

1.7 溢水防護に関する基本方針

設置許可基準規則第九条（溢水による損傷の防止等）の要求事項を踏まえ、安全施設は、発電用原子炉施設内における溢水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。

そのために、発電用原子炉施設内における溢水が発生した場合においても、原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計とする。また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できる設計とする。さらに使用済燃料ピットにおいては、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持できる設計とする。

これらの機能を維持するために必要な設備（以下「防護対象設備」という。）について、設置許可基準規則第九条及び第十二条の要求事項を踏まえ「原子力発電所の内部溢水影響評価ガイド（平成 26 年 8 月 6 日原規技発第 1408064 号原子力規制委員会決定）」（以下「評価ガイド」という。）も参照し、以下のとおり選定する。

- ・重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を適切に維持するために必要な設備
- ・プール冷却及びプールへの給水の機能を適切に維持するために必要な設備

発電用原子炉施設内における溢水として、発電用原子炉施設内に設置された機器及び配管の破損（地震起因を含む。）、消火系統等の作動、使用済燃料ピット等のスロッシングその他の事象により発生した溢水を考慮し、浸水防護や検知機能等によって、防護対象設備が没水、被水及び蒸気の影響を受けて、その安全機能を損なわない設計（多重性又は多様性を有する設備が同時にその安全機能を損

なわない設計)とする。さらに、発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針に基づき、運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮しても事象を収束できる設計とする。

地震、津波、竜巻等の自然現象による波及的影響により発生する溢水に関しては、防護対象設備及び溢水源となる屋外タンク等の配置も踏まえて、最も厳しい条件となる自然現象による溢水の影響を考慮し、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。また、放射性物質を含む液体を内包する容器、配管その他の設備（ポンプ、弁、使用済燃料ピット、原子炉キャビティ（燃料取替用チャネル含む。）等）から放射性物質を含む液体の漏えいを想定する場合には、溢水が管理区域外へ漏えいしないよう、建屋内の壁、扉、堰等により伝播経路を制限する設計とする。

1.7.1 防護対象設備を抽出するための方針

防護対象設備は、発電用原子炉施設内で発生した溢水に対して、重要度の特に高い安全機能を有する系統が、その安全機能を損なわない設計（原子炉を高温停止でき、引き続き低温停止、及び放射性物質の閉じ込め機能を維持できる設計。また、停止状態にある場合は、引き続きその状態を維持できる設計。）とするために必要な設備とする。

さらに、使用済燃料ピットの冷却機能及び使用済燃料ピットへの給水機能を維持するための系統設備も防護対象設備とする。

原子炉の高温停止、低温停止及びその維持に必要な系統設備については、具体的に以下を選定する。

- ・原子炉停止：原子炉停止系（制御棒）
- ・ほう酸添加：原子炉停止系（化学体積制御系のほう酸注入機能）
- ・崩壊熱除去：補助給水系，主蒸気系，余熱除去系
- ・1次系減圧：1次冷却系統の減圧機能
- ・上記系統の関連系（原子炉補機冷却水系，原子炉補機冷却海水系，制御用空気系，換気空調系，非常用電源系，空調用冷水系，電気盤）

以上の系統設備に加え，発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針を参考に，以下の溢水により発生し得る原子炉外乱及び溢水の原因となり得る原子炉外乱に対処する設備を抽出する。

- ・想定破損による溢水（単一機器の破損を想定）
- ・消火水の放水による溢水（単一の溢水源を想定）
- ・地震による耐震B，Cクラス機器からの溢水

抽出に当たっては溢水事象となり得る運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故も考慮する。

また，地震に対しては溢水だけでなく，地震に起因する原子炉外乱（主給水流量喪失，外部電源喪失等）も考慮する。

溢水評価上想定する起因事象として抽出する運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故を第1.7.1表及び第1.7.2表に示す。また，溢水評価上想定する事象とその対処系統を第1.7.3表に示す。

なお，抽出された防護対象設備のうち，以下の設備は溢水影響を受けても，必要とされる安全機能を損なわないことから，溢水による影響評価の対象として抽出しない。

(1) 溢水の影響を受けない静的機器

構造が単純で外部から動力の供給を必要としないことから、溢水の影響を受けて安全機能を損なわない容器、熱交換器、フィルタ、安全弁、逆止弁、手動弁、配管及び没水に対する耐性を有するケーブル。

(2) 原子炉格納容器内に設置されている機器

原子炉格納容器内で想定される溢水である原子炉冷却材喪失（以下「LOCA」という。）及び主蒸気管・主給水管破断時の原子炉格納容器内の状態を考慮しても、没水、被水及び蒸気の影響を受けないことを試験も含めて確認している機器。

(3) フェイル位置で安全機能を損なわない機器

溢水の影響により、動作機能を損なっても要求開度を維持する主蒸気逃がし元弁等の電動弁。動作機能を損なった時にフェイル位置となる加圧器スプレイ弁等の空気作動弁。プラント状態の監視に必要としない機器。

以上の考えに基づき選定された溢水から防護すべき系統設備を第 1.7.4 表に示す。

1.7.2 溢水源及び溢水量を設定するための方針

溢水源及び溢水量としては、発生要因別に分類した以下の溢水を想定して評価することとし、評価条件については評価ガイドを参照する。

- a. 溢水の影響を評価するために想定する機器の破損等により生じる溢水（以下「想定破損による溢水」という。）
- b. 発電所内で生じる異常状態（火災を含む。）の拡大防止のため

めに設置される系統からの放水による溢水（以下「消火水の放水による溢水」という。）

- c. 地震に起因する機器の破損等により生じる溢水（使用済燃料ピットのスロッシングにより発生する溢水を含む。）（以下「地震起因による溢水」という。）
 - d. その他の要因（地下水の流入，地震以外の自然現象，機器の誤作動等）により生じる溢水（以下「その他の溢水」という。）
- 溢水源となり得る機器は，流体を内包する容器及び配管とし，
a 又は c の評価において破損を想定するものは，それぞれの評価での溢水源として設定する。

(1) 想定破損による溢水

想定破損による溢水については，単一の配管の破損による溢水を想定して，配管の破損箇所を溢水源として設定する。

また，破損を想定する配管は，内包する流体のエネルギーに応じて，以下で定義する高エネルギー配管又は低エネルギー配管に分類する。

- ・「高エネルギー配管」とは，呼び径 25A(1B)を超える配管であって，プラントの通常運転時に運転温度が 95℃を超えるか又は運転圧力が 1.9MPa[gage]を超える配管。ただし，被水及び蒸気の影響については配管径に関係なく評価する。
- ・「低エネルギー配管」とは，呼び径 25A(1B)を超える配管であって，プラントの通常運転時に運転温度が 95℃以下で，かつ運転圧力が 1.9MPa[gage]以下の配管。ただし，運転圧力が静水頭圧の配管は除く。

- ・高エネルギー配管として運転している割合が当該系統の運転している時間の2%又はプラント運転期間の1%より小さければ、低エネルギー配管として扱う。

配管の破損形状の想定に当たっては、高エネルギー配管は、原則「完全全周破断」、低エネルギー配管は、原則「配管内径の1/2の長さで配管肉厚の1/2の幅を有する貫通クラック（以下「貫通クラック」という。）」を想定する。ただし、応力評価を実施する配管については、発生応力 S_n と許容応力 S_a の比により、以下で示した応力評価の結果に基づく破損形状を想定する。また、応力評価の結果により破損形状の想定を行う場合は、評価結果に影響するような減肉がないことを確認するために継続的な肉厚管理を実施する。

【高エネルギー配管（ターミナルエンド部を除く。）】

$$S_n \leq 0.4S_a \Rightarrow \text{破損想定不要}$$

$$0.4S_a < S_n \leq 0.8S_a \Rightarrow \text{貫通クラック}$$

【低エネルギー配管】

$$S_n \leq 0.4S_a \Rightarrow \text{破損想定不要}$$

想定する破損箇所は防護対象設備への溢水影響が最も大きくなる位置とし、溢水量は、異常の検知、事象の判断及び漏えい箇所の特定並びに中央制御室からの隔離により漏えい停止するまでの時間（運転員の状況確認及び隔離操作を含む。）を適切に考慮し、想定する破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定する。ここで、漏水量は、配管の破損形状を考慮した流出流量に漏水箇所の隔離までに必要な時間（以下「隔離時間」という。）を

乗じて設定する。

(2) 消火水の放水による溢水

消火水の放水による溢水については、発電用原子炉施設内に設置される消火設備等からの放水を溢水源として設定し、消火設備等からの単位時間当たりの放水量と放水時間から溢水量を設定する。

消火設備等のうち、消火栓からの放水量については、3時間の放水により想定される溢水量を基本とするが、火災源が小さい線源校正装置室他エリア、湧水ピットポンプ室他エリア及び空調機器室については、日本電気協会電気技術指針「原子力発電所の火災防護指針（JEAG4607-2010）」解説－4－5(1)の規定による「火災荷重」及び「等価火災時間」を用いて放水量を算定し、溢水量を設定する。

消火栓以外の設備としては、スプリンクラや格納容器スプレイ系統があるが、防護対象設備が設置されている建屋には、自動作動するスプリンクラは設置しない設計とし、防護対象設備が設置されている建屋外のスプリンクラに対しては、その作動による溢水の流入により、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とすることから溢水源として想定しない。

また、原子炉格納容器内の防護対象設備については、格納容器スプレイ系統の作動により発生する溢水により安全機能を損なわない設計とする。なお、格納容器スプレイ系統は、作動信号系の単一故障により誤作動が発生しないように設計上考慮されている（手動作動ロジック（2／2）、自動作動ロジック（2／4））ことから誤作動による溢水は想定しない。

(3) 地震起因による溢水

地震起因による溢水については、溢水源となり得る機器（流体を内包する機器）のうち、基準地震動による地震力により破損が生じる機器及び使用済燃料ピットのスロッシングによる漏えい水を溢水源として設定する。

耐震 S クラス機器については、基準地震動による地震力によって破損は生じないことから溢水源として想定しない。また、耐震 B、C クラス機器のうち耐震対策工事の実施あるいは製作上の裕度の考慮により、基準地震動による地震力に対して耐震性が確保されているものについては溢水源として想定しない。

溢水量の算出に当たっては、漏水が生じるとした機器のうち防護対象設備への溢水の影響が最も大きくなる位置で漏水が生じるものとして評価する。溢水源となる容器については全保有水量を考慮し、溢水源となる配管については完全全周破断による溢水量を考慮する。また、運転員による中央制御室及び補機制御室からの手動操作により漏えい停止を期待する場合は、漏えい停止までの適切な隔離時間を考慮し、配管の破損箇所から流出した漏水量と隔離後の溢水量として隔離範囲内の系統の保有水量を合算して設定する。ここで、漏水量は、配管の破損箇所からの流出流量に隔離時間を乗じて設定する。

基準地震動による地震力に対して、耐震性が確保されない循環水管については、伸縮継手の全円周状の破損を想定し、循環水ポンプを停止するまでの間に生じる溢水量を設定する。その際、循環水管の破損箇所からの津波の流入量も考慮する。

使用済燃料ピットのスロッシングによる溢水量の算出に当た

っては、基準地震動による地震力により生じるスロッシング現象を3次元流動解析により評価し、使用済燃料ピット外へ漏えいする水量を考慮する。また、使用済燃料ピットの初期水位等は保守的となる条件で評価する。

水密化区画内には防護対象設備が設置されておらず、かつ地震起因により水密化区画内で発生が想定される溢水は、区画外へ漏えいしない設計とすることから、防護対象設備への溢水の影響はなく、水密化区画内で発生する溢水は溢水源として想定しない。

耐震評価の具体的な考え方を以下に示す。

- ・ 構造強度評価に係る応答解析は、基準地震動を用いた動的解析によることとし、機器の応答性状を適切に表現できるモデルを設定する。その上で、当該機器の据付床の水平方向及び鉛直方向それぞれの床応答を用いて応答解析を行い、それぞれの応答解析結果を適切に組み合わせる。
- ・ 応答解析に用いる減衰定数は、安全上適切と認められる規格及び基準、既往の振動実験、地震観測の調査結果等を考慮して適切な値を定める。
- ・ 応力評価に当たり、簡易的な手法を用いる場合は詳細な評価手法に対して保守性を有するよう留意し、簡易的な手法での評価結果が厳しい箇所については詳細評価を実施することで健全性を確保する。
- ・ 基準地震動による地震力に対する発生応力の評価基準値は、安全上適切と認められる規格及び基準で規定されている値又は試験等で妥当性が確認されている値を用いる。

- ・ バウンダリ機能確保の観点から、設備の実力を反映する場合には規格基準以外の評価基準値の適用も検討する。

(4) その他の溢水

その他の溢水については、地下水の流入、竜巻による飛来物の衝突による屋外タンクの破損に伴う漏えい等の地震以外の自然現象に伴う溢水、機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等を想定する。

1.7.3 溢水防護区画及び溢水経路を設定するための方針

(1) 溢水防護区画の設定

溢水防護に対する評価対象区画を溢水防護区画とし、防護対象設備が設置されている全ての区画並びに中央制御室及び現場操作が必要な設備へのアクセス通路について設定する。溢水防護区画は壁、扉、堰等、又はそれらの組み合わせによって他の区画と分離される区画として設定し、溢水防護区画を構成する壁、扉、堰等については、現場の設備等の設置状況を踏まえ、評価条件を設定する。

(2) 溢水経路の設定

発生した溢水は、階段あるいは機器ハッチを経由して、上層階から下層階へ全量が伝播するものとする。

溢水経路は、溢水防護区画内の水位が最も高くなるように保守的に設定する。

具体的には、溢水防護区画内で発生する溢水に対しては、床ドレン、開口部、貫通部、扉から他区画への流出は想定しない（定量的に他区画への流出を確認できる場合は除く。）保守的

な条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

溢水防護区画外で発生する溢水に対しては、床ドレン、開口部、貫通部、扉から溢水防護区画内への流入を想定した（流入防止対策が施されている場合は除く。）保守的な条件で溢水経路を設定し、溢水防護区画内の溢水水位を算出する。

溢水経路を構成する壁、扉、堰等は、基準地震動による地震力に対し、健全性を維持できるとともに、保守管理及び水密扉閉止等の運用を適切に実施することにより溢水の伝播を防止できるものとする。溢水が長期間滞留する水密化区画境界の壁にひび割れが生じるおそれがある場合は、ひび割れからの漏水量を算出し溢水評価に影響を与えないことを確認する。

貫通部に実施した流出及び流入防止対策は、基準地震動による地震力に対し、健全性を維持できるとともに保守管理を適切に実施することにより溢水の伝播を防止できるものとする。

火災により壁貫通部の止水機能が損なわれ、当該貫通部から溢水防護区画に消火水が流入するおそれがある場合には、当該貫通部からの消火水の流入を考慮する。消火活動により区画の扉を開放する場合は、開放した扉からの消火水の伝播を考慮する。

1.7.4 防護対象設備を防護するための設計方針

想定破損による溢水、消火水の放水による溢水、地震起因による溢水及びその他の溢水に対して、浸水防護や検知機能等によって、防護対象設備が以下に示す没水、被水及び蒸気の影響を受け

て、安全機能を損なわない設計とするとともに、使用済燃料ピットのスロッシングにおける水位低下を考慮しても、使用済燃料ピットの冷却機能、給水機能等が維持できる設計とする。

また、溢水評価において、現場操作が必要な設備に対しては、必要に応じて環境の温度及び放射線量を考慮しても、運転員による操作場所までのアクセスが可能な設計とする。

1.7.4.1 没水の影響に対する評価及び防護設計方針

1.7.4.1.1 没水の影響に対する評価方針

「1.7.2 溢水源及び溢水量を設定するための方針」にて設定した溢水源から発生する溢水量と「1.7.3 溢水防護区画及び溢水経路を設定するための方針」にて設定した溢水防護区画及び溢水経路から算出した溢水水位に対し、防護対象設備が安全機能を損なうおそれがないことを評価する。

具体的には、以下に示す要求のいずれかを満足していれば防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

- a. 発生した溢水による水位が、溢水の影響を受けて防護対象設備の安全機能を損なうおそれがある高さ（以下「機能喪失高さ」という。）を上回らないこと。その際、溢水の流入状態、溢水源からの距離、人のアクセス等による一時的な水位変動を考慮し、発生した溢水による水位に対して 100mm 以上の裕度が確保されていること。さらに、溢水防護区画への資機材の持ち込み等による床面積への影響を考慮すること。

機能喪失高さについては、防護対象設備の各付属品の設置状況も踏まえ、没水によって安全機能を損なうおそれのある

最低の高さを設定する。

防護対象設備の機能喪失高さ設定における考え方の例を第

1.7.5 表に示す。

- b. 防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置され、同時に安全機能を損なうことのないこと。
その際、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮すること。

1.7.4.1.2 没水の影響に対する防護設計方針

防護対象設備が没水により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組み合わせの対策を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

(1) 溢水源又は溢水経路に対する対策

- a. 漏えい検知システム等により溢水の発生を早期に検知し、中央制御室及び補機制御室からの遠隔操作（自動又は手動）により漏えい箇所を早期に隔離できる設計とする。
- b. 溢水防護区画外の溢水に対して、壁、扉、堰等による流入防止対策を図り溢水の流入を防止する設計とする。

流入防止対策として設置する壁、扉、堰等は、基準地震動による地震力に対し、健全性を維持できるとともに、溢水により発生する水圧に対して水密性を有する設計とする。

- c. 想定破損による溢水に対しては、破損を想定する配管について、補強工事等の実施により発生応力を低減し、溢水源から除外することにより溢水量を低減する。

- d. 地震起因による溢水に対しては、破損を想定する機器について耐震対策工事を実施することにより基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する設計とし、溢水源から除外することにより溢水量を低減する。
 - e. その他の溢水のうち機器の誤作動や弁グランド部、配管フランジ部からの漏えい事象等に対しては、漏えい検知システム等により早期に検知し、漏えい箇所の特定及び漏えい箇所の隔離等により漏えいを止めることで、防護対象設備の安全機能を損なうことのない設計とする。
- (2) 防護対象設備に対する対策
- a. 防護対象設備の設置高さを嵩上げし、防護対象設備の機能喪失高さが、発生した溢水による水位を 100mm 以上の裕度を持って上回る設計とする。
 - b. 防護対象設備周囲に浸水防護堰を設置し、防護対象設備が没水しない設計とする。設置する浸水防護堰については、基準地震動による地震力に対し、健全性を維持できるとともに、溢水により発生する水圧に対して水密性を有する設計とする。

1.7.4.2 被水の影響に対する評価及び防護設計方針

1.7.4.2.1 被水の影響に対する評価方針

「1.7.2 溢水源及び溢水量を設定するための方針」にて設定した溢水源からの直線軌道及び放物線軌道の飛散による被水、及び天井面の開口部若しくは貫通部からの被水の影響を受ける範囲内にある防護対象設備が被水により安全機能を損なうおそ

れないことを評価する。

具体的には、以下に示す要求のいずれかを満足していれば防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

a. 防護対象設備があらゆる方向からの水の飛まつによっても有害な影響を生じないように、以下に示すいずれかの保護構造を有していること。

(a) 「JISC0920 電気機械器具の外郭による保護等級(IPコード)」における第二特性数字4以上相当の保護等級を有すること。

(b) 実機での被水条件を考慮しても安全機能を損なわないことを被水試験等により確認した保護カバーやパッキン等による被水防護措置がなされていること。

b. 防護対象設備が多重性又は多様性を有しており、各々が別区画に設置され、同時に安全機能を損なうことのないこと。
その際、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障を考慮すること。

1.7.4.2.2 被水の影響に対する防護設計方針

防護対象設備が被水により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組み合わせの対策を行うことにより、安全機能を損なわない設計とする。

(1) 溢水源又は溢水経路に対する対策

a. 溢水防護区画外の溢水に対して、壁、扉、堰等による流入防止対策を図り溢水の流入を防止することにより被水の

影響が発生しない設計とする。

流入防止対策として設置する壁、扉、堰等は、基準地震動による地震力に対し、健全性を維持できるとともに、溢水により発生する水圧に対して水密性を有する設計とする。

b. 想定破損による溢水に対しては、破損を想定する配管について、補強工事等の実施により発生応力を低減し、溢水源から除外することにより被水の影響が発生しない設計とする。

c. 地震起因による溢水に対しては、破損を想定する機器について耐震対策工事を実施することにより基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する設計とし、溢水源から除外することにより被水の影響が発生しない設計とする。

d. 消火水の放水による溢水に対しては、防護対象設備が設置されている溢水防護区画においてハロン消火設備等の水消火を行わない消火手段を採用することにより、被水の影響が発生しない設計とする。

また、水消火を行う場合には、水消火による被水の影響を最小限に止めるため、防護対象設備に対して不用意な放水を行わないことを消火活動における運用及び留意事項として「火災防護計画」に定める。

(2) 防護対象設備に対する対策

a. 「JISC0920 電気機械器具の外郭による保護等級(IPコード)」における第二特性数字4以上相当の保護等級を有する機器への取替を行う。

b. 実機での被水条件を考慮しても安全機能を損なわないこ

とを被水試験等により確認した保護カバーやパッキン等による被水防護措置を行う。

1.7.4.3 蒸気放出の影響に対する評価及び防護設計方針

1.7.4.3.1 蒸気放出の影響に対する評価方針

「1.7.2 溢水源及び溢水量を設定するための方針」にて設定した溢水源からの漏えい蒸気の拡散による影響を確認するために、熱流体解析コードを用い、実機を模擬した空調条件や解析区画を設定して解析を実施し、防護対象設備が蒸気放出の影響により安全機能を損なうおそれがないことを評価する。

具体的には、想定破損発生区画内での漏えい蒸気による防護対象設備への影響及び区画間を拡散する漏えい蒸気による防護対象設備への影響が、蒸気曝露試験又は机上評価によって防護対象設備の健全性が確認されている条件（温度、湿度、圧力）を超えなければ、防護対象設備が安全機能を損なうおそれはない。

このとき、破損想定箇所近傍に防護対象設備が設置されている場合は、漏えい蒸気の直接噴出による防護対象設備への影響も考慮するとともに、溢水を起因とする運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故に対処するために必要な機器の単一故障も考慮する。

1.7.4.3.2 蒸気放出の影響に対する防護設計方針

防護対象設備が蒸気放出の影響により安全機能を損なうおそれがある場合には、以下に示すいずれか若しくは組み合わせの

対策を行うことにより，防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

(1) 溢水源又は溢水経路に対する対策

- a. 溢水防護区画外の蒸気放出に対して，壁，扉，堰等による流入防止対策を図り蒸気の流入を防止する設計とする。

流入防止対策として設置する壁，扉，堰等は，基準地震動による地震力に対し，健全性を維持できるとともに，溢水により発生する蒸気に対して気密性を有する設計とする。

- b. 想定破損による溢水に対しては，破損を想定する配管について，補強工事等の実施により発生応力を低減し，溢水源から除外することにより蒸気放出による影響が発生しない設計とする。

- c. 想定破損による溢水に対しては，蒸気の漏えいを検知し，中央制御室からの遠隔隔離（自動又は手動）を行うための自動検知・遠隔隔離システムを設置し，漏えい蒸気を早期隔離することで蒸気影響を緩和する設計とする。自動検知・遠隔隔離システムは，温度検出器，蒸気遮断弁，検知制御盤及び検知監視盤で構成する。

また，自動検知・遠隔隔離システムだけでは防護対象設備の健全性が確保されない破損想定箇所については，防護カバーを設置し，配管と防護カバーのすき間を設定することで漏えい蒸気量を抑制して，溢水防護区画内雰囲気温度への影響を軽減する設計とする。

さらに，信頼性向上の観点から，防護カバー近傍には小規模漏えい検知を目的とした特定配置温度検出器を設置し，

蒸気の漏えいを早期検知する設計とする。

各系統の蒸気影響評価における想定破損評価条件を第 1.7.6 表に示す。

- d. 地震起因による溢水に対しては、破損を想定する機器について耐震対策工事を実施することにより基準地震動による地震力に対して耐震性を確保する設計とし、溢水源から除外することにより蒸気放出による影響が発生しない設計とする。

(2) 防護対象設備に対する対策

- a. 蒸気放出の影響に対して耐性を有しない防護対象設備については、蒸気曝露試験又は机上評価によって蒸気放出の影響に対して耐性を有することが確認された機器への取替を行う。

1.7.4.4 使用済燃料ピットのスロッシング後の機能維持に関する設計方針

基準地震動による地震力によって生じるスロッシング現象を 3 次元流動解析により評価し、使用済燃料ピット外へ漏えいする水量を考慮する。その際、使用済燃料ピットの初期水位等の評価条件は保守的となるように設定する。算出した溢水量からスロッシング後の使用済燃料ピット水位を求め、使用済燃料ピットの冷却機能（水温 65℃以下）及び給水機能、並びに燃料体等からの放射線に対する遮蔽機能（水面の設計基準線量率 $\leq 0.01\text{mSv/h}$ ）の維持に必要な水位が確保される設計とする。

1.7.5 溢水防護区画を内包する建屋外からの流入防止に関する設計方針

溢水防護区画を内包する建屋（海水ピットポンプ室を含む。）において、建屋外で発生を想定する溢水が、建屋内の溢水防護区画に流入するおそれがある場合には、壁、扉、堰等により建屋内への流入を防止する設計とし、防護対象設備が安全機能を損なわない設計とする。

地下水については、建屋基礎下に設置している集水配管により、建屋最下層にある湧水ピットに集水する設計とし、周囲の地下水位を考慮しても溢水防護区画へ地下水が流入しないよう、湧水ピットポンプ等により排水する設計とする。

湧水ピットポンプ、湧水ピットポンプ電源及び吐出ラインは、基準地震動による地震力に対してその機能を損なわない設計とする。

1.7.6 放射性物質を含んだ液体の管理区域外への漏えいを防止するための設計方針

原子炉建屋及び原子炉補助建屋の管理区域内で発生した溢水は、非管理区域との境界を持たない原子炉補助建屋最下層に貯留できる設計とする。

また、溢水経路の境界扉には堰を設け、非管理区域への漏えいを防止する設計とする。

1.7.7 手順等

溢水評価に関して、以下の内容を含む手順を定め、適切な管理

を行う。

- (1) 配管の想定破損評価において、応力評価の結果により破損形状の想定を行う場合は、評価結果に影響するような減肉がないことを、継続的な肉厚管理で確認する。
- (2) 配管の想定破損による溢水が発生する場合及び基準地震動による地震力により耐震 B，C クラスの機器が破損し溢水が発生する場合においては、隔離手順を定める。
- (3) 運転実績（高エネルギー配管として運転している割合が当該系統の運転している時間の 2 % 又はプラント運転期間の 1 % より小さい）により、低エネルギー配管としている設備については、運転時間管理を行う。
- (4) 水密化区画壁のひび割れに伴う少量の漏水に備えて、予め回収手順等を定める。
- (5) 溢水防護区画において、各種対策設備の追加及び資機材の持込み等により評価条件としている可燃性物質の量及び床面積に見直しがある場合は、予め定めた手順により溢水評価への影響確認を行う。
- (6) 水密扉については、開放後の確実な閉止操作、中央制御室における閉止状態の確認及び閉止されていない状態が確認された場合の閉止操作の手順等を定める。
- (7) 防護対象設備に対する消火水被水の影響を最小限に止めるため、消火活動における運用及び留意事項と、それらに関する教育について「火災防護計画」に定める。

1.8 竜巻防護に関する基本方針

1.8.1 設計方針

(1) 竜巻に対する設計の基本方針

安全施設が竜巻に対して、発電用原子炉施設の安全性を確保するために必要な各種の機能を損なわないよう、基準竜巻、設計竜巻及び設計荷重を適切に設定し、以下の事項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。

また、安全施設は、設計荷重による波及的影響によって安全機能を損なわない設計とする。

- a. 飛来物の衝突による施設の貫通及び裏面剥離
- b. 設計竜巻による風圧力による荷重、気圧差による荷重、及び設計飛来物による衝撃荷重を組み合わせた設計竜巻荷重及びその他の組み合わせ荷重（常時作用している荷重、運転時荷重、竜巻以外の自然現象による荷重及び設計基準事故時荷重）を適切に組み合わせた設計荷重
- c. 竜巻による気圧の低下
- d. 外気と繋がっている箇所への風の流入

竜巻から防護する施設としては、安全施設が竜巻の影響を受ける場合においても、発電用原子炉施設の安全性を確保するために、「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。竜巻から防護する施設のうちクラス1、クラス2に該当する構築物、系統及び機器を「竜巻防護施設」として竜巻による影響を評価し設計す

る。また、竜巻防護施設を内包する施設についても同様に竜巻による影響を評価し設計する。クラス3に属する施設は損傷する場合を考慮して、代替設備により必要な機能を確保すること、安全上支障のない期間に修復すること等の対応が可能な設計とすることにより、安全機能が維持されることから、竜巻による影響を評価する対象から除外する。竜巻防護施設については「1.8.1(3) 竜巻防護施設」にて記載する。竜巻防護施設を内包する施設については、「1.8.1(4) 竜巻防護施設を内包する施設」にて記載する。竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については「1.8.1(5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設」にて記載する。

竜巻に対する防護設計を行う、竜巻防護施設、竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設を「竜巻防護施設等」という。

竜巻防護施設の安全機能を損なわないようにするため、竜巻防護施設に影響を及ぼす飛来物の発生防止対策を実施するとともに、作用する設計荷重に対する竜巻防護施設の構造健全性の維持、竜巻防護施設を内包する区画の構造健全性の確保、若しくは、飛来物による損傷を考慮し安全上支障のない期間での修復等の対応、又は、それらを適切に組み合わせた設計とする。

屋外に設置する竜巻防護施設の構造健全性の維持又は竜巻防護施設を内包する区画の構造健全性の確保において、それらを防護するために設置する竜巻防護対策設備は、防護ネット、防護材、防護鋼板等から構成し、飛来物から竜巻防護施設を防護できる設計とする。

(2) 設計竜巻の設定

「添付書類六 9. 竜巻」において設定した基準竜巻の最大風速は 92m/s とする。

設計竜巻の設定に際して、伊方発電所は敷地背後に傾斜地を持つ狭隘な地形に立地しているため、地形効果による風の増幅について評価した結果、増幅効果がないことが確認されたが、基準竜巻の最大風速を安全側に切り上げて、設計竜巻の最大風速は 100m/s とする。

(3) 竜巻防護施設

竜巻防護施設は、建屋又は構築物（以下「建屋等」という。）に内包され、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護される施設（外気と繋がっている施設を除く。以下「建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設を除く）」という。）、建屋等に内包されるが、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護が期待できない施設（以下「建屋等に内包されるが防護が期待できない施設」という。）、建屋等に内包され、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響から防護される施設のうち、外気と繋がっており設計竜巻の気圧差による荷重の影響を受ける施設（以下「建屋内の施設で外気と繋がっている施設」という。）、設計竜巻の風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重の影響を受ける屋外施設（以下「屋外施設」という。）に分類し、以下のように抽出する。

- ・建屋等に内包され防護される施設（外気と繋がっている施設

を除く)

- ・ 建屋等に内包されるが防護が期待できない施設

建屋等に内包されるが防護が期待できない施設は「1.8.1 (4) 竜巻防護施設を内包する施設」として抽出した建屋又は構築物の構造健全性の評価を行い、建屋等による防護が期待できない施設を抽出する。

- ・ 建屋内の施設で外気と繋がっている施設及び屋外施設

建屋内の施設で外気と繋がっている施設を以下のとおり抽出する。

- ・ 換気空調設備（アニュラス空気浄化系，安全補機室空気浄化系，中央制御室空調系，安全補機開閉器室空調系，ディーゼル発電機室換気系，制御用空気圧縮機室換気系，電動補助給水ポンプ室換気系の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁）
- ・ 格納容器排気筒（屋内）

竜巻防護施設のうち、屋外施設を以下のとおり抽出する。

- ・ 海水ポンプ（配管，弁を含む）
- ・ 海水ストレーナ
- ・ 補助給水タンク（配管，弁を含む）
- ・ 重油タンク（配管，弁及びミニローリーを含む）
- ・ 格納容器排気筒（屋外）

- (4) 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する主な施設を、以下のとおり抽出する。

- ・ 原子炉建屋（原子炉容器他を内包する建屋）
- ・ 原子炉補助建屋（余熱除去ポンプ他を内包する建屋）

- ・燃料油貯油槽基礎（燃料油貯油槽を内包する構築物）
- ・海水ポンプエリア防護壁（海水ポンプ他を内包する構築物）
- ・海水ポンプエリア水密扉（海水ポンプ他を内包する構築物）
- ・使用済燃料乾式貯蔵建屋（使用済燃料乾式貯蔵容器を内包する建屋）

(5) 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設又は竜巻防護施設を内包する施設に隣接し倒壊等により竜巻防護施設に影響を及ぼし得る施設、吸排気管が屋外に設置されている竜巻防護施設の附属施設や外気と繋がっている施設が設計荷重による損傷により竜巻防護施設の機能維持に影響を及ぼし得る施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設とする。

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設としては、施設の高さと、竜巻防護施設及び竜巻防護施設を内包する施設との距離を考慮して、竜巻による施設の倒壊により竜巻防護施設又は、竜巻防護施設を内包する施設を損傷させる可能性がある施設を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

また、屋外にある竜巻防護施設の附属設備及び竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備を竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設として抽出する。

(竜巻による倒壊により竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設)

- ・タービン建屋
- ・1次系ポンベ庫
- ・3号事務所
- ・2－固体廃棄物貯蔵庫
- ・海水ピットクレーン

(吸排気管が屋外に設置されている竜巻防護施設の附属施設)

- ・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（吸気消音器，排気消音器，燃料油貯油槽ベント管）

(竜巻防護施設を内包する区画で外気と繋がっている換気空調設備)

- ・換気空調設備（蓄電池室排気系のダクト・ダンパ）

(6) 設計飛来物の設定

プラントウォークダウンによる敷地全体を俯瞰した調査・検討を行い，発電所構内の資機材等の設置状況を踏まえ，竜巻防護施設等に衝突する可能性のある飛来物を抽出する。

設計飛来物は，運動エネルギー，貫通力及び衝撃力を踏まえ，「原子力発電所の竜巻影響評価ガイド」（平成25年6月19日原規技発第13061911号 原子力規制委員会決定）を参照して鋼製パイプ及び鋼製材を設定する。

また，発電所構内には乗用車が駐車していることから，乗用車を設計飛来物とする。

第1.8.1表に伊方発電所における設計飛来物を示す。

飛来物の発生防止対策については、プラントウォークダウンにより抽出した飛来物や持ち込まれる物品の寸法、質量及び形状から飛来の有無を判断し、運動エネルギー、貫通力及び衝撃力を考慮して、衝突時に建屋等又は竜巻防護対策設備に与えるエネルギーが設計飛来物によるものより大きく、竜巻防護施設を防護できない可能性があるものは固縛、固定又は竜巻防護施設からの離隔対策を実施し、確実に飛来物とならない運用とする。

(7) 荷重の組み合わせと許容限界

竜巻に対する防護設計を行うため、竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重の算出、設計竜巻荷重の組み合わせの設定、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定及び許容限界について以下に示す。

a. 竜巻防護施設等に作用する設計竜巻荷重

設計竜巻により竜巻防護施設等に作用する荷重として「風圧力による荷重（ W_w ）」、「気圧差による荷重（ W_p ）」及び「設計飛来物による衝撃荷重（ W_M ）」を以下に示すとおり算出する。

(a) 風圧力による荷重（ W_w ）

設計竜巻の最大風速による荷重であり、「建築基準法施行令」（昭和 25 年 11 月 16 日政令第 338 号）、「日本建築学会 建築物荷重指針・同解説」及び建設省告示 1454 号（平成 12 年 5 月 31 日）に準拠して、次式のとおり算出する。

$$W_w = q \cdot G \cdot C \cdot A$$

ここで、

W_w : 風圧力による荷重
 q : 設計用速度圧
 G : ガスト影響係数(=1.0)
 C : 風力係数(施設の形状や風圧力が作用する部位(屋根・壁等)に応じて設定する。)

A : 施設の受圧面積

$$q = (1/2) \cdot \rho \cdot V_D^2$$

ここで,

ρ : 空気密度

V_D : 設計竜巻の最大風速

ただし、竜巻による最大風速は、一般的には水平方向の風速として算定されるが、鉛直方向の風圧力に対してぜい弱と考えられる竜巻防護施設等が存在する場合には、鉛直方向の最大風速等に基づいて算出した鉛直方向の風圧力についても考慮した設計とする。

(b) 気圧差による荷重 (W_p)

外気と隔離されている区画の境界部が気圧差による圧力影響を受ける設備及び竜巻防護施設を内包する施設の建屋壁、屋根等においては、設計竜巻による気圧低下によって生じる竜巻防護施設等の内外の気圧差による圧力荷重が発生し、保守的に「閉じた施設」を想定し次式のとおり算出する。

$$W_p = \Delta P_{max} \cdot A$$

ここで,

W_P : 気圧差による荷重

ΔP_{max} : 最大気圧低下量

A : 施設の受圧面積

(c) 設計飛来物による衝撃荷重 (W_M)

飛来物の衝突方向及び衝突面積を考慮して設計飛来物が竜巻防護施設等に衝突した場合の影響が大きくなる向きで衝撃荷重を算出する。

b. 設計竜巻荷重の組み合わせ

竜巻防護施設等の設計に用いる設計竜巻荷重は、設計竜巻による風圧力による荷重 (W_W)、気圧差による荷重 (W_P)、及び設計飛来物による衝撃荷重 (W_M) を組み合わせた複合荷重とし、複合荷重 W_{T1} 及び W_{T2} は米国原子力規制委員会の基準類を参考として、以下のとおり設定する。

$$W_{T1} = W_P$$

$$W_{T2} = W_W + 0.5 \cdot W_P + W_M$$

なお、竜巻防護施設等には W_{T1} 及び W_{T2} の両荷重をそれぞれ作用させる。

c. 設計竜巻荷重と組み合わせる荷重の設定

設計竜巻荷重と組み合わせる荷重は、以下のとおり設定する。

(a) 竜巻防護施設等に常時作用する荷重、運転時荷重

竜巻防護施設等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。

(b) 竜巻以外の自然現象による荷重

竜巻は積乱雲や積雲に伴って発生する現象であり⁽¹²⁾、

積乱雲の発達時に竜巻と同時発生する可能性がある自然現象は、雷、雪、ひょう及び雨である。これらの自然現象の組み合わせにより発生する荷重は、以下のとおり設計竜巻荷重に包絡されることから、設計竜巻荷重と組み合わせる荷重として考慮しない。

(b-1) 雷

竜巻と雷が同時に発生する場合においても、雷によるプラントへの影響は、雷撃であるため雷による設計竜巻荷重への影響はない。

(b-2) 雪

影響の程度として竜巻は数分程度の極めて短い期間、積雪は年間でも冬季に限定された数日である。竜巻通過前に積雪があったとしても大部分は竜巻の風により吹き飛ばされるため、雪による荷重は十分小さく設計竜巻荷重に包絡される。

(b-3) ひょう

ひょうは、積乱雲から降る直径 5 mm 以上の氷の粒であり、仮に直径 5 cm 程度の大きさのひょうを想定した場合、その質量は約 60g である。

竜巻とひょうが同時に発生する場合においても、5 cm 程度のひょうの終端速度は $33\text{m/s}^{(13)}$ 、運動エネルギーは約 0.033kJ であり、設計飛来物の運動エネルギーと比べ十分に小さく、ひょうの衝突による荷重は設計竜巻荷重に包絡される。

(b-4) 雨

竜巻と雨が同時に発生する場合においても、雨水により屋外施設に荷重の影響を与えることはなく、また降雨による荷重は十分小さいため、設計竜巻荷重に包絡される。

(c) 設計基準事故時荷重

竜巻防護施設は、設計竜巻によって安全機能を損なわない設計とするため、設計竜巻と設計基準事故は独立事象となる。

設計竜巻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設計竜巻荷重との組み合わせは考慮しない。

仮に、風速が低く発生頻度が高い竜巻と設計基準事故が同時に発生する場合、竜巻防護施設等のうち設計基準事故時荷重が生じる設備としては動的機器である海水ポンプが考えられるが、設計基準事故時においても海水ポンプの圧力、温度が変わらず、運転時荷重が変化することはないため、設計基準事故により考慮すべき荷重はなく、竜巻と設計基準事故時荷重の組み合わせは考慮しない。

d. 許容限界

建屋・構築物の設計において、設計飛来物の衝突による貫通及び裏面剥離発生の有無の評価については、貫通及び裏面剥離が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。さらに、設計荷重により、発生する変形又は応力が以下の法令、規格、基準、指針類等に準拠し算定した許容限界を下回る設計とする。

- ・ 建築基準法
- ・ 日本工業規格
- ・ 日本建築学会及び土木学会等の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）
- ・ 震災建築物の被災度区分判定基準及び復旧技術指針（日本建築防災協会）
- ・ 時刻歴応答解析 建築物性能評価業務方法書（日本建築センター）
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力エネルギー協会（NEI）の基準・指針類

系統及び機器の設計において、設計飛来物の衝突による貫通の有無の評価については、貫通が発生する限界厚さと部材の最小厚さを比較することにより行う。設計飛来物が貫通することを考慮する場合には、設計荷重に対して防護対策を考慮した上で、系統及び機器に発生する応力が以下の規格、基準及び指針類に準拠し算定した許容応力度等に基づく許容限界を下回る設計とする。

- ・ 日本工業規格
- ・ 日本機械学会の基準・指針類
- ・ 原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987（日本電気協会）

(8) 竜巻防護施設等の防護設計方針

竜巻防護施設，竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の設計荷重に対する防護設計

方針を以下に示す。

- a. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設
(外気と繋がっている施設を除く。)

竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設
(外気と繋がっている施設を除く。)は、建屋等による防護
により設計荷重による影響を受けない設計とする。

ただし、建屋等による防護が期待できない場合には「b.
竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待でき
ない施設」のとおりとする。

- b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待で
きない施設

建屋等に内包される竜巻防護施設のうち、建屋等が設計竜
巻の影響により健全性が確保されず、貫通又は裏面剥離が発
生し安全機能を損なう可能性がある場合には、竜巻防護対策
設備又は運用による竜巻防護対策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。

- c. 竜巻防護施設のうち、建屋内の施設で外気と繋がっている
施設及び屋外施設

建屋に内包され防護される竜巻防護施設のうち、外気と繋
がる施設は、設計荷重の影響を受けても、安全機能を損なわ
ない設計とする。

屋外の竜巻防護施設は、設計荷重による影響により安全機
能を損なわない設計とする。安全機能を損なう場合には、竜
巻防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施すること
により、安全機能を損なわない設計とする。

d. 竜巻防護施設を内包する施設

竜巻防護施設を内包する施設は、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁、開口部（扉類）の破損により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突に対しては、貫通及び裏面剥離の発生により内包される竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

e. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設については、設計荷重による影響を受ける場合においても竜巻防護施設に影響を与えないように、設備又は運用による竜巻防護対策を実施することにより、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

以上の竜巻防護施設等の防護設計を考慮して、設計竜巻から防護する施設及び竜巻対策等を第 1.8.2 表に、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設及び竜巻対策等を第 1.8.3 表に、竜巻防護施設を内包する施設及び竜巻対策等を第 1.8.4 表に示す。

(9) 竜巻防護施設を内包する施設の設計

竜巻防護施設を内包する施設の設計においては、設計荷重に対して、構造骨組の構造健全性が維持されるとともに、屋根、壁、開口部（扉類）の破損により施設内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また、設計飛来物の衝突時においても、貫通及び裏面剥離の発生により施設内の竜巻防護施設が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，使用済燃料乾式貯蔵建屋

設計荷重に対して，構造骨組の構造健全性が維持されるとともに，屋根，壁，開口部（扉類）の破損により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また，設計飛来物の衝突時においても，貫通及び裏面剥離の発生により当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

ただし，設計荷重による影響を受け，外壁又は開口部建具等が損傷し当該建屋内の竜巻防護施設の安全機能を損なう可能性がある場合には，当該建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なわないかを評価し，安全機能を損なう可能性がある場合には，竜巻防護対策設備又は運用による竜巻防護対策を実施する。

b. 燃料油貯油槽基礎

設計飛来物が衝突した際に，設計飛来物の貫通を防止するとともに，当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

c. 海水ポンプエリア防護壁及び海水ポンプエリア水密扉

設計荷重に対して，構造健全性を維持し当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。また，設計飛来物の衝突に対しては，貫通又は裏面剥離の発生により，当該構築物内の竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

(10) 竜巻防護施設及び竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設の設計

竜巻防護施設は、構造健全性を損なわないこと又は取替・補修が可能なことにより、安全機能を損なわない設計とする。また、竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設は、構造健全性を維持すること、設計上の要求を維持すること又は安全上支障のない期間での修復等の対応により、竜巻防護施設の安全機能を損なわない設計とする。

- a. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包され防護される施設
(外気と繋がっている建屋内の施設を除く。)

建屋等内の竜巻防護施設（外気と繋がっている建屋内の施設を除く。）は、原子炉建屋、原子炉補助建屋、使用済燃料乾式貯蔵建屋、燃料油貯油槽基礎、海水ポンプエリア防護壁又は海水ポンプエリア水密扉に内包され、設計荷重から防護されることによって、安全機能を損なわない設計とする。

- b. 竜巻防護施設のうち、建屋等に内包されるが防護が期待できない施設

原子炉建屋（燃料取扱棟）は、設計飛来物の衝突に対して折板壁に貫通が発生することを考慮し、原子炉建屋（燃料取扱棟）内部の竜巻防護施設のうち、設計荷重により影響を受ける可能性がある使用済燃料ピット及び使用済燃料ラックが安全機能を損なわない設計とする。

また、原子炉建屋及び原子炉補助建屋については、設計荷重により、開口部の開放又は開口部建具に貫通が発生することを考慮し、開口部建具付近の竜巻防護施設のうち、設計飛来物の衝突により影響を受ける可能性がある主蒸気配管及び補助給水配管他が安全機能を損なわない設計とする。

(a) 使用済燃料ピット

設計飛来物が原子炉建屋（燃料取扱棟）の折板壁を貫通し使用済燃料ピットに侵入する場合でも，設計飛来物の衝撃荷重により，使用済燃料ピットのライニング及びコンクリートの一部が損傷して，ピット水が漏えいすることはほとんどなく，使用済燃料ピットの冷却機能及び遮蔽機能に影響しないことにより使用済燃料ピットが安全機能を損なわない設計とする。

(b) 使用済燃料ラック

設計飛来物が原子炉建屋（燃料取扱棟）の折板壁を貫通し使用済燃料ピットに侵入し使用済燃料ラックに衝突する場合でも，設計飛来物が使用済燃料の燃料有効部に達することではなく，使用済燃料の構造健全性が維持されることにより安全機能を損なわない設計とする。

(c) 主蒸気配管及び補助給水配管他

主蒸気配管及び補助給水配管他は設計飛来物が原子炉建屋又は原子炉補助建屋の開口部建具を貫通し，主蒸気管他に衝突し影響を受けることを考慮して，原子炉建屋及び原子炉補助建屋の開口部（竜巻防護施設を設置している区画のブローアウトパネル，出入口扉，点検扉及び換気フード）に竜巻防護対策設備を設置することにより，設計飛来物の主蒸気配管及び補助給水配管他への衝突を防止し，主蒸気配管及び補助給水配管他の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

c. 竜巻防護施設のうち，建屋内の施設で外気と繋がっている

施設及び屋外施設

(a) 海水ポンプ（配管，弁を含む。）

海水ポンプ（配管，弁を含む。）は設計飛来物に対して竜巻防護対策設備による竜巻防護対策を行う。また，風圧力による荷重，気圧差による荷重，海水ポンプ（配管，弁を含む。）に常時作用する荷重，運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

(b) 海水ストレーナ

海水ストレーナは設計飛来物に対して竜巻防護対策設備による竜巻防護対策を行う。また，風圧力による荷重，気圧差による荷重，海水ストレーナに常時作用する荷重，運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

(c) 補助給水タンク（配管，弁を含む。）

補助給水タンク（配管，弁を含む。）は設計飛来物に対して竜巻防護対策設備による竜巻防護対策を行う。また，風圧力による荷重，気圧差による荷重，補助給水タンク（配管，弁を含む。）に常時作用する荷重，運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

(d) 換気空調設備（アニュラス空気浄化系，安全補機室空気浄化系，中央制御室空調系，安全補機開閉器室空調系，ディーゼル発電機室換気系，制御用空気圧縮機室換気系，電動補助給水ポンプ室換気系の外気と繋がるダクト・ファン及び外気との境界となるダンパ・バタフライ弁）

換気空調設備が原子炉建屋及び原子炉補助建屋に内包されていることを考慮すると、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。気圧差による荷重に対して、換気空調設備の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

(e) 格納容器排気筒

格納容器排気筒は竜巻防護施設を内包する施設である原子炉建屋に内包されている部分と、屋外に露出している部分がある。原子炉建屋に内包されている部分は、風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。気圧差による荷重に対して、格納容器排気筒の構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。また、原子炉建屋に内包されていない部分については、設計飛来物の衝突による損傷を考慮して、補修が可能な設計とすることにより、設計基準事故時における安全機能を損なわない設計とする。

(f) 重油タンク（配管、弁及びミニローリーを含む。）

重油タンクは設計飛来物に対して竜巻防護対策設備による竜巻防護対策を行う。また、風圧力による荷重、気圧差による荷重、飛来物による衝撃荷重、重油タンクに常時作用する荷重、運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

重油タンクから燃料油貯油槽への重油補給は、『重油移送配管による燃料輸送』又は『ミニローリーによる燃料輸送』の2手段を確保し、多様性及び多重性を有する設計と

する。

重油移送配管及び弁は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、重油移送配管及び弁に常時作用する荷重、運転時荷重に対して構造健全性が維持され安全機能を損なわない設計とする。

ミニローリーは、重油移送配管が竜巻の飛来物により損傷することを考慮し複数保管する。ミニローリーの配置は重油移送配管と一直線上に保管しないようにすると共に重油移送配管及びそれぞれのミニローリーから適切に離隔することにより、竜巻により同時に損傷することを回避する。

以上より、竜巻襲来時において重油移送配管又はミニローリーによるディーゼル発電機燃料の輸送手段は必ず1手段確保できる。

d. 竜巻防護施設に波及的影響を及ぼし得る施設

(a) 主蒸気安全弁（排気管）

主蒸気安全弁（排気管）は風圧力による荷重及び気圧差による荷重に対して、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とし、設計飛来物の衝突による損傷を考慮して、補修が可能な設計とすることにより主蒸気安全弁に波及的影響を及ぼさない設計とする。

(b) 主蒸気逃がし弁（消音器）

主蒸気逃がし弁（消音器）は風圧力による荷重及び気圧差による荷重に対して、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とし、設計飛来物の衝突による損傷を考慮して、補修が可能な設計とすることにより主蒸気逃がし弁に

波及的影響を及ぼさない設計とする。

(c) タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）

タービン動補助給水ポンプ（蒸気大気放出管）は風圧力による荷重及び気圧差による荷重に対して、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とし、設計飛来物の衝突による損傷を考慮して、補修が可能な設計とすることによりタービン動補助給水ポンプに波及的影響を及ぼさない設計とする。

(d) ディーゼル発電機（吸気消音器，排気消音器，燃料油貯油槽ベント管）

ディーゼル発電機（吸気消音器，排気消音器，燃料油貯油槽ベント管）は風圧力による荷重及び気圧差による荷重に対して、構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とし、設計飛来物の衝突による損傷を考慮して、補修が可能な設計とすることによりディーゼル発電機に波及的影響を及ぼさない設計とする。

(e) タービン建屋，１次系ボンベ庫，３号事務所及び２－固体廃棄物貯蔵庫

タービン建屋，１次系ボンベ庫，３号事務所及び２－固体廃棄物貯蔵庫については，風圧力による荷重，気圧差による荷重，設計飛来物による衝撃荷重に対して倒壊により竜巻防護施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

(f) 海水ピットクレーン

海水ピットクレーンは，竜巻の襲来が予想される場合には，運転を中止し，停留位置に固定することにより，海水

ピットクレーンが転倒しない設計とすることにより海水ポンプ（配管，弁を含む）及び海水ストレーナに波及的影響を及ぼさない設計とする。

(g) 換気空調設備（蓄電池室排気系のダクト・ダンパ）

換気空調設備が竜巻防護施設を内包する施設である原子炉補助建屋に内包されていることを考慮すると，設計竜巻荷重のうち風圧力による荷重及び設計飛来物による衝撃荷重は作用しない。換気空調設備は気圧差による荷重に対して，換気空調設備の構造健全性を維持し安全機能を損なわない設計とし，竜巻防護施設である蓄電池に波及的影響を及ぼさない設計とする。

(11) 竜巻随伴事象に対する評価

竜巻随伴事象は，過去の竜巻被害状況及び伊方発電所のプラント配置から，想定される事象として，火災，溢水及び外部電源喪失を抽出し，事象が発生する場合においても，竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

a. 火 災

竜巻随伴事象として，竜巻による飛来物が建屋開口部付近の発火性又は引火性物質を内包する機器に衝突する場合，屋外の危険物タンク等に飛来物が衝突する場合の火災が想定される。

建屋内については，飛来物が侵入する場合でも，建屋開口部付近には，原子炉施設の安全機能を損なう可能性がある発火性又は引火性物質を内包する機器はなく，また，竜巻防護施設を設置している区画の開口部は竜巻防護対策設備により

飛来物が侵入することはない。

建屋外については、屋外にある危険物タンク等からの火災がある。竜巻防護施設は外部火災防護施設に包含されていることから、火災源と外部火災防護施設の位置関係を踏まえて火災の影響を評価した上で、外部火災防護施設が安全機能を損なわない設計とすることを「1.10 外部火災防護に関する基本方針」に記載する。

火災が発生した場合は、火災防護計画に定める火災発生時の対応を実施することから、竜巻防護施設が安全機能を損なうことはない。

b. 溢 水

竜巻随伴事象として、竜巻による飛来物が建屋開口部付近の溢水源に衝突する場合、屋外タンクに飛来物が衝突する場合の溢水が想定される。

竜巻防護施設を内包する建屋内については、設計竜巻により飛来物が侵入する場合でも、建屋開口部付近に飛来物が衝突し、原子炉施設の安全機能を損なう可能性がある溢水源がないこと、また、竜巻防護施設を設置している区画の開口部は竜巻防護対策設備により飛来物が侵入することはないことから、設計竜巻により建屋内に溢水が発生することはなく、建屋内の竜巻防護施設が安全機能を損なうことはない。

建屋外については、竜巻による飛来物の衝突による屋外タンクの破損に伴う溢水を想定し、竜巻防護施設のうち溢水の影響を受ける設備が安全機能を損なわない設計とすることを「1.7 溢水防護に関する基本方針」に記載する。

c. 外部電源喪失

設計竜巻又は設計竜巻と同時に発生する雷又はダウンバースト等の影響により外部電源喪失が発生する場合については、設計竜巻に対してディーゼル発電機の構造健全性を維持することにより、外部電源喪失の影響がなく竜巻防護施設が安全機能を損なわない設計とする。

1.8.2 手順等

竜巻に対する防護については、竜巻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) 屋外の作業区画で飛散する恐れのある資機材及び車両については、飛来時の運動エネルギー等を評価し、竜巻防護施設への影響の有無を確認する。竜巻防護施設へ影響を及ぼす資機材及び車両については、固縛、固定又は竜巻防護施設から離隔する。これら飛来物発生防止対策について手順等を定める。
- (2) 竜巻の襲来が予想される場合及び竜巻襲来後において、竜巻防護施設を防護するための操作・確認及び補修等が必要となる事項について手順等を定める。

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 0.665g/cm^3 、湿潤状態で 1.323g/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 0.5g/cm^3 （乾燥状態）～ 1.5g/cm^3 （湿潤状態）、粒径 1 mm 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⁽¹⁴⁾。ただし，砂よりもろく硬度は低い⁽¹⁵⁾。

(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⁽¹⁴⁾。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⁽¹⁶⁾。

(c) 水に濡れると導電性を生じる⁽¹⁴⁾。

(d) 湿った降下火砕物は乾燥すると固結する⁽¹⁴⁾。

(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⁽¹⁴⁾。

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狹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狹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溪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溪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（蒸気大気放出口），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、外気取入ダンプ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。

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「F A R S I T E」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，火炎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^{注 e 1}（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 e 1：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））^{注 f 1}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 f 1：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($1,039\text{kW/m}^2$)
注 g 1, g 2 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°C ^{注 g 3} 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 $1,200\text{kW}/\text{m}^2$ に基づき算出する海水ポンプの周囲温度を許容温度 76°C ^{注 g 4} 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 $1,200\text{kW}/\text{m}^2$ に基づき算出するタンク内の水の温度を許容温度 40°C ^{注 g 5} 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 $1,200\text{kW}/\text{m}^2$ 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°C ^{注 g 6} 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 g 1 : 保守的な入力データにより F A R S I T E で評価した火炎輻射強度

注 g 2 : 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 g 3 : 火災時における短期温度上昇を考慮した場合に

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⁽¹⁷⁾

注 g 4 : 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 g 5 : 補助給水系統の設計温度

注 g 6 : 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 h 1} 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 h 2}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 h 1 : 「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 h 2 : 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

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、火災時の熱輻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 1 km 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、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°C ^{注1} 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°C ^{注1} 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-1-3) 屋外貯蔵所（EL.+38m）

屋外貯蔵所（EL.+38m）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（ $546\text{W}/\text{m}^2$ ）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°C ^{注1}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（ $161\text{W}/\text{m}^2$ ， $294\text{W}/\text{m}^2$ ）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°C ^{注2}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⁽¹⁷⁾

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℃^{注 1} 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℃^{注 2} 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℃^{注 3} 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℃^{注4}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℃^{注1}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⁽¹⁷⁾

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、火炎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

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°C ^{注1} 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°C ^{注2} 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⁽¹⁷⁾

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. 32 m）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 $5\mu\text{m}$ 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 $5\mu\text{m}$ 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 $5\mu\text{m}$ 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 $5\mu\text{m}$ 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 J R 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、燃料等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 to 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 to 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 to 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 to 実施する。

1.11 品質保証の基本方針

原子炉施設の機器、装置の安全性、信頼性の向上のために設計、製作、据付け等の各段階において、以下の方針で適切な品質保証活動を実施する。

- (1) 品質保証活動に参画する組織、業務分担、責任を明確にし確実に品質保証活動を遂行する。さらに、品質保証規定類を確実なものとするよう継続的に見直す。
- (2) 原子炉施設の設計・製作者の分担する品質保証活動が、正しく遂行されることを確認するため、これに対する原子炉施設の設計・製作者の体制、要領、能力を事前に確認するとともに、実施状況についても、必要に応じて工場駐在又は立会検査により確認する。さらに、原子炉施設の設計・製作者の品質保証活動の監査を行う。
- (3) 原子炉施設の設計・製作者の外注品についても上記と同様の確認を行うものとし、外注者については当社の承認により決定する。
- (4) 仕様決定、設計、製作、据付け、試験、検査の各段階では、これらに適用される法令、基準、規格の要求及び発電所の機能、安全に係る基本的設計条件を満足することを資料検討、立会検査等により確認のうえ承認する。
- (5) 当社の立会検査、承認を必要とする項目については、事前に当社と原子炉施設の設計・製作者とで協議決定し、確実に実施されることを確認する。
- (6) 文書、図面、仕様書、図書、資料、品質管理記録等については、処理手順、管理方法を明確にし、確実に保管する。
- (7) 新しい知見、技術や国内外の事故、故障等に関する教訓の反映

を行う。特に、蒸気発生器伝熱管に係る既存の損傷形態についての新しい知見、技術等を積極的に導入し、その発生の防止、抑制を図る。

(8) 設計等の変更管理及びヒューマンエラー防止について徹底を図る。

1.12 原子炉設置変更許可申請に係る安全設計の方針

1.12.1 原子炉設置変更許可申請（平成7年12月6日申請）に係る安全設計の方針

1.12.1.1 安全設計の基本方針

今回の原子炉設置変更許可申請に係る原子炉施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」、「電気事業法」等の関係法令の要求を満足するとともに、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」等に適合する構造とする。

1.12.1.2 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日改訂）」に対する適合

今回の原子炉設置変更許可申請に係る原子炉施設は、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日改訂）」のうち以下の指針に十分適合するように設計する。各指針に対する適合のための設計方針は次のとおりである。

ただし、本項において用いる用語の意義は、同指針Ⅲ「用語の定義」にしたがいそれぞれ当該各号の定めるところによる。

指針 7. 共用に関する設計上の考慮

安全機能を有する構築物，系統及び機器が2基以上の原子炉施設間で共用される場合には，原子炉の安全性を損なうことのない設計であること。

適合のための設計方針

(1) 3号炉燃料取扱棟及び原子炉補助建屋内の燃料取扱設備の一部及び使用済燃料貯蔵設備について1号，2号及び3号炉共用とするが，共用によって原子炉の安全性を損なうことのない設計とする。共用する設備は，以下のとおりである。

- a. 使用済燃料ピット
- b. 使用済燃料ラック
- c. 使用済燃料ピット水浄化冷却設備
- d. 除染場ピット
- e. 燃料取扱棟内キャナル
- f. 使用済燃料ピットクレーン
- g. 燃料取扱棟クレーン

本共用により1号炉及び2号炉の使用済燃料を収納する上記の使用済燃料ピット及びラックは，耐震設計Asクラスとして設計し，地震時においても，1号炉及び2号炉の使用済燃料の健全性を損なわない設計とする。

(2) 3号炉原子炉補助建屋内の使用済樹脂貯蔵タンクについて1号，2号炉及び3号炉共用とするが，当該設備の故障により同時に2基以上の原子炉の事故をもたらすものではない。

指針49. 燃料の貯蔵設備及び取扱設備

- 1.(3) 使用済燃料の貯蔵設備は、適切な貯蔵能力を有すること。
- 1.(4) 使用済燃料の取扱設備は、移送操作中の燃料集合体の落下を防止できること。
- 2.(2) 使用済燃料の貯蔵設備は、崩壊熱を十分に除去し、最終的な熱の逃がし場へ輸送できる系統及びその浄化系を有すること。

適合のための設計方針

3号炉燃料取扱棟及び原子炉補助建屋内の燃料取扱設備の一部及び使用済燃料貯蔵設備について1号、2号及び3号炉共用とすることに伴う設計方針は以下のとおりである。

- 1.(3) 使用済燃料の貯蔵設備は、燃料取替時に取出される燃料及び通常運転時に炉心に装荷されている燃料を貯蔵することができる全炉心燃料の約130%相当分以上の容量を有するように設計する。
- 1.(4) 使用済燃料の取扱設備は、インターロックや二重ワイヤを設けて移送操作中の燃料集合体の落下を防止できるように設計するほか、1号炉及び2号炉燃料の取扱いに際しては、1号炉及び2号炉燃料用取扱工具を用いる。
- 2.(2) 使用済燃料の貯蔵設備には、浄化冷却系を有する設計とし、冷却系は使用済燃料ピット水を冷却してピットに貯蔵した使用済燃料からの崩壊熱を十分除去できる設計とする。

指針50. 燃料の臨界防止

燃料の貯蔵設備及び取扱設備は，幾何学的な安全配置又はその他の適切な手段により，想定されるいかなる場合でも，臨界を防止できる設計であること。

適合のための設計方針

3号炉燃料取扱棟及び原子炉補助建屋内の燃料取扱設備の一部及び使用済燃料貯蔵設備について1号，2号及び3号炉共用とすることに伴う設計方針は以下のとおりである。

- a. 使用済燃料ピット中の使用済燃料ラックは，燃料集合体の間隔を十分にとり，設備容量分の燃料を収容しても実効増倍率は，0.98（解析上の不確定さを含む。以下同じ。）以下であるように設計する。
- b. 本ピット及びラックは，地震時に破損して，燃料集合体同士が接近することがないように，耐震設計A sクラスとして設計する。

指針54. 放射性固体廃棄物の処理施設

原子炉施設から発生する放射性固体廃棄物の処理施設は，廃棄物の破砕，圧縮，焼却，固化等の処理過程における放射性物質の散逸等の防止を考慮した設計であること。

適合のための設計方針

使用済樹脂は，使用済樹脂貯蔵タンクに貯蔵するものとするが，放射能を減衰させた後，固化材（セメント）とともにドラム詰めも可能なようにする。

放射性固体廃棄物の処理施設は，これらの処理過程において放射性物質の散逸等の防止を考慮した設計とする。

1.12.2 原子炉設置変更許可申請（平成10年5月 7日申請）に係る
安全設計の方針

1.12.2.1 安全設計の基本方針

今回の原子炉設置変更許可申請に係る原子炉施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」、「電気事業法」等の関係法令の要求を満足するとともに、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」等に適合する構造とする。

1.12.2.2 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日改訂）」に対する適合

今回の原子炉設置変更許可申請に係る原子炉施設は、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成2年8月30日改訂）」のうち以下の指針に十分適合するように設計する。各指針に対する適合のための設計方針は次のとおりである。

ただし、本項において用いる用語の意義は、同指針Ⅲ「用語の定義」に従いそれぞれ当該各号の定めるところによる。

指針 1. 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物、系統及び機器は、設計、材料の選定、製作及び検査について、それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。

適合のための設計方針

使用済燃料貯蔵設備の設計、材料選定、製作及び検査については、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則」、「実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則の規定に基づく線量当量限度等を定める告示」等の法令、規格及び基準に基づくとともに、原則として以下に示す法令、規格、基準に準拠するものとする。

- (1) 電気工作物の溶接に関する技術基準を定める省令
- (2) 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令
- (3) 日本工業規格（J I S）
- (4) 日本電気協会電気技術基準調査委員会電気技術規程及び指針

指針 2. 自然現象に対する設計上の考慮

1. 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、その安全機能の重要度及び地震によって機能の喪失を起こした場合の安全上の影響を考慮して、耐震設計上の区分がなされるとともに、適切と考えられる設計用地震力に十分耐えられる設計であること。

適合のための設計方針

使用済燃料ピット及びラックは耐震設計 A s クラスとし、それに適用される地震力に耐えるように設計する。

指針 9．信頼性に関する設計上の考慮

- 1．安全機能を有する構築物，系統及び機器は，その安全機能の重要度に応じて，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計であること。

適合のための設計方針

使用済燃料ピット（使用済燃料ラックを含む。）は，その安全機能の重要度に応じて，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計とする。

指針49. 燃料の貯蔵設備及び取扱設備

1. 新燃料及び使用済燃料の貯蔵設備及び取扱設備は、次の号に掲げる事項を満足する設計であること。
 - (3) 貯蔵設備は、適切な貯蔵能力を有すること。
2. 使用済燃料の貯蔵設備及び取扱設備は、前項の各号に掲げる事項のほか、次の各号の掲げる事項を満足する設計であること。
 - (1) 放射線防護のための適切な遮へいを有すること。
 - (2) 貯蔵設備は、崩壊熱を十分に除去し、最終的な熱の逃がし場へ輸送できる系統及びその浄化系を有すること。
 - (4) 貯蔵設備は、燃料集合体の取扱い中に想定される落下時においても、その安全機能が損なわれるおそれがないこと。

適合のための設計方針

使用済燃料貯蔵設備は、以下の方針により設計する。

1. (3) 使用済燃料貯蔵設備は、燃料取替時に取出される燃料及び通常運転時に炉心に装荷されている燃料を貯蔵することができる全炉心燃料の約130%相当分以上の容量を有するように設計する。
2. (1) 使用済燃料貯蔵設備は、放射線業務従事者の線量当量を合理的に達成できる限り低くするように設計する。
 - (2) 使用済燃料貯蔵設備は、浄化冷却系を有する設計とし、冷却系は使用済燃料ピット水を冷却してピットに貯蔵した使用済燃料からの崩壊熱を十分除去できる設計とする。冷却系で除去した熱は、原子炉補機冷却水設備及び原子炉補機冷却海水設備を経て最終的な熱の逃がし場である海へ輸送できる設計とする。

また、浄化系は、使用済燃料ピット水を適切な水質に維持できる設計とする。

- (4) 使用済燃料貯蔵設備は、燃料集合体の取扱い中に想定される落下時にも著しいピット水の減少を引き起こすような損傷を避けるように設計する。

指針50. 燃料の臨界防止

燃料の貯蔵設備及び取扱設備は、幾何学的な安全配置又はその他の適切な手段により、想定されるいかなる場合でも、臨界を防止できる設計であること。

適合のための設計方針

使用済燃料ピット中の使用済燃料ラックは、燃料集合体の間隔を十分にとり、設備容量分の燃料を収容しても実効増倍率は、0.98（解析上の不確定さを含む。以下同じ。）以下であるように設計する。

また、本ピット及びラックは、地震時に破損して、燃料集合体同士が接近することがないように、耐震設計A sクラスとして設計する。

1.12.3 原子炉設置変更許可申請（平成 14 年 4 月 3 日申請）に係る安全設計の方針

1.12.3.1 安全設計の基本方針

今回の原子炉設置変更許可申請に係る原子炉施設は、「核原料物質、核燃料物質及び原子炉の規制に関する法律」、「電気事業法」等の関係法令の要求を満足するとともに、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針」等に適合する構造とする。

1.12.3.2 「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）」に対する適合

今回の原子炉設置変更許可申請に係る原子炉施設は、「発電用軽水型原子炉施設に関する安全設計審査指針（平成 13 年 3 月 29 日一部改訂）」のうち以下の指針に十分適合するように設計する。各指針に対する適合のための設計方針は次のとおりである。

ただし、本項において用いる用語の意義は、同指針Ⅲ「用語の定義」に従いそれぞれ当該各号の定めるところによる。

指針 1. 準拠規格及び基準

安全機能を有する構築物，系統及び機器は，設計，材料の選定，製作及び検査について，それらが果たすべき安全機能の重要度を考慮して適切と認められる規格及び基準によるものであること。

適合のための設計方針

燃料集合体の設計，材料選定，製作及び検査については，「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則」，「実用発電用原子炉の設置，運転等に関する規則の規定に基づく線量当量限度等を定める告示」等に基づくとともに，原則として以下に示す法令，規格，基準等に準拠する。

- (1) 発電用原子力設備に関する技術基準を定める省令
- (2) 日本工業規格（J I S）
- (3) 日本電気協会電気技術基準調査委員会電気技術規程及び指針
- (4) A S M E（American Society of Mechanical Engineers）規格
- (5) A S T M（American Society for Testing and Materials）規格

指針 9. 信頼性に関する設計上の考慮

1. 安全機能を有する構築物，系統及び機器は，その安全機能の重要度に応じて，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計であること。

適合のための設計方針

燃料集合体は，「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」に基づき，それが果たす安全機能の性質に応じて分類し，十分に高い信頼性を確保し，かつ，維持し得る設計とする。

指針 11. 炉心設計

1. 炉心は、それに関連する原子炉冷却系、原子炉停止系、計測制御系及び安全保護系の機能とあいまって、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、燃料の許容設計限界を超えることのない設計であること。

適合のための設計方針

1. について

- (1) 炉心は、それに関連する 1 次冷却設備、原子炉停止系、計測制御設備等の機能とあいまって、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料の許容設計限界を超えないように以下の基準を満足する設計とする。

- a. 最小 DNB R は、許容限界値以上であること。
- b. 燃料中心最高温度は、二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること。

すなわち、炉心設計においては、炉内出力分布が平坦になるような燃料取替方式を採用するほか、必要に応じてバーナブルポイズン又はガドリニア入り二酸化ウラン燃料を使用する。

また、計測制御設備により、原子炉運転中の炉内出力分布を監視できる設計とする。

さらに、燃料中心最高温度が二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点を超えるか又は最小 DNB R が許容限界値を下回るおそれがある場合には、安全保護系の作動により原子炉を自動的に停止できる設計とする。

- (2) 想定される反応度投入過渡事象（原子炉起動時における制御棒の異常な

引き抜き) 時においては「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象に関する評価指針」に定める燃料エンタルピーに関する燃料の許容設計限界及び「発電用軽水型原子炉施設の反応度投入事象における燃焼の進んだ燃料の取扱いについて」に定める P C M I 破損しきい値のめやすを超えることのない設計とする。

指針 12. 燃料設計

1. 燃料集合体は、原子炉内における使用期間中に生じ得る種々の因子を考慮しても、その健全性を失うことがない設計であること。
2. 燃料集合体は、輸送及び取扱い中に過度の変形を生じない設計であること。

適合のための設計方針

1. について

燃料集合体は、原子炉内における使用期間中を通じ、燃料棒の内外圧差、燃料棒及び他の材料の照射、負荷の変化により起こる圧力・温度の変化、化学的効果、静的・動的荷重、燃料ペレットの変形、燃料棒内封入ガスの組成の変化等を考慮して、各構成要素が十分な強度を有し、その機能を保持できる設計とする。

このため、燃料棒は使用期間中の通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、以下の基準を満足できる設計とする。

- (1) 燃料中心最高温度は、二酸化ウラン及びガドリニア入り二酸化ウランそれぞれの溶融点未満であること。
- (2) 燃料棒内圧は、通常運転時において、被覆管の外向きのクリープ変形によりペレットと被覆管のギャップが増加する圧力を超えないこと。
- (3) 被覆管応力は、被覆材の耐力以下であること。
- (4) 被覆管に生じる円周方向引張歪の変化量は、各過渡変化に対して1%以下であること。
- (5) 累積疲労サイクルは、設計疲労寿命以下であること。

2. について

燃料集合体は、輸送及び取扱い中に燃料集合体に加わる荷重に対して構成部品が十分な強度を有し、燃料集合体としての機能を阻害することのない設計とする。

また、輸送及び取扱いに当たっては、過度な外力がかからないよう十分な配慮をするとともに、現地搬入後、健全性を確認する。

指針 13. 原子炉の特性

炉心及びそれに関連する系統は、固有の出力抑制特性を有し、また、出力振動が生じてもそれを容易に制御できる設計であること。

適合のための設計方針

濃縮ウラン燃料，軽水減速，軽水冷却，加圧水型の本原子炉は，低濃縮二酸化ウラン燃料及びガドリニア入り低濃縮二酸化ウラン燃料を使用し，ドップラ係数，減速材温度係数，減速材ボイド係数及び圧力係数を総合した固有の負の反応度フィードバック特性を持たせることにより，固有の出力抑制特性を持つ設計とする。

具体的には，原子炉は，高温状態以外で臨界としない設計とする。ドップラ係数は，急激な反応度増加があった場合でも十分な出力抑制効果を有するように，常に負になる設計とする。減速材温度係数，減速材ボイド係数及び圧力係数については，通常，減速材密度変化への寄与はボイドあるいは圧力に比べ温度の効果が大きいことから，減速材温度係数が高温出力運転状態で負になる設計とする。

これらにより，設計負荷変化及び外乱に起因する反応度変化に対しては，固有の出力抑制特性と原子炉制御設備により原子炉出力の振動が十分な減衰特性を持つ設計とするとともに，急激な反応度増加に対しても，固有の出力抑制特性により十分な出力抑制効果を有する設計とする。

原子炉に固有の負の反応度フィードバック特性を持たせることにより，キセノンによる原子炉出力分布の空間振動のうち水平方向振動は減衰特性を持つ設計とする。軸方向振動は，炉外核計装で軸方向中性子束偏差を計測することにより確実かつ容易に検出でき，制御棒クラスタを操作して，

アキシャルオフセットを適正な範囲に維持することによって出力振動を抑制できる設計とする。

また、アキシャルオフセットが運転目標値から大きく逸脱した場合には、原子炉制御設備又は原子炉保護設備が作動し、出力低下あるいは原子炉トリップを行うことにより、燃料の許容設計限界を超えない設計とする。

指針 14. 反応度制御系

1. 反応度制御系は、通常運転時に生じることが予想される反応度変化を調整し、所要の運転状態に維持し得る設計であること。
2. 制御棒の最大反応度価値及び反応度添加率は、想定される反応度投入事象に対して原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、また、炉心冷却を損なうような炉心、炉心支持構造物及び原子炉压力容器内部構造物の破壊を生じない設計であること。

適合のための設計方針

1. について

炉心の反応度制御系としては、制御棒クラスタの位置を制御することによって反応度を制御する制御棒制御系と、1次冷却材中のほう素濃度を調整することによって反応度を制御するほう素濃度制御系の原理の異なる二つの系を設け、通常運転時に生じることが予想される反応度変化を制御するのに十分な反応度制御能力を有する設計とする。

制御棒制御系は主として負荷変動及び零出力から全出力までの反応度変化を制御し、ほう素濃度制御系はキセノン濃度変化、高温状態から低温状態までの1次冷却材温度変化及び燃料の燃焼に伴う反応度変化を制御する設計とし、両者の組合せによって所要の運転状態に維持できる設計とする。

2. について

反応度が大きく、かつ急激に投入される事象として制御棒飛び出しがあるが、零出力から全出力間の制御棒クラスタの挿入限界を設定することにより、制御棒クラスタの位置を制限し、制御棒クラスタ1本が飛び出した

場合でも過大な反応度が添加されない設計とする。

また、反応度が急激に投入される事象として原子炉起動時における制御棒の異常な引き抜きがあるが、この場合には制御棒クラスタの引き抜き最大速度を制限することにより、過度の反応度添加率とならない設計とする。

さらに、これら反応度投入事象に対しては「出力領域中性子束高」等による原子炉トリップ信号を設け、燃料の最大エンタルピーや原子炉圧力が顕著に上昇する前に、原子炉を自動的に停止し、過渡状態を早く終結させることにより、原子炉冷却材圧力バウンダリを破損せず、また、炉心冷却を損なうような炉心及び炉内構造物の破壊を生じない設計とする。

指針 15. 原子炉停止系の独立性及び試験可能性

原子炉停止系は、高温待機状態又は高温運転状態から、炉心を臨界未満にでき、かつ、高温状態で臨界未満を維持できる少なくとも二つの独立した系を有するとともに、試験可能性を備えた設計であること。

適合のための設計方針

原子炉停止系としては、制御棒制御系による制御棒クラスタの炉心への挿入と、化学体積制御設備による1次冷却材中へのほう酸注入の原理の異なる二つの独立した系を設け、かつ、それらは試験可能性を備えた設計とする。

制御棒制御系は、制御棒クラスタの炉心への挿入により、高温運転状態から速やかに炉心を高温状態で臨界未満にすることができる設計とする。

化学体積制御設備は、燃料の燃焼、キセノン濃度変化、高温状態から低温状態までの温度変化等による比較的緩やかな反応度変化の制御に使用するが、全制御棒クラスタが挿入不能の場合でも、炉心を高温運転状態から高温状態で臨界未満にし、その状態を維持できる設計とする。

指針 16. 制御棒による原子炉の停止余裕

原子炉停止系のうち制御棒による系は、高温状態及び低温状態において、反応度価値の最も大きい制御棒 1 本が完全に炉心の外に引き抜かれ、挿入できないときでも、炉心を臨界未満にできる設計であること。

適合のための設計方針

制御棒クラスタは、最も反応度価値の大きい制御棒クラスタ 1 本が、全引き抜き位置のまま挿入できないときでも、高温状態で十分な反応度停止余裕を持って炉心を臨界未満にできる設計とする。さらに、低温状態でも化学体積制御設備によるほう酸注入により、十分な反応度停止余裕を持って炉心を臨界未満に維持できる設計とする。

指針 17. 原子炉停止系の停止能力

1. 原子炉停止系に含まれる独立した系のうち少なくとも一つは、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において、燃料の許容設計限界を超えることなく、高温状態で炉心を臨界未満にでき、かつ、高温状態で臨界未満を維持できる設計であること。
2. 原子炉停止系に含まれる独立した系の少なくとも一つは、低温状態で炉心を臨界未満にでき、かつ、低温状態で臨界未満を維持できる設計であること。

適合のための設計方針

1. について

原子炉停止系に含まれる独立した系の一つである制御棒制御系による反応度制御は、制御棒クラスタの炉心への挿入により、通常運転時及び運転時の異常な過渡変化時において燃料の許容設計限界を超えることなく、高温状態で炉心を臨界未満にできる設計とする。

また、化学体積制御設備による反応度制御は、1次冷却材中へのほう酸注入により、キセノン濃度変化に対しても高温状態で十分臨界未満を維持できる設計とする。

原子炉運転中は、所要の反応度停止余裕を確保するため、制御棒クラスタの位置が挿入限界を超えないことを監視する。

なお、「2次冷却系の異常な減圧」のように炉心が冷却されるような運転時の異常な過渡変化時には、原子炉トリップ信号による制御棒クラスタの炉心への挿入に加えて、非常用炉心冷却設備による1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を臨界未満にでき、かつ、運転時の異常な過渡変化後

において臨界未満を維持できる設計とする。

2. について

原子炉停止系に含まれる独立した系の一つである化学体積制御設備による反応度制御は、1次冷却材中へのほう酸注入により、キセノン濃度変化に伴う反応度変化及び高温状態から低温状態までの反応度変化を制御し、低温状態で炉心を臨界未満に維持できる設計とする。

指針 18. 原子炉停止系の事故時の能力

事故時において、原子炉停止系に含まれる独立した系の少なくとも一つは、炉心を臨界未満にでき、また、原子炉停止系に含まれる独立した系の少なくとも一つは、炉心を臨界未満に維持できる設計であること。

適合のための設計方針

原子炉停止系に含まれる独立した系の一つである制御棒制御系は、想定される事故時において、原子炉トリップ信号により制御棒クラスタを炉心に挿入することにより、高温状態において炉心を臨界未満にできる設計とする。

また、原子炉停止系に含まれる独立した系の一つである化学体積制御設備は、キセノン濃度変化及び1次冷却材温度変化による反応度変化がある場合には、1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を臨界未満に維持できる設計とする。

なお、「主蒸気管破断」のように炉心が冷却されるような事故時には、原子炉トリップ信号による制御棒クラスタの炉心への挿入に加えて、非常用炉心冷却設備による1次冷却材中へのほう酸注入により炉心を臨界未満にでき、かつ、事故後において臨界未満を維持できる設計とする。