資料3

# 女川原子力発電所2号炉

# 外部火災影響評価について

# 平成 26 年 10 月 23 日

# 東北電力株式会社

枠囲みの内容は核物質防護に係わる情報のため、公開できません。

## 目 次

- 1. 基本方針
  - 1.1 基本事項
  - 1.2 想定する外部火災
  - 1.3 防護対象設備
- 2. 火災の影響評価および安全機能を維持するための運用対策
  - 2.1 森林火災
  - 2.2 近隣の産業施設の火災・爆発および二次的影響(飛来物)の評価
  - 2.3 航空機墜落による火災
  - 2.4 二次的影響(ばい煙,有毒ガス)の評価

添付資料

- 1. 外部火災影響評価対象の考え方について
- 2. 森林火災による影響評価について
- 3. 石油コンビナート等の火災・爆発について
- 4. 輸送車両,船舶による影響について
- 5. 敷地内における危険物施設の火災について
- 6. 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
- 7. ばい煙および有毒ガスの影響評価について

## <概 要>

- 1. において、想定する外部火災および評価内容を整理するとともに、外部火災からの防護対象設備を整理する。
- 2. において、想定する外部火災の影響評価結果および原子炉施設の安全機能 を維持するための運用対策を整理する。

- 1. 基本方針
- 1.1 基本事項

原子力規制委員会の定める「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、 構造及び設備の基準に関する規則」(以下,「設置許可基準規則」という。)第 6条において,外部からの衝撃による損傷の防止として,安全施設は,想定 される自然現象(地震および津波を除く。)または人為事象(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とされてい る。

このため、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」(以下、「外部火災影響評価ガイド」という。)に基づき、外部火災影響評価を行い、外部火災により、安全施設へ影響を与えないことおよび発電所敷地外で発生する火災の二次的影響に対する適切な防護対策が施されていることを評価する。

1.2 想定する外部火災

設置許可基準規則第6条において,敷地および敷地周辺から想定される自 然現象または人為事象として森林火災,近隣の産業施設の火災・爆発,航空 機墜落による火災を挙げている。

このことから、想定する外部火災は以下のとおりとする。

- (1)森林火災
- (2) 近隣の産業施設の火災・爆発
- (3) 航空機墜落による火災

また、具体的な評価内容等については、次のとおりである。

火災種別	考慮すべき火災	評価内容	評価項	〔目
	発電所敷地外 10 km以	・森林火災シミュレーション	<ul> <li>火炎到達時間評価</li> </ul>	二次的影響
	内を発火点とした発	解析コード(FARSITE)を	・防火帯幅評価	(ばい煙、有毒
森林火災	電所に迫る森林火災	用いた森林火災評価	・熱影響評価	ガス)評価
		・森林火災評価に基づく原子	・危険距離評価	
		炉施設の熱影響評価		
	発電所敷地外 10 km以	・発電所敷地外の石油コンビ	<ul> <li>・危険距離評価</li> </ul>	二次的影響
	内の石油コンビナー	ナート等について発電所と	• 危険限界距離評価	(ばい煙、有毒
近隣の産業	ト等の火災・爆発	の距離等を考慮した危険距		ガス,飛来物)
施設の火		離および危険限界距離評価		評価
災・爆発	発電所敷地内の危険	・発電所敷地内の危険物施設	・熱影響評価	二次的影響
	物施設の火災	火災による熱影響評価		(ばい煙、有毒
				ガス)評価
<b>龄                                    </b>	発電所敷地への航空	・墜落を想定する航空機に相	・熱影響評価	二次的影響
加全機墜洛	機墜落による火災	当する火災を想定した原子		(ばい煙、有毒
による火火		炉施設の熱影響評価		ガス)評価

1.3 防護対象設備(添付資料-1参照)

安全施設に対して,外部火災の影響を受けた場合,原子炉の安全性を確保 するために必要な設計上の要求機能を喪失し,安全性の確保が困難となるお それがあることから,安全機能を有する設備について外部火災に係る防護対 象とする。

安全機能を有する設備としては、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重 要度分類に関する審査指針」(以下「重要度分類審査指針」という。)におい て、安全機能を有する設備とされるクラス 1,2,3 に該当する構築物、系統およ び機器とする。

また,外部火災影響評価ガイドにおいても発電所敷地外で発生する火災が 原子炉施設(外部火災影響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,系統および機器を内包するものに限る。)へ影響を与えない ことおよび発電所敷地外で発生する火災の二次的影響に対する適切な防護対 策が施されていることを評価することとされていることから,今回設定した 防護対象と同様である。

なお、重大事故等対処設備については、防護対象設備(クラス 1,2)を防護 することにより、外部火災による重大事故の発生に至ることはないが、炉心 損傷防止等の原子炉の安全性に係る対策に大きな影響を与えるおそれがある ことから、防火帯の内側に配備する。また、外部火災による影響が及ぶおそ れがある場合には,建屋外壁による防護,地下構造による防護,火災影響の 及ばない位置への移動,代替設備による安全機能の確保により,外部火災の 熱影響に対する対応を行う。



図1 外部火災に対する主要な防護対象設備配置図

- 火災の影響評価および安全機能を維持するための運用対策 前項で設定した防護対象設備の安全機能を維持するために,初期消火活動お よび防火帯設定等の対策を行う。
- 2.1 森林火災(添付資料-2参照)
- 2.1.1 評価内容

発電所敷地外で発生する森林火災が,発電所へ迫った場合でも原子炉施設 に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価した。

- (1) 火炎到達時間の評価
- (2) 防火帯幅の評価
- (3) 熱影響の評価
- (4) 危険距離の評価

## 2.1.2 評価要領

(1)森林火災の解析にあたっては、外部火災影響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)を使用 し、以下の設定により解析した。

データ種類	発電所での評価で用いたデータ
土地利田データ	国土数値情報(国土交通省)の100mメッシュの
上地利用ノーク	土地利用データを使用した。
	宮城県および東北森林管理局より森林簿を入手
	し,森林簿の情報を基に防火帯周辺の植生調査を実
枯 牛 デ 、 カ	施した。
旭生ノーク	その結果から、保守的に可燃物パラメータを設定
	し、土地利用データにおける森林領域を、樹種、林
	齢により細分化した。
	基盤地図情報(国土地理院)の 10m メッシュの
	標高データを使用した。
地形ケータ	敷地内は、当社敷地配置図および航空レーザー測
	量標高データを使用した。
	森林火災の発生件数が多い3月から5月における
	過去 10 年間の最大風速,最高気温,最小湿度の条
気象データ	件を採用した。
	なお、風向は各発火点から原子炉建屋方向に設定
	した。

- (2) 植生データの入力は、以下のとおり保守的な設定とした。
  - a. 土地利用細分メッシュからの植生データ入力
  - (a) ゴルフ場,田およびその他農業用地の植生入力
     通常考えられる Short grass を保守的に Tall grass とした。
  - (b) 荒地の植生入力保守的に燃えやすい Brush(茂み)とした。

b. 森林簿および植生調査からの植生データ入力

複数混在樹種,林齢より火線強度の大きいものを代表として入力した。 防火帯周辺の植生調査を実施し,森林簿データに植生調査結果を反映 した上で,保守的な可燃物パラメータを入力した。

可燃物パラメータ入力の考え方は,植生調査結果を踏まえ,森林の下 草状況,樹種および林齢を考慮し,保守的に林齢を設定した。



図2 代表的な発電所植生調査箇所

森林簿,植生調查結果保守的林齡設定後10年生未満10年生未満10年生以上 20年生未満10年生未満20年生以上 30年生未満10年生以上 20年生未満30年生以上 40年生未満20年生以上 30年生未満40年生以上20年生以上 30年生未満

林齢の設定

c. 樹冠率の入力

樹冠率は,森林に該当するカテゴリ3(50~80%)および4(81~100%) の中から,火線強度が強くなるカテゴリ3を設定した。

- (3)10年間の気象観測データで確認された森林火災発生件数の多い3月から5月の卓越風向は北北東,南南西および西北西の3つのグループに分けられる。よって,卓越風向グループの3方向毎に人為的行為を想定した発火点を設定した。
- (4) 発火点は以下の4地点を設定した。
  - a. 卓越風向である北北東方向で民宿, 社員寮等の居住区が存在する小屋 取地区の漁港沿い(発火点1)
  - b. 卓越風向である南南西方向で発電所に近い県道沿い(発火点 2-1)
  - c. 卓越風向である南南西方向で居住区および田が存在する鮫浦地区(発 火点 2-2)
  - d. 卓越風向である西北西方向で発電所周辺の道路沿いから,発電所に近い地点(発火点3)

(5)発電所を含む南,北および西側へ12kmとし,東西16km,南北24km の範囲を評価対象範囲として設定した。



図3 発火点位置

- 2.1.3 評価結果
- 2.1.3.1 火炎到達時間の評価
  - (1) 火炎到達時間

想定した森林火災による防火帯境界までの火炎到達時間は,最も到達時間が短い発火点1のケースで約2.6時間であることを確認した。

発火点位置	火炎到達時間[h]
発火点1	約 2.6
発火点 2-1	約 5.2
発火点 2-2	約 14.3
発火点3	約 3.7



図 4-1 発火点1 北(小屋取漁港道路沿い)の火炎到達時間



図 4-2 発火点 2-1 南西(県道 41 号線沿い)の火炎到達時間



図 4-3 発火点 2-2 南南西 (鮫浦地区 (田)) の火炎到達時間



図 4-4 発火点 3 西北西(塚浜地区道路沿い)の火炎到達時間

(2) 初期消火活動および体制

自衛消防隊の初期消火要員(10名)が24時間常駐しており、早期に 初期消火活動の実施体制を確立することが可能であることから、火炎到 達時間内での予防散水(周辺の樹木や防火帯等)が可能である。

なお,防火帯の外側に設置されているモニタリングポスト(クラス3) については,森林火災の進展により可搬型モニタリングポスト(防火帯 の内側に保管)による代替測定を実施する。

a. 自衛消防隊体制



初期消火要員

※1 平日の消火班として40名程度確保

※2 広報班,地域対応班,発電管理班,調査復旧班,影響評価班

b. 初期消火要員の役割(24時間初期消火要員常駐)

要員		人数	役割		
通報連絡責任者		1名	<ul> <li>・消防署への通報連絡</li> <li>・初期消火要員への出動要請</li> </ul>		
現場指揮者		1名	<ul> <li>・火災現場での消火指揮</li> <li>・消火器または消火栓による消火活動等</li> </ul>		
情報提供担当者		1名	<ul> <li>・公設消防への情報提供</li> <li>・火災現場への誘導</li> </ul>		
消火担当		2名 (内委託員1名)	<ul> <li>・火災現場確認</li> <li>・消火器または消火栓による消火活動</li> <li>・消防車隊の補助(消防ホースの延長, 泡消火薬剤補充作業)等</li> </ul>		
	消防車隊長	1名 (委託員)	<ul> <li>・消防車隊,消火担当の消防指揮</li> <li>・消防自動車のアクセスルートおよび配置場所の指示等</li> </ul>		
洲咕声咲	放水員	2 名 (委託員)	<ul> <li>・消防車による消火活動(筒先)</li> <li>・消防ホースの延長等</li> </ul>		
们的中区	消防車隊 水槽付消防ポ ンプ自動車お よび化学消防 自動車機関員		<ul> <li>・水槽付消防ポンプ自動車,化学消防自動車の機関員</li> <li>・水槽付消防ポンプ自動車,化学消防自動車の連結作業</li> <li>・消防ホースの延長等</li> </ul>		

2.1.3.2 防火帯幅の評価

(1) 最大火線強度

想定した森林火災による防火帯外縁から約 100m 範囲における最大火 線強度は,最も火線強度が高い発火点3のケースで4,514[kW/m]である ことを確認した。

惑步星位要	最大火線強度	最大火線強度	
<u> </u>	[kW/m]	出現時刻	
発火点1	4,158	12:36	
発火点 2-1	2,993	11:51	
発火点 2-2	3,912	11:52	
発火点 3	4,514	12:28	

FARSITE 解析における主な入力パラメータは保守的な設定としているが, 他に解析結果に影響するパラメータとしては最大火線強度の出現時刻(日射 量に影響を及ぼす)がある。

最大火線強度出現時刻の保守性を確認するため,最大火線強度が最も大き い発火点3について9パターンの出火時刻を入力して最大火線強度出現時刻 の感度解析を実施した。

以下に示すとおり,最大火線強度は日中帯(10時~14時頃)に高くなる 傾向がある。これは日射により可燃物の水分量変化を計算上考慮しているた めである。

発火点3出火時刻	14:30	0:30	19:30	3:29	5:00	5:29	6:30	7:29	10:00
最大火線強度出現時刻	7:44	8:37	10:23	10:50	12:06	12:28	13:19	14:00	16:30
最大火線強度[kW/m]	3,287	3,390	2,908	3,649	3,269	4,514	3,550	4,210	2,317

感度解析結果



図 5-1 発火点1 北(小屋取漁港道路沿い)の火線強度



図 5-2 発火点 2-1 南西(県道 41 号線沿い)の火線強度



図 5-3 発火点 2-2 南南西 (鮫浦地区 (田))の火線強度



図 5-4 発火点3 西北西(塚浜地区道路沿い)の火線強度

(2) 防火帯幅

外部火災影響評価ガイドに基づき,防火帯外縁より約 100m の範囲に おける最大火線強度(4,514[kW/m])から「Alexander and Fogartyの 手法(風上に樹木が有る場合)」を用いて,必要な防火帯幅(火炎の防 火帯突破確率 1%の値)を算出した結果,評価上必要とされる防火帯幅 は 19.8m であるため,20m の防火帯幅を確保することにより延焼によ る原子炉施設への影響がないことを確認した。

最大火線強度 4,514 [kW/m] (発火点 3)

# $\int$

風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係

火線強度 (kW/m)	500	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	10,000	15,000
防火帯幅 (m)	16	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7
				(出	典:外音	邓火災影	響評価>	ガイド)

(火炎の防火帯突破確率1%)





- (3) 防火帯設定の考え方
  - a. 森林火災の延焼を防止するために,防火帯を設定する。
  - b. 防火帯は,防護対象設備(クラス1,2)(固体廃棄物貯蔵所および開閉 所等の一部クラス3を含む)および重大事故等対処設備を囲うように設 定する。
  - c.防火帯は,発電所設備および駐車場の配置状況を考慮し,干渉しない ように設定する。
  - d. 山林部の防火帯設定は、伐採後の土砂等流出を考慮して、現場状況に 応じた保護工(モルタル吹付工または網工等)を行う。
  - e.防火帯は、燃焼物および初期消火活動に支障となる物品が存在しない ことを確認するとともに、除草等の管理を行う。



図 6 防火帯設定図

2.1.3.3 熱影響の評価

(1) 原子炉施設外壁

FARSITE 出力より得られた,到達時間,反応強度および火炎長より, 原子炉施設外壁のコンクリート表面温度を評価した。

なお,評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないも のとした。

熱影響評価の結果,原子炉建屋における外壁のコンクリート表面温度 が最大となる発火点2-1のケースでも約54℃であり,許容温度200℃(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)以下であることを確認した。



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

## 図7 原子炉施設外壁の熱影響評価(概念図)

#### (原子炉建屋の例)

発火点位置	原子炉建屋外壁の表面温度[℃]
発火点 1	約 53
発火点 2-1	約 54
発火点 2-2	約 53
発火点3	約 53

(2) 復水貯蔵タンク

FARSITE 出力より得られた,到達時間,反応強度および火炎長より, 復水貯蔵タンク温度を評価した。

なお,評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないも のとした。

熱影響評価の結果,復水貯蔵タンク温度が最大となる発火点1および 発火点2-1のケースでも約38℃であり許容温度66℃(復水貯蔵タンク の最高使用温度)以下であることを確認した。



図8 復水貯蔵タンクの熱影響評価(概念図)

発火点位置	復水貯蔵タンクの温度[℃]
発火点1	約 38
発火点 2-1	約 38
発火点 2-2	約 37
発火点3	約 37

(3) 排気筒

FARSITE 出力より得られた,到達時間,反応強度および火炎長より, 排気筒の表面温度を評価した。

なお,円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し,外表面全体から放熱するものとした。内表面は保守的に評価を実施するため,断熱とした。



図9 排気筒の熱影響評価(概念図)

排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが、筒身よりも支持鉄塔側 が森林火災との距離が近いこと、材質も支持鉄塔は SS400 および STK400,筒身では SMA400AP であり、物性値が軟鋼で同一であるこ とから、支持鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。



図10 排気筒構成(概念図)

熱影響評価の結果,排気筒の表面温度が最大となる発火点 2-2 のケースでも約 52℃であり許容温度 350℃(「発電用原子力設備規格 設計・ 建設規格」に規定されている鋼材の制限温度)以下であることを確認した。

発火点位置	排気筒の表面温度[℃]
発火点 1	約 51
発火点 2-1	約 51
発火点 2-2	約 52
発火点 3	約 51

(4) 海水ポンプ

火炎の輻射熱による海水ポンプ(原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 および高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機)の温度影響を評 価した。

熱影響評価の結果,地下ピット方式により火炎からの輻射熱は到達し ないことから,海水ポンプに影響を及ぼさないことを確認した。

- 2.1.3.4 危険距離の評価
  - (1) 原子炉施設

想定した森林火災に対して,原子炉施設外壁のコンクリート表面温度 が許容温度 200℃を超える境界となる危険距離を算出して評価した。

危険距離評価の結果,原子炉建屋における危険距離が一番厳しい発火 点 2-1 のケースでも 18m であり,防火帯外縁から原子炉建屋の離隔距離 が最短で約 219m であるため,離隔距離が危険距離以上であることを確 認した。

(原子炉建屋の例)

発火点位置	危険距離[m]
発火点1	15
発火点 2-1	18
発火点 2-2	15
発火点3	14

(2) 復水貯蔵タンク

想定した森林火災に対して,復水貯蔵タンク温度が許容温度 66℃を超 えない危険距離を算出して評価した。

危険距離評価の結果,復水貯蔵タンクにおける危険距離が一番厳しい 発火点 2-1 のケースでも 6m であり,防火帯外縁から復水貯蔵タンクの離 隔距離が最短で約 332m であるため,離隔距離が危険距離以上であるこ とを確認した。

発火点位置	危険距離[m]
発火点1	4
発火点 2-1	6
発火点 2-2	3
発火点3	3

(3) 排気筒

想定した森林火災に対して,排気筒の表面温度が許容温度 350℃を超 えない危険距離を算出して評価した。

危険距離評価の結果, 排気筒における危険距離が一番厳しい発火点 2-2 のケースでも15m であり,防火帯外縁から排気筒の離隔距離が最短で約 299m であるため,離隔距離が危険距離以上であることを確認した。

発火点位置	危険距離[m]	
発火点1	9	
発火点 2-1	10	
発火点 2-2	15	
発火点3	11	

2.2 近隣の産業施設の火災・爆発および二次的影響(飛来物)の評価

- 2.2.1 評価内容
  - (1)発電所敷地外 10km 以内に設置されている石油コンビナートおよび危険物貯蔵施設の火災,ガス爆発が発電所に隣接する地域で起こったとしても原子炉施設に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価した。
    - a. 危険距離の評価
    - b. 危険限界距離の評価
    - c. 二次的影響(飛来物)の評価
  - (2)発電所敷地内における危険物施設の火災が,原子炉施設に影響を及ぼ さないことを以下の項目により評価した。
    - a. 熱影響の評価
- 2.2.2 評価結果
- 2.2.2.1 危険距離の評価
  - (1)石油コンビナート等(添付資料-3参照) 宮城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナ ート等特別防災区域に指定されている区域は、塩釜地区および仙台地区 であり、いずれも発電所から約40km離れており、発電所10km圏内に 該当する施設がないことを確認した。

また,発電所と最短距離にあるガスパイプラインは仙台地区であり, 発電所から約 40km 離れていることを確認した。



図 11 石油コンビナート等特別防災区域と発電所との位置関係

(2) 敷地外危険物貯蔵施設(添付資料-3参照)

発電所から 10km 圏内に位置する石油類貯蔵施設を抽出し,発電所か ら最も近い石油類貯蔵施設および発電所から10km 圏内の施設における 最大貯蔵量をそれぞれ抽出した。

発電所から 10km 圏内(敷地内を除く)における石油類貯蔵施設の最 大貯蔵量は 49.5kl で,発電所敷地内にある 1 号炉軽油タンクの最大貯 蔵量 620kl よりも少ない。

また,発電所に最も近い石油類貯蔵施設との離隔距離は約2,500mで あり,1号炉軽油タンクと離隔距離が最も近い2号炉制御建屋との距離 約179mよりも大きく離れている。

仮に最も近い石油類貯蔵施設で最大貯蔵量 49.5kl による火災を想定しても,燃料保有量が敷地内危険物施設の最大貯蔵量に比べ少ないことから,危険距離は1号炉軽油タンクによる火災の評価結果に包絡される。

よって,発電所敷地外の石油類貯蔵施設において火災が発生した場合 においても原子炉施設への影響がないことを確認した。

	敷地外危険物貯蔵施設	1号炉軽油タンク
最大貯蔵量[m <sup>3</sup> =kl]	49.5	620
離隔距離[m]	約 2,500	約 179



図 12 10km 圏内における発電所から最も近い石油類貯蔵施設との距離

(3) 輸送車両(添付資料-4参照)

発電所敷地外の公道において燃料を搭載した燃料輸送車両(以下「タ ンクローリー」という。)による火災を想定して,以下に示す原子炉施 設への危険距離評価を行った。

タンクローリーの想定としては、消防法(危険物の規制に関する政令 第15条第1項三号)において、移動タンク貯蔵所の上限量が定められ ており、公道を通行可能な上限量 30kl を搭載可能なタンクローリーに ガソリンが満載されているものとした。

また,火災発生場所としては,発電所敷地外の道路において原子炉施 設に最も近い場所(牡鹿ゲート)とした。

上記による危険距離評価の結果,以下のとおり離隔距離が危険距離を 上回っており,原子炉施設への影響がないことを確認した。

建屋	離隔距離[m] 危険距離[m]		
原子炉建屋	約 729		
制御建屋	約 680	21	
海水ポンプ室*	—		
排気筒	約 866	7	
復水貯蔵タンク	約 834	10	

<sup>※</sup> 海水ポンプ室設置機器については地下ピット方式のため,輻射熱の 影響は直接受けない。



図13 タンクローリー火災想定位置と原子炉施設との位置関係

(4) 船舶(添付資料-4参照)

発電所周辺には石油コンビナートが無く、大型タンカー等が付近を航 行することはないと考えられることから、発電所内の港湾施設に入港す る船舶の中で最大規模となる船舶の火災を想定して、以下に示す原子炉 施設への危険距離評価を行った。

発電所港湾に停泊する熱影響が最大規模となる船舶としては,1号炉 補助ボイラーに使用する重油を運搬する船舶とし,重油補給時の停泊位 置において,火災が発生したものと想定した。

上記による危険距離評価の結果,以下のとおり離隔距離が危険距離を 上回っており,原子炉施設への影響がないことを確認した。

建屋	離隔距離[m]	危険距離[m]
原子炉建屋	約 284	
制御建屋	約 344	110
海水ポンプ室*	—	
排気筒	約 518	18
復水貯蔵タンク	約 300	77

<sup>※</sup> 海水ポンプ室設置機器については地下ピット方式のため,輻射熱の 影響は直接受けない。



図14 船舶火災想定位置と原子炉施設との位置関係

2.2.2.2 危険限界距離の評価(添付資料-3参照)

発電所から 10km 圏内(敷地内を除く)における高圧ガス貯蔵施設の最大 貯蔵量は 1,700kg であり,発電所から最も近い高圧ガス貯蔵施設の離隔距離 は約 700m である。

仮に最も近い高圧ガス貯蔵施設で最大貯蔵量1,700kgによるガス爆発評価 を実施したところ,危険限界距離は70mであり,発電所との離隔距離約 700mよりも小さいことを確認した。

よって,発電所敷地外の高圧ガス貯蔵施設において火災・爆発が発生した 場合においても爆風圧による原子炉施設への影響がないことを確認した。



図 15 10km 圏内における発電所から最も近い高圧ガス貯蔵施設との距離

2.2.2.3 二次的影響(飛来物)の評価(添付資料-3参照)

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(平成25年3月 消防庁特殊災害室)に基づき,高圧ガス貯蔵施設における飛来物飛散範囲を確認する。 発電所から最も近い距離に位置する施設では,石油コンビナートの防災ア セスメント指針が適用されるコンビナート等の大規模な高圧ガスタンク等 の形状ではなく,液化石油ガスが封入された複数の50kgガスボンベが設置 されている。

当該容器単体の破損による破片の飛散範囲について評価を行ったところ, 原子炉施設(2号炉原子炉建屋)までの離隔距離が飛来物到達距離以上あり, 原子炉施設への影響がないことを確認した。

施設名称	ガス種類	貯蔵量	飛来物 到達距離	離隔距離
当社社員寮	液化石油ガス	50kg ガスボンベ 6 本	332m	約 700m

2.2.2.4 熱影響の評価(添付資料-5参照)

発電所敷地内に位置している屋外の危険物施設の火災を想定し,原子炉施 設の熱影響評価を実施した。

熱影響評価を実施する危険物施設は,1号炉軽油タンク,3号炉軽油タンク および大容量電源装置とした。

なお,敷地内危険物施設の内,直接輻射熱を受けない建屋内に設置してい る設備および地下貯蔵タンク等については,評価対象外とした。



図16 発電所敷地内における危険物施設等の位置

(1) 原子炉施設外壁

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間,一定の輻射強度 で原子炉施設外壁が昇温されるものとして,コンクリート表面温度を評 価した。

なお,評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないも のとした。

熱影響評価の結果,原子炉建屋における外壁のコンクリート表面温度 は最大で約79℃となり,許容温度200℃以下であることを確認した。



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

## 図17 原子炉施設外壁の熱影響評価(概念図)

<sup>(</sup>原子炉建屋の例)

	1 号炉	3号炉軽油タンク			大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
原子炉建屋外壁 の表面温度 [℃]	約 74	約 63	約 64	約 79	約 51

(2) 復水貯蔵タンク

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間,一定の輻射強度 で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして,復水貯蔵タンク温度を評価 した。

なお,評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないも のとした。

熱影響評価の結果,復水貯蔵タンク温度は最大で約40℃となり,許容 温度66℃以下であることを確認した。



図18 復水貯蔵タンクの熱影響評価(概念図)

	1 号炉	3号炉軽油タンク			大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
復水貯蔵タンク 温度 [℃]	約 38	約 38	約 38	約 40	約 37

(3) 排気筒

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 で排気筒が昇温されるものとして,排気筒の表面温度を評価した。

なお,円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し,外表面全体から放熱するものとした。内表面は保守的に評価を実施するため,断熱とした。



図19 排気筒の熱影響評価(概念図)

排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが、筒身よりも支持鉄塔側 が危険物施設との距離が近いこと、材質も支持鉄塔は SS400 および STK400,筒身では SMA400AP であり、物性値が軟鋼で同一であるこ とから、支持鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。



図 20 排気筒構成(概念図)
熱影響評価の結果,排気筒の表面温度は最大で約57℃となり,許容温度 350℃以下であることを確認した。

1 号炉	1号炉         3号炉軽油タンク								
軽油タンク	А	В	A + B	電源装置					
約 52	約 53	約 53	約 57	約 51					
	1 号炉 軽油タンク 約 52	1号炉     3       軽油タンク     A       約52     約53	1号炉     3号炉軽油タン       軽油タンク     A     B       約52     約53     約53	1号炉     3号炉軽油タンク       軽油タンク     A     B     A+B       約 52     約 53     約 53     約 57					

## (4) 海水ポンプ

火炎の輻射熱による海水ポンプ(原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 および高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機)の温度影響を評 価した。

熱影響評価の結果,地下ピット方式により火炎からの輻射熱は到達しないことから,海水ポンプに影響を及ぼさないことを確認した。

2.3 航空機墜落による火災(添付資料-6参照)

2.3.1 評価内容

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発生したとしても原子炉施設 に影響を及ぼさないことを以下の項目により評価した。

(1) 熱影響の評価

2.3.2 評価要領

航空機落下確率評価については,評価手法の違いからカテゴリに分けて落 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, 訓練中の事故等,民間航空機と軍用機(自衛隊機または米軍機)では,その 発生状況が必ずしも同一ではない。従って,航空機落下確率でのカテゴリ別 に以下のとおり分類し,航空機墜落による火災の影響を評価した。

- a. 計器飛行方式および有視界飛行方式の大型の民間航空機の落下事故
- b. 軍用機の落下事故
- (a) 空中給油機等, 高高度での巡航が想定される大型固定翼機
- (b) その他の大型固定翼機,小型固定翼機および回転翼機
- (c) 基地-訓練空域間往復時

航空機の落下確率が 10<sup>-7</sup> [回/炉・年] に相当する面積より, 航空機落下 確率評価で標的面積として考慮している原子炉施設からの離隔距離(落下地 点)を求め, そこで発生する火災による原子炉施設の温度を評価し, 許容温 度を超えないことを確認した。

## 2.3.3 評価結果

(1)離隔距離

評価対象範囲は,発電所敷地内であって落下確率が10<sup>-7</sup>[回/炉·年] 以上になる範囲のうち原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とす ることから,大型の民間航空機および軍用機の機種を対象とし,落下確 率が10<sup>-7</sup>[回/炉·年]に相当する標的面積を算出し,その結果から原 子炉施設からの離隔距離を求めた。

	民間航空機	機			
データ種類	計器飛行方式およ	訓練空域外を飛	訓練空域外を飛行中		
	び有視界飛行方式	高高度巡航が想定さ	その他の	<u> </u>	
	(大型)	れる大型固定翼機	機種	间11112120时	
対象機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2	
離隔距離[m]	89	115	25	28	



図 21 民間航空機(計器飛行方式および有視界飛行方式(大型))の 離隔距離のイメージ(代表例)

- (2) 熱影響の評価
  - a. 原子炉施設

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間,一定の輻射強度 で原子炉施設外壁が昇温されるものとして,コンクリート表面温度を評 価した。

なお,評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないも のとした。

熱影響評価の結果,原子炉施設外壁のコンクリート表面温度は最大で約169℃となり,許容温度200℃以下であることを確認した。



図 22 原子炉施設外壁の熱影響評価(概念図)

	民間航空機	自衛	É					
デーク種粕	計器飛行方式およ	訓練空域外を	訓練空域外を飛行中					
	び有視界飛行方式	高高度巡航が想定さ	その他の機種	<sup> </sup>				
	(大型)	れる大型固定翼機	る大型固定翼機					
対象機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2				
原子炉施設外								
壁の表面温度	約 169	約 96	約 148	約 110				
[°C]								

b. 復水貯蔵タンク

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間,一定の輻射強度 で復水貯蔵タンクが昇温されるものとして,復水貯蔵タンク温度を評価 した。

なお,評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないも のとした。

熱影響評価の結果,復水貯蔵タンク温度は最大で約42℃となり,許容 温度66℃以下であることを確認した。



図23 復水貯蔵タンクの熱影響評価(概念図)

	民間航空機	自衛	隊機または米軍機	گ
データ種粕	計器飛行方式およ	甘地		
	び有視界飛行方式	び有視界飛行方式 高高度巡航が想定さ えのゆのち		<sup>                                    </sup>
	(大型)	れる大型固定翼機	型固定翼機	
対象機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2
復水貯蔵				
タンク温度	約 42	約 39	約 40	約 39
[°C]				

c. 排気筒

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 で排気筒が昇温されるものとして,排気筒の表面温度を評価した。

なお,円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し,外表面全体から放熱するものとした。内表面は保守的に評価を実施するため,断熱とした。



図24 排気筒の熱影響評価(概念図)

排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが、筒身よりも支持鉄塔側 が航空機落下火災との距離が近いこと、材質も支持鉄塔は SS400 およ び STK400,筒身では SMA400AP であり、物性値が軟鋼で同一である ことから、支持鉄塔の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。



図 25 排気筒構成(概念図)

- 39 -

熱影響評価の結果,排気筒の表面温度は最大で約 119℃となり,許容 温度 350℃以下であることを確認した。

データ種類	民間航空機	自衛	隊機または米軍機	ž	
	計器飛行方式およ	訓練空域外を	甘业。到结本社		
	び有視界飛行方式	高高度巡航が想定さ	この他の地種	<u> </u>	
	(大型)	れる大型固定翼機	ての他の機種	间往復时	
対象機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2	
排気筒温度	約 110	*/1 00	約 110	約 09	
[°C]	示9 119	赤り 80	ボリ 110	示了 92	

d. 海水ポンプ

火炎の輻射熱による海水ポンプ(原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機 および高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機)の温度影響を評 価した。

熱影響評価の結果,原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機の取入外気上 昇温度 10.2℃および高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機海 水ポンプの取入外気上昇温度 5.6℃を考慮しても海水ポンプに影響を及 ぼさないことを確認した。 e. 航空機と危険物施設による重畳火災

航空機落下に起因する敷地内の危険物施設との重畳火災を想定し,原 子炉建屋の熱影響評価を実施した。

熱影響評価を実施する航空機および危険物施設は,原子炉施設の外壁 に対して評価結果が最も厳しい大型民間航空機(B747-400),貯蔵容量 が最大となる3号炉軽油タンク(330kl×2基)とする。

なお,重畳火災については,以下の3ケースにおける熱影響評価の結果,原子炉建屋における外壁のコンクリート表面温度は最大で約181℃ となり,許容温度200℃以下であることを確認した。

- ケース1:航空機と3号炉軽油タンクの火災が同時に発生
- ケース2:航空機の燃料が半分となった時点で3号炉軽油タンクの火災 が発生
- ケース3:航空機の燃焼終了直後に3号炉軽油タンクの火災が発生



図 26 航空機落下火災と3号炉軽油タンク火災の重畳

番号	航空機燃焼開始時間を起点とした場合 の3号炉軽油タンクの燃焼開始時刻	最高到達温度[℃]
ケース1	同時	約 181
ケース2	約 0.9 時間後	約 177
ケース3	約 1.9 時間後	約 168

2.4 二次的影響(ばい煙,有毒ガス)の評価(添付資料-7参照)

2.4.1 評価内容

森林火災,近隣の産業施設の火災・爆発および航空機墜落による火災において発生するばい煙および有毒ガスが設備に与える影響について評価した。

2.4.2 評価対象設備

ばい煙および有毒ガスによる安全上重要な設備および居住性に対して影響 を及ぼさないことを確認した。

なお,二次的影響(ばい煙,有毒ガス)評価を実施する評価対象設備は, 評価フロー図に基づき,以下のとおりとする。

また,防護対象設備(クラス 3) については,一般産業施設と同等以上の 信頼性が要求されており,建屋内の設備については,建屋により防護するこ ととし,屋外設備については,代替設備等により安全機能に影響を与えない ことを確認した。



図 27 評価フロー図

設置場所	評価対象設備
	非常用ディーゼル機関、同吸気系
	中央制御室換気空調系
屋内	計測制御電源室換気空調系
	原子炉補機室換気空調系
	原子炉建屋原子炉棟換気空調系※
民友	原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機
<u> </u>	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機

※ 防護対象設備(クラス1,2)の関連系のため個別評価対象とする。

2.4.3 評価結果

- (1) 外気を取込む換気空調系統
  - a. 外気取入運転を行っている換気空調設備

非常用ディーゼル機関吸気系,中央制御室換気空調系,計測制御電源 室換気空調系,原子炉補機室換気空調系および原子炉建屋原子炉棟換気 空調系は,外気取入口に設置されたフィルタにより,粒径1µm以上の ダストを90%以上除去できる性能を有しているため,ばい煙粒子による 機器への影響はない。

また,中央制御室については,24時間常駐している運転員が外部火災の情報受信後に,ばい煙の影響を受ける可能性があると判断した場合には,運転員の操作により外気取入ダンパを閉止し外気を遮断できるため, ばい煙の影響は受けない。



図 28 中央制御室空調系概略系統図

- b. 中央制御室換気空調系統
- (a) 外気取入ダンパを閉止し再循環運転により,酸素濃度および炭酸ガ ス濃度を考慮しても長時間室内へのばい煙侵入を阻止することが可 能である。
- (b) 有毒ガス濃度が判断基準(IDLH\*)以下であることから、中央制御 室の居住性に影響はない。
  - ※ 30 分暴露によって生命および健康に対する即時の危険な影響を 与える濃度限度値であり,脱出を妨げる目や呼吸器への刺激の予 防も考慮されている。
- (2) 外気を内部に取込む系統・設備
  - a. 非常用ディーゼル機関, 同吸気系
  - (a) フィルタを通過したばい煙粒子は,過給機,空気冷却器に侵入する が,機器の間隙は,ばい煙粒子に比べて十分大きいことから閉塞する 恐れはない。
  - (b)吸入されたばい煙粒子は,機関のシリンダ内へ送気される。送気さ れたばい煙粒子は,シリンダ/ピストン間隙(数µm~数+µm)内に 侵入し,シリンダ/ピストンの摩擦発生が懸念されるが,主成分は炭 素であり摩擦が発生することはない。



## 図 29 非常用ディーゼル機関吸気系統概要図



図 30 非常用ディーゼル機関吸気系統構造図

- b. 原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機
- (a) 電動機本体は、空気冷却器を電動機側面に設置して内部通風の熱交換により冷却する構造であり、外気を直接電動機の内部に取込まない 全閉構造であることから、ばい煙粒子が電動機内部に侵入することはない。
- (b)外気通風部の吸込み口の金網口径が10mm四方,冷却パイプロ径が 29.4mmであり,ばい煙粒子の粒径はこれに比べて十分に小さいこと から,閉塞することはない。



図 31 原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機構造図

- c. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機
- (a) 電動機本体は,外気を直接電動機内部に取込まない外扇形の冷却方 式の全閉構造であり,ばい煙粒子が電動機内部に侵入することはない。
- (b)上部貫通部はラビリンスカラーで軸受への侵入防止構造とし、下部 貫通部はポンプ架台内とし、侵入を防止する構造としている。



図 32 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機構造図

添付資料-1

外部火災影響評価対象の考え方について

1. 外部火災影響評価対象の考え方

安全施設に対して,外部火災の影響を受けた場合,原子炉の安全性を確保す るために必要な設計上の要求機能を喪失し,安全性の確保が困難となるおそれ があることから,安全機能を有する施設について外部火災に係る防護対象とす る。

安全機能を有する施設としては、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重 要度分類に関する審査指針」(以下「重要度分類審査指針」という。)において、 安全機能を有する施設とされるクラス 1, 2, 3 に該当する構築物,系統およ び機器とする。

また、「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」(以下「外部火災影響評価 ガイド」という。)においても発電所敷地外で発生する火災が発電用原子炉施 設(外部火災影響評価ガイドにおける「発電用原子炉施設」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。)へ影響を与えないことお よび発電所敷地外で発生する火災の二次的影響に対する適切な防護対策が施 されていることを評価することとされていることから、今回設定した防護対象 と同様である。

防護対象とした構築物,系統および機器(以下「防護対象設備」という。) については,外部火災発生時には対象設備周辺の消火活動等により影響を受け ないよう防護する。

さらに,高い信頼性を要求されるクラス1,2に該当する防護対象設備に対 しては,外部火災による影響が及ぶおそれのある場合において,消火設備等の 防護手段を期待しない条件のもと,想定される外部火災に対する構築物等の固 有の熱影響評価を行い,必要に応じて対策を講じることとした。

- 2. 影響評価内容
- (1) 熱影響評価

安全機能を有する設備のうち,防護対象設備(クラス1,2)について, 外部火災発生時の安全性の評価は,外部火災影響評価ガイドに基づき,発 電用原子炉施設の建屋の外側(コンクリート、鋼、扉、貫通部で形成され る障壁)の熱影響に対する耐性を確認することから,評価対象として抽出 された設備のうち,建屋内の設備については,建屋のコンクリート壁の熱 影響評価を実施する。また,屋外設備については,各機器について熱影響 評価を実施する。(表 1-1 参照)

	安全機能の重要度公額			設	備設置箇	所		外部	火災評(	面項目
		女主機能の里安度	を万須	建屋	内設備			熱影響評伺	Ei 🛛	ばい煙評価
分類	定義	機能	防護対象設備	原子炉建屋, 制御建屋	タービ ン建屋	個別 建屋	屋外 設備	建屋外壁	個別 機器	外気を取込む 設備
	その損傷または故障により発生する自称によって, (a) 炉心の著しい損傷,または(b) 燃料の大量の破損	<ol> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリ機能</li> </ol>	原子炉冷却材圧カバウンダリを構成する 機器・配管系(計装等の小口径配管・機 器は除く。)	0				0		
PS-1	を引き起こす恐れのある 構築物,系統及び機器	<ol> <li>2)過剰反応度の印加防止 機能</li> </ol>	制御棒カップリング	0				0		
		3) 炉心形状の維持機能	炉心支持構造物(炉心シュラウド,シュ ラウドサポート,上部格子板,炉心支持 板,制御棒案内管) 燃料集合体(ただし,燃料を除く。)	0				0		
	<ol> <li>1)異常状態発生時に原子 炉を緊急に停止し,残留 熱を除去し,原子炉冷却</li> </ol>	1) 原子炉の緊急停止機能	原子炉停止系の制御棒による系(制御棒 及び制御棒駆動系(スクラム機能))	0				0		
	材 圧 カバウンダリの 過 圧を防止し,敷地周辺公 衆への 過度の 放射線の 影響を防止する構築,系 統及び機器	2) 未臨界維持機能	原子炉停止系(制御棒による系,ほう酸 水注入系)	0				0		
		3) 原子炉冷却材圧力バウ ンダリの過圧防止機能	逃がし安全弁(安全弁としての開機能)	0				0		
MS-1		<ul><li>4) 原子炉停止後の除熱機</li><li>能</li></ul>	<ul> <li>残留熱を除去する系統</li> <li>残留熱除去系(原子炉停止時冷却モード)</li> <li>原子炉隔離時冷却系</li> <li>高圧炉心スプレイ系</li> <li>逃がし安全弁(手動逃がし機能)</li> <li>自動減圧系(手動逃がし機能)</li> </ul>	0				0		
			復水貯蔵タンク				0		0	
		5) 炉心冷却機能	非常用炉心冷却系 低圧炉心スプレイ系 低圧注水系 高圧炉心スプレイ系 自動減圧系	0				0		
			復水貯蔵タンク				0		0	
		6) 放射性物質の閉じ込め 機能, 放射線の遮へい及 び放出低減機能	原子炉格納容器 原子炉格納容器隔離弁 原子炉格納容器スプレイ冷却系 原子炉建屋 非常用ガス処理系 非常用再循環ガス処理系 可燃性ガス濃度制御系	0				0		

表 1-1 防護対象設備 (クラス 1, 2)

		生合機能の重要的	モハ粘	設	備設置箇	所		外部	火災評(	価項目	
分類		女主機能の重要度	シカ規	建屋	内設備		르세	熱影響評伺	Б	ばい煙評価	
分類 2) MS-1 (続き)	定義	機能	防護対象設備	原子炉建屋, 制御建屋	タービ ン建屋	個別 建屋	屋外 設備	建屋外壁	個別 機器	外気を取込む 設備	
	2)安全上必須なその他の 構築物,系統及び機器	<ol> <li>工学的安全施設及び原 子炉停止系への作動信 号の発生機能</li> </ol>	安全保護系	0				0			
	<ul><li>2)安全上特に重要な関連 機能</li></ul>	<ol> <li>2)安全上特に重要な関連 機能</li> </ol>	非常用所内電源系 非常用ディーゼル発電機	0				0		0	
MS-1		非常用所内電源系 非常用ディーゼル発電機燃料移送系 軽油タンク				0		0			
(続き)			制御室及びその遮へい・非常用換気空調 系	0				0		0	
			直流電源系 (いずれも, MS-1 関連のもの)	0				0			
			非常用補機冷却水系	0			0	0	0	0	

表 1-1 防護対象設備 (クラス 1, 2)

		山へ巻きった王山	- /\ \r.	設	備設置箇	所		外部	火災評価	西項目
八柘		女主機能の里安度	2分類	建屋	内設備			熱影響評価	6	ばい煙評価
万短	定義	機能	防護対象設備	原子炉建屋, 制御建屋	タービ ン建屋	個別 建屋	屋外 設備	建屋外壁	個別 機器	外気を取込む 設備
	<ol> <li>その損傷又は故障によ</li> <li>原子炉冷却材を内蔵す</li> <li>原子炉冷却材を内蔵す</li> <li>の発生する事象によっ</li> <li>て、炉心の著しい損傷又</li> <li>は燃料の大量の破損を直</li> <li>ちに引き起こすおそれは</li> <li>ないが、敷地外への過度</li> <li>の放射性物質の放出のお</li> <li>それのある構築物、系統</li> <li>は除く。)</li> </ol>		主蒸気系 原子炉冷却材浄化系(いずれも,格納容 器隔離弁の外側のみ)	0				0		
	及び機器	<ol> <li>原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続され</li> </ol>	放射性気体廃棄物処理系		0			0		
PS-2		ていないものであっ て,放射性物質を貯蔵 する機能	使用済燃料プール(使用済燃料貯蔵ラッ クを含む。)	0				0		
		<ol> <li>3)燃料を安全に取り扱う 機能</li> </ol>	燃料取扱設備	0				0		
	2)通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時に作動を要求されるものであって、その故障により、 炉心冷却が損なわれる可能性の高い構築物、系統及び機器	1) 安全弁及び逃がし弁の 吹き止まり機能	逃がし安全弁 (吹き止まり機能に関連す る部分)	0				0		
	1)PS-2 の構築物,系統及び 機器の損傷又は故障によ	<ol> <li>1) 燃料プール水の補給機</li> <li>能</li> </ol>	非常用補給水系	0				0		
	り敷地周辺公衆に与える 放射線の影響を十分小さ	<ol> <li>2) 放射性物質放出の防止 機能</li> </ol>	放射性気体廃棄物処理系の隔離弁		0			0		
MS-9	くするようにする構築 物,系統及び機器		排気筒(非常用ガス処理系排気管の支持 機能以外)				0		0	
1115-2	<ol> <li>2)異常状態への対応上特に 重要な構築物,系統及び 機器</li> </ol>	<ol> <li>事故時のプラント状態 の把握機能</li> </ol>	格納容器雰囲気放射線モニタ	0				0		
		2)異常状態の緩和機能	_	_	-	_	_		—	
		<ol> <li>制御室外からの安全停 止機能</li> </ol>	制御室外原子炉停止装置(安全停止に関 連するもの)	0				0		

表 1-1 防護対象設備 (クラス 1, 2)



(2) 二次的影響評価

外部火災の二次的影響評価については,ばい煙等による安全上重要な施設 に対する影響評価として,外部電源喪失等において安全施設に給電を行う設 備(非常用ディーゼル機関および同吸気系,原子炉補機冷却海水ポンプ電動 機および高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機)への影響評価,お よび,ばい煙等による外部火災影響評価対象として抽出した防護対象設備 (空調設備)における外気取入れ系統の影響評価を実施する。

なお,外部火災発生時の有毒ガスによる居住性の評価の観点から中央制御 室の影響評価も実施する。(添付資料-7参照)

また,発電所敷地外 10km 以内に設置されている近隣の産業施設の爆発に よる飛来物についても影響評価を実施する。(添付資料-3 参照) 3. 非常用ディーゼル発電機用軽油タンクについて

非常用ディーゼル発電機用軽油タンクは,現存の位置に地下埋設の軽油タン クとする。

地下埋設の軽油タンクは「危険物の規制に関する政令」第13条第1項による 地下タンク貯蔵所とし、同第20条(消火設備)によって、その他の製造所等 に該当する地下タンク貯蔵所のため、「危険物の規制に関する規則」第35条 第1項第1号より、第5種の消火設備を2個設置する計画としている。

地下埋設の軽油タンクは、消防法に基づき、コンクリート構造物に収納され た地下埋設タンク(図1-2)で詳細設計するため、地表面で火炎は発生しない と考えられる。また、軽油タンク上部のマンホールも含め、森林火災、危険物 火災や航空機落下火災において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。

このため,外部火災は2号炉非常用ディーゼル発電機用軽油タンクは,外部 火災の熱影響評価の対象外とする。



B-B 断面図

図 1-2 地下軽油タンク概略図

4. 防護対象設備(クラス3)の影響評価の考え方

防護対象設備(クラス 3) については、一般産業施設と同等以上の信頼性 が要求されており、建屋内の設備については、建屋により防護することとし、 屋外設備については、防火帯幅の確保、金属製構造、地下ピット構造、消火 活動により防護または代替設備で安全機能を確保していくため、個別評価は 行わない。(表 1-2 参照)

なお,発電所においては消火設備,消防自動車の配備等の施設面での火 災防護対策を行うとともに,自衛消防隊の初期消火要員が24時間体制で常 駐する等,火災発生時には迅速な対応により,火災に対する防護対策をと ることにしている。

表 1-2 防護対象設備(クラス 3)

	安全機能の香亜亜八類			設備記	设置箇所	ŕ		外	部火災発	生時の防	ī護	
八拓		女全機能の重要	度分類	建	室内設備		屋外	設備	建屋に	位置・	代替設	消火活
万鬼	定義	機能	防護対象設備	原子炉建屋 制御建屋	タービン 建屋	個別 建屋	防火帯 内側	防火帯 外側	よる 防護	構造に よる 防護	備で安 全機能 を確保	動 に よ る 防 護
	1)異常状態の起因事象と       1)         なるものであって、       育         PS-1及び PS-2以外の       の         構築物、系統及び機器       2)         核       約	<ol> <li>1)原子炉冷却材保持機 能(PS-1, PS-2 以外 のもの)</li> </ol>	計装配管, 試料採取管	0					0			
		2)原子炉冷却材の循環 機能	原子炉冷却材再循環系	0					0			
		3)放射性物質の貯蔵機 能	サプレッションプール水排水系 液体廃棄物処理系	0					0			
			サプレッションプール水貯蔵タンク				0			$\bigcirc^{*_1}$		
			固体廃棄物処理系(固体廃棄物貯蔵所を 含む)	0		0			0			
	4.	4)電源供給機能(非常用 を除く。)	タービン 発電機及びその励磁装置 復水系(復水器を含む。) 給水系		0				0			
			循環水系		0		0		0	$\bigcirc *_2$	0	0
PS-3			送電線				0	0		$\bigcirc *_1$	0	
			変圧器 開閉所				0				0	0
		<ul> <li>5)プラント計測・制御機</li> <li>能(安全保護機能を除く。)</li> </ul>	原子炉制御系(制御棒価値ミニマイザを 含む。) 原子炉核計装 原子炉プラントプロセス計装	0					0			
		6)プラント運転補助機 能	計装用圧縮空気系	0					0			
		нс	所内ボイラ			0			0			
	<ol> <li>原子炉冷却材中放射性 物質濃度を通常運転に 支障のない程度に低く</li> </ol>	<ol> <li>1)核分裂生成物の原子 炉冷却材中への放散防 止機能</li> </ol>	燃料被覆管	0					0			
	抑える構築物,系統及び 機器	2)原子炉冷却材の浄化 機能	原子炉冷却材浄化系	0					0			
	機奋		復水浄化系		0				0			

※1:金属製構造

※2:地下ピット構造

獗1 -

10

表 1-2 防護対象設備(クラス 3)

		安全機能の重要	<b>庄</b> 公 稻		設備部	2置箇所	ŕ		外部火災発生時の防護				
		女王[版記]の重女		建	室内設備		屋外	設備	建屋に	位置・	代替設	消火活	
刀預	定義	機能	防護対象設備	原子炉建屋 制御建屋	タービン 建屋	個別 建屋	防火帯 内側	防火帯 外側	よる 防護	構造に よる 防護	備で安 全機能 を確保	動によ る防護	
	1)運転時の異常な過渡 変化があっても	1)原子炉圧力の上昇の 緩和機能	逃がし安全弁(逃がし弁機能)	0					0				
	MS-1, MS-2 とあいま 		タービンバイパス弁		0				0				
	って、事象を緩和する 構築物、系統及び機器	2)出力上昇の抑制機能	原子炉冷却材再循環系(再循環ポンプト リップ機能) 制御棒引抜監視装置	0					0				
		3) 原子 炉 冷却材 の 補 給 機能	制御棒駆動水圧系	0					0				
	2) 異常状態への対応上 必要な構築物、系統及	1)緊急時対策上重要な もの及び異常状態の	原子力発電所緊急時対策所			0			0				
MS-3	び機器	把握機能	試料採取系	0					0				
			通信連絡設備	0	0	0	0	0	0		0		
			放射線監視設備			0		0	0		0	0	
			事故時監視計器の一部	0			0	0	0		0	0	
			消火系	0	0	0	0		0		0		
			安全避難通路	0	0	0			0				
			非常用照明	0	0	0			0				

5. 重大事故等対処設備について

重大事故等対処設備については,防護対象設備(クラス 1, 2)を防護するこ とにより,外部火災による重大事故の発生に至ることはないが,炉心損傷防止 等の原子炉の安全性に係る対策に大きな影響を与えるおそれがあることから, 防火帯の内側に配備する。

また,外部火災による影響が及ぶおそれがある場合には,建屋外壁による防 護,地下構造による防護,火災影響の及ばない位置への移動,代替設備による 安全機能の確保により,外部火災の熱影響に対する対応を行う。(表 1-3 参照)

			設備設置場所		
分類		設備	及佣权 L 物 月 為日本 日 日 日		外部水災発生時の防護
			建屋内設置	至 2下 設 備	开的尺列光上的砂树枝
核 燃 料 物 質 の 取 扱 施 設 及 び 貯蔵施設	使用済燃料 貯蔵設備 使用済燃料 貯蔵槽冷却 浄化設備	使用済燃料貯蔵槽の温度,水位及 び漏えいを監視する装置(常設)	0	HA UT	建屋外壁による防護
		燃料プール補給水ポンプ	0		建屋外壁による防護
		大容量送水ポンプ		0	火災影響の及ばない位置に 移動,燃料プール冷却浄化系 による安全機能確保
		淡水貯水槽		0	地下構造のため火災の輻射 熱の影響を受けない
原子炉冷	非常用炉心 冷却設備そ の他原子炉 注水設備	高圧代替注水系ポンプ	0		建屋外壁による防護
却 系 統 施 設		大容量送水ポンプ		0	火災影響の及ばない位置に 移動,非常用炉心冷却設備に よる安全機能確保
		淡水貯水槽		0	地下構造のため火災の輻射 熱の影響を受けない
	原子炉補機 冷却設備	原子炉補機代替冷却水系熱交換 器ユニット		0	火災影響の及ばない位置に 移動,原子炉補機冷却水系・ 海水系による安全機能確保
		大容量送水ポンプ		0	火災影響の及ばない位置に 移動,原子炉補機冷却水系・ 海水系による安全機能確保
計測制御	計測装置	代替制御棒挿入機能	0		建屋外壁による防護
系統施設		代替原子炉再循環ポンプトリッ プ機能	0		建屋外壁による防護
		代替自動減圧機能	0		建屋外壁による防護
		自動減圧系作動阻止機能	0		建屋外壁による防護
		原子炉圧力容器本体の入口又は 出口の原子炉冷却材の圧力,温 度又は流量(代替注水の流量を 含む。)を計測する装置(常設)	0		建屋外壁による防護
		原子炉格納容器本体内の圧力, 温度,酸素ガス濃度又は水素ガ ス濃度を計測する装置(常設)	0		建屋外壁による防護

表 1-3 重大事故等対処設備に対する外部火災の影響について(1/2)

設備設置場所 分類 設備 外部火災発生時の防護 建屋内 屋外 設置 設備 計測制御 計測装置 原子炉格納容器本体への冷却材 建屋外壁による防護 Ο 系統施設 流量を計測する装置(常設) 原子炉格納容器本体の水位を計 建屋外壁による防護 Ο 測する装置(常設) 原子炉建屋内の水素ガス濃度を 建屋外壁による防護 0 計測する装置(常設) 工学的安全 工学的安全施設等の信号 建屋外壁による防護 施設等の起 Ο 動信号 放射線管 放射性物質により汚染するおそ 放射線管理 建屋外壁による防護 理施設 用計測装置 れがある管理区域から環境に放 出する排水中又は排気中の放射 Ο 性物質濃度を計測する装置(常 設) 使用済燃料貯蔵槽エリアの線量 建屋外壁による防護 Ο 当量率を計測する装置(常設) 原子炉格 圧力低減設 大容量送水ポンプ 火災影響の及ばない位置に 納施設 備その他の  $\bigcirc$ 移動,残留熱除去系による安 安全設備 全機能確保 淡水貯水槽 地下構造のため火災の輻射  $\bigcirc$ 熱の影響を受けない 燃料プール補給水ポンプ 建屋外壁による防護 Ο 静的触媒式水素再結合装置 建屋外壁による防護  $\bigcirc$ 火災影響の及ばない位置に 窒素ガス代替供給装置  $\bigcirc$ 移動,窒素ガス供給装置によ る安全機能確保 原子炉格納容器フィルタ装置出 建屋外壁による防護 Ο 口側圧力開放板 原子炉格納容器フィルタ装置 建屋外壁による防護 Ο その他発 非常用電源 非常用発 ガスタービン発電 非常用ディーゼル発電機に 0 電用原子 設備 電装置 機 よる安全機能確保 炉の附属 電源車 (可搬型代替 火災影響の及ばない位置に 施設 移動,非常用ディーゼル発電 電源設備用  $\bigcirc$ 機による安全機能確保 電源車(原子炉補機 火災影響の及ばない位置に 移動,非常用ディーゼル発電 代替冷却水系熱交  $\bigcirc$ 換器ユニット用) 機による安全機能確保 ガスタービン燃料 非常用ディーゼル発電機に 0 移送ポンプ よる安全機能確保 地下軽油タンク 地下構造のため火災の輻射 Ο 熱の影響を受けない タンクローリー 火災影響の及ばない位置に Ο 移動,非常用ディーゼル発電 機による安全機能確保 建屋外壁による防護 その他の 125V 系蓄電池 Ο 電源装置 125V 系代替蓄電池 建屋外壁による防護 Ο 緊急時対策 緊急時対策所 建屋外壁による防護 Ο 所 (3 号炉原子炉建屋内)

表 1-3 重大事故等対処設備に対する外部火災の影響について(2/2)

添付資料-2

## 森林火災による影響評価について

1. 目的

本評価は,発電所敷地外で発生する火災に対して安全性向上の観点から, 森林火災が発電所に迫った場合でも原子炉施設に影響を及ぼさないことを評 価するものである。

2. 森林火災の影響評価

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」(以下,「外部火災影響評価 ガイド」という)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」に従い,森林火災を想定し,発電所への影響について評価する。

(1)評価手法の概要

過去 10 年間の気象条件を調査し、森林火災の発生件数の多い月の最小湿度、最高気温、および最大風速の組み合わせを設定し、発電所の風上に発電所から直線距離で 10km の間に発火点を設定し、その森林火災の影響を評価する。

- 3. 森林火災への影響評価結果
- (1) 森林火災の発火点の設定について(発火点の考え方)
  - a. 外部火災影響評価ガイド
    - (a)風向は卓越方向とし、発電所の風上に発火点を設定する。
       ただし、発火点と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定できるものとする。
    - (b)発電所からの直線距離 10km の間で設定する。
    - (c)発火源は最初に人為的行為を考え,道路沿いを発火点とする。 さらに必要に応じて想定発火点を考え評価する。
  - b. 発火点の設定方針
    - (a)風向は、卓越風向を選定する。
    - (b)発電所からの直線距離 10km の間に設定する。
    - (c) 人為的行為を考え,居住地区および道路沿いを選定する。

c. 森林火災の発生原因

森林火災の発生原因は図 2-1 のとおり, 焚き火(22%), たばこ (18%), 放火・放火の疑い(14%)および火入れ(12%)等の人為的な 行為であることから, 発電所近隣の居住地区および道路沿いを選定候補と した。

なお,過去10年間において発電所周辺(10km以内)における森林火災は2件発生しているが,2件とも発電所に影響のある森林火災ではなかった。



d. 立地条件を考慮した発火点の設定

過去10年間の気象観測データで確認された森林火災発生件数の多い3 月から5月の卓越風向は北北東,南南西,西北西の3つのグループに分 けられる。(図 2-2,表 2-1 参照)



図 2-2 森林火災の月別発生件数(出典:宮城県消防防災年報)

	最多風向出現回数		計	卓越風向グループ※	
風向	(日単位)				
	3月	4月	5 月		
北	3	17	15	35	
北北東	30	28	32	90	K
北東	14	32	41	87	
東北東	3	3	1	7	
東	1	0	2	3	
東南東	5	3	1	9	
南東	8	5	4	17	
南南東	7	8	11	26	
南	12	24	45	81	k
南南西	28	32	49	109	
南西	7	3	3	13	
西南西	0	2	1	3	
西	4	5	2	11	
西北西	117	72	43	232	$\downarrow$
北西	26	19	15	60	
北北西	19	14	9	42	
*10回以上をグルー	プ化 (	出曲・気象	庁 HP 気象	統計情報)	_

表 2-1 江ノ島観測所における卓越風向(平成 16 年~平成 25 年)

**ПГ** X(家形百门月報)

卓越風向グループの3方向毎に人為的行為を想定した発火点を以下のと おり設定した。(図2-4参照)

(a) 発火点1(北北東方向)

民宿, 社員寮等の居住区が存在する小屋取地区の漁港沿いを選定した。

- (b)発火点 2-1(南南西方向)発電所に近い県道沿いを選定した。
- (c)発火点 2-2(南南西方向) 居住区および田が存在する鮫浦地区を選定した。
- (d) 発火点3(西北西方向) 発電所周辺の道路沿いから,発電所に近い地点を選定した。

保守的に評価するため、風向は、各発火点から発電所に向かう風向とす るとともに、気象データは火災発生件数の多い3月から5月の最高気温、 最小湿度、最大風速を設定して解析する。

(風向設定)

※ 小 占	発火点名	設定風向	発電所と発火点の距離
<b>光</b> 八点		[方位]	[km]
発火点1	小屋取漁港道路沿い	北	約 0.9
発火点 2-1	県道 41 号線沿い	南西	約 1.2
発火点 2-2	鮫浦地区(田)	南南西	約 2.6
発火点 3	塚浜地区道路沿い	西北西	約 1.1

(気象データ入力条件(火災発生件数の多い3月~5月))

最高気温 (℃)	最小湿度(%)	最大風速(km/h)	
27.8	13	86(23.8[m/s])	



なお、いずれの方位も発電所へ火炎が至る前に下り斜面となり、方位に よる地形の差異はない。

図 2-3 発電所周辺の標高分布図





図 2-5 評価発火点(航空写真)




## 添2-10

- e.森林火災評価における発火点の妥当性
  - (a) 発火点1(北北東方向)の妥当性

当該地点は荒地であり,発電所への最短の延焼方向は海沿いに限定される。この方向は当社社員寮および森林となっており,発火点を西側 へ移動させたとしても付近の植生は森林であり植生データは大きく変 わらないことから評価結果に有意な差が出ることはない。

よって、人為的行為を想定し漁港沿いの当該地点を選定した。

(b) 発火点 2-1 (南南西方向)の妥当性

当該県道沿いのまわりは森林であり植生データは大きく変わらないこ とから,発火点を県道沿いに移動させたとしても評価結果に有意な差 が出ることはない。

よって卓越風向の方向で県道沿いの近い点を発火点として設定した。

(c) 発火点 2-2 (南南西方向)の妥当性

当該地点付近および延焼方向の田には保守的に Tall grass を設定して いることならびにまわりは森林であり植生データは大きく変わらない ことから,発火点を付近で移動させたとしても,当該地点より評価結 果が厳しくなることはない。

よって、鮫浦地区を発火点として設定した。

(d) 発火点3(西北西方向)の妥当性

当該地点は荒地であり、この地点から発電所方向は森林となっており 植生データは大きく変わらないことから、発火点を付近で移動させた としても評価結果に有意な差が出ることはない。

よって卓越風向の方向で県道沿いの近い点を発火点として設定した。

(2) 発火点に基づく評価

外部火災影響評価ガイドを参照し、「発火点 1」、「発火点 2-1」、「発 火点 2-2」および「発火点 3」において森林火災が発生した場合を想定し、 森林火災シミュレーション解析コード(FARSITE)にて解析を実施した。

データ種類	外部火災影響評価ガイドの記載	発電所での評価で用いたデータ
十地利用	現地状況をできるだけ模擬する ため,公開情報の中でも高い空間 解像度である100mメッシュの土	同左 国土数値情報(国土交通省)の 100mメッシュの土地利用データを
データ	地利用データを用いる。 (国土数値情報 土地利用細分メ ッシュ)	使用した。
植生データ	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。	同左 宮城県および東北森林管理局より 森林簿を入手し,森林簿の情報を基 に防火帯周辺の植生調査を実施し た。 その結果から,保守的に可燃物パ ラメータを設定し,土地利用データ における森林領域を,樹種・林齢に より細分化した。
地形データ	現地の状況をできるだけ模擬す るため、公開情報の中でも高い空 間解像度である10mメッシュの標 高データを用いる。 傾斜度、傾斜方向については標 高データから計算する。(基盤地 図情報 数値標高モデル 10mメッ シュ)	同左 基盤地図情報(国土地理院)の 10mメッシュの標高データを使用し た。 敷地内は,当社敷地配置図および 航空レーザー測量標高データを使用 した。
気象データ	現地にて起こり得る最悪の条件 を検討するため,発生件数の多い 月の過去10年間の最大風速,最 高気温,最小湿度の条件を採用す る。	同左 森林火災発生件数の多い3月~5月の 過去10年間の最大風速,最高気温, 最小湿度の条件を採用した。 風向は各発火点から原子炉建屋方 向に設定した。

表 2-2 森林火災評価のための入力データ一覧

- (3) FARSITE 入力データについて
  - a. 土地利用データ・植生データについて

国土数値情報 土地利用細分メッシュ平成21年度(国土交通省)の森林, 田畑,建物用地等の土地利用状況をFARSITEの可燃物パラメータとして 入力した。

また,土地利用データにおける森林部に対し,森林簿の樹種,林齢デー タについて確度を上げるために防火帯周辺の植生調査を実施した。

可燃物パラメータの設定については、森林簿および防火帯周辺の植生調 査データを確認した上で、保守性を考慮した可燃物パラメータを設定した。 また、マツ、スギ、落葉広葉樹の可燃物パラメータのFARSITE入力は 「福島第一原子力発電所への林野火災に関する影響評価」(独立行政法人 原子力安全基盤機構)を参考に実施した。

(a) 植生調査について

植生調査は防火帯周辺についてウォークダウンし、樹種、林齢、下草の確認を実施した。

i. 調查内容

一箇所当たり 30m×30m の範囲で目視調査を実施した。

調査内容は、樹種、林齢、下草の堆積厚さ(落枝等の可燃物平均 高)とした。

ii. 調査者の力量

調査者は植生調査業務に必要な資格(1級造園施工管理技師)を 有する者または植生調査業務に10年以上の経験を有している者と した。

ⅲ. 調査範囲

調査範囲は、防火帯周辺とした。

(「図 2-8 発電所植生調査範囲および代表的な調査ポイント」参照)



図 2-8 発電所植生調査範囲および代表的な調査ポイント

iv. 植生調査結果

防火帯周辺における代表的な調査ポイントの植生調査結果を以下に示す。

調本ポイント	植生調査結果					
祠 宜 小 イ ノ ト	樹種	林齢	下草			
1	スギ	40 年生以上	約 20cm			
20	マツ	40 年生以上	約 20cm			
40	マツ	20年生以上 30年生未満	約 20cm			
80	Brush		約 20cm			
95	落葉広葉樹	40 年生以上	約 10cm			
100	スギ	30 年生以上 40 年生未満	約 10cm			
110	スギ	40 年生以上	約 10cm			
120	マツ	40 年生以上	約 10cm			
140	マツ	40 年生以上	約 10cm			
155	落葉広葉樹	10年生以上 20年生未満	約 10cm			
160	落葉広葉樹	40 年生以上	約 10cm			
165	スギ	40 年生以上	約 10cm			
170	マツ	20 年生以上 30 年生未満	約 30cm			
180	スギ	40 年生以上	約 30cm			
190	マツ	40年生以上	約 50cm			
200	マツ	30年生以上 40年生未満	約 60cm			
210	落葉広葉樹	20 年生以上 30 年生未満	約 30cm			
240	スギ	40 年生以上	約 30cm			
250	Brush	_	約 50cm			
260	スギ	40年生以上	約 20cm			
270	落葉広葉樹	40年生以上	約 30cm			
272	スギ	40 年生以上	約 30cm			

表 2-3 代表的な調査ポイントおよび植生調査結果

V. 植生調査状況

防火帯周辺における代表的な調査ポイントの植生状況を以下に示す。

①防火帯周辺(1/5)



植生調査所見

- ・Brush (茂み)
- ・Brush は平均 20cm 程度であった



植生調査所見

- ・スギ 40 年生以上
- ・下草は平均 10cm 程度であった



植生調査所見

- ・マツ 20 年生以上 30 年生未満
- ・下草は平均 30cm 程度であった



植生調査所見 ・落葉広葉樹 20 年生以上 30 年生未満 ・下草は平均 30cm 程度であった



植生調査所見

・スギ 40 年生以上

・下草は平均 30cm 程度であった

(b) 植生入力の保守性について

植生の入力にあたって、地方自治体より入手した森林簿および国土 数値情報 土地利用細分メッシュに基づき、入力データを整備してい るが、以下のとおり保守的な入力としている。

- i. 土地利用細分メッシュからの植生データ入力
- (i)ゴルフ場,田およびその他農業用地の植生入力
   通常考えられる Short grass を保守的に Tall grass として
   FARSITE の入力としている。
- (ii) 荒地の植生入力
   保守的に燃えやすい Brush (茂み) を FARSITE の入力として
   いる。
- ii.森林簿および植生調査からの植生データ入力 複数混在樹種,林齢より,火線強度の大きいものを代表として FARSITEの入力としている。

防火帯周辺の植生調査を実施し,森林簿データに植生調査結果を 反映した上で,保守的な可燃物パラメータを入力している。

可燃物パラメータ入力の考え方は,植生調査結果を踏まえ,森林 の下草状況,樹種および林齢を考慮し,以下のとおり保守的に林齢 を設定した。

森林簿,植生調査結果	保守的林齡設定後
10 年生未満	10年生未満
10 年生以上 20 年生未満	10年生未満
20年生以上30年生未満	10年生以上20年生未満
30 年生以上 40 年生未満	20年生以上30年生未満
40年生以上	20 年生以上 30 年生未満

表 2-4 林齢の設定

iii. 樹冠率の入力

樹冠率は,森林に該当するカテゴリ3(50~80%)および4(81~100%)の中から,火線強度が強くなるカテゴリ3を設定している。

iv. 植生調査結果を踏まえた防火帯周辺の設定可燃物パラメータ 防火帯周辺における代表的な植生調査結果を踏まえた設定可燃物 パラメータを以下に示す。

設定する可燃物パラメータ 植生調査結果(参考) 調査 ポイント 樹種 林齢 下草 樹種 林齢 下草 20 年生以上 スギ スギ 40 年生以上 1 約 180cm 約 20cm 30年生未満 20年生以上 マツ マツ 約 180cm 40 年生以上 約 20cm 2030年生未満 10年生以上 20年生以上 マツ マツ 約 20cm 40 約 180cm 30 年生未満 20 年生未満 80 Brush Brush 約 20cm 落葉広葉樹 \_ 落葉広葉樹 40 年生以上 約 10cm 95約 180cm 20年生以上 30年生以上 スギ スギ 100 約 180cm 約 10cm 30年生未満 40 年生未満 20年生以上 スギ スギ 約 180cm 40 年生以上 約 10cm 110 30年生未満 20年生以上 120 マツ 約 180cm マツ 40 年生以上 約 10cm 30年生未満 20年生以上 マツ マツ 140約 180cm 40年生以上 約 10cm 30年生未満 10年生以上 落葉広葉樹 155約 180cm 落葉広葉樹 約 10cm 20 年生未満 \_ 160 落葉広葉樹 約 180cm 落葉広葉樹 40年生以上 約 10cm 20年生以上 スギ 約 180cm スギ 40年生以上 約 10cm 16530年生未満 10年生以上 20年生以上 マツ マツ 170約 180cm 約 30cm 20年生未満 30年生未満 20 年生以上 180 スギ 約 180cm スギ 40 年生以上 約 30cm 30年生未満 20年生以上 マツ 40年生以上 マツ 190 約 180cm 約 50cm 30年生未満 20 年生以上 30年生以上 マツ マツ 200約 180cm 約 60cm 30年生未満 40 年生未満 20 年生以上 落葉広葉樹 約 180cm 落葉広葉樹 約 30cm 21030年生未満 20 年生以上 スギ スギ 40 年生以上 240約 180cm 約 30cm 30年生未満 約 50cm 250Brush \_ Brush 20 年生以上 スギ 約 180cm スギ 40 年生以上 約 20cm 26030年生未満 落葉広葉樹 落葉広葉樹 40 年生以上 約 30cm 270\_ 約 180cm 20年生以上 スギ 約 180cm スギ 40年生以上 約 30cm 27230年生未満

表 2-5 代表的な植生調査結果を踏まえた設定可燃物パラメータ

## (c)入力データの設定結果について

入力データ(土地利用および植生データ)の設定結果を図 2-9 に示す。



図 2-9 発電所周辺植生分布図

b. 地形データの設定について

発電所敷地外の標高データについては、外部火災影響評価ガイドに従い、現地状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中で最も空間解像 度の高い基盤地図情報数値標高モデル10mメッシュの標高データを用いた。

東北地方太平洋沖地震に伴う地盤変動の影響については,国土地理院 公開の補正パラメータを考慮した。

また,発電所敷地内の標高データについては,屋外配置全体図に記載 された敷地標高に,地盤変動量として-1mを加算(=地盤沈下量1m) した標高値を設定した。

傾斜および傾斜方位データについては、上記の標高データより算出した。



図 2-10 発電所周辺標高データ

c. 気象データの設定について

宮城県防災年報(平成15年~平成24年)にて記載のある宮城県の森林 火災発生件数の第1位は4月,第2位は3月,第3位は5月であること から,調査対象月を3月から5月とした。(図2-2参照)

また,気象データとしては,被ばく評価等で使用している発電所内の気 象観測データおよび発電所敷地外の公開情報である気象統計情報(気象庁) があるが,本外部火災評価では発電所敷地外の火災発生・進展を評価する ことから,気象統計情報(気象庁)のデータを使用し,最大風速,最高気 温および最小湿度を選定した。

データ	外部火災影響評価	発電所での評価で	入力	冬仲
種類	ガイドの記載	用いたデータ	項目	未件
	気象条件は過去 10 年	・同左	気温	27.8°C
気象条件	間を調査し, 森林火災 の発生件数の多い月の 最小湿度, 最高気温, 及び最大風速の組合せ	森林火災の多い月の過 去 10 年間の気象条件 から最小湿度,最高気 温 お上び最大回速を	風速	86km/h (23.8m/s)
	とする。	調査した。	湿度	13%
風向	風向は卓越風向とし, 発電所の風上に発火点 を設定する。ただし, 発火源を発電所の位置 関係から風向きを卓越 風向に設定することが 困難な場合は,風向き データ等から適切に設 定できるものとする。	風向は各発火点から原子炉建屋方向に設定した。	風向	北西南西北

表 2-6 FARSITE へ入力する気象データー覧

	江ノ島				石巻			
年日		是宣气泪	最大	風速	是宣气泪	是小识庙	最大	風速
47	最多風向	取同×/血 「°∩1	風速	風向	取同メル面	取小业皮 [04]	風速	風向
			[m∕s]	風旧	[0]	[%0]	[m∕s]	」」」
2004年3月	西北西	14.2	17	北西	16.3	20	16	西北西
2005年3月	西北西	14.2	15	西北西	12.8	23	16.9	西
2006年3月	西北西	14.1	22	北北東	13.9	14	17.1	西北西
2007年3月	西北西	15	13	北北西	14.7	24	14.7	西北西
2008年3月	西北西	13.7	17	北北東	16.2	23	14.1	西北西
2009年3月	西北西	16.2	14.3	北西	16.9	22	16.7	西北西
2010年3月	西北西	13.5	20.3	北北東	15.9	27	18.2	西北西
2011年3月	西北西	10.6	13.8	西北西	18.6	29	13.6	西北西
2012年3月	北北東	13.1	16.4	北北西	13.4	34	16.6	西北西
2013年3月	西北西	17.2	20.5	西北西	17.5	24	19.5	西北西
2004年4月	西北西	22.1	15	北北西	24.2	17	15.7	西北西
2005年4月	西北西	22.8	16	西北西	25.2	13	17.9	西北西
2006年4月	西北西	18.8	14	北北東	20.1	22	17.3	西北西
2007年4月	西北西	18.5	16	北北東	22	25	14.3	北西
2008年4月	北北東	19.9	20.5	北北東	20.5	15	21.3	北東
2009年4月	西北西	21.5	18.4	北北東	22.4	19	15.6	西北西
2010年4月	西北西	15.2	14.8	西北西	16.1	28	14.0	西北西
2011年4月	欠測(震災	による測定・	データ欠測)		21	19	15.6	北西
2012年4月	西北西	18.7	17.1	南	21.1	20	16.5	南南東
2013年4月	西北西	19.7	18.7	西北西	22.5	18	17.9	西北西
2004年5月	南	24.3	18	北北東	27.2	15	16.7	北東
2005年5月	北北東	21.1	15	北北東	22.8	19	14.4	西北西
2006年5月	南南西	20.9	11	西北西	23.7	30	14.2	東南東
2007年5月	西北西	24	13	北北東	27.8	21	15.7	西北西
2008年5月	北東	22	14.8	南東	24.4	18	16.3	東南東
2009年5月	南南西	23.2	13.5	西	24.9	17	16.5	西北西
2010年5月	西北西	25.2	11.7	北西	27.1	26	13.4	西北西
2011年5月	欠測(震災	による測定	デ <b>ー</b> タ欠測)		22.7	26	23.8	北東
2012年5月	西北西	21.7	12.9	西北西	24.2	23	16.4	東南東
2013年5月	西北西	22.3	14.2	北北東	25.5	27	13.6	西北西
最大値	西北西	25.2	22	北北東	27.8	13	23.8	西北西

表 2-7 気象観測データ(3月~5月)

(出典:気象庁 HP 気象統計情報)

○過去10年間における火災発生件数の多い,3月~5月の気象データを整理する。
 ○過去10年間における3月~5月の最小湿度,最高気温および最大風速を選定している。

## (4) FARSITE の解析結果(延焼状況結果) 各発火点による解析結果を以下に示す。



図 2-11 発火点1:北(小屋取漁港道路沿い) の火線強度および火炎到達時間



32-12 発火点 2-1: 南西(県道 41 号線沿いの火線強度および火炎到達時間



図 2-13 発火点 2-2:南南西(鮫浦地区(田)) の火線強度および火炎到達時間



図 2-14 発火点 3:西北西(塚浜地区道路沿い) の火線強度および火炎到達時間

a. 最大火線強度と火炎到達時間について

防火帯外縁より約100mの範囲における最大火線強度,火炎が防火帯外縁に最も早く到達する火炎到達時間は以下のとおりとなり,最も火線強度が高かった発火点3の結果から防火帯幅を決定する。火炎到達時間については,発火点1が最も早く到達する結果となった。

	• •		
※水占位置	最大火線強度	火炎到達時間	最大火線強度
光八宗世世	[kW/m]	[h]	出現時刻
発火点1	4,158	<u>約 2.6</u>	12:36
発火点 2-1	2,993	約 5.2	11:51
発火点 2-2	3,912	約 14.3	11.52
発火点3	4,514	約 3.7	12:28

表 2-8 解析結果

FARSITE 解析における主な入力パラメータは保守的な設定(添付-4 参照)としているが,他に解析結果に影響するパラメータとしては最大火 線強度の出現時刻(日射量に影響を及ぼす)がある。

最大火線強度出現時刻の保守性を確認するため,最大火線強度が最も大きい発火点3について9パターンの出火時刻を入力して最大火線強度出現時刻の感度解析を実施した。

表 2-9 に示すとおり,最大火線強度は日中帯(10 時~14 時頃)に高くなる傾向がある。これは日射により可燃物の水分量変化を計算上考慮しているためである。

発火点 3 出火時刻	14:30	0:30	19:30	3:29	5:00	5:29	6:30	7:29	10:00
最大火線強度出現時刻	7:44	8:37	10:23	10:50	12:06	12:28	13:19	14:00	16:30
最大火線強度[kW/m]	3,287	3,390	2,908	3,649	3,269	4,514	3,550	4,210	2,317

表 2-9 感度解析結果

b. 防火帯幅について

外部火災影響評価ガイドに基づき,防火帯外縁より約 100m の範囲にお ける最大火線強度から「Alexander and Fogarty の手法(風上に樹木が有 る場合)」を用いて,防火帯幅(火炎の防火帯突破確率 1%の値)を算出 した結果,評価上必要とされる防火帯幅が 19.8m であるため,20m の防 火帯幅を確保することにより延焼による防護対象設備への影響がないこと を確認した。



表 2-10 風上に樹木が有る場合の火線強度と最小防火帯幅の関係 (火炎の防火帯突破確率 1%)

火線強度 (kW/m)	500	1,000	2,000	3,000	4,000	5,000	10,000	15,000
防火帯幅 (m)	16	16.4	17.4	18.3	19.3	20.2	24.9	29.7

(出典:外部火災影響評価ガイド)



図 2-15 火線強度に対する防火帯の相関図(出典:外部火災影響評価ガイド)

(5)防火帯の設定について

防火帯の設定および管理については以下のとおりとする。

- a. 森林火災の延焼を防止するために,防火帯を設定する。
- b. 防火帯は防護対象設備(クラス1,2)(固体廃棄物貯蔵所および開閉 所等の一部クラス3設備を含む)および重大事故等対処設備を囲うよ うに設定する。
- c.防火帯は発電所設備および駐車場の配置状況を考慮し,干渉しないように設定する。
- d. 山林部の防火帯設定は、伐採後の土砂等流出を考慮して、現場状況に 応じた保護工(モルタル吹付工または網工等)を行う。
- e.防火帯は、燃焼物および初期消火活動に支障となる物品が存在しない ことを確認するとともに、除草等の管理を行う。



- (6) 温度影響評価
  - a. 温度影響評価の流れ

FARSITE 出力より得られた,到達時間,反応強度および火炎長より, 各建屋のコンクリート表面温度を評価する。(図 2-16 参照)

なお, FARSITE 出力項目を表 2-11 に, 発火点毎の FARSITE 解析結果 を表 2-12 に示す。



図 2-16 温度影響評価(概要図)

𝔄 Δ ΙΙ ΙΛΙΙΟΙΙΟ Π/ͿϤ ( ) / Δ Π ( ) / Δ Π · · · · · · · · · · · · · · · · · ·	表 2-11	FARSITE 出力項目	(温度影響評価関係)
--	--------	--------------	------------

項	目	内容(用途)
FARSITE 出力	到達時間	出火から火災の前線が該当地点に到達するまでの時間
	[h]	(火炎継続時間の算出)
	反応強度	単位面積当たりの熱放出速度であり、火炎輻射発散度の根拠と
	$[kW/m^2]$	なる火災規模(火炎輻射発散度の算出)
	火炎長	火炎の高さ
	[m]	(円筒火炎モデルの形態係数の算出)
FARSITE 出力	火炎継続時間	到達時間から算出
より算定した	[h]	(円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出)
データ	<b>龙火</b> 転针戏	発電所防火帯外縁より約 100m 以内における反応強度(最大)
	八灰轴射光散度	に米国防火協会(NFPA)の係数 0.377 <sup>※1</sup> を乗じて算出
	[kW/m <sup>2</sup> ]	(円筒火炎モデルを用いた温度上昇の算出)
	燃焼半径	火炎長に基づき算出
	[m]	(円筒火炎モデルの形態係数の算出)
	火炎到達幅	発電所敷地境界の火炎最前線の長さ
	[m]	(円筒火炎モデル数の算出)

※1 NFPA「THE SFPE HANDBOOK OF Fire Protection Engineering」に定める針葉樹の係数

項目	発火点1	発火点 2-1	発火点 2-2	発火点 3
発火点	小屋取漁港道路沿い (北側へ 約 0.9km 地点)	県道41号線沿い (南西側へ 約1.2km 地点)	鮫浦地区(田) (南南西側へ 約 2.6km 地点)	塚浜地区道路沿い (西北西側へ 約1.1km 地点)
 火炎継続時間 [h]	0.37	0.60	0.10	0.17
最大火炎輻射 発散度 [kW/m <sup>2</sup> ]	494	417	424	428
火炎長 [m]	0.6	0.8	1.3	0.9
燃焼半径 [m]	0.2	0.3	0.5	0.3
円筒火炎 モデル数	28	21	12	19
火炎到達幅 [m]	2190	2190	2190	2190
形態係数 <sup>*1</sup> [-]	0.003	0.003	0.006	0.004
輻射強度 <sup>**1</sup> [kW/m <sup>2</sup> ]	0.04	0.04	0.08	0.05

表 2-12 FARSITE 解析結果

※1 評価対象との離隔距離により異なる。(代表として2号炉原子炉建屋を記載)

b. 円筒火炎モデル数の算出

外部火災影響評価ガイドに基づき,10m メッシュ内における円筒火炎モ デル数(É)を次式により算出する。

なお、火炎長については、防火帯外縁より約 100m 以内における反応強度(最大)の位置における値とする。

$$\dot{F} = \frac{10}{2R} \qquad \qquad R = \frac{H}{3}$$

*H*:火炎長 [m]

*R*:燃焼半径[m]

c. 形態係数の算出

外部火災影響評価ガイドに基づき形態係数を算出する。なお,各円筒火 炎モデルから受熱面までの距離が異なるため,各円筒火炎モデルにおける 形態係数を算出する。

$$\phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n - 1)}{B(n + 1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n - 1)}{(n + 1)}} \right] \right\} : \mathbb{R}$$
態係数  
ここで、 $m = \frac{H}{R} \approx 3$ ,  $n = \frac{L}{R}$ ,  $A = (1 + n)^2 + m^2$ ,  $B = (1 - n)^2 + m^2$   
 $L$  : 受熱面から円筒火炎モデルまでの離隔距離[m]

d. 輻射強度の算出

各時刻における受熱面への輻射強度(E) は次式で計算する。  $E = \emptyset \times f \times R_f$ (中心火炎の場合)[kW/m<sup>2</sup>]  $E_n = \emptyset_n \times f \times R_f \times 2$ (中心以外の火炎の場合)[kW/m<sup>2</sup>]  $R_f$ :最大火炎輻射発散度[kW/m<sup>2</sup>] f:火炎円筒モデル数(10m メッシュ)  $\emptyset$ :中心火炎の形態係数  $\emptyset_n$ :中心以外の火炎の形態係数

e. 火炎到達幅

森林火災が収束するまでに,防火帯外縁で延焼している範囲を火炎到達 幅(W)とし,この範囲の燃焼が受熱面へ与える影響を輻射強度により評 価する。

本評価に用いる火炎到達幅(W)は、以下のとおり延焼方向に対し、垂 直な線上の火炎前線を投影した長さとした。



図 2-17 火炎到達幅イメージ

## f. 火炎継続時間

防火帯外縁より約100m以内における最大火炎輻射発散度発生位置と隣接位置(火炎伝播方向)における延焼到達時間の差を火炎継続時間とする。



図 2-18 火炎継続時間概念図

- g. 温度の算出方法
  - (a) 評価条件

受熱面への輻射強度は、円筒火炎モデルを火炎到達幅の長さ分並べ、 各々の輻射強度を積算し評価する。火炎輻射発散度は各々の位置で強 度の違いがあるが、本評価では保守的に最大の火炎輻射発散度の円筒 火炎モデルが一様に存在するものとして評価する。

円筒火炎モデルの燃焼時間は火炎継続時間とする。



- ※1 燃焼時間は火炎継続時間とし、10m メッシュ単位で移動する。
- ※2 
  ゲ個分の円筒火炎モデルから放射
- ※3 **Ý**個分の円筒火炎モデルを2箇所から放射



(b) 原子炉施設外壁温度の算出

火災源からの輻射熱による外壁温度の評価については、一次元非定 常熱伝導方程式を有限差分法により導出した離散式により算出する。 ここで、本火災影響評価で用いる許容温度については、一般的にコ ンクリートの強度にほとんど影響がないとされている 200℃とする。 (添付-1参照)

なお,コンクリート表面温度評価にあたっては,対流および輻射に よる放熱は考慮しないものとした。



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

図 2-20 一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図

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

- *T* :外壁温度 [℃]
- ρ : コンクリート密度 (2400 kg/m<sup>3</sup>)
- *Cp* : コンクリート比熱 (963 J/kg/K)
- λ : コンクリート熱伝導率(1.74 W/m/K)
   x : コンクリート深さ
- x : コンクリート深さ
   t : 火炎継続時間 (s)
- (c) 建屋外壁表面温度初期值

火災源からの輻射熱による建屋外壁の表面温度の評価において、その 外壁表面温度の初期値 50℃については、室内温度 40℃に日射による実 効温度差 4℃を加えて求めた相当外気温度 44℃より設定している。外気 温度は室温よりも低いことから、外気温度の変動を考慮しても保守的で ある。



図 2-21 建屋外壁表面温度評価モデル

\*1:石巻・女川・江ノ島の過去10年間の最高気温の最高値(気象庁ホームページより) \*2:実効温度差は、「空気調和衛生工学便覧第13版」東京における実効温度差における タイプWの最大値を使用。なお、室内温度は40℃とする。 (d) 復水貯蔵タンク温度の算出

火災源からの輻射熱による復水貯蔵タンク温度の評価については、次 式の温度評価式により算出する。

ここで、本火災影響評価で用いる許容温度については、復水貯蔵タン クの最高使用温度である66℃とする。

なお、復水貯蔵タンク温度評価にあたっては、対流および輻射による 放熱は考慮しないものとした。



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

- $T_{0}$ :初期温度(36.8[℃])(石巻・女川・江ノ島の過去10年間の最高気温の最高値)
- E: 輻射強度[W/m<sup>2</sup>]
- : 燃焼継続時間[s] t
- Do :タンク外径(20.012[m])
- h : タンク円筒高さ(11.8[m])
- :水の密度(979.9 [kg/m<sup>3</sup>]) ※1  $\rho_w$
- :水の比熱(4186 [J/kg/K]) ※1  $C_{pw}$
- V:水の体積(690[m<sup>3</sup>])
- :タンク壁材密度(7860[kg/m<sup>3</sup>]) ※2  $\substack{\rho_s\\C_{ps}}$
- : タンク壁材比熱(473[J/kg/K]) ※2
- : タンク内径(20.0[m]) Di
- : タンク最小板厚(0.006[m]) е

※1: 伝熱工学資料第5版記載値(軽水)を66℃となるように線形補間した値

※2: 伝熱工学資料第5版記載値(キルド鋼)

(e) 排気筒温度の算出

火災源からの輻射熱による排気筒温度については,次式の温度評価 式により算出する。

ここで、本火災影響評価で用いる排気筒の許容温度として、排気筒 に使用されている鋼材材質(SMA400AP, STK400, SS400)から、 「発電用原子力設備規格 設計・建設規格」に規定されている当該鋼

材の制限温度である 350℃を許容温度とする。

円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し,外表面全体から放熱 するものとした。内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 排気筒円筒材の境界条件の模式図を図 2-23 に示す。

なお、評価にあたって排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが、 筒身よりも支持鉄塔側が森林火災との距離が近いこと(図 2-24 参照), 材質も支持鉄塔は SS400 および STK400,筒身では SMA400AP であ り、物性値が軟鋼で同一であることから、支持鉄塔の評価を実施する ことで筒身の評価は包絡される。





添2-41

受熱面の輻射強度は時間によらず一定である。したがって,排気筒の 温度上昇の最大値 T<sub>max</sub> は受熱面の輻射による熱量と放熱量がバランスし た状態である。下記の温度評価式により,排気筒の温度評価を実施した。

$$\frac{\varepsilon E \pi D_0}{2} = h \pi D_0 (T_{max} - T_0)$$

- ε :吸収率 0.9[-]
- *E* :輻射強度[W/m<sup>2</sup>]
- *Do* :外径[m]
- h : 熱伝達率 17[W/m<sup>2</sup>/K]
- To :初期温度 50[℃]

上式の左辺は輻射による受熱を表し、右辺は放熱を表す。これを変形 すると

$$T_{max} - T_0 = \frac{\varepsilon E}{2h}$$

と表せ、これを用いて温度評価を実施し、許容温度 350℃以下であることを確認した。

- h. 温度評価結果
  - (a) 原子炉施設における外壁温度の影響評価結果

温度評価結果は表 2-13 のとおり,原子炉施設外壁温度が最大となる 発火点 3 のケースでも約 56℃であり許容温度 200℃以下であること を確認した。

ここで,離隔距離を調整し,外壁温度が 200℃となる場合の距離を 危険距離として評価した。

なお、一番厳しい結果となった発火点 2-1 における危険距離は 18m となり、防火帯外縁から原子炉施設までの離隔距離は最短で約 150m であるため、離隔距離が危険距離以上であることを確認した。

(b) 復水貯蔵タンクにおける温度影響評価結果

温度影響評価結果は表 2-14 のとおり,復水貯蔵タンクにおける表面 温度が最大となる発火点 1 および発火点 2-1 のケースでも約 38℃であ り許容温度 66℃以下であることを確認した。

ここで、離隔距離を調整し、復水貯蔵タンク温度が 66℃となる場合の距離を危険距離として評価した。

なお、一番厳しい結果となった発火点 2-1 における危険距離は 6m と なり、防火帯外縁から復水貯蔵タンクの離隔距離は最短で約 332m で あるため、離隔距離が危険距離以上であることを確認した。 (c) 排気筒における温度影響評価結果

温度影響評価結果は表 2-15 のとおり,排気筒における表面温度が最 大となる発火点 2-2 のケースでも約 52℃であり,許容温度 350℃以下 であることを確認した。

ここで,離隔距離を調整し,排気筒温度が 350℃となる場合の距離 を危険距離として評価した。

なお、一番厳しい結果となった発火点 2-2 における危険距離は 15m となり、防火帯外縁から排気筒の離隔距離は最短で約 299m であるた め、離隔距離が危険距離以上であることを確認した。

					-	
項目	発火点	原子炉 建屋	制御建屋	タービン 建屋	1 号炉 制御建屋	海水ポン プ室※
	1	約 53	約 54	約 55	約 55	_
外壁温度[℃]	2-1	約 54	約 55	約 56	約 56	—
	2-2	約 53	約 54	約 55	約 55	—
	3	約 53	約 54	約 54	約 54	_
	1					
防火帯外縁からの	2-1	約 910	約 100	※ 159	約 150	約 204
最短距離 [m]	2-2	#J 219	TY 109	<i>т</i> у 1 <b>0</b> 5	示り 100	ボリ <b>29</b> 4
	3					
	1	15	15	15	15	—
<b>在</b> 险旺盛[]	2-1	18	18	18	18	_
厄陝距離【m】	2-2	15	15	15	15	_
	3	14	14	14	14	_

表 2-13 原子炉施設外壁温度評価結果

※ 海水ポンプ室設置機器については、地下ピット方式のため輻射熱の影響は直接受けない。 (添付-2参照)

表 2-14 復水貯蔵タンク温度影響評価結果

項目	復水貯蔵タンク				
	発火点 1	発火点 2-1	発火点 2-2	発火点3	
温度 [℃]	約 38	約 38	約 37	約 37	
防火帯外縁からの	※4 222	約 332	約 332	約 332	
最短距離 [m]	<b>ポリ 33</b> 2				
危険距離 [m]	4	6	3	3	

項目	排気筒				
	発火点1	発火点 2-1	発火点 2-2	発火点3	
温度 [℃]	約 51	約 51	約 52	約 51	
防火帯外縁からの	約4 200	約 299	約 299	約 299	
最短距離 [m]	赤り 299				
危険距離 [m]	9	10	15	11	

表 2-15 排気筒温度影響評価結果

i. まとめ

以上の結果により,森林火災における熱影響により安全機能を有する構築物,系統および機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼすことはない。

- (7) 初期消火活動の対応について
  - a. 火炎到達時間

防火帯への火炎到達時間については,発火点1が最も早く到達する結果 となった。

発火点位置	防火帯到達時間[h]	
<b>発</b> 火点 1	約 2.6	
発火点 2-1	約 5.2	
発火点 2-2	約 14.3	
発火点 3	約 3.7	

- b. 外部火災の覚知方法
  - (a)発電所敷地内および発電所敷地境界付近における火災の覚知方法と しては、24 時間常駐している警備員および運転員によるパトロール ならびに通常勤務の構内の社員および協力会社従業員による覚知が可 能である。
    - i. 発見者は,消防機関へ直接 119 番通報し,その後,発電課長へ連 終する。
    - ii. 発電課長は、発見者からの連絡を受けた場合は、消防機関へ 119
       番通報したかどうか確認し、未通報の場合は中央制御室より通報を 行う。
  - (b)発電所敷地外における火災の覚知方法としては,事務所内に設置している近隣自治体の防災行政無線により受信する。
  - (c)上記に加え,外部火災の監視強化を図るため,中央制御室から監視 可能な構内監視カメラを設置する。



図 2-25 自衛消防隊体制
E S	要員	人数	役割	
通報連	絡責任者	1名	<ul> <li>・消防署への通報連絡</li> <li>・初期消火要員への出動要請</li> </ul>	
現場	指揮者	1名	<ul> <li>・火災現場での消火指揮</li> <li>・消火器または消火栓による消火活動等</li> </ul>	
情報提	供担当者	1名	<ul> <li>・公設消防への情報提供</li> <li>・火災現場への誘導</li> </ul>	
消火担当		2名 (内委託員1名)	<ul> <li>・火災現場確認</li> <li>・消火器または消火栓による消火活動</li> <li>・消防車隊の補助(消防ホースの延長,泡消 火薬剤補充作業)等</li> </ul>	
	消防車隊長     1名       (委託員)       放水員       (委託員)		<ul> <li>・消防車隊,消火担当の消防指揮</li> <li>・消防自動車のアクセスルートおよび配置場</li> <li>所の指示等</li> </ul>	
游时市院			<ul> <li>・消防自動車による消火活動(筒先)</li> <li>・消防ホースの延長等</li> </ul>	
旧四里啄	<ul> <li>水槽付消防ポ</li> <li>ンプ自動車お</li> <li>よび化学消防</li> <li>自動車機関員</li> </ul>	2 名 (委託員)	<ul> <li>・水槽付消防ポンプ自動車,化学消防自動車の機関員</li> <li>・水槽付消防ポンプ自動車,化学消防自動車の連結作業</li> <li>・消防ホースの延長等</li> </ul>	

表 2-16 初期消火要員の役割(24時間初期消火要員常駐)

	化学消防自動車	水槽付消防ポンプ自動車
配備台数	1台	1 台
水槽容量	1,300 リットル	1,300 リットル
泡消火薬剤容量	500 リットル	_
ポンプ性能	2,000 リッン/分	2,000 リッン/分
吐水口	400 ῗ"∕分×2 口×両面	400 以》/分×2 □×両面

表 2-17 消防自動車

- c. 初期消火活動評価
  - (a) 自衛消防隊の初期消火要員(10名)が24時間常駐(防火帯内外に 分散常駐)しており、森林火災覚知後、防火帯内に配備している消防 自動車により、早期に予防散水の開始が可能である。(添付-5参照)
  - (b) 発火点を火炎到達時間が最も短い発火点 1 (小屋取漁港:発電所の 北側約 0.9km)とし,防火帯境界での初期消火活動について評価する。
  - (c) 火炎到達時間約 2.6 時間に対して,保守的に防火帯境界外にある消火地点(モニタリングポストNo.6)で評価しても,過去の訓練実績から想定した約 0.6 時間内に初期消火活動が可能であることを実働訓練により確認している。(「e.初期消火活動(対応手順および所要時間)」参照)
  - (d) 初期消火要員が森林火災覚知後,防火帯境界での初期消火活動開始 まで,火炎到達時間約 2.6 時間以内に予防散水(周辺の樹木やモニタ リングポストなど)が可能である。



図 2-26 消防自動車による予防散水

d. 消防訓練実績および計画

初期消火活動を迅速かつ的確に行うための消防訓練実績および計画について,以下に示す。

項目	頻度	実績	対象者	訓練内容
油火災消防訓練	1回/年	H26.1.16	消火班	変圧器等の油火災を想 定した訓練
消防自動車放水訓 練	2回/月	24 回	初期消火要員	消防自動車による放水 訓練(森林火災訓練 含)
消防機関の指導に よる消防自動車泡 放水訓練	1回/年	H26.1.16	初期消火要員	消防自動車による泡放 水訓練
海上災害防止センター 消防訓練	1回/年	H25.9.3~ H25.9.13	初期消火要員	外部施設(横須賀)に よる実火消防訓練
総合消防訓練	1回/年	H25.11.28	自衛消防隊	事務所火災を想定した 訓練
放射線管理区域内 消防訓練	1回/年	H25.6.18	自衛消防隊	管理区域内火災を想定 した訓練

(a) 平成 25 年度

(b) 平成 26 年度(平成 26 年 9 月 30 日現在)

項目	頻度	実績	対象者	訓練内容
油火災消防訓練	1回/年	_	消火班	変圧器等の油火災を想 定した訓練
消防自動車放水訓 練	2 回/月	12 回	初期消火要員	消防自動車による放水 訓練(森林火災訓練 含)
消防機関の指導に よる消防自動車泡 放水訓練	1回/年	_	初期消火要員	消防自動車による泡放 水訓練
海上災害防止センター 消防訓練	1回/年	H26.9.8 $\sim$ H26.9.12	初期消火要員	外部施設(横須賀)に よる実火消防訓練
総合消防訓練	1回/年	_	自衛消防隊	事務所火災を想定した 訓練
放射線管理区域内 消防訓練	1回/年	_	自衛消防隊	管理区域内火災を想定 した訓練

(対応手順および所要時間)
初期消火活動

H H		4-117				뚆過時間(時間)	
副任	<b>9</b> 4		0			2.5	
①森林火災発生	森林火災発生(発火点1) 発電所の北側約0.9km	I	- ☆林森 - ▽ -	《発生	$ \$	「初期消火活動までの時間」	
〇 - 1 人災延焼確認	消防挑闘(119番)への通報	発見者		<u>↓</u> #a⊳		28年:前135分 実績:16分26秒	
(敷地内および敷 地境界付近)	発電課長への連絡	発見者		縮⊳			
@ - 2 1	防災行政無線による受信	平日 :総務課長 夜間・休日:平日・休日当番者		●●●●			
×××消除離誤 (數地外)	発電課長への連絡	平日 :総務課長 夜間・休日:平日・休日当番者		 架▷			
	初期消火要員(委託員6名)へ連絡	発電課長 ()通報6速絡責任者)		- 22□			
	災害緊急連絡装置(一斉呼出) ・自衛者防隊の召集 ・初期消光要員(社員3名)へ連絡	発電課長 ()連載速絡責任者)		- 鳻⊃			
③消火活動準備	受信後,消防自動車等発進までの時間	初期消火要員				想定:約10分 実徒:6分21秒	
	消火地点(モニタリングポストNo.8)付近に創着するま での時間	初期消火要員				遗定:約5分 実績: 3分8秒	
	消防ホースの接続・設置までの時間	初期消火要員				課定:約15分 実徒:4分51秒	
	消防ホース設置後の放水開始までの時間	初期消火要員			<b>_</b>	想定:約5分 実績:2分6秒	
の消火渚動開始	補防自動車等による予防散水 (火災状況を監視し、火災が敷地境界に近づいてきた ら状況に応じて予防散水を開始)	初期消火要員			<u>i</u>		<u> </u>
	総領から想定した時間 2.た時間(日付:H28:3:20 天候:兩)						

е.





- g. モニタリングポストの消火活動
  - モニタリングポスト(クラス 3 設備)については,発電所の周辺監視区 域付近における空間放射線量率の測定および監視を行うために発電所敷地 内(防火帯の外側)に 6 箇所設置している。(「図 2-27 モニタリング ポストおよび防火水槽等の配置」参照)

空間放射線量率の測定には,放射線測定用の精密機器を要するため,森 林火災による影響を確実に防止できるものとは考えていないが,可能な限 り影響の軽減を図ることから,火災到達前に初期消火要員によるモニタリ ングポスト付近への予防散水(周辺の樹木やモニタリングポストなど)を 実施する。

なお、森林火災の進展によりモニタリングポストが機能喪失した場合に は、防火帯の内側に保管している可搬型モニタリングポスト(外部バッテ リーからの電源供給)により代替測定を実施する。(「図 2-28 可搬型 モニタリングポストの設置」参照)

各モニタリングポストについて,過去の訓練実績から想定した予防散水 計画および初期消火活動時間を「表 2-18 モニタリングポスト付近への 初期消火活動計画」および「表 2-19 モニタリングポスト付近への初期 消火活動時間」に示す。

火災到達ポイント	モニタリングポスト No.1	モニタリングポスト No.2	モニタリングポスト No.3	モニタリングポスト No.4	モニタリングポスト No.5	モニタリングポスト No.6
防火水槽位置	牡鹿ゲート登り口 (F)	牡鹿ゲート登り口 「F)	P Rセンター駐車場 (A)	林道入口付近 H	女川神社前 (B)	旧測定センター向い G
防火水槽容量※	40m a	40m a	40m a	40m a	40m a	40m a
消防ホース距離	¥\$1,000m	約1,100m	約140m	\$\$320m	¥5220m	\$\$300m
消防自動車等の合数	2台	导2	1合	1台	1合	1合
<del>予</del> 防散水 開始までの時間	約105分	約60分	約45分	約50分	約30分	构第5分
子防散水可能時間	长001馀	长001馀	长0010线	长0010线	約100分	約100分
	初期消火要員10名					
封応人数	· 通報通総責任者: 12 · 現場指揮者 12 · 消火担当 22	名 名(内委託員1名)	・情報提供担当者: ・ 消防車隊 	1名 5名(委託員5名)		
		5 T				

表 2-18 モニタリングポスト付近への初期消火活動計画

※ 貯水量については、定期点検を実施し、維持・管理する。

表 2-19 モニタリングポスト付近への初期消火活動時間(1/3)

(モニタリングポスト No.1)

火災到達 ポイント	内容	【消火活動開始までの時間】 想定:約105分 実績:93分28秒	
	初期消火要員への連絡	· 連絡 ▽	
	受信後,消防自動車等の発進までの 時間		想定:約10分 実績:6分6秒
モニタリング ポストNo.1	消火地点付近に到着するまでの時間		想定:約10分 実績:6分41秒
	消防ホースの接続・設置までの時間		想定:約70分 実績:69分16秒
	消防ホース設置後の予防散水までの 時間		想定:約15分 実績:11分25秒

:過去の訓練実績から想定した時間
 :実績を基にした時間(日付:H26.5.9 天候:曇り)

(モニタリングポスト No.2)

火災到達 ポイント	内容	【消火活動開始までの# 想定:約60分 <mark>実績:46分25秒</mark>	う 間 】
	初期消火要員への連絡	- 連絡 ▽	
	受信後,消防自動車等の発進までの 時間		想定:約10分 実績:6分56秒
モニタリング ポストNo.2	消火地点付近に到着するまでの時間		想定:約5分 実績:6分2秒
	消防ホースの接続・設置までの時間		想定:約40分 実績:27分26秒
	消防ホース設置後の予防散水までの 時間		想定:約5分 実績:6分1秒

] :過去の訓練実績から想定した時間

| :実績を基にした時間(日付:H26.4.10 天候:晴れ)

表 2-19 モニタリングポスト付近への初期消火活動時間(2/3)

(モニタリングポスト No.3)

火災到達 ポイント	内容	【消火活動開始3 想定:約45分 実績:21分50秒	での時間】
	初期消火要員への連絡	· 連絡 ▽	
	受信後,消防自動車等の発進までの 時間		想定:約10分 <mark>実績: 7分5秒</mark>
モニタリング ポストNo.3	消火地点付近に到着するまでの時間		想定:約20分 実績:11分2秒
	消防ホースの接続・設置までの時間		想定:約10分 実績:2分53秒
	消防ホース設置後の予防散水までの 時間		想定:約5分 <mark>実績:50秒</mark>

:実績を基にした時間(日付:H26.8.6 天候:雪)

(モニタリングポスト No.4)

火災到達 ポイント	内容	【消火活動開始まで 想定:約50分 <mark>実績:38分14秒</mark>	の時間】
	初期消火要員への連絡	- 連絡 ▽	
	受信後,消防自動車等の発進までの 時間		想定:約10分 実績:6分40秒
モニタリング ポストNo.4	消火地点付近に到着するまでの時間		想定:約15分 実績:21分20秒
	消防ホースの接続・設置までの時間		想定:約20分 実績:9分25秒
	消防ホース設置後の予防散水までの 時間		想定:約5分 <mark>実績: 49秒</mark>

:過去の訓練実績から想定した時間

:実績を基にした時間(日付:H26.7.24 天候:曇り)

表 2-19 モニタリングポスト付近への初期消火活動時間(3/3)

(モニタリングポスト No.5)

火災到達 ポイント	内容	【消 想定 実績	(火活動開始 (:約30分 <mark>(:15分9秒</mark>	結末での時間】
	初期消火要員への連絡	· 連絡 ▽	ê	
	受信後,消防自動等の発進までの 時間		]	想定:約10分 実績:6分43秒
モニタリング ポストNo.5	消火地点付近に到着するまでの時間			想定:約5分 実績:1分38秒
	消防ホースの接続・設置までの時間			想定:約10分 実績:3分55秒
	消防ホース設置後の予防散水までの 時間			想定:約5分 実績:2分53秒

: 過去の訓練実績から想定した時間
 : 実績を基にした時間(日付:H26.4.24)天候: 晴れ)

(モニタリングポスト No.6)

火災到達 ポイント	内容	【消火活動開始までの時間】 想定:約35分 実績:16分26秒					
	初期消火要員への連絡	· 連絡 ▽					
	受信後,消防自動車等の発進までの 時間		想定:約10分 実績:6分21秒				
モニタリング ポストNo.8	消火地点付近に到着するまでの時間		想定:約5分 実績:3分8秒				
	消防ホースの接続・設置までの時間		想定:約15分 実績:4分51秒				
	消防ホース設置後の予防散水までの 時間		想定:約5分 <mark>実績:2分6秒</mark>				

🔄 :過去の訓練実績から想定した時間

:実績を基にした時間(日付:H26.3.20 天候:雨)



図 2-27 モニタリングポストおよび防火水槽等の配置



図 2-28 可搬型モニタリングポストの設置

h. 防火帯の消火手順

森林火災による防火帯までの延焼を想定した自衛消防隊による消防自 動車を使用した消火手順を以下に示す。なお、保安規定に基づくQMS 文書にて当該手順を規定する。

- (a)森林火災到達前に防火帯外側の予防散水(周辺の樹木など)を実施 し、森林火災による延焼を防止する。
- (b)森林火災の進展に合わせ,防火帯に沿った予防散水を実施し,森林 火災による防火帯突破の可能性を低減する。
- (c)上記(a),(b)を実施するにあたっては,防火帯に近接する防 火水槽等から消防自動車に給水する。(「図 2-27 モニタリングポス トおよび防火水槽等の配置」参照)
- (8) 火災防護計画の策定について

火災発生時の対応,防火帯の維持・管理<sup>\*\*</sup>,ばい煙および有毒ガス発生 時の対応を適切に実施するための対策を火災防護計画に定める。

- ※ 防火帯の維持・管理にあたり以下の項目を定める。
- a. 組織内における責任の所在
- b. 防火帯および敷地内植生の定期的な点検調査
- c. 防火帯および敷地内植生の定期的な除草管理

コンクリートの許容温度について

高温時のコンクリートの圧縮強度と温度の関係を図1および図2に示す。 圧縮強度は、100℃でやや低下しているものの、200℃程度までは常温と殆 ど変わらないかむしろ上昇し、その後徐々に低下して、500℃で常温の2/3 (短期許容応力度に相当)に低下している。

100℃近傍の圧縮強度の低下については、コンクリートを構成する骨材が 膨張すると同時にセメント水和物が100℃近傍から収縮し、その不均質さの ため自己歪応力が発生する。この自己歪応力により、内部に微細亀裂が増加 し、強度を低下させる要因と考えられている。

また、加熱温度の上昇により、100℃~200℃においては、未水和セメント 粒子の水和の促進などが100℃~200℃における複雑な強度特性に影響して いるものと推測される。

なお, 圧縮強度が低下する 100℃近傍の残存強度は, 長期許容応力度(設計基準強度の 1/3)を十分上回ることを確認している。

以上のとおり、100℃近傍で圧縮強度が低下するものの200℃までは再度 上昇し、その後温度上昇に伴い圧縮強度が低下することから、コンクリート の許容温度を200℃とした。

なお、上記試験では、試験体内部温度を均一となるように実施しており、 コンクリート壁の表面の温度を 200℃と設定することは保守的な評価となる。



(常温強度に対する比) ※2

\*1:「高温度における高強度コンクリートの力学的特性に関する基礎的研究」(日本建築学会構造系論 文集第 515 号, 163-168、1999 年 1 月)

\*2:「建築火災のメカニズムと火災安全設計」(財団法人 日本建築センター, 2007年)

海水ポンプの温度影響評価について

1. 概要

女川2号炉の海水ポンプ室は地下ピット構造となっていることから,防護 対象設備である海水ポンプに対して,外部火災による火炎からの輻射熱が直 接到達するか確認を行い,直接到達する場合に輻射熱による温度影響評価を 実施した。

2. 火災源および防護対象設備

火災源および防護対象設備を以下に示す。

- (1) 火災源
  - a. 森林火災
  - b. 近隣の産業施設の火災
  - c. 敷地内危険物タンク火災
  - d. 航空機墜落による火災
- (2) 防護対象設備
  - a. 原子炉補機冷却海水ポンプ(RSW ポンプ)
  - b. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ(HPSW ポンプ)
- 3. 輻射熱到達の評価手法

図1に評価手法の概要を示す。火炎上端から海水ポンプ室壁面上端を結ぶ 線分と水平面がなす角をθ<sub>f</sub>,ポンプ上端と海水ポンプ室壁面上端を結ぶ線分 と水平面がなす角をθ<sub>p</sub>とし、以下の基準で輻射熱の到達有無を評価する。



図1 海水ポンプへの火炎輻射熱の到達評価手法の概要

# 4. 輻射熱の到達結果

評価の結果,輻射熱が直接到達する火災源は航空機墜落による火災であった。 なお,航空機墜落による火災の中で B747-400 が最も輻射強度が大きいた め, B747-400 で温度影響評価を行った。その他の航空機による影響につい ては B747-400 の評価結果に包絡される。

表1 海水ポンプの輻射熱到達の評価結果

結果,○:輻射熱が到達しない,×:輻射熱が到達する

対象機器	火災源	L	H'	角度θ <sub>f</sub>	比較	角度 θ p	結果
	森林火災	294	1.3	0.3	<		0
RSW	近隣の産業施設の火災	235	40.040	9.7	<	10.0	0
ポンプ	敷地内危険物タンク火災	199	31.212	9.0	<	12.6	0
	航空機墜落による火災	89	44.784	26.8	$\geq$		×
	森林火災	297	0.9	0.2	<		0
HPSW	近隣の産業施設の火災	235	39.640	9.6	<	0.9.4	0
ポンプ	敷地内危険物タンク火災	199	30.812	8.9	<	23.4	0
	航空機墜落による火災	89	44.384	26.6	$\geq$		×

※角度 θ f は各々の火災源の中で最大の角度を記載。角度 θ p は最も火炎が視認出来る最小の角度を記載。 また、L および H'は θ f が各火災源の中で最大角度となる火災源の値を記載。

5. 温度影響評価

航空機墜落による防護対象設備への温度影響について評価を実施した。

- (1) 原子炉補機冷却海水ポンプ
  - a. モータ冷却空気温度の算出

受熱面の輻射強度を E, 輻射を受ける面積を  $A_T$  とすると, 受熱面を 介して外気への入熱は  $E \times A_T$  となる。

外気の熱容量は、外気の重量流量 G と比熱 Cp から G×Cp となるから、外気の温度上昇 $\Delta$ T は、入熱 E×A<sub>T</sub> と熱容量 G×Cp から、以下の式で求められる。

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

E: 受熱面輻射強度(2570.93W/m<sup>2</sup>)

AT: 受熱面積(13.19m2)

G:冷却空気の重量流量(3.32kg/s)

*Cp*: 空気の比熱(1007.00J/kg/K)

算出の結果,外部火災時のモータ取入外気上昇温度は 10.2℃となった。

- b. 温度影響評価
- (a) 電気的絶縁性について

ポンプ通常運転時のモータ温度上昇は 60℃であり,外部火災時の モータ取入外気温度上昇を考慮してもモータ温度上昇は約 71℃であ る。電気的絶縁性について許容される温度上昇限度である 100℃を下 回るため,外部火災時においても電気的絶縁性に影響はない。

# (b) 軸受温度について

ポンプ通常運転時の上部軸受温度上昇は26.3℃であり、外部火災 時のモータ取入外気温度上昇を考慮しても上部軸受温度上昇は約 37℃である。上部軸受温度上昇限度である40℃以下となるため影響 はない。

同様にポンプ通常運転時の下部軸受温度上昇は12.8℃であり、外 部火災時のモータ取入外気温度上昇を考慮しても下部軸受温度上昇は 約23℃である。下部軸受温度上昇限度である55℃以下となるため影 響はない。

よって,外部火災時においても上部軸受および下部軸受への影響は ない。

- (2) 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ
  - a. モータ冷却空気温度の算出

受熱面の輻射強度を E, 輻射を受ける面積を  $A_T$  とすると, 受熱面を 介して外気への入熱は  $E \times A_T$  となる。

外気の熱容量は、外気の重量流量 G と比熱 Cp から G×Cp となるから、外気の温度上昇 $\Delta$ T は、入熱 E×AT と熱容量 G×Cp から、以下の式で求められる。

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

E: 受熱面輻射強度(2570.93W/m<sup>2</sup>)

A<sub>T</sub>: 受熱面積(1.19m<sup>2</sup>)

G: 冷却空気の重量流量 (0.55kg/s)

*Cp*:空気の比熱(1007.00J/kg/K)

算出の結果,外部火災時のモータ取入外気上昇温度は5.6℃となった。

- b. 温度影響評価
- (a) 電気的絶縁性について

ポンプ通常運転時のモータ温度上昇は65℃であり、外部火災時の モータ取入外気温度上昇を考慮してもモータ温度上昇は約71℃であ る。電気的絶縁性について許容される温度上昇限度である100℃を下 回るため、外部火災時においても電気的絶縁性に影響はない。

(b) 軸受温度について

ポンプ通常運転時の上部軸受温度上昇は32℃であり、外部火災時 のモータ取入外気温度上昇を考慮しても上部軸受温度上昇は約38℃ である。上部軸受温度上昇限度である55℃以下となるため影響はな い。

同様にポンプ通常運転時の下部軸受温度上昇は41℃であり、外部 火災時のモータ取入外気温度上昇を考慮しても下部軸受温度上昇は約 47℃である。下部軸受温度上昇限度である55℃以下となるため影響 はない。

よって,外部火災時においても上部軸受および下部軸受への影響は ない。

6. まとめ

以上の結果により,森林火災,近隣の産業施設の火災,敷地内危険物タン ク火災,航空機墜落による火災における熱影響により海水ポンプに影響を及 ぼすことはない。 防火帯内植生による火災について

図1に防火帯内の現状の植生調査結果(平成26年8月~9月)を示す。 原子炉施設および重大事故等対処設備の周囲の植生はShort grass, Brush, マツ10年生以上で火線強度が低くなる植生であり,防火帯内植生による原 子炉施設および重大事故等対処設備に対しての影響はない。





主な FARSITE 入力パラメータの保守性について

# 表1 主な FARSITE 入力パラメーター覧表 (1/2)

保守性の凡例:〇はガイドによる保守性、◎は自主的な保守性

保守性			I			©	0	Ι			
入力データ	基盤地図情報 数値標高モデル 10mメッシュを入力	標高データから計算した傾斜角を入力	標高データから計算した傾斜方向を入力	土地利用データは,国土数値情報(国土交通省)の100mメッシュの土地利用データを入力	植生データは、宮城県および東北森林管理局より入手した森林 簿の情報を基に防火帯周辺の植生調査を実施し、その結果から 保守的に可燃物パラメータを設定し、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して入力	植生の保守性は以下のとおり マツ、スギ、落葉広葉樹: 「福島第一原子力発電所への林野火災に関する 「福島第一原子力発電所への林野火災に関する 影響評価」 叙祉行政法人 原子力安全基盤機構) 影響評価」 (独立行政法人 原子力安全基盤機構) 影響評価」 (知道大手関辺の植生調査 データよりも保守的に林齢を下げて入力 文一タよりも保守的に林齢を下げて入力 10年生以上20年生未満 10年生以上20年生未満 20年生以上30年生未満 20年生以上30年生未満 20年生以上30年生未満 10年生以上 10年生未満 20年生以上30年生未満 20年生以上30年生未満 10年生以上 10年生未満 20年生以上30年生未満 20年生以上30年生未満 10年生以上 10年生未満 20年代した30年生未満 10年生以上 10年生以上 10年生がし、市、その他農業用地: 近かフ場, 田、その他農業用地: ビレて入力 荒地:	森林に該当するカテゴリ3 (50~80%) および4 (81~100%) の 中から, 火線強度が強くなるカテゴリ3を設定	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	植生,地形等評価上必要な対象範囲は,発火点の距離に余裕を みて南北12km,東西12kmとして設定
外部火災影響評価ガイドの記載	現地の状況をできるだけ模擬するため、公開情報の中でも高い	空間解像度である10mメッシュの標高データを用いる。  傾斜度   傾斜方向については標高データから計算する。	(ま盤地図情報 数値標高モデル 10mメッシュ)	現地状況をできるだけ模擬するため, 公開情報の中でも高い空間解像度である100mメッシュの土地利用データを用いる。 (国本数値情報 土地利用細分メッシュ)		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信間データを現地の地方自治体より入手 する。森林薄の情報を用いて、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。	Ι		-		評価対象範囲は発電所近傍の発火想定地点を10km以内としたことにより,植生,地形等評価上必要な対象範囲は,発火点の距離にら彩をみて南北12km,東西12kmとする。
- A			I	土地利用データ		神 子 イ	Ι		Ι		l
入力パラメ	標高	傾斜角	傾斜方向			可然物	樹冠率	樹高	樹冠下高	樹冠かさ密度	評価対象範囲
						ラスタ たん ルトファイル					

(2/2)
→覧表
$-\chi - \chi$
ゴパラ
$\leq$
主な FARSITE
表1

保守性の凡例:〇はガイドによる保守性、◎は自主的な保守性

	入力パラ、	メータ	外部火災影響評価ガイドの記載	入力データ	保守性
	Fuel水分 初期値	I	-	標準的な解析としてFARSITEの初期値を入力	
		降水量	-	保守的に0mmを設定	0
		最高気温		森林火災の発生件数の多い月(3月~5月)の過去10年間の最高 気温27.8℃を入力	0
	白名玉玉	最低気温	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため、発生件数の多い、このでは+100年間でヨーロは、国本産品、自主に当ため、お生作数の多い	森林火災の発生件数の多い月(3月~5月)の過去10年間の最高 気温27.8℃を入力	0
4 6 4	义象发光	最高湿度	いけい過去10年间の坂へ風感、坂向风価、坂小峰及の米叶を決 用する。	森林火災の発生件数の多い月(3月~5月)の過去10年間の最小 湿度13%を入力	0
レント		最低湿度		森林火災の発生件数の多い月(3月~5月)の過去10年間の最小 湿度13%を入力	0
		観測標高	_	石巻観測所の観測高さ28.5mを入力	
		風向	風向は卓越方向とし、発電所の風上に発火点を設定する。 ただし、発火源と発電所の位置関係から風向きを卓越方向に設 定することが困難な場合は、風向データ等から適切に設定でき るものとする。	各発火点から2号炉原子炉建屋方向へ向かう風向	0
	風	風速	現地にて起こり得る最悪の条件を検討するため,発生件数の多 い月の過去10年間の最大風速,最高気温,最小湿度の条件を採 用する。	森林火災の発生件数の多い月(3月~5月)の過去10年間の最大 風速23.8[m/s](86[km/h])を入力	0
		雲量	_	保守的に0%を設定	0
	緯度		-	保守的に日射量が多くなる赤道直下を設定	0
その色	発火点位置	Ι	発電所からの直線距離10kmの間で設定する。発火源は最初に人為的行為を考え,道路沿いを発火点とするさらに必要に応じて想定発火点を考え評価する。	人為的行為を考え,居住地区および道路沿いの発電所から直線距離 10kmの間に発火点を設定	

## 初期消火要員常駐場所の妥当性について

発電所構内に自衛消防隊の初期消火要員(10名)が24時間常駐(防火帯内外に分散常 駐)している。常駐場所の妥当性について、以下に示す。

1. 常駐場所

初期消火要員	常駐場所	防火帯内外	人数
通報連絡責任者	2 号炉制御建屋	内	1名
現場指揮者	事務建屋	内	1名
情報提供担当者	事務建屋	内	1名
消火担当	<ul> <li>【平日昼間】</li> <li>事務建屋</li> <li>【平日夜間・休日】</li> <li>2 号炉制御建屋</li> </ul>	内	1名
消火担当		外	1名
消防車隊		外	5名
	合計		10 名

- 2. 常駐場所の妥当性
- (1)2号炉制御建屋および事務建屋

防火帯の内側に常駐しており、森林火災による延焼防止が図られている。

(2)

防火帯の外側に常駐しているが,防火帯内側へのアクセス性に問題がないことを以 下に示す。

a. 防災行政無線による外部火災の覚知後,初期消火要員への連絡が早期に行われること。(「図1 連絡経路」参照)



※核物質防護に係わる情報のため、マスキング実施

b. 防火帯内側へのアクセスルートとして 2 ルート確保していること。(「図 2 アク セスルート」参照)



c.防火帯内側までの最短距離は、約350mであり、想定した時間内での車両移動が可能であること。(「表1 防火帯内側までの距離および車両移動時間」参照)

	卯 <b>□</b> 函#[]	車両移動時間					
	毕已两世[[111]	想定時間[分]	実績時間[分]*				
アクセスルート1	約 350	約 5	約 1				
アクセスルート2	約 5,600	約 15	約 11				

表1 防火帯内側までの距離および車両移動時間

※ 実績値(平成26年10月9日確認)

※核物質防護に係わる情報のため、マスキング実施

	¥			
	初期条(	件	設定根拠	評価上の保守性
	対流による放熱	なし	、14、1单本4、田牧操行<19订口	
	輻射による放熱	なし	下口町に奴然刻木にも周しょい	
			一般的な機械・計測制御設備の機能維持のため	
	<u> </u>	ر ک	室内温度の最高値を 40℃としており、これに	
	了下望的现在人	00 00	日射による効果 4℃を加え, さらにこれを切り	
			上げて 50℃と設定	
	コンカニート級甲	9400118	原子炉建屋の耐震計算に使用している鉄筋コ	
	マンシーで伝え		ンクリートの単位体積重量	
	コンクリート比熱	963 J/kg/K	普通コンクリートの最大値(出典:日本建築学	
	コンクリート熱伝導率	1.74 W/m/K	会 原子炉建屋構造設計指針・同解説)	・外壁表面および裏面からの対
	火炎継続時間	0.60 h	FARSITE 解析結果より算定(発火点 2-1)	流および輻射による放熱を考
建屋外壁表面温度	評価モデル		····· 初期温度:50℃	慮していない。
	2% 捩	こよる放熱*2 🔶	外壁 天井スラブ**	・外壁初期温度を保守的に高め
		R .	● 対流による放戦※2	に設定している。
	2	<b>し</b> 輻射強度: <i>E</i>	- 72	
			<u>ר</u>	
	森林火災	×	R	
	幅射(2	- よる放熱**2 <b>- 2</b>	● 輻射による放熱%2	
		「」「「」」	■ 副外 建屋内 :受熱面	
	※1:天井スラブは外壁よりも ※2:コンクリート表面温度計	→火災源からの距離が遠いご √価にあたっては、対流お。	ことから、天井スラブの評価は外壁の評価に包給される よび輻射による放熱は考慮しないものとした	

各設備の温度影響評価条件について

表1 各設備の温度評価条件一管表(1/3)

添付-6

(2/3)
−覧表
<b>玉条件</b> -
且度評伯
受備の鴔
1 谷道
表

評価上の保守性					-	•	・タンク壁面からの対流および	「輻射による放熱を考慮してい	ない。	・水の体積を管理値の下限レベ	ルとしている。	・タンク周囲に遮蔽壁が設置さ	れているが評価上考慮してい	25V vo	
設定根拠	設定根拠		発電所敷地周辺の過去 10 年間の最高気温の最 高値	FARSITE 解析結果より算定(発火点 2-1)	FARSITE 解析結果より算定(発火点 2・1)	設計値	設計値	軽水をタンク最高使用温度である 66℃となる	ように線形補間した値	管理値の下限レベル(タンク容量は 3000m <sup>3</sup> )	タンク壁材であるキルド鋼の値(出典:伝熱工	学資料第5版)	設計値	設計値	
1条件	なし	\$L	36.8 °C	$0.02 \ \mathrm{kW/m^2}$	0.60 h	20.012 m	11.8 m	979.9 kg/ m <sup>3</sup>	4186 J/kg/K	690 m <sup>3</sup>	7860 kg/m <sup>3</sup>	473 J/kg/K	20.0 m	0.006 m	御氏: よる放熱 開発による放熱
初期	対流による放熱	輻射による放熱	初期温度	輻射強度	燃焼継続時間	タンク外径	タンク円筒高さ	水の密度	水の比熱	水の体積	タンク壁材密度	タンク壁材比熱	タンク内径	タンク最小板厚	評価モデル *****、 *****、
										復水貯蔵タンク温	度				·

評価上の保守性				・推気値は支持型んやっ簡身ン	またより構成されている。	鉄塔の材質は SS400 および STK400, 歯身は SMA400AP であり、物性値は鉄棒、簡身と やに軟鋼で同一であることか の、火災源から最も近い鉄塔関 部で評価を行っている。 ・鉄塔内表面は野熱としてい る。 ・井気筒初期温度を保守的に高 めに設定している。
設定根拠	塗料(エナメル,白)の値(出典:伝熱工学資料第5版)	FARSITE 解析結果より算定(発火点 2-2)	垂直外壁面の夏季の値(出典:空気調和・衛生 工学便覧)	壁の外面初期温度 50℃を考慮し保守的に設定	/ 初期温度 $T_{ heta}$ : 20°C	非気筒 (支持鉄塔) 支持鉄塔) 一 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、 、
条件	0.9	38.33 W/m <sup>2</sup>	17 W/m/K	50 °C		
初期	外表面の吸収率	輻射強度	熱伝導率	初期温度	評価モデル	
				· I		排気通道度

表1 各設備の温度評価条件一覧表(3/3)

添付資料-3

石油コンビナート等の火災・爆発について

# 1.目的

女川原子力発電所敷地外で発生する石油コンビナート等の火災やガス爆発により,安全機能を有する構築物,系統および機器を内包する原子炉施設に影響を及ぼさないことについて,原子力発電所の外部火災影響評価ガイドの「附属書 B 石油コンビナート等火災・爆発の原子力発電所への影響評価について」に基づき,評価を実施するものである。

2. 対象施設抽出の考え方

発電所周辺 10km 圏内の石油コンビナートの有無を確認した。また,消防法等 に基づき設置している危険物貯蔵施設等についても,発電所への影響について検 討する。

## 3. 影響評価

(1) 石油コンビナート等について

うち主務大臣の定める区域

宮城県内において石油コンビナート等災害防止法により石油コンビナート 等特別防災区域に指定されているのは以下の区域である。

石油コンビナート等特別防災区域を指定する政令【別表抜粋】

l	七	塩釜地区
l		宮城県塩竃市貞山通一丁目から貞山通三丁目までの区域のうち主務大臣の定める区域
l	八	仙台地区
l	イ	宮城県宮城郡七ケ浜町湊浜字砂山、字正監、字上ノ流、字深川、字道前、字船戸、字沼
l		前、字北〆切、字辨天及び字砂場の区域のうち主務大臣の定める区域
l	П	宮城県多賀城市大代一丁目、大代六丁目及び栄二丁目から栄四丁目までの区域のうち主
l		務大臣の定める区域
l	ハ	宮城県仙台市宮城野区港一丁目、港二丁目及び港五丁目の区域、同区港四丁目の区域の

図 3-1 に示すとおりいずれの区域も女川原子力発電所から約 40km 離れてお

り,10km 圏内に該当する箇所はない。また,発電所と最短距離にあるガスパ イプラインは仙台地区であり,発電所から約40km離れていることを確認した。



図 3-1 石油コンビナート等特別防災区域と発電所との位置関係

(2) 石油コンビナート以外の危険物貯蔵施設について

女川原子力発電所から 10km 圏内に位置する危険物貯蔵施設等を抽出し, 発電所から最も近い施設および発電所から 10km 圏内の施設における最大数 量をそれぞれ抽出した。

発電所から10km 圏内の危険物貯蔵施設等を図3-2に示す。



図 3-2 発電所から 10km 圏内に位置する危険物貯蔵施設等

a. 石油類貯蔵施設

発電所から 10km 圏内(敷地内を除く)における石油類貯蔵施設の最大貯蔵 量は 49.5kl で,発電所敷地内にある1号炉軽油タンクの貯蔵量 620kl より も少ない。

また,発電所に最も近い石油類貯蔵施設との離隔距離は約2,500mであり, 1号炉軽油タンクと離隔距離が最も近い2号炉制御建屋との距離約179mよ りも大きく離れている。

仮に最も近い石油類貯蔵施設で 10km 圏内の最大貯蔵量 49.5kl が存在したと仮定しても、燃料保有量が敷地内危険物貯蔵量に比べ少ないことから、 危険距離は1号炉軽油タンクによる火災の評価結果に包絡される。

よって,発電所敷地外の石油類貯蔵施設において火災が発生した場合にお いても発電所への影響はないものと評価する。

	表 3-1	敷地外危険物施設と1	号炉軽油タンクの比較
		敷地外危険物施設	1号炉軽油タンク
	燃料量[m <sup>3</sup> =kl]	49.5	620
	離隔距離[m]	約 2,500	約 179



図 3-3 石油類貯蔵施設位置



- b. 高圧ガス貯蔵施設
- (a) 爆風圧の影響評価

発電所から 10km 圏内(敷地内を除く)における高圧ガス貯蔵施設の最大 貯蔵量は 1,700kg であり,発電所から最も近い高圧ガス貯蔵施設の離隔距離 は約 700m であった。

仮に最短離隔距離(小屋取地区)の高圧ガス貯蔵施設に最大貯蔵量 1,700kg があったと仮定し、ガス爆発評価を実施したところ、危険限界距離は 70m であり、発電所との離隔距離約 700m よりも小さいことを確認した。

よって,発電所敷地外の高圧ガス貯蔵施設において火災・爆発が発生した 場合においても発電所への影響はないものと評価する。



表 3-2 高圧ガス爆発の想定条件

想定条件					
気象条件	無風状態				
貯蔵ガス	液化石油ガス				
貯蔵ガス K 値	888×1000(プロパン)				
貯蔵量[t]	1.7				
貯蔵設備 W 値	1.7				
爆発形態	高圧ガスの漏えい後、引				
	火によりガス爆発が発生				

図 3-5 高圧ガス貯蔵施設位置

次式から危険限界距離を算出する

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

X : 危険限界距離 λ: 換算距離 14.4[m・kg<sup>-1/3</sup>]

K : 石油類の定数[-] W : 設備定数[-]

上記式に対象となる高圧ガス貯蔵施設に係る数値を代入すると X = 0.04 × 14.4<sup>3</sup>√888 × 1000 × 1.7 = 66.08 ≒ 70

となり、危険限界距離Xは70mとなる。

よって,発電所との離隔距離は約700mあることから,爆風圧による発電 所への影響はない。 (b) 飛来物の影響評価

「石油コンビナートの防災アセスメント指針」(平成25年3月 消防庁特殊災害室)に基づき,高圧ガス貯蔵施設における飛来物飛散範囲を確認する。

発電所から最も近い施設では,指針が適用されるコンビナート等の大規模な 高圧ガスタンク等の形状ではなく,液化石油ガスが封入された複数の 50kg ガ スボンベが設置されている。当該容器単体の破損による破片の飛散範囲につい て評価を行ったところ,外部火災防護対象施設(2号炉原子炉建屋)までの離 隔距離が飛来物到達距離以上あることを確認した。

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

施設名称	ガス種類	貯蔵量	飛来物 到達距離	離隔距離
当社社員寮	液化石油ガス	50kg ガスボンベ 6 本	332m	約 700m

○評価上必要となる距離の算出方法

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

L = 90M<sup>0.333</sup> (容積 5m<sup>3</sup>未満の容器)

L:破片の最大飛散範囲 M:破裂時の貯蔵物質量

# 以下に「石油コンビナートの防災アセスメント指針」の抜粋を示す。

(6) 飛散物

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

L = 90  $M^{0.333}$  (容積 5 $m^3$ 未満の容器) = 465  $M^{0.10}$  (容積 5 $m^3$ 以上の容器)

(式31)

ただし、

L:破片の最大飛散範囲(m)

M:破裂時の貯蔵物質量(kg)

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

 $L = 465 \times 300000^{0.10} = 1640 m$ 

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

添付資料-4

輸送車両,船舶による影響について
1. 目的

本評価は,輸送車両および船舶の事故等による火災について,「原子力発電 所外部火災影響評価ガイド」(以下,「ガイド」という。)に基づき,原子炉施 設に影響を及ぼさないことを評価するものである。

2. 輸送車両による影響評価

発電所敷地外の公道において燃料を搭載した燃料輸送車両(以下「タンクロ ーリー」という。)の火災を想定して評価対象設備への評価を行った。

タンクローリーの想定としては、消防法(危険物の規制に関する政令第15条第1項三号)において、移動タンク貯蔵所の上限量が定められており、公道 を通行可能な上限量(=30kl)を搭載可能なタンクローリーにガソリンが満載 されている状況を想定した。

また,火災発生場所としては,発電所敷地外の道路において原子炉施設に最 も近い場所(牡鹿ゲート)にて,タンクローリーの火災を想定した。

(1) 評価条件

燃料の種類:	ガソリン	
燃料量:	30[kl]	
輻射発散度:	$58,000[W/m^2]$	※ガイド附属書 B のガソリン値
質量低下速度:	$0.055[kg/m^2/s]$	※NUREG-1805 の Gasoline の値
燃料密度:	$783[kg/m^{3}]$	
タンク断面積:	$23.8[m^2]$	

評価対象施設との形態係数φを算出する。

求めた形態係数 φ に,燃料の輻射発散度を乗じて輻射強度 E を算出する。

 $E = Rf \cdot \phi$ Rf:輻射発散度(W/m<sup>2</sup>) (2) 建屋外壁の温度評価

建屋外壁の温度評価は、(1)で求めた輻射強度から、半無限個体の熱伝 導方程式の解からコンクリート表面温度を算出する。

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

T<sub>0</sub>:初期温度[℃] E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>] x:コンクリート深さ t:火炎継続時間[s]
 C<sub>p</sub>:コンクリート比熱[J/(kg·K)] ρ:コンクリート密度[kg/m<sup>3</sup>]

$$\alpha:$$
コンクリート温度拡散率 $\left[ \alpha = \frac{\lambda}{\rho C_p} \right]$   $\lambda:$ コンクリート熱伝導率[W/(m·K)]

求めた表面温度から,評価対象建屋のコンクリート外表面温度が200℃となる危険距離を算出した。想定される最大のタンクローリーにおいて危険距離は21mであった。

(3) 排気筒の温度評価

(1) で求めた輻射強度から,以下温度評価式で上昇温度を算出する。

$$T_{max} - T_a = \frac{\varepsilon E}{2h}$$

ε:吸収率 E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>] h:熱伝達率[W/m<sup>2</sup>/K] T<sub>a</sub>:周囲雰囲気温度[℃]

求めた表面温度から,排気筒温度が 350℃となる危険距離を算出した。想定される最大のタンクローリーにおいて危険距離は 7m であった。

(4) 復水貯蔵タンクの温度評価

(1) で求めた輻射強度から,以下温度評価式で上昇温度を算出する。

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

T<sub>0</sub>:初期温度[℃] E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>] t:燃焼継続時間[s] Do:タンク外径[m]
h:タンク円筒高さ[m] ρ<sub>w</sub>:水の密度[kg/m<sup>3</sup>] C<sub>pw</sub>:水の比熱[J/kg/K]
V:水の体積[m<sup>3</sup>] ρ<sub>s</sub>:タンク壁材密度[kg/m<sup>3</sup>] C<sub>ps</sub> タンク壁材比熱[J/kg/K]
Di:タンク内径[m] e:タンク最小板厚[m]

求めた表面温度から、復水貯蔵タンク温度が 66℃となる危険距離を算出 した。想定される最大のタンクローリーにおいて危険距離は 10m であった。 (5) 危険距離の評価結果

タンクローリーの位置と評価対象設備との離隔距離は表 4-1 のとおりで あり、すべて離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。

評価対象	離隔距離[m]	危険距離[m]
原子炉建屋	約 729	
制御建屋	約 680	21
海水ポンプ室*	—	
排気筒	約 866	7
復水貯蔵タンク	約 834	10

表 4-1 タンクローリー火災の評価結果

※:海水ポンプ室設置機器については地下ピット方式のため,輻射熱の影響は直接 受けない。(添付資料-2参照)



図 4-1 タンクローリー火災想定位置と原子炉施設との位置関係

3. 船舶による影響評価

発電所周辺には石油コンビナートが無く,大型タンカー等が付近を航行する ことはないと考えられることから,女川原子力発電所内の港湾施設に入港する 船舶の中で最大規模となる船舶の火災を想定して評価対象設備への熱影響評 価を行った。

発電所港湾に停泊する熱影響が最大規模となる船舶としては,1号炉補助ボ イラーに使用する重油を運搬する船舶である。また,重油運搬船の位置は重油 補給時の停泊位置で火災が発生したものと想定した。

(1) 評価条件

燃料の種類 :	重油	
燃料量:	2,242.794[kl]	
輻射発散度:	$23,000[W/m^2]$	※ガイド附属書 B の重油値
質量低下速度:	$0.035[kg/m^2/s]$	※NUREG-1805のFuel Oil,heavyの値
燃料密度:	$900[kg/m^3]$	
底面断面積:	$958.8[m^2]$	

評価対象施設との形態係数φを算出する。

求めた形態係数φに、燃料の輻射発散度を乗じて輻射強度 E を算出する。

 $\mathbf{E}=\mathbf{R}f\cdot\boldsymbol{\phi}$ 

Rf:輻射発散度(W/m<sup>2</sup>)

(2) 建屋外壁の温度評価

建屋外壁の温度評価は、(1)で求めた輻射強度から、半無限個体の熱伝導 方程式の解からコンクリート表面温度を算出する。

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

T<sub>0</sub>:初期温度[°C] E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>] x:コンクリート深さ t:火炎継続時間[s]  $C_p$ :コンクリート比熱[J/(kg·K)]  $\rho$ :コンクリート密度[kg/m<sup>3</sup>]

$$\alpha: = 2 \cdot \rho \cup \rho \cup \rho$$
 には、  $\alpha = \frac{\kappa}{\rho C_p}$   $\lambda: = 2 \cdot \rho \cup \rho \cup \rho$  には、  $\lambda: = 2 \cdot \rho \cup \rho$  (m·K)]

求めた輻射強度から上記式を使用して評価対象建屋のコンクリート外表 面温度が200℃となる危険距離を算出した。想定される最大の重油運搬船に おいて危険距離は110mであった。

(3) 排気筒の温度評価

(1) で求めた輻射強度から,以下温度評価式で上昇温度を算出する。

$$T_{max} - T_a = \frac{\varepsilon E}{2h}$$

ε:吸収率 E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>] h:熱伝達率[W/m<sup>2</sup>/K] T<sub>a</sub>:周囲雰囲気温度[℃]

求めた表面温度から,排気筒温度が 350℃となる危険距離を算出した。想定される最大の重油運搬船において危険距離は 18m であった。

(4) 復水貯蔵タンクの温度評価

(1) で求めた輻射強度から、以下温度評価式で上昇温度を算出する。

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

T<sub>0</sub>:初期温度[℃] E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>] t:燃焼継続時間[s] Do:タンク外径[m]
h:タンク円筒高さ[m] ρ<sub>w</sub>:水の密度[kg/m<sup>3</sup>] C<sub>pw</sub>:水の比熱[J/kg/K]
V:水の体積[m<sup>3</sup>] ρ<sub>s</sub>:タンク壁材密度[kg/m<sup>3</sup>] C<sub>ps</sub> タンク壁材比熱[J/kg/K]
Di:タンク内径[m] e:タンク最小板厚[m]

求めた表面温度から、復水貯蔵タンク温度が 66℃となる危険距離を算出 した。想定される最大の重油運搬船において危険距離は 77m であった。 (5) 危険距離の評価結果

船舶の位置と評価対象設備との離隔距離は表 4-2 のとおりであり, すべて 離隔距離が危険距離を上回っていることを確認した。

評価対象 離隔距離[m]		危険距離[m]
原子炉建屋	約 284	
制御建屋	約 344	110
海水ポンプ室*	_	
排気筒	約 518	18
復水貯蔵タンク	約 300	77
<ul> <li>制御建屋</li> <li>海水ポンプ室<sup>*</sup></li> <li>排気筒</li> <li>復水貯蔵タンク</li> </ul>	約 344 — 約 518 約 300	110 18 77

表 4-2 重油運搬船火災の評価結果

※:海水ポンプ室設置機器については地下ピット方式のため,輻射熱の影響は直接 受けない。(添付資料-2参照)



図 4-2 重油運搬船火災想定位置と原子炉施設との位置関係

添付資料-5

敷地内における危険物施設の火災について

1. 目的

本評価は,女川原子力発電所の発電所敷地内における危険物タンクの火災が, 女川2号炉の安全機能を有する構築物,系統および機器を内包する原子炉施設 に影響を及ぼさないことについて,原子力発電所の外部火災影響評価ガイド 「附属書C原子力発電所の敷地内への航空機墜落による火災の影響評価について」に基づき,評価を実施するものである。

(外部火災影響評価ガイド抜粋)

(2) 近隣の産業施設の火災・爆発

近隣の産業施設で発生した火災・爆発により、原子炉施設が、その影響を受けないよう 適切な防護措置が施されており、その二次的な影響も含めて、原子炉施設の安全性を損な うことのない設計とする。なお、発電所敷地外の10km以内を発火点とし、森林等に延焼 することによって発電所に迫る場合は(1)の森林火災として評価する。(ただし、発電 所敷地内に存在する石油類やヒドラジンなどの危険物タンク火災については、(3)の航 空機墜落と同様に原子炉施設への熱影響評価等を行う。)

- 2. 評価対象の考え方について
- (1) 発電所敷地内の発火源となる危険物施設 発電所敷地内に設置している危険物施設(表 5-1 参照)のうち,評価対象 とする危険物施設を図 5-1 に基づき抽出する。

なお,発電所敷地内における危険物施設等の設置位置を図 5-2 に示す。

(2) 評価対象とする危険物施設

抽出の結果,1号炉軽油タンク,3号炉軽油タンク,大容量電源装置,指 定数量以下の危険物を貯蔵する倉庫(油脂倉庫),危険物を貯蔵している車 両等(電源車,消防自動車,モニタリングカー他)を評価対象とする危険物 施設とした。

ただし、抽出にあたり以下の危険物施設は評価対象外とした。

a. 直接輻射熱の影響を受けない建屋内に設置している設備および地下貯蔵 タンク

ただし,大容量電源装置用燃料タンクは地下貯蔵タンクであり,地表面 で火災が発生する可能性は低いが,装置起動用発電機の軽油タンクが地 上面にあることから,保守的に地下タンクとともに火災が発生した場合 を想定する。

b.常時危険物を貯蔵していない「空」の状態で運用するタンクローリーお よび運用休止設備 (3) 熱影響評価を実施する危険物施設

図 5-1 に基づく抽出の結果,1号炉軽油タンク,3号炉軽油タンク,大容 量電源装置を熱影響評価を実施する危険物施設とした。

ただし、抽出にあたり以下の危険物施設は熱影響評価不要とした。

a. 貯蔵量が少なく周辺防護区域外に設置・保管され,軽油タンク火災の熱 影響評価に包絡される指定数量以下の危険物を貯蔵する倉庫(油脂倉庫), 車両等(電源車,消防自動車,モニタリングカー他)



図 5-1 敷地内危険物施設のうち評価対象抽出フロー

添5-4

|--|

号炉	危険物施設名	製造所等の別	危!	険物の類	品名	最大数量	詳細評価要否
1号炉	補助ボイラー設備*1	一般取扱所	第四類	第三石油類	重油	67.085kl	× (建屋内設置)
1号炉	620 kl 軽油貯蔵タンク	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	620 kl	0
			第四類	第二石油類	軽油	30.26 kl	×
1亏炉	非常用ディーセル発電設備	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	8 kl	(建屋内設置)
1号炉	主油タンク,油清浄機,油補 給タンク	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	95.5 kl	× (建屋内設置)
		屋外タンク貯蔵所					
2号炉	330 kl 軽油貯蔵タンク(A)*2	→(変更)地下タ	第四類	第二石油類	軽油	330 kl	X (世子司男)
		ンク貯蔵所					(地下設直)
		屋外タンク貯蔵所					×
2号炉	330 kl 軽油貯蔵タンク(B)*2	→(変更)地下タ	第四類	第二石油類	軽油	330 kl	× (地下凯罟)
		ンク貯蔵所					(地下設直)
9是后	非常用ディーゼル発電設備	一般市场市	第四類	第二石油類	軽油	41.664 kl	×
2511	(A)	加文 4文 1/2 /7/	第四類	第四石油類	潤滑油	8.8 kl	(建屋内設置)
9.早后	非常用ディーゼル発電設備	一般历报而	第四類	第二石油類	軽油	41.664 kl	×
乙万沙	(B)	一 元文 4文 1次 7月	第四類	第四石油類	潤滑油	8.8 kl	(建屋内設置)
9是后	高圧炉心スプレイ系ディーゼ	一般版报诉	第四類	第二石油類	軽油	21.456 kl	×
2511	ル発電設備	加文 4文 1/2 /7/	第四類	第四石油類	潤滑油	1.8 kl	(建屋内設置)
2号炉	タービン関連設備	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	177.38 kl	× (建屋内設置)
2号炉	固化設備	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	スチレン	11 kl	× (設備休止「空」)
3号炉	330k1軽油貯蔵タンク(A)	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	330 kl	0
3号炉	330k1軽油貯蔵タンク(B)	屋外タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	330 kl	0
이민서를	非常用ディーゼル発電設備		第四類	第二石油類	軽油	41.112 kl	×
3亏炉	(A)	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	7 kl	(建屋内設置)
2旦に	非常用ディーゼル発電設備	一郎西田正	第四類	第二石油類	軽油	41.112 kl	×
っ方が	(B)	772 42 122 171	第四類	第四石油類	潤滑油	7 kl	(建屋内設置)
2 早 后	高圧炉心スプレイ系ディーゼ	一般的现在	第四類	第二石油類	軽油	21.456 kl	×
っ方が	ル発電設備	772 42 122 171	第四類	第四石油類	潤滑油	1.8 kl	(建屋内設置)
3号炉	タービン関連設備	一般取扱所	第四類	第四石油類	潤滑油	122.5 kl	× (建屋内設置)

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

※2:2号炉軽油タンク(A)(B)は地下貯蔵化する

号炉	危険物施設名	製造所等の別	危	危険物の類		最大数量	詳細評価要否
その他	十次島電順提置※3	一般取扱所	笛皿粨	第一石油粨	<b></b> 都油	74 025kl	×
	八石堇电协表世	112 42 12 121	77 EI 79	为一百世族	7E 10	74.029KI	(常時「空」)
ての他	十六县委浙壮平※3	地下ないな防衛部	第四類	第二石油類	軽油	90 kl	0
その他	入谷重电隙装直**	地下ダンク貯蔵所	第四類	第四石油類	潤滑油	10 kl	0
			第四類	第二石油類	灯油	4 kl	×
その他	タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	4 kl	
			第四類	第三石油類	重油	3.66 kl	(吊吁[空])
			第四類	第二石油類	灯油	4 kl	×
その他	タンクローリー	移動式タンク貯蔵所	第四類	第二石油類	軽油	4 kl	(常味「你」)
			第四類	第三石油類	重油	3.66 kl	(吊时 空])

表 5-1 女川原子力発電所敷地内危険物施設一覧(2/5)

※3:評価に際し最大貯蔵量に加えて起動用発電機軽油タンク 5851(一般取扱所分)を加味して評価を実施。

箇 所	危険物の類		品名	運用最大数量	詳細評価要否
油肥合店	第四類	第四石油類	潤滑油	5,800 1	×
伯 加 启 <u></u>	第四類	第三石油類	潤滑油	40 1	(貯蔵容量)
<b>笠 0</b> 油 叱 会 庄	第四類	第四石油類	潤滑油	5,800 1	×
売 ∠ 仙 加 启 単	第四類	第三石油類	潤滑油	40 1	(貯蔵容量)

表 5-1 女川原子力発電所敷地内危険物施設一覧(3/5)

## 表 5-1 女川原子力発電所敷地内危険物施設一覧(4/5)

箇所	数量	危	険物の類	品名	燃料貯蔵量	詳細評価要否
化学消防ポンプ自動車 (消防車庫)	1台	第四類	第二石油類	軽油	70 1	× (貯蔵容量)
水槽付消防ポンプ自動車 (消防車庫)	1 台	第四類	第二石油類	軽油	70 1	× (貯蔵容量)
代替注水車 (保修センター北側駐車場)	3 台	第四類	第二石油類	軽油	189 l	× (貯蔵容量)
高圧応急用発電機車 (高台電源センター)	6 台	第四類	第二石油類	軽油	1,500 l	× (貯蔵容量)
ユニック車 (高台)	1台	第四類	第二石油類	軽油	100 l	× (貯蔵容量)
エンジン発電機 (構内設備変圧器室)	1台	第四類	第一石油類	ガソリン	12.7 l	× (貯蔵容量)
ガソリン携行缶 (構内設備変圧器室)	2 缶	第四類	第一石油類	ガソリン	40 1	× (貯蔵容量)
灯油缶 (構內設備変圧器室)	2 缶	第四類	第二石油類	灯油	40 1	× (貯蔵容量)
<i>タン</i> クローリー(車両) (高台)	2 台	第四類	第二石油類	軽油	200 1	× (貯蔵容量)
送水車 (保修センター北側駐車場)	2 台	第四類	第二石油類	軽油	2,200 1	× (貯蔵容量)
ホース延長回収車 (保修センター北側駐車場)	2 台	第四類	第二石油類	軽油	270 1	× (貯蔵容量)
ホイールローダー (消防車庫)	2 台	第四類	第二石油類	軽油	240 l	× (貯蔵容量)
<ul><li>バックホウ</li><li>(大容量電源装置)</li></ul>	2 台	第四類	第二石油類	軽油	740 l	× (貯蔵容量)
エンジンコンプレッサー (第一予備品・貯蔵品倉庫)	4 台	第四類	第二石油類	軽油	72 1	× (貯蔵容量)
可搬式ディーゼル発電機 (第一予備品・貯蔵品倉庫)	6 台	第四類	第二石油類	軽油	420 1	× (貯蔵容量)
モニタリングカー (消防車庫前)	1 台	第四類	第一石油類	ガソリン	96 1	× (貯蔵容量)
事務新館屋上 DG (事務新館)	1式	第四類	第二石油類	軽油	950 1	× (貯蔵容量)

設備名	危険物の類		品名	燃料貯蔵量	詳細評価要否
タンクローリー	笠皿粨	<b>笠一</b> 石油粨	赵油	4 1-1	×
(重大事故等対処設備)	邪四親	<b>舟</b> 一 1	¥E (田	4 KI	(常時「空」)
地下軽油タンク	笠田粨	<b>笠一</b> 石油粨	赵沂	300 kl	×
(高台)	<b></b> 用 四 類	<b>舟</b> 一 1 田 独	¥E (田	$(300 \mathrm{m}^3)$	(地下式)

表 5-1	女川原子力発電所敷地内危険物施設一覧	(5 / 5)
-------	--------------------	---------



図 5-2 女川原子力発電所敷地内における主要な危険物施設等の位置

- 3. 温度影響評価
- (1) 危険物施設の火災の想定

危険物施設の火災の想定は以下のとおりとした。

- a. 想定の条件
  - i.評価対象とする危険物施設は,前項で抽出した危険物施設を想定した。
  - ii. 評価対象とする危険物施設の燃料は満載した状態を想定した。
  - iii.離隔距離は、評価上厳しくなるようi.で想定した危険物施設位置から原子炉施設までの直線距離とした。
  - iv. 危険物施設の破損等による防油堤内の全面火災を想定した。
  - v. 気象条件は無風状態とした。
  - vi. 火災は円筒火災モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とした。
- b. 輻射強度の算定

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

- (2) 建屋外壁に対する熱影響評価
  - a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の危険物施設のうち,1号炉軽油タンク, 3号炉軽油タンク(AおよびB),大容量電源装置に火災を想定して,原子炉 施設外壁への熱影響評価を実施する。

b. 必要データ

評価に用いるデータ	マは以下のとおりて	ある。
		-

		1 号炉	3号炉軽油タンク			大容量
		軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
	燃料量 $V$ [m <sup>3</sup> ]	620	330	330	660	90.585 (軽油) 10 (潤滑油)
	輻射発散度 <i>Rf</i> [W/m <sup>2</sup> ]	42,000	42,000	42,000	42,000	42,000 (軽油,潤滑油)
	燃焼速度 <i>v</i> [m/s]	$5.11 \times 10^{-5}$	$5.11  imes 10^{-5}$	$5.11 \times 10^{-5}$	$5.11 \times 10^{-5}$	5.11×10 <sup>-5</sup> (軽油) 4.35×10 <sup>-5</sup> (潤滑油)
	防油堤面積 <i>S</i> [m²]	340	195.15	185.80	380.95	47.6115 (軽油) 6.1743 (潤滑油)
離	原子炉建屋	201	206	191	191	407
· 府 距 離	制御建屋	179	304	289	289	447
[m]	タービン建屋	105	303	287	287	479

c. 燃焼半径の算出

円筒火炎モデルとして評価を実施するため,燃焼半径は防油槽面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

 $R = \sqrt{S/\pi} \qquad [m]$ 

*R*:燃焼半径[m],*S*:防油槽面積(=燃焼面積)[m<sup>2</sup>]

	<ol> <li>1 号炉</li> <li>軽油タンク</li> </ol>	3 - A	号炉軽油タンク B	7 A + B	大容量 電源装置
燃焼半径 <i>R</i> [m]	10.404	7.882	7.691	11.012	3.893 (軽油) 1.402 (潤滑油)

d. 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

	1 号炉	3	3号炉軽油タンク				
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置		
原子炉建屋							
${\it \Phi}$	$5.246  imes 10^{-3}$	$2.857  imes 10^{-3}$	$3.167  imes 10^{-3}$	$6.513  imes 10^{-3}$	$1.987 \times 10^{-4}$		
[-]							
制御建屋							
${\it \Phi}$	$6.620  imes 10^{-3}$	$1.306 \times 10^{-3}$	$1.376  imes 10^{-3}$	$2.834  imes 10^{-3}$	$1.647 \times 10^{-4}$		
[-]							
タービン建屋							
arPhi	$1.909 \times 10^{-2}$	$1.314 \times 10^{-3}$	$1.395  imes 10^{-3}$	$2.874  imes 10^{-3}$	$1.434 \times 10^{-4}$		
[-]							

e. 輻射強度の算出

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

## $E = Rf \cdot \Phi$

E:輻射強度[W/m<sup>2</sup>], Rf:火炎輻射発散度[W/m<sup>2</sup>], Φ:形態係数

	1 号炉	3	3号炉軽油タンク			
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置	
原子炉建屋						
E	221	121	133	274	9	
$[W/m^2]$						
制御建屋						
E	279	55	58	120	7	
$[W/m^2]$						
タービン建屋						
E	802	56	<b>59</b>	121	7	
$[W/m^2]$						

f.燃焼継続時間の算出
 燃焼時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値になる。

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

t:燃焼継続時間[s], V:燃料量[m<sup>3</sup>], R:燃焼半径[m],

v: 燃焼速度= $M/\rho$ [m/s], M: 質量低下速度[kg/m<sup>2</sup>/s],

 $\rho$ : 燃料密度[kg/m<sup>3</sup>]

	1 号炉	3	3号炉軽油タンク				
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置		
質量低下速度 <i>M</i> [kg/(m <sup>2</sup> ·s)]	0.044	0.044	0.044	0.044	0.044 (軽油) 0.039 (潤滑油)		
燃料密度 $ ho$ [kg/m <sup>3</sup> ]	860	860	860	860	860 (軽油) 895 (潤滑油)		
燃焼継続時間 <i>t</i> [s]	35,686	33,093	34,758	33,905	37,233		

- g. 判断の考え方
- (a)許容温度

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

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間,一定の輻射強度で 原子炉施設外壁が昇温されるものとして,下記の一次元非定常熱伝導方程 式の一般解の式よりコンクリート表面の温度上昇を求め,コンクリートの 表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。なお,コンクリート表 面温度評価にあたっては,対流および輻射による放熱は考慮しないものと した。

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

*T*:外壁表面温度(℃) *T*<sub>0</sub>:初期温度(50℃) *E*:輻射強度(W/m<sup>2</sup>)

$$a$$
 : コンクリート温度伝導率  $(=\lambda/\rho C_p)$  (m<sup>2</sup>/s)

- ρ : コンクリート密度 (2,400 kg/m<sup>3</sup>)
- *C<sub>p</sub>*: コンクリート比熱 (963 J/kg/K)
- *λ* : コンクリート熱伝導率 (1.74 W/m/K)
- x : コンクリート深さ(外表面のため 0m で算出)
- t : 燃燒継続時間 (s)



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

※2:コンクリート表面温度評価にあたっては、対流および輻射による放熱は考慮しないものとした

## 図 5-3 一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図

	1号炉	3 -	3号炉軽油タンク		
	軽油ダンク	А	В	A + B	電源装置
原子炉建屋 外壁温度[℃]	約 74	約 63	約 64	約 79	約 51
制御建屋 外壁温度[℃]	約 80	約 56	約 57	約 63	約 51
タービン建屋 外壁温度[℃]	約 136	約 56	約 57	約 63	約 51

- (3) 復水貯蔵タンクに対する熱影響評価
  - a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の危険物タンクによる復水貯蔵タンク への火災影響評価を実施する。

b. 必要データ

評価に用いるデータは(2)b.データに加えて、以下のとおりである。

	1 号炉 軽油タンク	3 -	号炉軽油タン	· ク	大容量
		А	В	A + B	電源装置
復水貯蔵タンク との距離	294	189	174	174	435

c. 燃焼半径の算出

(2) c. 同様

d. 形態係数の算出

	1号炉	3	号炉軽油タン	ク	大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
形態係数 <i>Φ</i> [·]	2.442×10 <sup>-3</sup>	$3.398 \times 10^{-3}$	$3.820 \times 10^{-3}$	$7.850  imes 10^{-3}$	$1.739 \times 10^{-4}$

e. 輻射強度の評価

	1 号炉	3	号炉軽油タン	ク	大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
輻射強度 <i>E</i> [W/m <sup>2</sup> ]	103	143	161	330	8

f. 燃焼継続時間の算出

(2) f. 同様

- g. 判断の考え方
- (a)許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については,復水貯蔵タンクの最高使 用温度である 66℃とする。なお,温度評価にあたっては,対流および輻 射による放熱は考慮しないものとした。 (b) タンク温度の算出

以下の式からタンク温度を算出する。タンク温度算出に必要となるデー タを示す。

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

- $T_0$  : 初期温度(36.8[℃])(石巻・女川・江ノ島の過去10年間の最高気温の最高値) E : 輻射強度[W/m<sup>2</sup>] t : 燃焼継続時間[s] Do : タンク外径(20.012[m]) h : タンク円筒高さ(11.8[m])  $\rho_w$  : 水の密度(979.9 [kg/m<sup>3</sup>]) ※1  $C_{pw}$  : 水の比熱(4186 [J/kg/K]) ※1 V : 水の体積(690[m<sup>3</sup>])  $\rho_s$  : タンク壁材密度(7860[kg/m<sup>3</sup>]) ※2  $C_{ps}$  : タンク壁材比熱(473[J/kg/K]) ※2 Di : タンク人壁材比熱(473[J/kg/K]) ※2
- ※1: 伝熱工学資料第5版記載値(軽水)を66℃となるように線形補間した値 ※2: 伝熱工学資料第5版記載値(キルド鋼)



図 5-4 受熱面積のイメージ

(c)評価結果

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

	1号炉	3 -	号炉軽油タン	<i>~</i> ク	大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
復水貯蔵タンク 温度 <i>T</i> [℃]	約 38	約 38	約 39	約 40	約 37

- (4) 排気筒に対する熱影響評価
  - a. 評価対象範囲

発電所敷地内に設置している屋外の危険物タンクによる排気筒への火災 影響評価を実施する。

b. 必要データ

評価に用いるデータは(2)b.データに加えて,以下のとおりである。

	1 号炉	3 -	号炉軽油タング	ク	大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
排気筒 との距離	431	214	207	207	206

c. 燃焼半径の算出

c.と同様。

d. 形態係数の算出

	1号炉	3	号炉軽油タン	ク	大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
形態係数 <i>Φ</i> [·]	$1.131 \times 10^{-3}$	$2.647 \times 10^{-3}$	$2.693  imes 10^{-3}$	$5.543  imes 10^{-3}$	$7.799 \times 10^{-4}$

e. 輻射強度の評価

	1 号炉	3号炉軽油タンク			大容量
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
輻射強度 <i>E</i> [W/m <sup>2</sup> ]	48	112	114	233	33

f. 燃焼継続時間の算出

f.と同様。

- g. 判断の考え方
- (a) 許容温度

本火災影響評価で用いる排気筒の許容温度として,排気筒に使用されて いる鋼材材質(SMA400AP, STK400, SS400)から,「発電用原子力設 備規格 設計・建設規格」に規定されている当該鋼材の制限温度である 350℃を許容温度とする。 (b) 評価結果

円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し,外表面全体から放熱するものとした。内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。排気筒 円筒材の境界条件の模式図を図 5-5 に示す。

なお,評価にあたって排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが,筒 身よりも支持鉄塔側が危険物タンクとの距離が近いこと(図 5-6 参照), 材質も支持鉄塔は SS400 および STK400,筒身では SMA400AP であり, 物性値が軟鋼で同一であることから,支持鉄塔の評価を実施することで筒 身の評価は包絡される。





受熱面の輻射強度は時間によらず一定である。したがって、排気筒の温度上昇の最大値 T<sub>max</sub> は受熱面の輻射による熱量と放熱量がバランスした状態である。下記の温度評価式により、排気筒の温度評価を実施した。

$$\frac{\varepsilon E \pi D_0}{2} = h \pi D_0 (T_{max} - T_0)$$

ε :吸収率 0.9[-]
E :輻射強度[W/m<sup>2</sup>]
Do :外径[m]
h :熱伝達率 17[W/m<sup>2</sup>/K]
To :初期温度 50[℃]

上式の左辺は輻射による受熱を表し、右辺は放熱を表す。これを変形す ると

$$T_{max} - T_0 = \frac{\varepsilon E}{2h}$$

と表せ、これを用いて温度評価を実施し、許容温度 350℃以下であること を確認した。

	1 号炉	3号炉軽油タンク		大容量	
	軽油タンク	А	В	A + B	電源装置
排気筒温度 7	※ ち 下 の	※ 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5 5	※ 「 下 つ		☆与 〒1
$I_{max}$ [°C]	市1 02	ボリ 00	ボリ むさ	示了 0 7	がり 81

(5) 海水ポンプに対する熱影響評価

海水ポンプ室設置機器は地下ピット方式のため, 危険物タンク火災による 輻射熱の影響は直接受けない構造である。(添付資料-2参照)

4. まとめ

以上の結果から,発電所敷地内の危険物タンクにおいて火災が発生した場合 を想定したとしても,原子炉施設(原子炉建屋,制御建屋,タービン建屋)の 外壁温度,復水貯蔵タンク温度および排気筒温度が許容温度を下回ることから, 安全機能を有する構築物,系統および機器に熱影響をおよぼすことはない。

添付資料-6

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

はじめに

本評価は、女川原子力発電所2号炉における発電所敷地への航空機の落下で 発生する火災に対してより一層の安全性向上の観点から、その火災が発電所の 敷地内で起こったとしても安全機能を有する構築物、系統および機器を内包す る原子炉施設に影響をおよぼさないことについて、原子力発電所の外部火災評 価ガイドに基づき、評価を実施するものである。

1. 評価の方針

航空機落下確率評価については,評価手法の違いからカテゴリに分けて落 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, 訓練中の事故等,民間航空機と軍用機(自衛隊機または米軍機)では,その 発生状況が必ずしも同一ではない。従って,航空機落下確率でのカテゴリ別 に以下のとおり分類し,航空機落下による火災の影響を評価する。

- (1) 計器飛行方式および有視界飛行方式の大型の民間航空機の落下事故
- (2) 軍用機の落下事故
  - a.空中給油機等,高高度での巡航が想定される大型固定翼機
  - b. その他の大型固定翼機,小型固定翼機および回転翼機
  - c. 基地-訓練空域間往復時
- 2. 航空機落下による火災の熱影響の評価
  - (1)航空機落下による火災の想定 航空機落下による火災の想定は以下のとおりとした。
    - a. 想定の条件
    - (a) 航空機は,発電所における航空機墜落評価の対象航空機のうち,燃料積載量が最大の機種とした。(添付-1)

項目	民間航空機	自衛隊機または米軍機			
	計器飛行方式お	訓練空域外を飛行中		İ₩_訓結空	
	よび有視界飛行	高高度巡航が想定さ	その仙の継話	<u> </u>	
	方式 (大型)	れる大型固定翼機	ての加速の液理	或间江夜时	
対象	B747-400	KC-767	F-15	F-2	
饭馆					

- (b) 航空機は燃料を満載した状態を想定した。
- (c)航空機の墜落は発電所敷地内であって墜落確率が10<sup>-7</sup>[回/炉・年] 以上になる範囲のうち原子炉施設への影響が最も厳しくなる地点で 起こることを想定した。
- (d) 航空機の墜落によって燃料に着火し火災が起こることを想定した。
- (e) 気象条件は無風状態とした。
- (f)火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とした。
- b. 輻射強度の算定については、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ために、半径が 1.5m 以上の場合で火炎の 高さ(輻射体)を半径の3倍にした円筒火災モデルを採用した。
- (2) 航空機落下による火災の熱影響の有無の評価
  - a. 評価対象範囲

評価対象範囲は,発電所敷地内であって落下確率が 10<sup>-7</sup> [回/炉·年] 以上になる範囲のうち原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域とす ることから,大型の民間航空機および軍用機の機種を対象とし,落下確 率が 10<sup>-7</sup> [回/炉·年] に相当する標的面積を算出し,その結果から原 子炉施設からの離隔距離を求めた。 (a)標的面積の算出

「実用発電用原子炉への航空機落下確率の評価基準について」に基づき,落下確率10<sup>-7</sup>[回/炉・年]に相当する標的面積を算出した。

i. 計器飛行方式および有視界飛行方式の大型の民間航空機の落下事故 計器飛行方式の民間航空機の落下確率 Pc を求める式は以下のとお り。

$$P_{c} = \frac{f_{c} \cdot N_{c} \cdot A}{W}$$

- Pc : 対象施設に対する巡航中の航空機落下確率 [回/年]
- fc=Gc/Hc: 単位飛行時間当たりの巡航中の落下事故確率 [回/(飛

行回・km)]

- Gc: 巡航中事故件数 [回]
- H<sub>c</sub>:のべ飛行距離[飛行回・km]
- N<sub>c</sub>: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<sup>2</sup>]
- W : 航空路幅 [km]

	女川原子力発電所2号炉
対象航空路 <sup>注1</sup>	直行経路 MIYAKO(MQE)-IWAKI(IXE)
${f f_c}^{{{\scriptscriptstyle{rac{12}{2}}}}_2}$	$0.5/9,439,243,077=5.30\times10^{-11}$
N <sub>c</sub> 注3	182.5
$\mathrm{A}^{{}^{{}_{\!$	0.0114
W <sup>注 5</sup>	27
Pc	$4.08 \times 10^{-12}$

- 注 1: 女川原子力発電所周辺の航空路図(AIP エンルートチャート)による。 (添付-2)
- 注2:事故件数は、平成3年~平成22年の間で0件であるため保守的に0.5 件と仮定した。延べ飛行距離は平成4年~平成23年の「航空輸送統計 年報、第1表 総括表、1.輸送実績」における運航キロメートルの国内 の値を合計した値。(添付-3)
- 注3:国土交通省航空局への問い合わせ結果を365倍した値。(添付-4)
- 注4:原子炉建屋,制御建屋等の水平面積を合計した値。(添付-5)
- 注5:「航空路等設定基準」による。

有視界飛行方式の大型の民間航空機の落下確率 Pv を求める式は以下のとおり。

$$P_V = \frac{f_v}{S_v} (A \cdot \alpha)$$
  
 $P_V : 対象施設への航空機落下確率 [回/年]$   
 $f_V : 単位年あたりの落下事故率 [回/年]$   
 $S_V : 全国土面積 (=37.2 万 km^2)$   
 $A : 標的面積 [km^2]$   
 $\alpha : 対象航空機の種類による係数$ 

	女川原子力発電所2号炉			
${ m f_v}^{{\scriptstyle  e 1}1}$	大型固定翼機 0.5/20=0.025 大型回転翼機 2/20=0.1			
$S_v^{\pm 1}$	372,000			
А	0.0114			
$lpha^{{rac{1}{2}}1}$	大型固定翼機,大型回転翼機:1			
$P_{v}$	$3.83 \times 10^{-9}$			

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

航空路等を巡航中の航空機の落下確率  $(P_c+P_v)$  が  $10^{-7}$  [回/炉・年] となる標的面積 A' を求める式は以下のとおり。

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

上記より,標的面積 A'は, A'=0.297650 [km<sup>2</sup>] となる。

ii. 自衛隊機または米軍機

自衛隊機または米軍機のうち,訓練空域外を飛行中の落下確率 Pso を求める式は以下のとおり。

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

- Pso:訓練空域外での対象施設への航空機落下確率[回/年]
- fso : 単位年あ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<sup>2</sup>]
- A :標的面積 [km<sup>2</sup>]

	女川原子力発電所2号炉		
<b>f</b> 注1	自衛隊機 0.5/20=0.025		
ISO	米軍機 1/20=0.05		
$\mathrm{So}^{\pm 1}$	自衛隊機 295,000		
	米軍機 372,000		
А	0.0114		
Pso	$2.50 \times 10^{-9}$		

高高度巡航が想定される大型固定翼機

その他の機種

	女川原子力発電所2号炉		
${ m fso}^{{}^{rac{2}{2}1}}$	自衛隊機 8/20=0.4		
	米軍機 4/20=0.2		
${ m S}_{ m O}{}^{\pm 1}$	自衛隊機 295,000		
	米軍機 372,000		
А	0.0114		
$P_{SO}$	2.16×10 <sup>-8</sup>		

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

上記より,航空路等を巡航中の航空機の落下確率(Pso)が107[回/炉・年]となる標的面積 A'をそれぞれ算出すると以下のとおりとなる。

A'(高高度巡航が想定される大型固定翼機)=0.456000 [km<sup>2</sup>] A'(その他の機種)=0.052778 [km<sup>2</sup>] 自衛隊機または米軍機のうち,基地ー訓練空域間往復時の落下確率 Ptrを求める式は以下のとおり。

 $P_{tr} = f_{tr} N_{tr} AF(x)_{tr}$ 

- Ptr : 対象施設への航空機落下確率 [回/年]
- ftr :当該移動経路を巡航中の落下事故率 [回/(飛行回・km)]
- N<sub>tr</sub>:当該移動経路の年間飛行回数 [飛行回/年]
- A :標的面積 [km<sup>2</sup>]

 $F(x)_{tr}$ :事故点分布関数  $[km^{-1}] = \frac{0.625}{2} \exp(-0.625|x|)$ 

x :移動経路から発電所までの距離

		女川原子力発電所2号炉		
対象飛行場		航空自衛隊松島飛行場		
${f f_{tr}}^{{{rac{2}{1}}}1}$		1.57×10 <sup>-7</sup>		
N. 注2	N <sub>tr</sub> 北側	8400		
INtr	N <sub>tr</sub> 南側	8400		
A		0.0114		
<b>F()</b> 注3	F(x)tr 北側	$F(9.5)_{tr}=8.25 \times 10^{-4}$		
$\Gamma(X)_{\rm tr}$	F(x) <sub>tr</sub> 南側	$F(10.5)_{tr}=4.41\times10^{-4}$		
	P <sub>tr</sub> 北側	$1.24 \times 10^{-8}$		
$\mathrm{P}_{\mathrm{tr}}$	P <sub>tr</sub> 南側	$6.63  imes 10^{-9}$		
	合計	$1.90 \times 10^{-8}$		

注1:事故件数は、平成12年3月11日及び同年7月4日の2件3機。
 移動経路は、防衛庁(当時)発表(平成12年8月10日)の再発防
 止対策に基づき、発電所に対して北側移動経路(157.0km)及び南
 側移動経路(70.2km)とする。(添付-6)
 飛行頻度は、北側と南側で同頻度とする。

訓練頻度は,航空自衛隊松島飛行場によれば,700機/月。 注2:注1より700×2(往復)×12(ヶ月)÷2(経路)=8400 注3:北側及び南側移動経路から発電所までの最短距離とする。

上記より,航空路等を巡航中の航空機の落下確率(Ptr)が10<sup>-7</sup>[回 /炉・年]となる標的面積 A'を算出すると,A'=0.060000 [km<sup>2</sup>] となる。 (b) 原子炉施設からの離隔距離の算出

(a)で求めた面積と,評価対象となる原子炉施設の周辺に L[m]の離隔距離を含めた火災評価上の標的面積との関係から離隔距離 L を算出した結果は以下のとおり。

離隔距離の算出の考え方を添付-7 に,航空機落下火災および3号 炉軽油タンク火災の重畳の評価位置を添付-8に示す。

データ種類	民間航空機	自衛隊機または米軍機		
	計器飛行方式お 訓練空域外を飛行中		亍中	甘地二訓結応
	よび有視界飛行	高高度巡航が想定さ	その他	<u>本地一</u> 训禄空 试明分復時
	方式 (大型)	れる大型固定翼機	の機種	收间111反时
対象機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2
離隔距離	20	115	05	90
L[m]	89	119	20	28



図 6-1 民間航空機(計器飛行方式および有視界飛行方式(大型))の離隔距離のイメージ


図 6-2 自衛隊機または米軍機(高高度巡航が想定される大型固定翼機)の離隔距離のイメージ



図 6-3 自衛隊機または米軍機(その他の機種)の離隔距離のイメージ



図 6-4 自衛隊機または米軍機(基地―訓練空域間往復時)の離隔距離のイメージ

# b. 必要データ

	民間航空機	自衛隊	自衛隊機または米軍機		
	乳肥恋行士士お	訓練空域外を	:飛行中		
データ種類	計 器 飛 1 万 式 ね よび 有 視 界 飛 行 方 式 (大型)	高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時	
対象機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2	
燃料の種類	Jet A-1	JP-4	JP-4 JP-4		
燃料量[m <sup>3</sup> ]	216.84	145.04	14.87	10.43	
輻射発散度	50.000	58 000	58 000	58 000	
[W/m <sup>2</sup> ]	50,000	56,000	50,000	50,000	
燃焼速度	$4.64 \times 10^{-5}$	$6.71 \times 10^{-5}$	$6.71 \times 10^{-5}$	$6.71 \times 10^{-5}$	
[m/s]	4.04/10	0.71×10	0.71×10	0.71×10	
燃焼面積	700	405.2	44.6	35	
[m <sup>2</sup> ]	100	400.2	41.0	00	
原子炉施設					
からの距離	89	115	25	28	
[m]					

c. 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,燃焼半径は航空機の燃料 タンクの投影面積を円筒の底面と仮定して以下のとおり算出した。

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

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

	民間航空機	自衛隊機または米軍機		
	乳児恋行士士や	訓練空域外を	:飛行中	
データ種類	よび有視界飛行 方式(大型)	高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時
燃焼半径[m]	14.928	11.357	3.768	3.338

d. 形態係数の算出

$$\Phi = \frac{1}{\pi n} \tan^{-1} \left( \frac{m}{\sqrt{n^2 - 1}} \right) + \frac{m}{\pi} \left\{ \frac{(A - 2n)}{n\sqrt{AB}} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{A(n - 1)}{B(n + 1)}} \right] - \frac{1}{n} \tan^{-1} \left[ \sqrt{\frac{(n - 1)}{(n + 1)}} \right] \right\}$$
  
$$\hbar \hbar \tilde{h} \tilde{h} \tilde{h} \tilde{h}, \ m = \frac{H}{R} \Rightarrow 3, n = \frac{L}{R}, A = (1 + n)^2 + m^2, B = (1 - n)^2 + m^2$$

**Φ**:形態係数, L:離隔距離[m], H:炎の高さ[m], R:燃焼半径[m]

	民間航空機	自衛隊機または米軍機		
データ種類	乳田亦仁十十ち	訓練空域外を飛行中		
	計 福飛行 力 氏 お よび 有視 界飛行 方式 (大型)	高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時
形態係数	$5.142  imes 10^{-2}$	$1.896  imes 10^{-2}$	$4.238  imes 10^{-2}$	$2.729  imes 10^{-2}$

e. 輻射強度の評価

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

 $E = Rf \cdot \Phi$ 

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

	民間航空機	自衛隊機または米軍機		
データ種類	乳児恋行士士や	訓練空域外を		
	計 器 飛 1 万 式 ね よび 有 視 界 飛 行 方 式 (大型)	高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時
輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]	2,571	1,100	2,458	1,583

f. 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除した値になる。

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

t:燃焼継続時間[s], V:燃料量[m<sup>3</sup>], R:燃焼半径[m], v:燃焼速度[m/s]

	民間航空機	自衛隊機または米軍機		
データ種類	氏间航空機     目仰       計器飛行方式お     訓練空域外       よび有視界飛行     高高度巡航が想定       方式(大型)     される大型固定翼		☆ え飛行中 その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時
質量低下速 度[kg/m²/s]	0.039	機 0.051	0.051	0.051
燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	840	760	760	760
燃焼継続 時間[hr]	1.855	1.482	1.381	1.234

g. 判断の考え方

(a) 許容温度

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

(b) 耐火性能の評価結果

火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間,一定の輻射強度 で原子炉施設外壁が昇温されるものとして,下記の一次元非定常熱伝 導方程式の一般解の式よりコンクリート表面の温度上昇を求め,コン クリートの表面温度が許容温度以下であるか評価を実施した。なお, コンクリート表面温度評価にあたっては,対流および輻射による放熱 は考慮しないものとした。

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

*T*(*x*) :表面から*x*(m)の位置の温度(℃)

添6-13

- *T*<sub>0</sub> : 初期温度 (50℃)
- *E* :輻射強度 (W/m<sup>2</sup>)
- $\alpha$  : コンクリート温度伝導率 (= $\lambda / \rho C_p$ ) (m<sup>2</sup>/s)
- ρ : コンクリート密度 (2,400 kg/m<sup>3</sup>)
- *C<sub>p</sub>*:コンクリート比熱 (963 J/kg/K)
- *λ* : コンクリート熱伝導率 (1.74 W/mK)
- x : コンクリート深さ (m)
- *t* : 燃焼継続時間 (s)



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

図 6-5 一次元非定常熱伝導方程式による温度算出概念図

	民間航空機	自衛隊機または米軍機			
データ種類	計型或行士式な	訓練空域外を			
	計器飛行方式お よび有視界飛行 方式(大型)	高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時	
原子炉施設 外壁の表面 温度 [℃]	約 169	約 96	約 148	約 110	

- h. 復水貯蔵タンクに対する熱影響評価
- (a) 評価対象範囲

航空機落下による復水貯蔵タンクへの熱影響評価を実施する。

(b) 必要データおよび算出データ

必要データ,算出データ(燃焼半径,形態係数,輻射強度,燃焼継 続時間)については,前項 b ~ f と同様である。

- (c) 判断の考え方
  - i. 許容温度

本火災影響評価で用いる許容温度については、復水貯蔵タンクの最 高使用温度である 66℃とする。なお、温度評価にあたっては、対流 および輻射による放熱は考慮しないものとした。

ii. タンク温度の算出

以下の式からタンク温度を算出する。タンク温度算出に必要となる データを示す。

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

- *T*<sub>0</sub> :初期温度(36.8[℃])(石巻・女川・江ノ島の過去10年間の最高気温の最高値)
- *E* :輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]
- *t* : 燃焼継続時間 [s]
- Do : タンク外径 (20.012[m])
- h : タンク円筒高さ(11.8[m])
- *ρ<sub>w</sub>* : 水の密度 (979.9 [kg/m<sup>3</sup>]) ※1
- *C<sub>pw</sub>*:水の比熱(4186 [J/kg/K]) ※1
- V :水の体積 (690[m<sup>3</sup>])
- *ρ<sub>s</sub>* : タンク壁材密度 (7860[kg/m<sup>3</sup>]) ※2
- *C<sub>ps</sub>*: タンク壁材比熱(473[J/kg/K]) ※2
- *Di* : タンク内径 (20.0[m])
- e : タンク最小板厚 (0.006[m])
- ※1: 伝熱工学資料第5版記載値(軽水)を66℃となるように線形補間 した値
- ※2: 伝熱工学資料第5版記載値(キルド鋼)



図 6-6 受熱面積のイメージ

(d) 評価結果

温度評価を実施し、復水貯蔵タンク温度は許容温度である 66℃を下

データ種類	民間航空機	自衛隊機または米軍機			
	計器飛行方式お よび有視界飛行 方式(大型)	訓練空域外を飛行中			
		高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時	
復水貯蔵タンク 温度 [℃]	約 42	約 39	約 40	約 39	

回ることを確認した。

- i. 排気筒に対する熱影響評価
- (a)評価対象範囲

航空機落下による排気筒への熱影響評価を実施する。

(b) 必要データおよび算出データ

必要データ,算出データ(燃焼半径,形態係数,輻射強度,燃焼継 続時間)については,前項 b ~ f と同様である。

- (c) 判断の考え方
  - i. 許容温度

本火災影響評価で用いる排気筒の許容温度として,排気筒に使用されている鋼材材質(SMA400AP, STK400, SS400)から,「発電用 原子力設備規格 設計・建設規格」に規定されている当該鋼材の制限 温度である 350℃を許容温度とする。

ii. 温度評価結果

円筒外表面積の 1/2 に火災による輻射が到達し,外表面全体から放 熱するものとした。内表面は保守的に評価を実施するため断熱とした。 排気筒円筒材の境界条件の模式図を図 6-7 に示す。

なお,評価にあたって排気筒は支持鉄塔と筒身で構成されているが, 筒身よりも支持鉄塔側が航空機落下地点との距離が近いこと(図6-8 参照),材質も支持鉄塔は SS400 および STK400,筒身では SMA400APであり,物性値が軟鋼で同一であることから,支持鉄塔 の評価を実施することで筒身の評価は包絡される。





受熱面の輻射強度は時間によらず一定である。したがって、排気筒の温度上昇の最大値 T<sub>max</sub>は受熱面の輻射による熱量と放熱量がバランスした状態である。下記の温度評価式により、排気筒の温度評価を実施した。

 $\frac{\varepsilon E \pi D_0}{2} = h \pi D_0 (T_{max} - T_0)$ 

ε : 吸収率 0.9
E : 輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]
Do : 外径 [m]
h : 熱伝達率 17 [W/m<sup>2</sup>/K]
T<sub>0</sub> : 初期温度 50[℃]

上式の左辺は輻射による受熱を表し、右辺は放熱を表す。これを変形す ると以下式となる。

$$T_{max} - T_0 = \frac{\varepsilon E}{2h}$$

(d) 評価結果

温度評価を実施し, 排気筒温度は許容温度である 350℃を下回ること を確認した。

データ種類	民間航空機	自衛隊機または米軍機		
	計器飛行方式お よび有視界飛行 方式(大型)	訓練空域外を	飛行中	
		高高度巡航が想定 される大型固定翼 機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時
排気筒温度 [℃]	約 119	約 80	約 116	約 92

- j.海水ポンプに対する熱影響評価 海水ポンプに対する航空機落下火災による影響評価の結果,海水ポン プの機能に影響を及ぼすことがないことを確認した。(添付資料-2参照)
- 3. 評価結果

以上の結果から,航空機落下により発電所の敷地内で火災が発生した場合 を想定したとしても,原子炉施設の外壁温度,復水貯蔵タンク温度および排 気筒温度が許容温度を超えないため,安全機能を有する構築物,系統および 機器を内包する原子炉施設に熱影響をおよぼすことはない。 4. 自衛隊機または米軍機の用途による分類について

自衛隊機または米軍機の落下事故には,「訓練空域内で訓練中および訓練空 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。以下に自衛隊機また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
 表 6-1に主要航空機(大型固定翼機)の用途等を示す。

X 0 1 日南苏风(八王固定英风) 0 川运行					
市民	田次	松呑	寸法 [m]		<b>游</b> 彩 邑 [1-1]
川周	用述	「茂悝	全長	全幅	於作里 [KI]
陸上自衛隊	連絡偵察	LR-2	14	18	約 2
海上自衛隊	哨戒	P-3C	36	30	約 35
航空自衛隊	戦闘	F-15J/DJ	19	13	約 15
	戦闘	F-4EJ	19	12	約 12
	戦闘	F-2A/B	16	11	約 11
	偵察	RF-4E/EJ	19	12	約 12
	輸送	C-1	29	31	約 11
	輸送	C-130H	30	40	約 37
	空中給油・輸送	KC-767	49	48	約 145
	空中給油機能付加	KC-130H	30	40	約 37
	早期警戒	E-2C	18	25	約6
	早期警戒管制	E-767	49	48	KC-767 以下

表 6-1 自衛隊機(大型固定翼機)の用途等

※ 平成 25 年度版防衛白書等より作成。燃料量については、最大離陸重量等からの推定を含む。

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」および「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」および「輸送」 については、目的地での低高度で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、自衛隊機また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、表 6-2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 4kl 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	田冷	松呑	寸法 [m]		
7729	用述	饿性	全長	全幅	於科里 [K1]
		P-3C	36	30	約 35
空中給油機	、「空中給油」,「早期 警戒」,「哨戒」,「輸 送」を用途とする大 型固定翼機	C-1	29	31	約 11
等,高高度で		C-130H	30	40	約 37
の巡航が想定		KC-767	49	48	約 145
される大型固		KC-130H	30	40	約 37
定翼機		E-2C	18	25	約 6
		E-767	49	48	KC-767以下
この他の七刑	「戦闘」,「連絡偵	LR-2	14	18	約 2
その他の人型 固定翼機,小 型固定翼機及 び回転翼機 (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1) (1)	F-15J/DJ	19	13	約 15	
	F-4EJ	19	12	約 12	
	翼機,小型固定翼機	F-2A/B	16	11	約 11
い凹料発機	及び回転翼機	RF-4E/EJ	19	12	約 12

表 6-2 訓練空域外を飛行中の落下事故のカテゴリにおける整理

(2) 基地-訓練空域往復時の落下事故

発電所東方の海上には自衛隊の訓練空域があり,西方には航空自衛隊松島 飛行場があるため,松島飛行場から訓練空域へ自衛隊機が往復することによ る事故が評価対象となる。したがって,基地一訓練空域往復時の落下事故で 考慮する機種を,基地配備の機種を対象に表 6-3 の通り整理した。

表 6-3 基地―訓練空域往復時の落下事故のカテゴリにおける整理

カテゴリ	北松毛	寸法	₩×1 旦 [1-1]	
<i><i>Л</i>/<i>Ч</i>/</i>	微性	全長	全幅	
	F-2	16	11	約 10
甘地	T-4	13	10	F-2 以下
<b>峚地──</b> 訓練空域往復时	U-125A	16	16	約6
	UH-60J	16	5	約3

(3) 想定する航空機について

(1)および(2)の分類により,積載燃料が最大となる機種を評価上考 慮するとし,訓練空域外を飛行中の落下事故に対しては,空中給油機等の大 型航空機としては KC-767,その他の大型固定翼機等としては F-15 を,基 地-訓練空域往復時の落下事故に対しては F-2 を選定している。

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。

5. 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

	民間航空機	自衛隊機または米軍機			
- <del>-</del>	計器飛行方式お	訓練空域外を飛行中			
項目	よび有視界飛行 方式 (大型)	高高度巡航が想定され る大型固定翼機	その他の 機種	基地-訓練空 域間往復時	
想定機種	B747-400	KC-767	F-15	F-2	
燃料の種類	Jet A-1	JP-4	JP-4	JP-4	
燃料量[m <sup>3</sup> ]	216.84 1)	$145.04^{-3)}$	14.87 5)	10.43 7)	
燃焼面積 [m <sup>2</sup> ]	700 <sup>2)</sup>	$405.2$ $^{(4)}$	44.6 <sup>6)</sup>	$35^{8)}$	

(1) 航空機の仕様について

- 1) ボーイングジャパン ホームページ "747 型機情報"
- 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)」の記載図 面より、主翼・主翼と交差する胴体部および尾翼面積が燃料タンク面積 と同等と想定し、これらの面積を算出した値
- 3) 世界航空機年鑑 2012-2013 に記載の燃料重量および燃料密度 (NUREG-1805)から算出した値
- 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)」の記載図面 より、主翼部および胴体下部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) 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)
- 6) 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)記載の機体図面より、燃料タンクの配置および大きさを想定し、これらの面積を算出した値
- 7) 戦闘機年鑑 2013-2014 (イカロス出版 2013 年 3 月 11 日発行) 記載値
- 8) 戦闘機年鑑 2013-2014 (イカロス出版 2013 年 3 月 11 日発行) 記載の 主翼面積値

(2) 燃料の物性値について

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。

火災影響評価において使用する燃料物性値のうち,輻射発散度および質量 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。このため,石 油便覧に「ジェット燃料は,沸点範囲がガソリン留分から灯油留分にまたが る広沸点範囲型と,灯油留分の沸点範囲を有する灯油型に大別される。」と 記載があること, Jet A-1 燃料については灯油型との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。

	民間航空機	自衛隊機または米軍機			
	計器飛行方式	訓練空域外を飛	行中	甘₩_∋1/結	
データ種類	および有視界	直直度巡航が相定され	その仙の継	<u> </u>	
	飛行方式(大	同同反巡航が認定され	话	主域向止後	
	型)	る八王回た英協	「生	н( <b>)</b>	
燃料の種類	Jet A-1	JP-4	JP-4	JP-4	
輻射発散度	50,000,9)	59 00012)	50 000 12)	50 000 12)	
$[W/m^2]$	50,000 %	58,000**	58,000 12/	58,000	
質量低下速	0 0 20 10)	0.051.13)	0.05113)	0.051.13)	
度[kg/m²/s]	0.059	0.001	0.00110/	0.001	
燃料密度	0.40,11)	(700, 13)	$700^{-13}$	$760$ $^{13)}$	
[kg/m <sup>3</sup> ]	840 11/	760 10	760 10/		
燃焼速度	$4.64 \times 10^{-5}$	$C 71 \times 10.5$	$c$ 71 $\times$ 10.5	$c$ 71 $\times$ 10.5	
[m/s]	4.04 × 10 5	0.71 × 10 5	$0.11 \times 10^{-9}$	$0.11 \times 10^{-9}$	

- 9) 「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」の付録 B におけ る灯油の値
- 10) NUREG-1805 記載の灯油の値
- 11) JIS-K-2209-1991 記載の1号の値
- 12) 「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」の付録 B に おけるガソリン・ナフサの値
- 13) NUREG-1805 記載の JP-4 の値

- 6. 航空機落下に起因する危険物タンクの火災による影響について
- (1)発電所敷地内の屋外危険物タンク

発電所敷地内に設置している屋外危険物タンクの航空機落下に起因する 火災影響評価については,貯蔵量が多い以下のタンクから対象を抽出する。

敷地内の屋外危険物タンク	合計容量
1号炉軽油タンク(軽油:620kl)	620 kl
2 号炉軽油タンク(A)(B)(軽油:各 330kl)	660 kl
3号炉軽油タンク(A)(B)(軽油:各330kl)	660 kl
大容量電源装置(軽油:90.585kl, 潤滑油:10kl)	100.585 kl

各危険物タンクの配置を図 6-9 に示す。

なお、2号炉軽油タンクは地下化を行うため評価対象からは除外する。





(2) 航空機落下による火災と敷地内の危険物タンクの火災が同時に発生した 場合の影響評価

航空機落下に起因する敷地内の危険物タンク火災が原子炉施設へ影響を 及ぼす可能性としては,航空機落下による火災で危険物タンクの火災が誘発 される場合と危険物タンクに直接航空機が落下し同時に火災が発生する場 合が考えられる。

危険物タンクに航空機が直接落下した場合には,落下位置が 10<sup>-7</sup> [回/ 炉・年] 域よりも2号炉原子炉施設からの離隔距離が長くなることによって, 建屋外壁の温度上昇は小さくなる。

ここでは,航空機落下による火災は原子炉施設の外壁に対して評価結果が 最も厳しい大型民間航空機(B747-400)が原子炉施設から 10<sup>-7</sup>[回/炉・ 年]域へ落下することによる火災を想定する。また,危険物タンクは,原子 炉施設の外壁に対して熱影響が最大となる3号炉軽油タンク(330kl×2 基) の火災を想定する。航空機の落下により誘発される火災については以下の3 ケースを考慮する。

ケース1:航空機と3号炉軽油タンクの火災が同時に発生する場合

- ケース2:航空機の燃料が半分となった時点で3号炉軽油タンクの火災が 発生する場合
- ケース3:航空機の燃焼終了直後に3号炉軽油タンクの火災が発生する場合

なお,大型民間航空機(B747-400)の落下位置は,原子炉施設から10<sup>-7</sup>[回 / 炉・年] 域の離隔距離である 89m とした。

また,3号炉軽油タンクは2号炉原子炉建屋との離隔距離191mの位置に 設置している。



図 6-10 航空機落下火災と3 号炉軽油タンク火災の重畳

(3) 影響評価結果

3 ケースの評価結果を表 6-4 にまとめた。なお,航空機の燃焼継続時間は 約1.9時間であり,3号炉軽油タンクの燃焼継続時間は約9.4時間である。航 空機落下火災によってタンク火災が誘発される場合の火災評価においては,航 空機と3号炉軽油タンクが同時に燃焼を開始する場合が最も外表面温度が高 くなる結果となった。なお,最も温度が高くなる場合においてもコンクリート 許容温度である200℃を下回る結果となった。

ケース番号	航空機燃焼開始時間を起点とした場 合の3号炉軽油タンクの燃焼開始	最高到達温度[℃]			
1	同時	約 181			
2	約 0.9 時間後	約 177			
3	約 1.9 時間後	約 168			

表 6-4 重畳評価結果まとめ



図 6-11 2 号炉原子炉建屋外壁の温度推移

添付-1

#### 火災影響評価における対象航空機

実用発電用原子炉施設への航空機落下確率の評価基準(内規)では,表1に 示すとおり民間航空機の計器飛行方式,有視界飛行方式,自衛隊機および在日 米軍機について,対象航空機の分類がなされている。火災影響評価では,色別 で示す4つのグループに分けて評価を実施している。火災影響評価における対 象航空機の選定の考え方を表2に示す。



表1 評価対象航空機の取扱と種類

■大型・小型民間航空機(固定翼,回転翼)
 ■大型・小型自衛隊機,在日米軍機(固定翼,回転翼)
 ■大型・小型自衛隊機,在日米軍機(固定翼,回転翼)
 ■大型自衛隊機,在日米軍機(固定翼)

民間航空機については燃料量が最大の機種である B747-400 を選定しており, 小型機は大型機と比較して燃料量が少ないことから大型機の評価に包絡される。

自衛隊機または米軍機については、訓練空域外を飛行中の高高度巡航が想定 される大型固定翼機として空中給油機である KC-767 を評価対象としている。 その他の機種については F-15 を評価対象としている。また、女川原子力発電所 の近傍に松島飛行場と訓練空域間の移動経路が設定されていることから、松島 飛行場配備の機種のうち燃料量が最大の機種である F-2 を評価対象としている。

		対象機種	燃料量 [m <sup>3</sup> ]	落下確率	備考		
	計器飛行 方式航空 機の落下 事故	航空路を巡航中 の落下事故					
		大	固定翼	B747-400	216.84	3.83×10 <sup>-9</sup>	
日間機	有視界飛行方式航	型	回転翼				
	空機の落下事故	小型	固定翼	Do228-200	2.39	9.96×10 <sup>-9</sup>	燃料量が大型 機に比べ少な いため、大型
			回転翼				機による評価 で代表する
		A. 言 飛術 巡るの す	∥練空域外を 5中の高高度 亢が想定され <型固定翼機 ≰下事故	KC-767	145.04	2.50×10 <sup>-9</sup>	
自衛隊機また は米軍機の落 下事故		B. 飛行 の様 故	訓練空域外を 行中のその他 幾種の落下事	F-15	14.87	2.16×10 <sup>-8</sup>	
		C. 基 域間 下哥	基地-訓練空 引往復時の落 事故	F-2	10.43	$1.90 \times 10^{-8}$	

表2 評価対象航空機の選定

A:表1のIに該当

B:表1のI~IVに該当

C:表1のⅠ, Ⅲに該当

添付-2



女川原子力発電所周辺の航空路図(AIP エンルートチャートより)

添付-3

### 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した。 なお、国際便についても運航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考

なお、国際便についても運航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考 慮しない。また、日本に乗り入れている外国機は運航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。

	日本国機の運航距離 (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

(飛行回数)

## 評価対象となる航空路の飛行回数

札幌交通管制部ピークデイ	直行経路 (MIYAKO(MQE)-IWAKI(IXE))
平成 24 年上半期 (H24.6.18)	0 <sup>注 1</sup>
平成 24 年下半期 (H24.8.7)	0 注 1
評価に用いる数値	0.5×365 日=182.5 回/年間

(交通量が0回のため、保守的に0.5回を仮定)

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、札 幌交通管制部が取り扱った交通量が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年間で最も多かった日とは必ずしも一致しない。

添付-5

### 原子炉施設の標的面積

[単位:km<sup>2</sup>]

号炉	原子炉建屋	制御建屋 <sup>注1</sup>	海水 ポンプ室	復水貯蔵 タンク	排気筒	合計
2 号炉	0.00647	0.00299	0.000370	0.000316	0.00123	0.0114

使用済燃料プールおよび主要な安全系機器は原子炉建屋に含む。 なお,その他の評価対象設備が設置してある建屋は以下のとおり。

号炉	中央制御室	非常用海水ポンプ	非常用DG
2号炉	制御建屋	海水ポンプ室	原子炉建屋

注1:2号炉の中央制御室は1号炉の中央制御室との共用エリアである。 このため,評価対象とする制御建屋の標的面積は,2号炉制御建屋に加え,1号 炉の中央制御室エリアを考慮している。 2号炉の中央制御室換気空調系バウンダリでは、2号炉中央制御室および1 号炉中央制御室を対象範囲としている。このため、図1、図2に示す2号炉制御 建屋(C/B)および1号炉中央制御室が火災影響評価上の対象ということに なるが、1号炉制御建屋(C/B)3階面の通路等を保守的に対象範囲に含め ている。





添付-6

添付-7

#### 離隔距離の算出の考え方

民間航空機の落下事故を想定した場合の原子炉施設ごとの標的面積と離隔距 離を表1に示す。

離隔距離は,落下確率が10<sup>-7</sup>[回/炉・年]に相当する標的面積(0.297650km<sup>2</sup>) を,図1から図8に示す原子炉施設に,外壁面からの距離がそれぞれ等しくな るように分配し設定した。

図1から図8を重ねたものを図9に示す。離隔距離を算出する上で、すべての評価対象施設からの10<sup>-7</sup>[回/炉・年]域に相当する標的面積のうち重複する面積は考慮しないこととしている。

原子炉施設	標的面積 [km <sup>2</sup> ]	離隔距離 [m]	参照図
1号炉制御建屋	0.039476	89	図 1
2号炉制御建屋	0.041033	89	$\boxtimes 2$
2号炉原子炉建屋	0.060121	89	図 3
2号炉海水ポンプ室(1)	0.030399	89	図 4
2号炉海水ポンプ室(2)	0.026762	89	図 5
2号炉海水ポンプ室(3)	0.030319	89	図 6
復水貯蔵タンク	0.030882	89	図 7
排気筒	0.038657	89	図 8
原子炉施設(合計)	0.297650		図 9

表1 原子炉施設ごとの標的面積と離隔距離(民間航空機の場合)



添6-38



添6-39



図5 2号炉海水ポンプ室(2)





添6-41



図 9 原子炉施設(合計)

航空機落下火災および3号炉軽油タンク火災の重畳の評価位置

1. 航空機落下火災

航空機落下火災による熱影響評価では,原子炉施設から10<sup>-7</sup>[回/炉・年] 域(民間航空機の落下事故を想定した場合,離隔距離89mの地点)へ航空機 が落下した場合の火災を想定している。10<sup>-7</sup>[回/炉・年]域のいずれの箇所 からも同じ温度結果となるため,原子炉建屋を代表して評価を実施している。 航空機落下地点と原子炉施設間に存在する構築物は,熱影響を遮断すると 考えられることから,これら構築物は評価上考慮しないこととしている。 海水ポンプ室は,ピット構造であり熱影響を受けないことから温度評価対

海水がシノ主は、ビノド構造でのリ系影響を受けないことから温度可象外としている。

2. 航空機落下火災と3号炉軽油タンク火災の重畳

航空機落下火災と3号炉軽油タンク火災の重畳による熱影響評価では,図1 に示すとおり、3号炉軽油タンクから原子炉建屋までの最短距離(191m)を 想定し、その軸上の10<sup>-7</sup>[回/炉・年]域(評価結果が最も厳しくなる民間 航空機を想定し、原子炉建屋から89m地点)を航空機落下地点としている。



添付資料-7

ばい煙および有毒ガスの影響評価について
1. 目的

外部火災により発生するばい煙および有毒ガスについては、火炎による上昇 気流により上空に運ばれることを考慮すると、ばい煙および有毒ガスが防護対 象設備の周辺に滞留する可能性は小さいと考えられるが、ばい煙および有毒ガ スが設備に与える影響について評価を実施する。

2. 評価対象設備

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」では、ばい煙等による安全上重要な設備に対する影響として、燃料生成物の換気また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の故障、有毒ガスによる影響等が挙 げられている。

よって、ばい煙等の影響が想定される設備として、評価フロー図(図 7-1) に基づき機器を選定し、以下の設備について評価を実施する。

設置場所	影響評価設備								
屋内	非常用ディーゼル機関、同吸気系								
	中央制御室換気空調系								
	計測制御電源室換気空調系								
	原子炉補機室換気空調系								
	原子炉建屋原子炉棟換気空調系								
屋外	原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機								
	高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機								

クラス3に該当する構築物,系統および機器については,一般産業施設と同 等以上の信頼性が要求されており,建屋内の設備については,建屋により防護 することとし,屋外設備については,代替設備等で安全機能に影響を与えない ことを確認した。

ただし,原子炉建屋原子炉棟換気空調系はクラス1,2の関連系のため個別 評価対象とした。



図 7-1 ばい煙等に対する評価フロー図

3. 評価結果

(1) 外気を取込む換気空調系統

外気を取込んでいる換気空調系統として,非常用ディーゼル機関吸気系以 外には以下の系統がある。

- ·中央制御室換気空調系
- ·計測制御電源室換気空調系
- ·原子炉補機室換気空調系
- ·原子炉建屋原子炉棟換気空調系

これらの外気給気に設置しているフィルタは、粒径  $1 \mu$  m 以上のダストを 90%以上除去できる性能を有しているため、外部火災で発生するばい煙 [粒 径:数 $\mu$  m~10 $\mu$  m (※1)]はこのフィルタで捕集されることから、ばい煙 粒子による機器への影響は問題ない。

また、中央制御室については、24時間常駐している運転員が外部火災の 情報受信後に、ばい煙の影響を受ける可能性があると判断した場合には、運 転員の操作により外気取入れダンパを閉止し外気を遮断できるため、ばい煙 の影響は受けない。(図 7-2 参照)

なお,換気空調系フィルタは,入口と出口間の差圧を検知できる差圧計を 監視し,フィルタが目詰まりした場合は予備のフィルタに交換を行うことで 機能は維持される。

**%1** [SMOKE MANAGEMENT GUIDE FOR PRESCRIBED AND

WILDLAND FIRE 2001 Edition](2001 年 12 月)

the National Wildfire Coordinating Group's(NWCG)(米国森林火災協会)



・外気取り入れ遮断時に閉操作

図 7-2 中央制御室空調系概略系統図

a. 中央制御室換気空調系統

「実用発電用原子炉およ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 制御室換気空調設備は、24時間常駐している運転員が外部火災の情報受 信後に、ばい煙の影響を受ける可能性があると判断した場合には、運転員 の操作により外気取入れダンパを閉止し外気の取込みを遮断することが できるため、ばい煙の影響は受けない。

発電所敷地内危険物タンクからの火災および航空機落下による火災を 想定し、中央制御室内に侵入する外部火災による有毒ガスの最大濃度につ いて、判断基準として IDLH (Immediately Dangerous to Life of Health \*1) と比較評価を実施した。

また,外部火災発生時,外気の取込みを一時的に停止した場合の中央制 御室内の酸素濃度および炭酸ガス濃度を評価して,中央制御室の居住性に 影響がないことの確認を実施した。

- ※1:30 分暴露によって生命およ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。
- (a) 外部火災により中央制御室に侵入する有毒ガスの評価
- i. 評価対象

女川2号炉の制御建屋にある中央制御室空調の給気口に対して距離が近 く多量の油を内蔵する危険物タンク(1号炉軽油タンク,3号炉軽油タンク (2基))からの火災および航空機落下による火災を評価対象とする。



図 7-3 2 号炉中央制御室給気口と敷地内屋外危険物タンクの位置

## ii. 評価方法

火災による有毒ガス発生量,風速および大気拡散度に基づき,有風時プ ルーム式を用いて中央制御室給気口における有毒ガス濃度を評価する。 (出典: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]」) (有風時プルーム式)

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

(Briggsの排煙上昇過程式)

$$H_{e} = 1.6F^{1/3} \cdot x^{2/3} \cdot u^{-1}$$
 (2)  
 $C_{xyz}$  : 濃度  
 $Q$  : 有毒ガス発生量 (Nm<sup>3</sup>/s)  
 $H_{e}$  : 有効発生高さ (m)  
 $\sigma_{y}, \sigma_{z}$  : 拡散パラメータ (m)  
 $u$  : 風速 (m/s)  
 $F$  : 排熱フラックス (m<sup>4</sup>/s<sup>3</sup>) = 0.037Q\_{H}  
 $Q_{H}$  : 排気熱量 (kcal/s) =  $\dot{m}A\Delta H_{c,eff}$   
 $\Delta H_{c,eff}$  : 燃焼時発熱量 (kcal/kg)  
 $A$  : 燃焼両積 (m<sup>2</sup>)  
 $\dot{m}$  : 質量低下速度 (kg/m<sup>2</sup>/s)  
 $x$  : 発生源と給気口との離隔距離 (m)  
 $z$  : 発生源と給気口との鉛直方向距離 (m)  
 $y$  : 排気プルーム軸からの距離 (m)



図 7-4 中央制御室給気口における有毒ガス濃度評価手法の概要

図 7-4 に評価手法の概要を示す。本評価では、危険物タンク火災と航空機落 下による火災を想定し、それぞれの火災により発生する有毒ガスの給気口位置 における濃度を求める。それぞれの火災源に対して算出した給気口位置の有毒 ガス濃度を判断基準である IDLH と比較する。

評価手順は以下の通り。

- ① それぞれの火災源から発生する有毒ガス発生量 Q を算出する
- ② 式(2)を用いて,火災源の排煙上昇高度 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。
- ③ 式(1)を用いて,給気口における有毒ガス濃度を求める。 なお,Z=高低差,Y=0とする。
- iii. 評価データ
- (i) 火災発生時の有毒ガス発生量
  - CO<sub>2</sub>発生量:環境省の温室効果ガス排出量算定・報告マニュアルに基づき算出
  - CO発生量:原油火災試験の計測結果を採用
  - SO<sub>2</sub>および NO<sub>2</sub>発生量:米国 EPA (環境省)および FAA (連邦航空局) が提示する Emission Factor を使用
- (ii) 火炎と給気口との離隔距離

危険物タンクと給気口との離隔距離は,機器配置図より直線距離を算出した。また,航空機落下位置については,女川2号炉の航空機落下による火災評価にて考慮しているカテゴリより,保守的な評価となる「計器飛行民間航空機(B747-400)」および「米軍機(訓練区域外)(F-15)」の落下位置を採用した。

(iii) 拡散パラメータ

式(2)より,航空機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。

 $Q_{H} = \dot{m}A\Delta H_{c.eff} = 0.039 \times 700 \times 10,300 = 281,100$  [kcal/s]

 $F = 0.037Q_H = 10,400$  [m<sup>4</sup>/s<sup>3</sup>]

 $u = 1.6F^{1/3} \cdot x^{2/3} \cdot H_{e1}^{-1} = 1.6 \times 10,400^{1/3} \times 104^{2/3} \times 15.925^{-1} = 48.4 \text{ [m/s]}$ 

表 7-1 に示す大気安定度分類表より,風速 6m/s 以上では大気安定度は C または D となることから,保守性を考慮して大気拡散の弱い安定度 D と, 表 7-2 に示す Pasquill-Gifford 図の近似関係(風下距離 0~1,000m)の安定度 D の式より拡散パラメータを算出した。鉛直方向の拡散パラメータについて は更に、表 7-3 に示す $\Delta$  He<sup>2</sup>/10 を加えた値を採用した。

風速 (U) - m/s	日射量 (T) kw/m <sup>2</sup>				放射収支量(Q)kw/m <sup>2</sup>		
	T <u>≥</u> 0.60	$0.60 > T$ $\geq 0.30$	0.30 > T $\geq 0.15$	0. 15 > T	Q≥ −0.020	-0.020>Q <u>&gt;</u> -0.040	-0.040 >Q
$U\!<\!2$	Α	A - B	В	D	D	G	G
$2 \leq U < 3$	A-B	в	С	D	D	Е	F
$3 \leq U \leq 4$	В	B-C	С	D	D	D	Е
$4 \le U \le 6$	С	C-D	D	D	D	D	D
6 <u>&lt;</u> U	С	D	D	D	D	D	D

表 7-1 大気安定度分類表(発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針より抜粋)

安定度	ay	7.	風下趴灘 x (m)
	0.901	0.426	0~1.000
A	0.851	0.602	1.000~
	0.914	0.282	0~1,000
в	0.865	0.396	1,000~
	0.924	0.1772	0~1.000
c	0. 885	0.232	1,000-
	0.929	0.1107	0~1,000
D	0.889	0.1467	1,000~
	0.921	0.0864	0~1,000
E	0.897	0.1019	1,000~
-	0.929	0.0554	0~1,000
F	0.889	0.0733	1,000~
	0.921	0.0380	0~1,000
G	0.896	0.0452	1,000~

# 表 2-4-9 Pasquill-Gifford 図の近似関係 $\sigma_y(x) = \gamma_y \cdot x^{\sigma_y}$

安定度	az	γ.	風下追離 (m)
	1.122	0.0800	0~ 300
A	1.514	0.00855	300~ 500
	2.109	0.000212	500~
	0.964	0.1272	0~ 500
В	1.094	0.0570	500~
с	0. 918	0.1068	0~
	0.826	0.1046	0~ 1,000
D	0.632	0.400	1,000~10,000
	0.555	0.811	10,000~
	0.788	0.0928	0~ 1,000
Е	0.565	0.433	1,000-10,000
	0.415	1.732	10,000~
	0.784	0.0521	0~ 1,000
F	0.526	0.370	1,000-10,000
	0.323	2.41	10,000~
	0.794	0.0373	0~ 1,000
~	0.637	0.1105	1,000~ 2,000
U	0.431	0.529	2,000~10,000
	0.222	3.62	10,000~

表 7-3 拡散パラメータ σ z

(Atmospheric dispersion parameters in gaussian plume modeling Part II 23 頁 より抜粋)

TABLE 2. SUMMARY OF RECOMMENDATIONS FOR INTERIM CHANGES IN THE WORKBOOK VALUES OF THE DISPERSION PARAMETERS  $o_y$  AND  $o_z$ 

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\*

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

with  $\sigma_{\theta}^{\dagger}$  the best available estimate of the standard deviation of the wind direction fluctuation for the sampling time of interest and for the neight 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)<sup>1/2</sup>

For  $x \ge 20$  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.

<u>For vertical spread</u>  $\sigma_{z}$ , 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 <u>terrain with</u> z<sub>0</sub> <u>different from 3 cm</u> 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 <u>effective mixed depth</u> h' at the mid-time of sampling, recognizing especially its growth from very small values on stable nights, and then adopt either of as given by the curves, or 0.8h', whichever is the smaller, for substitution in Eq (4).
- (4) 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'

23

## iv. 評価結果

評価した結果,中央制御室給気口で濃度が最も大きくなる航空機落下火災 (F-15)の有毒ガス濃度おいても IDLH に比べ,表 7-4 のとおり十分に裕度 を持っており,有毒ガスにより中央制御室の居住性が損なわれることはない。

また,中央制御室からの操作により外気取入れダンパは50秒程度で閉止し, 再循環運転に切替が可能であることから,ダンパを閉止し外気の取込みを遮断 することができるため,長期的にも居住性に影響を与えることはない。

亚体社角	高低差	風速	拡散パラ	ラメータ			
計1111入13次	[m]	[m]	σ <sub>y</sub> [m]	$\sigma_{\rm z}$ [m]			
航空機火災(B747-400)	15.925	43.7	7.163	6.60			
航空機火災(F-15)	15.925	16.1	2.202	5.30			
1号炉軽油タンク	15.925	61.7	15.13	9.70			
3号炉軽油タンク2基	15.925	92.7	25.29	14.03			

表 7-4 評価結果

亚伍哥伊	ガス濃度 [ppm]				
計個对象	CO	$\mathrm{CO}_2$	$\mathrm{SO}_2$	$\mathrm{NO}_2$	
航空機火災(B747-400)	50.55	3,137	0.74	5.17	
航空機火災(F-15)	92.62	5,943	0.85	10.11	
1号炉軽油タンク	6.36	404	0.75	0.53	
3号炉軽油タンク2基	2.10	134	0.25	0.18	
判断基準:IDLH	1,200	40,000	100	20	

(b) 外気取入遮断時の中央制御室内の酸素濃度および炭酸ガス濃度の評価 外気取入遮断時の中央制御室内に滞在する運転員の操作環境の劣化防止 のため,外部火災発生時,外気の取込みを一時的に停止した場合の中央制御 室内の居住性について,酸素濃度および炭酸ガス濃度の評価を行った。

#### i.酸素濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき,酸素濃度につい て評価した。

【評価条件】

- ・ 在室人員 12名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 14,000m3
- ・ 空気流入はないものとする。
- · 初期酸素濃度 20.95%
- ・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 量を適用して、24l/minとする。
- ・ 許容酸素濃度 18%以上(労働安全衛生規則から)

### 【評価結果】

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、523 時間(21.79 日)外気取入を遮断したままでも、中央制御室内に滞在する運転員の操作環境に影響を与えない。

時間	12 時間	24 時間	36 時間	523 時間
酸素濃度	20.8%	20.8%	20.7%	18.0%

ii. 炭酸ガス濃度

「空気調和・衛生工学便覧 空調設備編」に基づき,炭酸ガス濃度について評価した。

【評価条件】

- ・ 在室人員 12名
- ・ 中央制御室バウンダリ内体積 14,000m<sup>3</sup>
- ・ 空気流入はないものとする。
- ・ 初期炭酸ガス濃度 0.03%
- ・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 作業時の吐出量を適用して,0.046m<sup>3</sup>/minとする。

#### 添7-11

・ 許容炭酸ガス濃度 1.5%以下(労働安全衛生規則から) 【評価結果】

上記評価条件から求めた炭酸ガス濃度は,以下のとおりであり,372 時間(15.5日)外気取入を遮断したままでも,中央制御室内に滞在す る運転員の操作環境に影響を与えない。

時間	12 時間	24 時間	36 時間	372 時間
炭酸ガス濃度	0.08%	0.13%	0.18%	1.50%

- (2) 外気を内部に取込む系統・設備
  - a. 非常用ディーゼル発電機

非常用ディーゼル発電機は、外部火災により外部電源喪失が生じた場合に おいても施設の所要の安全機能を発揮するために必要な設備であることか ら、火災によるばい煙の影響を評価した。

ディーゼル発電機機関の吸気系統は,換気空調系のフィルタを介した換気 空気を機関付き過給機で吸入しており,フィルタにより,ばい煙粒子は捕集 される(粒径1µm以上において約90%捕獲性能を有する)。

フィルタの入口と出口間の差圧を検知できる差圧計を監視し、フィルタが 目詰まりした場合は予備のフィルタに交換が可能となっている。

フィルタを通過したばい煙粒子は,過給機,空気冷却器に侵入するが,機 器の間隙は,ばい煙粒子に比べて十分大きいことから閉塞する恐れはない。

吸入されたばい煙粒子は,機関のシリンダ内へ送気される。送気されたば い煙粒子は、シリンダ/ピストン間隙(数 $\mu$ m~数+ $\mu$ m)内に侵入し、シリ ンダ/ピストンの摩擦発生が懸念されるが、主成分は炭素であり摩擦が発生 することはないと判断される。

また,通常運転においても燃料油(軽油)の燃焼に伴うばい煙が発生し, 排ガスとともに排出されており,定期的なシリンダの分解点検において異常 は認められていない。



以上のことから,非常用ディーゼル発電機機関にばい煙が侵入した場合に おいても,運転を阻害するに至らない。

図 7-5 非常用ディーゼル機関吸気系統概要図

添7-13



図 7-6 非常用ディーゼル機関吸気系統構造図

b. 原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機

原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機は、空気冷却器を電動機側面に設置し て内部通風の熱交換により冷却する構造であり、外気を直接電動機の内部に 取込まない全閉構造であることから、ばい煙粒子が電動機内部に侵入するこ とはない。また、外気通風部の吸込み口の金網口径が10mm×10mm、冷却 パイプロ径が29.4mm であり、ばい煙粒子の粒径はこれに比べて十分に小 さいことから、閉塞することはない。

また,軸貫通部の上部軸シール部は,防水カバー,スリンガ,油切ラビリ ンスで侵入防止構造となっている。また,下部軸シール部については同様に 防水カバー,油切ラビリンスで侵入防止構造としており,ばい煙粒子が軸受 け内部に侵入することはない。

以上のことから,ばい煙が当該ポンプモータの機能に影響を及ぼすことは ない。



図 7-7 原子炉補機冷却海水ポンプ用電動機冷却空気流れ説明図

c. 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機

高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機は,外気を直接電動機内部 に取り込まない外扇形の冷却方式の全閉構造であり,ばい煙粒子が電動機内 部に侵入することはない。

上部貫通部はラビリンスカラーで軸受への侵入防止構造とし,下部貫通部 はポンプ架台内とし,侵入を防止する構造としている。

以上からばい煙が当該ポンプモータの機能に影響を及ぼすことはない。



図 7-8 高圧炉心スプレイ補機冷却海水ポンプ用電動機外形図

d. モータ端子箱

モータ端子箱は、電動機本体への取り付け部および端子箱蓋に浸水防止の パッキンを使用しており、ばい煙が侵入しないため、影響は受けない。