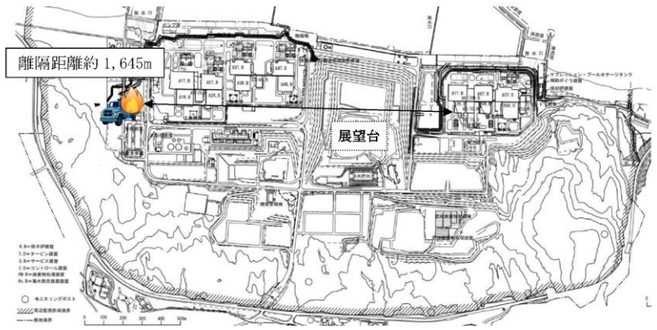
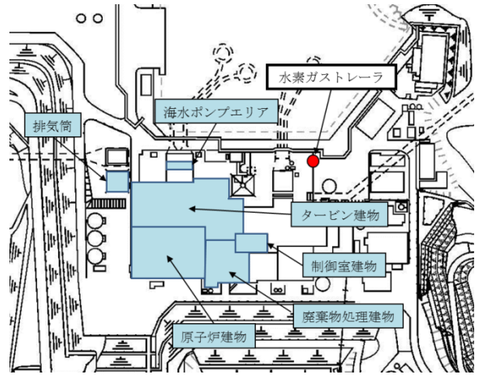
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 3.2　水素トレーラの火災影響評価について<br>1 号炉へ水素を供給する水素トレーラの火災に対して，より一層の安全性向上の観点から，その火災が起こったとしても発電用原子炉施設に影響を及ぼさないことを評価するものである（1 号炉の運転中以外であれば，水素トレーラが発電所敷地内に配備されることはない）。<br><br>なお，水素トレーラの火災では，展望台等により，6 号及び 7 号炉の発電用原子炉施設は輻射熱を受けないことから爆発による影響評価のみとする（第 3.2-1 図）。<br><br>  <br><br>第 3.2-1 図　水素トレーラの離隔距離<br><br>(1) 想定の条件<br>・水素トレーラ建屋内にて，水素トレーラが停車中に火災・爆発を起こした場合を想定する。<br>・水素トレーラは水素ガスを満載した状態（最大積載量 13,987m$^3$）を想定する。<br>・燃料は水素とする。<br>・水素トレーラ建屋内での水素ガス漏えい，引火による水素トレーラの爆発を想定する。<br>・気象条件は無風状態とする。<br><br>(2) 評価手法の概要<br>本評価は，柏崎刈羽原子力発電所に対する水素トレーラ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 | | 3.2　２号水素ガストレーラの火災影響評価について<br>２号炉へ水素を供給する水素ガストレーラの火災に対して，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を評価するものである（２号炉の運転中以外であれば，水素ガストレーラが発電所敷地内に配備されることはない）。<br>なお，水素ガストレーラの火災では，水素ガストレーラ保管庫の壁等により，２号炉の発電用原子炉施設は輻射熱を受けないことから爆発による影響評価のみとする。<br><br>  <br><br>第 3.2-1 図　水素ガストレーラと発電用原子炉施設の配置図<br><br>(1)　想定の条件<br>・水素ガストレーラ設置場所にて水素ガストレーラが停車中に爆発を起こした場合を想定する。<br>・水素ガストレーラは水素ガスを満載した状態（最大積載量12,086m$^3$）を想定する。<br>・燃料は水素とする。<br>・水素ガストレーラ設置場所での水素ガス漏えい，引火による水素ガストレーラの爆発を想定する。<br>・気象条件は無風状態とする。<br><br>(2)　評価手法の概要<br>本評価は，島根原子力発電所に対する水素ガストレーラ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 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

な評価指標とその内容を以下に示す。

第 3.2-1 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 10kPa 以下になる距離 |

(3) 評価対象範囲

評価対象範囲は発電所構内で出火する水素トレーラとする。

(4) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 3.2-2 表　　水素爆発の評価条件

| データ種類 | 内容 |
|---|---|
| 水素の 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<br>K＝2860000 |
| 貯蔵設備又は処理設備の W 値 | コンビナート等保安規則第 5 条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値<br>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）<br>処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位：トン）の数値<br>$W=1.25^{1/2}=1.12$ |
| 離隔距離[m] | 水素トレーラから発電用原子炉施設までの距離<br>約 1,645[m] |

(5) W 値の算出

水素トレーラの最大積載量を貯蔵能力とし，W 値を算出する。

積載量（貯蔵能力）＝13987[$m^3$]＝1.25[t]

W＝1.251/2＝1.12

(6) 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水素トレーラと発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

な評価指標とその内容を以下に示す。

第3.2-1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10kPa以下になる距離 |

(3)　評価対象範囲

評価対象範囲は発電所構内で出火する水素ガストレーラとする。

(4)　必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第3.2-2表　水素爆発の評価条件

| データ種類 | 内容 |
|---|---|
| 水素のK値 | コンビナート等保安規則第5条別表第二に掲げる値<br>K＝2860000 |
| 貯蔵設備又は処理設備のW値 | コンビナート等保安規則第5条貯蔵設備又は処理設備の区分に応じて次に掲げる数値<br>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のあっては貯蔵能力（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）<br>処理設備：処理設備内にあるガスの質量（単位　トン）の数値<br>W＝1.042 |
| 離隔距離[m] | 水素ガストレーラから発電用原子炉施設までの距離<br>約90[m] |

(5)　W値の算出

水素ガストレーラの最大積載量を貯蔵能力とし，W値を算出する。

積載量（貯蔵能力）＝1.085t

W＝1.042

(6)　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水素ガストレーラと発電用原子炉施設の間に必要な離隔距離となる。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| $X=0.04\lambda\cdot\sqrt[3]{K\times W}$<br>X：危険限界距離[m]，λ：換算距離 14.4[m･kg$^{-1/3}$]，<br>K：水素の定数，W：設備定数<br>K＝2860000，W＝1.12 として，危険限界距離を求める。<br><br>X＝約 85[m]<br><br>(7) 爆発による影響評価結果<br>以上の結果から，水素トレーラ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(約 1645m)が危険限界距離(約 85m)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爆風圧による影響はないと判断する。<br><br>4. 構内危険物タンク等における延焼の危険性について<br>4.1 軽油タンクの火災<br>軽油タンク近傍で危険物を保管している設備はなく，現場作業に伴い「屋外の危険物保管」や「火気の使用」をする場合は，社内文書に基づき危険物や火気を管理した状態で取り扱っている。また，防火の観点から定期的なパトロール等にて現場の状況を確認している。<br>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。<br><br>4.2 車両（可搬型重大事故等対処設備）等の火災<br>4.2.1 車両（可搬型重大事故等対処設備）等の延焼<br>可搬型重大事故等対処設備保管場所等（以下「保管所等」という。）において，車両（可搬型重大事故等対処設備）の火災が起こったとしても周囲の車両に影響を及ぼさないことを評価するものである。<br>なお，保管所等の一部は防火帯に近接しているが，当該箇所における森林火災時の放射熱強度は火線強度が最大となったケース2において最大でも 1.7kW/m$^2$※程度であり，車両が延焼するような輻射強度ではないことを確認して いる。 | | $X=0.04\lambda\cdot\sqrt[3]{K\times W}$<br>X：危険限界距離[m]，λ：換算距離 14.4[m･kg$^{-1/3}$]，<br>K：水素の定数，W：設備定数<br>K＝2860000，W＝1.042 として，危険限界距離を求める。<br><br>X＝約 83[m]<br><br>(7) 爆発による影響評価結果<br>以上の結果から，水素ガストレーラ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（約 90m）が危険限界距離（約 83m）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爆風圧による影響はないと判断する。<br><br>4. 構内危険物タンク等における延焼の危険性について<br>4.1 ガスタービン発電機用軽油タンク，重油タンクの火災<br>ガスタービン発電機用軽油タンク，重油タンク近傍で危険物を保管している設備はなく，現場作業に伴い「屋外の危険物保管」や「火気の使用」をする場合は，社内文書に基づき危険物や火気を管理した状態で取り扱っている。また，防火の観点から定期的なパトロール等にて現場の状況を確認している。<br>以上により，ガスタービン発電機用軽油タンク，重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。<br><br>4.2 車両（可搬型重大事故等対処設備）等の火災<br>4.2.1 車両（可搬型重大事故等対処設備）等の延焼<br>可搬型重大事故等対処設備保管場所等（以下「保管場所等」という。）において，車両（可搬型重大事故等対処設備）の火災が起こったとしても周囲の車両に影響を及ぼさないことを評価するものである。<br>なお，保管場所及びアクセスルートの一部は防火帯に近接しているが，事故対応時の影響緩和のため，防火帯（約21m）に加え空地を設けることにより，当該箇所における森林火災時の放射熱強度は火線強度が最大となったケース１において最大でも1.6kW/m$^2$以下となり，車両が延焼するような輻射強度では | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根 2 号炉は，保管場所及びアクセスルート |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| なお，保管所近傍における森林火災の燃焼継続時間（約 14 時間）のうち，保管所において，人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱（輻射）強度である 1.6kW/m$^2$ を超えている時間は数十秒程度である。<br>※：石油コンビナート等防災アセスメント指針では，人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱強度を 1.6 kW/m$^2$ としている。<br><br>(1) 車両（可搬型重大事故等対処設備）等の火災の想定の条件<br>・周囲への熱影響を考慮し，燃料積載量の大きい第一ガスタービン発電機車（GTG用燃料タンク）の火災を想定する。<br>・燃焼する第一ガスタービン発電機車（GTG 用燃料タンク）からの輻射熱を受けやすくするため，第一ガスタービン発電機車の走行用燃料タンクが向かい合う状態を想定する。第一ガスタービン発電機車の走行用燃料タンクの受熱面は裏面を除く全ての面とし，表面以外の面は発熱源に最も近い表面と同等の輻射熱を受けるものとする。<br>・発熱側となる第一ガスタービン発電機車は燃料を満載し，受熱側となる第一ガスタービン発電機車は燃料量を 1/2 とする（受熱側の熱容量を小さくすることにより，燃料の温度が上昇しやすい状態とする）。<br>・車両に積載している燃料は軽油とする。<br>・タンクローリと異なり大容量の燃料タンクではないことから，第一ガスタービン発電機車の GTG 用燃料タンクの全面火災を想定する。<br>・第一ガスタービン発電機車は，2 基（同容量）の GTG 用燃料タンクが近接した状態で配置されていることから，タンクの同時火災を想定する。<br>・気象条件は無風状態とする。<br>・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。 | | ないことを確認している。<br><br>※：石油コンビナート等防災アセスメント指針では，人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱強度を1.6kW/m$^2$としている。<br><br>(1)　車両（可搬型重大事故等対処設備）等の火災の想定の条件<br>・周囲への熱影響を考慮し，燃料積載量の大きい大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）の火災を想定する。<br>・燃焼する大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）からの輻射熱を受けやすくするため，タンクローリの走行用燃料タンクが向かい合う状態を想定する。<br>・タンクローリの走行用燃料タンクの受熱面は，裏面を除くすべての面とし，表面以外の面は発熱源に最も近い表面と同等の輻射熱を受けるものとする。<br>・発熱側となる大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）は燃料を満載し，受熱側となるタンクローリ（車両用燃料タンク）は燃料量を 1/2 とする（受熱側の熱容量を小さくすることにより，燃料の温度が上昇しやすい状態とする。）<br>・車両に積載している燃料は軽油とする。<br>・タンクローリと異なり大容量の燃料タンクではないことから，大型送水ポンプ車のエンジン用燃料タンクの全面火災を想定する。<br>・大型送水ポンプ車は，2 基（同容量）のエンジン用燃料タンクが近接した状態で配置されていることから，タンクの同時火災を想定する。<br>・気象条件は無風状態とする。<br>・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。 | への影響がないように，空地を設けている |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (2) 評価対象範囲<br>評価対象範囲は，輻射熱の影響を考慮し燃料タンクが露出している車両（第一ガスタービン発電機車，電源車）とする。発熱側は燃料積載量の最も大きい第一ガスタービン発電機車（GTG 用燃料タンク），受熱側は熱容量の最も小さい第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク）とすることにより，他の車両は本評価に包絡される。なお，消防車等は，燃料タンクが露出しておらず，輻射熱の影響を受けないことから評価対象外とする。 | | (2)　評価対象範囲<br>評価対象範囲は，可搬型重大事故等対処設備の車両とする。発熱側は燃料積載量の最も大きい大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク），受熱側は熱容量の最も小さいタンクローリ（車両用燃料タンク）とすることにより，他の車両は本評価に包絡される。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根 2 号炉は，消防車等も評価対象としている |
| (3) 必要データ<br>評価に必要なデータを以下に示す。<br><br>第 4.2.1-1 表　ガスタービン発電機車火災影響評価に必要なデータ<br><br>データの種類 / 内容<br>輻射発散度[W/m²]1) / 燃焼する可燃物によって決まる定数 42×10³[W/m²]（軽油）<br>燃料タンクの投影面積[m²] / 第一ガスタービン発電機車(GTG 用燃料タンク 2 基分) 0.84×0.6×2=1.0[m²]<br>離隔距離[m] / 第一ガスタービン発電機車間の最短距離　5[m]<br>1）評価ガイド付属書 B より | | (3)　必要データ<br>評価に必要なデータを以下に示す。<br><br>第4.2.1-1表　大型送水ポンプ車及びタンクローリ火災影響評価に必要なデータ<br><br>データの種類 / 内容<br>輻射発散度[W/m²]1) / 燃焼する可燃物によって決まる定数 42×10³[W/m²]（軽油）1)<br>燃料タンクの投影面積[m²] / 大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）２基分 0.54[m]×1.48[m]×2=1.6[m²]<br>離隔距離[m] / 大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）とタンクローリ（車両用燃料タンク）の最短距離　3[m]<br>1)評価ガイド附属書Bより | |
| (4) 燃焼半径の算出<br>第一ガスタービン発電機車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，GTG 用燃料タンク（2基）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 GTG 用燃料タンクの投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。<br>R＝（S／π）$^{0.5}$<br>S：発電用燃料タンクの投影面積（火炎円筒の底面積）<br>＝1.0［m²］<br>R＝（1.0／π）$^{0.5}$＝0.56［m］ | | (4)　燃焼半径の算出<br>大型送水ポンプ車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，エンジン用燃料タンク（2 基）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]はエンジン用燃料タンク（2 基）の投影面積を円筒の底面と仮定し算出する。<br>R=（S/π）$^{0.5}$<br>S:エンジン用燃料タンクの投影面積（火炎円筒の底面積）<br>＝1.6［m²］<br>R=（1.6/π）$^{0.5}$＝0.71[m] | |
| (5) 燃焼継続時間の算出<br>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。 | | (5)　燃焼継続時間の算出<br>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。 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| $t=\frac{V}{\pi R^2\times v}$，$v=\frac{M}{\rho}$<br>t：燃焼継続時間[s]，V：燃料量[$m^3$]，R：燃焼半径[m]，<br>v：燃焼速度[m/s]，M：質量低下速度[$kg/m^2\cdot s$]，<br>$\rho$：密度[$kg/m^3$]，m：質量[kg]<br>ここで，V＝0.4[$m^3$]，M＝0.044[$kg/m^2\cdot s$]，$\rho$＝918[$kg/m^3$]として，燃焼継続時間を求めると，<br>v＝0.044/918＝$4.793\times10^{-5}$[m/s]<br>t＝0.4／（$1.0\times4.793\times10^{-5}$）＝8279[s]＝2.29[h]<br><br>(6) 危険輻射強度の算出<br>第一ガスタービン発電機車（GTG 用燃料タンク）の火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク）が昇温されるものとして，下記の式より燃料である軽油の温度Tが225℃となる危険輻射強度を求める。<br>$T=T_0+\frac{\varepsilon ESt}{C+hSt}$<br><br>$T_0$：初期温度[38℃]，E：輻射強度[$W/m^2$]，ε：走行用燃料タンク表面の放射率（0.96）※1，h：走行用燃料タンク表面熱伝達率[$17W/m^2K$]※2，S：走行用燃料タンク受熱面積[$m^2$]，<br>C:走行用燃料タンク及び軽油の熱容量[$8.92\times10^4$J/K]，<br>t： 燃焼継続時間[s]<br>※1：伝熱工学資料，※2：空気調和･衛生工学便覧<br><br>E=4948[$W/m^2$] | | $t=\frac{V}{\pi R^2\times v}$，$v=\frac{M}{\rho}$　より，$t=\frac{V\times\rho}{\pi R^2\times M}$<br>t：燃焼継続時間[s]，V：燃料量[$m^3$]，R：燃焼半径[m]，<br>v：燃焼速度[m/s]，M：質量低下速度[$kg/m^2\cdot s$]，<br>$\rho$：密度[$kg/m^3$]<br>ここで，V＝0.99[$m^3$]，$\rho$＝918[$kg/m^3$]，M＝0.044[$kg/m^2\cdot s$]として燃焼時間を求めると，<br>v＝0.044／918＝$4.79\times10^{-5}$[m/s]<br>t＝0.99／（$1.6\times4.79\times10^{-5}$）＝3.60[h]<br><br>(6)　危険輻射強度の算出<br>大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）の火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度でタンクローリ（車両用燃料タンク）が昇温されるものとして，下記の式より，燃料である軽油の温度 T が 225℃となる危険輻射強度を求める。<br>$E_{max}=\frac{ThS_2-hS_2T_{air}\left(1-e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}\right)-hS_2T_0e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}}{\varepsilon S_1\left(1-e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}\right)}$<br><br>$T_0$：初期温度[50℃]，T：許容限界温度[℃]，$T_{air}$：外気温度[℃]，E：輻射強度[$W/m^2$]，ε：車両用燃料タンク表面の放射率[0.96]※1，h：車両用燃料タンク表面熱伝達率[$17W/m^2K$]※2，$S_1$：車両用燃料タンク受熱面積[$m^2$]，$S_2$：車両用燃料タンク放熱面積[$m^2$]，C：車両用燃料タンク及び軽油の熱容量[$8.39\times10^4$J/K]，t： 燃焼継続時間[s]<br>※1：伝熱工学資料，※2：空気調和･衛生工学便覧<br><br>E=6,288 [$W/m^2$] | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(7) 形態係数の算出

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かけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

Emax＝Rf×ϕ

Emax：危険輻射強度，Rf：輻射発散度，ϕ：形態係数

第 4.2.1-2 表　形態係数の算出結果

| | 第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク） |
|---|---|
| 危険輻射強度[W/m²] | $4.94\times10^{3}$ |
| 輻射発散度[W/m²] | $42\times10^{3}$ |
| 形態係数 | 0.1178306 |

(8) 危険距離の算出

次の式から危険距離を算出する。

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

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[m]，H：火炎高さ[m]，
R：燃焼半径[m]

第 4.2.1-3 表　危険距離の算出結果

| | 第一ガスタービン発電機車（走行用燃料タンク） |
|---|---|
| 形態係数 | 0.1178306 |
| 燃焼半径[m] | 0.56 |
| 危険距離[m] | 1.8 |

(9) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から，第一ガスタービン発電機車の GTG 用燃料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，離隔距離（5m）が危険距離（1.8m）以上であることから，向かい合う他の第一ガスタービン発電機車に影響をおよぼすことはないと評価できる。

(7)　形態係数の算出

火炎からの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かけた値となる。危険輻射強度となる形態係数を算出する。

Emax＝Rf×ϕ

Emax：危険輻射強度，Rf：輻射発散度，ϕ：形態係数

第 4.2.1-2 表　形態係数の算出結果

| | タンクローリ（車両用燃料タンク） |
|---|---|
| 危険輻射強度[W/m²] | $6.29\times10^{3}$ |
| 輻射発散度[W/m²] | $42\times10^{3}$ |
| 形態係数[-] | $1.45\times10^{-1}$ |

(8)　危険距離の算出

次の式から危険距離を算出する。

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

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：離隔距離[m]，H:火炎の高さ[m]，
R:燃焼半径[m]

第4.2.1-3表　危険距離の算出結果

| | タンクローリ（車両用燃料タンク） |
|---|---|
| 形態係数[-] | $1.45\times10^{-1}$ |
| 燃焼半径[m] | 0.71 |
| 危険距離[m] | 2.2 |

(9)　火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から，大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）において火災が発生した場合を想定したとしても，離隔距離（3m）が危険距離（2.2m）以上であることから，周囲の車両（可搬型重大事故等対処設備）に影響を及ぼすことはないと評価できる。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| また，他の車両についても離隔距離が 2m 以上あることから，周囲の車両（可搬型重大事故等対処設備）に影響をおよぼすことはないと評価できる。<br><br>4.2.2　第一ガスタービン発電機の火災<br>(1) 火災延焼の影響<br>第一ガスタービン発電機の発電機車の GTG 用燃料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，「4.2.1」と同様に危険距離（1.8m）以上の離隔距離（5m）を確保することから，隣接するガスタービン発電機への影響はない。<br><br>(2) アクセスルートへの影響<br>第一ガスタービン発電機車はアクセスルートに近接しているが，隣接道路への離隔距離は 5m 以上確保する。第一ガスタービン発電機車の GTG 用燃料タンクの火災を想定した場合，離隔距離 5m での輻射強度は 1.1kW/m$^2$※程度であり，車両等の通行に影響を及ぼすことはない。評価条件及び結果について，次表に示す。<br><br>第 4.2.2-1 表　アクセスルートへの火災影響評価結果<br><br>| | 第一ガスタービン発電機車近傍アクセスルート |<br>\|---\|---\|<br>\| 燃焼半径[m] \| 0.56 \|<br>\| 離隔距離[m] \| 5 \|<br>\| 形態係数 \| 0.0247444 \|<br>\| 輻射発散度[W/m$^2$] \| 42×10$^3$ \|<br>\| 輻射強度[W/m$^2$] \| 1.04×10$^3$ \|<br><br>※：石油コンビナートの防災アセスメント指針では，人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱（輻射）強度を 1.6kW/m$^2$ としている。<br><br>(3) 7 号炉主変圧器火災の影響<br>第一ガスタービン発電機車から離隔距離約 72m の場所に 7 号炉主変圧器を設置 していることから，「3.1 変圧器の火災影響評価について」における 7 号炉主変圧器の評価と同様に，第一ガスタービン発電機車近傍の輻射強度評価を実施したところ，0.5kW/m$^2$※程度であり，操作への影響はない。<br>評価条件及び結果について，次表に示す。 | | | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7】<br>評価対象物の抽出結果の相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 4.2.2-2 表　7 号炉主変圧器への火災影響評価結果

| | 第一ガスタービン発電機車 |
|---|---|
| 燃焼半径[m] | 7.03 |
| 離隔距離[m] | 72 |
| 形態係数 | 0.0185608 |
| 輻射発散度[W/m$^2$] | $23\times10^3$ |
| 輻射強度[W/m$^2$] | $0.43\times10^3$ |

※：石油コンビナートの防災アセスメント指針では，人が長時間さらされても苦痛を感じない放射熱（輻射）強度を 1.6 kW/m$^2$ としている。

5. 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。

5.1　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。

・防護扉
・ルーバ（換気空調系の給・排気口）
・配管貫通部
・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。

5.2　防護扉の火災影響評価について

5.2.1　防護扉の温度評価

(1) 評価対象

防護扉のうち，軽油タンクに最も近く，輻射強度が最も大きくなる 6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室の防護扉を評価対象とする。

5. 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（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必要があるが，離隔距離，輻射強度等の関係から航空機墜落に伴う火災影響評価結果に包絡される。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

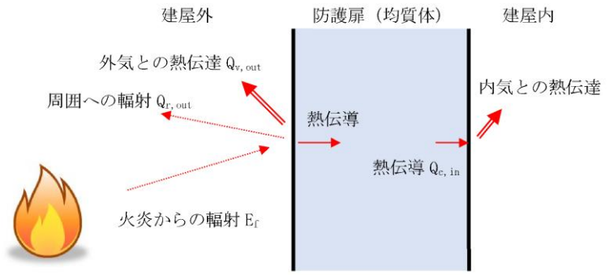
(2) 想定の条件

・軽油タンクの火災については，添付資料－6「2.構内危険物タンクの火災影響評価」と同様の想定とする。

・防護扉は，保守的に，扉外面の最も熱影響を受けやすい金属を防護扉の構造材（均質体）とする。

・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する。

以下に，概念図を示す。



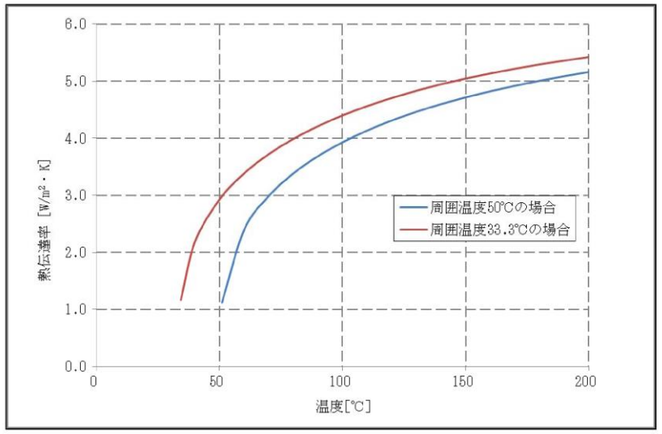

第 5.2.1-1 図　伝熱の概念図

(3) 必要データ

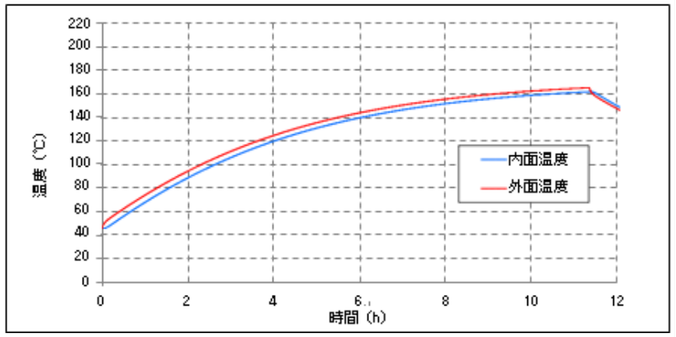
評価に必要なデータを以下に示す。

第 5.2.1-1 表　軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

| 項目 | パラメータ | 備考 |
|---|---|---|
| 扉材質 | [redacted] | － |
| 外気温度[℃] | 50 | 太陽輻射を考慮 |
| 内気温度[℃] | 33.3 | 夏期換算値 |
| 外面熱伝達率[W/(m²・K)] | 第 5.2.1-2 図参照 | 自然対流熱伝達率 (Bayley の式) |
| 内面熱伝達率[W/(m²・K)] | 第 5.2.1-2 図参照 | 自然対流熱伝達率 (Bayley の式) |
| 扉の熱伝導率[W/(m・K)] | [redacted] | [redacted] |
| 扉の厚さ[m] | [redacted] | － |
| 外面放射率(吸収率)[-] | 0.9 | 伝熱工学資料 |
| 内面放射率[-] | 0 | 輻射放熱はゼロとする。 |
| 扉の熱拡散率[m²/s] | [redacted] | [redacted] |
| シュテファン・ボルツマン定数[W/(m²・K)] | $5.67\times10^{-8}$ | 伝熱工学資料 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| Bayley の式<br>$\mathrm{Nu} \equiv \mathrm{h} \cdot x/\lambda = 0.10Ra^{1/3}$<br>$(2 \times 10^9 \leq \mathrm{Ra} \equiv \mathrm{g} \cdot \beta(\mathrm{T} - T_{out}) \cdot x^3/\nu^2 \cdot \mathrm{Pr} \leq 10^{12})$<br>より，自然対流熱伝達率 h は次式から求められる。<br>$\mathrm{h} = 0.10\lambda(\mathrm{g} \cdot \beta(\mathrm{T} - T_{out}) \cdot \mathrm{Pr}/\nu^2)^{1/3}$<br>$\lambda$：空気の境膜平均温度（扉面温度 T と周囲流体温度 $T_{out}$ の平均値）での熱伝導率［W/(m・K)］，g:重力加速度[m/s²]，$\beta$：空気の境膜平均温度での熱膨張率[1/K]，Pr:空気の境膜平均温度でのプラントル数[-]，$\nu$：空気の境膜平均温度での動 粘性率[m²/s]<br>  <br><br>第 5.2.1-2 図　自然対流熱伝達（Bayley の式）<br><br>(4) 防護扉の内外面温度と膨張量の算出<br>以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，防護扉外面及び内面温度を求める。<br>$\frac{dT}{dt} = \alpha \frac{d^2T}{dx^2}$<br>T:温度，t:時刻，x:防護扉における外面からの距離，$\alpha$：熱拡散率 | | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 5.2.1-3 図　防護扉の外面及び内面温度

(5) 熱影響の有無の評価

評価の結果，軽油タンク火災による防護扉の最高温度は，扉外面 165.5℃，扉内面161.9℃となった。なお，建屋内の防火扉は，耐火試験を実施しており，ISO834 規格に従い，最終的に 1000℃を超える加熱に対して，3 時間の耐火性能※があることを確認している。これに対し，防護扉は建屋内の防火扉よりも頑健性があり，同等以上の耐火性能を有していることから熱影響はないと評価する。

※：非加熱面での 10 秒を超えて継続する火炎の噴出，発炎及び隙間を生じないこと。

5.2.2　6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室の内気温度評価＜待機時＞

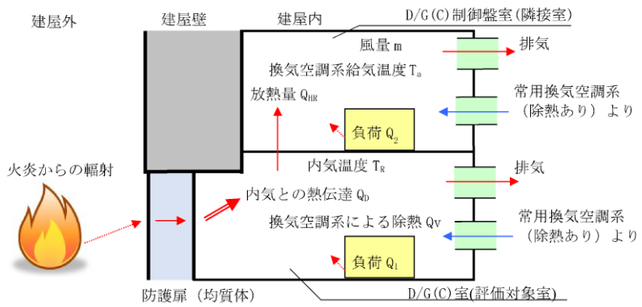
防護扉の内面温度上昇を確認したため，6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室(以下「評価対象室」という。)の内気温度を算出し，室内に設置している機器等への影響について評価する。なお，非常用ディーゼル発電機は待機状態とする。

(1) 評価条件

・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161.9℃一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とする。

・より現実的な評価として，評価対象室に隣接する壁，床，天井への放熱を考慮する。

・隣接室については，隣接する壁，床，天井への放熱を考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 慮しないものとする。<br>・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，評価対象室上階の非常用ディーゼル発電機(C)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。<br><br>以下に，6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室と軽油タンクの位置関係，及び伝熱の概念図を示す。<br><br>第 5.2.2-1 図　6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室と軽油タンクの位置関係<br><br>  <br><br>第 5.2.2-2 図伝熱の概念図（非常用ディーゼル発電機：待機時）<br><br>(2)　建屋内の温度評価<br>内気温度は，火災による防護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。 | | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

$$T_R' = T_R + \frac{Q_1 + Q_D - Q_v - Q_{HR}}{C_a} \cdot t$$

$T_R$：初期内気温度，$Q_1$：室内負荷，$Q_D$：防護扉内面温度上昇に伴う熱負荷（内気との熱伝達），$Q_v$：空調による除熱量，$Q_{HR}$：隣接室への放熱量，$C_a$：室内空気の熱容量，t：時刻隣接室の内気温度については，隣接室への放熱量と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し，次式より求める。

$$T_n = \frac{Q_2 + Q_{HR}}{m\rho C} + T_a$$

$Q_2$：室内負荷，m：風量，$\rho$：空気密度，C：空気比熱，
$T_a$：換気空調系給気温度
以下に評価結果を示す。

第 5.2.2-1 表　建屋内の温度評価結果（待機時）

| | 6 号炉非常用ディーゼル発電機(C)室（評価対象室） | 6 号炉非常用ディーゼル発電機(C)制御盤室（隣接室） |
|---|---|---|
| 内気温度[℃] | 37 | 33※1 |
| 許容温度[℃] | 45※2 | 40※3 |

※1：評価対象室より室内負荷が小さく，初期内気温度は 28.5[℃]
※2：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
※3：室内の電気設備（制御盤）の最高使用温度

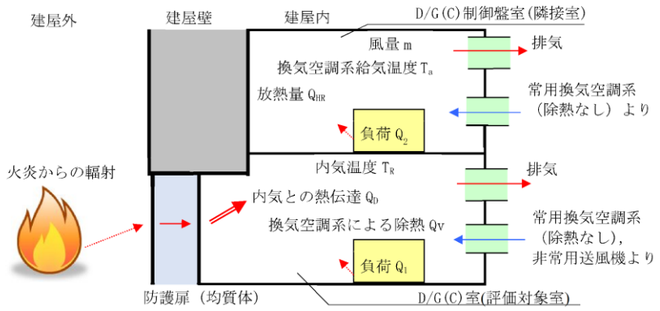
評価の結果，6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室は 37℃，隣接室（非常用ディーゼル発電機制御盤室）の室温は 33℃となり，それぞれ，許容温度を下回ることを確認した。

(3) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から，軽油タンク火災よる防護扉の加熱を想定したとしても，建屋内の 6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室，及びその隣接室の内気温度が，ともに許容温度を超えないことから，発電用原子炉施設の建屋内への熱影響はない。なお，防護扉のほかに外壁からの入熱もあるが，短期的には防護扉からの入熱が支配的であるため，この間の内気温度から室内への熱影響を評価できる（壁厚が厚い場合，外壁からの入熱は一時的に壁内に蓄えられ，一定時間経過後から長時

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 間に亘って建屋内に放熱されるが，単位時間当たりの放熱量は小さく換気空調系での除熱が可能）。<br><br>5.2.3　6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室の内気温度評価＜運転時＞<br>6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）へ燃料を供給している軽油タンクの火災を想定しているため，ここでは，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。<br><br>(1) 評価条件<br>・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 161.9℃一定としたときの放熱量を評価対象室への入熱とする。<br>・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する。<br>・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する。<br>・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，評価対象室上階の非常用ディーゼル発電機(C)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。<br>・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する。<br>・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する。<br>・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する（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）。<br><br>なお，伝熱の概念並びに建屋内の温度評価手法は，5.2.2.6 号炉非常用ディーゼル発電機（C）室の内気温度評価＜待機時＞と同様である。以下に，伝熱の概念図を示す。 | | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 5.2.3-1 図　伝熱の概念図
（非常用ディーゼル発電機：運転時）

以下に評価結果を示す。

第 5.2.3-1 表　建屋内の温度評価結果（運転時）

| | 6 号炉非常用ディーゼル発電機(C)室（評価対象室） | 6 号炉非常用ディーゼル発電機(C)制御盤室（隣接室） |
|---|---|---|
| 内気温度[℃] | 44.6 | 39.7※1 |
| 許容温度[℃] | 45※2 | 40※3 |

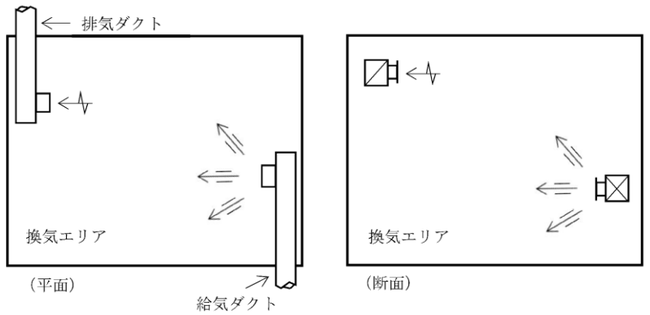
※1：常用換気空調系による給気の除熱がなく，非常用ディーゼル発電機の運転に伴い室内負荷も増加していることから，初期内気温度は 38.1[℃]となる。
※2：室内の電気設備（非常用ディーゼル発電機）の最高使用温度
※3：室内の電気設備（制御盤）の最高使用温度

(2) 火災による熱影響の有無の評価

以上の結果から，軽油タンク火災よる防護扉の加熱を想定したとしても，建屋内の 6 号炉非常用ディーゼル発電機(C)室，及びその隣接室の内気温度が，ともに許容温度を超えないことから，発電用原子炉施設の建屋内への熱影響はない。なお，内気温度については，(1)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，実際の温度上昇はさらに低く抑えられると評価する。

また，建屋内の給排気ダクトは，換気・冷却に有効な位置に設置し，シュートパスやホットスポットを生じないレイアウトとしていることから，室内の温度分 布が不均一となることはない。以下に，給排気ダクトの配置例を示す。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 5.2.3-2 図　給排気ダクトの配置例

5.3　ルーバの火災影響評価について

(1) 評価対象

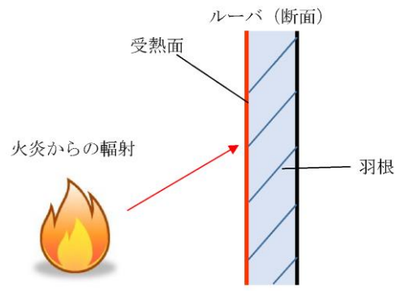
ルーバのうち，6 号炉主変圧器に最も近く，輻射強度が最も大きくなる 6 号炉非常用ディーゼル発電機(B)の排気ルーバを対象とする。

(2) 想定の条件

・変圧器の火災については，添付資料－6「3.1 変圧器の火災影響評価について」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。

以下に，ルーバへの受熱面を示す。




第 5.3-1 図　　ルーバの受熱面

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(3)必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

第 5.3-1 表　　変圧器火災影響評価に必要なデータ

| | |
|---|---|
| 離隔距離[m] | 16 |
| 燃焼半径[m] | 6.91 |
| 形態係数[-] | 0.2051198 |
| 輻射強度[W/m$^2$] | $4.71\times10^3$ |
| 燃焼継続時間[h] | 10.1 |

(4)ルーバ温度と膨張量

変圧器の火災影響評価（1）から(7)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 4.71kW/m$^2$ 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。

$$h_{se} = h_r + h_{cv}$$

出典:JIS 9501 2006 保温保冷工事施工標準

$h_{se}$:ルーバの熱伝達率，$h_r$：ルーバ表面の輻射熱伝達率，

$h_{cv}$：ルーバ表面の対流熱伝達率

$q = h_{se}(T - T_0)$より

$$T = \frac{q}{h_{se}} + T_0$$

出典:伝熱工学資料

T：ルーバ温度，$T_0$:周囲温度，q:入熱量(輻射強度)

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

出典:伝熱工学資料

l:ルーバ膨張量，L：ルーバ長さ(長辺方向)，α：熱膨張率

ここで，$h_{se}$=15.6[W/m$^2$K]，$h_r$=9.48[W/m$^2$K]，$T_0$=50[℃]，L＝1500[mm]，α＝$2.8\times10^{-6}$[1/K]とする。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

以下に評価結果を示す。

第 5.3-2 表　　ルーバの熱影響評価結果

| | |
|---|---|
| ルーバ温度[℃] | 168 |
| ルーバ膨張量[mm] | 5.4 |

(5) 火災による熱影響の有無の評価

ルーバ温度は 168℃となり，ルーバ長辺方向の熱膨張量はルーバ長さ 1500mm に対して，5.4mm 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。

5.4　配管貫通部の火災影響評価について

発電用原子炉施設の脆弱箇所の一つである配管貫通部について，火災影響評価を実施する。

(1) 評価対象

配管貫通部のうち，6 号炉主変圧器に最も近く，輻射強度が最も大きくなる 6 号炉原子炉建屋南側外壁の外部注水接続配管を対象とする。

(2) 想定の条件

主変圧器の火災については，添付資料－6「3.1 変圧器の火災影響評価について」と同様の想定とする。

(3) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.4-1 表　　変圧器火災影響評価に必要なデータ

| | |
|---|---|
| 離隔距離[m] | 36.1 |
| 燃焼半径[m] | 6.91 |
| 形態係数[-] | 0.06460353 |
| 輻射強度[W/m$^2$] | $1.48\times10^3$ |
| 燃焼継続時間[h] | 10.15 |

(4)火災による熱影響の有無の評価

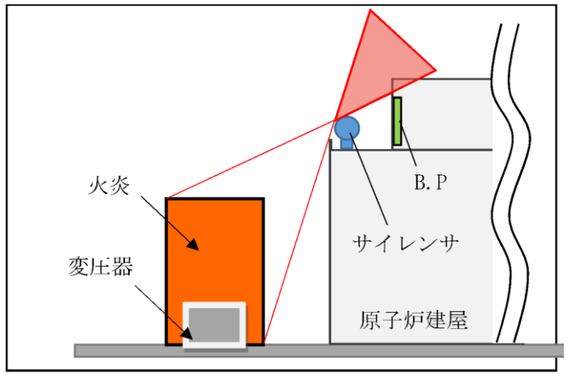
変圧器の火災影響評価（1）から(7)と同様の算出方法により輻射強度を求めた結果，配管貫通部(屋外配管)に対して受ける輻射強度は 1.48kW/m$^2$ となり，人が長時間さらされても苦痛を感じない輻射強度である 1.6kW/m$^2$ を下回ることから，配管貫通部（屋内配管と内気含む）への熱影響はない。

5.5ブローアウトパネルの火災影響評価について

6 号及び 7 号炉のブローアウトパネル(以下「B.P」という。)は，それぞれ原子炉建屋北側に 3 箇所，南側に 1 箇所設置されているが，北側 B.P については，発熱源との配置より輻射熱が届くことはなく，南側 B.P についても，B.P 前に設置している，非常用ディーゼル発電機のサイレンサ(排気口)により，輻射熱が届くことはない（第 5.5-1 図)。

なお，サイレンサは最高使用温度が 500 度以上であり，主変圧器からサイレンサまでの距離とほぼ等しい位置にある主排気筒の温度評価(132℃)と同程度と考えられることから，熱影響はない。

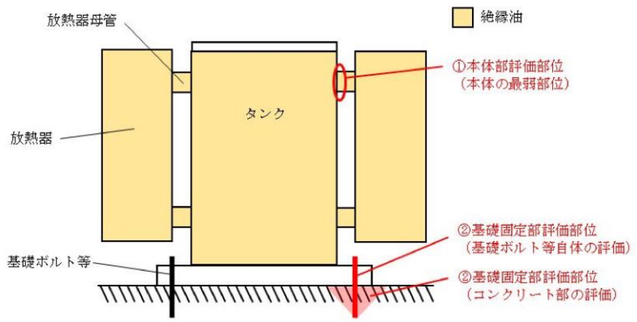
また，航空機落下による火災を想定したとしても，サイレンサによって輻射が遮られる。仮に，輻射を受けたとしても 0.5kW/m$^2$ 程度であり，輻射強度は人が長時間さらされても苦痛を感じないとされる 1.6kW/m$^2$ を下回っており，サイレンサへの熱影響はない。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>第 5.5-1 図　　6 号炉 B.P と主変圧器火炎との位置関係 | | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別紙 6－1<br><br>6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器の耐震性評価結果<br><br>1. 評価範囲<br>6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器は油入変圧器であり，本体部のタンクと放熱器内に絶縁油が内包されており，地震によりタンク若しくは放熱器が損傷した場合，絶縁油が漏えいする可能性が高い。<br>タンク若しくは放熱器が損傷するケースとしては以下の 2 ケースが考えられる。<br><br>（ケース 1） タンク若しくは放熱器自体が地震により損傷する。<br><br>（ケース 2） 変圧器本体と基礎を固定している基礎ボルト等の基礎固定部が地震により破断し，変圧器が滑動，転倒することでタンク若しくは放熱器が損傷する。<br><br>ケース 1 については，過去の油入変圧器の地震や輸送の損傷実績の中で，タンクや放熱器自体の損傷実績はないものの，タンクと放熱器をつなぐ配管（以下「放熱器母管」という）根元部について輸送時にクラックが入った実績があることから，本体部の最弱部位として放熱器母管根元部を選定し，基準地震動 Ss を入力とした耐震性評価を実施する。（評価部位は第 1 図の①の部位）<br><br>ケース 2 については，「変電所等における電気設備の耐震設計指針（JEAG5003-2010）」（以下「JEAG5003」という。）において，「変圧器本体を基礎に固定する基礎ボルトが破断し本体が滑動しないよう，基礎ボルトの強度を十分に確保し得る施工上の注意が必要である」と示されており，地震力の大きさによっては基礎ボルト等の基礎固定部が破断する可能性があることから，基礎固定部について基準地震動 Ss を入力とした耐震性評 | | | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根 2 号炉は，建物屋上に変圧器等の評価対象を設置していない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

価を実施する。（評価部位は第 1 図の②の部位）




第 1 図 変圧器評価の概念図

2. 評価内容

(1) 変圧器本体部の耐震性評価方法（ケース 1）

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器の放熱器母管の根元部については，基準地震動 Ss を入力として，放熱器母管の根元に発生する曲げ応力が許容応力以下であることを確認する。

(2) 変圧器基礎固定部の耐震性評価方法（ケース 2）

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器の基礎固定部について，基準地震動 Ssを入力とした以下の耐震性評価を実施する。

a. 基礎固定部が損傷しないことの確認 (※1) (※2)　基礎固定部に発生する引張応力とせん断応力が許容応力以下であることを確認する。

b. 基礎固定部が基礎から引き抜けないことの確認 (※1)　基礎固定部に発生する引張とせん断の組み合わせ荷重が以下に示すコンクリート部の引張荷重及びせん断荷重の組合せに対する許容値以下となることを確 認する。

$$\left(\frac{p}{pa}\right)^2+\left(\frac{q}{qa}\right)^2 \leqq 1 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (1)$$

p ：基礎ボルト１本当たりの引張荷重

pa：基礎ボルト１本当たりのコンクリート部の許容引張荷重

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

q ：基礎ボルト１本当たりのせん断荷重

qa：基礎ボルト１本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重

※1：「原子力発電所耐震設計技術規程（JEAC4601-2008）」に準拠

※2：「変電所等における電気設備の耐震設計指針（JEAG5003-2010）」に準拠

3. 評価結果

(1) 変圧器本体部の耐震性評価結果（ケース 1）

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器本体部の耐震性評価の結果は第 1 表のとおりであり，全ての変圧器について発生応力が許容応力以下であることを確認した。

第 1 表　6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器本体部の耐震性評価結果

| 号炉 | 設備名 | 評価部位 | 評価項目 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度 (※) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 号炉 | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1)，(B-1) | 放熱器母管根元部 | 曲げ | 134 | 279 | 2.08 |
| | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2)，(B-2) | 放熱器母管根元部 | 曲げ | 148 | 279 | 1.88 |
| 7 号炉 | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1)，(B-1) | 放熱器母管根元部 | 曲げ | 119 | 279 | 2.34 |
| | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2)，(B-2) | 放熱器母管根元部 | 曲げ | 40 | 279 | 6.97 |

※：裕度は評価部位の発生応力とその部位の許容応力の比率であり，１以上を裕度ありとする。

(2) 変圧器基礎固定部の耐震性評価結果（ケース 2）

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器基礎固定部の耐震性評価の結果は第 2 表，第 3 表のとおりであり，全ての変圧器につ いて発生応力が許容応力以下であることを確認した。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2 表　6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器基礎固定部の耐震性評価結果

| 号炉 | 設備名 | 評価部位 | 評価項目 | 発生応力 (MPa) | 許容応力 (MPa) | 裕度 (※) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 号炉 | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1)，(B-1) | 基礎固定部 (基礎ボルト) | 引張 | 127 | 202 | 1.59 |
| | | | せん断 | 57 | 160 | 2.80 |
| | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2)，(B-2) | 基礎固定部 (基礎ボルト) | 引張 | 126 | 191 | 1.51 |
| | | | せん断 | 64 | 160 | 2.50 |
| 7 号炉 | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1)，(B-1) | 基礎固定部 (溶接) | 引張とせん断の組合せ | 154 | 160 | 1.03 |
| | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2)，(B-2) | 基礎固定部 (溶接) | 引張とせん断の組合せ | 83 | 160 | 1.92 |

※：裕度は評価部位の発生応力とその部位の許容応力の比率であり，１以上を裕度ありとする。

第 3 表　6 号及び 7 号原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器基礎コンクリート部の耐震性評価結果

| 号炉 | 設備名 | 評価部位 | 評価項目 | 発生応力 (※2) | 許容応力 (※2) | 裕度 (※1) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 6 号炉 | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1)，(B-1) | 基礎コンクリート部 | 引張とせん断の組合せ | 0.116 | 1 | 8.62 |
| | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2)，(B-2) | 基礎コンクリート部 | 引張とせん断の組合せ | 0.242 | 1 | 4.13 |
| 7 号炉 | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-1)，(B-1) | 基礎コンクリート部 | 引張とせん断の組合せ | 0.263 | 1 | 3.80 |
| | 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 (A-2)，(B-2) | 基礎コンクリート部 | 引張とせん断の組合せ | 0.133 | 1 | 7.51 |

※1：裕度は評価部位の発生応力とその部位の許容応力の比率であり，１以上を裕度ありとする。

※2：（1）式の左辺を発生値，右辺を許容値とする。

4. 結論

6 号及び 7 号炉原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器においては，各評価部位について発生応力が許容応力以下であることが確認されたことから，基準地震動 Ss での地震時においても変圧器は損傷すること無く，変圧器内の絶縁油は漏えいしないことが確認された。

以上

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 6.1

軽油貯蔵タンク及び重油タンクの地下化について

軽油貯蔵タンク及び重油タンクは，「危険物の規則に関する政令」第十三条第１項，第二十条第３項及び「危険物の規制に関する規則」第三十五条第１項第１号に適合する地下タンク貯蔵所のため，地表面で火災が発生する可能性は低い。

また，タンク地上部のマンホールも含め，地上で発生する火炎からの輻射熱の影響を受けない構造とする。

以上から，軽油貯蔵タンク及び重油タンクは，外部火災の火災源の対象から除外する。

「危険物の規則に関する政令」及び「危険物の規制に関する規則」の抜粋を以下に示す。

「危険物の規則に関する政令」【一部抜粋】

（地下タンク貯蔵所の基準）
第十三条　地下タンク貯蔵所（次項及び第三項に定めるものを除く。）の位置，構造及び設備の技術上の基準は，次のとおりとする。
一　危険物を貯蔵し，又は取り扱う地下タンク（以下この条，第十七条及び第二十六条において「地下貯蔵タンク」という。）は，地盤面下に設けられたタンク室に設置すること。

－略－

（消火設備の基準）
第二十条　消火設備の技術上の基準は，次のとおりとする。
三　前二号の総務省令で定める製造所等以外の製造所等にあっては、総務省令で定めるところにより、別表第五に掲げる対象物について同表においてその消火に適応するものとされる消火設備のうち、第五種の消火設備を設置すること。

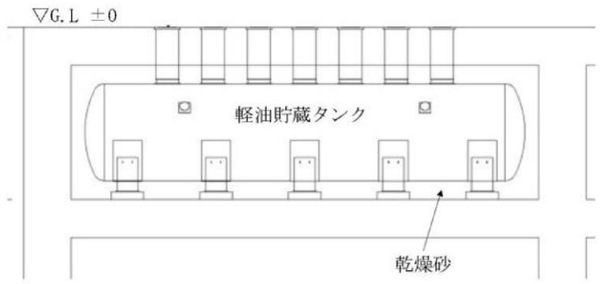
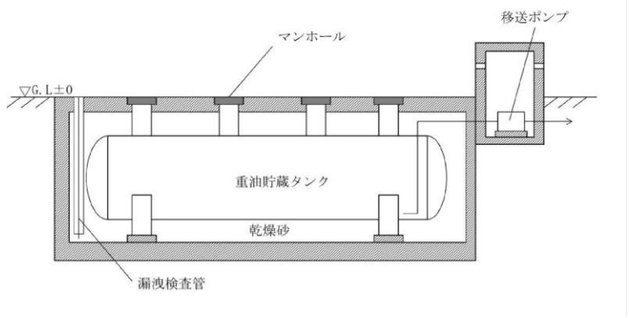
－略－

「危険物の規制に関する規則」【一部抜粋】

（その他の製造所等の消火設備）
第三十五条　令第二十条第一項第三号の規定により，第三十三条第一項及び前条第一項に掲げるもの以外の製造所等の消火設備の設置の基準は，次のとおりとする。
一　地下タンク貯蔵所にあっては，第五種の消火設備を二個以上設けること。

－略－

また，軽油貯蔵タンク及び重油タンクの地下化イメージを第１図及び第２図にします。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| |  <br>第１図　軽油貯蔵タンクの地下化イメージ<br>  <br>第２図　重油タンクの地下化イメージ | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 6.2<br><br>薬品タンクの影響評価について<br><br>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。<br>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こととしている。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ことはない。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こともない。なお，一部の薬品タンクは移設予定であるが，移設先は防火帯付近ではないことを確認している。<br>毒性ガスを発生する可能性のある屋外薬品タンクの位置を以下の図に示す。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。評価結果を下表に示す。<br>以上より，森林火災発生時の消火活動に支障を及ぼすことはない。<br><br> <br>図　屋外薬品タンクの位置 | | ・設備の相違<br>【東海第二】<br>島根 2 号炉では，屋外に可燃性の薬品を取り扱う設備の設置はない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

表　屋外薬品タンクの火災時の影響

| No. | 屋外薬品タンク | 薬品の種類 | 容量（$m^3$） | 火災時の危険有害性 |
|---|---|---|---|---|
| ① | 硫酸貯蔵タンク | 硫酸 | 50.0 | ※1 |
| ② | 苛性ソーダ貯蔵タンク | 苛性ソーダ | 50.0 | ※1 |
| ③ | 屋外硫酸タンク | 硫酸 | 0.6 | ※1 |
| ④ | 硫酸貯槽 | 硫酸 | 3.0 | ※1 |
| ⑤ | 苛性ソーダ貯槽 | 苛性ソーダ | 10.0 | ※1 |
| ⑥ | 硫酸希釈槽 | 硫酸 | 1.2 | ※1 |
| ⑦ | 希硫酸槽 | 硫酸 | 0.4 | ※1 |
| ⑧ | PAC 貯槽 | ポリ塩化アルミニウム | 6.0 | ※2 |
| ⑨ | 薬品混合槽 | ポリ塩化アルミニウム<br>希釈硫酸 | 8.4 | ※2 |
| ⑩ | 溶融炉アンモニアタンク | アンモニア | 1.0 | ※3 |
| ⑪ | 溶融炉苛性ソーダタンク | 苛性ソーダ | 3.0 | ※1 |
| ⑫ | 硫酸第一鉄注入タンク | 硫酸第一鉄 | 7.0 | ※3 |

※1　刺激性，腐食性又は毒性のガスを発生するおそれがある。
※2　塩化水素ガスを発生するおそれがある。
※3　刺激性又は毒性のガスを発生するおそれがある。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 6.3<br><br>構内危険物タンク等における延焼の危険性について<br><br>1. 溶融炉灯油タンクの火災<br>溶融炉灯油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。<br>以上により，溶融炉灯油タンクの火災を想定したとしても周囲の可燃物への延焼の可能性は低い。<br><br>2. 車両（可搬型重大事故等対処設備及び自主設備）の火災<br>2.1　車両（可搬型重大事故等対処設備及び自主設備）の延焼<br>可搬型重大事故等対処設備及び自主設備保管場所（以下「保管場所」という。）において，可搬型重大事故等対処設備及び自主設備（以下「車両」という。）の火災が起こったとしても周囲の車両に影響を及ぼさないことを評価する。<br>なお，保管場所の一部は防火帯に近接しているが，当該箇所における森林火災時の輻射強度が 1.6kw／$m^2$※以下となるように離隔距離を確保するため，車両が延焼するようなことはない。<br>※　人が長時間さらされても苦痛を感じない輻射強度<br><br>(1)　車両火災の想定条件<br>ａ．周囲への熱影響を考慮し，コンテナにより燃料タンクが露出している車両と隔離する大型ポンプを除いて，燃料積載量が最大となる予備電動機用クレーンの走行用燃料タンク（以下「クレーン燃料タンク」という。）の火災を想定した。<br>ｂ．タンク内の燃料の温度上昇を評価するため，燃料が少ないほど温度上昇がし易く評価は保守的となることから，受熱側として，燃料タンクが露出している車両のうち，燃料積載量が最小となるユニック車を選定し，ユニック車底部に設置されている直方体構造の燃料タンク（100L）（以下「ユニック車燃料タンク」という。）が輻射熱を受ける状態を想定した。燃料タンクは直方体構造であり，一方の面が受熱 | | |

した場合その反対面は影になるため，燃料タンクの受熱面は表面積の半分とし，全ての受熱面が火災源に最も近い表面と同等の輻射熱を受けるものとした。

ｃ．発熱側となるクレーン燃料タンクは全燃料分（500L）を想定した。

ｄ．積載している燃料は軽油とした。

ｅ．タンク内での全面火災を想定した。

ｆ．気象条件は無風状態とした。

ｇ．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)　評価対象範囲

評価対象範囲は，保管場所で出火する車両とする。

(3)　必要データ

危険距離評価に必要となるデータを第１表に示す。

第１表　想定火災源及び燃料に係るデータ

| 想定火災源 | 燃料の種類 | 燃料量 V ($m^3$) | 輻射発散度 Rf ($kW/m^2$)※1 | 質量低下速度 M ($kg/m^2/s$)※2 | 燃料密度 $\rho$ ($kg/m^3$)※3 | 燃焼面積 S ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| クレーン燃料タンク | 軽油 | 0.5 | 42 | 0.044 | 870 | 1.1 |

※１　評価ガイド 記載値
※２　ＮＵＲＥＧ－１８０５記載値
※３　ＭＳＤＳ（製品安全データシート）記載値

(4)　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，クレーン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。算出結果を第２表に示す。

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

Ｒ：燃焼半径(m)，Ｓ：燃焼面積（＝燃焼面積）($m^2$)

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2 表　想定火災源の燃焼半径

| 想定火災源 | 燃焼面積<br>S<br>($m^2$) | 燃焼半径<br>R<br>(m) |
|---|---|---|
| クレーン燃料タンク | 1.1 | 0.6 |

(5)　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($m^3$)

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：燃料密度(kg／$m^3$)

第 3 表　想定火災源の燃焼継続時間

| 想定火災源 | 燃料量<br>V<br>($m^3$) | 燃焼半径<br>R<br>(m) | 質量低下速度<br>M<br>(kg／$m^2$／s) | 燃料密度<br>ρ<br>(kg／$m^3$) | 燃焼継続時間<br>t<br>(s) |
|---|---|---|---|---|---|
| クレーン燃料タンク | 0.5 | 0.6 | 0.044 | 870 | 8,754 |

(6)　危険距離の算出

ａ．許容温度

軽油の自然発火温度 240℃を許容温度とする。

ｂ．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，一定の輻射強度で昇温されるものとして，下記の温度評価式によりユニック車燃料タンク（100L）が内包する軽油の温度が 240℃となる輻射強度（=危険輻射強度）を求め，クレーン燃料タンクからの熱影響がこの危険輻射強度となる離隔距離（=危険距離）を算出した。

$$T - T_0 = \frac{E t A}{\rho_w C_{pw} V_w + \rho_s C_{ps} V_s}$$

Ｔ：許容温度(240℃)，Ｔ$_0$：初期温度(50℃)※1，
Ｅ：輻射強度(Ｗ／ｍ$^2$)，
ｔ：燃焼継続時間(8,754s)，Ａ：受熱面積(0.8ｍ$^2$)
$\rho_w$：受熱側燃料密度(870kg／ｍ$^3$)，
$C_{pw}$：受熱側液体比熱(1.700Ｊ／kg／Ｋ)
$V_w$：受熱側液体体積(0.1ｍ$^3$)，
$\rho_s$：燃料タンク密度(7,860kg／ｍ$^3$)
$C_{ps}$：燃料タンク比熱(473Ｊ／kg／Ｋ)，
$V_s$：燃料タンク体積(0.003ｍ$^3$)

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

軽油の温度が 240℃となる危険距離を算出した結果，危険距離は2.4ｍであることを確認した。算出結果を第４表に示す。

第４表　火災影響評価結果

| 想定火災源 | 受熱対象 | 危険距離<br>(ｍ) |
|---|---|---|
| クレーン燃料タンク | ユニック車燃料タンク | 2.4 |

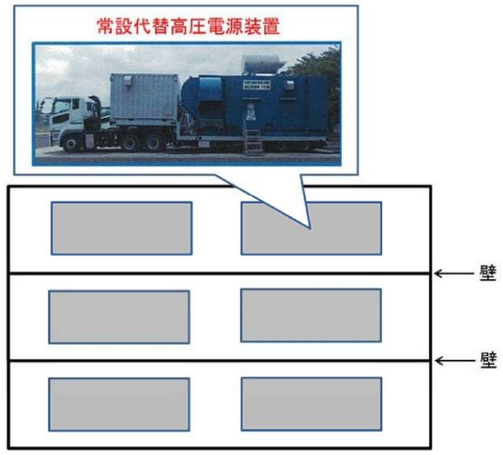
(7)　保管場所に保管する車両の配置設計

クレーン燃料タンクの火災を想定しても，車両同士の最低離隔距離 2.5ｍが危険距離 2.4ｍを上回ることから，周囲の車両に影響を及ぼすことはない。

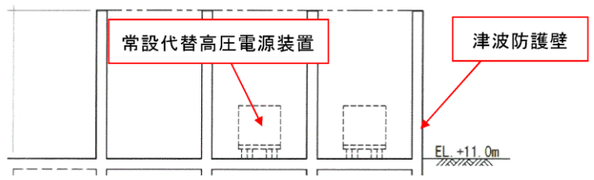
2.2　常設代替高圧電源装置の火災

常設代替高圧電源装置の駆動燃料は，トレーラー上のコンテナ内にあるため，隣接する車両に影響を及ぼすことはない。配置を第１図に示す。また，第２図のとおり津波防護壁で四方を取り囲んだ構造となっており，周囲の可燃物への延焼の可能性もない。

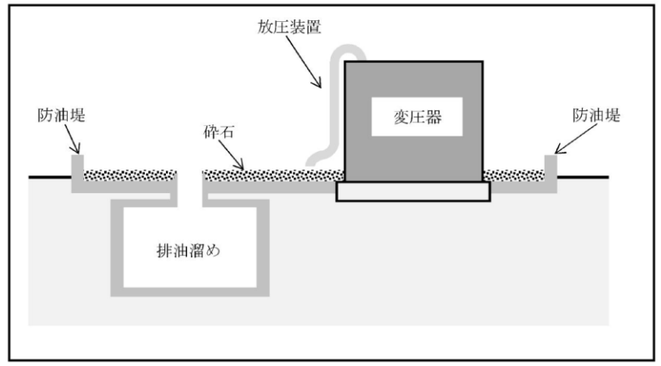
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



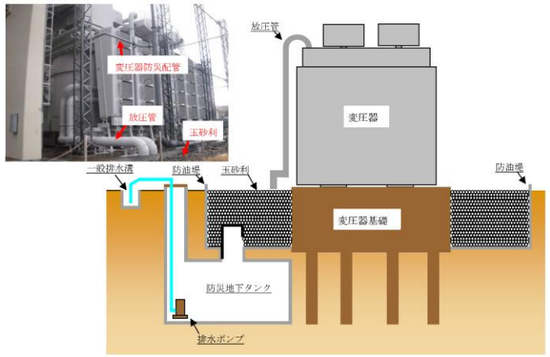

第１図　常設代替高圧電源装置の配置



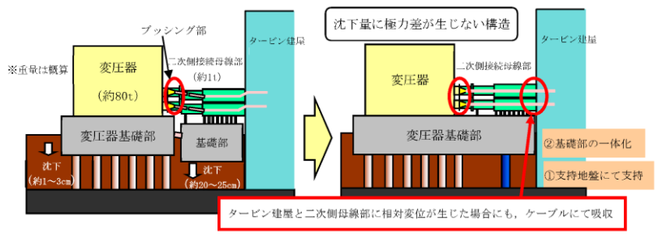

第２図　津波防護壁と常設代替高圧電源装置の位置関係

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 参考資料 6－1<br><br>変圧器の防火対策について<br><br>1. 変圧器の防火対策<br>・変圧器には，内部圧力の上昇，又は電気回路の異常を検知すると，瞬時に電源を自動的に切る保護機能が備わっている。<br>・金属筐体に覆われており火災が発生する可能性は低い。<br>・万一油が漏えいした場合においても，地下の防災地下タンクに溜まる構造となっている（第 1 図）。<br><br>2. 中越沖地震による 3 号炉所内変圧器火災の事象<br>・二次側接続母線部ダクトの基礎が沈下し，変圧器との相対変位が発生。<br>・ブッシング部破損による漏油と，地絡・短絡によるアークの発生により火災発生。<br>・屋外消火設備の損傷により消火活動に支障をきたしたが，当該変圧器横に設置されている防火壁により，隣接する所内変圧器 3A や他設備に延焼することはなかった。<br><br>3. 中越沖地震による 3 号炉所内変圧器火災の対策<br>(1) 下記の基礎構造変更により，変圧器と二次側接続母線部ダクトの基礎で沈下量の差が発生することを防止（第 2 図，第 3 図）<br>a. 二次側接続母線部ダクトの基礎をタービン建屋と同じ支持地盤にて支持<br>b. 変圧器と二次側接続母線部ダクトの基礎部を一体化，又は，二次側接続母線部ダクトの基礎構造を杭基礎構造へ変更<br><br>なお，6 号炉は，建設時より一体化された基礎を人工岩盤にて直接支持する構造となっている。<br><br>(2) 屋外埋設消火配管の地上化（第 4 図） | 別紙 6.4<br><br>変圧器の防火対策について<br><br>1. 変圧器の防火対策を以下に示す。<br>(1) 熱感知により作動する水噴霧の自動消火設備を設置している。<br>(2) 変圧器には，内部圧力の上昇，又は電気回路の異常を検知すると，瞬時に電源を自動的に切る保護機能が備わっている。<br>(3) 金属躯体に覆われており火災が発生する可能性は低い。<br>(4) 万一油が漏えいした場合においても，地下の油水分離槽を経由して，廃油槽に溜まる構造となっている。変圧器の地下構造を第 1 図に示す。<br>(5) 変圧器と二次側接続母線部ダクトの基礎は，建屋と同じ岩盤に支持されており，地震時の沈下量の差の発生を防止する構造となっていることから，相対変位が発生し難く，ブッシング部破損による漏油と，地絡，短絡によるアーク発生での火災が発生する可能性は低い。変圧器基礎の概要を第 2 図に示す。<br>(6) 相対変位による破損を防止するため，屋外消火配管を地上化した。地上化された屋外消火配管を第 3 図に示す。<br>(7) 万一の火災発生に備え，変圧器には消火設備配管を設置している。変圧器の外観及び消火設備配管を第 4 図に示す。<br>(8) 平成 19 年に発生した新潟県中越沖地震による被害を踏まえ，耐震性向上対策を行っており，ＪＥＡＧ５００３－２０１０※に基づく静的水平加速度 0.5Ｇに対して 2 倍程度の裕度を確保している。<br>※ 変電所等における電気設備の耐震設計指針 | 参考資料 6-1<br><br>変圧器の防火対策について<br><br>1. 変圧器の防火対策<br>・変圧器には，電気回路の異常を検知すると，瞬時に電源を自動的に切る保護機能が備わっている。<br>・金属筐体に覆われており，火災が発生する可能性は低い。<br>・万一油が漏えいした場合においても，地下の排油溜めに溜まる構造となっている。（第 1 図）<br>  <br><br>第 1 図　変圧器地下構造（防油堤及び排油溜め）<br><br>2. 変圧器火災の事故拡大防止対策<br>中越沖地震において，柏崎刈羽原子力発電所３号炉の所内変圧器での火花は，地盤の沈下による相対変位が主な原因であった。<br>島根原子力発電所の２号炉主変圧器，２号炉所内変圧器，２号炉起動変圧器，３号炉補助変圧器，３号炉主変圧器及び３号炉所内変圧器は，基礎が岩盤又は地盤改良土に設置されていることから，地盤の沈下による相対変位は想定されないため，火災が発生する可能性は少ない。<br>１号炉起動変圧器及び予備変圧器は，絶縁母線フレキシブル導体部の絶縁処理による火災の発生防止対策を実施している。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>地域特性を踏まえた，対応の相違 |

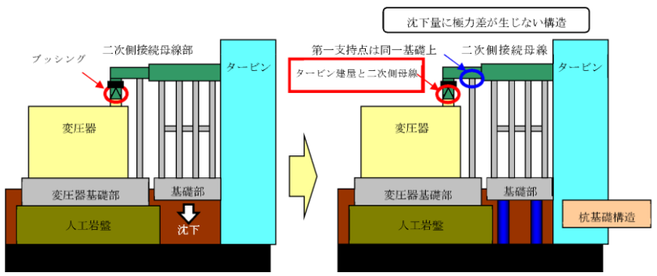
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



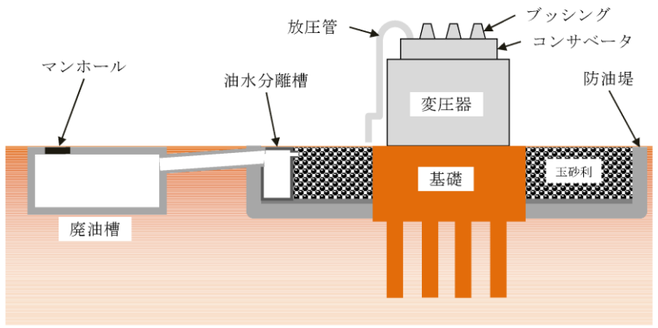

第 1 図 変圧器地下構造（防油堤及び防災地下タンク）



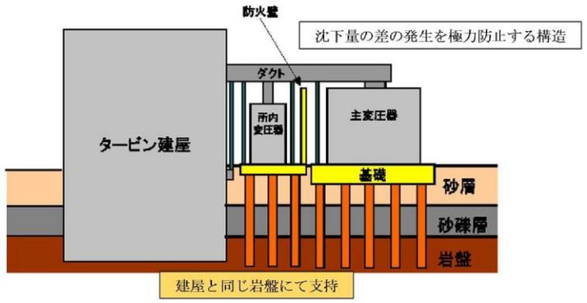

第 2 図 変圧器火災の対策（3 号炉所内変圧器）



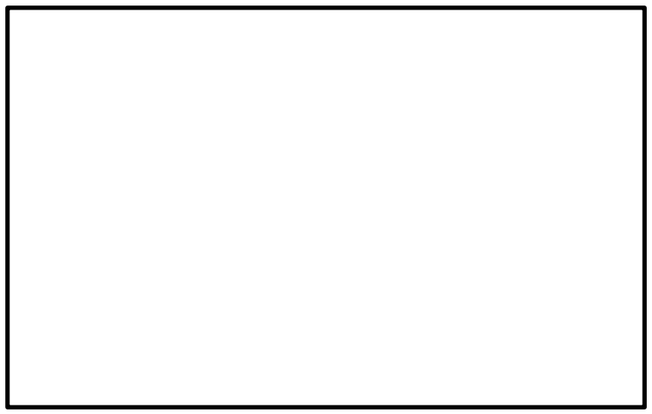

第 3 図 変圧器火災の対策（7 号炉所内変圧器）




第 1 図　変圧器地下構造




第 2 図　変圧器基礎概要

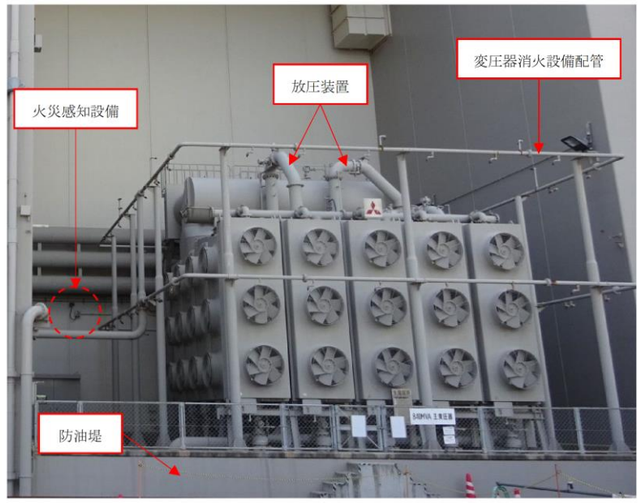


第 3 図　屋外消火配管の地上化

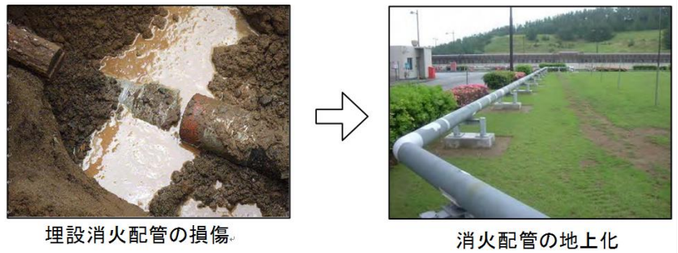
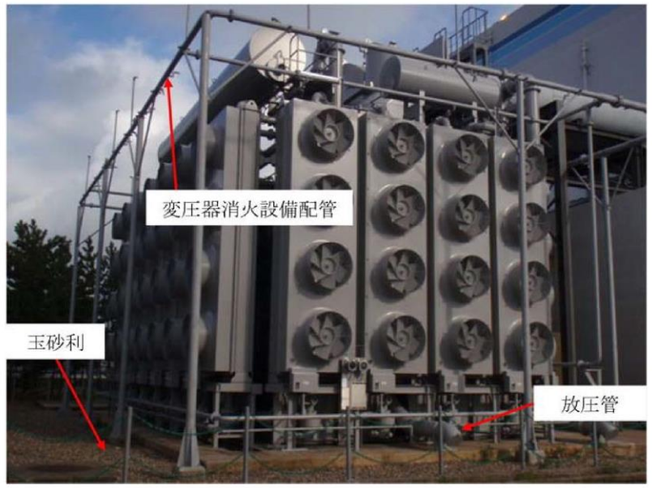
3．変圧器火災の感知・消火設備

変圧器火災に備え，変圧器専用の火災感知設備及び消火設備（噴霧消火設備）を設置している。

なお，消火設備は，相対変位による損傷を防止するため，屋外消火配管をトレンチ化又は地上化している。変圧器の外観及び消火設備配管を第 2 図に示す。




第 2 図　変圧器外観

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>埋設消火配管の損傷<br><br>消火配管の地上化<br>第 4 図 消火配管の地上化 |  <br><br>第 4 図　変圧器外観 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 添付資料－7<br><br>柏崎刈羽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 | 添付資料-7<br><br>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 | 添付資料-7<br><br>島根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 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 1. はじめに<br>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。 | 1. 目　　的<br>本評価は，東海第二発電所の発電所敷地への航空機の墜落によって発生する火災が，添付資料-1 で選定した評価対象施設に影響を与えないことについて，「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。 | 1. はじめに<br>本評価は，発電所敷地内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。 | |
| 2. 航空機墜落による火災の影響評価 | 2. 航空機墜落の火災影響評価<br>航空機墜落による火災の想定は以下のとおりとする。<br>(1) 航空機は，当該発電所における航空機落下確率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。<br>(2) 航空機は，燃料を満載した状態を想定する。<br>(3) 航空機の落下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。<br>(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する。<br>(5) 気象条件は無風状態とする。<br>(6) 火災は円筒火炎をモデルとし，火災の高さは燃焼半径の 3 倍とする。<br>(7) 輻射強度の算出としては，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には，半径が 1.5m 以上の場合で火災の高さ（輻射体）を半径の 3 倍にした円筒火炎モデルを採用する。<br><br>3. 落下事故のカテゴリと対象航空機について<br>(1) 落下事故のカテゴリ | 2. 航空機墜落による火災の影響評価 | |
| 航空機落下確率評価では，評価手法及び対象航空機の大きさの違いを考慮して落下確率を求めている。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，大型航空機と小型航空機に分類し，また，民間航空機と自衛隊航空機又は米軍航空機（以下「軍用航空機」とする）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。 | 航空機落下確率評価では，評価条件の違いに応じたカテゴリに分けて落下確率を求めている。<br>また，機種によって装備，飛行形態等が同一ではないため，落下事故件数及び火災影響の大きさに差がある。<br>したがって，これらを考慮して，下表に示すカテゴリごとに航空機墜落による火災の影響評価を実施する。 | 航空機落下確率評価では，評価手法及び対象航空機の大きさの違いを考慮して落下確率を求めている。また，評価に考慮している航空機落下事故については，民間航空機と軍用機（自衛隊機又は米軍機）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，航空機墜落による火災影響の評価においては，第2-1表のとおり以下のカテゴリ毎に火災影響を評価する。（別紙７－１参照） | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施。<br>出雲空港及び米子空港の最大離着陸地点以内に位置するため，「飛 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

第 2-1 表　航空機の分類

| 落下事故カテゴリ | | 分類 |
|---|---|---|
| (1)計器飛行方式民間航空機 | 1)飛行場での離着陸時 | －注1 |
| | 2)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 | 1)訓練空域外を飛行中 | (3)大型軍用航空機<br>(4)小型軍用航空機 |
| | 2)基地－訓練空域間往復時 | －注2 |

注 1：柏崎刈羽原子力発電所は，新潟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 7－3）

注 2：柏崎刈羽原子力発電所は基地－訓練空域間の往復の想定範囲内に入らないため対象外

(1) 航空機墜落による火災の想定

・航空機は，柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下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。

・航空機は燃料を満載した状態を想定する。

・航空機の落下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。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

| 落下事故のカテゴリ | | |
|---|---|---|
| 1)計器飛行方式民間航空機 | ①飛行場での離着陸時 | |
| | ②航空路を巡航中 | |
| 2)有視界飛行方式民間航空機 | ③大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | |
| | ④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機） | |
| 3)自衛隊機又は米軍機 | ⑤訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中 | ⑤-1 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 |
| | | ⑤-2 その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 |
| | ⑥基地－訓練空域間往復時 | |

## 島根原子力発電所　２号炉

・ 計器飛行の飛行場での離着陸時における大型航空機の落下事故（以下「大型民間航空機（離着陸時）」という。）

・ 計器飛行のうち航空路を巡航中の落下事故及び有視界飛行の大型民間航空機の落下事故（以下「大型民間航空機」という。）

・ 有視界飛行の小型民間航空機の落下事故（以下「小型民間航空機」という。）

・ 自衛隊機又は米軍機の落下事故（別紙７－２参照）

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（以下「空中給油機等」という。）

ｂ．その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び小型回転翼機（以下「その他の機種」という。）

第2-1表　航空機の分類

| 落下事故カテゴリ | | 分類 |
|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時注1 | 大型民間航空機（離着陸時） |
| | 航空路を巡航中注2 | 大型民間航空機 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | | 小型民間航空機 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中注3 | 空中給油機等 |
| | | その他の機種 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | －注4 |

注１：滑走路方向から±60°の範囲に発電所が位置する空港があり，各空港の最大離着陸距離が，発電所から各空港までの距離より大きいため，評価対象とする。（別紙７－３）

注２：発電所周辺に存在する航空路と発電所との距離が，それぞれの航空路の幅より短い場合は，評価対象とする。（別紙７－４）

注３：発電所上空には自衛隊機又は米軍機の訓練空域はない。（別紙７－５）

注４：発電所は基地－訓練空域間の往復想定範囲内に入らないため，評価対象外とする。（別紙７－５）

(1)　航空機墜落による火災の想定

・航空機は，島根原子力発電所における航空機落下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。

・航空機は燃料を満載した状態を想定する。

・航空機の落下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。

## 備考

行場での離着陸時」を対象として設定

・条件の相違

【柏崎 6/7】

島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施。

出雲空港及び米子空港の最大離着陸地点以内に位置するため，「飛行場での離着陸時」を対象として設定

【東海第二】

島根２号炉は，計器飛行方式のうち航空路を巡航中及び有視界飛行方式の大型機を併せて「大型民間航空機」として分類

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| ・航空機の落下によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。<br>・気象条件は無風状態とする。<br>・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。<br><br>第 2-2 表　　燃料積載量が最大の機種<br><br>分類 / 航空機 / 選定理由<br>大型民間航空機（固定翼，回転翼） / B747-400 / 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<br>小型民間航空機（固定翼，回転翼） / Do228-200 / 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<br>大型軍用航空機（固定翼，回転翼） / KC-767（空中給油機） / 主要自衛隊航空機（別紙 7－2）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<br>小型軍用航空機（固定翼，回転翼） / AH-1S（対戦車機） / 主要自衛隊航空機（別紙 7－2）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 | (2)　カテゴリ別の対象航空機（別紙 7.1）<br>a．計器飛行方式民間航空機<br>計器飛行方式民間航空機の落下事故には，「①飛行場での離着陸時」における落下事故と「②航空路を巡航中」の落下事故がある。<br>①については，東海第二発電所から約 36km 離れた位置に茨城空港があり，茨城空港の最大離着陸地点（航空路誌（以下「ＡＩＰ」という。）に記載された離着陸経路において着陸態勢に入る地点又は離陸態勢を終える地点）までの直線距離（以下「最大離着陸距離」という。）を半径とし，滑走路端から滑走路方向に対して±60°の扇型区域内に発電所が存在するため，評価対象とする。<br>（別紙 7.2，7.3）<br>②については，東海第二発電所上空に航空路が存在するため，評価対象とする。<br>（別紙 7.4）<br>本カテゴリにおいて対象とした航空機を下表に示す。①の対象航空機は，茨城空港を離着陸する航空機が発電所に落下する事故を対象としていることから，茨城空港の定期便（B737 及び A320）※のうち燃料積載量が多い航空機（B737） | ・航空機の落下によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。<br>・気象条件は無風状態とする。<br>・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。<br><br>第2-2表　燃料積載量が最大の機種<br><br>分類 / 航空機 / 選定理由<br>大型民間航空機（離着陸時） / B747-400 / 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<br>大型民間航空機 / B747-400 / 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<br>小型民間航空機 / Do228-200 / 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<br>空中給油機等 / KC-767（空中給油機） / 空中給油機等の中で燃料積載量が最大規模のものを選定<br>その他の機種 / F-15 / その他の機種の中で燃料積載量が最大規模のものを選定 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | を選定した。また，②については，評価対象航空路を飛行すると考えられる定期便のうち燃料積載量が最大の航空機を選定した。<br>※茨城空港ホームページ（H29 年 7 月確認）<br><br>落下事故のカテゴリ / 対象航空機<br>1)計器飛行方式民間航空機 ①飛行場での離着陸時 B737-800<br>1)計器飛行方式民間航空機 ②航空路を巡航中 B747-400<br><br>b．有視界飛行方式民間航空機<br>有視界飛行方式民間航空機の落下事故には，「③大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機）」の落下事故と「④小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機）」の落下事故がある。<br>本カテゴリにおいて対象とした航空機を下表に示す。有視界飛行方式民間航空機の落下事故においては，全国の有視界飛行が可能な民間航空機のうち，燃料積載量が最大の航空機を選定した。<br>（別紙 7.5）<br><br>落下事故のカテゴリ / 対象航空機<br>2)有視界飛行方式民間航空機 ③大型機 B747-400<br>2)有視界飛行方式民間航空機 ④小型機 Do228-200<br><br>c．自衛隊機又は米軍機<br>自衛隊機又は米軍機の落下事故には，「⑤訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中」の落下事故と「⑥基地－訓練空域間往復時」の落下事故がある。<br>⑤については，東海第二発電所周辺上空には，自衛隊機又は米軍機の訓練空域はないため，訓練空域外を飛行中の落下事故を評価対象とする。<br>⑥については，東海第二発電所周辺の太平洋沖合上空に自衛隊機の訓練空域があり，発電所は自衛隊の百里基地と訓練空域間の想定飛行範囲（基地と訓練空域間を往復時の飛行範囲として，想定される区域）内に位置することから，自衛隊機の落下事故を評価対象とする。<br>（別紙 7.4） | | ・条件の相違<br>【東海第二】<br>島根２号炉は，計器飛行方式のうち航空路を巡航中及び有視界飛行方式の大型機を併せて「大型民間航空機」として分類 |

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>本カテゴリにおいて対象とした航空機を下表に示す。<br>⑤の対象航空機は，全国の自衛隊機及び米軍機のうち，用途別に燃料積載量が最大の航空機を選定した。<br>⑥については，百里基地と訓練空域を往復時に発電所に落下することを想定するため，百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料積載量が最大の航空機を選定した。<br>（別紙 7.6）<br><br>
<table>
<tr><th colspan="2">落下事故のカテゴリ</th><th>対象航空機</th></tr>
<tr><td rowspan="3">3）自衛隊機又は米軍機</td><td rowspan="2">⑤訓練空域外を飛行中</td><td>⑤-1 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</td><td>KC-767</td></tr>
<tr><td>⑤-2 その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機</td><td>F-15</td></tr>
<tr><td>⑥基地－訓練空域間往復時</td><td>F-15</td></tr>
</table>
<br>4.　カテゴリ別の離隔距離の評価<br>「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，カテゴリごとに落下確率が $10^{-7}$（回／炉・年）に相当する面積を算出し，その結果を用いて評価対象施設に対する離隔距離を求める。<br>（別紙 7.7，7.8）</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>(2) 評価手法の概要<br>本評価は，柏崎刈羽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。<br><br>第 2-3 表　評価指標及びその内容<br>
<table>
<tr><th>評価指標</th><th>内容</th></tr>
<tr><td>輻射強度[W/m$^2$]</td><td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度</td></tr>
<tr><td>形態係数[-]</td><td>火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td></tr>
<tr><td>燃焼半径[m]</td><td>航空機燃料タンクの投影面積より求めた燃焼半径</td></tr>
<tr><td>燃焼継続時間[s]</td><td>火災が終了するまでの時間</td></tr>
<tr><td>離隔距離[m]</td><td>発電用原子炉施設を中心にして落下確率が $10^{-7}$[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</td></tr>
<tr><td>熱許容限界値[-]</td><td>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</td></tr>
</table>
</td>
<td>(2)　評価手法の概要<br>本評価は，島根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。<br><br>第2-3表　評価指標及びその内容<br>
<table>
<tr><th>評価指標</th><th>内容</th></tr>
<tr><td>輻射強度[W/m$^2$]</td><td>火災の炎から任意の位置にある点（受熱点）の輻射強度</td></tr>
<tr><td>形態係数[-]</td><td>火炎と受熱面との相対位置関係によって定まる係数</td></tr>
<tr><td>燃焼半径[m]</td><td>航空機燃料タンクの投影面積より求めた燃焼半径</td></tr>
<tr><td>燃焼継続時間[s]</td><td>火災が終了するまでの時間</td></tr>
<tr><td>離隔距離[m]</td><td>発電用原子炉施設を中心にして落下確率が$10^{-7}$［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</td></tr>
<tr><td>熱許容限界値[-]</td><td>建物の外壁，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</td></tr>
</table>
</td>
<td></td>
</tr>
</table>

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 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。<br>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。<br>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。 | |
| (3) 評価対象範囲<br>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，柏崎刈羽原子力発電所における航空機落下確率評価の対象航空機を，大型民間航空機，小型民間航空機，大型軍用航空機，小型軍用航空機に分類し，それぞれの機種の落下確率の合計が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以下のとおり算出する。 | | (3)　評価対象範囲<br>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，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，島根原子力発電所における航空機落下確率評価の対象航空機を，「大型民間航空機（離着陸時）」，「大型民間航空機」，「小型民間航空機」，「空中給油機等」，「その他の機種」に分類し，それぞれの機種の落下確率の合計が $10^{-7}$［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以下のとおり算出する。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施。<br>出雲空港及び米子空港の最大離着陸地点以内に位置するため，「飛行場での離着陸時」を対象として設定<br>【東海第二】<br>島根２号炉は，計器飛行方式のうち航空路を巡航中及び有視界飛行方式の大型機を併せて「大型民間航空機」として分類 |
| (4) 標的面積の算出 | 4.1　計器飛行方式民間航空機の落下事故<br>(1)　飛行場での離着陸時における落下事故<br>a．標的面積<br>$P_{d,a}=f_{d,a}\cdot N_{d,a}\cdot A\cdot \Phi_{d,a}(r,\theta)$<br>$P_{d,a}$：対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回／年）<br>$f_{d,a}=D_{d,a}/E_{d,a}$：対象航空機の国内での離着陸時事故率（回／離着陸回）<br>$D_{d,a}$：国内での離着陸時事故件数（回）<br>$E_{d,a}$：国内での離着陸回数（離着陸回）<br>$N_{d,a}$：当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数（離着陸回／年）<br>A：対象施設の標的面積（$km^2$）<br>$\Phi_{d,a}(r,\theta)$：離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（／$km^2$） | (4)　標的面積の算出<br>a．大型民間航空機（離着陸時）の標的面積の算出<br>飛行場での離着陸時における落下事故<br>$P_{d,a}=f_{d,a}\cdot N_{d,a}\cdot A\cdot \phi_{d,a}(r,\Theta)$<br>$P_{d,a}$：対象施設への離着陸時の航空機落下確率（回/年）<br>$N_{d,a}$：当該飛行場での対象航空機の年間離着陸回数（離着陸回/年）<br>$A$：発電用原子炉施設の標的面積（落下時に原子炉施設が影響を受ける建物の面積）（$km^2$）<br>$\phi_{d,a}(r,\Theta)$：離着陸時の事故における落下地点確率分布関数（/$km^2$）<br>$f_{d,a}=D_{d,a}/E_{d,a}$：対象航空機の国内での離着陸時事故率（回/離着陸回） | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

$Dd,a$：国内での離着陸時事故件数（回）

$Ed,a$：国内での離着陸回数（離着陸回）

第2-4表　計器飛行方式民間航空機の落下確率
（飛行場での離着陸時）

| 号　炉 / パラメータ | ２号炉 | |
|---|---|---|
| 飛行場 | 出雲空港 | 米子空港 |
| 発電所からの距離 | 約17km | 約22km |
| 滑走路方向に対する角度 | 約26° | 約42° |
| 最大離着陸距離[注1] | 約28km（約15 NM） | 約43km（約23 NM） |
| $Nd,a$[注2] | 13,672 | 6,156 |
| $A$[注3] | 0.02459 | |
| $\phi d,a\ (r,\Theta)$ | $7.02\times10^{-4}$ | $2.63\times10^{-4}$ |
| $fd,a$[注4] | $2/37,233,228=5.37\times10^{-8}$ | |
| $Pd,a$ | $1.49\times10^{-8}$ | |

注１：ＡＩＰ　ＪＡＰＡＮのアプローチチャートにより求めた。（別紙７－３）

注２：「令和元年（平成31年）空港管理状況調書」（国土交通省）にある飛行場別着陸回数を離陸回数とし，その和を飛行場別離着陸回数とする。

注３：離着陸時の標的面積は２号炉の原子炉建物，制御室建物等の投影面積の合計値 0.02459km$^2$とする。（別紙７－６）

注４：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の計器飛行方式民間航空機の離着陸時事故件数を用いて算出する。
離着陸回数は，「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月原子力規制庁）の値。（別紙７－７）

以上より，

大型民間航空機（離着陸時）の落下確率$Pd,a$が$10^{-7}$［回/炉･年］となる標的面積$A_1$を計算すると以下のとおりとなる。

$A_1=10^{-7}$［回/炉･年］/$1.49\times10^{-8}$／0.02459

$=0.165$[km$^2$]

| 発電所名称 / パラメータ | 東海第二発電所 |
|---|---|
| 飛行場 | 茨城空港 |
| fd,a※1 | 約 $1.43\times10^{-7}$（＝4/27,887,158） |
| Nd,a※2 | 4,210 |
| Φd,a(r,θ)※3 | 約 $2.98\times10^{-4}$ |
| 発電所からの距離 | 約 36km |
| 滑走路方向に対する角度※4 | 約 9.60° |
| 最大離着陸距離※5 | 約 56km（30nm） |

※１　離着陸時の事故件数は，「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）より，平成 5 年～平成 24 年において離陸時に 1 件，着陸時に 3 件。
（別紙 7.9）
離着陸回数は，平成 5 年～平成 24 年の「航空輸送統計年報　第 1 表　総括表　1.輸送実績」における運航回数の国内の値及び国際の値の合計値。
（別紙 7.10）

※２　「数字でみる航空 2014」にある平成 24 年飛行場別着陸回数と同数を離陸回数とし，その和を飛行場別離着陸回数とした。

※３　別紙のとおり。
（別紙 7.11）

※４　別紙のとおり。
（別紙 7.3）

※５　ＡＩＰを参照した。
（別紙 7.2）

これらの式より，Pd,a＝$10^{-7}$（回／炉・年）に相当する標的面積Ａを求めると，約 0.56km$^2$となる。

ｂ．離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，評価対象施設である発電用原子炉施設（原子炉建屋，タービン建屋，海水ポンプ室※，主排気筒）の離隔距離 L は 245m とする（評価結果は，約 245.9m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離 L は 393m とする（評価結果は，約 393.4m）。（別紙 7.12）

※　評価対象施設である残留熱除去系海水系ポンプ及び非

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

a．大型民間航空機及び小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

Pc＝fc・Nc・A／W

Pc：対象施設への巡航中の航空機落下確率[回/年]

Nc：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[$km^2$]

W：航空路幅[km]

fc＝Gc／Hc：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率[回/飛行回･km]

Gc：巡航中事故件数[回]

Hc：延べ飛行距離[飛行回･km]

第 2-4 表　標的面積の算出結果

| 発電所名称及び号炉／パラメータ | 柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 対象航空路[注1] | 航空路 (V31) | 広域航法経路 (Y31) | 広域航法経路 (Y305) | 転移経路 (NAEBA TRANSITION) |
| Nc [注2] | 14600 | 3650 | 182.5 | 4015 |
| A [注3] | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| W [注4] | 14 | 18.52 | 18.52 | 14 |
| fc [注5] | $0.5/9,439,243,077=5.29\times10^{-11}$ | | | |
| Pc | $5.52\times10^{-10}$ | $1.04\times10^{-10}$ | $5.21\times10^{-12}$ | $1.51\times10^{-10}$ |
| Pc（合計） | $8.13\times10^{-10}$ | | | |

注1：柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図（AIPエンルートチャート）による。（別紙7－4）

注2：国土交通省航空局への問合せ結果（ピークデイの値）を365倍した値。ただし，平成24年のピークデイにおける飛行回数が0回の場合は，保守的に0.5回とみなし，年間182.5回とする。（別紙7－5）

注3：原子炉建屋，コントロール建屋等の水平面積の合計値は$0.01km^2$以下であるので標的面積は$0.01km^2$とする。（別紙7－6）

注4：「航空路の指定に関する告示」及び「航空路等設定基準」による。

注5：巡航中事故件数は，平成3年～平成22年の間で0件のため，保守的に0.5件とする。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7－7）

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

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。）用海水ポンプについては，これらが設置されている海水ポンプ室を標的面積とする。

(2)　航空路を巡航中の落下事故

ａ．標的面積

Pc＝fc・Nc・A／W

Pc：対象施設への巡航中の航空機落下確率（回／年）

fc＝Gc／Hc：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率（回／（飛行回･km））

Gc：巡航中事故件数（回）

Hc：延べ飛行距離（飛行回･km）

Nc：評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回／年）

A：対象施設の標的面積（$km^2$）

W：航空路幅（km）

| 発電所名称／パラメータ | 東海第二発電所 | |
|---|---|---|
| 対象航空路※1 | 直行経路：IWAKI(IXE)－SWAMP IWAKI(IXE)－KISARAZU(KZE) | 広域航法経路：Y30（LOTUS－SWAMP） |
| fc※2 | 約 $5.13\times10^{-11}$（＝0.5／9,740,013,768） | |
| Nc※3 | 365（平成 24 年データ） | 1,095（平成 24 年データ） |
| W※4 | 14.816 | 18.52 |

※１　別紙のとおり。

（別紙 7.4）

※２　延べ飛行距離は，平成 5 年～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合計値。

（別紙 7.10）

巡航中の事故件数は，「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）より，平成 5 年～平成 24 年において 0 件であるため，0.5 件発生したものとして評価した。

（別紙 7.9）

※３　国土交通省航空局への問い合わせ結果（ピークデイの値）を 365 倍した値。

（別紙 7.13）

※４　直行経路については，「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については，航法精度を航空路の幅とみなして用いた。（1nm＝1.852km として換算した。）

## 島根原子力発電所　２号炉

ｂ．大型民間航空機及び小型民間航空機の標的面積の算出

(a)　大型民間航空機

①航空路を巡航中の落下事故

$Pc=fc\cdot Nc\cdot A/W$

$Pc$：対象施設への巡航中の航空機落下確率（回/年）

$Nc$：評価対象とする航空路等の年間飛行回数（飛行回/年）

$A$　：原子炉施設の標的面積（$km^2$）

$W$　：航空路幅（km）

$fc=Gc/Hc$：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率　（回/（飛行回・km））

$Gc$：巡航中事故件数（回）

$Hc$：延べ飛行距離（飛行回・km）

第2-5表　計器飛行方式大型民間航空機の落下確率（航空路を巡航中）

| 号　炉／パラメータ | ２号炉 | |
|---|---|---|
| 対象航空路[注1] | V29 | Z16, Y14, Y45, Y22, Y18, Y38, Y361, Y39, Y287, Y206, Y597, Y332 |
| $Nc$[注2] | 365（H30年データ） | 186,880（H30年データ） |
| $A$[注3] | 0.01917 | |
| $W$[注4] | 14 | 18.52 |
| $fc$[注5] | $0.5/11,570,450,753=4.32\times10^{-11}$ | |
| $Pc$ | $8.39\times10^{-9}$ | |

注１：ＡＩＰ　ＪＡＰＡＮにより確認（別紙７－４）。

注２：国土交通省航空局への問い合わせ結果（ピークデイの値）（別紙７－８）を365倍した値。

注３：標的面積は２号炉の原子炉建物，制御室建物等の水平面積の合計値$0.01917km^2$とする。（別紙７－６）

注４：航空路については，「航空路の指定に関する告示」を参照。なお，RNAV航路については，「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いる。(1NM＝1.852kmとして換算)

注５：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の計器飛行方式民間航空機の巡航中事故件数を用いて算出する。巡航中事故件数は，平成10年～平成29年の間で０件のため，保守的に0.5件とする。
延べ飛行距離は，「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の値。（別紙７－７）

## 備考

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>これらの式より，Pc＝$10^{-7}$（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約23km$^2$となる。<br><br>b．離隔距離<br>a．で求めた標的面積より，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離Lは1,873mとする（評価結果は，約 1,873.5m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離Lは2,695mとする（評価結果は，約2,695.5m）。</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>(b)有視界飛行方式民間航空機の落下事故<br><br>Pv＝(fv/Sv)・A・α<br>Pv：対象施設への航空機落下確率[回/年]<br>fv：単位年当たりの落下事故率[回/年]<br>Sv：全国土面積[km$^2$]<br>A：発電用原子炉施設の標的面積[km$^2$]<br>α：対象航空機の種類による係数<br><br>第 2-5 表　　落下確率の算出結果<br><table><tr><th>パラメータ</th><th>大型固定翼機</th><th>大型回転翼機</th><th>小型固定翼機</th><th>小型回転翼機</th></tr><tr><td>fv 注</td><td>0.5/20=0.025</td><td>2/20=0.10</td><td>35/20=1.75</td><td>30/20=1.50</td></tr><tr><td>Sv 注</td><td colspan="4">372,000</td></tr><tr><td>α 注</td><td>1.0</td><td>1.0</td><td>0.1</td><td>0.1</td></tr><tr><td>A</td><td>0.01</td><td>0.01</td><td>0.01</td><td>0.01</td></tr><tr><td>Pv</td><td>$6.72\times10^{-10}$</td><td>$2.68\times10^{-9}$</td><td>$4.70\times10^{-9}$</td><td>$4.03\times10^{-9}$</td></tr><tr><td>Pv（合計）</td><td colspan="4">$1.20\times10^{-8}$</td></tr></table>注：「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。<br><br>以上より，　大型民間航空機の落下確率（Pc（計器飛行方式）＋Pv（大型固定翼機）＋Pv（大型回転翼機））が$10^{-7}$[回</td>
<td>4.2　有視界飛行方式民間航空機の落下事故<br>(1)　有視界飛行方式民間航空機（大型機）の落下事故<br>a．標的面積<br>Pv＝（fv／Sv）・A・α<br>Pv：対象施設への航空機落下確率（回／年）<br>fv：単位年当たりの落下事故率（回／年）<br>Sv：全国土面積（km$^2$）<br>A：対象施設の標的面積（km$^2$）<br>α：対象航空機の種類による係数<br><br><table><tr><th>発電所名称<br>パラメータ</th><th>東海第二発電所</th></tr><tr><td>fv※1</td><td>大型固定翼機　0.025（＝0.5／20）<br>大型回転翼機　0.05（＝1／20）</td></tr><tr><td>Sv※2</td><td>37.2 万</td></tr><tr><td>α※3</td><td>1</td></tr></table>※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）による。なお，大型固定翼機の事故件数は平成 5 年～平成 24 年において０件であるため，0.5 件発生したものとして評価した。（別紙 7.14）<br>※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）による。<br>※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（内規）」による。<br><br>これらの式より，Pv＝$10^{-7}$（回／炉・年）に相当する標的面積Aを求めると，約0.50km$^2$となる。</td>
<td>②有視界飛行方式民間航空機の落下事故<br><br>$Pv$＝（ｆv／Sv）・$A$ ・α<br>$Pv$：対象施設への航空機落下確率（回/年）<br>ｆv：単位年当たりの落下事故率（回/年）<br>Sv：全国土面積（km$^2$）<br>$A$ ：原子炉施設の標的面積（km$^2$）<br>α　：対象航空機の種類による係数<br><br>第2-6表　有視界飛行方式民間航空機の落下確率<br><table><tr><th>号　炉<br>パラメータ</th><th colspan="2">２号炉</th></tr><tr><td>航空機種類</td><td>大型<br>固定翼機</td><td>大型<br>回転翼機</td></tr><tr><td>ｆv注1</td><td>0.5/20=0.025</td><td>2/20=0.1</td></tr><tr><td>Sv注2</td><td colspan="2">372,969</td></tr><tr><td>$A$注3</td><td colspan="2">0.01917</td></tr><tr><td>α注4</td><td colspan="2">1</td></tr><tr><td>$Pv$</td><td colspan="2">$6.43\times10^{-9}$</td></tr></table>注１：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出する。大型固定翼機は，平成11年から平成30年の間で０件のため，保守的に0.5件とする。<br>注２：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の値を用いる。<br>注３：標的面積は２号炉の原子炉建物，制御室建物等の水平面積の合計値 0.01917 km$^2$とする。（別紙７－６）<br>注４：「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」の値を用いる。<br><br>以上より，<br>大型民間航空機の落下確率$Pc$＋$Pv$が$10^{-7}$［回/炉･年］</td>
<td></td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>/炉･年]となる標的面積A1[km$^2$]を計算すると以下のとおりとなる。<br>A1＝$10^{-7}$÷（8.13・$10^{-10}$ +6.72×$10^{-10}$ +2.68×$10^{-9}$）×0.01<br>＝0.239[km$^2$]</td>
<td>b．離隔距離<br>a．で求めた標的面積より，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離Ｌは 229m とする（評価結果は，約 229.4m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離Ｌは 372m とする（評価結果は，約 372.2m）。<br><br>(2)　有視界飛行方式民間航空機（小型機）の落下事故<br>a．標的面積<br>Pv＝（fv／Sv）・A・α<br>Pv：対象施設への航空機落下確率（回／年）<br>fv：単位年当たりの落下事故率（回／年）<br>Sv：全国土面積（km$^2$）<br>A：対象施設の標的面積（km$^2$）<br>α：対象航空機の種類による係数<br><br>発電所名称／パラメータ：東海第二発電所<br>fv※1：小型固定翼機 1.75（＝35／20）<br>小型回転翼機 1.20（＝24／20）<br>Sv※1：37.2 万<br>α※2：0.1<br>※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）による。<br>※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。<br><br>b．離隔距離<br>a．で求めた標的面積より，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離Ｌは 89m とする（評価結果は，約 89.4m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離Ｌは 175m とする（評価結果は，約 175.4m）。</td>
<td>となる標的面積$A_2$を計算すると以下のとおりとなる。<br>$A_2$＝$10^{-7}$［回/炉･年］／（8.39×$10^{-9}$+6.43×$10^{-9}$）／0.01917<br>＝0.129[km$^2$]<br><br>(b)　小型民間航空機<br>有視界飛行方式民間航空機の墜落事故<br>$Pv$＝（$f$v／Sv）・$A$ ・$\alpha$<br>$Pv$：単位年当たりの落下事故率（回/年）<br>$f$v：単位年当たりの落下事故率（回/年）<br>Sv：全国土面積（km$^2$）<br>$A$ ：原子炉施設の標的面積（km$^2$）<br>$\alpha$ ：対象航空機の種類による係数<br><br>第2-7表　有視界飛行方式民間航空機の落下確率<br><br>号　炉／パラメータ：２号炉<br>航空機種類：小型固定翼機／小型回転翼機<br>$f$v注1：24/20=1.20／18/20=0.90<br>Sv注2：372,969<br>$A$注3：0.01917<br>$\alpha$注4：0.1<br>$Pv$：1.08×$10^{-8}$<br>注１：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の有視界飛行方式民間航空機の事故件数を用いて算出する。<br>注２：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）による。<br>注３：標的面積は２号炉の原子炉建物，制御室建物等の水平面積の合計値 0.01917 km$^2$とする。（別紙７－６）<br>注４：「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」の値を用いる。<br><br>以上より，</td>
<td></td>
</tr>
<tr>
<td>小型民間航空機の落下確率（Pv（小型固定翼機）＋Pv（小型回転翼機））が</td>
<td></td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A2[km$^2$] を計算すると以下のとおりとなる。

A2＝$10^{-7}$÷（4.70×$10^{-9}$+4.03×$10^{-9}$）×0.01＝0.114[km$^2$]

b. 大型軍用航空機及び小型軍用航空機の標的面積の算出

柏崎刈羽原子力発電所の上空には訓練空域がないため，軍用航空機の落下確率Psoを求める式は，以下のとおりとなる。

Pso＝(fso／So)・A

Pso：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

fso：単位年当たりの訓練空域外落下事故率[回/年]

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

A：発電用原子炉施設の標的面積[km$^2$]

第 2-6 表　落下確率の算出結果

| パラメータ | 大型自衛隊機 | 大型米軍機 | 小型自衛隊機 | 小型米軍機 |
|---|---|---|---|---|
| fso 注 | 2/20=0.1 | 4/20=0.2 | 6/20=0.3 | 1/20=0.05 |
| So 注 | 295,000 | 372,000 | 295,000 | 372,000 |
| A | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Pso | 3.38×$10^{-9}$ | 5.38×$10^{-9}$ | 1.01×$10^{-8}$ | 1.34×$10^{-9}$ |
| Pso（合計） | 2.02×$10^{-8}$ | | | |

注：「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。

以上より，大型軍用航空機の落下確率（Pso（大型自衛隊機）＋Pso（大型米軍機））が$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A3[km$^2$] を計算すると以下のとおりとなる。

A3 ＝ $10^{-7}$ ÷ （3.38×$10^{-9}$ ＋ 5.38×$10^{-9}$ ）×0.01 ＝ 0.114[km$^2$]

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

4.3　自衛隊機又は米軍機の落下事故

(1)　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）

a．標的面積

Pso＝fso・A／So

Pso：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）

fso：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）

A：対象施設の標的面積（km$^2$）

So：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除いた面積（km$^2$）

| パラメータ ＼ 発電所名称 | 東海第二発電所 |
|---|---|
| fso※1 | 自衛隊機　0.025（＝0.5／20）<br>米軍機　0.05（＝1／20） |
| So※2 | 自衛隊機 29.5 万（＝約 37.2 万－約 7.72 万）<br>米軍機　37.2 万（＝約 37.2 万－約 0.05 万） |

※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）による。なお，自衛隊機の事故件数は平成 5 年～平成 24 年において 0 件であるため，0.5 件発生したものとして評価した。（別紙 7.15）

※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）による。

これらの式より，Pso＝$10^{-7}$（回／炉・年）に相当する標的面積 A を求めると，約 0.46km$^2$ となる。

## 島根原子力発電所　２号炉

小型民間航空機の落下確率Ｐvが$10^{-7}$［回/炉･年］となる標的面積$A_3$を計算すると以下のとおりとなる。

$A_3$＝$10^{-7}$［回/炉･年］/1.08×$10^{-8}$／0.01917

＝0.177[km$^2$]

c．自衛隊機及び米軍機の標的面積の算出

訓練空域外を飛行中の墜落事故

①空中給油機等

島根原子力発電所上空には訓練空域がないため，自衛隊機又は米軍機の落下確率 $P$so を求める式は，以下のとおりとなる。

$P$so＝($f$so／$S$o)・$A$

$P$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：単位年当たりの落下事故率（回/年）

$S$o　：全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積（km$^2$）

$A$　：原子炉施設の標的面積（km$^2$）

第2-8表　自衛隊機及び米軍機の落下確率（空中給油機等）

| パラメータ ＼ 号　炉 | ２号炉 | |
|---|---|---|
| 航空機種類 | 空中給油機等 | |
| $fso$注1 | 自衛隊機：0.5/20=0.025 | 米軍機：1/20=0.05 |
| $So$注2 | 自衛隊機：294,881 | 米軍機：372,472 |
| $A$注3 | 0.01917 | |
| $P$so | 4.20×$10^{-9}$ | |

注１：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」(令和３年２月　原子力規制庁)の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出する。自衛隊機は，平成11年から平成30年の間で０件であるが，保守的に0.5件とする。

注２：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」(令和３年２月　原子力規制庁)の値を用いる。

注３：標的面積は２号炉の原子炉建物，制御室建物等の水平面積の合計値0.01917km$^2$とする。（別紙７－６）

以上より，

空中給油機等の落下確率 $P$so が$10^{-7}$［回/炉･年］となる標的面積$A_4$を計算すると以下のとおりとなる。

$A_4$＝$10^{-7}$［回/炉･年］/4.20×$10^{-9}$／0.01917

＝0.456[km$^2$]

## 備考

・条件の相違

【柏崎 6/7】

島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施

・条件の相違

【柏崎 6/7】

島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>b．離隔距離<br>a．で求めた標的面積より，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離Ｌは 217m とする（評価結果は，約 217.8m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離Ｌは 355m とする（評価結果は，約 355.97m）。<br><br>(2)　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）<br>a．標的面積<br>Pso＝fso・A／So<br>Pso：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回／年）<br>fso：単位年当たりの訓練空域外落下事故率（回／年）<br>A：対象施設の標的面積（km²）<br>So：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）<br><br>発電所名称／パラメータ<br>fso※1：自衛隊機 0.35（＝7／20）　米軍機 0.20（＝4／20）<br>So※1：自衛隊機 29.5 万（＝約 37.2 万－約 7.72 万）　米軍機 37.2 万（＝約 37.2 万－約 0.05 万）<br>※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）による。<br>（別紙 7.15）</td>
<td>②その他の機種<br>島根原子力発電所上空には訓練空域がないため，自衛隊機又は米軍機の落下確率 $P_{so}$ を求める式は，以下のとおりとなる。<br>$P_{so}=(f_{so}/S_o)\cdot A$<br>$P_{so}$：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率（回/年）<br>$f_{so}$：単位年当たりの落下事故率（回/年）<br>$S_o$：全国土面積から訓練空域の面積を除いた面積（km²）<br>$A$：原子炉施設の標的面積（km²）<br><br>第2-9表　自衛隊機及び米軍機の落下確率（その他の機種）<br>パラメータ／号炉：２号炉<br>航空機種類：その他の機種<br>$f_{so}$注1：自衛隊機：10/20=0.50　米軍機：3/20=0.15<br>$S_o$注2：自衛隊機：294,881　米軍機：372,472<br>$A$注3：0.01917<br>$P_{so}$：$4.03\times10^{-8}$<br>注１：「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の自衛隊機又は米軍機の事故件数を用いて算出する。ただし，平成 30 年２月５日に目達原駐屯地から南に約 4km で発生した AH-64D 航空事故について，「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和３年２月　原子力規制庁）では「基地－訓練空域間往復時」の落下事故として選定されているが，当該事故は定期整備後の整備試験飛行空域との往復時に発生した事故であるため，「訓練空域外を飛行中（その他の機種）」の落下事故としてカウントした。<br>注２：「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の値を用いる。<br>注３：標的面積は２号炉の原子炉建物，制御室建物等の水平面積の合計値0.01917km²とする。（別紙７－６）</td>
<td>・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施</td>
</tr>
<tr>
<td>小型軍用航空機の落下確率（Pso（小型自衛隊機）＋Pso（小型米軍機））が<br>$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A4[km²] を計算すると以下のとおりとなる。<br>$A4=10^{-7}\div(1.01\times10^{-8}+1.34\times10^{-9})\times0.01=0.086[km^2]$</td>
<td>これらの式より，$P_{so}=10^{-7}$（回／炉・年）に相当する標的面積 A を求めると，約 0.058km² となる。</td>
<td>以上より，<br>その他の機種の落下確率 $P_{so}$ が$10^{-7}$［回/炉･年］となる標的面積 $A_5$ を計算すると以下のとおりとなる。<br>$A_5=10^{-7}$［回/炉･年］/$4.03\times10^{-8}$／0.01917<br>$=0.047[km^2]$</td>
<td>・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は，飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類を実施</td>
</tr>
</table>

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

ｂ．離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離Ｌは 43m とする（評価結果は，約 43.0m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離Ｌは 111m とする（評価結果は，約 111.2m）。

(3)　基地－訓練空域間を往復時の落下事故（想定飛行範囲内に発電用原子炉施設が存在する場合）

ａ．標的面積

Pse＝fse・A／Sse

Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）

fse：基地と訓練空域間を往復中の落下事故率（回／年）

A：対象施設の標的面積（$km^2$）

Sse：想定飛行範囲の面積（$km^2$）

| パラメータ ＼ 発電所名称 | 東海第二発電所<br>（自衛隊機の評価） |
|---|---|
| fse※1 | 0.25（＝5／20） |
| Sse※2 | 175,720 |
| fse／Sse※3 | $3.00\times10^{-6}$ |

※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）より，百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲内における自衛隊機の移動時の事故件数は平成 5 年～平成 24 年において 0 件であり，全国の基地－訓練空域間往復時の落下実績（5 件）を用いた。
（別紙 7.15，7.16）

※２　全国の基地－訓練空域間往復時の想定飛行範囲の面積。
（別紙 7.16）

※３　fse，Sse から算出された約 $1.42\times10^{-6}$ 回／（年・$km^2$）を保守的に 2 倍にして丸めた値。

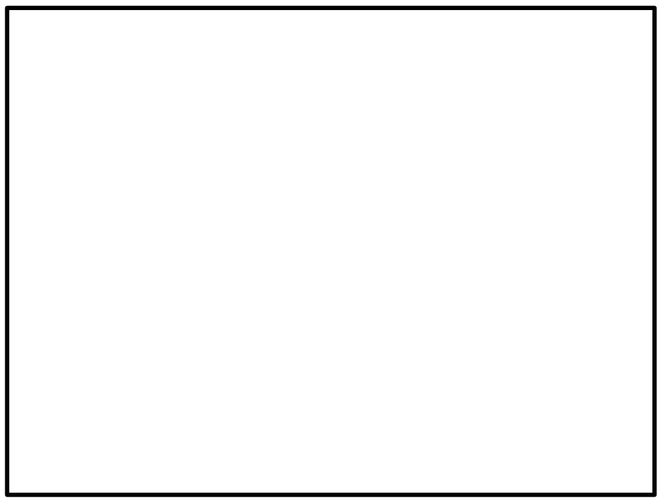
これらの式より，Pse＝$10^{-7}$（回／炉・年）に相当する標的面積 A を求めると，約 0.033$km^2$ となる。

ｂ．離隔距離

ａ．で求めた標的面積より，発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離Ｌは 22m とする（評価結果は，約 22.1m）。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離Ｌは 78m とする（評価結果は，約 78.6m）。

自衛隊機の基地-訓練空域間往復時の落下事故に対する離隔距離を第 4.3-1 図及び第 4.3-2 図に示す。

・評価条件の相違
【東海第二】
プラント立地箇所の相違により，島根２号炉は基地－訓練空域間の往復想定範囲内に位置していないため，評価対象外としている

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| |  <br>第 4.3-1 図　基地-空連空域間往復時の落下事故に対する<br>発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。）の離隔距離<br> <br>第 4.3-2 図　基地-訓練空域間往復時の落下事故に対する<br>使用済燃料乾式貯蔵建屋の離隔距離 | | |

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

(5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

(4)で求めた面積が，評価対象となる発電用原子炉施設（原子炉建屋及びコントロール建屋）外壁面から等距離の離隔をとった場合の標的面積と等しくなる距離を離隔距離L[m]とし，離隔距離Lを算出した結果を以下に示す。また，各航空機の離隔距離を第2-1図，第2-2図に示す。

第 2-7 表　発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

| 項目 | | 大型<br>民間航空機 | 小型<br>民間航空機 | 大型<br>軍用航空機 | 小型<br>軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|---|
| 対象航空機 | | B747-400 | Do228-200 | KC-767 | AH-1S |
| 6 号炉 | 外壁面 | 218 | 134 | 133 | 109 |
| 7 号炉 | までの離隔距離[m] | 225 | 140 | 140 | 116 |
| 6 号炉 | 燃料移送ポンプ | 158 | 74 | 73 | 49 |
| 7 号炉 | （防護板（鋼板））<br>までの離隔距離[m] | 166 | 82 | 81 | 57 |
| 6 号炉 | 主排気筒 | 239 | 155 | 155 | 131 |
| 7 号炉 | までの離隔距離[m] | 226 | 141 | 141 | 117 |

※：軽油タンクの熱影響評価は，航空機墜落による火災と軽油タンク火災の重畳火災も考慮し，航空機落下位置より内側にある軽油タンクの発火の有無について評価を実施する。評価結果は(12)に示す。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

## 島根原子力発電所　２号炉

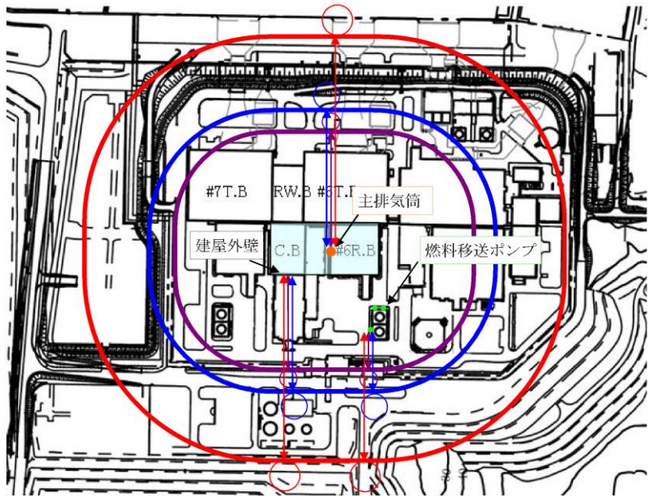
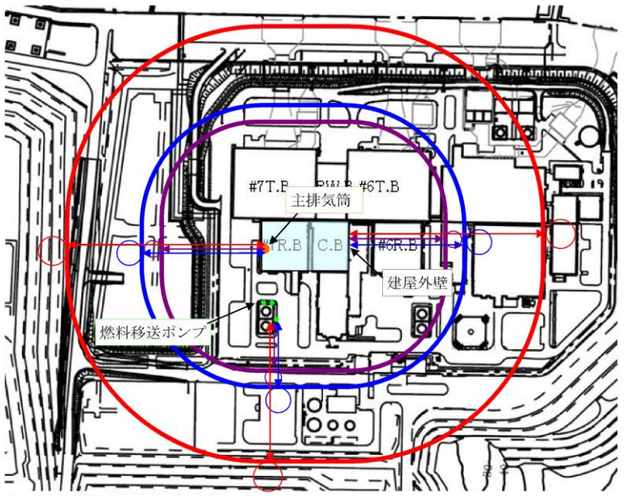
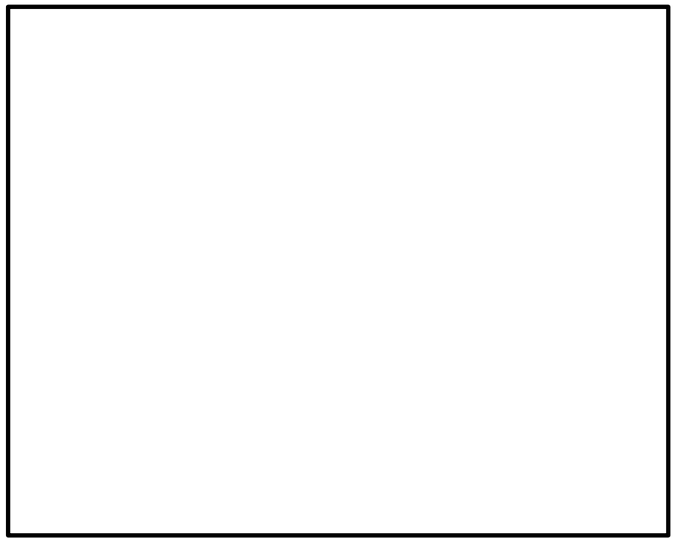
(5)　発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

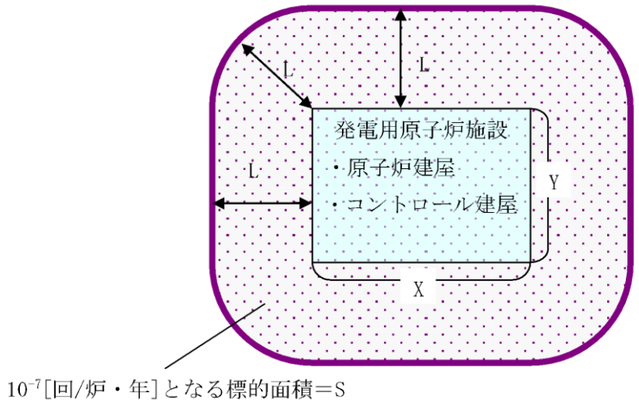
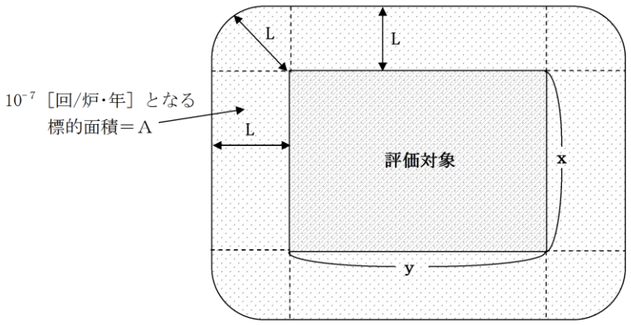
(4)で求めたそれぞれの面積が，評価対象となる発電用原子炉施設（原子炉建物及び制御室建物等）外壁面から等距離の離隔をとった場合の標的面積と等しくなる距離を離隔距離Ｌ[m]とし，離隔距離Ｌを算出した結果を以下に示す。また，各航空機の離隔距離を第 2-1 図に示す。

第2-10表　発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

| 項目 | 大型<br>民間航空機<br>(離着陸時) | 大型<br>民間航空機 | 小型<br>民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 空中給油機等 | その他の機種 |
| 対象航空機 | B747-400 | B747-400 | Do228-200 | KC-767 | F-15 |
| 離隔距離<br>L [m] | 134 | 108 | 142 | 284 | 32 |

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>○：航空機落下位置（円筒火炎モデル）<br>大型民間航空機落下位置<br>小型民間航空機落下位置<br>大型軍用航空機落下位置<br>小型軍用航空機落下位置<br>第2-1図　各航空機の落下位置（6号炉）<br>  <br>○：航空機落下位置（円筒火炎モデル）<br>大型民間航空機落下位置<br>小型民間航空機落下位置<br>大型軍用航空機落下位置<br>小型軍用航空機落下位置<br>第2-2図　各航空機の落下位置（7号炉） | |  <br>第2-1図　各航空機の落下位置 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| $10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積の考え方は，以下のとおり。<br>  <br><br>第 2-3 図　標的面積の考え方<br>発電用原子炉施設（原子炉建屋及びコントロール建屋）外壁面から等距離の離隔をとり，$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積をSとした場合，以下の式が成り立つ。<br>$S = XY + 2LX + 2LY + \pi L^2 / 4 \times 4$<br>$\pi L^2 + 2(X+Y)L + XY - S = 0$<br>二次方程式の解の公式より，以下の式となる。<br>$L = \dfrac{-(X+Y) + \sqrt{(X+Y)^2 - \pi(XY-S)}}{\pi}$ | 5.　熱影響評価結果<br>5.1　評価機種の選定<br>評価機種は「3.　落下事故のカテゴリと対象航空機について」で抽出した航空機より選定し，他のカテゴリの評価に包絡されるものは評価対象外とした。<br>第 5.1-1 表，第 5.1-2 表にカテゴリごとの離隔距離と評価機種を示す。 | $10^{-7}$［回/炉・年］となる標的面積の考え方は，以下のとおり。<br>  <br><br>第2-2図　標的面積の考え方<br>Ａ＝ｘｙ＋πＬ$^2$/４×４＋２（Ｌｘ＋Ｌｙ）<br>πＬ$^2$＋２Ｌ（ｘ＋ｙ）＋ｘｙ-Ａ＝０<br>２次方程式の解の公式より，以下の式となる。<br>Ｌ＝（-（ｘ＋ｙ）＋√（（ｘ＋ｙ）$^2$ -<br>πｘｙ-Ａ））／π | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.1-1 表　落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種
（発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。））

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 離隔距離（m） | 評価機種 ○：評価対象 ×：評価対象外 |
|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 245 | ○ |
| | 航空路を巡航時 | | B747-400 | 1,873 | ×※1 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 229 | ○ |
| | 小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機） | | Do228-200 | 89 | ×※2 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 217 | ○ |
| | | その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | F-15 | 43 | ×※3 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 22 | ○ |

※１　「計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航時」の落下事故については，「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の落下事故の対象機種と同じ B747-400 であり，離隔距離の短い「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の評価に包絡されるため評価対象外とした。

※２　「有視界飛行方式民間航空機の小型機」の落下事故の対象航空機のうち，燃料積載量が最大となる Do228-200 であっても 3m³と少量であることから，Do228-200 よりも燃料積載量が多く，かつ離隔距離が短い「自衛隊機又は米軍機 基地-訓練空域間往復時」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　「その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機」については，「基地-訓練空域間往復時」の落下事故の対象航空機と同じＦ－１５であるため，離隔距離の短い「基地-訓練空域間往復時」の評価に包絡されるため評価対象外とした。

第 5.1-2 表　落下事故のカテゴリごとの離隔距離と評価機種
（使用済燃料乾式貯蔵建屋）

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 離隔距離（m） | 評価機種 ○：評価対象 ×：評価対象外 |
|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 393 | ○ |
| | 航空路を巡航時 | | B747-400 | 2,695 | ×※1 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 372 | ○ |
| | 小型機（小型固定翼機及び小型回転翼機） | | Do228-200 | 175 | ×※2 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 355 | ○ |
| | | その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | F-15 | 111 | ×※3 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 78 | ○ |

※１　「計器飛行方式民間航空機の航空路を巡航時」の落下事故については，「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の落下事故の対象機種と同じ B747-400 であり，離隔距離の短い「有視界飛行方式民間航空機の大型機」の評価に包絡されるため評価対象外とした。

※２　「有視界飛行方式民間航空機の小型機」の落下事故の対象航空機のうち，燃料積載量が最大となる Do228-200 であっても 3m³と少量であることから，Do228-200 よりも燃料積載量が多く，かつ離隔距離が短い「自衛隊機又は米軍機 基地-訓練空域間往復時」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　「その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機」については，「基地-訓練空域間往復時」の落下事故の対象航空機と同じＦ－１５であるため，離隔距離の短い「基地-訓練空域間往復時」の評価に包絡されるため評価対象外とした。

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

(6) 必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。

なお，温度評価においては，離隔距離が短い方が評価が厳しくなることから，6号炉の外壁面，6号炉燃料移送ポンプ，7号炉主排気筒の温度評価を実施する。また，第2-8表に示すとおり，小型民間航空機は大型軍用航空機と比べ輻射発散度が小さく，燃料タンク面積も小さく，離隔距離も離れていることから大型軍用航空機の評価に包絡される。

第 2-8 表　航空機火災影響評価に必要なデータ

| 項目 | 大型<br>民間航空機 | 小型<br>民間航空機 | 大型<br>軍用航空機 | 小型<br>軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|
| 想定する航空機 | B747-400 | Do228-200 | KC-767 | AH-1S |
| 燃料の種類 | Jet A-1 | Jet A-1 | JP-4 | JP-4 |
| 燃料量[$m^3$] | 216.84 | 2.38 | 145.03 | 0.98 |
| 輻射発散度[$W/m^2$] | $50\times10^3$ | $50\times10^3$ | $58\times10^3$ | $58\times10^3$ |
| 燃焼速度[m/s] | $6.66\times10^{-5}$ | $6.66\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 燃料タンク面積[$m^2$] | 605 | 26 | 280 | 12 |
| 6 号炉外壁面までの離隔距離[m] | 218 | 134 | 133 | 109 |
| 6 号炉燃料移送ポンプまでの離隔距離[m] | 158 | 74 | 73 | 49 |
| 7 号炉主排気筒までの離隔距離[m] | 226 | 141 | 141 | 117 |

※出典については，参考資料 7－1 参照

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

5.2　共通データの算出

各建屋外壁，主排気筒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。）に対する火災影響評価に必要となる共通データを算出する。

(1)　各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータ

各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータを第 5.2-1 表に示す。

第 5.2-1 表　各カテゴリ航空機及び燃料に係るデータ

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃料の種類 | 燃料量 V ($m^3$) | 燃料密度 $\rho$ ($kg/m^3$) | 質量低下速度 M ($kg/m^2/s$) | 燃焼面積 S ($m^2$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | JET A-1 | 26.02※3 | 840※2 | 0.039※1 | 110.0※4 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | JET A-1 | 216.84※3 | 840※2 | 0.039※1 | 700.0※5 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | JP-4 | 145.03※6 | 760※1 | 0.051※1 | 405.2※7 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | JP-4 | 14.87※8 | 760※1 | 0.051※1 | 44.6※9 |

※1　NUREG－1805　記載値
※2　ＪＩＳ－ｋ－２２０９－１９９１記載の１号の値
※3　ボーイングジャパン　ホームページ“７３７，７４７型機情報”
※4　ボーイング社ホームページ資料「737 airplane Characteristics for Airport Planning (document D6-58325-6, July 2007)」の機体図面より，主翼・主翼と交差する胴体部面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※5　ボーイング社ホームページ資料「747 airplane Characteristics for Airport Planning (document D6-58326-1, December 2002)」の機体図面より，主翼・主翼と交差する胴体部及び水平尾翼部面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値
※6　世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の値及び燃料密度から算出した値
※7　ボーイング社ホームページ資料「767 airplane Characteristics for Airport Planning (Document D6-58328, September 2005)」
※8　航空ジャーナル２月号増刊Ｆ－１５イーグル（航空ジャーナル社　昭和 55 年２月５日発行）
※9　※８記載の機体図面より，燃料タンクの配置及び大きさを想定し，これらの面積を算出した値

## 島根原子力発電所　２号炉

(6)　必要データ

評価に必要なデータを以下に示す。なお，温度評価については，原子炉建物外壁面，排気筒，海水ポンプの温度評価を実施する。また，第 2-11 表に示すとおり，小型民間航空機は大型民間航空機と比べ燃料タンク面積が小さいこと，大型民間航空機（離着陸時）は大型民間航空機と比べ離隔距離が遠いことから大型民間航空機の評価に包絡される。

第2-11表　航空機火災影響評価に必要なデータ

| 項目 | 大型民間航空機（離着陸時） | 大型民間航空機 | 小型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 空中給油機等 | その他の機種 |
| 想定する航空機 | B747-400 | | Do228-200 | KC-767 | F-15 |
| 燃料の種類 | JET A-1 | | JET A-1 | JP-4 | JP-4 |
| 燃料量[$m^3$] | 216.84 | | 2.386 | 145.04 | 14.87 |
| 輻射発散度[$W/m^2$] | $5.0\times10^4$ | | $5.0\times10^4$ | $5.8\times10^4$ | $5.8\times10^4$ |
| 燃焼速度[m/s] | $4.64\times10^{-5}$ | | $4.64\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 燃料タンク面積[$m^2$] | 700 | | 32 | 405.2 | 44.6 |
| 発電用原子炉施設からの距離[m] | 134 | 108 | 142 | 284 | 32 |

## 備考

・条件の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
地域特性を踏まえた評価対象の相違及び飛行形態の違いを踏まえた航空機の分類の相違

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

(7) 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。

$R=(S/\pi)^{0.5}$

R：燃焼半径[m]，S：燃料タンク投影面積（火炎円筒の底面積）

第 2-9 表　燃焼半径の算出結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
|---|---|---|---|
| 想定する航空機 | B747-400 | KC-767 | AH-1S |
| 燃料タンク面積[$m^2$] | 605 | 280 | 12 |
| 燃焼半径[m] | 13.8 | 9.45 | 1.95 |

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

(2)　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，燃焼半径は燃焼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 5.2-2 表に示す。

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

R：燃焼半径(m)，S：燃焼面積($m^2$)

第 5.2-2 表　各航空機の燃焼半径

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積 S ($m^2$) | 燃焼半径 R (m) |
|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 5.918 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 14.928 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 11.357 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 3.768 |

(3)　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 5.2-3 表に示す。

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

t：燃焼継続時間(s)，V：燃料量($m^3$)

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：燃料密度(kg／$m^3$)

第 5.2-3 表　各航空機の燃焼継続時間

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃料量 V ($m^3$) | 燃焼半径 R (m) | 燃焼速度 v (m／s) | 燃焼継続時間 t (s) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 26.02 | 5.918 | $4.64\times10^{-5}$ | 5,097 (約 1.4h) |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 216.84 | 14.928 | $4.64\times10^{-5}$ | 6,675 (約 1.9h) |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 145.03 | 11.357 | $6.71\times10^{-5}$ | 5,334 (約 1.5h) |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 14.87 | 3.768 | $6.71\times10^{-5}$ | 4,968 (約 1.4h) |

## 島根原子力発電所　２号炉

(7)　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。

$R=(S/\pi)^{0.5}$

R:燃焼半径[m]，

S:燃料タンク投影面積[$m^2$]（火炎円筒の底面積）

第 2-12 表　燃焼半径の算出結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他機種 |
| 想定する航空機 | B747-400 | KC-767 | F-15 |
| 燃料タンク面積[$m^2$] | 700 | 405.2 | 44.6 |
| 燃焼半径[m] | 14.93 | 11.36 | 3.77 |

## 備考

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

(8) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

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

ただし，

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

$\phi$ ：形態係数，L：離隔距離[m]，H：火炎高さ[m]，R：燃焼半径[m]

第 2-10 表　形態係数の算出結果

| 項目 | | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|
| 燃焼半径[m] | | 13.8 | 9.45 | 1.95 |
| 6 号炉外壁面 | 離隔距離[m] | 218 | 133 | 109 |
| | 形態係数 | 0.0070295 | 0.0086371 | 0.0005997 |
| 6 号炉燃料移送ポンプ（防護板（鋼板）） | 離隔距離[m] | 158 | 73 | 49 |
| | 形態係数 | 0.0127068 | 0.0249018 | 0.0027727 |
| 7 号炉主排気筒 | 離隔距離[m] | 226 | 141 | 117 |
| | 形態係数 | 0.0065677 | 0.0077434 | 0.0005214 |

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

(4) 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 5.2-4 表，第 5.2-5 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：形態係数，L：離隔距離(m)，H：炎の高さ(m)，R：燃焼半径(m)

第 5.2-4 表　各航空機の形態係数
（発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。））

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 離隔距離 L (m) | 燃焼半径 R (m) | 形態係数 Φ (-) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 245 | 5.918 | $1.1319\times10^{-3}$ |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 229 | 14.928 | $8.3278\times10^{-3}$ |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 217 | 11.357 | $5.3634\times10^{-3}$ |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 22 | 3.768 | $5.3368\times10^{-2}$ |

第 5.2-5 表　各航空機の形態係数（使用済燃料乾式貯蔵建屋）

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 離隔距離 L (m) | 燃焼半径 R (m) | 形態係数 Φ (-) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 393 | 5.918 | $4.3767\times10^{-4}$ |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 372 | 14.928 | $3.1444\times10^{-3}$ |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 355 | 11.357 | $1.9926\times10^{-3}$ |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 78 | 3.768 | $4.5663\times10^{-3}$ |

## 島根原子力発電所　２号炉

(8) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出する。

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

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：離隔距離[m]，H：火炎高さ[m]，R：燃焼半径[m]

第 2-13 表　形態係数の算出結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他の機種 |
| 燃焼半径[m] | 14.93 | 11.36 | 3.77 |
| 離隔距離[m] | 108 | 284 | 32 |
| 形態係数 | $3.61\times10^{-2}$ | $3.12\times10^{-3}$ | $2.66\times10^{-2}$ |

## 備考

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

(9) 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かけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

E＝Rf×φ

E：輻射強度，Rf：輻射発散度，φ：形態係数

第 2-11 表　輻射強度の算出結果

| 項目 | | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|
| 輻射発散度[W/m²] | | 50×10³ | 58×10³ | 58×10³ |
| 6 号炉外壁面 | 形態係数 | 0.0070295 | 0.0086371 | 0.0005997 |
| | 輻射強度[W/m²] | 351.4 | 500.9 | 34.7 |
| 6 号炉燃料移送ポンプ（防護板（鋼板）） | 形態係数 | 0.0127068 | 0.0249018 | 0.0027727 |
| | 輻射強度[W/m²] | 635.3 | 1444.3 | 160.8 |
| 7 号炉主排気筒 | 形態係数 | 0.0065677 | 0.0077434 | 0.0005214 |
| | 輻射強度[W/m²] | 328.3 | 449.1 | 30.2 |

(10) 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となる。

$$t=\frac{V}{\pi R^2\times v},\quad v=\frac{M}{\rho}\quad より，\quad t=\frac{V\times\rho}{\pi R^2\times M}$$

t：燃焼継続時間[s]，V：燃料積載量[m³]，R：燃焼半径[m]，
v：燃焼速度[m/s]
M：質量低下速度[kg/m²･s]，ρ：密度[kg/m³]

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

(5) 輻射強度の評価

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 5.2-6 表，第 5.2-7 表に示す。

Ｅ＝Ｒｆ・Φ

Ｅ：輻射強度(W／m²)，Ｒｆ：輻射発散度(W／m²)，Φ：形態係数(-)

第 5.2-6 表　各航空機の輻射強度
（発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。））

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 輻射発散度 Ｒｆ (kW／m²) | 形態係数 Φ (-) | 輻射強度 E (W／m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 50 | 1.1319×10⁻³ | 56.60 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 50 | 8.3278×10⁻³ | 416.40 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 58 | 5.3634×10⁻³ | 311.08 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 58 | 5.3368×10⁻² | 3,095.33 |

第 5.2-7 表　各航空機の輻射強度（使用済燃料乾式貯蔵建屋）

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 輻射発散度 Ｒｆ (kW／m²) | 形態係数 Φ (-) | 輻射強度 E (W／m²) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 50 | 4.3767×10⁻⁴ | 21.89 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 50 | 3.1444×10⁻³ | 157.23 |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 58 | 1.9926×10⁻³ | 115.58 |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 58 | 4.5663×10⁻³ | 264.85 |

## 島根原子力発電所　２号炉

(9)　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かけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

$$E=Rf\cdot\phi$$

E:輻射強度，Rf:輻射発散度，Φ:形態係数

第2-14表　輻射強度の算出結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他機種 |
| 輻射発散度[W/m²] | 5.0×10⁴ | 5.8×10⁴ | 5.8×10⁴ |
| 形態係数 | 3.61×10⁻² | 3.12×10⁻³ | 2.66×10⁻² |
| 輻射強度[W/m²] | 1,804.8 | 181.1 | 1,545.7 |

(10)　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となる。

$$t=\frac{V}{\pi R^2\times v},\quad v=\frac{M}{\rho}\quad より，\quad t=\frac{V\times\rho}{\pi R^2\times M}$$

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

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2-12 表　　燃焼継続時間の算出結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
|---|---|---|---|
| 燃料量[$m^3$] | 216.84 | 145.03 | 0.98 |
| 燃料面積[$m^2$] | 605 | 280 | 12 |
| 質量低下速度[$kg/m^2 \cdot s$] | 0.054 | 0.051 | 0.051 |
| 燃料密度[$kg/m^3$] | 810 | 760 | 760 |
| 燃焼速度[m/s] | $6.66\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 燃焼継続時間[hour] | 1.49 | 2.14 | 0.34 |

※出典については，参考資料７－１参照

(11) 評価結果

a. 建屋外壁の耐火性能評価

(a)許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については，一般的にコンクリートの強度に影響がないとされる200℃※とする。

※原田和典，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)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，一定の輻射強度で発電用原子炉施設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解の式より，コンクリートの表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

5.3　建屋外壁に対する熱影響評価

(1)　評価対象範囲

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

(2)　判断の考え方

a．許容温度

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

b．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，一定の輻射強度による入熱と対流による放熱を考慮した，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，コンクリート表面の温度が許容温度以下であるか評価した。

第 2-15 表　燃焼継続時間の算出結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他の機種 |
| 燃料量[$m^3$] | 216.84 | 145.04 | 14.87 |
| 燃焼面積[$m^2$] | 700 | 405.2 | 44.6 |
| 燃焼速度[m/s] | $4.64\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 質量低下速度[$kg/(m^2 \cdot s)$] | 0.039 | 0.051 | 0.051 |
| 燃料密度[$kg/m^3$] | 840 | 760 | 760 |
| 燃焼継続時間[h] | 1.86 | 1.49 | 1.39 |

※出典については，参考資料７－１参照

(11)　評価結果

a．建物外壁の耐火性能評価

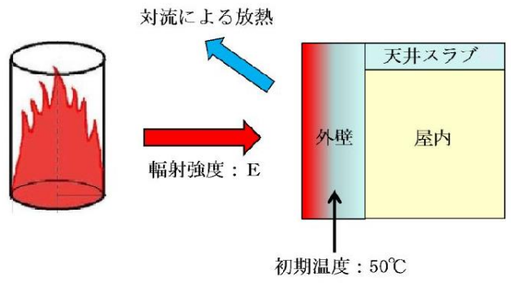
(a)　許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）については，一般的にコンクリートの強度に影響がないとされる200℃※とする。

※：原田和典，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)　耐火性能の評価結果

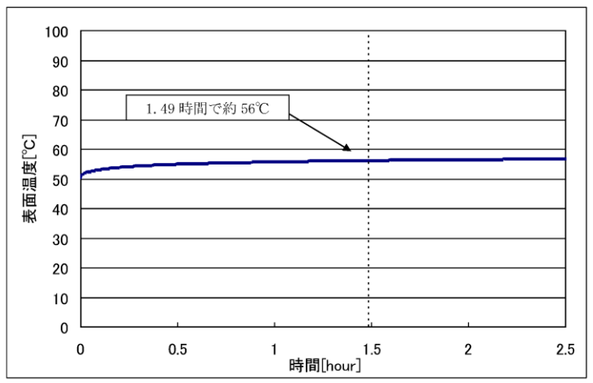
火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で発電用原子炉施設外壁が昇温されるものとして，下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より，コンクリートの表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| $T_s = T_0 + \dfrac{1}{\left(\dfrac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}}+1\right)\dfrac{h}{\varepsilon E}}$<br>出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター<br>T0：初期温度[50℃]，E：輻射強度[W/m$^2$]，<br>ε：コンクリート表面の放射率（0.95）※，<br>h：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m$^2$K]※，<br>k：コンクリート熱伝導率[1.6W/mK]※，<br>ρ：コンクリート密度[2200kg/m$^3$] ※，<br>c：コンクリート比熱[879J/kgK]※，<br>t：燃焼継続時間[s]<br>※建築設計竣工図書　原子炉建屋構造計算書 | $T = T_0 + \dfrac{2E\sqrt{\alpha t}}{\lambda}\left[\dfrac{1}{\sqrt{\pi}}\exp\left(-\dfrac{x^2}{4\alpha t}\right) - \dfrac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\mathrm{erfc}\left(\dfrac{x}{2\sqrt{\alpha t}}\right)\right]$<br>T：表面から x(m)の位置の温度(℃)，$T_0$：初期温度(50℃)※<br>κ：コンクリート温度伝導率(=λ／ρ $C_p$)(7.7×10$^{-7}$m$^2$／s)<br>ρ：コンクリート密度(2,400kg／m$^3$)<br>$C_p$：コンクリート比熱(880J／kg／K)<br>λ：コンクリート熱伝導率(1.63W／m／K)，E：輻射強度(W／m$^2$)<br>t：燃焼継続時間(s)，x：コンクリート壁表面深さ(0m)<br>※　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値<br>なお，天井スラブの評価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。<br>・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。<br>・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。<br>・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。<br>建屋外壁の評価概念図を第 5.3-1 図に，天井スラブの評価概念図を第 5.3-2 図に示す。<br>  <br><br>第 5.3-1 図　建屋外壁の評価概念図 | $T = T_0 + \dfrac{1}{\left(\dfrac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}}+1\right)\dfrac{h}{\varepsilon E}}$<br>出典：原田和典，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<br>$T_0$：初期温度[50℃]，E：輻射強度[W/m$^2$]，<br>ε：コンクリートの表面の放射率[0.94]※1，<br>h：コンクリート表面熱伝達率[23.3W/m$^2$K]※2，<br>k：コンクリート熱伝導率[1.6W/mK]※2，<br>ρ：コンクリート密度[2,200kg/m$^3$]※2，<br>c：コンクリート比熱[879J/kgK]※2，<br>t：燃焼継続時間[s]<br>※1:伝熱工学資料，※2:原子炉建物構造計算書 | |

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

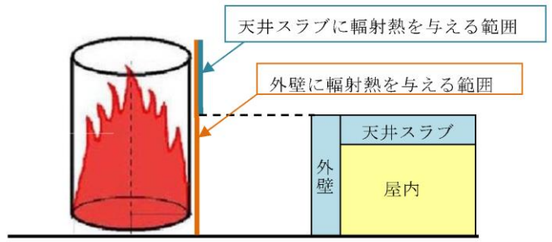
第 2-13 表　外壁面の温度評価結果

| 6 号炉外壁面 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
| 輻射強度[W/m²] | 351.4 | 500.9 | 34.7 |
| 燃焼継続時間[hour] | 1.49 | 2.14 | 0.34 |
| 表面温度[℃] | 56 | 60 | 51 |




第 2-4 図　　外壁面温度推移（大型民間航空機）

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）



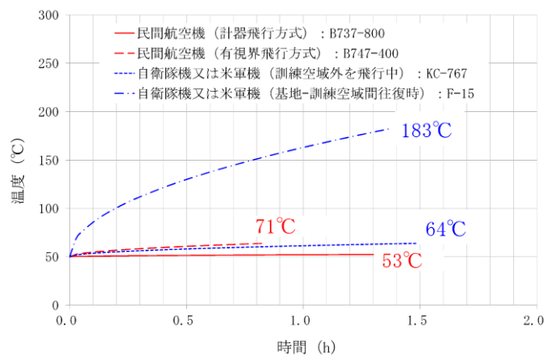

第 5.3-2 図　天井スラブへの輻射熱の影響

コンクリート表面の温度上昇を評価した結果，許容温度 200℃以下となることを確認した。評価結果を第 5.3-1 表，第 5.3-2 表に，温度変化を第 5.3-3 図，第 5.3-4 図に示す。

第 5.3-1 表　建屋表面の到達温度
（発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。））

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積 S [m²] | 輻射強度 E [W/m²] | 燃焼継続時間 t (s) | 評価温度※ (℃) | 許容温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 56.60 | 5,097 (約 1.4h) | 53 | ＜200 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 416.40 | 6,675 (約 1.9h) | 71 | |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 311.08 | 5,334 (約 1.5h) | 64 | |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 3,095.33 | 4,968 (約 1.4h) | 183 | |

※　半無限固体を想定した評価をしているため，離隔距離が同じとなる本評価では，原子炉建屋，タービン建屋及び海水ポンプ室は全て同じ評価結果となる。

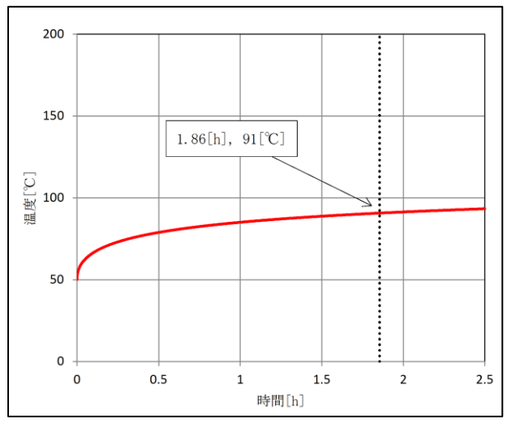



第 5.3-3 図　原子炉建屋外壁の温度変化

## 島根原子力発電所　２号炉

第2-16表　外壁面の温度評価結果

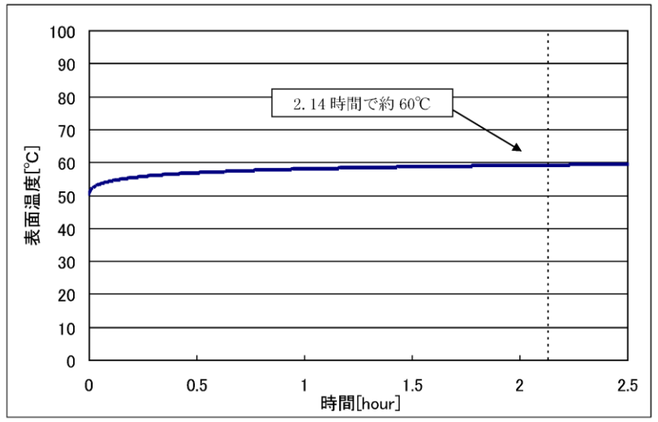
| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他機種 |
| 輻射強度[W/m²] | 1,804.8 | 181.1 | 1,545.7 |
| 燃焼継続時間[h] | 1.86 | 1.49 | 1.39 |
| 表面温度[℃] | 91 | 54 | 83 |



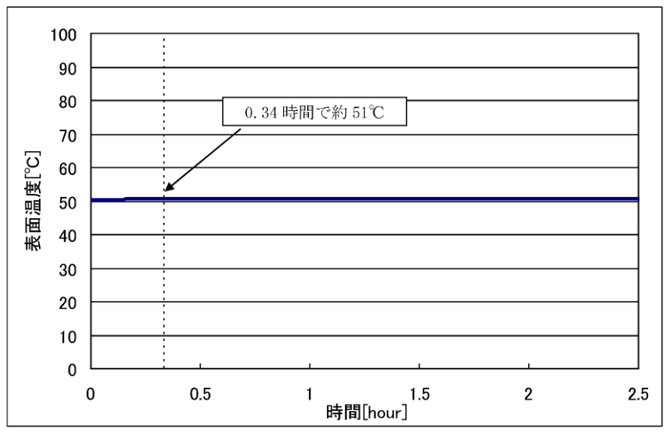

第2-3図　外壁面温度推移（大型民間航空機）

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



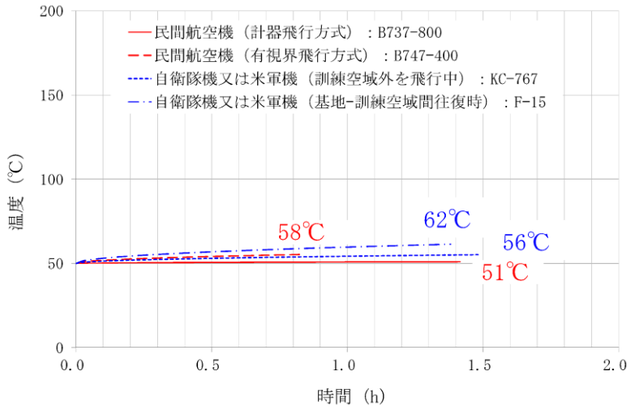

第 2-5 図　　外壁面温度推移（大型軍用航空機）




第 2-6 図　　外壁面温度推移（小型軍用航空機）

第 5.3-2 表　建屋表面の到達温度（使用済燃料乾式貯蔵建屋）

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積 S [m²] | 輻射強度 E [W／m²] | 燃焼継続時間 t (s) | 評価温度 (℃) | 許容温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 21.89 | 5,097 (約 1.4h) | 51 | ＜200 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 157.23 | 6,675 (約 1.9h) | 58 | |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 115.58 | 5,334 (約 1.5h) | 56 | |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 264.85 | 4,968 (約 1.4h) | 62 | |

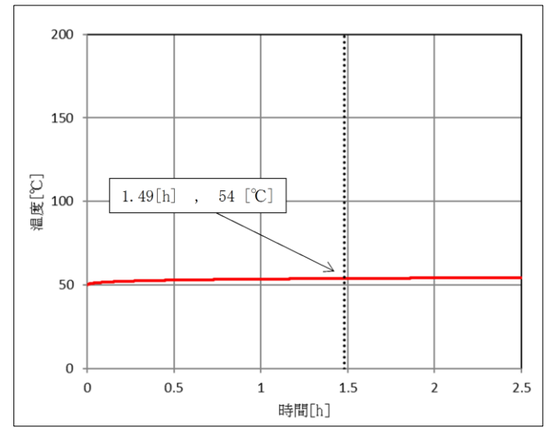



第 5.3-4 図　使用済燃料乾式貯蔵建屋外壁の温度変化

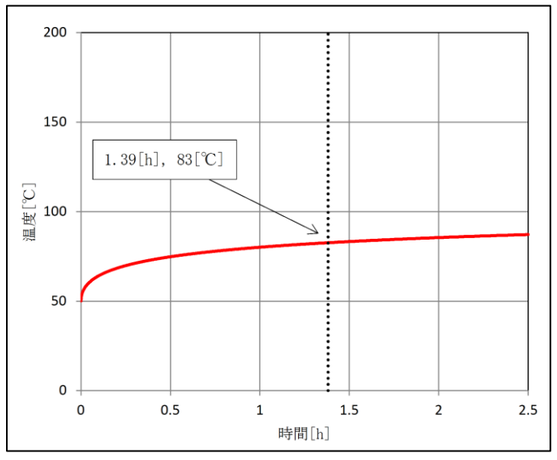
なお，使用済燃料乾式貯蔵建屋の外壁表面温度が上昇し，建屋表面からの熱伝達による建屋内の温度上昇を考える。

貯蔵建屋外壁は大きな熱容量を持っているため，建屋外壁表面での温度上昇が内表面の温度に変化をもたらすまでには大きな時間遅れが伴う。

建屋外壁表面温度評価で最も厳しい結果となったＦ－１５の評価においても，内表面の温度上昇はほとんど生じておらず，建屋外壁表面からの熱伝達による貯蔵建屋内の温




第2-4図　外壁面温度推移（空中給油機等）




第2-5図　外壁面温度推移（その他の機種）

・設備の相違
【東海第二】
島根２号炉は，危険物タンクと航空機との重畳において建物内の温度評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 度上昇は無視できると考えられる。<br>　このため，建屋外で発生する火災が使用済燃料の除熱，閉じ込め機能の監視に影響を与えることはない。 | | |
| b．燃料移送ポンプの温度評価<br>(a)許容限界値（許容限界温度）<br>　燃料移送ポンプの許容限界値（許容限界温度）が端子ボックスパッキンの耐熱温度100℃であることを踏まえ，燃料移送ポンプの周囲に設置されている防護板（鋼板）の許容温度を当該ポンプの許容限界温度と同様の100℃とする。<br>(b)耐火性能の評価結果<br>　火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で燃料移送ポンプの防護板（鋼板）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解の式より防護板（鋼板）の最大温度を求め，防護板（鋼板）の温度が許容温度以下であるか評価を実施する。<br>$T=\frac{\varepsilon ES_1+hS_2T_{air}}{hS_2}-\left(\frac{\epsilon \mathrm{ES}_1+hS_2T_{air}}{hS_2}-T_0\right)e^{\left(-\frac{hS_2}{c}\right)t}$<br>$T_0$：初期温度[55℃]，E：輻射強度[W/m$^2$]，ε：防護板（鋼板）外面の放射率（0.9）※1，<br>h：防護板（鋼板）表面熱伝達率[17W/m$^2$K]※2，S：防護板（鋼板）放熱面積[32.4m$^2$]<br>（S/2：受熱面積は外面のみ），C:防護板（鋼板）の 熱容量[2.41×10$^6$J/K]，<br>t：燃焼継続時間[s]，$T_{air}$：外気温度[55℃]<br>※1:伝熱工学資料，※2：空気調和･衛生工学便覧<br><br>　防護板（鋼板）の温度は最高でも87℃（燃料移送ポンプの許容限界温度以下）であることから，防護板（鋼板）の内側に設置されている燃料移送ポンプに対して熱影響はない。 | | | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>　島根 2 号炉では，軽油タンク，燃料移送ポンプ，非常用ディーゼル発電機は，地下構造等の屋内設備のため影響評価対象外。<br>　島根 2 号炉では，海水ポンプは，屋外設置のため影響評価を実施 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 第 2-14 表　　燃料移送ポンプ（防護板（鋼板））の温度評価結果<br><br>6 号炉燃料移送ポンプ<br>項目 / 大型民間航空機 / 大型軍用航空機 / 小型軍用航空機<br>輻射強度[W/m²] / 635.3 / 1444.3 / 160.8<br>燃焼継続時間[hour] / 1.49 / 2.14 / 0.34<br>防護板（鋼板）温度[℃] / 67 / 87 / 56 | | b.海水ポンプの温度評価<br>(a)　許容限界値（許容限界温度）<br>本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）は，海水ポンプ電動機の下部軸受の許容温度 55℃とする。<br><br>(b)　耐火性能の評価結果<br>一定の輻射強度で海水ポンプの冷却空気が昇温されるものとして，下記の式より海水ポンプの冷却空気温度を求め，許容温度以下であることを確認する。<br><br>$T = T_0 + \frac{E \times A_T}{G \times C_p}$<br><br>$T_0$：通常運転時の上昇温度[22℃]，E：輻射強度[W/m²]，<br>$A_T$：受熱面積[10.93m²]，G：重量流量[1.96kg/s]，<br>$C_p$:空気比熱[1007J/(kg・K)]※1<br>※1:伝熱工学資料<br><br>第 2-17 表　海水ポンプの温度評価結果<br><br>項目 / 大型民間航空機 / 自衛隊機又は米軍機（空中給油機等 / その他機種）<br>輻射強度[W/m²] / 1,804.8 / 181.1 / 1,545.7<br>評価温度[℃] / 33 / 24 / 31 | |

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

c. 主排気筒の温度評価

(a)許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）は，鋼材の許容限界温度325℃とする。

(b)耐火性能の評価結果

一定の輻射強度で主排気筒が昇温されるものとして，下記の式より，主排気筒の最大温度を求め，主排気筒の温度が許容温度以下であることを確認する。

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

$T_0$：初期温度[50℃]，E：輻射強度[W/m$^2$]，

ε ：主排気筒表面の放射率（0.9）※1，

h：主排気筒表面熱伝達率[17W/m$^2$K]※2

※1：伝熱工学資料，※2：空気調和･衛生工学便覧

第 2-15 表　　主排気筒の温度評価結果

| 7 号炉主排気筒 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
| 輻射強度[W/m$^2$] | 328.3 | 449.1 | 30.2 |
| 表面温度[℃] | 59 | 62 | 51 |

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

5.4　主排気筒に対する熱影響評価

(1)　評価対象範囲

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

なお，主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。

(2)　評価対象施設の仕様

主排気筒仕様を第 5.4-1 表に，主排気筒外形図を第 5.4-1 図に示す。

第 5.4-1 表　評価対象施設の仕様

| 名称 | | 主排気筒 |
|---|---|---|
| 種　類 | | 鉄塔支持型 |
| 主要寸法 | | 内径 4.5m |
| | | 地表高さ 140m |
| 材料 | 筒身 | SS400 |
| | 鉄塔 | SS400，STK400 |
| 個　数 | | 1 |

第 5.4-1 図　評価対象施設の外形図

(3)　判断の考え方

ａ．許容温度

主排気筒鉄塔（SS400，STK400）の許容温度は，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃以下とする。

ｂ．評価結果

一定の輻射強度で主排気筒鉄塔が昇温されるものとして，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主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。

## 島根原子力発電所　２号炉

ｃ．排気筒の温度評価

(a)　許容限界値（許容限界温度）

本評価で用いる許容限界値（許容限界温度）は，鋼材の許容限界温度 325℃とする。

(b)　耐火性能の評価結果

一定の輻射強度で排気筒が昇温されるものとして，下記の式より，排気筒の最大温度を求め，排気筒の温度が許容温度以下であることを確認する。

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

$T_0$：初期温度[50℃]，E：輻射強度[W/m$^2$]，

ε ：排気筒表面の放射率[0.9]※1，

h：排気筒表面熱伝達率[17W/m$^2$K]※2

※1：伝熱工学資料，※2：空気調和・衛生工学便覧

第2-18表　排気筒の温度評価結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他機種 |
| 輻射強度[W/m$^2$] | 1,804.8 | 181.1 | 1,545.7 |
| 表面温度[℃] | 98 | 55 | 91 |

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

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

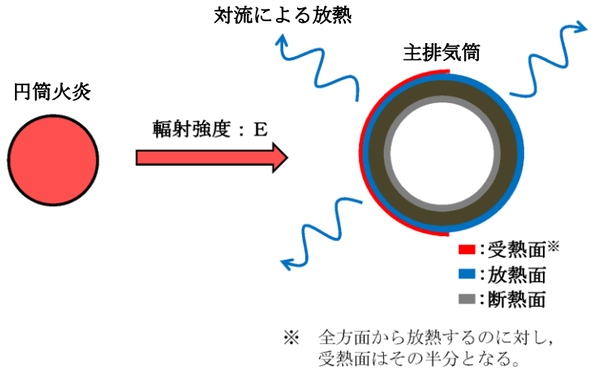
T：許容温度(325℃)，$T_0$：初期温度(50℃)※1

E：輻射強度(W／$m^2$)，h：熱伝達率(17W／$m^2$／K)※2

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

※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／$m^2$／K を用いる。）

なお，評価に当たって主排気筒は鉄塔と筒身で構成されているが，筒身よりも鉄塔が火災源との距離が近いこと，材質も鉄塔は SS400，STK400，筒身では SS400 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。主排気筒の評価概念図を第 5.4-2 図に示す。




第 5.4-2 図　主排気筒の評価概念図

主排気筒鉄塔表面の温度上昇を評価した結果，許容温度以下であることを確認した。評価結果を第 5.4-2 表に示す。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.4-2 表　主排気筒鉄塔表面の到達温度

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積 S [m²] | 輻射強度 E [W／m²] | 評価温度 (℃) | 許容温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 56.60 | 52 | ＜325 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 416.40 | 63 | |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 311.08 | 60 | |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 3,095.33 | 142 | |

d. 軽油タンクの温度評価

航空機落下位置より原子炉建屋側にある軽油タンクが航空機墜落による火災によって，発火するかどうか評価する。航空機墜落による火災時に軽油タンク内の軽油が発火点となる輻射強度[W/m²]を算出し，その輻射強度が航空機燃料の輻射発散度（最大58×103W/m²）より大きいことから，輻射熱により軽油が発火しないことを確認する。

(a) 軽油タンクの危険輻射強度の算出

一定の輻射強度で軽油及び軽油タンクが昇温されるものとして，下記の式より，許容限界温度となる輻射強度を危険輻射強度とする。

$$E_{max}=\frac{ThS_2-hS_2T_{air}\left(1-e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}\right)-hS_2T_0e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}}{\varepsilon S_1\left(1-e^{\left(-\frac{hS_2}{C}\right)t}\right)}$$

$T_0$：初期温度[38℃]，T：許容限界温度[225℃]※1，ε：軽油タンク表面の放射率（0.9）※2，

h：軽油タンク表面熱伝達率[17W/m²K]※3，$S_1$＝$S_2$：軽油 タンク受熱・放熱面積[m²]，

C:軽油タンク及び軽油の熱容量[$8.72\times10^8$J/K]※4，t：燃焼継続時間[s]※5，

$T_{air}$：外気温度[℃]

※1：軽油の発火点，※2：伝熱工学資料，※3：空気調和･衛生工学便覧

※4：軽油保有量を保安規定で定められる最低量として算出

※5：評価対象航空機の中で最も燃焼継続時間の長い大型軍用航空機の2.14時間

・設備の相違

【柏崎 6/7】

島根２号炉では，航空機落下位置より建物側に危険物タンクが存在しない

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(b)　評価結果

以上より，燃焼継続時間2.14時間で軽油の発火点225℃となる輻射強度は，107kW/m$^2$となる。ここで，航空機燃料の輻射発散度が58kW/m$^2$であり,軽油タンク受熱面での輻射強度は輻射発散度(58kW/m2)に形態係数（0～1の間の値）をかけた値であることから，軽油タンク受熱面の輻射強度は58kW/m$^2$以下である。よって，軽油タンク受熱面での輻射強度が軽油の発火点以上となる危険輻射強度より小さいことから，輻射熱により軽油が発火すること はない。

e. タービン建屋非常用電気品室の温度評価

航空機墜落による火災では，タービン建屋周辺においても発生する可能性があることから，航空機墜落による火災の熱影響を検討する。タービン建屋非常用電気品室への熱影響は，航空機墜落による単独火災よりも危険物タンク火災との重畳を考慮する場合が厳しくなるため，航空機墜落による火災単独での評価は(12)で示す航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳に包絡されるため熱影響はない。

f. 廃棄物処理建屋の温度評価

航空機墜落による火災では，廃棄物処理建屋周辺においても発生する可能性があることから，航空機墜落による火災の熱影響を検討する。廃棄物処理建屋には復水貯蔵槽があるが，建屋外壁から2枚以上隔てたエリアにあるため直接熱影響はないと考えられるが，廃棄物処理建屋外壁の温度評価を実施することで廃棄物処理建屋の耐性を評価する。

評価に使用する条件は以下のとおり。

第 2-16 表　　廃棄物処理建屋火災影響評価に必要なデータ

| 項目 | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
|---|---|---|---|
| 輻射発散度[W/m$^2$] | 50×10$^3$ | 58×10$^3$ | 58×10$^3$ |
| 燃焼半径[m] | 13.8 | 9.45 | 1.95 |
| 離隔距離[m] | 143 | 58 | 34 |
| 燃焼継続時間[hour] | 1.49 | 2.14 | 0.34 |

以上より形態係数及び輻射強度を求め，下記の一次元非定常熱伝導方程式の解の式より，コンクリートの表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であ

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

ることを確認する。

$$T_s = T_0 + \frac{1}{\left(\frac{\sqrt{k\rho c}}{1.18h\sqrt{t}} + 1\right)\frac{h}{\varepsilon E}}$$

出典：原田和典，建築火災のメカニズムと火災安全設計，日本建築センター

$T_0$：初期温度[50℃]，E：輻射強度[W/m$^2$]，ε：コンクリート表面の放射率（0.95）※，

h：コンクリート表面熱伝達率[34.9W/m$^2$K]※，k：コンクリート熱伝導率[1.6W/mK]※，

ρ：コンクリート密度[2200kg/m$^3$]※，c：コンクリート比熱[879J/kgK]※，

t：燃焼継続時間[s]

※：建築設計竣工図書 原子炉建屋構造計算書

第 2-17 表　　廃棄物処理建屋外壁の温度評価結果

| 項目 | 大型民間航空機 | 大型軍用航空機 | 小型軍用航空機 |
|---|---|---|---|
| 形態係数 | 0.0152953 | 0.0370673 | 0.0057874 |
| 輻射強度[W/m$^2$] | 764.7 | 2149.9 | 335.6 |
| 表面温度[℃] | 64 | 90 | 54 |

5.5　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。）に対する熱影響評価

(1)　評価対象範囲

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。）の流入空気温度について，カテゴリごとにおける航空機墜落によって発生する火災を想定して評価を実施した。

(2)　評価対象施設の仕様

空気の流入口となり熱影響を受ける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。）吸気口の仕様を第 5.5-1 表に，外形図を第 5.5-1 図に示す。

・設備の相違

【柏崎 6/7，東海第二】

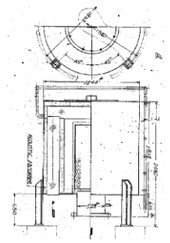
島根 2 号炉では，軽油タンク，燃料移送ポンプ，非常用ディーゼル発電機は，地下構造等の屋内設備のため影響評価対象外。

島根 2 号炉では，海水ポンプは，屋外設置のため影響評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.5-1 表　評価対象施設の仕様

| 名称 | 非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機(高圧炉心ｽﾌﾟﾚｲ系ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機を含む。)吸気口 |
|---|---|
| 種　類 | 円筒縦形 |
| 主要寸法 | 外径　　：1.54m<br>円筒高さ：2.46m |
| 材　料 | SS400 |
| 個　数 | 6 |



第 5.5-1 図　評価対象施設の外形図

(3)　判断の考え方

ａ．許容温度

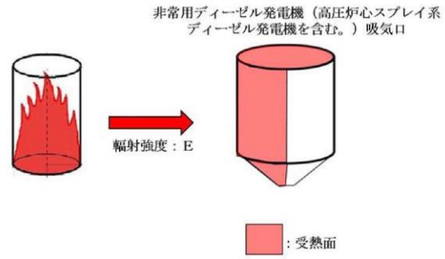
非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の流入空気の許容温度は，火災時における温度上昇を考慮した場合において，非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）の性能維持に必要な温度 53℃以下※とする。

※　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。）の流入空気温度が上昇すると，空気冷却出口温度が上昇し，シリンダへの必要空気量が確保できなくなる。

ｂ．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，一定の輻射強度による入熱が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。）に流入する空気の温度上昇に寄与することを表した下記の温度評価式により，流入する空気の温度が 53℃となる輻射強度（=危険輻射強度）を求め，当該火災源からの熱影響がこの危険輻射強度となる離隔距離（=危険距離）を算出し，当該火災源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。空気の流入口となり熱影響を受ける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。）吸気口の評価概念図を第 5.5-2 図に示す。

$$T = T_0 + \frac{E \cdot A}{G \cdot C_p} + \Delta T$$

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | Ｔ：許容温度(53℃)，$T_0$：初期温度(39℃)※1，<br>Ｅ：輻射強度(W／$m^2$)，Ｇ：重量流量(4kg／s)※2，<br>Ａ：輻射を受ける面積(7.8$m^2$)<br>$C_p$：空気比熱(1.007J／kg／K)※3，<br>ΔＴ：構造物を介した温度上昇（5℃）※4<br>※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値<br>※２　ディーゼル発電機機関の内，給気流量が少ない高圧炉心スプレイ系を評価対象とする。<br>ディーゼル発電機機関吸気流量（228$m^3$/min）×空気密度（1.17kg/$m^3$）÷60<br>※３　日本機械学会 伝熱工学資料<br>※４　最高到達温度を想定した場合の温度上昇<br>  <br><br>第 5.5-2 図　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。）吸気口の評価概念図<br><br>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。）に流入する空気の温度が 53℃となる危険距離を算出した結果，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 5.5-2 表に示す。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.5-2 表　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。）への火災影響評価結果

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積［m²］ | 輻射強度［W／m²］ | 評価温度（℃） | 許容温度（℃） |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 56.60 | 45 | ＜53 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 416.40 | 45 | |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 311.08 | 45 | |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 3,095.33 | 50 | |

5.6　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。）用海水ポンプに対する熱影響評価

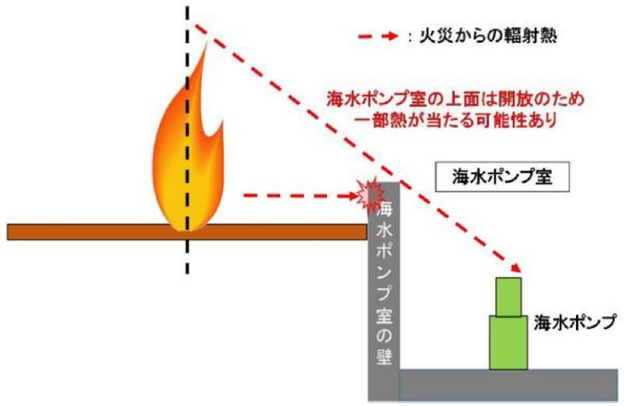
(1)　評価対象範囲

残留熱除去系海水系ポンプ電動機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，残留熱除去系海水系ポンプ電動機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 5.6-1 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。

・設備の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
島根 2 号炉では，軽油タンク，燃料移送ポンプ，非常用ディーゼル発電機は，地下構造等の屋内設備のため影響評価対象外。
島根 2 号炉では，海水ポンプは，屋外設置のため影響評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 5.6-1 図 火災発生位置と海水ポンプの位置関係

(2)　評価対象施設の仕様

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。）用海水ポンプの海水ポンプ室内の配置図を第 5.6-2 図，外形図を第 5.6-3 図に示す。仕様を第 5.6-1 表に示す。

第 5.6-2 図 海水ポンプの配置図

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.6-3 図 海水ポンプの外形図

第 5.6-1 表　評価対象施設の仕様

| 名称 | 残留熱除去系海水系ポンプ電動機 | 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。）用海水ポンプ電動機 |
|---|---|---|
| 主要寸法 | 全　　幅：1.9 m<br>高　　さ：2.73m | 全　　幅：0.51m<br>高　　さ：0.98m |
| 材　料 | SS400, SUS304 | SS400 |
| 基　数 | 4 | 3 |

(3)　判断の考え方

a．許容温度

残留熱除去系海水系ポンプ電動機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。）用海水ポンプ電動機の冷却空気の許容温度は，上部及び下部軸受のうち，運転時の温度上昇が高い下部軸受の上昇温度を考慮し，軸受の機能維持に必要な冷却空気の許容温度を第 5.6-3 表に示す。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.6-3 表　下部軸受の機能維持に必要な冷却空気の許容温度

| 名称 | 残留熱除去系海水系ポンプ電動機 | 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。）用海水ポンプ電動機 |
|---|---|---|
| 軸受の機能維持に必要な冷却空気の許容温度 | 70℃※1 | 60℃※2 |

※1　ポンプ運転により，下部軸受は最大で約 10℃上昇することから，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 10℃を差し引いた 70℃を冷却空気の許容温度に設定

※2　ポンプ運転により，下部軸受は最大で約 35℃上昇することから，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 35℃を差し引いた 60℃を冷却空気の許容温度に設定

b．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，残留熱除去系海水系ポンプ電動機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 5.6-3 表に示す許容温度を下回るかを熱エネルギの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 5.6-4 表に，評価概念図を第 5.6-4 図に示す。

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

Ｔ：評価温度(℃)，$T_0$：初期温度(39℃)※1，

Ｅ：輻射強度(W／$m^2$)，

Ｇ：重量流量(kg／s)，Ａ：輻射を受ける面積($m^2$)

$C_p$：空気比熱(1,007J／kg／K)，

ΔＴ：構造物を介した温度上昇（5℃）※2

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

※２　構造物を介した冷却空気の温度上昇（$\Delta T_b$＝2.2℃）を包絡する 5℃に設定

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.6-4 表　評価に用いた諸元

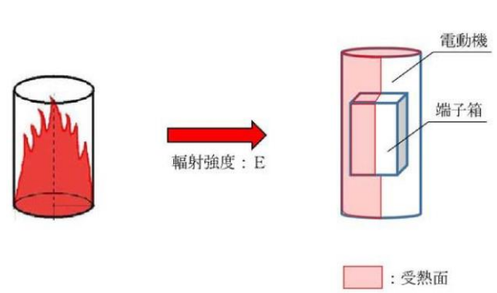
| | 残留熱除去系海水系ポンプ電動機 | 非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）用海水ポンプ電動機 |
|---|---|---|
| G：重量流量（kg／s） | 2.6 | 0.72 |
| E：輻射強度（W／m$^2$）※1 | 3,095.33 | 3,095.33 |
| t：燃焼継続時間（s）※1 | 4,968 | 4,968 |
| A：輻射を受ける面積（m$^2$） | 12 | 1.6 |
| $A_a$：海水ポンプの表面積（m$^2$） | 20 | 1.8 |
| C：電動機の熱容量（kJ／K） | 6,440 | 290 |
| $\Delta T_a$：輻射熱による構造物の温度上昇※2（℃） | 29 | 85 |
| $h_{in}$：内部への熱伝達率（W／m$^2$／K）※3 | 10 | 10 |
| $E_{in}$：内部への輻射強度（W／m$^2$） | 290 | 850 |
| Cp：空気比熱（J／kg／K） | 1,007 | 1,007 |
| $\Delta T_b$：構造物を介した温度上昇※4（℃） | 2.2 | 2.1 |

※1　Ｆ－１５の値

※2　熱影響が最も厳しいＦ－１５を対象に，熱エネルギーの式より求まる式（$\Delta T_a = E \times A \times t / C / 1000$）より算出

※3　空気調和・衛生工学便覧（外表面の熱伝達率は，垂直表面の値 8.29W／m$^2$／K を切上げた値）

※4　熱影響が最も厳しいＦ－１５を対象に，熱エネルギーの式より求まる式（$\Delta T_b = E_{in} \times A_a / G / C_p$）より算出




第 5.6-4 図　評価概念図

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 5.6-5 表，第 5.6-6 表に示す。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.6-5 表　輻射熱によって上昇する冷却空気の到達温度評価結果
（残留熱除去系海水系ポンプ）

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積 S [m²] | 輻射強度 E [W／m²] | 評価温度 (℃) | 許容温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 56.60 | 45 | ＜70 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 416.40 | 46 | |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 311.08 | 46 | |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 3,095.33 | 59 | |

第 5.6-6 表　輻射熱によって上昇する冷却空気の到達温度評価結果
（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）

| 落下事故のカテゴリ | | | 対象航空機 | 燃焼面積 S [m²] | 輻射強度 E [W／m²] | 評価温度 (℃) | 許容温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 計器飛行方式民間航空機 | 飛行場での離着陸時 | | B737-800 | 110.0 | 56.60 | 45 | ＜360 |
| 有視界飛行方式民間航空機 | 大型機（大型固定翼機及び大型回転翼機） | | B747-400 | 700.0 | 416.40 | 45 | |
| 自衛隊機又は米軍機 | 訓練空域外を飛行中 | 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | KC-767 | 405.2 | 311.08 | 45 | |
| | 基地－訓練空域間往復時 | | F-15 | 44.6 | 3,095.33 | 51 | |

5.6　外壁に設置されている機器に対する熱影響評価

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。熱影響を受けやすい機器は以下のとおり。

・扉
・ルーバ
・配管貫通部
・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（火災源に近く，機器本体だけでなく

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 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。<br><br>5.6.1　扉の火災影響評価<br>発電用原子炉施設の脆弱箇所の一つである扉について，火災影響評価を実施する。<br>5.6.1.1　扉温度の評価<br>(1)　評価対象<br>扉のうち，建屋内部へ熱影響が及ぶ可能性がある原子炉建屋電気室扉を評価対象とする。位置関係を第 5.6.1.1-1 図に示す。<br><br> <br>第 5.6.1.1-1 図　火災源と建屋扉との位置関係<br><br>(2)　想定の条件<br>ａ．　航空機火災については，5.3 等の火災影響評価と同等の想定とした。<br>ｂ．　扉は，表面の最も熱影響を受けやすい金属を扉の構造材（均質体）とした。<br>ｃ．　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。<br>ｄ．　扉までの離隔距離は，電気室入口扉までの直線距離 27m とした。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(3)　必要データ

評価に必要なデータは，5.2 のとおり。

(4)　扉内外面温度の評価結果

ａ．　許容温度

火災時における短期温度上昇を考慮した場合おいて，鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃とする。

ｂ．　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，一定の輻射強度で扉が昇温されるものとして，下記の１次元非定常熱伝導方程式を差分法より解くことで扉内外面温度が許容温度以下であるか評価した。評価において対流による放熱を考慮している。

$$\rho C_P \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x}\left(\alpha \frac{\partial T}{\partial x}\right)$$

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

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

Ｔ：表面から x(m)の位置の温度（℃），

$T_0$：初期温度（50℃）※

α：扉の温度伝導率（=λ／ρ$C_p$）（$m^2$／s）

ρ：扉の密度（7,920kg／$m^3$），

$C_p$：扉の比熱（499J／kg／K）

λ：扉の熱伝導率（16W／m／K），Ｅ：輻射強度（W／$m^2$）

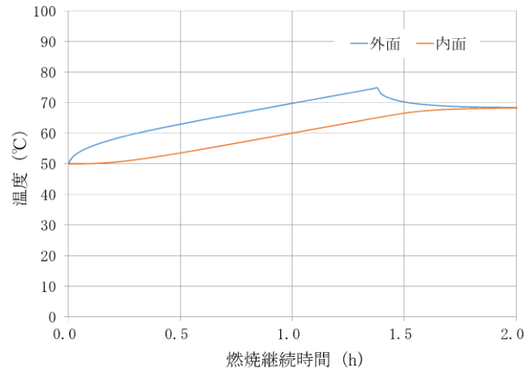
※　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値。

扉内外面の温度上昇を評価した結果，許容温度以下であることを確認した。評価結果を第 5.6.1.1-1 表，第 5.6.1.1-2 図に示す。

第 5.6.1.1-1 表　扉に対する熱影響評価結果

| 想定火災源 | 評価対象 | 評価温度（℃） | | 許容温度（℃） |
|---|---|---|---|---|
| | | 外　面 | 内　面 | |
| F-15 | 原子炉建屋<br>電気室入口扉 | 75 | 69 | ＜325 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 5.6.1.1-2 図　扉の到達温度

5.6.1.2　扉内側（電気室）の室内温度評価

(1)　評価条件

a．　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 69℃一定としたときの放熱量を原子炉建屋電気室への入熱とした。

b．　室内の設備による熱負荷を考慮した室内の初期温度は，夏期通常運転中の設計室温である 35℃とした。

(2)　室内温度評価

a．　許容温度

原子炉建屋電気室の設計室温である 40℃とする。

b．　評価結果

室内温度は，火災による扉外面温度上昇に伴う熱負荷による加熱を考慮して，扉内面の温度上昇による室内温度の最高到達温度を下式により算出し，室内温度が許容温度以下であるか評価した。室内温度評価の概念図を第 5.6.1.2-1 図に示す。

$$Q_{in} = h_{in} \times A \times (T_{in} - T_a)$$

$$T_{room} = \frac{Q_{in}}{m \rho C_p} + T_a$$

$Q_{in}$：温度上昇に伴う熱負荷(W)，

$h_{in}$：内面熱伝達率(8.29W／$m^2$／K)

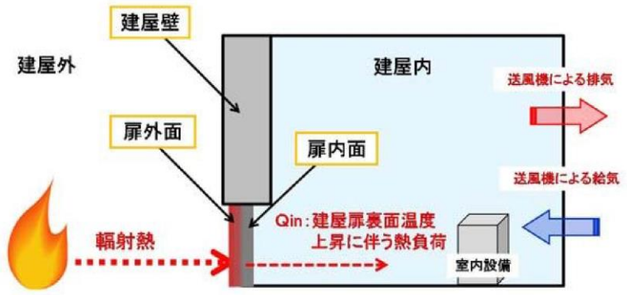
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

Ａ　：扉の表面積(3.5m$^2$)，$T_{in}$：扉内面温度(69℃)

$T_a$：室内初期温度(35℃)，$T_{room}$：室内温度(℃)

ｍ　：給気風量(4m$^3$／s)，ρ：空気密度（1.1kg／m$^3$）

$C_p$：空気比熱（1,007J／kg／K）




第 5.6.1.2-1 図　室内温度評価の概念図

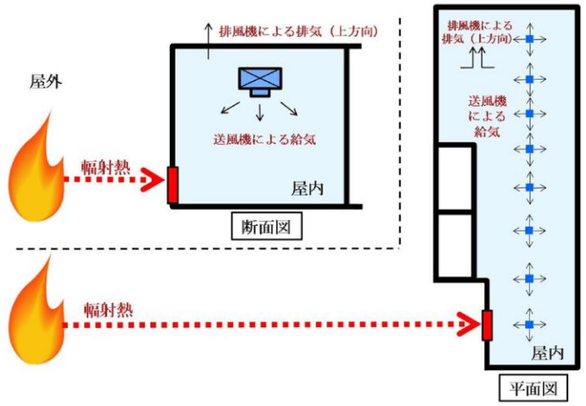
電気室室温を評価した結果，室内温度が許容温度以下であることを確認した。評価結果を第 5.6.1.2-1 表に示す。なお，室内温度については扉内面の最高温度を一定として想定する等，保守的な評価を行っていることから，実際の温度上昇は更に低く抑えられると考えられる。

また，室内の給排気は，第 5.6.1.2-2 図のとおり，ホットスポット等が生じにくいレイアウトにすることで，室内の温度分布が不均一とならない設計としている。

第 5.6.1.2-1 表　室内温度の評価結果

| 想定火災源 | 評価対象 | 評価温度（℃） | 許容温度（℃） |
|---|---|---|---|
| F-15 | 原子炉建屋<br>電気室入口扉 | 35.3 | 40 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 5.6.1.2-2 図　電気室内の給排気の概念図

5.6.2　ルーバの火災影響評価について

発電用原子炉施設の脆弱箇所の一つであるルーバについて，火災影響評価を実施する。

(1)　評価対象

ルーバのうち，火災源から最も近く，輻射強度が最も大きくなる２Ｄ非常用ディーゼル発電機室外壁のルーバを対象とする。

(2)　想定の条件

2.火災の想定と同様の想定とした。

(3)　判断の考え方

ルーバの許容温度は，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，鋼材の強度が維持される保守的な温度325℃とする。

(4)　評価結果

一定の輻射強度でルーバが昇温されるものとして，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ルーバ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。

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

Ｔ：許容温度(℃)，$T_0$：初期温度(50℃)※1

Ｅ：輻射温度(3,095W／$m^2$)，ｈ：熱伝達率(17W／$m^2$／K)※2

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温（38.4℃）

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

に保守性を持たせた値

※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／$m^2$／K を用いる。）

対象のルーバ表面の最大温度を求め，許容温度以下であることを確認したことから，ルーバの強度への影響はない。評価結果を第 5.6.2-1 表に示す。

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，航空機火災時は，熱気流を考慮し，状況に応じて空調の停止措置等を講じることから，建屋内への影響はない。

第 5.6.2-1 表　ルーバの評価温度

| 想定火災源 | 評価温度（℃） | 許容温度（℃） |
|---|---|---|
| F-15 | 142 | ＜325 |

5.6.3　配管貫通部の火災影響評価について

発電用原子炉施設の脆弱箇所の一つである配管貫通部について，火災影響評価を実施する。

(1)　評価対象

内側にクラス１，２設備がある外壁のうち，火災源から最も近い外壁に位置する配管貫通部を想定して評価を実施した。

(2)　想定の条件

ａ．航空機火災については，5.3 等の火災影響評価と同様の想定とした。

ｂ．配管貫通部は，不燃材料であるモルタルによる穴仕舞がされているため，モルタルを熱影響対象とした。

ｃ．火災が発生した時間から，燃料が燃え尽きるまでの間，

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

一定の輻射強度を受けるものとした。

d．火災源から配管貫通部までの離隔距離が最短となるよう，火災源から配管貫通部までの離隔距離を，Ｆ－１５の離隔距離である 22m として熱影響評価を実施した。

(3)　判断の考え方

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，圧縮強度が維持される保守的な温度 200℃※以下とする。

※　「高温加熱を受けた高強度モルタルの力学的性状，コンクリート工学年次論文集，Vol32，No.1，pp1121-1126，2010」

(4)　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，一定の輻射強度で配管貫通部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配管貫通部表面の上昇温度を算出した。評価結果を第 5.6.3-1 表に示す。

$$T = T_0 + \frac{E}{h}\left[1 - \exp\left(\frac{h^2}{\lambda \rho C_p} t\right) \operatorname{erfc}\left(\sqrt{\frac{h^2 t}{\lambda \rho C_p}}\right)\right]$$

Ｔ：表面から x(m)の位置の温度(℃)，$T_0$：初期温度(50℃)※1

ｈ：熱伝達率(17W／$m^2$／K)※2

ρ：モルタル密度(1,870kg／$m^3$)，

$C_p$：モルタル比熱(548J／kg／K)

λ：モルタル熱伝導率(1.71W／m／K)，Ｅ：輻射強度(W／$m^2$)

ｔ：燃焼継続時間(4,968s)

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

※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／$m^2$／K を用いる。）

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.6.3-1 表　配管貫通部の到達温度

| 対象航空機 | 燃焼面積 [m²] | 輻射強度 [W／m²] | 燃焼継続時間 t (s) | 評価温度 (℃) | 許容温度 (℃) |
|---|---|---|---|---|---|
| F-15 | 44.6 | 3,095.33 | 4,968 (約 1.4h) | 150 | 200 |

以上の評価により，配管貫通部表面の到達温度が許容温度以下であることを確認した。

5.6.4　ブローアウトパネルの火災影響評価について

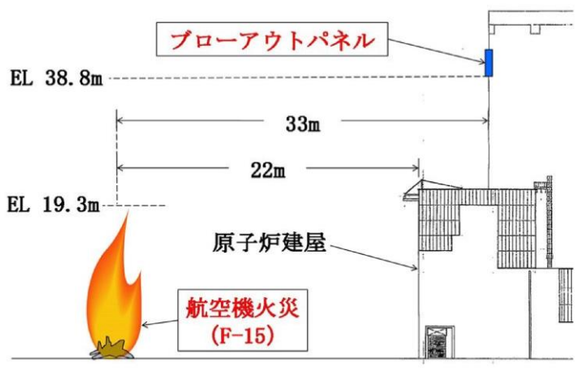
ブローアウトパネル（以下「Ｂ．Ｐ」という。）は，それぞれ原子炉建屋全方位に各 3 箇所設置されているが，想定する航空機火災からＢ．Ｐまでの水平距離及び鉛直高さを考慮すると，Ｂ．Ｐに影響を与えるような輻射強度が届くことはない。位置関係を第 5.6.4-1 表，第 5.6.4-1 図に示す。

第 5.6.4-1 表　火災源とブローアウトパネルとの位置関係

| 想定火災源 | 離隔距離（m） | |
|---|---|---|
| | 水平方向 | 鉛直方向 |
| F-15 | 33m※1 | 19.5m※2 |

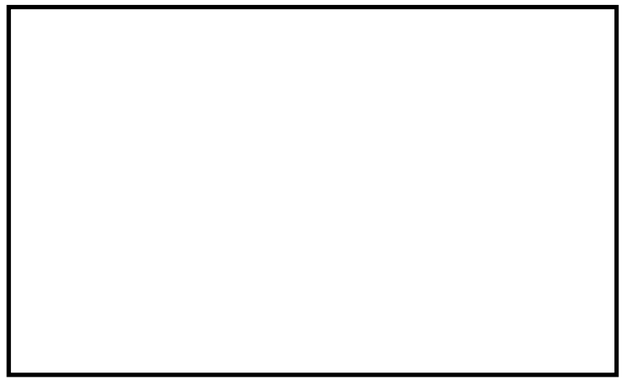
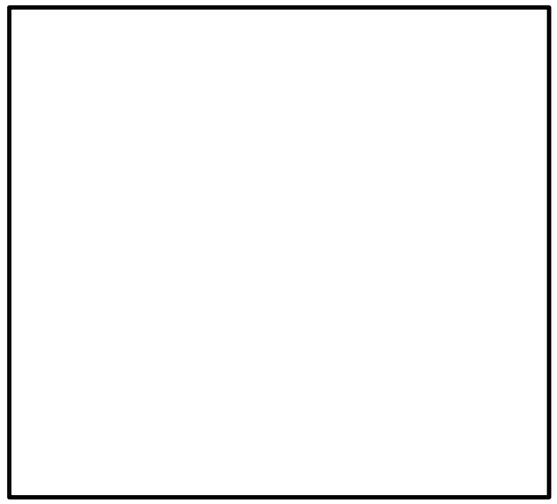
※１　Ｆ－１５の航空機墜落距離 22m に，原子炉建屋最外壁からブローアウトパネルまでの距離 11m を加えた距離

※２　Ｆ－１５の最高火炎高さ（EL.19.3m）とＢ．Ｐ下端高さ（EL.38.8m）の離隔距離




第 5.6.4-1 図　火災源とブローアウトパネルとの位置関係

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (12) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳<br>a. 重畳する危険物タンクの選定<br>航空機墜落による火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物タンクを検討する。<br>航空機落下確率が$10^{-7}$[回/炉・年]となる航空機落下位置とその周辺の危険物施設位置を第2-7図及び第2-8図に示す。発電用原子炉施設周辺には多量の油を保有する軽油タンクがあることから，まず，航空機落下位置より原子炉建屋側にある軽油タンクが航空機墜落による火災によって発火するかどうか評価する。(11)の「d.軽油タンクの温度評価」に示すとおり，航空機墜落による火災時に軽油タンク内の軽油が発火点となる輻射強度[W/m$^2$]を算出し，その輻射強度が航空機燃料の輻射発散度（最大58×$10^3$W/m$^2$）より大きいことから，輻射熱により軽油が発火しないことを確認した。また，航空機落下位置より内側にある軽油タンクが航空機墜落による火災によって発火することはないことから，航空機墜落による火災との重畳火災を考慮する危険物タンクは，航空機落下位置より外側の軽油タンクとする。<br>6号炉では，航空機落下確率が$10^{-7}$[回/炉・年]以上となる範囲にある危険物タンクは5号炉の軽油タンクとなる。7号炉では，航空機落下確率が$10^{-7}$[回/炉・年]以上となる範囲にある危険物タンクは5号炉及び6号炉の軽油タンクとなる。<br>6号炉に対する影響評価を考えると，5号炉軽油タンクは海側に設置されており，小型軍用航空機，小型民間航空機及び大型軍用航空機が5号炉軽油タンク位置に航空機が落下したとしても，6号炉の原子炉建屋及びコントロール建屋への輻射熱はタービン建屋により遮蔽されるため影響はない。ただし，6号炉タービン建屋１階の非常用電気品室は，5号炉軽油タンクの熱影響を受ける位置にあることから，燃料積載量・燃料タンク投影面積が大きい大型軍用航空機(KC-767)が5号炉軽油タンク周辺に落下し，5号炉軽油タンク2台火災と航空機墜落による火災が重畳した場合の熱影響評価を実施する。なお，航空機落下位置は，航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が10-7[回/炉・年]となる位置とする。<br>7号炉に対する影響評価を考えると，5号炉軽油タンクは海 | 5.7　航空機墜落火災と危険物貯蔵施設等の火災の重畳評価<br>(1)　重畳評価で想定するケースの検討<br>航空機墜落火災と危険物貯蔵施設等の火災による重畳評価を実施した。<br>航空機墜落火災として想定する機種は，5.3，5.4，5.5の評価結果より，最も熱影響が大きいＦ－１５とする。<br>危険物貯蔵施設等の火災として想定する設備は，Ｆ－１５の墜落火災想定位置近傍にある溶融炉灯油タンクと主要変圧器とする。<br>重畳評価で想定するケースを第5.7-1表に，航空機墜落位置と危険物貯蔵施設等の位置を第5.7-1図に示す。<br><br>第5.7-1表　重畳評価で想定するケース<br><br>想定ｹｰｽ / 評価対象施設<br>溶融炉灯油ﾀﾝｸ及びF-15 / 原子炉建屋<br>溶融炉灯油ﾀﾝｸ及びF-15 / ﾀｰﾋﾞﾝ建屋<br>溶融炉灯油ﾀﾝｸ及びF-15 / 主排気筒<br>溶融炉灯油ﾀﾝｸ及びF-15 / 残留熱除去系海水系ﾎﾟﾝﾌﾟ<br>溶融炉灯油ﾀﾝｸ及びF-15 / 非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機(高圧炉心ｽﾌﾟﾚｲ系ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機を含む。)用海水ﾎﾟﾝﾌﾟ<br>主要変圧器及びF-15 / ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 | (12)航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳<br>ａ.重畳する危険物タンクの選定<br>航空機墜落による火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物タンクを検討する。<br>航空機落下確率が $10^{-7}$［回/炉･年］となる航空機落下位置とその周辺の危険物施設位置を第 2-6 図に示す。航空機落下位置を踏まえると，航空機墜落による火災によって発火する可能性のある危険物タンクはないが，ガスタービン発電機用軽油タンクとの重畳を考慮し熱影響評価を実施する。<br>なお，航空機落下位置は，航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が $10^{-7}$［回/炉･年］となる位置とし，また，想定する航空機は，燃料積載量・燃料タンク投影面積が大きい B747-400 とする。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>島根２号炉は，航空機の落下想定範囲と重畳するタンクはないが，ガスタービン発電機用軽油タンクとの重畳を想定 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 側に設置されており，大型民間航空機が5号炉軽油タンクに落下したとしても，7号炉の原子炉建屋，コントロール建屋及びタービン建屋１階の非常用電気品室は6号炉タービン建屋により輻射熱が遮られることから影響はない。6号炉軽油タンクは山側に設置されていることから，小型軍用航空機(AH-1S)が6号炉軽油タンク周辺に落下し，6号炉軽油タンク2台火災と航空機墜落による火災が重畳した場合の熱影響評価を実施する。<br>　なお，航空機落下位置は，航空機墜落による火災の影響が最も厳しくなるよう落下確率が10-7[回/炉・年]となる位置とする。<br> <br>第 2-7 図　航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置（6 号炉）<br> <br>第 2-8 図　航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置（7 号炉） |  <br>第 5.7-1 図　航空機墜落位置と危険物貯蔵施設等の位置 |  <br>第2-6図　航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置 | |

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

b. 6号炉に対する影響評価（5号炉軽油タンク火災との重畳）

(a) 6号炉タービン建屋非常用電気品室の外壁面温度評価

評価に必要なデータは以下のとおり。

第 2-18 表　軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

| 6 号炉タービン建屋 1F　非常用電気品室評価 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 5 号炉南側<br>軽油タンク | 5 号炉北側<br>軽油タンク | 大型軍用航空機<br>(KC-767) |
| 燃料の種類 | 軽油 | 軽油 | JP-4 |
| 燃料量[$m^3$] | 344 | 344 | 145.03 |
| 輻射発散度[$W/m^2$] | $42\times10^3$ | $42\times10^3$ | $58\times10^3$ |
| 燃焼速度[m/s] | $4.79\times10^{-5}$ | $4.79\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 燃焼面積[$m^2$] | 185 | 193 | 281 |
| 燃焼半径[m] | 7.68 | 7.85 | 9.45 |
| タービン建屋までの距離[m] | 91 | 120 | 67 |
| 燃焼継続時間[hour] | 10.74 | 10.30 | 2.14 |

次の式から形態係数を算出する。

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

ただし，　$m=\frac{H}{R}\cong3, n=\frac{L}{R}, A=(1+n)^2+m^2, B=(1-n)^2+m^2$

$\phi$ ：形態係数，L：離隔距離[m]，H：火炎高さ[m]，

R：燃焼半径[m]

第 2-19 表　　形態係数の算出結果

| 6 号炉タービン建屋 1F　非常用電気品室評価 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 5 号炉南側<br>軽油タンク | 5 号炉北側<br>軽油タンク | 大型軍用航空機<br>(KC-767) |
| タービン建屋までの距離[m] | 91 | 120 | 67 |
| 燃焼半径[m] | 7.68 | 7.85 | 9.45 |
| 形態係数 | 0.0138238 | 0.0083052 | 0.0292795 |

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

(2)　評価に必要となるデータ

第 5.7-2 表　重畳評価に必要となるデータ

| 火災源 | 燃料の種類 | 燃料量($m^3$) | 輻射発散度(kW／$m^2$) | 燃焼面積($m^2$) | 燃焼半径(m) | 燃焼継続時間(s) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 溶融炉灯油ﾀﾝｸ | 灯油 | 10 | 50 | 19.36 | 2.483 | 11,008 |
| 主要変圧器 | 絶縁油 | 136 | 23 | 97 | 5.6 | 36,131 |
| F-15 | JP-4 | 14.87 | 58 | 44.6 | 3.8 | 4,968 |

以下の式から形態係数及び輻射強度を算出した。

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

ただし　$m=\frac{H}{R}\fallingdotseq3$，$n=\frac{L}{R}$，$A=(1+n)^2+m^2$，$B=(1-n)^2+m^2$

Φ：形態係数，L：離隔距離(m)，H：炎の高さ(m)，R：燃焼半径(m)

E＝R f ・Φ

E：輻射強度(W／$m^2$)，R f ：輻射発散度(W／$m^2$)，Φ：形態係数(-)

第 5.7-3 表　形態係数の算出結果

| 火災源 | 評価対象施設 | 対象までの離隔距離(m) | 形態係数(-) | 輻射強度 E(W／$m^2$) |
|---|---|---|---|---|
| 溶融炉灯油ﾀﾝｸ | 原子炉建屋 | 45 | $5.9639\times10^{-3}$ | 298.20 |
| | ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 | 77 | $2.0248\times10^{-3}$ | 101.24 |
| | 主排気筒 | 21 | $2.6826\times10^{-2}$ | 1343.13 |
| | 残留熱除去系海水系ﾎﾟﾝﾌﾟ | 185 | $3.4734\times10^{-4}$ | 17.37 |
| | 非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機(高圧炉心ｽﾌﾟﾚｲ系ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機を含む。)用海水ﾎﾟﾝﾌﾟ | 185 | $3.4734\times10^{-4}$ | 17.37 |
| 主要変圧器 | ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 | 22 | $1.0160\times10^{-1}$ | 2,336.84 |
| F-15 | 全対象 | 22 | $5.3368\times10^{-2}$ | 3,095.33 |

## 島根原子力発電所　２号炉

b．原子炉建物に対する影響評価

(a)　原子炉建物の外壁面温度評価

評価に必要なデータは以下のとおり。

第2-19表　ガスタービン発電機用軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

| 項目 | 大型民間航空機 | 敷地内危険物施設 |
|---|---|---|
| | B747-400 | ガスタービン発電機用軽油タンク |
| 燃料の種類 | JET A-1 | 軽油 |
| 燃料量[$m^3$] | 216.84 | 560 |
| 輻射発散度[$W/m^2$] | $50\times10^3$ | $42\times10^3$ |
| 燃焼速度[m/s] | $4.64\times10^{-5}$ | $4.79\times10^{-5}$ |
| 燃料面積[$m^2$] | 700 | 302.7 |
| 原子炉建物からの距離[m] | 108 | 329 |
| 燃焼継続時間[h] | 1.86 | 10.73 |

次の式から形態係数を算出した。

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

ただし，$m=\frac{H}{R}\cong3, n=\frac{L}{R}, A=(1+n)^2+m^2, B=(1-n)^2+m^2$

Φ：形態係数，L：離隔距離[m]，H：火炎高さ[m]，

R：燃焼半径[m]

第 2-20 表　形態係数の算出結果

| 項目 | B747-400 | ガスタービン発電機用軽油タンク |
|---|---|---|
| 離隔距離[m] | 108 | 329 |
| 燃焼半径[m] | 14.93 | 9.82 |
| 形態係数 | $3.61\times10^{-2}$ | $1.73\times10^{-3}$ |

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 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 度に形態係数をかけた値となる。次式から輻射強度を算出する。<br>E＝Rf×φ<br>E：輻射強度，Rf：輻射発散度，φ：形態係数<br><br>第 2-20 表　　輻射強度の算出結果<br>6 号炉タービン建屋 1F　非常用電気品室評価<br>項目 / 5 号炉南側 軽油タンク / 5 号炉北側 軽油タンク / 大型軍用航空機 (KC-767)<br>輻射発散度[W/m²] / 42×10³ / 42×10³ / 58×10³<br>形態係数 / 0.0138238 / 0.0083052 / 0.0292795<br>輻射強度[W/m²] / 580.6 / 348.8 / 1698.2<br><br>ここで重畳を考慮した場合，航空機墜落による火災と同時に軽油タンクが延焼する場合は輻射強度が大きくなり，航空機が落下後時間をおいて軽油タンクが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから，それらを包絡するように，評価を実施する（第2-9図）。<br><br>航空機と軽油タンクが同時に延焼する場合の輻射強度Eは，以下のとおり。<br>E＝（580.6（5号炉南側軽油タンク）＋348.8（5号炉北側軽油タンク）＋1698.2（大型軍用航空機））　E＝2627.6[W/m²]<br><br>航空機が落下後時間をおいて軽油タンクが発火する場合の最大の燃焼継続時間tは，以下のとおり。<br>t＝10.74（5号炉南側軽油タンク）＋ 10.30（5号炉北側軽油タンク）＋ 2.14（大型軍用航空機）　t＝23.18[時間] | | 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かけた値となる。次式から輻射強度を算出する。<br>$E = Rf \cdot \phi$<br>E:輻射強度，Rf:輻射発散度，Φ:形態係数<br><br>第2-21表　輻射強度の算出結果<br>項目 / B747-400 / ガスタービン発電機用 軽油タンク<br>輻射発散度[W/m²] / 50×10³ / 42×10³<br>形態係数 / 3.61×10⁻² / 1.73×10⁻³<br>輻射強度[W/m²] / 1,804.8 / 72.8<br><br>ここで重畳を考慮した場合，航空機墜落による火災と同時にガスタービン発電機用軽油タンクが延焼する場合は輻射強度が大きくなり，航空機が落下後時間をおいてガスタービン発電機用軽油タンクが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから，各ケースについて評価を実施する。<br>ケース１：航空機とガスタービン発電機用軽油タンクが同時に発生する場合<br>ケース２:航空機の燃料が半分となった時点でガスタービン発電機用軽油タンクの火災が発生する場合<br>ケース３：航空機火災が終了直後にガスタービン発電機用軽油タンクの火災が発生する場合<br><br>航空機とガスタービン発電機用軽油タンクが同時に延焼する場合の輻射強度Ｅは，以下のとおり。<br>Ｅ＝1,804.8＋72.8<br>＝1,877.6[W/m²]<br><br>航空機が落下後時間をおいてガスタービン発電機用軽油タンクが発火する場合の最大の燃焼継続時間ｔは，以下のとおり。<br>ｔ＝1.86＋10.73<br>＝12.59[時間] | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は，重畳を複数ケースを想定し，影響評価を実施 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(3)　評価結果

重畳評価で想定される輻射強度及び燃焼継続時間を用いて，以下の式から評価温度を算出した。ただし，建屋表面温度が許容温度である 200℃を超える場合には，周囲への放熱を考慮した式を算出する。なお，現実的に起こり得る放熱量を上回ることがないよう，放熱量が低くなる保守的な条件を設定した。

・建屋（原子炉建屋，海水ポンプ室及びタービン建屋）に係る評価式

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

放熱なしの場合：$-k \frac{\partial T}{\partial x} = E \quad (x=0)$

放熱なしの場合：$-k \frac{\partial T}{\partial x} = E - h\left(T - T_0\right) \quad (x=0)$

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

Ｔ：許容温度(200℃)，Ｅ：輻射強度(W／$m^2$)

$T_0$：初期温度(50℃)※1，

ｈ：熱伝達率(17W／$m^2$／K)※2

$\rho$：密度（2,400kg／$m^3$），

ｋ：熱伝導率（1.63W／m／K）

$C_p$：比熱（880J／kg／K），Ｌ：厚さ（m）

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

※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／$m^2$／K を用いる。）

・主排気筒に係る評価式

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

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

Ｔ：許容温度(325℃)，$T_0$：初期温度(50℃)※1

Ｅ：輻射強度(W／$m^2$)，ｈ：熱伝達率(17W／$m^2$／K)※2

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

※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／$m^2$／K を用いる。）

・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。）用海水ポンプに係る評価式

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

Ｔ：評価温度(℃)，$T_0$：初期温度(39℃)※1，

Ｅ：輻射強度(W／$m^2$)，

Ｇ：重量流量(kg／s)，Ａ：輻射を受ける面積($m^2$)

$C_p$：空気比熱(1,007J／kg／K)，

ΔＴ：構造物を介した温度上昇（5℃）※2

※１　水戸地方気象台で観測された過去最高気温 38.4℃に保守性を持たせた値

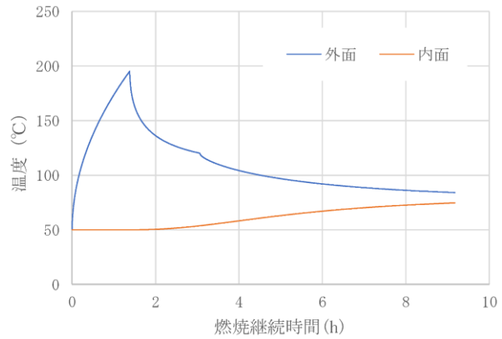
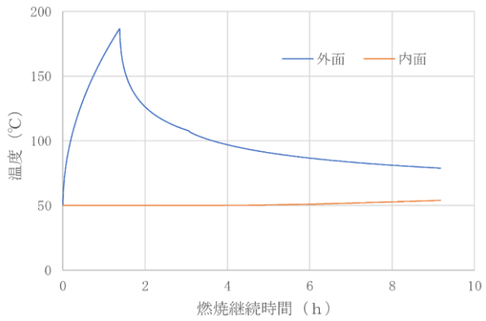
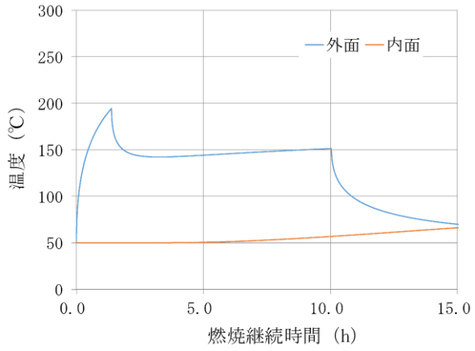
※２　構造物を介した冷却空気の温度上昇（$\Delta T_b$＝2.2℃）を包絡する 5℃に設定

この結果，第 5.7-4 表に示すとおり，どのケースにおいても許容温度を下回ることを確認した。

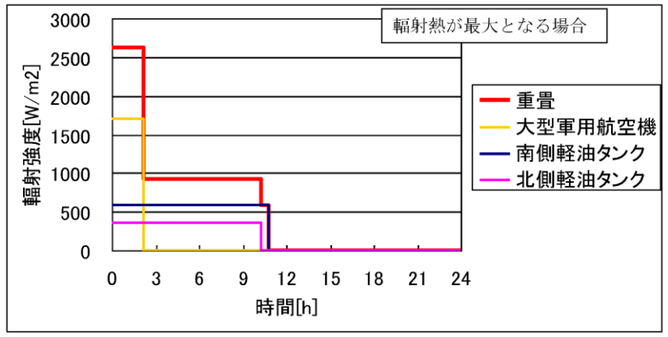
第 5.7-4 表　重畳評価結果

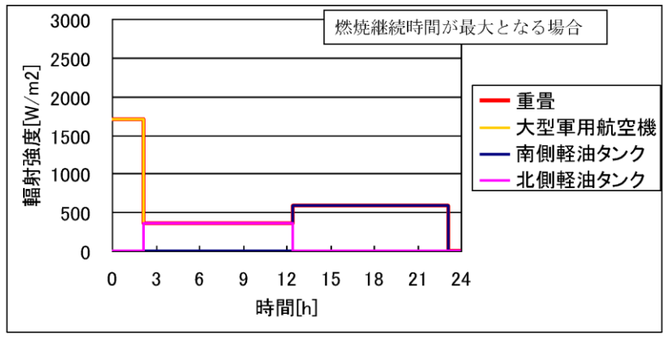
| 重畳評価の想定ｹｰｽ | 評価対象施設 | 評価温度(℃) | 許容温度(℃) |
|---|---|---|---|
| 溶融炉灯油ﾀﾝｸ及びF-15 | 原子炉建屋 | 196 | ＜200 |
| | ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 | 187 | |
| | 主排気筒 | 181 | ＜325 |
| | 残留熱除去系海水系ﾎﾟﾝﾌﾟ | 59 | ＜70 |
| | 非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機（高圧炉心ｽﾌﾟﾚｲ系ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機を含む。）用海水ﾎﾟﾝﾌﾟ | 51 | ＜60 |
| 主要変圧器及びF-15 | ﾀｰﾋﾞﾝ建屋 | 195※ | ＜200 |

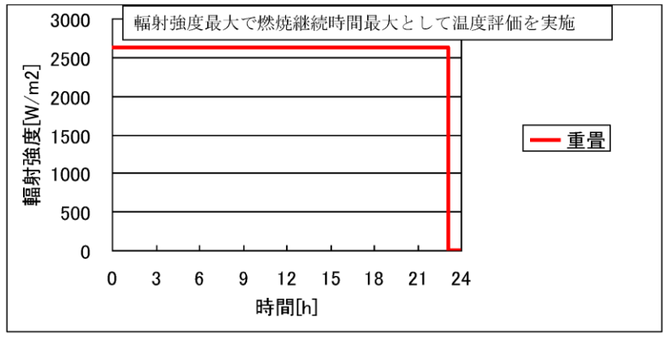
※　放熱なしの条件では許容温度を上回るため，放熱を考慮して評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| |  <br>第 5.7-2 図　航空機火災と溶融炉灯油タンク火災の重畳評価結果<br>（対象：原子炉建屋）<br><br>  <br>第 5.7-3 図　航空機火災と溶融炉灯油タンク火災の重畳評価結果<br>（対象：タービン建屋）<br><br>  <br>第 5.7-4 図　航空機火災と主要変圧器火災の重畳評価結果<br>（対象：タービン建屋） | |

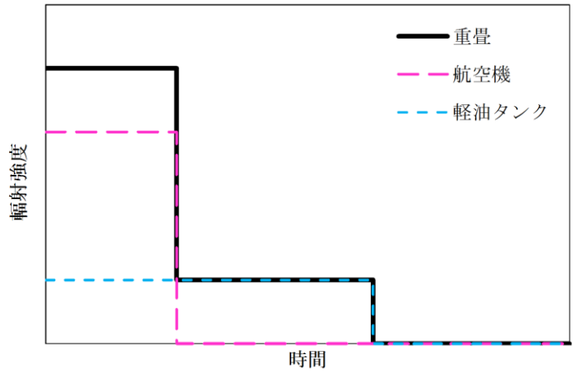
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



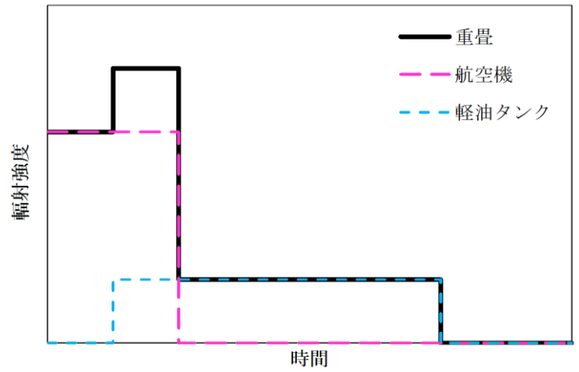



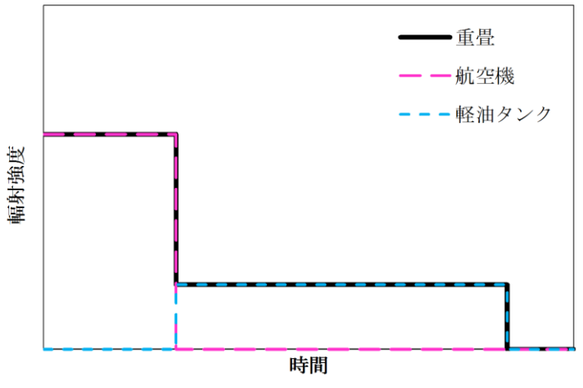

第 2-9 図　重畳を考慮した場合の輻射強度及び燃焼継続時間の関係




（ケース１）



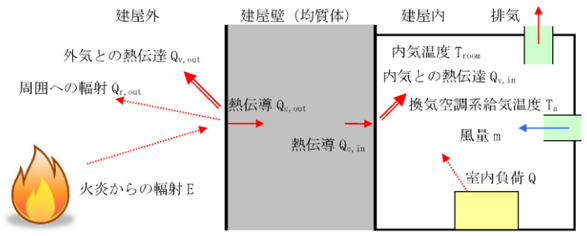
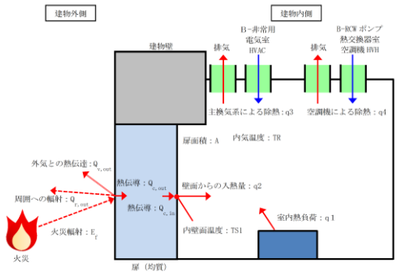

（ケース２）

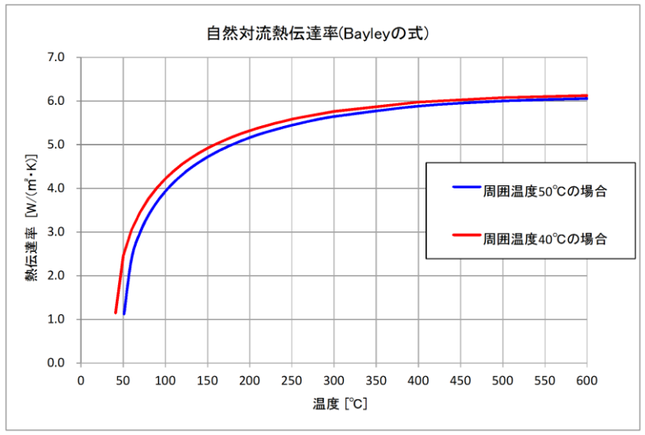



（ケース３）

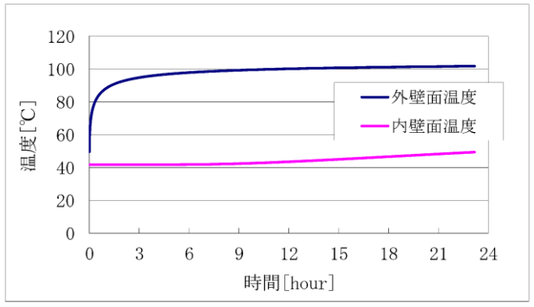
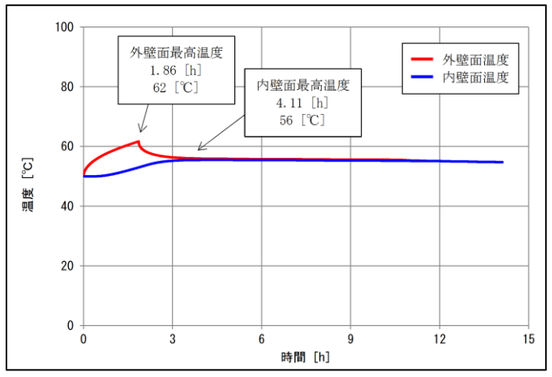
第2-7図　重畳を考慮した場合の輻射強度及び燃焼継続時間の関係

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で発電用原子炉施設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より，コンクリートの表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。<br>$\frac{dT}{dt}=\alpha\frac{d^2T}{dx^2}$<br>T：温度，t ：時刻，x ：建物壁内における外壁面からの距離，α：熱拡散率<br><br>第 2-21 表　　建屋外壁面の温度評価結果<br>6 号炉タービン建屋 1F　非常用電気品室評価（建屋外壁面温度）<br>項目：危険物タンクと航空機の重畳<br>輻射強度[W/m²]：2627.6（＝580.6＋348.8＋1698.2）<br>燃焼継続時間[hour]：23.18（＝10.74＋10.30＋2.14）<br>表面温度[℃]：102<br>評価の結果，表面温度は102℃となり，許容限界温度を下回ることから，　熱影響はない。 | | 火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で発電用原子炉施設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より，コンクリートの表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。<br>$\frac{dT}{dt}=\kappa\frac{d^2T}{dx^2}$<br>T:温度，t:時刻，x:建物壁内における外壁面からの距離，κ:熱拡散率<br><br>第2-22表　原子炉建物外壁の温度評価結果<br>項目：ケース１：ケース２：ケース３<br>輻射強度[W/m²]：1,877.6(最大)：1,877.6(最大)：1,804.8（最大）<br>燃焼継続時間[h]：10.73：11.66：12.59<br>表面温度[℃]：109：108：107<br>評価の結果，表面温度は最大109℃となり，許容限界温度を下回ることから，熱影響はない。<br><br>(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<br>発電用原子炉施設の外壁に設置されている機器（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。<br><br>ａ．評価対象範囲<br>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。<br>・扉<br>・ルーバ（換気空調設備の給・排気口）<br>・配管貫通部<br>・ブローアウトパネル<br>なお，複数設置されているこれらの機器のうち，最も影響を受ける位置（開口面積が大きく，火災源に近く，機器本体だけでなく建物内部へ熱影響が及ぶ可能性のある位置にあるもの）を評価対象とする。 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (b)6号炉タービン建屋非常用電気品室の内気温度評価<br>火災が発生した時間から，燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で発電用原子炉施設が昇温されるものとして，内壁の温度上昇に伴う内気 温度の上昇から，非常用電気品室内に設置している機器等への影響につい て評価する。<br><br>以下に概念図を示す。<br>  <br><br>第 2-10 図　　伝熱の概念図 | | b．扉の火災影響評価<br>（ａ）評価対象<br>扉のうち，原子炉建物外壁面の設置状況を踏まえて，扉内側の機器の設置状況を考慮し，最も熱影響を受ける位置（開口面積が大きく，火災源に近く，機器本体だけでなく建物内部へ熱影響が及ぶ可能性のある位置）にある原子炉補機冷却水ポンプ及び熱交換器が設置されている部屋の外扉を評価対象とする。<br><br>（ｂ）想定の条件<br>・扉の構造材（均質体）は，保守的に，扉外面の最も熱影響を受けやすい金属とする。<br>・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する。<br><br>以下に概念図を示す。<br>  <br><br>第2-8図　評価方法（概念図） | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は，軽油タンクに近く，内部への影響も考慮し，室内に原子炉補機冷却水ポンプ及び熱交換器が設置されている外扉を評価対象として影響評価を実施<br><br>・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉では，室内の空気は出入りがない条件として評価を実施 |

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>
評価に必要なパラメータを示す。<br><br>
第 2-22 表　　航空機火災影響評価に必要なパラメータ<br>
<table>
<tr><td>項目</td><td>パラメータ</td><td>備考</td></tr>
<tr><td>外気温度[℃]</td><td>50 ℃</td><td>日射の影響を考慮し設定</td></tr>
<tr><td>外壁面熱伝達率[W/m$^2$K]</td><td>34.883</td><td>コンクリートの外壁面熱伝達率</td></tr>
<tr><td>内壁面熱伝達率[W/m$^2$K]</td><td>3.4883</td><td>コンクリートの内壁面熱伝達率</td></tr>
<tr><td>壁の熱伝導率[W/mK]</td><td>1.6279</td><td>コンクリートの熱伝導率</td></tr>
<tr><td>熱拡散率[m$^2$/s]</td><td>$8.42\times10^{-7}$</td><td>コンクリートの熱拡散率</td></tr>
<tr><td>壁厚[m]</td><td>0.6</td><td>－</td></tr>
</table>
<br>
以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，外壁及び内壁面温度を求める。<br>
$$\frac{dT}{dt}=\alpha\frac{d^2T}{dx^2}$$
T：温度，ｔ　：時刻，<br>
ｘ　：建物壁内における外壁面からの距離，α：熱拡散率
</td>
<td></td>
<td>
（ｃ）必要データ<br>
評価に必要なパラメータを示す。<br><br>
第2-23表 航空機火災影響評価に必要なパラメータ<br>
<table>
<tr><td>項目</td><td>パラメータ</td><td>備考</td></tr>
<tr><td>外気温度[℃]</td><td>50</td><td>日射の影響を考慮し設定</td></tr>
<tr><td>内気温度[℃]</td><td>40</td><td>設計室温</td></tr>
<tr><td>壁面熱伝達率[W/m$^2$K]</td><td>第 2-9 図参照</td><td>周囲温度 40℃及び 50℃の場合の自然対流熱伝達率(Bayley の式)</td></tr>
<tr><td>扉の熱伝導率[W/mK]</td><td>45.1</td><td>鋼材の熱伝導率</td></tr>
<tr><td>扉厚[m]</td><td></td><td>―</td></tr>
<tr><td>外面放射率[－]</td><td>0.9</td><td>伝熱工学資料第５版</td></tr>
<tr><td>内面放射率[－]</td><td>0</td><td>輻射放熱はゼロとする</td></tr>
<tr><td>熱拡散率[m$^2$/s]</td><td>$1.2494\times10^{-5}$</td><td>鋼材の熱拡散率</td></tr>
<tr><td>シュテファン・ボルツマン定数[W/(m$^2$・K$^4$)]</td><td>$5.67\times10^{-8}$</td><td>伝熱工学資料第５版</td></tr>
</table>
<br>


<br>
第2-9図　熱伝達率（自然対流熱伝達率Bayleyの式（40℃及び50℃））<br><br>
（ｄ）評価結果<br>
以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，外壁及び内壁面温度を求める。<br>
$$\frac{dT}{dt}=\kappa\frac{d^2T}{dx^2}$$
T:温度，t:時刻，x:建物壁内における外壁面からの距離，<br>
$\kappa$ :熱拡散率
</td>
<td></td>
</tr>
</table>

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。<br><br>$Q_{v,in} = h_{in} A(T_{in} - T_{room})$<br><br>$h_{in}$：内壁面熱伝達率，A：内壁の表面積，$T_{in}$：内壁面温度，$T_{room}$：内気温度<br>内気温度は，火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し，次式で求める。<br><br>$T_{room} = \frac{Q + Q_{v,in}}{m \rho C} + T_a$<br><br>Q：室内負荷，m：風量，$\rho$：空気密度 C:空気比熱，$T_a$：換気空調系給気温度<br><br>以下に評価結果を示す。<br>  <br><br>第 2-11 図　　外壁及び内壁面温度（発火～鎮火時） | | 外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。<br>q2＝α1×A×(TS1-TR)<br><br>q2：壁面からの入熱量[W]，α1：内壁面熱伝達率[W/m²K]，A:扉面積[m²]，TS1:内壁面温度[℃]，TR:内気温度[℃]<br>内気温度は，火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調設備による除熱を考慮し，次式で求める。<br><br>$q1 + q2 = q3 + q4$<br><br>q1：室内熱負荷[W]，q2：壁面からの入熱量[W]，<br>q3：主換気系による除熱[W]，q4：空調機による除熱[W]<br><br>以下に評価結果を示す。<br>  <br><br>第2-10図　外壁及び内壁面温度 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>地域特性を踏まえた評価条件に伴う評価式の相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2-23 表　　非常用電気品室の温度評価結果

| 6 号炉タービン建屋非常用電気品室評価（鎮火時） | |
|---|---|
| 項目 | 危険物タンクと航空機の重畳 |
| 輻射強度[W/m²] | 2627.6（＝580.6＋348.8＋1698.2） |
| 燃焼継続時間[hour] | 23.18（＝10.74＋10.30＋2.14） |
| 外壁面温度[℃] | 102 |
| 内壁面温度[℃] | 50 |
| 内気温度[℃] | 38 |
| 許容温度[℃] | 40※ |

※：室内の電気設備（パワーセンター，モータコントロールセンター）の最高使用温度

第2-24表　建物内気温度の評価結果

| 項目 | 危険物タンクと航空機の重畳 |
|---|---|
| 輻射強度［W/m²］ | 1,877.6（最大） |
| 燃焼継続時間[h] | 10.73 |
| 外壁面温度[℃] | 62 |
| 内壁面温度[℃] | 56 |
| 内気温度[℃] | 40 |
| 許容温度[℃] | 45 |

ｃ．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，火災源から最も近く，輻射強度が最も大きくなる原子炉建物外壁のルーバを対象とする。

（ｂ）想定の条件

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する。

（ｃ）判断の考え方

ルーバの許容温度は，火災時における短期温度上昇を考慮した場合において，鋼材の強度が維持される保守的な温度 325℃とする。

（ｄ）評価結果

一定の輻射強度でルーバが昇温されるものとして，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ルーバ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。

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

$T_0$：初期温度[50℃]，E：輻射強度[1,909.1W/m²]，
ε：吸収率[0.9]※1，h：熱伝達率[17W/m²K]※2

※1：伝熱工学資料，※2：空気調和・衛生工学便覧

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

評価結果を第 2-25 表に示す。

対象のルーバ表面の最大温度を求め，許容温度以下であることを確認したことから，ルーバの強度への影響はない。

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，航空機火災時は，熱気流を考慮し，状況に応じて空調の停止措置等を講じることから，建物内への影響はない。

第 2-25 表　ルーバの評価温度

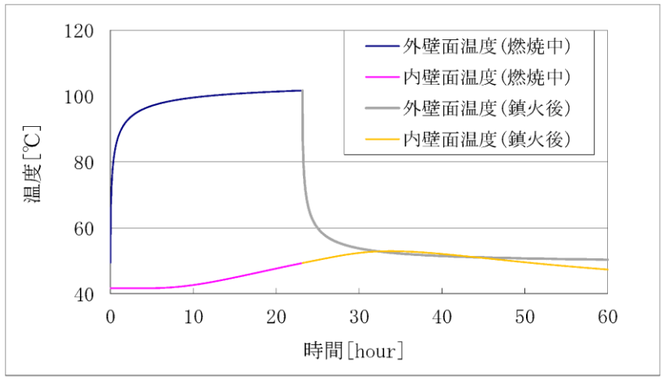
| 想定火災源 | 評価温度[℃] | 許容温度[℃] |
|---|---|---|
| 危険物タンクと航空機の重畳 | 100 | 325 |

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，建物外壁の火災影響評価に包絡される。

ｅ．ブローアウトパネルの火災影響評価について

ブローアウトパネルは，原子炉建物北側に２箇所設置されているが，離隔距離が原子炉建物外壁面の扉より遠いことから，扉の火災影響評価に包絡される。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 6号炉タービン建屋非常用電気品室は，後述の7号炉コントロール建屋に対して，輻射強度，燃焼継続時間等の評価条件が厳しいことから，鎮火後の内気温度についても評価を実施する。<br><br>以下に評価結果を示す。<br><br>  <br><br>第 2-12 図　　外壁及び内壁面温度（発火～鎮火後）<br><br>第 2-24 表　　非常用電気品室の温度評価結果<br><br>6 号炉タービン建屋非常用電気品室評価（鎮火後）<br>項目：危険物タンクと航空機の重畳<br>時間：鎮火から 33.8 時間後<br>外壁面温度[℃]：53<br>内壁面温度[℃]：53<br>内気温度[℃]：38<br>許容温度[℃]：40※<br>※：室内の電気設備（パワーセンター，モータコントロールセンター）の最高使用温度<br><br>評価の結果，内気温度は鎮火から33.8時間後に38℃（最大値）まで上昇するが，室内の電気設備（パワーセンター，モータコントロールセンター）の最高使用温度40℃を下回ることを確認した。<br><br>c．7号炉に対する影響評価（6号炉軽油タンク火災との重畳）<br>(a)7号炉コントロール建屋の外壁面温度評価<br>評価に必要なデータは以下のとおり。 | | | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7】<br>評価対象施設の相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2-25 表　　軽油タンク火災影響評価に必要なデータ

| 7 号炉コントロール建屋評価 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 6 号炉西側<br>軽油タンク | 6 号炉東側<br>軽油タンク | 小型軍用航空<br>機(AH-1S) |
| 燃料の種類 | 軽油 | 軽油 | JP-4 |
| 燃料量[m³] | 565 | 565 | 0.98 |
| 輻射発散度[W/m²] | $42\times10^{3}$ | $42\times10^{3}$ | $58\times10^{3}$ |
| 燃焼速度[m/s] | $4.79\times10^{-5}$ | $4.79\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 燃焼面積[m²] | 289 | 289 | 12 |
| 燃焼半径[m] | 9.59 | 9.59 | 1.95 |
| コントロール建屋までの距離[m] | 100 | 109 | 116 |
| 燃焼継続時間[hour] | 11.33 | 11.33 | 0.34 |

次の式から形態係数を算出する。

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

ただし，　$m=\frac{H}{D}\cong3, n=\frac{L}{D}, A=(1+n)^2+m^2, B=(1-n)^2+m^2$

$\phi$：形態係数，L：離隔距離[m]，H：火炎高さ[m]，R：燃焼半径[m]

第 2-26 表　　形態係数の算出結果

| 7 号炉コントロール建屋評価 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 6 号炉西側<br>軽油タンク | 6 号炉東側<br>軽油タンク | 小型軍用航空<br>機(AH-1S) |
| コントロール建屋までの距離[m] | 100 | 109 | 116 |
| 燃焼半径[m] | 9.59 | 9.59 | 1.95 |
| 形態係数 | 0.0179039 | 0.0149786 | 0.0005303 |

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かけた値となる。次式から輻射強度を算出する。

E＝Rf×$\phi$

E：輻射強度，Rf：輻射発散度，$\phi$：形態係数

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2-27 表　　輻射強度の算出結果

| 7 号炉コントロール建屋評価 | | | |
|---|---|---|---|
| 項目 | 6 号炉西側<br>軽油タンク | 6 号炉東側<br>軽油タンク | 小型軍用航空<br>機(AH-1S) |
| 輻射発散度[W/m$^2$] | $42\times10^3$ | $42\times10^3$ | $58\times10^3$ |
| 形態係数 | 0.0179039 | 0.0149786 | 0.0005303 |
| 輻射強度[W/m$^2$] | 751.9 | 629.1 | 30.7 |

ここで重畳を考慮した場合，航空機墜落による火災と同時に軽油タンクが延焼する場合は輻射強度が大きくなり，航空機が落下後時間をおいて軽油タンクが発火する場合は燃焼継続時間が大きくなることから，それらを包絡するように，評価を実施する（第2-13図）。

航空機と軽油タンクが同時に延焼する場合の輻射強度Eは，以下のとおり。

E＝(752.0 （6号炉西側軽油タンク）＋629.1 （6号炉東側軽油タンク）＋30.8（小型軍用航空機))

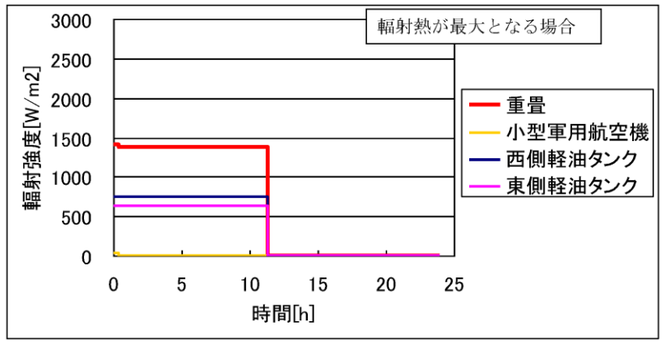
E＝1411.9［W/m$^2$］

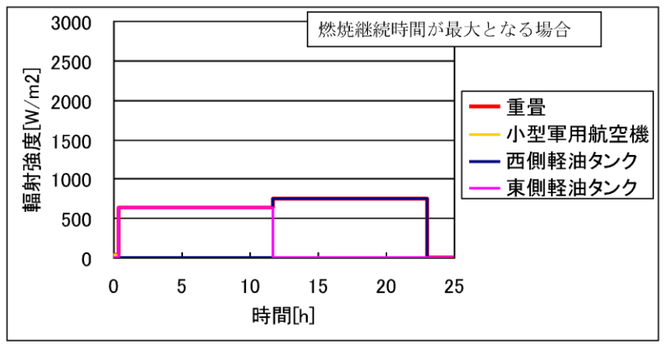
航空機が落下後時間をおいて軽油タンクが発火する場合の最大の燃焼継続時間tは，以下のとおり。

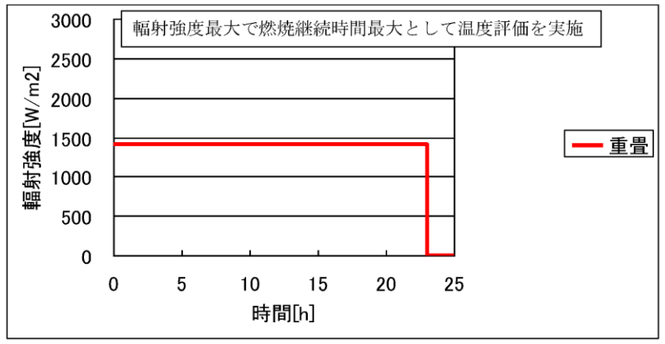
t＝11.33（6号炉西側軽油タンク）＋ 11.33（6号炉東側軽油タンク）＋ 0.34（小型軍用航空機）

t＝23.00[時間]

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 2-13 図　　重畳を考慮した場合の輻射強度及び燃焼継続時間の関係

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で発電用原子炉施設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より，コンクリートの表面の温度上昇を求め，コンクリートの表面温度が許容限界温度以下であるか評価を実施する。

$$\frac{dT}{dt}=\alpha\frac{d^2T}{dx^2}$$

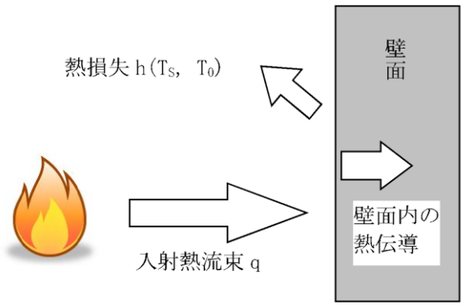
T：温度，t　：時刻，x　：建物壁内における外壁面からの距離，

α：熱拡散率

第 2-28 表　　建屋外壁面の温度評価結果

| 7 号炉コントロール建屋評価（建屋外壁面温度） | |
|---|---|
| 項目 | 危険物タンクと航空機の重畳 |
| 輻射強度[W/m²] | 1411.9　（＝752.0＋629.1＋30.8） |
| 燃焼継続時間[hour] | 23.00（＝11.33＋11.33＋0.34） |
| 表面温度[℃] | 78 |

評価の結果，表面温度は78℃となり，許容限界温度を下回ることから，　熱影響はない。



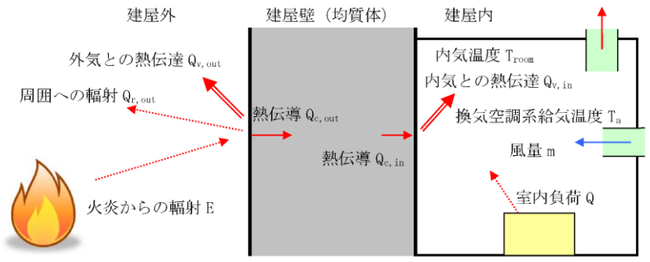

第 2-14 図　　建屋温度評価体系図

(b)7号炉コントロール建屋の内気温度評価

火災が発生した時間から，燃料が燃え尽きるまでの間，一定の輻射強度で発電用原子炉施設が昇温されるものとして，内壁の温度上昇を求め，コントロール建屋に設置している機器等への影響について評価する。評価対象エリアは，壁厚が最も薄いエリアを選定する。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

以下に概念図を示す。




第 2-15 図　　伝熱の概念図

評価に必要なパラメータを示す。

第 2-29 表　　航空機火災影響評価に必要なパラメータ

| 項目 | パラメータ | 備考 |
|---|---|---|
| 外気温度[℃] | 50 | 日射の影響を考慮し設定 |
| 外壁面熱伝達率[W/m$^2$K] | 34.883 | コンクリートの外壁面熱伝達率 |
| 内壁面熱伝達率[W/m$^2$K] | 3.4883 | コンクリートの内壁面熱伝達率 |
| 壁の熱伝導率[W/mK] | 1.6279 | コンクリートの熱伝導率 |
| 熱拡散率[m$^2$/s] | $8.42\times10^{-7}$ | コンクリートの熱拡散率 |
| 壁厚[m] | 0.5 | － |

以下の式に示す一次元非定常熱伝導方程式を用いて，外壁及び内壁面温度を求める。

$$\frac{dT}{dt}=\alpha\frac{d^2T}{dx^2}$$

T：温度，ｔ：時刻，ｘ：建物壁内における外壁面からの距離，α：熱拡 散率

外壁及び内壁面温度上昇に伴う熱負荷は次式で計算される。

$$Q_{v,in}=h_{in}A(T_{in}-T_{room})$$

$h_{in}$：内壁面熱伝達率，A：内壁の表面積，$T_{in}$：内壁面温度，$T_{room}$：内気温度

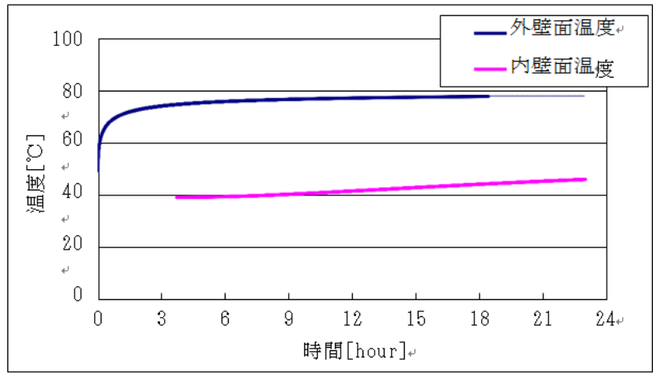
内気温度は，火災による内壁面温度上昇に伴う熱負荷と室内の熱負荷及び換気空調系による除熱を考慮し，次式で求める。

$$T_{room}=\frac{Q+Q_{v,in}}{m\,\rho\,C}+T_a$$

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

Q：室内負荷，m：風量，ρ：空気密度，C:空気比熱，$T_a$：換気空調系給 気温度

以下に評価結果を示す。




第 2-16 図　　外壁及び内壁面温度 第

2-30 表 建屋内気温度の評価結果

| 7 号炉コントロール建屋評価（建屋内気温度） | |
|---|---|
| 項目 | 危険物タンクと航空機の重畳 |
| 輻射強度[W/m²] | 1411.9（＝752.0＋629.1＋30.8） |
| 燃焼継続時間[hour] | 23.00（＝11.33＋11.33＋0.34） |
| 外壁面温度[℃] | 78 |
| 内壁面温度[℃] | 47 |
| 内気温度[℃] | 40 |
| 許容温度[℃] | 60※ |

※：室内の電気設備（ケーブル）の最高使用温度

出典：日本電線工業会規格　JCS 0168-1:2004　ケーブルの常時許容温度

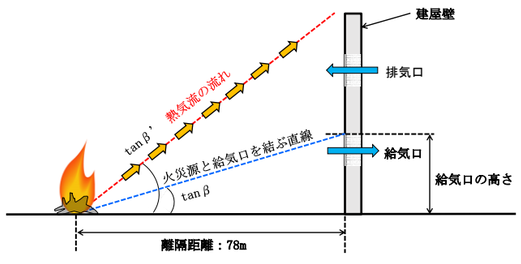
評価の結果，内気温度は40℃となり，ケーブル常時許容温度60℃を下回ることを確認した。

d. まとめ

6号炉の評価では外壁面は102℃，7号炉の評価では外壁面は78℃であり，許容限界温度を下回ることから，熱影響はないと評価する。また，6号炉の評価では内気温度は38 ℃，7号炉の評価では内気温度は40℃であり，室内の電気設備の許容温度を下回ることから，熱影響はないと評価する。

f．まとめ

評価の結果，内気温度は 40℃となり，室内の許容温度を下回ることから，熱影響はないと評価する。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (13) 火災による熱影響の有無の評価<br>以上の結果から，航空機墜落による火災が発生した場合を想定したとしても，外壁面の温度が許容限界温度，内気温度が許容温度を超えないことから，発電用原子炉施設に熱影響をおよぼすことはないと評価する。 | 5.8　航空機墜落火災からの熱気流による影響評価<br>安全重要度分類のクラス１，２設備が給気口のすぐ内側にある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。）吸気口及び使用済燃料乾式貯蔵建屋は，外部火災により発生する熱気流が周囲の風況の影響により建屋に向かうことが想定されるため，火災源から発生した熱気流が風により直接給気口から流入する事象を想定する。<br>評価の概念図を第 5.8-1 図に示す。火災による熱気流の主軸傾き角　（tanβ’）が，火災発生源と給気口とを結ぶ直線の傾き角（tanβ）より大きい場合は，熱気流は建屋上方へ拡散し建屋内空気温度への影響はないが，本評価においては保守的に熱気流が直接給気口に当たる場合（tanβ’=tanβ）を想定し，その際の風速を設定する。<br>現実的には発火点の位置や上昇気流，また気象条件の影響も考慮すれば火災からの熱気流が全て給気口に到達し流入することは考えにくいが，本評価においては保守的に火災源から発生する熱気流が直接給気口に流入するような風速を設定して評価した。<br>  <br><br>第 5.8-1 図　使用済燃料乾式貯蔵建屋の評価概念図 | (14)　火災による熱影響の有無の評価<br>以上の結果から，航空機墜落による火災が発生した場合を想定したとしても，外壁面の温度が許容限界温度を超えないこと及び内気温度が許容温度を超えないことから，発電用原子炉施設に熱影響を及ぼすことはないと評価する。 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

5.8.1　想定条件

・評価対象とする火災源は，最も近い位置で発生する航空機火災（対象航空機：Ｆ－１５）とした。

・離隔距離は，評価上厳しくなるよう，想定する火災源から評価対象施設の給気口まで最短となるよう設定した。

・熱気流の評価では，気象条件として有風状態を想定し，発生する熱気流が直接給気口に流入するような風速を設定した。

5.8.2　評価に必要となるデータの算出

(1)　火災源と給気口を結ぶ直線の傾き

以下の式から火災源と給気口を結ぶ直線の傾きを算出した。算出結果を第 5.8.2-1 表に示す。

$$\tan\beta = \frac{\text{給気口の高さ}}{\text{火災源から給気口までの水平距離}}$$

第 5.8.2-1 表　火災源と各対象の給気口を結ぶ直線の傾き

| 評価対象施設 | 給気口の高さ（m） | 火災源から給気口までの水平距離（m） | 傾き tanβ（rad） |
|---|---|---|---|
| 使用済燃料乾式貯蔵建屋 | 8.8 | 78 | 0.1 |
| 非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機（高圧炉心ｽﾌﾟﾚｲ系ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機を含む。）吸気口 | 4.9 | 24 | 0.2 |

(2)　熱源寸法

以下の式から熱源寸法を算出した。算出結果を第 5.8.2-2 表に示す。

$$D=2\sqrt{\frac{S}{\pi}}$$

Ｄ：熱源寸法（m）

Ｓ：航空機火災（Ｆ－１５）の燃焼面積(44.6m$^2$)

第 5.8.2-2 表　各対象の熱源寸法

| 火災源 | 熱源寸法Ｄ（m） |
|---|---|
| 航空機火災（Ｆ－１５） | 7.5 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(3)　発生熱量

以下の式から発生熱量を算出した。算出結果を第 5.8.2-3 表に示す。

$$Q = (1-\chi)\ \Delta H_{c,\ eff}\ S\ M$$

Ｑ：発生熱量（kW），χ：放射分率(0.05)

$\Delta H_{c,\ eff}$：発熱量(43,500kJ／kg)

Ｓ：航空機火災（Ｆ－１５）の燃焼面積(44.6m$^2$)

Ｍ：質量低下速度(kg／m$^2$／s)

第 5.8.2-3 表　想定する火災源の発生熱量

| 火災源 | 発生熱量Ｑ（kW） |
|---|---|
| 航空機火災<br>（Ｆ-１５） | $9.4\times10^4$ |

(4)　熱気流が直接給気口に流入する風速

以下の式を満たす熱気流が直接給気口に流入する風速を算出した。算出結果を第 5.8.2-4 表に示す。

$$\tan\beta = 0.37\Lambda^{-9/8}\mathrm{Fr}^{0.0975}$$

$$\Lambda = \frac{UD^{1/3}}{\left(Qg/C_p\rho T_0\right)^{1/3}}$$

$$\mathrm{Fr} = \frac{U}{\sqrt{Dg}}$$

$\tan\beta$：火災源と給気口を結ぶ直線の傾き（rad）

Λ：無次元ﾊﾟﾗﾒｰﾀ，Fr：フルード数（-）

$C_p$：空気比熱(1.007kJ／kg／K)

ρ：空気密度（1.17kg／m$^3$），$T_0$：周囲温度（310K）

Ｄ：航空機火災（Ｆ－１５）の燃焼面積(44.6m$^2$)

ｇ：質量低下速度(kg／m$^2$／s)

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 5.8.2-4 表　火災源と各対象の給気口を結ぶ直線の傾き

| 評価対象施設 | 無次元ﾊﾟﾗﾒｰﾀΛ（-） | ﾌﾙｰﾄﾞ数 Fr（-） | 熱気流が直接開口に流入する風速U（m／s） | 水戸地方気象台で観測した過去 10 年間の最大風速（m／s） |
|---|---|---|---|---|
| 使用済燃料乾式貯蔵建屋 | 3.1 | 2.5 | 21.6 ～ 40.1 | 17.5 |
| 非常用ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機（高圧炉心ｽﾌﾟﾚｲ系ﾃﾞｨｰｾﾞﾙ発電機を含む。）吸気口 | 1.7 | 1.4 | 12.1 ～ 12.8 | |

(5)　評価結果

使用済燃料乾式貯蔵建屋に対し，熱気流が直接開口に流入する風速は，水戸地方気象台で観測した過去 10 年間の最大風速未満となることから，熱気流が直接開口に流入することはなく上方へ拡散するため，熱気流の影響はない。

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。）吸気口に対する熱気流の影響は，以下理由により熱気流の回避が可能であるため，熱気流が流入することはない。

・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。）吸気口は，開口面積が狭いことから熱気流を直接取り込むため，必要となる風速が狭い範囲に限定され，直接熱気流を取り込む可能性は低い。

・非常用ディーゼル発電機吸気口は位置的分散が図られているため，同時に全ての設備が直接熱気流の影響を受けることは想定し難い。

・万一，熱気流を取り込む可能性がある場合は，影響を受けない方角に位置する非常用ディーゼル発電機を起動し，熱気流を取り込む可能性がある設備は起動しない（起動している場合は停止する）ことにより熱気流の影響を回避し，消火が確認された時点で，停止していた非常用ディーゼル発電機の運転を再開する。

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

別紙 7－1

### 第 1 表 評価対象航空機の種類

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

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

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

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

※：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）より抜粋

- 大型民間航空機（固定翼，回転翼）
- 小型民間航空機（固定翼，回転翼）
- 大型軍用航空機（固定翼，回転翼）
- 小型軍用航空機（固定翼，回転翼）

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

別紙 7.1

### 対象航空機の種類

| | | 民間航空機 | | 自衛隊機，在日米軍機 |
|---|---|---|---|---|
| | | 計器飛行方式 | 有視界飛行方式 | |
| 固定翼（ジェット旅客機） | 大型機 | 定期便：評価対象<br>（例）<br>B747，B737 等 | 定期便：該当なし | 評価対象<br>（例）<br>F-15 等 |
| | | 不定期便：評価対象外<br>※1 | 不定期便：評価対象<br>（例）<br>B747 等 | |
| | 小型機 | 定期便：評価対象外<br>※2 | 定期便：評価対象外 | 評価対象<br>（例）<br>LC-90 等 |
| | | 不定期便：評価対象<br>※3 | 不定期便：評価対象<br>（例）<br>Do228 等 | |
| 回転翼（ヘリコプター） | 大型機 | 定期便：評価対象外<br>※2 | 定期便：評価対象外<br>※2 | 評価対象<br>（例）<br>CH-47J 等 |
| | | 不定期便：評価対象<br>※3 | 不定期便：評価対象<br>（例）<br>AS332L 等 | |
| | 小型機 | 定期便：評価対象外<br>※2 | 定期便：評価対象外<br>※2 | 評価対象<br>（例）<br>AH-1S 等 |
| | | 不定期便：評価対象<br>※3 | 不定期便：評価対象<br>（例）<br>AS365N3 等 | |

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

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

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

出典：「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準について（内規）」

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

## 島根原子力発電所　２号炉

別紙7－1

### 第1表　評価対象航空機の種類
### （「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」より抜粋，加筆）

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

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

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

（注３） 小型固定翼機及び回転翼機の不定期便については，リクエストベースで計器飛行方式による飛行が可能となっているが，原則，有視界飛行方式による飛行形態を取っていることから，本基準ではすべて有視界飛行方式として評価する。

- ：大型民間航空機（離着陸時）
- ：大型民間航空機
- ：小型民間航空機
- ：自衛隊又は米軍機（空中給油機等）
- ：自衛隊又は米軍機（その他の機種）

## 備考

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

別紙 7－2

第 1 表 主要自衛隊航空機の仕様

| 所属 | 形式 | 機種 | 保有数［機］ | 全長［m］ | 全幅［m］ | 燃料積載量［l］ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 陸上自衛隊 | 小型固定翼 | LR-1 | 2 | 10 | 12 | 920 |
| | 大型固定翼 | LR-2 | 7 | 14 | 18 | 2040 |
| | 小型回転翼 | AH-1S | 70 | 14 | 3 | 980 |
| | 小型回転翼 | OH-6D | 84 | 7 | 2 | 242 |
| | 小型回転翼 | OH-1 | 38 | 12 | 3 | 953 |
| | 小型回転翼 | UH-1H/J | 141 | 12/13※1 | 3 | 833 |
| | 大型回転翼 | CH-47J/JA | 56 | 16 | 4/5※2 | 3899 |
| | 大型回転翼 | UH-60JA | 34 | 16 | 3 | 3255 |
| | 大型回転翼 | AH-64D | 10 | 18 | 6 | 1421 |
| 海上自衛隊 | 大型固定翼 | P-3C | 75 | 36 | 30 | 34820 |
| | 大型固定翼 | P-1 | 4 | 38 | 35 | －※3 |
| | 大型回転翼 | SH-60J | 46 | 15 | 3 | 1361 |
| | 大型回転翼 | SH-60K | 39 | 16 | 3 | 1361 |
| | 大型回転翼 | MH-53E | 6 | 22 | 6 | 12113 |
| | 大型回転翼 | MCH-101 | 5 | 23 | 19 | 5250 |
| 航空自衛隊 | 大型固定翼 | F-15J/DJ | 201 | 19 | 13 | 14647 |
| | 大型固定翼 | F-4EJ | 62 | 19 | 12 | 12260 |
| | 大型固定翼 | F-2A/B | 92 | 16 | 11 | 11053 |
| | 大型固定翼 | RF-4E/EJ | 13 | 19 | 12 | 12579 |
| | 大型固定翼 | C-1 | 25 | 29 | 31 | 15709 |
| | 大型固定翼 | C-130H | 15 | 30 | 40 | 26344 |
| | 大型固定翼 | KC-767 | 4 | 49 | 48 | 145033※1 |
| | 大型固定翼 | KC-130H | 1 | 30 | 40 | 26344 |
| | 大型固定翼 | E-2C | 13 | 18 | 25 | 7002 |
| | 大型固定翼 | E-767 | 4 | 49 | 48 | －※3 |
| | 大型回転翼 | CH-47J | 15 | 16 | 4 | 3899 |

平成 25 年版防衛白書より作成。燃料積載量は日本航空機全集 2013(鳳文書林)，世界航空機年鑑 2012-2013（酣燈社）より。なお，灰色で網かけした航空機は小型航空機。
※1：大型航空機の燃料が最大のものになる。
※2：UH-1H，UH-1J の全長がそれぞれ 12，13m，CH-47J，CH-47JA の全幅がそれぞれ 4，5m を意味する。
※3：P-1（哨戒），E-767（早期警戒管制）の燃料積載量は不明だが，機体サイズ及び用途を考えると，KC-767（空中給油）より燃料補給機は少ないと推定する。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

別紙 7.6

自衛隊機又は米軍機の用途による分類について

自衛隊機又は米軍機の落下事故には，「⑤訓練空域外を飛行中」の落下事故と「⑥基地－訓練空域間を往復時」の落下事故がある。

⑤及び⑥について，自衛隊機が保有する機種を代表として，用途による飛行形態を踏まえてカテゴリを分類し，燃料積載量が最大となる対象の航空機を整理した。

1.　訓練空域外を飛行中の落下事故

自衛隊機の用途としては，「連絡偵察」，「哨戒」，「戦闘」，「偵察」，「輸送」，「空中給油」，「早期警戒」等がある。

下表に代表的な自衛隊機における用途等を示す。

| 所　属 | 機　種 | 形　式 | 用　途 | 寸法（m） | | 燃料量※1（m³） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 全長 | 全幅 | |
| 陸上自衛隊 | LR-1 | 小型固定翼 | 連絡偵察 | 約 10 | 約 12 | 約 0.9 |
| | LR-2 | 大型固定翼 | 連絡偵察 | 約 14 | 約 18 | 約 2 |
| | AH-1S | 小型回転翼 | 対戦車 | 約 14 | 約 3 | 約 1 |
| | OH-6D | 小型回転翼 | 観測 | 約 7 | 約 2 | 約 0.2 |
| | OH-1 | 小型回転翼 | 観測 | 約 12 | 約 3 | 約 1 |
| | UH-1H/J | 小型回転翼 | 多用途 | 約 12/13 | 約 3 | 約 0.8 |
| | CH-47J/JA | 大型回転翼 | 輸送 | 約 16 | 約 4/5 | 約 4 |
| | UH-60JA | 大型回転翼 | 多用途 | 約 16 | 約 3 | 約 3 |
| | AH-64D | 大型回転翼 | 戦闘 | 約 18 | 約 6 | 約 1 |
| 海上自衛隊 | P-3C | 大型固定翼 | 哨戒 | 約 36 | 約 30 | 約 35 |
| | P-1 | 大型固定翼 | 哨戒 | 約 38 | 約 35 | ≦KC-767※2 |
| | SH-60J | 大型回転翼 | 哨戒 | 約 15 | 約 3 | 約 1 |
| | SH-60K | 大型回転翼 | 哨戒 | 約 16 | 約 3 | 約 1 |
| | MH-53E | 大型回転翼 | 掃海・輸送 | 約 22 | 約 6 | 約 12 |
| | MCH-101 | 大型回転翼 | 掃海・輸送 | 約 23 | 約 19 | 約 5 |
| 航空自衛隊 | F15J/DJ | 大型固定翼 | 戦闘 | 約 19 | 約 13 | 約 15 |
| | F-4EJ | 大型固定翼 | 戦闘 | 約 19 | 約 12 | 約 12 |
| | F-2A/B | 大型固定翼 | 戦闘 | 約 16 | 約 11 | 約 11 |
| | RF-4E/EJ | 大型固定翼 | 偵察 | 約 19 | 約 12 | 約 13 |
| | C-1 | 大型固定翼 | 輸送 | 約 29 | 約 31 | 約 16 |
| | C-130H | 大型固定翼 | 輸送 | 約 30 | 約 40 | 約 37 |
| | KC-767 | 大型固定翼 | 空中給油・輸送 | 約 49 | 約 48 | 約 145 |
| | KC-130H | 大型固定翼 | 空中給油機能付加 | 約 30 | 約 40 | 約 37 |
| | E-2C | 大型固定翼 | 早期警戒 | 約 18 | 約 25 | 約 7 |
| | E-767 | 大型固定翼 | 早期警戒管制 | 約 49 | 約 48 | ≦KC-767※2 |
| | CH-47J | 大型回転翼 | 輸送 | 約 16 | 約 4 | 約 4 |

出典：平成 28 年度版防衛白書等

※1　増槽（機体の外部に装着して使用する燃料タンク）の燃料量を考慮した値。

※2　P-1 及び E-767 の燃料量は不明であるが，P-1 については KC-767 より寸法が小さく空中給油機能を備えていないこと，E-767 については KC-767 と寸法は同一であるものの空中給油機能を備えていないことから，KC-767 に比べて燃料量は少ないと想定される。

## 島根原子力発電所　２号炉

別紙7－2

自衛隊機又は米軍機の用途による分類について

自衛隊機又は米軍機の落下事故には，「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」と「基地－訓練空域間往復時の落下事故」が含まれるが，島根原子力発電所は基地と訓練空域間の往復範囲内にないため，「基地－訓練空域間往復時の落下事故」は考慮していない。

以下に自衛隊機又は米軍機の落下事故による火災影響を評価する機種のカテゴリについて整理する。分類にあたっては，代表として自衛隊機の主要な機種のデータを用いることとした。

（１）訓練空域外を飛行中の落下事故

主要航空機（大型固定翼機）の用途等を以下に示す。

| 所属 | 機種 | 用途 | 寸法(m) | | 燃料量(m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 全長 | 全幅 | |
| 陸上自衛隊 | LR-2 | 連絡偵察 | 14 | 18 | 約２ |
| 海上自衛隊 | P-3C | 哨戒 | 36 | 30 | 約 35 |
| 航空自衛隊 | F-15J/DJ | 戦闘 | 19 | 13 | 約 15 |
| | F-4EJ | 戦闘 | 19 | 12 | 約 12 |
| | F-2A/B | 戦闘 | 16 | 11 | 約 11 |
| | RF-4E/EJ | 偵察 | 19 | 12 | 約 13 |
| | C-1 | 輸送 | 29 | 31 | 約 21 |
| | C-130H | 輸送 | 30 | 40 | 約 37 |
| | KC-767 | 空中給油・輸送 | 49 | 48 | 約 145 |
| | KC-130H | 空中給油機能付加 | 30 | 40 | 約 37 |
| | E-2C | 早期警戒 | 18 | 25 | 約７ |
| | E-767 | 早期警戒管制 | 49 | 48 | 約 91 |

用途としては，「連絡偵察」，「哨戒」，「戦闘」，「偵察」，「輸送」，「空中給油」，「早期警戒」等がある。

用途を飛行形態で整理すると，「空中給油」及び「早期警戒」については，高高度の巡航を行うものと考えられる。また，「哨戒」及び「輸送」については，目的地での低高度で

## 備考

・条件の相違
【柏崎 6/7】
評価手法の違いを踏まえた航空機の分類の相違に伴う記載の相違

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

以下の機種については，原子力発電所付近で低高度での飛行を行うことはないため，「⑤-1 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」として整理し，その他については，「⑤-2 その他の大型固定翼機及び回転翼機」として整理した。

・高高度での巡航が想定される「空中給油」及び「早期警戒」を用途とした機種

・目的地付近で低高度での飛行となるものの移動は高高度の巡航を行うものと想定される「哨戒」及び「輸送」を用途とした機種（「哨戒」の目的地は海上，「輸送」の目的地は基地又は空港）

下表に代表的な自衛隊機のうち燃料量の観点から大型機のみについて，上記のカテゴリで整理した結果を示す。

| カテゴリ | 用　途 | 該当する航空機 | 寸法（m） | | 燃料量※（$m^3$） |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 全長 | 全幅 | |
| 空中給油機，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | 「空中給油」，「早期警戒」，「哨戒」，「輸送」を用途とする大型固定翼機 | P-3C | 約 36 | 約 30 | 約 35 |
| | | P-1 | 約 38 | 約 35 | ≦KC-767 |
| | | C-1 | 約 29 | 約 31 | 約 16 |
| | | C-130H | 約 30 | 約 40 | 約 37 |
| | | KC-767 | 約 49 | 約 48 | 約 145 |
| | | KC-130H | 約 30 | 約 40 | 約 37 |
| | | E-2C | 約 18 | 約 25 | 約 7 |
| | | E-767 | 約 49 | 約 48 | ≦KC-767 |
| その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | 上記以外を用途とする大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | LR-2 | 約 14 | 約 18 | 約 2 |
| | | CH-47J | 約 16 | 約 4 | 約 4 |
| | | UH-60JA | 約 16 | 約 3 | 約 3 |
| | | AH-64D | 約 18 | 約 6 | 約 1 |
| | | SH-60J | 約 15 | 約 3 | 約 1 |
| | | SH-60K | 約 16 | 約 3 | 約 1 |
| | | MH-53E | 約 22 | 約 6 | 約 12 |
| | | MCH-101 | 約 23 | 約 19 | 約 5 |
| | | F-15J/DJ | 約 19 | 約 13 | 約 15 |
| | | F-4EJ | 約 19 | 約 12 | 約 12 |
| | | F-2A/B | 約 16 | 約 11 | 約 11 |
| | | RF-4E/EJ | 約 19 | 約 12 | 約 13 |

出典：平成 28 年度版防衛白書等

※　増槽の燃料量を考慮した値。

上記の分類を踏まえ，「⑤訓練空域外を飛行中の落下事故」で考慮するカテゴリとして，燃料量が最大となる航空機を下表に示すとおり整理した。

| カテゴリ | 対象とする航空機の内訳 | 対象航空機 | 燃料量※（$m^3$） |
|---|---|---|---|
| 空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機 | 「空中給油」，「早期警戒」，「哨戒」，「輸送」を用途とする大型固定翼機 | KC-767 | 145.03 |
| その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | 「戦闘」，「連絡偵察」，「偵察」等を用途とする大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | F-15 | 14.87 |

※　増槽の燃料量を考慮した値。

の飛行が考えられるものの，移動は高高度の巡航を行うものと考えられる。ここで目的地としては，「哨戒」が海上，「輸送」が基地あるいは空港であることから，原子力発電所付近で低高度での飛行を行うことはない。

したがって，自衛隊機又は米軍機の落下事故のうち，訓練空域外を飛行中の落下事故で考慮するカテゴリを，以下のとおり整理した。なお，大型輸送ヘリコプターCH-47 の燃料積載量は約４$m^3$ であることから，回転翼機は大型固定翼機の評価に包含される。

| カテゴリ | 用途 | 該当する航空機 | 寸法 | | 燃料量($m^3$) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | 全長 | 全幅 | |
| 空中給油機等 | 「空中給油」，「早期警戒」，「哨戒」，「輸送」を用途とする大型固定翼機 | P-3C | 36 | 30 | 約 35 |
| | | C-1 | 29 | 31 | 約 21 |
| | | C-130H | 30 | 40 | 約 37 |
| | | KC-767 | 49 | 48 | 約 145 |
| | | KC-130H | 30 | 40 | 約 37 |
| | | E-2C | 18 | 25 | 約 7 |
| | | E-767 | 49 | 48 | 約 91 |
| その他の機種 | 「戦闘」，「連絡偵察」，「偵察」等を用途とする大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機 | LR-2 | 14 | 18 | 約 2 |
| | | F-15J/DJ | 19 | 13 | 約 15 |
| | | F-4EJ | 19 | 12 | 約 12 |
| | | F-2A/B | 16 | 11 | 約 11 |
| | | RF-4E/EJ | 19 | 12 | 約 13 |

（２）想定する航空機について

（１）による分類により，ガイドに基づき積載燃料量の最大の機種として，空中給油機等としては KC-767，その他の機種としては F-15 を想定する航空機として選定している。

燃料量については，燃焼継続時間を算出する際に必要であり，燃料量は多い方が保守的な評価となる。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

2.　基地－訓練空域間を往復時の落下事故

下表に「⑥基地－訓練空域間を往復時」の落下事故において考慮している百里基地に所属する自衛隊機を示す。

| 所　属 | 機　種 | 形　式 | 用　途 | 寸法（m） | | 燃料量※（$m^3$） |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | 全長 | 全幅 | |
| 航空自衛隊 | F15J/DJ | 大型固定翼 | 戦闘 | 約 19 | 約 13 | 約 15 |
| | F-4EJ | 大型固定翼 | 戦闘 | 約 19 | 約 12 | 約 12 |
| | T-4 | 大型固定翼 | 中等練習 | 約 13 | 約 10 | 約 3 |
| | RF-4E/EJ | 大型固定翼 | 偵察 | 約 19 | 約 12 | 約 13 |
| | U-125A | 大型固定翼 | 救難捜索 | 約 16 | 約 16 | 約 6 |
| | UH-60J | 大型回転翼 | 救難救助 | 約 20 | 約 16 | 約 3 |

出典：平成 28 年度版防衛白書，航空自衛隊ウェブページ（平成 29 年 7 月確認）等

※　増槽の燃料量を考慮した値。

百里基地に所属する自衛隊機のうち燃料量が最大の航空機を対象とし，下表のとおり整理した。

| カテゴリ | 対象とする航空機の内訳 | 対象航空機 | 燃料量※（$m^3$） |
|---|---|---|---|
| ④基地－訓練空域間往復時 | 試験空域において訓練を行うと想定される百里基地に所属する固定翼機及び回転翼機 | F-15 | 14.87 |

※　増槽の燃料量を考慮した値。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.2

各施設付近の空港と施設との距離について

| 発電所名称 | 空港名 | 施設と空港の距離※1 | 最大離着陸距離※2 | 判　定 |
|---|---|---|---|---|
| 東海第二発電所 | 成田空港 | 約 80km | 39km<br>(21.2nm) | × |
| | 茨城空港 | 約 36km | 56km<br>(30nm) | ○ |

○：評価対象　×：評価対象外
※1　施設と空港の緯度，経度より計測した。
※2　ＡＩＰを参照した。

別紙 7－3

島根原子力発電所付近の空港と発電所との距離について

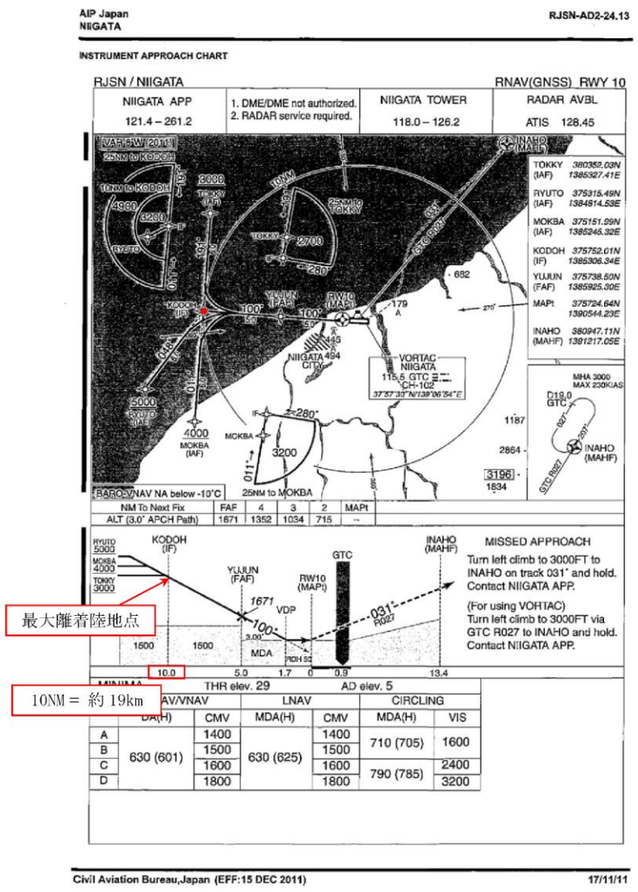
| 発電所名 | 空港名 | 発電所との距離注1 | 空港と空港の最大離着陸地点までの距離注2 | 判定 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 島根原子力発電所 | 出雲空港 | 約 17km | 約 28km<br>(約 15NM) | 対象 | 第１図 |
| | 米子空港 | 約 22km | 約 43km<br>(約 23NM) | 対象 | 第２図 |

注１：施設と空港の経度，緯度より計測した。
注２：航空路誌（ＡＩＰ）を参照した。

・条件の相違
【柏崎 6/7】
島根２号炉は，出雲空港及び米子空港の最大離着陸地点以内に位置し，「飛行場での離着陸時」を対象として設定

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7－3




最大離着陸地点

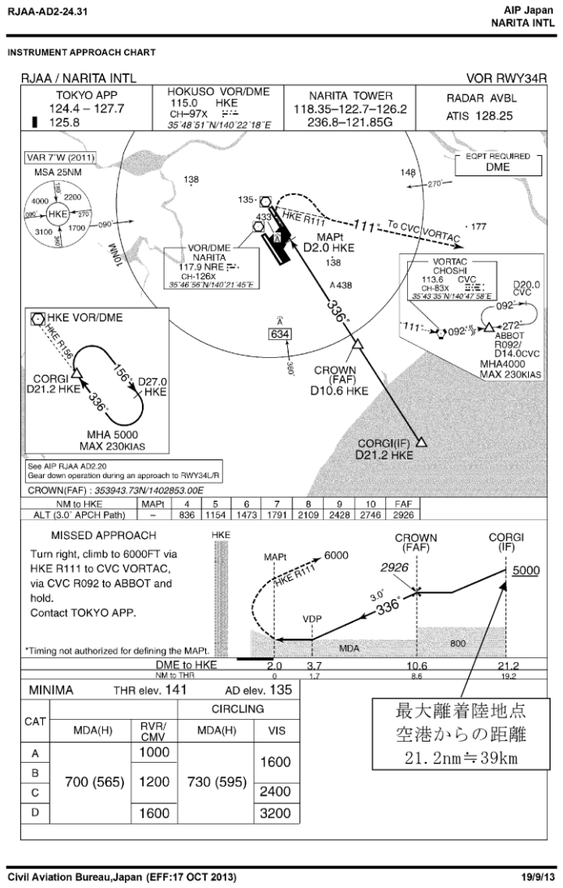
10NM＝ 約 19km

第 1 図　新潟空港の最大離着陸地点

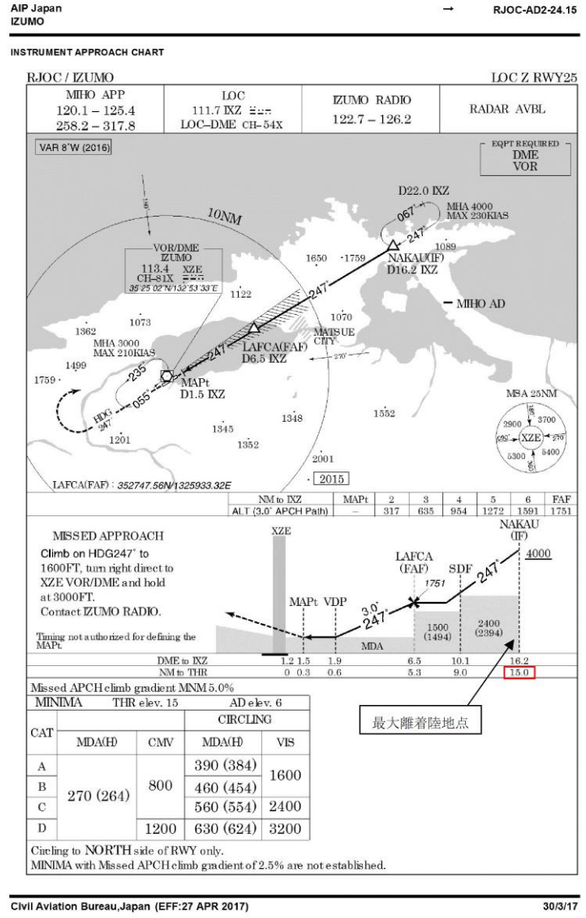
（出典：AIP-JAPAN，国土交通省航空局，平成 25 年 3 月）

成田空港の最大離着陸地点までの距離

（成田空港～東海第二発電所の距離：約 80km）




出典：ＡＩＰ

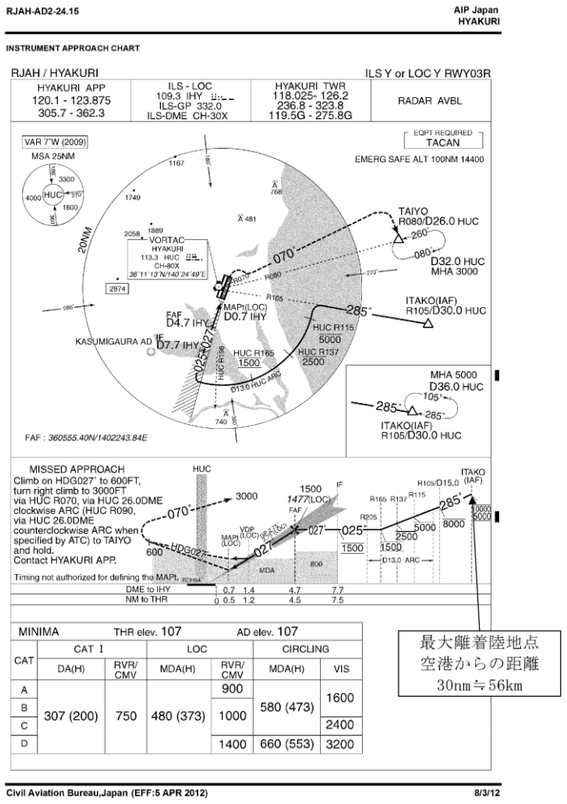



第1図　出雲空港の最大離着陸地点　　ＡＩＰより抜粋

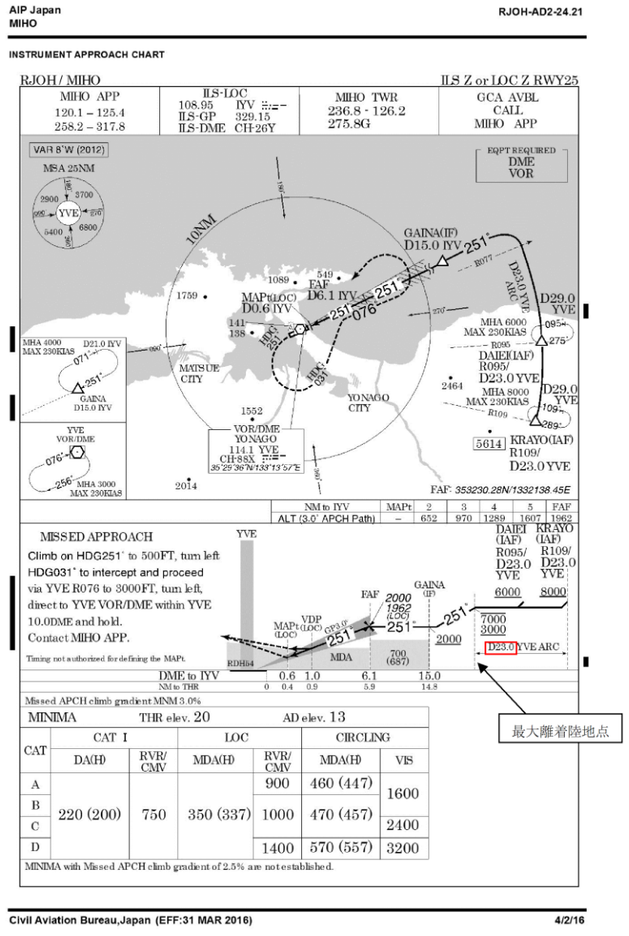
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

茨城空港の最大離着陸地点までの距離

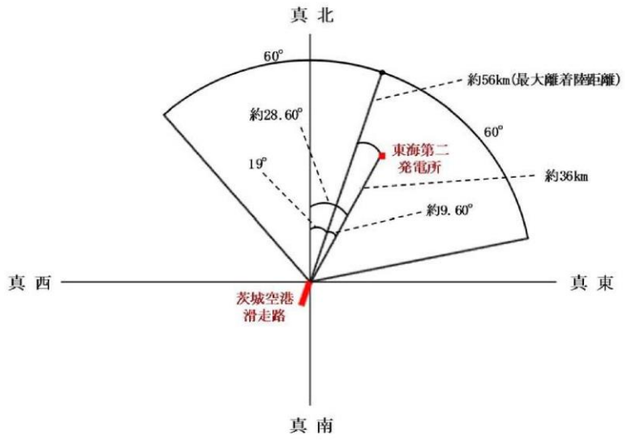
（茨城空港～東海第二発電所の距離：約 36km）




出典：ＡＩＰ




第2図　米子空港の最大離着陸地点　　ＡＩＰより抜粋

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.3<br><br>茨城空港の滑走路方向に対する茨城空港―東海第二発電所の角度について<br><br>茨城空港の滑走路の方位は，19°（真方位）（ＡＩＰ記載のデータ）である。<br>また，茨城空港－東海第二発電所の方位は，約 28.60°（真方位）（茨城空港と東海第二発電所の緯度，経度より計測した。）である。<br>したがって，茨城空港の滑走路方向に対する茨城空港－東海第二発電所の角度は，約 9.60°となる。<br><br>  <br> | | ・記載方針の相違<br>【東海第二】<br>島根 2 号炉は，2.(4)ａ．の表中に滑走路方向に対する角度を記載しているため，再度記載していない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.4

## 各施設周辺における航空路と各航空路の幅について

| 周辺の航空路の名称 | 航空路の中心線と発電所間の最小距離※1 | 片側の航空路幅※2 | 判定 |
|---|---|---|---|
| 航空路　R211<br>(DAIGO(GOC)－SWAMP) | 約 11.36km | 7km | × |
| 直行経路<br>(IWAKI(IXE)－SWAMP) | 約 0.68km | 7.41km<br>(4nm) | ○ |
| 直行経路<br>(IWAKI(IXE)－KISARAZU(KZE)) | 約 4.13km | 7.41km<br>(4nm) | ○ |
| 広域航法経路　Y30<br>(LOTUS－SWAMP) | 約 1.18km | 9.26km<br>(5nm) | ○ |
| 広域航法経路　Y108<br>(DAIGO(GOC)－CHOSHI(CVC)) | 約 11.44km | 9.26km<br>(5nm) | × |

○：評価対象　×：評価対象外

※1　施設と航空路の緯度及び経度より計測した。

※2　航空路 R211 については，「航空路の指定に関する告示」に記載の値とした。直行経路については，「航空路等設定基準」を参照した。広域航法経路については，航法精度を航空路幅とみなして用いた。（1nm＝1.852km として換算した。）

別紙7－4

## 島根原子力発電所上空の評価対象航空路等

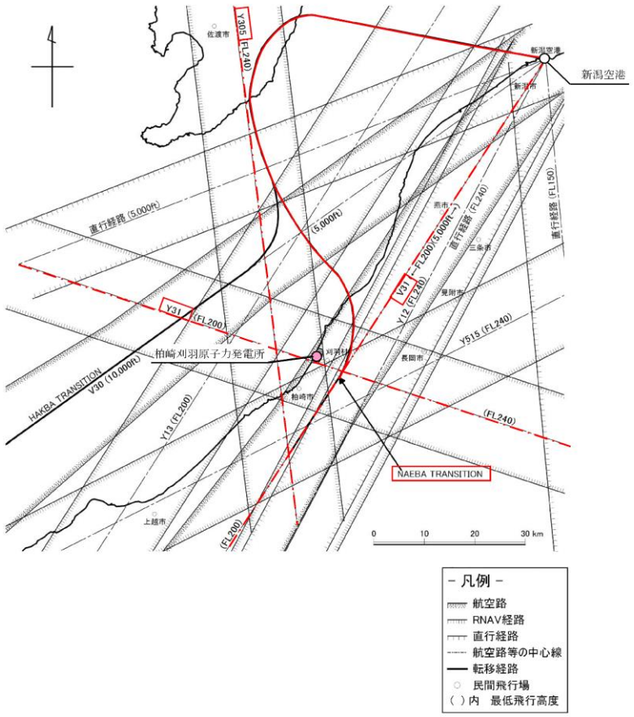
| 号炉 | 周辺航空路名称 | 航空路の中心線と発電所間の距離注1 | 片側の航空路幅注2 | 判定 | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| ２号炉 | 航空路<br>V29 (IZUMO(XZE)-DOZEN) | 約 3.1km | 7 km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Z16 (MIHO(JET)-SPIDR) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y14 (MIHO(JET)-DRIPS) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y14 (MIHO(JET)-HALNA) | 約 5.9km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y45 (MIHO(JET)-SAKYU) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y45(MIHO(JET)-KYOKA) | 約 8.0km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y22 (MIHO(JET)-TRUGA) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y18 (MIHO(JET)-RAKDA) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y38 (MIHO(JET)-TSUNO) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y38 (MIHO(JET)-STAGE) | 約 0.53km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y361 (MIHO(JET)-TONBI) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y39 (MIHO(JET)-YUBAR) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y287 (MIHO(JET)-SOUJA) | 約 8.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y206 (MIHO(JET)-YAKMO) | 約 1.7km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y597 (MIHO(JET)-PEPOS) | 約 3.9km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |
| | RNAV 経路<br>Y332 (MIHO(JET)-KAPPA) | 約 8.4km | 約 9.3km | 対象 | 第１図 |

注１：施設と空港の経度，緯度より計測した。

注２：航空路については，「航空路の指定に関する告示」を参照。なお，RNAV 航路については，「飛行方式設定基準」に基づく航法精度を航空路の幅とみなして用いた。（1NM＝1.852km として換算）

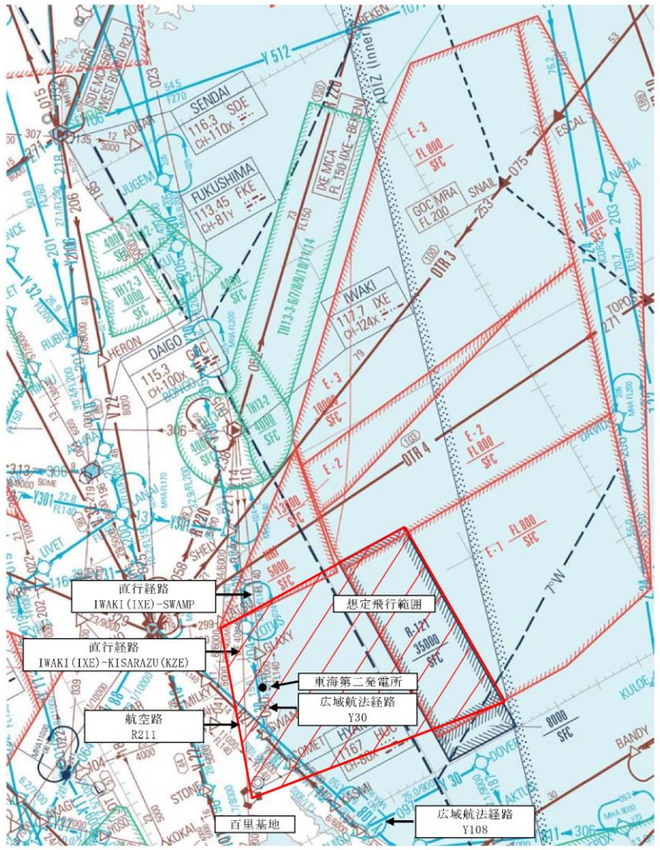
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7－4

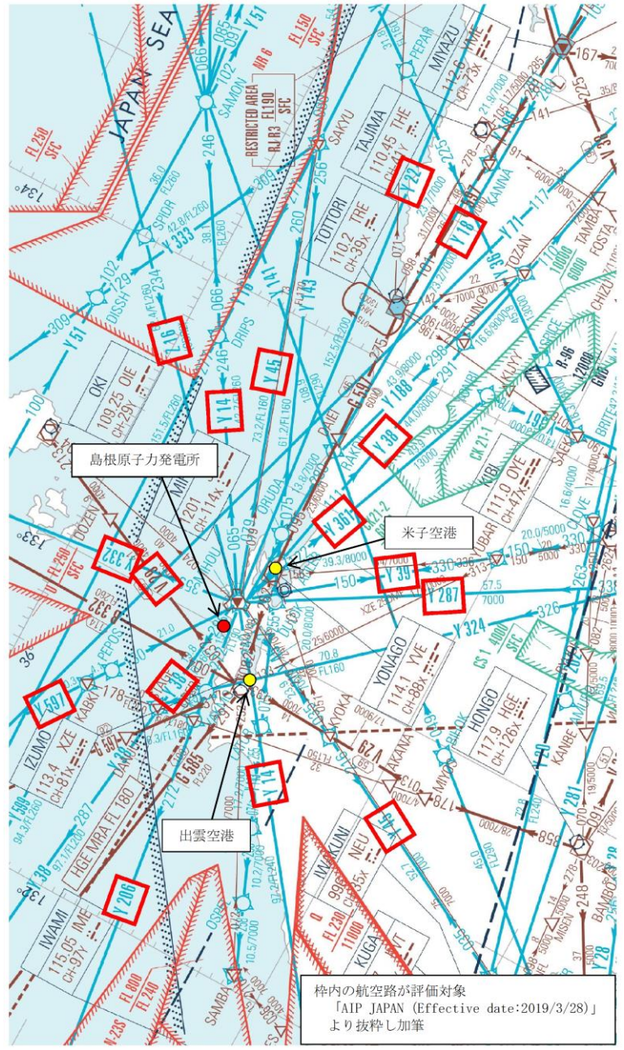



第 1 図　柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図
（出典：AIP-JAPAN，国土交通省航空局，平成 25 年 3 月）

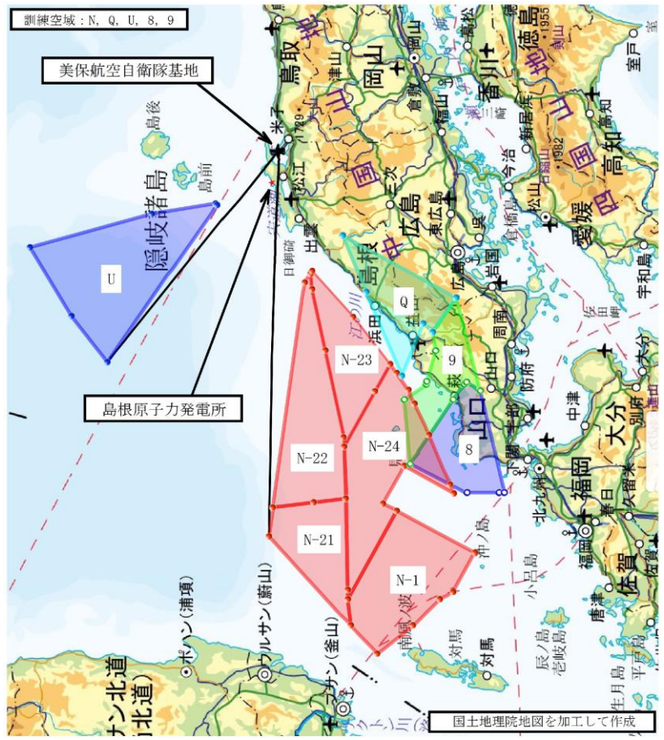
エンルートチャート（東海第二発電所付近）




出典：ENROUTE CHART（2014 年 3 月 6 日改定）




第１図　島根原子力発電所周辺の航空図

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | | 別紙7－5<br>  <br><br>島根原子力発電所，美保航空自衛隊基地と訓練空域との位置関係（「AIP JAPAN（Effective date:2019/7/18）」における訓練空域の座標に基づき作成） | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>島根2号炉は，基地－訓練空域間の往復想定範囲内に位置していないことを説明 |

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

別紙 7－6

第 1 表　標的面積

単位：km$^2$

| 発電所 | 号炉 | 原子炉建屋[注1] | コントロール建屋（中央制御室）[注2] | 合計[注3] | 標的面積 |
|---|---|---|---|---|---|
| 柏崎刈羽原子力発電所 | 6 | 0.003538 | 0.002378 | 0.005916 | 0.01 |
| | 7 | 0.003538 | 0.002378 | 0.005916 | 0.01 |

工事計画認可申請書記載の建屋寸法から面積を算出した。
注 1：ディーゼル発電機室は原子炉建屋に含む。
注 2：中央制御室は 6 号及び 7 号炉合計。
注 3：海水熱交換器区域は地下に設置のため除外。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

別紙 7.17

外部火災影響評価で考慮する落下事故カテゴリの
航空機落下確率評価結果

東海第二発電所の航空機落下確率評価結果及び標的面積を下表に示す。

なお，航空機落下に対する設計上の考慮の要否を確認するための従来の評価では，落下事故が発生していないカテゴリに対して発生件数を 0.5 件としていたが，別紙 7.16 に記載のとおり「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率の評価では，想定飛行範囲の面積を用いた評価式の保守性等を踏まえ，全国平均の落下確率の 2 倍値を用いている。

航空機落下確率評価結果

単位：回／炉・年

| 落下事故のカテゴリ | | 落下確率 | |
|---|---|---|---|
| | | 発電用原子炉施設（使用済燃料乾式貯蔵建屋除く。） | 使用済燃料乾式貯蔵建屋 |
| 1)計器飛行方式民間航空機 | ① 飛行場での離着陸時における落下事故 | 約 $3.98\times10^{-9}$ | 約 $1.80\times10^{-9}$ |
| | ② 航空路を巡航中の落下事故 | 約 $5.93\times10^{-11}$ | 約 $4.30\times10^{-11}$ |
| 2)有視界飛行方式民間航空機 | | 約 $1.37\times10^{-8}$ | 約 $9.95\times10^{-9}$ |
| 3)自衛隊機又は米軍機 | ① 訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中 | 約 $2.56\times10^{-8}$ | 約 $1.86\times10^{-8}$ |
| | ② 基地－訓練空域間往復時 | 約 $4.14\times10^{-8}$ | 約 $3.00\times10^{-8}$ |
| 合　計 | | 約 $8.5\times10^{-8}$ | 約 $6.1\times10^{-8}$ |

航空機落下確率評価に係る標的面積

単位：m$^2$

| | 原子炉建屋 | タービン建屋 | 海水ポンプ室 | 主排気筒 | 合　計※ |
|---|---|---|---|---|---|
| 水平面積 | 約 4,489 | 約 7,315 | 約 1,212 | 約 784 | 約 13,800 |
| 投影面積 | 約 6,940 | 約 8,394 | 約 1,212 | 約 5,599 | 約 22,145 |

※　使用済燃料乾式貯蔵建屋の水平面積及び投影面積は，それぞれ約 1,399m$^2$ 及び約 1,887m$^2$

## 島根原子力発電所　２号炉

別紙7－6

航空機落下確率評価に係る標的面積（島根原子力発電所）

| ２号炉 | 面積（km$^2$） 水平面積 | 面積（km$^2$） 投影面積 | 炉心，使用済燃料プール及び原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）に必要な設備 | 備　考 |
|---|---|---|---|---|
| 原子炉建物 | 0.006258 | 0.022304 ※1 | ・炉心<br>・燃料プール<br>・主要な安全系機器 | ※1：<br>３つの建物を包含する１つの建物として投影面積を算出 |
| タービン建物 | 0.007799 | | ・原子炉補機海水系（配管，電路）<br>・高圧炉心スプレイ補機海水系（配管，電路）<br>・Ａ，ＨＰＣＳ－非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ（配管，電路） | |
| 廃棄物処理建物 | 0.003015 | | ・補助盤室<br>・バッテリ室<br>・計装用電気室<br>・中央制御室換気系 | |
| 制御室建物（共用）※2 | 0.000756 | 0.000945 | ・中央制御室 | ※2：<br>１号炉，２号炉合計 |
| 取水槽 | 0.001337 | 0.001337 ※3 | ・原子炉補機海水系（ポンプ，配管，ストレーナ）<br>・高圧炉心スプレイ補機海水系（ポンプ，配管，ストレーナ） | ※3：<br>地上に対象施設が無いため投影面積は水平面積と同じ |
| 合　計（標的面積） | 0.01917 | 0.02459 | | |

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.9<br><br>計器飛行方式民間航空機　大破事故概要<br>（平成 5 年～平成 24 年）<br><br>離着陸時の大破事故<br><br>（離陸時）<br>発生年月日 / 場 所 / 型 式 / 機体の損傷 / 運航形態<br>平成 8 年 6 月 13 日 / 福岡空港 / ダグラス DC-10-30 型 / 大破 / 離陸<br><br>（着陸時）<br>発生年月日 / 場 所 / 型 式 / 機体の損傷 / 運航形態<br>平成 5 年 4 月 18 日 / 花巻空港 / ダグラス DC-9-41 型 / 大破 / 着陸<br>平成 6 年 4 月 26 日 / 名古屋空港 / エアバス・インダストリー A300B4-622R 型 / 大破 / 着陸<br>平成 21 年 3 月 23 日 / 成田国際空港滑走路上 / ダグラス MD-11F 型 / 大破 / 着陸<br><br>巡航中の大破事故<br><br>発生年月日 / 場 所 / 機 種 / 機体の損傷 / 運航形態<br>該当なし / － / － / － / － | | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>島根 2 号炉は，最新データ（平成 10 年～平成 29 年）を利用した評価を実施 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.14

## 有視界飛行方式民間航空機　大破事故概要

## （平成 5 年～平成 24 年）

（大型固定翼機）

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 該当なし | － | － |

（大型回転翼機）

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 13 年 5 月 19 日 | 三重県桑名市播磨付近 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼｱﾙ式 AS332L1 |

（小型固定翼機）

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 6 年 4 月 6 日 | 広島県佐伯郡 | セスナ式 208B |
| 平成 6 年 5 月 7 日 | 高知県吾川郡池川町 | セスナ式 172P |
| 平成 7 年 7 月 29 日 | 北海道赤平市 | パイパー式 PA-28-140 |
| 平成 7 年 10 月 9 日 | 北海道中川郡豊頃町 | ピッツ式 S-2B |
| 平成 8 年 2 月 9 日 | 長崎県東彼杵群川棚町 | ﾌﾞﾘﾃﾝﾉｰﾏﾝ式 BN-2B-20 |
| 平成 8 年 11 月 20 日 | 静岡県伊東市 | セスナ式 172K |
| 平成 9 年 8 月 21 日 | 茨城県竜ケ崎市 | パイパー式 PA-28-140 |
| 平成 9 年 10 月 26 日 | 鹿児島県垂水市 | セスナ式 152 |
| 平成 9 年 11 月 2 日 | 熊本県八代郡 | セスナ式 172N |
| 平成 10 年 3 月 21 日 | 高知県室戸市 | ﾋﾞｰﾁｸﾗﾌﾄ式 A36TC |
| 平成 10 年 4 月 20 日 | 滋賀県琵琶湖 | セスナ式 177RG |
| 平成 10 年 8 月 25 日 | 岐阜県大野郡荘川村 | パイパー式 PA-28-161 |
| 平成 10 年 9 月 23 日 | 大阪府高槻市 | セスナ式 P210N |
| 平成 10 年 9 月 24 日 | 茨城県霞ケ浦 | ソカタ式 TB10 |
| 平成 11 年 3 月 24 日 | 大分県大分郡野津原町 | セスナ式 172M |
| 平成 11 年 8 月 1 日 | 大分県大分郡庄内町 | 富士重工式 FA-200-180 |
| 平成 11 年 8 月 13 日 | 長野県斑尾山 | セスナ式 172P |
| 平成 13 年 3 月 25 日 | 香川県小豆群上庄町豊島 | パイパー式 PA-28-181 |
| 平成 13 年 5 月 19 日 | 三重県桑名市播磨付近 | セスナ式 172P |
| 平成 13 年 8 月 16 日 | 岡山県久米郡柵原町 | セスナ式 172NAT |
| 平成 14 年 1 月 4 日 | 熊本県球磨群球磨村 | セスナ式 172P |
| 平成 14 年 3 月 1 日 | 北海道帯広市美栄町 | ｽﾘﾝｸﾞｽﾋﾟｰ式 T67MMKⅡ |
| 平成 14 年 6 月 23 日 | 山梨県南巨摩群南部町 | ソカタ式 TB21 |
| 平成 15 年 3 月 24 日 | 茨城県那珂郡緒川町 | ｶﾞﾙﾌｽﾄﾘｰﾑｺﾏﾝﾀﾞｰ式 695 |
| 平成 15 年 7 月 11 日 | 宮崎県宮崎市 | ﾋﾞｰﾁｸﾗﾌﾄ式 A36 |
| 平成 16 年 1 月 22 日 | 山梨県甲府市 | セスナ式 172P |
| 平成 16 年 9 月 11 日 | 兵庫県養父市 | セスナ式 172M |
| 平成 16 年 9 月 20 日 | 兵庫県三原郡南淡町 | ソカタ式 TB10 |
| 平成 17 年 3 月 2 日 | 大阪市平野区瓜破 | ﾋﾞｰﾁｸﾗﾌﾄ式 E33 |
| 平成 19 年 9 月 1 日 | 宮崎空港南東約 1nm の海上 | ﾋﾞｰﾁｸﾗﾌﾄ式 A36 |
| 平成 19 年 11 月 15 日 | 岐阜県中津川恵那郡山山頂付近 | セスナ式 404 |
| 平成 22 年 7 月 28 日 | 北海道松前郡福島町岩部岳東方の山中 | セスナ式 TU206G |

・条件の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
島根 2 号炉は，最新データ（平成 10 年～平成 29 年）を利用した評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 23 年 1 月 3 日 | 熊本空港から北東約 14km の矢護山南南東斜面 | パイパー式 PA-46-350P |
| 平成 23 年 7 月 26 日 | 静岡市清水区の興津川河口から富士川河口沖の駿河湾 | ｴｸｽﾄﾗ式 EA300/200 型 |
| 平成 23 年 7 月 28 日 | 北海道河西郡芽室町剣山山中 | ﾋﾞｰﾁｸﾗﾌﾄ式 A36 型 |

（小型回転翼機）

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 5 年 7 月 27 日 | 福島県双葉郡大熊町 | ベル式 206B |
| 平成 5 年 12 月 23 日 | 岐阜県郡山郡八幡町 | ロビンソン式 R22Beta |
| 平成 6 年 10 月 18 日 | 大阪府泉佐野市 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 AS355F1 |
| 平成 6 年 11 月 13 日 | 鹿児島県大島郡笠利町 | ベル式 206B |
| 平成 8 年 4 月 27 日 | 長野県長野市篠ノ井 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 AS355F1 |
| 平成 8 年 6 月 10 日 | 鹿児島県鹿児島市岡之原町 | ロビンソン式 R22Beta |
| 平成 9 年 1 月 24 日 | 愛知県岡崎市 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 AS365N2 |
| 平成 9 年 5 月 21 日 | 長野県茅野市 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 SA315B ｱﾙｳｪｯﾄⅢ |
| 平成 9 年 7 月 3 日 | 三重県名張市 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 SA315B ｱﾙｳｪｯﾄⅢ |
| 平成 10 年 5 月 3 日 | 神奈川県横須賀市津久井浜 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 AS350B |
| 平成 12 年 4 月 24 日 | 三重県長島町木曽川左岸の河原 | ヒューズ式 269C |
| 平成 12 年 11 月 9 日 | 岐阜県郡上郡高鷲村 | ロビンソン式 R22Beta |
| 平成 14 年 5 月 5 日 | 愛媛県松山空港の西南西 16km 付近海上 | ロビンソン式 R44 |
| 平成 14 年 6 月 12 日 | 新潟県東蒲原郡上川村 | ベル式 206L-4 |
| 平成 16 年 3 月 7 日 | 長野県木曽郡南木曽町 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 AS355F1 |
| 平成 16 年 12 月 24 日 | 佐賀県有明海海上 | ロビンソン式 R44 |
| 平成 17 年 5 月 3 日 | 静岡県静岡市清水区草薙 | アグスタ式 A109K2 |
| 平成 19 年 6 月 2 日 | 岐阜県中津川市岐阜中津川場外離着陸場の北約 1.3km 付近 | ベル式 412 |
| 平成 19 年 10 月 27 日 | 大阪府堺市堺区遠里小野町 3 丁目 | ロビンソン式 R22BETA |
| 平成 19 年 12 月 9 日 | 静岡県静岡市葵区南沼上 988 | ﾕｰﾛｺﾌﾟﾀｰ式 EC135T2 |
| 平成 20 年 7 月 6 日 | 青森県下北部大間町大間崎沖の海面 | ｱｴﾛｽﾊﾟｼﾞｱﾙ式 AS350B |
| 平成 21 年 2 月 10 日 | 群馬県利根郡みなかみ町 | ベル式 206L-3 |
| 平成 21 年 7 月 20 日 | 但馬飛行場の南東約 15km | ロビンソン式 R44Ⅱ |
| 平成 22 年 8 月 18 日 | 香川県沖多度郡多度津町佐柳島沖 | ベル式 412EP |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.15

## 自衛隊機及び米軍機　大破事故概要
## （平成 5 年～平成 24 年）

（訓練空域外を飛行中）

●空中給油機等，高高度での巡航が想定される大型固定翼機

・自衛隊機

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 該当なし | － | － |

・米軍機

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 16 年 8 月 10 日 | 東京都小笠原諸島北硫黄島 | S-3 バイキング |

●その他の大型固定翼機，小型固定翼機及び回転翼機

・自衛隊機

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 9 年 1 月 13 日 | 宇都宮市坂戸町の鬼怒川河川敷 | OH-6D |
| 平成 13 年 2 月 14 日 | 千葉県市原市天羽田 | AH1S,OH-6D |
| 平成 14 年 3 月 7 日 | 大分県万年山山頂南東 2km | OH-6D |
| 平成 16 年 2 月 23 日 | 三重県鳥羽市と磯部町の境にある青峰山の南東約 1km | AH1S |
| 平成 17 年 4 月 14 日 | 新潟県阿賀町の御神楽岳斜面 | MU-2 |
| 平成 17 年 9 月 18 日 | 長崎県佐世保市大潟町の陸上自衛隊相浦駐屯地内 | AH1S |
| 平成 19 年 3 月 30 日 | 徳之島天城岳山頂付近 | CH-47JA |

・米軍機

| 発生年月日 | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|
| 平成 6 年 10 月 24 日 | 高知県上佐郡吉野川 | A-6 |
| 平成 11 年 1 月 21 日 | 岩手県釜石市橋野町山林 | F-16 |
| 平成 16 年 8 月 13 日 | 沖縄県宜野湾市の沖縄国際大学構内 | CH-53D シースタリオン |
| 平成 20 年 10 月 24 日 | 沖縄県名護市真喜屋のサトウキビ畑 | セスナ機 |

（基地－訓練空域間往復時）

・自衛隊機

| 発生年月日 | 離陸場所（所属） | 場 所 | 型 式 |
|---|---|---|---|
| 平成 9 年 8 月 21 日 | 木更津駐屯地（陸自） | 茨城県竜ケ崎市 | OH-6D |
| 平成 11 年 11 月 22 日 | 入間基地（空自） | 埼玉県狭山市入間川河川敷 | T-33A |
| 平成 12 年 3 月 22 日 | 松島基地（空自） | 宮城県女川町指ヶ浜山林 | T-2 |
| 平成 12 年 7 月 4 日 | 松島基地（空自） | 宮城県牡鹿町山中 | T-4 |
| 平成 13 年 9 月 14 日 | 小月航空基地（海自） | 山口県下関市楠乃霊鷲山西側斜面 | T-5 |

・条件の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
島根 2 号炉は，最新データ（平成 10 年～平成 29 年）を利用した評価を実施

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

別紙 7－7

延べ飛行距離について

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便のみの合計値とする。

なお，国際便については，日本国内での運行距離ではないため考慮していない。ま た，日本に乗り入れている外国機は運行距離の実績の公開記録がないため考慮してい ない。

ただし，国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし，　事故率が保守的となるようにしている。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

別紙 7.10

日本国機の運航回数及び運航距離

・計算に用いる数値は，「航空輸送統計年報　第１表　総括表」の次の値とする。

①日本国機の運航回数は，国内便，国際便ともに定期便＋不定期便の値。

②日本国機の運航距離は，国内便のみの定期便＋不定期便の値。

・日本国機の国際便は，日本から海外までの距離が記載されているが，日本国内での運航距離ではないため，保守的に考慮しない。

・日本に乗り入れている外国機は，運航距離について実績の公開記録がないため，保守的に考慮しない。

・ただし，日本国機の国際便及び外国機の落下事故が，日本国内で落下した場合は評価対象とする。

| | 日本国機の運航回数（運航回） | | | 日本国機の運航距離（飛行回・km） |
|---|---|---|---|---|
| | 国内便 | 国際便 | 計 | 国内便 |
| 平成 5 年 | 466, 787 | 57, 451 | 524, 238 | 326, 899, 203 |
| 平成 6 年 | 484, 426 | 60, 038 | 544, 464 | 343, 785, 576 |
| 平成 7 年 | 531, 508 | 67, 908 | 599, 416 | 380, 948, 123 |
| 平成 8 年 | 543, 238 | 72, 425 | 615, 663 | 397, 146, 610 |
| 平成 9 年 | 562, 574 | 77, 134 | 639, 708 | 420, 920, 228 |
| 平成 10 年 | 587, 308 | 83, 070 | 670, 378 | 449, 784, 623 |
| 平成 11 年 | 594, 957 | 85, 804 | 680, 761 | 459, 973, 069 |
| 平成 12 年 | 660, 979 | 87, 977 | 748, 956 | 480, 718, 878 |
| 平成 13 年 | 671, 618 | 86, 824 | 758, 442 | 489, 803, 107 |
| 平成 14 年 | 683, 929 | 93, 062 | 776, 991 | 498, 685, 881 |
| 平成 15 年 | 700, 184 | 92, 381 | 792, 565 | 519, 701, 117 |
| 平成 16 年 | 698, 960 | 101, 659 | 800, 619 | 517, 485, 172 |
| 平成 17 年 | 709, 377 | 106, 078 | 815, 455 | 527, 370, 038 |
| 平成 18 年 | 740, 741 | 104, 798 | 845, 539 | 555, 543, 154 |
| 平成 19 年 | 741, 949 | 112, 605 | 854, 554 | 559, 797, 874 |
| 平成 20 年 | 733, 979 | 118, 503 | 852, 482 | 554, 681, 669 |
| 平成 21 年 | 716, 640 | 110, 234 | 826, 874 | 544, 824, 157 |
| 平成 22 年 | 716, 538 | 101, 721 | 818, 259 | 548, 585, 258 |
| 平成 23 年 | 717, 100 | 96, 292 | 813, 392 | 555, 144, 327 |
| 平成 24 年 | 770, 262 | 105, 086 | 875, 348 | 608, 215, 704 |
| 合計 | 13, 033, 054 | 1, 821, 050 | 14, 854, 104 | 9, 740, 013, 768 |

※　離着陸回数は，国内便の場合は離陸回数＝着陸回数＝運航回数とし，国際便の場合は，離陸回数＝着陸回数＝1／2 運航回数とする。
（離着陸回数＝離陸回数＋着陸回数＝国内便運航回数×2＋国際便運航回数＝13, 033, 054×2+1, 821, 050＝27, 887, 158）

## 島根原子力発電所　２号炉

別紙 7－7

離着陸回数及び延べ飛行距離

１．離着陸回数

離着陸回数のデータは，表１のとおり「航空機落下事故に関するデータ（平成 11～30 年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の民間航空機（大型固定翼機，計器飛行方式）の離着陸回数の値とする。

第１表　離着陸回数

| | 国内線（回） | 国際線（回） | 合計（回） |
|---|---|---|---|
| 平成11年 | 1, 189, 856 | 252, 902 | 1, 442, 758 |
| 平成12年 | 1, 321, 910 | 260, 816 | 1, 582, 726 |
| 平成13年 | 1, 343, 192 | 261, 576 | 1, 604, 768 |
| 平成14年 | 1, 367, 468 | 279, 976 | 1, 647, 444 |
| 平成15年 | 1, 399, 700 | 275, 410 | 1, 675, 110 |
| 平成16年 | 1, 397, 124 | 313, 204 | 1, 710, 328 |
| 平成17年 | 1, 418, 292 | 333, 094 | 1, 751, 386 |
| 平成18年 | 1, 481, 264 | 341, 074 | 1, 822, 338 |
| 平成19年 | 1, 483, 448 | 355, 416 | 1, 838, 864 |
| 平成20年 | 1, 467, 684 | 358, 134 | 1, 825, 818 |
| 平成21年 | 1, 432, 724 | 336, 198 | 1, 768, 922 |
| 平成22年 | 1, 432, 748 | 348, 972 | 1, 781, 720 |
| 平成23年 | 1, 431, 040 | 354, 322 | 1, 785, 362 |
| 平成24年 | 1, 539, 914 | 388, 538 | 1, 928, 452 |
| 平成25年 | 1, 643, 536 | 395, 086 | 2, 038, 622 |
| 平成26年 | 1, 686, 160 | 428, 202 | 2, 114, 362 |
| 平成27年 | 1, 689, 272 | 477, 100 | 2, 166, 372 |
| 平成28年 | 1, 679, 378 | 533, 560 | 2, 212, 938 |
| 平成29年 | 1, 691, 244 | 564, 744 | 2, 255, 988 |
| 平成30年 | 1, 690, 008 | 588, 942 | 2, 278, 950 |
| 合計 | 29, 785, 962 | 7, 447, 266 | 37, 233, 228 |

## 備考

・条件の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
島根 2 号炉は，最新データ（平成 10 年～平成 29 年）を利用した評価を実施

・条件の相違
【柏崎 6/7】
島根 2 号炉は，出雲空港及び米子空港の最大離着陸地点以内に位置し，「飛行場での離着陸時」を対象として設定
【東海第二】
島根 2 号炉は，最新データ（平成 11 年～平成 30 年）を利用した評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 1 表 運航距離

| | 日本国機の運行距離<br>（飛行回・ｋｍ） |
|---|---|
| 平成 4 年 | 307, 445, 013 |
| 平成 5 年 | 326, 899, 203 |
| 平成 6 年 | 343, 785, 576 |
| 平成 7 年 | 380, 948, 123 |
| 平成 8 年 | 397, 146, 610 |
| 平成 9 年 | 420, 920, 228 |
| 平成 10 年 | 449, 784, 623 |
| 平成 11 年 | 459, 973, 069 |
| 平成 12 年 | 480, 718, 878 |
| 平成 13 年 | 489, 803, 107 |
| 平成 14 年 | 498, 685, 881 |
| 平成 15 年 | 519, 701, 117 |
| 平成 16 年 | 517, 485, 172 |
| 平成 17 年 | 527, 370, 038 |
| 平成 18 年 | 555, 543, 154 |
| 平成 19 年 | 559, 797, 874 |
| 平成 20 年 | 554, 681, 669 |
| 平成 21 年 | 544, 824, 157 |
| 平成 22 年 | 548, 585, 258 |
| 平成 23 年 | 555, 144, 327 |
| 合　計 | 9, 439, 243, 077 |

２．延べ飛行距離

延べ飛行距離のデータは，表２のとおり「航空機落下事故に関するデータ（平成11～30年）」（令和３年２月　原子力規制庁）の民間航空機（大型固定翼機，計器飛行方式）の延べ飛行距離の値とする。

第２表　延べ飛行距離

| | 国内線（km） | 国際線（km） | 合計（km） |
|---|---|---|---|
| 平成11年 | 459, 941, 610 | 3, 000, 000 | 462, 941, 610 |
| 平成12年 | 480, 695, 802 | 3, 000, 000 | 483, 695, 802 |
| 平成13年 | 489, 782, 465 | 3, 000, 000 | 492, 782, 465 |
| 平成14年 | 498, 480, 635 | 3, 500, 000 | 501, 980, 635 |
| 平成15年 | 519, 275, 755 | 3, 500, 000 | 522, 775, 755 |
| 平成16年 | 517, 051, 659 | 3, 900, 000 | 520, 951, 659 |
| 平成17年 | 527, 104, 292 | 3, 700, 000 | 530, 804, 292 |
| 平成18年 | 555, 392, 832 | 3, 700, 000 | 559, 092, 832 |
| 平成19年 | 559, 616, 583 | 3, 800, 000 | 563, 416, 583 |
| 平成20年 | 554, 535, 973 | 3, 800, 000 | 558, 335, 973 |
| 平成21年 | 544, 494, 742 | 3, 600, 000 | 548, 094, 742 |
| 平成22年 | 548, 444, 056 | 3, 600, 000 | 552, 044, 056 |
| 平成23年 | 554, 156, 367 | 3, 400, 000 | 557, 556, 367 |
| 平成24年 | 607, 933, 799 | 3, 600, 000 | 611, 533, 799 |
| 平成25年 | 656, 587, 038 | 3, 700, 000 | 660, 287, 038 |
| 平成26年 | 678, 832, 124 | 3, 800, 000 | 682, 632, 124 |
| 平成27年 | 681, 945, 100 | 3, 900, 000 | 685, 845, 100 |
| 平成28年 | 682, 890, 250 | 4, 200, 000 | 687, 090, 250 |
| 平成29年 | 689, 723, 341 | 4, 400, 000 | 694, 123, 341 |
| 平成30年 | 690, 566, 330 | 4, 600, 000 | 695, 166, 330 |
| 合計 | 11, 497, 450, 753 | 73, 000, 000 | 11, 570, 450, 753 |

・条件の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
島根 2 号炉は，最新データ（平成 11 年～平成 30 年）を利用した評価を実施

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

別紙 7－5

### 第 1 表　飛行回数
### 柏崎刈羽原子力発電所
### （飛行回数）

| 東京航空交通管制部ピークデイ[注1] | 航空路 (V31) | 広域航法経路 (Y31) | 広域航法経路 (Y305) | 転移経路 (NAEBA TRANSITION) |
|---|---|---|---|---|
| H24 年上半期 (H24.6.8) 交通量 | 40 | 10 | 0 | 11 |
| H24 年下半期 (H24.9.19) 交通量 | 37 | 9 | 0 | 10 |
| 評価に用いる数値 | 40×365 日＝14600 便／年間 | 10×365 日＝3650 便／年間 | 0.5×365 日＝182.5 便／年間[注2] | 11×365 日＝4015 便／年間 |

注 1：国土交通省航空局に問い合わせ入手したデータ。ここでピークデイとは，東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のことであり，当該経路における交通量が半年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

注 2：実際の便数は 0 であるが，保守的に 0.5 とする。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

別紙 7.13

### 評価対象となる航空路等の飛行回数

| 評価対象となる航空路等 | ピークデイの飛行回数※1 | 年間飛行回数※2 |
|---|---|---|
| 直行経路 (IWAKI(IXE)－SWAMP) | H24 年上半期：0（6 月 8 日）<br>H24 年下半期：0（9 月 19 日） | 182.5 |
| 直行経路 (IWAKI(IXE)－KISARAZU(KZE)) | H24 年上半期：0（6 月 8 日）<br>H24 年下半期：0（9 月 19 日） | 182.5 |
| 広域航法経路　Y30 (LOTUS－SWAMP) | H24 年上半期：0（6 月 8 日）<br>H24 年下半期：3（9 月 19 日） | 1,095 |

※1　国土交通省航空局に問合せ入手したデータ。ここで，ピークデイとは，東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のこと。

※2　ピークデイの飛行回数（0 回の場合は，0.5 回とした）を 365 倍した値。

## 島根原子力発電所　２号炉

別紙 7－8

### 評価対象となる航空路の飛行回数

（飛行回）

| 東京航空交通管制部ピークデイ[注1] | 平成 30 年上半期 (H30.6.6) 交通量 | 平成 30 年下半期 (H30.8.7) 交通量 | 評価に用いる数値[注2] |
|---|---|---|---|
| 航空路 V29（IZUMO(XZE)-DOZEN） | 1 | 1 | 上半期合計：1 便<br>下半期合計：1 便<br>1×365 日＝365 便／年間 |
| RNAV 経路 Z16（MIHO(JET)-SPIDR） | 2 | 4 | 上半期合計：469 便<br>下半期合計：512 便<br>512×365 日＝186,880 便／年間 |
| RNAV 経路 Y14（MIHO(JET)-DRIPS） | 77 | 88 | |
| RNAV 経路 Y14（MIHO(JET)-HALNA） | 76 | 75 | |
| RNAV 経路 Y45（MIHO(JET)-SAKYU） | 43 | 52 | |
| RNAV 経路 Y45(MIHO(JET)-KYOKA） | 35 | 45 | |
| RNAV 経路 Y22（MIHO(JET)-TRUGA） | 7 | 7 | |
| RNAV 経路 Y18（MIHO(JET)-RAKDA） | 20 | 16 | |
| RNAV 経路 Y38（MIHO(JET)-TSUNO） | 10 | 13 | |
| RNAV 経路 Y38（MIHO(JET)-STAGE） | 23 | 29 | |
| RNAV 経路 Y361（MIHO(JET)-TONBI） | 75 | 73 | |
| RNAV 経路 Y39（MIHO(JET)-YUBAR） | 3 | 3 | |
| RNAV 経路 Y287（MIHO(JET)-SOUJA） | 0 | 0 | |
| RNAV 経路 Y206（MIHO(JET)-YAKMO） | 32 | 41 | |
| RNAV 経路 Y597（MIHO(JET)-PEPOS） | 66 | 66 | |
| RNAV 経路 Y332（MIHO(JET)-KAPPA） | 0 | 0 | |

注１：国土交通省航空局に問合せ入手したデータ。ここで，ピークデイとは，東京航空交通管制部が全体として取り扱った交通量が半年間で最も多かった日のことであり，当該経路における交通量が半年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

注２：航空路及び RNAV 経路それぞれについて，上半期の合計値と下半期の合計値を比較し，大きいものを評価に用いた。

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別紙 7－8<br><br>航空機落下確率の評価を最新データに更新した場合の影響について<br><br>1. はじめに<br>発電所敷地内への航空機墜落による火災影響については，設置許可申請当時（平成25年9月）の最新データとして，「平成23年度　航空機墜落事故に関するデータの整備（平成24年9月　独立行政法人　原子力安全基盤機構）」に基づく航空機の落下確率より，発電用原子炉施設からの離隔距離を算出し，熱影響評価を行っている。<br>しかしながら，安全審査が長期化し，その間に，「航空機落下事故に関するデータ（平成28年6月　NRA技術報告）」がとりまとめられたことを受け，その影響について確認することとする。<br><br>2. 航空機事故等のデータ更新による影響<br>「航空機落下事故に関するデータ（平成28年6月　NRA技術報告）」では，平成5年1月～平成24年12月までの航空機事故データ，運行実績データ及び訓練空域面積データとして更新されているが，各航空機の落下事故率は，同等若しくは低下している。このため，航空機の落下位置から発電用原子炉施設までの離隔距離は同等若しくは長くなり，火災による影響も軽減される傾向となっている。<br>以下，更新されたデータに基づき，「航空機の落下位置から発電用原子炉施設までの離隔距離」並びに「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影響」について評価する。<br><br>3. 航空機墜落による火災影響評価<br>「添付資料－7　柏崎刈羽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」における航空機墜落による火災影響評価のうち，(1)航空機墜落による火災の想定～(3)評価対象範囲の考え方は同様であるため，(4)以降について，評価する。 | | | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>島根 2 号炉は，最新データ（平成 10 年～平成 29 年）を利用した評価を実施 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(1) 標的面積の算出

a. 大型民間航空機及び小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

$Pc = fc \cdot Nc \cdot A / W$

Pc：対象施設への巡航中の航空機落下確率[回/年]

Nc：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[$km^2$]

W：航空路幅[km]

fc＝Gc／Hc：単位飛行距離当たりの巡航中の落下事故率[回/飛行回･km]

Gc：巡航中事故件数[回]

Hc：延べ飛行距離[飛行回･km]

第 3-1 表　　標的面積の算出結果

| 発電所名称及び号炉 ／ パラメータ | 柏崎刈羽原子力発電所 6 号及び 7 号炉 | | | |
|---|---|---|---|---|
| 対象航空路[注1] | 航空路 (V31) | 広域航法経路 (Y31) | 広域航法経路 (Y305) | 転移経路 (NAEBA TRANSITION) |
| Nc [注2] | 14600 | 3650 | 182.5 | 4015 |
| A [注3] | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| W [注4] | 14 | 18.52 | 18.52 | 14 |
| Fc [注5] | $0.5/9,740,013,768 = 5.13 \times 10^{-11}$ | | | |
| Pc | $5.35 \times 10^{-10}$ | $1.01 \times 10^{-10}$ | $5.05 \times 10^{-10}$ | $1.47 \times 10^{-12}$ |
| Pc（合計） | $7.88 \times 10^{-10}$ | | | |

注1：柏崎刈羽原子力発電所周辺の航空図（AIPエンルートチャート）による。（別紙7－4）

注2：国土交通省航空局への問合せ結果（ピークデイの値）を365倍した値。ただし，平成24年のピークデイにおける飛行回数が0回の場合は，保守的に0.5回とみなし，年間182.5回とする。（別紙7－5）

注3：原子炉建屋，コントロール建屋等の水平面積の合計値は$0.01km^2$以下であるので標的面積は$0.01km^2$とする。（別紙7－6）

注4：「航空路の指定に関する告示」及び「航空路等設定基準」による。

注5：巡航中事故件数は，平成5年～平成24年の間で0件のため，保守的に0.5件とする。延べ飛行距離は，平成5年～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。（別紙7－9）

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(b) 有視界飛行方式民間航空機の落下事故

Pv＝(fv/Sv)・A・α

Pv：対象施設への航空機落下確率[回/年]

fv：単位年当たりの落下事故率[回/年]

Sv：全国土面積[$km^2$]

A ：発電用原子炉施設の標的面積[$km^2$]

α：対象航空機の種類による係数

第 3-2 表　　落下確率の算出結果

| パラメータ | 大型固定翼機 | 大型回転翼機 | 小型固定翼機 | 小型回転翼機 |
|---|---|---|---|---|
| fv 注 | 0.5/20=0.025 | 1/20=0.05 | 35/20=1.75 | 24/20=1.20 |
| Sv 注 | 372,000 | | | |
| α 注 | 1.0 | 1.0 | 0.1 | 0.1 |
| A | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Pv | $6.72\times10^{-10}$ | $1.34\times10^{-9}$ | $4.70\times10^{-9}$ | $3.22\times10^{-9}$ |
| Pv（合計） | $9.94\times10^{-9}$ | | | |

注：「NTEC-2016-2002　NRA技術報告　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）による。

以上より，　大型民間航空機の落下確率（Pc（計器飛行方式）＋Pv（大型固定翼機）＋Pv（大型回転翼機））が$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A1[$km^2$]を計算すると以下のとおりとなる。

A1＝$10^{-7}\div(7.88\cdot10^{-10}+6.72\times10^{-10}+1.34\times10^{-9})\times0.01$＝0.357[$km^2$]

小型民間航空機の落下確率（Pv（小型固定翼機）＋Pv（小型回転翼機））が$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A2[$km^2$] を計算すると以下のとおりとなる。

A2＝$10^{-7}\div(4.70\times10^{-9}+3.22\times10^{-9})\times0.01$＝0.126[$km^2$]

b. 大型軍用航空機及び小型軍用航空機の標的面積の算出

柏崎刈羽原子力発電所の上空には訓練空域がないため，軍用航空機の落下確率Psoを求める式は，以下のとおりとなる。

Pso＝(fso／So)・A

Pso：訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]

fso：単位年当たりの訓練空域外落下事故率[回/年]

So ：全国土面積から全国の陸上の訓練空域の面積を除い

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

た面積[km$^2$]

A ：発電用原子炉施設の標的面積[km$^2$]

第 3-3 表　　落下確率の算出結果

| パラメータ | 大型自衛隊機 | 大型米軍機 | 小型自衛隊機 | 小型米軍機 |
|---|---|---|---|---|
| fso 注 | 1/20=0.05 | 4/20=0.2 | 6/20=0.3 | 1/20=0.05 |
| So 注 | 295,000 | 371,500 | 295,000 | 371,500 |
| A | 0.01 | 0.01 | 0.01 | 0.01 |
| Pso | $1.69\times10^{-9}$ | $5.38\times10^{-9}$ | $1.01\times10^{-8}$ | $1.34\times10^{-9}$ |
| Pso（合計） | $1.85\times10^{-8}$ | | | |

注：「NTEC-2016-2002　NRA技術報告　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）による。

以上より，大型軍用航空機の落下確率（Pso（大型自衛隊機）＋Pso（大型米軍機））が$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A3[km$^2$] を計算すると以下のとおりとなる。

A3＝$10^{-7}\div(1.69\times10^{-9}+5.38\times10^{-9})\times0.01=0.141$[km$^2$]

小型軍用航空機の落下確率（Pso（小型自衛隊機）＋Pso（小型米軍機））が$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積A4[km$^2$] を計算すると以下のとおりとなる。

A4＝$10^{-7}\div(1.01\times10^{-8}+1.34\times10^{-9})\times0.01=0.086$[km$^2$]

(2) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出

(1)で求めた面積が，評価対象となる発電用原子炉施設（原子炉建屋及びコントロール建屋）外壁面から等距離の離隔をとった場合の標的面積と等しくなる距離を離隔距離L[m]とし，離隔距離Lを算出した結果を以下に示す。また，各航空機の離隔距離を第3-1図，第3-2図に示す。

$10^{-7}$[回/炉・年]となる標的面積の考え方は，添付資料－7「2.航空機墜落による　火災の影響評価 (5) 発電用原子炉施設からの離隔距離の算出」と同様。

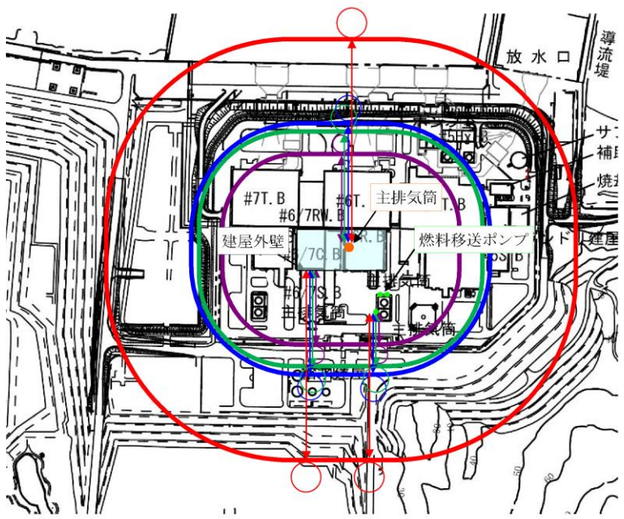
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3-4 表　　発電用原子炉施設からの離隔距離の算出結果

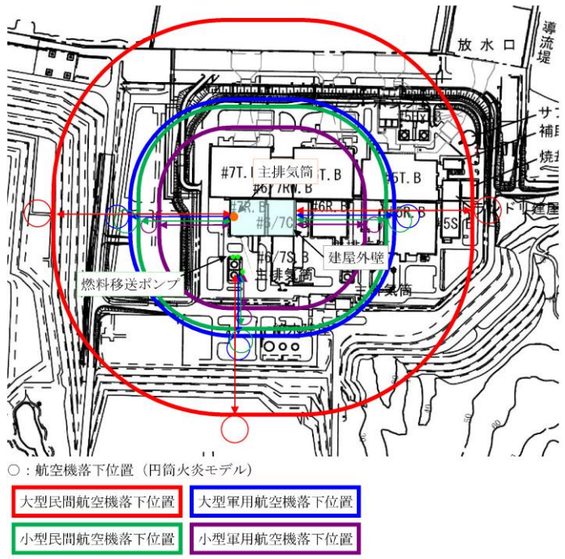
| 項目 | | 大型<br>民間航空機 | 小型<br>民間航空機 | 大型<br>軍用航空機 | 小型<br>軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|---|
| 対象航空機 | | B747-400 | Do228-200 | KC-767 | AH-1S |
| 6 号炉 | 外壁面 | 278 | 143 | 155 | 109 |
| 7 号炉 | までの離隔距離[m] | 286 | 150 | 161 | 116 |
| 6 号炉 | 燃料移送ポンプ | 218 | 83 | 95 | 49 |
| 7 号炉 | までの離隔距離[m] | 227 | 91 | 103 | 57 |
| 6 号炉 | 主排気筒 | 300 | 164 | 176 | 131 |
| 7 号炉 | までの離隔距離[m] | 286 | 151 | 162 | 117 |

※：軽油タンクの熱影響評価は，航空機墜落による軽油タンク火災の重畳火災も考慮

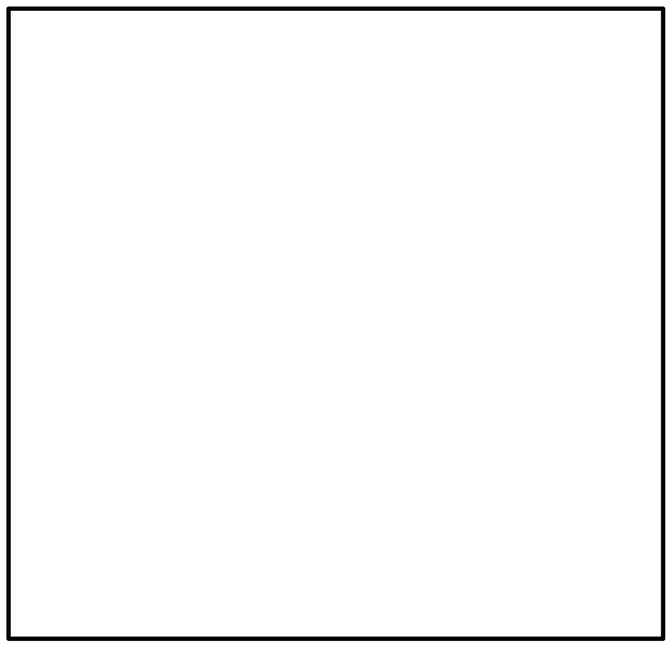
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

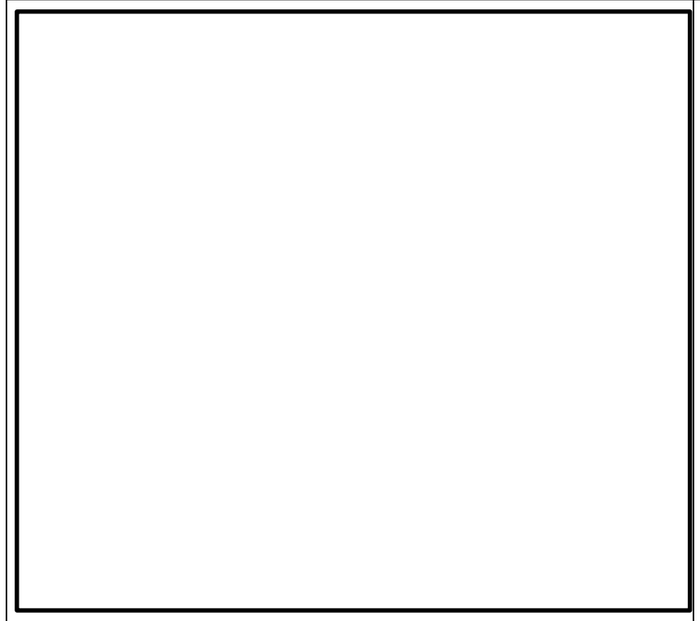



第3-1図　各航空機の落下位置（6号炉）




第3-2図　各航空機の落下位置（7号）

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 以上の結果より，各航空機の落下位置から算出した発電用原子炉施設との離隔距離は，「添付資料－7 柏崎刈羽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」と同等若しくは，それ以上であることから，発電用原子炉施設への熱影響は既評価と同等若しくは包絡されるものと評価する。<br><br>(3) 航空機墜落による火災と危険物タンク火災の重畳<br>航空機火災が発生した場合に重畳を考慮する危険物タンクを検討する。航空機落下が$10^{-7}$[回/炉・年]となる航空機落下位置とその周辺の危険物施設位置を第3-3 図及び第3-4図に示す。<br>  <br>第3-3図　航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置（6号炉） | | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>第3-4図　航空機落下位置と危険物タンク火災の重畳を考慮する位置（7号炉）<br><br>第 3-3 図及び第 3-4 図より，各航空機の落下位置から算出した発電用原子炉施設との離隔距離は，「添付資料－7 柏崎刈羽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」と比較し，同等若しくは，数十メートル程度長くなっていること，最も厳しいケースとして，6 号炉では，5 号炉軽油タンク2 台火災と 大型軍用航空機（KC-767）火災が重畳すること，7号炉では，6号炉軽油タンク2 台火災と小型軍用航空機（AH-1S）火災が重畳することに変わりはないことから，発電用原子炉施設への熱影響は既評価と同等若しくは包絡されるものと評価する。<br><br>4. 航空機墜落による火災の熱影響評価<br>以上により，「航空機落下事故に関するデータ（平成28年6月NRA技術報告）」のデータを反映した評価は，「添付資料－7 柏崎刈羽原子力発電所の敷地内への航空機落下による火災について」における熱影響評価と同等若しくは包絡される結果となることを確認した。 | | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7－9

延べ飛行距離について

延べ飛行距離は，平成 5 年～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便のみの合計値とする。

なお，国際便については，日本国内での運行距離ではないため考慮していない。また，日本に乗り入れている外国機は運行距離の実績の公開記録がないため考慮していない。

ただし，国際便及び外国機が日本国内で墜落した場合は事故件数としてカウントし，事故率が保守的となるようにしている。

第 1 表 運航距離

| | 日本国機の運行距離<br>（飛行回・km） |
|---|---|
| 平成 5 年 | 326,899,203 |
| 平成 6 年 | 343,785,576 |
| 平成 7 年 | 380,948,123 |
| 平成 8 年 | 397,146,610 |
| 平成 9 年 | 420,920,228 |
| 平成 10 年 | 449,784,623 |
| 平成 11 年 | 459,973,069 |
| 平成 12 年 | 480,718,878 |
| 平成 13 年 | 489,803,107 |
| 平成 14 年 | 498,685,881 |
| 平成 15 年 | 519,701,117 |
| 平成 16 年 | 517,485,172 |
| 平成 17 年 | 527,370,038 |
| 平成 18 年 | 555,543,154 |
| 平成 19 年 | 559,797,874 |
| 平成 20 年 | 554,681,669 |
| 平成 21 年 | 544,824,157 |
| 平成 22 年 | 548,585,258 |
| 平成 23 年 | 555,144,327 |
| 平成 24 年 | 608,215,704 |
| 合　計 | 9,740,013,768 |

・条件の相違
【柏崎 6/7，東海第二】
島根 2 号炉は，最新データ（平成 10 年～平成 29 年）を利用した評価を実施

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

参考資料 7－1

# 航空機墜落による火災の影響評価に用いたデータについて

## １．航空機の仕様について

第1-1表　航空機の仕様

| 項目 | 大型<br>民間航空機 | 小型<br>民間航空機 | 大型<br>軍用航空機 | 小型<br>軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|
| 想定する航空機 | B747-400 | Do228-200 | KC-767 | AH-1S |
| 燃料の種類 | Jet A-1 | Jet A-1 | JP-4 | JP-4 |
| 燃料量[$m^3$] | 216.84[1)] | 2.38[2)] | 145.03[3)] | 0.98[2)] |
| 燃料タンク面積[$m^2$] | 605[4)] | 26[5)] | 280[6)] | 12[7)] |

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

2) 日本航空機全集 2013,（鳳文書林出版販売（株）発行）記載値

3) 世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の燃料重量及び燃料密度(NUREG-1806)から算出した値

4) ボーイング社ホームページ資料「747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より，主翼，主翼と交差する胴体部及び尾翼の面積からフラップ等の面積を除いた面積が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値（第1-1(a)図)。

5) 日本航空機全集 2013 に記載の図面から，主翼及び主翼と交差する胴体部の面積からフラップ等の面積を除いた面積が燃料タンク面積と同等と想定し算出した値（第 1-1(b)図)

6) ボーイング社ホームページ資料「767 Airplane Characteristics for Airport Planning」の機体図面より，KC-767 のベースとなっている航空機 B767-200ER の主翼，主翼と交差する胴体部及び補助燃料タンクが搭載される床下貨物室の面積からフラップ等の面積を除いた面積を燃料タンク面積として算出した値（第1-1(c)図)

7) 日本航空機全集 2013 に記載の図面から，機体の投影面積を燃料タンク投影面積と同等と想定し算出した値（第 1-1(d)図)

参考資料7－1

# 航空機の落下による火災の影響評価に用いたデータについて

## １．航空機の仕様について

第 1-1 表　航空機の仕様

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他の機種 |
| 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（$m^3$） | 216.84[注1] | 145.04[注3] | 14.87[注5] |
| 燃料タンク面積（$m^2$） | 700[注2] | 405.2[注4] | 44.6[注6] |

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

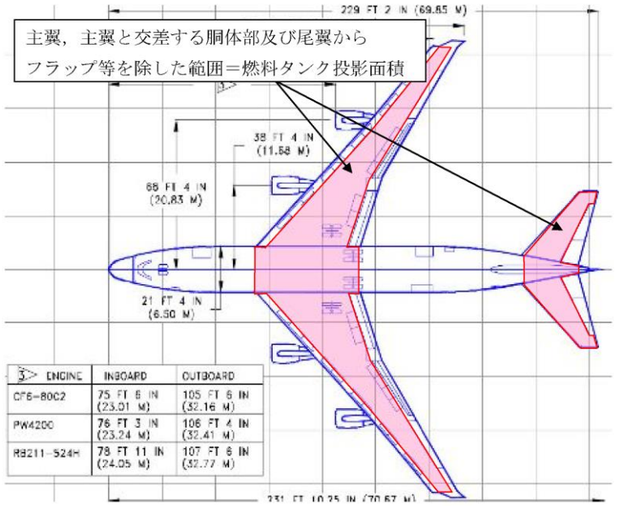
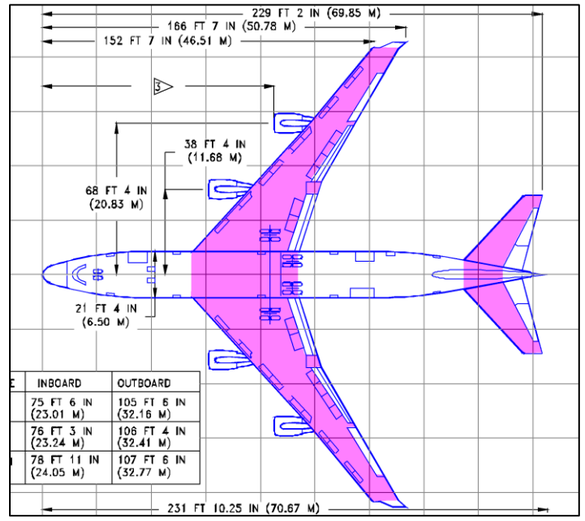
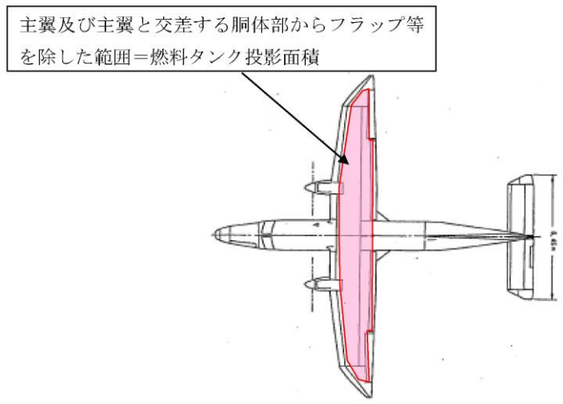
注２：ボーイング社ホームページ資料「747 Airplane Characteristicsfor Airport Planning（Document D6-58326-1,December 2002)」の機体図面より，主翼，主翼と交差する胴体部及び尾翼面積が燃料タンク面積と同等と想定し，これらの面積を算出した値

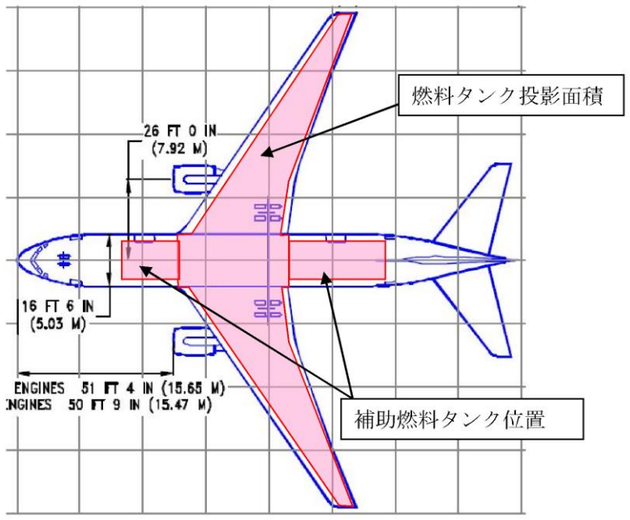
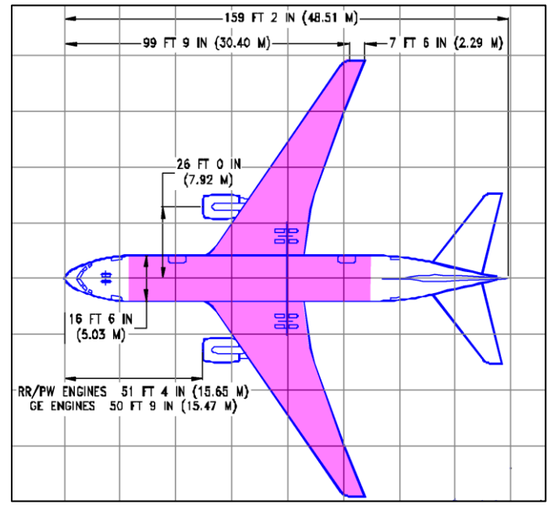
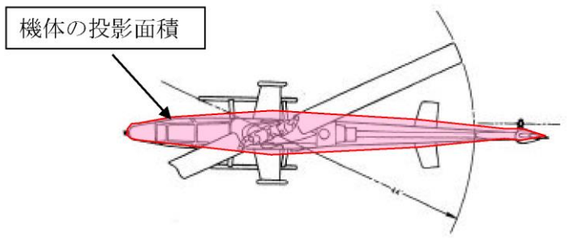
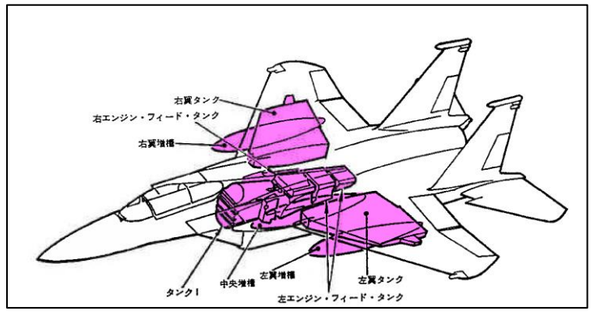
注３：世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の値及び燃料密度から算出した値

注４：ボーイング社ホームページ資料「767 Airplane Characteristicsfor Airport Planning（Document D6-58328,September 2005)」に記載している同型機の機体図面より，燃料タンクの配置及び大きさを想定し，これらの面積を算出した値

注５：航空ジャーナル２月号増刊 F-15 イーグル（航空ジャーナル社昭和 55 年２月５日発行）（予備タンクを含む）

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

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>第 1-1(a)図　　燃料タンク投影面積(B747-400)<br>(出典：747-400 Airplane Characteristics for Airport Planning) | |  <br>第 1-1(a)図　燃料タンク投影面積（B747-400）<br>（出典：747-400　Airplane Characteristics for Airport Planning) | |
|  <br>第 1-1(b)図　　燃料タンク投影面積(Do228-200)<br>（出典：日本航空機全集 2013） | | | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>評価手法の違いを踏まえた航空機の分類の相違に伴う想定航空機の相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>第 1-1(c)図　　燃料タンク投影面積(KC-767)<br>（出典：767 Airplane Characteristics for Airport Planning） | |  <br>第 1-1(b)図　燃料タンク投影面積（KC-767）<br>（出典：767　Airplane Characteristics for Airport Planning） | |
|  <br>第 1-1(d)図　　燃料タンク投影面積(AH-1S)<br>（出典：日本航空機全集 2013） | |  <br>第 1-1(c)図　燃料タンク投影面積（F-15）<br>（出典：航空ジャーナル 1978 別冊 F-15 イーグル<br>（昭和 53 年３月５日発行）） | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7】<br>評価手法の違いを踏まえたカテゴリ分けの相違に伴う想定航空機の相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 2. 燃料物性値について<br>ジェット燃料は，JIS 規格では1号の灯油型（低析出点），2号灯油型及び3号広範囲沸点型（ガソリン型）の3種類があり，ASTM 規格の Jet A-1，Jet A，Jet B に相当する。また，MIL規格では，JP-4(ガソリン型)，JP-5（灯油型）やJP-8（灯油型） があり，日本の民間航空機では安全性の高い1号（灯油型）が使用されており※1，軍用航空機では JP-4 が使われている※2。よって，民間航空機の燃料の種類は Jet A-1（灯油型），軍用航空機は JP-4 とする。 火災影響評価において使用する燃料物性値のうち，輻射発散度及び質量低下速度については，Jet A-1 燃料に関する明確な知見がない。このため，Jet A-1 は灯油型で あることから，輻射発散度は灯油の値を採用する。<br>また，Jet A-1 の質量低下速度，密度については，NUREG-1805 において，JP-4，JP-5の質量低下速度，密度が与えられていることから，同じ灯油型である JP-5 の値を採用する。なお，JP-5 の方が JP-4 より燃焼速度が遅く，燃焼継続時間が長くなるので保守的である。<br>軍用航空機の燃料（JP-4）は，ガソリン系の燃料であることから，輻射発散度はガソリン・ナフサの値を採用し，質量低下速度，密度は，NUREG-1805 の JP-4 の値を採用する。<br>※1：公益社団法人 石油学会 HP<br>※2：石油便覧　　JX 日鉱日石エネルギーHP<br><br>第 2-1 表　　評価対象航空機の燃料物性値<br>（次表） | | 2．燃料の物性値について<br>民間航空機の対象航空機としてボーイング 747-400 型機を選定しているが，当該機が使用する燃料の種類は，JET A-1 燃料である。<br>火災影響評価において使用する燃料物性値のうち，輻射発散度及び質量低下速度について，JET A-1 燃料に関する明確な知見がないため，JIS－K－2209－1991 に「ジェット燃料には合成炭化水素が含まれるが，この合成炭化水素は原油，オイルサンドあるいはシェールサンドから精製されたもので，物性値は極めて灯油に近い」と記載があることから，NUREG-1805 における灯油の値を使用している。<br><br>（次表） | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7】<br>評価手法の違いを踏まえたカテゴリ分けの相違に伴う想定航空機の相違 |

第 2-1 表　　評価対象航空機の燃料物性値

| 項目 | 大型<br>民間航空機 | 小型<br>民間航空機 | 大型<br>軍用航空機 | 小型<br>軍用航空機 |
|---|---|---|---|---|
| 想定する航空機 | B747-400 | Do228-200 | KC-767 | AH-1S |
| 燃料の種類 | Jet A-1 | Jet A-1 | JP-4 | JP-4 |
| 輻射発散度[W/m$^2$] | $50\times10^{3}$ 1) | $50\times10^{3}$ 1) | $58\times10^{3}$ 2) | $58\times10^{3}$ 2) |
| 質量低下速度[kg/m$^2$･s] | 0.054 3) | 0.054 3) | 0.051 4) | 0.051 4) |
| 燃料密度[kg/m$^3$] | 810 3) | 810 3) | 760 4) | 760 4) |
| 燃焼速度[m/s] | $6.66\times10^{-5}$ | $6.66\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |

1) 評価ガイド　附属書Ｂにおける灯油の値
2) 評価ガイド　附属書Ｂにおけるガソリン・ナフサの値
3) NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program に記載の JP-5(灯油型)の値
4) NUREG-1805, Fire Dynamics Tools (FDTs): Quantitative Fire Hazard Analysis Methods for the U.S. Nuclear Regulatory Commission Fire Protection Inspection Program 5 に記載の JP-4(ガソリン型)の値
NUREG-1805 より抜粋。

| 項目 | 大型民間航空機 | 自衛隊機又は米軍機 | |
|---|---|---|---|
| | | 空中給油機等 | その他の機種 |
| 想定する航空機 | B747-400 | KC-767 | F-15 |
| 輻射発散度（W/m$^2$） | $5.0\times10^{4}$注7 | $5.8\times10^{4}$注10 | $5.8\times10^{4}$注10 |
| 燃焼速度（m/s） | $4.64\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ | $6.71\times10^{-5}$ |
| 質量低下速度（kg/(m$^2$・s)） | 0.039注8 | 0.051注11 | 0.051注11 |
| 燃料密度（kg/m$^3$） | 840注9 | 760注11 | 760注11 |

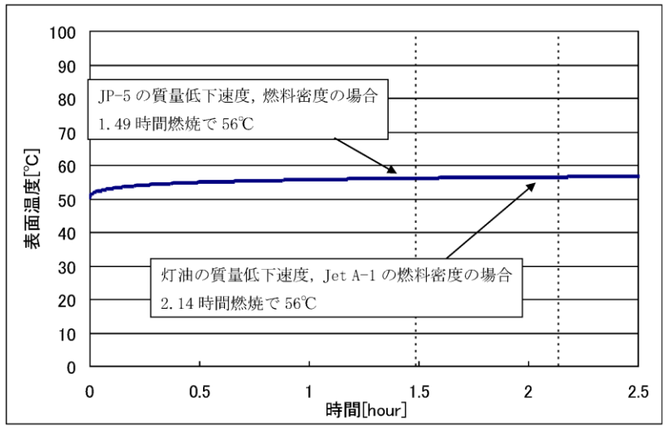
注７：「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ 石油コンビナート等 火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」の附録Ｂにおける灯油の値
注８：NUREG-1805 に記載の灯油の値
注９：JIS－K－2209－1991 記載の１号の値
注 10：「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド附属書Ｂ 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」の附録Ｂにおけるガソリン・ナフサの値
注 11：NUREG-1805 に記載の JP-4 の値

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 2-2 表　　軍用航空機の燃料物性値

| 種類 | 質量低下速度[kg/m²・s] | 密度[kg/m³] | 燃焼速度[m/s] |
|---|---|---|---|
| JP-4（ガソリン型） | 0.051 | 760 | $6.71\times10^{-5}$ |
| JP-5（灯油型） | 0.054 | 810 | $6.66\times10^{-5}$ |

また，質量低下速度を灯油の値(0.039kg/m²･s)とし，密度をJetA-1 の値の最大値(840kg/m³)とした場合,燃焼速度は,4.642×10-5[m/s]となり,燃焼継続時間は 2.14時間となり,JP-5 の値を採用した場合の 1.49 時間に比べ約 0.65 時間長くなるが，2.14 時間であった場合でも外壁面の温度は約 56℃であり，JP-5 で評価した場合と相違ない。




第 2-1 図　　航空機火災影響評価の外壁面の温度推移

３．航空機燃料 JP-4 と JP-5 の物性値

軍用で主に使用される航空機燃料として，JP-4 のジェット機燃料は，陸上，航空及び海上の各自衛隊の一部では現在使用されていること，JP-4 は JP-5 に比べ輻射発散度の値が大きいことから，影響評価は JP-4 の値で評価する。

JP-4,5 の物性値を以下に示す。

| 燃料の種類 | JP-4 | JP-5 |
|---|---|---|
| 輻射発散度（W/m²） | $5.8\times10^{4}$ | $5.0\times10^{4}$ |
| 燃焼速度（m/s） | $6.71\times10^{-5}$ | $6.66\times10^{-5}$ |
| 質量低下速度(kg/(m²・s)) | 0.051 | 0.054 |
| 燃料密度（kg/m³） | 760 | 810 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.5

## 「有視界飛行方式民間航空機（小型機）」の落下事故で考慮している航空機の燃料量

| 機　　種 | | 燃料量（m³） |
|---|---|---|
| 小型固定翼機 | ドルニエ Do228-200 | 約 2.4 |
| | パイパーPA-42-1000 | 約 2.2 |
| | セスナ 501 | 約 2.2 |
| | ビーチ B200 | 約 2.1 |
| | ガルフストリーム・コマンダ 695 | 約 1.8 |
| | セスナ 525/525A サイテーションジェット | 約 1.8 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS365N3 | 約 1.6 |
| | ベル 412 | 約 1.5 |
| | シコルスキ S-76A | 約 1.5 |
| | ビーチ C90A | 約 1.5 |
| | セスナ 510 | 約 1.5 |
| | セスナ 425 | 約 1.4 |
| | セスナ 404 | 約 1.3 |
| | セスナ 208 | 約 1.3 |
| | セスナ 208B | 約 1.3 |
| | ユーロコプターEC155B/B1 | 約 1.3 |
| | ベル 412EP | 約 1.2 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS365N1 | 約 1.2 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS365N2 | 約 1.2 |
| | ベル 430 | 約 1.1 |
| | ソカタ TBM700 | 約 1.1 |
| | シコルスキ S-76B | 約 1.1 |
| | シコルスキ S-76A+/S-76C/S-76C+/S-76C++ | 約 1.1 |
| | ユーロコプターEC135P1/P2 | 約 0.9 |
| | 川崎 BK117B-1/B-2 | 約 0.9 |
| | ピラタス PC-6/B2-H4 | 約 0.9 |
| | セスナ 150L/M/A150L | 約 0.9 |
| | 川崎 BK117C-2 | 約 0.9 |
| | カマン K-1200 | 約 0.9 |
| | ベル 212 | 約 0.8 |
| | ベル 429 | 約 0.8 |
| | 富士ベル 205B | 約 0.8 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS355F2 | 約 0.7 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS355F1 | 約 0.7 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS355N | 約 0.7 |
| | ユーロコプターEC135T1/T2 | 約 0.7 |
| | パイパーPA-31-350/PA-31P-350 | 約 0.7 |
| | ベル 427 | 約 0.7 |
| | 川崎 BK117C-1 | 約 0.7 |
| | ビーチ G58 | 約 0.7 |
| | ビーチ 58 | 約 0.6 |
| | セスナ 340 | 約 0.6 |

・条件の相違
【東海第二】
島根２号炉は，燃料タンク面積の大きい大型機にて火災影響評価を実施することから記載しない

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

| 機　　種 | | 燃料量（m³） |
|---|---|---|
| 小型固定翼機 | アグスタ A109K2 | 約 0.6 |
| | 富士ベル 204B-2 | 約 0.6 |
| | アグスタ A109E | 約 0.6 |
| | マグドネル・ダグラス 900 | 約 0.6 |
| | アグスタ AW119Ke | 約 0.6 |
| | セスナ T303 | 約 0.6 |
| | ユーロコプター(MBB)Bo105S | 約 0.6 |
| | アグスタ AW109SP | 約 0.6 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)SA315B | 約 0.6 |
| | セスナ 182P/Q/R | 約 0.6 |
| | セスナ TU206F | 約 0.6 |
| | セスナ 207/T207 | 約 0.6 |
| | アグスタ 109AⅡ | 約 0.6 |
| | アグスタ A109C | 約 0.6 |
| | パイパーPA-23-250 | 約 0.5 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350B2 | 約 0.5 |
| | ユーロコプターEC130B4 | 約 0.5 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350B3 | 約 0.5 |
| | セスナ TU206G | 約 0.5 |
| | セスナ U206G | 約 0.5 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350B/BA | 約 0.5 |
| | ユーロコプター(アエロスパシアル)AS350BI | 約 0.5 |
| | ブリテン・ノーマン BN-2B-20 | 約 0.5 |
| | ビーチ E33 | 約 0.5 |
| | ビーチ 35-C33A/F33A/F33C | 約 0.5 |
| | ビーチ 36/A36 | 約 0.5 |
| | ベル 407 | 約 0.5 |
| | パイパーPA-46-310P | 約 0.5 |
| | パイパーPA-46-350P | 約 0.5 |
| | MD ヘリコプターズ 600N | 約 0.5 |
| | ロックウェル・コマンダ 112 | 約 0.5 |
| | ベル 206L-4 | 約 0.4 |
| | セスナ 172P | 約 0.4 |
| | ソカタ/モランソルニエ MS885/893A | 約 0.4 |
| | ベル 206L-3 | 約 0.4 |
| | ユーロコプターEC120B | 約 0.4 |
| | ビーチ B36TC | 約 0.4 |
| | パイパーPA-32R-301T | 約 0.4 |
| | パイパーPA-34-200 | 約 0.4 |
| | パイパーPA-34-200T | 約 0.4 |
| | パイパーPA-34-220T | 約 0.4 |
| | セスナ 172N | 約 0.4 |
| | セスナ 172K/L/M | 約 0.4 |
| | セスナ 182S | 約 0.3 |
| | セスナ T206H | 約 0.3 |
| | シーラス SR22/SR22T | 約 0.3 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

| 機　　種 | | 燃料量（m³） |
|---|---|---|
| 小型固定翼機 | セスナ P210N | 約 0.3 |
| | セスナ T210M/N | 約 0.3 |
| | エンストロム 480B/TH480B | 約 0.3 |
| | ソカタ TB-20 | 約 0.3 |
| | ソカタ TB21 | 約 0.3 |
| | ビーチ A36TC | 約 0.3 |
| | ムーニーM20K | 約 0.3 |
| | パイパーPA-28RT-201T | 約 0.3 |
| | ベル 206B | 約 0.3 |
| | ロビンソン R66 | 約 0.3 |
| | シュワイザー-269D-A | 約 0.3 |
| | セスナ 172RG | 約 0.3 |
| | セスナ 210-5A | 約 0.2 |
| | セスナ 152 | 約 0.2 |
| | ムーニーM20J | 約 0.2 |
| | ヒューズ/川崎 369E | 約 0.2 |
| | セスナ 150B/C | 約 0.2 |
| | ビーチ B24R | 約 0.2 |
| | ワコー・クラシック・エアクラフト YMF ワコーF5C | 約 0.2 |
| | セスナ 172S | 約 0.2 |
| | シーラス SR20 | 約 0.2 |
| | ソカタ TB200 | 約 0.2 |
| | エンストロム 280FX | 約 0.2 |
| | 富士 FA-200-160 | 約 0.2 |
| | 富士 FA-200-180 | 約 0.2 |
| | 富士 FA-200-180AO | 約 0.2 |
| | ソカタ TB10 | 約 0.2 |
| | セスナ 172R | 約 0.2 |
| | クリスティン・インダストリーA-1 | 約 0.2 |
| | ガルフストリーム・エアロスペース AG-5B | 約 0.2 |
| | セスナ R172K | 約 0.2 |
| | ムーニーM20C | 約 0.2 |
| | ダイヤモンド DA42/DA42NG | 約 0.2 |
| | ロビンソン R44 アストロ/レイベン | 約 0.2 |
| | ダイヤモンド DA40 | 約 0.2 |
| | パイパーPA-28-140 | 約 0.2 |
| | パイパーPA-28-151 | 約 0.2 |
| | パイパーPA-28-161 | 約 0.2 |
| | パイパーPA-28-180 | 約 0.2 |
| | パイパーPA-28-181 | 約 0.2 |
| | パイパーPA-28R-200 | 約 0.2 |
| | ロビンソン R44 Ⅱ | 約 0.2 |
| | モール M-7-235C | 約 0.2 |
| | エクストラ EA300S,300/L | 約 0.2 |
| | ジャイロフルーク SC01B-160 | 約 0.2 |
| | セスナ 172 | 約 0.2 |

| 機　　種 | | 燃料量（m³） |
|---|---|---|
| 小型固定翼機 | ソカタ TB9 | 約 0.2 |
| | セスナ 172B,D,G,H | 約 0.1 |
| | パイパーPA-28R-201 | 約 0.1 |
| | パイパーPA-28R-201T | 約 0.1 |
| | ベランカ 7GCBC/8KCAB | 約 0.1 |
| | パイパーPA-18-150 | 約 0.1 |
| | シュワイザー269C-1 | 約 0.1 |
| | エクストラ EA300/200 | 約 0.1 |
| | ロビンソン R22Beta/Mariner | 約 0.1 |
| | ヒューズ 269C | 約 0.1 |
| | リバティーXL-2 | 約 0.1 |
| | アビオン・ピエール・ロバン DR400/180R | 約 0.1 |
| | ピッツ S-2B/S-2C | 約 0.1 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.7<br><br>航空機落下確率評価手法の保守性について<br><br>「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（内規）」に記載されているとおり，航空機落下確率評価手法には以下の保守性がある。<br><br>(1)　計器飛行方式民間航空機の飛行場での離着陸時における落下事故<br>原子力施設付近の上空の飛行はできる限り避けるよう指導等がなされているため，離着陸時においても原子力施設付近における飛行は極めて少なくなるものと考えられるが，当該原子炉施設に係る離着陸時の落下確率として，この指導等による効果を考慮せずに，国内の飛行場における離着陸時の事故件数及び当該飛行場の着陸回数から求めることとしている。<br>さらに，評価に用いる落下地点の確率分布は，評価対象区域の扇型内一様分布及び周方向に正規分布を仮定し，いずれか厳しい方を用いるとしている。<br><br>(2)　有視界飛行方式で飛行する民間航空機の落下事故<br>有視界飛行方式で飛行する民間航空機の落下確率評価における評価式は，有視界飛行が全国的に均一して行われているものと仮定し全国平均値を求めることとしている。しかしながら，一般に，こうした有視界飛行については，原子力施設付近の上空をできるだけ飛行しないよう指導されていること，原子力関係施設の上空については，航空法第81条に基づく最低安全高度以下の高度での飛行に係る国土交通大臣の許可が与えられないこととなっていること，及び民間航空機の訓練空域が原子炉施設の上空に存在する場合には自衛隊機の訓練空域と同様な飛行規制が取られていることから，有視界飛行中の民間航空機が原子炉施設に落下する可能性は他の地域に比べて十分低いと考えられる。さらに，原子炉施設設置者は，原子炉施設上空からの視認性を向上させるために，自主的に灯火を設置している。したがって，こうした実態を考慮すると，有視界飛行中の民 | | ・記載方針の相違<br>【東海第二】<br>島根２号炉は，評価ガイド記載内容のため記載していない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 間航空機の落下確率について，全国平均値を評価に用いることには十分な保守性があると言える。<br><br>(3)　自衛隊機又は米軍機の落下事故<br>訓練空域内で訓練中及び訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機の落下確率評価式は，いずれも，訓練空域が全国的に均一して分布していると仮定し全国平均値で評価を行うというものである。しかし，自衛隊機の訓練空域が原子炉施設の上空に存在する場合には飛行機規制が取られていること（当該空域における訓練飛行中は通常の飛行時に比べ機器の操作頻度が多いことに鑑み，従来から国土交通省により原子炉施設から半径２海里以内，高度 2000ft 以下（半径約 3.6km 以内、高度約 600m 以下）の範囲が訓練空域から除外されている。），米軍機についても原子炉施設上空の飛行規制に係る協力要請を行っており周知徹底を行う旨回答を得ていること及びこれまでの事故の実績を考慮すると，訓練空域外を飛行中の自衛隊機又は米軍機が原子炉施設に落下する確率として全国平均値を用いることには保守性があると言える。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.8

離隔距離の算出方法について

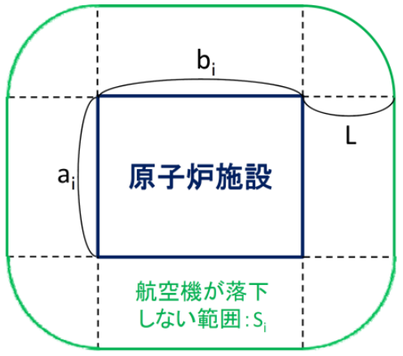
1.　考え方

各評価対象施設における離隔距離が一定に確保されるように，評価対象施設近辺の航空機が落下しない範囲の面積の和が落下確率 $10^{-7}$（回／炉・年）に相当する面積となるまで標的面積を拡大させたときの離隔距離を算出する方法を用いた。

2.　離隔距離算出方法

評価対象施設の各辺の長さを（$a_i$，$b_i$）とした場合，離隔距離をＬとすると，当該評価対象施設近辺の航空機が落下しない範囲（面積：$S_i$）は以下の式で表される。

$$Si = \pi L^2 + 2L(a_i + b_i) + a_i b_i$$




離隔距離の概念図

上記の式を用いて，全ての評価対象施設に対して $S_i$ を計算し，それらを合計した上でＬについて解くことで離隔距離が得られる。

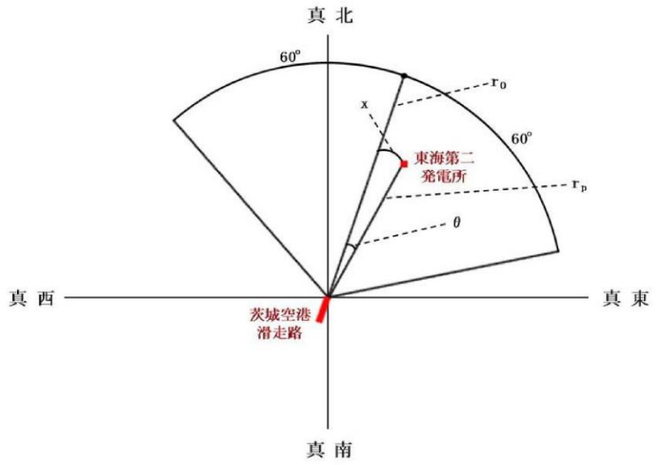
なお，各施設間の距離が近く，航空機が落下しない範囲が重なる範囲が重なる場合は，重なった範囲の面積を分配して再計算することで，航空機落下確率 $10^{-7}$（回／炉・年）に相当する面積に近づける。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.11<br><br>計器飛行方式民間航空機の飛行場を離着陸時における落下事故の確率分布関数について<br><br>「実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（内規）」に基づき，計器飛行方式民間航空機の「①飛行場（茨城空港）での離着陸時」における落下事故の確率分布関数には，滑走路端から最大離着陸地点までの直線距離（$r_0$）内の内円で滑走路方向両側に対し±60°以内の扇型に一様な分布又は周方向で正規分布を仮定し，評価結果が厳しい方を用いる。下式にて評価した結果，今回の評価では，下表に示すとおり厳しい方である正規分布を仮定した方法を用いることとする。<br><br>（一様分布）<br>$\Phi(r_0,\theta)=\frac{1}{A_{d,a}}$（／km$^2$）<br>$A_{d,a}=\frac{2}{3}\pi r_0^2$（km$^2$）<br>（正規分布）<br>$\Phi(r_0,\theta)=\frac{1}{A_{d,a}}f(x)$（／km$^2$）<br>$A_{d,a}=\frac{2}{3}\pi r_0^2$（km$^2$）<br>$f(x)=\frac{A}{\sqrt{2\pi}\sigma}\exp(-\frac{x^2}{2\sigma^2})\cong 2.1\times\exp(\frac{-30.42x^2}{\pi^2 r_p^2})$<br>$A=\int_{-\infty}^{+\infty}f(x)dx=\int_{-\pi r/3}^{\pi r/3}Pdx=\frac{2}{3}\pi r_p$<br>$\sigma=\frac{\pi r}{3\times 2.6}$<br>$r_p$：滑走路端から発電用原子炉施設までの距離（径方向）（km）<br>x：滑走路軸上から発電用原子炉施設までの距離（周方向）（km） | | ・記載方針の相違<br>【東海第二】<br>島根２号炉は，評価ガイド記載内容のため記載していない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

$x = r_p \times \theta$

$\theta$ ：滑走路方向に対する空港－発電用原子炉施設の角度（rad）




| 項　　目 | 確率密度（／$km^2$） |
|---|---|
| 一様分布 | 約 $1.55\times10^{-4}$ |
| 正規分布 | 約 $2.98\times10^{-4}$ |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

別紙 7.12

航空機落下確率評価における標的面積の考え方について

1.　基準の要求事項

航空機落下確率評価に用いる基準及び航空機墜落による火災影響評価に用いる基準の要求事項は，それぞれ以下のとおり。

(1)　航空機落下確率評価

○実用発電用原子炉施設への航空機落下確率に対する評価基準について（平成 21 年 6 月 30 日原子力安全・保安院制定）

解説４－３　離着陸時及び巡航中の計器飛行方式民間航空機の原子炉施設への落下確率評価における入力パラメータ等に関する考え方（第４章）

(4)　原子炉施設への標的面積（A）

原子炉施設への航空機落下に対する影響評価を行う場合において、航空機落下事故時の安全性を確保する観点から重要なのは、大量の放射性物質を蓄えている炉心や使用済燃料プールを保護すること、並びに、原子炉の安全停止（炉心冷却も含む。）を確保することである。したがって、原子炉施設への航空機落下確率評価では、これらを踏まえ、安全上重要な構築物、系統及び機器の設置状況、航空機の大きさ、突入する角度、滑り込み等を勘案して標的面積を決める必要がある。（以下略）

(2)　外部火災影響評価

○原子力発電所の外部火災影響評価ガイド（平成 25 年 6 月 19 日原子力規制委員会決定）

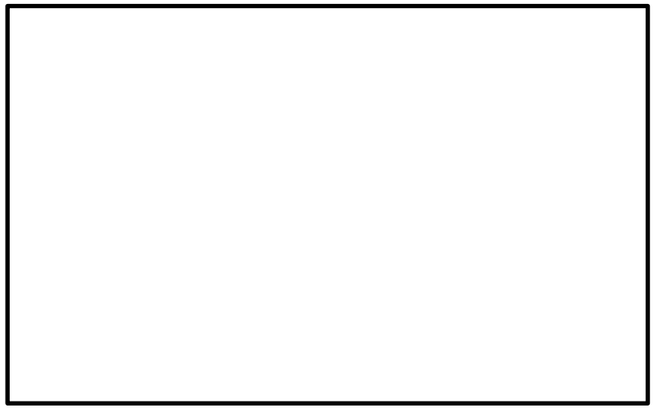
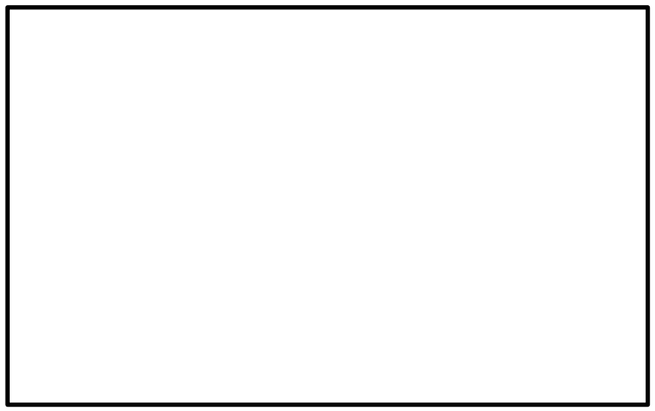
附属書Ｃ　原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について

１．総則

（中略）

本評価ガイドは、発電所敷地への航空機の墜落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原子炉施設（本評価ガイドにおける「原子炉施設」は、安全機能を有する構築物、系統及び機器を内包するものに限る。）に影響を及ぼさないことを評価するものである。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 2.　航空機落下確率評価における標的面積<br>1.(2)の基準を踏まえ，航空機墜落による火災影響評価においては，以下の屋外の外部事象防護対象施設等を標的対象として選定する。<br>・原子炉建屋<br>・使用済燃料乾式貯蔵建屋<br>・海水ポンプ室<br>・タービン建屋（第１図，第２図参照）<br>・主排気筒<br>なお，評価対象施設のうち放水路ゲートについては，津波の流入を防ぐための閉止機能を有している。航空機落下を起因として津波が発生することはないこと及び放水路ゲートは，大量の放射性物質を蓄えておらず，原子炉の安全停止（炉心冷却を含む。）機能を有していないため，航空機落下確率を算出する標的面積として選定しない。また，使用済燃料乾式貯蔵建屋の安全機能については，以下のとおり使用済燃料乾式貯蔵建屋以外の東海第二発電所原子炉施設と独立していることから，航空機落下確率評価においては使用済燃料乾式貯蔵建屋単独で評価を実施することとした。<br>①　使用済燃料乾式貯蔵建屋は，使用済燃料乾式貯蔵建屋以外の東海第二発電所原子炉施設の安全機能に直接的に影響を及ぼすものではなく，また，乾式貯蔵容器本体で安全機能（臨界防止機能，密封機能，遮蔽機能，除熱機能）を確保する設計である。<br>②　使用済燃料乾式貯蔵建屋の監視設備（乾式貯蔵容器の一・二次蓋間圧力，乾式貯蔵容器の表面温度等）及び火災防護設備（火災報知器）への電源供給については，全交流動力電源喪失時においては，事象発生後 30 分は専用の蓄電池から供給可能だが，その後は東海第二発電所の非常用ディーゼル発電機から給電する設計である。ただし，監視設備及び火災防護設備（火災報知器）は状態監視用であり，その機能喪失は乾式貯蔵容器の安全機能に影響を及ぼすものではない。<br><br>一方，従来の航空機落下確率評価においては，1.(1)の基準を踏まえ，以下を評価対象としていた。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | ・原子炉建屋<br>・タービン建屋（第２図参照※1）<br>・海水ポンプ室<br>・使用済燃料乾式貯蔵建屋※2<br>※１ 原子炉補機冷却系ポンプ及び熱交換器を含む区画<br>※２ 使用済燃料乾式貯蔵建屋が各発電用原子炉施設から独立して設置されているため，平成 21 年の実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の再評価の際は個別に航空機落下確率を評価した<br>  <br>第１図　タービン建屋内の安全上重要な系統及び機器の配置（地上１階）<br>  <br>第２図　タービン建屋内の原子炉補機冷却系ポンプ及び熱交換器の配置 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.16<br><br>基地－訓練空域間往復時の落下事故における航空機落下確率の推定について<br><br>1.　想定飛行範囲の面積を用いた評価式の保守性について<br>「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率は，下式のとおり評価している。<br>Pse＝fse・A／Sse　　・・・・・・・・・・・・・・(A)<br>Pse：対象施設への航空機落下確率（回／年）<br>fse:基地と訓練空域間を往復中の落下事故率(回／年)<br>A：発電用原子炉施設の標的面積（$km^2$）<br>Sse：想定飛行範囲の面積（$km^2$）<br>(A)式によると，想定飛行範囲の面積（Sse）が小さいほど，大きな落下確率となる。これは，基地－訓練空域間を簡易的に一様に飛行すると仮定しているためである。<br>しかし，「原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）」に示すとおり，実際には原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること，やむを得ず原子力関連施設の上空を飛行する必要がある場合には，動力装置の停止等緊急事態が発生しても原子力関連施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行することから，発電所上空を含めて基地－訓練空域間を一様に飛行することはなく，かつ，基地－訓練空域間往復時の自衛隊機が発電所に落下する確率は極めて小さいと考えられる。<br>以上のことから，想定飛行範囲の面積が小さくなるほど，より保守的な落下確率を与えることとなる。（「想定飛行面積と航空機落下確率の関係（概略図）」参照） | | ・条件の相違<br>【東海第二】<br>島根２号炉は，基地－訓練空域間を対象としていない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）

昭和44年2月6日
陸幕航第59号

改正　平成10年3月23日陸幕運第145号　平成19年1月9日陸幕法第1号
平成19年3月28日陸幕法第61号　平成21年2月3日陸幕法第10号

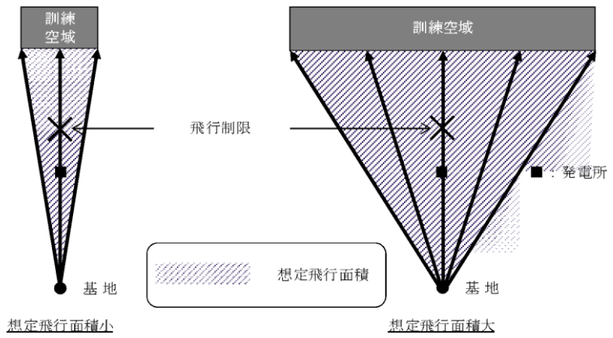
各方面総監
中央即応集団司令官　殿
中央管制気象隊長
航空学校長

陸上幕僚長の命により
総務課長

（例規99）
原子力関連施設上空の飛行制限について（通達）
標記について、さきに防衛事務次官の指示に基づきその実施について通達したところであるが、その後さらに細部について示されたので、今後下記により実施されたい。
なお、陸幕航第583号（43．9．2）は廃止する。

記

1　原子力関連施設上空の飛行は、原則として行わないものとする。
2　管制機関の指示又は原子力関連施設の位置等の関係から、やむを得ずその上空を飛行する必要がある場合には、動力装置の停止等緊急事態が発生してもこれらの施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行するものとする。
3　原子力関連施設は航空路図誌（防衛省監修）に記載され、その設置・廃止等の状況は逐次追録されるので、関係者に当該施設の位置を周知徹底させるものとする。




想定飛行面積と航空機落下確率の関係（概略図）

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td></td>
<td>また，新規制基準に係る適合性の審査の申請をしている発電所のうち，自衛隊機の基地－訓練空域間往復時の航空機落下確率を(A)式により評価しているプラントは，東海第二発電所を含めて 6 つあり，これらのプラントにおける想定飛行範囲の面積は下表のとおりである。<br><br>
<table>
<tr><th>発電所名称</th><th>想定飛行範囲の面積（$km^2$）</th></tr>
<tr><td>東海第二発電所</td><td>4,540</td></tr>
<tr><td>川内原子力発電所１，２号炉</td><td>19,400</td></tr>
<tr><td>玄海原子力発電所３，４号炉</td><td>10,200</td></tr>
<tr><td>伊方発電所３号炉</td><td>40,080</td></tr>
</table>
<br>
上述のとおり，原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること等を踏まえると，東海第二発電所では，他プラントに比べて想定飛行範囲の面積が小さいため，他プラントの落下確率に比べてより大きな保守性を含んでいると考える。<br><br>
2.　「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率の算出について<br>
1.のとおり，「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率は大きな保守性を含んでいることから，以下を踏まえ，本航空機落下確率の算出においては，実際に落下事故実績のある全国の基地と訓練空域間を往復時の落下事故件数及び全国の基地の想定飛行範囲の面積を用いて算出した全国平均の基地－訓練空域間往復時の航空機落下確率を 2 倍した値（以下「全国平均の落下確率の 2 倍値」という。）を「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率とする。<br>
・百里基地－訓練空域間往復時に落下事故は発生していないが，全国の基地－訓練空域間往復時に 5 件の落下事故が発生していること及び百里基地－訓練空域間を飛行する際の自衛隊機の機種，飛行環境が全国と比較して大きな相違がないことを考慮すると，百里基地の落下確率は全国平均に対して同程度又はそれ以下と考えられる。<br>
・落下事故実績が存在する全国平均の落下確率を参考とし，保守性を確保するために全国平均の落下確率の 2 倍値を百</td>
<td></td>
<td></td>
</tr>
</table>

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

里基地－訓練空域間往復時の落下確率として採用。

・百里基地－訓練空域間の想定飛行範囲の面積が小さいこと，防衛省による原子力関連施設上空の飛行は原則として行わないよう制限されていること等を考慮すると，全国平均の落下確率の 2 倍値は実際の落下確率より十分高いと考えられる。

| 項　　目 | 航空機落下確率（回／炉・年） |
|---|---|
| 全国平均の落下確率の 2 倍値 | 約 $4.14\times10^{-8}$<br>（$=3.00\times10^{-6}$（回／年・$km^2$）※×約 $0.0138km^2$） |

※　5 件／20 年／$175,720km^2$＝約 $1.42\times10^{-6}$（回／年・$km^2$）を保守的に 2 倍にし，丸めた値

2.1　全国平均の落下確率の 2 倍値を用いることの保守性について

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」は過去 20 年間落下実績がなく，航空機落下確率算出時の発生件数の与え方に不確かさが存在する一方で，全国の基地－訓練空域間の往復時は過去 20 年間で 5 件落下実績が存在する。全国平均の落下確率は，評価の母集団を大きくすることにより落下事故件数を実績値（5 件）に基づき評価していること，基地－訓練空域間を往復時の落下確率が基地ごとに大きく異なることは考えにくいことを考慮すると，全国平均の落下確率は国内における平均的な落下確率として信頼性があると考えるが，本評価では保守的に全国平均の落下確率の 2 倍値を用いることとする。

また，原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること，やむを得ず原子力関連施設の上空を飛行する必要がある場合には，動力装置の停止等緊急事態が発生しても原子力関連施設に危害を及ぼさないような高度及び経路で飛行することについて評価上考慮しておらず，この点においても保守性は確保されている。

2.2　他の評価手法との比較

「基地（百里基地）－訓練空域間往復時」の落下事故における航空機落下確率の算出に当たっては，「原子力発電所の出力運転状態を対象とした確率論的リスク評価に関する実施基準（レベル 1PRA 編）：2013」（一般社団法人　日本原子力学会）

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | （以下「PRA 学会標準」という。）において，過去発生していない起因事象に対する起因事象発生頻度の算出方法として使用が認められている，以下の χ 二乗分布を用いた方法を使用することも考えられる。<br><br>$F=\chi^2(1, 0.5)/2T=0.2275/T$　（回／年）<br>T：対象期間（＝20 年）<br>その適用性及び保守性については参考１のとおりであるが，χ二乗分布を用いた方法よりも全国平均の落下確率の 2 倍値は以下のとおり大きくなっている。<br><br>項　目：全国平均の落下確率の２倍値<br>航空機落下確率（回／炉・年）：約 $4.14\times10^{-8}$（$=3.00\times10^{-6}$（回／年・$km^2$）×約 $0.0138km^2$）<br><br>項　目：χ二乗分布を用いた方法<br>航空機落下確率（回／炉・年）：約 $3.46\times10^{-8}$（＝0.2275 件／20 年／$4,540km^2$×約 $0.0138km^2$） | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.16　参考 1<br><br>χ二乗分布を用いた方法の適用性及び保守性について<br><br>航空機落下確率評価では，過去 20 年間における落下事故件数の統計データに基づき航空機落下確率を算出しているが，平成 5 年～24 年において，以下のカテゴリについては落下事故が発生していない。<br>(1)計器飛行方式民間航空機の「航空路を巡航中」の落下事故<br>(2)有視界飛行方式民間航空機の「大型機」の落下事故（大型固定翼機）<br>(3)自衛隊機又は米軍機の「訓練空域外を飛行中」の「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<br>(4)自衛隊機又は米軍機の「基地－訓練空域間往復時」の落下事故<br>そのうち，評価上の保守性が大きい(4)のカテゴリに対する航空機落下確率の推定には，PRA 学会標準において，過去発生していない起因事象に対する起因事象発生頻度の算出方法として使用が認められている，以下のχ二乗分布を用いた方法を用いることも考えられる。このχ二乗分布を用いた方法について，その方法の適用性（1.参照）及び保守性（2.参照）を以下に示す。<br>$F=\chi^2(1, 0.5)/2T=0.2275/T^{※1}$　（回／年）<br>T：対象期間（＝20 年）<br>※1　導出方法は参考 2 参照<br><br>1.　航空機落下確率評価へのχ二乗分布を用いた方法の適用性<br>PRA 学会標準の参考文献として引用されている NUREG/CR-4407“Pipe Break Frequency Estimation for Nuclear Power Plants”（参考 3 参照）によると，事象発生頻度の推定方法として，χ二乗分布を用いた方法を適用するためには，事象発生頻度がポアソン分布に従っていることが条件となる。<br>ポアソン分布は，一般的に確率が極めて小さい事象（例えば，交通事故による 1 日の死亡数）の発生頻度を処理する確率モデルとして使われるが，航空機の年間の落下事故率がポアソン分 | | ・条件の相違<br>【東海第二】<br>島根 2 号炉は，χ 二乗分布を用いていない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

布に従うかどうかを判断するために，国内における昭和 58 年～平成 23 年の 29 年間の国内の自衛隊機の「基地－訓練空域間往復時」の落下事故率を対象に，母集団の分布形の検定に使用される $\chi$ 二乗分布を用いた適合度検定（$\chi$ 二乗検定）を実施した。本検定は，観測度数と理論度数の差が有意かどうかについて，$\chi$ 二乗分布を用いて検定する統計的手法である。

適合度検定の結果を下表に示す。

| 落下事故件数 x［件］ | 落下事故件数に対する実年数 f［年］ | ポアソン分布 P(f)※1 | ポアソン分布から推定した理論年数 e※2［年］ | $\chi^2$ ※3 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 23 | 約 0.759 | 約 22.0 | 約 0.0447 |
| 1 | 4 | 約 0.209 | 約 6.07 | 約 0.707 |
| 2 | 2 | 約 0.029 | 約 0.84 | 約 1.61 |
| 3 | 0 | 約 0.003 | 約 0.08 | 約 0.0770 |
| 4 以上 | 0 | 約 0.000 | 約 0.01 | 約 0.00562 |
| 合　計 | 29 | 1.00 | 29.0 | **約 2.45** |

※1　$P(x)=\dfrac{\exp(-m)\cdot m^{x}}{x!}$

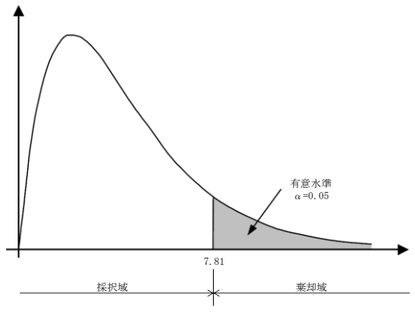
m：落下事故件数標本平均（約 0.276 件）

x：落下事故件数

※2　P(f)×29[年]

※3　$(f-e)^{2}/e$

検定統計量である $\chi$ 二乗分布の自由度は 3（＝（組分けの数 5）－1－推定される母数の数 1）であり，一般的に用いられる有意水準 $\alpha=0.05$ を用いると，検定の判定点は $\chi$ 二乗分布表より 7.81（$=\chi^{2}(3,\ 0.05)$）で与えられる。




$\chi$ 二乗分布表

| 自由度 | 上側有意確率 | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 0.995 | 0.99 | 0.975 | 0.95 | 0.9 | 0.5 | 0.1 | 0.05 | 0.025 | 0.01 | 0.005 |
| 1 | 0.00004 | 0.00016 | 0.00098 | 0.0039 | 0.0158 | 0.455 | 2.710 | 3.84 | 5.02 | 6.63 | 7.88 |
| 2 | 0.01003 | 0.02010 | 0.0506 | 0.1026 | 0.211 | 1.386 | 4.61 | 5.99 | 7.38 | 9.21 | 10.6 |
| 3 | 0.07172 | 0.1148 | 0.2158 | 0.352 | 0.584 | 2.37 | 6.25 | 7.81 | 9.35 | 11.3 | 12.8 |
| 4 | 0.2070 | 0.2971 | 0.484 | 0.711 | 1.06 | 3.36 | 7.78 | 9.49 | 11.1 | 13.3 | 14.9 |
| 5 | 0.4117 | 0.554 | 0.831 | 1.15 | 1.61 | 4.35 | 9.24 | 11.07 | 12.8 | 15.1 | 16.8 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | χ二乗値は約 2.45 であり，判定点より小さいことから，観測度数（ここでは，実年数）と理論度数（ここでは，理論年数）の差は有意であるとは言えない。<br>したがって，国内の自衛隊機の基地－訓練空域間往復時の落下事故率にポアソン分布を当てはめることは可能であり，航空機落下確率評価にχ二乗分布を用いた方法を適用することが可能であると判断した。<br><br>2.　χ二乗分布を用いた方法の保守性について<br>別紙 7.12 本文 1.に記載のとおり，実際には原子力関連施設上空の飛行を原則行わないよう制限されていること等を考慮すると，基地－訓練空域間往復時の自衛隊機が発電所に落下する確率は極めて小さいと考えられることから，χ二乗分布を用いた方法においても保守性は確保されていると考えられる。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.16　参考 2<br><br>χ二乗分布を用いた方法による発生率の導出について<br><br>ランダムに事象が発生する場合において，事象の発生率は二項分布に従うとするのが一般的である。<br>また，発生件数が小さい場合には，ポアソン分布での近似が可能である。<br>発生率がポアソン分布に従う場合，その平均値λの 100（1－α）%信頼区間は χ 二乗分布を使用して，<br>$\frac{\chi^2(2N,1-\frac{\alpha}{2})}{2T} \leqq \lambda \leqq \frac{\chi^2(2N+2,\frac{\alpha}{2})}{2T}$　（N：発生件数，T：期間）<br>で表される。<br>点推定値は，信頼上限及び信頼下限の平均の自由度をもつχ二乗分布の中央値を用いて，<br>$\lambda = \frac{\chi^2(2N+1,0.5)}{2T}$<br>で表される。なお，NUREG/CR-4407 においても，点推定値の算出に信頼上限及び信頼下限の平均の自由度をもつ χ 二乗分布の中央値を用いている。<br>以上より，発生件数がポアソン分布に従う場合，0 件（N＝0）である場合における発生率 F は，<br>$F = \frac{\chi^2(1,0.5)}{2T} = \frac{0.2275}{T}$<br>により算出される。<br><br>【解　説】<br>(1)　確率分布<br>①　二項分布<br>離散型確率変数 x の確率関数が次の式で表される分布を二項分布という。<br>$p(x) = {}_nC_x p^x (1-p)^{n-x}$　（x＝0，1，2，…n）<br>これは，確率 p をもつ事象が n 回の観察で x 回発生する確率を表している。 | | ・条件の相違<br>【東海第二】<br>島根 2 号炉は，χ 二乗分布を用いていない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | ②　ポアソン分布<br>離散型確率変数 x の確率関数が次の式で表される分布をポアソン分布という。<br>$p(x)=\frac{e^{-m}\cdot m^{x}}{x!}$　（x＝0，1，2，…n，m は正の定数）<br>これは，単位時間中にある事象が発生する平均回数を m とするとき，単位時間中にその事象が x 回発生する確率を表している。<br>この分布は，非常に多くの観察回数のうち発生件数が少ない事象によく当てはまり，二項分布の平均値 m＝np を一定のままで観察回数 n を無限に大きくしたときの極限として導かれる。<br>なお，変数 $X_1$，…，$X_n$が平均値λのポアソン分布に従っており，それらが独立であるとき，その和 $Y=X_1+\cdots+X_n$ は，平均値 nλ のポアソン分布に従い，これをポアソン分布の再生性という。<br>③　ガンマ分布<br>確率変数 x の確率密度分布が次の式で与えられる分布をパラメータ α，β の χ 二乗分布という。<br>$f(x)=\frac{x^{\alpha-1}e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}$　（$x>0,\quad \alpha>0,\quad \beta>0$）<br>ここで，$\Gamma(\alpha)$ はガンマ関数であり，<br>$\Gamma(\alpha)=\int_0^{\infty}x^{\alpha-1}e^{-x}dx$<br>で表される。<br>④　χ 二乗分布<br>確率変数 x の確率密度分布が次の式で与えられる分布を自由度 m の χ 二乗分布という。<br>$f(x)=\frac{1}{2^{\frac{m}{2}}\Gamma(\frac{m}{2})}x^{\frac{m}{2}-1}e^{-\frac{x}{2}}$　（$x\geqq 0$）<br>これは，α＝m／2，β＝2 の γ 分布の確率密度分布である。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(2)　区間推定

真の値がある区間に含まれる確率のことを信頼度といい，その区間の下限値を信頼下限，上限値を信頼上限という。このある区間に含まれる確率を 1－α とするとき，信頼度 100(1－α)％の信頼区間という。また，この α のことを有意水準という。

(3)　精密法によるポアソン分布の母平均 λ の区間推定

確率変数 X が母平均 λ のポアソン分布に従うとき，上側確率は以下のとおり表される。

$$P(X \geqq x) = Q(x\ ;\ \lambda) = \sum_{k=x}^{\infty} \frac{e^{-\lambda}\lambda^{k}}{k!}$$

一方，パラメータ α，β のガンマ分布 GAM(α，β)に従う確率変数を G とすると，

$$P(G \leqq \beta\lambda) = F_{G}(\beta\lambda\ ;\ \alpha,\beta) = \int_{0}^{\beta\lambda} \frac{x^{\alpha-1}e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}dx$$

ここで，

$$u = \frac{e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}, \quad dv = x^{\alpha-1}dx$$

とおくと，

$$du = \frac{-e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha)}dx, \quad v = \frac{1}{\alpha}x^{\alpha}$$

であるから，部分積分を用いて，

$$F_{G}(\beta\lambda\ ;\ \alpha,\beta) = \left[\frac{x^{\alpha}e^{-\lambda}}{\alpha\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)}\right]_{0}^{\beta\lambda} + \int_{0}^{\beta\lambda} \frac{x^{\alpha}e^{-\frac{x}{\beta}}}{\alpha\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha)}dx$$

$$= \frac{(\beta\lambda)^{\alpha}e^{-\lambda}}{\alpha\beta^{\alpha}\Gamma(\alpha)} + \int_{0}^{\beta\lambda} \frac{x^{\alpha}e^{-\frac{x}{\beta}}}{\alpha\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha)}dx$$

$$= \frac{\lambda^{\alpha}e^{-\lambda}}{\alpha!} + \int_{0}^{\beta\lambda} \frac{x^{\alpha}e^{-\frac{x}{\beta}}}{\beta^{\alpha+1}\Gamma(\alpha+1)}dx$$

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

$$=\frac{\lambda^{\alpha}e^{-\lambda}}{\alpha!}+\Gamma_{G}(\beta\lambda\ ;\ \alpha+1,\beta)$$

となるから，

$$Q(x\ ;\ \lambda)=\sum_{\alpha=x}^{\infty}\frac{\lambda^{\alpha}e^{-\lambda}}{\alpha!}=\sum_{\alpha=x}^{\infty}\left[F_{G}(\beta\lambda\ ;\ \alpha,\beta)-F_{G}(\beta\lambda\ ;\ \alpha+1,\beta)\right]$$

$$=F_{G}(\beta\lambda\ ;\ \alpha,\beta)$$

の関係が得られる。

また，ガンマ分布でα＝m／2，β＝2 のとき，GAM(α，β)は自由度 m の χ 二乗分布になることに注目すると，

$$x=\frac{m}{2}\ ,\quad \beta=2$$

とおけば，$m=2x$，$\beta\lambda=2\lambda$ となるから，

$$Q(x\ ;\ \lambda)=F_{\chi^2}(2\lambda\ ;2x)$$

と，ポアソン分布の上側確率は，自由度 2x の χ 二乗分布の 2λ までの累積確率で表される。

ここで，ポアソン分布の再生性（(1)②参照）より，

$$P(Y\geqq y)=F_{\chi^2}(2n\lambda\ ;2y)\ =P(\chi^2_{2y}\leq 2n\lambda)$$

が成り立つ。この関係から，

$$P(Y\leqq y)=1-P(Y\geq y+1)\ =1-P(\chi^2_{2(y+1)}\leq 2n\lambda)$$

$$=P(\chi^2_{2(y+1)}\geq 2n\lambda)$$

より，

$$P(Y\leqq y)=\frac{\alpha}{2}=P(\chi^2_{2(y+1)}\geqq 2n\lambda)$$

$$\chi^2(2(y+1),\frac{\alpha}{2})\geqq 2n\lambda$$

$$\frac{\chi^2(2(y+1),\frac{\alpha}{2})}{2n}\geqq\lambda$$

となり，同様に，

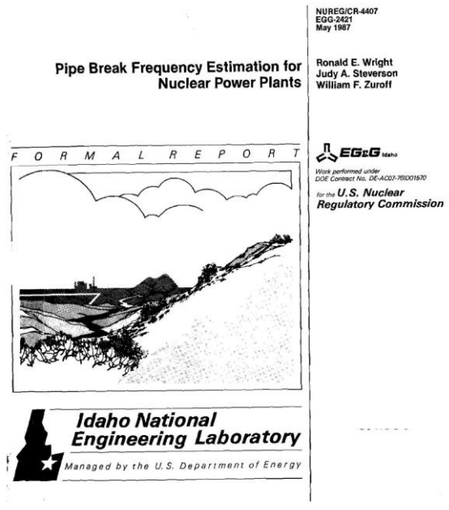
$$P(Y\geqq y+1)=1-P(Y\leqq y)=1-P(\chi^2_{2y}\geqq 2n\lambda)$$

$$=P(\chi^2_{2y}\leqq 2n\lambda)$$

より，

$$P(Y\geqq y+1)=\frac{\alpha}{2}=P(\chi^2_{2y}\leqq 2n\lambda)$$

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | $\chi^2(1-\frac{\alpha}{2},2y) \leqq 2n\lambda$<br><br>$\frac{\chi^2(1-\frac{\alpha}{2},2y)}{2n} \leqq \lambda$<br>となる。<br>以上より，ポアソン分布の平均値λの(1－α)×100%信頼区間は，<br>$P(\frac{1}{2n}\chi^2_{1-\frac{\alpha}{2}}(2y) \leqq \lambda \leqq \frac{1}{2n}\chi^2_{\frac{\alpha}{2}}(2(y+1)) = 1-\alpha$<br>で表される。（出典：蓑谷千凰彦，「数理統計ハンドブック」，みみずく舎，2009 年） | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別紙 7.16　参考 3<br><br>NUREG/CR-4407 の概要について<br><br>NUREG ／ CR-4407”Pipe Break Frequency Estimation for Nuclear Power Plants”は，確率論的リスク評価で使用する安全上重要な配管の破損頻度をデータの収集及び統計的な分析により推定することを目的として実施された研究の成果をまとめた報告書である。<br>本報告書では，破損が発生していないカテゴリの配管破損の発生頻度の点推定値について以下の式を用いて整理している。<br>$F = \frac{\chi^2(1,0.5)}{2T} = \frac{0.2275}{T}$<br><br>なお，本報告書では配管破損の発生頻度の点推定値に対してχ二乗分布を用いた方法を採用しているが，航空機落下事故についても配管破損と同様に発生頻度が小さい事象であり，ポアソン分布に従うことから，航空機落下事故の発生頻度の点推定値に対してχ二乗分布を用いた方法を採用することは可能であると考えられる。<br><br>（NUREG／CR-4407 抜粋）<br>  <br>NUREG/CR-4407<br>EGG-2421<br>May 1987<br>Pipe Break Frequency Estimation for Nuclear Power Plants<br>Ronald E. Wright<br>Judy A. Steverson<br>William F. Zuroff<br>F O R M A L R E P O R T<br>EG&G Idaho<br>Work performed under DOE Contract No. DE-AC07-76ID01570<br>for the U.S. Nuclear Regulatory Commission<br>Idaho National Engineering Laboratory<br>Managed by the U.S. Department of Energy | | ・条件の相違<br>【東海第二】<br>島根 2 号炉は，χ 二乗分布を用いていない |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

**CONTENTS**


ABSTRACT ..... ii
EXECUTIVE SUMMARY ..... iii
ACKNOWLEDGMENTS ..... vi
INTRODUCTION ..... 1
OVERALL METHODOLOGY ..... 3
FAILURE DATA ..... 7
POPULATION DATA ..... 11
RESULTS ..... 22
REFERENCES ..... 28
APPENDIX A—USING SUBJECTIVE DATA TO ESTIMATE PIPE BREAK FAILURE RATES ..... A-1
APPENDIX B—INFORMATION PROVIDED TO QUESTIONNAIRE RESPONDENTS ..... B-1
APPENDIX C—QUESTIONNAIRE RESPONSES ..... C-1
APPENDIX D—NARRATIVE SUMMARIES OF PIPE BREAK EVENTS ..... D-1
APPENDIX E—SUMMARIES OF SELECTED PIPE BREAK STUDIES ..... E-1
APPENDIX F—FAILURE RATE ESTIMATION METHODS ..... F-1


（NUREG／CR-4407　RESULTS 抜粋）

**Table 15. Frequencies of pipe breaks categorized by leak rate**

| Leak Rate | Numerator (N failures) | Denominator (T operating years) | Lower Bound $\chi^2_{0.05,\,2N}/2T$ | Point Estimate[a] | Upper Bound $\chi^2_{0.95,\,2N+2}/2T$ |
|---|---|---|---|---|---|
| PWR | | | | | |
| Non-LOCA[b] | | | | | |
| ≥1, <15 gpm | 5 | 484.73 | 0.0041 | 0.0103 | 0.0217 |
| ≥15 gpm | 4 | 484.73 | 0.0028 | 0.0083 | 0.0189 |
| LOCA[c] | | | | | |
| 50 to 500 gpm | 0 | 484.73 | 0 | 0.0005 | 0.0062 |
| >50 gpm | 0 | 484.73 | 0 | 0.0005 | 0.0062 |
| BWR | | | | | |
| Non-LOCA[b] | | | | | |
| ≥1, <15 gpm | 1 | 313.36 | 0.002 | 0.0032 | 0.0151 |
| ≥15 gpm | 9 | 313.36 | 0.0150 | 0.0287 | 0.0501 |
| LOCA[c] | | | | | |
| 500 to 5000 gpm | 0 | 313.36 | 0 | 0.0007 | 0.0096 |
| > 5000 gpm | 0 | 313.36 | 0 | 0.0007 | 0.0096 |

a. Point estimate $\lambda = N/T$ if $N > 0$; if $N = 0$, $\lambda = \chi^2_{0.50,\,2N+2}/2T$.
b. Non-LOCA systems are those systems that if disabled, could not mitigate a LOCA (see Table 1).
c. LOCA systems are those systems susceptible to piping failures that could result in loss of reactor coolant (see Figure 1).

（NUREG／CR-4407　APPENDIX F 抜粋）

## APPENDIX F
## FAILURE RATE ESTIMATION METHODS
### METHODS USED

This appendix shows the methods used to estimate the pipe failure rates using the observed failure data and the operating experience.[F-1]

The following well-known statistical methods were used for Type-I censored data with replacement.[F-2] The general methods for estimating rates on a yearly basis and on a transient basis are

$$\lambda(\text{yearly}) = \frac{N}{T} \qquad \text{(F-1)}$$

$$\lambda(\text{transient}) = \frac{N}{D} \qquad \text{(F-2)}$$

where

$\lambda$ = estimated failure rate

N = number of reported pipe failures

T = total number of operating years experienced

D = total number of transients.

Confidence limits for yearly failure rates were based on the assumption that the underlying pipe failure time distributions are exponential and, therefore, that the resulting data can be represented by a Poisson process. In transient evaluations, N is assumed to be binomially distributed. However, because the probability of failure is small, the Poisson distribution may be used to approximate this variable for cases where the number of transients is large. The generalized formulas for estimating $100(1 - \alpha)\%$ confidence limits on the failure rates are

$$\frac{\chi^2_{\alpha/2}(2N)}{2T} \le \lambda(\text{yearly}) \le \frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(2N+2)}{2T} \qquad \text{(F-3)}$$

and

$$\frac{\chi^2_{\alpha/2}(2N)}{2D} \le \lambda(\text{transient}) \le \frac{\chi^2_{1-\alpha/2}(2N+2)}{2D}, \qquad \text{(F-4)}$$

where

$\chi^2(b)$ = the chi-square variate at cumulative probability "a", with "b" degrees of freedom.

In these equations, $\alpha$ is the fraction left out of the intervals. For example, with 90% confidence limits, $\alpha$ is 0.10, $\alpha/2$ is 0.05, and upper limit uses the 95th percentile.

If D, the number of transients, is small, then the Poisson approximation of the binomial distribution is not adequate, and $100(1 - \alpha)\%$ confidence limits for the transient failure rate are

$$\frac{NF_L}{D - N + 1 + NF_L} \le (\text{transient}) \le \frac{(N+1)F_U}{D - N + (N+1)F_U} \qquad \text{(F-5)}$$

where

$F_L = F_{\alpha/2}(2N, 2D - 2N + 2)$

$F_U = F_{1-\alpha/2}(2N + 2, 2D - 2N)$

$F_a(b,c)$ = F variate at cumulative probability "a", with "b" and "c" degrees of freedom.

As before, for 90% confidence limits, the 0.05 and 0.95 quantities are used ($\alpha = 0.10$).

In this study, yearly rate confidence limits were always based on Equation (F-3). Transient rate confidence limits were based on Equation (F-4) if $D - N \ge 100$, and on Equation (F-5) otherwise.

The lower limits in Equations (F-3), (F-4), and (F-5) are not defined in cases where no failures are observed

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(N = 0). Zero is the appropriate lower limit in these cases. However, Equations (F-1) and (F-2) also give zero as the point estimate when N = 0. More realistic point estimates for such cases are

$$\lambda = \frac{\chi^2_{0.50}(2N + 1)}{2T} \quad , \tag{F-6}$$

$$\lambda = \frac{\chi^2_{0.50}(2N + 1)}{2D} \quad , \tag{F-7}$$

and

$$\lambda = \frac{(2N + 1)F_M}{2D - 2N + 1 + (2N + 1)F_M} \quad , \tag{F-8}$$

where

$F_M = F_{0.50}(2N + 1, 2D - 2N + 1)$ and the F and $\chi^2$ distribution percentile and degree of freedom notations are as defined above.

Equation (F-6) applies for yearly rates and is used with the upper bound from Equation (F-3). For transients, Equation (F-7) is used with the upper bound from Equation (F-4) and Equation (F-8) is used with Equation (F-5). Equations (F-6) and (F-7) are applicable to events occurring according to a Poisson distribution regardless of the number of failures observed. A similar comment applies to Equation (F-8) and the binomial distribution. Typical estimates from Equation (F-6) are in the following table for comparison with Equation (F-1). Equation (F-6) has been used in other failure data studies, such as Reference F-3.

| N | λ |
|---|---|
| 30 | 30.15/T |
| 20 | 20.15/T |
| 10 | 10.15/T |
| 5 | 5.15/T |
| 2 | 2.18/T |
| 1 | 1.19/T |
| 0 | 0.23/T |

The estimates of Equations (F-6) through (F-8) can be obtained in two ways. The first is to consider shrinking the confidence intervals of Equations (F-3), (F-4), and (F-5) to the case where $\alpha = 1.00$ and both $\alpha/2$ and $1 - \alpha/2$ are 0.5. Because of the differing degrees of freedom, the intervals do not shrink to a single point. The equations use an average for the differing degrees of freedom. Because the estimates use 50th percentiles, they are related to medians.

The second way of considering Equations (F-6) through (F-8) uses the medians directly. In a Bayesian context, λ is regarded as a random variable. With Poisson sampling and a noninformative conjugate prior distribution, the posterior distribution for the occurrence rate has a gamma distribution with parameters[F-4]

$$(\alpha,\beta) = (N + 1/2, 1/T). \tag{F-9}$$

Because the gamma distribution with parameters (N,2) is identical to the chi-square distribution with 2N degrees of freedom,[F-5] Equation (F-6) can be shown to be the median of the distribution described by Equation (F-9). Using a similar relation between β and F distributions, Equation (F-8) can be derived as the median of the posterior failure rate distribution obtained in sampling from a binomial distribution with a noninformative conjugate prior distribution.

In summary, Equations (F-6), (F-7), and (F-8) describe median-point estimates for the failure rate. They can be used when N = 0, and are more conservative in that case than the point estimates given in Equations (F-1) and (F-2). In this work, they are used with the upper confidence limits in Equations (F-3), (F-4), and (F-5), respectively, whenever no failures are observed.

In estimating the above confidence limits, all components in the sample were assumed to have exactly the same true failure rate. No effort was made to account for possible variations arising from the mixture of populations having different true failure rates. For further discussion of the assumptions and limitations of these confidence limits, see References F-2 through F-6.

## REFERENCES


F-1. S. R. Brown, M. Trojovsky, *Data Summaries of Licensee Event Reports of Inverters at U.S. Commercial Nuclear Power Plants January 1, 1976 to December 31, 1982*, NUREG/CR-3867, Idaho National Engineering Laboratory, August 1984.

F-2. L. J. Bain, *Statistical Analysis of Reliability and Life-Testing Models*, New York: Marcel Dekker, Inc., p. 157.

F-3. *NPRDS 1978 Annual Reports of Cumulative System and Component Reliability*, NUREG/CR-0942, Southwest Research Institute, September 1979.

F-4. G. E. P. Box and G. C. Tiao, *Bayesian Inference in Statistical Analysis*, Reading, MA: Addison-Wesley, 1973.

F-5. N. R. Mann, R. E. Shafer, N. D. Singpurwalla, *Methods for Statistical Analysis of Reliability and Life Data*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1974.

F-6. N. L. Johnson and S. Kotz, *Discrete Distributions*, New York: John Wiley and Sons, Inc., 1969, pp. 58-59 and 96.

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 添付資料－8 | 添付資料-8 | 添付資料-8 | |
| ばい煙及び有毒ガスの影響評価について | ばい煙及び有毒ガスの影響について | ばい煙及び有毒ガスの影響評価について | |

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

1. はじめに

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

2. 評価対象

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

第 2-1 表　　評価対象

| 分類 | 影響評価設備 |
|---|---|
| 換気空調系で給気されるエリアの設置機器 | 非常用ディーゼル発電機<br>安全保護系 |
| 建屋外部に開口部を有する設備 | 非常用ディーゼル発電機排気口 |
| 居住性への影響 | 中央制御室<br>5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所 |

なお，原子炉補機冷却海水ポンプ電動機は，タービン建屋内に配置しており，直接ばい煙を取り込むことはなく影響はない。また，非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電動機は，屋外に設置しているが，電動機内部に直接外気を取り込まない全閉外扇構造の冷却方式であり，外気を直接電動機内部に取り込まない構造であることから影響はない(第 2-1 図)。

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

1. 目　　的

外部火災で発生するばい煙及び有毒ガスは，火炎により発生する上昇気流によって上空に運ばれるため，ばい煙及び有毒ガスが防護対象設備の周辺に滞留する可能性は低いと考えられるが，保守的にばい煙及び有毒ガスが設備並びに居住性に与える影響について，評価を実施する。

2. 評価対象

評価ガイドでは，ばい煙による安全上重要な設備に対する影響として，燃焼生成物の換気又は空気供給系からの侵入による電気故障，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含む）の故障，有毒ガスによる影響等が挙げられている。

ばい煙の影響が想定される設備として，「外気を直接設備内に取り込む機器」，「外気を取り込む空調系統（室内の空気を取り込む機器を含む。）」及び「屋外設置機器」について評価を実施する。また，建屋内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が取り込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。評価対象設備を第 2-1 表に，評価対象設備抽出フロー図を第 2-1 図に示す。

第 2-1 表　ばい煙による評価対象設備

| 分　類 | | 評価対象設備 |
|---|---|---|
| 機器への影響 | 外気を直接設備内に取り込む機器 | 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。） |
| | 外気を取り込む空調系統（室内の空気を取り込む機器を含む。） | ・換気空調設備<br>・計測制御設備（安全保護系） |
| | 屋外設置機器 | 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。）<br>用海水ポンプ |
| 居住性への影響 | 外気を取り込む空調系統 | 中央制御室，緊急時対策所 |

## 島根原子力発電所　２号炉

1. はじめに

外部火災により発生するばい煙及び有毒ガスについては，火災による上昇気流により上空に運ばれ，発電所近傍に滞留することはない。そのため，ばい煙及び有毒ガスが，換気空調設備の外気取入口から建物内に侵入する可能性は小さいと考える。万一，高濃度のばい煙及び有毒ガスが建物内に侵入することを想定し，以下のとおり評価を行った。

2. 評価対象

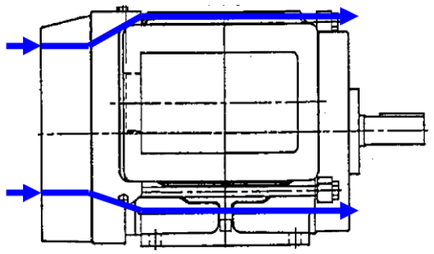
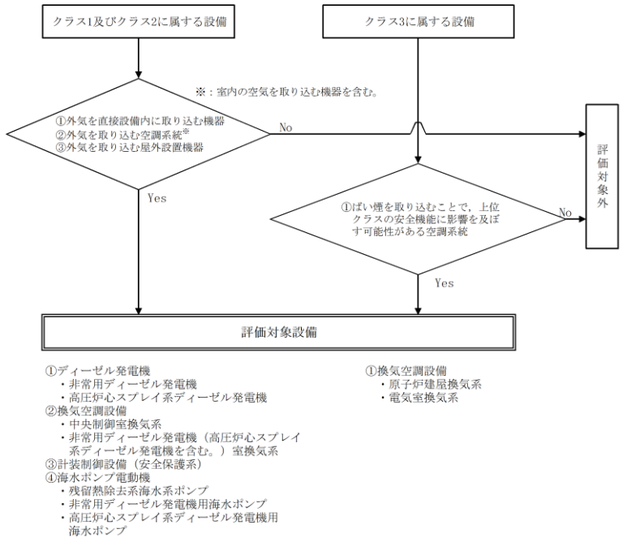
ばい煙の影響が想定される施設として，設備内にばい煙を含んだ外気を取り込む可能性のある機器，煙や埃に対して脆弱な設備，建物外部に開口部を有する設備について影響評価を実施する。また，建物内にばい煙及び有毒ガスを含んだ外気が吸い込まれた場合の居住性の観点から評価を実施する。評価対象は以下のとおり。

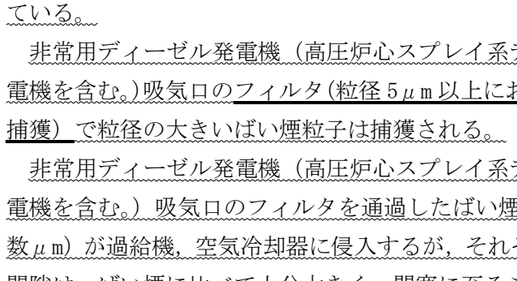
第 2-1 表　評価対象

| 分類 | 影響評価設備 |
|---|---|
| 換気空調設備で給気されるエリアの設置機器 | 安全保護系<br>非常用ディーゼル発電機 |
| 建物外部に開口部を有する設備 | 非常用ディーゼル発電機排気口 |
| 居住性への影響 | 中央制御室<br>緊急時対策所 |

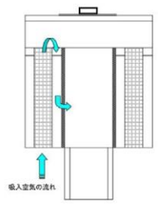
なお，原子炉補機海水ポンプ及び高圧炉心スプレイ補機海水ポンプは，屋外に設置しているが，電動機内部に直接外気を取り込まない全閉外扇形構造の冷却方式であり，外気を直接電動機内部に取り込まない構造であることから影響はない。(第 2-1 図)

## 備考

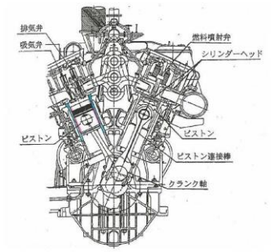
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>第 2-1 図　非常用ディーゼル発電機燃料移送ポンプ電動機外形図 |  <br>第 2-1 図　機器への影響評価を行う評価対象設備抽出フロー図 | <br>第2-1図　原子炉補機海水ポンプ電動機の冷却方式図 | |
| 3.　評価結果<br>3.1換気空調系で給気されるエリアの設置機器<br>外気を取り入れている空調系統として，原子炉建屋，ディーゼル発電機電気品区域，中央制御室，コントロール建屋計測制御電源盤区域，海水熱交換器区域の換気空調系がある（第 3.2-1(a)(b)(c)図）。<br>これらの換気空調系の外気取入経路には，バグフィルタ（粒径約 2μm に対して80%以上を捕獲する性能）を設置しているため，ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても，一定以上の粒径のばい煙はバグフィルタにより進入を阻止できる。<br>上記系統のうち，外気取入ダンパを設置し再循環運転が可能である中央制御室換気空調系については，ばい煙の進入が想定される場合には，外気取入ダンパを閉止し，再循環運転を行うことにより，ばい煙の進入を阻止できる。それ以外の換気空調系については，空調ファンを停止することでばい煙の進入を阻止できる。 | 3.　評価結果<br>3.1　外気を直接設備内に取り込む機器 | 3.　評価結果<br>3.1　換気空調設備で給気されるエリアの設置機器<br>外気を取り入れている空調系統として，原子炉建物付属棟空調換気系，中央制御室換気系がある。<br>これらの換気空調設備の外気取入経路には，バグフィルタ（粒径２μm に対して 80%以上を捕獲する性能）を設置しているため，ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても，一定以上の粒径のばい煙はバグフィルタにより侵入を阻止できる。<br>上記系統のうち，給気隔離弁及び排気隔離弁を設置し系統隔離運転モードへの切替えが可能である中央制御室換気系については，ばい煙の侵入が想定される場合には，給気隔離弁及び排気隔離弁を閉止し，系統隔離運転モードへの切替えを行うことにより，ばい煙の侵入を阻止できる。<br>それ以外の換気空調設備については，空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。 | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7】<br>外気を取り入れている系統の相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| ＜非常用ディーゼル発電機＞<br>非常用ディーゼル発電設備は，換気空調系で給気されるエリアに設置していることから，空調ファンを停止することでばい煙の進入を阻止できる。<br>バグフィルタ（粒径約 2μｍ に対して80%以上を捕獲する性能）の入口と出口間の差圧を検知できる差圧感知計を監視し，差圧が上昇しバグフィルタが目詰まりした場合はバグフィルタの交換が可能である。<br>なお，非常用ディーゼル機関は吸気系統から外気を取り入れているため，機関内にばい煙が流入し，機関燃焼を阻止することが考えられるが，ディーゼル機関への外気取入経路にはバグフィルタを設置していることから，一定以上の粒径のばい煙粒子が捕獲され，バグフィルタにより捕集されなかったばい煙粒子が機関内へ送気される。バグフィルタでは，粒径が数μｍ 程度の粒子が捕集され，それ以下のばい煙が機関内に送気されるが，シリンダまでの通気流路（過給機，空気冷却器等）の隙間より小さいことから閉塞に至ることはない（第 3.2-2 図）。また，通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから，機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない。 | 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。）の吸気系統は，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。）吸気口を介して吸気している。<br>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。）吸気口のフィルタ（粒径 5μｍ以上において約 56%捕獲）で粒径の大きいばい煙粒子は捕獲される。<br>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。）吸気口のフィルタを通過したばい煙（数μｍ～10 数μｍ）が過給機，空気冷却器に侵入するが，それぞれの機器の間隙は，ばい煙に比べて十分大きく，閉塞に至ることはない。<br>シリンダ／ピストン間隙まで到達したばい煙（数μｍ～10 数μｍ）は，当該間隙内において摩擦発生が懸念されるが，ばい煙粒子の主成分は炭素であり，シリンダ／ピストンより軟らかいため，ばい煙粒子による摩擦が発生することはないと判断される。<br>また，通常運転時はシリンダ内には燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生しているが，定期的な点検において，ばい煙によるシリンダへの不具合は認められない。<br>以上のことから，外部火災で発生するばい煙が，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。）の機能に影響を与えることはないと判断した。<br>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。）吸気系統概略図を第 3.1-1 図に，系統構造図を第 3.1-2 図に示す。<br>  <br><br>第 3.1-1 図　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。）吸気系統概略図 | ＜非常用ディーゼル発電機＞<br>非常用ディーゼル発電機は，換気空調設備で給気されるエリアに設置していることから，空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止できる。<br>フィルタ（粒径１μｍ～５μｍに対して80%以上を捕獲する性能）の入口と出口間の差圧を検知できる差圧感知計を監視し，差圧が上昇しフィルタが目詰まりした場合はフィルタの交換が可能である。<br>なお，非常用ディーゼル機関は吸気系統から外気を取り入れているため，機関内にばい煙が流入し，機関燃焼を阻止することが考えられるが，ディーゼル機関への外気取入経路にはフィルタを設置していることから，一定以上の粒径のばい煙粒子が捕獲され，フィルタにより捕集されなかったばい煙粒子が機関内へ送気される。フィルタでは，粒径が数μｍ程度の粒子が捕集され，それ以下のばい煙が機関内に送気されるが，シリンダまでの通気流路（過給機，空気冷却器等）の隙間より小さいことから閉塞に至ることはない。また，通常運転においても燃料油（軽油）の燃焼に伴うばい煙が発生していることから，機関に損傷を与えることや運転機能を阻害することはない。 | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>フィルタ仕様の相違 |

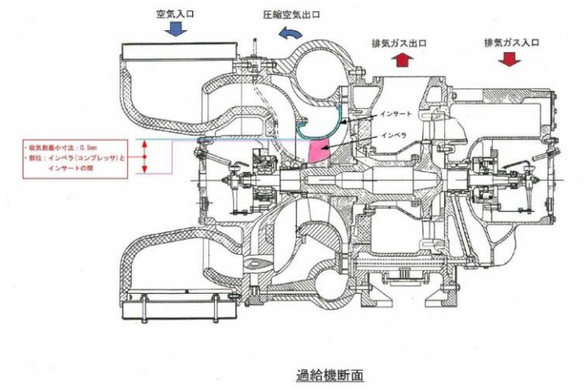
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



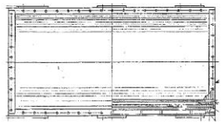

吸気口構造




シリンダ構造
（シリンダ／ピストン間隙：数μm～10 数μm）




過給機断面



空気冷却器構造
（狭隘部寸法 伝熱フィン間隙：2.47mm）

第 3.1-2 図　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。）吸気系統構造図

3.2　外気を取り込む空調系統

3.2.1 換気空調設備

(1)　中央制御室換気系，電気室換気系及び原子炉建屋換気系

これらの系統の給気用のファン入口にはフィルタが設置されている。

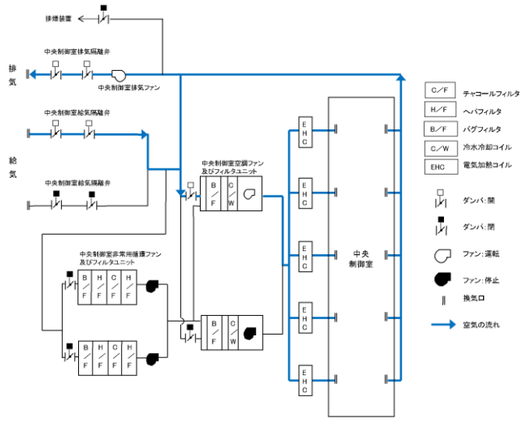
フィルタは捕集率 80%以上（ＪＩＳ Ｚ 8901 試験用紛体 11 種 粒径約 2μm）の性能を有しているため，外部火災で発生する粒径が一定以上のばい煙は，このフィルタにより侵入を阻止可能である。また，ばい煙によるフィルタの閉塞につ

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

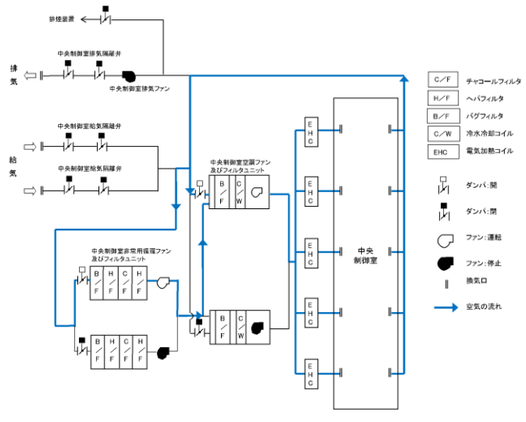
いては，フィルタ出入口差圧又は排気ファン出口流量を監視することで検知可能である。

中央制御室換気系については，隔離弁を閉止し，閉回路循環運転を行うことにより，ばい煙等の侵入を阻止可能である。

中央制御室換気系の系統概略図を第 3.2-1 図に，原子炉建屋換気系の系統概略図を第 3.2-2 図に，電気室換気系の系統概略図を第 3.2-3 図に示す。



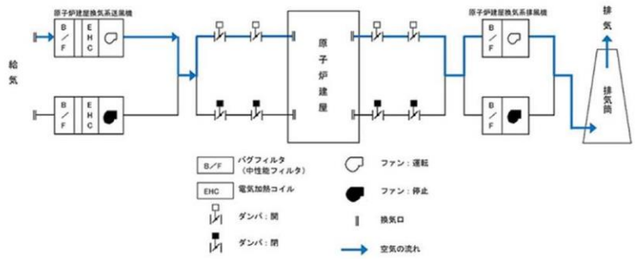

（通常時）



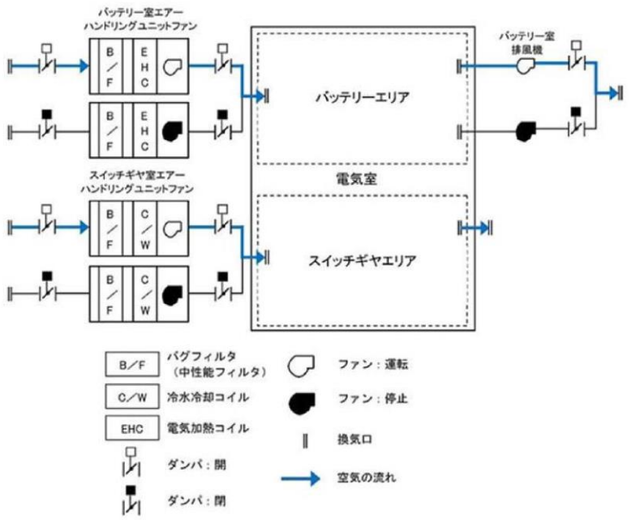

（閉回路循環運転時）

第 3.2-1 図　中央制御室換気系の系統概略図

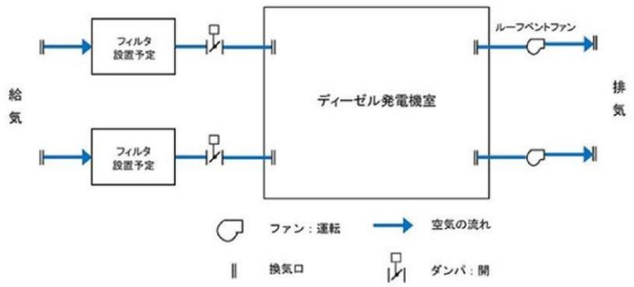
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



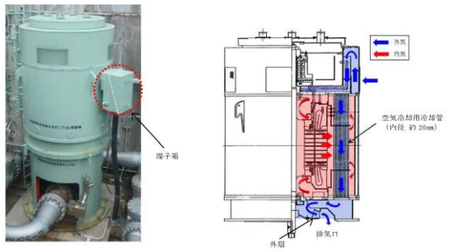
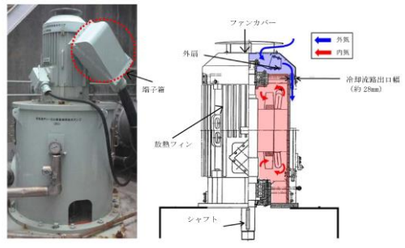

第 3.2-2 図　原子炉建屋換気系の系統概略図



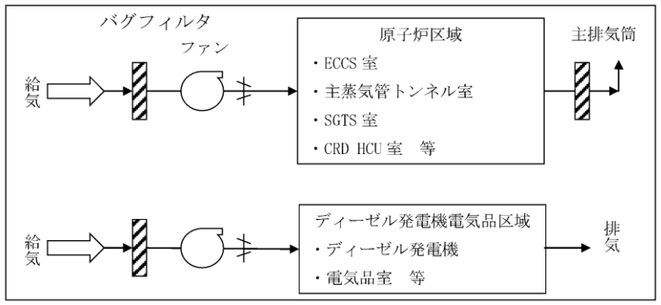

第 3.2-3 図　電気室換気系の系統概略図

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | (2)　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。）室換気系<br>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。）室換気系は，外気取入口にフィルタが設置されていないため，適切なフィルタを設置する方針である。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。）室換気系の系統概略図を第 3.2-4 図に示す。<br>  <br><br>第 3.2-4 図　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。）室換気系の系統概略図 | | |
| ＜安全保護系＞<br>安全保護系設備は，現場盤が非常用電気品室，安全保護系盤が中央制御室に設置してある。非常用電気品室への外気取入経路にはバグフィルタ（粒径約2μmに対して 80%以上を捕獲する性能）を設置していることから，一定以上の粒径のばい煙については進入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が非常用電気品室に進入した場合においても，空調ファンを停止することでばい煙の進入を阻止することが可能である。また，中央制御室への外気取入経路にはバグフィルタを設置していることから，一定以上の粒径のばい煙については進入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が中央制御室内に進入する可能性がある場合，及び中央制御室内においてばい煙が流入したことを煙や異臭で確認した場合等は，当直長の指示により，非常時モードへ切り替えることにより，隔離が可能であり安全保護系設備に影響はない | 3.2.2 計測制御設備（安全保護系）<br>計測制御設備（安全保護系）は，原子炉建屋，電気室及び中央制御室に設置してある。原子炉建屋，電気室及び中央制御室へ外気を取り入れる換気空調設備の外気取入口には，フィルタを設置することにより，粒径 2μm 以上のばい煙粒子については侵入を阻止することが可能である。フィルタにより侵入を阻止できなかったばい煙が原子炉建屋又は電気室内に侵入した場合においても，空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止することが可能である。また，ばい煙が中央制御室内に侵入した場合においては，外気取入ダンパを閉止し，閉回路循環運転を行うことでばい煙の侵入を阻止することが可能である。 | ＜安全保護系＞<br>安全保護系盤は，原子炉建物付属棟空調換気系，中央制御室換気系で給気されるエリアに設置してある。外気取入口にはバグフィルタ（粒径２μmに対して80%以上を捕獲する性能）を設置していることから，一定以上の粒径のばい煙については，侵入を阻止することが可能である。バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が侵入した場合においても，空調ファンを停止することでばい煙の侵入を阻止することが可能である。また，バグフィルタにより捕集しきれなかったばい煙が中央制御室内に侵入する可能性がある場合，及び中央制御室内においてばい煙が侵入したことを煙や異臭で確認した場合等は，当直長の指示により，系統隔離運転モードへ切り替えることにより，隔離が可能であり安全保護系設備に影響はない。 | ・設備の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>フィルタ仕様の相違 |

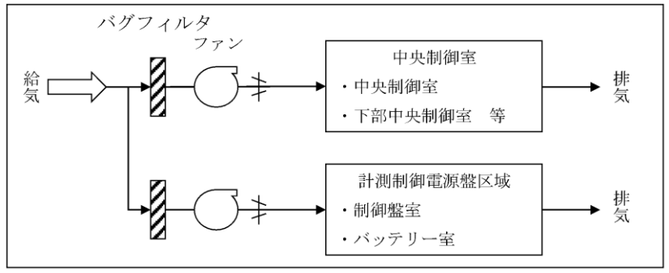
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| （第 3.2-3 図，第 3.2-4(a)(b)図）。<br>なお，中央制御室に侵入する可能性のあるばい煙の粒径は，おおむね2μm以下の細かな粒子であると推定されるが，計測制御系の盤等において，数μm 程度の線間距離となるのは，集積回路（IC 等）の内部であり，これらの部品はモールド（樹脂）で保護されているため，ばい煙が侵入することはない。また，端子台等の充電部が露出している箇所については，端子間の距離は数 mm あることから，ばい煙が付着しても，直ちに短絡等を発生させることはない。したがって，万が一，細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合においても，ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。<br><br>3.2建屋外部に開口部を有する設備<br>屋外部に開口部を有する設備として，非常用ディーゼル発電機の排気口があるが，仮にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても，その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから，その機能に影響を及ぼすことはない。（第 3.2-5 図）なお，主排気筒も同様にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても，その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから，その機能に影響を及ぼすことはない。 | なお，中央制御室に侵入する可能性のあるばい煙の粒径は，おおむね２μｍ以下の細かな粒子であると推定されるが，計測制御設備（安全保護系）の盤において，数 μｍ程度の線間距離となるのは，集積回廊（ＩＣ等）の内部であり，これらの部品はモール（樹脂）で保護されているため，ばい煙が侵入することはない。また，端子第等の充電部が露出している箇所については，端子間の距離は数㎜あることから，ばい煙が付着しても，直ちに短絡等を発生させることはない。したがって、万が一，細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合においても，ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。<br><br>3.3　外気を取り込む屋外設置機器<br>(1)　残留熱除去系海水系ポンプ<br>残留熱除去系海水系ポンプ電動機は，全閉防まつ型屋外形構造であり，下部に設置した外扇で外気を空気冷却器冷却管内に直接取り込み，冷却管壁で電動機内部空気と熱交換することで冷却を行う構造であり，冷却管内を通った空気は全て排気口に導かれるため，外気が電動機内部に侵入することはない。<br>空気冷却器冷却管の内径は約 26㎜であり，ばい煙の粒径はこれに比べて十分小さいことから，閉塞することはない。<br>電動機端子箱は，端子箱内部と外部（大気）に圧力差がなく，端子箱蓋はパッキンでシールされているため，ばい煙の侵入による短絡は発生しない。<br>電動機の構造を第 3.3-1 図に示す。 | なお，中央制御室に侵入する可能性があるばい煙の粒径は，おおむね２μm以下の細かな粒子であると推定されるが，計測制御系の盤等において，数μｍ程度の線間距離となるのは，集積回路（IC等）の内部であり，これらの部品はモールド（樹脂）で保護されているため，ばい煙が侵入することはない。また，端子台等の充電部が露出している箇所については，端子間の距離は数ｍｍであることから，ばい煙が付着しても，直ちに短絡等を発生させることはない。したがって，万が一，細かな粒子のばい煙が盤内に侵入した場合においても，ばい煙の付着等により短絡等を発生させる可能性はない。<br><br>3.2　建物外部に開口部を有する設備<br>建物外部に開口部を有する設備として，非常用ディーゼル発電機の排気口があるが，仮にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても，その動作時には，侵入したばい煙は吹き出されることから，その機能に影響を及ぼすことはない。（第 3.2-6 図）なお，排気筒も同様にばい煙が配管等の内部に侵入した場合においても，その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることから，その機能に影響を及ぼすことはない。 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| |  <br>第 3.3-1 図　残留熱除去系海水系ポンプ電動機　構造図<br><br>(2)　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<br>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。）用海水ポンプ電動機は，外扇から吸引した外気をファンカバーから下向きに本体放熱フィンに沿って流し，電動機本体を冷却する構造であり，外気が電動機内部に侵入することはない。<br>また，冷却流路出口幅は約 28mm であり，ばい煙の粒径はこれに比べて十分小さいことから，閉塞することはない。<br>電動機端子箱は，端子箱内部と外部（大気）に圧力差がなく，端子箱蓋はパッキンでシールされているため，ばい煙の侵入による短絡は発生しない。<br>電動機の構造を第 3.3-2 図に示す。<br><br>  <br>第 3.3-2 図　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。）用海水ポンプ電動機　構造図 | | |

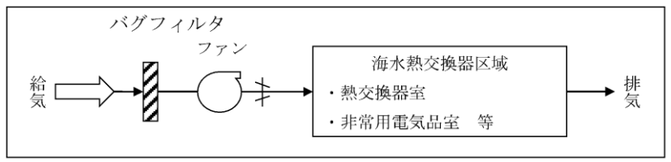
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



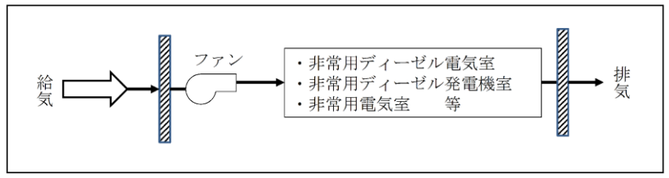

第 3.2-1(a)図　原子炉建屋換気空調系



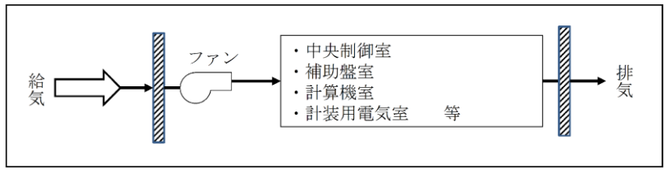

第 3.2-1(b)図　コントロール建屋換気空調系



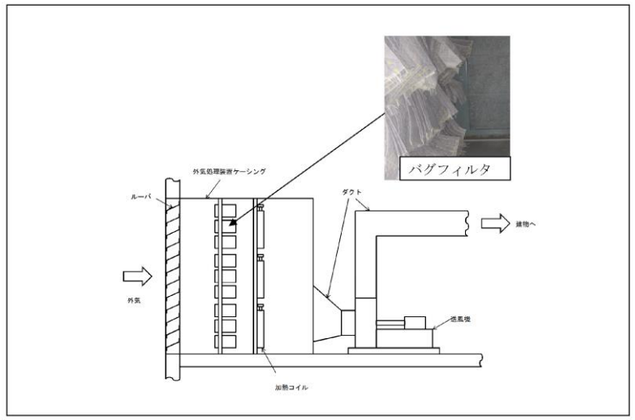

第 3.2-1(c)図　タービン建屋換気空調系




第3.2-1(a)図　原子炉建物付属棟空調換気系

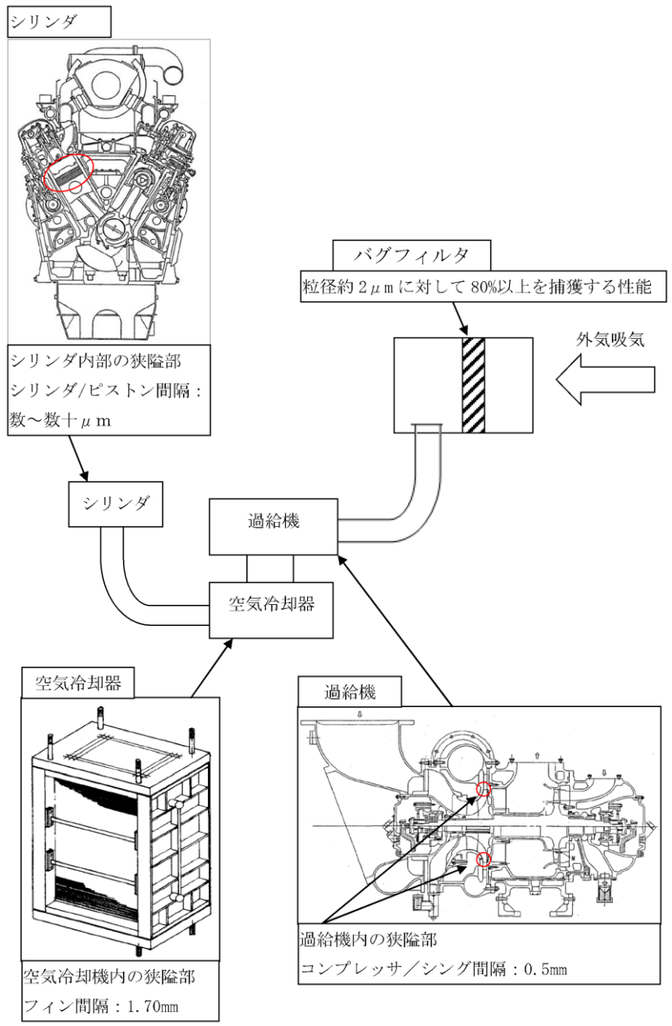



第3.2-1(b)図　中央制御室換気系




第3.2-2図　換気空調設備外気取入状況

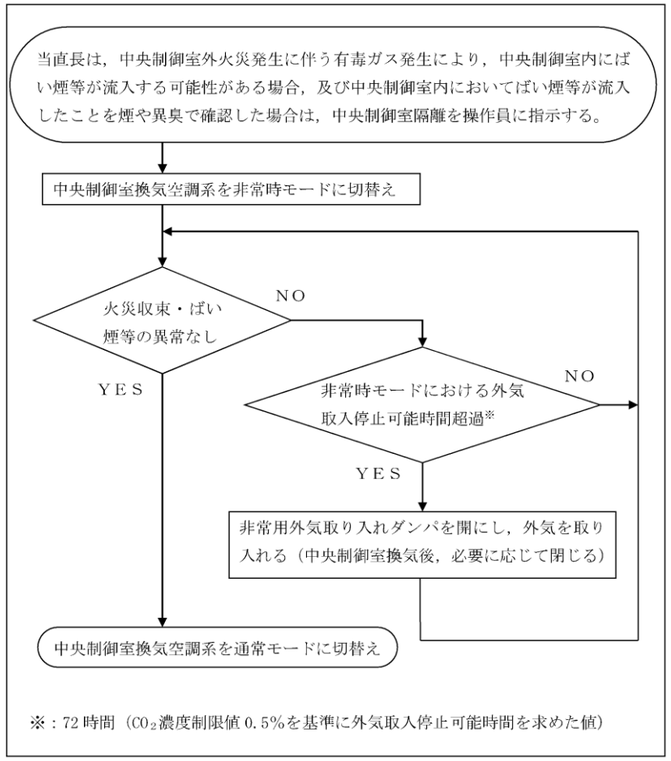
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



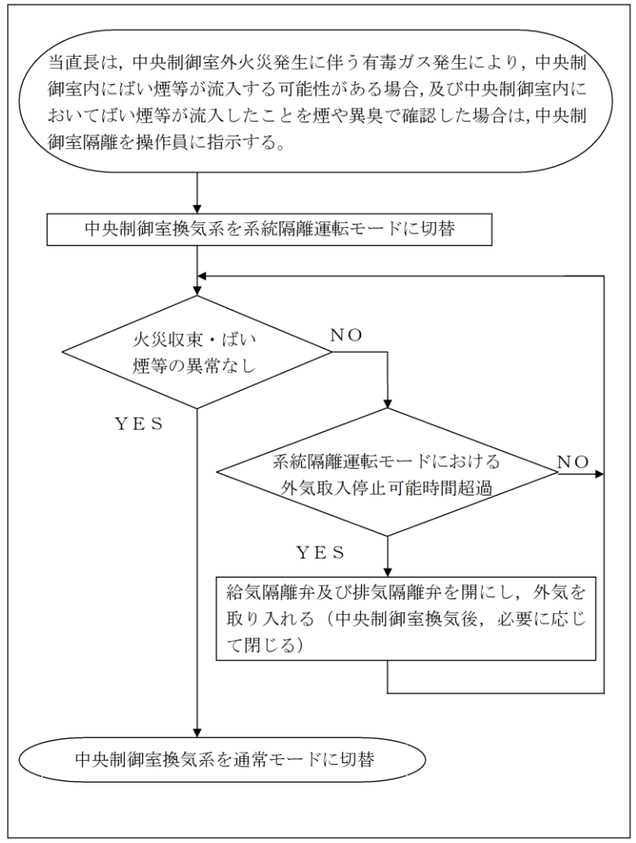

第 3.2-2 図　　ディーゼル機関吸気系統概略図

第3.2-3図　非常用ディーゼル機関の吸気系統構造図

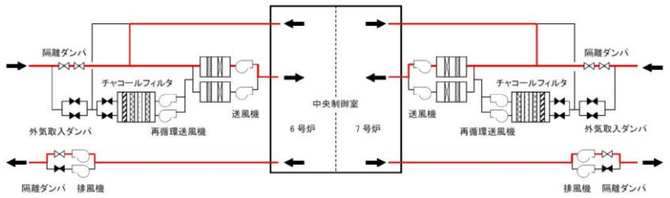
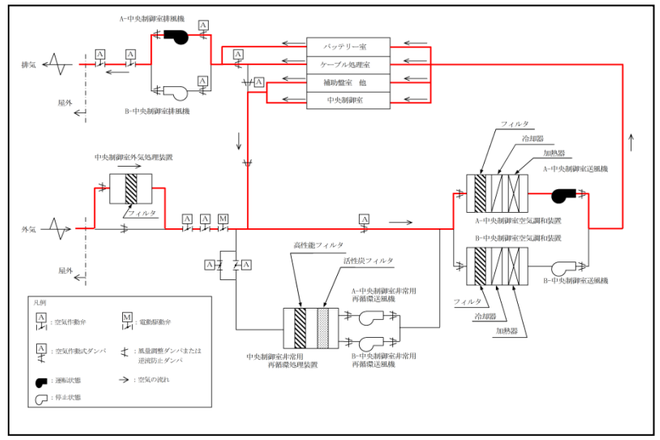
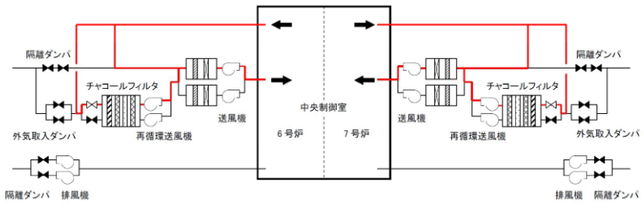
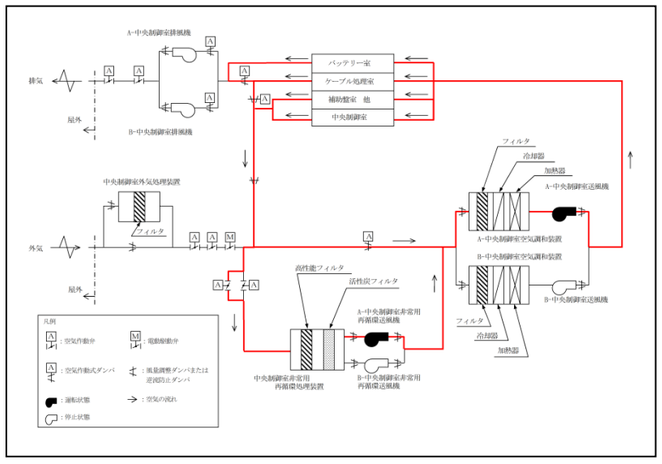
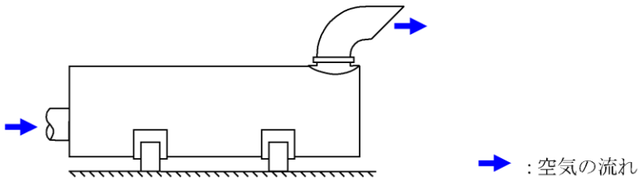
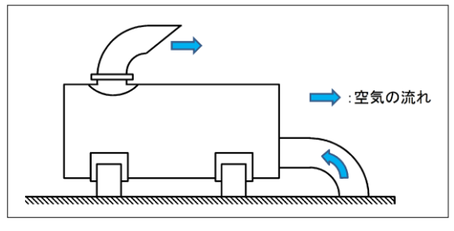
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|




第 3.2-3 図　　中央制御室外火災発生に伴う中央制御室隔離手順概要フロー

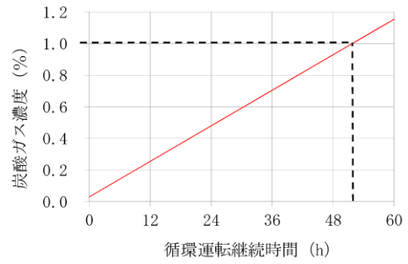



第 3.2-4 図　中央制御室外火災発生に伴う中央制御室隔離手順概要フロー

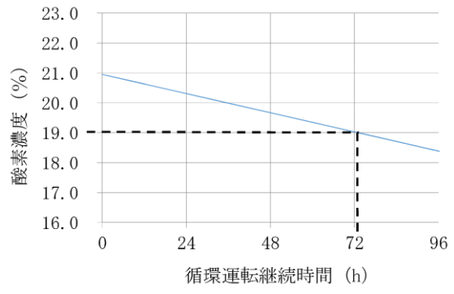
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  <br>第 3.2-4(a)図　　通常モードの状態（中央制御室） | |  <br>第 3.2-5(a)図　通常モードの状態（中央制御室） | |
|  <br>第 3.2-4(b)図　　非常時モードの状態（中央制御室） | |  <br>第 3.2-5(b)図　系統隔離運転モード（中央制御室） | |
|  <br>第 3.2-5 図　　非常用ディーゼル発電機排気口外形図 | |  <br>第 3.2-6 図　非常用ディーゼル発電機排気口外形図 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 3.3居住性への影響<br><br>中央制御室換気空調系は，外気を遮断し，再循環させる非常時モードに切り替えることができる。外気との遮断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は，外気取入モードに切り換え，外気を取り入れることができる。また，外気からの空気取り込みを一時的に停止した場合に，活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため，酸素濃度計を配備する。<br>外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の悪化防止のため，酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を行い，中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。<br>また，発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備（軽油タンク，主変圧器，原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器）からの火災，及び航空機墜落による火災を想定し，中央制御室内に進入する有毒物質（CO,CO2,SO2,NO2）の最大濃度を判断基準(IDLH※)と比較することで，有毒ガスに対する評価を実施し，中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。<br>※：30 分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度 値であり，脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている<br><br>3.3.1　中央制御室内の二酸化炭素，酸素濃度の評価<br>外部火災時の 6 号及び 7 号炉中央制御室の居住性の評価として，外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の作業環境の劣化防止のため，二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行う。なお，中央制御室内には，燃焼による二酸化炭素の排出や酸素を消費する機器はなく，非常用ディーゼル発電機の火災時に消火設備より二酸化炭素が放出さ | 3.4　中央制御室の居住性評価<br>「実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の解釈」第 38 条第 13 項に規定する「原子炉制御室外の火災等により発生した有毒ガスに対する換気設備の隔離その他の適切な防護措置」として，中央制御室換気系は外気の取入れを遮断することができる。<br>中央制御室換気系の外気取入を遮断することで，運転員の作業環境に影響を及ぼさないことを確認するため，酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価した。<br><br>また，発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室給気口までの距離が近い設備（主要変圧器）からの火災を想定し，中央制御室内に侵入する有毒物質（ＣＯ，$CO_2$，$SO_2$，$NO_2$）の最大濃度を判断基準である Immediately Dangerous to Life or Health※（以下「ＩＤＬＨ」という。）と比較することで，有毒ガスに対する評価を実施し，中央制御室の運転員に影響を及ぼさないことを評価した。<br><br>※　30 分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限界値であり，脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。 | 3.3　居住性への影響<br><br>中央制御室換気系は，外気を遮断し，再循環させる系統隔離運転モードに切り替えることができる。外気との遮断が長期にわたり室内の空気が悪くなった場合は，外気取入モードに切り替え，外気を取り入れることができる。また，外気からの空気取り込みを一時的に停止した場合に，活動に支障のない酸素濃度の範囲にあることを正確に把握するため，酸素濃度計を配備する。<br>外気取入遮断時の中央制御室に滞在する運転員の操作環境の悪化防止のため，酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を行い，中央制御室の居住性に影響がないことを確認する。<br><br>また，発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備（主変圧器）からの火災，及び航空機墜落による火災を想定し，中央制御室内に侵入する有毒ガス（CO，$CO_2$，$SO_2$，$NO_2$）の最大濃度を判断基準（IDLH※）と比較することで，有毒ガスに対する評価を実施し，中央制御室の居住性に影響が無いことを確認する。<br><br>※：30 分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり，脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。<br><br>3.3.1　中央制御室内の二酸化炭素，酸素濃度の評価<br>外部火災時の島根２号炉中央制御室の居住性の評価として，外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の作業環境の劣化防止のため，二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行う。なお，中央制御室内には，燃焼による二酸化炭素の排出や酸素を消費する機器はなく，非常用ディーゼル発電機の火災時に消火設備よりハロン 1301 が放出されるこ | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| れたとしても，中央制御室換気空調系との系統分離及び給・排気口の位置的分散が図られており，中央制御室内に二酸化炭素が取り込まれることはないことから，在室人員の呼吸のみを想定し評価を行う。 | | とから，中央制御室内に二酸化炭素が取り込まれることはないため，在室人員の呼吸のみを想定し評価を行う。 | |
| (1) 二酸化炭素濃度評価<br>以下のとおり二酸化炭素濃度について評価する。 | (2)　炭酸ガス濃度<br>中央制御室閉回路循環運転時の中央制御室内の炭酸ガス濃度について評価した。 | (1)　二酸化炭素濃度評価<br>以下のとおり二酸化炭素濃度について評価する。 | |
| a.　評価条件 | ａ．評価条件 | a．評価条件 | |
| ・在室人員 20 人※1 | ・在室人員 11 人（運転員 7 人に余裕を持たせた人数） | ・在室人員　10 人※1 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違 |
| ・中央制御室バウンダリ内体積 14640[m³] ※2 | ・中央制御室バウンダリ内体積 2,700m³ | ・中央制御室バウンダリ内体積　17,000[m³] | |
| ・外気流入はないものとして評価する。 | | ・外気流入はないものとして評価する。 | |
| ・初期二酸化炭素濃度 0.03[%]<br>（「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」） | ・初期炭酸ガス濃度 0.03%<br>・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。 | ・初期炭酸ガス濃度　0.03[%]<br>（空気調和・衛生工学便覧） | |
| ・許容二酸化炭素濃度 0.5[%]<br>（事務所衛生基準規則（昭和47年労働省令第43号，最終改正平成16年3月30日厚生労働省令第 70 号）） | | ・許容炭酸ガス濃度　1.0[%]<br>（鉱山保安法施行規則） | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>限られた環境下（鉱山内）における労働環境を規定する「鉱山保安法施行規則」を適用 |
| ・呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.046[m³/h/人]<br>（「原子力発電所中央制御室運転員の事故時被ばくに関する規程（JEAC4622-2009）」） | ・1人あたりの炭酸ガス吐出量は，事故時の運転操作を想定し，中等作業での吐出量※1を適用して，0.046m³／hrとする。 | ・呼吸により排出する二酸化炭素濃度　0.030[m³/h/人]<br>（空気調和・衛生工学便覧の軽作業の作業程度の吐出し量） | |
| ・評価期間は，各火災の燃焼継続時間を考慮し24 時間※3とする。 | ・許容炭酸ガス濃度　1.0%未満※2 | ・評価期間は，各火災の燃焼継続時間を考慮し18時間※2とする。 | |
| ※1：6 号及び 7 号炉の運転員（18 人）に余裕を持って 20 人とする。<br>※2：保守的に 6 号炉中央制御室（熱負荷集計表記載値：7320[m³]）を2倍した値とする。<br>※3：外部火災影響評価にて長期間の影響をもたらす，航空機墜落による火災と軽油タンク火災の重畳を考慮すると，約 23.2 時間が火災の継続時間となることから，24 時間で評価を実施する。 | ※１　空気調和・衛生工学便覧　第14版　3空気調和設備編<br>※２　鉱山保安法施行規則 | ※１：当直長（1 人），当直副長（1 人），2 号炉の運転員（5 人），1 号炉の運転員（2 人）の計 9 人に余裕を持って 10 人とする。<br>※２：外部火災影響評価にて中央制御室近傍で長時間の影響をもたらす，変圧器火災を考慮し，火災の継続時間を 18 時間として評価を実施する。 | |
| b.　評価結果 | ｂ．評価結果 | b.　評価結果 | |
| ・外気遮断期間 t[hour]での二酸化炭素濃度 C[%]<br>C = (M×N×t)／V×100＋$C_0$<br>M：呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.046[m³/h/人] | | ・外気遮断期間 t[hour]での二酸化炭素濃度 C[%]<br>C=(M×N×t)/V×100+$C_0$<br>M：呼吸による排出する二酸化炭素濃度 | |

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>N：在室人員 20[人]<br>V：中央制御室バウンダリ内体積 14640[m$^3$]<br>$C_0$：初期炭酸ガス濃度 0.03[%]<br><br>上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は，以下のとおりであり，30時間程度外気取入れを遮断したままでも，運転員の作業環境に影響を与えない。<br><br>第 3.3.1-1 表　二酸化炭素濃度の時間変化<br>
<table>
<tr><td>時間</td><td>6 時間</td><td>12 時間</td><td>24 時間</td></tr>
<tr><td>二酸化炭素濃度[%]</td><td>0.07</td><td>0.11</td><td>0.19</td></tr>
</table>
<br><br>(2) 酸素濃度評価<br>以下のとおり酸素濃度について評価する。<br><br>a. 評価条件<br>・在室人員 20 人<br>・中央制御室バウンダリ内体積 14640[m$^3$]<br>・外気流入はないものとして評価する。<br>・初期酸素濃度 20.95%<br>（「空気調和・衛生工学便覧」の成人の呼吸気・肺胞気の組成の値を使用）<br>・酸素消費量 1.25ℓ／min／人<br>（「空気調和・衛生工学便覧」の作業強度分類の中くらいの作業強度に対する酸素消費量の中央値を使用）</td>
<td>評価条件から求めた炭酸ガス濃度は，第 3.4-2 表，第 3.4-2 図のとおりであり，外気取入を遮断しても約 52 時間まで中央制御室内に滞在可能である。<br>敷地内で発生する火災の最長燃焼継続時間（主要変圧器約 7 時間）に対して，余裕があり運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。<br><br>第 3.4-2 表　中央制御室換気系閉回路循環運転時の炭酸ガス濃度<br>
<table>
<tr><td>時間</td><td>12 時間</td><td>24 時間</td><td>48 時間</td><td>51.7 時間</td></tr>
<tr><td>炭酸ガス濃度</td><td>0.26%</td><td>0.48%</td><td>0.93%</td><td>1.00%</td></tr>
</table>
<br> 

<br>第 3.4-2 図　中央制御室換気系閉回路循環運転時の炭酸ガス濃度<br><br>(1)　酸素濃度<br>中央制御室換気系閉回路循環運転時の中央制御室内の酸素濃度について評価した。<br><br>a．評価条件<br>・在室人員 11 人（運転員 7 人に余裕を持たせた人数）<br>・中央制御室バウンダリ内体積 2,700m$^3$<br>・初期酸素濃度 20.95%※1<br>・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。<br>・1 人あたりの呼吸量は事故時の運転操作を想定し，歩行時の呼吸量※1を適用して，24L／min とする。<br>・1 人あたりの酸素消費量は，成人吸気酸素濃度※1（20.95%），成人呼気酸素濃度※2（16.40%）から 1.092L／min とする。</td>
<td>0.030[m$^3$/h/人]<br>N：在室人数　10[人]<br>V：中央制御室バウンダリ体積　17,000[m$^3$]<br>$C_0$：初期炭酸ガス濃度　0.03[%]<br><br>上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は，以下のとおりであり，18 時間外気取入れを遮断したままでも，運転員の作業環境に影響を与えない。<br><br>第 3.3.1-1 表　二酸化炭素濃度の時間変化<br>
<table>
<tr><td>時間</td><td>5 時間</td><td>10 時間</td><td>18 時間</td></tr>
<tr><td>二酸化炭素濃度[%]</td><td>0.04</td><td>0.05</td><td>0.07</td></tr>
</table>
<br><br>(2)　酸素濃度評価<br>以下のとおり酸素濃度について評価する。<br><br>a．評価条件<br>・在室人員　10 人<br>・中央制御室バウンダリ内体積　17,000[m$^3$]<br>・外気流入はないものとして評価する。<br>・初期酸素濃度　20.95[%]<br>（空気調和・衛生工学便覧）<br><br>・酸素消費量　1.092[L/min]<br>（空気調和・衛生工学便覧）</td>
<td>・条件の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違</td>
</tr>
</table>

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>・許容酸素濃度 18%以上<br>（酸素欠乏症等防止規則（昭和 47 年労働省令第 42 号，最終改正平成 15年 12 月 19 日厚生労働省令第 175 号））<br><br>・評価期間は，各火災の燃焼継続時間を考慮し 24 時間とする。<br><br>b. 評価結果<br>・中央制御室の初期酸素量<br>3067.08[m³]＝14640[m³]×20.95[%]<br>・24 時間後の酸素濃度 20.7[%]<br>＝（3067.08[m³]－1.25[ℓ/min/人]×10⁻³[m³/ℓ]×20[人]×60[min/h]× 24[h]）/14640[m³]×100<br><br>上記評価条件から求めた酸素濃度は，以下のとおりであり，24 時間程度外気 取入れを遮断したままでも，運転員の作業環境に影響を与えない。<br><br>第 3.3.1-2 表　酸素濃度の時間変化<br><table><tr><th>時間</th><th>6 時間</th><th>12 時間</th><th>24 時間</th></tr><tr><td>酸素濃度[%]</td><td>20.8</td><td>20.8</td><td>20.7</td></tr></table></td>
<td>・許容酸素濃度　19.0%以上※3<br><br>※1　空気調和・衛生工学便覧　第 14 版　3 空気調和設備編<br>※2　子機には肺胞から蒸発した水蒸気が加わっており，吸気と等容積ではないため，酸素消費量を計算するには，乾燥空気換算（%）を使用する。<br>※3　鉱山保安法施行規則<br><br>b．評価結果<br><br>評価条件から求めた酸素濃度は，第 3.4-1 表，第 3.4-1 図のとおりであり，外気取入を遮断しても約 73 時間まで中央制御室内に滞在可能である。<br>敷地内で発生する火災の最長燃焼継続時間（主要変圧器約 7 時間）に対して，余裕があり運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。<br><br>第 3.4-1 表　中央制御室換気系閉回路循環運転時の酸素濃度<br><table><tr><th>時間</th><th>12 時間</th><th>24 時間</th><th>48 時間</th><th>73 時間</th></tr><tr><td>酸素濃度</td><td>20.6%</td><td>20.3%</td><td>19.6%</td><td>19.0%</td></tr></table><br>  <br><br>第 3.4-1 図　中央制御室換気系閉回路循環運転時の酸素濃度</td>
<td>・許容酸素濃度 19[%]<br>（鉱山保安法施行規則）<br><br>・評価期間は，各火災の燃焼継続時間を考慮し 18 時間とする。<br><br>b．評価結果<br>・中央制御室の初期酸素量<br>3562.5[m³]=17000[m³]×20.95[%]<br>・18 時間後の酸素濃度　20.89[%]<br>=(3562.5[m³]-1.092[L/min/人]×10⁻³[m³/L]×10[人]×60[min/h]×18[h])/17000[m³]×100<br><br>上記評価条件から求めた酸素濃度は，以下のとおりであり，18 時間外気取入を遮断したままでも，運転員の作業環境に影響を与えない。<br><br>第 3.3.1-2 表　酸素濃度の時間変化<br><table><tr><th>時間</th><th>5 時間</th><th>10 時間</th><th>18 時間</th></tr><tr><td>酸素濃度[%]</td><td>20.94</td><td>20.92</td><td>20.89</td></tr></table></td>
<td>・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>限られた環境下（鉱山内）における労働環境を規定する「鉱山保安法施行規則」を適用</td>
</tr>
</table>

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 3.3.2　中央制御室に対する有毒ガス影響評価<br>(1) 評価の概要<br>発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備からの火災，及び航空機落下位置での火災を想定し，中央制御室内に侵入する有毒ガスの最大濃度を判断基準と比較することで，有毒ガスに対する中央制御室居住性の影響評価を実施する。<br>本評価では，石油コンビナートの防災アセスメント指針での判断基準と同様に，米国国立労働安全衛生研究所が定める IDLH（Immediately Dangerous to Life or Health）を採用する。このIDLH は，30 分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり，脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。<br><br>(2)評価対象物質及び固定設備<br>発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備として軽油タンク及び変圧器等を評価対象とし，第3.3.2-1表に評価対象施設及び評価対象設備から外気取入口までの距離及び火災燃焼面積を示す。また，火災によって発生する物質のうち，IDLH 対象物質である一酸化炭素(CO)，二酸化炭素(CO2) 及び二酸化硫黄(SO2)，二酸化窒素(NO2)を評価対象物質とする。 軽油タンク，変圧器，航空機落下位置及び外気取入口の位置関係を第 3.3.2-1 図 に示す。 | (3)　有毒ガス<br><br>中央制御室換気系給気口の風上で発生し，給気口を直接臨むことができる火災源を対象とし，中央制御室換気系給気口位置における有毒ガス濃度の評価を実施した。 | 3.3.2　中央制御室に対する有毒ガス影響評価<br>(1)　評価の概要<br>発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い施設からの火災を想定し，中央制御室内に侵入する有毒ガスの最大濃度を判断基準と比較することで，有毒ガスに対する中央制御室居住性の影響評価を実施する。<br><br>本評価では，石油コンビナートの防災アセスメント指針での判断基準と同様に，米国国立労働安全衛生研究所が定める IDLH（Immediately Dangerous to Life or Health）を採用する。この IDLH は，30 分暴露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限度値であり，脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。<br><br>(2)　評価対象物質及び固定設備<br>発電所敷地内で多量の油を内蔵する施設及び中央制御室外気取入口までの距離が近い設備として，航空機及び変圧器を評価対象とし，第 3.3.2-1 表に評価対象施設，評価対象設備から外気取入口までの距離及び火災燃焼面積を示す。また，火災によって発生する物質のうち，IDLH 対象物質である一酸化炭素（CO），二酸化炭素（$CO_2$），二硫化硫黄（$SO_2$）及び二酸化窒素（$NO_2$）を評価対象物質とする。変圧器，航空機落下位置及び外気取入口の位置関係を第 3.3.2-1 図に示す。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.3.2-1 表　評価対象施設と外気取入口までの距離及び火災面積

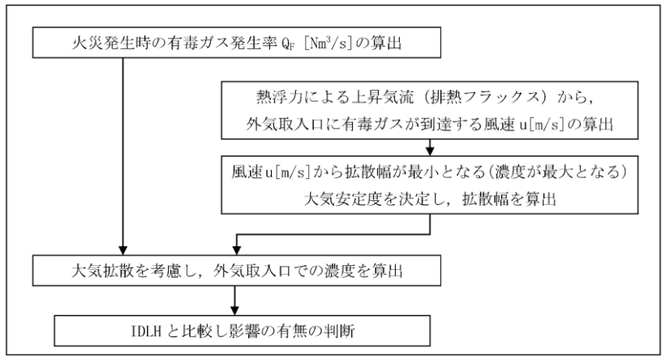
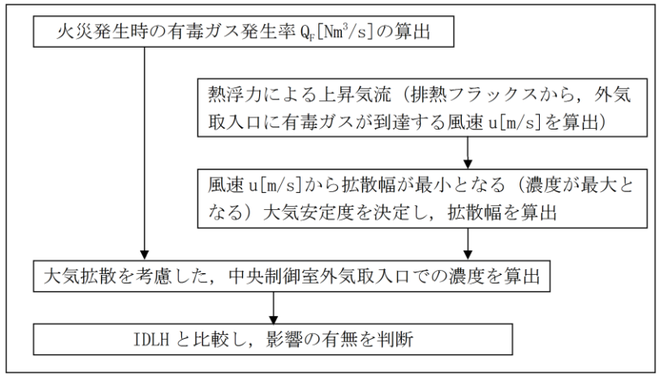
| 火災発生場所 | 離隔距離 x［m］ | 排煙上昇高度⊿h［m］ | 火災面積 A［$m^2$］ |
|---|---|---|---|
| 軽油タンク | 80 | 18.3 | 289 |
| 主変圧器 | 30 | 18.3 | 150 |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 | 11 | 5.1 | 9 |
| 大型民間航空機 | 218 | 18.3 | 605 |
| 小型民間航空機 | 134 | 18.3 | 27 |
| 大型軍用航空機 | 133 | 18.3 | 280 |
| 小型軍用航空機 | 109 | 18.3 | 12 |
| 航空機墜落による火災と重畳火災の可能性がある６号炉軽油タンク | 111 | 18.3 | 583 |

第 3.3.2-1 図　軽油タンク，航空機落下，変圧器及び外気取入口の位置関係

第 3.3.2-1 表　評価対象設備と外気取入口までの距離及び火災面積

| 火災発生場所 | 離隔距離 x［m］ | 排煙上昇高度⊿h［m］ | 火災面積 A［$m^2$］ |
|---|---|---|---|
| 主変圧器 | 81 | 20.4 | 35.7 |
| 民間航空機 | 144 | 14.7 | 700 |
| 軍用機 | 68 | 14.7 | 44.6 |

第 3.3.2-1 図　航空機落下位置，変圧器及び外気取入口の位置関係

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (3) 評価方法<br>火災時の有毒ガスの発生率，外気取入口に有毒ガスが到達する風速及び大気拡散を考慮し，中央制御室外気取入口における有毒ガスの最大濃度を評価し，判断基準である IDLH と比較する。第 3.3.2-2 図に有毒ガス影響評価フローを示す。<br>  <br><br>第 3.3.2-2 図　有毒ガス影響評価フロー<br>a. 火災時の有毒ガスの発生率<br>火災時に発生する有毒ガス発生率は，燃料の元素組成に基づき，燃料1kg当たりの各有毒ガスの発生率に燃料消費速度を乗じて算出する。評価対象ガスの 発生率 $Q_F$[$Nm^3/s$]は，次式を用いて計算する。計算結果を第 3.3.2-4 表にまとめる。<br>$Q_F = Q_F' \times M$<br>ここで，<br>$Q_F'$：燃料 1 kg 当たりのガスの発生率[$Nm^3/kg$]<br>M ：燃料消費速度 [kg/s]<br>ただし，$M = \rho \times A \times V$<br>V ：液面降下速度[m/s] A ：火災面積[$m^2$]<br>$\rho$ ：燃料密度[$kg/m^3$] | a．評価手法<br>火災源から放出された有毒ガスは中央制御室換気系給気口に向う風によって，風下直線方向に拡散していくものとして，Briggs の排煙上昇過程式により求めた評価対象ガスの風速と，有風時プルーム式を用いて，中央制御室換気系給気口の空気中に含まれる有毒ガス濃度を評価する。評価手法の概要を第 3.4-3 図に示す。 | (3)　評価方法<br>火災時の有毒ガスの発生率，外気取入口に有毒ガスが到達する風速及び大気拡散を考慮し，中央制御室外気取入口における有毒ガスの最大濃度を評価し，判断基準である IDLH と比較する。第 3.3.2-2 図に有毒ガス影響評価フローを示す。<br>  <br><br>第 3.3.2-2 図　有毒ガス影響評価フロー<br>a．火災時の有毒ガスの発生率<br>火災時に発生する有毒ガス発生率は，燃料の元素組成に基づき，燃料 1 kgあたりの各有毒ガスの発生率に燃料消費速度を乗じて算出する。評価対象ガスの発生率 $Q_F$[$Nm^3/s$]は，次式を用いて計算する。計算結果を第 3.3.2-4 表にまとめる。<br>$Q_F=Q_F' \times M$<br>ここで，<br>$Q_F'$ ：燃料 1 kg当たりのガス発生率[$Nm^3/kg$]<br>M ：燃料消費速度 [kg/s]<br>ただし，$M = \rho \times A \times V$<br>V ：液面降下速度[m/s]<br>A ：火災面積[$m^2$]<br>$\rho$ ：燃料密度[$kg/m^3$] | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

### 第 3.3.2-2 表　有毒ガス発生率

| 火災発生場所 | $Q_F$' | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CO | $CO_2$ | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 軽油タンク・変圧器 | $2.6\times10^{-2}$ ※1 | $1.5\times10^{0}$ ※1 | $1.1\times10^{-3}$ ※1 | $5.3\times10^{-4}$ ※1 |
| 航空機 | $6.1\times10^{-1}$ ※2 | $1.8\times10^{0}$ ※3 | $4.2\times10^{-1}$ ※2 | $2.8\times10^{-3}$ ※2 |

※1：Smoke Plume Trajectory from In Situ Burning of Crude Oil in Alaska より，
燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準状態体積に換算
※2：Air Quality Procedures For Civilian Airports & Air Force Bases より，
燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準状態体積に換算
※3：環境省，温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルより，
燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準状態体積に換算

### 第 3.3.2-3 表　燃料消費速度算出時の入力値

| 火災発生場所 | 液面降下速度[m/s] | 燃料密度[kg/m³] |
|---|---|---|
| 軽油タンク・変圧器 | $5.5\times10^{-5}$ ※1 | 875 ※2 |
| 民間航空機 | $6.66\times10^{-5}$ ※3 | 810 ※3 |
| 軍用航空機 | $6.71\times10^{-5}$ ※3 | 760 ※3 |

※1：石油コンビナートの防災アセスメント指針 消防庁特殊災害室 平成 13 年 3 月
※2：揮発油等の品質の確保等に関する法律（昭和五十一年十一月二十五日法律第八十八号）「第二条第八項」
※3：NUREG-1805 より

燃料 1kg 当たりのガスの発生率は，各文献に掲載されている単位重量当たりのガス発生率を単位換算することにより求めている。ただし，単位重量当たりのガス発生率は幅をもった値ではないため，保守性の観点からガス発生率が最大となる燃料を選定している。

変圧器の場合，絶縁油は重油及び軽油同様に鉱物油を原料として精製されていることから，より高いガス発生率となる軽油の数値を用いている。また，航空機の場合，燃料は JP-8 を選定し，燃料 1kg 当たりのガス発生率が最大となるようにしている。

### 第 3.3.2-2 表　有毒ガス発生率

| 火災発生場所 | $Q_F$' | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CO | $CO_2$ | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 主変圧器 | $2.4\times10^{-2}$ ※2 | $1.5\times10^{0}$ ※2 | $1.1\times10^{-3}$ ※2 | $4.9\times10^{-4}$ ※1 |
| 航空機 | $2.4\times10^{-2}$ ※2 | $1.7\times10^{0}$ ※3 | $2.1\times10^{-3}$ ※4 | $1.3\times10^{-3}$ ※4 |

※１：Smoke Plume Trajectory from In Situ Burning of Crude Oil in Alaska より，燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準体積に換算
※２：John L. Ross, Ronald J. Ferek, and Peter V. Hobbs, 「Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean」J. Air & Waste Manage. Assoc. 46:251-259 より，燃料 1kg 当たりのガス発生率を標準体積に換算
※３：環境省，「温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル」に基づき算出
※４：公害研究対策センター，「窒素酸化物総量規制マニュアル〔新版〕」に基づき算出

### 第 3.3.2-3 表　燃料消費速度算出時の入力値

| 火災発生場所 | 液面降下速度[m/s] | 燃料密度[kg/m³] |
|---|---|---|
| 主変圧器 | $3.5\times10^{-5}$ | 1000 ※1 |
| 民間航空機 | $4.64\times10^{-5}$ | 840 ※2 |
| 軍用機 | $6.71\times10^{-5}$ | 760 ※1 |

※１：NUREG-1805 より
※２：JIS - K - 2209 - 1991 より

燃料１kg 当たりのガスの発生率は，各文献に掲載されている単位重量当たりのガス発生率を単位換算することにより求めている。ただし，単位重量当たりのガス発生率は幅をもった値ではないため，保守性の観点からガス発生率が最大となるよう選定している。

・条件の相違
【柏崎 6/7】
設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.3.2-4 表　評価対象ガスの発生率の計算結果

| 火災発生場所 | 評価対象ガスの発生率 $Q_F$[Nm³/s] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CO | $CO_2$ | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 軽油タンク | $3.6\times10^{-1}$ | $2.2\times10^{1}$ | $1.6\times10^{-2}$ | $7.5\times10^{-3}$ |
| 主変圧器 | $1.9\times10^{-1}$ | $1.1\times10^{1}$ | $8.3\times10^{-3}$ | $3.8\times10^{-3}$ |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 | $1.1\times10^{-2}$ | $6.8\times10^{-1}$ | $5.0\times10^{-4}$ | $2.3\times10^{-4}$ |
| 大型民間航空機 | $2.0\times10^{1}$ | $6.0\times10^{1}$ | $1.3\times10^{-2}$ | $9.1\times10^{-2}$ |
| 小型民間航空機 | $8.9\times10^{-1}$ | $2.6\times10^{0}$ | $6.2\times10^{-4}$ | $4.0\times10^{-3}$ |
| 大型軍用航空機 | $8.8\times10^{0}$ | $2.6\times10^{1}$ | $6.1\times10^{-3}$ | $4.0\times10^{-2}$ |
| 小型軍用航空機 | $3.7\times10^{-1}$ | $1.1\times10^{0}$ | $2.6\times10^{-4}$ | $1.7\times10^{-3}$ |
| 航空機墜落による火災と重畳火災の可能性がある 6 号炉軽油タンク | $7.4\times10^{-1}$ | $4.4\times10^{1}$ | $3.2\times10^{-2}$ | $1.5\times10^{-2}$ |

b.　外気取入口に有毒ガスが到達する風速

火災によって発生する有毒ガスは燃焼によって高温となり熱浮力によって上昇する。したがって，以下の Briggs 式（排煙上昇過程式）を用いて，有毒ガス発生源と外気取入口との距離と高度差から，外気取入口に有毒ガスが到達する風速 u[m/s]を求める。風速と熱浮力の関係を第 3.3.2-2 図に示し，風速の計算結果を第 3.3.2-6 表にまとめる。

$$u = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta h^{-1} \cdot x^{\frac{2}{3}}$$

ここで，

⊿h：排煙上昇高度[m] ＝ 火災発生源と外気取入口の高度差

F：排熱フラックス[$m^4/s^3$] ＝ 0.037・$Q_H$

$Q_H$ ：排出熱量[kcal/s]

ただし，$Q_H$＝q/(ρ/1000)×M

q：発熱量[kcal/l] ※

M：燃料消費速度[kg/s]

ρ ：燃料密度[$kg/m^3$]

x：離隔距離[m]

第 3.3.2-4 表　評価対象ガスの発生率の計算結果

| 火災発生場所 | 評価対象ガスの発生率 $Q_F$[Nm³/s] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | CO | $CO_2$ | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 主変圧器 | $3.0\times10^{-2}$ | $1.8\times10^{0}$ | $1.4\times10^{-3}$ | $6.2\times10^{-4}$ |
| 民間航空機 | $6.6\times10^{-1}$ | $4.6\times10^{1}$ | $5.8\times10^{-2}$ | $3.4\times10^{-2}$ |
| 軍用機 | $5.5\times10^{-2}$ | $3.8\times10^{0}$ | $4.8\times10^{-3}$ | $2.8\times10^{-3}$ |

b．外気取入口に有毒ガスが到達する風速

火災によって発生する有毒ガスは燃焼によって高温となり熱浮力によって上昇する。したがって，以下の Briggs 式（排煙上昇過程式）を用いて，有毒ガス発生源と外気取入口との距離と高度差から，外気取入口に有毒ガスが到達する風速 u[m/s]を求める。風速と熱浮力の関係を第 3.3.2-3 図に示し，風速の計算結果を第 3.3.2-6 表にまとめる。

（Briggs の排煙上昇過程式）

$$\Delta h = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot u^{-1} \cdot x^{\frac{2}{3}}$$

$$u = 1.6F^{\frac{1}{3}} \cdot \Delta h^{-1} \cdot x^{\frac{2}{3}}$$

$\Delta h$ ：排煙上昇高度（m）＝火災発生源と外気取入口の高度差

$F$ ：排熱フラックス（$m^4/s^3$） ＝ 0.037・$Q_H$

$Q_H$ ：排出熱量（kcal/s）

$u$ ：風速（m/s）

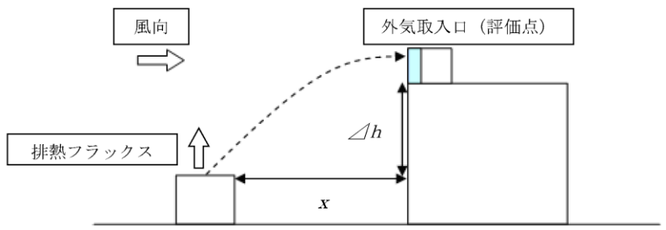
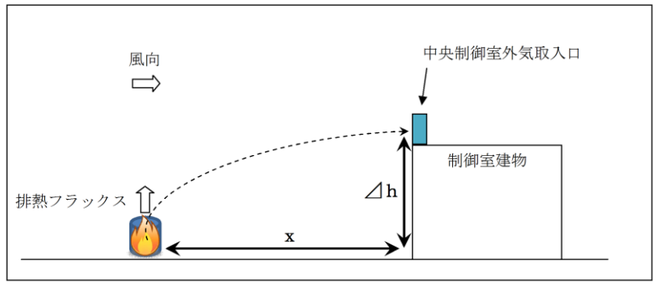
$x$ ：風下距離（m）

ただし，$Q_H$=q/（ρ/1000）×M

q ：発熱量[kcal/L]※

M ：燃料消費速度[kg/s]

ρ ：燃料密度[$kg/m^3$]

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| ※：2005 年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改定値について（経済産業省資源エネルギー庁 平成 19 年 5 月）<br><br>第 3.3.2-5 表　燃料の発熱量<br><br>火災発生場所 / q　発熱量[kcal/l]<br>軽油タンク及び変圧器 / 9004 kcal/l（37.7 MJ/l）<br>航空機 / 8765 kcal/l（36.7 MJ/l）<br><br>  <br>第 3.3.2-2 図　風速と熱浮力の関係（イメージ）<br><br>なお，Briggs の排煙上昇過程式の適用条件※は，以下のとおり。<br><br>$x \leqq x^*$<br>$x^* = 2.16F^{2/5} \cdot \Delta h^{3/5}$<br><br>ここで，<br>x ：離隔距離[m]<br>x*：浮力の効果が薄れて大気乱流による拡散効果が支配的になり始める距離[m]<br>F:排熱フラックス[$m^4/s^3$]<br>Δh ：排煙上昇高度[m]（Δh＜305m）<br>火災源ごとに x* を求め，上記条件を満たしていることを確認しており，Briggsの排煙上昇過程式を用いて排煙高さが外気取入口高さと同じになる風速を求めることは妥当である。<br>※：G.A.Briggs，“Plume Rise”，U.S.Atomic Energy Commission，1969 | | ※：2005 年度以降適用する標準発熱量の検討結果と改定値について（経済産業省資源エネルギー庁　平成 19 年 5 月）<br><br>第 3.3.2-5 表　燃料の発熱量<br><br>火災発生場所 / q　発熱量[kcal/L]<br>主変圧器 / 9338kcal/L（39.1MJ/L）<br>航空機 / 8765kcal/L（36.7MJ/L）<br><br>  <br>第 3.3.2-3 図　風速と熱浮力の関係（イメージ）<br><br>なお，Briggs の排煙上昇過程式の適用条件※は以下のとおり。<br><br>$x \leqq x^*$<br><br>$x^* = 2.16F^{2/5} \cdot \Delta h^{3/5}$<br><br>x：風下距離[m]<br>x*：浮力の効果が薄れて大気乱流による拡散効果が支配的になり始める距離[m]<br>F：排熱フラックス[$m^4/s^3$]<br>⊿h：排煙上昇高度[m]（⊿h＜305m）<br>火災源ごとに x*を求め，上記条件を満たしていることを確認しており，Briggs の排煙上昇過程式を用いて排煙高さが外気取入口高さと同じになる風速を求めることは妥当である。<br>※：G.A.Briggs，“Plume Rise”，U.S.Atomic Energy Commission，1969 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.3.2-6 表　風速の計算結果

| 火災発生場所 | 風速 u[m/s] |
|---|---|
| 軽油タンク | 28.2 |
| 主変圧器 | 12.0 |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 | 8.4 |
| 大型民間航空機 | 77.5 |
| 小型民間航空機 | 19.3 |
| 大型軍用航空機 | 43.4 |
| 小型軍用航空機 | 12.8 |
| 航空機墜落による火災と重畳火災の可能性がある６号炉軽油タンク | 44.3 |

c.　火災によって発生する有毒ガスの大気拡散

外気取入口に到達する有毒ガスの濃度は，大気拡散を考慮しガウスプルームモデルの拡散式を用いて評価する。

火災地点から放出された有毒ガスは，中央制御室の外気取入口の方向に向かう風によって，風下直線方向に拡散していくものとし，先に求めた評価対象ガスの発生率及び外気取入口に有毒ガスが到達する風速と，以下に示すガウスプルームモデルの拡散式を用いて，外気取入口の空気中に含まれる有毒ガスの濃 度を計算する。なお，外気取入口での空気中の濃度は，下記数式の放出点の高さ H と評価点の高さ Z において H＝Z＝0，Y＝0 として中心軸上最大濃度を計算する。計算結果を第 3.3.2-9 表にまとめる。

第 3.3.2-6 表　風速の計算結果

| 火災発生場所 | 風速 u[m/s] |
|---|---|
| 主変圧器 | 11.1 |
| 民間航空機 | 65.6 |
| 軍用機 | 18 |

c．火災によって発生する有毒ガスの大気拡散

外気取入口に到達する有毒ガスの濃度は，大気拡散を考慮しガウスプルームモデルの拡散式を用いて評価する。

火災地点から放出された有毒ガスは，中央制御室の外気取入口の方向に向かう風によって，風下直線方向に拡散していくものとし，先に求めた評価対象ガスの発生率及び外気取入口に有毒ガスが到達する風速と，以下に示すガウスプルームモデルの拡散式を用いて，外気取入口の空気中に含まれる有毒ガスの濃度を計算する。なお，外気取入口での空気中の濃度は，下記数式の放出点の高さ H と評価点の高さ Z において H=Z=0，Y=0 として中心軸上最大濃度を計算する。計算結果を第 3.3.2-9 表にまとめる。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

$$\chi(X,Y,Z)=\frac{Q_F}{2\pi u\sigma_Y\sigma_Z}\exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}\right)\left\{\exp\left[-\frac{(Z-H)^2}{2\sigma_Z^2}\right]+\exp\left[-\frac{(Z+H)^2}{2\sigma_Z^2}\right]\right\}$$

ここで，

χ（X,Y,Z）：評価点（X,Y,Z）の有毒ガスの濃度[g/m³]

u：外気取入口に有毒ガスが到達するとした場合の風速[m/s]

σY：水平方向の拡散幅[m]

σZ：鉛直方向の拡散幅[m]

$Q_F$：火災によって発生する有毒ガスの発生率[Nm³/s]

H：放出源の有効高さ[m]

$$\sigma_Y=0.67775\ \theta_{0.1}\cdot(5-\log x)\cdot x\ ,\ \sigma_Z=\sigma_1\cdot x^{a_1+a_2\log x+a_3(\log x)^2}$$

ただし，xの単位は km としxが0.2km以遠の場合，$\theta$0.1，σ1，a1，a2，a3 は以下のとおり。

第 3.3.2-7 表　大気安定度と入力値（離隔距離が 0.2km 以遠）

| 大気安定度 | $\theta_{0.1}$ | $\sigma_1$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 50 | 768.1 | 3.9077 | 3.898 | 1.7330 |
| B | 40 | 122.0 | 1.4132 | 0.49523 | 0.12772 |
| C | 30 | 58.1 | 0.8916 | −0.001649 | 0.0 |
| D | 20 | 31.7 | 0.7626 | −0.095108 | 0.0 |
| E | 15 | 22.2 | 0.7117 | −0.12697 | 0.0 |
| F | 10 | 13.8 | 0.6582 | −0.1227 | 0.0 |

xが0.2km未満の場合は，$\theta_{0.1}$，$\sigma_1$，$a_1$は以下のとおり。ただし，$a_2$，$a_3$は0とする。

第 3.3.2-8 表　大気安定度と入力値（離隔距離が 0.2km 未満）

| 大気安定度 | $\theta_{0.1}$ | $\sigma_1$ | $a_1$ |
|---|---|---|---|
| A | 50 | 165 | 1.07 |
| B | 40 | 83.7 | 0.894 |
| C | 30 | 58 | 0.891 |
| D | 20 | 33 | 0.854 |
| E | 15 | 24.4 | 0.854 |
| F | 10 | 15.5 | 0.822 |

大気安定度は，発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に記載のとおり，風速の範囲と日射や夜間の放熱の大小によって A-G に区分されるものであり，大 気安定度 A

（有風時プルーム式）

$$\chi(X,Y,Z)=\frac{Q_F}{2\pi u\sigma_Y\sigma_Z}\exp\left(-\frac{Y^2}{2\sigma_Y^2}\right)\left\{\exp\left[-\frac{(Z-H)^2}{2\sigma_Z^2}\right]+\exp\left[-\frac{(Z+H)^2}{2\sigma_Z^2}\right]\right\}$$

$\chi(X,Y,Z)$：有毒物質の濃度

$u$　：外気取入口に有毒ガスが到達するとした場合の風速（m/s）

$\sigma_Y$　：建物及び地形の起伏のない平地での y 方向（水平方向）の濃度の拡がりのパラメータ（m）

$\sigma_Z$　：建物及び地形の起伏のない平地での z 方向（鉛直方向）の濃度の拡がりのパラメータ（m）

$Q_F$　：火災によって発生する有毒ガスの発生率（Nm³/s）

$H$　：放出源の有効高さ（m）（=⊿h）

$\sigma_Y=0.6775\,\theta_{0.1}\cdot(5-\log x)\cdot x$，$\sigma_Z=\sigma_1\cdot x^{a1+a2\log x+a3(\log x)2}$

ただし，x の単位は km とし，x が 0.2km 以遠の場合，$\theta_{0.1}$，$\sigma_1$，$a_1$，$a_2$，$a_3$は以下のとおり。

第 3.3.2-7 表　大気安定度と入力値（離隔距離が 0.2km 以遠）

| 大気安定度 | $\theta_{0.1}$ | $\sigma_1$ | $a_1$ | $a_2$ | $a_3$ |
|---|---|---|---|---|---|
| A | 50 | 768.1 | 3.9077 | 3.898 | 1.7330 |
| B | 40 | 122.0 | 1.4132 | 0.49523 | 0.12772 |
| C | 30 | 58.1 | 0.8916 | −0.001649 | 0.0 |
| D | 20 | 31.7 | 0.7626 | −0.095108 | 0.0 |
| E | 15 | 22.2 | 0.7117 | −0.12697 | 0.0 |
| F | 10 | 13.8 | 0.6582 | −0.1227 | 0.0 |

x が 0.2km 未満の場合，$\theta_{0.1}$，$\sigma_1$，$a_1$は以下のとおり。ただし，$a_2$，$a_3$は 0 とする。

第 3.3.2-8 表　大気安定度と入力値（離隔距離が 0.2km 未満）

| 大気安定度 | $\theta_{0.1}$ | $\sigma_1$ | $a_1$ |
|---|---|---|---|
| A | 50 | 165 | 1.07 |
| B | 40 | 83.7 | 0.894 |
| C | 30 | 58 | 0.891 |
| D | 20 | 33 | 0.854 |
| E | 15 | 24.4 | 0.854 |
| F | 10 | 15.5 | 0.822 |

大気安定度は，発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針に記載のとおり，風速の範囲と日射や夜間の放熱の大小によって A-F に区分されるものであり，大気安定度 A

## 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）

が最も拡散しやすく Gが最も拡散しにくい。本評価では，外気取入口 に有毒ガスが到達するとした場合の風速 u[m/s]の中で，拡散幅が最小となる（濃度が最大となる）より拡散しにくい大気安定度を選択する。風速と大気安定度の関係は以下のとおりであり，本評価では第 3.3.2-10 表に示すとおり風速は 6[m/s] 以上であることから大気安定は C 又は D となり，より拡散しにくい大気安定度 D で評価を行う。

第 3.3.2-9 表　拡散幅の計算結果

| 火災発生場所 | 大気安定度 | 水平方向の拡散幅 $\sigma_Y$[m] | 鉛直方向の拡散幅 $\sigma_Z$[m] |
|---|---|---|---|
| 軽油タンク | D | 6.6 | 3.8 |
| 主変圧器 | D | 2.7 | 1.6 |
| 原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器 | D | 1.0 | 0.7 |
| 大型民間航空機 | D | 17.7 | 9.5 |
| 小型民間航空機 | D | 10.8 | 6.0 |
| 大型軍用航空機 | D | 11.2 | 6.2 |
| 小型軍用航空機 | D | 8.9 | 5.0 |
| 航空機墜落による火災と重畳火災の可能性がある６号炉軽油タンク | D | 8.9 | 5.0 |

第 3.3.2-10 表　　風速，日射量及び放射収支量による大気安定度

| 風速（U） m/s | 日射量（T） kw/m² | | | | 放射収支量（Q） kw/m² | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T≧0.60 | 0.60＞T≧0.30 | 0.30＞T≧0.15 | 0.15＞T | Q≧-0.020 | -0.020＞Q≧-0.040 | -0.040＞Q |
| U＜2 | A | A－B | B | D | D | G | G |
| 2≦U＜3 | A－B | B | C | D | D | E | F |
| 3≦U＜4 | B | B－C | C | D | D | D | E |
| 4≦U＜6 | C | C－D | D | D | D | D | D |
| 6≦U | C | D | D | D | D | D | D |

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

## 島根原子力発電所　２号炉

が最も拡散しやすく F が最も拡散しにくい。本評価では，外気取入口に有毒ガスが到達するとした場合の風速u[m/s]の中で，拡散幅が最小となる（濃度が最大となる）より拡散しにくい大気安定度を選択する。風速と大気安定度の関係は以下のとおりであり，本評価では第3.3.2-10表に示すとおり風速は６[m/s]以上であることから大気安定度は C 又はＤとなり，より拡散しにくい大気安定度Ｄで評価を行う。

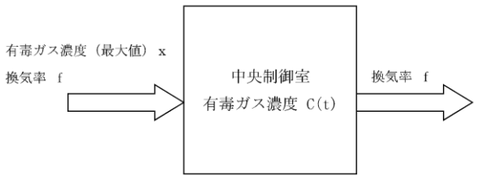
第3.3.2-9表　拡散幅の計算結果

| 火災発生場所 | 大気安定度 | 水平方向の拡散幅 $\sigma_Y$[m] | 鉛直方向の拡散幅 $\sigma_Z$[m] |
|---|---|---|---|
| 主変圧器 | D | 6.7 | 3.9 |
| 民間航空機 | D | 11.4 | 6.3 |
| 軍用機 | D | 5.7 | 3.4 |

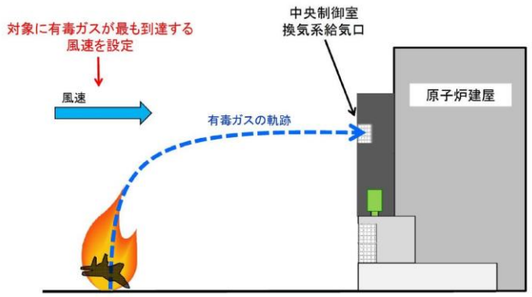
第3.3.2-10表　風速，日射量及び放射収支量による大気安定度

| 風速u (m/s) | 日射量T (kW/m²) | | | | 放射収支量Q (kW/m²) | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | T ≧ 0.60 | 0.60 ＞ T ≧ 0.30 | 0.30 ＞ T ≧ 0.15 | 0.15 ＞ T | Q ≧ -0.020 | -0.020 ＞ Q ≧ -0.040 | -0.040 ＞Q |
| u＜2 | A | A－B | B | D | D | — | — |
| 2≦u＜3 | A－B | B | C | D | D | E | F |
| 3≦u＜4 | B | B－C | C | D | D | D | E |
| 4≦u＜6 | C | C－D | D | D | D | D | D |
| 6≦u | C | D | D | D | D | D | D |

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| (4) 評価結果<br>中央制御室外気取入口における有毒ガスの濃度を第 3.3.2-11表にまとめる。なお，航空機墜落による火災と軽油タンク火災の重畳については，重畳の可能性がある 6 号炉軽油タンクと小型軍用航空機の濃度を足し合わせることにより求めた。第 3.3.2-11 表より，中央制御室外気取入口における有毒ガスの濃度は，主変圧器にて火災が発生した場合の CO2 及び NO2 を除き，IDLH 以下であることを確認した。<br>主変圧器の火災では，CO2 濃度及び NO2 濃度が IDLH を超えているが，ここでは，中央制御室外気取入口における有毒ガスの最大濃度を IDLH と比較することにより評価しており，実際には，中央制御室内における有毒ガスの濃度は瞬時に上昇せず，その濃度が徐々に増加する。そこで，中央制御室の居住性に対する影響について，「原子力発電所中央制御室の居住性に係る被ばく評価手法（内規）平成21 年 8 月 12 日 原子力安全・保安院」【解説 7.2】に記載されている中央制御室内の雰囲気中に浮遊する放射性物質量の時間変化の考え方を参考に，以下の式を用いて，中央制御室内の有毒ガス濃度が IDLH の濃度に達する経過時間を評価する。<br>  <br><br>第 3.3.2-3 図　中央制御室内の有毒ガス濃度変化（概念図） | | d．評価結果<br>中央制御室外気取入口における有毒ガスの濃度を第 3.3.2-11 表にまとめる。第 3.3.2-11 表より，中央制御室外気取入口における有毒ガスの濃度は，IDLH 以下であることを確認した。 | ・評価の相違<br>【柏崎 6/7】<br>柏崎 6/7 は，評価結果が満足しなかったため，追加で詳細な影響評価を実施 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| $\frac{dc(t)}{dt} = -fc(t) + fx$<br>$c(0) = 0$<br>$c(t) = (1 - \exp(-ft))x$<br>$t = -\frac{\ln\left(1 - \frac{c(t)}{x}\right)}{f}$<br>ここで，<br>c(t)：中央制御室における有毒ガス濃度[ppm]<br>f ：中央制御室の換気率[1/s]<br>x ：中央制御室外気取入口における有毒ガス濃度の最大値　[ppm]<br>t ：経過時間[s]<br>従って，中央制御室における有毒ガス濃度が IDLH に達する経過時間は以下の 式となる。<br>$T_{IDLH} = -\frac{\ln\left(1 - \frac{C_{IDLH}}{x}\right)}{f}$<br>ここで，<br>$T_{IDLH}$：IDLH に達する経過時間[s]<br>$C_{IDLH}$：IDLH[ppm]<br><br>上式にて，中央制御室外気取入口の有毒ガスを最大濃度（CO2 濃度：65,049[ppm]，NO2 濃度：23[ppm]）で一定とし，中央制御室内の換気率を考慮した有毒ガス濃度を算出したところ，IDLH に達するまでの経過時間は，CO2が約114分，NO2が約 244 分であった。<br>これに対し，中央制御室に有毒ガスが進入してくる場合には，中央制御室の外気取り入れを遮断し，再循環させる非常時モードで運転することが可能であり，火災発生後 15 分程度※で中央制御室への外気取り入れを停止し，非常時モードへ切り替えることが可能である。<br>また，火災（有毒ガス）の発生は，火災報知器（軽油タンク・主変圧器等），振動や衝撃音（航空機落下），敷地境界監視用カメラ（森林火災）等により覚知できるこ | | また，火災（有毒ガス）の発生は，火災感知器（主変圧器），振動や衝撃音（航空機落下），敷地境界監視用カメラ（森林火災）等により覚知できることに加え，中央制御 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| とに加え，中央制御室外の火災発生に伴い，煙や異臭を確認した場合の当直長判断による中央制御室隔離手順が操作手順書に定められており，これらの覚知・判断に時間を要するものはなく，迅速に対応することが可能である。 | （有風時プルーム式）<br>$C_{xyz}=\frac{Q}{2\pi\sigma_y\sigma_z u}\exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y{}^2}\right)\cdot\left(\exp\left\{-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z{}^2}\right\}+\exp\left\{-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z{}^2}\right\}\right)$　(1)<br>（Briggsの排煙上昇過程式）<br>$H_e=1.6F^{1/3}\cdot x^{2/3}\cdot u^{-1}$　(2)<br>$C_{xyz}$：濃度（ppm）<br>Q：有毒ガス発生量（$Nm^3/s$）<br>$H_e$：排煙上昇高度（m）<br>$\sigma_y$，$\sigma_z$：拡散パラメータ（m）<br>u：風速（m／s）<br>F：排熱フラックス（$m^4/s^3$）$=0.037Q_H$<br>$Q_H$：排気熱量（kcal／s）$=\dot{m}A\Delta H_{c.eff}$<br>$\Delta H_{c.eff}$：燃焼時発熱量（kcal／kg）<br>A：燃焼面積（$m^2$）<br>$\dot{m}$：質量低下速度（$kg/m^2/s$）<br>x：発生源と給気口との離隔距離（m）<br>z：発生源と給気口との鉛直方向距離（m）<br>y：排気プルーム軸からの距離（m）<br>  <br><br>第 3.4-3 図　中央制御室換気系給気口における有毒ガス濃度評価手法の概要<br>火災によって発生する有毒ガスの中央制御室換気系給気口位置での濃度を求め，判断基準であるＩＤＬＨ※1と比較評価を実施する。<br>※１　30 分の曝露によって生命及び健康に対する即時の危 | 室外の火災発生に伴い，煙や異臭を確認した場合の当直長判断による中央制御室隔離手順を運転手順書に定めている。火災の覚知・当直長判断・運転操作に時間を要するものはなく，15 分程度※で中央制御室換気系を系統隔離運転モードに切り替えることが可能である。 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 険な影響を与える濃度限界値であり，脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予防も考慮されている。<br><br>評価手順は以下の通り。<br>(a)　火災源から発生する有毒ガス発生量Ｑ（$Nm^3$／s）を算出する。<br>(b)　式(2)を用いて，火災源の排煙上昇高度Ｈｅが給気口中央の地表面からの高さと等しくなる風速ｕを求める。<br>(c)　式(1)を用いて，給気口における有毒ガス濃度を求める。なお，ｚ＝高低差，ｙ＝0 とする。<br><br>なお，Briggs の排煙上昇過程式の適用条件※2は，以下のとおりであり，火災源毎に下記条件を満たすことを確認した。このため，Briggs の排煙上昇過程式を用いて，排煙高さが給気口高さと同じになる風速を求めることは妥当である。<br>※２　G.A.Briggs, ”Plume Rise”, U.S.Atomic Energy Commission, 1969<br>$x \leq x'$<br>$x' = 2.16 F^{2/5} \cdot \Delta h^{2/5}$<br><br>ｘ　：離隔距離（ｍ），Ｆ：排熱フラックス（$m^4$／$s^3$）<br>ｘ’：浮力の効果が薄れて大気気流による拡散効果が支配的になり始める距離（ｍ）<br>Δｈ：排煙上昇高度（ｍ）（Δｈ＜305ｍ）<br><br>ｂ．評価データ<br>(a)　評価対象となる給気口及び火災源との距離<br>評価対象となる給気口と火災源の水平方向の位置関係を第 3.4-4 図に，離隔距離及び鉛直方向距離を第 3.4-3 表に，高さ方向の位置関係を第 3.4-5 図に示す。 | | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.4-3 表　給気口と火災源との距離

| 評価対象 | 中央制御室換気系<br>給気口　Ｂ２－１８Ａ | 中央制御室換気系<br>給気口　Ｂ２－１９Ａ |
|---|---|---|
| 航空機<br>（Ｆ－１５） | | |

第 3.4-4 図　評価対象となる給気口と火災源との位置関係
（水平方向）

第 3.4-5 図　評価対象となる給気口と火災源との位置関係
（高さ方向）

航空機火災に対する離隔距離は，最も保守的な評価となる「自衛隊機又は米軍機基地－訓練空域間往復時（Ｆ－１５）」の離隔距離を採用した。

また，中央制御室換気系給気口は２つあるが，評価は，火災源からの距離が近く，高さが高い方が保守的となるため，B2-19A を対象に評価を実施した。

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(b)　火災発生時の有毒ガス発生量

第 3.4-4 表に燃料の燃焼特性を示す。

燃料 1kg 当たりの有毒ガスの発生量は，各文献に掲載されている単位重量当たりのガス発生量より単位換算することにより求められる。ただし，単位重量当たりのガス発生量は幅をもった値ではないため，保守性の観点から航空機燃料のうち，ＪＰ－４より保守的となるＪＥＴＡ－１の値を設定する。

第 3.4-4 表　燃焼特性に関するデータ

| 油　種 | | ＪＰ－４ | ＪＥＴ　Ａ－１ |
|---|---|---|---|
| 有毒ガス発生量※ (kg／kg) | $CO_2$ | 3.053 | 3.237 |
| | CO | 0.030 | 0.030 |
| | $SO_2$ | 0.001 | 0.0011 |
| | $NO_2$ | 0.005 | 0.006 |

※　有毒ガスの発生量は以下の文献より算出した。
$CO_2$：環境省，温室効果ガス排出量算定・報告マニュアル
$CO_2$：Ross J.L.,Ferek R.J.and Hobbs P.V.,”Particle and Gas Emissions from an In Situ Burn of Crude Oil on the Ocean”,J.Air & Water Manage.Assoc.,46,pp.251-259(1996)
$SO_2$：U.S.EPA AP-42,”Compilation of Air Pollutant Emission Factors Volume I:Stationary Point and Area Sources”
$NO_2$：$SO_2$と同

(c)　評価対象及び火災源に関するデータ

第 3.4-5 表に火災源に関するデータ，第 3.4-6 表に有毒ガス発生量に関するデータを示す。

第 3.4-5 表　火災源に関するデータ

| 想定火災源 | 油種 | 燃焼面積 ($m^2$) | 質量低下速度 (kg／$m^2$／s) | 発熱量 (kcal／kg) | 燃焼消費速度 (kg／s) | 排出熱量 (kcal／s) | 排熱ﾌﾗｯｸｽ ($m^4$／$s^3$) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 航空機（Ｆ－１５） | JP-4 | 44.6 | 0.051 | 10,300 | 2.27 | 23,300 | 862 |

第 3.4-6 表　有毒ガス発生量に関するデータ

| 想定火災源 | ガス発生量 ($Nm^3$／s) | | | |
|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | CO | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 航空機（Ｆ－１５） | 3.741 | 0.055 | 0.001 | 0.007 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

(d)　拡散パラメータ

式(2)より，各火災による排煙上昇高度が敷地からの給気口高さと等しくなるものとして風速を算出した。算出結果を第 3.4-7 表に示す。

第 3.4-7 表　算出結果

| 評価対象 | | 風速(m／s) |
|---|---|---|
| 中央制御室 給気口 Ｂ２－１９Ａ | 航空機（Ｆ－１５） | 5.9 |

また，算出した風速と第 3.4-8 表に示す大気安定度分類表より，保守性を考慮して大気拡散の弱い安定度Ｄの式を採用し，第 3.4-9 表を用いて拡散パラメータを算出した。

算出した拡散パラメータは風による拡散しか考慮されていないため，想定する火災の熱気による鉛直方向への浮力拡散を考慮することとし，第 3.4-10 表に示すガウスプルームモデルにおける大気拡散パラメータよりΔＨｅ$^2$／10 を加えた値を採用した。

第 3.4-8 表　大気安定度分類表※

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

※　発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.4-9 表　拡散パラメータ　Pasquill-Gifford 図の近似関係※

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

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

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

| 安定度 | $\sigma_y$ | $\gamma_y$ | 風下距離(x) |
|---|---|---|---|
| A | 1.122 | 0.0800 | 0～10，300 |
| | 1.514 | 0.00855 | 300～10，500 |
| | 2.109 | 0.000212 | 500～10，000 |
| B | 0.964 | 0.1272 | 0～10，500 |
| | 1.094 | 0.0570 | 500～10，000 |
| C | 0.918 | 0.1068 | 0～10，000 |
| D | 0.826 | 0.1046 | 0～11，000 |
| | 0.632 | 0.400 | 1，000～10，000 |
| | 0.555 | 0.811 | 10，000～10，000 |
| E | 0.788 | 0.0928 | 0～11，000 |
| | 0.565 | 0.433 | 1，000～10，000 |
| | 0.415 | 1.732 | 10，000～10，000 |
| F | 0.784 | 0.0621 | 0～11，000 |
| | 0.526 | 0.370 | 1，000～10，000 |
| | 0.323 | 2.41 | 10，000～10，000 |
| G | 0.794 | 0.0373 | 0～11，000 |
| | 0.637 | 0.1105 | 1，000～12，000 |
| | 0.431 | 0.529 | 2，000～10，000 |
| | 0.222 | 3.62 | 10，000～10，000 |

※　窒素酸化物総量規制マニュアル

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.4-10 表　拡散パラメータ σ z※

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

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

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

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

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

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

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

(a) For terrain with $z_0$ different from 3 cm apply factors based on F. B. Smith's nomogram (Ref. 5 or Ref. 6, p 377)

(b) To allow for 'urban heating' adopt a stability category one-half category more unstable than that prescribed in the normal way in the Workbook

(c) For evaluating the concentration at the surface from a surface release, consider estimates of the effective mixed depth h' at the mid-time of sampling, recognizing especially its growth from very small values on stable nights, and then adopt either $\sigma_z$ as given by the curves, or 0.8h', whichever is the smaller, for substitution in Eq (4).

(d) For buoyant plumes, increase the $\sigma_z^2$ obtained from the curves by adding $\Delta H^2/10$ where $\Delta H$ is the estimated plume rise.

*, † see Notes on Table 2'

※　Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling Part II

(e)　評価結果

各火災で発生する中央制御室換気系給気口での有毒ガス濃度を第 3.4-11 表に示す。

第 3.4-11 表　評価結果

| 評価対象 | 想定発火源 | | 風速（m／s） | 拡散パラメータ（m） | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $\sigma_y$ | $\sigma_z$ |
| 中央制御室<br>換気系給気口<br>Ｂ２－１９Ａ | 航空機火災<br>（Ｆ－１５） | | 5.9 | 1.956 | 1.344 |

| 評価対象 | 想定発火源 | ガス濃度（ppm） | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $CO_2$ | CO | $SO_2$ | $NO_2$ |
| 中央制御室<br>換気系給気口<br>Ｂ２－１９Ａ | 航空機火災<br>（Ｆ－１５） | 7,883 | 116 | 3 | 15 |
| 判断基準：ＩＤＬＨ※ | | 40,000 | 1,200 | 100 | 20 |

※　30 分曝露によって生命及び健康に対する即時の危険な影響を与える濃度限界値

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

以上の結果から，全ての評価に対しＩＤＬＨ以下であり，中央制御室の居住性が損なわれることはないと評価できる。

また，中央制御室に有毒ガスが流入してくる場合は，中央制御室の外気取り入れを遮断し，再循環させる非常時モ

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

<table>
<tr>
<th>柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版）</th>
<th>東海第二発電所（2018.9.12 版）</th>
<th>島根原子力発電所　２号炉</th>
<th>備考</th>
</tr>
<tr>
<td>※：切替えに要する一連の時間を実測したところ 15 分程度であった。<br>火報発生→現場確認→火災発生（ばい煙等の流入）を確認→非常時モード へ切替え操作<br><br>第 3.3.2-11 表　中央制御室外気取入口における有毒ガス濃度<br><br>
<table>
<tr><th>火災発生場所</th><th>CO 濃度［ppm］<br>（IDLH：1,200）</th><th>$CO_2$ 濃度［ppm］<br>（IDLH：40,000）</th><th>$SO_2$ 濃度［ppm］<br>（IDLH：100）</th><th>$NO_2$ 濃度［ppm］<br>（IDLH：20）</th></tr>
<tr><td>軽油タンク</td><td>166</td><td>9,852</td><td>7.3</td><td>3.4</td></tr>
<tr><td>主変圧器</td><td>1092</td><td>65,049</td><td>48</td><td>23</td></tr>
<tr><td>原子炉冷却材再循環ポンプ可変周波数電源装置入力変圧器</td><td>598</td><td>35,636</td><td>26.2</td><td>12.2</td></tr>
<tr><td>大型民間航空機</td><td>490</td><td>1472</td><td>0.4</td><td>2.3</td></tr>
<tr><td>小型民間航空機</td><td>225</td><td>674</td><td>0.2</td><td>1.1</td></tr>
<tr><td>大型軍用航空機</td><td>915</td><td>2749</td><td>0.7</td><td>4.2</td></tr>
<tr><td>小型軍用航空機</td><td>206</td><td>620</td><td>0.2</td><td>1.0</td></tr>
<tr><td>航空機と軽油タンクの重畳</td><td>325</td><td>7,674</td><td>5.4</td><td>3.4</td></tr>
</table>
</td>
<td>ードで運転を行うことが可能であり，この非常時モードへの切換は火災発生後 10 分程度※で実施可能であることを実測により確認している。<br><br>※　火報発生→現場確認→火災発生（有毒ガスの流入）を確認→非常時モードへ切替操作<br><br>(4)　森林火災時における防火帯外に位置する放射性物質保管施設の東海第二発電所への影響<br>ａ．概要<br>防火帯外の防火帯近傍に放射性物質の保管施設※がある（第 3.4-6 図参照）。森林火災時におけるこれら保管施設からの東海第二発電所への影響を評価した。<br><br>ｂ．放射性物質の保管状態と発電所への影響<br>防火帯外の防火帯近傍には当社が管理する施設として，旧レーザー濃縮技術研究組合東海濃縮実験所の固体廃棄物貯蔵庫（当社が保管業務を受託中。以下「固体廃棄物貯蔵庫（レーザー）」という。）及び東海低レベル放射性廃棄物埋設事業所の廃棄物埋設施設（事業許可申請中。以下「Ｌ３事業所」という。）がある。その他の施設としては，日本原子力研究開発機構の使用済燃料貯蔵施設（北地区），第２保管廃棄施設及び廃棄物埋設施設がある。森林火災時</td>
<td>※：切り替えに要する一連の時間を実測したところ 15 分程度であった。<br>火災感知器発報→現場確認→火災発生（ばい煙等の流入）を確認→系統隔離運転モードへの切り替え操作<br><br>第 3.3.2-11 表　中央制御室外気取入口における有毒ガス濃度<br><br>
<table>
<tr><th>火災発生場所</th><th>CO 濃度[ppm]<br>（IDLH:1,200）</th><th>$CO_2$ 濃度[ppm]<br>（IDLH:40,000）</th><th>$SO_2$ 濃度[ppm]<br>（IDLH:100）</th><th>$NO_2$ 濃度[ppm]<br>（IDLH:20）</th></tr>
<tr><td>主変圧器</td><td>34</td><td>2,002</td><td>1.6</td><td>0.7</td></tr>
<tr><td>民間航空機</td><td>45</td><td>3,106</td><td>4.0</td><td>2.3</td></tr>
<tr><td>軍用機</td><td>52</td><td>3,559</td><td>4.5</td><td>2.7</td></tr>
</table>
</td>
<td>・設備の相違<br>【東海第二】<br>島根 2 号炉は，防火帯外に放射性物質保管施設はない</td>
</tr>
</table>

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | において，以下のとおり，これら施設が影響を受け，保管物質等が流出する可能性は低い。<br>①固体廃棄物貯蔵庫（レーザー）は，コンクリート構造であり延焼しにくく，保管物質である未照射の劣化ウラン，天然ウラン及び濃縮ウランはドラム管で保管されているため，森林火災の影響を受け保管物質が流出する可能性は低い。<br>②Ｌ３事業所については，放射能レベルの極めて低いＬ３廃棄物が 2m 以上の覆土により埋設されるため，森林火災の影響を受け埋設物が流出することはない。<br>③使用済燃料貯蔵施設（北地区）については，コンクリート構造であり延焼しにくく，保管物質である天然ウラン燃料は鉄箱で地下ピット保管されているため，森林火災の影響を受け保管物質が流出する可能性は低い。<br>④第２保管廃棄施設（廃棄物保管棟Ⅰ，廃棄物保管棟Ⅱ，保管廃棄施設ＮＬ）については，コンクリート構造であり延焼しにくく，保管物質である低レベル放射性廃棄物はドラム管で保管されているため，森林火災の影響を受け保管物質が流出する可能性は低い。<br>⑤廃棄物埋設施設については，低レベル放射性廃棄物が 2m 以上の覆土により埋設されるため，森林火災の影響を受け埋設物が流出することはない。<br><br>上記のとおり，施設の構造及び状態を踏まえると，②及び⑤の埋設物は流出することはなく，①，③及び④の保管物質が流出する可能性は低いが，仮に流出したとしても，中央制御室の外気取り入れを遮断し閉回路循環運転を行うことで，中央制御室の居住性を確保可能である。また，予防散水対応については，線量を確認しつつ実施する。 | | |

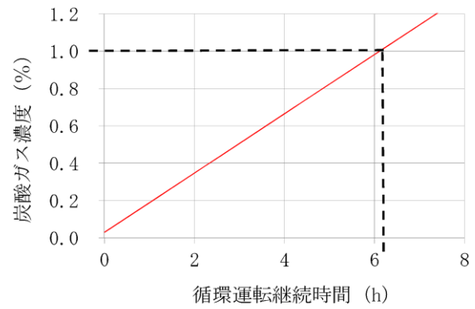
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | <br>第 3.4-6 図　東海第二発電所に影響を与える可能性のある保管施設 | | |
| 3.3.3　5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所に対する有毒ガス影響評価<br>5 号炉原子炉建屋内緊急時対策所は，森林火災に伴い発生する有毒ガスに対しては，防火帯林縁からの離隔（約 297m）を確保することにより影響を受けない設計とする。また近隣の産業施設の火災に伴い発生する有毒ガスに対しては，外気取入口（5 号炉原子炉建屋 3 階北側に設置）への伝播経路が 5 号炉原子炉建屋等の構造物により遮られることにより，外気取入口に到達しないことから，影響を受けない設計とする。 | 3.5　緊急時対策所の居住性評価<br>外部火災時の緊急時対策所の居住性の評価として，外気取入れ遮断時の緊急時対策所内に滞在する緊急時対策要員の作業環境の劣化防止のため，酸素濃度及び炭酸ガス濃度について評価を行った。<br>緊急時対策所がある緊急時対策所建屋の位置を第 3.5-1 図に示す。<br> <br>第 3.5-1 図　緊急時対策所建屋の位置 | 3.3.3　緊急時対策所に対する有毒ガス影響評価<br>森林火災及び近隣の産業施設の火災に伴い発生する有毒ガスに対しては，緊急時対策所に対して，ばい煙等や異臭によって侵入を確認した場合，一時的に外気からの空気の取り入れを停止し外気からの隔離ができる設計とし，有毒ガスの影響を受けないようにするとともに，酸素濃度計及び二酸化炭素濃度計により隔離中の居住性が維持されていることを確認できるようにする。<br>また，外気遮断後のインリークを最小限にするため，不必要な空調設備の停止を行うこととする。それでもなお，インリークにより有毒ガスが流入した場合は，必要に応じて一時的に外気を取り入れて換気することとする。<br><br>3.3.4　緊急時対策所内の二酸化炭素，酸素濃度の評価<br>外部火災時の緊急時対策所の居住性の評価として，外気取入遮断時の緊急時対策所内に滞在する緊急時対策要員の作業環境の劣化防止のため，二酸化炭素濃度及び酸素濃度について評価を行った。 | ・評価の相違<br>【柏崎 6/7】<br>柏崎 6/7 は，離隔等により影響がないとしているが，島根 2 号炉及び東海第二は影響評価を実施 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | (2)　炭酸ガス濃度<br>外気遮断時の緊急時対策所内の炭酸ガス濃度について評価した。<br>ａ．評価条件<br>・在室人員 100 人（緊急時対策本部に収容する最大の対策要員数）<br>・加圧エリア内空気量 2,900m$^3$<br>・初期炭酸ガス濃度 0.03％<br>・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。<br>・1 人あたりの炭酸ガス吐出量は，事故時の運転操作を想定し，中等作業での吐出量※1を適用して，0.046m$^3$／h とする。<br>・許容炭酸ガス濃度 1.0％未満※2<br>※1　空気調和・衛生工学便覧　第 14 版　3 空気調和設備編<br>※2　鉱山保安法施行規則<br><br>ｂ．評価結果<br>評価条件から求めた炭酸ガス濃度は，第 3.5-2 表，第 3.5-3 図のとおりであり，外気取入を遮断しても約 6.1 時間まで緊急時対策所内に滞在可能である。<br>緊急時対策所周囲で発生する火災として想定される航空機墜落火災のうち，最も長い燃焼継続時間であるＢ７４７－４００の約 1.9 時間に対して余裕があり，運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。 | (1)　二酸化炭素濃度評価<br>以下のとおり二酸化炭素濃度について評価する。<br>ａ．評価条件<br>・在室人員　40 人※1<br>・緊急時対策所バウンダリ内体積　2,150[m$^3$]<br>・外気流入はないものとして評価する。<br>・初期炭酸ガス濃度　0.03[%]<br>（空気調和・衛生工学便覧）<br>・許容炭酸ガス濃度　1.0[%]<br>（鉱山保安法施行規則）<br>・呼吸による排出する二酸化炭素濃度　0.030[m$^3$/h/人]<br>（空気調和・衛生工学便覧の軽作業の作業程度の吐出し量）<br>・評価期間は，火災の燃料継続時間を考慮し 2 時間※2とする<br>※１：初動体制時に緊急時対策所にて活動する要員 38 人に余裕を持って 40 人とする。<br>※２：外部火災影響評価にて緊急時対策所近傍で長時間の影響をもたらす，航空機火災を考慮し，火災の継続時間を 2 時間として評価を実施する。<br><br>ｂ．評価結果<br>・外気遮断期間 t[hour]での二酸化炭素濃度 C[%]<br>$C=(M\times N\times t)/V\times 100+C_0$<br>M：呼吸による排出する二酸化炭素濃度 0.030[m$^3$/h/人]<br>N：在室人数　40[人]<br>V：緊急時対策所バウンダリ体積　2,150[m$^3$]<br>$C_0$：初期炭酸ガス濃度　0.03[%]<br><br>上記評価条件から求めた二酸化炭素濃度は，以下のとおりであり，2 時間外気取入を遮断したままでも，対策要員の作業環境に影響を与えない。 | ・条件の相違<br>【東海第二】<br>設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

第 3.5-2 表　外気遮断時の炭酸ガス濃度

| 時間 | 1 時間 | 2 時間 | 4 時間 | 6.1 時間 |
|---|---|---|---|---|
| 炭酸ガス濃度 | 0.19％ | 0.35％ | 0.67％ | 1.00％ |




第 3.5-3　在室人員数に対する居住性に影響を及ぼさない時間（炭酸ガス）

(1)　酸素濃度

外気遮断時の緊急時対策所内の酸素濃度について評価した。

a．評価条件

・在室人員 100 人（緊急時対策本部に収容する最大の対策要員数）
・加圧エリア内空気量 2,900m$^3$
・初期酸素濃度 20.95％
・評価結果が保守的になるよう空気流入は無いものとして評価する。
・1 人あたりの呼吸量は，事故時の運転操作を想定し，歩行時の呼吸量※1 を適用して，24L／minとする。
・1 人あたりの酸素消費量は，成人吸気酸素濃度※1（20.95％），成人呼気酸素濃度※2（16.40％）から 1.092L／minとする。
・許容酸素濃度　19.0％以上※3

※1　空気調和・衛生工学便覧　第 14 版　3 空気調和設備編

※2　呼気には肺胞から蒸発した水蒸気が加わっており，

第 3.3.4-1 表　二酸化炭素濃度の時間変化

| 時間 | 1 時間 | 2 時間 | 4 時間 |
|---|---|---|---|
| 二酸化炭素濃度[%] | 0.09 | 0.15 | 0.26 |

(2)　酸素濃度評価

以下のとおり酸素濃度について評価する。

a．評価条件

・在室人員　40 人
・緊急時対策所バウンダリ内体積　2,150[m$^3$]
・外気流入はないものとして評価する。
・初期酸素濃度　20.95[%]
（空気調和・衛生工学便覧）
・酸素消費量　1.092[L/min]
（空気調和・衛生工学便覧）
・許容酸素濃度　19[%]
（鉱山保安法施行規則）
・評価期間は，火災の燃焼継続時間を考慮し 2 時間とする。

・条件の相違
【東海第二】
設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|

吸気と等容積ではないため，酸素消費量を計算するには，乾燥空気換算（%）を使用する。

※３　鉱山保安法施行規則

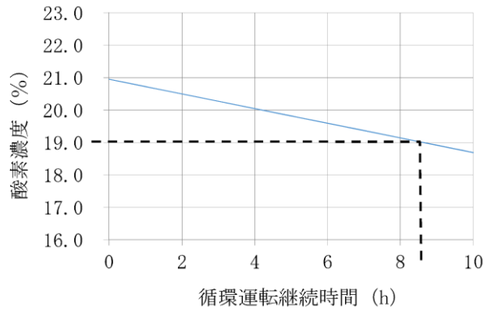
ｂ．評価結果

評価条件から求めた酸素濃度は，第 3.5-1 表，第 3.5-2 図のとおりであり，外気取入を遮断しても約 8.6 時間まで緊急時対策所内に滞在可能である。

緊急時対策所周囲で発生する火災として想定される航空機墜落火災のうち，最も長い燃焼継続時間であるＢ７４７－４００の約 1.9 時間に対して余裕があり，運転員の作業環境に影響を及ぼすことはない。

第 3.5-1 表　外気遮断時の酸素濃度

| 時間 | 2 時間 | 4 時間 | 6 時間 | 8.6 時間 |
|---|---|---|---|---|
| 酸素濃度 | 20.4% | 20.0% | 19.5% | 19.0% |




第 3.5-2 図　在室人員数に対する居住性に影響を及ぼさない時間（酸素）

ｂ．評価結果

・緊急時対策所の初期酸素量

450.4[m³]=2150[m³]×20.95[%]

・2 時間後の酸素濃度　20.72[%]

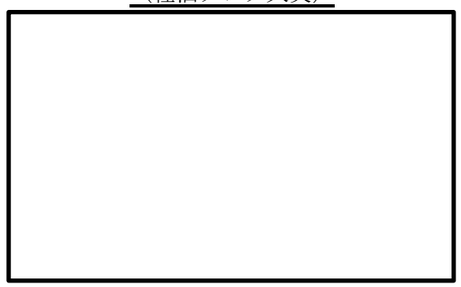
=(450.4[m³]-1.092[L/min/人]×10⁻³[m³/L]×40[人]×60[min/h]×2[h])/2150[m³]×100

上記評価条件から求めた酸素濃度は，以下のとおりであり，2 時間外気取入を遮断したままでも，対策要員の作業環境に影響を与えない。

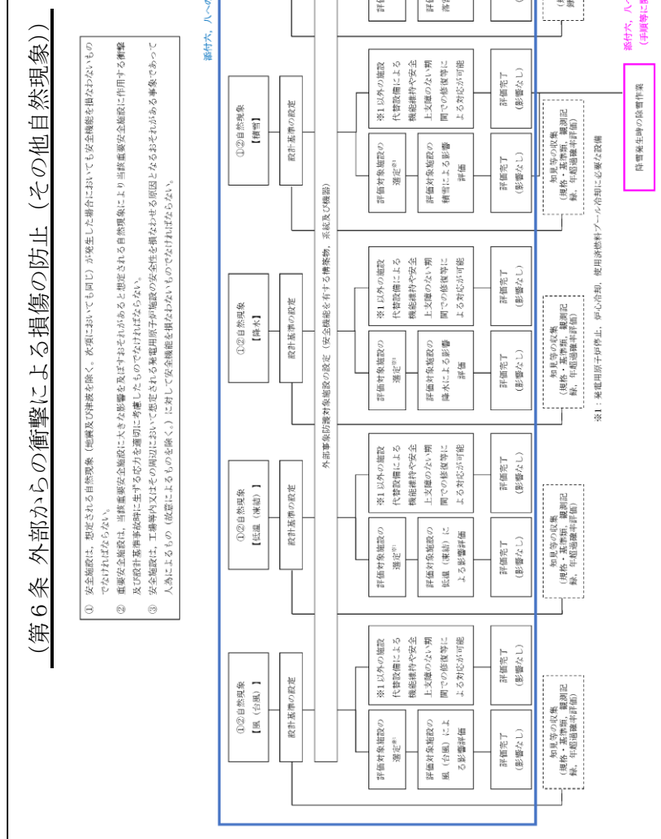
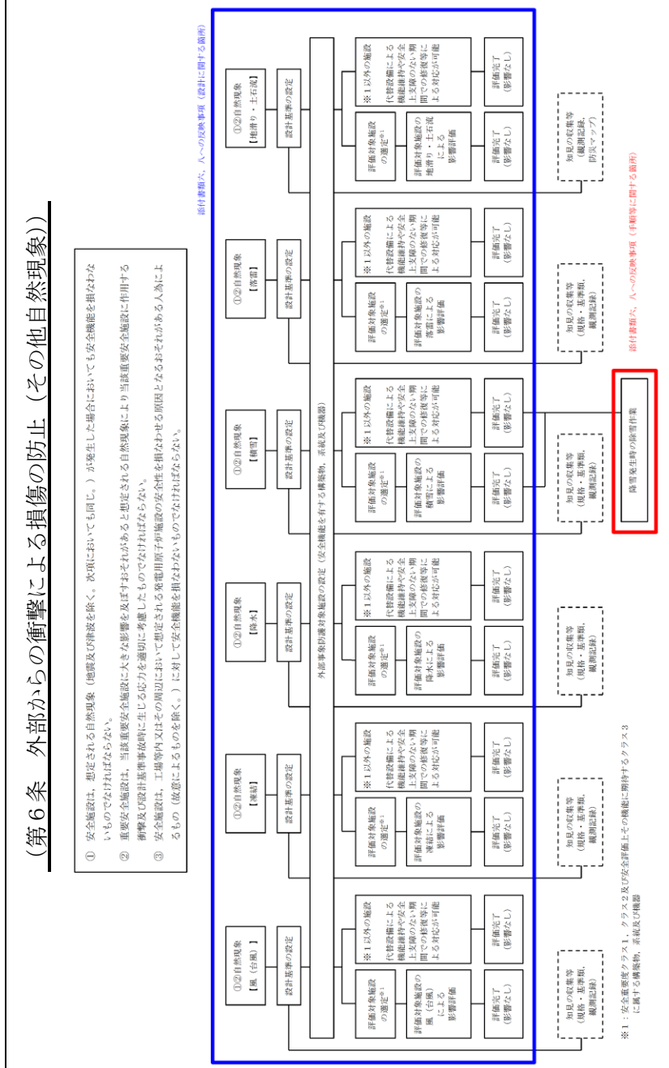
第 3.3.4-2 表　酸素濃度の時間変化

| 時間 | 1 時間 | 2 時間 | 4 時間 |
|---|---|---|---|
| 酸素濃度[%] | 20.82 | 20.70 | 20.46 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別紙 8－1<br>熱気流による影響評価について<br><br>軽油タンク火災や航空機墜落による火災が発生した場合，熱気流による発電用原子炉施設への影響が懸念されるため，その影響について評価するものである。<br><br>1. 熱気流の発生源<br>発電用原子炉施設から離れた位置における火災では，熱気流は上昇・拡散することから発電用原子炉施設に影響をおよぼすことはない。このため，発電用原子炉施設近傍で発生する軽油タンク火災及び航空機墜落による火災を熱気流の発生源として想定する。<br><br>2. 評価対象<br>非常用ディーゼル発電機は，外部電源喪失が発生した場合において安全機能を有する設備に電源を供給する設備であり，外気を内部に取り込む設備でもあることから評価対象とする。なお，非常用ディーゼル発電機の給気口は原子炉建屋の 3 階に設置されている。<br><br>3. 評価結果<br>発電用原子炉施設近傍での火災を想定した場合，非常用ディーゼル発電機の給気口（6号炉B系7号炉B系）から熱気流が直接取り込まれる可能性は否定できないが，熱気流の影響範囲は気象条件（風向，風速等）に大きく依存する（第1 図～第3 図）。<br>このため，これらの不確かさはあるものの，火災発生時は非常用ディーゼル発電機の給気温度を監視しつつ，熱気流の取り込みが懸念される場合は，当該設備を起動しない（起動している場合は停止する）ことにより熱気流の影響を回避する。<br>なお，非常用ディーゼル発電機の給気口は原子炉建屋の3 階に集中して設置されていること，及び位置的分散が図られていることから，同時に全ての設備が直接熱気流の影 | | 別紙 8-1<br>熱気流による影響評価について<br><br>危険物タンク火災や航空機墜落による火災が発生した場合，熱気流による発電用原子炉施設への影響が懸念されるため，その影響について評価するものである。<br><br>1.　熱気流の発生源<br>発電用原子炉施設から離れた位置における火災では，熱気流は上昇・拡散することから発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはない。このため，発電用原子炉施設近傍で発生する航空機墜落による火災を熱気流の発生源として想定する。<br><br>2.　評価対象<br>非常用ディーゼル発電機は，外部電源喪失が発生した場合において安全機能を有する設備に電源を供給する設備であり，外気を内部に取り込む設備でもあることから評価対象とする。なお，非常用ディーゼル発電機の給気口は原子炉建物の屋上（非常用ディーゼル発電機給気口）と２階（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機給気口）に設置されている。<br><br>3.　評価結果<br>発電用原子炉施設近傍での火災を想定した場合，非常用ディーゼル発電機の給気口から熱気流が直接取り込まれる可能性は否定できないが，熱気流の影響範囲は気象条件（風向，風速等）に大きく依存する。<br>このため，これらの不確かさはあるものの，火災発生時は非常用ディーゼル発電機の給気温度を監視しつつ，熱気流の取り込みが懸念される場合は，当該設備を起動しない（起動している場合は停止する）ことにより熱気流の影響を回避する。<br>なお，非常用ディーゼル発電機の給気口は，原子炉建物の屋上（非常用ディーゼル発電機給気口）と２階（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機給気口）に設置されていること，及び位置的分散が図られていることから，同時にすべての設備が直接熱気流の影響を受けることは想定しづらく，影響を受けない方 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>設備の相違による影響評価対象施設，入力データの相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 響を受けることは想定しづらく，影響を受けない方角に位置する非常用ディーゼル発電機は運転が可能である。また，消火が確認された時点で，停止していた非常用ディーゼル発電機の運転再開も可能となる。<br>以上より，熱気流の影響は限定的であり，発電用原子炉施設に影響をおよぼすこ とはないと評価する。<br> <br>第 1 図　6 号炉熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（軽油タンク火災）<br>  <br>第 2 図　6 号炉 熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（航空機火災）<br> <br>第 3 図　7 号炉熱気流を取り込む可能性のある給気口位置（航空機火災） | | 角に位置する非常用ディーゼル発電機は運転が可能である。また，消火が確認された時点で，停止していた非常用ディーゼル発電機の運転再開も可能となる。<br>以上より，熱気流の影響は限定的であり，発電用原子炉施設に影響を及ぼすことはないと評価する。 | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所 | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別添１－２<br><br>柏崎刈羽原子力発電所 ６号及び７号炉<br><br>運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（その他自然現象） | | 別添１－２<br><br>島根原子力発電所２号炉<br><br>運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（その他自然現象） | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所 | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  | |  | ・設計方針の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は設計上考慮する事象として地滑り・土石流を選定 |

設計基準に係る運用対策等

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（その他自然現象） | 知見の収集等<br>（規格・基準類，観測記録，年超過確率評価） | 運用・手順 | ・設計基準の設定，自然現象影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Ｇによる設計基準の設定，自然現象影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・設計基準の設定，影響評価に関する教育 |
| | 降雪発生時の除雪作業 | 運用・手順 | ・降雪が確認された場合には，降雪量の監視をするとともに，必要に応じ，除雪要員の召集，要員への指示を行う。建屋や屋外の設備等に長期間積雪の荷重をかけ続けないため，除雪を実施する。 |
| | | 体制 | ・担当部署は，気象予測で豪雪が予想され，発電所全体での支援の必要がある等の場合，関係箇所と協議のうえ対策本部を発足し，対応箇所が，降雪量の監視，要員の召集・指示，除雪作業等を実施する |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順に関する教育 |





設計基準に係る運用対策等

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（その他自然現象） | 知見の収集等<br>（規格・基準類，観測記録） | 運用・手順 | ・設計基準の設定，自然現象影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当部署による設計基準の設定，自然現象影響評価。 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・設計基準設定，影響評価に関する教育 |
| | 降雪発生時の除雪作業 | 運用・手順 | ・降雪が確認された場合には，降雪量の監視をするとともに，必要に応じ，除雪要員の招集，要員への指示を行う。建物や屋外設備等に長時間積雪の荷重をかけ続けないため，除雪を実施する。 |
| | | 体制 | ・担当部署は，気象予測で豪雪が予想され，発電所全体での支援の必要がある等の場合，関係個所と協議のうえ対策本部を発足し，対応箇所が，降雪量の監視，要員の招集・指示，除雪作業等を実施する。 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・運用及び手順に関する教育 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| | 別添資料 3<br><br>東海第二発電所<br><br>運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（竜巻） | 別　添　２－３<br><br>島根原子力発電所２号炉<br><br>運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（竜巻） | ・資料構成の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根２号炉は運用，手順説明資料を記載 |

柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　(2017.12.20 版)

（第６条　竜巻）

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項について同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

２重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

東海第二発電所 (2018.9.18 版)

（第６条　竜巻）

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項について同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

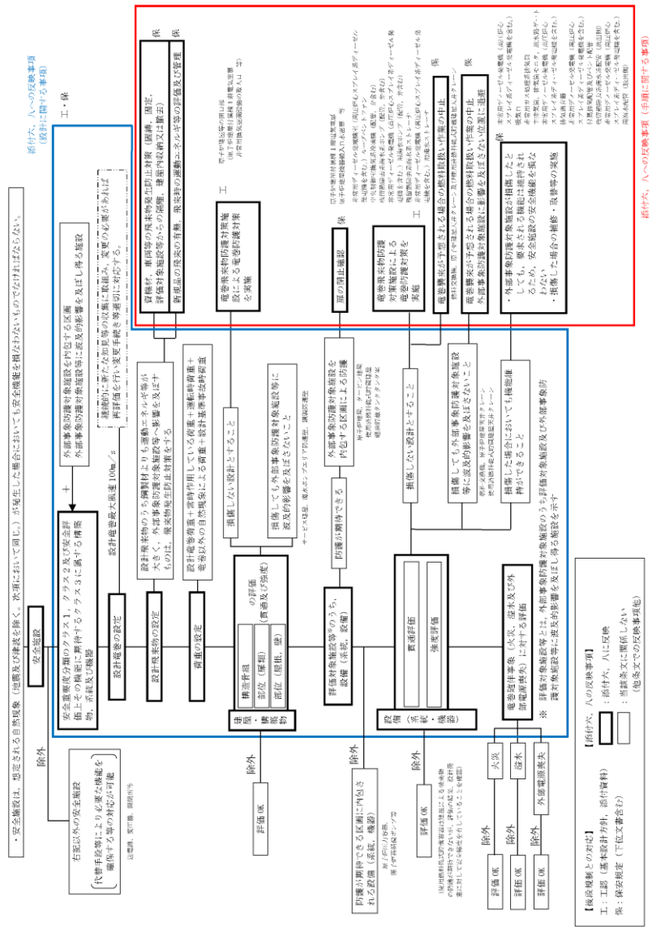
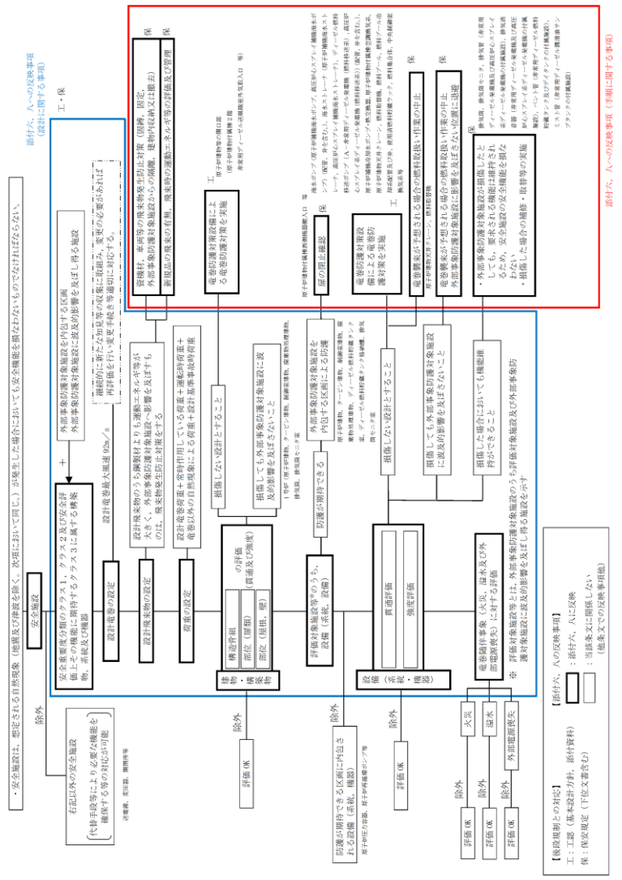
２重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

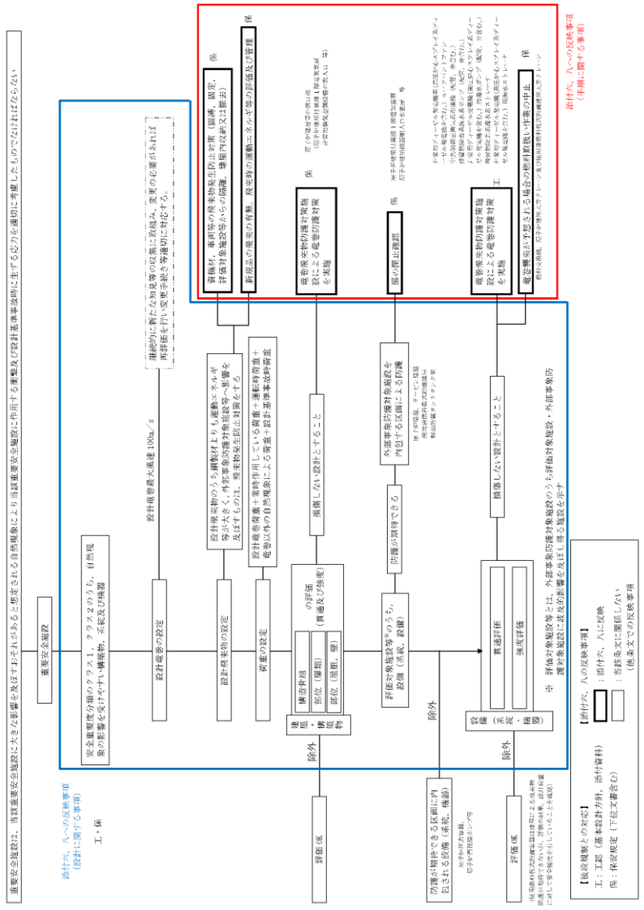
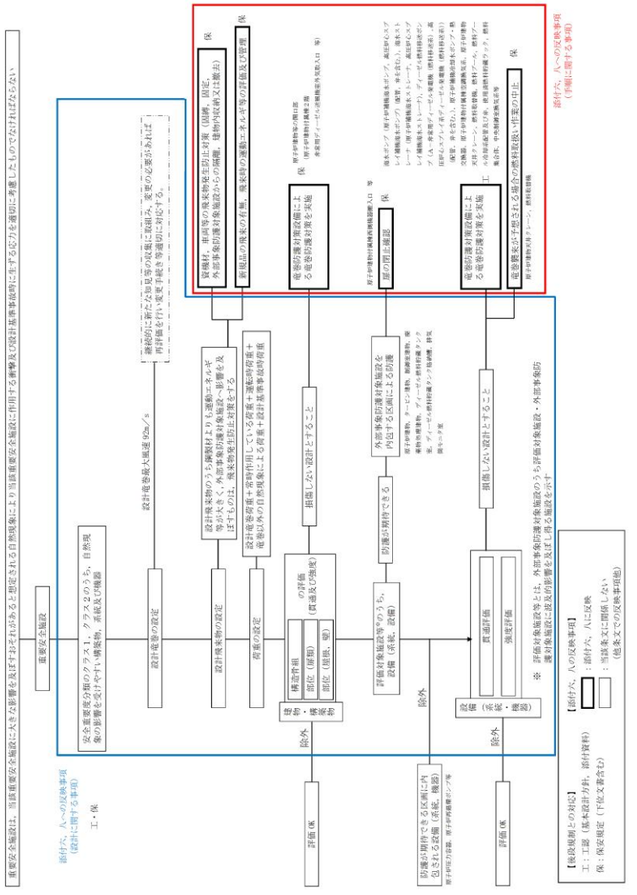
安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

島根原子力発電所　２号炉

備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| |  |  | |

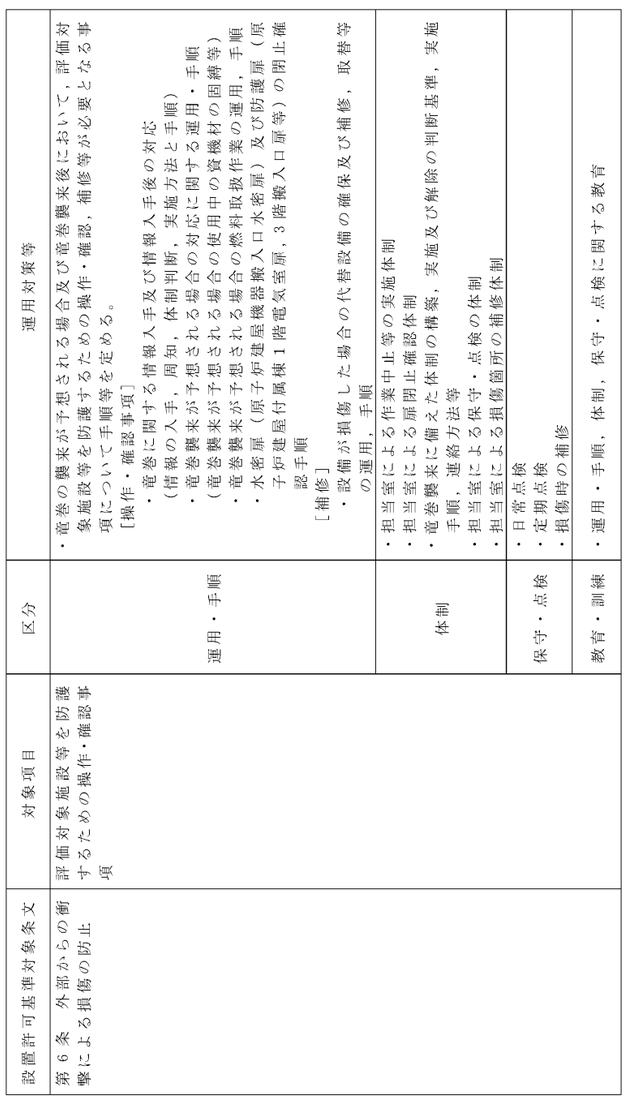
| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| |  |  | |

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条　外部からの衝撃による損傷の防止 | 資機材，車両等管理<br><br>資機材，車両等の飛来物発生防止対策（固縛，固定，評価対象施設等からの隔離，建屋内収納又は撤去） | 運用・手順 | ・屋外の飛散するおそれのある資機材，車両等については，飛来時の運動エネルギ等を評価し，評価対象施設等への影響の有無を確認する。評価対象施設等へ影響を及ぼす資機材，車両等については，固縛，固定，評価対象施設等からの隔離，建屋内収納又は撤去の飛来物発生防止対策について手順等を定める。<br>・資機材，車両等の質量，寸法，形状から算出した飛来の有無，飛来時の運動エネルギ等による飛来物発生防止対策（固縛，固定，評価対象施設等からの隔離，建屋内収納又は撤去）の評価方法手順及び評価結果の管理 |
| | | 体制 | ・担当室による保守・点検の体制 |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・損傷時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順，体制，保守・点検に関する教育 |

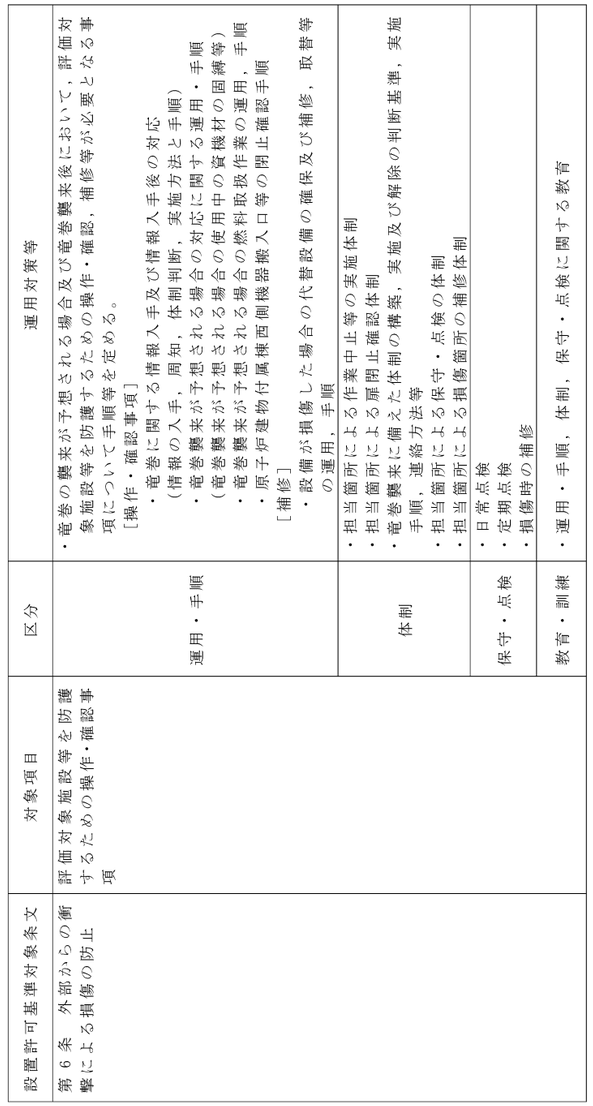


| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条　外部からの衝撃による損傷の防止 | 資機材，車両等管理<br><br>資機材，車両等の飛来物発生防止対策（固縛，固定，外部事象防護対象施設からの隔離，建物内収納又は撤去） | 運用・手順 | ・屋外の飛散するおそれのある資機材，車両等については，飛来時の運動エネルギ等を評価し，外部事象防護対象施設への影響の有無を確認する。外部事象防護対象施設へ影響を及ぼす資機材，車両等については，固縛，固定，評価対象施設等からの隔離，建物内収納又は撤去の飛来物発生防止対策について手順等を定める。<br>・資機材，車両等の質量，寸法，形状から算出した飛来の有無，飛来時の運動エネルギ等による飛来物発生防止対策（固縛，固定，外部事象防護対象施設からの隔離，建物内収納又は撤去）の評価方法手順及び評価結果の管理 |
| | | 体制 | ・担当箇所による保守・点検の体制 |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・損傷時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順，体制，保守・点検に関する教育 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|



| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止 | 評価対象施設等を防護するための操作・確認事項 | 運用・手順 | ・竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において，評価対象施設等を防護するための操作・確認，補修等が必要となる事項について手順等を定める。<br>［操作・確認事項］<br>・竜巻に関する情報入手及び情報入手後の対応<br>（情報の入手，周知，体制判断，実施方法と手順）<br>・竜巻襲来が予想される場合の対応に関する運用・手順<br>（竜巻襲来が予想される場合の使用中の資機材の固縛等）<br>・竜巻襲来が予想される場合の燃料取扱作業の運用，手順<br>・水密扉（原子炉建屋機器搬入口水密扉）及び防護扉（原子炉建屋付属棟１階電気室扉，３階搬入口扉等）の閉止確認手順<br>［補修］<br>・設備が損傷した場合の代替設備の確保及び補修，取替等の運用，手順 |
| | | 体制 | ・担当室による作業中止等の実施体制<br>・担当室による扉閉止確認体制<br>・竜巻襲来に備えた体制の構築，実施及び解除の判断基準，実施手順，連絡方法等<br>・担当室による保守・点検の体制<br>・担当室による損傷箇所の補修体制 |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・損傷時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順，体制，保守・点検に関する教育 |



| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止 | 評価対象施設等を防護するための操作・確認事項 | 運用・手順 | ・竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において，評価対象施設等を防護するための操作・確認，補修等が必要となる事項について手順等を定める。<br>［操作・確認事項］<br>・竜巻に関する情報入手及び情報入手後の対応<br>（情報の入手，周知，体制判断，実施方法と手順）<br>・竜巻襲来が予想される場合の対応に関する運用・手順<br>（竜巻襲来が予想される場合の使用中の資機材の固縛等）<br>・竜巻襲来が予想される場合の燃料取扱作業の運用，手順<br>・原子炉建物付属棟西側機器搬入口等の閉止確認手順<br>［補修］<br>・設備が損傷した場合の代替設備の確保及び補修，取替等の運用，手順 |
| | | 体制 | ・担当箇所による作業中止等の実施体制<br>・担当箇所による扉閉止確認体制<br>・竜巻襲来に備えた体制の構築，実施及び解除の判断基準，実施手順，連絡方法等<br>・担当箇所による保守・点検の体制<br>・担当箇所による損傷箇所の補修体制 |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・損傷時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順，体制，保守・点検に関する教育 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別 添 3-2<br><br>柏崎刈羽原子力発電所６号及び７号炉<br><br>運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（火山） | 別添資料２<br><br>東海第二発電所<br><br>運用，手順説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（火山） | 別添 3-2<br><br>島根原子力発電所２号炉<br><br>運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（火山） | |

## 柏崎刈羽原子力発電所　6／7号炉　（2017.12.20 版）

### （第６条　火山）

①安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
②重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

## 東海第二発電所（2018.9.18 版）

### （第六条　火山）

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項について同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
２　重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

## 島根原子力発電所　２号炉

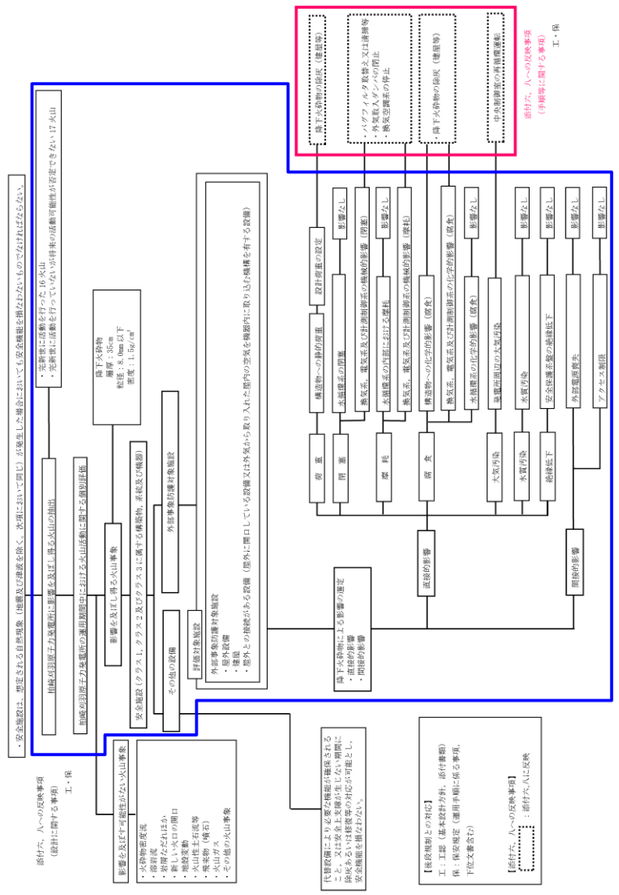
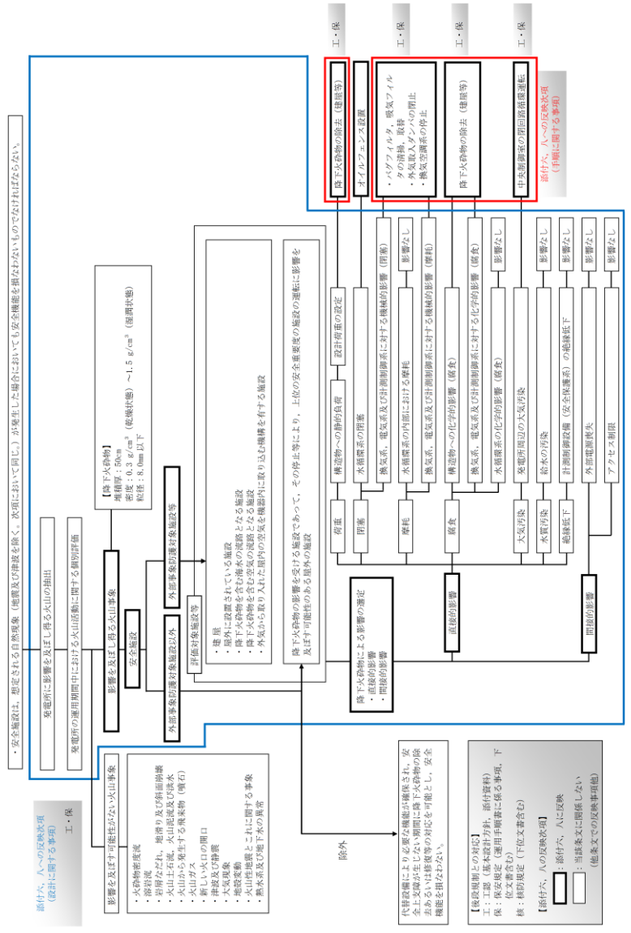
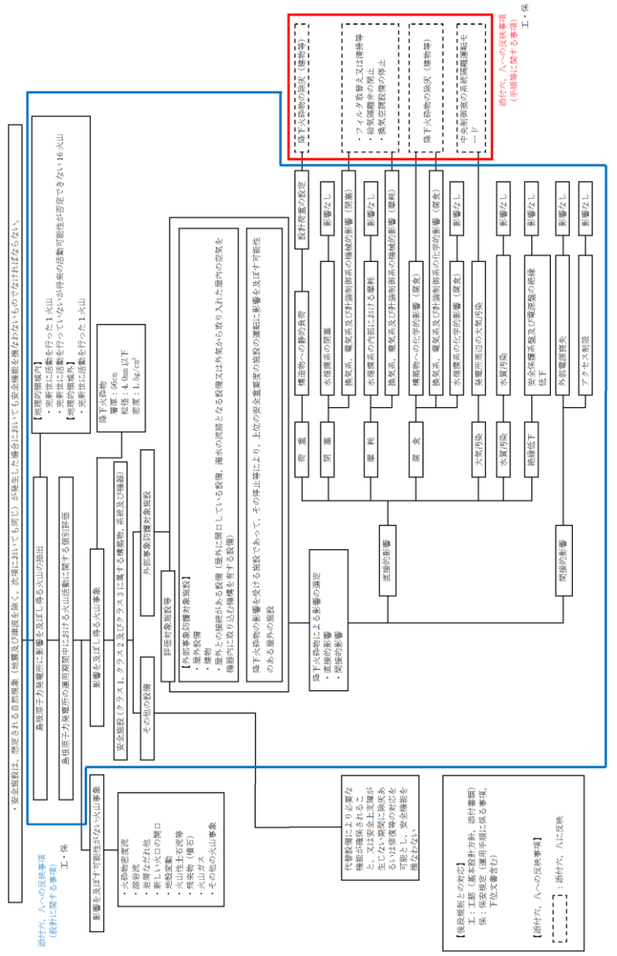
### （第６条　火山）

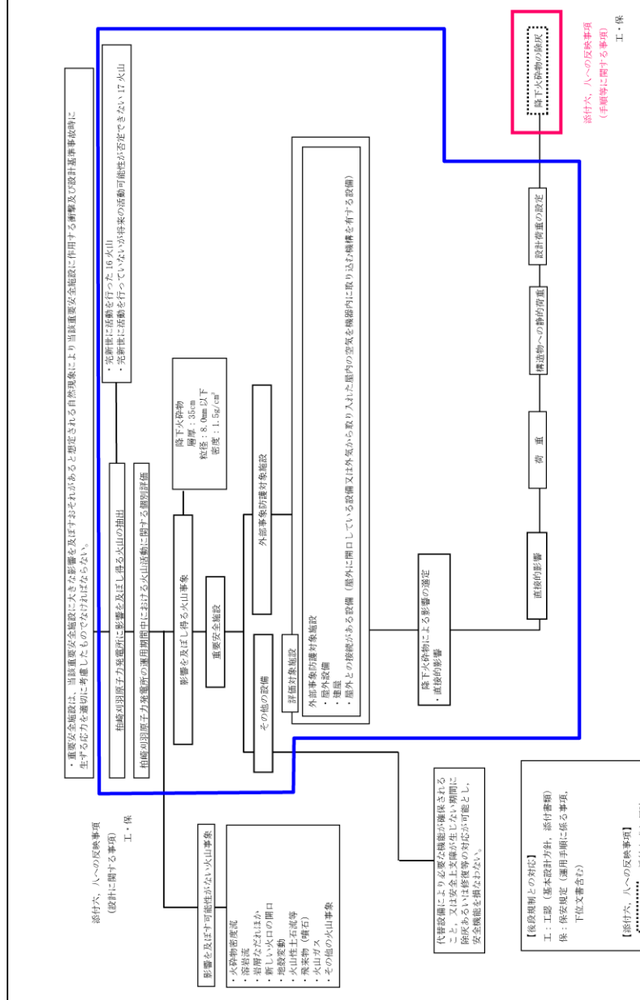
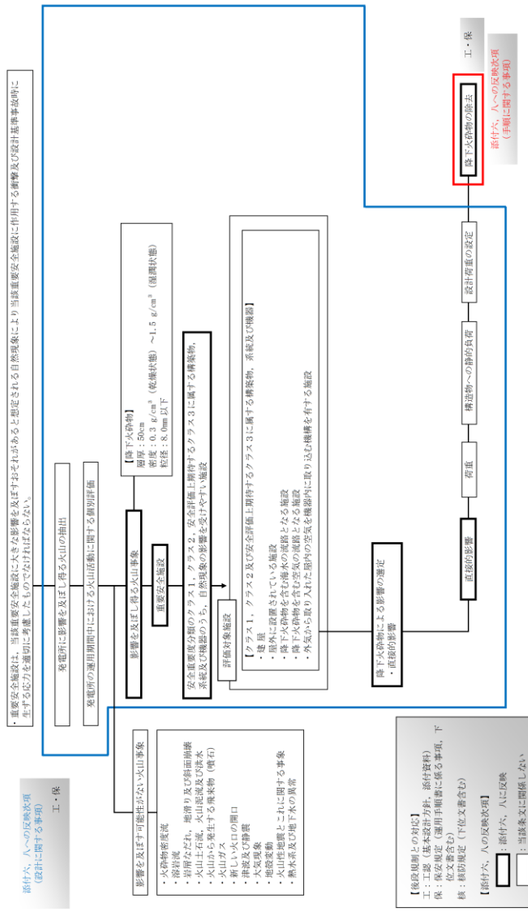
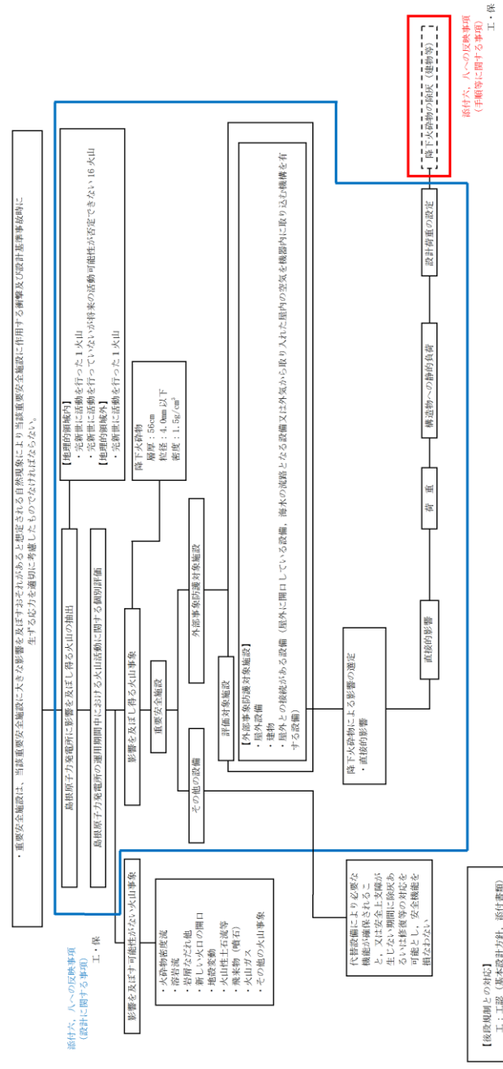
①安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
②重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

## 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  |  |  | ・立地場所，評価対象火山等の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>個別評価結果により降下火砕物設計条件が相違 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.18 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
|  |  |  | ・立地場所，評価対象火山等の相違<br>【柏崎 6/7，東海第二】<br>個別評価結果により降下火砕物設計条件が相違 |

技術的能力に係る運用対策（設計基準）

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止 | 降下火砕物の除去作業及び除灰後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理 | 運用・手順 | ・降灰が確認された場合には，建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けないこと，また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために堆積した降下火砕物の除灰を実施する。<br>・降下火砕物による影響が見られた場合，必要に応じ補修を行う。 |
| | | 体制 | （担当箇所による保守・点検の体制）<br>（降灰時の体制） |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・降灰時及び降灰後の巡視点検 |
| | | 教育・訓練 | 運用・手順，保守・点検に関する教育 |
| | 外気取入ダンパの閉止，換気空調系の停止，再循環運転 | 運用・手順 | ・降灰が確認された場合には，外気取入口に設置しているバグフィルタ，状況に応じて外気取入ダンパの閉止，換気空調系の停止又は再循環運転により，建屋内への降下火砕物の侵入を防止する。 |
| | | 体制 | （降灰時の体制） |
| | | 保守・点検 | — |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順，体制，保守点検に関する教育 |



| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止 | 降下火砕物の除去作業及び除去後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理 | 運用・手順 | ・降下火砕物が確認された場合には，建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重を掛け続けないこと，また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために，評価対象施設等に堆積した降下火砕物の除去を実施する。<br>・降下火砕物による影響がみられた場合，必要に応じて補修を行う。 |
| | | 体制 | （担当室による保守・点検の体制）<br>（降下火砕物確認時の体制） |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・火山事象時及び火山事象後の巡視点検 |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順・保守・点検に関する教育 |
| | 外気取入ダンパの閉止，換気空調系の停止，閉回路循環運転 | 運用・手順 | ・降下火砕物が確認された場合には，状況に応じて外気取入ダンパの閉止，換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により，建屋内への降下火砕物の侵入を防止する。 |
| | | 体制 | （運転員の当直体制）<br>（降下火砕物確認時の体制） |
| | | 保守・点検 | — |
| | | 教育・訓練 | ・運用・手順・体制・保守点検に関する教育 |



技術的能力に係る運用対策（設計基準）

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条 外部からの衝撃による損傷の防止 | 降下火砕物の除去作業及び降灰後における降下火砕物による静的荷重や腐食等の影響に対する保守管理 | 運用・手順 | ・降灰が確認された場合には，建物や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重をかけ続けないこと，また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために堆積した降下火砕物の除灰を実施する。<br>・降下火砕物による影響が見られた場合，必要に応じ補修を行う。 |
| | | 体制 | （担当箇所による保守・点検の体制）<br>（降灰時の体制） |
| | | 保守・点検 | ・日常点検<br>・定期点検<br>・降灰時及び降灰後の巡視点検 |
| | | 教育・訓練 | 運用・手順，保守・点検に関する教育 |
| | 給気隔離弁の閉止，換気空調設備の停止，系統隔離運転モード | 運用・手順 | ・降灰が確認された場合には，外気取入口に設置しているフィルタ，状況に応じて給気隔離弁の閉止，換気空調設備の停止又は中央制御室換気系の系統隔離運転モードにより，建物内への降下火砕物の侵入を防止する。 |
| | | 体制 | （降灰時の体制） |
| | | 保守・点検 | — |
| | | 教育・訓練 | 運用・手順，体制，保守点検に関する教育 |

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条　外部からの衝撃による損傷の防止 | バグフィルタ取替え又は清掃作業等 | 運用・手順 | ・降灰が確認された場合には，非常用換気空調系の外気取入口のバグフィルタについて，バグフィルタ差圧を確認するとともに，状況に応じて取替え又は清掃を実施する。<br>・非常用ディーゼル発電機運転時は，バグフィルタの巡視点検を行い，必要に応じ取替え又は清掃を行う。 |
| | | 体制 | （降灰時の体制） |
| | | 保守・点検 | ・降灰時の巡視点検 |
| | | 教育・訓練 | ・外部事象防護対象施設を外部事象から防護する建屋等の保守・点検に関する教育 |



| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第六条　外部からの衝撃による損傷の防止 | バグフィルタ，吸気フィルタ取替・清掃作業 | 運用・手順 | ・降下火砕物が確認された場合には，換気空調設備の外気取入口のバグフィルタについて，差圧を確認するとともに，状況に応じて清掃や取替を実施する。<br>・ディーゼル発電機運転時は，吸気フィルタの巡視点検を行い，必要に応じて取替・清掃を行う。 |
| | | 体制 | （運転員の当直体制）<br>（降下火砕物確認時の体制） |
| | | 保守・点検 | ・火山事象時の巡視点検 |
| | | 教育・訓練 | ・防護施設の保守・点検に関する教育 |

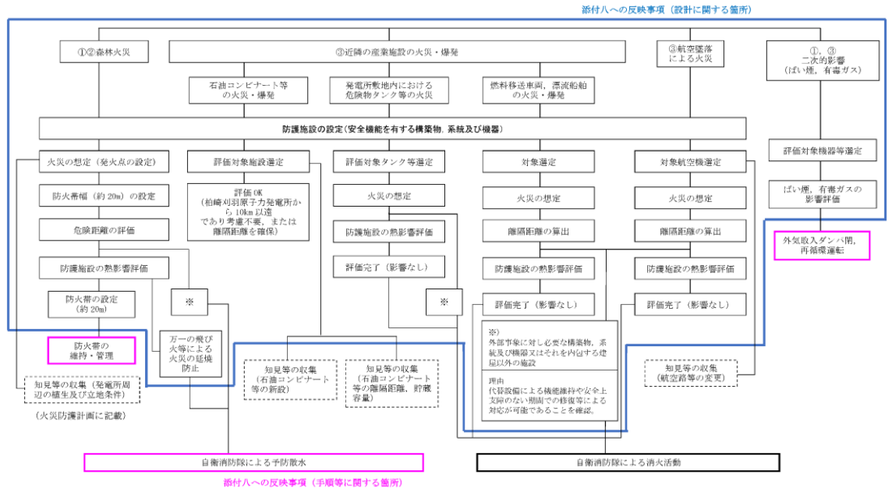


| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条 外部からの衝撃による損傷の防止 | フィルタ取替又は清掃作業等 | 運用・手順 | ・降灰が確認された場合には，換気空調設備の外気取入口のフィルタについて，フィルタ差圧を確認するとともに，状況に応じて取替又は清掃を実施する。<br>・非常用ディーゼル発電機及び高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機運転時は，給気フィルタの巡視点検を行い，必要に応じ取替又は清掃を行う。 |
| | | 体制 | （降灰時の体制） |
| | | 保守・点検 | ・降灰時の巡視点検 |
| | | 教育・訓練 | ・評価対象施設の保守・点検に関する教育 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別 添 4－2 | 別添資料-2 | 別添 4-2 | |
| 柏崎刈羽原子力発電所６ 号及び７ 号炉 | 東海第二発電所 | 島根原子力発電所２号炉 | |
| 運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 運用，手順説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 運用，手順能力説明資料<br>外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | |

（第６条　外部火災）

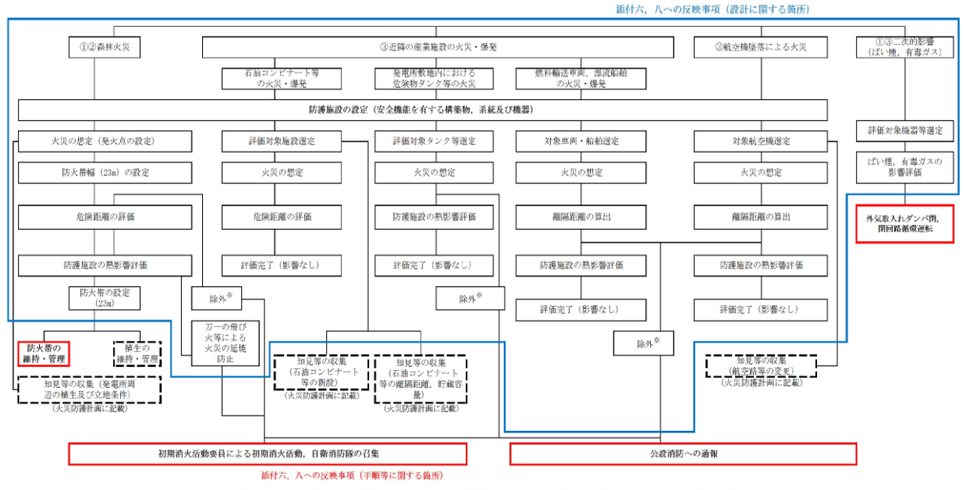
① 安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項においても同じ）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
② 重要安全施設は，当該重要安全施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該重要安全施設に作用する衝撃及び設計基準事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。
③ 安全施設は，工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって，人為によるもの（故意によるものを除く。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。






（第６条　外部火災）

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

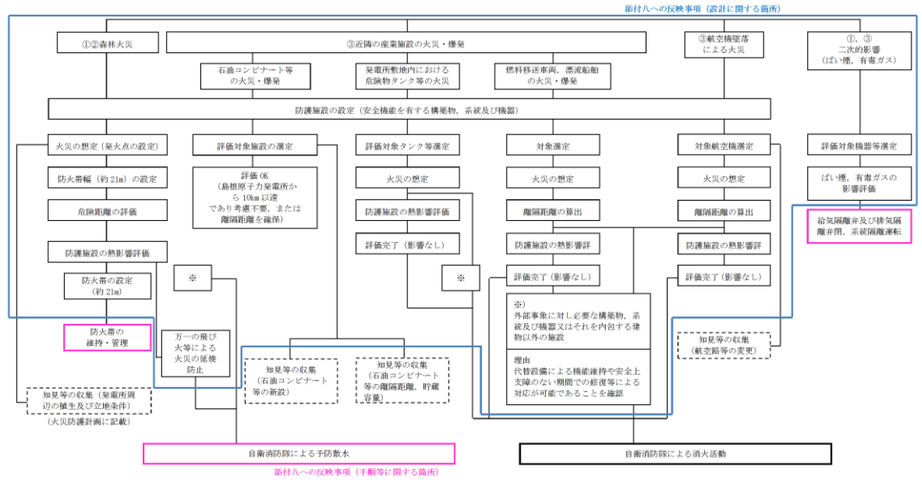



※：クラス３設備のうち，屋内に設置している設備は建屋により防護し，屋外機器については，消火活動により防護しているため，個別の影響評価を行わない。



（第６条　外部火災）

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



＊：自衛消防隊の編成については，添付資料-2「第2.3.1.2-1表」に記載

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 防火帯の維持・管理 | 運用・手順 | ・防火帯のパトロール，可燃物の排除 |
| | | 体制 | ・担当Gによる防火帯の維持・管理 |
| | | 保守・点検 | ・防火帯の維持・管理 |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育（防火帯の目的，点検・維持） |
| | 知見の収集<br>（発電所周辺の植生及び立地条件） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Gによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 知見の収集<br>（石油コンビナート等の新設，離隔距離，貯蔵容量） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Gによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 知見の収集<br>（航空路等の変更） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Gによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 自衛消防隊による予防散水 | 運用・手順 | ・警備員は，火災発生を確認した場合は消防隊長へ連絡する。<br>・消防隊長は，風向き等から火災進行方向を評価し，散水場所を消防隊に指示する。<br>・消防車隊は屋外消火栓から水源をとり，ホースを展開し消防車により予防散水を行う。 |
| | | 体制 | ・自衛消防隊＊ |



| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第六条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 防火帯の維持・管理 | 運用・手順 | ・防火帯上への駐車禁止等の措置，防火帯のパトロール |
| | | 体制 | ・担当Ｇｒによる防火帯の維持・管理 |
| | | 保守・点検 | ・防火帯の維持・管理 |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育（防火帯の目的，点検・維持） |
| | 植生の維持・管理 | 運用・手順 | ・発電所敷地内外のパトロール，植生の維持・管理 |
| | | 体制 | ・担当Ｇｒによる植生の維持・管理 |
| | | 保守・点検 | ・解析で想定した植生の維持・管理 |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育（植生の維持・管理の目的，点検・維持） |
| | 知見の収集<br>（発電所周辺の植生及び立地条件） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Ｇｒによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 知見の収集<br>（石油コンビナート等の新設，離隔距離，貯蔵容量） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Ｇｒによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 知見の収集<br>（航空路等の変更） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当Ｇｒによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | － |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |



| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第６条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 防火帯の維持・管理 | 運用・手順 | ・防火帯のパトロール，可燃物の排除 |
| | | 体制 | ・担当グループによる防火帯の維持・管理 |
| | | 保守・点検 | ・防火帯の維持・管理 |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育（防火帯の目的，点検，維持） |
| | 知見の収集<br>（発電所周辺の植生及び立地条件） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当グループによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | — |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 知見の収集<br>（石油コンビナート等の新設，離隔距離，貯蔵容量） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当グループによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | — |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |
| | 知見の収集<br>（航空路等の変更） | 運用・手順 | ・外部火災影響評価ガイドに伴い，外部火災影響評価を行う。 |
| | | 体制 | ・担当グループによる外部火災影響評価 |
| | | 保守・点検 | — |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育 |

## 柏崎刈羽原子力発電所　6／7号炉　（2017.12.20 版）

### 設計基準に係る運用対策等

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 自衛消防隊による予防散水 | 保守・点検 | ・消防車の点検<br>・消火設備（消火栓等）の点検<br>・消防用資機材（防火服，空気呼吸器等）の点検<br>・故障時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・消火対応の力量を維持するための教育，訓練<br>・初期消火班による消火訓練，資機材取扱訓練<br>・海上災害防止センター消火訓練　等 |
| | 外気取入ダンパ閉，再循環運転 | 運用・手順 | ・外気取入ダンパ閉，再循環運転の手順 |
| | | 体制 | ・運転員による運転操作 |
| | | 保守・点検 | ・換気空調系の点検 |
| | | 教育・訓練 | ・操作手順の教育（運転員による外部火災発生時の外気取入ダンパ閉，再循環運転）<br>・補修に関する教育・訓練（換気空調系） |

## 東海第二発電所（2018.9.12 版）

### 設計基準に係る運用対策等（2／2）

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第六条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 初期消火活動要員による初期消火活動 | 運用・手順 | ・火災発生現場の確認，中央制御室への連絡<br>・消火器，消火栓を用いた消火活動及び化学消防自動車，水槽付消防自動車を用いた消火活動 |
| | | 体制 | ・自衛消防隊※ |
| | | 保守・点検 | ・化学消防自動車及び水槽付消防ポンプ自動車の点検<br>・消火設備（消火器，消火栓等）の点検<br>・消防用資機材（防火服，空気呼吸器等）の点検<br>・故障時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・初期消火対応要員の力量を維持するための教育，訓練<br>・自衛消防隊に対する消火訓練，資機材取扱訓練<br>・外部機関（海上災害防止センター等）での消火訓練　等 |
| | 自衛消防隊への連絡 | 運用・手順 | ・通報連絡責任者による自衛消防隊への連絡 |
| | | 体制 | ・自衛消防隊への連絡 |
| | | 保守・点検 | ・通報設備の点検 |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育<br>・消防要員等による総合的な初期消火訓練 |
| | 公的消防への通報 | 運用・手順 | ・通報連絡責任者による公的消防への通報 |
| | | 体制 | ・自衛消防隊 |
| | | 保守・点検 | ・通報設備の点検 |
| | | 教育・訓練 | ・火災防護に関する教育（公的消防への通報） |
| | 外気取入ダンパ閉，閉回路循環運転 | 運用・手順 | ・外気取入れダンパ閉，閉回路循環運転の手順 |
| | | 体制 | ・運転員による運転操作 |
| | | 保守・点検 | ・換気空調設備の点検 |
| | | 教育・訓練 | ・操作手順の教育（運転員による外部火災発生時の外気取入れダンパ閉，閉回路循環運転）<br>・補修に関する教育・訓練（換気空調設備） |

※：自衛消防のための要員と役割については，添付書類2「第4.1-1表」に記載

## 島根原子力発電所　2号炉

### 設計基準に係る運用対策等

| 設置許可基準対象条文 | 対象項目 | 区分 | 運用対策等 |
|---|---|---|---|
| 第6条　外部からの衝撃による損傷の防止<br>（外部火災） | 自衛消防隊による予防散水 | 運用・手順 | ・警備員等は，火災発生を確認した場合は自衛消防隊長へ連絡する。<br>・自衛消防隊長は，風向き等から火災進行方向を評価し，散水場所を自衛消防隊に指示する。<br>・自衛消防隊は屋外消火栓等から水源をとり，ホースを展開し，消防車により予防散水を行う。 |
| | | 体制 | ・自衛消防隊※ |
| | | 保守・点検 | ・消防車の点検<br>・消火設備（消火栓等）の点検<br>・消防用資機材（防火服，空気呼吸器等）の点検<br>・故障時の補修 |
| | | 教育・訓練 | ・消火対応の力量を維持するための教育，訓練<br>・初期消火班による消火訓練，資機材取扱訓練<br>・海上災害防止センター消火訓練　等 |
| | 給気隔離弁及び排気隔離弁閉，系統隔離運転 | 運用・手順 | ・給気隔離弁及び排気隔離弁閉，系統隔離運転モードへの切替え手順 |
| | | 体制 | ・運転員による運転操作 |
| | | 保守・点検 | ・換気空調設備の点検 |
| | | 教育・訓練 | ・操作手順の教育（運転員による外部火災発生時の給気隔離弁及び排気隔離弁閉，系統隔離運転）<br>・補修に関する教育・訓練（換気空調設備） |

※：自衛消防隊の編成については，添付資料―2「第2.3.1.2-1表」に記載

### 備考

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 別 添 4－3 | 別添資料-3 | 別添 4-3 | |
| 柏崎刈羽原子力発電所６号及び７号炉<br><br>森林火災評価に係る植生確認プロセスについて | 東海第二発電所<br><br>森林火災評価に係る<br>植生確認プロセスについて | 島根原子力発電所２号炉<br><br>森林火災評価に係る植生確認プロセスについて | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 1．基準要求<br><br>【第 6 条】 設置許可基準第 6 条（外部からの衝撃による損傷の防止）にて，安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないことを要求されている。また，外部火災影響評価について詳細に規定している「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下「評価ガイド」という。）において，発電所敷地外で発生する火災が発電用原子炉施設へ影響を与えないことについて評価することを要求されている。<br>当該基準要求を満足するに当たっては，評価ガイドの「付属書 A 森林火災の原子力発電所への影響評価について」において，FARSITE（Fire Area Simulator）という森林火災シミュレーション解析コードの利用を推奨しており，想定火災の火線強度に対する発電用原子炉施設の防火帯幅を評価する。<br><br>2．現場確認項目及び内容<br>上記基準要求を満足するためには，FARSITE を用いた評価に必要なデータのうち，植生データについて「現地状況をできるだけ模擬するため，樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報を用いて，土地利用データにおける森林領域を，樹種・林齢によりさらに細分化する。」と評価ガイドに記載されており，以下のとおり，国土数値情報土地利用細分メッシュ及び自然環境保全基礎植生調査データ，現場調査による確認を実施している。 | 1．植生確認プロセスについて<br><br>「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」(以下「評価ガイド」という。）において，発電所周囲で発生する森林火災を想定した発電所に与える影響について評価することが要求されている。<br>当該評価は，評価ガイドにおいて推奨されている，森林火災シミュレーション解析コードＦＡＲＳＩＴＥ（以下「ＦＡＲＳＩＴＥ」という。）を用いて行う。<br>ＦＡＲＳＩＴＥの主なインプットデータのうち，樹種，林齢等の植生データについては，影響評価範囲内の森林簿による植生確認及びウォークダウンによる植生確認結果を反映する。以降に植生確認のプロセスを示す。<br><br>2.　植生確認の内容<br>(1) 森林簿による植生確認<br>東海第二発電所の立地自治体である茨城県から交付を受けた森林簿により，影響評価範囲の植生確認を行う。<br>(2) 発電所周辺のウォークダウンによる植生確認<br>植生確認に適した資格・経験年数を有する調査者が発電所周辺のウォークダウンを行い以下の植生確認を行う。<br>・森林簿データを基にした発電所周辺植生の妥当性確認<br>・森林簿データの範囲外となる草等の植生確認 | １．基準要求<br>【第６条】<br>設置許可基準規則第６条(外部からの衝撃による損傷の防止）にて，安全施設は，想定される自然現象（地震及び津波を除く）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならないことを要求されている。また，外部火災影響評価について詳細に規定している「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」（以下「評価ガイド」という。）において，発電所敷地外で発生する火災が発電用原子炉施設へ影響を与えないことについて評価することを要求されている。<br>当該基準要求を満足するに当たっては，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」において，FARSITE（Fire Area Simulator）という森林火災シミュレーション解析コードの利用を推奨しており，想定火災の火線強度に対する発電用原子炉施設の防火帯幅を評価する。<br><br>２．現場確認項目及び内容<br>上記基準要求を満足するためには，FARSITE を用いた評価に必要なデータのうち，植生データについて「現地状況をできるだけ模擬するため，樹種や生育状況に関する情報を有する森林簿の空間データを現地の地方自治体より入手する。森林簿の情報を用いて，土地利用データにおける森林領域を，樹種・林齢によりさらに細分化する。」と評価ガイドに記載されており，以下のとおり，国土数値情報土地利用細分メッシュ及び森林簿データ，現場調査による確認を実施している。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根 2 号炉は，外部火災影響評価ガイドを踏まえて，「森林簿」の空間データを使用 |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 2．1 植生データの整備<br>(1)植生データの入手及び整備<br>植生データについては，国土交通省の国土数値情報である柏崎刈羽原子力発電所周辺の土地利用細分メッシュ（H21 年度）を用い土地利用データを作成し，土地利用データの森林領域を細分化するための森林簿の入手が困難であったため，環境省の自然環境保全基礎調査 植生調査データ（H18 年度）を使用して，森林領域等の植生データを細分化・整備した。 | | ２．１植生データの整備<br>（１）植生データの入手及び整備<br>植生データについては，国土交通省の国土数値情報である島根原子力発電所周辺の土地利用細分メッシュ（H21 年度）を用いて土地利用データを作成し，土地利用データの森林領域を細分化するため島根県から入手した森林簿のデータを使用して，森林領域等の植生データを細分化・整備した。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>島根 2 号炉は，「森林簿」に基づき，影響評価を実施 |
| (2)現場調査<br>FARSITE の入力にあたり，森林の樹種やその分布状況の詳細な現状把握が必要であるため，発電所構内及び防火帯周辺の植生については，現場調査（写真撮影）を実施した。<br>現場調査に当たっては，発電所構内の森林管理の単位となっている 22 エリアに分け，1 級造園施工管理士の国家資格を有する者がウォークダウンをすることにより，植生を調査し，樹種，林齢，低木及び下草の有無を確認した。ウォークダウンの際に写真を撮影し，それをもとに植生を確認するとともに，調査位置についても記録した。 | | （２）現場調査<br>FARSITE の入力にあたり，森林の樹種やその分布状況の詳細な現状把握が必要であるため，発電所構内及び防火帯周辺の植生については，現場調査（写真撮影）を実施した。<br>現場調査に当たっては，発電所構内の森林管理の単位となっている 60 エリアに分け，１級造園施工管理士の国家資格を有する者がウォークダウンをすることにより，植生を調査し，樹種，林齢，低木及び下草の有無を確認した。ウォークダウンの際に写真を撮影し，それをもとに植生を確認するとともに，調査位置についても記録した。 | ・条件の相違<br>【柏崎 6/7】<br>地域特性を踏まえた条件設定の相違 |
| (3)植生データの作成<br>(1)，(2)を踏まえ補正し，FARSITE にて利用できるよう地理的な位置情報を扱う地理情報システム（GIS）に植生情報を入力してデータを作成した。 | 3. 植生データの作成と記録の取扱い<br>3.1 植生データの作成<br>(1) 森林簿のデータを，国土数値情報土地利用細分メッシュを 100m メッシュから 10m メッシュに変換したデータにオーバーレイする。<br>(2) (1)で作成したデータに発電所周辺の植生データとして，現場の植生確認結果のデータをオーバーレイする。 | （３）植生データの作成<br>（１），（２）を踏まえ補正し，FARSITE にて利用できるように地理的な位置情報を扱う地理情報システム（GIS）に植生情報を入力してデータを作成した。 | |
| (4)植生データの妥当性の確認<br>発電所構内のウォークダウンに当社社員も同行し，植生の妥当性を確認した。 | | （４）植生データの妥当性の確認<br>発電所構内のウォークダウンに当社社員も同行し，植生の妥当性を確認した。 | |
| 3．記録の取扱い<br>現場調査結果及びFARSITE に入力した植生データを記録とし | 3.2 記録の取扱い<br>森林簿データ，現場確認結果及びＦＡＲＳＩＴＥに入力した植 | ３．記録の取扱い<br>現場調査結果及び FARSITE に入力した植生データを記録とし | |

| 柏崎刈羽原子力発電所　６／７号炉　（2017.12.20 版） | 東海第二発電所（2018.9.12 版） | 島根原子力発電所　２号炉 | 備考 |
|---|---|---|---|
| て保管する。<br><br>4. 今後の対応<br>発電所周辺の植生の変更がある場合は，その変更が森林火災評価へ与える影響に応じて再評価の必要性を検討する。 | 生データを記録として保管する。<br><br>4. 定期的な植生の管理<br>・植生の妥当性判断に資格・経験年数が必要となる樹木については，定期的に資格・経験年数を有する調査員による植生確認を行い，発電所周辺の植生とＦＡＲＳＩＴＥに入力した植生データに相違がないことを確認する。<br>・生育状況のみで判断が可能な草等の植生は，定期的に植生確認を行い，発電所周辺の植生とＦＡＲＳＩＴＥに入力した植生データに相違がないことを確認する。また，必要に応じ草刈り等を行い植生の維持管理を行う。<br>・植生の変更が森林火災評価へ与える影響に応じて再評価の必要性を検討する。<br>以上 | て保管する。<br><br>４．今後の対応<br>発電所周辺の植生の変更がある場合は，その変更が森林火災評価へ与える影響に応じて再評価の必要性を検討する。 | |