

大間原子力発電所 火山影響評価について

2026年9月10日
電源開発株式会社

本資料のうち で示す箇所は、商業機密あるいは防護上の観点から公開不可としているもので、白抜きとしてあります。

1. 審査実績のない内容

2. 大間原子力発電所の論点

3. 適合性説明

3.1 基本方針

3.2 影響評価

(参考) 立地評価

気中降下火砕物の対策に係る検討状況について

気中降下火砕物濃度の算出

1. 審査実績のない内容

1. 審査実績のない内容（1/2）

- ・火山影響評価について、審査実績のない内容を網羅的に抽出し、審査実績との差異が生じた理由及び基準適合性の整理結果を下表に示す。合わせて、建設中プラントのメリットを活かした安全対策に関連する審査会合指摘事項を下表に整理する。なお、当社が今回新たに論点として抽出した事項はない。
- ・下表のうち、指摘事項回答は「2.大間原子力発電所の論点」にて詳細を説明する。

No.	審査実績のない内容	差異理由及び基準適合性
1	【指摘事項】 当初申請時の申請概要説明に関する審査会合（H27.1）において、「大間原子力発電所は建設中プラントであり、新規制基準適合のために取り得る対策の選択肢が広いと考えられることから、採用した対策の有効性を詳しく説明すること」と論点として指摘されている。今後、これに関しては、建設中プラントのメリットを活かした安全対策（既施工範囲に係るものを含む。）を整理して示すとともに、各条文の審査の段階で基準適合性を含めてこれらの対策の有効性を説明すること。 （2025年6月26日 第1343回審査会合）	（「2. 大間原子力発電所の論点」に記載。）

1. 審査実績のない内容（2/2）

No.	審査実績のない内容	差異理由及び基準適合性
2	【新たに抽出した事項】 降下火砕物による堆積荷重に対する建屋の健全性評価において、許容堆積荷重は既工認時の長期の上載荷重に許容応力度の比を乗じた値として設定している。	- 降下火砕物による堆積荷重に対する建屋の健全性評価においては、評価対象建屋の屋根スラブの許容堆積荷重が設計堆積荷重（降下火砕物等による上載荷重）に対して安全裕度を有することを確認する。 - 屋根スラブの許容堆積荷重については、設計堆積荷重を短期荷重として扱い、屋根スラブの許容限界を短期許容応力度として算定する。 - 先行機では、長期の上載荷重【①】及び固定荷重等【②】に、許容応力度の比（短期／長期）を乗じた短期相当の荷重から、固定荷重等【②】を差し引いて許容堆積荷重を算定している。 - 大間は多雪区域に立地し、既工認において相応の長期の積雪荷重を考慮した設計を行っているため、長期の上載荷重【①】のみに許容応力度の比（短期／長期）を乗じた短期相当の荷重が設計堆積荷重を上回る。このため、許容堆積荷重の算定にあたり固定荷重等【②】を考慮しない方法を採用したことから差異が生じている。 - 大間については、許容堆積荷重に「固定荷重等×0.5」の値を考慮していないため、先行機と比較し保守的な評価となる。 （許容堆積荷重の比較） 先行機： $(\text{長期の上載荷重①} + \text{固定荷重等②}) \times \text{許容応力度の比}(1.5) - \text{固定荷重等②}$ $= \text{①} \times 1.5 + \text{②} \times 0.5$ 大間： $\text{長期の上載荷重①} \times \text{許容応力度の比}(1.5)$ $= \text{①} \times 1.5$ （「3.2 影響評価（18/31）」（P.27）参照）

2. 大間原子力発電所の論点

2. 大間原子力発電所の論点

【指摘事項（2025年6月26日 第1343回審査会合）】

- 当初申請時の申請概要説明に関する審査会合（H27.1）において、「大間原子力発電所は建設中プラントであり、新規規制基準適合のために取り得る対策の選択肢が広いと考えられることから、採用した対策の有効性を詳しく説明すること」と論点として指摘されている。今後、これに関しては、建設中プラントのメリットを活かした安全対策（既施工範囲に係るものを含む。）を整理して示すとともに、各条文の審査の段階で基準適合性を含めてこれらの対策の有効性を説明すること。

【回答】

- 大間では建設中プラントのメリットを活かして、外部事象防護対象施設である軽油タンクの地下埋設や、平底たて置円筒形でステンレス鋼製の復水貯蔵タンクを鉄筋コンクリート造の復水貯蔵槽とし、復水貯蔵建屋内に設置することで、降下火砕物の堆積荷重の影響を直接受けない設計とすることにより、外部事象（火山）に対する耐性の強化を図っている。
- 次頁以降の火山の基準適合性の説明のうち、「3.2 影響評価」において基準適合性を含めた対策の有効性を説明する。

（上記指摘事項に係る説明として、第6条 外部事象（火山）に対する耐性強化の設計が該当。指摘事項に係るその他の対策は関連する条文にあわせて説明。）

3. 適合性説明

3.1 基本方針（1/2）

【概要】

「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」第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）において，想定される自然現象の一つとして，火山の影響が挙げられていることから，火山影響評価を行い，安全機能が維持されることを確認する。

【火山影響評価の流れ】

影響評価では，火山の影響により発電用原子炉施設の安全性を損なわない設計であることを評価するための「原子力発電所の火山影響評価ガイド」を参照し，火山事象への設計対応及び運転対応の妥当性について，評価を行う。火山影響評価の基本フローを図1に示す。

3.1 基本方針（2/2）

「設置変更許可申請書
添付書類六 7.火山」
の審査の中で説明

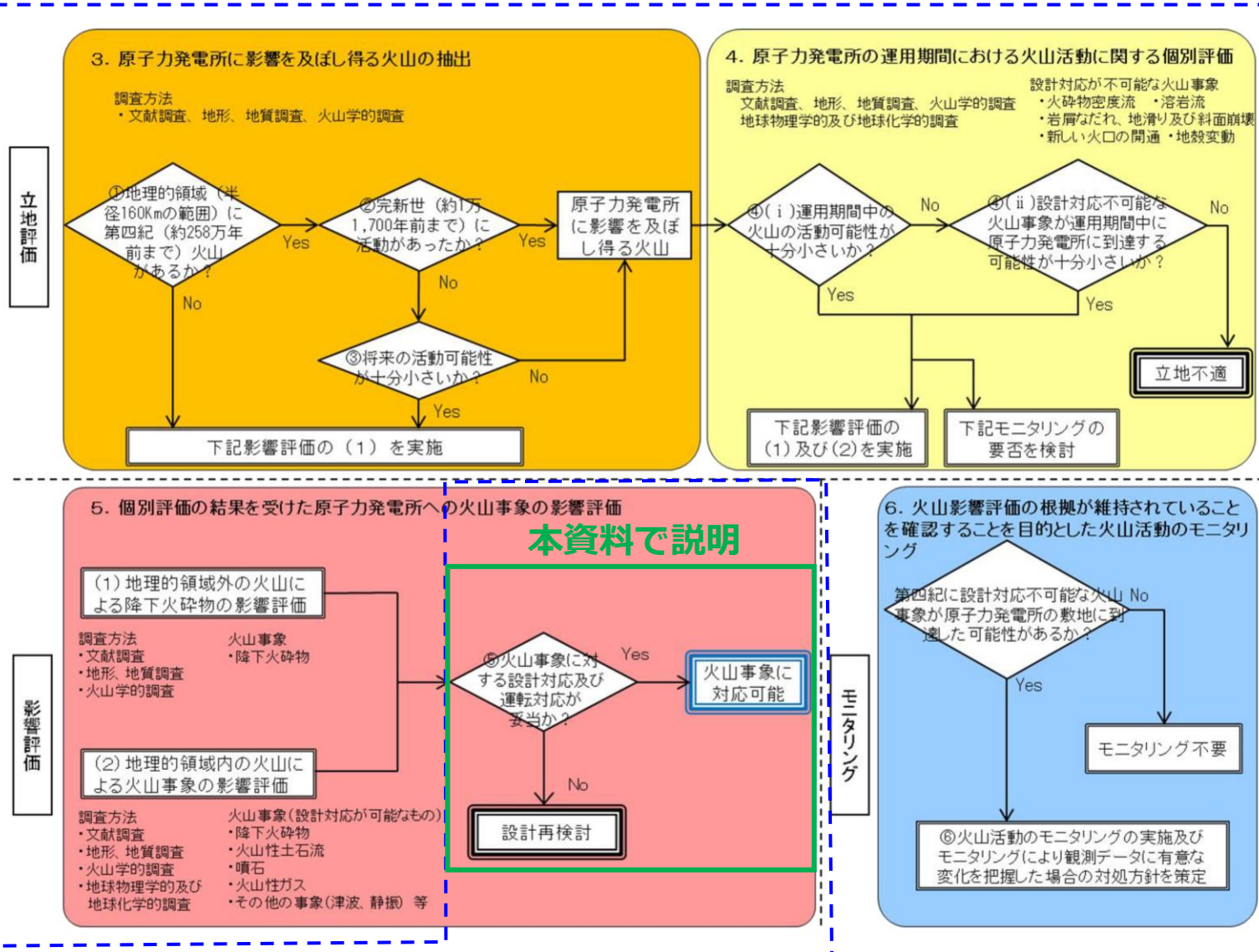


図1 火山影響評価の基本フロー

【火山事象の影響評価】

- 発電所に影響を及ぼし得る火山事象として考慮が必要な「降下火砕物」について、影響評価を行うこととする。
- 大間原子力発電所の降下火砕物による影響評価に用いる条件について、文献調査結果等を用い、設備の影響評価に必要な降下火砕物の特性を設定する。

表1 降下火砕物特性の設計結果

項目	設計条件	備考
層厚	20cm	鉛直荷重に対する健全性評価に使用。
密度	湿潤状態：1.5g/cm ³	
荷重※1	4,286N/m ²	
粒径	4mm以下	「水循環系の閉塞」及び「換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）」の影響評価に使用。

※1：湿潤状態の降下火砕物に積雪条件を踏まえた鉛直荷重

湿潤状態の降下火砕物の荷重 + 積雪荷重

$$= (20\text{cm} \times 1,500\text{kg/m}^3 \times 9.80665\text{m/s}^2) + (128\text{cm} \times 2 \times 30\text{N/m}^2 \cdot \text{cm} \times 0.35)$$

$$= 4,286\text{N/m}^2 \text{ (小数点切り上げ)}$$

※2：観測所気象年報（1975～1983年）及び大間地域気象観測所の観測記録（1984～2025年）における積雪の深さの最大値（128cm）[1977年2月15日]

※3：青森県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重（積雪1cmあたり30N/m²）

※4：建築基準法では、多雪区域で地震や暴風と組み合わせる際に用いる積雪荷重は短期積雪荷重の0.35倍としていることを参考に、降下火砕物による荷重と組み合わせる積雪荷重は積雪量（128cm）による積雪荷重の0.35倍とする。

【火山事象（降下火砕物）に対する設計の基本方針】

- 大間原子力発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象は「降下火砕物」であることから、降下火砕物に対して防護すべき評価対象施設等（外部事象防護対象施設から抽出される評価対象施設及び外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼし得る施設）の安全機能を損なわない設計とする。以下に設計の基本方針を示す。
 - ①降下火砕物による直接的影響（荷重、閉塞、摩耗、腐食等）に対して、安全機能を損なわない設計とする。
 - ②発電所内の構築物、系統及び機器における降下火砕物の除去等の対応が可能な設計とする。
 - ③降下火砕物による間接的な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日間の外部電源の喪失及び発電所外での交通の途絶によるアクセス制限に対し、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料プール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非常用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。
- 評価対象施設への影響評価は図2に示すフローに基づき実施する。

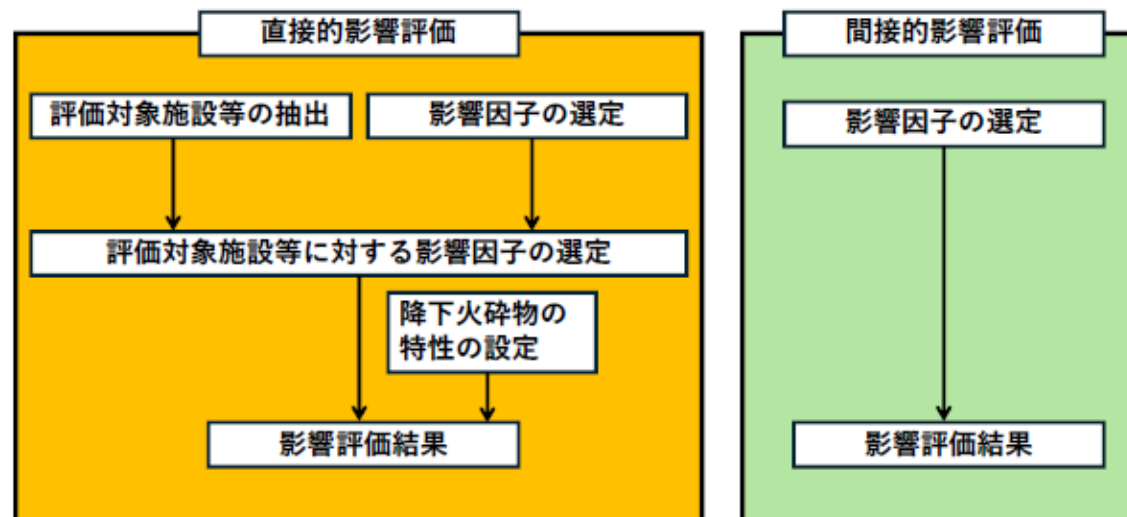
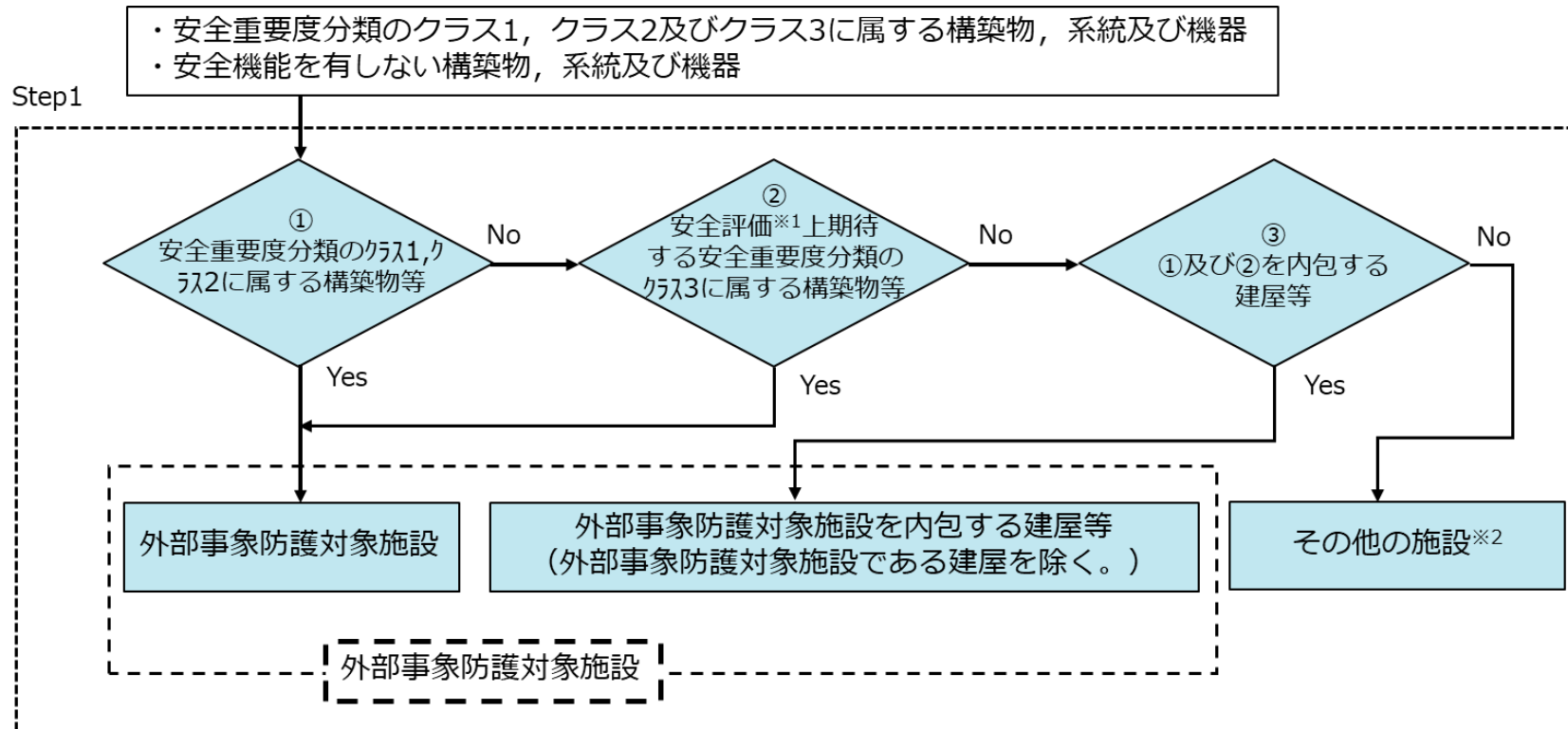


図2 影響評価のフロー

【安全施設のうち評価対象施設等の抽出（1/9）】

- 設置許可基準規則第6条の要求事項として、外部事象防護対象施設を抽出し（Step1）、これらに対して降下火砕物発生時の要求事項を踏まえて、網羅的に評価対象施設を抽出した（Step2及び3）。

外部事象防護対象施設評価フローを図3、評価対象施設等の抽出フローを図4に示す。



※1： 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2： その他の施設のうち安全施設は降下火砕物に対して機能維持すること若しくは降下火砕物による損傷を考慮して、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での除灰、修復等の対応が可能であることを確認する。

図3 外部事象防護対象施設評価フロー

3.2 影響評価 (4/31)

【安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (2/9)】

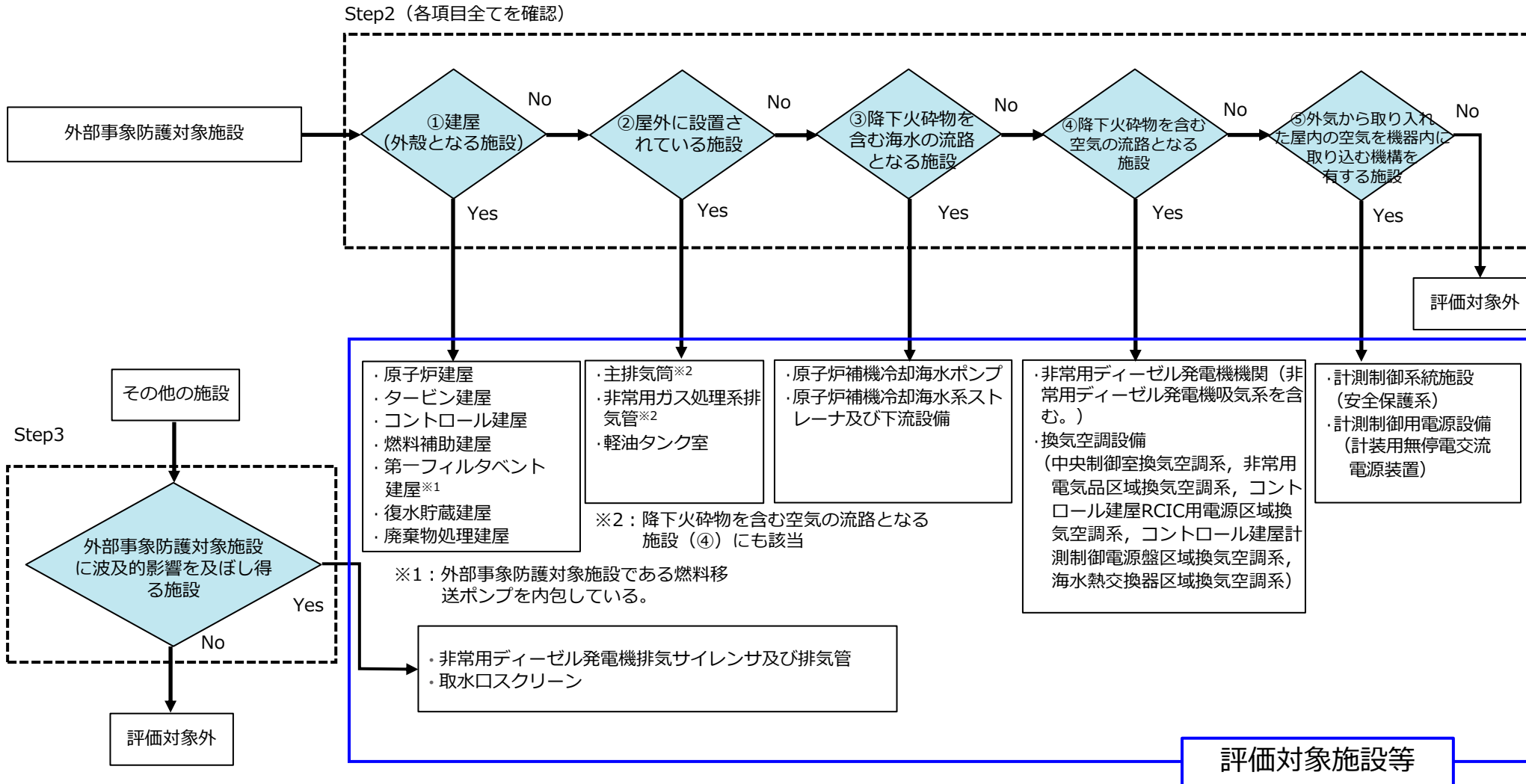


図4 評価対象施設等の抽出フロー

3.2 影響評価 (5/31)

【安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (3/9)】

- ・ 評価対象施設等の主な設置場所を以下に示す。

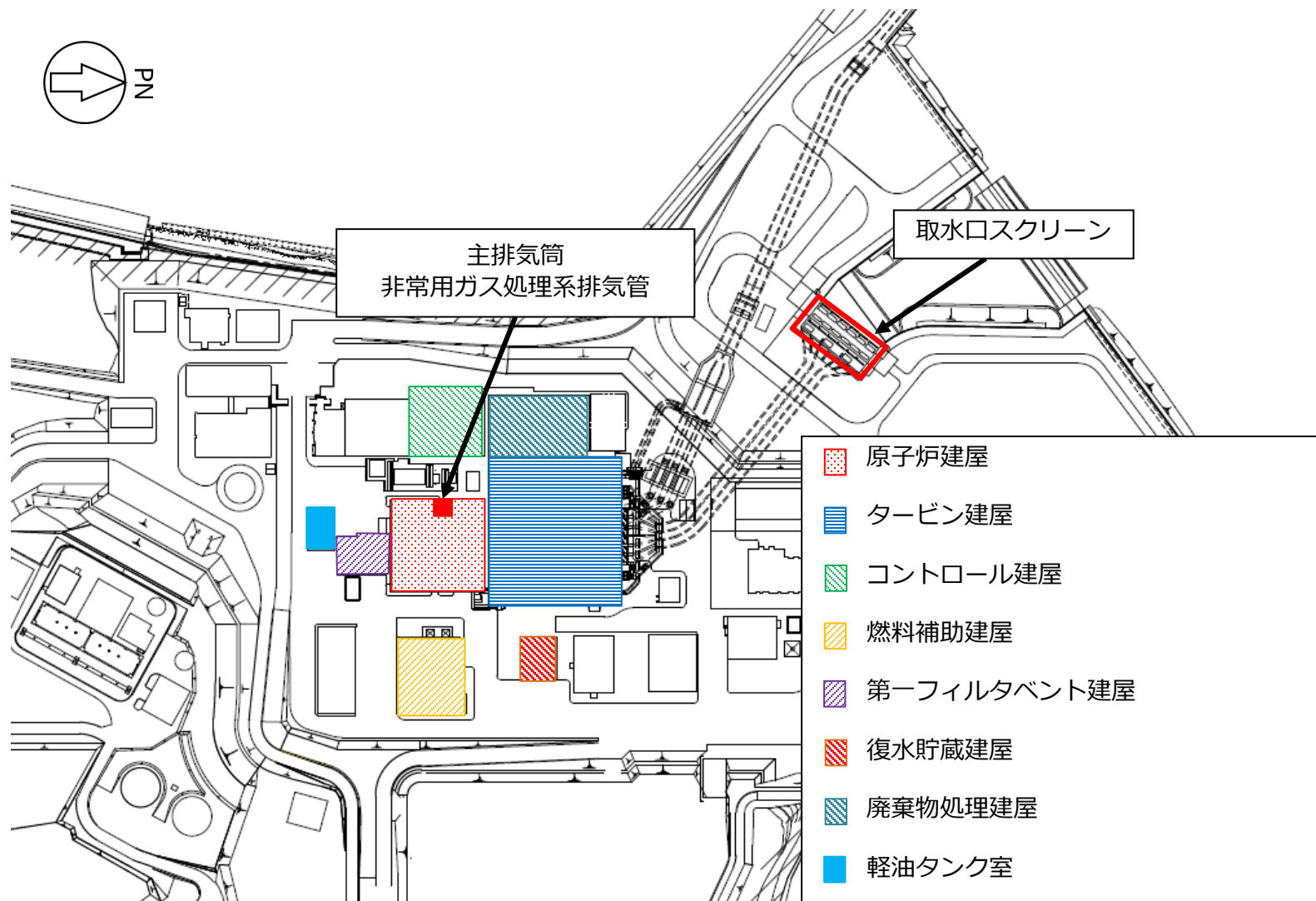


図5 評価対象施設等の設置場所 (1/7)

3.2 影響評価 (6/31)

【安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (4/9)】

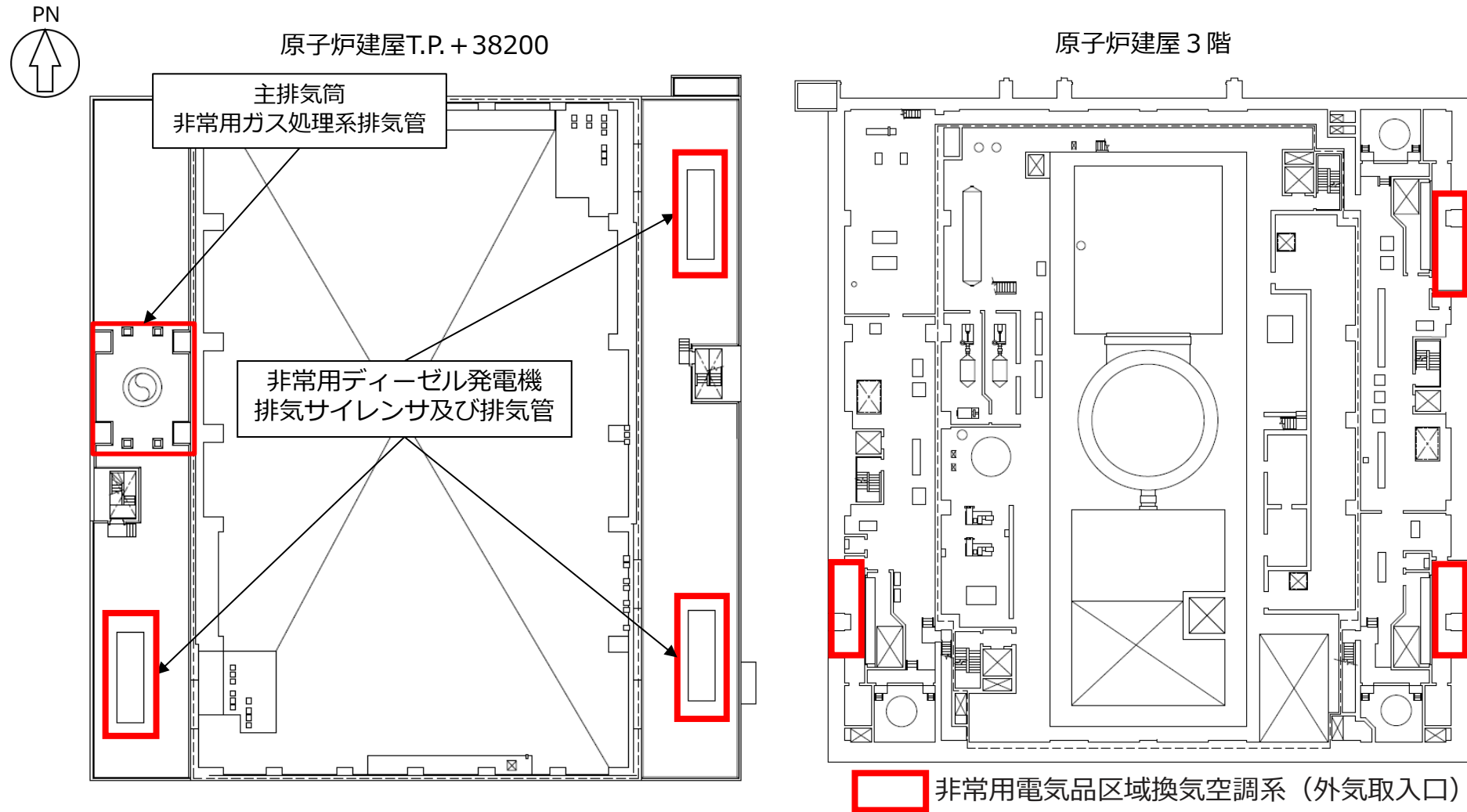


図5 評価対象施設等の設置場所 (2/7)

3.2 影響評価 (7/31)

島根2号炉と同様の
評価方針



【安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (5/9)】

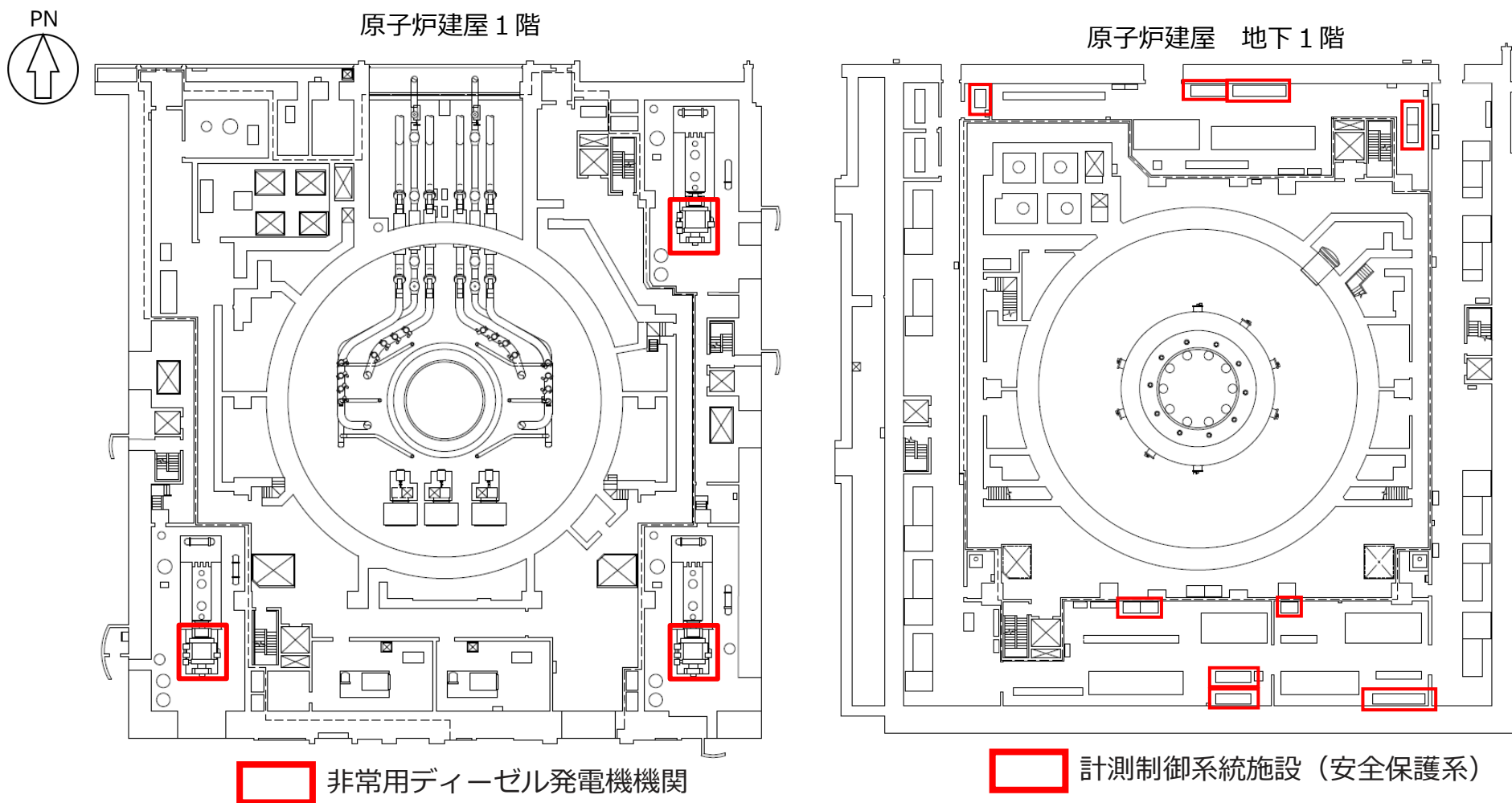


図5 評価対象施設等の設置場所 (3/7)

3.2 影響評価（8/31）

島根2号炉と同様の
評価方針



【安全施設のうち評価対象施設等の抽出（6/9）】

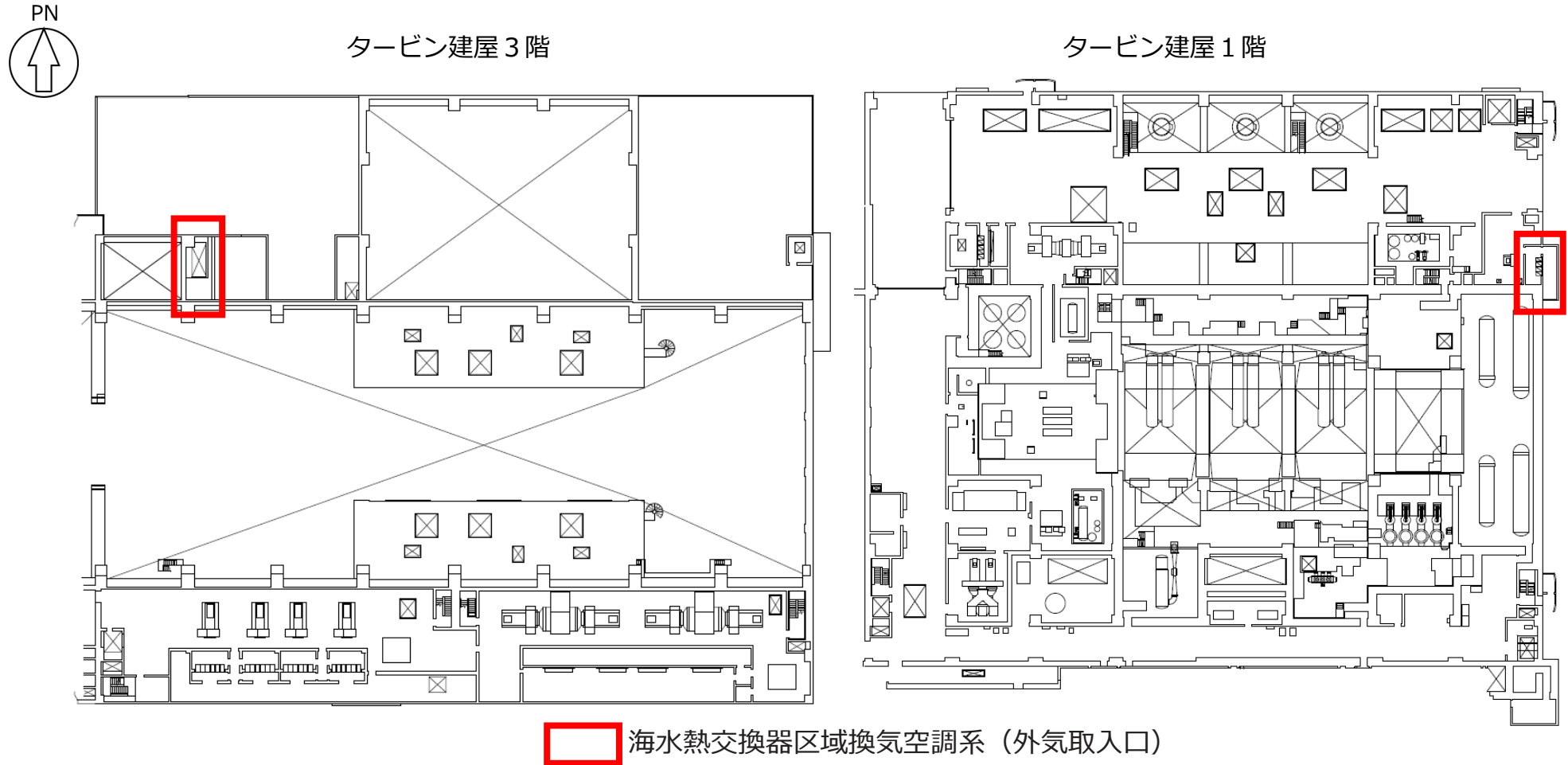


図5 評価対象施設等の設置場所（4/7）

3.2 影響評価 (9/31)

【安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (7/9)】

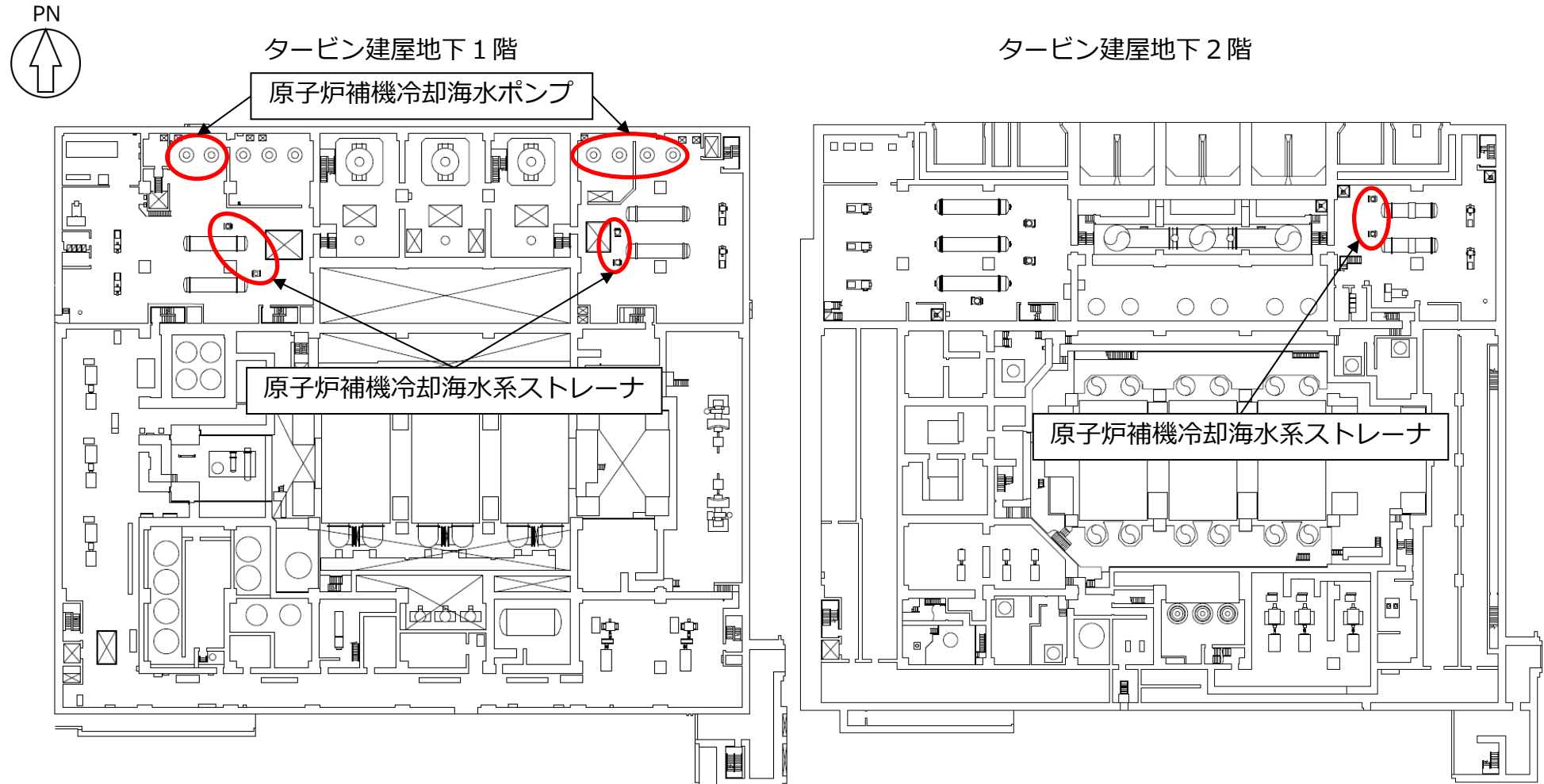


図5 評価対象施設等の設置場所 (5/7)

3.2 影響評価 (10/31)

【安全施設のうち評価対象施設等の抽出 (8/9)】

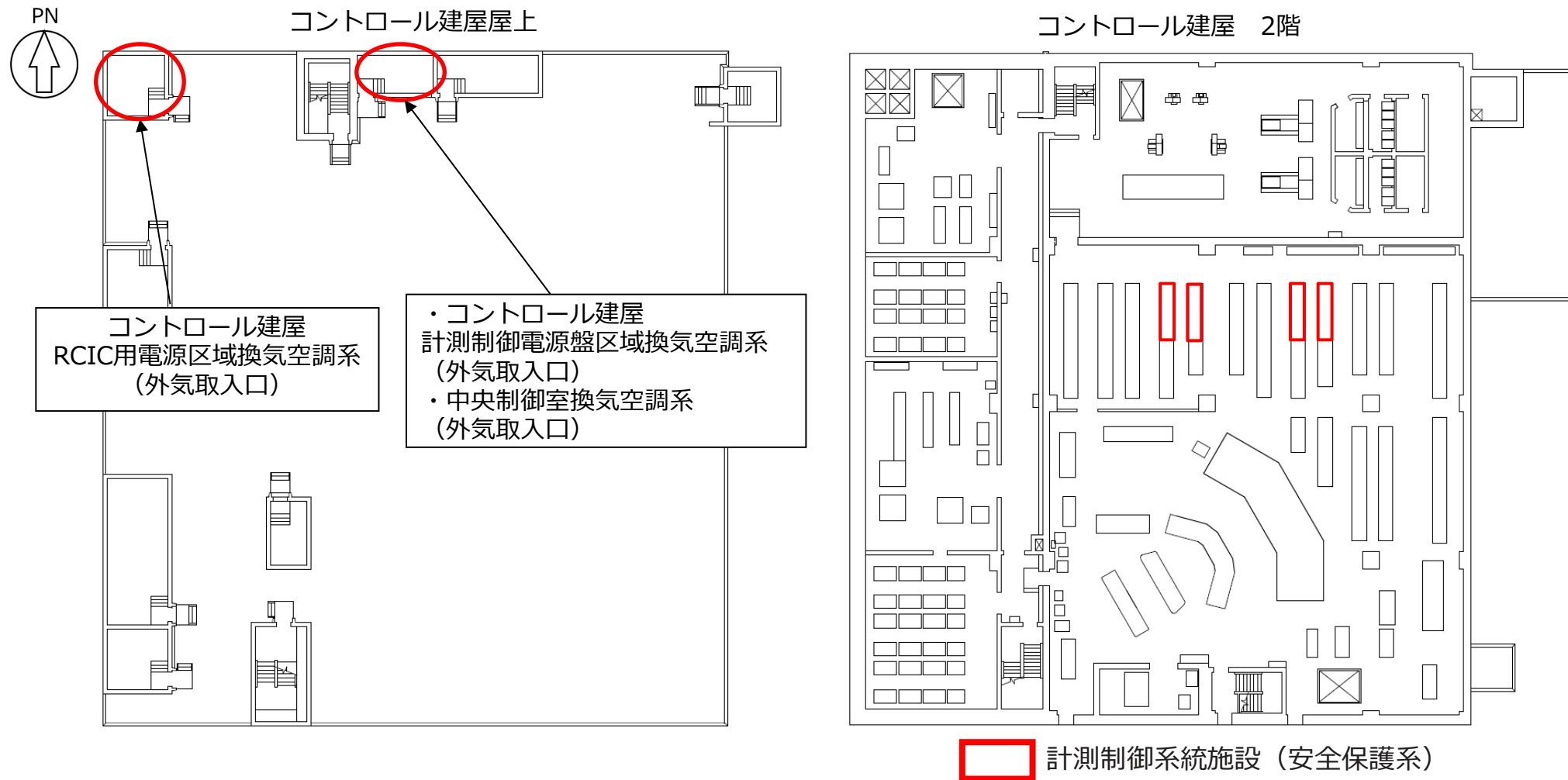


図5 評価対象施設等の設置場所 (6/7)

3.2 影響評価（11/31）

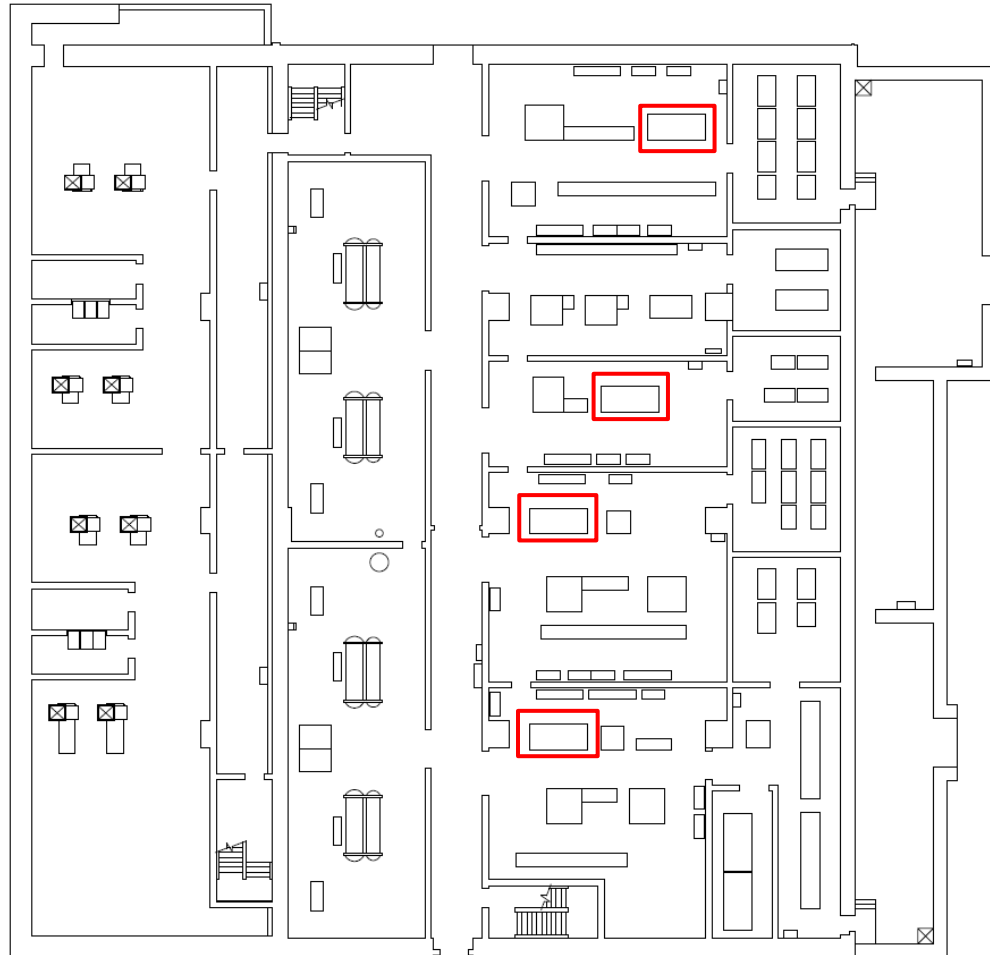
島根2号炉と同様の
評価方針



【安全施設のうち評価対象施設等の抽出（9/9）】



コントロール建屋 地下1階



 計測制御用電源設備（計装用無停電交流電源装置）

図5 評価対象施設等の設置場所（7/7）

【降下火砕物による影響の選定（1/4）】

➤ 直接的影響

- 降下火砕物の特徴及び評価対象施設等の構造や設置状況を考慮して、直接的な影響因子を選定する。直接的影響因子の選定結果を表2に示す。

表2 直接的影響因子の選定結果（1/2）

影響を与える可能性のある因子	選定結果	詳細検討すべきもの
構造物への静的負荷	屋外の構築物において降下火砕物堆積荷重による影響を評価する。なお、荷重条件は水を含んだ場合の負荷が大きくなるため、降雨条件及び積雪の重量を考慮する。	○
粒子の衝突	発電所に到達する降下火砕物は微小な粒子であり、「竜巻影響評価について」で設定している設計飛来物に包絡することを確認していることから、詳細検討は不要。	—
構造物への化学的影響（腐食）	屋外設備は、外装塗装等によって影響がないことを評価する。	○
水循環系の閉塞	海水中に漂う降下火砕物の狭隘部における閉塞の影響を評価する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても考慮する。	○
水循環系の摩耗	海水中に漂う降下火砕物の設備内部における摩耗の影響を確認する。また、必要に応じて、海水を供給している下流の設備への影響についても確認する。	○
水循環系の化学的影響（腐食）	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る影響がないことを評価する。	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて換気空調設備の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○
換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）	屋外設備等において影響を考慮すべき要因である。なお、必要に応じて換気空調設備の給気を供給している範囲への影響についても考慮する。	○

【降下火砕物による影響の選定（2/4）】

表2 直接的影響因子の選定結果（2/2）

影響を与える可能性のある因子	選定結果	詳細検討すべきもの
絶縁低下	送電網より引き込む開閉所や変圧器周りで降下火砕物が確認された場合、碍子の洗浄をすることで事故の未然防止に努める。また、絶縁低下により外部電源が喪失に至った場合でも非常用ディーゼル発電機により電源の供給を実施する。なお、屋内の施設であっても、屋内の空気を取り込む機構を有する非常用電源盤及び制御盤については、影響がないことを評価する。	○
発電所周辺の大気汚染	運転員が常時滞在する中央制御室における居住性を評価する。	○
水質汚染	水質汚染によって、給水等に使用する上水道水が汚染する可能性があるが、給水処理設備により水処理した給水を使用すること、また水質管理を行うことから、プラントの安全機能に影響しない。	—

- 降下火砕物により間接的影響を及ぼす因子を以下に示す。
- ・ 湿った降下火砕物が送電線の碍子、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線の損傷に伴う「外部電源喪失」
 - ・ 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」

【降下火砕物による影響の選定（3/4）】

➤ 降下火砕物による影響の選定

- 各評価対象施設等と評価すべき直接的影響の要因について整理し、評価対象施設等の特性を踏まえて必要な評価項目を選定する。降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組合せを表3に示す。

表3 降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組合せ（1/2）

評価対象施設 \ 影響因子	構造物への 静的負荷	構造物への 化学的影響 (腐食)	水循環系の 閉塞・摩耗	水循環系の 化学的影響 (腐食)	換気系、電気系及び 計測制御系に対する 機械的影響 (閉塞・摩耗)	換気系、電気系及び 計測制御系に対する 化学的影響 (腐食)	発電所周辺 の大気汚染	絶縁低下
原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，燃料補助建屋，第一フィルタベント建屋，復水貯蔵建屋及び廃棄物処理建屋	●	●	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)
主排気筒 非常用ガス処理系排気管	－ (①)	●	－ (③)	－ (③)	●	－ (③)	－ (③)	－ (③)
軽油タンク室	●	●	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)
原子炉補機冷却海水ポンプ	－ (①)	－ (①)	●	●	－ (①)	－ (①)	－ (③)	－ (③)
原子炉補機冷却海水系ストレーナ及び下流設備	－ (①)	－ (①)	●	●	－ (③)	－ (③)	－ (③)	－ (③)

凡例 ●：詳細な評価が必要な影響因子
－：評価対象外（）内数値は評価除外理由

【評価除外理由】

- ①：静的荷重等の影響を受けにくい構造（屋内設備の場合含む。）
- ②：腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
- ③：影響因子と直接関連しない

3.2 影響評価（15/31）

【降下火砕物による影響の選定（4/4）】

表3 降下火砕物が影響を与える評価対象施設等と影響因子の組合せ（2/2）

影響因子 評価対象施設	構造物への 静的負荷	構造物への 化学的影響 （腐食）	水循環系の 閉塞・摩耗	水循環系の 化学的影響 （腐食）	換気系、電気系及び 計測制御系に対する 機械的影響 （閉塞・摩耗）	換気系、電気系及び 計測制御系に対する 化学的影響 （腐食）	発電所周辺 の大気汚染	絶縁低下
換気空調設備（中央制御室換気空調系、非常用電気品区域換気空調系、コントロール建屋RCIC用電源区域換気空調系、コントロール建屋計測制御電源盤区域換気空調系、海水熱交換器区域換気空調系）	－（①）	－（②）	－（③）	－（③）	●	●	●	－（③）
非常用ディーゼル発電機機関（非常用ディーゼル発電機吸気系を含む。）	－（①）	－（①）	－（③）	－（③）	●	●	－（③）	－（③）
計測制御系統施設（安全保護系） 計測制御用電源設備（計装用無停電交流電源装置）	－（①）	－（①）	－（③）	－（③）	－（③）	●	－（③）	●
非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管	●	●	－（③）	－（③）	－（③）	－（③）	－（③）	－（③）
取水口スクリーン	－（①）	－（②）	●	●	－（③）	－（③）	－（③）	－（③）

凡例 ●：詳細な評価が必要な影響因子
－：評価対象外（ ）内数値は評価除外理由

【評価除外理由】

- ①：静的荷重等の影響を受けにくい構造（屋内設備の場合含む。）
- ②：腐食があっても、機能に有意な影響を受けにくい
- ③：影響因子と直接関連しない

【設計荷重の設定】

評価に当たっては以下の荷重の組合せを考慮する。

- (1) 評価対象施設に常時作用する荷重，運転時荷重
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
設計基準事故とは独立事象であること，また，設計基準事故時荷重が生じる屋外設備については，通常運転時の系統内圧力及び温度と変わらないことから，設計基準事故時荷重との組合せは考慮しない。
- (3) その他の自然現象の影響を考慮した荷重の組合せ
風（台風）及び積雪による荷重を適切に組み合わせる。

3.2 影響評価（17/31）

各評価項目に対する設計方針は
女川2号炉と同様



【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（1/13）】

（1）評価対象施設を内包し，降下火砕物から防護する建屋等の設計方針及び評価結果（1/2）

表4 建屋等の設計方針及び評価結果

評価対象施設※	影響因子	設計方針	評価結果
建屋（原子炉建屋，タービン建屋，コントロール建屋，燃料補助建屋，第一フィルタベント建屋，復水貯蔵建屋及び廃棄物処理建屋），軽油タンク室	構造物への静的負荷	許容荷重が安全裕度を有することにより，構造健全性を失わずに安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物の堆積荷重に対して，十分な安全裕度を確認（表6参照）。
	構造物への化学的影響（腐食）	降下火砕物に付着した腐食性ガスの影響を踏まえて，外装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。	外壁塗装を施すことやコンクリート構造とすることから，降下火砕物による短期での腐食の影響は小さい。

※：外部事象防護対象施設である軽油タンク及び復水貯蔵槽は，それぞれ外殻となる施設（軽油タンク室及び復水貯蔵建屋）内に設置することで，降下火砕物の堆積荷重の影響を直接受けない設計としている。（図6参照）

【建設中のメリットを活かした対策】外部事象（火山）に対する耐性強化

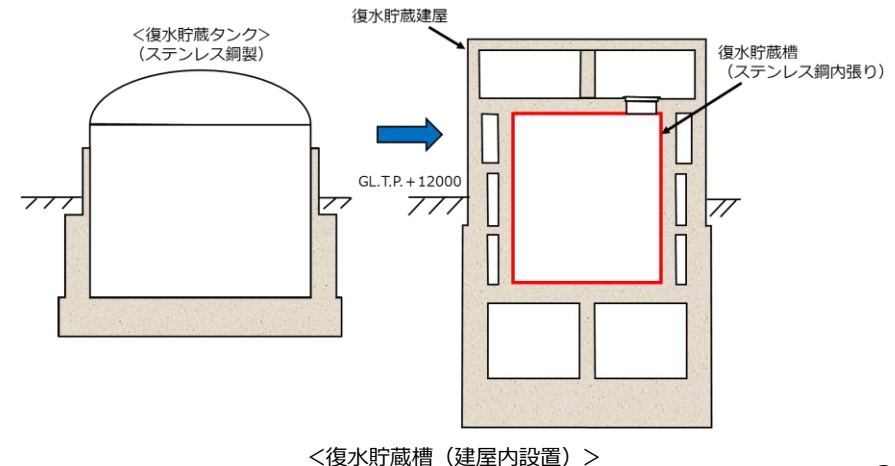
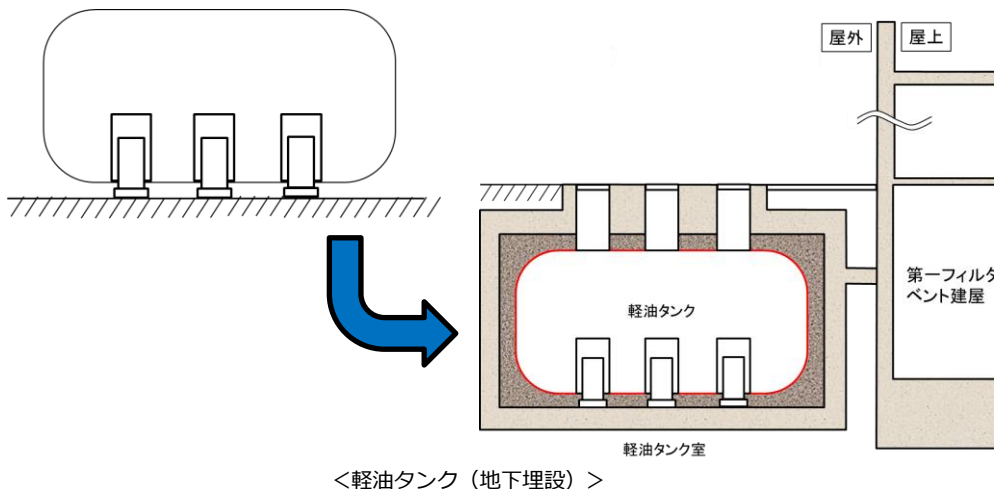


図6 地上式タンクからの構造変更

3.2 影響評価（18/31）

下線部を除き女川2号炉と同様の方針
除灰時の人員荷重は島根2号炉と同様の方針



【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（2/13）】

(1)評価対象施設を内包し，降下火砕物から防護する建屋等の設計方針及び評価結果（2/2）

表5 設計堆積荷重の設定

項目	設定			設定根拠
堆積荷重	4,286 N/m ²	降下火砕物による荷重	2,942 N/m ²	堆積量×単位荷重 (0.2[m]×1,500[kg/m ³]×9.80665[m/s ²] = 2,942[N/m ²])
		降下火砕物による荷重と 組み合わせる積雪荷重	1,344 N/m ²	積雪量×単位荷重 (128[cm] ^{※1} ×30[N/m ² ・cm] ^{※2} ×0.35 ^{※3} = 1,344[N/m ²])

※1：観測所気象年報（1975～1983）及び気象庁ホームページ（1984～2025）における積雪の深さの最大値（128cm）
[1977年2月15日]

※2：青森県建築基準法施行細則に基づく積雪の単位荷重（積雪1cmあたり30N/m²）

※3：建築基準法では，多雪区域で地震や暴風と組み合わせる際に用いる積雪荷重は短期積雪荷重の0.35倍としていることを参考に，降下火砕物による荷重と組み合わせる積雪荷重は積雪量（128cm）による積雪荷重の0.35倍とする。

表6 設計対象建屋の堆積荷重概略評価結果

評価対象建屋	対象施設エリア	許容 堆積荷重 ^{※1,※2} (N/m ²)	設計 堆積荷重 (N/m ²)	評価結果
原子炉建屋	屋根スラブ	5,679	4,286	○
コントロール建屋	屋根スラブ	5,679		○
タービン建屋	屋根スラブ	5,679		○
廃棄物処理建屋	屋根スラブ	5,679		○

※1：積載荷重として考慮する除灰時の人員荷重981 N/m²を差し引いて設定した値。

※2：設計堆積荷重は短期荷重として評価した。評価においては，許容応力度の比（短期／長期＝1.5以上）から，短期では少なくとも長期の1.5倍の荷重を負担できる。許容堆積荷重は，既工認時の長期の上載荷重（積雪荷重及び積載荷重）に1.5を乗じた短期荷重として設定した。

3.2 影響評価（19/31）

各評価項目に対する設計方針は
島根2号炉と同様



【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（3/13）】

(2)原子炉補機冷却海水ポンプの設計方針及び評価結果（1/2）

表7 原子炉補機冷却海水ポンプの設計方針及び評価結果（1/2）

評価項目	設計方針	評価結果
水循環系の化学的影響 （腐食）	降下火砕物を含む海水に溶出した腐食性成分の影響を踏まえて、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	原子炉補機冷却海水ポンプの接液部は、耐食性のあるステンレス製、又は、ライニングや塗装を実施した炭素鋼とすることから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

3.2 影響評価（20/31）

各評価項目に対する設計方針は
島根2号炉と同様



【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（4/13）】

(2)原子炉補機冷却海水ポンプの設計方針及び評価結果（2/2）

表7 原子炉補機冷却海水ポンプの設計方針及び評価結果（2/2）

影響因子	設計方針	評価結果
水循環系の閉塞	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、ポンプ軸受部が閉塞しない設計とする。	流水部の狭隘部は降下火砕物の粒径4mmより大きく、閉塞には至らない設計であることを確認。軸受の隙間は約1.45mm～1.58mmであり、一部の降下火砕物は軸受内部に入る可能性があるが異物逃がし溝を設けているため、降下火砕物による閉塞には至らない（図7及び表8参照）。また、異物逃がし溝より粒径の大きい降下火砕物は軸受隙間に入らないため、閉塞には至らない。
水循環系の摩耗	降下火砕物の摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物は破碎しやすく、硬度が小さいことから、設備に影響を与える可能性は小さい。

表8 原子炉補機冷却海水ポンプの流水部・軸受部隙間の概略寸法

流水部（狭隘部） (mm)	軸受部（異物逃がし溝）		
	軸受① (mm)	軸受②③⑤ (mm)	軸受④ (mm)
約58	6	4.5	5.5

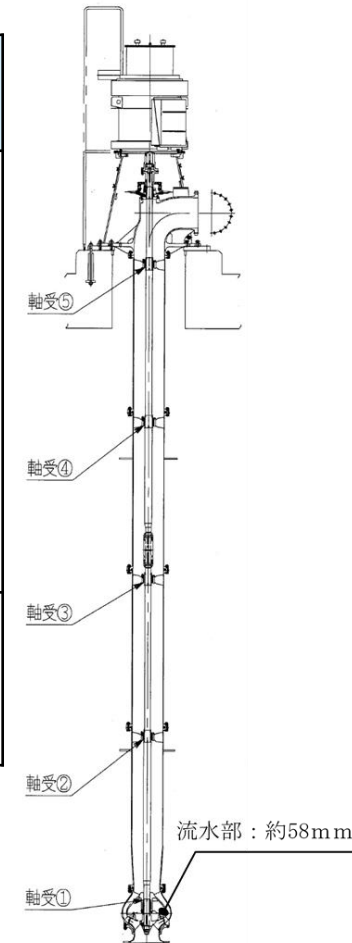


図7 原子炉補機冷却海水ポンプの外形図

本資料のうち で示す箇所は、商業機密あるいは防護上の観点から公開不可としているもので、白抜きとしてあります。

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（5/13）】

(3)非常用ディーゼル発電機機関（非常用ディーゼル発電機吸気系を含む。）の設計方針及び評価結果（1/2）

表9 非常用ディーゼル発電機機関（非常用ディーゼル発電機吸気系を含む。）の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響 （閉塞・摩耗）	バグフィルタにより，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する。 ・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，閉塞しない設計とする。 ・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し摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	機関給気口より上流側にバグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕集する性能）を設置することにより，降下火砕物の侵入を防止している。 ・粒径2μm程度のものは過給機，空気冷却器に侵入する可能性はあるが，機器の間隙は十分大きく閉塞に至らない。 ・機関シリンダ内に降下火砕物が侵入しても，降下火砕物は破碎し易く，硬度が低い，また耐摩耗性のある材料を使用していることから，摩耗が設備に影響を与える可能性は小さい。
換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響 （腐食）	降下火砕物に付着した腐食性ガスの影響を踏まえて，短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	金属材料を用いることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない※。

※：降灰後の長期的な腐食の影響については，日常の保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

3.2 影響評価（22/31）

各評価項目に対する設計方針は
島根2号炉と同様



【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（6/13）】

(3)非常用ディーゼル発電機機関（非常用ディーゼル発電機吸気系を含む。）の設計方針及び評価結果（2/2）

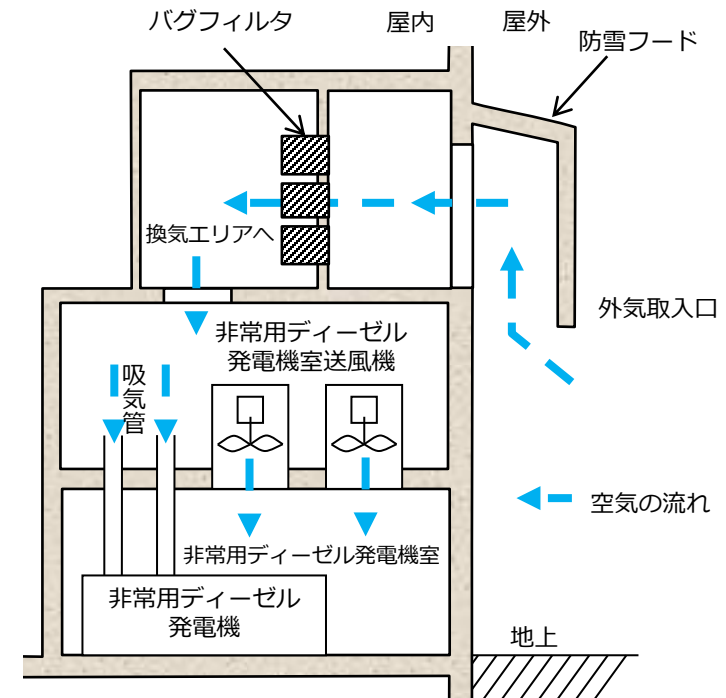


図8 非常用ディーゼル発電機機関吸気系構造図及び吸入空気の流れ

本資料のうち で示す箇所は、商業機密あるいは防護上の観点から公開不可としているもので、白抜きとしてあります。

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針 (7/13)】

(4)非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管の設計方針及び評価結果

表10 非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
構造物への静的負荷	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、若しくは、降下火砕物が堆積しにくい又は直接堆積しない構造とすることで、構造健全性を失わず安全機能を損なわない設計とする。	非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管は、降下火砕物が堆積しにくい形状とするため、降下火砕物の堆積荷重の影響を受けることはない。
構造物への化学的影響（腐食）	降下火砕物に付着した腐食性ガスの影響を踏まえて、塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管は外面塗装を実施することから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

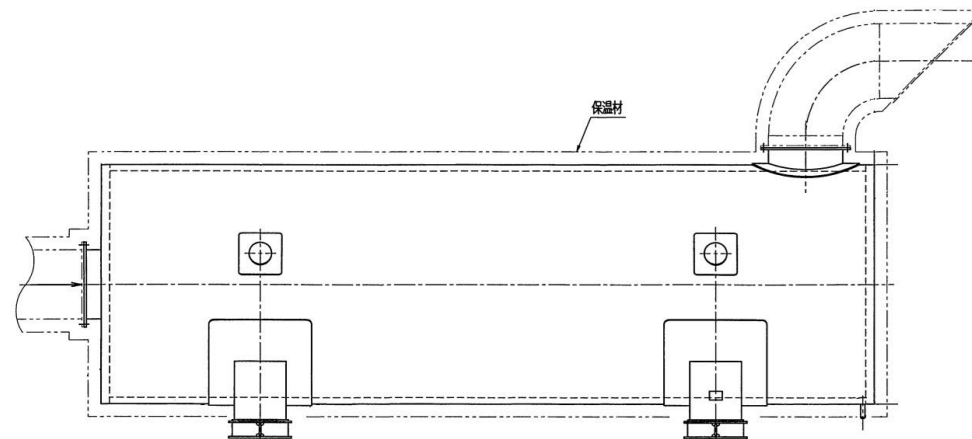


図9 非常用ディーゼル発電機排気サイレンサ及び排気管

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（8/13）】

（5）換気空調設備の設計方針及び評価結果（1/2）

表11 換気空調設備の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系，電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞・摩耗）	外気取入口は開口部を下向きにすること及びバグフィルタを設置することで，フィルタメッシュより大きな降下火砕物が流路に侵入しにくい設計とする。	バグフィルタ（粒径約 $2\mu\text{m}$ に対して80%以上を捕集する性能）を設置することで降下火砕物は十分除去されることから，給気を供給する系統及び機器に対して降下火砕物を与える影響は少ない。
換気系，電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）	降下火砕物に付着した腐食性ガスの影響を踏まえて，短期での腐食により安全機能を損わない設計とする。	金属材料を用いることから，降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を与えにくい※。

※：降灰後の長期的な腐食の影響については，日常の保守管理等により，状況に応じて補修が可能な設計とする。

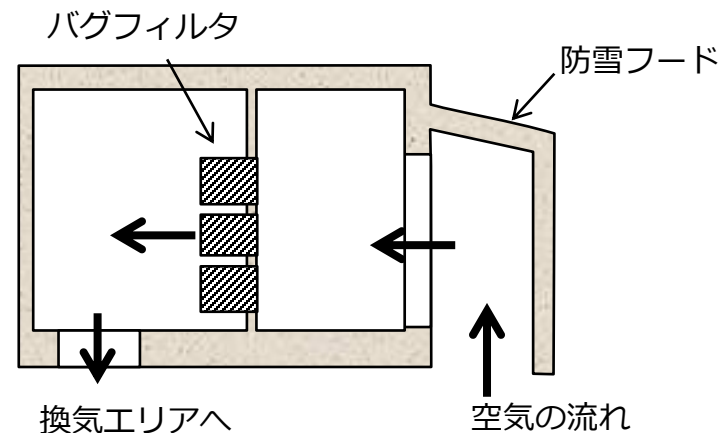


図10 外気取入口の空気の流れ

3.2 影響評価（25/31）

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（9/13）】

(5)換気空調設備の設計方針及び評価結果（2/2）

表12 換気空調設備の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
発電所周辺の大気汚染	中央制御室換気空調系の外気取入ダンパの閉止及び再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、さらに再循環運転時において室内の居住性を確保できる設計とする。	中央制御室換気空調系の外気取入ダンパの閉止及び再循環運転を実施することにより、中央制御室の居住環境を維持できることを確認（表13及び表14参照）。

表13 中央制御室換気空調系再循環運転における酸素濃度の時間変化

時間	12 時間	24 時間	36 時間	336 時間
酸素濃度	20.8%	20.8%	20.7%	19.0%
許容酸素濃度	19.0%以上（鉱山保安法施行規則）			

表14 中央制御室換気空調系再循環運転における二酸化炭素濃度の時間変化

時間	12 時間	24 時間	36 時間	236 時間
二酸化炭素濃度	0.09%	0.14%	0.19%	1.00%
許容二酸化炭素濃度	1.0%以下（鉱山保安法施行規則）			

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針 (10/13)】

(6)主排気筒及び非常用ガス処理系排気管の設計方針及び評価結果

表15 主排気筒及び非常用ガス処理系排気管の設計方針及び評価結果

影響因子	設計方針	評価結果
構造物への化学的影響（腐食）	降下火砕物に付着した腐食性ガスの影響を踏まえて、塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	外装塗装を実施することから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。
換気系、電気系及び計測制御系に対する機械的影響（閉塞）	①主排気筒は降下火砕物の侵入により排気流路が閉塞しない設計とする。 ②非常用ガス処理系排気管は、開口部の形状により降下火砕物が侵入しにくい設計とする。	①主排気筒については、排気速度が降下火砕物の降下速度より大きく、降下火砕物が侵入することはない。 ②非常用ガス処理系排気管については、配管頂部を閉じた構造にするため、降下火砕物は配管内に侵入しにくく、閉塞の可能性は小さい。

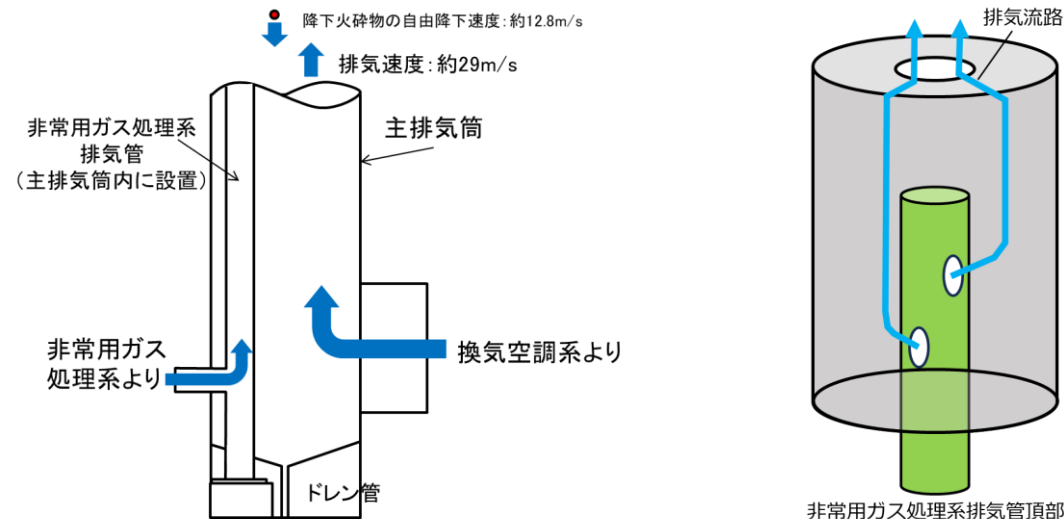


図11 主排気筒及び非常用ガス処理系排気管の概略図

3.2 影響評価（27/31）

各評価項目に対する設計方針は
島根2号炉と同様



【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（11/13）】

(7) 原子炉補機冷却海水系ストレーナ（下流設備含む。）の設計方針及び評価結果

表16 原子炉補機冷却海水系ストレーナ及び下流設備の設計方針及び評価結果

影響因子	設計方針	評価結果
水循環系の閉塞	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差圧の確認が可能な設計とする。	想定する降下火砕物の粒径は、原子炉補機冷却海水系ストレーナのエレメントのパンチング穴径（7mm）より小さく、また、取水口からポンプ取水箇所までの距離が数十mあるため、原子炉補機冷却海水系ストレーナが閉塞する可能性は低い。また、粘性を生じさせる粘土鉱物等は含まれていないことから、原子炉補機冷却海水系ストレーナが閉塞することはない。なお、エレメントが閉塞することがないよう差圧管理しており、一定の差圧（18.05kPa）で自動洗浄される。 原子炉補機冷却海水系ストレーナのエレメントのパンチング穴を通過した降下火砕物の粒子は、下流設備の熱交換器の伝熱管の流路の大きさ（管径約17mm）に対して想定する降下火砕物の粒径は十分小さく伝熱管の閉塞により、下流設備に影響を及ぼすことはない。
水循環系の摩耗	降下火砕物の摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物は破砕し易く、硬度が小さいことから、設備に影響を与える可能性は小さい。
水循環系の化学的影響（腐食）	降下火砕物を含む海水に溶出した腐食性成分の影響を踏まえて、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	原子炉補機冷却海水系ストレーナはライニングを施工し、また、下流設備である熱交換器の伝熱板は耐食性のある材料（表17参照）を使用することから降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

表17 原子炉補機冷却海水系ストレーナ下流設備の熱交換器

機器名称	伝熱板の流路	材質
原子炉補機冷却水系熱交換器	Φ17mm	復水器用黄銅

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（12/13）】

(8)取水口スクリーンの設計方針及び評価結果

表18 取水口スクリーンの設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
水循環系の閉塞	降下火砕物の粒径に対し十分な大きさの流路を設ける設計とする。	降下火砕物の粒径（4mm以下）は取水設備のうちレーキ付バースクリーンのバーピッチ（スペース）（66mm）及びトラベリングスクリーンの目開きの間隔（5mm）よりも小さく、閉塞することはない。
水循環系の摩耗	降下火砕物の摩耗により安全機能を損なわない設計とする。	降下火砕物は破碎し易く、硬度が小さいことから、設備に影響を与える可能性は小さい。
水循環系の化学的影響（腐食）	降下火砕物を含む海水に溶出した腐食性成分の影響を踏まえて、耐食性のある材料の使用や塗装の実施等によって、短期での腐食により安全機能を損なわない設計とする。	防汚塗装等の対応を実施し、海水と金属が直接接することがないようにするため、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。

【降下火砕物の直接的影響に対する設計方針（13/13）】

(9)計測制御系統施設（安全保護系）及び計測制御用電源設備（計装用無停電交流電源装置）の設計方針及び評価結果

表19 計測制御系統施設（安全保護系）及び計測制御用電源設備（計装用無停電交流電源装置）の設計方針及び評価結果

評価項目	設計方針	評価結果
換気系、電気系及び計測制御系に対する化学的影響（腐食）	外気取入口にバグフィルタを設置することによって、降下火砕物による腐食の影響を防止し、安全機能を損なわない設計とする。	外気取入口にバグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕集する性能）を設置することから、室内に侵入する降下火砕物は微量で微細な粒子である。このため、大量に盤内に侵入する可能性は小さいことから、降下火砕物による短期での腐食により機能に影響を及ぼすことはない。
絶縁低下	外気取入口にバグフィルタを設置することにより降下火砕物による絶縁低下の影響を防止し、安全機能を損なわない設計とする。	外気取入口のバグフィルタ（粒径約2μmに対して80%以上を捕集する性能）を介した換気空気を吸入することから、降下火砕物が大量に盤内に侵入する可能性は低く、その付着により短絡を発生させる可能性はない※ため、安全機能が損なわれることはない。

※：バグフィルタ（主として粒径が2μmより大きい粒子を除去）を介した換気空気を吸入しているため盤内に侵入する降下火砕物の粒径は2μm以下と推定される。計装盤等において、数μm程度の線間距離となるのは、集積回路（IC等）の内部であり、これら部品はモールド（樹脂）で保護されているため、降下火砕物が侵入することはない。

端子台等の充電部が露出している箇所については、端子間の距離は数mm程度あることから、降下火砕物が付着しても、短絡等を発生させることはない。

【降下火砕物の間接的影響に対する設計方針】

表20 間接的影響に対する設計方針及び評価結果

影響因子	設計方針	評価結果
外部電源喪失	7日間の外部電源喪失、また、原子力発電所外での影響（長期間の外部電源の喪失及び交通の途絶）を考慮した場合においても、発電用原子炉の停止及び停止後の発電用原子炉の冷却、並びに使用済燃料プール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継続できる設計とする。	非常用ディーゼル発電機（3台）とそれぞれに必要な燃料デイトンク、軽油タンクを有しており、発電用原子炉の冷却並びに使用済燃料プールの冷却に係る機能を担うための電源供給が可能である（図12参照）。
アクセス制限事象		

- 軽油タンクは、非常用ディーゼル発電機の各系統に1基（計3基）設置し、非常用ディーゼル発電機を7日間以上連続運転できる容量（267kL以上/基）を有する。したがって、軽油タンクの単一故障に対しても必要な機能を維持できる（図12参照）。
- A系、B系及びC系の燃料油供給系統は連絡配管により接続されており、軽油タンクの燃料は、3台の非常用ディーゼル発電機のどれに対しても供給できる構成となっている（連絡配管は通常時は手動弁により隔離されており、他系統で漏えい等が生じた場合でも影響しないよう独立されている。）。

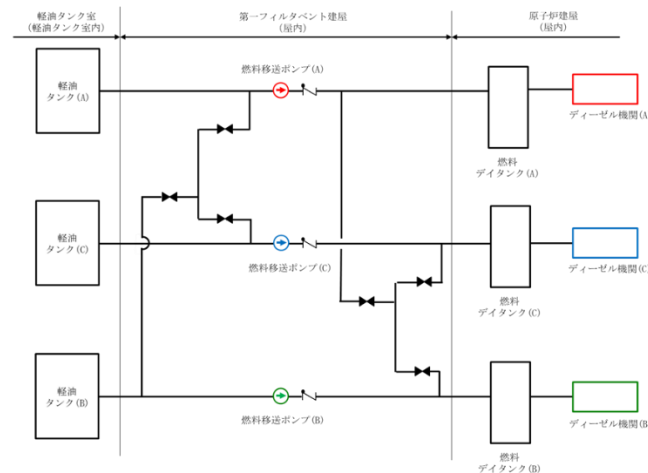


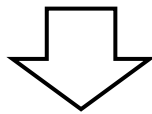
図12 非常用ディーゼル発電設備燃料油系の系統構成

【降下火砕物の除去等の対策】

- 降下火砕物が及ぼす影響に備えて、運用手順を定め、段階的に対応する。体制は保安規定に基づき整備し、その中で活動内容について明確にする。

①近隣火山の大規模な噴火兆候がある場合

- ・火山情報（火山の位置，噴火規模，風向，降灰予測等）等を収集・把握する。
- ・連絡体制を強化し，必要な要員の確認を行う。



②近隣火山の大規模な噴火兆候が発生した場合又は敷地内に降下火砕物が降り積もる状況となった場合

- ・対策本部の設置判断をする（必要な要員の招集）。
- ・降下火砕物の除去のための資機材や換気空調系のバグフィルタの配備状況の確認を行う。
- ・プラントの機器，建屋等の現在の状態（屋外への開口部が開放されていないか）を確認する。
- ・敷地内に降下火砕物が到達した場合には降灰状況を把握し，手順に基づき，降下火砕物の除去や建屋への降下火砕物の侵入防止，換気空調設備のバグフィルタ取替え又は清掃の対応を行う（表21参照）。

表21 降灰時の手順と目的

降灰時の手順	目的
降下火砕物の除去（除灰）	・建屋や屋外の設備に降下火砕物の荷重が長期間加わることを防ぐ。 ・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。
外気取入ダンパの閉止，換気空調設備の停止又は再循環運転	建屋内への降下火砕物の侵入を防止するため，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または再循環運転を実施する。
換気空調設備のバグフィルタの取替え・清掃	換気空調設備の外気取入口のバグフィルタについて，バグフィルタ差圧を確認するとともに，状況に応じて取替えまたは清掃を実施する。

【原子力発電所に影響を及ぼし得る火山の抽出】

- 地理的領域（敷地を中心とする半径160km以内）にある第四紀に活動した火山（88火山）について，将来の火山活動の可能性を検討
- 原子力発電所に影響を及ぼし得る火山として，41火山を抽出（図13参照）



【運用期間における火山活動に関する個別評価】

- 抽出した原子力発電所に影響を及ぼし得る火山（41火山）を対象として，設計対応不可能な火山事象（火砕物密度流，溶岩流，岩屑なだれ，地滑り及び斜面崩壊，新しい火口の開口，地殻変動）が影響を及ぼす可能性について個別評価を実施。
- 個別評価の結果，設計対応不可能な火山事象については，溶岩・火砕流堆積物の分布状況等から，過去の最大規模の噴火による設計対応不可能な火山事象が敷地に到達・発生した可能性はないものと考えられる。
- 発電所の安全機能に影響を及ぼし得る火山事象として考慮が必要なものは「降下火砕物」である。
- 原子力発電所の運用期間中に設計対応不可能な火山事象が敷地に到達する可能性は十分に小さく，火山活動のモニタリングは不要と判断する。

(参考) 気中降下火砕物の対策に係る検討状況について (1/2)

- 実用発電用原子炉の設置、運転等に関する規則（以下「実用炉規則」という。）の一部改正（平成29年12月14日施行）で追加された、火山影響等発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行う体制の整備については、保安規定認可までに対応を図る。
- 実用炉規則第八十三条 一号 □(1), (2), (3)及び四号への対応に係る検討状況を以下に示す。

表22 火山影響発生時の対応（手順の整備）

実用炉規則 第八十三条		当社の対応（案）
一号□ (1)	火山現象による影響が発生し、又は発生するおそれがある場合（以下この号において「火山影響等発生時」という。）における非常用交流動力電源設備の機能を維持するための対策に関すること。	- 火山灰の取り込みを抑制するために火山灰フィルタの設置等の対策を行う。 - 非常用ディーゼル発電機の吸気に係る既設のバグフィルタに対して、実際の火山灰による閉塞試験結果を踏まえて、機能維持のための対策を行う。
一号□ (2)	(1)に掲げるもののほか、火山影響等発生時における代替電源設備その他の炉心を冷却するために必要な設備の機能を維持するための対策に関すること。	炉心を冷却するための設備として、原子炉隔離時冷却系（RCIC）により対応する。
一号□ (3)	(2)に掲げるもののほか、火山影響等発生時に交流動力電源が喪失した場合における炉心の著しい損傷を防止するための対策に関すること。	炉心の著しい損傷を防止するための設備として、ディーゼル駆動式低圧注水系（FLSD）により対応する。
四号	前三号に掲げるもののほか、設計想定事象、重大事故等又は大規模損壊の発生時における発電用原子炉施設の保全のための活動を行うために必要な体制を整備すること。	緊急時対策所の居住性確保、通信連絡設備の機能確保のための手順を整備する。

具体的な内容、要求されている手順の成立性は、
保安規定の審査において別途説明

(参考) 気中降下火砕物の対策に係る検討状況について (2/2)

- 3系統ある非常用ディーゼル発電機のうち、2系統を24時間機能維持するために非常用ディーゼル発電機の吸気系統に対して以下の対応を実施。

【対策案】

- ・ 火山灰の取り込みを抑制するために除灰装置の設置等の対策を行う（図14参照）。
- ・ 非常用ディーゼル発電機の吸気に係る既設のフィルタに対して、火山灰による閉塞試験結果を踏まえて、機能維持のための対策を行う。

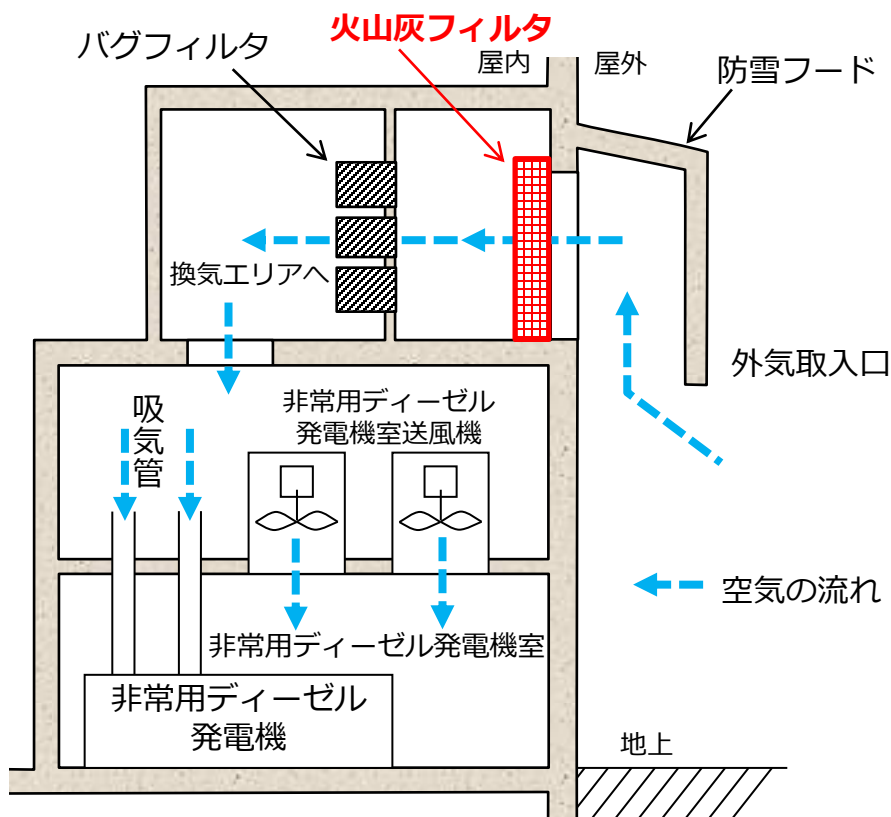


図14 非常用ディーゼル発電機に対する気中降下火砕物の対策

(参考) 気中降下火砕物濃度の算出 (1/2)

1. 気中降下火砕物濃度の算出方法

火山影響評価ガイドに基づく気中降下火砕物濃度の算出方法を以下に示す。

- ①粒径 i の降灰量 $W_i = p_i W_T$ p_i : 粒径 i の割合
- ②粒径 i の堆積速度 $v_i = \frac{W_i}{t}$ t : 降灰継続時間
- ③粒径 i の気中濃度 $C_i = \frac{v_i}{R_i}$ R_i : 粒径 i の降下火砕物の終端速度
- ④気中降下火砕物濃度 $C_T = \sum_i C_i$

2. 入力条件及び計算結果

表23 気中降下火砕物濃度の入力条件及び計算結果 (1/2)

入力条件 / 計算結果	数値	備考
層厚	20cm	大間原子力発電所で想定する降下火砕物堆積量※
総降灰量 W_T	200,000g/m ²	層厚 × 降下火砕物密度1g/cm ³
降灰継続時間 t	24h	火山影響評価ガイドより
粒径 i の割合 p_i	表23 (2/2) 参照	tephra2による粒径分布の計算値
粒径の降灰量 W_i		式①
粒径の堆積速度 v_i		式②
粒径の終端速度 R_i		Suzuki (1983) 参考
粒径の気中濃度 C_i		式③
気中降下火砕物濃度 C_T	3.31g/m ³	式④

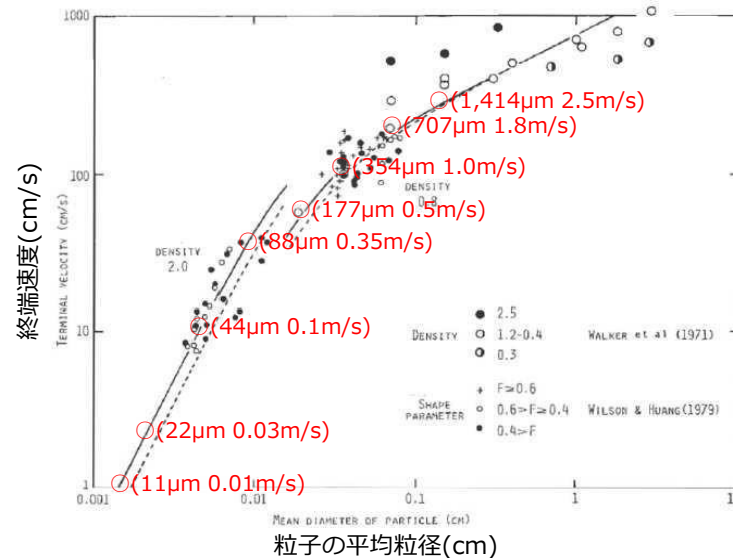
※：濃度算定のための火山として、降灰シミュレーションにて最も層厚の厚かった北海道駒ヶ岳を選定。

(参考) 気中降下火砕物濃度の算出 (2/2)

表23 気中降下火砕物濃度の入力条件及び計算結果 (2/2)

粒径I (ϕ) ※1	-1 ~ 0	0 ~ 1	1 ~ 2	2 ~ 3	3 ~ 4	4 ~ 5	5 ~ 6	6 ~ 7	合計
粒径 i (mm)	1.4	7.1×10^{-1}	3.5×10^{-1}	1.8×10^{-1}	8.8×10^{-2}	4.4×10^{-2}	2.2×10^{-2}	1.1×10^{-2}	—
割合 p_i (wt%)	6.9×10^{-4}	11.0	55.0	24.0	9.1	0.7	2.2×10^{-2}	1.1×10^{-3}	—
降灰量 W_i (g/m ²)	1.4	22,000	110,000	48,000	18,200	1,400	44.0	2.2	$W_T = 200,000$
堆積速度 v_i (g/s·m ²)	1.6×10^{-5}	0.26	1.3	0.56	0.21	1.6×10^{-2}	5.1×10^{-4}	2.5×10^{-5}	—
終端速度 R_i (cm/s)	250	180	100	50	35	10	3	1	—
気中濃度 C_i (g/m ³)	6.4×10^{-6}	0.141	1.273	1.111	0.602	0.162	1.7×10^{-2}	2.5×10^{-3}	$C_T = 3.31$

※1 : ϕ はある粒径 d (mm) に対して $\phi = -\log_2(d)$ で表される粒径指標であり, 表中の「粒径 i (mm)」は、各 ϕ 区分の中央値をmm換算した代表粒径を示す。



※2 : Suzuki, T. (1983) A theoretical model for dispersion of tephra Arc Volcanism: Physics and Tectonics :95-116, Terra Scientific Publishing

図15 Suzuki (1983) ※2における降下火砕物の粒径と終端速度との関係図
(粒径 i の終端速度を赤丸表示)