

# 東海第二発電所

## 審査における主な論点と対応方針について

- ・火災による損傷防止（非難燃ケーブルの対応について）
- ・ペDESTALでの物理現象発生に対する対応方針
- ・防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更

平成29年8月22日

日本原子力発電株式会社

本内容は今後の検討進捗及び適合性審査結果等により見直しを行う可能性があります。

# 審査における主な論点と対応方針について(プラント関連)

前回ワーキングチーム(H29/2/21)以降の、東海第二発電所の適合性審査におけるプラント関連の主な論点に関する審査状況、当社の対応方針等を以下に示す。

## 2.1 火災による損傷防止(非難燃ケーブルの対応について)(別紙2.1)

非難燃ケーブルの難燃性能向上対策について、従来は防火塗料の塗布を計画。先行プラントの対応状況等を踏まえて、防火措置材料の厚さ管理や施工後の維持管理面でより確実性が高い、不燃材の防火シートを用いる方式に変更した。難燃性確保の具体的方針は、難燃ケーブルへの取替を原則として、取替で安全上の課題が生じる範囲や同等の安全性が確保できる範囲等は、ケーブルトレイに防火シートを巻く対策を代替措置として用いる方針とした。

次回以降のWTにて、防火シートを巻いた非難燃ケーブルの火災試験の結果や非難燃ケーブル対応を含めた火災防護の全体計画についてご説明させていただきたい。

## 2.2 ペDESTALでの物理現象発生に対する対応方針(別紙2.2)

東海第二発電所はMark-II型格納容器を採用しており、これまでに新規規制基準適合性審査の申請を行っているBWRプラントとは原子炉圧力容器を支えるペDESTALの構造が異なるため、以下の対応を行っている。

- ・炉心損傷後に原子炉圧力容器を貫通した溶融炉心がペDESTALのコンクリートを浸食する重大事故(MCCI)において、ペDESTAL床の浸食を抑制するためコリウムシールドを設置すると共に、ペDESTAL床を平坦に改造する等の対策を図る。
- ・水張りしたペDESTALへの溶融炉心落下に伴う大規模な水蒸気爆発(SE)の発生を抑制又は防止するよう水張り水位を下げ、原子炉圧力容器の支持機能を確保する。

次回以降のWTにて、本対策の詳細および本対策が格納容器の破損防止に有効であることの評価結果についてご説明させていただきたい。

# 審査における主な論点と対応方針について(プラント関連)

## 2.3 防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更(別紙2.3)

東海第二発電所の津波に対する浸水防止(外郭防護)は、防潮堤を設置することにより対応する。平成26年の申請当時において、防潮堤の構造は、「鋼製防護壁」、「鉄筋コンクリート壁」、「セメント固化盛土」、「鋼管杭鉄筋コンクリート壁」の4種類を計画してきた。

一方で、これまで実施してきた地盤の液状化強度試験等のデータが取得され、一次元有効応力解析による液状化判定を行った結果、原地盤は液状化しないことから、今般、敷地側面北側においても「鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造」が適用可能と判断した。

これにより、「セメント固化盛土構造」に代わり、より一層強固な部材である鋼管杭や鉄筋コンクリートを用いることで、耐津波、耐震の安全裕度向上が見込まれる「鋼管杭鉄筋コンクリート壁」へ変更することとした。

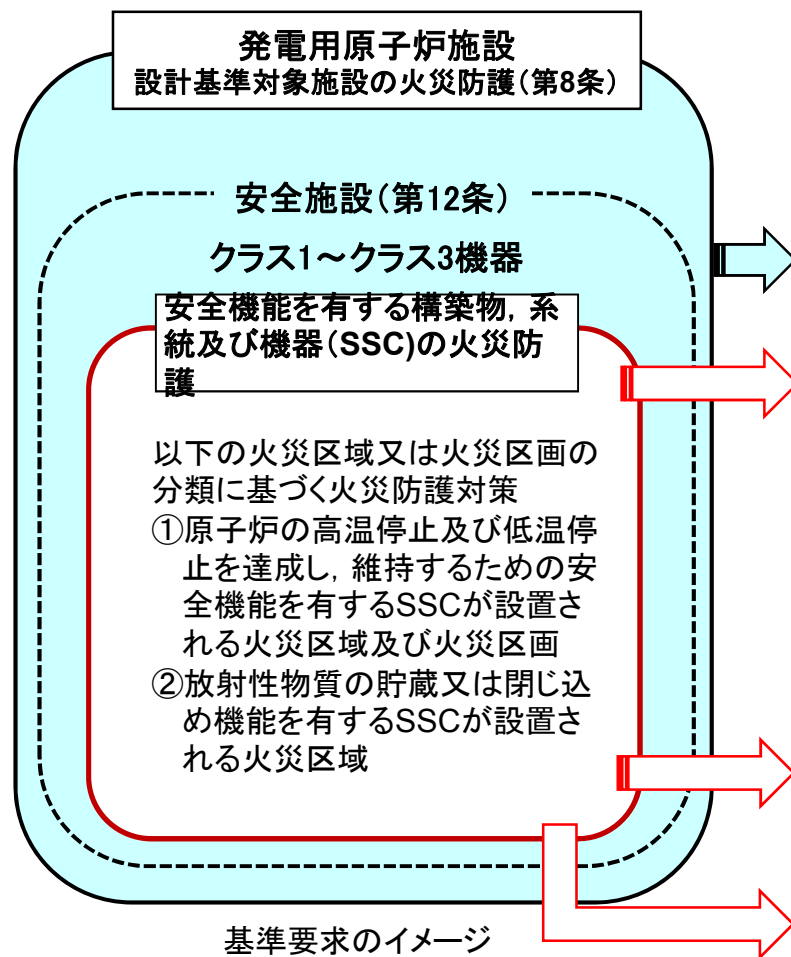
上記のとおり、原地盤は液状化しない検討結果が得られたものの、今後の審査に迅速に対応する観点から、保守的に地盤が液状化することを前提として、鋼管杭をすべて岩着支持杭とした。また、地盤表層への地盤改良等の実施の影響を考慮して、敷地北側の防潮堤設置ルートを変更することとした。(全長約2.2km⇒約1.7kmに短縮)

次回以降のWTにて、液状化判定結果や地盤改良の方法、防潮堤のルート・構造変更に伴う耐津波設計への影響についてご説明させていただきたい。

# 東海第二発電所 火災による損傷防止 (非難燃ケーブルの対応について)

# 1. 火災防護に係る基準規則の要求

## ◆ 火災防護の基準要求範囲



### 「実用発電用原子炉及びその附属施設の火災防護に係る審査基準」(以下「審査基準」という。)の要求事項

#### 1.2 用語の定義

(15)「安全機能」原子炉の停止、冷却、環境への放射性物質の放出抑制を確保するための機能をいう。

#### 2.1.1 原子炉施設の火災発生を防止するための火災防護対策

2.1.3 落雷、地震等の自然現象により、原子炉施設内の機器等が火災が発生しないように火災防護対策

2.1.2 安全機能を有する構築物、系統及び機器は、以下の各号に掲げるとおり、不燃性材料又は難燃性材料を使用した設計であること。

- (1) 機器、配管、ダクト、トレイ、電線管、盤の筐体及びこれらの支持構造物のうち、主要な構造材は不燃性材料を使用すること。
- (2) 建屋内の変圧器及び遮断器は、絶縁油等の可燃性物質を内包していないものを使用すること。

**(3) ケーブルは難燃ケーブルを使用すること。**

(4) 換気設備のフィルタは、不燃性材料又は難燃性材料を使用すること。ただし、チャコールフィルタについては、この限りではない。

(5) 保温材は金属、ロックウール又はグラスウール等、不燃性のものを使用すること。

(6) 建屋内装材は、不燃性材料を使用すること。

#### 2.2 火災の感知消火

2.2.1 火災感知設備及び消火設備は、以下の各号に掲げるように、安全機能を有する構築物、系統及び機器に対する火災の影響を限定し、早期の火災感知及び消火を行える設計であること。

#### 2.3 火災の影響軽減

2.3.1 安全機能を有する構築物、系統及び機器の重要度に応じ、それらを設置する火災区域又は火災区画内の火災及び隣接する火災区域又は火災区画における火災による影響に対し、以下の各号に掲げる火災の影響軽減のための対策を講じた設計であること。

#### 3. 個別の火災区域又は火災区画における留意事項

◆ 難燃ケーブルの使用は、安全施設のうち、安全機能を有する機器に使用するケーブルが対象

## 2. ケーブルに対する基準規則適合方針

### 2.1 基準要求に適合するための設計方針

審査基準では、安全機能を有する機器は、難燃ケーブルを使用する設計が要求されているが、東海第二発電所はプラント建設時に非難燃ケーブルを使用している。このため、基準要求に適合するよう非難燃ケーブルに対する設計方針を以下のとおりとする。

なお、建設以降に改造工事を行った際には難燃ケーブルを使用している。

1. 安全機能を有する機器に使用している非難燃ケーブルについては、原則、難燃ケーブルに取替える。
2. ケーブル取替以外の措置（以下「代替措置」という。）によって、非難燃ケーブルを使用する場合は、以下の範囲に限定する。
  - ① ケーブル取替に伴い安全上の課題が生じる範囲  
及び
  - ② 施工後の状態において、以下の条件を満足する範囲
    - a. 安全上の課題を回避し、基準に適合する代替措置※が適用できること
    - b. 難燃ケーブルと比較した場合、火災リスクの有意な増加がないこと

※ 代替措置の難燃性能については、設置許可基準規則の解釈に基づき、保守的に設定した保安水準が達成できることを実証する。

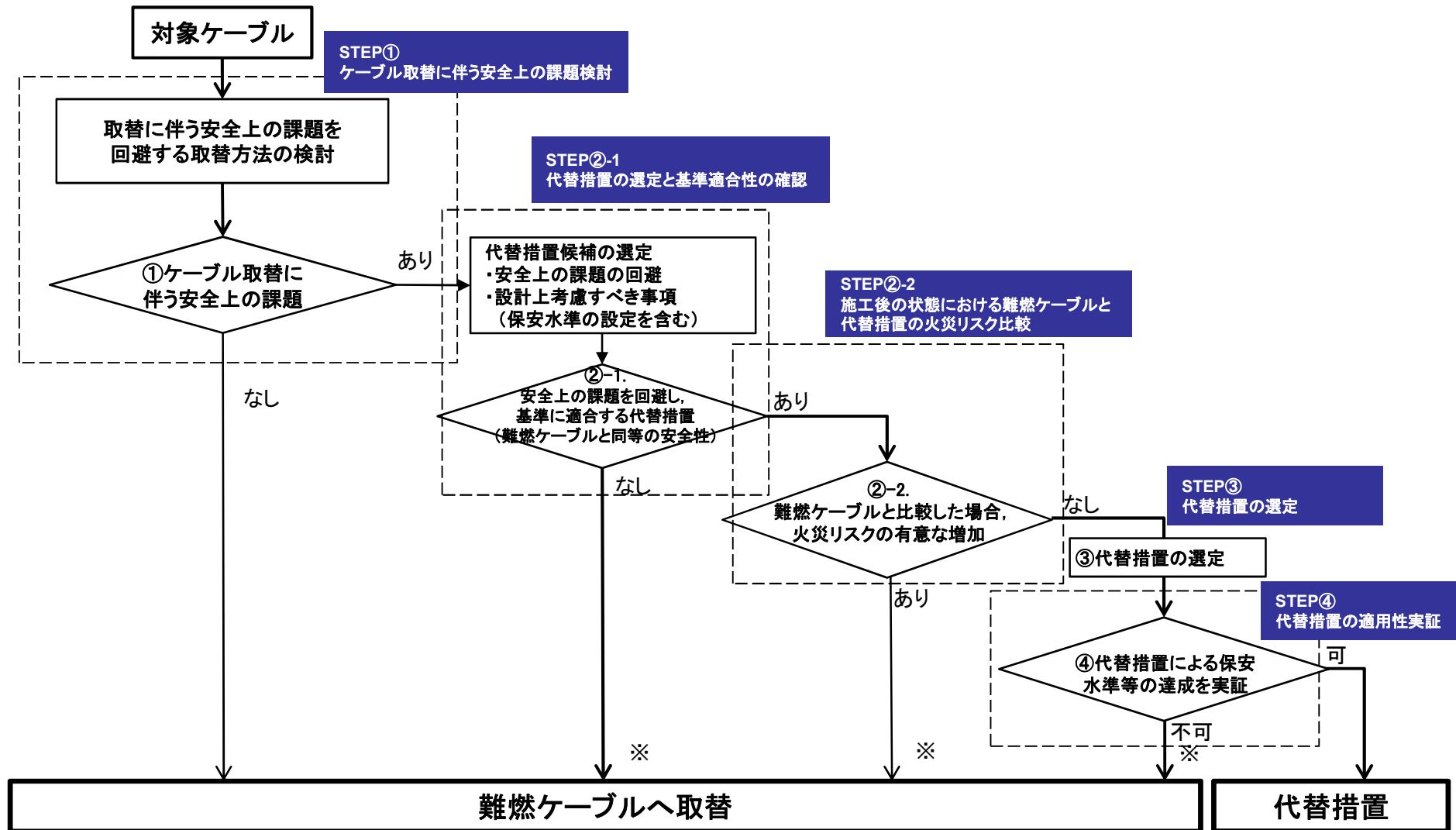
【設置許可基準規則の解釈（抜粋）】

設置許可基準規則に定める技術的要件を満足する技術的内容は、本解釈に限定されるものではなく、設置許可基準規則に照らして十分な保安水準の確保が達成できる技術的根拠があれば、設置許可基準規則に適合するものと判断する。

## 2. ケーブルに対する基準規則適合方針

### 2.2 対象ケーブル対応フロー

◆対象は、安全機能を有する機器に使用する非難燃ケーブル



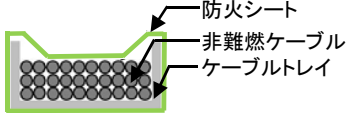
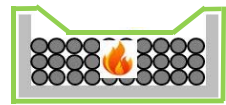
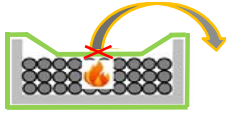
### 3. 代替措置について

#### ◆ 代替措置の選定

- 施工の均一性とその検認性, 材質(燃え難さ), 実機適用性の観点から, 「防火シートによる複合体形成」を選定

#### ◆ 複合体の特徴

- ケーブルトレイに敷設されるケーブルを例にした複合体の特徴は以下のとおり

| 項目            | 複合体                                                                                                  |                                                                                                                                                             |
|---------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 材料            | 不燃材の防火シート等を使用                                                                                        |  <p>防火シート<br/>非難燃ケーブル<br/>ケーブルトレイ</p> <p>トレイ内の酸素量低減のため、太鼓巻きから密着巻きに変更</p> |
| 外部の火災に対する耐延焼性 | <ul style="list-style-type: none"> <li>・防火シートによる複合体外部からの火炎遮断</li> <li>・伝熱によるケーブル損傷及び発火を抑制</li> </ul> |                                                                          |
| 内部の火災に対する耐延焼性 | 防火シート及びファイアストッパによる酸素量の抑制                                                                             |                                                                        |
|               | 防火シートの遮炎性による上段トレイへの延焼抑制                                                                              |                                                                        |

4. 基準適合のための具体的対応方針(非難燃ケーブル)

| 回路種別       | ケーブルの特徴<br>〔回路種別間の相対比較〕                                                                | ケーブル敷設形態              | 対象範囲<br>(敷設範囲)                              | 対応方法     | [STEP①]ケーブル取替に伴う安全上の課題検討                |                                         | 対応                                       | [STEP②-1]<br>代替措置の選定と基準適合性の確認 | [STEP②-2]<br>施工後の状態における難燃ケーブル(取替)と代替措置の火災リスク比較                                                                      |                                                                                  | [STEP③]<br>代替措置の選定                                                                          |  |  |  |  |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|---------------------------------------------|----------|-----------------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|
|            |                                                                                        | 敷設形態<br>[集中箇所<br>の状態] |                                             |          | 取替時                                     | 取替後                                     |                                          |                               | 発火リスク<br>(発火可能性、影響)                                                                                                 | 火災荷重<br>(可燃物量)                                                                   |                                                                                             |  |  |  |  |
| 高圧電力       | 発火リスク:高<br>・発火可能性:高<br>・機能影響:大                                                         | ケーブルトレイ[多段積み、最上段]     | ケーブル全長<br>(複数／単一区画)<br>敷設区画(例)<br>・電気室      | 取替方法①    | —                                       | —                                       | 難燃ケーブル(取替)<br>[期待される安全上の効果]<br>・発火リスクの低減 |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
| 低圧電力・制御・計装 | 低圧電力<br>発火リスク:低<br>・発火可能性:低<br>・機能影響:小<br><br>制御・計装<br>発火リスク:低<br>・発火可能性:極低<br>・機能影響:小 | 電線管                   | ケーブル全長<br>(複数／単一区画)                         | 撤去・新設    | —                                       | —                                       | 難燃ケーブル(取替)                               |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
|            |                                                                                        | コンクリートピット             | ケーブル全長<br>(単一区画)<br>・MCR 床下、制御・計装           | 撤去・新設    | —                                       | —                                       | 難燃ケーブル(取替)                               |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
|            |                                                                                        | ケーブルトレイ<br>[多段積み、中下段] | ケーブル全長<br>(複数区画)                            | 取替方法②    | ・可燃物量増加<br>(既設ケーブル残存)<br>・建屋耐震性低下(躯体開口) | ・可燃物量増加<br>(既設ケーブル残存)<br>・建屋耐震性低下(躯体開口) | STEP②-1へ<br>(取替方法③選定の場合)                 | ○<br>(対象範囲において基準適合可能)         | 【絶縁劣化に伴う発火リスク残】<br>・代替措置は、既存ケーブルを継続使用するため、絶縁劣化に伴う発火リスクの低減効果なし<br>・ケーブルの絶縁劣化は、定期的な絶縁抵抗測定により管理可能<br>・このため火災リスクの有意な差なし | 【可燃物量】<br>・代替措置は、既存切離しケーブルが残存するが、ケーブル全体の量に比べ少量であり、火災荷重への影響小<br>・このため火災リスクの有意な差なし | 代替措置<br><br>[選定理由]<br>・対象範囲において基準に適合<br>・取替に伴う安全上の課題を回避可能<br>・施工後の取替と代替措置の火災リスク比較において有意な差なし |  |  |  |  |
|            |                                                                                        |                       | 敷設区画(例)<br>・ケーブル処理室<br>・電気室<br>・現場電源盤区画     | 取替方法③    | ・建屋耐震性低下(躯体開口)                          | ・建屋耐震性低下(躯体開口)                          |                                          |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
|            |                                                                                        |                       | ケーブル全長<br>(単一区画)<br>敷設区画(例)<br>・現場電源盤区画     | 取替方法②    | ・可燃物量増加<br>(既設ケーブル残存)                   | ・可燃物量増加<br>(既設ケーブル残存)                   | STEP②-1へ                                 |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
|            |                                                                                        |                       | ケーブル端部<br>(複数／単一区画)<br>敷設区画<br>・ケーブルトレイから負荷 | 撤去・新設    | 接続部追加による電気特性への影響                        | 接続部追加による電気特性への影響                        | STEP②-1へ                                 |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
|            |                                                                                        | 敷設形態の定義               |                                             | ケーブル取替方法 |                                         |                                         |                                          |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |
|            |                                                                                        | 数設形態                  |                                             | 定義       |                                         |                                         |                                          |                               |                                                                                                                     |                                                                                  |                                                                                             |  |  |  |  |

| 数設形態      | 定義                               |
|-----------|----------------------------------|
| 電線管       | 全長を電線管で配線                        |
| コンクリートピット | 全長をピット内で配線                       |
| ケーブルトレイ   | ケーブルトレイで配線し、一部を分岐させた後、電線管で機器等へ配線 |

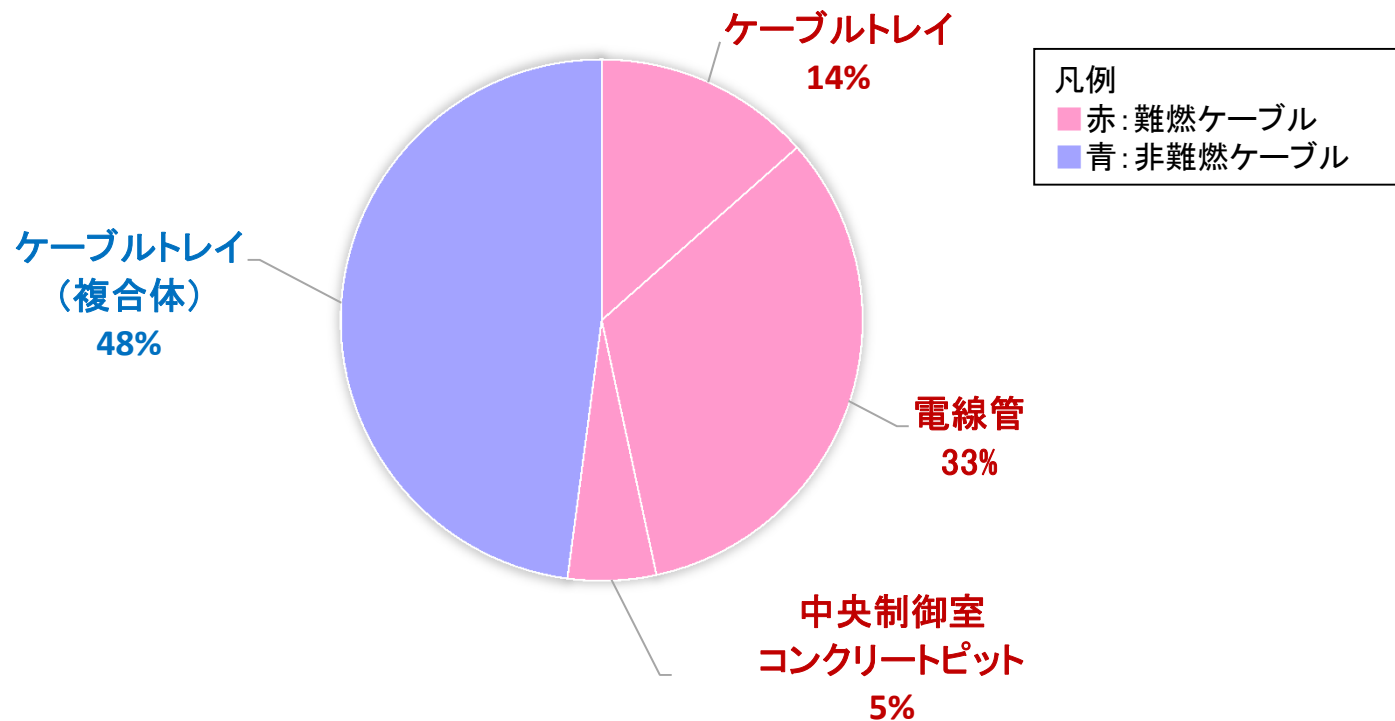
| 取替方法                           | 説明                                                   |
|--------------------------------|------------------------------------------------------|
| 取替方法①<br>既設ケーブルトレイ内で対象ケーブル取替   | 延焼防止剤撤去<br>対象ケーブル撤去・取替<br>延焼既設ケーブルトレイ                |
| 取替方法②<br>新設ケーブルトレイ敷設(対象ケーブル新設) | 旧ケーブル残存<br>新ケーブル敷設(対象ケーブル)<br>既設ケーブルトレイ<br>新設ケーブルトレイ |
| 取替方法③<br>新設ケーブルトレイ敷設(全ケーブル新設)  | 旧ケーブル全撤去<br>全ケーブル新設<br>既設ケーブルトレイ<br>新設ケーブルトレイ        |

| 〔STEP2〕代替措置の基準適合性 (代替措置に要求される／関連する安全機能の評価)                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 難燃ケーブルと比較した代替措置の火災リスク             |                                    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|
| 火災発生防止(火災防護基準)                                                                                                                                                                                                              | 火災感知・消火／影響軽減(火災防護基準)                                                                                                                                                                   | ケーブル・ケーブルトレイ、その他設備の安全機能                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | 発火リスク                             | 可燃物量                               |
| (1)難燃性: 難燃ケーブルと同等以上の難燃性を確認<br>① 非難燃ケーブルの自己消火性を実証<br>② 複合体による耐延焼性を実証<br>【確認項目】<br>・複合体の外部、外部の火災に対する耐延焼性<br>・想定外の複合体不完全状態を仮定した複合体の耐延焼性<br>(2)耐震性: 地震により防火シートが破損、ずれないことを確認(水平4G、鉛直3G)<br>(3)耐久性: JIS等で要求される熱・放射線、薬品等に対する耐久性を確認 | (1)火災の感知・消火:<br>審査基準に適合することを確認<br>① 感知<br>・2種類感知器に加え、複体内への熱感知器設置により早期感知可能<br>② 消火<br>・複体内ケーブルは、局所又は全域消火設備の設置により、早期消火可能<br>(2)火災の影響軽減:<br>・安全区分のトレイが分離独立していることを前提として、複合体の適用においても区分分離を維持 | (1)ケーブル機能への電気的影響<br>① 通電機能: 複合体形成による温度上昇が通電性能に影響しないことを確認<br>② 絶縁機能: 防火シートの接触による絶縁性能に影響しないことを確認<br>(2)ケーブル又はケーブルトレイ機能への機械的影響<br>① ケーブルシースによる絶縁体の保護機能<br>・防火シートの接触によりケーブルシースに化学的な浸食がないことを確認<br>② ケーブルトレイの保持機能<br>・防火シートの接触によるケーブルトレイに化学的影響がないことを確認<br>・複合体形成による重量増加は、サポート等の補強・増設により耐震性を確保<br>(3)その他設備の安全機能への影響<br>・原子炉格納容器内の施工は基準不適合(PCV 内の施工は、LOCA 時ジェット流による複合体のデブリ化が ECCS 取水機能に影響を与える) | ・難燃ケーブルに取替えることで、既設非難燃ケーブルの発火リスク低減 | ・取替に合わせて既存の切離したケーブルを撤去することで可燃物量を低減 |

# (参考)ケーブルの難燃化割合

## ◆ケーブルの難燃化割合

既設ケーブルを難燃ケーブルへ取替後



- ・安全機能を有する機器に使用されてるケーブルの難燃割合は約52% (概算値)

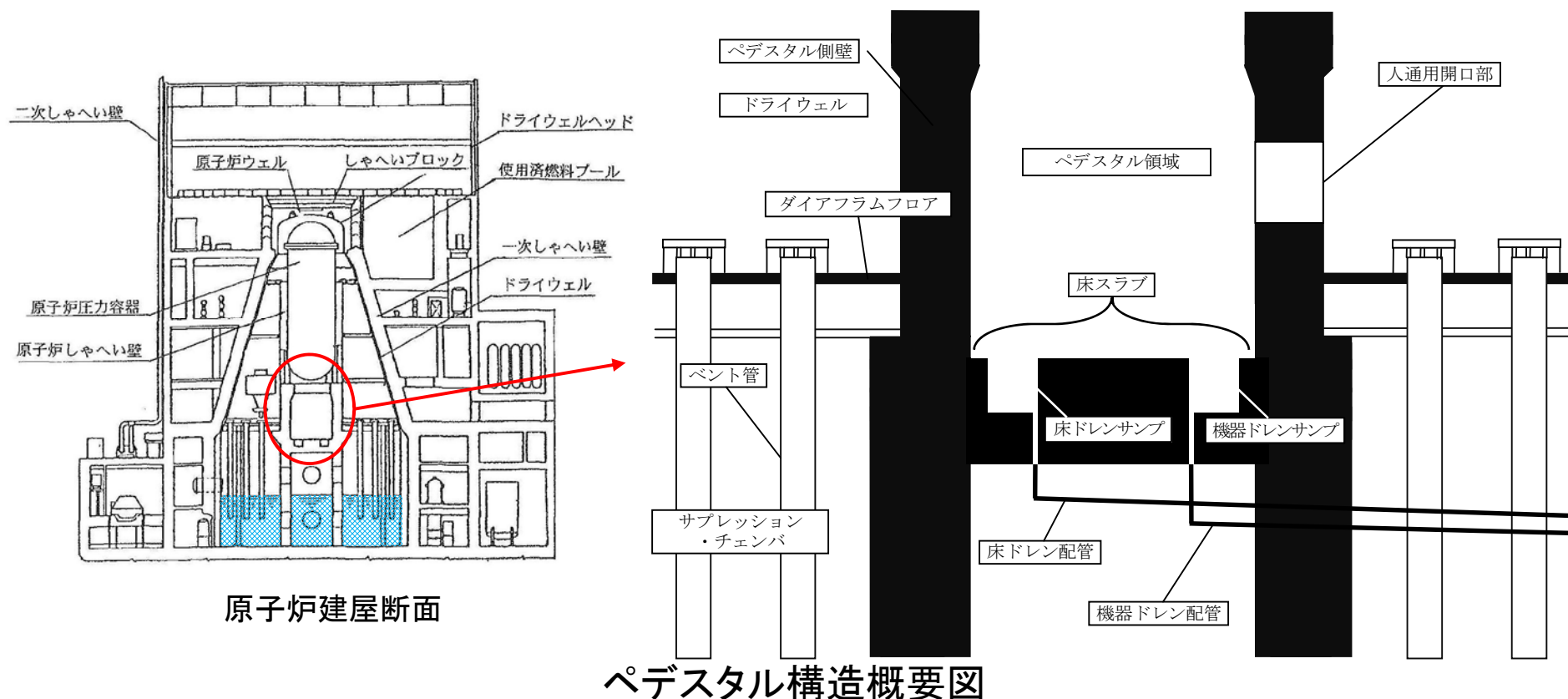
なお、重大事故対処施設等の新設ケーブルを追加すると難燃割合は約60% (概算値)

# 東海第二発電所

## ペDESTALでの物理現象発生に対する対応方針

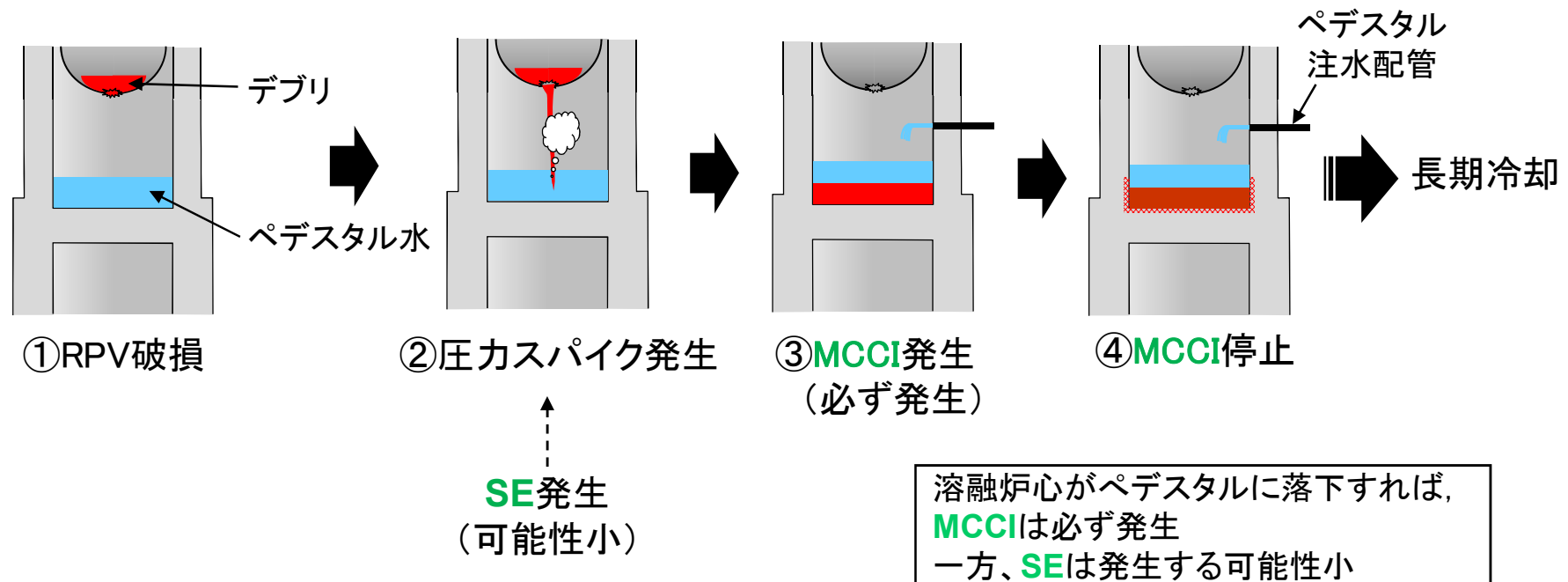
# 1. 東海第二発電所(Mark-II型格納容器)の特徴

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



## 2. シビアアクシデント時、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水と溶融炉心(デブリ)の接触による圧カスパイク発生、  
但し、水蒸気爆発(**Steam Explosion(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(**Molten Core Concrete Interaction(MCCI)**)
- ④ペDESTALへの注水継続によりデブリは冷却され、**MCCI**停止



### 3. 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支持機能が喪失すると，RPVが格納容器本体へ接触し，格納容器健全性に影響を及ぼす可能性あり

⇒ ペDESTALには「RPV支持機能」が必要

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に落下すると，S/P水源（残留熱除去系，代替循環冷却系等）に影響を及ぼす可能性あり

⇒ ペDESTALには「床スラブでのデブリ保持機能」が必要

## 4. 格納容器・ペDESTAL機能確保のための対応方針

「RPV支持機能」「床スラブでのデブリ保持機能」を確保するため、以下の3項目を両立させる必要あり

### (1) 事故収束の確実性

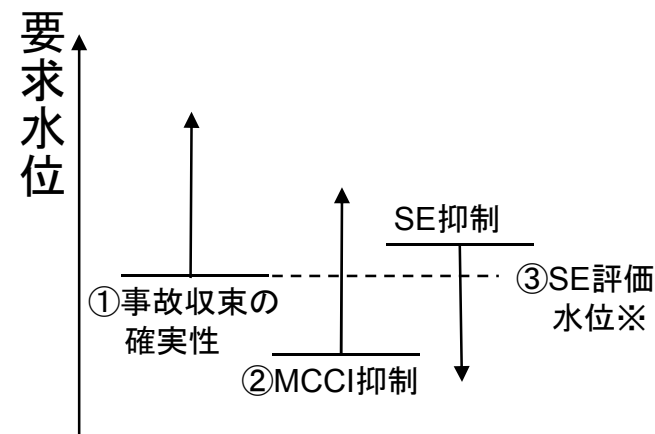
RPV破損後の格納容器の健全性確保のため、格納容器への熱的負荷が低減され、事故収束の確実性が向上する初期水位(下限)を設定

### (2) MCCIの影響抑制

- ・MCCI影響抑制のため、ペDESTALにコリウムシールドを設置
- ・コリウムシールド等の設備対策を前提に、MCCI時にペDESTALの機能を確保できる初期水位(下限)を設定

### (3) SEの影響抑制

- ・(1)(2)を満足する最低水位において、ペDESTALの機能確保を確認



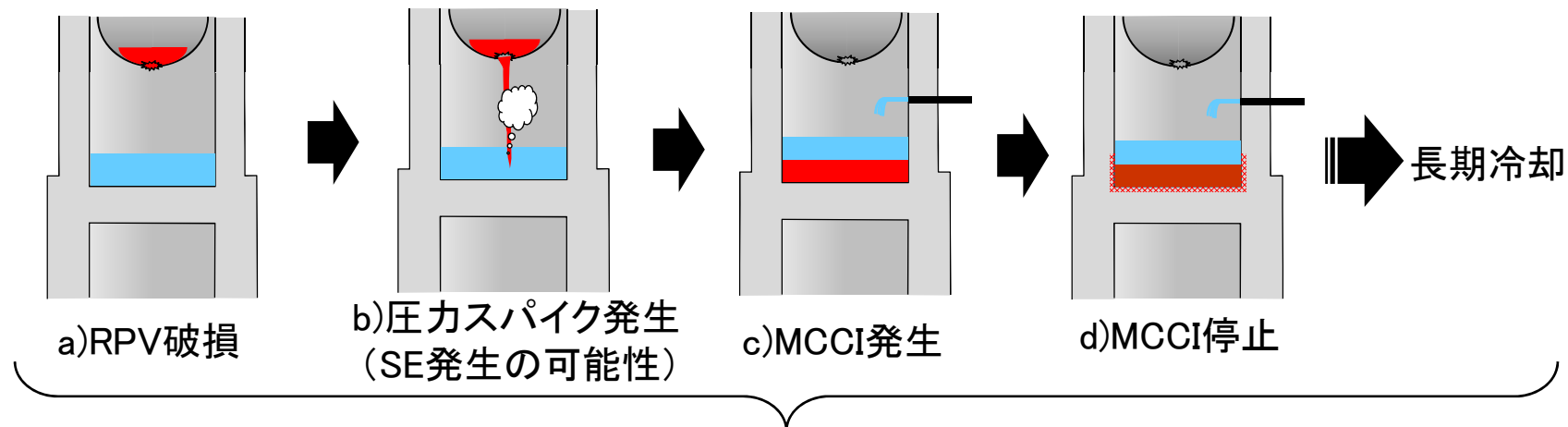
<水位決定イメージ>

※: SE評価の不確かさが大きいことを考慮し, ①, ②で許容可能な下限水位にて評価

## 5. 対応方針の具体化

### (1) 事故収束の確実性

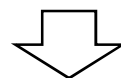
目的：RPV破損後の格納容器への負荷低減



格納容器への熱的負荷を低減し、SA時の事故収束の確実性を向上するため、RPV破損後のデブリの冠水状態を維持

＜低減できる格納容器への負荷＞

デブリ露出による過温（高温ガス発生，輻射熱等），デブリヒートアップによる過温，注水開始の不確かさによる過温



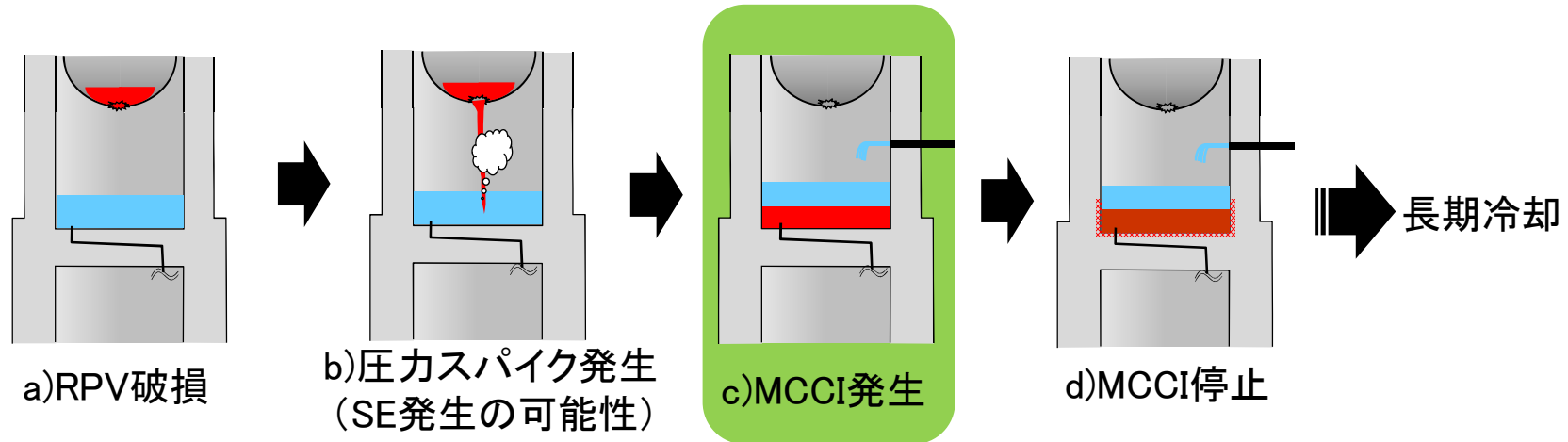
対応方針

デブリ落下～注水開始：デブリ冠水を維持できる初期水位**1m以上**  
注水開始～：ペDESTAL注水によりデブリの冠水状態を維持

## 5. 対応方針の具体化

### (2)MCCIの影響抑制

目的:MCCI時のペDESTALのRPV支持機能・床スラブでのデブリ保持機能の確保



#### 対応方針

##### <RPV支持機能>

- ・側壁の侵食抑制
- ・側壁への熱影響抑制

##### <床スラブでのデブリ保持機能>

- ・床スラブの侵食抑制
- ・床スラブへの熱影響抑制
- ・床スラブの局所的な侵食抑制
- ・ペDESTAL内サンプからS/Pへのデブリ移行防止



耐侵食性を有する  
コリウムシールド設置



床スラブ平坦化



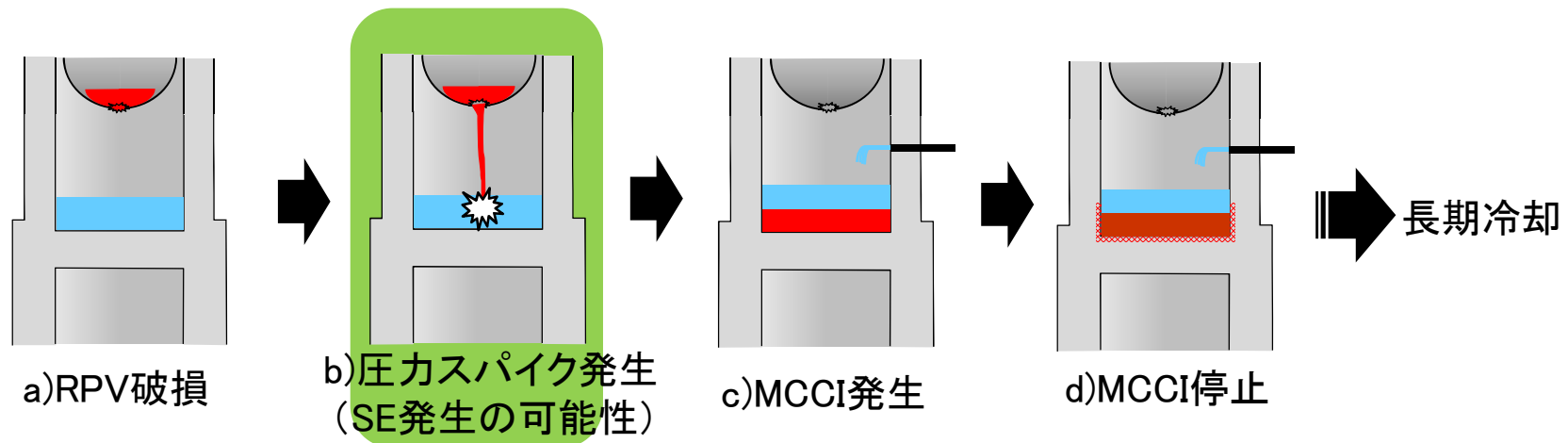
デブリ凝固のための  
排水流路形状変更

⇒MCCI影響抑制により、ペDESTALの機能確保される見通し

## 5. 対応方針の具体化

### (3) SEの影響抑制

目的: SE発生を想定した場合のペDESTALのRPV支持機能・床スラブでのデブリ保持機能の確保



#### 対応方針

＜RPV支持機能・床スラブでのデブリ保持機能＞

・SE発生を想定した場合のペDESTAL構造物への影響を抑制

事故収束の確実性向上, MCCIの影響抑制の要求を満足する最低水位(1m)に設定

⇒SE影響抑制により, 仮にSE発生してもペDESTALの機能確保される見通し

## 5. 対応方針の具体化

### ＜コリウムシールド設置＞

ペDESTル内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

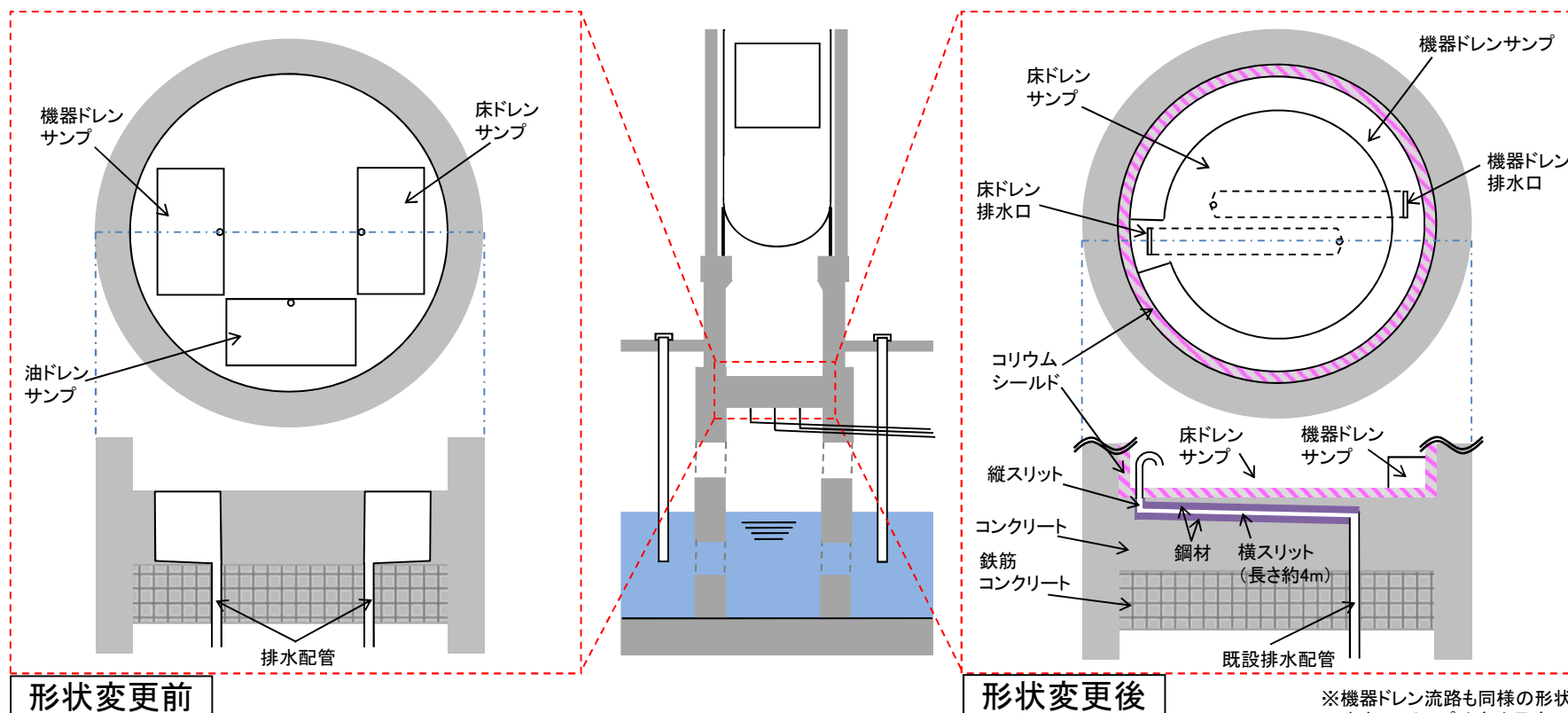
### ＜床スラブ平坦化＞

床スラブを平坦化し、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

### ＜デブリ凝固のための排水流路形状変更＞

サンプの排水流路を鋼材によるスリット形状に変更

ペDESTル水位管理: 1m



## 6. まとめ

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方針とする

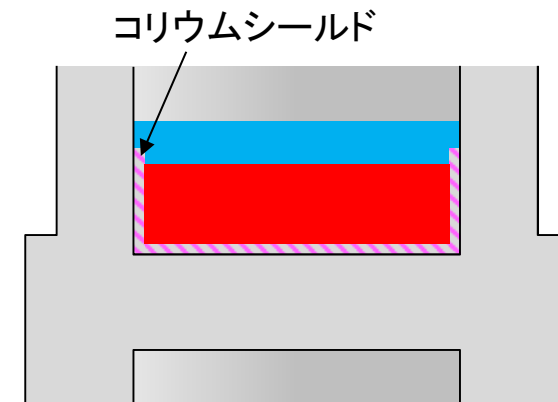
(1) **MCCI**の影響抑制を目的として, 以下の設備対策を実施

- ・ペDESTALに $\text{ZrO}_2$ 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

(2) RPV破損時のペDESTAL水位を**1m**と設定

格納容器への熱的負荷の低減,

**MCCI**及び**SE**の影響抑制が可能な水位



コリウムシールド設置概念

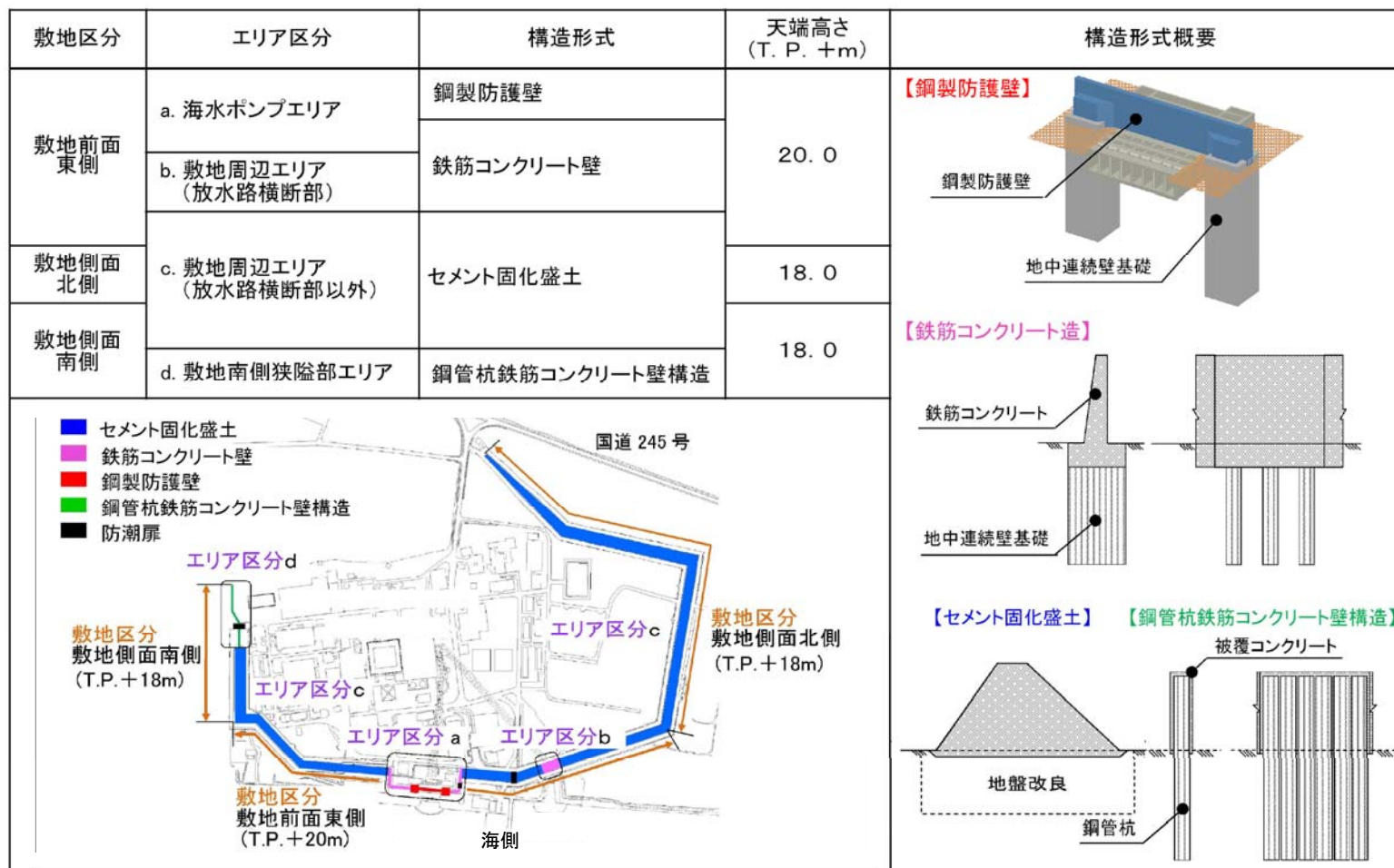
# 東海第二発電所

## 防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更

# 1. 申請時(H26.5.20)における防潮堤構造

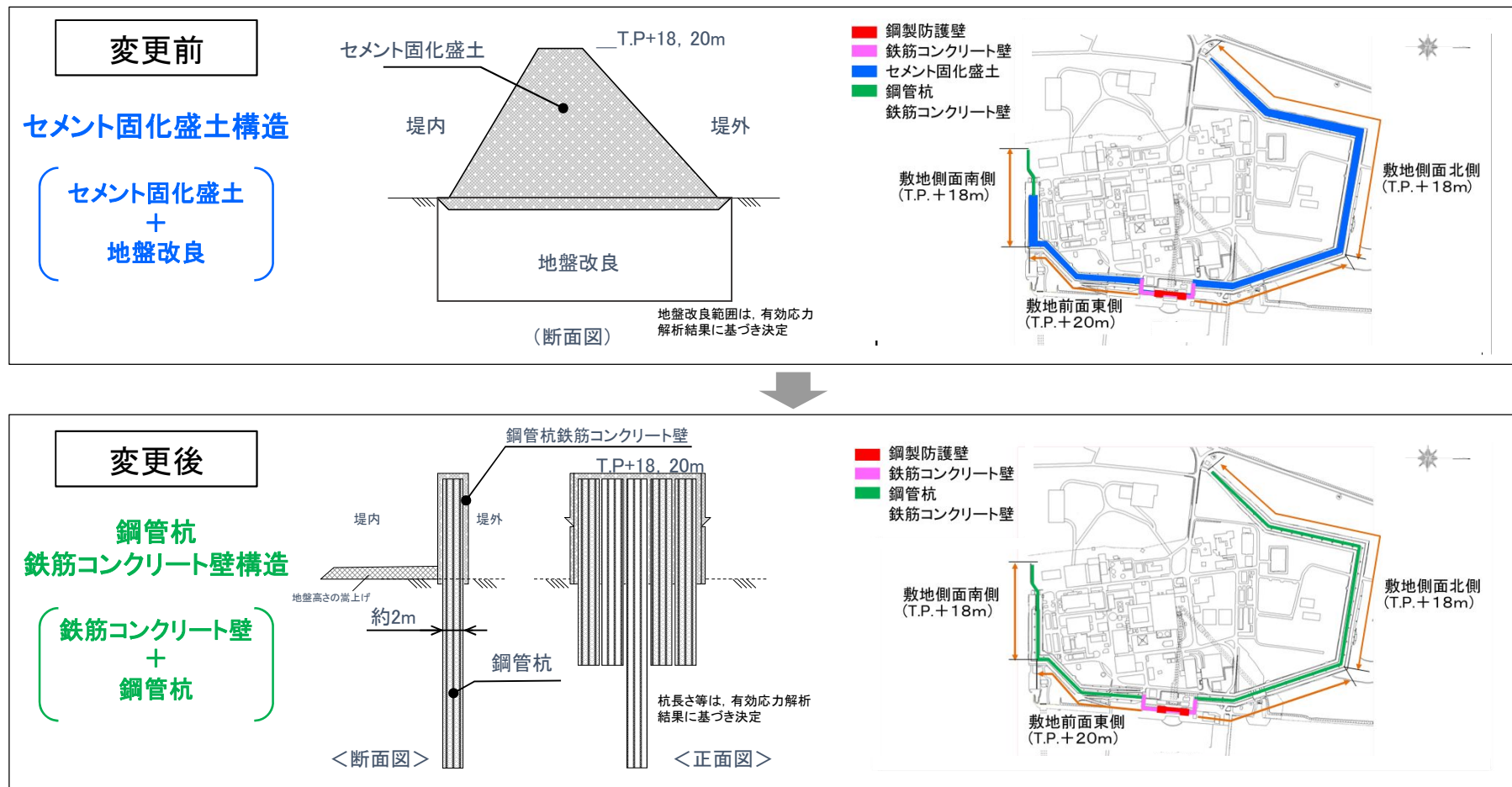
○東海第二発電所における津波に対する浸水防止(外郭防護)は、防潮堤を設置することにより対応する。

○申請当時(H26.5.20)において、防潮堤の構造は、「鋼製防護壁」、「鉄筋コンクリート壁」、「セメント固化盛土」、「鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造」の4種類を計画し、それぞれの配置は以下の通りであった。

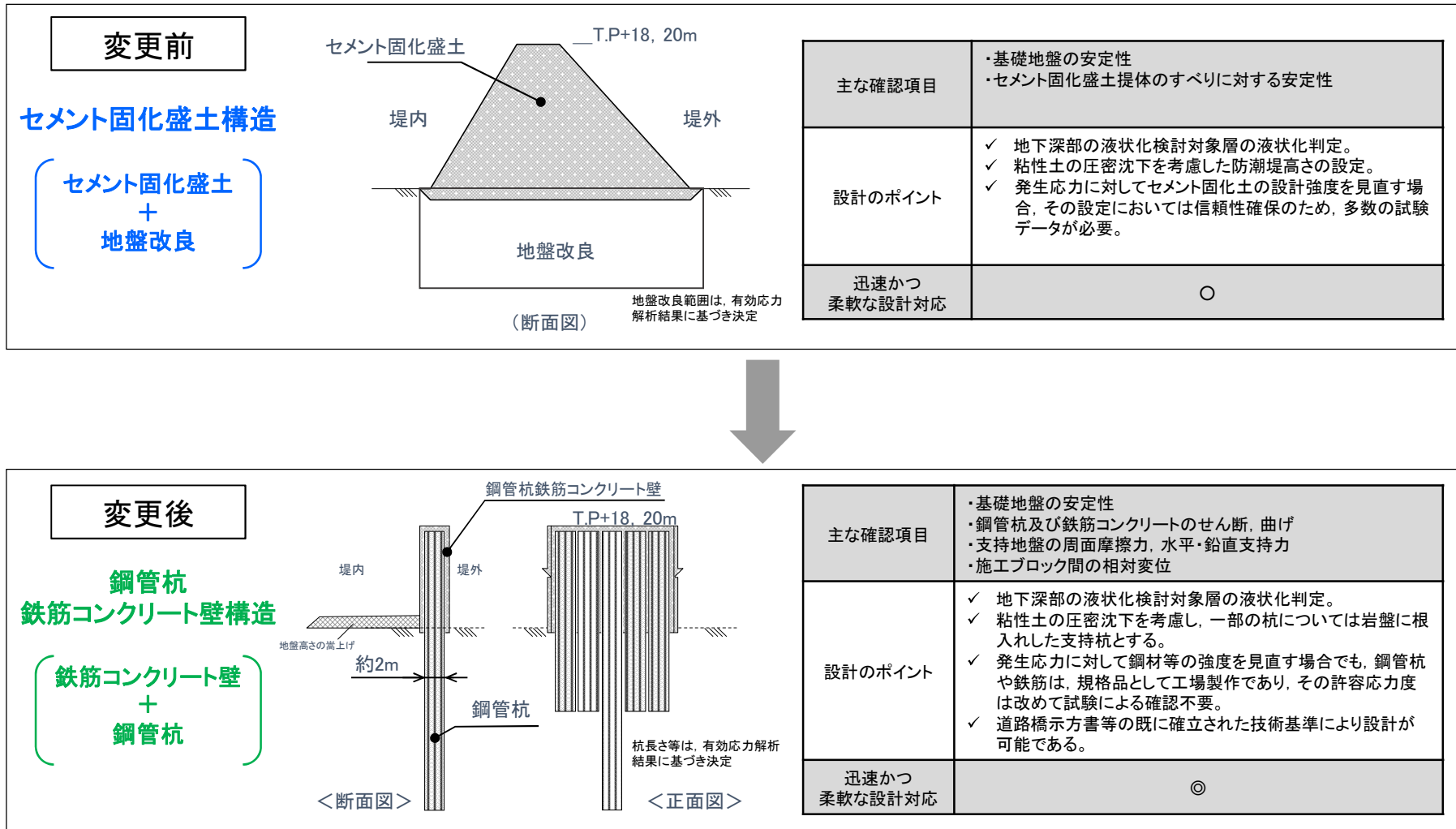


## 2. 鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造区への変更(H29.4.13)

- これまで実施してきた地盤の液状化強度試験等のデータが3月末までに取得され、有効応力解析による液状化判定を行った結果、原地盤は液状化しないことから、今般、敷地側面北側においても「鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造」が適用可能と判断した。
- よって、「セメント固化盛土構造」に代わり、より一層強固な部材である鋼管杭や鉄筋コンクリートを用いることで、耐津波、耐震の安全裕度向上が見込まれる「鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造」へ変更することとした。
- なお、「鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造」は、申請当時から岩盤が比較的浅い敷地側面南側のJAEA殿との敷地境界付近を対象に設計検討を進めていた。これを「セメント固化盛土構造」区間へも適用することとした。

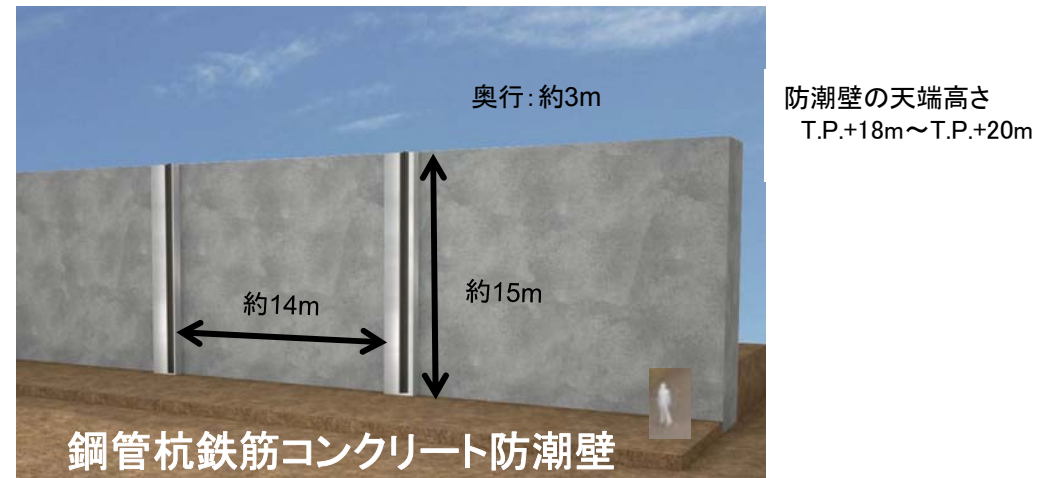
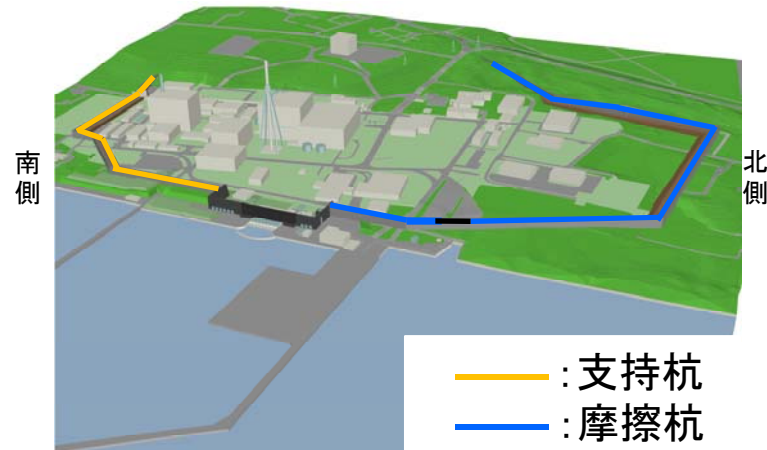


## 2. 鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造区への変更(H29.4.13)

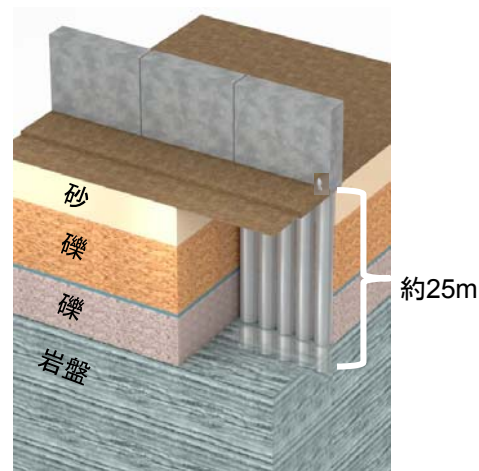


## 2. 鋼管杭鉄筋コンクリート壁構造区への変更(H29.4.13)

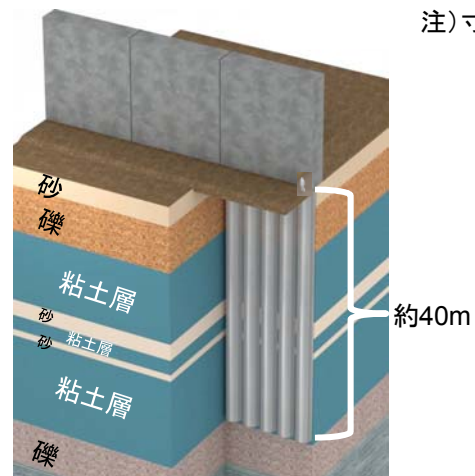
敷地固有の地盤特性, 基準津波, 基準地震動を考慮して, 先行事例の防潮堤の設計を参考に,  
鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁を計画。



注) 寸法は設置位置(地表面の標高等)に応じ異なる



支持杭(南側)



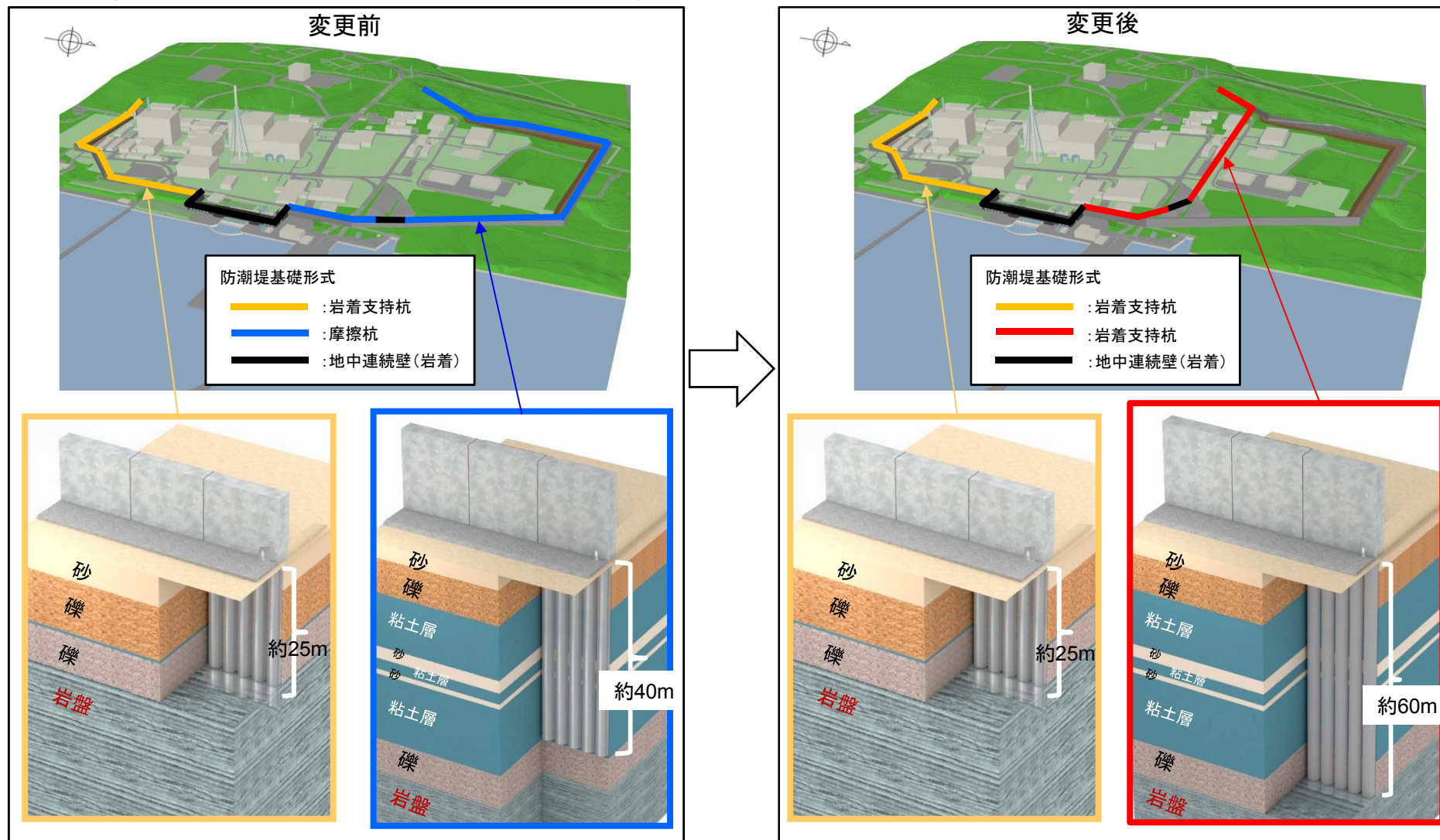
摩擦杭(北側)

○敷地の南側は岩盤が浅く, 北側は岩盤が深い特徴に加えて, 北側は杭にとって高い摩擦力が発揮される粘土層が厚く分布

○この地盤の特徴より, 南側は岩盤に支持させる支持杭を, 北側は粘土層だけでも必要な支持力を確保できる摩擦杭を選択

### 3. 防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更(H29.7.13)

- 敷地北側の鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式を岩着支持杭とする。
- 防潮堤の表層付近の地盤については、地盤改良及びシートパイルを設置する。
- 敷地北側の防潮堤ルートを下図のとおりとする(全長 約2.2km → 約1.7km)。



### 3. 防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更(H29.7.13)

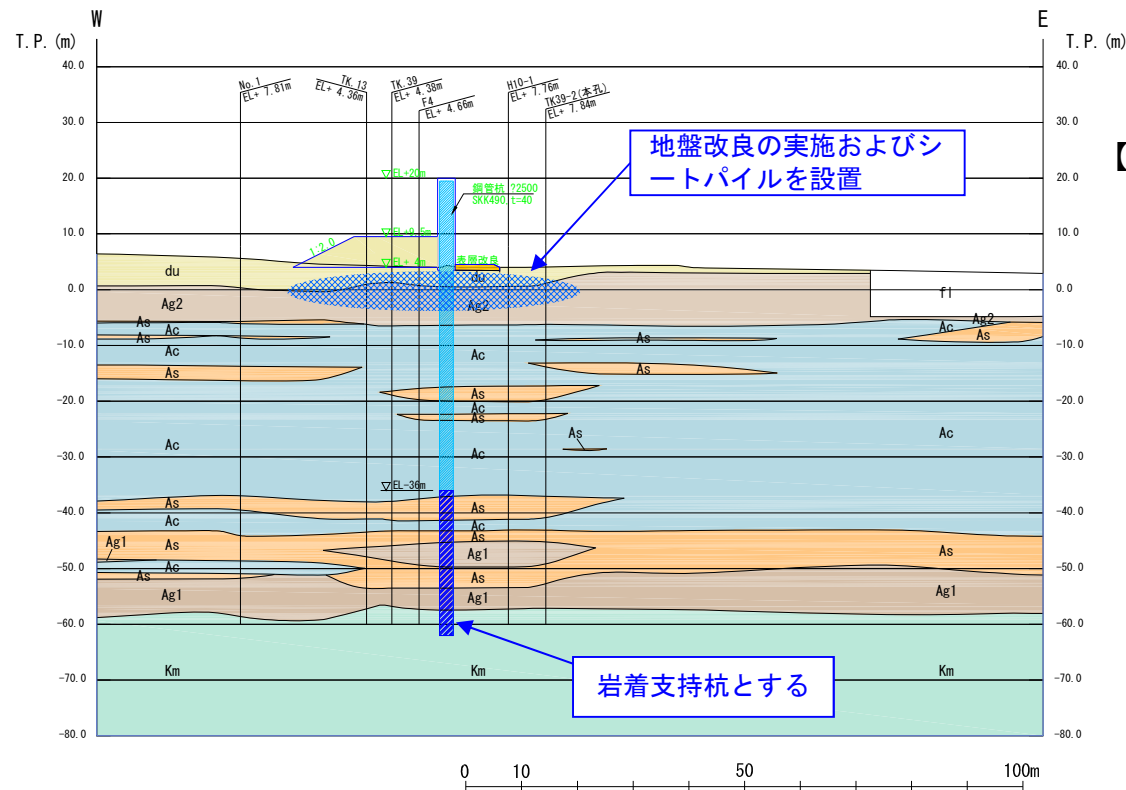
#### ○鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁の杭構造形式

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、敷地北側において摩擦杭を計画していたが、これを**岩着支持杭**とする。

これにより鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁は、十分な支持性能を有する岩盤に杭を介して設置することとなる。

また、鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、**地盤改良の実施及びシートパイルを設置する**。

なお、地盤改良範囲等については、保守的な条件設定に基づいた有効応力解析結果をもとに決定する。



#### 【変更理由】

- ・杭の基礎構造形式を摩擦杭から岩着支持杭に変更することにより、より裕度が高い支持性能が得られる。
- ・表層付近の地盤改良等を行うことにより、地震時における周辺地盤の変形に対する抑制効果が得られる。また、津波時の洗掘や地中からの浸水防止効果が大きくなると共に、杭の発生曲げモーメントを抑え、全体として安全裕度の高い構造となる。

### 3. 防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更(H29.7.13)

#### ○表層地盤改良及びシートパイル等の設置検討方針

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周りの表層付近の地盤においては、地震時における変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良の実施及びシートパイル等の設置を行う。

ボイリングは、津波時の防潮堤前面と背面の水位差によって、堤内側に上向きの水圧が生じ、この浸透圧が堤内側の有効重量を超えるようになると発生する。したがって、シートパイル等による対策を行うこととし、堤内側の土の重量とシートパイル等の先端位置に作用する水圧との比から必要根入れ深さを評価する。

#### □ 地盤改良工法の選定

地盤改良は、剛性の急変部が生じないように配慮し、浸透固化改良も選定対象とする。浸透固化改良は、地下水位で深での実施が必要となることから、地下水位で浅はセメント固化改良とするなど使い分けを行う。

#### □ 地盤高さの嵩上げ部

津波波圧に対する抵抗を大きくするため、地盤高さの嵩上げを設置する。内部のすべりに対してせん断強度が不足する場合は、セメントによる改良を行う。

#### □ 地盤改良範囲（深さ方向）

液状化の可能性を考慮した有効応力解析結果に基づき、過剰間隙水圧比が高い範囲や杭体に生じる断面力を考慮し、深さ方向の改良範囲を保守的に設定する。

#### □ 地盤改良範囲（堤内の幅）

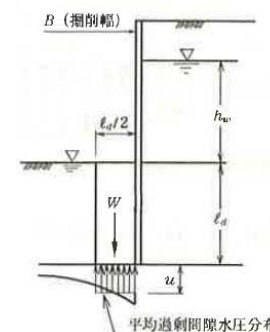
地盤高さの嵩上げが、地震時に損傷に至らない範囲を保守的に設定する。

#### □ 地盤改良範囲（堤外の幅）

洗掘防止のため、地盤改良に係る指針類に基づき保守的な範囲を行う。

#### □ シートパイル等（根入れ長）

ボイリング等の評価により、必要根入れ深さを決定する。



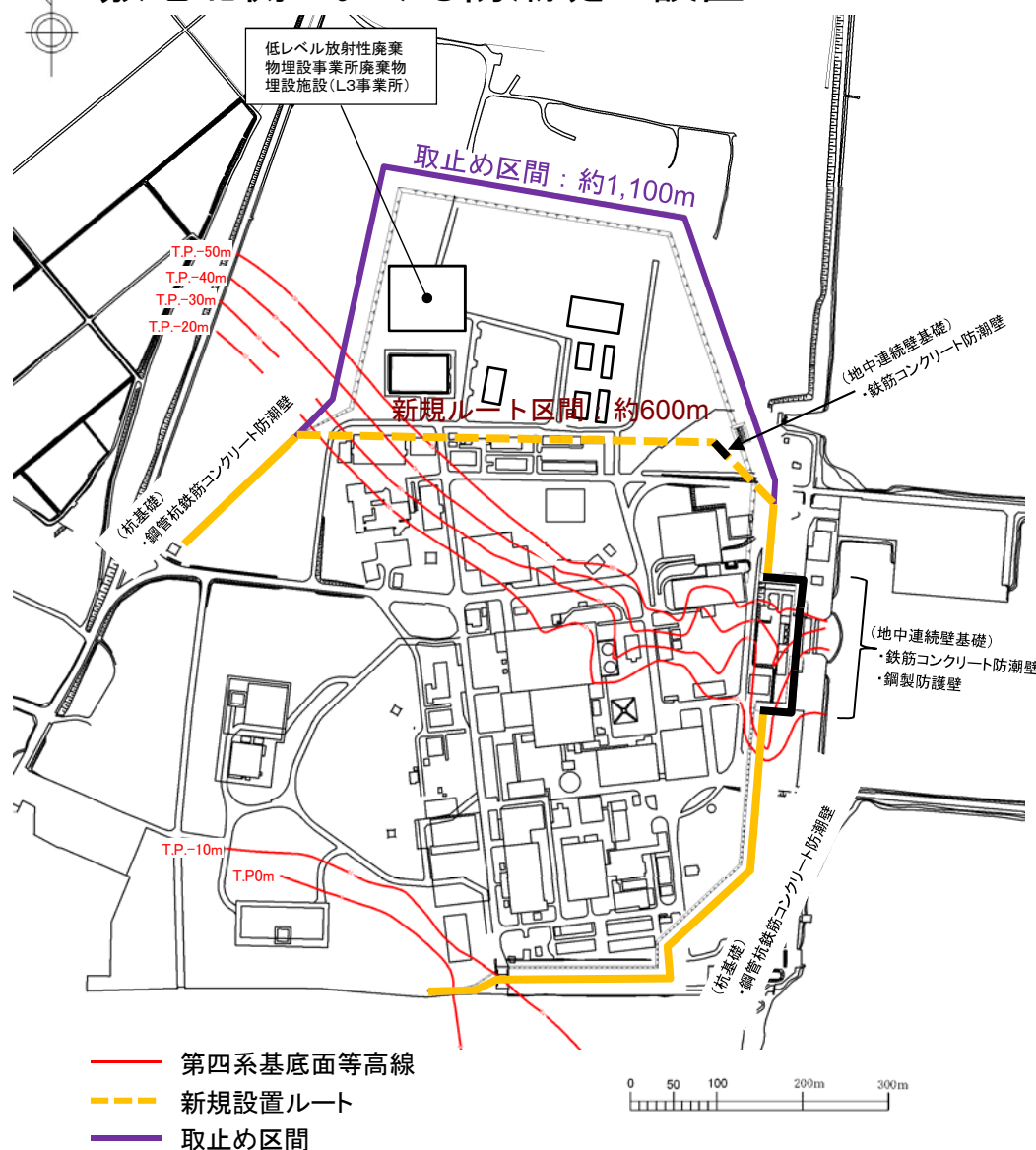
ボイリングの検討

$$F_s = \frac{w}{u}$$

$u$  : シートパイル等先端位置に作用する平均過剰間隙水圧  
 $w$  : 土の有効重量

### 3. 防潮堤の構造変更及び設置ルートの変更(H29.7.13)

#### 敷地北側における防潮堤の設置ルート



#### 【設置ルートの考え方】

鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁周辺の表層地盤については、地震時における地盤の変形や津波による洗掘などに対して、浸水防護をより確実なものとするため、地盤改良等を実施する。

それに伴い、「低レベル放射性廃棄物埋設事業所廃棄物埋設施設（L3事業所）」及び他事業所施設における地下水流況に影響を及ぼす可能性が考えられるため、防潮堤のルートを左図のとおりとする。

| 防潮堤区間          | 現行     | 今回     |
|----------------|--------|--------|
| 鋼管杭鉄筋コンクリート防潮壁 | 約2.0km | 約1.5km |
| 鉄筋コンクリート防潮壁    | 約0.1km | 約0.1km |
| 鋼製防護壁          | 約0.1km | 約0.1km |
| 合計             | 約2.2km | 約1.7km |