

## 7. その他の検討

### 7.1 鉄塔が設置されている斜面の安定性評価

#### 7.1.1 鉄塔の設置位置及び検討断面の選定

##### (1) 概要

「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で選定した，島根原子力発電所構内の送電鉄塔，開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔（以下「鉄塔」という。）が設置されている斜面について，基準地震動  $S_s$  による安定性評価を実施する。

##### (2) 影響評価鉄塔

「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で選定した，斜面の安定性評価を行う鉄塔は以下のとおり。

- ・ 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔
- ・ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ・ 通信用無線鉄塔

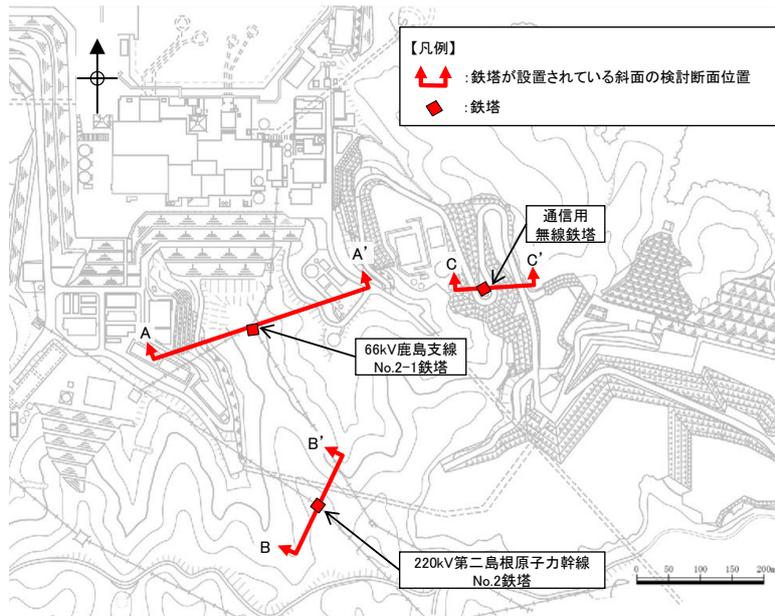
##### (3) 検討断面の選定

鉄塔が設置されている斜面の検討断面として，以下のとおり 3 断面を設定した。各鉄塔の検討断面位置図を第 7.1-1 図に示す。

A-A' 断面は自然斜面であり，鉄塔付近を通る断面のうち，斜面高さが高くなり，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

B-B' 断面は自然斜面であるが，風化帯の厚い尾根部は概ね同等の標高で傾斜が緩いため，鉄塔付近を通る断面のうち，斜面高さが高くなり，最急勾配となるすべり方向に断面を設定した。

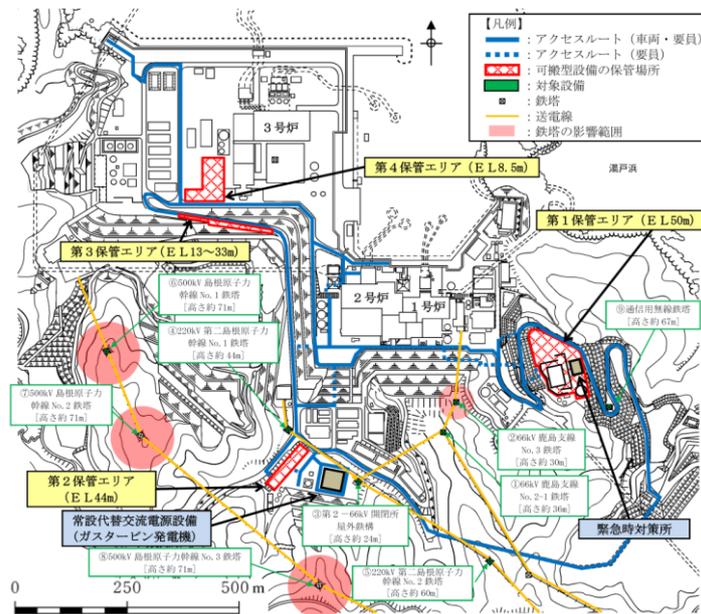
C-C' 断面は切取斜面であり，鉄塔付近を通る断面のうち，斜面高さが高くなり，勾配が急となるすべり方向に断面を設定した。



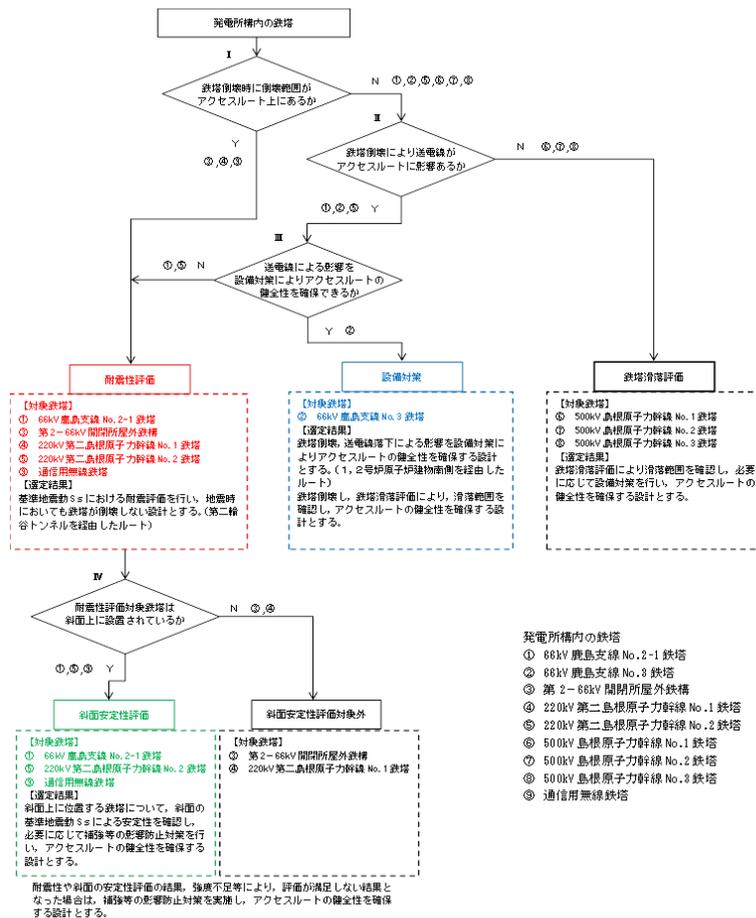
第 7.1-1 図 各鉄塔の検討断面位置図

【参考：影響評価方法選定フロー】

「別紙(40) 鉄塔の影響評価方針について」で実施した選定フロー及び鉄塔の配置図を第 7.1-2 図及び第 7.1-3 図に示す。なお、保管場所及びアクセスルートに影響するおそれのある斜面に関しては網羅的な抽出を行い、安定性評価を実施している。(3章参照)



第 7.1-2 図 鉄塔配置図



第 7.1-3 図 影響評価方法選定フロー

7.1.2 評価対象斜面の選定結果

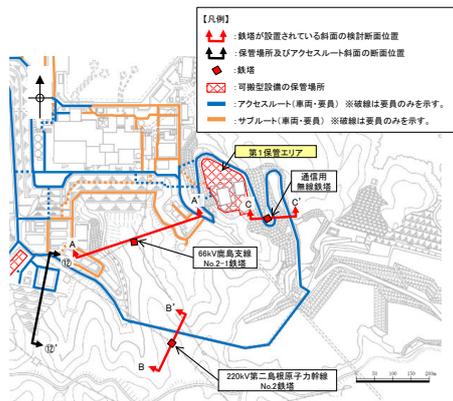
鉄塔が設置されている斜面である A-A' 断面～C-C' 断面について、影響要因の番号付与数及び簡便法の安全率により比較を行った。

比較検討の結果、第 7.1-1 表及び第 7.1-4 図に示す通り、A-A' 断面及び B-B' 断面を 2 次元動的 FEM 解析の評価対象斜面に選定した。

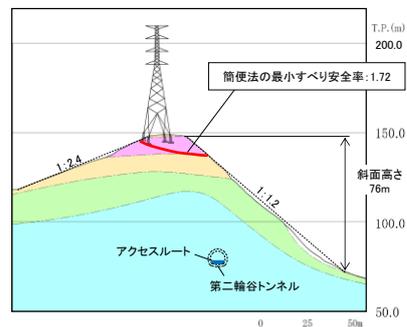
第 7.1-1 表 評価対象断面の選定結果

斜面	影響要因				該当する 影響要因	簡便法の 最小すべり 安全率	選定理由
	【影響要因①】 構成する岩級	【影響要因②】 斜面高さ	【影響要因③】 斜面の勾配	【影響要因④】 シームの分布 の有無			
評価対象斜面に選定 66kV 鹿島支線 No.2-1 鉄塔斜面 (A-A' 断面)	C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	86m	1:1.6 (一部、C <sub>L</sub> 級で 1:0.7 の急勾配部 あり)	あり:3条	①, ②, ③, ④	1.82	D 級岩盤及び C <sub>L</sub> 級岩盤が存在すること、 斜面高さが最も高いこと、一部 1:0.7 の急 勾配部があること、シームが分布すること 及び簡便法の最小すべり安全率が小さい ことから、評価対象斜面に選定する。
220kV 第二島根原子 力幹線 No.2 鉄塔斜面 (B-B' 断面)	C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	76m	1:1.2	なし	①, ③	1.72	D 級岩盤及び C <sub>L</sub> 級岩盤が存在すること、 1:1.2 の急勾配であること、及び A-A' 断 面に比べ簡便法の最小すべり安全率が 小さいことから、評価対象斜面に選定す る。
通信用無線鉄塔斜面 (C-C' 断面)	C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	32m	1:1.5	なし	①	10.04	A-A' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、 平均勾配が緩いこと、シームが分布しな いこと、及び簡便法の最小すべり安全率 が大きいことから、A-A' 断面の評価に代 表させる。

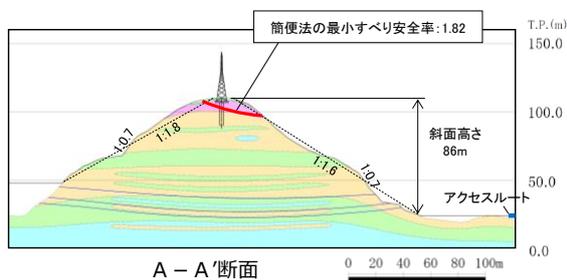
① : 番号を付与する影響要因    ② : 影響要因の番号付与数が多い(簡便法のすべり安全率が小さい)    ③ : 選定した評価対象斜面



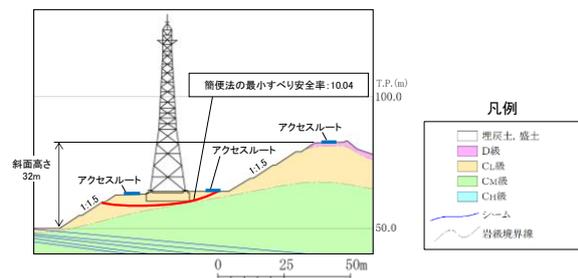
検討断面位置図



B - B'断面



A - A'断面



C - C'断面

第 7.1-4 図 評価対象断面の選定結果

### 7.1.3 評価結果

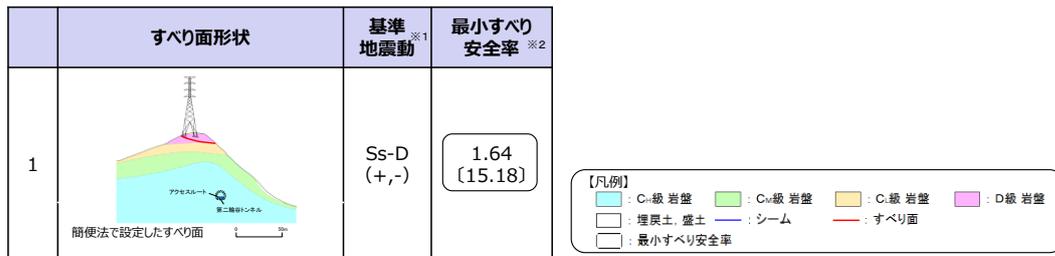
鉄塔斜面の評価対象斜面について、基準地震動  $S_s$  による2次元動的FEM解析を実施した結果、第7.1-5図のとおり、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。

#### ・ A-A' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

#### ・ B-B' 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

第7.1-5図 すべり安定性評価結果

## 7.2 岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊検討

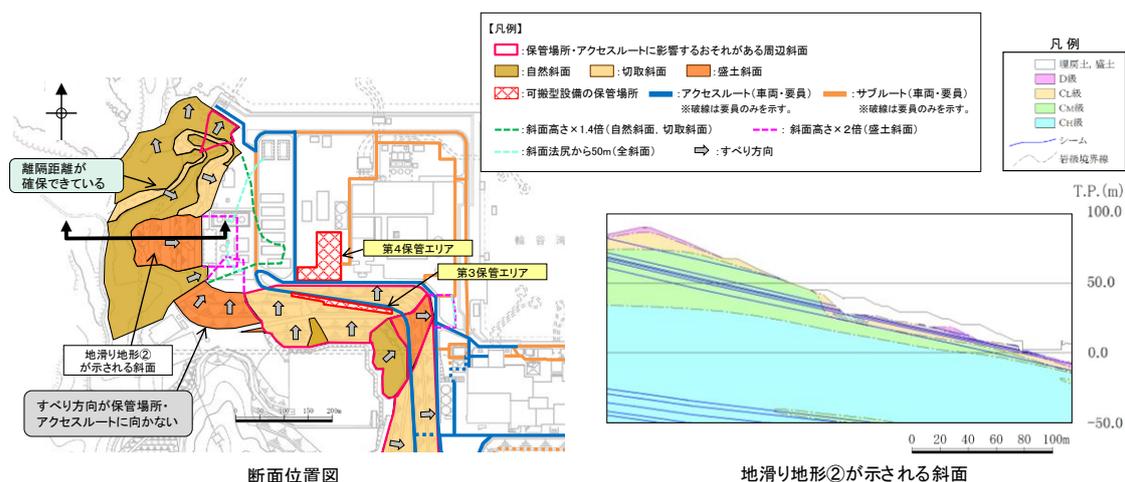
### 7.2.1 地滑り地形②が示される斜面

#### (1) 評価概要

地滑り地形②が示される斜面に関しては、「島根原子力発電所2号炉 外部事象の考慮について 地滑り・土石流影響評価」（第863回審査会合 資料2-2-1, 2020年5月26日）（次頁参照）において、アクセスルートへの影響を別途説明するとしていた。

地滑り地形②が示される斜面は、土地造成工事時に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施工している。検討方針として、第7.2-1図に示す断面図を対象に、岩盤部を通るすべり面のすべり安定性が確保されていることを確認することで、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないことを確認する。

なお、盛土斜面部のみの斜面崩壊を想定した場合、保管場所及びアクセスルートまでの離隔距離は、確保できている。



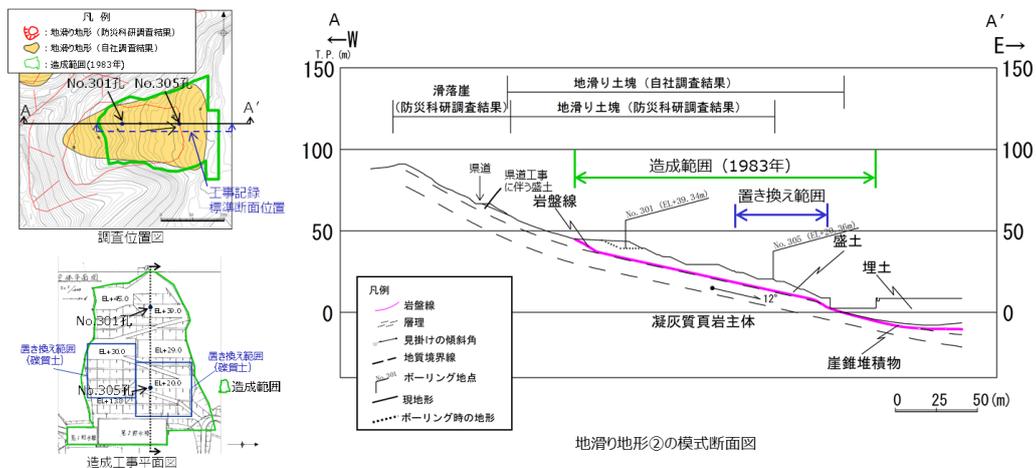
第7.2-1図 評価対象断面図

【参考：地滑り調査結果】

地滑り地形②について、第 7.2-2 図に模式断面図を示す。

EL45m より上方では、堅硬な岩盤が露出しており、地滑り土塊は認められない。EL45m より下方では、土地造成工事時に地滑り土塊に相当する土砂は撤去したうえで、盛土を施している。造成工事後に実施したボーリング (No. 301 孔及び No. 305 孔) によると、盛土と岩盤の境界は造成工事の掘削面に概ね一致することから、地滑り土塊は全て撤去されていると考えられる。

以上のことから、発電所建設前の旧地形から判読されたような地滑り地形②に相当する地滑りは想定されない。



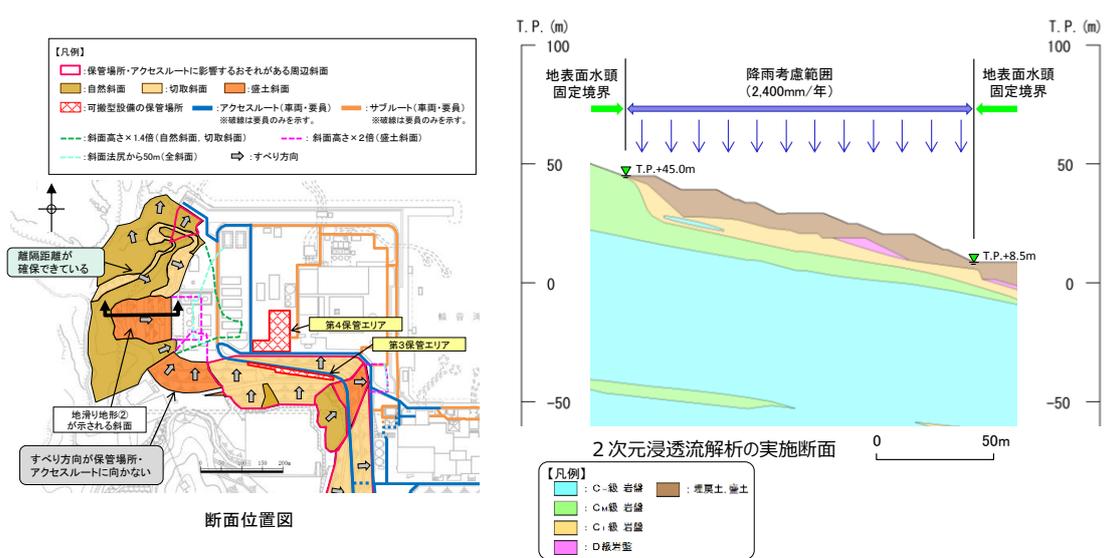
第 7.2-2 図 地滑り地形②の模式断面図

(2) 2次元浸透流解析モデルの解析条件

液状化影響検討用地下水位を設定するため、2次元浸透流解析（定常解析）を実施する。

解析モデルは第7.2-3図のとおりとし、保守的な条件となるよう、T.P.+8.5m盤及び上流側の盛土と地山の境界部において、地表面に水頭固定境界を設定する。

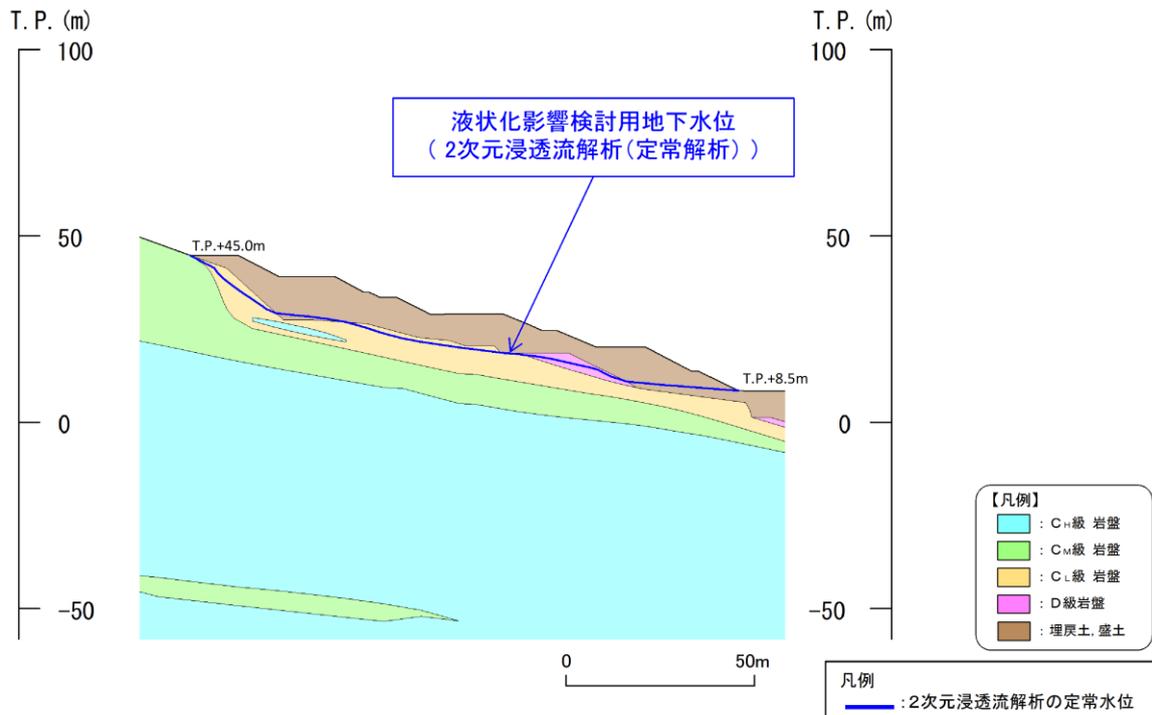
地表面水頭固定境界に挟まれた検討用地下水位の計算領域は、降雨考慮範囲として降雨条件2,400mm/年を考慮する。



第7.2-3図 2次元浸透流解析の解析条件

### (3) 検討用地下水位の条件

2次元浸透流解析の結果を第7.2-4図に示す。2次元浸透流解析の結果、盛土斜面内に地下水位が認められない。液状化範囲の設定に当たっては、地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。



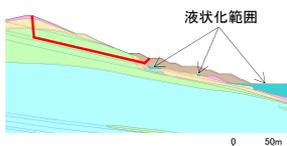
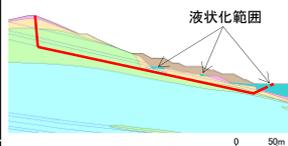
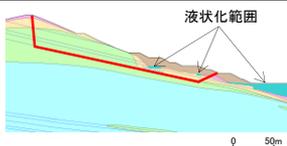
第7.2-4図 2次元浸透流解析結果

(4) すべり安定性評価結果

地滑り地形②の評価対象斜面について、基準地震動  $S_s$  による2次元動的FEM解析により岩盤部を通るすべり面のすべり安定性評価を実施した結果、第7.2-5図に示す通り、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値1.0を上回っており、安定性を有することを確認した。

以上のことから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊は生じないと評価する。

・地滑り地形②が示される斜面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>		すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
1	 <p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面（法肩からB23・24シームを通り盛土内に抜けるすべり面）</p> <p>50m</p>	Ss-D (-, -)	1.63 (8.98)	3	 <p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面（法肩からB19シームを通り法尻付近に抜けるすべり面）</p> <p>50m</p>	Ss-D (-, -)	1.57 (9.01)
2	 <p>液状化範囲</p> <p>シーム沿いのすべり面（法肩からB19シーム及びD級岩盤を通り盛土内に抜けるすべり面）</p> <p>50m</p>	Ss-D (-, -)	1.65 (9.02)	<p>【凡例】</p> <p> <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #ADD8E6; border: 1px solid black;"></span> : C-級 岩盤              <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #90EE90; border: 1px solid black;"></span> : C<sub>v</sub>級 岩盤              <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FFD700; border: 1px solid black;"></span> : C<sub>u</sub>級 岩盤              <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #FF69B4; border: 1px solid black;"></span> : D級 岩盤  <span style="display: inline-block; width: 15px; height: 10px; background-color: #A0522D; border: 1px solid black;"></span> : 埋戻土・盛土              <span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px solid blue;"></span> : シーム              <span style="display: inline-block; width: 15px; border-bottom: 1px dashed red;"></span> : すべり面<sup>※3</sup>  <span style="display: inline-block; width: 15px; border: 1px solid black; border-radius: 50%;"></span> : 最小すべり安全率         </p>			

※1 基準地震動 (+,+) は反転なし, (-,+) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 ( ) は、発生時刻 (秒) を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲 (「4. 液状化範囲の検討」を参照)

第7.2-5図 すべり安定性評価結果

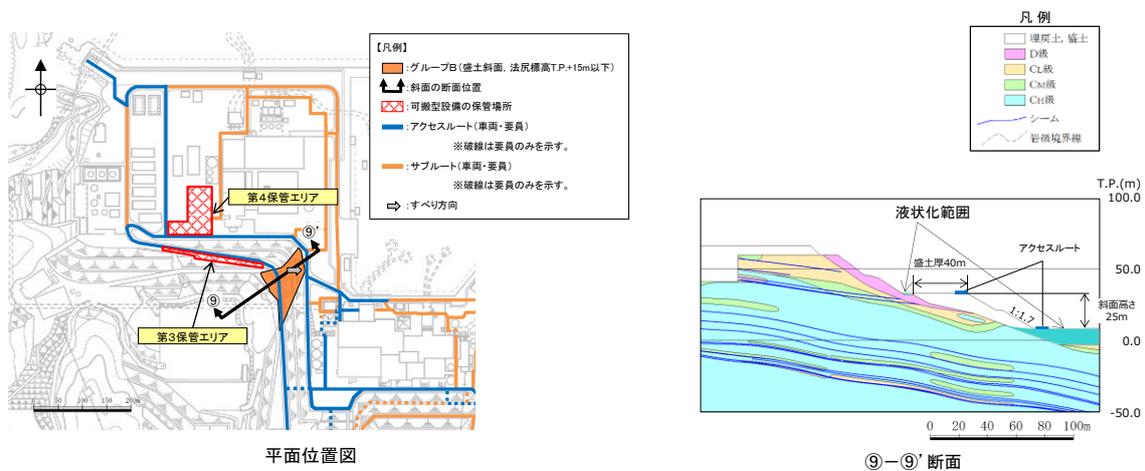
## 7.2.2 33m盤盛土斜面上部の岩盤斜面

### (1) 評価概要

33m盤盛土斜面部については、地震時のすべり安定性は確保されているが、地滑り地形②と同様に、岩盤斜面上に盛土が構築されていることから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊の可能性の有無について検討を行った。

検討方針として、岩盤部を通るすべり面のすべり安定性が確保されていることを確認することで、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊が生じないことを確認する。

なお、液状化範囲の設定にあたっては、2次元浸透流解析により求めた地下水位以深の埋戻土を全て液状化範囲として設定する。(4.3章参照)



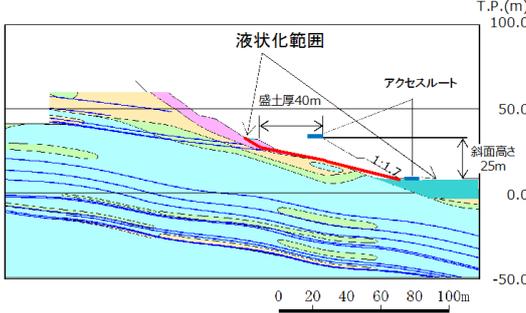
第 7.2-6 図 評価対象断面図

(2) すべり安定性評価結果

3 3 m盤の盛土斜面上部の岩盤斜面について、基準地震動 S s による 2 次元動的 F E M 解析により岩盤部を通るすべり面のすべり安定性評価を実施した結果、最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

以上のことから、岩盤斜面と盛土斜面の同時崩壊は生じないと評価する。

・ 3 3 m 盤盛土斜面上部の岩盤斜面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
1	 <p>33m盤下のD級岩盤及び埋戻土を通るすべり面</p>	Ss-D (+,-)	4.15 [14.65]

【凡例】

- : C級岩盤    ■ : Cm級岩盤    ■ : C級岩盤    ■ : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土    ■ : シーム    --- : すべり面<sup>※3</sup>
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動 (+,+) は反転なし, (-,+ ) は水平反転, (+,-) は鉛直反転, (-,-) は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 [ ] は、発生時刻 (秒) を示す。

※3 破線は液状化影響を考慮する範囲 (「4. 液状化範囲の検討」を参照)

第 7.2-7 図 すべり安定性評価結果

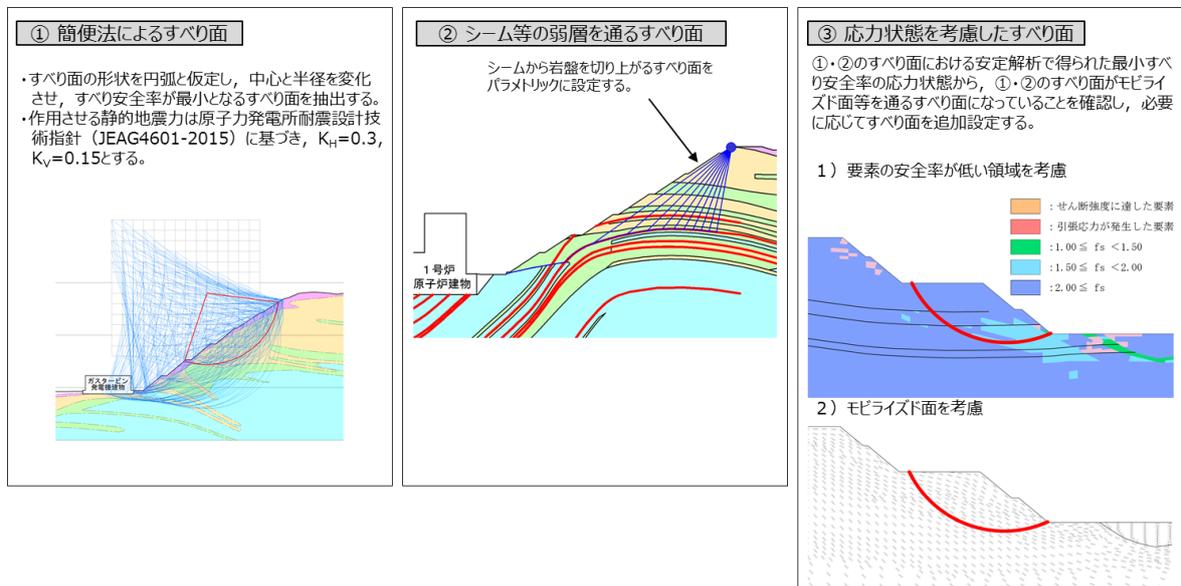
## 7.3 応力状態を考慮した検討

### 7.3.1 すべり面の設定の考え方 (第7.3-1図)

すべり安全率を算定するすべり面については、簡便法によるすべり面及びシーム等の弱層を通るすべり面を設定し、応力状態を踏まえて必要に応じてすべり面を追加設定する。

シーム等の弱層を通るすべり面は、基礎地盤で設定したものと同様に角度をパラメトリックに設定する。

⑫-⑫'断面、⑬-⑬'断面、⑭-⑭'断面に関しては、斜面上部にD級岩盤が分布することから、応力状態を踏まえ、①・②のすべり面がモビライズド面等を通るすべり面になっていることを確認し、すべり面が妥当であることを示す。

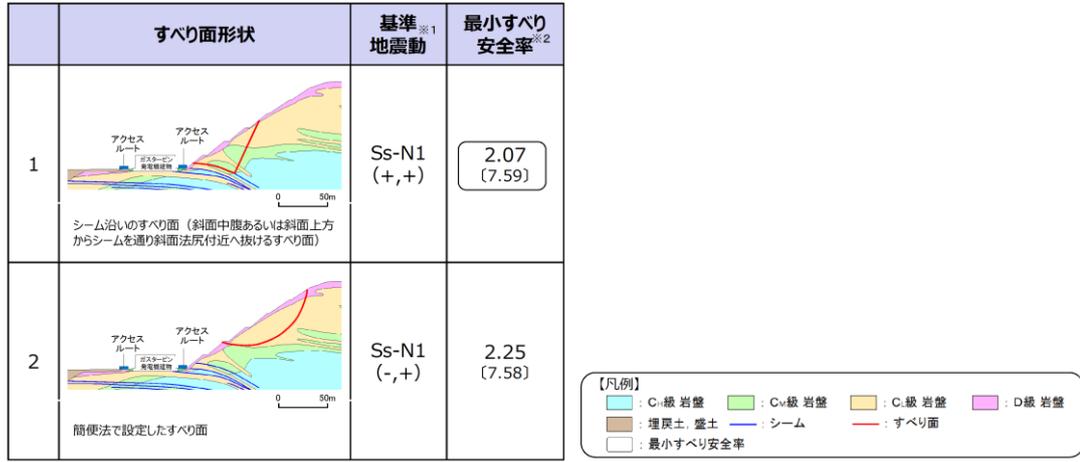


第7.3-1図 すべり面の設定の考え方

### 7.3.2 ⑫-⑫ ‘断面

動的解析の結果、第7.3-2図に示すとおり、平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。

・⑫-⑫’ 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

第7.3-2図 すべり安定性評価結果

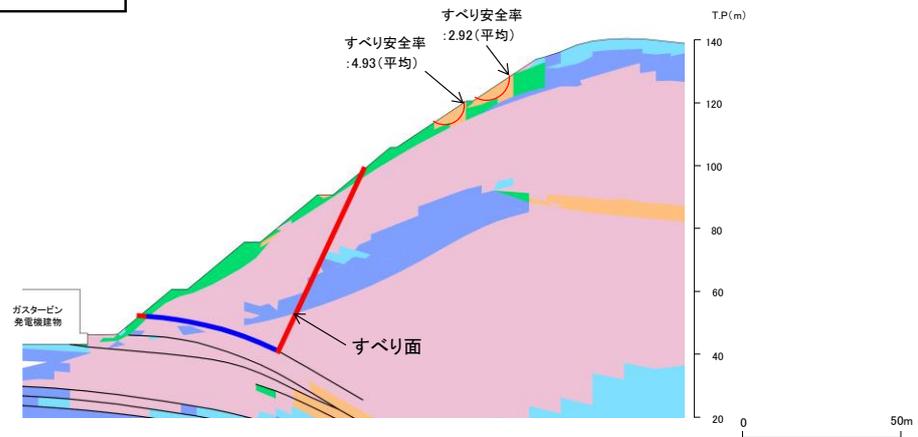
第7.3-3図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果、引張応力が発生した要素が斜面に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素が斜面浅部に分布するが、局所的である。なお、斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については、当該応力状態における最小すべり安全率が2.92（平均強度）であり、強度の低い破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率2.07（平均強度）に包含される。

第7.3-4図に示す主応力分布図を確認した結果、法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね65～110°になり、これに沿うすべりになっている。また、第7.3-5図に示すモビライズド面を確認した結果、モビライズド面を通過していないが、強度の低いシームや破壊領域を通るすべりになっている。

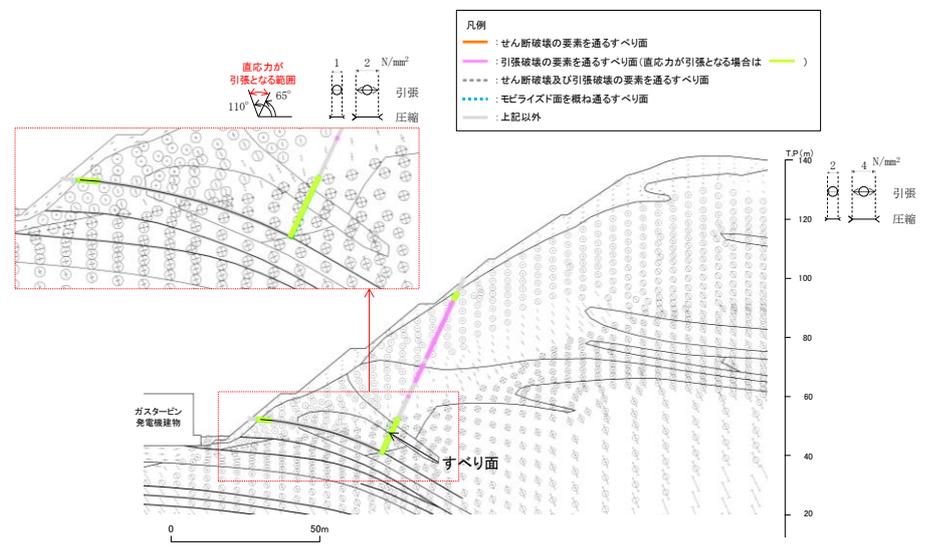
以上のことから、設定したすべり面は、既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため、追加のすべり面は設定していない。

・基準地震動 : Ss-N1(+,+)  
 ・時刻 : 7.59秒  
 ・すべり安全率 : 2.07

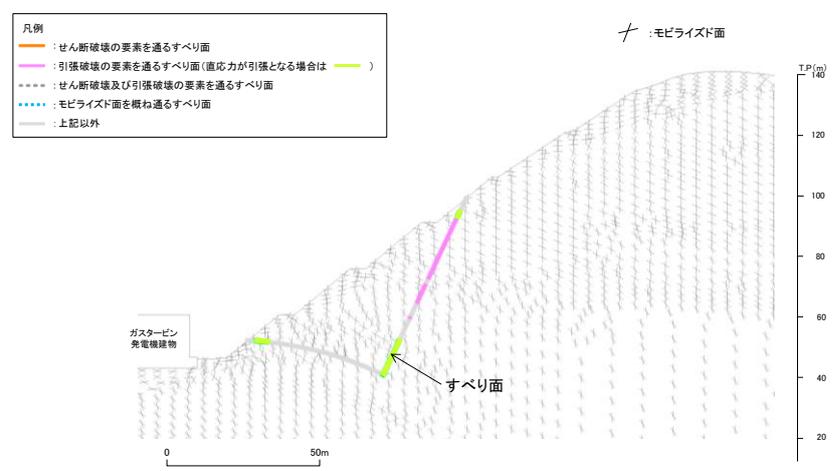
- : せん断強度に達した要素
- : 引張応力が発生した要素
- :  $1.00 \leq f_s < 1.50$
- :  $1.50 \leq f_s < 2.00$
- :  $2.00 \leq f_s$
- : シームを通るすべり面
- : シーム以外



第 7.3-3 図 局所安全係数分布図



第 7.3-4 図 主応力分布図

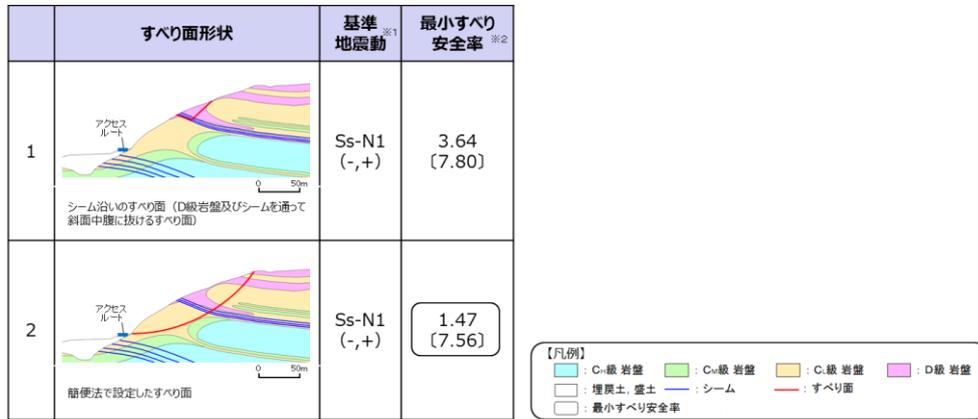


第 7.3-5 図 モビライズド面

### 7.3.3 ⑬-⑬ ‘断面

動的解析の結果、第7.3-6図に示すとおり、平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。

#### ・⑬-⑬’ 断面 平均強度でのすべり安全率



※1 基準地震動(+,+)は反転なし、(-,+)は水平反転、(+,-)は鉛直反転、(-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

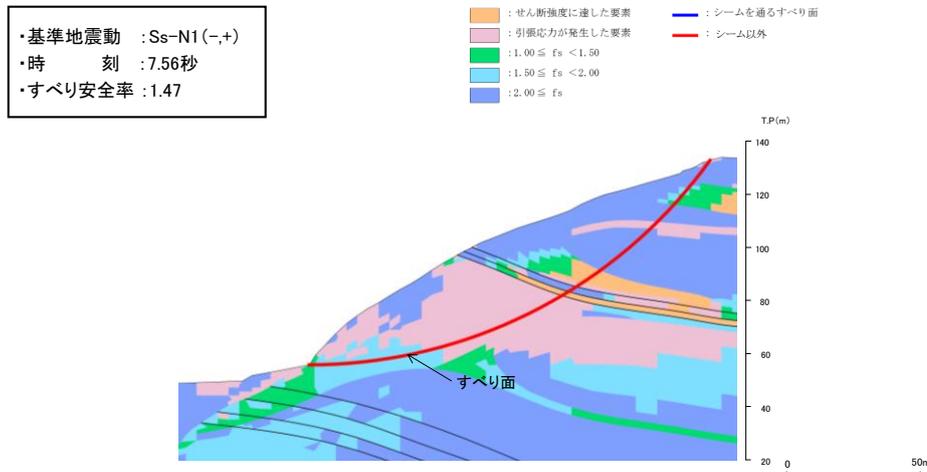
※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

第7.3-6図 すべり安定性評価結果

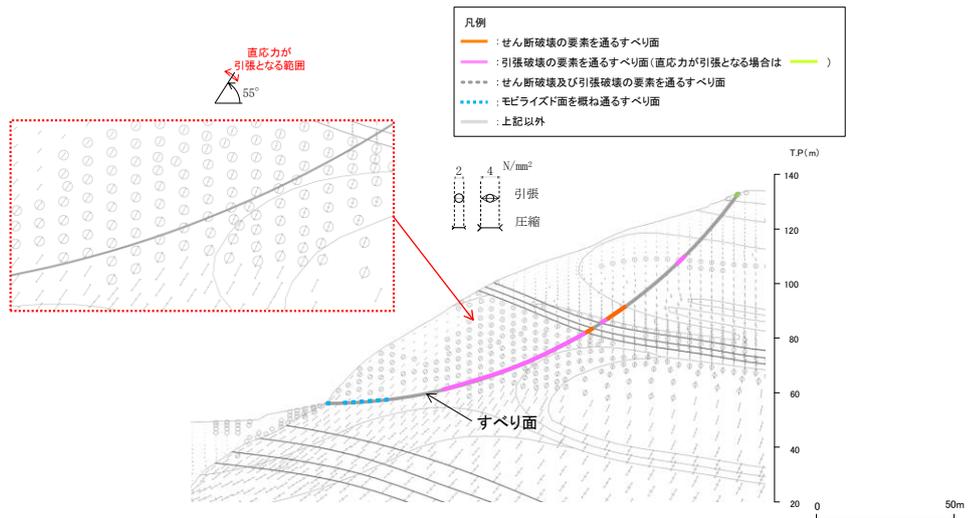
第7.3-7図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果、引張応力が発生した要素が斜面に連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素が斜面内部に分布するが、局所的である。

第7.3-8図に示す主応力分布図を確認した結果、法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね55°になり、これに沿うすべりになっている。また、第7.3-9図に示すモビライズド面を確認した結果、すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。

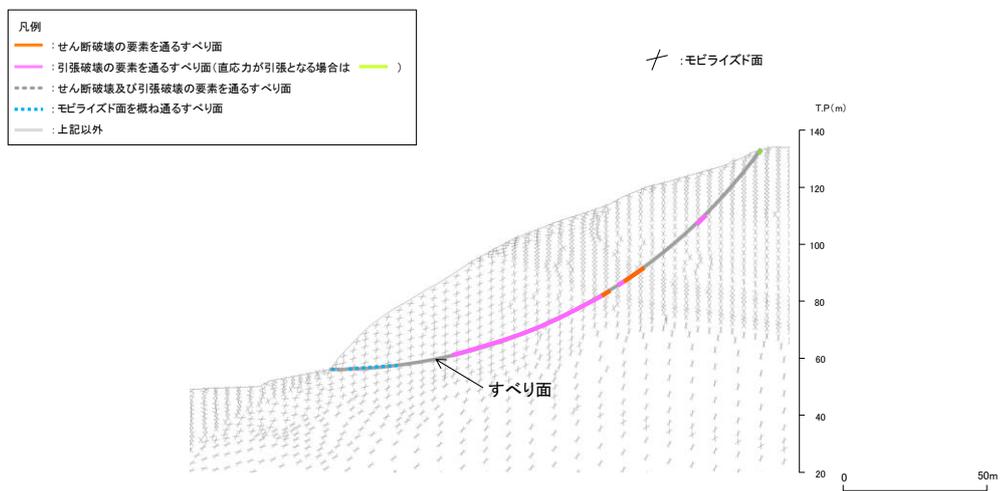
以上のことから、設定したすべり面は、既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため、追加のすべり面は設定していない。



第7.3-7図 局所安全係数分布図



第 7.3-8 図 主応力分布図

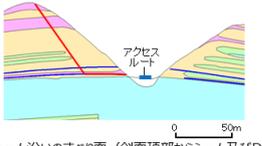
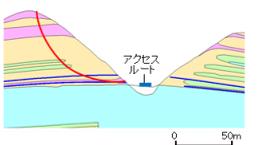


第 7.3-9 図 モビライズド面

### 7.3.4 ⑭-⑭ ‘断面

動的解析の結果、第7.3-10図に示すとおり、平均強度を用いたすべり安全率は1.0を上回ることを確認した。

#### ・⑭-⑭’ 断面 平均強度でのすべり安全率

	すべり面形状	基準地震動 <sup>※1</sup>	最小すべり安全率 <sup>※2</sup>
1	 <p>シーム沿いのすべり面（斜面頂部からシーム及びD級岩盤内を通過して法尻付近に抜けるすべり面）</p>	Ss-D (-, -)	2.18 [9.20]
2	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (-, -)	1.53 [9.20]

【凡例】

- : C<sub>1</sub>級岩盤
- : C<sub>2</sub>級岩盤
- : C<sub>3</sub>級岩盤
- : D級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : シーム
- : すべり面
- : 最小すべり安全率

※1 基準地震動(+,+)は反転なし, (-,+)は水平反転, (+,-)は鉛直反転, (-,-)は水平反転かつ鉛直反転を示す。

※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

第7.3-10図 すべり安定性評価結果

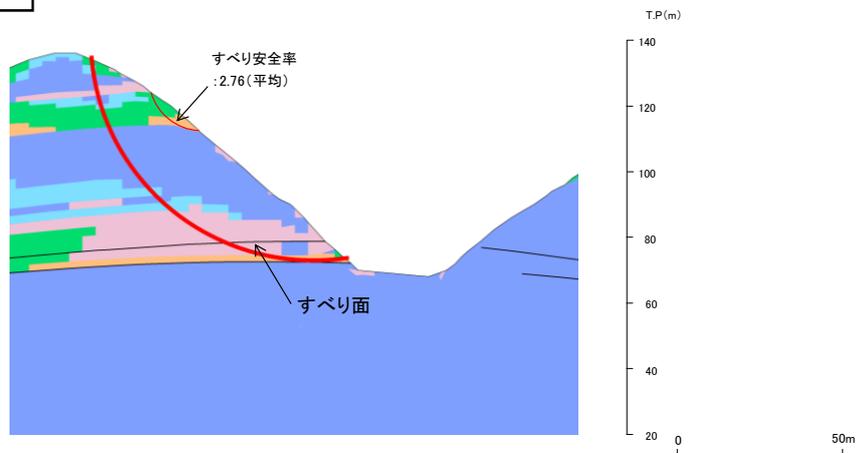
第7.3-11図に示す要素毎の局所安全係数を確認した結果、法尻付近に引張応力が発生した要素が連続しており、これを通るすべり面になっている。また、せん断強度に達した要素は局所的である。なお、斜面浅部のせん断強度に達した要素を通るすべり面については、当該応力状態における最小すべり安全率が2.76（平均強度）であり、法尻付近の破壊領域を通るすべり面の最小すべり安全率1.53（平均強度）に包含される。

第7.3-12図に示す主応力分布図を確認した結果、法尻付近では、直応力が引張となる範囲は概ね110°になり、これに沿うすべりになっている。また、第7.3-13図に示すモビライズド面を確認した結果、すべり面はモビライズド面を概ね通るすべりになっている。

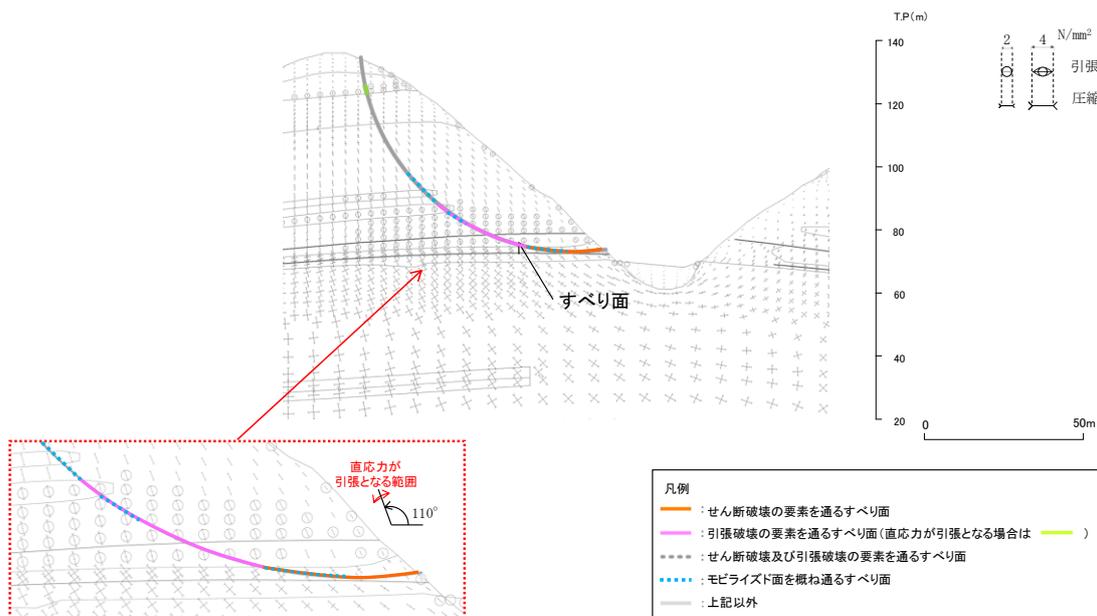
以上のことから、設定したすべり面は、既にすべり安全率の厳しいすべり面になっているため、追加のすべり面は設定していない。

・基準地震動 : Ss-D(-,-)  
 ・時刻 : 9.20秒  
 ・すべり安全率 : 1.53

- ：せん断強度に達した要素
- ：引張応力が発生した要素
- ： $1.00 \leq f_s < 1.50$
- ： $1.50 \leq f_s < 2.00$
- ： $2.00 \leq f_s$
- ：シームを通るすべり面
- ：シーム以外



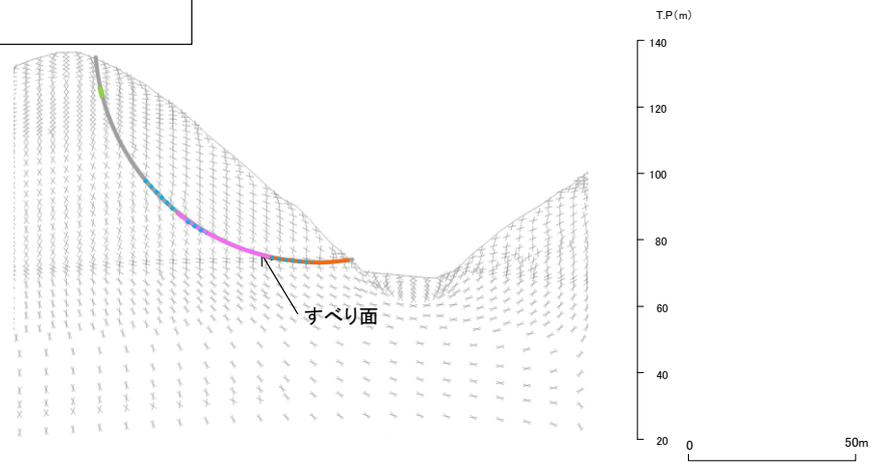
第 7.3-11 図 局所安全係数分布図



第 7.3-12 図 主応力分布図

- 凡例
- : せん断破壊の要素を通るすべり面
  - : 引張破壊の要素を通るすべり面(直応力が引張となる場合は )
  - - - : せん断破壊及び引張破壊の要素を通るすべり面
  - ⋯ : モビライズド面を概ね通るすべり面
  - : 上記以外

✦ : モビライズド面



第 7.3-13 図 モビライズド面

## 7.4 対策工（抑止杭）に関する詳細検討

### 7.4.1 基本方針

対象斜面は、基準地震動  $S_s$  による地震力に対して、敷地内土木構造物である抑止杭を設置することで、斜面の崩壊を防止できる設計とする。

敷地内土木構造物である抑止杭について、設置許可段階においては、先行炉及び一般産業施設における適用事例を調査するとともに、代表断面における抑止杭の耐震評価及び斜面の安定性評価を実施することで、構造が成立する見通しを確認する。

詳細設計段階においては、以下のとおり設計の妥当性に係る検討を行い、評価基準値を下回る場合には、抑止杭を追加配置する。

- ・抑止杭の平面配置の妥当性確認
- ・基準地震動  $S_s$  による杭間が岩盤の場合の中抜け現象を想定した解析的検討
- ・杭前面における岩盤の肌分かれを想定したすべり安定性評価

抑止杭を施工する対象斜面（第 7.4.1-2 図参照）は、敷地造成工事に伴って頂部の切り取りを行っており、第 7.4.1-1 表に示すとおり、平均強度によりすべり安全率 1.0 を上回ることを確認している。①-①' 断面において、地盤物性のばらつき（平均強度  $-1.0 \times$  標準偏差  $(\sigma)$ ）を考慮したすべり安全率が 0.90 と評価基準値を下回ること、及び②-②' 断面において、地盤物性のばらつきを考慮したすべり安全率が 1.06 と裕度が小さいことから、地震による斜面崩壊の防止措置を講ずるための敷地内土木構造物として、抑止杭を設置することとした。

第 7.4.1-1 表 抑止杭を施工する対象斜面のすべり安全率（抑止杭なし）

基準地震動 $S_s$	すべり安全率（平均強度）	
	（ ）内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率	
	①-①' 断面	②-②' 断面
$S_s-D$	1.08 (0.90)	1.24 (1.06)
$S_s-N_1$	1.25	1.57
$S_s-N_2$	1.32	1.58

抑止杭の設計については 7.4.2 章で説明する。

また、抑止杭の耐震評価については 7.4.3 章で説明し、抑止杭を反映した地震時の斜面の安定性評価については 7.4.4 章で説明する。

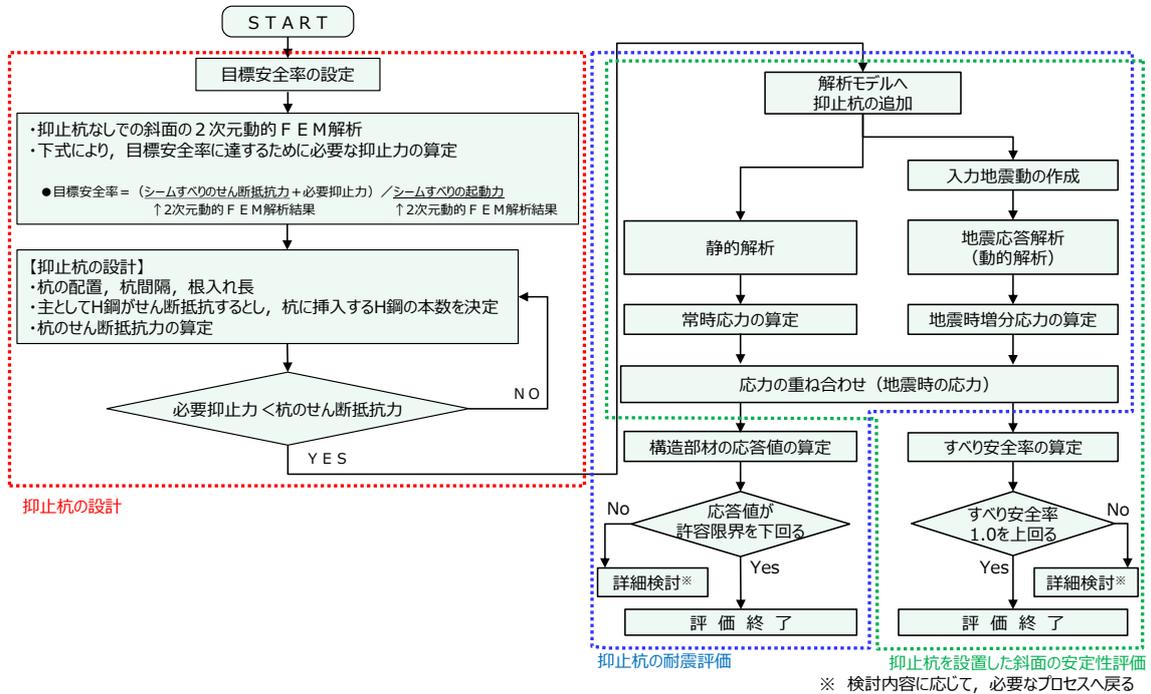
対策工（抑止杭）を実施した斜面の安定性評価フローを第 7.4.1-1 図に示す。

抑止杭を設置した斜面の位置図を第 7.4.1-2 図に示す。

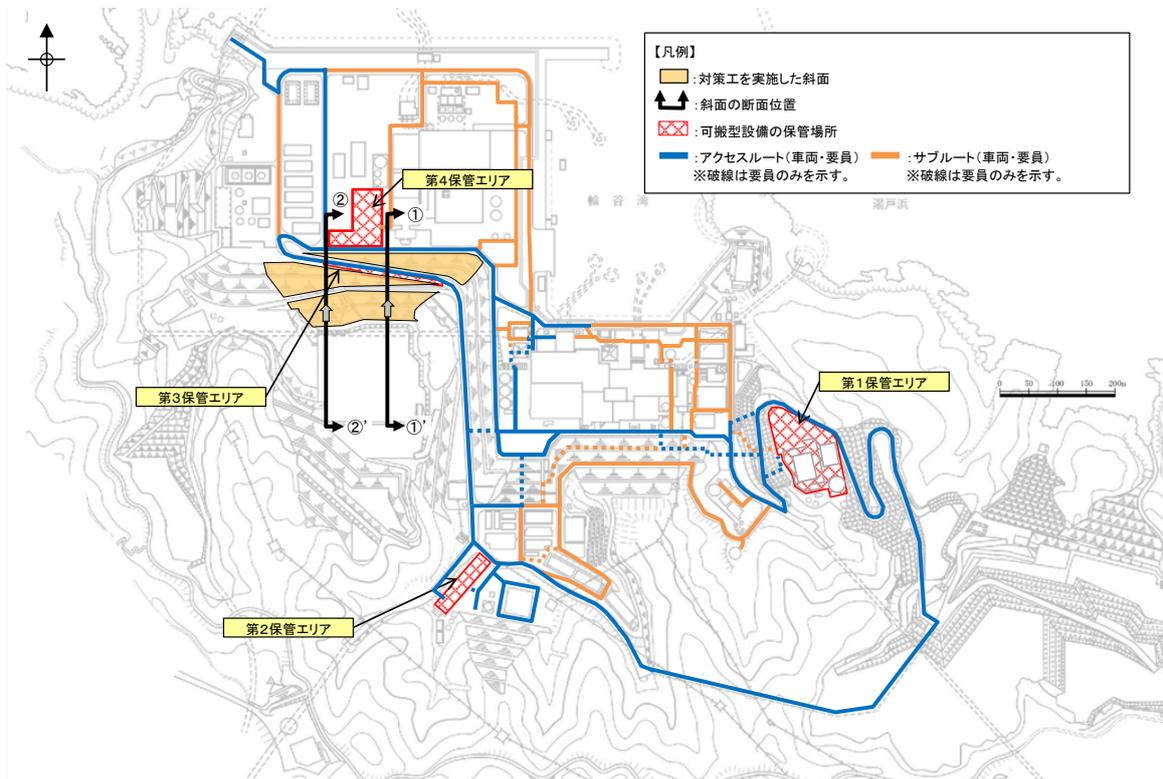
抑止杭は、深礎杭の中に H 鋼を建込んでおり、シームのすべりを抑止する

ため、シームのすべり方向（シームの最急勾配方向は北傾斜のため北方向となる）に対して直交するように縦列に配置している。（シームの分布は第7.4.2-2 図参照）

抑止杭の構造概要図を第7.4.1-3 図に示す。

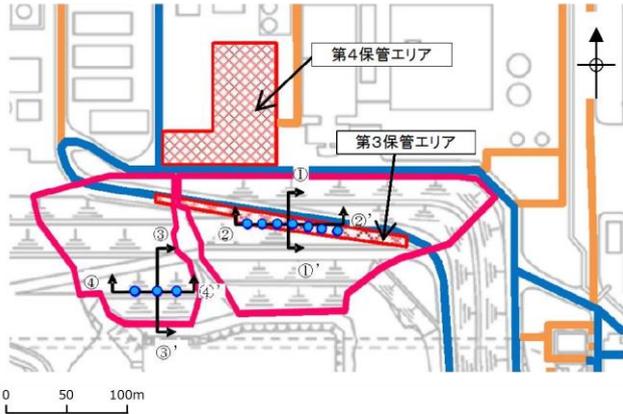


第7.4.1-1 図 対策工（抑止杭）を実施した斜面の安定性評価フロー

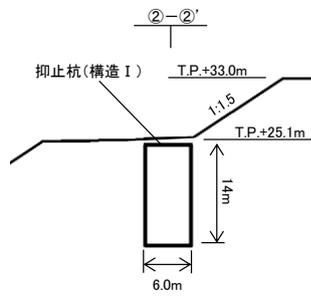


第7.4.1-2 図 対策工（抑止杭）を実施した対象斜面位置図

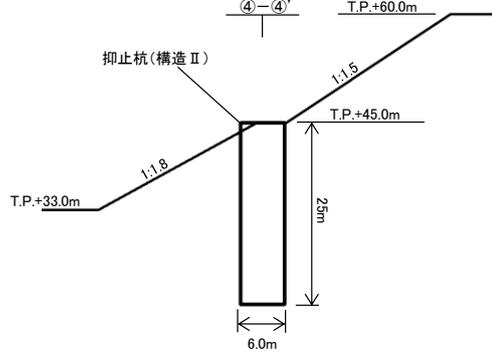
- 【凡例】
- 対策工(抑止杭+斜面切取)を実施した斜面
  - 可搬型設備の保管場所
  - アクセスルート(車両・要員) ※破線は要員のみ
  - サブルート(車両・要員) ※破線は要員のみ
  - 抑止杭
  - 断面位置



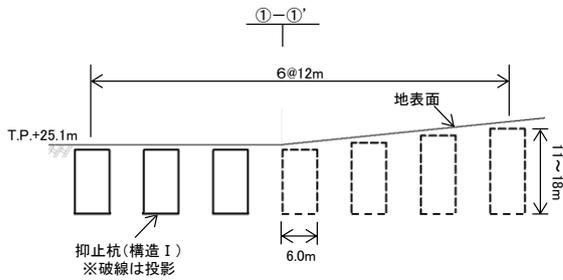
抑止杭配置平面図



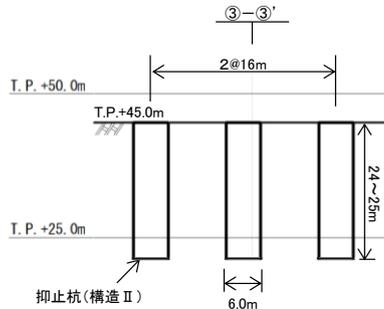
①-①' 断面図



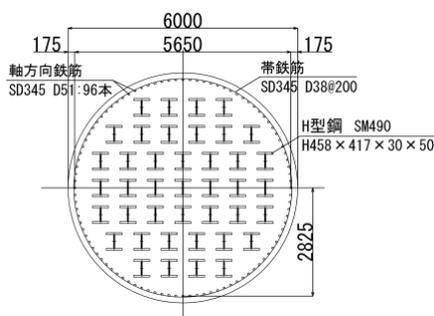
③-③' 断面図



②-②' 断面図

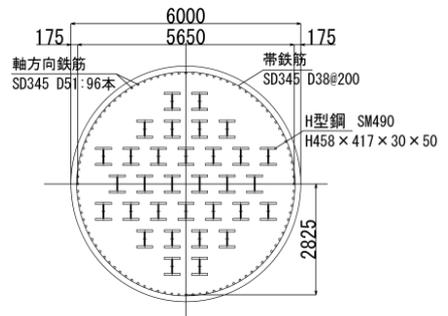


④-④' 断面図



構造 I

抑止杭構造図



構造 II

第 7.4.1-3 図 抑止杭概要図

## 7.4.2 抑止杭の設計

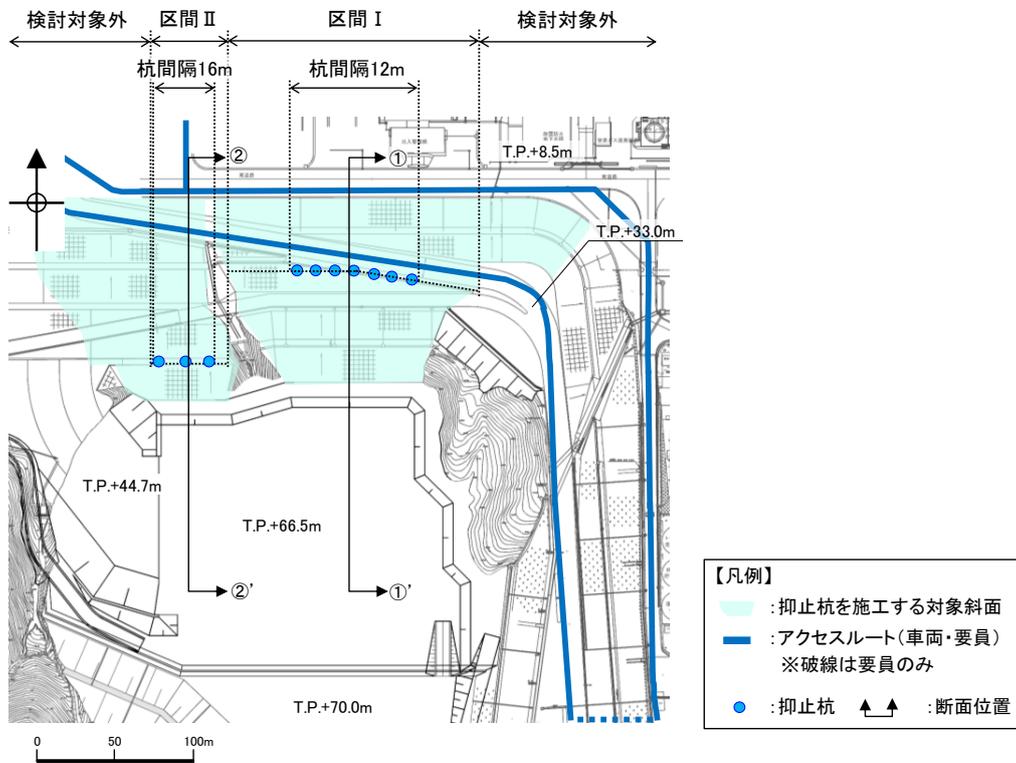
### (1) 評価対象斜面の選定

#### 【評価対象斜面の選定】

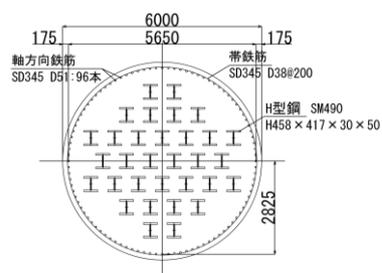
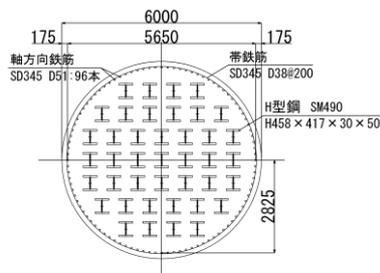
評価対象斜面について、構造物の配置、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる位置を選定する。

まず、構造物の配置の観点から、第7.4.2-1図に示すとおり、対象斜面は以下の2つの区間に分けられる。それぞれの区間は、抑止杭の効果을期待する範囲とし、それ以外は斜面高さが低いことから除外している。

- ・ 区間Ⅰ：抑止杭の構造Ⅰが12m間隔で7本配置されている山体
- ・ 区間Ⅱ：抑止杭の構造Ⅱが16m間隔で3本配置されている山体



平面図



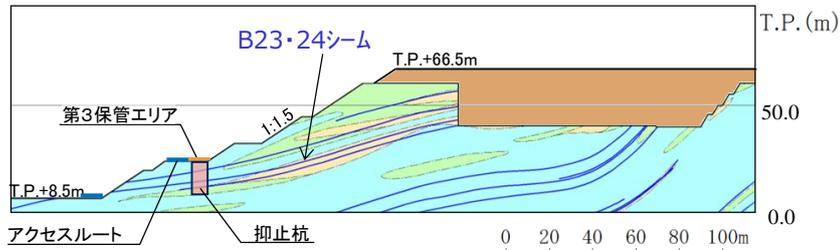
抑止杭構造図 (構造Ⅰ)

抑止杭構造図 (構造Ⅱ)

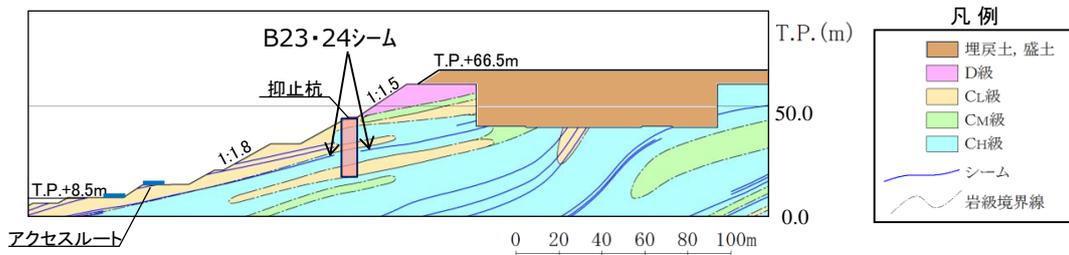
第7.4.2-1図 抑止杭の配置パターン図

次に、地形及び地質・地質構造の観点から、区間Ⅰ及び区間Ⅱにおける岩級・シーム鉛直断面図を第7.4.2-2図に、当該断面図を用いてそれぞれの地形及び地質・地質構造を比較した結果を第7.4.2-1表に示す。

比較検討の結果、各区間において地形及び地質・地質構造が異なるため、両者を評価対象斜面に選定した。



①-①' 断面



②-②' 断面

第7.4.2-2図 区間Ⅰ及び区間Ⅱにおける岩級・シーム鉛直断面図

第7.4.2-1表 各区間における地形及び地質・地質構造の比較結果

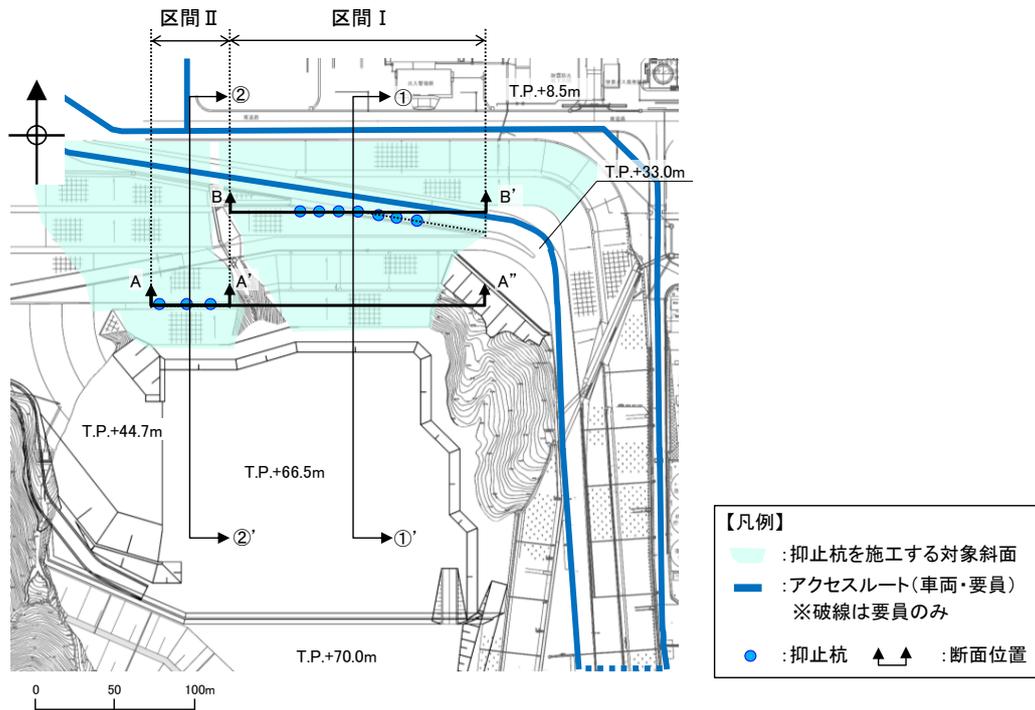
区間	地形		地質・地質構造	
	斜面高さ (m)	切取勾配	岩級	シームの分布
区間Ⅰ (①-①' 断面)	58	1:1.5	C <sub>M</sub> ~C <sub>H</sub> 級主体	B23・24シーム等が連続して分布。
区間Ⅱ (②-②' 断面)	58	1:1.5 下部は 1:1.8	C <sub>M</sub> ~C <sub>H</sub> 級主体, 頂部に D 級が分布	B21・22シーム等が連続して分布。

【評価断面の設定】

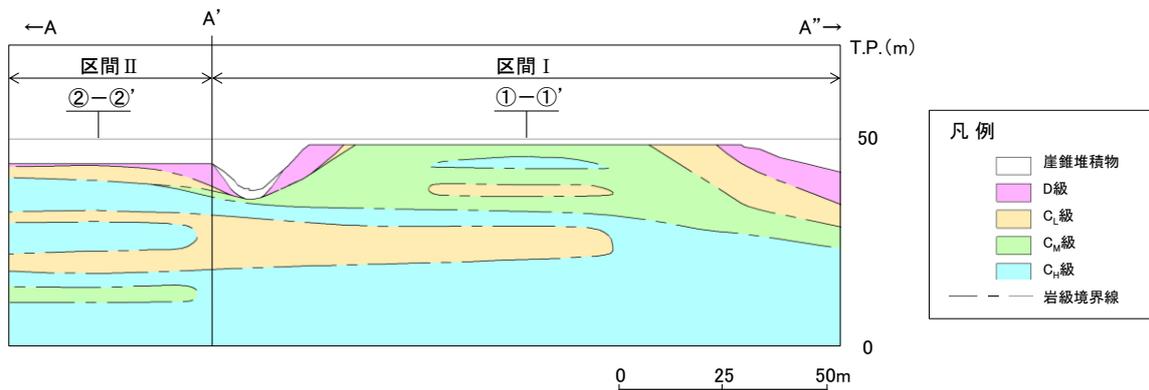
評価対象斜面に選定した区間Ⅰ及び区間Ⅱにおいて、地形及び地質・地質構造を考慮し、構造物の耐震評価上、最も厳しくなると考えられる断面位置を評価断面に設定する。

区間Ⅰ及び区間Ⅱの断面位置平面図を第7.4.2-3図に、地質鉛直断面図を第7.4.2-4図に、シーム分布図を第7.4.2-5図に示す。

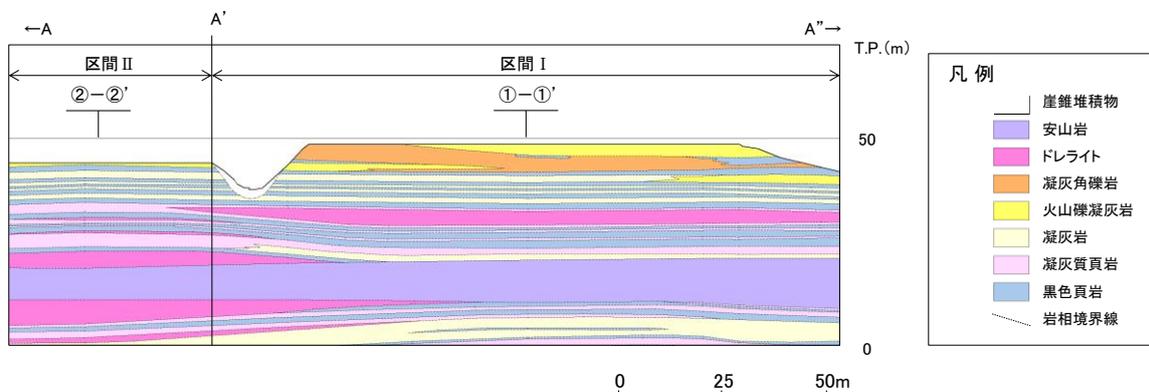
抑止杭の評価断面については、各区間において地質が東西方向に概ね一様であることを踏まえ、斜面高さが高くなる各区間の中央位置において、最急勾配となる方向に①-①'断面及び②-②'断面を設定した。



第7.4.2-3図 区間Ⅰ及び区間Ⅱの断面位置平面図

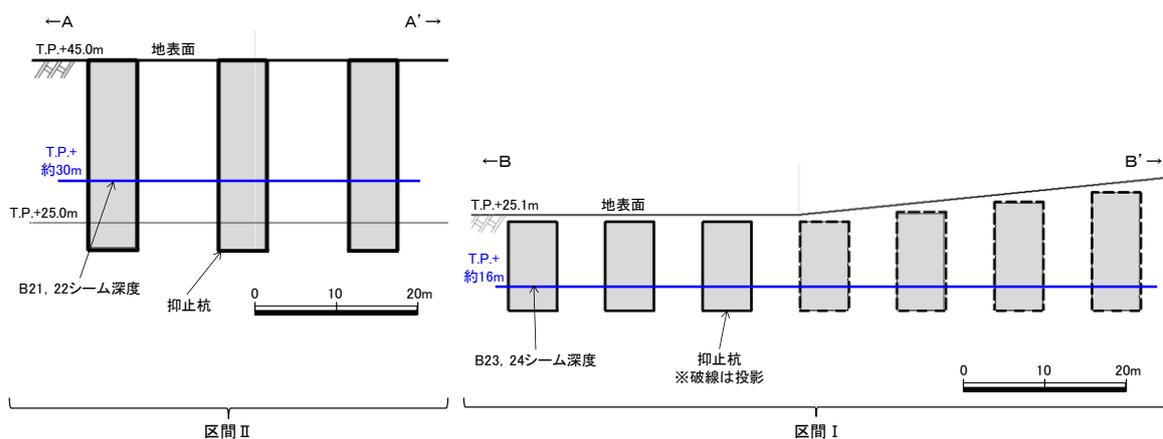


岩級鉛直断面図



岩相鉛直断面図

第 7. 4. 2-4 図 区間 I 及び区間 II の地質鉛直断面図



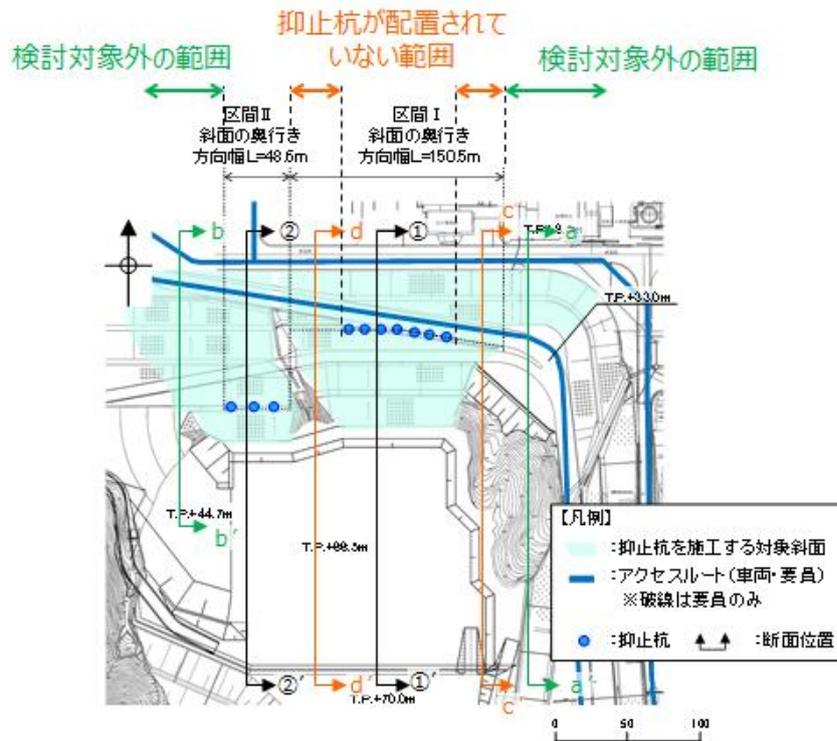
第 7. 4. 2-5 図 区間 I 及び区間 II のシーム分布図

(2) 抑止杭の平面配置の考え方

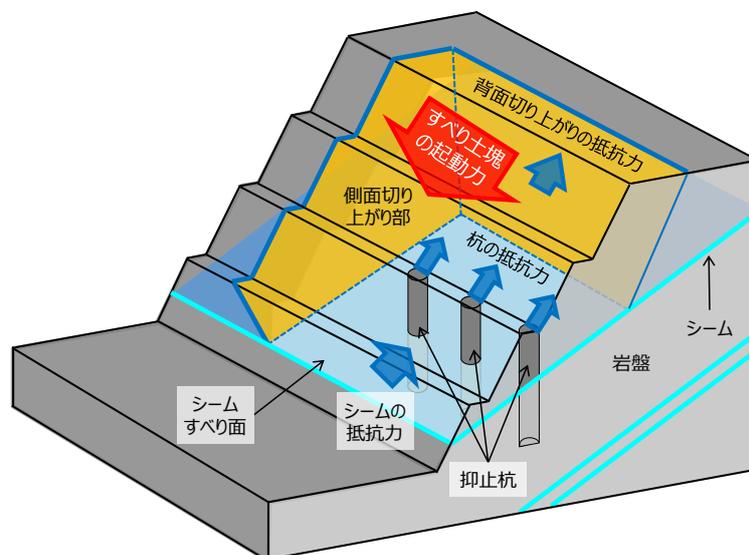
抑止杭の平面配置の考え方は、移動層が  $C_M \sim C_H$  級の堅硬な岩盤であることから、シームすべりを3次元的な剛体のすべり土塊の移動と捉え、安定性が確保されない範囲を検討対象のすべり土塊に設定し、すべり土塊全体を必要本数の杭で抑止するというものであり、すべり方向に対し直交方向に単列配置する。

区間Ⅰ及び区間Ⅱは、対象シームが異なることから、それぞれすべり土塊として設定している。

区間Ⅰは、すべり安定性に影響する斜面高さが東西方向に変化するため、斜面高さが相対的に高い（安定性が低い）範囲に集中的に抑止杭を配置する。



第 7. 4. 2-6 図 抑止杭配置平面図



第 7. 4. 2-7 図 シームすべり土塊全体を杭で抑止するイメージ図

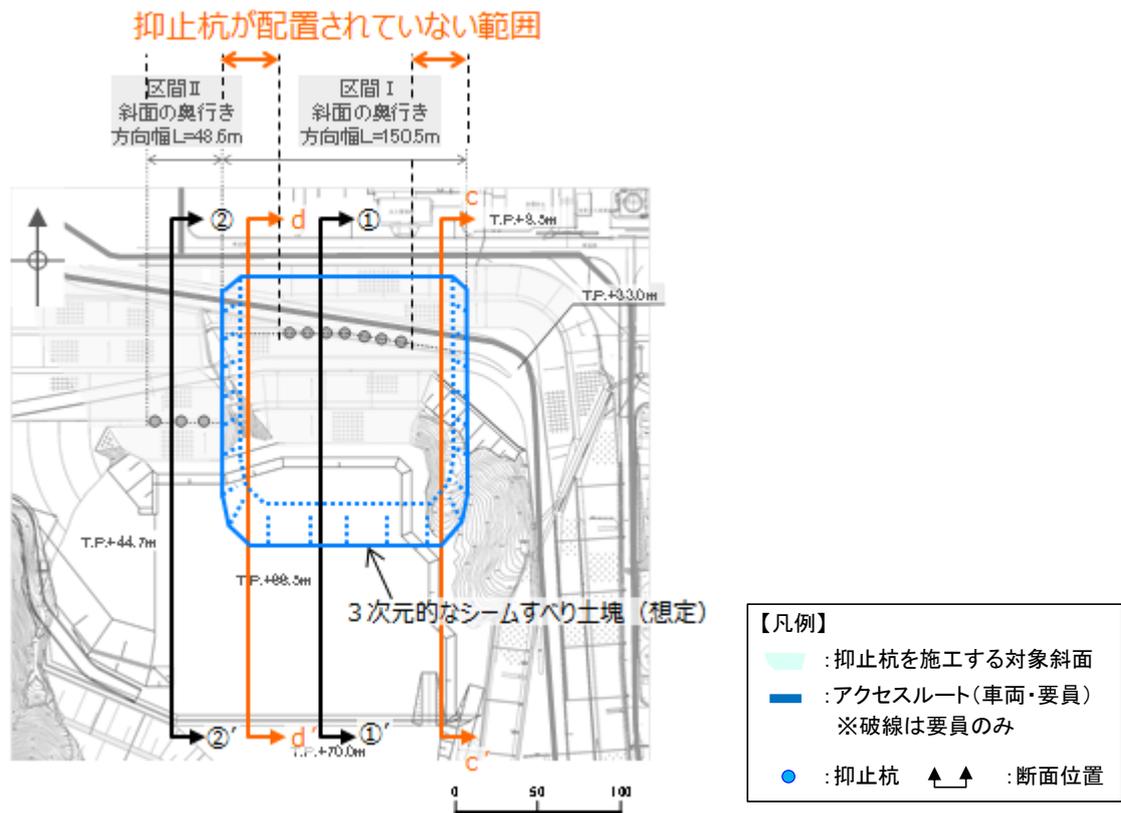
「抑止杭が配置されていない範囲」は、区間Ⅰの中でも斜面高さが相対的に低く、シームすべりの土塊量が小さい。（第7.4.2-8図及び第7.4.2-9図参照）

そのため、確実にシームすべりを抑止するために斜面高さが相対的に高い範囲において抑止杭を集中的に配置し、区間Ⅰの3次元的なシームすべり土塊全体を7本の杭で抑止している。

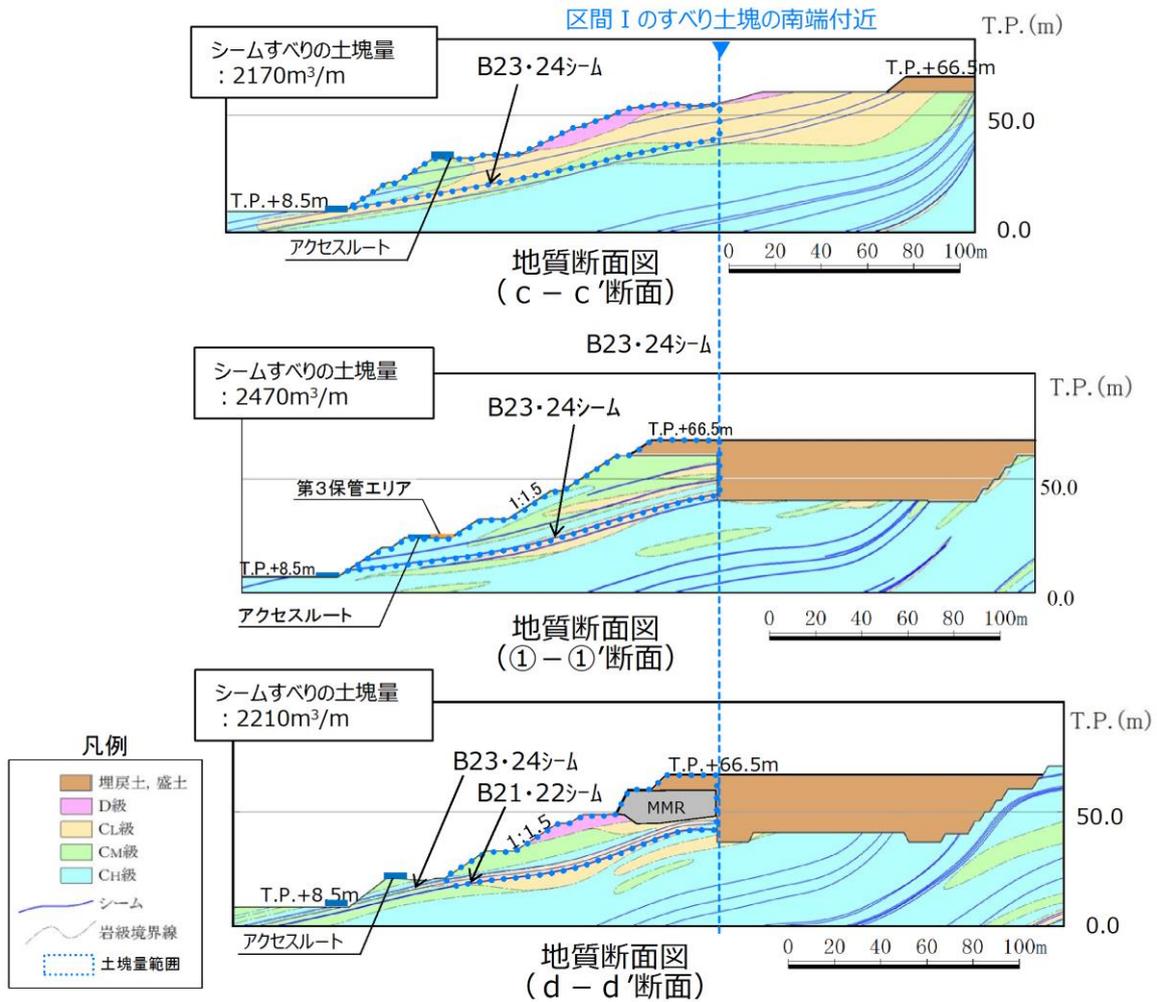
詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。

「検討対象外の範囲」は、斜面高さが区間Ⅰ及びⅡに比べて相対的に低く、シームすべりの土塊量が有意に小さいことから、安定性が高いことから、抑止杭は不要とした。（第7.4.2-10図及び第7.4.2-11図参照）

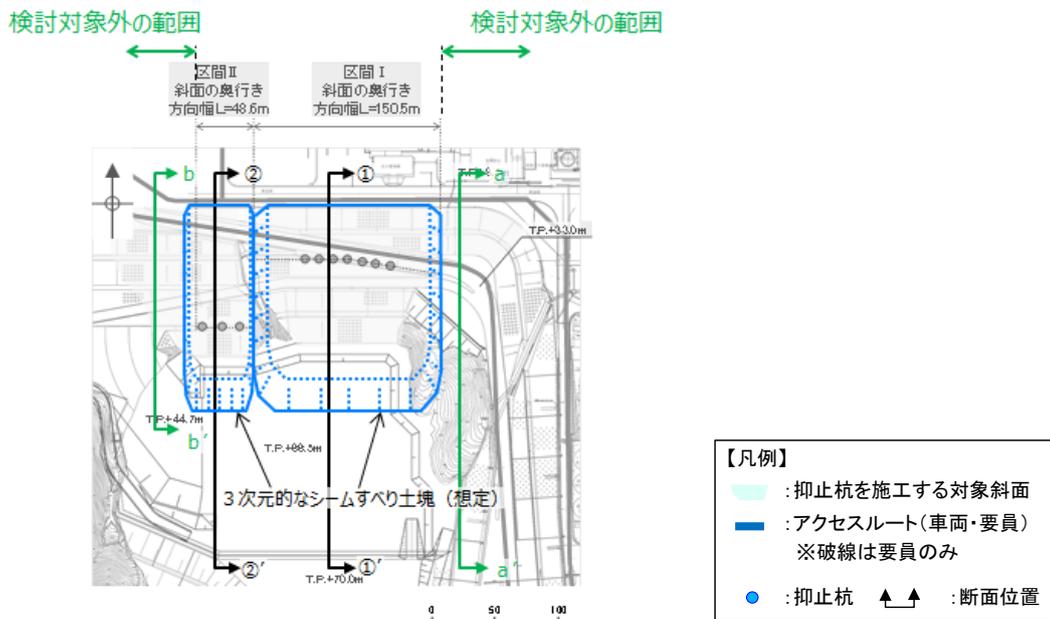
詳細設計段階では、当該範囲において安定性評価を行い、評価基準値を下回る場合は抑止杭を追加配置する。



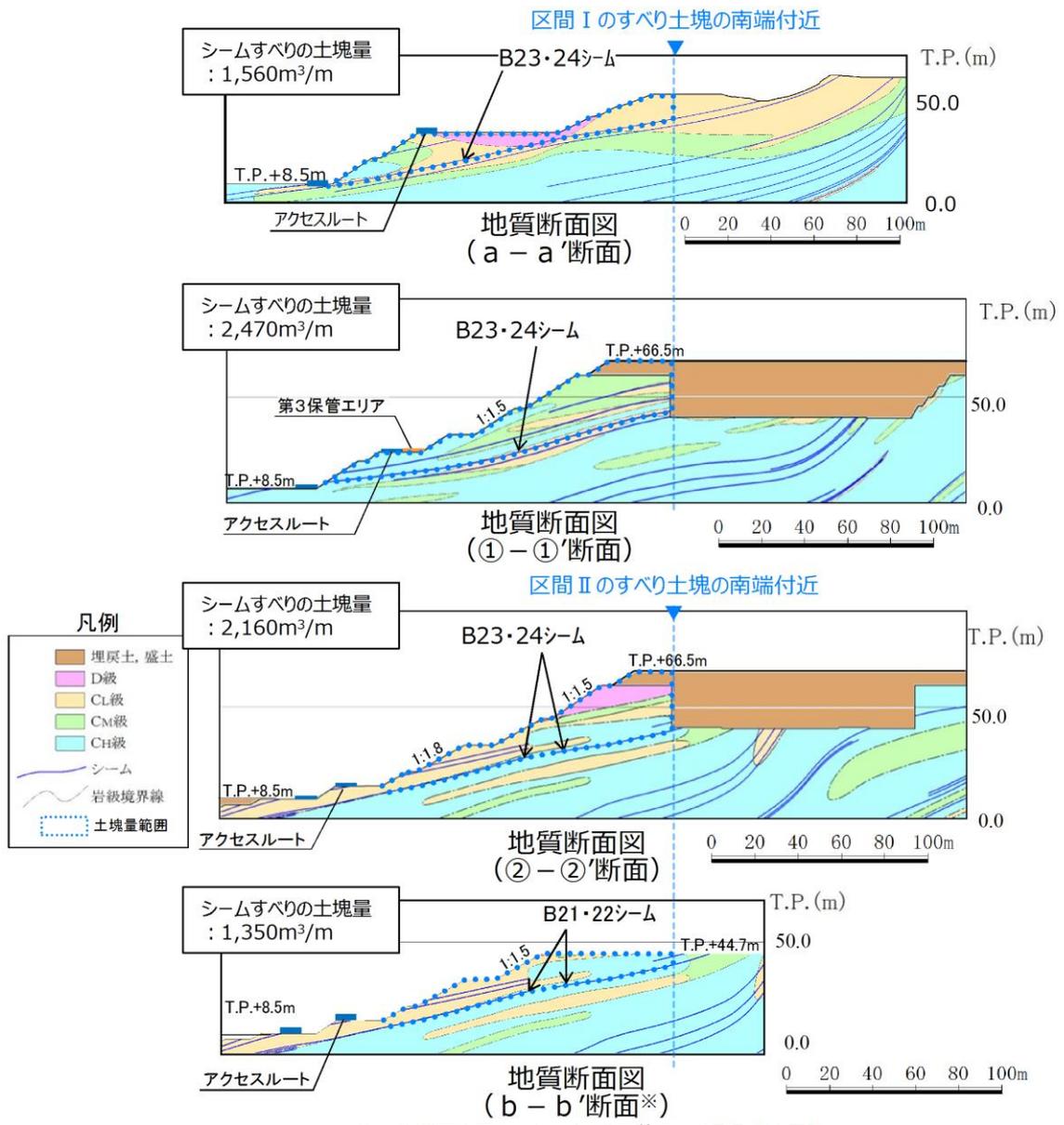
第7.4.2-8図 断面位置図



第 7. 4. 2-9 図 「抑止杭が配置されていない範囲」の地質断面図



第 7. 4. 2-10 図 断面位置図



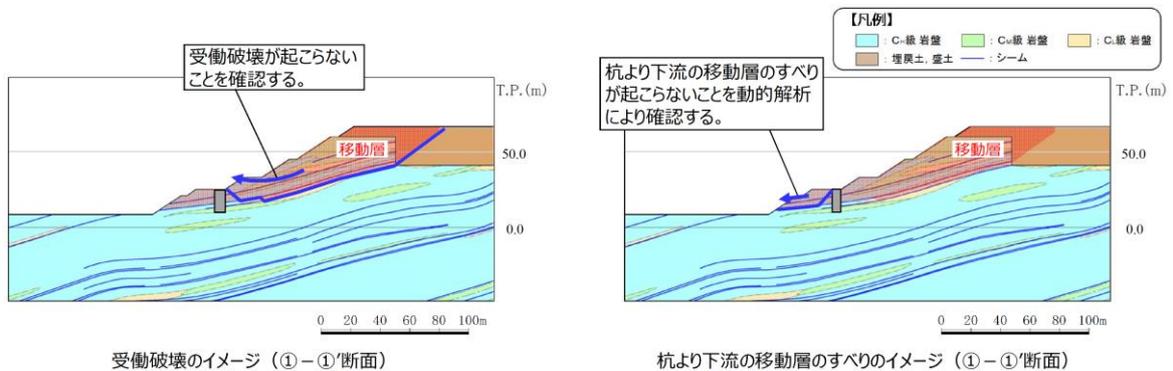
第 7.4.2-11 図 「検討対象外の範囲」の地質断面図

(3) 抑止杭の断面配置の考え方

杭の断面配置は、第 7.4.2-2 表に示す文献を参考に設定した。第 7.4.4(10) 章に、杭の断面配置の妥当性確認結果を示す。

第 7.4.2-2 表 抑止杭の断面配置の考え方に係る文献調査結果

設計項目	参考文献		参考文献の記載内容を踏まえた抑止杭の配置の考え方
	記載内容	文献	
杭の断面配置	杭の設置位置は、原則として、すべり面の勾配が緩やかなところで、杭より下流の移動層の有効抵抗力が十分期待できる位置とし、かつ移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊が起こらないところとする。	最新斜面・土留め技術総覧 (最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・杭の断面配置は、以下を満足する位置とする。</li> <li>①すべり面の勾配が緩やかな位置</li> <li>②杭より下流の移動層のすべりが発生しない位置 ⇒動的解析により確認する。</li> <li>③移動層の厚さの比較的厚く、受働破壊が発生しない位置 ⇒動的解析により確認する。</li> </ul>



受働破壊のイメージ (①-①'断面)

杭より下流の移動層のすべりのイメージ (①-①'断面)

第 7.4.2-12 図 受働破壊及び杭より下流の移動層のすべりのイメージ

(4) 根入れ深さの考え方

杭の根入れを検討するにあたり、抑止杭設置前の斜面において、すべり安定性評価を実施し、移動層・不動層を特定する。

すべり安定性評価の結果を踏まえ、評価基準値であるすべり安全率 1.0 を下回るすべり面が形成するすべり土塊のうち、最大となる土塊を移動層とし、それより下層を不動層とする。

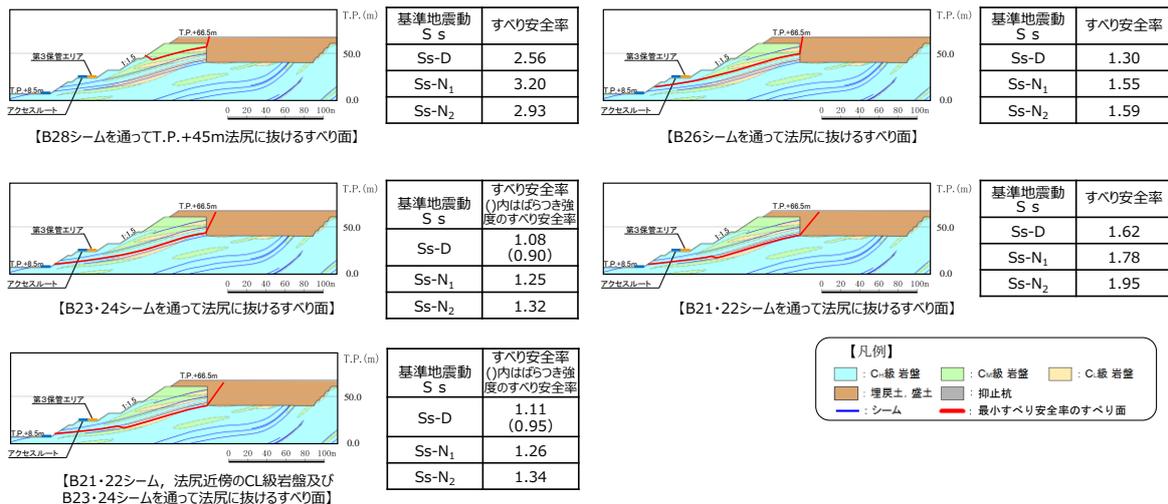
①-①' 断面における各すべり面のすべり安全率を第 7.4.2-13 図に示す。

抑止杭設置前の斜面において、①-①' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、すべり安全率 1.0 を下回るすべり面は以下のとおり。

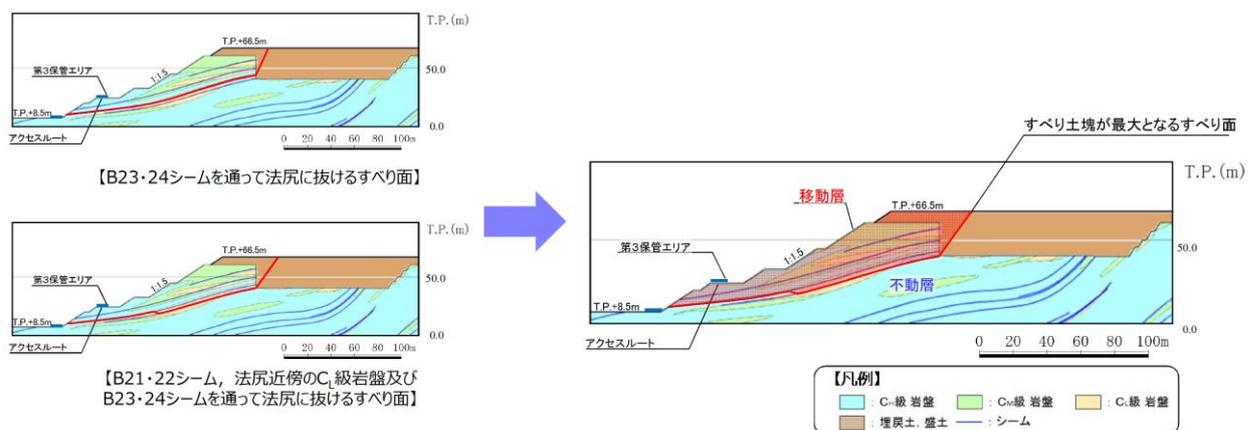
(a) B23・24 シームを通過して法尻に抜けるすべり面

(b) B21・22 シームを通過して法尻近傍の CL 級岩盤内で B23・B24 シームに飛び移り法尻に抜けるすべり面

上記の (a) 及び (b) のすべり面のうち、すべり土塊が最大となる土塊を移動層、それより下層を不動層とした。(第 7.4.2-14 図参照)



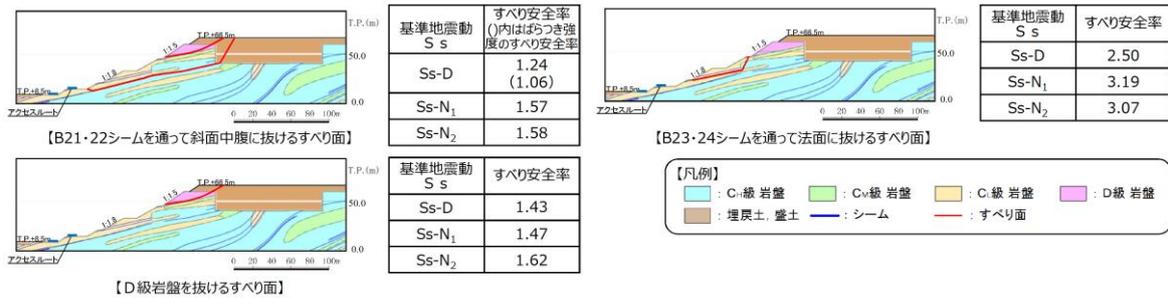
第 7.4.2-13 図 ①-①' 断面の評価結果



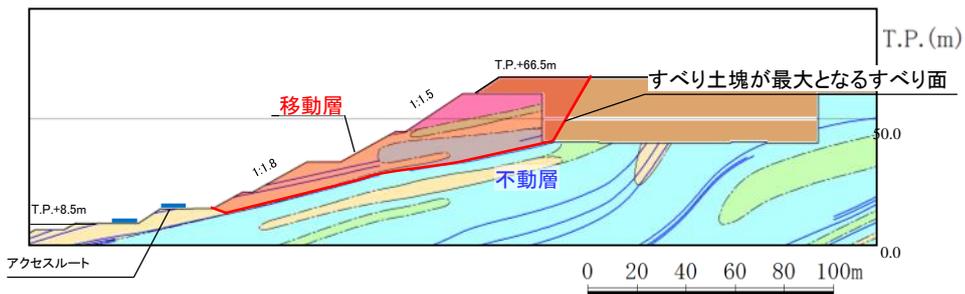
第 7.4.2-14 図 ①-①' 断面の移動層・不動層

②-②' 断面における各すべり面のすべり安全率を第 7.4.2-15 図に示す。

抑止杭設置前の斜面において、②-②' 断面のすべり安定性評価を実施した結果、いずれのすべり面も評価基準値であるすべり安全率 1.0 を上回ることを確認したものの、「B21・22 シームを通過して斜面中腹に抜けるすべり面」は裕度が小さいことから、当該すべり面が形成するすべり土塊を移動層、それより下層を不動層とした。（第 7.4.2-16 図参照）



第 7.4.2-15 図 ②-②' 断面の評価結果

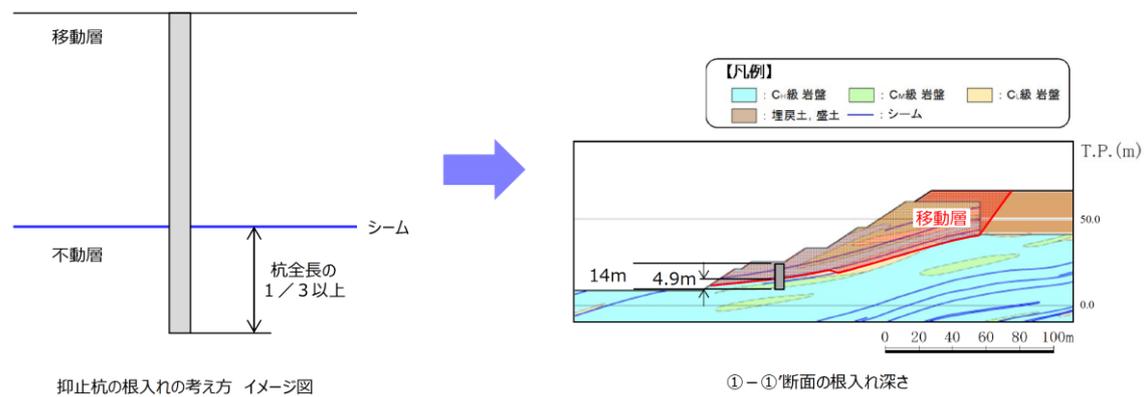


第 7.4.2-16 図 ②-②' 断面の移動層・不動層

杭の根入れ深さは、特定された不動層に十分根入れされるように、第 7.4.2-3 表に示す文献を参考に設定した。

第 7.4.2-3 表 杭の根入れ深さの考え方に係る文献調査結果

設計項目	参考文献		参考文献の記載内容を踏まえた抑止杭の配置の考え方
	記載内容	文献	
杭の根入れ深さ	<ul style="list-style-type: none"> <li>根入れ部が結晶片岩、砂岩、花崗岩、安山岩等で堅硬な岩盤の場合には杭の全長の 1/4 程度、第三紀の泥岩や凝灰岩の場合には杭の全長の 1/3 程度、根入れ部の不動層のN値が50以上のときは杭の全長の 1/3 以上とする。</li> </ul>	最新斜面・土留め技術総覧 (最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)	根入れ部が新第三紀中新世の頁岩・凝灰岩主体の岩盤であるため、全長の 1/3 以上、根入れを行う。 ⇒動的解析の応力状態により、不動層における杭周辺の岩盤が健全であることを確認する。(P113, 114参照)



抑止杭の根入れの考え方 イメージ図

①-①'断面の根入れ深さ

第 7.4.2-17 図 根入れ深さの考え方

(5) 杭間隔の考え方

杭の間隔については、第7.4.2-4表に示す文献調査を踏まえ、杭間が岩盤であることから、文献①及び岩盤中の深礎杭に係る一般産業施設の施工事例を参考に、必要抑止力を満足するよう設定した。

抑止杭周辺地盤は $C_M \sim C_H$ 級主体の堅硬な岩盤であるため、シームすべりの側面抵抗が十分に期待できることから、杭間を抜けるすべりは発生しないと考えられるが、掘削による緩みに起因する杭間を抜けるすべりを防止するため、杭間の岩盤を緩ませないよう対策を行っている。(次頁参照)

詳細設計段階では、以下の検討を行い、必要に応じて抑止杭を追加配置する。

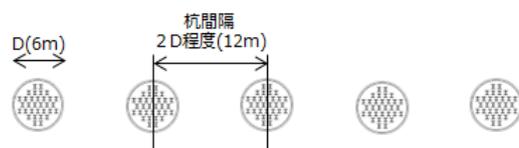
- ・一般産業施設の施工事例について、杭間隔及び $S_s$ 規模の地震による被災事例に着目して整理し、杭間隔の妥当性を確認する。
- ・文献①～③を踏まえ、杭間の岩盤の中抜けを想定した3次元FEM解析を行い、中抜け現象が起こらないことを説明する。

第7.4.2-4表 杭間隔の考え方に係る文献調査結果

設計項目	参考文献			参考文献の記載内容を踏まえた杭間隔の考え方
	記載内容	対象	文献	
杭の間隔 (1/3)	・杭間隔が基礎径の2倍程度未満となると、支持地盤が掘削時の影響により隣接基礎の周面を緩め、地盤抵抗の減少や斜面の不安定化のおそれがあるため、最小中心間隔は基礎径の2倍程度とするのがよいとしている。	岩盤(支持層)の深礎基礎	文献①：斜面上の深礎基礎設計施工便覧(公益社団法人日本道路協会, 2012年)	杭間隔を杭直径の2D程度とする。

設計項目	参考文献			参考文献の記載内容を踏まえた杭間隔の考え方
	記載内容	対象	文献	
杭の間隔 (2/3)	・標準杭間隔として、移動層の厚さ20m以上では杭の間隔は4m以下を目安とする。 ・上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。	土質もしくは岩石で構成される移動層中の杭工	文献②：最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)	

設計項目	参考文献			参考文献の記載内容を踏まえた杭間隔の考え方
	記載内容	対象	文献	
杭の間隔 (3/3)	・風化まさ土地帯の抑止杭を対象とし、大型一面せん断機による模型実験により、杭間隔と中抜け現象及び杭の負担荷重の相関性について考察した。 ・杭間隔を変えて実験を行った結果、8D以上になると中抜けしやすくなることが分かったため、適切な杭間隔として8D以下が一つの目安になることが分かった。 ・中抜け現象は、移動層と不動層の層境の移動層底部の土塊が杭間をトコロン状にすべり抜け、地表面付近の土塊も一体にすべり抜けようとし、手前にせり出す際の亀裂の発生により、崩壊している現象と考えられる。	土質で構成される移動層中の杭	文献③：斜面崩壊抑止杭に関する模型実験(技術研究所報 No.19, 佐藤工業(株), 1993年)	



第7.4.2-18図 ①-①'断面の杭間隔等(イメージ図)

6.2.17 標準杭間隔<sup>33)</sup>

標準杭間隔として次の数値を目安とする。

移動層の厚さ (m)	杭の間隔 (m)
～ 10	2.0以下
10 ～ 20	3.0以下
20以上	4.0以下

杭の間隔は単列、千鳥配列共に地すべりの上流又は下流から見た投影間隔を意味し、その距離は杭の芯間距離とする(図34 参照)。

上記の数値の他に杭の直径の8倍以内を杭間隔の一応の目安とすることができる。

これらの数値は経験や実験結果にもとづいて定められたものであり、削孔による地盤のゆるみや乱れの影響が重複せず、したがって土塊の中抜けを起こさず、杭に所定の地すべり力が作用するための条件の目安として用いることができる。

なお、杭の施工上孔壁間の距離は約1m以上を確保する必要があるため杭間隔の決定にあたってはこの点を考慮する必要がある。設計計算上孔壁間の距離が約1m未満となる場合には杭配列を千鳥配列とする。

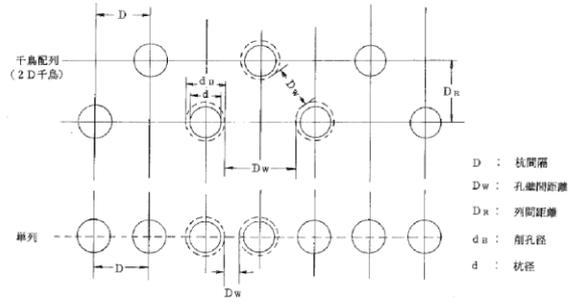
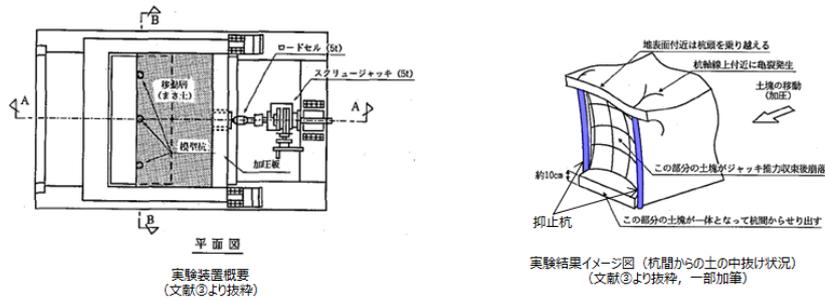


図34 杭間隔および杭の配列<sup>33)</sup>

文献②を抜粋、加筆

第7.4.2-19 図 文献③の概要



第7.4.2-20 図 文献③の概要

【杭間の岩盤の緩みに対する施工時の配慮】

「道路橋示方書 (I 共通編・IV 下部構造編) ((社)日本道路協会, 2002年3月)」及び「斜面上の深礎基礎設計施工便覧 ((社)日本道路協会, 2012年3月)」によると、深礎基礎の施工時には、発破作業を原則として避けることとされている。

また、「斜面上の深礎基礎設計施工便覧 ((社)日本道路協会, 2012年3月)」によると、発破掘削は岩盤を効率よく掘削することができる反面、地山を緩めやすく、機械掘削は地山の緩みが小さいとされている。

これらを踏まえ、島根サイトの深礎杭の掘削では、 $C_M \sim C_H$ 級の堅硬な岩盤に対し、地山を緩めやすい発破掘削を避け、緩みの小さい『機械掘削』を採用している。



第 7. 4. 2-21 図 島根サイトの深礎杭 掘削面の写真（南側）



第 7. 4. 2-22 図 掘削状況写真



第 7. 4. 2-23 図 掘削面の近接写真

### 7.4.3 敷地内土木構造物（抑止杭）の耐震評価

#### (1) 評価方針

敷地内土木構造物である抑止杭について、基準地震動  $S_s$  が作用した場合に、敷地内土木構造物の機能が維持されていることを確認するため、耐震評価を実施する。耐震評価においては、地震応答解析結果における照査用応答値が許容限界値を下回ることを確認する。

#### (2) 適用規格

適用する規格、基準等を以下に示す。

- ・最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)
- ・斜面上の深礎基礎設計施工便覧((社)日本道路協会, 2012年3月)
- ・コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕((社)土木学会, 2002年3月)
- ・道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)((社)日本道路協会, 2002年3月)
- ・道路橋示方書・同解説(I 共通編・IV 下部構造編)((社)日本道路協会, 2002年3月)

#### (3) 解析用物性値（地盤）

地盤の解析用物性値については、「島根原子力発電所2号炉 耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価について」の物性値を用いる。

#### (4) 解析用物性値（抑止杭，物理特性・変形特性）

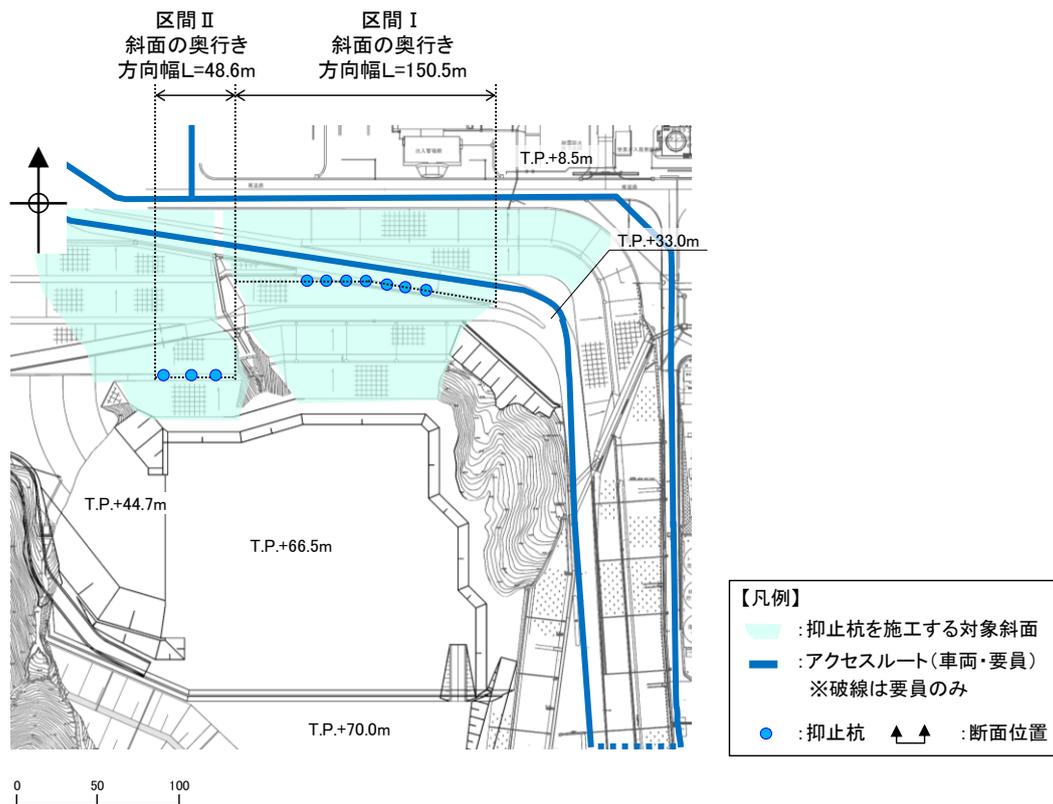
耐震評価に用いる材料定数は、設計図書及び文献等を基に設定する。抑止杭の使用材料を第7.4.3-1表に示す。

第7.4.3-1表 抑止杭の使用材料

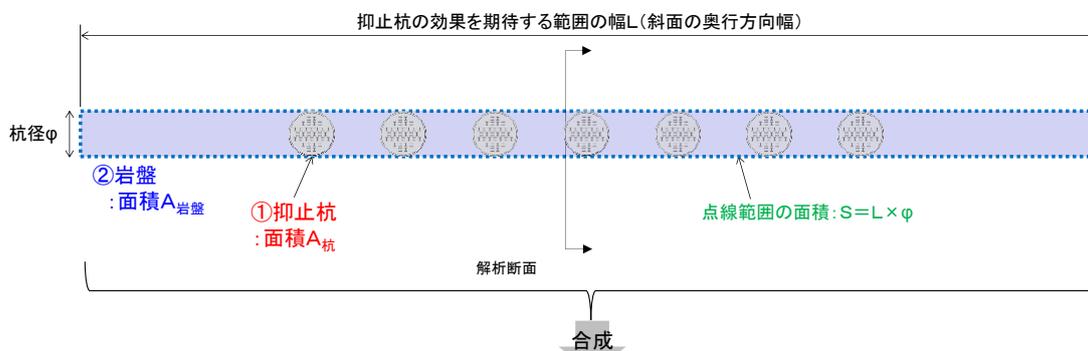
材 料		諸 元
抑止杭	コンクリート	設計基準強度 $F_c=24\text{N/mm}^2$
	鉄筋	SD345 D38, D51
	H鋼	SM490 H458×417×30×50

抑止杭の解析用物性値の設定概要図を第 7. 4. 3-1 図に示す。

抑止杭の杭間には岩盤が存在することから、抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値については、抑止杭と岩盤を合成した物性値を設定する。合成する物性値は、単位体積重量、静弾性係数及び動せん断弾性係数とし、ポアソン比及び減衰定数については、抑止杭の構造主体である鉄筋コンクリートの一般値を用いる。合成方法は、各区間において抑止杭及び岩盤の断面積を算定して両者の断面積比に物性値を乗じて足し合わせる。



平面図



$$\text{合成した抑止杭の単位奥行当たりの物性値} = \text{物性値(杭)} \times \frac{\text{面積}A_{\text{杭}}}{\text{面積}S} + \text{物性値(岩盤)} \times \frac{\text{面積}A_{\text{岩盤}}}{\text{面積}S}$$

設定概要図 (例：区間 I)

第 7. 4. 3-1 図 抑止杭の解析用物性値の設定概要図

抑止杭及び岩盤の物性値を第 7.4.3-2 表に、算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比を第 7.4.3-3 表に、合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値を第 7.4.3-4 表に示す。

第 7.4.3-2 表 抑止杭及び岩盤の物性値

材料		単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	静弾性係数 E (×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	動せん断弾性係数 G (×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰定数 (%)
抑止杭	鉄筋コンクリート	24.5 <sup>※1</sup>	25.00 <sup>※1</sup>	10.42 <sup>※2</sup>	0.20 <sup>※1</sup>	5 <sup>※1</sup>
	H鋼	77.0 <sup>※1</sup>	200.00 <sup>※4</sup>	77.00 <sup>※4</sup>	0.30 <sup>※4</sup>	2 <sup>※3</sup>
岩盤	①-①'	25.1 <sup>※5</sup>	3.74 <sup>※5</sup>	6.55 <sup>※5</sup>	0.19 <sup>※5</sup>	3 <sup>※3</sup>
	②-②'			2.07 <sup>※5</sup>		

※1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002年）に基づき設定。

断面奥行方向の杭間に岩盤が存在することから、岩盤の減衰定数である3%とした場合の影響検討を7.4.4(12)章に示す。

※2： $G = E/2(1 + \nu)$ により算定。

※3：JEAG4601-1987に基づき設定。

※4：道路橋示方書・同解説 I 共通編（(社)日本道路協会，2002年）に基づき設定。

※5：斜面の抑止杭近傍岩盤の物性値として、以下の物性値を用いる。

①-①'：C<sub>H</sub>級頁岩・凝灰岩の互層，第③速度層

②-②'：C<sub>H</sub>級頁岩・凝灰岩の互層，第②速度層

第 7.4.3-3 表 算定に用いた抑止杭及び岩盤の断面積比

材料		断面積 (m <sup>2</sup> )		断面積比	
		①-①'	②-②'	①-①'	②-②'
抑止杭	鉄筋コンクリート	26.11	26.58	0.20	0.27
	H鋼	2.17	1.69	0.02	0.02
岩盤		100.75	68.96	0.78	0.71
合計		129.02	97.24	1.00	1.00

第 7.4.3-4 表 合成した抑止杭の単位奥行当たりの解析用物性値

対象斜面	断面積比により合成して設定			鉄筋コンクリートの物性値を設定	
	単位体積重量 (kN/m <sup>3</sup> )	静弾性係数 (×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	動せん断弾性係数 (×10 <sup>3</sup> N/mm <sup>2</sup> )	ポアソン比	減衰 (%)
①-①'	25.9	11.34	8.52	0.20	5
②-②'	25.8	12.97	5.66	0.20	5

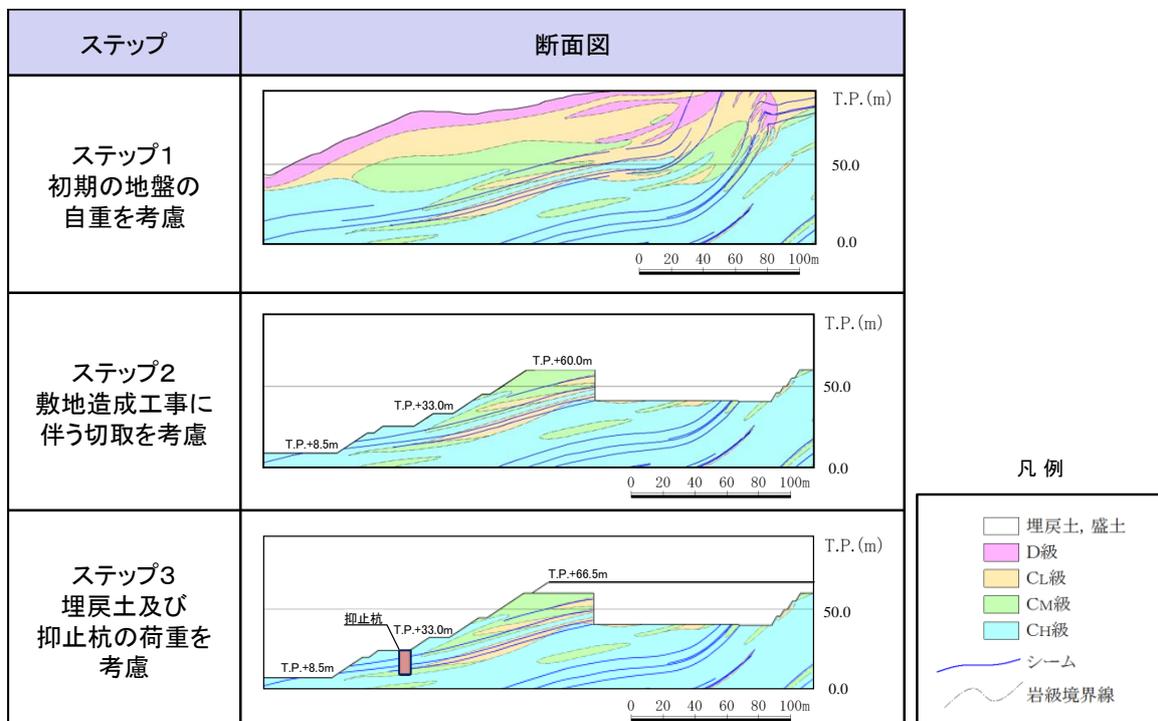
(5) 地震応答解析手法

解析手法は 6.2.2 章と同じものを用いる。

地震時の応力は，静的解析による常時応力と，地震応答解析による地震時増分応力を重ね合わせるにより求める。

常時応力は，建設過程を考慮し，第 7.4.3-2 図に示すとおり，3 ステップに分けて解析を実施する。

- ・ステップ 1：地盤の自重計算により初期応力を求める。
- ・ステップ 2：敷地造成工事による切取に伴う開放力を反映する。
- ・ステップ 3：抑止杭の掘削に伴う開放力及び建込みに伴う荷重を反映する。敷地造成工事による埋戻土の荷重を反映する。



第 7.4.3-2 図 常時応力解析ステップ図 (例：①-①' 断面)

(6) 解析モデルの設定

①-①' 断面及び②-②' 断面の解析モデル図を第 7. 4. 3-3 図及び第 7. 4. 3-4 図に示す。解析モデルには、地盤及び敷地内土木構造物として設定されている抑止杭をモデル化した。

**【解析領域】**

側面境界及び底面境界は、斜面頂部や法尻からの距離が十分確保できる位置に設定した。

**【境界条件】**

エネルギーの逸散効果を評価するため、側面はエネルギー伝達境界、底面は粘性境界とした。

**【地盤のモデル化】**

平面ひずみ要素でモデル化する。シームはジョイント要素でモデル化する。

**【抑止杭のモデル化】**

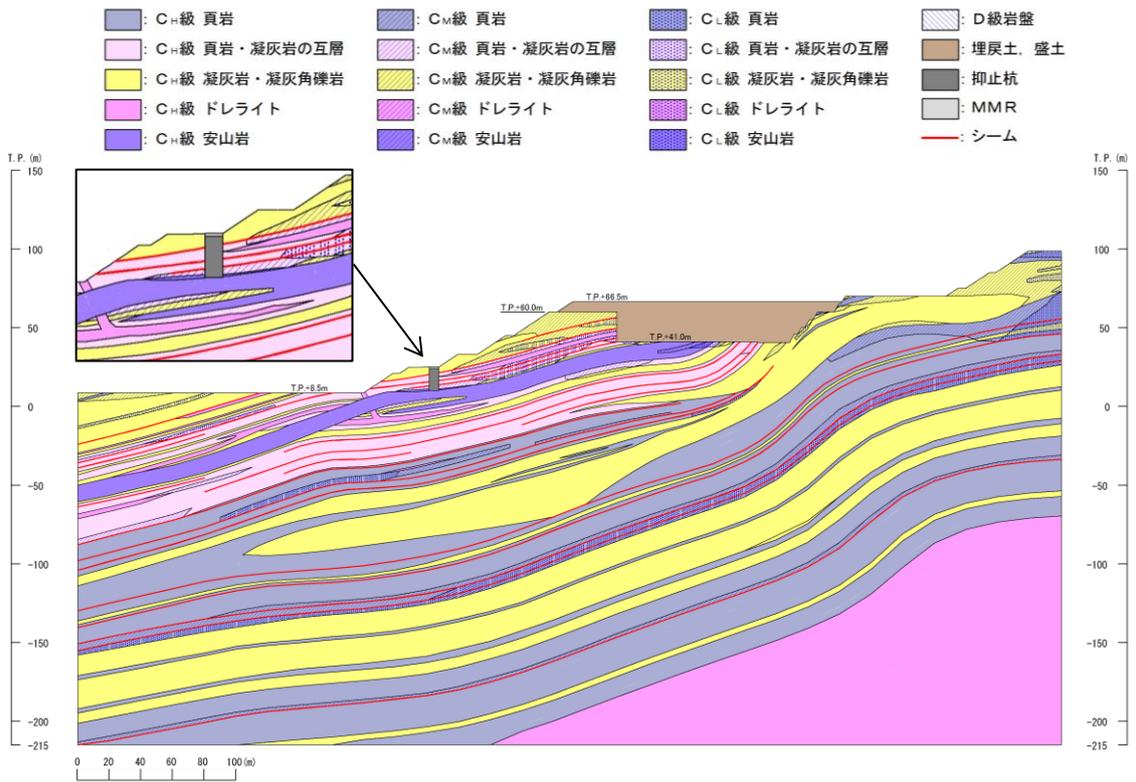
平面ひずみ要素でモデル化する。

**【地下水位の設定】**

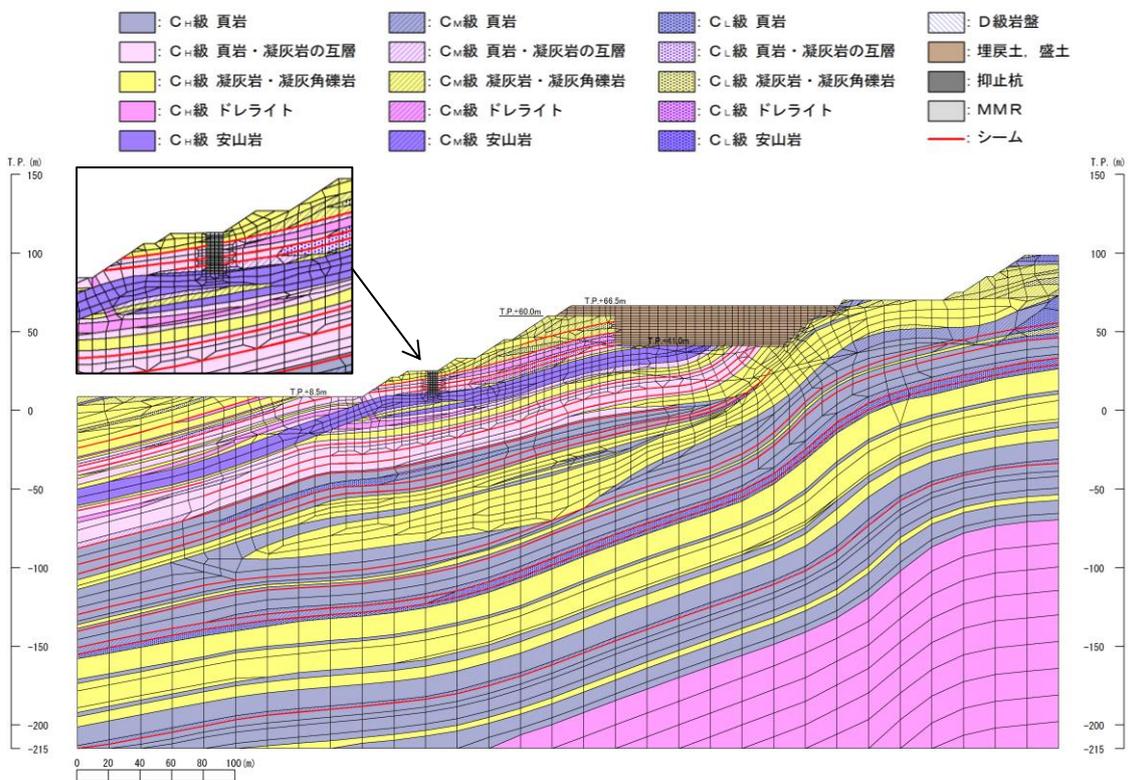
保守的に地表面に設定する。

**【減衰特性】**

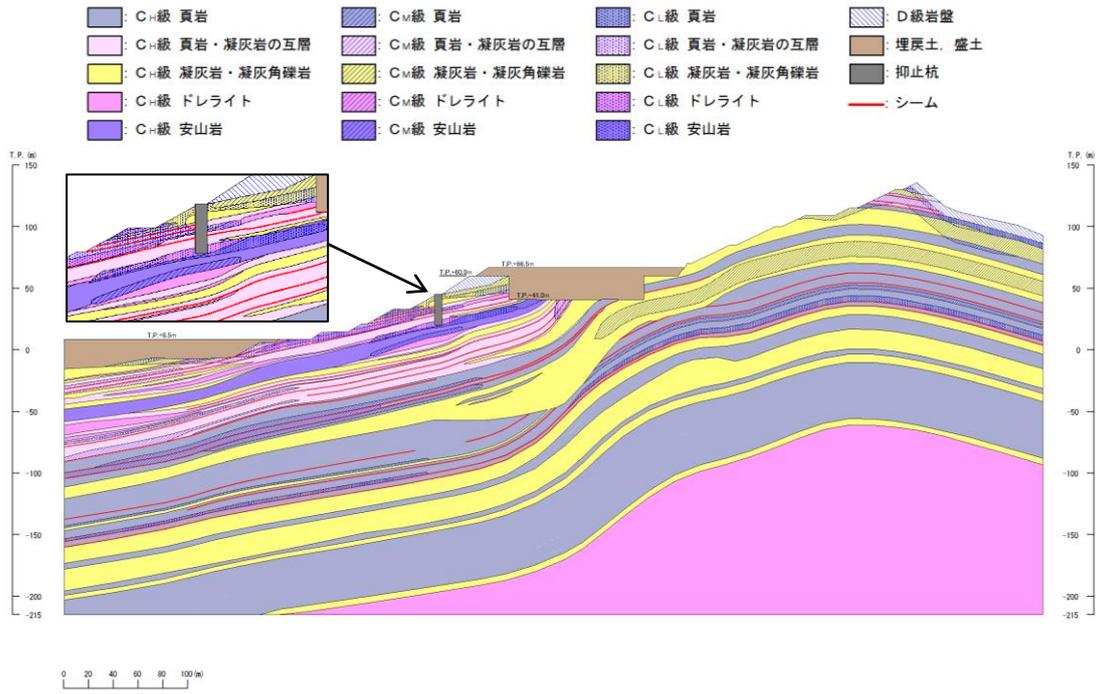
JEAG4601-2015 に基づき、岩盤の減衰を 3% に設定する。抑止杭の減衰は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002 年）に基づき、5% に設定する。



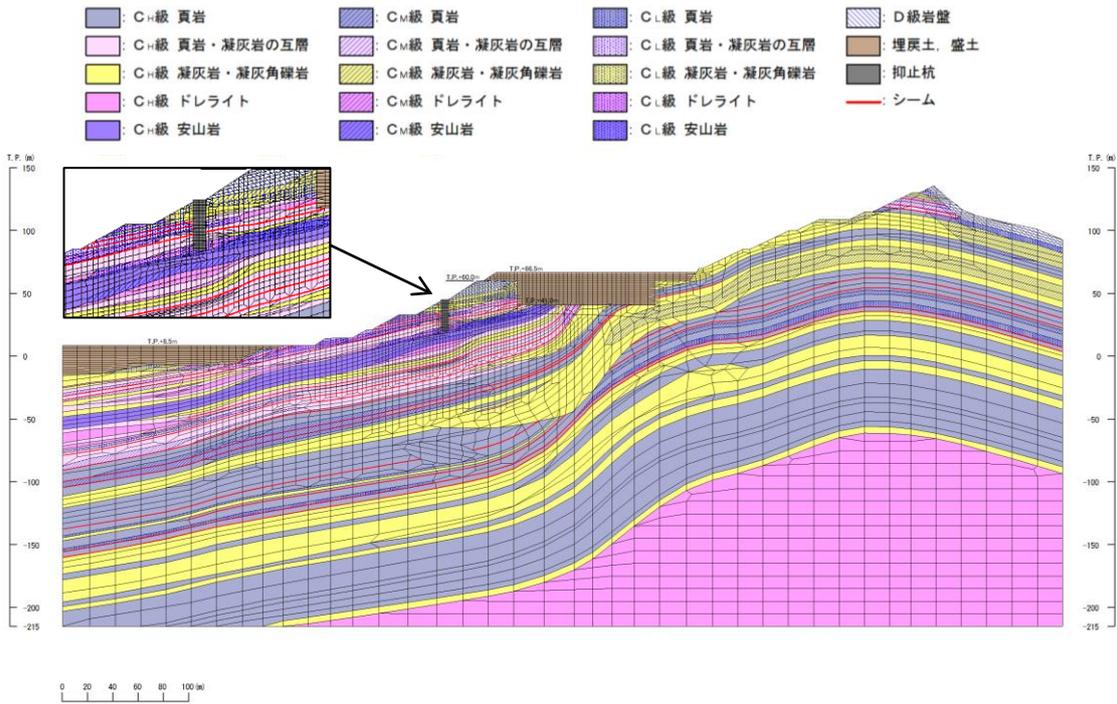
第 7.4.3-3(1) 図 ①-①' 断面 解析用岩盤分類図



第 7.4.3-3(2) 図 ①-①' 断面 解析用要素分割図



第 7.4.3-4(1) 図 ②-②' 断面 解析用岩盤分類図



第 7.4.3-4(2) 図 ②-②' 断面 解析用要素分割図

(7) 荷重の組合せ

【考慮する荷重について】

・常時荷重

常時作用している荷重として、自重及び積載荷重を考慮する。

・地震荷重 (S s)

基準地震動 S s による地震力を考慮する。

・風荷重

「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する設計基準風速に伴う荷重を考慮する。

・積雪荷重

「第6条 外部からの衝撃による損傷の防止」において規定する松江市建築基準法施行細則に基づく垂直積雪量に平均的な積雪荷重を与えるための係数 0.35 を考慮した荷重と組合せる。

【荷重の組合せ】

荷重の組合せの設定に当っては、抑止杭の設置状況等を考慮し、各荷重の組合せの要否を整理した。

「積雪荷重」については、常時荷重に対して極めて小さいため、考慮しないこととする。

「風荷重」については、大部分が地中に埋設された構造物であり、地上部分が少なく風の影響をほとんど受けないため、考慮しない。

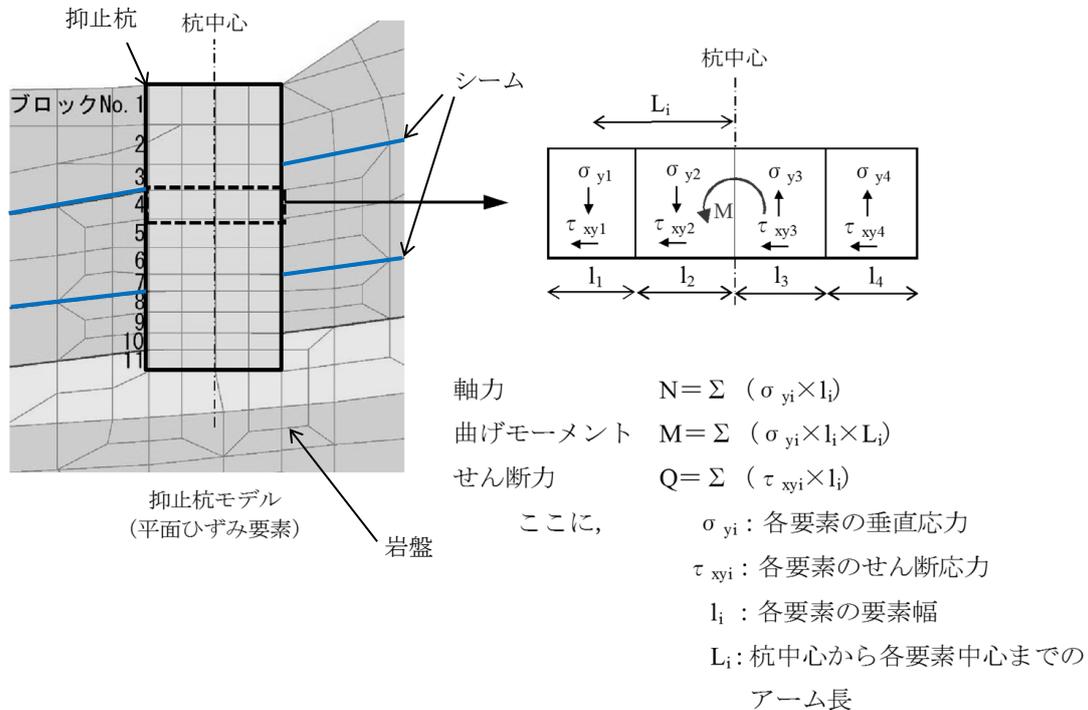
以上のことから、以下の荷重の組合せに対して構造設計を行う。

・常時荷重＋地震荷重

(8) 許容限界

【断面力の算定】

抑止杭に発生する断面力は、地震時応答解析から求まる抑止杭の各要素に生じる応力から、抑止杭に作用する断面力（軸力、曲げモーメント及びせん断力）を算定する。断面力算定の概念図を第 7. 4. 3-5 図に示す。



第 7. 4. 3-5 図 断面力算定の概念図

【照査方法】

斜面上の深礎基礎設計施工便覧((社)日本道路協会, 2012年3月)に基づき、せん断破壊に対する照査及び曲げ破壊に対する照査を実施する。

せん断破壊に対する照査は、発生する最大せん断力が抑止杭の許容せん断抵抗力（短期）を下回ることを確認する。

曲げ破壊に対する照査は、最大曲げモーメント発生時の軸力及び曲げモーメントから算定されるコンクリートの曲げ圧縮応力度及び鉄筋の引張応力度が、コンクリート及び鉄筋の許容応力度（短期）を下回ることを確認する。

【抑止杭に作用するせん断力の算定】

抑止杭に作用するせん断力は第 7. 4. 3-5 図により算定する。

【曲げ応力度の算定】

曲げ応力度の算定式は以下のとおり。

$$\sigma_c = \frac{M + N \times r}{r^3} C$$

$$C = \frac{1 - \cos\phi}{\frac{2\sin\phi}{3} \times \phi \times \cos\phi + \sin\phi \times \cos^2\phi + \frac{\phi}{4} - \frac{\sin\phi \cos\phi}{4} - \frac{\sin^3\phi \cos\phi}{6} + \pi np \left[ \frac{\alpha^2}{2} - \cos\phi \right]}$$

$$np = n \times \frac{As}{\pi r^3}$$

$\sigma_c$  : コンクリートの曲げ圧縮応力度

M : 曲げモーメント

N : 軸力

r : 抑止杭半径

$\phi$  : 中立軸の位置を示す中心角

$\alpha$  : 軸方向鉄筋中心までの半径 $r_s$ /抑止杭半径r

n : 鉄筋とコンクリートのヤング係数比

As : 軸方向鉄筋の断面積

$$\sigma_s = \frac{M + N \times r}{r^3} S n$$

$$S = C \times \frac{\alpha + \cos\phi}{1 - \cos\phi}$$

$\sigma_s$  : 鉄筋の引張応力度

【抑止杭に期待する効果等】

島根原子力発電所の抑止杭に期待する効果及び効果を発揮するためのメカニズムを第 7. 4. 3-5 表に示す。

第 7. 4. 3-5 表 抑止杭に期待する効果等

期待する効果	効果を発揮するためのメカニズム	部位 (材質)	イメージ図
シームを通るすべりによる発生せん断力に抵抗する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>シームを通るすべりが発生した際に生じるせん断力に対して、主に H 鋼が負担する。</li> </ul>	H 鋼, コンクリート, 帯鉄筋	
シームを通るすべりによる発生曲げモーメントに抵抗する。	<ul style="list-style-type: none"> <li>シームを通るすべりが発生した際に生じる曲げモーメントに対して、コンクリートが圧縮力を負担する。</li> <li>シームを通るすべりが発生した際に生じる曲げモーメントに対して、軸方向鉄筋が引張力を負担する。</li> </ul>	コンクリート (圧縮) 軸方向鉄筋 (引張)	

## 【許容値の設定】

### ・抑止杭の許容せん断抵抗力

杭の1本当たりの許容せん断抵抗力は、最新斜面・土留め技術総覧(最新斜面・土留め技術総覧編集委員会, 1991年)に基づき、下式により算定した。

$$S_a = \gamma_p \cdot A_p / \alpha + \gamma_H \cdot A_H$$

$S_a$  : 杭材の許容せん断力 (N/mm<sup>2</sup>)

$\gamma_p$  : 杭材の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>) ,  $A_p$  : 杭材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\gamma_H$  : せん断補強材の許容せん断応力度 (N/mm<sup>2</sup>) ,  $A_H$  : せん断補強材の断面積 (mm<sup>2</sup>)

$\alpha$  : 最大応力度/平均応力度

抑止杭(鉄筋コンクリート+H鋼)の許容せん断抵抗力のうち、鉄筋コンクリート部については、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕(土木学会, 2002年)の許容応力度法に基づいて設定する。

また、H鋼部については、道路橋示方書・同解説(I 共通編・II 鋼橋編)(日本道路協会, 2002年)に基づいて設定する。

なお、杭のせん断抵抗力の算定では、H鋼がコンクリートに拘束されていることを考慮し、H鋼の全断面を考慮して算定を行う。

抑止杭の許容せん断抵抗力 $R_K$ は、第7.4.3-6表の杭の1本当たりの許容せん断抵抗力を各区間の杭本数(区間Iなら7本)で乗じ、各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅(斜面の奥行方向幅)で除して単位奥行当たりのせん断抵抗力として算出する。

算出した抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力について、第7.4.3-7表に示す。

$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos \theta} \times \frac{1}{L}$$

ここで、

$R_K$  : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力

$n$  : 杭本数(区間I : 7本, 区間II : 3本)

$S_K$  : 杭1本の許容せん断抵抗力

$S_G$  : 杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力

(照査位置に関わらず、シームであるとして保守的にゼロとする)

$\theta$  : すべり面角度(保守的に $\cos 0^\circ = 1$ とする)

$L$  : 各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅

(斜面の奥行方向幅。区間I : 150.5m, 区間II : 48.6m)

第 7.4.3-6 表 抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力  $S_k$

材料	許容せん断応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	断面積 A (mm <sup>2</sup> )		許容せん断抵抗力 (kN)	
		①-①' 断面	②-②' 断面	①-①' 断面	②-②' 断面
コンクリート	0.90 <sup>※1</sup>	2.51 × 10 <sup>7</sup>	2.56 × 10 <sup>7</sup>	14,256 <sup>※4</sup>	14,526 <sup>※4</sup>
帯鉄筋	323 <sup>※2</sup>	1.14 × 10 <sup>3</sup>		16,585 <sup>※5</sup>	16,585 <sup>※5</sup>
H鋼	150 <sup>※3</sup>	2.167 × 10 <sup>6</sup> (41 本)	1.692 × 10 <sup>6</sup> (32 本)	325,089	253,728
抑止杭 (合計)				355,930	284,839

抑止杭 1 本当たりの許容せん断抵抗力  $S_k$

※1：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002 年）に基づき，コンクリート ( $f_c = 24\text{N/mm}^2$ ) の許容せん断応力度：0.45 N/mm<sup>2</sup> の 2 倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

※2：コンクリート標準示方書[構造性能照査編]（(社)土木学会，2002 年）に基づき，鉄筋 (SD345) の許容引張応力度：196 N/mm<sup>2</sup> の 1.65 倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

※3：道路橋示方書・同解説 I 共通編・II 鋼橋編（(社)日本道路協会，2002 年）に基づき，H 鋼の許容せん断応力度：100 N/mm<sup>2</sup> の 1.5 倍の強度割増し（地震荷重）を行う。

※4：道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編（(社)日本道路協会，2002 年）に基づき下式により設定。

$$S_c = \tau_{ca} \times 0.6 \times 1.06 \times A$$

ここで， $S_c$ ：コンクリートの許容せん断抵抗力， $\tau_{ca}$ ：コンクリートの許容せん断応力度，

$A$ ：コンクリートの断面積

※5：道路橋示方書・同解説 I 共通編・IV 下部構造編（(社)日本道路協会，2002 年）に基づき下式により設定。

$$S_s = A_s \times \sigma_{sa} \times d (\sin 90^\circ + \cos 90^\circ) / (1.15 \times s)$$

ここで， $S_s$ ：帯鉄筋の許容せん断抵抗力， $\sigma_{sa}$ ：帯鉄筋の許容引張応力度，

$A_s$ ：鉄筋の断面積， $d$ ：部材断面の有効高 (=5,180mm)， $s$ ：帯鉄筋の部材軸方向の間隔 (=200mm)

第 7.4.3-7 表 抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力  $R_k$

断面	1 本当たりの許容せん断抵抗力 $S_k$ (kN)	杭本数 $n$ (本)	斜面の奥行方向幅 $L$ (m)	単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 (kN/m)
①-①' 断面	355,930	7	150.52	16,553
②-②' 断面	284,839	3	48.62	17,576

・コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度

コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度は、コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）の許容応力度法に基づいて設定する。

コンクリートの許容曲げ圧縮応力度及び鉄筋の許容引張応力度について、第7.4.3-8表のとおり設定する。

第7.4.3-8表 コンクリートの許容曲げ圧縮応力度・鉄筋の許容引張応力度

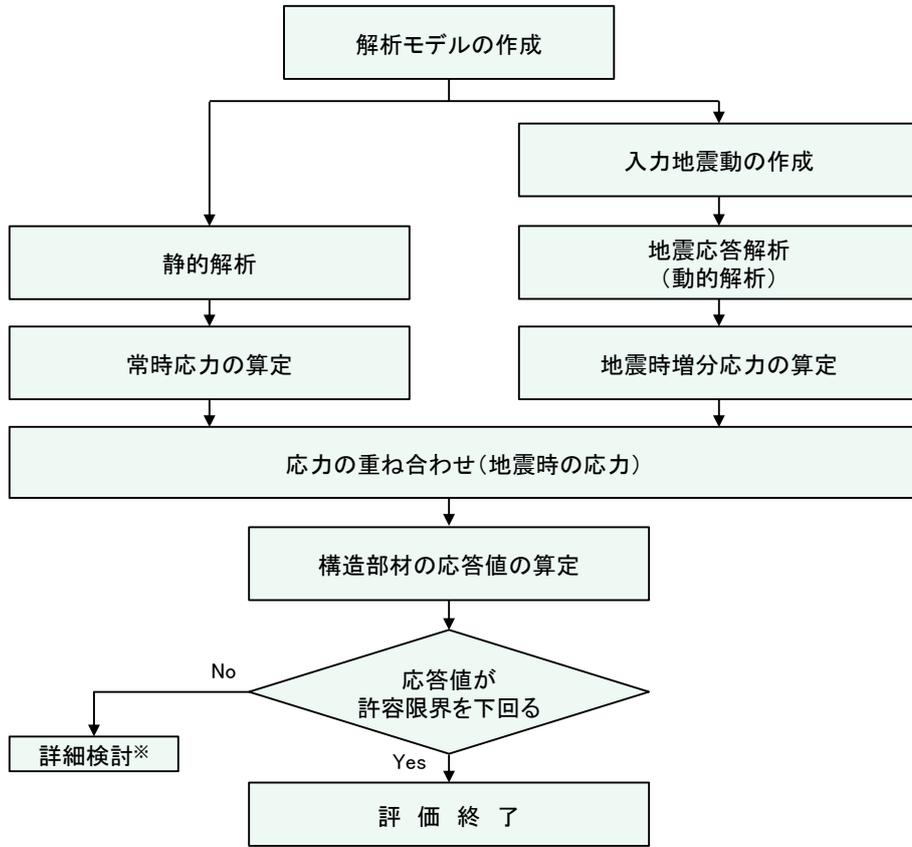
項目	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )
コンクリートの許容曲げ圧縮応力度※ <sup>1</sup>	18
軸方向鉄筋の許容引張応力度※ <sup>2</sup>	323

※1 コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）に基づき、コンクリート（ $f_c=24\text{N/mm}^2$ ）の許容曲げ圧縮応力度： $9\text{ N/mm}^2$ の2倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

※2 コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（土木学会，2002年）に基づき、鉄筋(SD345)の許容引張応力度： $196\text{ N/mm}^2$ の1.65倍の強度割増し（一時的な荷重又は極めてまれな荷重）を行う。

(9) 評価手順

抑止杭の耐震評価フローを第 7. 4. 3-6 図に示す。



※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る

第 7. 4. 3-6 図 抑止杭の耐震評価フロー

(10) 入力地震動の策定

入力地震動は、解放基盤面で定義される基準地震動  $S_s$  を一次元波動論によって、地震応答解析モデルの入力位置で評価したものをを用いる。入力地震動は水平地震動及び鉛直地震動を同時に作用させるものとする。

応答スペクトル手法による基準地震動については、水平地震動及び鉛直地震動の位相反転を考慮する。また、震源を特定せず策定する地震動による基準地震動については、水平地震動の位相反転を考慮する。

なお、敷地ごとに震源を特定して策定する地震動による基準地震動  $S_s$ -F1 及び  $S_s$ -F2 については、応答スペクトル手法による基準地震動  $S_s$ -D に包絡されるため、検討対象外とする。

第 7.4.3-9 表に入力地震動の一覧を示す。

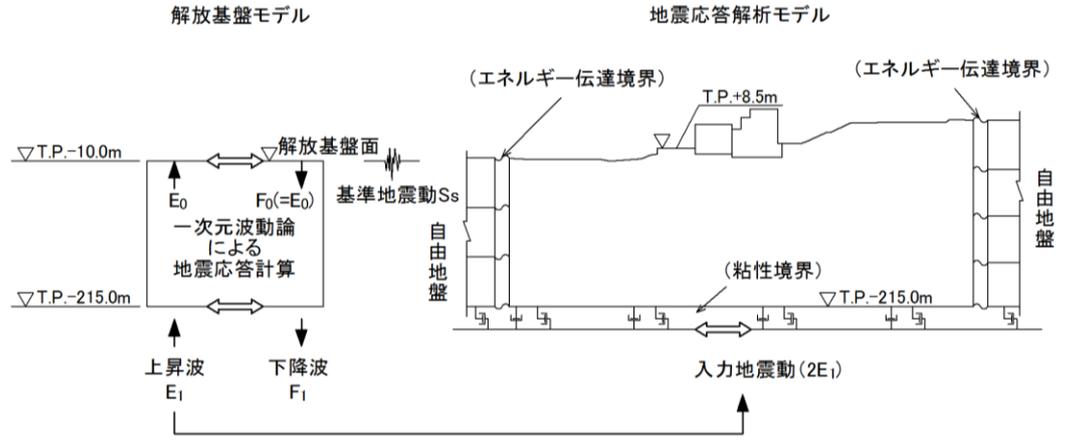
入力地震動策定の概念図を第 7.4.3-7 図に、基準地震動  $S_s$  の加速度応答スペクトルと時刻歴波形を第 7.4.3-8 図～第 7.4.3-11 図に示す。

なお、入力地震動の策定には、解析コード「SHAKE Ver.2」を使用する。

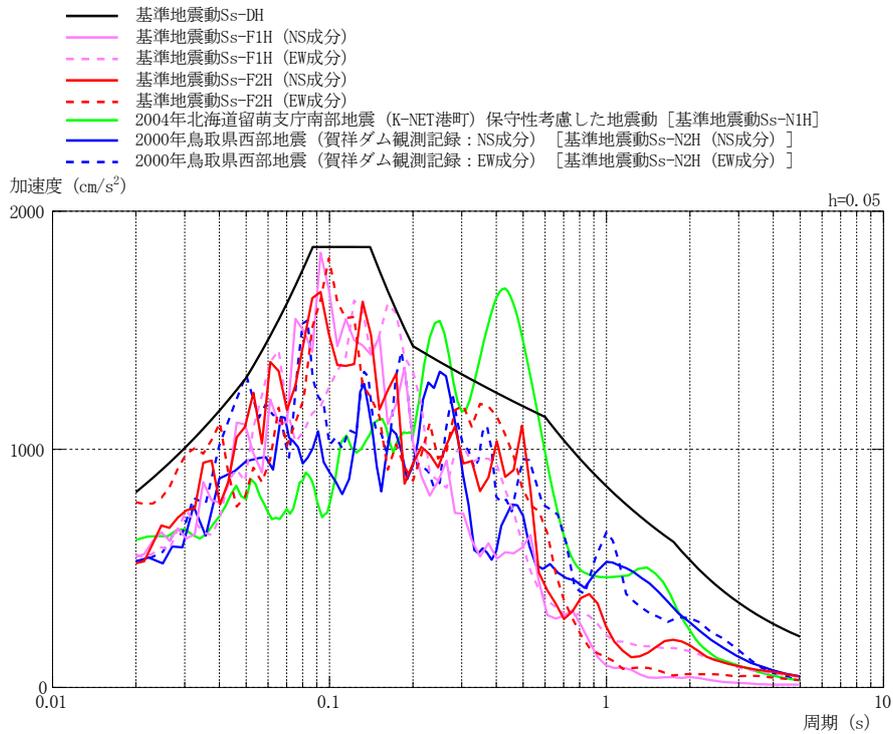
第 7.4.3-9 表 入力地震動の一覧

基準地震動	地震動の策定方法	検討ケース※	備考
$S_s$ -D	応答スペクトル手法による地震動	(+, +), (-, +) (+, -), (-, -)	水平地震動及び鉛直地震動の位相反転を考慮する。
$S_s$ -N1	震源を特定せず策定する地震動 (2004年 北海道留萌支庁南部地震)	(+, +), (-, +)	水平地震動の位相反転を考慮する。
$S_s$ -N2	震源を特定せず策定する地震動 (2000年 鳥取県西部地震)	(+, +), (-, +)	水平地震動の位相反転を考慮する。
$S_s$ -F1	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (宍道断層)	—	応答スペクトル手法による基準地震動 $S_s$ -D に包絡されるため、検討対象外とする。
$S_s$ -F2	敷地ごとに震源を特定して策定する地震動 (宍道断層)	—	応答スペクトル手法による基準地震動 $S_s$ -D に包絡されるため、検討対象外とする。

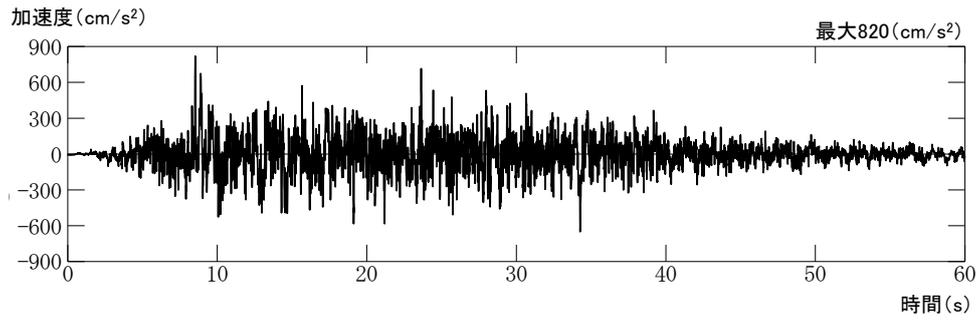
※ 基準地震動の(+, +)は位相反転なし、(-, +)は水平反転、(+, -)は鉛直反転、(-, -)は水平反転かつ鉛直反転を示す。



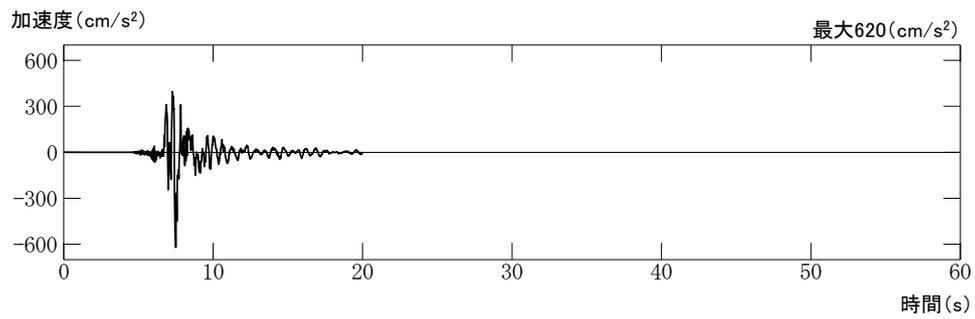
第 7. 4. 3-7 図 入力地震動策定の概念図



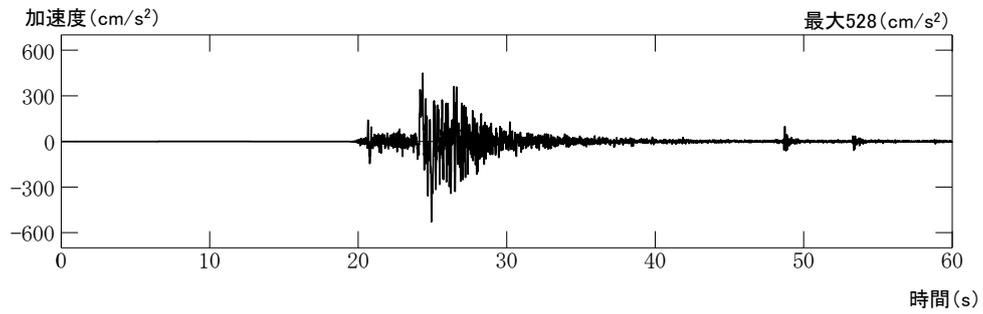
第 7. 4. 3-8 図 基準地震動  $S_s$  の加速度応答スペクトル (水平方向)



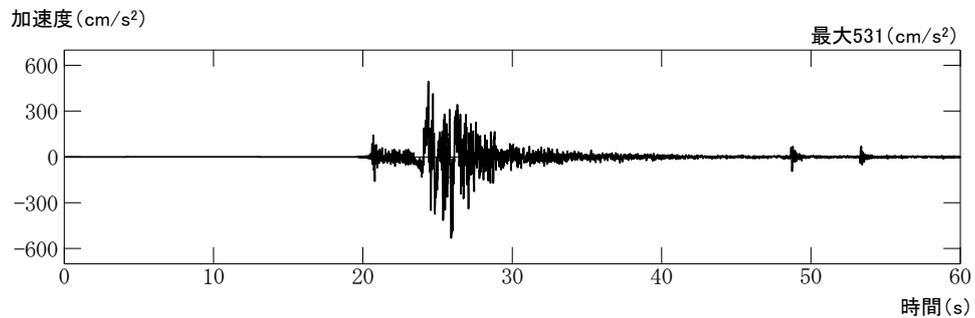
Ss-D



Ss-N1

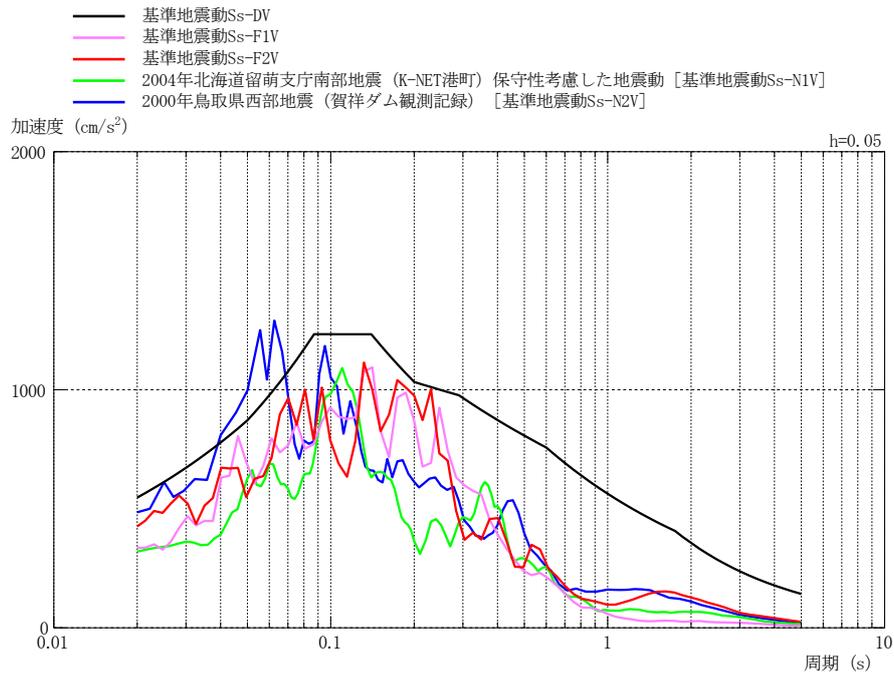


Ss-N2 (NS 成分)

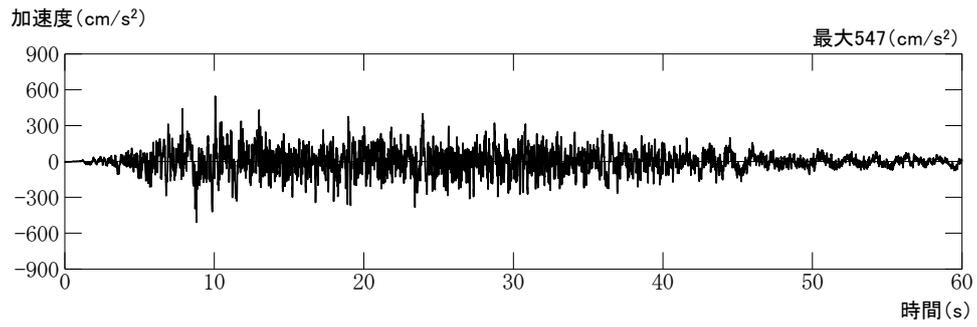


Ss-N2 (EW 成分)

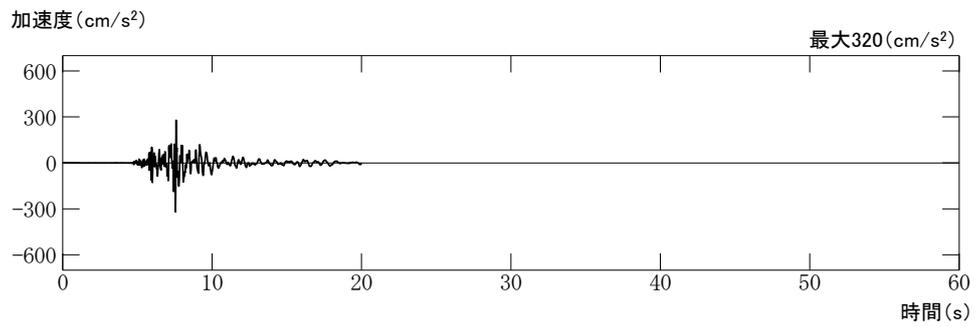
第 7. 4. 3-9 図 基準地震動 S<sub>s</sub> の加速度時刻歴波形 (水平方向)



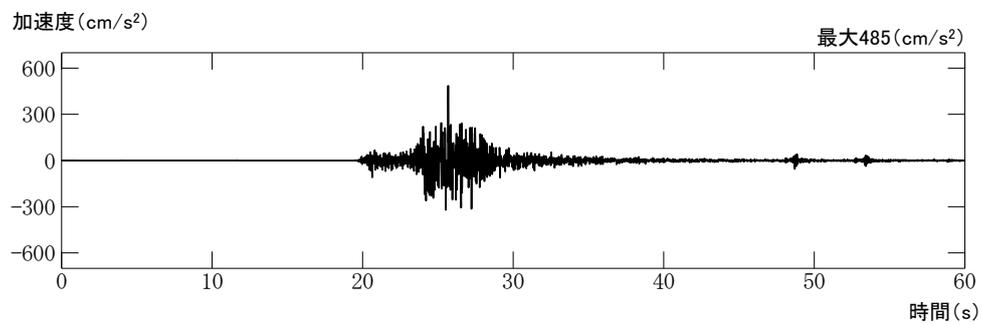
第 7.4.3-10 図 基準地震動 S s の加速度応答スペクトル (鉛直方向)



Ss-D



Ss-N1



Ss-N2

第 7. 4. 3-11 図 基準地震動 S s の加速度時刻歴波形 (鉛直方向)

(11) 評価結果

第7.4.3-10表～第7.4.3-12表に、コンクリートの曲げ圧縮応力度、鉄筋の引張応力度及び抑止杭のせん断力に対する照査結果を示す。コンクリートの発生曲げ応力度、鉄筋の引張応力度、抑止杭のせん断力はいずれも許容値を下回っていることを確認した。

第7.4.3-10表 コンクリートの曲げ圧縮応力度の照査結果

対象斜面	基準地震動	最大曲げモーメント発生時の コンクリートの 曲げ圧縮応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+, -)	1.7	18	0.096	OK
②-②'	Ss-D (-, +)	2.8	18	0.154	OK

第7.4.3-11表 鉄筋の引張応力度の照査結果

対象斜面	基準地震動	最大曲げモーメント発生時の 鉄筋の最大引張応力度 (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+, -)	0.0 (全圧縮)	323	0.000	OK
②-②'	Ss-D (-, +)	77	323	0.238	OK

第7.4.3-12表 抑止杭のせん断力の照査結果

対象斜面	基準地震動	発生最大 せん断力 (kN/m)	許容値 (kN/m)	照査値	判定
①-①'	Ss-D (+, -)	2,794	16,553	0.169	OK
②-②'	Ss-D (+, -)	3,015	17,576	0.172	OK

#### 7.4.4 抑止杭を設置した斜面の安定性評価

##### (1) 基本方針

抑止杭を設置した斜面について、基準地震動  $S_s$  によるすべり安定性評価を実施する。

すべり安定性評価については、想定すべり面上の応力状態をもとに、すべり面上のせん断抵抗力の和をすべり面上のせん断力の和で除して求めたすべり安全率が評価基準値を上回ることを確認する。

なお、適用規格は 7.4.3 章と同じである。

##### (2) 評価対象斜面の選定

評価対象斜面は、7.4.3 章と同じ断面とする。

##### (3) 解析用物性値，地震応答解析手法等

7.4.3 章の地震応答解析結果の応力状態からすべり安全率を計算するため、地震応答解析手法，解析用物性値，解析モデル及び入力地震動は 7.4.3 章と同様である。

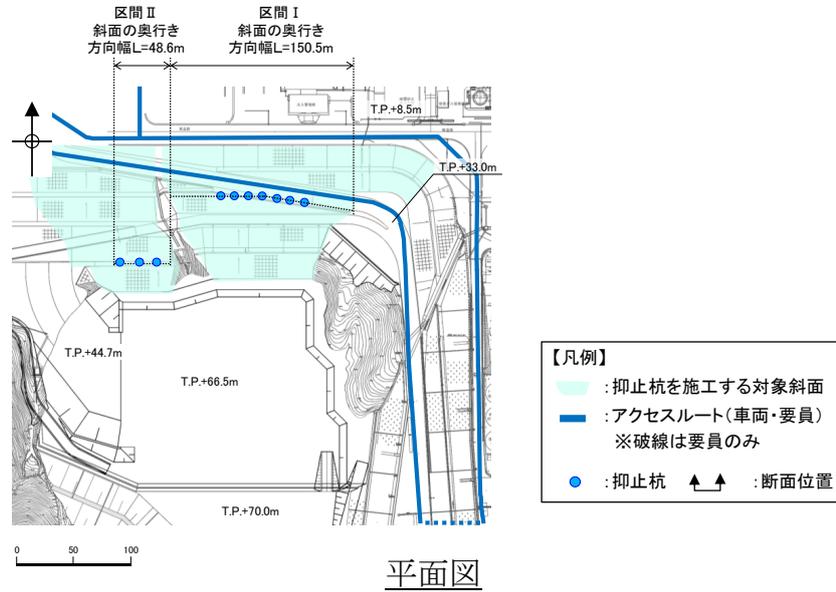
##### (4) 評価基準値の設定

すべり安定性評価では、評価対象斜面の最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回ることを確認する。（設定根拠は末尾の参考－2 を参照）

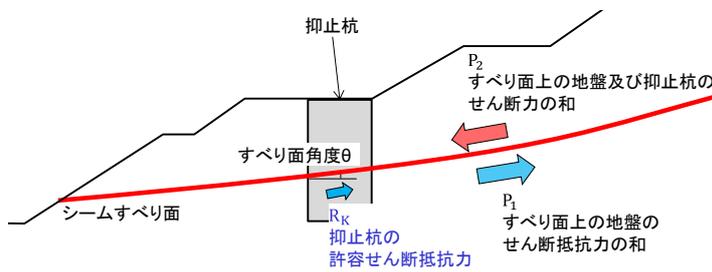
(5) すべり安全率の算定方法

すべり安全率の算定は、6.2.5章と同様の手法によりすべり安全率を算定し、その際に抑止杭のせん断抵抗力も見込む。

抑止杭のせん断抵抗力も見込んだシームすべりに対するすべり安全率算定の概念図を第7.4.4-1図に示す。



平面図



$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos\theta} \times \frac{1}{L} \Rightarrow F_s = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

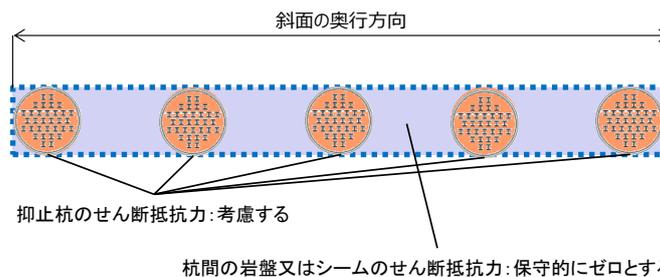
↑  
すべり安全率

↑  
抑止杭の効果を期待する範囲の幅

- $R_K$  : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力
- $n$  : 杭本数 (区間 I : 7本, 区間 II : 3本)
- $S_K$  : 杭 1 本の許容せん断抵抗力
- $S_G$  : 杭間の岩盤又はシームのせん断抵抗力 (保守的にゼロとする)
- $\theta$  : すべり面角度 (保守的に $\cos 0^\circ = 1$ とする)
- $L$  : 各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅 (斜面の奥行方向幅。区間 I : 150.5m, 区間 II : 48.6m)

抑止杭のせん断抵抗力算出イメージ図

断面図 (概念図)



杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力

第7.4.4-1図 シームすべりに対する抑止杭のせん断抵抗力算出概要図

抑止杭による抵抗力を考慮したすべり安全率の算定式を以下に示す。すべり安全率算出時には、抑止杭（鉄筋コンクリート+H鋼）のせん断抵抗力を見込む。

$$F_S = \frac{P_1 + R_K}{P_2}$$

ここで、

- $P_1$  : すべり面上の地盤のせん断抵抗力の和
- $P_2$  : すべり面上（地盤，抑止杭）のせん断力の和
- $R_K$  : 抑止杭の許容せん断抵抗力

抑止杭の単位奥行当たりの許容せん断抵抗力 $R_K$ は、照査の際に用いた第7.4.3-6表の杭の1本当当たりの許容せん断抵抗力を各区間の杭本数（区間Ⅰなら7本）で乗じ、各区間の抑止杭の効果を期待する範囲の幅（斜面の奥行方向幅，詳細は第7.4.4-1図を参照）で除して単位奥行当たりのせん断抵抗力として算出する。

$$R_K = \frac{n \times S_K + S_G}{\cos \theta} \times \frac{1}{L}$$

ここで、

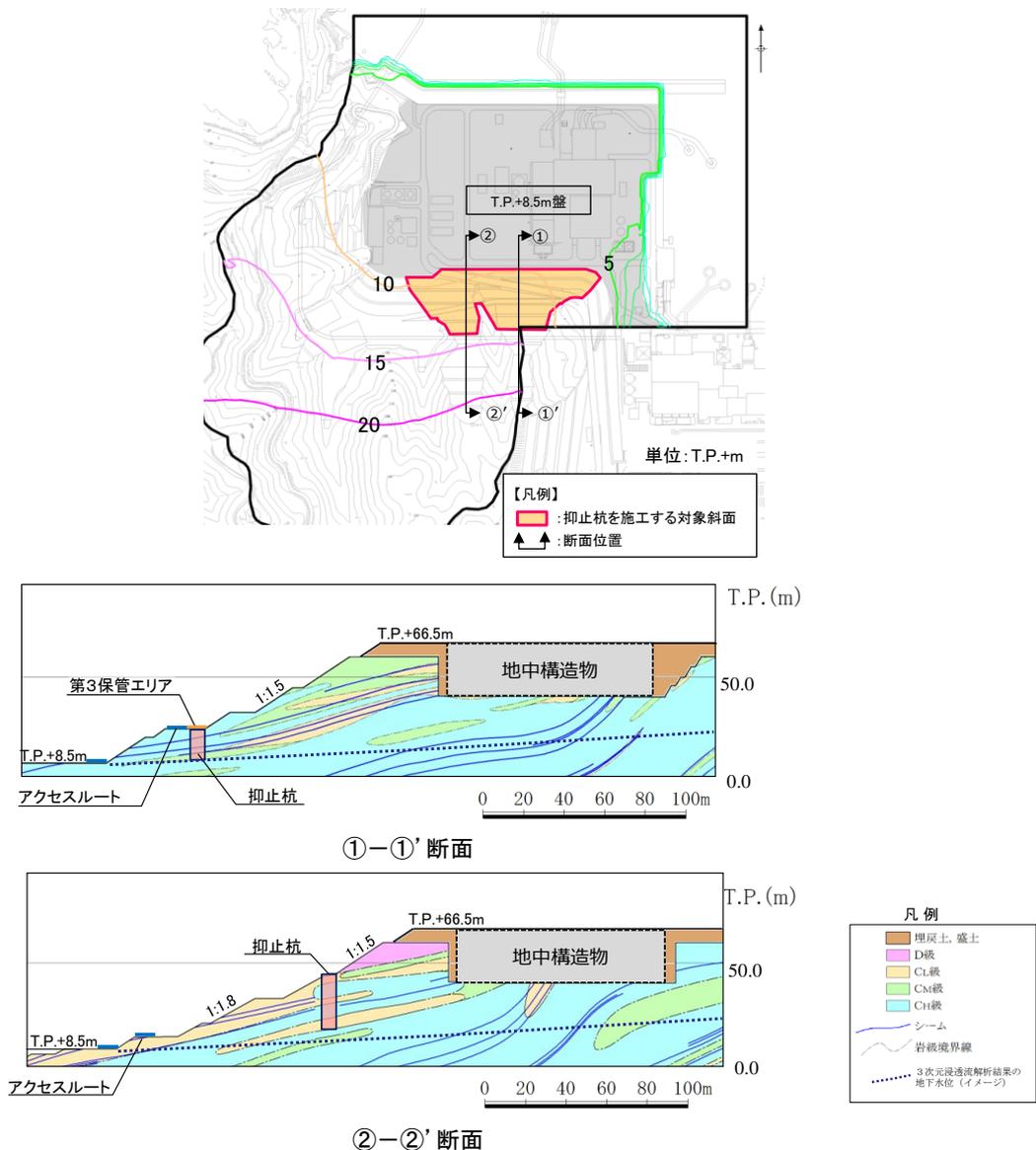
- $R_K$  : 抑止杭の単位奥行き当たりの許容せん断抵抗力
- $n$  : 杭本数（区間Ⅰ：7本，区間Ⅱ：3本）
- $S_K$  : 杭1本の許容せん断抵抗力
- $S_G$  : 杭間及び周辺岩盤のせん断抵抗力  
(シームの場合は保守的に見込まない)
- $\theta$  : すべり面角度
- $L$  : 抑止杭の効果を期待する範囲の幅  
(斜面の奥行方向幅，区間Ⅰ：150.5m，区間Ⅱ：48.6m，詳細は第7.4.4-1図を参照)

(6) 液状化範囲の検討

抑止杭を設置する斜面上部に埋戻土が存在することから、3次元浸透流解析結果の大局的な地下水位分布の傾向を参照し、液状化の可能性を検討する。

3次元浸透流解析の結果、抑止杭を設置する斜面の①-①'断面及び②-②'断面の埋戻土部の地下水位は、T.P.+15~20mであり、埋戻土層下端（T.P.+44m盤）より十分に低いことから、液状化影響を考慮しない。

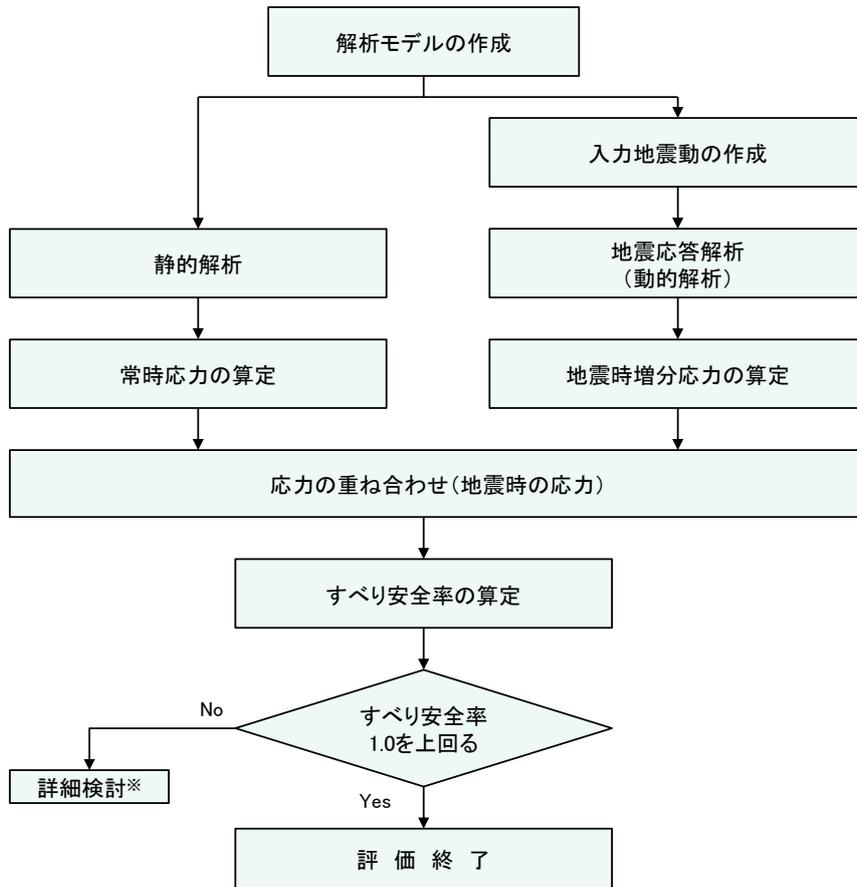
なお、T.P.+44m盤には構造物を設置して周辺を埋め戻す予定であるため、すべり安定性評価においては、構造物等がある場合とない場合をそれぞれ検討する。構造物がある場合の評価においては、当該構造物は地中構造物になることから、重量の観点から保守的になるように埋戻土としてモデル化する。



第 7.4.4-2 図 3次元浸透流解析結果（定常解析）の等水位線図※

※「島根原子力発電所2号炉 地震による損傷の防止（コメント回答）[地下水位の設定]」（第872回審査会合，2020年7月7日）において説明済

- (7) 評価内容  
斜面安定性評価フローを第 7.4.4-3 図に示す。



※ 検討内容に応じて、必要なプロセスへ戻る

第 7.4.4-3 図 斜面安定性評価フロー

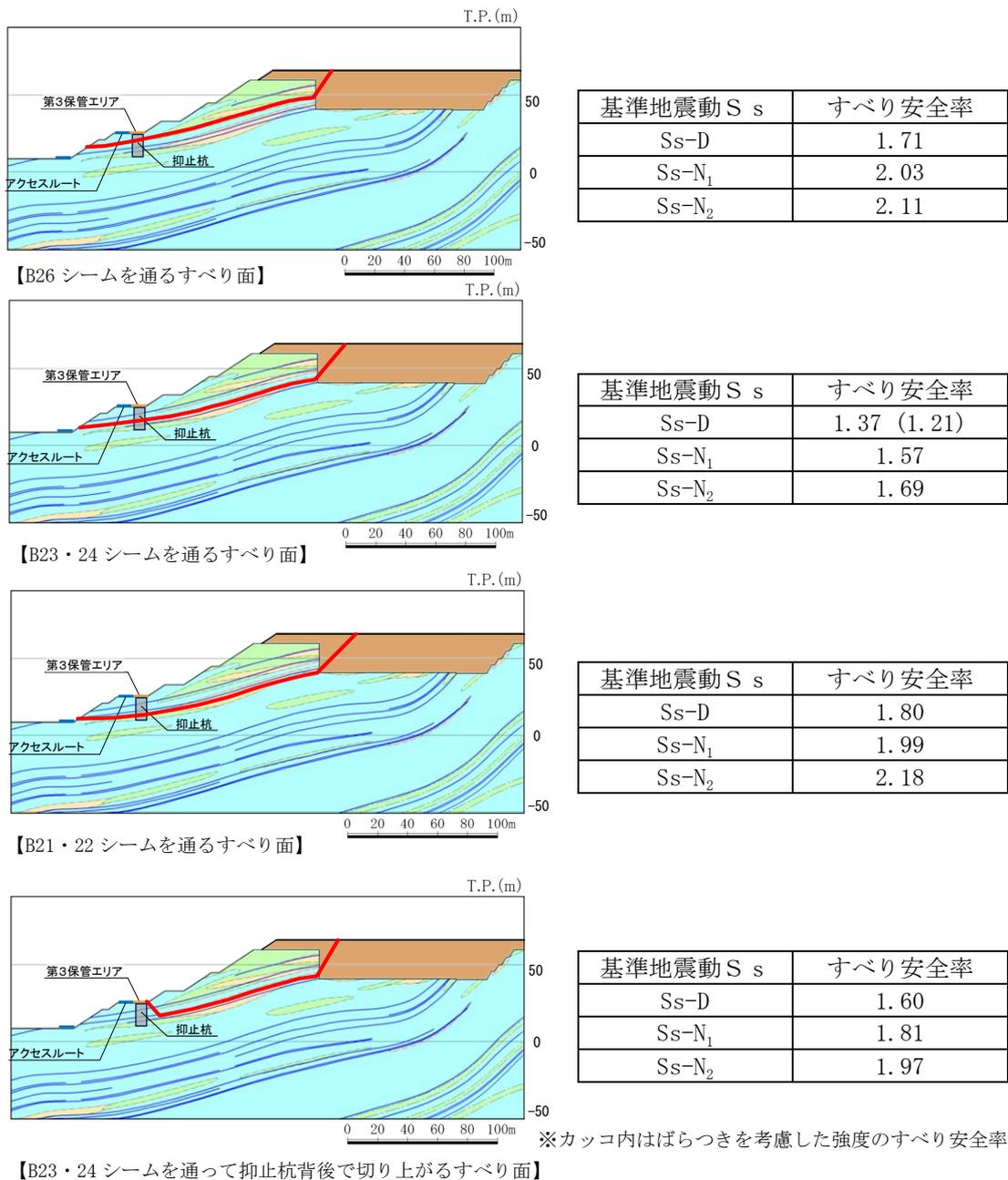
- (8) 入力地震動の策定  
入力地震動は、7.4.3 章と同様。

(9) 評価結果

【①-①' 断面（構造物等がある場合）】

すべり安定性評価結果を第 7. 4. 4-4 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1. 0 を上回っており，安定性を有することを確認した。

また，上記の結果が最小となったケースに対して，地盤物性のばらつき（平均強度 - 1. 0 × 標準偏差（ $\sigma$ ））を考慮した場合でも，最小すべり安全率が評価基準値 1. 0 を上回っており，安定性を有することを確認した。



**【凡例】**

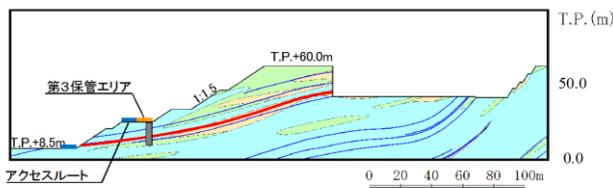
- C<sub>+</sub>級岩盤
- C<sub>M</sub>級岩盤
- C<sub>-</sub>級岩盤
- 埋戻土、盛土
- 抑止杭
- シーム
- 最小すべり安全率のすべり面

第 7. 4. 4-4 図 ①-①' 断面の評価結果（構造物等がある場合）

【①-①' 断面（構造物等がない場合）】

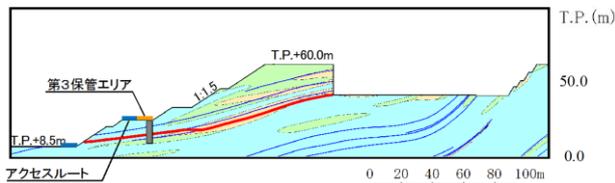
すべり安定性評価結果を第 7.4.4-5 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

また、上記の結果が最小となったケースに対して、地盤物性のばらつき（平均強度  $-1.0 \times$  標準偏差  $(\sigma)$ ）を考慮した場合でも、最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。詳細設計段階においては、基本設計の妥当性に係る種々の検討を行うとともに、検討に際しては余裕を持った設計となるよう留意する。



【B23・24シームを通るすべり面】

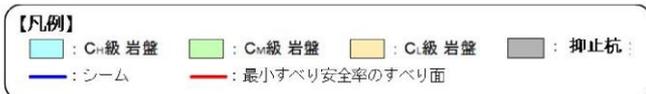
基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率
S <sub>s</sub> -D	1.28(1.11)
S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub>	1.54
S <sub>s</sub> -N <sub>2</sub>	1.65



【B21・22シーム、法尻近傍のC<sub>1</sub>級岩盤及びB23・24シームを通して法尻に抜けるすべり面】

基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率
S <sub>s</sub> -D	1.31
S <sub>s</sub> -N <sub>1</sub>	1.55
S <sub>s</sub> -N <sub>2</sub>	1.64

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率

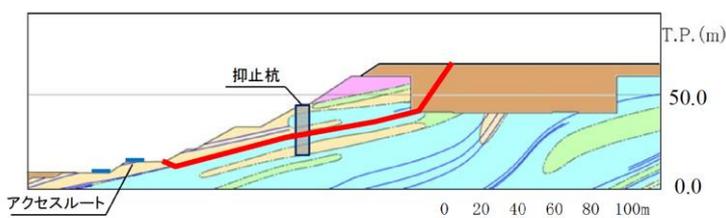


第 7.4.4-5 図 ①-①' 断面の評価結果（構造物等がない場合）

【②-②' 断面（構造物等がある場合）】

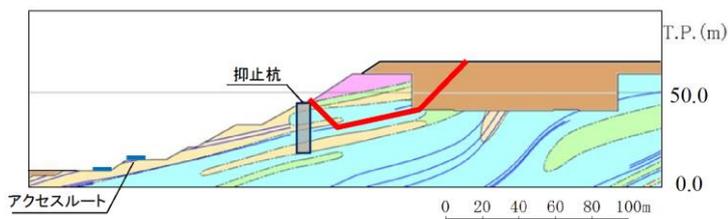
すべり安定性評価結果を第 7.4.4-6 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

また、上記の結果が最小となったケースに対して、地盤物性のばらつき（平均強度  $-1.0 \times$  標準偏差  $(\sigma)$ ）を考慮した場合でも、最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。



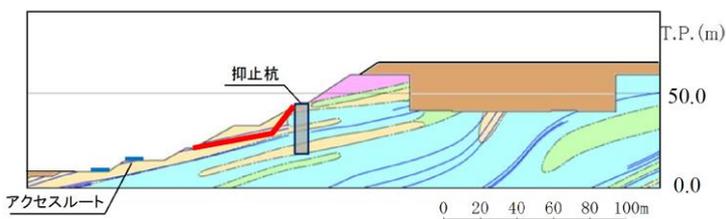
基準地震動 $S_s$	すべり安全率
$S_s-D$	1.67 (1.49)
$S_s-N_1$	2.10
$S_s-N_2$	2.10

【B21・22シームを通るすべり面】



基準地震動 $S_s$	すべり安全率
$S_s-D$	2.39
$S_s-N_1$	2.50
$S_s-N_2$	3.21

【B21・22シームを通過して抑止杭背後で切り上がるすべり面】



基準地震動 $S_s$	すべり安全率
$S_s-D$	2.25
$S_s-N_1$	2.58
$S_s-N_2$	2.95

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率

【B21・22シームを通過して法面に抜けるすべり面】

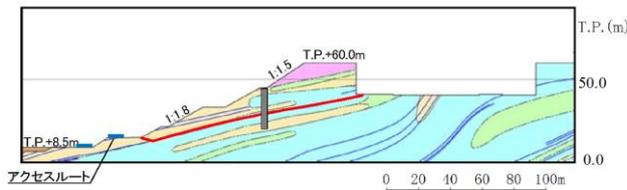


第 7.4.4-6 図 ②-②' 断面の評価結果（構造物等がある場合）

【②-②' 断面（構造物等がない場合）】

すべり安定性評価結果を第 7.4.4-7 図に示す。最小すべり安全率（平均強度）が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。

また、上記の結果が最小となったケースに対して、地盤物性のばらつき（平均強度  $-1.0 \times$  標準偏差  $(\sigma)$ ）を考慮した場合でも、最小すべり安全率が評価基準値 1.0 を上回っており、安定性を有することを確認した。



基準地震動 S s	すべり安全率
Ss-D	1.61(1.44)
Ss-N <sub>1</sub>	2.12
Ss-N <sub>2</sub>	2.21

【B21・22シームを通るすべり面】

※カッコ内はばらつきを考慮した強度のすべり安全率



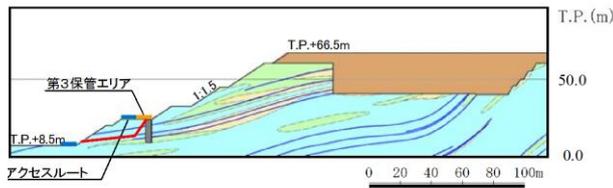
第 7.4.4-7 図 ②-②' 断面の評価結果（構造物等がない場合）

(10) 杭の断面配置の妥当性確認結果

①-①' 断面及び②-②' 断面において、抑止杭をモデル化し、杭より下流の移動層のすべり及び受働破壊を想定したすべりを設定して動的解析を実施した結果、すべり安全率 1.0 を上回ることを確認したことから、杭の断面配置が妥当であることを確認した。（第 7.4.4-8 図参照）

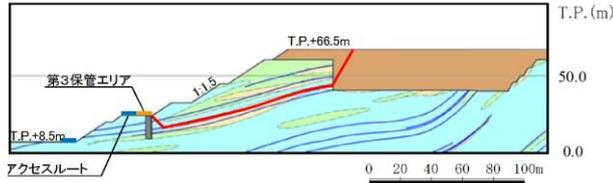
詳細設計段階において、杭より下流の移動層のすべりについて、以下の検討を行い、評価基準値を下回る場合は、杭を追加配置する。

- ・杭前面における岩盤の肌分かれを想定したすべり安定性評価を実施し、杭の断面配置の妥当性を説明する。
- ・その際には、杭間に堅硬かつ健全な岩盤が分布すること（第 7.4.4-9 図及び(11)参照）、及び杭間の岩盤の中抜け現象が起こらないこと（7.4.2(5)章に方針を記載）を踏まえ、杭間の岩盤のせん断抵抗力のみを考慮した安定性評価を行う。



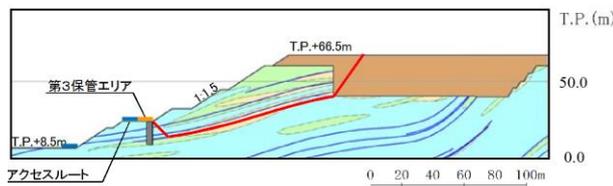
基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	2.95
Ss-N <sub>1</sub>	4.47
Ss-N <sub>2</sub>	3.48

【B23・24シームを通る杭より下流の移動層のすべり面】



基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	1.60
Ss-N <sub>1</sub>	1.81
Ss-N <sub>2</sub>	1.97

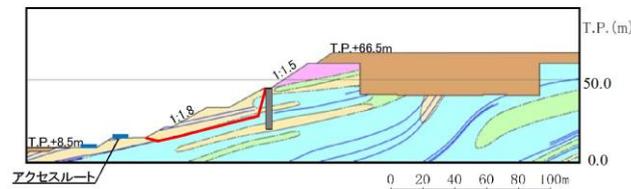
【B23・24シームを通る受働破壊を想定したすべり面】



基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	1.73
Ss-N <sub>1</sub>	1.79
Ss-N <sub>2</sub>	1.97

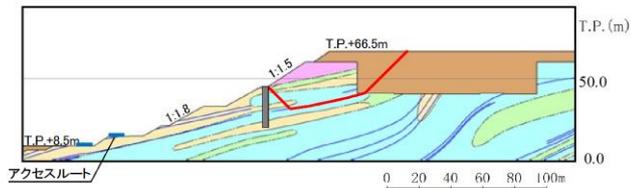
【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

①-①' 断面



基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	2.31
Ss-N <sub>1</sub>	2.55
Ss-N <sub>2</sub>	3.03

【B21・22シームを通る杭より下流の移動層すべり面】



基準地震動 S <sub>s</sub>	すべり安全率 (平均強度)
Ss-D	2.39
Ss-N <sub>1</sub>	2.50
Ss-N <sub>2</sub>	3.21

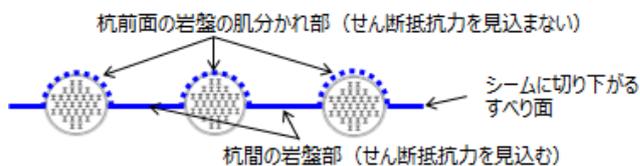
【B21・22シームを通る受働破壊を想定したすべり面】

【凡例】

- : C<sub>1</sub>級岩盤
- : C<sub>2</sub>級岩盤
- : C<sub>3</sub>級岩盤
- : 埋戻土、盛土
- : 抑止杭
- : D級岩盤
- : シーム
- : 最小すべり安全率のすべり面

②-②' 断面

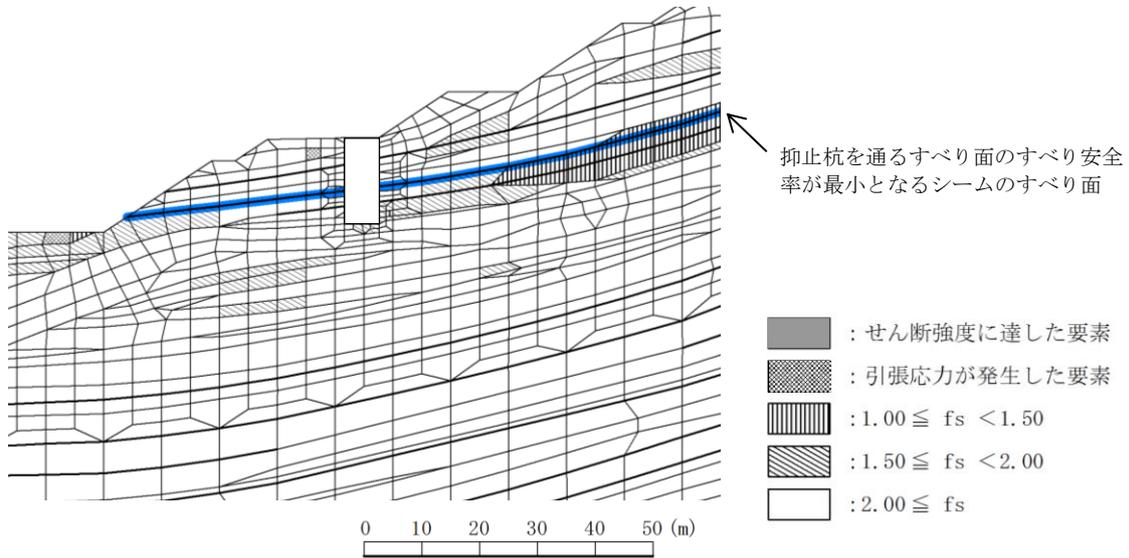
第 7. 4. 4-8 図 杭の断面配置の妥当性確認結果



第 7. 4. 4-9 図 ①-①' 断面の杭間隔等 (イメージ図)

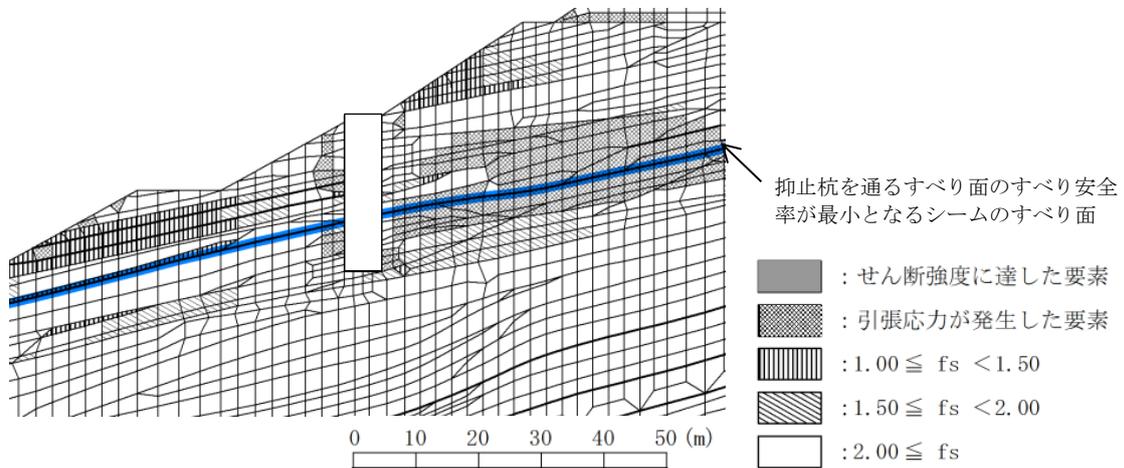
(11) 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果

抑止杭周辺の地盤の局所安全係数分布図を第 7. 4. 4-10 図及び第 7. 4. 4-11 図に示す。不動層における抑止杭周辺の地盤には、せん断破壊が生じておらず、健全性を確保している。



第 7. 4. 4-10 図 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果 (①-①' 断面)

(Ss-D・8.96 秒, 抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となる地震動及び時刻)



第 7. 4. 4-11 図 抑止杭周辺地盤の健全性照査結果 (②-②' 断面)

(Ss-D・8.59 秒, 抑止杭を通るすべり面のすべり安全率が最小となる地震動及び時刻)

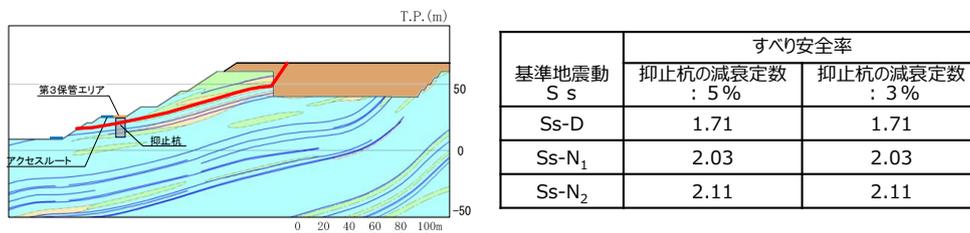
(12) 抑止杭の減衰定数の検討

減衰特性の設定に当たっては、岩盤の減衰定数を JEAG4601-2015 に基づき 3%，抑止杭の減衰定数をコンクリート標準示方書[構造性能照査編]（土木学会，2002 年）に基づき 5%（鉄筋コンクリート）と設定している。

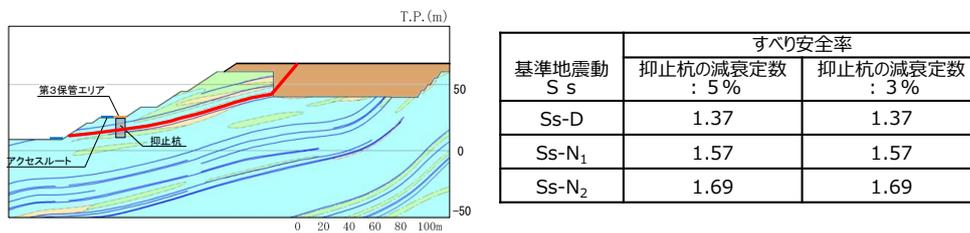
抑止杭については、断面奥行き方向の杭間に岩盤が存在することから、抑止杭の減衰定数を岩盤の減衰定数である 3%とした場合の①-①' 断面を対象に影響検討を実施する。

抑止杭の減衰定数を 3%とした場合の①-①' 断面における各すべり面の最小すべり安全率（平均強度）を下図に示す。

抑止杭の減衰定数を 3%とした場合のすべり安全率は、減衰定数 5%の結果と同値であり、抑止杭の減数特性がすべり安定性に与える影響は軽微であることを確認した。

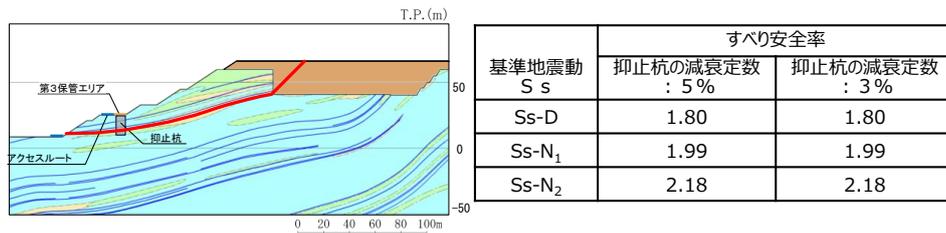


【B26シームを通るすべり面】

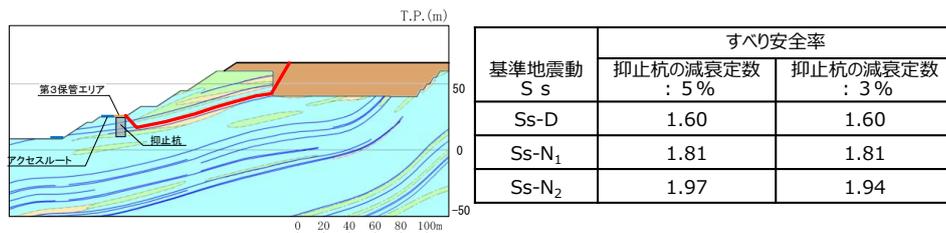


【B23・24シームを通るすべり面】

第 7. 4. 4-12 図 ①-①' 断面の評価結果



【B21・22シームを通るすべり面】



【B23・24シームを通過して抑止杭背後で切り上がるすべり面】

第 7. 4. 4-13 図 ②-②' 断面の評価結果

#### 7.4.5 構造等に関する先行炉との比較

##### (1) 比較の観点

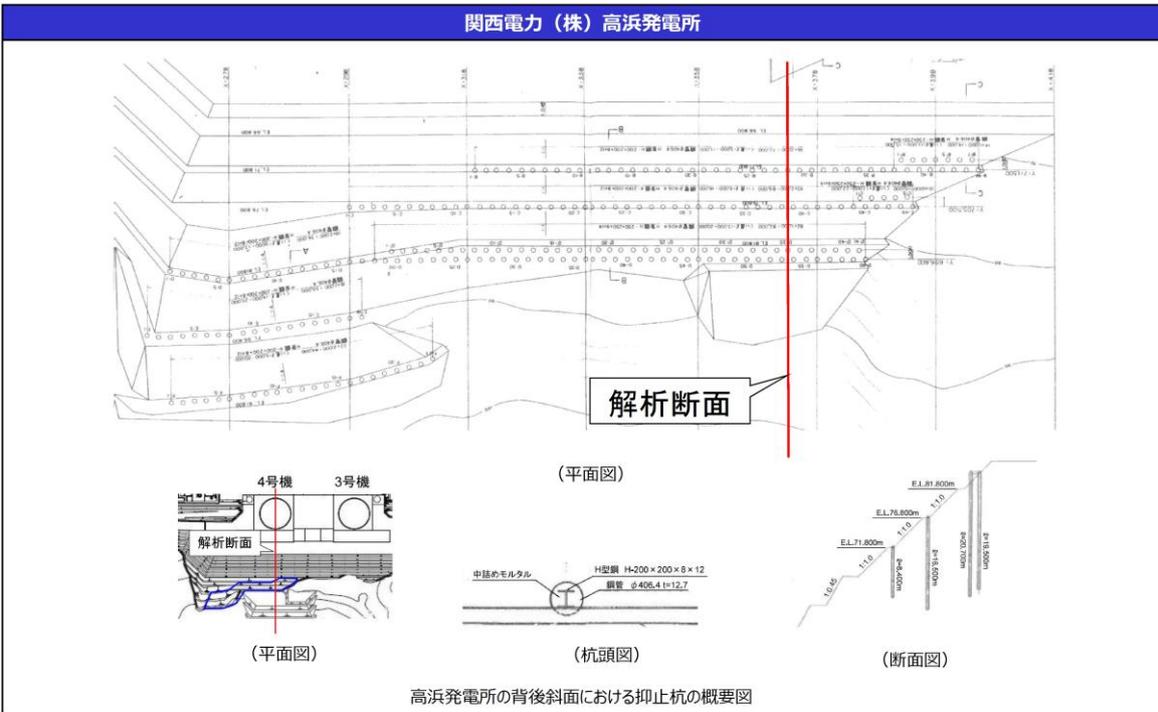
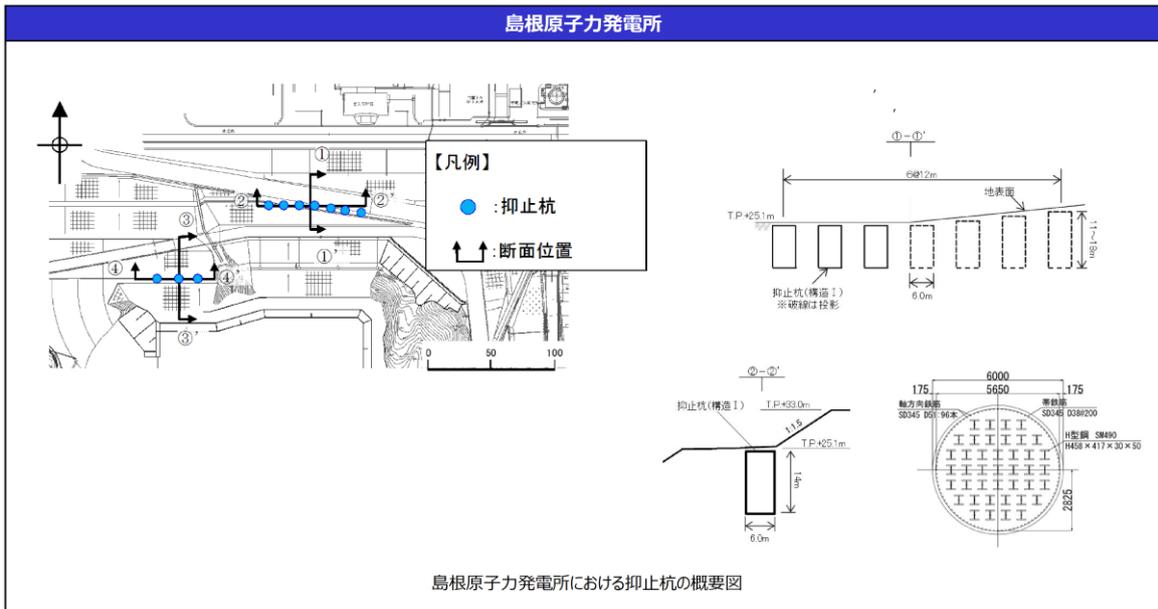
島根原子力発電所の抑止杭の設計において留意すべき事項を整理するため、島根原子力発電所と先行炉（関西電力(株)高浜発電所）の抑止杭との構造等を比較する。

また、先行炉との比較を踏まえ、先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の適用性及び先行炉実績との相違点を踏まえた設計への反映事項を示す。

##### (2) 先行炉との比較

島根原子力発電所の抑止杭は、深礎杭にH鋼でせん断補強を行っていることから、類似の先行炉における抑止杭として、関西電力（株）高浜発電所における鋼管杭を選定する。それぞれの構造概要を第7.4.5-1 図に示す。

島根原子力発電所の抑止杭の構造等に関する特徴及び参照している基準類を示すとともに、高浜発電所の抑止杭との比較を行い、類似点及び相違点を抽出した。類似点についてはその適用性を、相違点についてはそれを踏まえた設計への反映事項を整理した。構造等に関する比較結果を第7.4.5-1 表に、参照している基準類に関する比較結果を第7.4.5-2 表に示す。



第 7.4.5-1 図 構造図の比較

第 7.4.5-1 表 抑止杭の構造等に関する先行炉との比較

評価項目	島根原子力発電所 抑止杭の構造等	先行炉の構造等*		島根原子力発電所と先行炉との比較		先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の 適用性	先行炉実績との相違点を踏まえた設計への 反映事項
		関西電力㈱ 高浜発電所 抑止杭	類似点	相違点	先行炉実績との類似点を踏まえた設計方針の 適用性		
抑止杭の 構造	・岩盤内のシームすべりを抑止するため、岩盤に設置する。	・D級岩盤内のすべりを抑止するため、岩盤内に設置する。	・抑止杭を岩盤に設置。	-	-	・同様の設置状況である。	-
	・シームすべりに伴うせん断力に耐える構造とするため、深礎杭を採用する。	・鋼管杭を採用する。	-	・抑止杭の構造の違い	-	-	・深礎杭について、最新斜面・土留め技術総覧（1991年8月）に基づいて設計する。 ・深礎杭の一般産業施設の施工事例等を確認する。
	・H鋼を複数本挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼を単数挿入し、せん断補強を行う。	・H鋼でせん断補強。	・H鋼の挿入本数の違い。	・同様のせん断補強を行っているため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。	・H鋼の挿入本数のみでの違いであるため、先行炉のH鋼によるせん断補強の設計方針が適用可能である。 ・H鋼を複数本挿入している一般産業施設の施工事例等を確認する。	
設計方法	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （コンクリート）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度（帯鉄筋）短期許容応力度	・すべり安全率算定に用いる抑止杭のせん断抵抗力： （鋼管）短期許容応力度（H鋼）短期許容応力度	・抑止杭のせん断抵抗力の設定は許容応力度法に基づく。	-	-	・同じ許容応力度法により、同様の基準類（コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年）及び道路橋示方書・同解説（平成14年3月））に基づいてせん断抵抗力を設定している。	-

※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

第 7.4.5-2 表 抑止杭の参照している基準類に関する先行炉との比較

評価項目	参照している基準類 （[]内は適用範囲，工認ガイド等に記載されている基準類に下線）		先行炉との類似点を踏まえた適用性/ 相違点を踏まえた設計への反映事項
	島根原子力発電所	関西電力（株） 高浜発電所	
設計方法	最新斜面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	最新斜面・土留め技術総覧（1991年）【杭工】	・深礎杭は杭工であるため、適用可能。
抑止杭の せん断抵抗力	H鋼	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編（2002年）【許容応力度】	・許容応力度法により設計しており、適用可能。
	コンクリート・鉄筋	コンクリート標準示方書〔構造性能照査編〕（2002年）【許容応力度】	・工認ガイド等に記載の基準類を参照し、許容応力度法により設計する。
	鋼管	-	道路橋示方書Ⅱ鋼橋編（2002年）【許容応力度】

※ 先行炉の情報に係る記載内容については、会合資料等をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

(3) 施工実績（一般産業施設における類似構造の設計・施工事例）

島根原子力発電所の抑止杭の特徴は「岩盤内に設置された深礎杭」であることから、この特徴に類似する一般産業施設の設計・施行例を調査した。調査結果を第7.4.5-3表に示す。

また、各事例の概要を（a）～（d）に示す。

第7.4.5-3表 類似する一般産業施設の設計・施行例

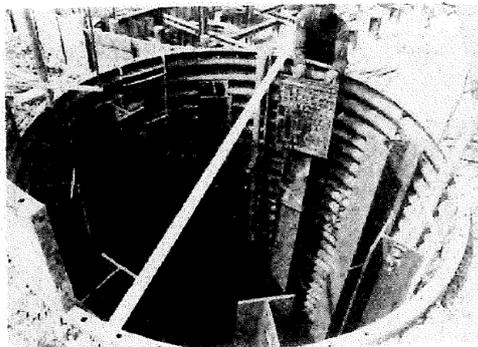
特徴	設計・施行例		
	施設・工事名称	施設の概要	概要頁
H鋼をせん断補強材として複数本挿入	北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>・北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。</li> <li>・せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。</li> </ul>	事例①
	地附山地すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>・長野県地附山地すべりの安定性を確保するため、径5.1m、長さ33～61mの大口径鉄筋コンクリート杭を10m、15mの間隔で29本施工している。</li> <li>・効率的な配筋とするため、主筋に51mmの太鉄筋を用い、せん断補強としてH鋼を複数本挿入している。</li> </ul>	事例②
深礎杭	山際地区すべり対策工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大分県山際地区地すべり（幅約45m、奥行き約300m、推定すべり面層厚70m前後の尾根型岩盤すべり）の安定性を確保するため、径5.5m、長さ30～97mの深礎杭を16本施工している。</li> <li>・軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に4重に配置し、最大曲げモーメント発生位置付近に、D51のせん断補強筋を複数本挿入している。</li> </ul>	事例③
	北神線建設工事及び有馬線地上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事	<ul style="list-style-type: none"> <li>・六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径3.5m、長さ33～35mの深礎杭を17本施工している。</li> <li>・主筋はD51を2段配筋としている。</li> </ul>	事例④

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

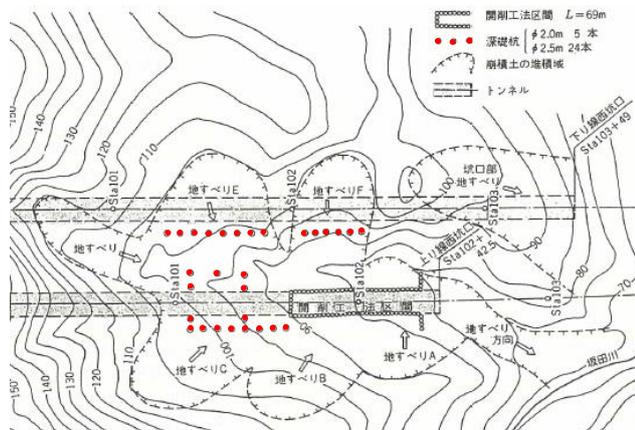
(a) 事例① 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事

北陸自動車道地蔵トンネル西坑口付近に広く分布する地すべりの安定性を確保するため、径2.5mの深礎杭を7.5mの間隔で24本、径2.0mの深礎を6.0mの間隔で5本施工している。

せん断抵抗材として深礎杭内にH鋼を環状に挿入している。



高松眞・内橋初義・宮崎晃：地すべり地帯の坑口施工 北陸自動車道地蔵トンネル，1979年



竹村亜夫・上野将司：地すべり地におけるトンネル掘削時の諸問題に関する地質工学的考察，2004年（一部加筆）

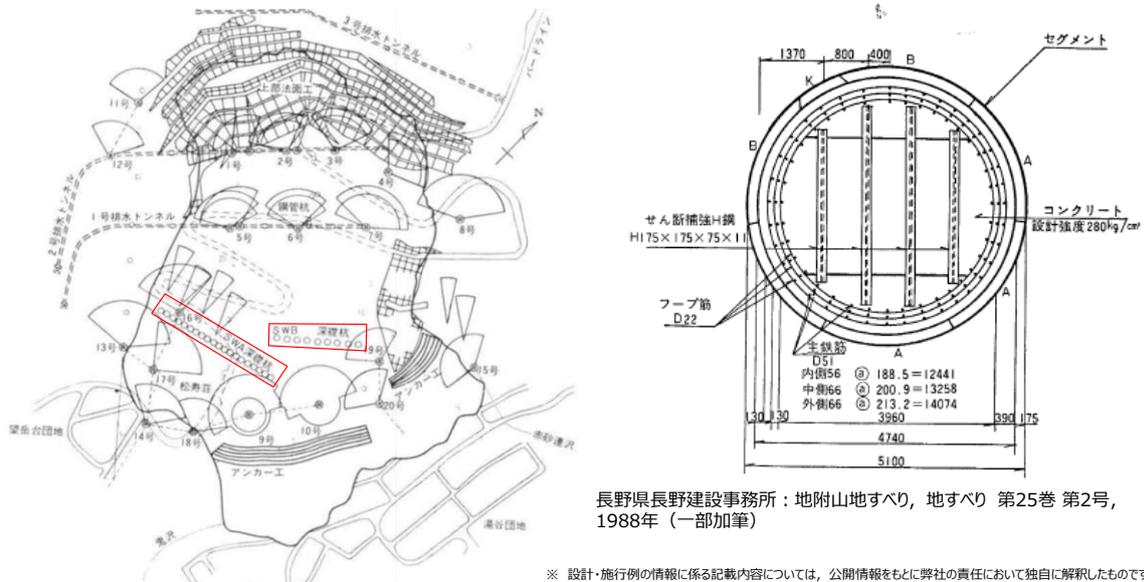
※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

第7.4.5-2図 北陸自動車道地蔵トンネル地すべり対策工事の施工事例

(b) 事例② 地附山地すべり対策工事

長野県地附山地すべり（幅約 500m，奥行き約 700m，推定すべり面層厚 60m 前後）の安定性を確保するため，径 5.1m，長さ 33～61m の大口径鉄筋コンクリート杭を 10m，15m の間隔で 29 本施工している。

効率的な配筋とするため，主筋に 51mm の太鉄筋を用い，せん断補強として H 鋼を複数本挿入している。

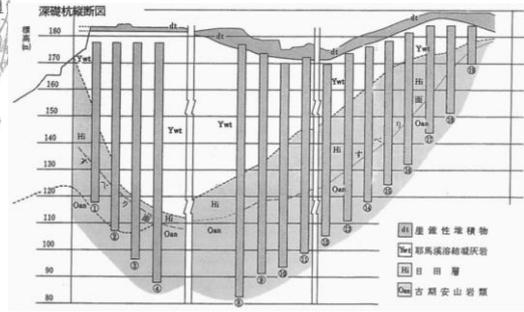
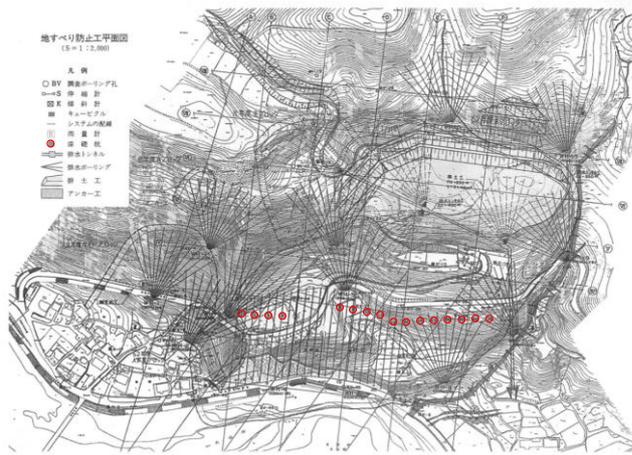


第 7. 4. 5-3 図 地附山地すべり対策工事の施工事例

(c) 事例③ 山際地区地すべり対策工事

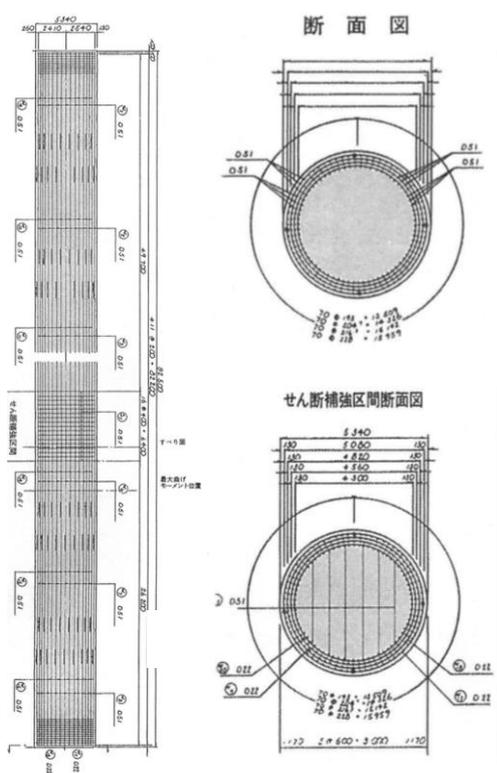
大分県山際地区地すべり（幅約 450m，奥行き約 300m，推定すべり面層厚 70m 前後の尾根型岩盤すべり）の安定性を確保するため，径 5.5m，長さ 30～97m の深礎杭を 16 本施工している。

軸方向鉄筋及び帯鉄筋を円周状に 4 重に配置し，最大曲げモーメント発生位置付近に，D51 のせん断補強筋を複数本挿入している。



大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～，地すべり 第34巻 第3号，1997年（一部加筆）

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については，公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。



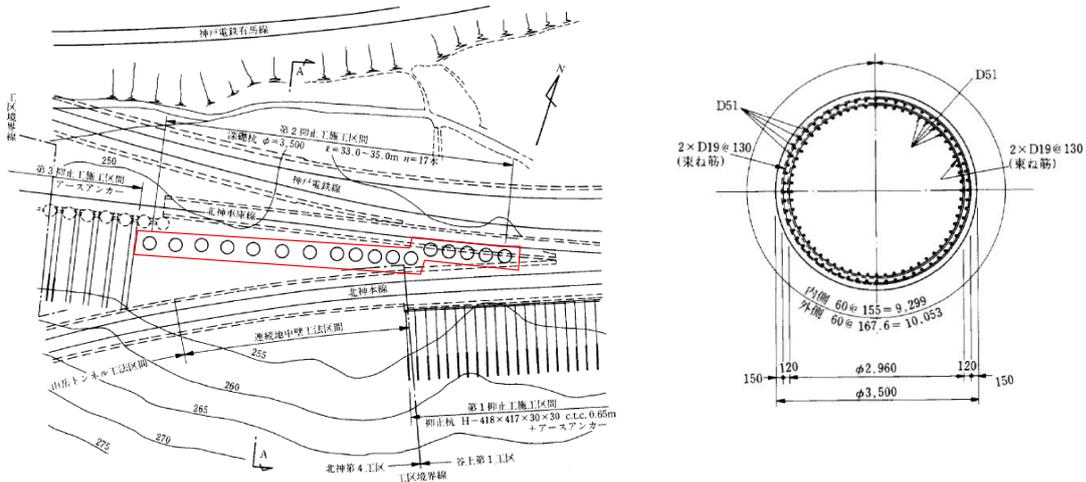
大分県土木建築部砂防課 大分県日田土木事務所：山際地区すべり 大分県大山町 ～大規模な岩すべりとその対策～，地すべり 第34巻 第3号，1997年  
 (社) 斜面防災対策技術協会HP  
[https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi\\_joho/sekkei/syafktui/syftkui.html](https://www.jasdim.or.jp/gijutsu/jisuberi_joho/sekkei/syafktui/syftkui.html)

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については，公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

第 7.4.5-4 図 山際地区地すべり対策工事の施工事例

(d) 事例④ 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第1工区土木工事

六甲山周辺地域にて地すべりの安定性を確保するため、径 3.5m、長さ 33~35m の深礎杭を 17 本施工している。主筋はD51 を 2 段配筋としている。



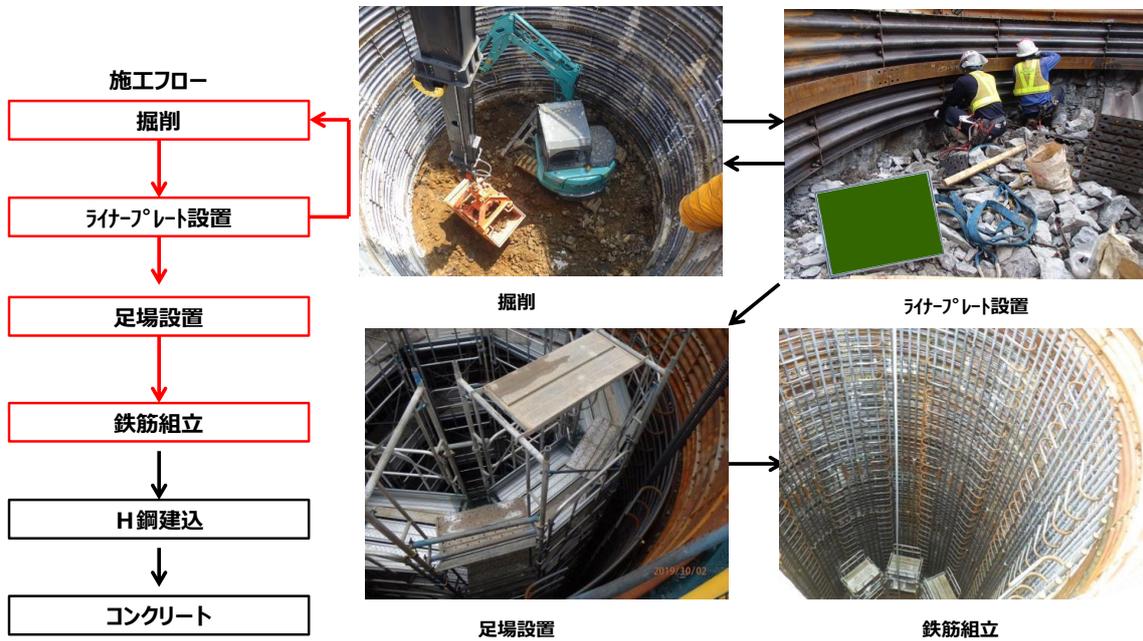
堺紘成・吉田利三・丹内正利・石橋貢；地すべり対策工としての深礎杭の計画と施工，1987年（一部加筆）

※ 設計・施行例の情報に係る記載内容については、公開情報をもとに弊社の責任において独自に解釈したものです。

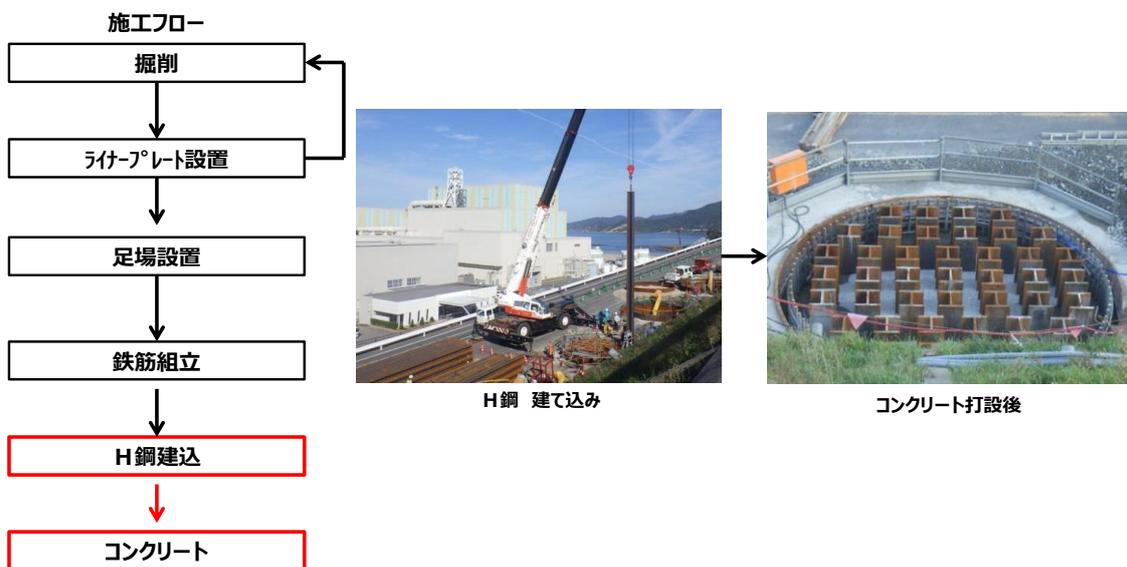
第 7. 4. 5-5 図 北神線建設工事及び有馬線谷上駅移設工事のうち谷上第 1 工区土木工事の施工事例

(4) 島根サイトの深礎杭の工事概要

島根サイトの①-①'断面及び②-②'断面における深礎杭は、第7.4.5-6図及び第7.4.5-7図のフローで施工している。



第7.4.5-6図 施工フロー図 (1/2)



第7.4.5-7図 施工フロー図 (2/2)

(参考-1) 評価対象斜面の選定理由 (詳細)

1. グループAにおける評価対象斜面の選定理由 (詳細)

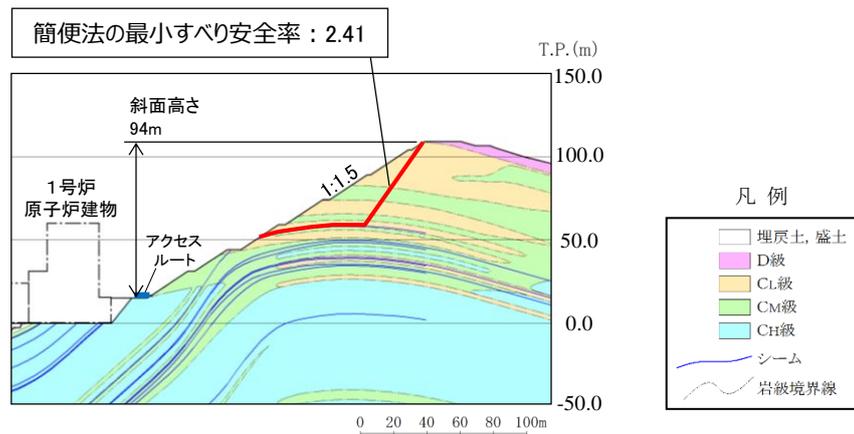
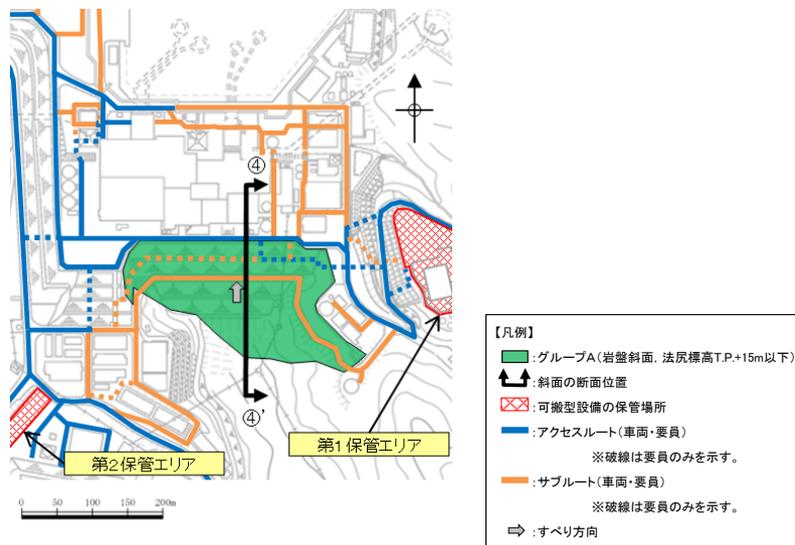
- ・岩盤で構成される斜面

グループAの岩盤斜面である④-④'断面～⑦-⑦'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。

【④-④'断面】

④-④'断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑤-⑤'断面に比べ、斜面高さが高いが、勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤'断面の評価に代表させる。

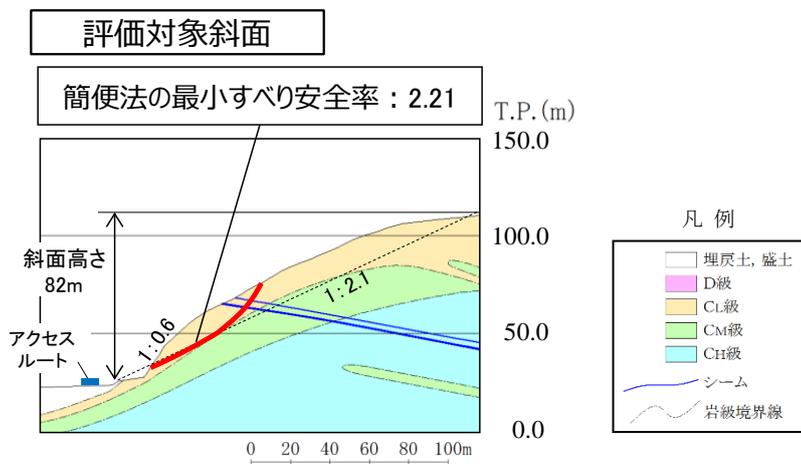
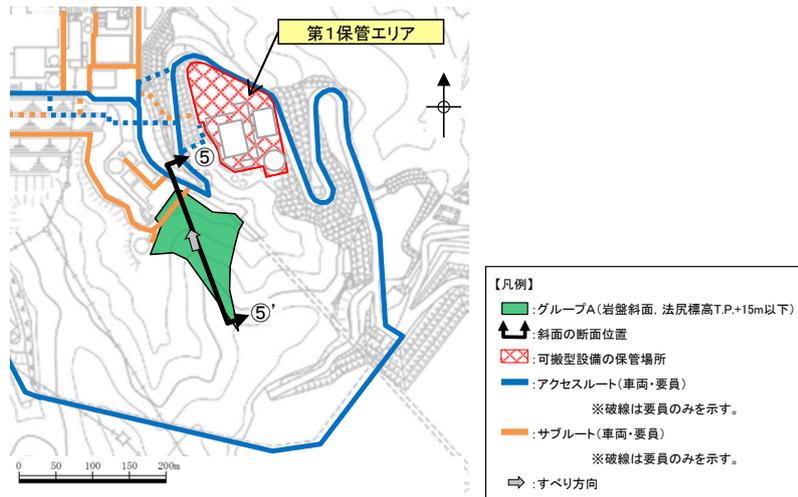


第1図 ④-④'断面の比較結果

【⑤－⑤’ 断面（評価対象斜面）】

⑤－⑤’ 断面の斜面は自然斜面であり，斜面高さが最も高く，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，C<sub>L</sub> 級岩盤が分布すること，平均勾配が 1:2.1 と緩いが，局所的な急勾配部（1:0.6，C<sub>L</sub> 級岩盤）があること，シームが分布すること，及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから，評価対象斜面に選定する。

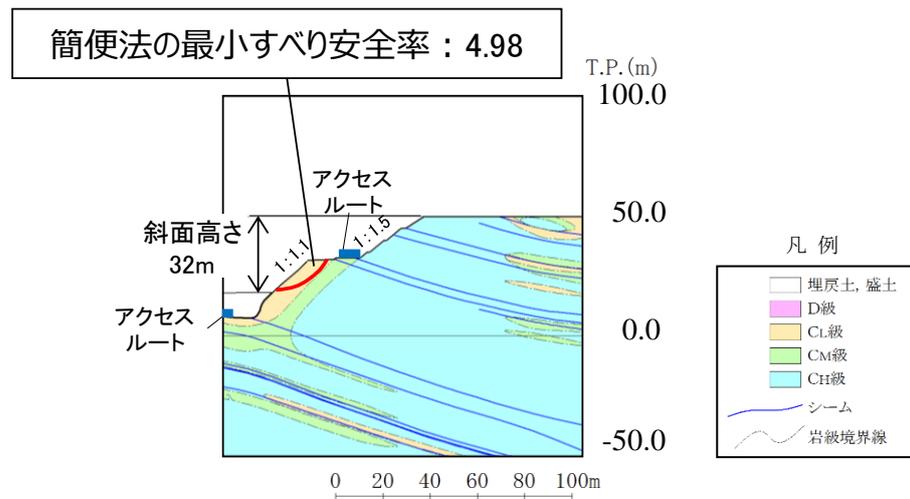
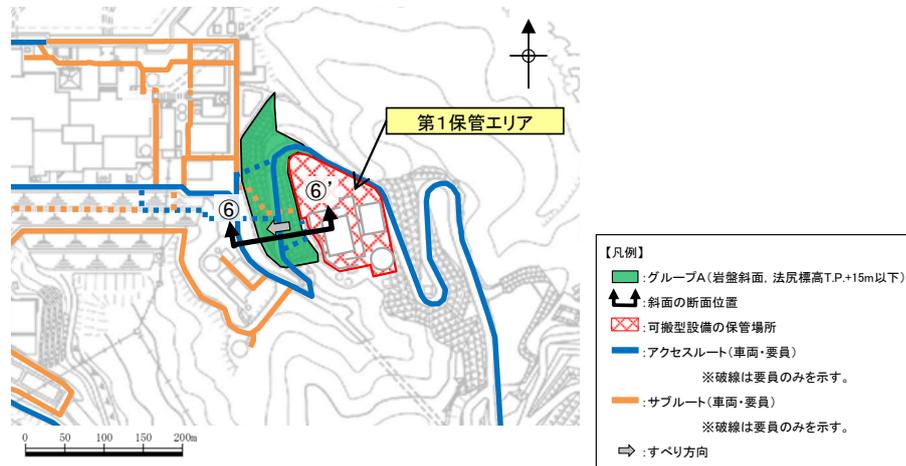


第2図 ⑤－⑤’ 断面の比較結果

【⑥-⑥' 断面】

⑥-⑥' 断面の斜面は切取斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑤-⑤' 断面に比べ，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。

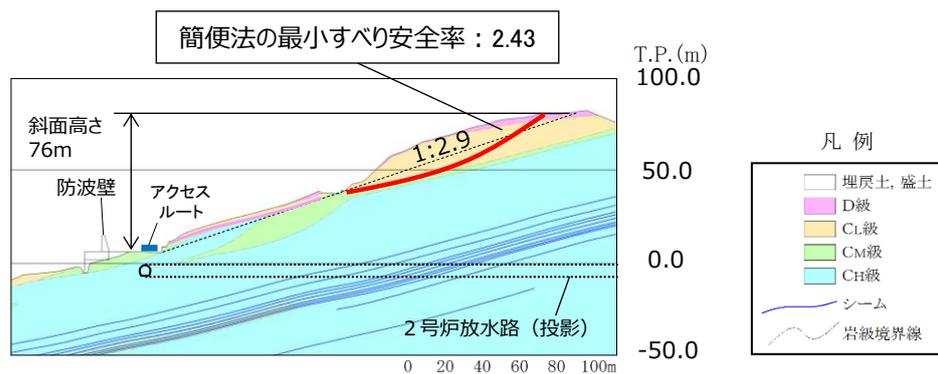
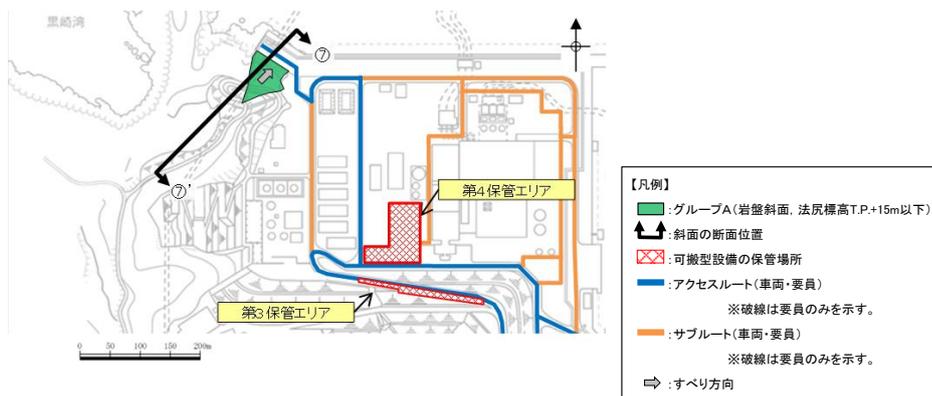


第3図 ⑥-⑥' 断面の比較結果

【⑦-⑦' 断面】

⑦-⑦' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑤-⑤' 断面に比べ、D級岩盤が分布するが、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑤-⑤' 断面の評価に代表させる。



※「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」(令和2年2月28日審査会合)で説明した礫質土・粘性土の切取を反映済

第4図 ⑦-⑦' 断面の比較結果

2. グループBにおける評価対象斜面の選定理由（詳細）

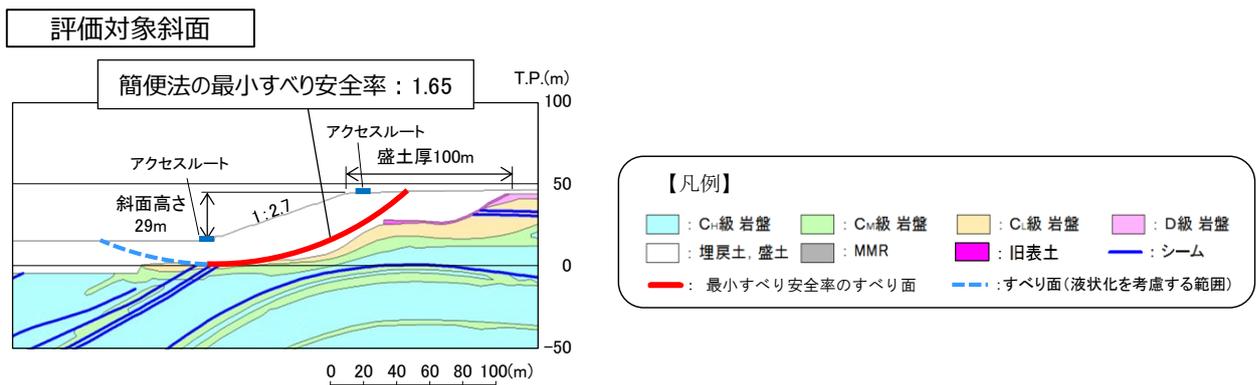
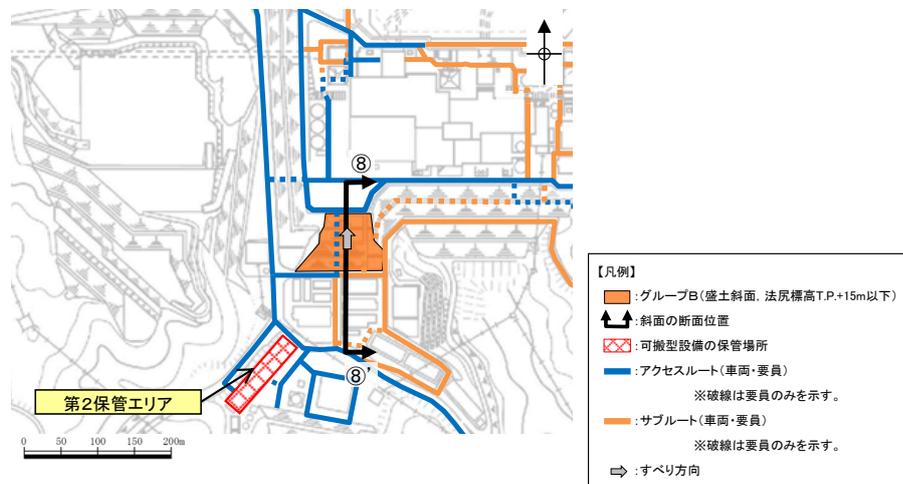
・盛土で構成される斜面

グループBの盛土斜面である⑧-⑧'断面及び⑨-⑨'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。

【⑧-⑧'断面（評価対象斜面）】

⑧-⑧'断面の斜面は盛土斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑨-⑨'断面に比べて，盛土厚が100mと厚いこと，斜面高さが高いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから，評価対象斜面に選定する。

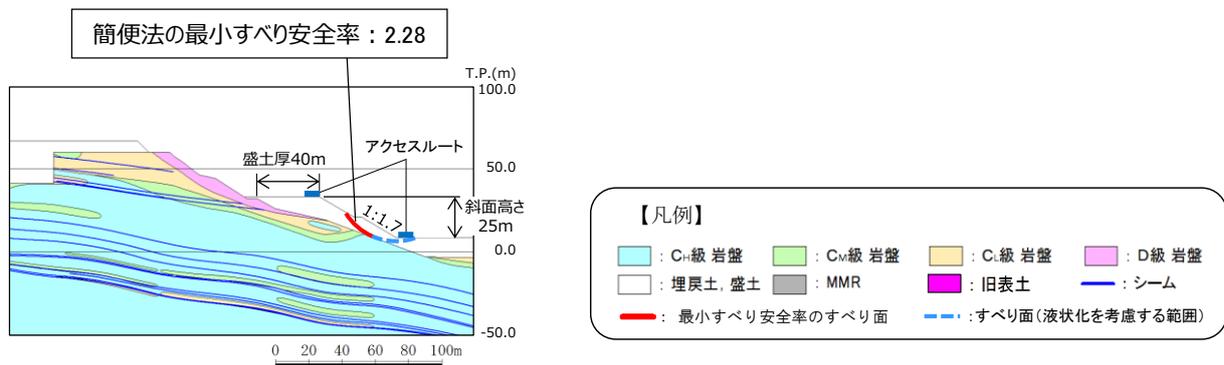
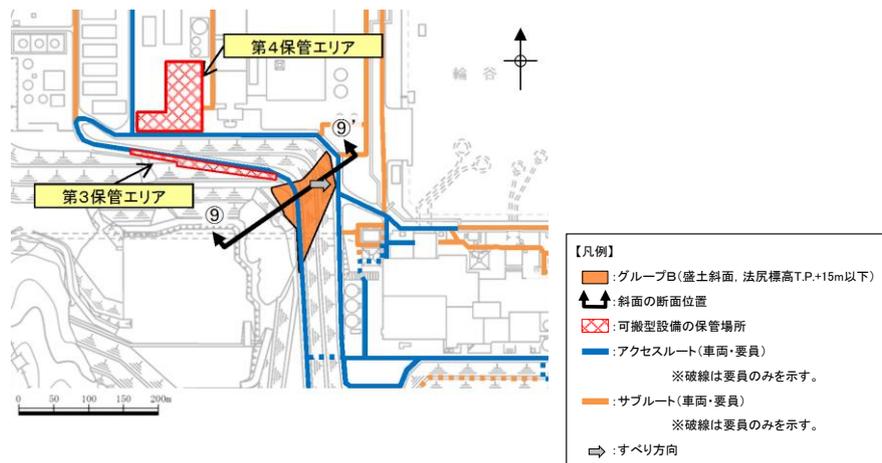


第5図 ⑧-⑧'断面の比較結果

【⑨－⑨’ 断面】

⑨－⑨’ 断面の斜面は盛土斜面であり，斜面高さが最も高く，最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑧－⑧’ 断面に比べ，勾配が急ではあるが，盛土厚が40mと薄いこと，斜面高さが低いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑧－⑧’ 断面の評価に代表させる。



第6図 ⑨－⑨’ 断面の比較結果

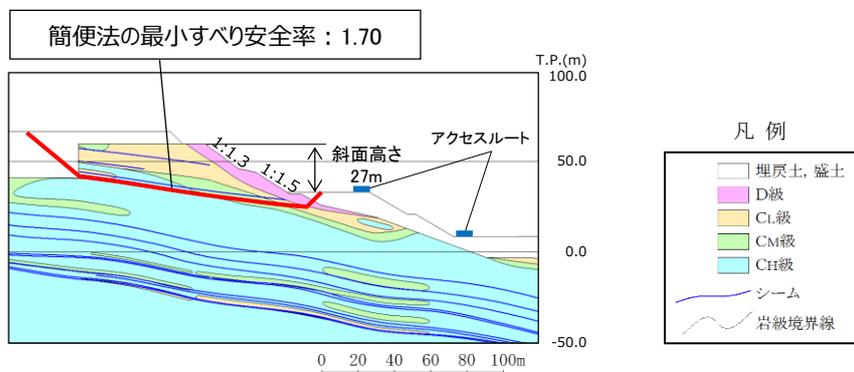
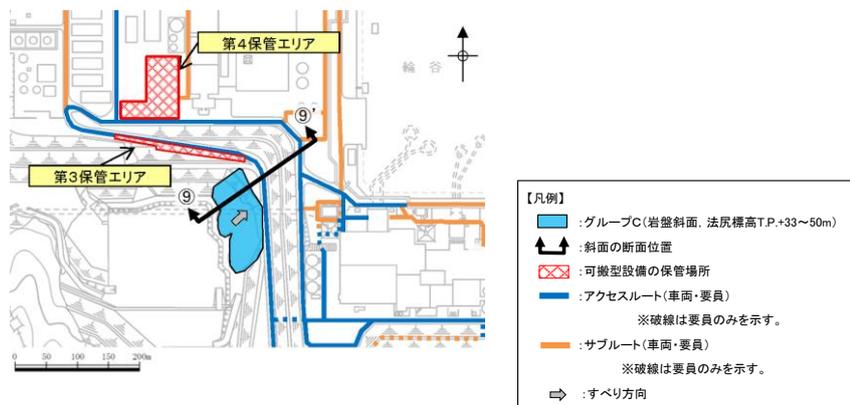
3. グループCにおける評価対象斜面の選定理由（詳細）

グループCの岩盤斜面である⑨-⑨'断面，⑪-⑪'断面～⑬-⑬'断面の比較検討結果及び評価対象斜面の選定根拠の詳細を断面毎に示す。

【⑨-⑨'断面】

⑨-⑨'断面の斜面は自然斜面であり，斜面高さが最も高く，風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は，⑬-⑬'断面に比べ，斜面高さが低いこと，斜面の勾配が緩いこと，及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから，⑬-⑬'断面の評価に代表させる。

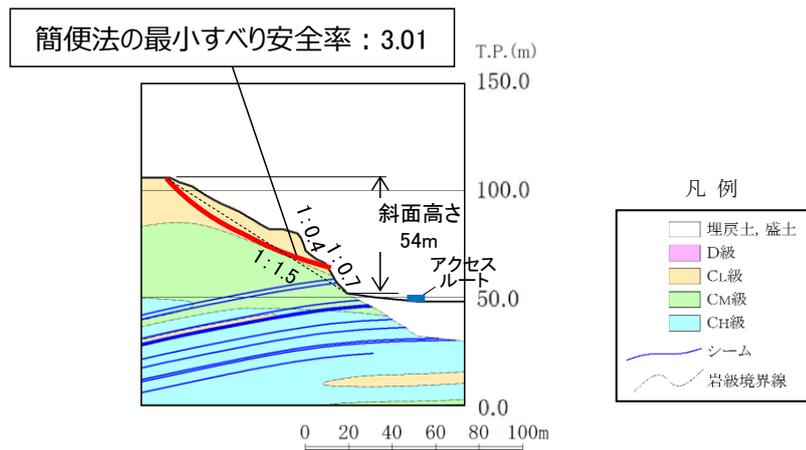
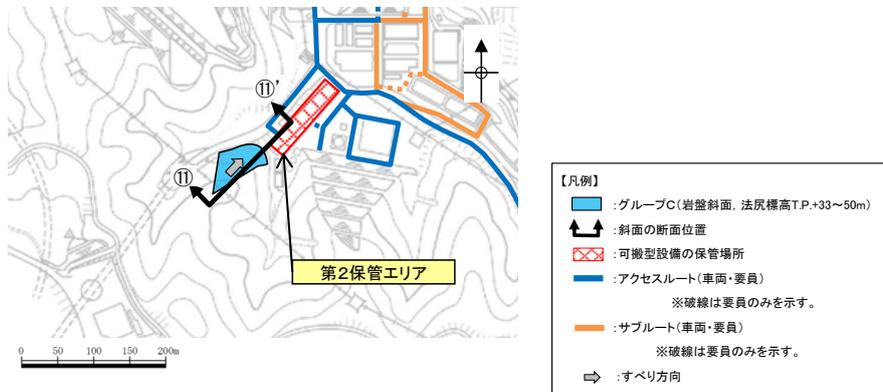


第7図 ⑨-⑨'断面の比較結果

【⑪-⑪' 断面】

⑪-⑪' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。

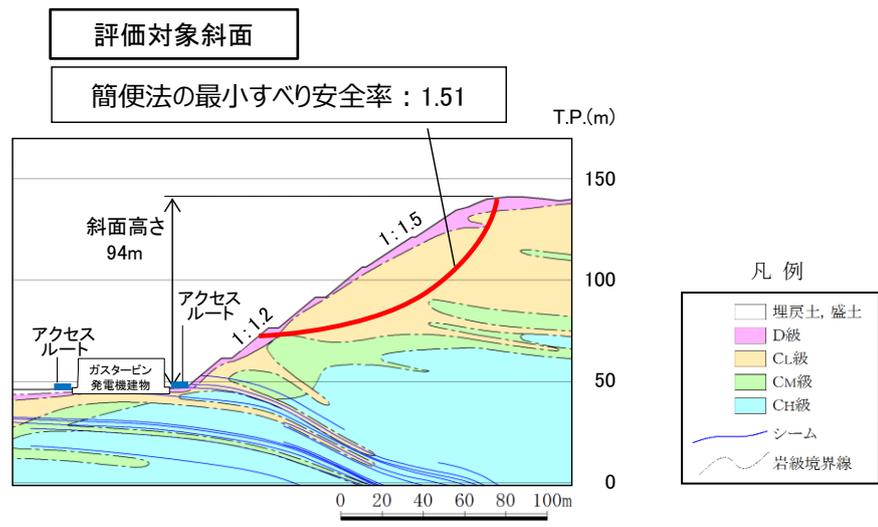
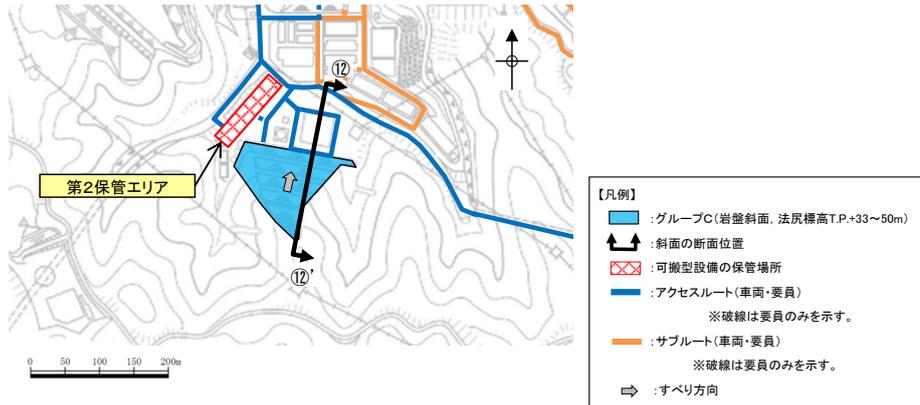


第8図 ⑪-⑪' 断面の比較結果

【⑫-⑫' 断面 (評価対象斜面)】

⑫-⑫' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D級岩盤及びC<sub>L</sub>級岩盤が分布すること、斜面高さが94mとグループC (T.P. +33m~50m) の斜面で最も高いこと、1:1.2の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

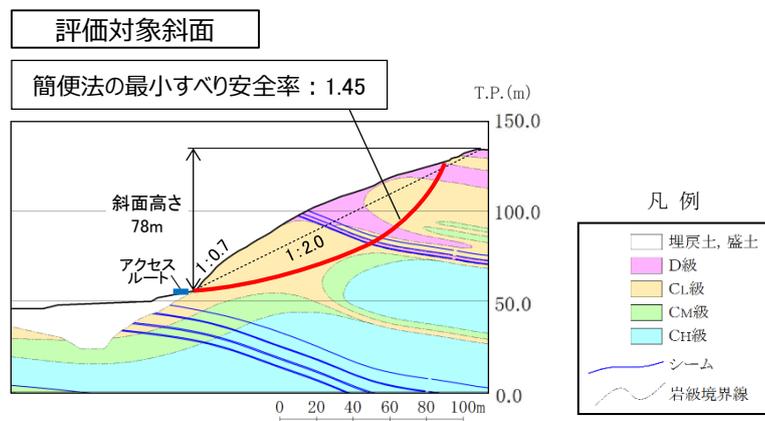
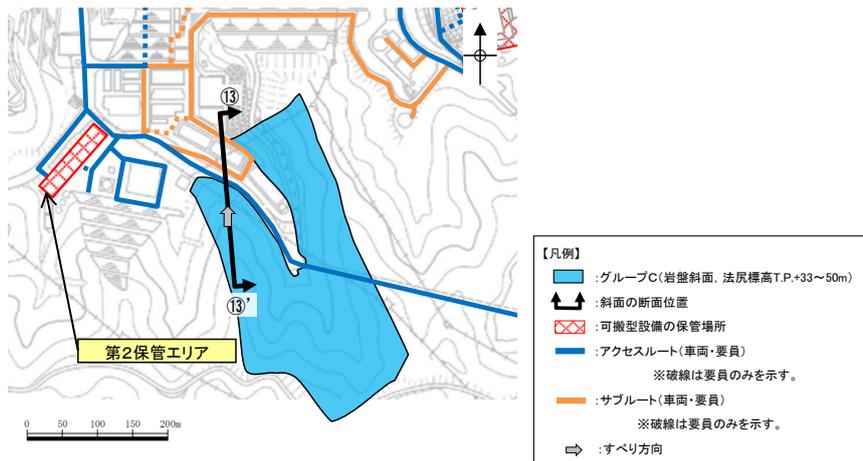


第9図 ⑫-⑫' 断面の比較結果

【⑬-⑬' 断面（評価対象斜面）】

⑬-⑬' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D 級岩盤及び C<sub>L</sub> 級岩盤が分布すること、局所的な急勾配部（1:0.7, C<sub>L</sub> 級岩盤）があること、シームが分布すること、及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。



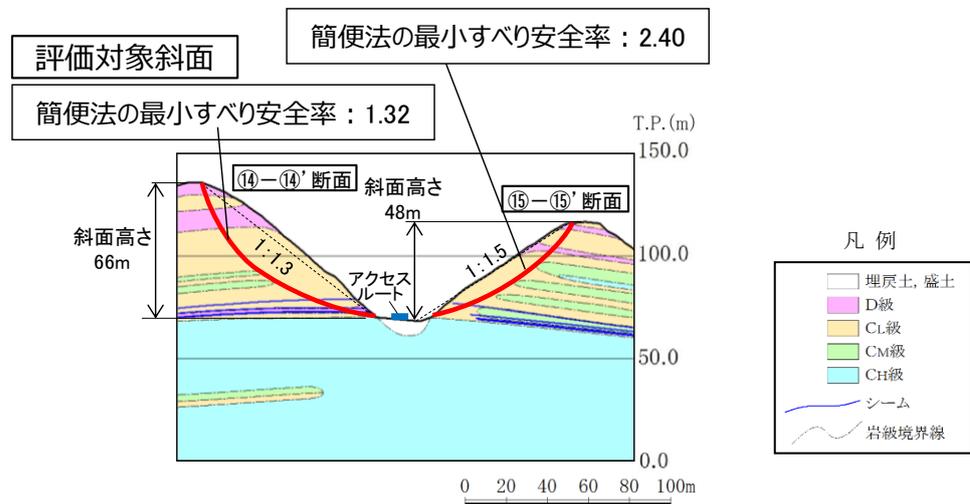
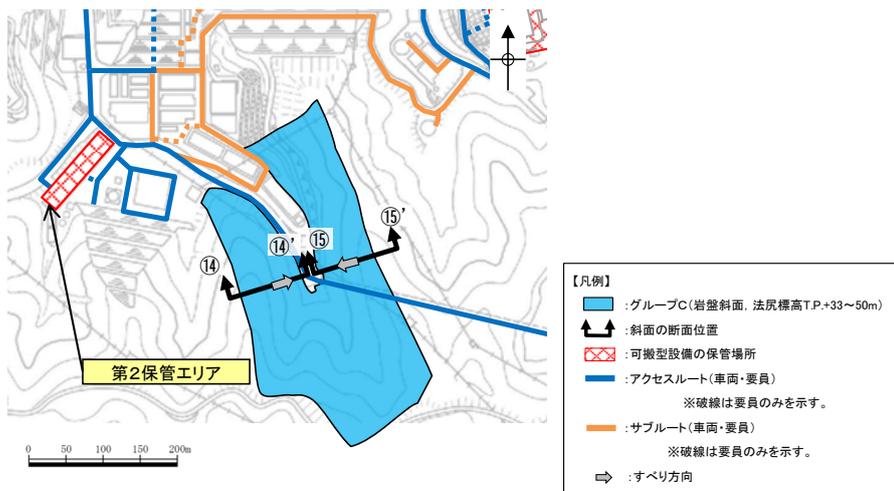
第 10 図 ⑬-⑬' 断面の比較結果

【⑭-⑭' 断面（評価対象斜面）及び⑮-⑮' 断面】

⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の斜面は自然斜面であり、斜面高さが最も高く、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

⑭-⑭' 断面の斜面は、D 級岩盤及び C<sub>L</sub> 級岩盤が分布すること、シームが分布すること、及び⑫-⑫' 断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

また、⑮-⑮' 断面の斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。

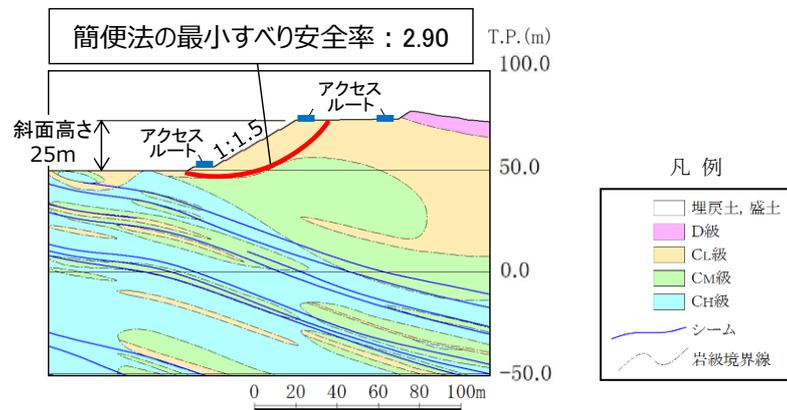
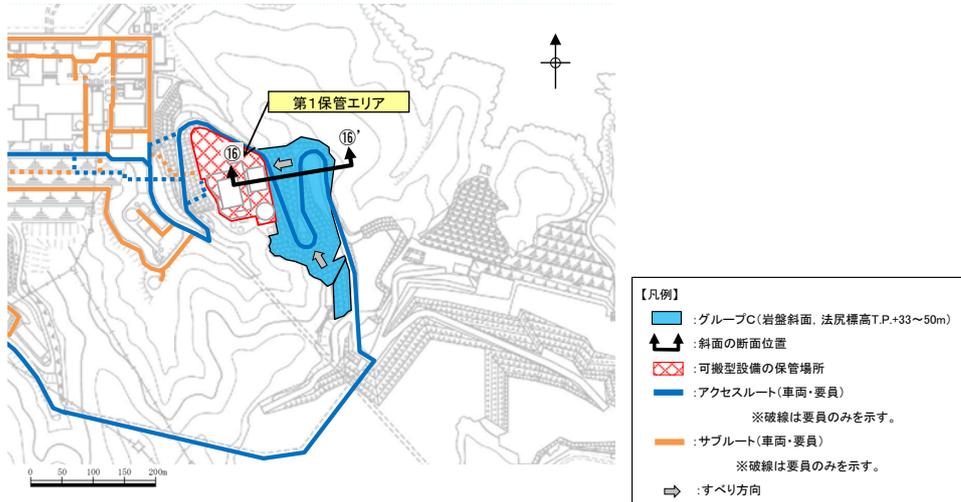


第 11 図 ⑭-⑭' 断面及び⑮-⑮' 断面の比較結果

【⑩-⑩' 断面】

⑩-⑩' 断面の斜面は切取斜面であり、斜面高さが最も高く、最急勾配方向となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、⑫-⑫' 断面に比べ、斜面高さが低いこと、平均勾配が1:1.5と緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、⑫-⑫' 断面の評価に代表させる。



第12図 ⑩-⑩' 断面の比較結果

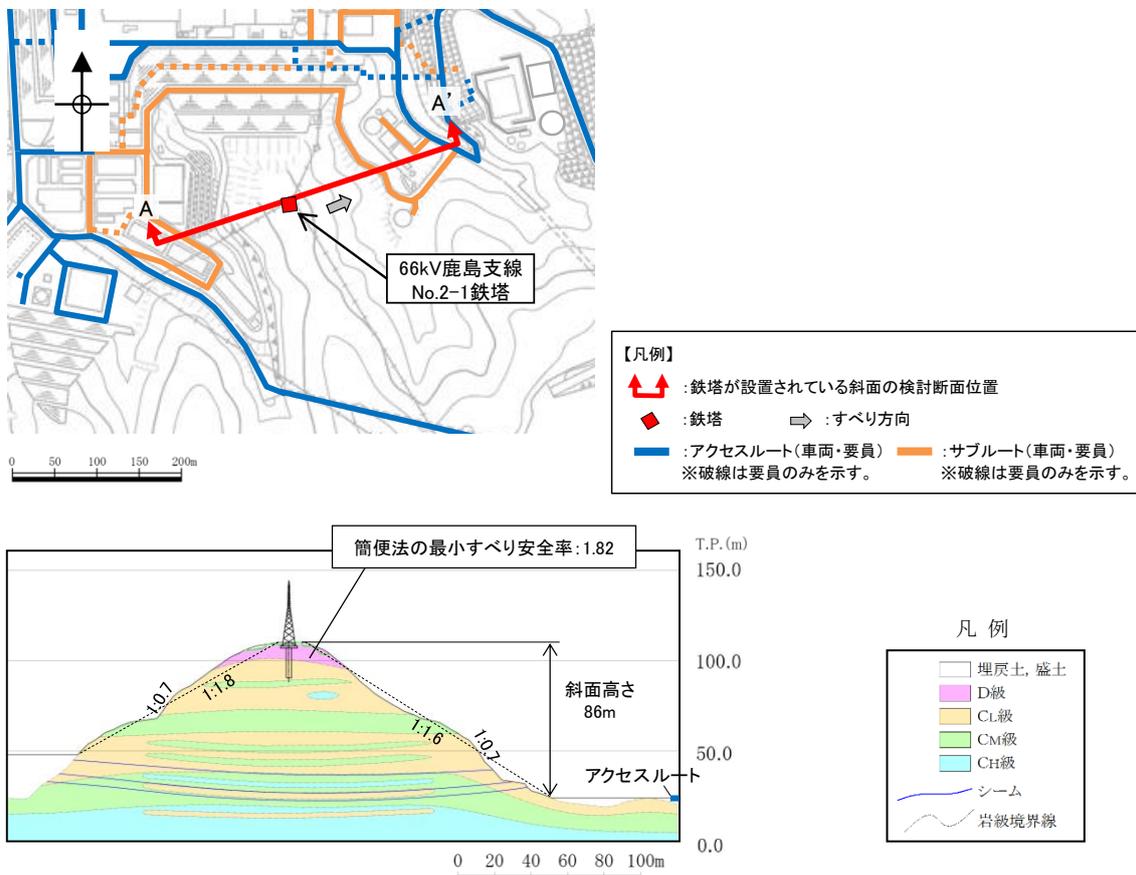
#### 4. 鉄塔が設置されている斜面の断面比較結果（詳細）

鉄塔が設置されている斜面の検討断面であるA-A'断面～C-C'断面の比較検討結果の詳細を断面毎に示す。

##### 【A-A'断面（評価対象斜面）】

A-A'断面の斜面は自然斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、風化帯が最も厚くなる尾根部を通るすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D級岩盤及びC<sub>L</sub>級岩盤が存在すること、斜面高さが最も高いこと、一部1:0.7の急勾配部があること、シームが分布すること、及び簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

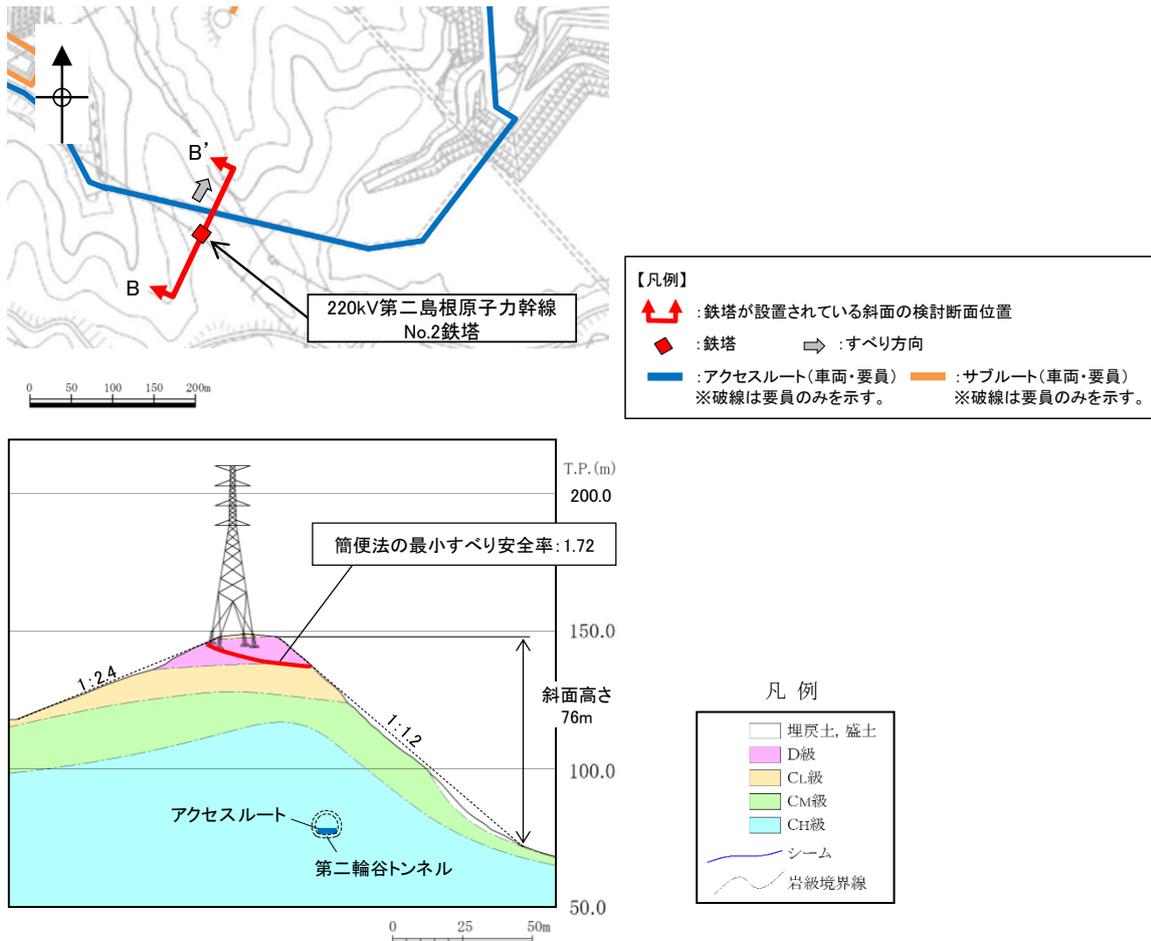


第13図 A-A'断面の比較結果

【B-B' 断面（評価対象斜面）】

B-B' 断面の斜面は自然斜面であり、通常であれば尾根部を通すが、尾根部が概ね同等の標高になっており、傾斜が緩いため、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、最急勾配となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、D級岩盤及びC<sub>L</sub>級岩盤が存在すること、1:1.2の急勾配であること、及びA-A'断面に比べ簡便法の最小すべり安全率が小さいことから、評価対象斜面に選定する。

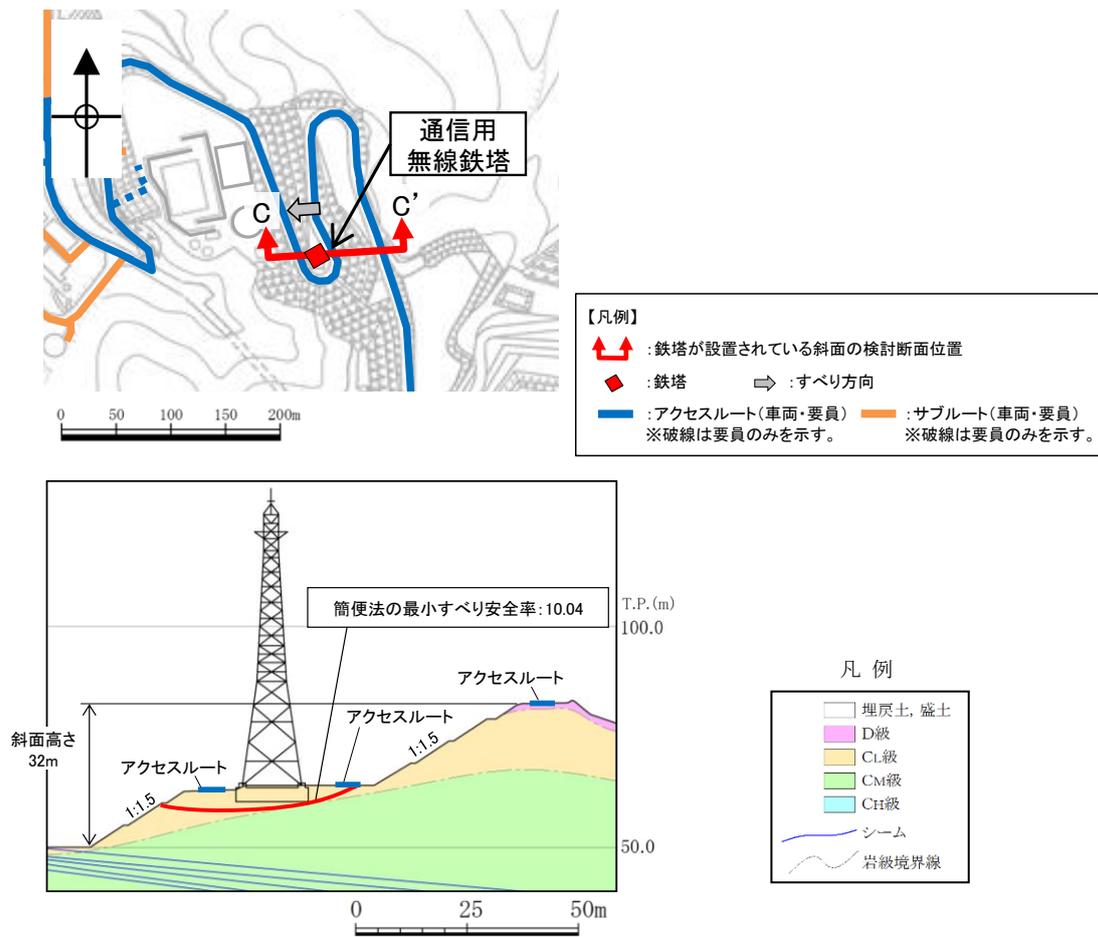


第14図 B-B' 断面の比較結果

### 【C-C' 断面】

C-C' 断面の斜面は切取斜面であり、鉄塔付近を通る断面のうち、斜面高さが高くなり、勾配が急となるすべり方向に断面を設定した。

当該斜面は、A-A' 断面に比べて斜面高さが低いこと、平均勾配が緩いこと、シームが分布しないこと、及び簡便法の最小すべり安全率が大きいことから、A-A' 断面の評価に代表させる。



第15図 C-C' 断面の比較結果

## (参考-2) すべり安定性評価の基準値の設定について

斜面のすべり安定性評価における評価基準値を 1.0 としたことについて、以下の理由から、二次元動的有限要素法解析におけるすべり安全率が 1.0 を上回れば、斜面の安定性は確保できると考えている。

- ・「斜面安定解析入門（社団法人地盤工学会）」<sup>※1</sup>において、「有限要素法を用いた動的解析ですべり安全率が 1 以上であれば、局所安全率が 1 を下回る所があっても、全体的なすべり破壊は生じないものと考えられる。さらに、このすべり安全率が 1 を下回っても、それが時間的に短い区間であれば、やはり必ずしも全体的すべりに至らないであろう。」と示されている。
- ・「大規模地震に対するダム耐震性能照査指針（案）・同解説（国土交通省河川局）に係る参考資料」<sup>※2</sup>において、等価線形化法による動的解析を用いたすべり安定性の検討において、すべり安全率が 1 を下回る場合にはすべり破壊が発生する可能性があるとして示されている。
- ・「道路土工盛土工指針（社団法人日本道路協会）」<sup>※3</sup>において、「レベル 2 地震動に対する設計水平震度に対して、円弧すべり面を仮定した安定解析法によって算出した地震時安全率の値が 1.0 以上であれば、盛土の変形量は限定的なものにとどまると考えられるため、レベル 2 地震動の作用に対して性能 2 を満足するとみなしてよい。」と示されている。

注) レベル 2 地震動：供用期間中に発生する確率は低いが大きな強度を持つ地震動。

注) 性能 2：想定する作用による損傷が限定的なものにとどまり、盛土としての機能の回復がすみやかに実行可能な性能。

また、解析に当たっては、以下に示す保守的な評価を行っているため、すべり安全率 1.0 は評価基準値として妥当であると考えている。

- ・ 2次元断面による評価であり、現実のすべりブロック（3次元形状）が持つ側方抵抗を考慮していないため、保守的な評価となっている。
- ・ 各要素の応力状態より、「引張応力が発生した要素」、「せん断強度に達した要素」については、せん断抵抗力の算定に用いる強度に残留強度を採用し、健全強度より低下させることで安全側の評価を実施している。

※1：社団法人地盤工学会，P81

※2：国土交通省 国土技術政策総合研究所，平成 17 年 3 月，P132

※3：社団法人日本道路協会，平成 22 年 4 月，P123

## 敷地の地質・地質構造の特徴及び想定されるリスクについて

## 1. 敷地の地質・地質構造の特徴

第 1 表に敷地の地質層序表を示す。敷地の地質は，新第三紀中新世の堆積岩類からなる成相寺層及び貫入岩類，並びにそれらを覆う被覆層から構成される。成相寺層は海成層で，下位より下部頁岩部層，火砕岩部層及び上部頁岩部層に区分される。

被覆層は，崖錐・海底堆積物及び盛土からなる。崖錐・海底堆積物は主に礫混じり砂質土及び礫混じり粘性土からなり，約 2m～5m の厚さで，斜面中腹や裾部，あるいは谷部等の傾斜面に分布する。また，盛土は 1 号炉， 2 号炉， 3 号炉建設時の埋立地等に分布する。

敷地の被覆層である盛土は，埋戻土（掘削ズリ）と埋戻土（粘性土）に分類している。

埋戻土（掘削ズリ）は，発電所建設時の敷地造成において発生した新第三紀中新世の成相寺層の岩砕が主体となっており，広く分布する。

埋戻土（粘性土）は，護岸建設時に，背面の止水性を担保するために幅 20m 程度にわたり裏込めしたものである。第 1 図に被覆層のボーリング柱状図を示す。

敷地の被覆層である崖錐・海底堆積物は，砂礫層として分類している。

対象設備周辺の地層の分布状況について第 2 図及び第 3 図に整理した。

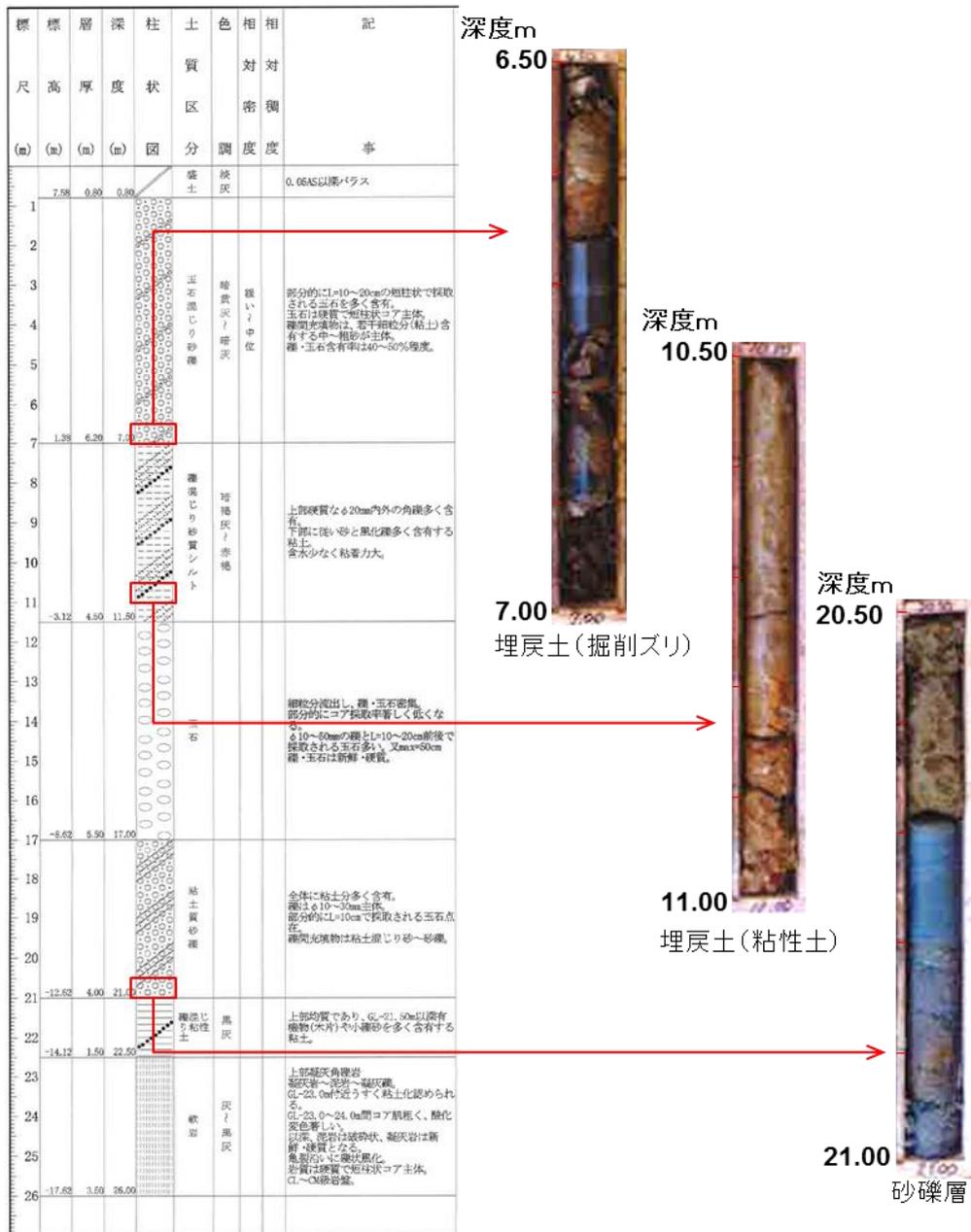
埋戻土（掘削ズリ）は，E L+15m 以下の敷地において概ね全域にわたって広範囲に分布する。

埋戻土（粘性土）は， 1， 2 号炉北側護岸背面にのみ分布する。

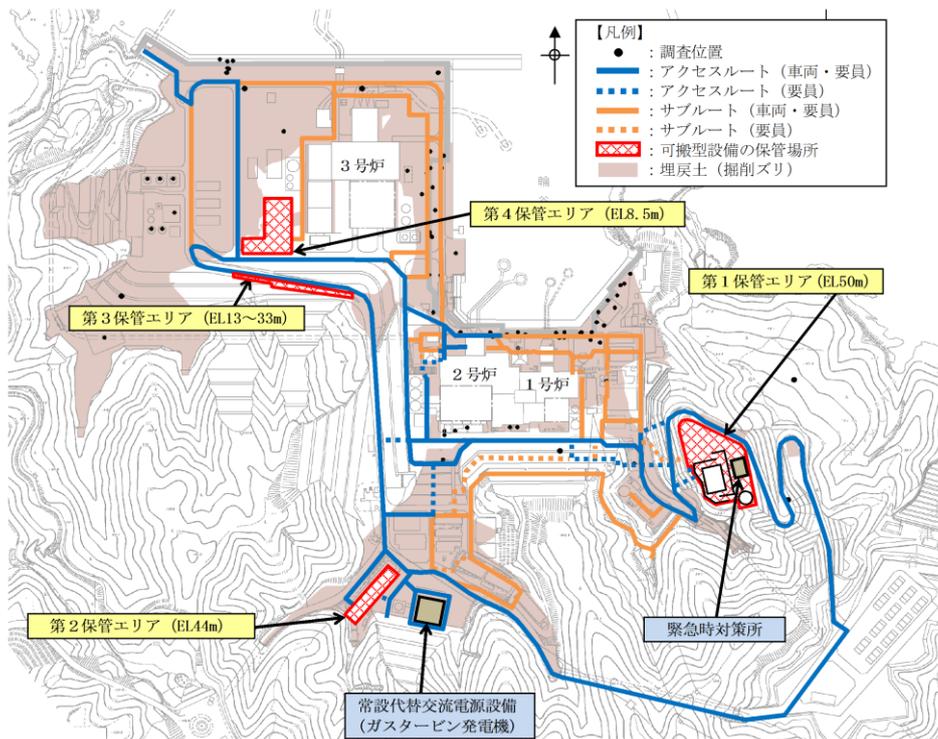
砂礫層は， 1 号炉東側の E L+15m 以下の敷地， 3 号炉北側の E L+8.5m 以下の敷地及び輪谷湾周辺において局所的に分布する。

第 1 表 敷地の地質層序表

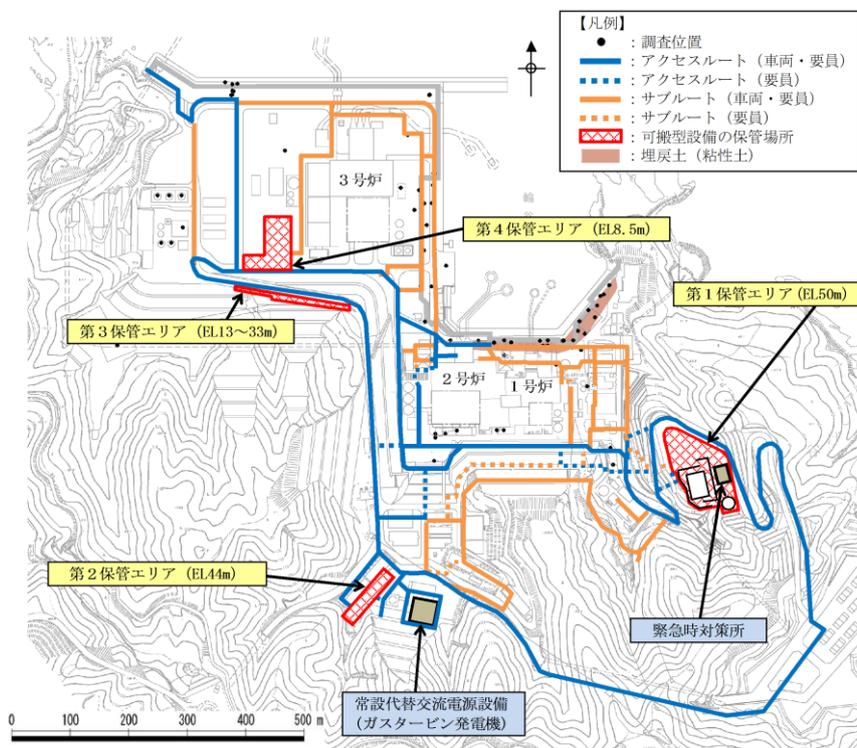
地質時代		地層名		主要構成地質	
新生代	第四紀	完新世	被覆層	盛土	埋戻土(掘削ズリ)・埋戻土(粘性土)
			崖錐・海底堆積物	礫混じり砂質土・礫混じり粘性土	
	新第三紀	中新世	成相寺層	貫入岩類	ドレライト・安山岩
				上部頁岩部層	黒色頁岩
				火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩
				下部頁岩部層	黒色頁岩・凝灰質頁岩



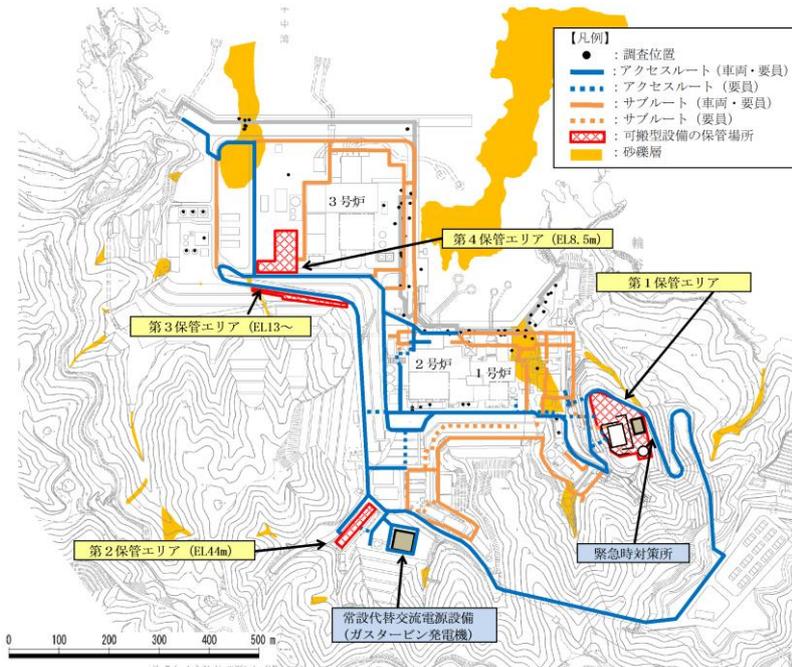
第1図 敷地内の被覆層について



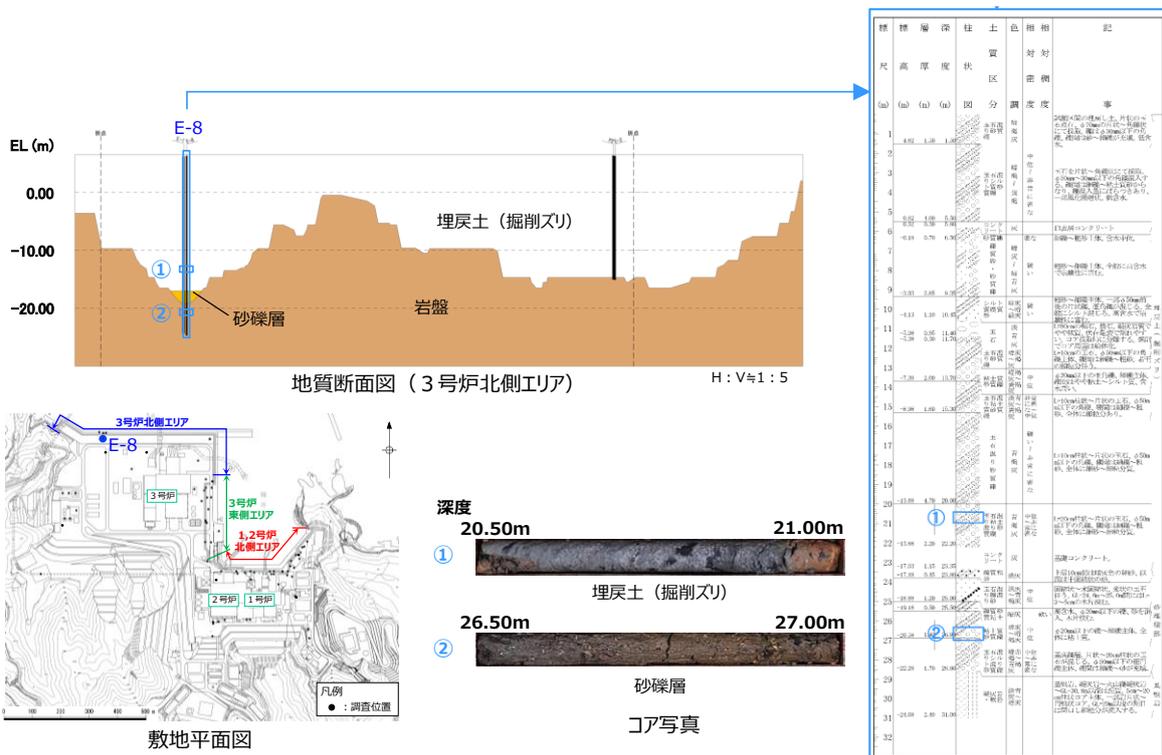
第2図 敷地の地層分布状況 (平面図)  
 (a) 埋戻土 (掘削ズリ) 分布図



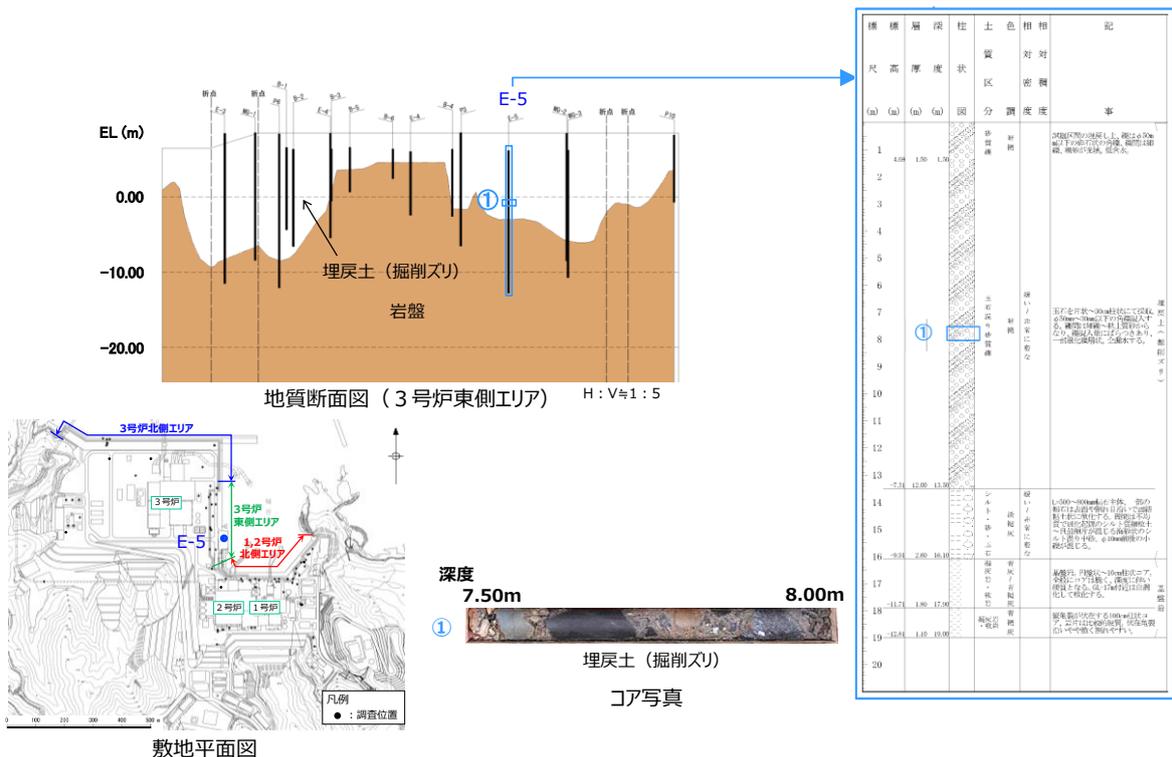
第2図 敷地の地層分布状況 (平面図)  
 (b) 埋戻土 (粘性土) 分布図



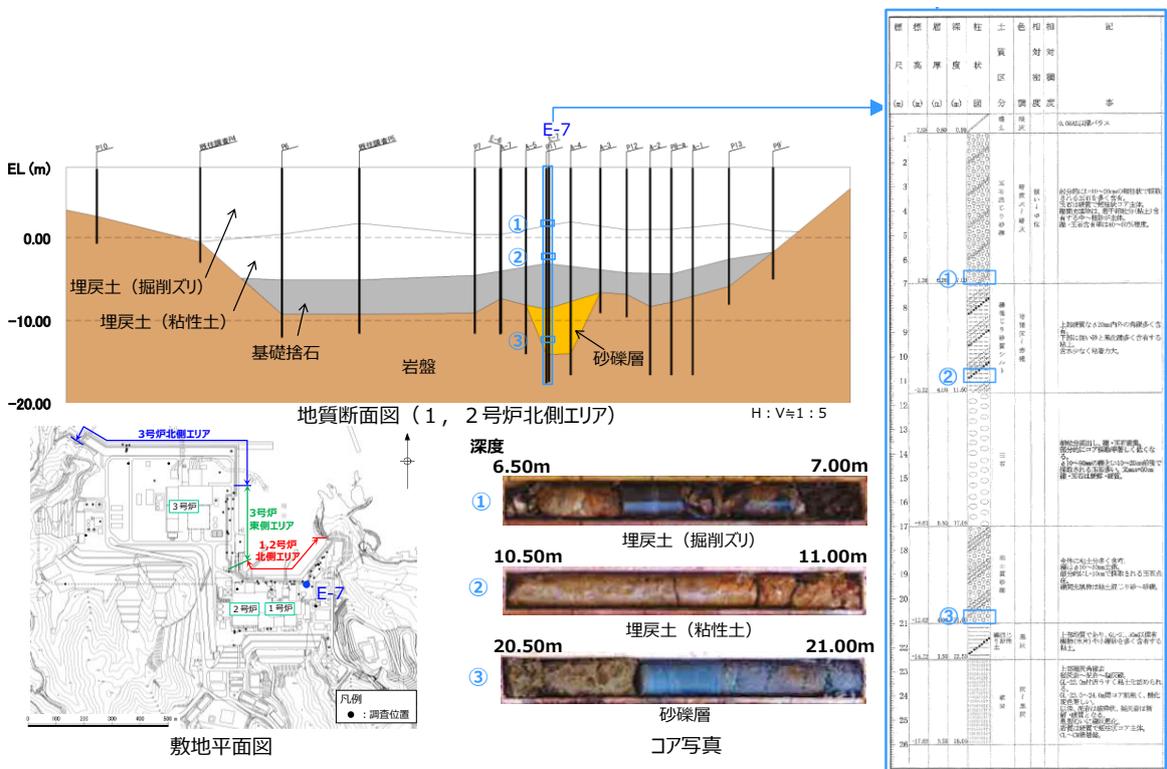
第2図 敷地の地層分布状況（平面図）  
(c) 砂礫層分布図



第3図 敷地の地層分布状況（断面図）  
(a) 3号炉北側エリア分布図



第3図 敷地の地層分布状況（断面図）  
(b) 3号炉東側エリア分布図



第3図 敷地の地層分布状況（断面図）  
(c) 1, 2号炉北側エリア分布図

2. 敷地の地質・地質構造の特徴から保管場所・アクセスルートに想定されるリスク

敷地の地質・地質構造の特徴に対し、保管場所・アクセスルートにて想定されるリスクを抽出する。

①敷地の被覆層は、埋戻土（掘削ズリ）、埋戻土（粘性土）、砂礫層からなり、埋戻土（掘削ズリ）が主体的に分布している。

a. 発電所建設時において大規模な掘削・埋戻が行われたため、地山と埋戻部の不等沈下が想定される。

b. 液状化を仮定すると噴砂による不陸が想定される。

②敷地の南側から北側に向けて岩盤の深度が徐々に深くなり、これに伴う被覆層厚及び地層構成の変化が認められる。

c. 岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化により、沈下量が場所的に変化することが想定される。

保管場所については、b 項及び c 項が該当することから、その影響を評価する。

アクセスルートについては、全ての項目が該当することから、その影響を評価する。

3. 岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化の程度の確認

岩盤の傾斜に伴う被覆層厚の変化について確認する。第 4 図に岩盤と被覆層との境界部の状況を示す。

岩盤と被覆層の境界部では、一般的に第 4 図のように擦り付ける工夫がなされている。



第 4 図 岩盤と被覆層との境界部の状況

## 屋外タンク溢水時の影響等について

## 1. 溢水伝播挙動評価

地震によりタンクに大開口が生じ、短時間で大量の水が流出するようなことはないと考えられるが、溢水防護対象設備への影響を評価するため、タンクの損傷形態及び流出水の伝播に係る評価条件を保守的に設定した上で、溢水伝播挙動評価を実施している。

(評価概要は、第九条「溢水による損傷の防止等」において説明)

## 1.1 評価の条件

- ・ 溢水源となるタンクを表現し、地震による損傷をタンク側板が瞬時に消失するとして模擬する。
- ・ 構内排水路による排水機能及び敷地外への排出は期待しない。
- ・ 輪谷貯水槽(東1/東2)は基準地震動  $S_s$  によって生じるスロッシングによる溢水量(時刻歴)を模擬する。
- ・ 3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンクから第4保管エリアまでの伝播経路上の2m程度の壁は評価モデルに考慮しない。

## 1.2 評価結果

溢水伝播挙動評価による評価の結果として得られた溢水伝播挙動を第1図に示す。また、浸水深の時系列データの抽出地点を第2図に、抽出地点毎の浸水深の時系列データを第3～12図に示す。

## (1) 2号炉への影響について

評価の結果、2号炉原子炉建物南側の可搬型設備接続口付近(第3図地点①)では、タンクからの溢水後、最大で約18cmの浸水深となること、また、同建物西側の可搬型設備接続口付近(第4図地点②)はほとんど浸水深がないことが確認されている。

## (2) 保管場所への影響について

第1～3保管エリアについては、最大浸水深が約0cmであり、可搬設備の機関吸排気口高さより低く、可搬設備に影響はない。

第4保管エリアについては、可搬設備の機関吸排気口高さの最低値22cmに対し、最大浸水深が約21cmであり、可搬設備の機関吸排気口高さより低く、可搬設備に影響はない。機関吸排気口高さは、最大浸水深に対し裕度が小さいが、最大浸水深となる溢水は、第4保管エリア近傍にある大型タンク(3号ろ過水タンク、3号純水タンク及び消火用水タンク)からの溢水の影響が

支配的であるため、「1.1 評価の条件」に示す条件を踏まえると以下のとおり溢水影響軽減効果を考慮していないことから実現象における溢水水位は、溢水伝播挙動評価の最大浸水深よりも低くなると考えられる。第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動を第13図に示す。

- ・大型タンク（3号ろ過水タンク，3号純水タンク及び消火用水タンク）から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない2m程度の壁がある。実現象においてこの壁は、溢水の伝播を阻害する。なお、当該壁が損壊することを想定した場合においても、がれきにより溢水の伝播を阻害する。
- ・大型タンク（3号ろ過水タンク，3号純水タンク及び消火用水タンク）から第4保管エリアまでの伝播経路上には溢水伝播挙動評価では評価モデルに考慮していない敷地内に設けられた排水路がある。実現象においてタンクからの溢水は、この排水路を通じて北側の排水設備へ向けて流下する。

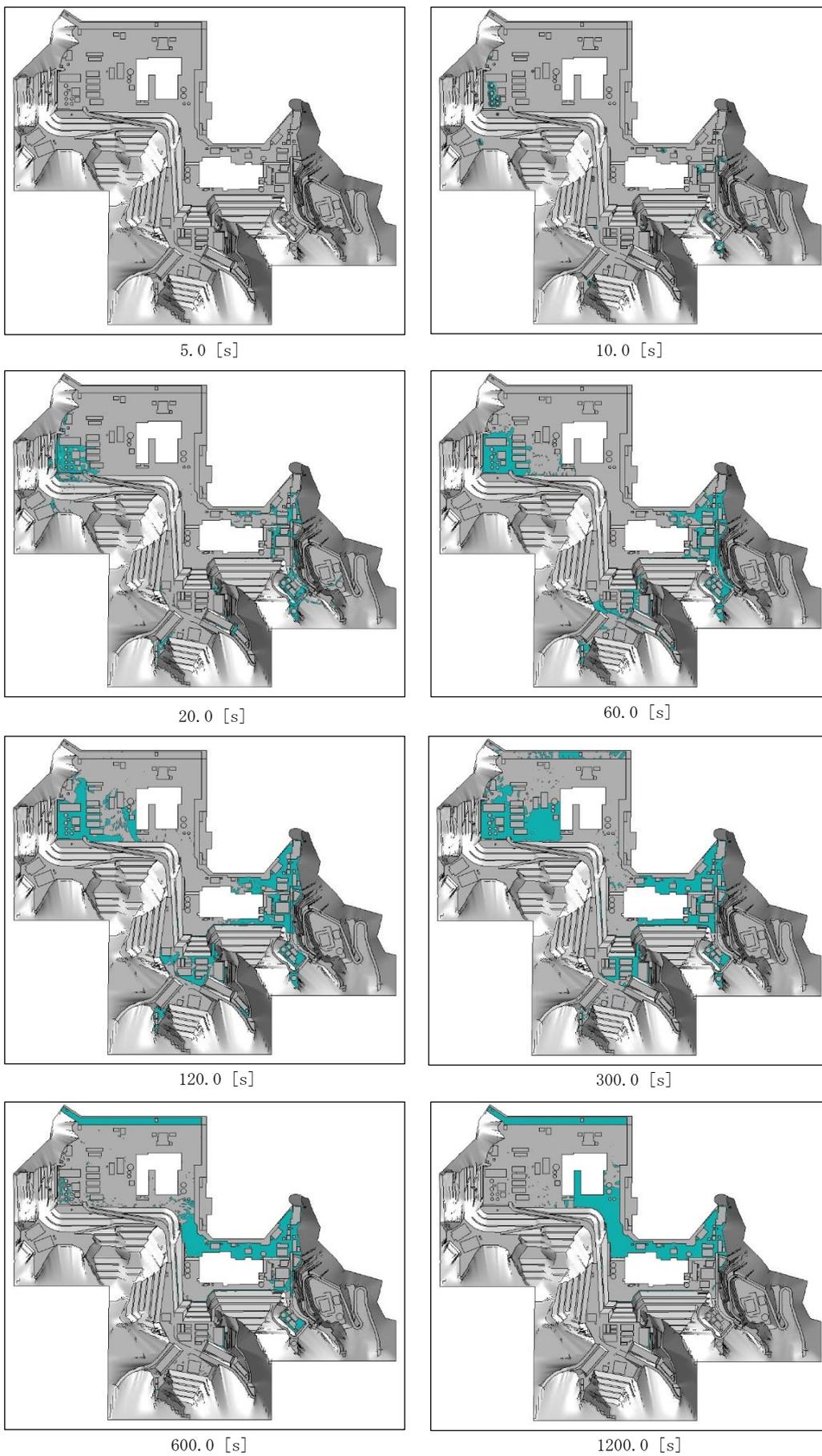
屋外タンクからの溢水による保管場所に対する影響評価結果を第1表に示す。

## 2. 作業の成立性

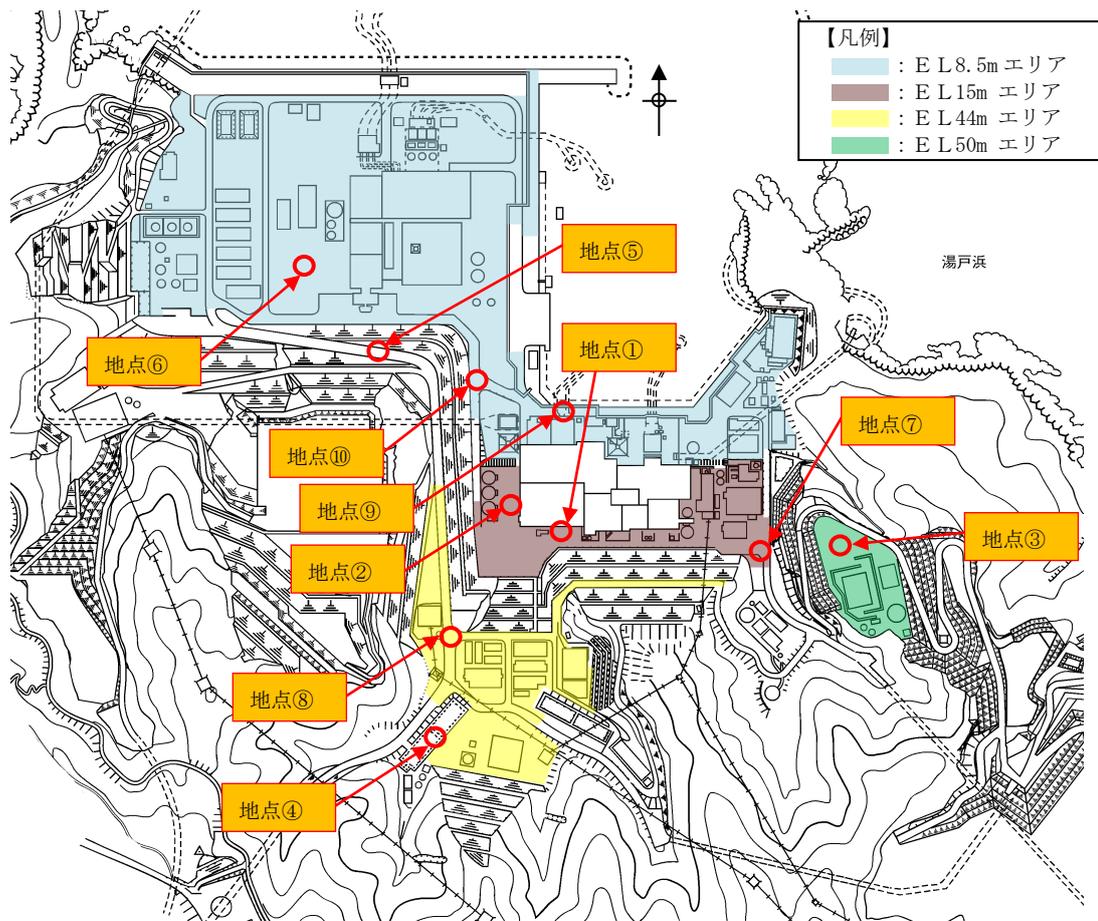
屋外タンクから溢水が発生した場合には、タンク周辺の空地が平坦かつ広大であり周辺道路等を自然流下し拡散するものと考えられるが、最大約100cmの浸水深となるルート上（第9図地点⑦）であっても敷地形状により管理事務所東側道路からE L8.5mエリアへ向けて流下するため、10分後には可搬型設備がアクセス可能な浸水深となること、可搬型設備接続口付近を含むその他の抽出地点においては常に可搬型設備がアクセス可能な浸水深であることから、事故対応のためのアクセスルート確保及び作業実施に影響はない。

また、溢水流路上の設備等が損壊し、がれきの発生が想定されるが、迂回又は重機にて撤去することにより、アクセスルート確保への影響はない。

なお、溢水流路に人員がいる場合も想定されるが、安全を最優先し、溢水流路から待避することにより、人身への影響はない。



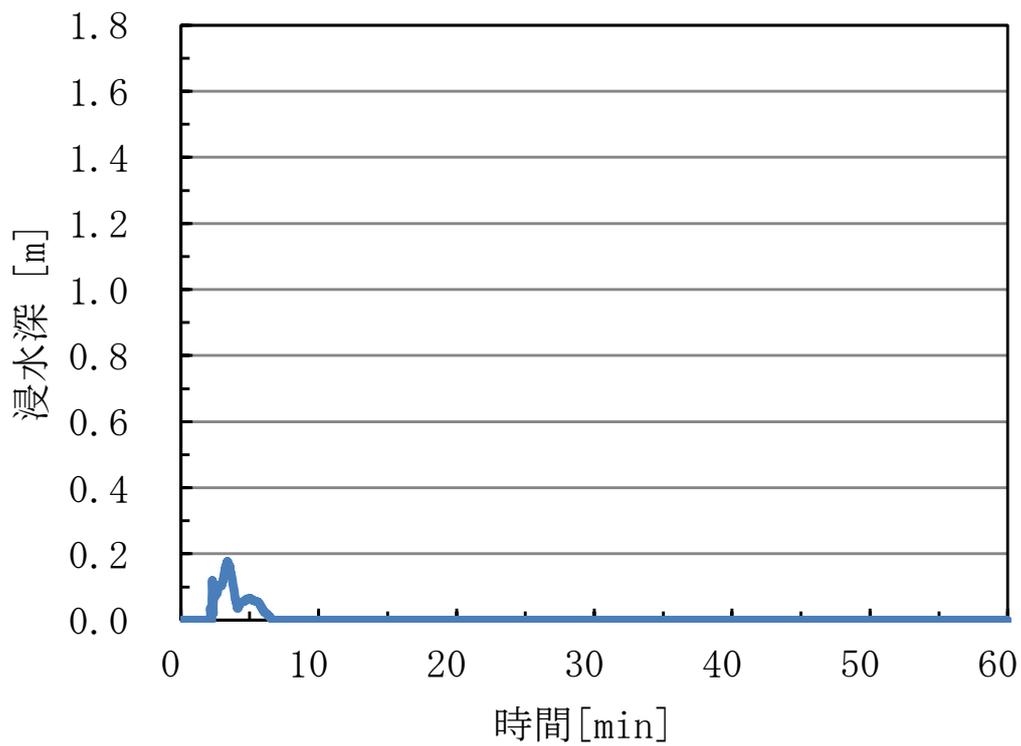
第1図 屋外タンクの溢水伝播挙動



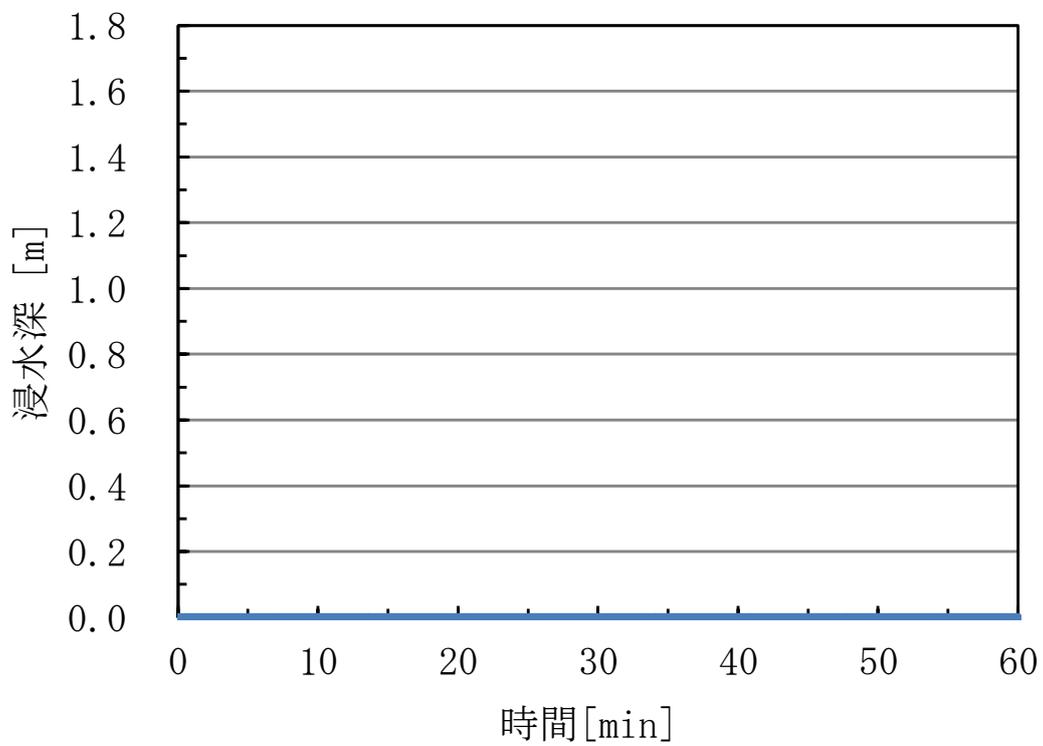
(抽出地点の標高)

地点	標高
地点①	E L 15m
地点②	E L 15m
地点③	E L 50m
地点④	E L 53.3m
地点⑤	E L 31m
地点⑥	E L 8.5m
地点⑦	E L 15m
地点⑧	E L 44m
地点⑨	E L 8.5m
地点⑩	E L 8.5m

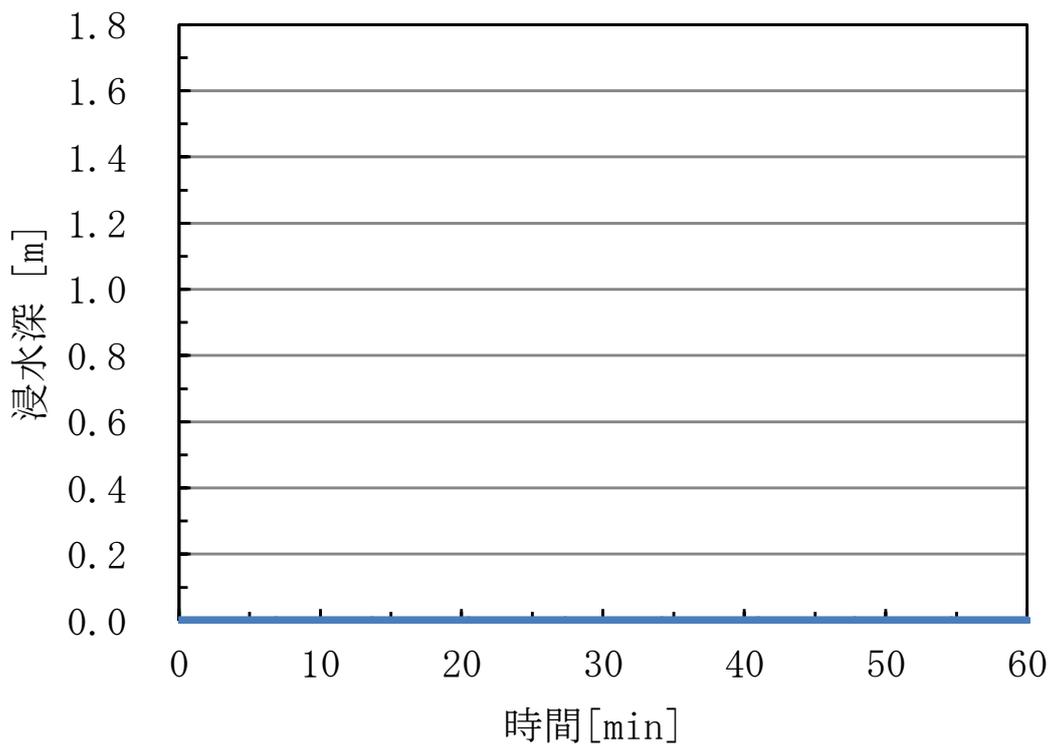
第2図 浸水深の時系列データの抽出地点



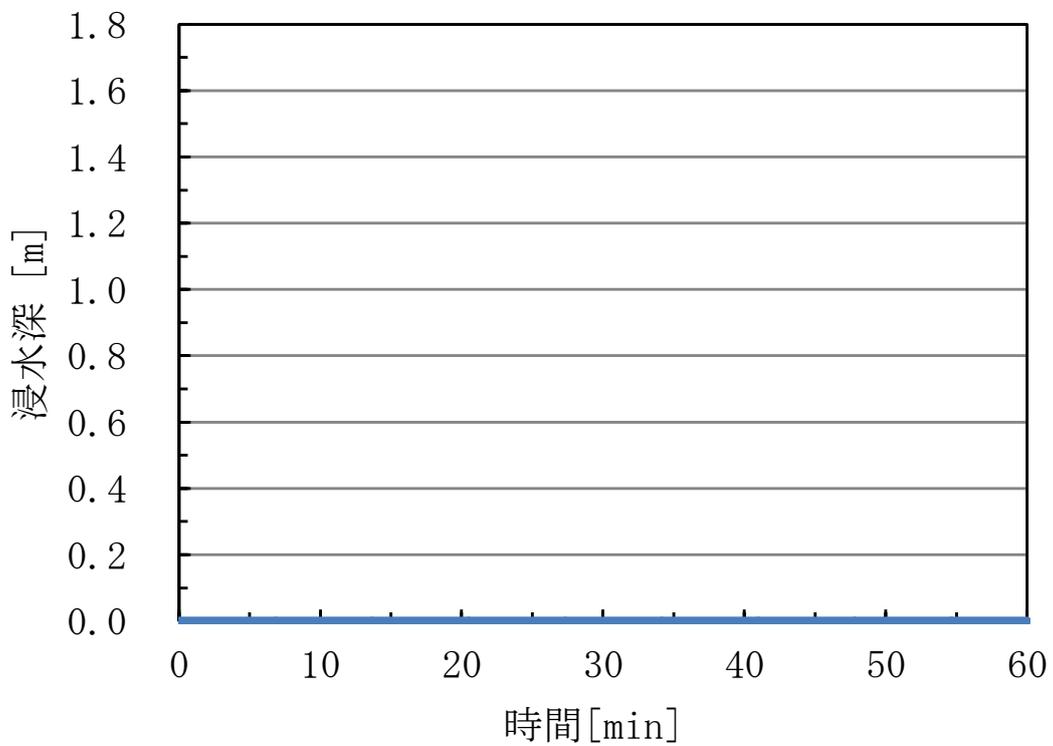
第 3 図 浸水深の時系列データ (地点①)



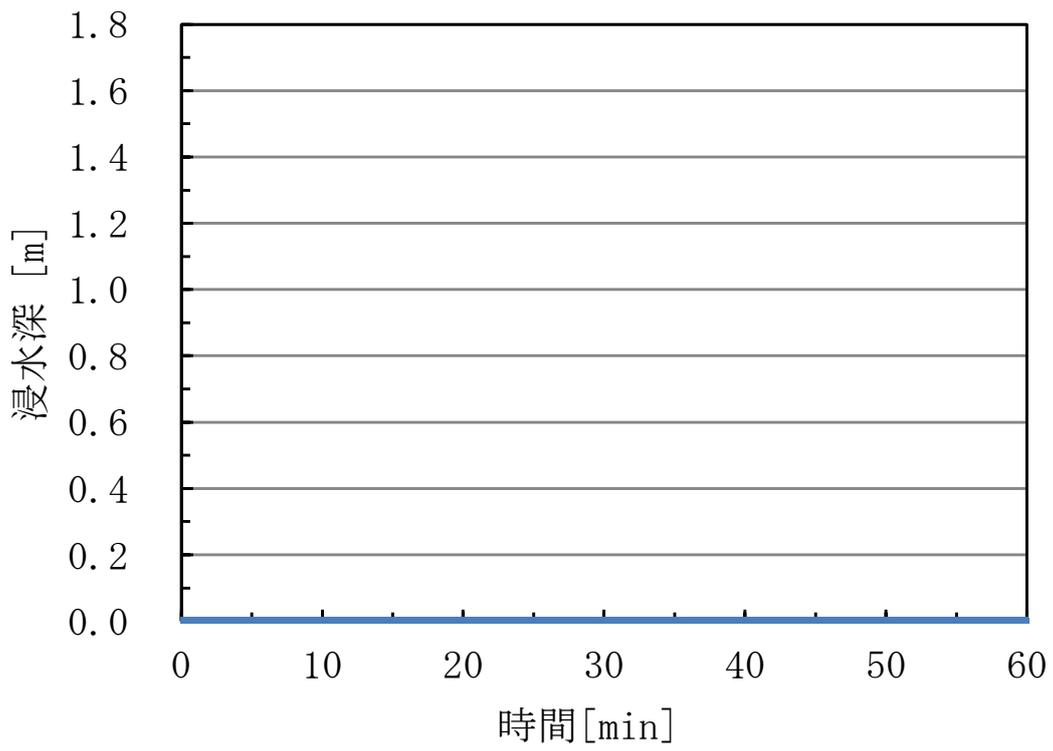
第 4 図 浸水深の時系列データ (地点②)



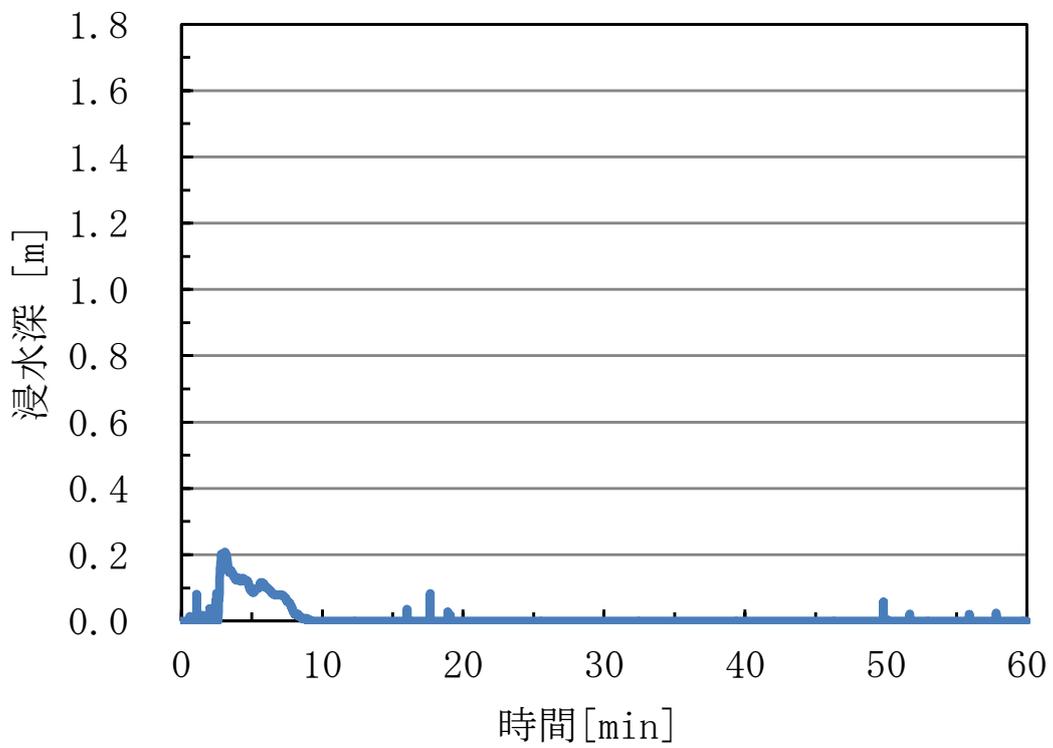
第5図 浸水深の時系列データ(地点③)



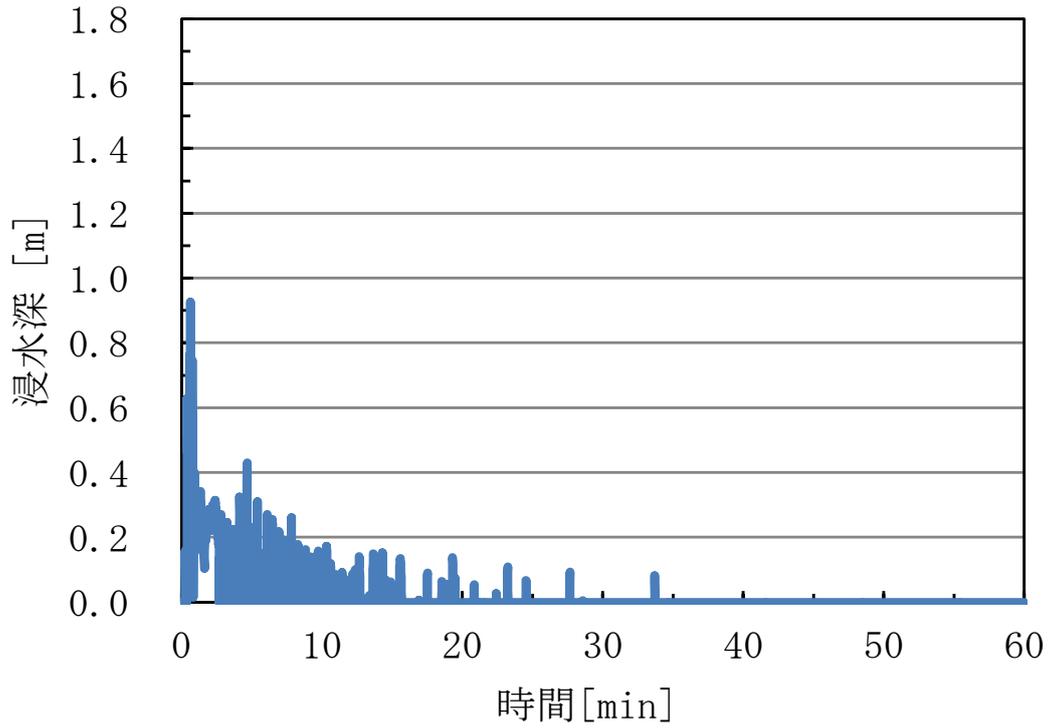
第6図 浸水深の時系列データ(地点④)



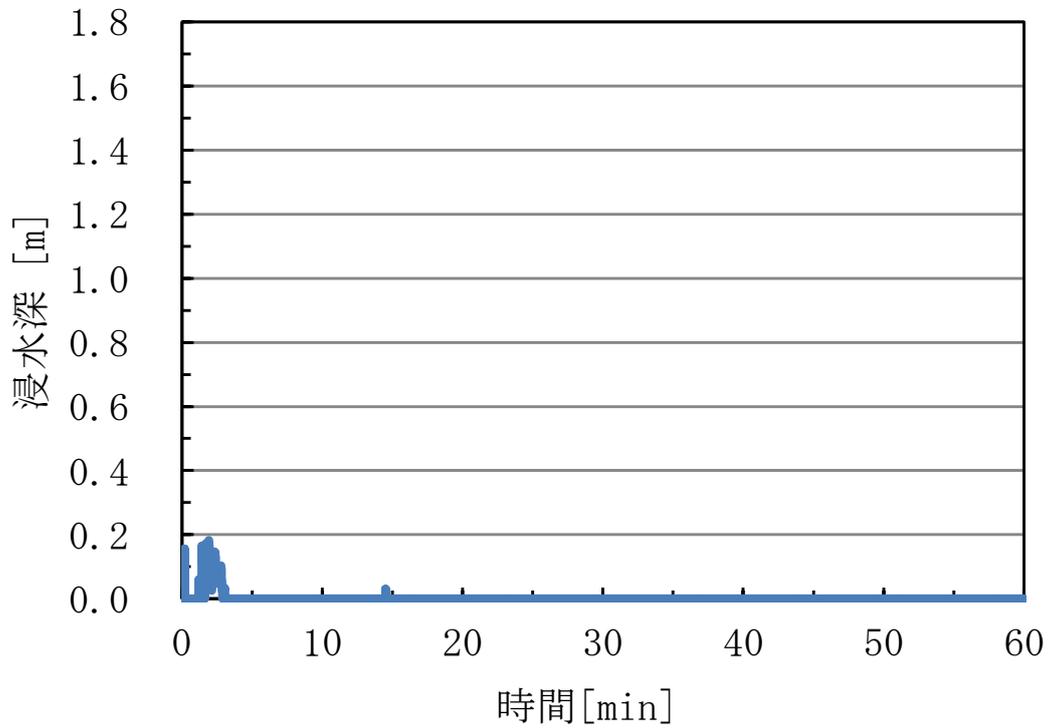
第7図 浸水深の時系列データ(地点⑤)



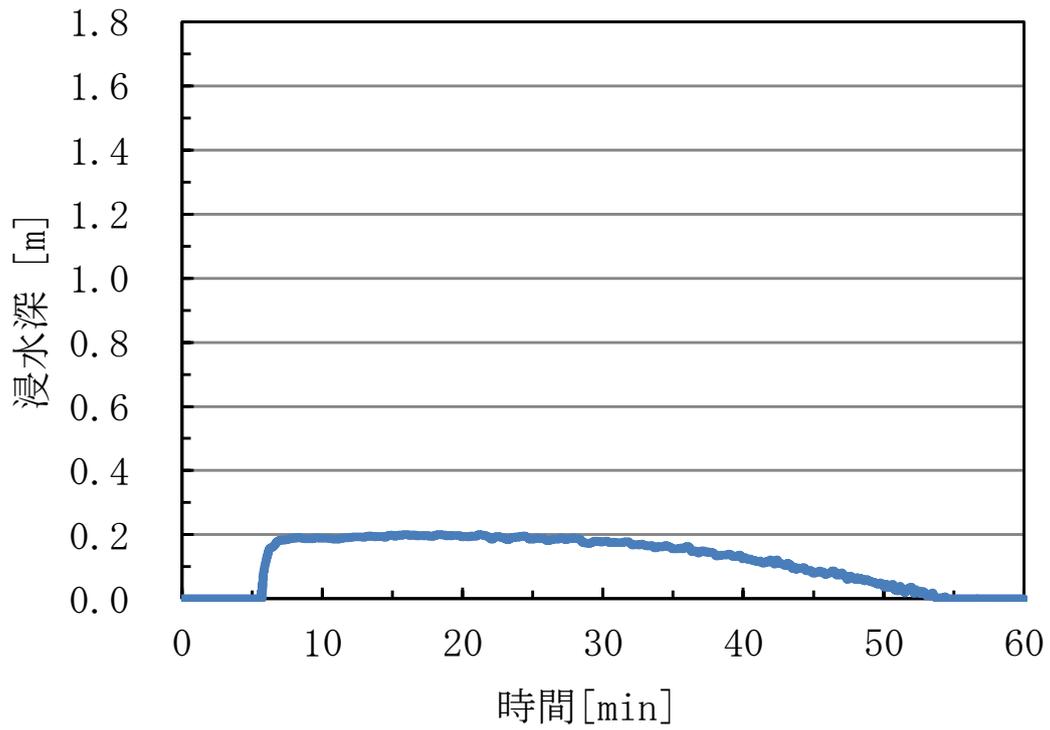
第8図 浸水深の時系列データ(地点⑥)



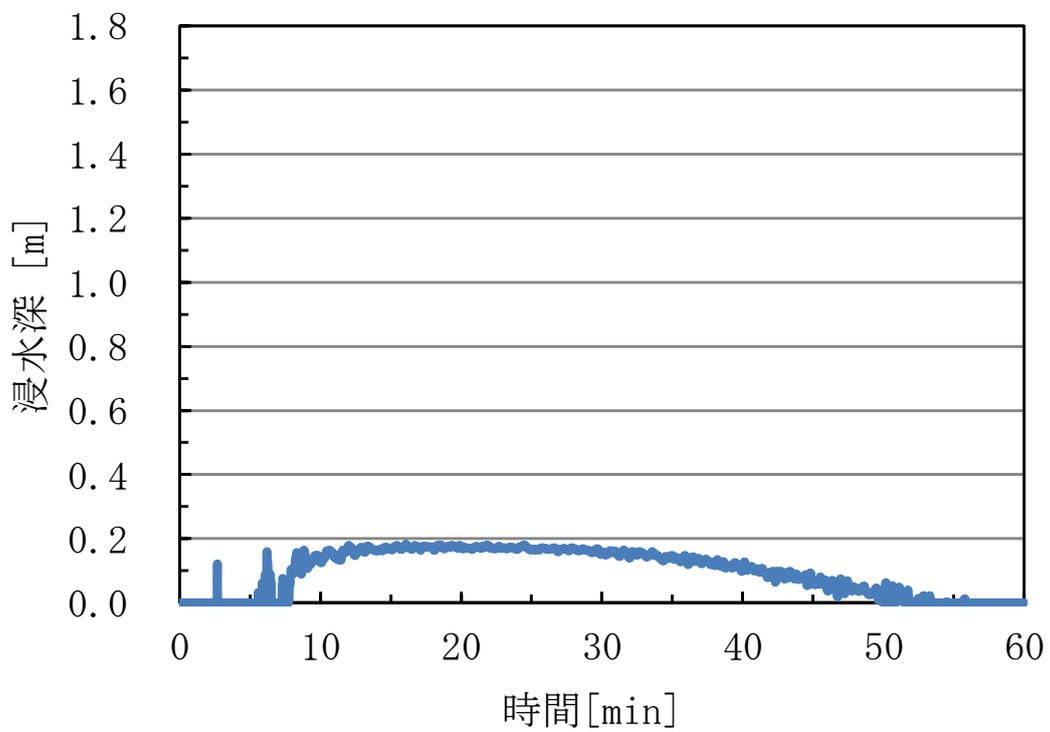
第 9 図 浸水深の時系列データ (地点⑦)



第 10 図 浸水深の時系列データ (地点⑧)



第 11 図 浸水深の時系列データ (地点⑨)



第 12 図 浸水深の時系列データ (地点⑩)



第13図 第4保管エリア近傍の溢水の伝播挙動

第1表 保管場所に対する影響評価結果

保管場所	影響評価結果
第1保管エリア	エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第5図地点③)
第2保管エリア	密閉式貯水槽上部であり、周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第6図地点④)
第3保管エリア	周囲に溢水源が存在せず、エリア内の最大浸水深は約0cmとなる。 (第7図地点⑤)
第4保管エリア	エリア内の最大浸水深は約21cmとなり、可搬型設備等の機関吸気口及び排気口高さ以下である。 (第8図地点⑥)

## 外部事象の抽出について

## 1. 設計上考慮する外部事象の選定

島根原子力発電所の安全を確保する上で設計上考慮すべき外部事象の抽出に当たっては、国内で一般に発生し得る事象に加え、欧米の基準等で示されている事象を用い網羅的に収集し、自然現象55事象、人為事象23事象を抽出した。

その上で、地震、津波を除く各事象に対し、海外文献を参考に策定した評価基準に基づき評価を実施し、設計上考慮する外部事象を選定した。

## (1) 外部事象の収集

発電用原子炉施設に対して外部から作用する衝撃による損傷を防止するため、自然現象や人為事象に関して、事象を収集する。設計上考慮する外部事象について網羅的に抽出するために国内外の基準等を収集した。

次に挙げる資料から、国内における規制（資料①，②）で取り上げている事象や、国外の規制として、米国原子力規制委員会が定めたPRA についてのガイド（資料③）やIAEAが定めたガイド（資料④）に取り上げている事象を抽出した。

- ① 「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」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306193号 原子力規制委員会決定）
- ② 「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解釈」（制定 平成25年6月19日 原規技発第1306194号 原子力規制委員会決定）
- ③ NUREG/CR-2300 “PRA Procedures Guide”, NRC, January 1983
- ④ Specific Safety Guide (SSG-3) “Development and Application of Level 1 Probabilistic Safety Assessment for Nuclear Power Plants”, IAEA, April 2010

さらに、日本の自然現象における実例（資料⑤）や、米国の原子力発電設備の維持基準に引用されている米国機械学会の規格（資料⑥），また、関連して、地震や洪水を含む様々な過酷な自然現象への対応に適用できるように考案されたF L E X（多様かつ柔軟な対応方策）や大規模損壊事象を取り上げている米国N E Iのガイド等（資料⑦，⑧，⑨）で取り上げられている事象を収集することによって、網羅性を確保した。

- ⑤ 「日本の自然災害」国会資料編纂会 1998年
- ⑥ ASME/ANS RA-S-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Applications”
- ⑦ DIVERSE AND FLEXIBLE COPING STRATEGIES (FLEX) IMPLEMENTATION

GUIDE (NEI-12-06 August2012)

⑧ B.5.b Phase2&3 Submittal Guideline (NEI-06-12 December 2006)-  
2011.5 NRC公表

⑨ 「外部ハザードに対するリスク評価方法の選定に関する実施基準：  
2014」一般社団法人 日本原子力学会 2014年12月

以上の①～⑨の資料より、外部事象78事象（自然現象55事象、人為事象23事象）が収集された（第1-1表、第1-2表）。

第1-1表 外部ハザードの抽出（自然現象）

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-1	風（台風）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-2	竜巻	○	○	○	○	○	○	○		○
1-3	高温			○	○	○	○	○		○
1-4	低温（凍結）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-5	極限的な気圧				○					○
1-6	降雨（豪雨）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-7	積雪（豪雪）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-8	ひょう			○	○	○	○	○		○
1-9	もや				○					
1-10	霜			○	○	○	○	○		○
1-11	干ばつ			○	○	○	○	○		○
1-12	塩害、塩雲				○					○
1-13	砂嵐			○	○		○	○		○
1-14	落雷	○	○	○	○	○	○	○		○
1-15	隕石			○	○		○	○		○
1-16	地面の隆起				○	○				○
1-17	動物				○					○
1-18	火山（火山活動・降灰）	○	○	○	○	○	○	○		○
1-19	雪崩			○	○	○	○	○		○
1-20	地滑り	○		○	○	○	○	○		○
1-21	地震	○	○	○	○	○	○	○		○
1-22	カルスト				○					○
1-23	地下水による浸食				○					
1-24	海岸浸食（水面下の浸食）			○	○		○	○		○
1-25	湖又は河川の水位低下			○	○		○	○		○
1-26	湖又は河川の水位上昇			○	○	○				
1-27	海水面低				○					○
1-28	海水面高				○	○				○
1-29	高水温（海水温高）				○					○
1-30	低水温（海水温低）				○	○				○
1-31	海底地滑り				○					
1-32	氷結（水面の凍結）			○	○		○	○		○
1-33	氷晶				○					○
1-34	氷壁				○					○
1-35	水中の有機物質				○					

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
1-36	生物学的事象	○	○				○	○		○
1-37	津波	○	○	○	○	○	○	○		○
1-38	太陽フレア, 磁気嵐							○		○
1-39	洪水	○		○		○	○	○		○
1-40	濃霧			○			○	○		○
1-41	森林火災	○	○	○	○	○	○	○		○
1-42	草原火災							○		○
1-43	満潮			○			○	○		○
1-44	ハリケーン			○			○	○		
1-45	河川の迂回			○			○	○		○
1-46	静振			○		○	○	○		○
1-47	陥没					○		○		○
1-48	高潮			○		○	○	○		○
1-49	波浪			○		○	○	○		○
1-50	土石流					○				○
1-51	土砂崩れ (山崩れ, 崖崩れ)					○				
1-52	泥湧出					○				
1-53	水蒸気, 熱湯噴出					○				○
1-54	土壌の収縮又は膨張			○		○	○	○		○
1-55	毒性ガス			○		○	○	○		○

※ 外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1. (1) 外部事象の収集」における資料番号と同じ

第1-2表 外部ハザードの抽出（人為事象）

No	外部事象	外部ハザードを抽出した文献等※								
		①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
2-1	船舶から放出される固体液体不純物				○					○
2-2	水中への化学物質の流出				○					
2-3	船舶の衝突（船舶事故）	○	○		○			○		○
2-4	交通機関（航空機を除く）の事故による爆発			○	○		○	○		○
2-5	交通機関（航空機を除く）の事故による化学物質流出				○			○		○
2-6	爆発（発電所外）	○	○		○					○
2-7	化学物質流出（発電所外）				○					○
2-8	発電所内貯蔵の化学物質流出			○	○		○	○		
2-9	パイプライン事故 （爆発，化学物質流出）			○	○		○	○		
2-10	軍事施設からのミサイル				○					
2-11	掘削工事				○					
2-12	他ユニットからの火災				○					
2-13	他ユニットからのタービン・ミサイル				○					
2-14	他ユニットからの内部溢水				○					
2-15	人工衛星の落下				○		○	○		○
2-16	飛来物（航空機落下）	○	○	○	○		○	○	○	○
2-17	電磁的障害	○	○		○					○
2-18	ダムの崩壊	○	○		○					○
2-19	工業施設又は軍事施設事故 （爆発，化学物質放出）			○			○	○		○
2-20	タービン・ミサイル	○	○	○			○	○		
2-21	有毒ガス	○	○	○			○	○		
2-22	内部溢水	○	○	○			○			
2-23	外部火災（近隣工場等の火災）	○	○	○						○

※ 外部ハザードを抽出した文献等の番号は「1. (1) 外部事象の収集」における資料番号と同じ

(2) 設計上考慮する外部事象の選定

外部事象に係る海外での評価手法<sup>※</sup>を参考に、設計上考慮する外部事象を選定するに当たり、影響を評価する基準を以下のように設定した。評価に当たっては、サイトに外部事象が有意な影響を与えるかという観点の評価（基準A，基準B，基準E）に加え、サイトに到達した外部事象が設備にどの程度影響を与えるかという観点の評価（基準C）を実施する，又は，外部事象の影響規模がほかの外部事象に包含される（基準D）ことを確認している。評価基準を第1-3表に示す。

第1-3表 評価基準

評価基準	内 容
基準A	当該原子炉施設に影響を及ぼすほど接近した場所に発生しない。 (例：砂嵐)
基準B	ハザード進展・襲来が遅く，事前にそのリスクを予知・検知することでハザードを排除できる。(例：海岸浸食)
基準C	当該原子炉施設の設計上考慮された事象と比較して，設備等への影響度が同等若しくはそれ以下であり，プラントの安全性が損なわれることはない。(例：濃霧)
基準D	影響が他の事象に包含される。(例：満潮)
基準E	発生頻度が他の事象と比較して非常に低い。(例：隕石)

※ ASME/ANS RA-Sa-2009 “Addenda to ASME/ANS RA-S-2008 Standard for Level 1/Large Early Release Frequency Probabilistic Risk Assessment for Nuclear Power Plant Application”, ASME/ANS, February 2009

## 薬品類の漏えい時に使用する防護具について

## 1. 防護具について

島根原子力発電所 2 号炉の屋内には苛性ソーダや硫酸等，屋外には液体窒素，硫酸第一鉄水溶液，ポリ塩化アルミニウム，硫酸の各種の薬品タンクが設置されている。

第 1 表に示す防護具の選定表に基づき，必要な防護具を着用する。

第 1 表 地震時の防護具の選定表

	炉心損傷のおそれあり	炉心損傷のおそれなし
薬品の影響あり	放射線防護具及び薬品防護具	薬品防護具
薬品の影響なし	放射線防護具	通常の装備

## 1.1 屋内作業

廃棄物処理建物に設定しているアクセスルート近傍には薬品タンクは設置されていないため，地震による薬品漏えいの影響は想定されない。

そのため，廃棄物処理建物内の作業時は，炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具，炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。

原子炉建物原子炉棟にはほう酸水貯蔵タンクが設置されているが，耐震性を有しているため地震による薬品の漏えいは想定されず，万一，薬品が漏えいしたとしてもアクセスルートからの離隔距離が確保されているため，地震による薬品の影響は想定されない。

そのため，原子炉建物原子炉棟内の作業時は，炉心損傷のおそれがある場合は放射線防護具，炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。

上記のとおり，薬品防護具の着用は不要であるが，万一，薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し，中央制御室及び緊急時対策所に，現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。

## 1.2 屋外作業

アクセスルート近傍に設置している薬品タンクのうち，2 号炉 N G C 液体窒素貯蔵タンクは，漏えいした場合であっても液体窒素が外気に拡散することから，漏えいによる影響はない。

アクセスルート近傍に設置している薬品タンクのうち、2号炉鉄イオン溶解タンクは漏えいした場合であっても側溝に流れることから、漏えいによる影響はない。

アクセスルート近傍の建物内に設置されている薬品タンクは漏えいした場合であっても側溝に流れることから、漏えいによる影響はない。

そのため、屋外の作業時は、炉心損傷のおそれがある場合は、放射線防護具、炉心損傷のおそれがない場合は通常の装備を着用する。

上記のとおり、漏えいによる影響は限定的と考えられるが、万一、薬品が滞留している箇所周辺へのアクセスや作業を行う場合を想定し、中央制御室及び緊急時対策所に、現場で作業に当たる要員の人数を踏まえた数量の薬品防護具を配備する。

薬品防護具の一覧を第2表、薬品防護具を第1図に示す。

第2表 薬品防護具一覧

装備品	耐薬品性	保管場所 <sup>※1</sup>
化学防護服 <sup>※3</sup>	薬品全般	中央制御室： (10セット) <sup>※2,4</sup>
化学防護手袋		
化学防護長靴		緊急時対策所： (40セット) <sup>※2,5</sup>
全面マスク <sup>※3</sup>	飛沫からの防護，揮発性の薬品に対応	
チャコール・フィルタ <sup>※3</sup>		

- ※1：上記の表の薬品防護具及び放射性防護具一式をセットとして保管場所に保管する。  
 ※2：装備品（チャコール・フィルタを除く。）はウェットティッシュでの拭き取りにより除染等を行い再使用する。拭き取り用のウェットティッシュを中央制御室に1個，緊急時対策所に2個配備する。  
 ※3：放射線防護具と兼用する。  
 ※4：（運転員9名＋余裕）＝10セット  
 ※5：（現場復旧班要員24名＋放射線管理班要員4名＋余裕）＝40セット



第1図 薬品防護具

## 敷地内の地下水位の設定について

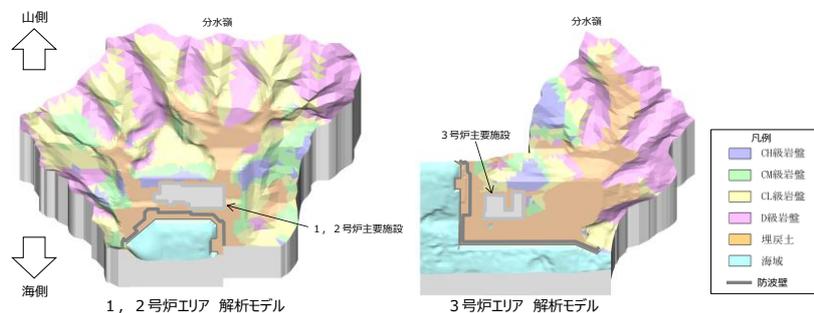
保管場所及びアクセスルートの評価のうち、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位を設定するに当たっては、地形等を適切にモデル化した浸透流解析を実施することとし、保守性を確保する方針とする。(浸透流解析の詳細については、四条別紙 17「地下水位低下設備について」参照)

なお、周辺斜面の崩壊及び敷地斜面のすべりに対する影響評価に係る地下水位については、別紙(31)に示す。

以下に地下水位設定の方針を示す。

## ①解析モデル作成・再現解析による検証

- ・島根原子力発電所の敷地は堅硬な地山の尾根（分水嶺）に囲まれている。また、1, 2号炉及び3号炉エリアの境界部にも同様の分水嶺が存在する。この島根サイトの地形的特徴を踏まえ、それぞれの領域で適切に地下水位を評価する観点から、両エリアで解析モデルを作成する。
- ・解析モデル・解析条件について建設時工認を参照し設定した上で、観測記録との比較等によりモデルの妥当性の確認を行う。



第1図 解析モデル鳥瞰図

## ②地下水位の設定（予測解析）

- ・詳細設計段階で予測解析を実施し、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位を設定する。

以上を踏まえ、地中埋設構造物の浮き上がり評価等に用いる地下水位については詳細設計段階で決定するため、設置許可段階においては地下水位を地表面に設定する。

## 建物関係の耐震評価について

## 1. 評価概要

島根原子力発電所 2 号炉における保管場所及びアクセスルートに影響を与える可能性のある建物（外装材等含む。）について耐震評価を実施し、保管場所及びアクセスルートに影響がないことを確認する。

## 2. 免震重要棟の耐震評価について

## 2.1 建物諸元

免震重要棟の諸元を第 1 表に示す。

第 1 表 免震重要棟の諸元

建物名称	構造	階数	基礎構造	平面形状		地上 高さ (m)	竣工日
				X (m)	Y (m)		
免震重要棟 <sup>※1</sup>	鉄骨鉄筋コンクリート造 (一部鉄骨造) (免震構造)	地上 3 階	直接基礎	35.30	46.90	15.0	平成 26 年 10 月 31 日

※ 1 : 3. (3) a. ①周辺構造物の損壊（建物、鉄塔等）における第 1 保管エリア周辺の建物。

## 2.2 建物の耐震評価方法等

免震重要棟の耐震評価方法等を第 2 表に示し、耐震性能評価検討については別添 1 に示す。

第 2 表 免震重要棟の耐震評価方法等

評価方法	検討用地震動
地震応答解析による 層間変形角（上部構造） せん断ひずみ（免震装置）	基準地震動 $S_s$ <sup>※1</sup>

※ 1 : 基準地震動  $S_s - D$  , 基準地震動  $S_s - F 1$  , 基準地震動  $S_s - F 2$  , 基準地震動  $S_s - N 1$  及び基準地震動  $S_s - N 2$  のうち、建物の水平方向 1 次固有周期における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動  $S_s - D$  を用いる。

### 2.3 建物の耐震評価結果

免震重要棟の耐震評価結果を第3表に示し、耐震性能評価検討については別添1に示す。なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であることから、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

第3表 免震重要棟の耐震評価結果

評価方法			評価結果		影響
			評価基準値	最大応答値	
地震応答解析	上部構造	層間変形角	1/75 以下 <sup>※1</sup>	1/15459	無
	免震装置	せん断ひずみ	166%以下 <sup>※2</sup> (標準特性時)	132%	無
			250%以下 <sup>※2</sup> (特性変動時)	169%	無

※1：「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、壁フレーム構造の安全限界状態とされる層間変形角の値。安全限界状態とは、地震応答時の応力及び地震終了時の鉛直荷重による応力を安定して維持することができる状態であり、建物の被災度は大破が概ねこれに対応する。

※2：「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）における設計目標値である。

### 3. 各建物の外装材の被害想定について

各建物のうち、倒壊しないと判断している建物について、保管場所及びアクセスルートに対する外装材の被害想定を実施した。

#### 3.1 評価方針

各建物の地上部の外装材を支持する構造及び外装材を第4表に示す。

鉄筋コンクリート造部分の外装材は、基本的に鉄筋コンクリートの躯体に吹付塗装のため、保管場所及びアクセスルートへの影響がないと評価する。ただし、吹付塗装以外の外装材を使用している場合は保管場所及びアクセスルートへの影響を評価する。なお、吹付塗装以外の外装材を使用している部分はないことを確認している。

鉄骨造部分については、外装材の被害想定及び保管場所とアクセスルートへの影響を評価する。

第4表 耐震評価の一覧表

No. ※1	名称	地上部の外装材を支持する構造	外装材	影響評価 要否
1	緊急時対策所	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
6	ガスタービン発電機建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
18	1号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	複合板（鉄板＋断熱材＋鉄板）	要
		鉄骨造	鉄板	否※2
19	1号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
20	2号炉原子炉建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
21	2号炉廃棄物処理建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	ALCパネル	否※2
22	2号炉タービン建物	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
		鉄骨造	鉄板	否※2
30	2号炉排気筒モニタ室	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否
—	免震重要棟	鉄筋コンクリート造	吹付塗装	否

※1：別紙(28)の第8表による管理番号を示す。

※2：アクセスルート側に位置しておらず、外装材の脱落を想定しても影響はない。

#### 3.2 評価結果

##### (1) 1号炉原子炉建物の外装材被害による影響評価

1号炉原子炉建物の外装材（複合板）について、基準地震動 $S_s$ により生じる地震荷重に対する耐震性能を確認した結果、外装材（複合板）は脱落しないことから、アクセスルートへの影響はない。耐震性能評価検討については別添2に示す。なお、本評価結果は暫定条件を用いた評価結果であること

から、正式条件を用いた評価結果は詳細設計段階で示す。

#### 4. 各建物の外装材以外の部材等による影響評価について

倒壊しないと判断している各建物の外部に設置された外装材以外の部材等による保管場所及びアクセスルートに対する影響評価を実施する。

##### 4.1 評価方針

外装材以外の部材等のうち、落下した場合に保管場所及びアクセスルートに影響を及ぼす可能性のあるもので、人力又はホイールローダにより撤去が困難なものについては、第5表のとおり抽出し、耐震評価を実施する。また、それらの耐震設計・評価方針については第6表に示し、その評価結果については、工事認可の詳細設計段階で示す。

なお、上記以外のものについては、万一落下したとしても、人力又はホイールローダによる撤去が可能であることから、落下による影響は考慮していない。

第5表 外装材以外の部材等による影響評価の一覧表

No. ※1	建物	外装材以外の部材等	耐震設計・評価方針分類	条文要求	評価区分
1	緊急時対策所	屋外階段	耐震評価	—	工事認可
6	ガスタービン発電機建物	屋外階段	耐震評価	—	工事認可
20	2号炉原子炉建物	防護扉※2	耐震評価	—	工事認可
		大物搬入口扉	Sクラス	○	工事認可
		竜巻防護対策設備	波及的影響評価	○	工事認可
—	免震重要棟	鋼製バルコニー	耐震評価	—	工事認可

注：条文要求の「○」は「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条で適合性を説明するもの。

※1：別紙(28)の第8表による管理番号を示す。

※2：機器搬出入用の大型のもの。

第6表 耐震設計・評価方針

分類	設計方針	評価方針
Sクラス	耐震Sクラスとして設計する。	「設置許可基準規則」第四条及び三十九条並びに「技術基準規則」第五条及び五十条の適合性説明資料に基づき評価を実施する。
波及的影響評価	耐震重要度分類の上位のクラスに属する施設に波及的影響によって、安全機能を損なわせることのないように設計する。	
耐震評価	基準地震動S <sub>s</sub> による地震力によって、転倒・落下しない設計とする。	支持部に生じる力が、終局強度以下であることを確認する。

免震重要棟 基準地震動  $S_s$  に対する耐震性能評価検討

## 1. 目的

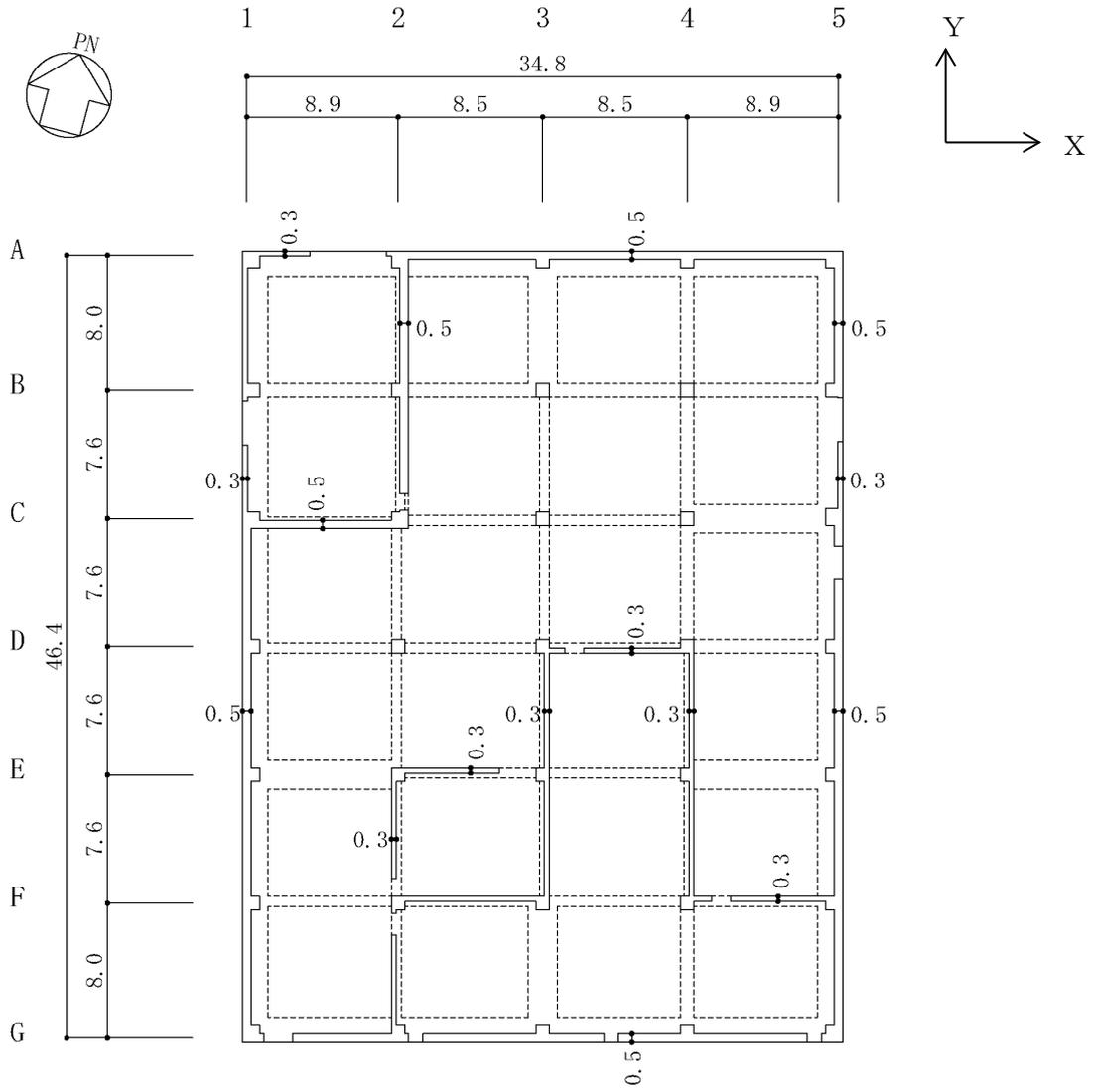
島根原子力発電所免震重要棟に対し、基準地震動  $S_s$  に対する地震応答解析により建物及び免震装置の耐震性能について検討を行い、建物の保管場所への影響を確認する。

## 2. 建物概要

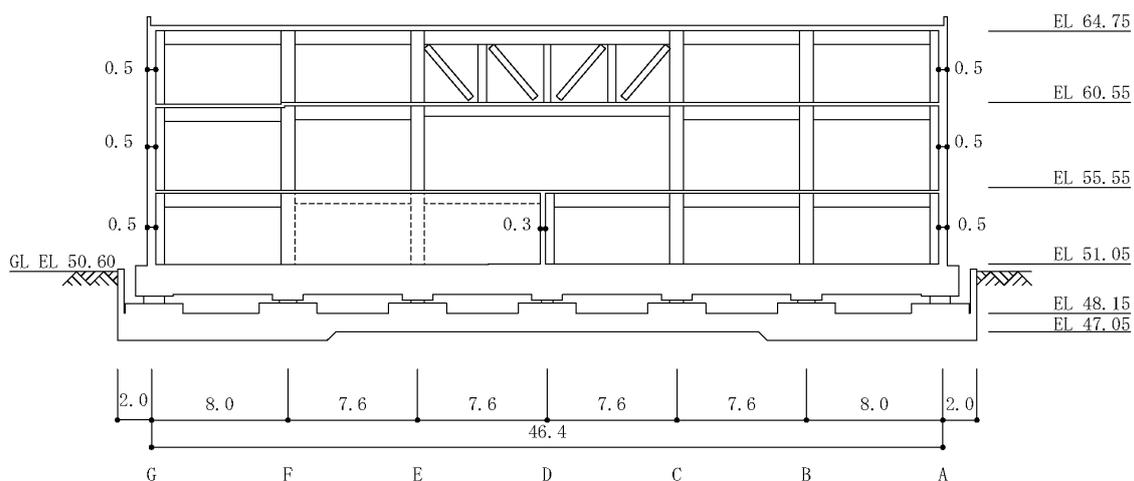
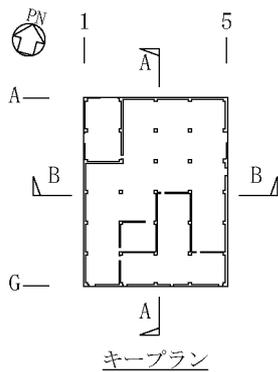
建物概要を第 1 表に、梁伏図を第 1 図に、断面図を第 2 図に示す。検討建物は、上部構造が鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造）の耐震壁付きラーメン構造で、1 階床下の免震層に免震装置（天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承、オイルダンパ）を配置した免震構造である。

第 1 表 建物概要

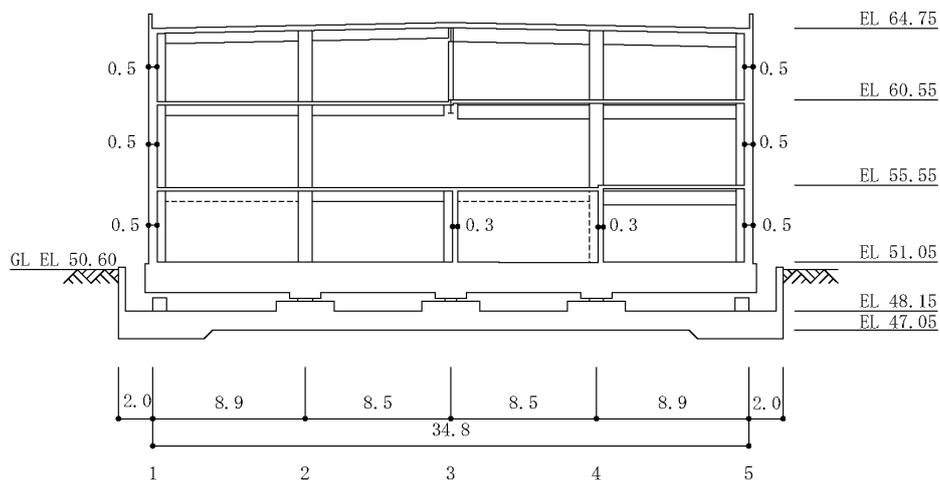
構造	鉄骨鉄筋コンクリート造（一部鉄骨造） （免震構造）
階数	地上 3 階
基礎構造	直接基礎（岩盤に免震ピットが直接設置）
平面形状	35.3m（X 方向）×46.9m（Y 方向）
高さ	地上高さ 15.0m
竣工日	平成 26 年 10 月 31 日



第 1 図 1 階梁伏図 (单位 : m)



A-A断面（3通り）断面図（Y方向）



B-B断面（D通り）断面図（X方向）

第2図 断面図（単位：m）

### 3. 免震装置概要

本建物に使用している免震装置は、天然ゴム系積層ゴム 4 台、鉛プラグ入り積層ゴム 10 台及び低摩擦弾性すべり支承 11 台の合計 25 台に加え、オイルダンパを X 方向、Y 方向にそれぞれ 10 台、合計 20 台である。免震装置の概要を第 2 表に、免震装置の配置図を第 3 図に示す。

第 2 表 免震装置の概要

免震装置	ゴム材料 せん断 弾性率 (N/mm <sup>2</sup> )	形状	積層ゴム サイズ	ゴム総厚	鉛径 (mm)	基数	品番	メーカー
天然ゴム系 積層ゴム	0.392 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 1200mm	240.0mm (8.0×30)	—	4	NS120G4	ブリヂストン
鉛プラグ入り 積層ゴム	0.385 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 1200mm	240.0mm (8.0×30)	260	6	LS120G4H	ブリヂストン
	0.385 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 1300mm	252.3mm (8.7×29)	280	4	LT130G4H	ブリヂストン
低摩擦弾性 すべり支承	0.392 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 700mm	39.9mm (5.7×7)	—	1	SP070G4	ブリヂストン
	0.392 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 800mm	39.0mm (6.5×6)	—	3	SP080G4	ブリヂストン
	0.392 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 900mm	41.4mm (6.9×6)	—	3	SP090G4	ブリヂストン
	0.392 ※ <sup>1</sup>	丸形	φ 1000mm	40.0mm (8.0×5)	—	4	SP100G4	ブリヂストン
オイルダンパ	—	—	—	—	—	20	BM250-4C	日立 オートモティブ システムズ

※ 1 : 20°Cでの値



第3図 免震装置配置図

#### 4. 検討内容

##### (1) 検討方針

免震構造の本建物の倒壊は、免震装置が破壊するモードを想定し地震応答解析を実施し、上部構造及び免震装置に対する応答について検討を実施する。

本建物の評価基準値を第3表に示す。

評価基準値は上部構造については、「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、安全限界状態とされる層間変形角値である1/75とする。

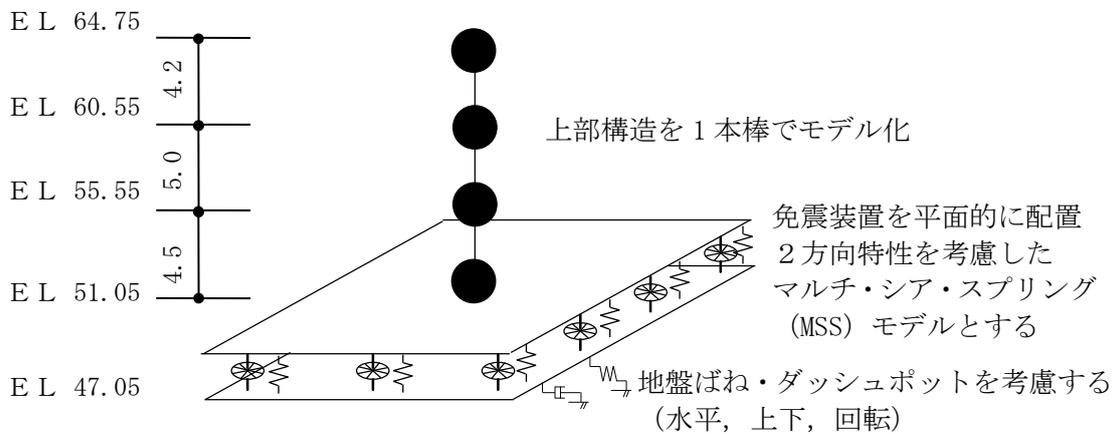
免震装置は「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）における設計目標値のせん断ひずみである166%（免震装置標準特性時）及び250%（免震装置の特性変動時）とする。

第3表 評価基準値

部位	項目	評価基準値
上部構造	層間変形角	1/75 以下
免震装置	せん断ひずみ	166%以下 (標準特性時)
		250%以下 (特性変動時)

(2) 解析モデル

解析モデルを第4図に示す。



第4図 解析モデル (単位 : m)

a. 上部構造のモデルの諸元

上部構造の水平方向は弾性の等価せん断型モデルに、鉛直方向は弾性の軸ばねモデルとしてモデル化する。減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、水平方向の減衰定数は免震層直上の1階床位置固定時の1次固有周期に対して5%とする。鉛直方向の減衰定数は地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系鉛直方向1次固有周期に対して5%とする。

解析モデルの諸元を第4表に示す。

第4表 各階, 階高, 重量, 弾性剛性

階数	階高 (m)	重量 (kN)	弾性剛性 (kN/m)		
			X方向	Y方向	Z方向
屋上階		23904			
3階	4.2	27058	$5.333 \times 10^7$	$7.466 \times 10^7$	$5.703 \times 10^8$
2階	5.0	29751	$5.158 \times 10^7$	$6.981 \times 10^7$	$4.770 \times 10^8$
1階	4.5	57765	$6.608 \times 10^7$	$8.904 \times 10^7$	$6.210 \times 10^8$

b. 免震層のモデルの諸元

(a) 水平ばね要素

免震層の水平ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム及び低摩擦弾性すべり支承をそれぞれモデル化し、その特性を線形ばね、非線形ばねで評価する。免震装置の特性は、基準温度 20℃に対して 15℃の特性として定めたものとする。

なお、水平方向の減衰特性は履歴減衰のみを考慮し、材料減衰は考慮しない。

i. 天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばね

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねは線形ばねにモデル化する。

$$\text{天然ゴム剛性} : K_r = A_r \cdot G_r / h_r$$

$$\text{天然ゴムせん断弾性率} : G_r = 0.392 \text{N/mm}^2 \text{ (20}^\circ\text{C)}$$

ここで、 $A_r$  : 積層ゴムの断面積、 $h_r$  : ゴム層の総厚さ

天然ゴム系積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第 5 表及び第 6 表に示す。

第 5 表 天然ゴム系積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元 (1 基あたり)

ゴムの せん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの 断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層総厚さ $d$ (cm)
0.392 (20℃)	11305	24.0

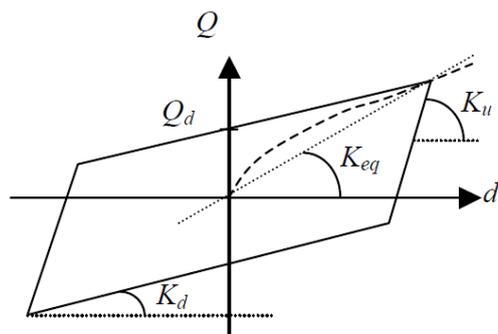
第 6 表 天然ゴム系積層ゴムの水平剛性 (1 基あたり)

種類	基数	使用ゴム	水平剛性 <sup>※1</sup> $K_r$ (kN/m)
φ 1200	4	G4	$1.87 \times 10^3$

※1 : 基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。

ii. 鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばね

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねは第 5 図に示す修正バイリニア型にモデル化する。



第 5 図 修正バイリニア型履歴

鉛プラグ入り積層ゴムの特性を表す水平ばねに考慮する諸元を第 7 表に示す。

また、第 8 表に各免震装置の種々の振幅レベルでの等価水平剛性を示す。

第 7 表 鉛プラグ入り積層ゴムによる免震層水平ばねの諸元  
(1 基あたり)

種類	ゴムのせん断剛性率 $G_r$ (N/mm <sup>2</sup> )	積層ゴムの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	鉛プラグの断面積 $A_r$ (cm <sup>2</sup> )	ゴム層総厚さ $d$ (cm)
φ 1200	0.385 (20°C)	10779	531	24.0
φ 1300		12657	616	25.2

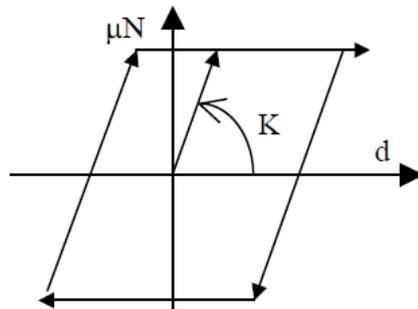
第 8 表 鉛プラグ入り積層ゴムの等価剛性 (1 基あたり)

種類	鉛径 (cm)	基数	使用 ゴム	水平剛性 <sup>※1</sup> (kN/m)		
				$d=2.4\text{cm}$ ( $\gamma=10\%$ )	$d=24\text{cm}$ ( $\gamma=100\%$ )	$d=48\text{cm}$ ( $\gamma=200\%$ )
φ 1200	26	6	G4	$1.860 \times 10^4$	$3.730 \times 10^3$	$2.650 \times 10^3$
φ 1300	28	4		$2.140 \times 10^4$	$4.250 \times 10^3$	$3.010 \times 10^3$

※1：基準温度 20°C に対して、15°C の特性として定めた値。

iii. 低摩擦弾性すべり支承の特性を表す水平ばね

地震応答解析では、計 11 基の低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ第 6 図に示すように、弾性剛性及び折点荷重を摩擦力とした非線形水平ばねにモデル化する。これにはバイリニア型の履歴特性を考慮し、履歴による減衰のみを考慮する。設定諸元を第 9 表に示す。



第 6 図 低摩擦弾性すべり支承に与える非線形特性

第 9 表 低摩擦弾性すべり支承による免震層水平ばねの諸元  
(1 基あたり)

種類	基数	鉛直力 $N$ (kN)	摩擦係数 $\mu$	摩擦力 $\mu N$ (kN)	弾性剛性 <sup>※1</sup> $K$ (kN/m)
φ 700	1	2146	0.015	32.2	$5.06 \times 10^3$
φ 800	3	3286~3405	0.015	49.3~51.1	$6.77 \times 10^3$
φ 900	3	3879~5241	0.015	58.2~78.6	$8.07 \times 10^3$
φ 1000	4	4045~6980	0.015	60.7~104.7	$1.03 \times 10^4$

※1：基準温度 20℃に対して、15℃の特性として定めた値。

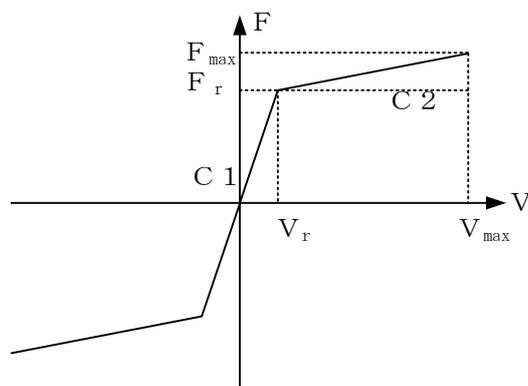
(b) 減衰要素

減衰要素はオイルダンパをダッシュポット要素にモデル化する。ダッシュポット要素の諸元を第 10 表に示す。

第 10 表 オイルダンパによる免震層ダッシュポットモデルの諸元  
(1 基あたり)

減衰係数 $C_1$ (kN/(cm/s))	減衰係数 $C_2$ (kN/(cm/s))	リリース 荷重 $F_r$ (kN)	リリース 速度 $V_r$ (m/s)	最大 荷重 $F_{max}$ (kN)	最大 速度 $V_{max}$ (m/s)
25.0	1.695	800	0.32	1000	1.50

オイルダンパはX, Y各方向 10 基ずつ, 計 20 基配置する。オイルダンパの特性を第 7 図に示す。

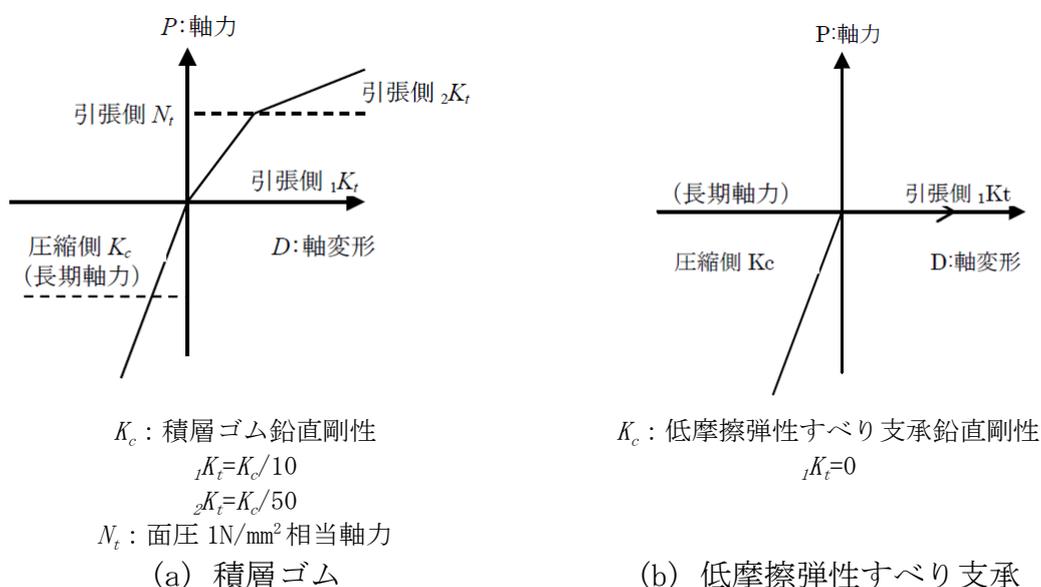


第 7 図 オイルダンパに与える特性

(c) 鉛直ばね要素

免震層の鉛直ばねは、天然ゴム系積層ゴム、鉛プラグ入り積層ゴム、低摩擦弾性すべり支承をそれぞれ圧縮領域と引張領域が非対称となる非線形ばねでモデル化する。積層ゴムの引張方向の特性は、第 8 図に示すようにバイリニアとし、圧縮剛性に係数を乗じて設定した。各装置の特性を第 11～13 表に示す。

なお、鉛直方向の減衰特性は剛性比例の内部粘性減衰とし、減衰定数は地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系鉛直方向 1 次固有周期に対して、2%とする。



第 8 図 免震装置鉛直特性設定概要

第 11 表 天然ゴム系積層ゴムの鉛直特性 (1 基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)			$N_t$ (kN)
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_1K_t$	引張側 ${}_2K_t$	
$\phi 1200$	$4.57 \times 10^6$	$4.57 \times 10^5$	$9.14 \times 10^4$	1130.5

第 12 表 鉛プラグ入り積層ゴムの鉛直特性 (1 基あたり)

種類	鉛直剛性 (kN/m)			$N_t$ (kN)
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_1K_t$	引張側 ${}_2K_t$	
$\phi 1200$	$5.57 \times 10^6$	$5.57 \times 10^5$	$1.11 \times 10^5$	1077.9
$\phi 1300$	$6.21 \times 10^6$	$6.21 \times 10^5$	$1.24 \times 10^5$	1265.7

第 13 表 低摩擦弾性すべり支承の鉛直特性（1 基あたり）

種類	鉛直剛性 (kN/m)	
	圧縮側 $K_c$	引張側 ${}_jK_t$
φ 700	$0.85 \times 10^7$	0
φ 800	$1.14 \times 10^7$	
φ 900	$1.40 \times 10^7$	
φ 1000	$1.75 \times 10^7$	

c. 地盤ばね

建物と地盤の動的相互作用は、建物下部の地盤を等価な水平ばね、回転ばね及び鉛直ばねとして評価する。

d. 免震装置の特性変動

(a) 天然ゴム系積層ゴム

免震装置のうち、天然ゴム系積層ゴムの剛性（水平及び鉛直）のばらつきに対して第 14 表に示す 3 要因を設定した。

第 14 表 天然ゴム系積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	水平剛性 $K_r$	鉛直剛性 $K_v$
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	0%~+15%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし

(b) 鉛プラグ入り積層ゴム

免震装置のうち、鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性、降伏荷重特性値及び鉛直剛性のばらつきに対して第 15 表に示す 3 要因を設定した。

第 15 表 鉛プラグ入り積層ゴムのばらつき

ばらつきの要因	降伏後剛性 $K_d$	降伏荷重特性値 $Q_d$	鉛直剛性 $K_v$
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+5%	-10%~0%	-5%~+10%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	0%	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	-15%~+14%	変化なし

(c) 低摩擦弾性すべり支承

免震装置のうち、低摩擦弾性すべり支承の1次剛性、摩擦係数及び鉛直剛性のばらつきに対して第16表に示す3要因を設定した。

第16表 低摩擦弾性すべり支承のばらつき

ばらつきの要因	1次剛性 $K_t$	摩擦係数 $\mu$	鉛直剛性 $K_v$
製品誤差 (設計値に対して)	-30%~+30%	-50%~0%	-30%~0%
経年変化 (初期値に対して)	0%~+10%	変化なし	0%~+10%
環境温度 (設計値に対して)	-4%~+4%	変化なし	変化なし

(d) オイルダンパ

免震装置のうち、オイルダンパの減衰係数及びリリース荷重のばらつきに対して第17表に示す3要因を設定した。

第17表 オイルダンパのばらつき

ばらつきの要因	減衰係数 $C$	リリース荷重 $F_r$
製品誤差 (設計値に対して)	-5%~+10%	-5%~+10%
経年変化 (初期値に対して)	-3%~+3%	-3%~+3%
環境温度 (設計値に対して)	-5%~+5%	-5%~+5%

(e) 解析条件

天然ゴム系積層ゴム，鉛プラグ入り積層ゴム，低摩擦弾性すべり支承及びオイルダンパについては，標準特性とした場合に加え，ばらつきとして免震層全体での等価剛性が最大あるいは最小となる組合せについて検討を実施する。すなわち，剛性が最大となるケースとして，天然ゴム系積層ゴムの剛性が最大，かつ鉛プラグ入り積層ゴムの降伏後剛性，降伏荷重特性値及び鉛直剛性が最大，かつ低摩擦弾性すべり支承の摩擦係数及び鉛直剛性が最大，かつオイルダンパの減衰係数，リリース荷重が最大となる組合せ及びその逆の2ケースを考慮する。解析ケースを第18表に示す。

第18表 解析ケース一覧

解析 ケース	天然ゴム系 積層ゴム	鉛プラグ入り 積層ゴム	低摩擦弾性 すべり支承	オイルダンパ
剛性 最大	水平剛性 $K_r$ : 1.19 鉛直剛性 $K_v$ : 1.25	降伏後剛性 $K_d$ : 1.19 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.14 鉛直剛性 $K_v$ : 1.20	1次剛性 $K_j$ : 1.44 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.10	減衰係数 $C$ : 1.18 リリース荷重 $F_r$ : 1.18
標準 特性時	水平剛性 $K_r$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 1.00 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	1次剛性 $K_j$ : 1.00 摩擦係数 $\mu$ : 1.00 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	減衰係数 $C$ : 1.00 リリース荷重 $F_r$ : 1.00
剛性 最小	水平剛性 $K_r$ : 0.91 鉛直剛性 $K_v$ : 1.00	降伏後剛性 $K_d$ : 0.91 降伏荷重特性値 $Q_d$ : 0.75 鉛直剛性 $K_v$ : 0.95	1次剛性 $K_j$ : 0.66 摩擦係数 $\mu$ : 0.50 鉛直剛性 $K_v$ : 0.70	減衰係数 $C$ : 0.87 リリース荷重 $F_r$ : 0.87

(3) 固有値解析結果

水平方向の固有値解析は、上部構造は線形とし、免震層の水平ばねを各振幅レベルの等価線形値を取る場合について実施した。鉛直方向の固有値解析は水平方向固定条件として解析を行った。

a. 水平方向の固有周期

免震層が水平変形  $d=24\text{cm}$  ( $\gamma=100\%$ ) 及び  $d=48\text{cm}$  ( $\gamma=200\%$ ) における等価剛性をもつ場合の水平方向の固有値解析結果を第 19 表及び第 20 表に示す。

第 19 表 水平変形  $d=24\text{cm}$  ( $\gamma=100\%$ ) における固有周期

方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数 <sup>※</sup>
X 方向	1	3.345	1.001
	2	0.078	0.007
	3	0.047	0.014
Y 方向	1	3.344	1.001
	2	0.069	0.008
	3	0.047	0.015

※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

第 20 表 水平変形  $d=48\text{cm}$  ( $\gamma=200\%$ ) における固有周期

方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数 <sup>※</sup>
X 方向	1	3.886	1.001
	2	0.078	0.007
	3	0.047	0.014
Y 方向	1	3.886	1.000
	2	0.069	0.009
	3	0.047	0.015

※最大値を 1 で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

b. 鉛直方向の固有周期

水平方向固定条件とした場合の鉛直方向の固有値解析結果を第21表に示す。

第21表 鉛直方向の固有周期

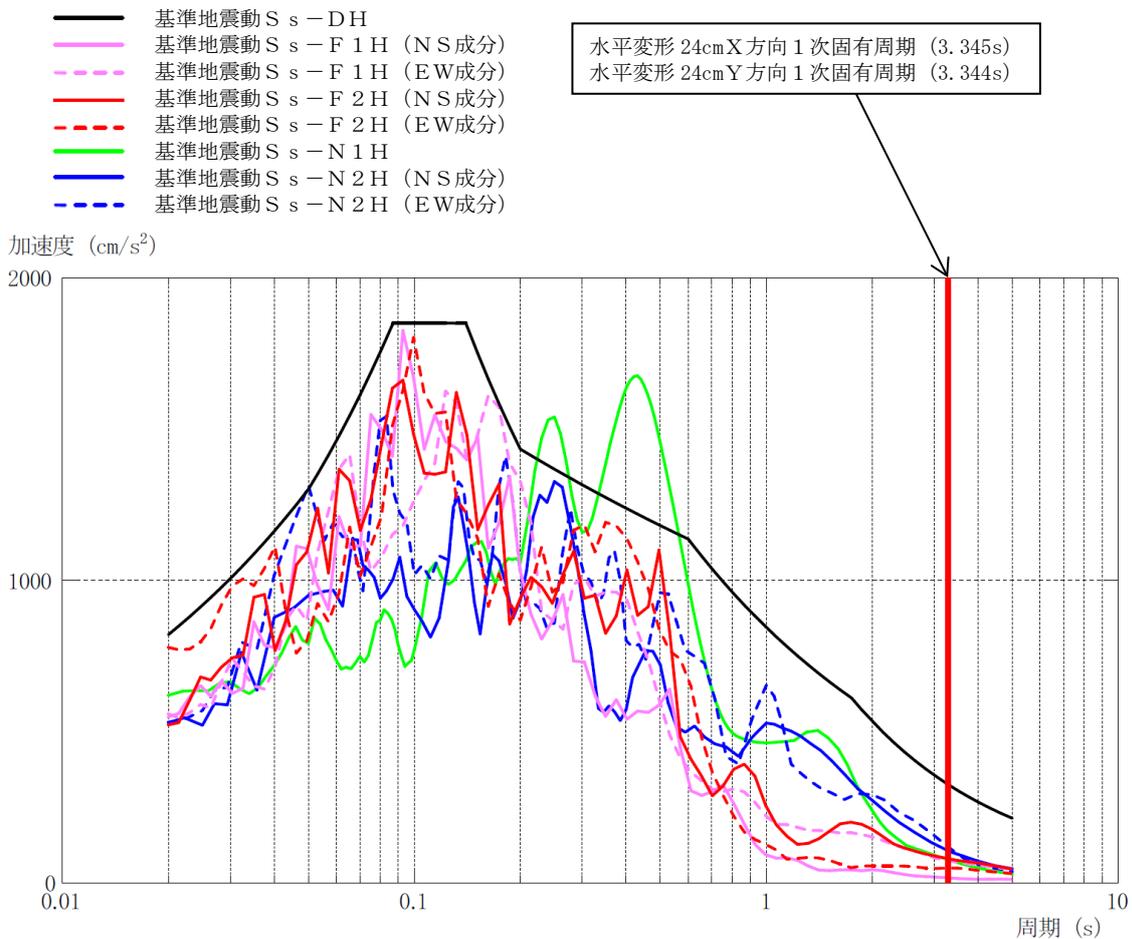
方向	次数	固有周期 (秒)	刺激係数 <sup>※</sup>
Z 方向	1	0.065	1.277
	2	0.023	0.503
	3	0.018	0.233

※最大値を1で基準化した各次固有モードに対する刺激係数として求め絶対値を示す。

(4) 検討用地震動

検討用の地震動は、基準地震動  $S_s - D$ 、基準地震動  $S_s - F 1$ 、基準地震動  $S_s - F 2$ 、基準地震動  $S_s - N 1$  及び基準地震動  $S_s - N 2$  のうち、免震重要棟の地盤ばね、免震装置、上部構造の連成系水平方向1次固有周期（免震層の水平変形  $d=24\text{cm}$  ( $\gamma=100\%$ )) における加速度応答スペクトルが最も大きい基準地震動  $S_s - D$  とする。基準地震動  $S_s$  の解放基盤表面における加速度応答スペクトル（水平方向）を第9図に示す。

免震重要棟の地震応答解析モデルへの入力地震動は、成層地盤モデルを用いた一次元波動論による解析によって求める。



第9図 基準地震動  $S_s$  の加速度応答スペクトル（水平方向， $h=0.05$ ）

(5) 解析ケース

免震装置の特性のばらつきを考慮した全解析ケースを第 22 表に示す。

第 22 表 解析ケース

ケース	基準地震動	入力方向			免震装置の特性 のばらつき
		X	Y	Z	
S <sub>s</sub> -D (X)	S <sub>s</sub> -D	H <sup>※1</sup>	-	V <sup>※2</sup>	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小
S <sub>s</sub> -D (Y)		-	H <sup>※1</sup>	V <sup>※2</sup>	標準特性時
					剛性最大
					剛性最小

※1：基準地震動 S<sub>s</sub>-D による水平方向の入力地震動

※2：基準地震動 S<sub>s</sub>-D による鉛直方向の入力地震動

(6) 地震応答解析結果

各解析ケースにおける上部構造層間変形角を第 23 表及び第 24 表に、免震装置せん断ひずみを第 25 表に示す。

第 23 表 上部構造層間変形角 (X 方向)

ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小
S s - D (X)	3 階	1/22838	1/25830	1/23904
	2 階	1/15969	1/17391	1/17194
	1 階	<u>1/15459</u>	1/16031	1/17000

(注) : 下線は X 方向の最大層間変形角

第 24 表 上部構造層間変形角 (Y 方向)

ケース	階数	標準特性時	剛性最大	剛性最小
S s - D (Y)	3 階	1/35235	1/37400	1/39326
	2 階	1/23969	1/24366	1/27203
	1 階	1/21898	<u>1/21729</u>	1/24496

(注) : 下線は Y 方向の最大層間変形角

第 25 表 免震装置せん断ひずみ

ケース	標準特性時	特性変動時	
		剛性最大	剛性最小
S s - D (X)	<u>131.67%</u>	109.59%	<u>168.34%</u>
S s - D (Y)	131.67%	109.59%	168.34%

(注) : 下線は標準特性時, 特性変動時それぞれの最大せん断ひずみ

5. まとめ

地震応答解析により評価された結果の最大応答値を第 26 表に示す。

保管場所への影響の観点からは、以下のように評価する。

「鉄筋コンクリート造建物の耐震性能評価指針（案）・同解説」（（社）日本建築学会）において、安全限界状態とされる層間変形角は 1/75 である。今回の解析結果による最大層間変形角は、この 1/75 を大幅に下回っている。

また、「免震構造の試評価例及び試設計例」（（独）JNES, 2014）において免震装置の設計目標値であるせん断ひずみは 166%（免震装置標準特性時）及び 250%（免震装置の特性変動時）である。今回の解析結果による免震装置の最大せん断ひずみはこの値を下回っている。

以上のことから、建物は倒壊せず、保管場所への影響はないことを確認した。

第 26 表 最大応答値一覧

部位	項目	最大応答値	評価基準値
上部構造	最大層間変形角 (X方向)	1/15459 (S <sub>s</sub> -D(X), 1階, 標準特性時)	1/75
	最大層間変形角 (Y方向)	1/21729 (S <sub>s</sub> -D(Y), 1階, 剛性最大)	
免震装置	せん断ひずみ (標準特性時)	132% (S <sub>s</sub> -D(X))	166%
	せん断ひずみ (特性変動時)	169% (S <sub>s</sub> -D(X), 剛性最小)	250%

1号炉原子炉建物 外装材 基準地震動  $S_s$  に対する耐震性能評価検討

## 1. 目的

1号炉原子炉建物の鉄骨造部分に設置している外装材（複合板）について、基準地震動  $S_s$  により生じる地震荷重に対する耐震性能を確認し、外装材（複合板）のアクセスルートへの影響を確認する。外装材（複合板）の取付位置を第1図に示す。



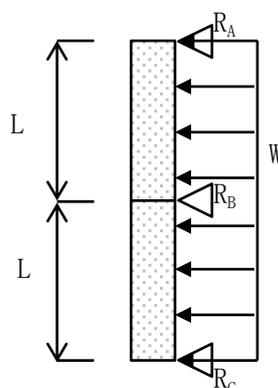
第1図 1号炉原子炉建物 南側 外装材（複合板）取付位置図

## 2. 外装材（複合板）の耐震性について

外装材（複合板）について、以下のとおり強度を確保していることを確認した。

## 2.1 検討方針

基準地震動  $S_s$  により外装材（複合板）に発生する応力について、第2図に示す簡易モデルにより評価し、許容値以下であることを確認する。



第2図 2スパン連続梁モデル図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 2.2 検討諸元

外装材（複合板）の1枚あたりの幅に対して、ボルト取付部を支点（R）と見なした2スパン連続梁モデルとし、基準地震動S<sub>s</sub>により生じる地震荷重を分布荷重（W）とした場合に、取付ボルトに発生する引張荷重（Q）、外装材（複合板）の連続部に発生する最大曲げモーメント（M）を第1表に示す。

- ・取付ボルトに発生する最大引張荷重：

$$Q_{\max} = R_B = 5/4 \times W \times L$$

- ・外装材（複合板）に発生する最大曲げモーメント：

$$M_{\max} = M_B = 1/8 \times W \times L^2$$

第1表 基準地震動S<sub>s</sub>による発生応力

	分布荷重 W (kN/m)	支点ピッチ L (m)	引張荷重 Q <sub>max</sub> (kN)	最大曲げ モーメントM <sub>max</sub> (kN・m)
地震荷重 (水平)	1.5 <sup>※1</sup> (@6.0G)	0.9	1.69	0.152

※1：外装材（複合板）の1枚あたりの単位重量（0.25kN/m）に暫定条件を元に設定した検討用震度（6.0G）を乗じて算定した値

## 2.3 評価結果

基準地震動S<sub>s</sub>により外装材（複合板）に発生する応力に対して、許容値以下であることを第2表に示す。

- ・外装材（外側波形鉄板）<sup>※1</sup>：

冷間圧延鋼板，厚さ  mm

- ・取付ボルト：

ステンレスボルト，φ7.5，2本（1支点あたり）

- ・取付ボルトに発生する引張応力度：

$$\sigma_t = Q_{\max} / A$$

A：取付ボルトの有効断面積<sup>※2</sup>

- ・外装材（外側波形鉄板）<sup>※1</sup>に発生する曲げ応力度：

$$\sigma_b = M_{\max} / Z$$

Z：外装材（外側波形鉄板）<sup>※1</sup>の断面係数

第2表 断面検討結果

	取付ボルト		外装材（外側波形鉄板）	
	引張応力度 $\sigma_t$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )	曲げ応力度 $\sigma_b$ (N/mm <sup>2</sup> )	許容値 (N/mm <sup>2</sup> )
地震荷重 (水平)	42.1	210	36.5	180

※1：複合板は外側波形鉄板，断熱材及び内側鉄板により構成しているため，強度部材を外側波形鉄板として検討

※2：取付ボルトの径は $\phi 7.5$ であるが，よりボルト径が小さいM6として設定

## 地滑り又は土石流による影響評価について

## 1. はじめに

保管場所及びアクセスルートに対する地滑り又は土石流の影響について、以下のとおり評価し、重大事故等対応に影響がないことを確認した。

## 2. 地滑りの影響評価について

独立行政法人防災科学技術研究所（以下、「防災科研」）が作成した地すべり地形分布図（平成 17 年，清水ほか「恵曇」(2005a)※<sup>1</sup>，「境港」(2005b)※<sup>2</sup>)の記載に基づくと，第 1 図のとおり島根原子力発電所構内に地滑り地形は 5 箇所記載されている。

保管場所については，各地滑り地形の範囲外に設置されており，影響はない。

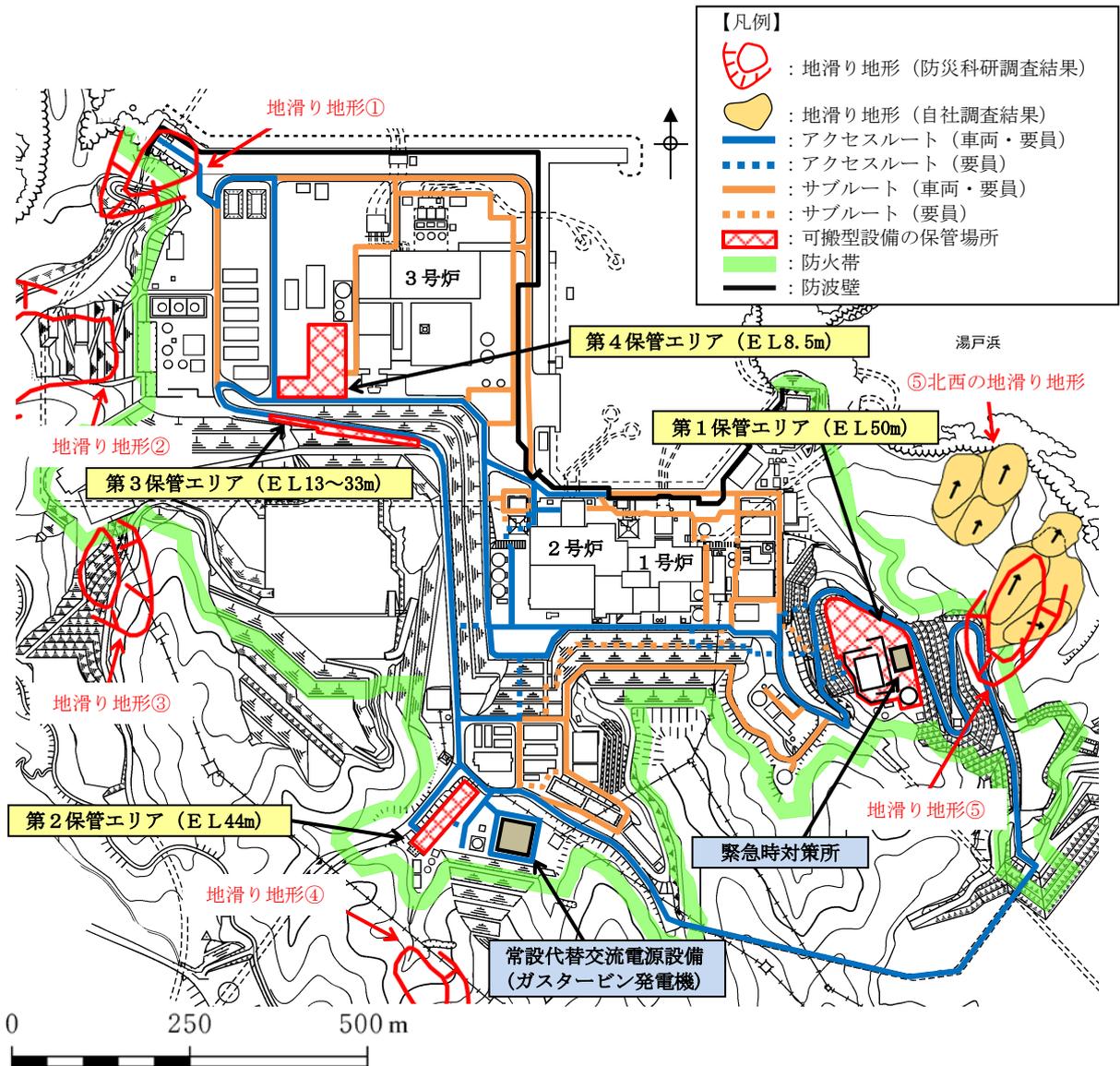
アクセスルートについては，防災科研調査結果の地滑り地形①及び地滑り地形⑤の範囲にあるが，自社調査（机上調査による地形判読及び現地踏査による地滑り地形の詳細検討）の結果，地滑り地形①については深層崩壊を伴うような地滑り地形ではないことを確認している。また，防災科研調査結果の地滑り地形①付近において確認された表層土（礫質土及び粘性土）については，過去の表層すべりの可能性が否定できないことから，周辺斜面の安定性確保のため，撤去を行うこととしている。

地滑り地形⑤については，自社調査の結果，地滑り土塊が認められるが，アクセスルートは自社調査結果の地滑り土塊の範囲外に位置する。また，地滑り頭部付近においては，尾根筋を切り取っているが，斜面にすべり面が認められないことから，アクセスルートは地滑り地形の範囲外に位置する。

（第六条 外部からの衝撃による損傷の防止 参照）

※1 清水文健・井口 隆・大八木規夫(2005a)：5 万分の 1 地すべり地形分布図，第 26 集「浜田・大社」図集，地すべり地形分布図 恵曇，防災科学技術研究所研究資料 第 285 号，防災科学技術研究所

※2 清水文健・井口 隆・大八木規夫(2005b)：5 万分の 1 地すべり地形分布図，第 25 集「松江・高梁」図集，地すべり地形分布図 境港，防災科学技術研究所研究資料 第 278 号，防災科学技術研究所



第1図 地滑り地形分布図 (保管場所及びアクセスルート)

### 3. 土石流の影響評価について

国土交通省国土政策局が公開する「国土数値情報 土砂災害危険箇所データ」の記載に基づくと、第 2 図のとおり島根原子力発電所構内の土石流危険区域は 7 箇所である。

第 2 保管エリア及び一部のアクセスルートが土石流危険区域の範囲内に含まれているが、屋外に配置している可搬型設備は複数箇所にそれぞれ離隔して分散配置しているため、影響を受けない。アクセスルートは、複数確保しているアクセスルートが使用可能であるためアクセス性に影響はない。なお、屋内のアクセスルートについては、原子炉建物等が影響を受ける範囲にないため、影響はない。詳細は以下のとおり。

#### (1) 対応方針

##### a. 土石流が発生した場合の対応方針

土石流が発生し第 2 保管エリア及び一部のアクセスルート<sup>※1</sup>に影響が及んだ場合は、土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）を使用し、サブルート<sup>※2</sup>は使用しない。緊急時対策要員は、緊急時対策所からアクセスルート（要員）を用いて、徒歩で土石流の影響を受けるおそれのない第 3 及び第 4 保管エリアに移動したうえで、保管されている可搬型重大事故等対処設備を用いて、重大事故等の対応を実施する。

土石流が発生した際の土砂撤去作業は、要員の安全確保の観点から、発生後すぐに行うことは困難であると想定されるため、重大事故等の対応上、土砂撤去作業によるアクセスルート<sup>※1</sup>の復旧には期待しない。

土砂撤去作業は、二次災害の発生を防止するため、天候や現場状況の確認を行ったうえで実施する。

※1：第 2 図の土石流危険区域①～⑥が掛かる範囲のアクセスルート

※2：地震及び津波時に期待しないルートであり、地震及び津波その他の自然現象の影響評価対象外

##### b. 設置許可基準規則への適合性

「設置許可基準規則」第四十三条第 3 項第五号<sup>※1</sup>に基づき、可搬型重大事故等対処設備は、常設重大事故等対処設備と異なる場所に、2 セットを分散配置して保管することとしている。

土石流の影響を考慮し、可搬型重大事故等対処設備は、2 セットを分散配置し、いずれか 1 セットは土石流の影響を受けない保管場所に配置し、基準に適合させる。

「設置許可基準規則」第四十三条第 3 項第六号<sup>※2</sup>に基づき、アクセスルートは、想定される自然現象、原子炉施設の安全性を損なわせる原因となるおそれがある事象であって人為によるもの（故意によるものを除く。）、溢水及び火災を想定しても、速やかに運搬、移動に支障をきたすことのないよう、複数のアクセスルートを確保することとしている。

想定される自然現象のうち土石流に対しては、複数のアクセスルートのうち土石流の影響を受けないアクセスルートを少なくとも1ルート確保し、基準に適合させる。

※1：第四十三条第3項第五号：地震、津波その他の自然現象又は故意による大型航空機の衝突その他のテロリズムによる影響，設計基準事故対処設備及び重大事故等対処設備の配置その他の条件を考慮した上で常設重大事故等対処設備と異なる保管場所に保管すること

※2：第四十三条第3項第六号：想定される重大事故等が発生した場合において、可搬型重大事故等対処設備を運搬し、又は他の設備の被害状況を把握するため、工場等内の道路及び通路が確保できるよう、適切な措置を講じたものであること

#### c. 土石流が発生した場合の対策内容

土石流の影響を考慮し、全ての土石流危険区域で、同時に土石流が発生した場合においても、重大事故等の対応が可能となるよう、以下の対策を講ずる。また、対策の全体像を第3図に示す。

##### ① アクセスルートの確保

- ・土石流が発生した場合でも、緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに要員が移動できるよう、土石流の影響を受けないアクセスルート（要員）を管理事務所2号館南東の位置に設置する。なお、移動に際して、サブルートの使用は期待しない。
- ・万一の送電線垂れ下がり時においても要員が移動できるよう、アクセスルート（要員）を管理事務所2号館南西の位置に設置する。

##### ② 可搬型設備の確保

- ・土石流が発生した場合でも、土石流の影響を受けない第3及び第4保管エリアに保管する可搬型設備を用いて、重大事故等の対応ができるよう、第1保管エリアに保管していたn設備と第4保管エリアに保管していた予備を入れ替える。また、資機材についても保管場所を第1保管エリアから第4保管エリアに変更する。これに伴い、保管場所を確保するため、第4保管エリアの範囲を拡充する。<sup>※1</sup>

※1：2n設備は、2セットのうち1セットを第3又は第4保管エリアに配置（変更なし）

##### ③ 原子炉注水等に使用する水源の確保

- ・代替淡水源である輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）並びにその周辺が土石流に覆われ、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした注水ができなくなることから、海を水源（海水取水箇所：非常用取水設備（2号炉取水槽））とした注水を実施する<sup>※2</sup>。

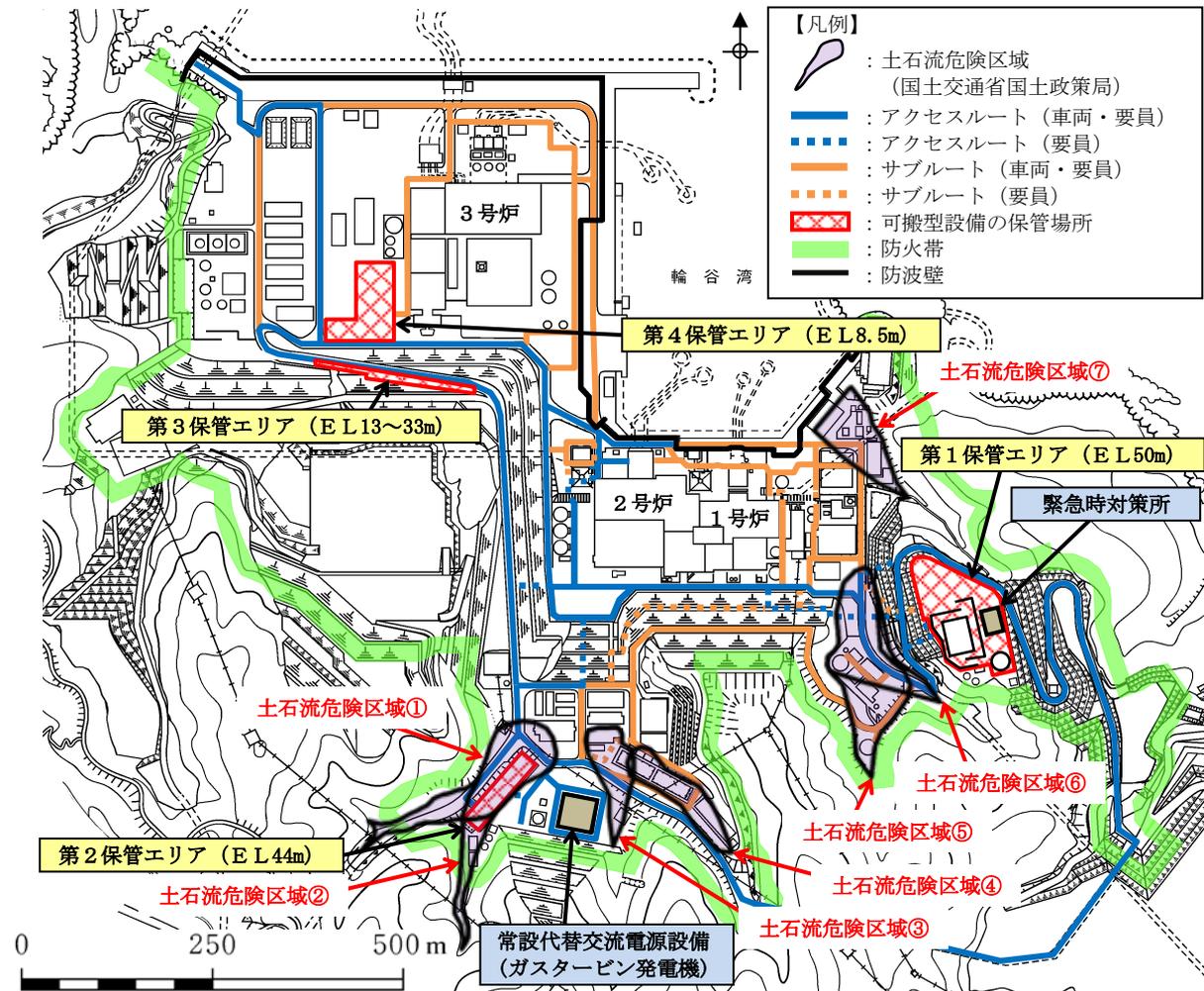
※2：海を水源とする注水手順は，SA手順として整備済（変更なし）

④ 可搬型設備への燃料補給手段の確保

- ・ガスタービン発電機用軽油タンクの周辺が土石流に覆われ，タンクローリーが寄り付けず，ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料補給ができなくなることから，非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した可搬型設備への燃料補給を実施する※3。

※3：非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料補給手順を，自主対策手順からSA手順に変更

第4 保管エリア【E L8.5m】	第1 保管エリア【E L50m】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高圧発電機車：3台</li> <li>・大量送水車：2台</li> <li>・移動式代替熱交換設備：1台</li> <li>・大型送水ポンプ車：2台</li> <li>・可搬式窒素供給装置：1台</li> <li>・第1ペントフィルタ出口水素濃度：1台</li> <li>・シルトフェンス（2号炉放水接続槽用）：約20m</li> <li>・シルトフェンス（輪谷湾用）：約320m</li> <li>・小型船舶：1隻</li> <li>・放射性物質吸着材：3組</li> <li>・放水砲：1台</li> <li>・泡消火薬剤容器：5個</li> <li>・タンクローリ：1台</li> <li>・可搬式モニタリング・ポスト：6台</li> <li>・可搬式気象観測装置：1台</li> <li>・緊急時対策所用発電機：2台</li> <li>・緊急時対策所正圧化装置（空気ポンプ）：30本</li> <li>・緊急時対策所空気浄化送風機：1台</li> <li>・緊急時対策所空気浄化フィルタユニット：1台</li> <li>・ホイールローダ：1台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・高圧発電機車：3台</li> <li>・大量送水車：1台</li> <li>・移動式代替熱交換設備：1台</li> <li>・大型送水ポンプ車：1台</li> <li>・可搬式窒素供給装置：1台</li> <li>・第1ペントフィルタ出口水素濃度：1台</li> <li>・シルトフェンス（2号炉放水接続槽用）：約20m</li> <li>・シルトフェンス（輪谷湾用）：約360m</li> <li>・小型船舶：1隻</li> <li>・放射性物質吸着材：1組</li> <li>・放水砲：1台</li> <li>・泡消火薬剤容器：1個</li> <li>・タンクローリ：1台</li> <li>・可搬式モニタリング・ポスト：6台</li> <li>・可搬式気象観測装置：1台</li> <li>・緊急時対策所用発電機：2台</li> <li>・緊急時対策所正圧化装置（空気ポンプ）：510本</li> <li>・緊急時対策所空気浄化送風機：2台</li> <li>・緊急時対策所空気浄化フィルタユニット：2台</li> <li>・ホイールローダ：1台</li> </ul>



第3 保管エリア【E L13~33m】	第2 保管エリア【E L44m】
<ul style="list-style-type: none"> <li>・高圧発電機車：1台</li> <li>・大量送水車：1台</li> <li>・移動式代替熱交換設備：1台</li> <li>・大型送水ポンプ車：1台</li> <li>・タンクローリ：1台</li> <li>・ホイールローダ：1台</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・大量送水車：1台</li> </ul>

※：サブルートは、地震及び津波時には期待しない。  
 ※：各設備の保管場所・数量については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。  
 ※：各保管エリアには、可搬型重大事故等対処設備を記載。

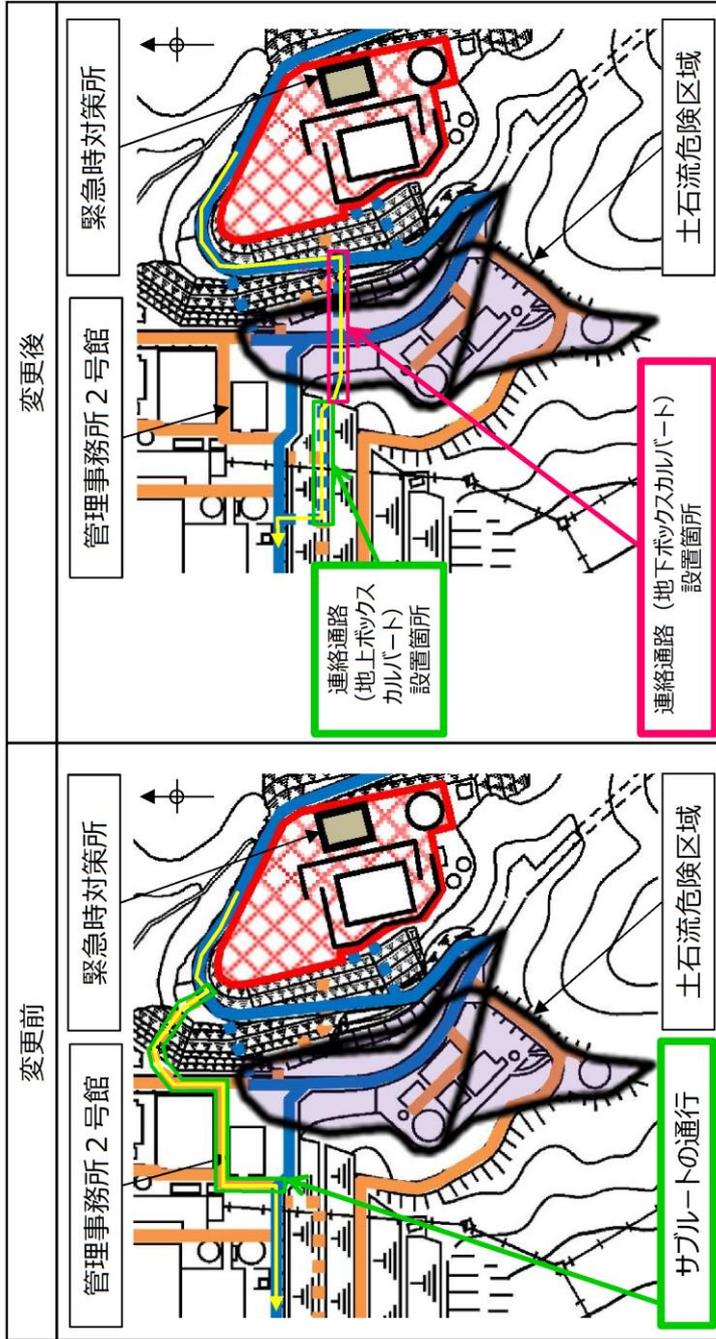
第2 図 土石流危険区域図及び各保管場所に  
 配備する可搬型重大事故等対処設備



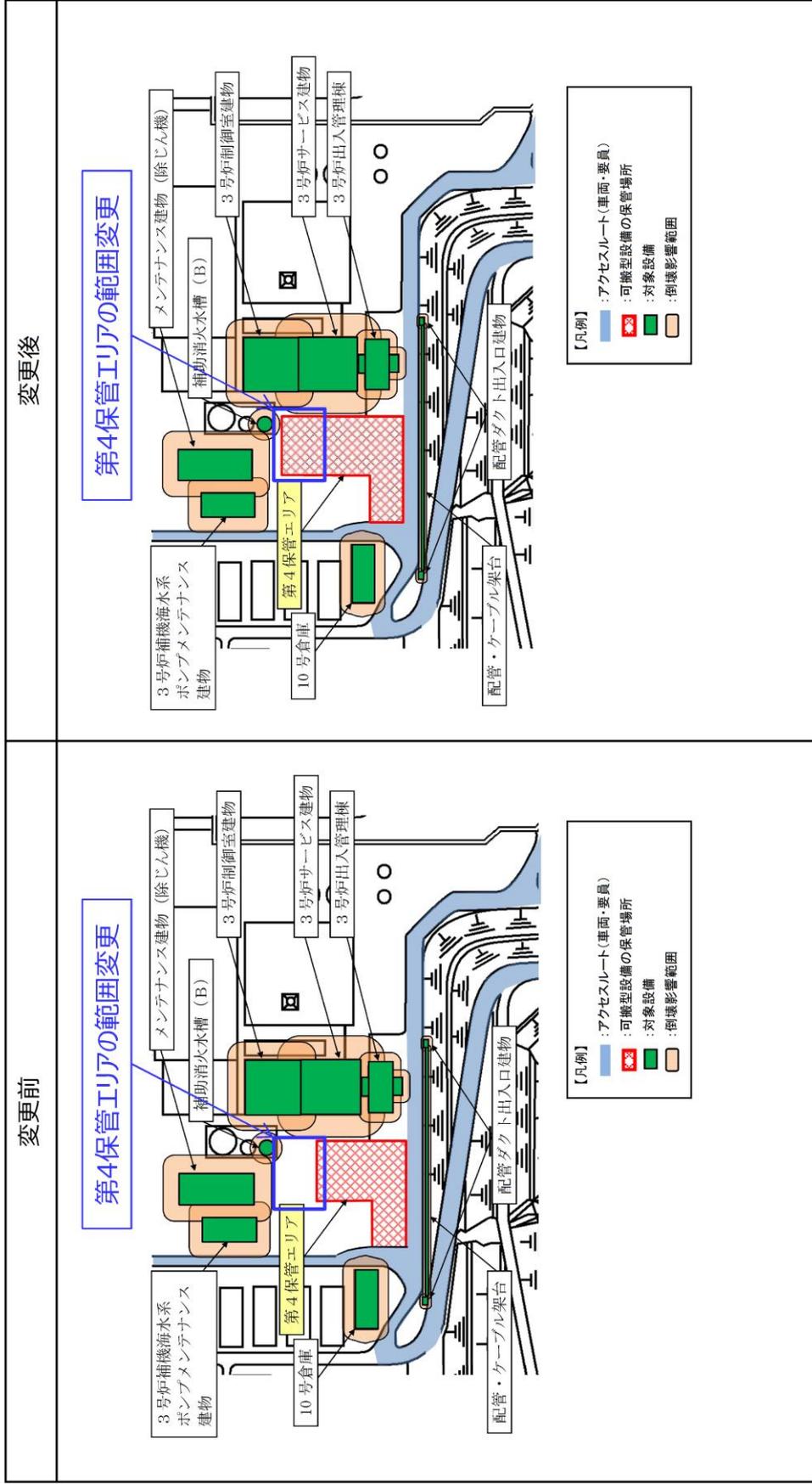
第3図 土石流が発生した場合の重大事故等の対応

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

- 【凡例】
- アクセスルート (車両・要員)
  - アクセスルート (要員)
  - サブルート (車両・要員)
  - サブルート (要員)
  - 可搬型設備の保管場所
  - 土石流危険区域
  - 土石流発生時における  
徒歩ルート



第4図 アクセスルート (要員) の一例



第5図 第4保管エリアの範囲変更

d. 土石流が発生した場合の対応内容

- ・緊急時対策要員は、緊急時対策所から土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）及び1，2号炉原子炉建物南側を經由したルートを用いて、第3及び第4保管エリアに移動する。
- ・第3及び第4保管エリアに保管する大量送水車及びホース展張車を用いて、海（海水取水箇所：非常用取水設備（2号炉取水槽））を水源として、原子炉、燃料プールに海水を注水する。なお、重大事故等の発生時においては海水による注水を実施するが、重大事故等の一連の対策を講じたところで、淡水水源（自主対策設備である非常用ろ過水タンク等）への注水に切り替える。（①）
- ・第3及び第4保管エリアに保管するタンクローリを用いて、E L15m及びE L8.5mの非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等からの燃料抜き取りを実施し、大量送水車等の可搬型設備に定期的に燃料補給を実施する。（②）

【①：海を水源とした注水手順の成立性】

- ・海を水源とするタイムチャートを第6図に、輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とするタイムチャートを第7図に、使用するルートを第8図に示す。
- ・有効性評価における輪谷貯水槽（西1）及び輪谷貯水槽（西2）を水源とした注水等の想定時間は2時間10分以内であり、海を水源とした注水等も、この想定時間内（所要時間目安：1時間40分）で対応可能である。（第1表及び参考資料-1参照）

【②：非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り手順の成立性】

- ・非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り手順のタイムチャートを第9図に、ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料抜き取り手順のタイムチャートを第10図に、使用するルートを第11図に示す。
- ・有効性評価におけるガスタービン発電機用軽油タンクからの燃料抜き取り作業の想定時間は約1時間50分となっているが、非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り作業の想定時間は約2時間30分となる。（第2表）

事象初期に使用する大量送水車の起動後（事象発生約2時間20分後）から、燃料枯渇までの約3.5時間以内に準備及び燃料補給を完了させる必要があるが、時間内に完了することを確認している。（第12図）

第1表 水源の違いによる注水作業時間

	作業時間	
	所要時間目安※1	想定時間※2
輪谷貯水槽（西1／西2）を水源とした注水等	1時間41分	2時間10分
海を水源とした注水等	1時間40分	2時間10分

※1：実機による検証及び模擬により算定した時間

※2：移動時間＋操作時間に余裕を見て設定

第2表 給油箇所の違いによる補給準備作業時間

	作業時間	
	所要時間目安※1	想定時間※2
ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した 燃料抜き取り手順	1時間34分	1時間50分
非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を 使用した燃料抜き取り手順	2時間12分	2時間30分

※1：実機による検証及び模擬により算定した時間

※2：移動時間＋操作時間に余裕を見て設定

手順の項目	必要の要員と作業項目	経過時間 (分)												備考			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		130	140	150
大量送水車による大量送水車への送水	要員(数) 緊急時対策要員 6																
海を水源とした大量送水車による送水	緊急時対策要員 6																

海を水源とした大量送水車(2台)による送水 2時間10分

【取水箇所周辺作業】  
大量送水車配置、ホース運搬・敷設、送水機  
作等

【接続口周辺作業】  
大量送水車配置、ホース運搬・敷設、送水  
ヘッド接続、注水機作等

【送水先】  
・原子炉圧力容器への注水  
・原子炉格納容器内へのスプレイ  
・原子炉格納容器下部への注水  
・原子炉ウエルへの注水  
・燃料プールへの注水/スプレイ

※：緊急時対策所からの移動時間は、土石流が発生した場合、第二輪谷トンネルを通行するルートは通行できないが、作業の成立性の観点でより遠いルートを使用した場合の時間を算出

第6図 海を水源とした注水手段 タイムチャート

手順の項目	必要な要員と作業項目	経過時間 (分)												備考			
		10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120		130	140	150
低圧原子炉代替注水系(可搬型)による原子炉圧力容器への注水(淡水/海水)	要員(数) 緊急時対策要員 6																
【低圧原子炉代替注水系(可搬型)接続口(前)又は低圧原子炉代替注水系(可搬型)接続口(西)を使用する場合】	緊急時対策要員 6																

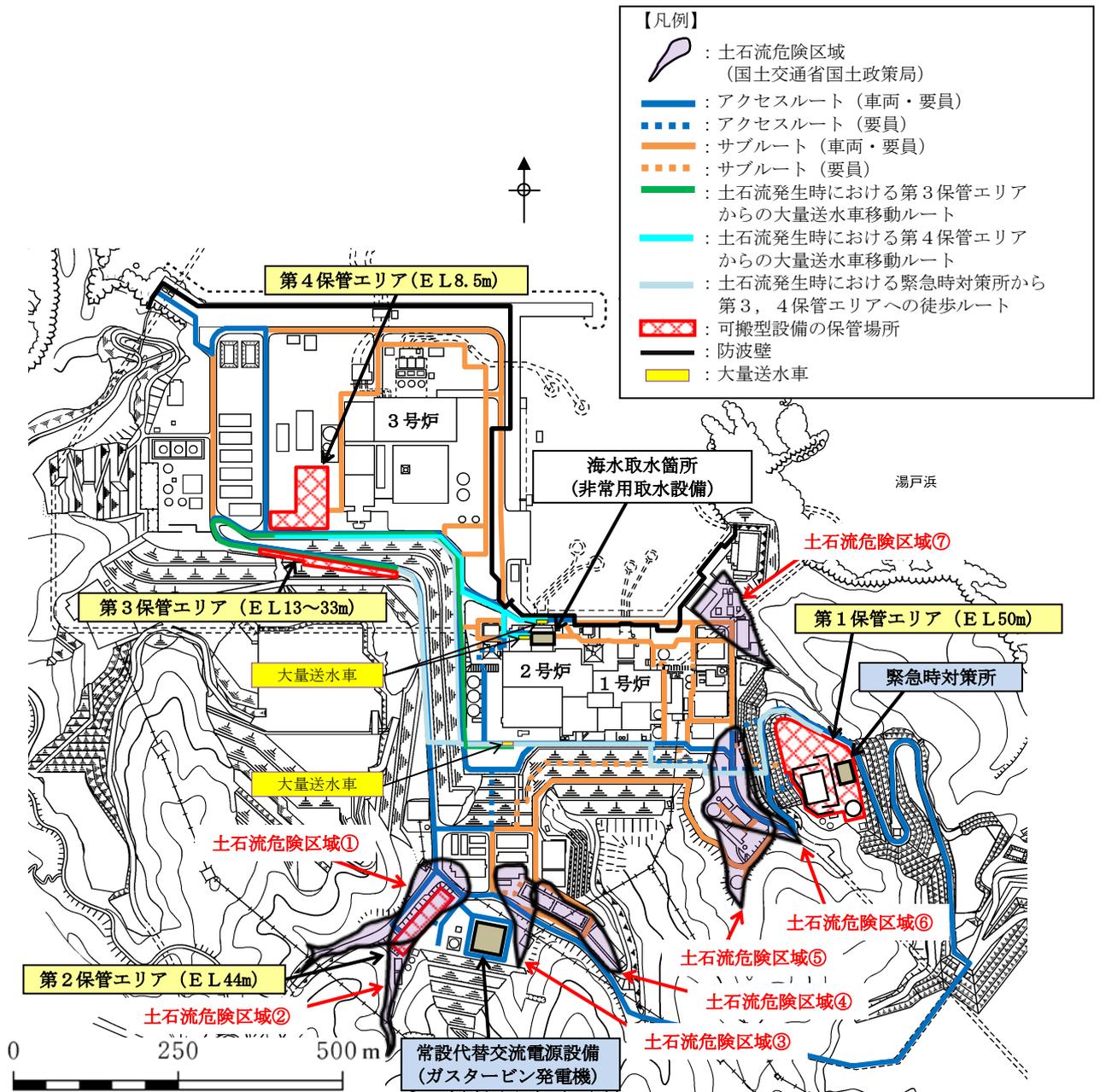
低圧原子炉代替注水系(可搬型)による原子炉圧力容器への注水(淡水/海水) 2時間10分

【低圧原子炉代替注水系(可搬型)接続口(前)又は低圧原子炉代替注水系(可搬型)接続口(西)を使用する場合】

【接続口周辺作業】  
ホース運搬・敷設、送水  
ヘッド接続等

【取水箇所周辺作業】  
大量送水車配置、ホース運  
搬・敷設、注水機作等

第7図 輪谷貯水槽(西1/西2)を水源とした注水手段 タイムチャート



第8図 海を水源とした対応手段のルート

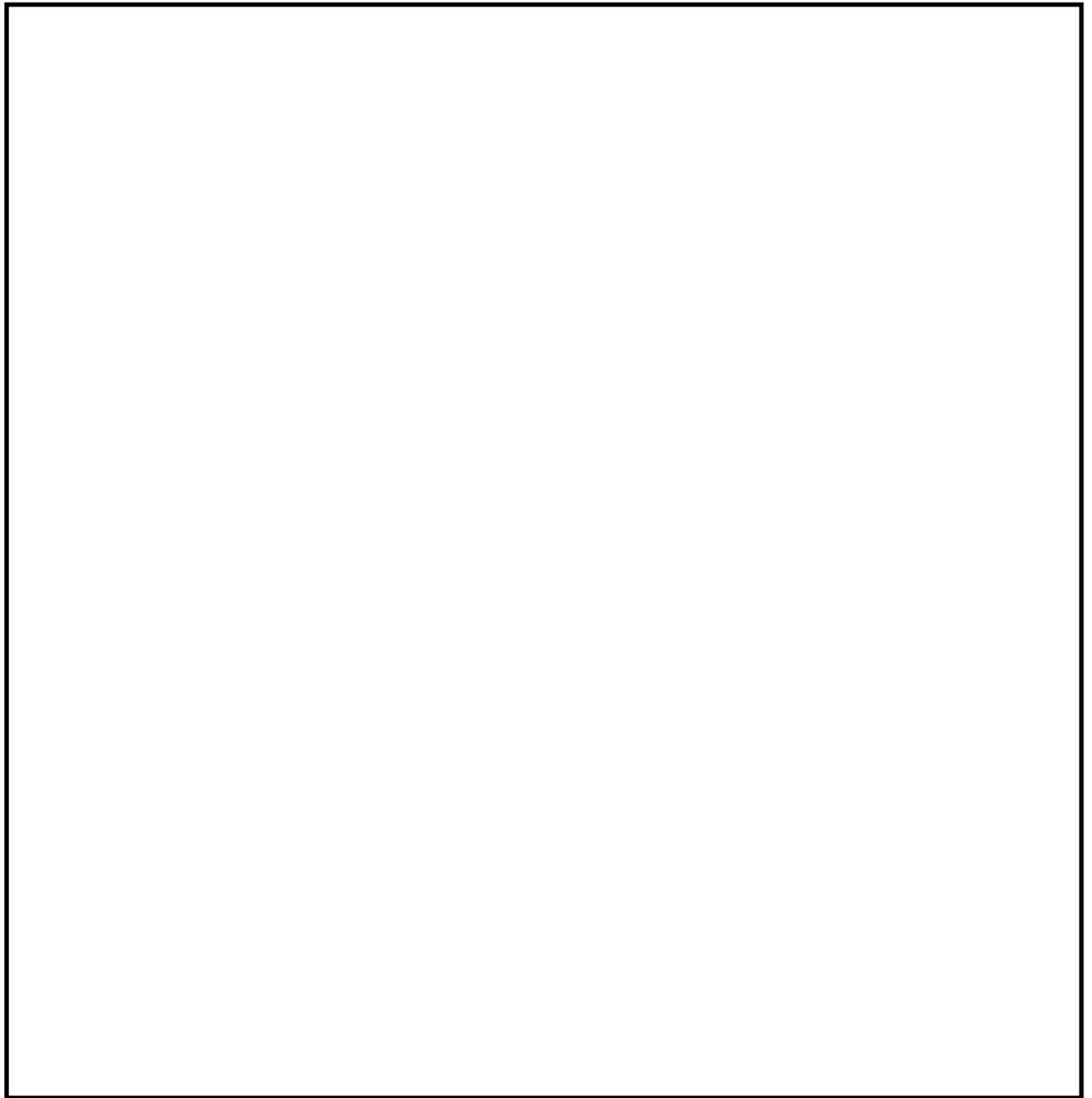
必要な要員と作業項目	経過時間 (分)															備考
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	
手順の項目	要員(数)															
非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等 からタンクローリへの補給	緊急時対策要員 2															
	移動 車両健全性確認 (タンクローリ) タンクローリ配置 抜き取り準備 補給 補給片付け															2時間30分 以降、タンクローリから各機器等への給油を実施し、 タンクローリの軽油残量に応じて繰り返す

※：緊急時対策所からの移動時間は、土石流が発生した場合、第二輪谷トンネルを通行できないが、作業の成立性の観点でより遠いルートを使用した場合の時間を算出

第9図 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した燃料抜き取り手順 タイムチャート

必要な要員と作業項目	経過時間 (分)															備考
	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120				
手順の項目	要員(数)															
ガスタービン発電機用軽油タンクから タンクローリへの補給	緊急時対策要員 2															
	移動 車両健全性確認 (タンクローリ) タンクローリ配置 ハルプ付アタッチメント接続 補給準備 補給 補給片付け															1時間50分 以降、タンクローリから各機器等への給油を実施し、 タンクローリの軽油残量に応じて繰り返す

第10図 ガスタービン発電機用軽油タンクを使用した燃料抜き取り手順 タイムチャート



第 11 図 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した  
燃料抜取り手順のルート

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

必要な要員と作業項目		経過時間(分)										経過時間(時間)										備考
		10	20	30	40	50	60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
操作項目	実施箇所・必要人員数	操作の内容																				
	運転員 (中央制御室)																					
状況判断	1人 A	<ul style="list-style-type: none"> <li>外部電源喪失確認等</li> </ul>																				▽ 事象発生20分後 タンクローリ準備開始 ▽ タンクローリの準備完了が 必要となる時間 (大量送水車起動から、約3.1時間)
低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 準備操作	14人 a~n	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線防護具準備</li> <li>低圧原子炉代替注水系(可搬型)による原子炉注水準備 (大量送水車配置、ホース展張、接続)</li> </ul>																				
低圧原子炉代替注水系 (可搬型) 注水操作	(2人) a, b	<ul style="list-style-type: none"> <li>低圧原子炉代替注水系(可搬型)注水操作</li> </ul>																				大量送水車起動後、 約3.5時間後までに 燃料補給を実施 原子炉水位をレベル3～レベル8で維持
燃料補給準備	2人 r, s	<ul style="list-style-type: none"> <li>放射線防護具準備/装備</li> <li>非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等から タンクローリへの補給</li> </ul>																				
燃料補給作業	—	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量送水車への補給</li> </ul>																				10分 2時間30分 余裕時間 適宜実施
																						補給作業に約20分必要となる ため余裕20分前までに準備完 了が必要

第12図 有効性評価における非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を使用した成立性確認  
(全交流動力電源喪失(TBP))

e. 土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容

(a) 海水注水切替え等における土石流対応にあたっての流れ

土石流対応にあたっての流れを以下に示す。なお、土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容を第3表に示す。

- ① 発電所構内雨量計により、1時間雨量が60mm以上を確認した場合には、警戒体制を構築し、発電所施設への監視を強化する。なお、発電所構内の雨量に加え、気象庁から発表される防災気象情報を参考にする。
- ② 構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により、作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①、②において土石流発生を確認した場合には、土石流危険区域内のアクセスルート等への立入制限及び代替淡水源（輪谷貯水槽（西1／西2））から海を水源とする原子炉等への注水への切替え等の手順を講じることを決定・実施する。

第3表 土石流対応のうち海水注水切替え等を決定・実施するための判断基準と対応内容

	警戒体制の構築（監視強化）	海水注水切替え等の決定・実施
判断基準	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 発電所構内の雨量に加え、気象庁から発表される防災気象情報を参考に、発電所構内雨量計による1時間雨量が60mm以上を確認した場合</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により、作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①、②において土石流発生を確認した場合※</li> </ul>
通常時	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土石流危険区域①、②内のアクセスルート等への立入を制限する。</li> <li>■ 重大事故等発生時において、以下の手順を講じることを決定する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 海を水源とした原子炉等への注水とすること。</li> <li>・ 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を用いた燃料補給とすること。</li> </ul> </li> </ul>
重大事故等発生時	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 警戒体制を構築し、発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化する。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 土石流危険区域①、②内のアクセスルート等への立入を制限する。</li> <li>■ 以下の手順を講じることを決定する。 <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 代替淡水源から海を水源とする原子炉等への注水に切り替えること。</li> <li>・ ガスタービン発電機用軽油タンクから非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等を用いた燃料補給に切り替えること。</li> </ul> </li> </ul>

※：作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流発生が確認されていない状況においても、発電所構内の状況、防災気象情報（警戒レベル相当情報）及び発電所構内雨量計による計測値を参考に、あらかじめ海水注水切替え等の事前準備を実施する、並びに人的被害の予防の観点で、海水注水切替え等を決定・実施する場合があります。

- (b) 海水注水切替えの決定・実施を判断するための土石流発生の確認方法
- 作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①，②に対しての土石流発生の確認は，構内監視カメラによる確認や現場作業員による目視確認により実施する。具体的な確認方法を以下に示す。
- i. 構内監視カメラによる確認  
重大事故等発生時においても土石流発生の確認ができるよう，構内監視カメラ（DB設備）に加えて，構内監視カメラ（DB／SA設備）をガスタービン発電機建物屋上に，1台新規に設置する。
  - ii. 現場による目視確認（構内監視カメラ以外の確認）  
発電所構内の降雨状況により警戒体制を構築し，発電所施設（土石流危険区域の状況を含む。）への監視を強化するが，通常時及び重大事故等発生時共に，定期的な現場パトロールを行い，土石流発生状況を確認する。  
可搬型設備の運転状況確認や，可搬型設備への定期的な燃料補給作業を実施するため，現場作業員による目視確認により，土石流発生状況を確認する。
  - iii. 事象発生確認後の連絡体制  
土石流が発生するおそれがある状況においては，既に警戒体制を構築し監視強化を行っており，発電所構内の施設状況を適宜連絡することとしていることから，土石流発生を確認した後，遅滞なく，緊急時対策本部において，海水注水切替えの決定・実施を判断可能である。
- (c) 土石流発生を確認するために新規設置する構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の概要
- i. 設置目的  
重大事故等発生時においても，海水注水切替え等の決定・判断を遅滞なく行えるよう，構内監視カメラ（DB設備）に加えて，作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①，②における土石流発生状況を確認できる，耐震性を有する構内監視カメラを，ガスタービン発電機建物屋上に1台新規設置する。
  - ii. 位置付け  
構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）は，「DB設備（第二十六条 原子炉制御室等）／SA設備（第五十六条 重大事故等の収束に必要な水の供給設備）」として設置する。
  - iii. 耐震設計及び供給電源  
構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の耐震設計は，C（S s 機能維持）とし，非常用電源（無停電交流電源）及び代替交流電源設備から給電可能とする。

iv. 監視方法

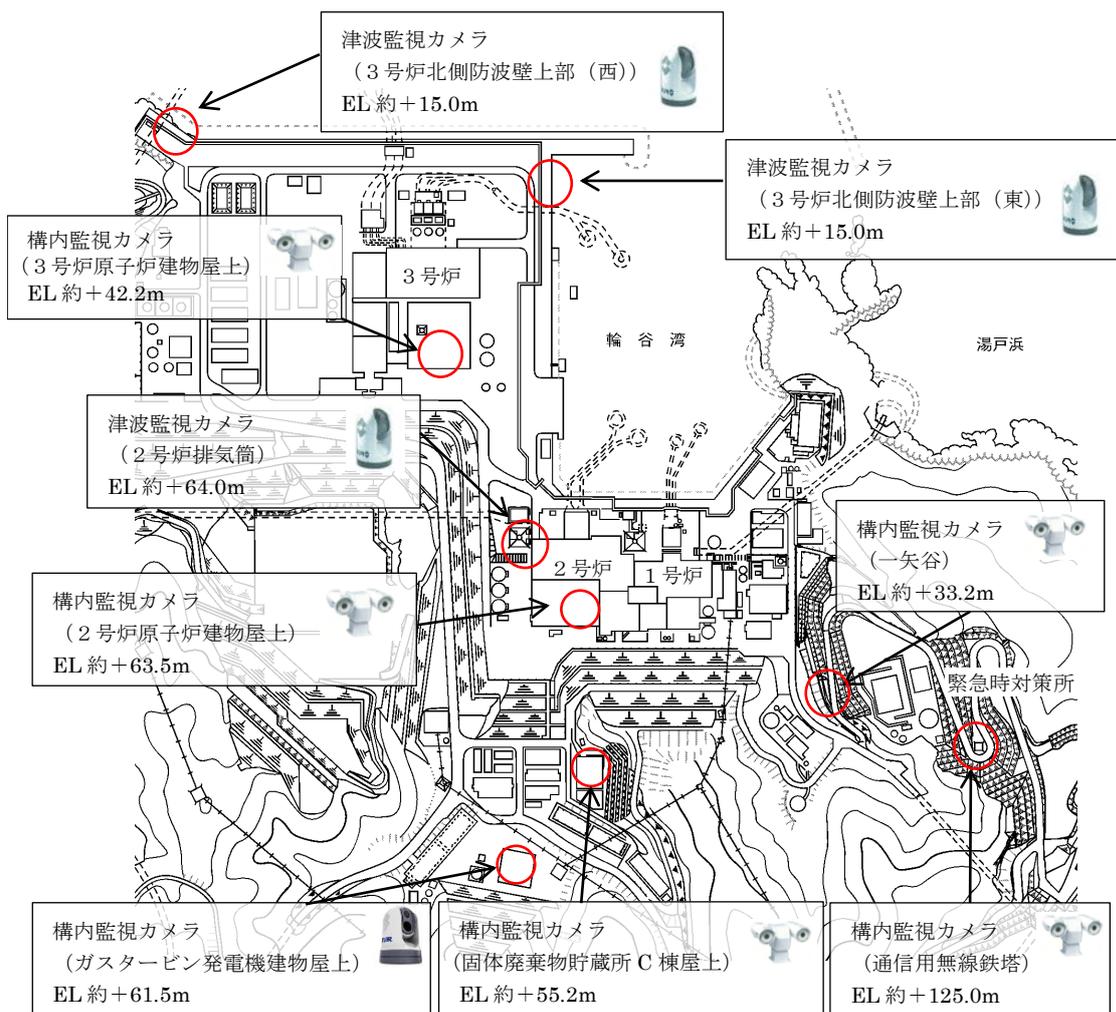
構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）は、重大事故等発生時に中央制御室において運転員により、また、緊急時対策所において緊急時対策要員により監視可能とする。

構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の概要を第4表に示す。また、構内監視カメラの設置場所及び監視範囲を第13、14図に、土石流危険区域方向の状況把握イメージを第15図に示す。

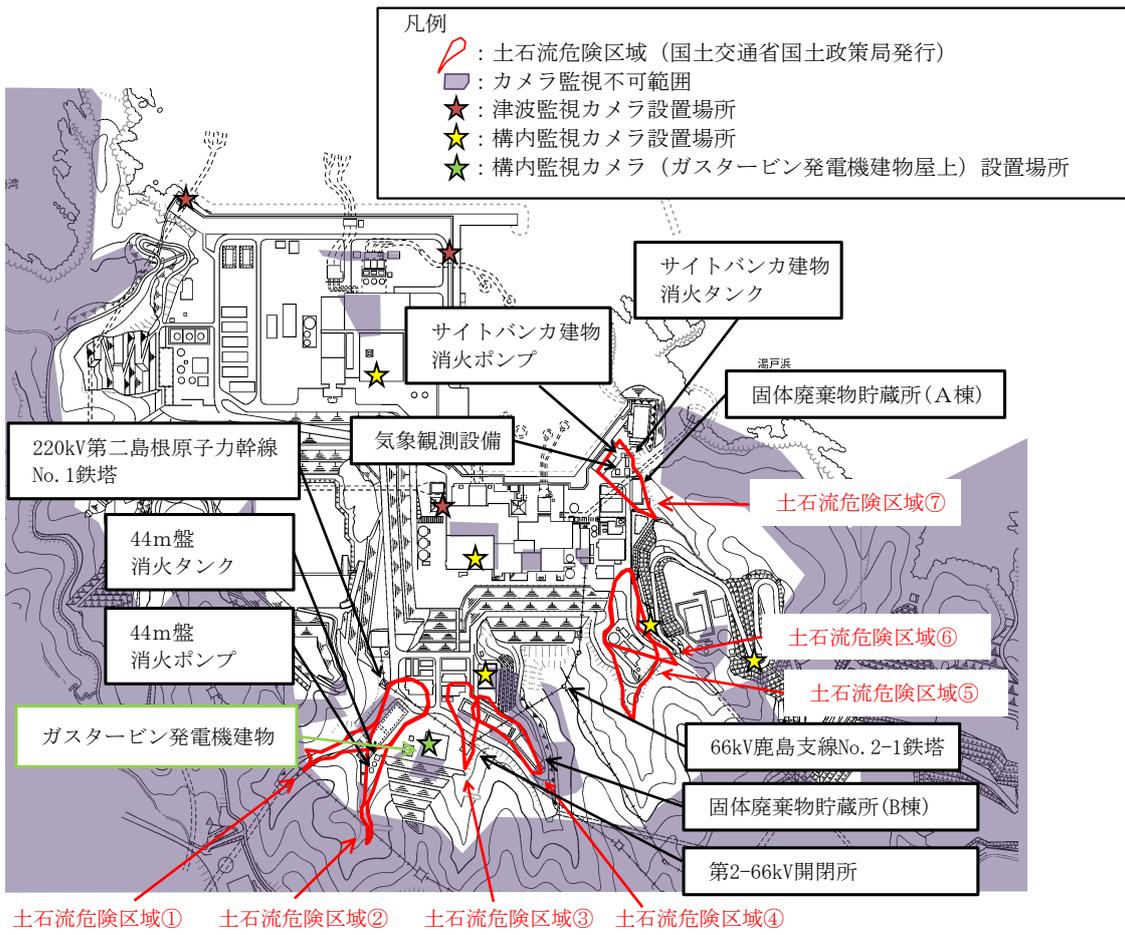
第4表 構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）の概要

	構内監視カメラ（ガスタービン発電機建物屋上）
外観	
カメラ構成	可視光と赤外線デュアルカメラ
ズーム	可視光カメラ：光学ズーム30倍 デジタルズーム12倍 赤外線カメラ：デジタルズーム1～4倍
遠隔可動	水平可動：360° 上下可動：±90°
暗視機能	可能（赤外線カメラ）
耐震設計	C（S s 機能維持）
供給電源	非常用電源（無停電交流電源） 代替交流電源設備
風荷重	風速（30m/s）による荷重を考慮
積雪荷重	積雪（100cm）による荷重を考慮
台数	ガスタービン発電機建物屋上 1台

※：詳細設計中であり変更の可能性がある。



第13図 構内及び津波監視カメラの設置場所



第 14 図 構内及び津波監視カメラの監視範囲



(例) 構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上) にて  
輪谷貯水槽 (西1 / 西2) の南側方向



(例) 構内監視カメラ (ガスタービン発電機建物屋上) にて  
輪谷貯水槽 (西1 / 西2) の北側方向

第15図 ガスタービン発電機建物屋上からの土石流危険区域①, ②  
方向の状況把握イメージ

(d) 土石流発生後に海水注水切替えを決定・実施するとした場合の成立性  
海水注水切替え等の決定・実施の判断基準を「作業場所周辺（代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）周辺）の土石流危険区域①，②において土石流発生を確認した場合」とし，ホース展張等の事前準備を行わず，土石流発生を確認後から決定・実施をしても，重大事故等の対応上，成立することを確認した。

- ・ 重大事故等発生後，可搬型設備を用いて原子炉等への注水を実施する際の作業想定時間は，以下のとおり。
  - 輪谷貯水槽（西1／西2）を水源とした場合の想定時間：  
約2時間10分（実績1時間41分）
  - 海を水源とした場合の想定時間：  
約2時間10分（実績1時間40分）
- ・ 重大事故等発生後，原子炉への注水は，高圧注水系（原子炉隔離時冷却系，高圧原子炉代替注水系），低圧原子炉代替注水系（常設）を用いて，優先的に実施する。
- ・ 可搬型設備による原子炉等への注水は，代替淡水源である輪谷貯水槽（西1／西2）を用いて準備を実施するが，注水準備には約2時間10分が想定される。注水準備完了後，土石流発生を確認し海を水源とした注水への切替えを決定・実施することを想定しても，高圧注水系，低圧原子炉代替注水系（常設）による原子炉等への注水に係るそれぞれの制約時間\*までに，海を水源とした注水に切替えることが可能かどうか確認した。
- ・ 第16図のとおり，海を水源とした注水準備作業には約2時間10分が想定されるが，土石流発生の確認及び海水注水切替え等の決定・判断に10分を想定しても，高圧注水系及び低圧原子炉代替注水系（常設）による原子炉注水を実施している間に，海を水源とした原子炉等への注水準備は完了可能なため，注水は途切れることなく継続可能である。

※：高圧注水系：機能維持可能なサブプレッション・プール水温度100℃到達までの時間（約8時間）  
低圧原子炉代替注水系（常設）：炉心冠水，崩壊熱に応じた注水量を考慮した低圧原子炉代替注水槽枯渇までの時間（約21時間）

事象発生後の経過時間		備考
操作項目	操作の内容	
事象確認	事象確認 10分	
輪谷貯水槽（西1/西2）を水源とした原子炉等への注水準備	放射線防護具準備 10分 大量送水車の配備・ホース敷設等 2時間10分	
海を水源とした原子炉等への注水準備	土石流発生の確認・海を水源とした注水等の準備指示 10分 大量送水車の配備・ホース敷設等 2時間10分	
海を水源とした原子炉等への注水開始	大量送水車の起動・注水	
		原子炉等への注水

▽ 8時間：カプレン・プール水温度100℃到達  
高圧注水系（原子炉隔離時冷却系，高圧原子炉代替注水系）停止

▽ 21時間：低圧原子炉代替注水系枯竭

▽ 土石流発生確認  
海を水源とした注水への切替え指示

▽ 海を水源とした注水準備完了

第16図 土石流が発生した場合の作業の成索性

(2) 土石流の影響を受けない参集ルート

発電所敷地外から発電所構内への参集ルートは、通常の一矢入口及び本谷入口を通過するルートに加え迂回ルートを確認している。

一矢入口及び本谷入口を通過するルートは、発電所構内の土石流危険区域の範囲内に含まれているため、土石流の影響を受けて通行できないおそれがあるが、土石流の影響を受けるおそれのない迂回ルート（宇中入口，宇中谷入口，内カネ谷入口）により，発電所構内に参集する。

発電所敷地外から発電所構内への参集ルートを，第 17 図に示す。



第 17 図 発電所敷地外から発電所構内への参集ルート及び緊急時対策所へのアクセスルート

海を水源とした場合の注水における所要時間を短縮する取り組みについて

海を水源とした場合の原子炉等への注水作業時間を短縮する取り組みとして、第 1 図のとおり海水取水用の可搬型設備を、大型送水ポンプ車から大量送水車に変更することとした。

1. 海を水源とした所要時間を短縮する取り組み

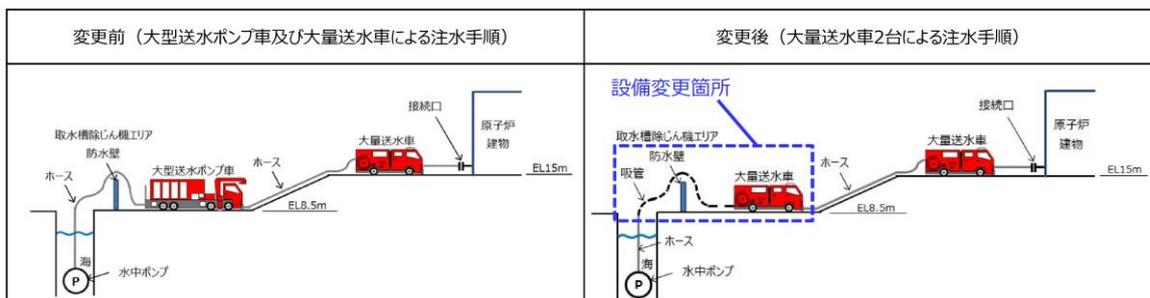
時間短縮取り組み前後の訓練結果（タイムチャート）の比較を第 2 図に、時間短縮が可能な作業内容を第 1 表に示す。

訓練の結果、従来の大型送水ポンプ車及び大量送水車を使用した作業時間「2 時間 8 分」に対して、大量送水車 2 台を使用した作業時間を「1 時間 40 分」に短縮できることを確認した。

なお、大量送水車による海水取水は水中ポンプ及び車載している送水ポンプによる真空引き<sup>※1</sup>にて揚程を確保する。これに伴い、流路を「平型ホース」から「平型ホース+吸管」に変更<sup>※2</sup>する。

※1：基準津波による引き波時において海水面が低下すると、水中ポンプだけでは揚程が不足し海水取水できなくなるおそれがあるため。

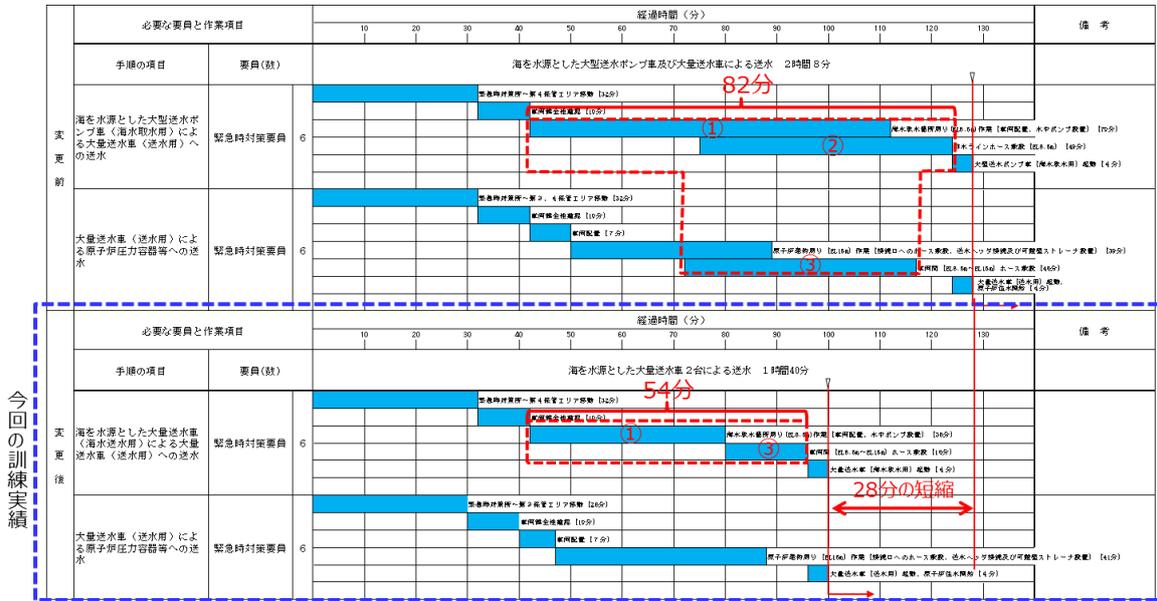
※2：平型ホースでは、送水ポンプの真空引きによりホースが潰れて流路が確保できないことから、真空引き区間を耐負圧力のある吸管にて流路を確保する。また、吸管敷設区間は短く（10m×2 本）、訓練実績により平型ホースと同等の時間で敷設作業が可能であることを確認している。なお、吸管は「消防用吸管的技術上の規格を定める省令」に適合しており、耐負圧力（-94kPa で 10 分保持でも変形しないこと）があり、送水ポンプは-82kPa 程度で海水を吸い込むことから変形することなく、流路が確保可能である。なお、吸管は大量送水車の付属品（資機材）として車載し、保管する。



第 1 図 海を水源とした対応手順 概略図

【訓練実施日】 令和2年5月24日（天候：晴れ，気温27℃）

【訓練結果】 海水取水用の可搬型設備を大型送水ポンプ車から大量送水車に変更することで，水中ポンプの設置作業時間及びホース敷設時間を短縮することができ，全体作業時間を28分短縮し，1時間40分で終わることができていることを確認した。



今回の訓練実績

※：タイムチャート内の番号は第1表の番号を示す

第2図 海を水源とした注水手順 実績時間タイムチャート

第1表 主な時間短縮が可能な作業

No. ※1	主な作業項目	作業時間		時間短縮可能な作業内容
		変更前	変更後	
①	海水取水箇所周り (E L 8.5m) 作業 (車両配置, 水中ポンプ設置)	70分	38分	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型送水ポンプ車の水中ポンプは約 130kg の重量があり車載のユニットで運搬・設置作業を実施するのに対し, 大量送水車の水中ポンプは約 20kg と軽量であり人力での運搬が可能であることから, 運搬・設置が容易であり, 時間を要しない。</li> <li>大量送水車は, 大型送水ポンプ車に比べて小型で, 車両の取り回し及び配置に時間を要しない。</li> </ul>
②	排水ラインホース敷設 (E L 8.5m)	49分	該当作業なし	<ul style="list-style-type: none"> <li>②の作業において, 大型送水ポンプ車は, ポンプの流量調整範囲内に入るよう排水ラインを設置し流量を確保していたが, 大量送水車は, ポンプの出口圧力に応じた流量調整が可能であることから, 排水ラインの設置を要しない。</li> <li>上記②の作業を要しないことから, 海水取水箇所周り (E L 8.5m) の緊急時対策要員が③のホース敷設作業を実施することで, 作業時間の短縮が可能である。</li> <li>なお, ①と③の作業は一部並行作業から, 作業負荷軽減のため, シリーズで作業を実施することに変更した。</li> </ul>
③	車両間 (E L 8.5m～E L 15m) ホース敷設	46分	16分	<ul style="list-style-type: none"> <li>③の作業において, 大型送水ポンプ車を使用する場合には, 海水取水箇所周りでは 300A ホースを敷設し, 300A ホースから媒介金具により, 150A ホースにサイズダウンし 150A ホースを敷設する。一方, 大量送水車を使用する場合には, 媒介金具を使用することなく, 150A ホースのみを敷設する。なお, いずれのホースもアクセスルータ上にホース展張車を用いて敷設する。</li> <li>大量送水車に変更することで, 150A ホース (約 3kg/m) に比べて重い 300A ホース (約 5kg/m) を使用しなくなること, 媒介金具が不要となることから, ホース敷設・接続に時間を要しない。</li> </ul>

※1: 番号は第2図のタイムチャート内の番号を示す

### 【訓練時の考慮事項】

- 緊急時対策所から第3及び第4保管エリアに、時間を要する第二輪谷トンネルを通行し、徒歩にて移動する。その後、第3及び第4保管エリアに配置する大量送水車にて各作業場所へ移動する。(アクセスルートは第4図参照)
- 緊急時対策要員の装備は、炉心損傷防止時の作業も考慮し、防護具(全面マスク、綿手袋、ゴム手袋、汚染防護服)を着用する。
- 現場の工事状況等により一部作業ができない工程は、同等の作業等を模擬することで作業時間を算出する。

具体的な作業は以下のとおり。(第3図参照)

- ・大量送水車～海の流路確保作業(吸管、ホース敷設作業は、必要な長さ分を考慮し、ポンプ運搬・投入作業は、ポンプ運搬距離及び投入距離を考慮して模擬作業を実施)
- ・流路の確保における防水壁乗り越え作業(防水壁の高さ分を想定した作業を模擬して実施)



緊急時対策所からの徒歩移動  
(E L33m 付近)



吸管・ホース設置状況 (模擬)  
(E L8.5m 2号炉取水槽付近)



防水壁ホース乗り越え作業 (模擬)  
(E L8.5m 2号炉取水槽付近)



吸管・ホース・水中ポンプ設置完了後  
(模擬) (E L8.5m 2号炉取水槽付近)

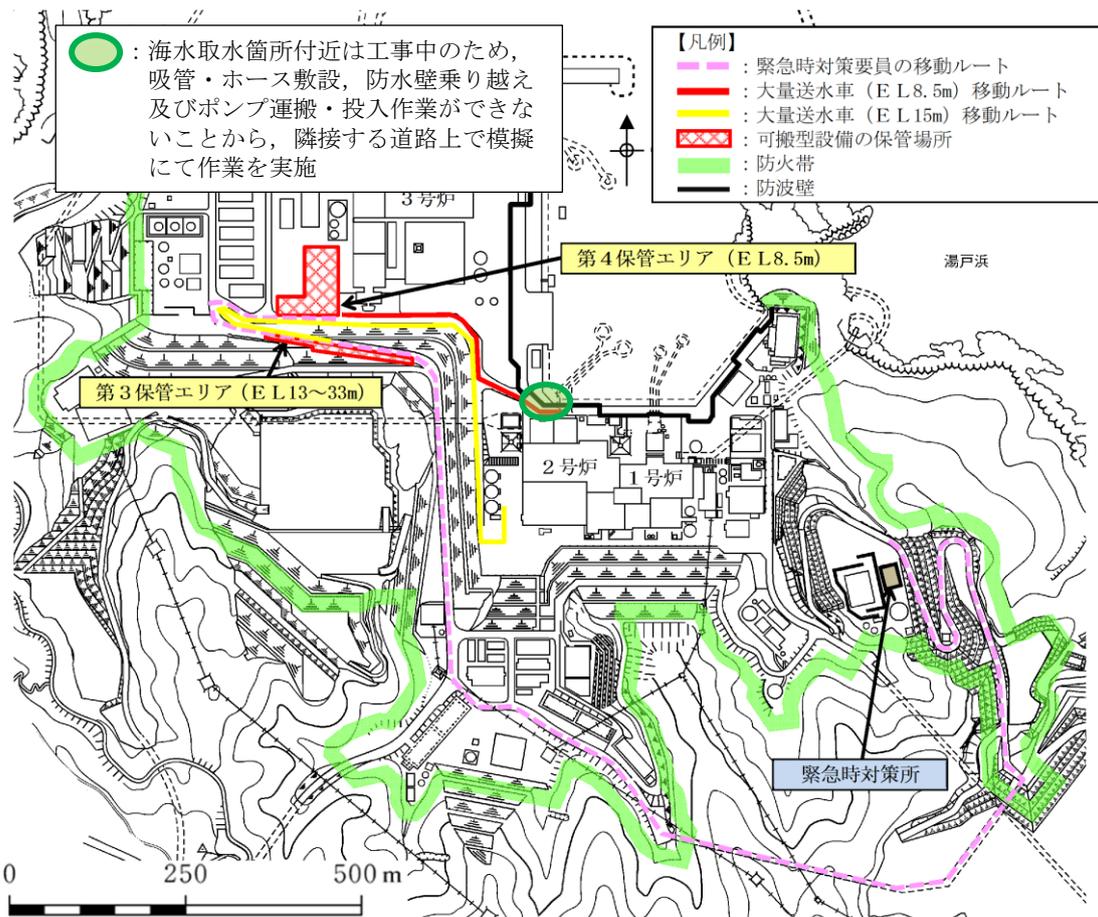


ホース敷設作業  
(E L8.5m~15m 西側道路付近)



大量送水車へのホース接続  
(E L15m 原子炉建物西側)

### 第3図 訓練風景写真



第4図 訓練及び想定時間の算出に用いたアクセスルート

2. 海を水源とした対応手順 (S A手順) の変更

海水取水に使用する可搬型設備を、大型送水ポンプ車から大量送水車に変更することで、大量送水車を使用する手順を自主手順からS A手順に、大型送水ポンプ車を使用する手順をS A手順から自主手順に変更する。

上記を含む、海を水源としたS A手順で使用する可搬型設備を、第2表に示す。

第2表 海を水源としたS A手順で使用する可搬型設備の状況

S A手順	使用する可搬型設備 <sup>※1</sup>	
	変更前	変更後
<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉圧力容器への注水</li> <li>原子炉格納容器内へのスプレー</li> <li>原子炉格納容器下部への注水</li> <li>燃料プールへの注水/スプレー</li> <li>低圧原子炉代替注水槽への補給</li> <li>輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への補給</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）<sup>※2</sup></li> <li>大量送水車（送水用）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量送水車（海水取水用）<sup>※5</sup></li> <li>大量送水車（送水用）</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉補機代替冷却系による除熱</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）<sup>※2, 3</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大量送水車（海水取水用）<sup>※3, 5</sup></li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>大気への放射性物質の拡散抑制</li> <li>航空機燃料火災への対応</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）<sup>※2</sup></li> <li>移動式代替熱交換設備（原子炉補機代替冷却系用）</li> </ul>	<p>変更なし</p>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>大型送水ポンプ車（原子炉補機代替冷却系用）<sup>※4</sup></li> </ul>	<p>変更なし</p>

※1：（ ）内は可搬型設備の用途を示す。

※2：大型送水ポンプ車は2ライン同時に送水が可能であり、「大量送水車（送水用）への送水」又は「輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への補給」と「移動式代替熱交換設備への送水」で使用する大型送水ポンプ車（1台）は、同一のものを使用する。

※3：海水取水及び送水を1台で実施する。

※4：海水取水及び放水を1台で実施する。

※5：海を水源とした原子炉圧力容器等への注水手順は、「輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）から原子炉圧力容器等への注水」ができない場合に実施することから、「輪谷貯水槽（西1）又は輪谷貯水槽（西2）への補給」と同時に実施することはないため、大量送水車（海水取水用）は同一のものを使用する。

### 3. 海を水源とした原子炉等への注水手順の成立性

海水取水に使用する可搬型設備を、大型送水ポンプ車から大量送水車に変更した場合においても、以下の手順が成立することを確認した。

- ・引き波時を考慮した海水取水の揚程（16.2m）を確保でき、原子炉等へ送水する大量送水車への海水送水が可能であること。
- ・原子炉圧力容器への注水に必要な流量（30m<sup>3</sup>/h）及び原子炉格納容器内へのスプレイに必要な流量（120m<sup>3</sup>/h）が同時に確保可能であること。

### 4. 可搬型設備の台数及び保管場所の変更

大量送水車は、「設置許可基準規則」第四十三条第3項第一号に基づき、 $2n + \alpha$  設備として、3台確保する計画としていたが、大量送水車による海水取水手順をSA手順化することに伴い、5台確保することに変更する。

なお、これに伴い、大量送水車の保管場所を第3表のとおり変更する。

第3表 大量送水車の保有台数及び保管場所の変更

設備名称	用途	使用場所	変更前				変更後				
			第1 保管 エリア	第2 保管 エリア	第3 保管 エリア	第4 保管 エリア	第1 保管 エリア	第2 保管 エリア	第3 保管 エリア	第4 保管 エリア	
大量送水車	送水用	E L 44m 周辺 E L 15m 周辺	0台	1台	1台	予備 1台	0台	1台	1台	0台	予備 1台 (兼用) ※
	海水取水用	E L 8.5m 周辺	0台	0台	0台	0台	1台	0台	0台	1台	予備 1台 (兼用) ※

※：送水用及び海水取水用の設置許可基準規則解釈第43条第5項に基づく、故障時のバックアップ及び保守点検による待機除外時のバックアップ（ $\alpha$ ）は、発電所全体で確保する。なお、要求されるいずれの機能も満足するため、兼用で1台確保する。

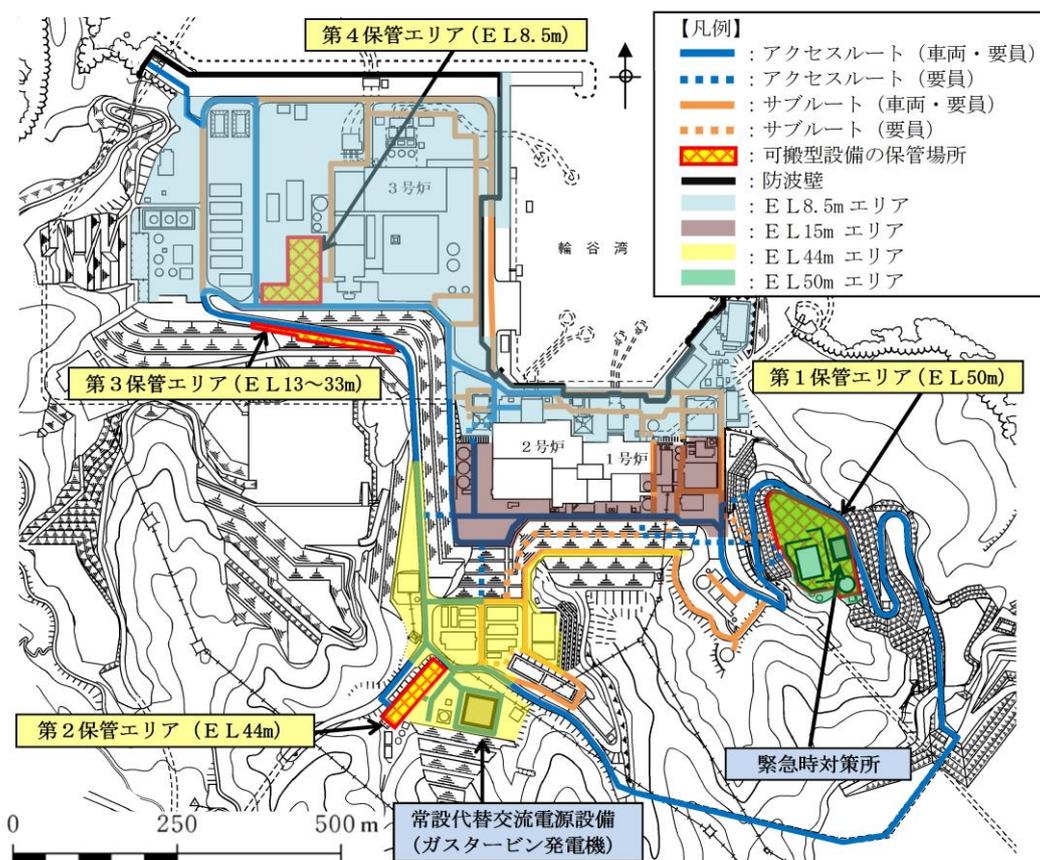
島根原子力発電所における敷地の特徴について

島根原子力発電所の特徴は以下のとおりであり、これらの特徴を踏まえ、屋外のアクセスルート及び保管場所を設定した。

- ①標高差があること
- ②敷地が狭隘であること
- ③周辺斜面が近接していること

1. 「①標高差があること」

- ・図1に示すように、敷地高さは、主に、E L 8.5m, E L 15m, E L 44m, E L 50mに分かれており、この敷地高さを考慮し、第1保管エリアをE L 50m, 第2保管エリアをE L 44m, 第3保管エリアをE L 13~33m, 第4保管エリアをE L 8.5mに設定する。
- ・施設護岸にE L 15mの防波壁等を設置することにより、基準津波は敷地（保管場所含む。）に到達しないが、2セットある可搬型設備のうち少なくとも1セットは、自主的に第4保管エリア（E L 8.5m）以外の高台に保管場所を確保する。
- ・淡水取水場所（E L 44m）及び海水取水場所（E L 8.5m）と接続口（E L 15m）で標高差があることを踏まえ、可搬型設備を速やかに配置するために、淡水取水場所周辺で使用する可搬型設備は、淡水取水場所直上に位置する第2保管エリア（E L 44m）又は淡水取水場所へのアクセス性と第2保管エリアとの位置的分散を考慮した第3保管エリア（E L 13~33m）に配置する。
- ・接続口及び海水取水場所（E L 8.5m）周辺で使用する可搬型設備は、緊急時対策所からのアクセス性を考慮し第1保管エリア（E L 50m）又は海水取水場所へのアクセス性と第1保管エリアとの位置的分散を考慮した第4保管エリア（E L 8.5m）に配置する。

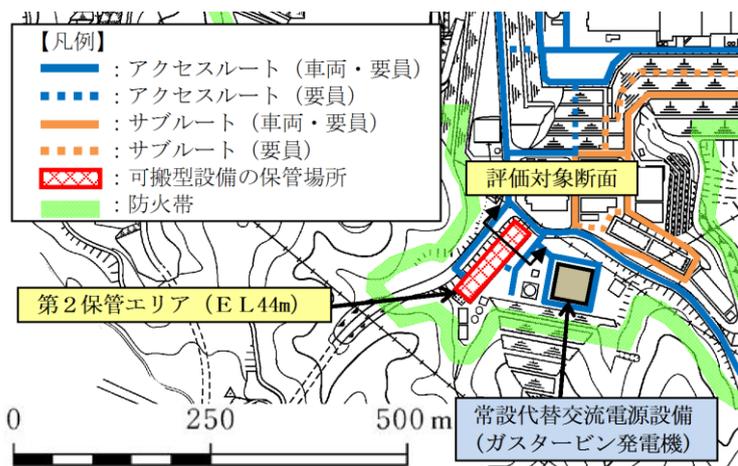


第1図 保管場所及び屋外アクセスルートと敷地高さ関係

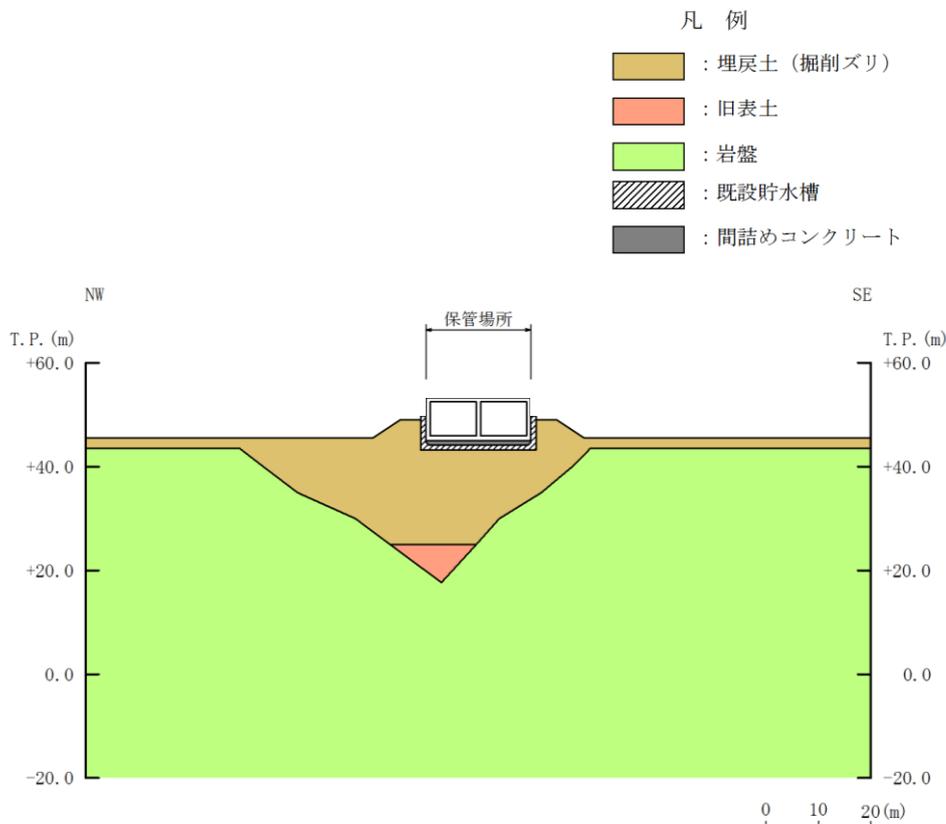
2. 「②敷地が狭隘であること」

(1) 保管場所

- 敷地が狭隘であり、敷地内の平地部に切土地盤（岩盤）が少ないことから、平地を有効に利用することを目的として、基準地震動  $S_s$  に対して損壊しない設計とする代替淡水源（密閉式貯水槽）である輪谷貯水槽（西1／西2）の上部を第2保管エリアとして設定する。（第2，3図）



第2図 第2保管エリア平面図



第3図 第2保管エリア 断面図（短辺方向）

## (2) 屋外のアクセスルート

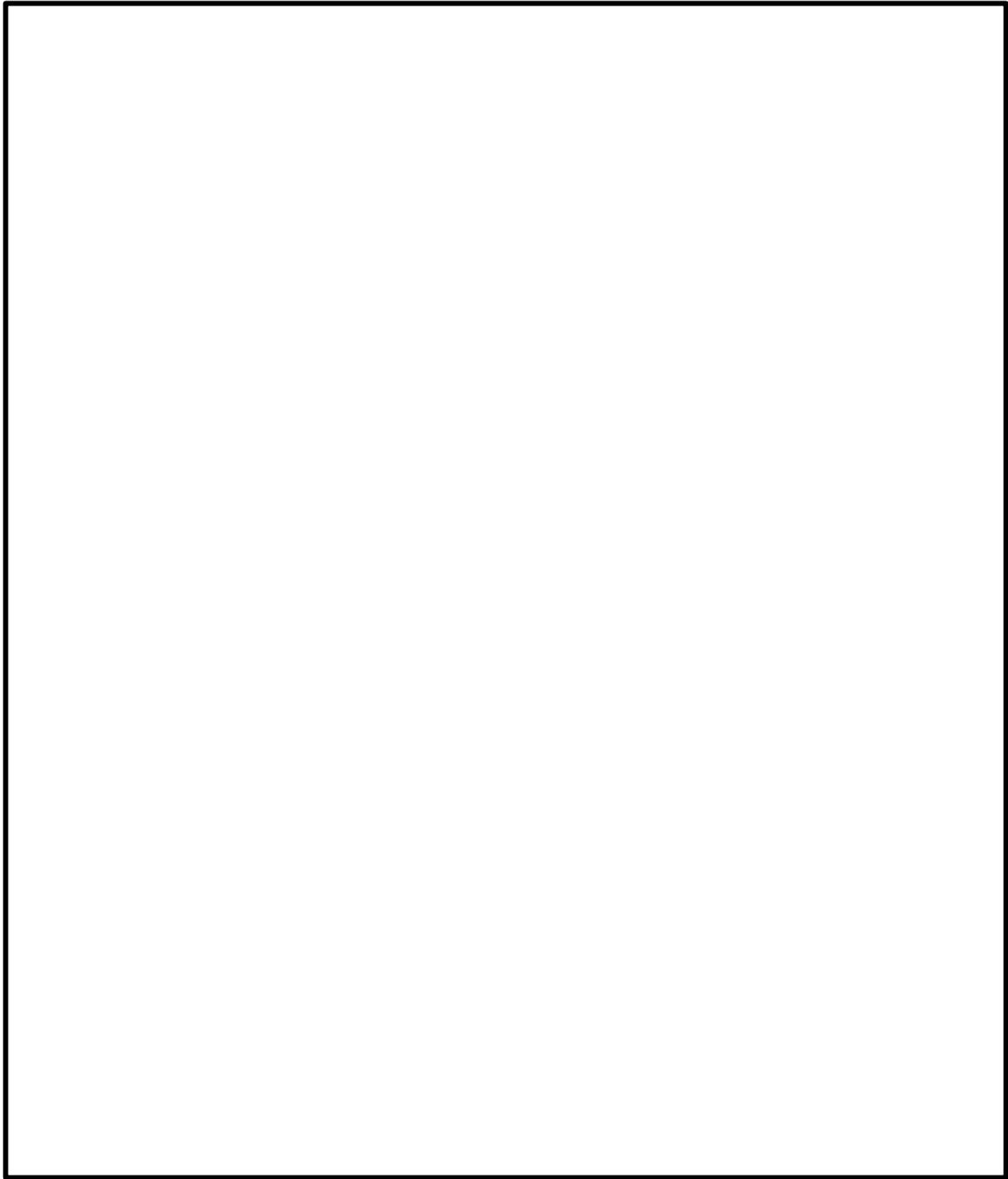
敷地が狭隘であることに対して、屋外のアクセスルートに影響を及ぼすと考えられる構造物が近接しており、近傍に迂回が可能なアクセスルートが少ないことから、対策が必要と考えられる。

このため、地震時に屋外のアクセスルートの通行に影響を及ぼすことが考えられる構造物については、以下の対策を実施し、アクセスルートを確保する。

- ・周辺構造物<sup>※1</sup>については、損壊・倒壊により可搬型設備の運搬等に必要な幅員確保が困難と想定されることから、耐震評価を実施し、基準地震動 $S_s$ に対して損壊・倒壊しない設計とする。(第4図)
- ・可搬型設備の通行に支障のある段差(15cm以上)の発生が想定される箇所について、迂回せずに通行できるよう、あらかじめ鉄筋コンクリート床版等による段差緩和対策を行う設計とする。(第5図)

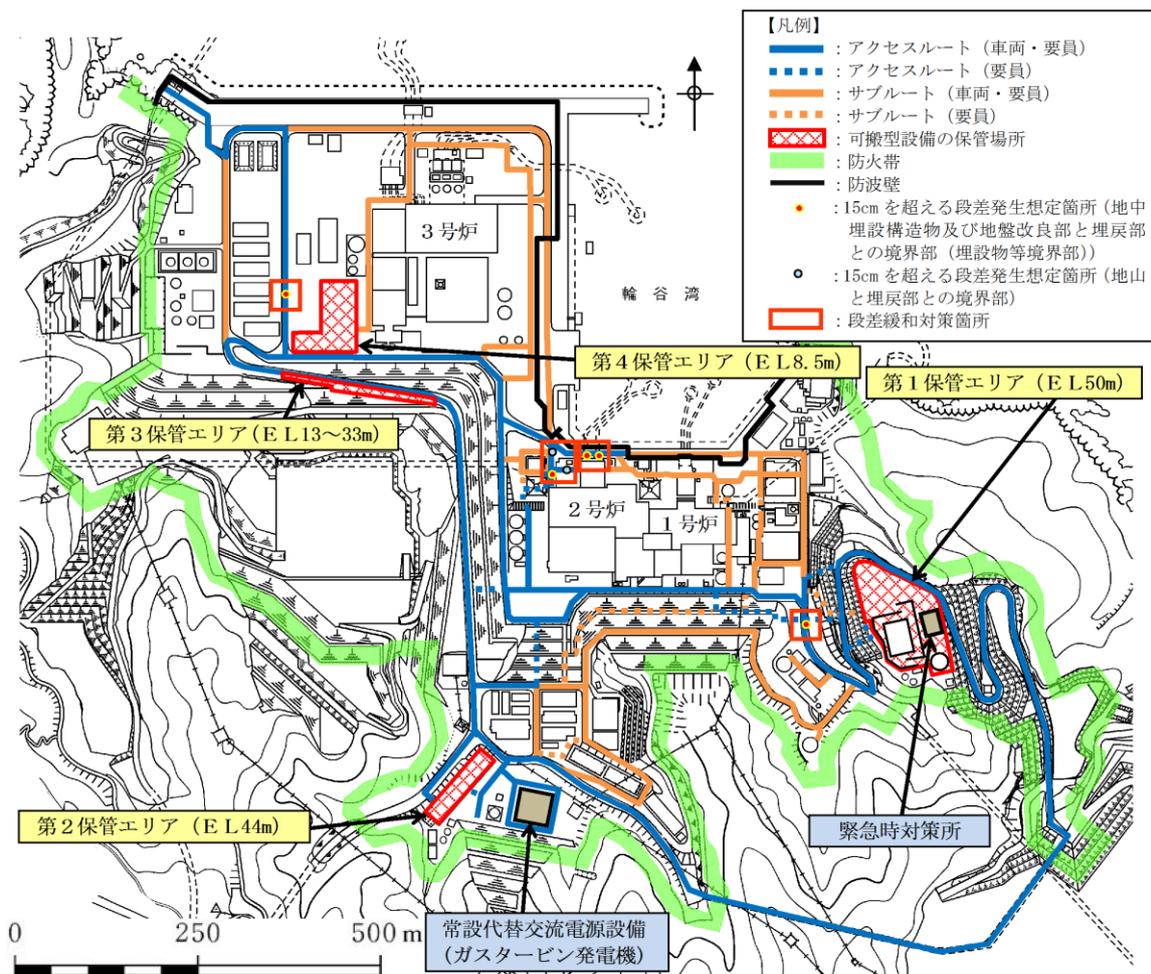
### ※1：耐震評価対象の周辺構造物

通信用無線鉄塔，66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔，220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔，第2 - 66kV 開閉所屋外鉄構，2号炉開閉所防護壁，防火壁，補助消火水槽，第2予備変圧器，重油移送配管，重油タンク (No. 1, 2, 3) の溢水防止壁，第二輪谷トンネル，連絡通路



第4図 耐震評価対象の周辺構造物の配置

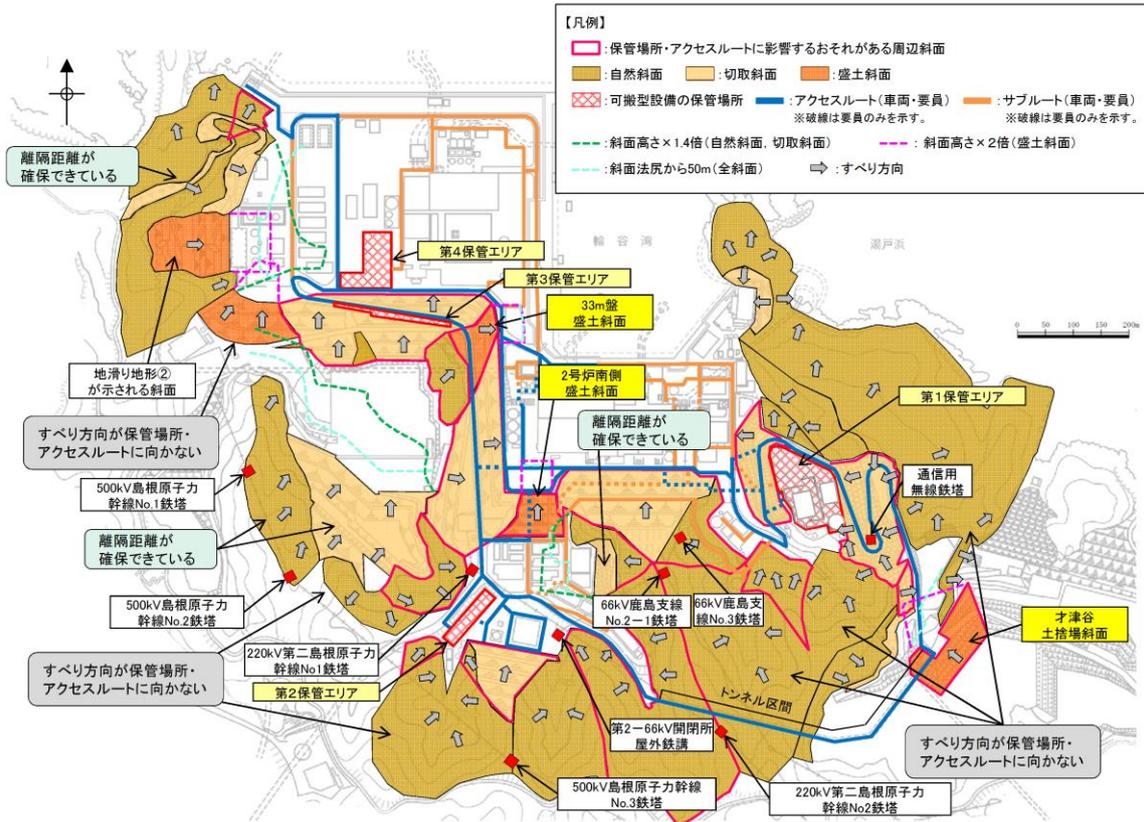
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第5図 段差緩和対策箇所 (沈下量評価結果)

3. 「③周辺斜面が近接していること」

- ・ 保管場所及び屋外のアクセスルートに対して周辺斜面が近接しているが、設定した保管場所の周辺斜面の崩壊及び敷地下斜面のすべり並びに、屋外のアクセスルートの周辺斜面の崩壊及び道路面のすべりについて、保管場所及び屋外のアクセスルートが法尻からの離隔距離があること（斜面が崩壊しても影響しない。）、若しくは基準地震動  $S_s$  によるすべり安定性評価を実施し問題ないことを確認する。（第6図）



第6図 保管場所及び屋外のアクセスルートに影響を及ぼすおそれのある斜面

鉄塔の影響評価方針について

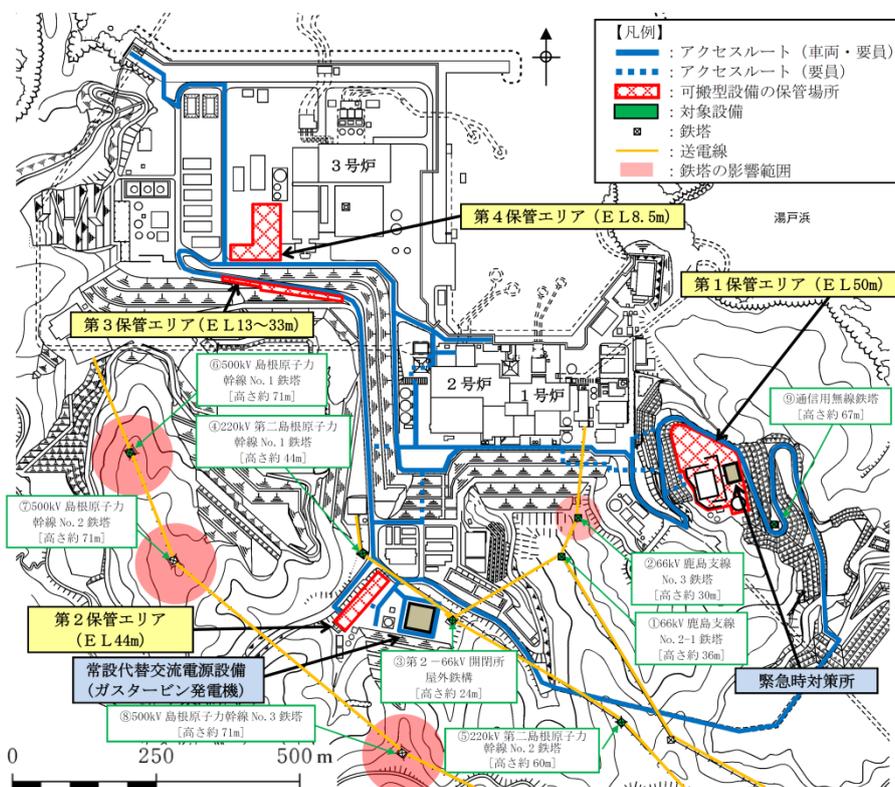
島根原子力発電所構内の送電鉄塔，開閉所屋外鉄構及び通信用無線鉄塔（以下「鉄塔」という。）について，アクセスルートの周辺構造物として，倒壊時の影響評価方針を以下に示す。

1. 影響評価

(1) 影響評価鉄塔

発電所構内のアクセスルート近傍に設置されている鉄塔を抽出する。設置位置を第1図に，設置状況を第1表に示す。

- ① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔
- ② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔
- ③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構
- ④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔
- ⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔
- ⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔
- ⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔
- ⑨ 通信用無線鉄塔



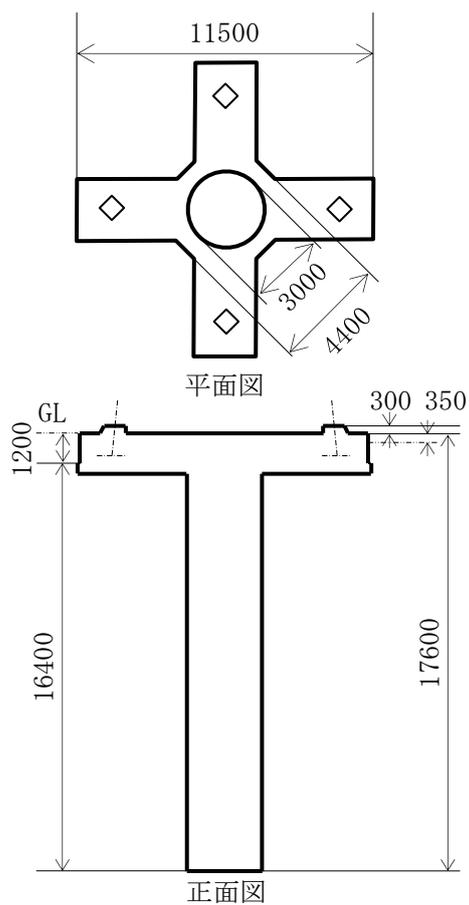
第1図 鉄塔配置図

第1表 鉄塔設置状況一覧表

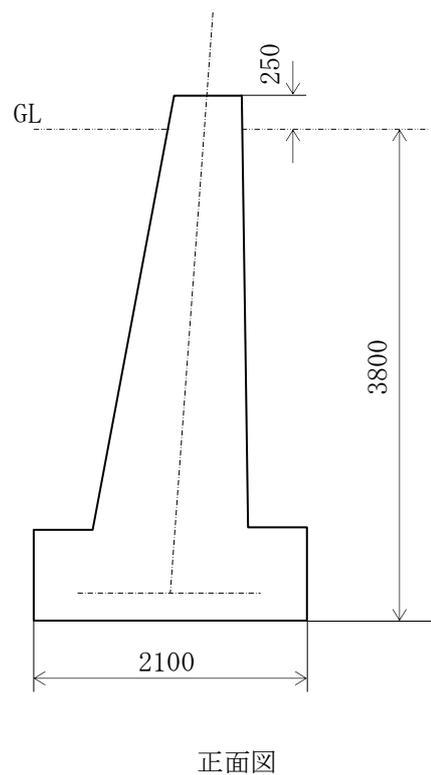
鉄塔名称	送電電圧	鉄塔種別	基礎構造※	支持地盤	設置場所
① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 108.1m
② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	66kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎	岩盤 (CM 級岩盤)	標高 71.8m
③ 第2—66kV 開閉所屋外鉄構	66kV	山形鋼鉄塔	マト型基礎	岩盤 (CL 級岩盤)	標高 47.2m
④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎+杭	岩盤 (N 値 44)	標高 45.2m
⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	220kV	山形鋼鉄塔	逆T字型基礎	岩盤 (N 値 30)	標高 148.4m
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 123.9m
⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	深礎基礎	岩盤 (N 値 50 以上)	標高 159.7m
⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔	500kV	鋼管鉄塔	逆T字型基礎	岩盤 (N 値 30 以上)	標高 154.8m
⑨ 通信用無線鉄塔	—	鋼管鉄塔	マト型基礎	岩盤 (CL 級岩盤)	標高 64.0m

※ 鉄塔基礎構造図を第2図に示す。

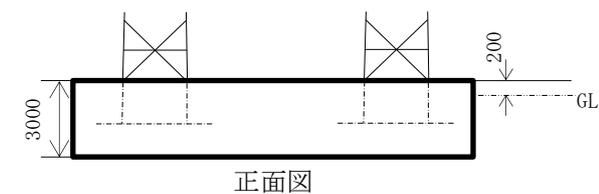
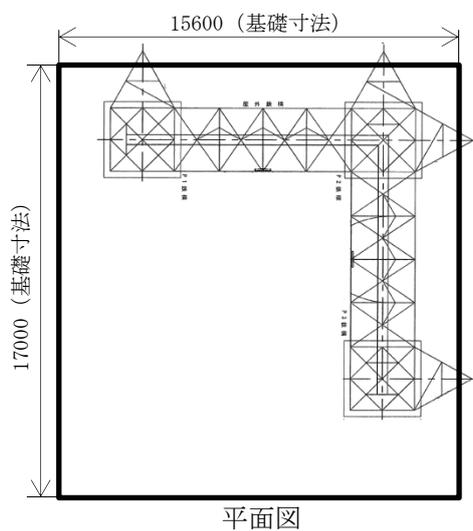
单位：mm



① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔



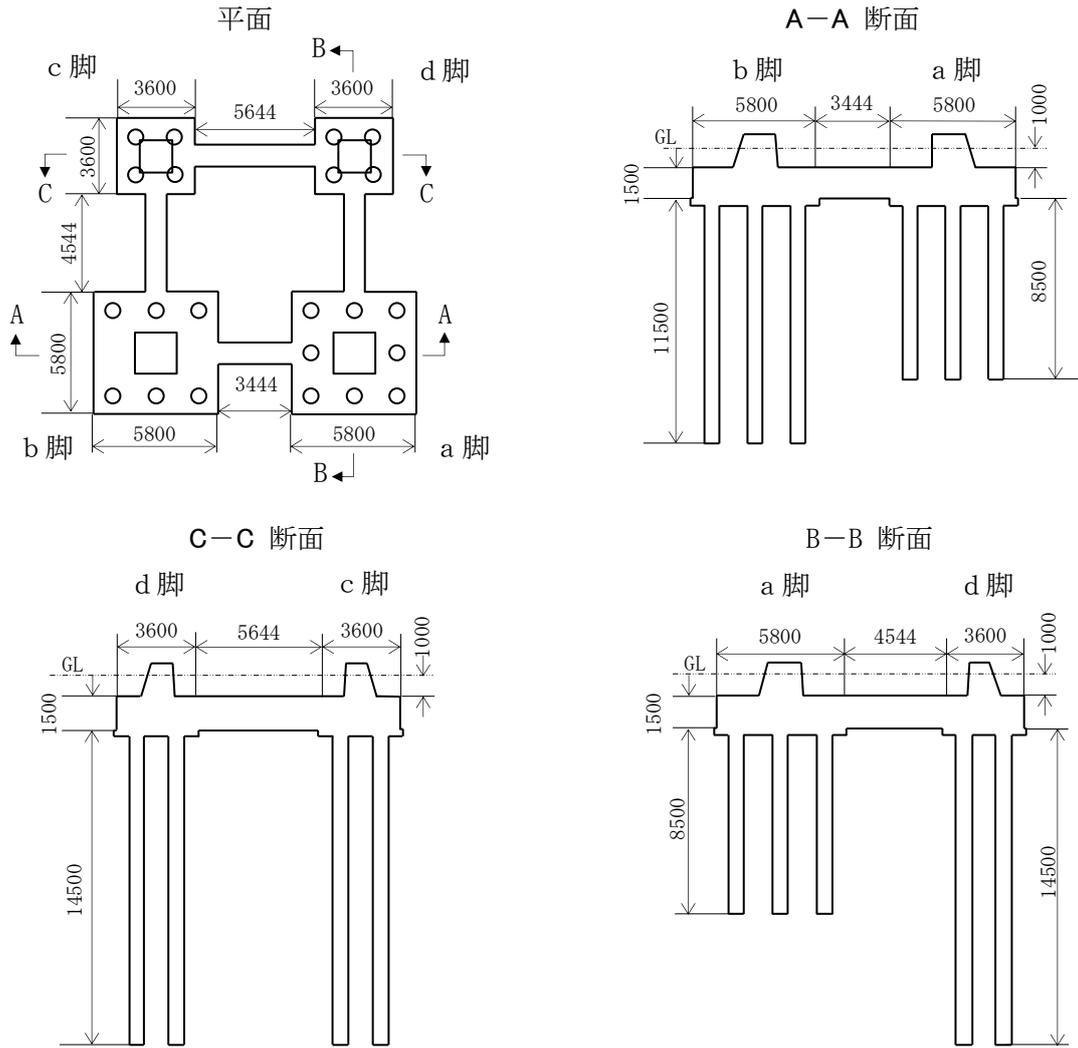
② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔



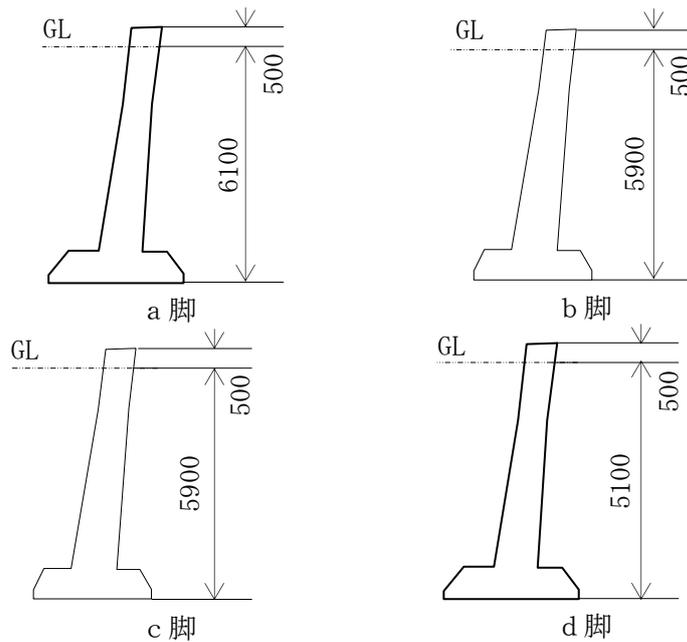
③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構

第2図 鉄塔基礎構造図(1/3)

単位：mm



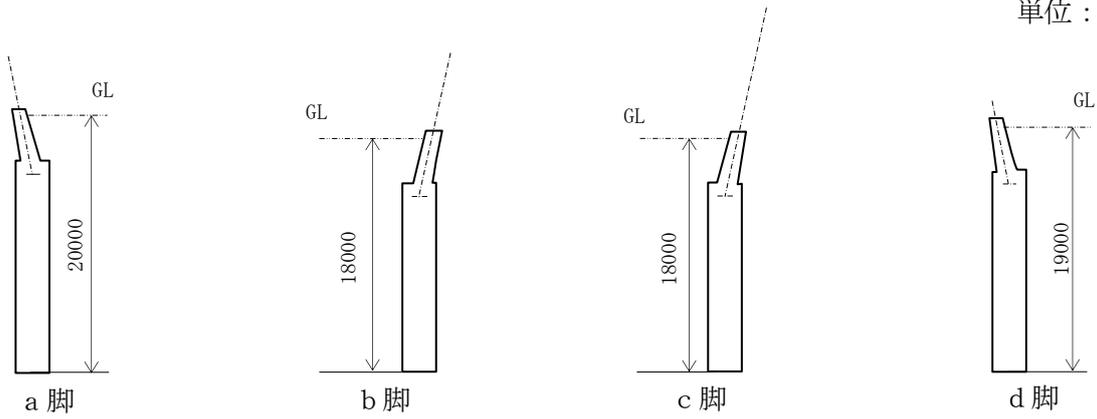
④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔



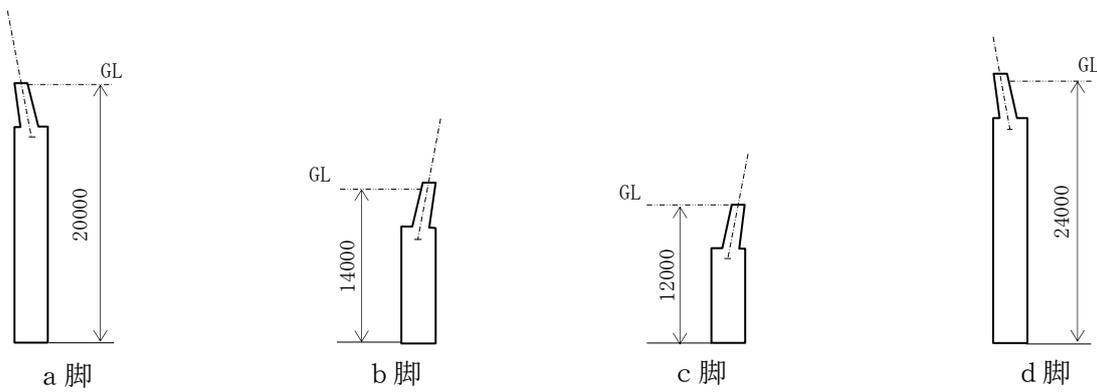
⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔

第 2 図 鉄塔基礎構造図 (2/3)

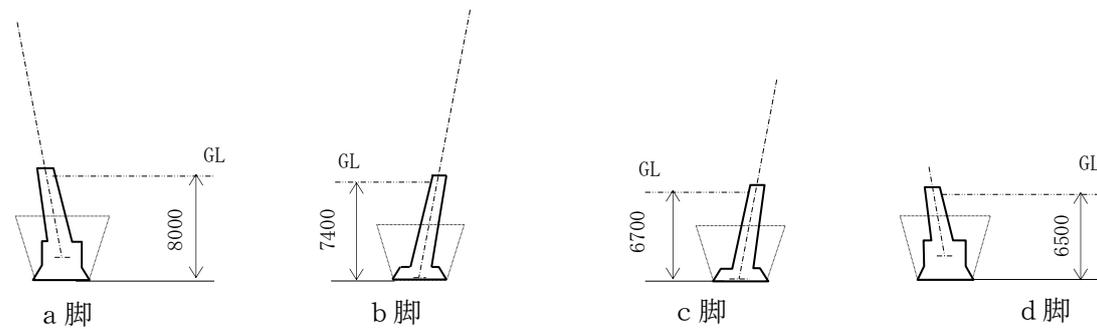
単位：mm



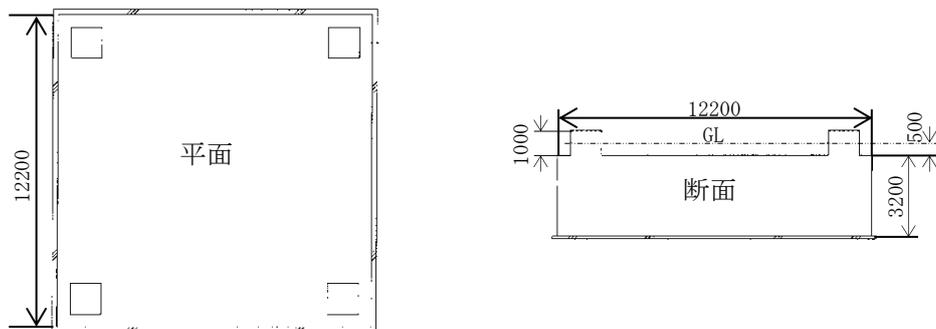
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔



⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔



⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔



⑨ 通信用無線鉄塔

第 2 図 鉄塔基礎構造図 (3/3)

## (2) 影響評価手順

### a. 影響評価方法選定

発電所構内の鉄塔を対象として、倒壊等による影響を想定する。

アクセスルートへの影響想定としては、地震により、鉄塔が最下部から全姿倒壊したケース及び鉄塔自体が斜面を滑落したケースとして評価する。

鉄塔の影響評価方法選定フロー(以下「フロー」という。)を第3図に示す。

まずは、鉄塔を中心とした鉄塔高さを鉄塔倒壊時の倒壊範囲とし、鉄塔倒壊時の倒壊範囲がアクセスルート上にあるかを確認する。(フロー: I)

#### (a) 鉄塔倒壊時の倒壊範囲がアクセスルート上にある場合

基準地震動  $S_s$  における耐震性評価を行い、必要に応じて補強等の影響防止対策を実施することで地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。(フロー: 耐震性評価)

次に、鉄塔倒壊時に倒壊範囲がアクセスルート上にない場合であっても、鉄塔に架線している送電線が落下し、アクセスルートに影響することが考えられるため、鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響があるかを確認する。(フロー: II)

また、鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合、設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できるかを確認する。(フロー: III)

#### (b) 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合 (設備対策可)

設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できる場合は、設備対策を実施する設計とする。

更に、鉄塔倒壊し、鉄塔自体が斜面を滑落した評価(以下「鉄塔滑落評価」という。)により滑落範囲を確認し、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。(フロー: 設備対策)

#### (c) 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がある場合 (設備対策不可)

設備対策によりアクセスルートの健全性が確保できない場合は、基準地震動  $S_s$  における耐震性評価を行い、必要に応じて補強等の影響防止対策を実施することで地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。(フロー: 耐震性評価)

#### (d) 鉄塔倒壊により送電線がアクセスルートに影響がない場合

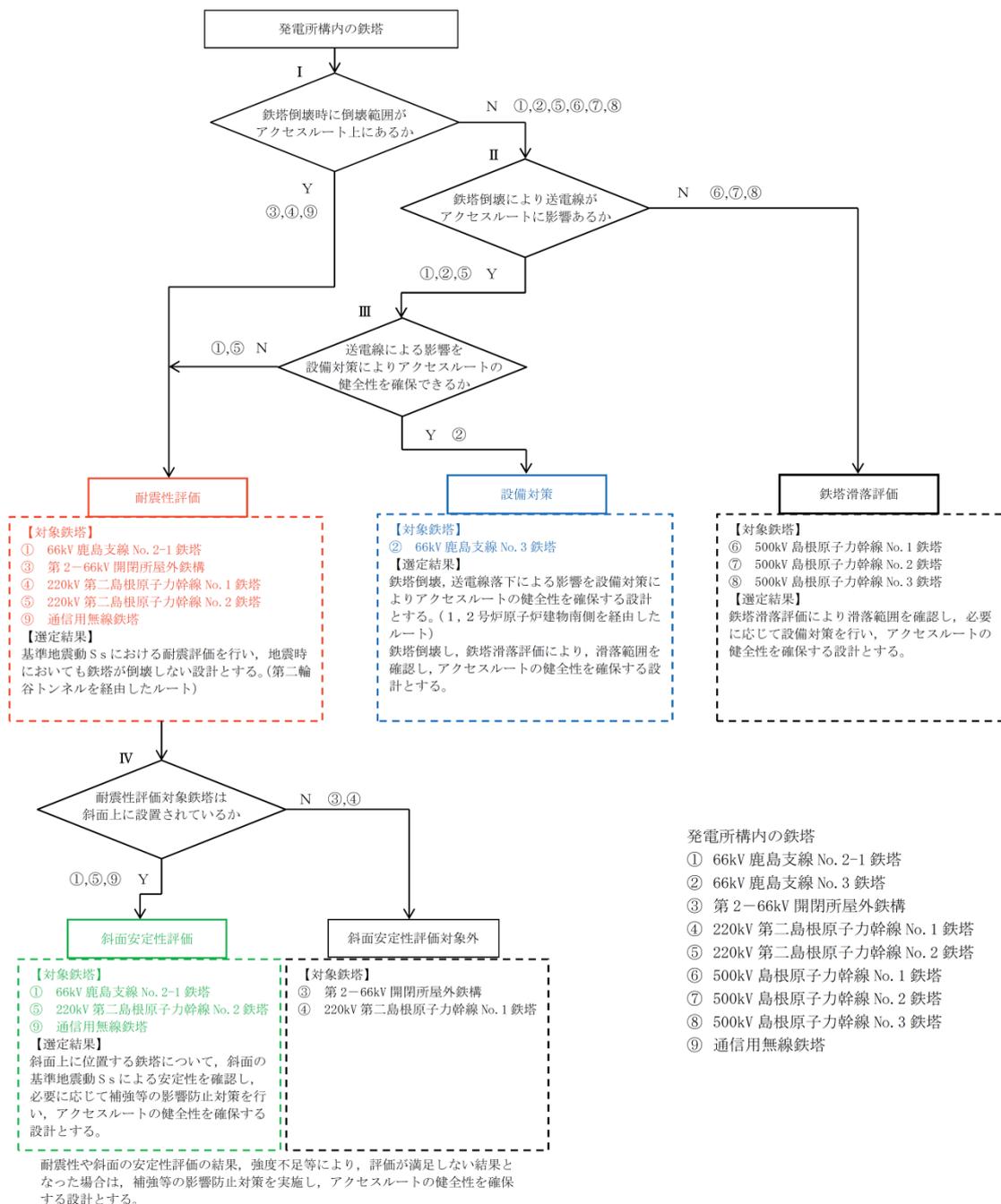
鉄塔倒壊時の倒壊範囲及び送電線がアクセスルートに影響がない鉄塔についても、鉄塔滑落評価により滑落範囲を確認し、必要に応じて設備対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。(フロー: 鉄塔滑落評価)

#### (e) 斜面上に設置されている耐震性評価対象鉄塔

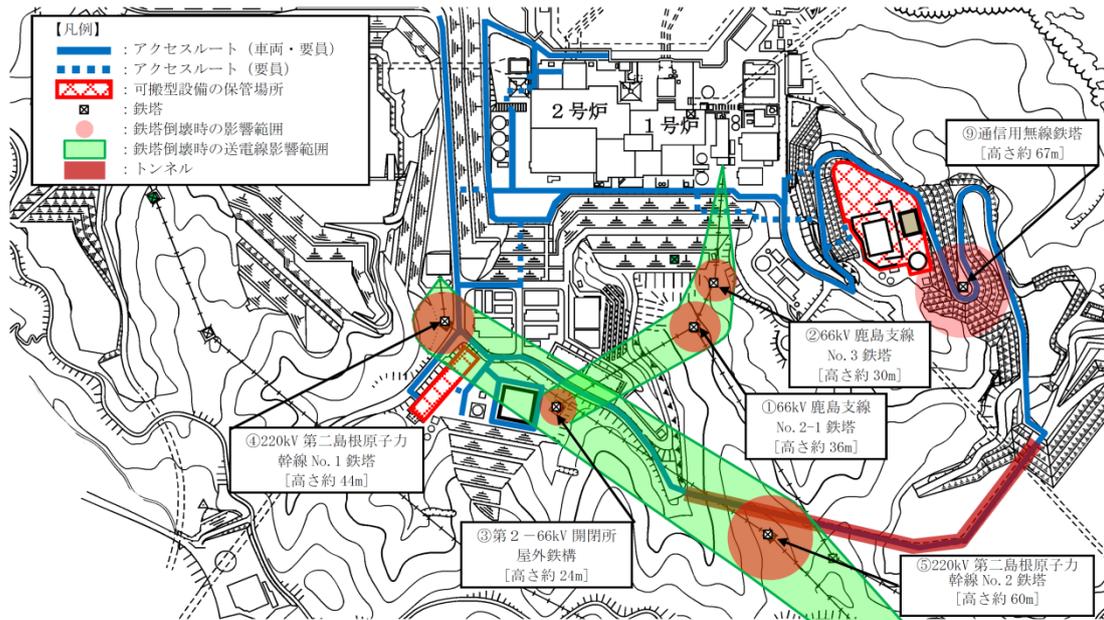
耐震性評価対象鉄塔のうち斜面上に設置されている鉄塔については、斜面の基準地震動  $S_s$  による安定性を確認し、必要に応じて補強等の影響防

止対策を行い、アクセスルート上の健全性を確保する設計とする。(フロー：斜面安定性評価)

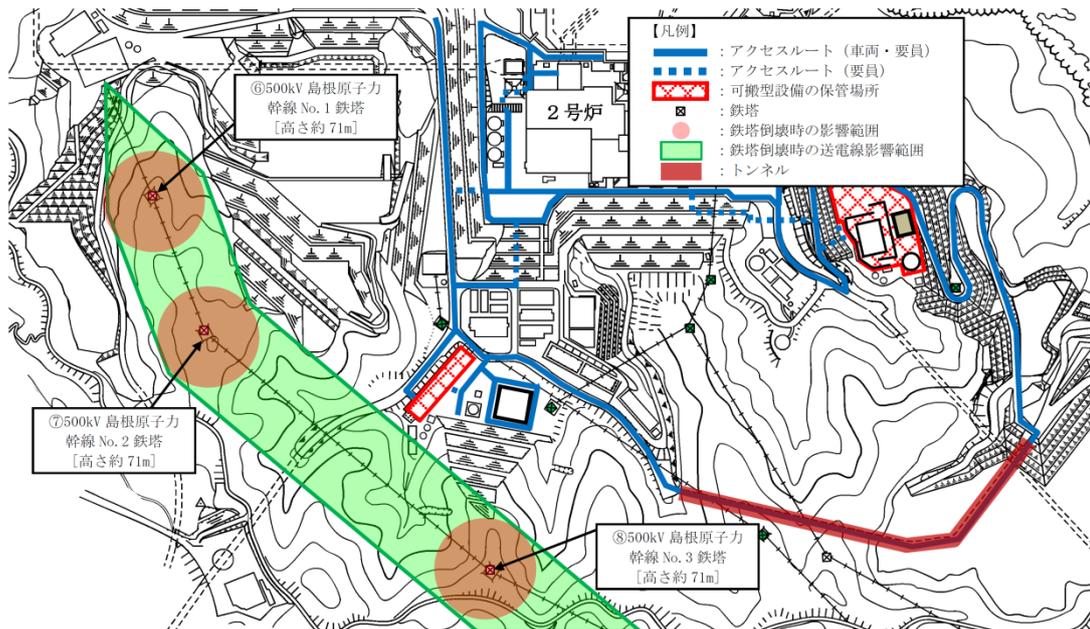
第4図に66kV鹿島支線, 220kV第二島根原子力幹線及び通信用無線鉄塔, 第5図に500kV島根原子力幹線の鉄塔損壊によるアクセスルートへの影響を示す。



第3図 影響評価方法選定フロー



第4図 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響想定  
(66kV 鹿島支線, 220kV 第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)



第5図 鉄塔倒壊によるアクセスルートへの影響想定  
(500kV 島根原子力幹線)

b. 影響評価方法選定結果

- (a) 耐震性評価により鉄塔の耐震性を確認し、アクセスルート（車両・要員）の健全性を確保する設計とする。（第二輪谷トンネルを経由したルート）

第二輪谷トンネルを経由したルートに影響を及ぼす可能性のある、66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔、第 2-66kV 開閉所屋外鉄構、220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔、No. 2 鉄塔、通信用無線鉄塔の 5 基については、耐震性評価を行い、耐震性を確保する設計とする。そのうち斜面に設置している 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔、220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔、通信用無線鉄塔については、斜面の安定性評価を行い、斜面がすべらないことを確認する。

耐震性や斜面の安定性評価の結果、強度不足等により、評価が満足しない結果となった場合は、補強等の影響防止対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

- (b) 設備対策を行い、アクセスルート（要員）の健全性を確保する設計とする。（1，2号炉原子炉建物南側を経由したルート）

1，2号炉原子炉建物南側を経由したルートに影響を及ぼす可能性のある、66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔については、鉄塔滑落評価を行い送電線の落下範囲を想定したうえで、送電線下部に連絡通路（例：ボックスカルバート）を設置して、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

- (c) 鉄塔滑落評価を行い、アクセスルート（車両・要員）の健全性を確保する設計とする。

鉄塔倒壊、送電線落下によりアクセスルートまで距離がある 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔、No. 2 鉄塔、No. 3 鉄塔の 3 基については、鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。

なお、評価が満足しない結果となった場合は、必要に応じて設備対策を行い、アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

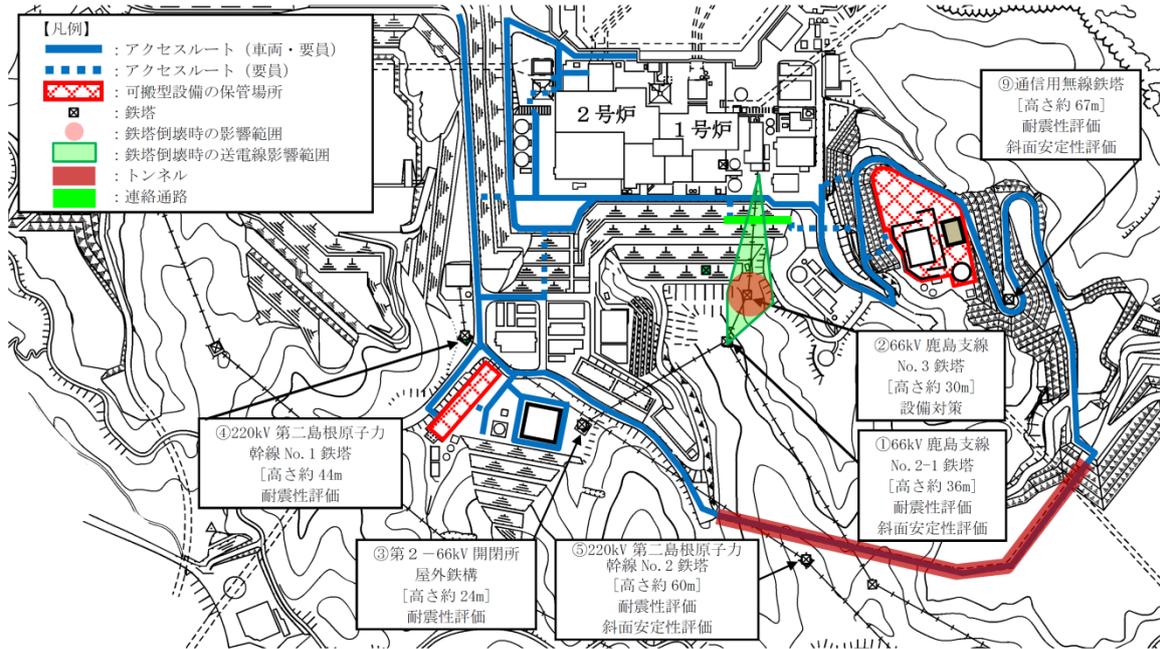
上記の鉄塔評価選定結果を第 2 表に示す。また、各鉄塔について耐震性評価、設備対策又は鉄塔滑落評価を行うことによる、アクセスルートの健全性を確保した状態について、第二輪谷トンネルを経由したアクセスルート及び 1，2号炉原子炉建物南側を経由したアクセスルートを第 6 図及び第 7 図に示す。

なお、参考に、鉄塔配置とアクセスルートまでの距離を第 8 図に示す。

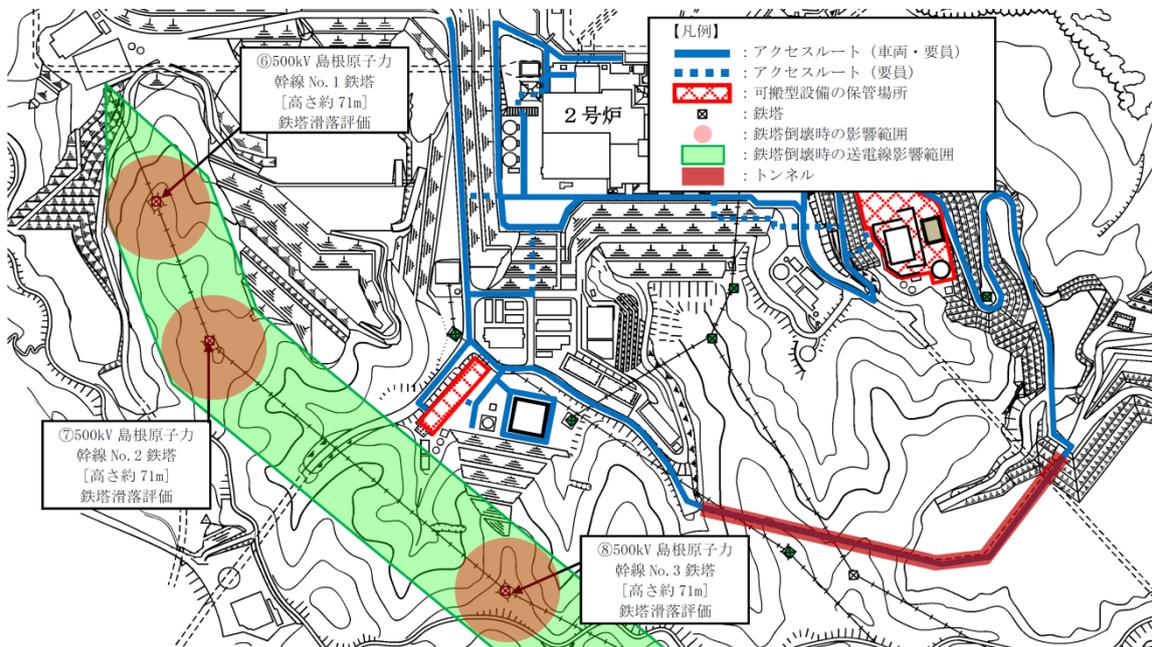
第2表 鉄塔評価選定結果一覧表

(○：実施，—：対象外)

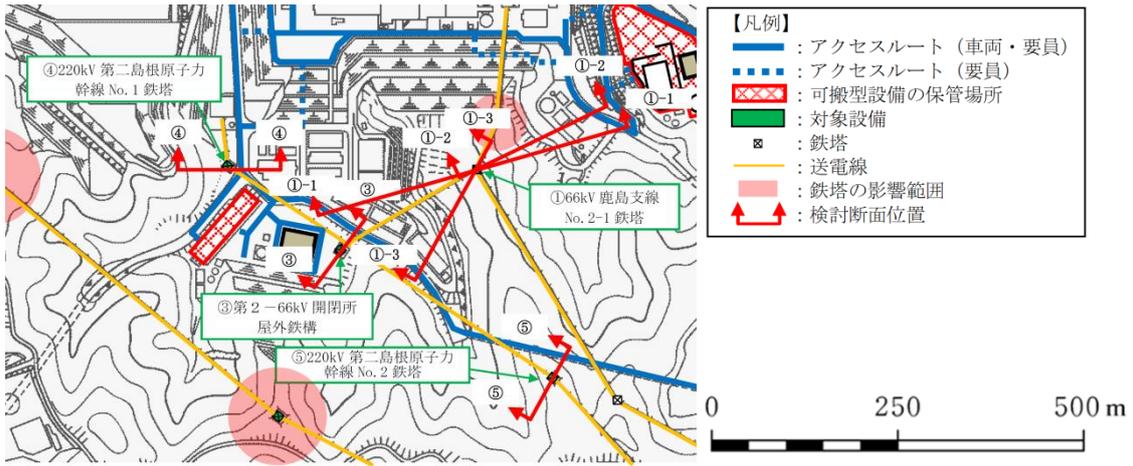
送電鉄塔名称	アクセスルート (車両・要員) 確保 (第二輪谷トンネルを 経由したルート)		耐震性評 価を行う 鉄塔の斜 面上設置 有無	斜面 安定性 評価	アクセスルート (要員) 確保 (1, 2号炉原子炉建物 南側を經由したルート)	設備 対策	備考
	倒壊範囲 影響有無	送電線 影響有無					
① 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔	無	有	有	○	—	—	
② 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔	—	—	—	—	有	○*	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、設備対策を行い、アクセスル ートの健全性を確保する
③ 第2-66kV 開閉所 屋外鉄構	有	—	無	—	—	—	
④ 220kV 第二島根原子力 幹線 No. 1 鉄塔	有	—	無	—	—	—	
⑤ 220kV 第二島根原子力 幹線 No. 2 鉄塔	無	有	有	○	—	—	
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔	無	無	—	—	—	—	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、必要に応じて設備対策を行い、 アクセスルートの健全性を確保する
⑦ 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔	無	無	—	—	—	—	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、必要に応じて設備対策を行い、 アクセスルートの健全性を確保する
⑧ 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔	無	無	—	—	—	—	※鉄塔 滑落評価により 滑落範囲を確 認し、必要に応じて設備対策を行い、 アクセスルートの健全性を確保する
⑨ 通信用無線鉄塔	有	—	有	○	—	—	



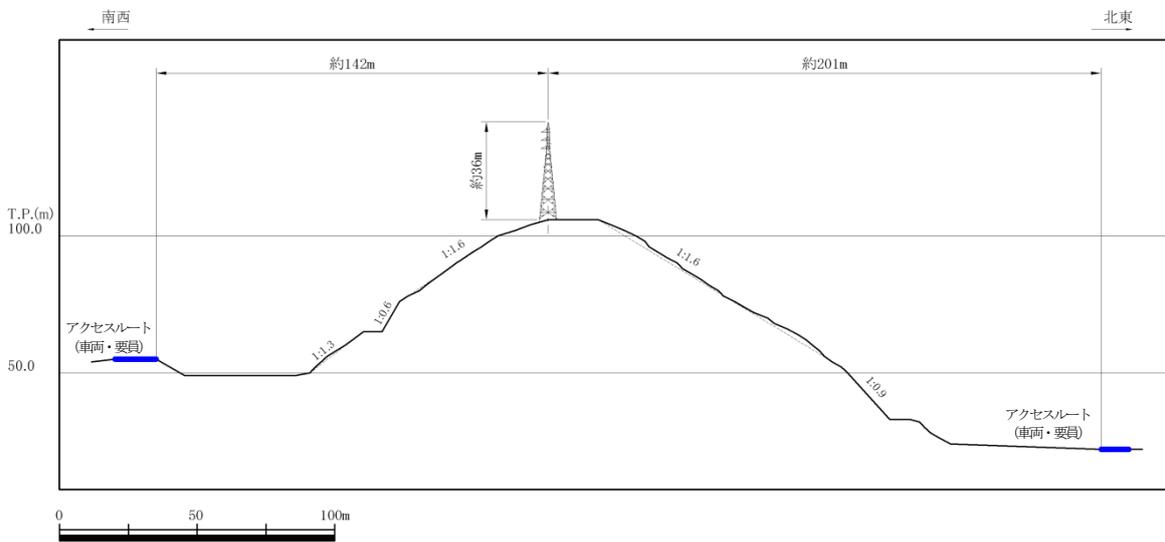
第 6 図 影響評価方法選定結果によるアクセスルート確保  
(66kV 鹿島支線, 220kV 第二島根原子力幹線, 通信用無線鉄塔)



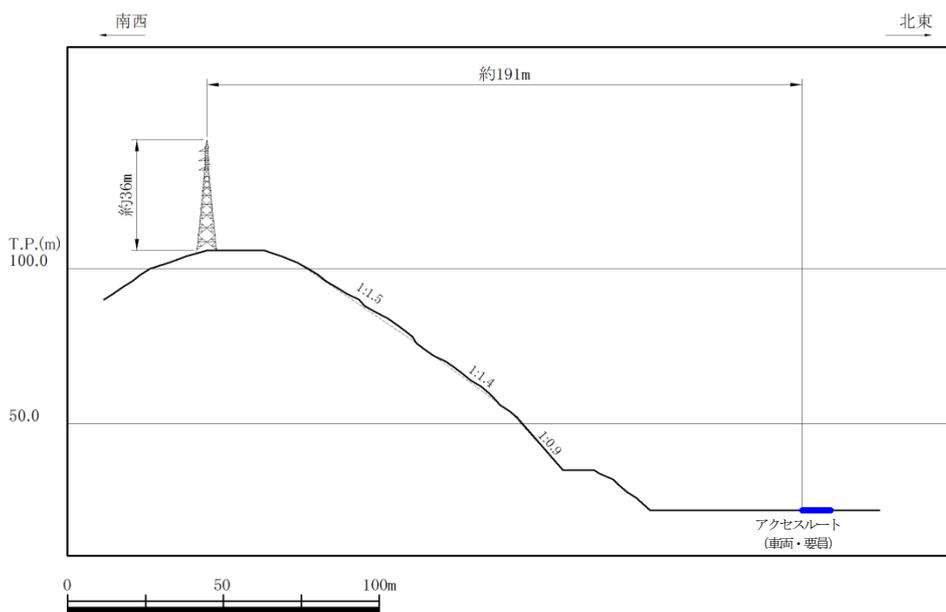
第 7 図 影響評価方法選定結果によるアクセスルート確保  
(500kV 島根原子力幹線)



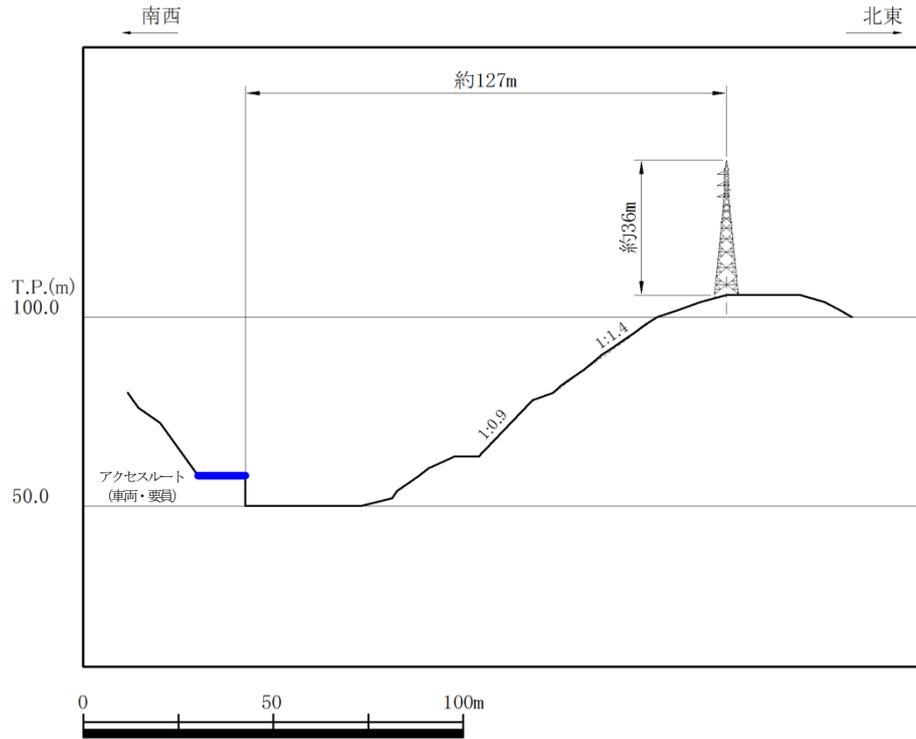
第 8-1 図 鉄塔配置断面位置図 (①, ③, ④, ⑤)



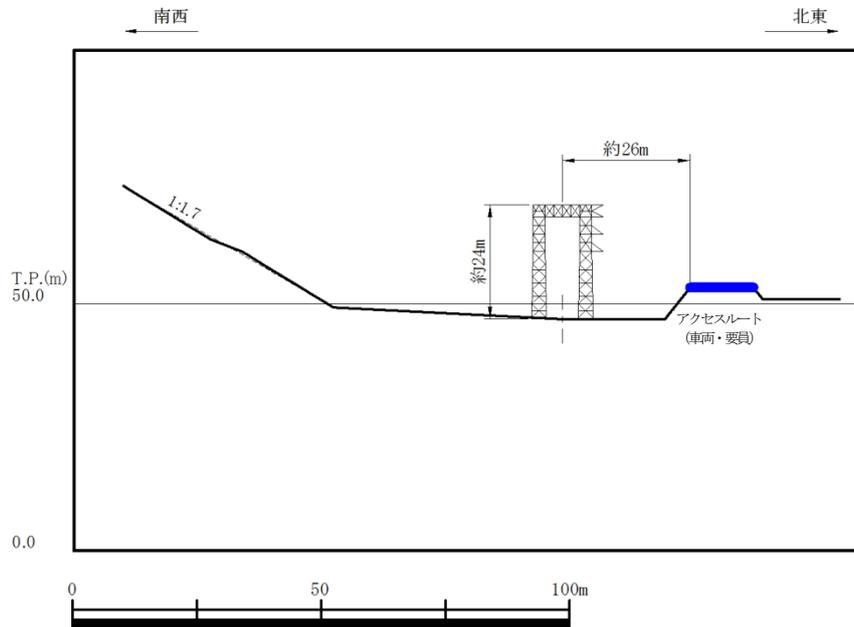
① -1 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔(急傾斜方向)



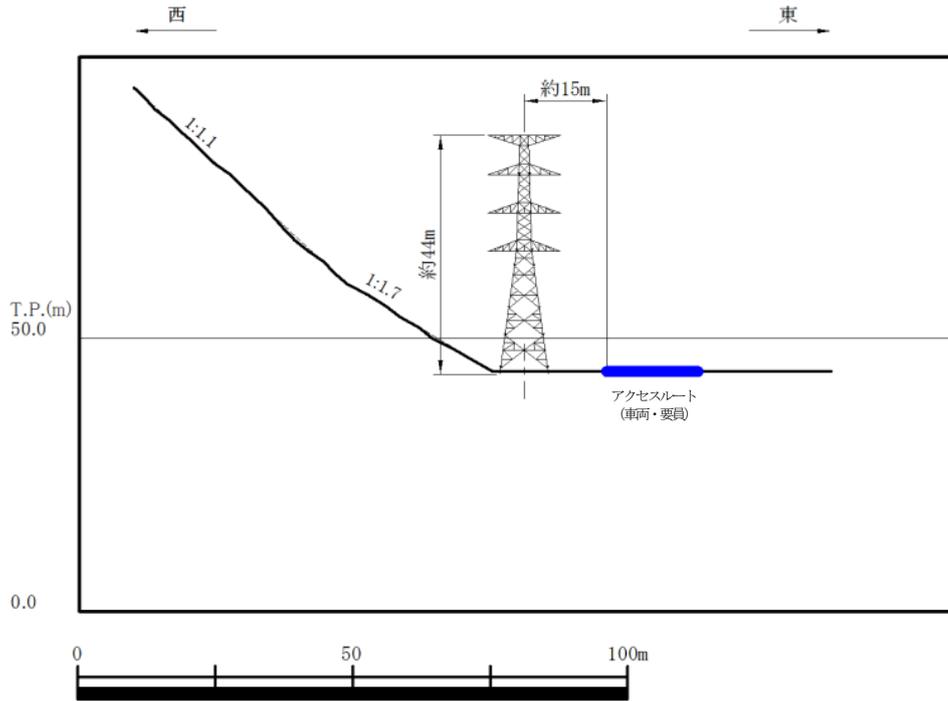
①-2 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔(アクセスルート最短(北東側))



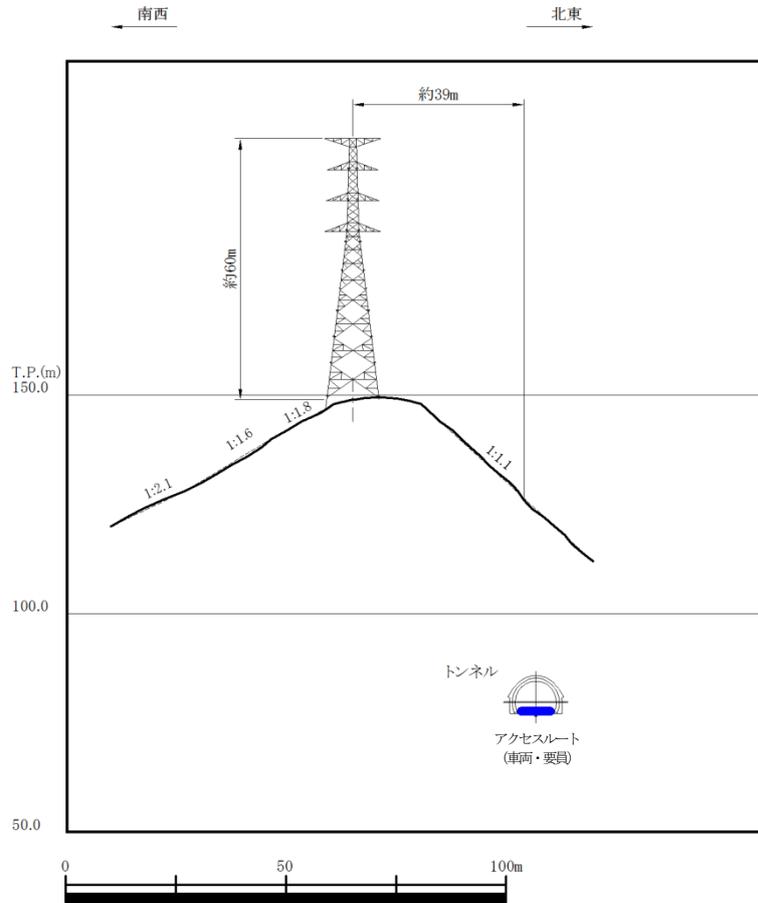
①-3 66kV 鹿島支線 No. 2-1 鉄塔(アクセッスルート最短(南西側))



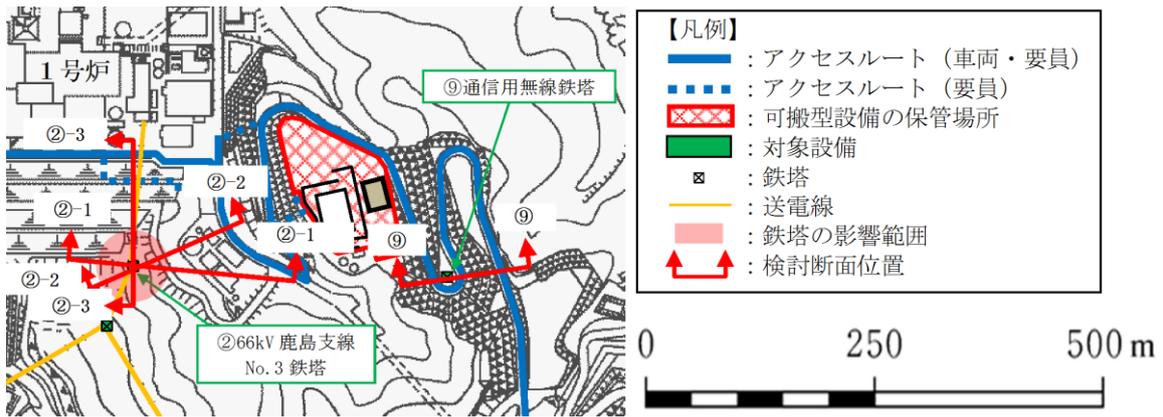
③ 第2-66kV 開閉所屋外鉄構



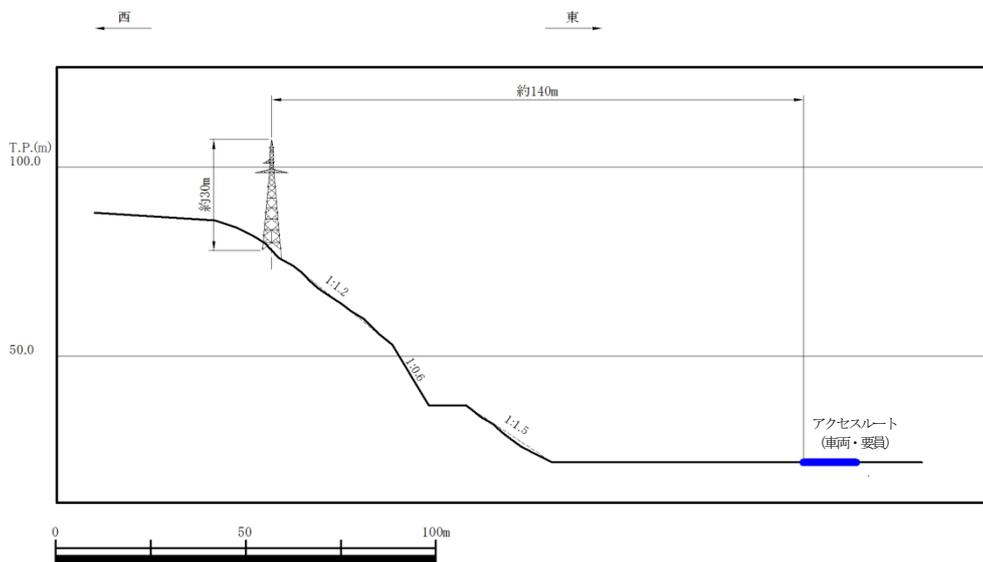
④ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔



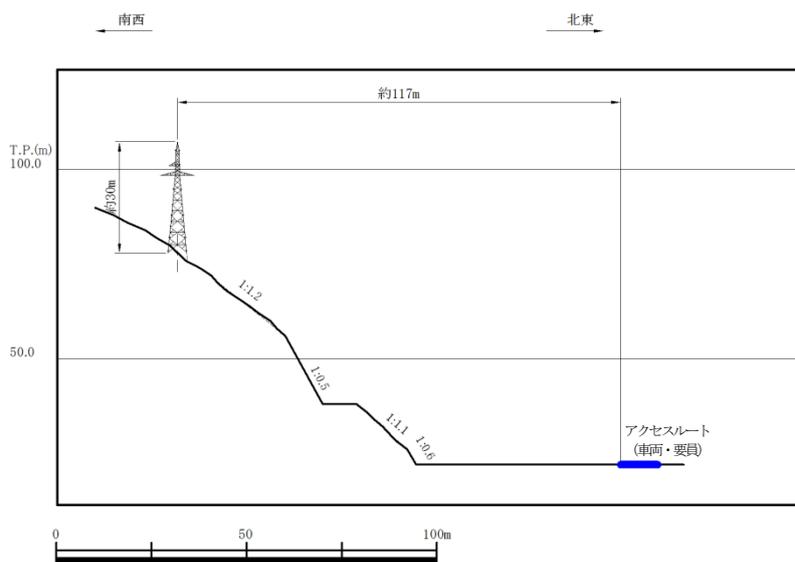
⑤ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔



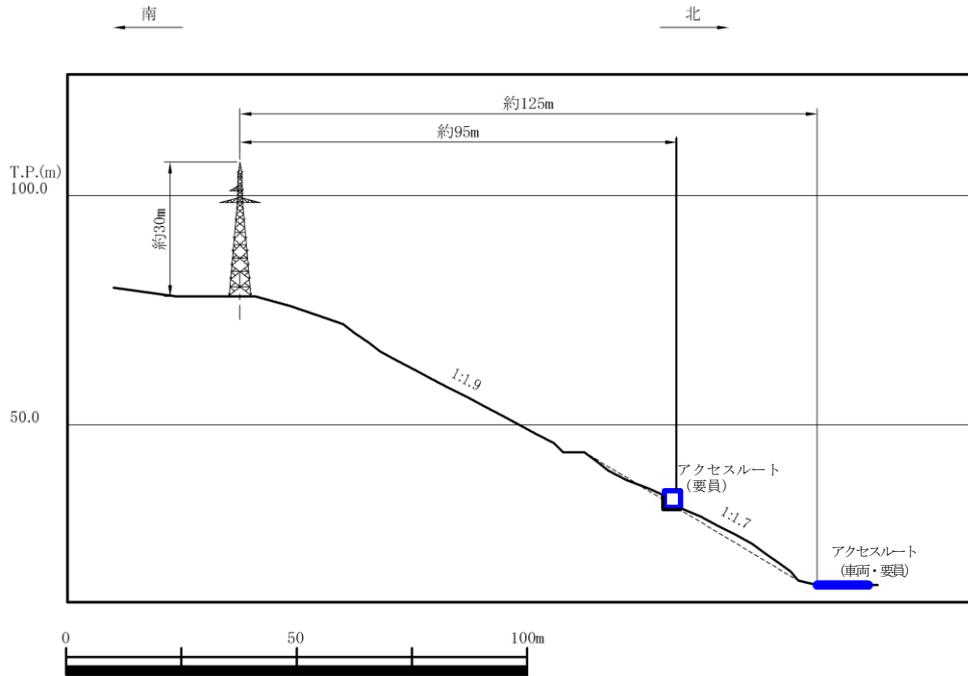
第 8-2 図 鉄塔配置断面位置図 (②, ⑨)



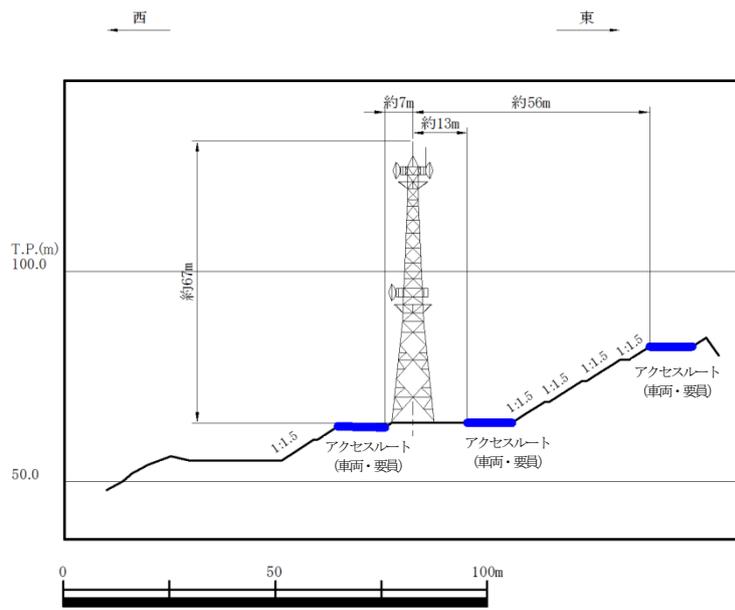
②-1 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔(急傾斜方向)



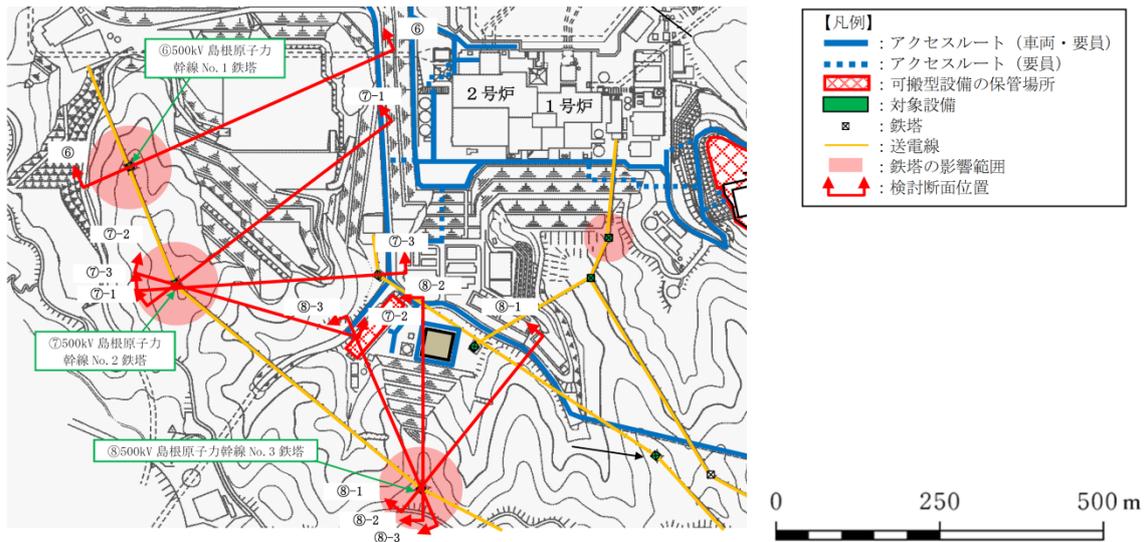
②-2 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔(アクセスルート最短(北東側))



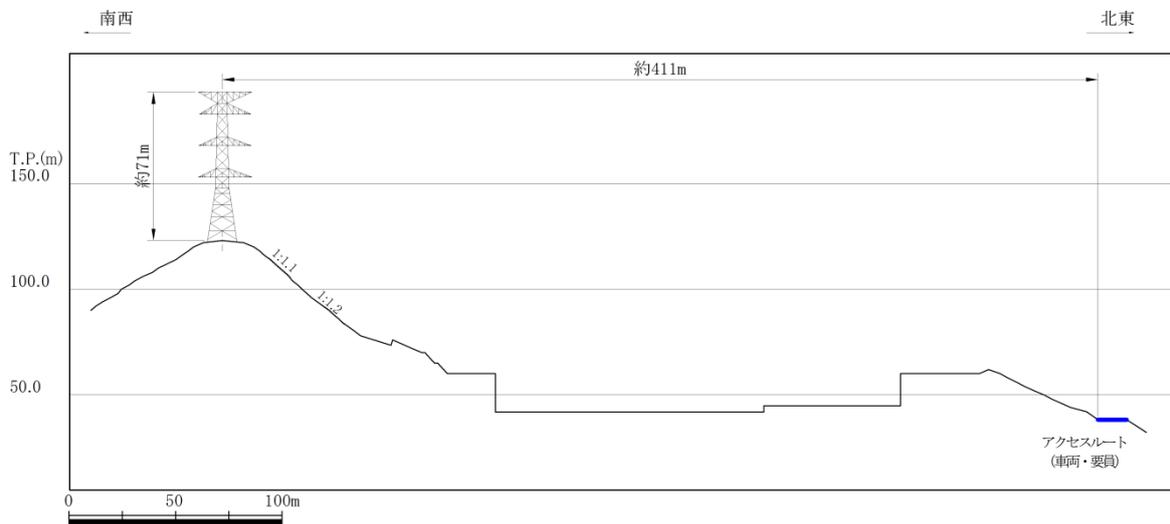
②-3 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔(アクセスルート最短(北側))



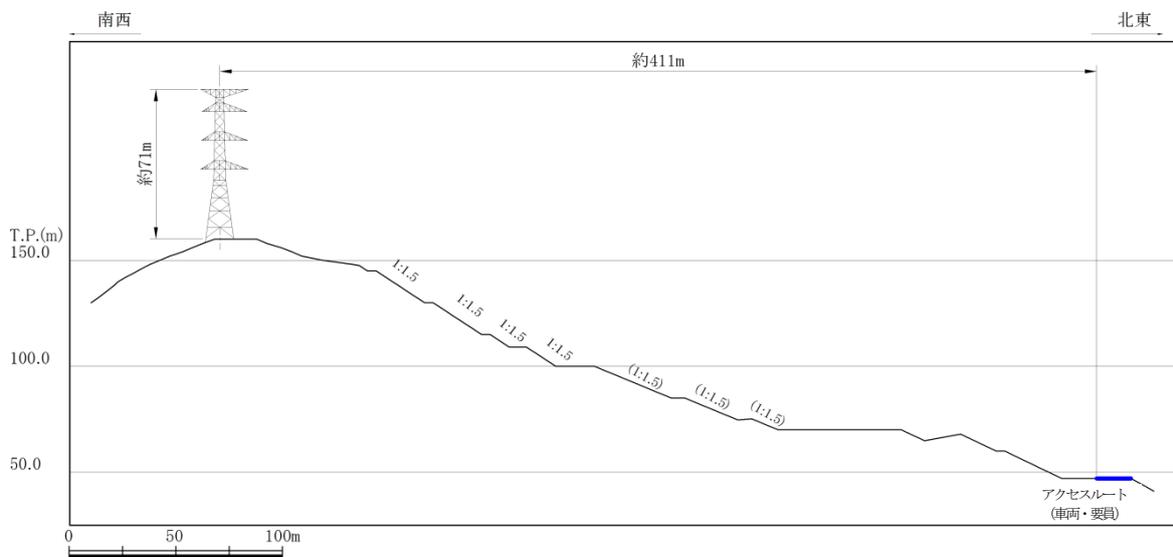
⑨ 通信用無線鉄塔



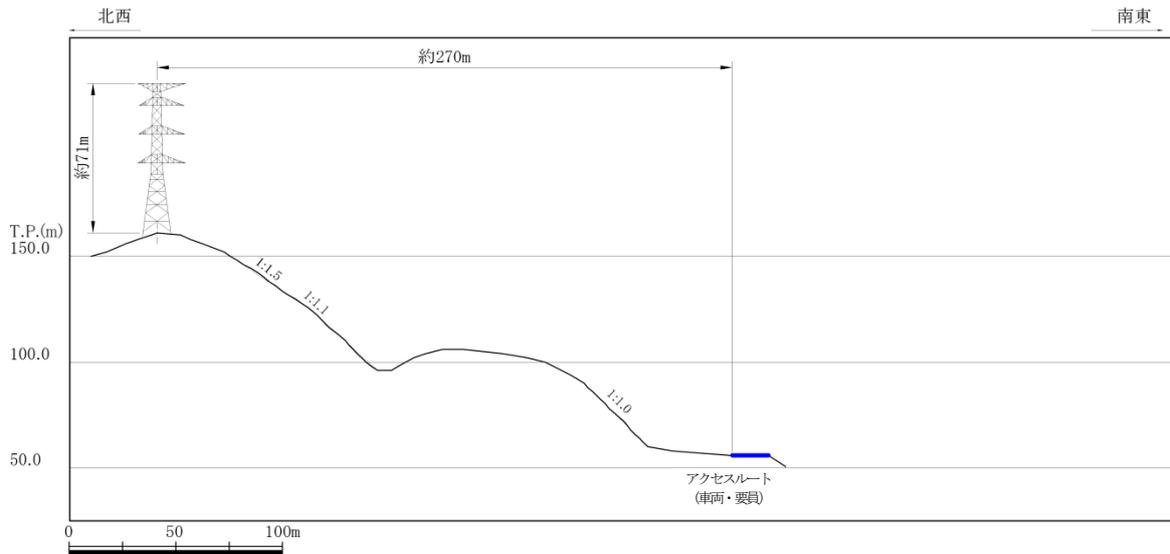
第 8-3 図 鉄塔配置断面位置図 (⑥, ⑦, ⑧)



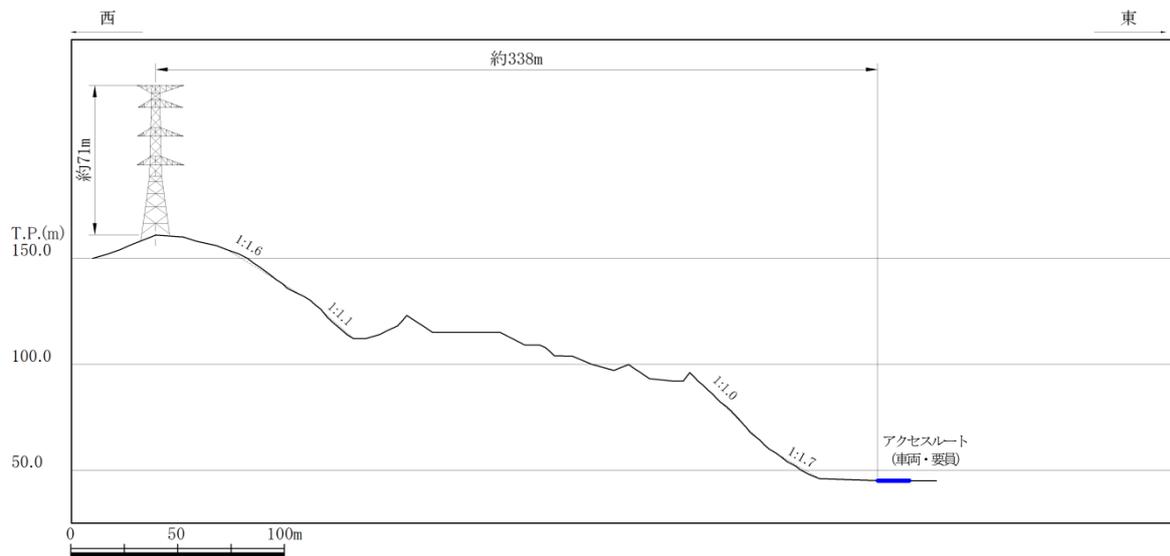
⑥ 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔 (急傾斜方向)



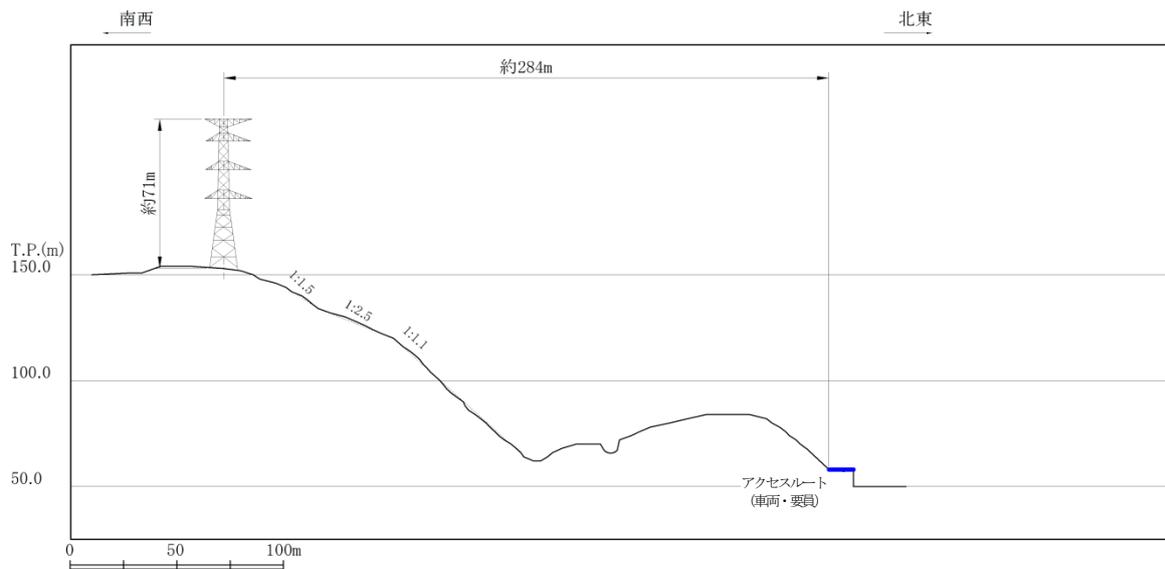
⑦-1 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔 (急傾斜方向)



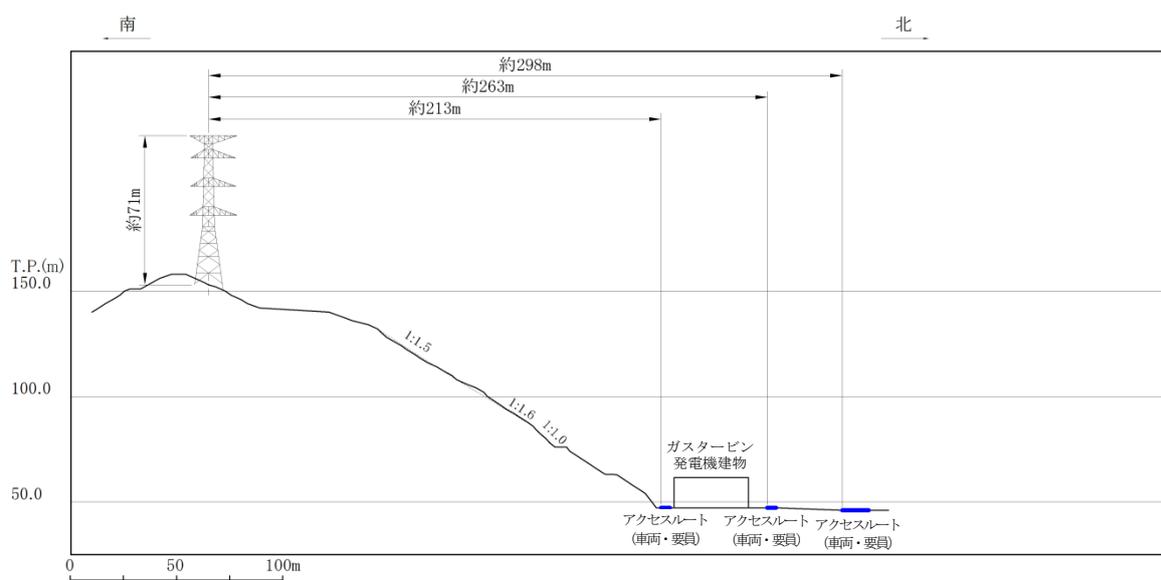
⑦-2 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔(アクセスルート最短(南東側))



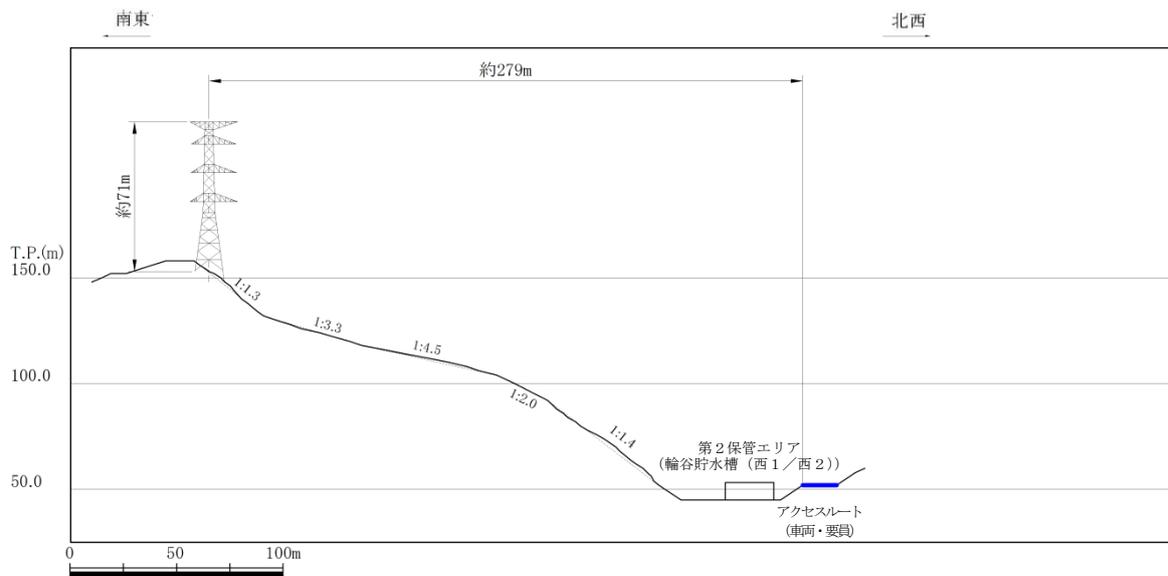
⑦-3 500kV 島根原子力幹線 No. 2 鉄塔(アクセスルート最短(東側))



⑧-1 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔 (急傾斜方向)



⑧-2 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔 (アクセスルート最短(北側))



⑧-3 500kV 島根原子力幹線 No. 3 鉄塔 (アクセスルート最短(北西側))

(3) 影響評価方法

220kV 第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔及び No.2 鉄塔を例に説明する。

a. 耐震性評価

鉄塔本体及び鉄塔基礎について、基準地震動  $S_s$  による評価を行い、評価の結果、強度不足等により、評価が満足しない結果になった場合は、補強等の影響防止対策を実施することで、地震時においても鉄塔が倒壊しない設計とする。

基準地震動  $S_s$  5波のうち一次固有周波数における加速度応答スペクトルが大きいものを用いる。具体的には  $S_s - D$  及び  $S_s - N1$  を用いる。

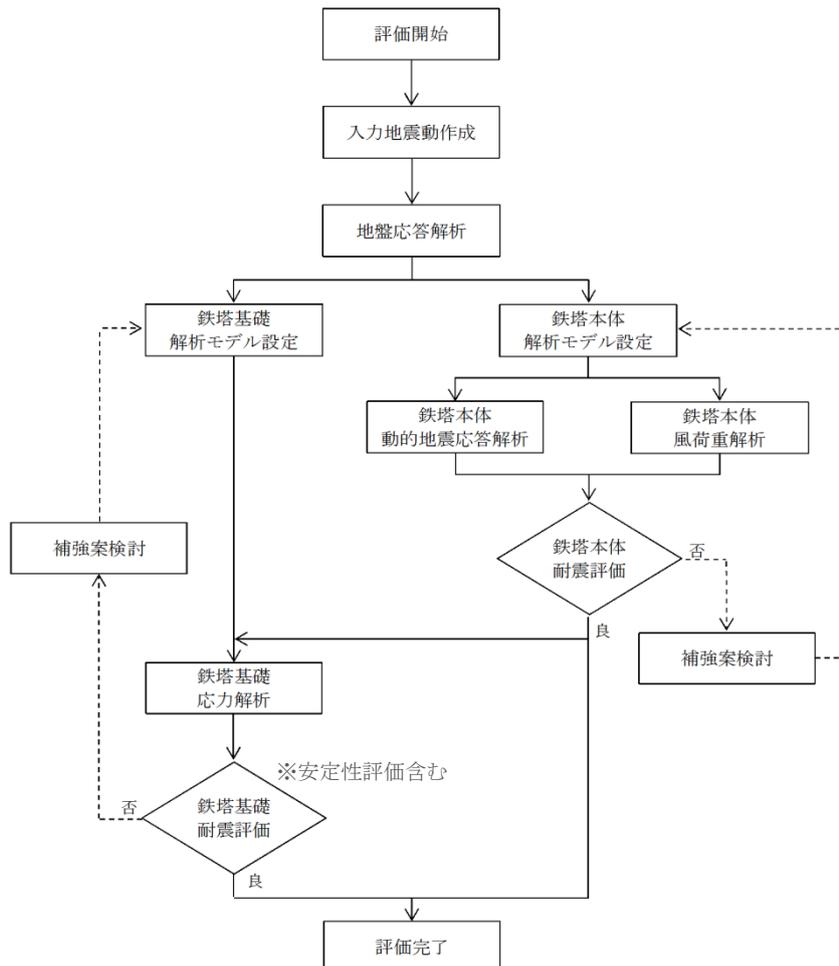
(a) 鉄塔本体

鉄塔部材と送電線をモデル化し、応答解析を行い、部材に発生する応力が許容応力以下であることを確認する。

(b) 鉄塔基礎

鉄塔本体の地盤応答解析結果を基礎の応力解析に用い、鉄塔基礎の強度及び地盤支持力を確認する。

第9図の耐震性評価フローに基づき確認を行う。



第9図 220kV 第二島根原子力幹線鉄塔耐震性評価フロー

[入力地震動作成]

解放基盤面で定義された基準地震動  $S_s$  を解放基盤モデルの逆応答解析により解析モデル底面 (T.P. -215m) まで引き戻した後、この引き戻し波を用いて鉄塔位置の実地盤モデルにより順応答解析を行い、解析モデル底面境界まで引き上げた地震波を作成する。(1次元波動論に基づく地震応答解析を行う。)

地震波にて2次元動的FEM時刻歴非線形解析を行い、鉄塔本体の解析に用いる入力地震動を作成する。

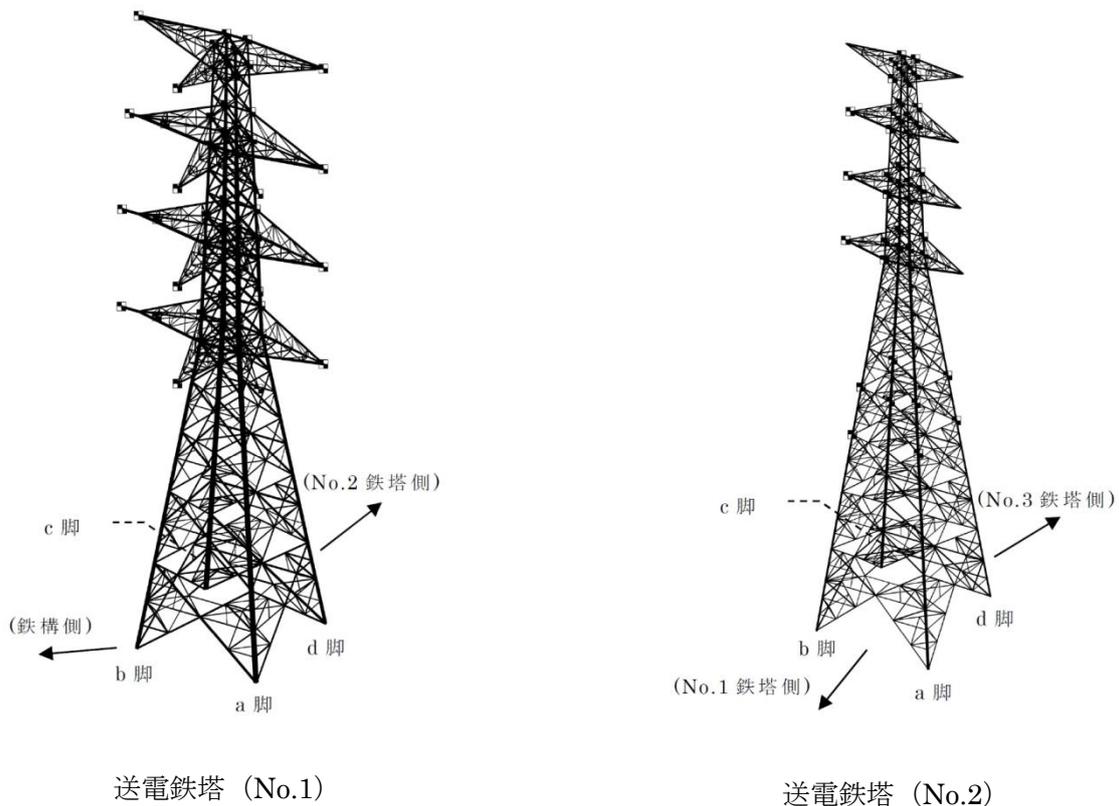
[地盤応答解析]

地震波を用いて2次元動的FEM時刻歴非線形解析を行い鉄塔基礎の応力解析に用いる地盤変位の算出を行う。

[鉄塔本体解析モデル設定]

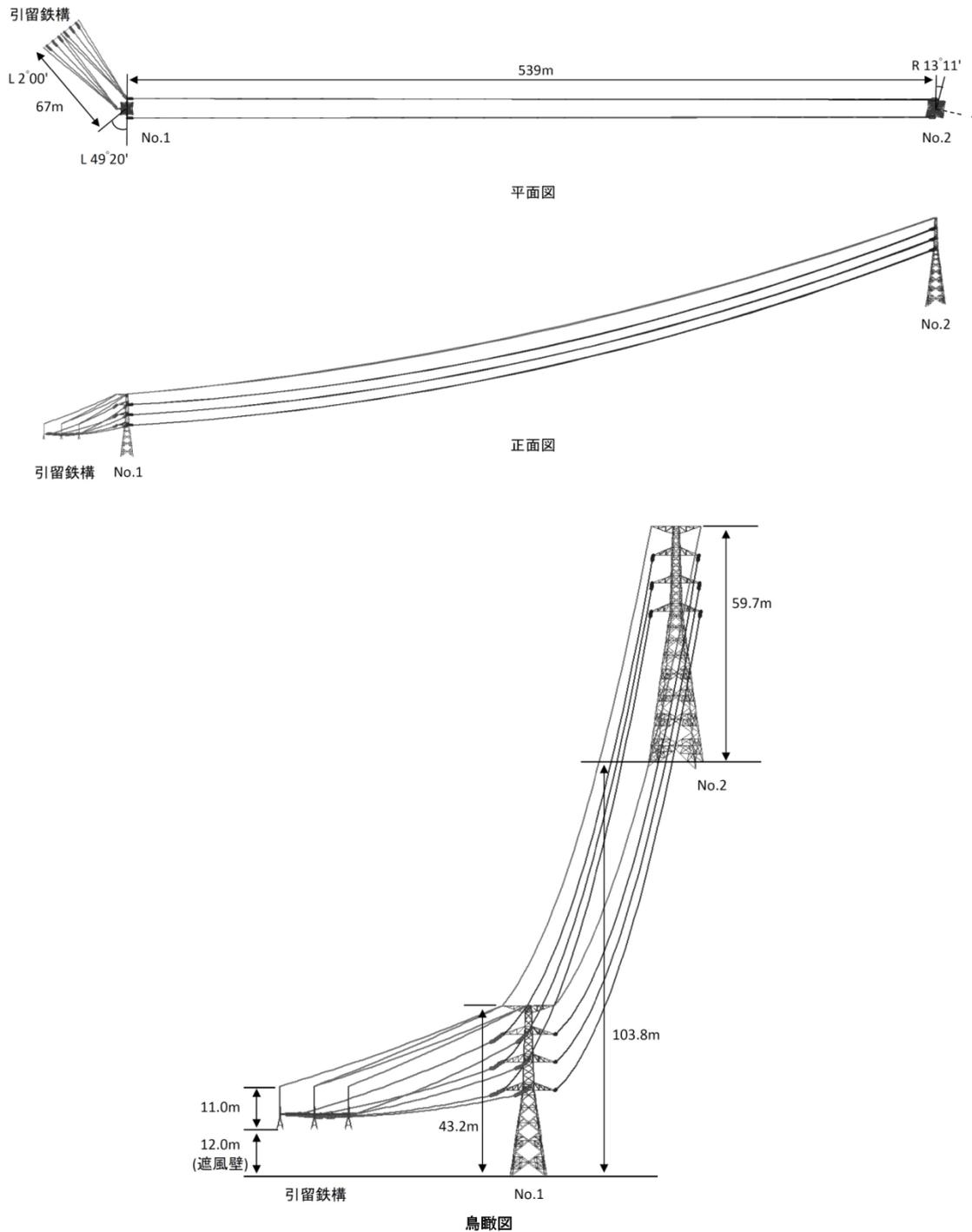
・鉄塔モデル

耐震性評価に用いる220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔及びNo.2鉄塔の鉄塔モデルを第10図に示す。対象鉄塔はすべて梁要素でモデル化する。

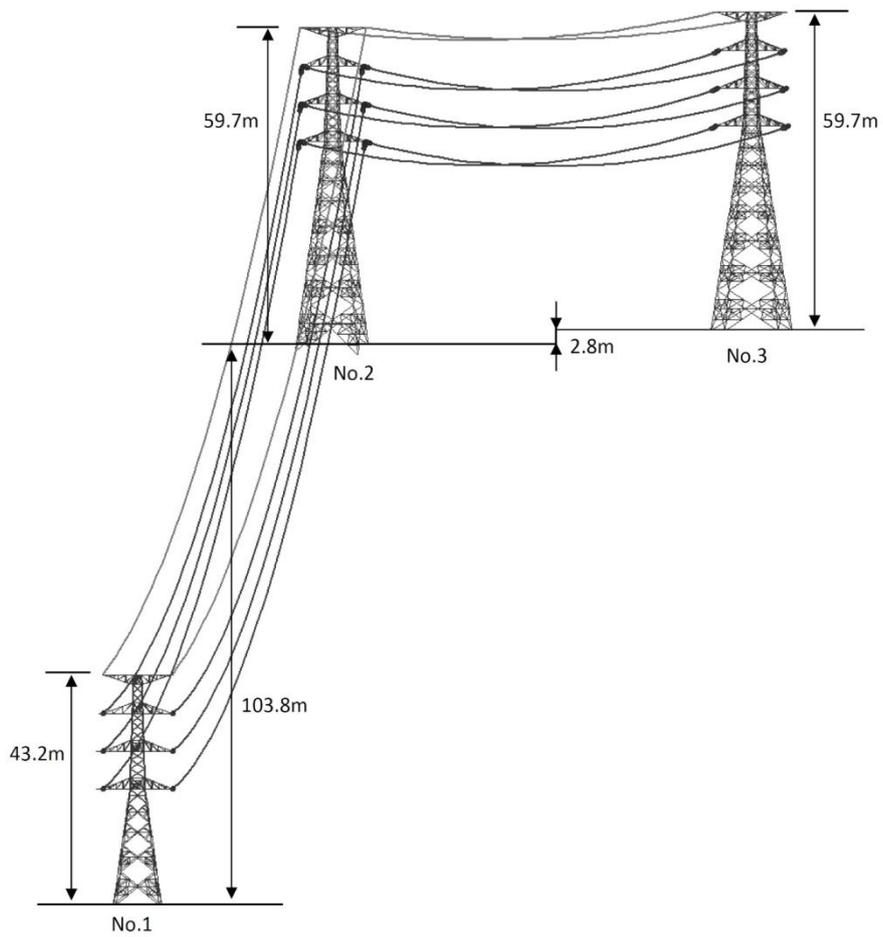
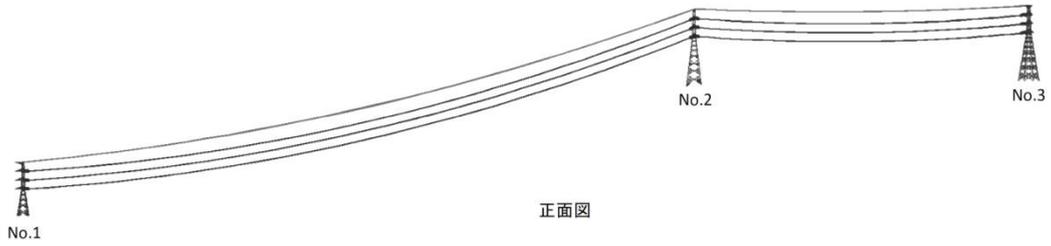
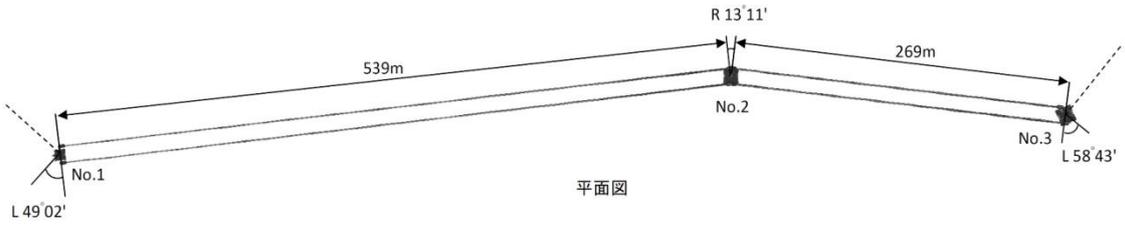


第10図 220kV第二島根原子力幹線No.1鉄塔及びNo.2鉄塔のモデル

- ・架渉線モデル  
架空地線と電力線の架渉線はそれぞれの径間及び碍子装置を分割し、棒要素（トラス要素）でモデル化する。
- ・連成系モデル  
鉄塔と架渉線の連成系モデルを第 11 図及び第 12 図に示す。隣接鉄塔まで含めた連成系モデルとする。



第 11 図 220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔を主とした連成系モデル

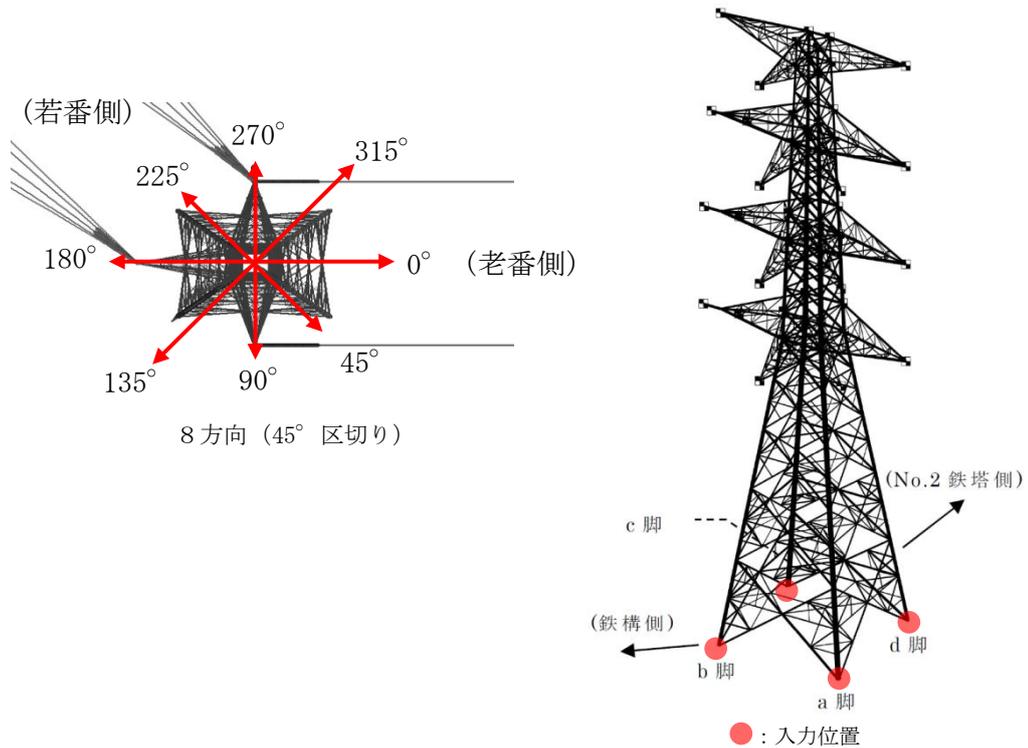


第 12 図 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔を主とした連成系モデル

[地震動の入力位置及び方向]

地震動は水平1方向と鉛直方向の同時入力とする。水平方向の入力方向は、第13図に示すとおり、架渉線の影響が強くなりやすい線路方向、腹材の分担応力が大きくなりやすい線路方向と線路直角方向及び支柱材の分担応力が大きくなりやすい対角方向の計8方向とする。

地震動の入力方向及び位置を第13図に示す。



第13図 地震動の入力方向及び位置

[減衰定数の設定]

減衰定数の設定として鋼管鉄塔の減衰定数を2%，山形鋼鉄塔の減衰定数を5%，架渉線の減衰定数を0.4%として用いる。(第3表参照)

第3表 減衰の設定

対象		振動数 f (Hz)	減衰定数 h <sup>*</sup>
鉄塔本体	鋼管鉄塔	鉄塔ごとに固有1次振動数を設定	2%
	山形鉄塔		5%
架渉線		径間ごとに地線と電力線で固有1次振動数を設定	0.4%

※今回適用する基準地震動は兵庫県南部地震相当の大振幅応答になることから、「平成7年兵庫県南部地震を踏まえた送配電設備の耐震性評価」(電力中央研究所)の報告を参考とし、鋼管鉄塔を2%、山形鉄塔を5%とした。また、昭和57年に送電鉄塔の動的安定性の検討(UHV送電特別委員会の線路部会)の報告を参考とし、架渉線を0.4%とした。

[風の影響]

地震発生時に作用する風速として「建築基準法」を適用し、平成12年5月31日建設省告示第1454号に定められた島根県松江市に該当する基準風速30m/sを考慮する。

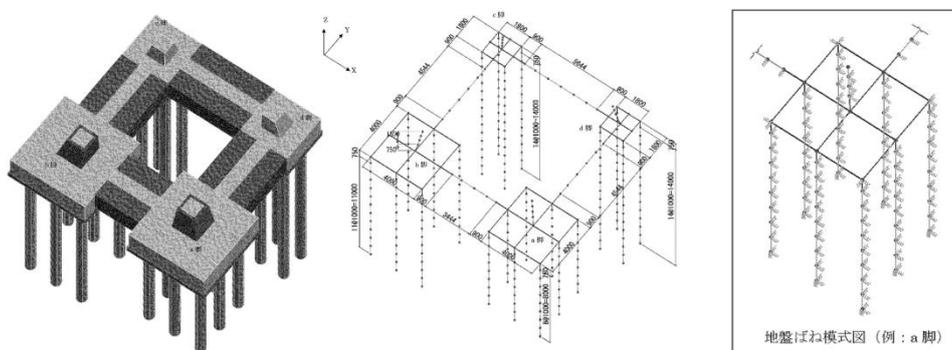
[鉄塔基礎解析モデル設定]

・220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎モデル

220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎は、各床板に接続された鋼管杭(φ700mm, L=8.5m~14.5m)で構成されており、鋼管杭を介して表層から最大約17m以深の岩盤で支持する構造形式である。

なお、各脚間は不同変位の抑制を目的としたつなぎ梁が設けられている。

220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎の解析モデルを第14図に示す。鋼管杭、基礎床板及びつなぎ梁は、鋼材及びコンクリートの線形モデルとし、地盤はばね要素でモデル化する。

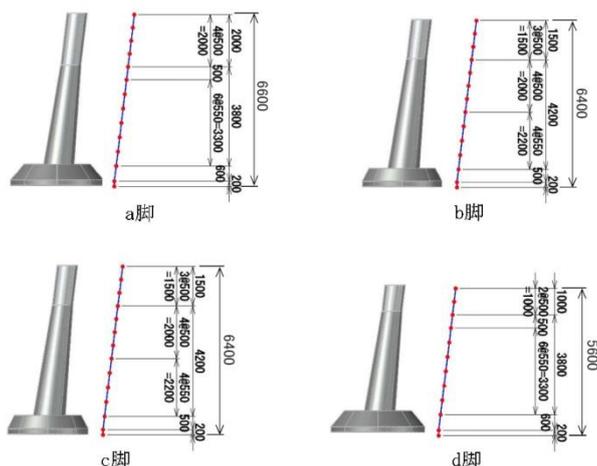


第14図 220kV第二島根原子力幹線 No.1 鉄塔基礎の解析モデル

・ 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎モデル

220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎は、a, d 脚及び b, c 脚のそれぞれで基礎型が異なり、基礎高さも異なる（ポスト継高さが異なる）構造である。

220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎の解析モデルを第 15 図に示す。基礎体はコンクリートの線形モデルとし、地盤はばね要素でモデル化する。



第 15 図 220kV 第二島根原子力幹線 No. 2 鉄塔基礎の解析モデル

[鉄塔本体評価]

鉄塔・架渉線連成系の有限要素モデルにて鉄塔本体地震応答解析を実施する。得られた解析結果に風速 30m/s の風荷重を考慮し、部材発生応力の最大値を抽出した後、部材・ボルト強度に対する安全率にて耐震性評価を実施する。

[鉄塔基礎評価]

算出する発生応力が、鋼管杭(220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔基礎)及び鉄筋コンクリート基礎部(220kV 第二島根原子力幹線 No. 1 鉄塔基礎及び No. 2 基礎)の許容限界値を下回ることを確認する。

[支持地盤の評価]

No. 1 鉄塔：鋼管杭打設時の地盤が設計支持力以上の強度を有していることを確認する。

No. 2 鉄塔：地層断面図より、基礎床板下面が岩盤に着底していることを確認する。また、岩盤の物性値が、設計に使用している地盤物性値以上であることを確認する。

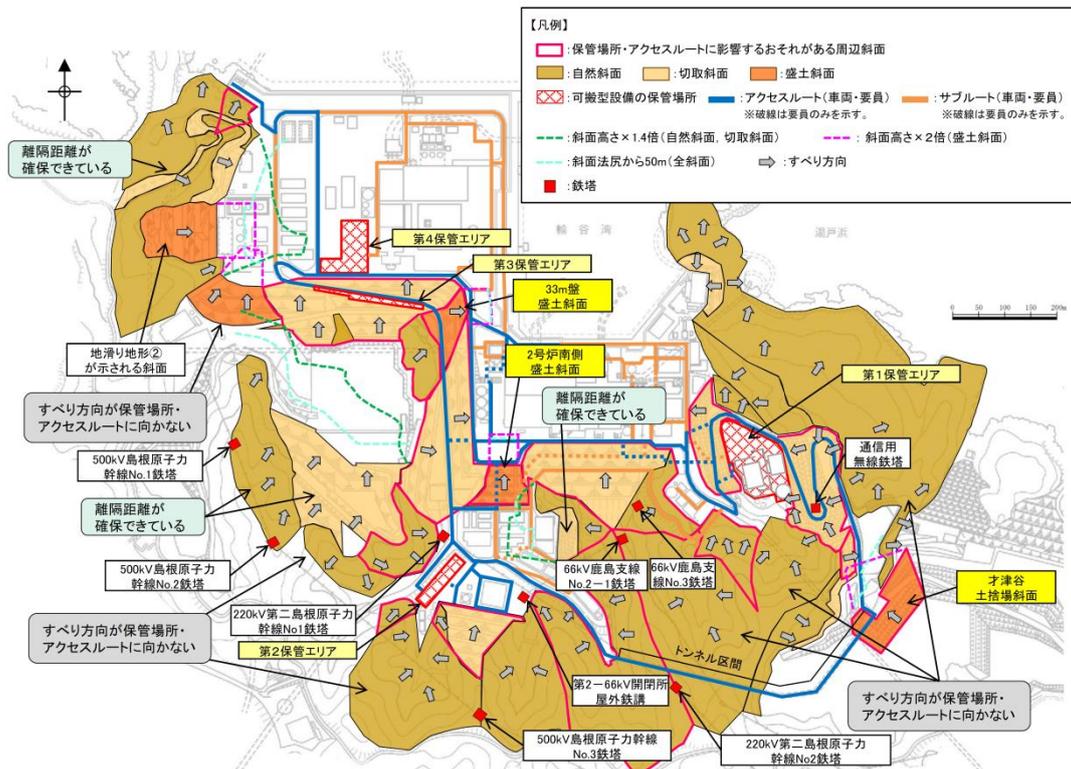
[補強案の検討]

強度不足により、評価が満足しない結果となった場合は、補強等の影響防止対策を実施する。

b. 斜面の安定性評価

耐震性評価を行う鉄塔のうち斜面上に位置する鉄塔について、設置されている斜面の基準地震動  $S_s$  による安定性を確認する。

対象斜面の安定性評価は「別紙 (31) 保管場所及び屋外のアクセスルートの斜面の地震時の安定性評価について」において説明する。(第 16 図参照)



第 16 図 鉄塔及び保管場所・アクセスルート周辺

### c. 鉄塔滑落評価

#### (a) 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔

66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の前後径間における送電線の実長，並びに送電線の張力を考慮し，鉄塔滑落時における送電線の落下によるアクセスルートへの影響範囲を確認する。

アクセスルートの影響範囲については，送電線下部に連絡通路（例：ボックスカルバート）を設置する設計とする。

#### [評価前提条件]

- ・鉄塔倒壊前には送電線は断線しない。
- ・鉄塔倒壊時に周辺の他物との接触の影響により，1相の送電線が断線する。
- ・鉄塔最下部から全姿倒壊することとする。
- ・地滑りとの重畳は考えない。（地震による倒壊）

#### [評価方法]

- ・66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の前後径間の送電線張力を確認する。
- ・送電線張力及びがいし・架線金具引張荷重が，鉄塔滑落時の許容応力を満足していることを確認する。
- ・送電線張力差，鉄塔設置場所勾配及び送電線実長を考慮し，滑落距離及び滑落方向から影響範囲を確認する。

第 17 図に 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔の設置状況を示す。



第 17 図 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔設置状況

(b) 500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔

500kV 島根原子力幹線 No. 1 鉄塔, No. 2 鉄塔, No. 3 鉄塔の 3 基については, 鉄塔滑落評価を行いアクセスルートの健全性を確認する。

評価前提条件及び評価方法については, 66kV 鹿島支線 No. 3 鉄塔と同様である。

なお, 評価が満足しない結果となった場合は, 必要に応じて設備対策を実施し, アクセスルートの健全性を確保する設計とする。

## 8. 補足資料

補足 (1)

第159回審査会合（平成26年11月13日）からの主要な変更点について

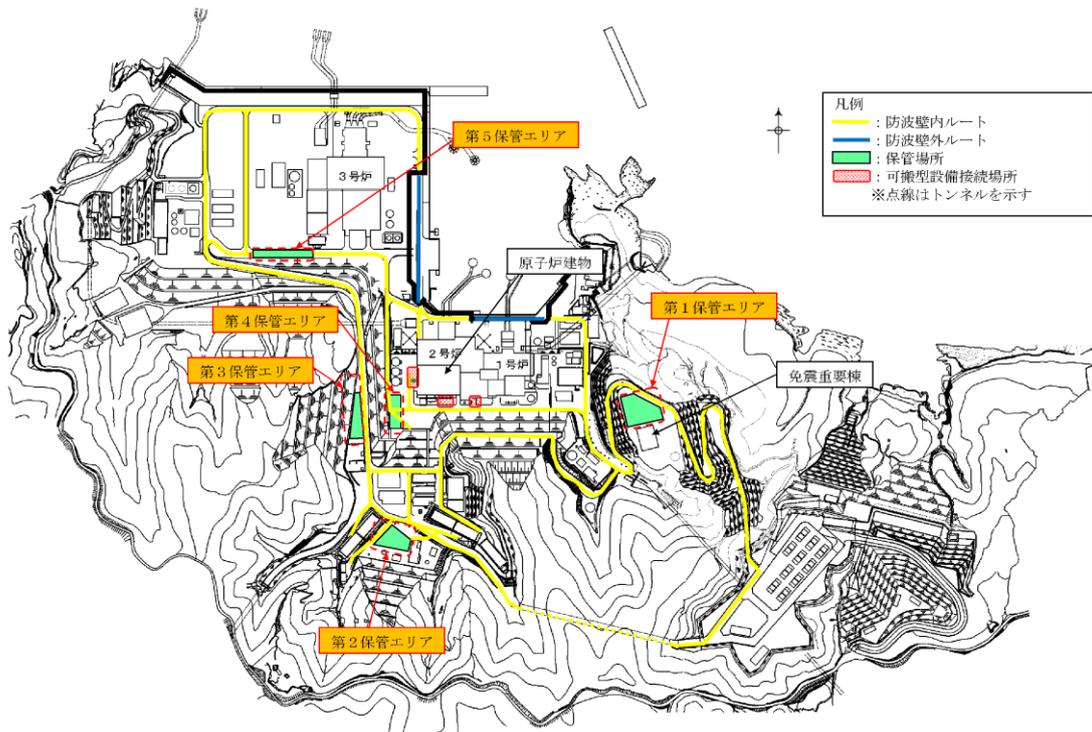
第159回審査会合（平成26年11月13日）から第819回審査会合（令和元年12月24日）間の主な変更点について、先行他プラントの状況や島根2号炉の審査の進捗により対応が必要となった保管場所及び屋外アクセスルートについて、以下のとおり変更を実施した。

### 1. 保管場所の変更について

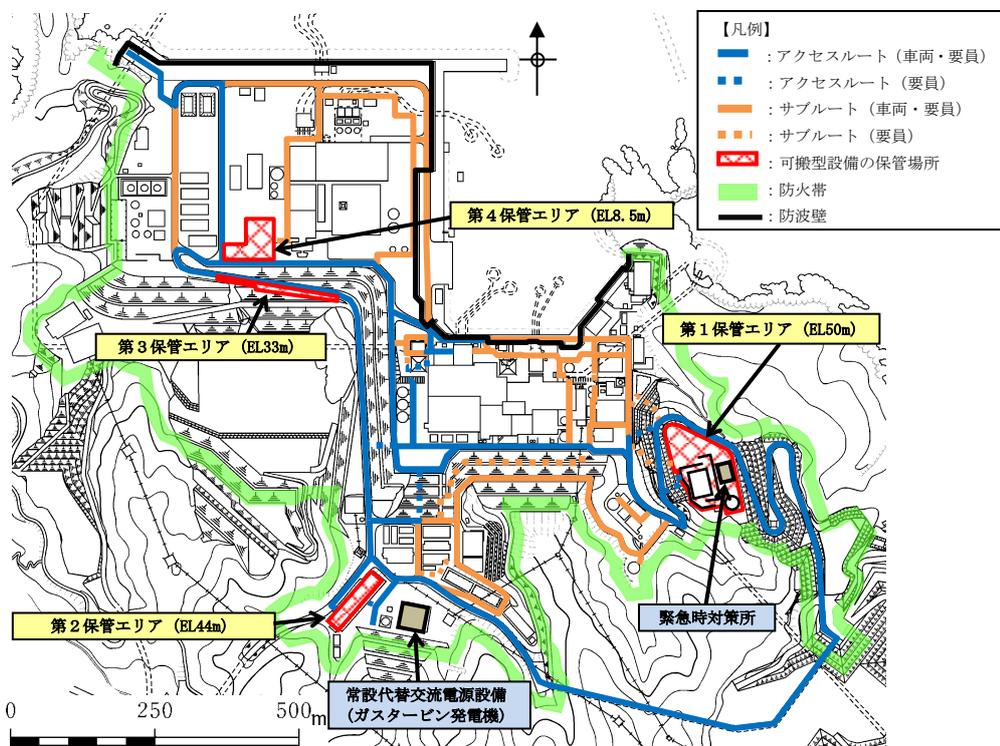
- ・予備も原子炉建物から100m以上の離隔距離を確保することとしたため、2号炉原子炉建物から100m以内に予備置場として設定していた第4保管エリアを他の保管場所と統合し、第5保管エリアを第4保管エリアとして再設定した。
- ・可搬型設備の数量見直し等に伴い、第1保管エリア及び第4保管エリアの形状を変更した。
- ・構内敷地造成、可搬型重大事故等対処設備等の数量見直しに伴い、第3保管エリアをE L44mからE L33mに移設した。
- ・輪谷貯水槽（西1／西2）を密閉式貯水槽に変更し、貯水槽上面を第2保管エリアとして設定した。

### 2. 屋外アクセスルートの変更について

- ・発電所構内の道路をアクセスルート（可搬型設備の運搬、要員の移動等が可能なルート）とサブルート（地震及び津波時に期待しないルート）に再設定した。
- ・1号炉北側の防波壁内側に新たにサブルートを設定し、防波壁内側に1、2号炉の周回ルートを確認した。
- ・管理事務所2号館は損壊することを前提として評価を行った。その結果、必要な幅員が確保できないことから、南側背後斜面の一部を切取り、管理事務所2号館の損壊による影響範囲外にアクセスルートの必要な幅員を確保した。
- ・通行不能となる全ての段差発生箇所に対して、あらかじめ段差緩和対策を行うこととする。これにより、仮復旧なしで可搬型設備の通行が可能である。



第1図 保管場所設備及び可搬型設備アクセスルート  
(平成26年11月13日説明時点)



第2図 保管場所設備及び屋外アクセスルート

## 作業に伴う屋外の移動手段について

### 1. 作業に伴う屋外の移動手段について

重大事故等時の屋外の移動手段については、対応する要員の負担及び対応する作業の迅速化の観点から、車両が使用可能な場合には車両による移動を基本とする。

なお、地震による重大事故等時において、緊急時対策所から可搬型重大事故等対処設備の保管場所までのアクセスルートは必要な幅員を確保可能である。

(別紙(19)参照)

### 2. 徒歩移動が必要となる作業に関する作業員の負担

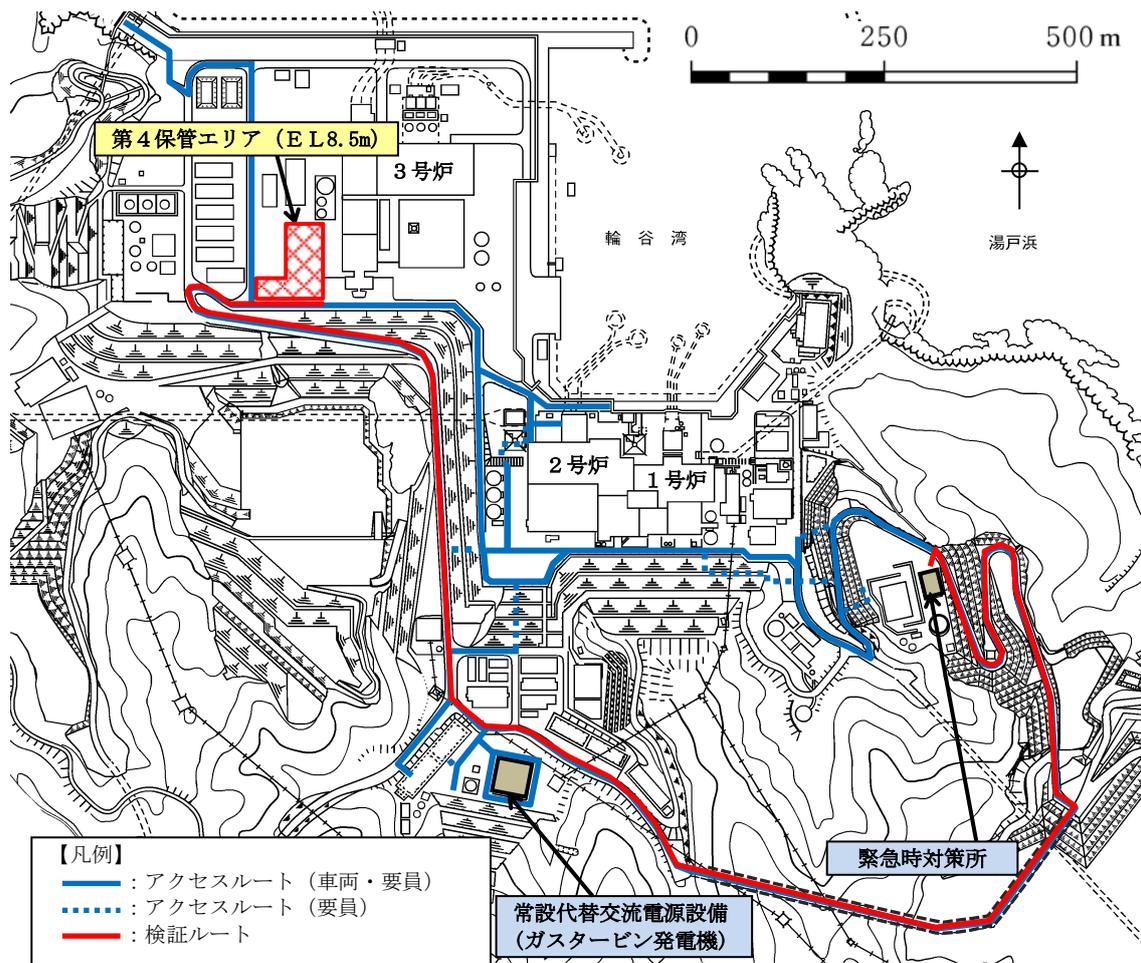
アクセスルートが確保できず車両による移動が困難な場合は、重機を操作する要員が保管場所まで徒歩で移動する必要がある。

この場合、炉心損傷の徴候等に応じて放射線防護具を着用する（炉心損傷の徴候等に応じて指示者が適切な放射線防護具類を判断し、要員に着用を指示する。）が、移動後の作業は重機での操作となること、重機にはエアコンが装備されていることから、酷暑期であっても作業負担は軽減される。

また、アクセスルートが確保されてからは車両で移動できることから、徒歩による移動はないものと考えている。

### 3. 徒歩移動時間の検証

通常状態の道路における徒歩移動時間が時速 4 km であることの妥当性について、保守的に放射線防護具を着用した状況（全面マスク等を着用）での移動時間を検証した。



第1図 徒歩移動検証ルート

第1表 緊急時対策所から第4保管エリアまでの徒歩による移動時間

ケース		所要時間	参考	
			天候等	被験者年齢
被験者A	全面マスク +化学防護服	29分41秒	曇り 気温：11.0℃ 湿度：67%	56才
被験者B	+被水防護服 +化学防護手袋	30分04秒		26才
被験者C	+化学防護 長靴+ヘッド	31分42秒		41才
被験者D	ライト	32分07秒		39才

緊急時対策所から第4保管エリア（約2,710m）まで、徒歩での移動時間は約30分～32分であった。移動時間は積雪や暑さ等の環境による影響も考えられるが、途中休憩を取る、又はスローペースで移動することにより想定する移動速度（時速4kmで想定すると41分）程度での移動は可能であることを確認した。

屋内のアクセスルートにおける資機材設備の転倒調査について

アクセスルートにおける資機材設備の転倒等による影響について、有効性評価の各事象の対応操作毎にウォークダウンを行っている。

具体的な確認内容については、有効性評価の事象の対応操作において、時間的余裕が少ない注水弁電源切替操作を例に、中央制御室から原子炉建物3階にあるA及びB非常用電気室送風機室までのウォークダウン結果を示す。

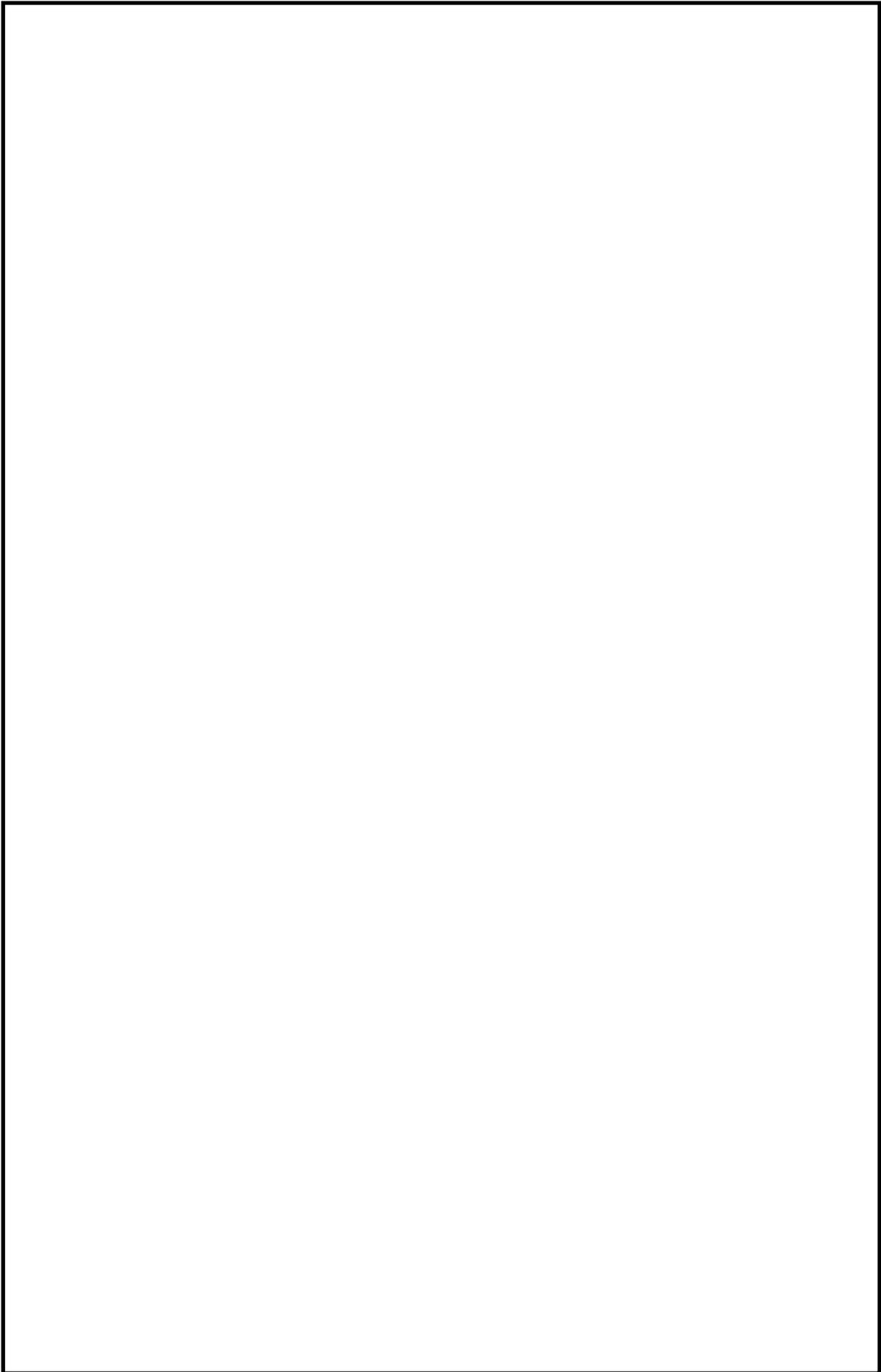
ウォークダウンに用いたアクセスルートは第1図のとおりである。

ルート近傍にある資機材設備の場所及び大きさ、通路幅を計測した結果は第1表のとおりであり、「アクセスルート近傍の設置物は、転倒防止処置を施している物を含めすべて転倒する」ものとし、「設置物が転倒した際、最も通路がふさがれるパターンを想定しても通行可能な幅が30cmあれば通過可能」、「設置物が転倒した際に設置物の移動が可能な場合（重量物でない場合）は、通過可能」とした場合の各資機材設備に対する通行可能性評価を行った。通行できない場合は乗り越えることを想定する。

このケースの場合、乗り越えの可能性のある場所がないことを確認した。

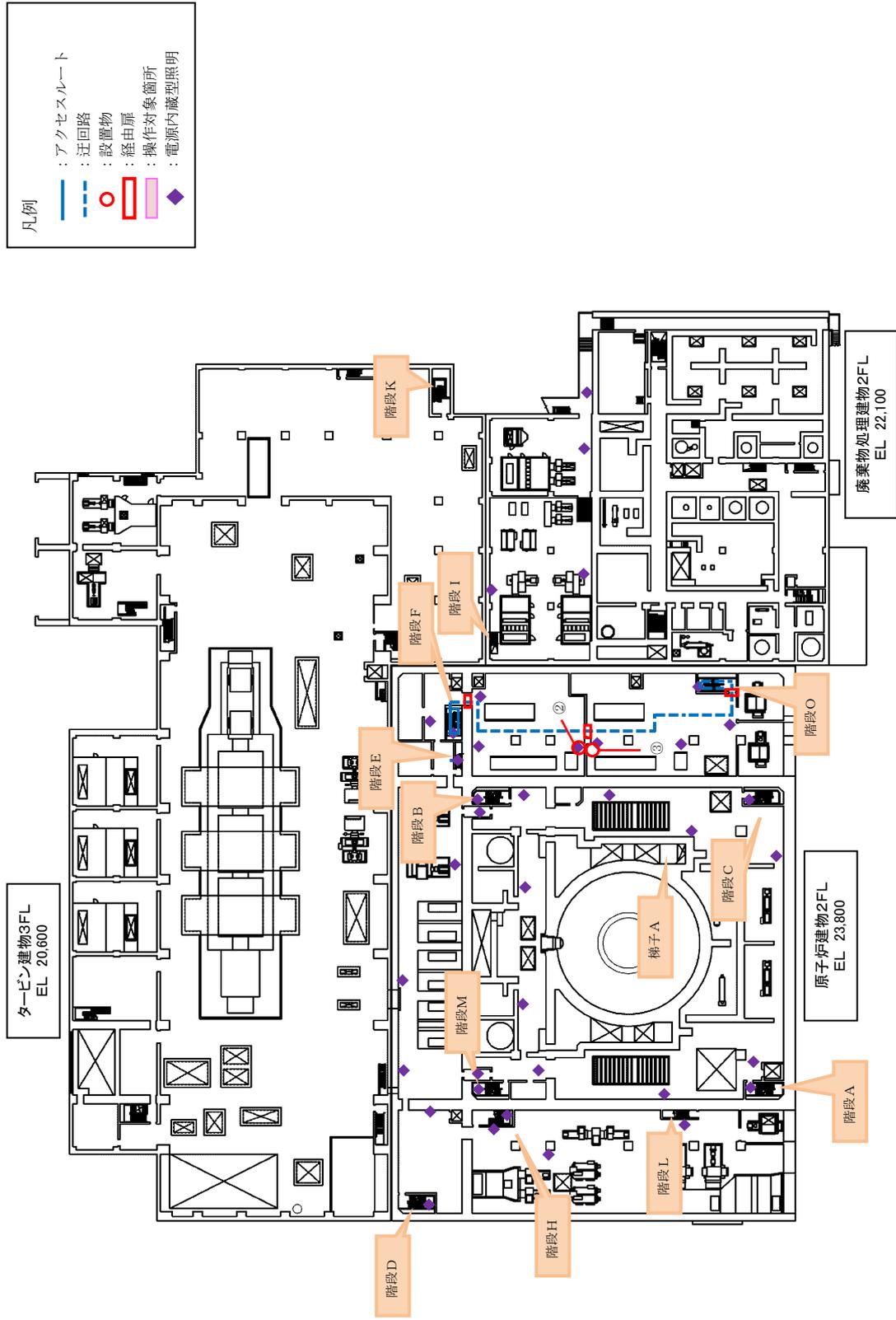
さらに、万一通常のアクセスルートが使用できない場合を想定し、他のアクセスルートについても通過可能であることを確認した。（第1図の青破線）

このケースの場合、転倒による乗り越えの可能性のある箇所がないことを確認した。

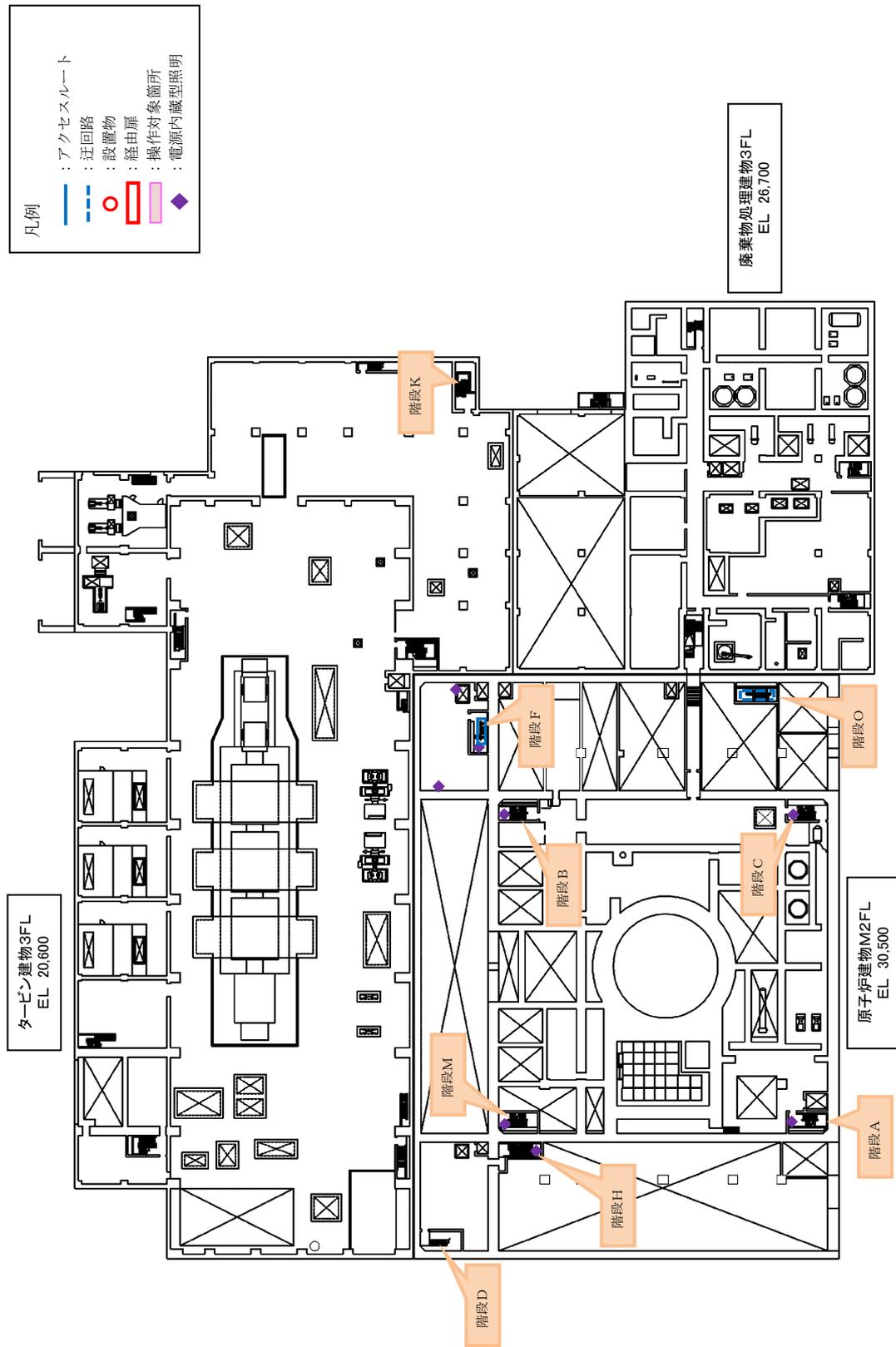


第1図 屋内のアクセスルートにおける資機材設備の転倒防止調査アクセスルート(1/4)

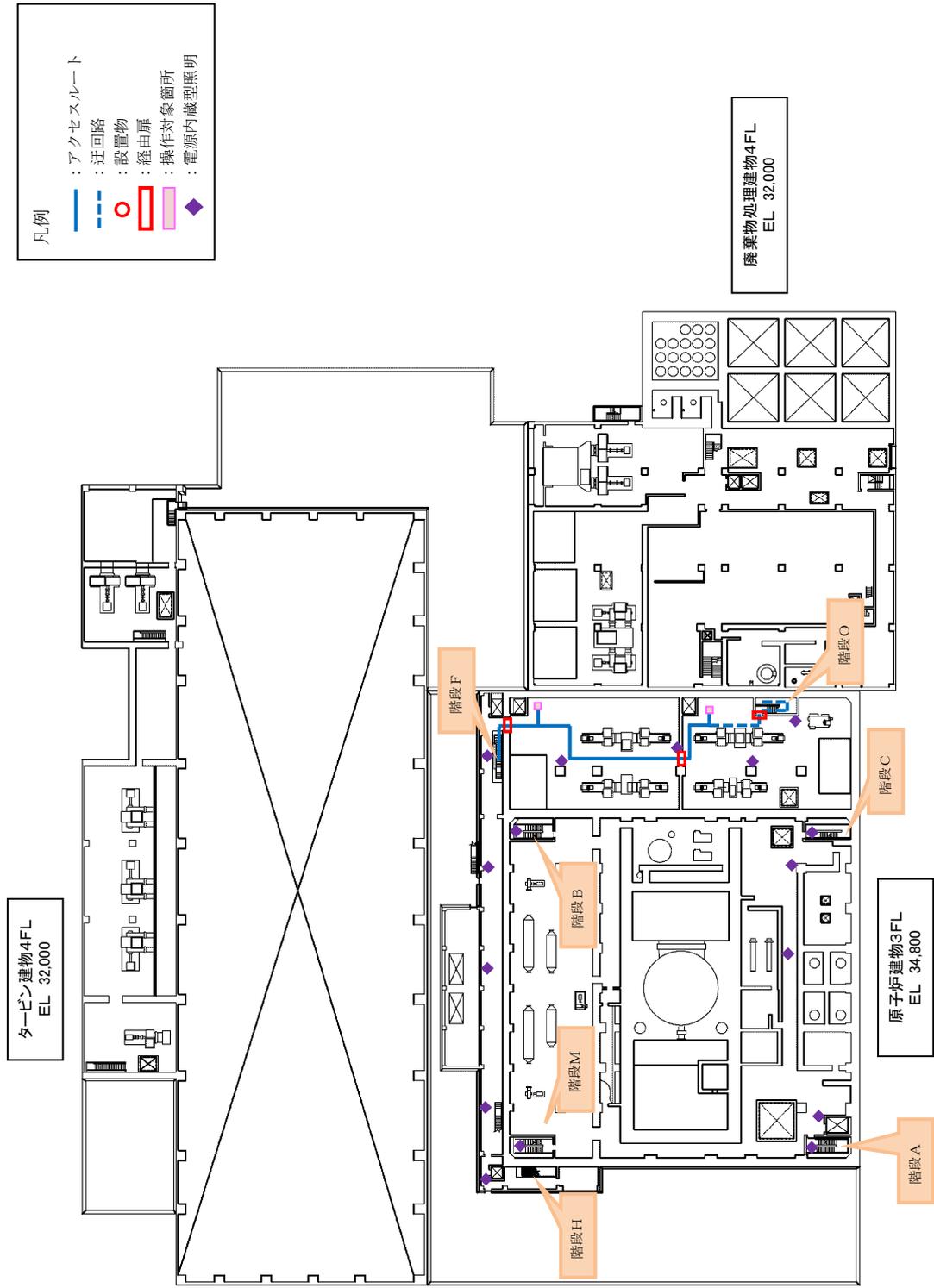
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第1図 屋内のアクセスルートにおける資機材設備の転倒防止調査アクセスルート(2/4)



第1図 屋内のアクセスルートにおける資機材設備の転倒防止調査アクセスルート(3/4)



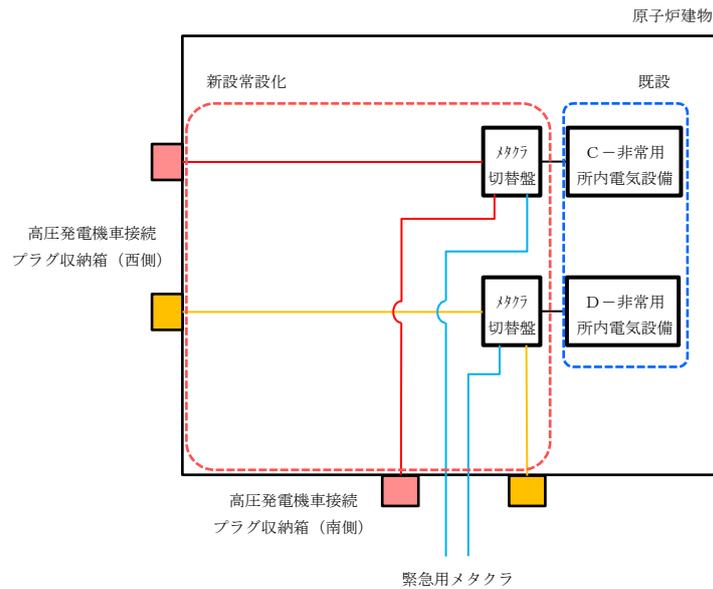
第1図 屋内のアクセスルートにおける資機材設備の転倒防止調査アクセスルート(4/4)

第1表 資機材設備の設置状況

番号	場所 (フロア)	物品名	(上段) 物品の計測結果[mm]				通路 の幅	写真
			高さ	奥行	幅	最大 長さ		
			(下段) 評価結果				[mm]	
①	廃棄物 処理建物 1階 補助盤室 連絡通路	資機材 保管庫	900	400	900	1,273	1,590	
			設置物が転倒したとしても通路の幅が十分なため アクセス性問題なし					
②	原子炉 建物 附属棟 2階 A-非常用 電気室	資機材 保管庫	1,800	400	900	2,013	2,300	
			設置物が転倒したとしても通路の幅が十分なため アクセス性問題なし					
③	原子炉 建物 附属棟 2階 B-非常用 電気室	踏み台	900	700	500	1,141	2,300	
			設置物が転倒したとしても通路の幅が十分なため アクセス性問題なし					

作業時間短縮に向けた取り組みについて

重大事故等時における可搬型代替交流電源設備からの電源供給を行う際、電源ケーブルを敷設する作業時間を短縮する観点で、第1図に示すあらかじめ建物内にケーブル等を敷設配置することを実施している。



第1図 電源設備の常設化概略図

### 屋外での通信機器通話状況の確認

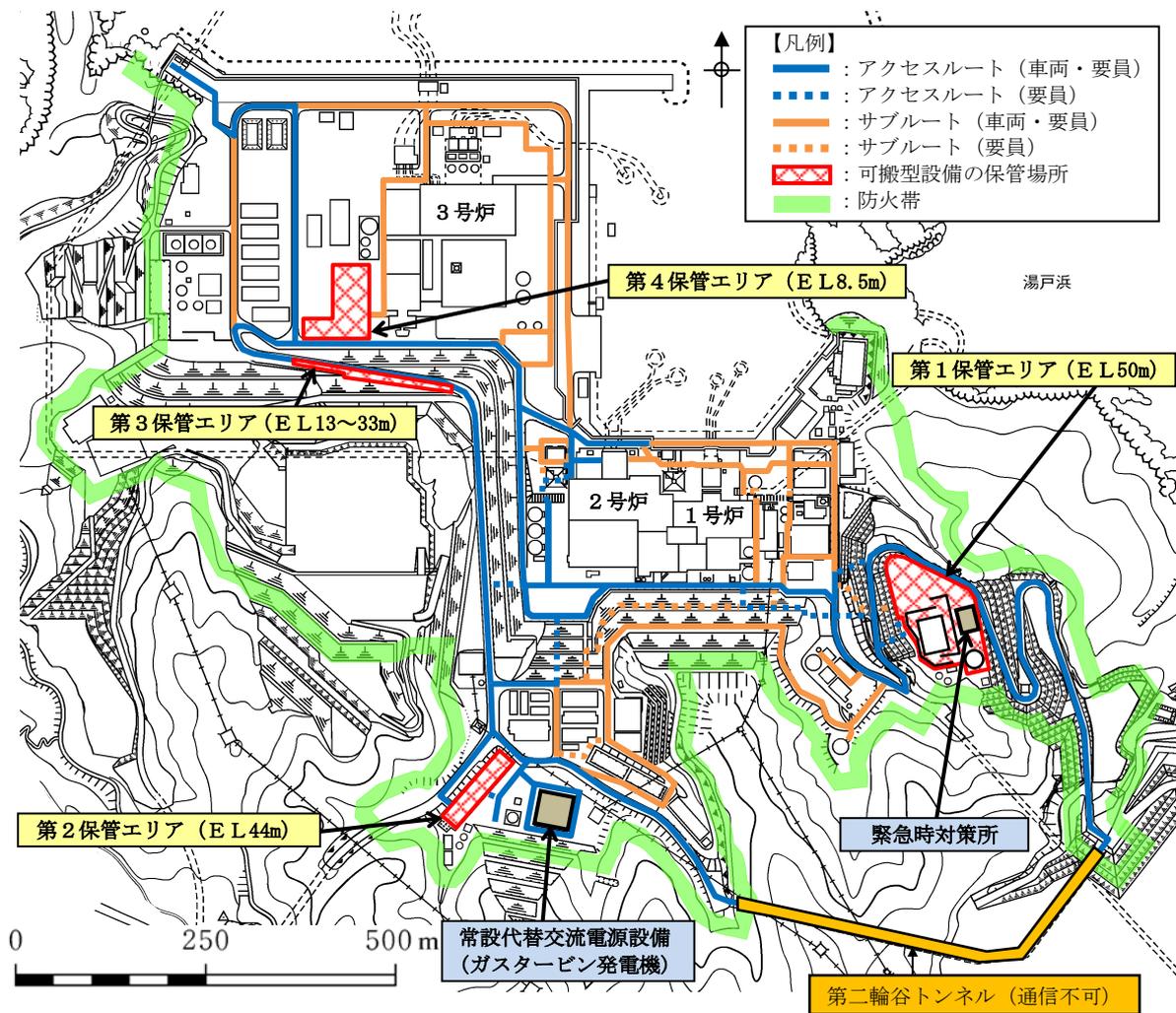
発電所構内における屋外での作業や移動中，及び発電所構外における要員参集の途中において，通信機器が確実に機能することを以下の方法により確認した。

方法：無線通信設備（携帯型）での通話確認

屋外アクセスルート上の車中，又は，歩行において，緊急時対策所及び中央制御室との通話が可能であることを確認する。

結果：アクセスルート，サブルートからの通信状況は良好であること（一部連絡が取りづらい場所も少しの移動で解消されること）を確認した。

なお，第二輪谷トンネルについては，通信連絡設備が使用できないことから，入域の際と退出の際に緊急時対策本部へ連絡する運用とする。



第1図 無線通信設備（携帯型）における通信状況の確認範囲

## 1～3号炉同時発災時における屋外のアクセスルートへの影響

1～3号炉同時発災時におけるアクセスルートへの影響について、有効性評価で提示したケースをもとに評価を行った。

## 1. 前提条件

## (1) 想定する重大事故等＜有効性評価で説明＞

必要となる対応操作，必要な要員及び資源を評価する際に想定する各号炉の状態を第1表に示す。

東京電力福島第一原子力発電所の事故及び共通要因による複数炉の重大事故等の発生の可能性を考慮し，島根原子力発電所1，2号炉について，全交流動力電源喪失及び燃料プールでのスロッシングの発生を想定する。なお，1号炉の燃料プールにおいて，全保有水喪失を想定した場合は自然対流による空気冷却での使用済燃料の冷却維持が可能と考えられるため<sup>※1</sup>，必要な要員及び資源を検討する本事象では，燃料プールへの注水実施が必要となるスロッシングの発生を想定した。

また，不測の事態を想定し，1号炉において事象発生直後に内部火災が発生していることを想定する。なお，水源評価に際しては1号炉における消火活動による水の消費を考慮する。

なお，島根原子力発電所3号炉については，初装荷燃料装荷前のため，燃料からの崩壊熱除去が不要であり，アクセスルート等への影響評価のみを実施する。

2号炉について，有効性評価の各シナリオのうち，必要な要員及び資源（水源，燃料及び電源）ごとに最も厳しいシナリオを想定する。

2号炉への対応に必要な緊急時対策所における活動，及び重大事故等対策に係る作業，アクセスルートの移動による現場の線量率を評価する際において，1号炉の状態は放射線遮蔽の観点で厳しい1号炉の燃料プールの全保有水喪失を想定する。

※1：技術的能力 添付資料 1.0.16 「重大事故等時における停止号炉の影響について」参照

## (2) 必要となる対応操作及び必要な要員及び資源の整理

「(1) 想定する重大事故等」にて必要となる対応操作，必要な要員，7日間の対応に必要な資源，各作業の所要時間について，第2表及び第1図のとおり整理する。また，各号炉に必要な水量を第3表，1号炉の注水及び給電に用いる設備の台数を第4表に示す。

(3) 想定する高線量場発生

2号炉への対応に必要な緊急時対策所における活動、及び重大事故等対策に係る作業、アクセスルートの移動による現場線量率の概略を第2図～第3図に示す。

2. 1～3号炉同時発災時におけるアクセスルートへの影響について

アクセスルートへの影響については、1号炉の燃料プールで全保有水が喪失した場合の現場線量率をもとに評価した。第2図に、線量率の概略を示す。

(1) 緊急時対策所への参集及び保管場所への移動による影響

緊急時対策所への参集については、管理事務所又は宿泊場所からのアクセスルートにおける徒歩の総移動時間は約10分であり、各エリアでの移動時間及び第2図の現場線量率の関係より移動にかかる被ばく線量は約1.7mSvとなる。

また、緊急時対策所から各保管エリアへの移動等における被ばく線量の一例として、緊急時対策所から第4保管エリア（保守性を考慮し最も移動時間がかかるエリア）への移動を考える。

徒歩での総移動時間は約40分であり、各エリアでの移動時間及び第2図の現場線量率の関係より移動にかかる被ばく線量は約0.45mSvとなる。

なお、線量率の高いエリアは限られることから、これらを極力避けることにより、被ばく線量を抑えることができる。また、徒歩での移動に比べ車両で移動した場合は総移動時間及び被ばく線量はより小さくなる。

よって、高線量場の発生を含め、1号炉に重大事故等が発生した場合であっても、2号炉の重大事故等への対応作業のためのアクセスは可能であり、重大事故等時における活動が可能である。

(2) 2号炉の重大事故等への対応作業への影響

2号炉の重大事故等への対応作業のうち、比較的時間を要する操作として原子炉補機代替冷却系の準備操作（資機材配置及びホース敷設、起動及び系統水張り）を想定しているが、1号炉の燃料プールに近い2号炉での当該操作場所での線量率は、第2図に示す線量率を内挿すると約5mSv/hとなる。

当該操作の想定操作時間は約7時間20分であること、及びこの想定操作時間には当該操作場所への移動時間が含まれていること、あるいは参集要員による操作要員の交代も可能であることから、重大事故等時における活動が可能である。

### 3. 1～3号炉同時発災時におけるアクセスルートの輻輳性について

1～3号炉同時被災時におけるアクセスルートの輻輳性について、徒歩での移動によるアクセスルートの輻輳は考えづらいことから車両移動時の輻輳性について考慮する。

地震による被害想定一覧を第3図に示す。

#### (1) 可搬型設備の移動の特徴

島根原子力発電所の保管場所は、第1, 2, 3及び4保管エリアの4箇所にも可搬型設備が設置されている。このため、可搬型設備はタンクローリを除き、保管場所から設置場所に移動する際の往路のみとなるため、車両の流れは基本的には1方向になることが可搬型設備の移動における特徴である。(第3図)

#### (2) 検討内容

保管場所からの可搬型設備の移動において、第1, 2, 3及び4保管エリアから2号炉の使用場所までのアクセスルートのうち、仮復旧の必要はないが、車両が交互通行となるアクセスルート(幅員7m未満)となる箇所を第4図に示す。

第1, 4保管エリアから2号炉に向かうアクセスルート及び第2, 3保管エリアから作業場所へ向かうアクセスルートの一部で片側通行となるが、タンクローリを除き、可搬型設備は設置場所に移動する際の往路のみとなるため、車両の通行性に影響はない。

なお、1号炉への対処として、燃料プールへの大量送水車による注水(第1図)及びタンクローリによる給油が考えられるが、これらについても、可搬型設備の移動はタンクローリを除き保管場所から当該号炉への1方向となること、また、注水が必要になるタイミングまで十分な時間的余裕があること(第3表)から、アクセスルートの輻輳の要因とはならず、対応作業への影響はないと考える。

また、アクセスルートのうち道幅が狭い箇所(第4図)を各車両が通行する場合は、無線通信設備(携帯型)を使用し相互連絡することにより、交互通行が可能であることから、車両の通行性に影響はない。

### 4. 評価結果

上記2～3.の評価及び対策により、1～3号炉が同時に発災しても、2号炉重大事故等の対応については影響を与えないことを確認した。

第 1 表 想定する各号炉の状態

項目	2号炉	1号炉
要員	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全交流動力電源喪失</li> <li>・燃料プールでのスロッシング発生</li> <li>・「3.1.3 霧囲気圧力・温度による静的負荷（格納容器過圧・過温破損）残留熱代替除去系を使用しない場合」</li> <li>・「4.2 想定事故 2」※<sup>1</sup></li> </ul>	
水源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全交流動力電源喪失</li> <li>・燃料プールでのスロッシング発生</li> <li>・「2.1 高圧・低圧注水機能喪失」, 「2.4.2 崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系が故障した場合）」</li> <li>・「4.2 想定事故 2」※<sup>1</sup></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全交流動力電源喪失※<sup>2</sup></li> <li>・燃料プールでのスロッシング発生</li> <li>・内部火災※<sup>3</sup></li> </ul>
燃料	<ul style="list-style-type: none"> <li>・外部電源喪失</li> <li>・燃料プールでのスロッシング発生</li> <li>・「2.1 高圧・低圧注水機能喪失」, 「2.4.2 崩壊熱除去機能喪失（残留熱除去系が故障した場合）」, 「2.6 LOC A時注水機能喪失」</li> <li>・「4.2 想定事故 2」※<sup>1</sup></li> </ul>	
電源	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全交流動力電源喪失</li> <li>・燃料プールでのスロッシング発生</li> <li>・「2.3.1 全交流動力電源喪失（長期TB）」</li> <li>・「4.2 想定事故 2」※<sup>1</sup></li> </ul>	

※<sup>1</sup>：サイフォン現象による漏えいは、サイフォンブレイク配管により停止される。

したがって、この漏えいによる影響はスロッシングによる溢水に包絡されるため、燃料プールからの漏えいは、スロッシングによる漏えいを想定する。

※<sup>2</sup>：燃料については高圧発電機車の運転継続を想定する。

※<sup>3</sup>：2号炉は火災防護措置が強化されることから、1号炉での内部火災を想定する。

第2表 同時被災時の1, 2号炉の燃料プールの対応操作, 必要な要員及び資源

必要となる対応操作	対応操作概要	対応要員	必要な資源
<p>内部火災に対する消火活動</p>	<p>建物内の火災を想定し, 当該火災に対する現場確認・消火活動を実施する。</p>	<p>自衛消防隊</p>	<p>○水源 32m<sup>3</sup> ○燃料 化学消防自動車: 約5m<sup>3</sup> (0.0275 m<sup>3</sup>/h × 24h × 7日 × 1台) 小型動力ポンプ付水槽車: 約5m<sup>3</sup> (0.025 m<sup>3</sup>/h × 24h × 7日 × 1台)</p>
<p>各注水系による燃料プールへの注水 (復水輸送系, 燃料プール補給水系, 消火系, 大量送水車による燃料プールへの給水, 2号炉は有効性評価のシナリオを想定)</p>	<p>各注水系による燃料プール及び格納容器への給水を行い, 燃料プールからの崩壊熱の継続的な除去を行う。</p>	<p>運転員, 緊急時対策要員, 8時間以降を目安に発電所外から参集する要員</p>	<p>○水源 (詳細は第3表参照) ・ 1号炉: 180m<sup>3</sup> ・ 2号炉: 4,174m<sup>3</sup>** ※2号炉については有効性評価「2.1 高圧・低圧注水機能喪失」, 「2.4.2 崩壊熱除去機能喪失 (残留熱除去系が故障した場合)」で想定している水源 (3,600m<sup>3</sup>)も含む ○燃料 ・ 1号炉 大量送水車: 約12m<sup>3</sup> (0.0677m<sup>3</sup>/h × 24h × 7日 × 1台) ・ 2号炉 大量送水車: 約12m<sup>3</sup> (0.0677m<sup>3</sup>/h × 24h × 7日 × 1台)</p>
<p>高圧発電機車による給電, 受電</p>	<p>高圧発電機車による給電, 受電操作を実施する。</p>	<p>運転員, 緊急時対策要員, 8時間以降を目安に発電所外から参集する要員</p>	<p>○燃料 高圧発電機車: 約19m<sup>3</sup> (0.11m<sup>3</sup>/h × 24h × 7日 × 1台)</p>
<p>燃料給油作業</p>	<p>大量送水車及び高圧発電機車に給油を行う。</p>	<p>緊急時対策要員</p>	<p>—</p>

第3表 1, 2号炉の必要な水量

	1号炉		2号炉	
	廃止措置中 <sup>※1</sup>		運転中 <sup>※1</sup>	
	炉	燃料プール	炉	燃料プール
炉心燃料	全燃料取り出し		装荷済	
原子炉開放状態	開放（プールゲート閉）		未開放（プールゲート閉）	
水位	—	NWL	重要事故シ ケンス（2.1 高圧・低圧注 水機能喪失, 2.4.2 崩壊 熱除去機能喪 失（残留熱除 去系が故障し た場合））に よる	NWL
想定するプラントの状態		スロッシング による漏えい +全交流動力 電源喪失		スロッシングに よる漏えい +全交流動力電 源喪失
スロッシング 溢水量 <sup>※2</sup> (m <sup>3</sup> )		180		180
65℃到達までの 時間 (hr)		111		17.94
100℃到達までの 時間 (hr)		266.4		43.07
必要な注水量① <sup>※3</sup> (m <sup>3</sup> )		—		394
事象発生からTAF到達まで の時間 (hr)		1,579		306.03
通常水位（オーバーフロー 水位）から必要な遮蔽水位 <sup>※4</sup> までの水位差 (m)		5.6		2.6
必要な注水量② <sup>※3</sup> (m <sup>3</sup> )		180		574

※1：廃止措置中の1号炉は平成27年4月時点での崩壊熱により算出。2号炉はプラント停止50日後の崩壊熱により算出。

※2：1号炉の溢水量は、2号炉の評価結果に基づきスロッシングによる溢水量を設定。（1号炉の燃料プールは2号炉に比べて保有水量や表面積が小さいため溢水量は少なくなると考えられる）

※3：「必要な注水量①」：蒸発による水位低下防止に必要な注水量。「必要な注水量②」：通常水位までの回復及びその後7日間通常水位を維持するために必要な注水量。

※4：2号炉原子炉建物原子炉棟4階（燃料取替階）での現場の線量率が10mSv/h以下となる水位。（遮蔽水位の計算に用いた1号炉の線源の強度は保守的に設定（実際の保管体数798体に対して1,539体保管している前提で評価））

第4表 1号炉の注水及び給電に用いる設備の台数

記載は設置台数であり、( )内はその系統のみで注水するのに必要な台数

	1号炉	共通	備考
注水設備	復水輸送系	—	全交流動力電源喪失時は高圧発電機車による給電を実施すること で使用可能
	補給水系	—	全交流動力電源喪失時は高圧発電機車による給電を実施すること で使用可能
	消火系	—	全交流動力電源喪失時は高圧発電機車による給電を実施すること で使用可能
給電設備	大量送水車	必要な台数に対して十分な台数を保有(1)	十分時間余裕があるため、1台を用いて、必要な箇所に順次注水を実施していくことが可能
	高圧発電機車	必要な台数に対して十分な台数を保有(1)	十分時間余裕があるため、1台を用いて、必要な箇所に順次給電を実施していくことが可能

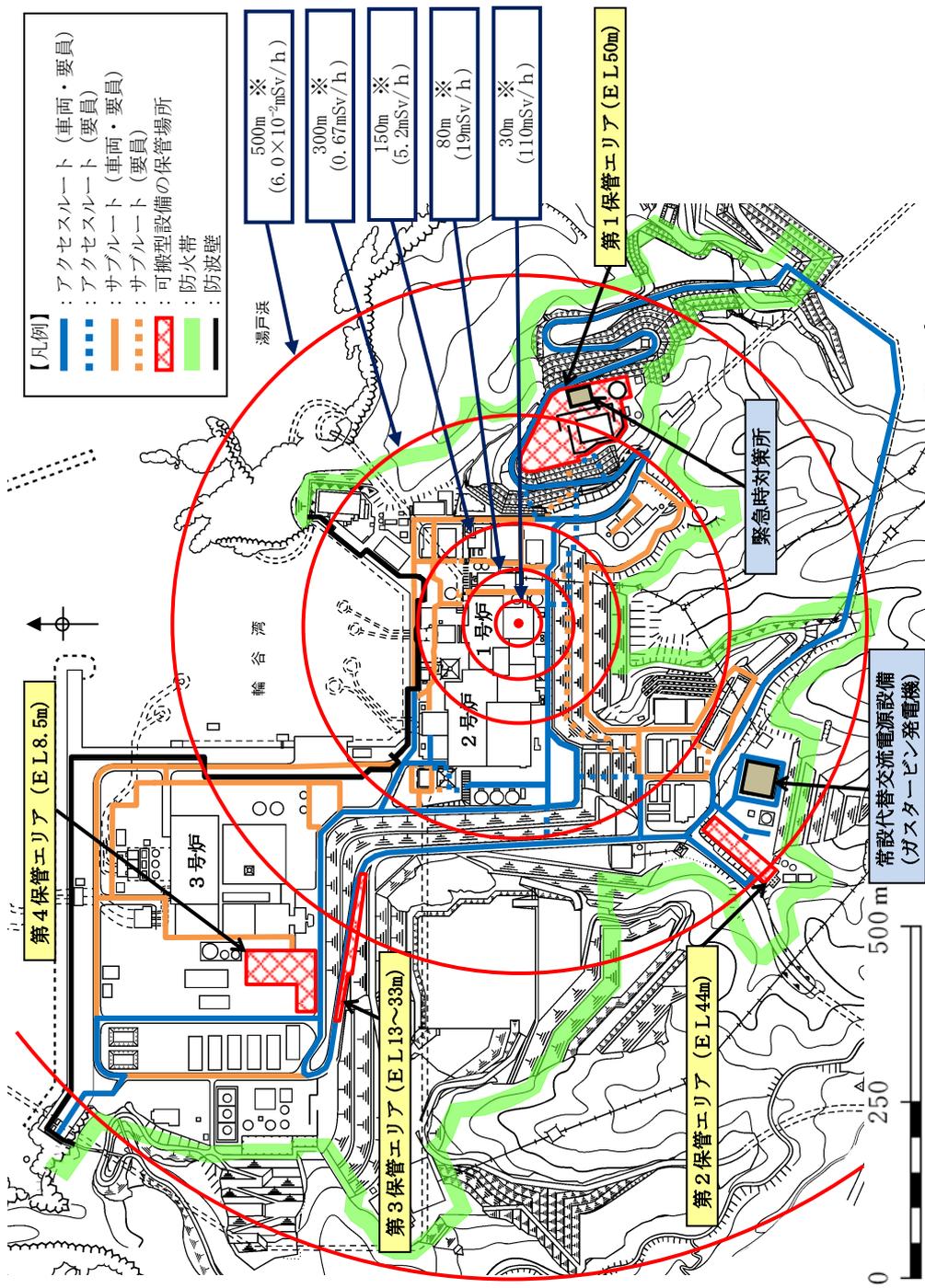
炉号	実施箇所・必要人員数				構作項目	経過時間(時間)														備考
	運転員 (中央制御室) ※	運転員 (現場)	緊急時対応員 (現場)	自衛消防隊		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
1号炉 〔全交連動力電源喪失及び燃料プールのスロッシング並びに火災発生〕を想定	1人	—	—	—	▽ 事象発生	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	1人 A	—	—	—	▽ 事象発生	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	(1人) A	—	—	—	構作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	(1人) A	—	—	—	構作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
	—	1人	—	—	構作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
共通	—	—	—	—	構作項目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	

○ 内の数字は他の作業終了後、移動して対応する人員数

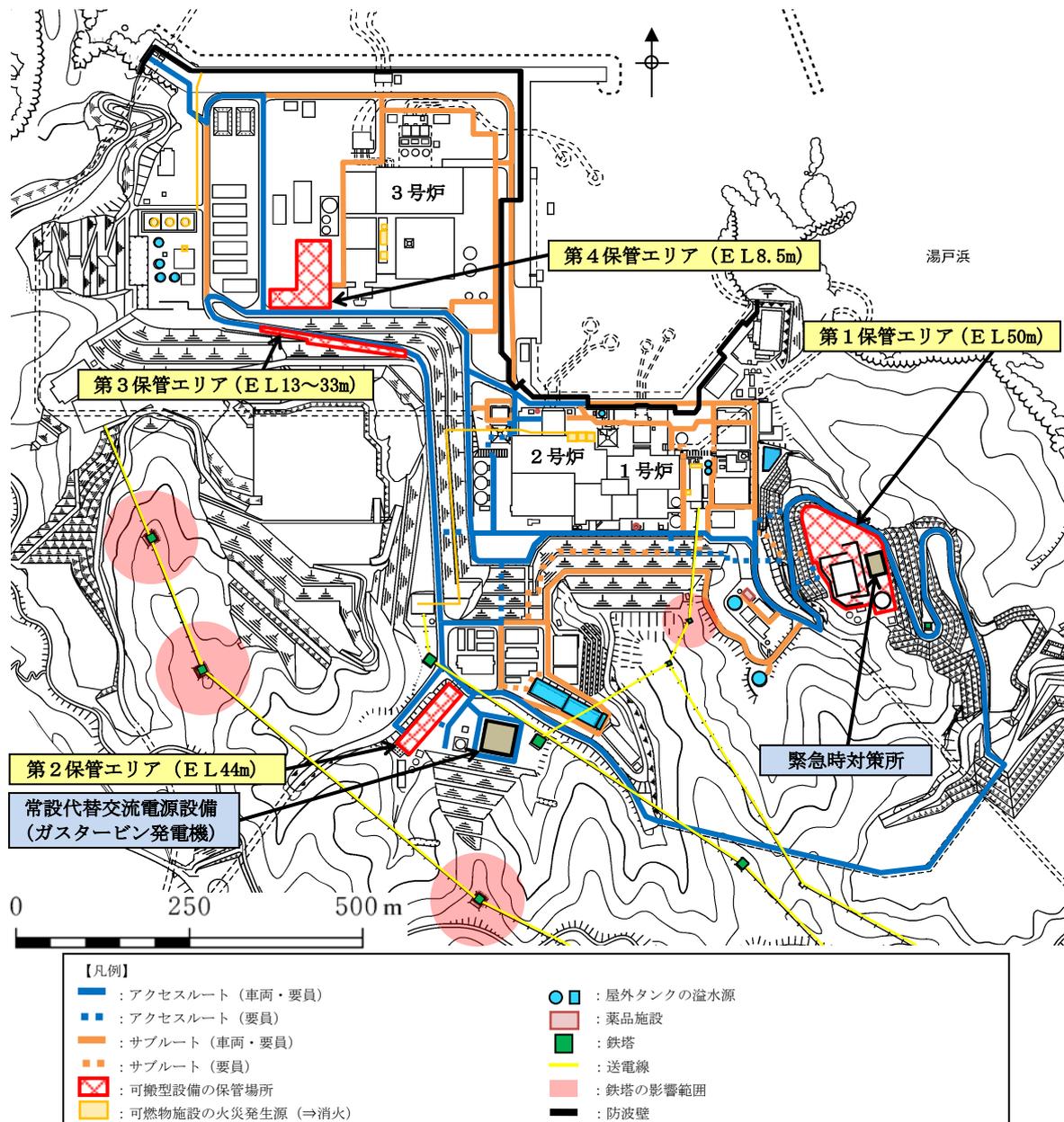
※：当直長含む人数

なお、2号炉において原子炉運転中を想定した場合、原子炉側と燃料プール側との重大事故等対応の重畳も考えられるが、運転中に燃料プール貯蔵されている燃料の崩壊熱が低いことから(第3表参照)、原子炉側の事故対応が収束に向かっている状態での対応となり、緊急時対策要員や参集要員により対応可能である。またプラント状態の監視においても、原子炉側で期待している運転員が併せて燃料プール側を監視できるため、現在の要員での対応が可能である。

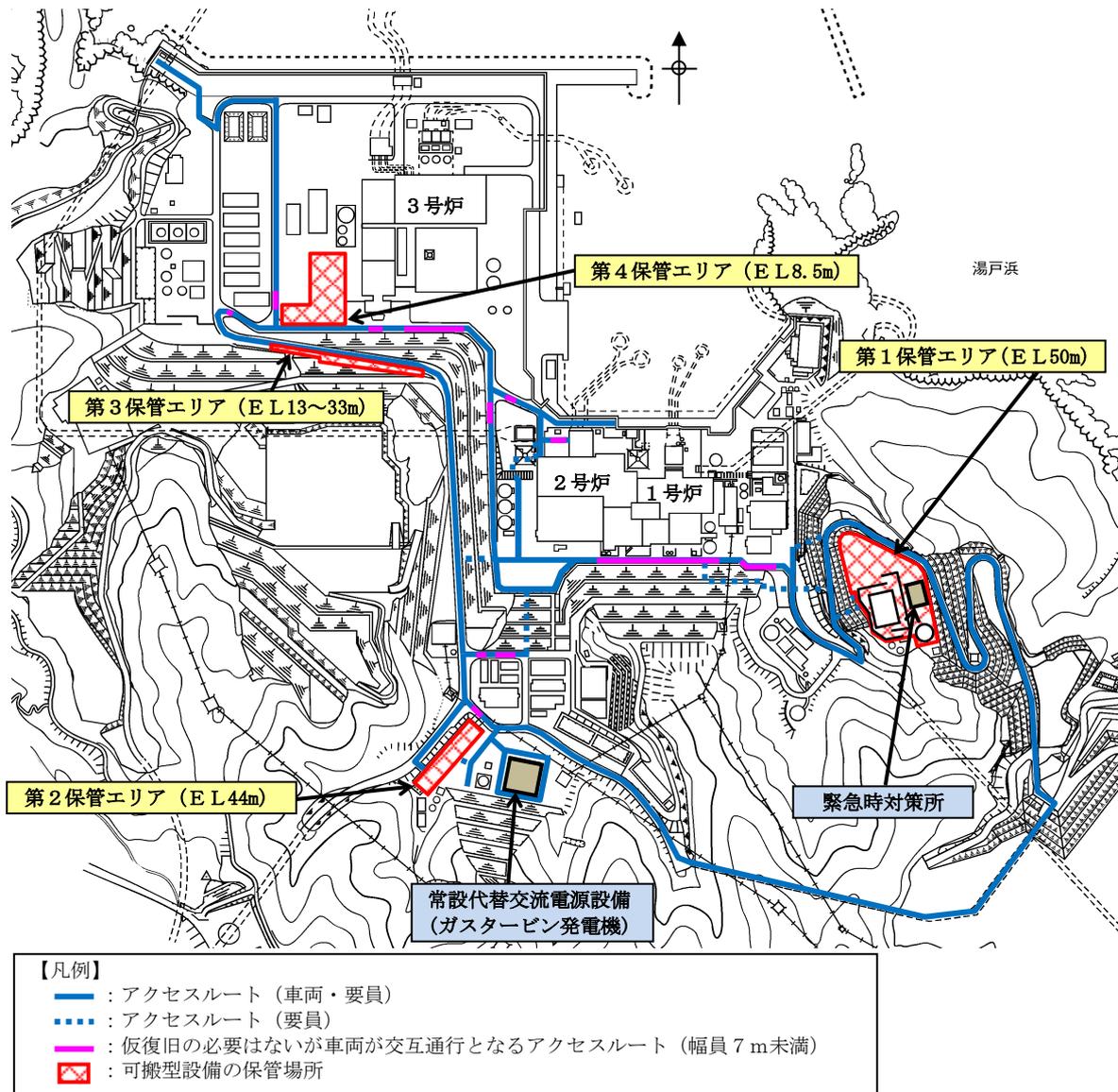
第1図 1号炉における各作業と所要時間



第2図 線量率の概略分布 (1号炉での高線量場発生)



第3図 アクセスルートにおける地震後の被害想定 (一覧)



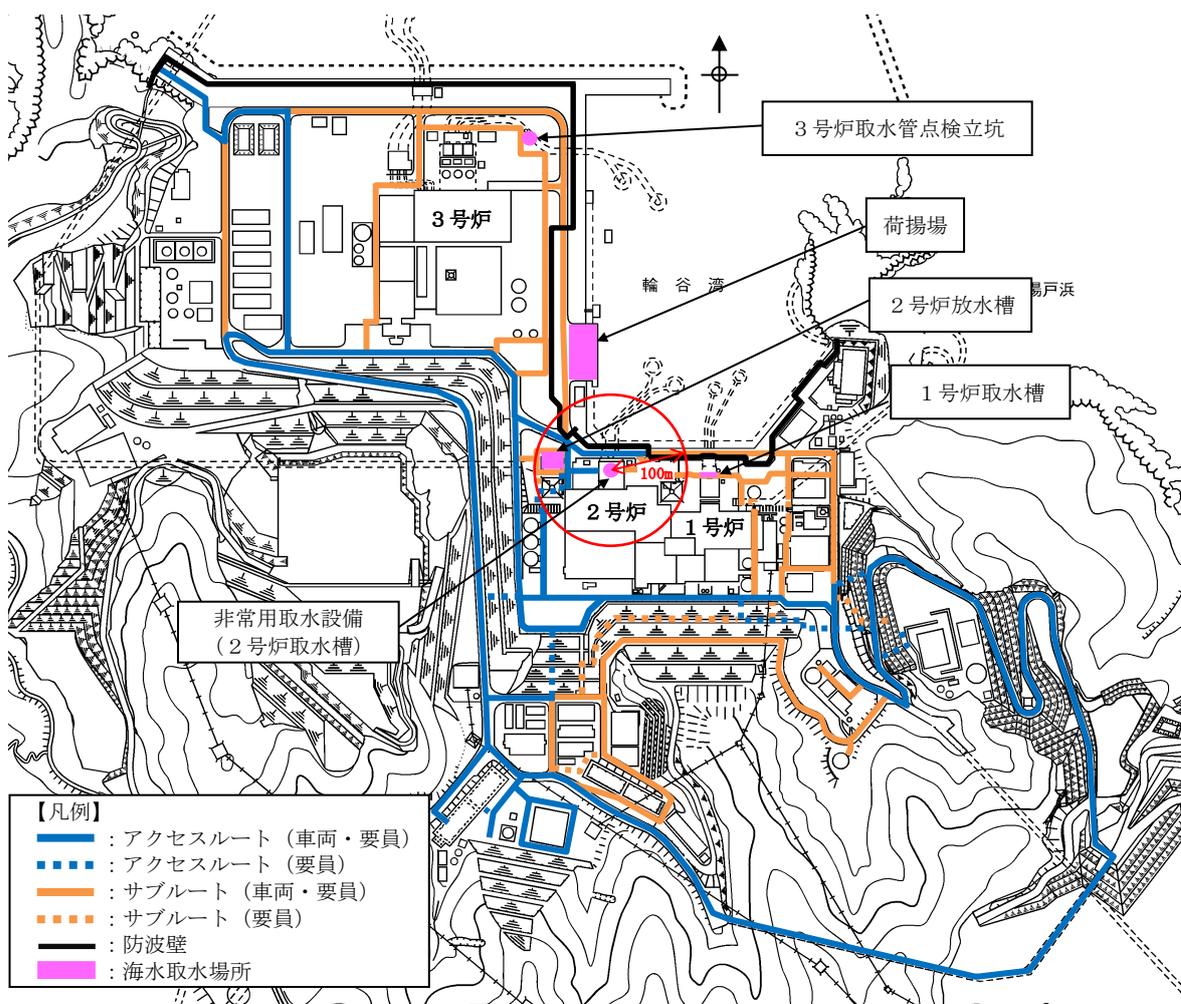
第4図 アクセスルートのうち道幅が狭い箇所

海水取水場所での取水ができない場合の代替手段について

海水取水については、E L8.5m に位置する海水取水場所（非常用取水設備（2号炉取水槽））から取水することとしているが、2号炉の北側（海側）で海水取水ができない場合を想定し検討を行った。

海水取水の成立性について、大型航空機落下の影響を受けた場合を想定した原子炉補機代替冷却系の設置及び使用の成立性について、大型航空機が非常用取水設備（2号炉取水槽）へ落下すると仮定し評価を行った。（第1図）

評価の結果、非常用取水設備及び2号炉放水槽以外の海水取水場所（1号炉取水槽、荷揚場、3号炉取水管点検立坑）は健全であるため、当該箇所から取水する。万一すべての取水場所が使用不可の場合は、格納容器フィルタベント系による原子炉格納容器内の除熱を行う。燃料プールについては燃料損傷までの時間余裕があることから、燃料プルスプレイ系等による注水に切り替える。



第1図 海水取水場所と原子炉建物の配置図

## 防波壁通路防波扉の運用について

防波壁通路防波扉（以下「防波扉」という。）の配置図及び外観を第1図に示す。

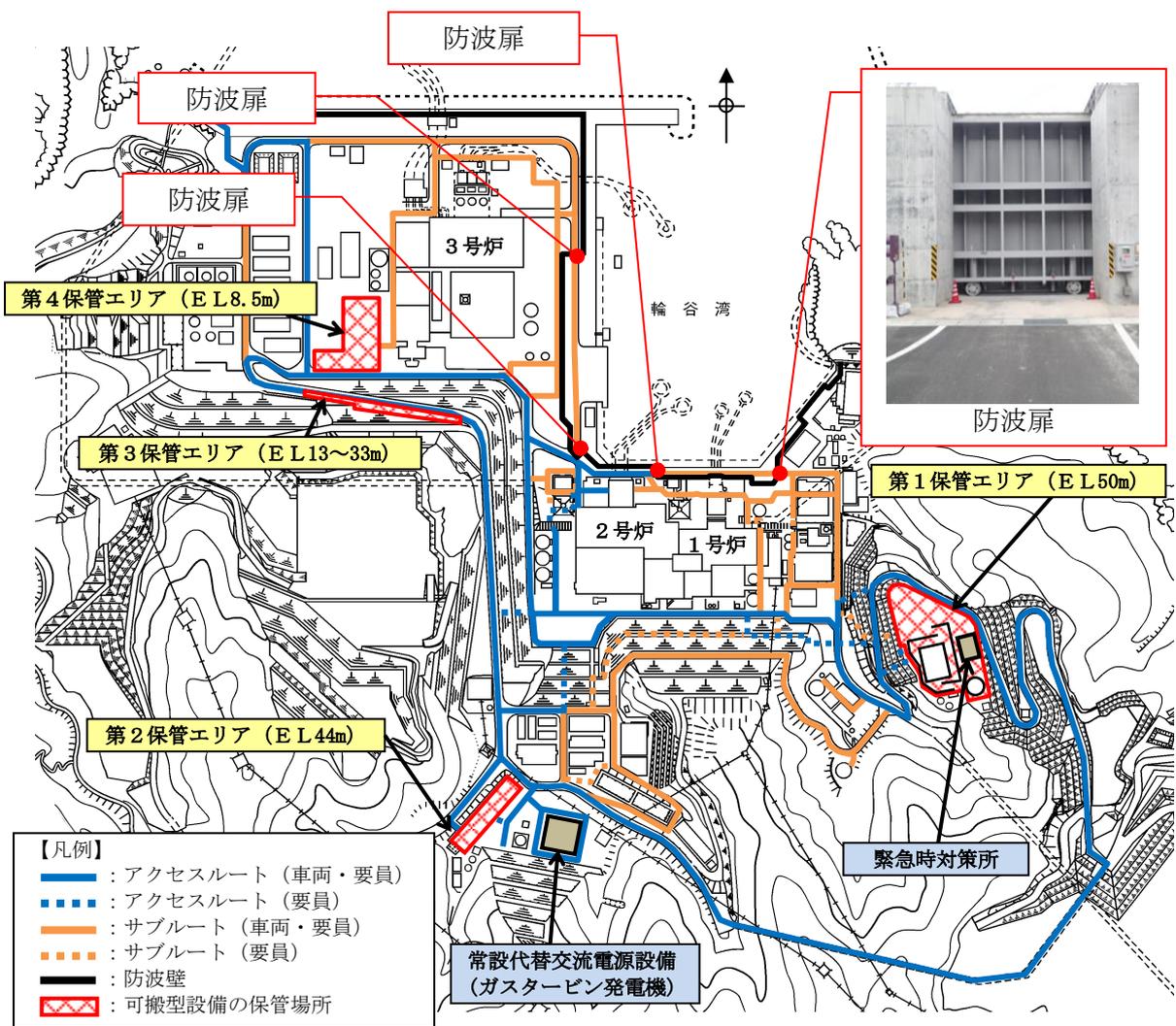
防波扉は、耐震Sクラス設備及び人力による開閉<sup>※1</sup>が可能な設計とする。また、発電機<sup>※2</sup>又は常用電源による開閉も可能な設計とする。

防波扉の運用については、通常時閉運用とし、現場での注意表示及び各種手順書にて明記する。

監視設備として、扉設置場所、中央制御室に警報ブザーを設置し、閉め忘れを防止する。

また、津波注意報、津波警報又は大津波警報発令時には速やかに閉止できる人員を確保すること、当直長からのページング放送等により直ちに閉止することを条件に開放を可とする運用とする。

- ※1：電源喪失時においても、第2図に示す手動ウインチ<sup>※3</sup>又は手動ハンドル<sup>※4</sup>を用いた操作により確実に閉止可能な設計とする。
- ※2：防波扉開閉用の小型発電機。
- ※3：電動操作機と扉を開閉させるための減速機の連結を切り離すことにより、電源喪失時においても、手動による開閉操作が可能。
- ※4：電動操作機と連結する手動ハンドルを操作することで、電源喪失時においても、手動による開閉操作が可能。



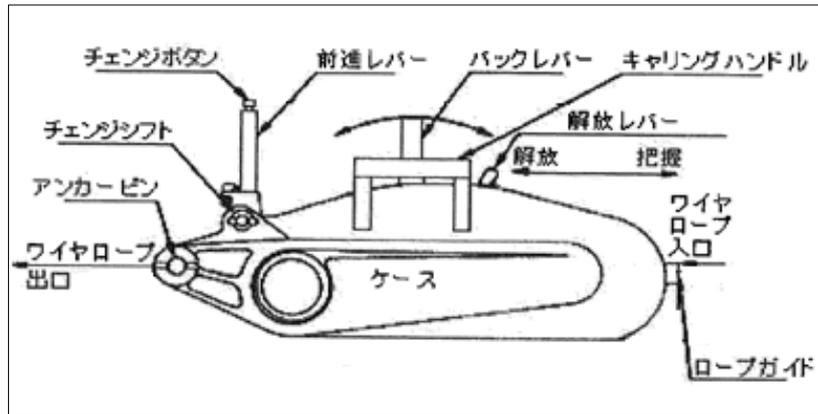
第1図 防波扉配置図及び外観



手動ウインチ操作状況



手動ウインチ 外観写真

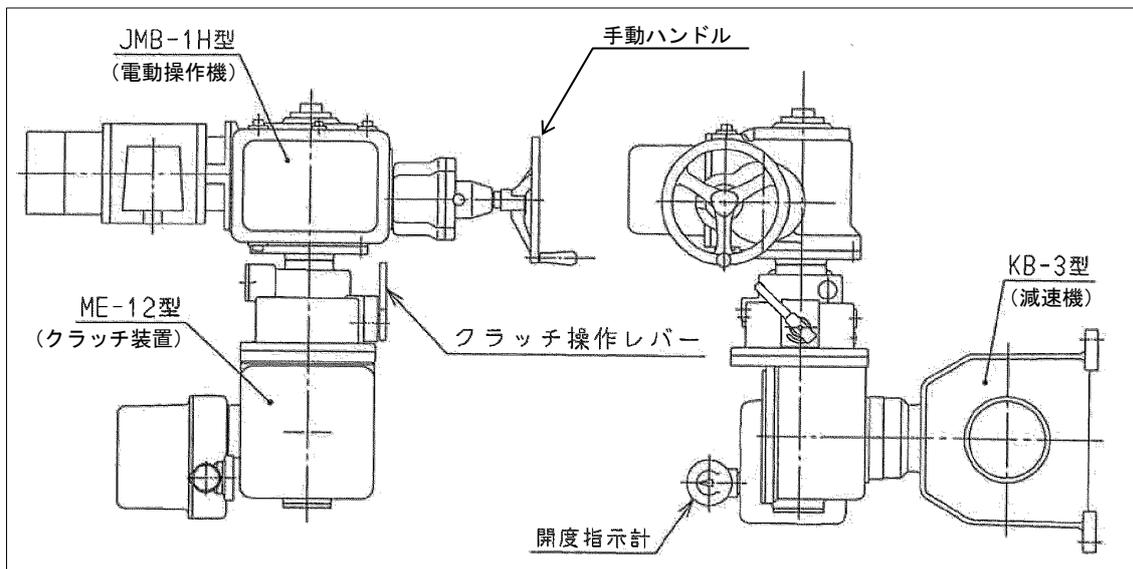


手動ウインチ構造図

第2図 手動ウインチ及び手動ハンドルを用いた操作状況及び構造図  
(例：1，2号炉北側防波扉) (1/2)



手動ハンドル操作状況



開閉装置（電動操作機，クラッチ装置，手動ハンドル，減速機）構造図

第2図 手動ウインチ及び手動ハンドルを用いた操作状況及び構造図  
 (例：1，2号炉北側防波扉) (2/2)

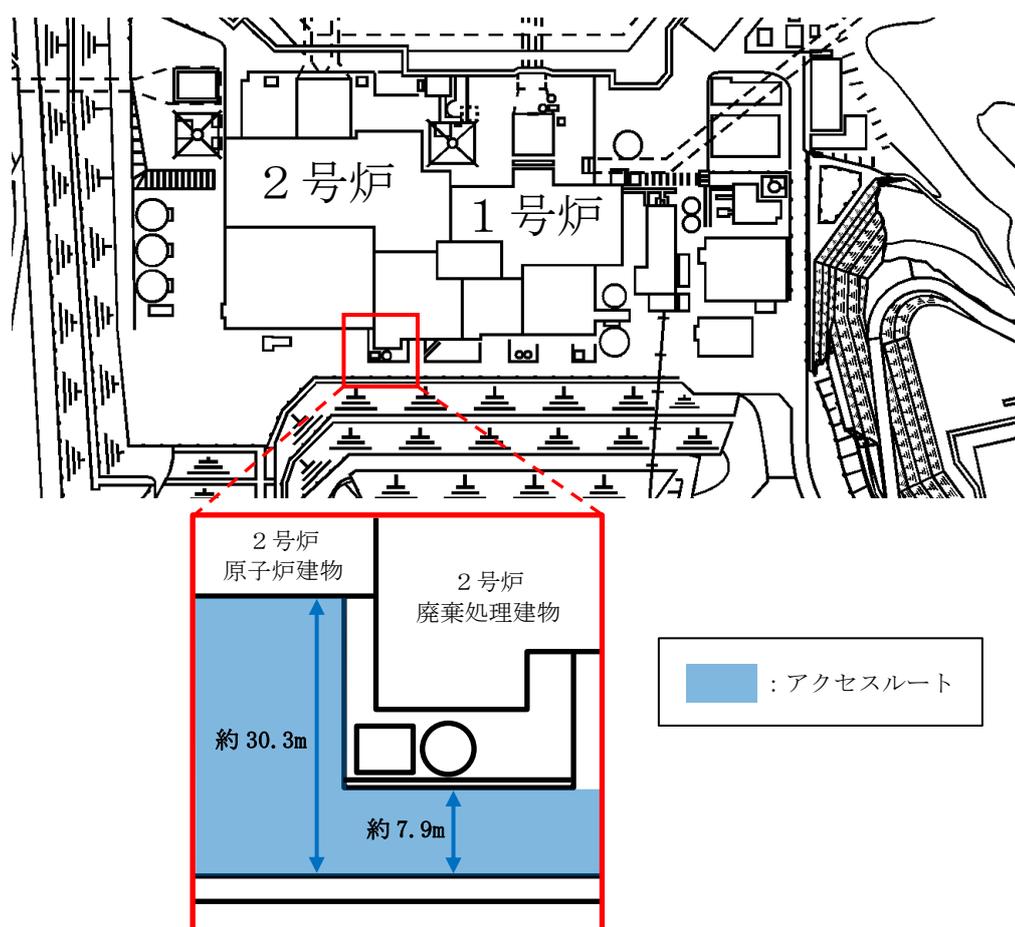
## 2号炉原子炉建物南側屋外のアクセスルートについて

2号炉原子炉建物南側の最小の道路幅は「約 7.9m」、2号炉原子炉建物と南側に位置する斜面との距離は「約 30.3m」であり、通常時においては可搬型設備（車両）のすれ違いを考慮しても、十分な道路幅を確保している。

なお、工事等において資機材（クレーン、トラック等）を配置する場合においても、アクセスルートに必要な通行幅 3.0m<sup>\*</sup>以上を確保する。

また、アクセスルートのうち道幅が狭い箇所を車両が通行する場合は、無線通信設備（携帯型）を使用し相互連絡することにより、交互通行が可能であることから、車両の通行性に影響はない。

※可搬型設備のうち最大幅の大型送水ポンプ車の車両幅（約 2.5m）及び使用ホース中最大サイズの 300A ホース 1 本敷設の幅（約 0.4m）を考慮し設定。なお、その他のサイズのホース使用時も 1 本敷設で使用する。



第 1 図 2号炉原子炉建物南側における道路幅及び斜面との距離

大量送水車等使用時におけるホースの配備長さ並びにホースコンテナ及び  
ホース展張車の配備イメージについて

島根原子力発電所における大量送水車及び大型送水ポンプ車とともに使用するホースの配備長さ、ホースコンテナ、ホース展張車等の配備イメージについて、以下に示す。

1. ホースの配備長さ

ホースの配備長さは、以下の考え方で設定した。

- ①用途ごとに算出したホース敷設距離（自主設備の使用を含む。）をもとに、敷設数及び同時使用を考慮して必要長さを設定
- ②ホースコンテナ及びホース展張車に搭載可能なホース長さをもとに、ホース必要長さを満足するコンテナ数及びホース展張車台数を設定
- ③ホースコンテナ数及びホース展張車台数とホースコンテナ及びホース展張車に搭載可能なホース長さからホースの配備長さを設定

ホース展張車数は用途ごとの同時使用を考慮して設定した。

用途ごとのホース配備長さ、ホース展張車配備数を第1表に示す。また、用途ごとのホース敷設ルートを第1図～第7図に、用途ごとのホース必要長さを第2表～第8表に示す。

2. ホースコンテナ及び展張車の配備イメージ

ホースコンテナ及び展張車の配備イメージについて、第9表に示す。

第1表 用途ごとのホース配備長さ及びホース展張車配備数(1/2)

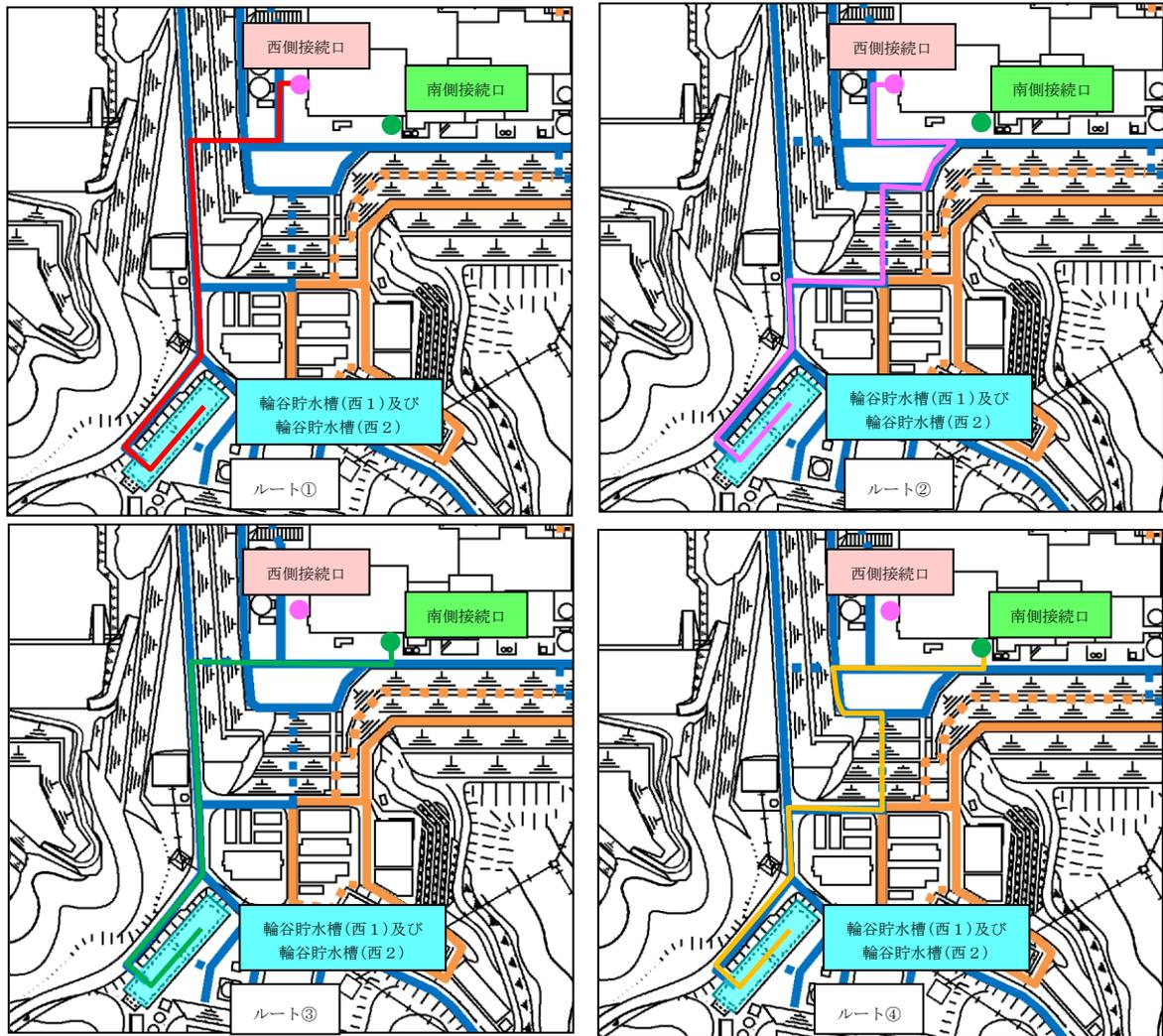
用途	必要長さ	配備するホース 展張車数※	補足
輪谷貯水槽(西1/西2)を水源とした低圧代替注水作業及び補給作業			
低圧代替注水(淡水・海水)	766 m (第1図 ルート②,④)		
水源補給(淡水・海水)	2,010m (第3図 ルート⑥)	2,776m	
低圧原子炉代替注水槽への水源補給作業			
水源補給(淡水・海水)	1,728m (第4図 ルート⑨)	中型ホース展張車(150A) 950m 【ホース(150A)750m,ホース (100A)200m積載可】 1台	<ul style="list-style-type: none"> <li>低圧代替注水と水源補給は、同時敷設となるため、合算する。</li> <li>左記の4ケースは同時に行われる作業ではなく、それぞれ状況に応じて対応が選択されるものであるため、配備するホースは2,776mと設定する。</li> </ul>
復水貯蔵タンクへの水源補給作業		大型ホース展張車(150A) 1,050m 【ホース(150A)1,050m積載可】 2台	
水源補給(淡水・海水)	1,760m (第5図 ルート⑧)		
海を水源とした低圧代替注水作業			
低圧代替注水(海水)	1,781m (第2図 ルート⑥)		

※：1セット分の配備数

第1表 用途ごとのホース配備長さ及びホース展張車配備数(2/2)

用途	必要長さ	配備するコンテナ数※	配備するホース展張車数※	補足
放射性物質拡散抑制	755m (第6図 ルート①)	コンテナ1基 (820m/1基)	大型ホース展張車 (300A) 1台	•航空機燃料火災消火も同様の ルートを使用
最終ヒーティング (海) への代替熱輸送	1,575m (第7図 ルート⑤)	コンテナ2基 (820m/1基)	大型ホース展張車 (300A) 1台	—
初期対応における 延焼防止措置	1,084m	1,100m	1台	•使用するホースは初期消火に 使用する化学消防自動車, 小 型動力ポンプ付水槽車及び 泡消火薬剤運搬車に車載し 運搬する

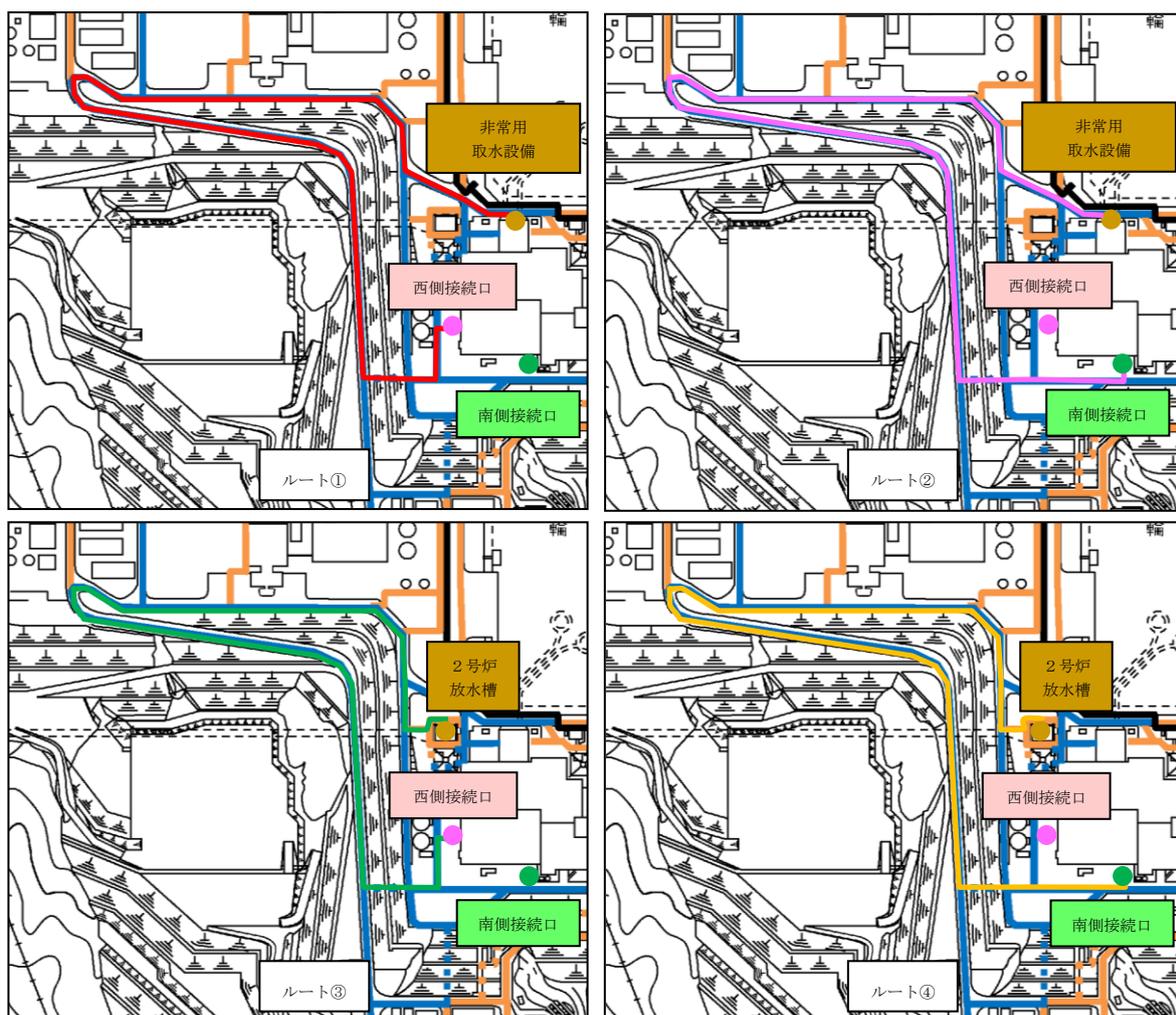
※: 1セット分の配備数



第1図 ホース敷設ルート  
 (輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)を水源とした低圧代替注水)

第2表 ホース敷設距離  
 (輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)を水源とした低圧代替注水)

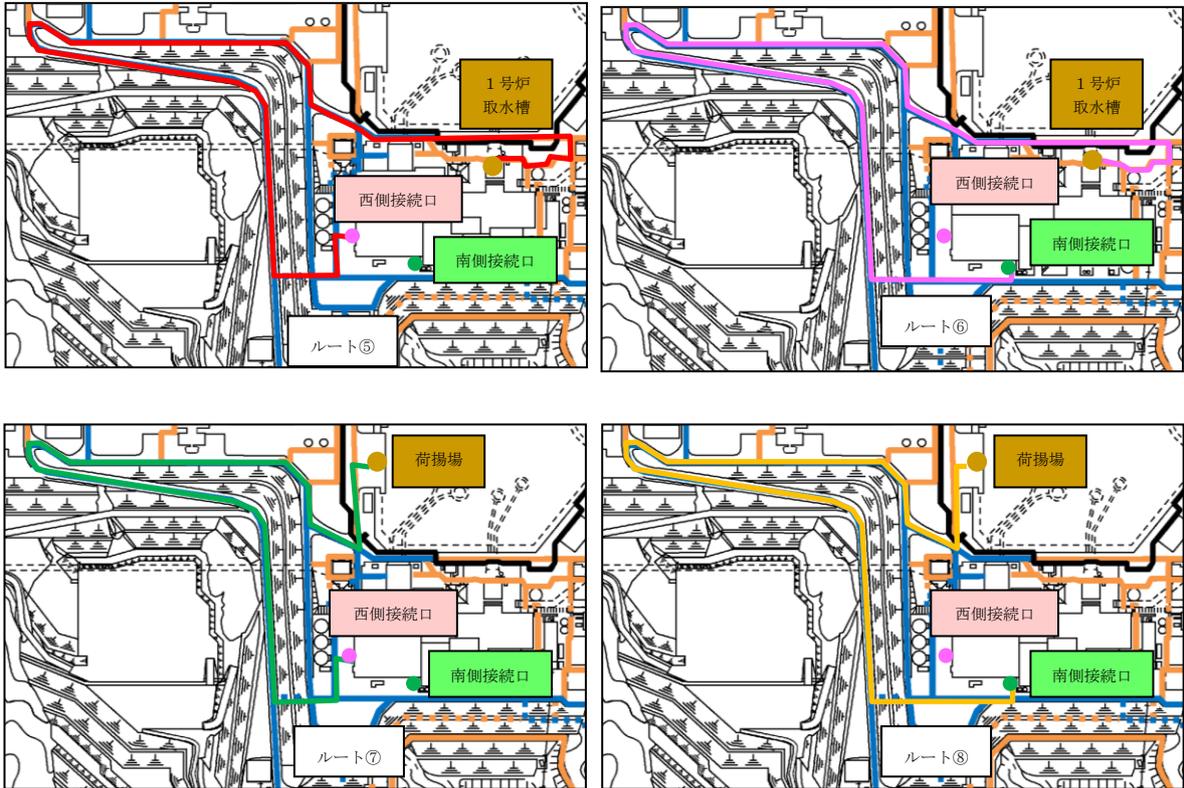
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	輪谷貯水槽(西1)及び 輪谷貯水槽(西2)	西側接続口	602m	626m
—	ルート②		西側接続口	702m	766m
—	ルート③		南側接続口	649m	676m
—	ルート④		南側接続口	726m	766m



第2図 ホース敷設ルート（海を水源とした低圧代替注水）（1／3）

第3表 ホース敷設距離（海を水源とした低圧代替注水）（1／3）

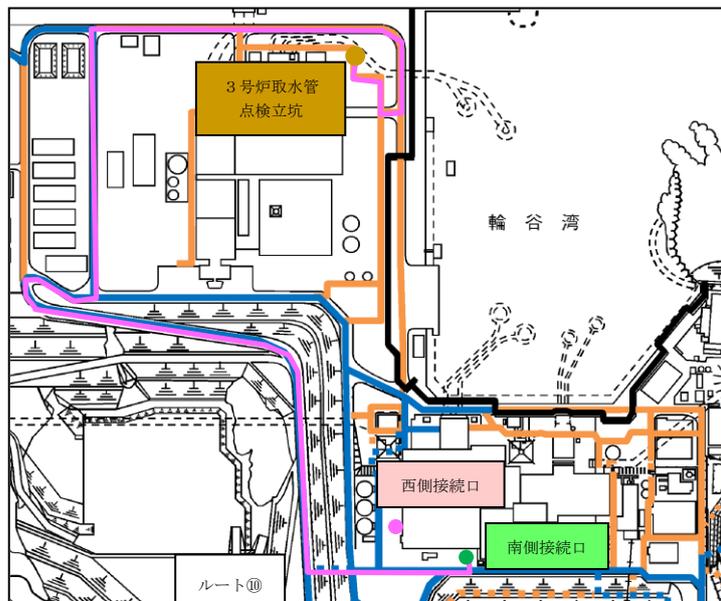
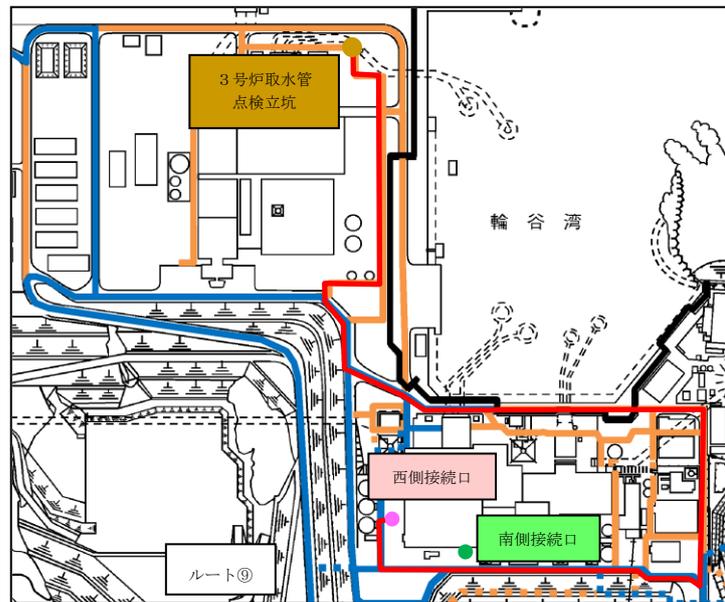
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	非常用 取水設備	西側接続口	1,322m	1,331m
—	ルート②		南側接続口	1,370m	1,381m
—	ルート③	2号炉放水槽	西側接続口	1,307m	1,331m
—	ルート④		南側接続口	1,354m	1,381m



第2図 ホース敷設ルート（海を水源とした低圧代替注水）（2 / 3）

第3表 ホース敷設距離（海を水源とした低圧代替注水）（2 / 3）

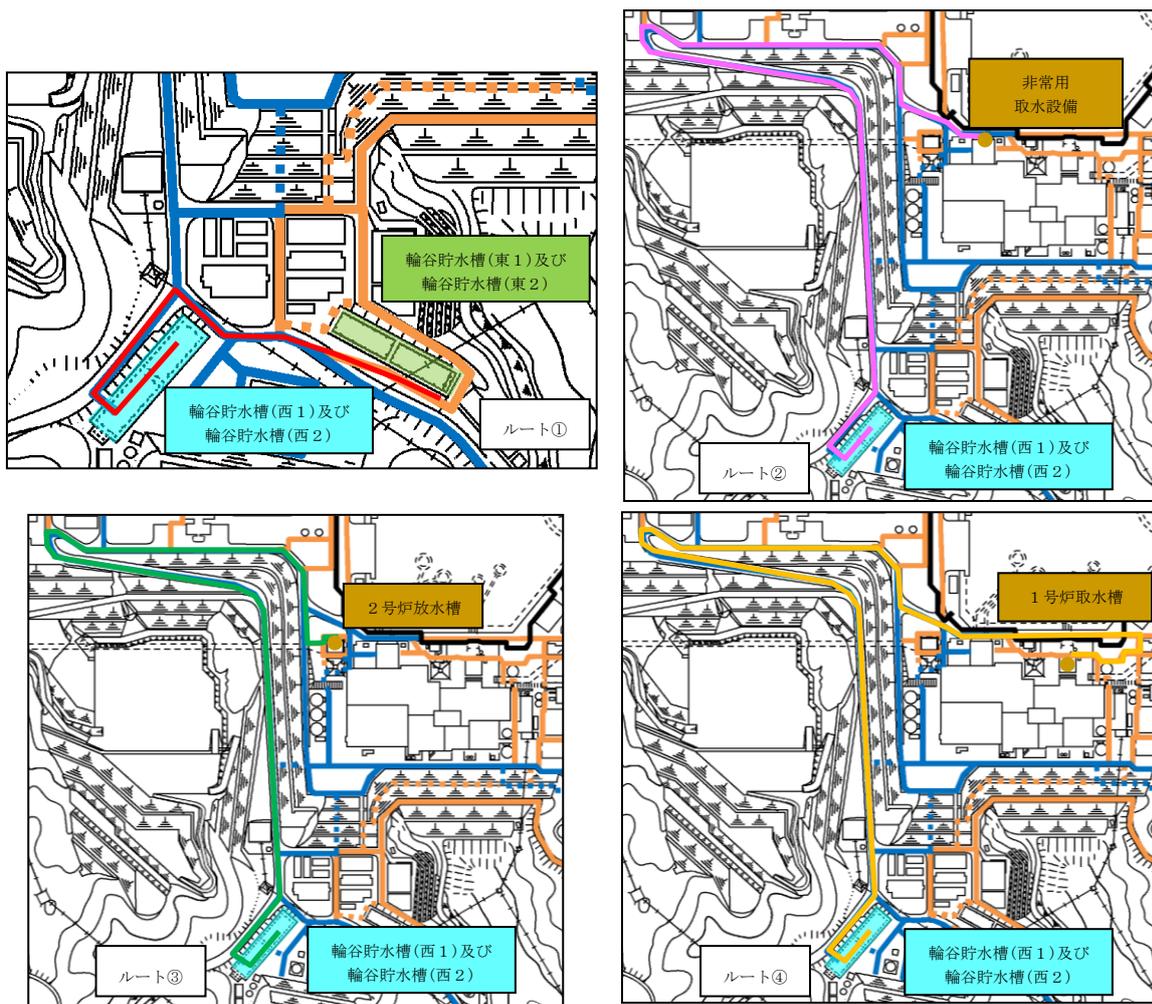
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑤	1号炉取水槽	西側接続口	1,687m	1,731m
—	ルート⑥		南側接続口	1,735m	1,781m
—	ルート⑦	荷揚場	西側接続口	1,405m	1,431m
—	ルート⑧		南側接続口	1,452m	1,481m



第2図 ホース敷設ルート（海を水源とした低圧代替注水）（3 / 3）

第3表 ホース敷設距離（海を水源とした低圧代替注水）（3 / 3）

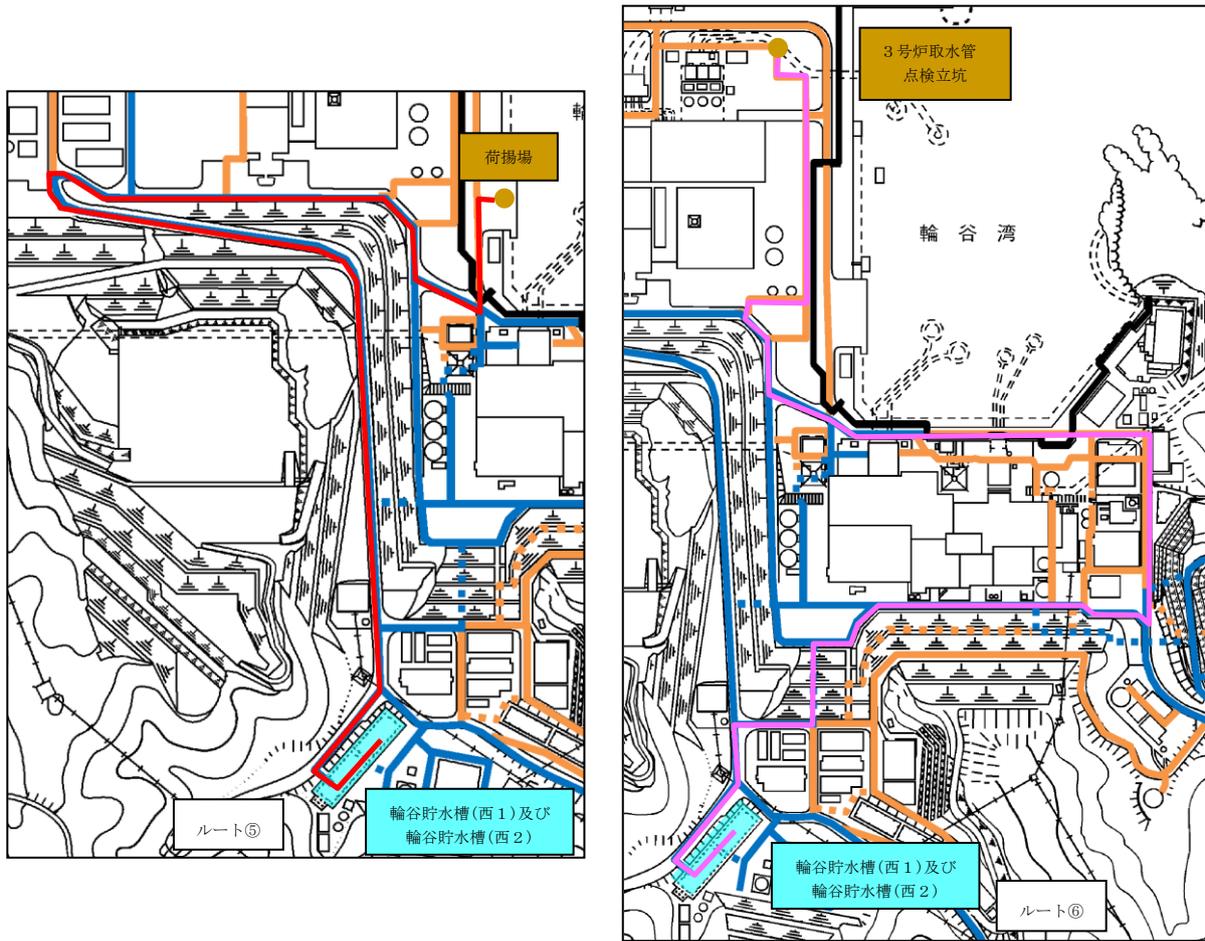
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑨	3号炉取水管 点検立坑	西側接続口	1,550m	1,567m
—	ルート⑩		南側接続口	1,694m	1,728m



第3図 ホース敷設ルート  
 (輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)への補給)(1/2)

第4表 ホース敷設距離  
 (輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)への補給)(1/2)

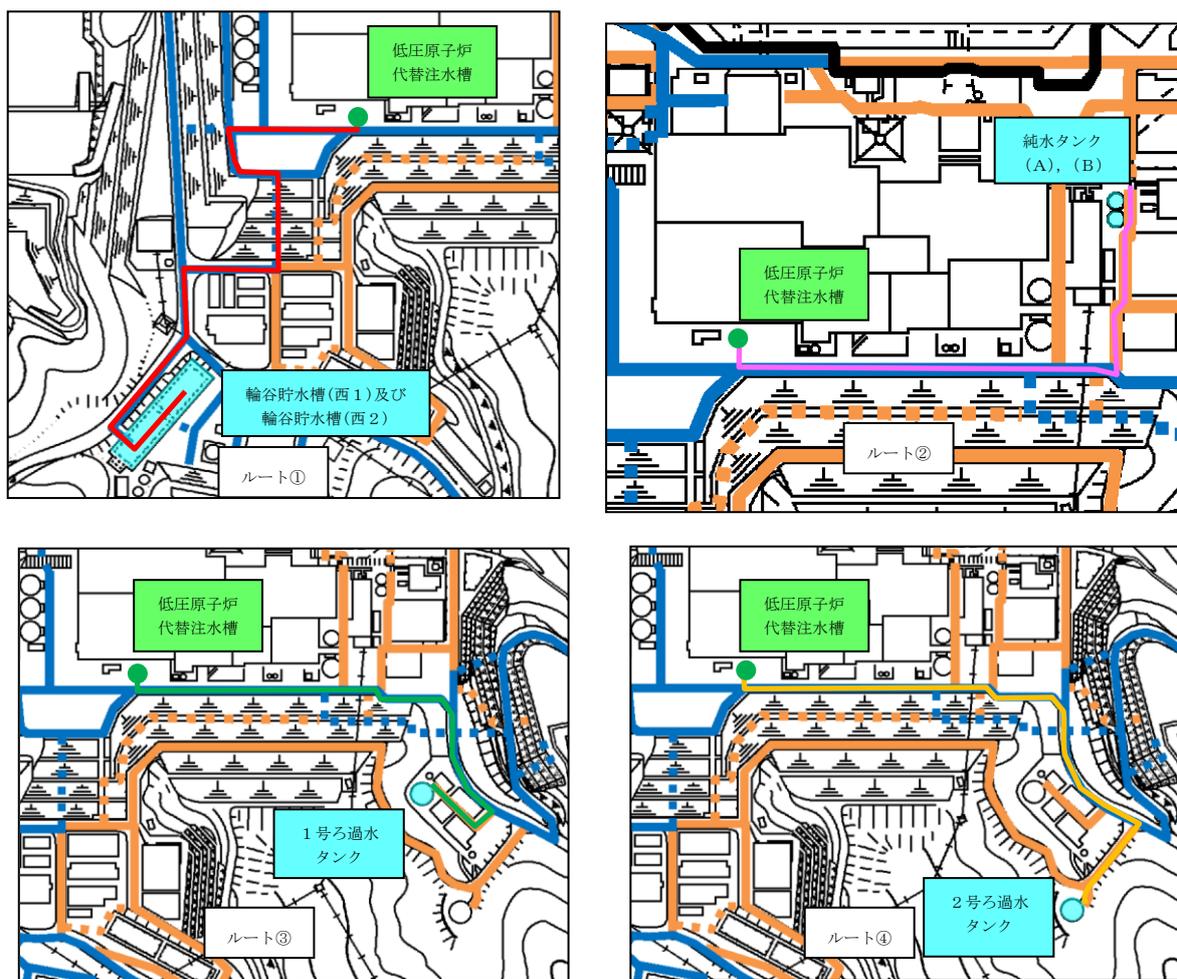
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	輪谷貯水槽(東1)及び 輪谷貯水槽(東2)	輪谷貯水槽 (西1)及び 輪谷貯水槽 (西2)	434m	455m
—	ルート②	非常用 取水設備		1,589m	1,610m
—	ルート③	2号炉放水槽		1,574m	1,610m
—	ルート④	1号炉取水槽		1,954m	1,960m



第3図 ホース敷設ルート  
 (輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)への補給)(2/2)

第4表 ホース敷設距離  
 (輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)への補給)(2/2)

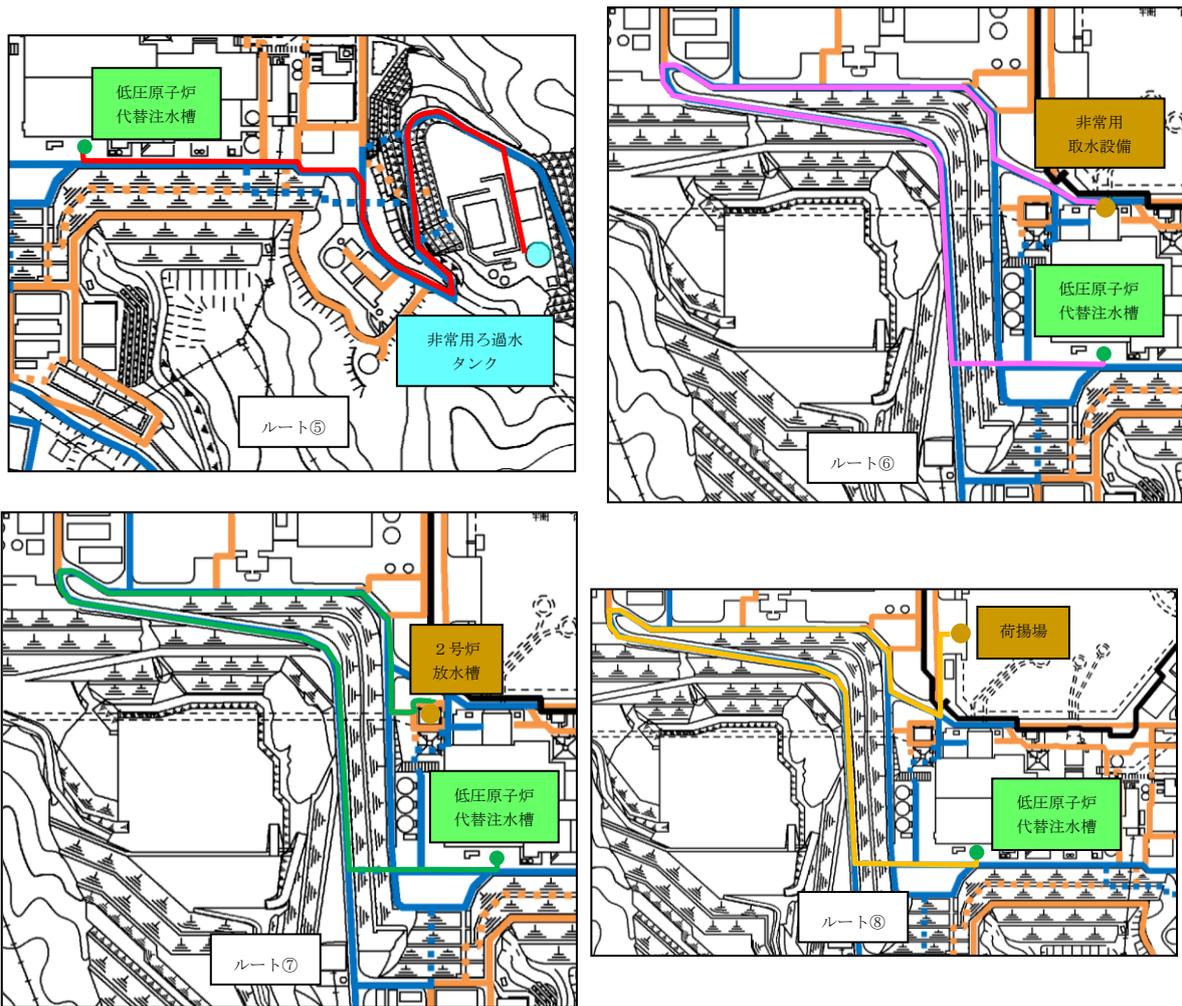
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑤	荷揚場	輪谷貯水槽 (西1)及び 輪谷貯水槽 (西2)	1,672m	1,710m
—	ルート⑥	3号炉取水管 点検立坑		1,966m	2,010m



第4図 ホース敷設ルート（低圧原子炉代替注水槽への補給）（1 / 3）

第5表 ホース敷設距離（低圧原子炉代替注水槽への補給）（1 / 3）

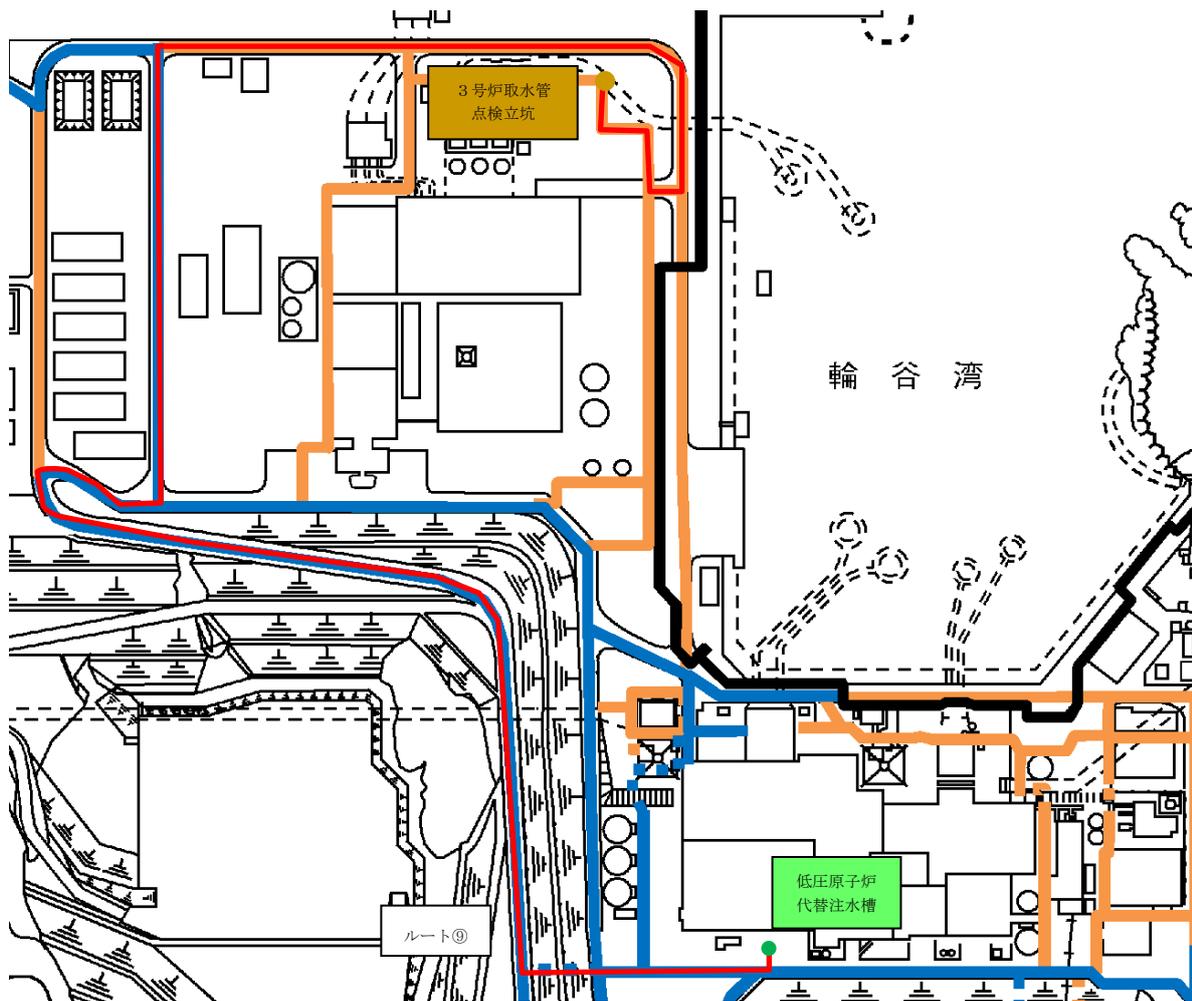
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	輪谷貯水槽（西1）及び 輪谷貯水槽（西2）	低圧原子炉代替 注水槽	726m	766m
—	ルート②	純水タンク （A）、（B）		318m	355m
—	ルート③	1号ろ過水 タンク		483m	505m
—	ルート④	2号ろ過水 タンク		530m	555m



第4図 ホース敷設ルート（低圧原子炉代替注水槽への補給）（2 / 3）

第5表 ホース敷設距離（低圧原子炉代替注水槽への補給）（2 / 3）

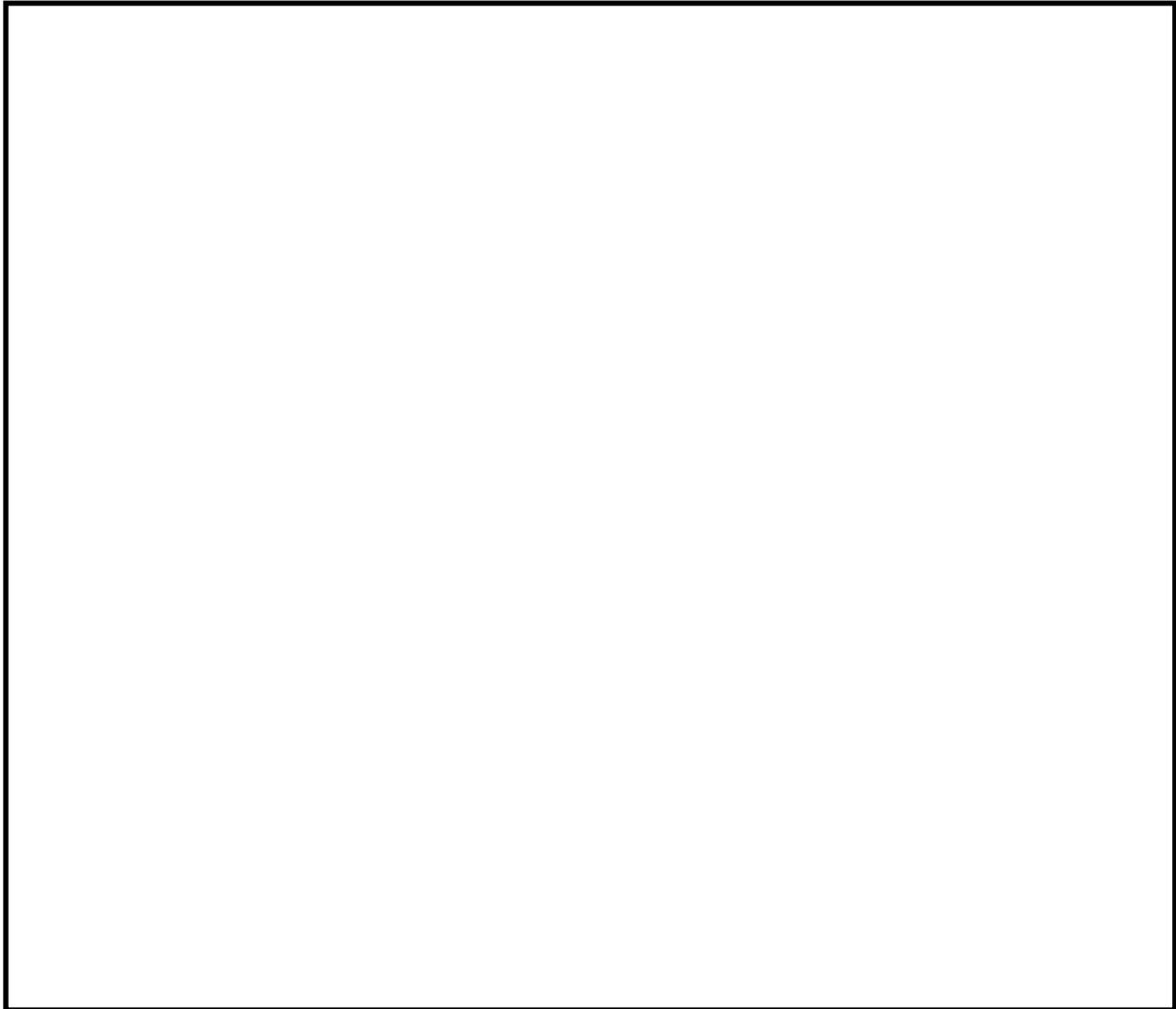
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑤	非常用 ろ過水タンク	低圧原子炉代替 注水槽	907m	915m
—	ルート⑥	非常用 取水設備		1,370m	1,381m
—	ルート⑦	2号炉放水槽		1,354m	1,381m
—	ルート⑧	荷揚場		1,452m	1,481m



第4図 ホース敷設ルート（低圧原子炉代替注水槽への補給）（3 / 3）

第5表 ホース敷設距離（低圧原子炉代替注水槽への補給）（3 / 3）

凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑨	3号炉取水管 点検立坑	低圧原子炉代替 注水槽	1,694m	1,728m

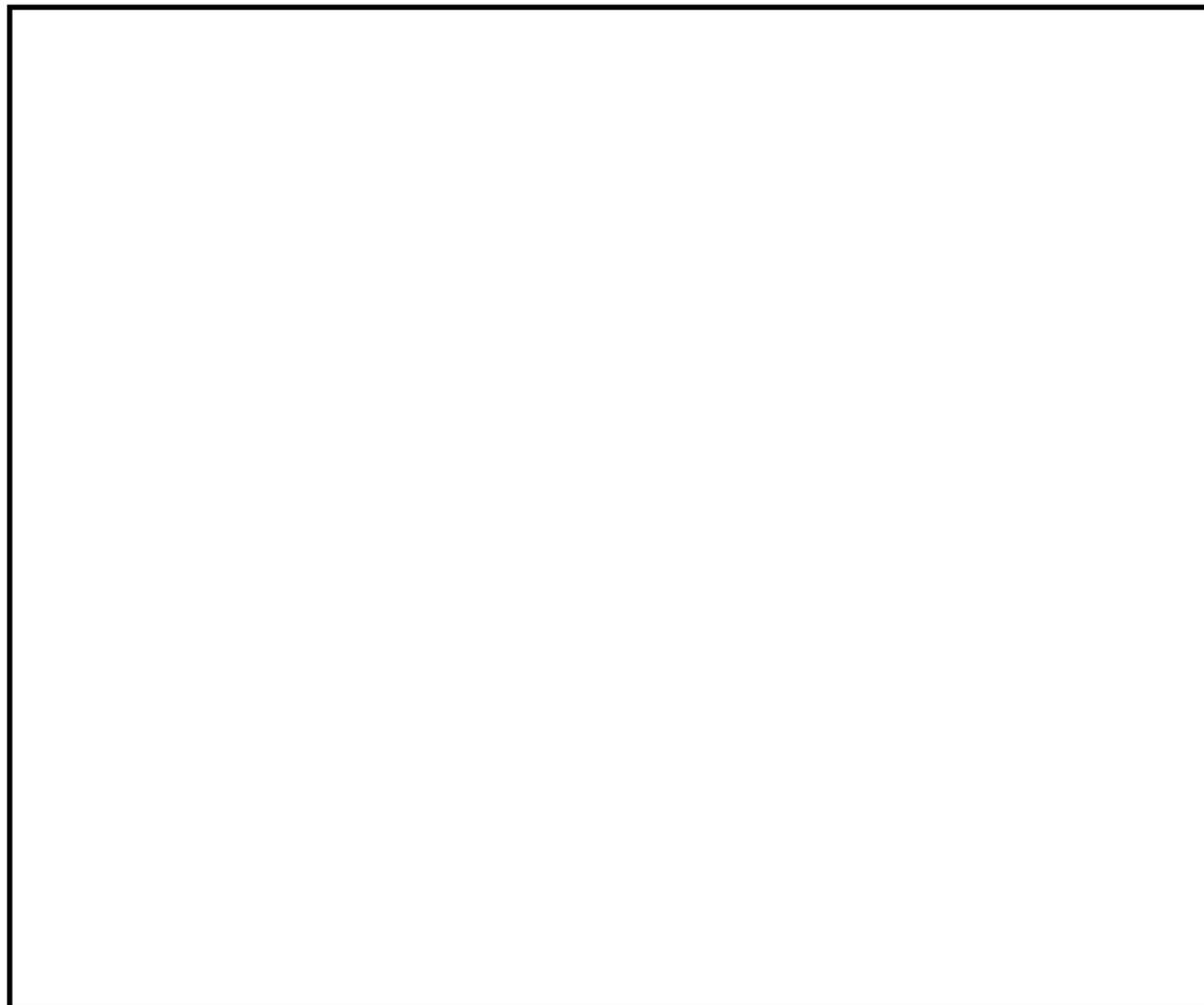


第5図 ホース敷設ルート（復水貯蔵タンクへの補給）（1 / 3）

第6表 ホース敷設距離（復水貯蔵タンクへの補給）（1 / 3）

凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	輪谷貯水槽（西1）及び 輪谷貯水槽（西2）	復水貯蔵 タンク	712m	786m
—	ルート②	純水タンク （A），（B）		491m	535m
—	ルート③	1号ろ過水 タンク		655m	685m
—	ルート④	2号ろ過水 タンク		703m	735m

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

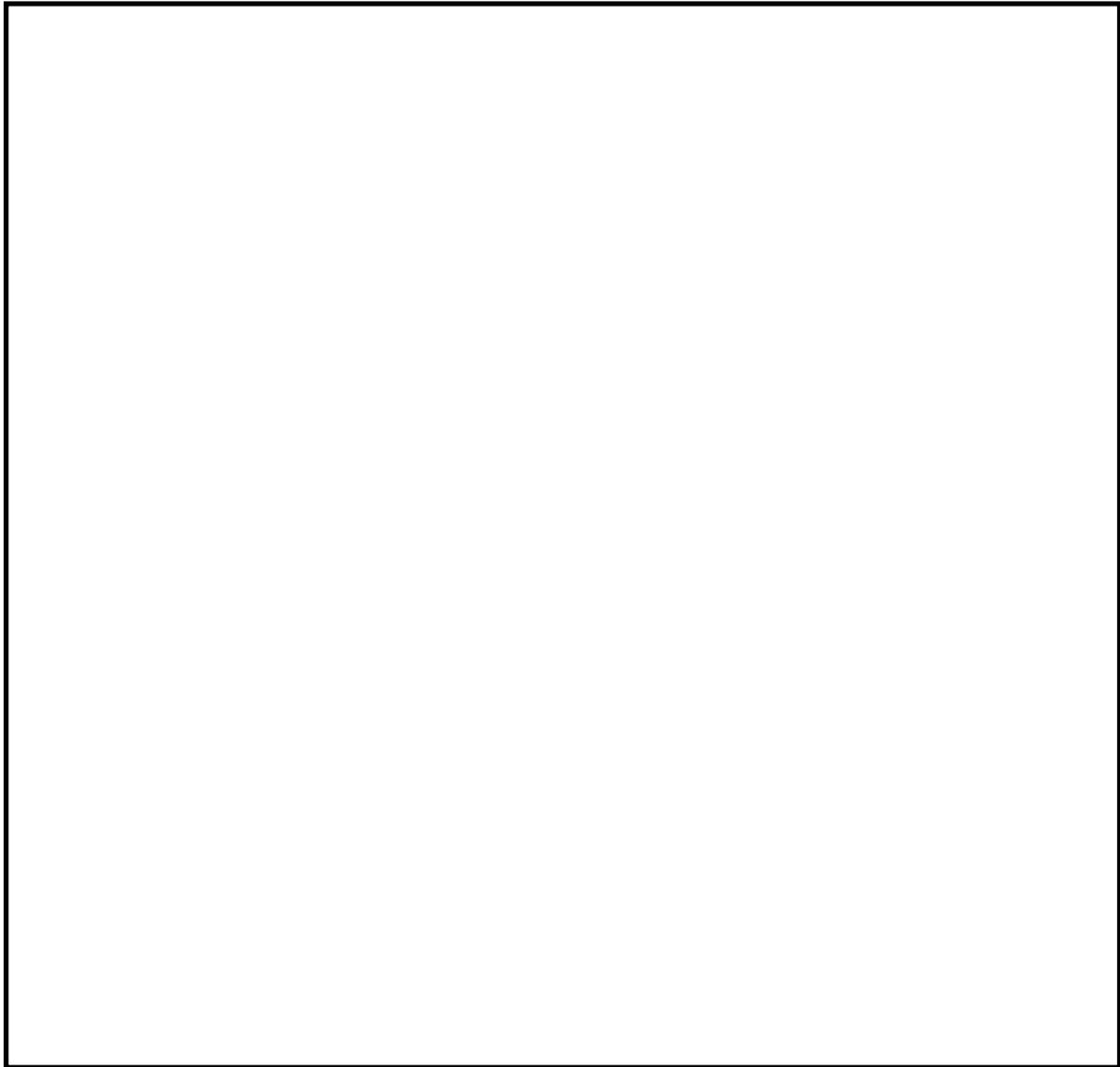


第5図 ホース敷設ルート（復水貯蔵タンクへの補給）（2 / 3）

第6表 ホース敷設距離（復水貯蔵タンクへの補給）（2 / 3）

凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑤	非常用ろ過水 タンク	復水貯蔵 タンク	1,080m	1,085m
—	ルート⑥	非常用 取水設備		1,332m	1,360m
—	ルート⑦	2号炉放水槽		1,316m	1,360m
—	ルート⑧	1号炉取水槽		1,697m	1,760m

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

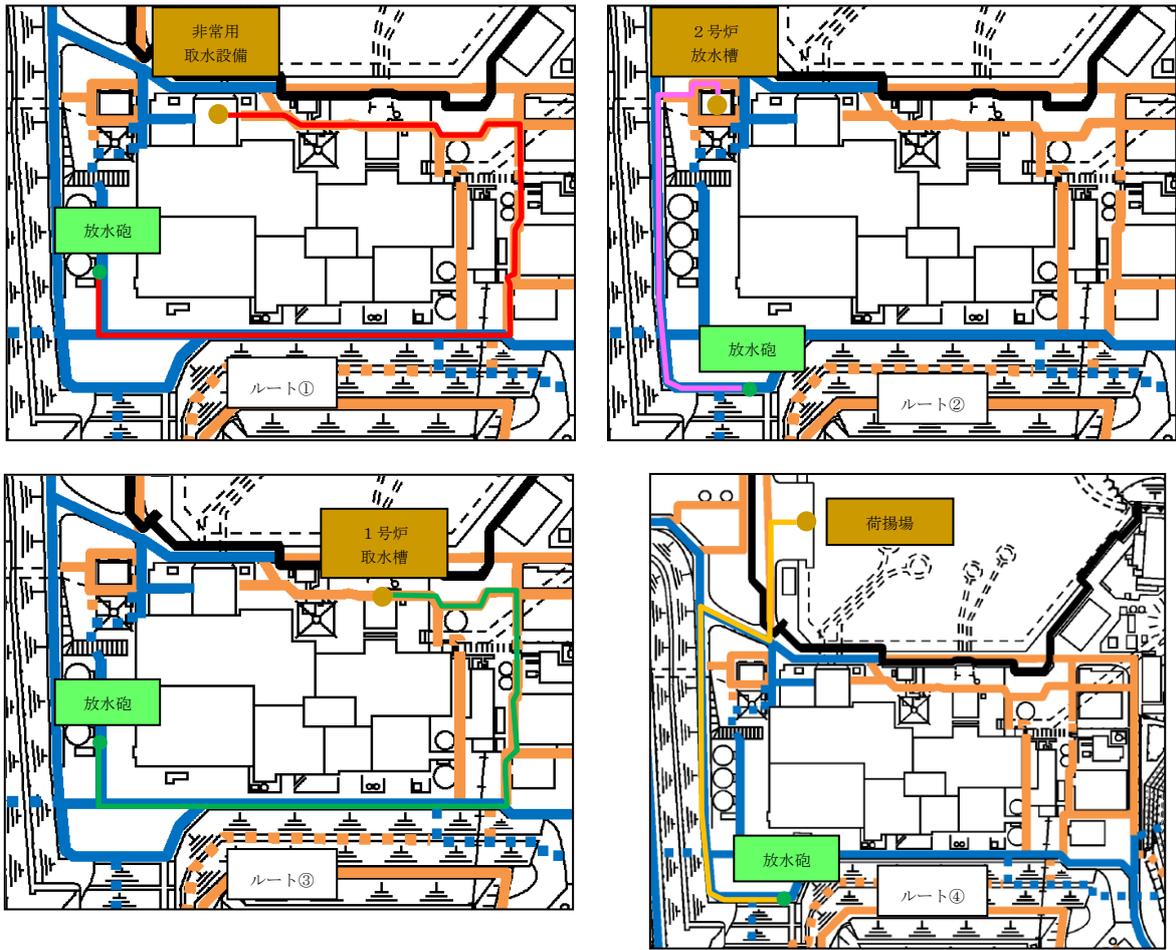


第5図 ホース敷設ルート（復水貯蔵タンクへの補給）（3 / 3）

第6表 ホース敷設距離（復水貯蔵タンクへの補給）（3 / 3）

凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑨	荷揚場	復水貯蔵 タンク	1,415m	1,460m
—	ルート⑩	3号炉取水管 点検立坑		1,560m	1,590m

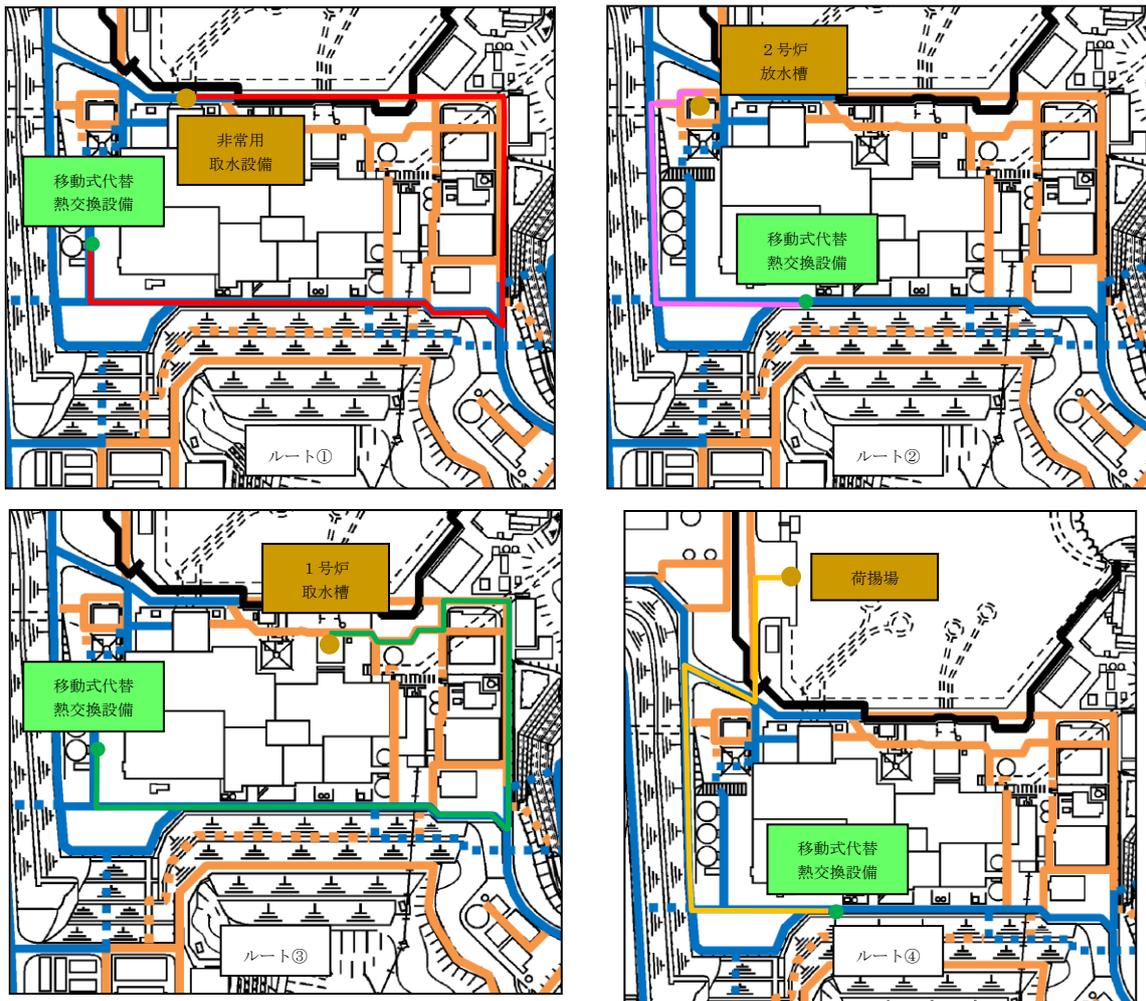
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。



第6図 ホース敷設ルート（放射性物質拡散抑制）

第7表 ホース敷設距離（放射性物質拡散抑制）

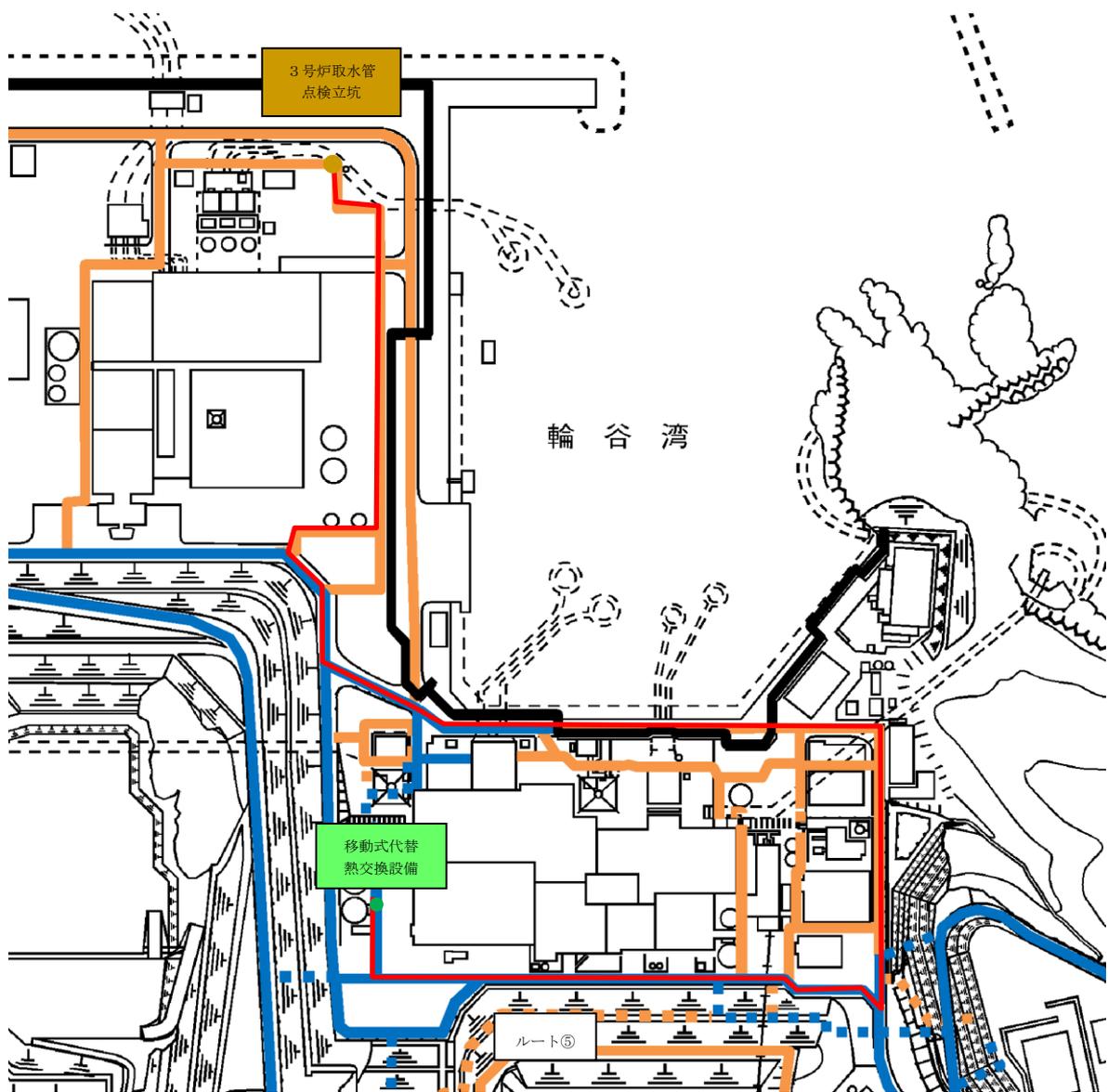
凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	非常用取水設備	放水砲	747m	755m
—	ルート②	2号炉放水槽		330m	355m
—	ルート③	1号炉取水槽		643m	655m
—	ルート④	荷揚場		545m	555m



第7図 ホース敷設ルート（最終ヒートシンク（海）への代替熱輸送）  
（1 / 2）

第8表 ホース敷設距離（最終ヒートシンク（海）への代替熱輸送）（1 / 2）

凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート①	非常用取水設備	移動式代替 熱交換設備	908m	925m
—	ルート②	2号炉放水槽		388m	425m
—	ルート③	1号炉取水槽		815m	825m
—	ルート④	荷揚場		603m	625m

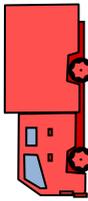
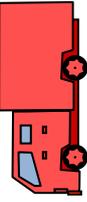


第7図 ホース敷設ルート（最終ヒートシンク（海）への代替熱輸送）  
（2 / 2）

第8表 ホース敷設距離（最終ヒートシンク（海）への代替熱輸送）（2 / 2）

凡例	ルート	水源	送水先	敷設距離	必要長さ
—	ルート⑤	3号炉取水管 点検立坑	移動式代替 熱交換設備	1,529m	1,575m

第9表 ホースコンテナ及び展張車の配備イメージ

用途	ホース長さ	コンテナ数	展張車数	配備イメージ
低圧代替注水 及び水源補給	2,776m	-	中型ホース展張車 (150A) 【ホース950m】 1台	第2・第3保管エリアに同数配備  ホース展張車
			大型ホース展張車 (150A) 【ホース1,050m】 2台	第1・第4保管エリアに同数配備  ホース展張車
放射性物質拡散 抑制	755m	コンテナ1基 (820m/1基)	大型ホース展張車 (300A) 1台	第4保管エリアに同数配備  ホース展張車  コンテナ
最終ヒーティング ク(海)への 代替輸送	1,575m	コンテナ2基 (820m/1基)	大型ホース展張車 (300A) 1台	第1・第4保管エリアに同数配備  ホース展張車  コンテナ

## 地震時における屋外のアクセスルートへの放射線影響について

発電所内の構造物が地震により損壊することを想定した場合のアクセスルートへの放射線影響について検討した。

## 1. 損壊を想定する構造物

防波壁内側に設置される構造物のうち、耐震Sクラス（S s 機能維持含む。）の構造物<sup>\*</sup>を除く全ての構造物が地震により損壊することを想定する。

※：別紙(28)第5表及び第6表の評価結果により耐震評価に基づき影響がないことを確認した構造物

## 2. 構造物損壊時の放射線影響

1.において損壊を想定する構造物のうち、放射性物質を内包する設備等を含む構造物（以下「構造物」という。）を以下に示す。構造物の配置を第1図に、構造物が地震により損壊した場合の放射線影響を第1表に示す。

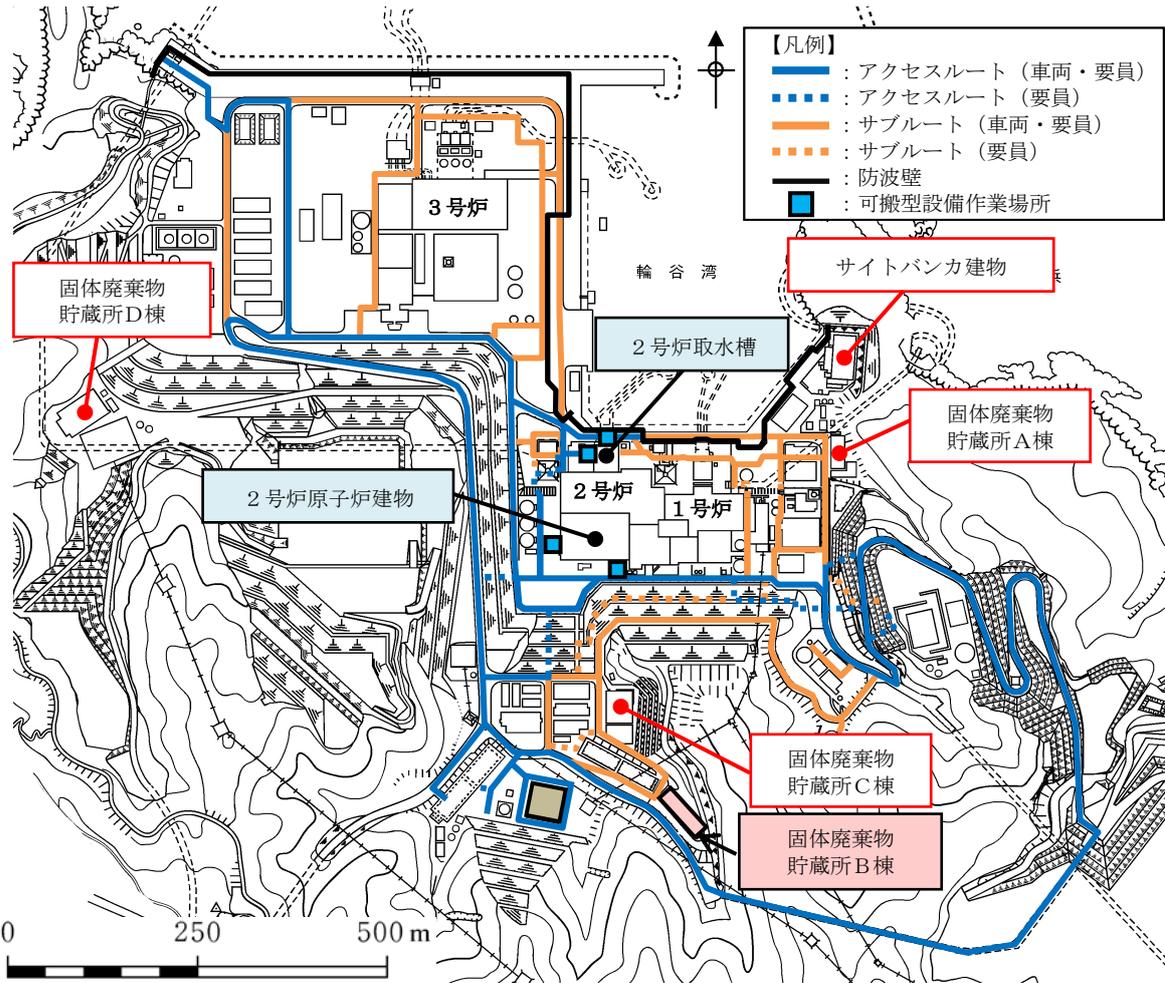
- ・ 固体廃棄物貯蔵所B棟

なお、上記に示す構造物の他に、サイトバンカ建物、固体廃棄物貯蔵所A棟、固体廃棄物貯蔵所C棟、固体廃棄物貯蔵所D棟に線源となる設備があるが、各建物内にある線源からアクセスルートまでは十分に離れていることから、重大事故等対応に影響を及ぼすものではないと考えている。

## 3. アクセスルートへの放射線影響

2.に示した構造物が地震により損壊した場合のアクセスルートに対する放射線影響について検討した結果、重大事故等対応に影響を及ぼすものはないと考える。

- (1) 重大事故等対応において、ポンプ設置作業を実施することにより、作業時間が比較的長くなる場所となる可搬型設備の作業場所（2号炉原子炉建物周辺、2号炉取水槽周辺）付近に構造物が設置されていない。
- (2) 比較的線量率の高い構造物（固体廃棄物貯蔵所B棟）の周辺にアクセスルートが設定されているが、可搬型設備の通行時に一時的に通過する場所であり、長期間滞在することはないため、放射線影響は小さい。



第1図 地震による損壊を想定する放射性物質を内包する構造物

第1表 構造物損壊時の放射線影響

構造物名称	放射性物質を内包する設備等	放射線影響 (構造物損壊時)
固体廃棄物貯蔵所B棟	ドラム缶 <sup>※1</sup>	約 2mSv/h <sup>※2</sup>

※1: 雑固体廃棄物 (管理区域内の作業によって生じた金属や養生シート等の可燃雑物), セメントや溶融体等の固化された物, 焼却炉で可燃物を燃やした後の灰等を保管

※2: ドラム缶表面

## 飛来物発生防止対策のうち固縛を解除する時間の考慮について

## 1. 飛来物発生防止対策のうち固縛の概要

可搬型設備は、外部事象防護対象施設及び外部事象防護対象施設に波及的影響を及ぼす施設に悪影響を及ぼす可能性のある飛来物源として、飛来物発生防止対策の選定フローに従い選定した対策手法により固縛を実施する。

第1図に島根原子力発電所2号炉の飛来物発生防止対策の選定フロー、第2図に飛来物発生防止対策の例を示す。

可搬型設備は、上記の選定フローに従い、固定、緊張固縛又は余長付き固縛のいずれかの対策手法により保管場所に固縛することとしている。

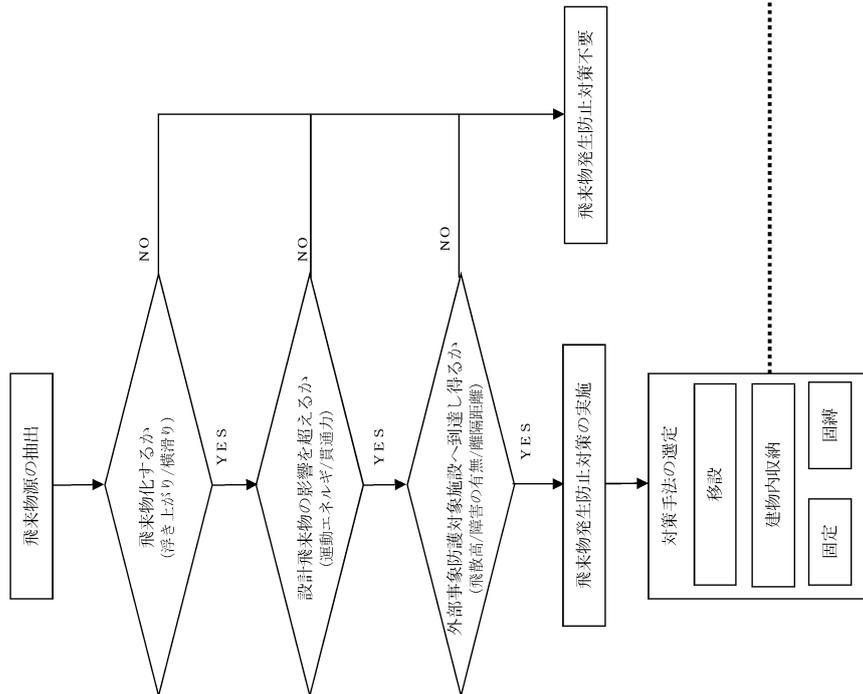
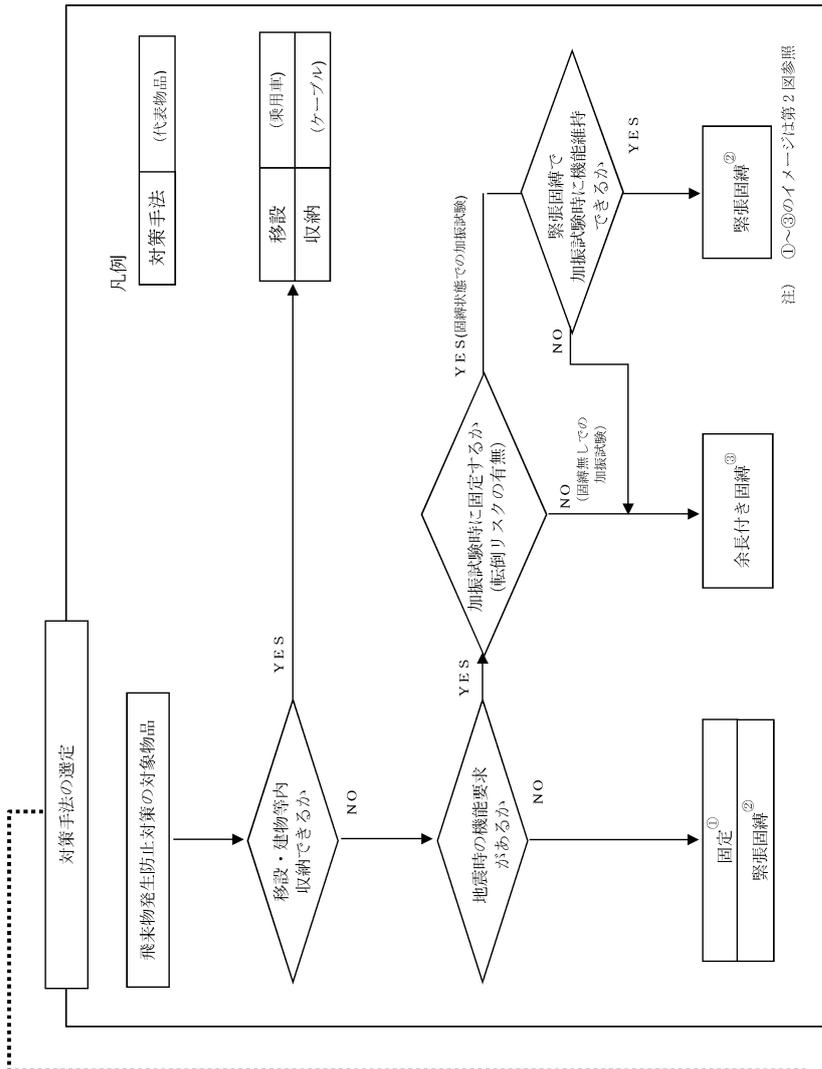
## 2. 固縛解除作業の想定時間

第1表に飛散物発生防止対策エリア内に位置する第3保管エリアにおける可搬型設備の出動準備に係る作業内容と作業時間を示す。

飛来物発生防止対策のうち固縛の解除は、重大事故等時における可搬型設備の出動準備約40分のうち、車両等出動前確認の約10分で行うことを想定する。

第1表 可搬型設備の出動準備作業時間と固縛解除作業の想定時間

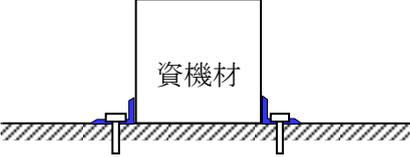
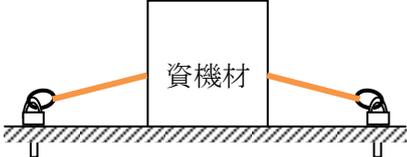
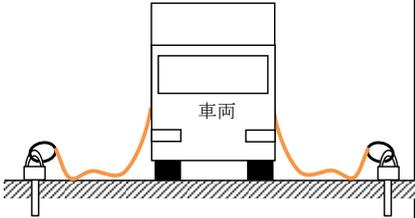
作業内容	作業時間	合計時間
緊急時対策所から保管場所までの移動 (第3保管エリアの場合)	約 30 分	約 40 分
車両等出動前確認 (可搬型設備の固縛解除を含む。)	約 10 分	



第1図 島根原子力発電所2号炉の飛来物発生防止対策の選定フロー

【飛来物発生防止（固定，固縛）の手法の例】

・飛来物発生防止対策のうち，固定及び固縛の手法の例を下図に示す。

手法	対策の概要図	
①固定		飛来物源に固定金具を取り付けて固定
②緊張固縛		飛来物源を連結材（ロープ）を用いて固縛
③余長付き固縛		飛来物源を連結材（ロープ）を用いて固縛 【動き代がある】

第 2 図 飛来物発生防止対策の例

3. 固縛解除作業の想定時間の妥当性

車両等出動前確認の作業内容と固縛解除作業の想定時間の妥当性について以下に示す。

(1) 車両等出動前確認の作業内容等

飛散物発生防止対策エリア内に位置する第3保管エリアに保管する可搬型設備は，ホイールローダ，大量送水車，中型ホース展張車（150A），タンクローリ及び予備として保管する大型送水ポンプ車，移動式代替熱交換設備，高圧発電機車がある。その中で，重大事故等時の初動対応として出動が想定される可搬型設備は，アクセスルート確保に使用するホイールローダ，給水確保に使用する大量送水車及びその中型ホース展張車（150A），燃料補給に使用するタンクローリである。車両等出動前確認においては，これらの可搬

型設備について以下の作業を実施する。

a. 可搬型設備の固縛解除及び輪留め取り外し

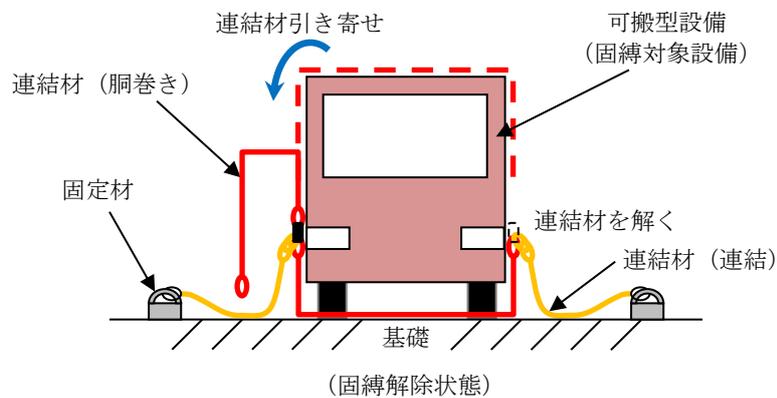
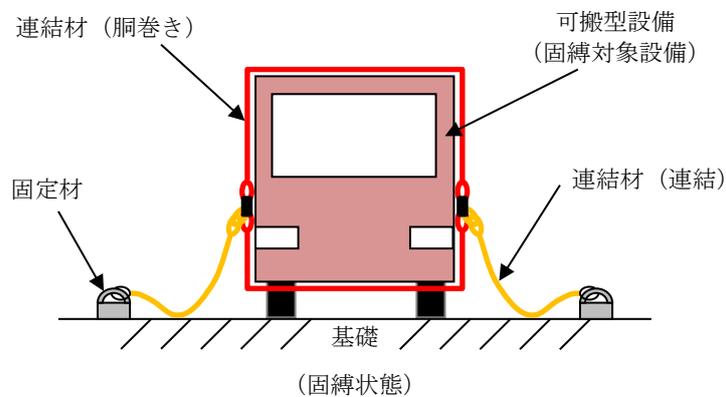
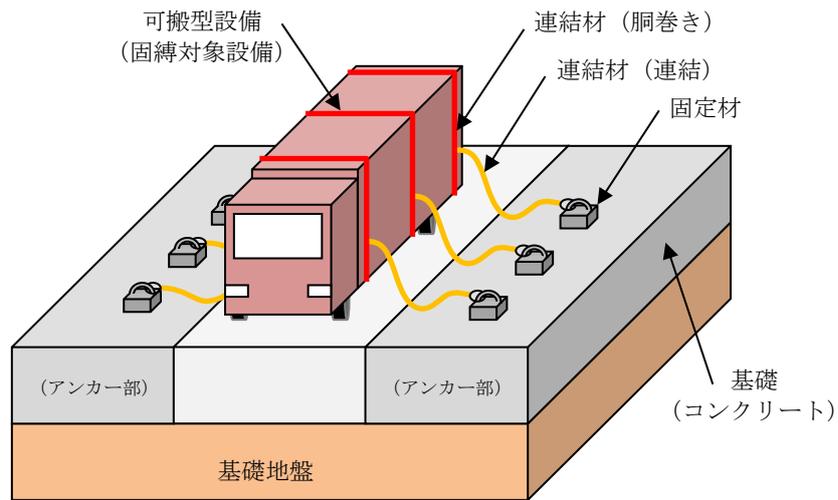
第3図に可搬型設備の固縛解除の概要，第2表に重大事故等時の初動対応において固縛解除する箇所数を示す。なお，ホイールローダは，飛散評価により飛来物とならないことから固縛不要である。

第2表に示す固縛箇所数に対して，固縛解除は2名1組で対応することとし，固縛箇所1箇所当たりの作業時間については，約1分と設定する。また，固縛解除に併せて輪止めの取り外しを行う。

第2表 重大事故等時の初動対応において固縛解除する箇所数※

対象設備	台数 (台)	固縛箇所数 (箇所)	
		1台あたり	合計
中型ホース展張車 (150A)	1	3	3
大量送水車	1	3	3
タンクローリ	1	3	3
初動対応で固縛解除する箇所数			9

※：第3保管エリアにおいて，初動対応として出動が想定される可搬型設備を対象とする。  
また，固縛箇所数は今後の検討結果等により変更となる可能性があるが，作業時間に影響がない範囲で行う。



※：今後の検討結果等により変更となる可能性があるが，作業時間に影響がない範囲で行う。

第 3 図 可搬型設備の固縛解除の概要

b. 外観点検及びエンジン始動

外観点検及びエンジン始動は2名1組で対応することとし、徒歩による移動速度（4km/h）に余裕を考慮した時間として、可搬型設備1台当たり約1分と設定する。

(2) 固縛解除作業の想定時間の妥当性

重大事故等時の初動対応において、固縛対象となる可搬型設備の出動準備は緊急時対策要員9名で実施する。想定時間の妥当性確認に当たっては、保守的に以下の事項を考慮する。

- ・ホイールローダ，大量送水車，中型ホース展張車（150A）及びタンクローリの車両等出動前確認は，各2名で実施

上記を踏まえ、固縛解除を含む車両等出動前確認に要する時間について検討した結果、約4分で対応が可能であることより、固縛解除作業の想定時間は妥当であることを確認した。（第3表）

現実的には、妥当性確認において考慮していない緊急時対策要員1名の増員による対応も可能であることから、車両等出動前確認時間は短縮するものとする。

第3表 車両等出動前確認に係る想定時間の妥当性

対象設備	作業内容	対象数 <sup>※3</sup>	単位 作業時間	対応 要員 <sup>※5</sup>	作業時間	
					作業	合計
ホイールローダ	固縛 解除 <sup>※1</sup>	0箇所	1分/ 箇所 <sup>※4</sup>	1組	0分	1分 <sup>※6</sup>
	外観 点検 <sup>※2</sup>	1台	1分/台		1分	
中型ホース展張車 (150A)	固縛 解除 <sup>※1</sup>	3箇所	1分/ 箇所 <sup>※4</sup>	1組	3分	4分 <sup>※6</sup>
	外観 点検 <sup>※2</sup>	1台	1分/台		1分	
大量送水車	固縛 解除 <sup>※1</sup>	3箇所	1分/ 箇所 <sup>※4</sup>	1組	3分	4分 <sup>※6</sup>
	外観 点検 <sup>※2</sup>	1台	1分/台		1分	
タンクローリ	固縛 解除 <sup>※1</sup>	3箇所	1分/ 箇所 <sup>※4</sup>	1組	3分	4分 <sup>※6</sup>
	外観 点検 <sup>※2</sup>	1台	1分/台		1分	

※1：可搬型設備の固縛解除及び車輪止め外し

※2：外観点検及びエンジン始動

※3：各設備の固縛箇所数及び台数は第2表参照

※4：緊張固縛又は余長付き固縛を解除する時間

※5：対応要員1組2名で構成

※6：1組（2名）で対応するため、固縛解除後に外観点検を実施する場合の作業時間を記載

2号炉と同じ敷地内で実施する工事における  
資機材、廃材等による屋外のアクセスルートへの影響

2号炉と同じ敷地内で実施する工事における資機材、廃材等によるアクセスルートへの影響について、以下のとおり確認した。

1. 影響評価

(1) 想定事象と2号炉重大事故等対応に影響を与える可能性

2号炉と同じ敷地内において、第3系統直流電源設備設置工事、1号炉の廃止措置作業等（以下「第3系統直流電源設備設置工事等」という。）を行っている。

第3系統直流電源設備設置工事等が2号炉重大事故等対応に影響を与える可能性を検討した結果を第1表及び第1図に示す。

(2) 作業環境を踏まえた対策の実施

第3系統直流電源設備設置工事等に用いる資機材（クレーン、ユニック車、トラック等）は、容易に転倒しないように設置し、また、資機材、廃材（鉄骨等）等が荷崩れしないように固縛する。仮に、資機材、廃材等が転倒又は荷崩れした場合でも、屋外の重大事故等対処設備を損壊させない位置及びアクセスルートに必要な通行幅3mを確保できる位置に配置する。特に、クレーンについては、作業により一時的にアームを伸ばした状態で転倒した場合にアクセスルートとして必要な通行幅3mを確保できない場合は、複数のアクセスルートのうち通行可能なルートを使用する。

また、第3系統直流電源設備設置工事等に用いる資機材及び廃材は、2号炉と同様の管理を行い、設計飛来物の影響を超えることのないように飛来物発生防止対策を実施する。

さらに、竜巻の襲来が予想される場合には、速やかに作業を中断するとともに、建物搬入口の閉止、クレーン等の作業車両については退避、固縛等の必要な措置を講じる。

なお、第3系統直流電源設備設置工事等の実施に伴い、掘削等の作業により複数のアクセスルートを確保できない場合には、アクセスルートを確保するため、耐震性を有する構台等を設置する。

(3) 運用対策の実施

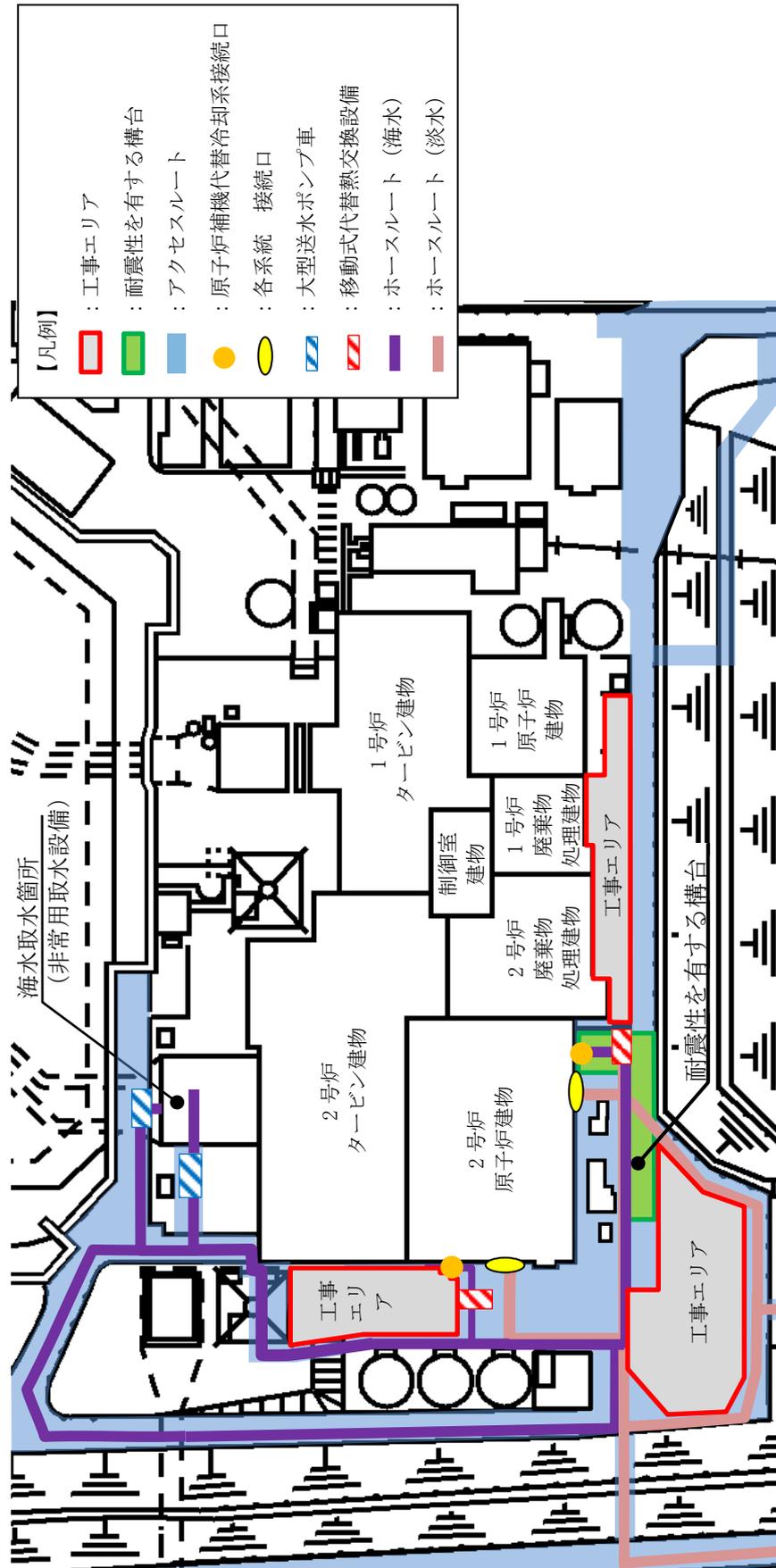
2号炉重大事故等対応に影響を与えないためには、上記1.(2)に記載した第3系統直流電源設備設置工事等で使用する資機材又は発生する廃材に対する運用管理が必要である。これらの運用管理については、確実に実施するために手順として原子炉施設保安規定に規定し、QMS規程に基づき実施する。

## 2. 評価結果

上記 1. より、2 号炉と同じ敷地内で実施する工事における資機材、廃材等が、2 号炉重大事故等の対応に影響を与えないことを確認した。

第 1 表 第 3 系統直流電源設備設置工事等における資機材、廃材等に関する想定事象と可能性のある影響

影響評価項目			想定事象	可能性のある影響
作業環境	物的影響	損壊	・第 3 系統直流電源設備設置工事等に用いる資機材（クレーン等）の転倒 又は資機材及び廃材（鉄骨等）の荷崩れ ・竜巻による第 3 系統直流電源設備設置工事等で使用する資機材、発生する廃材等の転倒、荷崩れ、飛来	・屋外の 2 号炉重大事故等対処設備が損傷又はアクセスルートが通行不可となる。
		流出物		



第1図 島根原子力発電所1号炉，2号炉等の位置関係及び工事エリア

## アクセスルート用語の定義

アクセスルート用語の定義を以下に整理する。整理結果を第1表に示す。

## 1. 屋外アクセスルート

屋外アクセスルートは、緊急時対策所及び可搬型設備の保管場所から設置場所及び接続場所までのルートであり、「アクセスルート」と「サブルート」で定義する。

## 2. 屋内アクセスルート

屋内アクセスルートは、外部からの衝撃による損傷の防止が図られた建物内における各設備の操作場所までのルートであり、「アクセスルート」と「迂回路」で定義する。

第1表 アクセスルート用語の定義

場所	大分類	小分類	概要説明
屋外	屋外アクセスルート	アクセスルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震及び地震に伴う津波を考慮しても使用が可能である。</li> <li>有効性評価及び技術的能力手順において時間評価に用いた経路とする。</li> </ul>
		サブルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震及び津波時に期待しないルート。</li> <li>地震、津波その他の自然現象の影響評価対象外とする。</li> </ul>
屋内	屋内アクセスルート	アクセスルート	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震、地震随伴火災及び地震随伴内部溢水の影響を受けない。</li> <li>有効性評価及び技術的能力手順において時間評価に用いた経路とする。</li> </ul>
		迂回路	<ul style="list-style-type: none"> <li>地震、地震随伴火災及び地震随伴内部溢水の影響を受けない。</li> <li>転倒した常置品及び仮置資機材の人力による排除や乗り越え等により通行が可能である。</li> <li>アクセスルートを使用できない場合に使用可能な経路。</li> </ul>

## 迂回路における人力による仮置資機材の排除の考え方について

屋内の迂回路における人力による仮置資機材の排除の考え方、仮置資機材の軽量物や重量物の選定及び仮置資機材の設置に関する運用について整理し、アクセス性を確保するとともに、運用を社内規程に定める。

## 1. 迂回路における人力による排除可能な重量

屋内の迂回路における仮置資機材の排除の考え方について、人力（2名）で排除可能な軽量物（40kg以下）と排除できない重量物（40kg超過）を定義し社内規程に定める。

また、転倒時において通行可能な迂回路幅が確保できないかつ、乗り越え（高さ40cm程度<sup>※1</sup>）ができない仮置資機材のうち重量物は迂回路周辺に置かないことを社内規程に定める。

※1：「建築基準法施行令」第二十三条（階段及びその踊場の幅並びに階段の蹴上げ及び踏面の寸法）を参考に2段分の段差を設定。

【考え方】第1項（四）：蹴上げ（高さ）寸法 22cm/段×2段≒40cm

第1表 仮置資機材の重量目安

仮置資機材 種別	仮置資機材 重量目安	考え方
軽量物	40kg <sup>※2</sup> 以下	人力（2名）で排除が可能な仮置資機材
重量物	40kg超過	軽量物を超える重量の仮置資機材であり、人力（2名）による排除ができない仮置資機材

※2：厚生労働省公表の「職場における腰痛予防対策指針」（平成25年6月18日）を参考に設定。

【考え方】腰痛予防の目安とされている基準が18歳以上の男子労働者の場合は体重のおおむね40%以下である。また、「厚生統計要覧」（平成30年度 厚生労働省公表）によると18歳以上の男性の平均体重が60kg程度であることから、人力により排除可能な重量は2名作業を想定し、60kg×40%×2名≒40kg以下と設定する。

## 保管場所内の可搬型設備配置について

## 1. 可搬型設備の配置の考え方

各保管エリア内の可搬型設備の配置は、以下事項を満足した必要な離隔距離を確保する設計とすることから、隣接する可搬型設備及びアクセスルートに影響を与えることはない。

- ・車両の地震による転倒防止及び加振試験による変位量を考慮した離隔距離の確保<sup>※1</sup>
- ・竜巻による飛散防止を考慮した固縛<sup>※2</sup>
- ・車両火災による他の車両への影響を想定した離隔距離（3.0m以上）の確保<sup>※3</sup>
- ・保管場所の敷地境界から3.0m以上の空地の確保<sup>※4</sup>

また、可搬型設備は、作業性及び車両の動線を考慮し、手順毎に設備をまとめて配置する設計とすることから、搬出に支障となることはない。また、車両移動を考慮した通行幅は、アクセスルートに必要な通行幅（3.0m以上<sup>※5</sup>）を確保し、他の可搬型設備と干渉しない設計とすることから、搬出に支障はない。

保管エリア毎の可搬型設備の配置を第1～5図に示す。

※1：車両同士の離隔距離は、隣り合う設備の変位量（加振試験にて確認した変位量であり、第1，3，4保管エリアの最大値は約1.5m，第2保管エリアの最大値は約1.8m）の合算値以上とする。

なお、車両と構造物（遮蔽壁，コンテナ等）間は、構造物は移動しない（コンテナはボルト固定，免震重要棟は最大変位量を考慮）ことから，車両の変位量以上の離隔距離を確保する。

※2：飛来物発生防止対策エリア内のみを対象とする。

※3：「設置許可基準規則」第六条（外部火災）における評価。保管場所において，車両（可搬型設備）の火災が起こったとしても周囲の車両に影響を及ぼさないことを評価。具体的には，燃料積載量の大きい大型送水ポンプ車（エンジン用燃料タンク）の火災により熱容量の最も小さいタンクローリ（走行用燃料タンク）が受熱する際に，軽油の温度が許容限界温度となる危険距離を求める。

その結果，危険距離は2.2mとなり，可搬型設備間の離隔距離を3.0m以上取ることにより，影響を及ぼすことはないと評価できる。

※4：可搬型設備には危険物である燃料油や可燃物を含むものがあることから，その保管場所については，「危険物の規則に関する政令」で要求される空地のない対象設備は，同令「屋外タンク貯蔵所」とみなし，同令第十一条第一項第二号で要求される空地の幅を参考にして，保管場所の敷地境界か

ら3.0m以上の空地を確保する。

※5: 可搬型設備のうち最大車両幅を有する大型送水ポンプ車の車両幅(約2.5m)及び使用するホースのうち最大サイズの300A ホース1本敷設の幅(約0.4m)を考慮し、設定する。なお、その他のサイズのホース使用時も1本敷設で使用する。

## 2. 第1保管エリア

- ・各可搬型設備は、必要な離隔距離を確保したうえで、作業性を考慮して手順毎に使用する設備をまとめて配置する。また、同一手順で使用する可搬型設備同士を必要に応じて縦列配置にする設計とする。
- ・緊急時対策所関連設備(緊急時対策所用発電機、緊急時対策所正圧化装置(空気ポンプ)、緊急時対策所空気浄化送風機、緊急時対策所空気浄化フィルタユニット)は、配置場所にて使用するため移動することはない。
- ・第1保管エリア内の通路のうち最も狭い免震重要棟遮蔽壁と緊急時対策所間等においても通路幅は約4mあり、可搬型設備のうち最大幅の大型送水ポンプ車の車両幅(約2.5m)を考慮しても、通行に支障はない。
- ・第1保管エリア内の最小離隔距離は、免震重要棟遮蔽壁と化学消防自動車等間の1.5mであり、地震による変位量を考慮し、互いに干渉しない設計とする。
- ・一部に埋戻部が存在することから、詳細設計段階において決定する地下水位が埋戻部下端以浅となる場合、噴砂による不陸の影響の評価を実施し、不陸の発生が想定される場合は、あらかじめ路盤補強等の対策を行う。

## 3. 第2保管エリア

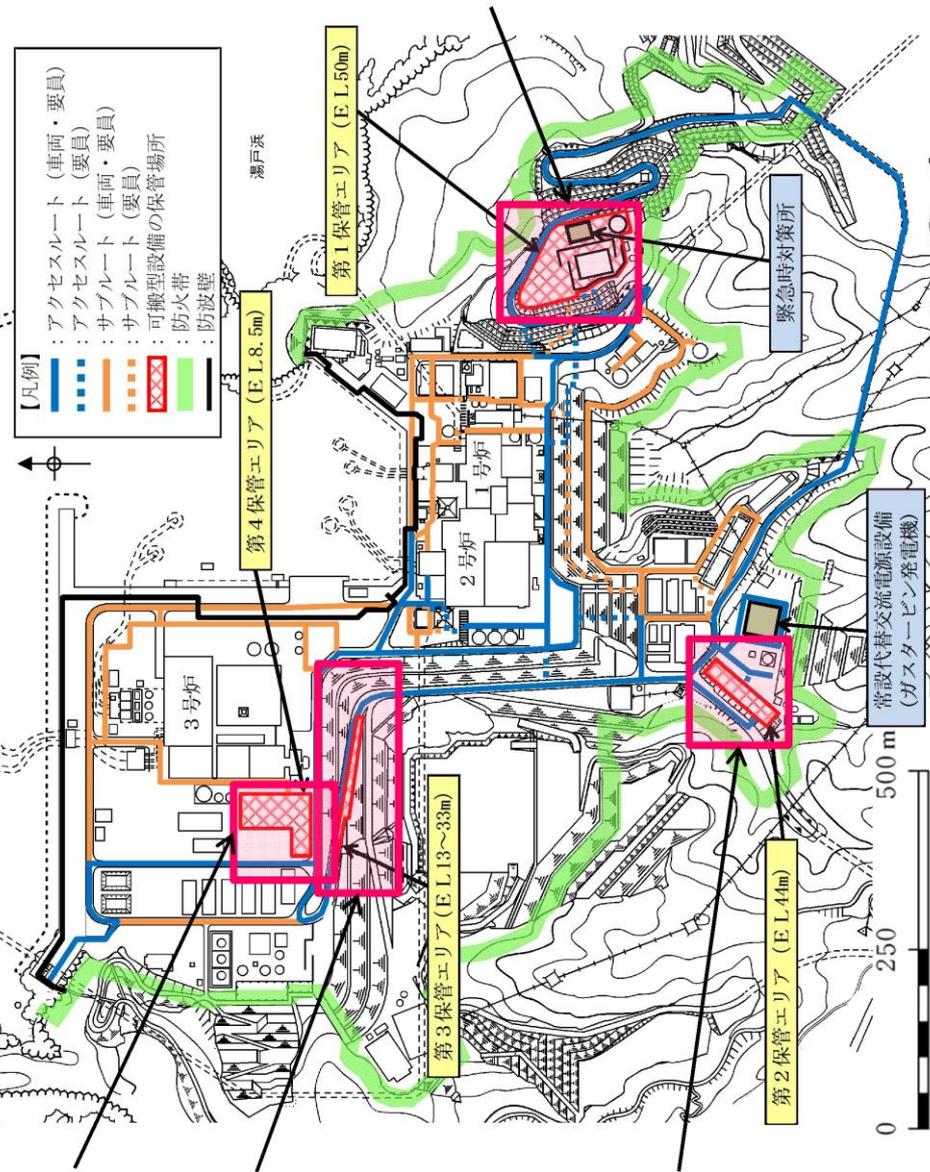
- ・代替淡水源である輪谷貯水槽(西1)及び輪谷貯水槽(西2)の上部に、淡水送水手順に使用する大量送水車、中型ホース展張車(150A)、可搬型ストレーナを、必要な離隔距離を確保した上で、縦列配置する設計とする。
- ・中型ホース展張車(150A)は、出入口近傍に配置し、搬出する際に、大量送水車と干渉しない設計とする。
- ・第2保管エリア内の最小離隔距離は、可搬型ストレーナ間の5.6mであり、互いに干渉しない設計とする。

## 4. 第3保管エリア

- ・可搬型設備毎に、コンクリート基礎を設置し、それぞれ出入口を確保したうえで、他可搬型設備と干渉しない設計とする。  
なお、コンクリート基礎は、地震時における各可搬型設備の変位量を考慮した十分な広さを確保し、コンクリート基礎から落下しない設計とする。また、可搬型設備同士は必要な離隔距離を確保する。
- ・第3保管エリア内の最小離隔距離は、可搬型ストレーナ間の2.5mであり、互いに干渉しない設計とする。

#### 5. 第4保管エリア

- 各可搬型設備は、必要な離隔距離を確保したうえで、手順毎に使用する設備をまとめて配置する。また、同一手順で使用する可搬型設備同士を必要に応じて縦列配置にする設計とする。
- 重大事故等時に、優先的に使用する可搬型設備は、出入口付近に配置する設計とする。
- 埋戻土上には、可搬型重大事故等対処設備（ $\alpha$ 及び予備を除く。）は配置しない。
- 第4保管エリア内の最小離隔距離は、大型送水ポンプ車と大型ホース展張車（300A）間等の3.0mであり、地震による変位量を考慮し、互いに干渉しない設計とする。
- 可搬型設備（ $\alpha$ 及び予備を除く。）は、切土地盤（岩盤）上に保管し、通行範囲の埋戻土はあらかじめコンクリート置換等の対策を実施することから、噴砂による不陸の影響はない。



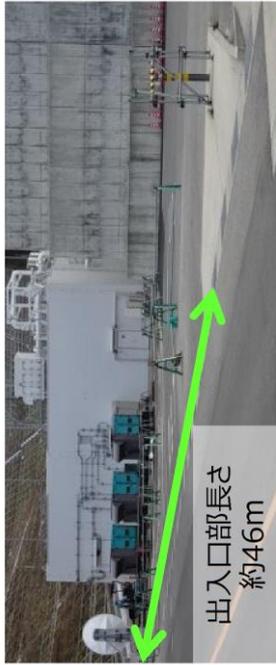
第5 図  
第4 保管エリア  
配置図

第4 図  
第3 保管エリア  
配置図

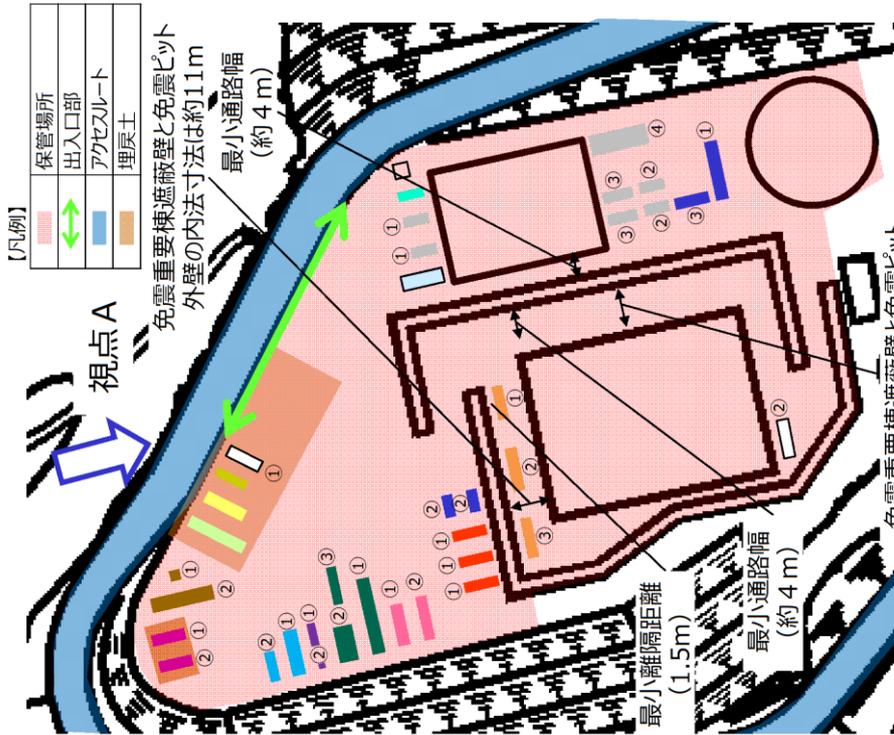
第3 図  
第2 保管エリア  
配置図

第2 図  
第1 保管エリア  
配置図

第1 図 保管場所及び屋外アクセスルート図



視点A



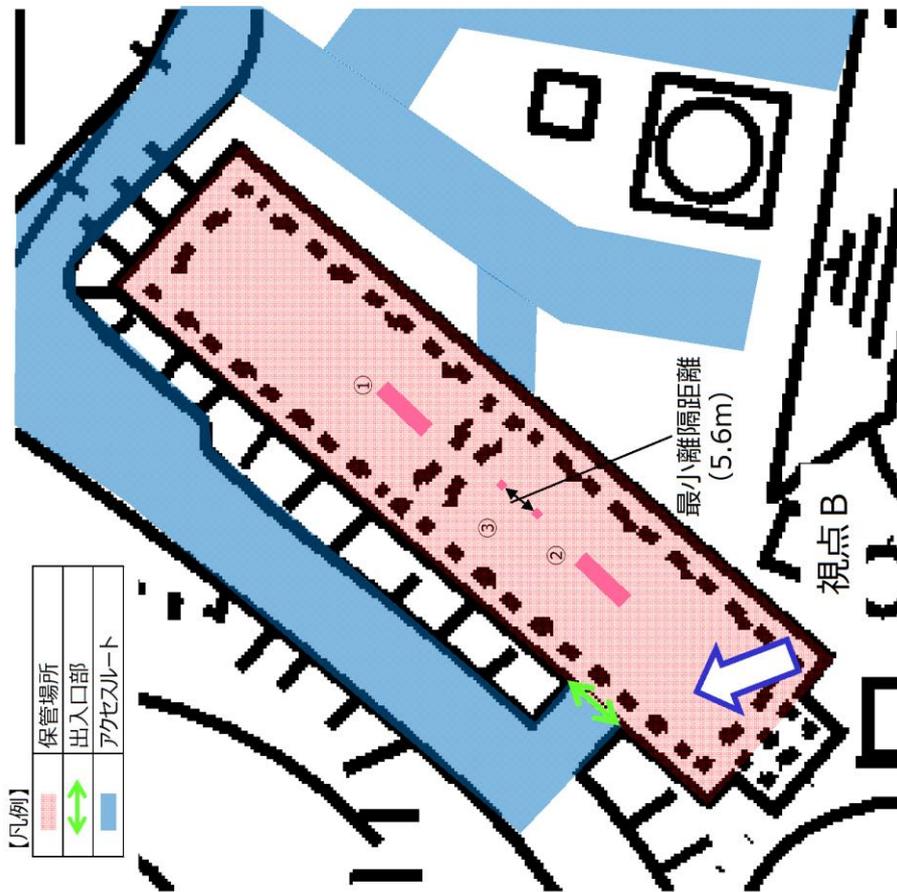
【凡例】

■	・第1ペントフィルタ出口水素濃度※5	■	①放水砲※5
■	①高圧発電機車※1	□	②泡消火薬剤容器※5
■	①移動式代替熱交換設備※1	□	①直流給電車 (115V) ※2
■	②250Aホース※1.5	■	②直流給電車 (230V) ※2
■	③ホース運搬車※4	■	①大量送水車※1
■	①大型送水ポンプ車※1	■	②大型ホース展開車 (150A) ※2及び 150Aホース※1
■	②300Aホース※1.5	■	①可搬式モニタリング・ポスト※1.5
■	③大型ホース展開車 (300A) ※4	■	②可搬式気象観測装置※1
■	・可搬式窒素供給装置※5	■	①緊急時対策所用発電機※1
■	①シルトフェンス※1.5	■	②緊急時対策所空気浄化送風機※1.5
■	②放射性物質吸着材※5	■	③緊急時対策所空気浄化フィルタユニット※1.5
■	①原子炉補機海水ポンプ電動機※3	■	④緊急時対策所正圧装置 (空気ポンプ) ※1.5
■	②ラフターレーン※3	■	①化学消防自動車※2
■	・小型船舶※5	■	②泡消火薬剤運搬車※2及び 泡消火薬剤容器※2
■	・ホイールローダ※1	■	③小型動力ポンプ付水槽車及び小型放水砲※2
■	・タンクローリ※1		

※1：重大事故等対処設備 ※2：自主対策設備 ※3：予備品  
 ※4：資機材 ※5：a又は予備

※ 各設備の保管場所については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

第2図 第1保管エリア 配置図



- 【凡例】
- : ①大量送水車※1
  - ②中型ホース展開車 (150A) ※2及び100A,150Aホース※1
  - ③可搬型ストレナ※1

※1：重大事故等対処設備  
 ※2：資機材

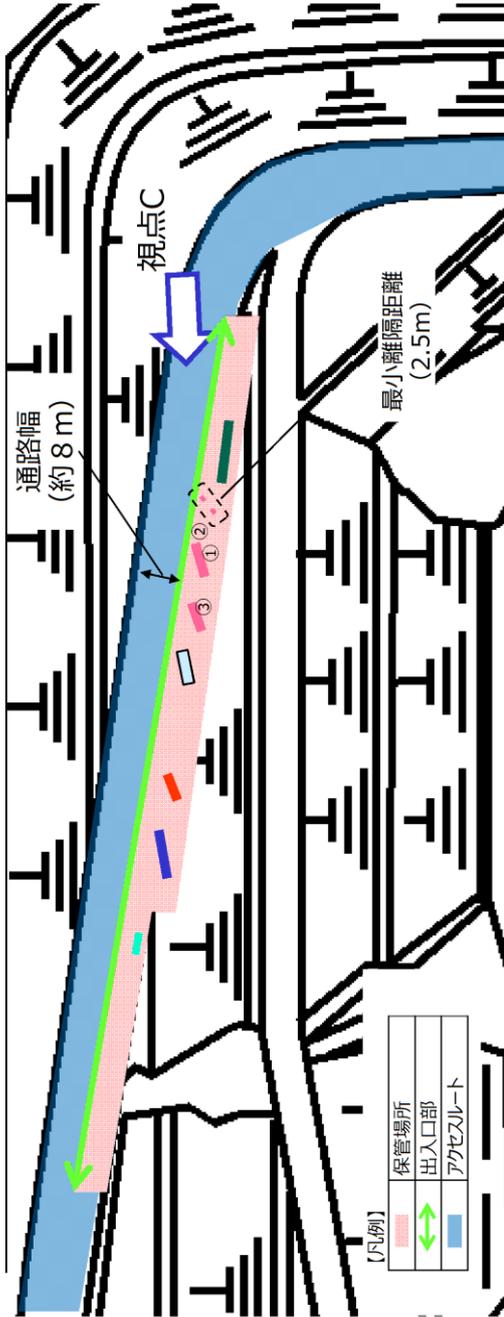


※ 各設備の保管場所については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

第3図 第2保管エリア 配置図

- 【凡例】
- : 高圧発電機車※3
  - : 移動式代替熱交換設備※3
  - : 大型送水ポンプ車※3
  - : タンクローリ※1
  - : ホイローダ※1
  - : ①大量送水車※1
  - ②可搬型ストレナー※1
  - ③中型ホース展開車(150A)※2及び100A,150Aホース※1

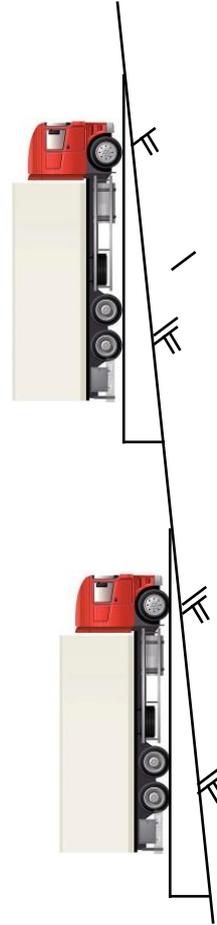
- ※1 : 重大事故等対処設備
- ※2 : 資機材
- ※3 : α又は予備



【凡例】

■	保管場所
⇄	出入口部
⇄	アクセスルート

※：各設備の保管場所については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。



断面図イメージ



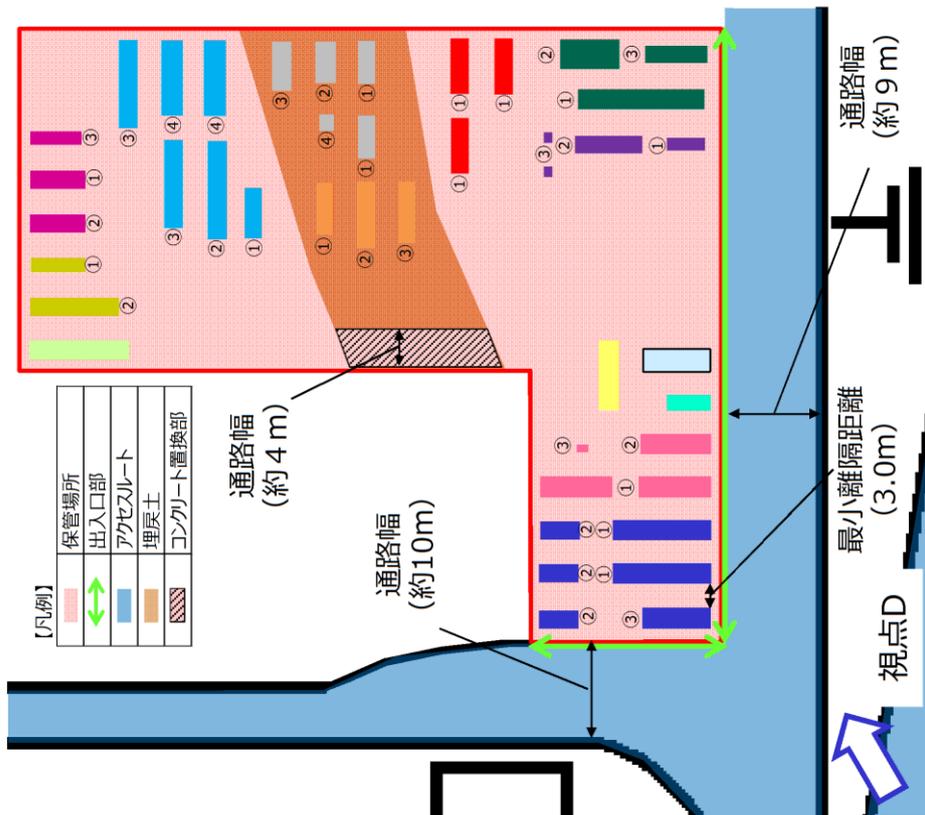
視点C

第4図 第3保管エリア 配置図

【凡例】

①放水砲 <sup>※1</sup>	①第1ベントリル出口水素濃度 <sup>※1</sup>
②池消火薬剤運搬車 <sup>※2</sup> 及び池消火薬剤容器 <sup>※1</sup>	①高圧発電機車 <sup>※1</sup>
③池消火薬剤容器 <sup>※1</sup>	①移動式代替熱交換設備 <sup>※1</sup>
④大量送水車 <sup>※1,4</sup>	②250Aホース <sup>※1,4</sup>
⑤大型ホース展張車 (150A) <sup>※3</sup> 及び150Aホース <sup>※1,4</sup>	③ホース運搬車 <sup>※3</sup>
⑥可搬型ストレーナ <sup>※4</sup>	④大型送水ポンプ車 <sup>※1</sup>
⑦小型船舶 <sup>※3</sup>	⑤大型ホース展張車 (300A) <sup>※3</sup>
⑧小型船舶運搬車 <sup>※3</sup>	・可搬式窒素供給装置 <sup>※1</sup>
⑨可搬式モニタリング・ポスト <sup>※1,4</sup>	①放射性物質吸着材 <sup>※1</sup>
⑩モニタリング設備運搬車 <sup>※3</sup>	②放射線物質吸着材運搬車 <sup>※3</sup>
⑪可搬式気象観測装置 <sup>※4</sup>	③シルトフェンス <sup>※1,4</sup>
⑫緊急時対策所用発電機 <sup>※4</sup>	④シルトフェンス <sup>※1,4</sup>
⑬緊急時対策所空気浄化ファンユニット <sup>※4</sup>	①化学消防自動車 <sup>※2</sup>
⑭緊急時対策所正圧化装置 (空気ポンプ) <sup>※4</sup>	②池消火薬剤運搬車 <sup>※2</sup> 及び池消火薬剤容器 <sup>※2</sup>
・タンクローリー <sup>※4</sup>	③小型動力ポンプ付水槽車及び小型放水砲 <sup>※2</sup>

※1：重大事故等対処設備  
 ※2：自主対策設備  
 ※3：資機材  
 ※4：a又は予備



※：各設備の保管場所については、今後の検討結果等により変更となる可能性がある。

第5図 第4保管エリア 配置図



有効性評価で用いる屋外のアクセスルートの設定について

有効性評価及び技術的能力において、作業成立性の時間評価に用いるアクセスルート※<sup>1</sup>の更なる確保を目的として、サブルート※<sup>2</sup>の成立性を検討した。

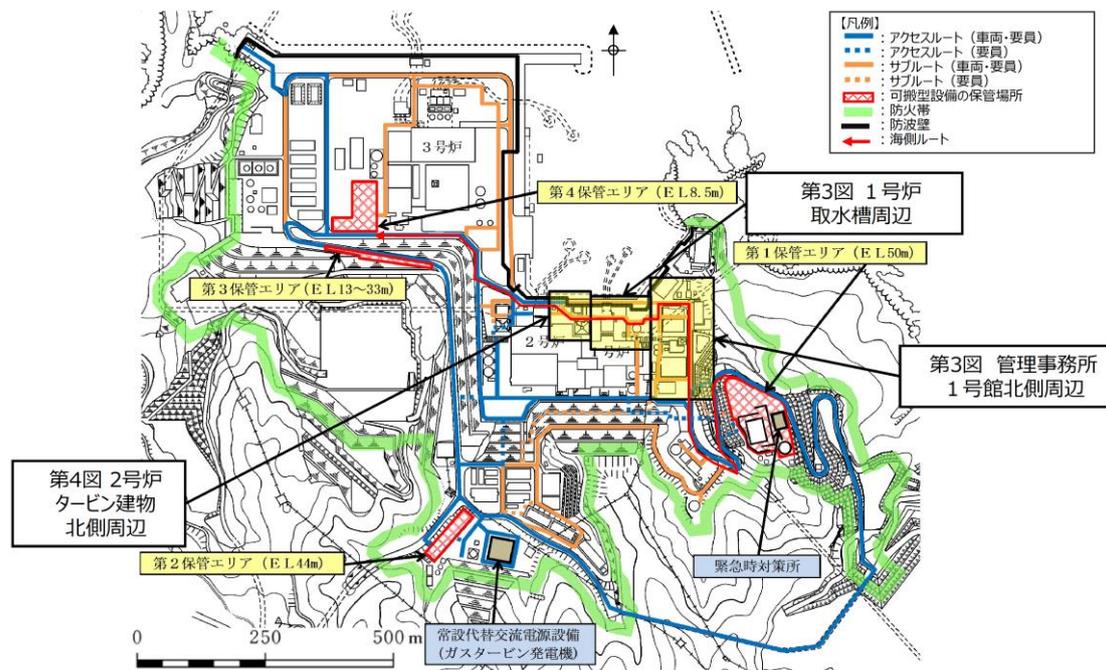
1. 1, 2号炉北側のサブルートの成立性検討

サブルートのうち、緊急時対策所～第3保管エリア及び第4保管エリアに接続するルートとして、第1図に示す防波壁内側の1, 2号炉北側のサブルート（海側ルート）の成立性を検討した。

検討した結果、(1)～(3)に示すとおり、地震時においては、重量物の転倒・落下や、複数の建物の倒壊影響範囲が重畳すると想定されるため、有効性評価を考慮した時間内に復旧作業を実施し、要員又は車両の通行が困難な見込みであることから、引き続き、海側ルートは地震及び津波時には期待しないサブルートとする。

※1：地震及び津波の影響を考慮し、基準津波の影響を受けない防波壁内側にあって、基準地震動 $S_s$ による被害の影響を考慮したルートと位置付け、有効性評価において作業成立性の時間評価に用いる。

※2：地震及び津波時に期待しないルートと位置付けるため、地震及び津波その他の自然現象の影響評価対象外とする。

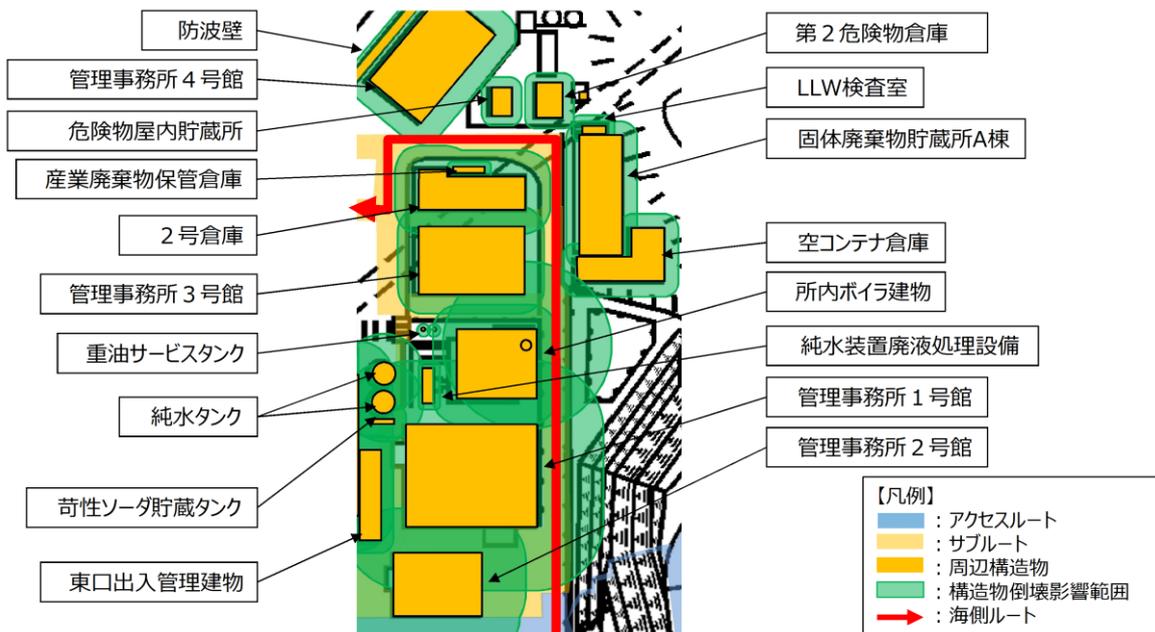


第1図 海側ルート

(1) 管理事務所 1 号館北側周辺

第 2 図に示すとおり，所内ボイラ建物，管理事務所 1 号館，管理事務所 4 号館，2 号倉庫の倒壊影響範囲内にある。

各建物の倒壊影響範囲は重畳すると想定されるため，重機による撤去は困難であること及び迂回もできないことから，地震後の被害状況を踏まえ，サブルート（地震及び津波時に期待しないルート）とする。

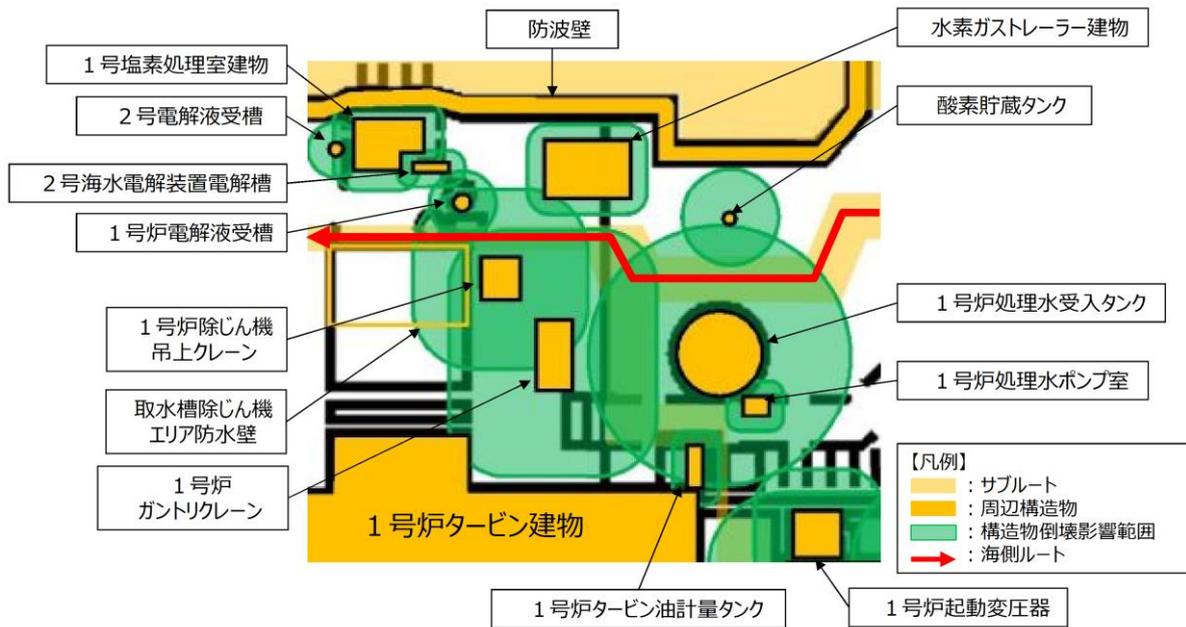


第 2 図 管理事務所 1 号館北側周辺

(2) 1号炉取水槽周辺

第3図に示すとおり、1号炉の電解液受槽、除じん機吊上クレーン、ガントリクレーン、処理水受入タンクの倒壊影響範囲内にある。

特に、除じん機吊上クレーンは、重量物であり重機による撤去は困難であること及び迂回もできないことから、地震後の被害状況を踏まえ、サブルート（地震及び津波時に期待しないルート）とする。

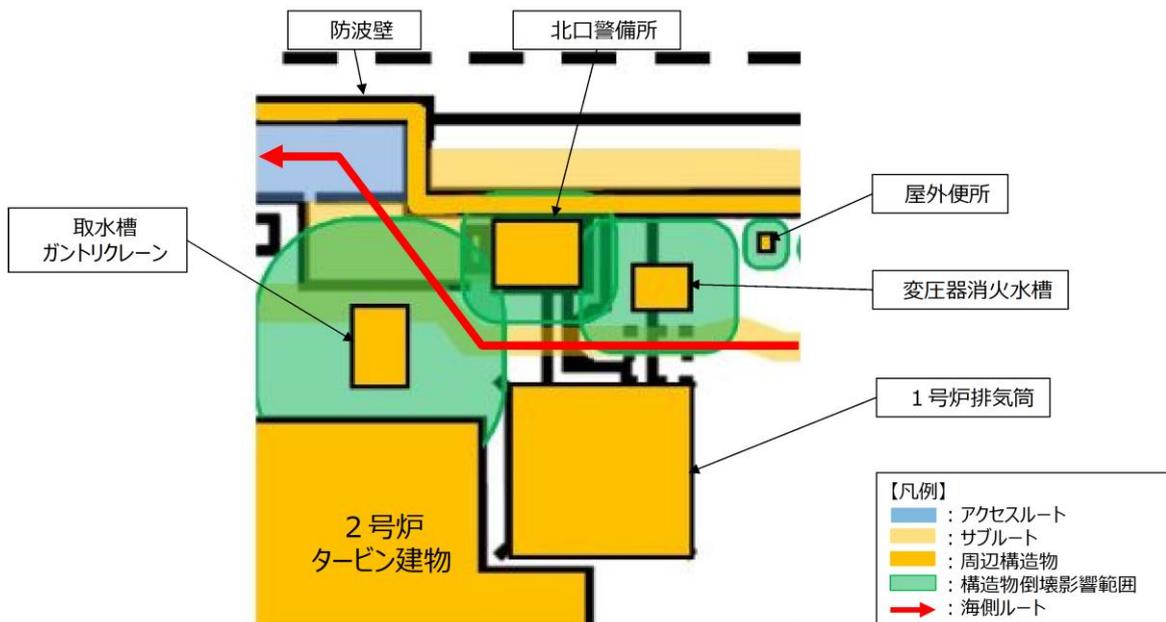


第3図 1号炉取水槽周辺

(3) 2号炉タービン建物北側周辺

第4図に示すとおり、取水槽ガントリークレーン、北口警備所、変圧器消火水槽の倒壊影響範囲内にある。

特に、取水槽ガントリークレーンは、重量物であり重機による撤去は困難であること及び迂回もできないことから、地震後の被害状況を踏まえ、サブルート（地震及び津波時に期待しないルート）とする。



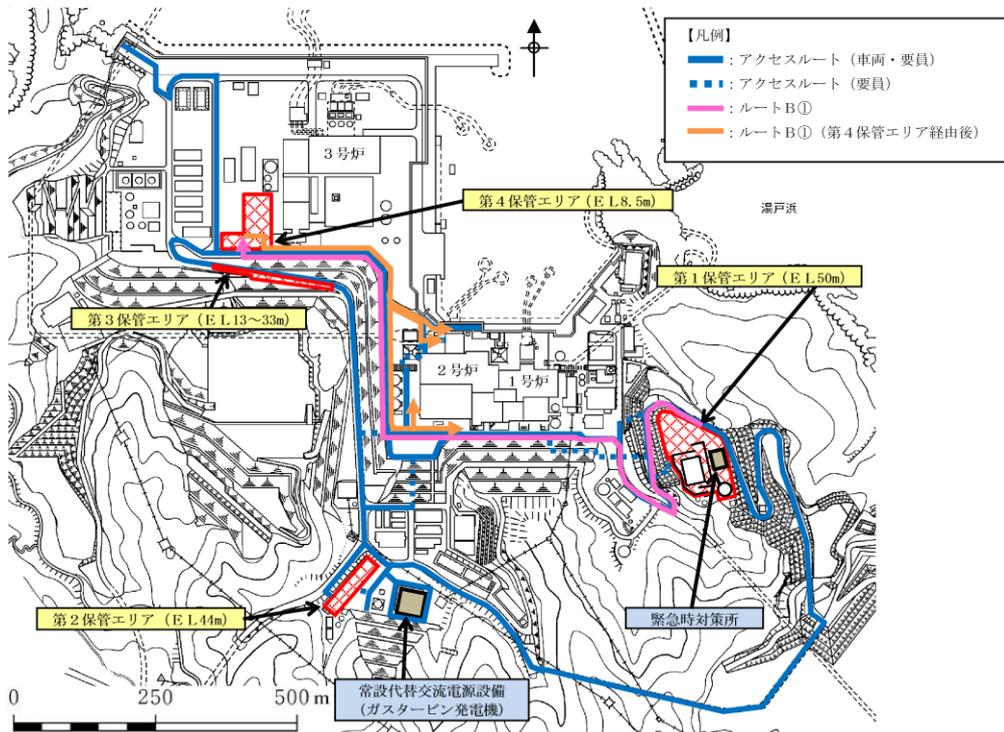
第4図 2号炉タービン建物北側周辺

## 2. 有効性評価における作業成立性の実績時間の見直し

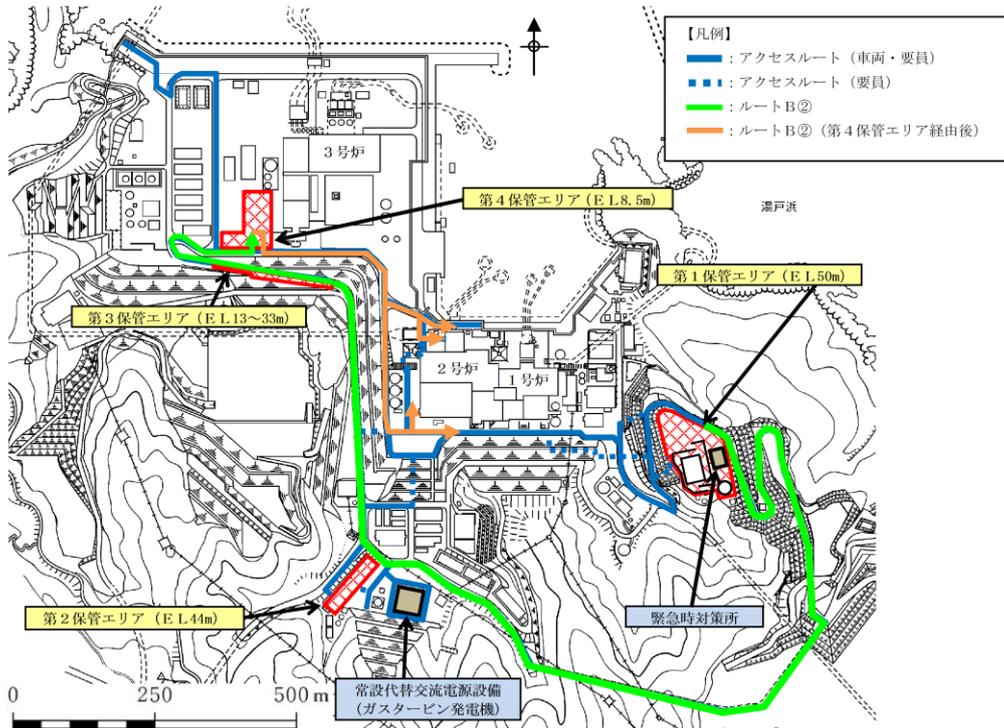
仮復旧なしで可搬型設備（車両）及び要員の通行が可能なアクセスルートとして、第5図に示すとおり「1, 2号炉原子炉建物南側を経由したルート」と「第二輪谷トンネルを経由したルート」の2ルートを設定している。

1, 2号炉北側のサブルート（海側ルート）のアクセスルート化が困難なことから、現在、有効性評価及び技術的能力において、「1, 2号炉原子炉建物南側を経由したルート」を用いて作業成立性の時間評価を実施しているが、作業時間の観点でより保守的な評価となる「第二輪谷トンネルを経由したルート」を用いた時間評価に、第1表のとおり見直す。

所要時間目安が変更となるものの、タンクローリによる燃料補給を除き、いずれも現状の想定時間内となる。なお、タンクローリによる燃料補給の想定時間を見直すが、タンクローリによる燃料補給は第6図に示すとおり、初動で実施する大量送水車起動後の燃料枯渇前までに実施することで良いため、想定時間の変更に伴う影響はない。



ルートB①：緊急時対策所を起点とし、1、2号炉原子炉建物南側及び第4保管エリアを経由したE L8.5m及びE L15mエリア作業用アクセスルート



ルートB②：緊急時対策所を起点とし、第二輪谷トンネル及び第4保管エリアを経由したE L8.5m及びE L15mエリア作業用アクセスルート

第5図 緊急時対策所を起点とし、第4保管エリアを経由したE L8.5m及びE L15mエリア作業用アクセスルート

第1表 要員の移動ルート変更に伴う有効性評価の作業時間

	緊急時対策所～1, 2号炉原子炉建物南側を経由した場合の作業時間		緊急時対策所～第二輪谷トンネルを経由した場合の作業時間	
	所要時間目安※1	想定時間※2	所要時間目安※1	想定時間※2
大量送水車による注水等	1時間33分	2時間10分	1時間41分	2時間10分
原子炉補機代替冷却系による除熱	5時間33分	7時間20分	5時間41分	7時間20分
タンクローリによる燃料補給	1時間29分	1時間40分	2時間12分	2時間30分※
燃料プールのスプレイ系（可搬型スプレイノズル）による燃料プール注水	2時間15分	2時間50分	2時間25分	2時間50分

※1：実機による検証及び模擬により算定した時間

※2：移動時間+操作時間に余裕を見て設定

必要な要員と作業項目			経過時間(分)						経過時間(時間)										備考
			10	20	30	40	50	60	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
操作項目	実施箇所・必要人員数	操作の内容	事象発生20分後 タンクローリ準備開始 タンクローリの準備完了が必要となる時間(大量送水車起動から、約3.1時間)																
運転員(中央制御室)	復旧班要員																		
状況判断	1人	・ 外部電源喪失確認等	10分																
低圧原子炉代替注水系(可搬型)準備操作	14人	・ 放射線防護員準備 ・ 低圧原子炉代替注水系(可搬型)による原子炉注水準備(大量送水車配置、ホース展開、接続)	2時間10分		大量送水車起動後、約3.8時間後までに燃料補給を実施														
低圧原子炉代替注水系(可搬型)注水操作	(2人)	・ 低圧原子炉代替注水系(可搬型)注水操作															原子炉水位をレベル3～レベル8で維持		
燃料補給準備	2人	・ 放射線防護員準備/整備 ・ 非常用ディーゼル発電機燃料貯蔵タンク等からタンクローリへの補給	10分																
燃料補給作業	2人	・ 大量送水車への補給	2時間30分		余裕時間													補給作業に約20分必要となるため給油20分前までに準備完了が必要	
			適宜実施																

第6図 タンクローリの想定時間変更 タイムチャート (全交流動力電源喪失(TBP))

第819回審査会合（令和元年12月24日）からの主要な変更点について

第819回審査会合（令和元年12月24日）からの主な変更点を以下に示す。

1. 土石流が発生した場合の対策内容

- ・管理事務所2号館南東に、土石流の影響を受けるおそれのないアクセスルート（要員）を確保する。アクセスルートの対策の一例を第1,2図に示す。
- ・第1保管エリアに保管していたn設備と、第4保管エリアに保管していた予備を入れ替えた。また、資機材についても保管場所を第1保管エリアから第4保管エリアに変更した。これに伴い、保管場所を確保するため、第4保管エリアの範囲を拡充した。第4保管エリアの位置を第2図に示す。また、保管場所を変更した設備を第1表に示す。

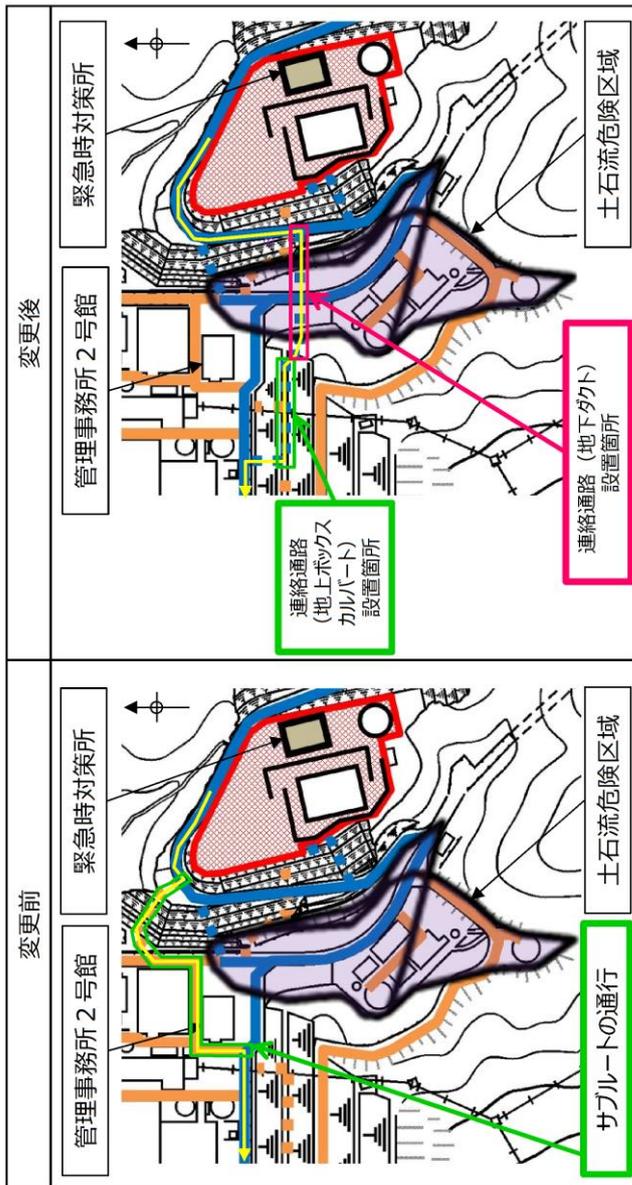
2. 鉄塔関係

- ・66kV鹿島支線No.2-1鉄塔について、基準地震動 $S_s$ により倒壊するものとして整理していたが、耐震評価を実施のうえ、基準地震動 $S_s$ により倒壊しないことを確認する構造物として整理する。対象となる鉄塔の配置図を第3図に示す。
- ・66kV鹿島支線No.3鉄塔、500kV島根原子力幹線No.1鉄塔、500kV島根原子力幹線No.2鉄塔及び500kV島根原子力幹線No.3鉄塔について、地震により倒壊し、斜面上を滑落する場合を想定しても、送電線の実長からアクセスルートに到達しないことを確認する。対象となる鉄塔の配置図を第3図に示す。
- ・万一、66kV鹿島支線No.3鉄塔～屋内開閉所間の送電線の垂れ下がりが発生した場合、迂回又はケーブルカッターによる切断等の対応を行うこととしていたが、作業安全の観点から、送電線下部に連絡通路（地上ボックスカルバート）を設置し、アクセスルート（要員）を確保する。アクセスルートの対策の一例を第1,3図に示す。

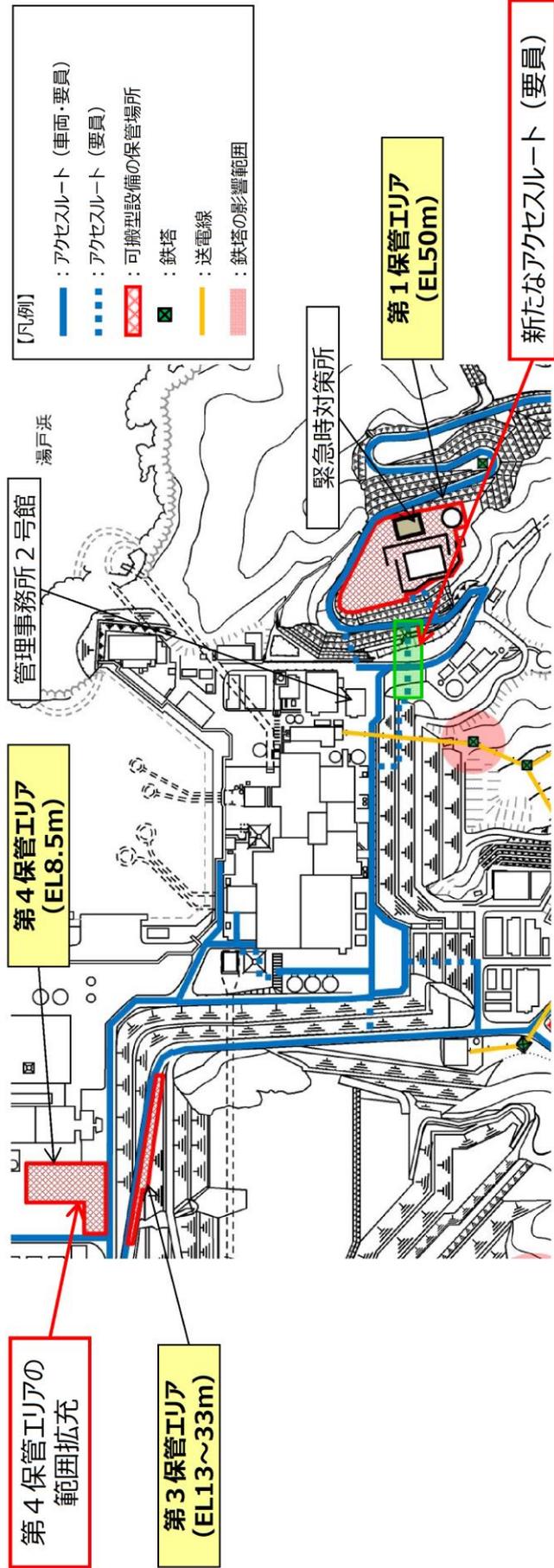
3. 接続口の追加に伴うアクセスルートの追加

- ・四十三条共-5「可搬型重大事故等対処設備の接続口の兼用状況について」において、「原子炉建物内接続口」及び「緊急用メタクラ接続プラグ盤」を追加したことから、接続口配置箇所への屋外及び屋内のアクセスルートを追加する。追加箇所を第4図に示す。

- 【凡例】
- ：アクセスルート (車両・要員)
  - ：アクセスルート (要員)
  - ：サブルート (車両・要員)
  - ：サブルート (要員)
  - ：可搬型設備の保管場所
  - ：土石流危険区域
  - ：土石流発生時における  
徒歩ルート



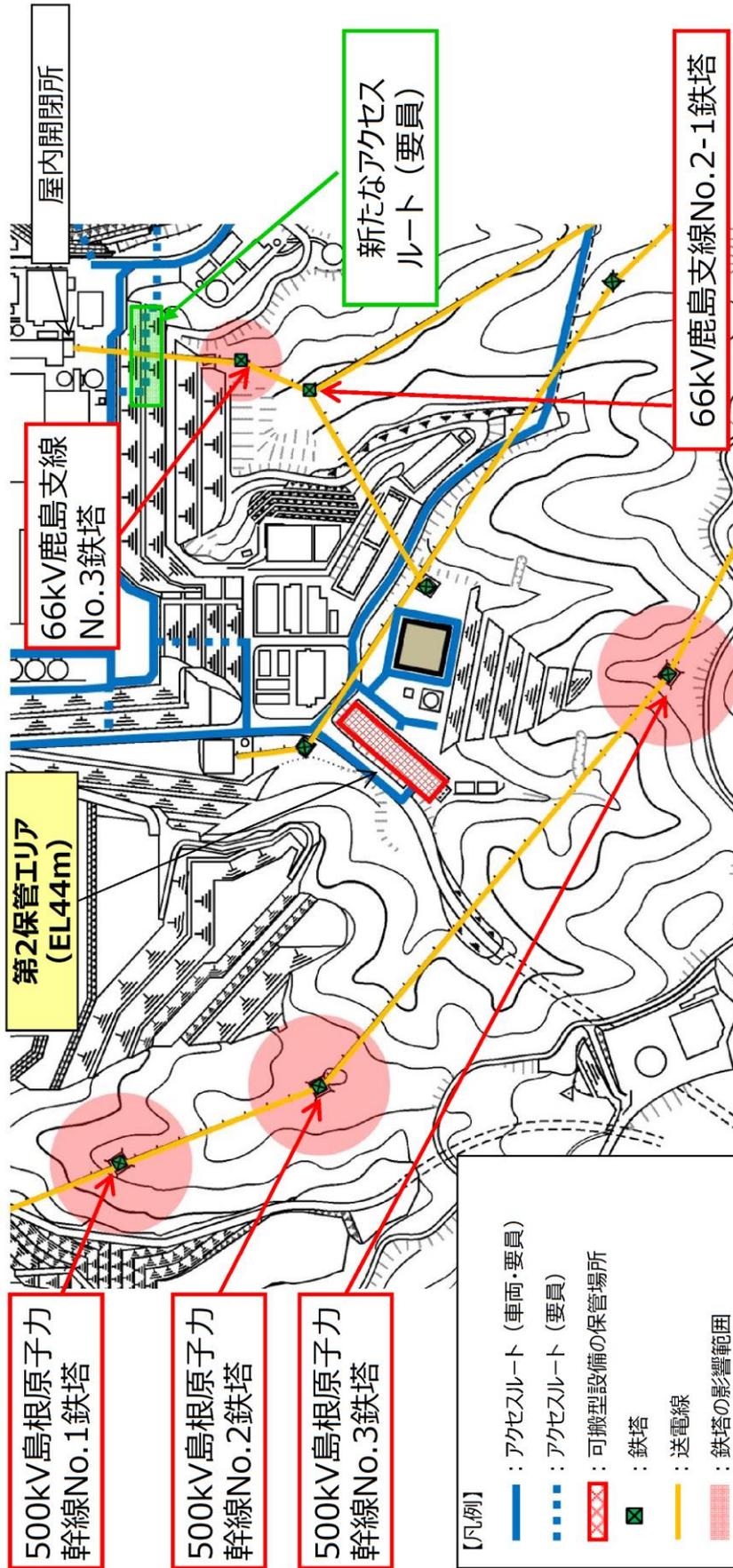
第1図 アクセスルート (要員) 対策の一例



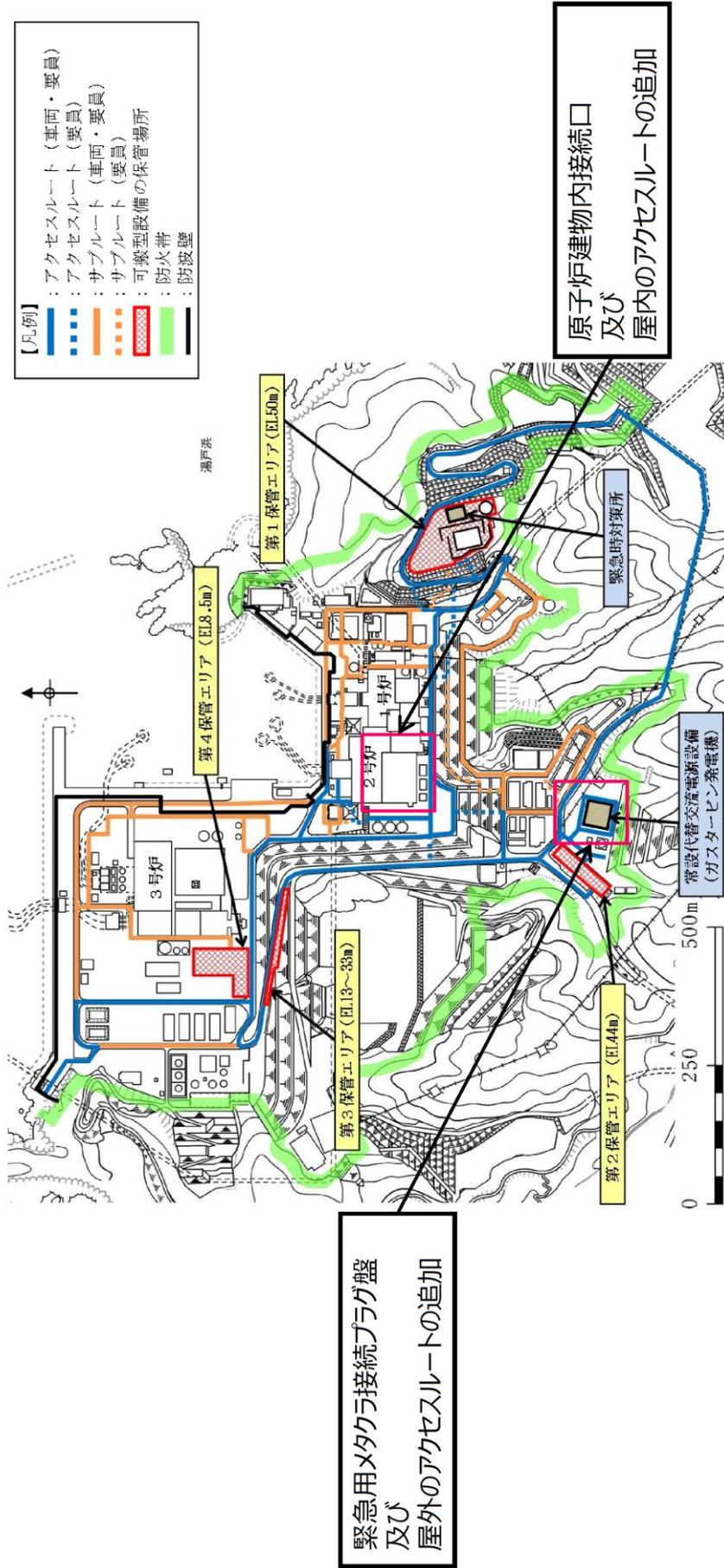
第2図 土石流が発生した場合の対策内容 概要図

第1表 n設備及びその他設備における保管場所変更 一覧表

可搬型設備	変更前		変更後	
	第1保管 エリア	第4保管 エリア	第1保管 エリア	第4保管 エリア
可搬式窒素供給装置	n	予備	予備	n
第1ベントフイルタ出口水素濃度	n	予備	予備	n
シルトフエンス（2号炉放水接合槽用）	n, 予備	予備	n, 予備	n, 予備
シルトフエンス（輪谷湾用）	n	予備	n, 予備	n
小型船舶	n	予備	予備	n
放射性物質吸着材	n	n, 予備	予備	n
放水砲	n	予備	予備	n
泡消火薬剤容器	n	予備	予備	n
可搬式モニタリング・ポスト	n	n, 予備	n, 予備	n, 予備
300A ホース	n	予備	予備	n
250A ホース	n	予備	予備	n
小型船舶運搬車	資機材	—	—	資機材
シルトフエンス運搬車	資機材	—	—	資機材
放射性物質吸着材運搬車	資機材	—	—	資機材
泡消火薬剤運搬車	資機材	—	—	資機材
モニタリング設備運搬車	資機材	—	—	資機材



第3図 鉄塔関係 概要図



第4図 接続口の追加に伴うアクセスルートの追加 概要図

第861回審査会合（令和2年5月18日）からの主要な変更点について

第861回審査会合（令和2年5月18日）からの主な変更点を以下に示す。

1. 可搬型設備の台数及び保管場所の変更

- ・土石流が発生した場合でも、「大型送水ポンプ車及び放水砲による航空機燃料火災への泡消火」が実施できるよう、必要数分の泡消火薬剤容器を、第1表のとおり、土石流の影響を受けるおそれのない第4保管エリアに配備し、予備を第1保管エリアに配備する。
- ・海を水源とした対応手順のうち、大量送水車2台を使用した手順を自主手順からSA手順に変更することに伴い、大量送水車の確保台数を3台から5台に変更する。

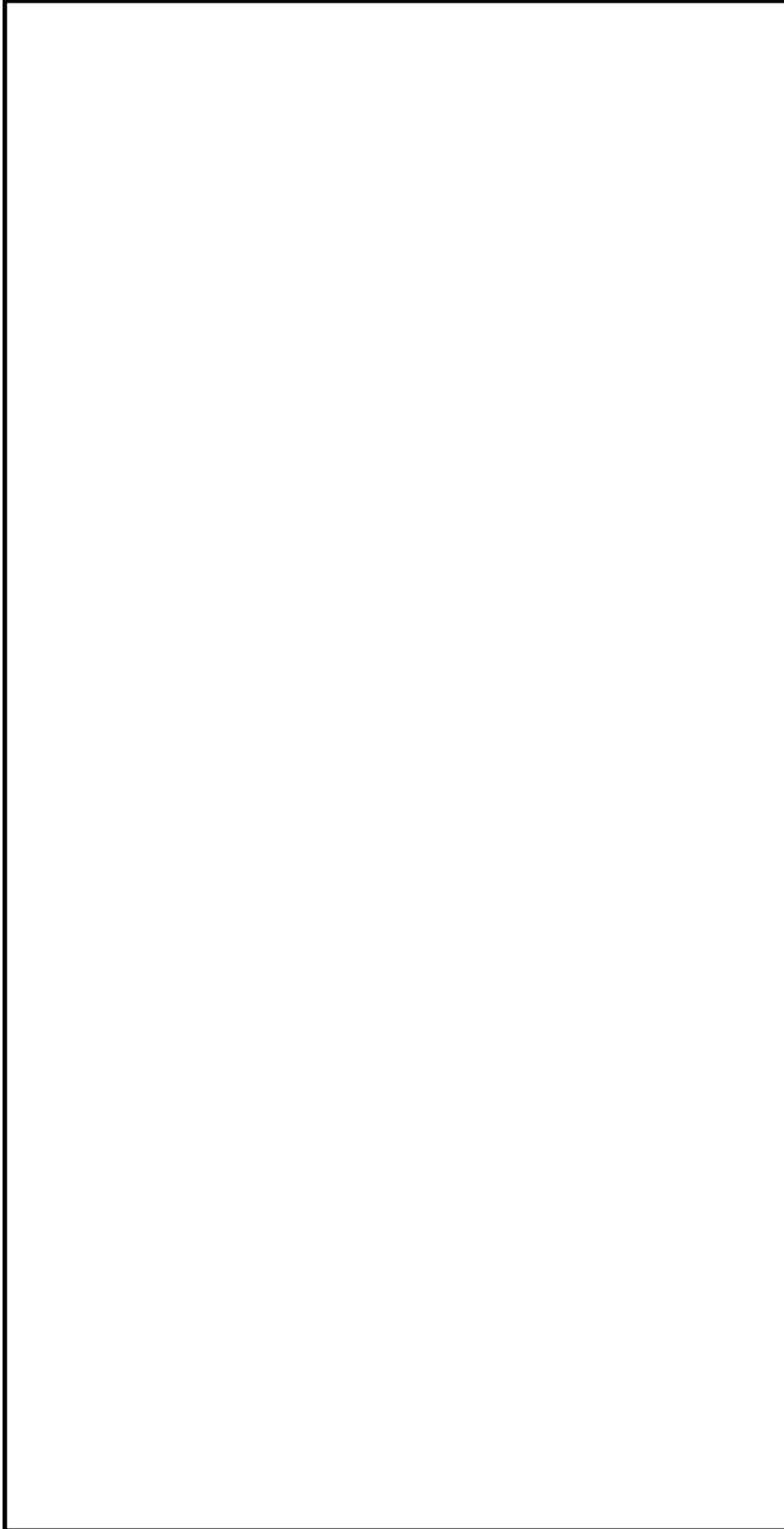
第1表 可搬型設備の台数及び保管場所の変更 一覧

分類	可搬型設備	用途	使用場所	変更前				変更後				
				第1保管エリア	第2保管エリア	第3保管エリア	第4保管エリア	第1保管エリア	第2保管エリア	第3保管エリア	第4保管エリア	
2n + α 設備	大量送水車	送水用	E L 44m 周辺 E L 15m 周辺	0台	1台	1台	予備1台	0台	1台	1台	0台	予備1台 (兼用) ※
		海水取水用	E L 8.5m 周辺	0台	0台	0台	0台	1台	0台	0台	1台	予備1台 (兼用) ※
n 設備	泡消火薬剤容器	航空機燃料火災用	E L 8.5m 周辺	5個	0個	0個	予備3個	予備1個	0個	0個	5個	
その他設備	泡消火薬剤運搬車		E L 8.5m 周辺	2台	0台	0台	1台	1台	0台	0台	2台	

※：送水用及び海水取水用の「設置許可基準規則解釈」第43条第5項に基づく、故障時のバックアップ及び保守点検による待機除外時のバックアップ（α）は、発電所全体で確保する。なお、要求されるいずれの機能も満足するため、兼用で1台確保する。

2. 屋内接続口の追加に伴うアクセスルートの追加

- ・「設置許可基準規則」第五十二条（水素爆発による原子炉格納容器の破損を防止するための設備）において、窒素供給ラインの接続口を2号炉原子炉建物内に追加設置することから、接続口配置箇所への屋内のアクセスルートを第1図のとおり追加する。



第1図 屋内のアクセスルート図

本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

## 海岸付近のアクセスルートの通行について

海岸付近のアクセスルート（第2図：シルトフェンスの運搬ルート）において、万一、想定を上回る沈下が発生し、通行に支障が生じた場合は、段差復旧用の砕石等を用いて、重機により仮復旧を行う。（別紙(9)参照）

また、海岸付近のアクセスルートは、第4保管エリアから2号炉放水接合槽へのシルトフェンスの車両運搬時に使用するが、万一、想定を上回る沈下が発生し、加えて、上記の段差復旧作業により仮復旧できない場合には、緊急時対策要員7名にて人力により運搬<sup>※1</sup>する。

- ・「2号炉放水接合槽」と「輪谷湾」へのシルトフェンス設置作業の想定時間は、第1図のとおり、13時間であり、シルトフェンスの設置完了目安である手順着手後24時間に対して、時間的に余裕がある。
- ・「2号炉放水接合槽」までのシルトフェンスの運搬は、車両を用いて行うが、想定を上回る沈下が発生し、車両通行に支障が生じた場合でも、上記時間余裕内で緊急時対策要員7名の人力による運搬<sup>※1</sup>も可能である。

※1：2号炉放水接合槽に設置するシルトフェンスは重量約140kgで、人力で運搬可能な重量以下<sup>※2</sup>である。また、運搬時の大きさは約30cm×30cm×1,000cmであり、人力で運搬できるよう持ち手等の治具を確保する。

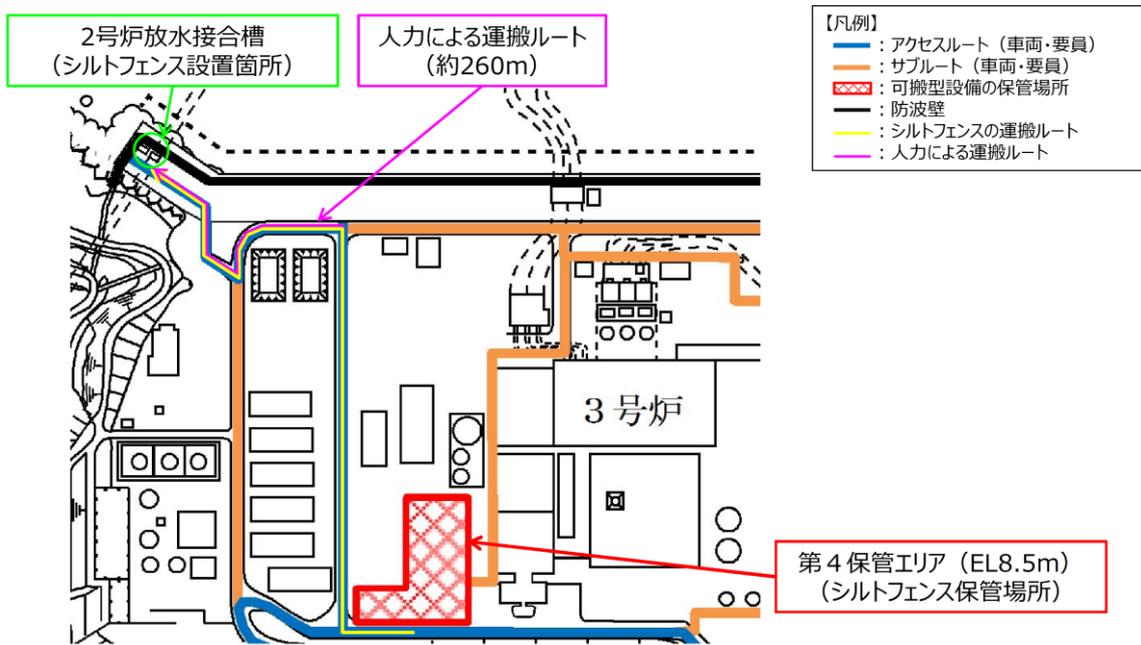
なお、第4保管エリアから2号炉放水接合槽までのルートのうち人力による運搬距離は約260mであり、万一、人力による運搬を想定しても、第1図に示す重大事故等発生時における海洋への放射性物質の拡散抑制に係るシルトフェンスの設置完了目安時間以内に設置可能と見込めるものとする。

※2：厚生労働省公表の「職場における腰痛予防対策指針」（平成25年6月18日）を参考に設定。

【考え方】腰痛予防の目安とされている基準が18歳以上の男子労働者の場合は体重のおおむね40%以下である。また、厚生統計要覧（平成30年度厚生労働省公表）によると18歳以上の男性の平均体重が60kg程度であることから、人力により運搬可能な重量は7名作業を想定し、 $60\text{kg} \times 40\% \times 7\text{名} \div 160\text{kg}$ 以下と設定する。

必要な要員と作業項目		経過時間 (分)												経過時間 (時間)				備考									
		20	40	60	80	100	120	140	160	180	14	16	18	20	22	24											
手順の項目	要員(数)	2号炉放水接合槽へのシルトフェンス (1重目) の設置 輸谷湾へのシルトフェンス (1重目) の設置 24時間 3時間																									
シルトフェンスによる海洋への放射性物質の拡散抑制	緊急時対策要員	7	移動 (緊急時対策所から第4保管エリアに移動)																								
			車両健全性確認 (シルトフェンス運搬車)																								
			積込・運搬																								
			シルトフェンスの設置																								
			運搬・小型船舶の準備																								

第1図 海洋への放射性物質の拡散抑制 (シルトフェンス) タイムチャート



第2図 シルトフェンス設置位置及び運搬ルート