

女川原子力発電所2号炉 上位クラス施設の安全機能への下位クラス施設の 波及的影響の検討(コメント回答)

平成31年4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。

1. 審査会合での指摘事項一覧

| No | 項目 | 審査会合日 | 対応状況 | 回答 |
|----|--|----------|------|--|
| 1 | 地震被害事例に基づく事象の検討について、女川原子力発電所における東北地方太平洋沖地震等の被害情報(原子力施設情報公開ライブラリに掲載されていないものも含めて)を整理した上で波及的影響評価における検討事象の追加の可否を提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 東北地方太平洋沖地震後に、女川原子力発電所で確認された損傷事象について調査を行い、検討事項について検討を行った結果、従来の分類に対して追加事項がないことを確認した。 (別紙2-8, 別紙2-添2-18~21) |
| 2 | 下位クラスの機器・配管の損傷における上位クラスへの影響について、上位クラス施設との境界部における支持構造物への機械的荷重の影響を整理して提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 下位クラス設備の損傷によって、内部流体の外部放出に伴う機械的荷重が負荷する可能性があるため、上位クラス施設への影響について工認段階で詳細評価を実施する。 |
| 3 | 原子炉建屋内における施設の損傷、転倒及び落下等による影響検討設備の抽出について、使用済燃料プール内の制御棒貯蔵ラック等、既工認(BWRプラント)での抽出実績を踏まえ、対象としている設備を網羅的に整理した上で、検討結果を提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 使用済燃料プール周辺の設備について、波及的影響を及ぼす可能性の有無を再確認し、以下3設備について影響検討対象として抽出した。 ・制御棒貯蔵ハンガ ・制御棒貯蔵ラック ・燃料チャンネル着脱機 今後、詳細検討を実施進め工認段階で検討結果を説明する。 |
| 4 | 中央制御室における天井照明以外の設備の天井部からの落下評価について、評価対象設備を網羅的に整理した上で、評価方針を提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 天井照明を支持する部材等について、上位クラス施設へ影響を及ぼすおそれのある施設は基準地震動Ssに対して落下しないことを工認段階で確認する。また、天井材等の軽量物については落下による波及的影響を及ぼすおそれがないことを確認している。 |

1. 審査会合での指摘事項一覧

| No | 項目 | 審査会合日 | 対応状況 | 回答 |
|----|---|----------|------|--|
| 5 | 3号炉海水ポンプ室門型クレーンについて、2号炉供用中における3号炉海水ポンプ室門型クレーンの稼働の可能性の有無を考慮した上で、その状況に応じた駐機位置及び上位クラス施設との距離等を踏まえ、上位クラス施設への波及的影響の有無を提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 3号炉海水ポンプ室門型クレーンについても波及的影響評価の対象とする。評価方法については、女川2号炉門型クレーンと同様の手法を採用する予定である。 |
| 6 | 大物搬入口を波及的影響のおそれがないとした根拠について、構造、支持地盤、Sクラスとしている範囲等を提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 大物搬入口エリアは、外扉までSクラス範囲であり、支持部は岩着していることを確認している。原子炉建屋の一部として耐震性を工認段階で確認する。 |
| 7 | 下位クラスの小規模建屋の影響評価について、評価方針を提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | ガスボンベ庫等の小規模建屋については移設検討中の建屋があるため、今後、設置計画を踏まえて波及的影響を及ぼすおそれがあるか確認する。可能性があるかと判断した場合には、上位クラス施設との衝突評価を実施する予定である。 |
| 8 | 波及的影響に関する評価方針について、「相対変位又は不等沈下による影響」及び「接続部における相互影響」の検討における現場調査の位置付けを整理して提示すること。 | H31.2.21 | 本日回答 | 「相対変位又は不等沈下による影響」及び「接続部における相互影響」についても、現地で机上検討の情報が現場状況と相違ないことを確認する。 |

2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 2】

(1) 指摘事項

下位クラスの機器・配管の損傷における上位クラスへの影響について、上位クラス施設との境界部における支持構造物への機械的荷重の影響を整理して提示すること。

(2) 回答

- 上位クラス施設と下位クラス施設との接続部における相互影響の項目において、配管系については下位クラスの配管が損傷することによる、内部流体の外部放出に伴う機械的荷重が負荷する可能性がある。
- 本事象による上位クラス施設へ及ぼす影響について、下位クラスの損傷形態なども含めて検討を実施する。
- 検討にあたっては、地震時の発生荷重等を踏まえる必要があることから、工認段階で詳細評価を行い影響を確認する。

- また、上位クラス配管と下位クラス配管を分離する境界弁については、配管破断時に弁体前後に圧力差を生じることとなるため、この影響についても併せて検討を実施する。

(4条まとめ資料【資料1-1-8】別紙2-7,31,53参照)

2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 3】

(1) 指摘事項

原子炉建屋内における施設の損傷、転倒及び落下等による影響検討設備の抽出について、使用済燃料プール内の制御棒貯蔵ラック等、既工認(BWRプラント)での抽出実績を踏まえ、対象としている設備を網羅的に整理した上で、検討結果を提示すること。

(2) 回答

- 使用済燃料プール周辺の設備(プール内設備を含む)について、波及的影響を及ぼすおそれがある設備の有無の再確認を実施した。
- 再確認の結果、Sクラス設備である使用済燃料貯蔵ラックへ波及的影響を及ぼすおそれがある設備として、以下の3設備を抽出した。
 - ①制御棒貯蔵ハンガ
 - ②制御棒貯蔵ラック
 - ③燃料チャンネル着脱機
- これらの設備については、これまでは水中設備であることから損傷、転倒が発生した場合でも、Sクラス設備が損傷するような影響を及ぼさないものと判断していたが、指摘を踏まえ定量的な検討が必要であると考え、新たに波及的影響の検討対象として抽出したものである。
- 上記3設備に対して、基準地震動 S_s に対する耐震性を踏まえながら、以下に示すような検討を進め波及的影響が防止できる設計とする。検討内容については工認段階で説明する。

【検討方針】

- ・基準地震動 S_s に対する耐震性の確認(運用制限などと合わせて確認する)
- ・転倒による使用済燃料貯蔵ラックへの影響検討
- ・転倒防止対策の検討
- ・撤去、移設の検討

(4条まとめ資料【資料1-1-8】別紙2-89,106,108参照)

2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 4】(1/2)

(1) 指摘事項

中央制御室における天井照明以外の設備の天井部からの落下評価について、評価対象設備を網羅的に整理した上で、評価方針を提示すること。

(2) 回答

- 天井部に設置されている天井照明以外の施設について、調査した結果を以下の表に示す。表に記載のとおり、波及的影響を及ぼすおそれのある下位クラスとして「天井照明支持部材」、「天井材支持部材」及び「排煙ダクト」が抽出された。
- 抽出された「天井照明支持部材」、「天井材支持部材」及び「排煙ダクト」については、基準地震動Ssに対して損傷、落下しない設計とし、「中央制御室天井照明」として同一図書で工認耐震計算書を作成予定である。

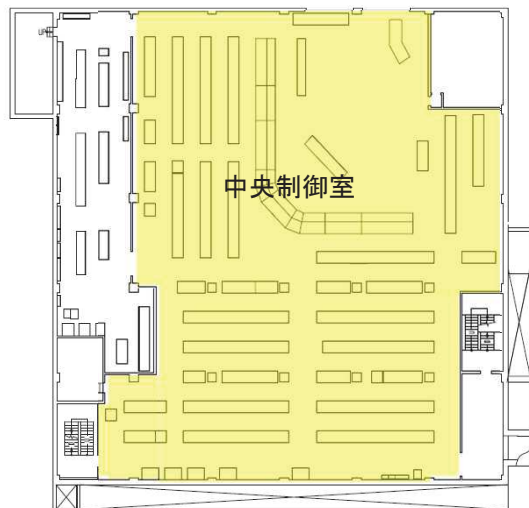
中央制御室天井部の施設確認結果

| 設備名称 | 設備分類 | 波及的影響を及ぼす可能性 | 対応方針 |
|--------------------------------|--------------------|---|---------------------------|
| 天井照明支持部材 (格子状鋼製フレーム、ブレース材等) | 下位クラス施設 | 下部に配置しているSクラスの盤類に対して波及的影響を及ぼす可能性がある。 | 波及的影響評価の対象設備として工認耐震計算書作成* |
| 天井材 | 下位クラス施設 | 軽量であることから波及的影響を及ぼす可能性はない。 | — |
| 天井材支持部材 (野縁等) | 下位クラス施設 | 下部に配置しているSクラスの盤類に対して波及的影響を及ぼす可能性がある。 | 波及的影響評価の対象設備として工認耐震計算書作成* |
| 天井照明以外の照明類 (非常照明、誘導灯等) | 下位クラス施設 | 軽量であることから波及的影響を及ぼす可能性はない。 | — |
| 煙・熱感知器 | 火災防護施設 (Ss機能維持) | 火災防護設備として基準地震動Ssに対して機能喪失しない設計とする。 | 火災防護設備として工認耐震計算書(別添資料)作成 |
| 防煙垂れ壁 | 下位クラス施設 | 軽量であることから波及的影響を及ぼす可能性はない。 | — |
| 排煙ダクト | 下位クラス施設 | 下部に配置しているSクラスの空調ダクトに対して波及的影響を及ぼす可能性がある。 | 波及的影響評価の対象設備として工認耐震計算書作成* |
| 中央制御室換気空調ダクト | Sクラス (防護対象設備) | 耐震Sクラスとして基準地震動Ssに対して機能喪失しない設計とする。 | Sクラスとして工認耐震計算書作成 |

* 天井照明支持部材、天井材支持部材及び排煙ダクトに対する耐震性については、「中央制御室天井照明」として同一の耐震計算書として作成予定

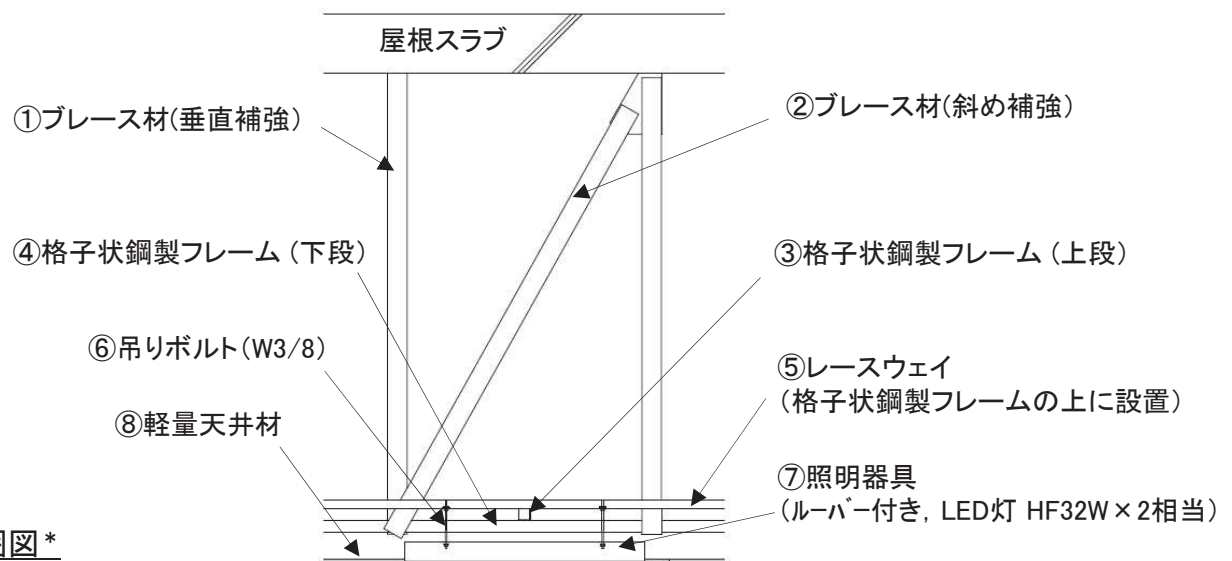
2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 4】(2/2)

- 中央制御室天井照明のうち、主たる構造部材である天井照明支持部材について、構造概要を以下に示す。
 - 中央制御室の天井照明及び照明を支持する部材が、下部に設置された上位クラス施設への影響を及ぼすことの無いように、基準地震動 S_s に対して構造健全性を維持できることを確認する。また、天井材については、落下により上位クラス施設の機能を損なう恐れが無いような材料を採用する。
- a. 天井照明(⑦)を支持する部材(①~⑥)
- 屋根スラブに支持される格子状の鋼製フレームからレースウェイ・吊りボルトを介して天井照明を支持する。天井照明の支持部材については、工事計画認可申請において、FEM解析による評価等を行い、基準地震動 S_s に対して天井照明及び照明を支持する部材が落下しないことを確認する。
- b. 軽量天井材(⑧)
- ポリエステル不織布+ガラスクロスで構成される天井材であり、1枚(925mm×470mm)あたり、約300gの質量である。この軽量天井材の落下により、上位クラス施設が機能を損なうものではない。



中央制御室天井照明 波及影響評価対象範囲図*
(制御建屋3階)

*: 黄色ハッチング部が防護対象(評価対象)範囲



中央制御室天井照明を支持する部材の概要

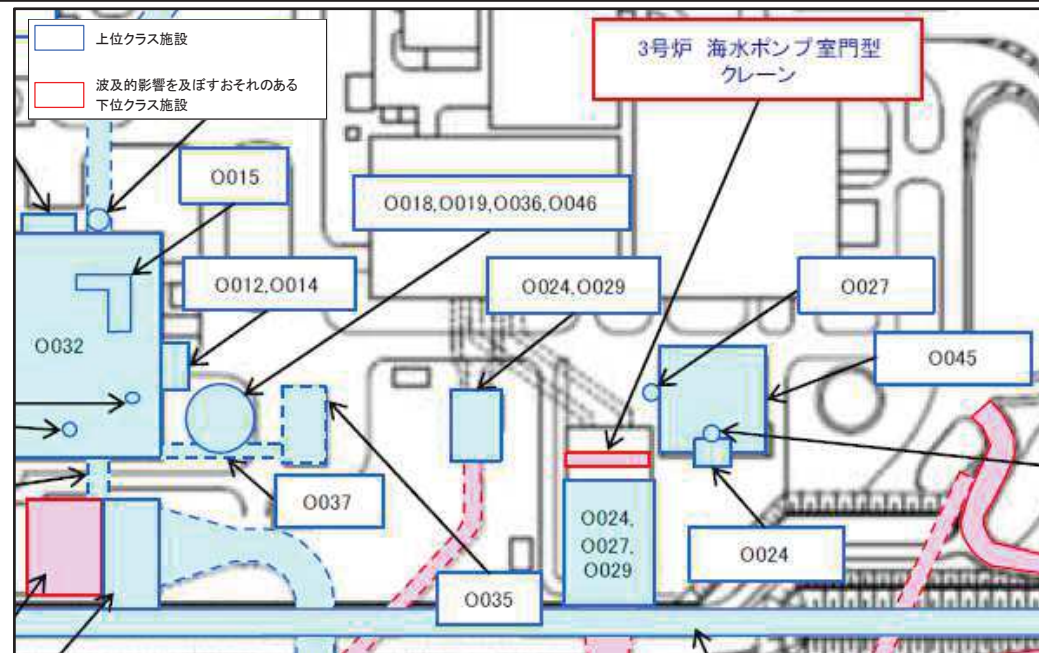
2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 5】(1/3)

(1) 指摘事項

3号炉海水ポンプ室門型クレーンについて、2号炉供用中における3号炉海水ポンプ室門型クレーンの稼働の可能性の有無を考慮した上で、その状況に応じた駐機位置及び上位クラス施設との距離等を踏まえ、上位クラス施設への波及的影響の有無を提示すること。

(2) 回答

- 女川3号海水ポンプ室門型クレーンについて今後の運用等を踏まえて検討した結果、上位クラス施設(防潮壁, 浸水防止蓋及び貫通部止水処置, 3号炉海水熱交換器建屋)に対して波及的影響を及ぼすおそれがある施設として、波及的影響評価の対象とする。(4条まとめ資料【資料1-1-8】別紙2-112,116,117,121参照)
- 波及的影響評価対象設備として、今後、工認段階で耐震計算書を説明する。
- なお、女川3号炉海水ポンプ室門型クレーンの耐震性評価方法については、現在、審査中の女川2号炉海水ポンプ室門型クレーンと同様の評価手法を採用し耐震性を確認する予定。



屋外施設配置図 (抜粋)

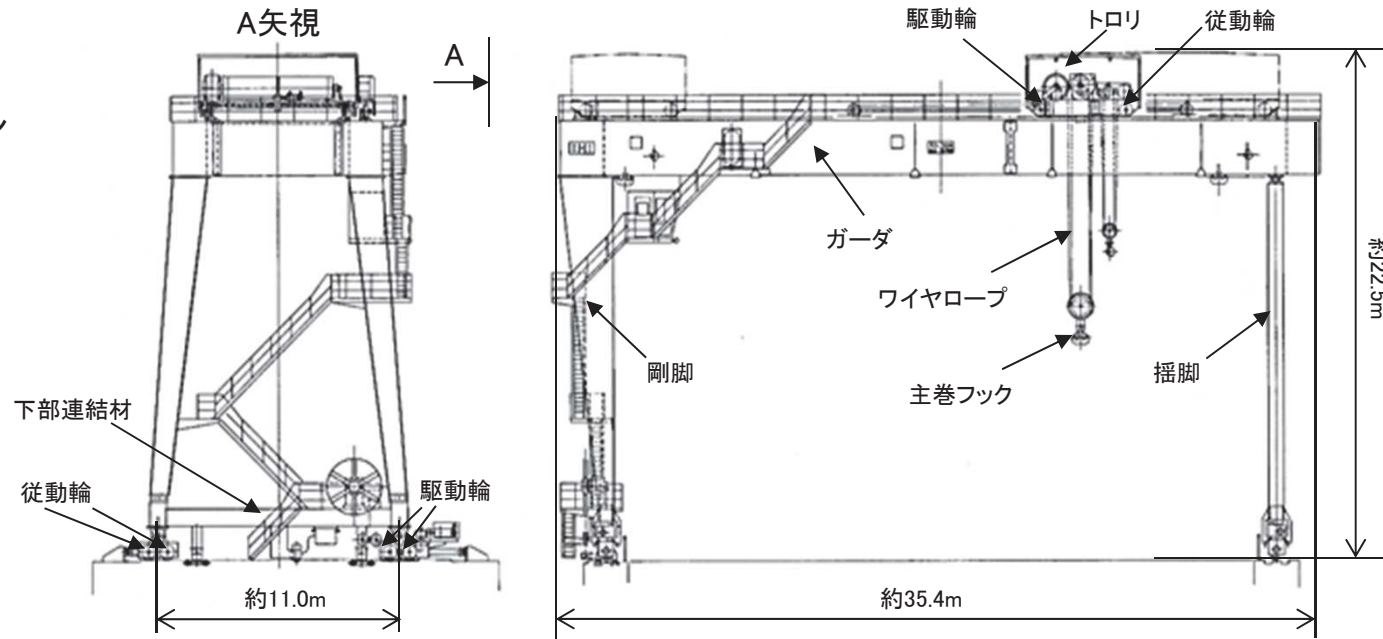
2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 5】(2/3)

- 女川2号炉の門型クレーンと女川3号炉の門型クレーンの基本構造及び評価手法については同様である。
- 構造上の差異は、脚が剛脚と揺脚の組合わせ(女川2号炉)であるか両脚ともに剛脚(女川3号炉)であるかの違いのみであるが、脚の差異についても適切に解析モデルに反映している。
- したがって女川2号炉門型クレーンと同様の手法を適用することは妥当であると考えられる。

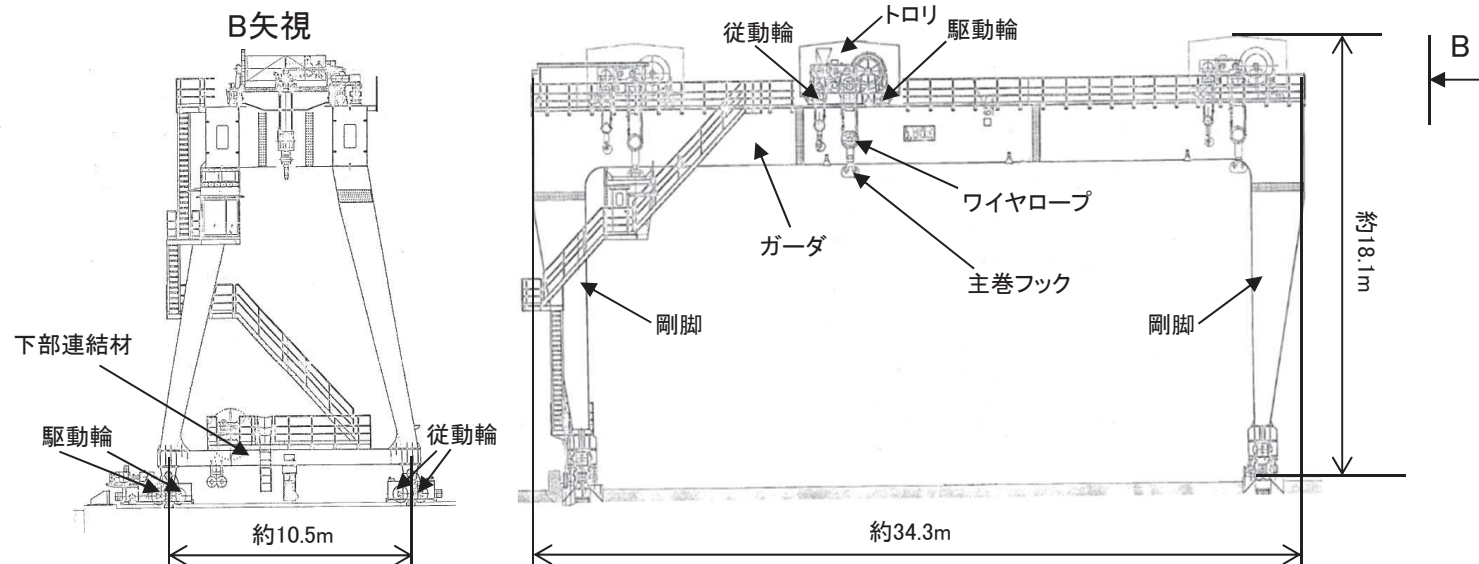
| 項目 | | 女川2号炉 海水ポンプ室門型クレーン | 女川3号炉 海水ポンプ室門型クレーン | 備考 | |
|-----------|------------------------------------|---|--------------------|--------------------------------------|---|
| 構造比較 | 構造概要 | <ul style="list-style-type: none"> ・2本のレール間を跨ぐ構造 ・ガーダ上にトロリを設置 ・車輪を介してレール上に設置 | ・同左 | — | |
| | 主要構造物 | <ul style="list-style-type: none"> ・ガーダ ・サドル ・トロリ ・脚 | ・同左 | 女川2号炉: 剛脚, 揺脚の組合わせ 女川3号炉: 両脚ともに剛脚 | |
| | 構造形状 | 鋼構造物(炭素鋼) 溶接構造物 | ・同左 | — | |
| 評価手法比較 | 解析手法 | 非線形時刻歴応答解析 | ・同左 | — | |
| | 解析モデル | 3次元FEM解析モデル | ・同左 | — | |
| | 車輪-レール間の境界条件 | すべり, 浮上がり, 衝突考慮 | ・同左 | — | |
| | 地震力 | 水平 | 動的地震力 | ・同左 | — |
| | | 鉛直 | | | |
| | 入力地震動 | クレーン設置位置の入力加速度 | ・同左 | — | |
| | 減衰定数 | 水平 | 2.0% | ・同左 | — |
| | | 鉛直 | | | |
| 解析プログラム | ABAQUS Ver.6.11-1 | ・同左 | — | | |
| 時刻歴の保守性検討 | 考慮 ASME Time History Broadening | ・同左 | — | | |

2. 審査会合での指摘事項に対する回答 【No. 5】(3/3)

女川2号炉
門型クレーン



女川3号炉
門型クレーン



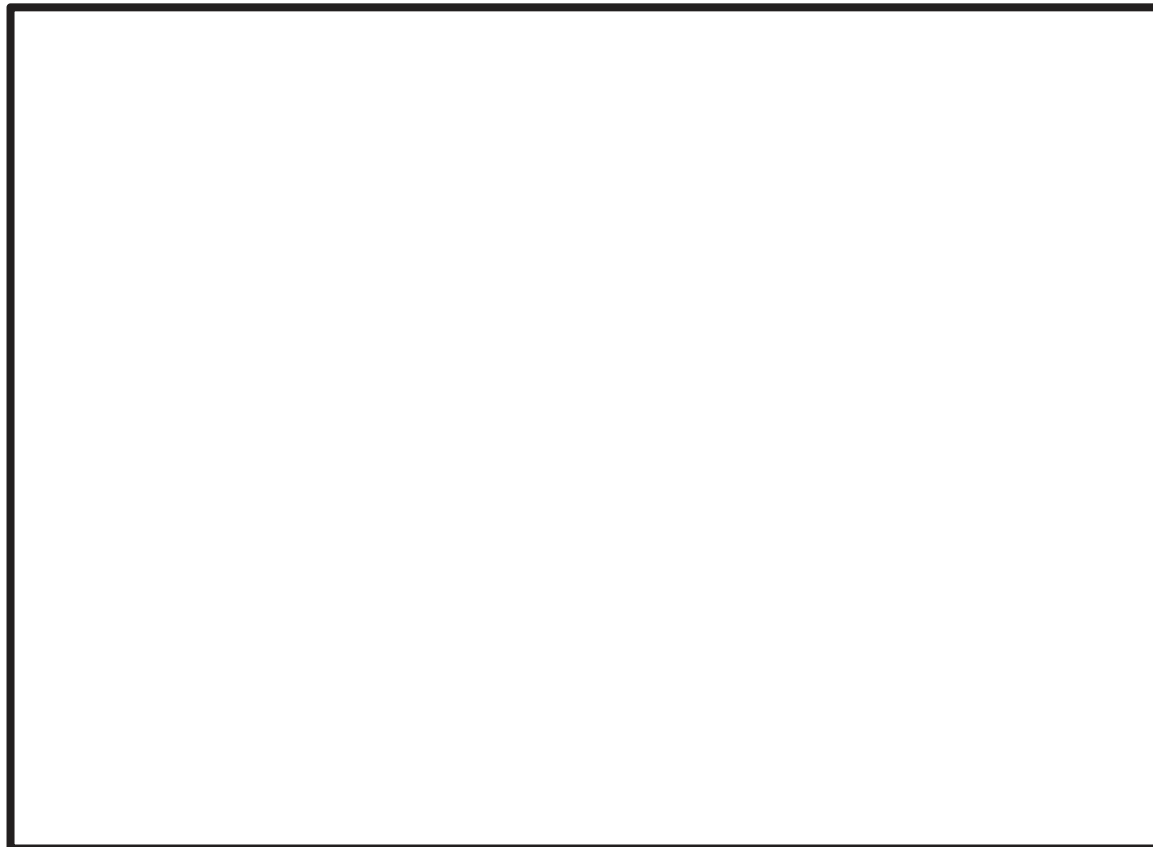
2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 6】(1/2)

(1) 指摘事項

大物搬入口を波及的影響のおそれがないとした根拠について、構造、支持地盤、Sクラスとしている範囲等を提示すること。

(2) 回答

- 二次格納施設としての原子炉建屋原子炉棟(Sクラス範囲)について以下に示す。
- 大物搬入口については、外扉までの範囲をSクラス範囲として設定している。

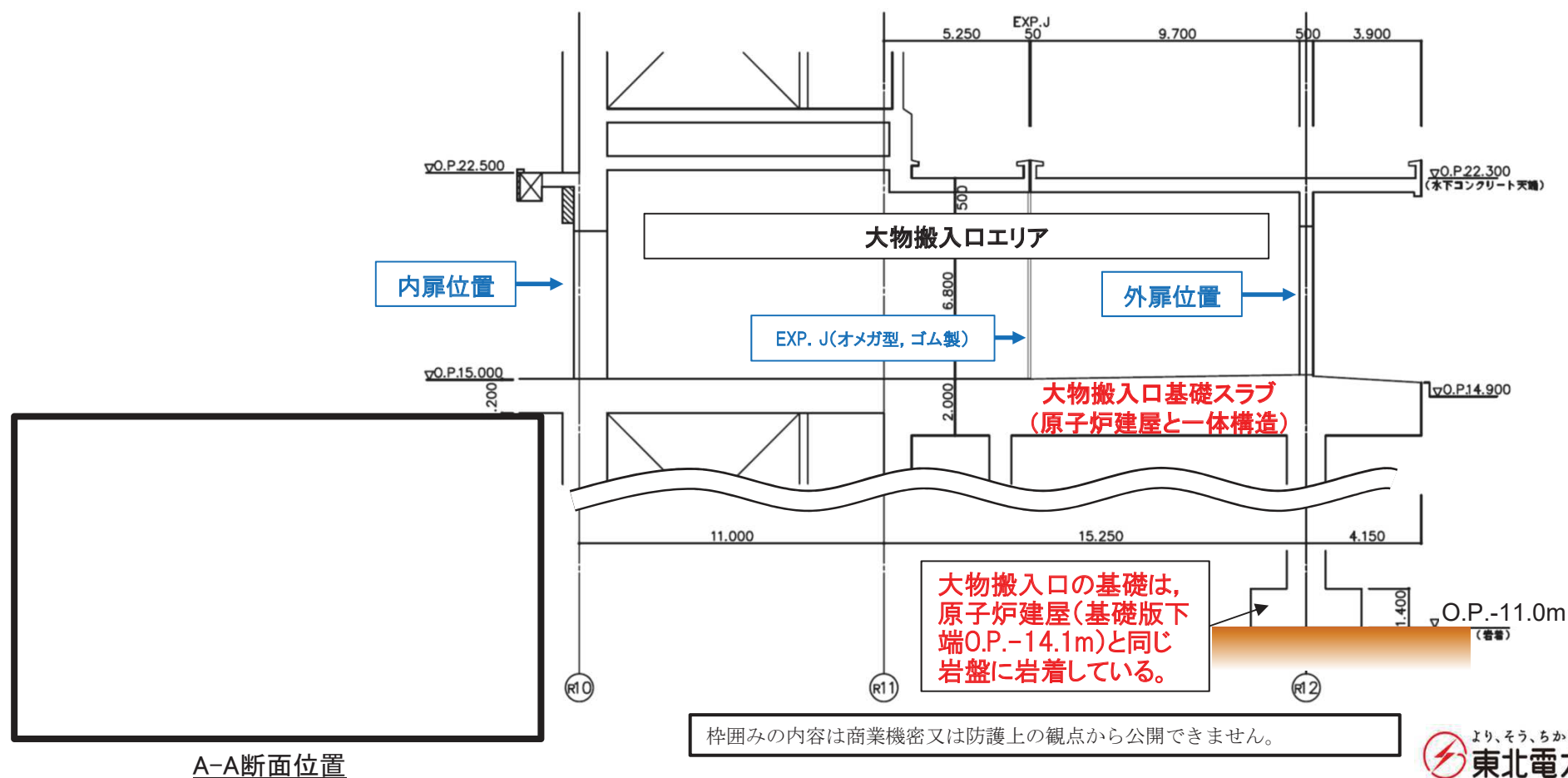


原子炉建屋原子炉棟境界図（原子炉建屋1階）

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。

2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 6】(2/2)

- 原子炉建屋の大物搬入口は、外扉位置までが原子炉建屋原子炉棟の一部であり、原子炉建屋と一体構造となっている。
 - ・大物搬入口の基礎スラブは、原子炉建屋の1階床面と連続した一体構造であり、上部の壁および屋根についてはEXP.Jを介して接続されている。
 - ・大物搬入口の基礎は、原子炉建屋と同じ岩盤に支持されており、岩着している。
- 以上より、大物搬入口は波及的影響対象施設ではなく原子炉建屋として上位クラスに分類される。



A-A断面位置

2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 7】

(1) 指摘事項

下位クラスの小規模建屋の影響評価について、評価方針を提示すること。

(2) 回答

- ガスボンベ庫やモニタリング建屋等の小規模建屋の一部については、防潮壁等の設置工事に伴い、その設置位置についての移設検討を実施している。
- 今後、移設検討の進捗に併せて波及的影響の有無を確認していくこととし、工認段階で小規模建屋の設置計画を基に波及的影響の検討を実施する。
- なお、上位クラス施設と離隔距離が小さく波及的影響を及ぼす可能性があると判断された小規模建屋については、小規模建屋の損傷・転倒に伴う上位クラス施設との衝突評価を実施する予定である。
(4条まとめ資料【資料1-1-8】別紙2-添5-2参照)

2. 審査会合での指摘事項に対する回答【No. 8】

(1) 指摘事項

波及的影響に関する評価方針について、「相対変位又は不等沈下による影響」及び「接続部における相互影響」の検討における現場調査の位置付けを整理して提示すること。

(2) 回答

- 「相対変位又は不等沈下による影響」及び「接続部における相互影響」の検討については、図面情報を基に机上検討において情報を整理し評価を実施することとしている。
- ただし、机上検討終了後に実施する現場調査においては、全ての上位クラス施設が調査対象となっていることから、図面で確認することとしている2項目についての情報も実態的には調査を行っているものである。
- 以上を踏まえ、上記2項目については、机上検討で調査した情報が現場の状況と相違ないことを、現地で確認する方針とする。

(4条まとめ資料【資料1-1-8】別紙2-3, 別紙2-添1-2参照)