

放射性物質分析・研究施設第2棟における
安全上重要な施設、使用許可基準規則
第22条及び第29条の考え方及び適合方針について

2023年8月31日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

本技術会合における目的、概要

■ 本技術会合の目的

放射性物質分析・研究施設第2棟（以下「第2棟」という。）における安全上重要な施設、使用許可基準規則第22条（以下「第22条」という。）及び使用許可基準規則第29条（以下「第29条」という。）の考え方並びに適合方針についてご審議頂きたい。

■ 概要

- 第2棟における安全上重要な施設の選定にあたって、安全機能喪失による公衆被ばく影響の観点から考え方を確認する。
- 第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）に基づく第2棟における設計評価事故に対する評価について、考え方及び適合方針を示す。
- 第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）に基づく第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故に対する評価について、考え方及び適合方針を示す。

目次

1. 第2棟における安全上重要な施設、第22条及び第29条の適合に係る考え方
2. 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー
3. 第2棟の安全機能と設備
4. 第2棟における安全上重要な施設の選定
5. 第2棟における第22条の適合方針
6. 第2棟における第29条の適合方針
7. まとめ

1. 第2棟における安全上重要な施設、第22条及び第29条の適合に係る考え方

安全上重要な施設への適合に係る考え方

- 「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」に基づき、構築物、系統及び機器の安全機能の喪失による公衆の被ばく線量を評価し、発生事故当たり5 mSvを超えるものを、安全上重要な施設として選定する。

第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）への適合に係る考え方

- 設計評価事故として、複数の起因による事故を想定し、安全機能の喪失による公衆への被ばく影響が5mSv未満であることを確認する。
- 起因となる事象として、自然現象、外部人為事象及び設備故障等を考慮する。

第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）への適合に係る考え方

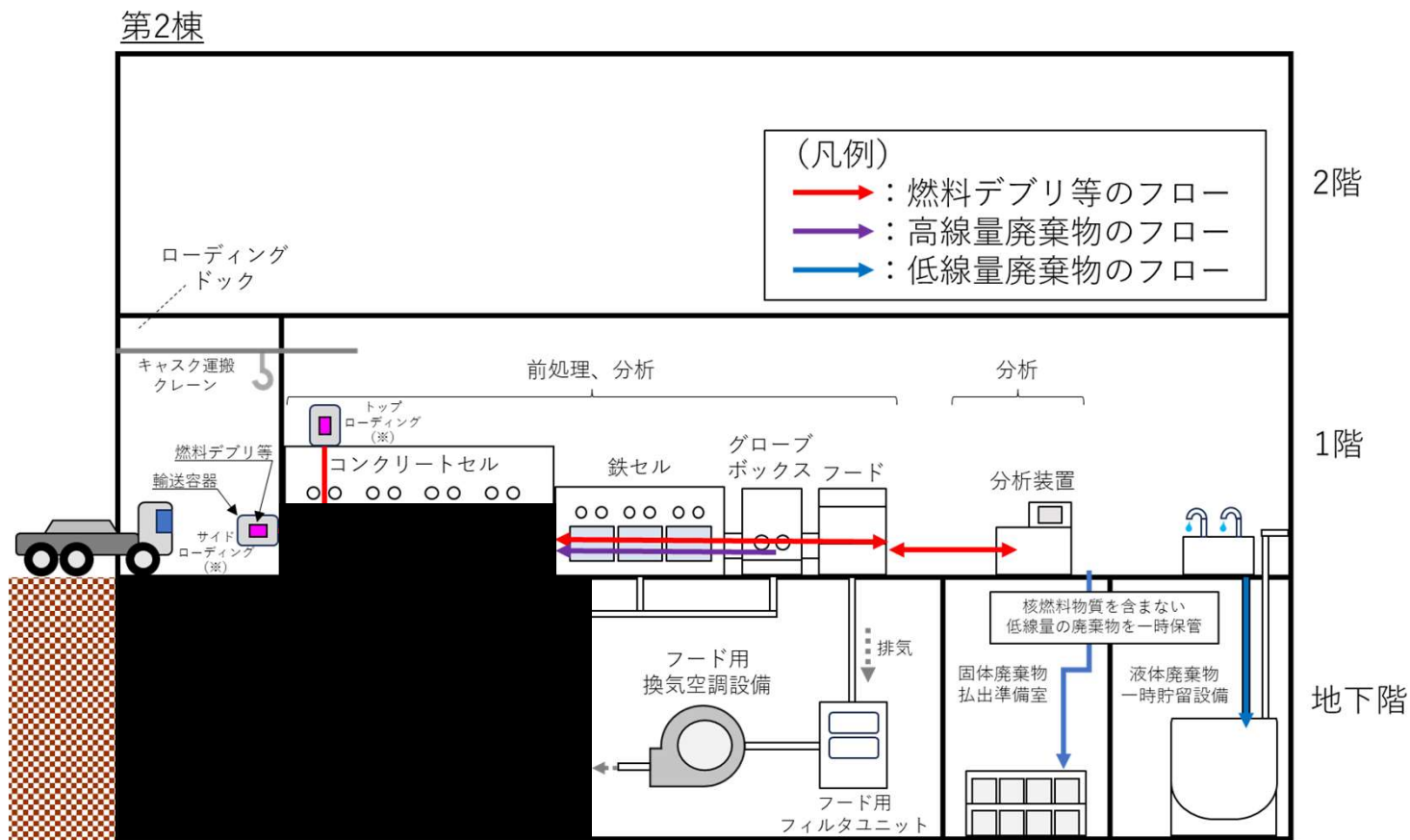
- 多量の放射性物質等を放出する事故として、安全上重要な設備を対象に、設計評価事故より多くの起因となる事象が同時発生した場合を想定し、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じていることを確認する。
- 起因となる事象として、自然現象、外部人為事象及び設備故障等を考慮する。

2. 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフロー

安全上重要な施設の選定、設計評価事故及び多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行うにあたって、第2棟の安全機能と設備を整理する。

第2棟の安全機能は、各設備で取り扱う燃料デブリ等、廃棄物の取扱量から必要と考えられる機能（閉じ込め機能、遮蔽機能、臨界防止機能）を各設備に持たせている。

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローを以下に示す。



※ トップローディング又はサイドローディングにより輸送容器とコンクリートセルを接続し、燃料デブリ等を受け入れる。

次頁に、第2棟における安全機能と設備を示す。

3. 第2棟の安全機能と設備

第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローに基づき、第2棟の安全機能と設備を整理した結果を以下に示す。

No.	安全機能	設備名称	備考
1	閉じ込め機能	コンクリートセル	構造による閉じ込め 負圧維持による閉じ込め※1
		鉄セル	
		グローブボックス	
		フード	風速維持による閉じ込め※2
		液体廃棄物一時貯留設備	構造による閉じ込め
2	遮蔽機能	建屋	建屋躯体の遮蔽
		コンクリートセル	
		試料ピット	
		鉄セル	鉄セル遮蔽体の遮蔽
3	臨界防止機能	コンクリートセル	質量管理による臨界防止
		試料ピット	質量管理による臨界防止
			形状管理による臨界防止

※1 セル・GB用換気空調設備の負圧維持による閉じ込め

※2 フード用換気空調設備の風速維持による閉じ込め

上記の安全機能と設備をもとに、次頁以降に示す方法にて、安全上重要な施設の選定、設計評価事故及び多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行う。

4. 第2棟における安全上重要な施設の選定（1/2）

「使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則」及びその解釈に基づき、第2棟における安全上重要な施設を選定する。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則（抜粋）

第一条（定義）

四 「安全上重要な施設」とは、使用施設等のうち、安全機能の喪失により、公衆又は従事者に放射線障害を及ぼすおそれがあるもの及び設計評価事故時に公衆又は従事者に及ぼすおそれがある放射線障害を防止するため、放射性物質又は放射線が使用施設等を設置する工場又は事業所（以下「工場等」という。）の外へ放出されることを抑制し、又は防止するものをいう。

使用施設等の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈（抜粋）

第1条（定義）

3 上記2の「安全上重要な施設」とは、以下に掲げるものが含まれるものをいう。ただし、安全機能が喪失したとしても、公衆及び従事者に過度の放射線被ばくを及ぼすおそれのないことが明らかな場合は、この限りでない。

- 一 プルトニウムを含む溶液又は粉末を内蔵する系統及び機器
 - 二 使用済燃料、高レベル放射性液体廃棄物を内蔵する系統及び機器
 - 三 上記一及び二の系統及び機器の排気系統
 - 四 上記一及び二の系統及び機器を収納するセル等
 - 五 上記四のセル等の排気系統
 - 六 上記四のセル等を収納する構築物及びその換気系統
 - 七 核燃料物質を非密封で大量に取り扱う系統及び機器の排気系統
 - 八 非常用所内電源系統及び安全上重要な施設の機能の確保に必要な圧縮空気等の主要な動力源
 - 九 熱的、化学的又は核的制限値を有する設備・機器並びに当該制限値を維持するための設備・機器
 - 十 臨界事故の発生を直ちに検知し、これを未臨界にするための設備・機器
 - 十一 使用済燃料を貯蔵するための施設
 - 十二 高レベル放射性固体廃棄物を保管廃棄するための施設
 - 十三 その他上記各系統・設備・機器等の安全機能を維持するために必要な系統・設備・機器等のうち、安全上重要なもの
- 4 上記3に規定する「過度の放射線被ばくを及ぼすおそれ」とは、周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えることをいう。

次頁に安全機能を喪失した際の公衆への被ばく影響を示し、第2棟における安全上重要な施設を選定する。

4. 第2棟における安全上重要な施設の選定（2/2）

安全機能を喪失した際の公衆への被ばく影響の観点から、第2棟における安全上重要な施設を選定する。第2棟の各設備における安全機能喪失時の公衆被ばく線量は以下のとおり。

（単位：mSv）

設備名称	閉じ込め機能喪失	遮蔽機能喪失	臨界防止機能喪失
建屋	—	6.5×10^{-4}	—
コンクリートセル	1.1×10^2	2.2×10^1	$> 2.1 \times 10^1$
試料ピット	—	1.9×10^2	$> 2.1 \times 10^1$
鉄セル	2.7	5.3×10^{-2}	—
グローブボックス	2.7×10^{-4}	—	—
フード	2.7×10^{-4}	—	—
セル・GB用 換気空調設備	2.0	—	—
フード用 換気空調設備	2.7×10^{-4}	—	—

※1 評価条件等は、参考資料1に示す。

※2 設備として該当する安全機能を有していない箇所については、“—（バー）”を記載する。

※3 安全機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※4 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※5 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※4の移行率を用いた。

安全機能を喪失した際に公衆への被ばく影響が5mSvを超えると評価した設備である“**コンクリートセル**”及び“**試料ピット**”を第2棟における安全上重要な施設に選定する。

5. 第2棟における第22条の適合方針（1/4）

第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）及びその解釈に基づき、第2棟における設計評価事故の評価を行い、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことを確認する。

使用許可基準規則（抜粋）

第二十二條（設計評価事故時の放射線障害の防止）

使用前検査対象施設は、設計評価事故時において、周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないものでなければならない。

使用許可基準規則の解釈（抜粋）

1 第22条に規定する「設計評価事故時において、周辺監視区域の外の公衆に放射線障害を及ぼさないもの」とは、**設計評価事故の解析及び評価を行った結果、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えないことが確認できること**をいう。

2 上記1の「著しい放射線被ばくのリスク」とは、**周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えること**をいう。

3 上記1の評価は、使用前検査対象施設内に、機器等の破損、故障、誤動作あるいは使用者の誤操作によって放射性物質を外部に放出する可能性のある事象を想定し、その発生の可能性との関連において、各種の安全設計の妥当性を確認するという観点から評価することをいう。設計評価事故として評価すべき事例は以下に掲げるとおりとする。

一 核燃料物質による臨界

二 閉じ込め機能及び遮蔽機能の不全（火災・爆発及び重量物の落下によるものを含む。）

使用許可基準規則の解釈を踏まえて、第2棟においては安全機能の喪失として「閉じ込め機能不全」、「遮蔽機能不全」及び「核燃料物質の臨界（臨界防止機能喪失）」の観点から設計評価事故を想定する。想定した設計評価事故に対し、公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認する。

次頁に、設計評価事故の評価手順を具体的に示す。

5. 第2棟における第22条の適合方針（2/4）

第2棟における設計評価事故を評価するにあたって、マスターロジックダイアグラム※（以下「MLD」という。）を用いて、事象の洗出しを行う。

①：「頂上事象」を設定する。（レベル1）

- ◆ 頂上事象：「安全機能の喪失」
- ◆ 頂上事象に対応した事象を洗出し、公衆に著しい放射線被ばくのリスクを与えない設計であることを以降のフローで確認する。

②：頂上事象を安全機能の観点から3つの「異常事象」に分類する。（レベル2）

- ◆ 異常事象：「閉じ込め機能不全」、「遮蔽機能不全」及び「臨界防止機能喪失」

③：第2棟を構成する構築物、系統及び機器ごとに異常事象に達しうる「具体的事象」を整理する。（レベル3）

④：「具体的事象」に至る起因事象を「発生タイミング」、「異常カテゴリ」、「内容」の項目を基に抽出する。（レベル4）

- ◆ 第2棟における燃料デブリ等及び廃棄物のフローにおいて、起因事象の発生するタイミング（例：燃料デブリ等の受入時、分析時等）を想定する。
- ◆ 自然現象、外部人為事象及び設備故障等の単一事象又は複合事象を異常カテゴリとして整理し、具体的な内容を想定する。

次頁へ続く

※：頂上事象から起因事象を抽出するトップダウン型分析法であり、本手法により、異常事象へと至る起因事象や原因を明らかにする。

5. 第2棟における第22条の適合方針（3/4）

前頁からの続き



⑤：起因事象に対して、設備設計・運用上の対策を整理する。（レベル5）



⑥：対策について、異常事象への有効性と緩和した場合の公衆への被ばく影響を確認する。（レベル6）

- ◆ 公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認する。

次頁に、MLDを用いて設計評価事故を洗出した結果の例を示す。

5. 第2棟における第22条の適合方針（4/4）

MLDを用いて評価を行った結果のうち、閉じ込め機能不全における公衆被ばく影響が最も大きいと考えられる事象を評価結果の例として以下に示す。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
安全機能の喪失	閉じ込め機能不全	コンクリートセルの閉じ込め機能不全	燃料デブリ等分析時	地震 + 火災	加熱機器を使用している際に、Sクラスの地震が発生、更に、地震に伴い可燃物又は薬品が加熱機器に接触し、セル内火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・GB用換気空調設備、電源設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> セル内で取扱う可燃物、薬品の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 Sクラスの地震に対して、コンクリートセル及び給排気弁に損傷が生じない設計とする。 電源喪失時にコンクリートセルの給排気弁が自動で閉止する設計とすることで、構造による閉じ込めを行う（参考資料2参照）。 	(防止) (緩和) →給排気弁の閉止により構造による閉じ込めを行った場合の公衆被ばく線量 1.8mSv (参考資料3参照)

上記の方法で設計評価事故を評価し、公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5mSvを超えないことを確認していく。

6. 第2棟における第29条の適合方針（1/3）

第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）及びその解釈に基づき、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の評価を行い、当該事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認する。

使用許可基準規則（抜粋）

第二十九条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）

使用前検査対象施設は、発生頻度が設計評価事故より低い事故であって、当該使用前検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるものが発生した場合において、当該事故の拡大を防止するために必要な措置を講じたものでなければならない。

使用許可基準規則の解釈（抜粋）

1 第29条に規定する「**発生頻度が設計評価事故より低い事故**」であって、当該使用前検査対象施設から多量の放射性物質又は放射線を放出するおそれがあるもの」とは、設計評価事故を超える事故であって、**周辺監視区域周辺の公衆の実効線量の評価値が発生事故当たり5ミリシーベルトを超えるもの**をいう。

2 上記1の「設計評価事故を超える事故」を想定する際には、例えば、次に掲げる条件を含め、検討すること。

一 事故発生 の条件

想定される事故が単独で、同時に又は連鎖して発生することを想定するに当たっては、同一の室内にある等、同じ防護区画内（発生する事故により、他の設備及び機能に影響を及ぼしうる範囲）にある設備及び機器の機能喪失の同時発生の可能性について考慮することをいう。なお、関連性が認められない偶発的な同時発生の可能性を想定する必要はない。想定される事故としては、例えば次の各号が考えられる。

- ① 臨界
- ② 火災・爆発
- ③ 閉じ込め機能の喪失
- ④ 冷却機能の喪失
- ⑤ 外的事象（地震・津波（地震随件事象を含む。）等
- ⑥ その他施設の特性に応じた事故

6. 第2棟における第29条の適合方針（2/3）

- 第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故を評価するにあたっては、設計評価事故の評価と同様、MLDを用いて事象の洗出しを行う。
- 使用許可基準規則の解釈を踏まえて、「安全機能喪失に伴う公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射性物質等の放出事象」を頂上事象とする。
- 安全機能喪失に伴う公衆への被ばく影響が5mSvを超える事象が発生するおそれのある設備として、安全上重要な施設を対象とする。
- 「閉じ込め機能の喪失」、「外的事象（地震・津波（地震随伴事象を含む。））」等の観点から、設備及び機器の機能喪失の同時発生の可能性を考慮に入れ、異常事象及び起因事象を想定する。
- 多量の放射性物質等を放出する事故による公衆への被ばく影響を確認し、当該事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認する。

次頁に、MLDを用いて多量の放射性物質等を放出する事故を洗出した結果の例を示す。

6. 第2棟における第29条の適合方針（3/3）

MLDを用いて評価を行った結果のうち、閉じ込め機能の喪失事象における公衆被ばく影響が最も大きいと考えられる事象を評価結果の例として以下に示す。

レベル1	レベル2	レベル3	レベル4			レベル5	レベル6
頂上事象	異常事象の定義 (OR条件)	具体的事象 (OR条件)	起回事象			対策 (AND条件) 青字：設計面、緑字：運用面	影響
			発生 タイミング	異常 カテゴリ	内容		
安全機能喪失に伴う公衆への被ばく影響が5mSvを超える放射性物質等の放出事象	閉じ込め機能の喪失	コンクリートセルの閉じ込め機能の喪失	燃料デブリ等分析時	地震 + 火災 + 設備故障	加熱機器を使用している際に、Sクラスの地震が発生、更に、地震に伴い可燃物又は薬品が加熱機器に接触し、セル内火災が発生した状況を想定する。地震により、セル・GB用換気空調設備、電源設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、電源及び消火機能が喪失した状態を想定する。 更に、設備故障により給排気弁が自動で閉止されず、構造による閉じ込め機能が行えない状況を想定する。	<ul style="list-style-type: none"> セル内で取扱う可燃物、薬品の量を必要最低限にする等の管理を行う。 加熱機器を使用する間は、異常時に速やかな対応ができるよう、作業員が作業場所にて常時監視を行う。 Sクラスの地震に対して、コンクリートセル及び給排気弁に損傷が生じない設計とする。 	<p>(防止)</p> <p>事故発生時の影響 コンクリートセルの負圧維持機能、消火機能及び構造による閉じ込め機能が喪失した場合の公衆被ばく線量 18mSv (参考資料4参照)</p> <p>事故の拡大防止措置 自動で給排気弁が閉止されない場合は、手動で給排気弁を閉止することにより、閉じ込め機能を維持できる設計とする。</p>

上記の方法で多量の放射性物質等を放出する事故を評価し、当該事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認していく。

7. まとめ

第2棟における安全上重要な施設の選定について

- 安全機能を喪失した際に公衆への被ばく影響が5mSvを超えると評価した設備である“コンクリートセル”及び“試料ピット”を第2棟における安全上重要な施設に選定する。

第22条（設計評価事故時の放射線障害の防止）への適合方針

- MLDの手法を用いて、頂上事象や異常事象といった各事象の選定を行うことで、第2棟における設計評価事故の洗出しを行い、安全機能喪失に伴う公衆への被ばく影響が5mSv未満であることを確認していく。

第29条（多量の放射性物質等を放出する事故の拡大の防止）への適合方針

- MLDの手法を用いて、頂上事象や異常事象といった各事象の選定を行うことで、第2棟における多量の放射性物質等を放出する事故の洗出しを行い、当該事故の拡大を防止するために必要な措置が講じられていることを確認していく。

参考資料1 安全機能を喪失した際の公衆への被ばく影響評価 (1/2)

安全機能を喪失した際の公衆への被ばく影響の観点から、第2棟における安全上重要な施設を選定する。第2棟の各設備における安全機能喪失時の公衆被ばく線量は以下のとおり。

(1/2)

設備名称	喪失する安全機能※1	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	安全機能喪失時の公衆被ばく影響
建屋	遮蔽	<p>【外部被ばく】 建屋の遮蔽機能が喪失し、地下階に存在する固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備に含まれる放射性物質の放射能（それぞれ2.3×10^{10}Bq及び2.4×10^8Bq）から燃料デブリ重量に換算し、その直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の遮蔽を考慮しない。 ・ 固体廃棄物払出準備設備及び液体廃棄物一時貯留設備は地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。 	6.5×10^{-4} mSv
コンクリートセル	閉じ込め	<p>【内部被ばく】 コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行※2し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートセル及び建屋の除染係数を考慮しない。 	1.1×10^2 mSv
	遮蔽	<p>【外部被ばく】 コンクリートセルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ コンクリートセル及び建屋による遮蔽を考慮しない。 	2.2×10^1 mSv
	臨界防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 臨界防止機能が喪失し、核燃料物質が臨界したと想定する。 ・ 臨界時の核分裂数は、3×10^{15} fission※3とする。 ・ 被ばく経路としては、即発γ及び中性子線による直接線・スカイシャイン線（外部被ばく）、クラウドγ（核分裂で発生する希ガス・ヨウ素による外部被ばく、吸入摂取（核分裂で発生する希ガス・ヨウ素による内部被ばく）を想定した。 	2.1×10^1 mSv
試料ピット	遮蔽	<p>【外部被ばく】 試料ピットの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 建屋の遮蔽を考慮しない。 ・ 試料ピットは地下階に存在するため、土壌による遮蔽を考慮する。 	1.9×10^2 mSv
	臨界防止	<ul style="list-style-type: none"> ・ 臨界防止機能が喪失し、核燃料物質が臨界したと想定する。 ・ 臨界時の核分裂数は、3×10^{15} fission※3とする。 ・ 被ばく経路としては、即発γ及び中性子線による直接線・スカイシャイン線（外部被ばく）、クラウドγ（核分裂で発生する希ガス・ヨウ素による外部被ばく、吸入摂取（核分裂で発生する希ガス・ヨウ素による内部被ばく）を想定した。 	2.1×10^1 mSv

※1 遮蔽機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※2 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1%（日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」）。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※3 燃料デブリ等による臨界事故事例が存在しないため、固体状燃料の臨界事故事例であるTOMSK臨界事故を参考に設定“A Review of Criticality Accidents”. Los Alamos national laboratory, 2000 LA-13638 (48頁より)

参考資料1 安全機能を喪失した際の公衆への被ばく影響評価 (2/2)

(2/2)

設備名称	耐震上の安全機能※1	機能喪失時の敷地境界線量評価の概要	安全機能喪失時の公衆被ばく影響
鉄セル	閉じ込め	【内部被ばく】 鉄セル内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がセル内の気相に移行※3し、排気系統を通じてではなく、直接、セル周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7 mSv
	遮蔽	【外部被ばく】 鉄セルの遮蔽機能が喪失し、燃料デブリからの直接線・スカイシャイン線が敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の遮蔽を考慮しない。	5.3×10^{-2} mSv
グローブボックス	閉じ込め	【内部被ばく】 グローブボックス内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がグローブボックス内の気相に移行※3し、排気系統を通じてではなく、直接、グローブボックス周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7×10^{-4} mSv
フード	閉じ込め	【内部被ばく】 フード内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行※3し、排気系統を通じてではなく、直接、フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7×10^{-4} mSv
セル・GB用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】 コンクリートセル内の試料調製時に発生する燃料デブリからの粉体の発生量を安全側に見積もり、粉体中の放射性物質がセル内の気相に移行※2し、コンクリートセルの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.0 mSv
フード用換気空調設備	閉じ込め	【内部被ばく】 フード内の燃料デブリ中の放射性物質の一部がフード内の気相に移行※3し、フードの排気配管内の放射性物質を含む気体が直接フード周辺の室に放出され、さらに建屋から外部へ地上放出され、敷地境界に達したと想定する。 ・建屋の除染係数を考慮しない。	2.7×10^{-4} mSv

※1 遮蔽機能の喪失が継続する期間を7日間として評価した。

※2 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)。Kr等の気体状の放射性物質は100%移行。

※3 鉄セル、グローブボックス、フードでは、燃料デブリの切断は行わないが、取り扱う燃料デブリ全量が粉体化するものとし、※2の移行率を用いた。

安全機能を喪失した際に公衆への被ばく影響が5mSvを超えると評価した設備である“コンクリートセル”及び“試料ピット”を第2棟における安全上重要な施設に選定する。

参考資料2 コンクリートセル等の閉じ込めの考え方

Sクラスの地震及び地震に伴う火災が同時に発生した場合におけるコンクリートセル等の閉じ込めの考え方を以下に示す。

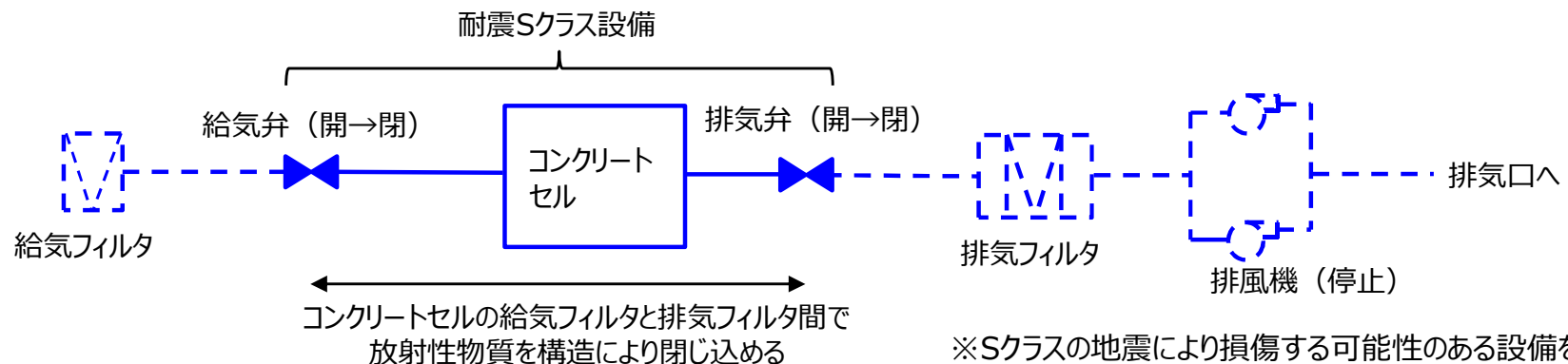
◆想定事象

- ・Sクラスの地震により、セル・GB用換気空調設備、電源設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能、電源及び消火機能が喪失することを想定。

◆閉じ込めの考え方

- ・コンクリートセルの給気フィルタと排気フィルタ間で放射性物質を構造により閉じ込める。
- ・電源喪失により、コンクリートセルの給排気弁は自動で閉止する設計とする。
- ・万一、給排気弁が自動で閉止されないときは、手動で閉止できる設計とする。

◆想定事象が起きた場合のコンクリートセル等のイメージ図



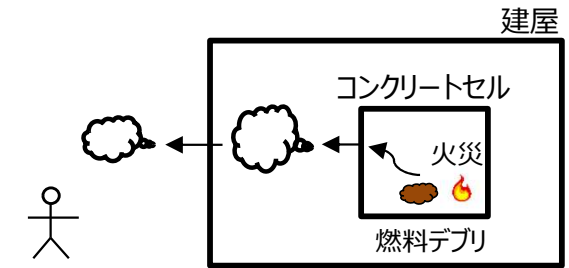
Sクラスの地震及び地震に伴う火災が同時に発生した場合における公衆への被ばく影響の評価結果を以下に示す。

◆想定事象

- ・Sクラスの地震によりセル・GB用換気空調設備、消火設備が損傷し、コンクリートセルの負圧維持機能及び消火機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

- ・コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等 () の切断時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定。
- ・切断時に発生する粉体 (約 7×10^{12} Bq) について、切断時の飛散1% (既存使用施設で同様な評価に用いている移行率^{※1}) と火災に伴う飛散0.6%^{※2}を合わせた1.6% (トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%) が気相に移行。
- ・気相に移行した放射性物質は、排気系統を通じてではなく、直接、室内に放出され、更に室内から建屋外へ地上放出され、敷地境界に達したと想定。



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	7.5×10^7
Pu-239	5.4×10^6
Pu-240	9.7×10^6
Pu-241	7.5×10^8
Am-241	4.0×10^7
Am-242m	1.4×10^6
Cm-244	1.0×10^7
その他	3.7×10^9
合計	4.6×10^9

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

◆除染係数

- ・コンクリートセル及び建屋について、除染係数 (DF) として10を考慮する^{※3}。
- ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

- ・建屋外に放出された放射能 → 4.6×10^9 Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

- ・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆線量評価結果

- ・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約1.8mSv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率 1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6% (“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

※3 コンクリートセル及び建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al. “Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning”. Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

Sクラスの地震、それに伴う火災及び設備故障が同時に発生した場合における公衆への被ばく影響の評価結果を以下に示す。

◆想定事象

・Sクラスの地震によりセル・GB用換気空調設備、消火設備が損傷し、更に設備故障により給排気弁が閉止せず、コンクリートセルの負圧維持機能、消火機能及び構造による閉じ込め機能が喪失することを想定。

◆放射性物質の放出経路

・コンクリートセルNo.4における燃料デブリ等 () の切断時に地震が発生し、その後、火災が発生したことを想定。
 ・切断時に発生する粉体 (約 7×10^{12} Bq) について、切断時の飛散1% (既存使用施設で同様な評価に用いている移行率※1) と火災に伴う飛散0.6%※2を合わせた1.6% (トリチウム、希ガス、ヨウ素は100%) が気相に移行。
 ・気相に移行した放射性物質は、ダクトを通じてセル外に放出された後、建屋から外部へ直接地上放出され、敷地境界に達したと想定。

◆除染係数

・建屋について、除染係数 (DF) として10を考慮する※3。
 ・なお、ガス状の放射性物質については、除染係数を考慮しない。

◆放出された放射能

・建屋外に放出された放射能 → 1.4×10^{10} Bqと評価。

◆放射性物質の大気拡散

・「発電用原子炉施設の安全解析に関する気象指針」に従い、地上放出によって敷地境界に達する場合の相対濃度 → 3.2×10^{-7} h/m³と評価。



◆線量評価結果

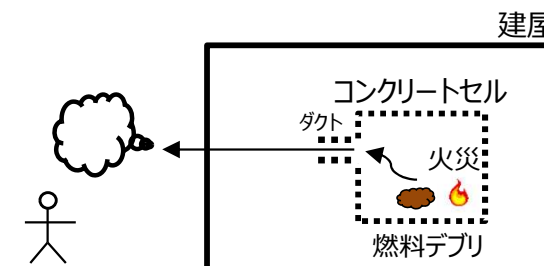
・「発電用軽水型原子炉施設の安全評価に関する審査指針」を参考に求めた呼吸摂取による内部被ばく線量 → 約18mSv

※1 燃料デブリ切断時の粉体から気相への放射性物質の移行率1% (日本原子力学会「ホットラボの設計と管理」)

※2 火災に伴う粉体から気相への放射性物質の移行率0.6% (“Nuclear Fuel Cycle Facility Accident Analysis Handbook”, NUREG/CR-6410)

※3 建屋の除染係数として10を考慮。

Elizabeth M.Flew, et al. "Assessment of the Potential Release of Radioactivity from Installations at AERE, Harwell. Implications for Emergency Planning". Handling of Radiation Accidents. International Atomic Energy Agency. Vienna, 1969, IAEA-SM-119/7



建屋外への放出量

核種	放出量 [Bq]
Pu-238	7.5×10^8
Pu-239	5.4×10^7
Pu-240	9.7×10^7
Pu-241	7.5×10^9
Am-241	4.0×10^8
Am-242m	1.4×10^7
Cm-244	1.0×10^8
その他	5.3×10^9
合計	1.4×10^{10}

「その他」以外の核種が全体の実効線量のうち約99%を占める。

「その他」の主な核種

核種	放出量 [Bq]
Kr-85	3.2×10^9
H-3	3.3×10^8

放射性物質分析・研究施設第2棟に係る
実施計画の変更認可申請について
(鉄セル遮蔽体の耐震性評価に係る
指摘事項に対するご回答)

2023年8月31日

東京電力ホールディングス株式会社
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

コメントリスト

No.	実施日	指摘事項	回答内容
1	2023.3.6 技術会合	<ul style="list-style-type: none"> 鉄セル遮蔽体の波及的影響の評価について、評価で使用している式（Chang式、Degen式等）は、通常ミサイル系に使用するものであるため、本評価のように面的に衝突する場合の適用性を示すこと。 	<p>【2023.6.8 面談】</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄セル遮蔽体の設計を見直し、Ss900に対する耐震性を有することを確認した。
2	2023.6.19 技術会合	<ul style="list-style-type: none"> 鉄セル遮蔽体の基礎ボルトを定着しているコンクリートのコーン破壊について確認すること。 	<p>【2023.9.11 技術会合】（今回ご説明）</p> <ul style="list-style-type: none"> 鉄セル遮蔽体の設計見直しの詳細をご説明する。 各ボルトに対する有効投影面積の考慮等の評価内容の詳細をご説明する。

1. 概要

第11回技術会合における指摘事項：鉄セル遮蔽体の基礎ボルトを定着しているコンクリートのコーン破壊について確認すること。

◆ 指摘事項の経緯

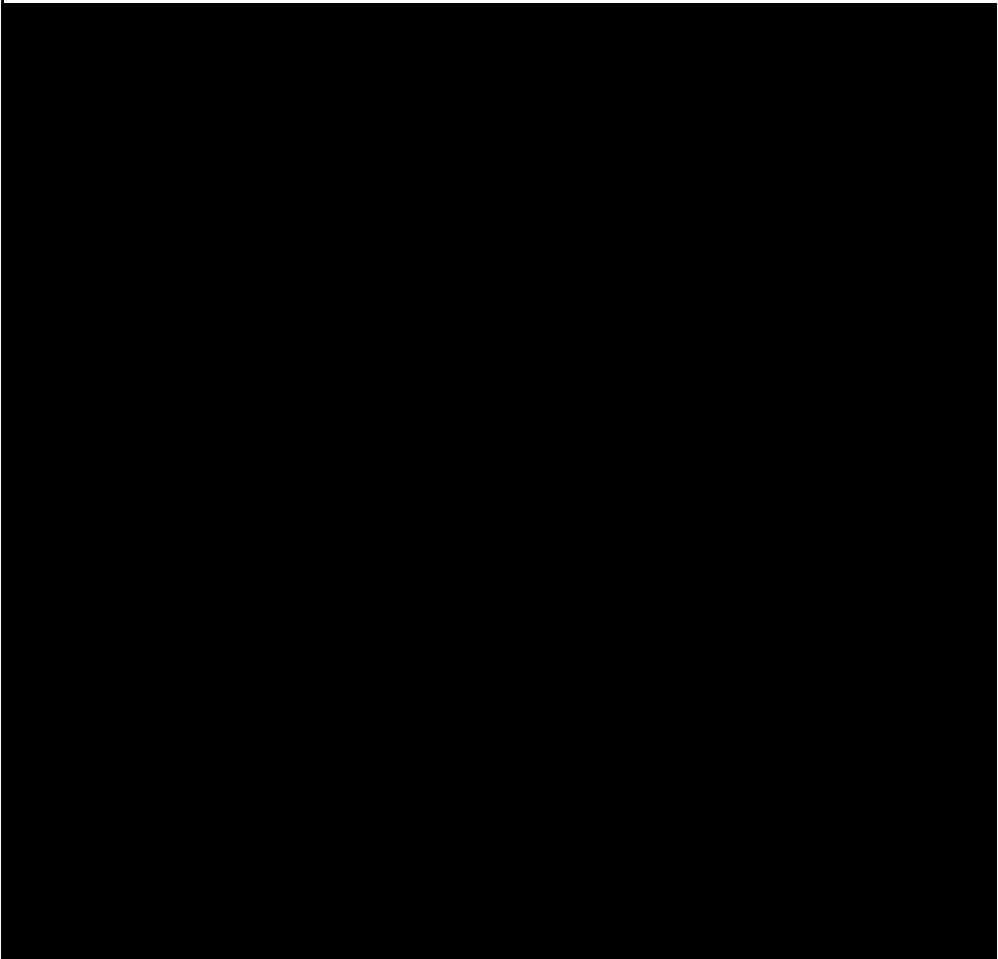
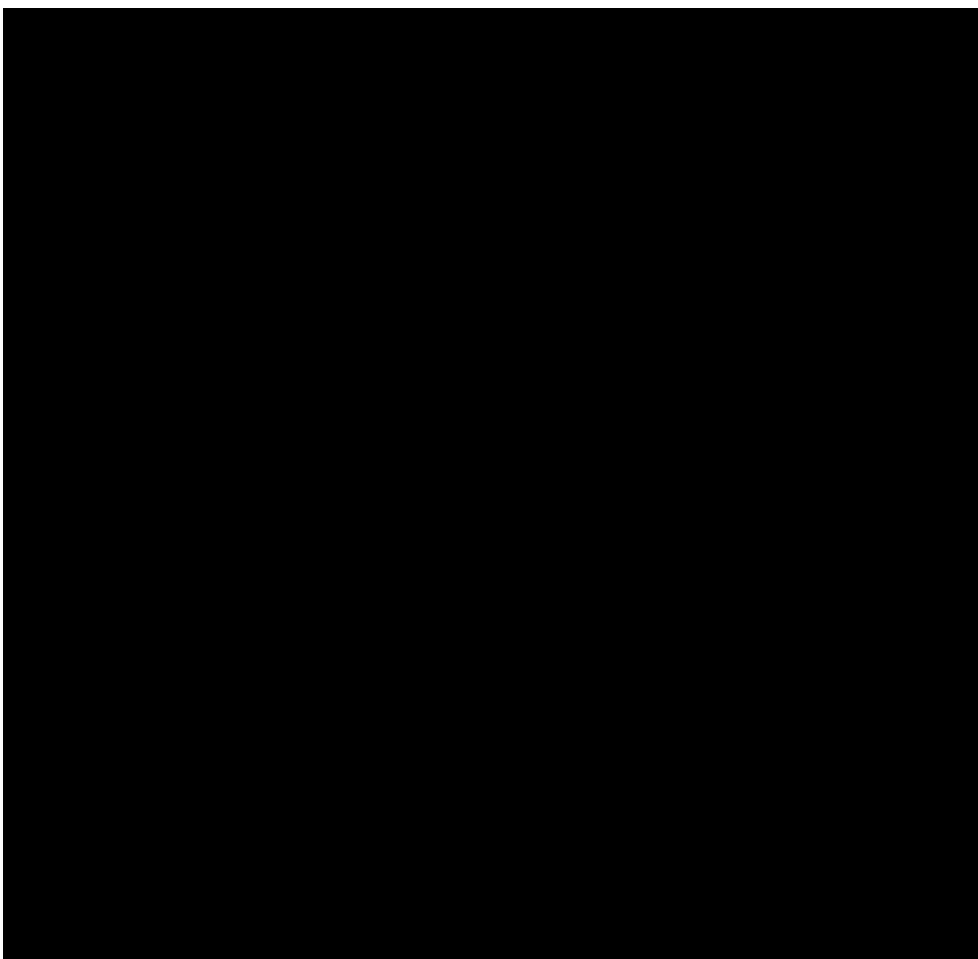
- コンクリートセル（耐震Sクラス）に隣接して設置される鉄セル遮蔽体（耐震B+クラス）は重量物であり、Ss900の地震が発生し損傷した場合に、上位クラスであるコンクリートセルに波及的影響を及ぼすことが懸念された。
- コンクリートセルへの波及的影響を及ぼさないことを確認するため、鉄セル遮蔽体に対してSs900に対する耐震性を有していることを確認することとした。
- 第11回特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合（以下「第11回技術会合」という。）において、基礎ボルトを定着しているコンクリートのコーン破壊について説明するようご指摘いただいたため、今回その説明を行う。

◆ 説明内容の概要

- 第11回技術会合時点では、応力評価のみが完了しており、並行してアンカー部評価を進めていた。
- アンカー部評価を実施したところ、評価上厳しい箇所が存在したため、鉄セル遮蔽体の基礎ボルト部の設計を一部見直した。
- 本資料では、基礎ボルト部の設計を一部見直したモデルでの**固有値解析、応力評価及びアンカー部評価**の結果をご説明する。

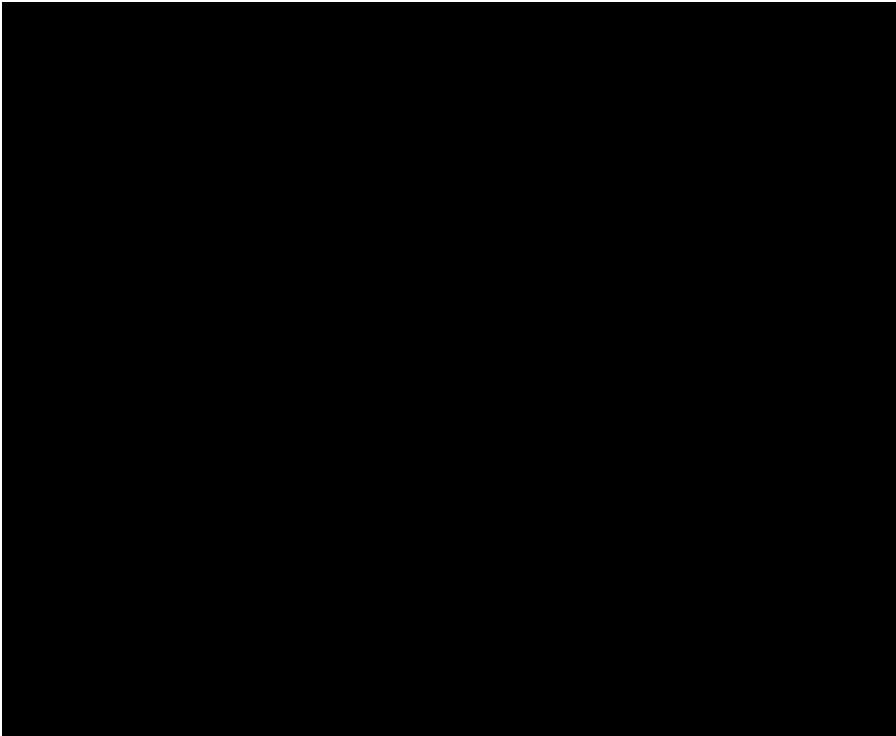
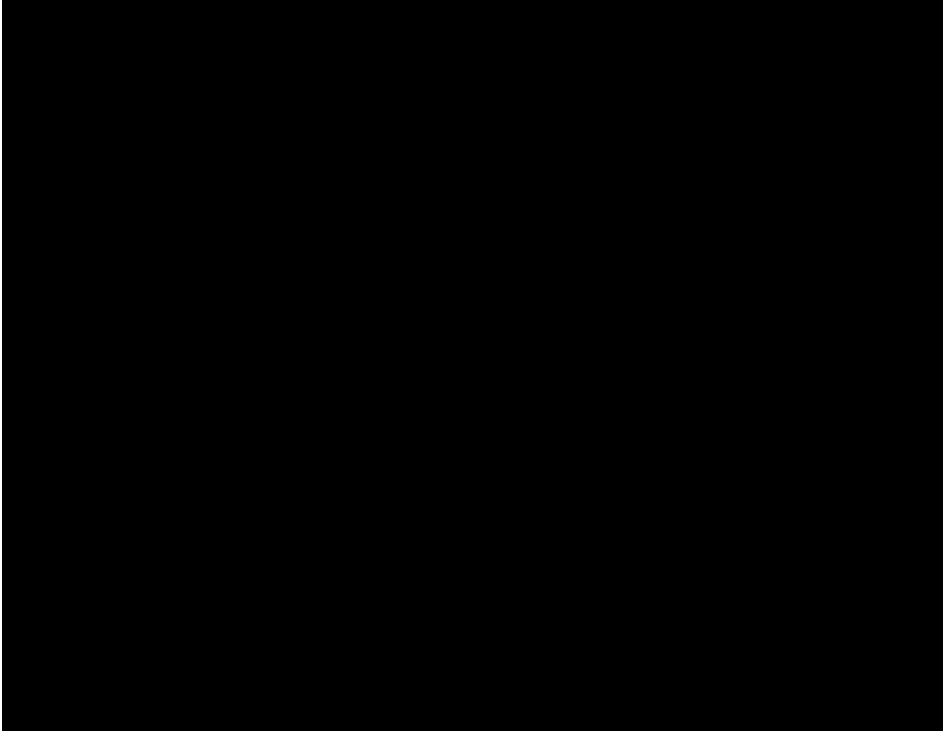
2. 設計見直し箇所について（全体概要）

追加説明

第11回技術会合時点のFEMモデル	設計を見直したFEMモデル
	

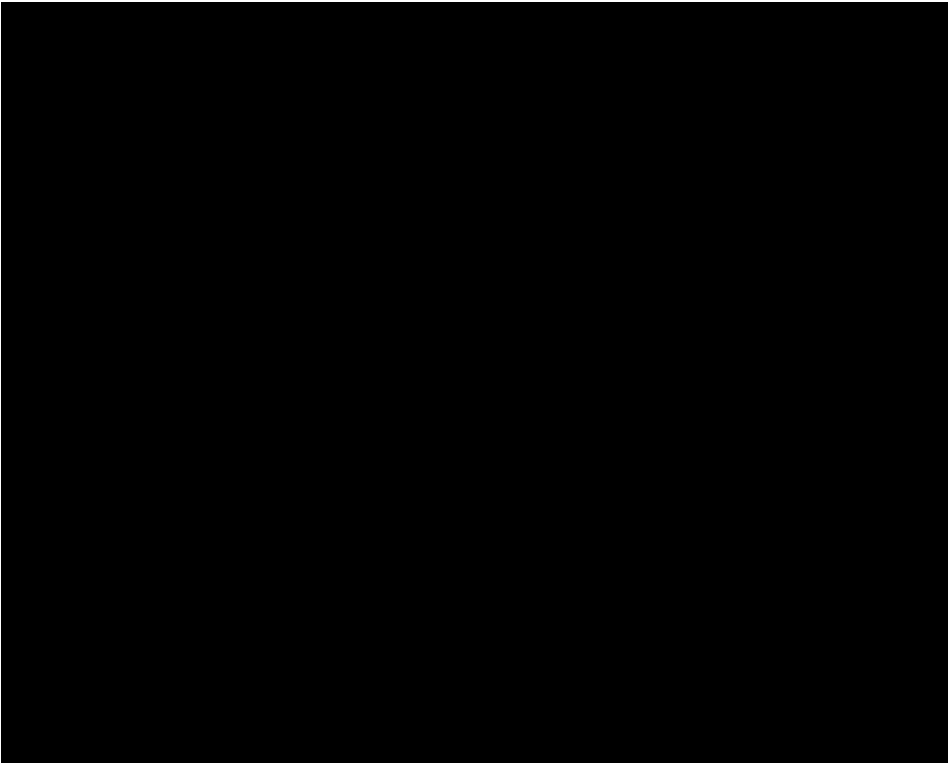
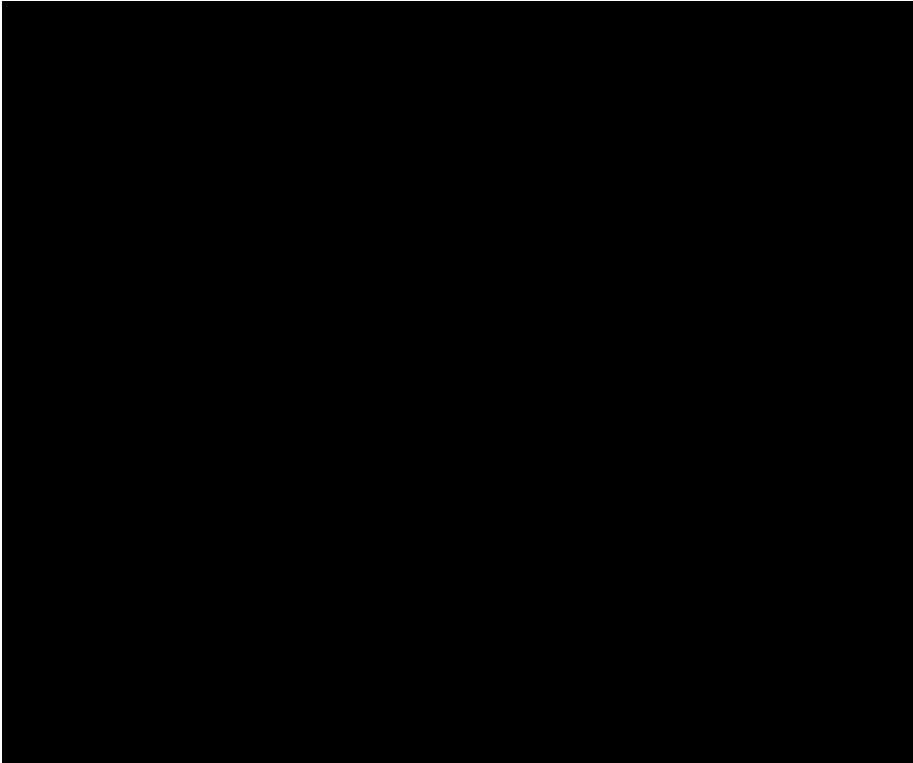
2. 設計見直し箇所について（見直し箇所1）

追加説明

第11回技術会合時点の側面図	設計を見直した側面図
<p data-bbox="141 395 280 499">見直し 箇所1</p> 	<p data-bbox="1144 395 1283 499">見直し 箇所1</p> 
<p data-bbox="624 1353 1599 1409">荷重を分散させるため、ボルトを1本追加した。</p>	

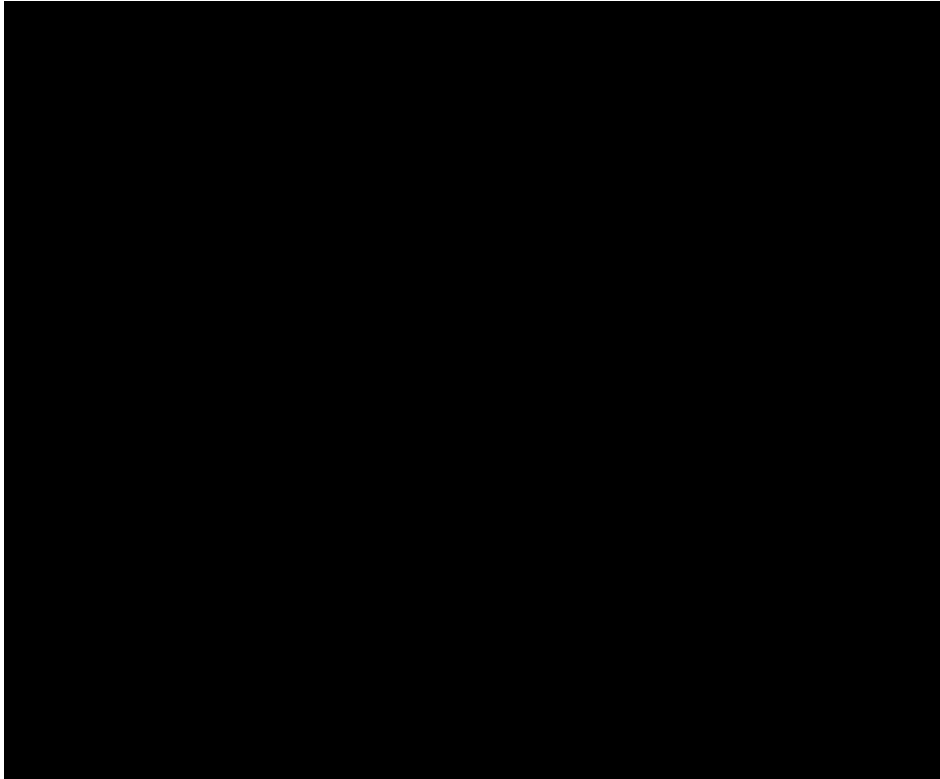
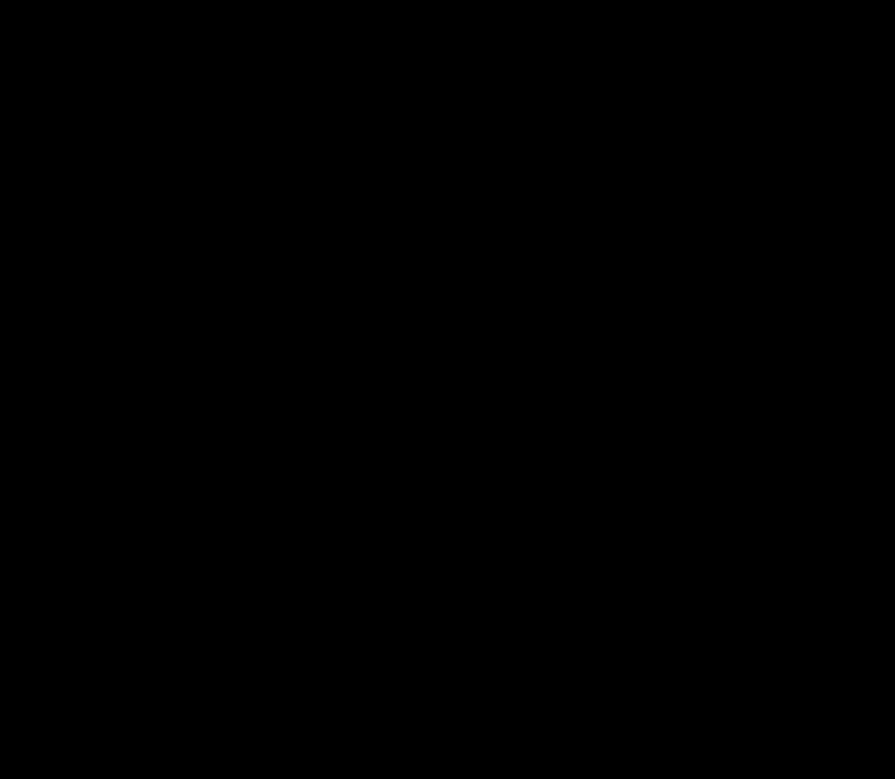
2. 設計見直し箇所について（見直し箇所2）

追加説明

第11回技術会合時点の平面図	設計を見直した平面図
<p data-bbox="143 395 277 501">見直し 箇所2</p> 	<p data-bbox="1146 395 1281 501">見直し 箇所2</p> 
<p data-bbox="421 1353 1803 1410">荷重を分散させるため、ブラケットの拡張及びボルトを2本追加した。</p>	

2. 設計見直し箇所について（見直し箇所3）

追加説明

第11回技術会合時点の平面図	設計を見直した平面図
<p data-bbox="143 395 277 501">見直し 箇所3</p> 	<p data-bbox="1146 395 1281 501">見直し 箇所3</p> 
<p data-bbox="398 1353 1827 1410">荷重を分散させるため、ボルトの配置変更及びボルトを1本追加した。</p>	

3. 評価方法

一部改訂

鉄セルのSs900に対する耐震性を確認するため、**3次元FEMモデル**を構築し、以下の項目・条件で評価を実施する。

◆評価項目

以下の①、②及び③について評価を行う。

①固有値解析

②基礎ボルトに発生するせん断応力及び引張応力

③アンカー部評価

◆設計用地震力

以下の設計用地震力で鉄セルを評価する。

動的地震力

Ss900

(鉄セルは剛構造であり※1、建屋のSs900による解析で得られる最大床応答加速度(1階)でFEM解析を実施)

※1 固有値解析の結果はP.8に示す。

◆供用状態

Ss900で機能維持を確認することから供用状態D_S※2とする。

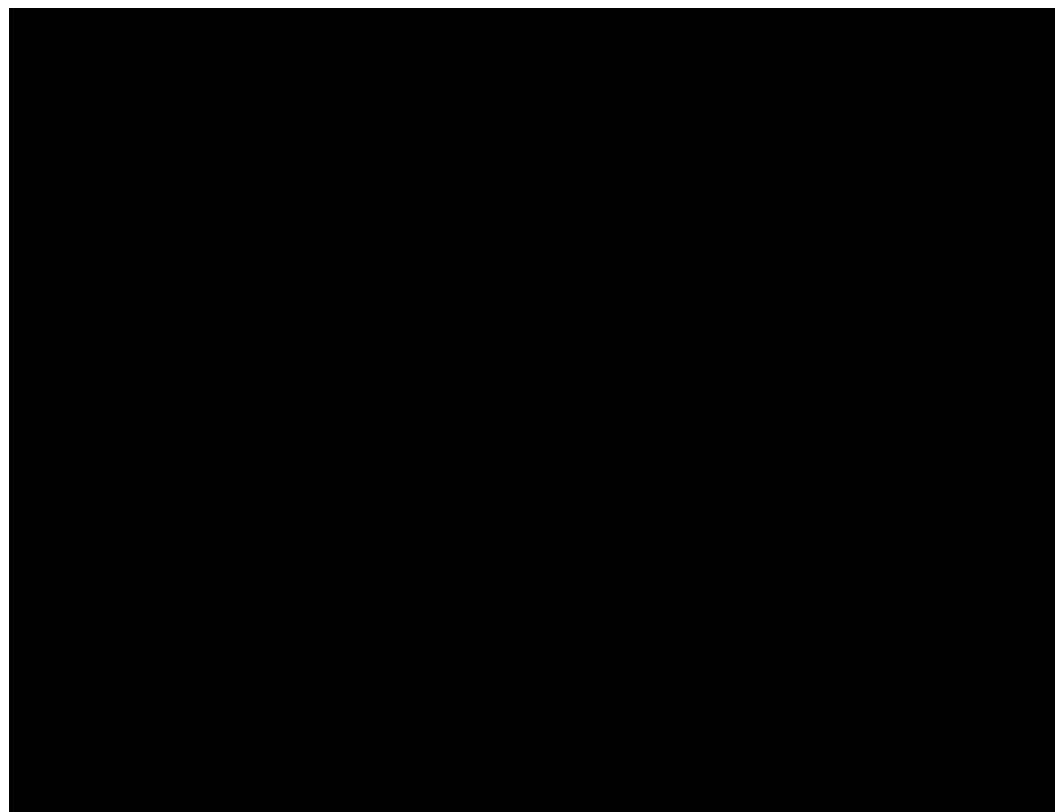
※2 原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601)に基づき、原子力発電所耐震設計技術規程(JEAC4601)を参考とした。

4. 固有値解析の結果について

一部改訂

第11回技術会合から設計を見直したFEMモデルで固有周期を解析した結果、固有周期は1次振動モードで**0.047秒**となった。

固有周期は0.05秒以下であることから、**鉄セルは剛構造**であることを確認した。



FEM解析モデル

5. 地震力の設定について

第11回技術会合から変更なし

◆設計用地震力の設定

固有値解析で、鉄セルは剛構造であることを確認したことから、静的な設計用地震力を以下のとおり設定する。

- ①鉄セルが設置される1階における建屋のSs900に対する地震応答解析結果を各方向に対して20%割り増しし、重力加速度で除することで震度は以下のとおりとなる。

方向	水平方向		鉛直方向
	EW方向	NS方向	UD方向
1階における建屋のSs900に対する最大床応答加速度[Gal]	982	1028	732
	↓	↓	↓
20%割り増した加速度[Gal]	1178.4	1233.6	878.4
	↓	↓	↓
震度[-]	1.21	1.26	0.90

- ②水平方向の設計震度について保守的に包絡させるため、最終的に設計用震度は以下のとおりとなる。

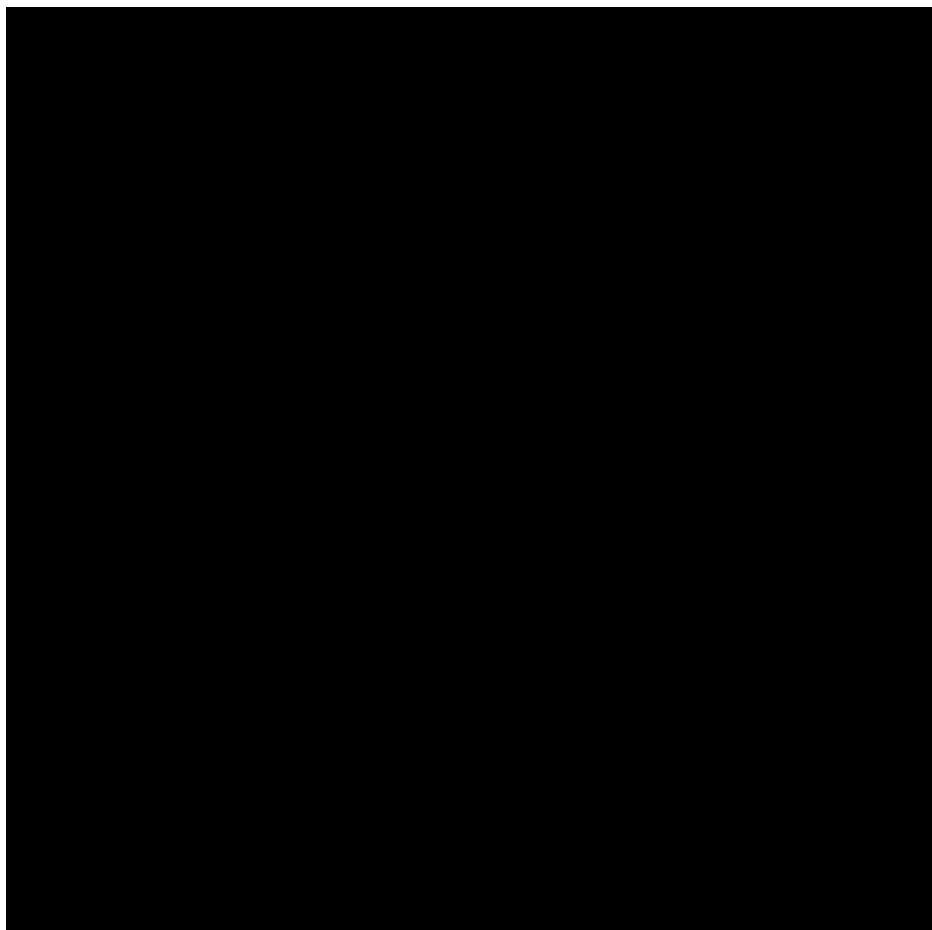
方向	水平方向		鉛直方向
	EW方向	NS方向	UD方向
設計用震度[-]	1.26	1.26	0.90

6. 応力評価の結果について

一部改訂

地震力の入力方向の組合せは8通り※1ある。各発生応力が最大となる入力方向の組合せにおける基礎ボルトの発生応力を以下に示す。

※1 X、Y、Z方向の3方向に対して、それぞれ正又は負方向の2通りが考えられるため、8(=2×2×2) 通りとなる。



各最大発生応力の発生箇所

下表のとおり、すべての応力について最大発生応力が許容応力を下回っているため、**鉄セルはSs900に対して耐震性を有することを確認した。**

評価応力	節点番号	最大発生応力 (MPa)	許容応力※3 (MPa)
引張応力	<u>5878</u>	<u>276</u>	<u>487</u>
せん断応力	<u>23875</u>	<u>255</u>	<u>375</u>
組合せ応力※2	<u>23875</u>	<u>209</u>	<u>273</u>

※2 引張応力とせん断力の組合せ

※3 原子力発電所耐震設計技術指針 (JEAG4601) 及び発電用原子力設備規格 設計・建設規格 (JSME S NC1-2005/2007) に基づく

➔ 鉄セルはコンクリートセルへ波及的影響を及ぼさない。

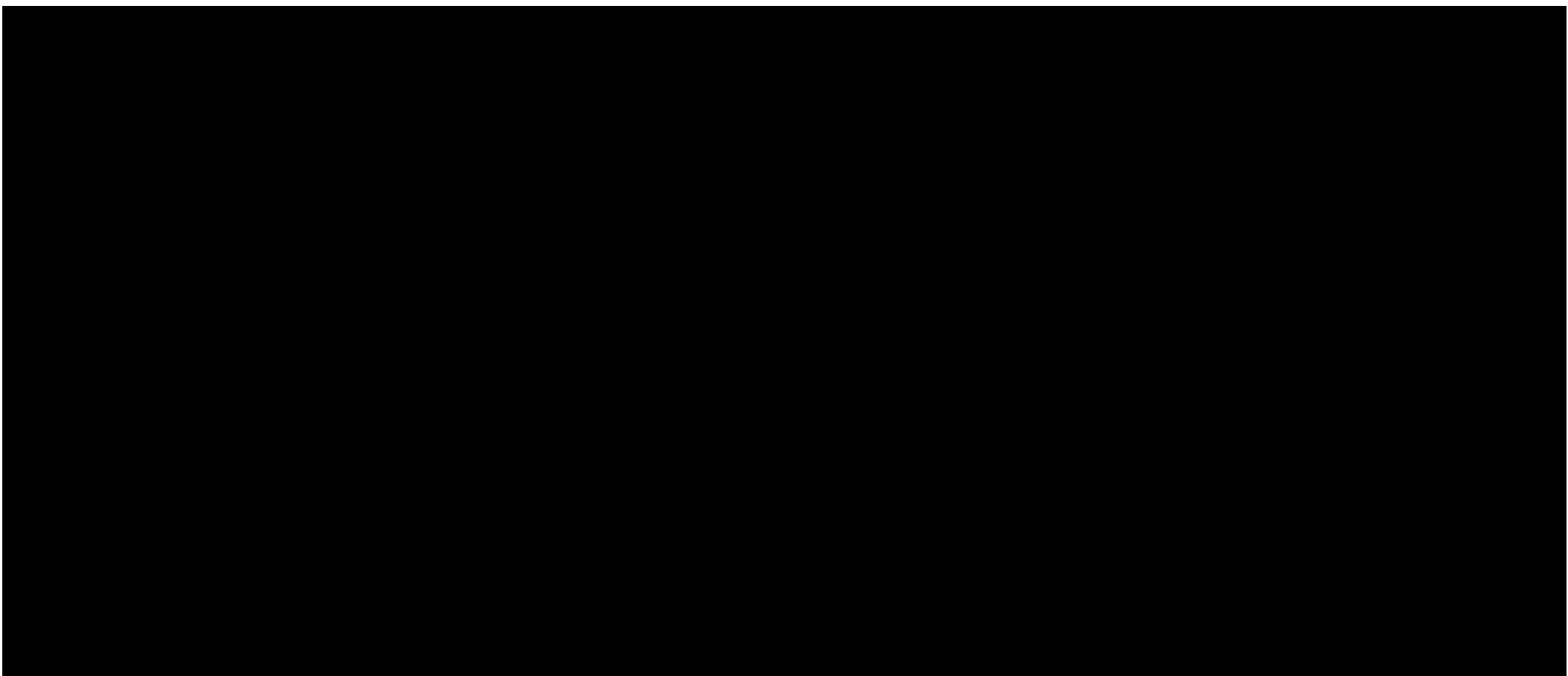
7. アンカー部評価について (1/5)

追加説明

◆評価方法 (1/2)

JEAG4601に基づき、鉄セル遮蔽体のアンカー部評価を行う。基礎ボルトに発生する荷重をブラケット／埋込金物ごとに足し合わせることで、コーン状破壊の発生の有無を確認する。

なお、供用状態はD₅とする。

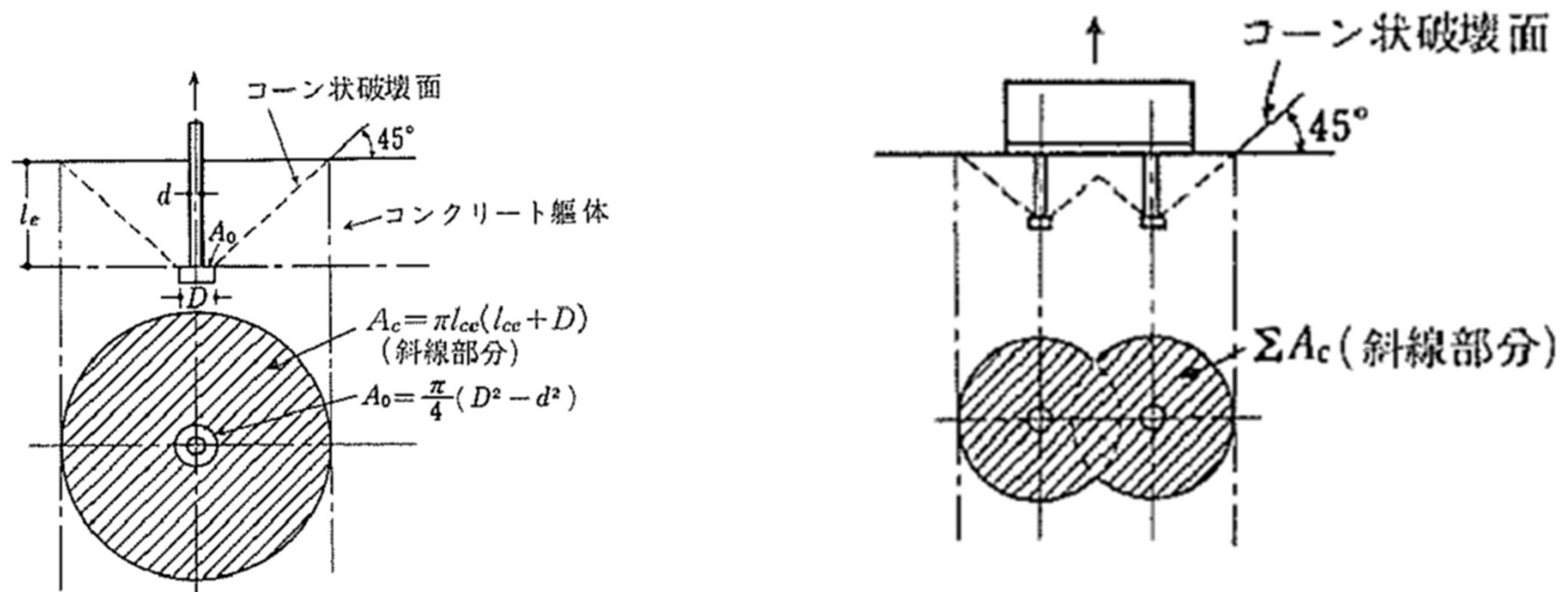


7. アンカー部評価について (2/5)

追加説明

◆評価方法 (2/2)

鉄セル遮蔽体の基礎ボルトについて、ブラケットに配置される基礎ボルトについては、互いに隣接しているため、ブラケット／埋込金物ごとに「アンカーボルトが複数の場合の有効投影面積」（右図）の考え方で有効投影面積を算出し、アンカー部評価を行う。



単一のアンカーボルトの有効投影面積 A_c (斜線部分)

アンカーボルトが複数の場合の有効投影面積 A_c (斜線部分)

参考文献：各種合成構造設計指針・同解説

7. アンカー部評価について (3/5)

追加説明

◆評価式

①基礎ボルトが引張荷重を受ける場合のアンカー部評価

・コンクリートにせん断補強筋が無い場合

荷重の算定で得られた基礎ボルトの引張荷重は、以下に示すコンクリート部の引張荷重に対する許容値以下となるようにする。

$$p \leq p_a = \min[p_{a1}, p_{a2}]$$

$$p_{a1} = 0.31K_1 A_c \sqrt{F_c}$$

$$p_{a2} = K_2 \alpha_c A_0 F_c$$

p : 基礎ボルト1本当たりの引張荷重 (N)
 p_a : 基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容引張荷重 (N)
 p_{a1} : コンクリート躯体がコーン状破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容引張荷重 (N)
 p_{a2} : 基礎ボルト頭部に接するコンクリート部が支圧破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容引張荷重 (N)
 K_1 : コーン状破壊する場合の引張耐力の低減係数
 K_2 : 支圧破壊する場合の引張耐力の低減係数
 F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)
 A_c : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)
 α_c : 支圧面積と有効投影面積から定まる係数、 $= \sqrt{A_c/A_0}$ かつ10以下
 A_0 : 支圧面積 (mm²)
 l_e : 基礎ボルトのコンクリート内への埋め込み長さ (mm)
 D : 基礎ボルト頭部の直径 (mm)
 d : 基礎ボルトの呼び径 (mm)

②基礎ボルトがせん断荷重を受ける場合のコンクリートの評価

$$q \leq q_a = \min[q_{a1}, q_{a2}]$$

$$q_{a1} = 0.5K_3 A_b \sqrt{E_c F_c}$$

$$q_{a2}^* = 0.31K_4 A_{c1} \sqrt{F_c}$$

q : 基礎ボルト1本当たりのせん断荷重 (N)
 q_a : 基礎ボルト1本当たりのコンクリート部の許容せん断荷重 (N)
 q_{a1} : 基礎ボルトと基礎ボルト周辺のコンクリートが圧壊して破壊（複合破壊）する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)
 q_{a2} : ヘリ側コンクリートが破壊する場合の基礎ボルト1本当たりの許容せん断荷重 (N)
 K_3 : 複合破壊の場合のせん断耐力の低減係数
 K_4 : ヘリ側コンクリート破壊の場合のせん断耐力の低減係数
 A_b : 基礎ボルトの谷径断面積（スタッドの場合は軸部断面積）(mm²)
 E_c : コンクリートのヤング係数 (N/mm²)
 F_c : コンクリートの設計基準強度 (N/mm²)
 A_{c1} : コンクリートのコーン状破壊面の有効投影面積 (mm²)

※ 鉄セル遮蔽体の固定ボルトはヘリ部に配置されないため、 q_{a2} は計算を省略

7. アンカー部評価について (4/5)

追加説明

◆床部の評価結果

床に配置されるブラケットごとのコーン状破壊の評価結果を下表に示す。

- 引張荷重が許容引張荷重を下回ることを確認した。
- せん断荷重が許容せん断荷重を下回ることを確認した。
- 引張荷重及びせん断荷重の組合せを考慮しても許容値を下回ることを確認した。

ブラケット番号	引張荷重 p(kN)	許容引張荷重 p _a (kN)	せん断荷重 q(kN)	許容せん断荷重 q _a (kN)	組合せ評価※ (-)
1	49	410	190	470	0.18
2	47	400	98	470	0.056
3	41	400	98	470	0.053
4	45	400	107	470	0.063
5	200	730	370	950	0.23
6	30	380	170	590	0.086
7	200	930	550	1100	0.26
8	57	380	140	470	0.12
9	48	410	110	470	0.070
10	51	320	140	470	0.11
11	32	330	140	470	0.10
12	30	260	130	470	0.086
13	25	320	110	470	0.062
14	36	410	78	470	0.035
15	9.2	260	54	230	0.053

※ $(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2$ で計算され、許容値である1以下であればコーン状破壊は発生しない。

7. アンカー部評価について (5/5)

追加説明

◆コンクリートセル壁部の評価結果

コンクリートセル壁に配置される埋込金物ごとのコーン状破壊の評価結果を下表に示す。

- 引張荷重が許容引張荷重を下回ることを確認した。
- せん断荷重が許容せん断荷重を下回ることを確認した。
- 引張荷重及びせん断荷重の組合せを考慮しても許容値を下回ることを確認した。

埋込金物番号	引張荷重 p(kN)	許容引張荷重 p _a (kN)	せん断荷重 q(kN)	許容せん断荷重 q _a (kN)	組合せ評価※ (-)
1	46	250	190	1400	0.051
2	68	250	210	1400	0.093
3	82	250	230	1400	0.13
4	400	790	520	3200	0.29
5	110	250	190	1400	0.22
6	140	250	190	1400	0.33
7	200	250	240	1400	0.67
8	160	250	140	1400	0.44
9	4.5	250	11	1400	<0.01
10	5.3	250	13	1400	<0.01

※ $(p/p_a)^2 + (q/q_a)^2$ で計算され、許容値である1以下であればコーン状破壊は発生しない。

8. まとめ

- 前回ご説明内容から基礎ボルト部の設計を一部見直した（基礎ボルトの追加、ブラケットの拡張）。
- 見直し後のモデルでSs900に対する耐震性評価を行った結果、応力評価及びアンカー部評価ともに許容値を下回る結果となった。
- 鉄セル遮蔽体はSs900に対して耐震性を有することを確認した。
- Ss900に対して耐震性を有することから、コンクリートセルへ波及的影響を及ぼさないことを確認した。

2.14.2 自然現象に対する設計上の考慮への 適合性

(中略)

(外部からの衝撃による損傷の防止)

第十一条 使用前検査対象施設は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。次項において同じ。）が発生した場合においても安全機能を損なわないものでなければならない。

2 安全上重要な施設は、当該安全上重要な施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該安全上重要な施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮したものでなければならない。

第1項について

第2棟は、想定される自然現象（地震及び津波を除く。）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。

第2項について

第2棟は、当該施設に大きな影響を及ぼすおそれがあると想定される自然現象により当該施設に作用する衝撃及び設計評価事故時に生ずる応力を適切に考慮した設計とする。

2.14.2.2 対応方針

具体的な対応方針を以下に示す。

(1) 地震に対する第2棟の設計上の考慮（別紙-1 参照）

① 建屋

第2棟は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、耐震性評価を行う。

なお、設計は建築基準法に準拠し、積雪荷重及び風圧についても評価する。

第2棟は、鉄筋コンクリート造の地上2階、地下1階、平面寸法35.0m（EW方向）×28.0m（NS方向）、地上高さ17.3mの建物である。基礎は直接基礎で、人工岩盤を介して富岡層に支持させる。

建屋に加わる地震時の水平力は、主に外周部及び建物内部に設けた耐震壁にて負担する。

② 設備

i) 設備に係る耐震設計方針

第2棟の設備に係る耐震設計は、「東京電力ホールディングス株式会社福島第一原子力発電所における耐震クラス分類と地震動の適用の考え方」（第51回原子力規制委員会資料，令和4年11月16日）に基づき、耐震設計上の重要度に応じてクラス別分類を行うとともに、「原子力発電所耐震設計技術指針 JEAG4601-1987」等に基づくとともに、「原子力発電所耐震設計技術規程 JEAC4601-2008」を参考に耐震性評価を行う。また、耐震B+クラスの各設備は、剛構造（固有周期：0.05s以下）とする。

なお、コンクリートセルの開口部については、コンクリートセルと同等のSクラスの耐震性を有する設計とする（別紙-6，別紙-7）。

ii) クレーンの重量及び耐震上の考慮について

第2棟には、定格荷重(20t, 5t)の計2基のクレーンの配置を計画している。定格荷重20tは、「クレーン機器重量約16t, 吊荷荷重20t」, 定格荷重5tは、「クレーン機器重量約2.5t, 吊荷荷重5t」となる。

建屋の耐震設計では、クレーン構造規格や建築物荷重指針・同解説により、吊荷重量を除きクレーン機器重量を考慮して評価をしており、耐震性に問題ないことを確認した。

また、第2棟の20t天井クレーンは、耐震Sクラスのコンクリートセルの上部を走行することから、地震により落下した場合には波及的影響を及ぼすおそれがある。このため、Ss900地震により第2棟の20t天井クレーンの波及的影響防止について評価する（別紙-8参照）。

iii) 塩酸含有廃液保管ラック、有機廃液保管ラックの耐震設計の考え方について

塩酸含有廃液保管ラック及び有機廃液保管ラックは、取り扱う燃料デブリ等が少量であり、被ばく線量が極めて小さいことから、耐震Cクラスとする。

(2) 地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）に対する第2棟の設計上の考慮

第2棟は、地震以外の想定される自然現象（津波、豪雨、台風、竜巻等）によって、施設の安全性が損なわれないよう設計する。

① 津波

第2棟は、津波が到達しないと考えられるT.P.+約40mの場所に設置することにより、津波の影響を受けない設計とする。

② 豪雨

豪雨に対しては、屋根面の排水等、適切な排水を行う設計とする。

③ 積雪

積雪時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令、福島県建築基準法施行細則第19条に基づく積雪荷重（積雪量：30cm, 単位荷重20N/m²/cm）に耐えられる構造とすることにより、積雪に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その積雪荷重は、その地方における垂直積雪量を考慮したものとする。

④ 落雷（別紙-2参照）

第2棟建屋に避雷針の設置、機器接地等により落雷による損傷を防止する設計とする。

⑤ 台風（強風・高潮）

台風など暴風時に係る建屋の設計は、建築基準法及び関係法令に基づく風圧力（基準風速：30m/s）に対して耐えられる構造とすることにより、強風（台風等）に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

なお、その風圧力は、その地方における観測記録に基づくものとする。

高潮は、T.P.+約40mの場所に設置することにより、影響は受けない設計とする。

⑥ 竜巻（飛来物含む）（別紙-3 参照）

竜巻による影響がないように設計する。竜巻注意報が発生した場合、竜巻による設備損傷の恐れを考慮して、運転員が手動により第2棟制御室から設備を停止できる設計とする。

⑦ 凍結

第2棟は鉄筋コンクリート造であるため、凍結により建屋が損傷するおそれはない。また、屋外配管に対しては、保温材の設置等の対策を講じることにより、凍結に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

⑧ 紫外線

第2棟は、建屋外壁への塗装等により、紫外線に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

⑨ 高温

第2棟は、福島第一原子力発電所近傍の気象観測記録として過去に計測された最高気温を踏まえて、適切な材料、機器等を選定することにより、高温に対して、その安全性が損なわれない設計とする。

⑩ 生物学的事象

小動物等の襲来により、建屋貫通孔等からの小動物の侵入が想定されるため、建屋貫通孔や電路端部等に対してシール材を施工することにより、侵入を防止する設計とする。

⑪ 地滑り（別紙-4 参照）

第2棟は、斜面からの離隔を確保し、地滑りのおそれがない位置に設置する設計とする。

⑫ 火山の影響

火山の影響により、第2棟に火山灰が降下してきた場合は、屋上階の降灰をシャベル、塵取り等を用いて除去する。また、火山灰により建屋の給気フィルタに目詰まりが生じた場合は給気フィルタを交換し、目詰まりを解消する。火山灰の降灰により送電線が切断され、外部電源の喪失が発生した場合は、非常用電源設備から給電し、監視設備等の機能を確保する設計とする。

⑬ 溢水

建屋外部における溢水源としては、換気設備のチラーとして使用する屋上階の冷温水配管、地面を浸透した雨水の地下階への流入が挙げられる。外部溢水が発生した場合においても第2棟の安全機能を損なわないようにするため、屋上階の冷温水配管からの溢水は、屋上の雨水排水設備により排水される設計とする。また、地面を浸透した雨水は、地下階に流入しないよう壁面に防水対策を施し、地下階に流入したとしても地下ピットへ流れ込む設計とする。

建屋内部における溢水源としては、浄水タンク、浄水配管、消火配管が挙げられる。内部溢水が発生した場合においても第2棟の安全機能を損なわないようにするため、浄水タンクは地下階の非管理区域（換気空調設備室(2)）に設置する設計とする。また、浄水配管、消火配管は、コンクリートセル上部に設置しない設計とする。

⑭ その他

- ・ 森林火災（別紙-5 参照）

第2棟は,周囲の森林から20m以上の離隔幅を確保し森林火災から防護する設計とする。

(中略)

第2棟 20t 天井クレーンの波及的影響評価について

1. 20t天井クレーンの概要

- (1) 第2棟の20t天井クレーン（以下「20tクレーン」という。）は図2.14.2.8-1及び図2.14.2.8-2に示すように、ローディングドック、コンクリートセルの上部に設置するクラブトロリ式天井クレーンである。
- (2) 20tクレーンはR階レベルに設置され、巻上装置と横行装置を備えたクラブトロリ、クラブトロリが横行するための2本の桁（クレーンガーダ）、ローディングドックからコンクリートセル間を走行するためのレール（ランウェイガーダ）によって構成する。図2.14.2.8-3及び図2.14.2.8-4に概要図を示す。
- (3) 20tクレーンは、耐震Sクラスのコンクリートセルの上部を走行することから、地震により落下した場合には波及的影響を及ぼすおそれがある。このため、Ss900地震により20tクレーンの波及的影響防止について評価する。評価は「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」を参考に、Ss900地震時の建屋の応答結果（R階の加速度応答スペクトル）を基に、20tクレーンに生じる地震力を算定し耐震性の検討を行う。

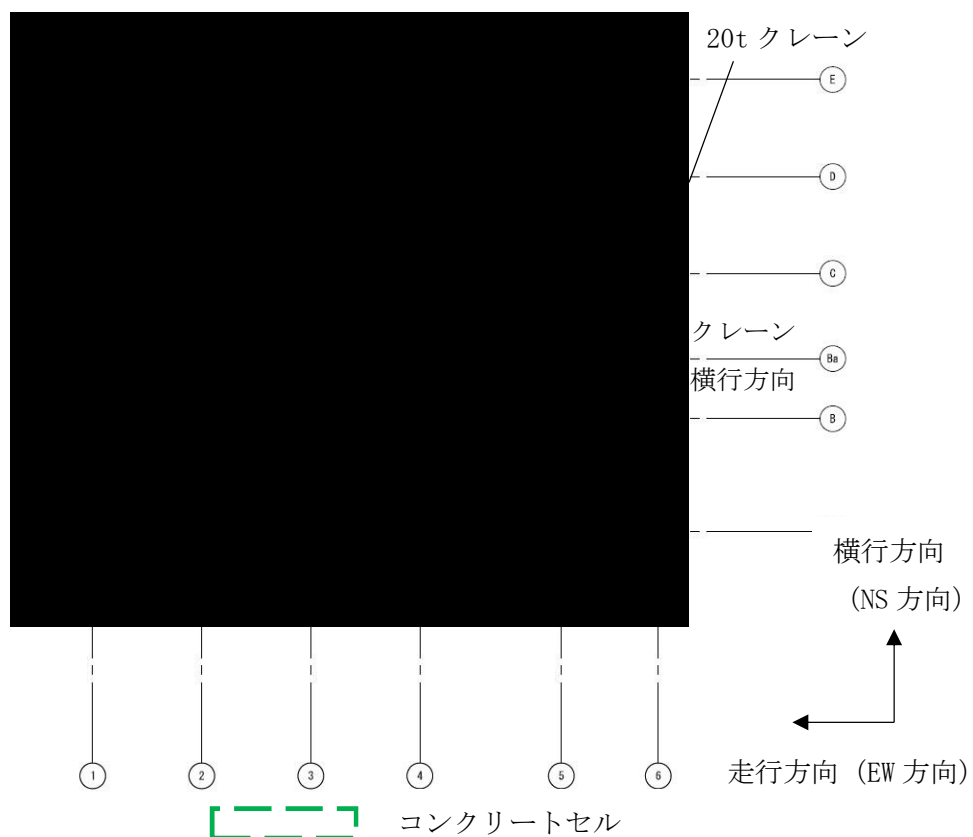


図 2.14.2.8-1 20t クレーン配置図（平面図）

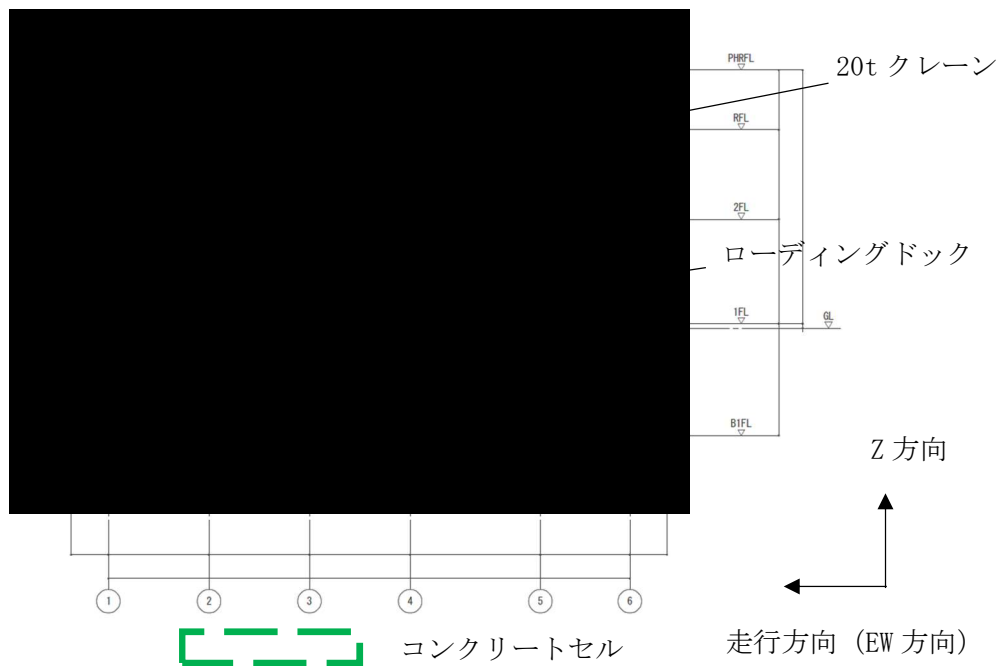


図 2.14.2.8-2 20t クレーン配置図 (断面図 Ba-B 通り間)

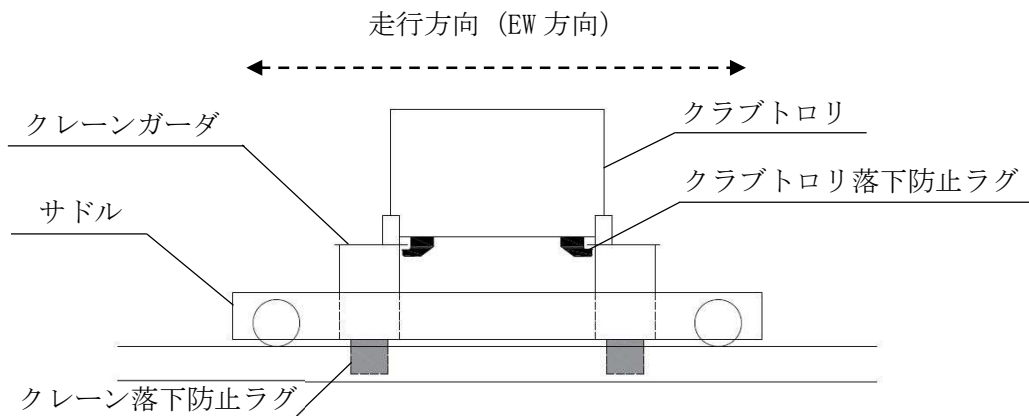


図 2.14.2.8-3 20t クレーン概要図 (走行方向断面図)

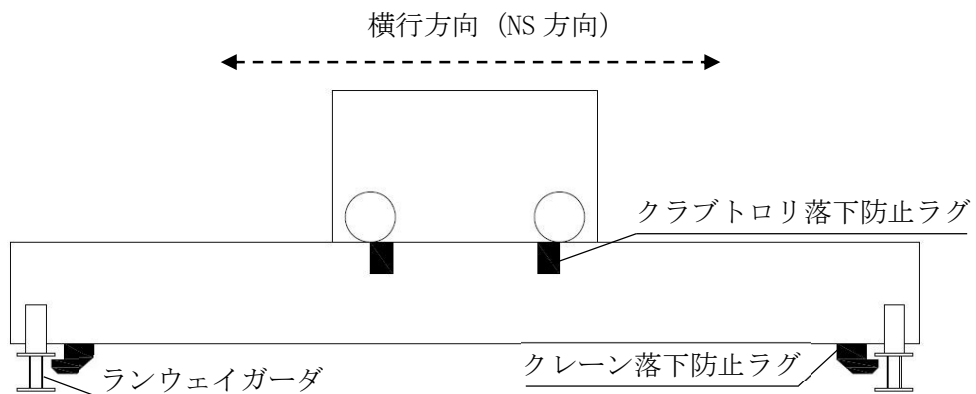


図 2.14.2.8-4 20t クレーン概要図 (横行方向断面図)

2. 解析モデル及び機器諸元

- (1) 解析は立体フレームモデルによる固有値解析を行い, 加速度応答スペクトルを算出する。
- (2) 解析モデルの質点は図2. 14. 2. 8-5に示すように配置し, 境界条件は駆動側ガーダの車輪をピン支持とし, 遊動側ガーダの走行方向 (EW方向) の水平方向を自由としたローラ支持とする。
- (3) 機器諸元の質量はトロリ質量, ガーダ質量, サドル質量, ガーダ上の電気品を考慮する。また, 吊荷時の質量及びフック質量については鉛直方向にのみ考慮する。
- (4) 解析プログラムは「midas iGen」を使用する。

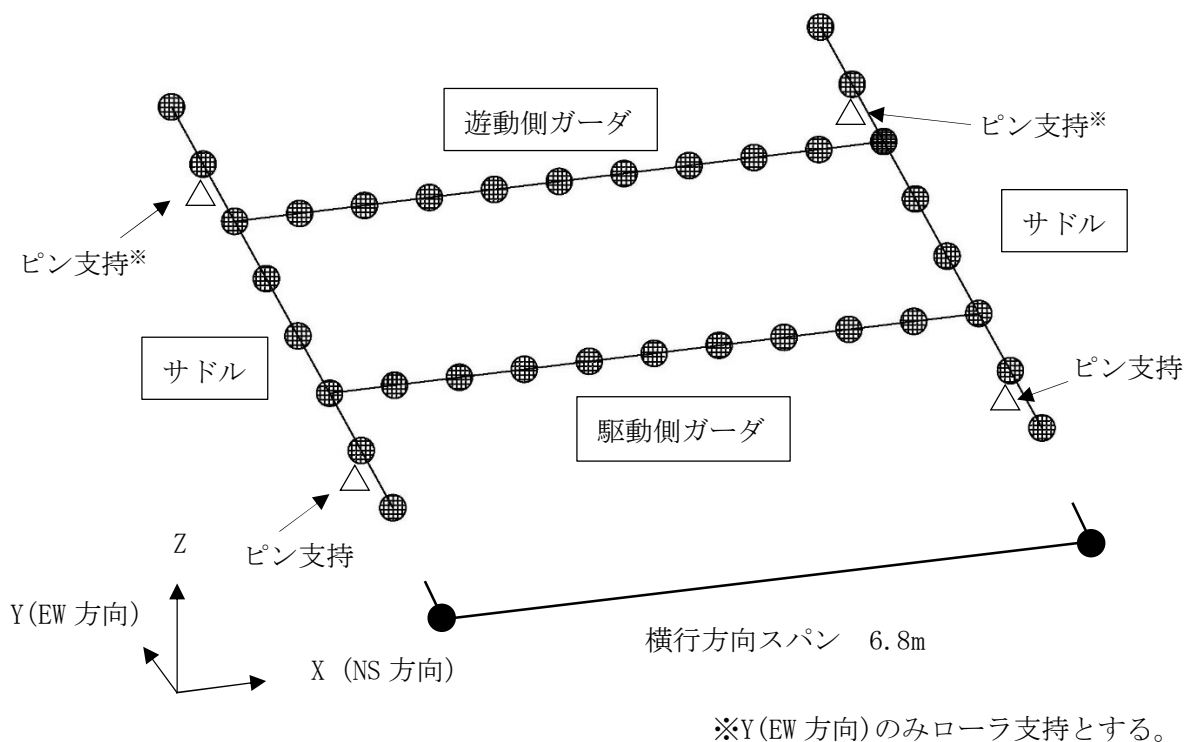


図 2. 14. 2. 8-5 解析モデル概要 (固有値計算モデル)

表 2. 14. 2. 8-1 機器諸元 (質量)

項目		質量(t)
クレーン	クレーン本体 (トロリ含む)	16.2
	吊荷	20.3

3. 固有周期の算定

図2.14.2.8-6及び図2.14.2.8-7に20tクレーン設置位置となるR階の加速度応答スペクトルを示す。「原子力発電所耐震設計技術規程JEAC4601-2008」を参考に、加速度応答スペクトルはSs900の応答結果の最大値を周期方向に10%拡幅した値とし、設計用減衰定数は2%とする。算定した固有周期を表2.14.2.8-2に示す。

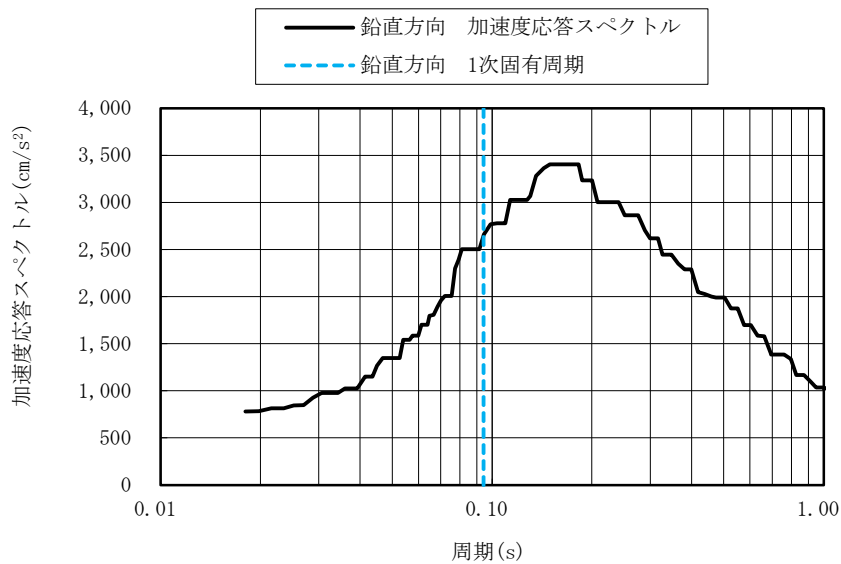


図 2.14.2.8-6 R階の加速度応答スペクトル（鉛直方向）

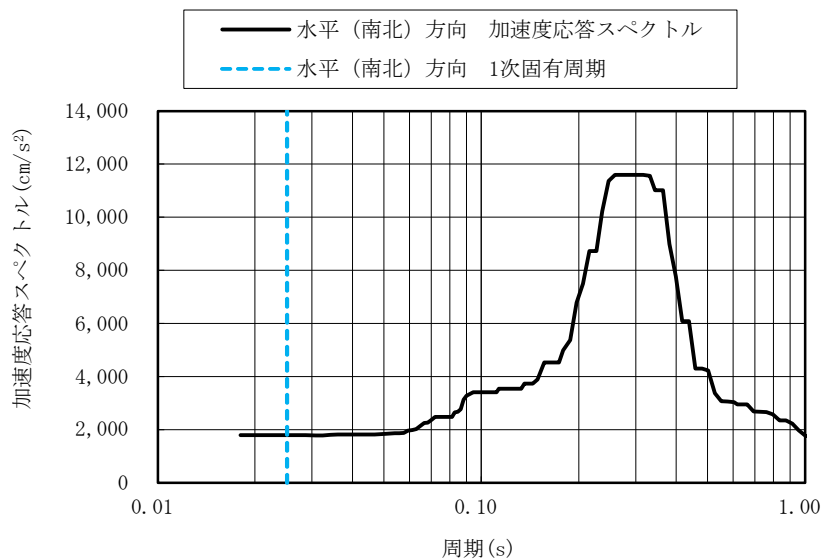


図 2.14.2.8-7 R階の加速度応答スペクトル（水平方向）

表 2.14.2.8-2 固有周期(s)

モード次数	鉛直方向	水平方向
1次	0.0942	0.0251

4. 設計震度の算定

SRSS法（表2.14.2.8-3）により加速度応答スペクトルから算定した加速度より設計震度を算定する。算定した設計震度を表2.14.2.8-4に示す。

表 2.14.2.8-3 SRSS 法による加速度算定式

$$A_i = \sqrt{\sum_{j=1}^m \{X_{ij} \cdot \beta_j \cdot a(f_j, h)\}^2}$$

凡例

記号	記号の説明	単位
A_i	i 点の加速度	(cm/s ²)
X_{ij}	i 点の j 次の振動形	-
β_j	j 次刺激係数	-
f_j	j 次固有周期	(s)
h	減衰定数	-
m	考慮する振動次数	-
a	加速度応答スペクトル	(cm/s ²)

表 2.14.2.8-4 加速度応答スペクトルから算定した加速度及び設計震度

方向	次数	A_i (cm/s ²)	設計震度 (G)
鉛直	1	3108	$C_v=3.2$
水平	1	1898	$C_H=2.0$

5. 評価対象部位について

20tクレーンの耐震評価は、クレーン及びクラブトロリの落下によりコンクリートセルが損傷することを防止するため、落下防止となる部位を選定し発生する応力が許容応力以下であることを確認する。図2.14.2.8-8に評価対象部位を示す。

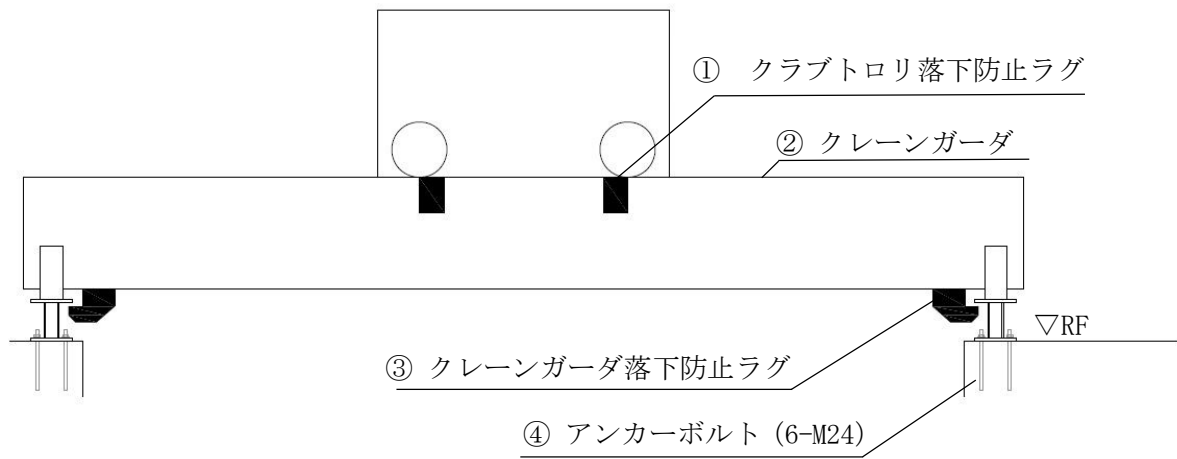


図 2.14.2.8-8 20t クレーン断面図 評価対象部位

6. 評価結果（数値は各応力の裕度の最も小さい箇所を記載）

算出応力は、表2.14.2.8-5に示す通り、全て許容応力以下であることを確認した。

表 2.14.2.8-5 評価結果

①～③（単位：N/mm²）

④（単位：kN）

項目	評価部位	使用材料	応力の種類	算出応力	許容応力	判定
①	クラブトロリ 落下防止ラグ	SS400	せん断	8	122	OK
			曲げ	76	184	OK
			組合せ	78	184	OK
②	クレーンガーダ	SS400	せん断	15	122	OK
			曲げ	181	184	OK
			組合せ	183	184	OK
③	クレーンガーダ 落下防止ラグ	SS400	せん断	16	122	OK
			曲げ	115	184	OK
			組合せ	118	184	OK
④	アンカーボルト	SNR490B	せん断	27	59	OK
			引張	63	88	OK