

## 6 条

外部からの衝撃による損傷の防止

(火山)

## 〈目 次〉

### 1. 基本方針

#### 1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置, 構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

#### 1.2 気象等

#### 1.3 設備等

### 2. 外部からの衝撃による損傷の防止 (火山)

(別添資料)

伊方発電所3号炉 火山に対する防護 (使用済燃料乾式貯蔵施設)

## 1. 基本方針

### 1.1 要求事項に対する適合性

#### (1) 位置, 構造及び設備

#### ロ 発電用原子炉施設の一般構造

#### (3) その他の主要な構造

##### a. 設計基準対象施設

##### (a) 外部からの衝撃による損傷の防止

(a-2) 安全施設は、発電所の運用期間中において発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として設定した層厚 15cm, 粒径 1mm 以下, 密度  $0.5\text{g/cm}^3$  (乾燥状態)  $\sim 1.5\text{g/cm}^3$  (湿潤状態) の降下火砕物に対し, その直接的影響である構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること, 水循環系の閉塞に対して狭隘部等が閉塞しない設計とすること, 換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (閉塞) に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること, 水循環系の内部における摩耗及び換気系, 電気系及び計装制御系に対する機械的影響 (摩耗) に対して摩耗しにくい設計とすること, 構造物の化学的影響 (腐食), 水循環系の化学的影響 (腐食) 及び換気系, 電気系及び計装制御系に対する化学的影響 (腐食) に対して短期での腐食が発生しない設計とすること, 発電所周辺の大気汚染に対して中央制御室の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくく, さらに外気を遮断できる設計とすること, 電気系及び計装制御系の盤の絶縁低下に対して空気を取り込む機構を有する計測制御系統施設 (安全保護系計器ラック) の設置場所の換気空調設備は降下火砕物が侵入しにくい設計とすることにより, 安全機能を損なわない設計とする。

また, 安全施設は, 降下火砕物による静的負荷や腐食等の影響に対して, 降下火砕物の除去や換気空調設備外気取入口のフィルタの取替, 清掃, 換気空調設備の停止又は閉回路循環運転の実施により安全機能を損なわない設計とする。

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

## (2) 安全設計方針

### 1. 安全設計

#### 1.9 火山事象に関する基本方針

##### 1.9.1 設計方針

###### (1) 火山事象に対する設計の基本方針

安全施設が火山事象に対して発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能を損なわないよう、「添付書類六 8. 火山」で評価し抽出された発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、対策を行い、建屋による防護、構造健全性の維持及び代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

###### (2) 降下火砕物の設計条件

###### a. 設計条件の検討

伊方発電所の敷地において考慮する火山事象として、「添付書類六 8. 火山」に示すとおり、地質調査や文献調査、更には降下火山灰シミュレーションによって検討した結果、敷地における降下厚さは0～数 cm と評価され、各種の不確かさを考慮すると敷地において最大14cm と評価される。密度及び粒径については、四国西部の宇和盆地における火山灰の試験結果から、密度は乾燥状態で $0.665\text{g/cm}^3$ 、湿潤状態で $1.323\text{g/cm}^3$ であり、粒径は1mm 以下が主体である。

###### b. 設計条件の設定

降下火砕物の設計条件は、「a. 設計条件の検討」に示す各種調査、検討の結果を踏まえ層厚15cm、密度 $0.5\text{g/cm}^3$ （乾燥状態）～ $1.5\text{g/cm}^3$ （湿潤状態）、粒径1mm 以下と設定する。

###### (3) 火山活動から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器とする。

当該施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設（以下「設計対象施設」という。）として、各施設の構造や設置状況等を考慮して以下のとおり抽出する。

- a. クラス1及びクラス2に属する構築物, 系統及び機器
  - (a) クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋
  - (b) 屋外に設置されている施設
  - (c) 降下火砕物を含む海水の流路となる施設
  - (d) 降下火砕物を含む空気の流路となる施設
  - (e) 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

b. クラス3に属する施設

- (a) 降下火砕物の影響によりクラス1及びクラス2に属する施設に影響を及ぼし得る施設

なお, それ以外のクラス3に属する施設については, 降下火砕物による影響を受ける場合を考慮して, 代替設備により必要な機能を確保すること, 又は安全上支障が生じない期間に除灰あるいは修復等の対応が可能とすることにより, 安全機能を損なわない設計とするため, 設計対象施設から除外する。

上記により抽出した設計対象施設を第1.9.1表に示す。

(4) 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴及び設計対象施設の構造や設置状況等を考慮して, 降下火砕物が直接及ぼす影響(以下「直接的影響」という。)とそれ以外の影響(以下「間接的影響」という。)を選定する。

a. 降下火砕物の特徴

各種文献の調査結果より, 降下火砕物は以下の特徴を有する。

- (a) 火山ガラス片, 鉱物結晶片から成る<sup>(14)</sup>。ただし, 砂よりもろく硬度は低い<sup>(15)</sup>。
- (b) 硫酸等を含む腐食性のガス(以下「腐食性ガス」という。)が付着している<sup>(14)</sup>。ただし, 金属腐食研究の結果より, 直ちに金属腐食を生じさせることはない<sup>(16)</sup>。
- (c) 水に濡れると導電性を生じる<sup>(14)</sup>。
- (d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する<sup>(14)</sup>。
- (e) 降下火砕物粒子の融点は約1,000℃であり, 一般的な砂に比べ低い<sup>(14)</sup>。

b. 直接的影響

降下火砕物の特徴から直接的影響の要因となる荷重、閉塞、摩耗、腐食、大気汚染、水質汚染及び絶縁低下を抽出し、設計対象施設の構造や設置状況等を考慮して直接的な影響因子を以下のとおり選定する。

(a) 荷 重

「荷重」について考慮すべき影響因子は、建屋及び屋外設備の上に堆積し静的な負荷を与える「構造物への静的負荷」、並びに建屋及び屋外設備に対し降灰時に衝撃を与える「粒子の衝突」である。

評価に当たっては以下の荷重の組み合わせ等を考慮する。

(a-1) 設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重

設計対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。

(a-2) 設計基準事故時荷重

設計対象施設は、降下火砕物によって安全機能を損なわない設計とするため、設計基準事故とは独立事象である。

また、降下火砕物の降灰と設計基準事故が同時に発生する頻度は十分小さいことから、設計基準事故時荷重と降下火砕物との組み合わせは考慮しない。

(a-3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ

降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風及び積雪であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

(b) 閉 塞

「閉塞」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が流路の狭隘部等を閉塞させる「水循環系の閉塞」、並びに降下火砕物を含む空気が機器の狭隘部や換気系の流路を閉塞させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（閉塞）」である。

(c) 摩 耗

「摩耗」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物を含む海水が

流路に接触することにより配管等を摩耗させる「水循環系の内部における摩耗」、並びに降下火砕物を含む空気が動的機器の摺動部に侵入し摩耗させる「換気系、電気系及び計装制御系の機械的影響（摩耗）」である。

(d) 腐食

「腐食」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物に付着した腐食性ガスにより建屋及び屋外施設の外面を腐食させる「構造物への化学的影響（腐食）」、換気系、電気系及び計装制御系において降下火砕物を含む空気の流路等を腐食させる「換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響（腐食）」、並びに海水に溶出した腐食性成分により海水管等を腐食させる「水循環系の化学的影響（腐食）」である。

(e) 大気汚染

「大気汚染」について考慮すべき影響因子は、降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が運転員の常駐する中央制御室内に侵入することによる居住性の劣化、並びに降下火砕物の除去、屋外設備の点検等、屋外における作業環境を劣化させる「発電所周辺の大気汚染」である。

(f) 水質汚染

「水質汚染」については、給水等に使用する発電所周辺の海水及び渓流水に降下火砕物が混入することによる汚染が考えられるが、発電所では給水処理設備により水処理した給水を使用しており、降下火砕物の影響を受けた海水及び渓流水を直接給水として使用しないこと、また水質管理を行っていることから、安全施設の安全機能には影響しない。

(g) 絶縁低下

「絶縁低下」について考慮すべき影響因子は、湿った降下火砕物が、電気系及び計装制御系絶縁部に導電性を生じさせることによる「盤の絶縁低下」である。

c. 間接的影響

(a) 外部電源喪失及びアクセス制限

降下火砕物によって発電所に間接的な影響を及ぼす因子は、湿った降下火砕物が送電線の碍子、特高開閉所の充電露出部等に付着し絶縁低下を生じさせることによる広範囲にわたる送電網の損傷に伴う「外部電源喪失」、並びに降下火砕物が道路に堆積することによる交通の途絶に伴う「アクセス制限」である。

(5) 降下火砕物の直接的影響に対する設計

直接的影響については、設計対象施設の構造や設置状況等(形状、機能、外気吸入や海水通水の有無等)を考慮し、想定される各影響因子に対して、影響を受ける各設計対象施設が安全機能を損なわない以下の設計とする。

a. 降下火砕物による荷重に対する設計

(a) 構造物への静的負荷

設計対象施設のうち、構造物への静的負荷を考慮する建屋及び屋外施設は、以下である。

・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋

原子炉建屋、原子炉補助建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋

・屋外に設置されている施設

補助給水タンク、重油タンク、海水ポンプ、海水ストレーナ

これら設計対象施設は、降下火砕物が堆積し難い設計、若しくは当該施設の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。

設計対象施設の建屋においては、建築基準法における一般地域の積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

また、建屋を除く設計対象施設においては、許容応力を「日本工業規格」、「日本機械学会の基準・指針類」及び「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG 4601-1987(日本電気協会)」に準拠する。

(b) 粒子の衝突

設計対象施設のうち、建屋及び屋外施設は、降下火砕物の衝突によ



って構造健全性が失われないことにより、安全機能を損なわない設計とする。

なお、粒子の衝突による影響については、「1.8 竜巻防護に関する基本方針」に包絡される。

b. 降下火砕物による荷重以外に対する設計

降下火砕物による荷重以外の影響は構造物への化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）等により安全機能を損なわない設計とする。

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計については、「c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計」に示す。

(a) 構造物への化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、降下火砕物による構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下に示すとおり、直接的な付着による影響が考えられる施設である。

・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋

原子炉建屋、原子炉補助建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋

・屋外に設置されている施設

補助給水タンク、重油タンク、海水ポンプ、海水ストレーナ

金属腐食研究の結果より、降下火砕物に含まれる腐食性ガスによって直ちに金属腐食を生じないが、外装の塗装等によって短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(b) 水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下である。

・降下火砕物を含む海水の流路となる施設

原子炉補機冷却海水設備（海水ポンプ、海水ストレーナ等）

降下火砕物は粘土質ではないことから水中で固まり閉塞することはないが、当該施設については、降下火砕物の粒径に対し十分な流路幅を設けるとともに、海水ストレーナ及び軸受潤滑水ストレーナ等により流入する降下火砕物を捕獲・除去することにより、流路及びポンプ軸受部の狭隘部等が閉塞しない設計とする。

内部における摩耗については、降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから摩耗による影響は小さい。また当該施設については、降灰時の特別点検、その後の日常保守管理により、状況に応じて補修が可能であり、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(c) 電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞）及び化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、電気系及び計装制御系に対する機械的影響及び化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下である。

- ・屋外に設置されている施設  
海水ポンプ（モータ）

機械的影響（閉塞）については、海水ポンプ（モータ）本体は外気と遮断された全閉構造、空気冷却器冷却管は降下火砕物が侵入し難い外気を下方向から取り込む構造とすることにより、機械的影響（閉塞）により安全機能を損なわない設計とする。

化学的影響（腐食）については、金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なうことのない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(d) 絶縁低下

設計対象施設のうち、絶縁低下を考慮すべき施設は、以下である。

- ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）

当該機器の設置場所は安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本換気空調設備の外気取入口には平型フィルタを設置し、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。従って、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、本換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止することで、安全補機開閉器室内への降下火砕物の侵入を防止することも可能である。

これらフィルタの設置により降下火砕物の侵入に対する高い防護性能を有すること、また外気取入ダンパの閉止による侵入防止が可能な設計とすることにより、降下火砕物の付着に伴う絶縁低下による影響を防止し、計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の安全機能を損なわない設計とする。

#### c. 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

外気取入口からの降下火砕物の侵入に対して、以下のとおり安全機能を損なわない設計とする。

##### (a) 機械的影響（閉塞）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、以下である。

##### ・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、ディーゼル発電機（吸気消音器）、換気空調設備、格納容器排気筒、補助建屋排気筒及び使用済燃料乾式貯蔵建屋

各施設の構造上の対応として、ディーゼル発電機（吸気消音器）及び換気空調設備の外気取入口は開口部を下向きの構造とすること、ま

た主蒸気逃がし弁（消音器），主蒸気安全弁（排気管），タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管），格納容器排気筒，補助建屋排気筒及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は開口部や配管の形状等により，降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。

主蒸気逃がし弁及び主蒸気安全弁は，開口部に降下火砕物が侵入した場合でも消音器や配管の形状により閉塞しにくい設計とし，また仮に弁出口配管内に降下火砕物が侵入し堆積した場合でも，弁の吹き出しにより流路を確保し閉塞しない設計とする。

格納容器排気筒及び補助建屋排気筒は，排気により降下火砕物が侵入しにくい設計とし，降下火砕物が侵入した場合でも，排気筒の構造から排気流路が閉塞しない設計とする。また，降下火砕物が侵入した場合でも，排気筒内部の点検，状況に応じた除去等の対応が可能な設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は，降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし，降下火砕物が侵入した場合でも，閉塞しないよう流路は十分な大きさを有する設計とする。

また，外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより，フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし，さらに降下火砕物がフィルタに付着した場合でも取替又は清掃が可能な構造とすることで，降下火砕物により閉塞しない設計とする。

ディーゼル発電機機関は，フィルタを通過した小さな粒径の降下火砕物が侵入した場合でも，降下火砕物により閉塞しない設計とする。

#### (b) 機械的影響（摩耗）

設計対象施設のうち，降下火砕物による機械的影響（摩耗）を考慮すべき施設は，以下である。

- ・外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構及び摺動部を有する施設  
ディーゼル発電機機関，制御用空気圧縮機

降下火砕物は砂よりも硬度が低くもろいことから，摩耗の影響は小さい。

構造上の対応として、開口部を下向きとすることにより侵入しにくい構造とし、仮に当該施設の内部に降下火砕物が侵入した場合でも耐摩耗性のある材料を使用することで、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れる換気空調設備及びディーゼル発電機（吸気消音器）にそれぞれフィルタを設置することにより、フィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とし、また換気空調設備においては、前述のフィルタの設置、さらに外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止し、摩耗により安全機能を損なわない設計とする。

(c) 化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、降下火砕物による化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下である。

・降下火砕物を含む空気の流路となる施設

主蒸気逃がし弁（消音器）、主蒸気安全弁（排気管）、タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）、ディーゼル発電機機関、換気空調設備、格納容器排気筒、及び補助建屋排気筒

金属腐食研究の結果より、降下火砕物によって直ちに金属腐食を生じないが、塗装の実施等によって、腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

(d) 大気汚染（発電所周辺の大気汚染）

降下火砕物により汚染された発電所周辺の大気が、中央制御室換気空調設備の外気取入口を通じて中央制御室に侵入しないよう、外気取入口のガラリを下向きの構造とし、さらに平型フィルタを設置することにより、降下火砕物が外気取入口に到達した場合であってもフィルタメッシュより大きな降下火砕物が内部に侵入しにくい設計とする。

これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕集可能な粗フィルタを設置していることから、降下火砕物の侵入に対して他の換気空調設備に比べて高い防護性能を有している。従って、仮に室内に侵入した場合でも降下火砕物は微量であり、粒径は極めて細かな粒子である。

また、中央制御室換気空調設備については、外気取入ダンパの閉止及び閉回路循環運転を可能とすることにより、中央制御室内への降下火砕物の侵入を防止すること、さらに外気取入遮断時において室内の居住性を確保するため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

#### (6) 降下火砕物の間接的影響に対する設計方針

降下火砕物による間接的影響として考慮する、広範囲にわたる送電網の損傷による7日間の外部電源喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限事象に対し、原子炉の停止、並びに停止後の原子炉及び使用済燃料ピットの冷却に係る機能を担うために必要となる電源の供給がディーゼル発電機により継続できる設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。電源の供給に関する設計方針は「10.1 非常用電源設備」に記載する。

#### 1.9.2 手順等

火山に対する防護については、降下火砕物に対する影響評価を行い、安全施設が安全機能を損なわないよう手順を定める。

- (1) 降灰が確認された場合には、建屋や屋外の設備等に長期間降下火砕物の荷重を掛け続けないこと、また降下火砕物の付着による腐食等が生じる状況を緩和するために、設計対象施設等に堆積した降下火砕物の除灰を適切に実施する。
- (2) 降灰が確認された場合には、状況に応じて外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への降下火砕物の侵入を防止する手順を定める。
- (3) 降灰が確認された場合には、換気空調設備の外気取入口の平型フィルタについて、平型フィルタ差圧を確認するとともに、状況に応じて清掃や取替えを実施する。

第 1.9.1 表 設計対象施設

施設区分	設計対象施設
クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物, 系統及び機器	
クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉建屋</li> <li>・原子炉補助建屋</li> </ul>
屋外に設置されている施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・海水ポンプ</li> <li>・海水ストレーナ</li> <li>・補助給水タンク</li> <li>・重油タンク</li> </ul>
降下火砕物を含む海水の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉補機冷却海水設備 (海水ポンプ、海水ストレーナ)</li> </ul>
降下火砕物を含む空気の流路となる施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・主蒸気逃がし弁 (消音器)</li> <li>・主蒸気安全弁 (排気管)</li> <li>・タービン動補助給水ポンプ (蒸気大気放出管)</li> <li>・ディーゼル発電機機関, ディーゼル発電機 (吸気消音器)</li> <li>・格納容器排気筒</li> <li>・換気空調設備 (給気系外気取入口)</li> <li>〔中央制御室給気系、ディーゼル発電機室給気系、安全補機閉閉器室給気系、電動補助給水ポンプ室給気系、制御用空気圧縮機室給気系〕</li> </ul>
外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・計測制御系統施設 (安全保護系計器ラック)</li> <li>・制御用空気圧縮機</li> </ul>
クラス 3 に属する施設	
降下火砕物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	<ul style="list-style-type: none"> <li>・補助建屋排気筒</li> <li>・原子炉補機冷却海水設備 (海水取水設備)</li> <li>・換気空調設備 (給気系外気取入口)</li> <li>〔補助建屋給気系、制御棒クラスタ駆動装置電源室給気系、タービン動補助給水ポンプ室給気系、主蒸気配管室給気系〕</li> <li>・使用済燃料乾式貯蔵建屋</li> </ul>

(3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。

4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかんにかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの

二 想定される森林火災

5 前項の規定は、兼用キャスクについて第一項の規定の例によることを妨げない。

6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象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。

一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発

二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災

7 前項の規定は、兼用キャスクについて第三項の規定の例によることを妨げない。

適合のための設計方針

1について

(9) 火山

使用済燃料乾式貯蔵施設は、降下火砕物の構造物への静的負荷に対して安全裕度を有する設計とすること、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口に対する機械的影響（閉塞）に対して降下火砕物が侵入しにくい設計とすること、構造物の化学的影響（腐食）に対して短期での腐食が発生しない設計とすることにより、安全機能を損なわない設計とする。



## 1.2 気象等

使用済燃料乾式貯蔵施設設置に伴う「伊方発電所3号炉 発電用原子炉設置変更許可申請書」の変更は無い。

## 1.3 設備等

該当なし

## 2. 外部からの衝撃による損傷の防止（火山）

（別添資料）

伊方発電所3号炉 火山に対する防護（使用済燃料乾式貯蔵施設）

別 添

伊方発電所 3 号炉

火山に対する防護

(使用済燃料乾式貯蔵施設)

## 目 次

1. 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針
2. 降下火砕物の影響から防護する施設
3. 降下火砕物の影響に対する設計
4. 降下火砕物の影響に対する設計に係る補足説明

※：「原子力発電所敷地内での輸送・貯蔵兼用乾式キャスクによる使用済燃料の貯蔵に関する審査ガイド」（以下「兼用キャスクガイド」という。）

## 1. 火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、安全施設が火山事象に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な機能を損なわないよう、発電所に影響を及ぼし得る火山事象である降下火砕物に対して、建屋による防護、構造健全性の維持等によって、安全機能を損なわない設計とする。

降下火砕物の設計条件を第 1.1 表に示す。

第 1.1 表 降下火砕物の設計条件

項目	設定	備考
層厚	15cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用
密度	0.5g/cm <sup>3</sup> ～ 1.5g/cm <sup>3</sup> (乾燥状態) (湿潤状態)	
堆積荷重	735N/m <sup>2</sup> ～ 2,205N/m <sup>2</sup> (乾燥状態) (湿潤状態)	
粒径	粒径 1 mm 以下	換気系に対する機械的影響評価（閉塞）に使用

## 2. 降下火砕物の影響から防護する施設

降下火砕物の影響から防護する施設は、発電用原子炉施設の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス 1、クラス 2 及びクラス 3 に該当する構築物、系統及び機器とする。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、降下火砕物の影響から防護する施設の抽出結果を表 2.1 に示す。

使用済燃料乾式貯蔵施設のうち、使用済燃料乾式貯蔵容器は原子炉冷却材圧力バウンダリに直接接続されないものであって、放射性物質を貯蔵する機能を有する安全重要度分類クラス 2 の設備であることから、使用済燃料乾式貯蔵容器\*を降下火砕物の影響から防護する施設として抽出した。

\*: 支持部及び基礎を含む。

表 2.1 使用済燃料乾式貯蔵施設の降下火砕物の影響から  
防護する施設の抽出

設備	兼用キャスクガイド での設備分類	安全重要 度分類	降下火砕物の 影響から防護 する施設
使用済燃料乾式貯蔵容器*	兼用キャスク, 周辺施設 (支持部及 び基礎)	P S - 2	○
計装設備	周辺施設	—	
クレーン類	周辺施設	—	
使用済燃料乾式貯蔵建屋等 (貯蔵建屋 (遮蔽壁含む))	周辺施設	P S - 3	

\*: 支持部及び基礎を含む。

当該施設が降下火砕物の影響により安全機能を損なわないよう、降下火砕物の影響を設計に考慮すべき施設 (以下「設計対象施設」という。) として、各施設の構造や設置状況等を考慮して以下のとおり抽出する。

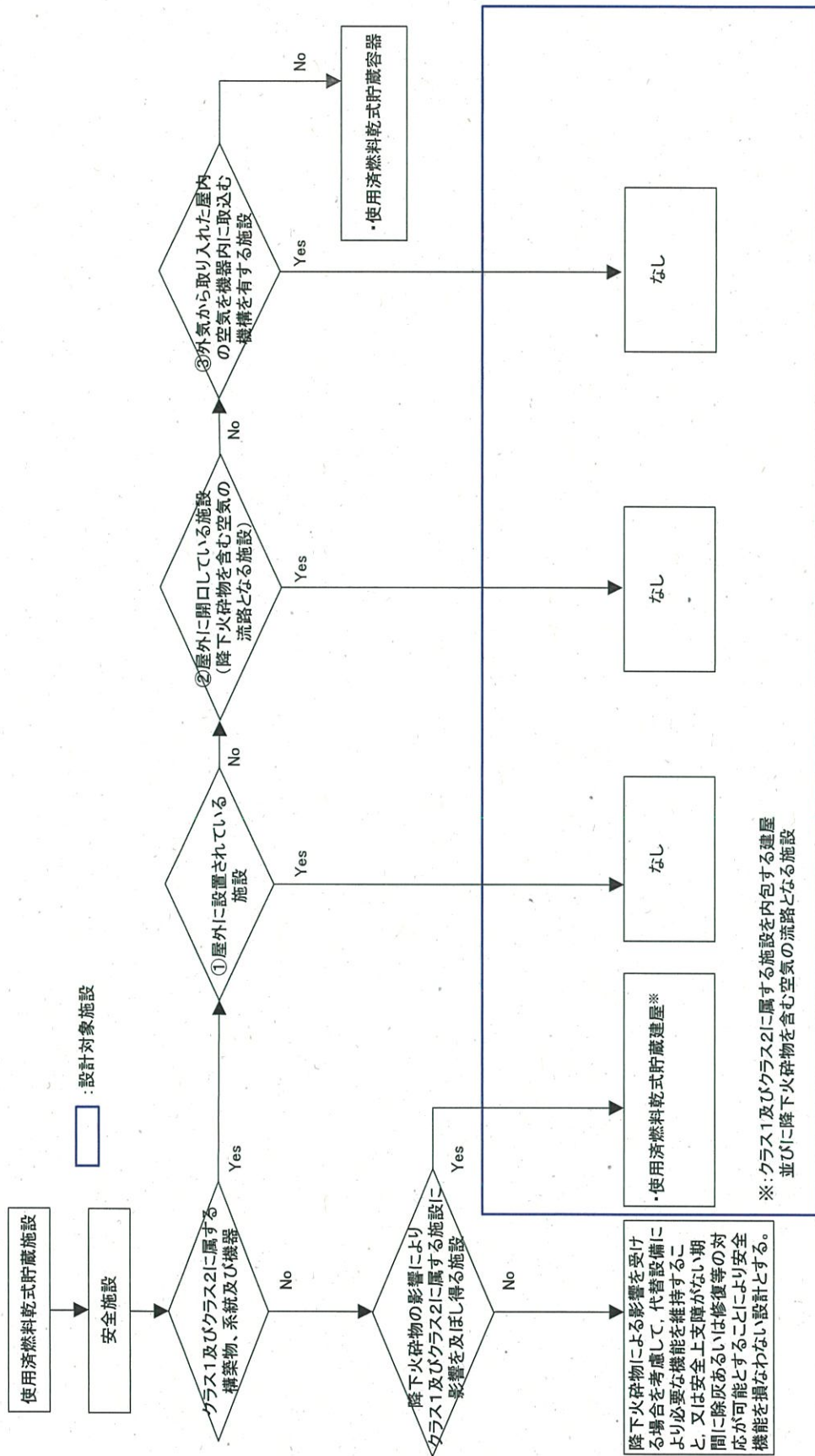
設計対象施設の抽出フローを第 2.1 図に、抽出結果を第 2.2 表に示すとおり、使用済燃料乾式貯蔵施設の設計対象施設は、使用済燃料乾式貯蔵建屋である。

(1) クラス 1 及びクラス 2 に属する構築物、系統及び機器

- ア. クラス 1 及びクラス 2 に属する施設を内包する建屋
- イ. 屋外に設置されている施設
- ウ. 降下火砕物を含む海水の流路となる施設
- エ. 降下火砕物を含む空気の流路となる施設
- オ. 外気から取り入れた屋内の空気を機器内に取り込む機構を有する施設

(2) クラス 3 に属する施設

- ア. 降下火砕物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設



第 2.1 図 設計対象施設の抽出フロー

第 2.1 表 設計対象施設の抽出結果

施設区分	設計対象施設
クラス 3 に属する施設	
降下火砕物の影響によりクラス 1 及びクラス 2 に属する施設に影響を及ぼし得る施設	・使用済燃料乾式貯蔵建屋

### 3. 降下火砕物の影響に対する設計

#### 3.1 降下火砕物による影響の選定

降下火砕物の特徴及び設計対象施設の構造や設置状況等を考慮して、降下火砕物が直接及ぼす影響（以下「直接的影響」という。）とそれ以外の影響（以下「間接的影響」という。）を選定する。

降下火砕物による直接的影響の要因については、構造物への静的負荷、粒子の衝突、構造物への化学的影響（腐食）、水循環系の閉塞、内部における摩耗及び化学的影響（腐食）、換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響（閉塞及び摩耗）及び化学的影響（腐食）、発電所周辺の大気汚染、水質汚染、並びに絶縁低下の影響が挙げられる。

使用済燃料乾式貯蔵施設の設計対象施設に対する直接的影響について、第 3.1 表及び第 3.2 表に整理するとおり、構造物への静的負荷、構造物への化学的影響（腐食）、換気系に対する機械的影響（閉塞）を選定した。

また、降下火砕物による間接的影響として、送電網の損傷に伴う外部電源喪失及び交通の途絶によるアクセス制限が挙げられるが、使用済燃料乾式貯蔵施設の除熱機能等の安全機能については、電源や操作等は必要ないため、外部電源喪失及びアクセス制限の間接的影響により、使用済燃料乾式貯蔵施設の安全機能を損なうことはない。



第 3.1 表 降下火砕物による影響の選定

番号	直接的影響の要因	評価方法と詳細検討の要否	詳細検討
①	構造物への静的負荷	使用済燃料乾式貯蔵建屋において、降下火砕物堆積荷重による影響を考慮する。なお、降雨、降雪などにより水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、水を含んだ場合(湿潤状態)における負荷を考慮する。	○
②	粒子の衝突	降下火砕物(火山灰)は微小な粒子である。粒子の衝突による影響については、「竜巻に対する防護」で評価している設計飛来物に包絡されており、衝突により使用済燃料乾式貯蔵建屋に影響を与えないことを確認している。	—
③	構造物への化学的影響(腐食)	使用済燃料乾式貯蔵建屋において、降下火砕物の付着により懸念される腐食についての影響を評価する。	○
④	水循環系の閉塞、内部における摩擦及び化学的影響(腐食)	使用済燃料乾式貯蔵施設設計対象施設に、海水系等の水循環系の設備はないため考慮不要。	—
⑤	換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(閉塞)	使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口において、影響を考慮すべき要因である。	○
⑥	換気系、電気系及び計装制御系に対する機械的影響(摩擦)	使用済燃料乾式貯蔵建屋に給排気口があるが、摺動部を有する設計対象施設はないため考慮不要。	—
⑦	換気系、電気系及び計装制御系に対する化学的影響(腐食)	使用済燃料乾式貯蔵建屋に給排気口があるが、腐食により除熱機能等の安全機能に有意な影響を与える設備はないため考慮不要。	—
⑧	発電所周辺の大気汚染	使用済燃料乾式貯蔵施設の除熱機能等の安全機能に人の居住性等は不要であり、有意な影響を与えないため考慮不要。	—
⑨	水質汚染	使用済燃料乾式貯蔵施設設計対象施設に、給水処理設備等はないため考慮不要。	—
⑩	絶縁低下	使用済燃料乾式貯蔵施設の除熱機能等の安全機能については、電源や操作等は必要ないため、電源に影響を及ぼし得る絶縁低下は考慮不要。	—

第 3.2 表 評価対象施設と降下火砕物による影響の要因対比

評価対象施設	降下火砕物による影響要因									
	①建造物への 静的負荷	②粒子の衝突	③建造物への 化学的影響(腐食)	④水循環系の閉塞、 内部における摩耗及び 化学的影響(腐食)	⑤換気系、電気系及び 計装制御系に対する 機械的影響(閉塞)	⑥換気系、電気系及び 計装制御系に対する 機械的影響(摩耗)	⑦換気系、電気系及び 計装制御系に対する 化学的影響(腐食)	⑧発電所周辺の 大気汚染	⑨水質汚染	⑩絶縁低下
使用済燃料乾式貯蔵建屋	○	— *1	○	— *2	○ (給排気口で考慮)	— *3	— *4	— *5	— *6	— *7

\*1: 電巻に対する防護で評価している設計飛来物に包絡  
 \*2: 水循環系の機能と直接関連がない  
 \*3: 摺動部を有する設計対象施設はない  
 \*4: 腐食により機能に有意な影響を与える設備はない  
 \*5: 大気汚染でも機能に有意な影響を与えない  
 \*6: 給水機能と直接関連がない  
 \*7: 絶縁低下と直接関連がない

### 3.2 設計荷重の設定

設計荷重は、以下のとおり設定する。

- (1) 設計対象施設に常時作用する荷重、運転時荷重  
設計対象施設に作用する荷重として、自重等の常時作用する荷重、内圧等の運転時荷重を適切に組み合わせる。
- (2) 設計基準事故時荷重  
評価対象施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋には、考慮すべき設計基準事故による荷重はない。
- (3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組み合わせ  
降下火砕物と組み合わせを考慮すべき火山以外の自然現象は、荷重の影響において風及び積雪であり、降下火砕物との荷重と適切に組み合わせる。

### 3.3 降下火砕物による影響に対する設計方針

降下火砕物による影響について、評価対象施設である使用済燃料乾式貯蔵建屋の構造や設置状況等を考慮し、想定される影響要因に対して、評価対象施設が安全機能を損なわない設計とする。

#### 3.3.1 降下火砕物による荷重に対する設計

##### (1) 構造物への静的負荷

設計対象施設のうち、構造物への静的負荷を考慮する建屋及び屋外施設は、以下である。

- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋  
使用済燃料乾式貯蔵建屋

使用済燃料乾式貯蔵建屋の許容荷重が、降下火砕物による荷重に対して安全裕度を有することにより、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。

使用済燃料乾式貯蔵建屋においては、建築基準法における一般地域の積雪の荷重の考え方に準拠し、降下火砕物の除去を適切に行うことから、降下火砕物の荷重を短期に生じる荷重とし、建築

基準法による短期許容応力度を許容限界とする。

### 3.3.2 降下火砕物による荷重以外に対する設計

#### (1) 構造物への化学的影響（腐食）

設計対象施設のうち、降下火砕物による構造物への化学的影響（腐食）を考慮すべき施設は、以下に示すとおり、直接的な付着による影響が考えられる施設である。

- ・クラス1及びクラス2に属する施設を内包する建屋  
使用済燃料乾式貯蔵建屋

外装の塗装等によって短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。なお、降灰後の長期的な腐食の影響については、日常保守管理等により、状況に応じて補修が可能な設計とする。

### 3.2.3 外気取入口からの降下火砕物の侵入に対する設計

#### (1) 機械的影響（閉塞）

設計対象施設のうち、外気取入口からの降下火砕物の侵入による機械的影響（閉塞）を考慮すべき施設は、以下である。

- ・降下火砕物を含む空気の流路となる施設  
使用済燃料乾式貯蔵建屋

構造上の対応として、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口は開口部の形状等により、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、降下火砕物が侵入した場合でも、閉塞しないよう流路は十分な大きさを有する設計とする。

#### 4. 降下火砕物の影響に対する設計に係る補足説明

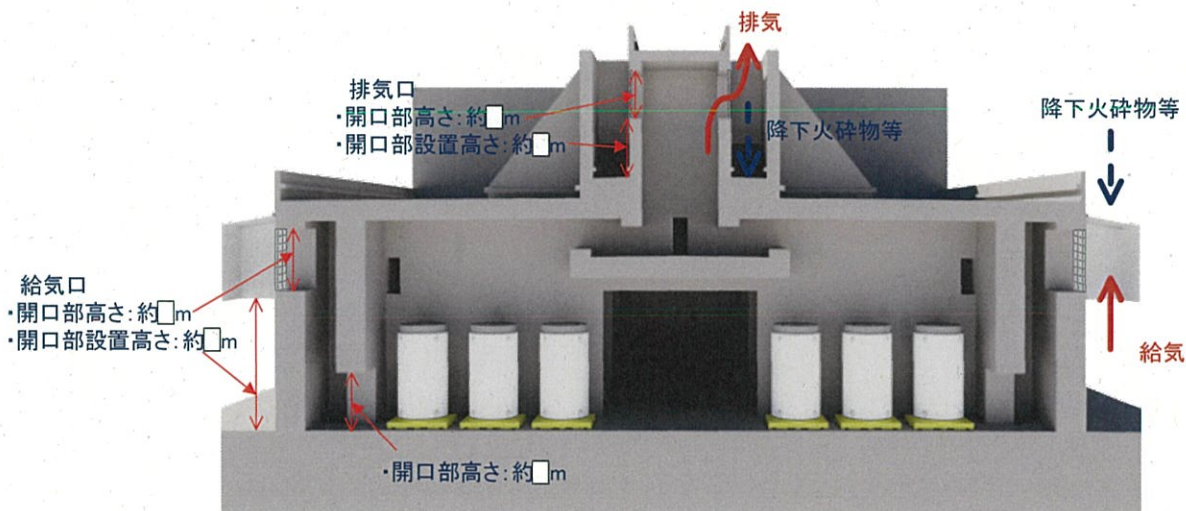
##### 4.1 使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口の閉塞について

使用済燃料乾式貯蔵建屋は、使用済燃料乾式貯蔵容器の除熱を阻害しないように、自然対流が行える構造とするため、第4.1図に示す給排気口を設ける設計としている。

降下火砕物による影響のうち、機械的影響（閉塞）については、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給気口は、開口部を下向きの構造とし、降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とし、万が一、降下火砕物が侵入した場合でも、給気口に降下火砕物（粒径1mm以下）等の粒子を捕集するフィルタは設置せず、流路が閉塞しない設計とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の排気口は、排気により降下火砕物が侵入しにくい設計とし、排気口の位置を降下火砕物の層厚（15cm）に対して、十分高い位置に設置する構造とするため、排気流路が閉塞しない設計とする。

したがって、降下火砕物の影響により、使用済燃料乾式貯蔵建屋の給排気口が閉塞することはなく、除熱機能が阻害されることはない。



第4.1図 使用済燃料乾式貯蔵建屋（給排気口）の構造

## 6 条

外部からの衝撃による損傷の防止  
(外部火災)

第6条：外部からの衝撃による損傷の防止

(外部火災)

<目次>

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

(2) 安全設計方針

(3) 適合性説明

1.2 気象等

1.3 設備等

2. 外部からの衝撃による損傷の防止 (外部火災)

(別添資料) 外部火災に対する防護 (使用済燃料乾式貯蔵施設)

1. 基本方針

1.1 要求事項に対する適合性

(1) 位置、構造及び設備

ロ 発電用原子炉施設の一般構造

(3) その他の主要な構造

6条(外部事象)にて説明

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

a. 設計基準対象施設

(a) 外部からの衝撃による損傷の防止

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

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

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

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



(a-3) 安全施設は、想定される外部火災において、最も厳しい火災が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。

自然現象として想定される森林火災の延焼防止を目的として、発電所周辺の植生を確認し、作成した植生データ等を基に求めた最大火線強度から算出される防火帯（約35m）を敷地内に設ける。

防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とし、防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とする。

また、森林火災による熱影響については、火炎輻射強度（ $1,200\text{kW/m}^2$ ）の影響を考慮した場合においても、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）として、想定される近隣の産業施設の火災及び爆発については、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、想定される発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災については、離隔距離の確保等により安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

外部火災による屋外施設への影響については、屋外施設の温度を許容温度以下とすることで安全施設の安全機能を損なわない設計とする。また、外部火災の二次的影響であるばい煙及び有毒ガスによる影響については、換気空調設備等に適切な防護対策を講じることで安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

## (2) 安全設計方針

### 1. 安全設計

#### 1.10 外部火災防護に関する基本方針

##### 1.10.1 設計方針

安全施設が外部火災に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために想定される最も厳しい火災が発生した場合においても必要な安全機能を損なわないよう、防火帯の設置、離隔距離の確保、建屋による防護、障壁による防護及び代替設備の確保等によって、安全機能を損なわない設計とする。

想定する外部火災として、森林火災、近隣の産業施設の火災・爆発、発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災及び船舶の火災を選定する。外部火災にて想定する火災を第1.10.1表に示す。

また、想定される火災及び爆発の二次的影響（ばい煙等）に対して、安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

#### (1) 外部火災防護施設

安全施設に対して外部火災の影響を受けた場合において、原子炉の安全性を確保するため、「発電用軽水型原子炉施設の安全機能の重要度分類に関する審査指針」で規定されているクラス1、クラス2及びクラス3に該当する構築物、系統及び機器を外部火災防護施設とする。

外部火災防護施設を第1.10.2表に示す。

##### a. 外部火災の直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設

外部火災防護施設のうち、外部火災の直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する施設を以下のとおり抽出する。

###### (a) クラス1及びクラス2に属する屋内施設

屋内のクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設は、内包する建屋により防護する設計とし、以下の建屋を対象とする。

(a-1) 原子炉建屋

(a-2) 原子炉補助建屋

(a-3) 使用済燃料乾式貯蔵建屋

###### (b) クラス1及びクラス2に属する屋外施設

屋外のクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設は、以下の施設を対象とする。

(b-1) 海水ポンプ

(b-2) 補助給水タンク

(b-3) 重油タンク

##### b. 外部火災の二次的影響を受けるクラス1及びクラス2に属

する外部火災防護施設

外部火災防護施設のうち、外部火災の二次的影響を受けるクラス1及びクラス2に属する施設を以下のとおり抽出する。

- (a) 換気空調設備
- (b) ディーゼル発電機
- (c) 海水ポンプ
- (d) 主蒸気逃がし弁，排気筒等
- (e) 計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）
- (f) 制御用空気圧縮機

また、クラス3に属する施設については、外部火災発生時は、建屋による防護，消火活動又は代替設備による必要な機能の確保等により安全機能を損なわない設計とするため、影響評価対象から除外する。

## (2) 森林火災

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、発電所周辺の植生，過去10年間の気象条件を調査し，発電所から直線距離10kmの間に発火点を設定し，森林火災シミュレーション解析コード（以下「FARSITE」という。）を用いて影響評価を実施し，森林火災の延焼を防ぐための手段として防火帯を設け，火災が防火帯外縁に到達するまでの時間，クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への熱影響及び危険距離を評価し，必要な防火帯幅，クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設との離隔距離を確保すること等により，クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

### a. 森林火災の想定

- (a) 森林火災における各樹種の可燃物量は，国土地理院が公共測量成果として承認した発電所周辺の航空写真を基に植生を判読し，現地調査により得られた樹種を踏まえて補正した植生を用いる。また，林齢は，樹種を踏まえて地面草地の可燃物量が多くなるように保守的に設定する。
- (b) 気象条件は，宇和島特別地域気象観測所及び瀬戸観測所の過去10年間の気象データを調査し，愛媛県における森林火災発生頻度が年間を通じて比較的高い月の最小湿度，最高気温及び最大風速の組み合わせとする。
- (c) 風向については，最大風速における風向と卓越風向を調査し，森林火災の発生件数及び森林と発電所の位置関係を考慮して，最大風速記録時の風向を設定する。
- (d) 発火点については，防火帯幅の設定及び熱影響評価に際し，FARSITEより出力される最大火線強度及び反応強度の高い値を用いて評価するため，発電所から直線距離

10kmの間で風向及び人為的行為を考慮し、3地点を設定する。

(d-1) 発電所の南側約1kmには、標高約200mの山林が存在し、山林に沿った主要道路があるため、人為的行為を考慮し、発電所から直線距離にして約1.2~1.4km間で道路沿いに発火点を設定する。

(d-2) 風向は卓越方向(南)とし、火災規模に対する風向の影響を考慮し、発火点は、発電所との位置関係が風向と一致する発電所の南側並びに東西に45°ずらした発電所の南西及び南東側にそれぞれ設定する。

・発火点1：発電所の南西約1.4kmの道路沿い

・発火点2：発電所の南約1.3kmの道路沿い

・発火点3：発電所の南東約1.2kmの道路沿い

(e) 森林火災の発火時刻については、日照による草地及び樹木の乾燥に伴い、火線強度が変化することから、これらを考慮して火線強度が最大となる時刻を設定する。

b. 評価対象範囲

発電所は東西に延びる細長い佐田岬半島に位置しており、発電所南側陸地部が約2.5kmであることから、発電所周辺2.5kmの範囲を対象に評価を行う。

c. 必要データ (F A R S I T E入力条件)

(a) 地形データ

現地状況をできるだけ模擬するため、発電所周辺の土地の標高、地形等のデータについては、公開情報の中でも高い空間解像度である10mメッシュの「基盤地図情報 数値標高モデル」(国土地理院データ)を用いる。

(b) 土地利用データ

現地状況をできるだけ模擬するため、発電所周辺の建物用地、交通用地等のデータについては、公開情報の中でも高い空間解像度である100mメッシュの「国土数値情報 土地細分メッシュ」(国土交通省データ)を用いる。

(c) 植生データ

現地状況をできるだけ模擬するため、植生作成範囲の航空写真を入手し、植生の調査手順を定めた国土交通省の「河川水辺の国勢調査マニュアル」を用いて判読するとともに、植生を現地調査し、F A R S I T E入力データとしての妥当性を確認のうえ植生区分を設定する。

(d) 気象データ

現地にて起こり得る最も厳しい条件を検討するため、宇和島特別地域気象観測所及び瀬戸観測所の過去10年間の気

象データのうち、愛媛県で発生した森林火災の実績より、発生頻度が高い2月から5月の気象条件（最多風向，最大風速，最高気温及び最小湿度）の最も厳しい条件を用いる。

d. 延焼速度及び火線強度の算出

ホイヘンスの原理に基づく火炎の拡大モデルを用いて延焼速度（0.49m/s（発火点1））や火線強度（14,758kW/m（発火点1））を算出する。

e. 火炎到達時間による消火活動

延焼速度より，発火点から防火帯までの火炎到達時間<sup>注e1</sup>（2.1時間（発火点1））を算出し，森林火災が防火帯に到達するまでの間に発電所に常駐している消防要員による屋外消火栓等を用いた消火活動が可能であり，万が一の飛び火等による火炎の延焼を防止することで外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお，防火帯の外側にあるクラス3施設としては，モニタリングステーション及びモニタリングポスト等があり，火災発生時は，化学消防自動車，水槽付消防自動車による消火活動及び代替設備の確保が可能な設計とする。

注e1：火炎が防火帯に到達する時間

f. 防火帯幅の設定

F A R S I T E から出力される最大火線強度（14,758kW/m（発火点1））<sup>注f1</sup>により算出される防火帯幅29.7mに対し，約35mの防火帯幅を確保することにより外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

防火帯は延焼防止効果を損なわない設計とし，防火帯に可燃物を含む機器等を設置する場合は必要最小限とする。

設置する防火帯について，第1.10.1図に示す。

注f1：火線強度は反応強度と延焼速度の関連で算出されるため，延焼速度が速い発火点1が最大となることから発火点1の火線強度を用いて評価する。

g. クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への熱影響

森林火災の直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への影響評価を実施し，離隔距離の確保，建屋による防護等により，クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。なお，影響評価に用いる火炎輻射強度は，F A R S I T E から出力される反応強度から求める火炎輻射強度（1,039kW/m<sup>2</sup>）<sup>注g1,g2</sup>

に安全側に余裕を考慮した $1,200\text{kW/m}^2$ とする。

(a) 火災の想定

(a-1) 森林火災による熱を受ける面と森林火災の火炎輻射強度が発する地点が同じ高さにあると仮定し、離隔距離は最短距離とする。

(a-2) 森林火災の火炎は、円筒火炎モデルとする。火炎の高さは燃焼半径の3倍とし、燃焼半径から円筒火炎モデルの数を算出することにより火炎到達幅の分だけ円筒火炎モデルが横一列に並ぶものとする。

(a-3) 気象条件は無風状態とする。

(b) 原子炉建屋、原子炉補助建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への熱影響

火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ に基づき算出する、防火帯の外縁（火炎側）から最も近く（70m）に位置する原子炉補助建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度 $200^\circ\text{C}$ <sup>注g3</sup>以下とすることで、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

コンクリート壁以外の機器搬出入口等の建屋内近傍には、安全機能を有する施設を設置しないことにより安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

(c) 海水ポンプへの熱影響

火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ に基づき算出する海水ポンプの周囲温度を許容温度 $76^\circ\text{C}$ <sup>注g4</sup>以下とすることで、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

(d) 補助給水タンクへの熱影響

火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ に基づき算出するタンク内の水の温度を許容温度 $40^\circ\text{C}$ <sup>注g5</sup>以下とすることで、補助給水タンクの安全機能を損なわない設計とする。

(e) 重油タンクの熱影響

火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ に基づき算出する重油タンク内の重油の温度を許容温度 $60^\circ\text{C}$ <sup>注g6</sup>未満とすることで、重油タンクの安全機能を損なわない設計とする。

注g1：保守的な入力データによりFARSITEで評価した火炎輻射強度

注g2：火炎輻射強度は反応強度と比例することから反応強度が高い発火点1の火炎輻射強度を用いて評価する。

注g3：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<sup>(17)</sup>

注g4：モータ下部軸受許容温度以下となるために必要な  
周囲温度

注g5：補助給水系統の設計温度

注g6：A重油の引火点

h. クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の危険距離の確保

森林火災の直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の危険距離について評価を実施し、防火帯の外縁（火炎側）からの離隔距離を火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ 注h1に基づき算出する危険距離以上確保することにより、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

(a) 原子炉建屋，原子炉補助建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋の危険距離の確保

火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ に基づき危険距離注h2を算出し、防火帯の外縁（火炎側）から最も近くに位置する原子炉補助建屋までの距離（70m）を危険距離以上確保することで、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

(b) 海水ポンプ，補助給水タンク，重油タンクの危険距離の確保

火炎輻射強度 $1,200\text{kW/m}^2$ に基づき危険距離を算出し、発電所周囲に設置される防火帯の外縁（火炎側）からの離隔距離を危険距離以上確保することにより、安全機能を損なわない設計とする。

注h1：「g. クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への熱影響」の評価に用いた値

注h2：発電所周囲に設置される防火帯の外縁（火炎側）からクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の間に必要な離隔距離

(3) 近隣産業施設の火災・爆発

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、発電所敷地外10km以内の産業施設を抽出したうえで発電所との離隔距離を確保すること、及び、発電所敷地内で火災を発生させるおそれのある危険物タンク等を選定し、危険物タンク等の燃料量とクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設との離隔距離を考慮して、輻射強度が最大となる火災を設定し、直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への熱影響評価を行い、離隔距離の確保及び障壁による防護等により、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を

損なわない設計とする。

a. 石油コンビナート施設等の影響

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、発電所敷地外10km以内の産業施設に対して、必要な離隔距離を確保することで、安全施設の安全機能を損なわない設計とする。

発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート施設を調査した結果、当該施設は存在しないことを確認している。なお、発電所に最も近い石油コンビナート地区は北東約50kmの松山地区である。

発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート以外の産業施設を調査した結果、八幡浜市及び伊方町に産業施設があるが、これらの産業施設は発電所からの離隔距離が確保されており、さらに、これらの産業施設と発電所の間には標高約200mの山林の障壁があり、火災時の熱放射及びガス爆発による爆風圧による影響を受けるおそれはない。

原子炉施設から南へ約1kmのところにある一般国道197号線は西方向へは三崎港までであり、付近に石油コンビナート施設等はないことから、大量の危険物を輸送する可能性はない。このため、一般国道197号線上で車両火災が発生したとしても、外部火災防護施設に影響はない。

b. 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の熱影響

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災による直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への影響評価を実施し、離隔距離の確保、建屋による防護等により、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

発電所敷地内に設置している屋外の危険物タンク等を第1.10.3表及び第1.10.2図に示す。

(a) 火災の想定

(a-1) 危険物タンク等の貯蔵量は、危険物施設として許可された貯蔵容量とする。

(a-2) 離隔距離は、評価上厳しくなるようタンク等の位置からクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設までの直線距離とする。

(a-3) 危険物タンク等の破損等による防油堤内の全面火災を想定する。

(a-4) 火災は円筒火災モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

(a-5) 気象条件は無風状態とする。

(b) 評価対象範囲



評価対象は、発電所敷地内の屋外に設置する引火等のおそれのある危険物タンク等とする。

なお、屋外に設置する危険物タンク等のうち、地下タンク貯蔵所は埋設しているため評価対象外とする。また、空冷式非常用発電装置 1 号及び 2 号は、空冷式非常用発電装置 3 号及び 4 号よりもクラス 1 及びクラス 2 に属する外部火災防護施設と離隔距離を確保するため、空冷式非常用発電装置 3 号及び 4 号の評価に包絡される。

また、燃料補給用のタンクローリについては、燃料補給時は監視人が立会を実施し、万が一の火災発生時は速やかに消火活動が可能であることから、評価対象から除外する。

- (b-1) 重油タンク
- (b-2) 空冷式非常用発電装置 3 号用燃料タンク、潤滑油タンク及び空冷式非常用発電装置 4 号用燃料タンク、潤滑油タンク
- (c) クラス 1 及びクラス 2 に属する外部火災防護施設への熱影響
  - (c-1) 原子炉建屋、原子炉補助建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への熱影響
    - (c-1-1) 重油タンク

重油タンクを対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度 ( $460\text{W}/\text{m}^2$ ) で原子炉補助建屋外壁が昇温されるものとして算出する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度  $200^\circ\text{C}$ <sup>注1</sup> 以下とすることで、クラス 1 及びクラス 2 に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

- (c-1-2) 空冷式非常用発電装置 3 号用燃料タンク、潤滑油タンク及び空冷式非常用発電装置 4 号用燃料タンク、潤滑油タンク

空冷式非常用発電装置 3 号用燃料タンク、潤滑油タンク及び空冷式非常用発電装置 4 号用燃料タンク、潤滑油タンクを対象に火災が発生してから燃料等が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度（3 号： $299\text{W}/\text{m}^2$ ， $546\text{W}/\text{m}^2$ ，4 号： $552\text{W}/\text{m}^2$ ， $1,008\text{W}/\text{m}^2$ ）で原子炉建屋外壁が昇温されるものとして算出する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度  $200^\circ\text{C}$ <sup>注1</sup> 以下とすることで、クラス 1 及びクラス 2 に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

(c-2) 海水ポンプへの熱影響

海水ポンプは海水ピット内に設置されており、海水ポンプモータの上端部は地面より下に位置しているため、EL. +32m以上に設置している屋外の危険物タンク等との間には、原子炉建屋等の障壁や高低差があり、火災時に直接熱影響を受けないように配置上の考慮を行うことにより、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

(c-3) 補助給水タンクへの熱影響

補助給水タンクから最も近くに設置している空冷式非常用発電装置3号用燃料タンク、潤滑油タンク及び空冷式非常用発電装置4号用燃料タンク、潤滑油タンク(3号、4号とも離隔距離60m)を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、3号、4号とも一定の輻射強度(161W/m<sup>2</sup>、294W/m<sup>2</sup>)で昇温されるものとして算出するタンク内の水の温度を許容温度40℃<sup>注2</sup>以下とすることで、補助給水タンクの安全機能を損なわない設計とする。

(c-4) 重油タンクへの熱影響

重油タンクは屋外EL. +84mに設置されており、屋外EL. +38m以下に設置している他の屋外の危険物タンク等との間には高低差があるため、配置上、火災時の熱輻射の影響を受けないことにより、重油タンクの安全機能を損なわない設計とする。

注1：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<sup>(17)</sup>

注2：補助給水系統の設計温度

(4) 航空機墜落による火災

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、航空機墜落による火災について落下カテゴリ毎に選定した航空機を対象に、直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への影響評価を実施し、離隔距離の確保及び建屋による防護等により、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。また、航空機落下による火災と発電所敷地内の危険物タンク等による火災の重畳を考慮する設計とする。

a. 対象航空機の選定方法

航空機落下確率評価においては、過去の日本国内における航空機落下事故の実績をもとに、落下事故を航空機の種類及び飛行形態に応じてカテゴリに分類し、カテゴリ毎に落下確率を求める。ここで、落下事故の実績がないカテゴリの事故件数は保守的に0.5回として扱う。また、カテゴリ毎の対象航空機の民

間航空機と自衛隊機又は米軍機では、訓練中の事故等、その発生状況が必ずしも同一ではなく、自衛隊機又は米軍機の中でも機種によって飛行形態が同一ではないと考えられ、かつ、民間航空機では火災影響は評価対象航空機の燃料積載量に大きく依存すると考えられる。これらを踏まえて選定した落下事故のカテゴリと対象航空機を第1.10.4表に示す。

b. 航空機墜落による火災の想定

- (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する。
- (b) 航空機は燃料を満載した状態を想定する。
- (c) 航空機の墜落によって燃料に着火し火災が起こることを想定する。
- (d) 気象条件は無風状態とする。
- (e) 火災は円筒火災をモデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。

c. 評価対象範囲

評価対象範囲は、発電所敷地内であって発電用原子炉施設を中心にして墜落確率が $10^{-7}$  (回/炉・年)以上になる範囲のうち発電用原子炉施設への影響が最も厳しくなる区域に設置するクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設とする。カテゴリ毎の対象航空機の離隔距離を第1.10.4表に示す。

d. クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への熱影響

- (a) 原子炉建屋、原子炉補助建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への熱影響  
落下事故のカテゴリ毎に選定した航空機を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度でクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の建屋外壁が昇温されるものとして算出する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度 $200^{\circ}\text{C}$ <sup>注1</sup>以下とすることで、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

カテゴリ毎の対象航空機の輻射強度を第1.10.4表に示す。

- (b) 海水ポンプへの熱影響

対象航空機のうち輻射強度が最も高い自衛隊機又は米軍機であるUP-3Dを対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で昇温されるものとして算出する海水ポンプの周囲温度を許容温度 $76^{\circ}\text{C}$ <sup>注2</sup>以下とする

ことで、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

(c) 補助給水タンクへの熱影響

対象航空機のうち輻射強度が最も高い自衛隊機又は米軍機であるUP-3Dを対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で昇温されるものとして算出するタンク内の水の温度を許容温度40℃<sup>注3</sup>以下とすることで、補助給水タンクの安全機能を損なわない設計とする。

(d) 重油タンクへの熱影響

対象航空機のうち輻射強度が最も高い自衛隊機又は米軍機であるUP-3Dを対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で昇温されるものとして算出するタンク内の重油の温度を許容温度60℃<sup>注4</sup>未満とすることで、重油タンクの安全機能を損なわない設計とする。

e. 航空機墜落に起因する敷地内危険物タンク等の火災の熱影響

航空機墜落による火災のうち評価結果が最も厳しい自衛隊機又は米軍機のUP-3Dと、敷地内危険物タンク等の火災のうち評価結果が最も厳しい重油タンクについて、同時に火災が発生した場合を想定し、火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度でクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の建屋外壁が昇温されるものとして算出する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度200℃<sup>注1</sup>以下とすることで、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

注1：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<sup>(17)</sup>

注2：モータ下部軸受許容温度以下となるために必要な周囲温度

注3：補助給水系統の設計温度

注4：A重油の引火点

(5) 発電所港湾内に入港する船舶火災の熱影響

「原子力発電所の外部火災影響評価ガイド」を参照し、荷揚岸壁に停泊する船舶を選定し、船舶の燃料量とクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設との離隔距離を考慮して、輻射強度が最大となる火災を設定し、直接的な影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への影響評価を実施し、離隔距離の確保及び建屋による防護等により、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

対象の船舶を第1.10.5表及び第1.10.3図に示す。

a. 火災の想定

- (a) 燃料保有量は満積とした状態とする。
- (b) 離隔距離は、評価上厳しくなるよう荷揚岸壁からクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設までの直線距離とする。
- (c) 船舶の燃料タンクの破損等による火災を想定する。
- (d) 火災は円筒火災モデルとし、火災の高さは燃焼半径の3倍とする。
- (e) 気象条件は無風状態とする。

b. 評価対象範囲

燃料等輸送船  
発電所港湾内に入港し荷揚岸壁に停泊する、大型の船舶である燃料等輸送船の火災により影響を受けるクラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設を評価対象とする。

c. クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設への熱影響

- (a) 原子炉建屋、原子炉補助建屋及び使用済燃料乾式貯蔵建屋への熱影響  
燃料等輸送船を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で使用済燃料乾式貯蔵建屋外壁が昇温されるものとして算出する建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度をコンクリート許容温度 $200^{\circ}\text{C}$ <sup>注1</sup>以下とすることで、クラス1及びクラス2に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。
- (b) 海水ポンプへの熱影響  
海水ポンプは海水ピット内に設置されており、燃料等輸送船の火災時に直接熱影響を受けないように配置上の考慮を行うことにより、海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。
- (c) 補助給水タンクへの熱影響  
燃料等輸送船を対象に火災が発生してから燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で昇温されるものとして算出するタンク内の水の温度を許容温度 $40^{\circ}\text{C}$ <sup>注2</sup>以下とすることで、補助給水タンクの安全機能を損なわない設計とする。
- (d) 重油タンクへの熱影響  
重油タンクは屋外EL.+84mに設置されており、燃料等輸送船の火災時に直接熱影響を受けないように配置上の考慮を行うことにより、重油タンクの安全機能を損なわない設計とする。

注 1 : 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<sup>(17)</sup>

注 2 : 補助給水系統の設計温度

(6) 二次的影響（ばい煙等）

外部火災による二次的影響として、ばい煙等による影響を抽出し、安全機能が損なわれるおそれがある構築物、系統及び機器として外気を取り込むクラス 1 及びクラス 2 に属する外部火災防護施設を抽出したうえで、第 1.10.6 表の分類のとおり評価を行い、必要な場合は対策を実施することでクラス 1 及びクラス 2 に属する外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

a. 換気空調設備

外気を取り入れている換気空調設備として、安全補機開閉器室空調装置、制御用空気圧縮機室換気装置、ディーゼル発電機室換気装置、中央制御室換気空調設備、電動補助給水ポンプ室換気装置、タービン動補助給水ポンプ室換気装置、主蒸気配管室換気装置、制御棒クラスタ駆動装置電源室空調装置、放射線管理室空調装置、補助建屋空調装置、格納容器空調装置及び廃棄物処理室空調装置がある。

これらの外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が  $5 \mu\text{m}$  より大きい粒子を除去）を設置しているため、ばい煙が外気取入口に到達した場合であっても、一定以上の粒径のばい煙粒子については、平型フィルタにより侵入を阻止することで外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

なお、外気取入ダンパが設置されており閉回路循環運転が可能である中央制御室換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことで外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。また、安全補機開閉器室空調装置及び制御棒クラスタ駆動装置電源室空調装置は、外気取入ダンパを閉止し、外気取入れを遮断することで外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

また、中央制御室換気空調設備及び緊急時対策所 (EL. 32m) 換気設備については、外気取入遮断時の室内に滞在する人員の環境劣化防止のため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

b. ディーゼル発電機

ディーゼル発電機機関の吸気消音器に付属するフィルタ（粒径  $120 \mu\text{m}$  以上において約 90% 捕獲）で比較的大粒径のばい煙粒子が捕獲され、粒径数  $\mu\text{m} \sim 10 \mu\text{m}$  程度のばい煙粒子が過給機、空気冷却器に侵入するものの、機器の隙間はばい煙粒子に比べ

て十分大きく、閉塞に至ることを防止することでディーゼル発電機の安全機能を損なわない設計とする。

c. 海水ポンプ

海水ポンプモータは電動機本体を全閉構造とし、空気冷却器を電動機の側面に設置して電動機内部に外気を直接取り込まない全閉外扇形の冷却方式であるため、ばい煙が電動機内部に侵入することはない。

また、空気冷却器冷却管の内径は約19mmであり、ばい煙粒子の粒径はこれに比べて十分に小さく、閉塞を防止することにより海水ポンプの安全機能を損なわない設計とする。

d. 主蒸気逃がし弁、排気筒等

主蒸気逃がし弁は、建屋外部に排気管を有する設備であるが、ばい煙が排気管内に侵入した場合でも、主蒸気逃がし弁の吹出力が十分大きいいため、微小なばい煙粒子は吹き出されることにより主蒸気逃がし弁の安全機能を損なわない設計とする。

また、排気筒及び主蒸気安全弁については、主蒸気逃がし弁と同様に、建屋外部の配管にばい煙が侵入した場合でも、その動作時には侵入したばい煙は吹き出されることにより排気筒及び主蒸気安全弁の安全機能を損なわない設計とする。

e. 計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）

計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）が設置されている部屋は、安全補機開閉器室空調装置にて空調管理されており、本空調装置の外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が5 $\mu$ mより大きい粒子を除去）が設置されているが、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕獲可能な粗フィルタ（主として粒径が5 $\mu$ mより小さい粒子を除去）が設置されている。このため、ばい煙に対する防護性能は他の換気空調設備に比べて高いことから、室内に侵入したばい煙は粒径が極めて細かな粒子である。

したがって、極めて細かな粒子のばい煙が侵入した場合において、ばい煙の付着による短絡等を発生させる可能性は小さいことにより計測制御系統施設（安全保護系計器ラック）の安全機能を損なわない設計とする。

f. 制御用空気圧縮機

制御用空気圧縮機が設置されている部屋は、制御用空気圧縮機室換気装置にて空調管理されており、本換気装置の外気取入口には平型フィルタ（主として粒径が5 $\mu$ mより大きい粒子を除去）が設置されているが、これに加えて下流側にさらに細かな粒子を捕獲可能な粗フィルタ（主として粒径が5 $\mu$ mより小さい粒子を除去）が設置されている。このため、ばい煙に対する防護性能は他の換気空調設備に比べて高いことから、室内に

侵入したばい煙は粒径が極めて細かな粒子である。

したがって、ばい煙が侵入した場合にも、ばい煙の付着により機器内の損傷を発生させる可能性は小さいことにより制御用空気圧縮機の安全機能を損なわない設計とする。

(7) 有毒ガスの影響

a. 有毒ガスの発生に伴う居住空間への影響評価

有毒ガスの発生に伴う居住空間への影響については、中央制御室換気空調設備及び緊急時対策所 (EL. 32m) 換気設備における外気取入遮断時の室内に滞在する人員の環境劣化防止のため、酸素濃度及び二酸化炭素濃度の影響評価を実施することにより、安全機能を損なわない設計とする。

外気を取り入れている換気空調設備として、安全補機開閉器室空調装置、制御用空気圧縮機室換気装置、ディーゼル発電機室換気装置、中央制御室換気空調設備、電動補助給水ポンプ室換気装置、タービン動補助給水ポンプ室換気装置、主蒸気配管室換気装置、制御棒クラスタ駆動装置電源室空調装置、放射線管理室空調装置、補助建屋空調装置、格納容器空調装置及び廃棄物処理室空調装置がある。

このうち、外気取入ダンパが設置されており閉回路循環運転が可能である中央制御室換気空調設備については、外気取入ダンパを閉止し、閉回路循環運転を行うことにより外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

中央制御室換気空調設備以外の換気空調設備については、空調ファンを停止すること等により外部火災防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

b. 発電所周辺地域からの有毒ガス影響評価

発電所周辺地域には、以下の交通運輸状況及び産業施設がある。

発電所周辺地域の主要道路としては、一般国道197号線、一般国道378号線、県道鳥井喜木津線等がある。

鉄道路線としては、八幡浜市をJR予讃線が通っており、発電所の東南東方向約12kmに最寄りの八幡浜駅がある。

一般航路は発電所から離隔距離が確保されている。また、燃料輸送船が発電所港湾内に入港する。

発電所周辺の石油コンビナート施設等については、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート施設は存在しない。なお、発電所に最も近い石油コンビナート地区は北東約50kmの松山地区である。

また、発電所敷地外10km以内の範囲において、八幡浜市及び伊方町に石油コンビナート以外の主要な産業施設がある。

これらの主要道路、鉄道路線、一般航路及び石油コンビナート



ト施設等は、発電所から離隔距離が確保されており、危険物を積載した車両及び船舶を含む事故等による発電所への有毒ガスを考慮する必要はない。

#### 1.10.2 体制

火災発生時の発電用原子炉施設の保全のための活動を行うため、連絡責任者、運転員及び消防要員が常駐するとともに、火災発生時には、所員により編成する自衛消防組織を、所長の判断により設置する。

自衛消防組織の組織体制を、第1.10.4図に示す。

#### 1.10.3 手順等

外部火災における手順については、火災発生時の対応、防火帯の維持・管理並びにばい煙及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。

- (1) 防火帯の維持・管理においては、手順等を整備し、実施する。
- (2) 初期消火活動においては、手順を整備し、火災発生現場の確認、中央制御室への連絡、消火栓、化学消防自動車及び水槽付消防自動車等を用いた初期消火活動を実施する。
- (3) 外部火災によるばい煙発生時には、外気取入口に設置している平型フィルタの交換、外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内へのばい煙の侵入を阻止する。
- (4) 外部火災による有毒ガス発生時には、外気取入ダンパの閉止、換気空調設備の停止又は閉回路循環運転により、建屋内への有毒ガスの侵入を阻止する。
- (5) 外部火災による中央制御室へのばい煙侵入阻止に係る教育を定期的に実施する。
- (6) 森林火災から外部火災防護施設を防護するための防火帯の点検等に係る火災防護に関する教育を定期的に実施する。
- (7) 近隣の産業施設の火災・爆発から外部火災防護施設を防護するために、離隔距離を確保すること等の火災防護に関する教育を定期的に実施する。
- (8) 外部火災発生時の初期消火活動に係る教育を定期的に実施する。また、消防訓練及び消防要員等による総合的な訓練を定期的に実施する。

第1.10.1表 外部火災にて想定する火災

火災種別	考慮すべき火災
森林火災	発電所敷地外10km以内に発火点を設定した 発電所に迫る火災
近隣の産業施設の 火災・爆発	発電所敷地外10km以内に存在する石油コン ビナート施設等の火災・爆発
	発電所敷地内に設置する危険物タンク等の 火災
航空機墜落による火災	発電所敷地内への航空機墜落時の火災
船舶の火災	発電所港湾内に入港する船舶の火災

第 1.10.2 表 外部火災防護施設

1. 火災の直接的な影響を受ける施設

防護対象	外部火災防護施設
安全機能の重要度分類 「クラス1」「クラス2」に属する施設を内包する建屋	原子炉建屋 原子炉補助建屋 <u>使用済燃料乾式貯蔵建屋</u> ※消火活動による防護手段を期待しない条件のもと、火元からの離隔距離及び障壁で防護
安全機能の重要度分類 「クラス1」「クラス2」に属する屋外施設	海水ポンプ 補助給水タンク 重油タンク ※消火活動による防護手段を期待しない条件のもと、火元からの離隔距離で防護
安全機能の重要度分類 「クラス3」に属する施設	タービン建屋 開閉所 固体廃棄物貯蔵庫 モニタリングポスト他 ※建屋による防護、消火活動又は代替設備による必要な機能の確保等

2. 火災の二次的影響（ばい煙）を受ける施設

防護対象	外部火災防護施設
安全機能の重要度分類 「クラス1」「クラス2」に属する施設	換気空調設備 ディーゼル発電機 海水ポンプ 主蒸気逃がし弁、排気筒等 計測制御系統施設（安全保護系計器ラック） 制御用空気圧縮機 その他発電用原子炉の附属施設（無停電電源装置）

第1.10.3表 発電所敷地内に設置している屋外の危険物タンク等設置状況

タンク名	燃料	容量 (数量)	影響先	離隔距離
燃料油貯油槽 (1号炉)	重油	80kL (2基)	— 注1	
燃料油貯油槽 (2号炉)	重油	80kL (2基)		
燃料油貯油槽 (3号炉)	重油	143kL (2基)		
補助ボイラ 燃料タンク	重油	140kL (1基)		
軽油タンク	軽油	65kL (1基)		
ガソリントank	ガソリン	1.98kL (1基)		
非常用ガスタービン 発電機燃料油貯油槽	重油	200kL (2基)		
重油タンク	重油	98.89kL (3基)	原子炉補助建屋	100m
空冷式非常用発電装置 1号用燃料タンク, 潤滑油タンク	重油/ 潤滑油	1.858kL/ 0.145kL	原子炉建屋	90m
			補助給水タンク	90m
空冷式非常用発電装置 2号用燃料タンク, 潤滑油タンク			原子炉建屋	110m
			補助給水タンク	120m
空冷式非常用発電装置 3号用燃料タンク, 潤滑油タンク			原子炉建屋	32m
			補助給水タンク	60m
空冷式非常用発電装置 4号用燃料タンク, 潤滑油タンク			原子炉建屋	23m
			補助給水タンク	60m

注1：地下タンク貯蔵所のため、評価対象外とする。

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

第1.10.4表 落下事故のカテゴリと対象航空機

落下事故のカテゴリ		対象航空機	離隔距離 注3	輻射強度	
計器飛行方式 民間航空機	大型民間航空機	B747-400	150m	$1.0 \times 10^3$ W/m <sup>2</sup>	
有視界飛行方式 民間航空機					注1
自衛隊機 又は米軍機	訓練空域内 訓練中及び 訓練外を飛行中	空中給油機等, 高高度での巡航 が想定される大 型固定翼機	KC-767	250m	$2.4 \times 10^2$ W/m <sup>2</sup>
		その他の大型固 定翼機, 小型固 定翼機及び回転 翼機	F-15	35m	$1.4 \times 10^3$ W/m <sup>2</sup>
	基地—訓練空域間往復時	UP-3D	32m	$2.9 \times 10^3$ W/m <sup>2</sup>	

注1：有視界飛行方式民間航空機のうち，小型機の評価対象航空機は，自衛隊機又は米軍機の「基地—訓練空域間往復時」に包絡される。

注2：計器飛行方式民間航空機の小型機は，原則として有視界飛行方式による飛行形態をとっていることから，有視界飛行方式として評価する。

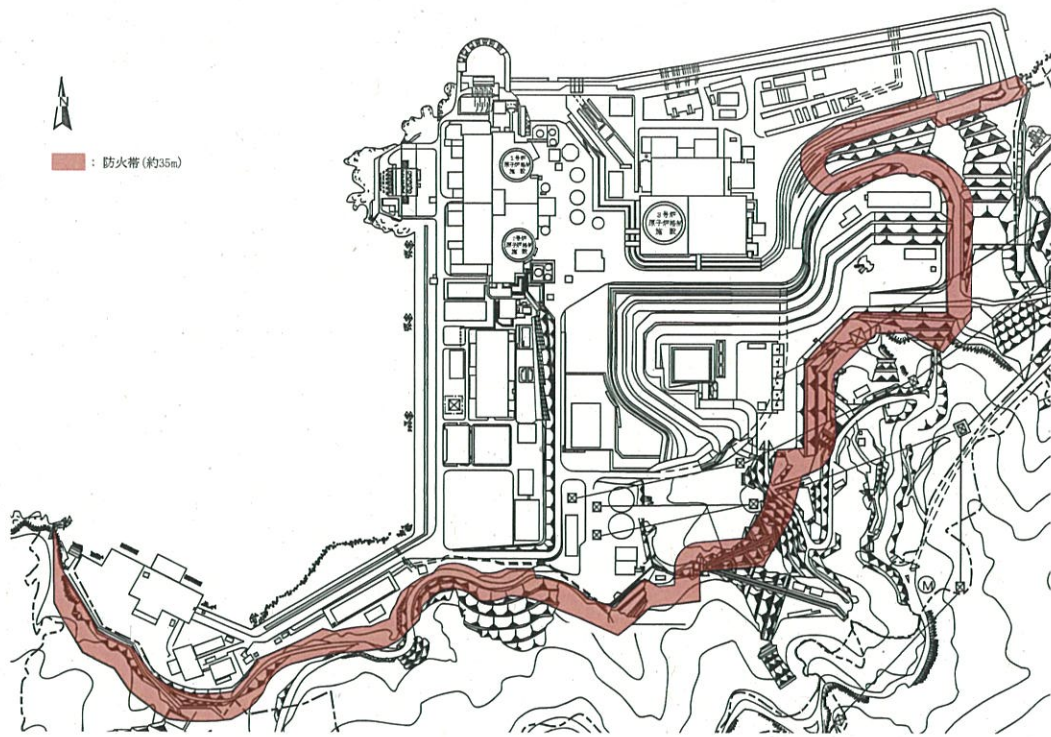
注3：離隔距離の設定にあたり，落下実績がない場合は，保守的に0.5回を用いた。

第1.10.5表 荷揚岸壁に停泊する船舶

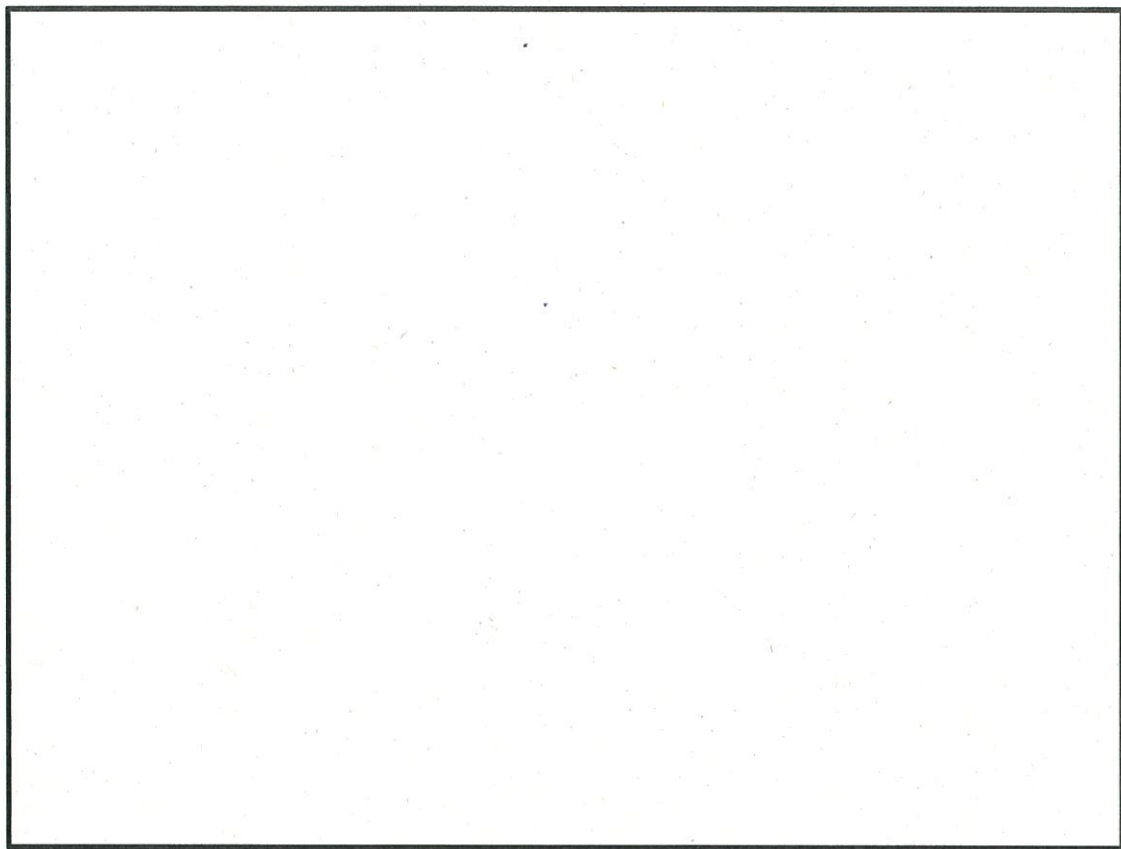
船舶	燃料	容量	影響先	離隔距離
燃料等輸送船	重油	560kL	使用済燃料 乾式貯蔵建屋	490m
			補助給水タンク	740m

第1.10.6表 ばい煙による影響評価

	分類	影響評価施設
機器への影響	外気を取り入れる 空調設備	換気空調設備
	外気を設備内に 取り込む機器	ディーゼル発電機
		海水ポンプ
		主蒸気逃がし弁, 排気筒等
	室内の空気を 取り込む機器	計測制御系統施設 (安全保護系計器ラック)
		制御用空気圧縮機



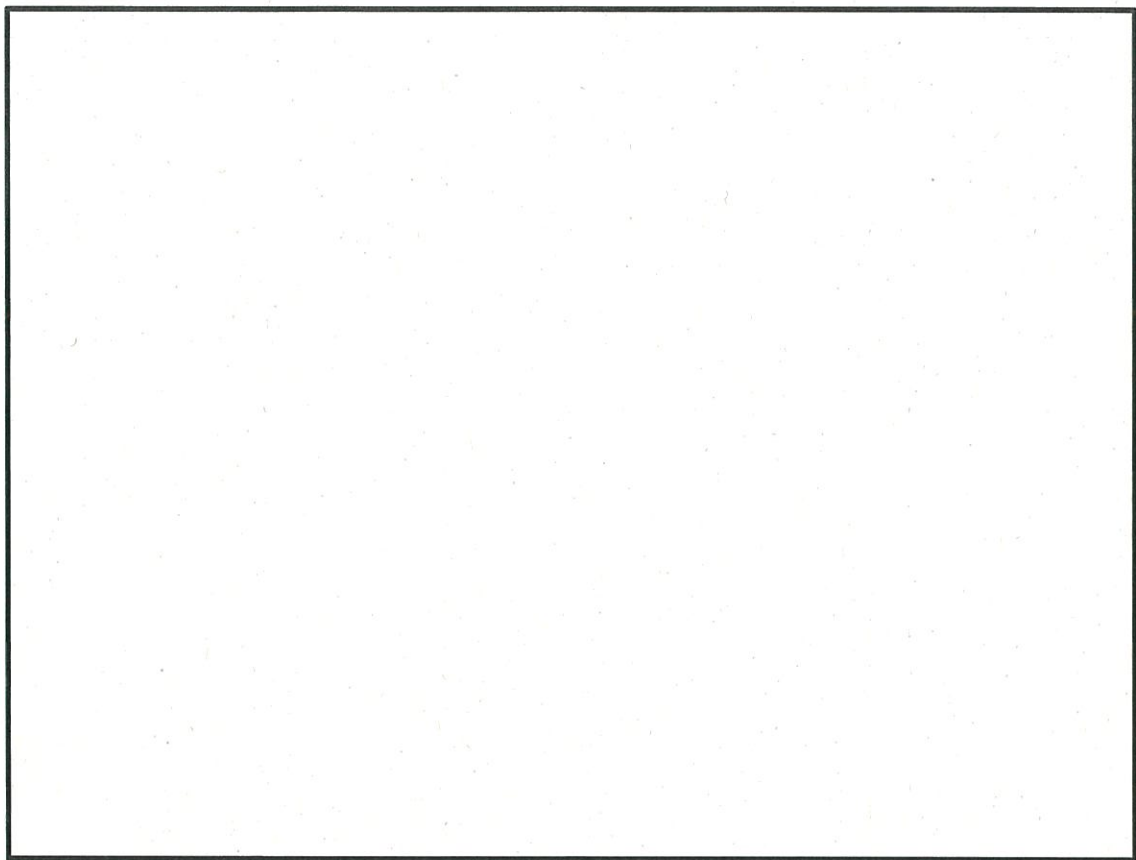
第1.10.1図 防火帯設置図



第1.10.2図 危険物タンク等配置図

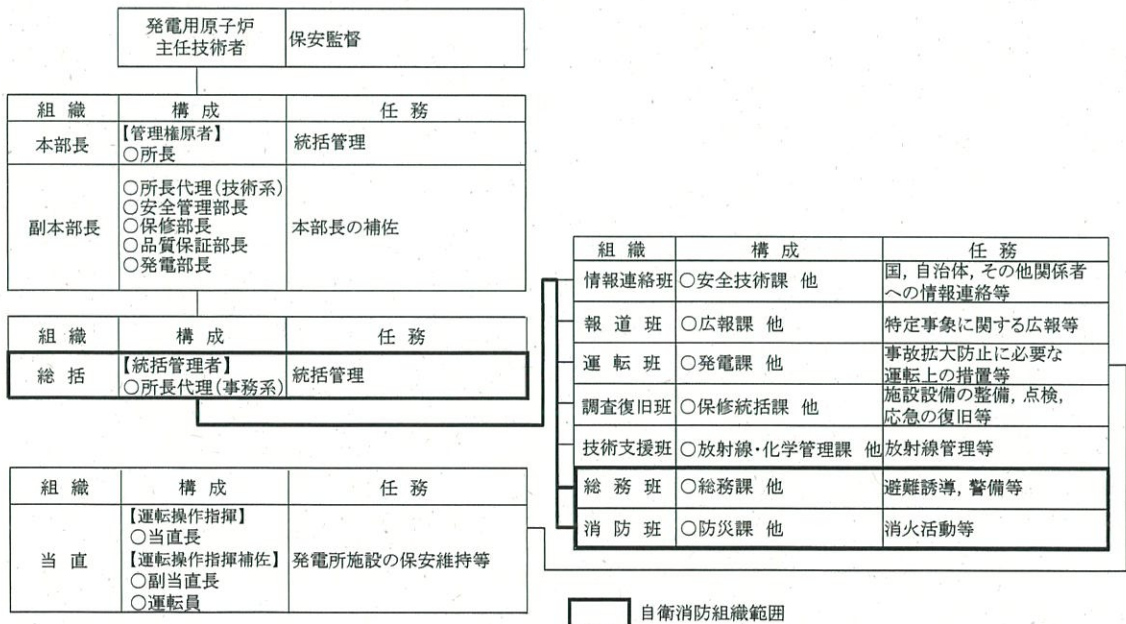
枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。





第1.10.3図 船舶配置図

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。



第1.10.4図 自衛消防組織体制図

### (3) 適合性説明

(外部からの衝撃による損傷の防止)

- 第六条 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- 3 安全施設（兼用キャスクを除く。）は、工場等内又はその周辺において想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。以下「人為による事象」という。）に対して安全機能を損なわないものでなければならない。
- 4 兼用キャスクは、次に掲げる自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。
- 一 兼用キャスクが竜巻により安全機能を損なうかどうかをその設置される位置のいかににかかわらず判断するために用いる合理的な竜巻として原子力規制委員会が別に定めるもの
  - 二 想定される森林火災
- 5 前項の規定は、兼用キャスクについて第一項の規定の例によることを妨げない。
- 6 兼用キャスクは、次に掲げる人為による事象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。
- 一 工場等内又はその周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある爆発
  - 二 工場等の周辺において想定される兼用キャスクの安全性を損なわせる原因となるおそれがある火災
- 7 前項の規定は、兼用キャスクについて第三項の規定の例によることを妨げない。

## 1 について

発電所敷地で想定される自然現象（地震及び津波を除く。）については、敷地及び敷地周辺の自然環境を基に洪水、風（台風）、竜巻、凍結、降水、積雪、落雷、地滑り、火山の影響、生物学的事象、森林火災及び高潮を選定し、敷地周辺で得られる過去の記録等を考慮する。また、これらの自然現象毎に関連して発生する可能性がある自然現象も含める。

安全施設である使用済燃料乾式貯蔵施設は、発電所敷地で想定される自然現象が発生した場合においても安全機能を損なわない設計とする。ここで、発電所敷地で想定される自然現象に対して、安全施設が安全機能を損なわないために必要な安全施設以外の施設又は設備等（重大事故等対処設備を含む。）への措置を含める。また、発電所敷地で想定される自然現象又はその組み合わせに遭遇した場合において、自然現象そのものがもたらす環境条件及びその結果として安全施設で生じ得る環境条件を考慮する。

以下にこれら自然現象に対する設計方針を示す。

## (11) 森林火災

森林火災については、過去10年間の気象条件を調査し、発電所から直線距離で10kmの間に発火点を設定し、森林火災シミュレーション（F A R S I T E）を用いて影響評価を実施し、影響評価に基づいた防火帯幅を確保すること等により、使用済燃料乾式貯蔵施設が安全機能を損なうことのない設計とする。

また、使用済燃料乾式貯蔵容器は外気を取り入れる設備でないため、ばい煙等発生時の二次的影響を受けない。

## 3 について

発電所敷地又はその周辺で想定される発電用原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）については、敷地及び敷地周辺の状況を基に飛来物（航空機落下等）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び電磁的障害を選定する。

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

## (3) 爆 発

発電所敷地外10km以内の範囲において、爆発により使用済燃料乾式貯蔵施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、爆発による使用済燃料乾式貯蔵施設への影響については考慮する必要はない。

また、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート以外の産業施設を調査した結果、八幡浜市及び伊方町に主要な産業施設があるが、これらの産業施設は発電所からの離隔距離が確保されており、さらに、これらの産業施設と発電所の間には標高約200mの山林の障壁があり、ガス爆発による爆風圧による影響を受けるおそれはない。

## (4) 近隣工場等の火災

## a. 石油コンビナート施設の火災

発電所敷地外10km以内の範囲において、火災により使用済燃料乾式貯蔵施設に影響を及ぼすような石油コンビナート施設はないため、火災による使用済燃料乾式貯蔵施設への影響については考慮する必要はない。

また、発電所敷地外10km以内の範囲において、石油コンビナート以外の産業施設を調査した結果、八幡浜市及び伊方町に主要な産業施設があるが、これらの産業施設は発電所からの離隔距離が確保されており、さらに、これらの産業施設と発電所の

間には標高約200mの山林の障壁があり、火災時の熱輻射による影響を受けるおそれはない。

原子炉施設から南へ約1kmのところに位置する一般国道197号線は西方向へは三崎港までであり、付近に石油コンビナート施設等はないことから、大量の危険物を輸送する可能性はない。このため、一般国道197号線上で車両火災が発生したとしても、使用済燃料乾式貯蔵施設に影響はない。

b. 発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災

発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災発生時の輻射熱による使用済燃料乾式貯蔵建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度等を許容温度以下とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

c. 航空機墜落による火災

発電所敷地内への航空機墜落に伴う火災発生時の輻射熱による使用済燃料乾式貯蔵建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度等を許容温度以下とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

d. 発電所港湾内に入港する船舶の火災

発電所港湾内に入港する船舶の火災発生時の輻射熱による使用済燃料乾式貯蔵建屋（垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所）の表面温度等を許容温度以下とすることにより、使用済燃料乾式貯蔵容器が安全機能を損なうことのない設計とする。

e. 二次的影響（ばい煙等）

使用済燃料乾式貯蔵容器は外気を取り入れる設備でないため、石油コンビナート施設の火災、発電所敷地内に設置する危険物タンク等の火災、航空機墜落による火災及び発電所港湾内に入港する船舶の火災に伴うばい煙等発生時の二次的影響を受けない。

(5) 有毒ガス

使用済燃料乾式貯蔵施設は、居住性の確保を必要としないため、有毒ガスの影響を受けない。

#### 4 及び 5 について

5 項の規定に基づき、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器について 1 項の規定を適用することとし、その適合のための設計方針については「1 について」による。

#### 6 及び 7 について

7 項の規定に基づき、兼用キャスクである使用済燃料乾式貯蔵容器について 3 項の規定を適用することとし、その適合のための設計方針については「3 について」による。

#### 1.13 参考文献

(17) 「建築火災のメカニズムと火災安全設計」原田和典 財団法人  
日本建築センター

1.2 気象等  
変更なし

1.3 設備等  
該当なし

2. 外部からの衝撃による損傷の防止（外部火災）  
（別添資料）  
外部火災に対する防護（使用済燃料乾式貯蔵施設）

別 添

外部火災に対する防護  
(使用済燃料乾式貯蔵施設)

## <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 外部火災防護
  2. 火災の熱影響評価
    - 2.1 各火災源からの熱影響評価について
- 添付資料－1 船舶火災の熱影響評価について



## 1. 基本方針

### 1.1 基本事項

「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（地震及び津波を除く。）又は人為事象（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「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及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、敷地及び敷地周辺から想定される自然現象又は人為事象として森林火災、近隣産業施設の火災、爆発、飛来物（航空機墜落）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。

- ・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
- ・船舶の火災

### 1.3 外部火災防護

#### (1) 評価する外部火災防護施設

安全施設は、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設備（以下「外部火災防護施設」という。）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及び3に該当する構築物、系統及び機器が該当する。

また、ガイドでは発電所敷地外で発生する火災が原子炉施設（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等を評価することとされており、使用済燃料乾式貯蔵施設は外部火災防護施設に該当する。

(2) 影響評価の内容について

a. 火災に対する直接的な影響評価について

外部火災防護施設のうち、高い信頼性を要求されるクラス1及び2に該当する構築物、系統及び機器については、消火活動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して構築物固有の熱影響評価を実施する。具体的には、使用済燃料乾式貯蔵容器を設置する建屋については、建屋のコンクリート壁の耐性評価を実施し、建屋内の設備に影響を及ぼさないことを確認する。

b. 二次的影響評価について

使用済燃料乾式貯蔵容器は外気を取り入れる設備でないため、ばい煙等発生時の二次的影響を受けない。

2. 火災の熱影響評価

2.1 各火災源からの熱影響評価について

外部火災の熱影響評価は、火災源の輻射強度、火災源からの距離及び外部火災防護施設の壁厚さを入力条件として評価する。各火災源の輻射強度については、平成25年7月8日付け原子力発第13121号にて許可された設置変更許可（以下「既許可」という。）から変更は無い。また、使用済燃料乾式貯蔵建屋の壁厚さは、厚く1.5mである。

このため、各火災源から原子炉建屋及び原子炉補助建屋の距離と各火災源から使用済燃料乾式貯蔵建屋の距離を比較する。（表1、2）

また、図1、図2に火災源から外部火災防護施設との離隔距離を示す。

各火災源から原子炉建屋及び原子炉補助建屋の距離と各火災源から使用済燃料乾式貯蔵施設の距離を比較し、船舶火災以外については、既許可の評価結果に包絡されることを確認した。船舶火災について、既許可評価の入力条件である建屋までの離隔距離690mに対して、使用済燃料乾式貯蔵建屋は490mとなり、離隔距離が短くなるため、熱影響評価を実施する。（添付資料-1）

表1 火災源から外部火災防護施設の離隔距離

	離隔距離 (m)	
	原子炉建屋 / 原子炉補助建屋	使用済燃料 乾式貯蔵施設
森林火災	70	200
重油タンク	100	140
空冷式非常用発電装置 3号機	32	180※
空冷式非常用発電装置 4号機	23	
船舶	690	490

※空冷式非常用発電装置 3号機、4号機のうち、使用済燃料乾式貯蔵施設に近い、空冷式非常用発電装置 3号機からの離隔距離

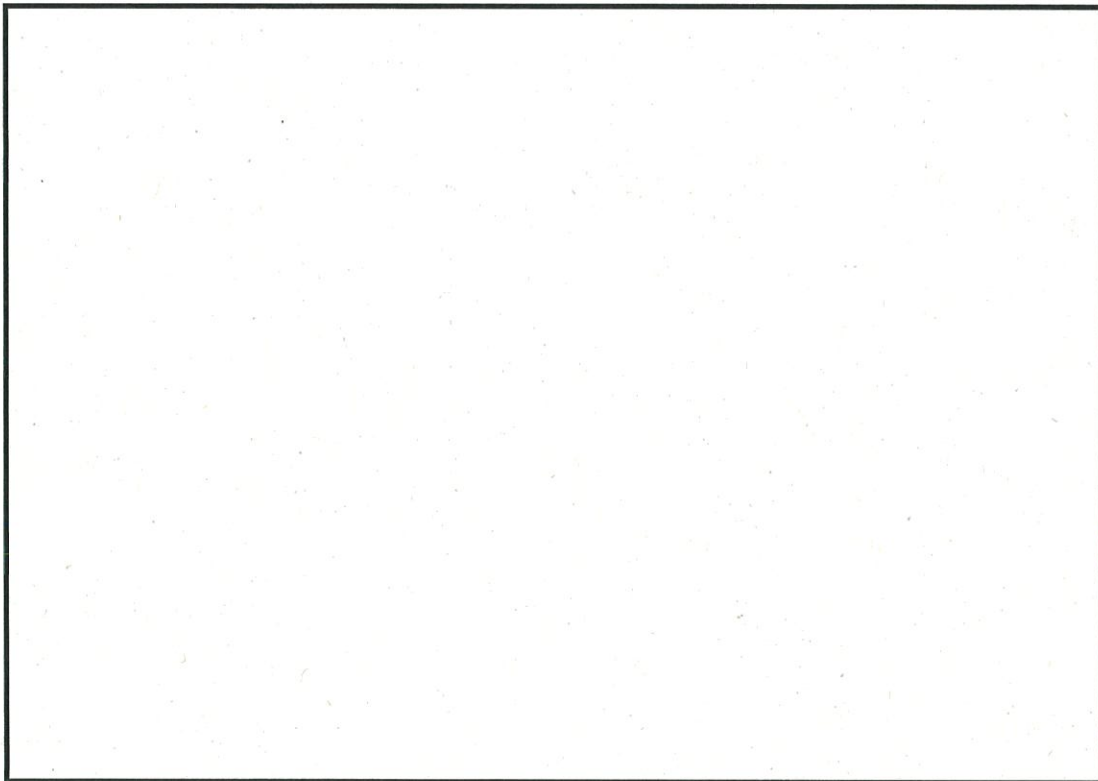


図1 火災源から外部火災防護施設の離隔距離

枠囲みの範囲は機密に係る事項ですので公開することはできません。

表2 火災源から外部火災防護施設の離隔距離（航空機墜落）

カテゴリ		離隔距離 (m)		対象航空機	
		原子炉建屋/ 原子炉補助建屋	使用済燃料 乾式貯蔵施設		
計器飛行方式及び有 視界飛行方式民間航 空機	大型民間航空機	150	240	B747 -400	
	小型民間航空機	75	150	—	
自衛隊機 又は米軍 機	訓練空 域外飛 行中	空中給油機等、高高度で の巡航が想定される大 型固定翼機	250	340	KC-767
		その他の大型固定翼機、 小型固定翼機及び回転 翼機	35	95	F-15
	基地－訓練空域間往復時		32	90	UP-3D

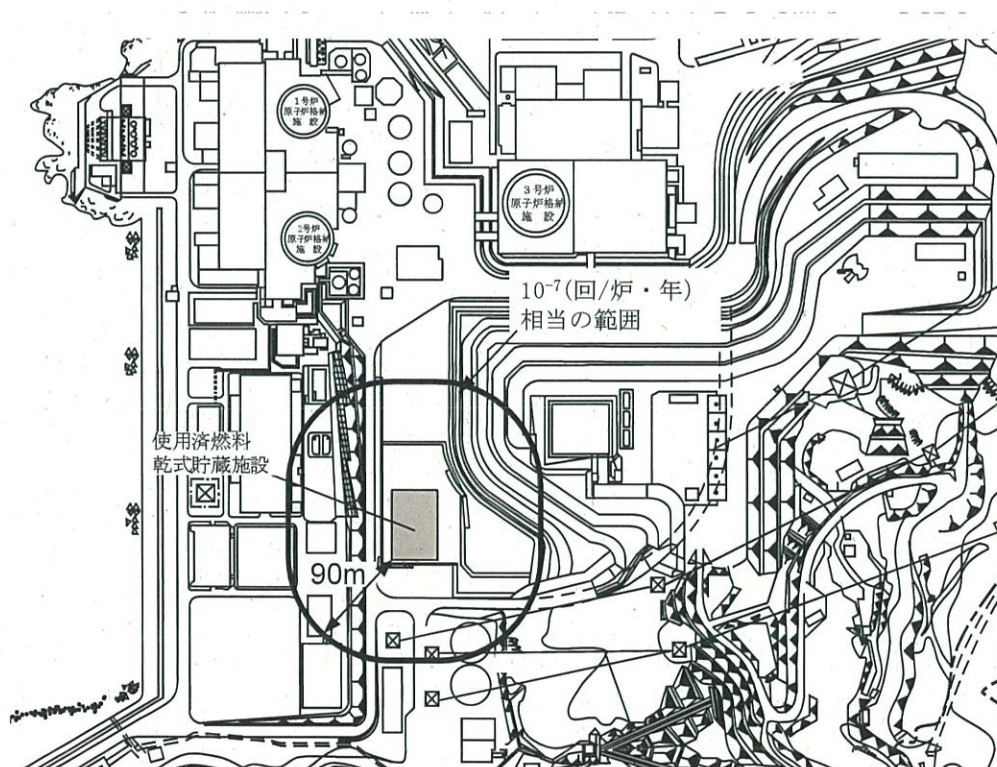


図2 離隔距離の算出イメージ（代表例：90m）

## 使用済燃料乾式貯蔵施設に対する船舶火災の熱影響評価について

### 1. 評価対象船舶の想定について

評価対象船舶の想定については、既許可の評価条件から変更はなく、以下の通りとする。

発電所沖合約13kmに一般航路があり、発電所沖合約18kmに定期航路があるが、十分な離隔距離を確保しており、航行中の船舶が漂流船舶となっても津波により発電所に接近することはなく、発火したとしても発電所への影響はない。一方、発電所の港湾内に定期的に入港する大型船舶として燃料等輸送船があるため、この船舶が積載している燃料が接岸中に発火したことを想定し、以下の通りクラス2に属する使用済燃料乾式貯蔵施設への熱影響評価を実施した。

### 2. 燃料等輸送船火災時の熱影響評価について

#### 2.1 火災の想定

火災を想定するうえで以下を考慮した。

- a. 燃料保有量は満積とした状態とする。
- b. 離隔距離は、評価上厳しくなるよう発電所の荷揚岸壁からクラス2に属する使用済燃料乾式貯蔵施設までの直線距離とする。
- c. 火災は円筒火災モデルとし、火炎の高さは燃焼半径の3倍とする。
- d. 船舶の燃料タンクの破損等による火災を想定し、燃焼面積は船舶の全長と船幅より四角形として算出する。
- e. 気象条件は無風状態とする。

#### 2.2 評価要領

発電所の荷揚岸壁に接岸中の船舶で火災が発生することを想定し、使用済燃料乾式貯蔵建屋の外壁のうち、垂直外壁面及び天井スラブから選定した火災の輻射に対して最も厳しい箇所に対する熱影響評価を評価した。(図1)

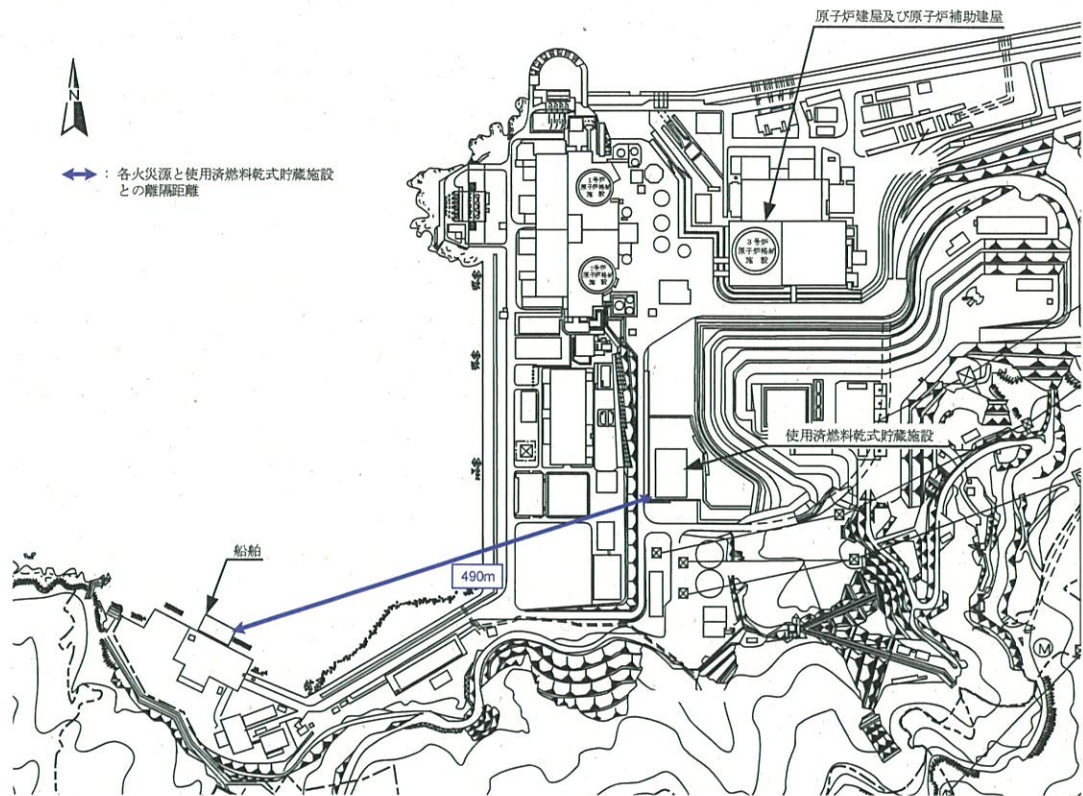


図1 船舶と外部火災防護施設位置図

## 2.3 影響評価

### (1) 評価に用いる諸元

評価に用いる諸元は表 1 に示すとおりである。

表 1 評価に用いる諸元

		評価指標	
船舶の仕様等	燃料量 [m <sup>3</sup> ]	560	
	燃焼面積 [m <sup>2</sup> ]	1,650	
	離隔距離 [m]	使用済燃料 乾式貯蔵施設	490
燃料の物性値	火炎輻射強度 [W/m <sup>2</sup> ]	23,000	
	燃料密度 [kg/m <sup>3</sup> ]	1,000	
	燃焼速度 [m/s]	3.5 × 10 <sup>-5</sup>	
	質量低加速度 [kg/m <sup>2</sup> ・s]	0.035	

### (2) 形態係数の算出

次の式から形態係数を算出した。

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

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

$\phi$  : 形態係数、L : 離隔距離、H : 火炎高さ、R : 燃焼半径

なお、燃焼半径 R と燃焼面積 S は次の関係式となる。

$$S = \pi R^2, \quad R = (S / \pi)^{0.5}$$

### (3) 受熱側の輻射強度算出

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

$$E = R_f \times \phi$$

E : 受熱側輻射強度 [W/m<sup>2</sup>]、R<sub>f</sub> : 火炎輻射発散度 [W/m<sup>2</sup>]、 $\phi$  : 形態係数

(4) 燃焼継続時間の算出

燃焼時間は、燃料量を燃焼面積と燃焼速度で割った値となる。

$$t = V / (\pi R^2 \times v)$$

ただし  $v = M / \rho$

V : 燃料量 [m<sup>3</sup>]、v (v = M / ρ) : 燃焼速度 [m/s]

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



#### (5) 外壁の温度評価

火災源からの輻射熱による外部火災防護施設への熱影響評価を行うに当たって、一次元非定常熱伝導方程式の解である半無限固体での温度評価式を用いて、外壁の温度を評価する。

条件として、受熱側の輻射強度は一定値で変化しないものと仮定し、外壁表面の対流熱損失は考慮しないものとする。

$$T = T_0 + \frac{2E\sqrt{\alpha_c t}}{\lambda_c} \cdot \left[ \frac{1}{\sqrt{\pi}} \cdot \exp\left(-\frac{\chi^2}{4\alpha_c t}\right) - \frac{\chi}{2\sqrt{\alpha_c t}} \cdot \operatorname{erfc}\left(\frac{\chi}{2\sqrt{\alpha_c t}}\right) \right]$$

T : コンクリート温度[°C]

T<sub>0</sub> : 初期温度(50[°C])

α<sub>c</sub> : コンクリート温度伝導率(7.53×10<sup>-7</sup>[m<sup>2</sup>/s])

[α<sub>c</sub>=λ<sub>c</sub>/(ρ×C<sub>p</sub>)]

C<sub>p</sub> : コンクリート比熱(963[J/kgK])

ρ : コンクリート密度(2,400[kg/m<sup>3</sup>])

λ<sub>c</sub> : コンクリート熱伝導率(1.74[W/mK])

χ : コンクリート深さ[m]、E: 受熱側輻射強度[W/m<sup>2</sup>]

t : 燃焼継続時間[秒]

なお、本式は半無限固体を想定した温度評価式であるが、既許可の評価において、火災継続時間及び燃焼面積が大きい重油タンクにて外壁表面における温度上昇分の1%にあたる温度上昇となる深さ

$$\chi = (3.6(\alpha t)^{1/2}) \quad (\text{出典: 伝熱工学、東京大学出版会})$$

を算出すると約0.52mであり、外壁厚さを下回るため、本温度評価式が適用できる。(別紙1)

#### 2.4 判断の考え方(評価結果)

##### (1) 使用済燃料乾式貯蔵施設外壁の耐性評価

「2.3 項(5) 外壁の温度評価」の評価式を適用し、火災が発生した時間から燃料が燃え尽きるまでの間、一定の輻射強度で使用済燃料乾式貯蔵建屋外壁(垂直外壁面及び天井スラブから選定した、火災の輻射に対して最も厳しい箇所)が昇温されるものとしてコンクリートの表面の温度上昇を評価した結果、使用済燃料乾式貯蔵施設の外壁の表面の温度は約56°Cとなり、許容温度200°Cを下回ることを確認した。(図2) また、コンクリート外壁の裏面温度は初期温度の50°Cから上昇しないことを確認した。

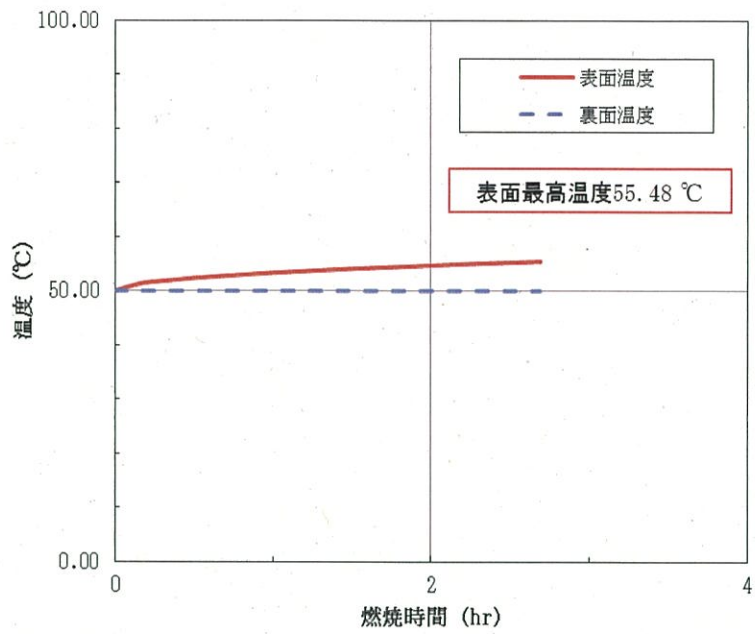


図2 使用済燃料乾式貯蔵施設外壁における温度上昇の評価結果

## コンクリート外壁温度評価式の適用性について

### 1. 温度浸透厚さについて

火災源からの輻射熱による外壁温度の評価にあたっては、半無限固体での温度評価式を用いて算出しているが、その温度評価式の適用性についてコンクリート厚さの観点より問題ないことを以下のとおり確認している。

外壁表面における温度上昇分の1%にあたる温度上昇となる深さ $\chi$ （温度浸透厚さ）を算出した。

$$\chi = 3.6 (\alpha t)^{1/2} \quad (\text{出典：伝熱工学、東京大学出版会})$$

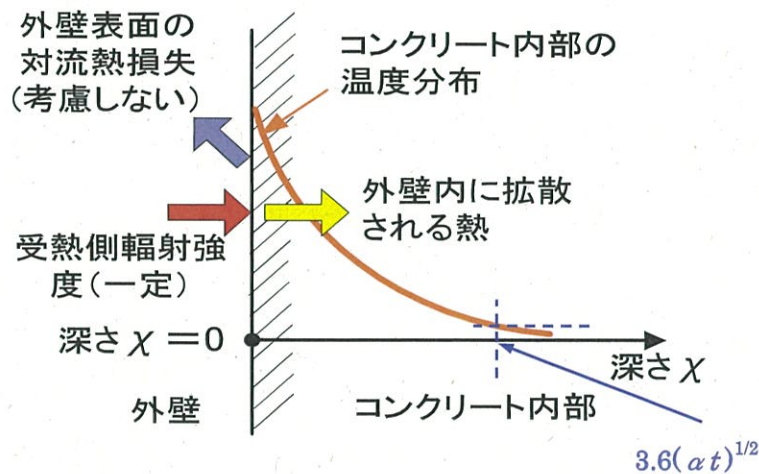


図1 外壁温度上昇評価モデル

外壁温度上昇が最も大きい重油タンクにて、深さ $\chi$ （温度浸透厚さ）を求めた結果、約0.52mとなり、外壁厚さ0.8mを下回ることから、本温度評価式の適用性に問題ないことを確認している。

「伝熱工学 東京大学出版会」では、熱伝導を問題にする際は、温度が伝わる領域が薄い場合は、物体の大きさが有限であっても半無限物体として扱えると記載している。

上記の文献では、半無限物体内の温度変化は、表面に近い一定の領域に限定され、表面温度の1%となる深さを温度浸透厚さと定義されている。

なお、温度浸透深さは「 $(\chi) = 3.6 (\alpha t)^{1/2}$ 」にて算出され、その深さ以上の物体であれば、半無限物体として扱っても問題ない。

温度の主たる変化は表面に近い一定の領域に限定されている。温度が表面温度の1%となる深さ  $x$  を温度浸透厚さと定義すると、  
 $x$  は、ほぼ  $3.6 (\alpha t)^{1/2}$  である。

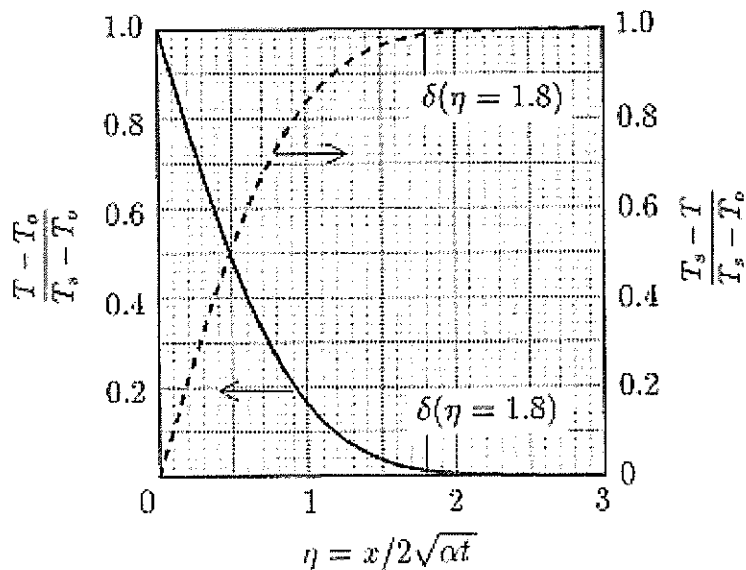


図2 半無限物体の温度分布

$(T - T_0) / (T_s - T_0)$  は、温度上昇を示しており、表面温度1%とは、縦軸の 0.01 のことを示し、横軸  $\eta =$  約 1.8 となる。

$$\eta = \frac{x}{2\sqrt{\alpha t}}$$

に代入すると次のようになり、

$$1.8 = x / (2\sqrt{\alpha t})$$

整理すると、前頁の式  $x = 3.6 (\alpha t)^{1/2}$  となる。

数値を代入すると

$$x = 3.6 \times (7.53 \times 10^{-7} \times 26,748)^{1/2} = 5.11 \times 10^{-1} \text{m} \doteq 0.52 \text{ m}$$

$\alpha$  : コンクリート温度伝導率 ( $7.53 \times 10^{-7}$  [ $\text{m}^2/\text{s}$ ])  
 [ $\alpha = \lambda / (\rho \times C_p)$ ]  
 $C_p$  : コンクリート比熱 (963 [ $\text{J}/\text{kgK}$ ])、 $\rho$  : コンクリート密度 (2,400 [ $\text{kg}/\text{m}^3$ ])  
 $\lambda$  : コンクリート熱伝導率 (1.74 [ $\text{W}/\text{mK}$ ])、 $t$  : 燃焼継続時間 (26,748 [秒])

## 2. 建屋外壁表面温度の評価式について

図3に示すように始め一様な温度 $T_0$ にあった半無限物体の表面の温度をある瞬間から温度 $T_s$ に保持したとし、内部発熱がなく、物性を一定とすると熱伝導方程式は以下ようになる。

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

初期条件： $t = 0$  で  $T = T_0$ 、境界条件： $x = 0$  で  $T = T_s$ 、 $x = \infty$  で  $T = T_0$  とする。この方程式を差分形式で表記すると以下ようになる。

$$T_i^{n+1} = \frac{2r}{1+2r} T_{i+1}^n + \frac{1}{1+2r} \cdot \frac{2r\Delta x}{\lambda} q_s + \frac{1}{1+2r} T_i^n$$

なお、上記の熱伝導方程式を有限厚さにおける差分式で表して評価した温度分布と次式の外壁温度評価式の解析解を比較した結果、図4に示すように一致しており評価に使用できることを確認した。

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

- $T_0$  : 初期温度
- $q$  : 輻射強度 [ $\text{W}/\text{m}^2$ ]
- $\alpha$  : コンクリート温度伝導率  
[ $\alpha = \lambda / (\rho \times C_p)$ ]
- $C_p$  : コンクリート比熱
- $\rho$  : コンクリート密度
- $\lambda$  : コンクリート熱伝導率
- $x$  : コンクリート深さ [m]
- $t$  : 燃焼継続時間 [秒]

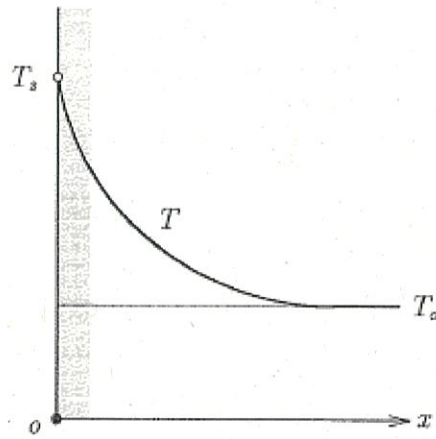


図3 半無限固体の熱伝導

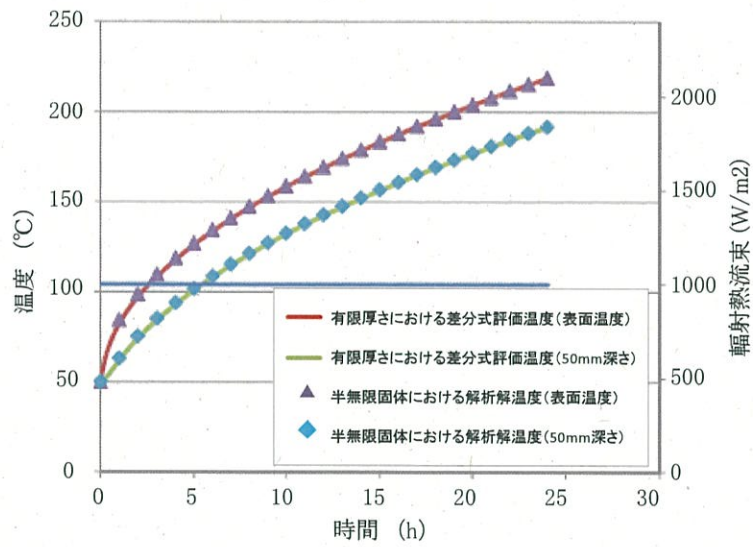


図4 半無限固体における解析解と有限厚さにおける差分式評価温度の比較