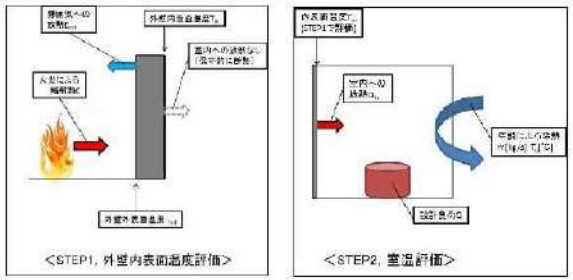
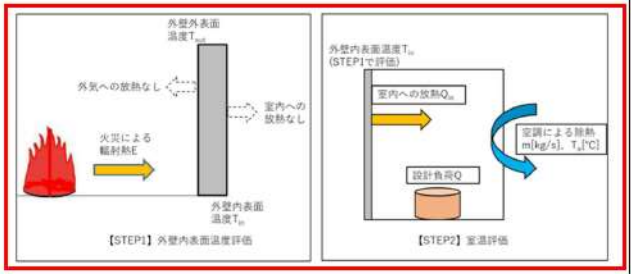
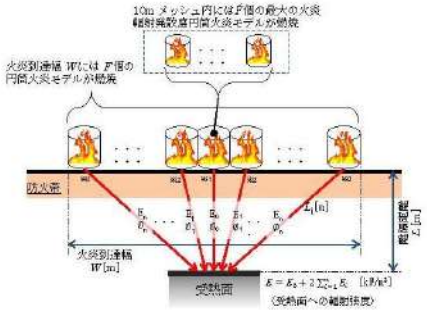
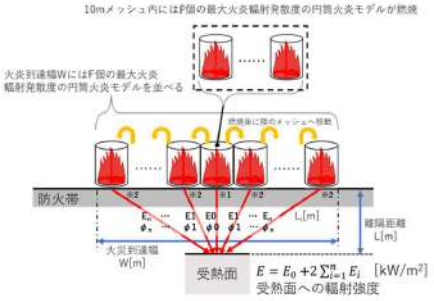
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 3.3-1 図　評価概念図 ⅰ．STEP１の評価モデル式 外部火災による外壁内表面温度を算出する式は次式で示される。 $$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$$ T:建屋温度[℃]，x:コンクリート深さ，t時間 λ:コンクリート熱伝導率(1.74 [W/m/K]) C_p:コンクリート比熱(963[J/kg/K])，ρ:コンクリート密度(2400[kg/m³]) ⅱ．STEP２の評価モデル式 室内の内包機器熱負荷は強制換気による除熱される。ここでは第 3.3-1 図に示すように外部火災による外壁内表面温度の上昇により室温が加熱される影響をモデル化する。保守的に評価を実施するため，室内の熱容量等は考慮せず，熱バランスによる評価を実施する。 外部火災による内壁温度上昇に伴う熱負荷は次式で示される。 $$Q_{in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$ Q_{in}:室内熱負荷[W] h_{in}:室内壁表面熱伝達率[W/m²/K] A:室内壁表面積[m²] T_{in}:内壁最高温度[℃] T_{room}:室温[℃] 室内における熱バランスにより室温は次式で計算される。保守的に排気温度 T_{ext} を室温 T_{room} として評価する。 $$T_{room} = T_{ext} = \frac{Q + Q_{in}}{m\rho C_p} + T_a$$ Q:室内負荷[W] m:風量[m³/s] C_p:空気比熱[]/kg/K] ρ:空気密度[kg/m³]	 第２－33 図　評価概念図 (a)STEP1 の評価モデル式 外部火災による外壁内表面温度を算出する式は次式で示される。 $$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right) \quad (式\ 1)$$ T：建屋温度[℃]，x：コンクリート深さ[m]，t：時間[s] λ ：コンクリート熱伝導率（1.74[W/m･K]） C_p：コンクリート比熱（963[J/kg･K]），ρ ：コンクリート密度（2,400[kg/m³]） (b)STEP2 の評価モデル式 室内の内包機器熱負荷は強制換気により除熱される。ここでは第２－33 図に示すように外部火災による外壁内表面温度の上昇により室温が加熱される影響をモデル化する。保守的に評価を実施するため，室内の熱容量等は考慮せず，熱バランスによる評価を実施する。 外部火災による内壁温度上昇に伴う熱負荷は次式で示される。 $$Q_{in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$$ Q_{in}：室内熱負荷[W]，h_{in}：室内壁表面熱伝達率[W/m²･K] A：室内壁表面積[m²]，T_{in}：内壁最高温度[℃]，T_{room}：室温[℃] 室内における熱バランスにより室温は次式で計算される。保守的に排気温度 T_{ext} を室温 T_{room} として評価する。 $$T_{room} = T_{ext} = \frac{Q + Q_{in}}{m\rho Cp} + T_a$$ Q：室内負荷[W]，m：風量[m³/s]，Cp：空気比熱[J/kg･K]，ρ：空気密度[kg/m³]	【女川】設計方針の相違 ・泊は建屋外壁の温度評価と同様に，保守的に外気への放熱は考慮しない。 【女川】記載表現の相違

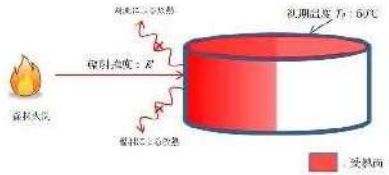
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	評価の結果，各評価対象について許容温度又は許容熱負荷を下回ることを確認した。 第 3.3-1 表　評価結果（原子炉施設） 評価対象 / STEP1 外壁内表面温度［℃］ / STEP2 室内温度［℃］ / 許容温度［℃］ 2 号炉 中央制御室 / 約 57 / 約 28 / 40 固体廃棄物貯蔵所 / 約 56 / － / 325（100） 第 3.3-2 表　評価結果（緊急対策室） 評価対象 / STEP1 外壁内表面温度［℃］ / STEP2 熱負荷［kW］ / 許容熱負荷［kW］ 緊急対策室 / 約 51 / 約 138 / 152 3.4 屋外施設の影響評価 (1) 評価手法の概要 受熱面への輻射強度は，円筒火炎モデルを火炎到達幅の長さ分並べ，各々の輻射強度を積算し評価する。火炎輻射強度は各々の位置で強度の違いがあるが，本評価では保守的に最大の火炎輻射発散度の円筒火炎モデルが一様に存在するものとして評価する。 円筒火炎モデルの燃焼時間は火炎継続時間とする。  ※1 F 個分の円筒火炎モデルから放射 ※2 F 個分の円筒火炎モデルを 3 箇所から放射 ・受熱面への輻射強度 E は，受熱面に対して中心の火炎からの輻射強度 E_0 と中心以外の火炎からの輻射強度 E_i を積算したものである。なお，中心以外の円筒火炎モデルは左右対称であることから，片側を 2 倍して算出している。 ・形態係数 ϕ_i は，受熱面と火炎の距離に依存するため，円筒火炎モデルごとにそれぞれ算出する。 ・火炎輻射発散度は，保守的に最大火炎輻射発散度 R_0 を用いる。 第 3.4-1 図　温度影響評価概念図	評価の結果，各評価対象について許容温度又は許容熱負荷を下回ることを確認した。 第 2－31 表　評価結果（原子炉施設） 評価対象 / STEP1：外壁内表面温度［℃］ / STEP2：室内温度［℃］ / 許容温度［℃］ 中央制御室 / 約 51 / 約 26 / 40 第 2－32 表　評価結果（緊急時対策所） 評価対象 / STEP1：外壁内表面温度［℃］ / STEP2：熱負荷［kW］ / 許容熱負荷［kW］ 緊急時対策所 / 約 44 / 約 38.5 / 40.0 3.4 屋外施設の影響評価 (1) 評価手法の概要 受熱面への輻射強度は，円筒火炎モデルを火炎到達幅の長さ分並べ，各々の輻射強度を積算し評価する。火炎輻射強度は各々の位置で強度の違いがあるが，本評価では保守的に最大の火炎輻射発散度の円筒火炎モデルが一様に存在するものとして評価する。受熱面への輻射強度 E は，10m メッシュの中に円筒火炎モデルを F 個並べて輻射強度 E_i を計算し，10m メッシュの輻射強度 E_i を火炎到達幅の長さになるよう積算したものである。 円筒火炎モデルの燃焼時間は火炎継続時間とする。 円筒火炎モデルの概念図を第 2－34 図に示す。  ※1 F 個分の円筒火炎モデルから放射 ※2 F 個分の円筒火炎モデルの 3 箇所から放射 ・受熱面への輻射強度 E は，受熱面に対して中心の火炎からの輻射強度 E_0 と中心以外の火炎からの輻射強度 E_i を積算したものである。なお，中心以外の円筒火炎モデルは左右対称であることから，片側を 2 倍して算出している。 ・形態係数 ϕ_i は，受熱面と火炎の距離に依存するため，円筒火炎モデルごとにそれぞれ算出する。 ・火炎輻射発散度は，保守的に最大火炎輻射発散度 R_0 を用いる。 第 2－34 図　温度影響評価概念図	【女川】設計方針の相違・建屋及び防火帯の配置の違いによる評価結果の相違 【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	(2) 温度評価 a. 復水貯蔵タンク温度の算出 (a) 評価対象範囲 復水貯蔵タンクについて，森林火災を想定して評価を実施した。 (b) 評価対象施設までの離隔距離 評価対象施設から最も近い防火帯外縁までの離隔距離を第 3.4-1 表に示す。 第 3.4-1 表 評価対象施設から最も近い防火帯外縁までの離隔距離 評価対象施設：復水貯蔵タンク　離隔距離[m]：340 (c) 判断の考え方 ⅰ．危険輻射強度 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，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℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 ⅱ．評価方法 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして，表面での輻射による復水貯蔵タンクの温度上昇を表した比熱と熱容量の関係式よりタンク（x=0）の温度から危険輻射強度を算出する。 $$T = T_0 + \frac{Et\left(\frac{\pi D_o h}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi h}{4} + 3\pi\frac{D_o^2}{4}e\right\}}$$ （式１） T_0：初期温度(50[℃])，E：輻射強度[W/m²]，t：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(7850[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 66℃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） 第 3.4-2 表　対象施設の危険輻射強度 項目：危険輻射強度[kW/m²] 発火点：1 / 2-1 / 2-2 / 3 復水貯蔵タンク：8.55 / 184 / 45.6 / 90.9 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，直接輻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	(2) 温度評価	【女川】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施設は無い）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

系統水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。

復水貯蔵タンクの評価概念図を第 3.4-2 図に示す。



第 3.4-2 図　復水貯蔵タンクの評価概念図

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。

$$E = Rf \cdot \phi$$

E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-]　（式２）

第 3.4-3 表　対象施設の形態係数

項目	発火点	復水貯蔵タンク
火炎輻射発散度 [kW/m²]	1	477
	2-1	408
	2-2	410
	3	421
形態係数 [-]	1	4.95×10^{-2}
	2-1	5.84×10^{-1}
	2-2	1.89×10^{-1}
	3	3.26×10^{-1}

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

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

H:火炎長[m]　R:火炎半径[m]　L:危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，最も近い防火帯外縁から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

ⅲ．評価結果

危険輻射強度より復水貯蔵タンクの危険距離を算出した結果，復水貯蔵タンクまでの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

評価結果を第 3.4-4 表に示す。

第 3.4-4 表　復水貯蔵タンク温度影響評価結果

項目	復水貯蔵タンク			
	発火点 1	発火点 2-1	発火点 2-2	発火点 3
温度［℃］	約 51	約 51	約 51	約 51
防火帯外縁からの最短距離［m］	340	340	340	340
危険距離［m］	9	4	6	5

b. 排気筒温度の算出

(a) 評価対象範囲

排気筒について，森林火災を想定して評価を実施した。

(b) 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第 3.4-5 表に，排気筒外形図を第 3.4-3 図に示す。

第 3.4-5 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 160m
材料	筒身	SMA400AP
	鉄塔	SS400，STK400
個数		1

第 3.4-3 図　評価対象施設の外形図

(c) 評価対象施設までの離隔距離

評価対象施設から最も近い防火帯外縁までの離隔距離を第 3.4-6 表に示す。

第 3.4-6 表 評価対象施設から最も近い防火帯外縁までの離隔距離

評価対象施設	離隔距離［m］
排気筒	339

(d) 判断の考え方

ｉ．危険輻射強度

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

a. 排気筒温度の算出

(a) 評価対象範囲

排気筒について，森林火災を想定して評価を実施した。

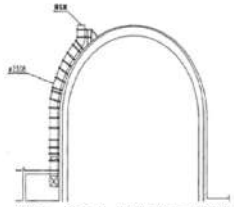
なお，排気筒の評価に当たっては，原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。

(b) 評価対象施設の仕様

排気筒仕様を第 2－33 表に，排気筒外形図を第 2－35 図に示す。

第 2－33 表　排気筒の仕様

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



第 2－35 図　排気筒の外形図

(c) 評価対象施設までの離隔距離

評価対象施設から最も近い防火帯外縁までの離隔距離を第 2－34 表に示す。

第 2－34 表　評価対象施設までの離隔距離

評価対象施設	離隔距離［m］
排気筒	200

(d) 判断の考え方

ｉ．危険輻射強度

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

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映）
【女川】設計方針の相違
・プラント設計による排気筒の設置位置の相違（泊は排気筒が原子炉建屋に設置されている。）

【女川】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

【女川】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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	ⅱ．評価方法 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式１により排気筒鉄塔表面の温度から危険輻射強度を算出する。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 $T = T_3 + \frac{E}{2h}$　（式１） 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：建築火災のﾒｶﾆｽﾞﾑと火災安全設計，財団法人日本建築ｾﾝﾀｰ） 第 3.4-7 表　対象施設の危険輻射強度 項目：危険輻射強度[kW/m²] 発火点：1 / 2-1 / 2-2 / 3 排気筒：9.35 / 9.35 / 9.35 / 9.35 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 $E = Rf \cdot \phi$ $Rf = I_R \cdot \varepsilon$　（式２） E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数， I_R：火炎輻射強度(W/m²)，ε:吸収率(0.9[−])※1 ※1：伝熱工学資料第５版	ⅱ．評価方法 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式１により排気筒表面の温度から危険輻射強度を算出する。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　（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。） 第 2－35 表　対象施設の危険輻射強度 項目：危険輻射強度[W/m²] 発火点：1 / 2 排気筒：9,299 / 9,304 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式２） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数	【女川】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 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違 【女川】設計方針の相違 ・泊は保守的に吸収率を 1.0 として評価

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

女川原子力発電所２号炉

第 3.4-8 表　対象施設の火炎輻射発散度及び形態係数

項目	発火点	排気筒
火炎輻射発散度 [kW/m²]	1	430
	2-1	367
	2-2	372
	3	379
形態係数 [-]	1	2.18×10^{-2}
	2-1	2.56×10^{-2}
	2-2	2.52×10^{-2}
	3	2.47×10^{-2}

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

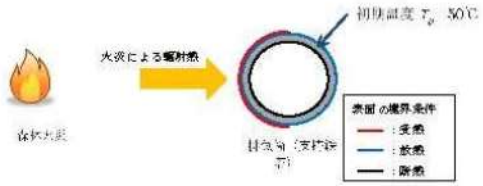
ただし $m=\frac{H}{R}\fallingdotseq 3$　$n=\frac{L}{R}$　$A=(1+n)^2+m^2$　$B=(1-n)^2+m^2$

H:火炎長[m]　R:火炎半径[m]　L:危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，最も近い防火帯外縁から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

なお，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森林火災との距離が近いこと（第 3.4-3 図参照），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。

排気筒の評価概念図を第 3.4-4 図に示す。



第 3.4-4 図　伝熱の境界条件の模式図

泊発電所３号炉

第２－36 表　対象施設の輻射発散度及び形態係数

項目	発火点	排気筒
輻射発散度 [kW/m²]※1	1	1,200(843)
	2	1,200(977)
形態係数 [－]	1	0.0078
	2	

※１：FARSITE 出力より算出された値（括弧内の数値）を安全側に切り上げた数値

式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離Ｌを式３より算出する。

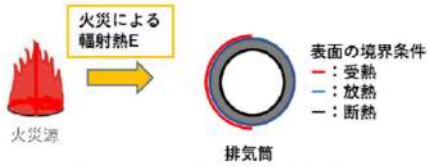
$$\Phi=\frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right)+\frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right]-\frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}\quad(式3)$$

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

H：火炎長[m]，R：燃焼半径[m]，L：危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，最も近い防火帯外縁から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

排気筒の評価概念図を第２－36 図に示す。



第２－36 図　排気筒の評価概念図

相違理由

【女川】設計方針の相違
・地域特性による評価結果の相違

【女川】設計方針の相違
・泊は排気筒が筒身のみである。

大飯発電所３／４号炉

（２）海水ポンプ

危険距離の算出の流れについては以下のとおり。

①最大の火炎輻射発散度のメッシュの燃焼データを持った円筒モデルを火炎到達幅分一列に並べる。

②受熱面までの距離を任意に設定して形態係数Φを算出（火炎長、燃焼半径、離隔距離から算出）する。

③E=Rf・Φ（E：受熱面輻射強度、Rf：火炎輻射発散度、Φ：形態係数）より、受熱面（海水ポンプモータのケーシング）の輻射強度を算出する。

④受熱面の輻射強度からの伝熱により、冷却空気が□℃を超えない距離（危険距離）を算出する。

図　海水ポンプの熱影響評価

女川原子力発電所２号炉

ⅲ．評価結果

危険輻射強度より排気筒鉄塔の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 3.4-9 表に示す。

第 3.4-9 表　排気筒温度影響評価結果

項目	排気筒			
	発火点 1	発火点 2-1	発火点 2-2	発火点 3
温度［℃］	約 51	約 51	約 51	約 51
防火帯外縁からの最短距離［m］	339	339	339	339
危険距離［m］	8	16	11	15

c．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温度の算出

泊発電所３号炉

ⅲ．評価結果

危険輻射強度より排気筒の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 2－37 表に示す。

第 2－37 表　排気筒に対する熱影響評価結果

項目	排気筒	
	発火点 1	発火点 2
温度［℃］	約 60	約 71
防火帯外縁からの離隔距離［m］	200	
危険距離［m］	35.4	54.0

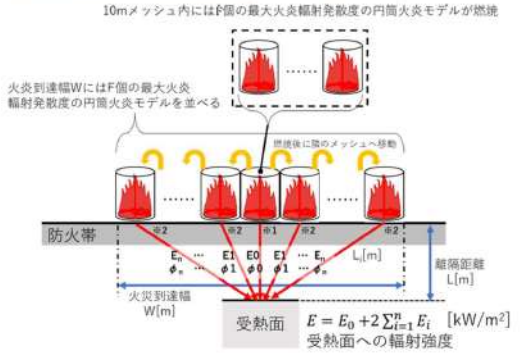
3.5 原子炉補機冷却海水ポンプの影響評価

(1) 評価手法の概要

受熱面への輻射強度は，円筒火炎モデルを火炎到達幅の長さ分並べ，各々の輻射強度を積算し評価する。火炎輻射強度は各々の位置で強度の違いがあるが，本評価では保守的に最大の火炎輻射発散度の円筒火炎モデルが一様に存在するものとして評価する。受熱面への輻射強度 E は，10m メッシュの中に円筒火炎モデルを $\hat{F}$ 個並べて輻射強度 E_i を計算し，10m メッシュの輻射強度 E_i を火炎到達幅の長さになるよう積算したものである。

円筒火炎モデルの燃焼時間は火炎継続時間とする。

円筒火炎モデルの概念図を第 2－37 図に示す。



※1 $\hat{F}$ 個分の円筒火炎モデルから放射

※2 $\hat{F}$ 個分の円筒火炎モデルの 2 箇所から放射

・受熱面への輻射強度 E は，受熱面に対して中心の火炎からの輻射強度 E_0 と中心以外の火炎からの輻射強度 E_i を積算したものである。なお，中心以外の円筒火炎モデルは左右対称であることから，片側を 2 倍して算出している。

・形態係数 ϕ_i は，受熱面と火炎の距離に依存するため，円筒火炎モデルごとにそれぞれ算出する。

・火炎輻射発散度は，保守的に最大火炎輻射発散度 E_0 を用いる。

第 2－37 図　温度影響評価概念図

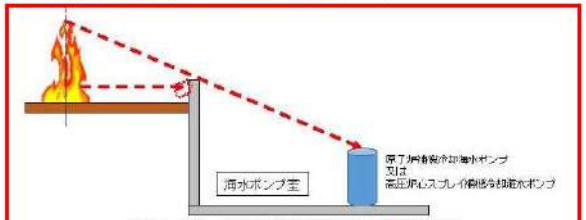
相違理由

【女川】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

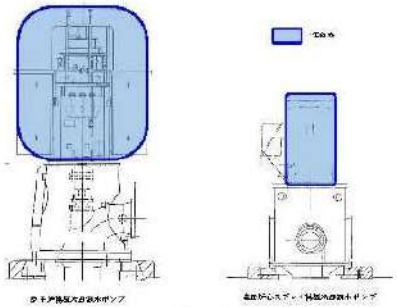
【女川】設計方針の相違
・地域特性による評価結果の相違

【女川】設計方針の相違
・女川はポンプが屋外設置であり直接熱影響を受けること，泊はポンプが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，泊に高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはない。

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	(a) 評価対象範囲 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は，海水ポンプ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及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプは，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 3.4-5 図に示す。 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。  第 3.4-5 図　火災発生位置と海水ポンプの位置関係 (b)　評価対象施設の仕様 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 3.4-6 図，外形図を第 3.4-7 図に示す。仕様を第 3.4-10 表に示す。 第 3.4-6 図　海水ポンプの配置図	(2) 温度評価 a. 原子炉補機冷却海水ポンプ温度の算出 (a) 評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要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。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第 3.4-7 図　海水ポンプの外形図

第 3.4-10 表　評価対象施設の仕様

	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 2.5m 高さ　約 2.9m	全幅　約 0.55m 高さ　約 1.06m
材質	SS400	FC150
個数	4	1

(c) 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 3.4-11 表に示す。

第 3.4-11 表　海水ポンプ室から火災源までの離隔距離

評価対象施設	海水ポンプ室
離隔距離 [m]	302

(d) 判断の考え方

ｉ．危険輻射強度

原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプの冷却空気の許容温度は，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 3.4-12 表，第 3.4-13 表に示す。

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，軸受の機能が維持される冷却空気の許容温度を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。

(b) 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最も近い防火帯外縁までの離隔距離を第２－38 表に示す。

第２－38 表　評価対象施設までの離隔距離

評価対象施設	離隔距離[m]
循環水ポンプ建屋	300

(c) 判断の考え方

ｉ．危険輻射強度

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

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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
また、受熱面の輻射強度を用いた海水ポンプ冷却空気温度については、受熱面の輻射強度をｑ、海水ポンプが輻射を受ける面積	第 3.4-12 表 海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度 対象機器 / 上部軸受温度［℃］ / 下部軸受温度［℃］ 原子炉補機冷却海水ポンプ / 40※1 / 55 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ / 55※2 / 55 ※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-2137-2000「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 80℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 40℃を冷却空気の許容温度に設定 ※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-2137-2000「誘導機」で定める耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 55℃を冷却空気の許容温度に設定 第 3.4-13 表　海水ポンプの通常運転時の上昇温度 対象機器 / 上部軸受温度［℃］ / 下部軸受温度［℃］ 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 ⅱ．評価方法 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，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が一定の輻射強度によって昇温されるものとして，比熱と熱容量の関係式より求まる下式より冷却空気温度から危険輻射強度を算出する。 評価に用いた諸元を第 3.4-14 表に示す。	第 2－39 表　原子炉補機冷却海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度 対象部位 / 冷却空気の許容温度［℃］ / 運転時の温度上昇［℃］ / 限界温度［℃］ 固定子巻線 / 99 / 46 / 145※1 下部軸受け / 80 / 35 / 115※2 ※1：耐熱クラス 145(F)における固定子巻線の許容最高温度【JEC-2137】 ※2：軸受潤滑油の潤滑能力を維持できる限界温度 ⅱ．評価方法 循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの時間変化する輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度から危険輻射強度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第２－38 図に示す。	

大飯発電所３／４号炉

を A_T とすると、受熱面を介して外気への入熱は $q \times A_T$ となる。外気の熱容量は、外気の重量流量 G と比熱 C_P から $G \times C_P$ となるから、外気の温度上昇 ΔT は、入熱 $q \times A_T$ と熱容量 $G \times C_P$ から、以下の式で求められる。

$$\Delta T = \frac{E \times A_T}{G \times C_p}$$

E：海水ポンプの受熱面輻射強度(W)
G：海水ポンプ冷却空気の重量流量(3.90kg/s)
C_p：空気の比熱(1007.00J/kgK)
A_T：海水ポンプの受熱面積(14.47m²)

冷却空気の温度 $T = T_0 + \Delta T$ より冷却空気の温度を算出する。

T_0：過去10年間の最高気温(38.1℃)

なお、海水ポンプモータの電気的絶縁について確認した結果を以下に示す。

海水ポンプモータにおいて絶縁破壊を起こす箇所は固定子巻線（F 種絶縁）であり、JEC-37（電気学会電気規格調査会標準規格誘導機）より、F 種絶縁の設計温度は 140℃である。

運転時の固定子巻線温度は外気取入温度＋[ ]℃であり、外部火災評価時の危険距離算出時の外気取入温度は[ ]℃であるため、固定子巻線温度＝[ ]℃となり、上記の温度許容値 140℃を満たす。

すなわち、外部火災評価における海水ポンプへの離隔距離（危険距離）が保たれていれば、海水ポンプモータの電気的絶縁は保たれる。

女川原子力発電所２号炉

$$T = T_0 + \frac{E \times A_T}{G \times C_p} \quad (式1)$$

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_T:受熱面積[m²]
C:熱容量(＝G×C_p)，G:重量流量[kg/s]，C_p:空気比熱[J/kg/K]

第 3.4-14 表　評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m²] Ar	重量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/K] Cp
原子炉補機冷却海水ポンプ	13.19	9.32	1,008
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1.19	0.55	1,008

第 3.4-15 表　対象施設の危険輻射強度

項目	発火点	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
危険輻射強度 [kW/m²]	1	3.31	6.54
	2-1	3.31	6.54
	2-2	3.31	6.54
	3	3.31	6.54

泊発電所３号炉

$$Q_{in} = G^0_{air} \times C_{Pin} \times (T^0_R - T_{in}) \quad \cdots\cdots ①$$

$$\Delta P_H = \Delta P_{in} + \Delta P_{out}$$
$$\Rightarrow \quad g \times (\rho_{in} - \rho^n_R) \times H = \zeta_{in} \times \frac{1}{2} \times \rho_{in} \times {u^n_{in}}^2 + \zeta_{out} \times \frac{1}{2} \times \rho^n_R \times {u^n_{out}}^2 \quad \cdots\cdots ②^{※1}$$

$$\rho^n_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T^n_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

$$u^n_{in} = \frac{G^n_{air}}{\rho_{in} \times A_{in}} \quad \cdots\cdots ④$$

$$u^n_{out} = \frac{G^n_{air}}{\rho^n_R \times A_{out}} \quad \cdots\cdots ⑤$$

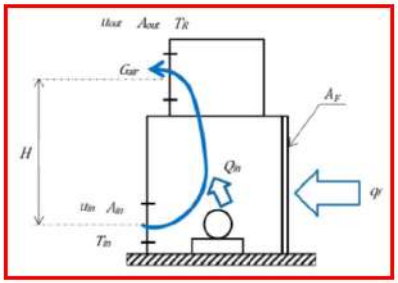
$$W^n_R = V \times \rho^n_R \quad \cdots\cdots ⑥$$

※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（湿き空気として算出）

各時間ステップの値を用いて，建屋内気温上昇と次のステップの建屋内気温を算出する。

$$T^{n+1}_R = T^n_R + \frac{(Q_{in} + q^n_F \times A_F) - (T^n_R - T_{in}) \times G^n_{air} \times C_{Pin}}{W^n_R \times C_{PR}} \times \Delta t \quad (式1)$$

Q_{in}：建屋内のポンプモータの放熱量[W]，G_{air}：換気風量[kg/s]，C_{Pin}：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]，W^n_R：建屋内空気重量[kg]，
V：建屋内空気体積[m³]，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]，C_{PR}：建屋内空気比熱[J/kg・K]，Δt：時間刻み[s]



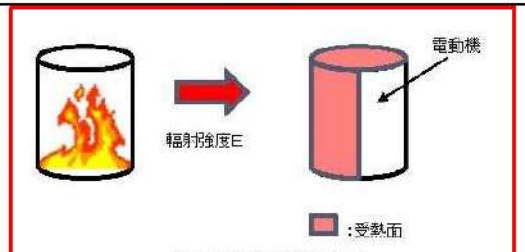
第 2－38 図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

第 2－40 表　対象施設の危険輻射強度

項目	発火点	原子炉補機冷却海水ポンプ
危険輻射強度（最大） [W/m²]	1	3,178
	2	4,847

相違理由

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第3.4-8図 評価概念図

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad （式２）$$

E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-]

第 3.4-16 表　対象施設の火炎輻射発散度及び形態係数

項目	発火点	原子炉補機冷却海水ポンプ	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
火炎輻射発散度[kW/m²]	1	477	477
	2-1	408	408
	2-2	413	413
	3	421	421
形態係数[-]	1	9.93×10^{-5}	1.97×10^{-4}
	2-1	3.54×10^{-4}	7.00×10^{-4}
	2-2	2.29×10^{-4}	5.05×10^{-4}
	3	3.01×10^{-4}	4.64×10^{-4}

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

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

H:火炎長[m]　R:火炎半径[m]　L:危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

ⅲ．評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 3.4-17 表に示す。

式１より求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを式２より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad （式 2）$$

Ｅ：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

第２－41 表　対象施設の輻射発散度及び形態係数

項目	発火点	原子炉補機冷却海水ポンプ
輻射発散度[kW/m²]※1	1	1,200(843)
	2	1,200(977)
形態係数（総和）[-]	1	0.026
	2	0.048

※１：FARSITE 出力より算出された値（括弧内の数値）を安全側に切り上げた数値

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを式３より算出する。

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

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

Ｈ：火炎長[m]，Ｒ：燃焼半径[m]，Ｌ：危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，防火帯外縁から最短距離にある評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

(d) 評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果，原子炉補機冷却海水ポンプまでの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第２－42 表に示す。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

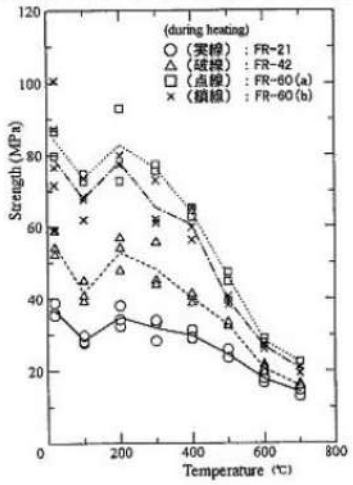
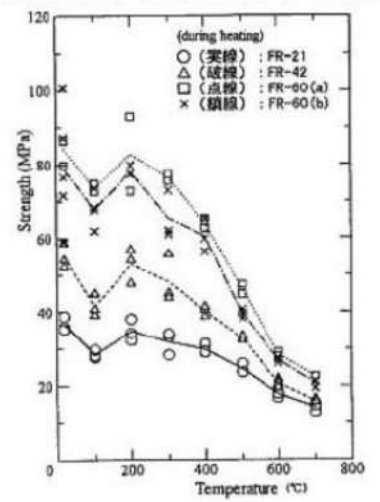
第 3.4-17 表 評価対象施設に対する熱影響評価結果

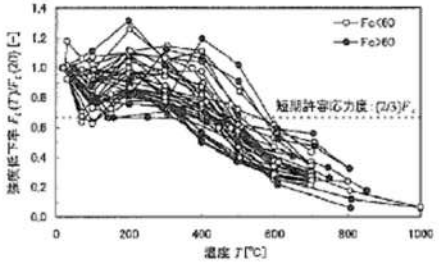
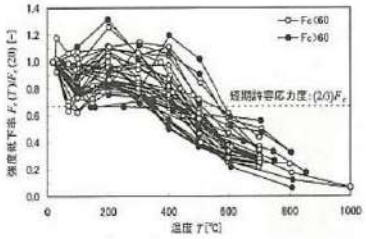
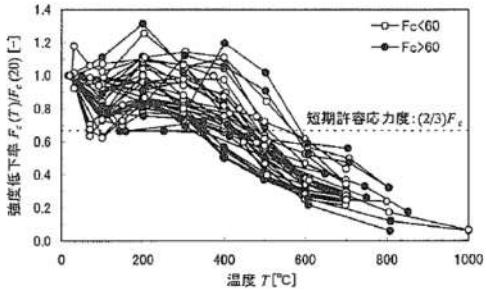
評価対象施設		発火点 1	発火点 2-1	発火点 2-2	発火点 3
原子炉補機冷却海水ポンプ	上部軸受上昇温度［℃］	27.1	27.2	27.1	27.2
	下部軸受上昇温度［℃］	18.8	18.9	18.8	18.9
	上部軸受に対する危険距離［m］	17.2	30.6	24.3	29.0
	離隔距離［m］	302	302	302	302
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	上部軸受上昇温度［℃］	32.1	32.1	32.1	32.1
	下部軸受上昇温度［℃］	41.1	41.1	41.1	41.1
	下部軸受に対する危険距離［m］	10.0	20.6	15.8	19.4
	離隔距離［m］	302	302	302	302

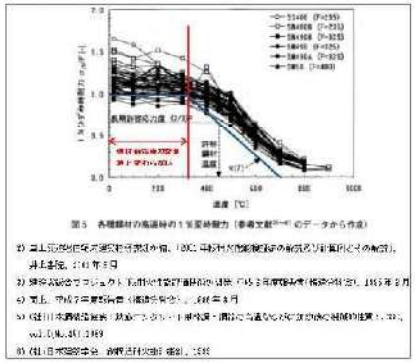
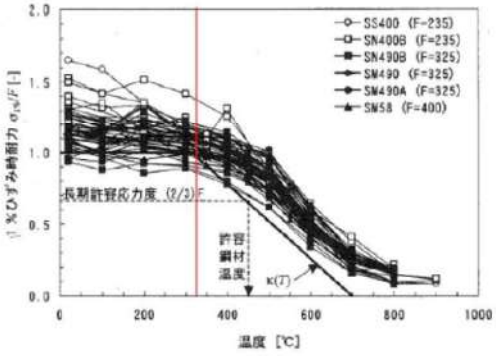
第 2－42 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの危険物貯蔵施設火災影響評価結果

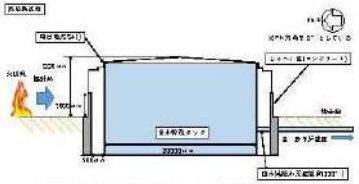
項目	原子炉補機冷却海水ポンプ	
	発火点 1	発火点 2
温度［℃］	約 44	約 46
防火帯外縁からの離隔距離［m］	300	
危険距離［m］	62.0	75.3

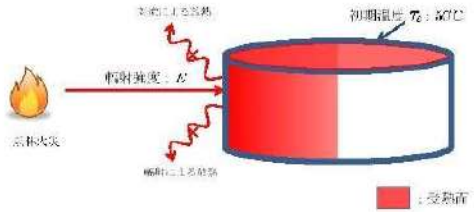
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	別紙２－１ 防火帯の管理方針について １．はじめに 森林火災評価結果に基づき，森林火災による外部火災防護施設への延焼防止対策として，発電所構内道路及び地形等を考慮し，20m 幅の防火帯を設定する。防火帯内に他の法令要求等により可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限の機器等とし，防火帯の延焼防止効果を損なわない設計とする必要があるため，防火帯の管理方法について以下に示す。 ２．防火帯の管理方針 防火帯の設定にあたっては，草木を伐採する等，可燃物を排除し，モルタル吹付けを行う。また，防火帯は表示板等で明確に区分すると共に，構内道路の一部を防火帯として使用している箇所については，駐車禁止の措置等により，常時可燃物のない状態を維持する。 防火帯内には延焼防止効果に影響を与えるような可燃物を含む機器は，原則設置しない方針であるが，防火帯の位置設定においては発電所敷地内道路配置及び地形等を考慮して設定したことから，防火帯内の一部には他の法令要求等による少量の可燃物を含む機器等が存在する。このため，防火帯内に設置された機器等の延焼防止効果への影響の有無を評価し，必要な対策を講ずる設計とする。 第１表に防火帯に設置される機器等の管理方針について示す。 第１表　防火帯内に設置される機器等の評価及び管理方針 分類 / 機器例 / 評価及び管理方針 不燃性の機器 / ・送電線 ・フェンス / 火災により燃焼しない。防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから，機器に対して対策は不要。 可燃物を含む機器 / 局所的な設置機器 / — / 局所的な火災となるため，防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから，機器に対して対策は不要とする。 可燃物を含む機器 / 防火帯を横断して設置 / ・ケーブル ・配管 / 防火帯の延焼防止効果に影響を及ぼすことが想定されるため，防火帯を横断して設置されるケーブルは以下の対策を講じる。 ・不燃性の電線管，トレイ内に敷設 ・埋設化，不燃材で養生	別紙２－１ 防火帯の管理方針について 1．はじめに 森林火災評価結果に基づき，森林火災による外部火災防護施設への延焼防止対策として，発電所構内道路，地形等を考慮し，地点ごとに 20m（ただし，敷地東部の一部は自主的に 25m），46m 幅の防火帯を設定する。防火帯内に他の法令要求等により可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限の機器等とし，防火帯の延焼防止効果を損なわない設計とする必要があるため，防火帯の管理方法について以下に示す。 2．防火帯の管理方針 防火帯の設定にあたっては，草木を伐採する等，可燃物を排除し，モルタル吹付けを行う。また，防火帯は表示板等で明確に区分すると共に，構内道路の一部を防火帯として使用している箇所については，駐車禁止の措置等により，常時可燃物のない状態を維持する。 防火帯内には延焼防止効果に影響を与えるような可燃物を含む機器は，原則設置しない方針であるが，防火帯の位置設定においては発電所敷地内道路配置，地形等を考慮して設定したことから，防火帯内の一部には他の法令要求等による少量の可燃物を含む機器等が存在する。このため，防火帯内に設置された機器等の延焼防止効果への影響の有無を評価し，必要な対策を講ずる設計とする。 第１表に防火帯に設置される機器等の管理方針について示す。 第１表　防火帯内に設置される機器等の評価及び管理方針 分類 / 機器例 / 評価及び管理方針 不燃性の機器 / ・送電線 ・フェンス / 火災により燃焼しない。防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから，機器に対して対策は不要。 可燃物を含む機器 / 局所的な設置機器 / ・カーブミラー ・標識 / 局所的な火災となるため，防火帯延焼防止効果に影響を与えないことから，機器に対して対策は不要とする。 可燃物を含む機器 / 防火帯を横断して設置 / ・ケーブル ・配管 / 防火帯延焼防止効果に影響を及ぼすことが想定されるものについては，以下の対策を講じる。 ・不燃性の電線管，トレイ内に敷設 ・埋設化，不燃材で養生	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違 ・泊は，最大火線強度から防火帯幅を一律で定めるのではなく，地形等を考慮して地点ごとの最大火線強度から防火帯幅を設定している。 【女川】記載表現の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料 19 コンクリート耐熱 200℃ の根拠について 建屋の評価に使用しているコンクリートの許容温度 200℃について、その根拠を以下に示す。 鉄筋コンクリート構造の火災時耐力については、コンクリートの高温時圧縮強度データ※１ を整理した結果として、高温時のコンクリートの圧縮強度低下率が示されている※２ 。加熱温度を常温、100℃ 、200 ℃ 、300 ℃ と 100 ℃ 間隔で加熱した結果、圧縮強度は常温から 100℃ で低下し、その後 200℃ に向けて上昇しており、常温時の強度とほぼ同等の強度まで再上昇する。その後は温度の上昇とともに圧縮強度が低下していることから、コンクリート壁の表面温度 200℃ を許容温度と定めた。なお、実証試験の温度は緩やかに加熱しているため、コンクリート表面から内部までの温度を均一としており、コンクリート壁の表面温度を 200℃ に設定することは保守的な評価となる。 ※1：「高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎研究」 日本建築学会構造系論文集 ※2：財団法人 日本建築センター「建築火災のメカニズムと火災安全設計」	別紙２－２ コンクリートの許容限界温度 200℃の設定根拠について 高温時のコンクリートの圧縮強度と温度の関係を第１図及び第２図に示す。 圧縮強度は，100℃でやや低下しているものの，200℃程度までは常温と殆ど変わらないかむしろ上昇し，その後徐々に低下して，500℃で常温の 2/3（短期許容応力度に相当）に低下している。 100℃近傍の圧縮強度の低下については，コンクリートを構成する骨材が膨張すると同時にセメント水和物が 100℃近傍から収縮し，その不均質さのため自己歪応力が発生する。この自己歪応力により，内部に微細亀裂が増加し，強度を低下させる要因と考えられている。 また，加熱温度の上昇により，100℃～200℃においては，未水和セメント粒子の水和の促進などが 100℃～200℃における複雑な強度特性に影響しているものと推測される。 なお，圧縮強度が低下する 100℃近傍の残存強度は，長期許容応力度（設計基準強度の 1/3）を十分上回ることを確認している。 以上のとおり，100℃近傍で圧縮強度が低下するものの 200℃までは再度上昇し，その後温度上昇に伴い圧縮強度が低下することから，コンクリートの許容限界温度を 200℃とした。 なお，上記試験では，試験体内部温度を均一となるように実施しており，コンクリート壁の表面の温度を 200℃と設定することは保守的な評価となる。  第１図　圧縮強度と加熱温度の関係※1	別紙２－２ コンクリートの許容限界温度 200℃の設定根拠について 高温時のコンクリートの圧縮強度と温度の関係を図に示す。 圧縮強度は，100℃でやや低下しているものの，200℃程度までは常温と殆ど変わらないかむしろ上昇し，その後徐々に低下して，500℃で常温の 2/3（短期許容応力度に相当）に低下している。 100℃近傍の圧縮強度の低下については，コンクリートを構成する骨材が膨張すると同時にセメント水和物が 100℃近傍から凝縮し，不均質さのため自己歪応力が発生する。この自己歪応力により，内部に微細亀裂が増加し，強度を低下させる要因と考えられている。 また，加熱温度の上昇により，100℃～200℃においては，未水和セメント粒子の水和の促進などが 100℃～200℃における複雑な強度特性に影響しているものと推測される。 なお，圧縮強度が低下する 100℃近傍の残存強度は，長期許容応力度（設計基準強度の 1/3）を十分上回ることを確認している。 以上のとおり，100℃近傍で圧縮強度が低下するものの 200℃までは再度上昇し，その後温度上昇に伴い圧縮強度が低下することから，コンクリートの許容限界温度を 200℃とした。 なお，上記試験では，試験体内部温度を均一となるように実施しており，コンクリート壁の表面の温度を 200℃と設定することは保守的な評価となる。  第１図　圧縮強度と加熱温度の関係※1	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
 図１　コンクリートの高温時圧縮強度（常温強度に対する比） 以　上	 第２図　コンクリートの高温時圧縮強度（常温強度に対する比）※2 ※１：「高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究」（日本建築学会構造系論文集第 515 号，163-168，1999 年１月） ※２：「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，2007 年）	 第２図　コンクリートの高温時圧縮強度（常温強度に対する比）※2 ※1　高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎研究(日本建築学会構造系論文集　第 515 号，163-168，1999 年１月)」 ※2　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，2007 年	

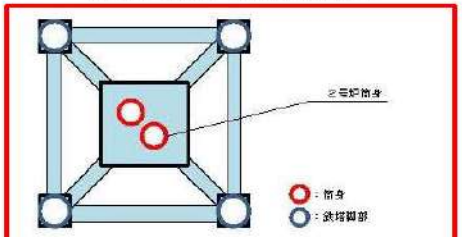
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	別紙２－３ 排気筒の許容限界温度 325℃の設定根拠について 一般的に，鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが，その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方，発電用原子力設備規格設計・建設規格（一般社団法人日本機械学会）では，鋼材の制限温度を 350℃としていること，また，文献※1 では，鋼材の温度上昇に伴う強度低下率 κ(T)が示されており，一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば，その強度が常温時と変わらない（κ(T)=1）※2 としている（第１図）。 よって本評価では，保守的に鋼材の強度が常温時と変わらないとされる 325℃を許容限界温度とし，評価を実施する。  第１図　鋼材の温度上昇に伴う強度低下率※1（一部加筆） ※１　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，2007 年 ※２　各温度における鋼材の 1%ひずみ時耐力の測定値を常温の基準強度(F)で割ったものが強度低下率 κ(T)であり，鋼材の強度が常温時と変わらない場合は，κ(T)=1 となる。	別紙２－３ 排気筒の許容限界温度 325℃の設定根拠について 排気筒の材質はステンレス鋼(SUS304)であり，文献※1 よりステンレス鋼(SUS304)は，鋼材(SS400)と比較して優れた高温強度を有していることから，排気筒の許容限界温度は保守的に鋼材と同様の温度を設定する。 一般的に，鋼材は温度上昇に伴い強度が低下するが，その高温強度に対する公的規格は存在していない。一方，発電用原子力設備規格設計・建設規格（一般社団法人日本機械学会）では，鋼材の制限温度を 350℃としていること，また，文献※2 では，鋼材の温度上昇に伴う強度低下率 κ(T)が示されており，一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば，その強度が常温時と変わらない（κ(T)＝１）※3 としている（第１図）。 よって本評価では，保守的に鋼材の強度が常温時と変わらないとされる 325℃を許容限界温度とし，評価を実施する。  図５　各種鋼材の高温時の１％歪時耐力（参考文献[2)~6)]のデータから作成） 第１図　鋼材の温度上昇に伴う強度低下率※2（一部加筆） ※1　ステンレス建築構造物の耐火設計について，ステンレス建築 No.10，1998 年 ※2　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，2007 年 ※3　各温度における鋼材の１％ひずみ時耐力の測定値を常温の基準強度(F)で割ったものが強度低下率 κ(T)であり，鋼材の強度が常温時と変わらない場合は，κ(T)＝１となる。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】設計方針の相違・泊の排気筒材料は SS400 より高温強度を有している SUS304 であるが，許容温度は保守的に SS400 と同じ温度を設定する。（女川の復水貯蔵タンクも SUS304 であり，同様の考えにて許容限界温度を設定している）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	別紙２－４ 各施設等の温度評価体系 １．復水貯蔵タンクの温度評価体系 復水貯蔵タンクは，原子炉停止後の除熱機能又は炉心冷却機能のうち，高圧炉心スプレイ系及び原子炉隔離時冷却系の水源としての機能を要求される。文献※より，タンク本体の部材であるステンレス鋼（SUS304）は，鋼材（SS400）と比較して優れた高温強度を有していることから，部材の許容限界温度は保守的に鋼材と同様の 325℃とできるが，温度評価にあたっては，復水貯蔵タンクの水源としての機能を確保するため，水源の系統最高使用温度である 66℃を許容限界温度として設定する。 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タンクを囲うように設置されており，火災源による輻射がタンク本体に直接到達する構造ではない。（第１図，第２図）本評価にあたっては，復水貯蔵タンク水源機能に対する影響を確認するため，遮蔽壁及び鋼板がなく屋外にタンクが露出し直接輻射熱により曝されると仮定した評価モデルである以下式により算出する。なお，遮蔽壁は壁の外側で非管理区域と同等の線量率を満足させることを目的に設置しているため，復水貯蔵タンクの水源機能に影響を及ぼすものではない。 ※：ステンレス建築　1998 年３月［No. 10］ ステンレス建築構造物の耐火設計について 第１図　復水貯蔵タンク配置図  第２図　復水貯蔵タンク断面概略図	別紙２－４ 各施設等の温度評価体系	【女川】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施設は無い）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第３図　復水貯蔵タンク温度評価体系図 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして，表面での輻射による復水貯蔵タンクの温度上昇を表した比熱と熱容量の関係式より下式のように表せる。なお，復水貯蔵タンク温度評価にあたっては，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 $$Q = C\frac{dT}{dt}$$ Q:熱量($= ES - hS(T - T_0)$[W])，E:輻射強度[W/m²] S:タンク受熱面積$\left(= \frac{\pi D_o H}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)$[m²]，h:熱伝達率[W/m²/K] t: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])， C:熱容量$\left(= \rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_i^2 - D_i^2)\pi H}{4} + 2\pi\frac{D_o^2}{4}e\right\}\right.$[J/K]$\left.\right)$ 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 ΔT:温度変化($= T - T_0$)[℃]，T_0:初期温度(50[℃]) ※1：伝熱工学資料第５版記載値（軽水）を 66℃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） 上式を熱伝達を考慮しない（h=0）として，両辺整理し，積分することで得られる以下の温度評価式により，復水貯蔵タンクの温度評価を実施する。 $$T = T_0 + \frac{Et\left(\frac{\pi D_o H}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi H}{4} + 2\pi\frac{D_o^2}{4}e\right\}}$$ ２．排気筒の温度評価体系 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。温度評価にあたっては，鋼材の制限温度である 325℃を許容温度として設定する。排気筒円筒材の境界条件の模式図を第４図に示す。	１．排気筒の温度評価体系 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。温度評価にあたっては，鋼材の制限温度である 325℃を許容温度として設定する。排気筒の評価概念図を第１図に示す。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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森林火災との距離が近いこと（第５図参照），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。 第４図　伝熱の境界条件の模式図  第５図　排気筒概略図	 第１図　排気筒の評価概念図	【女川】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（泊の排気筒は筒身のみである）
	十分に厚い個体の表面が放射熱で加熱される場合の温度分布は，以下の一次元の熱伝導方程式により表すことが出来る。 $$\rho c \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$$ ρ:排気筒鋼材の密度[kg/m³]，c:排気筒鋼材の比熱[J/kg/K] T:排気筒鋼材温度[℃]，x:排気筒鋼材の深さ[m]，t:時間[s] λ:排気筒鋼材の熱伝導率[W/m/K] 上式は外表面（x = 0）において以下の境界条件 $$\varepsilon E = h\{T(0,t) - T_0\} - \lambda \left.\frac{\partial T}{\partial x}\right|_{x=0}$$ ε:排気筒鋼材の熱吸収率[−]，E:輻射強度[W/m²]，h:熱伝達率[W/m²/K] の下で入射熱流束が時間的に一定であれば，表面温度$T(t)$=$T(0,t)$は次式のように表せる。 $$T(t) = T_0 + \frac{\varepsilon E}{h}\left\{1 - exp\left(\frac{h^2}{\lambda^2}\alpha t\right) erfc\left(\frac{h}{\lambda}\sqrt{\alpha t}\right)\right\}$$ なお，$\alpha = \frac{\lambda}{\rho c}$とし，$erfc(z)$は余誤差関数である。 $\varepsilon E/h(T - T0) < 10$の範囲において，上式は以下のように近似できる。		【女川】記載方針の相違・泊は，排気筒全面の温度勾配は，熱が速やかに伝わるため無いと見なすことができるため，無限時間後の熱収支のバランス式のみ記載

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$$\frac{\varepsilon E}{h(T-T_0)}=\frac{\lambda}{1.18h}\frac{1}{\sqrt{\alpha t}}+1$$ 上式を$T(t)$について整理して， $$T(t)=T_0+\frac{1}{\left(\frac{\lambda}{1.18h}\frac{1}{\sqrt{\alpha t}}+1\right)\frac{h}{\varepsilon E}}$$ となり，表面温度は加熱初期には急激に上昇するが，時間の経過により温度上昇は緩慢となる。 したがって，十分に時間が経過した系における排気筒の温度上昇の最大値$T(t)=T(0,\infty)$は受熱面の輻射による入熱量と放熱面の熱伝達による放熱量の釣り合いを表す下式のように表せる。 $$\frac{\varepsilon E\pi D_O}{2}=h\pi D_O(T-T_0)$$ ε:吸収率(0.9[−]) E:輻射強度[W/m²] D_O:鉄塔外径[m] h:熱伝達率(17[W/m²/K]) T_0:初期温度(50[℃]) 上式を両辺整理して，以下の温度評価式により，排気筒の温度評価を実施した。 $$T=T_0+\frac{\varepsilon E}{2h}$$	熱伝導のよい鋼材によって，速やかに排気筒全面に熱が伝わるため，排気筒全面の温度勾配は無いと見なすことができる。 無限時間後の熱収支のバランス式より，入熱量＝放熱量とすると以下の式が成り立つ。 $$\varepsilon E\times\frac{(\pi \mathrm{D}\times Z)}{2}=h(T_s-T_0)\times(\pi \mathrm{D}\times \mathrm{Z})$$ T_0：初期温度［℃］，T_s：表面温度［℃］，E：輻射強度［W/m²］ ε：吸収率［－］，h：熱伝達率［W/m²・K］ D：排気筒の直径［m］，Z：排気筒の高さ［m］ 上式を両辺整理して，以下の評価式により，排気筒の温度評価を実施する。 $$T_s=T_0+\frac{\epsilon E}{2h}$$	【女川】記載方針の相違 ・泊は，排気筒全面の温度勾配は，熱が速やかに伝わるため無いと見なすことができるため，無限時間後の熱収支のバランス式のみ記載 【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一
添付資料 15 海水ポンプ附属設備の温度影響評価について 1．海水ポンプの附属設備について 海水ポンプの附属設備としては以下の設備が挙げられる。 ① ケーブル ② 現地盤 ・海水ポンプ現場操作箱 ・計器収納箱（ 圧力計・差圧計収納箱） 2．熱影響評価 上記の設備に対して熱影響評価を実施した。結果を以下に示す。 ① ケーブル ケーブルについてはほとんどが地下に存在するため、火災による輻射の影響はほとんどないと考えられる。一部地上にあるケーブルについて熱影響を評価したところ、以下の通りだった。 なお、本評価は各火災～ ケーブル間に遮へい物がないものとして評価を実施している。 ・森林火災（離隔距離：203m）：41℃ ・タンク火災（離隔距離：320m）：40℃ ・航空機火災（離隔距離：44m）：69℃	3．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温度評価体系 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 図に示す。 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。 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の許容温度を第 1 表に示す。	2．原子炉補機冷却海水ポンプの温度評価体系 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に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要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。 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を第 1 表に示す。	【女川】設計方針の相違 ・女川はポンプが屋外設置であり直接熱影響を受けること，泊はポンプが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，泊に高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはない。 【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

許容温度は９０℃（ケーブル絶縁体の連続使用許容温度）であり、特に問題ない。

② 現地盤

現地盤においては、外部火災による熱の影響を受け故障したとしても、海水ポンプの機能を喪失する事はない。（現場における操作・監視が不可能となるのみ）

3．海水ポンプケーブルの熱影響評価の詳細

一例として、タンク火災におけるケーブル温度の算出方法を以下に示す。

受熱面の輻射強度は時間によらず一定であるから、ケーブルシース材の温度上昇限界Tmax は、受熱面輻射熱量と放熱量がバランスした場合であり、以下の式で算出する。

なお、シース材内側は断熱と仮定し、内側への熱伝導はないものとして、輻射熱が全てシース材の温度上昇に寄与するとして、保守側に評価している。

$$\underbrace{E\,\pi\,D_0C_1}_{\text{輻射受熱}} = \underbrace{h\,\pi\,D_0C_2\,(T_{max}-T_a)}_{\text{放熱}}$$

$$\therefore T_{max} = T_a + E\,(C_1/C_2)\,/\,h$$

T_{max}：ケーブルシース材の最高温度（℃）
T_a：外気温度（38.1℃）
E：受熱面輻射強度（w/m²）
D_0：ケーブルシース材の外形（0.03m）
h：放熱熱伝達率（17w/m²K　空調ハンドブック）
C_1：ケーブル外周の火炎輻射を受ける面積割合（0.5）
C_2：ケーブル外周の放熱面積割合（300°／360°＝0.833）

なお、竜巻防護対策等で、海水ポンプ廻りには防護壁が設置される予定であり、輻射熱の影響は更に軽減されるため、外部火災による輻射熱の影響はほとんど受けないと考えられる。

＜竜巻防護対策前＞

＜竜巻防護対策後＞

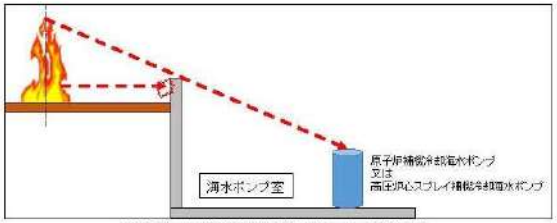
女川原子力発電所２号炉

第１表 海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度

対象機器	上部軸受温度［℃］	下部軸受温度［℃］
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

※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-2137-2000「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 80℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 40℃を冷却空気の許容温度に設定

※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-2137-2000「誘導機」で定める耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 55℃を冷却空気の許容温度に設定



第６図　火災発生位置と海水ポンプの位置関係

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は比熱と熱容量の関係式より下式のように表せる。評価に用いた諸元を第２表に示す。

$$Q = C\frac{dT}{dt}$$

Q:熱量(= $E \times A_T$ [W])，E:輻射強度[W/m²]，A_T:受熱面積[m²]
C:熱容量(= $m \times C_p$[J/K])，m:空気質量[kg]，C_p:空気比熱[J/kg/K]

上式を両辺整理して，積分することにより得られる以下の温度評価式により，海水ポンプ軸受に供給される冷却空気の温度評価を実施する。

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

T_0:通常運転時の上昇温度[℃]，G:重量流量(= m/t[kg/s])

泊発電所３号炉

第１表　原子炉補機冷却海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度

対象部位	冷却空気の許容温度[℃]	運転時の温度上昇[℃]	限界温度[℃]
固定子巻線	99	46	145※1
下部軸受	80	35	115※2

※1：耐熱クラス 145(F)における固定子巻線の許容最高温度【JEC-2137】
※2：軸受潤滑油の潤滑能力を維持できる限界温度

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冷却空気温度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルを第２図に示す。

熱収支：$Q_{in} + q_f \times A_F = G_{air} \times C_{Pin} \times (T_R - T_{in})$　……①

圧損バランス：$\Delta P_H = \Delta P_{in} + \Delta P_{out}$

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

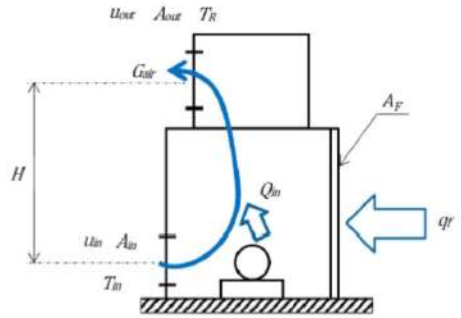
建屋内空気密度：$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R}$　……③※2

給気口流速：$u_{in} = \frac{G_{air}}{\rho_{in} \times A_{in}}$　……④

排気口流速：$u_{out} = \frac{G_{air}}{\rho_R \times A_{out}}$　……⑤

※1　出典：空気調和・衛星工学便覧第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（湿き空気として算出）

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_{Pin}：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]



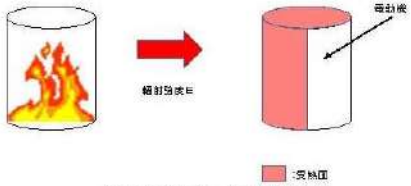
第２図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

相違理由

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第２表　評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m²] Δ_y	重量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/K] Cp
原子炉補機冷却海水ポンプ	13.19	3.32	1008
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1.19	0.55	1008



第７図 海水ポンプの評価概念図

女川原子力発電所２号炉

４．建屋内気温度の温度評価体系

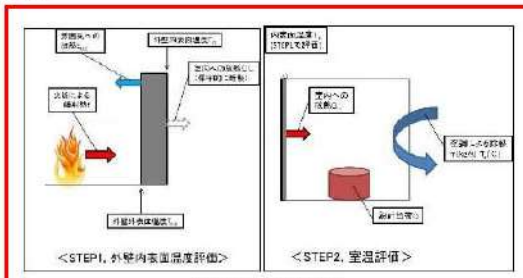
室内で人員の活動が必要な，２号炉中央制御室並びに緊急対策室について，内部の温度影響評価を実施する。また，固体廃棄物貯蔵所内のドラム缶についても併せて温度影響評価を実施する。

評価は以下の手順で実施する。第８図に評価概念図を示す。

（１）外部火災による評価対象外壁内表面を評価する。(STEP１)
（２）STEP1　で得られた外壁内表面温度を基に室温を評価する。(STEP２)

なお，固体廃棄物貯蔵所のように室温維持のための空調設備がない場合は保守的に外壁内表面温度で評価する。

また，緊急対策室は外気取り入れ後に冷凍機にて冷却し，設定温度となるように制御しているため，許容熱負荷以下であることで評価する。



第８図　評価概念図

泊発電所３号炉

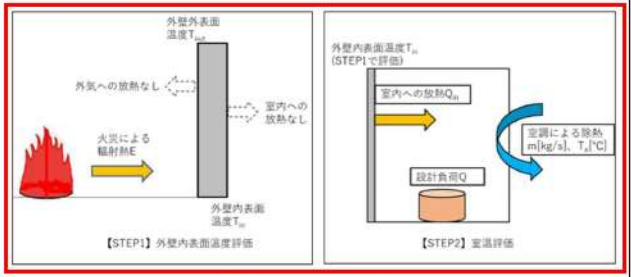
３．建屋内気温度の温度評価体系

室内で人員の活動が必要な，３号炉中央制御室並びに緊急時対策所について，内部の温度影響評価を実施する。

評価は以下の手順で実施する。第３図に評価概念図を示す。

(1) 外部火災による評価対象外壁内表面を評価する。(STEP1)
(2) STEP1　で得られた外壁内表面温度を基に室温を評価する。(STEP2)

また，緊急時対策所は外気取り入れ後に冷凍機にて冷却し，設定温度となるように制御しているため，許容熱負荷以下であることで評価する。



第３図　評価概念図

相違理由

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映）
【女川】名称の相違
【女川】設計方針の相違
・泊はクラス３設備である固体廃棄物貯蔵庫は評価対象施設としておらず，防火帯からの距離が長いため温度影響評価は実施しない。

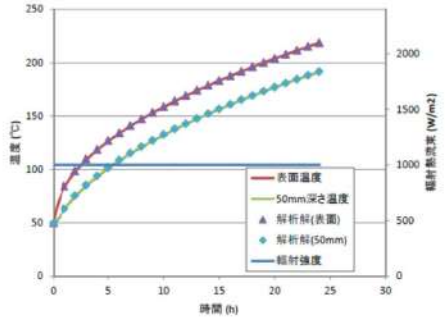
【女川】設計方針の相違
・泊は建屋外壁の温度評価と同様に，保守的に外気への放熱は考慮しない。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料 17 建屋外壁表面温度の評価式について 火災源からの輻射熱による外壁温度の評価にあたっては、一次元非定常熱伝導方程式の解である半無限固体での温度評価式を用いて、外壁温度の評価を実施している。以下に２つの観点から半無限固体での温度評価式を用いる事の妥当性を示す。 ａ．半無限固体と有限厚さの評価式の比較 半無限固体での温度評価式を用いた時間変化のグラフと有限厚さの温度評価式を用いたグラフとを比較したものを図に示す。 この図から、両グラフ間に差異は見られないため、半無限固体の評価式を用いたとしても特に問題ないと判断した。	ａ．STEP１の評価モデル式 外部火災による外壁内表面温度を算出する式は次式で示される。 $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$ T:建屋温度[℃]，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]) 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/m^3]) （出典：伝熱工学資料第５版） ｂ．STEP２の評価モデル式 室内の内包機器熱負荷は強制換気による除熱される。ここでは第８図に示すように外部火災による外壁内表面温度の上昇により室温が加熱される影響をモデル化する。保守的に評価を実施するため，室内の熱容量等は考慮せず，熱バランスによる評価を実施する。 外部火災による内壁温度上昇に伴う熱負荷は次式で示される。 $Q_{in} = h_{int} A (T_{in} - T_{room})$ h_{int}:室内壁表面熱伝達率[W/m^2/K] A:室内壁表面積[m^2] T_{in}:内壁最高温度[℃] T_{room}:室温[℃] 室内における熱バランスにより室温は次式で計算される。保守的に排気温度 T_{ext} を室温 T_{room} として評価する。 $T_{room} = T_{ext} + \frac{Q + Q_{in}}{m \rho C_p}$ Q:室内負荷[W] m:設計風量[m^3/s] C_p:空気比熱[J/kg/K] ρ:空気密度[kg/m^3] ５．一定の輻射熱を受ける壁面（コンクリート）の温度評価体系 建屋外壁コンクリートの温度評価は，建屋コンクリートの構造的な形状の担保を目的としていることから，非定常状態におけるコンクリートの表面温度について評価する。 十分に厚い固体の表面が放射熱で加熱される場合の温度分布は，以下の一次元の熱伝導方程式により表すことができる。 $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$ T:建屋温度[℃]，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：伝熱工学資料第５版）	ａ．STEP1 の評価モデル式 外部火災による外壁内表面温度を算出する式は次式で示される。 $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$ Ｔ：建屋温度[℃]，ｘ：コンクリート深さ[ｍ]，ｔ：燃焼継続時間[ｓ] ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m^3])，Cp：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]) ｂ．STEP2 の評価モデル式 室内の内包機器熱負荷は強制換気による除熱される。ここでは第３図に示すように外部火災による外壁内表面温度の上昇により室温が加熱される影響をモデル化する。保守的に評価を実施するため，室内の熱容量等は考慮せず，熱バランスによる評価を実施する。 外部火災による内壁温度上昇に伴う熱負荷は次式で示される。 $Q_{in} = h_{in} A (T_{in} - T_{room})$　(1) Q_{in}：室内熱負荷[W]，h_{in}：室内壁表面熱伝達率[W/m²･K] A：室内壁表面積[m²]，T_{in}：内壁最高温度[℃] T_{room}：室温[℃] 室内における熱バランスにより室温は次式で計算される。保守的に排気温度 T_{ext} を室温 T_{room} として評価する。 $T_{room} = T_{ext} = \frac{Q + Q_{in}}{m \rho Cp} + T_a$　(2) Q：室内負荷[W]，m：風量[m^3/s] Cp：空気比熱[J/kg･K]，ρ：空気密度[kg/m^3] 4．一定の輻射強度を受ける壁面（コンクリート）の温度評価体系 建屋外壁コンクリートの温度評価は，建屋コンクリートの構造的な形状の担保を目的としていることから，非定常状態におけるコンクリートの表面温度について評価する。 十分に厚い固体の表面が放射熱で加熱される場合の温度分布は，以下の一次元の熱伝導方程式により表すことができる。 $\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$ Ｔ：建屋温度[℃]，ｘ：コンクリート深さ[ｍ]，ｔ：燃焼継続時間[ｓ] ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m^3])，Ｃｐ：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])	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉



△と□のプロットが解析解（半無限固体の理論式）
実線が差分の式の解（有限厚さ）

なお、コンクリート厚さは１ｍ（実際の壁厚さ）とした。また、コンクリート内面においては断熱条件（室内への放熱は考慮しない）とし、保守的な設定とした。ｂ．　温度浸透厚さについて
温度の主たる変化は表面に近い一定の領域に限定されており、温度が表面温度上昇分の１　％　となる深さ（　温度浸透厚さ）が、評価対象の壁厚さを下回れば本温度評価式を適用することができ、温度浸透厚さは、$\chi = 3.6 \times (\alpha \tau)^{0.5}$で表すことができる。

$\chi = 3.6 \times (7.86 \times 10^{-7} \times 37256)^{0.5} = 0.617$

α：コンクリート温度伝導率（7.86×10^{-7}［m^2/s］）

$\alpha = \lambda / (\rho \times Cp)$

Cp：コンクリート比熱（0.963［kJ/kgK］）

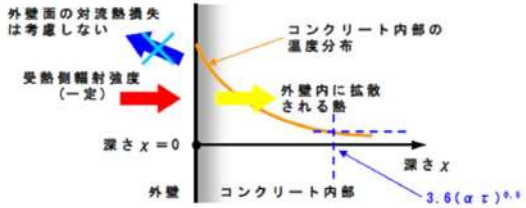
ρ：コンクリート密度（2300［kg/m^3］）

λ：コンクリート熱伝導率（1.74［W/mK］）

τ：燃焼継続時間（37,256［sec］）

$\tau = 500/(383.45 \times 3.50 \times 10^{-5})$

補助ボイラ燃料タンクの火災による影響評価における条件で温度浸透厚さを計算すると、約０．６２［ｍ］　の厚さとなり、建屋外壁厚さを下回るため、本温度評価式を適用できると判断した。



外壁温度上昇評価モデル

以　上

女川原子力発電所２号炉

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。

$$h(T - T_0) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$$

E:輻射強度[W/m^2]，h:熱伝達率[$W/m^2/K$]，L;コンクリート厚さ[m]

ここで，保守的に対流による熱伝達を考慮しない（h=0）ため，境界条件は以下のように表せる。

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$$

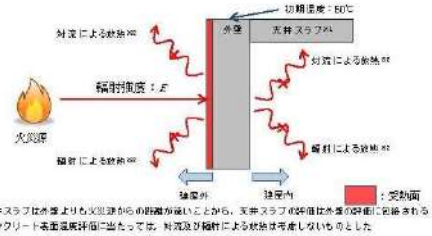
火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，一般解の式より得られる以下の温度評価式により，外壁表面温度の評価を実施する。

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

α:コンクリート温度拡散率$\left[\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p}\right]$ $(7.53 \times 10^{-7}[m^2/s])$

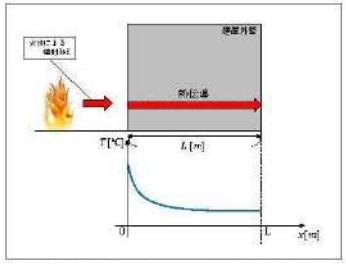
C_p:コンクリート比熱(963 [J/kg/K])　ρ:コンクリート密度(2400[kg/m^2])

E:輻射強度[W/m^2]　t:火炎継続時間[s]　T_0:初期温度(50[℃])



※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，天井スラブの評価は外壁の評価に包絡される
※2：コンクリート表面温度評価に当たっては，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした

第９図　一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図



第10図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図

泊発電所３号炉

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。

$$h(T - T_0) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$$

E：輻射強度[W/m^2]，h：熱伝達率[$W/m^2 \cdot K$]，L：コンクリート厚さ[m]

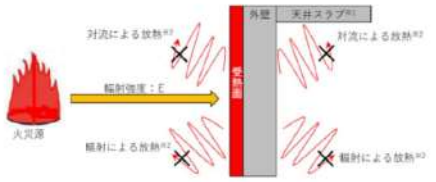
ここで，保守的に対流による熱伝達を考慮しない（h=0）ため，境界条件は以下のように表せる。

$$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$$

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，一般解の式より得られる以下の温度評価式により，外壁表面温度の評価を実施する。

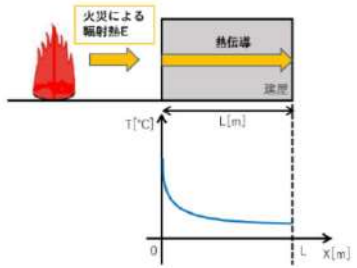
$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$$

T_0：初期温度(50[℃])，E：輻射強度[W/m^2]，t：燃焼継続時間[s]
α：コンクリート温度拡散率(=λ/ρCp)$(7.53 \times 10^{-7}[m^2/s])$
ρ：コンクリート密度(2,400[kg/m^3])，Cp：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])



※1：天井スラブは外壁よりも火災源からの距離が遠いことから，外壁の評価に包絡される。
※2：コンクリート表面温度評価に当たっては，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

第４図　一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図

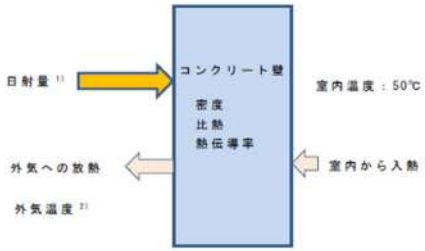
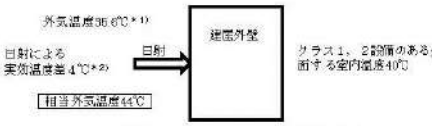
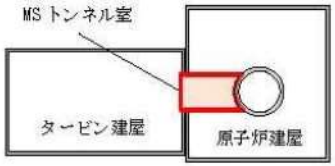
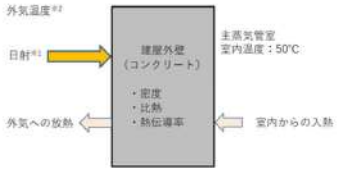


第５図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図

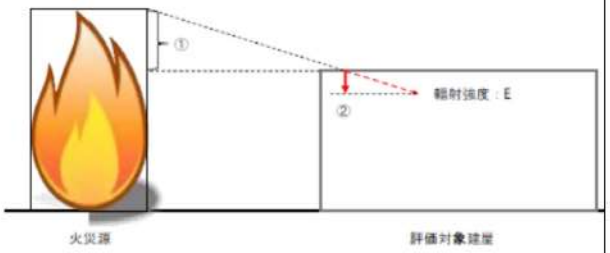
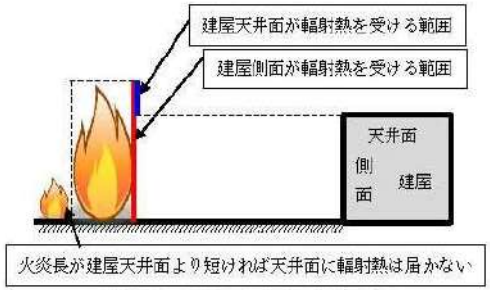
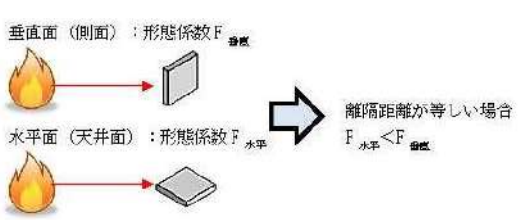
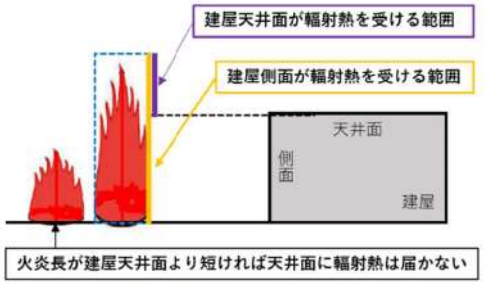
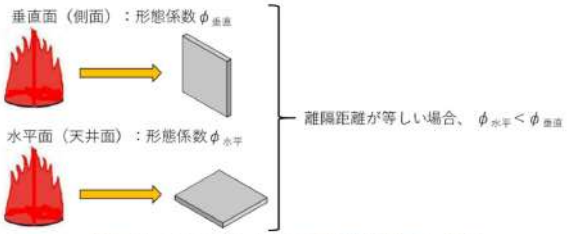
相違理由

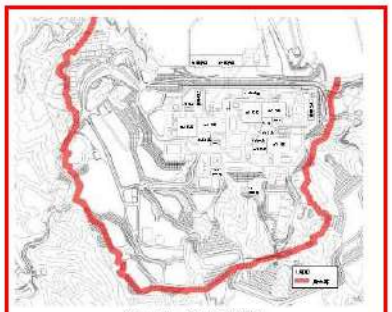
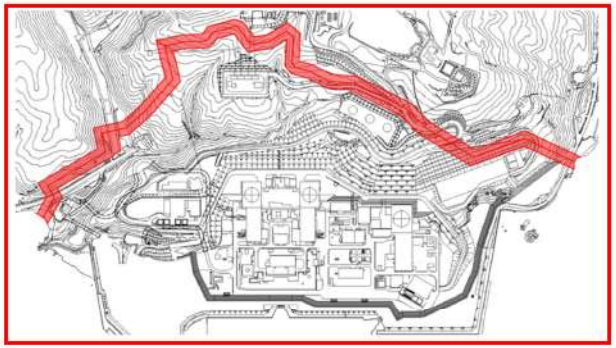
泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

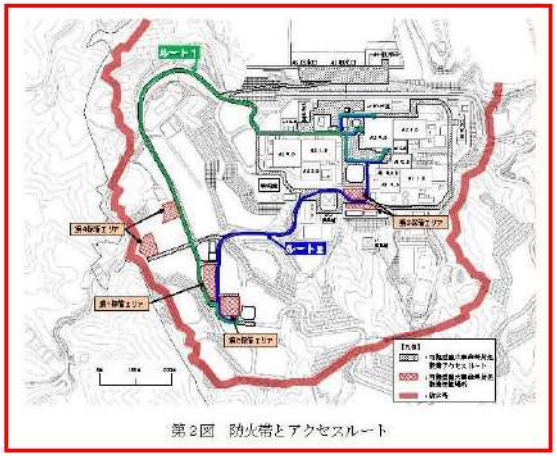
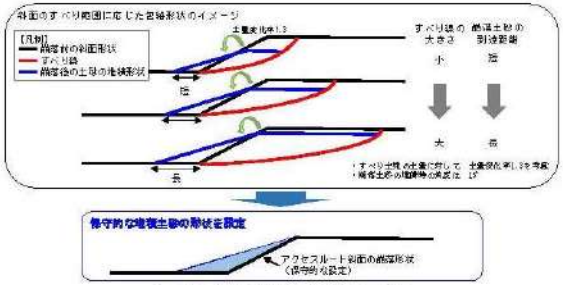
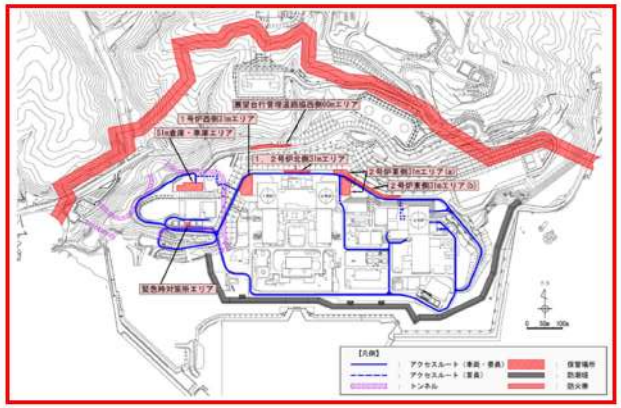
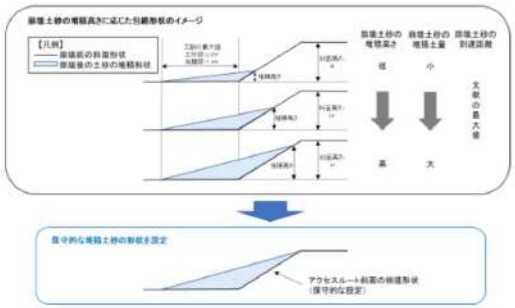
赤字：設備，運用又は体制の相違（設計方針の相違）
青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
緑字：記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

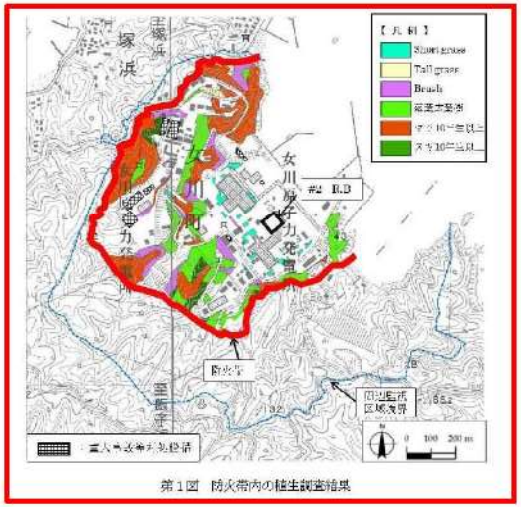
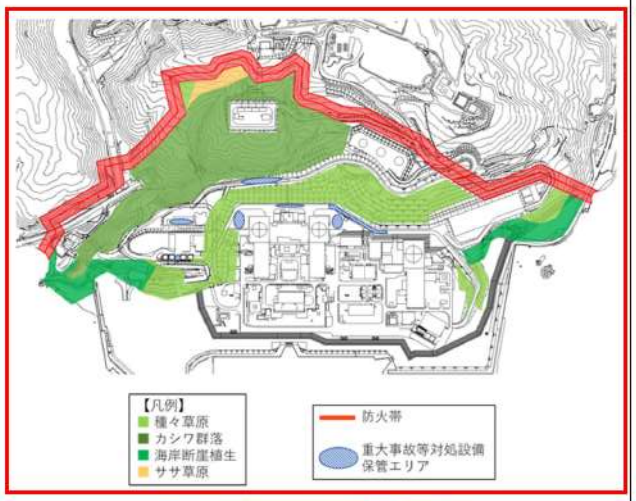
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料　18 建屋外壁表面温度初期値の考え方について 火災源からの輻射熱による建屋外壁の表面温度の評価において、その外壁表面温度の初期値については、主蒸気管室の室内温度（50℃）がコンクリート壁内に均一に分布したと仮定して、建屋外壁の表面温度を 50℃としている。 一方、外気温や日照の影響を考慮して初期値を設定した場合、１日における建屋外壁表面の最高温度は約 49℃となることから、初期温度 50℃の設定は妥当なものと考えている。  図１　評価モデル 1)夏期の垂直面が受ける１時間毎の日射量とした。（空気調和衛生工学便覧　第 14 版） 2)小浜観測所の過去 10 年間における８月の１時間毎の平均気温の最高気温とした。（気象庁ホームページより） 以　上	別紙２－５ 初期温度の考え方 １．外壁（コンクリート）面の初期温度 空気調和・衛生工学便覧をもとに，日射の影響を考慮した相当外気温を求め，その値を切り上げた値を外気温及び評価対象施設の初期温度として設定した。なお，受熱面は各壁面の方向（東西南北）とした。 石巻・江ノ島の過去 10 年間の最高気温 35.6℃に対して，外壁面の相当外気温の最大値は 44.0℃となる。44.0℃を切り上げ，50℃を外気温及び初期温度として設定する。 なお，原子炉建屋内で最も室温が高いのは，ＭＳトンネル室（設計温度：55℃）であり，外壁面の初期温度 50℃より高いものの，その外壁は原子炉建屋とタービン建屋の間に位置しており，外部火災による輻射の影響を受けない。 次いで室温が高いのは，ＲＨＲ熱交換器室及びＣＵＷ非再生熱交換器室又はＣＵＷ再生熱交換器室（設計室温：50℃）となるが，外壁面の初期温度 50℃と同じであることから，初期温度の設定は妥当なものと考える。 火災源からの輻射熱による建屋外壁の表面温度の評価において，その外壁表面温度の初期値 50℃については，室内温度 40℃に日射による実効温度差４℃を加えて求めた相当外気温度 44℃より設定している。外気温度は室温よりも低いことから，外気温度の変動を考慮しても保守的である。  第１図　建屋外壁表面温度評価モデル ※１：石巻・江ノ島の過去 10 年間の最高気温の最高値（気象庁ホームページより） ※２：実効温度差は，「空気調和衛生工学便覧第 13 版」東京における実効温度差におけるタイプⅣの最大値を使用。なお，室内温度は 40℃とする。  第２図　ＭＳトンネル室の位置	別紙２－５ 初期温度の考え方 1．外壁（コンクリート）面の初期温度 火災源からの輻射熱による建屋外壁の表面温度の評価において，その外壁表面温度の初期値については，主蒸気管室の室内温度（50℃）がコンクリート壁内に均一に分布したと仮定して，建屋外壁の表面温度を 50℃としている。 一方，外気温や日射の影響を考慮して初期値を設定した場合，１日における建屋外壁表面の最高温度は約 45℃となることから，初期温度 50℃の設定は妥当なものと考える。  第１図　建屋外壁表面温度評価モデル ※１：夏季の垂直面が受ける１時間ごとの日射量（空気調和衛生工学便覧　第 14 版） ※２：泊発電所の過去 10 年間(2003 年～2012 年)における８月の１時間ごとの平均気温の最高気温	【女川】設計方針の相違 ・女川は空調調和・衛星工学便覧を基に外壁面の相当外気温を求め，初期温度を設定しているが，泊は建屋内の最高設計温度を保守的に外壁面の初期温度としている。ただし，泊も外気温や日射の影響を考慮した際の温度を算出し，設定した初期温度(50℃)が妥当であることは確認している。 また，泊の海水ポンプについては，屋内設置ではあるものの，外気をそのまま取り入れる設計となっていることから，海水ポンプの初期温度については，過去 10 年間の気象実績より 30℃としている。 女川の復水貯蔵タンクについては，泊には屋外に同様の設備はないため記載していない。 【大飯】記載表現の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	2. 復水貯蔵タンクの初期温度 復水貯蔵タンクの初期温度は石巻・江ノ島の過去 10 年間の最高気温 35.6℃に対して，保守的に切り上げ，外壁（コンクリート）面の初期温度と同様に 50℃を外気温及び初期温度として設定する。 3. 排気筒の初期温度 排気筒の初期温度は石巻・江ノ島の過去 10 年間の最高気温 35.6℃に対して，保守的に切り上げ，外壁（コンクリート）面の初期温度と同様に 50℃を外気温及び初期温度として設定する。	2. 排気筒の初期温度 排気筒の初期温度は外気温や日射の影響を考慮し保守的に切り上げ，外壁（コンクリート）面の初期温度と同様に 50.0℃を初期温度として設定する。 3. 原子炉補機冷却海水ポンプの初期温度 原子炉補機冷却海水ポンプの初期温度は泊発電所の過去 10 年間（2003 年～2012 年）の気温の 99%を包含する 30.0℃を外気温及び初期温度として設定する。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料５ 森林火災における温度影響評価について ４．屋根スラブの評価について 屋根スラブの評価については、以下の２点から垂直外壁面より温度が高くなることはなく、垂直外壁面が受ける高さ分の輻射熱の影響は受けないことから、垂直外壁面の評価に包含される。火災源と屋根スラブの位置関係を下図に示す。 ① 屋根面に作用する円筒火炎は、建屋高さを引いた分の火炎高さであること。 ② 屋根面への輻射の入射角が浅く、温度上昇にあまり寄与しないこと。  図 火災源と屋根スラブの位置関係図	別紙２－６ 建屋天井面への熱影響評価 建屋側面への熱影響を実施したが，天井面についての熱影響を検討する。 ・火炎長が建屋天井面より短い場合は天井面に輻射熱は届かないことから熱影響はない。（第１図） ・火炎長が建屋天井面より長くなる場合は輻射熱が天井面に届くが，その輻射熱は側面の輻射熱より小さい。（第１図） ・火炎からの離隔距離が等しい場合，垂直面（側面）と水平面（天井面）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井面の熱影響は側面に比べて小さい。（第２図） ・コンクリートの厚さは側面より天井面の方が薄いことから，天井面の方が建屋内側の熱伝達による放熱の効果が大きくなるため熱影響は小さい。 以上より，側面の熱影響を実施することで天井面の熱影響は包絡されることを確認した。  第１図　天井面への輻射熱の影響  第２図　垂直面と水平面の形態係数の大きさ	別紙２－６ 建屋天井面への熱影響評価 建屋側面への熱影響を実施したが，天井面についての熱影響を検討する。 ・火炎長が建屋天井面より短い場合は天井面に輻射熱は届かないことから熱影響はない。（第１図） ・火炎長が建屋天井面より長くなる場合は輻射熱が天井面に届くが，その輻射熱は側面の輻射熱より小さい。（第１図） ・火炎からの離隔距離が等しい場合，垂直面（側面）と水平面（天井面）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井面の熱影響は側面に比べて小さい。（第２図） ・コンクリートの厚さは側面より天井面の方が薄いことから，天井面の方が建屋内側の熱伝達による放熱の効果が大きくなるため熱影響は小さい。 以上より，側面の熱影響を実施することで天井面の熱影響は包絡されることを確認した。  第１図　天井面への輻射熱の影響  第２図　垂直面と水平面の形態係数の大きさ	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	別紙２－７ 斜面に設定している防火帯の地盤安定性の観点からの考え方について 1. 防火帯の概要 防火帯は，第１図に示すとおり発電所設備の配置状況等を考慮し，干渉しないように設定している。 設定に当たっては，草木を伐採する等，可燃物を排除し，その後，モルタル吹付けを行い，草木の育成を抑制し，可燃物がない状態を維持する。  第１図　防火帯位置 2. 地震時の斜面崩壊による防火帯への影響評価 (1) 評価方針について 地震が起因となり，発電所敷地外にて森林火災が発生することは否定できないことから，安全上の配慮として，仮に地震と森林火災が重畳した場合を想定し，地震時の斜面崩壊による防火帯への影響評価を行う。 (2) 森林火災が防火帯を突破する可能性について 森林火災（単独事象）の影響評価では，下記に示す保守的な前提条件としている。 ① 気象条件（湿度，気温，風速）は，過去 10 年間における森林火災発生件数の多い３～５月のうち，最も厳しい条件の組み合わせとしている。 ② 植生は，現地調査等で特定した樹種ごとに，より厳しい評価となるような林齢及び下草を設定している。 ③ 日照時間の影響を考慮し，防火帯近傍における火線強度が最大となるように森林火災の発火時刻を設定している。 (3) 地震と森林火災重畳時の重大事故等への対応について 第２図に防火帯とアクセスルートを示す。	別紙２－７ 斜面に設定している防火帯の地盤安定性の観点からの考え方について 1. 防火帯の概要 防火帯は，第１図に示すとおり発電所設備の配置状況等を考慮し，干渉しないように設定している。 設定に当たっては，草木を伐採する等，可燃物を排除し，その後，モルタル吹付けを行い，草木の育成を抑制し，可燃物がない状態を維持する。  第１図　防火帯位置 2. 地震時の斜面崩壊による防火帯への影響評価 (1) 評価方針について 地震が起因となり，発電所敷地外にて森林火災が発生することは否定できないことから，安全上の配慮として，仮に地震と森林火災が重畳した場合を想定し，地震時の斜面崩壊による防火帯への影響評価を行う。 (2) 森林火災が防火帯を突破する可能性について 森林火災（単独事象）の影響評価では，下記に示す保守的な前提条件としている。 ① 気象条件（湿度，気温，風速）は，過去 10 年間における森林火災発生件数の多い４～６月のうち，最も厳しい条件の組み合わせとしている。 ② 植生は，現地調査等で特定した樹種ごとに，より厳しい評価となるような林齢及び下草を設定している。 ③ 日照時間の影響を考慮し，防火帯近傍における火線強度が最大となるように森林火災の発火時刻を設定している。 (3) 地震と森林火災重畳時の重大事故等への対応について 第２図に防火帯とアクセスルートを示す。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】設計方針の相違・地域特性による設定防火帯の相違 【女川】設計方針の相違・地域特性による相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	防火帯については，アクセスルートの周辺斜面の崩壊と同様の考え方に基づき（第３図），斜面崩壊に伴い防火帯に可燃物が流入し，延焼防止機能に影響がある場合は，機能の低下を想定する。 防火帯の機能が低下した場合，防火帯の内側への森林火災の延焼が想定されるものの，発電所敷地内には道路（幅 10m 程度）や非植生のエリアが多くあることから，更なる延焼の可能性は低いと考えられる（「別紙 2-8 防火帯内植生による火災について」参照）。 よって，防火帯については斜面崩落を考慮しても防火帯の機能を維持されることから，アクセスルートは通行可能であり重大事故等に対処できる。  第２図　防火帯とアクセスルート  第３図　斜面崩壊時の堆積土砂の形状	防火帯については，アクセスルートの周辺斜面の崩壊と同様の考え方に基づき（第３図），斜面崩壊に伴い防火帯に可燃物が流入し，延焼防止機能に影響がある場合は，機能の低下を想定する。 防火帯の機能が低下した場合，防火帯の内側への森林火災の延焼が想定されるものの，発電所敷地内には道路（幅 10m 程度）や非植生のエリアが多くあることから，更なる延焼の可能性は低いと考えられる（「別紙 2-8 防火帯内植生による火災について」参照）。 よって，防火帯については斜面崩落を考慮しても防火帯の機能を維持されることから，アクセスルートは通行可能であり重大事故等に対処できる。  第２図　防火帯とアクセスルート  第３図　斜面崩壊時の堆積土砂の形状	【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによるアクセスルートの相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	別紙２－８ 防火帯内植生による火災について 第１図に防火帯内の現状の植生調査結果（平成 26 年８月～９月）を示す。原子炉施設及び重大事故等対処設備の周囲の植生は Shortgrass，Brush，マツ 10 年生以上で火線強度が低くなる植生であり，防火帯内の植生による原子炉施設及び重大事故等対処設備に対しての影響はない。 なお，重大事故等対処設備からの出火を想定した場合，炎感知器や熱感知カメラにて火災の早期検知が可能であること，周囲の植生に延焼した場合を想定したとしても女川原子力発電所の防火帯内には道路（幅 10m程度）や非植生のエリアが多くあることから，更なる延焼の可能性は低い。  第１図　防火帯内の植生調査結果	別紙２－８ 防火帯内植生による火災について 第１図に防火帯付近の現状の植生調査結果（平成 30 年８月）を示す。発電用原子炉施設及び重大事故等対処設備の周囲の植生は一部が落葉広葉樹であるものの大半が短い草で火線強度が低くなる植生であり，防火帯内の植生による発電用原子炉施設及び重大事故等対処設備に対しての影響はない。 なお，重大事故等対処設備からの出火を想定した場合，炎検出設備や熱感知カメラにて火災の早期検知が可能であること，周囲の植生に延焼した場合を想定したとしても泊発電所の防火帯内には道路（幅 10m 程度）や非植生のエリアが多くあることから，更なる延焼の可能性は低い。  第１図　防火帯付近の植生調査結果	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】記載方針の相違 【女川】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違・地域特性による相違 【女川】名称の相違 【女川】発電所名の相違 【女川】設計方針の相違・地域特性による植生の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	別紙２－９	別紙２－９	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映）
	予防散水開始までの想定時間算出について	予防散水開始までの想定時間算出について	
	防火帯付近の予防散水エリアへの予防散水開始時間について，過去の実績等からの想定する時間について以下に示す。	防火帯付近の予防散水エリア及びモニタリングポスト・ステーションへの予防散水開始時間について，過去の実績等からの想定する時間について以下に示す。	【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる設備構成の相違
	１．過去の実績 モニタリングポストへの予防散水訓練実績（平成 26 年３月～７月）から算定する。	1. 過去の実績 防火帯付近の予防散水エリア及びモニタリングポスト・ステーションへの予防散水訓練実績（平成 25 年９月）から算定する。	【女川】設計方針の相違 ・訓練実績の相違
	２．化学消防自動車出動までの時間 モニタリングポストへの予防散水訓練実績は，初期消火要員の待機場所及び化学消防自動車の保管場所の配置が異なることから訓練実績ではなく，徒歩による移動実績より，想定の時間を約 15 分とする。		【女川】設計方針の相違 ・泊は防火帯付近の予防散水エリアとモニタリングポスト・ステーションへの予防散水活動は同一運用にて実施のため
	３．化学消防自動車到着までの時間 移動速度が遅いモニタリングポスト４への予防散水訓練実績より，移動速度を 12km/h にて算定する。	2. 消防自動車到着までの時間 移動速度が遅い防火帯付近の予防散水エリアへの予防散水訓練実績より，移動速度を 10km/h にて算定する。	【女川】設計方針の相違 ・対象車両の相違 【女川】設計方針の相違 ・訓練実績の相違
	４．消火ホース敷設時間 敷設速度が遅いモニタリングポスト４への予防散水訓練実績より，消火ホース敷設速度を 1.6 本/分で算定する。なお，予防散水エリアの消火ホース敷設より条件が厳しいモニタリングポスト１を対象外として算定した。	3. 消火ホース敷設時間 同一作業であるモニタリングポスト No. ５への予防散水訓練実績より，２分とする。	【女川】設計方針の相違 ・泊は訓練実績のあるモニタリングポスト No. 5 と同一作業のため，本実績時間を見積もる
	５．放水開始までの時間 放水速度が遅いモニタリングポスト５への予防散水訓練実績より，4.5 本/分で算定する。	4. 放水開始までの時間 同一作業であるモニタリングポスト No. ５への予防散水訓練実績より，１分とする。	【女川】設計方針の相違 ・泊は訓練実績のあるモニタリングポスト No. 5 と同一作業のため，本実績時間を見積もる
	６．想定の時間算定 各予防散水エリアに対して上記より算定を行う。算定した時間は項目毎に１分単位に切り上げる。	5. 想定の時間算定 防火帯付近の予防散水エリア及びモニタリングポスト・ステーションに対して上記より算定を行う。算定した時間は項目ごとに１分単位に切り上げる。	【女川】設計方針の相違 ・訓練実績の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		別紙 2-10 森林火災影響評価に関するデータの最新データについて 1. はじめに 発電所敷地外で発生する森林による火災影響については，設置許可申請当時（平成 25 年９月）の気象データ等を入力データとして，熱影響評価を行っている。 しかしながら，安全審査が長期化し，その間に，気象データ等が更新されていることから，その影響について確認することとする。 2. 森林火災影響評価入力データの更新による影響 第１表に示す項目についてデータが更新されているが，気温・湿度・風速データが緩和されており，FARSITE による再解析の必要はない。	【女川・大飯】 記載方針の相違 ・泊は過去に実施した森林火災影響評価に使用しているパラメータについて，至近実績との比較を行い，過去の評価結果に包絡されていることを確認している。

第１表　森林火災影響評価入力データの更新

項目	2013 年評価	最新データ	備考
基盤地図情報 数値標高モデル 10m メッシュ	2009 年	2016	2018 年 10 月１日にデータ更新があったが，発電所周辺で大規模な土地改変がないことを確認済み
北海道における 森林火災多い月	４月から６月 （1993～2012 年）	４月から６月 （2012～2021 年）	下表参照
気温	30.0℃ 2012 年６月 30 日 （2003～2012 年）	29.6℃ 2014 年６月５日 （2013～2021 年）	
湿度	13% 2003 年４月 22 日 （2003～2012 年）	14% 2016 年５月 15 日 2019 年４月 １日 （2013～2021 年）	
風速	29.7m/s 2010 年４月 14 日 （2003～2012 年）	25.5m/s 2020 年４月 21 日 （2013～2021 年）	FARSITE には上限値である 27.8m/s を入力

月別出火件数（「令和３年　林野火災被害統計書」北海道水産林務部より）

月	１月	２月	３月	４月	５月	６月	７月	８月	９月	10月	11月	12月
件数	0	3	5	112	71	21	16	8	8	2	0	2

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		別紙 2-11 FARSITE 入力条件の適切性について 1．気象条件の適切性について 森林火災の評価に用いた気象データについては以下のとおりである。FARSITE の入力条件については，2003 年から 2012 年の 10 年間の気象データのうち，森林火災の発生件数の多い４月から６月までの厳しい条件を選定した。 (1)風向 発火点１の評価には正時前 10 分値である１時間値の最多風向を採用した。最多風向は東であった。 なお，10 分値は６秒(Z 点については５秒）周期収集風向の 10 分間の最多風向である。 (2)風速 評価には，正時前 10 分値である１時間値の最大風速を採用した。最大風速 29.7m/s は 2010 年４月 14 日に出現している。FARSITE の風速パラメータに入力できる最大値は 100km/h(27.8m/s)であるため FARSITE には 100km/h を入力している。 なお，10 分値は６秒(Z 点については５秒）周期収集風速の 10 分平均値である。 (3)気温 評価には，６秒周期収集の最高気温を採用した。最高気温 30.0℃は 2012 年６月 30 日に出現している。 (4)湿度 評価には，６秒周期収集の最小湿度を採用した。最小湿度 13%は 2003 年４月 22 日に出現している。 採用した最高気温等が出現した日について，気象観測指針に基づき１時間値のデータを添付１に示す。添付１より，瞬時値を採用した評価の方が厳しくなる。なお，１時間値は正時前 10 分値，10 分値は６秒周期収集の 10 分平均値である。 よって，最大風速は，FARSITE の入力上限値を上回っているが，気温及び湿度に関しては瞬時値を使用し保守性があることから解析全体としての保守性は保たれている。 2．解析の開始時間について 添付２「解析開始時間について」のとおり，火線強度が最大となるよう，解析の開始時間に係わる感度解析を実施し，開始時間を適切に設定している。	【女川・大飯】 記載方針の相違 ・泊は FARSITE へ入力しているパラメータについて，気象条件及び解析開始時間の設定の妥当性を説明している。（解析開始時間の設定について，大飯は後段の添付資料３にて記載。女川は本文中に記載している。）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		3. 植生の適切性について 発電所周辺の植生に応じて適切に FARSITE 入力条件を設定している。 (1)森林簿データを使用した設定 針葉樹については林齢で 10 年ごとにグルーピングし，森林簿データを使用し可燃物量を設定している。落葉広葉樹は一般に高齢で下草の状況は林齢によってほとんど変わらないこと，林床のササの繁茂は考慮せず，高木に加え草や灌木が存在する状況を想定して，可燃物量が多いデータを設定している。 (2)泊発電所周辺の植生データ 泊発電所周辺の植生データは林齢情報が得られてないため，針葉樹については火線強度がもっとも大きくなる独自設定した「トドマツ＋その他針葉樹（林齢 10 年生未満）」を適用する。落葉広葉樹については森林簿データと同じデータを適用する。その他の植生については FARSITE のデフォルトパラメータの中から適切な可燃物パラメータを選択している。 (3)土地利用データを使用した設定 泊発電所周辺の植生データは林齢情報が得られてないため，森林については火線強度がもっとも大きくなる独自設定した「トドマツ＋その他針葉樹（林齢 10 年生未満）」を適用する。また，田及びその他の農用地は Tall grass，荒地は Brush とした。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

添付１

最高気温等が出現した前後のデータ

2012 年 6 月 30 日　気温 30.0℃記録日　気象データ（１時間値）

時刻	Z 点風速[m/s]	A 点風速[m/s]	気温[℃]	湿度[%]
1 時	7.6	7.6	16.4	74
2 時	1.9	1.9	15.7	76
3 時	2.0	2.0	15.0	82
4 時	5.6	5.6	14.1	80
5 時	5.9	5.9	13.8	83
6 時	4.7	4.7	15.3	77
7 時	4.0	4.0	17.7	68
8 時	4.3	4.3	20.9	59
9 時	0.9	0.9	19.7	67
10 時	2.5	2.5	24.5	55
11 時	2.7	2.7	26.7	49
12 時	4.0	4.0	28.6	36
13 時	2.1	2.1	27.4	43
14 時	2.5	2.5	28.9	36
15 時	3.8	3.8	27.7	38
16 時	2.2	2.2	25.2	49
17 時	4.7	4.7	25.7	45
18 時	2.3	2.3	24.6	45
19 時	8.3	8.3	23.8	49
20 時	11.0	11.0	22.3	56
21 時	9.4	9.4	21.5	55
22 時	9.6	9.6	21.0	54
23 時	11.9	11.9	20.9	52
24 時	9.4	9.4	20.4	54

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		2003 年 4 月 22 日　湿度 13%記録日　気象データ（１時間値）	

時刻	Z 点風速[m/s]	A 点風速[m/s]	気温[℃]	湿度[%]
1 時	1.7	1.3	2.0	81
2 時	0.9	2.2	1.4	82
3 時	1.1	2.6	1.8	79
4 時	2.5	3.0	2.3	78
5 時	2.6	2.4	2.5	77
6 時	2.3	2.9	1.9	82
7 時	1.4	1.5	4.7	77
8 時	1.6	1.4	6.6	73
9 時	1.9	1.0	7.8	68
10 時	1.9	2.5	8.9	45
11 時	3.4	5.4	10.1	欠測
12 時	3.7	4.7	10.2	21
13 時	3.8	4.4	10.8	欠測
14 時	5.8	5.8	11.0	31
15 時	8.4	7.3	10.7	55
16 時	6.0	6.1	10.4	62
17 時	4.0	5.7	9.5	63
18 時	4.7	9.2	9.1	65
19 時	6.8	11.4	8.8	60
20 時	6.2	11.4	8.8	59
21 時	6.1	9.5	8.9	62
22 時	4.9	8.0	8.7	58
23 時	4.3	6.7	7.8	62
24 時	3.4	5.8	8.1	50

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		2010 年 4 月 14 日　風速 29．7ｍ記録日　気象データ（１時間値）	

時刻	Z 点風速[m/s]	A 点風速[m/s]	気温[℃]	湿度[%]
1時	15.8	23.7	2.9	47
2時	18.1	29.6	2.5	57
3時	17.6	26.9	2.1	57
4時	16.5	26.3	0.9	72
5時	17.3	25.8	1.1	72
6時	16.4	25.4	1.9	65
7時	16.6	26.1	1.5	77
8時	17.2	27.6	2.0	76
9時	17.4	27.2	3.1	67
10時	18.2	29.7	3.1	64
11時	17.7	29.6	3.2	59
12時	18.0	29.2	3.3	63
13時	18.7	29.5	3.5	58
14時	18.3	25.9	3.2	59
15時	17.4	24.4	3.2	59
16時	16.2	26.5	3.0	56
17時	16.1	22.8	2.8	54
18時	15.7	21.0	2.9	49
19時	15.0	19.4	3.0	50
20時	15.1	18.1	2.8	50
21時	14.2	16.8	2.7	49
22時	14.5	17.0	2.5	49
23時	14.1	16.5	2.3	48
24時	14.4	16.2	2.2	50

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

添付資料３

FARSITE の解析結果について

４．FARSITE 解析に当たっての最大火線強度および最大反応強度の日照時間影響の考察

日照の影響は地形の傾斜方向と太陽の角度が関係しており、日照の影響により、火線強度および反応強度が高くなるのはおよそ１０時～１４時の時間帯である。今回、発火点１～３の各ケースにおいて森林火災が発電所に到達する時間がおよそ１０～１４時になる様に発火時刻を調整する事により感度解析を実施し、火線強度が最大となる発火点および発火時刻を検討した。以下に例として火線強度が最大となった発火点２の感度解析結果を示す。

＜最大火線強度＞

発火点２　発火時刻	8:00	10:00	12:00
最大火線強度メッシュ到達時刻	12:11	14:01	16:15
火線強度［kW/m］	616	708	240

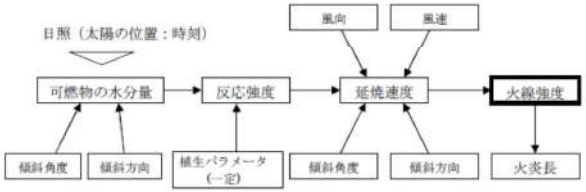


図 4 日照の周期変化による反応強度、火線強度の振動の流れ

４．１ 感度解析の実施方法について

感度解析において、火線強度および反応強度は日照の影響により、水分量が変化し、日中の日射による水分量の低下に応じて上昇する。その為、日射の大きくなるおよそ１０～１４時の時間帯にピーク値の出る山型の変化となる。そのピーク値の傾向を見るため、２時間間隔で発火時刻を３回変更する事により実施した。

４．２ FARSITE における火線強度の感度解析の考察について

感度解析の実施結果により、FARSITE の解析上、火線強度最大値となるのは発火点２における 10:00 発火の 708kW/m（防火帯幅：16.2m）となった。これに対し、防火帯幅は 16.2m に余裕を持たせて 18m 幅（火線強度値：2667kW/m）にて設定しており、余裕を持った設計としている。

添付２

解析開始時間について

FARSITE の解析においては，日照により可燃物の水分量変化を計算していることより，日照が解析の結果に影響を与えることが知られている。発火点１及び発火点２において最大火線強度及び最大火炎輻射強度を示した地点において，解析開始時間の妥当性を確認するために以下の感度解析を実施した。

1．最大火線強度に関する考察

日照の影響は正午前後に影響が大きくなると考えられる。しかしながら，発火点２で最大火線強度を示した地点では南東方向に大きく傾斜していることから日照の影響が最大となる時刻が早まることが推定される。

このことを確認するため，まず解析時間を要しない広葉樹で解析を実施する。地形への影響を排除するため，それぞれ発火点 1，2 の予備解析で火線強度最大となった点の傾斜をもった広葉樹の平面を準備し，それぞれの風向を考慮し解析を実施する。

気象条件：泊発電所の森林火災と同条件

風速 100km/h

気温 30.0℃

湿度　13%

それぞれ発火点 1，2 の予備解析で火線強度最大となった点及びその際の風向を考慮し，２ケース実施する。

第１表　感度解析その１

	風向	傾斜方向	傾斜角度
ケース１（発火点 1）	90°（東）	222°（南西）	15°
ケース２（発火点 2）	315°（北西）	139°（南東）	24°

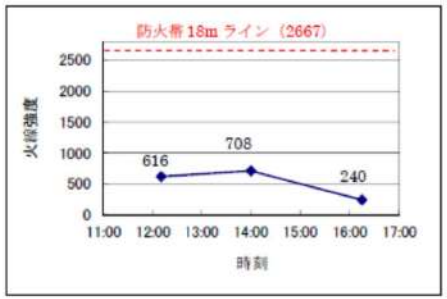
結果は第１図及び第２図に示す。いずれの場合も 12 時前後が厳しい結果となったが，ケース２の方が若干，火線強度がピークを示す時間が早くなっていることが確認できた。以上を踏まえ感度解析その１と同様に地形の効果を無視し，傾斜方向と風向は考慮し，火線強度最大となった点での可燃物である Tall grass 及び Chaparral の平面を準備し，以下の解析を実施した。

第２表　感度解析その２

	風向，傾斜方向角度	可燃物	開始時間
ケース３（発火点 1）	第１表のとおり	Tall grass	10 時，12 時，14 時
ケース４（発火点 2）	第１表のとおり	Chaparral	8 時，10 時，12 時

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

火線強度分布図(時刻変化)



4．３ FARSITE における反応強度の考察について

反応強度においても感度解析を実施し、最大値として発火点３における 1137kW/m² という結果が得られたものの、結果としてその他の値がそれほど変わる事はなく、およそ 1100～1140kW/m² の範囲で遷移していた。これに対し、熱評価で使用している反応強度は 1137kW/m² に余裕を持たせた 1348kW/m2（火炎輻射発散度：500kW/m²）で設定しており、余裕を持った設計としている。

以上

結果を第３図及び第４図に示す。ケース３については，10 時開始と 12 時開始が同程度であることから，現在の発火点１の火線強度最大値が 11 時 41 分に出現していることは妥当と考える。

また，ケース４については８時開始と 10 時開始と同程度の結果であることより，泊発電所の地形及び植生で次表のとおり３ケース開始時間を変更した解析を実施した。

第３表　感度解析その３

開始時間（着火時間）	防火帯到達時間	火線強度最大値
7 時 00 分	8 時 02 分	98.712[kW/m]
8 時 00 分	8 時 52 分	114.908[kW/m]
9 時 00 分	10 時 24 分	85.829[kW/m]

その結果現在の発火点２の開始時間８時 00 分の保守性が確認できた。

2．最大火炎輻射強度に関する考察

前述の火線強度の場合と同様に，地形の影響により日照の影響が最大となる時刻が早まることを確認するため，まず解析時間を要しない広葉樹で解析を実施した。具体的には，地形への影響を排除するため，火線強度の場合と同様に発火点２の予備解析で火線強度最大となった点の傾斜をもった広葉樹の平面を準備し，それぞれの風向を考慮し解析を実施した。解析条件を以下に示す。

気象条件：泊発電所の森林火災と同条件
　風速 100km/h
　気温 30.0℃
　湿度　13%

第４表　感度解析その４

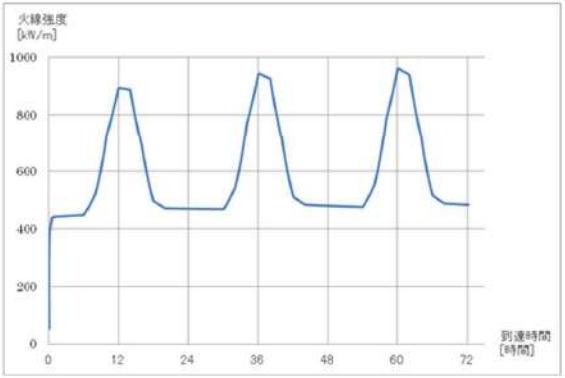
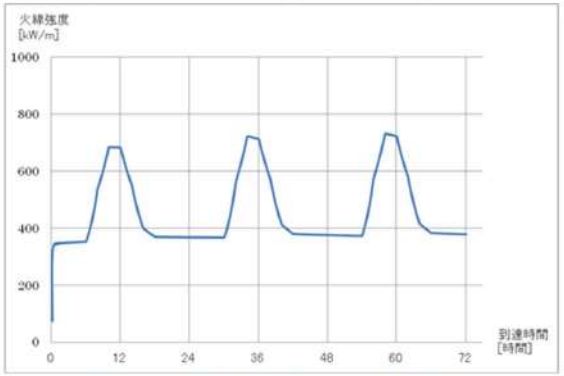
	風向	傾斜方向	傾斜角度
ケース５（発火点２）	315°（北西）	139°（南東）	24°

結果を第５図に示す。その結果，12 時前後が厳しい結果となったが，若干，火炎輻射強度がピークを示す時間が早くなっていることが確認できた。

次に，感度解析その２と同様に地形の効果を無視し，傾斜方向と風向は考慮し，火炎輻射強度最大となった点での可燃物である Chaparral の平面を準備し，火炎輻射強度に関する以下の解析を実施した。

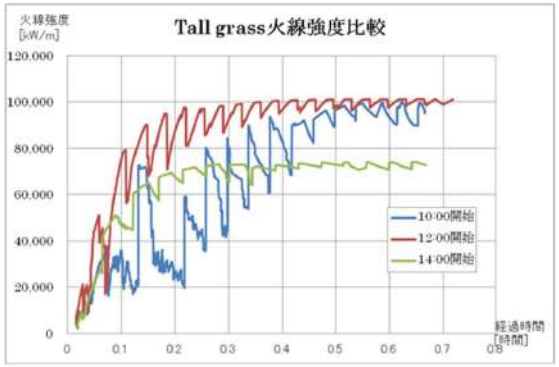
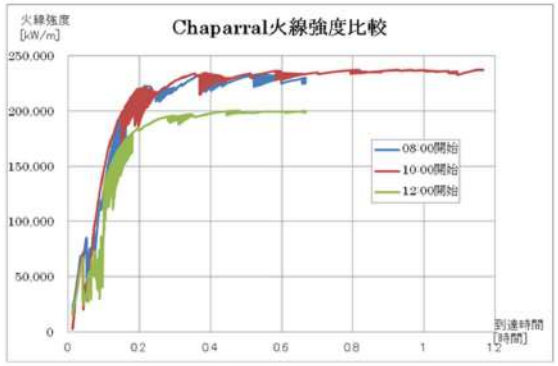
第５表　感度解析その５

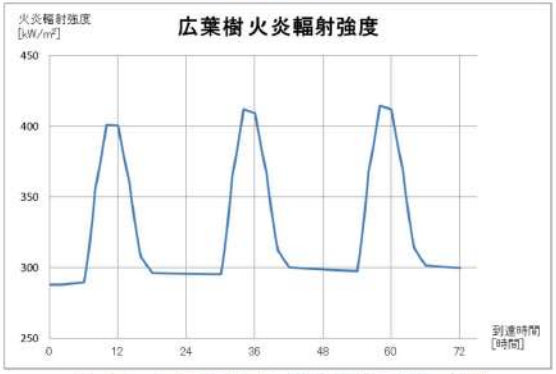
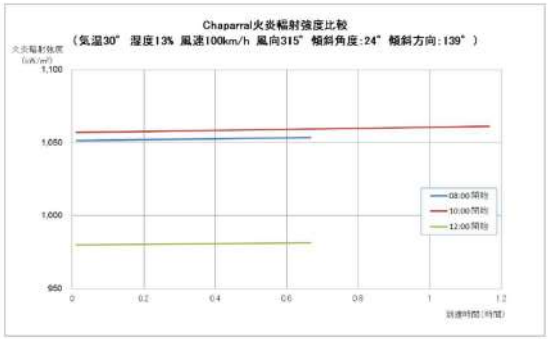
	風向，傾斜方向角度	可燃物	開始時間
ケース６（発火点２）	第１表のとおり	Chaparral	8 時，10 時，12 時

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		解析結果を第６図に示す。解析結果において８時開始と 10 時開始と同程度の結果であったことより，泊発電所の地形及び植生で次表のとおり３ケース開始時間を変更した解析を実施した。 第６表　感度解析その６ 開始時間（着火時間）／防火帯到達時間／火炎輻射強度最大値 ７時 00 分／８時 02 分／833[kW/m²] ８時 00 分／９時 14 分／977 [kW/m²] ９時 00 分／10 時 28 分／1,001 [kW/m²] その結果，開始時間８時 00 分及び９時 00 分の解析結果は，感度解析その５の最大値とほぼ同等の値（1,001kW/m²）を示すことが分かった。 今回の熱評価では，開始時間８時 00 分の結果である 977kW/m² に余裕をみた 1,200kW/m² の値を使用して評価を行っている。そのため本熱評価は，十分に保守的な評価であることが確認できた。 以上  第１図　到達時刻の影響（ケース１広葉樹）  第２図　到達時刻の影響（ケース２広葉樹）	

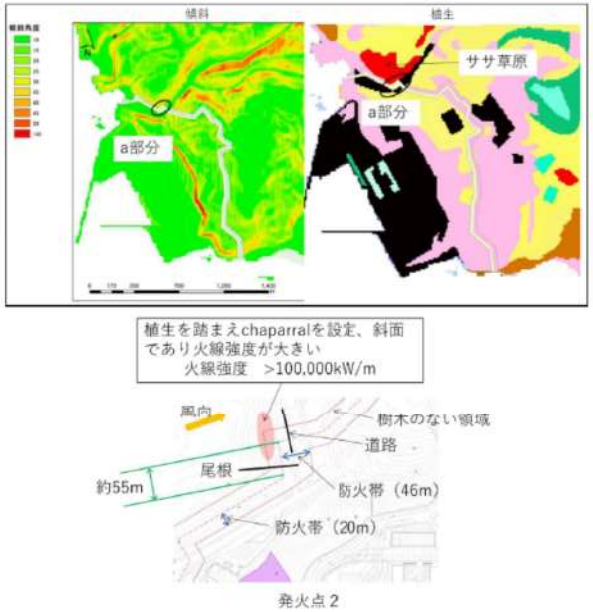
泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

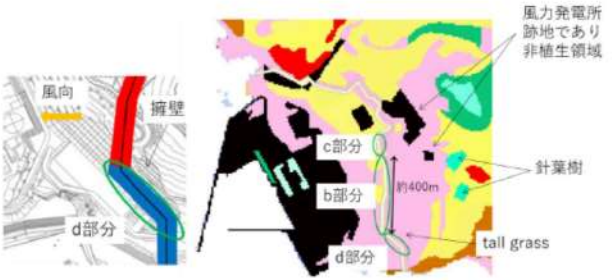
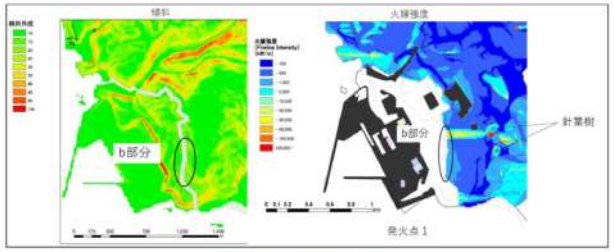
第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		 第３図　火線強度に関する到達時刻の影響（ケース３ Tall grass）  第４図　火線強度に関する到達時刻の影響（ケース４ Chaparral）	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		 第５図　火炎輻射強度に関する到達時刻の影響 （ケース５　落葉広葉樹）  第６図　火炎輻射強度に関する到達時刻の影響 （ケース６　Chaparral）	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		別紙 2-12 防火帯の設定について 防火帯は森林火災評価結果に基づき，第１図に示すとおり地点ごとに 20m（ただし，敷地東部の一部は自主的に 25m），46m 幅を設定している。防火帯幅が 46m 及び 25m の地点について，風向，傾斜及び植生を考慮した防火帯の設定の考え方について以下に示す。 第１図　防火帯位置	【女川・大飯】 記載方針の相違 ・泊は防火帯幅を地点ごとに設定していることから，その考え方について別紙に記載している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		1. 防火帯幅 46m の部分 発火点２の場合，第２図及び第３図に示す風上にササ草原を擁し，斜面に面していることから火線強度があがりやすい a 部分については，約 55m にわたって，評価上必要とされる防火帯幅 45.3m に対し，46m の防火帯を確保する。ただし，火線強度が大きくなった部分は，尾根や道路により分断されているため，分断されている場所ごとに対して必要な防火帯幅を設定する。  第２図　防火帯 a 部分 第３図　防火帯 a 部分鳥瞰図	

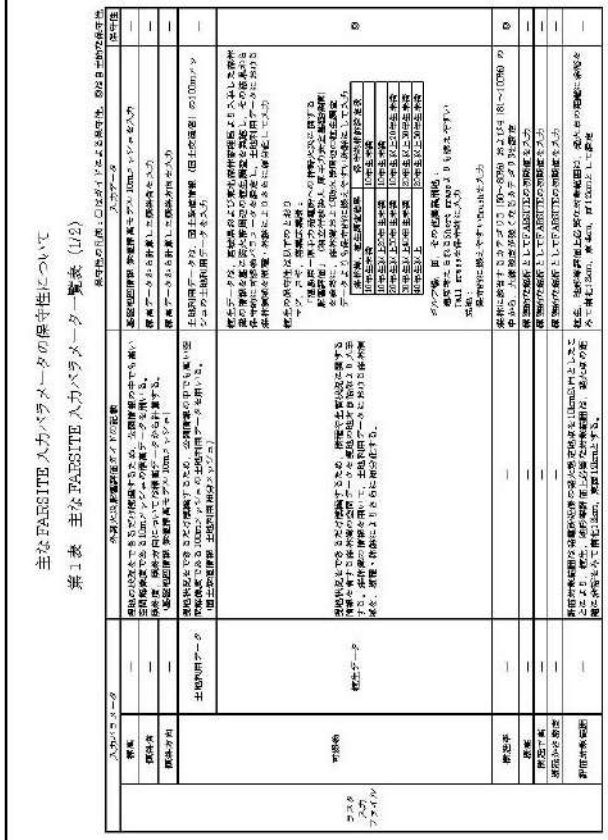
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		2. 防火帯幅 25m の部分 発火点 1 の場合，第 4 図，第 5 図及び第 6 図に示す風上に針葉樹等を擁し，斜面に面していることから火線強度が上がりやすい b 部分については，約 400m にわたって，評価上必要とされる防火帯幅 18m に対し，余裕をもたせ自主的に 25m の防火帯を確保する。 なお，第 4 図及び第 6 図に示す c 部分は風力発電所跡地であり非植生領域を風上に擁しているため，防火帯幅を積み増さない。また，d 部分は実際には非植生領域である擁壁の部分に tall grass の植生を仮定する保守的な仮定をおいて解析を実施しているため防火帯幅を積み増さない。  第 4 図　防火帯 b～d 部分  第 5 図　防火帯 b 部分	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		 第６図　防火帯 b～d 部分鳥瞰図	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料2－1 被ばく評価で使用している気象条件との違いについて 被ばく評価で使用している気象条件との違いについて以下に示す。 なお，被ばく評価は，女川原子力発電所からの放射性物質の拡散状況を把握するために発電所構内の気象観測所のデータを用いている。一方，森林火災は発電所構外からの火災の進展を評価するため，発電所周辺の気象を代表するように発電所構外の気象観測所のデータを用いている。 第1表　被ばく評価で使用している気象条件との違い 森林火災 石巻特別地域気象観測所 江ノ島地域気象観測所 被ばく評価 発電所構内気象観測装置 データ取得場所 データ取得期間 過去 10 年（2008～2017 年） 2012 年 1 月から 1 年間 風速 3～5 月の最大風速 風速が大きい方が延焼しやすく保守的 大気安定度の算出に使用 風速が小さい方が拡散しやすくなる 風向 3～5 月の卓越風向（16 方位） 16 方位の風向出現回数を考慮して評価 気温 3～5 月の最高気温 気温が高い方が可燃物の水分量が少なくなり保守的 評価には使用しない 湿度 3～5 月の最小湿度 湿度が低い方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的 評価には使用しない 日射量 最大日射量（雲なし）とする日射量が多い方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的 大気安定度の算出に使用 日射量が大きい方が拡散しやすくなる 降雨量 降水量なしとする 降水がない方が可燃物の水分量が少なくなるため保守的 評価には使用しない		【女川】設計方針の相違 ・女川は FARSITE への入力パラメータとして発電所構外の気象観測所のデータを使用しているため，被ばく評価で使用している気象条件との違いを本参考資料に記載している。泊については発電所構内の気象観測設備のデータを使用しており，被ばく評価と同様であるため，本内容の記載はない。

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料２－２ 	参考資料２－１ 	【女川】設計方針の相違・地域特性等による FARSITE 入力パラメータの相違。（一部のパラメータに保守性を持たせていることに相違はない） 【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映）

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	第１表　主なFARSITE入力パラメータ一覧表（2/2）	第１表　主なFARSITE入力パラメータ一覧表（2/3）	

女川原子力発電所２号炉

第１表　主なFARSITE入力パラメータ一覧表（2/2）

その他入力ファイル	Fuel水分初期値	—	—	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	—
	気象要素	降水量	—	降水があると可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから，保守的に0mmを設定	◎
		最高気温	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため，発生件数の多い月の過去10年間の最大風速，最高気温，最小湿度の条件を採用する。	樹木の燃焼性を高めるため，森林火災の発生件数の多い月（3月～5月）の最高気温を過去10年間確認し，その中でも最高気温である30.7℃を入力	○
		最低気温		最低気温については，保守的に上記の最高気温を入力	○
		最高湿度		最高湿度については，保守的に下記の最小湿度を入力	○
		最低湿度		樹木の燃焼性を高めるため，森林火災の発生件数の多い月（3月～5月）の最小湿度を過去10年間確認し，その中でも最小湿度である15%を入力	○
		観測標高	—	石巻観測所の観測高さ28.5mを入力	—
	風要素	風向	風向は卓越方向とし，発電所の風上に発火点を設定する。ただし，発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は，風向データ等から適切に設定できるものとする。	各発火点から２号炉原子炉建屋方向へ向かう風向	◎
		風速	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため，発生件数の多い月の過去10年間の最大風速，最高気温，最小湿度の条件を採用する。	火炎の延焼および規模に影響を与えることから，森林火災の発生件数の多い月（3月～5月）の最大風速（10分間平均風速の最大値）を過去10年間確認し，その中でも最大風速である23.8[m/s]（86[km/h]）を入力	○
		雲量	—	日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから，保守的に0%を設定	◎
その他	緯度	—	—	日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから，保守的に日射量が最も多くなる赤道直下を設定	◎
	発火点位置	—	発電所からの直線距離10kmの間で設定する。発火源は最初に人為的行為を考え，道路沿いを発火点とするなど必要に応じて想定発火点を考え評価する。	人為的行為を考え，居住地区および道路沿いの発電所から直線距離10kmの間に発火点を設定	—

泊発電所３号炉

第１表　主なFARSITE入力パラメータ一覧表（2/3）

入力パラメータ			外部火災影響評価ガイドの記載	入力データ	保守性
入力ファイル	樹冠率	−	−	森林に該当するカテゴリ3（51～80%）及び4（81～100%）の中から，火線強度が強くなるカテゴリ3を設定	◎
	樹高	−	−	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	−
	樹冠下高	−	−	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	−
	樹冠かさ密度	−	−	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	−
	評価対象範囲	−	評価対象範囲は発電所近傍の発火想定地点を10km以内としたことにより，植生，地形等を評価上必要な対象範囲は，発火点の距離に余裕を見て南北12km，東西12kmとする。	植生，地形等を評価上必要な対象範囲は，発火点の距離に余裕を見て南北13km，東西13kmとして設定。	−
その他入力ファイル	Fuel水分初期値	−	−	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	−
	気象要素	降水量	−	降水があると可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから，保守的に0mmを設定	◎
		最高気温	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため，森林火災の発生件数の多い月の過去10年間の最大風速，最高気温，最小湿度の条件を採用する。	樹木の燃焼性を高めるため，森林火災の発生件数の多い月（4月～6月）の最高気温を過去10年間確認し，その中で最高気温である30.0℃を入力	○
		最低気温		最低気温については，保守的に上記の最高気温を入力	○
		最高湿度		最高湿度については，保守的に下記の最低湿度を入力	○
		最低湿度		樹木の燃焼性を高めるため，森林火災の発生件数の多い月（4月～6月）の最小湿度を過去10年間確認し，その中で最小湿度である13%を入力	○
		観測標高	−	観測高さ0mを入力	−

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第1表　主な FARSITE 入力パラメータ一覧表(3/3)

入力パラメータ			外部火災影響評価ガイドの記載	入力データ	保守性
その他入力ファイル	風要素	風向	風向は卓越方向とし，発電所の風上に発火点を設定する。ただし，発火源が発電所の位置関係から風向きを卓越風向に設定することが困難な場合は，風向データ等から適切に設定できるものとする。	各発火点から泊発電所３号炉原子炉建屋方向へ向かう風向	◎
		風速	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため，森林火災の発生件数の多い月の過去 10 年間の最大風速，最高気温，最小湿度の条件を採用する。	火炎の延焼及び規模に影響を与えることから，森林火災の発生件数の多い月（4 月～6 月）の最大風速（10 分間平均風速の最大値）を過去 10 年間確認し，その中で最大風速は 29.7m/s であったが，FARSITE に入力可能な最大値 100km/h(27.8m/s)を入力。	○
		雲量	－	日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから，保守的に 0%を設定	◎
	標高	－	－	日射量が可燃物の燃えやすさ（水分量）に影響を与えることから，保守的に日射量が最も多くなる赤道直下を設定	◎
その他	発火点位置	－	発電所からの直線距離 10km の間で設定する。発火源は最初に人為的行為を考え，道路沿いを発火点とする。さらに，必要に応じて想定発火点を考え評価する。	人為的行為を考え，道路脇の畑及び集落と森林の境界部の発電所から直線距離 10km の間に発火点を設定。	－

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料 2－3 初期消火要員常駐場所の妥当性について 発電所構内に自衛消防隊の初期消火要員（10 名）が防火帯内側に 24 時間常駐している。予防散水活動の実施にあたり，初期消火要員常駐場所の妥当性について，以下に示す。 1．常駐場所及び人数 （下表）	参考資料 2－2 初期消火要員常駐場所の妥当性について 発電所構内に自衛消防隊の初期消火要員（11 名）が防火帯内側に 24 時間常駐している。予防散水活動の実施にあたり，初期消火要員常駐場所の妥当性について，以下に示す。 1．常駐場所及び人数 （下表）	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】運用の相違 ・初期消火要員の相違 【女川】運用の相違 ・初期消火要員の体制の相違
	2．常駐場所の妥当性 2 号炉制御建屋，事務建屋及び事務本館は，防火帯の内側に配置しており，森林火災による延焼防止が図られていることから，予防散水活動に問題が生じることはない。	2．常駐場所の妥当性 3 号炉中央制御室，総合管理事務所，中央警備所，茶津守衛所及び 51m 倉庫・車庫は，防火帯の内側に配置しており，森林火災による延焼防止が図られていることから，予防散水活動に問題が生じることはない。	【女川】運用の相違 ・初期消火要員の体制の相違

女川原子力発電所２号炉

初期消火要員	常駐場所	防火帯内外	人数
通報連絡責任者	2 号炉制御建屋	内	1 名
現場指揮者	事務建屋	内	1 名
現場責任者	事務建屋	内	1 名
消火担当	【平日昼間】 事務建屋 【平日夜間・休日】 2 号炉制御建屋	内	1 名
消防車隊	事務本館等	内	6 名
合計			10 名

泊発電所３号炉

初期消火要員	常駐場所	防火帯内外	人数
連絡者	3 号炉中央制御室	内	1 名
通報者	総合管理事務所	内	1 名
現場指揮者	総合管理事務所（就業時間帯） 3 号炉央制御室（夜間・休日）	内	1 名
消火担当	51m 倉庫・車庫	内	3 名
消防車操作担当	51m 倉庫・車庫	内	2 名
消火補助担当	中央警備所	内	2 名
案内誘導担当	茶津守衛所	内	1 名
合計			11 名

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）

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料２－４ 各設備の温度影響評価条件について 第１表　各設備の温度評価条件一覧表（1/3） 初期条件 / 設定根拠 / 評価上の保守性 対流による放熱：なし 輻射による放熱：なし 外壁初期温度：50 ℃ コンクリート密度：2400 kg/m³ コンクリート比熱：963 J/kg·K コンクリート熱伝導率：1.74 W/m·K 火炎継続時間：0.79 h 保守的に放熱効果は考慮しない 一般的な強度・計算自体設備の構造強度のため室内温度の最高値を 40℃としており，これに日射による効果 4℃を加え，さらにこれを切り上げて 50℃と設定 原子炉建屋の原子計算に使用している鉄筋コンクリートの単位体積重量 普通コンクリートの最大値（出典：日本建築学会 原子炉建屋構造設計指針・同解説） FARSITE 解析結果より算定（発火点 1） ・外壁表面および裏面からの対流および輻射による放熱を考慮していない。 ・外壁初期温度を保守的に高めに設定している。 評価モデル ※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，天井スラブの評価は外壁の評価に包絡される。 ※2：コンクリート表面温度評価に当たっては，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 建屋外壁表面温度	参考資料２－３ 第１表　各設備の温度評価条件一覧表（1/2） 初期条件 / 設定根拠 / 評価上の保守性 対流による放熱：なし 輻射による放熱：なし 外壁初期温度：50℃ コンクリート密度：2,400 kg/m³ コンクリート比熱：963 J/kg·K コンクリート熱伝導率：1.74 W/m·K 火炎継続時間：0.118 h FARSITE 解析結果より算定（発火点 1） FARSITE 解析結果より算定（発火点 2） 評価モデル ※1：天井スラブは外壁よりも火災源からの距離が遠いことから，外壁の評価に包絡される。 ※2：コンクリート表面温度評価に当たっては，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 評価上の保守性 ・外壁表面及び裏面からの対流及び輻射による放熱を考慮していない。 ・外壁初期温度を外気温や日射の影響を考慮した建屋外壁表面の最高温度約 45℃より保守的に高めに設定。 建屋外壁表面温度	【女川】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。（泊には屋外に復水貯蔵タンクに該当する設備は設置されていない。）（コンクリート壁及び排気筒については保守性を有していることに違いはない） 【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映）

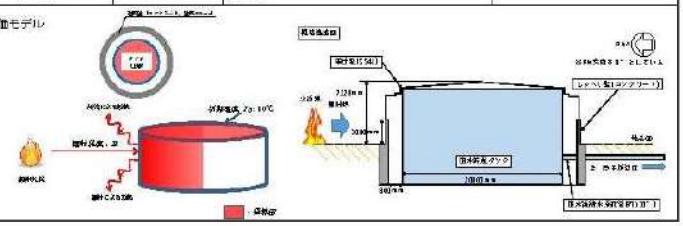
赤字：設備，運用又は体制の相違（設計方針の相違）
青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
緑字：記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第１表　各設備の温度評価条件一覧表（2/3）

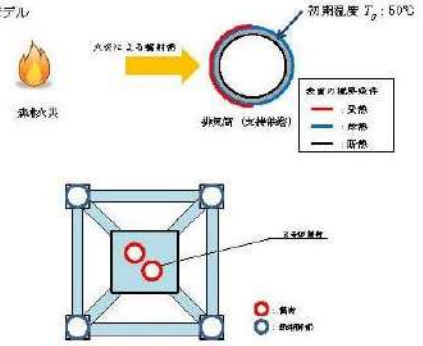
	初期条件		設定根拠	評価上の保守性
復水貯蔵タンク温度	対流による放熱	なし	保守的に放熱効果は考慮しない	・タンク壁面からの対流および輻射による放熱を考慮していない。 ・水の体積を管理値の下限レベルとしている。 ・タンク周囲に遮蔽壁が設置されている※評価上考慮していない。
	輻射による放熱	なし		
	初期温度	50 ℃	壁の外面初期温度 50℃を考慮し保守的に設定	
	輻射強度	0.03 kW/m²	FARSITE 解析結果より算定（発火点 2-1）	
	燃焼継続時間	0.08 h	FARSITE 解析結果より算定（発火点 2-1）	
	タンク外径	20.012 m	設計値	
	タンク円筒高さ	11.8 m	設計値	
	水の密度	979.9 kg/m³	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℃	
	水の比熱	4186 J/kg/K		
	水の体積	690 m³	管理値の下限レベル（タンク容量は 3000m³）	
	タンク壁材密度	7860 kg/m³	タンク壁材であるキルド鋼の値（出典：伝熱工学資料第５版）	
	タンク壁材比熱	473 J/kg/K		
	タンク内径	20.0 m	設計値	
	タンク最小板厚	0.006 m	設計値	

評価モデル



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）

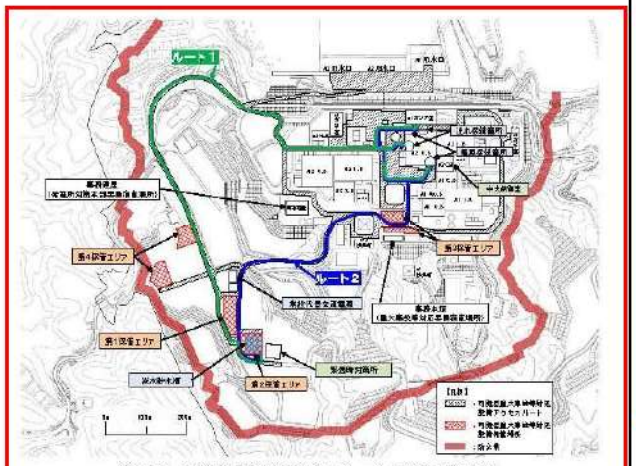
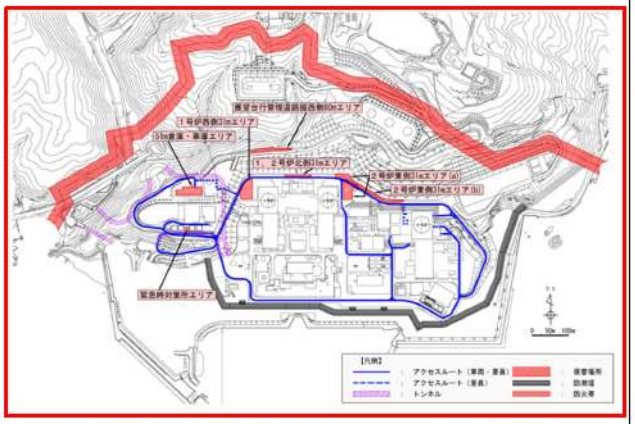
第１表　各設備の温度評価条件一覧表（3/3）

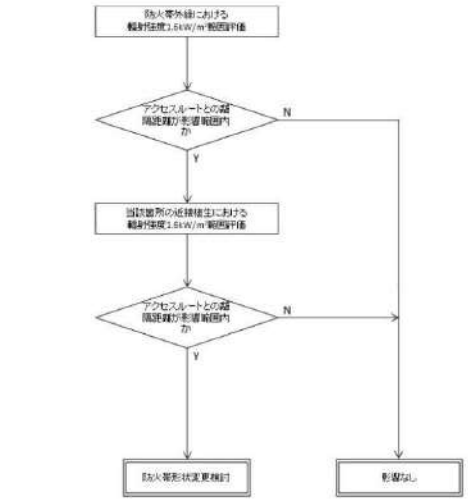
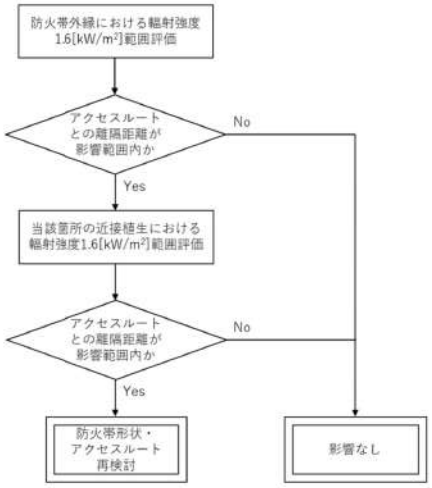
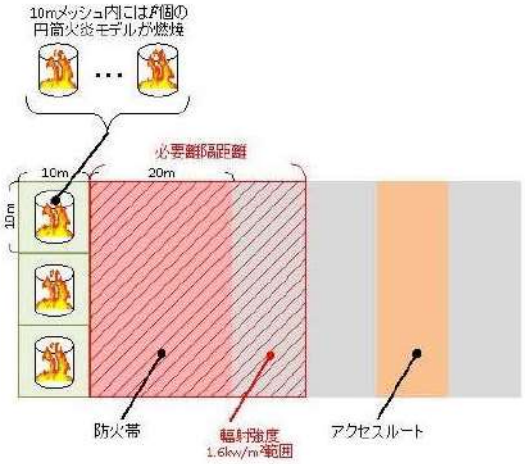
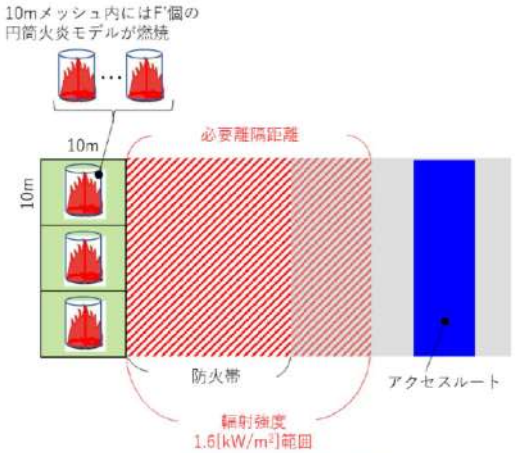
	初期条件		設定根拠	評価上の保守性
排気筒温度	外表面の吸収率	0.9	塗料（エナメル，白）の値（出典：伝熱工学資料第５版）	・排気筒は支持壁であり筒身と鉄塔により構成されている。鉄塔の材質は SS400 および STK400，筒身は SMA400AP であり，物性値は鉄塔，筒身ともに軟鋼で同一であることから，火災源から最も近い鉄塔脚部で評価を行っている。 ・鉄塔内表面は断熱としている。 ・排気筒初期温度を保守的に高めに設定している。
	輻射強度	0.02 kW/m²	FARSITE 解析結果より算定（発火点 2-2）	
	熱伝達率	17 W/m²/K	垂直外壁面の夏季の値（出典：空気調和・衛生工学便覧）	
	初期温度	50 ℃	壁の外面初期温度50℃を考慮し保守的に設定	
	評価モデル  			

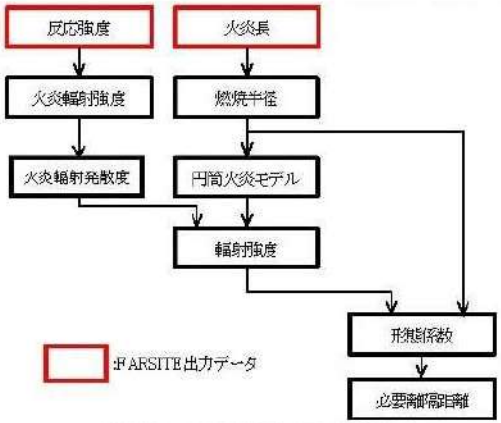
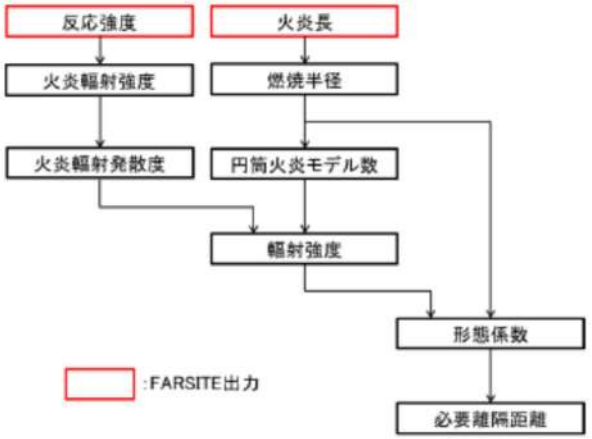
第１表　各設備の温度評価条件一覧表（２/２）

	初期条件		設定根拠	評価上の保守性
排気筒温度	外表面の吸収率	1.0	保守的に輻射による放熱は考慮しないものとして設定	・排気筒表面の吸収率を保守的に 1.0 としている。 ・排気筒初期温度を保守的に高めに設定。
	輻射強度（最大）	312 W/m² 693 W/m²	FARSITE 解析結果より算定（発火点 1） FARSITE 解析結果より算定（発火点 2）	
	熱伝達率	17 W/m²·K	垂直外壁面の夏季の値（出典：空気調和・衛生工学便覧）	
	初期温度	50℃	建屋外壁の初期温度 50℃を考慮し保守的に設定	
	評価モデル 			

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料 2－5 防火帯の法面保護対策について 山林部の防火帯設定は，伐採後の土砂等流出を考慮して，現場状況に応じた法面保護工（モルタル吹付工等）を行う。 ・モルタル吹付工 岩盤の風化，雨水の地山への浸透による浸食や崩壊の発生，小規模な落石の恐れがある法面に対しては，モルタルにより法面を被覆する。 第１図　防火帯モルタル吹付工の施工例	参考資料 2－4 防火帯の法面保護対策について 山林部の防火帯設定は，伐採後の土砂等流出を考慮して，現場状況に応じた法面保護工（モルタル吹付工）を行う。 ・モルタル吹付工 岩盤の風化，雨水の地山への浸透による浸食や崩壊の発生，小規模な落石のおそれがあるため，モルタルにより全面の法面を被覆する。 第１図　防火帯モルタル吹付工の施工例	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】設計方針の相違 ・女川は岩盤の風化，雨水による浸食や崩落の発生，小規模な落石のおそれがある法面に対してモルタル施工をするとしているが，泊の防火帯は全面がモルタル施工となっている。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料２－６ アクセスルートへの影響評価について １．保管場所及びアクセスルートと防火帯の位置について 原子力発電所敷地外で発生する森林火災が発電所に迫った場合においても，原子炉施設（安全機能を有する構築物，系統及び機器）に影響を及ぼさないよう防火帯を設定している。 重大事故等対処設備については，外部火災における防護対象設備（クラス１，２）を防護することにより，外部火災による重大事故の発生に至ることはないが，炉心損傷防止等の原子炉の安全性に係る対策に大きな影響を与えるおそれがあることから，防火帯の内側に配備する。 また，可搬型重大事故等対処設備のアクセスルートについても防火帯の内側とする。  第１図　保管場所及びアクセスルートと防火帯の位置 ２．アクセスルートに対する森林火災影響について 森林火災によりアクセスルートが「長時間さらされても苦痛を感じない強度」である 1.6kW/m^2 以下となることを第２図のフローにより確認する。	参考資料２－５ アクセスルートへの影響評価について 1. 保管場所及びアクセスルートと防火帯の位置について 原子力発電所敷地外で発生する森林火災が発電所に迫った場合においても，発電用原子炉施設（安全機能を有する構築物，系統及び機器）に影響を及ぼさないよう防火帯を設定している。 重大事故等対処設備については，外部火災における防護対象設備（クラス１，２）を防護することにより，外部火災による重大事故の発生に至ることはないが，炉心損傷防止等の原子炉の安全性に係る対策に大きな影響を与えるおそれがあることから，防火帯の内側に配備する。 また，可搬型重大事故等対処設備のアクセスルートについても防火帯の内側とする。  第１図 保管場所及びアクセスルートと防火帯の位置 2. アクセスルートに対する森林火災影響について 森林火災によりアクセスルートが「長時間さらされても苦痛を感じない強度」である輻射強度 1.6kW/m^2 以下となることを第２図のフローにより確認する。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる防火帯及びアクセスルートの相違 【女川】記載表現の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 ※ 輻射強度1.6kW/m²：石油コンビナートの防災アセスメント指針における長時間さらされても苦痛を感じない輻射強度 第２図　森林火災影響評価フロー	 ※1：輻射強度 1.6kW/m²：石油コンビナートの防災指針における長時間さらされても苦痛を感じない輻射強度 第２図 森林火災影響評価フロー	
	 第３図　森林火災影響評価概要図	 第３図 森林火災影響評価概要図	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（１）必要離隔距離評価の流れ 石油コンビナートの防災指針における輻射強度及び，FARSITE 出力より得られた，反応強度及び火炎長より，第４図のとおり必要離隔距離を評価する。  第４図　必要離隔距離評価（概要図） ａ．円筒火炎モデル数の算出 外部火災影響評価ガイドに基づき，10m メッシュ内における円筒火炎モデル数（$\acute{F}$）を次式により算出する。 $F=\frac{W}{2R}$　$\acute{F}=\frac{10}{2R}$　$F=\frac{W}{2R}=\frac{W}{10}\cdot\frac{10}{2R}=\frac{W}{10}\cdot\acute{F}$　$R=\frac{H}{3}$ H：火炎長［m］ R：燃焼半径［m］ ｂ．火炎輻射強度の算出 FARSITE の結果より得られた防火帯外縁の最大反応強度に米国防火協会（NFPA）の係数 0.377※1 を乗じて算出する。 ※１　発電所敷地近傍には針葉樹，落葉広葉樹がある。そのため，輻射熱割合は，針葉樹：0.377 並びに落葉広葉樹：0.371（米国防火技術者協会（NFPA）「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering」に定める係数）のうち保守的に大きい値である 0.377 を採用した。	（1）必要離隔距離評価の流れ 石油コンビナートの防災指針における輻射強度並びに FARSITE 出力より得られた反応強度及び火炎長より，第４図のとおり必要離隔距離を評価する。  第４図　必要離隔距離評価（概要図） a．円筒火炎モデル数の算出 外部火災影響評価ガイドに基づき，10m メッシュ内における円筒火炎モデル数（F'）を次式により算出する。 $F'=\frac{10}{2R}$　，　$R=\frac{H}{3}$ H：火炎長[m]，R：燃焼半径[m] b．火炎輻射強度の算出 FARSITE の結果より得られた防火帯外縁の最大反応強度に米国防火協会（NFPA）の係数 0.377※1 を乗じて算出する。 ※1　発電所敷地近傍には針葉樹，落葉広葉樹がある。そのため，輻射熱割合は，針葉樹：0.377 並びに落葉広葉樹：0.371（米国防火技術者協会（NFPA）「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering」に定める係数）のうち保守的に大きい値である 0.377 を採用した。	【女川】記載表現の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	c．必要離隔距離の算出 形態係数を算出する下記式から，必要離隔距離を算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$ ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ φ:形態係数[－]　H:火炎長[m]　R:火炎半径[m]　L:危険距離[m] （２）評価結果 それぞれの発火点における必要離隔距離について第１表のとおり算出した。 第１表　必要離隔距離算出結果 発火点 | 必要離隔距離［m］ | 最大火炎輻射発散度［kW/m²］ | 円筒火炎モデル数 | 火炎長［m］ 1 | 20.9 | 477 | 95 | 0.49 2－1 | 32.8 | 408 | 12 | 1.31 2－2 | 26.7 | 413 | 18 | 0.86 3 | 31.2 | 421 | 14 | 1.15 以上の評価により最大必要離隔距離が発火点 2-1 における 32.8m であったことから，防火帯外縁からアクセスルートが必要離隔距離を確保されているかを確認した結果，32.8m 以上の離隔距離を確保していることから，森林火災によるアクセスルートへの影響はないことを確認した。なお，可搬型重大事故等対処設備保管場所についても防火帯外縁から 32.8m 以上の離隔距離を確保していることから，森林火災による影響はないことを確認した。	c．必要離隔距離の算出 輻射強度 E が 1.6[kW/m²]となる形態係数Φを式 1 より算出する。 $E = F' \times R_f \times \Phi$　（式 1） E：輻射強度[W/m²]，F'：円筒火炎モデル数(10m メッシュ)， R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 式 1 で求めた形態係数Φとなる必要離隔距離 L を式 2 より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式 2） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長[m]，R：燃焼半径[m]，L：危険距離[m] (2) 評価結果 それぞれの発火点における必要離隔距離について第 1 表のとおり算出した。 第 1 表　必要離隔距離算出結果 発火点 | 最大火炎輻射発散度 [kW/m²] | 火炎長 [m] | 円筒火炎モデル数 | 必要離隔距離 [m] 1 | 1,200 | 1.63 | 9.3 | 63.0 2 | 1,200 | 3.62 | 4.2 | 94.1 以上の評価により最大必要離隔距離が発火点 2 における 94.1m であったことから，防火帯外縁からアクセスルートが必要離隔距離を確保されているかを確認した結果，94.1m 以上の離隔距離を確保していることから，森林火災によるアクセスルートへの影響はないことを確認した。なお，可搬型重大事故等対処設備保管場所についても防火帯外縁から 94.1m 以上の離隔距離を確保していることから，森林火災による影響はないことを確認した。	【女川】記載方針の相違
・泊は輻射強度から形態係数，形態係数から離隔距離を算出する過程を明記 【女川】設計方針の相違
・地域特性による評価結果の相違 【女川】設計方針の相違
・地域特性による評価結果の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		参考資料２－６ FARSITE における気象データの扱いについて (1) 気象条件の設定 「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」の附属書Ａ「森林火災の原子力発電所への影響評価について」における気象データの整備要領では，「現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため、発生件数の多い月の過去10年間の最大風速、最高気温、最小湿度の条件を採用する。」旨，記載されていることから，気象条件の設定に当たっては，過去10年間を調査し，森林火災の発生件数の最も多い月（1993年～2012年：５月）を含めた４月～６月の気象データ（気温，湿度及び風速）を選択することで，森林火災の規模に対して保守的となるよう設定した。上記の期間(４月～６月)において，４月の風速及び湿度，６月の気温を用いるのが最も保守的である。 (2) 気象データの選定 気象データの選定に当たっては，泊発電所周辺の過去10年間（2003年～2012年）の気象データを調査した。その上で，外部火災影響評価においては発火点を発電所から10km以内（発火点１：約2.5km，発火点２：約1.5km）とした敷地外の火災の発生・進展を評価することから，発火点に最も近い発電所内の気象観測データ（気温:30.0℃，湿度:13%，最大風速:29.7m/s）をFARSITEへの入力値とした。 気象データには，発電所敷地外の公開情報である気象庁の気象統計情報があることから，比較を実施した。気象データのうち，気温及び最大風速については，泊発電所の最寄りに位置し，泊発電所と同じく後志地方の海沿いにあり約14km離れた神恵内地域気象観測所（アメダス）における同期間のデータ，湿度については，神恵内地域気象観測所（アメダス）では測定していないため，泊発電所から約35km離れているが，泊発電所と同じく後志地方の海沿いにある寿都特別地域気象観測所のデータとし，それらを組み合わせた値（気温:27.7℃，湿度:10%，最大風速:20.5m/s）を比較対象とした。 気温及び最大風速は，発電所内の気象観測データの方が高く，湿度は発電所敷地外の気象観測所の方が低い。FARSITEにおいて，気温，湿度及び風速のうち，解析結果に対する感度が一番大きいものは風速である。FARSITE出力結果のうち，火災規模の根拠となる延焼速度の評価式には風速のべき乗に比例する項が含まれており（発電所周辺の主な植生である落葉広葉樹では風速の約2.4乗），泊発電所内の風速データは発電所敷地外の気象観測所の風速データより約10m/s高いことから十分な保守性を有している。一方で，気温及び湿度は可燃物特性の含水比に相関があるが，FARSITE入力初期条件にて含水比を低く設定しているため解析結果に対する感度は小さい。	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・泊は，森林火災の挙動をより模擬できるのは，発火点に近い泊発電所内の気象観測データと考え，泊発電所内の気象観測データをFARSITE の入力値としている。一方で，敷地外には気象庁の公開情報があることから，比較を実施し，発電所内データの保守性を確認している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		よって，発電所敷地外の気象観測所のデータより湿度は若干低いものの，風速が高い発電所内の気象観測データの方が保守的な設定である。 なお，気象観測データに加えて，植生等のその他の入力データにも保守性を有していることから，FARSITE 全体として十分な保守性を有している。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		参考資料２－７ FARSITE における風速データの入力について FARSITEにおける気象データは，森林火災の発生・進展を評価することから，発火点に最も近い泊発電所内の気象観測データを入力値としている。気象データのうち，最大風速は29.7[m/s]であるが，FARSITEの仕様上，100[km/h](27.8[m/s])が上限となっているため，100[km/h](27.8[m/s])をFARSITE入力値としていることから，FARSITE入力値の保守性を確認する。 泊発電所内の風向風速計は，第1表に示す通り標高及び地上からの高さが異なる位置に計３箇所設置している。一方で，気象庁における風向風速計の設置は「平らな開けた場所を選んで，独立の塔または支柱を建て，地上10mの高さに設置することを標準とする」とされている。 今回選定した風速（泊発電所A点：29.7[m/s]）は，より厳しい条件を選定するため泊発電所内にも標準とされる地上10mの観測地点はあるが，保守的に地上50mの観測地点も含めたデータから選定しているものであり，FARSITE入力値とした風速（上限値：27.8[m/s]）はFARSITEの仕様上，泊発電所で観測された最大値では無いものの，標準である地上10mの高さに設置された風向風速計の最大風速（泊発電所C点：24.7[m/s]）よりも高くなっていることから，保守性を有している。また，森林火災の継続時間中、最大値の風速が継続するように設定していることも保守性を有している。 よって，FARSITEに入力している風速データの保守性は確保されている。 第１表　風向風速計の設置高さ 地点 / 標高[m] / 地上からの高さ[m] / 最大風速[m/s] 泊発電所A点 / 74 / 50 / 29.7 泊発電所C点 / 74 / 10 / 24.7 泊発電所Z点 / 10 / 10 / 21.2 (参考)神恵内地域気象観測所 / 50 / 9.9 / 20.5	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・泊は，森林火災の挙動をより模擬するため，泊発電所内の気象観測データを用いている。ただし，風速はFARSITE の仕様上，観測された最大値以下を入力していることから，発電所内の風向風速計の設置環境と気象庁で標準とされる設置環境を比較したうえで、入力風速の保守性について確認している。（気象庁では，風向風速計は開けた場所で地上 10m の高さに設置することを標準としており、条件が整わない場合は測風塔や建物の屋上に設置することもある。）

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）

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料８	添付資料－３	添付資料－3	
石油コンビナート等の火災・爆発による原子力発電所への影響評価について	石油コンビナート等の火災･爆発について	石油コンビナート等の火災･爆発について	【大飯】記載表現の相違
はじめに 本評価は、大飯発電所 3,4 号炉において、発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発により、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包する原子炉施設に影響をおよぼさないことについて、原子力発電所の外部火災評価ガイドにより、「附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」に基づき、評価を実施するものである。	１．目 的 本評価は，発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災やガス爆発が女川原子力発電所に隣接する地域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について，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価する。	1．目 的 本評価は，発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災やガス爆発が泊発電所に隣接する地域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について，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価する。	【大飯】記載表現の相違 【女川】発電所名の相違
大飯発電所周辺に石油コンビナートのような大規模な産業施設は存在しない。また、発電所周辺には 100m 以上の山が存在するため、発電所に影響を及ぼす事はないと考えられるが、施設外の近隣産業施設の火災影響評価においては、石油類を取り扱う産業施設として、発電所周辺のガソリンスタンドを想定することとした。	２．石油コンビナート等の火災・爆発影響評価 発電用原子炉施設の周りには周辺監視区域があり，敷地境界との間には少なくとも約 639m の離隔距離が確保されている。仮に火災・爆発が発生した場合に影響が大きいと考えられるものとして，爆発物や化学物質を大量に扱う石油コンビナート等について評価を実施する。	2．石油コンビナート等の火災・爆発影響評価 発電用原子炉施設の周りには周辺監視区域があり，一定の離隔距離が確保されている。仮に火災・爆発が発生した場合に影響が大きいと考えられるものとして，爆発物や化学物質を大量に扱う石油コンビナート等について評価を実施する。	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】設計方針の相違・泊の周辺監視区域境界と敷地境界の一部は同一であるため，周辺監視区域境界と敷地境界ではなく発電用原子炉施設との離隔距離について記載している。
	（１）評価対象範囲 評価対象は，発電所敷地外の半径 10km 圏内に存在する石油コンビナート等とする。なお，石油コンビナート等とは，石油コンビナート等災害防止法で規制される特別区域内の特定事業所及びコンビナート等保安規則で規制される特定製造事業所とする。	（1）評価対象範囲 評価対象は，発電所敷地外の半径 10km 圏内に存在する石油コンビナート等とする。なお，石油コンビナート等とは，石油コンビナート等災害防止法で規制される特別区域内の特定事業所及びコンビナート等保安規則で規制される特定製造事業所とする。	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）
添付資料 20 石油コンビナート等の調査結果について	（２）評価結果	（2）評価結果	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）
１．大飯発電所近傍の石油コンビナート等特別防災区域について 石油コンビナート等災害防止法第２条第２号の規定に基づく石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令（昭和 51 年政令第 192 号）により石油コンビナート等特別防災区域に指定されている区域は、福井県においては福井臨海地区の１箇所である。また、隣接している京都府には、石油コンビナート等特別防災区域に指定されている区域はない。	石油コンビナート等災害防止法により規制される宮城県内の特別防災区域は「塩釜地区」「仙台地区」の二箇所が存在するが，これらは，第 3-1 図に示すとおりいずれの区域も女川原子力発電所から約 40km 離れており，いずれも女川原子力発電所から 10km 以遠である。	石油コンビナート等災害防止法により規制される北海道内の特別防災区域は「釧路地区」「苫小牧地区」「石狩地区」「室蘭地区」「北斗地区」「知内地区」の六箇所が存在するが，これらは，第 3-1 図に示すとおりいずれの区域も泊発電所から約 70km 以上離れており，いずれも泊発電所から 10km 以遠である。	【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う特別防災区域，発電所との離隔距離の相違 【女川】発電所名の相違
福井臨海地区の石油コンビナート施設の位置は図１のとおりであり、特定事業所の状況は表１のとおりである。	また，発電所から 10km 圏内に LPG 基地がないことを確認している。なお，発電所と最短距離にあるガスパイプラインは仙台地区であり，発電所から約 40km 離れていることを確認した。	また，発電所から 10km 圏内に LPG 基地がないことを確認している。なお，発電所と最短距離にあるガスパイプラインは小樽地区であり，発電所から約 40km 離れていることを確認した。	【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う相違

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）

大飯発電所３／４号炉

大飯発電所から十分な離隔距離が確保されており、発電所への影響はないと考える。

図１　福井臨海地区石油コンビナートの位置

表１　福井臨海地区石油コンビナートにおける特定事業所の状況

特定事業所名	敷地面積［m²］	貯蔵および取扱数量［KL］
北陸電力（株） 福井火力発電所	616,268	238,115
東西オイルターミナル（株） 福井油槽所	32,118	39,120
ジャパンオイルネットワーク（株） 福井油槽所	51,213	70,125
独立行政法人 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 福井国家石油備蓄基地	1,509,163	3,642,247

参考：「福井県石油コンビナート等防災計画」（平成 20 年 8 月修正）
「福井県石油コンビナート等防災計画　資料編」（平成 20 年 8 月修正）

２．大飯発電所近傍の産業施設について

地図情報等を基に、大飯発電所の周辺の産業施設について現地調査した結果、主な工場としては、高浜町に日立造船株式会社若狭事業所（機械製造）がある。

石油コンビナート施設と発電所周辺の主な工場との敷地面積等の比較は表２のとおりであり、石油コンビナート施設に比べ発電所周辺の主な工場の敷地面積は比較的狭く、大規模な危険物貯蔵タンクを保有するような業種はない。また、地図上においても、大規模な危険物の貯蔵タンクは確認されない。

以上のことから、発電所周辺に石油コンビナート等に相当する施設はないと考える。

表２　大飯発電所周辺の主な産業施設の敷地面積等の比較

事業所名	敷地面積［m²］	業種
福井臨海地区石油コンビナート	2,208,762	石油備蓄基地 火力発電所
日立造船（株）若狭事業所	約 75,000※	機械製造

※国土地理院　電子国土 Web により計測

発電所最寄りのガソリンスタンドの状況は表３のとおりであり、その他のガソリンスタンドについては表４に示すとおりである。

女川原子力発電所２号炉

以上より，評価対象範囲内に石油コンビナート等は存在せず，発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。

第 3-1 図　石油コンビナート等特別防災区域と発電所との位置関係

３．石油コンビナート等以外の火災・爆発影響評価

女川原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設（危険物貯蔵施設，高圧ガス貯蔵施設）を抽出し，発電所から最も近い施設及び発電所から 10km 圏内の施設における最大数量をそれぞれ抽出する。

なお，危険物施設については，消防法等に基づき消防署に届出されている施設について確認した。また，発電所から 10km 圏内に LPG 基地がないことを確認している。発電所から 10km 圏内の危険物貯蔵施設等を第 3-2 図に示す。

泊発電所３号炉

以上より，評価対象範囲内に石油コンビナート等は存在せず，発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。

第 3－1 図　石油コンビナート等特別防災区域と発電所との位置関係

3．石油コンビナート等以外の火災・爆発影響評価

泊発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設（危険物貯蔵施設，高圧ガス貯蔵施設）を抽出した。抽出の結果，危険物貯蔵施設は第四類危険物貯蔵施設のみが多数存在することから，火災影響評価を行う第四類危険物貯蔵施設の絞り込みを以下の方法で行った。また，高圧ガス貯蔵施設は１箇所のみであった。

なお，危険物施設については，消防法等に基づき消防署に届出されている施設について確認した。また，発電所から 10km 圏内に LPG 基地がないことを確認している。発電所から 10km 圏内の危険物貯蔵施設等を第 3－2 図に示す。

(1) 発電所敷地外 10km 圏内に石油コンビナートはないことから，半径 10km 圏内に存在する危険物貯蔵施設の最大貯蔵容量は石油コンビナート相当の 10 万 kL※1 とした。ここで，第四類危険物のうち，最も輻射発散度が高い n-ヘキサン※2 が 10 万 kL 貯蔵された危険物貯蔵施設を想定し，その危険距離を算出した結果 1,320m※2 となった。

※1　「石油コンビナート等災害防止法施行令」（昭和 51 年 5 月 31 日政令 129 号）の第２条で規定する基準総貯蔵量

※2　算出方法は別紙－１参照

(2) (1) 項の結果から，発電所から 1,500m 以遠には発電所に影響を及ぼす第四類危険物貯蔵施設は存在しないと判断し，発電所から

相違理由

【女川・大飯】
設計方針の相違
・地域特性に伴う相違

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）
【女川】発電所名の相違
【女川】設計方針の相違
・女川も泊も 10km 圏内の高圧ガス貯蔵施設及び危険物貯蔵施設を評価対象としていることに差異はない。ただし，泊は発電所半径 10km 圏内の施設を調査した結果，第四類危険物貯蔵施設のみが存在し，油種，指定数量についての情報は得られたが，具体的な物質名については情報が得られなかったことから，第四類危険物のうち最も輻射発散度が高い n-ヘキサンを石油コンビ

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
[redacted] 図２　発電所周辺の主な産業施設の位置 表３　発電所最寄りのガソリンスタンドの状況 [redacted] 表４　大飯発電所周辺のガソリンスタンド [redacted] ３．発電所周辺の地形を考慮した影響評価について 図３に示すように、発電所の周囲は、南東に標高約 195[m]、南西に標高約 247[m]の山に囲まれている。これらの山は、発電所から約 1km 以内の距離にあり、発電所は、これらの頂き、尾根に囲まれたすり鉢状の地形の中に設置されている。 発電所周辺の地形を考慮すると、図４に示すように、主な工場と発電所とを結ぶ直線上には 100[m]以上の山が存在し、離隔距離は約 7km あることから、万が一、これらの施設において火災・爆発が発生したとしても、これらの山が障壁となり発電所への影響は軽減されることから、発電所に影響を及ぼすような工場はないものと考えられる。	 第 3-2 図　発電所から 10km 圏内に位置する危険物貯蔵施設等 第 3-1 表　女川原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【危険物貯蔵施設】 [redacted] ※出典：石巻地区広域行政事務組合消防本部より開示（平成３０年５月８日現在） 赤囲みの内容は商業秘密のため公開できません。	1,500m 以内に存在する第四類危険物貯蔵施設に対して火災影響評価を行う。 第 3-2 図　泊発電所から 10km 圏内に位置する危険物貯蔵施設等 第３－１表　発電所周辺に存在する第四類危険物貯蔵施設 [redacted] ※出典：岩内・寿都地方消防組合消防本部より開示（2022 年 6 月 29 日現在）	ナート相当の貯蔵量を有している仮想の危険物貯蔵施設を想定し，危険距離評価の結果を踏まえて評価対象施設を絞り込み，危険物貯蔵施設を決定している。（東海第二と同一の方針） 【女川】設計方針の相違・地域特性による危険物施設抽出結果の相違 【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う危険物貯蔵施設の相違 【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
 図３　発電所周辺の地形図 図４　発電所周辺の主な工場と発電所との位置関係 図５　福井臨海地区石油コンビナートの地図 図６　日立造船（株）若狭事業所の敷地面積 以上	第 3-8 表　女川原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物施設【高圧ガス貯蔵施設】 ※出典：石巻地区広域行政事務組合消防本部より聞示（平成２５年１０月９日現在） 赤囲みの内容は商業機密のため公開できません		【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う危険物貯蔵施設の相違（泊は 10km 圏内に高圧ガス貯蔵施設は１箇所しかないため表でまとめていない）

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（１）危険物貯蔵施設 女川原子力発電所から 10km 圏内(敷地内を除く)における危険物貯蔵施設の最大貯蔵量は[redacted]であり，女川原子力発電所に最も近い危険物貯蔵施設との離隔距離は 2,500m である。 仮に最短距離の危険物貯蔵施設に 10km 圏内の最大貯蔵量[redacted]が存在したと仮定し，熱影響評価を実施したところ，危険距離は 99m であり，女川原子力発電所との距離 2500m よりも小さいことを確認した。 よって，発電所敷地外の危険物貯蔵施設において火災が発生した場合においても女川原子力発電所への影響はない。 第 3-3 表　10km 圏内における最大の危険物貯蔵施設の貯蔵量 燃料の種類：ガソリン　貯蔵量[kl]：[redacted] 第 3-3 図　石油類貯蔵施設位置 枠囲みの内容は商業秘密のため公開できません	a．危険物貯蔵施設の火災影響評価 泊発電所から 10km 圏内（敷地内を除く）に仮想危険物貯蔵施設（n-ヘキサンを 10 万 kL 貯蔵）を設定し熱影響評価を実施した結果より，発電所から 1,500m 圏内に存在する第四類危険物貯蔵施設に対して熱影響評価を行う。 泊発電所から 1,500m 圏内における危険物貯蔵施設の指定数量の倍数は[redacted]であることから，最大貯蔵量は各取扱い油種が保守的に指定数量の倍数分あると仮定すると[redacted]であり，泊発電所に最も近い危険物貯蔵施設との離隔距離は 1,450m である。 上記の危険物貯蔵施設による熱影響評価を実施したところ，危険距離は 109m であり，泊発電所との距離 1,450m よりも小さいことを確認した。 よって，発電所敷地外の危険物貯蔵施設において火災が発生した場合においても泊発電所への影響はない。 第３－２表　10km 圏内における評価対象の危険物貯蔵施設の貯蔵量 燃料の種類：灯油　貯蔵量[kL]：[redacted] ガソリン：[redacted] 第３－３図　危険物貯蔵施設位置	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一 【女川】発電所名の相違 【女川】対象施設の相違 ・女川は 10km 圏内の最短距離の危険物貯蔵施設に最大貯蔵量が存在すると仮定して評価しているが，泊は仮想危険物貯蔵施設(n-ヘキサン)の評価結果である 1,500m より近接する危険物貯蔵施設を評価対象として危険距離を算出している。また，貯蔵量は保守的に各油種が危険数量の倍数分あるとして評価している。 【女川】設計方針の相違 ・地域特性に伴う危険物貯蔵施設の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料８ １．発電所周辺における石油コンビナート等の火災影響評価 (1)石油コンビナート等の火災の想定 ガイドに基づき、屋外貯蔵タンクの火災の想定を以下のとおりとした。 A．想定の条件 A.-1 気象条件は無風状態とした。 A.-2 タンクから石油類が流出しても、防油堤内に留まるものとした。 A.-3 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。 B．火災の形態 タンク内及び防油堤内の全面火災を想定した。 C．輻射熱の算定 油火災において任意の位置にある輻射熱（強度）を計算により求めるため、半径が 1.5[m]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。 (2)石油コンビナート等の火災による影響の有無の評価 a．評価対象範囲 発電所敷地外の［　　］火災を想定した。 ［　　］	a．　評価条件 危険物貯蔵施設の火災の想定は以下の通りとした。 (a)　評価対象とする危険物貯蔵施設は 10km圏内(敷地内を除く)における危険物貯蔵施設のうち，最大貯蔵量が女川原子力発電所に最も近い危険物貯蔵施設にあると仮定した場合を想定した。 (b)　評価対象とする危険物貯蔵施設の燃料は満載した状態を想定した。 (c)　気象条件は無風状態とした。 (d)　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。 (e)　火災の形態は危険物貯蔵施設の全面火災とした。 第 3-4 表　評価条件 ［　　］ ※1：火災を想定する発電所に最も近い危険物貯蔵施設は地下タンク貯蔵所であり，防油堤を持たない構造であるため，燃焼面積はガソリンスタンドの敷地面積と等しいとした。 ※2：JIS K2202－2012 記載値 ※3：NUREG－1805 記載値 ※4：評価ガイド記載値 枠囲みの内容は商業秘密のため公開できません	(a)評価条件 危険物貯蔵施設の火災の想定は以下の通りとした。 ⅰ．評価対象とする危険物貯蔵施設は 10km 圏内(敷地内を除く)における危険物貯蔵施設のうち，第３－１表で抽出した危険物貯蔵施設に第３－２表で示す貯蔵量があると仮定した場合を想定した。 ⅱ．評価対象とする危険物貯蔵施設の燃料は満載した状態を想定した。 ⅲ．気象条件は無風状態とした。 ⅳ．火災は円筒火炎モデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とした。 ⅴ．火災の形態は危険物貯蔵施設の全面火災とした。 第３－３表　評価条件 ［　　］ ※1：対象施設は地下タンク貯蔵所であり，防油堤を持たない構造であるため，燃焼面積はガソリンスタンドの敷地面積と等しいとした ※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値 ※3：評価ガイド付属書Ｂ記載値	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】設計方針の相違 ・女川は 10km 圏内の最短距離の危険物貯蔵施設に 10km 圏内の最大貯蔵量が存在すると仮定して評価しているが，泊は仮想危険物貯蔵施設(n-ヘキサン)の評価結果である 1,500m より近接する危険物貯蔵施設を評価対象として危険距離を算出している。また，貯蔵量は保守的に各油種が危険数量の倍数分あるとして評価している。 【女川】設計方針の相違 ・危険物貯蔵施設の違いによる評価条件の相違 【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉

b．必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

輻射発散度［W/m²］：58×10³（ガソリン）

防油堤規模[m²]：500（敷地面積相当）

c．燃焼半径の算出

当該施設の敷地面積Ｓ を防油堤規模と同等とし、燃焼半径を算出した。敷地面積は地図情報からＳ ＝500［m²］とした。

$R = ((w \times d) / \pi)^{1/2}$

R＝燃焼半径、w＝防油堤幅、d＝防油堤奥行き

$R = (500/\pi)^{1/2} = 12.61$［m］

女川原子力発電所２号炉

b．　燃焼半径の算出

火災を想定する発電所に最も近い危険物貯蔵施設は地下タンク貯蔵所（ガソリンスタンド）であり，防油堤を持たない構造であるため，燃焼面積はガソリンスタンドの敷地面積と等しいとする。

したがって，燃焼半径 R[m]のガソリンスタンドの敷地面積を円筒の底面と仮定し算出する。

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

R:燃焼半径[m]，S:燃焼面積[m^2]

第 3-5 表　危険物貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積［m²］	燃焼半径［m］
ガソリンスタンド		

c．燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は，燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

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

t:燃焼継続時間[s]，V:燃料量[m^3]，R:燃焼半径[m]

v:燃焼速度(= M/ρ)[m/s]

M:質量低下速度[$kg/m^2/s$]，ρ:密度[kg/m^3]

第 3-6 表　危険物貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 [m³] V	燃焼半径 [m] R	質量低下速度 [kg/m²/s] M	燃料密度 [kg/m³] ρ	燃焼継続時間 [s] t
ガソリンスタンド					

枠囲みの内容は商業機密のため公開できません

d．建屋外壁に対する危険距離評価

(a) 評価対象範囲

評価対象施設の外壁について，危険物貯蔵施設の火災を想定して評価を実施した。

(b) 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 3-7 表に示す。

泊発電所３号炉

(b)燃焼半径の算出

火災を想定する発電所に最も近い危険物貯蔵施設は地下タンク貯蔵所（ガソリンスタンド）であり，防油堤を持たない構造であるため，燃焼面積はガソリンスタンドの敷地面積と等しいとする。

したがって，燃焼半径 R[m]のガソリンスタンドの敷地面積を円筒の底面と仮定し算出する。

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

R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m^2]

第 3－4 表 危険物貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積 S［m²］	燃焼半径 R［m］
ガソリンスタンド		

(c)燃焼継続時間の算出

燃焼継続時間は，燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

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

t：燃焼継続時間[s]，V：燃料量[m^3]

R：燃焼半径[m]，v：燃焼速度＝M/ρ[m/s]

M：質量低下速度[$kg/m^2 \cdot s$]，ρ：燃料密度[kg/m^3]

第 3－5 表　危険物貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料の種類	燃料量 V［m³］	燃焼半径 R［m］	質量低下速度 M［kg/m²･s］	燃料密度 ρ［kg/m³］	燃焼継続時間 t［s］
ガソリンスタンド						

(d)建屋外壁に対する危険距離評価

ⅰ．評価対象範囲

評価対象施設の外壁について，危険物貯蔵施設の火災を想定して評価を実施した。

ⅱ．想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 3－6 表に示す。

相違理由

【女川】設計方針の相違
・危険物貯蔵施設の違いによる評価条件の相違

【女川】設計方針の相違
・危険物貯蔵施設の違いによる評価条件の相違（以降の評価結果については，各評価対象施設における最も厳しい油種について記載する）

大飯発電所３／４号炉

d．危険輻射強度の算出について

産業施設において保有する燃料が、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を照射した時に表面温度が 200℃に到達する輻射強度を危険輻射強度とする。

原子炉施設外壁表面の温度上昇は次式 [1]で求められる。

$$T=T_0+\frac{2\times E\times\sqrt{a\times\tau}}{\lambda}\times\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\times\exp\left(-\frac{x^2}{4\times a\times\tau}\right)-\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\,erfc\left(\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\right)\right]$$

T_o：初期温度（50℃）

E　：輻射強度［W/m²］

α：コンクリート温度伝導率

$\alpha=\lambda/(\rho\times Cp)$

Cp：コンクリート比熱（963［J/kgK］）

ρ：コンクリート密度（2300［kg/m³］）

λ：コンクリート熱伝導率（1.74［W/mK］）

χ：コンクリート深さ（0［m］）

τ：燃焼継続時間（1023［sec］）

$\tau=38/(500\times7.43\times10^{-5})=1023$

1）庄司正弘，東京大学機械工学６，伝熱工学，東京大学出版

女川原子力発電所２号炉

第 3-7 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離(m)		
	原子炉建屋	制御建屋	タービン建屋
ガソリンスタンド	2,400	2,400	2,300

(c) 判断の考え方

ⅰ．危険輻射強度

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

ⅱ．評価方法

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

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

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

T_0:初期温度(50[℃])，E:輻射強度[W/m²]

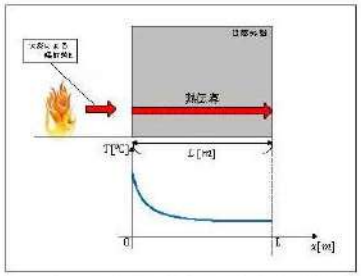
x:コンクリート深さ，t:火災継続時間(725[s])

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])

（出典：伝熱工学，東京大学出版会）



第 3-4 図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図

泊発電所３号炉

第３−６表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]			
	原子炉建屋	原子炉補助建屋	ディーゼル発電機建屋	循環水ポンプ建屋
ガソリンスタンド	1,450	1,500	1,500	1,600

ⅲ．判断の考え方

（ⅰ）危険輻射強度

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

（ⅱ）評価方法

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

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

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

（出典：伝熱工学，東京大学出版会）

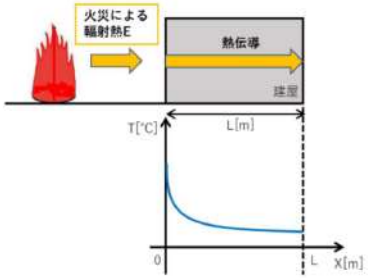
T：許容温度(200[℃])，T_0：初期温度(50[℃])，E：輻射強度[W/m²]

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(3,060[s])

x：コンクリート壁表面深さ(0[m])



第３−４図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図

相違理由

【女川】設計方針の相違・立地条件による離隔距離の相違

【女川】設計方針の相違・危険物貯蔵施設の違いによる評価条件の相違（評価式は同一）

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

上記式より、受熱面の表面温度がＴ＝200℃を超えない輻射強度Ｅを求めると約 8120［W/m²］となり、この値を危険輻射強度とした。

ｅ．危険距離の算出

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

$E = Rf \times \phi$

E：輻射強度、Rf：輻射発散度、ϕ：形態係数

ここでＥ を危険輻射強度とし、そのときの形態係数を求めると、

ϕ＝Ｅ/Ｒｆ＝8120/58000＝0.14

となる。

また、形態係数は次の式で与えられる。

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

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

ϕ：形態係数、L：危険距離、H：火炎高さ、R：燃焼半径

女川原子力発電所２号炉

式１で求めた危険輻射強度となる形態係数 Φ を，式２より算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad （式２）$$

E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数

第 3-8 表　対象施設の形態係数

対象施設	輻射発散度［W/m²］	形態係数［-］
原子炉建屋	58000	0.171
制御建屋	58000	0.171
タービン建屋	58000	0.171

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

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

H:火炎長(52.77[m])　R:火炎半径(17.59[m])　L:危険距離[m]

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

- 火炎長が天井より短い場合，天井に輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- 火炎長が天井より長い場合，天井に輻射熱を与えるが，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 3-5 図に示す。
- 火炎からの距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井の熱影響は外壁に比べて小さい。

泊発電所３号炉

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数 Φ を式２より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad （式２）$$

E：輻射強度[W/m²]，Rf：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

第３－７表　対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	輻射発散度[W/m²]	形態係数[-]
原子炉建屋	灯油	50,000	0.095
原子炉補助建屋			
ディーゼル発電機建屋			
循環水ポンプ建屋			

式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離Ｌを式３より算出する。

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

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

H：火炎長(53.52[m])，R：燃焼半径(17.84[m])，L：危険距離[m]

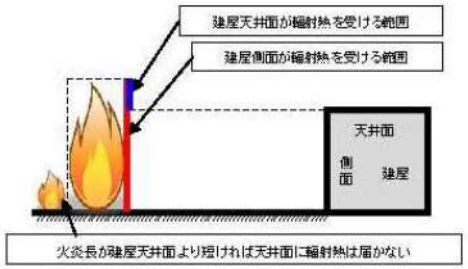
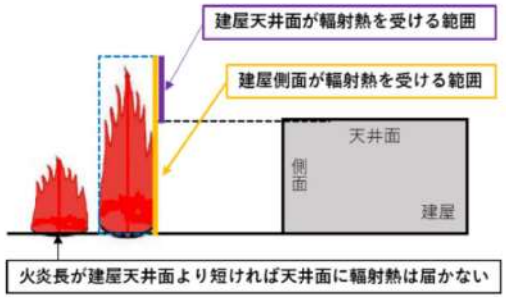
上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお，天井スラブは以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。

- 火炎長が天井より短い場合，天井に輻射熱を与えないことから熱影響はない。
- 火炎長が天井より長い場合，天井に輻射熱を与えるが，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３－５図に示す。
- 火炎からの距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井の熱影響は外壁に比べて小さい。

相違理由

【女川】記載方針の相違・他資料との記載統一

【女川】設計方針の相違・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
危険輻射強度に相当する形態係数φ＝0.14 を上記式に代入し、危険距離Ｌを求めると、 Ｌ＝42［m］ となることから、危険距離Ｌを約 50［m］とする。	 第 3-5 図　建屋天井面の評価概念図 ⅲ．評価結果 危険輻射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果，各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果のうち，危険輻射強度を第 3-9 表に，危険距離を第 3-10 表に示す。 第 3-9 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設 / 危険輻射強度［kW/m²］ 原子炉建屋 / 9.90 制御建屋 / 9.90 タービン建屋 / 9.90 第 3-10 表　外壁への危険物貯蔵施設火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離（m） / 離隔距離（m） 原子炉建屋 / 48 / 2,400 制御建屋 / 48 / 2,400 タービン建屋 / 48 / 2,300 e．復水貯蔵タンクの温度評価 (a) 評価対象範囲 復水貯蔵タンクについて，危険物貯蔵施設の火災を想定して評価を実施した。 (b) 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 3-11 表に示す。	 第 3－5 図　建屋天井面の評価概念図 （ⅲ）評価結果 危険輻射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果，各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果のうち，危険輻射強度を第 3-8 表に，危険距離を第 3-9 表に示す。 第 3－8 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設 / 危険輻射強度[W/m²] 原子炉建屋 / 4,750 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋 第 3－9 表　外壁への危険物貯蔵施設火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉建屋 / 74 / 1,450 原子炉補助建屋 / 1,500 ディーゼル発電機建屋 / 1,500 循環水ポンプ建屋 / 1,600	【女川】設計方針の相違・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違 【女川】設計方針の相違・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違 【女川】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施設は無い）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第 3-11 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離（m）
	復水貯蔵タンク
ガソリンスタンド	2,500

復水貯蔵タンクについて，危険物貯蔵施設の火災を想定して評価を実施した。

(c) 判断の考え方

ⅰ．危険輻射強度

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，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℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。

ⅱ．評価方法

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして，表面での輻射による復水貯蔵タンクの温度上昇を表した比熱と熱容量の関係式よりタンク（x=0）の温度から危険輻射強度を算出する。

$$T = T_0 + \frac{Et\left(\frac{\pi D_o h}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi h}{4} + 2\pi\frac{D_i^2}{4}e\right\}} \quad （式１）$$

T_0:初期温度(50[℃])，E:輻射強度[W/m²]，t:火災継続時間(725[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）

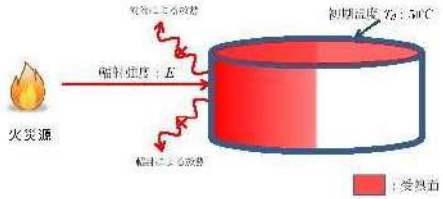
第 3-12 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度 [kW/m²]
復水貯蔵タンク	29.0

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，直接輻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，対流及び輻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 3-6 図に示す。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第 3-6 図　復水貯蔵タンクの評価概念図

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad （式２）$$

E:輻射強度 [W/m^2]，Rf:輻射発散度 [W/m^2]，Φ:形態係数 [-]

第 3-13 表　対象施設の形態係数

対象施設	輻射発散度［W/m^2］	形態係数［-］
復水貯蔵タンク	58000	0.50

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

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

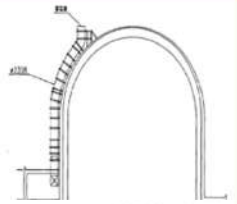
H:火炎長 (52.77[m])　R:火炎半径 (17.59[m])　L:危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

iii．評価結果

危険輻射強度より復水貯蔵タンクの危険距離を算出した結果，復水貯蔵タンクまでの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。

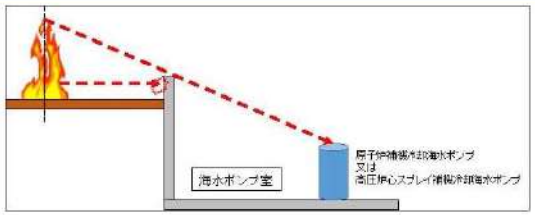
評価結果を第 3-14 表に示す。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	第 3-14 表　復水貯蔵タンクへの危険物貯蔵施設火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離 (m) / 離隔距離 (m) 復水貯蔵タンク / 18 / 2,500 f．排気筒の温度評価 (a) 影響評価対象範囲 排気筒について，危険物貯蔵施設の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 3-15 表に，排気筒外形図を第 3-7 図に示す。 第 3-15 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 160m 材料：筒身 SMA400AP / 鉄塔 SS400，STK400 個数：1 第 3-7 図　評価対象施設の外形図 (c) 評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 3-16 表に示す。 第 3-16 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離(m) 排気筒 ガソリンスタンド / 2,600 (d) 判断の考え方 ｉ．危険輻射強度 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，排気筒の鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 ⅱ．評価方法 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱	(e)排気筒の温度評価 ｉ．影響評価対象範囲 排気筒について，危険物貯蔵施設の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。 ⅱ．評価対象施設の仕様 排気筒仕様を第３－10 表に，排気筒外形図を第３－6 図に示す。 第３－10 表　排気筒の仕様 名称：排気筒 種類：丸形 主要寸法：外径 2,308mm / 地表高さ 73.1m 材料：SUS304 個数：1  第３－6 図　排気筒の外形図 ⅲ．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第３－11 表に示す。 第３－11 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離[m] 排気筒 ガソリンスタンド / 1,450 ⅳ．判断の考え方 （ｉ）危険輻射強度 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，排気筒の鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 （ⅱ）評価方法 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱	【女川】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。 【女川】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 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による離隔距離の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式１により排気筒鉄塔表面の温度から危険輻射強度を算出する。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　（式１） ε:吸収率(0.9[−])※1　E:輻射強度[W/m²] h:熱伝達率(17[W/m²/K])※2　T_0:初期温度(50[℃]) ※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） 第 3-17 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設：排気筒　危険輻射強度［kW/m²］：10.4 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 $E = Rf \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数 第 3-18 表　対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　輻射発散度［W/m²］：58000　形態係数［-］：0.179 式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(52.77[m])　R:火炎半径(17.59[m])　L:危険距離[m]	するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式１により排気筒表面の温度から危険輻射強度を算出する。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　（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：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが，一般的な値として垂直外壁面，屋根面及び上げ裏面の夏季，冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから，これらのうち最も小さい値である 17 W/m²･K を用いる。） 第３－12 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設：排気筒　危険輻射強度[W/m²]：9,280 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数 Φ を式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式２） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第３－13 表　対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　燃料の種類：ガソリン　輻射発散度[W/m²]：58,000　形態係数[−]：0.16 式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離Ｌを式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(53.52[m])，R：燃焼半径(17.84[m])，L：危険距離[m]	【女川】設計方針の相違 ・泊は保守的に吸収率を１.０として評価 【女川】設計方針の相違 ・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違 【女川】設計方針の相違 ・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違

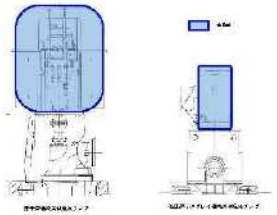
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお，評価に当たって排気筒は鉄塔と筒身で構成されているが，筒身よりも鉄塔が危険物貯蔵施設との距離が近いこと，材質も鉄塔はSS400，STK400，筒身では SMA400AP であり，物性値が鉄塔，筒身ともに軟鋼で同一であることから，鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。排気筒の評価概念図を第 3-8 図に示す。 第 3-8 図　排気筒の評価概念図	上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。排気筒の評価概念図を第３－７図に示す。 第３－７図　排気筒の評価概念図	【女川】設計方針の相違 ・泊は排気筒が筒身のみである。
	iii．評価結果 危険輻射強度より排気筒鉄塔の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 3-19 表に示す。 第 3-19 表　排気筒への危険物貯蔵施設火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離（m） / 離隔距離（m） 排気筒 / 47 / 2,600	（iii）評価結果 危険輻射強度より排気筒の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第３－14 表に示す。 第３－14 表　排気筒への危険物貯蔵施設火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 排気筒 / 53 / 1,450	【女川】設計方針の相違 ・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違
	g．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 3-9 図，海水ポンプ室内配置を第 3-10 図，外形図を第 3-11 図，仕様を第 3-20 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。	(f) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 i．評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要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。	【女川】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，泊に高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはない。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第 3-9 図　火災発生位置と海水ポンプの位置関係

第 3-10 図　海水ポンプの配置図



第 3-11 図　海水ポンプの外形図

第 3-20 表　評価対象施設の仕様

	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 2.8m 高さ　約 2.9m	全幅　約 0.55m 高さ　約 1.08m
材質	SS400	FC150
個数	4	1

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（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3-21 表に示す。 第 3-21 表　危険物貯蔵施設から海水ポンプ室までの離隔距離 想定火災源：危険物貯蔵施設 海水ポンプ室[m]：2,400 判断の考え方 ⅰ．危険輻射強度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機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の許容温度は，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 3-22 表，第 3-23 表に示す。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，軸受の機能が維持される冷却空気の許容温度を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 第 3-22 表 海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度 対象機器：原子炉補機冷却海水ポンプ／高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受温度[℃]：40※1／55※2 下部軸受温度[℃]：55※2／55※2 ※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-2137-2000「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 80℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 40℃を冷却空気の許容温度に設定 ※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-2137-2000「誘導機」で定める耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 55℃を冷却空気の許容温度に設定 第 3-23 表　海水ポンプの通常運転時の上昇温度 対象機器：原子炉補機冷却海水ポンプ／高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受温度[℃]：27／32 下部軸受温度[℃]：18.7／41	ⅱ．火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離 原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第３－15 表に示す。 第３－15 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：ガソリンスタンド 離隔距離[m]／循環水ポンプ建屋：1,600 ⅲ．判断の考え方 （ⅰ）危険輻射強度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，下部軸受の機能が維持される吸い込み外気の許容温度 80℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

ⅱ．評価方法

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，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が一定の輻射強度によって昇温されるものとして，比熱と熱容量の関係式より求まる下式より冷却空気温度から危険輻射強度を算出する。

評価に用いた諸元を第 3-24 表に示す。

$$T = T_0 + \frac{E \times A_r}{G \times C_p} \quad （式１）$$

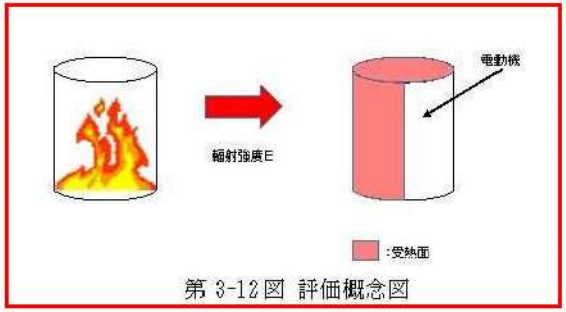
T:評価温度[℃]，T_0:通常運転時の上昇温度[℃]
E:輻射強度[W/m²]，A_r:受熱面積[m²]
C:熱容量(＝G×C_p)，G:重量流量[kg/s]，C_p:空気比熱[J/kg/K]

第 3-24 表　評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m²] A_r	重量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/K] Cp
原子炉補機冷却海水ポンプ	13.19	3.32	1008
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1.19	0.55	1008

第 3-25 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度 [kW/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	3.31
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	6.54



第 3-12 図 評価概念図

（ⅱ）評価方法

循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度から危険輻射強度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第３－８図に示す。

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

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

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

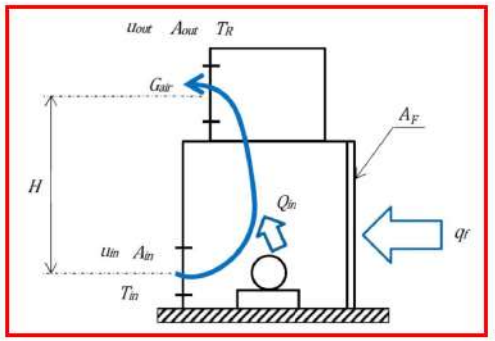
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

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

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

※1 出典：空気調和・衛星工学便覧第 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(湿き空気として算出)

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_{Pin}：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]



第３－８図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \qquad (式２)$$

E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-]

第 3-26 表　対象施設の形態係数

対象施設	輻射発散度 [W/m²]	形態係数 [-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	58000	0.057
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	58000	0.113

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

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

H:火炎長(5277[m])　R:火炎半径(1759[m])　L:危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

（ｃ）評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 3-27 表に示す。

第 3-27 表 評価対象施設に対する熱影響評価結果

評価対象施設		危険距離 [m]	離隔距離 [m]
原子炉補機冷却海水ポンプ	上部軸受	98	2,400
	下部軸受	51	2,400
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	上部軸受	45	2,400
	下部軸受	65	2,400

第 3－16 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	2,900

式①～⑤より求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数 Φ を式２より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \qquad (式2)$$

E：輻射強度[W/m²]，Rf：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

第３－17 表　対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	輻射発散度[W/m²]	形態係数[-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	ガソリン	58,000	0.050

式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離Ｌを式３より算出する。

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

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

H：火炎長(53.52[m])，R：燃焼半径(17.84[m])，L：危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，当該危険物貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

ⅳ．評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第３－18 表に示す。

第３－18 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの危険物貯蔵施設火災影響評価結果

対象施設	危険距離[m]	離隔距離[m]
原子炉補機冷却海水ポンプ	109	1,600

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
(3)判断の考え方 石油コンビナート等の火災による影響の有無は、想定される石油コンビナート等の火災に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険距離以上であることとされている。 当該施設から当該原子炉施設までの離隔距離は、[redacted]危険距離以上離れていることから、火災による影響はないものと評価する。	h．危険距離の評価結果 危険物貯蔵施設と評価対象設備との離隔距離は第 3-28 表のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。 第 3-28 表　危険距離の算出結果 評価対象 / 離隔距離 [m] / 危険距離 [m] 原子炉建屋 / 2,400 / 48 制御建屋 / 2,400 / 48 タービン建屋 / 2,300 / 48 原子炉補機冷却海水ポンプ / 2,400 / 39 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ / 2,400 / 35 排気筒 / 2,600 / 47 復水貯蔵タンク / 2,500 / 18 i．火災による熱影響の有無の評価 最大貯蔵量の危険物貯蔵施設における危険距離は最大でも 99m であり，離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。よって，発電所敷地外の危険物貯蔵施設において火災が発生した場合においても女川原子力発電所への影響はない。 （2）高圧ガス貯蔵施設 女川原子力発電所から 10km 圏内（敷地内を除く）における高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵量は[redacted]であり，女川原子力発電所から最も近い高圧ガス貯蔵施設までの離隔距離は約 700m であった。（第 3-13 図） 仮に最短離隔距離（小屋取地区）の高圧ガス貯蔵施設に最大貯蔵量[redacted]があったと仮定しても，２号炉原子炉建屋に到達する輻射熱は１号炉軽油貯蔵タンク火災の輻射強度より十分小さいことから，１号炉軽油貯蔵タンクによる火災の評価結果に包絡される。 また，飛来物の影響について評価を実施し，飛来物の最大飛散距離は[redacted]となり，女川原子力発電所との離隔距離約 700m よりも小さいことを確認した。 よって，発電所敷地外の高圧ガス貯蔵施設において火災・爆発が発生した場合においても発電所への影響はないことを確認した。	(g)危険距離の評価結果 危険物貯蔵施設と評価対象設備との離隔距離は第 3－19 表 のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。 第 3－19 表　危険物貯蔵施設火災の評価結果 評価対象 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉建屋 / 74 / 1,450 原子炉補助建屋 /	1,500 ディーゼル発電機建屋 /	1,500 循環水ポンプ建屋 /	1,600 排気筒 / 53 / 1,450 原子炉補機冷却海水ポンプ / 109 / 1,600 (h)火災による熱影響の有無の評価 危険物貯蔵施設における危険距離は最大でも 109m であり，離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。よって，発電所敷地外の危険物貯蔵施設において火災が発生した場合においても泊発電所への影響はない。 b．高圧ガス貯蔵施設の火災影響評価 泊発電所から 10km 圏内（敷地内を除く）における高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵量は[redacted]であり，泊発電所から最も近い高圧ガス貯蔵施設までの離隔距離は約 5，700[m]であった。（第３－９図） 最短離隔距離の高圧ガス貯蔵施設に最大貯蔵量[redacted]があったとして，熱影響評価及び爆風圧による影響評価を実施したところ，危険距離は 30[m]，危険限界距離は 87[m]となり，泊発電所との離隔距離約 5，700[m]より小さいことを確認した。 また，飛来物の影響について評価を実施し，飛来物の最大飛散距離は[redacted]となり，泊発電所との離隔距離約 5，700[m]よりも小さいことを確認した。 よって，発電所敷地外の高圧ガス貯蔵施設において火災・爆発が発生した場合においても発電所への影響はないことを確認した。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】設計方針の相違 ・危険物貯蔵施設の違いによる評価結果の相違 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違 【女川】発電所名の相違 【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一 【女川】発電所名の相違 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による高圧ガス貯蔵施設の相違 【女川】設計方針の相違 ・女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施し確認している。 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による高圧ガス貯蔵施設の相違 【女川】発電所名の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第 3-28 表　敷地外高圧ガス貯蔵施設と１号炉軽油貯蔵タンクの比較

	敷地外危険物貯蔵施設	１号炉軽油貯蔵タンク
最大貯蔵量	[redacted]	620kl
離隔距離[m]	約 700	約 170
貯蔵油種	プロパン	軽油
貯蔵油種の輻射発散度[W/m²]	74×10³	48×10³
形態係数	4.27×10⁻⁴	8.82×10⁻³
輻射強度[W/m²]	31.6	423

※燃焼半径を保守的に１号炉軽油貯蔵タンクと同じ値だったとして算出している

枠囲みの内容は商業秘密のため公開できません

地図出典：国土地理院ウェブサイト

第 3-13 図　高圧ガス貯蔵施設位置

第 3-14 図　１号炉軽油貯蔵タンク位置

第 3－9 図　高圧ガス貯蔵施設位置

第 3－20 表　10km 圏内における最大の高圧ガスの貯蔵量

燃料の種類	貯蔵量[t]
液化石油ガス	[redacted]

【女川】設計方針の相違
・女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施し確認している。

【女川】設計方針の相違
・地域特性による高圧ガス貯蔵施設の相違

(a) 評価条件

高圧ガス貯蔵施設の火災の想定は以下の通りとした。

ⅰ．評価対象とする高圧ガス貯蔵施設は 10km 圏内（敷地内を除く）における唯一の高圧ガス貯蔵施設を想定した。

ⅱ．評価対象とする高圧ガス貯蔵施設の燃料は満載した状態を想定した。

ⅲ．気象条件は無風状態とした。

ⅳ．火災は円筒火炎モデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とした。

ⅴ．火災の形態は高圧ガス貯蔵施設の全面火災とした。

【女川】設計方針の相違
・本項については，女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施するため記載している。

第 3－21 表　評価条件

燃料の種類	プロパン
燃料量[t]	[redacted]
燃焼面積※1[m²]	
質量低下速度※2[kg/m²･s]	0.089
輻射発散度※3[W/m²]	74,000

※1：燃焼面積は高圧ガス貯蔵施設の敷地面積とした
※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値
※3：評価ガイド付属書Ｂ記載値

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		(b)燃焼半径の算出 燃焼面積は保守的に対象施設の敷地面積と等しいとする。 したがって，燃焼半径R[m]の敷地面積を円筒の底面と仮定し算出する。 $R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積［m²］ 第３－22表 高圧ガス貯蔵施設の燃焼半径 想定火災源 / 燃焼面積 S［m²］ / 燃焼半径 R［m］ 高圧ガス貯蔵施設 / [redacted]	【女川】設計方針の相違 ・本項については，女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施するため記載している。
		(c)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。 $t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$，$v = \frac{M}{\rho}$ より，$t = \frac{m}{\pi R^2 \times M}$ t：燃焼継続時間[s]，V：燃料量[m³] R：燃焼半径[m]，M：質量低下速度[kg/m²･s] v：燃焼速度［m/s］，ρ：燃料密度[kg/m³]，m：質量[kg] 第３－23表　高圧ガス貯蔵施設の燃焼継続時間 想定火災源 / 燃料の種類 / 燃焼半径 R［m］ / 質量低下速度 M［kg/m²･s］ / 質量 m［kg］ / 燃焼継続時間 t［s］ 高圧ガス貯蔵施設 / プロパン / [redacted]	【女川】設計方針の相違 ・本項については，女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施するため記載している。
		(d)建屋外壁に対する危険距離評価 ⅰ．評価対象範囲 評価対象施設の外壁について，高圧ガス貯蔵施設の火災を想定して評価を実施した。 ⅱ．想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第３－24表に示す。 第３－24表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離[m]：原子炉建屋 / 原子炉補助建屋 / ディーゼル発電機建屋 / 循環水ポンプ建屋 高圧ガス貯蔵施設 / 5,850 / 5,900 / 5,800 / 5,700	【女川】設計方針の相違 ・本項については，女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施するため記載している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		iii．判断の考え方 （ｉ）危険輻射強度 コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃に至る輻射強度を危険輻射強度とし，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを，危険距離及び離隔距離から確認する。 （ⅱ）評価方法 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，火災源を単一の円筒火炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体として式１の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より外壁表面（x=0）の温度が 200℃となる輻射強度を危険輻射強度として算出する。 なお，コンクリート表面温度評価にあたっては，外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため，保守的に対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$ （式１） （出典：伝熱工学，東京大学出版会） 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(2,592[s]) x：コンクリート壁表面深さ(0[m]) 式１で求めた危険輻射強度 E となる形態係数 Φ を式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$ （式２） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第３－25 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 燃料の種類 / 輻射発散度[W/m²] / 形態係数[－] 循環水ポンプ建屋 / プロパン / 74,000 / 0.068 式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離 L を式３より算出する。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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

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

H：火炎長(12.96[m])，R：燃焼半径(4.32[m])，L：危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，当該高圧ガス貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

（iii）評価結果

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

評価結果のうち，危険輻射強度を第３－26 表に，危険距離を第３－27 表に示す。

第３－26 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m²]
原子炉建屋	5,032
原子炉補助建屋	
ディーゼル発電機建屋	
循環水ポンプ建屋	

第３－27 表　外壁への高圧ガス貯蔵施設火災影響評価結果

対象施設	危険距離[m]	離隔距離[m]
原子炉建屋	22	5,850
原子炉補助建屋		5,900
ディーゼル発電機建屋		5,800
循環水ポンプ建屋		5,700

(e)排気筒の温度評価

ｉ．影響評価対象範囲

排気筒について，高圧ガス貯蔵施設の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。

ⅱ．評価対象施設の仕様

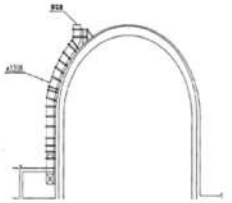
排気筒仕様を第３－28 表に，排気筒外形図を第３－10 図に示す。

【女川】設計方針の相違
・本項については，女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施するため記載している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第 3－28 表　排気筒の仕様

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



第 3－10 図　排気筒の外形図

iii．評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 3－29 表に示す。

第 3－29 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	排気筒
高圧ガス貯蔵施設	5,850

iv．判断の考え方

（ｉ）危険輻射強度

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

（ii）評価方法

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

なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

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

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：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが，一般的な値として垂直外壁面，屋根面及び上げ裏面の夏季，冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから，これらのうち最も小さい値である 17 W/m²･K を用いる。）

第 3－30 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m²]
排気筒	8,880

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		式１で求めた危険輻射強度 E となる形態係数 Φ を式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式２） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第３－31 表　対象施設の形態係数 対象施設 | 燃料の種類 | 輻射発散度[W/m²] | 形態係数[－] 排気筒 | プロパン | 74,000 | 0.12 式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離 L を式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3,\ n = \frac{L}{R},\ A = (1+n)^2 + m^2,\ B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(12.96[m])，R：燃焼半径(4.32[m])，L：危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該高圧ガス貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。 （iii）評価結果 危険輻射強度より排気筒の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第３－32 表に示す。 第３－32 表　排気筒への高圧ガス貯蔵施設火災影響評価結果 対象施設 | 危険距離[m] | 離隔距離[m] 排気筒 | 16 | 5,850 (f)原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 ｉ．評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影	【女川】設計方針の相違 ・本項については，女川は１号炉軽油貯蔵タンクに包絡されるとしているが，泊は評価を実施するため記載している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要となる冷却空気の温度が，許容温度以下となることを確認する。 ⅱ．火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離 原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第３－33 表に示す。 第３－33 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：高圧ガス貯蔵施設 離隔距離[m]：循環水ポンプ建屋：5,700 ⅲ．判断の考え方 （ⅰ）危険輻射強度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，下部軸受の機能が維持される吸い込み外気の許容温度 80℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 （ⅱ）評価方法 循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度から危険輻射強度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第３－11 図に示す。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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

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

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

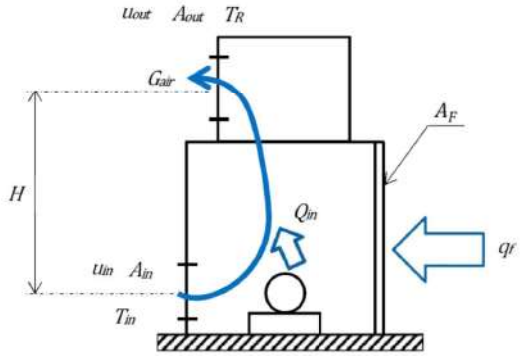
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

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

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

※1 出典：空気調和・衛星工学便覧第 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(湿き空気として算出)

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_{Pin}：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]



第 3－11 図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

第 3－34 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[kW/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	2，886

式①～⑤より求めた危険輻射強度 E となる形態係数 Φ を式 2 より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad (式 2)$$

E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第３－35 表　対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	輻射発散度[W/m²]	形態係数[－]
原子炉補機冷却海水ポンプ	プロパン	74,000	0.039

式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離 L を式３より算出する。

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

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

H：火炎長(12.96[m])，R：燃焼半径(4.32[m])，L：危険距離[m]

上記のとおり危険距離を算出し，当該高圧ガス貯蔵施設から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。

（iii）評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第３－36 表に示す。

第３－36 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの高圧ガス貯蔵施設火災影響評価結果

対象施設	危険距離[m]	離隔距離[m]
原子炉補機冷却海水ポンプ	30	5,700

(g)危険距離の評価結果

高圧ガス貯蔵施設と評価対象設備との離隔距離は第３－37 表のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。

第３－37 表　高圧ガス貯蔵施設火災の評価結果

評価対象	危険距離[m]	離隔距離[m]
原子炉建屋	22	5,850
原子炉補助建屋		5,900
ディーゼル発電機建屋		5,800
循環水ポンプ建屋		5,700
排気筒	16	5,850
原子炉補機冷却海水ポンプ	30	5,700

大飯発電所３／４号炉

2．発電所周辺における石油コンビナート等のガス爆発影響評価

(1)石油コンビナート等のガス爆発想定（高圧ガス漏洩による爆発）

ガイドに基づき、屋外貯蔵タンクの爆発の想定を以下のとおりとした。

A．想定の条件

気象条件は無風状態とした。

B．ガス爆発の形態

高圧ガス漏洩、引火によるガス爆発とした。

(2)石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無の評価

a．評価対象範囲

火災の影響評価と同様に、発電所周辺に石油コンビナートが存在しないため、発電所敷地外の[redacted]爆発を想定することとした。

b．必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

石油類のK値：888×10^3（プロパンの最大値）

貯蔵設備等のW値：5.31

・爆発評価に必要な石油類のK 値について、ガソリンの値がガイド附録B に掲載がないため、施設に保有されている燃料をＬＰＧとしてk値を想定することとした。

・貯蔵施設のW値について、ＬＰＧの比重は 585［kg/m³］※であるが、ガソリンの比重は 740［kg/m³］※ であるため、W値の算出においては、ガソリンの比重を使用することとする。

貯蔵容量 38［m³］であることから、貯蔵施設の貯蔵能力を 28.12［トン］とし、ガイドに基づきその平方根の値とした。

※：NUREG-1805, FireDynamicsTools(FDTs)の値

女川原子力発電所２号炉

第 3-30 表　高圧ガス爆発の想定条件

想定条件	
気象条件	無風状態
貯蔵ガス	液化石油ガス
貯蔵ガス K 値	888×1000（プロパン）
貯蔵量[t]	[redacted]
貯蔵設備 W 値	[redacted]
爆発形態	高圧ガスの漏えい後，引火によりガス爆発が発生

[redacted]

泊発電所３号炉

(h)火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から，高圧ガス貯蔵施設において火災が発生した場合を想定したとしても，離隔距離（5,700m）が危険距離（最大 30m）以上であることから，発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。

c．高圧ガス貯蔵施設の爆発影響評価

(a)想定条件

高圧ガス貯蔵施設の爆発火災の想定は以下のとおりとした。

ⅰ．評価対象とする高圧ガス貯蔵施設は 10km 圏内（敷地内を除く）における高圧ガス貯蔵施設のうち，最大貯蔵量が泊発電所に最も近い高圧ガス貯蔵施設にあると仮定した場合を想定した。

ⅱ．評価対象とする高圧ガス貯蔵施設の燃料（プロパン）は満載した状態を想定した。

ⅲ．気象条件は無風状態とした。

(b)評価手法の概要

本評価は，泊発電所に対する高圧ガス貯蔵施設のガス爆発による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３－38 表　評価指標及びその内容

評価指標	内容
危険限界距離[m]	ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa 以下になる距離

(c)必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第３－39 表　高圧ガス爆発の評価条件

データ種類	内容
石油のK値	コンビナート等保安規則５条別表第二に掲げる数値 K=888,000（プロパンの最大値）
貯蔵設備又は処理設備のW値	コンビナート等保安規定第５条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあっては貯蔵能力（単位：トン）の数値の平方根の数値（貯蔵能力が一トン未満のものにあっては，貯蔵能力（単位：トン）の数値），圧縮ガスの貯蔵設備にあっては貯蔵能力（単位：立方メートル）を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量（単位：トン）に換算して得られた数値の平方根の数値（換算して得られた数値が一未満のものにあっては，当該換算して得られた数値） 処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位：トン）の数値
[redacted]	
離隔距離[m]	高圧ガス貯蔵施設から発電用原子炉施設までの距離 5,700m

相違理由

【女川】記載方針の相違
・本項については爆発影響評価について記載しているが，女川は「条件」「手法」「結果」のみ記載しているおり，泊は他の評価と同様に「想定条件」「評価手法の概要」についても記載している。
【大飯】記載表現の相違

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

【女川】設計方針の相違
・地域特性による高圧ガス貯蔵施設の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
c．危険限界距離の算出 危険限界距離は次式で与えられる。 $X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$ X：危険限界距離，λ：換算距離 14.4［m･kg$^{-1/3}$］， K：石油類の定数，W：設備定数 上記式にK、Wを代入し、危険限界距離Xを求めると、 X＝96.6［m］ となることから、危険限界距離Xを約 100［m］とする。 (3)判断の考え方 石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無は、想定される石油コンビナート等のガス爆発に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険限界距離以上であることとされている。 当該施設から当該原子炉施設までの離隔距離は、[redacted]危険距離以上離れていることから、爆発による影響はないものと評価する。	危険限界距離の算出方法 評価ガイドに基づき，危険限界距離を以下の式から算出する。 $X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$ X：危険限界距離　λ：換算距離 14.4[m・kg$^{-1/3}$] K：石油類の定数[－]　W：設備定数[－] [redacted] となり，危険限界距離Xは約 70m となる。 よって，女川原子力発電所との離隔距離は約 700m あることから，爆風圧による女川原子力発電所への影響はない。 第 3-31 表 高圧ガス貯蔵施設の危険限界距離評価結果 評価対象 / 離隔距離[m] / 危険限界距離[m] 原子炉建屋 747 制御建屋 645 タービン建屋 620 原子炉補機冷却海水ポンプ 758 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 758 排気筒 765 復水貯蔵タンク 716 危険限界距離 70 枠囲みの内容は商業機密の観点から公開できません	(d)危険限界距離の算出 次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が高圧ガス貯蔵施設と発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。 $X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$ X：危険限界距離[m]，λ：換算距離 14.4[m･kg$^{-1/3}$]， K：石油類の定数 888,000(プロパン)［－］，[redacted] (e)爆発による影響評価結果 以上の結果から，高圧ガス貯蔵施設において爆発が発生した場合を想定したとしても，離隔距離（5,700m）が危険限界距離（87m）以上であることから，発電用原子炉施設に爆風圧による影響はないと評価する。 第３－40 表　危険限界距離評価結果 評価対象施設 / 離隔距離[m] / 危険限界距離[m] 原子炉建屋 5,850 原子炉補助建屋 5,900 ディーゼル発電機建屋 5,800 循環水ポンプ建屋 5,700 排気筒 5,850 原子炉補機海水ポンプ 5,700 危険限界距離 87	【女川】記載方針の相違・他資料との記載統一 【女川】記載方針の相違・他資料との記載統一 【女川】設計方針の相違・高圧ガス貯蔵施設の違いによる評価結果の相違 【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】設計方針の相違・地域特性による評価結果の相違
3．発電所周辺における施設の爆発による飛来物影響評価 (1)評価上必要となる距離の算出方法 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年３月消防庁特殊災害室）に基づき、容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。 $L = 465 \times M^{0.10}$ L：破片の最大飛散範囲（m） M：破裂時の貯蔵物質量（kg） a. 評価対象範囲 2. の爆発の影響評価と同様に、発電所周辺に石油コンビナートが存在しないため、発電所敷地外の[redacted]爆発による飛来物を想定することとした。 なお、極小飛来物については、竜巻影響評価において、衝撃荷重は無視し得ることを確認している。	（ａ）飛来物の影響評価 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年３月消防庁特殊災害室）※1に基づき，高圧ガス貯蔵施設からの飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ，飛来物到達距離に対し，女川原子力発電所までの離隔距離が飛来物到達距離以上あり，原子炉施設への影響がないことを確認した。 なお，発電所から最も近い施設では，指針が適用されるコンビナート等の大規模な高圧ガスタンク等の形状ではなく，液化石油ガス※2が封入された複数の 50kg ガスボンベが設置されている。当該容器単体の破損による破片の飛散範囲について評価を行った。 ※1:石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するに当たって，災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針	d. 高圧ガス貯蔵施設の飛来物の影響評価 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年３月消防庁特殊災害室）※1に基づき，高圧ガス貯蔵施設（液化石油ガス※2）からの飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ，飛来物到達距離に対し，泊発電所までの離隔距離が飛来物到達距離以上あり，発電用原子炉施設への影響がないことを確認した。 ※1 石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するにあたって，災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】記載方針の相違・他資料との記載統一 【女川】記載方針の相違・ガス貯蔵形状の違いによる記載箇所の相違 【女川】発電所名の相違 【女川】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う評価条件の相違（泊は発電所敷地外 10km 以内に存在する高圧ガス貯蔵施設を想定）

大飯発電所３／４号炉

b. 必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

貯蔵物質量M［kg］　：28,120

・貯蔵物質量について、ガソリンの比重は740[kg/m³]※であり、貯蔵容量38［m³］であることから、28,120［kg］とした。

※：NUREG-1805，Fire Dynamics Tools（FDT^s）のガソリンの値

(2)破片の最大飛散範囲の算出

上記の式から破片の最大飛散範囲を求めると、L＝1,296[m]となる。

(3)判断の考え方

石油コンビナート等のガス爆発による飛来物の影響の有無は、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が、評価上必要とされる破片の最大飛散範囲以上確保されていれば、影響はないものと考えることができる。

当該施設から当該原子炉施設までの離隔距離は[redacted]最大飛散範囲以上離れていることから、爆発による飛散物の影響はないものと評価する。

以下に石油コンビナートの防災アセスメント指針の抜粋を示す。

(6) 飛散物

容器の破裂による破片の飛散範囲は，破裂エネルギーのほか，破片の数，重量や形状，射出角度や初速度により異なってくる。文献 11）には飛散物に関するいくつかの推定式が示されているが，防災アセスメントのような事前評価において，これらの飛散条件を考慮して評価を行うことは事実上困難といえる。ただし，LPG 容器の BLEVE に伴う破片の飛散範囲に関しては，次のような簡易式が示されている[11]。

L＝90 M$^{0.333}$（容積 5m³未満の容器）
＝465 M$^{0.10}$（容積 5m³以上の容器）　（式 31）

ただし，
L：破片の最大飛散範囲(m)
M：破裂時の貯蔵物質量(kg)

この式を東日本大震災の LPG 爆発火災（M＝300,000kg）に適用すると次のようになる。

L＝465×300000$^{0.10}$＝1640m

この事故では，タンク破片が最大約 1,300m，板金が最大約 6,200m まで飛散している。板金は厚さ 0.5mm の薄板であり，揚力によって遠方まで達したものと考えられる。一方，タンク本体の破片や付属重量物が飛散した場合には，落下・衝突による被害が懸念されるが，この事故によるタンク破片の飛散距離最大約 1,300m と照らし合わせると，式 31 により大まかな推定は可能と考えられる。なお，プラントの異常反応に伴う容器破裂に関しては式 31 は適用できないため，過去の事故事例などをもとに推定することになる。

女川原子力発電所２号炉

※2：液化石油ガスの貯蔵設備は貯蔵量に応じて液化石油ガス保安規則等の関係法令に基づき，保安物件と必要な距離等をとることが規定されている。

第 3-32 表　飛来物の評価条件

施設名称	ガス種類	貯蔵量	飛来物到達距離	離隔距離
当社社員寮	液化石油ガス	[redacted]	[redacted]	700m

○飛来物の最大飛散距離の評価上必要となる距離の算出方法

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年 3 月消防庁特殊災害室）に基づき，容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。

L＝90M$^{0.333}$　（容積 5m³未満の容器）
L：破片の最大飛散範囲　M：破裂時の貯蔵物質量
[redacted]

となり，飛来物の最大飛散距離 L は[redacted]となる。

よって，女川原子力発電所との離隔距離が約 700m あることから，飛来物による女川原子力発電所への影響はない。

以下に「石油コンビナートの防災アセスメント指針」の抜粋を示す。

(6) 飛散物

容器の破裂による破片の飛散範囲は，破裂エネルギーのほか，破片の数，重量や形状，射出角度や初速度により異なってくる。文献 11）には飛散物に関するいくつかの推定式が示されているが，防災アセスメントのような事前評価において，これらの飛散条件を考慮して評価を行うことは事実上困難といえる。ただし，LPG 容器の BLEVE に伴う破片の飛散範囲に関しては，次のような簡易式が示されている[11]。

L＝90 M$^{0.333}$（容積 5m³未満の容器）
＝465 M$^{0.10}$（容積 5m³以上の容器）　（式 31）

ただし，
L：破片の最大飛散範囲(m)
M：破裂時の貯蔵物質量(kg)

この式を東日本大震災の LPG 爆発火災（M＝300,000kg）に適用すると次のようになる。

L＝465×300000$^{0.10}$＝1640m

この事故では，タンク破片が最大約 1,300m，板金が最大約 6,200m まで飛散している。板金は厚さ 0.5mm の薄板であり，揚力によって遠方まで達したものと考えられる。一方，タンク本体の破片や付属重量物が飛散した場合には，落下・衝突による被害が懸念されるが，この事故によるタンク破片の飛散距離最大約 1,300m と照らし合わせると，式 31 により大まかな推定は可能と考えられる。なお，プラントの異常反応に伴う容器破裂に関しては式 31 は適用できないため，過去の事故事例などをもとに推定することになる。

泊発電所３号炉

※2 液化石油ガスの貯蔵設備は貯蔵量に応じて液化石油ガス保安規則等の関係法令に基づき，保安物件と必要な距離等をとることが規定されている。

第３－41 表　飛来物の評価条件

想定火災源	貯蔵ガス	貯蔵量[t]	飛来物到達距離[m]	離隔距離[m]
高圧ガス貯蔵施設	液化石油ガス	[redacted]	[redacted]	5,700

(a)飛来物の最大飛散距離の算出方法

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年 3 月消防庁特殊災害室）に基づき，容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。

L=465M$^{0.10}$（容積 5m³以上の容器）
L：破片の最大飛散範囲[m]，M：破裂時の貯蔵物質量[kg]
[redacted]

となり，飛来物の最大飛散距離 L は[redacted]となる。

よって，泊発電所との離隔距離が 5,700m あることから，飛来物による泊発電所への影響はない。

以下に「石油コンビナートの防災アセスメント指針」の抜粋を示す。

(6) 飛散物

容器の破裂による破片の飛散範囲は，破裂エネルギーのほか，破片の数，重量や形状，射出角度や初速度により異なってくる。文献 11）には飛散物に関するいくつかの推定式が示されているが，防災アセスメントのような事前評価において，これらの飛散条件を考慮して評価を行うことは事実上困難といえる。ただし，LPG 容器の BLEVE に伴う破片の飛散範囲に関しては，次のような簡易式が示されている[11]。

L＝90 M$^{0.333}$（容積 5m³未満の容器）
＝465 M$^{0.10}$（容積 5m³以上の容器）　（式 31）

ただし，
L：破片の最大飛散範囲(m)
M：破裂時の貯蔵物質量(kg)

この式を東日本大震災の LPG 爆発火災（M＝300,000kg）に適用すると次のようになる。

L＝465×300000$^{0.10}$＝1640m

この事故では，タンク破片が最大約 1,300m，板金が最大約 6,200m まで飛散している。板金は厚さ 0.5mm の薄板であり，揚力によって遠方まで達したものと考えられる。一方，タンク本体の破片や付属重量物が飛散した場合には，落下・衝突による被害が懸念されるが，この事故によるタンク破片の飛散距離最大約 1,300m と照らし合わせると，式 31 により大まかな推定は可能と考えられる。なお，プラントの異常反応に伴う容器破裂に関しては式 31 は適用できないため，過去の事故事例などをもとに推定することになる。

相違理由

【女川】設計方針の相違
・地域特性による評価結果の相違

【女川】設計方針の相違
・評価対象の違いによる評価式の相違

【女川】設計方針の相違
・評価対象の違いによる評価結果の相違
【女川】発電所名の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
以　上 添付資料８ （参考） 爆発評価において使用したＫ値、Ｗ値について 発電所周辺のガソリンスタンドの爆発影響評価においては、以下のとおり石油類のＫ値としてプロパンの最大値、貯蔵施設等のＷ値としてガソリンの比重を用いて評価を実施し、保守的な結果が得られるように考慮している。 1．危険限界距離について ガイドにより危険限界距離は次式で与えられる。 $X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$ X：危険限界距離、λ：換算距離 14.4［m･kg$^{-1/3}$］、 K：石油類の定数、W：設備定数 上記式からＫ値、Ｗ値は、値が大きい方が危険限界距離は大きくなるため、評価上、保守的な評価結果が得られる。 2．Ｋ値、Ｗ値について ガイドにおいてＫ値は附録Ｂに掲載されており、Ｗ値は以下のとおりとされている。 液化ガスの貯蔵設備にあっては貯蔵能力（単位トン）の数値の平方根の数値（貯蔵能力が一トン未満のものにあっては、貯蔵能力（単位トン）の数値） ガソリンスタンドにおける爆発評価のため、対象の危険物をガソリンと想定するが、ガソリンのＫ値については附録Ｂに掲載がないため、附録Ｂにおける炭化水素系の物質のＫ値を参考に想定した。炭化水素系の物質のＫ値は下表のとおりとなっている。 レギュラーガソリンの主な成分は、炭素数 4～12 の炭化水素の混合物であることから、ペンタンやヘキサンの最大値 648 を考慮して、さらに大きな値であるプロパンの値を使用することとした。			【大飯】設計方針の相違・地域特性により，泊・女川は敷地外高圧ガス貯蔵施設（液化プロパンガス）を評価対象としており，ガイドに記載の値を使用して評価を実施

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

エタン 炭素数 2	常用の温度	-20 未満	-20 以上 10 未満	10 以上 40 未満	40 以上		
	k	272	417	650	905		
プロパン 炭素数 3	常用の温度	10 未満	10 以上 40 未満	40 以上 70 未満	70 以上 100 未満	100 以上	
	k	178	328	497	737	888	
ブタン 炭素数 4	常用の温度	40 未満	40 以上 70 未満	70 以上 100 未満	100 以上 130 未満	130 以上	
	k	128	229	360	503	640	
ペンタン 炭素数 5	常用の温度	40 未満	40 以上 70 未満	70 以上 100 未満	100 以上 130 未満	130 以上 160 未満	160 以上
	k	65	84	240	401	550	648
ヘキサン 炭素数 6	常用の温度	70 未満	70 以上 100 未満	100 以上 130 未満	130 以上 160 未満	160 以上	
	k	65	162	356	518	648	

一方、貯蔵施設のW値について、ＬＰＧの比重は 585[kg/m^3]※であるが、ガソリンの比重は 740[kg/m^3]※であるため、より値の大きいガソリンの比重を使用し、W値を算出することとした。

※：NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDT^s)の値

以 上

大飯発電所３／４号炉

東海第二発電所

別紙 3.1

仮想危険物貯蔵施設の危険距離の算出について

1. 評価条件

(1) 想定の条件

a. 評価対象とする危険物貯蔵施設は熱影響が最大となる仮想危険物貯蔵施設（n-ヘキサンを 10 万 kL 貯蔵）を想定した。

b. 評価対象とする危険物貯蔵施設の燃料は満載した状態を想定した。

c. 離隔距離は，評価上厳しくなるよう，a. で想定した危険物貯蔵施設位置から評価対象施設までの直線距離とした。

d. 消防法で定める最大の防油堤（80,000m²）内の全面火災を想定した。

e. 気象条件は無風状態とした。

f. 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。

(2) 輻射強度の算定

油の液面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倍にした円筒火炎モデルを採用した。

(3) 危険物貯蔵施設及び燃料に係るデータ

危険物貯蔵施設及び燃料に係るデータを第 1 表に示す。

第 1 表　危険物貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 V (m³)	輻射発散度 Rf (kW/m²)※1	質量低下速度 M (kg/m²/s)※2	燃料密度 ρ (kg/m³)※2	防油堤面積 S (m²)
仮想危険物貯蔵施設	n-ヘキサン	100,000	85	0.074	650	80,000

※1　評価ガイド記載値
※2　NUREG－1805記載値

2. 評価結果

(1) 燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため，燃焼半径は防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。算出結果を第 2 表に示す。

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

R：燃焼半径(m)，S：防油堤面積（＝燃焼面積）(m²)

女川原子力発電所２号炉

泊発電所３号炉

別紙－1

仮想危険物貯蔵施設の危険距離の算出について

1. 評価条件

(1) 想定の条件

a. 評価対象とする危険物貯蔵施設は熱影響が最大となる仮想危険物貯蔵施設（n-ヘキサンを 10 万 kL 貯蔵）とした。

b. 評価対象とする危険物貯蔵施設の燃料は満載した状態を想定した。

c. 防油堤内の全面火災を想定した。

d. 防油堤面積は，保守的に消防法で定める最大の 80,000m² とした。

e. 気象条件は無風状態とした。

f. 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。

(2) 危険物貯蔵施設及び燃料に係るデータ

危険物貯蔵施設及び燃料に係るデータを第 1 表に示す。

第 1 表　危険物貯蔵施設及び燃料に係るデータ

想定火災源	燃料の種類	燃料量 V [m³]	輻射発散度 Rf [W/m²]※1	質量低下速度 M [kg/m²·s]※2	燃料密度 ρ [kg/m³]※2	防油堤面積 S [m²]
仮想危険物貯蔵施設	n-ヘキサン	100,000	85,000	0.074	650	80,000

※1 評価ガイド付属書 B 記載値
※2 NUREG-1805 記載値

2. 評価結果

(1) 燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため，燃焼半径は防油堤面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。算出結果を第 2 表に示す。

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

R：燃焼半径[m]，S：防油堤面積 [m²]

相違理由

【女川・大飯】
設計方針の相違
・泊は石油コンビナート相当の貯蔵量の n-ヘキサンの火災影響を危険物貯蔵施設の最大値として仮定し，その結果を踏まえて評価対象の危険物貯蔵施設を決定しているため，その評価について本別紙に記載している。（東海第二と同一の方針。記載内容については他評価の記載と統一を図っており，排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプについても評価を実施している。）

大飯発電所３／４号炉

第２表　危険物貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	防油堤面積 S (m²)	燃焼半径 R (m)
仮想危険物貯蔵施設	80,000	160

(2) 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。算出結果を第３表に示す。

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

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３表　危険物貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V (m³)	燃焼半径 R (m)	質量低下速度 M (kg／m²／s)	燃料密度 ρ (kg／m³)	燃焼継続時間 t (s)
仮想危険物タンク	100,000	160	0.074	650	10,984

(3) 危険距離の算出

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求まるコンクリート表面の温度が 200℃となる輻射強度（＝危険輻射強度）を，評価ガイドに基づく形態係数の算出式に代入し，危険距離について解くと結果は 1,329m となるため，保守的に 1.4km を抽出範囲とした。

なお，外壁以外の評価対象施設は以下の理由により，外壁の評価に包絡される。評価結果を第４表に示す。

・主排気筒は鋼材，外壁はコンクリートであるが，危険距離が長い外壁の方が評価上厳しい。
・非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。），残留熱除去系海水系ポンプ及び非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ内の空気は流れており，熱が蓄積される効果が小さいため，外壁の方が評価上厳しい。

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

T：許容温度(200℃)，T_0：初期温度(50℃)，E：輻射強度(W／m²)
α：コンクリート温度伝導率(＝λ／ρ C_p)(7.7×10⁻⁷m²／s)
ρ：コンクリート密度(2,400kg／m³)，C_p：コンクリート比熱(880J／kg／K)
λ：コンクリート熱伝導率(1.63W／m／K)，t：燃焼継続時間(10,984s)
x：コンクリート壁表面深さ(0m)

女川原子力発電所２号炉

泊発電所３号炉

第２表　危険物貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	防油堤面積 S [m²]	燃焼半径 R [m]
仮想危険物貯蔵施設	80,000	159.58

(2) 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。算出結果を第３表に示す。

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

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３表　危険物貯蔵施設の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m³]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m²･s]	燃料密度 ρ [kg/m³]	燃焼継続時間 t[s]
仮想危険物貯蔵施設	100,000	159.58	0.074	650	10,980

(3) 危険距離の算出

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，式１の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より，コンクリート表面の温度が 200℃となる危険輻射強度を求める。

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

（出典：伝熱工学，東京大学出版会）

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(＝λ/ρC_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(10,980[s])
x：コンクリート壁表面深さ(0[m])

相違理由

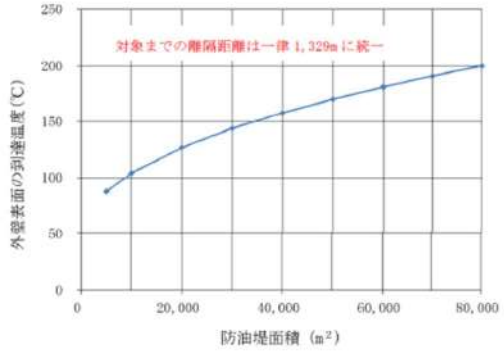
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第４表　外壁への危険物貯蔵施設火災影響評価結果

想定火災源	危険距離 (m)
仮想危険物貯蔵施設	1,329

(4) 想定した防油堤面積の保守性について

下図に示すとおり，防油堤面積は大きいほど外壁表面の到達温度が上昇することから，消防法で定める最大の防油堤面積を評価で用いることは保守的である。



第１図　防油堤面積と外壁表面の到達温度の関係

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを式２より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad (式2)$$

Ｅ：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを式３より算出する。算出結果を第４表に示す。

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

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

Ｈ：火炎長[m]，Ｒ：燃焼半径[m]，Ｌ：危険距離(m)

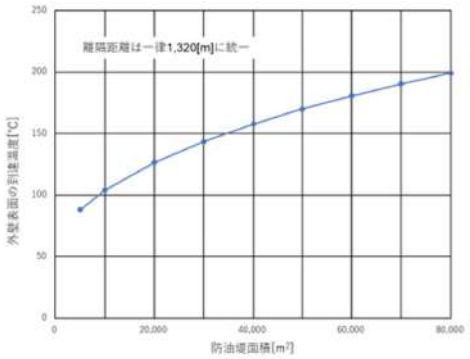
第４表　仮想危険物貯蔵施設火災の評価結果

想定火災源	危険距離 [m]
仮想危険物貯蔵施設	1,320

なお，同様に排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプの危険距離を算出した結果，642m 及び 1211m となり原子炉施設外壁の評価結果に包絡される。

(4) 想定した防油堤面積の保守性について

下図に示すとおり，防油堤面積は大きいほど外壁表面の到達温度が上昇することから，消防法で定める最大の防油堤面積を評価で用いることは保守的である。



第１図　防油堤面積と外壁表面の到達温度の関係

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料 20 （参考）大量の危険物を貯蔵する施設における火災・爆発の影響評価について 発電所周辺の主な工場において貯蔵されている危険物の量について詳細を把握できないため、当社の姫路 LNG 基地（敷地面積：約３３万㎡）における LNG タンクに貯蔵される燃料量の規模を想定することとして、以下のとおり火災・爆発の評価を実施した。 姫路 LNG 基地における LNG タンクの仕様は表７のとおりである。 表７　姫路 LNG 基地の LNG タンク容量 No. / #1 / #2 / #3 / #4 / #5 / #6 / #7 外槽内径（m） / 61.3 / 61.3 / 61.3 / 43.9 / 61.3 / 61.3 / 61.3 底面積合計（m^2） / 約 20,000 容量（m^3） / 80,000 / 80,000 / 80,000 / 40,000 / 80,000 / 80,000 / 80,000 容量合計（m^3） / 520,000 （写真：姫路 LNG 基地の LNG タンク　当社 HP より） (1)発電所周辺における石油コンビナート等の火災影響評価 a．原子炉施設への影響評価 発電所敷地外の屋外貯蔵タンクの火災評価について、ガイドに基づき以下のとおり実施する。 (a)必要データ 評価に用いるデータは以下のとおり。 輻射発散度［W/㎡］：76×10^3（メタン） 火炎の面積［㎡］：20,000（タンク底面積の合計値とした） (b)燃焼半径の算出 当該施設のタンクの底面積の合計Ｓ を火災の底面積と同等とし、燃焼半径を算出する。 $R=(S/\pi)^{1/2}$ R＝燃焼半径、S＝火炎の面積 $R=(20,000/\pi)^{1/2}=79.79$［m］			【大飯】設計方針の相違・地域特性により，泊は 10km 圏内に大規模な産業施設は抽出されていない。（大飯は直線距離で 7km の位置に大規模な産業施設がある）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
(c)危険輻射強度の算出について 産業施設において保有する燃料が、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を照射した時に表面温度が 200℃に到達する輻射強度を危険輻射強度とする。 原子炉施設外壁表面の温度上昇は次式 1)で求められる。 $T=T_0+\frac{2\times E\times\sqrt{a\times\tau}}{\lambda}\times\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\times\exp\left(-\frac{x^2}{4\times a\times\tau}\right)-\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\,erfc\left(\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\right)\right]$ To：初期温度（50℃） E ：輻射強度［W/m²］ α：コンクリート温度伝導率 $\alpha=\lambda/(\rho\times Cp)$ Cp：コンクリート比熱（963［J/kgK］） ρ：コンクリート密度（2,300［kg/m³］） λ：コンクリート熱伝導率（1.74［W/mK］） χ：コンクリート深さ（0［m］） τ：燃焼継続時間（139,038［sec］） $\tau=520,000/(20,000\times1.87\times10^{-4})=139,038$ 1）庄司正弘，東京大学機械工学６，伝熱工学，東京大学出版 上記式より、受熱面の表面温度がＴ＝200℃を超えない輻射強度Ｅを求めると約 684［W/m²］となり、この値を危険輻射強度とする。 (d)危険距離の算出 火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値となる。 $E=Rf\times\phi$ E：輻射強度、Rf：輻射発散度、ϕ：形態係数 ここでEを危険輻射強度とし、そのときの形態係数を求めると、 $\phi=E/Rf=684/76,000=0.0090$ となる。また、形態係数は次の式で与えられる。 $\phi=\frac{1}{m\pi}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right)+\frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right]-\frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$ ただし、$m=\frac{H}{R}\cong3$ ，$n=\frac{L}{R}$ ，$A=(1+n)^2+m^2$ ，$B=(1-n)^2+m^2$ ϕ：形態係数、L：危険距離、H：火炎高さ、R：燃焼半径			

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
危険輻射強度に相当する形態係数φ＝0.0090 を上記式に代入し、危険距離Ｌを求めると、 Ｌ＝約 1,180［m］ となることから、危険距離Ｌは約 1,200［m］とする。 (e) 評価結果 石油コンビナート等の火災による影響の有無は、想定される石油コンビナート等の火災に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険距離以上であることとされている。 危険距離 1,200［m］に対して、主な工場と発電所との離隔距離は 1,200［m］以上が確保されている。 b．海水ポンプへの影響評価 海水ポンプに対する火災評価について、火災の想定は「a．原子炉施設への影響評価」と同様とし、以下のとおり実施する。 (a)危険輻射強度の算出について 産業施設において保有する燃料が、火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で海水ポンプを照射した時に冷却用空気の取込温度が［　］℃に到達する輻射強度を危険輻射強度とする。 海水ポンプの冷却用空気の取込温度の温度上昇は次式で求められる。 $T = T_0 + \frac{E \times (A_T / 2)}{G \cdot C_p}$ To：外気吸込温度（38.1℃：外気温度） E　：輻射強度［W/m²］ A_T：海水ポンプ受熱面の表面積（28.94［m²］） G　：冷却空気の重量流量（3.90［kg/s］） Cp：空気の比熱（1,007［J/kgK］） 枠囲みの範囲は商業機密に係る事項ですので公開することはできません。 上記式より、冷却用空気の取込温度がＴ＝［　］℃を超えない輻射強度Ｅを求めると約［　］［W/m²］となり、この値を危険輻射強度とする。			

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
(b)危険距離の算出 火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は、輻射発散度に形態係数を掛けた値となる。 $E = Rf \times \phi$ E：輻射強度、Rf：輻射発散度、ϕ：形態係数 ここでEを危険輻射強度とし、そのときの形態係数を求めると、 $\phi = E / Rf =$ [redacted] となる。また、形態係数は次の式で与えられる。 $\phi = \frac{1}{\pi m}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$ ただし、$m = \frac{H}{R} \cong 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ ϕ：形態係数、L：危険距離、H：火炎高さ、R：燃焼半径 危険輻射強度に相当する形態係数ϕ＝[redacted]を上記式に代入し、危険距離Ｌ を求めると、 Ｌ ＝約[redacted][m] となることから、危険距離Ｌ は約[redacted][m] とする。 (c) 評価結果 危険距離 [redacted][m] に対して、主な工場と発電所との離隔距離は[redacted][m] 以上が確保されている。 (2)石油コンビナート等のガス爆発による影響評価 ガス爆発による影響評価について、ガイドに基づき以下のとおり実施する。 (a) 必要データ 評価に用いるデータは以下のとおり。 石油類のK値：714×10^3（メタンの最大値） 貯蔵設備等のW値：465 ⇒ 貯蔵施設のW値については、当該施設の危険物保有量（520,000m³）と LNG の比重（415kg/m³）※から、貯蔵施設補の貯蔵能力を 215,800［トン］とし、ガイドに基づきその平方根の値とした。 ※：NUREG-1805, FireDynamicsTools(FDTˢ)の LNG の値 (b)危険限界距離の算出 危険限界距離は次式で与えられる。 $X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$ X：危険限界距離、λ：換算距離 14.4［m･kg$^{-1/3}$］、 K：石油類の定数、W：設備定数 上記式にK、Wを代入し危険限界距離Xを求めると、約 399［m］となることから、危険限界距離Xは 400［m］とする。			

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
(c) 評価結果 石油コンビナート等のガス爆発による影響の有無は、想定される石油コンビナート等のガス爆発に対して、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が評価上必要とされる危険限界距離以上であることとされている。 危険限界距離 400［m］に対して、主な工場と発電所との離隔距離は 400［m］以上が確保されている。 (3)発電所周辺における石油コンビナート等の爆発による飛来物影響評価 爆発時の飛来物評価について、「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年 3 月 消防庁特殊災害室）に基づき以下のとおり実施する。爆発の想定は(2)と同様の想定とし、破片の最大飛散範囲を評価する。 (a)破片の最大飛散範囲の算出 容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。 $L = 465 \times M^{0.10}$ L：破片の最大飛散範囲［m］ M：破裂時の貯蔵物質量［kg］ 上記式のMに 215,800,000［kg］を代入し破片の最大飛散範囲Lを求めると、約 3,169［m］となることから、破片の最大飛散範囲は 3,170［m］とする。 (b) 評価結果 石油コンビナート等のガス爆発による飛来物の影響の有無は、石油コンビナート等の施設から原子炉施設までの離隔距離が、評価上必要とされる破片の最大飛散範囲以上確保されていれば、影響はないものと考えることができる。 破片の最大飛散範囲 3,170［m］に対して、主な工場と発電所との離隔距離は 3,170［m］以上が確保されている。 (4)評価について 大飯発電所周辺の主な工場の立地状況に対して、当社の姫路 LNG 基地の規模における火災・爆発の評価結果を考慮すると、発電所に影響を及ぼすような工場はないものと考えられる。 以 上			

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

添付資料 21

輸送車両、有毒ガス、漂流船舶の衝突による影響について

１．目的

本評価は、輸送車両の発火による火災、漂流船舶の衝突、有毒ガスについて、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。

２．輸送車両の影響評価

危険物を搭載した車両が移動する主要道路としては、発電所から南方向約 6km のところを東西に通る一般国道 27 号線があり、発電所から十分な離隔距離が確保されていることから、国道における輸送車両の火災・爆発による影響はない。

図１：発電所周辺の主要道路

なお発電所周辺には、国道 27 号線から分岐した県道赤礁崎公園線が通っているため、この県道上において燃料輸送車が火災・爆発したことを想定し、影響評価を実施した。

燃料輸送車は、28KL 仕様のタンクローリー車を想定し、タンクにガソリンを最大量積載していることとする。

女川原子力発電所２号炉

添付資料－4

燃料輸送車両の火災・爆発について

１．目的

本評価は，発電所敷地外で発生する燃料輸送車両の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災やガス爆発が女川原子力発電所に隣接する地域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について，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価するものである。

２．燃料輸送車両の火災影響評価

（１）燃料輸送車両の火災の想定の条件

・発電所敷地外 10km 以内において，最大規模の燃料を搭載した燃料輸送車両が発電所敷地周辺道路で火災を起こした場合を想定する。
・燃料積載量は消防法（危険物の規制に関する政令第 15 条第１項三号）において定められている移動タンク貯蔵所の上限量（＝30kl）を搭載可能なタンクローリとする。
・燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
・輸送燃料はガソリンとする。
・発電所敷地外の道路において原子炉施設に最も近い場所（牡鹿ゲート）での燃料輸送車両の全面火災を想定する。
・気象条件は無風状態とする。
・火災は円筒火炎をモデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とする。

なお，高圧ガスを輸送する車両として，発電所から 10km 圏内における高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵量を積載した車両の爆発を想定した。

（２）評価手法の概要

本評価は，女川原子力発電所に対する燃料輸送車両の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 4-1 表 評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	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[-]	火炎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]	燃料輸送車両の投影面積より求めた燃焼半径
危険距離[m]	火災による輻射熱により許容限界温度になる距離

泊発電所３号炉

添付資料－4

燃料輸送車両の火災・爆発について

1. 目的

本評価は，発電所敷地外で発生する燃料輸送車両の火災やガス爆発に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災やガス爆発が泊発電所に隣接する地域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について，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価するものである。

2. 燃料輸送車両の火災影響評価

(1) 燃料輸送車両の火災の想定の条件

・発電所敷地外 10km 以内において，最大規模の燃料を搭載した燃料輸送車両が発電所敷地周辺道路で火災を起こした場合を想定する。
・燃料積載量は消防法（危険物の規制に関する政令第 15 条第１項三号）において定められている移動タンク貯蔵所の上限量（＝30kL）を搭載可能なタンクローリーとする。
・燃料輸送車両は燃料を満載した状態を想定する。
・輸送燃料はガソリンとする。
・発電所敷地外の道路において発電用原子炉施設に最も近い場所（想定される輸送ルートである国道 229 号線上）での燃料輸送車両の全面火災を想定する。
・気象条件は無風状態とする。
・火災は円筒火炎をモデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とする。

(2) 評価手法の概要

本評価は，泊発電所に対する燃料輸送車両の火災影響の有無の評価を目的としている。具体的な評価指標とその内容を以下に示す。

第 4－1 表　評価指標及びその内容

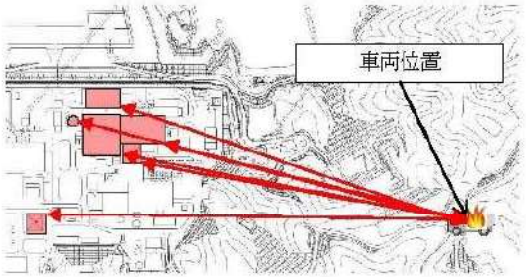
評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	燃料輸送車両の投影面積より求めた燃焼半径
危険距離[m]	火災による輻射熱により許容限界温度になる距離

相違理由

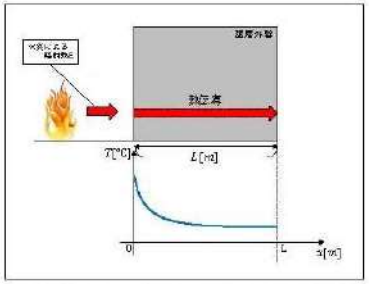
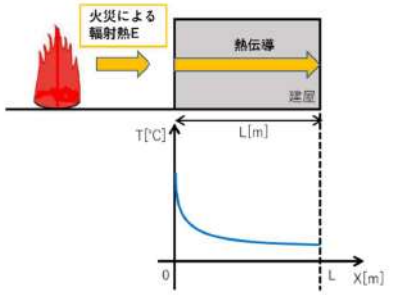
【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）
・泊・女川は別資料として構成
【大飯】記載表現の相違
【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）
【女川】発電所名の相違

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

【女川】記載表現の相違
【女川】設計方針の相違
・泊のゲート方向は輸送ルートではなく，重さ指定道路でないことから，輸送ルート上で最も発電所に近い場所での火災を想定
【女川】記載方針の相違
・泊は 3. 及び 4. に爆発の影響を記載している。（女川も同様の構成だが，再掲している）
【女川】発電所名の相違

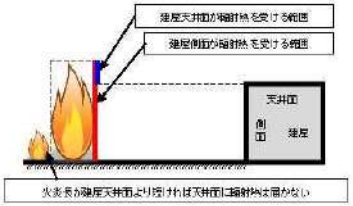
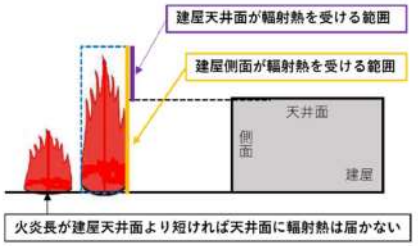
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	上記の評価指標は，受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では，火炎面積の半径が３ｍを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが，本評価では保守的な判断を行うために，火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。 輻射熱に対する設備の危険輻射強度を調査し，輻射強度がその設備の危険輻射強度以下になるように発電用原子炉施設は危険距離（離隔距離）を確保するものとする。	上記の評価指標は，受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では，火炎面積の半径が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危険輻射強度を調査し，輻射強度がその設備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。	
	（３）評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所敷地外の道路において原子炉施設に最も近い場所（牡鹿ゲート）で出火する最大規模の燃料輸送車両とする。	(3) 評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所敷地外の道路において発電用原子炉施設に最も近い場所（想定される輸送ルートである国道 229 号線上）で出火する最大規模の燃料輸送車両とする。	【女川】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違 ・泊のゲート方向は輸送ルートではなく，重さ指定道路でないことから，輸送ルート上で最も発電所に近い場所での火災を想定
	 第 4-1 図　タンクローリ火災想定位置と原子炉施設との位置関係	 第 4－1 図　タンクローリー火災想定位置と発電用原子炉施設との位置関係	
	（４）必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。	(4) 必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。	
燃料輸送車の仕様等は以下のとおり。 ・タンク容量Ｖ　：30.123［KL］（燃料はガソリンを想定） ・タンク投影面積Ｓ：22.6252［㎡］（9.16［m］×2.47［m］） ・離隔距離Ｌ　：600［m］ ガソリンの物性値は以下のとおり。 ・輻射発散度Ｒｆ　：58000［W/㎡］ ・密度 ρ　：740［kg/m³］ ・質量低下速度Ｍ　：0.055［kg/㎡･s］	燃料の種類：　ガソリン 燃料量：　30[kl] 輻射発散度：　58,000[W/m²]　※評価ガイド附属書Ｂのガソリン値 質量低下速度：　0.055[kg/m²/s]　※NUREG-1805 の Gasoline の値 燃料密度：　783[kg/m³] タンク断面積：　23.8[m²]	第 4－2 表　評価条件 燃料の種類：ガソリン 燃料量[m³]：30 燃焼面積※1[m²]：35.0 燃料密度※2[kg/m³]：740 質量低下速度※2[kg/m²･s]：0.055 輻射発散度※3[W/m²]：58,000 燃焼速度[m/s]：7.44×10^{-3} ※1：車両長(14.04m)と幅(2.49m)のタンクローリー車両の投影面積に等しいとした ※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値 ※3：評価ガイド付属書Ｂ記載値	【女川】設計方針の相違 ・想定車両の相違による評価条件の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（５）燃焼半径の算出 燃料輸送車両の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが，円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は，燃料輸送車両の投影面積に等しいものとする。したがって，燃焼半径 R[m]は燃料輸送車両の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。 $R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ R:燃焼半径[m]，S:燃焼面積(＝燃料輸送車両の投影面積)[m²] 第 4-2 表　燃料輸送車両の燃焼半径 想定火災源 / 燃焼面積 [m²] / 燃焼半径 [m] 燃料輸送車両 / 23.8 / 2.75	(5) 燃焼半径の算出 燃料輸送車両の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが，円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は，燃料輸送車両の投影面積に等しいものとする。したがって，燃焼半径 R[m]は燃料輸送車両の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。 $R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m²] 第 4－3 表 燃料輸送車両の燃焼半径 想定火災源 / 燃焼面積 S [m²] / 燃焼半径 R [m] 燃料輸送車両 / 35.0 / 3.34	【女川】設計方針の相違 ・想定車両の相違による評価結果の相違
	（６）燃焼継続時間の算出 燃焼継続時間は，燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。 $t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$ t:燃焼継続時間[s]，V:燃料量[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:密度[kg/m³] 第 4-3 表　燃料輸送車両の燃焼継続時間 想定火災源 / 燃料量 [m³] V / 燃焼半径 [m] R / 質量低下速度 [kg/m²/s] M / 燃料密度 [kg/m³] ρ / 燃焼継続時間 [s] t 燃料輸送車両 / 30 / 2.75 / 0.055 / 733 / 17835	(6) 燃焼継続時間の算出 燃焼継続時間は，燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。 $t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$ t：燃焼継続時間[s]，V：燃料量[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 4－4 表　燃料輸送車両の燃焼継続時間 想定火災源 / 燃料量 V [m³] / 燃焼半径 R [m] / 質量低下速度 M [kg/m²･s] / 燃料密度 ρ [kg/m³] / 燃焼継続時間 t [s] 燃料輸送車両 / 30 / 3.34 / 0.055 / 740 / 11,520	【女川】設計方針の相違 ・想定車両の相違による評価結果の相違
	（７）建屋外壁の温度評価 ａ．評価対象範囲 評価対象施設の外壁について，燃料輸送車両の火災を想定して評価を実施した。 ｂ．想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 4-4 表に示す。 第 4-4 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 原子炉建屋[m] / 制御建屋[m] / タービン建屋[m] 燃料輸送車両 / 727 / 879 / 839	(7) 建屋外壁に対する危険距離評価 (a) 評価対象範囲 評価対象施設の外壁について，燃料輸送車両の火災を想定して評価を実施した。 (b) 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 4-5 表に示す。 第 4－5 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離[m]：原子炉建屋 / 原子炉補助建屋 / ディーゼル発電機建屋 / 循環水ポンプ建屋 燃料輸送車両 / 750 / 700 / 800 / 850	【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価対象施設までの離隔距離の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	c．判断の考え方 (a) 危険輻射強度 コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃に至る輻射強度を危険輻射強度とし，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを，危険距離及び離隔距離から確認する。 (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，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，火災源を単一の円筒火炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体として式１の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より外壁表面（x=0）の温度が 200℃となる輻射強度を危険輻射強度として算出する。 なお，コンクリート表面温度評価にあたっては，外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため，保守的に対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$　（式１） T_0:初期温度(50[℃])，E:輻射強度[W/m²] x:コンクリート深さ，t:火炎継続時間(17935[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]) （出典：伝熱工学，東京大学出版会）  第 4-2図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。	(c) 判断の考え方 ⅰ．危険輻射強度 コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃に至る輻射強度を危険輻射強度とし，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを，危険距離及び離隔距離から確認する。 ⅱ．評価方法 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，火災源を単一の円筒火炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体として式１の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より外壁表面（x=0）の温度が 200℃となる輻射強度を危険輻射強度として算出する。 なお，コンクリート表面温度評価にあたっては，外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため，保守的に対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 $T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$　（式１） （出典：伝熱工学，東京大学出版会） 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(=λ/ρC_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(11,520[s]) x：コンクリート壁表面深さ(0[m])  第４－２図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを式２より算出する。	

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$E = 3f \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数 第 4-5 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 輻射発散度 [W/m²] / 形態係数 [-] 原子炉建屋 / 58000 / 0.0327 制御建屋 / 58000 / 0.0327 タービン建屋 / 58000 / 0.0327 式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(8.25[m])　R:火炎半径(2.75[m])　L:危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から各評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお，天井スラブは以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。 ・火炎長が天井より短い場合，天井に輻射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井より長い場合，天井に輻射熱を与えるが，その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。 ・火炎からの距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井の熱影響は外壁に比べて小さい。 天井スラブの評価概念図を第 4-3 図に示す。  第 4-3 図　天井スラブの評価概念図	$E = R_f \times \Phi$　（式２） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第 4－6 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 燃料の種類 / 輻射発散度[W/m²] / 形態係数[-] 原子炉建屋 / ガソリン / 58,000 / 0.040 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋 式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離 L を式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(10.02[m])，R：燃焼半径(3.34[m])，L：危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から各評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお，天井スラブは以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。 ・火炎長が天井より短い場合，天井に輻射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井より長い場合，天井に輻射熱を与えるが，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 4－3 図に示す。 ・火炎からの距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井の熱影響は外壁に比べて小さい。  第 4－3 図　建屋天井面の評価概念図	【女川】設計方針の相違 ・想定車両の相違による評価結果の相違 【女川】記載箇所の相違 ・他資料との記載統一 【女川】記載箇所の相違 ・他資料との記載統一

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	(c)評価結果 危険輻射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果，各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果のうち，危険輻射強度を第 4-6 表に，危険距離を第 4-7 表に示す。 第 4-6 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設 / 危険輻射強度［kW/m²］ 原子炉建屋 / 1.99 制御建屋 / 1.99 タービン建屋 / 1.99 第 4-7 表　外壁への燃料輸送車両火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉建屋 / 21 / 727 タービン建屋 / 21 / 839 制御建屋 / 21 / 879	iii．評価結果 危険輻射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果，各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果のうち，危険輻射強度を第 4－7 表に，危険距離を第 4－8 表に示す。 第 4－7 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設 / 危険輻射強度[W/m²] 原子炉建屋 / 2,320 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋 第 4－8 表　外壁への燃料輸送車両火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉建屋 / 23 / 750 原子炉補助建屋 / 700 ディーゼル発電機建屋 / 800 循環水ポンプ建屋 / 850	【女川】設計方針の相違 ・想定車両の相違による評価結果の相違 【女川】設計方針の相違 ・想定車両の相違による評価結果の相違
	（８）復水貯蔵タンクの温度評価 ａ．　評価対象範囲 復水貯蔵タンクについて，燃料輸送車両の火災を想定して評価を実施した。 ｂ．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 4-8 表に示す。 第 4-8 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離［m］ 燃料輸送車両 / 834 ｃ．　判断の考え方 (a) 危険輻射強度 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℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。		【女川】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施設は無い）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

(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，一定の輻射強度で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして，表面での輻射による復水貯蔵タンクの温度上昇を現した比熱と熱容量の関係式により復水貯蔵タンクの温度から危険輻射強度を算出する。

$$T = T_0 + \frac{E\tau\left(\frac{\pi D_o h}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi h}{4} + 2\pi\frac{D_o^2}{4}\theta\right\}} \quad (式1)$$

T_0:初期温度(50[℃])，E:輻射強度[W/m²]，τ:火災継続時間(17395[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])，θ: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 66℃となるように線形補間した値

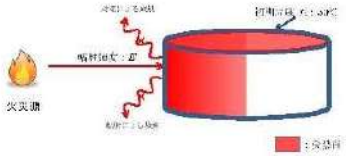
※2：伝熱工学資料第５版記載値（ステンレス鋼）

第 4-9 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度［kW/m²］
復水貯蔵タンク	3.73

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，直接輻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，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。

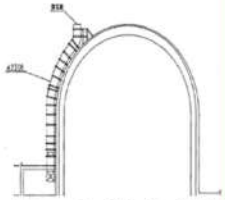
復水貯蔵タンクの評価概念図を第 4-4 図に示す。



第 4-4 図　受熱面積のイメージ

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。

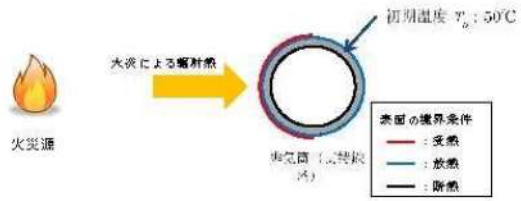
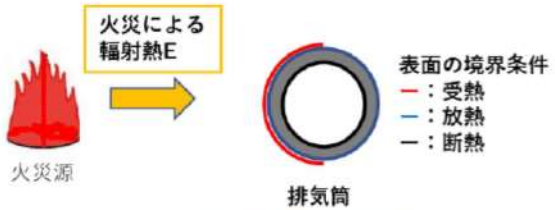
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$E = Rf \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-] 第 4-10 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 輻射発散度 [W/m²] / 形態係数 [-] 復水貯蔵タンク / 58000 / 0.117 式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi m}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(8.25[m])　R:火炎半径(2.75[m])　L:危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から復水貯蔵タンクまでの離隔距離を下回るか評価を実施した。 (c)評価結果 危険輻射強度より復水貯蔵タンクの危険距離を算出した結果，復水貯蔵タンクまでの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果を第 4-11 表に示す。 第 4-11 表　復水貯蔵タンクへの燃料輸送車両火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 復水貯蔵タンク / 15 / 834 （９）排気筒の温度評価 ａ．評価対象範囲 排気筒について，燃料輸送車両の火災を想定して評価を実施した。 なお，排気筒の評価にあたっては，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。	(8) 排気筒の温度評価 (a) 影響評価対象範囲 排気筒について，燃料輸送車両の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。	【女川】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。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	b．評価対象施設の仕様 排気筒仕様を第 4-12 表に，排気筒外形図を第 4-5 図に示す。 第 4-12 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 180m 材料：筒身 SMA400AP／鉄塔 SS400，STK400 個数：1 第 4-5 図　評価対象施設の外形図	(b) 評価対象施設の仕様 排気筒仕様を第 4－9 表に，排気筒外形図を第 4－4 図に示す。 第 4－9 表　排気筒の仕様 名称：排気筒 種類：丸形 主要寸法：外径 2,308mm／地表高さ 73.1m 材料：SUS304 個数：1  第 4－4 図　排気筒の外形図	【女川】設計方針の相違 ・排気筒の仕様の相違
	c．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 4-13 表に示す。 第 4-13 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：燃料輸送車両 離隔距離［m］：886	(c) 評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 4－10 表に示す。 第 4－10 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：燃料輸送車両 離隔距離［m］：排気筒 750	【女川】設計方針の相違 ・地域特性による離隔距離の相違
	d．判断の考え方 (a) 危険輻射強度 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，排気筒の鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 (b)評価方法 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式１により排気筒鉄塔表面の温度から危険輻射強度を算出する。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。	(d) 判断の考え方 ⅰ．危険輻射強度 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，排気筒の鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 ⅱ．評価方法 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式１により排気筒表面の温度から危険輻射強度を算出する。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。	【女川】設計方針の相違 ・泊は排気筒が筒身のみである。

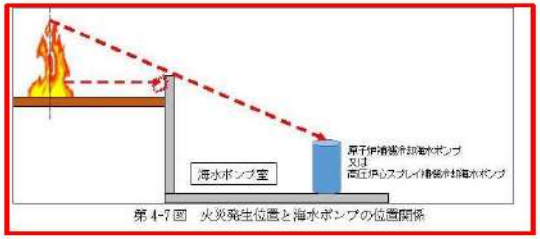
赤字：設備，運用又は体制の相違（設計方針の相違）
青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
緑字：記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　〔式１〕 ε:吸収率(0.9[−])※1　E:輻射強度[W/m²] h:熱伝達率(17[W/m²/K])※2　T_0:初期温度(30[℃]) ※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） 第 4-14 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設：排気筒　危険輻射強度［kW/m²］：10.4 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 $E = Rf \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数 第 4-15 表　対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　輻射発散度［W/m²］：58000　形態係数［-］：0.158 式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(8.25[m])　R:火炎半径(2.75[m])　L:危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。 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，筒身よりも鉄塔が燃料輸送車両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 4-6 図に示す。	$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　（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：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが，一般的な値として垂直外壁面，屋根面及び上げ裏面の夏季，冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから，これらのうち最も小さい値である 17 W/m²・K を用いる。） 第 4−11 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設：排気筒　危険輻射強度[W/m²]：9,280 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数 Φ を式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式２） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第 4−12 表　対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　燃料の種類：ガソリン　輻射発散度[W/m²]：58,000　形態係数[-]：0.16 式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離Ｌを式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(10.02[m])，R：燃焼半径(3.34[m])，L：危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。 排気筒の評価概念図を第 4−5 図に示す。	【女川】設計方針の相違 ・泊は保守的に吸収率を１.０として評価 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違。 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違。 【女川】設計方針の相違 ・泊は排気筒が筒身のみである。

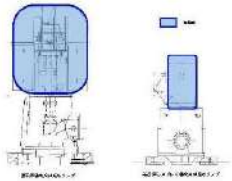
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 4-6 図　排気筒の評価概念図 (c)評価結果 危険輻射強度より排気筒鉄塔の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 4-16 表に示す。 第 4-16 表　主排気筒への燃料輸送車両火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 排気筒 / 8 / 866 (10) 原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 a．評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機は，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 4-7 図，海水ポンプ室内配置を第 4-8 図，外形図を第 4-9 図，仕様を第 4-17 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。	 第 4－5 図　排気筒の評価概念図 ⅲ．評価結果 危険輻射強度より排気筒の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 4－13 表に示す。 第 4－13 表　排気筒への燃料輸送車両火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 排気筒 / 10 / 750 (9) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 (a) 評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要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。	【女川】設計方針の相違 ・泊は排気筒が筒身のみである。 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違。 【女川】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，海水ポンプの許容温度（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，泊に高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはない。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第 4-7 図　火災発生位置と海水ポンプの位置関係

第 4-8 図　海水ポンプの配置図



第 4-9 図　海水ポンプの外形図

第 4-17 表　評価対象施設の仕様

	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 2.5m 高さ　約 2.9m	全幅　約 0.55m 高さ　約 1.06m
材質	SS400	FC150
個数	4	1

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 4-18 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第 4－14 表に示す。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	第 4-18 表　燃料輸送車両による火災から海水ポンプ室までの離隔距離 想定火災源：燃料輸送車両　海水ポンプ室[m]：780 c．判断の考え方 （a）危険輻射強度 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の許容温度は，電動機の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を第 4-19 表に示す。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，軸受の機能が維持される保守的な冷却空気の許容温度を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 第 4-19 表 海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度 対象機器：原子炉補機冷却海水ポンプ／高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受温度[℃]：40※1／55※2 下部軸受温度[℃]：55※2／55※2 ※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-2137-2000「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 80℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 40℃を冷却空気の許容温度に設定 ※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-2137-2000「誘導機」で定める耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 55℃を冷却空気の許容温度に設定 第 4-20 表　海水ポンプの通常運転時の上昇温度 対象機器：原子炉補機冷却海水ポンプ／高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受温度[℃]：27／32 下部軸受温度[℃]：18.7／41 （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の冷却空気が一定の輻射強度によって昇温されるものとして，比熱と熱容量の関係式より求まる下式より冷却空気温度から危険輻射強度を算出する。 評価に用いた諸元を第 4-21 表に示す。	第 4－14 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：燃料輸送車両 離隔距離[m]：循環水ポンプ建屋：850 (c) 判断の考え方 ｉ．危険輻射強度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，下部軸受の機能が維持される吸い込み外気の許容温度 80℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。 ⅱ．評価方法 循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度から危険輻	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

射強度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第４－６図に示す。

$$T = T_0 + \frac{E \times A_T}{G \times C_p} \quad (式1)$$

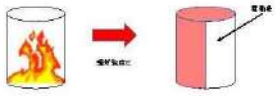
T:評価温度[℃]，T_0:通常運転時の上昇温度[℃]
E:輻射強度[W/m²]，A_T:受熱面積[m²]
C:熱容量(＝G×C_p)，G:重量流量[kg/s]，C_p:空気比熱[J/kg/K]

第 4-21 表　評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m²] A_T	重量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/K] C_p
原子炉補機冷却海水ポンプ	13.19	3.32	1008
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1.19	0.55	1008

第 4-22 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度 [kW/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	3.31
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	6.54



第 4-10 図 評価概念図

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

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

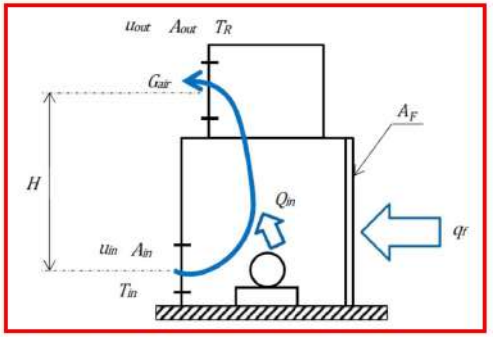
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

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

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

※1 出典：空気調和・衛星工学便覧第 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(湿り空気として算出)

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_{Pin}：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]



第４－６図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

第 4－15 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	2,726

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 $E = Rf \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-] 第 4-23 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 輻射発散度［W/m²］ / 形態係数[-] 原子炉補機冷却海水ポンプ / 58000 / 0.0567 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ / 58000 / 0.113	式①～⑤より求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式２） Ｅ：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第４－16 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 燃料の種類 / 輻射発散度[W/m²] / 形態係数[-] 原子炉補機冷却海水ポンプ / ガソリン / 58，000 / 0．047	
	式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi m}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし$m = \frac{H}{s} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{s}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(8.25[m])　R:火炎半径(2.75[m])　L:危険距離[m]	式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi m}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ Ｈ：火炎長(10.02[m])，Ｒ：燃焼半径(3.34[m])，Ｌ：危険距離[m]	
	上記の通り危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。	上記のとおり危険距離を算出し，当該燃料輸送車両から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。	
	（ｃ）評価結果 危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 4-24 表に示す。	（d）評価結果 危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第４－17 表に示す。	
	第 4-24 表 評価対象施設に対する熱影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉補機冷却海水ポンプ 上部軸受 / 18 / 780 原子炉補機冷却海水ポンプ 下部軸受 / 8 / 780 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受 / 8 / 780 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 下部軸受 / 11 / 780	第４－17 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの燃料輸送車両火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉補機冷却海水ポンプ / 21 / 850	
ａ．火災影響評価 タンクの投影面積および発電所からの離隔距離を用いて形態係数φを算出すると、φ＝3.9×10⁻⁵ となる。ガソリンの輻射発散度Ｒf は 58000［W/m²］であるため、受熱面の輻射強度Ｅは、Ｅ＝Ｒf×φ＝2.3［W/m²］となる。	（11）危険距離の評価結果 タンクローリの位置と評価対象設備との離隔距離は第 4-25 表のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。	（10）危険距離の評価結果 燃料輸送車両の位置と評価対象設備との離隔距離は第４－18 表のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】記載方針の相違・資料内の記載統一

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
また、燃焼時間ｔは、燃料量Ｖ、密度ρ、質量低下速度Ｍおよびタンク投影面積Ｓより、ｔ＝Ｖ／（Ｓ×Ｍ／ρ）にて求められ、約 5.0［hr］となる。 補助ボイラ燃料タンクの火災影響評価では、受熱面の輻射強度Ｅ＝667［W/m²］、燃焼時間ｔ＝10.4［hr］にて評価を実施し、影響のないことが確認されていることから、この評価結果に包含される。	第 4-25 表　タンクローリ火災の評価結果 評価対象 / 危険距離［m］ / 離隔距離［m］ 原子炉建屋 / 21 / 727 制御建屋 / 21 / 679 タービン建屋 / 21 / 639 原子炉補機冷却海水ポンプ / 16 / 780 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ / 11 / 780 排気筒 / 8 / 868 復水貯蔵タンク / 15 / 834	第４－18 表　燃料輸送車両火災の評価結果 評価対象 / 危険距離［m］ / 離隔距離［m］ 原子炉建屋 / 23 / 750 原子炉補助建屋 / 700 ディーゼル発電機建屋 / 800 循環水ポンプ建屋 / 850 排気筒 / 10 / 750 原子炉補機冷却海水ポンプ / 21 / 850	【女川】設計方針の相違・地域特性による評価結果の相違
	（12）火災による熱影響の有無の評価 以上の結果から，燃料輸送車両において火災が発生した場合を想定したとしても，離隔距離(639m)が危険距離(最大 21m)以上であることから，発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。	（11）火災による熱影響の有無の評価 以上の結果から，燃料輸送車両において火災が発生した場合を想定したとしても，離隔距離(700m)が危険距離(最大 23m)以上であることから，発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。	【女川】設計方針の相違・地域特性による評価結果の相違
b．爆発影響評価	３．ガス爆発による影響評価 （１）ガス爆発火災の想定の条件 ・発電所敷地外 10km 以内の施設において最大規模の高圧ガス貯蔵施設が，発電所敷地外の道路において原子炉施設に最も近い場所（牡鹿ゲート）にて，爆発を起こした場合を想定する。 ・燃料貯蔵量は発電所から 10km 圏内における高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵量［　　］とする。 ・高圧ガス貯蔵施設は燃料を満載した状態を想定する。 ・貯蔵燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。 ・発電所敷地外の道路において原子炉施設に最も近い場所（牡鹿ゲート）での高圧ガス漏えい，引火による高圧ガス貯蔵施設の爆発を想定する。 ・気象条件は無風状態とする。	3. ガス爆発による影響評価 (1) ガス爆発火災の想定の条件 (a) 発電所敷地外 10km 以内の施設において最大規模の高圧ガス貯蔵施設が，発電所敷地外の道路において発電用原子炉施設に最も近い場所（想定される輸送ルートである国道 276 号線上）にて，爆発を起こした場合を想定する。 (b) 燃料積載量は発電所から 10km 圏内における高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵量［　］とする。 (c) 高圧ガス貯蔵施設は燃料を満載した状態を想定した。 (d) 貯蔵燃料は液化石油ガス（プロパン）とする。 (e) 発電所敷地外の道路において発電用原子炉施設に最も近い場所（想定される輸送ルートである国道 276 号線上）での高圧ガス漏えい，引火による高圧ガス貯蔵施設の爆発を想定する。 (f) 気象条件は無風状態とする。	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】設計方針の相違・泊のゲート方向は輸送ルート（基地～タンク）ではなく，重さ指定道路でないことから，ゲートではなく輸送ルート（基地～タンク）上で最も発電所に近い場所での火災を想定 【女川】記載表現の相違
	（２）評価手法の概要 本評価は，女川原子力発電所に対する発電所近傍の道路におけるガス爆発による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 4-26 表 評価指標及びその内容 評価指標 / 内容 危険限界距離［m］ / ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa 以下になる距離	(2) 評価手法の概要 本評価は，泊発電所に対する発電所近傍の道路におけるガス爆発による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４－19 表　評価指標及びその内容 評価指標 / 内容 危険限界距離［m］ / ガス爆発の爆風圧が 0.01MPa 以下になる距離	【女川】発電所名の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（３）評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所敷地外の道路において原子炉施設に最も近い場所（牡鹿ゲート）にて，爆発を起こす高圧ガス輸送車両とする。	(3) 評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所敷地外の道路において発電用原子炉施設に最も近い場所（想定される輸送ルートである国道 276 号線上）にて，爆発を起こす高圧ガス輸送車両とする。 第４－７図　高圧ガス輸送車両爆発想定位置と発電用原子炉施設との位置関係	【女川】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違 ・泊のゲート方向は輸送ルート（基地～タンク）ではなく，重さ指定道路でないことから，ゲートではなく輸送ルート（基地～タンク）上で最も発電所に近い場所での火災を想定
爆発評価に必要な石油類のＫ値について、ガソリンの値がガイド付録Ｂ に掲載がないため、搭載燃料をＬＰＧとしてｋ値を想定することとすると、ｋ＝888（付録Ｂのプロパンの最大値）であるから、Ｋ＝888×1000＝888000 となる。 貯蔵施設のＷ値については、タンク容量が 30.123［KL］であることから、重量 22.3［トン］（＝30.123×0.74）とし、その平方根の値として、Ｗ＝4.73 とする。	（４）必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。 第 4-27 表　高圧ガス爆発の評価条件 データ種類 / 内容 石油のＫ値 / コンビナート等保安規則第５条別表第二に掲げる数値 Ｋ＝888000［プロパンの最大値］ 貯蔵設備または処理設備のＷ値 / コンビナート等保安規則第５条貯蔵設備または処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあたっては貯蔵能力（単位：トン）の数値の平方根の数値（貯蔵能力が一トン未満のものにあっては貯蔵能力（単位：トン）の数値），圧縮ガスの貯蔵設備にあっては貯蔵能力（単位：立方メートル）を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量（単位：トン）に換算して得られた数値の平方根の数値（換算して得られた数値が一未満のものにあっては，当該換算して得られた数値） 処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位：トン）の数値 [redacted] 離隔距離[m] / 火災が発生した発電所敷地外の道路から発電用原子炉施設までの距離	(4) 必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。 第 4－20 表　高圧ガス爆発の評価条件 データ種類 / 内容 石油のＫ値 / コンビナート等保安規則５条別表第二に掲げる数値 K=888,000（プロパンの最大値） 貯蔵設備又は処理設備のＷ値 / コンビナート等保安規定第５条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値 貯蔵設備：液化ガスの貯蔵設備にあっては貯蔵能力（単位：トン）の数値の平方根の数値（貯蔵能力が一トン未満のものにあっては，貯蔵能力（単位：トン）の数値），圧縮ガスの貯蔵設備にあっては貯蔵能力（単位：立方メートル）を当該ガスの常用の温度及び圧力におけるガスの質量（単位：トン）に換算して得られた数値の平方根の数値（換算して得られた数値が一未満のものにあっては，当該換算して得られた数値） 処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位：トン）の数値 [redacted] 離隔距離[m] / 火災が発生した発電所敷地外の道路から発電用原子炉施設までの距離 4,300m	【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価条件の相違（貯蔵量，離隔距離）
危険限界距離は次式で与えられる。	（５）危険限界距離の算出 次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が高圧ガス貯蔵施設と発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。	(5) 危険限界距離の算出 次の式から危険限界距離を算出する。ここで算出した危険限界距離が高圧ガス輸送車両と発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。	【女川】記載方針の相違 ・泊は想定対象が車両であることを明確化

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）

大飯発電所３／４号炉

$$X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$$

X：危険限界距離、λ：換算距離 14.4［$m \cdot kg^{-1/3}$］、
K：石油類の定数、W：設備定数

K値およびW値を代入して計算すると、危険距離Xは約 93［m］となり、十分な離隔距離が確保されているため影響はない。

女川原子力発電所２号炉

$X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$
X：危険限界距離[m]　λ：換算距離 14.4[m・kg$^{-1/3}$]
K：石油類の定数 888000（プロパン）[-]　W：設備定数 [redacted] [-]

枠囲みの内容は商業秘密のため公開できません

（６）爆発による影響評価結果

以上の結果から，発電所敷地外の道路において原子炉施設に最も近い場所（牡鹿ゲート）で爆発が発生した場合を想定したとしても，離隔距離（639m）が危険限界距離（70m）以上であることから，発電用原子炉施設に爆風圧による影響はないと評価する。

第 4-28 表　危険限界距離評価結果

評価対象	危険限界距離[m]	離隔距離[m]
原子炉建屋	70	727
制御建屋		679
タービン建屋		639
原子炉補機冷却海水ポンプ		780
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ		780
排気筒		866
復水貯蔵タンク		834

4. 燃料輸送車両の飛来物の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年３月 消防庁特殊災害室）※1に基づき，高圧ガス貯蔵施設からの飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ，飛来物到達距離に対し，女川原子力発電所までの離隔距離が飛来物到達距離以上あり，原子炉施設への影響がないことを確認した。

なお，発電所から最も近い施設では，指針が適用されるコンビナート等の大規模な高圧ガスタンク等の形状ではなく，液化石油ガス※2が封入された複数の 50kg ガスボンベが設置されている。当該容器単体の破損による破片の飛散範囲について評価を行った。

※1:石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するに当たって，災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針
※2:液化石油ガスの貯蔵設備は貯蔵量に応じて液化石油ガス保安規則等の関係法令に基づき，保安物件と必要な距離等をとることが規定されている。

泊発電所３号炉

$X = 0.04\lambda\sqrt[3]{K \times W}$
X：危険限界距離[m]，λ：換算距離 14.4[m・kg$^{-1/3}$]，
K：石油類の定数 888,000(プロパン)［－］[redacted]

(6) 爆発による影響評価結果

以上の結果から，発電所敷地外の道路において発電用原子炉施設に最も近い場所（想定される輸送ルートである国道 276 号線上）で爆発が発生した場合を想定したとしても，離隔距離（4,300m）が危険限界距離（87m）以上であることから，発電用原子炉施設に爆風圧による影響はないと評価する。

第 4－21 表　危険限界距離評価結果

評価対象施設	離隔距離[m]	危険限界距離[m]
原子炉建屋	4,400	87
原子炉補助建屋	4,450	
ディーゼル発電機建屋	4,350	
循環水ポンプ建屋	4,300	
排気筒	4,400	
原子炉補機冷却海水ポンプ	4,300	

4. 高圧ガス輸送車両の飛来物の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」（平成 25 年３月消防庁特殊災害室）※1に基づき，高圧ガス輸送車両（液化石油ガス※2）からの飛来物の最大飛散距離の評価を行ったところ，飛来物到達距離に対し，泊発電所までの離隔距離が飛来物到達距離以上あり，発電用原子炉施設への影響がないことを確認した。

※1 石油コンビナート等特別防災区域を有する都道府県が防災計画を作成するにあたって，災害の想定をできるだけ客観的かつ現実的に行うための評価手法を示した指針
※2 液化石油ガスの貯蔵設備は貯蔵量に応じて液化石油ガス保安規則等の関係法令に基づき，保安物件と必要な距離等をとることが規定されている。

相違理由

【女川】記載表現の相違
【女川】設計方針の相違
・泊のゲート方向は輸送ルート（基地～タンク）ではなく，重さ指定道路でないことから，ゲートではなく輸送ルート（基地～タンク）上で最も発電所に近い場所での火災を想定
【女川】設計方針の相違
・地域特性による評価結果の相違

【女川】記載方針の相違
・泊は想定対象が高圧ガス車両であることを明確化
【女川】記載方針の相違
・ガス貯蔵形状の違いによる記載箇所の相違
【女川】発電所名の相違
【女川】記載表現の相違
【女川】設計方針の相違
・地域特性に伴う評価条件の相違（泊は発電所敷地外 10km 以内に存在する高圧ガス貯蔵施設の最大貯蔵容量を輸送する車両を想定）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	第 4-29 表　飛来物の評価条件 想定火災源：高圧ガス輸送車輌 ガス種類：液化石油ガス 燃料容器： 飛来物到達距離： 離隔距離：838m	第４－22 表　飛来物の評価条件 想定火災源：高圧ガス輸送車両 貯蔵ガス：液化石油ガス 貯蔵量[t]： 飛来物到達距離[m]： 離隔距離[m]：4,300	【女川】設計方針の相違・地域特性による評価結果の相違
	○飛来物の最大飛散距離の算出方法 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づき，容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。 $L = 90M^{0.333}$ L：破片の最大飛散範囲[m]，M：破裂時の貯蔵物質量[kg] 	(1) 飛来物の最大飛散距離の算出方法 「石油コンビナートの防災アセスメント指針」に基づき，容器の破損による破片の飛散範囲を以下の式にて算出する。 $L=485M^{0.10}$（容積 5m³ 以上の容器） L：破片の最大飛散範囲[m]，M：破裂時の貯蔵物質量[kg] 	【女川】設計方針の相違・地域特性による評価式及び結果の相違
	となり，飛来物の最大飛散距離 L は　となる。 よって，女川原子力発電所との離隔距離が 639m あることから，飛来物による女川原子力発電所への影響はない。	となり，飛来物の最大飛散距離 L は　となる。 よって，泊発電所との離隔距離が 4,300m あることから，飛来物による泊発電所への影響はない。	【女川】設計方針の相違・地域特性による評価結果の相違 【女川】発電所名の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料 21	添付資料－５	添付資料－５	
輸送車両、有毒ガス、漂流船舶の衝突による影響について	漂流船舶の火災・爆発について	漂流船舶の火災・爆発について	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映） ・泊・女川は別資料として構成
１．目的 本評価は、輸送車両の発火による火災、漂流船舶の衝突、有毒ガスについて、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。	１．目的 本評価は，発電所敷地外で発生する漂流船舶の火災に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災やガス爆発が女川原子力発電所に隣接する地域で起こったとしても外部事象防護対象施設を内包する発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価するものである。	1. 目的 本評価は，発電所敷地外で発生する漂流船舶の火災に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災やガス爆発が泊発電所に隣接する地域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について，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」（以下「評価ガイド」という。）に基づき，評価するものである。	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映） 【大飯】記載表現の相違 【女川】発電所名の相違 【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一
３．漂流船舶の衝突による影響評価 （１）発電所構内に入港する船舶火災の評価 大飯発電所周辺海域の船舶の航路としては、発電所沖合の約 18km 以遠に主要航路があり、舞鶴から小樽（北海道）までのフェリーが通航しているが、発電所はこの航路の針路上になく、航路までの距離が離れていることから船舶の進入はない。 なお、発電所の物揚岸壁には燃料等輸送船が接岸するため、この船舶が積載している燃料が接岸中に発火したことを想定し、以下のとおり火災影響評価を実施した。	２．漂流船舶の火災の影響評価について 本評価は漂流船舶の火災に対する防護の有効性を確認することが目的であるため，敷地周辺において現実的に想定される船舶に比べ，火災影響が厳しくなる保守的な船舶の規模として，入港可能な最大の船舶が敷地へ到達することを仮定した評価を実施する。	2. 漂流船舶の火災影響評価 本評価は漂流船舶の火災に対する防護の有効性を確認することが目的であるため，敷地周辺において現実的に想定される船舶に比べ，火災影響が厳しくなる保守的な船舶の規模として，入港可能な最大の船舶が敷地へ到達することを仮定した評価を実施する。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）（大飯は危険距離評価ではなく熱影響評価を実施） 【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一
(a)船舶火災の想定 船舶火災の想定は以下のとおりとした。 A.想定の条件	（１）想定の条件 ・漂流船舶は港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する燃料の積載量が最大の船舶である重油運搬船を想定する。	(1) 漂流船舶火災の想定の条件 ・漂流船舶は港湾内に入港可能な大きさで実際に存在する燃料の積載量が最大の船舶である燃料等輸送船を想定する。	【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による想定船舶の相違
A.-1 燃料保有量は満積とした状態とする。	・漂流船舶は燃料を満載にした状態を想定する。	・漂流船舶は燃料を満載した状態を想定する。 ・積載燃料は重油とする。	【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一
A.-2 離隔距離は、評価上厳しくなるよう物揚岸壁から外部火災防護施設までの直線距離とする。		・離隔距離は，評価上厳しくなるよう岸壁位置から評価対象施設までの直線距離とする。	【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一
A.-3 船舶の燃料タンクの破損等による火災を想定する。	・港湾内での漂流船舶の全面火災を想定する。	・港湾内での漂流船舶の全面火災を想定する。	
A.-4 気象条件は無風状態とする。	・気象条件は無風状態とする。	・気象条件は無風状態とする。	
A.-5 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。	・火炎は円筒をモデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とする。	・火災は円筒火炎をモデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とする。	【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一
	・温度評価にあたっては保守的に防潮堤がないものとして影響評価を実施する。	・温度評価にあたっては保守的に防潮堤がないものとして影響評価を実施する。	
		追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 5-1 図　女川原子力発電所周辺の主要航路	 第５－１図　泊発電所周辺の主要航路 （北海道沿岸水路誌　平成 31 年３月刊行に加筆）	【女川】設計方針の相違 ・地域特性による主要航路の相違
	（２）評価の手法の概要 本評価は，女川原子力発電所に対する漂流船舶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。	(2) 評価手法の概要 本評価は，泊発電所に対する漂流船舶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。	【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一 【女川】発電所名の相違
	第 5-1 表　評価指標及びその内容	第５－１表　評価指標及びその内容	
	評価指標 / 内容 輻射強度[W/m²] / 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[-] / 火炎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] / 船舶の投影面積より求めた燃焼半径 危険距離[m] / 火災による輻射熱により許容限界温度になる距離	評価指標 / 内容 輻射強度[W/m²] / 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[-] / 火炎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] / 船舶の投影面積より求めた燃焼半径 危険距離[m] / 火災による輻射熱により許容限界温度になる距離	
	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危険輻射強度を調査し，輻射強度がその設備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。	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危険輻射強度を調査し，輻射強度がその設備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。	
	（３）評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所港湾内で出火する漂流船舶とする。なお，１号炉補助ボイラーは震災の影響により稼動を停止しており，現在は重油運搬船による重油の補給を行っていないが，保守的に港湾内に進入する船舶の中で燃料の積載量が最大の船舶である重油運搬船による火災を想定する。 また，重油運搬船の位置は，カーテンウォールに接触して停止すると考えられるが，津波によりカーテンウォール上部を通過して発電所へ近づき港湾道路まで乗り上げた場合において，火災が発生したものと想定した。	(3) 評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所港湾内で出火する漂流船舶とし，港湾内に進入する船舶の中で燃料の積載量が最大の船舶である燃料等輸送船による火災を想定する。 追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	【女川】設計方針の相違 ・地域特性による想定船舶の相違 【女川】設計方針の相違 ・泊は取水方式の相違によりカーテンウォールが無い

大飯発電所３／４号炉

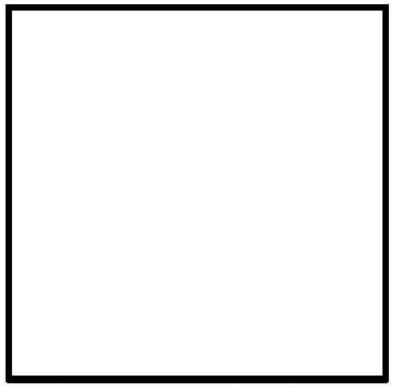


図２：物揚岸壁から原子炉周辺建屋及び海水ポンプまでの距離

(b) 火災影響評価

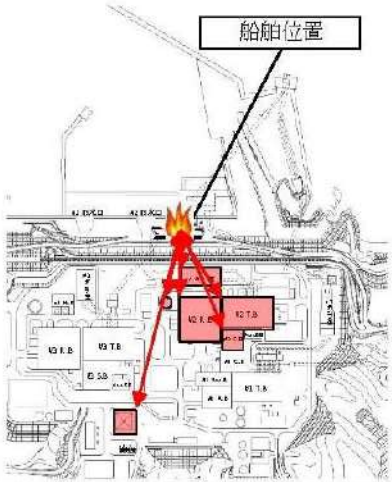
(i) 必要データ（燃料等輸送船）

評価に用いるデータは以下のとおり。

・燃料重量Ｇ：560［ton］（燃料はＡ重油）
・投影面積Ｓ：1650［m²］（全長 100［m］×全幅 16.5［m］）
・離隔距離Ｌ：751［m］（物揚岸壁から原子炉周辺建屋の距離）
　　：626［m］（物揚岸壁から海水ポンプの距離）

また、Ａ重油の物性値は以下のとおり。
・輻射発散度Ｒｆ：23000［W/m²］
・密度ρ：1000［kg/m³］
・質量低下速度Ｍ：0.035［kg/m²･s］

女川原子力発電所２号炉



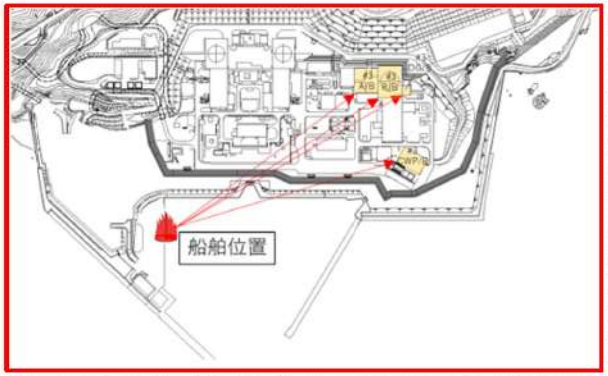
第 5-2 図　重油運搬船火災想定位置と原子炉施設との位置関係

（４）必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

燃料の種類：　重油
燃料量：　2242.794[kl]
輻射発散度：　23000[W/m²] ※ガイド附属書Ｂの重油値
質量低下速度：　0.035[kg/m²/s] ※NUREG-1805 の Fuel Oil,heavy の値
燃料密度：　900[kg/m³]
底面断面積：　958.8[m²]

泊発電所３号炉



第 5－2 図　燃料等輸送船火災想定位置と発電用原子炉施設との位置関係

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

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 5－2 表　評価条件

燃料の種類	重油
燃料量[m³]	560
燃焼面積※1[m²]	1,600
燃料密度※2[kg/m³]	1,000
質量低下速度※2[kg/m²･s]	0.035
輻射発散度※3[W/m²]	23,000
燃焼速度[m/s]	3.50×10^{-5}

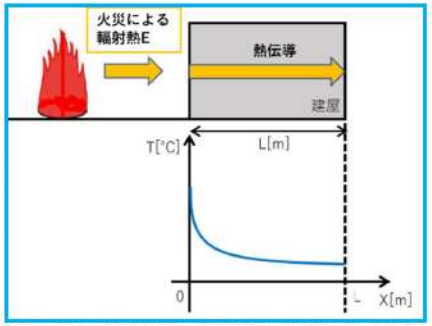
※1：船舶の投影面積に等しいとした
※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値
※3：評価ガイド付属書Ｂ記載値

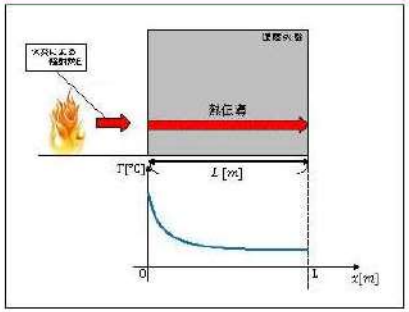
相違理由

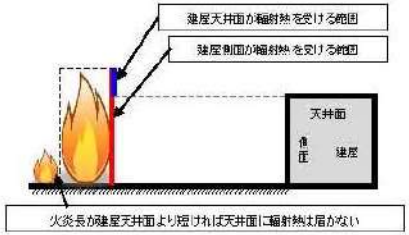
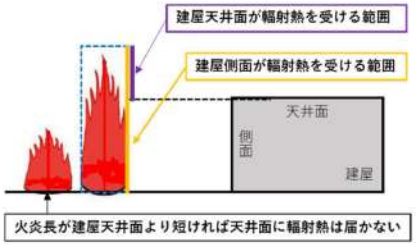
【女川】設計方針の相違
・地域特性による想定船舶の相違

【女川】設計方針の相違
・想定船舶の相違による評価条件の相違（泊は他資料に併せて表形式で記載している）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（５）燃焼半径の算出 漂流船舶の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが，円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は，漂流船舶の投影面積に等しいものとする。したがって，燃焼半径Ｒ**[m]**は漂流船舶の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。 $R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ R:燃焼半径[m]，S:燃焼面積(＝漂流船舶の投影面積)[m²] 第 5-2 表　漂流船舶の燃焼半径 想定火災源 / 燃焼面積 [m²] / 燃焼半径 [m] 重油運搬船 / 958.8 / 17.47	(5) 燃焼半径の算出 漂流船舶の火災においては様々な燃焼範囲の形態が想定されるが，円筒火炎を生ずるものとする。ここでの燃焼面積は，漂流船舶の投影面積に等しいものとする。したがって，燃焼半径Ｒ[m]は漂流船舶の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。 $R = \sqrt{\frac{S}{\pi}}$ Ｒ：燃焼半径[m]，Ｓ：燃焼面積[m²] 第５－３表 漂流船舶の燃焼半径 想定火災源 / 燃焼面積 S [m²] / 燃焼半径 R [m] 漂流船舶 / 1,600 / 22.57	【女川】設計方針の相違 ・想定船舶の相違による評価結果の相違
	（６）燃焼継続時間の算出 燃焼継続時間は，燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。 $t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$ t:燃焼継続時間[s]，V:燃料量[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:密度[kg/m³] 第 5-3 表　漂流船舶の燃焼継続時間 想定火災源 / 燃料量 [m³] V / 燃焼半径 [m] R / 質量低下速度 [kg/m²/s] M / 燃料密度 [kg/m³] ρ / 燃焼継続時間 [s] t 漂流船舶 / 2242.794 / 17.47 / 0.035 / 900 / 80149	(6) 燃焼継続時間の算出 燃焼継続時間は，燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。 $t = \frac{V}{\pi R^2 \times v}$ t：燃焼継続時間[s]，V：燃料量[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５－４表　漂流船舶の燃焼継続時間 想定火災源 / 燃料量 V [m³] / 燃焼半径 R [m] / 質量低下速度 M [kg/m²･s] / 燃料密度 ρ [kg/m³] / 燃焼継続時間 t [s] 漂流船舶 / 560 / 22.57 / 0.035 / 1,000 / 10,008	【女川】設計方針の相違 ・想定船舶の相違による評価結果の相違
	（７）建屋外壁の温度評価 ａ．評価対象範囲 評価対象施設の外壁について，漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。 ｂ．想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 **5-4** 表に示す。 第 5-4 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 定火災源 / 原子炉建屋[m] / 制御建屋[m] / タービン建屋[m] 漂流船舶 / 114 / 189 / 137	(7) 建屋外壁に対する危険距離評価 (a) 評価対象範囲 評価対象施設の外壁について，漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。 (b) 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第５－５表に示す。 第５－５表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離[m]：原子炉建屋 / 原子炉補助建屋 / ディーゼル発電機建屋 / 循環水ポンプ建屋 漂流船舶 / 624 / 587 / 673 / 587 追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	【女川】設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価対象施設までの離隔距離の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
（ⅱ）影響評価結果 ① 原子炉周辺建屋 投影面積および離隔距離から形態係数φを算出すると、φ＝0.0019 となる。重油の輻射発散度Ｒｆは 23000［W/m²］であるため、受熱面の輻射強度Ｅは、Ｅ＝Ｒｆ×φ＝44［W/m²］となる。 また、燃焼時間ｔは、容積Ｖ（＝Ｇ/ρ）、密度ρ、質量低下速度Ｍおよび投影面積Ｓより、ｔ＝Ｖ/（Ｓ×Ｍ/ρ）にて求められ、約 2.7［hr］となる。 また、建屋外壁表面の温度上昇は次式[1]で求められる。 $T=T_0+\frac{2\times E\times\sqrt{a\times\tau}}{\lambda}\times\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\times\exp\left(-\frac{x^2}{4\times a\times\tau}\right)-\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}erfc\left(\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\right)\right]$ Ｔｏ：初期温度（50℃） Ｅ：輻射強度［W/m²］ α：コンクリート温度伝導率 α＝λ/（ρ×Ｃｐ） Ｃｐ：コンクリート比熱（963［J/kgK］） ρ：コンクリート密度（2300［kg/m³］） λ：コンクリート熱伝導率（1.74［W/mK］） ｘ：コンクリート深さ［m］ τ：燃焼継続時間［sec］ 1）庄司正弘，東京大学機械工学６，伝熱工学，東京大学出版	ｃ．判断の考え方 (a) 危険輻射強度 コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃に至る輻射強度を危険輻射強度とし，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを，危険距離及び離隔距離から確認する。 (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，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，火災源を単一の円筒火炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体として式１の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より外壁表面（x=0）の温度が 200℃となる輻射強度を危険輻射強度として算出する。 なお，コンクリート表面温度評価にあたっては，外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため，保守的に対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 $T=T_0+\frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right)-\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$　（式１） 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(50149[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]) （出典：伝熱工学，東京大学出版会）	（c）判断の考え方 ⅰ．危険輻射強度 コンクリート圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃に至る輻射強度を危険輻射強度とし，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを，危険距離及び離隔距離から確認する。 ⅱ．評価方法 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で外壁が昇温されるものとして，火災源を単一の円筒火炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体として式１の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式より外壁表面（x=0）の温度が 200℃となる輻射強度を危険輻射強度として算出する。 なお，コンクリート表面温度評価にあたっては，外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため，保守的に対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 $T=T_0+\frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right)-\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$　（式１） （出典：伝熱工学，東京大学出版会） 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(=λ/ρC_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(10,008[s]) x：コンクリート壁表面深さ(0[m])  第５−３図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図	【女川】記載方針の相違・他資料との記載統一（女川は後段の式２の形態係数算出の箇所に記載）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 $E = Rf \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数	式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数 Φ を式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式２） Ｅ：輻射強度[W/m²]，Rf：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数	
	 第 5-3図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図		【女川】記載方針の相違・他資料との記載統一（泊は前段の式１の外壁表面温度の箇所に記載）
	第 5-5 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 輻射発散度 [W/m²] / 形態係数 [-] 原子炉建屋 / 23000 / 0.0473 制御建屋 / 23000 / 0.0473 タービン建屋 / 23000 / 0.0473	第５－６表　対象施設の形態係数 対象施設 / 燃料の種類 / 輻射発散度[W/m²] / 形態係数[-] 原子炉建屋 / 重油 / 23.000 / 0.11 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋	【女川】設計方針の相違・想定船舶の相違による評価結果の相違
	式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(52.41[m])　R:火炎半径(17.47[m])　L:危険距離[m]	式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離 L を式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式 3） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(67.71[m])，R：燃焼半径(22.57[m])，L：危険距離[m]	
	上記のとおり危険距離を算出し，当該漂流船舶から各評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお，天井スラブは以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。 ・火炎長が天井より短い場合，天井に輻射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井より長い場合，天井に輻射熱を与えるが，その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。 ・火炎からの距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井の熱影響は外壁に比べて小さい。	上記のとおり危険距離を算出し，当該漂流船舶から各評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。なお，天井スラブは以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。 ・火炎長が天井より短い場合，天井に輻射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井より長い場合，天井に輻射熱を与えるが，その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。 ・火炎からの距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井の熱影響は外壁に比べて小さい。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
上記式を用いて建屋外壁表面温度を算出すると、53℃となり、コンクリートの許容温度（200℃）を超えることはなく、原子炉施設に影響を与えることがないことを確認した。	天井スラブの評価概念図を第 **5-4** 図に示す。  第 5-4 図　天井スラブの評価概念図 (c)評価結果 危険輻射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果，各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果のうち，危険輻射強度を第 **5-6** 表に，危険距離を第 **5-7** 表に示す。 第 5-6 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設 / 危険輻射強度［kW/m²］ 原子炉建屋 / 1.09 制御建屋 / 1.09 タービン建屋 / 1.09 第 5-7 表　外壁への漂流船舶火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉建屋 / 110 / 114 タービン建屋 / 137 制御建屋 / 139 （8）復水貯蔵タンクの温度評価 a．評価対象範囲 復水貯蔵タンクについて，漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。 b．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 **5-8** 表に示す。 第 5-8 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源 / 離隔距離［m］ 漂流船舶 / 122	天井スラブの評価概念図を第５－４図に示す。  第５－４図　建屋天井面の評価概念図 ⅲ．評価結果 危険輻射強度より評価対象施設の危険距離を算出した結果，各評価対象施設の危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果のうち，危険輻射強度を第５－７表に，危険距離を第５－８表に示す。 第５－７表　対象施設の危険輻射強度 対象施設 / 危険輻射強度[W/m²] 原子炉建屋 / 2,530 原子炉補助建屋 ディーゼル発電機建屋 循環水ポンプ建屋 第５－８表　外壁への漂流船舶火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 原子炉建屋 / 90 / 624 原子炉補助建屋 / 587 ディーゼル発電機建屋 / 673 循環水ポンプ建屋 / 587 追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	【女川】設計方針の相違・想定船舶の相違による評価結果の相違 【女川】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施設は無い）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

c．　判断の考え方

(a) 危険輻射強度

火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，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℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。

(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，一定の輻射強度で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして，表面での輻射による復水貯蔵タンクの温度上昇を現した比熱と熱容量の関係式よりタンク（x=0）の温度から危険輻射強度を算出する。

$$T = T_0 + \frac{Et\left(\frac{\pi D_o h}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi h}{4} + 2\pi\frac{D_o^2}{4}e\right\}} \quad (式1)$$

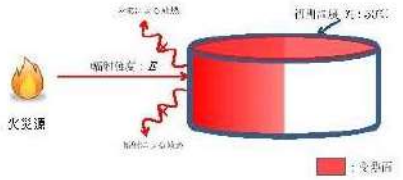
T_0：初期温度（50[℃]），E：輻射強度[W/m²]，t：火災継続時間（60149[s]）
D_o：タンク外径（20.012[m]），h：タンク円筒高さ（11.8[m]）
D_i：タンク内径（20.0[m]），e：タンク最小板厚（0.006[m]）
ρ_w：水の密度（979.5 [kg/m³]）※1，C_{pw}：水の比熱（4186 [J/kg/K]）※1，V：水の体積[m³]
ρ_s：タンク壁材の密度（7860[kg/m³]）※2，C_{ps}：タンク壁材の比熱（473[J/kg/K]）※2
※1：伝熱工学資料第５版記載値（軽水）を 66℃となるように線形補間した値
※2：伝熱工学資料第５版記載値（キルド鋼）

第 5-2 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度［kW/m²］
復水貯蔵タンク	1.11

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，直接輻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，対流及び輻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 5-5 図に示す。



第 5-5 図　受熱面積のイメージ

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 $E = Rf \cdot \phi$　（式２） E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-] 第 5-10 表　対象施設の形態係数 対象施設 / 輻射発散度［W/m²］ / 形態係数［-］ 復水貯蔵タンク / 23000 / 0.0877 式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi m}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{m^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{\pi}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(32.41[m])　R:火炎半径(17.47[m])　L:危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該漂流船舶から復水貯蔵タンクまでの離隔距離を下回るか評価を実施した。 (c)評価結果 危険輻射強度より復水貯蔵タンクの危険距離を算出した結果，復水貯蔵タンクまでの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。 評価結果を第 **5-11** 表に示す。 第 5-11 表　復水貯蔵タンクへの漂流船舶火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 復水貯蔵タンク / 109 / 122 （９）排気筒の温度評価 ａ．評価対象範囲 排気筒について，漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。 なお，排気筒の評価にあたっては，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 **5-12** 表に，排気筒外形図を第 **5-6** 図に示す。	(8) 排気筒の温度評価 (a) 影響評価対象範囲 排気筒について，漂流船舶の火災を想定して評価を実施した。 なお，排気筒の評価にあたっては，原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。 (b) 評価対象施設の仕様 排気筒仕様を第５－９表に，排気筒外形図を第５－５図に示す。	【女川】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。

大飯発電所３／４号炉

女川原子力発電所２号炉

第 5-12 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 160m
材料	筒身	SMA400AP
	鉄塔	SS400，STK400
個数		1

第 5-6 図　評価対象施設の外形図

c．評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 **5-13** 表に示す。

第 5-13 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離［m］
漂流船舶	340

d．判断の考え方

(a) 危険輻射強度

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

(b)評価方法

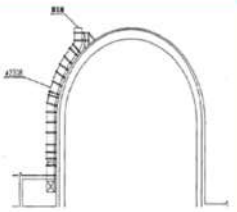
排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の **1/2** に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した式 **1** により排気筒鉄塔表面の温度から危険輻射強度を算出する。

なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

泊発電所３号炉

第 5－9 表　排気筒の仕様

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



第 5－5 図　排気筒の外形図

(c) 評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 5－10 表に示す。

第 5－10 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	排気筒
漂流船舶	624

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

(d) 判断の考え方

ⅰ．危険輻射強度

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

ⅱ．評価方法

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

なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。

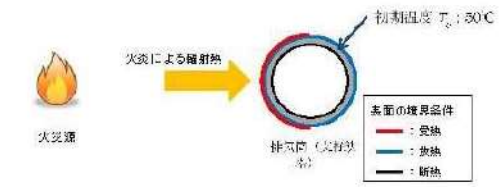
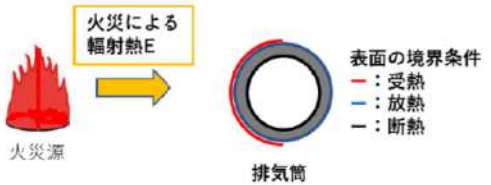
相違理由

【女川】設計方針の相違
・排気筒の仕様の相違

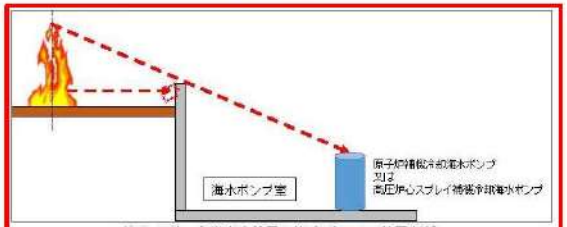
【女川】設計方針の相違
・地域特性による離隔距離の相違

【女川】設計方針の相違
・泊は排気筒が筒身のみである。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　（式１） ε:吸収率(0.9[−])※1　E:輻射強度[W/m²] h:熱伝達率(17[W/m²/K])※2　T_0:初期温度(50[℃]) ※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） 第 5-14 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設：排気筒　危険輻射強度［kW/m²］：10.4 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。 E = Rf・ϕ　（式２） E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数 第 5-15 表　対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　輻射発散度［W/m²］：23000　形態係数［-］：0.438 式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。 $\phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式３） ただし $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$　$n = \frac{L}{R}$　$A = (1+n)^2 + m^2$　$B = (1-n)^2 + m^2$ H:火炎長(52.41[m])　R:火炎半径(17.47[m])　L:危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該漂流船舶から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。 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，筒身よりも鉄塔が漂流船舶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 5-7 図に示す。	$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$　（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：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが，一般的な値として垂直外壁面，屋根面及び上げ裏面の夏季，冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから，これらのうち最も小さい値である 17 W/m²・K を用いる。） 第５−11 表　対象施設の危険輻射強度 対象施設：排気筒　危険輻射強度[W/m²]：8,970 式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数 Φ を式２より算出する。 $E = R_f \times \Phi$　（式 2） E：輻射強度[W/m²]，Rf：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第５−12 表　対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　燃料の種類：重油　輻射発散度[W/m²]：23,000　形態係数[-]：0.39 式２で求めた形態係数 Φ となる危険距離Ｌを式３より算出する。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式 3） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3$，$n = \frac{L}{R}$，$A = (1+n)^2 + m^2$，$B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(67.71[m])，R：燃焼半径(22.57[m])，L：危険距離[m] 上記のとおり危険距離を算出し，当該漂流船舶から評価対象施設までの離隔距離を下回るか評価を実施した。 排気筒の評価概念図を第５−６図に示す。	【女川】設計方針の相違 ・泊は保守的に吸収率を１.０として評価 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違。 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違。 【女川】設計方針の相違 ・泊は排気筒が筒身のみである。

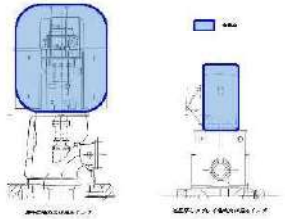
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 5-7 図　排気筒の評価概念図 (c)評価結果 危険輻射強度より排気筒鉄塔の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 **5-16** 表に示す。 第 5-16 表　排気筒への漂流船舶火災影響評価結果 評価対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 排気筒 / 20 / 340 （**10**）原子炉補機冷却海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 a．評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ電動機は，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 **5-8** 図，海水ポンプ室内配置を第 **5-9** 図，外形図を第 **5-10** 図，仕様を第 **5-17** 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。	 第５－６図　排気筒の評価概念図 ⅲ．評価結果 危険輻射強度より排気筒の危険距離を算出した結果，排気筒までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第５－13 表に示す。 第５－13 表　排気筒への漂流船舶火災影響評価結果 対象施設 / 危険距離[m] / 離隔距離[m] 排気筒 / 29 / [redacted] 追而【基準津波審査の反映】 （上記の[redacted]は，基準津波審査結果を受けて反映のため） (9) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 (a) 評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要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。	【女川】設計方針の相違 ・泊は排気筒が筒身のみである。 【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違。 【女川】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，泊に高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはない。

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）

<table>
<tr><th>大飯発電所３／４号炉</th><th>女川原子力発電所２号炉</th><th>泊発電所３号炉</th><th>相違理由</th></tr>
<tr><td></td><td>


第 5-8 図　火災発生位置と海水ポンプの位置関係

第 5-9 図　海水ポンプの配置図


第 5-10 図　海水ポンプの外形図

第 5-17 表　評価対象施設の仕様

	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 2.5m 高さ　約 2.9m	全幅　約 0.55m 高さ　約 1.08m
材質	SS400	FC150
個数	4	1

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません

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 **5-19** 表に示す。
</td><td>
(b) 火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離
　原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第５－14 表に示す。
</td><td></td></tr>
</table>

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	第 5-18 表　漂流船舶による火災から海水ポンプ室までの離隔距離 想定火災源：漂流船舶 海水ポンプ室[m]：71	第５－14 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：漂流船舶 離隔距離[m]：循環水ポンプ建屋 587 追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	
	c．判断の考え方 （a）危険輻射強度 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の許容温度は，電動機の電気的絶縁性，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 **5-19** 表，第 **5-20** 表に示す。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，軸受の機能が維持される保守的な冷却空気の許容温度を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。	(c) 判断の考え方 ⅰ．危険輻射強度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。 火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，下部軸受の機能が維持される吸い込み外気の許容温度 80℃を越えない最大の輻射強度を危険輻射強度とする。	
	第 5-19 表 海水ポンプの機能維持に必要な冷却空気の許容温度 対象機器：原子炉補機冷却海水ポンプ／高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受温度[℃]：40※1／55※2 下部軸受温度[℃]：55※1／55※2 ※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-2137-2000「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 80℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 40℃を冷却空気の許容温度に設定 ※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-2137-2000「誘導機」で定める耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 55℃を冷却空気の許容温度に設定 第 5-20 表　海水ポンプの通常運転時の上昇温度 対象機器：原子炉補機冷却海水ポンプ／高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ 上部軸受温度[℃]：27／32 下部軸受温度[℃]：18.7／41		
	（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の冷却空気が一定の輻射強度によって昇温されるものと	ⅱ．評価方法 循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

して，比熱と熱容量の関係式より求まる下式より冷却空気温度から危険輻射強度を算出する。

評価に用いた諸元を第 5-21 表に示す。

$$T = T_0 + \frac{E \times A_F}{G \times C_P} \quad (式1)$$

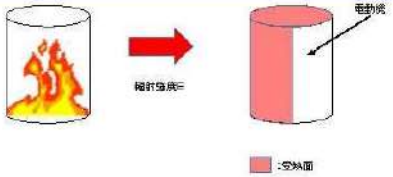
T：評価温度[℃]，T_0：通常運転時の上昇温度[℃]
E：輻射強度[W/m²]，A_F：受熱面積[m²]
C：熱容量(＝G×C_p)，G：重量流量[kg/s]，C_p：空気比熱[J/kg/K]

第 5-21 表　評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m²] A_F	重量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/K] C_P
原子炉補機冷却海水ポンプ	13.18	3.32	1008
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	1.10	0.55	1008

第 5-22 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度 [kW/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	3.31
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	6.54



第 5-11 図 評価概念図

と外部火災からの輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度から危険輻射強度を算出する。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第５－７図に示す。

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

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

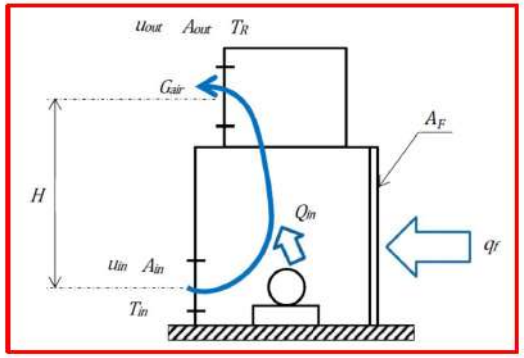
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

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

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

※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（湿き空気として算出）

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_{Pin}：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]



第５－７図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

第５－15 表　対象施設の危険輻射強度

対象施設	危険輻射強度[W/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	2,760

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

② 海水ポンプ

原子炉周辺建屋外壁への評価と同様に海水ポンプへの熱影響評価を実施した。冷却空気の温度上昇の評価について、ケーシングに受けた輻射による熱エネルギーが全て冷却空気に伝達されるという保守的な評価を実施した結果、冷却用空気の温度は □ ℃となり、許容温度（□ ℃）を超えることはなく、海水ポンプに影響を与えることがないことを確認した。

女川原子力発電所２号炉

式１で求めた危険輻射強度Ｅとなる形態係数Φを，式２より算出する。

$$E = Rf \cdot \phi \quad （式２）$$

E:輻射強度[W/m²]，Rf:輻射発散度[W/m²]，Φ:形態係数[-]

第 5-23 表　対象施設の形態係数

対象施設	輻射発散度 [W/m²]	形態係数 [-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	23000	0.144
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	23000	0.285

式２で求めた形態係数Φとなる危険距離Ｌを，式３より算出する。

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

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

H:火炎長(52.41[m])　R:火炎半径(17.47[m])　L:危険距離[m]

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

（ｃ）評価結果

危険輻射強度より危険距離を算出した結果，評価対象施設までの危険距離が離隔距離以下であることを確認した。評価結果を第 **5-24** 表に示す。

第 5-24 表 評価対象施設に対する熱影響評価結果

評価対象施設		危険距離 [m]	離隔距離 [m]
原子炉補機冷却海水ポンプ	上部軸受	55	71
	下部軸受	22	71
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	上部軸受	19	71
	下部軸受	31	71

泊発電所３号炉

式①～⑤より求めた危険輻射強度 E となる形態係数 Φ を式 2 より算出する。

$$E = R_f \times \Phi \quad （式 2）$$

E：輻射強度[W/m²]，Rf：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

第 5－16 表　対象施設の形態係数

対象施設	燃料の種類	輻射発散度[W/m²]	形態係数[-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	重油	23,000	0.12

式 2 で求めた形態係数 Φ となる危険距離 L を式 3 より算出する。

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

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

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

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

ⅲ．評価結果

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

第 5－17 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの漂流船舶火災影響評価結果

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

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

相違理由

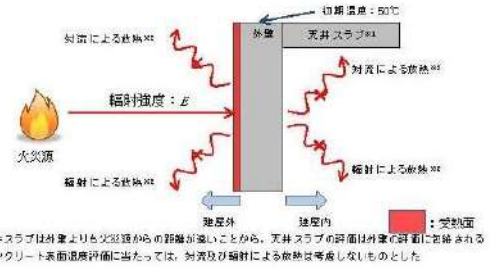
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	(11) 危険距離の評価結果 漂流船舶の位置と評価対象設備との離隔距離は第 **5－25** 表のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。 なお，輻射の一部は漂流船舶と原子炉施設の間に設置している防潮堤によって遮られるが，保守的に輻射は全て届くものとして評価している。	(10) 危険距離の評価結果 漂流船舶の位置と評価対象施設との離隔距離は第 5－18 表のとおりであり，すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。 なお，輻射の一部は漂流船舶と発電用原子炉施設の間に設置している防潮堤によって遮られるが，保守的に輻射はすべて届くものとして評価している。	【女川】記載表現の相違
	第 5-25 表　重油運搬船火災の評価結果 評価対象 / 危険距離［m］ / 離隔距離［m］ 原子炉建屋 / 110 / 114 制御建屋 / 110 / 189 タービン建屋 / 110 / 137 原子炉補機冷却海水ポンプ / 55 / 71 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ / 31 / 71 排気筒 / 20 / 340 復水貯蔵タンク / 109 / 122	第 5－18 表　漂流船舶火災の評価結果 評価対象 / 危険距離［m］ / 離隔距離［m］ 原子炉建屋 / 90 / 624 原子炉補助建屋 / 587 ディーゼル発電機建屋 / 673 循環水ポンプ建屋 / 587 排気筒 / 29 / 624 原子炉補機冷却海水ポンプ / 80 / 587 追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違
	(12) 火災による熱影響の有無の評価 以上の結果から，漂流船舶において火災が発生した場合を想定したとしても，離隔距離(**114m**)が危険距離(最大 **110m**)以上であることから，外部事象防護対象施設を内包する発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価できる。	(11) 火災による熱影響の有無の評価 以上の結果から，漂流船舶において火災が発生した場合を想定したとしても，離隔距離(587m)が危険距離(最大 90m)以上であることから，発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価できる。 追而【基準津波審査の反映】 （上記の破線部分は，基準津波審査結果を受けて反映のため）	【女川】設計方針の相違 ・地域特性による評価結果の相違 【女川】記載方針の相違 ・他資料との記載統一

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
（２）小型船舶火災の評価 津波発生時、小型船舶が漂流物となる可能性がある事から、小型船舶が最も原子炉施設に接近する箇所において火災が発生することを想定し、以下のとおり火災影響評価を実施した。なお、対象とする小型船舶の選定においては、「津波に対する施設評価について」の資料によると、発電所への漂流物となるのは[redacted]および[redacted]となる。この中で、重量の大きな船舶は[redacted]となるため、小型船舶の選定においては[redacted]への問い合わせにより、燃料量が多く、船舶のサイズが大きい、かつ、燃料種の厳しい評価となるものを選定した。 (a)船舶火災の想定 船舶火災の想定の条件は３．（１）(a)と同様 (b)火災影響評価 (i)必要データ（小型船舶） 評価に用いるデータは以下のとおり。 [redacted] ・離隔距離Ｌ：140［m］（放水口付近から原子炉周辺建屋の距離） ：19［m］（海水ポンプ防護壁から海水ポンプの距離） [redacted] 図３：小型船舶から原子炉周辺建屋及び海水ポンプまでの距離 また、軽油の物性値は以下のとおり。 ・輻射発散度Ｒｆ：42000［W/m²］ ・密度ρ：918［kg/m³］ ・質量低下速度Ｍ：0.044［kg/m²･s］ (ⅱ)影響評価結果 ① 原子炉周辺建屋 投影面積および離隔距離から形態係数φを算出すると、φ＝0.003となる。軽油の輻射発散度Ｒｆは 42000［W/m²］であるため、受熱面の輻射強度Ｅは、Ｅ＝Ｒｆ×φ＝126［W/m²］となる。 また、燃焼時間ｔは、容積Ｖ（＝Ｇ/ρ）、密度ρ、質量低下速度Ｍおよび投影面積Ｓより、ｔ＝Ｖ/（Ｓ×Ｍ/ρ）にて求められ、約0.223［hr］となる。			【大飯】設計方針の相違 ・泊・女川は大型船舶の結果にて小型船舶の結果を包絡できることから記載していない。（離隔距離は短くなるが大型船舶の危険距離以上の離隔距離は確保されている） ・また，大飯は危険距離評価ではなく熱影響評価を実施している。

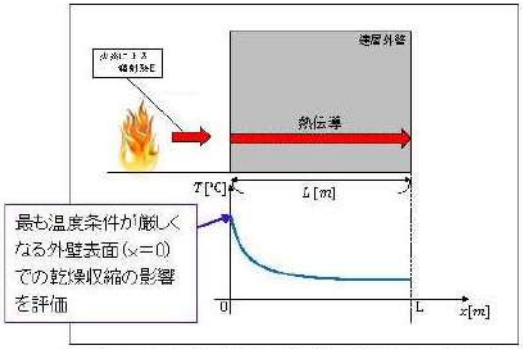
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
また、建屋外壁表面の温度上昇は次式[1)]で求められる。 $T=T_0+\frac{2\times E\times\sqrt{a\times\tau}}{\lambda}\times\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}\times\exp\left(-\frac{x^2}{4\times a\times\tau}\right)-\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\,erfc\left(\frac{x}{2\times\sqrt{a\times\tau}}\right)\right]$ To：初期温度（50℃） E　：輻射強度［W/m²］ α：コンクリート温度伝導率 α＝λ／（ρ×Cp） Cp：コンクリート比熱（963［J/kgK］） ρ：コンクリート密度（2300［kg/m³］） λ：コンクリート熱伝導率（1.74［W/mK］） χ：コンクリート深さ［m］ τ：燃焼継続時間［sec］ 1) 庄司正弘，東京大学機械工学６，伝熱工学，東京大学出版 上記式を用いて建屋外壁表面温度を算出すると、53℃となり、コンクリートの許容温度（200℃）を超えることはなく、原子炉施設に影響を与えることがないことを確認した。 ② 海水ポンプ 原子炉周辺建屋外壁への評価と同様に海水ポンプへの熱影響評価を実施した。冷却空気の温度上昇の評価について、ケーシングに受けた輻射による熱エネルギーが全て冷却空気に伝達されるという保守的な評価を実施した結果、冷却用空気の温度は 55℃となり、許容温度（□℃）を超えることはなく、海水ポンプに影響を与えることがないことを確認した。			

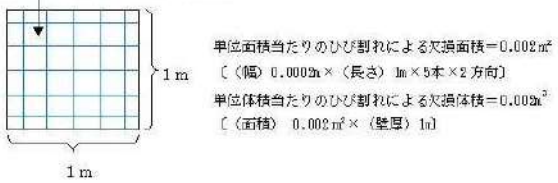
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
東海第二発電所 5. 漂流船舶の二次的影響 発電所港湾内で漂流船舶が出火し油が流出したとしても，港湾内の取水口にはカーテンウォールが設置されており，深層取水していることから発電用原子炉施設（海水ポンプ）への影響はない。 なお，発電所港湾外で船舶の油が流出した場合は，油の流出を確認し次第，速やかにオイルフェンスを設置し，発電用原子炉施設への影響がないよう対応する。	参考資料１ 漂流船舶（火災）の二次的影響について 発電所港湾内で漂流船舶が出火し重油が流出したとしても，港湾内の取水口にはカーテンウォールが設置されており，深層取水していることから発電用原子炉施設（海水系ポンプ）への影響はない。 漂流船舶の火災評価においては，港湾の岸における火災を想定しているため，オイルフェンスによる流入防止を期待していないが，重油運搬船の入港時にはオイルフェンスを準備し，着岸中は船の周りにフェンスを設置することとしている。 オイルフェンスは港湾の保管庫に格納しており，また年に一度の点検により健全性を確認している。	参考資料１ 漂流船舶（火災）の二次的影響について 発電所港湾内で漂流船舶が出火し重油が流出したとしても，約 T.P.－3.8m～T.P.－8.0m に設置された取水路より取水していることから発電用原子炉施設（海水系ポンプ）への影響はない。 発電所港湾外で船舶の油が流出した場合は，油の流出を確認し次第，速やかにオイルフェンスを設置し，発電用原子炉施設への影響がないよう対応する。 オイルフェンスは構内の保管庫に格納しており，また年に一度の点検により健全性を確認している。	【女川】設計方針の相違 ・泊はカーテンウォールが無く，約 T.P.－3.8m 以下の取水口から取水しており重油の影響はない。 【女川】記載方針の相違 ・泊は港湾外の油流出に対する運用について記載（東海第二と同一の記載） 【女川】保管箇所の相違

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	参考資料２ 鉄筋コンクリート躯体に対する乾燥収縮ひび割れの 外部火災評価への影響について 外部火災の熱影響評価では，火災の輻射熱により評価対象施設の外壁，天井スラブの健全性が維持される温度より危険輻射強度を算出し，火災時の短期温度上昇を考慮した場合において，想定する火災の輻射強度が危険輻射強度を越えないことを，危険距離及び離隔距離から確認している。 危険輻射強度を用いる熱影響評価には森林火災，敷地外危険物貯蔵施設，燃料輸送車両及び漂流船舶の火災の影響評価があるが，漂流船舶の火災の評価が判定基準に対して最も厳しい評価となるため，漂流船舶の火災について危険輻射強度への影響を確認する。 建屋外壁コンクリートの評価はコンクリート躯体の構造的な形状の担保を目的としていることから，非定常状態におけるコンクリート表面について評価しており，十分に厚い固体の表面が放射熱で加熱される場合の温度分布は以下の一次元の熱伝導方程式により表すことができる。 $$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$$ なお，本評価においては，温度算出概念図に示すとおり保守的に放熱を考慮しないことから，外表面（x＝0）及び内表面（x＝L）における境界条件は次のとおりとしてコンクリートの厚みを考慮している。 $$-\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E\ (x=0), \quad \frac{\partial T}{\partial x} = 0\ (x=L)$$  ※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，天井スラブの評価は外壁の評価に包絡される ※2：コンクリート表面温度評価に当たっては，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした 第 5-12 図　一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図 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すると，漂流船舶の火災の影響評価では以下の温度評価式により，外壁表面の温度 T が 200℃となる輻射強度 E を危険輻射強度として算出できる。		【女川】設計方針の相違 ・女川の参考資料２は東日本大震災によるコンクリートのひび割れ影響に関する資料のため，泊は対象外

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	このうち，コンクリート躯体が関係する物性パラメータは，赤字で示すものであることから，これらのパラメータに対する乾燥収縮ひび割れの影響を確認する。 $$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}} exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$$ T:外壁表面温度(200℃)，T_0:初期温度(50[℃])，E:危険輻射強度[W/m²]， t:火炎継続時間[s]，x:コンクリート深さ[m] α:コンクリート温度伝導率[$\alpha = \lambda/\rho C_p$][$m^2/s$]， λ:コンクリート熱伝導率(1.74 [W/m/K])，C_p:コンクリート比熱(963 [J/kg/K])， ρ:コンクリート密度(2,400[kg/m³]) ここでコンクリート深さについては，外壁表面（**x＝0**）が輻射熱による温度上昇が最大となるため外壁表面（**x＝0**）における乾燥収縮ひび割れの影響を評価する。 また，コンクリート温度伝導率αは，熱伝導率λ，比熱 **Cp** および密度ρと関連するため，その影響を試算により確認する。  第 5-13 図　建屋外壁の熱伝導と温度分布の概念図 【試算条件】 女川２号原子炉建屋の乾燥収縮ひび割れ調査結果では，ひび割れ密度(**１ｍ** 当たりのひび割れ本数)は４～５程度，乾燥収縮ひび割れの平均ひび割れ幅は **0.05～0.07** ㎜程度であり，ひび割れ幅 **0.2** ㎜以下のひび割れが **99.3**%であったため，試算条件として保守的に乾燥収縮ひび割れは，**0.2** ㎜のひび割れが **１ｍ** 当たり５本，縦にも横にも貫通して入ると仮定する。 上記の仮定に基づき，密度を体積比で算定すると **0.2**%低下する。熱伝導率および比熱は，**0.2**%程度の密度の低下では変動量は極めて小さいと考えらえることから変化しないと仮定する。		

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	0.2mmのひび割れが１m当たり５本， 縦にも横にも貫通して入ると仮定  第 5-14 図　建屋外壁にひび割れが入った場合の試算条件 【影響検討結果】 最も評価が厳しい漂流船舶の火災による原子炉建屋の危険輻射強度への影響について検討を行ったところ，漂流船舶の火災の危険輻射強度 **1086.9W/m²** に対して密度低下を考慮すると **1085.8W/m²** であり，**1.1W/m²** の変動であることから，保守的な条件を仮定しても，乾燥収縮ひび割れによる影響が僅かであることから，評価結果に影響を与えないことを確認した。		

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）

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料９	添付資料－６	添付資料－６	
敷地内におけるタンク火災による影響評価について	敷地内における危険物施設の火災について	敷地内における危険物施設の火災について	【大飯】記載表現の相違
はじめに 本評価は、大飯発電所３，４号炉の発電所敷地内における危険物タンクの火災が、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包する原子炉施設に影響をおよぼさないことについて、原子力発電所の外部火災評価ガイドにより、「附属書Ｃ 原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」に基づき、評価を実施するものである。	１．目的 本評価は，女川原子力発電所の発電所敷地内の危険物施設の火災に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」及び，「附属書Ｃ原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」（以下，「評価ガイド」という。）に基づき，評価するものである。	1．目的 本評価は，泊発電所の発電所敷地内の危険物施設の火災に対してより一層の安全性向上の観点から，その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことについて，「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ石油コンビナート火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」及び，「附属書Ｃ原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」（以下，「評価ガイド」という。）に基づき，評価するものである。	【女川・大飯】 発電所名の相違 【大飯】記載表現の相違
１.危険物タンクの火災による熱影響の評価 （１）危険物タンクの火災の想定	２．発電所敷地内危険物施設の火災影響評価 （１）敷地内危険物施設の火災の想定 評価ガイドに基づき，発電所敷地内の火災源又は爆発源となる石油類等の屋外の危険物施設のうち，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，影響評価を実施する。第 6-1 図のフローに基づき評価対象を抽出した。第 6-2 表に発電所敷地内の発火源となる危険物貯蔵施設の一覧と抽出フローによる抽出結果を示す。	2．発電所敷地内危険物施設の火災影響評価 （1）敷地内危険物施設の火災の想定 評価ガイドに基づき，発電所敷地内の火災源又は爆発源となる石油類等の屋外の危険物施設のうち，３号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して，影響評価を実施する。第６－１図のフローに基づき評価対象を抽出した。第６－２表に発電所敷地内の発火源となる危険物貯蔵施設の一覧と抽出フローによる抽出結果を示す。	【大飯】記載表現の相違 【大飯】記載表現の相違 【女川】設計方針の相違・プラント設計の違いによる想定する危険物施設の相違（泊には軽油タンク，大容量電源装置はない）
危険物タンクの火災の想定は以下のとおりとした。 A.想定の条件	危険物施設の火災の想定は以下のとおりとした。	敷地内危険物施設の火災の想定は以下のとおりとした。	【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一 【大飯】記載表現の相違
A.-1 評価対象とする危険物タンクは、発電所敷地内の屋外に設置されている危険物タンクのうち、燃料の保有量が多く、直接原子炉施設を臨むことができるタンクを想定した。			【大飯】記載方針の相違・泊，女川は(3)に記載
A.-2 評価対象とするタンクの燃料は満載した状態を想定した。	ⅰ．評価対象とする危険物施設の燃料は満載した状態を想定した。	ⅰ．評価対象とする危険物施設の燃料貯蔵量は管理上定められた上限値とする。	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・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。
A.-4 危険物タンクの破損等による防油堤内の全面火災を想定した。 A.-5 気象条件は無風状態とした。	ⅱ．危険物施設の損傷等による防油堤内の全面火災を想定した。 ⅲ．気象条件は無風状態とした。	ⅱ．危険物施設の損傷等による防油堤内の全面火災を想定した。 ⅲ．気象条件は無風状態とした。	
A.-6 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。	ⅳ．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。 ⅴ．黒煙の発生による輻射発散度の低減は無いものとした。	ⅳ．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。 ⅴ．黒煙の発生による輻射発散度の低減は無いものとした。	【女川・大飯】 記載方針の相違 ・他資料との記載統一 【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）
A.-3 離隔距離は、評価上厳しくなるよう、A.-1 で想定したタンク位置から原子炉施設までの直線距離とした。	ⅵ．離隔距離は，評価上厳しくなるようⅰ．で想定した危険物施設位置から原子炉施設までの直線距離とした。	ⅵ．離隔距離は，評価上厳しくなるようⅰ．で想定した危険物施設位置から発電用原子炉施設までの直線距離とした。	【女川・大飯】 記載表現の相違

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

B .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 1.5［m］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。

（２)危険物タンクの火災による影響の有無の評価

a .評価対象範囲

評価対象とする危険物タンクは、引火などのおそれがある発電所敷地内の屋外に設置されている危険物タンクとして、燃料の保有量が多く、直接原子炉施設を臨むことができるタンク類の火災を想定することとし、補助ボイラ用燃料タンクおよび１，２号機油計量タンクを評価対象として想定することとした。

なお、ディーゼル発電機用燃料タンクについては、コンクリート構造物に収納され、周囲を不燃物である乾燥砂に囲われた地下埋設タンクとなっていることから、評価対象外としている。

島根２号炉

(3) 評価対象範囲

評価ガイドに基づき，発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジン等の危険物タンク火災の影響評価を実施する。消防法又は松江市火災予防条例に基づく届出対象施設（第 2－2 表）より，評価対象とする危険物タンク等を抽出する（第 2－1 図のフロー図)。

発電所敷地内の発火源となる施設のうち，建物内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは外部への火災が発生する可能性が低いことから除外し，危険物を貯蔵し屋外に設置しているタンク等を想定発火源とする。発電所敷地内における危険物施設等の位置を第 2－2 図に示す。

女川原子力発電所２号炉

（2）評価手法の概要

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

第 6-1 表　評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	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[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	防油堤面積を火炎円筒の底面として求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	危険物タンク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。

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

（3）評価対象範囲

評価ガイドに基づき，発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジン等の危険物施設火災の影響評価を実施する。消防法に基づく届出対象施設（第 6-2 表）より，評価対象とする危険物施設等を抽出する（第 6-1 図)。

発電所敷地内の発火源となる施設のうち，建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは外部への火災が発生する可能性が低いことから除外し，危険物を貯蔵し屋外に設置しているタンク等を想定発火源とする。発電所敷地内における危険物施設等の位置を第 6-2 図に示す。

泊発電所３号炉

(2) 評価手法の概要

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

第 6－1 表　評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	防油堤面積を火炎円筒の底面として求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	敷地内危険物施設から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	原子炉施設の外壁，排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

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

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

(3) 評価対象範囲

評価ガイドに基づき，発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジン等の危険物施設火災の影響評価を実施する。消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設（第 6－2 表，第 6－3 表）より，評価対象とする危険物施設等を抽出する（第 6－1 図)。

発電所敷地内の発火源となる施設のうち，建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは外部への火災が発生する可能性が低いことから除外し，危険物を貯蔵し屋外に設置しているタンク等を想定発火源とする。発電所敷地内における危険物施設等の位置を第 6－2 図に示す。

相違理由

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）
【女川】発電所名の相違

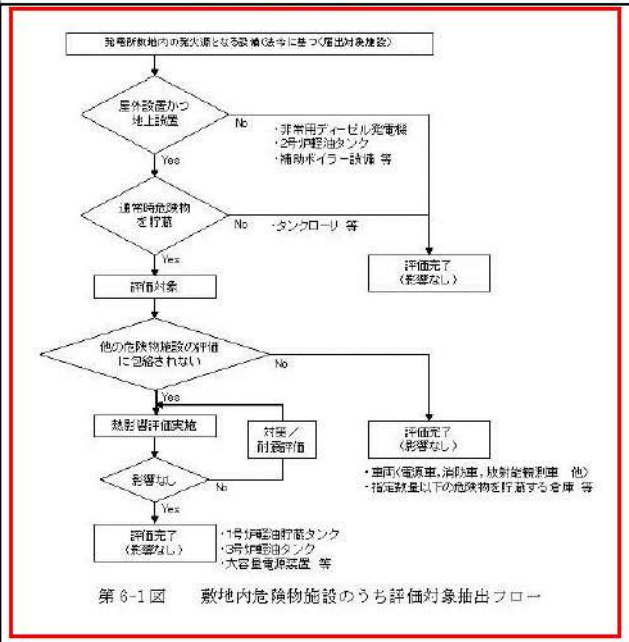
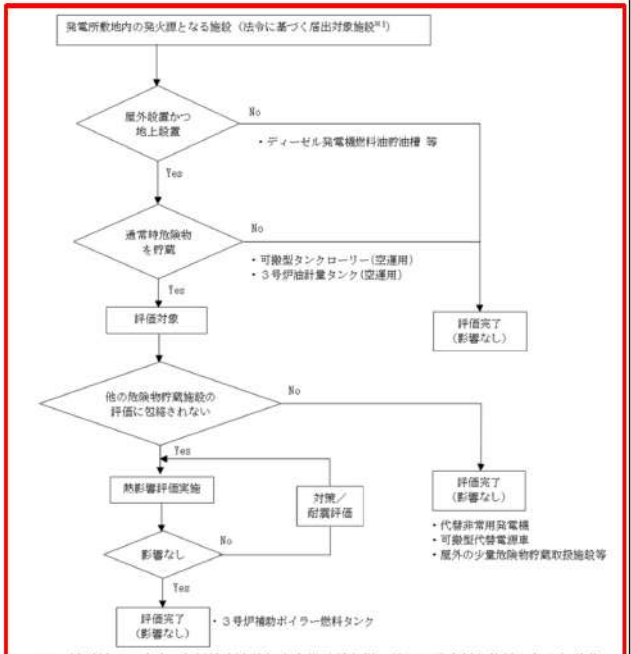
【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）
【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う法令基準の相違。（島根と同一の選定）

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
 敷地内の屋外にある危険物タンクの位置 b.評価対象の選定の考え方 原子炉施設（建屋）に対する評価として、最も近接している危険物タンクは３，４号炉油計量タンク（離隔距離：約 60m）であるが、タービン建屋の影に隠れることから、火災の輻射の影響を受ける事はないため、対象外としている。３，４号炉油計量タンクの次に近接している危険物タンクとして、補助ボイラ燃料タンク（離隔距離：約 90m） があり、燃料量が最も多い事から、補助ボイラ燃料タンクを選定している。 海水ポンプに対する評価としては、最も近接している危険物タンクが、１，２号炉油計量タンク（約 320m）である事から、評価対象として選定している。（なお、評価結果は燃料量の多い補助ボイラ燃料タンクの評価結果よりも厳しい結果である事を確認している。） なお、実運用として、補助ボイラ燃料タンクは 60kL 以下、油計量タンクは空運用であるが、燃料を満載した状態として、保守的に評価している。 また、タービン油計量タンクの空運用については、設置許可添付八の「手順等」の項及び保安規定に記載する。このため、タービン油計量タンク火災が発生する事はなく、原子炉施設（建屋）に対して、タービン建屋による波及的影響はない。	（外部火災影響評価ガイド抜粋） （２）近隣の産業施設の火災・爆発 近隣の産業施設で発生した火災・爆発により，原子炉施設が，その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており，その二次的な影響も含めて，原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお，発電所敷地外の 10km 以内を発火点とし，森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は（１）の森林火災として評価する。（ただし，発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については，（３）の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。） 発電所敷地内には，危険物施設のほかにタンクローリ（100L×３台，４kL×２台）を配備している。タンクローリは通常時「空」の状態で運用している。通常時「空」の状態であるタンクローリは発火の可能性はないことから評価対象から除外する。 また，直接輻射熱の影響を受けない建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは壁面及び天井面に囲まれており，内部で火災が発生した場合でも，屋外への延焼の可能性が低いことから熱影響評価は実施しない。ただし，大容量電源装置用燃料タンクは地下貯蔵タンクであり，地表面で火災が発生する可能性は低いが，装置起動用発電機の軽油タンクが地上面にあることから，保守的に地下貯蔵タンクとともに火災が発生した場合を想定し熱影響評価を実施することとした。 以上より，評価対象は，１号炉及び３号炉の軽油タンク，大容量電源装置，危険物を貯蔵する車両（電源車，消防自動車，放射能観測車他），指定数量以下の危険物を貯蔵する倉庫（油脂倉庫）となる。 また，指定数量以下の危険物を貯蔵する車両等（電源車，消防自動車，放射能観測車他）及び指定数量以下の危険物を貯蔵する倉庫（油脂倉庫）は，軽油タンク及び大容量電源装置に比べて，発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置しており，貯蔵量が少なく，軽油タンク及び大容量電源装置火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。	（外部火災影響評価ガイド抜粋） （２）近隣の産業施設の火災・爆発 近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が，その影響を受けないよう適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損なうことのない設計とする。なお，発電所敷地外の 10km 以内を発火点とし、森林等に延焼することによって発電所に迫る場合は（１）の森林火災として評価する。（ただし，発電所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、（３）の航空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。） 発電所敷地内には，危険物施設の他に可搬型タンクローリー（3.86kL×４台）を配備している。可搬型タンクローリーは通常時「空」の状態で運用している。通常時「空」の状態である可搬型タンクローリーは発火の可能性はないことから評価対象から除外する。 同様に，発電所構内には３号炉油計量タンクがあるが，航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳による熱影響評価を踏まえ，運用を停止することとしたため評価対象から除外する。 また，直接輻射熱の影響を受けない建屋内に設置している設備及び地下貯蔵タンクは壁面及び天井面に囲まれており，内部で火災が発生した場合でも，屋外への延焼の可能性が低いことから熱影響評価は実施しない。 以上より，評価対象は，１，２号炉及び３号炉の補助ボイラー燃料タンク，１号炉油計量タンク，代替非常用発電機（一般取扱所），可搬型代替電源車（一般取扱所）及び屋外の少量危険物貯蔵取扱施設となる。 また，代替非常用発電機及び可搬型代替電源車（一般取扱所）は，３号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて，貯蔵量が少なく，３号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。１号炉油計量タンク及び屋外の少量危険物貯蔵取扱施設は，３号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて，発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置しており，貯蔵量が少なく，３号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。また，１号及び２号炉補助ボイラー燃料タンクは，３号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて，発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置しており，３号炉補助ボイラー燃料タンク火災の評価に包絡されるため熱影響評価は実施しない。	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず） 【女川】名称の相違 【女川】設計方針の相違・プラント設計の違いによる配備車両の相違 【女川】設計方針の相違・泊は火災影響軽減のためタンクを空運用としている。 【女川】設計方針の相違・プラント設計の違いによる危険物施設の相違（泊の地下タンクは地下埋設であるとともに，当該タンク付近の地上面に他の燃料タンクは存在しない） 【女川】設計方針の相違・プラント設計の違いによる危険物施設の相違 【女川】設計方針の相違・プラント設計の違いによる危険物施設の相違（泊も女川も貯蔵量または離隔距離から他の火災の評価に包絡される場合は評価は実施しない方針に差異はない）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 6-1 図　敷地内危険物施設のうち評価対象抽出フロー	 ※1：消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設となる危険物タンク等 第６－１図　敷地内危険物施設のうち評価対象抽出フロー	【女川】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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（下記「第 6-2 表」参照）	（下記「第６－２表」参照）	【女川】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

女川原子力発電所２号炉

第 6-2 表　女川原子力発電所敷地内危険物施設一覧（1／2）

号炉	危険物施設名	製造所等の別	危険物の類		品名	最大数量	詳細評価要否
1 号炉	補助ボイラー設備※1	一般取扱所	第四類	第三石油類	重油	67.086kl	×（建屋内設置）
1 号炉	630 kl 軽油貯蔵タンク	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	630 kl	○
1 号炉	非常用ディーゼル発電設備	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	39.24 kl 8 kl	×（建屋内設置）
1 号炉	主油タンク，油清浄機，補助油タンク	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	96.5 kl	×（建屋内設置）
2 号炉	390 kl 軽油貯蔵タンク(A)	地下タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	390 kl	×（地下設置）
2 号炉	390 kl 軽油貯蔵タンク(B)	地下タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	390 kl	×（地下設置）
2 号炉	170 kl 軽油貯蔵タンク(H)	地下タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	170 kl	×（地下設置）
2 号炉	非常用ディーゼル発電設備(A)	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	41.964 kl 8.8 kl	×（建屋内設置）
2 号炉	非常用ディーゼル発電設備(B)	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	41.964 kl 8.4 kl	×（建屋内設置）
2 号炉	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	21.456 kl 1.8 kl	×（建屋内設置）
2 号炉	タービン関連設備	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	177.38 kl	×（建屋内設置）
2 号炉	390kl 軽油貯蔵タンク(A)	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	390 kl	○
3 号炉	390kl 軽油貯蔵タンク(B)	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	390 kl	○
3 号炉	非常用ディーゼル発電設備(A)	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	41.132 kl 7 kl	×（建屋内設置）
3 号炉	非常用ディーゼル発電設備(B)	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	41.132 kl 7 kl	×（建屋内設置）
3 号炉	高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備	一般取扱所	第四類 第四類	第二石油類 第四石油類	軽油 潤滑油	21.456 kl 1.8 kl	×（建屋内設置）
3 号炉	タービン関連設備	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	388.5 kl	×（建屋内設置）

※1：１号炉補助ボイラー設備用として屋外に重油貯蔵タンクが設置されていたが，東北地方太平洋沖地震による津波により倒壊したため設備廃止

泊発電所３号炉

第６－２表　危険物製造所等許可施設一覧（1／2）

号炉	施設名	製造所の別	危険物			数量	詳細評価要否
			類	品名			
1号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	461.6 kL	×（地下設置）
2号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	461.6 kL	×（地下設置）
3号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽(A側)	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	295.88 kL	×（地下設置）
3号炉	ディーゼル発電機 燃料油貯油槽(B側)	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	295.8 kL	×（地下設置）
3号炉	燃料タンク(SA) 【設置予定】	地下タンク 貯蔵所	4	第2石油類	軽油	80 kL	×（地下設置）
1，2 号炉	補助ボイラー燃料タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第3石油類	A重油	600 kL	×（※3） （管理値 450kL）
3号炉	補助ボイラー燃料タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第3石油類	A重油	720 kL	○（※1） （管理値 410kL）
1号炉	油計量タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第4石油類	潤滑油	70 kL	×（※3）
3号炉	油計量タンク	屋外タンク 貯蔵所	4	第4石油類	潤滑油	110 kL	×（※2）
1号炉	ディーゼル発電設備 燃料油・潤滑油装置	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	58.9 kL 14.6 kL	×（屋内設置）
2号炉	ディーゼル発電設備 燃料油・潤滑油装置	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	58.9 kL 14.6 kL	×（屋内設置）
3号炉	ディーゼル発電設備 燃料油・潤滑油装置	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	75.3 kL 12 kL	×（屋内設置）
1号炉	タービン潤滑油装置	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	73 kL	×（屋内設置）
2号炉	タービン潤滑油装置	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	73 kL	×（屋内設置）
3号炉	タービン潤滑油装置	一般取扱所	4	第4石油類	潤滑油	110 kL	×（屋内設置）
1，2 号炉	補助ボイラー燃料油装置	一般取扱所	4	第3石油類	A重油	96 kL	×（屋内設置）
3号炉	補助ボイラー燃料油装置	一般取扱所	4	第3石油類	A重油	114.6 kL	×（屋内設置）
1，2 号炉	油倉庫	屋内貯蔵所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	4 kL 24 kL	×（屋内設置）
3号炉	油庫	屋内貯蔵所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	4 kL 25.02 kL	×（屋内設置）
1号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	×（※3）
1号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	×（※3）
2号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	×（※3）
2号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	×（※3）
3号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	×（※3）
3号炉	代替非常用発電機	一般取扱所	4	第2石油類 第4石油類	軽油 潤滑油	7.392 kL 0.144 kL	×（※3）

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

女川原子力発電所２号炉

第 6-2 表　女川原子力発電所敷地内危険物施設一覧（2／2）

号炉	危険物施設名	設置所属の別	危険物の類		品名	最大容量	詳細評価要否
その他	大容量電源設置※1	一般取扱所	第四類	第二石油類	軽油	74.025kl	×（容量「空」）
その他	大容量電源設置※1	地下タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	90 kl	○
			第四類	第四石油類	潤滑油	10 kl	
その他	タンクローリ	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	灯油	4 kl	×（容量「空」）
			第四類	第二石油類	軽油	4 kl	
			第四類	第三石油類	重油	3.66 kl	
その他	タンクローリ	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	灯油	4 kl	×（容量「空」）
			第四類	第二石油類	軽油	4 kl	
			第四類	第三石油類	重油	3.66 kl	
その他	タンクローリ（第１保管エリア）	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	100 l	×（貯蔵容量，距離）
その他	タンクローリ（第３保管エリア）	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	100 l	×（貯蔵容量，距離）
その他	タンクローリ（第４保管エリア）	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	100 l	×（貯蔵容量，距離）
その他	ガスタービン発電機用軽油タンク	地下タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	400 kl	×（貯蔵容量，距離）

※2：評価に際し最大貯蔵量に加えて起動用発電機軽油タンク 5.85l（一般取扱所分）を加味して評価を実施。

泊発電所３号炉

第 6－2 表　危険物製造所等許可施設一覧（2／2）

号炉	施設名	製造所の別	危険物 類	危険物 品名		数量	詳細評価要否
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
3号炉	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
その他	可搬型代替電源車	一般取扱所	4	第２石油類 第４石油類	軽油 潤滑油	0.88 kl 0.1 kl	×（※3）
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第２石油類	軽油	3.86 kl	×（※2）
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第２石油類	軽油	3.86 kl	×（※2）
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第２石油類	軽油	3.86 kl	×（※2）
3号炉	可搬型タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	4	第２石油類	軽油	3.86 kl	×（※2）

※1：運用管理により貯蔵量を制限しているため，410 kL にて熱影響評価を実施する。（別紙 8-1）
※2：空運用とするため，熱影響評価は実施しない。（別紙 8-2）
※3：３号炉補助ボイラー燃料タンクに比べて，発電用原子炉施設との距離が離れた位置に配置していること又は貯蔵量が少ないことから，３号炉補助ボイラー燃料タンク火災の熱影響評価に包絡される。

第 6－3 表　少量危険物貯蔵取扱所施設一覧

号炉	施設名	危険物 類	危険物 品名		数量	詳細評価要否
1，2号炉	エンジン消火ポンプ用燃料タンク	4	第２石油類	軽油	490 L	×（屋内設置）
3号炉	ディーゼル駆動消火ポンプ用燃料タンク	4	第２石油類	軽油	490 L	×（屋内設置）
1，2号炉	循環水ポンプ油圧ユニット油タンク	4	第４石油類	潤滑油	1,600 L	×（屋内設置）
3号炉	循環水ポンプ油圧ユニット油タンク	4	第４石油類	潤滑油	1,910 L	×（屋内設置）
1号炉	１次冷却材ポンプ電動機油冠収タンク	4	第４石油類	潤滑油	1,500 L	×（屋内設置）
2号炉	１次冷却材ポンプ電動機油冠収タンク	4	第４石油類	潤滑油	1,500 L	×（屋内設置）
3号炉	１次冷却材ポンプ電動機油冠収タンク	4	第４石油類	潤滑油	1,500 L	×（屋内設置）
3号炉	緊急時対策所用発電機	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	緊急時対策所用発電機【設置予定】	4	第２石油類	軽油	490 L	×（※1）
3号炉	可搬型大容量海水送水ポンプ車	4	第２石油類	軽油	990 L	×（※1）
3号炉	可搬型大容量海水送水ポンプ車	4	第２石油類	軽油	990 L	×（※1）
その他	可搬型大容量海水送水ポンプ車	4	第２石油類	軽油	990 L	×（※1）
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
3号炉	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）
その他	可搬型直流電源用発電機	4	第２石油類	軽油	250 L	×（※1）

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

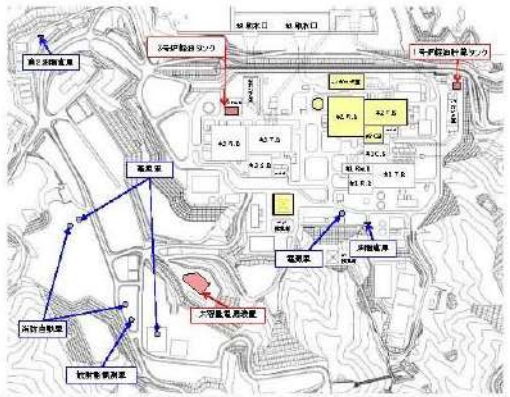
【女川】設計方針の相違
・プラント設計の違いによる抽出結果の相違

【女川】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
（泊は消防法で届出要求のある指定数量以上の危険物施設に加えて，火災予防条例で届出要求のある少量危険物貯蔵取扱所も確認している。島根と同一の選定）

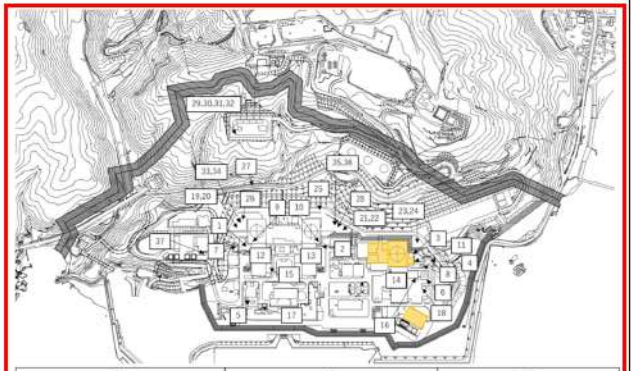
赤字：設備，運用又は体制の相違（設計方針の相違）
青字：記載箇所又は記載内容の相違（記載方針の相違）
緑字：記載表現，設備名称の相違（実質的な相違なし）

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第 6-2 図　女川原子力発電所敷地内における評価対象の危険物施設等の位置



名称	名称	名称
1. ディーゼル発電機燃料油貯油槽（1号炉）	10. ディーゼル発電設備燃料油・潤滑油装置（2号炉）	19,20. 代替非常用発電機（1号炉）
2. ディーゼル発電機燃料油貯油槽（2号炉）	11. ディーゼル発電設備燃料油・潤滑油装置（3号炉）	21,22. 代替非常用発電機（2号炉）
3. ディーゼル発電機燃料油貯油槽（3号炉A側）	12. タービン潤滑油装置（1号炉）	23,24. 代替非常用発電機（3号炉）
4. ディーゼル発電機燃料油貯油槽（3号炉B側）	13. タービン潤滑油装置（2号炉）	25～28. 可搬型代替電源車（3号炉）
5. 補助ボイラー燃料タンク（1,2号炉）	14. タービン潤滑油装置（3号炉）	29～32. 可搬型代替電源車※
6. 補助ボイラー燃料タンク（3号炉）	15. 補助ボイラー燃料油装置（1,2号炉）	33～36. 可搬型タンクローリー
7. 油計量タンク（1号炉）	16. 補助ボイラー燃料油装置（3号炉）	37.燃料タンク(SA)【設置予定】
8. 油計量タンク（3号炉）	17. 油倉庫	
9. ディーゼル発電設備燃料油・潤滑油装置（1号炉）	18. 油庫（3号炉）	※2023年3月時点

第 6－2 図　敷地内における危険物施設の位置（発電所全体）

【女川】設計方針の相違
・プラント設計の違いによる抽出された危険物施設の相違

３．温度影響評価
（１）建屋外壁に対する熱影響評価
ａ．評価対象範囲
発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち，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，原子炉施設外壁への熱影響評価を実施する。

3．温度影響評価
(1) 建屋外壁に対する熱影響評価
a．評価対象範囲
発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち，３号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して，原子炉施設外壁への熱影響評価を実施する。

【大飯】記載方針の相違
（女川実績の反映）

【女川】設計方針の相違
・泊は発電用原子炉施設までの距離が最短かつ最も貯蔵量が多い施設が３号機補助ボイラー燃料タンクのため

ｃ.必要データ（補助ボイラ用燃料タンク）
評価に用いるデータは以下のとおり。

燃料量［m³］：５００
輻射発散度［W/m²］：23×10³（重油）
燃焼速度［m/s］：3.50×10⁻⁵
防油堤面積[m²]：278.81
離隔距離［m］：90（3 号炉原子炉周辺建屋までの距離）

ｂ．必要データ
評価に用いるデータは以下のとおりである。

第 6-3 表　敷地内危険物施設火災影響評価に必要なデータ

	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	
燃料量 V [m³]	620	330	330	660	90.585（軽油）10（潤滑油）
輻射発散度 RF [W/m²]	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000（軽油，潤滑油）
燃焼速度 v [m/s]	5.11×10^{-5}	5.11×10^{-5}	5.11×10^{-5}	5.11×10^{-5}	5.11×10^{-5}（軽油）4.35×10^{-5}（潤滑油）
防油堤面積 S [m²]	340	195.15	135.30	330.95	47.6115（軽油）8.1743（潤滑油）

b．必要データ
評価に用いるデータは以下のとおりである。

第 6－4 表 危険物貯蔵施設の必要データ

	３号炉補助ボイラー燃料タンク
燃料の種類	重油
燃料量[m³]	410
防油堤面積※1[m²]	482.79
燃料密度※2[kg/m³]	1,000
質量低下速度※2[kg/m²・s]	0.035
輻射発散度※3[W/m²]	23,000
燃焼速度[m/s]	3.50×10^{-5}

※1：防油堤の堰(20.9m×23.1m)の面積に等しいとした
※2：THE SFPE Handbook of Fire Protection Engineering 4th Edition 記載値
※3：評価ガイド付属書Ｂ記載値

【女川・大飯】
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

大飯発電所３／４号炉

d .燃焼半径の算出

円筒火災モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は対象としたタンクの防油堤の面積を円筒の底面と仮定して算出した。

$R = (S/\pi)^{1/2}$

S：防油堤の投影面積（火炎円筒の底面積）

$R = (278.81/\pi)^{1/2} = 9.42$［m］

女川原子力発電所２号炉

c．燃焼半径の算出

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

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

R:燃焼半径[m]，S:燃焼面積（＝防油提面積）[m²]

第 6-4 表　危険物施設毎の燃焼半径（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 A	３号炉軽油タンク B	３号炉軽油タンク A＋B	大容量電源装置
燃焼面積 S [m²]	340	195.15	185.80	380.95	47.6115（軽油） 6.1743（潤滑油）
燃焼半径 R [m]	10.404	7.882	7.691	11.012	3.893（軽油） 1.402（潤滑油）

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，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評価を実施した。

(b)火災源となる設備と評価対象施設までの離隔距離火災源となる設備と評価対象施設までの離隔距離を第 6-5 表に示す。

第 6-5 表　火災源となる設備と評価対象施設までの離隔距離

想定火災源		原子炉建屋[m]	制御建屋[m]	タービン建屋[m]
１号炉軽油貯蔵タンク		201	179	105
３号炉軽油タンク	A	208	304	303
	B	191	289	287
	A+B	191	289	287
大容量電源装置		407	447	479

泊発電所３号炉

c. 燃焼半径の算出

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

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

R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m²]

第６－５表 危険物貯蔵施設の燃焼半径

想定火災源	燃焼面積 S [m²]	燃焼半径 R [m]
３号炉補助ボイラー燃料タンク	482.79	12.40

d. 外壁に対する熱影響評価

(a) 評価対象範囲

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

(b) 火災源となる設備と評価対象施設までの離隔距離を第６－６表に示す。

第６－６表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

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

相違理由

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

【女川】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

【女川】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

【女川】記載表現の相違

【女川】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

大飯発電所３／４号炉

e .形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

ϕ ：形態係数、L ：離隔距離、H ：火炎高さ、R ：燃焼半径

ここで、R、Lをそれぞれ代入して形態係数ϕを求めると以下のとおりとなる。

$\phi=2.20\times10^{-2}$

女川原子力発電所２号炉

(c)形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

第 6-8 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}	3.189×10^{-3}	6.513×10^{-3}	1.987×10^{-4}
制御建屋 ϕ [-]	6.620×10^{-3}	1.306×10^{-2}	1.378×10^{-3}	2.834×10^{-3}	1.647×10^{-4}
タービン建屋 ϕ [-]	1.909×10^{-2}	1.314×10^{-2}	1.386×10^{-3}	2.874×10^{-3}	1.434×10^{-4}

泊発電所３号炉

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

第 6－7 表　各建屋の外壁と天井スラブの構成

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

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

○：設置，×：未設置

(c) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

第 6－8 表　評価対象施設ごとの形態係数

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

相違理由

【女川】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する。また，原子炉建屋及び原子炉補助建屋は，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及び外装材としており，建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して，その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。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。
（原子炉補助建屋は離隔距離より原子炉建屋の評価に包絡される）

【女川・大飯】
設計方針の相違
・評価対象施設ごと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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
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となる。 Ｅ＝Ｒｆ×φ Ｅ：輻射強度、Ｒｆ：輻射発散度、φ：形態係数 Ｅ＝$23\times10^{3}\times2.20\times10^{-2}$＝506［W/m²］	(d)輻射強度の算出 火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は，輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。 $E=Rf\cdot\emptyset$ E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，∅:形態係数 第 6-7 表　危険物施設毎の輻射強度（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 A／3号炉軽油タンク B／3号炉軽油タンク A＋B／大容量電源装置 原子炉建屋 E [W/m²]：221／121／133／274／9 制御建屋 E [W/m²]：279／55／58／120／7 タービン建屋 E [W/m²]：802／56／59／121／7	(d) 輻射強度の算出 火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は，輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。 $E=R_f\times\Phi$　（式 2） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第６－９表　評価対象施設ごとの輻射強度 対象施設／輻射強度[W/m²] 原子炉建屋／1,863 ディーゼル発電機建屋／2,990 循環水ポンプ建屋／690	【女川・大飯】 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
g .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となる。 ｔ＝Ｖ／（π Ｒ²×ｖ） Ｖ：燃料量［m³］＝500［m³］ ｖ：燃焼速度［m/s］＝Ｍ／ρ＝3.50×10^{-4} Ｍ：質量低下速度［kg/m²･s］＝0.035 ρ：燃料密度［kg/m³］＝1000 ｔ＝500／（$278.81\times3.50\times10^{-4}$）＝51,228［s］＝14.23［h］	(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 A／3号炉軽油タンク B／3号炉軽油タンク A＋B／大容量電源装置 質量低下速度 M [kg/m²/s]：0.044／0.044／0.044／0.044／0.044（軽油）0.033（潤滑油） 燃料密度 ρ [kg/m³]：880／880／880／880／880（軽油）895（潤滑油） 燃焼継続時間 t [s]：35,686／33,093／34,758／33,805／37,233	(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] 第６－10 表　危険物貯蔵施設の燃焼継続時間 想定火災源／燃料量 V [m³]／燃焼半径 R [m]／質量低下速度 M [kg/m²･s]／燃料密度 ρ [kg/m³]／燃焼継続時間 t [s] ３号炉補助ボイラー燃料タンク／410／12.40／0.035／1,000／24,264	【女川・大飯】 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
h .判断の考え方（ 建屋外壁の耐火性能評価） (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℃（保守的にコンクリートの圧縮強度が変化しない温度を想定）とする。	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。	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。	【大飯】記載表現の相違

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

（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、下記の式[1]によりコンクリートの表面および裏面の温度上昇を求め、コンクリートの表面および裏面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。

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

To：初期温度（50℃）
E ：輻射強度［W/m²］
α ：コンクリート温度伝導率
α＝λ/（ρ×Cp）
Cp：コンクリート比熱（963［J/kgK］）
ρ ：コンクリート密度（2300［kg/m³］）
λ ：コンクリート熱伝導率（1.74［W/mK］）
χ ：コンクリート深さ［m］
τ ：燃焼継続時間［sec］

1）庄司正弘,東京大学機械工学６ ,伝熱工学,東京大学出版

女川原子力発電所２号炉

（b）耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で原子炉施設外壁が昇温されるものとして，火災源を単一の円筒火炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体と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。

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。

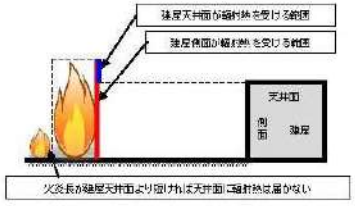
なお，天井スラブは以下の理由により，外壁の評価に包絡されるため実施しない。

・火炎長が天井スラブより短い場合，天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。
・火炎長が天井スラブより長い場合，天井スラブに輻射熱を与えるが，その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。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。

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

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 $\left[\alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p}\right]$ $(7.53 \times 10^{-7}[m^2/s])$
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）



第 6-3 図　天井スラブの評価概念図

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℃以下であることを確認した。評価結果を第 6-9 表に示す。

泊発電所３号炉

（b）耐火性能の評価結果

ⅰ．原子炉建屋及び循環水ポンプ建屋

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

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

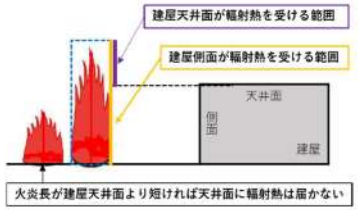
なお，天井スラブは以下の理由により，躯体外壁の評価に包絡されるため実施しない。

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

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

（出典：伝熱工学，東京大学出版会）

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(=λ/ρC_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(24,284[s])
x：躯体コンクリート壁表面深さ(m)



第 6－3 図　建屋天井面の評価概念図

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

相違理由

【女川・大飯】
設計方針の相違
・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及び外装材としており，建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して，その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。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。
【大飯】記載表現の相違
【大飯】記載方針の相違
（女川実績の反映）

【女川】設計方針の相違
・上記と同じ

大飯発電所３／４号炉

その結果、補助ボイラ用燃料タンクの火災を想定したケースでは、原子炉施設外壁の表面の温度は約 116℃となり、許容温度を下回る。

なお、燃焼継続時間以降は、熱源がなくなることから初期温度まで徐々に低下する。

また、空冷式非常用発電装置について、燃料の保有量は比較的多くはなく、燃料タンクは鋼製のコンテナに格納されているが、原子炉施設の周辺に設置されていることから、火災による熱影響評価を実施した。なお、評価にあたって、コンテナは考慮していない。結果は以下のとおりである。

離隔距離［m］：5（原子炉周辺建屋までの距離）
燃焼継続時間［hr］：9.50
受熱面輻射強度［W/m²］：851
表面温度［℃］：約 141

女川原子力発電所２号炉

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 78	約 51
制御建屋外壁温度［℃］	約 80	約 56	約 57	約 63	約 51
タービン建屋外壁温度［℃］	約 138	約 56	約 57	約 63	約 51

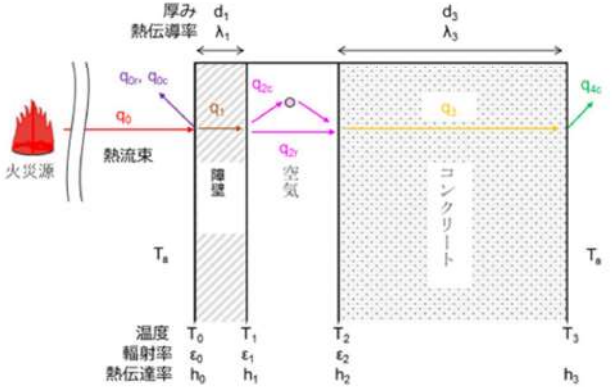
泊発電所３号炉

第 6－11 表　評価対象施設ごとの熱影響評価結果

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

ii．ディーゼル発電機建屋

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



第６－４図　評価概念図

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

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

相違理由

【大飯】
記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

【女川】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

【女川・大飯】
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。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		（ｉ）障壁表面 ・輻射 障壁表面から火炎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。 $q_{0r} = \sigma \varepsilon_0 F_0 (T_0^4 - T_a^4)$ σ：ステファンボルツマン定数[W/m²･K⁴]，ε_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[℃]) ・対流熱伝達 $q_{0c} = h_0 (T_0 - T_a)$ h_0：対流熱伝達率（12[W/m²･K]），T_a：雰囲気温度(50[℃]) （ⅱ）障壁内部 ・熱伝導 $q_1 = -\lambda_1 \frac{T_1 - T_0}{d_1}$ λ_1：障壁の熱伝導率(0.035[W/m･K])，d_1：障壁の厚み(5[mm]) （ⅲ）空気層 ・輻射 障壁裏面及びコンクリート表面について，空気層の隙間に対して十分に大きい面積の並行平板とし，かつ，形態係数を１とする。 $q_{2r} = \sigma \frac{1}{1/\varepsilon_1 + 1/\varepsilon_2 - 1} (T_1^4 - T_2^4)$ σ：ステファンボルツマン定数[W/m²･K⁴]，ε_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]） $\left(\because q_{2c-1} = q_{2c-2} = q_{2c} \quad \cdots\cdots \text{定常状態} \right.$ $T_m = \frac{T_1 + T_2}{2}$ $\left. h_1 = h_2 \right)$	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

（iv）コンクリート内部

・熱伝導

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

λ_3：コンクリートの熱伝導率(1.74[W/m･K])，d_3：障壁の厚み(600[mm])

（v）コンクリート裏面（保守的に，輻射放熱は考慮しない。）

・対流熱伝達

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

h_3：熱伝達率（8[W/m²･K]），T_a：雰囲気温度(50[℃])

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℃以下であることを確認した。評価結果を第６－12 表に示す。

第６－12 表　熱影響評価結果

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

（２）復水貯蔵タンク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，復水貯蔵タンクへの火災影響評価を実施する。

ｂ．評価対象施設までの離隔距離

想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 6-10 表に示す。

第 6-10 表　危険物施設と復水貯蔵タンクとの離隔距離

	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	
復水貯蔵タンクとの距離 [m]	294	130	174	174	435

ｃ．燃焼半径の算出

（１）ｃ．と同様。

ｄ．形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

第 6-11 表　危険物施設毎の形態係数（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	
形態係数 φ [-]	2.442×10^{-3}	3.398×10^{-3}	3.820×10^{-3}	7.850×10^{-3}	1.739×10^{-4}

【女川】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。）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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。

$$E = Rf \cdot \emptyset$$

E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，∅:形態係数

第 6-12 表　危険物施設毎の輻射強度（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	
輻射強度 E [W/m²]	103	143	161	320	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。

$$T = T_0 + \frac{Et\left(\frac{\pi D_o h}{3} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi h}{4} + 2\pi\frac{D_o^2}{4}\epsilon\right\}}$$

T_0:初期温度(50[℃])，E:輻射強度[W/m²]，t: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])，ε: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]

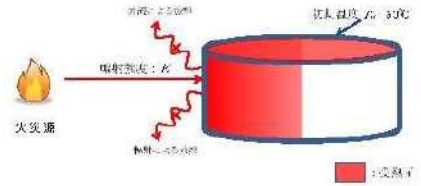
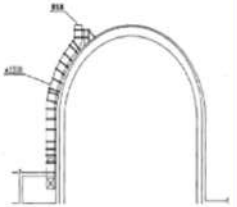
ρ_s:タンク壁材の密度(7860[kg/m³])※2，C_{ps}:タンク壁材の比熱(473[J/kg/K])※2

※1：伝熱工学資料第５版記載値（軽水）を 66℃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）

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，直接輻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，対流及び輻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。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 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　危険物施設等の熱影響評価（復水貯蔵タンク評価） 1 号炉軽油貯蔵タンク：約 51 3 号炉軽油タンク A：約 52 3 号炉軽油タンク B：約 52 3 号炉軽油タンク A＋B：約 53 大容量電源装置：約 51 復水貯蔵タンク温度 [℃]		
	（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。	（2）排気筒に対する熱影響評価 a．評価対象範囲 発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち，３号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定して，排気筒への火災影響評価を実施する。 なお，排気筒の評価に当たっては，原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。	【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映） 【女川】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 【女川】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。
	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。	b．評価対象施設の仕様 排気筒仕様を第６－13 表に，排気筒外形図を第６－5 図に示す。	
	第 6-14 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 160m 材料：筒身 SM400AP，鉄塔 SS400，SM400 個数：1 第 6-5 図　評価対象施設の外形図	第６－13 表　排気筒の仕様 名称：排気筒 種類：丸形 主要寸法：外径 2,308mm，地表高さ 73.1m 材料：SUS304 個数：1  第６－5 図　排気筒の外形図	【女川】設計方針の相違・プラント設計の違いによる仕様の相違
	c．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第 6-15 表に示す。	c．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第６－14 表に示す。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

女川原子力発電所２号炉

第 6-15 表　危険物施設と排気筒との離隔距離

	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	
排気筒との距離[m]	431	214	207	207	206

d．燃焼半径の算出
（１）ｃ．と同様。

e．形態係数の算出
以下の式から形態係数を算出した。

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

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

Φ:形態計数[-]　H:火炎長[m]　R:火炎半径[m]　L:離隔距離[m]

第 6-16 表　危険物施設毎の形態係数（排気筒）

	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	
形態係数 Φ [-]	1.131×10^{-3}	2.647×10^{-3}	2.693×10^{-3}	5.543×10^{-3}	7.799×10^{-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。

$$E=Rf\cdot\Phi$$

E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，Φ:形態係数

第 6-17 表　危険物施設毎の輻射強度（排気筒）

	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	
輻射強度 E [W/m²]	48	112	114	233	33

g．燃焼継続時間の算出
（１）ｄ．（ｅ）と同様。

泊発電所３号炉

第６－14 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

想定火災源	離隔距離[m]
	排気筒
３号炉補助ボイラー燃料タンク	57

d．燃焼半径の算出
（1）ｃ．と同様。

e．形態係数の算出
以下の式から形態係数を算出した。

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

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

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

第６－15 表　評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
排気筒	0.081

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

$$E=R_f\times\Phi\quad(式 2)$$

E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

第６－16 表　評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m²]
排気筒	1,863

g．燃焼継続時間の算出
（1）d．（e）と同様。

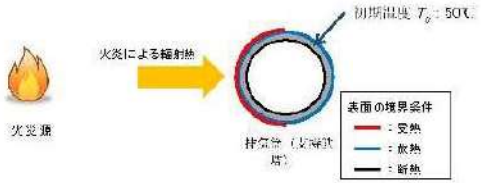
相違理由

【女川】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

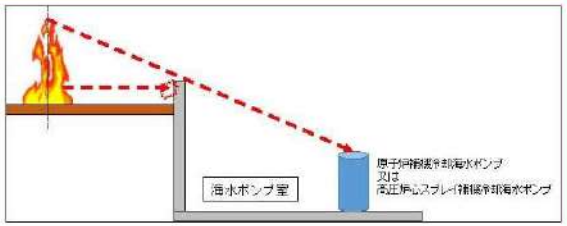
【女川】設計方針の相違
・評価対象施設の違いによる評価結果の相違

【女川】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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	h．判断の考え方 （a）許容温度 「発電用原子力設備規格設計・建設規格」では，鋼材の制限温度を 350℃としていること，また，「建築火災のメカニズムと火災安全設計」では，鋼材の温度上昇に伴う強度低下率 κ (T)が示されており，一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば，その強度が常温時と変わらないとしていることから，保守的に 325℃を許容温度とする。 （b）評価結果 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式により排気筒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。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$ ε:吸収率(0.9[−])※1　E:輻射強度[W/m²] h:熱伝達率(17[W/m²/K])※2　T_0:初期温度(50[℃]) ※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。 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。	h．判断の考え方 (a) 許容温度 「発電用原子力設備規格設計・建設規格」では，鋼材の制限温度を 350℃としていること，また，「建築火災のメカニズムと火災安全設計」では，鋼材の温度上昇に伴う強度低下率 κ (T)が示されており，一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば，その強度が常温時と変わらないとしていることから，保守的に 325℃を許容温度とする。 (b) 評価結果 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式により排気筒表面の最大温度を求め，表面温度が許容温度以下であるか評価した。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$ （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：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが，一般的な値として垂直外壁面，屋根面及び上げ裏面の夏季，冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから，これらのうち最も小さい値である 17 W/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。評価結果を第 6－17 表に示す。 排気筒の評価概念図を第 6－6 図に示す。	【女川】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 【女川】設計方針の相違・泊は保守的に吸収率を 1.0 として評価 【女川】記載表現の相違・他資料との記載統一（女川は第 6－6 図の前後で記載） 【女川】設計方針の相違・泊は排気筒が筒身のみである。

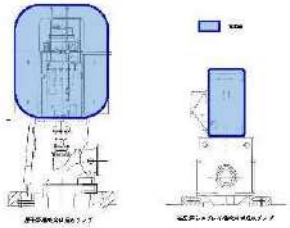
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 6-6 図　排気筒の評価概念図	 第６－６図　排気筒の評価概念図	
	排気筒鉄塔表面の温度上昇を評価した結果，許容温度 325℃以下であることを確認した。評価結果を第 6-18 表に示す。 第 6-18 表　危険物施設毎の熱影響評価（排気筒） 1号炉軽油貯蔵タンク：約 52 3号炉軽油タンク A：約 53 3号炉軽油タンク B：約 53 3号炉軽油タンク A＋B：約 57 大容量電源装置：約 51 排気筒温度 T［℃］	第６－17 表　排気筒への火災影響評価結果 対象施設：排気筒 排気筒温度［℃］：約 105 許容温度［℃］：＜325	【女川】記載表現の相違・他資料との記載統一（女川は第６－６図の前後で記載） 【女川】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
i .海水ポンプに対する熱影響評価 原子炉施設外壁への評価と同様に海水ポンプへの熱影響評価を以下のとおり実施した。	（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。	(3) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 ａ．評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要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。	【女川】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，泊に高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプはない。 【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



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 2.5m 高さ　約 2.8m	全幅　約 0.55m 高さ　約 1.06m
材質	SS400	FC150
個数	4	1

秘匿みの内容は防護上の観点から公開できません

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

(a)危険物タンクの仕様について
想定するタンク：1,2 号機油計量タンク
燃料の種類：タービン油
燃料タンクの容量：100［m³］
防油堤の面積　：81［m²］

(b)燃料の物性値について
密度（ρ）：760［kg/m³］
質量低下速度（M）：0.039［kg/m²・s］
輻射発散度（R f）：42［kW/m²］
燃焼速度（v）：v＝M/ρ＝5.13×10⁻⁵［m/s］

(c)評価条件
離隔距離：320［m］
形態係数：0.00049
受熱面の輻射強度：20.58［W/m²］
燃焼継続時間：6.68［h］

女川原子力発電所２号炉

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。

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

離隔距離	1 号炉軽油	3 号炉軽油タンク			大容量
[m]	貯蔵タンク	A	B	A＋B	電源装置
海水ポンプ室	199	257	243	243	502

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。

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

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

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

第 6-21 表　敷地内危険物施設の形態係数

	1 号炉軽油	3 号炉軽油タンク			大容量
	貯蔵タンク	A	B	A＋B	電源装置
形態係数［-］ ϕ	5.353×10^{-3}	1.831×10^{-3}	1.950×10^{-3}	4.016×10^{-3}	軽油：1.156×10^{-4} 潤滑油：0.149×10^{-4}

e．輻射強度の算出
火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は，輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。算出結果を第 6-22 表に示す。

$$E=Rf\cdot\phi$$

E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，ϕ:形態係数

第 6-22 表　敷地内危険物施設の輻射強度

	1 号炉軽油	3 号炉軽油タンク			大容量
	貯蔵タンク	A	B	A＋B	電源装置
輻射強度 E [W/m²]	224.8	96.8	82.0	168.7	5.49

泊発電所３号炉

b．火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離
原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第６－18 表に示す。

第６－18 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

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

c．燃焼半径の算出
（1）c．と同様。

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

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

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

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

第６－19 表　評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
原子炉補機冷却海水ポンプ	0.030

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

$$E=R_f\times\Phi\quad(式\ 2)$$

E：輻射強度[W/m²]，Rf：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

第６－20 表　評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m²]
原子炉補機冷却海水ポンプ	690

相違理由

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
(d)熱影響評価 ① 基準温度について 熱影響の観点から海水ポンプの健全性評価を実施するうえでは、海水ポンプモーターの下部軸受の温度制限が最も厳しく、冷却用空気の取込温度として、□℃を基準温度とした。	f．燃焼継続時間の算出 （1）f．と同様。 g．判断の考え方 （a）許容温度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機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の許容温度は，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。 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 対象機器 / 上部軸受温度 [℃] / 下部軸受温度 [℃] 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 ※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-2137-2000「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 80℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 40℃を冷却空気の許容温度に設定 ※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-2137-2000「誘導機」で定める耐熱性の良好なグリースを使用する場合の温度限度 95℃から冷却空気の初期温度 40℃を差し引いた 55℃を冷却空気の許容温度に設定 第 6-24 表　海水ポンプの通常運転時の上昇温度 対象機器 / 上部軸受温度 [℃] / 下部軸受温度 [℃] 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 （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ま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。	f．燃焼継続時間の算出 (1) d.（e）と同様。 g．判断の考え方 (a) 許容温度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。 (b) 評価方法 循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度を求め，許容温度を下回るか評価を実施した。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第 6－7 図に示す。	

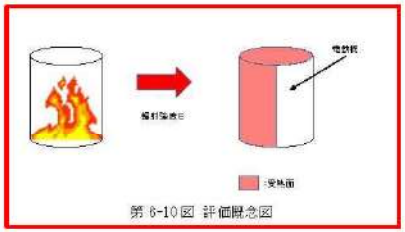
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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

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_T:受熱面積[m²]
C:熱容量(＝G×C_p)，G:重量流量[kg/s]，C_p:空気比熱[J/kg/K]

第 6-25 表　評価に用いた諸元

対象機器	受熱面積 [m²] A_T	重量流量 [kg/s] G	空気比熱 [J/kg/℃] Cp
原子炉補機 冷却海水ポンプ	13.10	3.32	1003
高圧炉心スプレイ 補機冷却海水ポンプ	1.10	0.55	1003



第 6-10 図　評価概念図

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

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

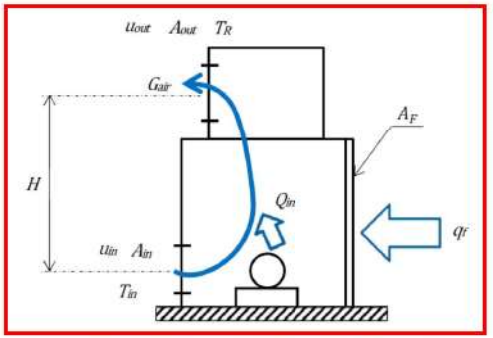
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

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

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

※1 出典：空気調和・衛星工学便覧第 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(湿き空気として算出)

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_{Pin}：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]



第６－７図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

② 評価結果

冷却空気の温度上昇の評価について、ケーシングに受けた輻射による熱エネルギーが全て冷却空気に伝熱されるという保守的な評価を実施した結果、冷却用空気の温度は約３９℃ となり、基準温度を下回る。

（ｃ）評価結果

輻射熱によって上昇する冷却空気の到達温度を算出した結果，許容温度以下であることを確認した。評価結果を第 6-26 表に示す。

第 6-26 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 A	2号炉軽油タンク B	2号炉軽油タンク A＋B	大容量電源装置	許容温度 [℃]
原子炉補機冷却海水ポンプ	上部軸受温度[℃]	約 20	約 20	約 20	約 20	約 20	＜ 41
	下部軸受温度[℃]	約 20	約 20	約 20	約 20	約 19	＜ 51
高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ	上部軸受温度[℃]	約 38	約 38	約 38	約 38	約 38	＜ 51
	下部軸受温度[℃]	約 42	約 42	約 42	約 42	約 42	＜ 51

（c）評価結果

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

第６－21 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの火災影響評価結果

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

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

2.評価結果

以上の結果から、発電所敷地内の危険物タンクにおいて火災が発生した場合を想定したとしても、原子炉施設の温度が、許容温度を超えないため、安全機能を有する構築物、系統および機器を内包する原子炉施設に熱影響をおよぼすことはない。

以　上

女川原子力発電所２号炉

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

泊発電所３号炉

4. まとめ

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

5. 敷地内危険物施設以外の設備の火災影響評価

(1) 敷地内危険物施設以外の設備の火災の想定

消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設ではない設備のうち，一体型である３号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して，影響評価を実施する。第６－８図のフローに基づき評価対象を抽出した。第６－23 表に発電所敷地内の発火源となる危険物貯蔵施設の一覧と抽出フローによる抽出結果を示す。

変圧器火災の想定は以下のとおりとした。

ⅰ．評価対象とする変圧器は，第６－23 表で抽出した一体型である３号炉主変圧器・所内変圧器を想定した。

ⅱ．離隔距離は，評価上厳しくなるようⅰ．で想定した変圧器位置から発電用原子炉施設までの直線距離とした。

ⅲ．変圧器の損傷等による変圧器の全面火災を想定した。

ⅳ．気象条件は無風状態とした。

ⅴ．火災は円筒火炎モデルとし，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。

第６－22 表　評価指標及びその内容

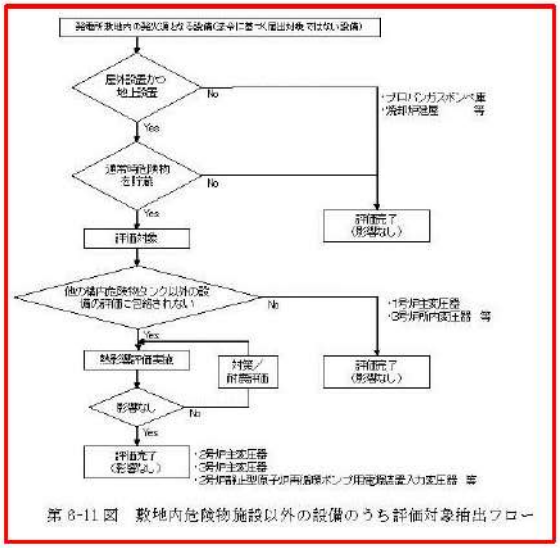
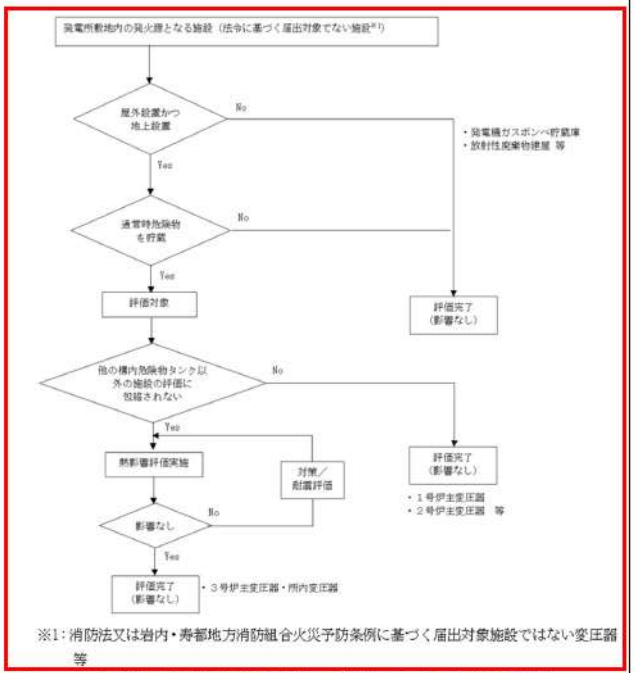
評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	変圧器規模より求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	原子炉施設の外壁，排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

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

相違理由

【大飯】記載表現の相違
【大飯】記載表現の相違
【女川】設計方針の相違・評価対象施設の相違
【女川】名称の相違

【大飯】記載内容の相違（女川実績の反映）
【女川】記載箇所の相違・資料内での記載統一（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①）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
島根２号炉 3．構内危険物タンク以外の設備の火災影響評価 (1) 評価対象範囲 消防法又は松江市火災予防条例に基づく届出対象設備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タンクと同様に第3－1図のフローに基づき抽出する(第3－1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，水素ガストレーラ）とする。 なお，薬品を取り扱う設備は輻射熱を受けない屋内設置であること，外部への火災が発生する可能性が低いことから，評価対象から除外する。	評価対象範囲 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。 なお，薬品を取り扱う設備は輻射熱を受けない屋内設置であること，外部への火災が発生する可能性が低いことから，評価対象から除外する。  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	輻射熱に対する設備の温度上昇を評価し，温度上昇がその設備の熱許容限界値以下になるように発電用原子炉施設は離隔距離を確保する。 (3) 評価対象範囲 消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設ではない施設について，火災影響評価を実施する。評価対象とする設備を危険物施設と同様に第 6－8 図のフローに基づき抽出する（第 6－23 表）。危険物を貯蔵し屋外に設置している設備を想定発火源（主変圧器等）とする。 なお，薬品を取り扱う設備は輻射熱を受けない屋内設置であること，外部への火災が発生する可能性が低いことから，評価対象から除外する。発電所敷地内における屋外変圧器の位置を第 6－9 図に示す。  ※1：消防法又は岩内・寿都地方消防組合火災予防条例に基づく届出対象施設ではない変圧器等 第６－８図　敷地内危険物施設以外の設備のうち評価対象抽出フロー	【女川】設計方針の相違・地域特性に伴う法令基準の相違。（島根と同一の選定） 【女川】記載箇所の相違・資料内での記載統一（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。女川は変圧器の配置図は後段の図 6-12 に記載） 【女川】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

大飯発電所３／４号炉

女川原子力発電所２号炉

第 6-27 表　その他の危険物

号炉	設備名	危険物の種類	数量	詳細評価要否
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）	43,000L	×（※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）	66,000L	○
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）	7,000L	×（※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）	6,250L	○
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）	40,000L	○
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）	10,000L	×（※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）	6,250L	×（※4）
共用	発刻原用プロパンガスボンベ	ＬＰ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	ＬＰガス	400kg	×（屋内設置）
1号炉	水素ガスボンベ	水素ガス	52.1556kg	×（屋内設置）
2号炉	水素ガスボンベ	水素ガス	37.254kg	×（屋内設置）
3号炉	水素ガスボンベ	水素ガス	28.0978kg	×（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

第 6－23 表　その他の危険物

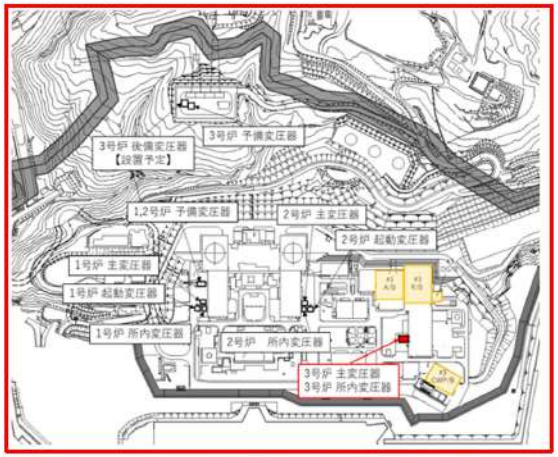
号炉	施設名	危険物の種類	数量	詳細評価要否
1号炉	主変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	86.0 kL	×（※1）
1号炉	起動変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	41.0 kL	×（※1）
1号炉	所内変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	22.0 kL	×（※1）
2号炉	主変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	77.0 kL	×（※1）
2号炉	起動変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	41.0 kL	×（※1）
2号炉	所内変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	22.0 kL	×（※1）
1，2号炉	予備変圧器	1種4号　鉱油（重油相当）	15.9 kL	×（※1）
3号炉	主変圧器 所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

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

相違理由

【女川】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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（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 66 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		【女川】記載方針の相違 ・泊は「(3) 評価対象範囲」にて，フローを用いてその他の危険物施設を抽出し，表６－23に記載している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 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	 第６－９図　敷地内における屋外変圧器の位置（発電所全体）	【女川】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
	c．温度影響評価	泊の下記文章は，5.(1)，(2)の再掲	【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一 （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。泊は前段で記載①）
	（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．想定の条件	変圧器火災の想定は以下のとおりとした。	【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一
	（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。	i．評価対象とする変圧器は，第６－23 表で抽出した一体型である３号炉主変圧器・所内変圧器を想定した。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。	【女川】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
	（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。	ii．離隔距離は，評価上厳しくなるようi．で想定した変圧器位置から発電用原子炉施設までの直線距離とした。	【女川】記載方針の相違 【女川】記載表現の相違
	（iii）変圧器の損傷による変圧器の全面火災を想定する。	iii．変圧器の損傷による変圧器の全面火災を想定した。	【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一
	（iv）気象条件は無風状態とした。	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。	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。	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。	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。		【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一 （泊は 6.にて評価対象施設への輻射強度を算定している）
	（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。	(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。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第 6-23 表　変圧器火災の評価指標

評価指標	内容
輻射強度[W/m²]※	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[－]	火炎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

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無いものとする。

（ｃ）原子炉施設に対する熱影響評価

ⅰ．評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の変圧器のうち，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。

ⅱ．必要データ

評価に用いるデータは以下のとおりである。

第 6-30 表　変圧器火災影響評価に必要なデータ一覧

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-MG 変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
燃料量 V [m³]	66	15	24.4	6.25	130	40	7.4
輻射発散度 Ef [W/m²]	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000	23,000
燃焼速度 v [m/s]	4.28×10^{-4}	4.28×10^{-4}	4.28×10^{-4}	4.28×10^{-4}	4.28×10^{-4}	4.28×10^{-4}	4.28×10^{-4}
変圧器投影面積 S [m²]	70	28	30	13	109	41	15

第６－22 表　評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	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[-]	火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	変圧器規模より求めた燃焼半径
燃焼継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	変圧器から発電用原子炉施設までの直線距離
熱許容限界値[-]	原子炉施設の外壁，排気筒及び原子炉補機冷却海水ポンプが想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

上記の評価指標は，受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。

油の液面火災では，火炎面積の半径が３ｍを超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが，本評価では保守的な判断を行うために，火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。

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

泊の上記文章は，5.(1)，(2)の再掲

6. 温度影響評価

(1) 建屋外壁に対する熱影響評価

a. 評価対象範囲

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

b. 必要データ

評価に用いるデータは以下のとおりである。

第６－24 表　変圧器火災影響評価に必要なデータ

変圧器	３号炉主変圧器・所内変圧器
燃料の種類※1	重油
燃料量[m³]	107.8
投影面積[m²]	118.39
燃料密度※2[kg/m³]	1,000
質量低下速度※3[kg/m²·s]	0.035
輻射発散度※3[W/m²]	23,000
燃焼速度[m/s]	3.50×10^{-5}

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

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

※3：評価ガイド付属書 B 記載値

【女川】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

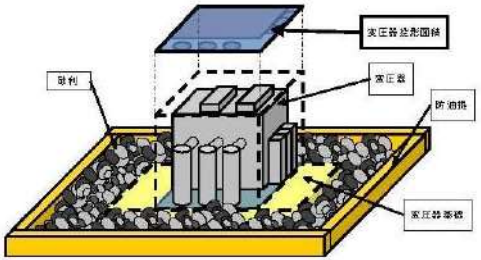
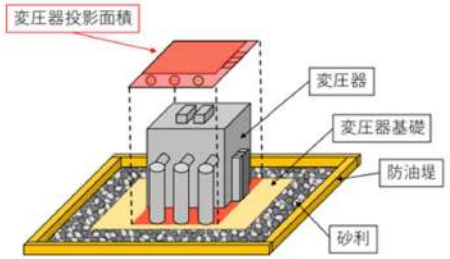
【女川】記載方針の相違
・資料内での記載統一
（敷地内危険物施設の火災影響評価と同じ文章構成としている。）

【女川】記載方針の相違
・資料内での記載統一
（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】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

【女川】記載表現の相違

【女川】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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 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-MG 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] | 4.921 | 2.877 | 3.091 | 2.035 | 5.891 | 3.743 | 2.186 | （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。	 第６－10 図　変圧器の投影面積 c．燃焼半径の算出 変圧器周りの防油堤には砂利が敷き詰められていること及び漏えいした油を回収する地下タンクを設置していることから，防油堤の全面火災が生じることはない。したがって，変圧器本体の全面火災により円筒火炎を生じることとし，燃焼面積は変圧器の投影面積に等しいものとして燃焼半径を算出する。変圧器の投影面積を第６－10 図に，算出結果を第６－25 表に示す。 $R=\sqrt{\frac{S}{\pi}}$ R：燃焼半径[m]，S：燃焼面積[m²] 第６－25 表　変圧器火災の燃焼半径 | 想定火災源 | 燃焼面積 S [m²] | 燃焼半径 R [m] | | ３号炉主変圧器・所内変圧器 | 118.39 | 6.14 | d．外壁に対する熱影響評価 （a）評価対象範囲 評価対象施設の外壁について，一体型である３号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して評価を実施した。 （b）３号炉主変圧器・所内変圧器から評価対象の発電用原子炉施設までの離隔距離を第６－26 表に示す。評価については，想定火災源から最短距離にある原子炉建屋を代表として実施する。	【女川】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 【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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】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。 【女川】記載表現の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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 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 PLR-VVVF変圧器	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
離隔距離 L [m]	原子炉建屋				4.85	87.55		79.98
	制御建屋	67.36		16.85		154.65		
	タービン建屋		7.12					
	復水貯蔵タンク					118.33		104.84
	排気筒					81.89	27.50	

（ｆ）形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

∅:形態計数[－]　H:火炎長[m]　R:火炎半径[m]　L:離隔距離[m]

第 6-33 表　変圧器火災の形態係数

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 PLR-VVVF変圧器	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
原子炉建屋 φ [-]				2.000 ×10⁻⁴	8.078 ×10⁻⁵		1.452 ×10⁻³
制御建屋 φ [-]	9.627 ×10⁻⁵		6.021 ×10⁻⁴		2.832 ×10⁻⁵		
タービン建屋 φ [-]		1.320 ×10⁻¹					
復水貯蔵タンク φ [-]					4.862 ×10⁻⁶		8.601 ×10⁻⁴
排気筒 φ [-]					1.019 ×10⁻²	3.508 ×10⁻²	

（ｇ）輻射強度の算出

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

$$E = Rf \cdot \phi$$

E:輻射強度(W/m²)，Rf:輻射発散度(W/m²)，∅:形態係数

第６－26 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離

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

（c）形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

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

第６－27 表　評価対象施設の形態係数

対象施設	形態係数[-]
原子炉建屋	0.018

（d）輻射強度の算出

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

$$E = R_f \times \Phi \quad (式2)$$

E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数

【女川】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

【女川】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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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	補助ﾎﾞｲﾗｰ用変圧器	PLR-MGセット用変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
原子炉建屋 E [W/m²]				4,619	205		34
制御建屋 E [W/m²]	222		1,385		66		
タービン建屋 E [W/m²]		4416					
復水貯蔵タンク E [W/m²]					112		20
排気筒 E [W/m²]					235	807	

（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	補助ﾎﾞｲﾗｰ用変圧器	PLR-MGセット用変圧器	主変圧器	起動変圧器	励磁電源変圧器
質量低下速度 M [kg/m²/s]	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039	0.039
燃料密度 ρ [kg/m³]	910	910	910	910	910	910	910
燃焼継続時間 t [s]	22,030	13,480	13,004	11,233	29,581	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炎と見なせることから，原子炉施設外壁を半無限固体として下記の一次元非定常熱伝導方程式の一般解の式よりコンクリート表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。

泊発電所３号炉

第 6－28 表　評価対象施設の輻射強度

対象施設	輻射強度[W/m²]
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]

第 6－29 表　変圧器火災の燃焼継続時間

想定火災源	燃料量 V [m³]	燃焼半径 R [m]	質量低下速度 M [kg/m²･s]	燃料密度 ρ [kg/m³]	燃焼継続時間 t [s]
３号炉主変圧器・所内変圧器	107.8	6.14	0.035	1,000	26,028

e．判断の考え方

（a）許容温度

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

（b）耐火性能の評価結果

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

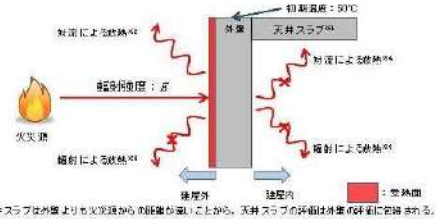
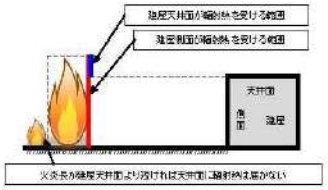
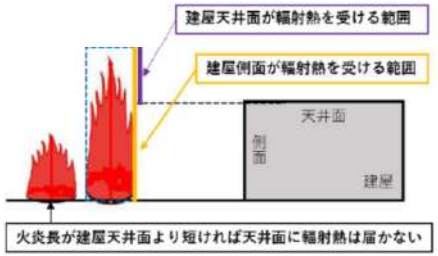
相違理由

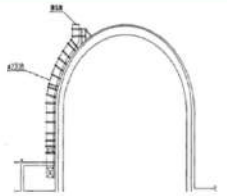
【女川】設計方針の相違
・プラント設計の違いによる評価結果の相違

【女川】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

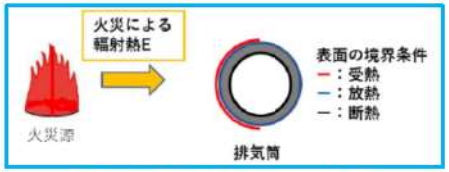
【女川】記載方針の相違
・資料内での記載統一
（敷地内危険物施設の火災影響評価と同じ文章構成としている。）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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。 ・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 6-15 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。 $$\rho C_p \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$$ T:建屋温度[℃]，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。 $$h(T - T_0) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$$ $$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$$ E:輻射強度[W/m²]，h:熱伝達率[W/m²/K]，L:コンクリート厚さ	なお，コンクリート表面温度評価に当たっては，外壁の部材であるコンクリートへの熱伝導による蓄熱を考慮するため，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 また，天井スラブは以下の理由により，躯体外壁の評価に包絡されるため実施しない。 ・火炎長が天井スラブより短い場合，天井スラブに輻射熱を与えないことから熱影響はない。 ・火炎長が天井スラブより長い場合，天井スラブに輻射熱を与えるが，その輻射熱は外壁に与える輻射熱より小さい。天井スラブの評価概念図を第 6－11 図に示す。 ・火炎からの離隔距離が等しい場合，垂直面（外壁）と水平面（天井スラブ）の形態係数は，垂直面の方が大きいことから，天井スラブの熱影響は外壁に比べて小さい。	【女川】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せず評価している。 【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一（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】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せず評価している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$T = T_0 + \left(\frac{\varepsilon E}{h}\right)\left[1 - erf\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right) - exp\left(\frac{h}{\lambda}x + \frac{h^2}{\lambda^2}\alpha t\right)\left\{1 - erf\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}} + \frac{h}{\lambda}\sqrt{\alpha t}\right)\right\}\right]$ 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[$\alpha = \lambda/\rho C_p$](7.53×10⁻⁷[m²/s]) λ：コンクリート熱伝導率(1.74 [W/m/K])，ε：コンクリート熱吸収率(1.0[−]) （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遠いことから，天井スラブの評価は外壁の評価に包絡される。 ※2：実圧着火災におけるコンクリート表面温度評価に当たっては，外壁表面における対流による放熱を考慮するものとしている。 ※3：実圧着火災におけるコンクリート表面温度評価に当たっては，外壁表面及び外側向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：実圧着火災におけるコンクリート表面温度評価に当たっては，外側向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	$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\frac{1}{\sqrt{\pi}}exp\left(-\frac{x^2}{4\alpha t}\right) - \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}erfc\left(\frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$　（式１） （出典：伝熱工学，東京大学出版会） 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(=λ/ρC_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(26,028[s]) x：躯体コンクリート壁表面深さ(0[m])	【女川】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せず評価している。
	 第 6-15 図　天井スラブの評価概念図	 第６－11 図　建屋天井面の評価概念図	
		コンクリート表面の温度上昇を評価した結果，許容温度 200℃以下であることを確認した。評価結果を第６－30 表に示す。 第６－30 表　外壁への火災影響評価結果 対象施設 | コンクリート表面温度[℃] | 許容温度[℃] 原子炉建屋 | 約 88 | ＜200	【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一 （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。）
	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℃とする。なお，温度評価にあたっては，タンク部材は熱		【女川】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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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，対流及び輻射による放熱は考慮しないものとした。 （ⅱ）タンク温度の算出 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。 $$T = T_0 + \frac{Ec\left(\frac{\pi D_o h}{2} + \frac{\pi D_o^2}{4}\right)}{\rho_w C_{pw} V + \rho_s C_{ps}\left\{\frac{(D_o^2 - D_i^2)\pi h}{4} + 2\pi\frac{D_o^2}{4}e\right\}}$$ T_0：初期温度（50[℃]），E：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 86℃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） ⅲ．排気筒に対する熱影響評価	(2) 排気筒に対する熱影響評価 a．評価対象範囲 発電所敷地内に設置している屋外の変圧器のうち，一体型である３号炉主変圧器・所内変圧器の火災を想定して，排気筒への火災影響評価を実施する。 なお，排気筒の評価に当たっては，原子炉建屋に設置されていることから離隔距離は原子炉建屋までの距離とした。 b．評価対象施設の仕様 排気筒仕様を第６－31 表に，排気筒外形図を第６－12 図に示す。 第 6－31 表　排気筒の仕様 名称：排気筒 種類：丸形 主要寸法：外径 2,308mm／地表高さ 73.1m 材料：SUS304 個数：1  第 6－12 図　排気筒の外形図 c．評価対象施設までの離隔距離 想定火災源から評価対象施設までの離隔距離を第６－32 表に示す。 第６－32 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 想定火災源：３号炉主変圧器・所内変圧器 離隔距離[m]：排気筒：64	【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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。）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		d．燃焼半径の算出 （1）c．と同様。 e．形態係数の算出 以下の式から形態係数を算出した。 $\Phi = \frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right) + \frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right] - \frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式 1） $m = \frac{H}{R} \fallingdotseq 3,\ n = \frac{L}{R},\ A = (1+n)^2 + m^2,\ B = (1-n)^2 + m^2$ H：火炎長(18.42[m])，R：燃焼半径(8.14[m])，L：離隔距離[m] 第 6－33 表　評価対象施設の形態係数 対象施設：排気筒　形態係数[-]：0.018 f．輻射強度の評価 火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は，輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。 $E = R_f \times \Phi$　（式 2） E：輻射強度[W/m²]、Rf：輻射発散度[W/m²]、Φ：形態係数 第 6－34 表　評価対象施設の輻射強度 対象施設：排気筒　輻射強度[W/m²]：414 g．燃焼継続時間の算出 （1）d．（e）と同様。	【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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。）
	（ｉ）許容温度 「発電用原子力設備規格設計・建設規格」では，鋼材の制限温度を 350℃としていること，また，「建築火災のメカニズムと火災安全設計」では，鋼材の温度上昇に伴う強度低下率κ(T)が示されており，一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば，その強度が常温時と変わらないとしていることから，保守的に 325℃を許容温度とする。	h．判断の考え方 (a) 許容温度 「発電用原子力設備規格設計・建設規格」では，鋼材の制限温度を 350℃としていること，また，「建築火災のメカニズムと火災安全設計」では，鋼材の温度上昇に伴う強度低下率κ(T)が示されており，一般的な鋼材において温度が 325℃以下であれば，その強度が常温時と変わらないとしていることから，保守的に 325℃を許容温度とする。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（ⅱ）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，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。 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。 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。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$ ε:吸収率(0.9[−])※1　E:輻射強度[W/m²] h:熱伝達率(17[W/m²/K])※2　T_0:初期温度(50[℃]) ※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）	（b）評価結果 排気筒は内部への伝熱はなく，熱伝導の良い表面の鋼材への伝熱のみを考慮するため，速やかに定常状態となることから，円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し，外表面全体から放熱するものとして，一定の輻射強度で排気筒が昇温されるとき，輻射による入熱量と対流による放熱量が釣り合うことを表した下記の温度評価式により排気筒表面の最大温度を求め，表面温度が許容温度以下であるか評価した。 なお，内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 $T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$ （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：空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，受熱面の形状や周囲の環境条件を受けて変化するが，一般的な値として垂直外壁面，屋根面及び上げ裏面の夏季，冬季の値が示されている。評価上放熱が少ない方が保守的であることから，これらのうち最も小さい値である 17 W/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。評価結果を第 6－35 表に示す。排気筒の評価概念図を第 6－13 図に示す。  第 6－13 図　排気筒の評価概念図 第 6－35 表　排気筒への火災影響評価結果 対象施設 / 排気筒温度[℃] / 許容温度[℃] 排気筒 / 約 63 / ＜325	【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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】設計方針の相違・泊は排気筒が筒身のみである。 【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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】設計方針の相違・泊は保守的に吸収率を 1.0 として評価 【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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。）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		(3) 原子炉補機冷却海水ポンプに対する熱影響評価 a．評価対象範囲 原子炉補機冷却海水ポンプは，循環水ポンプ建屋内に収納されており，直接火災の影響を受けることはない。ただし，循環水ポンプ建屋内の上部外壁は鋼板であることから，火災の輻射熱が伝熱により建屋内雰囲気に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。また，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，電動機本体を全閉構造とし，空気冷却器を電動機の側面に設置して外気を直接電動機本体に取り込まない全閉外扇形の冷却方式であり，外部火災の影響を受けた場合には，周囲空気の温度上昇により，冷却機能への影響が懸念されることから，冷却空気の温度を評価対象とする。 電動機内部の空気冷却対象は固定子巻線及び下部軸受であり，そのうち許容温度が低い下部軸受温度の機能維持に必要となる冷却空気の温度が，許容温度以下となることを確認する。 b．火災源となる設備から評価対象施設までの離隔距離 原子炉補機冷却海水ポンプを内包する循環水ポンプ建屋から火災源までの離隔距離を第６－36 表に示す。 第６－36 表　想定火災源から評価対象施設までの離隔距離 <table><tr><td rowspan="2">想定火災源</td><td>離隔距離[m]</td></tr><tr><td>循環水ポンプ建屋</td></tr><tr><td>３号炉主変圧器・所内変圧器</td><td>81</td></tr></table> c．燃焼半径の算出 （1） c．と同様。 d．形態係数の算出 以下の式から形態係数を算出した。算出結果を第 6－37 表に示す。 $\Phi=\frac{1}{\pi n}\tan^{-1}\left(\frac{m}{\sqrt{n^2-1}}\right)+\frac{m}{\pi}\left\{\frac{(A-2n)}{n\sqrt{AB}}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{A(n-1)}{B(n+1)}}\right]-\frac{1}{n}\tan^{-1}\left[\sqrt{\frac{(n-1)}{(n+1)}}\right]\right\}$　（式 1） $m=\frac{H}{R}\fallingdotseq 3,\ n=\frac{L}{R},\ A=(1+n)^2+m^2,\ B=(1-n)^2+m^2$ H：火炎長(18.42[m])，R：燃焼半径(6.14[m])，L：離隔距離[m] 第６－37 表　評価対象施設の形態係数 <table><tr><td>対象施設</td><td>形態係数[-]</td></tr><tr><td>原子炉補機冷却海水ポンプ</td><td>0.012</td></tr></table>	【女川】記載方針の相違・資料内での記載統一（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。）

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		e．輻射強度の算出 火災の火炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度は，輻射発散度に形態係数を掛けた値になる。算出結果を第 6－38 表に示す。 $E = R_f \times \Phi$　（式 2） E：輻射強度[W/m²]，R_f：輻射発散度[W/m²]，Φ：形態係数 第 6－38 表　評価対象施設の輻射強度 対象施設：原子炉補機冷却海水ポンプ 輻射強度[W/m²]：276 f．燃焼継続時間の算出 (1) d．(e) と同様。 g．判断の考え方 (a) 許容温度 原子炉補機冷却海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，電動機下部軸受を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気許容温度である 80℃とする。 (b) 評価方法 循環水ポンプ建屋内には，各種機器（原子炉補機冷却海水ポンプ他）が収納されており，通常運転時にはこれらの機器からの発熱は，建屋の換気により外部へ放出される設計である。熱収支を解くにあたっては，この建屋内部に収められている機器の発熱量と外部火災からの輻射熱をインプットとして，換気量を熱収支と連成させて以下に記す関係式により吸い込み外気温度を求め，許容温度を下回るか評価を実施した。循環水ポンプ建屋空気温度評価モデルの概要を第 6－14 図に示す。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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

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

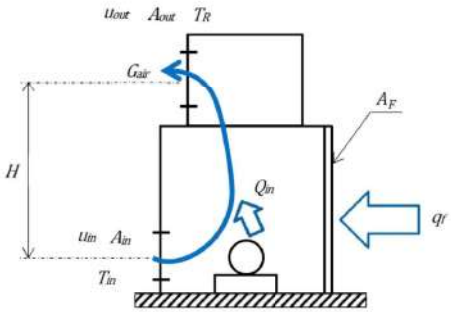
$$\rho_R = \frac{1}{0.004555 \times 0.622 \times T_R} \quad \cdots\cdots ③^{※2}$$

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

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

※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（湿き空気として算出）

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_{Pin}：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]



第 6－14 図　循環水ポンプ建屋空気温度評価モデル

(c) 評価結果

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

第 6－39 表　原子炉補機冷却海水ポンプへの火災影響評価結果

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

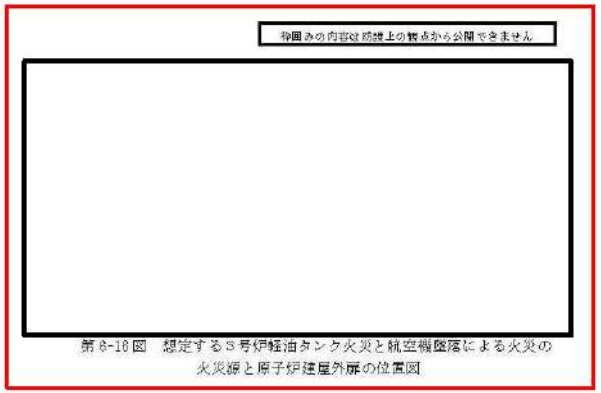
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（ｊ）評価結果 建屋外壁，復水貯蔵タンク，排気筒の温度評価結果を以下に示す。 第 8-38 表　変圧器火災の熱影響評価結果 ※許容温度：壁温度 200℃，復水貯蔵タンク 85℃，排気筒 325℃		【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一 （敷地内危険物施設の火災影響評価と同じ文章構成としている。） （泊は原子炉施設を建屋外壁・排気筒・海水ポンプに分けて個別に記載しており。表でまとめていない。）
	ｄ．まとめ 以上の結果から，発電所敷地内の変圧器において火災が発生した場合を想定したとしても，原子炉施設（原子炉建屋，制御建屋，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。	7. まとめ 以上の結果から，発電所敷地内の変圧器において火災が発生した場合を想定したとしても，原子炉施設（原子炉建屋，原子炉補助建屋，ディーゼル発電機建屋及び循環水ポンプ建屋）外壁温度，排気筒温度及び原子炉補機冷却海水ポンプ温度が許容温度を超えないことから，発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。	【女川】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 【女川】記載方針の相違 ・資料内での記載統一 【女川】記載表現の相違
	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。	8. 敷地内危険物施設における延焼の危険性について ３号炉補助ボイラー燃料タンク近傍で危険物を保管している設備はなく，現場作業に伴い「屋外の危険物保管」や「火気の使用」をする場合は，社内規程類に基づき危険物や火気を管理した状態で取り扱っている。また，防火の観点から定期的なパトロール等にて現場の状況を確認している。 以上により，３号炉補助ボイラー燃料タンクの火災を想定したとしても周囲の可燃物への引火の可能性は低いと評価する。	【大飯】記載内容の相違 （女川実績の反映） 【女川】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 【女川】記載表現の相違 【女川】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
	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。	9. 発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器の火災影響評価 発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器（防護扉等）については，外部火災の熱影響を受けやすいことから，これらの機器について，火災影響評価を実施する。	【大飯】記載内容の相違 （女川実績の反映）

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）

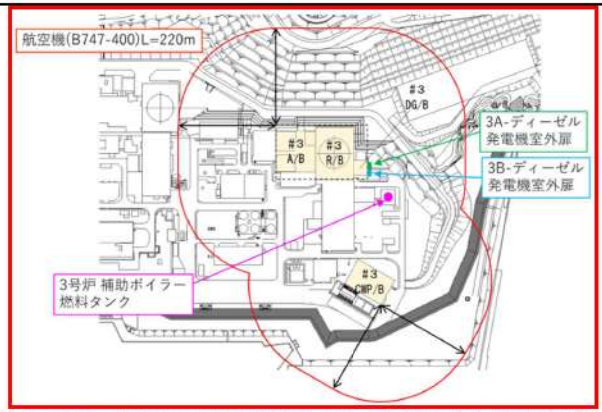
第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
島根２号炉　添付資料-7 2.(13)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 a.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。 ・扉 ・ルーバ（換気空調設備の給・排気口） ・配管貫通部 ・ブローアウトパネル	（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 ・ルーバ（換気空調系の給・排気口） ・ブローアウトパネル なお，複数設置されているこれらの機器のうち，最も熱影響を受ける位置にあるもの（発熱源に近く，機器本体だけでなく建屋内部へ熱影響が及ぶ可能性のあるもの）を評価することによって，その他の機器は本評価に包絡される。 発熱源は，火災時の輻射強度が大きい軽油タンク，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。 （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 ａ．外扉の温度評価 （ａ）評価対象 室内に防護対象設備を内包する部屋の外扉のうち，３号炉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。 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号炉高圧炉心スプレイ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。 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。	(1) 評価対象範囲 評価対象は，発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器のうち，外部火災の熱影響を受ける以下の機器とする。 ・3B-ディーゼル発電機室外扉及び 3B-ディーゼル発電機室 ・ガラリフード（換気空調設備の給・排気口） ・配管貫通部 なお，複数設置されているこれらの機器のうち，最も熱影響を受ける位置にあるもの（発熱源に近く，機器本体だけでなく建屋内部へ熱影響が及ぶ可能性のあるもの）を評価することによって，その他の機器は本評価に包絡される。 発熱源は，火災時の輻射強度が大きい３号炉補助ボイラー燃料タンク，航空機とするが，建屋内への熱影響が確認された場合は内気温度についても評価する。 (2) 3B-ディーゼル発電機室外扉及び 3B-ディーゼル発電機室の熱影響評価 a．外扉の温度評価 (a) 評価対象 室内に防護対象設備を内包する部屋の外扉のうち，３号炉補助ボイラー燃料タンクに最も近くに位置しており，輻射強度が最も大きくなる 3B-ディーゼル発電機室の外扉を評価対象とする。 なお，室内に防護対象設備を内包する部屋の扉には，他に 3A-ディーゼル発電機室の外扉があるが，３号炉補助ボイラー燃料タンクからの離隔距離は 3B-ディーゼル発電機室より離れているため，熱影響評価は 3B-ディーゼル発電機室の熱影響評価に包絡される。 ディーゼル発電機室外扉と火災源との位置関係を第 6－15 図に示す。	【女川】名称の相違 【女川】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（配管貫通部は島根２号炉と同様） 【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる発熱源の相違 【女川】名称の相違 【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる火災源と建屋配置の相違 【女川】名称の相違 【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる火災源と建屋配置の相違 【女川】名称の相違 【女川】名称の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由



第 6-16 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



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

【女川】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

（ｂ）想定の条件

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。

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/m²]	火炎継続時間 [s]
２号炉 DG(A)室外扉	３号炉軽油タンク	191	273.54	33905
	航空機墜落	21	3359.20	4860

※2号炉原子炉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。

(b) 想定の条件

ｉ．火災源は，３号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災とした。

【女川】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

ii．外扉は，保守的に，扉外面の最も熱影響を受けやすい金属を外扉の構造材（均質体）とした。

iii．火災が発生した時間から，燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度を受けるものとした。

想定する火災の条件を第６－40 表に示す。

第６－40 表　想定する重畳火災の条件

評価対象	火災源	離隔距離※ [m]	輻射強度 [W/m²]	火炎継続時間 [s]
3B-ディーゼル発電機室外扉	３号炉補助ボイラー燃料タンク	43	2,990	24,264
	航空機墜落	220	455	6,860

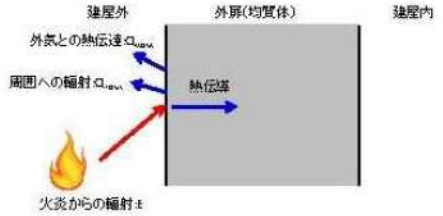
※　ディーゼル発電機建屋までの離隔距離を採用した。

【女川】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

以下に，伝熱の概念図を示す。

大飯発電所３／４号炉

女川原子力発電所２号炉



第 6-17 図　伝熱の概念図

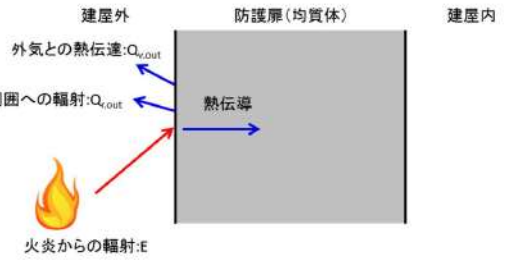
（ｃ）必要データ

評価の初期条件として必要なパラメータ及びパラメータの出典と保守性の考え方について第 6-38 表に示す。

第 6-38 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
外気温度T_∞ [℃]	50	○	発電所周辺の気象台における過去 10 年間の最高気温 35.1℃における建屋外壁面の日射の影響を考慮した温度 44℃を切り上げた値である 50℃を初期温度としている。
DG(A)室外扉の厚さL [m]	0.060	－	設計寸法
DG(A)室外扉熱吸収率ε[-]	0.9	－	伝熱工学資料より引用
DG(A)室外扉比熱C_p[J/(kg/K)]	473	－	伝熱工学資料より軟鋼の物性値を引用
DG(A)室外扉密度ρ[kg/m³]	7860	－	
DG(A)室外扉熱伝導率λ [W/m/K]	51.6	－	
DG(A)室外扉熱拡散率α[m²/s]	1.388×10^{-5}	－	
コンクリート厚さd [m]	0.7	－	DG(A)室と DG(A)制御盤室間の壁の厚さ設計寸法
コンクリート熱伝導率λ_w [W/m/K]	1.74	－	原子炉建屋構造設計指針・同解説(日本建築学会)より引用
コンクリート熱伝達率 h_1,h_2[W/(m²/K)]	8.29	－	空気調和・衛生工学便覧より引用

泊発電所３号炉



第６－16 図　伝熱の概念図

(c) 必要データ

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

第６－41 表　建屋外扉及び隣接室の熱影響評価における初期条件の設定

項目	パラメータ	保守性	出典と保守性の考え方
外気温度T_∞ [℃]	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	－	伝熱工学資料より軟鋼の物性値を引用
3B-DG 室外扉密度ρ [kg/m³]	7,860	－	
3B-DG 室外扉熱伝導率λ [W/m･K]	51.6	－	
3B-DG 室外扉熱拡散率α [m²/s]	1.388×10^{-5}	－	
内表面熱伝達率 h_1 [W/(m²･K)]	8.29	－	空気調和・衛生工学便覧より引用
空気比熱C_{p1} [J/(kg･K)]	1,007	－	伝熱工学資料より大気圧における値を引用
空気密度ρ_1 [kg/m³]	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℃の値を使用
3B-DG 室体積 V_1 [m³]	1,858	－	設計値
3B-DG 室受熱面積 A_1 [m²]	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_{s1} [℃]	30	○	過去 10 年間の気象データから最大気温である 30℃の値を使用
3B-DG 室換気風量 m_1 [kg/s]	27.255	－	設計値
3B-DG 室室内負荷 Q_1 [W]	518,500	－	設計値

相違理由

【女川】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（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，すべての隣接室内機器への評価は包絡されることから隣室のパラメータは記載していない。）

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

第 6-38 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 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_{p1},C_{p2} [J/kg/K]	1007	－	伝熱工学資料より大気圧における値を引用
空気密度ρ_1[kg/m³]	1.146	○	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（31℃）以上となるため，空気密度が最大となる 31℃の時の値を使用
空気密度ρ_2[kg/m³]	1.188	○	伝熱工学資料より引用 DG(A)制御盤室は，DG(A)制御盤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[m³]	1840	－	設計寸法より算出
DG(A)室受熱面積A_1[m²]	18.88	－	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_{a1}[℃]	31	○	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（4～31℃）のうち，最高温度としている。
DG(A)室換気風量m_1[kg/s]	47.896	○	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。
DG(A)室室内負荷Q_1[W]	647081.67	○	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)制御盤室体積V_2[m³]	100	－	設計寸法より算出
DG(A)制御盤室受熱面積A_2[m²]	40.8	－	DG(A)室と DG(A)制御盤室の境界壁の表面積を設計寸法より算出
DG(A)制御盤室吹出温度T_{a2}[℃]	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)制御盤室換気風量m_2[kg/s]	0.178	○	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。
DG(A)制御盤室室内負荷Q_2[W]	9256.4	○	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。

【女川】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（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，すべての隣接室内機器への評価は包絡されることから隣室のパラメータは記載していない。）

(d) 外気への放熱条件

外扉から外気への放熱として，周囲への輻射及び外気への熱伝達を考慮する。

周囲への輻射は，外面放射率を 1.0 とする。

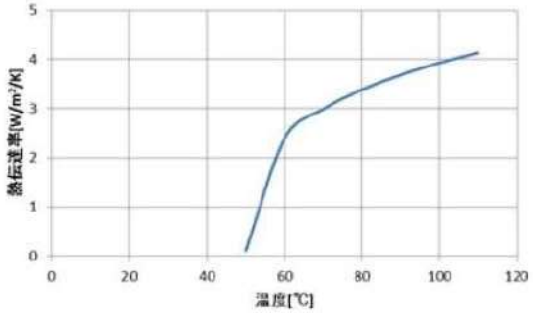
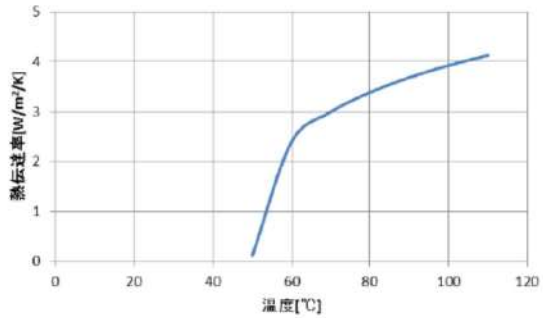
外気への熱伝達は，扉から外気への熱伝達率の温度変化を考慮して，熱伝達率を Bayley の式より算出する（第 6－17 図）。

Bayley の式は以下のように表せる。

【女川】設計方針の相違・泊は保守的に周囲のへの輻射は無しとして放射率を 1.0 としている。

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

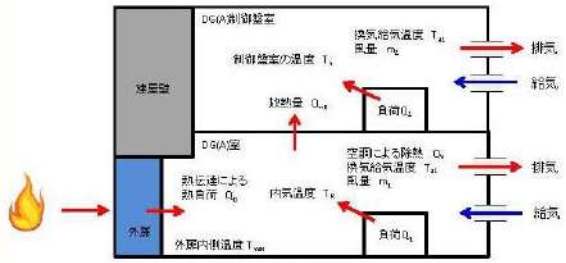
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	Bayley の式 $Nu = \frac{hL}{\lambda} = 0.10Ra^{\frac{1}{3}}$ $Ra = \frac{g\beta(T_W - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$ より，自然対流熱伝達率 h は次式から求められる。 $h = 0.10\lambda\left(\frac{g\beta\left(T_W - T_\infty\right)}{\nu\alpha}\right)^{\frac{1}{3}}$ と表せる。ここで， h:熱伝達率[W/m²/K] T_W:扉の表面温度[℃] T_∞:扉から離れた位置での外気温度(50 [℃]) Nu:ヌセルト数[-] L:扉の高さ(4.87 [m]) λ:外気の熱伝導率※[W/m/K](境膜平均温度($T_W + T_\infty$)/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](境膜平均温度($T_W + T_\infty$)/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  第 6-18 図　自然対流熱伝達（Bayley の式）	Baylay の式 $Nu = \frac{hL}{\lambda} = 0.10Ra^{\frac{1}{3}}$ $Ra = \frac{g\beta(T_W - T_\infty)L^3}{\nu\alpha}$ より，自然対流熱伝達率 h は次式から求められる。 $h = 0.10\lambda\left(\frac{g\beta\left(T_W - T_\infty\right)}{\nu\alpha}\right)^{\frac{1}{3}}$ と表せる。ここで， h：熱伝達率[W/m²·K] T_W：扉の表面温度[℃] T_∞：扉から離れた位置での外気温度（50[℃]） Nu:ヌセルト数[-] L:扉の高さ（2.525[m]） λ：外気の熱伝導率※[W/m·K]（境膜平均温度($T_W + T_\infty$)/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]（境膜平均温度($T_W + T_\infty$)/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  第 6－17 図　自然対流熱伝達（Baylay の式）	

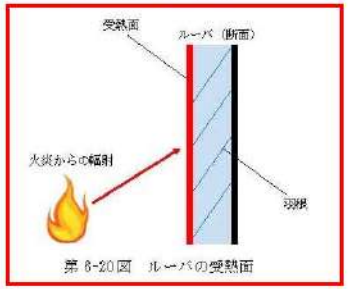
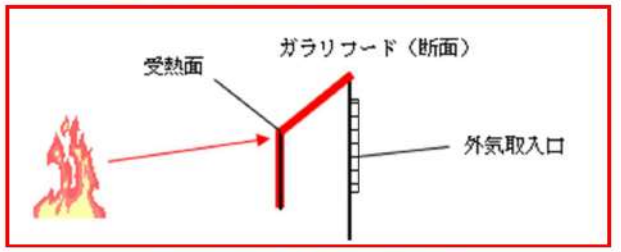
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（ｅ）外扉の内外面温度評価 以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，外扉外面及び内面温度を求める。 $\frac{dT}{dt}=\alpha\frac{d^2T}{dx^2}$ ここで， T：DG(A)室外扉温度[℃] t：時刻[s] x：外扉における外面からの距離[m] α：DG(A)室外扉熱拡散率[m^2/s]($=\lambda/\rho C_p$) λ：DG(A)室外扉熱伝導率[W/m/K] ρ：DG(A)室外扉密度(7860[kg/m^3]) C_p：DG(A)室外扉比熱(473[J/(kg/K)]) 上式は以下の境界条件を満たすことから， $h(T_\infty-T)-\lambda\frac{\partial T}{\partial x}=E\ \ (x=0)$ $h(T-T_1)-\lambda\frac{\partial T}{\partial x}=0\ \ (x=L)$ 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[℃]) 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。 第 6-39 表　外扉温度評価結果 外扉外側[℃]：約 106 外扉内側[℃]：約 104	(e) 外扉の内外面温度評価 以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，外扉外面及び内面温度を求める。 $\frac{\partial T}{\partial t}=\alpha\frac{\partial^2T}{\partial x^2}$ ここで， T：3B-DG 室外扉温度[℃] 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]($=\lambda/\rho C_p$) 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， $h(T_\infty-T)-\lambda\frac{\partial T}{\partial x}=E(x=0)$ $h(T-T_1)-\lambda\frac{\partial T}{\partial x}=0(x=L)$ L：3B-DG 室外扉の厚さ（0.3353[m]） E:火災による輻射強度 h:熱伝達率[W/m²･K]（Bayley の式より算出） T_∞:外気温度（50[℃]） T_1：3B-DG 室初期温度 となる x=0 及び x=L における時刻 t のときの 3B-DG 室外扉温度を算出し，3B-DG 室外扉の最高到達温度を評価する。 評価結果を第 6－42 表に示す。 第 6－42 表　外扉温度評価結果 外扉外側［℃］：約 114 外扉内側［℃］：約 106	【女川】名称の相違 【女川】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
	（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。	(f) 熱影響の有無の評価 評価の結果，３号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災による外扉の最高温度は，扉外面約 114℃，扉内面約 106℃となった。	【女川】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

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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。	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。	【女川】名称の相違 【女川】名称の相違
	（ａ）評価条件 ⅰ．火災が発生した時間から，燃料が燃え尽きるまでの間，扉内面温度約 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。	(a) 評価条件 ⅰ．火災が発生した時間から，燃料が燃え尽きるまでの間，扉内面温度約 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。	【女川】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
	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。 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。 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。	ⅱ．評価対象室から壁，床，天井への放熱は考慮しないものとした。 ⅲ．3B-DG 室に隣接している部屋のうち，放熱面積と室内負荷が最も大きいのは 3A-DG 室であるが，室内容積，換気風量及び室内負荷が 3B-DG と同等であることから，3B-DG 室を対象とすることで，3A-DG 室等の隣接室内機器への評価は包絡される。	【女川】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，すべ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。
	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。	ⅳ．ディーゼル発電機は，100%出力一定で運転しているものとした。	【女川】名称の相違 【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる設備の相違
	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。		【女川】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
	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）。	ⅴ．換気空調設備については，ディーゼル発電機室空調装置による除熱とした。	【女川】設計方針の相違 ・プラント設計の違いによる空調設備の相違
	（ｂ）建屋内の温度評価 内気温度は，火災による外扉内面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び周囲壁と空調による除熱を考慮し，次式で求める。	(b) 建屋内の温度評価 内気温度は，火災による外扉内面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び周囲壁と空調による除熱を考慮し，次式で求める。	

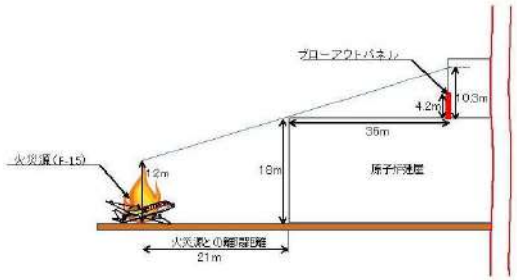
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$\frac{dT_R}{dt}=\frac{Q_1+Q_D-Q_V-Q_{HR}}{\rho_1 Cp_1 V_1}$ （式１） T_R ：DG(A)室室温[℃] Q_1 ：DG(A)室熱負荷(647031.57 [W]) Q_D ：火災による DG(A)室外扉温度上昇に伴う熱負荷[W] Q_V ：DG(A)室における空調による除熱[W] Q_{HR} ：DG(A)室から DG(A)制御盤室への放熱量[W] ρ_1 ：DG(A)室内空気密度(1.146 [kg/m³]) Cp_1 ：DG(A)室内空気定圧比熱(1007 [J/kg/K]) V_1 ：DG(A)室体積(1840 [m³])	$\frac{dT_R}{dt}=\frac{Q_1+Q_D-Q_V}{\rho_1 Cp_1 V_1}$ （式１） T_R：3B-DG 室室温[℃] 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]) Cp_1：3B-DG 室空気定圧比熱(1,007[J/kg･K]) V_1：3B-DG 室体積(1,858[m³])	【女川】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。
	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。	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。	【女川】名称の相違
	$Q_D=A_1 h(T_{max}-T_R)$ （式２） h ：DG(A)室外扉熱内面熱伝達率[W/m²/K](Bayley 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 [℃])	$Q_D=A_1 h_1(T_{max}-T_R)$ （式２） h_1：3B-DG 室外扉内表面熱伝達率[W/㎡･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[℃])	【女川】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
	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。 $Q_{HR}=A_2 K(T_R-T_n)$ （式３） 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_R ：DG(A)室室温[℃] T_n ：DG(A)制御盤室室温[℃]		【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。
	式３記載の熱通過率 K は，次式のように表せる。 $K=\frac{1}{\frac{1}{h_1}+\frac{d}{\lambda_w}+\frac{1}{h_2}}$ （式４） 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])		【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。
	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。		【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	$T_n = T_2 + \frac{Q_{HR}}{m_2 C_{p2}}$ （式５） m_2 ：DG(A)制御盤室の換気風量(0.178 [kg/s]) Cp_2 ：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[℃]		【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。
	式５記載の DG(A)制御盤室初期温度T_2 は，次式のように表せる。		【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。
	$T_2 = T_{a2} + \frac{Q_2}{m_2 C_{p2}}$ （式６） 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 [℃])		
	式１記載の空調による除熱 Qv は，次式のように表せる。	式１記載の空調による除熱 Qv は，次式のように表せる。	
	$Q_V = m_1 Cp_1 (T_R - T_{a1})$ （式７） m_1 ：DG(A)室換気風量(47.996 [kg/s]) Cp_1 ：DG(A)室の定圧比熱(1007 [J/kg/K]) T_{a1} ：DG(A)室吹出温度(31 [℃])	$Q_v = m_1 C_{p1} (T_R - T_{a1})$ （式３） m_1 ：3B-DG 室換気風量(27.255[kg/s]) Cp_1 ：3B-DG 室の定圧比熱(1,007[J/kg･K]) T_{a1} ：3B-DG 室吹出温度(30[℃])	【女川】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
	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。	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。	【女川】名称の相違
	$T_R = \left(T_1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) \exp(-\alpha t) + \frac{\beta}{\alpha}$ （式８） T_1 ：DG(A)室内気初期温度 t ：火災継続時間[s] $T_1 = \frac{Q_1}{m_1 C_{p1}} + T_{a1}$ （式９） $\alpha = \frac{A_1 h + m_1 Cp_1 + \gamma}{\rho_1 Cp_1 V_1}$ （式 10） $\beta = \frac{Q_1 + A_1 h T_{max} + m_1 Cp_1 T_{a1} + \gamma \left(T_{a2} + \frac{Q_2}{m_2 Cp_2}\right)}{\rho_1 Cp_1 V_1}$ （式 11） $\gamma = \frac{A_2 K}{1 + \frac{A_2 K}{m_2 Cp_2}}$ （式 12）	$T_R = \left(T_1 - \frac{\beta}{\alpha}\right) exp(-\alpha t) + \frac{\beta}{\alpha}$ （式４） T_1：3B-DG 室内気初期温度[℃] t：火災継続時間[s] $\alpha = \frac{A_1 h_1 + m_1 C_{p1}}{\rho_1 C_{p1} V_1}$ （式５） $\beta = \frac{Q_1 + A_1 h_1 T_{max} + m_1 C_{p1} T_{a1}}{\rho_1 C_{p1} V_1}$ （式６） $T_1 = \frac{Q_1}{m_1 C_{p1}} + T_{a1}$ （式７）	【女川】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。
	である。	である。	

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	 第 6-19 図　評価概念図	 第６－18 図　評価概念図	【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため，概念図が異なる。
	以下に評価結果を示す。	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(A)室及び非常用ディーゼル発電機(A)制御盤室の熱影響評価結果 2 号炉非常用ディーゼル発電機(A)室（評価対象室）／2 号炉非常用ディーゼル発電機(A)制御盤室（隣接室） 内気温度[℃]：44.6／38.9 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（制御盤）の最高使用温度	第６－43 表　3B-DG 室の熱影響評価結果 3B-DG 室（評価対象室） 内気温度［℃］：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	【女川】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
	（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畳火災による外扉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。	(c) 火災による熱影響の有無の評価 以上の結果から，３号炉補助ボイラー燃料タンク火災及び航空機墜落による火災の重畳火災による外扉の加熱を想定したとしても，建屋内の 3B-ディーゼル発電機室の内気温度が，許容温度を超えないことから発電用原子炉施設の建屋内への熱影響はない。	【女川】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 【女川】設計方針の相違 ・泊は隣接室への考慮が不要なため。
	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。	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。	【女川】記載表現の相違
	（３）ルーバの火災影響評価について 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。	(3) ガラリフードの火災影響評価について a．評価対象 ３号炉補助ボイラー燃料タンクに最も近くに位置しており，輻射強度が最も大きくなるガラリフードとしては DG 蓄熱室給気ガラリフードがあるが，ディーゼル発電機建屋の熱影響対策として障壁（断熱材）を設置していることから，ディーゼル発電機建屋近くに設置されている R/B 給気ガラリフードを対象とする。	【女川】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（記載はａ．外扉の温度評価と統一）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	b．想定の条件 ・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。	b．想定の条件 ・ガラリフードへの熱影響が最大となる３号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災を火災源とする。重畳火災については，添付資料－7「2．航空機墜落による火災の影響評価」と同様の想定とする。 ・火災が発生してから燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度でガラリフードが昇温されるものとする。	【女川】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 ・泊は保守的に重畳火災による影響を評価している
		・保守的な評価とするため，吸収率は 1.0 とする。	【女川】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）
	以下に，ルーバへの受熱面を示す。  第 8-20 図　ルーバの受熱面	以下に，ガラリフードへの受熱面を示す。  第６－19 図　ガラリフードの受熱面	【女川】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
	c．必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。	c．必要データ 評価に必要なデータを以下に示す。	
	第 6-41 表　ルーバへの火災影響評価に必要なデータ 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/m²]：3.36×10^{3} 燃焼継続時間[h]：1.38	第６－44 表　ガラリフードへの火災影響評価に必要なデータ （３号炉補助ボイラー燃料タンク／航空機） 離隔距離[m]：56／220 燃焼半径[m]：12.40／14.93 形態係数[－]：0.083／0.0091 輻射強度[W/m²]：1,909／455 燃焼継続時間[h]：6.74／1.85	【女川】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
	d．ルーバ温度と膨張量 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。 なお，ルーバの材質は，アルミニウム合金（JIS:A6063）である。	d．ガラリフード温度と膨張量 ３号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災の熱影響評価（添付資料－7「2．航空機墜落による火災の影響評価(13)航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳」）と同様の算出方法により輻射強度を求めた結果，ガラリフードが受ける輻射強度は 2,364W/m² となり，この輻射強度にて一定でガラリフードが昇温されるものとして，下記の式より対象ガラリフードの温度及び膨張量を算出する。 なお，ガラリフードの材質は，SS400（JIS：G3101）である。	【女川】設計方針の相違 ・想定火災源及び評価対象の違いによる相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
島根２号炉　添付資料-7 2.(13)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 d.配管貫通部の火災影響評価について 配管貫通部は，モルタル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。	$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{2h}$ 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[℃]) ※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） $l = L\alpha(T - T_0)$ 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[℃]) L:長辺方向のルーバ長さ(= 1300[mm]) （出典:伝熱工学資料） 以下に評価結果を示す。 第 6-42 表 ルーバの熱影響評価結果 ルーバ温度[℃]：149 ルーバ膨張量[mm]：3.1 e．火災による熱影響の有無の評価 ルーバ温度は 149℃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。 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。 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じることから，建屋内への熱影響はない。	$T = T_0 + \frac{\varepsilon E}{h}$ ε：吸収率（1.0[−]），E：輻射強度[W/m²] h：ガラリフードの熱伝達率（17[W/m²·K]）※1，T_0：初期温度（50[℃]） ※1：空気調和・衛生工学便覧 $l = L\alpha(T - T_0)$ l：ガラリフード膨張量[m]，α：熱膨張率（12.8×10⁻⁶[1/K]） T_0：初期温度（50[℃]），L：ガラリフード長さ（21,235[mm]） 以下に評価結果を示す。 第 6−45 表　ガラリフードの熱影響評価結果 ガラリフード温度[℃]：190 ガラリフード膨張量[mm]：38.1 e. 火災による熱影響の有無の評価 ガラリフード温度は 190℃となり，ガラリフード長辺方向の熱膨張量はガラリフード長さ 21,235mm に対して，38.1mm となったことから，ガラリフードの形状が大きく変形することはない。 また，ガラリフードの変形の有無にかかわらず，安全上支障のない期間に点検を行い，ガラリフードの使用に問題があると判断される場合には，交換等の措置が可能である。 なお，ガラリフード内側には熱影響を受ける機器等がなく，３号炉補助ボイラー燃料タンク及び航空機墜落の重畳火災時は，給気温度を監視しつつ，状況に応じて換気空調設備の停止措置を講じることから，建屋内への熱影響はない。 (4) 配管貫通部の火災影響評価について 配管貫通部は，モルタルによる穴仕舞を行っており，建屋外壁の火災影響評価に包絡される。	【女川】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 【女川】設計方針の相違 ・評価条件の違いによる評価結果の相違 【女川】設計方針の相違 ・評価条件の違いによる評価結果の相違 設計方針の相違 ・評価対象の相違 【女川】設計方針の相違 ・想定火災源の相違 【女川】名称の相違 【女川】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（島根２号炉と同様）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	（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 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）。  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		【女川】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（泊のブローアウトパネルは屋外に面していない）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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] Cp_2　：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 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。 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。		【女川】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。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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）

パラメータ	換気風量 m_z [kg/s]	室内初期温度 T_z [℃]	温度評価結果 T_n [℃]	許容温度 [℃]
設計風量を用いた場合	0.170	38.1	39.9	40
実際の換気風量を用いた場合	0.89	23.3	24.6	40

３．確認結果

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。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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。 $$\rho C_v \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\lambda \frac{\partial T}{\partial x}\right)$$ T:建屋温度[℃]，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。 $$h(T - T_0) - \lambda \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x = 0)$$ $$\frac{\partial T}{\partial x} = 0 \quad (x = L)$$ 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。		【女川】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。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

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

T_0:初期温度(50[℃])，E:輻射強度[W/m²]

x:コンクリート深さ，t:火炎継続時間[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])，ε: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 PLR-VVVF 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，受熱面に対する輻射熱は全て蓄熱されるものとしている。
初期温度　[℃] T_0	・発電所周辺の気象台における過去 10 年間の最高気温 35.6℃における建屋外壁面の日射の影響を考慮した温度 44℃を切り上げた値である 50℃を初期温度としている。
建屋外壁内表面（x=L）の境界条件	・建屋外壁内表面から建屋内への対流及び輻射による放熱を考慮しない条件にて評価している。

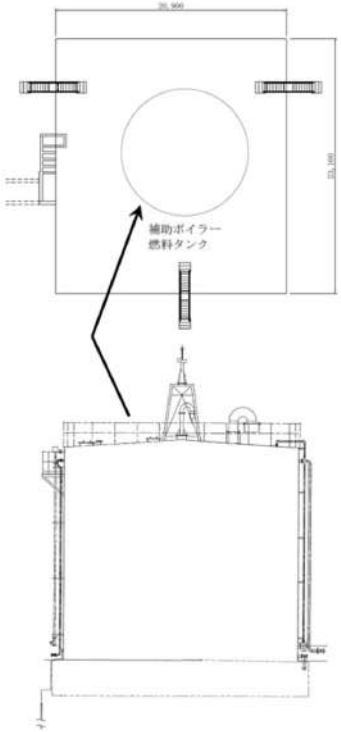
ここで，上式より求めたコンクリートの熱吸収率を考慮しない場合の評価結果とコンクリートの熱吸収率を考慮した場合の評価結果とを比較し，評価上の裕度を確認する。比較結果を第２表に示す。

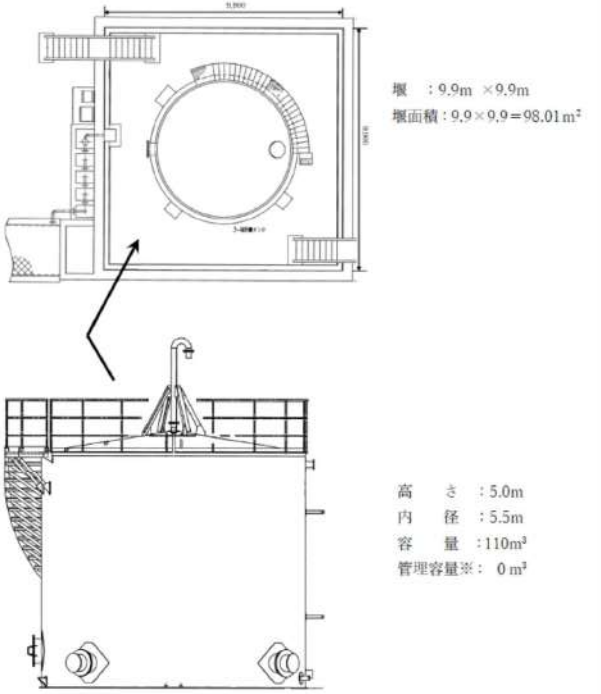
第２表　コンクリートの熱吸収率の設定による原子炉建屋外壁の温度評価結果の比較

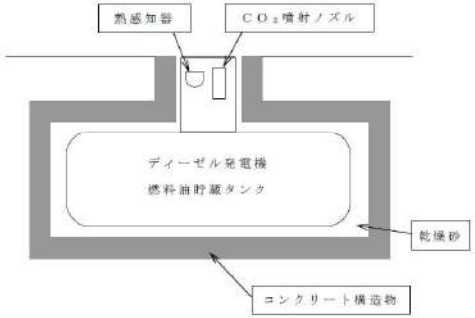
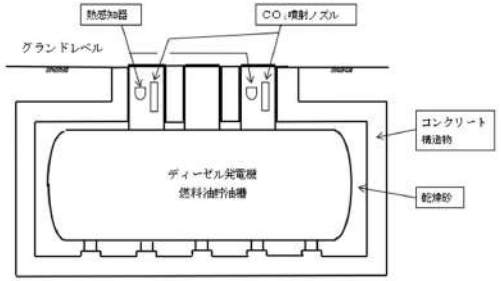
パラメータ	熱吸収率 ε [−]	温度評価結果 T [℃]	許容温度 [℃]
コンクリートの熱吸収率を考慮しない場合	1.0	198	200
コンクリートの熱吸収率を考慮する場合	0.84	189	200

３．確認結果

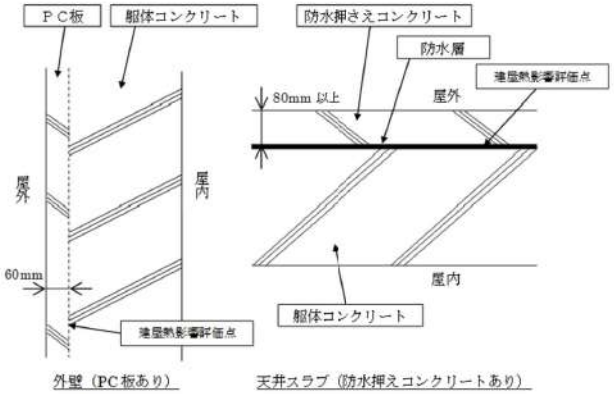
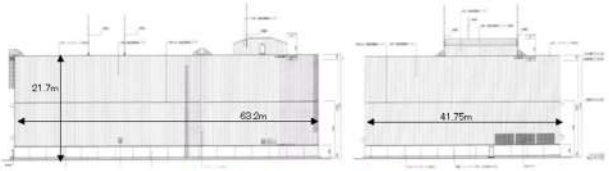
以上より，保守的なコンクリートの熱吸収率設定に由来する温度評価結果の裕度は９℃（=198-189[℃]）であり，加えて，初期温度及び境界条件についても裕度を見込んでいることから，十分に保守性を有している。

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		別紙 6-1 ３号炉補助ボイラー燃料タンクの仕様について 第１図に３号炉補助ボイラー燃料タンクの外形図を示す。また，３号炉補助ボイラー燃料タンクの管理値について，以下に示す。  第１図　３号炉補助ボイラー燃料タンク外形図 ※３号炉補助ボイラー燃料タンクの管理容量について ３号炉補助ボイラー燃料タンクは，冬季期間中，燃料油補給までに必要な燃料使用量について，これまでの運用状況を踏まえ 192.96kL（蒸気量：10t／h，冬季間）とし，３号炉補助ボイラー燃料タンク油面低警報レベルである 214.96kL（タンク底面より 2.5m：ポンプ NPSH2.4m に余裕を見込んだ値）を考慮して，３号炉補助ボイラー燃料タンク容量の約 57%にあたる 410 kL での運用とする。 ３号炉補助ボイラー燃料タンクの最大容量は 720kL であるが，タンク火災の熱影響評価は，410 kL を使用して評価を行うことから，評価で用いた 410kL を確実に下回るよう保安規定で管理する。	【女川・大飯】 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。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。

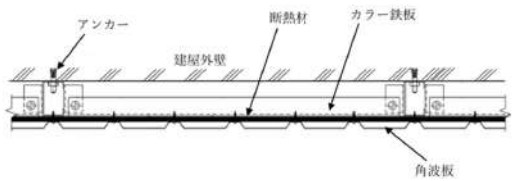
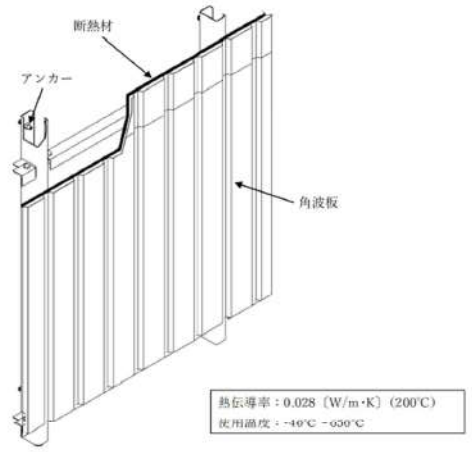
大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		別紙 6－2 ３号炉油計量タンクの仕様について 第１図に３号炉油計量タンクの外形図を示す。また，３号炉油計量タンクの管理値について，以下に示す。  第１図　３号炉油計量タンク外形図 ※３号炉油計量タンクの管理について ３号炉油計量タンクは，タービン本体の点検を実施するため，定期検査ごとにタービン潤滑油を移送するために設置したものである。 ここで，３号炉油計量タンクの使用期間は，定期検査中に限られ，通常運転中は空の状態になっているが，航空機落下との重畳火災による影響評価を踏まえ，今後は定期検査中も含めて使用せず，タンクローリーにより油を受け入れ敷地外に搬出するなど，当該タンクを外部火災の発生源から排除できる運用とする。 このため，３号炉油計量タンクは評価対象から除外する。また，３号炉油計量タンクが空の状態（０kL）となるように保安規定で管理する。	【女川・大飯】 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。また，泊は火災影響軽減のため３号炉油計量タンクを使用しない（=0m³）運用とした。

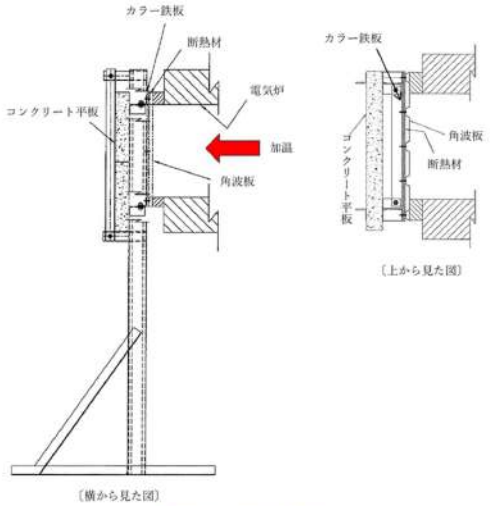
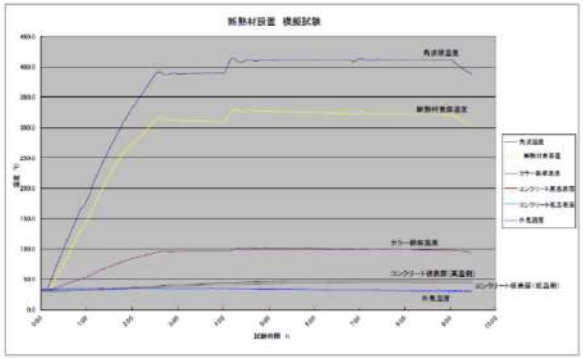
大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
添付資料９（別紙）		別紙 6-3	【女川】記載方針の相違 ・泊は地下タンク貯蔵所である燃料油貯油槽の仕様について詳細に記載している
ディーゼル発電機燃料油貯蔵タンクについて		ディーゼル発電機燃料油貯油槽について	【大飯】名称の相違
ディーゼル発電機燃料油貯蔵タンクは、コンクリート構造物に収納された地下埋設タンクとなっており、構造物とタンクの間には乾燥砂を詰めて、不燃物に囲われた状態で埋設し設置している。		ディーゼル発電機燃料油貯油槽は，コンクリート構造物に収納された地下埋設タンクとなっており，構造物とタンクの間には乾燥砂を詰めて，不燃物に囲われた状態で埋設し設置している。	【大飯】名称の相違
また、熱感知器および CO_2 消火設備を設置しており、警報値は 80℃に設定し、中央制御室に警報が発信し、100℃を検知すると自動で消火設備が動作する。		また，熱感知器及び CO_2 消火設備を設置しており，警報値は 80℃に設定し，中央制御室に警報が発信し，100℃を検知すると自動で消火設備が動作する。	【大飯】記載表現の相違
以上より、直ちに消火活動が可能であり地表面で火炎は発生しないと考えられることから、外部火災に係る防護対象設備および熱影響評価の対象外とする。		以上より，直ちに消火活動が可能であり地表面で火炎は発生しないと考えられることから，外部事象防護対象施設及び熱影響評価の対象外とする。	【大飯】記載表現の相違
		 第１図　ディーゼル発電機燃料油貯油槽概要図	

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		別紙６－４ 評価対象建屋の外壁と天井スラブの構成について 1．概要 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で建屋外壁が昇温されるものとして，建屋の構造体となる躯体コンクリートの温度上昇を求め，その躯体コンクリートの温度が許容温度以下であるかの評価を実施している。 原子炉建屋及び原子炉補助建屋外壁は，厚さ 60㎜のＰＣ板（プレキャスト・コンクリート板）を外壁コンクリート打設時の型枠及び外装材としており，建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して，その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。 ディーゼル発電機建屋の外壁は，防護措置として断熱材を設置しており，その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。 また，原子炉建屋及び原子炉補助建屋の天井スラブは，厚さ 80㎜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 80㎜の防水押さえコンクリートに加え厚さ 30㎜のコンクリート板を設置しており，建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して，その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。 各評価対象建屋の外壁と天井スラブの構成を第１表に示す。 第１表　各建屋の外壁と天井スラブの構成 外壁：ＰＣ板（60㎜），断熱材 天井スラブ：防水押さえコンクリート（80㎜），コンクリート板（30㎜） 原子炉建屋：○／×／○／× 原子炉補助建屋：○／×／○／× ディーゼル発電機建屋：×／○／○／○ 循環水ポンプ建屋※1：×／× ※1：地表面から約 2.8m が鉄筋コンクリート造の壁，上部の壁が鋼板で構成 ○：設置，×：未設置 2．PC 板及び防水押さえコンクリートについて コンクリートは，水，セメント，細骨材（砂），粗骨材（砂利）及びその他混和材料を練混ぜ，これらが一体的に硬化した複合材料であり，コンクリートの種類は，使用骨材の違いにより，普通コンクリート，軽量コンクリート，重量コンクリート等に区分される。 今回，建屋外壁温度評価に用いた主要建屋の躯体，PC 板，防水押さえコンクリート及び保温材設置の模擬試験体に用いたコンクリートは，いずれも普通コンクリートであり，日本工業規格（JIS）の「普通コンクリート」に準拠して製造されたものである。 JIS では，コンクリート材料の品質（骨材の寸法・密度，セメントの密度・圧縮強さ等）について規定しており，JIS に準拠して製造された普通コンクリートの熱的性質は同等と考えられることか	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・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 60㎜のＰＣ板（プレキャスト・コンクリート板）を外壁コンクリート打設時の型枠及び外装材としており，建屋構造体としての強度を期待していないことを考慮して，その内側の躯体コンクリート外表面の温度で評価する。 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。

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		ら，主要建屋の躯体，PC 板，防水押さえコンクリート及び保温材設置の模擬試験体に用いたコンクリートについて，同様の熱的性質の物性値を適用できるものと考える。 なお，この熱的性質の物性値については，JIS に記載が無いことから，適切と考えられる日本建築学会規準から引用した。  第１図　外壁及び天井スラブ構成図 3．循環水ポンプ建屋及び原子炉補機冷却海水ポンプの影響評価について ３号炉循環水ポンプ建屋は，鉄骨造であり，地表面から約 2.8m が鉄筋コンクリート造の壁，上部の壁が鋼板で構成している。  第２図　循環水建屋外形図 上部の壁については，外部火災の輻射熱が鋼板に照射されるため，ヒートシンクを考慮する壁厚のあるコンクリート壁とは異なり照射を受ける面と反対側の面より放熱されるため，コンクリート壁よりも高温となることはなく，建屋のコンクリート壁が許容温度以下ならば，鋼板が損傷を受けることはない。このため，下部の壁（コンクリート）の温度が許容温度以下であることを確認することで健全性を確認する。 また，原子炉補機冷却海水ポンプは循環水ポンプ建屋内に収納されており，外部火災による輻射熱が原子炉補機冷却海水ポンプに直接作用することはないが，循環水ポンプ建屋の上部外壁は鋼板であ	

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		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に移動し，建屋内雰囲気の温度が上昇する。 原子炉補機冷却海水ポンプの評価としては，電動機下部軸受部を限界温度以下とするために必要な吸い込み外気温度 80℃を原子炉補機冷却海水ポンプの許容温度とし，循環水ポンプ建屋内の許容温度として評価する。 4．ディーゼル発電機建屋の影響評価について 建屋外壁及び屋根スラブの防護措置は，200℃を超える範囲について実施するものとし，防護措置実施範囲及び断熱材設置イメージを第３図及び第４図に示す。なお，ディーゼル発電機建屋の上部構造物の重量に対して，設置する断熱材及びコンクリート板の重量は約 0.2%であることから，防護措置に伴う重量増加を考慮しても建屋の耐震性に殆ど影響はない。 ディーゼル発電機建屋の評価としては，防護措置として障壁（断熱材）を設置した状態で，建屋躯体コンクリート外表面の温度で評価する。 第３図　ディーゼル発電機建屋の防護措置実施範囲	

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		  第４図　断熱材設置概略図 (1) 断熱材設置による模擬試験について コンクリート板に断熱材を設置した状態を模擬し，加温試験を行った。 外気温度 30～35℃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及び断熱材を電気炉に設置 ・断熱材（約 10㎜厚）から約 75㎜の空間をあけて模擬壁（コンクリート平板，約 60㎜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。	

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
		 第５図　試験状況図 b．試験結果 昇温開始後２時間 40 分頃に角波板表面が約 386℃になったものの，念のため，さらに昇温し，４時間 20 分頃に約 410℃となり，９時間頃まで維持した。この間，コンクリート板表面は 50℃を下回る状況であった（外気温度は 30～35℃）。 試験結果を第６図に示す。  第６図　模擬試験結果	

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
（参考） 薬品タンクの影響評価について 薬品タンクの影響評価については、森林火災発生時の消火活動の成立性という観点で評価を実施している。 森林火災発生時には、防火帯に沿った消火活動を実施する事としている。一方で、敷地内の屋外薬品タンクにおいて、防火帯付近には設置されていないため、森林火災の影響を受けて消火活動に影響を及ぼす事はない。また、森林火災の影響を受けて薬品がタンク外に漏れ出したとしても、タンク周辺には堰を設置しているため、薬品は堰内に収まり、消火活動中に劇薬の影響を受ける事もない。 毒性ガスを発生する可能性のある屋外薬品タンクを以下の図に示す。毒性ガスを発生する可能性のある屋外薬品タンクは防火帯から離れているため、薬品が漏えいし、毒性ガスを拡散する可能性は低いと考えられる。仮に薬品が漏洩したとしても、薬品を特定した後は防護具を着用し、安全を確保した上で通行及び作業を行うこととしている。 以上より、森林火災発生時の消火活動に支障を及ぼす事はないと評価する。 			【大飯】設計方針の相違 ・泊には屋外に薬品タンクは存在しないため，資料は作成しない

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）

大飯発電所３号／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

表　毒性ガスを拡散する可能性のある屋外薬品タンク一覧

タンク名	容量	ガスの発生について
1,2 号硫酸タンク	8m³	硫化水素ガスの発生の恐れがある
1,2 号塩酸タンク	45m³	塩化水素が発生する恐れがある
1 号ヒドラジン原液タンク	11m³	ヒドラジンガスが発生する恐れがある
2 号ヒドラジン原液タンク	11m³	
1,2 号廃樹脂処理装置用硫酸タンク	2m³	硫化水素ガスの発生の恐れがある
3,4 号硫酸タンク（海水淡水化装置用）	7m³	
3,4 号硫酸タンク（純水装置用）	11m³	
3 号塩酸タンク	49m³	塩化水素が発生する恐れがある
4 号塩酸タンク	49m³	
3 号アンモニアタンク	15m³	強い刺激臭の毒性ガスの発生の恐れがある
4 号アンモニアタンク	15m³	
3 号ヒドラジンタンク	6m³	ヒドラジンガスが発生する恐れがある
4 号ヒドラジンタンク	6m³	
3,4 号塩酸タンク（A 構内排水処理装置用）	7m³	塩化水素が発生する恐れがある
3,4 号塩酸タンク（B 構内排水処理装置用）	7m³	

以　上

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由

大飯発電所３／４号炉

添付資料 10

発電所敷地内への航空機落下による火災の影響評価について

はじめに

本評価は、大飯発電所３，４号炉における発電所敷地への航空機の落下で発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の敷地内で起こったとしても安全機能を有する構築物、系統および機器を内包する原子炉施設に影響をおよぼさないことについて、原子力発電所の外部火災評価ガイドに基づき、評価を実施するものである。

１．評価の方針

航空機落下確率評価では、評価手法の違いからカテゴリ別に落下確率を求めている。評価において考慮している航空機落下事故については、訓練中の事故等、民間航空機と軍用機（自衛隊機または米軍機）では、その発生状況が必ずしも同一ではなく、軍用機の中でも、機種によって飛行形態が同一ではないと考えられる。したがって、航空機落下による火災影響の評価においては、以下のカテゴリ毎に火災影響を評価することとする。

a. 計器飛行および有視界飛行の大型の民間航空機の落下事故
b. 軍用機の落下事故
(a) 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) その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機

添付資料 12

火災影響評価のカテゴリ分けを考慮した航空機落下確率評価について

１．評価対象事故

大飯３，４号炉における航空機落下確率については、「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」（平成 21･06･25 原院第１号）に基づき、以下の分類にて評価を実施している。

発電所名称及び号炉	1)計器飛行方式民間航空機の落下事故		2)有視界飛行方式民間航空機の落下事故	3)自衛隊機又は米軍機の落下事故	
	①飛行場での離着陸時における落下事故	②航空路を巡航中の落下事故		①訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の落下事故	②基地－訓練空域を往復時の落下事故
大飯発電所3,4号炉	—※1	○※2	○	○※3	—※4

○：対象，—：対象外
注１：発電所付近の空港の最大離着陸地点までの距離は、発電所と空港の距離より短いため、評価対象外とした。（添付資料１）
注２：発電所周辺に存在する航空路と各発電所との距離が、それぞれの航空路の幅より短い場合は、評価対象とした。（添付資料２）
注３：自衛隊の訓練空域が存在しない。（添付資料３）
注４：基地－訓練空域間の往復の想定範囲内にない。（添付資料３）

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。

第 2-1 表　落下事故のカテゴリ

1)計器飛行方式民間航空機	飛行場での離着陸時	—※1
	航空路を巡航中	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	③-1 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※2
		③-2 その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機※2
	④基地－訓練空域間往復時※3	

※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）
評価時に使用した事故データの集計期間（平成３年１月～平成 22 年 12 月）以降においても，女川原子力発電所周辺の訓練空域における自衛隊機又は米軍機による訓練空域内での訓練中に発電所又はその周辺への落下事故は発生していない，また，女川原子力発電所周辺の訓練空域における訓練回数に変更はない。
※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）

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発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

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

２．航空機墜落による火災の影響評価

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

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

第７－１表　落下事故のカテゴリ

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

※1：泊発電所は，札幌空港及び新千歳空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため対象外。（別紙７－２）
※2：泊発電所上空に航空路は存在しないため対象外。（別紙７－３）
※3：泊発電所周辺上空は自衛隊機の訓練空域であるため，自衛隊機は訓練中の落下事故を評価対象とする。（別紙７－３）
※4：泊発電所周辺上空は米軍機の訓練空域がないため，米軍機は訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。（別紙７－３）
※5：泊発電所は基地－訓練空域間の往復の想定範囲内にないため対象外。（別紙７－３）

相違理由
【女川】発電所名の相違 【大飯】記載表現の相違
【大飯】記載表現の相違 【女川】発電所名の相違
【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）
【女川】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

大飯発電所３／４号炉

2.航空機落下による火災の熱影響の評価

(1)航空機落下による火災の想定

航空機落下による火災の想定は以下のとおりとした。

A．想定の条件

A.-1 航空機は、当該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した。

A.-2 航空機は燃料を満載した状態を想定した。

A.-3 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した。

A.-4 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した。

A.-5 気象条件は無風状態とした。

A.-6 火災は円筒火災をモデルとし、火災の高さは燃焼半径の３倍とした。

	民間航空機	軍用機	
		空中給油機等	その他
対象航空機	B747-400	KC-767	F-15

女川原子力発電所２号炉

(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。

・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		
			訓練空域外を飛行中		
	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
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（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/m²]	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[－]	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位置になる値

泊発電所３号炉

(1) 航空機墜落による火災の想定

・航空機は，泊発電所における航空機墜落評価の対象航空機のうち，燃料積載量が最大の機種とする。（第 7－2 表）

・航空機は燃料を満載した状態を想定する。

・航空機の墜落は発電所敷地内であって墜落確率が 10^{-7}［回/炉・年］以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で起こることを想定する。

・航空機の墜落によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。

・気象条件は無風状態とする。

・火災は円筒火炎をモデルとし，火炎の高さは燃焼半径の３倍とする。

第 7－2 表　航空機墜落による火災影響評価の評価対象航空機

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

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

(2) 評価手法の概要

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

第 7－3 表　評価指標及びその内容

評価指標	内容
輻射強度[W/m²]	火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度
形態係数[-]	火災と受熱面との相対位置関係によって定まる係数
燃焼半径[m]	航空機燃料タンクの投影面積より求めた燃焼半径
火災継続時間[s]	火災が終了するまでの時間
離隔距離[m]	発電用原子炉施設を中心にして墜落確立が 10^{-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[－]	建屋の外壁等が想定火災の熱影響に対して許容限界以下になる値

相違理由

【大飯】記載方針の相違
（女川実績の反映）

【女川・大飯】
発電所名の相違

【大飯】記載表現の相違

【女川】記載表現の相違

【女川・大飯】
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

【大飯】記載方針の相違
（女川実績の反映）

【女川】発電所名の相違

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
	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。	上記の評価指標は，受熱面が輻射体の底部と同一平面上にあると仮定して評価する。油の液面火災では，火炎面積の半径が３m を超えると空気供給不足により大量の黒煙が発生し輻射発散度が低減するが，本評価では保守的な判断を行うために，火災規模による輻射発散度の低減がないものとする。 輻射熱に対する設備の温度上昇を評価し，温度上昇がその設備の熱許容限界値以下になるように発電用原子炉施設は離隔距離を確保する。	【女川】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
(2)航空機落下による火災の熱影響の有無の評価			【大飯】記載方針の相違
a．評価対象範囲 評価対象範囲は、発電所敷地内であって落下確率が 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、大型の民間航空機および軍用機の機種を対象とし、落下確率が 10^{-7}［回/炉･年］に相当す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求めた。	(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。	(3) 評価対象範囲 評価対象範囲は，発電所敷地内であって墜落確率が 10^{-7}［回/炉･年］以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とすることから，泊発電所における航空機墜落確率評価の対象航空機を，第 7-1 表に示すカテゴリごとに墜落確率が 10^{-7}［回/炉･年］となる標的面積を算出し，その結果から発電用原子炉施設からの離隔距離を導出する。	【女川】発電所名の相違 【大飯】記載表現の相違
(a)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」(平成 21・06・25 原院第１号) に規定されているそれぞれの機種の落下確率を求める式から、落下確率が 10^{-7}［回/炉･年］に相当する面積を算出する。	(4) 標的面積の算出 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成 21・06・25 原院第１号）の航空機落下確率評価式に基づき，第 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。	(4) 標的面積の算出 「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」（平成 21・06・25 原院第１号）の航空機落下確率評価式に基づき，第 7－1 表に示すカテゴリごとに，墜落確率が 10^{-7}[回／炉・年]に相当する面積を算出する。	【大飯】記載表現の相違
①計器飛行および有視界飛行の大型民間航空機の落下事故 計器飛行の航空機の落下確率 Pc を求める式は以下のとおり。 $Pc = fc \cdot Nc \cdot A / W$ fc：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率 $fc = Gc / Hc$ Gc：巡航中事故件数 Hc：延べ飛行距離 Nc：評価対象とする航空路等の年間飛行回数 A ：原子炉施設の標的面積 W ：航空路幅	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 $P_c = \frac{f_c \cdot N_c \cdot A}{W}$ P_c：対象施設への巡航中の航空機落下確率［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］	a．大型民間航空機の標的面積の算出	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・泊は，空港からの最大離着陸地点以遠に位置するため評価対象外としている。

大飯発電所３，４号炉

fc ※1	5.13×10^{-11}［回/（飛行回･km）］ Gc：0.5［回］ Hc：9,740,013,768［飛行回･km］
Nc ※2	Y18 ：8,030［飛行回/年］ Y384：3,285［飛行回/年］
W ※3	RNAV 経路　Y18，Y384：18.52［km］

注１：巡航中事故件数（Gc）は、平成５年から平成 24 年の間で０件（「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会））であるが、保守的に 0.5 件とした。延べ飛行距離（Hc）は平成５年から平成 24 年の「航空輸送統計年報、第１表　総括表、1.輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。
注２：国土交通省航空局への問合せ結果を 365 倍した値。
注３：航法精度に基づき、中心線から両側に 5nm（1nm＝1.852km、全幅：18.52km）とした。

第 2-4 表　墜落確率の算出結果（計器飛行方式民間航空機）

	女川原子力発電所２号炉
対象航空路※1	直行経路 MIYAKO(MOE)-IWAKI(IXE)
N_c※2	182.5
A※3	0.0156
W※4	27
f_c※5	0.5/8,439,248,077=5.90×10⁻¹¹
P_c	5.58×10⁻¹²

※1：女川原子力発電所周辺の航空路図（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，制御建屋等の水平面積を合計した値。（別紙 7-8）
※4：「航空路等設定基準」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表 総括表，1.輸送実績」における運航キロメートルの国内の値を合計した値。（別紙 7-9）

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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
有視界飛行の大型固定翼および回転翼航空機の落下確率Ｐｖ（固定）、Ｐｖ（回転）を求める式は以下のとおり。 $Pv=(fv/Sv)\cdot A\cdot a$ fv：単位年当たりの落下事故率 Sv：全国土面積 A　：原子炉施設の標的面積 a　：対象航空機の種類による係数	(b) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 $P_V=\frac{f_v}{S_v}(A\cdot\alpha)$ P_V：対象施設への航空機落下確率［回/年］ f_v：単位年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［-］	(a) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故 $P_v=\frac{f_v}{S_v}(A\cdot\alpha)$ P_v：対象施設への航空機落下確率[回／年] f_v：単位年当たりの落下事故率[回／年] S_v：全国土面積[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	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・発電用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
大飯発電所３，４号炉 fv※1：大型固定翼機：0.5/20=0.025［回/年］ 大型回転翼機：1/20=0.05［回/年］ Sv※2：372,000［km²］ a※3：大型固定翼機，大型回転翼機：1 注１：「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会）の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出した。大型固定翼機は，平成５年から平成 24 年の間で０件であるが，保守的に 0.5 件とした。 注２：「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会）の値を用いた。 注３：「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」の値を用いた。	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） 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※1：372,000 α※2：大型固定翼機，大型回転翼機：1 A※3：0.0156 P_v：5.84×10⁻⁶ ※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，制御建屋等の水平面積を合計した値。（別紙 7-8）	第７－４表　墜落確率の算出結果（大型民間航空機） パラメータ：泊発電所３号炉 f_v※1：大型固定翼機 0.5/20=0.025 大型回転翼機　1/20=0.05 S_v※1：372,000 α※2：大型固定翼機，大型回転翼機：1 A※3：0.0118 P_v：2.34×10⁻⁶ ※1：「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和２年）」（令和５年３月　原子力規制庁長官官房技術基盤グループ）による。なお，大型固定翼機については平成 13 年～令和２年の間に事故は発生していないため，保守的に 0.5 件として評価した。 ※2：「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」による。 ※3：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙７－８）	
以上より、落下確率が 10^{-7}［回/炉･年］に相当する標的面積Ａを計算すると以下のとおりとなる。	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。 $A'=\frac{10^{-7}}{P_c+P_v}\cdot A$	大型民間航空機の墜落確率 P_v が 10^{-7}[回／炉・年]となる標的面積 A’ を求める式は以下のとおり。 $A'=\frac{10^{-7}}{P_v}\cdot A$	【女川・大飯】 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(=Pc)の評価は対象外
0.429［km²］≒420,000［m²］	上記より，標的面積 A’ は A’ =0.297393［km²］となる。	上記より，標的面積 A’ は A’ =0.49[km²]となる。	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・発電用原子炉施設の標的面積の差異による結果の相違
（参考）　有視界飛行の小型民間航空機の落下事故について 有視界飛行の小型固定翼および回転翼航空機の落下確率Ｐｖ（小型）を求める式は以下のとおり。 $Pv(小型)=(fv/Sv)\cdot A\cdot a$ fv：単位年当たりの落下事故率 Sv：全国土面積 A　：原子炉施設の標的面積 a　：対象航空機の種類による係数	b .小型民間航空機の標的面積の算出 $P_V=\frac{f_v}{S_v}(A\cdot\alpha)$ P_V：対象施設への航空機落下確率［回/年］ f_v：単位年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［-］	b . 小型民間航空機の標的面積の算出 $P_v=\frac{f_v}{S_v}(A\cdot\alpha)$ P_v：対象施設への航空機落下確率[回／年] f_v：単位年当たりの落下事故率[回／年] S_v：全国土面積[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	【大飯】 記載方針の相違（女川実績の反映：着色せず）

大飯発電所３／４号炉

大飯発電所 3,4 号炉	
f_v 注1	小型固定翼機：35/20=1.75［回/年］ 小型回転翼機：24/20=1.20［回/年］
S_v 注2	372,000［km²］
α 注3	大型固定翼機，大型回転翼機：0.1

注１：「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会）の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出した。
注２：「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会）の値を用いた。
注３：「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」の値を用いた。

以上より、落下確率が 10^{-7}［回/炉･年］に相当する標的面積Ａを計算すると以下のとおりとなる。

0.126［km²］≒ 120,000［m²］

また、原子炉施設からの離隔距離Ｌ［m］については、上記で求めた面積から算出すると、Ｌ＝約 86［m］となる。

小型航空機の燃料積載量は約２［m³］程度であるため、有視界飛行の小型機による火災影響評価の結果は、軍用機（F-15）の条件（離隔距離 44［m］、燃料積載量 14.87［m³］）で評価した結果に包含される。

② 軍用機の落下事故

女川原子力発電所２号炉

第 2-6 表 墜落確率の算出結果（小型民間航空機）

	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	0.0156
P_v	1.36×10^{-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：「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）

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

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

上記より，標的面積 A’は A’=0.114706［km²］となる。

c．自衛隊機又は米軍機の標的面積の算出

泊発電所３号炉

第７－５表　墜落確率の算出結果（小型民間航空機）

パラメータ	泊発電所３号炉
f_v※1	小型固定翼機 22/20=1.10 小型回転翼機 17/20=0.85
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	6.08×10^{-9}

※1：「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和２年）」（令和５年３月　原子力規制庁長官官房技術基盤グループ）による。
※2：「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」による。
※3：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7－6）

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

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

上記より，標的面積 A’は A’=0.19［km²］となる。

c．自衛隊機又は米軍機の標的面積の算出

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

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

P_{si}：訓練空域内での対象施設への航空機落下確率［回／年］
f_{si}：単位年当たりの訓練空域内落下事故率［回／年］
S_i：全国の陸上の訓練空域の面積［km²］
A：発電用原子炉施設の標的面積［km²］

第７－６表　墜落確率の算出結果
（自衛隊機：その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）

パラメータ	泊発電所３号炉
f_{si}※1	自衛隊機 1/20=0.05
S_i※1	78,000
A※2	0.0116
P_{si}	7.44×10^{-9}

※1：「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和２年）」（令和５年３月　原子力規制庁長官官房技術基盤グループ）による。
※2：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7－6）

相違理由

【女川】
設計方針の相違
・発電用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

【女川】設計方針の相違
・発電用原子炉施設の標的面積の差異による結果の相違

【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）
【女川・泊】
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

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

大飯発電所上空には訓練空域がないため、自衛隊機、米軍機の落下確率Psoを求める式は、以下のとおりとなる。

$Pso=(fso/So)\cdot A$

fso：単位年当たりの落下事故率（回/年）

So：全国土面積から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）

大飯発電所 3,4 号炉

	空中給油機等	その他
fso[注1]	自衛隊機：0.5/20=0.025 米軍機　：　1/20=0.05	自衛隊機：7/20=0.35 米軍機　：4/20=0.20
So[注2]	自衛隊機：295,000　米軍機　：372,000	

注１：「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会）の自衛隊機または米軍機の事故件数を用いて算出した。自衛隊機の空中給油機等は、平成５年から平成 24 年の間で０件であるが、保守的に 0.5 件とした。

注２：「航空機落下事故に関するデータ」（平成 28 年６月　原子力規制委員会）の値を用いた。

以上より、落下確率が 10^{-7}［回/炉・年］に相当する標的面積Aをそれぞれ計算すると以下のとおりとなる。

A　（空中給油機等）0.456［km²］≒450,000［m²］
A（その他）0.0580［km²］≒58,000［m²］

女川原子力発電所２号炉

(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）

$P_{SO}=\left(\frac{f_{SO}}{S_O}\right)\cdot A$

P_{SO}：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率［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 2-7 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）

	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	0.0156
P_{SO}	3.42×10^{-6}

※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，制御建屋等の水平面積を合計した値。（別紙 7-8）

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（Pso）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。

泊発電所３号炉

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

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

上記より，標的面積A’はA’=0.15［km²］となる。

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

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

P_{so}：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率［回／年］
f_{so}：単位年当たりの訓練空域内落下事故率［回／年］
S_o：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積［km²］
A：発電用原子炉施設の標的面積［km²］

第７－７表　墜落確率の算出結果
（米軍機：空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機）

パラメータ	泊発電所３号炉
f_{so}※1	米軍機 1/20=0.05
S_o※1	372,000
A※2	0.0118
P_{so}	1.58×10^{-6}

※1：「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和２年）」（令和５年３月　原子力規制庁長官官房技術基盤グループ）による。
※2：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙７－６）

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

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

上記より，標的面積A’はA’=0.74［km²］となる。

相違理由

【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）

【女川・大飯】
設計方針の相違
・発電用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

【女川・大飯】
設計方針の相違
・発電用原子炉施設の標的面積の差異による結果の相違

大飯発電所３／４号炉

女川原子力発電所２号炉

(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落下確率［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}※1	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	0.5/20=0.025
S_O※1	自衛隊機	295,000			
	米軍機	372,000			
A※2		0.0156			
P_{SO}	自衛隊機	2.64×10^{-6}	2.64×10^{-6}	2.64×10^{-6}	1.32×10^{-6}
	米軍機	4.19×10^{-6}	2.10×10^{-6}	2.10×10^{-6}	1.05×10^{-6}
	計	3.06×10^{-6}			

※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，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（Pso）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。

(c) 基地－訓練空域間往復時の落下事故

$$P_{tr}=f_{tr}\cdot N_{tr}\cdot A\cdot F(x)_{tr}$$

P_{tr}：対象施設への航空機落下確率［回/年］
f_{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］

泊発電所３号炉

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

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

P_{si}：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率［回／年］
f_{si}：単位年当たりの訓練空域内落下事故率［回／年］
S_i：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積［km²］
A：発電用原子炉施設の標的面積［km²］

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

パラメータ	泊発電所３号炉
f_{so}※1	米軍機 3/20＝0.15
S_o※1	372,000
A※2	0.0116
P_{so}	4.68×10^{-6}

※1：「航空機落下事故に関するデータ（平成 13～令和 2 年）」（令和 5 年 3 月　原子力規制庁長官官房技術基盤グループ）による。
※2：原子炉建屋，循環水ポンプ建屋，原子炉補助建屋等の合計値（別紙 7－6）

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

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

上記より，標的面積 A’ は A’ =0.24［km²］となる。

相違理由

【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）（大飯は前項にて纏めて記載している）

【女川】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。

【女川】設計方針の相違・発電用原子炉施設の標的面積の差異による結果の相違

【女川】設計方針の相違・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。

泊発電所３号炉　DB 基準適合性　比較表

第６条　外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）

大飯発電所３／４号炉

(b) 原子炉施設からの離隔距離の算出

(a) で求めた面積と、評価対象となる原子炉施設の周辺に L [m] の離隔距離を含めた火災評価上の標的面積との関係から離隔距離 L を算出した結果は以下のとおり。

大飯発電所 3,4 号炉

項目	民間航空機	運用機	
		空中給油機等	その他
離隔距離 L [m]	206※1	216※2	44※3

※1：計器飛行と有視界飛行の大型民間航空機の落下事故を考慮して算出した離隔距離。なお、有視界飛行の対象航空機には、海上保安庁のパトロール機（ビーチクラフト 90 型等）も含まれている。評価対象航空機は B747-400。
※2：運用機のうち、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落下事故を考慮して算出した離隔距離。評価対象航空機は KC-767。
※3：運用機のうち、その他の大型固定翼機、小型固定翼機および回転翼機の落下事故を考慮して算出した離隔距離。評価対象航空機は F-15。

女川原子力発電所２号炉

第 2-9 表　墜落確率の算出結果（基地－訓練空域間往復時）

対象飛行場		女川原子力発電所 2 号炉 航空自衛隊松島飛行場
f_{ta}※1		1.57×10^{-7}
N_α※2	N_α 北側	8400
	N_α 南側	8400
β※3		0.0156
$F(x)_\alpha$※4	$F(x)_\alpha$ 北側	$F(9.5)_\alpha=8.25\times10^{-4}$
	$F(x)_\alpha$ 南側	$F(10.5)_\alpha=4.41\times10^{-4}$
P_α	P_α 北側	1.70×10^{-8}
	P_α 南側	8.07×10^{-9}
	合計	2.61×10^{-8}

※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（137.0km）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）×12（ヶ月）÷2（経路）＝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 7-8）
※4：北側及び南側移動経路から発電所までの最短距離とする。（別紙 7-3）

基地－訓練空域間往復時の墜落確率（Ptr）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。

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

上記より，標的面積 A’ は A’ =0.059770［km²］となる。

(5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

(4) で求めた標的面積から離隔距離 L を算出した結果を第 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。

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	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	その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	
対象航空機	B747-400	Do228-200	KC-767	F-15	F-2
離隔距離 L[k]	85	44	111	21	25

泊発電所３号炉

(5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

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

離隔距離の算出の考え方については別紙 7－7 に示す。

第 7－9 表　発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

分類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機		
			訓練空域内	訓練空域外	
	大型民間航空機	小型民間航空機	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
対象航空機	B747-400	Do228-200	F-15	KC-767	F-15
離隔距離 L[m]	220	120	100	290	140

相違理由

【大飯】記載表現の相違

【女川・大飯】
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

大飯発電所３／４号炉

３号炉における民間航空機（B747-400）の離隔距離のイメージ

女川原子力発電所２号炉

(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。

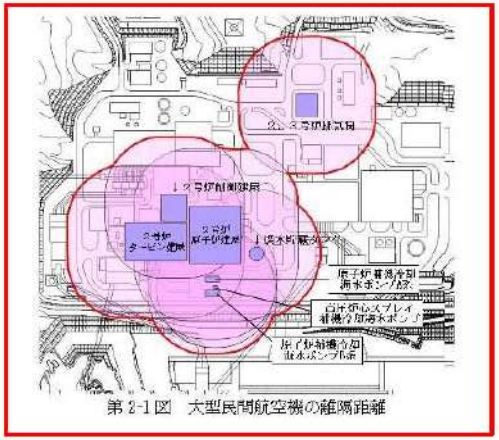
各航空機の離隔距離を第 2-1 図から第 2-4 図に示す。

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 [m³]	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	○

○：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。



第 2-1 図　大型民間航空機の離隔距離

泊発電所３号炉

(6) 評価対象航空機の選定

航空機墜落による火災の評価対象とする航空機の選定結果を第 7－10 表に示す。

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

各航空機の離隔距離を第 7－1 図及び第 7－2 図に示す。

第 7－10 表　落下事故のカテゴリごとの評価対象航空機の選定結果

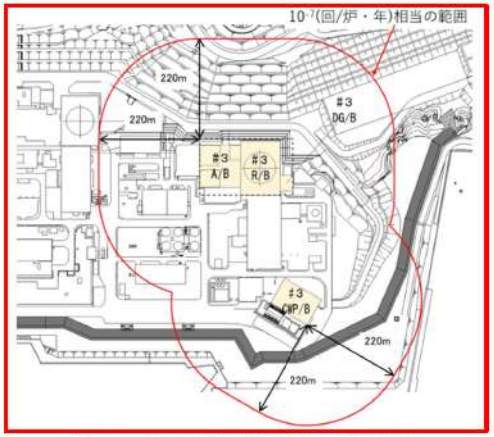
分類	民間航空機		自衛隊機又は米軍機		
			訓練空域内	訓練空域外	
	大型民間航空機	小型民間航空機	その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機	空中給油機等，高高度での巡行が想定される大型固定翼機	その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機
対象航空機	B747-400	Do228-200	F-15	KC-767	F-15
燃料積載量 [m³]	216.84	2.39	14.87	145.03	14.87
離隔距離 L[m]	220	120	100	280	140
選定結果	○	×※1	○	×※2	×※3

○：評価対象　×：評価対象外

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

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

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



第 7－1 図　大型民間航空機の離隔距離

相違理由

【大飯】記載方針の相違（女川実績の反映）

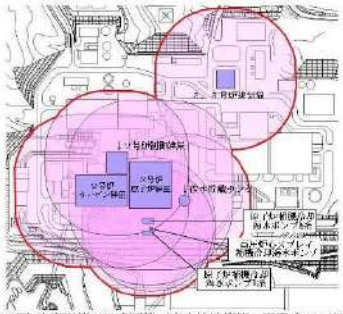
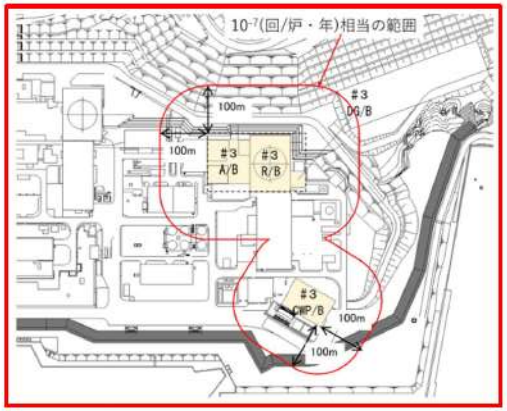
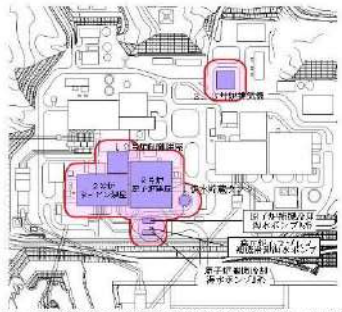
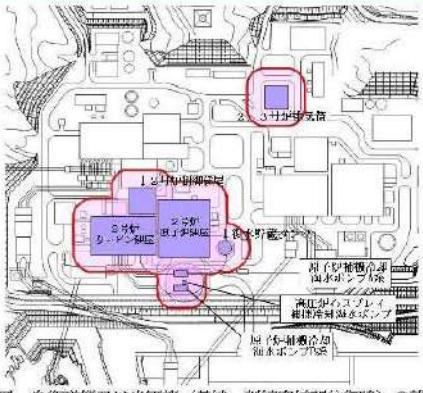
【女川】記載表現の相違

【女川】設計方針の相違
・発電用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っており，評価対象航空機が相違している。

【女川・大飯】
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）

大飯発電所３／４号炉	女川原子力発電所２号炉	泊発電所３号炉	相違理由
[redacted] ３号炉における空中給油機（KC-767）の離隔距離のイメージ	 第 2-2 図 自衛隊機又は米軍機（空中給油機等，高高度での運航が想定される大型固定翼機）の離隔距離	 第 7－2 図　自衛隊機又は米軍機（その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機）の離隔距離	【女川・大飯】 設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価結果の相違
[redacted] ３号炉におけるその他軍用機（F-15）の離隔距離のイメージ	 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		【女川・大飯】 設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価結果の相違
[redacted] ４号炉における民間航空機（B747-400）の離隔距離のイメージ	 第 2-4 図　自衛隊機又は米軍機（基地―訓練空域間往復時）の離隔距離		【女川・大飯】 設計方針の相違 ・地域特性に伴う評価結果の相違

大飯発電所３／４号炉

４号炉における空中給油機（KC-767）の離隔距離のイメージ

４号炉におけるその他軍用機（F-15）の離隔距離のイメージ

b．必要データ

評価に用いるデータは以下のとおり。

大飯発電所３，４号炉			
項目	民間航空機	軍用機	
		空中給油機等	その他
想定する航空機	B747-400	KC-767	F-15
燃料の種類	JET A-1	JP-4	JP-4
燃料量［m³］	216.84	145.03	14.87
輻射発散度［W/m²］	50×10^3	58×10^3	58×10^3
燃焼速度［m/s］	4.64×10^{-5}	6.71×10^{-5}	6.71×10^{-5}
燃料タンク面積［m²］	700	405.2	44.6
原子炉施設からの距離［m］	206	216	44

c．燃焼半径の算出

円筒火災モデルとして評価を実施するため、燃焼半径は航空機の燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

女川原子力発電所２号炉

(7) 必要データ

評価に必要なデータを第 2-12 表に示す。

第 2-12 表　航空機火災影響評価に必要なデータ

項目	民間航空機	自衛隊機又は米軍機		
		訓練空域外を飛行中		
	大型民間航空機	空中給油機等，高高度での運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	KC-767	F-15	F-2
燃料の種類	Jet A-1	JP-4	JP-4	JP-4
燃料量[m³]	216.84	145.04	14.87	10.43
輻射発散度[W/m²]	50×10^3	58×10^3	58×10^3	58×10^3
燃焼速度[m/s]	4.64×10^{-5}	6.71×10^{-5}	6.71×10^{-5}	6.71×10^{-5}
燃料タンク面積[m²]	700	405.2	44.6	35
発電用原子炉施設までの離隔距離[m]	85	111	21	25

(8) 燃焼半径の算出

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

泊発電所３号炉

(7) 必要データ

評価に必要なデータを第７－11 表に示す。

第７－11 表　航空機火災影響評価に必要なデータ

項目	民間航空機	自衛隊機
		訓練空域内
	大型民間航空機	その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機
想定する航空機	B747-400	F-15
燃料の種類	Jet A-1	JP-4
燃料量[m³]	216.84	14.87
輻射発散度[W/m²]	50,000	58,000
燃焼速度[m/s]	4.64×10^{-5}	6.71×10^{-5}
燃料タンク面積[m²]	700	44.6
離隔距離[m]	220	100

(8) 燃焼半径の算出

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

相違理由

【大飯】
設計方針の相違
・地域特性に伴う評価結果の相違

【女川・大飯】
設計方針の相違
・地域特性に伴う評価条件の相違

【大飯】記載表現の相違