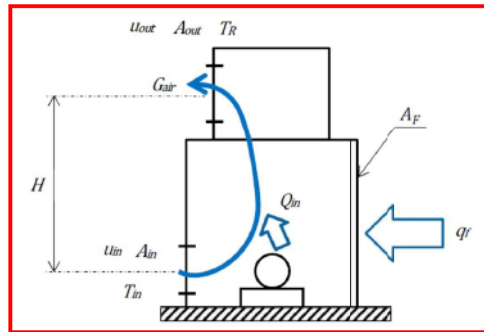


図6-7 循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

(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。評価結果を表6-21に示す。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

表 6-28 表 評価対象施設に対する熱影響評価結果

	1号炉軽油貯蔵タンク	2号炉軽油タンク			大容量電線結露	許容温度 [℃]
		A	B	A+B		
原子炉種燃冷却海水ポンプ	上部輸送温度 [℃]	約 20	約 20	約 20	約 20	< 40
	下部輸送温度 [℃]	約 20	約 20	約 20	約 19	< 95
高圧炉心スプレィ筒型冷却海水ポンプ	上部輸送温度 [℃]	約 42	約 42	約 42	約 42	< 95
	下部輸送温度 [℃]	約 42	約 42	約 42	約 42	< 95

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、制御建屋、タービン建屋）の外壁温度、復水貯蔵タンク温度、排気筒温度及び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

表 6-21 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 [℃]
原子炉補機冷却海水ポンプ	約 55

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、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号機主変圧器・所内変圧器の火災を想定して、影響評価を実施する。図6-8のフローに基づき評価対象を抽出した。表6-23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、図6-8で抽出した一体型である3号機主変圧器・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想定した変圧器位置から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. 火災は円筒火炎モデルとし、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。

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

先行審査知見の反映
 ・先行プラントの審査会合の指摘事項等を確認した結果、記載内容の充実化が必要と判断したため、当該記載を追記した。

建屋名称の相違
 設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違
 記載表現の相違

記載箇所の相違
 ・泊は敷地内危険物施設の火災影響評価と同じ文章構成としている。女川は後段で記載している①

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

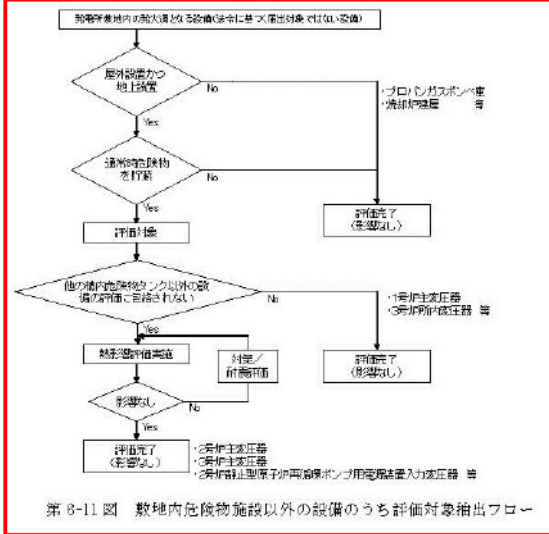
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

<p>女川原子力発電所2号炉</p> <p>評価対象範囲</p> <p>消防法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6-11図のフローに基づき抽出する（第6-27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。</p> <p>なお、薬品を取り扱う設備は放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。</p> <th data-bbox="703 108 1335 1468"> <p>泊発電所3号炉</p> <p>表6-22 評価指標及びその内容</p> <table border="1" data-bbox="779 172 1256 368"> <thead> <tr> <th>評価指標</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>放射強度[W/m²]</td> <td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度</td> </tr> <tr> <td>形態係数[-]</td> <td>火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td> </tr> <tr> <td>燃焼半径[m]</td> <td>変圧器規模より求めた燃焼半径</td> </tr> <tr> <td>燃焼継続時間[s]</td> <td>火災が終了するまでの時間</td> </tr> <tr> <td>離隔距離[m]</td> <td>変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離</td> </tr> <tr> <td>熱許容限界値[-]</td> <td>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</td> </tr> </tbody> </table> <p>上記の評価指標は、受熱面が放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放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、火災規模による放射発散度の低減がないものとする。</p> <p>放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。</p> <p>(3) 評価対象範囲</p> <p>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図6-8のフローに基づき抽出する（表6-23）。危険物を貯蔵し屋外設置で原子炉施設までの距離が近く貯蔵量が多い、一体型である3号機主変圧器・所内変圧器を想定発火源とした。</p> <p>なお、薬品を取り扱う設備は放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図6-9に示す。</p> <th data-bbox="1335 108 1966 1468"></th> <th data-bbox="1966 108 2170 1468"> <p>差異理由</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域特性に伴う法令基準の相違。 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は原子炉施設までの最短距離かつ最も貯蔵量が多い設備が3号主・所一体型変圧器のため <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川も変圧器の配置図は後段の図6-12に記載 </th></th>	<p>泊発電所3号炉</p> <p>表6-22 評価指標及びその内容</p> <table border="1" data-bbox="779 172 1256 368"> <thead> <tr> <th>評価指標</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>放射強度[W/m²]</td> <td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度</td> </tr> <tr> <td>形態係数[-]</td> <td>火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td> </tr> <tr> <td>燃焼半径[m]</td> <td>変圧器規模より求めた燃焼半径</td> </tr> <tr> <td>燃焼継続時間[s]</td> <td>火災が終了するまでの時間</td> </tr> <tr> <td>離隔距離[m]</td> <td>変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離</td> </tr> <tr> <td>熱許容限界値[-]</td> <td>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</td> </tr> </tbody> </table> <p>上記の評価指標は、受熱面が放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放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、火災規模による放射発散度の低減がないものとする。</p> <p>放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。</p> <p>(3) 評価対象範囲</p> <p>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図6-8のフローに基づき抽出する（表6-23）。危険物を貯蔵し屋外設置で原子炉施設までの距離が近く貯蔵量が多い、一体型である3号機主変圧器・所内変圧器を想定発火源とした。</p> <p>なお、薬品を取り扱う設備は放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図6-9に示す。</p> <th data-bbox="1335 108 1966 1468"></th> <th data-bbox="1966 108 2170 1468"> <p>差異理由</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域特性に伴う法令基準の相違。 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は原子炉施設までの最短距離かつ最も貯蔵量が多い設備が3号主・所一体型変圧器のため <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川も変圧器の配置図は後段の図6-12に記載 </th>	評価指標	内容	放射強度[W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度	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		<p>差異理由</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地域特性に伴う法令基準の相違。 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は原子炉施設までの最短距離かつ最も貯蔵量が多い設備が3号主・所一体型変圧器のため <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川も変圧器の配置図は後段の図6-12に記載
評価指標	内容																
放射強度[W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度																
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																

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

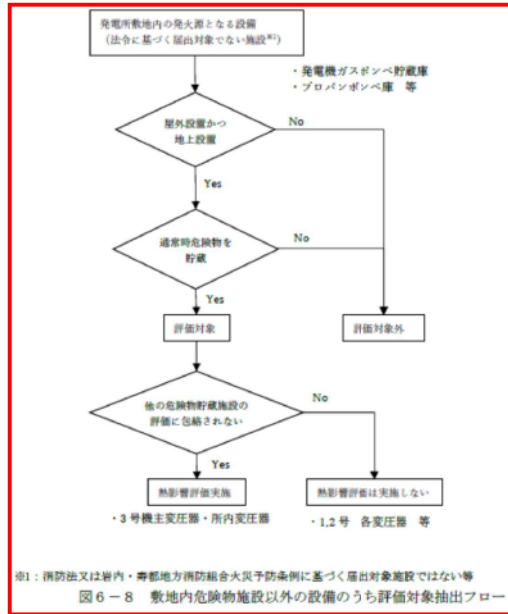
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉



第 6-11 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

泊発電所3号炉



注1：消防法又は屋内・専ら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等
 図 6-8 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

図 6-8 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

差異理由
 設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる抽出結果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

第 8-27 表 その他の危険物

号炉	設備名	危険物の種類	数量	評価係数等
共用	予備変圧器	絶縁油（重油相当）	10,000L	×（※1）
1号炉	主変圧器	絶縁油（重油相当）	100,000L	×（※1）
1号炉	起動変圧器	絶縁油（重油相当）	48,000L	×（※1）
1号炉	所内変圧器	絶縁油（重油相当）	14,000L	×（※1）
2号炉	主変圧器	絶縁油（重油相当）	138,000L	×（※2）
2号炉	起動変圧器	絶縁油（重油相当）	86,000L	○
2号炉	所内変圧器	絶縁油（重油相当）	15,000L	○
2号炉	励磁電源変圧器	絶縁油（重油相当）	7,800L	×（※2）
2号炉	補助ボイラー用変圧器	絶縁油（重油相当）	24,400L	○
2号炉	静止型原子炉再循環ポンプ用 電源装置入力変圧器	絶縁油（重油相当）	8,250L	○
3号炉	主変圧器	絶縁油（重油相当）	138,000L	○
3号炉	起動変圧器	絶縁油（重油相当）	48,000L	○
3号炉	所内変圧器	絶縁油（重油相当）	18,000L	×（※1）
3号炉	励磁電源変圧器	絶縁油（重油相当）	7,400L	○
3号炉	補助ボイラー用変圧器	絶縁油（重油相当）	18,000L	×（※3）
3号炉	静止型原子炉再循環ポンプ 用電源装置入力変圧器	絶縁油（重油相当）	8,250L	×（※4）
共用	冷却剤用 プロパンガスボンベ	L.P.ガス	1000kg	×（屋内設置）
1号炉	補助ボイラー用 プロパンガスボンベ	L.P.ガス	400kg	×（屋内設置）
1号炉	水素ガスボンベ	水素ガス	52,155kg	×（屋内設置）
2号炉	水素ガスボンベ	水素ガス	57,254kg	×（屋内設置）
3号炉	水素ガスボンベ	水素ガス	58,079kg	×（屋内設置）

- ※1 より近く燃料量も大きい3号炉主変圧器に包絡される
- ※2 耐火隔壁により建屋へ輻射熱が直接届かないため
- ※3 より近く燃料量も大きい3号炉起動変圧器に包絡される
- ※4 燃料量が同じのため、より近い2号炉静止型原子炉再循環ポンプ用電源装置入力変圧器に包絡される

泊発電所3号炉

表 6-23 その他の危険物

号機	施設名	危険物の種類	数量	詳細評価要否
1号機	主変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	86 kL	×（※1）
1号機	起動変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	30.3 kL	×（※1）
1号機	所内変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	22.0 kL	×（※1）
2号機	主変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	77.0 kL	×（※1）
2号機	起動変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	30.3 kL	×（※1）
2号機	所内変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	22.0 kL	×（※1）
1,2号機	予備変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	15.9 kL	×（※1）
3号機	主変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	107.8 kL	○
	所内変圧器			
3号機	予備変圧器	1種4号 鉱油 （重油相当）	31.8 kL	×（※1）
1号機	発電機ガスボンベ貯蔵庫	水素ガス（ボンベ）	945 m³	×（屋内設置）
2号機	発電機ガスボンベ貯蔵庫	水素ガス（ボンベ）	945 m³	×（屋内設置）
3号機	発電機ガスボンベ貯蔵庫	水素ガス（ボンベ）	1,120 m³	×（屋内設置）
1,2号機	1次系水素ボンベ室	水素ガス（ボンベ）	420 m³	×（屋内設置）
3号機	1次系水素ボンベ室	水素ガス（ボンベ）	280 m³	×（屋内設置）
共用	放射性廃棄物処理建屋 プロパンボンベ室	プロパンガス	2,000 kg	×（屋内設置）
1,2号機	補助ボイラー建屋	プロパンガス	180 kg	×（屋内設置）
3号機	補助ボイラー建屋	プロパンガス	120 kg	×（屋内設置）

※1：3号機主変圧器・所内変圧器の評価に包絡される。

差異理由
 設計方針の相違
 ・プラント設計の違い
 による抽出結果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

(1) 変圧器火災による熱影響評価

a. 評価方針

発電所敷地内変圧器は危険物施設ではないが燃焼する油を内包していることから、火災源として原子炉施設への熱影響評価を実施する。

b. 評価対象の考え方

(a) 発電所敷地内の発火源となる変圧器

発電所敷地内に設置している変圧器のうち、評価対象とするものを第6-28表に基づき抽出する。

(b) 評価対象とする変圧器

抽出の結果、以下の変圧器を評価対象とした。

<評価対象変圧器>

- ・2号炉起動変圧器
- ・2号炉所内変圧器
- ・2号炉補助ボイラー用変圧器
- ・2号炉静止型原子炉再循環ポンプ用電源装置入力変圧器（以下、「PLR-VVVF 変圧器」という。）
- ・3号炉主変圧器
- ・3号炉起動変圧器
- ・3号炉励磁電源変圧器

第6-28表 変圧器の燃料量

		油種	燃料量 [kl]
共用	予備変圧器	絶縁油	10
1号炉	主変圧器	絶縁油	100
1号炉	起動変圧器	絶縁油	48
1号炉	所内変圧器	絶縁油	14
2号炉	主変圧器	絶縁油	138
2号炉	起動変圧器	絶縁油	96
2号炉	所内変圧器	絶縁油	15
2号炉	励磁電源変圧器	絶縁油	7.8
2号炉	補助ボイラー用変圧器	絶縁油	24.4
2号炉	静止型原子炉再循環ポンプ 用電源装置入力変圧器	絶縁油	6.25
3号炉	主変圧器	絶縁油	138
3号炉	起動変圧器	絶縁油	40
3号炉	所内変圧器	絶縁油	13
3号炉	励磁電源変圧器	絶縁油	7.4
3号炉	補助ボイラー用変圧器	絶縁油	18
3号炉	静止型原子炉再循環ポンプ 用電源装置入力変圧器	絶縁油	6.25

記載方針の相違
 ・泊は「(3) 評価対象範囲」にて、フローを用いて他の危険物施設を抽出し、表6-23に記載している。

記載方針の相違
 ・泊は表6-23に変圧器の情報も含めて記載している。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉



第 8-12 図 女川原子力発電所敷地内における変圧器の位置

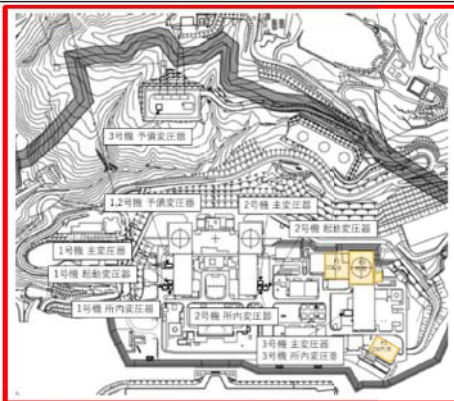


図 6-9 敷地内における屋外変圧器の位置（発電所全体）

c. 温度影響評価

(a) 変圧器火災の想定

変圧器火災の想定は以下のとおりとした。

i. 想定条件

- (i) 評価対象とする変圧器は、前項で抽出した変圧器を想定した。なお、隣接する変圧器間には耐火壁があるため、隣接変圧器への延焼は考慮しない。
- (ii) 離隔距離は、評価上厳しくなるよう(1)で想定した変圧器位置から原子炉施設までの直線距離とした。
- (iii) 変圧器の損傷による変圧器の全面火災を想定する。
- (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。

ii. 輻射強度の算定

油火災において任意の位置にある輻射強度（熱）を計算により求めるため、半径が 1.5m 以上の場合で火炎の高さ（輻射体）を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用した。

(b) 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。

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、図6-8で抽出した一体型である3号機主変圧器・所内変圧器を想定した。なお、隣接する変圧器間には耐火壁があるため、隣接変圧器への延焼は考慮しない。
- ii. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう想定した変圧器位置から原子炉施設までの直線距離とした。
- iii. 変圧器の損傷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。

泊の左記文章は、5.(1)、(2)の再掲

差異理由

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる対象変圧器の相違

記載箇所の相違
 ・泊は敷地内危険物施設の大災影響評価と同じ文章構成として、前段5.(1)で記載している

記載表現の相違
 設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる対象変圧器の相違

記載表現の相違

記載方針の相違
 ・泊は6.にて評価対象施設への輻射強度を算定している

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

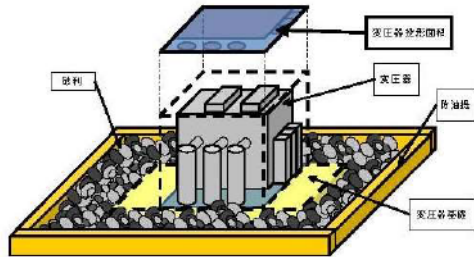
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																																																																																											
<p style="text-align: center;">女川原子力発電所2号炉</p> <p style="text-align: center;">第6-29表 変圧器火災の評価指標</p> <table border="1" data-bbox="89 167 672 391"> <thead> <tr> <th>評価指標</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>放射強度 [W/m²]^a</td> <td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度</td> </tr> <tr> <td>形態係数 [-]</td> <td>火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td> </tr> <tr> <td>燃焼半径 [m]</td> <td>変圧器規模より求めた燃焼半径</td> </tr> <tr> <td>燃焼継続時間 [s]</td> <td>火災が終了するまでの時間</td> </tr> <tr> <td>離隔距離 [m]</td> <td>変圧器から原子炉施設までの直線距離</td> </tr> <tr> <td>熱許容限界値 [-]</td> <td>建屋外壁、復水貯蔵タンク、排気筒が想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値</td> </tr> </tbody> </table> <p>上記の評価指標は、受熱面が放射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。</p> <p>※：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放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、火災規模による放射発散度の低減がないものとする。</p> <p>(c) 原子炉施設に対する熱影響評価</p> <p>i. 評価対象範囲</p> <p>発電所敷地内に設置している屋外の変圧器のうち、前項で抽出した変圧器の火災を想定して、原子炉施設への熱影響評価を実施する。</p> <p>ii. 必要データ</p> <p>評価に用いるデータは以下のとおりである。</p> <table border="1" data-bbox="89 989 649 1236"> <caption>第6-30表 変圧器火災影響評価に必要なデータ一覧</caption> <thead> <tr> <th rowspan="2">変圧器</th> <th colspan="3">2号炉</th> <th colspan="4">3号炉</th> </tr> <tr> <th>主変圧器</th> <th>所内変圧器</th> <th>補助用変圧器</th> <th>ELR-VVVF変圧器</th> <th>主変圧器</th> <th>補助変圧器</th> <th>6号機電評変圧器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燃料量 V [m³]</td> <td>66</td> <td>18</td> <td>24.4</td> <td>6.25</td> <td>138</td> <td>40</td> <td>7.4</td> </tr> <tr> <td>放射発散度 q_f [W/m²]</td> <td>25,000</td> <td>23,000</td> <td>25,000</td> <td>23,000</td> <td>23,000</td> <td>23,000</td> <td>23,000</td> </tr> <tr> <td>燃焼速度 v [m/s]</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> <td>4.29 × 10⁻⁶</td> </tr> <tr> <td>変圧器投影面積 S [m²]</td> <td>70</td> <td>26</td> <td>30</td> <td>18</td> <td>109</td> <td>44</td> <td>15</td> </tr> </tbody> </table>	評価指標	内容	放射強度 [W/m ²] ^a	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度	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]	変圧器から原子炉施設までの直線距離	熱許容限界値 [-]	建屋外壁、復水貯蔵タンク、排気筒が想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値	変圧器	2号炉			3号炉				主変圧器	所内変圧器	補助用変圧器	ELR-VVVF変圧器	主変圧器	補助変圧器	6号機電評変圧器	燃料量 V [m ³]	66	18	24.4	6.25	138	40	7.4	放射発散度 q _f [W/m ²]	25,000	23,000	25,000	23,000	23,000	23,000	23,000	燃焼速度 v [m/s]	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	変圧器投影面積 S [m ²]	70	26	30	18	109	44	15	<p style="text-align: center;">泊発電所3号炉</p> <p style="text-align: center;">表6-22 評価指標及びその内容</p> <table border="1" data-bbox="772 167 1254 367"> <thead> <tr> <th>評価指標</th> <th>内容</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>放射強度 [W/m²]</td> <td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度</td> </tr> <tr> <td>形態係数 [-]</td> <td>火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td> </tr> <tr> <td>燃焼半径 [m]</td> <td>変圧器規模より求めた燃焼半径</td> </tr> <tr> <td>燃焼継続時間 [s]</td> <td>火災が終了するまでの時間</td> </tr> <tr> <td>離隔距離 [m]</td> <td>変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離</td> </tr> <tr> <td>熱許容限界値 [-]</td> <td>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</td> </tr> </tbody> </table> <p>上記の評価指標は、受熱面が放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放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、火災規模による放射発散度の低減がないものとする。</p> <p>放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。</p> <p>6. 温度影響評価</p> <p>(1) 建屋外壁に対する熱影響評価</p> <p>a. 評価対象範囲</p> <p>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号機主変圧器・所内変圧器の火災を想定して、原子炉施設への熱影響評価を実施する。</p> <p>b. 必要データ</p> <p>評価に用いるデータは以下のとおりである。</p> <table border="1" data-bbox="772 989 1254 1189"> <caption>表6-24 変圧器火災影響評価に必要なデータ</caption> <thead> <tr> <th>変圧器</th> <th>3号機主変圧器・所内変圧器</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>燃料の種類^a</td> <td>重油</td> </tr> <tr> <td>燃料量 [m³]</td> <td>107.8</td> </tr> <tr> <td>投影面積 [m²]</td> <td>118.39</td> </tr> <tr> <td>燃料密度^b [kg/m³]</td> <td>1,000</td> </tr> <tr> <td>質量低下速度^c [kg/m²・s]</td> <td>0.035</td> </tr> <tr> <td>放射発散度^a [W/m²]</td> <td>23,000</td> </tr> <tr> <td>燃焼速度 [m/s]</td> <td>3.50 × 10⁻⁶</td> </tr> </tbody> </table> <p>*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、絶縁油の放射発散度は物質に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</p>	評価指標	内容	放射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度	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	変圧器	3号機主変圧器・所内変圧器	燃料の種類 ^a	重油	燃料量 [m ³]	107.8	投影面積 [m ²]	118.39	燃料密度 ^b [kg/m ³]	1,000	質量低下速度 ^c [kg/m ² ・s]	0.035	放射発散度 ^a [W/m ²]	23,000	燃焼速度 [m/s]	3.50 × 10 ⁻⁶	<p style="text-align: center;">泊の左記文章は、5.(1)、(2)の再掲</p> <p style="text-align: center;">先行審査知見の反映</p> <p>・先行プラントの審査会合の指摘事項等を確認した結果、記載内容の充実が必要と判断したため、当該記載を追記した。</p>	<p>差異理由</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違 <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・防護方針の明記 <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は原子炉施設を建屋外壁・排気筒・海水ポンプに分けて記載 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる対象変圧器の相違 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価条件の相違
評価指標	内容																																																																																													
放射強度 [W/m ²] ^a	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度																																																																																													
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]	変圧器から原子炉施設までの直線距離																																																																																													
熱許容限界値 [-]	建屋外壁、復水貯蔵タンク、排気筒が想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値																																																																																													
変圧器	2号炉			3号炉																																																																																										
	主変圧器	所内変圧器	補助用変圧器	ELR-VVVF変圧器	主変圧器	補助変圧器	6号機電評変圧器																																																																																							
燃料量 V [m ³]	66	18	24.4	6.25	138	40	7.4																																																																																							
放射発散度 q _f [W/m ²]	25,000	23,000	25,000	23,000	23,000	23,000	23,000																																																																																							
燃焼速度 v [m/s]	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶	4.29 × 10 ⁻⁶																																																																																							
変圧器投影面積 S [m ²]	70	26	30	18	109	44	15																																																																																							
評価指標	内容																																																																																													
放射強度 [W/m ²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の放射強度																																																																																													
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																																																																																													
変圧器	3号機主変圧器・所内変圧器																																																																																													
燃料の種類 ^a	重油																																																																																													
燃料量 [m ³]	107.8																																																																																													
投影面積 [m ²]	118.39																																																																																													
燃料密度 ^b [kg/m ³]	1,000																																																																																													
質量低下速度 ^c [kg/m ² ・s]	0.035																																																																																													
放射発散度 ^a [W/m ²]	23,000																																																																																													
燃焼速度 [m/s]	3.50 × 10 ⁻⁶																																																																																													

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉



第6-13図 変圧器の投影面積

(d) 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6-13図に、算出結果を第6-31表に示す。

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

R:燃焼半径[m], S:燃焼面積(=変圧器の投影面積)[m²]

第6-31表 変圧器火災の燃焼半径

変圧器	2号炉				3号炉		
	起動変圧器	所内変圧器	補助ボイラー用変圧器	PLR-WVF変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
燃焼半径 R [m]	4.721	2.877	3.091	2.035	5.881	3.743	2.188

(e) 原子炉施設に対する離隔距離

各変圧器から評価対象の原子炉施設までの離隔距離を第6-32表に示す。

泊発電所3号炉

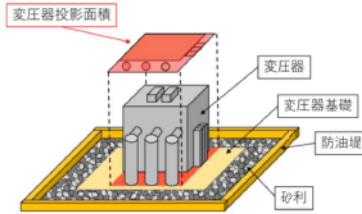


図6-10 変圧器の投影面積

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図6-10に、算出結果を表6-25に示す。

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

R:燃焼半径(m), S:燃焼面積(m²)

表6-25 変圧器火災の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積 S [m ²]	燃焼半径 R [m]
3号機主・所内一体型変圧器	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号機主変圧器・所内変圧器の火災を想定して評価を実施した。

(b) 3号機主変圧器・所内変圧器から評価対象の原子炉施設までの離隔距離を表6-26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。

差異理由

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違

記載方針の相違
 ・泊は敷地内危険物施設の火災影響評価と同じ文章構成としている。

設計方針の相違
 ・泊は火災源に対して最短距離の建屋のみを評価している(離隔距離が短いほど熱影響評価は厳しくなるため)。また、プラント設計の違いにより、評価条件が相違している。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

第6-32表 各変圧器と評価対象施設までの離隔距離

変圧器	2号炉				3号炉		
	起動変圧器	所内変圧器	補助37.5MVA変圧器	PLS-VVVF変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
原子炉建屋				4.95	89.55		79.98
制御建屋	67.86		18.65		164.65		
タービン建屋		7.12					
循環水タンク					118.33		104.94
排気筒					81.89	27.60	

表6-26 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号機主変圧器・所内変圧器	64	75	90	81

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる離隔距離の相違

(f) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

φ: 形態係数[-] H: 火災長[m] R: 火災半径[m] L: 離隔距離[m]

(c) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

H: 火災長(18.42[m])、R: 燃焼半径(6.14[m])、L: 離隔距離[m]

表6-27 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

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違

第6-33表 変圧器火災の形態係数

変圧器	2号炉				3号炉		
	起動変圧器	所内変圧器	補助37.5MVA変圧器	PLS-VVVF変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
原子炉建屋 φ [-]				2.098 × 10 ⁻⁴	8.878 × 10 ⁻⁵		1.452 × 10 ⁻⁴
制御建屋 φ [-]	9.627 × 10 ⁻⁴		8.021 × 10 ⁻⁵		2.882 × 10 ⁻⁵		
タービン建屋 φ [-]		1.920 × 10 ⁻⁴					
循環水タンク φ [-]					4.862 × 10 ⁻⁵		8.501 × 10 ⁻⁵
排気筒 φ [-]					1.019 × 10 ⁻⁵	3.508 × 10 ⁻⁵	

(g) 輻射強度の算出

火災の火災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。

$$E = R_f \cdot \phi$$

E: 輻射強度[W/m²]、R_f: 輻射発散度[W/m²]、φ: 形態係数

(d) 輻射強度の算出

火災の火災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。

$$E = R_f \times \phi \quad (式2)$$

E: 輻射強度[W/m²]、R_f: 輻射発散度[W/m²]、φ: 形態係数

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

第6-34表 変圧器火災の輻射強度

変圧器	2号炉			3号炉			
	起動変圧器	所内変圧器	補助油用変圧器	FLF-VVVF変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
原子炉建屋 E [W/m ²]				4,619	205		34
制御建屋 E [W/m ²]	222		1,995		66		
タービン建屋 E [W/m ²]		4415					
復水貯蔵タンク E [W/m ²]					112		20
排気筒 E [W/m ²]					235	80	

(h) 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[m³], R: 燃焼半径[m]

v: 燃焼速度 (= M/ρ)[m/s]

M: 質量低下速度[kg/m²・s], ρ: 燃料密度[kg/m³]

第6-35表 変圧器火災の燃焼継続時間

変圧器	2号炉				3号炉		
	起動変圧器	所内変圧器	補助油用変圧器	FLF-VVVF変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
質量低下速度 M [kg/m ² ・s]	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099	0.099
燃料密度 ρ [kg/m ³]	910	910	910	910	910	910	910
燃焼継続時間 t [s]	22,020	13,480	19,004	11,244	21,581	21,241	11,527

(i) 判断の考え方

i. 建屋外壁

(i) 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。

(ii) 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災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。

泊発電所3号炉

表6-28 評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m ²]
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(m³)

R: 燃焼半径(m), v: 燃焼速度=M/ρ (m/s)

M: 質量低下速度(kg/m²・s), ρ: 燃料密度(kg/m³)

表6-29 変圧器火災の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m ³]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m ² ・s]	燃料密度 ρ [kg/m ³]	燃焼継続時間 t [s]
3号機主変圧器・ 所内変圧器	107.8	6.14	0.035	1,000	26,006

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災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。

差異理由

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違

記載方針の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>なお、コンクリート表面温度評価にあたっては、評価対象となる火災源が原子炉施設の近傍に設置されることから、対流による放熱を考慮した現実的なモデルを用いた評価を実施している。評価概念図を第6-14図に示す。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに放射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブ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。天井スラブの評価概念図を第6-15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。 <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right)$ <p>T: 建屋温度 [°C], x: コンクリート深さ, t: 時間 λ: コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) (出典：伝熱工学, 東京大学出版会)</p> </div> <p>上式はコンクリート表面 (x=0) において、以下の境界条件を満たす。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $h(T - T_0) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$ $\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$ <p>E: 放射強度 [W/m²], h: 熱伝達率 [W/m²/K], L: コンクリート厚さ</p> </div>	<p>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、対流及び放射による放熱は考慮しないものとした。</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・火炎長が天井スラブより短い場合、天井スラブに放射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井スラブより長い場合、天井スラブ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。天井スラブの評価概念図を図6-11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。 		<p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は他の火災評価と同じく、保守的な条件で評価している。 <p>記載方針の相違</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は他の火災評価と同じく、対流及び放射による放熱は考慮しないモデルで評価しているが、女川は対流による放熱を考慮した現実的なモデルで評価している。

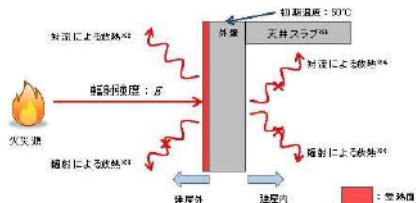
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

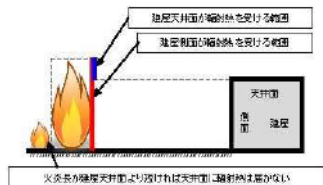
$$T = T_0 + \left(\frac{eE}{h}\right) \left[1 - \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) - \exp\left(-\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}at\right) \left\{ 1 - \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}} + \frac{h}{\lambda}\sqrt{at}\right) \right\} \right]$$

T_0 : 初期温度(50[°C]), E : 輻射強度[W/m²]
 x : コンクリート深さ, t : 火災継続時間[s]
 C_p : コンクリート比熱(963[J/kg·K]), ρ : コンクリート密度(2400[kg/m³])
 α : コンクリート温度拡散率($\alpha = \lambda / \rho C_p$)[7.53 × 10⁻⁷[m²/s]]
 ρ : コンクリート密度(2,400[kg/m³]), C_p : 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(26,006[s])
 (出典：伝熱工学, 東京大学出版会)
 (出典：安全工学講座1 火災, 安全工学協会)



- ※1: 天井スラブは外壁よりも火災源からの距離が近いことから、天井スラブの表面は外壁の表面に近くなる。
- ※2: 火災源火災におけるコンクリート表面温度評価に当たっては、外壁表面における火災による放熱を考慮するものとしている。
- ※3: 火災源火災におけるコンクリート表面温度評価に当たっては、外壁表面及び外壁の表面における輻射による放熱を考慮しないものとしている。
- ※4: 火災源火災におけるコンクリート表面温度評価に当たっては、外壁内表面における対流による放熱を考慮しないものとしている。

第6-14図 対流による放熱を考慮した場合の一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図



第6-15図 天井スラブの評価概念図

ii. 復水貯蔵タンクに対する熱影響評価

(i) 許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、復水貯蔵タンクの貯蔵水を使用する復水補給水系の系統最高使用温度66°Cとする。なお、温度評価にあたっては、タンク部材は熱伝導の良い鋼材であるが、内部に貯蔵する系統水への熱伝導

泊発電所3号炉

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

(出典：伝熱工学, 東京大学出版会)

T : 許容温度(200[°C]), T_0 : 初期温度(50[°C]), E : 輻射強度(W/m²)
 α : コンクリート温度拡散率($\alpha = \lambda / \rho C_p$)(7.53 × 10⁻⁷[m²/s])
 ρ : コンクリート密度(2,400[kg/m³]), C_p : 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(26,006[s])
 x : 躯体コンクリート壁表面深さ(0[m])

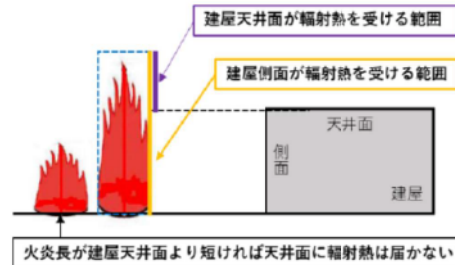


図6-11 建屋天井面の評価概念図

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。評価結果を表6-30に示す。

表6-30 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]
原子炉建屋	約88

差異理由

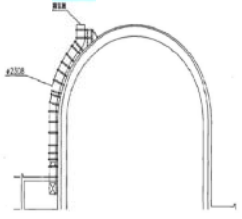
設計方針の相違
 ・泊は他の火災評価と同じく、対流及び輻射による放熱は考慮しないモデルで評価しているが、女川は対流による放熱を考慮した現実的なモデルで評価している。

記載方針の相違
 ・他の影響評価と同様の記載としている。

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違（泊には屋外に同様の施設は無い）

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																
<p>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。</p> <p>(ii) タンク温度の算出</p> <p>以下の比熱と熱容量の関係式からタンク温度を算出する。タンク温度算出に必要となるデータを示す。</p> $T = T_0 + \frac{E_c \left(\frac{\pi D_o^2 h}{2} + \frac{\pi D_o^3}{4} \right)}{\rho_w c_{pw} V + \rho_s c_{ps} \left[\frac{(\pi D_o^2 - D_i^2) \pi h}{4} + 2\pi \frac{D_o^2}{4} e \right]}$ <p>T_0: 初期温度 (50[℃])、E_c: 輻射強度 [W/m²]、c: 火災継続時間 [s] D_o: タンク外径 (20.012[m])、h: タンク円筒高さ (11.8[m]) D_i: タンク内径 (20.0[m])、e: タンク最小板厚 (0.006[m]) ρ_w: 水の密度 (979.9 [kg/m³]) ※1、c_{pw}: 水の比熱 (4186 [J/kg/K]) ※1、V: 水の体積 [m³] ρ_s: タンク壁材の密度 (7860 [kg/m³]) ※2、c_{ps}: タンク壁材の比熱 (473 [J/kg/K]) ※2 ※1: 伝熱工学資料第5版記載値 (軽水) を 88℃ となるように線形補間した値 ※2: 伝熱工学資料第5版記載値 (キルド鋼)</p> <p>iii. 排気筒に対する熱影響評価</p>	<p>(2) 排気筒に対する熱影響評価</p> <p>a. 評価対象範囲</p> <p>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号機主変圧器・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。</p> <p>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。</p> <p>b. 評価対象施設の仕様</p> <p>排気筒仕様を表6-31に、排気筒外形図を図6-12に示す。</p> <div data-bbox="712 869 1323 1125" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>表6-30 排気筒の仕様</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 20%;">名称</td> <td>排気筒</td> </tr> <tr> <td>種類</td> <td>丸形</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">主要寸法</td> <td>外径 2,308mm</td> </tr> <tr> <td>地表高さ 73.1m</td> </tr> <tr> <td>材料</td> <td>SUS304</td> </tr> <tr> <td>個数</td> <td>1</td> </tr> </table>  <p style="text-align: center;">図6-12 排気筒の外形図</p> </div> <p>c. 評価対象施設までの離隔距離</p> <p>想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を表6-32に示す。</p> <div data-bbox="813 1305 1223 1409" style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: fit-content;"> <p>表6-32 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tr> <th rowspan="2">想定火災源</th> <th>離隔距離[m]</th> </tr> <tr> <th>排気筒</th> </tr> <tr> <td>3号機主変圧器・所内変圧器</td> <td>64</td> </tr> </table> </div>	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	想定火災源	離隔距離[m]	排気筒	3号機主変圧器・所内変圧器	64	<div data-bbox="1431 571 1886 675" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p>先行審査知見の反映</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川まとめ資料の記載を確認した結果、記載内容の充実が必要と判断したため、当該記載を追記した。 </div>	<p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は原子炉施設を建屋外壁・排気筒・海水ポンプに分けて記載。また、評価手法についても個別に記載している。(離隔距離、輻射強度等はプラント設計の違いにより相違しているが評価手法は女川と同じ)
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																		
想定火災源	離隔距離[m]																		
	排気筒																		
3号機主変圧器・所内変圧器	64																		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由								
<p>(i) 許容温度</p> <p>「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。</p>	<p>d. 燃焼半径の算出 (1) c. と同様。</p> <p>e. 形態係数の算出 以下の式から形態係数を算出した。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left(\frac{A - 2n}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{A(n-1)}{\sqrt{B(n+1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{(n-1)}{\sqrt{(n+1)}} \right] \right) \quad (式1)$ <p style="text-align: center;">$m = \frac{H}{R} = 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$</p> <p style="text-align: center;">H: 火炎長(18.42[m]), R: 燃焼半径(6.14[m]), L: 離隔距離[m]</p> </div> <p style="text-align: center;">表 6-33 評価対象施設の形態係数</p> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>形態係数[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>排気筒</td> <td>0.018</td> </tr> </tbody> </table> <p>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。</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $E = R_f \times \phi \quad (式2)$ <p style="text-align: center;">E: 輻射強度[W/m²], R_f: 輻射発散度[W/m²], ϕ: 形態係数</p> </div> <p style="text-align: center;">表 6-34 評価対象施設の輻射強度</p> <table border="1" style="margin: 10px auto;"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>輻射強度[W/m²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>排気筒</td> <td>414</td> </tr> </tbody> </table> <p>g. 燃焼継続時間の算出 (1) d. (e) と同様。</p> <p>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。</p>	対象施設	形態係数[-]	排気筒	0.018	対象施設	輻射強度[W/m ²]	排気筒	414		<p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> 泊は原子炉施設を建屋外壁・排気筒・海水ポンプに分けて記載。また、評価手法についても個別に記載している。（離隔距離、輻射強度等はプラント設計の違いにより相違しているが評価手法は女川と同じ）
対象施設	形態係数[-]										
排気筒	0.018										
対象施設	輻射強度[W/m ²]										
排気筒	414										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由				
<p>(ii) 評価結果</p> <p>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、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た。内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。</p> <p>なお、評価にあたって排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが、筒身よりも支持鉄塔側が危険物タンクとの距離が近いこと、材質も支持鉄塔は SS400 及び STK400、筒身では SMA400AP であり、物性値が軟鋼で同一であることから、支持鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。</p> <p>受熱面の輻射強度は時間によらず一定である。したがって、排気筒の温度上昇の最大値 T は受熱面の輻射による熱量と放熱量がバランスした状態である。下記の温度評価式により、排気筒の温度評価を実施した。</p> $T = T_0 + \frac{\epsilon E}{2h}$ <p>ε:吸収率(0.9[-])^{※1} E:輻射強度[W/m²] h:熱伝達率(17[W/m²/K])^{※2} T₀:初期温度(50[°C]) ※1:伝熱工学資料 ※2: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、屋根面及び上げ表面の夏季、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/m²/K]を用いる。)</p> <p>(出典：建築火災の応用と火災安全設計、財団法人日本建築センター)</p>	<p>(b) 評価結果</p> <p>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。</p> <p>なお、内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。</p> $T = T_0 + \frac{\epsilon E}{2h} \text{ (式1)}$ <p>ε:吸収率(1.0[-])、E:輻射強度[W/m²]、h:熱伝達率(17[W/m²・K])^{※1}、T₀: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、屋根面及び上げ表面の夏季、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/m²・Kを用いる。)</p> <p>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。評価結果を表6-35に示す。排気筒の評価概念図を図6-13に示す。</p>  <p>図6-13 排気筒の評価概念図</p> <p>表6-35 排気筒への火災影響評価結果</p> <table border="1" data-bbox="875 1394 1160 1469"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>排気筒温度[°C]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>排気筒</td> <td>約63</td> </tr> </tbody> </table>	対象施設	排気筒温度[°C]	排気筒	約63		<p>記載表現の相違</p> <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・女川は文末に記載（泊は敷地内危険物施設の大災影響評価と同じ文章構成としている。） 設計方針の相違 <ul style="list-style-type: none"> ・泊は排気筒が筒身のみである。 記載方針の相違 <ul style="list-style-type: none"> ・泊は文中に記載（泊は敷地内危険物施設の大災影響評価と同じ文章構成としている。） 設計方針の相違 <ul style="list-style-type: none"> ・泊は保守的に吸収率を1.0として評価 <p>記載方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・泊は原子炉施設を建屋外壁・排気筒・海水ポンプに分けて記載。（離隔距離、輻射強度等はプラント設計の違いにより相違しているが評価手法は女川と同じ）
対象施設	排気筒温度[°C]						
排気筒	約63						

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由									
	<p>(3) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価</p> <p>a. 評価対象範囲</p> <p>原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は、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モータは、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。</p> <p>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。</p> <p>b. 火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離</p> <p>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表6-36に示す。</p> <p>表6-36 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離</p> <table border="1" data-bbox="808 754 1227 858"> <thead> <tr> <th rowspan="2">想定火災源</th> <th>離隔距離[m]</th> </tr> <tr> <th>循環水ポンプ建屋</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>3号機主変圧器・所内変圧器</td> <td>81</td> </tr> </tbody> </table> <p>c. 燃焼半径の算出</p> <p>(1) c. と同様。</p> <p>d. 形態係数の算出</p> <p>以下の式から形態係数を算出した。算出結果を表6-37に示す。</p> $\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left(\frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left[\frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[\frac{A(n-1)}{B(n+1)} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[\frac{(n-1)}{(n+1)} \right] \right] \quad (式1)$ <p>$m = \frac{H}{R} \approx 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$</p> <p>H：火炎長(18.42[m])、R：燃焼半径(6.14[m])、L：離隔距離[m]</p> <p>表6-37 評価対象施設の形態係数</p> <table border="1" data-bbox="797 1347 1238 1430"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>形態係数[-]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉補機冷却海水ポンプ</td> <td>0.012</td> </tr> </tbody> </table>	想定火災源	離隔距離[m]	循環水ポンプ建屋	3号機主変圧器・所内変圧器	81	対象施設	形態係数[-]	原子炉補機冷却海水ポンプ	0.012		<p>設計方針の相違</p> <p>・本項については、海水ポンプの熱影響評価について記載しているが、女川は屋外設置であり直接熱影響を受けること、泊は屋内設置のため直接熱影響を受けないことが基本的な差異であり、このため、評価手法も異なっている。ただし、ポンプの許容温度（軸受け温度）以下であることを評価していることに差異はない。</p>
想定火災源	離隔距離[m]											
	循環水ポンプ建屋											
3号機主変圧器・所内変圧器	81											
対象施設	形態係数[-]											
原子炉補機冷却海水ポンプ	0.012											

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由				
	<p>e. 輻射強度の算出</p> <p>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。算出結果を表6-38に示す。</p> $E = R_f \times \Phi \quad (\text{式2})$ <p>E：輻射強度[W/m²]、R_f：輻射発散度[W/m²]、Φ：形態係数</p> <p>表6-38 評価対象施設の輻射強度</p> <table border="1" data-bbox="792 443 1240 531"> <thead> <tr> <th>対象施設</th> <th>輻射強度[W/m²]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉補機冷却海水ポンプ</td> <td>276</td> </tr> </tbody> </table> <p>f. 燃焼継続時間の算出</p> <p>(1) d. (e)と同様。</p> <p>g. 判断の考え方</p> <p>(a) 許容温度</p> <p>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、モーター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 80.9℃とする。</p> <p>(b) 評価方法</p> <p>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図6-14に示す。</p>	対象施設	輻射強度[W/m ²]	原子炉補機冷却海水ポンプ	276		
対象施設	輻射強度[W/m ²]						
原子炉補機冷却海水ポンプ	276						

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

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

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

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

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

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

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

*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 ：外部火災からの放射熱受熱熱流束[W/m²],
 A_F ：放射受熱面積[m²], G_{air} ：換気風量[kg/s], $C_{p_{in}}$ ：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/s²], ρ_{in} ：外気密度[kg/m³],
 ρ_R ：建屋内空気密度[kg/m³], H ：換気有効高さ[m], ζ_{in} ：給気口圧損係数[-],
 ζ_{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[m²], A_{out} ：排気口面積[m²]

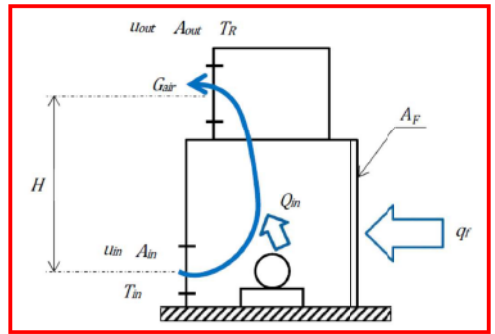


図6-1-4 循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

(c) 評価結果
 放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。評価結果を表6-3-9に示す。

表6-3-9 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]
原子炉補機冷却海水ポンプ	約46

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

(j) 評価結果

建屋外壁、復水貯蔵タンク、排気筒の温度評価結果を以下に示す。

第6-36表 変圧器火災の熱影響評価結果

変圧器	2号炉			3号炉		
	起動変圧器	所内変圧器	補助3号炉変圧器	PLT-WVF変圧器	主変圧器	励磁電源変圧器
原子炉建屋外壁温度 [℃]				約 198	約 59	約 52
制御建屋外壁温度 [℃]	約 59		約 101		約 59	
タービン建屋外壁温度 [℃]		約 198				
復水貯蔵タンク温度 [℃]					約 51	約 51
排気筒温度 [℃]					約 67	約 72

※許容温度：壁温度 200℃、復水貯蔵タンク 66℃、排気筒 325℃

d. 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、制御建屋、タービン建屋）外壁温度、復水貯蔵タンク温度及び排気筒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。

6. 敷地内危険物施設における延焼の危険性について

軽油タンク及び大容量電源装置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、社内文書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、軽油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。

7. 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。

- ・2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室外扉及び2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室

泊発電所3号炉

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、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、社内文書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. 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

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、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

先行審査意見の反映
 ・女川まとめ資料の記載を確認した結果、記載内容の充実化が必要と判断したため、当該記載を追記した。

差異理由

記載方針の相違
 ・泊は原子炉施設を建屋外壁・排気筒・海水ポンプに分けて個別に記載しており、表でまとめていない。

設計方針の相違
 ・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

建屋名称の相違
 設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違
 記載表現の相違

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違

設備名称の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>・ルーバ（換気空調系の給・排気口） ・ブローアウトパネル</p> <p>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。</p> <p>発熱源は、火災時の輻射強度が大きい軽油タンク、変圧器、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。</p> <p>(2) 2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室外扉及び2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室の熱影響評価</p> <p>a. 外扉の温度評価</p> <p>(a) 評価対象</p> <p>室内に防護対象設備を内包する部屋の外扉のうち、3号炉軽油タンクに面している原子炉建屋北側に位置しており、輻射強度が最も大きくなる2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室の外扉を評価対象とする。</p> <p>なお、室内に防護対象設備を内包する部屋の扉には、他に2号炉非常用ディーゼル発電機(B)室、2号炉高压炉心スプレィ系ディーゼル発電機室の外扉があるが、どちらも原子炉建屋東側に面しており、3号炉軽油タンクからの離隔距離は2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室より離れているため、両扉の熱影響評価は2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室の熱影響評価に包絡される。</p> <p>原子炉建屋外扉と火災源との位置関係を第6-15図に示す。</p> <div data-bbox="91 991 680 1378" style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> <p style="text-align: center; font-size: small;">図面みの内容に図上の変更は公開できません</p>  <p style="text-align: center; font-size: small;">第6-18図 想定する3号炉軽油タンク火災と航空機墜落による火災の火災源と原子炉建屋外扉の位置図</p> </div>	<p>・フード（換気空調系の給・排気口）</p> <p>・配管貫通部</p> <p>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。</p> <p>発熱源は、火災時の輻射強度が大きい3号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。</p> <p>(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</p> <p>a. 外扉の温度評価</p> <p>(a) 評価対象</p> <p>室内に防護対象設備を内包する部屋の外扉のうち、3号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。</p> <p>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。</p> <p>ディーゼル発電機室外扉と火災源との位置関係を図6-15に示す。</p> <div data-bbox="775 991 1261 1378" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">  </div> <p>図6-15 想定する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-ディーゼル発電機外扉の位置図</p>		<p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる発熱源の相違 <p>設備名称の相違</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる発熱源の相違 <p>設備名称の相違</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価条件の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

(b) 想定条件

- i. 火災源は、3号炉軽油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6-37表に示す。

(b) 想定条件

- i. 火災源は、3号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表6-40に示す。

第6-37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 ²]	火災継続時間 [s]
2号炉DC(A)室 外扉	3号伊軽油タンク	181	279.54	39305
	航空機墜落	21	3359.70	4169

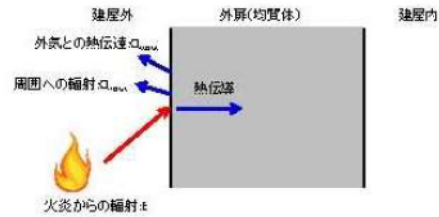
※2号炉原子炉建屋までの離隔距離を採用した。

表6-40 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 ²]	火災継続時間 [s]
3B-ディーゼル 発電機室外扉	3号補助ボイラー燃料タンク	43	3,298.80	19,556
	航空機墜落	140	1,100.52	6,677

※ 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6-17図 伝熱の概念図

以下に、伝熱の概念図を示す。

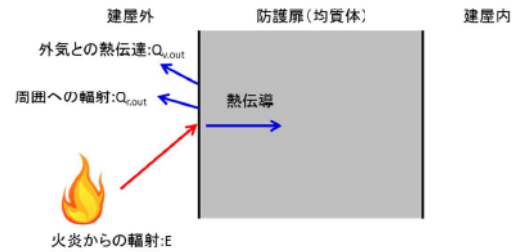


図6-16 伝熱の概念図

(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6-38表に示す。

(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表6-41に示す。

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる火災源の相違

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

第 8-38 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 1/2

項目	パラメータ	保守性	出典と保守性の考え方
外気温 T_a [°C]	50	○	発電所直前の気象台における過去10年間の最高気温 35.8°Cにおける建屋外壁面の日射の影響を考慮した暑度 44°Cを切り上げた値である 50°Cを初期温度としている。
DG(A)室外扉の厚さ l [m]	0.098	-	設計寸法
DG(A)室外扉熱吸収率 ϵ [-]	0.0	-	伝熱工学資料より引用
DG(A)室外扉比熱 c_p [J/(kg·K)]	473	-	伝熱工学資料より鉄鋼の物を引用
DG(A)室外扉密度 ρ [kg/m ³]	7880	-	
DG(A)室外扉熱伝導率 λ [W/m·K]	51.6	-	
DG(A)室外扉熱拡散率 a [m ² /s]	1.268×10^{-4}	-	
コンクリート厚さ d [m]	0.7	-	DG(A)室と DG(A)副射線室の壁の厚さ設計寸法
コンクリート熱伝導率 λ_c [W/m·K]	1.74	-	原子炉建屋構造設計指針・解説(日本建築学会)より引用
コンクリート熱伝導率 $\lambda_{c,kt}$ [W/m·K]	0.20	-	空気調和・衛生工学便覧より引用

表 6-4 1 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 T_a [°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 ϵ [-]	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	-	
3B-DG 室外扉密度 ρ [kg/m ³]	7,860	-	伝熱工学資料より鉄鋼の物性値を引用
3B-DG 室外扉熱伝導率 λ [W/m·K]	51.6	-	
3B-DG 室外扉熱拡散率 a [m ² /s]	1.388×10^{-4}	-	
内表面熱伝導率 h_i [W/(m ² ·K)]	8.29	-	空気調和・衛生工学便覧より引用
空気比熱 $c_{p,a}$ [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 ρ_a [kg/m ³]	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_i [m ³]	1,858	-	設計値
3B-DG 室受熱面積 A_i [m ²]	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 $T_{a,i}$ [°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 室換気流量 n_i [kg/s]	27.255	-	設計値
3B-DG 室内負荷 Q_i [W]	518,500	-	設計値

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

第6-28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 2/2

項目	パラメータ	保守性	出典と保守性の考え方
空気比熱 $C_{p,air}$ [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 ρ_a [kg/m ³]	1.116	○	伝熱工学資料より引用 DG(A)室は、DG(A)室の空調機の給気温度（21℃）以上となるため、空気密度が最大となる21℃の時の値を使用
空気密度 ρ_s [kg/m ³]	1.138	○	伝熱工学資料より引用 DG(A)制御室は、DG(A)制御室の空調機の給気温度（20℃）以上となるため、空気密度が最大となる20℃の時の値を使用
DG(A)室体積 V_1 [m ³]	1840	-	設計寸法より算出
DG(A)室受熱面積 A_1 [m ²]	19.88	-	DG(A)室外扉表面積を設計寸法より算出
DG(A)室吹出温度 T_{s1} [℃]	21	○	DG 室非常用送風機稼働時の空調機の給気温度を管理する制御範囲（4～21℃）のうち、最高温度としている。
DG(A)室換気流量 m_1 [kg/s]	47.996	○	保守的に換気流量として設計流量（設計上必要となる最悪限の換気流量の設定値）を用いている。
DG(A)室室内負荷 Q_1 [W]	847081.57	○	室内の機器が全て稼働している場合の最大の熱負荷を用いている。
DG(A)制御室体積 V_2 [m ³]	180	-	設計寸法より算出
DG(A)制御室受熱面積 A_2 [m ²]	49.8	-	DG(A)室とDG(A)制御室の境界壁の表面積を設計寸法より算出
DG(A)制御室吹出温度 T_{s2} [℃]	20	○	空調機の給気温度を管理する制御範囲（4～20℃）のうち、最高温度としている。
DG(A)制御室換気流量 m_2 [kg/s]	0.178	○	保守的に換気流量として設計流量（設計上必要となる最悪限の換気流量の設定値）を用いている。
DG(A)制御室室内負荷 Q_2 [W]	3256.4	○	室内の機器が全て稼働している場合の最大の熱負荷を用いている。

(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、扉表面はエナメル塗装であることから、外面放射率を0.9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6-18図）。

Bayley の式は以下のように表せる。

(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（図6-17）。

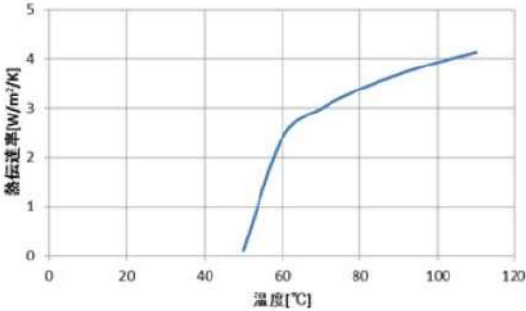
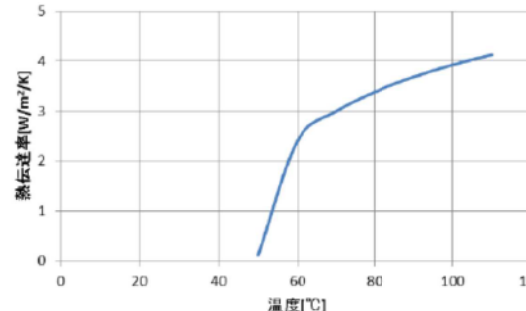
Bayley の式は以下のように表せる。

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違

設計方針の相違
 ・泊は保守的に周囲への輻射は無しとしている。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>Bayley の式</p> $Nu = \frac{hL}{\lambda} = 0.10Ra^{\frac{1}{3}}$ $Ra = \frac{g\beta(T_w - T_{\infty})L^3}{\nu\alpha}$ <p>より、自然対流熱伝達率 h は次式から求められる。</p> $h = 0.10\lambda \left(\frac{g\beta(T_w - T_{\infty})L^3}{\nu\alpha} \right)^{\frac{1}{3}}$ <p>と表せる。ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> h: 熱伝達率 [W/m²·K] T_w: 屏の表面温度 [°C] T_∞: 屏から離れた位置での外気温度 (50 [°C]) Nu: ヌセルト数 [-] L: 屏の高さ (4.97 [m]) λ: 外気の熱伝導率* [W/m·K] (境界平均温度 (T_w + T_∞)/2) における値) Ra: レイリー数 [-] g: 重力加速度 (9.80665 [m/s²]) β: 体膨張率 [1/K] (境界平均温度 (T_w + T_∞)/2) の逆数) ν: 動粘性率* [m²/s] α: 熱拡散率* [m²/s] (= λ/ρc_p) c_p: 空気比熱* [J/kg·K] ρ: 空気密度* [kg/m³] ※: 伝熱工学資料記載値から算出  <p>第 6-18 図 自然対流熱伝達 (Bayley の式)</p>	<p>Bayley の式</p> $Nu = \frac{hL}{\lambda} = 0.10Ra^{\frac{1}{3}}$ $Ra = \frac{g\beta(T_w - T_{\infty})L^3}{\nu\alpha}$ <p>より、自然対流熱伝達率 h は次式から求められる。</p> $h = 0.10\lambda \left(\frac{g\beta(T_w - T_{\infty})L^3}{\nu\alpha} \right)^{\frac{1}{3}}$ <p>と表せる。ここで、</p> <ul style="list-style-type: none"> h: 熱伝達率 [W/m²·K] T_w: 屏の表面温度 [°C] T_∞: 屏から離れた位置での外気温度 (50 [°C]) Nu: ヌセルト数 [-] L: 屏の高さ (2.525 [m]) λ: 外気の熱伝導率* [W/m·K] (境界平均温度 (T_w + T_∞)/2) における値) Ra: レイリー数 [-] g: 重力加速度 (9.80665 [m/s²]) β: 体膨張率 [1/K] (境界平均温度 (T_w + T_∞)/2) の逆数) ν: 動粘性率* [m²/s] α: 熱拡散率* [m²/s] (= λ/ρc_p) c_p: 空気比熱* [J/kg·K] ρ: 空気密度* [kg/m³] ※: 伝熱工学資料記載値から算出  <p>図 6-17 自然対流熱伝達 (Bayley の式)</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉 (e) 外扉の内外面温度評価 以下の式に示す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。 $\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$ ここで、 T: DG(A)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] α: DG(A)室外扉熱拡散率 [m ² /s](= λ/ρC _p) λ: DG(A)室外扉熱伝導率 [W/m·K] ρ: DG(A)室外扉密度 (7860[kg/m ³]) C _p : DG(A)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、 $h(T_{\infty} - T) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$ $h(T - T_1) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$ L: DG(A)室外扉の厚さ (0.088 [m]) E: 火災による輻射強度 h: 熱伝達率 [W/m ² ·K] (Bayley の式より算出) T _∞ : 外気温度 (50[°C]) T ₁ : DG(A)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 DG(A)室外扉温度を算出し、DG(A)室外扉の最高到達温度を評価する。 評価結果を第 6-39 表に示す。	泊発電所3号炉 (e) 外扉の内外面温度評価 以下の式に示す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。 $\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$ 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] α: 3B-DG 室外扉熱拡散率 [m ² /s] (= λ/ρC _p) λ: 3B-DG 室外扉熱伝導率 [W/m·K] ρ: 3B-DG 室外扉密度 (7,860[kg/m ³]) 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、 $h(T_{\infty} - T) - \lambda \frac{dT}{dx} = E(x = 0)$ $h(T - T_1) - \lambda \frac{dT}{dx} = 0(x = L)$ 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/m ² ·K] (Bayley の式より算出) T _∞ : 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。 評価結果を表 6-42 に示す。	差異理由								
第 6-39 表 外扉温度評価結果 <table border="1" data-bbox="138 1189 647 1326"> <tr> <th>外扉外側 [°C]</th> <th>外扉内側 [°C]</th> </tr> <tr> <td>約 106</td> <td>約 104</td> </tr> </table>	外扉外側 [°C]	外扉内側 [°C]	約 106	約 104	表 6-42 外扉温度評価結果 <table border="1" data-bbox="768 1214 1265 1294"> <tr> <th>外扉外側 [°C]</th> <th>外扉内側 [°C]</th> </tr> <tr> <td>約 113</td> <td>約 106</td> </tr> </table>	外扉外側 [°C]	外扉内側 [°C]	約 113	約 106	追而【アクセスルート審査の反映】 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)
外扉外側 [°C]	外扉内側 [°C]									
約 106	約 104									
外扉外側 [°C]	外扉内側 [°C]									
約 113	約 106									
		設備名称の相違 設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違								

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>(f) 熱影響の有無の評価 評価の結果、3号炉軽油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106℃、扉内面約104℃となった。</p> <p>b. DG(A)室の温度評価 建屋内に設置されているディタンクからの燃料供給により、非常用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。</p> <p>(a) 評価条件</p> <p>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104℃一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とした。</p> <p>ii. 評価対象室から隣接室への熱影響を評価するため、評価対象室から壁、床、天井への放熱を考慮した。</p> <p>iii. 隣接室については、隣接する壁、床、天井への放熱を考慮しないものとした。</p> <p>iv. 隣接室の内気温度評価は、評価対象室の放熱面積と隣接室の室内負荷が最も大きい、評価対象室隣接の非常用ディーゼル発電機(A)制御盤室を対象とすることで、他の隣接室内機器等への評価は包絡される。</p> <p>v. 非常用ディーゼル発電機は、110%出力一定で運転しているものとした。</p> <p>vi. 隣接室内の負荷（電気品等）は非常用ディーゼル発電機の運転時のものとした。</p> <p>vii. 非常時を想定し、非常用送風機は運転状態とするが、常用換気空調系による給気の除熱には期待しないものとした（常用換気空調系の電源は非常用電源にも接続されており、送風機は非常時も運転可能）。</p>	<p>(f) 熱影響の有無の評価 評価の結果、3号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113℃、扉内面約106℃となった。</p> <p>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。</p> <p>(a) 評価条件</p> <p>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106℃一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とした。</p> <p>ii. 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、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。</p> <p>iii. ディーゼル発電機は、運転しているものとした。</p> <p>iv. 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。</p>	<p>追而【アクセスルート審査の反映】 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p> <p>追而【アクセスルート審査の反映】 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p>	<p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違</p> <p>設備名称の相違 設備名称の相違</p> <p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊の評価対象室(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、評価対象室(3B-DG室)と諸条件が同等であることから、評価対象室(3B-DG室)の評価により、全ての隣接室内機器への評価は包絡される。また、評価対象室への影響を保守的に評価するため、放熱は考慮しない。</p> <p>設計方針の相違 ・設備の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊は隣接室の評価は評価対象室の評価に包絡されるため不要</p> <p>設計方針の相違 ・空調設備の相違</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>(b) 建屋内の温度評価</p> <p>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。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $\frac{dT_R}{dt} = \frac{Q_1 + Q_D - Q_V - Q_{HR}}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式1})$ </div> <p>T_R : DG(A)室室温[°C] Q_1 : DG(A)室熱負荷(847(81.57 [W]) Q_D : 火災による DG(A)室外扉温度上昇に伴う熱負荷[W] Q_V : DG(A)室における空調による除熱[W] Q_{HR} : DG(A)室から DG(A)制御盤室への放熱量[W] ρ_1 : DG(A)室内空気密度(1.146 [kg/m³]) C_{p1} : DG(A)室内空気定圧比熱(1007 [J/kg·K]) V_1 : DG(A)室体積(1840 [m³])</p> <p>式1記載の外部火災による DG(A)室外扉の温度上昇に伴う熱負荷 Q_D は、DG(A)室外扉から DG(A)室への熱伝達を考慮して、次式のように表せる。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $Q_D = A_1 h_1 (T_{max} - T_R) \quad (\text{式2})$ </div> <p>h_1 : DG(A)室外扉熱内面熱伝達率[W/m²·K](Baylay の式による) A_1 : DG(A)室外扉表面積(19.88 [m²]) T_{max} : DG(A)室外扉最高温度(104 [°C])</p> <p>式1記載の DG(A)制御盤室への放熱量 Q_{HR} は、DG(A)室から DG(A)制御盤室への熱伝達を考慮して、次式のように表せる。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $Q_{HR} = A_2 K (T_R - T_n) \quad (\text{式3})$ </div> <p>K : 熱通過率[W/m²·K] A_2 : DG(A)室と DG(A)制御盤室の境界壁の表面積(40.8 [m²]) T_n : DG(A)室室温[°C] T_n : DG(A)制御盤室室温[°C]</p> <p>式3記載の熱通過率 K は、次式のように表せる。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $K = \frac{1}{\frac{1}{h_1} + \frac{d}{\lambda_w} + \frac{1}{h_2}} \quad (\text{式4})$ </div> <p>h_1 : DG(A)室と壁面間での熱伝達率(8.29 [W/m²·K]) h_2 : 壁面と DG(A)制御盤室間の熱伝達率(8.29 [W/m²·K]) d : DG(A)室と DG(A)制御盤室の境界壁面厚さ(0.7 [m]) λ_w : コンクリート熱伝導率(1.74 [W/m·K])</p>	<p>(b) 建屋内の温度評価</p> <p>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。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $\frac{dT_R}{dt} = \frac{Q_1 + Q_D - Q_V}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式1})$ </div> <p>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] ρ_1 : 3B-DG 室空気密度(1.150 [kg/m³]) 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 [m³])</p> <p>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。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> $Q_D = A_1 h_1 (T_{max} - T_R) \quad (\text{式2})$ </div> <p>h_1 : 3B-DG 室外扉内表面熱伝達率[W/m²·K] A_1 : 3B-DG 室外扉表面積(7.07 [m²]) T_{max} : 3B-DG 室外扉内側最高温度(106 [°C])</p>		<p>設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため、評価式が異なる。</p> <p>設備名称の相違 設備名称の相違</p> <p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。</p> <p>設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

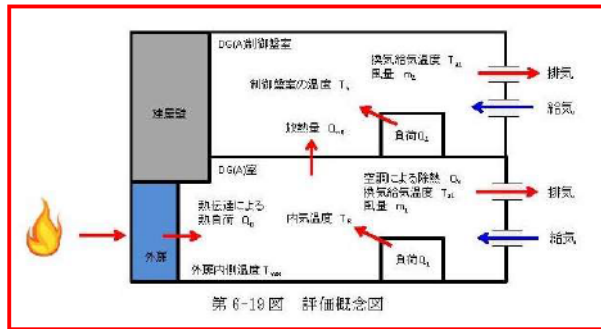
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>式3記載のDG(A)制御盤室の内気温度T_nは、DG(A)制御盤室への放熱量と室内の熱負荷及び空調による除熱を考慮し、次式より求める。</p> $T_n = T_2 + \frac{Q_{HR}}{m_2 C_{p2}} \quad (\text{式5})$ <p>m_2 : DG(A)制御盤室の換気風量(0.178 [kg/s]) C_{p2} : DG(A)制御盤室の定圧比熱(1007 [J/kg/K]) T_2 : DG(A)制御盤室初期温度[°C]</p> <p>式5記載のDG(A)制御盤室初期温度T_2は、次のように表せる。</p> $T_2 = T_{a2} + \frac{Q_2}{m_2 C_{p2}} \quad (\text{式6})$ <p>Q_2 : DG(A)制御盤室の熱負荷(3256.4 [W]) T_{a2} : DG(A)制御盤室吹出温度(20 [°C])</p> <p>式1記載の空調による除熱Q_vは、次式のように表せる。</p> $Q_v = m_1 C_{p1} (T_R - T_{a1}) \quad (\text{式7})$ <p>m_1 : DG(A)室換気風量(47.996 [kg/s]) C_{p1} : DG(A)室の定圧比熱(1007 [J/kg/K]) T_{a1} : DG(A)室吹出温度(31 [°C])</p> <p>以上より、式2から式7までを式1に代入し、DG(A)室の室温を下式より算出する。</p> $T_R = \left(T_1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) \exp(-\alpha t) + \frac{\beta}{\alpha} \quad (\text{式8})$ <p>T_1 : DG(A)室内気初期温度 t : 火災継続時間[s]</p> $T_1 = \frac{Q_1}{m_1 C_{p1}} + T_{a1} \quad (\text{式9})$ $\alpha = \frac{A_1 h + m_1 C_{p1} + \gamma}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式10})$ $\beta = \frac{Q_1 + A_1 h T_{max} + m_1 C_{p1} T_{a1} + \gamma \left(T_{a2} + \frac{Q_2}{m_2 C_{p2}} \right)}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式11})$ $\gamma = \frac{A_2 K}{1 + \frac{A_2 K}{m_2 C_{p2}}} \quad (\text{式12})$ <p>である。</p>	<p>式1記載の空調による除熱Q_vは、次式のように表せる。</p> $Q_v = m_1 C_{p1} (T_R - T_{a1}) \quad (\text{式3})$ <p>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])</p> <p>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。</p> $T_R = \left(T_1 - \frac{\beta}{\alpha} \right) \exp(-\alpha t) + \frac{\beta}{\alpha} \quad (\text{式4})$ <p>T_1 : 3B-DG室内気初期温度[°C] t : 火災継続時間[s]</p> $\alpha = \frac{A_1 h_1 + m_1 C_{p1}}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式5})$ $\beta = \frac{Q_1 + A_1 h_1 T_{max} + m_1 C_{p1} T_{a1}}{\rho_1 C_{p1} V_1} \quad (\text{式6})$ $T_1 = \frac{Q_1}{m_1 C_{p1}} + T_{a1} \quad (\text{式7})$ <p>である。</p>		<p>設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。</p> <p>設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。</p> <p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違</p> <p>設備名称の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため、評価式が異なる。</p>

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉



以下に評価結果を示す。

第6-40表 非常用ディーゼル発電機(B)室及び非常用ディーゼル発電機(A)制御室の熱影響評価結果

	2号炉非常用ディーゼル発電機(B)室 (評価対象室)	2号炉非常用ディーゼル発電機(A)制御室 (隣接室)
内気温度[℃]	44.6	39.9
許容温度[℃]	45.0※1	40.0※2
初期温度[℃]	44.4	38.1

※1：室内の電気設備（非常用ディーゼル発電機）の最高使用温度
 ※2：室内の電気設備（制御室）の最高使用温度

(c) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から、軽油タンク火災及び航空機墜落による火災の重量火災による外壁の加熱を想定したとしても、建屋内の2号炉非常用ディーゼル発電機(A)室及び隣接室の内気温度が、共に許容温度を超えないことから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。

泊発電所3号炉

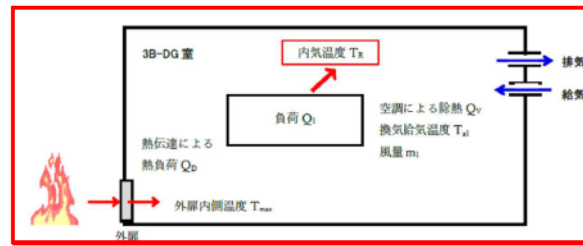


図6-18 評価概念図

以下に評価結果を示す。

表6-43 3B-DG室の熱影響評価結果

	3B-DG室 (評価対象室)
内気温度 [℃]	49.1
許容温度 [℃] ※1	50.0
初期温度 [℃]	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量火災による外壁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。

差異理由

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価概念図の相違

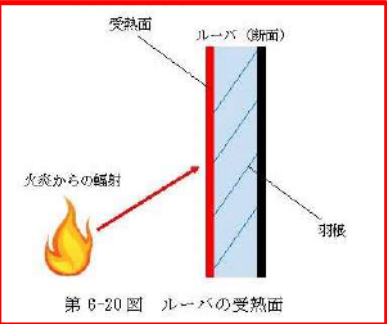
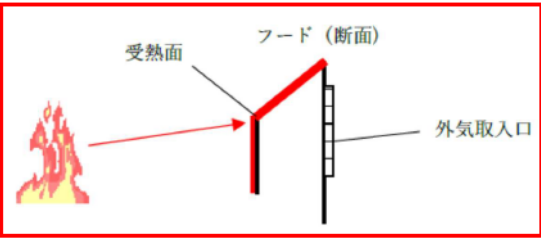
設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる評価結果の相違

追而【アクセスルート審査の反映】
 (左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる火災源の相違
 設計方針の相違
 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																											
<p>(3) ルーバの火災影響評価について</p> <p>a. 評価対象 ルーバのうち代表して2号炉非常用ディーゼル発電機(A)の給気ルーバを対象とする。</p> <p>b. 想定条件 ・ルーバへの熱影響が最大となるF-15による航空機墜落による火災を火災源とする。F-15による航空機墜落による火災については、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、一定の輻射強度でルーバが昇温されるものとする。</p> <p>以下に、ルーバへの受熱面を示す。</p>  <p>第6-20図 ルーバの受熱面</p> <p>c. 必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="123 1244 660 1460"> <caption>第6-41表 ルーバへの火災影響評価に必要なデータ</caption> <tr><td>離隔距離[m]</td><td>21</td></tr> <tr><td>燃焼半径[m]</td><td>3.77</td></tr> <tr><td>形態係数[-]</td><td>5.793×10^{-2}</td></tr> <tr><td>輻射強度[W/m²]</td><td>3.38×10^3</td></tr> <tr><td>燃焼継続時間[h]</td><td>1.38</td></tr> </table>	離隔距離[m]	21	燃焼半径[m]	3.77	形態係数[-]	5.793×10^{-2}	輻射強度[W/m ²]	3.38×10^3	燃焼継続時間[h]	1.38	<p>(3) フードの火災影響評価について</p> <p>a. 評価対象 3号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フードとしてはDG蓄熱室給気口フードがあるが、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給気口フードを対象とする。</p> <p>b. 想定条件 ・フードへの熱影響が最大となる3号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。 ・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、輻射による放熱は考慮しないものとする。</p> <p>以下に、フードへの受熱面を示す。</p>  <p>図6-19 フードの受熱面</p> <p>c. 必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。</p> <table border="1" data-bbox="728 1244 1310 1460"> <caption>表6-44 フードへの火災影響評価に必要なデータ</caption> <tr><th></th><th>3号補助ボイラー燃料タンク</th><th>航空機</th></tr> <tr><td>離隔距離[m]</td><td>56</td><td>140</td></tr> <tr><td>燃焼半径[m]</td><td>13.809</td><td>14.928</td></tr> <tr><td>形態係数[-]</td><td>9.79229×10^{-2}</td><td>2.20103×10^{-2}</td></tr> <tr><td>輻射強度[W/m²]</td><td>2,252.23</td><td>1,100.52</td></tr> <tr><td>燃焼継続時間[h]</td><td>5.43</td><td>1.85</td></tr> </table>		3号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]	13.809	14.928	形態係数[-]	9.79229×10^{-2}	2.20103×10^{-2}	輻射強度[W/m ²]	2,252.23	1,100.52	燃焼継続時間[h]	5.43	1.85	<p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価対象の相違</p> <p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価対象の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊は熱影響が最大となる想定火災として重畳火災を選定している</p> <p>設計方針の相違 ・評価条件の相違（輻射による放熱を考慮しないことで保守的な評価を実施）</p> <p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価対象の相違</p> <div data-bbox="1355 1356 1948 1428" style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p>追而【アクセスルート審査の反映】 （左記の破線部分は、アクセスルート審査直結果を受けて評価を実施）</p> </div> <p>設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる評価条件の相違</p>
離隔距離[m]	21																													
燃焼半径[m]	3.77																													
形態係数[-]	5.793×10^{-2}																													
輻射強度[W/m ²]	3.38×10^3																													
燃焼継続時間[h]	1.38																													
	3号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]	13.809	14.928																												
形態係数[-]	9.79229×10^{-2}	2.20103×10^{-2}																												
輻射強度[W/m ²]	2,252.23	1,100.52																												
燃焼継続時間[h]	5.43	1.85																												

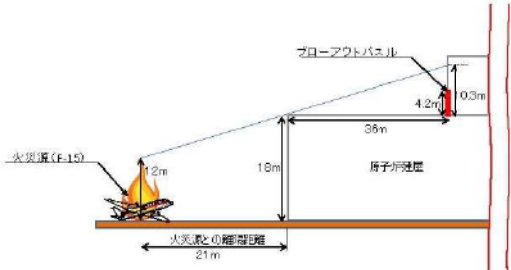
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由								
<p>d. ルーバ温度と膨張量</p> <p>F-15による航空機火災の熱影響評価（7）から（11）と同様の算出方法により輻射強度を求めた結果、ルーバが受ける輻射強度は3.36kW/m²となり、この輻射強度にて一定でルーバが昇温されるものとして、下記の式より対象ルーバの温度及び膨張量を算出する。</p> <p>なお、ルーバの材質は、アルミニウム合金（JIS:A6063）である。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$ <p>ε: 吸収率(0.9[-])^{※1} E: 輻射強度 [W/m²] h: ルーバの熱伝達率(17[W/m²/K])^{※2} T_0: 初期温度(50[°C]) ※1: 伝熱工学資料 ※2: 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、屋根面及び上げ表面の夏季、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/m²/K]を用いる。） （出典：建築火災の対応と火災安全設計，財団法人日本建築センター）</p> $l = L\alpha(T - T_0)$ <p>l: ルーバ膨張量, α: 熱膨張率(= 2.36 × 10⁻⁵[1/K]) h: 熱伝達率(= 17[W/m²/K], T_0: 初期温度(50[°C]) L: 長辺方向のルーバ長さ(= 1300[mm]) （出典：伝熱工学資料）</p> </div> <p>以下に評価結果を示す。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center;"> <p>第6-42表 ルーバの熱影響評価結果</p> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>ルーバ温度[°C]</td> <td>149</td> </tr> <tr> <td>ルーバ膨張量[mm]</td> <td>3.1</td> </tr> </table> </div> <p>e. 火災による熱影響の有無の評価</p> <p>ルーバ温度は149°Cとなり、ルーバ長辺方向の熱膨張量はルーバ長さ1300mmに対して、3.1mmとなったことから、ルーバの形状が大きく変形することはない。</p> <p>また、ルーバ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、ルーバ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。</p> <p>なお、ルーバ内側には熱影響を受ける機器等がなく、変圧器火災時は、熱気流を考慮し、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等を講ずることから、建屋内への熱影響はない。</p>	ルーバ温度[°C]	149	ルーバ膨張量[mm]	3.1	<p>d. フード温度と膨張量</p> <p>3号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輻射強度を求めた結果、フードが受ける輻射強度は3.35kW/m²となり、この輻射強度にて一定でフードが昇温されるものとして、下記の式より対象フードの温度及び膨張量を算出する。</p> <p>なお、フードの材質は、SS400（JIS:G3101）である。</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px;"> $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{h}$ <p>ε: 吸収率(1.0[-]), E: 輻射強度 [W/m²] h: フードの熱伝達率(17[W/m²·K])^{※1}, T_0: 初期温度(50[°C]) ※1: 空気調和・衛生工学便覧</p> $l = L\alpha(T - T_0)$ <p>l: フード膨張量[mm], α: 熱膨張率(12.8 × 10⁻⁶[1/K]) T_0: 初期温度(50[°C]), L: フード長さ(21,235[mm])</p> </div> <p>以下に評価結果を示す。</p> <p style="text-align: center;">表6-45 フードの熱影響評価結果</p> <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center;"> <table border="1" style="margin: auto;"> <tr> <td>フード温度[°C]</td> <td>248</td> </tr> <tr> <td>フード膨張量[mm]</td> <td>53.7</td> </tr> </table> </div> <p>e. 火災による熱影響の有無の評価</p> <p>フードの温度は248°Cとなり、フード長辺方向の熱膨張量はフード長さ21,235mmに対して、53.7mmとなったことから、フードの形状が大きく変形することはない。</p> <p>また、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、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。</p> <p>なお、フード内側には熱影響を受ける機器等がなく、3号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ずることから、建屋内への熱影響はない。</p>	フード温度[°C]	248	フード膨張量[mm]	53.7	<div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">追而【アクセスルート審査の反映】</p> <p>(左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p style="text-align: center;">追而【アクセスルート審査の反映】</p> <p>(左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p> </div> <div style="border: 1px solid gray; padding: 5px;"> <p style="text-align: center;">追而【アクセスルート審査の反映】</p> <p>(左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施)</p> </div>	<p>差異理由</p> <p>設計方針の相違 ・想定火災源および評価対象の違いによる評価結果の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊は受熱表面積と放熱表面積を同一とし、表面からの放熱を考慮しないことによる評価式の相違</p> <p>設計方針の相違 ・評価条件の違いによる評価結果の相違</p> <p>設計方針の相違 ・評価対象の相違</p> <p>設計方針の相違 ・想定火災源の相違</p>
ルーバ温度[°C]	149										
ルーバ膨張量[mm]	3.1										
フード温度[°C]	248										
フード膨張量[mm]	53.7										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>(4) 原子炉建屋ブローアウトパネルの火災影響評価について</p> <p>原子炉建屋ブローアウトパネルは、原子炉建屋南側に1箇所設置されている。発熱源として、原子炉建屋に対する熱輻射が最も大きいF-15による航空機火災を想定する。F-15による火災の火炎高さは約12mであり、原子炉建屋ブローアウトパネルの設置高さ地上約18mより低く、原子炉建屋に遮蔽されるため輻射熱が直接原子炉建屋ブローアウトパネルに届くことはない（第6-21図）。</p>  <p>第6-21図 原子炉建屋ブローアウトパネルとF-15航空機火災との位置関係</p>	<p>(4) 配管貫通部の火災影響評価について</p> <p>配管貫通部は、モルタル等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。</p>		<p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違 <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価対象施設の相違（泊はブローアウトパネルを設置していない）

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉 別紙6-1 非常用ディーゼル発電機（A）制御盤室内気温度評価における 裕度の考え方について 1. 概要 非常用ディーゼル発電機（A）制御盤室（以下「DG(A)制御盤室」という。）の内気温度評価では、許容温度内の結果であるが、許容温度に迫る結果となったことから、評価の保守性による裕度を確認し、評価結果の有意性を確認する。 2. 評価の裕度 DG(A)制御盤室の室内初期温度は、下式に基づき、火災が起こる前の室内熱負荷と空調による除熱の熱容量がバランスする温度を初期温度として設定している。 DG(A)制御盤室内気温度評価では、室内初期温度設定にあたって、換気風量、吹出温度の設定に保守性を見込んでいる。（第1表）DG(A)制御盤室の内気温度 T_n は、次式のように表せる。 $T_n = T_2 + \frac{Q_{HR}}{m_2 c_{p2}}$ Q_{HR} : DG(A)室から DG(A)制御盤室への放熱量[W] m_2 : DG(A)制御盤室の換気風量[kg/s] c_{p2} : DG(A)制御盤室の定圧比熱(1007 [J/kg/K]) T_2 : DG(A)制御盤室初期温度[℃] DG(A)制御盤室初期温度 T_2 は、次式のように表せる。 $T_2 = T_{a2} + \frac{Q_2}{m_2 c_{p2}}$ Q_2 : DG(A)制御盤室の熱負荷(3256.4 [W]) T_{a2} : DG(A)制御盤室吹出温度(20 [℃]) 第1表 DG(A)制御盤室初期温度設定における保守性 <table border="1" data-bbox="107 1045 660 1200"> <thead> <tr> <th>項目</th> <th>保守性</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>換気風量 [kg/s] m_2</td> <td>・保守的に換気風量として設計風量（設計上必要となる最低限の換気風量の設定値）を用いている。</td> </tr> <tr> <td>吹出温度 [℃] T_{a2}</td> <td>・空調機の給気温度を管理する制御範囲のうち、最高温度としている。</td> </tr> </tbody> </table> ここで、最も温度評価結果に影響が出る換気風量について、保守的に設計風量（設計上必要となる最低限の換気風量の設定値）から求めた初期温度を用いた温度評価結果と実際の DG(A)制御盤室の換気風量から求めた初期温度を用いた温度評価結果とを比較し、評価上の裕度を確認する。 DG(A)制御盤室における比較結果を第2表に示す	項目	保守性	換気風量 [kg/s] m_2	・保守的に換気風量として設計風量（設計上必要となる最低限の換気風量の設定値）を用いている。	吹出温度 [℃] T_{a2}	・空調機の給気温度を管理する制御範囲のうち、最高温度としている。	泊発電所3号炉		差異理由 設計方針の相違 ・泊の3B-DG室の内気温度評価においては、許容温度までは余裕がある結果となったことから資料の作成は不要。なお、泊の評価も設計風量を用いており、女川と同様の保守性を有している。
項目	保守性								
換気風量 [kg/s] m_2	・保守的に換気風量として設計風量（設計上必要となる最低限の換気風量の設定値）を用いている。								
吹出温度 [℃] T_{a2}	・空調機の給気温度を管理する制御範囲のうち、最高温度としている。								

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由															
<p>第2表 換気風量の設定による温度評価結果の比較（DG(A)制御盤室）</p> <table border="1" data-bbox="94 199 649 359"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>換気風量 m_0 [kg/s]</th> <th>室内初期温度 T_0 [℃]</th> <th>温度評価結果 T_A [℃]</th> <th>許容温度 [℃]</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>設計風量を用いた場合</td> <td>0.178</td> <td>38.1</td> <td>38.9</td> <td>40</td> </tr> <tr> <td>実際の換気風量を用いた場合</td> <td>0.99</td> <td>23.2</td> <td>24.6</td> <td>40</td> </tr> </tbody> </table> <p>3. 確認結果</p> <p>以上より、保守的な換気風量から求めた室内初期温度の設定に由来する温度評価結果の裕度は、DG(A)制御盤室では 15.3℃ (=39.9-24.6[℃]) であり、十分に保守性を有している。</p>	パラメータ	換気風量 m_0 [kg/s]	室内初期温度 T_0 [℃]	温度評価結果 T_A [℃]	許容温度 [℃]	設計風量を用いた場合	0.178	38.1	38.9	40	実際の換気風量を用いた場合	0.99	23.2	24.6	40			
パラメータ	換気風量 m_0 [kg/s]	室内初期温度 T_0 [℃]	温度評価結果 T_A [℃]	許容温度 [℃]														
設計風量を用いた場合	0.178	38.1	38.9	40														
実際の換気風量を用いた場合	0.99	23.2	24.6	40														

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉 別紙 6-2 2号炉静止型原子炉再循環ポンプ用電源装置入力変圧器火災による原子炉建屋に対する熱影響評価における不確かさと裕度の考え方について 1. 概要 2号炉静止型原子炉再循環ポンプ用電源装置入力変圧器（以下「PLRVVVF変圧器」という。）火災による原子炉建屋に対する熱影響評価では、許容温度内の結果であるが、許容温度に迫る結果となったことから、評価の保守性による裕度を確認し、評価結果の有意性を確認する。 2. 評価の裕度 2号炉 PLR-VVVF 変圧器火災の原子炉建屋に対する熱影響評価では、温度評価にあたって、建屋外壁の建材であるコンクリートの熱吸収率及び外壁の初期温度の設定に保守性を見込んでいる。（第1表） 建屋外壁はコンクリートの熱吸収率を考慮しない評価をしていることから、コンクリートの熱吸収率を考慮した評価結果と比較し、評価上の裕度を確認する。 放熱を考慮する場合の建屋外壁の表面温度は一次元の非定常熱伝導方程式の一般解により下式より求められる。 $\rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x} \right)$ T: 建屋温度 [°C], x: コンクリート深さ, t: 時間 λ: コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m/K]) （出典：伝熱工学，東京大学出版会） 上式はコンクリート表面 (x=0) において、以下の境界条件を満たす。 $h(T - T_b) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$ $\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$ E: 輻射強度 [W/m²], h: 熱伝達率 [W/m²/K], L: コンクリート厚さ [m] 上記境界条件より、熱伝導方程式の一般解は下式のように表せる。	泊発電所3号炉		差異理由 設計方針の相違 ・泊の敷地内危険物施設火災による熱影響評価においては、許容温度までは余裕がある結果となったことから資料の作成は不要。なお、泊の評価も初期温度等に保守性を有している。
--	---------	--	---

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

$$T = T_0 + \left(\frac{kE}{h}\right) \left[1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) - \exp\left(\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}\alpha t\right) \left\{ 1 - \operatorname{erf}\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} + \frac{h}{\lambda}\sqrt{\alpha t}\right) \right\} \right]$$

T_0 : 初期温度 [50[°C]]、 E : 放射強度 [W/m²]
 x : コンクリート厚さ、 t : 火災継続時間 [s]
 C_p : コンクリート比熱 [963 [J/kg/K]]、 ρ : コンクリート密度 [2400 [kg/m³]]
 α : コンクリート温度拡散率 $\left[\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p} \right]$ [7.53 × 10⁻⁷ [m²/s]]
 λ : コンクリート熱伝導率 [1.74 [W/m²/K]]、 h : コンクリート熱吸収率 [-]
 (出典：伝熱工学、東京大学出版会)

第1表 2号炉 PWR-VVTF 変圧器火災の熱影響評価における保守性

項目	保守性
熱吸収率 [-] ϵ	・熱吸収率を考慮せず、受熱面に対する放射熱は全て蓄積されるものとしている。
初期温度 [°C] T_0	・発電所周辺の気象条件における過去10年間の最高気温 35.6°C における建屋外壁面の日射の影響を考慮した温度 44°C を切り上げた値である 50°C を初期温度としている。
建屋外壁内表面 (x=0) の 境界条件	・建屋外壁内表面から建屋内への対流及び放射による放熱を考慮しない条件にて評価している。

ここで、上式より求めたコンクリートの熱吸収率を考慮しない場合の評価結果とコンクリートの熱吸収率を考慮した場合の評価結果とを比較し、評価上の裕度を確認する。比較結果を第2表に示す。

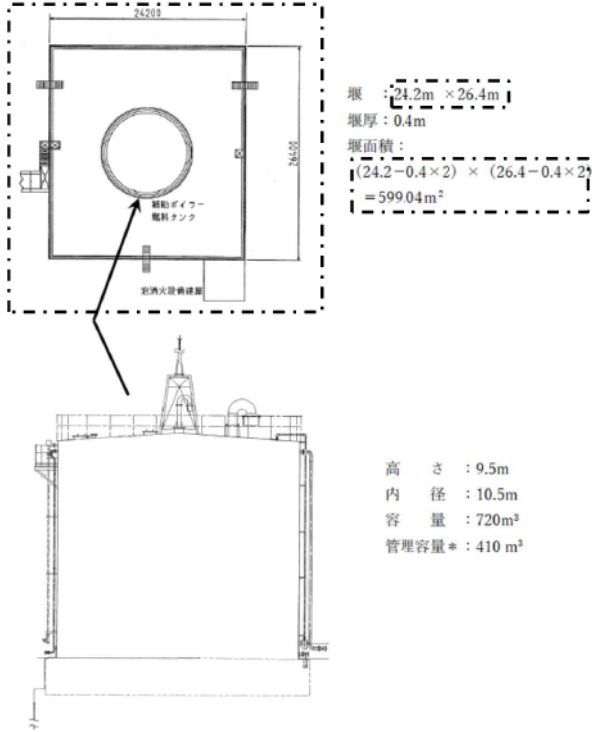
第2表 コンクリートの熱吸収率の設定による原子炉建屋外壁の温度評価結果の比較

パラメータ	熱吸収率 ϵ [-]	温度評価結果 T [°C]	許容温度 [°C]
コンクリートの熱吸収率を考慮しない場合	1.0	188	200
コンクリートの熱吸収率を考慮する場合	0.94	189	200

3. 確認結果

以上より、保守的なコンクリートの熱吸収率設定に由来する温度評価結果の裕度は9°C (=198-189[°C]) であり、加えて、初期温度及び境界条件についても裕度を見込んでいることから、十分に保守性を有している。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	差異理由
	<p style="text-align: right;">別紙6-1</p> <p style="text-align: center;">3号機補助ボイラー燃料タンクの仕様について</p> <p>図1に3号機補助ボイラー燃料タンクの外形図を示す。また、3号機補助ボイラー燃料タンクの管理値について、以下に示す。</p>  <p>図1 3号機補助ボイラー燃料タンク外形図（防油堤含む）</p> <p>※3号補助ボイラー燃料タンクの管理容量について ストレステストにて、以下の報告をしている。 泊発電所構内 T.P. 10m エリアには、A 重油を貯蔵している3号補助ボイラー燃料タンクがあるが、このタンクは危険物貯蔵施設（屋外タンク貯蔵所）であり、周囲に火気が存在していないことから重油（引火点 60℃以上）による火災が発生する可能性は低い。 また、防油堤は3号補助ボイラー燃料タンクの容量に比べ十分な容量を有しているが地震および津波の発生による万一の重油の漏えいを想定し、平時より重油火災に対して有効な泡消火機材および泡消火剤を準備していること、ならびに火災負荷低減のため、</p>	<p style="text-align: center;">追而【アクセスルート審査の反映】</p> <p style="text-align: center;">（左記の破線部分は、アクセスルート審査結果を受けて評価を実施）</p>
		<p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価対象の相違。また、泊は火災影響軽減のため許可された値より低減した値で管理している。

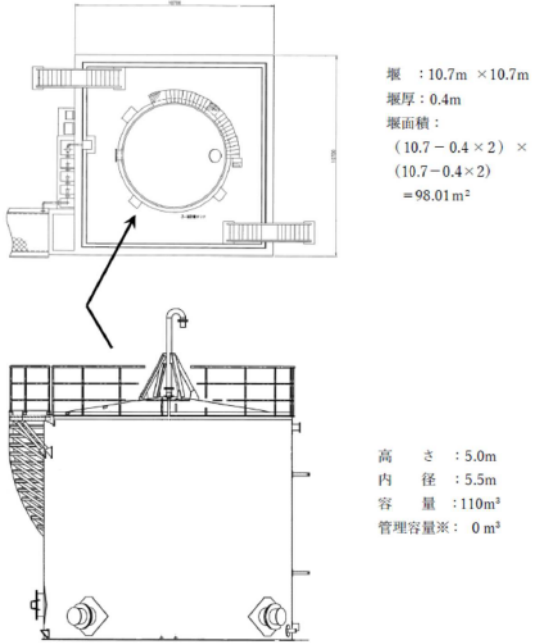
泊発電所3号炉 DB基準適合性 比較表

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
	<p>プラント運転中の使用頻度が少ない1、2号機用と3号機用補助ボイラー燃料タンクの総貯蔵量を1/2程度とした。</p> <p>3号機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号補助ボイラー燃料タンク容量の約57%にあたる410kℓで運用している。</p> <p>3号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、410kℓ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原子炉施設保安規定で管理する。</p> <p>なお、運用値については、計器誤差（約±0.2kℓ）を考慮して検討する。</p> <p>燃料給油時には、必ずアースを取る手順となっており、給油時の火災防止に万全を期している。</p>		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
	<p style="text-align: right;">別紙6-2</p> <p style="text-align: center;">3号機油計量タンクの仕様について</p> <p>図1に3号油計量タンクの外形図を示す。また、3号機油計量タンクの管理値について、以下に示す</p> <div style="text-align: center;">  <p style="margin-left: 20px;"> 縦：10.7m × 10.7m 縦厚：0.4m 縦面積： $(10.7 - 0.4 \times 2) \times (10.7 - 0.4 \times 2)$ $= 98.01 \text{ m}^2$ </p> <p style="margin-left: 20px;"> 高さ：5.0m 内径：5.5m 容量：110m³ 管理容量※：0m³ </p> </div> <p style="text-align: center;">図1 3号機油計量タンク外形図（防油堤含む）</p> <p>※3号油計量タンクの管理について</p> <p>3号油計量タンクは、タービン本体の点検を実施するため、定期検査毎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。</p> <p>ここで、3号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、航空機落下との重量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。</p> <p>このため、3号油計量タンクは評価対象から除外する。</p> <p>また、3号油計量タンクが空の状態(0m³)となるように原子炉施設保安規定で管理する。</p>		<p>差異理由</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる評価対象の相違。また、泊は火災影響軽減のため3号機油計量タンクを使用しない(=0m³)運用とした。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉	差異理由																													
	<p style="text-align: right;">別紙6-3</p> <p style="text-align: center;">評価対象建屋の外壁と天井スラブの構成について</p> <p>1. 概要</p> <p>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。</p> <p>原子炉建屋およ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およ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。</p> <p>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。</p> <p>また、原子炉建屋、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。</p> <p>各評価対象建屋の外壁と天井スラブの構成を表1に示す。</p> <p style="text-align: center;">表1 各建屋の外壁と天井スラブの構成</p> <table border="1" data-bbox="750 874 1303 1045"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="2">外壁</th> <th colspan="2">天井スラブ</th> </tr> <tr> <th>PC板 (60mm)</th> <th>断熱材</th> <th>防水押さえコンクリート (80mm)</th> <th>コンクリート板 (30mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>原子炉建屋</td> <td>○</td> <td>×</td> <td>○</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>原子炉補助建屋</td> <td>○</td> <td>×</td> <td>○</td> <td>×</td> </tr> <tr> <td>ディーゼル発電機建屋</td> <td>×</td> <td>○</td> <td>○</td> <td>○</td> </tr> <tr> <td>循環水ポンプ建屋*1</td> <td>×</td> <td>×</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>※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</p> <p>2. PC板および防水押さえコンクリートについて</p> <p>コンクリートは、水、セメント、細骨材（砂）、粗骨材（砂利）、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、重量コンクリートに区分される。</p> <p>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、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。</p> <p>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</p>		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	×	×			<p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・プラント設計の違いによる温度評価点位置の相違（泊の評価対象建屋のうち、ディーゼル発電機建屋は外壁に防護措置として断熱材を設置していることから、その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。 原子炉建屋、原子炉補助建屋は、外壁に厚さ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およ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。 循環水ポンプ建屋は、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。上部の壁については、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い。よって、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とから、下部のコンクリート壁の表面温度で評価する。
	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	×	×																													

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

ら、主要建屋の躯体、PC板、防水押さえコンクリート、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。

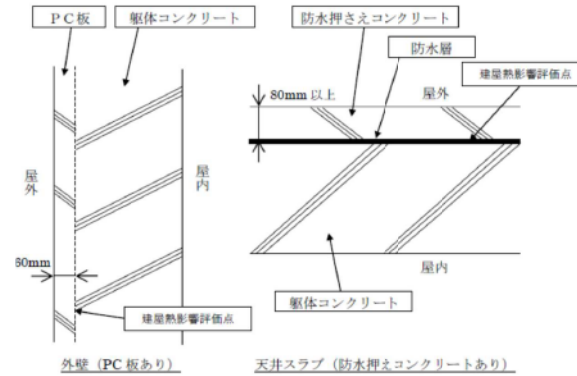


図1 外壁および天井スラブ構成図

3. 循環水ポンプ建屋および原子炉補機冷却海水ポンプの影響評価について

3号機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。



図2 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。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

原子炉補機冷却海水ポンプの評価としては、モーター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 80.9℃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

建屋外壁およ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、防護措置実施範囲および断熱材設置イメージを図3、図4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、設置する断熱材およびコンクリート板の重量は約0.2%程度であることから、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。

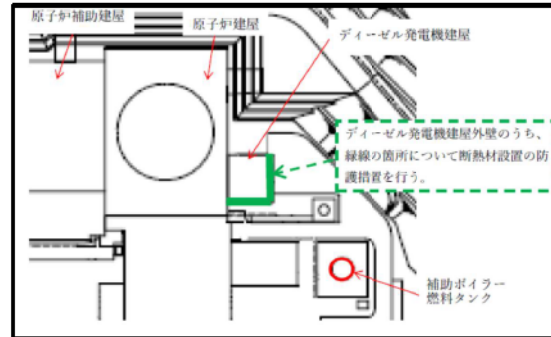


図3 ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

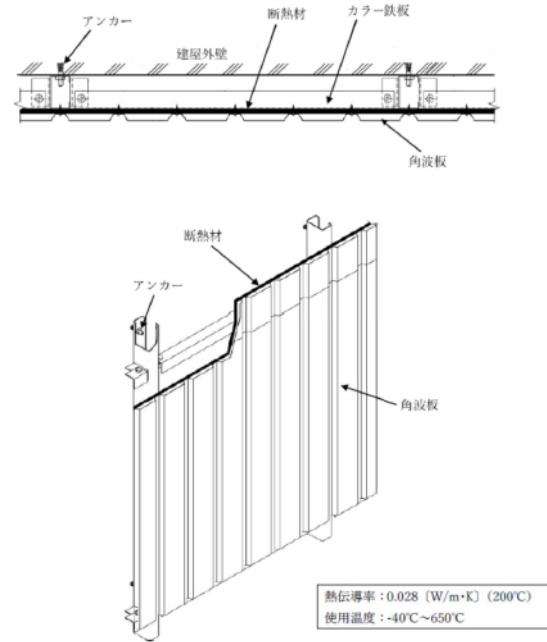


図4 断熱材設置概略図

(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℃の状況において、約 410℃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℃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℃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およ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。

赤字：設備、運用又は体制の相違 (設計方針の相違)
 青字：記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)
 緑字：記載表現、設備名称の相違 (実質的な相違なし)

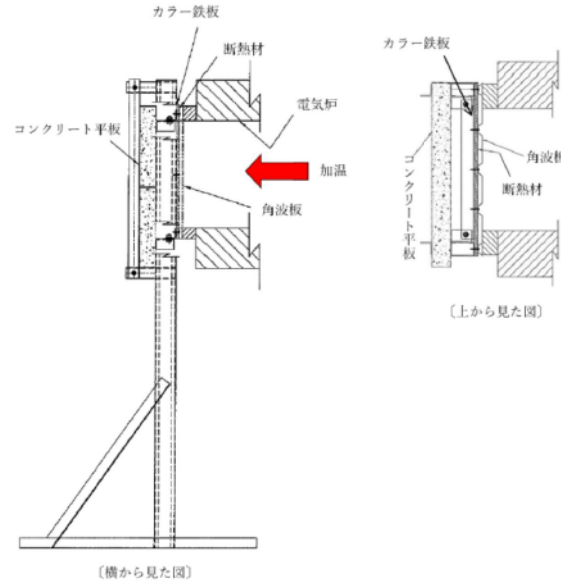


図5 試験状況図

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℃)。

試験結果を図6に示す。

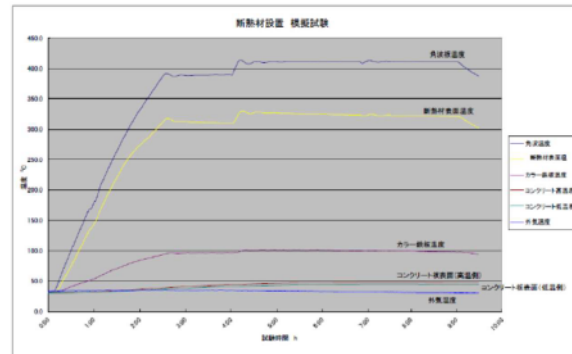


図6 模擬試験結果

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉 添付資料-7 女川原子力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、その火災が女川原子力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。 表 2-1 表 落下事故のカテゴリ <table border="1" data-bbox="91 783 685 1038"> <caption>表 2-1 表 落下事故のカテゴリ</caption> <tr> <td>1) 計器飛行方式民間航空機</td> <td>飛行場での離着陸時 航空路を巡航中</td> <td>①大型民間航空機</td> </tr> <tr> <td>2) 有視界飛行方式民間航空機</td> <td></td> <td>②小型民間航空機</td> </tr> <tr> <td>3) 自衛隊機又は米軍機</td> <td>③訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中 ④基地-訓練空域間往復時^{※5}</td> <td>①-1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^{※4} ②-2その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機^{※4}</td> </tr> </table> ※1：女川原子力発電所は、仙台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：女川原子力発電所の上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域がないため、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） ※3：女川原子力発電所の近傍に、基地-訓練空域間の移動経路が存在することから評価対象とする。（別紙7-3） (1) 航空機墜落による火災の想定 ・航空機は、女川原子力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2-2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。	1) 計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時 航空路を巡航中	①大型民間航空機	2) 有視界飛行方式民間航空機		②小型民間航空機	3) 自衛隊機又は米軍機	③訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中 ④基地-訓練空域間往復時 ^{※5}	①-1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 ^{※4} ②-2その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機 ^{※4}	泊発電所3号炉 添付資料-7 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。 表 7-1 表 落下事故のカテゴリ <table border="1" data-bbox="734 783 1305 1023"> <caption>表 7-1 表 落下事故のカテゴリ</caption> <tr> <td>1) 計器飛行方式民間航空機</td> <td>飛行場での離着陸時 航空路を巡航中</td> <td>—^{※1} —^{※2}</td> </tr> <tr> <td>2) 有視界飛行方式民間航空機</td> <td></td> <td>大型民間航空機 小型民間航空機</td> </tr> <tr> <td>3) 自衛隊機又は米軍機</td> <td>訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中 基地-訓練空域間往復時</td> <td>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^{※4} その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機^{※4} —^{※5}</td> </tr> </table> ※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。（表7-2） ・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。	1) 計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時 航空路を巡航中	— ^{※1} — ^{※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 基地-訓練空域間往復時	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 ^{※4} その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機 ^{※4} — ^{※5}	差異理由
1) 計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時 航空路を巡航中	①大型民間航空機																		
2) 有視界飛行方式民間航空機		②小型民間航空機																		
3) 自衛隊機又は米軍機	③訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中 ④基地-訓練空域間往復時 ^{※5}	①-1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 ^{※4} ②-2その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機 ^{※4}																		
1) 計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時 航空路を巡航中	— ^{※1} — ^{※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 基地-訓練空域間往復時	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 ^{※4} その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機 ^{※4} — ^{※5}																		
		設計方針の相違 ・地域特性に伴う落下事故カテゴリの相違																		

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

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

第2-2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	訓練空域外を飛行中		基地 - 訓練空域間往復時
			空中給油機等、高高度での巡航を想定される大型固定翼機	その他の大型固定翼機及び回転翼機	
対象航空機	B747-400	Do228-200	RC-707	F-15	F-2
選定理由	民間の大型航空機の中で燃料積載量が最大のものを選定*	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（平成25年現在）。

(2) 評価手法の概要

本評価は、女川原子力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2-3表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	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
燃焼継続時間[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率が10 ⁻⁷ [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、天井スラブ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。

輻射熱に対する建物の危険輻射強度を調査し、輻射強度がその建物の危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離（離隔距離）を確保するものとする。

泊発電所3号炉

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

表7-2 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	
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。

表7-3 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度 [W/m ²]	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]	原子炉施設を中心にして墜落確率が10 ⁻⁷ [回/炉・年]以上になる地点とその地点から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原子炉施設は離隔距離を確保する。

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う落下事故カテゴリの相違

記載方針の相違
 ・泊は評価対象の温度上昇を評価することを明記

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由														
<p>(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、女川原子力発電所における航空機墜落確率評価の対象航空機を、第2-1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。</p> <p>(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2-1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。</p> <p>a. 大型民間航空機の標的面積の算出 (a)計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航中の落下事故</p> $P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$ <p>P_c：対象航空機への巡航中の航空機墜落確率 [回/年] N_c：評価対象とする航空路等の年間飛行回数 [飛行回/年] A：発電用原子炉施設の標的面積 [km²] W：航空路幅 [km] $f_c = G_c / H_c$：単位飛行時間当たりの巡航中の落下事故確率 [回 / (飛行回・km)] G_c：巡航中事故件数 [回] H_c：延べ飛行距離 [飛行回・km]</p> <p>第2-4表 墜落確率の算出結果（計器飛行方式民間航空機）</p> <table border="1" data-bbox="114 882 642 1077"> <thead> <tr> <th></th> <th>女川原子力発電所2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>対象航空機^{※1}</td> <td>飛行経路 M(YAKOHCHO)-IYAK(IJXE)</td> </tr> <tr> <td>N_c^{※2}</td> <td>182.5</td> </tr> <tr> <td>A^{※3}</td> <td>0.0156</td> </tr> <tr> <td>W^{※4}</td> <td>27</td> </tr> <tr> <td>f_c^{※5}</td> <td>$0.578,438,243.077=5.30 \times 10^{-11}$</td> </tr> <tr> <td>$P_c$</td> <td>$5.58 \times 10^{-14}$</td> </tr> </tbody> </table> <p>※1：女川原子力発電所周辺の航空路幅（AIP エンルートチャート）による。（別紙7-6） ※2：国土交通省航空局への問い合わせ結果を365倍した値。（別紙7-7） ※3：原子炉建屋、制震建屋等の水平面積を合計した値。（別紙7-8） ※4：「航空路幅設定基準」による。 ※5：事故件数は、平成3年～平成22年の間で0件であるため保守的に0.5件と仮定した。延べ飛行距離は平成4年～平成23年の「航空輸送統計年報、第1巻 総括表、1.輸送実績」における通航キロメートルの国内の値を合計した値。（別紙7-9）</p>		女川原子力発電所2号炉	対象航空機 ^{※1}	飛行経路 M(YAKOHCHO)-IYAK(IJXE)	N_c ^{※2}	182.5	A ^{※3}	0.0156	W ^{※4}	27	f_c ^{※5}	$0.578,438,243.077=5.30 \times 10^{-11}$	P_c	5.58×10^{-14}	<p>(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、表7-1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、その結果から原子炉施設からの離隔距離を導出する。</p> <p>(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、表7-1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。</p> <p>a. 大型民間航空機の標的面積の算出</p>		<p>設計方針の相違 ・泊では、最大離着陸距離が発電所から空港までの距離より小さいため、評価対象外としている。</p>
	女川原子力発電所2号炉																
対象航空機 ^{※1}	飛行経路 M(YAKOHCHO)-IYAK(IJXE)																
N_c ^{※2}	182.5																
A ^{※3}	0.0156																
W ^{※4}	27																
f_c ^{※5}	$0.578,438,243.077=5.30 \times 10^{-11}$																
P_c	5.58×10^{-14}																

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																								
<p>(b) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> $P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$ <p> P_v：対象施設への航空機落下確率 [回/年] f_v：単位年あたりの落下事故率 [回/年] S_v：全国土面積 (=377.2万[km²]) A：発電用原子炉施設の標的面積 [km²] α：対象航空機の種類による係数 [-] </p> <p>第2-5表 墜落確率の算出結果（有視界飛行方式民間航空機）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">女川原子力発電所2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_v^{*1}</td> <td>大型固定翼機 0.5/20=0.025 大型回転翼機 2/20=0.1</td> </tr> <tr> <td>S_v^{*1}</td> <td>377,000</td> </tr> <tr> <td>α^{*2}</td> <td>大型固定翼機、大型回転翼機：1</td> </tr> <tr> <td>A^{*3}</td> <td>0.0116</td> </tr> <tr> <td>P_v</td> <td>5.14×10⁻⁹</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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。事故件数が0件の場合、保守的に0.5件と仮定した。 ※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、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係わる部分を除く）等の合計値（別紙7-6）</p> </div> <p>大型民間航空機の墜落確率（$P_c + P_v$）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。</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $A' = \frac{10^{-7}}{P_c + P_v} \cdot A$ </div> <p>上記より、標的面積 A' は $A' = 0.297393$ [km²] となる。</p>	女川原子力発電所2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}	377,000	α^{*2}	大型固定翼機、大型回転翼機：1	A^{*3}	0.0116	P_v	5.14×10 ⁻⁹	<p>(a) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故</p> $P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$ <p> 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 (km²) A：原子炉施設の標的面積 (km²) α：対象航空機の種類による係数 </p> <p>表7-4 墜落確率の算出結果（大型民間航空機）</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px;"> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>泊発電所3号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_v^{*1}</td> <td>大型固定翼機 0.5/20=0.025 大型回転翼機 2/20=0.1</td> </tr> <tr> <td>S_v^{*1}</td> <td>372,000</td> </tr> <tr> <td>α^{*2}</td> <td>大型固定翼機、大型回転翼機：1</td> </tr> <tr> <td>A^{*3}</td> <td>0.0116</td> </tr> <tr> <td>P_v</td> <td>3.90×10⁻⁹</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係わる部分を除く）等の合計値（別紙7-6）</p> </div> <p>大型民間航空機の墜落確立 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。</p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> $A' = \frac{10^{-7}}{P_v} \cdot A$ </div> <p>上記より、A' は $A' = 0.29$ [km²] となる。</p>	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	α^{*2}	大型固定翼機、大型回転翼機：1	A^{*3}	0.0116	P_v	3.90×10 ⁻⁹		<p>設計方針の相違 ・原子炉施設の標的面積の差異による航空機墜落確率の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊では計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航中の落下事故(=P_c)の評価は対象外</p> <p>設計方針の相違 ・墜落確率から求めた標的面積の相違</p>
女川原子力発電所2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}	377,000																										
α^{*2}	大型固定翼機、大型回転翼機：1																										
A^{*3}	0.0116																										
P_v	5.14×10 ⁻⁹																										
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																										
α^{*2}	大型固定翼機、大型回転翼機：1																										
A^{*3}	0.0116																										
P_v	3.90×10 ⁻⁹																										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																								
<p>b. 小型民間航空機の標的面積の算出</p> $P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$ <p> P_v：対象施設への航空機落下確率 [回/年] f_v：単位年あたりの落下事故率 [回/年] S_v：全国土面積 (= 37.2万[km²]) A：発電用原子炉施設の標的面積 [km²] α：対象航空機の種類による係数 [-] </p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>第2-6表 墜落確率の算出結果（小型民間航空機）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th colspan="2">女川原子力発電所2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_v^{*1}</td> <td>小型固定翼機 35/20=1.75 小型回転翼機 30/20=1.5</td> </tr> <tr> <td>S_v^{*1}</td> <td>372,000</td> </tr> <tr> <td>α^{*2}</td> <td>小型固定翼機、小型回転翼機：0.1</td> </tr> <tr> <td>A^{*3}</td> <td>0.0166</td> </tr> <tr> <td>P_v</td> <td>1.36×10^{-7}</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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、制御建屋等の水平面積を合計した値。（別紙7-8）</p> </div> <p>小型民間航空機の墜落確率 P_v が 10^{-7} [回/炉・年] とする標的面積 A' を求める式は以下のとおり。</p> $A' = \frac{10^{-7}}{P_v} \cdot A$ <p>上記より、標的面積 A' は $A' = 0.114706$ [km²] とする。</p> <p>c. 自衛隊機又は米軍機の標的面積の算出</p>	女川原子力発電所2号炉		f_v^{*1}	小型固定翼機 35/20=1.75 小型回転翼機 30/20=1.5	S_v^{*1}	372,000	α^{*2}	小型固定翼機、小型回転翼機：0.1	A^{*3}	0.0166	P_v	1.36×10^{-7}	<p>b. 小型民間航空機の標的面積の算出</p> $P_v = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$ <p> 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 (km²) A：原子炉施設の標的面積 (km²) α：対象航空機の種類による係数 </p> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>表7-5 墜落確率の算出結果（小型民間航空機）</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>パラメータ</th> <th>泊発電所3号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>f_v^{*1}</td> <td>小型固定翼機 35/20=1.75 小型回転翼機 30/20=1.50</td> </tr> <tr> <td>S_v^{*1}</td> <td>372,000</td> </tr> <tr> <td>α^{*2}</td> <td>小型固定翼機、小型回転翼機：0.1</td> </tr> <tr> <td>A^{*3}</td> <td>0.0116</td> </tr> <tr> <td>P_v</td> <td>1.02×10^{-7}</td> </tr> </tbody> </table> <p>※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、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係る部分を除く）等の合計値（別紙7-6）</p> </div> <p>小型民間航空機の墜落確立 P_v が 10^{-7} [回/炉・年] とする標的面積 A' を求める式は以下のとおり。</p> $A' = \frac{10^{-7}}{P_v} \cdot A$ <p>上記より、A' は $A' = 0.11$ [km²] とする。</p> <p>c. 自衛隊機又は米軍機の標的面積の算出</p> <p>(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> $P_{st} = \frac{f_{st}}{S_i} \cdot A$ <p> P_{st}：訓練空域内での対象施設への航空機落下確率 (回/年) f_{st}：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 (km²) A：原子炉施設の標的面積 (km²) </p>	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	α^{*2}	小型固定翼機、小型回転翼機：0.1	A^{*3}	0.0116	P_v	1.02×10^{-7}		<p>差異理由</p> <p>設計方針の相違 ・原子炉施設の標的面積の差異による航空機墜落確率の相違</p> <p>設計方針の相違 ・墜落確率から求めた標的面積の相違</p> <p>設計方針の相違 ・泊の上空は自衛隊機の訓練空域のため評価実施</p>
女川原子力発電所2号炉																											
f_v^{*1}	小型固定翼機 35/20=1.75 小型回転翼機 30/20=1.5																										
S_v^{*1}	372,000																										
α^{*2}	小型固定翼機、小型回転翼機：0.1																										
A^{*3}	0.0166																										
P_v	1.36×10^{-7}																										
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																										
α^{*2}	小型固定翼機、小型回転翼機：0.1																										
A^{*3}	0.0116																										
P_v	1.02×10^{-7}																										

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

(a) 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）

(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）

第2-7表 墜落確率の算出結果
 (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	女川原子力発電所2号炉
f_{so}^{*1}	自衛隊機 0.5/20=0.025 米軍機 1/20=0.05
S_o^{*1}	自衛隊機 295,000 米軍機 372,000
A^{*2}	0.0166
P_{so}	3.42×10^{-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。事故件数が0件の場合、保守的に0.5件と仮定した。
 ※2：原子炉建屋、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係わる部分を除く）等の合計値（別紙7-8）

表7-6 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_{so}^{*1}	自衛隊機 3/20=0.15
S_o^{*1}	77,200
A^{*2}	0.0116
P_{si}	2.26×10^{-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、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係わる部分を除く）等の合計値（別紙7-6）

訓練空域内での自衛隊機の墜落確立 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、 A' は $A'=0.051$ [km²] となる。

表7-7 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}	1.56×10^{-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、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部（他号炉に係わる部分を除く）等の合計値（別紙7-6）

設計方針の相違
 ・原子炉施設の標的面積の差異による航空機墜落確率の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

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' = 0.456140 [km²] となる。

(b) 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）

$$P_{so} = \left(\frac{f_{so}}{S_o} \right) \cdot A$$

P_{so}：訓練空域外での対象施設への航空機墜落確率 [回/年]
 f_{so}：単位年あたりの訓練空域外落下事故率 [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 [km²]
 A：発電用原子炉施設の標的面積 [km²]

第2-8表 墜落確率の算出結果
 (その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機)

		女川原子力発電所2号炉			
		大型固定翼機	小型固定翼機	大型回転翼機	小型回転翼機
f _{so} [回/年]	自衛隊機	1/20=0.05	1/20=0.05	1/20=0.05	5/20=0.25
	米軍機	2/20=0.1	1/20=0.05	1/20=0.05	0.4/20=0.025
S _o [km ²]	自衛隊機	285,000			
	米軍機	392,000			
合計		0.0156			
P _{so}	自衛隊機	2.84 × 10 ⁻⁹	2.84 × 10 ⁻⁹	2.84 × 10 ⁻⁹	1.32 × 10 ⁻⁸
	米軍機	4.18 × 10 ⁻⁹	2.10 × 10 ⁻⁹	2.10 × 10 ⁻⁹	1.05 × 10 ⁻⁹
	計	3.08 × 10 ⁻⁸			

※1：「平成23年度 航空機墜落事故に関するデータの整理」(平成24年9月 独立行政法人 原子力安全基盤機構)による。事故件数が0件の場合、保守的に0.5件と仮定した。
 ※2：原子炉建屋、制御建屋等の水平面積を合計した値。(別紙7-8)

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' = 0.050980 [km²] となる。

泊発電所3号炉

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、A'は A'=0.74[km²]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_{so}：訓練空域外での対象施設への航空機墜落確率 (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 (km²)
 A：原子炉施設の標的面積 (km²)

表7-8 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} [回/年]	米軍機 4/20=0.20
S _o [km ²]	372,000
A' [km ²]	0.0116
P _{so}	6.24 × 10 ⁻⁹

※1：「平成23年度 航空機墜落事故に関するデータの整理」(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、循環水ポンプ建屋及び原子炉補助建屋の一部 (他号炉に係わる部分を除く) 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、A'は A'=0.18[km²]となる。

差異理由

設計方針の相違
 ・墜落確率から求めた標的面積の相違

設計方針の相違
 ・泊の上空は自衛隊機の訓練空域のため、本項では自衛隊の評価は対象外であり、米軍機のみ評価実施しているため相違している。また、標的面積の差異による航空機墜落確率の相違。

設計方針の相違
 ・原子炉施設の墜落確率から求めた標的面積の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由																													
<p>(c) 基地—訓練空域間往復時の落下事故</p> <p> $P_{tr} = f_{tr} \cdot N_{tr} \cdot A \cdot F(x)_{tr}$ f_{tr}：対象施設への航空機落下確率 [回/年] N_{tr}：当該移動経路を巡航中の落下事故率 [回/(飛行回・km)] N_{tr}：当該移動経路の年間飛行回数 [飛行回/年] A：発電用原子炉施設の標的面積 [km²] $F(x)_{tr}$：事故点分布関数 [km⁻¹] = $\frac{0.625}{2} \exp(-0.625 x)$ x：移動経路から発電所までの距離 [km] </p> <p>第2-9表 墜落確率の算出結果（基地—訓練空域間往復時）</p> <table border="1" data-bbox="100 502 638 734"> <thead> <tr> <th colspan="2"></th> <th>女川原子力発電所2号炉</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">対象飛行場</td> <td>航空自衛隊松島飛行場</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$f_{tr}^{※1}$</td> <td>1.57×10^{-7}</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">$N_{tr}^{※2}$</td> <td>N_{tr}北側</td> <td>8400</td> </tr> <tr> <td>N_{tr}南側</td> <td>8400</td> </tr> <tr> <td colspan="2">$A^{※3}$</td> <td>0.0158</td> </tr> <tr> <td rowspan="2">$F(x)_{tr}^{※4}$</td> <td>$F(x)_{tr}$北側</td> <td>$F(0.6)_{tr} = 8.25 \times 10^{-4}$</td> </tr> <tr> <td>$F(x)_{tr}$南側</td> <td>$F(10.5)_{tr} = 4.41 \times 10^{-4}$</td> </tr> <tr> <td rowspan="3">P_{tr}</td> <td>P_{tr}北側</td> <td>1.70×10^{-9}</td> </tr> <tr> <td>P_{tr}南側</td> <td>9.07×10^{-9}</td> </tr> <tr> <td>合計</td> <td>2.61×10^{-8}</td> </tr> </tbody> </table> <p> ※1：事故件数は、平成12年3月11日及び同年7月4日の2件3機。 移動経路は、防衛庁（当時）発表（平成12年8月10日）の再発防止対策に基づき、発電所に対して北側移動経路（157.0km）及び南側移動経路（70.2km）とする。（別紙7-3） 飛行頻度は、北側と南側で同頻度とする。 訓練頻度は、航空自衛隊松島飛行場によれば、700機/月。 ※2：※1より 700×2（往復）$\times 12$（ヶ月）$\div 2$（路線）$= 8400$ ※3：原子炉建屋、制御建屋等の水平面積を合計した値。（別紙7-4） ※4：北側及び南側移動経路から発電所までの最短期間とする。（別紙7-5） </p> <p>基地—訓練空域間往復時の墜落確率（P_{tr}）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。</p> $A' = \frac{10^{-7}}{P_{tr}} \cdot A$ <p>上記より、標的面積 A' は $A' = 0.059770$ [km²] となる。</p> <p>(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2-10表に示す。 離隔距離の算出の考え方については別紙7-10に示す。</p>			女川原子力発電所2号炉	対象飛行場		航空自衛隊松島飛行場	$f_{tr}^{※1}$		1.57×10^{-7}	$N_{tr}^{※2}$	N_{tr} 北側	8400	N_{tr} 南側	8400	$A^{※3}$		0.0158	$F(x)_{tr}^{※4}$	$F(x)_{tr}$ 北側	$F(0.6)_{tr} = 8.25 \times 10^{-4}$	$F(x)_{tr}$ 南側	$F(10.5)_{tr} = 4.41 \times 10^{-4}$	P_{tr}	P_{tr} 北側	1.70×10^{-9}	P_{tr} 南側	9.07×10^{-9}	合計	2.61×10^{-8}	<p>(5) 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 を算出した結果を表7-9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。</p>		<p>差異理由</p> <p>設計方針の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> 泊の上空は自衛隊機の訓練空域であり、米軍機の基地—訓練空域間の往復の想定範囲内にもないことから評価対象外である。
		女川原子力発電所2号炉																														
対象飛行場		航空自衛隊松島飛行場																														
$f_{tr}^{※1}$		1.57×10^{-7}																														
$N_{tr}^{※2}$	N_{tr} 北側	8400																														
	N_{tr} 南側	8400																														
$A^{※3}$		0.0158																														
$F(x)_{tr}^{※4}$	$F(x)_{tr}$ 北側	$F(0.6)_{tr} = 8.25 \times 10^{-4}$																														
	$F(x)_{tr}$ 南側	$F(10.5)_{tr} = 4.41 \times 10^{-4}$																														
P_{tr}	P_{tr} 北側	1.70×10^{-9}																														
	P_{tr} 南側	9.07×10^{-9}																														
	合計	2.61×10^{-8}																														

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

表7-9 原子炉施設からの離隔距離の算出結果

第2-10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	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	その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	基地-訓練空域間往復時
対象航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	F-15	F-2
離隔距離 L[m]	85	44	111	21	25

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	
対象航空機	B747-400	Do228-200	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、高高度での巡航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
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2-11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2-1図から第2-4図に示す。

(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表7-10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図7-1および図7-2に示す。

表7-10 落下事故のカテゴリごとの評価対象航空機の選定結果

第2-11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	対象航空機	燃料積載量 [kg]	離隔距離 L[m]	選定結果	
計器飛行方式及び有視界飛行方式	大型民間航空機	B747-400	216.84	85	○
有視界飛行方式	小型民間航空機	Do228-200	2.39	44	×*
自衛隊機又は米軍機	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	KC-767	145.04	111	○
	その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	F-15	14.87	21	○
	基地-訓練空域間往復時	F-2	10.43	25	○

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	
対象航空機	B747-400	Do228-200	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、高高度での巡航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
燃料積載量 [kg]	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	○	×*	○	×**	×**

○：評価対象 ×：評価対象外
 ※：燃料積載量が多く、離隔距離が短い「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」の落下事故の評価に包絡されるため評価対象外とした。

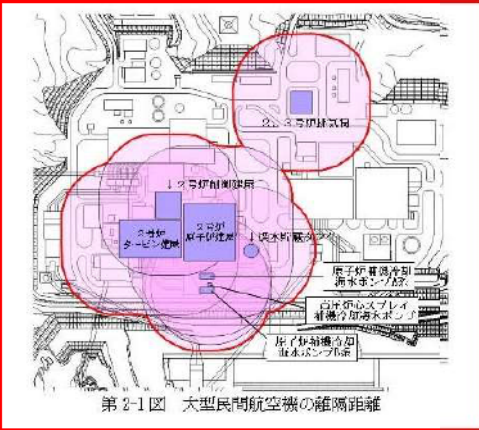
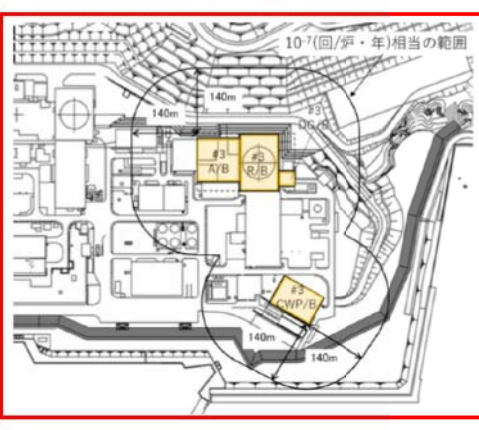
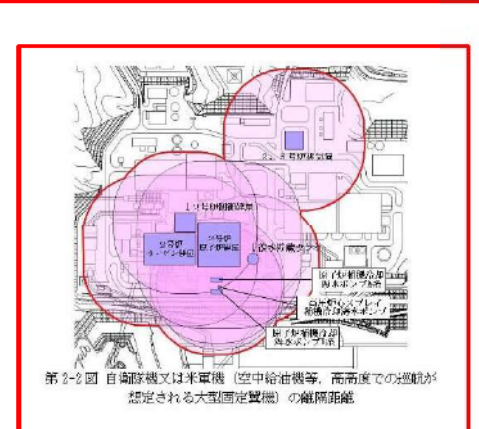
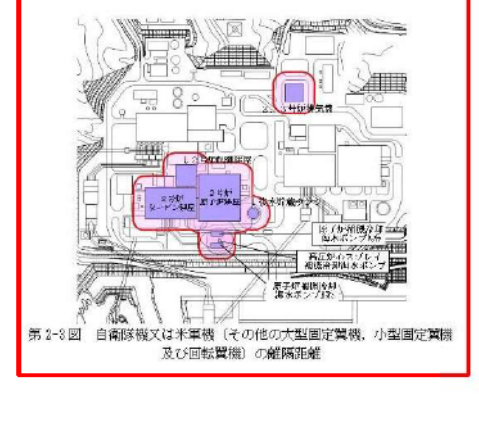
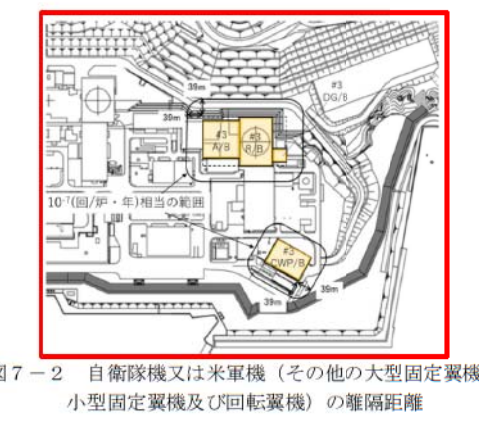
○：評価対象 ×：評価対象外

- ※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。

差異理由
 設計方針の相違
 ・落下事故カテゴリの違いによる離隔距離の相違

設計方針の相違
 ・原子炉施設への離隔距離等により、包絡される航空機火災評価が異なり、評価対象航空機が相違している。

赤字：設備、運用又は体制の相違 (設計方針の相違)
 青字：記載箇所又は記載内容の相違 (記載方針の相違)
 緑字：記載表現、設備名称の相違 (実質的な相違なし)

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
 <p>第2-1図 大型民間航空機の離隔距離</p>	 <p>図7-1 大型民間航空機の離隔距離</p>		設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価結果の相違
 <p>第2-2図 自衛隊機又は米軍機 (空中給油機等、高高度での離隔が想定される大型固定翼機) の離隔距離</p>			設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価対象の相違
 <p>第2-3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</p>	 <p>図7-2 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</p>		設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価結果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

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

R: 燃焼半径[m], S: 燃焼面積 (= 燃料タンクの投影面積) [m²]

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

R：燃焼半径(m), S：燃焼面積 (= 燃料タンクの投影面積) (m²)

表7-12 燃焼半径の算出結果

第2-13表 燃焼半径の算出結果

データ種類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機	訓練空域外を飛行中 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	その他の大型 固定翼機、小型 固定翼機及び 回転翼機	基地-訓練 空域間往復時
想定する航空機	B747-400	RC-787	F-15	F-2
燃料タンク投影面積[m ²]	700	405.2	44.6	35
燃焼半径[m]	14.928	11.357	3.758	3.328

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 ²]	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。

(9) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

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

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

ただし $m = \frac{H}{R} \approx 3, n = \frac{L}{R}, A = (1+n)^2 + m^2, B = (1-n)^2 + m^2$
 φ: 形態係数[-] H: 火炎長[m] R: 燃焼半径[m] L: 離隔距離[m]

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

H: 火炎長[m], R: 燃焼半径[m], L: 離隔距離[m]

第2-14表 形態係数の算出結果

データ種類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機	訓練空域外を飛行中 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	その他の大型 固定翼機、小型 固定翼機及び 回転翼機	基地-訓練 空域間往復時
燃焼半径[m]	14.928	11.357	3.758	3.328
離隔距離[m]	85	111	21	29
形態係数[-]	5.579×10 ⁻²	2.032×10 ⁻²	5.788×10 ⁻²	3.384×10 ⁻²

表7-13 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。

(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。

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価
 対象の相違及び評価条
 件の相違

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価
 対象の相違及び評価結
 果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

$E = R_f \cdot \phi$

E：放射強度 [W/m²]、R_f：放射発散度 [W/m²]、φ：形態係数 [-]

第2-15表 放射強度の算出結果

データ種類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機 訓練空域外を飛行中	
	大型民間航空機	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	その他の大型 固定翼機、小型 固定翼機及び 回転翼機	基地－訓練 空域間往復時
放射発散度 [W/m ²]	50×10 ³	58×10 ³	58×10 ³	53×10 ³
形態係数 [-]	5.679×10 ⁻²	2.032×10 ⁻²	5.793×10 ⁻²	3.394×10 ⁻²
放射強度 [W/m ²]	2,790	1,179	3,360	1,803

$E = R_f \times \phi$ (式2)

E：放射強度[W/m²]、R_f：放射発散度[W/m²]、φ：形態係数[-]

表7-14 放射強度の算出結果

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
放射発散度[W/m ²]	50,000	58,000
形態係数[-]	0.023	0.019
放射強度[W/m ²]	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。

(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 [m³]、R：燃焼半径 [m]
 v：燃焼速度 (=M/ρ) [m/s]、M：質量低下速度 [kg/m²・s]、ρ：燃料密度 [kg/m³]

第2-16表 燃焼継続時間の算出結果

データ種類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機 訓練空域外を飛行中	
	大型民間 航空機	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	その他の大型 固定翼機、小型 固定翼機及び 回転翼機	基地－訓練 空域間往復時
燃料量 [m ³]	216.84	145.04	14.87	10.43
燃焼面積 [m ²]	700	405.2	44.6	35
質量低下速度 [kg/m ² ・s]	0.039	0.051	0.051	0.051
燃料密度 [kg/m ³]	840	760	760	760
燃焼速度 [m/s]	4.64×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
燃焼継続時間 [s]	6,677	5,335	4,969	4,442

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

t：燃焼継続時間 (s)、V：燃料量 (m³)
 R：燃焼半径 (m)、v：燃焼速度=M/ρ (m/s)
 M：質量低下速度 (kg/m²・s)、ρ：燃料密度 (kg/m³)

表7-15 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 ³]	216.84	14.87
燃焼面積 [m ²]	700	44.6
質量低下速度 [kg/m ² ・s]	0.039	0.051
燃料密度 [kg/m ³]	840	760
燃焼速度 [m/s]	4.64×10 ⁻⁵	6.71×10 ⁻⁵
燃焼継続時間 [s]	6,670	4,963

(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。

(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。

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価
 対象の相違及び評価結
 果の相違

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価
 対象の相違及び評価結
 果の相違

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>(b) 判断の考え方</p> <p>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。</p> <p>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、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。</p> $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{at}}{\lambda} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) - \frac{x}{2\sqrt{at}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) \right]$ <p>T_0：初期温度 50 [°C]、E：輻射強度 [W/m²] x：コンクリート深さ [m]、t：火災継続時間 [s] C_p：コンクリート比熱 (963 [J/kg·K])、ρ：コンクリート密度 (2400 [kg/m³]) α：コンクリート温度拡散率 $\left[\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p}\right]$ (7.53 × 10⁻⁷ [m²/s]) λ：コンクリート熱伝導率 (1.74 [W/m·K])</p> <p style="text-align: right;">(出典：伝熱工学、東京大学出版会)</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>建屋外壁の評価概念図を第 2-5 図に、天井スラブの評価概念図を第 2-6 図に示す。</p>	<p>(b) 判断の考え方</p> <p>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。</p> <p>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。</p> $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{at}}{\lambda} \left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} \exp\left(-\frac{x^2}{4at}\right) - \frac{x}{2\sqrt{at}} \operatorname{erfc}\left(\frac{x}{2\sqrt{at}}\right) \right] \quad \text{(式 1)}$ <p style="text-align: right;">(出典：伝熱工学、東京大学出版会)</p> <p>T_0：初期温度 (50 [°C])、E：輻射強度 [W/m²] α：コンクリート温度拡散率 ($= \lambda / \rho C_p$) (7.53 × 10⁻⁷ [m²/s]) ρ：コンクリート密度 (2,400 [kg/m³])、C_p：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])</p> <p>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。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・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。 <p>建屋外壁の評価概念図を図 7-3 に、天井スラブの評価概念図を図 7-4 に示す。</p>		<p>記載表現の相違</p>

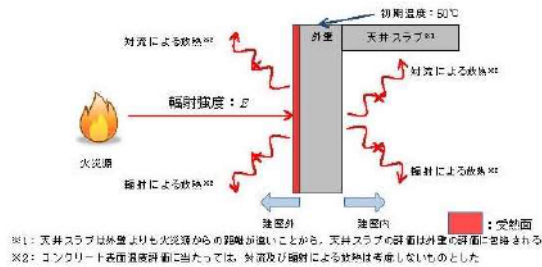
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

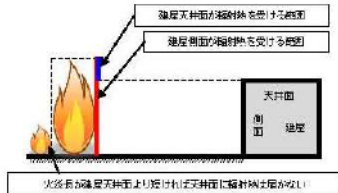
女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由



第2-5図 建屋外壁の評価概念図

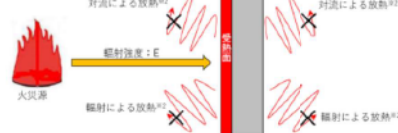


第2-6図 天井スラブへの放射熱の影響

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2-17表に、温度変化を第2-7図から第2-10図に示す。

第2-17表 外壁面の温度評価結果

データ種類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機 訓練空域外を飛行中	
	大型民間航空機	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	その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機	基地一訓練空域間往復時
放射強度 [W/m ²]	2,790	1,179	3,380	1,983
燃焼継続時間 [s]	6,677	5,395	4,989	4,442
表面温度 [℃]	約179	約99	約184	約124



※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、外壁の評価に含まれる。
 ※2：コンクリート表面温度評価に当たっては、対流及び放射による放熱は考慮しないものとした。

図7-3 建屋外壁の評価概念図

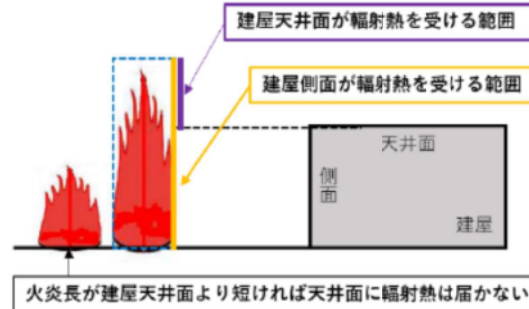


図7-4 天井スラブへの放射熱の影響

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。評価結果を表7-16に、温度変化を図7-5および図7-6に示す。

表7-16 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
放射強度 [W/m ²]	1,150	1,102
燃焼継続時間 [s]	6,670	4,963
表面温度 [℃]	約103	約94

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価対象の相違及び評価結果の相違

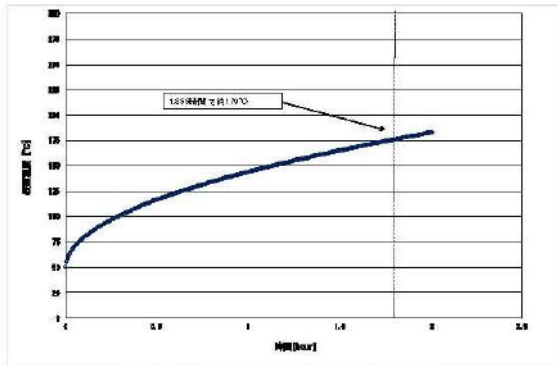
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由



第2-7図 外壁温度推移（大型民間航空機）

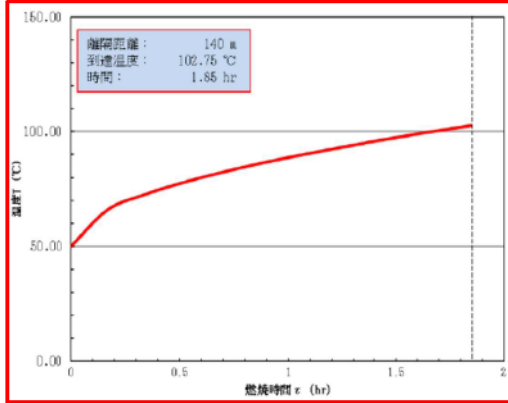
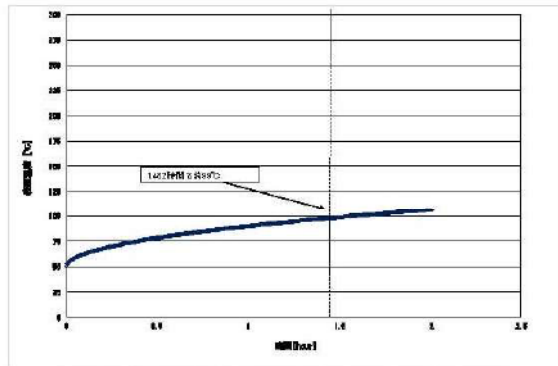


図7-5 建屋外壁における温度上昇の評価結果
 （大型民間航空機）



第2-8図 外壁温度推移（自衛隊機又は米軍機（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））

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価
 結果の相違

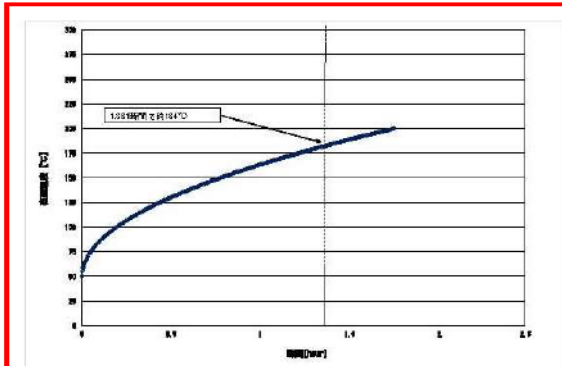
赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

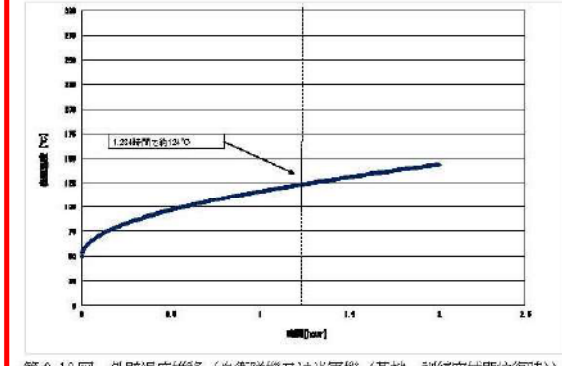
女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由



第2-9図 外壁温度推移（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））



第2-10図 外壁温度推移（自衛隊機又は米軍機（基地一訓練空域往復時））

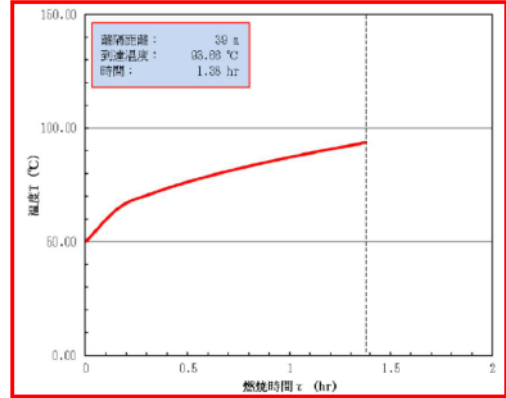


図7-6 建屋外壁における温度上昇の評価結果（自衛隊機（その他の大型固定翼機、小型固定翼機及び回転翼機））

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、保守性を考慮して、筒身よりも離隔距離の短くなる鉄塔について評価した。

(b) 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第2-18表に、排気筒外形図を第2-11図に示す。

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

排気筒仕様を表7-17に、排気筒外形図を図7-7に示す。

先行審査知見の反映
 ・女川まとめ資料の記載を確認した結果、記載内容の充実が必要と判断したため、当該記載を追記した。

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価結果の相違

設計方針の相違
 ・泊は排気筒が筒身のみであり、原子炉建屋に設置されている。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

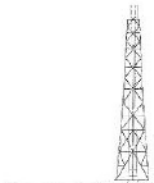
第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

第2-18表 評価対象施設の仕様

名称	排気筒
種別	鉄塔支持型
主要寸法	内径 3.7m
	地表高さ 160m
材料	筒身 SMA400AP
	鉄塔 SS400, STK400
個数	1



第2-11図 評価対象施設の外形図

表7-17 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

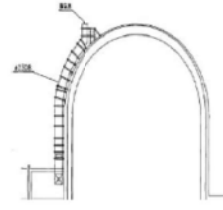


図7-7 排気筒の外形図

(c) 判断の考え方

i. 許容温度

排気筒鉄塔 (SS400, STK400) 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℃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鉄塔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。

(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℃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。

$$T = T_0 + \frac{\epsilon E}{2h}$$

T_0 : 初期温度 50[℃], E : 輻射強度 [W/m²], ϵ : 排気筒表面の吸収率 (0.9) ※1

h : 排気筒表面熱伝達率 17[W/m²・K] ※2

※1 : 伝熱工学資料

※2 : 空調調和・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/m²・K]を用いる。）

（出典：建築火災のメカニクスと火災安全設計，財団法人日本建築センター）

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

ϵ : 吸収率(1.0[-]), E : 輻射強度[W/m²], h : 熱伝達率(17[W/m²・K])※1, T_0 : 初期温度(50[℃])

※1 : 空調調和・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/m²・Kを用いる。）

なお、評価に当たって排気筒は鉄塔と筒身で構成されているが、筒身よりも鉄塔が火災源との距離が近いこと、材質も鉄塔は SS400, STK400, 筒身では SMA400AP であり、物性値が鉄塔、筒身ともに軟鋼で同一であることから、鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。

排気筒の評価概念図を第2-12図に示す。

排気筒の評価概念図を図7-8に示す。

差異理由

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる排気筒仕様の相違

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる排気筒仕様の相違

設計方針の相違
 ・泊は排気筒が筒身のみである。

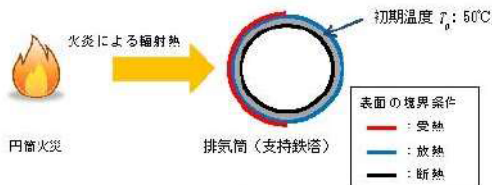
設計方針の相違
 ・泊は吸収率を保守的に1.0として評価

設計方針の相違
 ・泊は排気筒が筒身のみである。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉



第2-12図 排気筒の評価概念図

排気筒鉄塔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2-19表に示す。

第2-19表 排気筒の温度評価結果

データ種類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機	
	大型民間航空機	訓練空域外を飛行中 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	その他の大型 固定翼機、小型 固定翼機及び 回転翼機	基地 - 訓練 空域間往復時
輻射強度 [W/m ²]	2,730	1,179	3,360	1,963
排気筒温度 [°C]	約124	約82	約139	約102

c. 復水貯蔵タンクに対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

復水貯蔵タンクについて、カテゴリごとに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

復水貯蔵タンクの許容温度は、火災時における短期温度上昇を考慮した場合において、復水貯蔵タンクの貯蔵水を使用する復水補給水系の系統最高使用温度 66°C以下とする。

ii. 評価方法

一定の輻射強度で復水貯蔵タンクの火災源側の側面と天井面へ入熱するものとして、表面での輻射によるタンク内部に貯蔵された水及びタンク側面、天井面の温度上昇を表した下記の比熱と熱容量の関係式により最大温度を求め、許容温度以下であるか評価した。

泊発電所3号炉

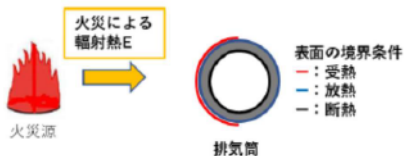


図7-8 排気筒の評価概念図

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。評価結果を表7-18に示す。

表7-18 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 ²]	1,150	1,102
排気筒温度[°C]	約84	約83

差異理由

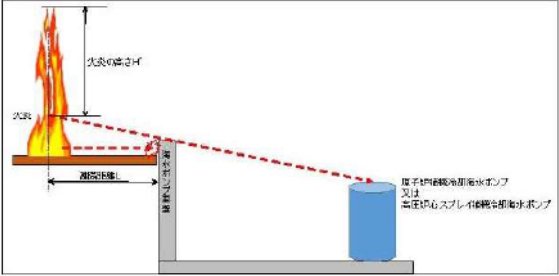
設計方針の相違
 ・泊は排気筒が筒身のみである。

設計方針の相違
 ・地域特性に伴う評価対象の相違及び評価結果の相違

設計方針の相違
 ・プラント設計の違いによる対象設備の相違（泊には屋外に同様の設備は無い。）

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉	泊発電所3号炉		差異理由
<p>d. 原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価</p> <p>(a) 評価対象範囲</p> <p>原子炉補機冷却海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機は、海水ポンプ電動機高さより高い海水ポンプ室の壁で囲まれており、側面から直接火災の影響を受けることはないが、上面は熱影響を受ける可能性がある。</p> <p>評価においては、火災源位置からポンプに対し直接放射の影響を受ける火災の高さから一定の放射強度でポンプが直接火災の影響を受けることを想定する。また、原子炉補機冷却海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ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た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。火災発生位置と海水ポンプの位置関係を第2-14図に示す。</p> <p>電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び軸受であり、そのうち許容温度が低い軸受温度の機能維持に必要な冷却空気の温度が上昇した場合でも、許容温度以下となることを確認する。</p> <div data-bbox="85 667 674 1002" style="border: 2px solid red; padding: 5px;">  <p>第2-14図 火災発生位置と海水ポンプの位置関係</p> </div> <p>(b) 評価対象施設の仕様</p> <p>原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの海水ポンプ室内の配置図を第2-15図、外形図を第2-16図に示す。仕様を第2-21表に示す。</p>	<p>c. 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価</p> <p>(a) 評価対象範囲</p> <p>原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は、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モータは、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。</p> <p>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。</p>		<p>評価手法の相違</p> <ul style="list-style-type: none"> ・本項については、海水ポンプの温度評価について記載しているが、女川は屋外設置であり直接熱影響を受けること、泊は屋内設置のため直接熱影響を受けないことが基本的な差異であり、このため、評価手法も異なっている。ただし、ポンプの許容温度（軸受温度）以下であることを評価していることに差異はない。

赤字：設備、運用又は体制の相違（設計方針の相違）
 青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
 緑字：記載表現、設備名称の相違（実質的な相違なし）

第6条 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

女川原子力発電所2号炉

泊発電所3号炉

差異理由

作図時の寸法は防壁上の線点から公算できません。

第2-15図 海水ポンプの配置図

第2-16図 海水ポンプの外観図

	原子炉補機冷却海水ポンプ電動機	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機
主要寸法	全幅 約2.9m 高さ 約2.9m	全幅 約0.95m 高さ 約1.06m
材質	SS400	FC150
個数	4	1

(c) 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及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機の許容温度は、運転時の上部及び下部軸受の上昇温度を考慮し、軸受の機能維持に必要な冷却空気の許容温度を第2-22表に示す。

(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、モーター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80.9℃とする。