

東海第二発電所  
ペDESTALでの物理現象発生を想定した場合の  
格納容器の健全性について

平成29年5月26日

日本原子力発電株式会社

本資料のうち、は商業機密又は核物質防護上の観点から公開できません。

# 目次

---

1. 対象とする評価	3
2. 東海第二発電所(Mark-II型格納容器)の特徴	4
3. RPV破損後の事象進展	5
4. RPV破損後のペDESTALに要求される機能	6
5. 格納容器・ペDESTAL機能確保のための対応方針	7
6. MCCIの影響評価	9
7. SEの影響評価	11
8. まとめ	12

# 1. 対象とする評価

---

## (1) 溶融炉心・コンクリート相互作用 (Molten Core Concrete Interaction: MCCI)

「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置，構造及び設備の基準に関する規則の解釈」(以下「規則の解釈」)第37条[重大事故等の拡大の防止等]で，「溶融炉心・コンクリート相互作用」の評価要求

⇒ コンクリート侵食を考慮したペDESTALの健全性を評価

## (2) 溶融燃料－冷却材相互作用 (Fuel Coolant Interaction: FCI)

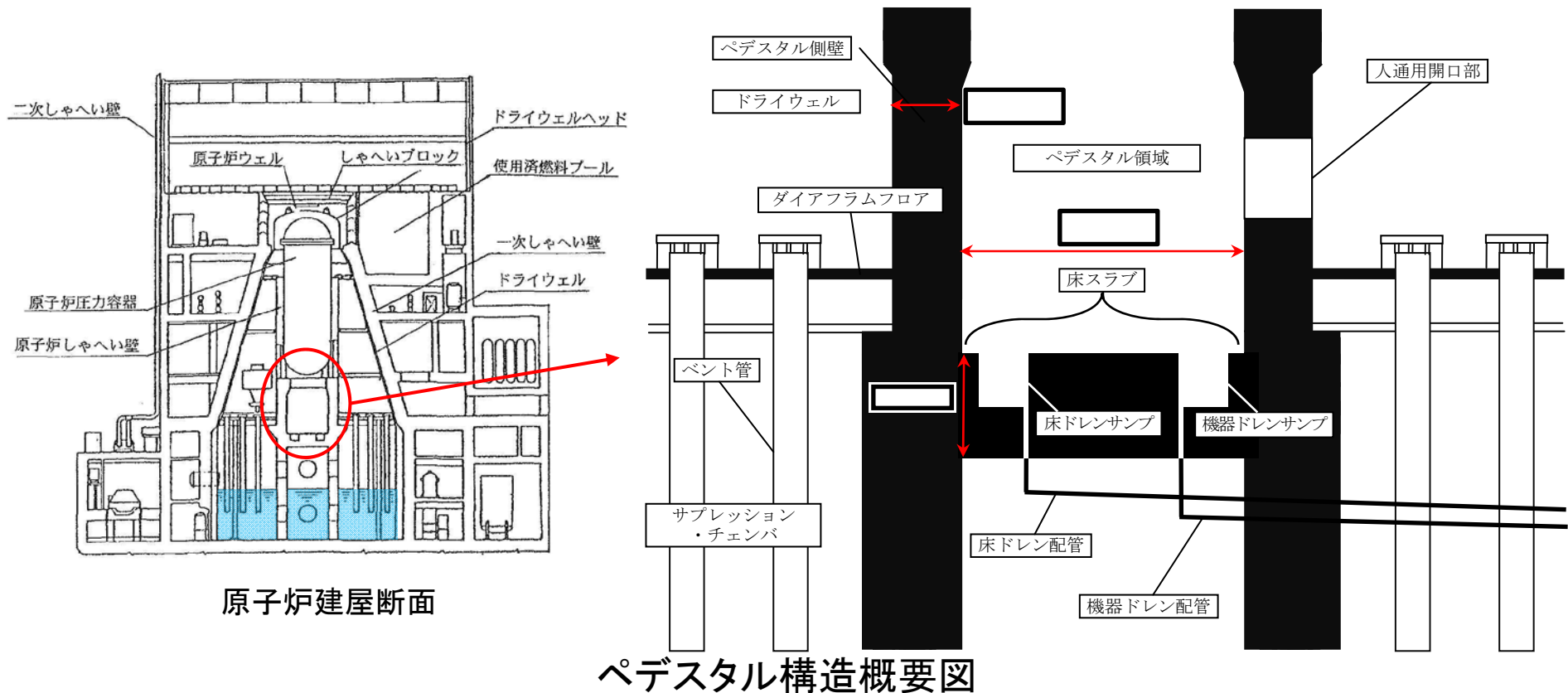
「規則の解釈」第37条[重大事故等の拡大の防止等]で，「原子炉圧力容器外の溶融燃料－冷却材相互作用」の評価要求

⇒ 水蒸気発生(溶融炉心－冷却材接触に起因)による急激な圧力上昇(圧力スパイク)に対し，格納容器健全性確保を評価(有効性評価で実施)

⇒ 実機では，原子炉圧力容器(以下「RPV」)外での大規模な水蒸気爆発(Steam Explosion: SE)の発生可能性は十分に小さいが【添付1】，BWRは，ペDESTALのRPV支持機能喪失が格納容器健全性に影響するため，SEの発生を想定したペDESTAL健全性を評価

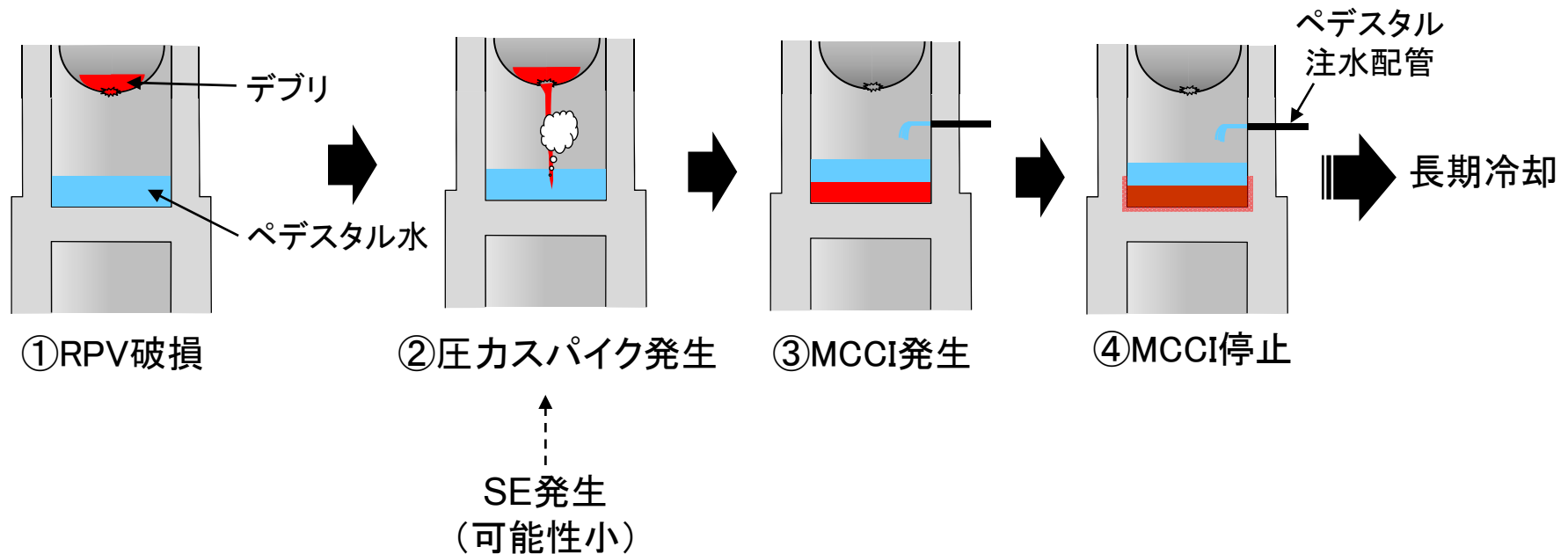
## 2. 東海第二発電所 (Mark-II 型格納容器) の特徴

- ・ペDESTルの床スラブ及びダイアフラムフロアの下部に、サブプレッション・プール (以下「S/P」) を内包するサブプレッション・チェンバが存在
- ・床スラブにドレンサンプが存在
- ・ペDESTル側壁, 床スラブが鉄筋コンクリート製



### 3. RPV破損後の事象進展

- ①設計基準事故対処設備に加え，重大事故等対処設備による原子炉注水機能喪失を仮定すると，RPV破損
- ②RPV破損後，ペDESTAL水とデブリ接触による圧カスパイク発生  
SE発生の可能性小
- ③デブリは床スラブ上に堆積し，ペDESTAL側壁，床スラブのコンクリートを侵食
- ④ペDESTALへの注水継続によりデブリは冷却され，MCCI停止



## 4. RPV破損後のペDESTALに要求される機能

「規則の解釈」第37条[重大事故等の拡大の防止等]2-3で、「(i) 溶融炉心による侵食によって、原子炉格納容器の構造部材の支持機能が喪失しないこと及び溶融炉心が適切に冷却されること」の要求

＜要求される機能＞

- ① 原子炉格納容器の構造部材の支持機能が喪失しないこと

デブリによるコンクリートの侵食，熱影響によりRPV支持機能が喪失

→RPVが転倒し格納容器本体へ接触する等，格納容器健全性に影響を及ぼす可能性

⇒ **RPV支持機能の要求**

- ② 溶融炉心が適切に冷却されること

デブリが床スラブを貫通しS/Pに落下

→格納容器の冷却を行うS/P水源の系統(残留熱除去系，代替循環冷却系等)に影響を及ぼす可能性

⇒ **床スラブでのデブリ保持機能の要求**

床スラブでのデブリ保持機能確保により，デブリがS/Pに落下した場合の下記影響も防止可能

▶ベント実施時のS/Pにおけるスクラビング効果への影響

▶S/P底部のライナ損傷に伴う，格納容器の閉じ込め機能の健全性への影響

## 5. 格納容器・ペDESTAL機能確保のための対応方針(1/2)

ペDESTALでの物理現象を踏まえ、格納容器・ペDESTALの機能を確保するうえで重要となるRPV破損時のペDESTAL水位(以下「初期水位」)に着目

(1)RPV破損時の初期水位設定に係る基本的考え方【添付2,3】

①格納容器への熱的負荷

格納容器への熱的負荷を低減させ、事故収束の確実性が向上する初期水位を設定

②MCCI/SE

MCCI, SE発生時のペDESTAL機能確保に当たっては、初期水位が重要な因子

要求される機能	初期水位に対する要求	
	MCCIの影響抑制 (デブリ冷却, 侵食等の抑制)	SEの影響抑制 (発生エネルギー等の抑制)
RPV保持/ 床スラブのデブリ保持	初期水位高の要求 (下限設定)	初期水位低の要求 (上限設定)

MCCI及びSEの影響抑制の両立のため、

- ・MCCIの影響を抑制するための設備対策(コリウムシールド)を採用
- ・コリウムシールド採用に伴う初期水位低下により、SEの影響を抑制

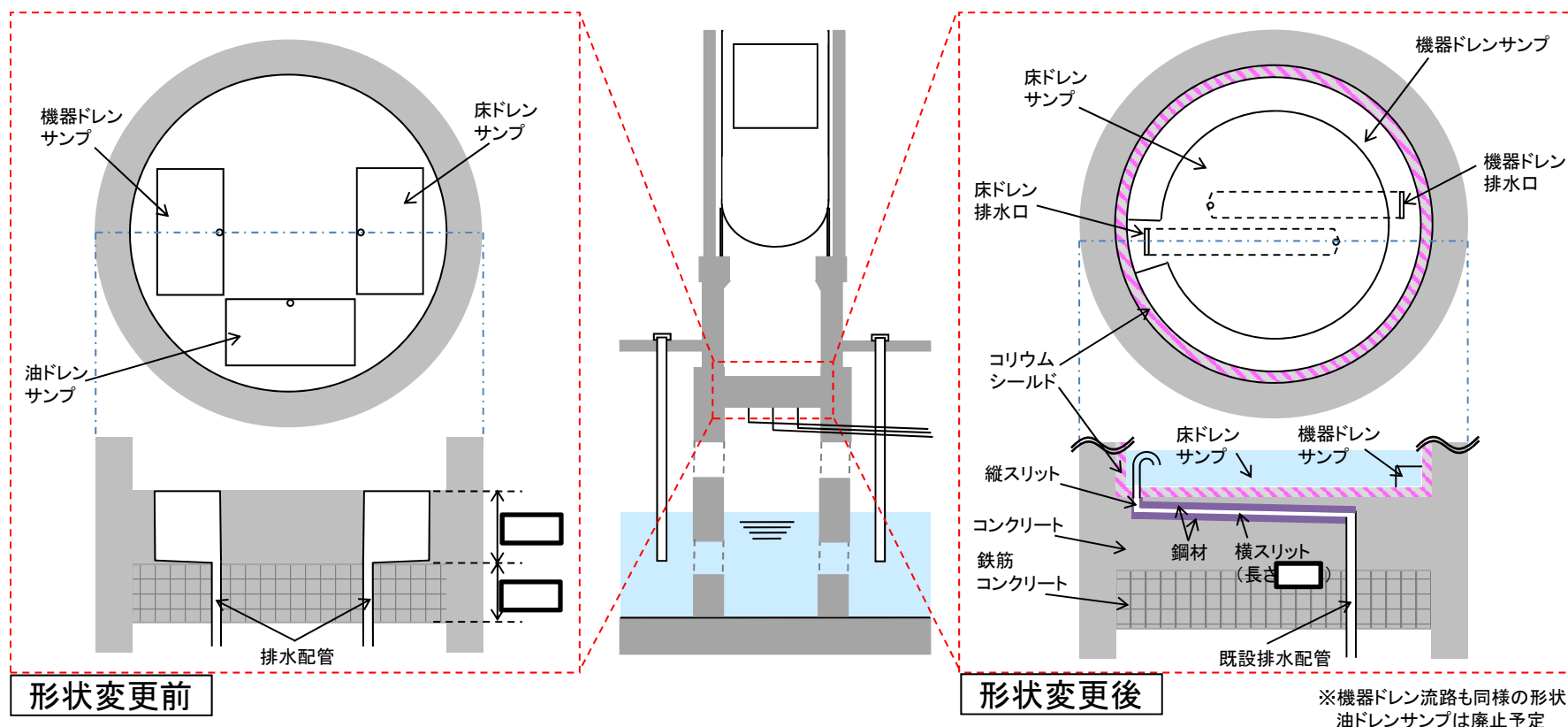
## 5. 格納容器, ペDESTAL機能確保のための対応方針(2/2)

### (2) 対応方針の具体化

#### ① MCCIの影響抑制を目的として、設備対策を実施

- ・ペDESTALに耐侵食性に優れたジルコニア( $ZrO_2$ )製コリウムシールドを設置【添付4,5,6】
- ・床スラブを平坦化。平坦化した床スラブ上に鋼製の床・機器ドレンサンプ設置
- ・ペDESTAL排水流路をスリット形状に変更

#### ② RPV破損時の水位を1mと設定【添付7】





## 6. MCCIの影響評価(1/2)

### <ペDESTALの侵食量, 温度評価>

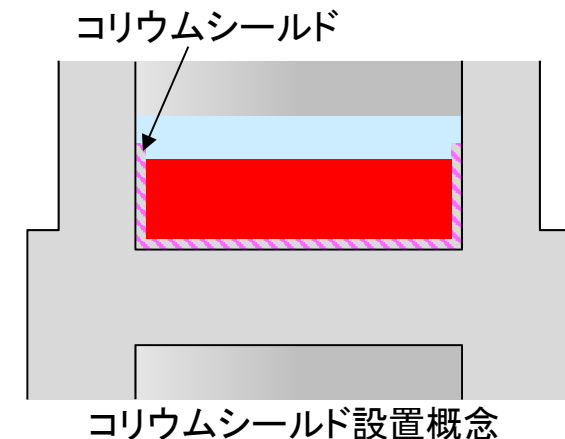
#### ➤評価条件

- ・対象シーケンス: 過渡事象時に損傷炉心冷却に失敗し, RPV破損
- ・コリウムシールド厚さ:【追而】
- ・初期水位: 1m
- ・ペDESTAL注水: RPV破損7分後【添付3】から80m<sup>3</sup>/h
- ・デブリから水への限界熱流束: 800kW/m<sup>2</sup>一定  
(侵食の不均一性等の影響を考慮した保守的設定)
- ・コリウムシールドの侵食開始温度: 2100°C【添付4】

#### ➤評価結果

- ・コリウムシールド, ペDESTAL:【追而】
- ・コリウムシールドの内側表面温度:【追而】

➡本評価に基づき、ペDESTALの壁、床温度を評価  
温度による強度低下を考慮した上で、ペDESTALの機能維持を確認する



## 6. MCCIの影響評価(2/2)

### <ペDESTAL機能確保評価>

ペDESTAL機能確保に関して評価すべき項目について、判断基準を満足【添付8.9】

機能	部位	評価項目	判断基準	解析結果	評価
RPV支持機能	ペDESTAL壁	等価板厚	温度によるコンクリートの強度低下を考慮した等価板厚が、RPV支持に必要な板厚(192mm)を下回らない	等価板厚 【追而】	○
デブリ保持機能	ペDESTAL床	せん断	温度によるコンクリートの強度低下を考慮した等価板厚が、デブリ保持に必要な板厚(267mm)を下回らない	等価板厚 【追而】	○
		曲げ	温度による鉄筋の強度低下を考慮した等価鉄筋量が、デブリ保持に必要な幅1m当たりの必要鉄筋量(1477mm <sup>2</sup> )を下回らない。	等価鉄筋量 【追而】	○
	横スリット	デブリ凝固評価	デブリがスリット範囲内(□)で凝固する。	凝固距離 【追而】	○

## 7. SEの影響評価

### <SEの影響評価方法>

- ・RPV破損時の水位を1mとして評価
- ・SE解析コードJASMINE及び汎用有限要素解析コードLS-DYNAにより、SE時のペDESTALの構造応答を解析【添付10, 11】

### <ペDESTAL機能確保評価>

ペDESTAL機能確保に関して評価すべき項目について、判断基準を満足【添付12】

機能	部位	評価項目	判断基準	解析結果	評価
RPV支持機能	コンクリート	変位	変位が増大せず、SE後の進行性の崩壊がない	変位は増大しない	○
		圧縮ひずみ	機能に影響を及ぼす範囲の圧壊(3000 $\mu$ )が発生しない	圧壊は側壁に発生しない	○
		面外せん断	終局面外せん断応力度(上部:3.09N/mm <sup>2</sup> , 下部:2.65N/mm <sup>2</sup> )を超えない	上部:約0.93N/mm <sup>2</sup> 下部:約0.77N/mm <sup>2</sup>	○
	鉄筋	引張ひずみ	許容ひずみ(5000 $\mu$ )を超えない	約184 $\mu$	○
デブリ保持機能	コンクリート	変位	変位が増大せず、SE後の進行性の崩壊がない	変位は増大しない	○
		圧縮ひずみ	機能に影響を及ぼす範囲の圧壊(3000 $\mu$ )が発生しない	圧壊は床スラブ上面の僅かな範囲にとどまる	○
		面外せん断	終局面外せん断応力度(4.33N/mm <sup>2</sup> )を超えない	約3.70N/mm <sup>2</sup>	○
	鉄筋	引張ひずみ	許容ひずみ(5000 $\mu$ )を超えない	約364 $\mu$	○

## 8. まとめ

---

(1) RPV破損後の事故収束の確実性向上, MCCI及びSE時のRPV支持機能並びに床スラブでのデブリ保持機能確保の観点から, 以下の具体的対応を行う

①MCCIの影響抑制を目的として, 以下の設備対策を実施

- ・ペDESTALにZrO<sub>2</sub>製コリウムシールドを設置
- ・ペDESTALの床スラブを平坦化
- ・ペDESTAL排水流路をスリット形状に変更

②RPV破損時のペDESTAL水位を1mと設定

(2) MCCI, SEの影響を評価し, 上記対策が有効であり, ペDESTALの機能及び格納容器が健全であることを確認した