

女川原子力発電所2号炉

審査会合における指摘事項への 回答について（抜粋）

令和元年 7月

東北電力株式会社

目次

- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（竜巻）
- 6 条 外部からの衝撃による損傷の防止（その他外部事象）
- 8 条 火災による損傷の防止
- 9 条 溢水による損傷の防止等
- 17 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ
- 41 条 火災による損傷の防止
- 43 条 重大事故等対処設備に関する基本方針
- 61 条 緊急時対策所

女川原子力発電所 2号炉

外部からの衝撃による損傷の防止

(竜巻)

通することを考慮し、竜巻防護ネットの設置等による竜巻防護対策を行うことにより、設計飛来物の衝突を防止し、風圧力による荷重、気圧差による荷重及び高圧炉心スプレイ補機冷却海水系ストレーナに常時作用する荷重に対して、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。なお、竜巻防護ネットの金網を通過する可能性がある設計飛来物として設定した砂利の衝突に対して、部材を貫通しない厚さを確保し、安全機能を損なわない設計とする。

d. 復水貯蔵タンク

復水貯蔵タンクは、風圧力による荷重、気圧差荷重及び設備に常時作用する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。設計飛来物の衝突により、復水貯蔵タンクの部材が損傷した場合においても、安全機能を損なわない設計とする。

e. 非常用ガス処理系（屋外露出部）

非常用ガス処理系の屋外露出部は、設計飛来物が衝突により貫通することを考慮しても、閉塞することではなく、非常用ガス処理系の排気機能が維持される設計とする。さらに、非常用ガス処理系の屋外露出部は開かれた構造物であり気圧差荷重も作用しないことから、風圧力による荷重及び非常用ガス処理系の屋外露出部に常時作用する荷重に対して、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。

f. 排気筒

排気筒については、設計飛来物の衝突により筒身が貫通することを考慮しても、閉塞することではなく、排気筒の安全機能を損なわない設計とする。

さらに、排気筒は開かれた構造物であり気圧差荷重は作用しないことから、風圧力による荷重、排気筒に常時作用する荷重及び設計飛来物の衝突荷重に対して、防護対象施設に波及的影響を及ぼさない設計とする。

g. 原子炉建屋

原子炉建屋は、風圧力による荷重、気圧差による荷重、設計飛来物の衝撃荷重及び常時作用する荷重に対して、構造骨組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。

原子炉建屋原子炉棟外壁の原子炉建屋ブローアウトパネルについては、設計竜巻による気圧低下による開放及び設計飛来物の貫通により、原子炉建屋原子炉棟の放射性物質の閉じ込め機能を損なう可能性があるが、開放又は貫通した場合は、速やかにプラントを停止し、補修を実施することで安全機能を損なわない設計とする。

また、原子炉建屋は、外部事象防護対象施設を内包する建屋でもあるため、

原子炉棟給排気隔離弁（原子炉建屋原子炉棟換気空調系）は、原子炉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ことから、気圧差による荷重及び原子炉棟給排気隔離弁（原子炉建屋原子炉棟換気空調系）に常時作用する荷重に対して、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. 軽油タンク A系，軽油タンク B系及び軽油タンク H P C S系（燃料移送ポンプ等を含む）

軽油タンク A系，軽油タンク B系及び軽油タンク H P C S系（燃料移送ポンプ等を含む）は、地下埋設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ことから、気圧差による荷重に対して、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。

- (4) 外殻となる施設等による防護機能が期待できない設備

設計荷重に対して安全機能が維持される設計とし、安全機能を損なう可能性がある場合には必要に応じて、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。

- a. 原子炉補機室換気空調系

原子炉補機室換気空調系は、設計飛来物の衝突により、開口部建具に貫通が発生することを考慮し、防護鋼板等で開口部建具の竜巻防護対策を行うことにより、原子炉補機室換気空調系への設計飛来物の衝突を防止し、原子炉補機室換気空調系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。

- (5) 外部事象防護対象施設等に波及的影響を及ぼし得る施設

設計荷重に対して、当該施設の構造健全性を確保すること、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取替え、補修が可能なことにより、外部事象防護対象施設等の安全機能を損なわない設計とする。

- a. 補助ボイラー建屋，1号炉制御建屋，サイトバンカ建屋

補助ボイラー建屋，1号炉制御建屋，サイトバンカ建屋は、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及び自重等の常時作用する荷重に対して、倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

- b. 海水ポンプ室門型クレーン

海水ポンプ室門型クレーンは、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、風圧力による荷重，設計飛来物による

衝撃荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、倒壊により外部事象防護対象施設等へ波及的影響を及ぼさない設計とする。

- c. 非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器
非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器が閉塞することがなく、ディーゼル発電機の機能が維持される設計とする。さらに、非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）排気消音器が風圧力による荷重、気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に機能的影響を及ぼさない設計とする。
- d. 非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）附属ミスト配管
非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）附属ミスト配管は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）附属ミスト配管が閉塞することがなく、ディーゼル発電機の機能が維持される設計とする。さらに、非常用ディーゼル発電設備（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電設備を含む。）附属ミスト配管が風圧力による荷重、気圧差による荷重及び自重等の常時作用する荷重に対して、構造健全性を維持し、安全機能を損なわない設計とし、外部事象防護対象施設である非常用ディーゼル発電機（高圧炉心スプレイ系ディーゼル発電機を含む。）に機能的影響を及ぼさない設計とする。
- e. 軽油タンク A系ベント配管，軽油タンク B系ベント配管，軽油タンク H P C S系ベント配管
軽油タンク A系ベント配管，軽油タンク B系ベント配管及び軽油タンク H P C S系ベント配管は、設計飛来物の衝突により貫通することを考慮しても、軽油タンクベント配管が閉塞することがなく、軽油タンク A系，軽油タンク B系及び軽油タンク H P C S系の機能が維持される設計とする。
さらに、軽油タンク A系ベント配管，軽油タンク B系ベント配管及び軽油タンク H P C S系ベント配管が風圧力による荷重，気圧差による荷重及び常時作用する荷重に対して，構造健全性を維持し，安全機能を損なわない設計とし，外部事象防護対象施設である軽油タンク A系，軽油タンク B系及び軽油タンク H P C S系に機能的影響を及ぼさない設計とする。
- f. 竜巻随件事象の影響により外部事象防護対象施設等を機能喪失させる可能性がある施設（溢水により外部事象防護対象施設等の機能を喪失させる可能性がある設備，火災発生により外部事象防護対象施設等の機能を喪失させる可能性がある設備，外部電源）

女川原子力発電所 2号炉

外部からの衝撃による損傷の防止

(その他外部事象)

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません

※なお、本資料は抜粋版のため公開できない箇所はありません。

女川原子力発電所 2 号炉
外部事象の考慮について

2. 基本方針

安全施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）及び想定される人為事象に対して、安全機能を損なわない設計とする。

安全機能が損なわれないことを確認する必要がある施設を、「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」で規定されている重要度分類（以下「安全重要度分類」という。）のクラス1，クラス2及びクラス3に属する構築物，系統及び機器とする。

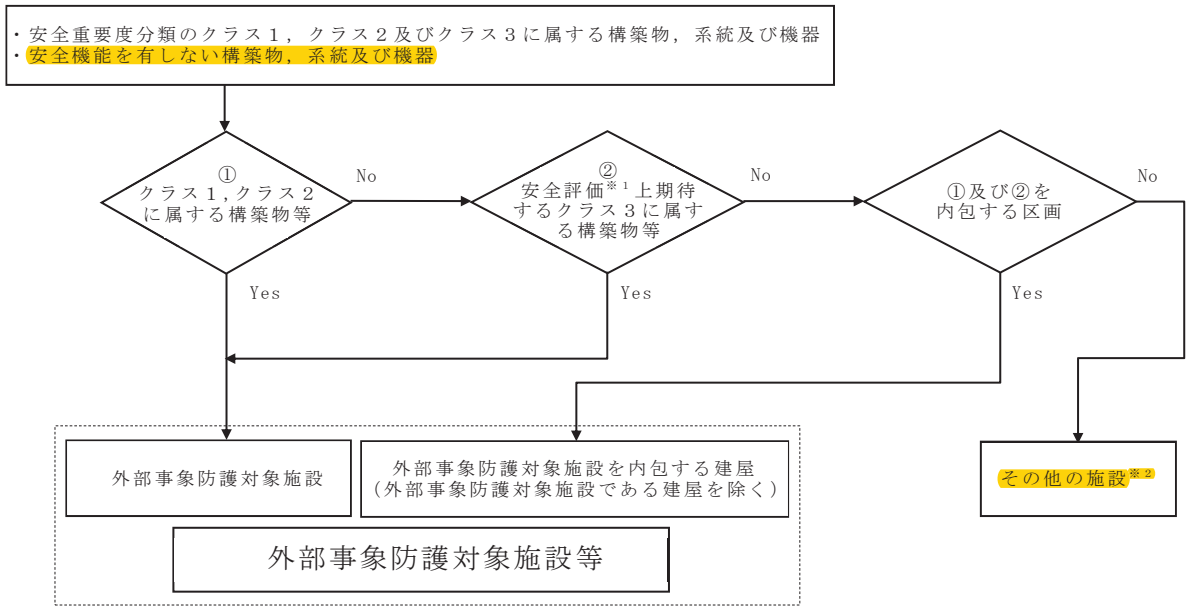
上記構築物，系統及び機器の中から，発電用原子炉を停止するため，また，停止状態にある場合は引き続きその状態を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器並びに使用済燃料プールの冷却機能及び給水機能を維持するために必要な異常の発生防止の機能又は異常の影響緩和の機能を有する構築物，系統及び機器として安全重要度分類のクラス1，クラス2及び安全評価上その機能に期待するクラス3に属する構築物，系統及び機器を外部事象から防護する対象（以下，「外部事象防護対象施設」という。）とし，機械的強度を有すること等により，安全機能を損なわない設計とする。

また，外部事象防護対象施設を内包する建屋（外部事象防護対象施設となる建屋を除く。）は，機械的強度を有すること等により，内包する外部事象防護対象施設の安全機能を損なわない設計及び外部事象防護対象施設へ波及的影響を及ぼさない設計とする。ここで，外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設を内包する建屋を併せて，外部事象防護対象施設等という。

また，上記に含まれない構築物，系統及び機器は，機能を維持すること若しくは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修復等の対応を行うこと又はそれらを適切に組み合わせることにより，その安全機能を損なわない設計とする。

外部事象による外部事象防護対象施設の抽出フローは第2-1図のとおり。自然現象の重畳については，網羅的に組み合わせて評価する。

なお，安全施設への考慮における，根拠となる条文等については，「補足資料9 防護すべき安全施設及び重大事故等対処設備への考慮」のとおり。



※1 運転時の異常な過渡変化及び設計基準事故解析

※2 構造健全性の確保, 若しくは損傷を考慮して代替設備, 修復等で安全機能を確保

第2-1図 外部事象防護対象施設の抽出フロー

女川原子力発電所 2号炉

火災による損傷の防止

有の信号を発する異なる種類を組み合わせて設置する設計とする。火災感知設備は、外部電源喪失時においても火災の感知が可能なように電源確保を行い、中央制御室で常時監視できる設計とする。

【別添資料 1-資料 1(2. 1. 2. 1)】

(c-3-2) 消火設備

安全機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域又は火災区画で、火災発生時の煙の充満又は放射線の影響により消火活動が困難となるところには、自動消火設備又は手動操作による固定式消火設備を設置して消火を行う設計とするとともに、全域ガス消火設備を設置する場合は、作動前に職員等の退出ができるよう警報を発する設計とする。

また、原子炉の高温停止及び低温停止に係る安全機能を有する構築物、系統及び機器の相互の系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、選択弁等の動的機器の単一故障も考慮し、系統分離に応じた独立性を備えた設計とする。

消火用水供給系は、2時間の最大放水量を確保し、飲料水系等と共用する場合は隔離弁を設置し消火を優先する設計とし、水源及び消火ポンプは多重性又は多様性を有する設計とする。また、屋内、屋外の消火範囲を考慮し消火栓を配置するとともに、移動式消火設備を配備する設計とする。

消火設備の消火剤は、想定される火災の性質に応じた十分な容量を配備し、管理区域で放出された場合に、管理区域外への流出を防止する設計とする。

消火設備は、火災の火炎等による直接的な影響、流出流体等による二次的影響を受けず、安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさないよう設置し、外部電源喪失時の電源確保を図るとともに、中央制御室に故障警報を発する設計とする。また、防火ダンパを設け煙の二次的影響が安全機能を有する構築物、系統及び機器に悪影響を及ぼさない設計とする。

なお、消火設備を設置した場所への移動及び操作を行うため、蓄電池を内蔵する照明器具を設置する設計とする。

【別添資料 1-資料 1(2. 1. 2. 1)】

(c-4) 火災の影響軽減

火災の影響軽減については、安全機能を有する構築物、系統及び機

器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響を軽減するため、以下の対策を講じる設計とする。原子炉の高温停止及び低温停止を達成し、維持するための安全機能を有する構築物、系統及び機器並びに放射性物質の貯蔵又は閉じ込め機能を有する構築物、系統及び機器を設置する火災区域は、3時間以上の耐火能力を有する耐火壁（耐火隔壁含む。）、天井、床により他の火災区域と分離する設計とする。また、互いに相違する系列間の火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブル並びにこれらに関連する非安全系ケーブルは、3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離された設計、又は互いに相違する系列間の水平距離が6m以上あり、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する設計、又は1時間の耐火能力を有する隔壁等で互いの系列間を分離し、かつ、火災感知設備及び自動消火設備を設置する設計とする。系統分離を行うために設けられた火災区域又は火災区画に設置される消火設備は、系統分離に応じた独立性を有する設計とする。

ただし、火災の影響軽減のための措置を講じる設計と同等の設計として、中央制御室制御盤に関しては、操作スイッチの離隔等による分離対策、高感度煙検出設備の設置、常駐する運転員による消火活動等により、上記設計と同等な設計とする。中央制御室床下ケーブルピットに関しては、1時間の耐火能力を有する隔壁等による分離、火災感知設備並びに自動消火設備である局所ガス消火設備を設置する設計とする。

また、原子炉格納容器に関しては、運転中は窒素に置換され火災は発生せず、内部に設置された安全機能を有する構築物、系統及び機器が火災により機能を損なうおそれはないことから、原子炉起動中並びに低温停止中の状態に対して措置を講じる設計とする。原子炉格納容器内の機器には難燃ケーブルを使用する設計とし、火災防護対象機器及び火災防護対象ケーブルは、金属製の電線管等の使用等により火災の影響軽減対策を行う設計とする。また、固有の信号を発する異なる種類の火災感知設備を設ける設計とし、消火器又は消火栓を用いた運転員及び初期消火要員による速やかな初期消火活動により上記設計と同等な設計とする。

【別添資料 1-資料 1(2. 1. 3. 1)】

(c-5) 火災影響評価

設備等の設置状況を踏まえた可燃性物質の量等を基に、想定される

女川原子力発電所 2号炉

溢水による損傷の防止等

保有水量・系統別溢水量算出要領

1. 対象範囲

- (1) 水系及び油系配管系統のすべてを保有水量算出対象とする。
- (2) A系、B系など複数に分割されている場合は、各々の系統について算出する。

2. 系統漏えい量 (W1) 算出要領

溢水量は溢水ガイドに基づき算出した。考慮する条件等を以下に示す。

- (1) 隔離時間 (自動) : 自動隔離を期待できる場合は、インターロックを考慮した隔離時間とする。
- (2) 隔離時間 (手動/単一破損) : 手動隔離の場合、隔離時間は基本 80 分を使用する。
- (3) 破損想定箇所 : 「破損想定箇所の最高使用圧力」、「破損想定箇所の口径」とし、系統で漏えい量が最も厳しい箇所を破損想定とし、建屋毎には算出しない。
- (4) 破損形状は内包する流体のエネルギーに応じて、原則、高エネルギー配管は完全全周破断、低エネルギー配管は、配管内径の 1/2 の長さで配管肉厚 1/2 の幅を有する貫通クラックを想定する。
- (5) 数値処理 : 保守的に算出した漏えい量の小数点以下第 1 位を切り上げた値とする。
- (6) ポンプ運転流量 : 「定格流量」とする。
- (7) 配管内圧 : 「最高使用圧力」とする。
- (8) 停止系統の配管内圧 : 停止中の配管内圧とし、接続される系統の「最高使用圧力」等を用いる。(RHR 系の封水系統など)

以上を踏まえ、当該系統に対して他系統との接続、大容量水源及び補給の何れかが存在する場合、系統漏えい量を以下のとおり算出した。

$$W1(\text{系統漏えい量 (m}^3\text{)}) = Q(\text{流出流量(m}^3\text{/h)}) \times t(\text{隔離時間(h)})$$

ここで、貫通クラックの場合は、以下の計算式より求める。

$$Q(\text{流出流量}) = A \times C \times \sqrt{2 \times g \times H} \times 3600$$

(A : 破断面積(m²), C : 流出流量損失係数(0.82)^{*1}, g : 重力加速度(m/s²))

H : 水頭(m))

※1 流出流量損失係数 C について

流出流量損失係数 C は次式により算出される。

$$C = \sqrt{\frac{1}{1+\xi}} \quad \xi : \text{損失係数}$$

損失係数 ξ は、破損部の入口形状により決定する係数であるが、貫通クラックを想定するため、図 1 (c)が最も近い形状であり、損失係数は 0.50 を使用した。

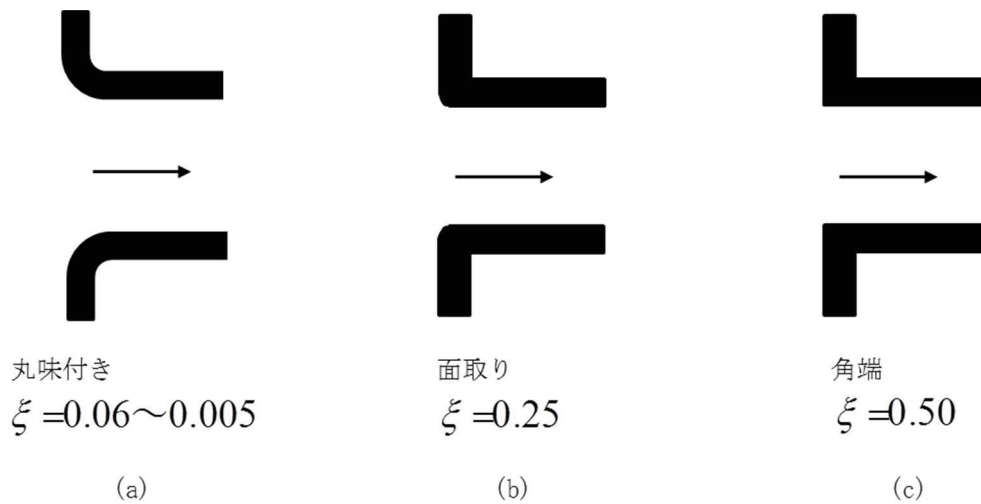


図 1 管路の入口形状と損失形状

3. 系統保有水量 (W2) の算出要領

- (1) 溢水ガイドにおいて破損を想定する機器及び呼び径 25A を超える配管に対し、配管計装線図 (P & I D) にて、保有水量を算出する範囲を抽出する。
- (2) 抽出した範囲について、配管施工図を準備する。
- (3) 配管施工図より配管長を算出する。
 - a. 配管施工図がない場合は、平面図を使用する。
 - b. エルボ、ティー等の管継手部は保守的に配管長を算出する。(図 2 参照)
 - c. レデューサは大口径側の口径を使用する。
 - d. バルブ、スペシャリティ、フランジは接続配管の内径面積×面間寸法により算出するものとする。
- (4) 配管長×内径面積により、保有水量を算出する (内径面積は、公称肉厚にて算出)。
- (5) 機器保有水量は「運転時重量」と「乾燥重量」の差等とする。
- (6) 保有水量の算出に当たっては、評価に保守性を確保する観点から、以下のとおり取り扱う。(いずれの場合も、 10m^3 単位で切り上げ処理)
 - a. 配管保有水量の算出において配管施工図を使用した場合は、呼び径 25A 以下の小口径配管等の保有水量を考慮し、計算値に 10%^{※2}を加味し評価上の保有水量と設定する。
 - b. 配管保有水量の算出において平面図を使用した場合は、配管の立上り等の据付状態及び、呼び径 25A 以下の小口径配管等の保有水量を考慮し、計算値に 50%^{※3}加味し評価上の保有水量と設定する。

c. 機器に接続されている呼び径 25A 以下の小口径配管等の保有水量を考慮し、算出した機器保有水量に 10%^{*2}を加味し評価上の保有水量と設定する。

※2 機器の据付公差による配管長への影響や製作公差による配管断面積への影響、ドレン・ベントライン等の小口径配管、微量の保有水を有するラック内等の保有水量の影響を考慮し、算出した配管保有水量に 10%加味する。

※3 配管の立上り等の据付状態は平面図上に記載がないものと想定し、算出した配管保有水量に 50%加味することとしているが、今回保有水量の算出に用いた平面図においては、配管の立上り等の据付状態が記載されており、据付状態を考慮した保有水量を算出していることから、十分な余裕を確保できていると考えられる

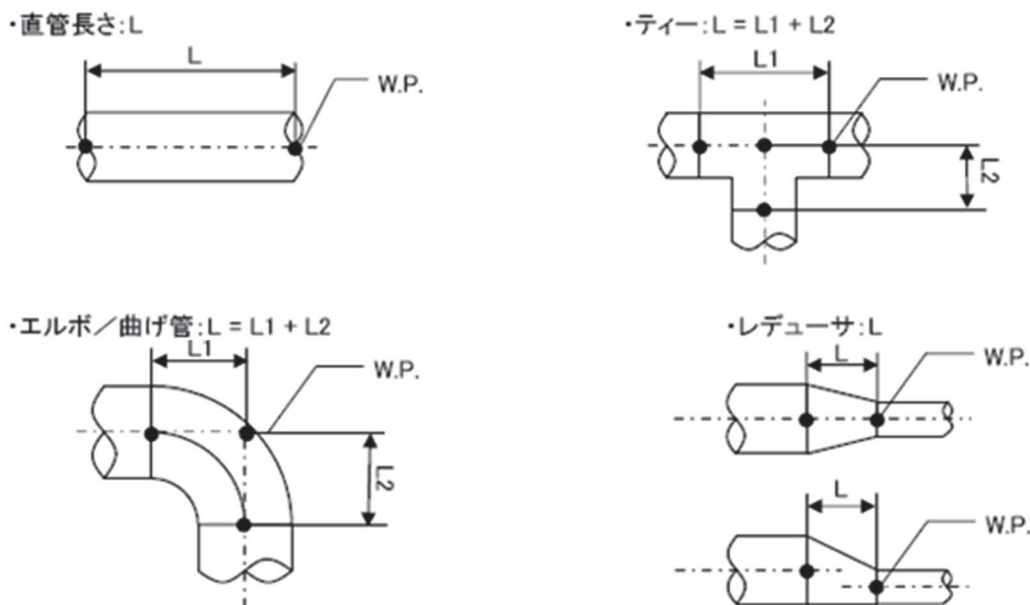


図2 管継手の配管長L

4. 溢水量 (W) 算出要領

(1) 当該システムに対し、他システムとの接続、大容量水源及び補給の何れかが存在する場合の溢水量

$$W(\text{システム溢水量 (m}^3\text{)}) = W1(\text{システム漏えい量 (m}^3\text{)}) + W2(\text{システム保有水量 (m}^3\text{)})$$

(2) 当該システムのみで、他システムとの接続、大容量水源及び補給の何れも無い場合の溢水量

$$W(\text{システム溢水量 (m}^3\text{)}) = W2(\text{システム保有水量 (m}^3\text{)})$$

使用済燃料プール等のスロッシング評価における保守性について

1. 溢水評価における保守性

女川2号炉の使用済燃料プールスロッシング評価で用いた汎用熱流体解析コード「FLUENT」は、自由表面の大変形を伴う複雑な3次元流体現象を精度良く計算することができるものであり、本解析コードについては、小型の矩形容器を用いた加振試験結果による検証を行った結果、溢水量は試験結果とほぼ一致しており、妥当と判断している。^{※1}

また、スロッシング評価における解析モデルは、スロッシング挙動を抑制する方向に働くプールの内部構造物や止水板をモデル化しないこと、解析条件としては、一度プール外に流出した溢水の戻りを考慮しないこととし、評価結果が保守的な評価となるようにしている。

更に、溢水影響評価に適用する溢水量の取扱いとして、スロッシング評価結果を10%割増しすることによって、トータル的にも十分に保守性を持たせるように配慮している。スロッシング評価における各項目での保守性を表1に示す。

※1 補足説明資料 21 「スロッシング評価に用いた汎用熱流体解析コードの概要」

表1 スロッシング評価における各項目での保守性

項目	内容	
解析モデル	使用済燃料プールの内部構造物：使用済燃料貯蔵ラック，制御棒貯蔵ハンガ等 (図1の①)	使用済燃料プールの内部構造物については，スロッシング挙動を抑制する方向に働くが，内部構造物をモデル化しないことによって保守的な評価とする。
	DSピットの内部構造物：蒸気乾燥器，シユクラウドヘッド (図1の②③)	DSピットの内部構造物については，使用済燃料プールと同様に，基本的にスロッシング挙動を抑制する方向に働くことから，内部構造物はモデル化しない。なお，内部構造物がピット内に固定されていないことによる影響は以下のとおりと考えられる。 ^{※1} <ul style="list-style-type: none"> ・内部構造物が滑った場合の挙動は，スロッシングの挙動(固有周期約7秒)とは異なるため，スロッシングを増長させない ・一般に水が大きく揺動すると考えられる領域(DSピットの上部)には内部構造物はないため，スロッシングによる影響は小さい
	キャスクピット (図1の④)	キャスクピットはモデル化するが，ピット内部を中実構造としてモデル化することで，保守的な評価とする。なお，ピット内部を中実構造とすることで，スロッシングによりキャスクピット内に流れ込む水が，プール外へ溢水しやすくなり，溢水量は増加する傾向にある。
	止水板 (図1の⑤)	使用済燃料プール廻りに設置された止水板については，スロッシングによる溢水を抑制する効果があるが，モデル化しないことによって保守的な評価とする。
解析条件	スロッシングによって一度プール外に流出した溢水については，プール内に戻る場合も想定されるが，保守的な扱いとしてプール内への戻りを考慮しない。	
溢水量	スロッシング評価結果を10%割増しすることで，溢水影響評価に適用する溢水量を保守的に設定する。	

※1 別紙参照

D S ピットにおける内部構造物のスロッシング影響について

1. 内部構造物の滑りによるスロッシング影響について

内部構造物はD S ピットに固定されていないため、地震力が内部構造物の最大静止摩擦力を越えたときに滑りが発生すると考えられるが、その挙動については、図1の加速度時刻歴に示すとおり、短い周期での交番挙動となると考えられる。

一方、図2の液面変動に示すとおり、スロッシングは固有周期約4～7秒の長周期による挙動である。

これらの挙動が同時に発生した場合の影響は以下のとおりと考える。

- (1) 内部構造物の滑りがスロッシング量を増加させるためには、滑りの発生時刻、方向及び速度がすべてスロッシングと同調することが必要と考えられるが、これらがすべて同調することは考えにくいいため、滑りがスロッシング量を増加させる可能性は少ないと考えられる。
- (2) 仮に一時的に、滑りの発生時刻、方向及び速度がスロッシングに同調したとしても、図3に示すとおり、直後に逆方向の滑りとなるか、又は静止するため、スロッシングを抑制する方向に働くと考えられる。
- (3) 上記のとおり、滑りによるスロッシングへの影響は十分に少ないと考えられるが、解析による溢水量に対して切り上げ処理及び10%増しすることにより保守的に溢水量を算出していることから、女川2号炉にて設定した溢水量は妥当であると考えられる。

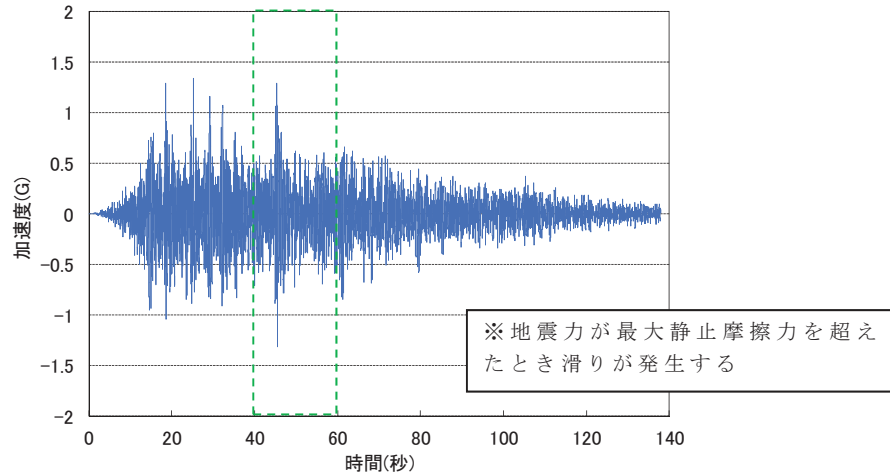


図 1 基準地震動 $S_s - D1$ による加速度時刻歴 (EW方向の例)

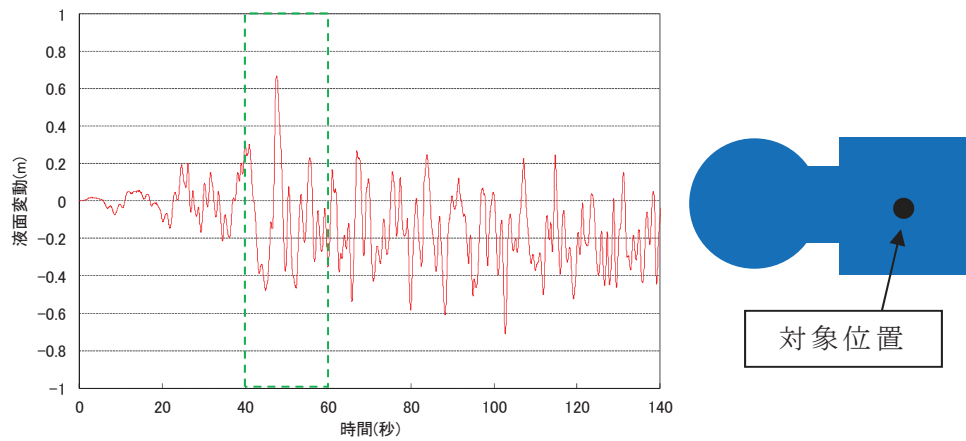


図 2 DSピットのスロッシングによる液面変動 (中心部)

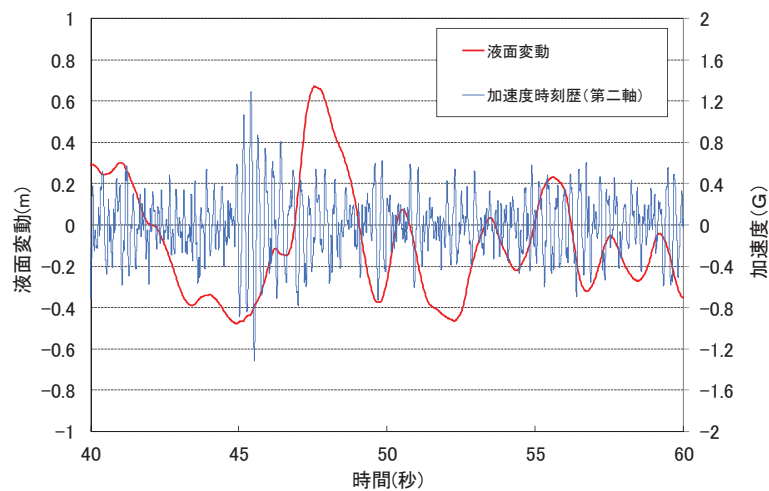


図 3 スロッシングによる液面変動と加速度時刻歴の比較 (40~60 秒)

2. 内部構造物の位置と水の揺動範囲について

DSピットの内部構造物の位置及び液面変動の断面図を図4に示す。

この結果から、スロッシングによる液面変動は水面から1m程度の範囲であるが、内部構造物は水面から2m程度の深い位置に設置されているため、スロッシングによる内部構造物の滑り影響は小さいものと考えられる。

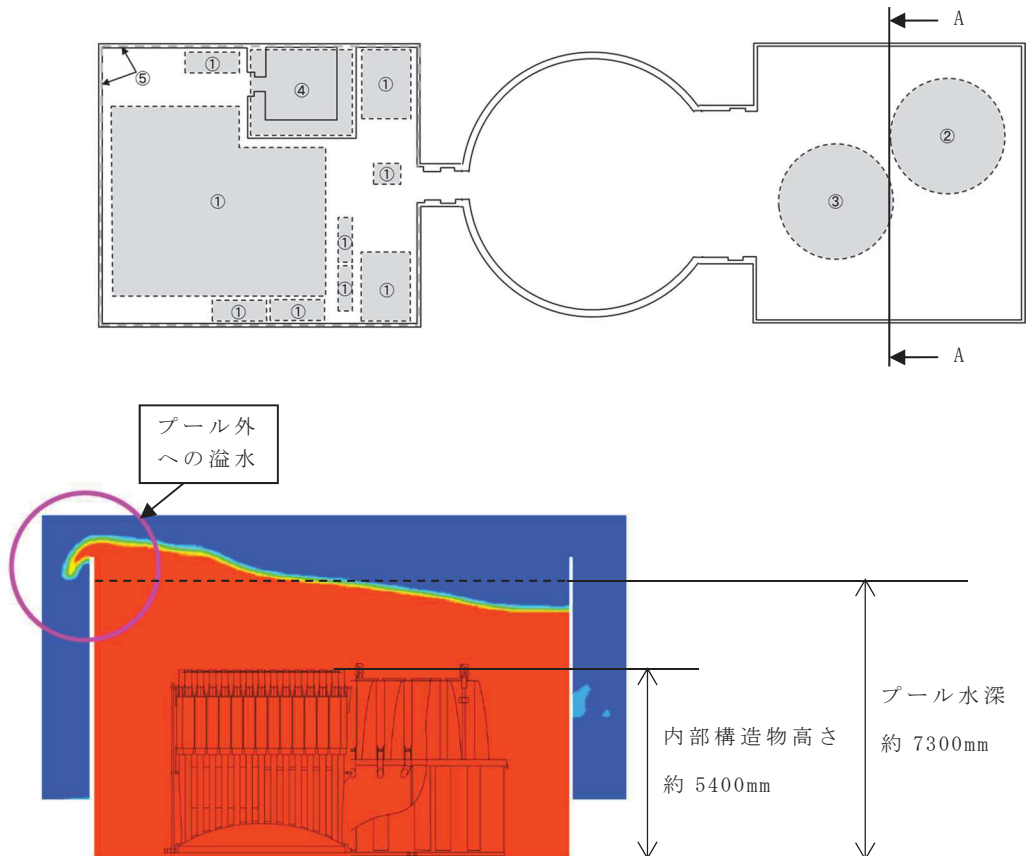


図4 DSピット内部構造物と液面変動の関係 (A-A断面の例)

女川原子力発電所 2 号炉

原子炉冷却材圧力バウンダリ

表 11 クラス 1 機器に対する要求事項と建設時又は改造工事における
原子炉冷却材圧力バウンダリ拡大範囲の対応状況

	クラス 1 機器 (配管・弁) に対する要求事項	女川 2 号炉における原子炉冷却材圧 力バウンダリ拡大範囲の対応状況 (建設時又は改造工事)	
材 料	「実用発電用原子炉及びその付属施 設の技術基準に関する規則」及び「そ の解釈」で規定されている※ ¹ , クラ ス 1 配管・弁に適用可能な材料を使用 すること。	「実用発電用原子炉及びその付属施 設の技術基準に関する規則」及び「そ の解釈」で規定されている※ ¹ , クラ ス 1 配管・弁に適用可能な材料を使用 している。	
破壊靱性 試験	クラス 1 配管・弁のうち, 厚さが 16 mm 以上の材料, 外径が 169 mm 以上の 管の材料 等に対しシャルピー衝撃 試験を要求	クラス 1 配管・弁※ ⁴ に対しシャルピー 衝撃試験を実施している。	
材料への 非破壊検査	【配管】 UT 及び MT 又は PT 【弁】 RT 又は UT 及び MT 又は PT	【配管】 UT 及び PT を実施している。 【弁】 RT 及び MT を実施している。	
耐圧検査	最高使用圧力の 1.25 倍の圧力で実 施すること。	最高使用圧力の 1.25 倍の圧力で実 施。	
溶接部	開先面 検査	継手区分 A～D の溶接部の開先面に 対し MT 又は PT。 ただし, 圧延又は鍛造によって作ら れた母材であって, 厚さが 50 mm 以 下のものは, この限りでない。	PT を実施
	非破壊 検査	RT 及び MT 又は PT	RT 及び MT※ ² 又は RT 及び PT※ ³ を実施。
	機械 試験	クラス 1 配管・弁の継手区分 A, B, C の溶接部のうち, 厚さが 16 mm 以上の溶接部, 外径が 169 mm 以 上の管の溶接部 等に対し機械試験を 要求	厚さが 16 mm 以上, 外径が 169 mm 以 上の配管・弁※ ⁴ に対しシャルピー衝 撃試験を実施している。

記号説明 UT: 超音波探傷試験, RT: 放射線透過試験, MT: 磁粉探傷試験, PT: 浸透探傷試験

※¹ 「発電用原子力設備に関する構造等の技術基準 (昭和 55 年通商産業省告示 501 号)」又は「JSME S NC1
発電用原子力設備規格 設計・建設規格 2005 (2007)」による

※² 「残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン/吸込ライン」及び「残留熱除去系ヘッドスプレイラインの
改造工事範囲」については RT 及び MT を実施している

※³ 「残留熱除去系ヘッドスプレイラインの建設時施工範囲」については RT 及び PT を実施している

※⁴ 「残留熱除去系停止時冷却モード戻りライン/吸込ライン」及び「残留熱除去系ヘッドスプレイライン」
が該当する

41 条 火災による損傷の防止

目 次

- 41-1 重大事故等対処施設における火災防護に係る基準規則等への適合性について
- 41-2 火災による損傷の防止を行う重大事故等対処施設の分類について
- 41-3 火災による損傷の防止を行う重大事故等対処施設に係る火災区域又は火災区画の設定について
- 41-4 重大事故等対処施設が設置される火災区域又は火災区画の火災感知設備について
- 41-5 重大事故等対処施設が設置される火災区域又は火災区画の消火設備について
- 41-6 重大事故等対処施設が設置される火災区域又は火災区画の火災防護対策について

添付資料 11

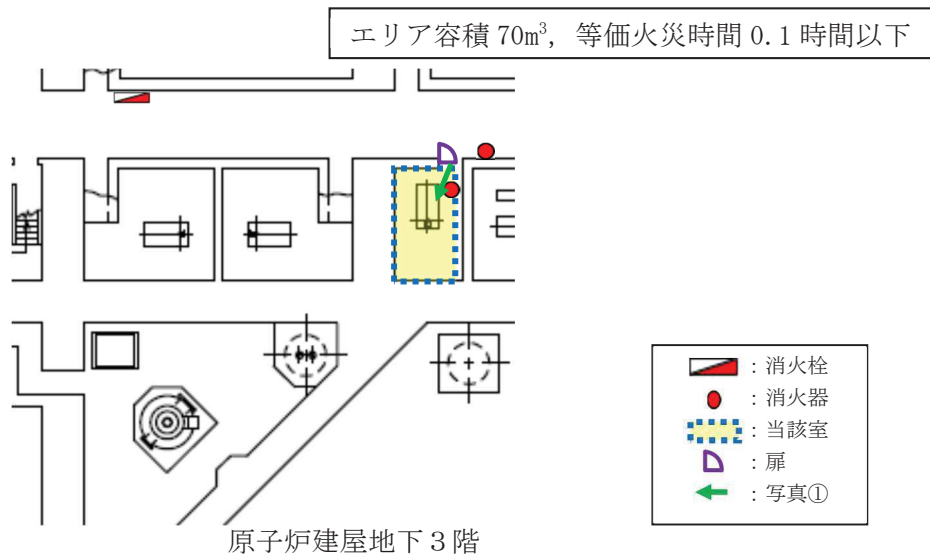
女川原子力発電所 2 号炉における
重大事故等対処施設周辺の
可燃物等の状況について

(3) 代替循環冷却ポンプ室 (R-1-21)

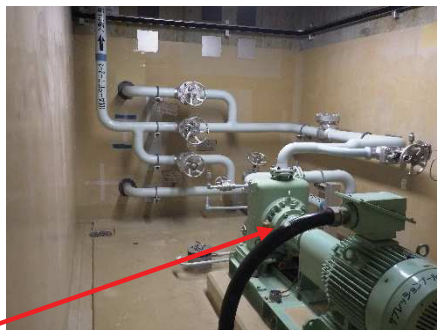
代替循環冷却ポンプ室に設置している機器は、代替循環冷却ポンプである。これらは不燃材、難燃材で構成されており、ケーブルは電線管及び可とう電線管に敷設している。

可燃物としては、ポンプ軸受に少量の潤滑油を使用している。軸受は、不燃材である金属で覆われており、万一軸受部から発火した場合でも設備外部に燃え広がることがないこと、当該室は機械換気（エリア容積 70 m³ に対し換気風量 900m³/h）する設計であることから、煙の充満により消火活動は困難とならない。その他、可燃物である照明器具やコンセント等が設置されているが、可燃物管理により火災荷重を低く抑えることから、火災が発生した場合でも火災規模は小さく、煙の充満により消火活動が困難とならないため、消火器による消火が可能である。

(エリアレイアウト)



室内の様子 (写真①) 及び設置されている機器



ポンプ (設置予定場所)

※写真の設備を撤去しポンプ新設予定

女川原子力発電所 2 号炉

重大事故等対処設備について

令和元年 7 月

東北電力株式会社

目次

1. 重大事故等対処設備【43 条】
2. 基本設計の方針
 - 2.1 耐震性・耐津波性
 - 2.1.1 発電用原子炉施設の位置
 - 2.1.2 耐震設計の基本方針【39 条】
 - 2.1.3 耐津波設計の基本方針【40 条】
 - 2.2 火災による損傷の防止【41 条】
 - 2.3 重大事故等対処設備に関する基本方針【43 条】
3. 個別設備の設計方針
 - 3.1 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備【44 条】
 - 3.2 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備【45 条】
 - 3.3 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備【46 条】
 - 3.4 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備【47 条】
 - 3.5 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備【48 条】
 - 3.6 原子炉格納容器内の冷却等のための設備【49 条】
 - 3.7 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備【50 条】
 - 3.8 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備【51 条】
 - 3.9 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備【52 条】
 - 3.10 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備【53 条】
 - 3.11 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備【54 条】
 - 3.12 発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備【55 条】
 - 3.13 重大事故等の収束に必要な水の供給設備【56 条】
 - 3.14 電源設備【57 条】
 - 3.15 計装設備【58 条】
 - 3.16 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備【59 条】
 - 3.17 監視測定設備【60 条】
 - 3.18 緊急時対策所【61 条】
 - 3.19 通信連絡を行うために必要な設備【62 条】
 - 3.20 原子炉圧力容器
 - 3.21 原子炉格納容器
 - 3.22 燃料貯蔵設備
 - 3.23 非常用取水設備
 - 3.24 原子炉建屋原子炉棟

下線部：今回提出資料

1. 重大事故等対処設備【43条】

2.3 重大事故等対処設備に関する基本方針【43条】

屋外に保管する可搬型重大事故等対処設備は、原子炉建屋及び制御建屋から 100m 以上の離隔距離を確保するとともに、当該可搬型重大事故等対処設備がその機能を代替する屋外の設計基準事故対処設備等及び常設重大事故等対処設備から 100m 以上の離隔距離を確保した上で、複数箇所に分散して保管する設計とする。

なお、洪水、地滑り及びダム崩壊については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

サポート系の故障に対しては、系統又は機器に供給される電力、空気、油及び冷却水を考慮し、可搬型重大事故防止設備は、設計基準事故対処設備等又は常設重大事故防止設備と異なる駆動源、冷却源を用いる設計とするか、駆動源、冷却源が同じ場合は別の手段が可能な設計とする。また、水源についても可能な限り、異なる水源を用いる設計とする。

c. 可搬型重大事故等対処設備と常設重大事故等対処設備の接続口

原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備と常設設備との接続口は、共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、それぞれ互いに異なる複数の場所に設置する設計とする。なお、洪水、地滑り及びダム崩壊については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。

環境条件に対しては、想定される重大事故等が発生した場合における温度、放射線、荷重及びその他の使用条件において、その機能を確実に発揮できる設計とする。接続口は、建屋の異なる面の隣接しない位置又は建屋内及び建屋面の適切に離隔した位置に複数箇所設置する。重大事故等時の環境条件における健全性については「1.1.7.3 環境条件等」に記載する。風（台風）、凍結、降水、積雪及び電磁的障害に対しては、環境条件にて考慮し、機能が損なわれない設計とする。

地震に対して接続口は、「1.10 発電用原子炉設置変更許可申請に係る安全設計の方針」に基づく地盤上の建屋内又は建屋壁面に複数箇所設置する。

地震、津波及び火災に対して接続口は、「1.4.2 重大事故等対処施設の耐震設計」、「1.5.2 重大事故等対処施設の耐津波設計」及び「1.6.2 重大事故等対処施設の火災防護に関する基本方針」に基づく設計とする。

溢水に対して接続口は、想定される溢水水位に対して機能を喪失しない位置に設置する。

風（台風）、竜巻、落雷、火山の影響、生物学的事象、森林火災、飛来物（航空機落下）、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突及び故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対して、接続口は、建屋の異なる面の隣接しない位置又は建屋内及び建屋面の適切に離隔した位置に複数箇所設置する。

生物学的事象のうちネズミ等の小動物に対して、屋外に設置する場合は、開口部の閉止により重大事故等に対処するために必要な機能が損なわれるおそれのない設計とする。

高潮に対して接続口は、高潮の影響を受けない敷地高さに設置する。

また、一つの接続口で複数の機能を兼用して使用する場合には、それぞれの機能に必要な容量が確保できる接続口を設ける設計とする。同時に使用する可能性がある場合は、合計の容量を確保し、状況に応じて、それぞれの系統に必要な容量を同時に供給できる設計とする。

(2) 悪影響防止

重大事故等対処設備は、発電用原子炉施設（他号炉を含む。）内の他の設備（設計基準対象施設及び当該重大事故等対処設備以外の重大事故等対処設備）に対して悪影響を及ぼさない設計とする。

他の設備への悪影響としては、重大事故等対処設備使用時及び待機時の系統的な影響（電氣的な影響を含む。）並びにタービンミサイル等の内部発生飛散物による影響を考慮し、他の設備の機能に悪影響を及ぼさない設計とする。

系統的な影響に対しては、重大事故等対処設備は、弁等の操作によって設計基準対象施設として使用する系統構成から重大事故等対処設備としての系統構成とすること、重大事故等発生前（通常時）の隔離若しくは分離された状態から弁等の操作や接続により重大事故等対処設備としての系統構成とすること、他の設備から独立して単独で使用可能なこと、設計基準対象施設として使用する場合と同じ系統構成で重大事故等対処設備として使用すること等により、他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。

また、放水砲については、建屋への放水により、当該設備の使用を想定する重大事故時において必要となる屋外の他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。

内部発生飛散物による影響に対しては、内部発生エネルギーの高い流体を内蔵する弁及び配管の破断、高速回転機器の破損、ガス爆発並びに重量機器の落下を考慮し、重大事故等対処設備がタービンミサイル等の発生源となることを防ぐことで、他の設備に悪影響を及ぼさない設計とする。

(3) 共用の禁止

常設重大事故等対処設備の各機器については、2以上の発電用原子炉施設において共用しない設計とする。

1.1.7.2 容量等

(1) 常設重大事故等対処設備

常設重大事故等対処設備は、想定される重大事故等の収束において、想定する事象及びその事象の進展等を考慮し、重大事故等時に必要な目的を果たすために、事故対応手段としての系統設計を行う。重大事故等の収束は、これらの系統の組合せにより達成する。

「容量等」とは、ポンプ流量、タンク容量、伝熱容量、弁吹出量、発電機容量、蓄電池容量、計装設備の計測範囲、作動信号の設定値等とする。

女川原子力発電所 2 号炉

重大事故等対処設備について (補足説明資料)

令和元年 7 月

東北電力株式会社

枠囲みの内容は商業機密又は防護上の観点から公開できません。

目次

- 39 条 地震による損傷の防止
- 41 条 火災による損傷の防止
- 共通 重大事故等対処設備
- 44 条 緊急停止失敗時に発電用原子炉を未臨界にするための設備
- 45 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ高圧時に発電用原子炉を冷却するための設備
- 46 条 原子炉冷却材圧力バウンダリを減圧するための設備
- 47 条 原子炉冷却材圧力バウンダリ低圧時に発電用原子炉を冷却するための設備
- 48 条 最終ヒートシンクへ熱を輸送するための設備
- 49 条 原子炉格納容器内の冷却等のための設備
- 50 条 原子炉格納容器の過圧破損を防止するための設備
- 51 条 原子炉格納容器下部の熔融炉心を冷却するための設備
- 52 条 水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備
- 53 条 水素爆発による原子炉建屋等の損傷を防止するための設備
- 54 条 使用済燃料貯蔵槽の冷却等のための設備
- 55 条 発電所外への放射性物質の拡散を抑制するための設備
- 56 条 重大事故等の収束に必要な水の供給設備
- 57 条 電源設備
- 58 条 計装設備
- 59 条 運転員が原子炉制御室にとどまるための設備
- 60 条 監視測定設備
- 61 条 緊急時対策所
- 62 条 通信連絡を行うために必要な設備
- その他 原子炉圧力容器，原子炉格納容器，燃料貯蔵設備，非常用取水設備，
原子炉建屋原子炉棟

下線部：今回提出資料

共通 重大事故等対処設備

目次

- 共-1 重大事故等対処設備の設備分類及び選定について
- 共-2 類型化区分及び適合内容
- 共-3 重大事故等対処設備の環境条件について
- 共-4 可搬型重大事故等対処設備の必要容量，予備数及び保有数について
- 共-5 可搬型重大事故等対処設備の接続口について
- 共-6 重大事故等対処設備の外部事象に対する防護方針について
- 共-7 重大事故等対処設備の内部火災に対する防護方針について
- 共-8 重大事故等対処設備の内部溢水に対する防護方針について
- 共-9 自主対策設備の悪影響防止について
- 共-10 重大事故等対処設備の許可状況について

下線部：今回提出資料

共-5 可搬型重大事故等対処設備の接続口について

1. 可搬型重大事故等対処設備の接続口における共通要因故障の防止

【設置許可基準規則】

第四十三条第3項第三号 常設設備と接続するものにあつては、共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、可搬型重大事故等対処設備（原子炉建屋の外から水又は電力を供給するものに限る。）の接続口をそれぞれ互いに異なる複数の場所に設けるものであること。

(1) 想定する共通要因

原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備と常設設備との接続口は、共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、それぞれ互いに異なる複数の場所に設置する設計とする。

共通要因としては、環境条件、自然現象、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つて人為によるもの（以下「人為事象」という。）、溢水及び火災を考慮する。

発電所敷地で想定される自然現象については、網羅的に抽出するために、地震、津波に加え、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき収集した洪水、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、森林火災等の事象を考慮する。これらの事象のうち、発電所敷地及びその周辺での発生の可能性、重大事故等対処設備への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間余裕の観点から、重大事故等対処設備に影響を与えるおそれがある事象として、地震、津波、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する。

発電所敷地又はその周辺において想定される人為事象については、網羅的に抽出するために、発電所敷地及びその周辺での発生実績の有無に関わらず、国内外の基準や文献等に基づき収集した飛来物（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、電磁的障害、故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム等の事象を考慮する。これらの事象のうち、発電所敷地及びその周辺での発生の可能性、重大事故等対処設備への影響度、事象進展速度や事象進展に対する時間余裕の観点から、重大事故等対処設備に影響を与えるおそれがある事象として、飛来物（航空機落下）、ダムの崩壊、爆発、近隣工場等の火災、有毒ガス、船舶の衝突、電磁的障害及び故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムを選定する。

なお、洪水、地滑り及びダムの崩壊については、立地的要因により設計上考慮する必要はない。また、船舶の衝突に対しては、カーテンウォールにより船舶の侵入が阻害されることから、設計上考慮する必要はなく、津波を想定し船舶がカーテンウォール上部を通過して発電所へ近づいた場合であっても、防潮堤により船舶の侵入が阻害されることから、設計上考慮する必要はない。

(2) 接続口の設置位置に対する考慮

可搬型重大事故等対処設備（原子炉建屋の外から水又は電力を供給するものに限る。）の接続口については、(1)にて選定した共通要因によって接続することができなくなることを防止するため、以下の考慮事項を踏まえ、複数箇所設置する設計とする。

- a. 設計基準事故対処設備の区分Ⅰ及び区分Ⅱの系統と接続し、重大事故等対処設備としての系統を構成する接続口は、可能な限り設計基準事故対処設備の区画区分を踏まえた設計とする。
- b. プラントの一般的な設計においては、漏えいや結露による電気品への影響を考慮し、電気品室に水を供給する配管を配置しない設計としていることから、可能な限り水を供給する配管は電気品を配置した区画を通過しない設計とする。
- c. 水を供給する接続口は、設置作業の効率化及び被ばく低減を目的に、大容量送水ポンプ（タイプⅠ）により複数の系統に同時に送水可能な設計とすることを踏まえ、複数の系統の接続口は可能な限り集約した配置とする。
- d. 接続口の設置位置に応じた配管圧力損失等と可搬型重大事故等対処設備の容量の関係を踏まえ、系統成立性を考慮した接続口の配置とする。
- e. 共通要因のうち、敷地内において影響を及ぼす範囲が限定的な事象である竜巻のうち飛来物に対しては、複数の接続口に同時に飛来物が衝突することは想定し難いものの、接続することができなくなることを防止するため、原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置、又は原子炉建屋の外壁により離隔される原子炉建屋内及び原子炉建屋外に接続口を配置する。
- f. 共通要因のうち、敷地内において影響を及ぼす範囲が限定的な事象である故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対しては、接続することができなくなることを防止するため、原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置、又は原子炉建屋の外壁により離隔される原子炉建屋内及び原子炉建屋外に接続口を配置する。
- g. 建屋の構造上の制約を踏まえ、接続口は上記を可能な限り考慮した位置に設置する。

これらの考慮事項を踏まえた上で、「①原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置」、又は「②原子炉建屋の外壁により離隔される原子炉建屋内及び原子炉建屋外」に設置することで、適切な離隔を有する設計とする。

原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口の接続箇所を表1及び図1から図4に示す。

表 1 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口 (1/3)

接続口	接続箇所	共通要因故障防止に 対する適合方針*	使用用途	接続設備	接続方式	備考
原子炉・格納容器下部注水接続口 (北)	原子炉建屋北側	竜巻：② 故意による大型航空機の衝 突その他のテロリズム：② 上記以外の共通要因：①又は ②	低圧代替注水系（可 搬型）【47条】 原子炉格納容器下部 注水系（可搬型）【51 条】	大容量送水ポンプ （タイプI）	フランジ 接続	系統構成上、原 子炉注水と格 納容器下部注 水は同時使用 可能
原子炉・格納容器下部注水接続口 (東)	原子炉建屋東側				フランジ 接続	
原子炉・格納容器下部注水接続口 (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	
格納容器スプレイ接続口（北）	原子炉建屋北側	竜巻：② 故意による大型航空機の衝 突その他のテロリズム：② 上記以外の共通要因：①又は ②	原子炉格納容器代替 スプレイ冷却系（可 搬型）【49条, 51条】	大容量送水ポンプ （タイプI）	フランジ 接続	-
格納容器スプレイ接続口（東）	原子炉建屋東側				フランジ 接続	
格納容器スプレイ接続口（建屋内）	原子炉建屋内				フランジ 接続	

※ ①原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置に接続口を設置する。

②原子炉建屋の外壁により隔離される原子炉建屋内及び原子炉建屋外に接続口を設置する。

表 1 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口 (2/3)

接続口	接続箇所	共通要因故障防止に 対する適合方針※	使用用途	接続設備	接続方式	備考
熱交換器ユニット接続口 (RHR 供給) (北)	原子炉建屋北側	竜巻：② 上記以外の共通要因：①又は②	原子炉補機代替冷却 水系【48条】	熱交換器ユニット	フランジ 接続	-
熱交換器ユニット接続口 (RHR 戻り) (北)	原子炉建屋北側				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (RHR 供給) (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (RHR 戻り) (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (RHR 供給) (西)	原子炉建屋西側				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (RHR 戻り) (西)	原子炉建屋西側				フランジ 接続	
燃料プール注水接続口 (北)	原子炉建屋北側	竜巻：② 故意による大型航空機の衝突 その他のテロリズム：② 上記以外の共通要因：①又は②	燃料プール代替注水 系(常設配管)【54条】	大容量送水ポンプ (タイプI)	フランジ 接続	-
燃料プール注水接続口 (東)	原子炉建屋東側				フランジ 接続	
燃料プール注水接続口 (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	
燃料プールスプレイ接続口 (北)	原子炉建屋北側	竜巻：② 故意による大型航空機の衝突 その他のテロリズム：② 上記以外の共通要因：①又は②	燃料プールスプレイ 系(常設配管)【54条】	大容量送水ポンプ (タイプI)	フランジ 接続	-
燃料プールスプレイ接続口 (東)	原子炉建屋東側				フランジ 接続	
燃料プールスプレイ接続口 (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	

※ ①原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置に接続口を設置する。

②原子炉建屋の外壁により隔離される原子炉建屋内及び原子炉建屋外に接続口を設置する。

表1 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口 (3/3)

接続口	接続箇所	共通要因故障防止に 対する適合方針※	使用用途	接続設備	接続方式	備考
熱交換器ユニット接続口 (その他負荷供給) (北)	原子炉建屋北側	竜巻：② 上記以外の共通要因：①又は②	原子炉補機代替冷却 水系【54条】	熱交換器ユニット	フランジ 接続	(「その他負荷」 はFPC熱交換 器, FPCポンプ 室空調機, FPC ポンプ軸受冷却 器)
熱交換器ユニット接続口 (その他負荷戻り) (北)	原子炉建屋北側				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (その他負荷供給) (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (その他負荷戻り) (建屋内)	原子炉建屋内				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (その他負荷供給) (西)	原子炉建屋西側				フランジ 接続	
熱交換器ユニット接続口 (その他負荷戻り) (西)	原子炉建屋西側				フランジ 接続	
電源車接続口 (原子炉建屋東側)	原子炉建屋内	全ての共通要因：①(対面 配置)又は②	可搬型代替交流電源 設備【57条】 可搬型代替直流電源 設備【57条】	電源車	コネクタ 接続	原子炉建屋内の 接続口までケー ブル敷設
電源車接続口 (原子炉建屋西側)	原子炉建屋西側				コネクタ 接続	—

※ ①原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置に接続口を設置する。

②原子炉建屋の外壁により隔離される原子炉建屋内及び原子炉建屋外に接続口を設置する。

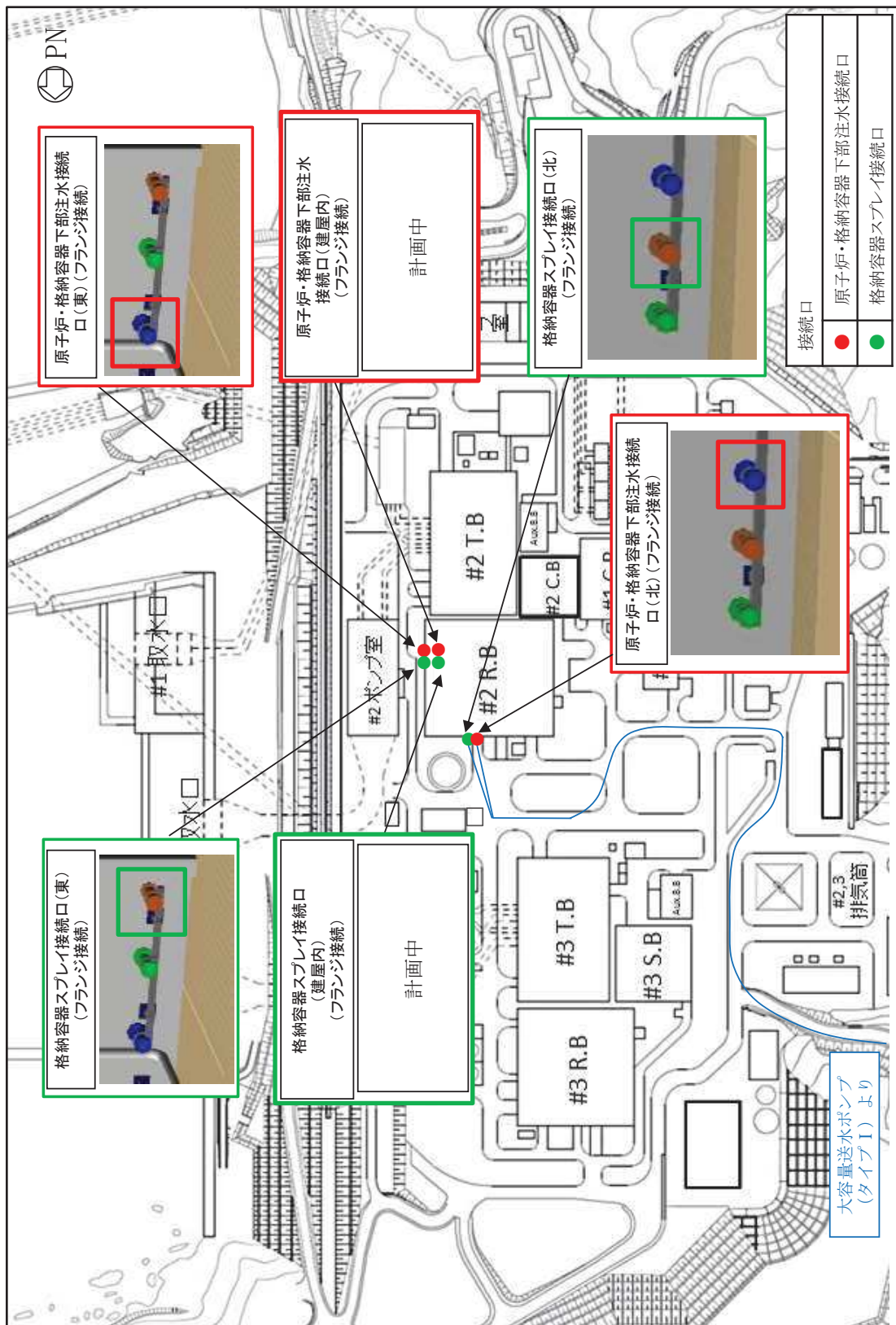


図1 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口
 (低圧代替注水系(可搬型), 原子炉格納容器代替スプレイ冷却系(可搬型), 原子炉格納容器下部注水系(可搬型))

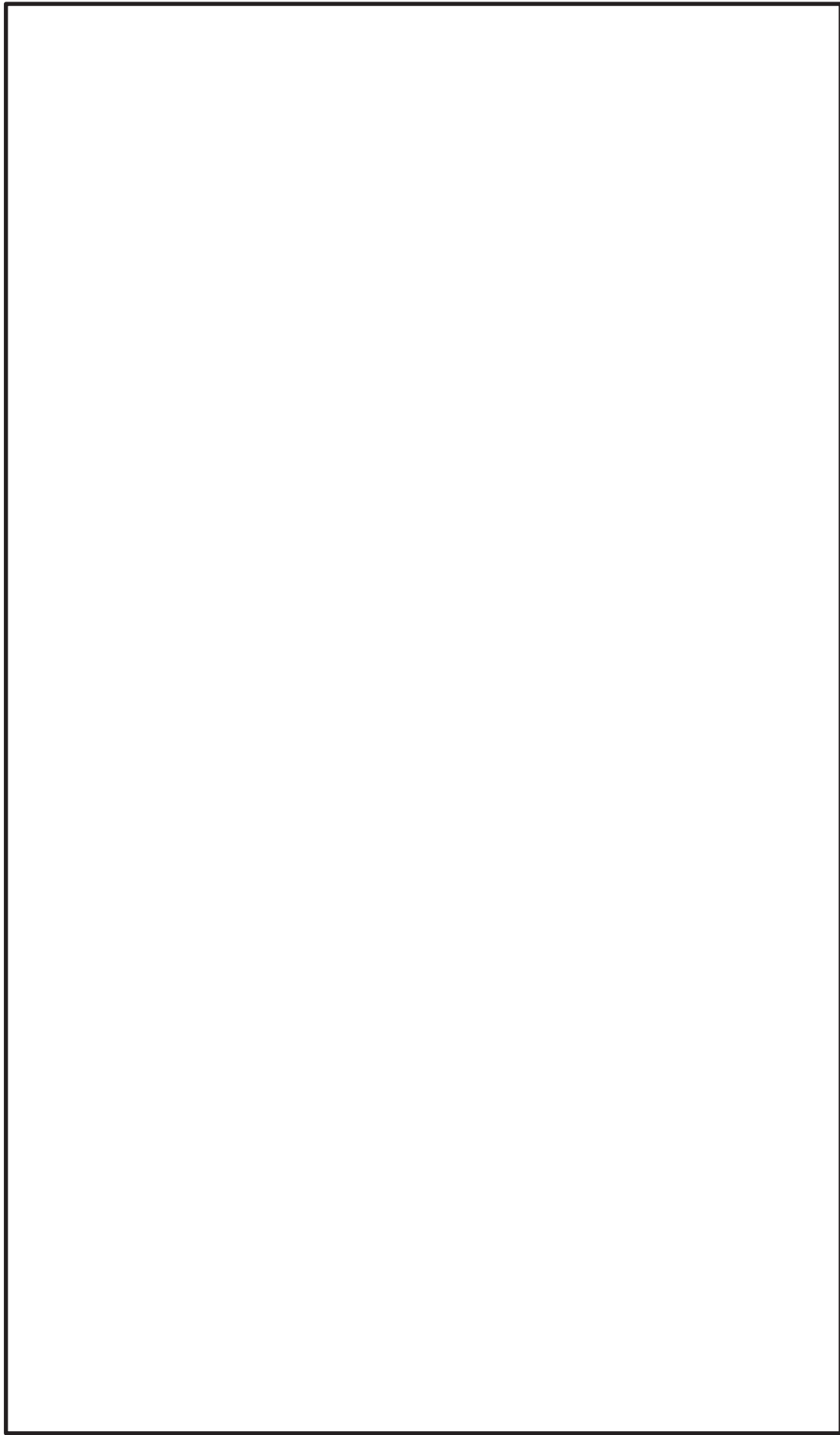


図2 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口
(原子炉補機代替冷却水系)

枠囲みの内容は防護上の観点から公開できません。

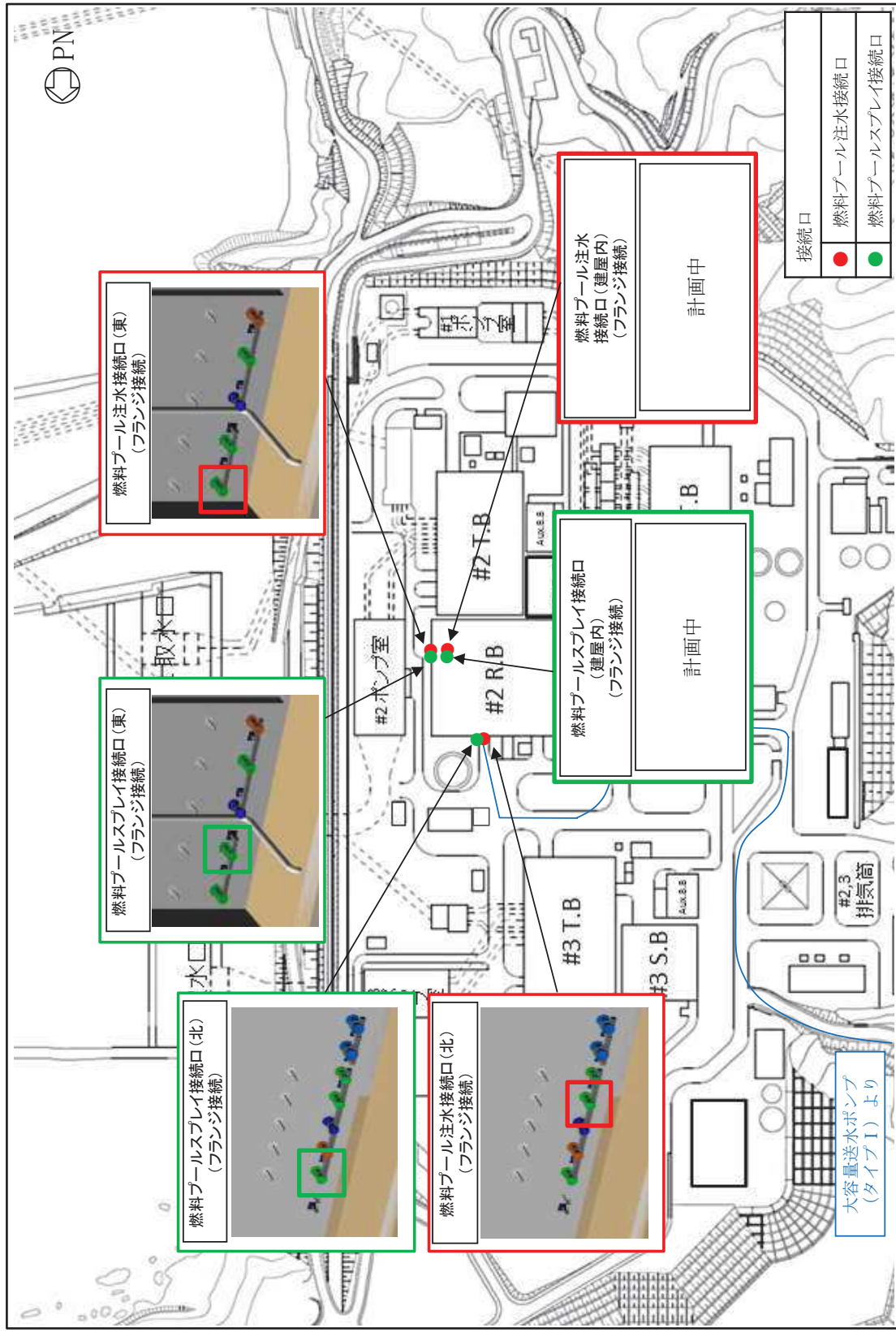


図3 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口
(燃料プールの代替注水系 (常設配管), 燃料プールのスプレイ系 (常設配管))

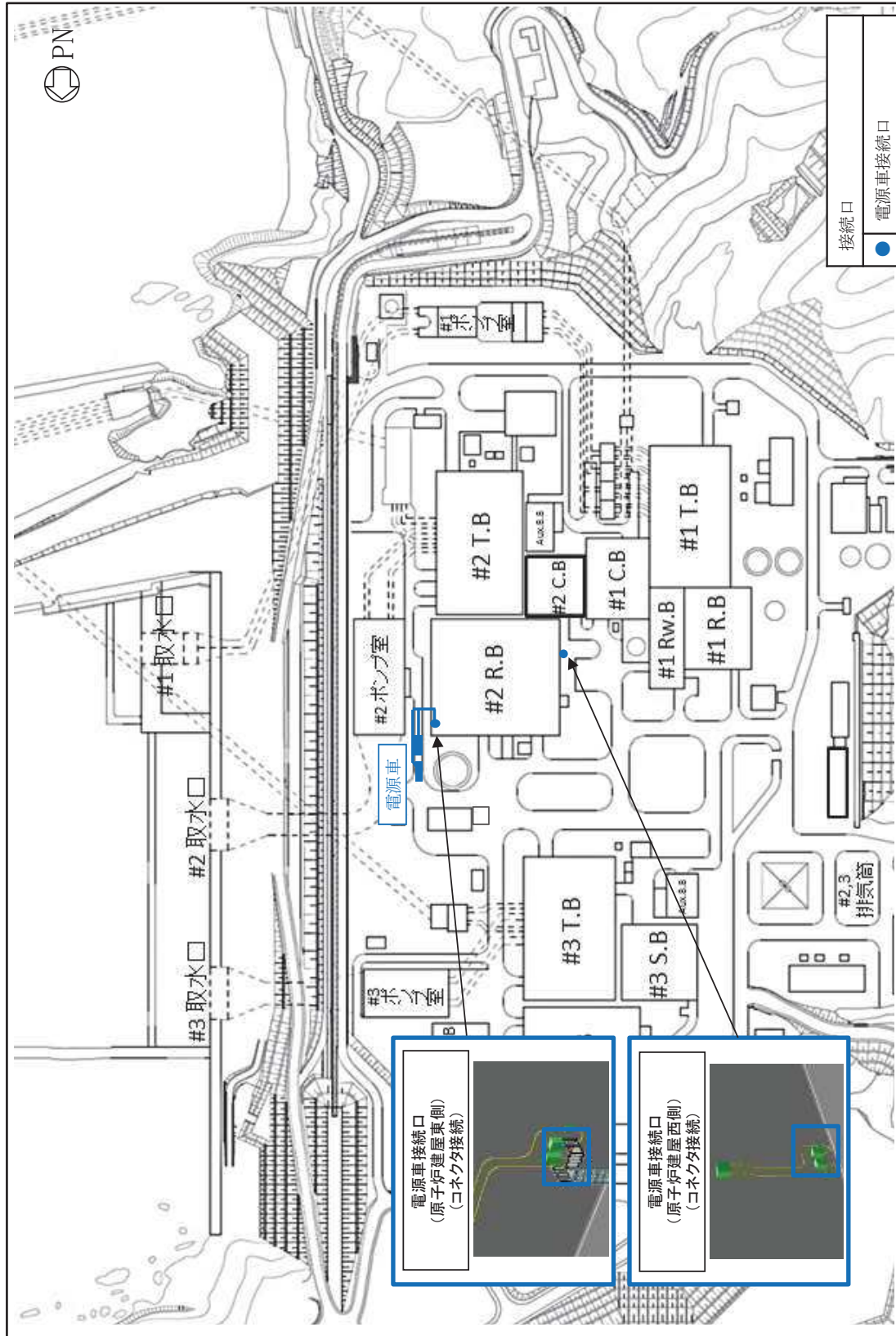


図4 原子炉建屋の外から水又は電力を供給する可搬型重大事故等対処設備の接続口
(可搬型代替交流電源設備, 可搬型代替直流電源設備)

(3) 共通要因の影響評価

「(1) 想定する共通要因」で選定した事象に対して、設計上想定する規模で発生した場合の影響について評価した結果を表2に示す。表2のとおり、想定する共通要因に対し接続口の機能は維持される。

表2 想定する共通要因に対する影響評価結果

項目		評価結果
環境条件		接続口は設置場所に応じた環境条件に対する健全性を確保した設計とすることから、同時に全て機能喪失しない。
地盤		接続口は第38条(重大事故等対処施設の地盤)に基づく地盤上に設置することから、同時に全て機能喪失しない。
自然現象	地震	接続口は第39条(地震による損傷の防止)に基づく設計とし、基準地震動Ssに対して機能を損なわない設計とすることから、同時に全て機能喪失しない。
	津波	接続口は第40条(津波による損傷の防止)に基づく設計とし、基準津波に対して防潮堤、防潮壁にて防護する設計とすることから、接続口は同時に全て機能喪失しない。
	洪水	敷地内には洪水の要因となる河川が存在しないことから、敷地が洪水による被害を受けることはない。
	風(台風)	接続口は設計基準の風荷重に対する強度を有する設計とすることから、同時に全て機能喪失しない。
	竜巻	接続口は竜巻のうち風荷重に対して必要な強度を有する設計とする。また、竜巻のうち飛来物に対しては原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置、又は原子炉建屋の外壁により隔離される原子炉建屋内及び原子炉建屋外の位置的分散により、同時に全て機能喪失しない。
	凍結	接続口は凍結により機能喪失するおそれがないことから、同時に全て機能喪失しない。
	降水	接続口は構内排水設備により降水が排水される箇所に設置することから、同時に全て機能喪失しない。
	積雪	接続口は積雪荷重に対する強度を有する設計とし、また適切に除雪することから、同時に全て機能喪失しない。
	落雷	・ホース接続口は落雷により機能喪失するおそれがないことから、同時に全て機能喪失しない。 ・ケーブル接続口は避雷設備を有する建屋内に設置又は構内接地網と接続するため、同時に全て機能喪失しない。
	地滑り	地すべり地形分布図や土砂災害危険箇所図等によると女川原子力発電所には地滑り、土石流及びがけ崩れを起こすような地形は存在しない。
	火山の影響	接続口は降下火砕物の荷重に対する強度を有する設計とし、また適切に除灰することから、同時に全て機能喪失しない。
	生物学的事象	接続口は開口部を閉止することから、同時に全て機能喪失しない。
	高潮	接続口は高潮の影響を受けない敷地高さに設置することから、同時に全て機能喪失しない。
	外部火災	森林火災
爆発 近隣工場等の火災		・接続口は原子炉建屋内にも有していることから、同時に全て機能喪失しない。
人為事象	飛来物(航空機落下)	接続口は原子炉建屋に設置されており、原子炉建屋等の航空機落下確率評価を行った結果は、約 5.0×10^{-8} 回/炉・年であり、防護設計の要否判断の基準である 10^{-7} 回/炉・年を超えず、評価基準を満足していることから、同時に全て機能喪失しない。
	ダムの崩壊	敷地内には河川がなく、ダムや堰堤は存在しないことから、ダムの崩壊を考慮する必要はない。
	有毒ガス	有毒ガスの毒性については人に与える影響であり、接続口は有毒ガスにより機能喪失するおそれがないことから、同時に全て機能喪失しない。
	船舶の衝突	取水口外側にカーテンウォールが設置されているため、船舶の衝突の影響を受けない。
	電磁的障害	・ホース接続口は電磁的障害により機能喪失するおそれがないことから、同時に全て機能喪失しない。 ・ケーブル接続口は鋼製管体にて電磁波の侵入を防止する処置を講じた設計とすることから、同時に全て機能喪失しない。
	故意による大型航空機の衝突その他のテロリズム	故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムに対しては、原子炉建屋の異なる面の隣接しない位置、又は原子炉建屋の外壁により隔離される原子炉建屋内及び原子炉建屋外の位置的分散により、同時に全て機能喪失しない。(「大規模な自然災害又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムへの対応について(別冊Ⅲ テロの想定脅威の具体的内容)」にて記載。)
	溢水	接続口は想定される溢水水位に対して機能を喪失しない位置に設置することから、同時に全て機能喪失しない。
	火災	接続口は第41条(火災による損傷の防止)に基づく設計とすることから、同時に全て機能喪失しない。

61 条 緊急時対策所

目次

- 61-1 S A設備基準適合性 一覧表
- 61-2 単線結線図
- 61-3 配置図
- 61-4 系統図
- 61-5 試験及び検査
- 61-6 容量設定根拠
- 61-7 保管場所図
- 61-8 アクセスルート図
- 61-9 緊急時対策所について（被ばく評価除く）
- 61-10 緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価について

下線部：今回提出資料（抜粋）

61-9

緊急時対策所について
(被ばく評価除く)

61-9-i

目次

1. 概要
 - 1.1 設置の目的
 - 1.2 拠点配置
 - 1.3 新規制基準への適合方針
2. 設計方針
 - 2.1 建物及び収容人数について
 - 2.2 電源設備について
 - 2.3 遮蔽設計について
 - 2.4 換気空調系設備，加圧設備について
 - 2.5 必要な情報を把握できる設備について
 - 2.6 通信連絡設備について
3. 運用
 - 3.1 必要要員の構成，配置について
 - 3.2 事象発生後の要員の動きについて
 - 3.3 汚染持込み防止について
 - 3.4 配備する資機材の数量及び保管場所について
4. 耐震設計方針について
5. 添付資料
 - 5.1 チェン징エリアについて
 - 5.2 配備資機材等の数量等について
 - 5.3 通信連絡設備の必要な容量及びデータ回線容量について
 - 5.4 SPDSのデータ伝送概要とパラメータについて
 - 5.5 緊急時対策所の要員数とその運用について
 - 5.6 緊急体制について
 - 5.7 発電所対策本部内における各機能班との情報共有について
 - 5.8 設置許可基準規則第6条（外部からの衝撃による損傷の防止）への適合方針について
 - 5.9 女川原子力発電所における発電所対策本部体制と指揮命令及び情報の流れ
 - 5.10 停止中の1号炉及び3号炉のパラメータ監視性について
 - 5.11 免震構造から耐震構造への計画変更について

下線部：今回提出資料（抜粋）

5.11 免震構造から耐震構造への計画変更について

1. はじめに

女川原子力発電所2号炉の緊急時対策所は、申請時の計画では、3号炉建屋内に設置し、将来、免震重要棟を設置した後、3号炉建屋から免震重要棟に移設することとしていた。

その後、3号炉建屋内への設置を取り止め、当初から重要棟を設置するとともに、重要棟の構造を免震構造から耐震構造に変更することとした。

今回、緊急時対策所を設置する建屋の構造を変更したことについて、変更の経緯、内容を示す。

2. 設計方針の変遷の概要

(1) 申請時の方針 (H25.12)

女川原子力発電所2号炉の緊急時対策所は、3号炉建屋内に設置することとしていた。

免震重要棟については、将来設置としており、別途許認可申請を行い、設置後に緊急時対策所を3号炉建屋内から移設することとしていた。

(2) 3号炉建屋内への設置取り止めに伴う検討 (～H27.9)

3号炉建屋内への設置を取り止め、当初から重要棟内に設置する計画に変更することとしたため、重要棟を今回の申請に含めることとした。

その際、それまでの緊急時対策所に係る議論を踏まえ、検討を行った結果、免震構造から耐震構造へ変更することとした。

(3) 現在の状況 (～現在)

耐震構造に変更し、その後の緊急時対策所の設計条件に係る各項目の審査状況を確認し、必要に応じて設計に反映している。

緊急時対策所の設置方針変更に係る主な経緯を表5.11-1に示す。

表5.11-1 緊急時対策所の設置方針変更に係る主な経緯

時 期	経 緯
平成 25 年 12 月	女川原子力発電所 2 号炉の設置変更許可を申請 <ul style="list-style-type: none"> ・ 緊急時対策所を 3 号炉建屋内に設置 ・ 将来的に設置予定の免震重要棟に移設
平成 27 年 2 月	審査会合で当初申請内容を説明
平成 27 年 9 月	以下の方針を社内決定 <ul style="list-style-type: none"> ・ 3 号炉建屋への設置を取り止め、将来設置としていた重要棟に一本化 ・ 重要棟を免震構造から耐震構造に変更
平成 28 年 3 月	審査会合で以下を説明 <ul style="list-style-type: none"> ・ 3 号炉建屋内の設置を取り止め、将来設置としていた重要棟に一本化
平成 28 年 4 月	審査会合で以下を説明 <ul style="list-style-type: none"> ・ 重要棟を免震構造から耐震構造に変更
平成 28 年 12 月	審査会合で以下を説明 <ul style="list-style-type: none"> ・ 基準地震動 S_s-D2 (海洋プレート内地震) の見直し (当初申請 S_s-2 から見直し) ・ 基準地震動 S_s-F1, F2 (プレート間地震), D3 (海洋プレート内地震) を追加 ・ 基準地震動 S_s-N1 (震源を特定せず策定する地震動) を追加
平成 29 年 8 月	審査会合で以下を説明 <ul style="list-style-type: none"> ・ 基準地震動 S_s-D1 (プレート間地震) の見直し (当初申請 S_s-1 から見直し) ・ 基準地震動 S_s-F3 (海洋プレート内地震) を追加

3. 申請時の方針

女川原子力発電所では、平成23年3月11日の東北地方太平洋沖地震及び平成23年4月7日の宮城県沖地震時（以下「3.11/4.7地震」という。）、免震構造の事務建屋（事務新館：竣工前）と耐震構造の事務建屋（事務本館・別館：耐震補強済み）があり、それぞれの地震を経験している。

地震後の確認において、どちらの事務建屋も構造的な被害はなく、居住性としても特に問題はなかったことから、新規制基準に適合する緊急時対策所の建屋構造としては、どちらでもその有効性には問題ないとの認識であった。3.11/4.7地震時の事務建屋の状況を表5.11-2、事務新館の地震計配置を図5.11-1、事務新館最大加速度（Gal）を図5.11-2、事務本館・別館立面図（東面）を図5.11-3に示す。

申請時においては、以下の点で免震構造に優位性があるものと考えていた。

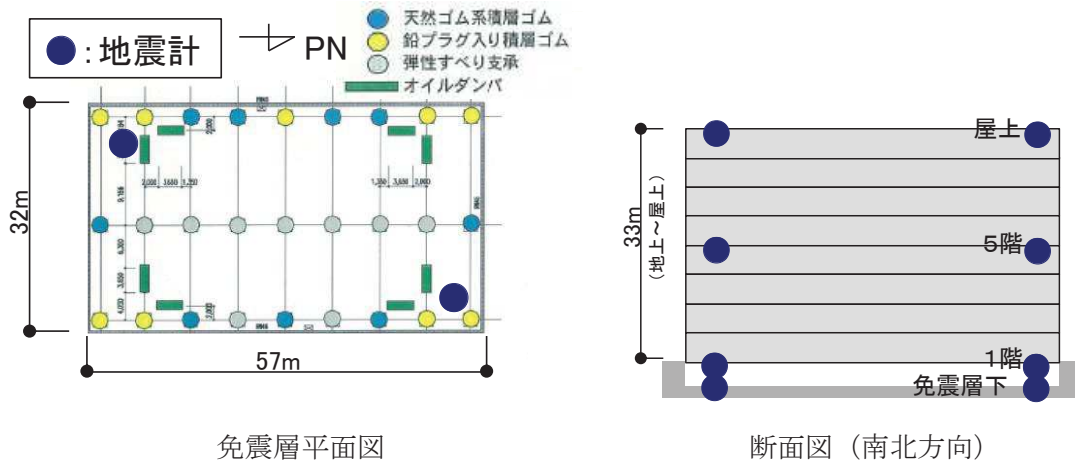
- ・機器について、一般汎用品を採用できる可能性がある。^{*}
- ・耐震構造の主要建屋との、構造的な多様性を図ることができる。

※建屋の水平方向の揺れを大幅に低減できることから、一般汎用品でも、基準地震動に対する機能維持が可能となり、従来から原子力設備として実績のある機器に限らず、採用の選択肢を拡げられると考えていた。また、地震時の機能維持の説明については、構造強度計算によらずとも、加振試験での検証により構造強度評価が可能と考えていた。

表 5.11-2 3.11/4.7 地震時の事務建屋の状況

		事務新館	事務本館・別館
建屋構造		免震構造 (竣工前, 平成 23 年 10 月完成)	耐震構造 (平成 22 年 3 月鉄骨ブレース補強済み)
(参考) 設計条件他		免震層 水平せん断ひずみ 250%以下 鉛直引張面圧 1N/mm ² 以下 ・設計時 (サイト波 [※]) : 免震層下 580Gal 1 階 184Gal	補強設計 保有水平耐力/必要保有水平耐力 \geq 1.5
地震時の状況/反映状況	構造部材	・建屋に目視で確認できる残留変形は無かった ・基礎や梁, 接合部等の損傷は無かった →大きな被害なし	・建屋に目視で確認できる残留変形は無かった ・コンクリートの剥落や鉄筋の露出等は無かった →大きな被害なし
	意匠・設備	内装ボードの軽微な欠け (3.11 地震)	食堂天井ボードの一部落下 (4.7 地震)
	什器類	工事中であり什器なし	固定により転倒なし
	備考	完成後の最大の地震計観測記録 ・2013 年 8 月 4 日宮城県沖の地震の観測記録 (南側地震計) : (水平) 免震層下 144Gal, 1 階 63Gal (鉛直) 免震層下 43Gal 1 階 70Gal	地震計なし 緊対所機能に問題なし

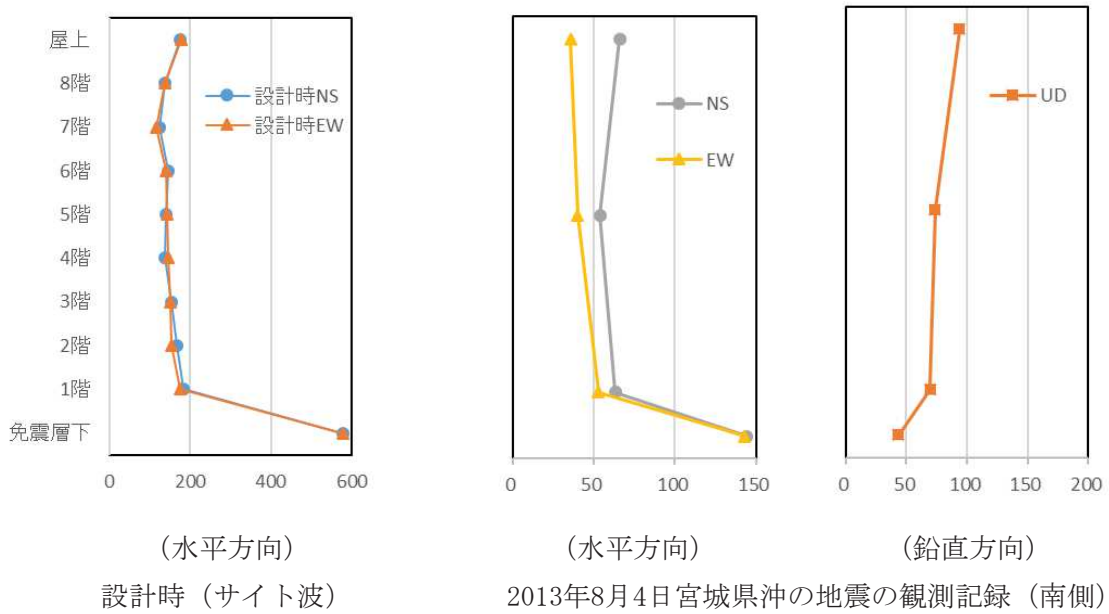
※設計時は告示波 (建設省告示第1461号による極めて稀に発生する地震動レベル) やサイト波 (2005年8月16日宮城県沖の地震時の観測記録の特徴を踏まえ事務新館設計用として設定, 最大加速度580Gal) を用いて検討しており, ここでは入力加速度が最大となるサイト波による応答結果を記載。



免震層平面図

断面図 (南北方向)

図5.11-1 事務新館の地震計配置



(水平方向)

(水平方向)

(鉛直方向)

設計時 (サイト波)

2013年8月4日宮城県沖の地震の観測記録 (南側)

図5.11-2 事務新館最大加速度 (Gal)

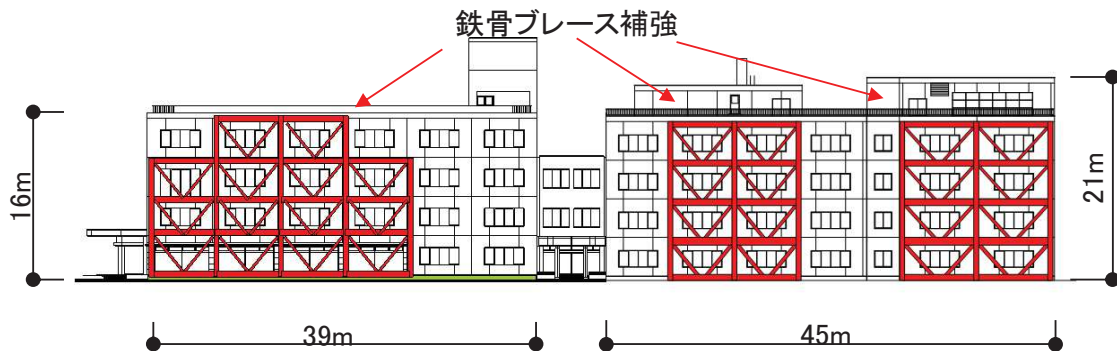


図5.11-3 事務本館・別館立面図 (東面)

4. 3号炉建屋内への設置取り止めに伴う検討

(1) 免震重要棟の当初検討

免震重要棟は将来設置であり、別途申請するとしていたものの、社内的に構造設計を徐々に進めていた。免震重要棟の構造概要を図5.11-4に示す。

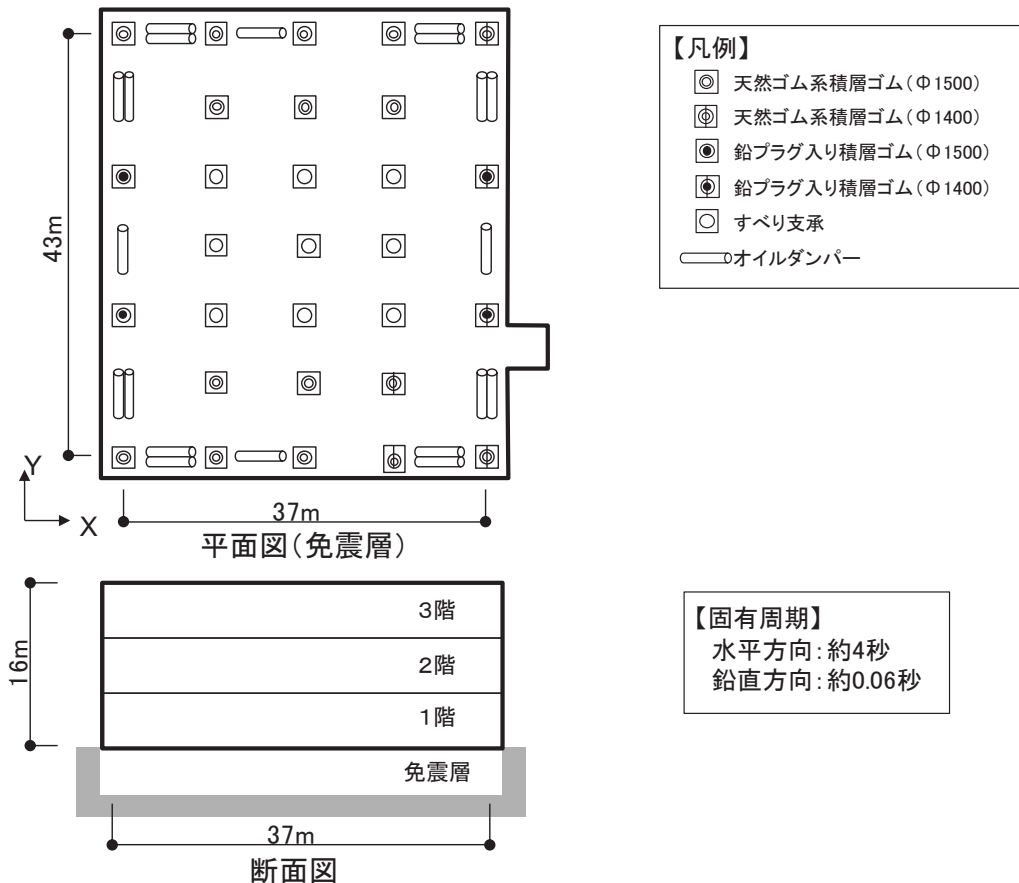


図5.11-4 免震重要棟の構造概要

また、免震重要棟の当初検討では基準地震動の増大・追加を想定し、免震装置の特性のばらつきを考慮した地震応答解析により、免震構造の裕度について検討していた。裕度検討ケースを表5.11-3、当初検討用地震動を図5.11-5、当初検討における固有モードを図5.11-6、当初検討における最大変位/加速度分布を図5.11-7、免震装置の応答解析結果一覧を表5.11-4に示す。

(当初の裕度検討条件)

- ・ 免震重要棟設置地盤の特性を踏まえて申請時の基準地震動 S_s-2 から入力地震動を算定。また、免震構造の特性を踏まえ長周期成分が卓越する告示波^{*1}を入力地震動に設定。
- ・ 免震重要棟の当初検討では基準地震動の増大・追加や免震設計用基準地震動が追加となる可能性等を考慮して入力地震動を1.2倍^{*2}。
- ・ 免震要素のばらつきを考慮（標準剛性、剛性大、剛性小）。

表5.11-3 裕度検討ケース

地震動 ^{※2}	入力方向	免震要素ばらつき
Ss-2×1.2	水平1方向 (X方向) + 鉛直方向	標準
		剛性大
		剛性小
	水平1方向 (Y方向) + 鉛直方向	標準
		剛性大
		剛性小
告示波 ^{※1} ×1.2	水平1方向 (X方向)	標準
		剛性大
		剛性小
	水平1方向 (Y方向)	標準
		剛性大
		剛性小

※1：建設省告示第1461号による極めて稀に発生する地震動レベルに重要度係数1.5を考慮して設定。

※2：当初検討時点では、基準地震動の増大・追加や免震設計用基準地震動が追加となる可能性、国土交通大臣の認定を受けるにあたり評定機関からもとめられる裕度検討への対応を考慮し、設計者判断として1.2倍を考慮。

— · — : Ss-2 (申請時) × 1.2 (当初検討用)

····· : 告示波 (重要度係数 1.5) × 1.2 (当初検討用)

— · — : Ss-2 (申請時) × 1.2 (当初検討用)

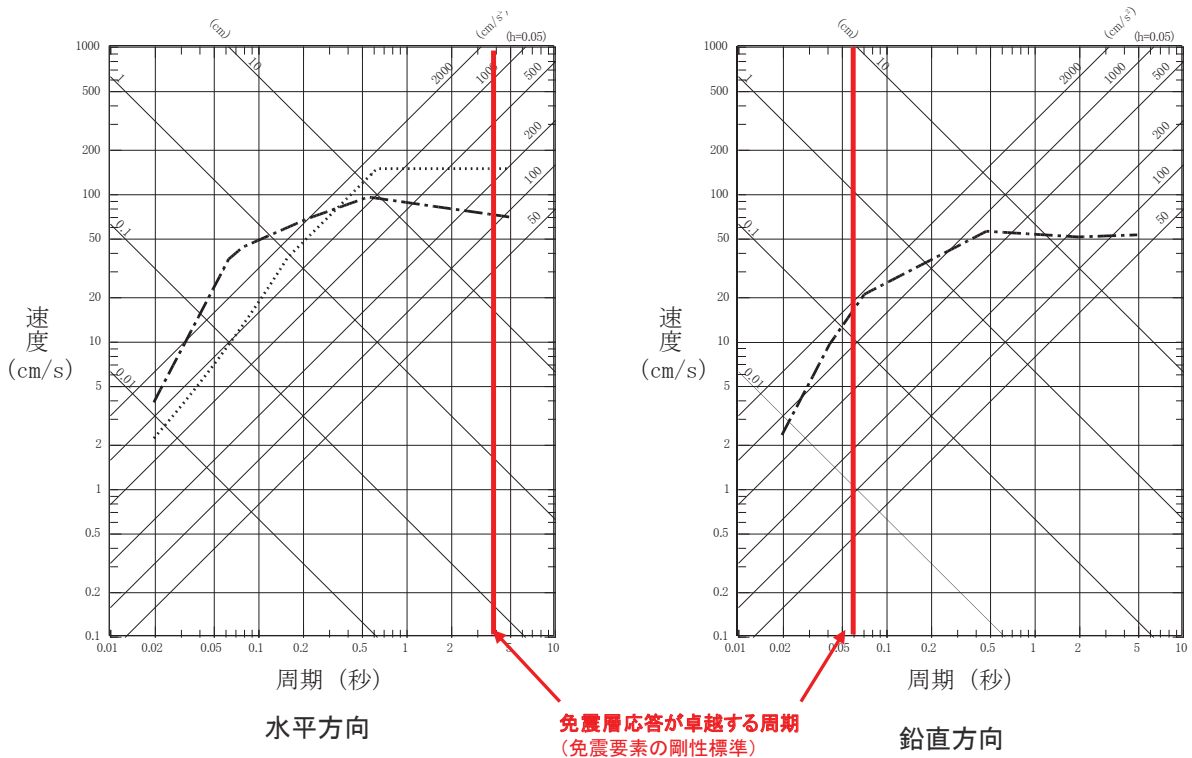


図5.11-5 免震重要棟の当初検討用地震動

次数	周期 (秒)	振動数 (Hz)	刺激係数			卓越方向
			β_x	β_y	β_z	
1	4.041	0.247	0.383	0.837	0.000	Y
2	4.035	0.248	0.827	0.379	0.000	X
3	3.336	0.300	0.006	0.014	0.000	振れ
4	0.0856	11.7	0.005	0.000	0.025	X
5	0.0799	12.5	0.000	0.005	0.024	Y
6	0.0639	15.7	0.001	0.000	1.320	Z

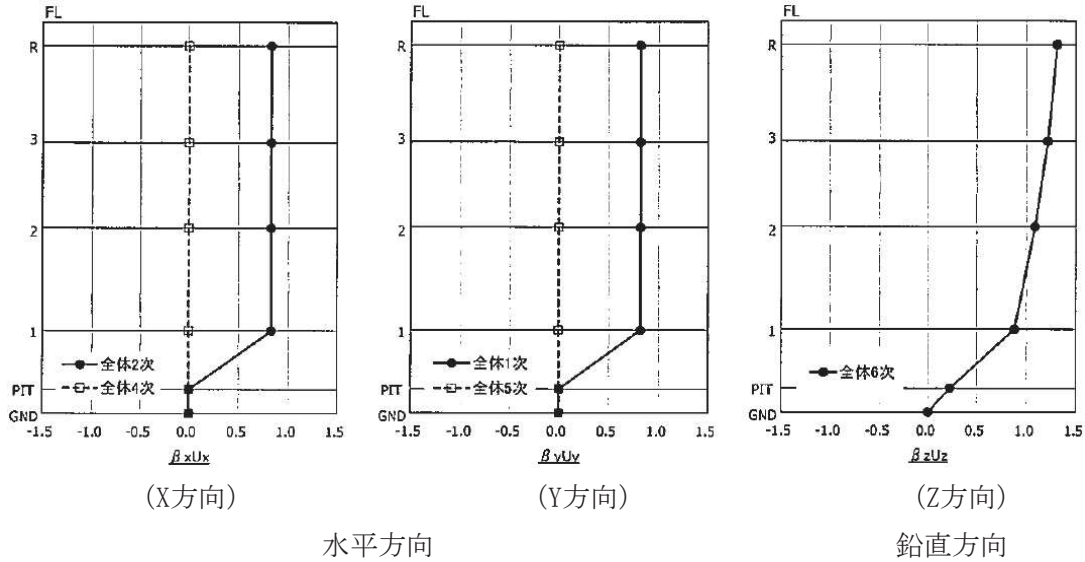


図5.11-6 免震重要棟の当初検討における固有モード
(免震層のせん断ひずみ100%変形時，免震要素の剛性標準)

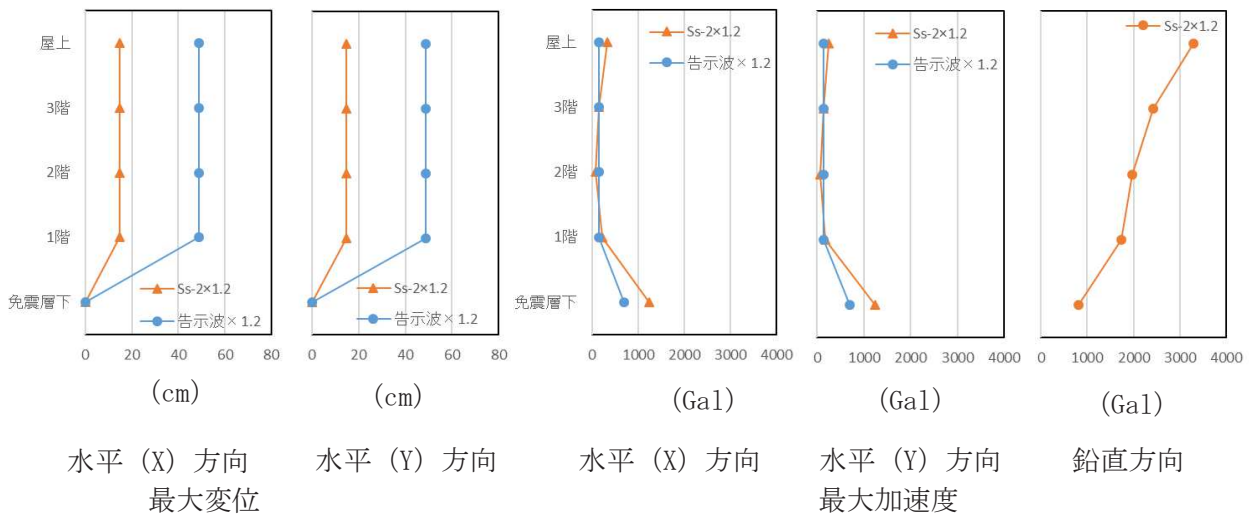


図5.11-7 免震重要棟の当初検討における最大変位/加速度分布

図 5.11-7 で示すとおり，最大変位分布は免震層の変位が主であり，1次固有周期（4秒程度）における地震動の大小関係に対応し，告示波の方が大きい。

また、最大加速度は、免震層により水平方向では告示波もSs-2も同程度に低減し、鉛直方向は増幅する傾向となっている。

表5.11-4 免震装置の応答解析結果一覧

地震動	方向	免震要素ばらつき	水平せん断ひずみ (%)	最小面圧 (N/mm ²) (+ : 圧縮側, - : 引張側)
Ss-2 × 1.2	水平1方向 (X方向) + 鉛直方向	標準	50	-0.87
		剛性大	50	-0.87
		剛性小	50	-0.87
	水平1方向 (Y方向) + 鉛直方向	標準	50	-0.87
		剛性大	50	-0.87
		剛性小	50	-0.86
告示波 × 1.2	水平1方向 (X方向)	標準	180	1.46
		剛性大	150	1.41
		剛性小	200	1.51
	水平1方向 (Y方向)	標準	180	1.35
		剛性大	150	1.31
		剛性小	210	1.39

210 : 免震重要棟の構造成立性に係る試算に用いた値

水平せん断ひずみ : 210%

< 許容値* : 250%

鉛直引張面圧 : 0.87N/mm²

< 許容値* : 1N/mm²

※ : 免震構造の評価及び試設計例 ((独) JNES, 2014) における設計目標

表5.11-4で示すとおり、免震層の水平せん断ひずみは、告示波の方が大きい。

また、常時の面圧は4~8N/mm² (圧縮) である。地震時の引張面圧は、告示波 (水平1方向のみのロッキングによる影響) よりも、Ss-2 (水平1方向のロッキングによる影響+鉛直動による影響) の方が大きくなっており、鉛直動による影響が大きい。

(2) 建屋設計条件の見直し

a. 建屋・設備の仕様変更等に伴う重量増加

重量増加の主な要因は以下のとおり建屋壁厚の影響が最も大きく、支配的である。

・ 建屋壁厚の増強

3号炉建屋内に緊急時対策所を設置する段階では、申請号炉のみが運転中であり、未申請号炉は停止中の事故を想定することとしていたが、重要棟の設計に当たっては申請号炉以外も運転中の事故を想定し、遮へい能力の強化を図ることとした。

これにより、建屋の構造検討において、壁厚を増加し、遮へい能力を強化した。

・ 空調設備，通信連絡設備，プラント状態監視設備，電源設備の耐震化

先行プラントの緊急時対策所の基準適合性審査において、建屋が免震構造で、水平方向の応答加速度が大幅に低減されたとしても、固定機器については従来と同様に構造強度計算による耐震性を示すことが必要との状況になっていた。

これにより、加振試験での検証による構造強度評価を想定していた一般汎用品では、構造強度計算に必要なデータを整備するのは困難であり、原子力設備としての構造強度計算の実績のある機器に変更することにしたため、重量が増加した。

・ 建屋内の加圧用ポンベ追加

被ばく線量の評価条件として、「実用発電用原子炉に係る重大事故時の制御室及び緊急時対策所の居住性に係る被ばく評価に関する審査ガイド」に基づき、放射性物質の放出継続時間10時間と設定し、そのうち1時間はポンベ加圧し、その他は換気設備による加圧をすることとしていたが、換気設備による加圧時における放射性物質の取り込みに起因した線量影響を低減させる観点から、10時間のポンベ加圧とするようポンベ本数を追加した。

b. 基準地震動の増大・追加

・ 先行プラントの基準地震動の策定に係る審査において、断層モデル波の追加や応答スペクトル波のかさ上げ等、申請時の基準地震動が大きく見直されており、女川においても当初設計での想定を更に上回る見直しが想定される状況であった。

・ 特に、固有周期が長周期側にある免震構造の安全性・信頼性を高めるために、新たな基準地震動の追加も想定される状況であった。

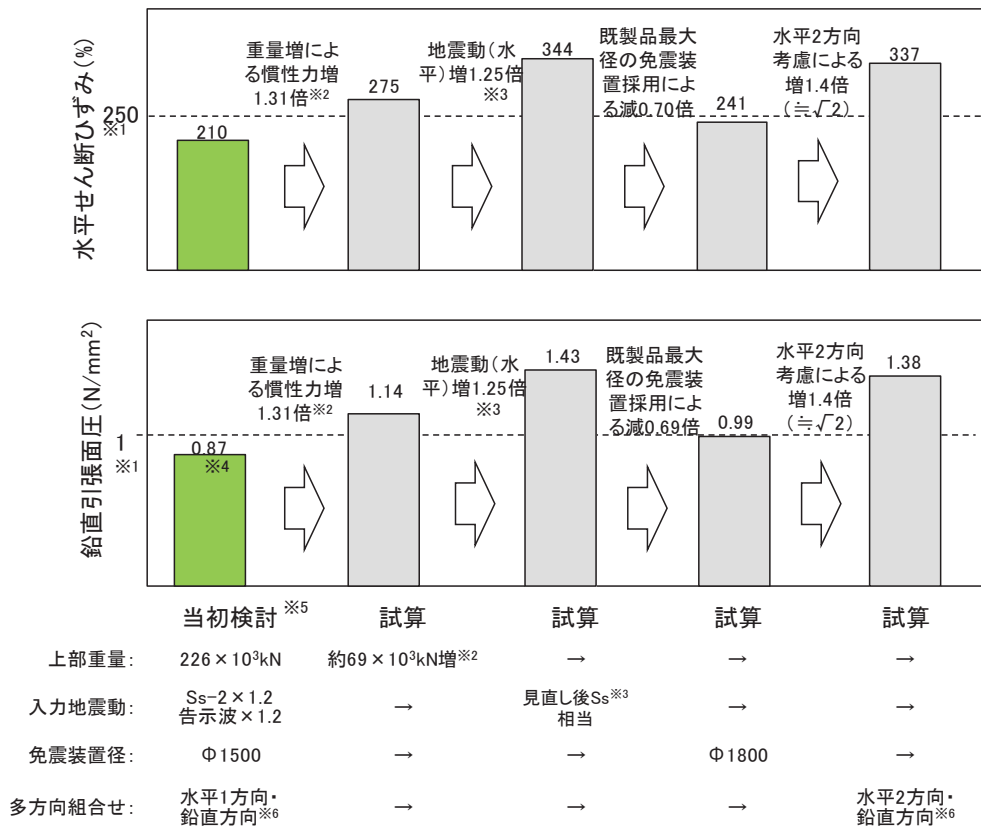
(3) 建屋設計条件見直しの影響

建屋設計条件の見直し前においても、免震装置の地震応答解析結果は許容値に対し裕度が少ない状況であった。

建屋・設備の仕様変更等に伴う重量増加、基準地震動の増大・追加に対して、設計を進める過程で既存の免震装置を採用した設計が成立しなくなる可能性が考えられた。

平成27年9月時点では、当初検討結果から定性的に見直しを立てているが、現時点において当時の見直しに基づく試算結果を図5.11-8及び図5.11-9に示す。試算結果から、免震構造では既存の免震装置を採用した設計が成立しなくなる可能性があり、十分な裕度を確保できる免震装置を新規設計し性能実証が必要となる。

以上のことから緊急時対策所を設ける建屋の構造について、免震構造だけでなく耐震構造も視野に入れ再度判断することとした。



※1：免震構造の評価及び試設計例（（独）JNES，2014）における設計目標。
 ※2：最も重量増加の大きいケースとして、建屋壁厚の増強約68 × 10³kN，その他約1 × 10³kNで試算。
 ※3：免震層の固有周期帯における加速度応答スペクトルの、当初申請時Ssに対する見直し後Ssのおおよその比率に相当。また、告示波についても同等の比率を使用。
 ※4：当初検討の鉛直引張面圧の最大時は、上向きに約1Gの鉛直加速度が発生しており、自重による面圧を打ち消していることから、鉛直引張面圧は水平動によるロッキングによるものと想定。
 ※5：試算は当初検討と同じ免震装置の配置を前提とした。
 ※6：告示波は鉛直方向の検討なし。

図5.11-8 免震重要棟の当初検討に基づく試算

- : Ss-2 (申請時, Ss-D2に見直し) × 1.2 (当初検討用)
- ⋯ : 告示波 (重要度係数 1.5) × 1.2 (当初検討用)
- : Ss-D1 (新たな基準地震動)
- - : Ss-D2 (新たな基準地震動)
- · - : Ss-D3 (新たな基準地震動)
- : Ss-F1 (新たな基準地震動)
- - : Ss-F2 (新たな基準地震動)
- · - : Ss-F3 (新たな基準地震動)
- : Ss-N1 (新たな基準地震動)

- : Ss-2 (申請時, Ss-D2に見直し) × 1.2 (当初検討用)
- : Ss-D1 (新たな基準地震動)
- - : Ss-D2 (新たな基準地震動)
- · - : Ss-D3 (新たな基準地震動)
- : Ss-F1 (新たな基準地震動)
- - : Ss-F2 (新たな基準地震動)
- · - : Ss-F3 (新たな基準地震動)
- : Ss-N1 (新たな基準地震動)

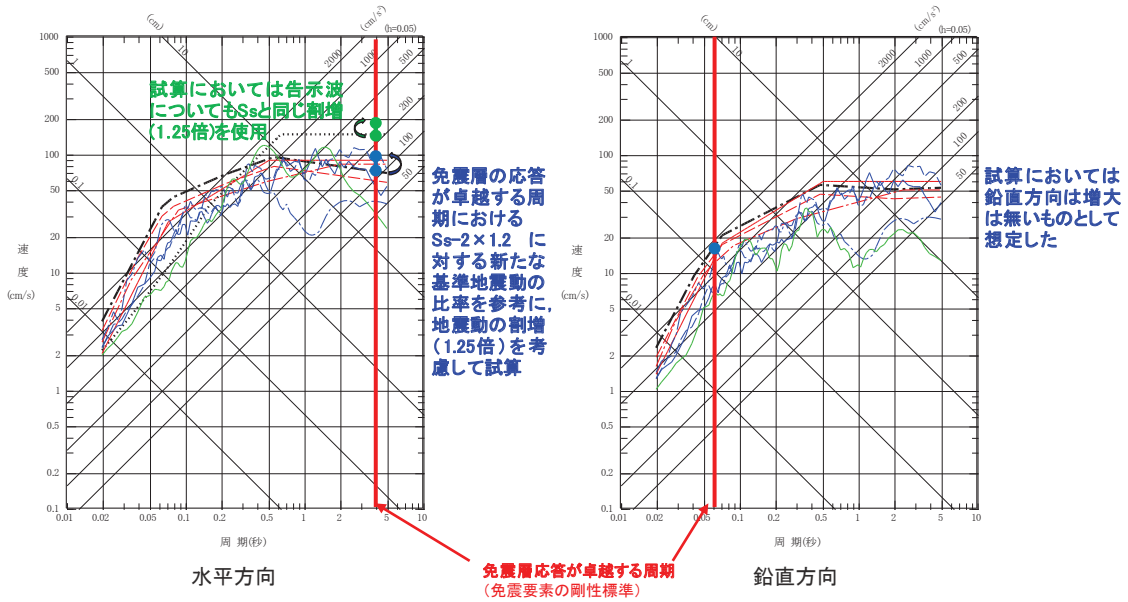


図5.11-9 基準地震動（現状）及び免震重要棟の当初検討用地震動（試算における地震動の割増レベル）

(4) 建屋構造の特徴の比較

a. 免震構造

(メリット)

- 水平方向の応答加速度が入力に対して大幅に低減する。
 - ・執務室内の居住環境維持に優れる。
 - ・機器の耐震設計の合理化が期待できる。

(デメリット)

- 鉛直方向の応答加速度が入力に対して増幅する。
 - ・機器の構造設計及び加振試験の条件設定において配慮が必要。
- 外部との水平方向の相対変位が大きい。
 - ・外部と接続するケーブル類の設計に配慮が必要。
- 建物の機能維持は免震装置の裕度に依存する。
 - ・免震装置の裕度が少ない場合は、万一の設計基準を超える地震発生時に機能を維持できない可能性がある。
 - ・免震装置の既成サイズは限られていることから、新規設計となる場合には性能実証が必要であり、検討期間の長期化・実現が困難となるリスクがある。
 - ・特に地震力の増大による鉛直方向の成立性が課題。

b. 耐震構造

(メリット)

- 地震力に応じた設計が可能
 - ・設計条件の変更に対して、従来の設計経験に基づき的確に対応可能。

(デメリット)

- 水平方向、鉛直方向とも応答加速度が入力に対して増幅する。
 - ・居住性：什器の転倒防止措置、天井ボードを設置しない等により対応が可能。
 - ・機器設計：固定式の設備は強固な構造設計により機能維持が可能。
可搬式の設備は加振試験により地震時の機能維持確認が可能。

免震構造と耐震構造の比較検討を図5.11-10に示す。

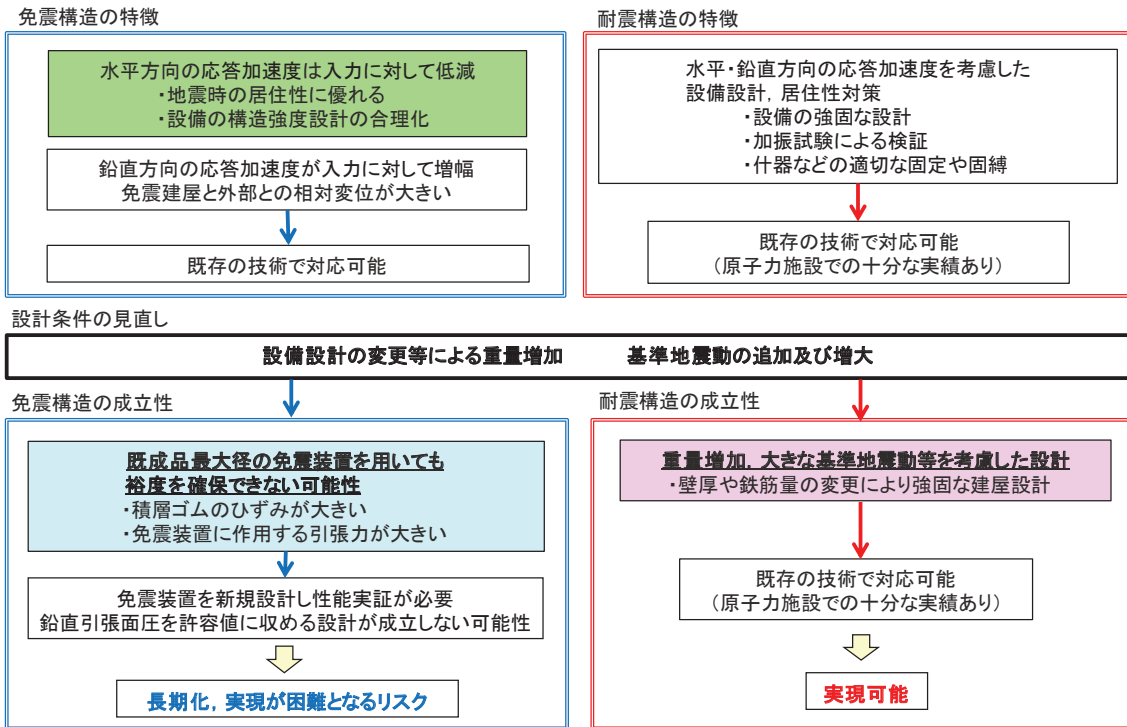


図5.11-10 免震構造と耐震構造の比較検討

(5) 検討結果

女川原子力発電所の緊急時対策所については、更なる基準地震動の増大・追加の可能性や建屋・設備の仕様変更・追加に伴う重量増加といった設計条件の見直しが必要となっていた。

設計条件見直しに対しては、免震構造では既存の免震装置を採用した設計が成立しなくなる可能性があり、十分な裕度を確保できる免震装置を新規設計する場合には、検討期間の長期化・実現が困難となるリスクがあることから、従来から原子力施設として実績のある耐震構造へ見直すことが適切と判断した。

これにより、構造上の設計余裕を確保することができ、自然事象の観測記録や研究開発による成果の反映、関連規格の見直しによる設計条件の変更にも対応性が高まることが期待できる。

なお、免震構造の適用性に係る最新の免震装置仕様やクライテリア等の知見については、今後も継続して収集を行う。

5. まとめ

○緊急時対策所の設計条件見直しに対して、免震構造では既存の免震装置での設計が成立しなくなる可能性があり、免震装置を新規設計するには、検討機関の長期化・実現が困難となるリスクがあることから、原子力施設として実績のある耐震構造へ見直す。

○設置場所は従来の計画のまま、O.P. +62mの高台とする。

○建屋構造以外の緊急時対策所として必要な各機能の基本的な設計方針については変更しておらず、建屋構造変更前と同様とする。

○耐震構造であっても免震構造と比べて遜色のない性能とするために以下の設計方針とする。

・耐震構造の建屋の耐震性に対する評価基準は、耐震壁のせん断ひずみ (2.0×10^{-3}) であるが、本建屋は免震構造と同様に基準地震動に対して躯体を短期許容応力度以内に収める設計とする。

・緊急時対策所のバウンダリを構成する躯体の気密性については、面内方向の荷重に対して、おおむね弾性状態^{*}であることを確認する。おおむね弾性状態を超える場合には、せん断ひずみ 2.0×10^{-3} での漏えい量が換気能力を下回ることを確認し、気密性の許容値をせん断ひずみ 2.0×10^{-3} と設定した上で、最大せん断ひずみが 2.0×10^{-3} 以下であることを確認する。また、面外方向の荷重に対しては、鉄筋が降伏しないこと（鋼材の基準強度 1.1 倍を超えないこと）を確認する（鉄筋が降伏する場合は別途詳細検討を行う）。

・地震応答解析においては、念のため、不確かさケースとして、初期剛性低下を考慮した解析を行う。

これにより、建屋の構造体全体の信頼性を確保し、遮へい性能を担保するとともに、換気設備の性能とあいまって十分な気密性を確保する設計とする。

※質点系モデルのせん断スケルトン曲線上の第一折れ点以下を目安とする。

・免震構造のメリットを補うため、以下の対応を行う。

- ✓ 設備は、原子力施設で十分実績のある強固な耐震構造とする。
- ✓ 什器の転倒防止措置、天井ボードを設置しない等により居住性に配慮する。

○緊急時対策建屋の構造に係る基準適合性を表5.11-5に示す。

表5.11-5 緊急時対策建屋の構造に係る基準適合性

設置許可 基準規則	免震重要棟 (見直し前：免震構造)	緊急時対策建屋 (見直し後：耐震構造)
38 条 地盤	<p>基準地震動による地震力に対して十分に支持することができ 変形した場合でも機能が損なわれおそれがない 変位が生じるおそれがない</p>	<p>同左 (設置場所の変更なし)</p>
39 条 地震による損傷の防止	<p>基準地震動による地震力に対して、免震構造では必要な機能を確保できないおそれ 周辺の斜面による影響がない</p>	<p>基準地震動による地震力に対して必要な機能が損なわれるおそれのない設計</p>
40 条 津波による損傷の防止	<p>基準津波によって機能が損なわれおそれがない (O.P. +62m の高台に設置)</p>	<p>同左 (設置場所の変更なし)</p>
61 条 緊急時対策所	<p>重大事故等に対処するために適切な措置を講じることができ設計とする</p> <ul style="list-style-type: none"> ・居住性の確保 ・情報の把握 ・通信連絡手段の確保 ・電源の確保 	<p>同左 (基本的な設計方針の変更なし)</p>