

女川原子力発電所第2号機 工事計画審査資料	
資料番号	O2-他-F-01-0004_改0
提出年月日	2020年6月15日

女川原子力発電所第2号機 工事計画認可申請における主な説明事項

2020年7月〇日
東北電力株式会社

枠囲みの内容は、機密事項に属しますので公開できません。

主な説明事項の抽出

工事計画認可の審査では、設置変更許可の審査を踏まえた詳細な設備設計、評価手法、評価結果についての説明を行う。

- 主な説明事項としては、以下の観点から抽出した。
 1. 詳細設計段階における設置変更許可審査時からの設計変更
 2. 主要説明項目（設置変更許可審査時に詳細設計へ申送りした事項）
 3. 新たな規制要求（バックフィット）への対応について
 4. その他説明項目

1. 詳細設計段階における設置変更許可審査時からの設計変更

設置変更許可申請の審査から詳細設計の進捗により、設備設計を一部見直している。
主な、設計変更の内容は以下のとおり。

表－1 詳細設計段階における設計変更内容

No.	項目	変更内容	備考
1	漂流物防護工の追加	防潮堤及び屋外排水路逆流防止設備(防潮堤北側)の詳細設計の結果を踏まえて、施設前面に漂流物防護工を追加設置する。 【設置変更許可申請書 添付書類八(浸水防護設備)関連】	【1-1】

【1-1】漂流物防護工の追加

1. 概要

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)及び屋外排水路逆流防止設備(防潮堤北側)について、漂流物衝突荷重に対する安全性向上のため、施設前面に漂流物防護工を設置する。
※: 防潮堤の鋼管杭(長杭)間に設置していた頂部はりを撤去することで、漂流物防護工の設置に伴い防潮堤の全体重量が増加しない設計とする。

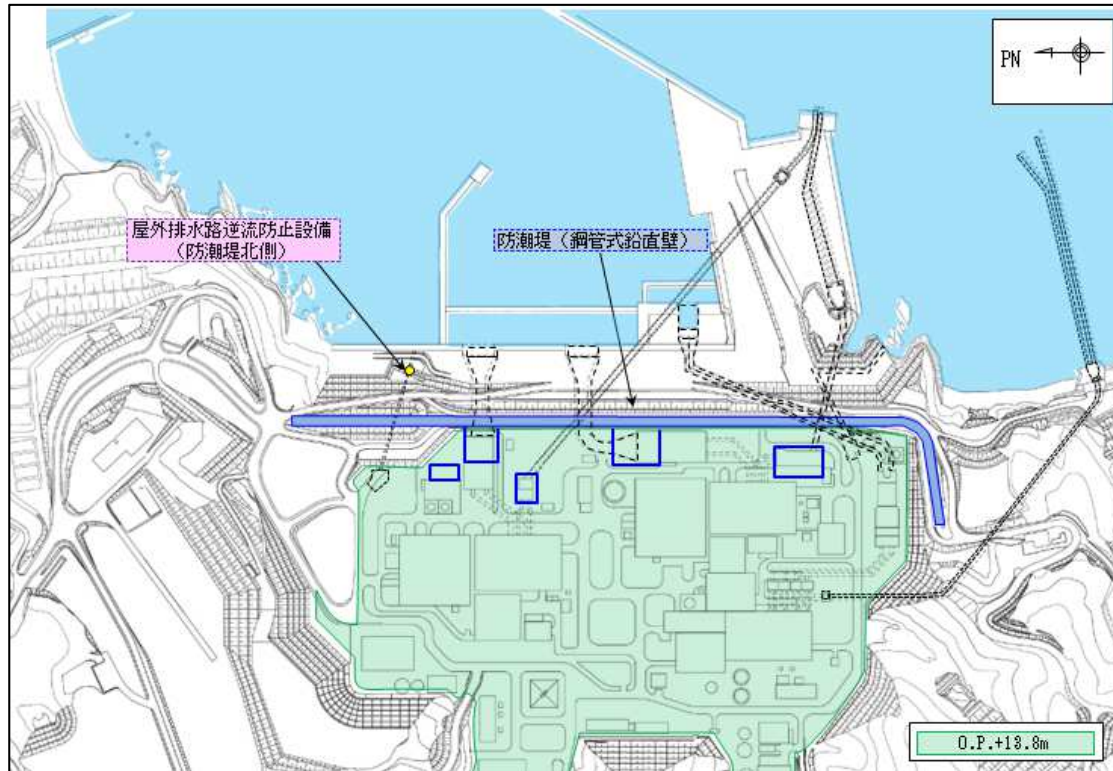


図1 漂流物防護工の追加位置
(防潮堤(鋼管式鉛直壁), 屋外排水路逆流防止設備(防潮堤北側))

2. 今後の説明予定

- 防潮堤(鋼管式鉛直壁)及び屋外排水路逆流防止設備(防潮堤北側)に設置する漂流物防護工の詳細設計について、要目表, 図面, 各施設の耐震計算書等にて説明予定。【防潮堤:2020年9月, 逆流防止設備:2020年11月資料提出予定】

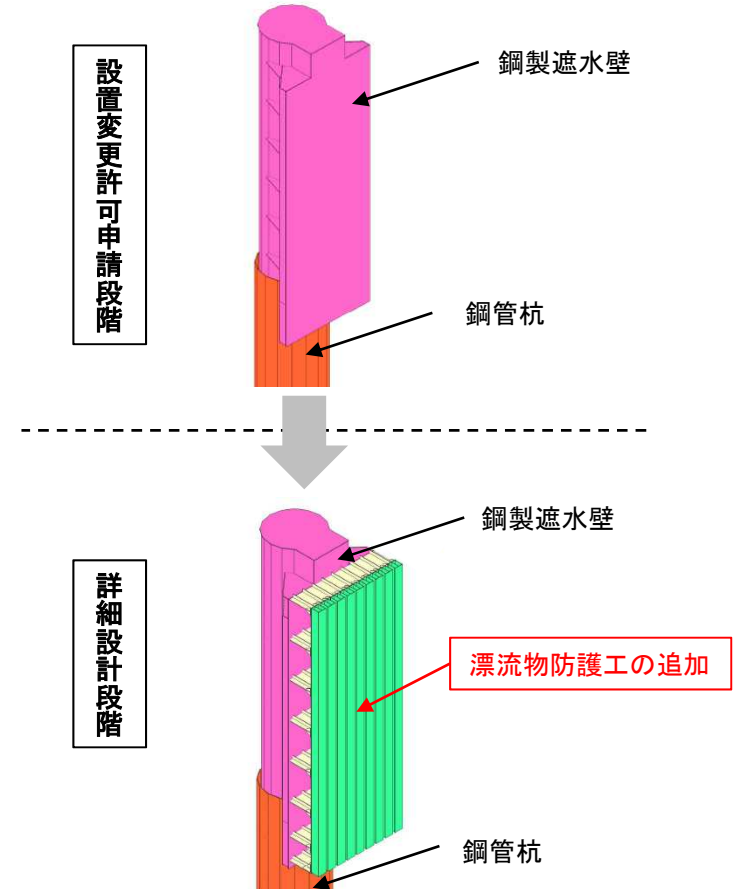


図2 防潮堤(鋼管式鉛直壁)鋼製遮水壁 イメージ図

2. 主要説明項目(1/2)

設置変更許可審査時において、詳細設計段階で確認することになっているものについて、関連する工認図書等にて説明する。

表-2 主要説明項目(1/2)

No.	項目	内容	備考
1	地下水位の設定	設計方針(設計用地下水位の設定, 設計用地下水位を踏まえた各施設の断面選定結果, アクセスルート機能維持に係る評価等)について説明する。	【2-1】
2	竜巻防護ネットの構造評価	飛来物衝突方向の影響及びゴム支承の衝撃荷重に対する試験内容等に関して説明する。	【2-2】
3		地震時の波及的影響評価に係る解析方法等の詳細(スペクトルモーダル解析を適用することの妥当性)について説明する。	【2-3】
4	サプレッションチェンバの耐震評価	サプレッションチェンバの耐震評価における地震応答解析モデルに3次元はりモデルを適用すること, 地震応答解析にスペクトルモーダル解析を適用することの妥当性について説明する。	【2-4】
5	原子炉本体の基礎の復元力特性	原子炉本体の基礎に復元力特性を適用した地震応答解析結果及び構造強度評価結果について説明する。	【2-5】
6	使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定	基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答を考慮し, 使用済燃料貯蔵ラックの耐震評価に用いる減衰定数の適用性について説明する。	【2-6】
7	3.11地震等の影響を踏まえた建屋の耐震評価	原子炉建屋の地震応答解析においては, 3.11地震等の影響を踏まえて, 初期剛性の低下を考慮することとしており, 原子炉建屋以外の既設建屋もシミュレーション解析等に基づき, 初期剛性低下を地震応答解析に反映していることから, その妥当性及び地震応答解析結果について説明する。	【2-7】
8	制御棒の挿入性評価	制御棒挿入性評価に係る詳細な検討結果(制御棒挿入試験結果を踏まえた確認済相対変位の保守性, チャンネルボックスの弾塑性特性の影響)について説明する。	【2-8】

2. 主要説明項目(2/2)

表-2 主要説明項目(2/2)

No.	項目	内容	備考
9	耐震評価における等価繰返し回数の算定	耐震評価における疲労評価に適用する等価繰返し回数の設定方法, その妥当性について説明する。	【2-9】
10	津波漂流物の衝突荷重	漂流物の衝突形態及び既往研究論文における漂流物衝突荷重算定式の整理を踏まえ, 津波漂流物の衝突荷重を算定することについて説明する。	【2-10】
11	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置	原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の要求機能に対する基本設計方針, 加振試験結果等について説明する。	【2-11】

【2-1】地下水位の設定

1. 概要

- 三次元浸透流解析を用いた設計用地下水位の設定内容、並びに地下水位低下設備の耐震性について説明する。
- 設計用地下水位に基き、各構造物等の解析手法(全応力解析または有効応力解析)の選定結果及び地震応答解析断面の選定結果について説明する。
- また、アクセスルートの機能維持*に係る評価について説明する。

*:アクセスルートは、地下水位低下設備の機能喪失を想定しても、地震時の液状化に伴う地下構造物の浮き上がりに対して通行性を一定期間確保する設計とする。

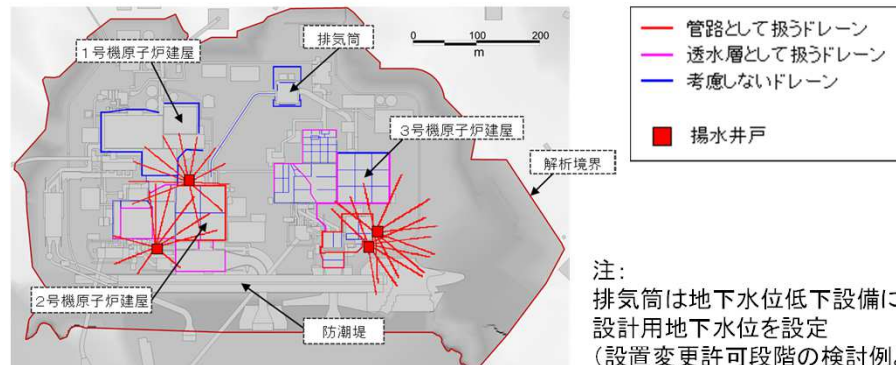
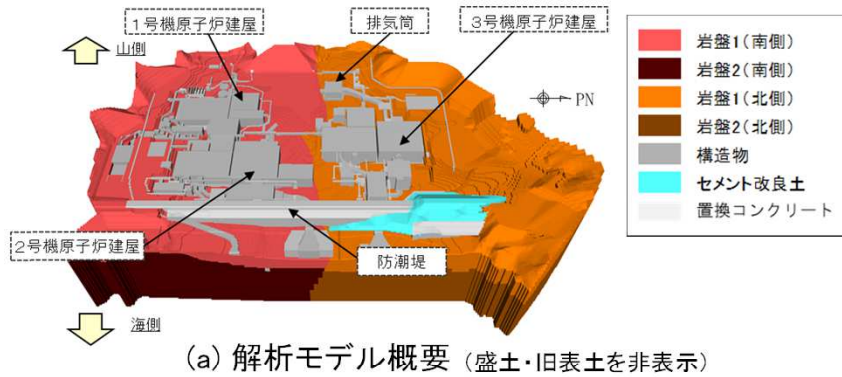


図1 三次元浸透流解析モデル

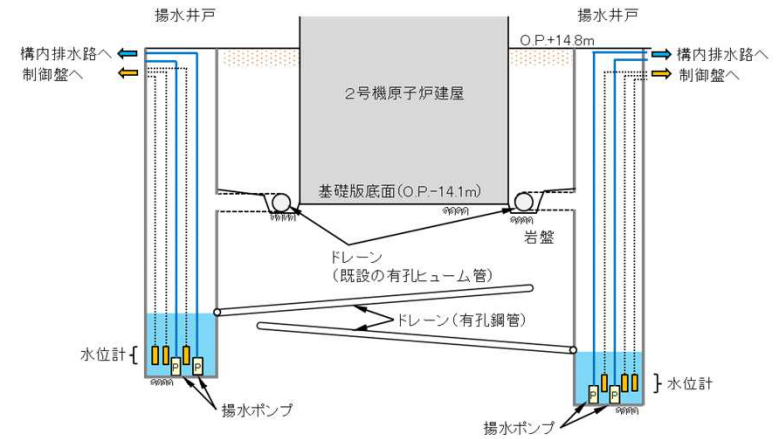


図2 地下水位低下設備の概要

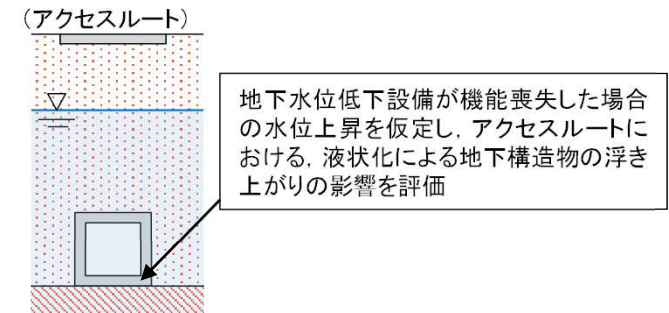


図3 アクセスルート評価のイメージ

2. 今後の説明予定

- 地下水位の設定に係る説明書等にて説明予定。【地下水位設定・解析手法・断面選定:2020年5月資料提出, 耐震性:2020年9月・11月, アクセスルート評価:2020年11月資料提出予定】

【2-2】竜巻防護ネットの構造評価(飛来物衝突方向の影響及びゴム支承の衝撃荷重に対する試験等)

1. 概要

- 設計飛来物による衝撃荷重が竜巻影響評価ガイドの要求を踏まえて安全側の設計となるように、影響が大きくなる向き、衝突位置を考慮して設定していることを説明する。
- 設計飛来物の衝突時にゴム支承に発生する上向き反力(引張応力)が許容限界以下であることを、衝突解析において確認することで、フレームの浮き上がりが発生しないことを説明する。
- 設計飛来物の衝突時にゴム支承が高速で変形し剛性が変化する可能性を考慮して、ゴム支承の剛性と変形速度との関係を確認する試験を実施し、ゴム支承の剛性が適切な設定になっていることを説明する。

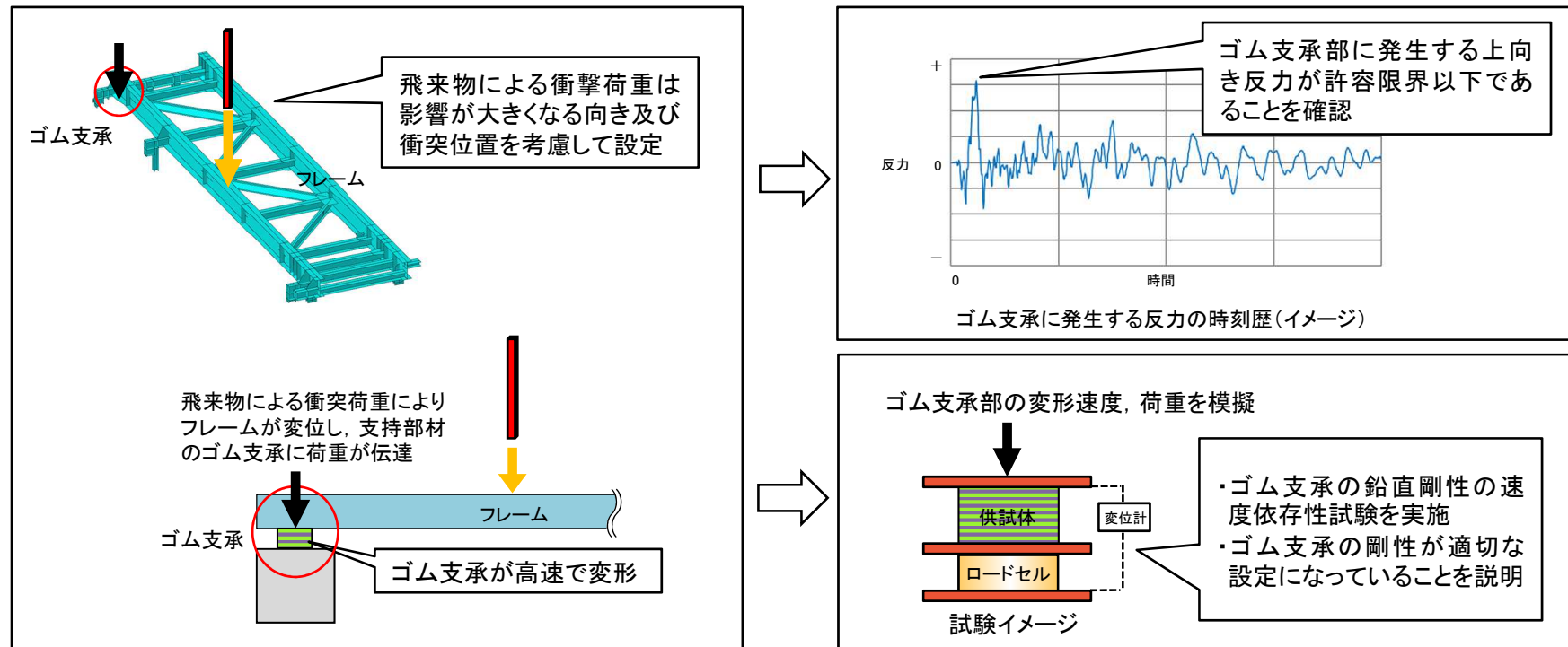


図1 飛来物衝突方向の影響及びゴム支承の衝撃荷重に対する試験の概要

2. 今後の予定

- 竜巻防護ネットの設計条件に係る説明書等にて説明予定。
【設計方針:2020年8月資料提出予定, 構造評価:2020年11月資料提出予定】

【2-3】竜巻防護ネットの構造評価(スペクトルモーダル解析の適用)

1. 概要

- 竜巻防護ネットについては、地震時に上位クラス施設(非常用海水ポンプ等)に対する波及的影響を及ぼさないことを確認するため、海水ポンプ室の地震応答解析結果を踏まえ、基準地震動 S_s に対して十分な構造強度を有することを確認する。
- 地震時の波及的影響評価では、竜巻防護ネットのフレーム、大梁及び支承等を評価部位とし、各部の応力、変位等の算出にあたり、3次元はりモデルを用いたスペクトルモーダル解析を適用することの妥当性等を説明する。

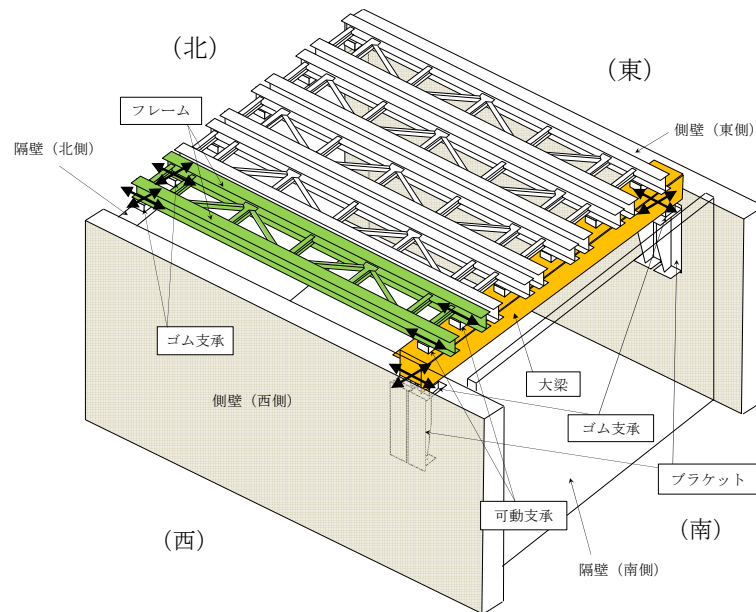


図1 竜巻防護ネットの概要図

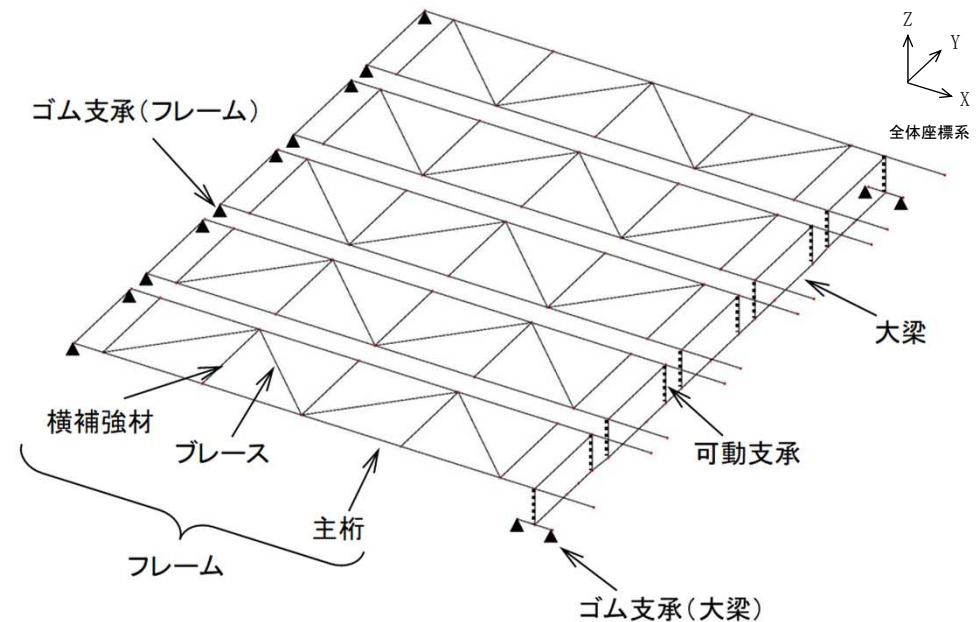


図2 竜巻防護ネット解析モデル

2. 今後の説明予定

- 海水ポンプ室の地震応答解析結果を踏まえ、竜巻防護ネットの波及的影響評価に係る解析方法等の詳細(スペクトルモーダル解析を適用することの妥当性等)について、耐震計算書等にて説明予定。【2020年11月資料提出予定】

【2-4】サプレッションチェンバの耐震評価

1. 概要

- 工認のサプレッションチェンバの耐震評価では、重大事故時のサプレッションチェンバの水位上昇に伴う内部水の質量増加を踏まえ、より詳細な地震応答解析を実施するため、内部水質量の扱いとして、有効質量の考え方を適用し、3次元はりモデルを用いた動的解析（スペクトルモーダル解析等）を適用する。
- 本解析方法を適用することの妥当性について、以下の検討結果を説明する。
 - サプレッションチェンバの容器構造（トーラス形状）及び内部水を有することを考慮したバルジング※によるサプレッションチェンバへの影響
 - ボックスサポート付け根部の局部剛性を考慮したサプレッションチェンバシエルの局部変形による影響
 - 高次モード（高振動数）を考慮した応答による影響

※：バルジングとは、ビーム振動（タンク壁面がはりのように変形）及びオーバル振動（タンク壁面が花びら状に変形）に分類される



図1 地震応答解析モデル

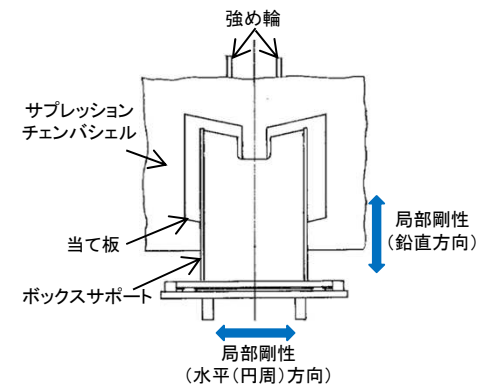


図2 ボックスサポート構造図

2. 今後の説明予定

- サプレッションチェンバの耐震評価における地震応答解析モデルに3次元はりモデルを適用すること、地震応答解析にスペクトルモーダル解析を適用することの妥当性、ボックスサポートの応力評価結果等の詳細について、耐震計算書等にて説明予定。【2020年11月資料提出予定】

【2-5】原子炉本体の基礎の復元力特性

1. 概要

- 原子炉本体の基礎は、鋼板とコンクリートで構成されるが、構造強度上、鋼板によって地震等の荷重に耐える設計とし、地震応答解析では、原子炉格納容器、原子炉圧力容器などの大型機器と原子炉建屋を連成させた地震応答解析モデルを用いている。
- 工認では、基準地震動のレベルが増大したことにより、原子炉本体の基礎の地震応答が線形領域を超えることから、適正な地震応答に基づく評価を行うため、原子炉建屋と同様に、原子炉本体の基礎にもコンクリートの剛性変化を考慮した復元力特性を採用する。なお、SA条件についても評価を行う。

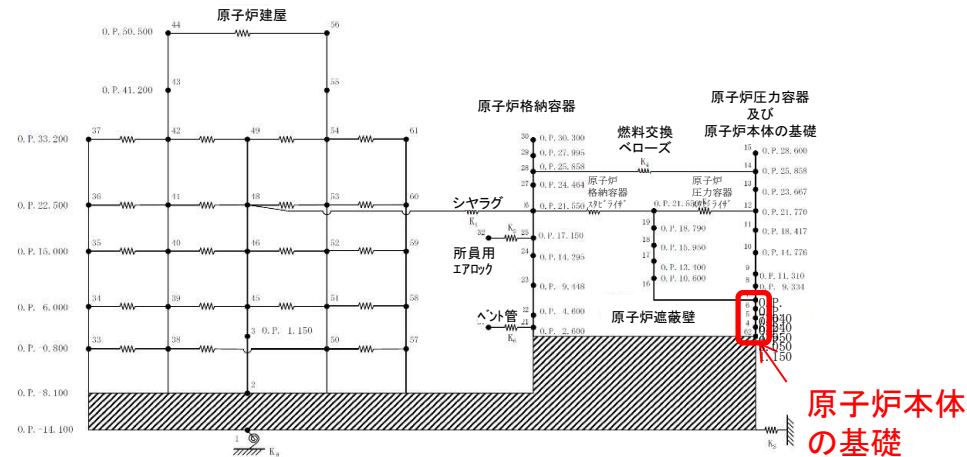


図1 地震応答解析モデル

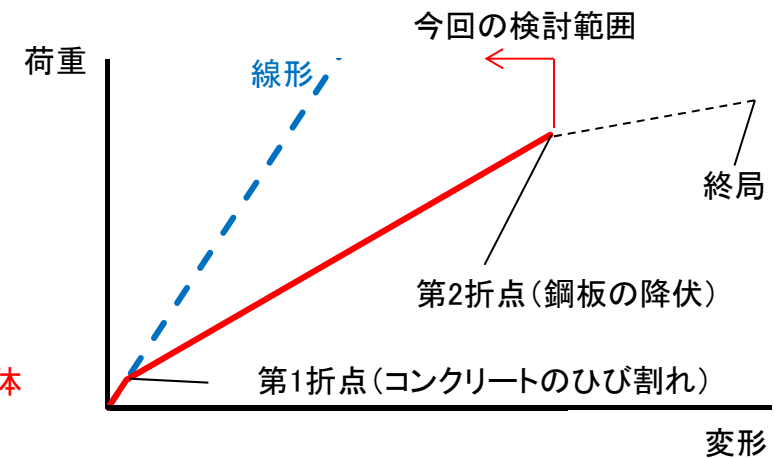


図2 原子炉本体の基礎の復元力特性

2. 今後の説明予定

- 原子炉本体の基礎に復元力特性を適用した地震応答解析結果及び構造強度評価結果について、耐震計算書等にて説明予定。
【2020年11月資料提出予定】

【2-6】使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定

1. 概要

- 使用済燃料貯蔵ラックに対する耐震設計では、保守的な扱いとして、気中条件での設計用減衰定数(溶接構造物:1.0%)を用いていたが、実際の使用済燃料貯蔵ラックは、水中環境下に設置されているため、水の抵抗等による大きな減衰効果があると考えられる。
- 工認では、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する使用済燃料貯蔵ラックの耐震設計に用いる設計用減衰定数について、水中環境下での実物大加振試験結果に余裕を考慮して設定した値を適用する。

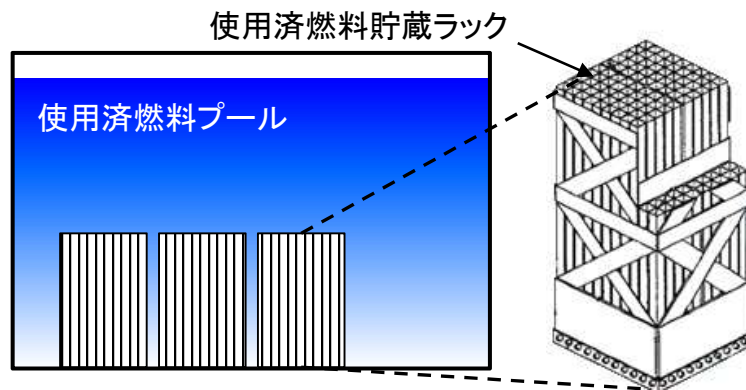


図1 使用済燃料貯蔵ラックの設置状態

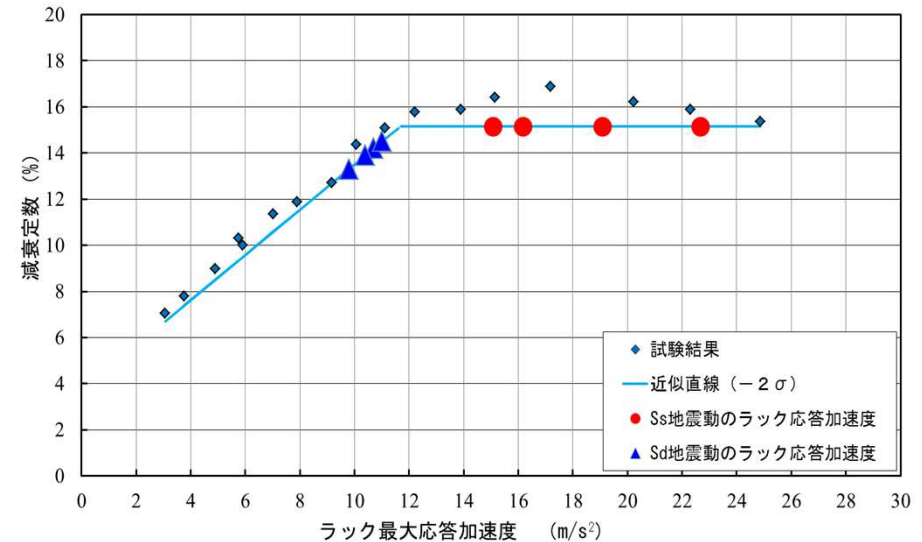


図2 水中環境下での実物大加振試験結果

2. 今後の説明予定

- 基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する地震応答を考慮し、使用済燃料貯蔵ラックの耐震評価に用いる減衰定数の適用性について、耐震計算書等にて説明予定。【2020年11月資料提出予定】

【2-7】3.11地震等の影響を踏まえた建屋の耐震評価

1. 概要

- 原子炉建屋の地震応答解析モデルの策定にあたっては、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震等の地震やコンクリートの乾燥収縮によるひび割れ等に伴う初期剛性の低下について、観測記録や試験データなどから適切に応答解析モデルへ反映し、保守性を確認した上で適用することとしている。

＜既設建屋＞

- ✓ 原子炉建屋以外の既設建屋の地震応答解析モデルの策定は、原子炉建屋における検討と同様の考え方を適用することによって構築していく。
- ✓ 具体的には、過去の地震観測記録の傾向分析や質点系シミュレーション解析に基づき建屋初期剛性や建屋減衰を評価し基本ケースに反映する。

＜新設建屋＞

- ✓ 新設建屋の地震応答解析においては、基本ケースとしては地震の影響を受けていないことから設計剛性(設計基準強度)を用いた地震応答解析モデルを採用する。
- ✓ ただし、念のため、不確かさケースとして、初期剛性の低下を考慮することで設計における保守性を確保する。

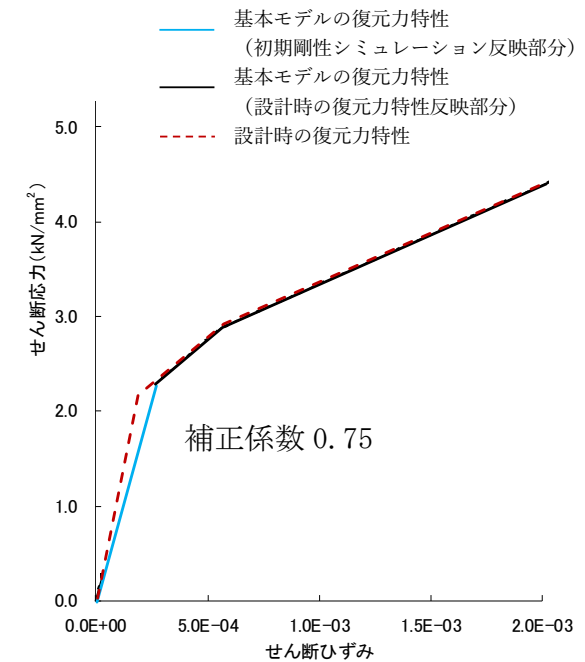


図1 せん断スケルトンカーブの設定例
(原子炉建屋NS方向(オペフロ下部))

2. 今後の説明予定

- 設定した各建屋の地震応答解析モデルや入力地震動算定方法の妥当性及び評価結果について、地震応答計算書等にて説明予定。
【2020年5月, 11月資料提出予定】

【2-8】制御棒の挿入性評価

1. 概要

- 制御棒挿入性評価では、燃料集合体の確認済相対変位を40mmとしていたが、基準地震動 S_s の増大を考慮し、既往試験と同様の制御棒挿入試験を実施し、燃料集合体の相対変位データ範囲を拡充した。
- 工認では、制御棒挿入性評価について、以下の検討結果を説明する。
 - 制御棒挿入性試験の結果を踏まえた確認済相対変位を設定する際の保守性の考え方
 - チャンネルボックスの弾塑性特性を考慮した場合の燃料集合体相対変位、挿入性への影響

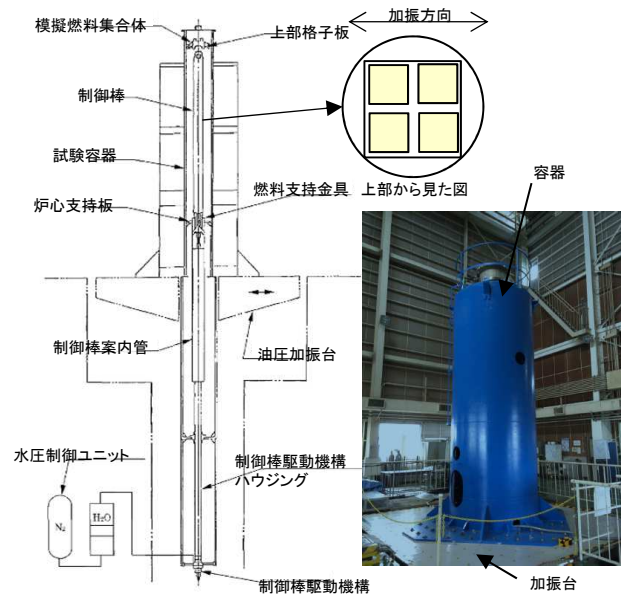


図1 制御棒挿入性試験装置の概要

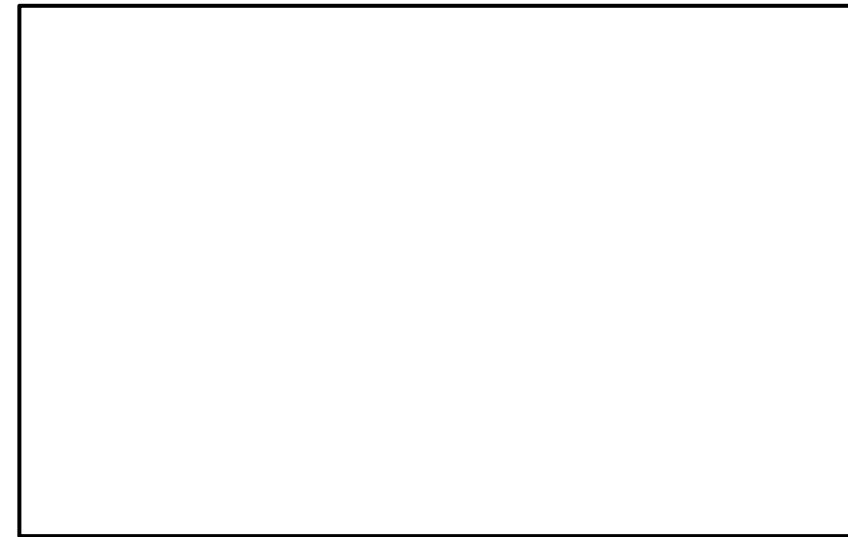


図2 制御棒挿入性試験の結果

2. 今後の説明予定

- 制御棒挿入性評価に係る詳細な検討結果について、耐震計算書等にて説明予定。【2020年11月資料提出予定】

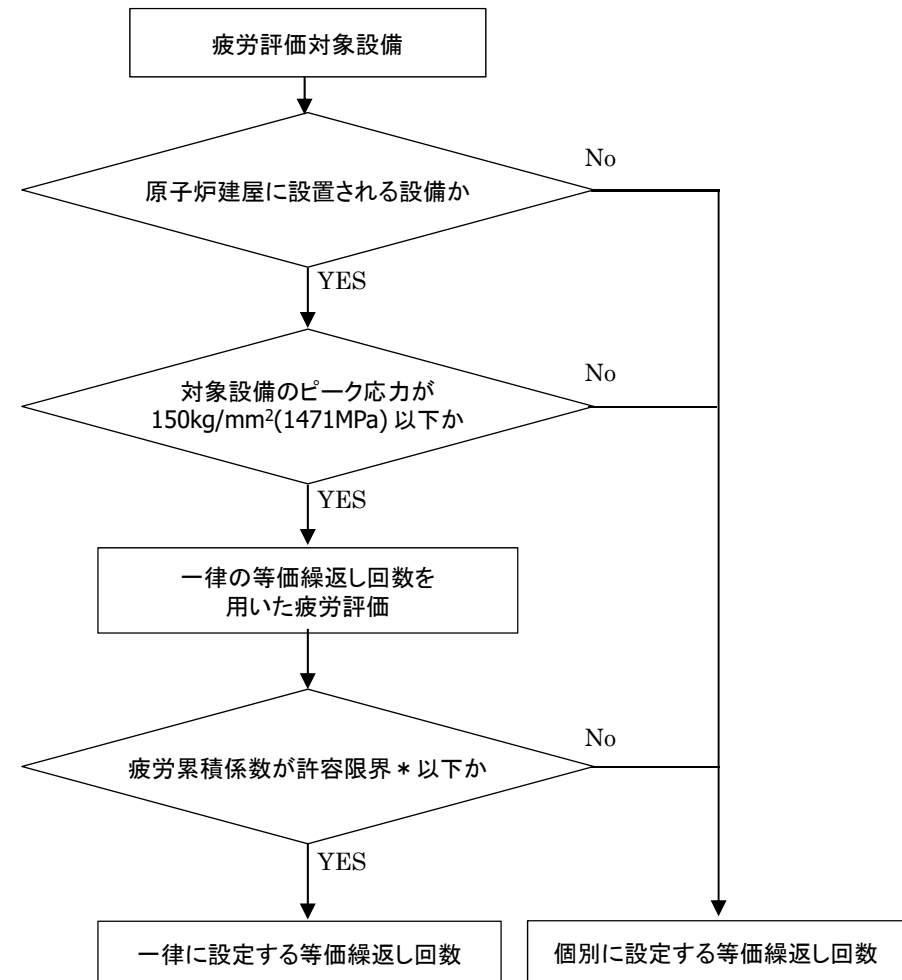
【2-9】耐震評価における等価繰返し回数の算定

1. 概要

- 工認の耐震評価における疲労評価では、等価繰返し回数を用いるため、原子力発電所耐震設計技術指針(JEAG4601-1987)のピーク応力法により、基準地震動 S_s 及び弾性設計用地震動 S_d に対する等価繰返し回数を算出する。
- 等価繰返し回数は、設備の材料、減衰定数、ピーク応力などによって値が異なるため、保守的を持たせた「一律に設定する等価繰返し回数」を基本とし、より精緻な評価を実施する場合は「個別に設定する等価繰返し回数」を適用する。
- なお、東北地方太平洋沖地震等の地震による設備への疲労影響は十分に小さいことを確認しているが、疲労評価結果に余裕があることに留意する。

2. 今後の説明予定

- 耐震評価における疲労評価に適用する等価繰返し回数の設定方法、その妥当性等について、補足説明資料にて説明予定。
【2020年8月資料提出予定】



* : 疲労評価結果が許容限界に対して余裕があることに留意する

図1 疲労評価に適用する等価繰返し回数の使い分け

【2-10】津波漂流物の衝突荷重

1. 概要

浸水防護施設のうち漂流物の衝突荷重を考慮する防潮堤、屋外排水路逆流防止設備(防潮堤北側)及び貯留堰について、衝突荷重の設定の妥当性を説明する。

- 防潮堤及び屋外排水路逆流防止設備(防潮堤北側)は、津波の第一波のみが到達することから、津波第一波により漂流するものが衝突することを説明する。また、貯留堰は、海中に設置していることから、引き波によって貯留堰が露出した後の押し波によって漂流物が衝突することを説明する。
- 既往の研究論文の漂流物荷重算定式を整理した結果、漂流物荷重には道路橋示方書及びFEMA(2019)に従いASCE(2016)を適用することを説明する。

2. 今後の説明予定

サイト特性、津波の水位・流速・流向の特徴、衝突を考慮する漂流物の選定、衝突荷重算定式の整理について、津波への配慮に関する説明書等にて説明予定。【2020年5月資料提出】

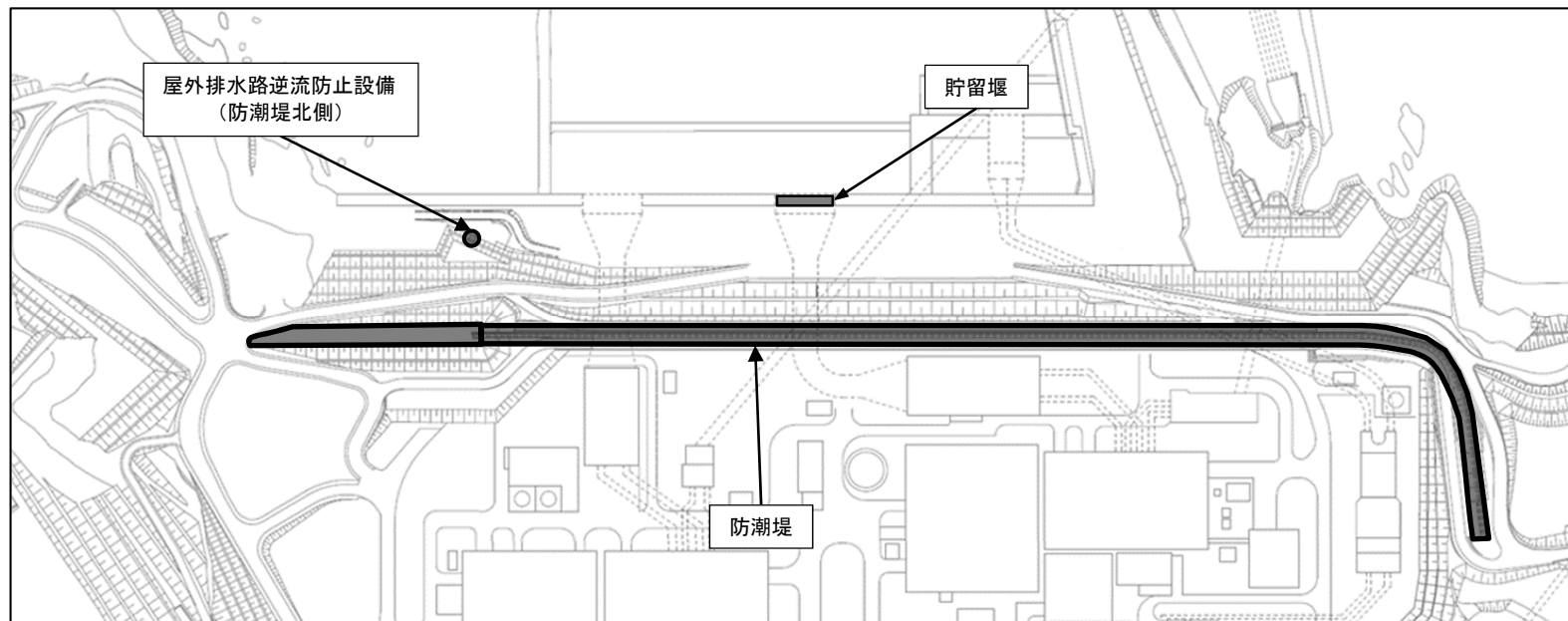


図1 津波漂流物の衝突荷重を考慮する施設の配置図

【2-11】原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置

1. 概要

原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置の要求機能に対する基本設計方針，加振試験結果等について説明する。

- 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置は，基準地震動 S_s による地震力に対して機能を損うおそれのない設計とし，基準地震動 S_s 後においても容易かつ確実に閉止できる設計とする。
- 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置について，基準地震動 S_s に対して閉止機能及び閉止後の建屋気密の維持機能が健全であることを，加振試験結果等を用いて説明する。

2. 今後の説明予定

- 加振試験結果等を取りまとめ，「ブローアウトパネル関連設備の設計方針」に関する説明書等にて説明予定。
【2020年11月資料提出予定】

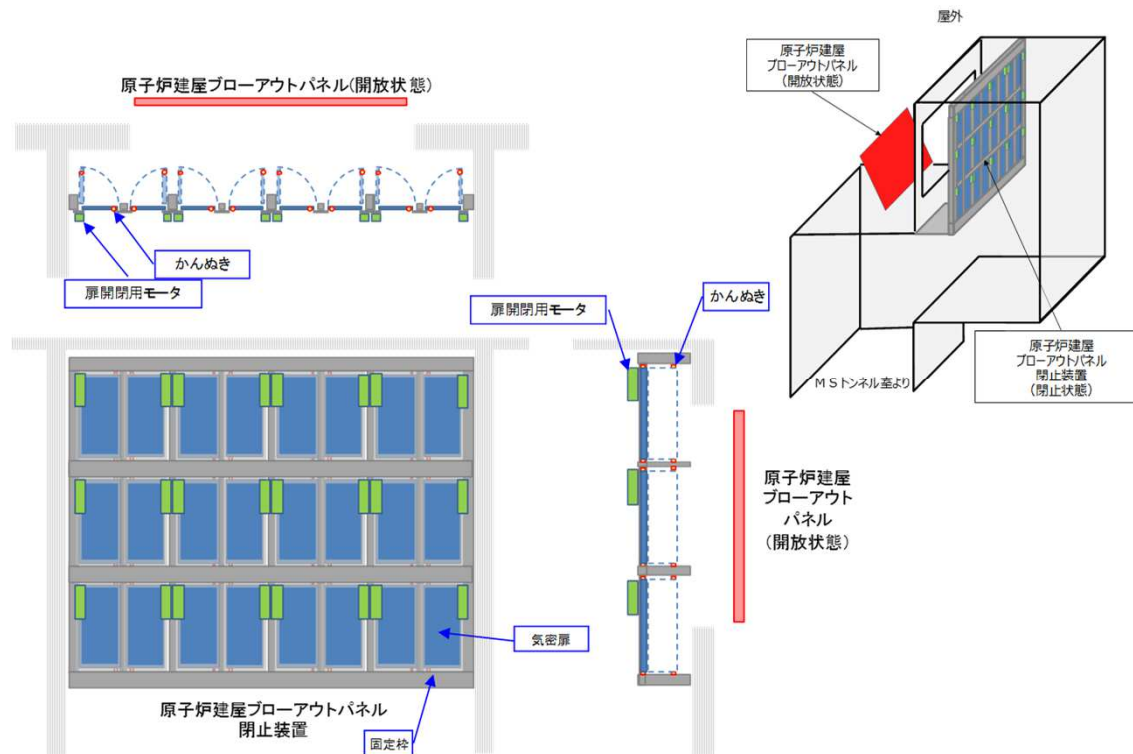


図1 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置 概要図



図2 原子炉建屋ブローアウトパネル閉止装置
加振試験装置図

枠囲みの内容は商業機密に属しますので公開できません。

3. 新たな規制要求(バックフィット)への対応について

新たな規制要求(バックフィット)への対応について説明する。

表-3 その他説明項目

No.	項目	内容	備考
1	安全系電源盤に対する高エネルギーアーク(HEAF)火災対策	遮断時間と短絡電流等により求められるアークエネルギーが、電源盤燃焼試験から求められたしきい値を超えないことを評価することにより、HEAF対策が適切に実施されていることを説明する。	【3-1】

【3-1】安全系電源盤に対する高エネルギーアーク火災対策

1. 概要

- 重要安全施設への電力供給に係る電気盤及び当該電気盤に影響を与えるおそれのある電気盤について、アーク火災による電気盤の損傷の拡大を防止するため、「高エネルギーアーク損傷(以下、HEAF)に係る電気盤の設計に関する審査ガイド」に基づき、アーク火災が発生しないアークエネルギーのしきい値を超えない時間で、アーク放電が発生した遮断器上流を電氣的に遮断する設計とする。
- 設定した遮断時間と短絡電流等により求められるアークエネルギーが、電源盤燃焼試験から求められたしきい値を超えないことを評価することにより、対策が適切に実施されていることを説明する。

【対策概要(アーク発生箇所の上流の遮断器を開放する場合における保護継電器整定値見直し例)】

- アーク放電が発生した遮断器の上流に設置した遮断器の保護継電器整定値相当のアークエネルギーを確認
- 上記の結果がしきい値を下回るよう保護継電器整定値を設計

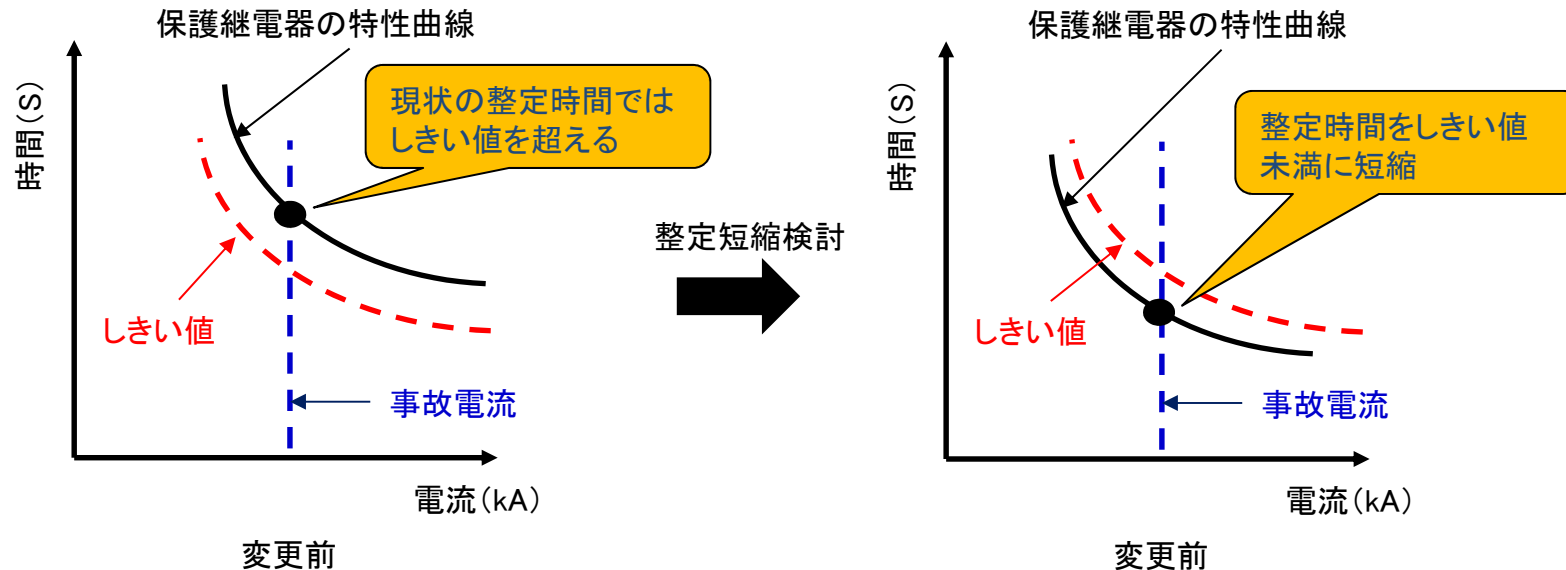


図1 保護継電器整定見直し例

2. 今後の説明予定

HEAF対策の対象となる電気盤について、HEAF対策が適切に実施されていることを「非常用発電装置の出力の決定に関する説明書」等にて説明予定。【2020年9月資料提出予定】

4. その他説明項目

溶融燃料－冷却材相互作用(FCI)への対応で自主対策設備として設置するコリウムバッファーについて説明する。

表－4 その他説明項目

No.	項目	内容	備考
1	溶融燃料－冷却材相互作用(FCI)対策	自主対策設備として設置するコリウムバッファーについて、他の設備への悪影響がないことを説明する。	【4-1】

【4-1】溶融燃料－冷却材相互作用(FCI)対策

1. 概要

自主対策設備として設置するコリウムバッファーについて、他の設備への悪影響がないことを説明する。

- 原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用(FCI)のうち、水蒸気爆発については、実機にて発生する可能性は極めて小さいことを設置許可の審査の中で説明している。
- 仮に水蒸気爆発が発生した場合のエネルギー低減を目的とした自主対策設備として、コリウムバッファーを設置する。
- コリウムバッファーは、原子炉格納容器下部の既存のCRD自動交換機プラットフォームを活用して設置するが、他の設備等に対して悪影響がないことを説明する。

2. 今後の説明予定

- 補足説明資料「自主対策設備の悪影響防止について」にて説明予定。【2020年8月資料提出予定】

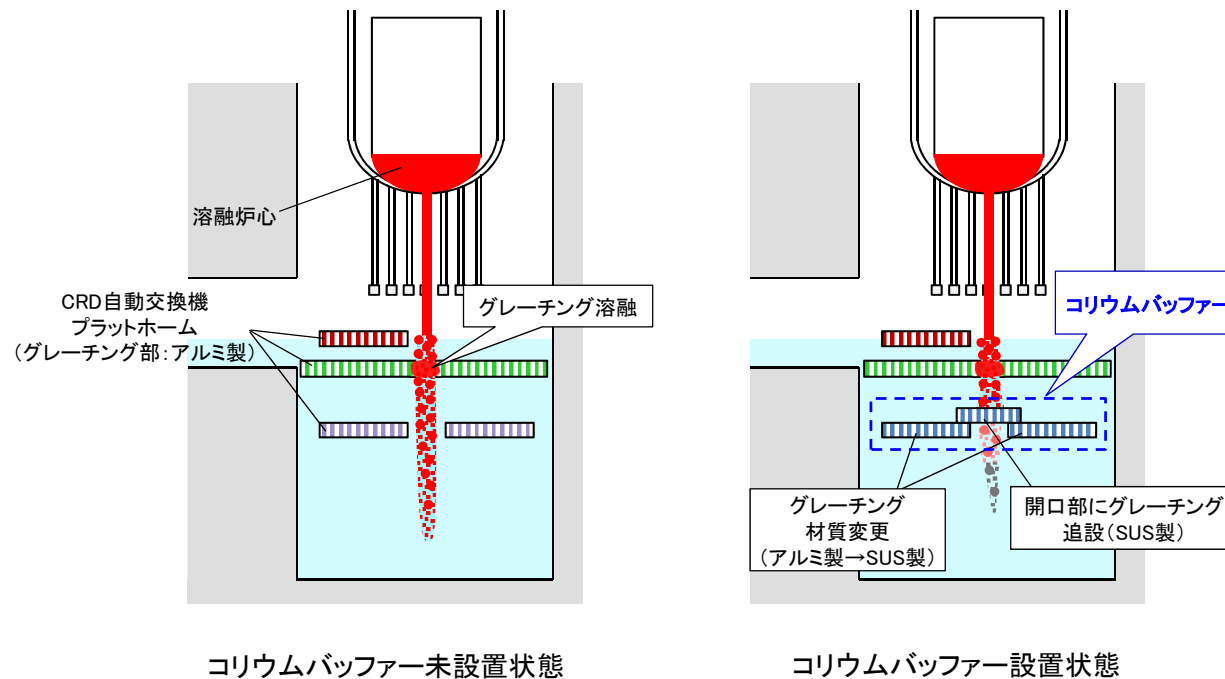


図1 コリウムバッファー概要図