

# 柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可審査における主な説明事項

**TEPCO**

---

2019年9月10日  
東京電力ホールディングス株式会社

## 経緯

- 平成25年9月27日  
柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可申請
  
- 平成30年12月13日  
柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可申請の一部補正
  
- 令和元年7月5日  
柏崎刈羽原子力発電所第7号機 工事計画認可申請の一部補正

## 主な説明事項の抽出

- 工事計画認可の審査において、設置変更許可の審査を踏まえた詳細な設備設計、各種評価の評価手法、評価結果について説明を行う予定である。
- 工事計画認可の審査における主な説明事項について以下を抽出した。
  - [ 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 ] 設計方針に関する説明事項
  - [ 3 ] 耐震・強度評価に関する説明事項
  - [ 4 ] 設置変更許可審査からの引き継ぎ事項
- なお、審査の論点については、今後のヒアリング等にて順次整理していく。

# 目次



	主な説明事項	頁
[ 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	1 中央制御室待避室の遮蔽設計の見直し	6
	2 5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し	7-8
	3 5号機原子炉建屋内緊急時対策所可搬型電源設備の保管方法の変更	9-10
	4 復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し	11-12
[ 2 ] 設計方針に関する説明事項	1 使用済燃料貯蔵プール水位の監視	14
	2 重大事故等時の格納容器評価における評価条件	15
	3 火災感知器の配置	16-17
	4 地下水に対する浸水防護対策	18
	5 竜巻設計飛来物の感度解析	19
	6 ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置	20-21
[ 3 ] 耐震・強度評価に関する説明事項	1 津波漂流物の衝撃荷重（海水貯留堰）	24
	2 地盤物性の設定	25
	3 基礎地盤傾斜による建物・構築物及び機器の耐震性への影響	26
	4 各建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更点	27-28
	5 原子炉本体基礎の復元力特性	29
	6 建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用	30
	7 格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析モデルのモデル化方針	31
	8 屋外重要土木構造物のモデル化方針	32
	9 耐震評価における等価繰返し回数	33
	10 加振試験に基づく使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定	34
	11 弁の動的機能維持評価（一定の余裕の確保）	35
	12 燃料集合体の耐震性	36
	13 制御棒・破損燃料貯蔵ラックにおける排除水体积質量減算の適用	37
	14 ECCSストレナの耐震・強度評価への流動解析の適用	38
[ 4 ] 設置変更許可審査からの引き継ぎ事項	1 原子炉建屋オペレーティングフロア大物搬入口ハッチの開状態維持の設計方針	39
	2 津波揚圧力による非常用海水系への影響	
	3 竜巻設計飛来物の選定	
	4 水平2方向影響評価	
	5 建屋3次元FEMモデルの追加シミュレーション解析	
	6 建屋の3次元応答性状の機器耐震性への影響	
	7 タービン建屋上部構造によるねじれの影響	
	8 耐震評価対象の網羅性、既工認との手法の相違点の整理	
	9 原子炉建屋クレーンの耐震評価	

## [ 1 ] 詳細設計段階における設計変更

- 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。

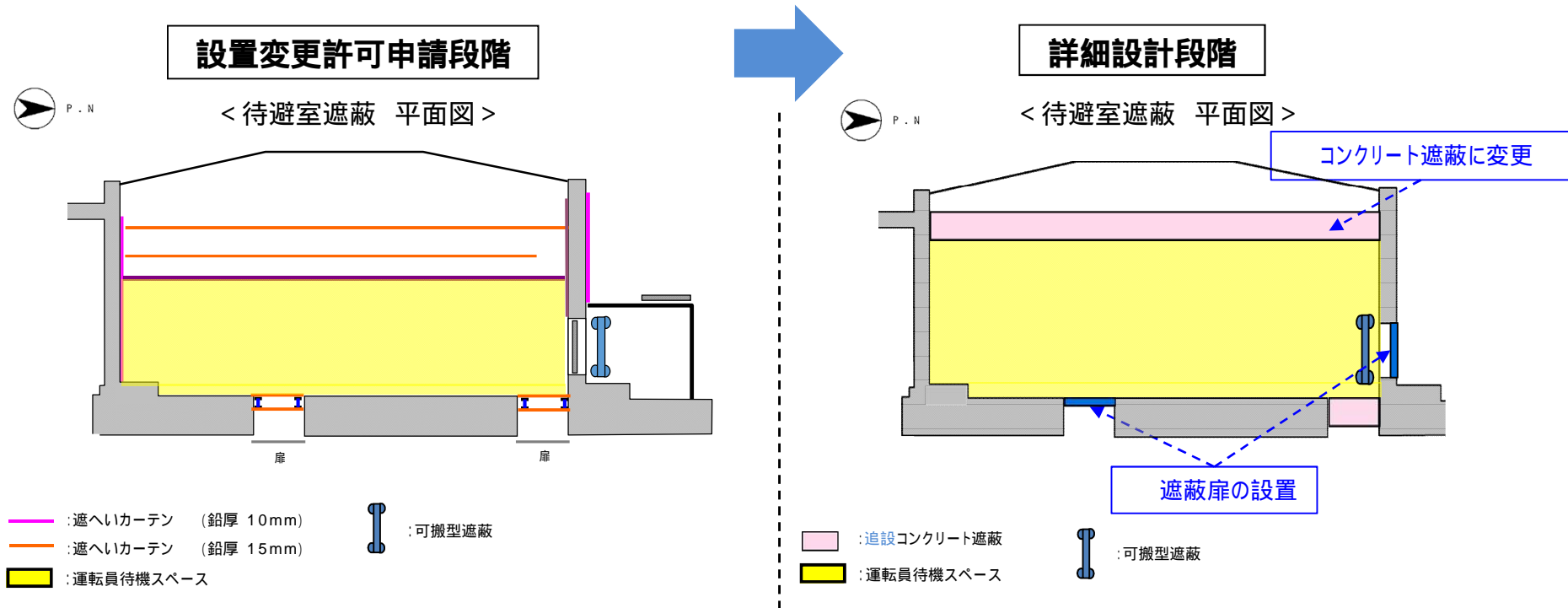
第1表 詳細設計段階における設計変更

No.	項目	変更内容	備考
1	中央制御室待避室の遮蔽設計の見直し	中央制御室待避室について，居住性向上のため遮蔽設計を変更する。 [ 設置変更許可申請書 添付書類八(機器仕様)関連 ]	[1-1]
2	5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し	5号機原子炉建屋内緊急時対策所について，居住性向上，要員の運用性の向上のため，遮蔽設計を変更する。 [ 設置変更許可申請書 添付書類八(機器仕様)関連 ]	[1-2]
3	5号機原子炉建屋内緊急時対策所可搬型電源設備の保管方法の変更	5号機原子炉建屋内緊急時対策所可搬型電源設備について，万一の復旧の迅速性向上のため，車両に積載して保管する設計へ変更する。 [ 設置変更許可申請書 添付書類八(保管場所)関連 ]	[1-3]
4	復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し	代替循環冷却系の操作性向上のため，復水移送ポンプ周りの手動弁を電動弁化し，それに伴い屋内アクセスルートを変更する。 [ 設置変更許可申請書 添付書類八(系統概要図)関連 ]	[1-4]

# 【1-1】中央制御室待避室の遮蔽設計の見直し

## 1. 概要

- 中央制御室待避室の遮蔽設計について，居住性向上のため，遮蔽扉の設置及び遮蔽をコンクリート遮蔽に変更し，運転員の居住スペースを拡大する。



## 2. 今後の説明予定

- 中央制御室待避室の遮蔽設計については，要目表，図面，中央制御室の居住性に関する説明書及び補足説明資料にて説明予定【一部資料提出済，説明書及び補足説明資料は2019年9月資料提出予定】

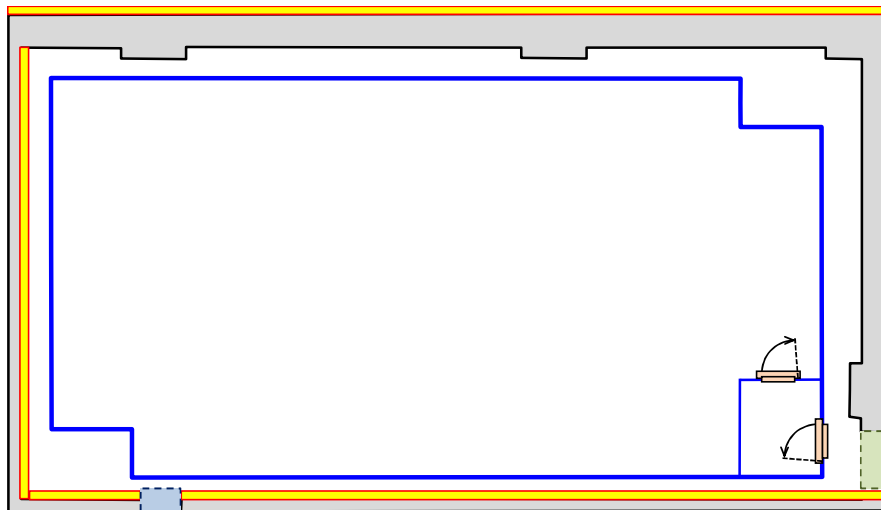
# 【1-2】5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し(1/2) **TEPCO**

## 1. 緊急時対策所対策本部の概要

- ・ 緊急時対策所対策本部の高気密室について，居住性向上のため高気密室架構から鋼鉄ライニング構造に変更し，緊急時対策所要員の居住スペースを拡大する。

### 設置変更許可申請段階（高気密室架構）

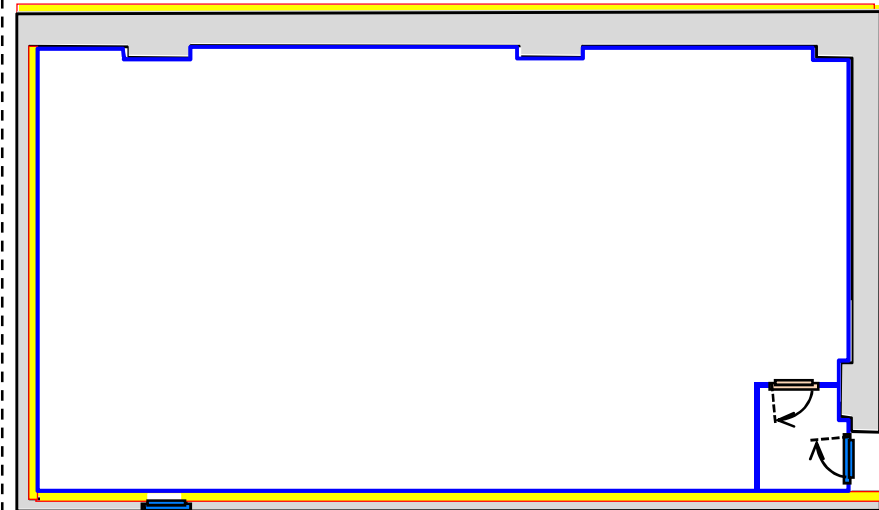
▶ P-N < 対策本部高気密室 平面図 >



— : 高気密室バウンダリ  
— : 追設コンクリート遮蔽  
— : 追設コンクリート遮蔽  
— : 追設コンクリート遮蔽

### 詳細設計段階（鋼鉄ライニング）

▶ P-N < 対策本部高気密室 平面図 >

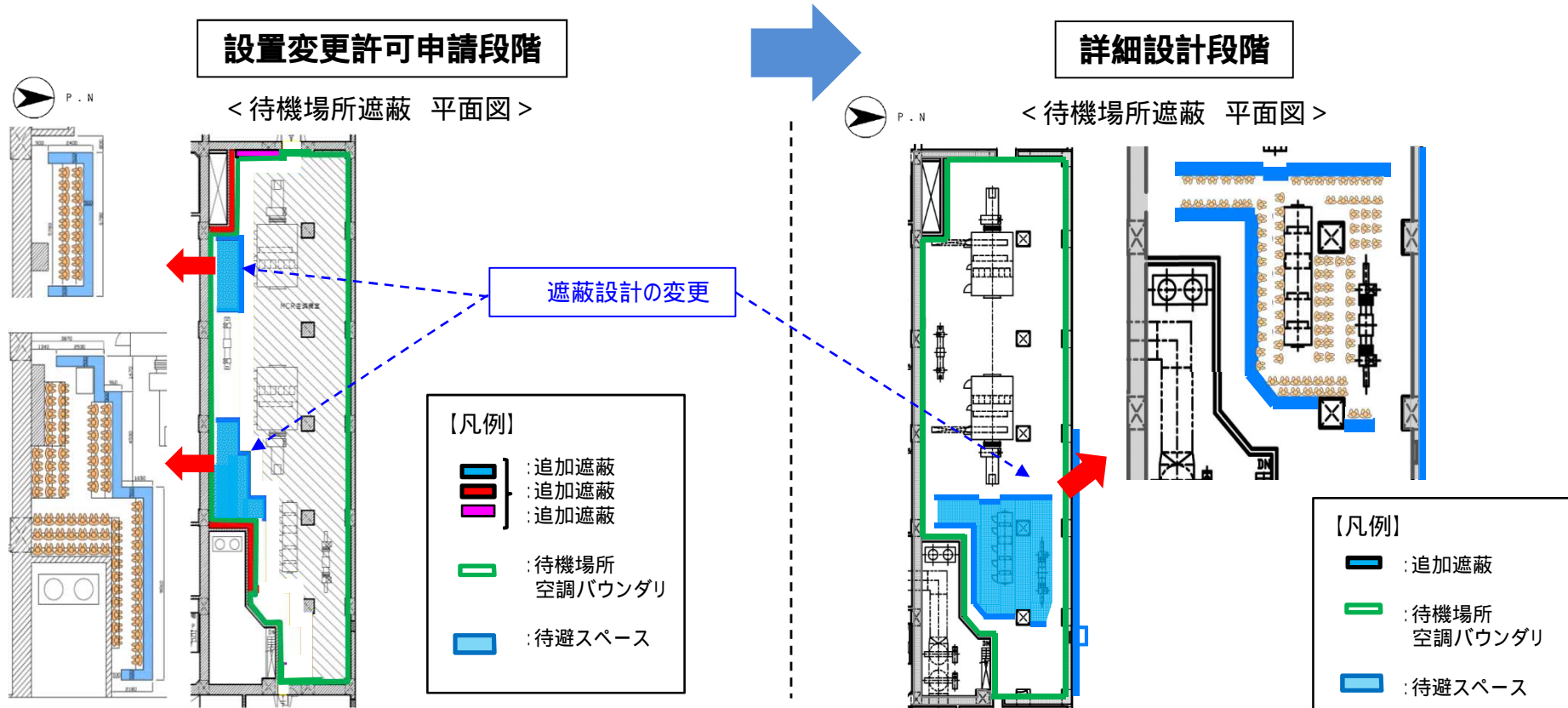


— : 高気密室バウンダリ  
— : 追設コンクリート遮蔽  
— : 追設コンクリート遮蔽  
— : 追設コンクリート遮蔽  
— : 遮蔽扉

# 【1-2】5号機原子炉建屋内緊急時対策所の遮蔽設計の見直し(2/2) **TEPCO**

## 2. 緊急時対策所待機場所の概要

- 緊急時対策所待機場所の遮蔽設計について，要員の運用性向上のため，遮蔽設計の変更を行う。



## 3. 今後の説明予定

- 緊急時対策所対策本部及び待機場所の遮蔽設計については，要目表，図面，緊急時対策所の居住性に関する説明書及び補足説明資料にて説明予定【一部資料提出済，説明書及び補足説明資料は2019年9月資料提出予定】



## 1. 概要

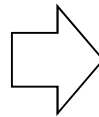
- 5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備（以下，5号機可搬電源という。）について，万一の故障時における復旧の迅速性向上のため，保管場所に固定する設計から保管場所にて車両に積載し配備する設計へ変更する。

## 2. 設備の変更内容

- 5号機可搬電源について，保管場所に固定する設計から保管場所にて車両に積載し配備する設計へ変更する。
- 保管場所について，5号機原子炉建屋近傍の計画地から北よりに配置を変更し，他の車両に積載する可搬型電源設備と同様の評価を実施する。

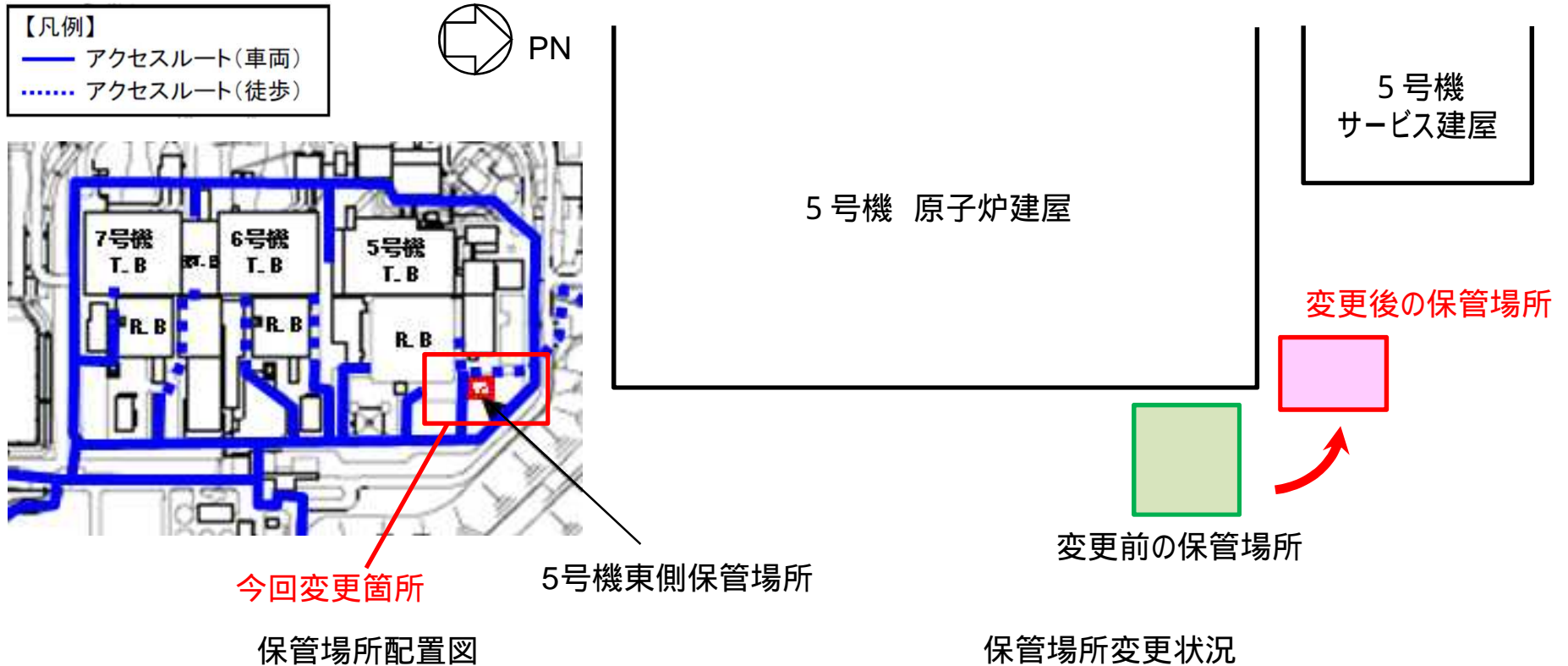


保管場所に固定する設計の例



保管場所にて車両に積載し配備する設計の例

【1-3】5号機原子炉建屋内緊急時対策所用可搬型電源設備の保管方法の変更(2/2) **TEPCO**



3. 今後の予定

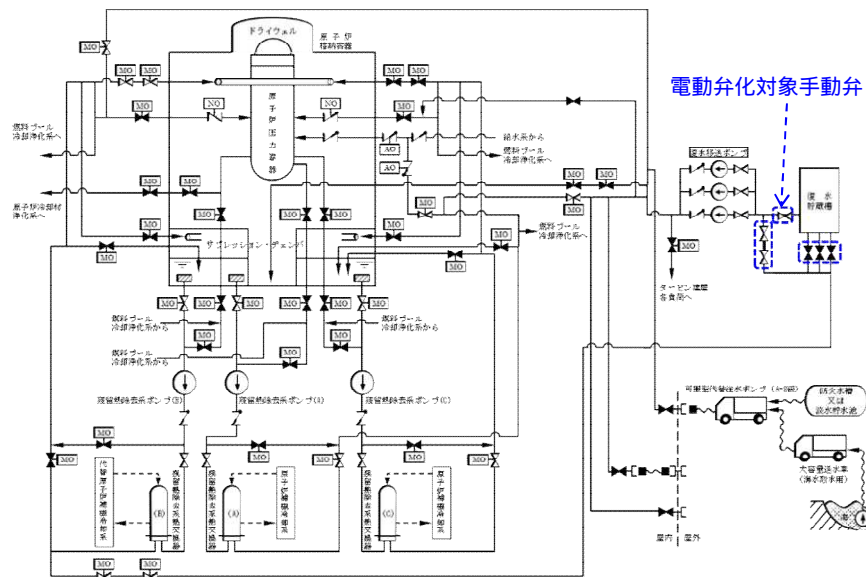
- 設備設計の詳細については,要目表,設定根拠に関する説明書,図面,耐震計算書等にて説明予定
- 保管場所については,可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルートにて説明予定  
 【2019年9月以降順次資料提出予定】

# 【1-4】復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し(1/2) **TEPCO**

## 1. 概要

- 代替循環冷却系の操作性向上のため，系統構成で操作する手動弁を電動化し遠隔操作可能な設計 とする。  
弁設置場所での手動操作も可能
- 電動弁化により系統構成による時間を短縮することで，低压代替注水系/格納容器代替注水系から代替循環冷却系への切替時間（復水移送ポンプ停止時間）が短縮され安全性が向上する。
- また，弁設置場所である管理区域にアクセスすることなく、雰囲気線量が高くなる恐れのない非管理区域から遠隔操作することにより，被ばくリスクは低減する。
- なお，弁操作場所の変更に伴い，屋内アクセスルートが変更となる。

【系統概要図】



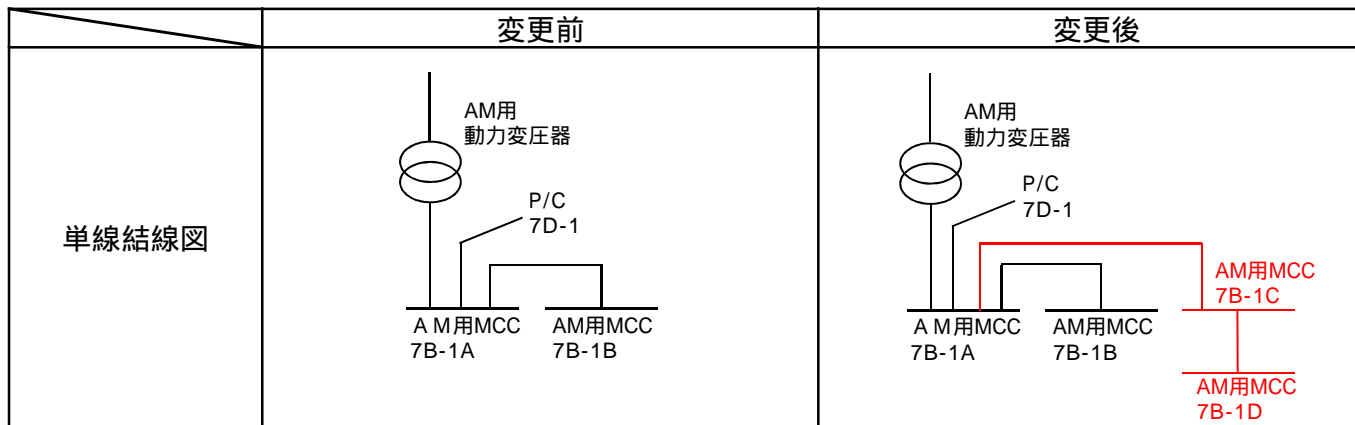
【屋内アクセスルート】



# 【1-4】復水移送ポンプ周りの手動弁の電動弁化及び屋内アクセスルートの見直し(2/2) **TEPCO**

## 2. 設備及び手順の変更

設備設計：代替所内電気設備のうちAM用MCCが追加となる。



重大事故等への対処手順：遠隔による弁操作は、手動による弁操作の想定時間内で操作可能

手順の項目	要員（数）	経過時間（分）										備考	
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100		
		代替循環冷却系運転開始 90分											
		65分 復水移送ポンプ停止											
代替循環冷却系による 原子炉格納容器内の 減圧及び除熱	中央制御室 運転員 A, B	2	通信連絡設備準備, 系統構成(1)					ポンプ停止, 系統構成(2)					[変更前] 移動10分 + 手動操作50分 [変更後] 移動10分 + 遠隔操作20分
	現場運転員 C, D	2	移動, 系統構成(1)					ポンプ起動					
	現場運転員 E, F	2	移動, 電源確保 (MCC C, D系 AM用MCC)					系統構成(2)					[変更前] 手動操作15分 [変更後] 遠隔操作2分
			系統構成(1)					系統構成(2)					

## 3. 今後の説明予定

- 設備設計について、代替所内電気設備の基本設計方針、単線結線図等にて説明予定
  - 屋内アクセスルートの変更について、可搬型重大事故等対処設備の保管場所及びアクセスルート及びその補足説明資料にて説明予定
- 【2019年9月以降順次資料提出予定】

## [ 2 ] 設計方針に関する主な説明事項

- 設計方針等に関する事項について，他社の審査等で議論となった以下の項目について説明する。

第2表 設計方針に関する主な説明事項

No.	項目	設計方針/確認事項	備考
1	使用済燃料貯蔵プール水位の監視	設置許可基準規則及び技術基準規則へのために設置する熱電対式水位計に加え，自主対策設備として設置する超音波式の水位計を設置し，ERSS伝送を行う。	[2-1]
2	重大事故等時の格納容器評価における評価条件	重大事故等時に発生が想定される原子炉格納容器の動荷重を抽出し，設計基準事故時における動荷重に包絡されることを確認する。また，有効性評価結果等に基づき，動荷重と組み合わせるべきプラント状態を整理する。	[2-2]
3	火災感知器の配置	火災感知設備が必要な火災区域又は火災区画に，消防法施行規則に準じた設置条件で煙感知器及び熱感知器を設置する。	[2-3]
4	地下水に対する浸水防護対策	地下水に対しては，建屋外周部における壁，扉，堰等により流入を防止する設計とし，一部の地下部外壁に発生を想定する貫通部等からの浸水評価を考慮しても溢水防護対象設備等の安全機能への影響がない設計とする。 また，耐震性を有する地下水排水設備にて地下水の水位上昇を抑制し，建屋内への浸水の可能性を排除する設計とする。	[2-4]
5	竜巻設計飛来物の感度解析	設計飛来物の飛来速度について感度解析を実施し，フジタモデルの不確実性を考慮しても，竜巻影響評価全体の保守性が確保され，竜巻対策の設計の前提条件に影響がないことを確認する。	[2-5]
6	ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置	ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置の要求機能を整理するとともに，各種試験により技術基準規則への適合性を確認する。	[2-6]

## 【2-1】使用済燃料貯蔵プール水位の監視

### 1. 概要

- 設置許可基準規則及び技術基準規則への適合のための使用済燃料貯蔵プールの水位監視設備として、熱電対式の水時計（使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA）及び使用済燃料貯蔵プール水位・温度（SA広域））を設置する。
- 上記に加え、燃料集合体頂部までの水位が確認可能な使用済燃料貯蔵プール水位（超音波式）を自主対策設備として設置し、ERSS伝送を行う。

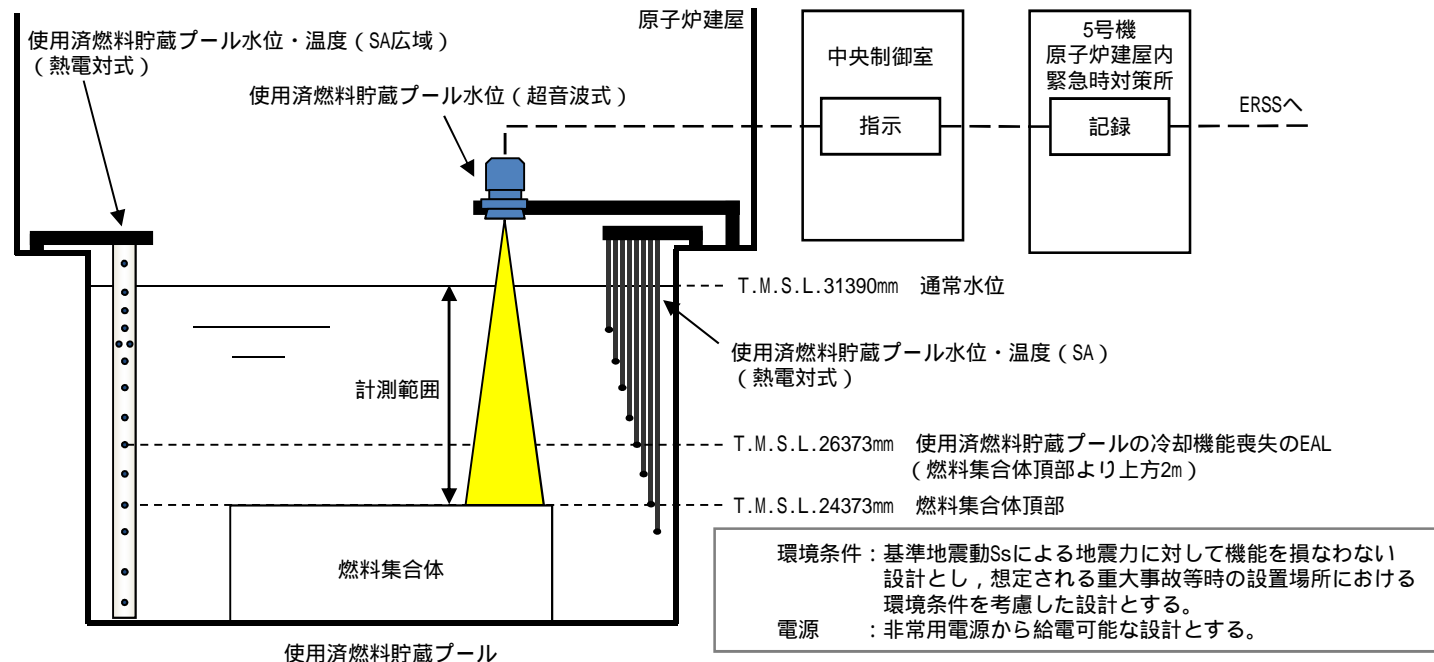


図1 使用済燃料貯蔵プール水位監視設備の概要

### 2. 今後の説明予定

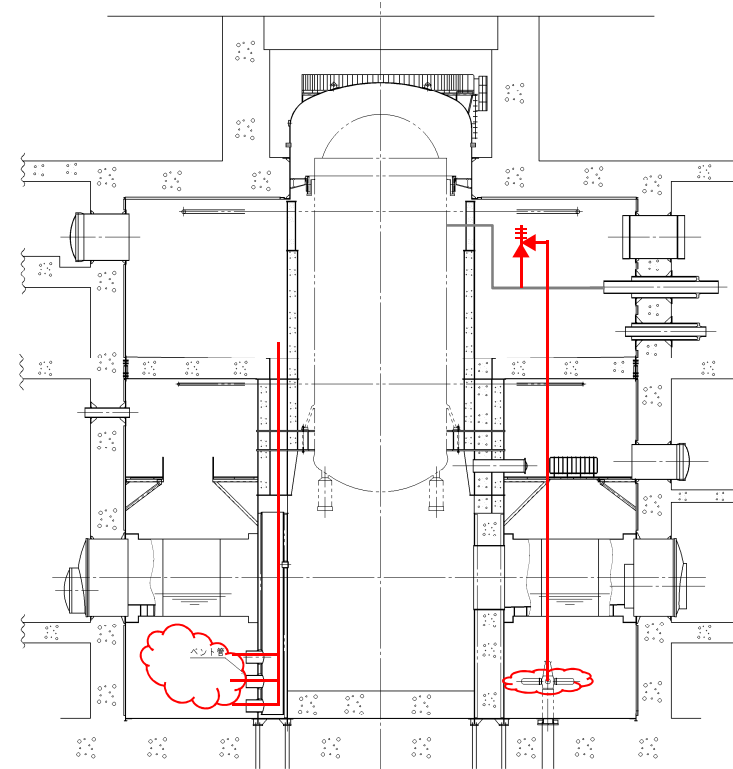
- 計器の構成、測定範囲等について、使用済燃料貯蔵槽の温度、水位及び漏えいを監視する装置の構成に関する説明書並びに計測範囲及び警報動作範囲に関する説明書、補足説明資料等にて説明予定【資料提出済】



## 【2-2】重大事故等時の格納容器評価における評価条件

### 1. 概要

- 原子炉格納容器及び内部構造物に関する重大事故等状態の評価条件のうち，重大事故等時に想定する動荷重，荷重の組み合わせについて説明する。
- 重大事故等時に発生が想定される原子炉格納容器の動荷重を抽出し，これらの動荷重について，設計基準事故時における動荷重に包絡されることを説明する。
- 有効性評価結果等に基づき，動荷重と組み合わせるべきプラント状態を整理し，構造健全性評価の対象とする荷重組合せについて説明する。



### 2. 今後の説明予定

- 原子炉格納施設的设计条件に関する説明書及び補足説明資料にて説明予定【2019年9月資料提出予定】

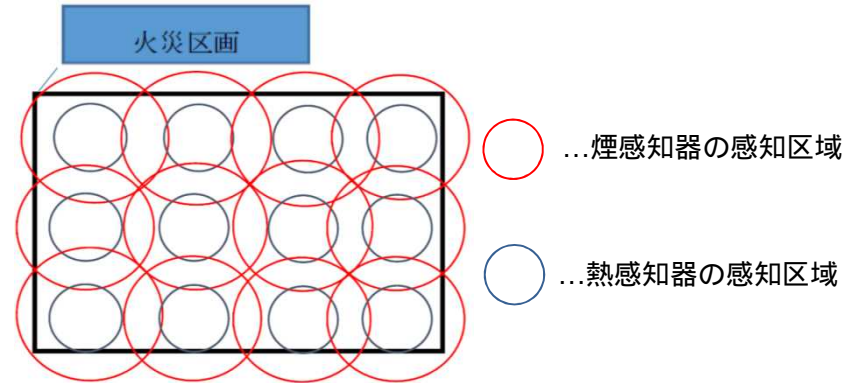
# 【2-3】火災感知器の配置(1/2)

## 1. 概要

- 柏崎刈羽原子力発電所第7号機における火災感知器の配置について、改正後の火災防護審査基準にも適合するものであることを説明する。

### (1)火災防護審査基準の改正内容

- 平成30年1月四半期に実施された他社原子力発電所の保安検査において、火災区画として設定されたエリアの異なる2種類の火災感知器（煙・熱感知器）のうち、熱感知器の配置が消防法に準拠しておらず、必要数に満たない例が確認された。このような背景を踏まえ、平成31年2月13日に火災防護審査基準が改正され、異なる2種類の火災感知器の配置においては、消防法に準拠すること等が追加要求となった。



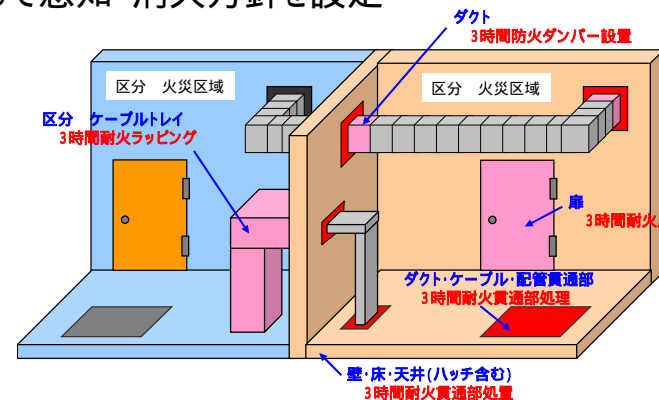
### (2)柏崎刈羽原子力発電所7号機の火災防護対策の概要（設置許可申請内容）

- 各建屋からの放射性物質の漏えいを防止するために建屋外壁を「火災区域」と設定
- いかなる火災に対しても「原子炉の高温停止・低温停止」が達成できるように、安全系区分 と の間を火災区域の境界（3時間耐火）として「区分 火災区域」と「区分 火災区域（区分 以外の火災区域）」を設定
- 火災区域内の各部屋単位を「火災区画」として個々の特徴に応じて感知・消火方針を設定

安全系区分	区分Ⅰ	区分Ⅱ	区分Ⅲ*
高温停止	原子炉隔離時冷却系 [RCIC]	高圧炉心注水系 (B) [HPOF (B)]	高圧炉心注水系 (C) [HPOF (C)]
低温停止	自動減圧系 (A) [SRV (ADS (A))]	自動減圧系 (B) [SRV (ADS (B))]	—
	残留熱除去系 (A) [RHR (A)]	残留熱除去系 (B) [RHR (B)]	残留熱除去系 (C) [RHR (C)]
	原子炉補機冷却水系 (A) [RCW (A)]	原子炉補機冷却水系 (B) [RCW (B)]	原子炉補機冷却水系 (C) [RCW (C)]
	原子炉補機冷却海水系 (A) [RSW (A)]	原子炉補機冷却海水系 (B) [RSW (B)]	原子炉補機冷却海水系 (C) [RSW (C)]
	非常用ディーゼル発電機 (A) [DG (A)]	非常用ディーゼル発電機 (B) [DG (B)]	非常用ディーゼル発電機 (C) [DG (C)]
動力電源	非常用交流電源 (C)系	非常用交流電源 (D)系	非常用交流電源 (E)系
	非常用直流電源 (A)系	非常用直流電源 (B)系	非常用直流電源 (C)系

区分Ⅰ・Ⅱの境界を火災区域の境界として3時間以上の耐火能力を有する隔壁等で分離

単一火災によっても区分Ⅰ・Ⅱが同時に機能喪失することを回避し、高温停止・低温停止を達成



※ 区分Ⅲ機器のうち、DG (C) の監視制御盤、RCW (C) のサージタンク水位計等、一部の機器は区分Ⅰ側の火災区域に設置  
©Tokyo Electric Power Company Holdings, Inc. All Rights Reserved.



## 【2-3】火災感知器の配置(2/2)

### (3) 柏崎刈羽原子力発電所7号機の火災感知器の設置方針（設置許可申請内容）

- 設置許可申請の段階より，火災感知設備が必要な火災区域又は火災区画には，消防法施行規則に準じた設置条件で煙感知器及び熱感知器を設置する方針 ➡ 改正後の火災防護審査基準にも適合



火災感知器の種類		火災感知器の設置個数の考え方		消防法 施行規則	
		取付面高さ	設置個数当たりの床面積		
煙 感 知 器	光電アナログ式スポット型	1種及び2種	4m未満	150m <sup>2</sup>	第23条 第4項 第7号
			4m以上20m未満	75m <sup>2</sup>	
		3種	4m未満	50m <sup>2</sup>	
	光電式スポット型 (防爆型を含む)	1種及び2種	4m未満	150m <sup>2</sup>	
			4m以上20m未満	75m <sup>2</sup>	
		3種	4m未満	50m <sup>2</sup>	
熱 感 知 器	熱アナログ式スポット型	-	4m未満	70m <sup>2</sup>	第23条 第4項 第7号
			4m以上8m未満	35m <sup>2</sup>	
	定温式スポット型 (防爆型を含む)	特種	4m未満	70m <sup>2</sup>	
			4m以上8m未満	35m <sup>2</sup>	
		1種	4m未満	60m <sup>2</sup>	
			4m以上8m未満	30m <sup>2</sup>	
		2種	4m未満	20m <sup>2</sup>	
			4m以上8m未満	-	

### 2. 今後の説明予定

- 火災防護審査基準に則した火災感知器の配置箇所，消防法に準拠した配置方針であることを設置許可審査の中で説明済みであるが，具体的な設置状況（適合性）等について，火災防護に関する説明書及び補足説明資料を用いて説明予定【2019年9月以降順次資料提出予定】

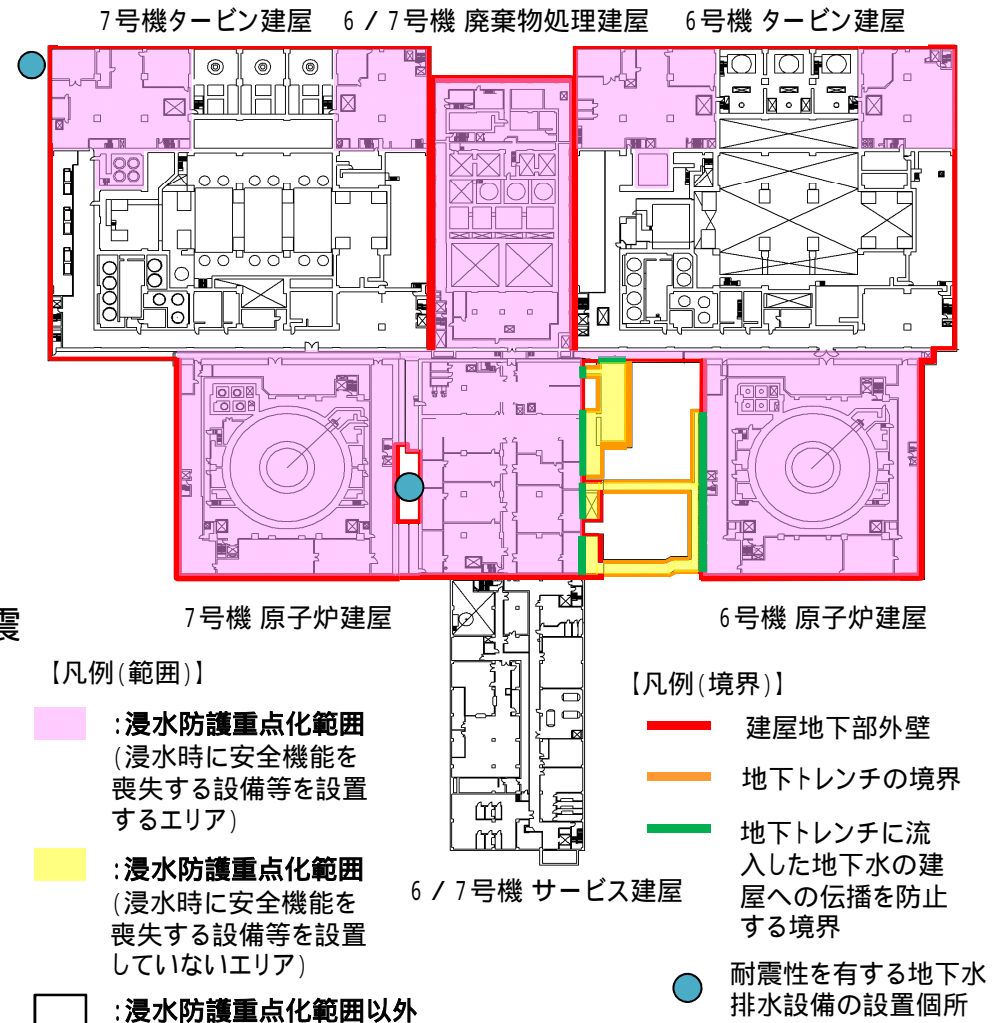
## 【2-4】地下水に対する浸水防護対策

### 1. 概要

- 地下水に対する浸水防護対策は，建屋外周部における壁，扉，堰等により溢水防護区画を内包するエリア内及び建屋内への流入を防止する設計とし，一部の地下部外壁に発生を想定する貫通部等からの浸水評価を考慮しても溢水防護対象設備等の安全機能への影響がない設計とする。
- 7号機地下水排水設備の耐震性を確保することで，地震時及び地震後においても溢水源である地下水の水位上昇そのものを抑制することで，建屋内への浸水の可能性を排除する設計とする。

### 2. 今後の説明予定

- 一部の地下部外壁に発生を想定する貫通部等からの浸水評価に関する説明及び7号機地下水排水設備に関する耐震性及び性能に関する説明については，耐震計算書及び浸水防護に関する説明書の補足説明資料にて説明予定【2019年10月以降資料提出予定】



## 【2-5】竜巻設計飛来物の感度解析

### 1. 概要

- フジタモデルを適用した場合における竜巻感度解析を実施するとともに、解析結果より、フジタモデルの不確実性等を考慮した場合でも、K6/7の竜巻影響評価全体としての保守性が確保され、K6/7原子炉設置変更許可申請書の添付書類八で特定した評価対象施設の設計の前提条件に影響を与えないことを説明する。

#### (1) 評価方針

フジタモデル固有のパラメータに対し、竜巻条件、飛来物の浮上・飛来モデル条件、飛来物条件から感度解析の対象パラメータを抽出し感度解析を実施した。

#### (2) 評価結果

感度解析の結果、添付書類八で特定した評価対象施設の設計の前提条件に影響を与えず、K6/7の竜巻影響評価全体としての保守性が確保されることを確認した。

表1 添付書類八で示す柏崎刈羽原子力発電所における設計飛来物

飛来物の種類	砂利	鋼製材	角型鋼管 (大)	足場パイプ	鋼製足場板
サイズ (m)	長さ×幅×奥行き 0.04×0.04×0.04	長さ×幅×奥行き 4.2×0.3×0.2	長さ×幅×奥行き 4×0.1×0.1	長さ×幅×奥行き 4×0.05×0.05	長さ×幅×奥行き 4×0.25×0.04
質量 (kg)	0.2	135	28	11	14
最大水平速度 (m/s)	14	10	16	42	55
最大鉛直速度 (m/s)	7	7	7	38	18
浮き上がり高さ (m)	0.08	0.08	0.15	0.57+(148) <sup>※1,※2</sup>	52+(148) <sup>※1,※2</sup>
飛散距離 (m)	18	9	20	261	373

※1：( ) 内の値は飛来物初期高さ（地面からの物品の高さ）

※2：大湊川における最も高所の5号炉主排気筒頂部に設置されている状況を想定し設定

### 2. 今後の説明予定

- 飛来物速度に関する感度解析の結果及び先行他社の審査でのコメントへの対応を含め、竜巻への配慮に関する説明書に係る補足説明資料にて説明予定【資料提出済】

## 【2-6】ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置

### 1.概要

- ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置について技術基準規則への適合性を確認する。

#### (1)ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置に要求される機能

燃料取替床ブローアウトパネル（以下、「オペフロBOP」という）は、主蒸気管破断及び格納容器バイパス事故時に開放する機能を有する。

主蒸気配管トンネル室ブローアウトパネル（以下、「MSTンネル室BOP」という）は、主蒸気管破断事故時に開放する機能を有する。

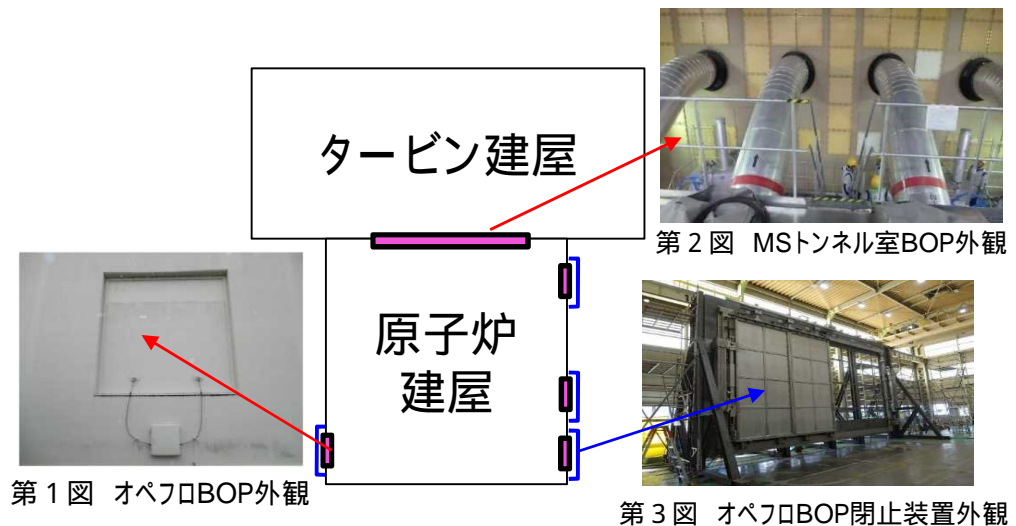
燃料取替床ブローアウトパネル閉止装置（以下、「オペフロBOP閉止装置」という）は、炉心損傷発生時、オペフロBOPが開放した場合に、原子炉制御室の居住性を確保するため、オペフロBOP開口部分を速やかに閉止し、かつ閉維持する機能を有する。

#### (2)ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置の設備概要

オペフロBOPは、原子炉建屋原子炉区域外壁に配置され、差圧により開放するパネル本体及びクリップ等により構成される。

MSTンネル室BOPは、主蒸気配管トンネル室に配置され、差圧により開放するラプチャーディスク、及びラプチャーディスクを壁面内に設置する枠部により構成される。

オペフロBOP閉止装置は、扉、扉枠（扉を移動させるためのレールを含む）、扉を駆動する電動機及び扉を開状態又は閉状態で固定する門等により構成される。



### 2.今後の説明予定

- 現在、各種試験を実施しており、結果を取り纏め、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、補足説明資料にて説明予定【2019年9月以降順次提出予定】

## 【2-6】ブローアウトパネル及びブローアウトパネル閉止装置(補足)

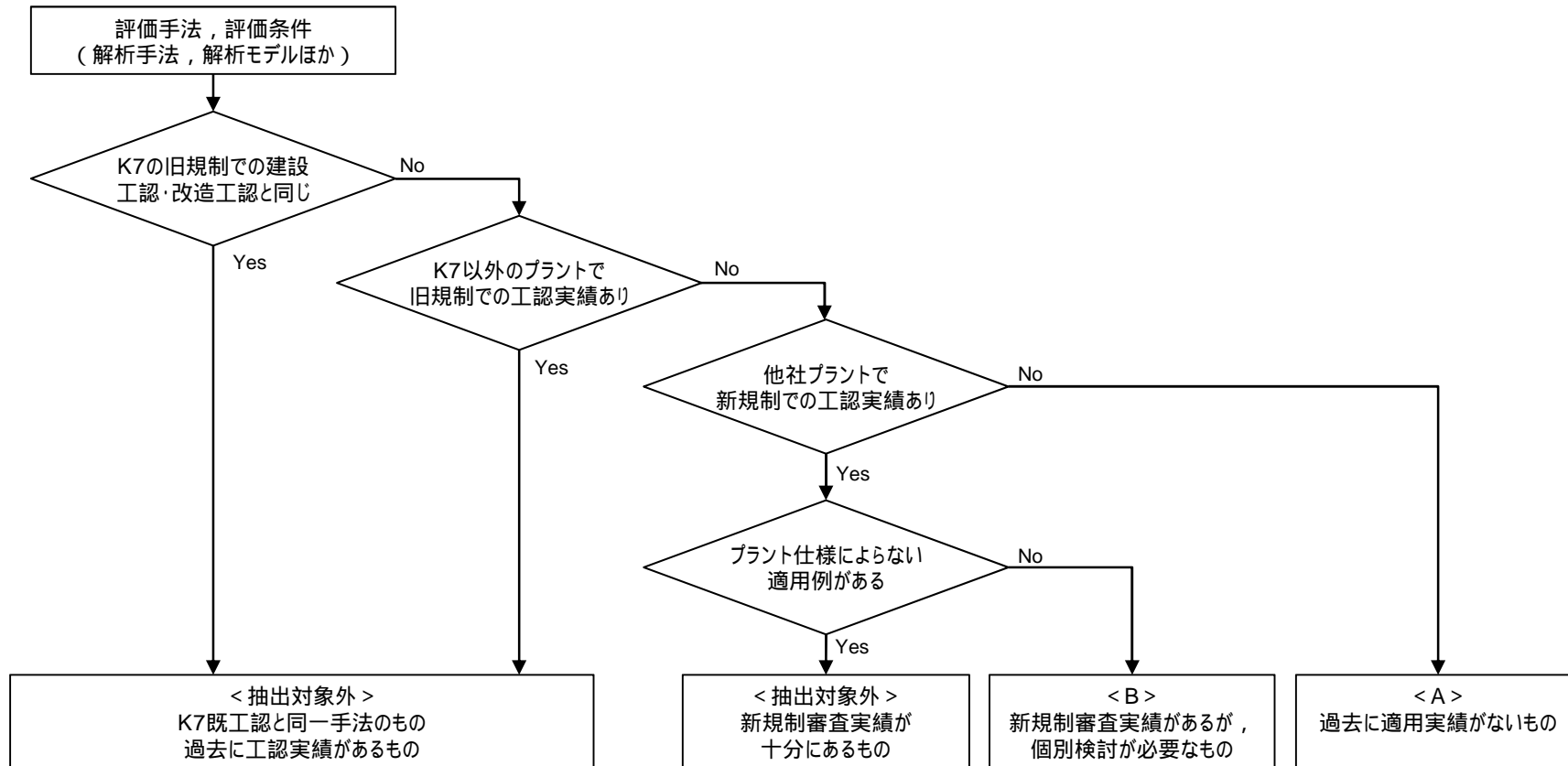
開放箇所	開放要因	開放可能性	閉止の必要性検討	閉止装置の要否
オペフロBOP	地震	有 (Sdを超える地震動で開放)	BOP設置目的である建屋内圧上昇時に開放する機能を阻害するのを回避するため、Sdでの閉維持はできるものの、Ssにより開放する可能性がある。 Ss相当までの本震による全炉心損傷頻度の累積は約 $1.2 \times 10^{-7}$ /炉年であり、地震によるオペフロBOPの開放が考えられることから、容易かつ確実に閉止する設計とする。 (39条 地震による損傷の防止)	要
	竜巻	有 (設計竜巻の差圧以下で開放)	竜巻の年超過発生頻度、及び外電喪失が発生した場合の条件付炉心損傷確率( $7.9 \times 10^{-8}$ )を踏まえると、竜巻を起因とした場合の炉心損傷頻度は、重大事故等と外部事象の重畳の判断目安に比べて十分低く、開放しても原子炉制御室の居住性を確保するためにオペフロBOPの閉止が必要となる可能性は極めて小さい。 (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)	否
	主蒸気管破断	有 (設計で考慮)	主蒸気管破断については、発生頻度、プラントの影響等の観点から、リスク評価上の重要性は低いと考え、評価対象から除外している。 (有効性評価 付録1 別添)	否
	IS-LOCA	有 (設計で考慮)	IS-LOCAによるオペフロBOP開放が考えられるが、IS-LOCAの炉心損傷頻度は $9.5 \times 10^{-11}$ /炉年であり、その頻度が十分低いことから、原子炉制御室の居住性を確保するためにオペフロBOPの閉止が必要となる可能性は極めて小さい。 (有効性評価 付録1)	否
MSトンネル室BOP	地震	無 (Ss機能維持)	-	否
	竜巻	無 (MSトンネル室BOPは建屋内に設置されているため、竜巻による影響を受けない。)	-	否
	主蒸気管破断	有 (設計で考慮)	主蒸気管破断については、発生頻度、プラントの影響等の観点から、リスク評価上の重要性は低いと考え、評価対象から除外している。 (有効性評価 付録1 別添)	否
	IS-LOCA	無 (IS-LOCA時の流路としない)	-	否

D B 施設の耐震設計の際のスクリーニング基準である $10^{-7}$ /炉年を再閉止装置の要否の判断基準とした。

オペフロBOPが開放した後に、原子炉制御室の居住性を確保するために、原子炉建屋に設置されたBOPを閉止する必要があるため、オペフロBOP閉止装置を設置する。

### [ 3 ] 耐震・強度評価に関する主な説明事項

- 耐震・強度評価に関する説明事項について，以下のフローに基づき，主な説明事項（過去に適用実績がないもの，個別検討が必要なもの）を抽出した。





# [ 3 ] 耐震・強度評価に関する主な説明事項



第3表 耐震・強度評価における主な説明事項

No.	項目	評価内容・変更内容	分類	備考
1	津波漂流物の衝撃荷重（海水貯留堰）	海水貯留堰の構造から漂流物の衝突形態及び既往の研究論文の漂流物衝突荷重算定式の整理を踏まえ、津波漂流物の衝撃荷重を算定する。	B	[3-1]
2	地盤物性の設定	追加地盤調査結果を踏まえた液状化強度特性等の地盤物性を設定する。また、新潟県中越沖地震の再現解析結果に基づく解析手法、解析用物性値の適用性等を確認する。	B	[3-2]
3	基礎地盤傾斜による建物・構築物及び機器の耐震性への影響	基礎地盤傾斜が1/2,000を超える建物・構築物及びその建物・構築物に設置される機器・配管系について、基礎地盤傾斜による耐震性への影響確認を行う。	A	[3-3]
4	各建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更点	より現実に近い地震応答を算出することを目的として、各建屋の地震応答解析モデルを既工認から変更する。（コンクリート実剛性の採用、補助壁の考慮、側面地盤回転ばねの考慮、表層地盤ばねの非考慮）	A	[3-4] 許可時説明事項
5	原子炉本体基礎の復元力特性	より現実に近い地震応答を算出することを目的として、建屋 - 機器連成地震応答解析モデルにおける原子炉本体基礎の復元力特性として、コンクリートのひび割れによる剛性変化に着目した非線形解析モデルを採用する。	A	[3-5] 許可時説明事項
6	建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用	原子炉格納容器コンクリート部等の応力解析において弾塑性解析を採用する。	A	[3-6] 許可時説明事項
7	格納容器圧力逃がし装置基礎の地震応答解析モデルのモデル化方針	基礎周囲の地盤改良体による拘束効果を適切に考慮することを目的とし、地盤3次元FEMモデルの採用する。	A	[3-7]
8	屋外重要土木構造物のモデル化方針	軽油タンク基礎、常設代替交流電源設備基礎の鉄筋コンクリート部の健全性評価におけるモデル化方法について説明する。	B	[3-8]
9	耐震評価における等価繰返し回数	耐震評価における等価繰返し回数は、基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdに加え、2007年の新潟県中越沖地震の影響も考慮する。	B	[3-9]
10	加振試験に基づく使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定	使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数として、加振試験に基づき設定した値（Ss：7.0%、Sd：5.0%）を採用する。	A	[3-10] 許可時説明事項
11	弁の動的機能維持評価（一定の余裕の確保）	技術基準規則解釈等の改正を踏まえ、弁を支持する配管の地震応答の影響を考慮し一定の余裕を考慮した弁の動的機能維持評価を行う。	B	[3-11]
12	燃料集合体の耐震性	技術基準規則の改正に伴い、地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に係る耐震評価を実施する。	A	[3-12] 許可時説明事項
13	制御棒・破損燃料貯蔵ラックにおける排除水体积質量減算の適用	制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震設計において、排除水体积質量の減算を考慮して評価を実施する。	B	[3-13]
14	ECCSストレナの耐震・強度評価への流動解析の適用	ECCSストレナの耐震強度評価において考慮する異物量（事故時環境により剥離する塗装）について、3次元流動解析による移行率を適用する。	A	[3-14]

< 抽出分類 > A：先行審査との異なる評価手法等を採用しているもの B：先行審査実績があるが適用性の確認が必要なもの

# 【3-1】津波漂流物の衝撃荷重（海水貯留堰）

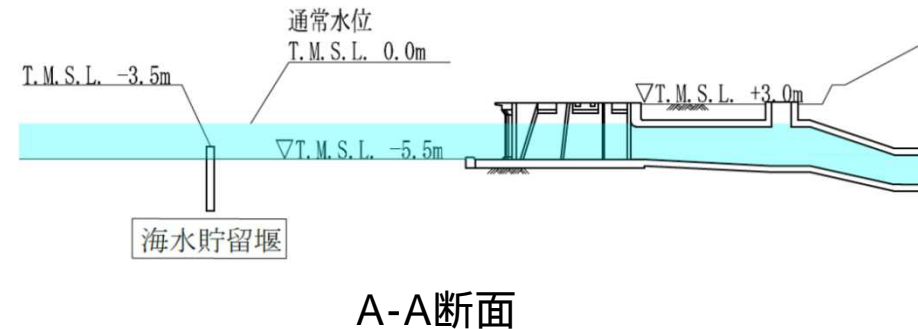
## 1. 概要

津波防護施設である海水貯留堰について、漂流物衝突荷重の設定の妥当性を説明する。

- 海水貯留堰は海面が通常水位（T.M.S.L.0m程度）では海中に設置される構造であるため、漂流物の衝突形態としては、海水貯留堰の前面海域に浮遊する漂流物が押し波とともに衝突するという形態が基本となることを説明する。
- 既往の研究論文の漂流物衝突荷重算定式を整理した結果、上記のような漂流物衝突には道路橋示方書を適用することを説明する。



図1 海水貯留堰配置図



A-A断面  
図2 海水貯留堰断面図

## 2. 今後の説明予定

- 衝突形態の説明、衝突荷重算定式の整理、代表漂流物の選定、その他サイト特性について、津波への配慮に関する説明書及びその補足説明資料にて説明予定【資料提出済】



## 【3-2】地盤物性の設定

### 1. 概要

- 設置変更許可でのご指摘を踏まえ、液状化強度特性等の地盤物性は、設置変更許可段階から追加で実施している調査結果に基づいて設定することを説明する。
- 新潟県中越沖地震の再現解析結果に基づき、解析手法、解析用物性値の適用性について説明する。
- 工認で用いる地下水位は、対象施設近傍に設置した地下水位観測孔及び建設時の観測孔の地下水位に基づいて設定することを説明する。

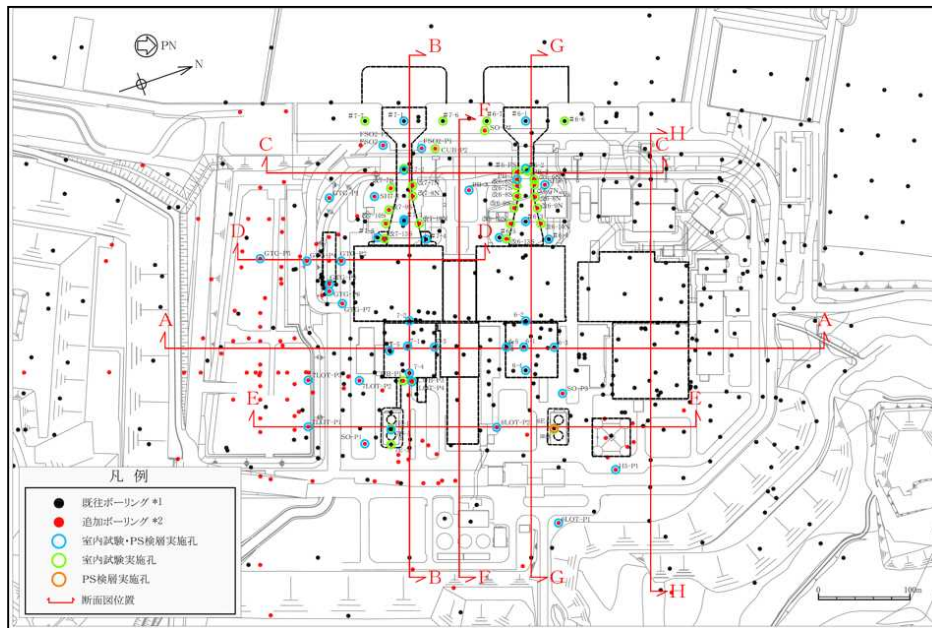


図1 ボーリング調査位置図

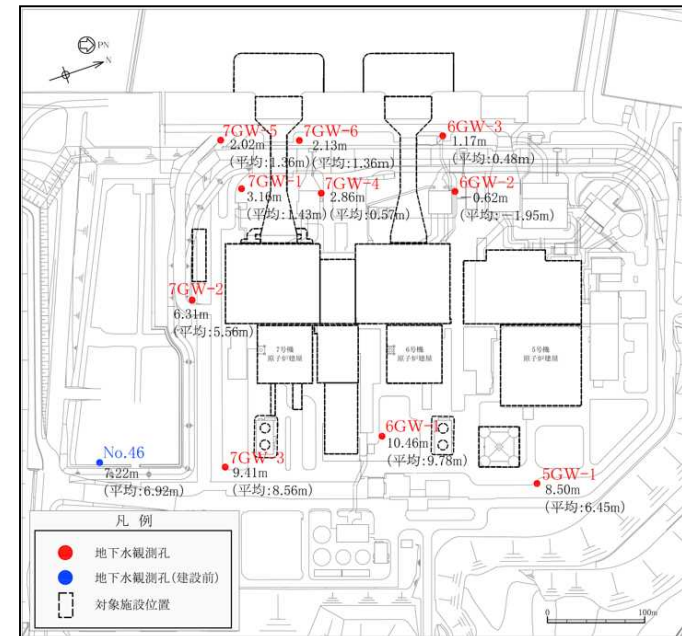


図2 観測最高地下水位分布図

### 2. 今後の説明予定

- 地盤物性値の設定,地下水位の設定,新潟県中越沖地震の再現解析による適用性検討について,地盤支持性能に係る基本方針,その補足説明資料等にて説明予定【資料提出済,アクセスルート・保管場所等は2019年9月以降順次提出予定】

## 1. 概要

- 建物・構築物及び屋外重要土木構造物等の基礎地盤傾斜量を確認し、 $1/2,000$  を超える場合はその影響を踏まえて耐震性が確保されていることを確認する。また、 $1/2,000$ を超える基礎地盤傾斜量となる建物・構築物又は屋外重要土木構造物等に設置される機器・配管系についても、その影響を踏まえて耐震性が確保されていることを確認する。

：「基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価に係る審査ガイド」において「一般建築物の構造的な障害が発生する限界（亀裂の発生率、発生区間等により判断）として建物の変形角を施設の傾斜に対する評価の目安に、 $1/2,000$ 以下となる旨の評価していることを確認する。」と記載されていることから、基礎地盤傾斜量 $1/2,000$ を評価基準値とした。

- 原子炉建屋等の一部の施設において基礎地盤傾斜量が $1/2,000$ を超えることが確認されており、それらの施設自体及びそれらの施設に設置される機器・配管系への影響確認の方法及び結果について説明する。

## 2. 今後の説明予定

- 基礎地盤傾斜の影響確認内容について補足説明資料にて説明予定【2019年9月資料提出予定】

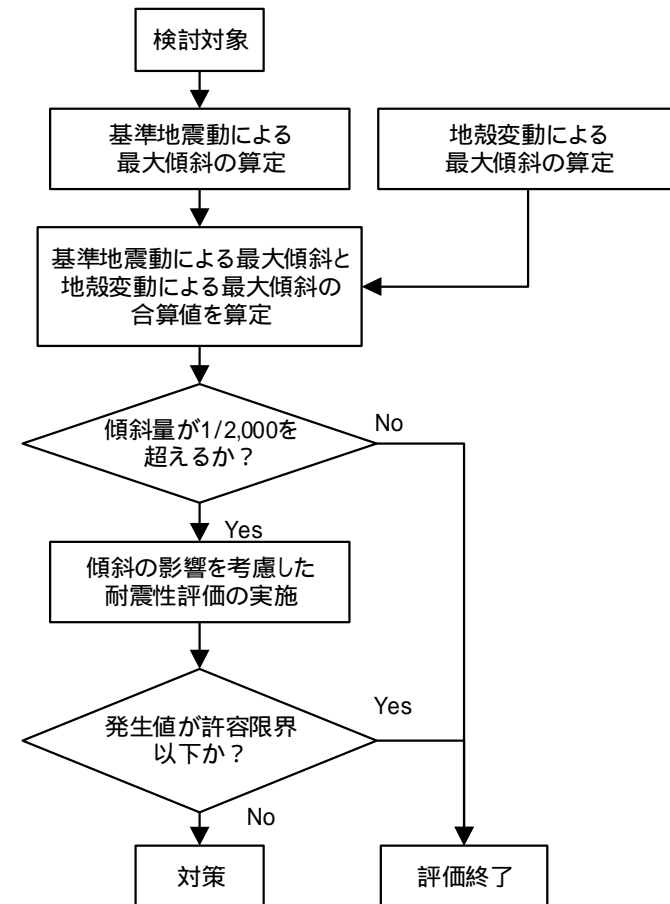


図 基礎地盤傾斜の影響検討概略フロー

## 【3-4】各建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更点(1/2)

## 1. 概要

## (1) 主要な変更項目

基準地震動のレベルの増大に伴い，より現実に近い地震応答を算出することを目的として，下記を変更した地震応答解析モデルを採用する。

項目	既工認モデル	今回工認の動解モデル	主な目的
コンクリート実剛性の採用	コンクリート剛性に設計基準強度に基づく剛性を使用	コンクリート剛性にコンクリート強度データに基づく剛性を使用	建屋全体の剛性を設計時の条件に基づくものから現実のデータに基づくものに変更することで，建屋の振動性状や変形をより実状に近い応答に適正化
補助壁の考慮	耐震要素として外壁などの主要な壁のみモデル化	設計時には耐震要素として考慮していなかったが耐震要素として考慮可能な壁（補助壁）を追加でモデル化	建屋全体の剛性を，より実態に近い条件に基づくものに変更することで，建屋の振動性状や変形をより実状に近い応答に適正化
側面地盤回転ばねの考慮	地盤が建屋の回転を抑制する効果を考慮せず	地盤が建屋の回転を抑える効果をモデル化	建屋地下躯体部分と地盤間の接触部に生じる摩擦による拘束効果を回転ばねとして考慮することにより，建屋の接地率を改善するとともに，建屋の振動性状をより実状に近い応答に適正化
表層地盤ばねの非考慮	表層部の地盤ばねを考慮	表層部の地盤ばねを非考慮	地盤表層部については，地震動の増大に伴い，地盤 建屋相互作用効果が見込めないと考えられることから，ばね評価を行わない

## 【3-4】各建屋の地震応答解析モデルの既工認からの変更点(2/2)

## (2) 主要な変更項目の各建屋での採用状況

前述の主要な変更項目の各建屋での反映状況を下表に示す。

項目	原子炉建屋	タービン建屋	コントロール建屋	廃棄物処理建屋	緊急時対策所 (5号機原子炉建屋)
コンクリート実剛性の採用					
補助壁の考慮					
側面地盤回転ばねの考慮		-		-	-
表層地盤ばねの非考慮					

凡例 : 変更点を反映、- : 変更せず

## (3) その他の変更項目

- ・コントロール建屋及び廃棄物処理建屋の一部低接地率となるケースについては、動的相互作用解析モデルとして、JEAC4601-2008を参考にジョイント要素を用いた3次元FEM地盤モデルを採用する。

## 2. 今後の説明予定

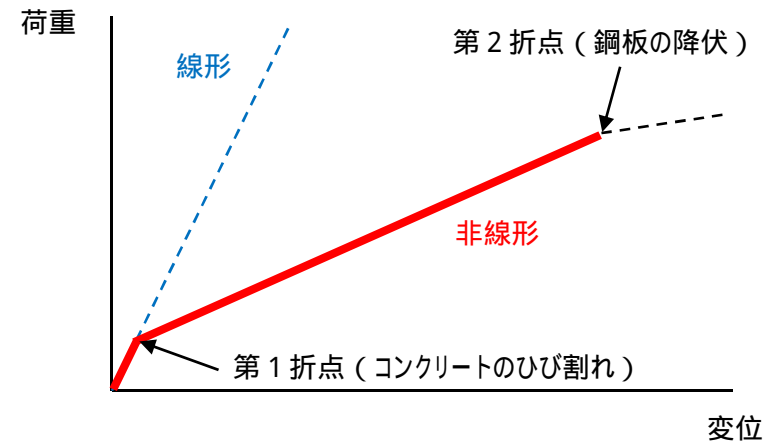
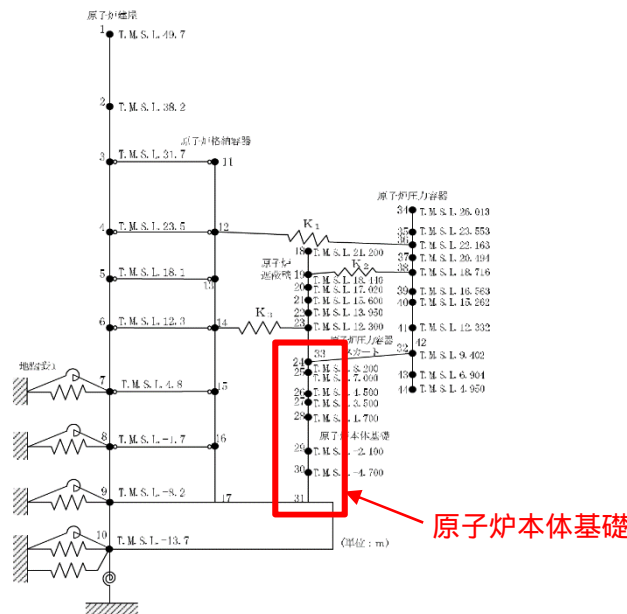
- ・各施設の地震応答計算書の補足説明資料等にて説明予定【一部資料提出済、今後も順次資料提出予定】

# 【3-5】原子炉本体基礎の復元力特性

## 1. 概要

- 基準地震動のレベルの増大に伴い、より現実に近い地震応答を算出することを目的として、下記を変更した地震応答解析モデルを採用する。

項目	既工認モデル	今回工認の動解モデル	主な目的
原子炉本体基礎のモデル化	線形解析モデル	コンクリートのひび割れによる剛性変化を考慮した非線形解析モデル	地震動の増大に伴い地震応答が線形領域を超えることから、実態に近いモデル化を行うことで、原子炉本体等の振動性状や応答をより実状に近く適正化



原子炉本体基礎の荷重 - 変位特性 (概念図)

## 2. 今後の説明予定

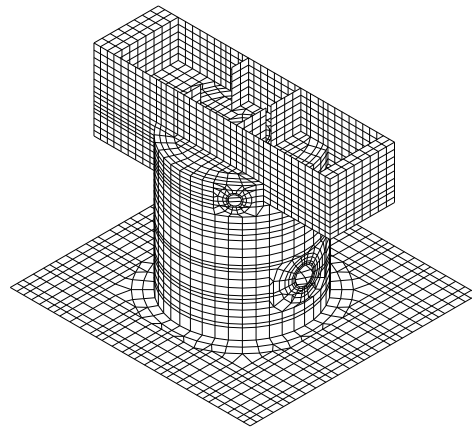
- 設定した荷重 - 変位特性について、地震応答計算書にて説明予定【資料提出済】



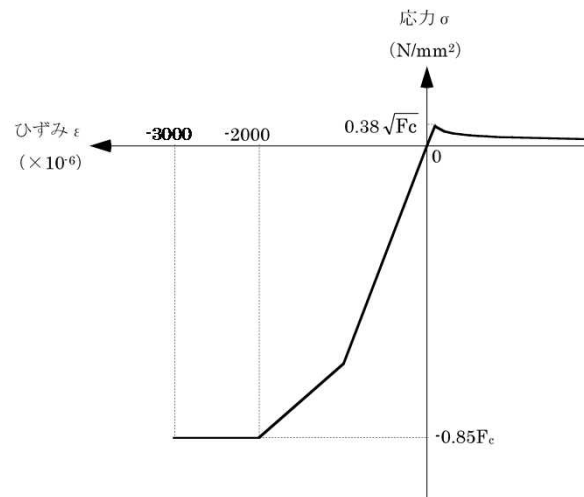
## 【3-6】建物・構築物の応力解析における弾塑性解析の採用

### 1. 概要

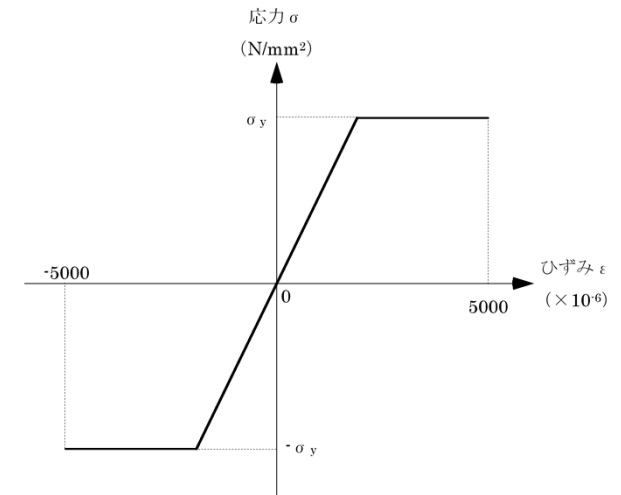
基準地震動のレベルの増大に伴い，原子炉格納容器コンクリート部（モデル化範囲に使用済燃料貯蔵プール，原子炉建屋基礎スラブを含む）及びコントロール建屋基礎スラブの応力解析において弾塑性解析を採用することから，解析モデルの詳細な条件について説明する。



原子炉格納容器コンクリート部の  
応力解析モデル



( $F_c$  : コンクリートの設計基準強度)  
コンクリートの材料構成則



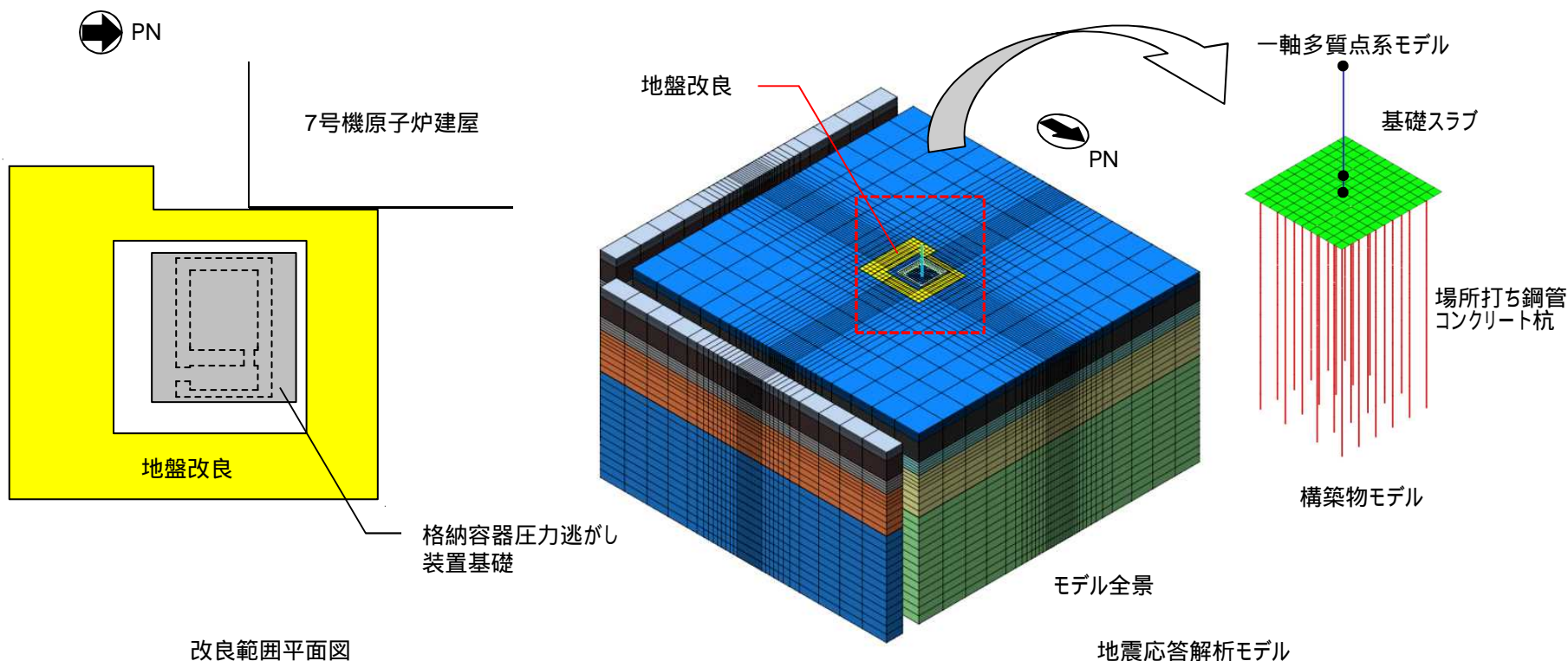
( $y$  : 鉄筋の降伏強度)  
鉄筋の材料構成則

### 2. 今後の説明予定

- 耐震計算書及び補足説明資料にて説明予定。【2019年10月以降資料提出予定】

1. 概要

- 格納容器圧力逃がし装置基礎では液状化対策を目的として基礎周囲の地盤改良工事を実施している。
- 地震応答解析にあたっては、基礎周囲の地盤改良体による拘束効果を適切に考慮することを目的として地盤3次元FEMモデルを採用する。なお、液状化の有無による影響も確認している。



2. 今後の説明予定

- 地震応答計算書，その補足説明資料等にて説明予定【2019年9月資料提出予定】

# 【3-8】屋外重要土木構造物のモデル化方針

## 1. 概要

- 屋外重要土木構造物のうち、面部材から構成される軽油タンク基礎，常設代替交流電源設備基礎（第一ガスタービン発電機基礎，第一ガスタービン発電機用燃料タンク基礎）の鉄筋コンクリート部材については，基礎版本体からの張出し部等の3次元形状や，基礎版上に平面的に分布する荷重を適切に考慮するため，シェル要素でモデル化し耐震評価を実施する。
- シェル要素でモデル化する鉄筋コンクリート部材の耐震評価に用いる応答加速度等は，液状化の影響を考慮した2次元動的有限要素法解析（有効応力解析）により算定する。

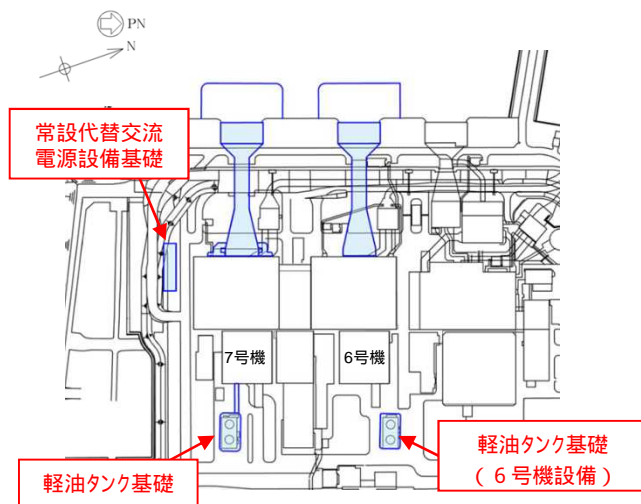
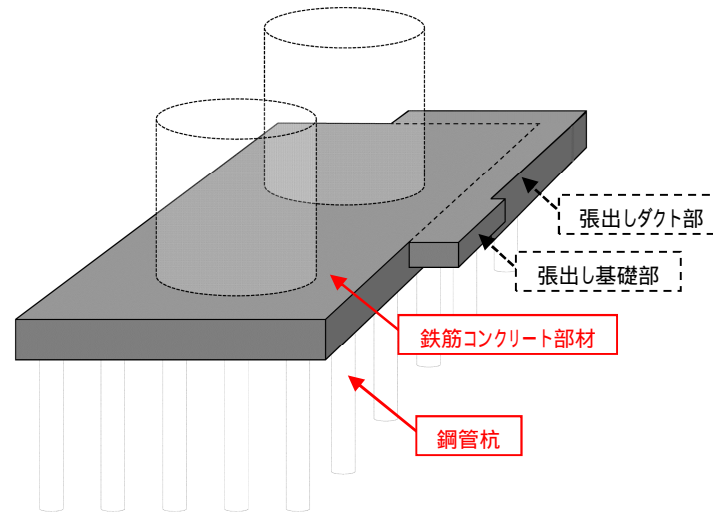
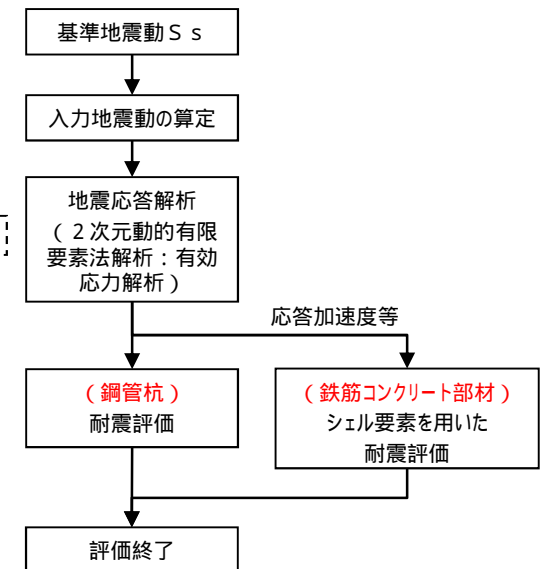


図1 屋外重要土木構造物 配置図



(例：7号機軽油タンク基礎概念図)



(耐震評価フロー)

図2 面部材から構成される構造物の耐震評価

## 2. 今後の説明予定

- 鉄筋コンクリート部材のモデル化方法，評価結果等について，各施設の耐震計算書の補足説明資料にて説明予定【2019年10月以降資料提出予定】



## 【3-9】耐震評価における等価繰返し回数の妥当性

### 1. 概要

- 建設時の等価繰返し回数は、基準地震動S1及びS2をもとに設定していたが、今回工認時の等価繰返し回数は、基準地震動Ss及び弾性設計用地震動Sdをもとに改めて設定を行う。（今回工認では、建設時と同様にJEAG4601-1987のピーク応力法に基づき算定する。）
- 等価繰返し回数の設定にあたっては、2007年の新潟県中越沖地震の影響も考慮する。
- 等価繰返し回数は、保守的になるよう設定した「一律の等価繰返し回数」又は「個別の等価繰返し回数」を設定し設備の評価に適用する。
- 上記2種類の等価繰返し回数の設定方法、設定条件及びその妥当性について説明する。

### 2. 今後の説明予定

- 耐震評価における等価繰返し回数の設定方法及びその妥当性について、補足説明資料にて説明予定【2019年9月資料提出予定】

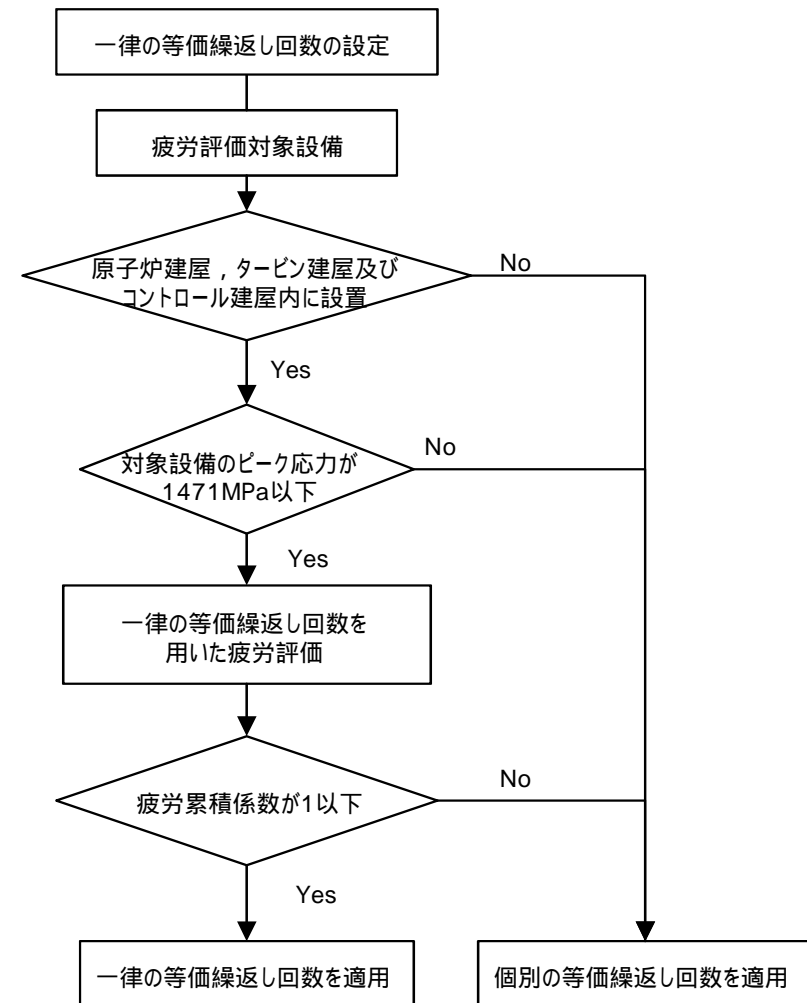


図 等価繰返し回数の使い分け

## 【3-10】加振試験に基づく使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数の設定

### 1. 概要

- 従来，使用済燃料貯蔵ラックの減衰定数は溶接構造物の設計用減衰定数 1.0% を適用していたが，実機ラックは水中に設置され，燃料集合体を貯蔵していることから，これらの効果により実際はより大きな減衰があると考えられるため，実機を模擬した実物大加振試験結果に基づき設計用減衰定数を設定した。
- 設計用減衰定数の設定にあたっては，試験体・試験条件の妥当性，減衰定数の応答依存性，固有振動数依存性について検討した。
- 実物大加振試験結果のうち実機の応答レベルと対応する減衰定数に対し余裕を見込み，設計用減衰定数（基準地震動  $S_s$ : 7.0%，弾性設計用地震動  $S_d$ : 5.0%）として設定することが妥当であることを確認した。
- 上記の設計用減衰定数を用いて使用済燃料貯蔵ラックの耐震評価を実施する。

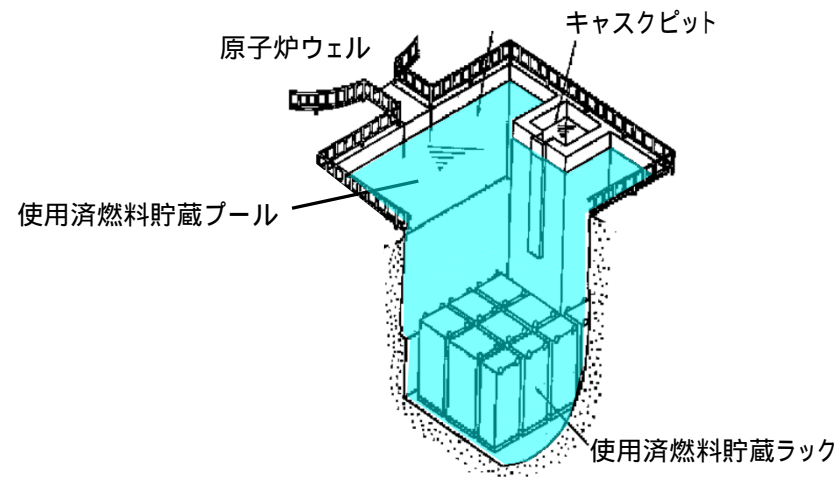


図 使用済燃料貯蔵ラック設置イメージ

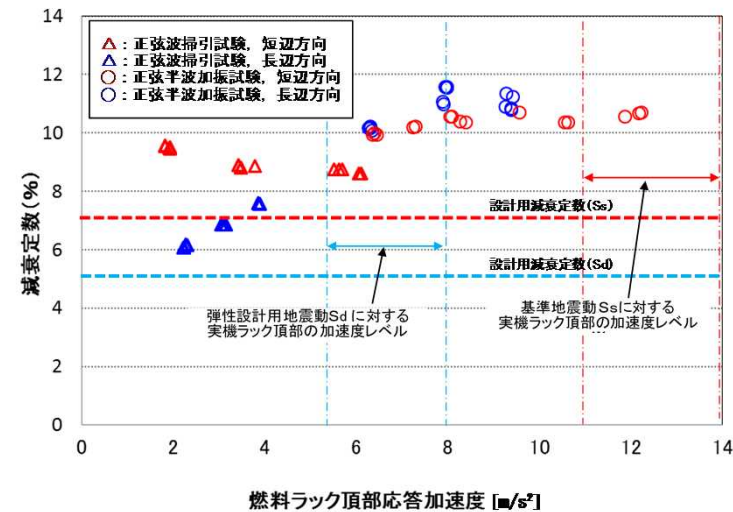


図 実物大加振試験結果と実機ラックの応答レベル

### 2. 今後の説明予定

- 加振試験に基づく減衰定数を用いた耐震評価について，耐震計算書にて説明予定【資料提出済】

## 【3-11】弁の動的機能維持評価（一定の余裕の確保）

### 1. 概要

- 技術基準規則解釈及び耐震設計に係る工認審査ガイドの一部改正を踏まえた弁の動的機能維持評価方法について説明する。

耐震設計に係る工認審査ガイドの改正内容：弁等の機器の地震応答解析結果の応答加速度が当該機器を支持する配管の地震応答により増加することが考えられるときは、当該機器については、当該配管の地震応答の影響を考慮し、一定の余裕を見込んで評価すること。

- 弁の動的機能維持評価に用いる弁駆動部の応答加速度の算定方法は、JEAG4601の内容に加え、一定の余裕を見込んだ評価を行う。

配管系の固有周期	JEAG4601	柏崎刈羽原子力発電所 第7号機
剛な場合	最大加速度（1.0ZPA）を適用する。	最大加速度を1.2倍した値（1.2ZPA）を適用する。
柔な場合	スペクトルモーダル解析により算出した弁駆動部の応答を適用する。	スペクトルモーダル解析から算出される弁駆動部の応答加速度値又は1.2ZPAのいずれか大きい値を適用する。

### 2. 今後の説明予定

- 弁の耐震性評価結果がそろい次第、補足説明資料等にて説明予定【2019年10月以降資料提出予定】

# 【3-12】燃料集合体の耐震性

## 1. 概要

- 実用発電用原子炉及びその附属施設の技術基準に関する規則の改正に伴い、地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持に係る耐震評価を説明する。

### (1)地震時における評価項目

地震時における燃料被覆管の閉じ込め機能の維持の耐震評価として、下部端栓溶接部の評価を追加。

評価項目	既工認	今回工認	(補足)既認可*1
崩壊熱除去可能な形状維持	スペーサ間 スペーサ部	スペーサ間 スペーサ部	スペーサ間 スペーサ部
閉じ込め機能維持		下部端栓溶接部*2	下部端栓溶接部

\*1：GNF 燃設認第42-A号 平成24年9月7日認可 柏崎刈羽原子力発電所6号機及び7号機「燃料体設計認可申請書」

\*2：既認可：MARCによる解析 今回工認：ANSYSによる解析 新規解析コードの妥当性を示す補足説明資料を準備。

### (2)ピーク応力の除外

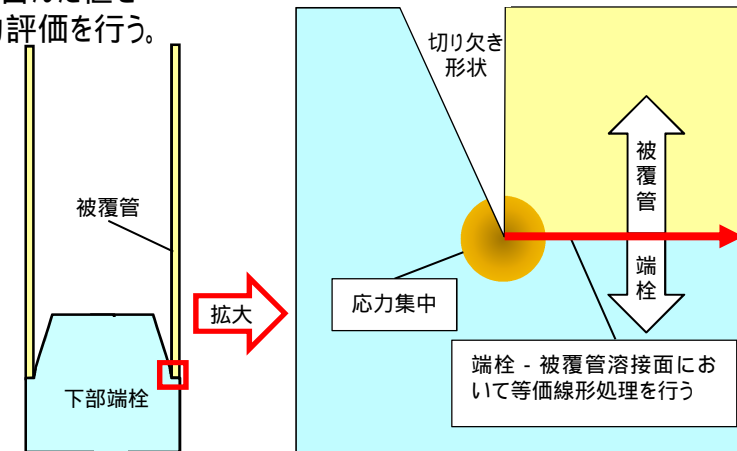
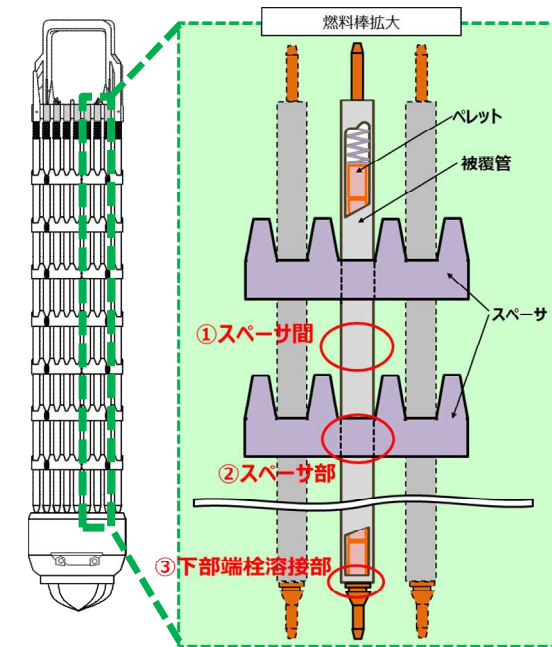
下部端栓溶接部の応力評価について、既認可では簡便な扱いとしてピーク応力を含んだ値を用いていたが、今回工認ではピーク応力を含まない一次応力+二次応力にて応力評価を行う。

評価項目	今回工認	(補足)既認可
閉じ込め機能維持	下部端栓溶接部*2	下部端栓溶接部
	【許容値】 一次+二次*1： $S_y(S_d)$ $S_u(S_s)$	【許容値】 一次+二次*2： $S_u$

\*1：応力評価では等価線形化処理によりピーク応力を除外。

疲労評価ではピーク応力を考慮。

\*2：応力設計比の評価には必ずしも考慮する必要の無い、ピーク応力も考慮。



## 2. 今後の予定

- 耐震計算書及び解析コードの妥当性についての補足説明資料にて説明予定【2019年10月以降資料提出予定】

### 1. 概要

- 使用済燃料貯蔵プール内に設置される制御棒・破損燃料貯蔵ラックの耐震設計においては、従来より二重円筒モデルの考え方にに基づき、流体の抵抗による影響（付加質量）を考慮しているが、基準地震動のレベル増大に伴い、加えて新たに流体と構造物の相互作用による影響（排除水体积質量）を考慮することを説明する。
- ✓ 気中で振動する場合と比較し、水中の振動によって固有振動数と刺激係数は理論式より以下となる。

固有振動数： $\sqrt{\frac{M_1}{M_1 + M_{11}}}$  倍

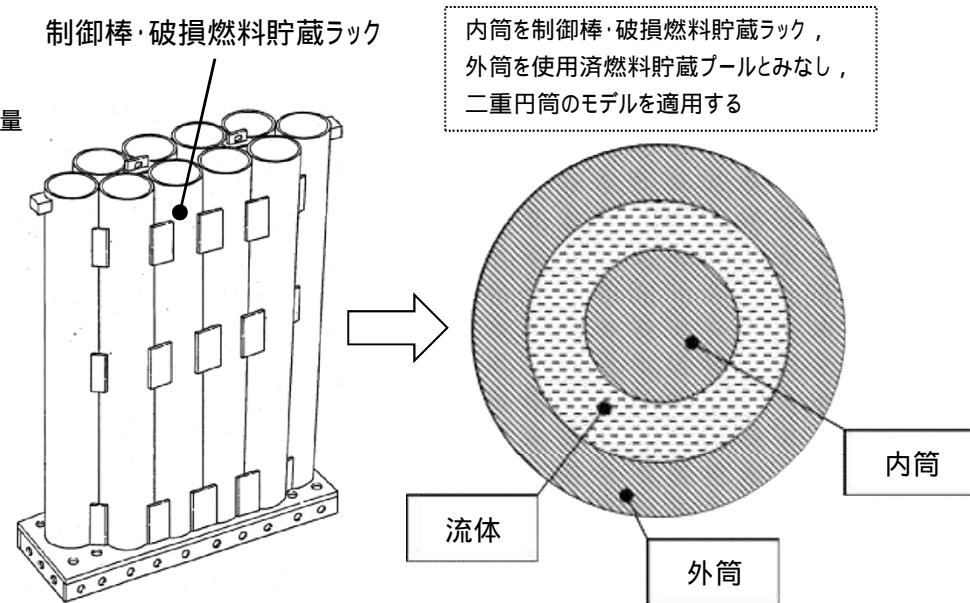
刺激係数： $\frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}}$  倍

$M_1$ ：内筒の質量  
 $M_{11}$ ：付加質量  
 $M_d$ ：排除水体积質量  
 $F$ ：ラックに加わる力  
 $\alpha$ ：加速度

ラックに加わる力：

$$F = (M_1 + M_{11}) \left\{ \frac{M_1 - M_d}{M_1 + M_{11}} \alpha \right\} = (M_1 - M_d) \cdot \alpha$$

従来はMd=0としていた項を考慮する



### 2. 今後の説明予定

- 排除水体积質量減算を考慮した計算結果及びその妥当性について、耐震計算書及び補足説明資料にて説明予定【2019年10月以降資料提出予定】



### 1. 概要

- ECCSストレナーナの耐震強度評価において考慮する異物量のうち事故時環境により剥離する塗装について、既工認では全量がECCSストレナーナに到達するものとして評価していたが、基準地震動のレベル増大に伴い、今回工認では流動解析による移行率を適用して評価する。

#### (1) 流動解析の評価方針

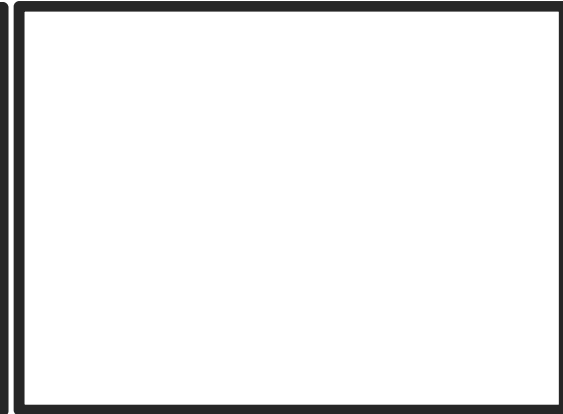
- ドライウェルで発生した異物が、ベント管からサブプレッションチェンバに流入しECCSストレナーナへ到達する割合を三次元流動解析で評価する。



解析モデル（立体図）



ベント管からの異物の流入イメージ



解析モデル（平面図）

### 2. 今後の説明予定

- 流動解析による移行率を適用することの妥当性について、補足説明資料にて説明予定【2019年10月以降資料提出予定】

## [ 4 ] 設置許可審査からの引き継ぎ事項

- 設置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，補足説明資料等にて説明する。

第4表 設置許可審査からの主な引き継ぎ事項

No.	項目	内容
1	原子炉建屋オペレーティングフロア大物搬入口ハッチの開状態維持の設計方針	原子炉建屋オペレーティングフロア大物搬入口ハッチの開状態維持の設計方針について説明する。【2019年10月以降資料提出予定】
2	津波揚圧力による非常用海水系への影響	放水路からの津波揚圧力による非常用海水系への影響について説明する。【資料提出予定済】
3	竜巻設計飛来物の選定	設計飛来物の選定（許可時に示している地上高10m迄影響を及ぼす飛来物（鋼製材、角型鋼管）と地上高10m以上にも影響を及ぼす飛来物（足場パイプ・板）の2通りの設計飛来物のうち後者を採用）について説明する。【資料提出予定済】
4	水平2方向影響評価	各設備の水平2方向を考慮した評価結果について説明する。【2019年10月以降資料提出予定】
5	建屋3次元FEMモデルの追加シミュレーション解析	建屋3次元FEMモデルの妥当性確認に当たって，設置変更許可の審査において示した新潟県中越沖地震の観測記録によるシミュレーション解析に加えて，その他の地震観測記録を用いたシミュレーション解析を実施する。【2019年10月以降資料提出予定】
6	建屋の3次元的応答性状の機器耐震性への影響	建屋3次元FEMモデルによる応答と質点系モデルによる応答の差異による機器・配管系への影響検討結果を説明する。【2019年10月以降資料提出予定】
7	タービン建屋上部構造によるねじれの影響	7号機タービン建屋の上部構造に妻壁がないことによるねじれの影響を確認するという目的から，3次元FEMモデルによる地震応答解析を行い，加振方向に対する加振直交方向の応答について確認する。【2019年10月以降資料提出予定】
8	耐震評価対象の網羅性，既工認との手法の相違点の整理	補足説明資料「耐震評価対象の網羅性，既工認との手法の相違点の整理について」にて，先行電力同様に整理した結果を説明する。【2019年10月以降資料提出予定】
9	原子炉建屋クレーンの耐震評価	原子炉建屋クレーンの耐震評価について，非線形時刻歴応答加速度を用いた評価（解析モデル含む）の妥当性，地盤物性値等のばらつき等の考慮等について説明する。【2019年10月以降資料提出予定】

【2】設計方針に関する説明事項，【3】耐震・強度評価に関する説明事項で抽出された説明事項に関するものは除く。