

# 島根原子力発電所 2号炉 津波による損傷の防止

論点 2, 指摘 7「津波防護の障壁となる地山の扱い」

---

(コメント回答)

令和 2 年 5 月  
中国電力株式会社

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

# 審査会合における指摘事項【論点2】

## ■ 指摘事項（平成31年2月26日 第686回審査会合）

### 【No.2（論点2）津波防護の障壁となる地山の扱い】

防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）は双方とも地山斜面（岩盤）に摺付き、これらの地山が津波の敷地への地上部からの到達に対して障壁となっている。地山を津波防護上の障壁として活用した審査実績が無いことから、地山の耐震、耐津波設計上の位置付け、基準地震動及び基準津波に対する健全性の確保について説明すること。

1. 津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の障壁となっている地山斜面の範囲の特定
2. 地山の地質構造、防波壁擦り付け部の構造・仕様の提示
3. 地山の耐震、耐津波設計上の位置付け（津波防護を担保する地山斜面、防波壁の支持地盤、防波壁及び1号炉放水連絡通路防波扉の周辺斜面等について）
4. 基準地震動及び基準津波に対する健全性確保の見通し（例えば、地震によるすべり、ひび割れ、津波による洗掘等）
5. 1号炉放水連絡通路の存在による悪影響

### 【No.14 津波防護の障壁となる地山の扱い】

地山が津波防護の障壁になっているのであれば、地山のきちんとした地質調査結果として詳しいルートマップ等を提示すること。

## 論点 2 に関連する審査会合における指摘事項

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
71	R元.7.2	<p>防波壁の擦り付け部に関わる斜面において、1号放水連絡通路防波扉及び1・2号の放水施設などに影響を及ぼす観点を含め、地質学的な考察に基づく断面選定の考え方等の周辺斜面の安定性評価について、地震・津波に関する審査会合において説明すること。</p> <p>なお、防波壁擦り付け部の地山については、人工物ではないが津波防護施設と同等の機能を有していることから、この斜面においては他断面で代表させるのではなく、それぞれ個別に断面選定し、1号放水連絡通路等の人工物への影響も含め、周辺斜面の安定性評価を行う必要がある。</p>	<p>—</p> <p>〔地震・津波班〕 R元.8.30会合 R元.11.22会合 R2.2.28会合 で説明</p>

# 審査会合における指摘事項に対する回答

## ■ 回答まとめ

### 1. 津波遡上高の分布を踏まえた津波防護上の障壁となっている地山斜面の範囲の特定

- 津波防護上の障壁となっている地山斜面の範囲について、水位上昇側の基準津波の中で、防波壁端部において敷地盤である水位EL+8.5m以上が広範囲に分布する基準津波1（防波堤有り・無し）の最大水位上昇量分布を踏まえて特定した。（P5～11参照）

### 2. 地山の地質構造、防波壁擦り付け部の構造・仕様の提示

- 津波防護上の障壁となっている地山斜面の地質・地質構造について、地質調査結果に基づいて整理した。（P12～34参照、「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」（R2.2.28審査会合）において審議済）
- 防波壁擦り付け部は、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とし、前面及び背面をコンクリートで被覆していることを示した。（P35, 36参照）

### 3. 地山の耐震、耐津波設計上の位置付け

- 地山の耐震、耐津波設計上の位置付けについて、①津波防護を担保する地山斜面、②防波壁の支持地盤としての地山、③防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面を耐震設計上・耐津波設計上の位置付けに分けて整理した。（P37参照）

### 4. 基準地震動及び基準津波に対する健全性確保の見直し

- 防波壁端部の津波防護上の障壁となっている地山に対して、両端部の地山のすべり方向等を考慮し、評価対象斜面の選定に用いる検討断面を抽出した。（P40～42, 45参照）
- 検討断面において、すべり安全率への影響要因（「斜面を構成する岩級」、「斜面高さ」、「斜面勾配」及び「シームの分布の有無」）及び簡便法によるすべり安全率の比較を行い、評価対象斜面を選定した。（P43, 46参照）
- 評価対象斜面について、2次元動的FEM解析を実施し、すべり安全率が1.2を上回っており、基準地震動に対する健全性を確保していることを確認した。（P47, 48参照）
- 防波壁端部の津波防護上の障壁となっている地山に対して、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性を確保していること及び直立の構造物に作用する力を保守的に津波波力として設定し、地山のせん断抵抗力と比較することで健全性を確保していることを確認した。（P49～52参照）

### 5. 1号炉放水連絡通路の存在による悪影響

- 1号炉放水連絡通路に加え、防波壁端部に存在する1・2号炉放水路も対象に検討を行った。
- 防波壁端部の断面に対象施設を投影し、想定すべり面と重ならないことを確認した。また、掘削前後において、「簡便法によるトンネルを通るすべり面のすべり安全率」及び「掘削解析によるすべり面上のひずみ増分」を比較した結果、いずれも大きく変化しないことから、影響は軽微であることを確認した。（P53～59参照）

# 津波防護上の障壁となっている地山の評価フロー

- 津波防護上の障壁となっている地山の評価フローを下図に示す。

評価開始

## 津波防護上の障壁となっている地山斜面の範囲の特定

津波防護上の障壁となっている地山斜面の範囲について、基準津波の最大水位上昇量分布を踏まえて特定する。

津波防護を担保する地山斜面の検討対象は、地山斜面の範囲のうち、津波防護の観点で最も厳しい断面付近とする。

## 基準地震動に対する健全性確保の確認

津波防護の観点で最も厳しい断面付近において、評価対象斜面を選定し、2次元動的FEM解析によりすべり安定性を確認する。

## 基準津波に対する健全性確保の確認

津波防護の観点で最も厳しい断面付近において、波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性、及び基準津波による地山のすべり安定性を確認する。

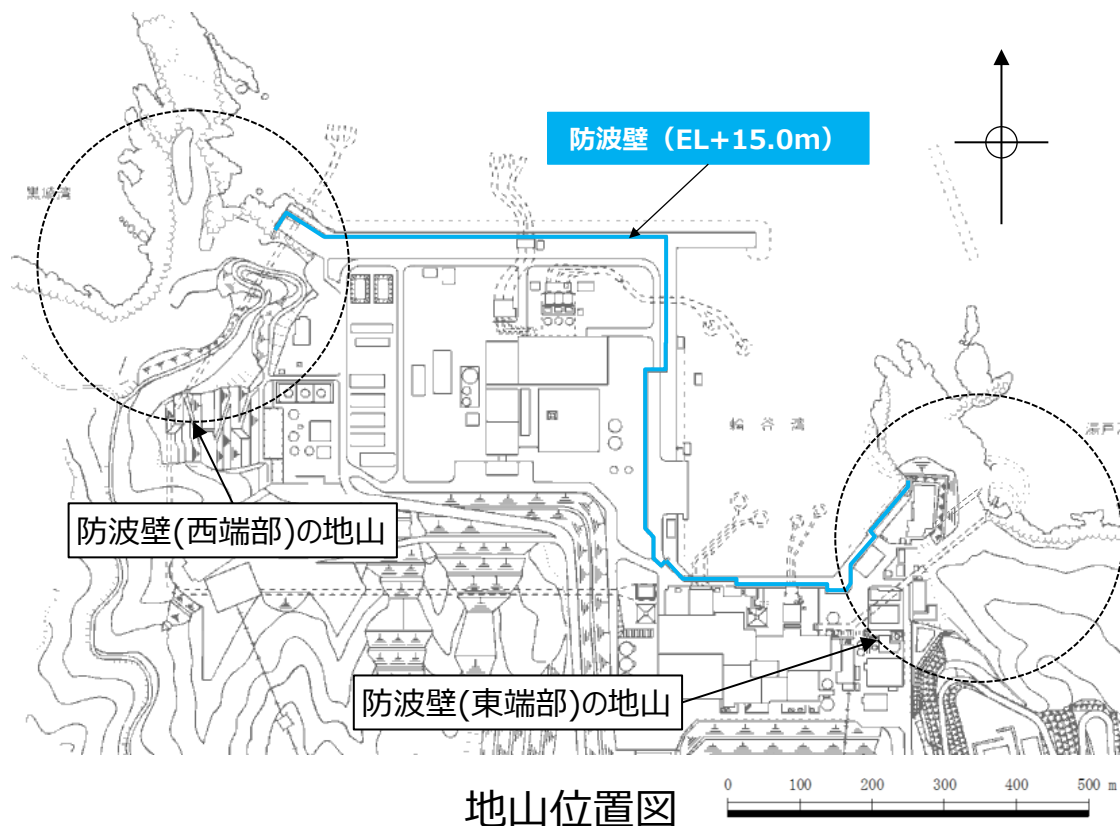
## 1号炉放水連絡通路の存在による影響の確認

津波防護上の障壁となっている地山斜面を通過する1号炉放水連絡通路に加え、1・2号炉放水路について、斜面安定性への影響の確認を行う。

評価完了

# 1. 津波防護上の地山範囲の特定

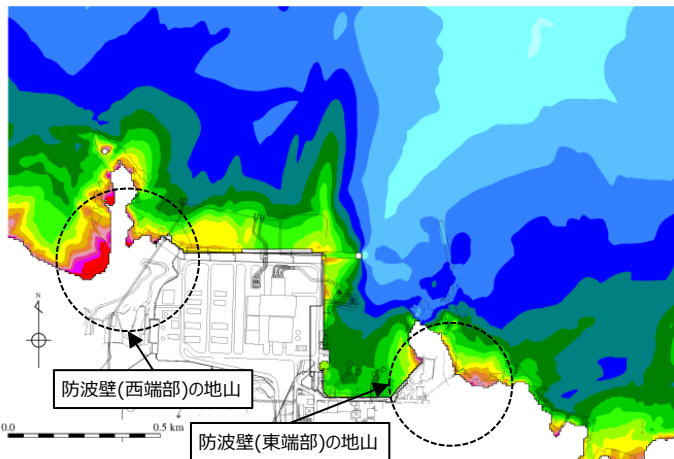
- 敷地はEL+15.0mの防波壁に取り囲まれており、その両端部は地山に擦り付き、その地山は津波防護上の障壁となっている。
- 津波防護上の地山範囲は、設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地EL+8.5m盤にあることを踏まえ、水位上昇側の基準津波の中で、防波壁（東端部）付近及び防波壁（西端部）付近において水位EL+8.5m以上が広範囲に分布する基準津波1（防波堤有り・無し）の最大水位上昇量分布をもとに検討する（水位上昇側の基準津波の最大水位上昇量分布図をp.6, 7に示す）。



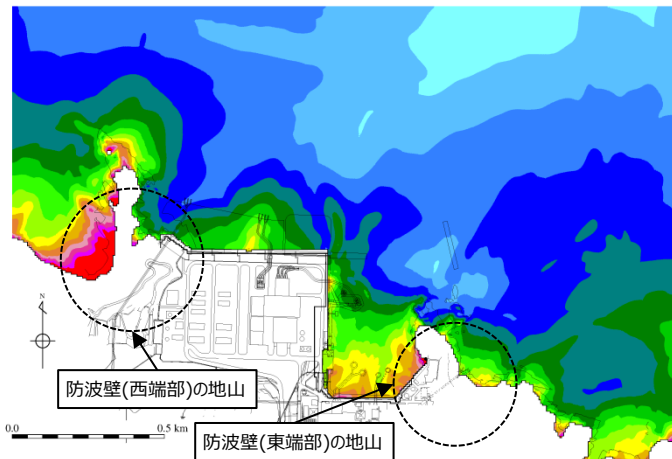
# 1. 津波防護上の地山範囲の特定

## 基準津波（水位上昇側）による最大水位上昇量分布図（1/2）

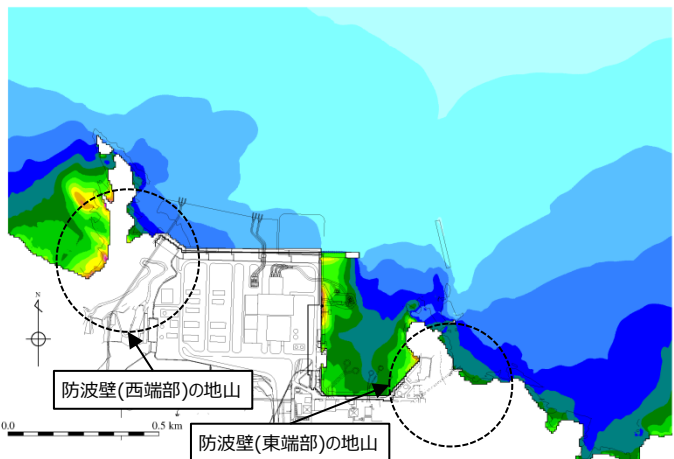
■ 基準津波 1（防波堤有り及び無し）、基準津波 2（防波堤有り）及び基準津波 5（防波堤無し）の最大水位上昇量分布図を以下に示す。



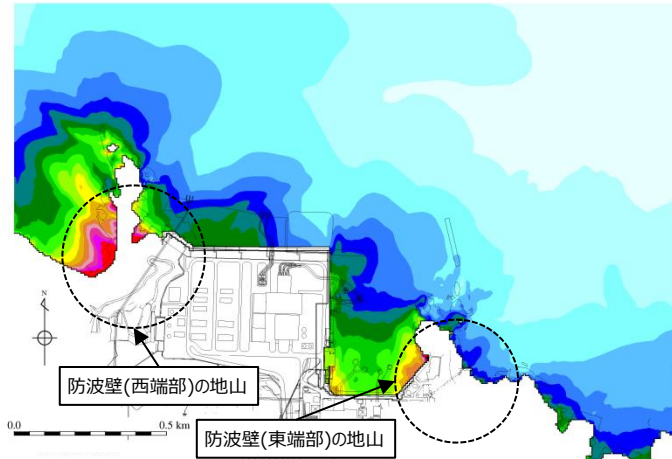
最大水位上昇量分布図（基準津波 1：防波堤有り）



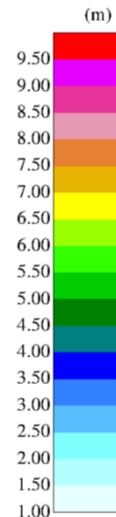
最大水位上昇量分布図（基準津波 1：防波堤無し）



最大水位上昇量分布図（基準津波 2：防波堤有り）



最大水位上昇量分布図（基準津波 5：防波堤無し）

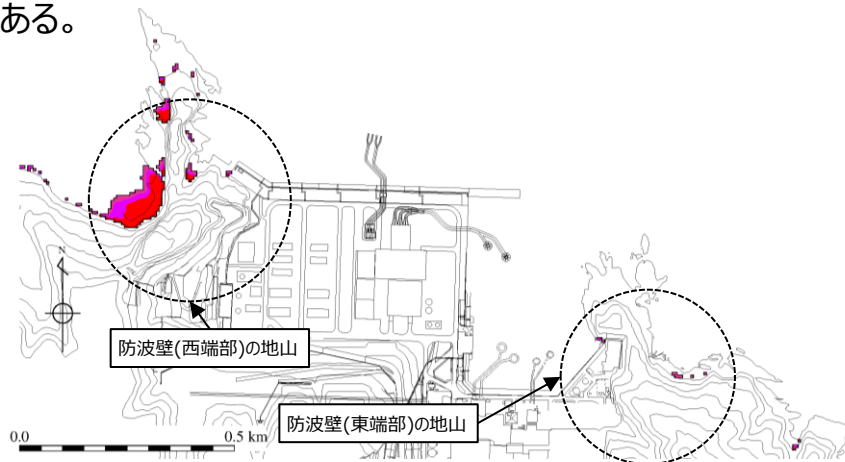


水位上昇側の基準津波の最大水位上昇量分布図

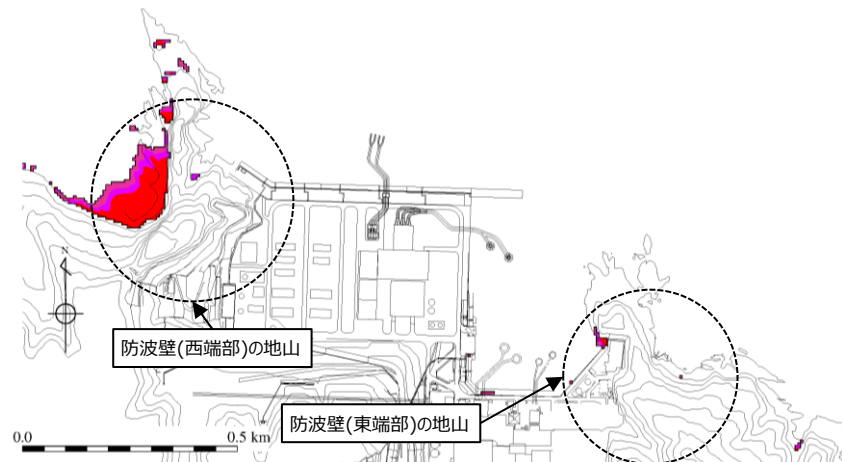
# 1. 津波防護上の地山範囲の特定

## 基準津波（水位上昇側）による最大水位上昇量分布図（2/2）

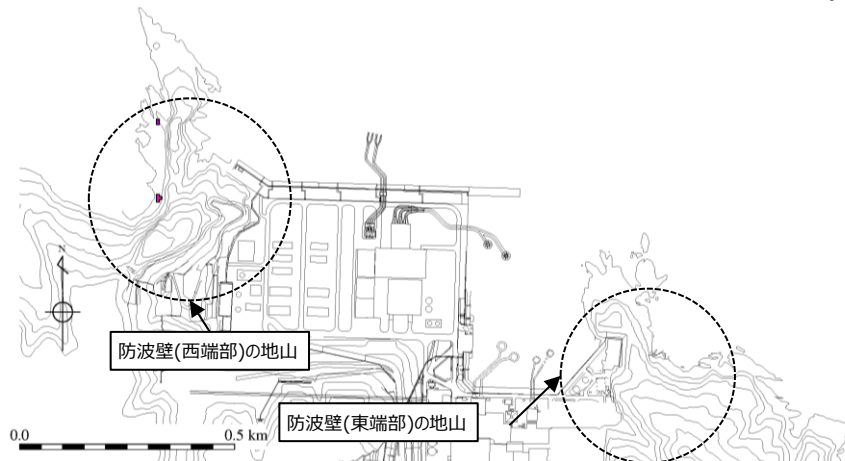
- 基準津波 1（防波堤有り及び無し）、基準津波 2（防波堤有り）及び基準津波 5（防波堤無し）の最大水位上昇量分布図（EL+8.5m以上表示）を以下に示す。
- 下図のとおり、基準津波 1 の水位EL+8.5m以上の分布は、基準津波 2、5 の水位EL+8.5m以上の分布と比べて広範囲である。



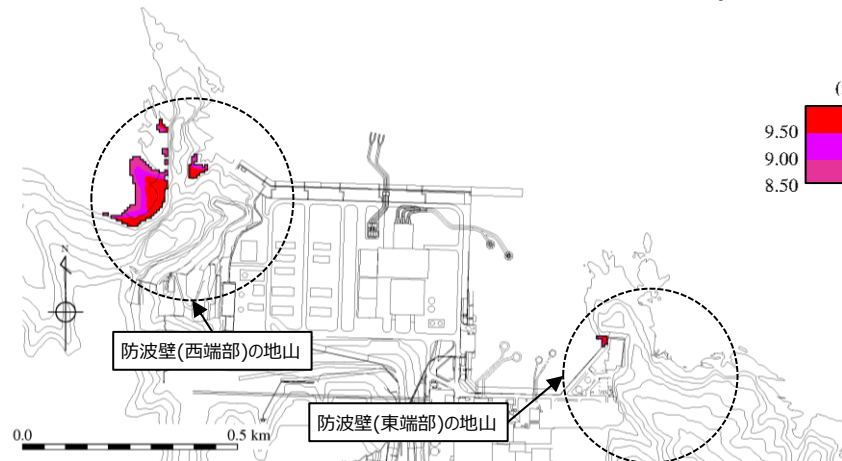
最大水位上昇量分布図（基準津波 1：防波堤有り）



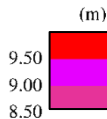
最大水位上昇量分布図（基準津波 1：防波堤無し）



最大水位上昇量分布図（基準津波 2：防波堤有り）



最大水位上昇量分布図（基準津波 5：防波堤無し）

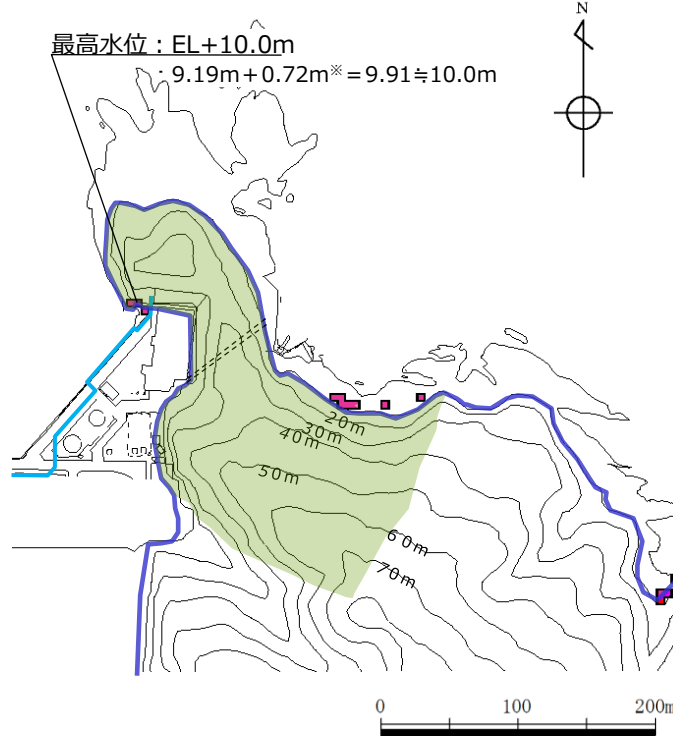
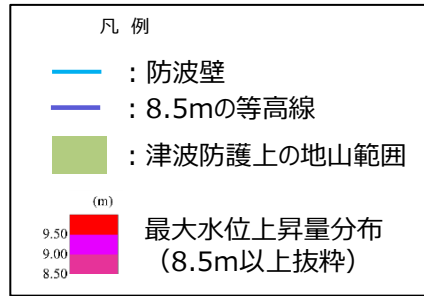
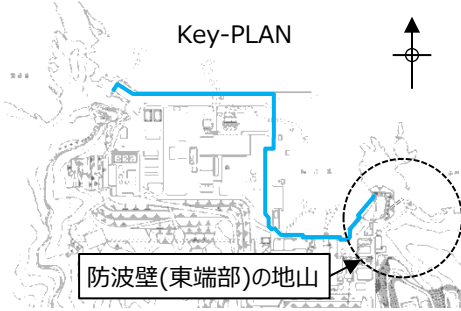


水位上昇側の基準津波の最大水位上昇量分布図（EL+8.5m以上表示）

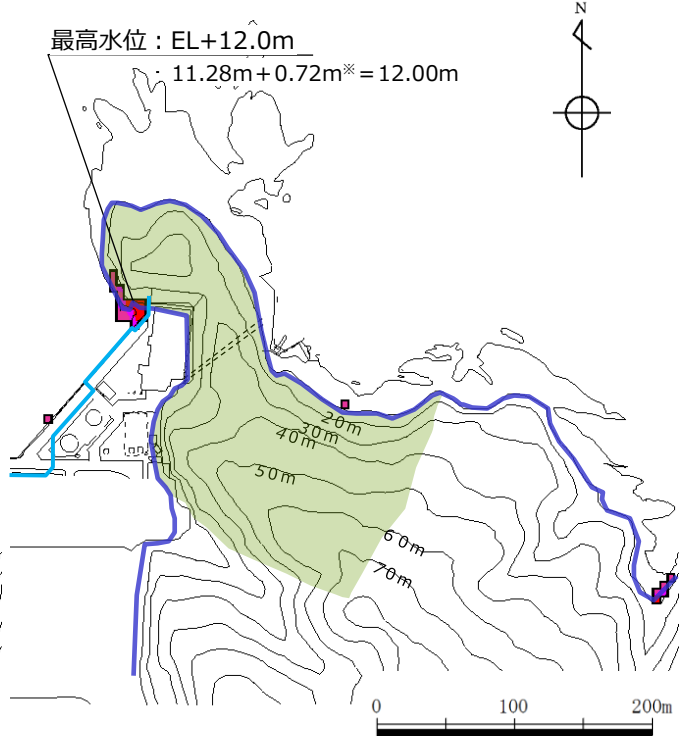


# 1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（東端部）（1/2）

- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地EL+8.5m盤にあることを踏まえ、敷地への遡上の可能性のある水位EL+8.5m以上の最大水位上昇量分布を示す。
- 基準津波 1（防波堤有り・無し）の最大水位上昇量分布を踏まえ、津波防護上の地山範囲を下図のとおり特定した。



基準津波 1（防波堤有り）



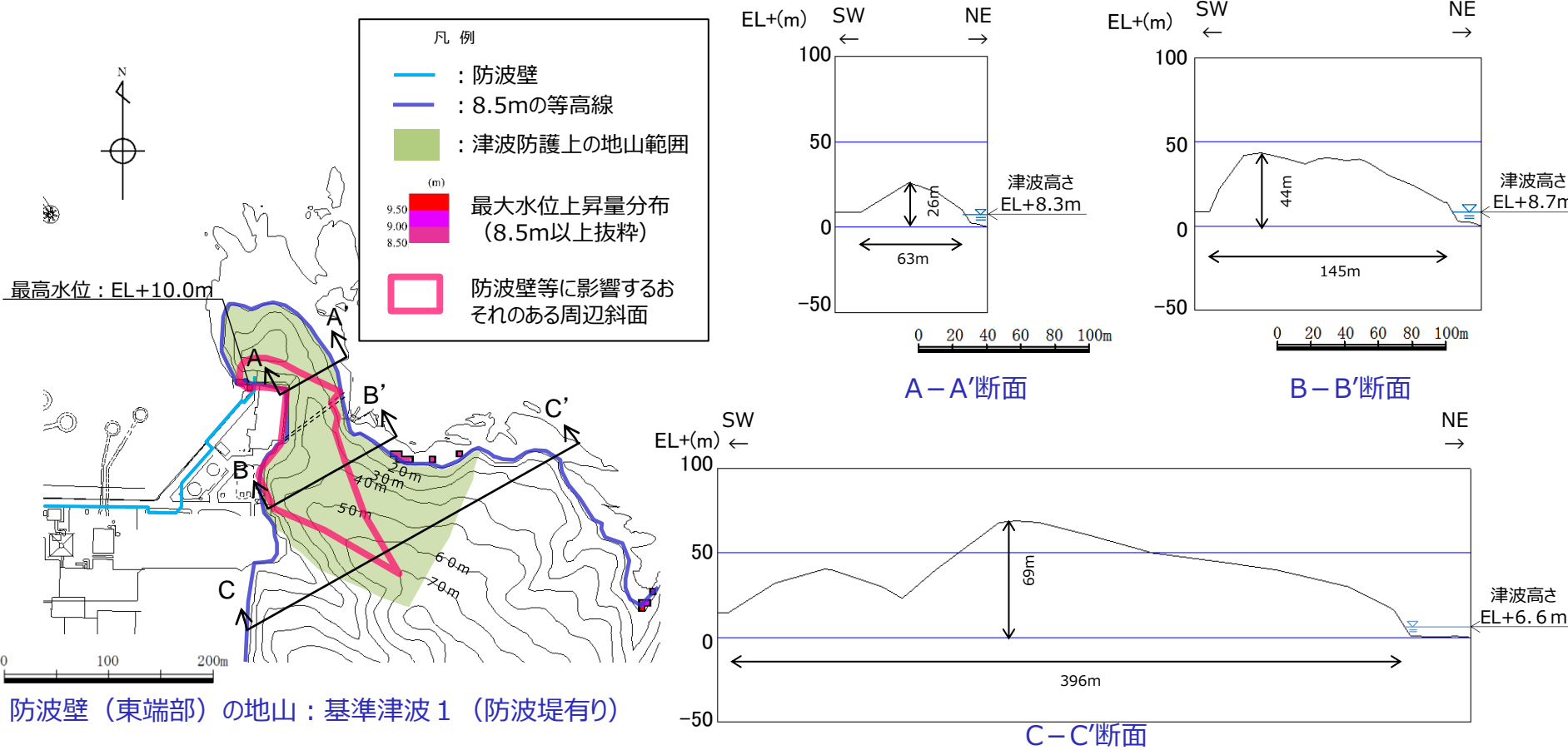
基準津波 1（防波堤無し）

※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

防波壁（東端部）の地山

# 1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（東端部）（2/2）

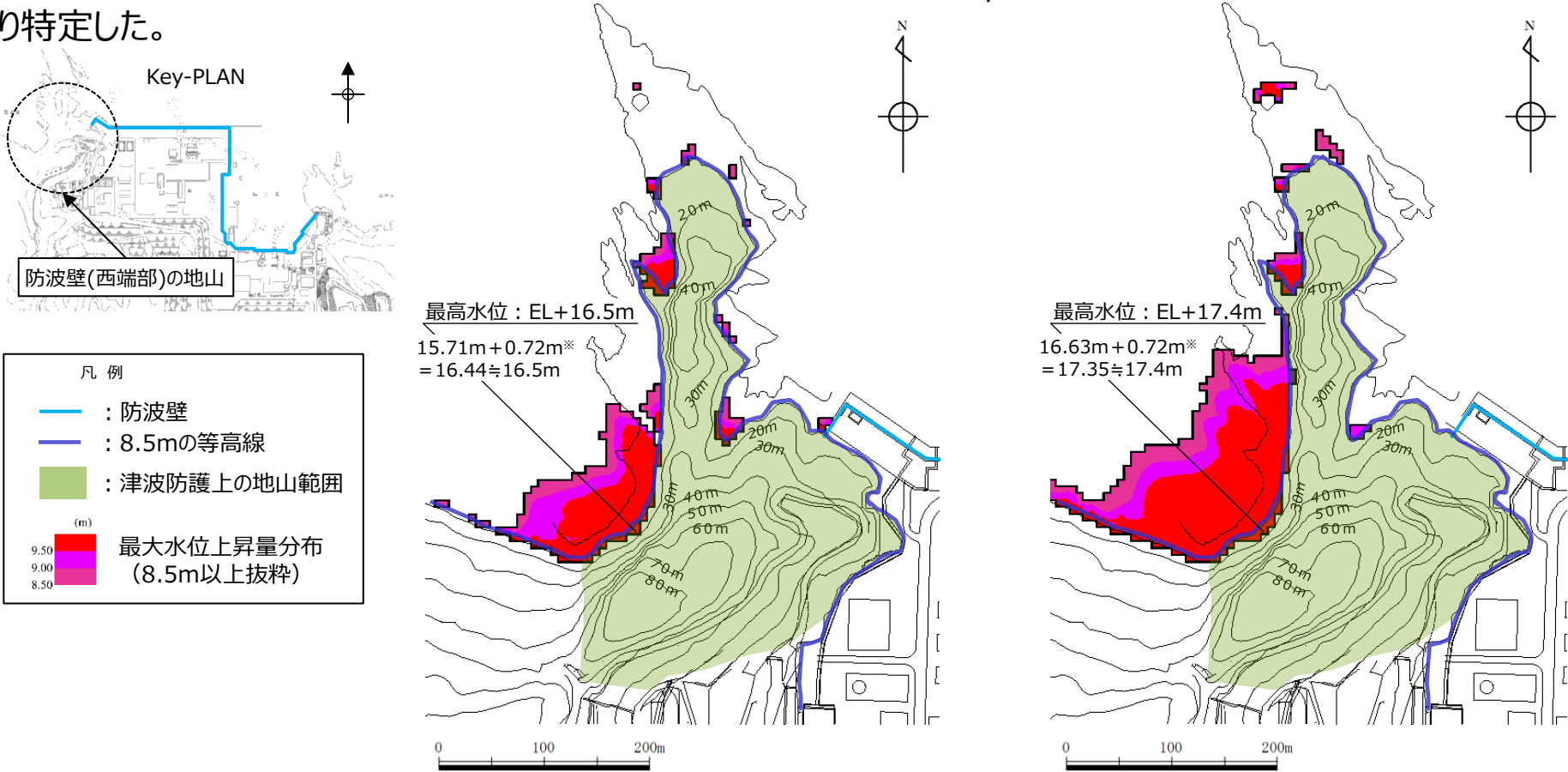
- 津波防護上の地山範囲における地形断面図を以下に示す。
- 防波壁（東端部）の地山は、下図に示すとおり南東側の標高が高く、幅が広がっている。A-A'断面（高さ：26m、幅：63m）は、B-B'断面（高さ：44m、幅：145m）及びC-C'断面（高さ：69m、幅：396m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象はA-A'断面付近の範囲とする。
- 津波防護を担保する地山斜面の検討対象（A-A'断面付近）は、防波壁等に影響するおそれのある周辺斜面（赤枠）（「防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面の安定性評価」（令和2年2月28日審査会合）で審議済）に概ね対応する。



防波壁（東端部）の地山：基準津波1（防波堤有り）

# 1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（西端部）（1/2）

- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地EL+8.5m盤にあることを踏まえ、敷地への遡上の可能性のある水位EL+8.5m以上の最大水位上昇量分布を示す。
- 基準津波 1（防波堤有り・無し）の最大水位上昇量分布を踏まえ、津波防護上の地山範囲を下図のとおり特定した。



凡 例	
<span style="color: blue;">—</span>	: 防波壁
<span style="color: purple;">—</span>	: 8.5mの等高線
<span style="color: green;">■</span>	: 津波防護上の地山範囲
(m)	
<span style="color: red;">■</span>	最大水位上昇量分布 (8.5m以上抜粋)
<span style="color: purple;">■</span>	
<span style="color: pink;">■</span>	

基準津波 1（防波堤有り）

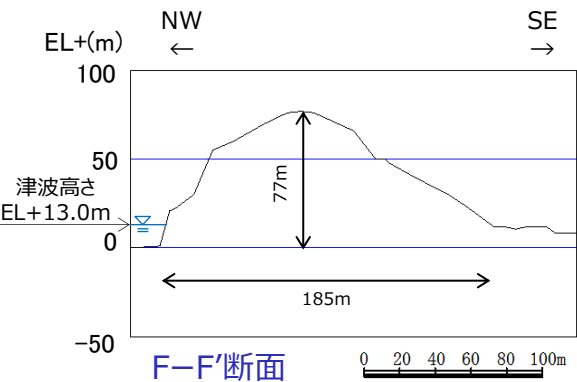
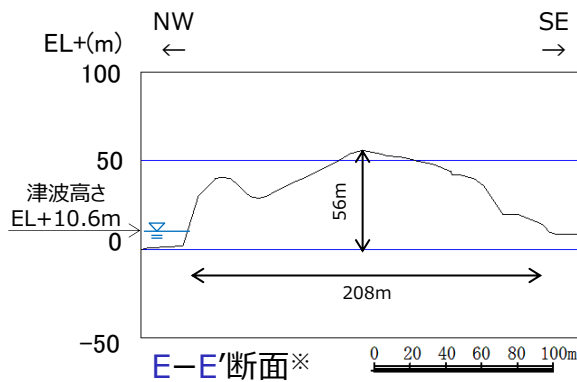
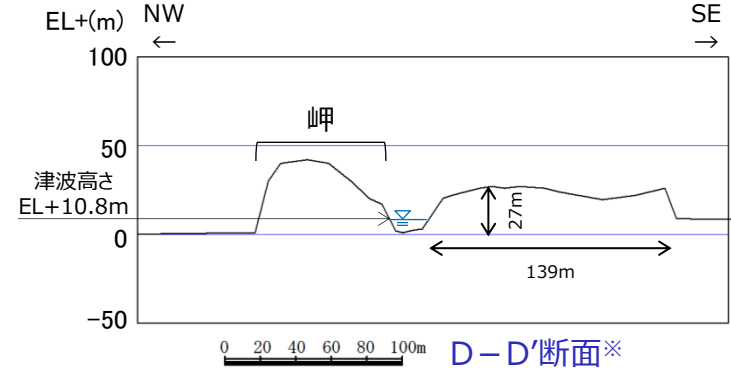
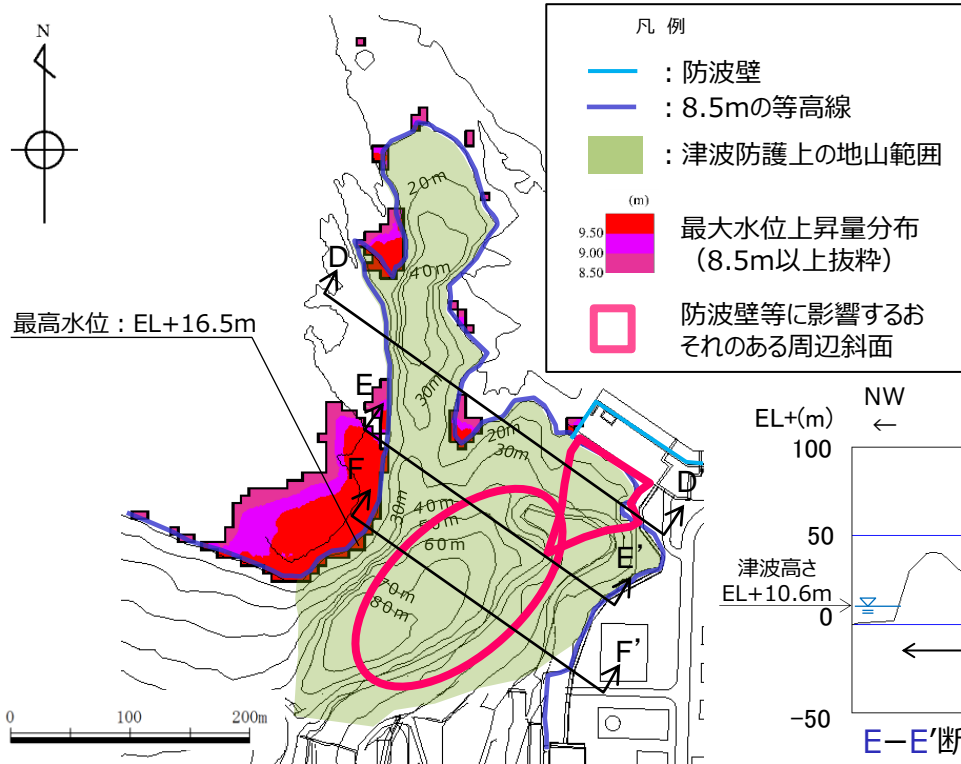
基準津波 1（防波堤無し）

※ 朔望平均満潮位+0.58m, 潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

防波壁（西端部）の地山

# 1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（西端部）（2/2）

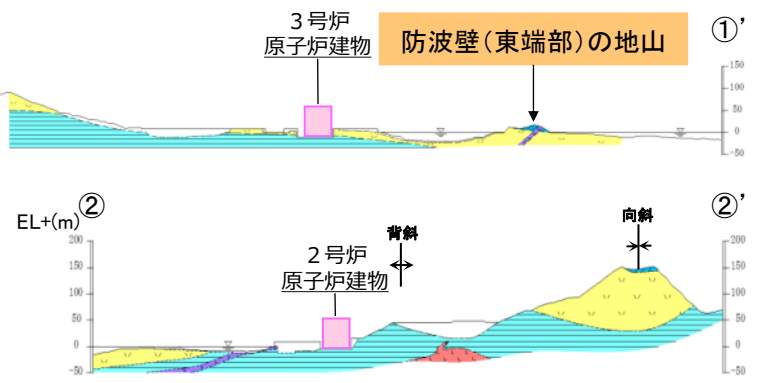
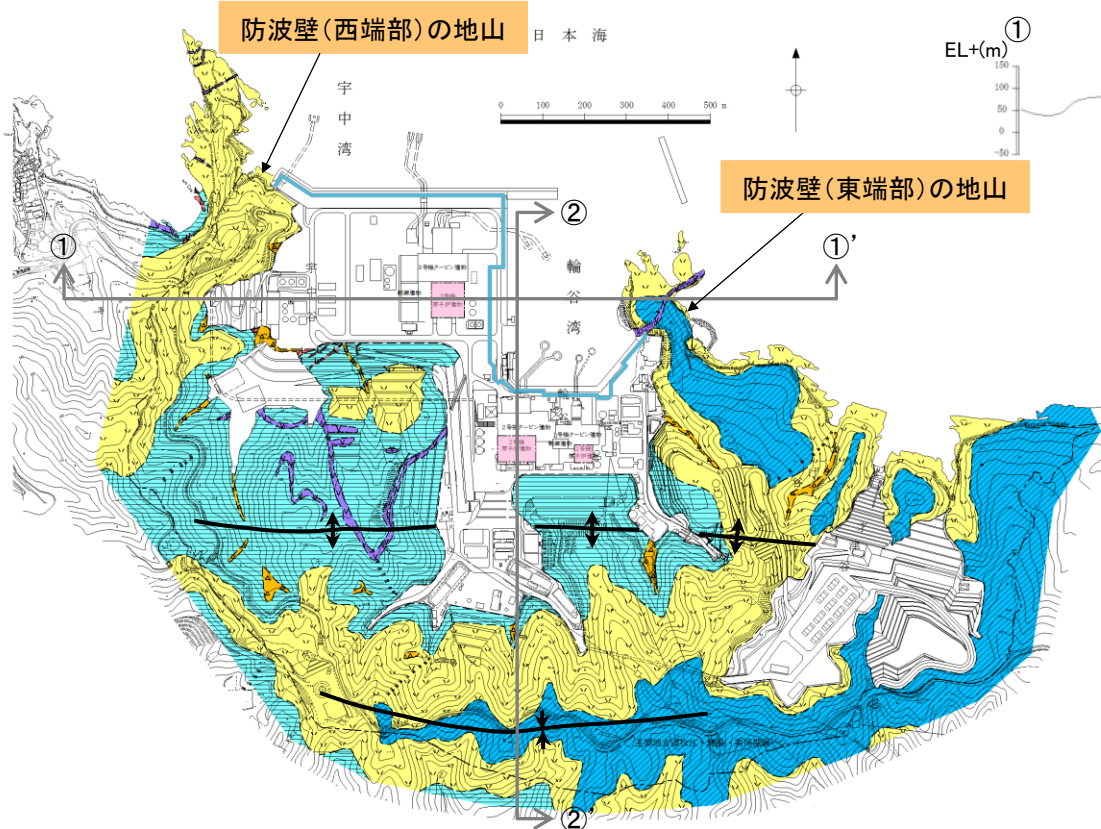
- 津波防護上の地山範囲における地形断面図を以下に示す。
- 防波壁（西端部）の地山は、下図に示すとおり、幅が広く、南西側の標高が高い。  
D-D'断面（高さ：27m、幅：139m）は、E-E'断面（高さ：56m、幅：208m）及びF-F'断面（高さ：77m、幅：185m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象はD-D'断面付近の範囲とする。なお、D-D'断面の西方の岬部分は、津波の敷地への到達に対して直接的な障壁となっていないことから、津波防護を担保する地山斜面の検討対象外とする。
- 津波防護を担保する地山斜面の検討対象（D-D'断面付近）は、防波壁等に影響するおそれのある斜面（赤枠）（「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）で審議済）に概ね対応する。



防波壁（西端部）の地山：基準津波1（防波堤有り）

※ 地形形状は、「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）の礫質土・粘性土を切り取る前の形状。

# 2. 1 地山の地質構造 敷地内地質（地質・地質構造）



凡例			
地質時代	地層名	主要構成地質	
第四紀 完新世	被覆層	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土
	崖錐堆積物	盛土	礫混り砂質土・礫混り粘性土
新第三紀 中新世	貫入岩類	安山岩	▲▲▲
		ドレライト	▼▼▼
	上部頁岩部層	黑色頁岩	■■■
	火砕岩部層	凝灰岩・凝灰角礫岩	▽▽▽
	下部頁岩部層	黑色頁岩・凝灰質頁岩	■■■

---	地質境界線
---	敷地境界線
↕	背斜軸
↗↘	向斜軸
■	原子炉建物設置位置
—	防波壁

- 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と貫入岩類及びそれらを覆う第四系の崖錐堆積物等から構成される。
- 敷地に分布する成相寺層は、下位より下部頁岩部層、火砕岩部層、上部頁岩部層の3つの部層に区分される。
- 防波壁（東端部）の地山においては、主として凝灰岩、凝灰角礫岩よりなる「火砕岩部層」及び黑色頁岩よりなる「上部頁岩部層」が分布し、安山岩の貫入が認められる。
- 防波壁（西端部）の地山においては、「火砕岩部層」が分布する。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）踏査結果

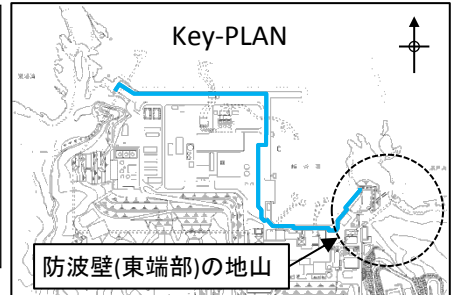
第762回審査会合  
資料1-1 p.19 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す



地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号	凡例
第四紀	盛土	bs	地質境界線
	崖錐堆積物	tl	層理面の走向・傾斜 (今回の調査)
新第三紀	火山岩類	Po	層理面の走向・傾斜 ※ (既往の調査)
	粗粒玄武岩	Do	節理面の走向・傾斜
中生代	上部黒色頁岩層	Sh-u	貫入面の走向・傾斜
	最上部フローユニット	Py-um	断面面の走向・傾斜
中生代	下部黒色頁岩層	Sh-l	写真2-2-1 写真位置
	上部フローユニット	Py-u	
中生代	緑色凝灰岩	Tfg	柱1 露頭柱状図位置
	下部フローユニット	Py-l	
中生代	黒色頁岩ブロック	Shb	ボーリング位置 孔名
	粗粒凝灰岩	Tfo	測線名
中生代	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tf	弾性波探査測線
	スランプ層	Sslu	断面図作成位置
中生代	黒色頁岩・凝灰質頁岩互層	Sh/Tsh	
中生代	流紋岩質火砕岩	Ry	背斜軸

- ルートマップに用いた略号  
 bk-Sh, Sh: 黒色頁岩  
 c-ss: 粗粒砂岩  
 msv: 塊状  
 Po: 安山岩  
 sdy-tf: 砂質凝灰岩  
 ss-Cg: 砂質礫岩  
 tf: 凝灰岩  
 tf-Ss: 凝灰質砂岩  
 vc: 火山礫凝灰岩

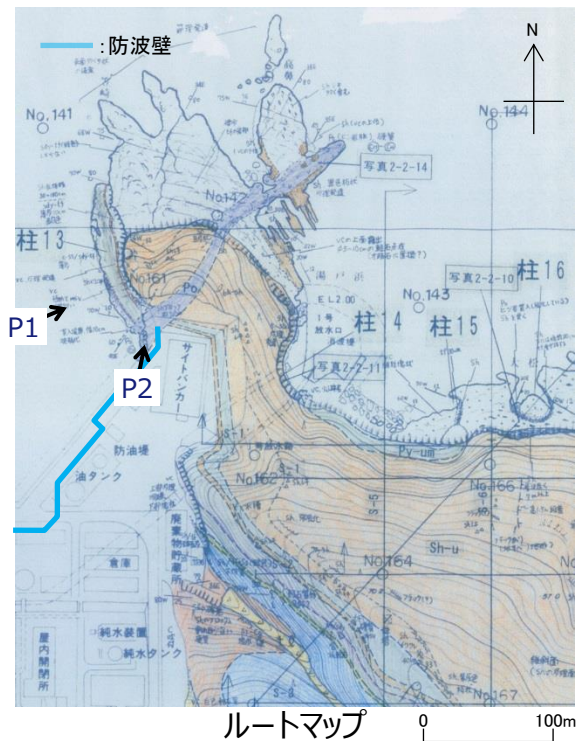


ルートマップ (平成8年調査)

# 2. 1 地山の地質構造

## 防波壁（東端部）露頭状況（1 / 9）

第762回審査会合  
資料1-1 p.20 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す。



P1 防波壁（東端部）全景  
岩着部は尾根の先端を開削した法面に位置する。

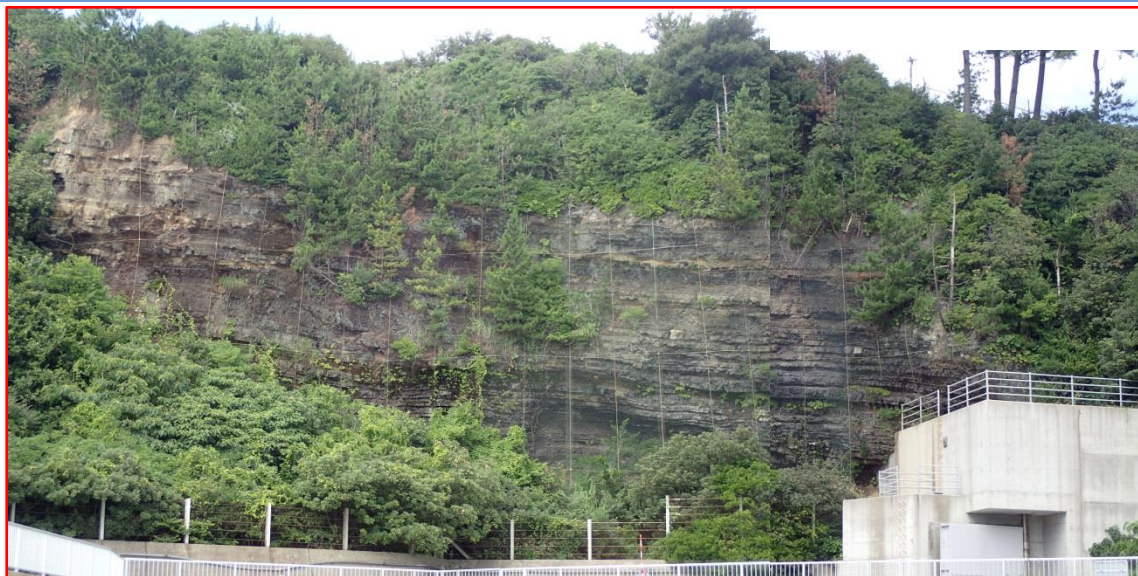


P2 防波壁岩着部  
火山礫凝灰岩 (Lp) 及び安山岩 (An) ,  
C<sub>M</sub>~C<sub>H</sub>級岩盤からなる。

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。

- 防波壁（東端部）の地山は黒色頁岩～火山礫凝灰岩の互層からなり、安山岩岩脈が認められる。
- 地山の地質構造は西北西走向、北東緩傾斜であり、断層構造や顕著な割れ目は認められない。
- 岩盤表面は変質により褐色を呈する。岩盤は堅硬でC<sub>M</sub>~C<sub>H</sub>級である。
- この地山において、褶曲や断層といった地質構造は認められず、シームは確認されない。また、地滑り地形も認められない。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（2 / 9）

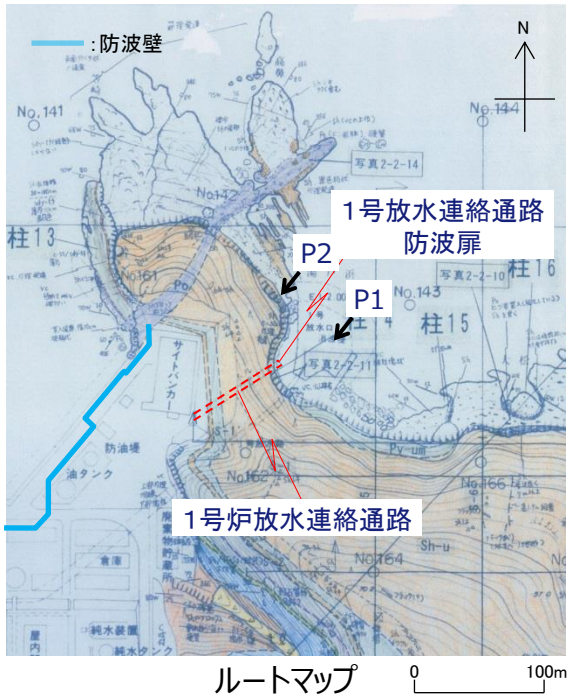


P2 斜面部

斜面部は黑色頁岩・凝灰岩の互層からなり、岩盤は直立し $C_M \sim C_H$ 級岩盤である。凝灰岩の細粒部が選択的侵食を受け、凹凸組織を呈する。



# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（3 / 9）

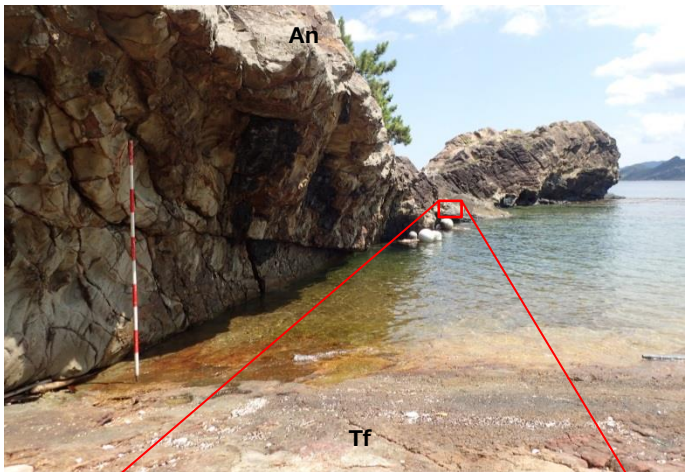


P2 斜面端部  
斜面端部は黒色頁岩・凝灰岩の互層，C<sub>H</sub>級である。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（4 / 9）



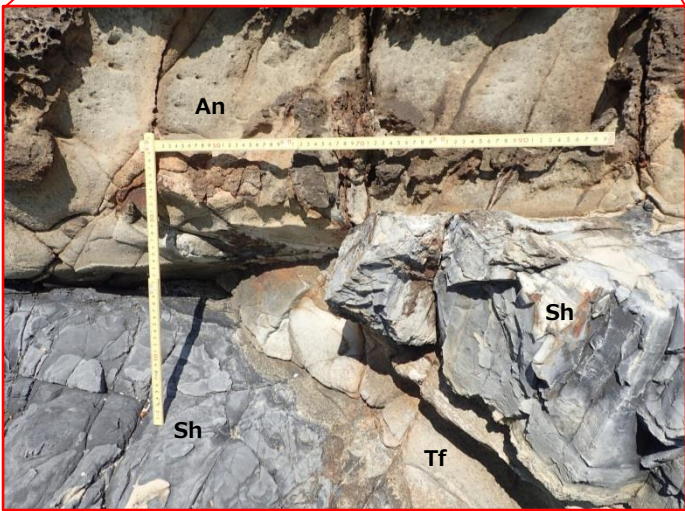
ルートマップ 0 100m



P2 安山岩岩脈下盤境界全景  
貫入境界下盤側の母岩（黒色頁岩・凝灰岩）は侵食により削剥されている。

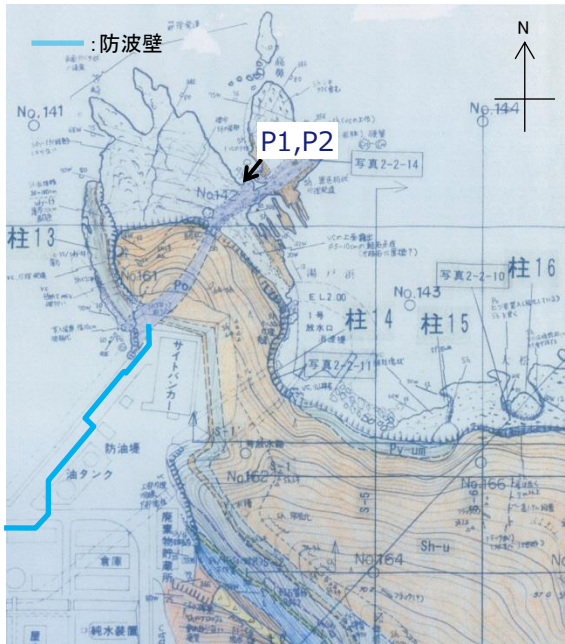


P1 安山岩岩脈 (An)  
安山岩は黒色頁岩 (Sh)・凝灰岩 (Tf) に比べ侵食に対する強抵抗性を示し、海面から突出した地形をなす。

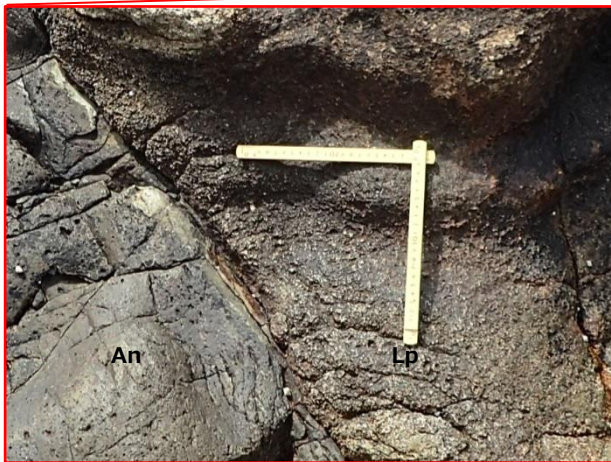
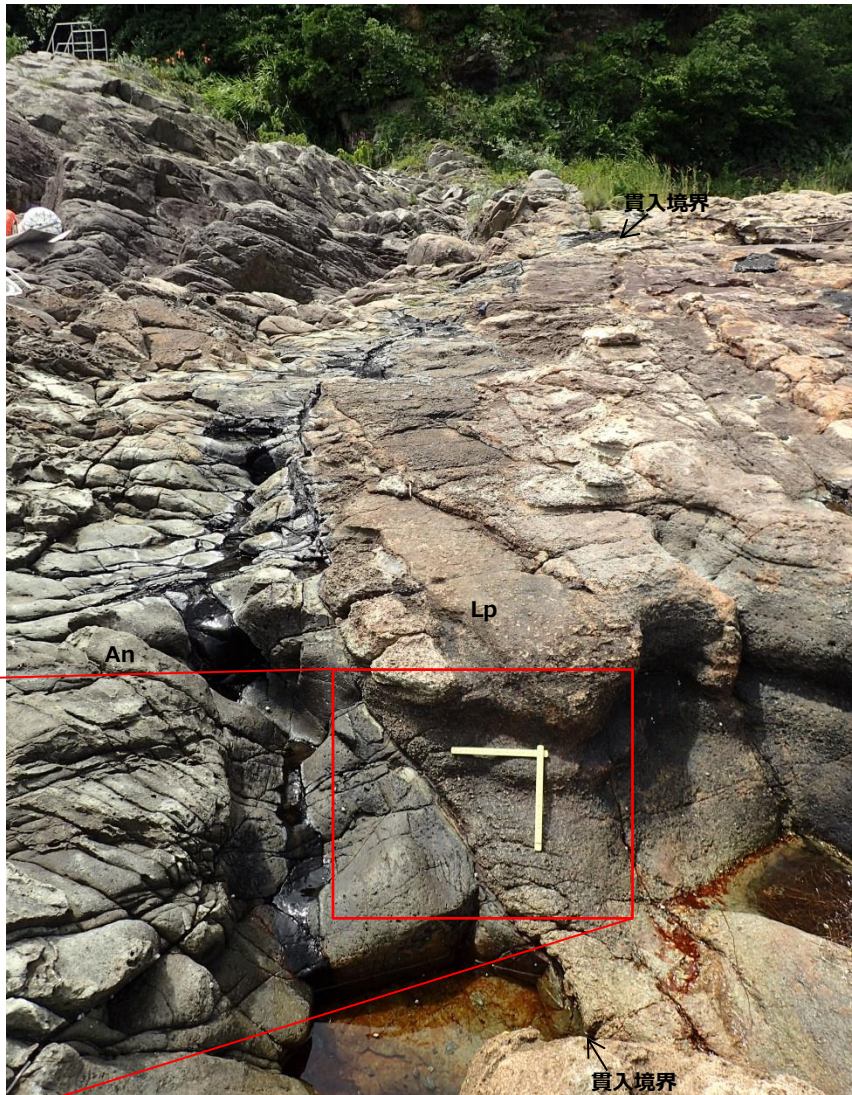


P3 安山岩岩脈下盤境界拡大  
貫入境界 (N40E 56N) は黒色頁岩・凝灰岩の層理面に斜交し、密着する。安山岩側に急冷縁あり。貫入境界付近に破碎構造は認められない。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（5 / 9）



ルートマップ 0 100m



P2 貫入境界拡大 安山岩側に急冷縁あり。

P1 安山岩岩脈 (An)上盤境界  
貫入境界 (N48E 42N) は火山礫凝灰岩 (Lp) に密着する。

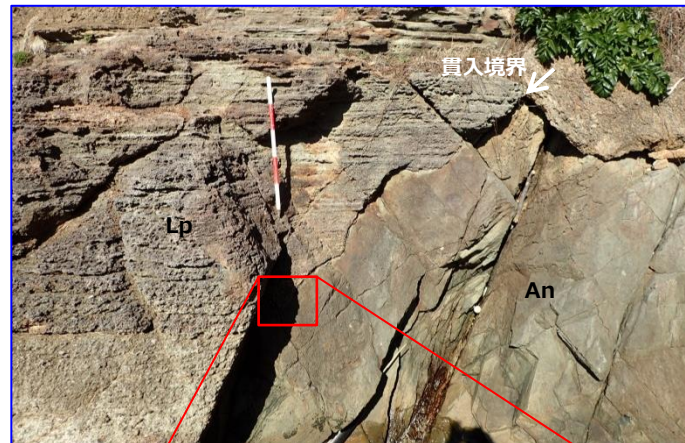
# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（6 / 9）



ルートマップ 0 100m



P1 防波壁岩着部



P2 安山岩岩脈 (An)上盤境界

みかけ水平な層理の明瞭な火山礫凝灰岩 (Lp) に貫入境界が斜交する。火山礫凝灰岩の層理は整然としており、境界付近に破碎構造は認められない。



P3 安山岩岩脈上盤境界

貫入境界は火山礫凝灰岩に密着し、安山岩側に急冷縁あり。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（7 / 9）



ルートマップ 0 100m

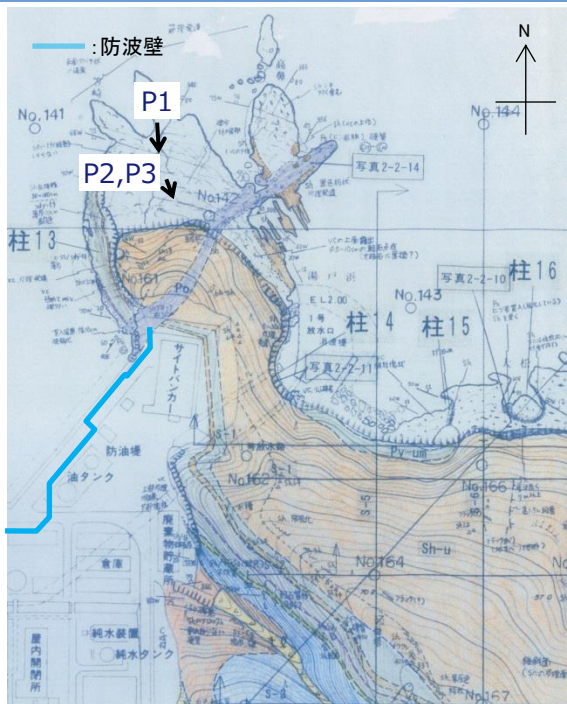


P2 安山岩岩脈 (An)下盤境界  
貫入境界は火山礫凝灰岩 (Lp) に密着する。



P1 防波壁岩着部

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況（8 / 9）



ルートマップ 0 100m



P1 地山北端部  
堅硬な火山礫凝灰岩が広く露出する。



P2 地山北端部 火山礫凝灰岩 C<sub>H</sub>級



P3 火山礫凝灰岩 C<sub>H</sub>級

# 2. 1 地山の地質構造

## 防波壁（東端部）露頭状況（9 / 9）

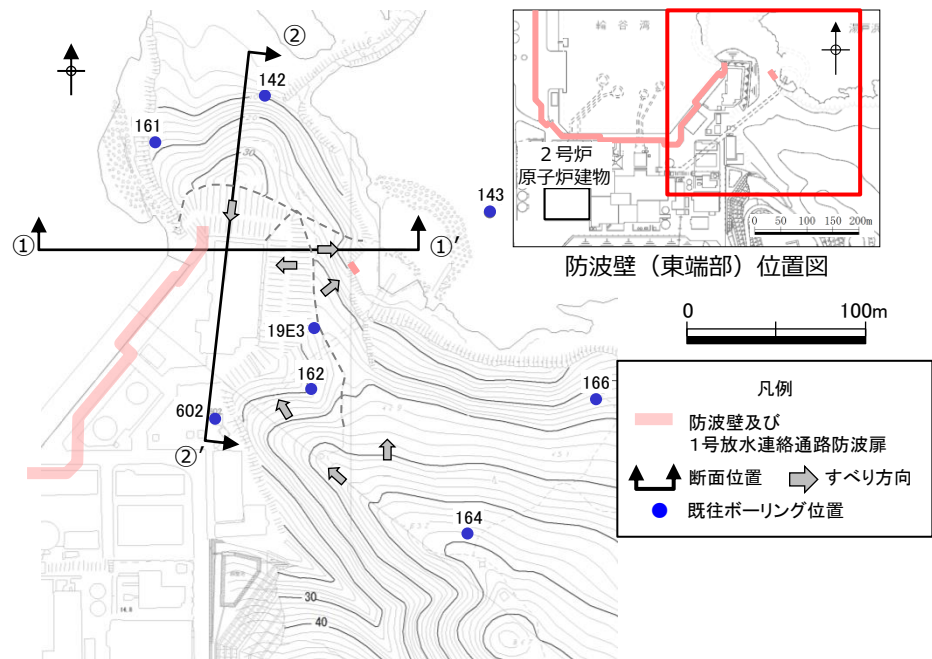


P2 防波扉北側岩着部拡大  
岩盤に崩壊するような緩みや高角度亀裂等の  
顕著な変状は認められない。

# 2. 1 地山の地質構造

## 防波壁（東端部）地質・地質構造（1 / 2）

第739回審査会合  
資料1-2-1 p.19 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

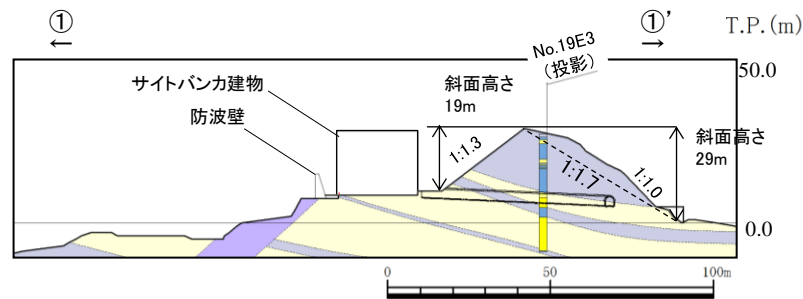


凡例  
 防波壁及び1号放水連絡通路防波壁  
 断面位置 すすり方向  
 既往ボーリング位置

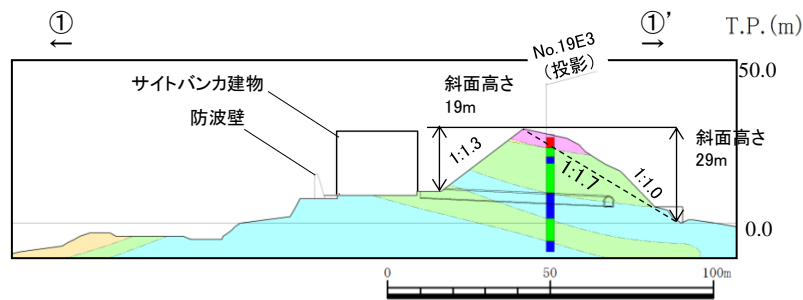
凡例(岩級断面図)  
 埋戻土、盛土  
 D級  
 CL級  
 CM級  
 CH級  
 柱状図  
 被覆層  
 D級  
 CM級  
 CH級  
 岩級境界線

凡例(岩相断面図)  
 埋戻土、盛土 被覆層  
 安山岩  
 凝灰岩・凝灰角礫岩 (頁岩の薄層を挟む)  
 真岩・凝灰岩の互層  
 真岩 (凝灰岩の薄層を挟む)  
 柱状図  
 凝灰岩  
 黑色頁岩  
 成相寺層  
 岩相境界線

- 防波壁（東端部）周辺では、ボーリング調査を8本（No. 142, 143, 161, 162, 164, 166, 602, 19E3）及び地表地質踏査を実施している。これらを踏まえ、防波壁（東端部）の全体的な地質・地質構造を示す岩相断面図及び岩級断面図を作成した。
- 防波壁（東端部）の地山は、黑色頁岩及び凝灰岩が西北西走向、北東緩傾斜の互層をなす単斜構造からなり、ここに北西傾斜の安山岩が貫入する。
- 尾根部では表層風化によりD～C<sub>M</sub>級を呈するが、地山のほとんどがC<sub>H</sub>級である。
- この斜面において、褶曲や断層といった地質構造は認められず、シームは認められない。



①-①'岩相断面図

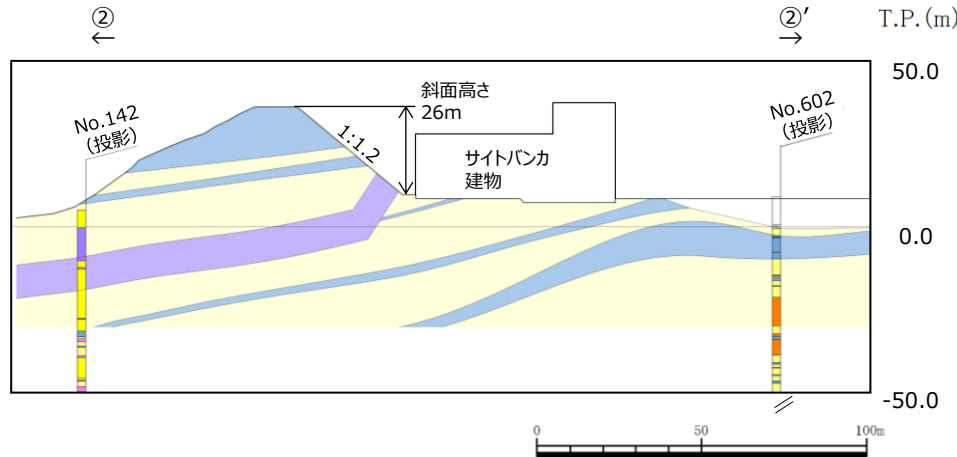


①-①'岩級断面図

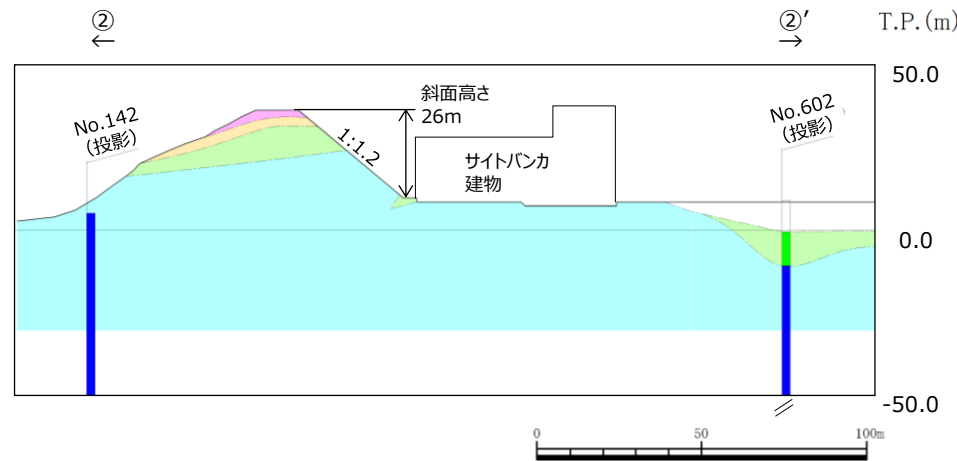
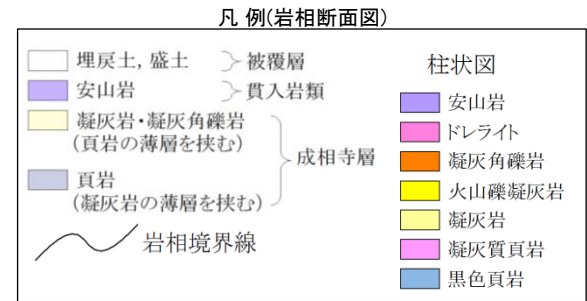


# 2. 1 地山の地質構造

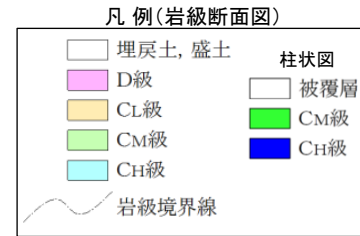
## 防波壁（東端部）地質・地質構造（2 / 2）



② - ②'岩相断面図

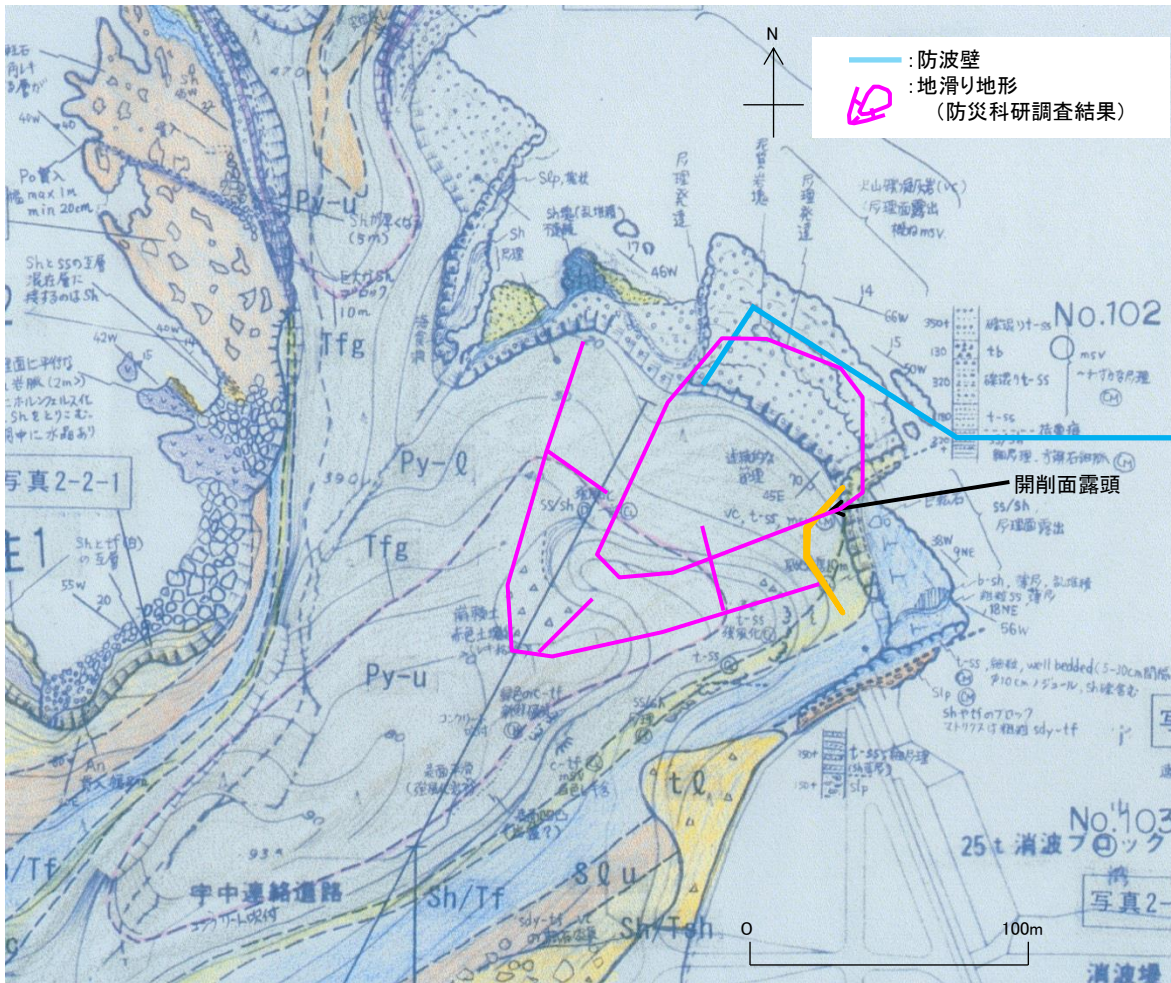


② - ②'岩級断面図



# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）踏査結果（1 / 3）

第762回審査会合  
資料1-1 p.39 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

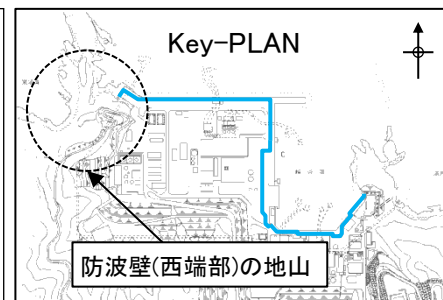


ルートマップ（平成8年調査）

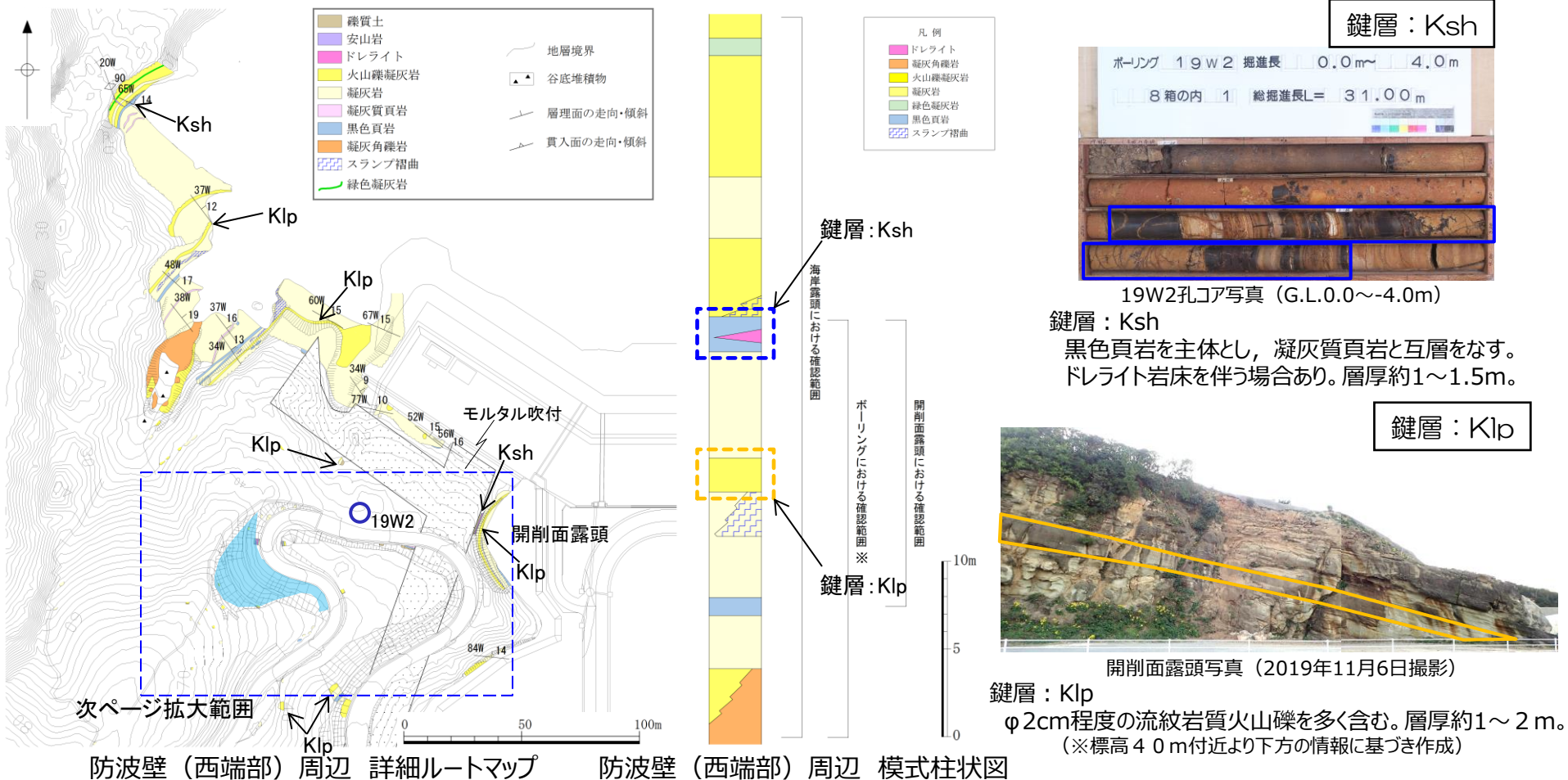
地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号	凡例	
第四紀 完新世	盛土	bs	地質境界線	
	崖堆積物	tℓ	層理面の走向・傾斜 (今回の調査)	
新第三紀	真入岩類	ヒン岩	Po	層理面の走向・傾斜 ※(既往の調査)
		粗粒玄武岩	Do	節理面の走向・傾斜
	新成層	上部黒色頁岩層	Sh-u	真入面の走向・傾斜
		最上部フローユニット	Py-um	断面の走向・傾斜
		下部黒色頁岩層	Sh-ℓ	
		上部フローユニット	Py-u	
	新相物	緑色凝灰岩	Tfg	写真2-2-1 写真位置
		下部フローユニット	Py-ℓ	柱1 露頭柱状図位置
	第三紀	粗粒凝灰岩	Tfo	ボーリング位置 孔名
		黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tf	測線名
スランプ層		Sℓu	弾性波探査測線	
黒色頁岩・凝灰質頁岩互層		Sh/Tsh	断面図作成位置	
流紋岩質火砕岩		Ry	背斜軸	

- ルートマップに用いた略号
- b-Sh, Sh: 黒色頁岩
  - c-tf: 粗粒凝灰岩
  - msv: 塊状
  - Po, An: 安山岩
  - sdv-tf: 砂質凝灰岩
  - Slp: スランプ層
  - ss: 砂岩
  - tb: 凝灰角礫岩
  - tf: 凝灰岩
  - t-ss: 凝灰質砂岩
  - vc: 火山礫凝灰岩
  - wEL+l bedded: 層理発達

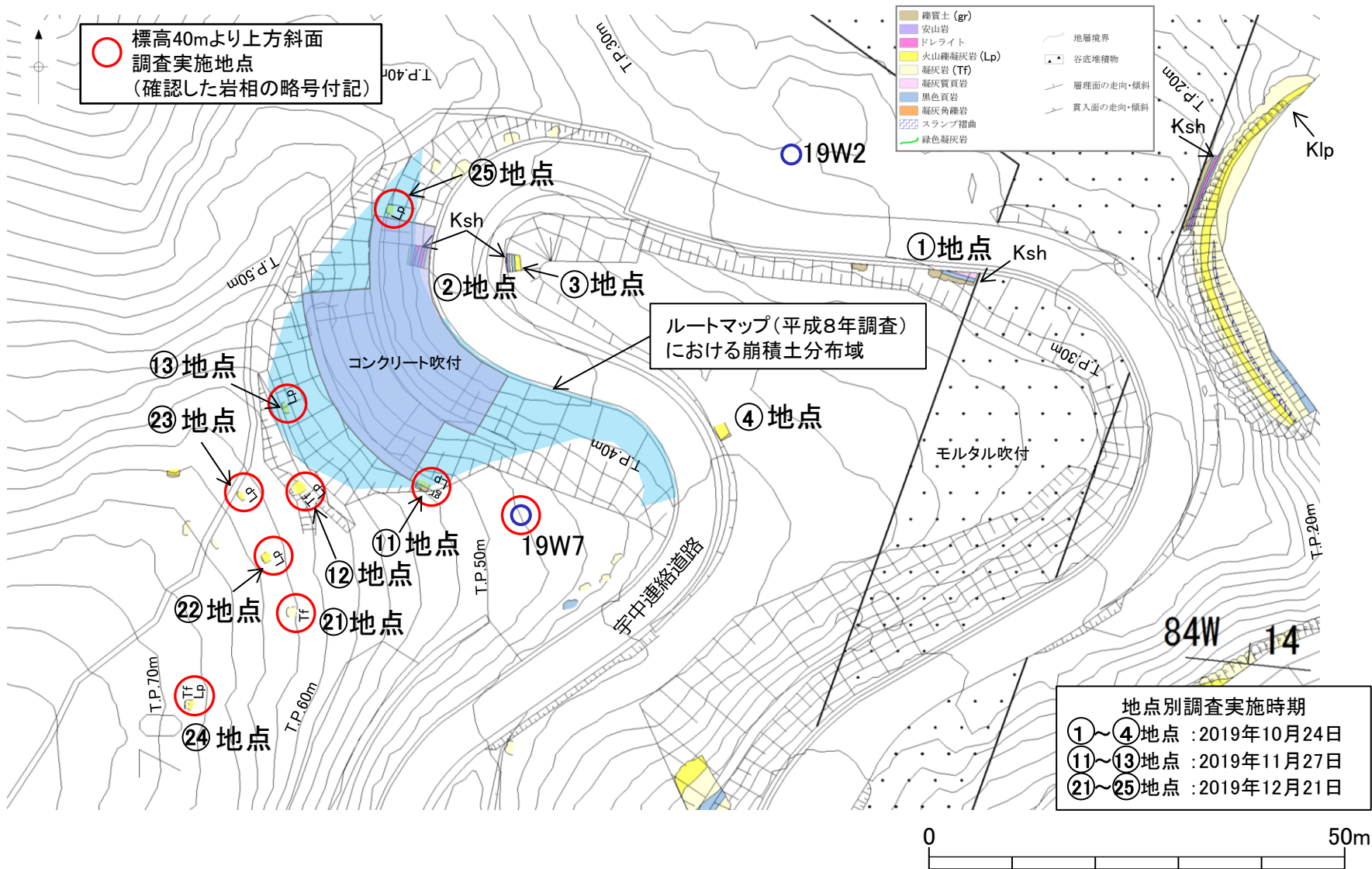


# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）踏査結果（2 / 3）



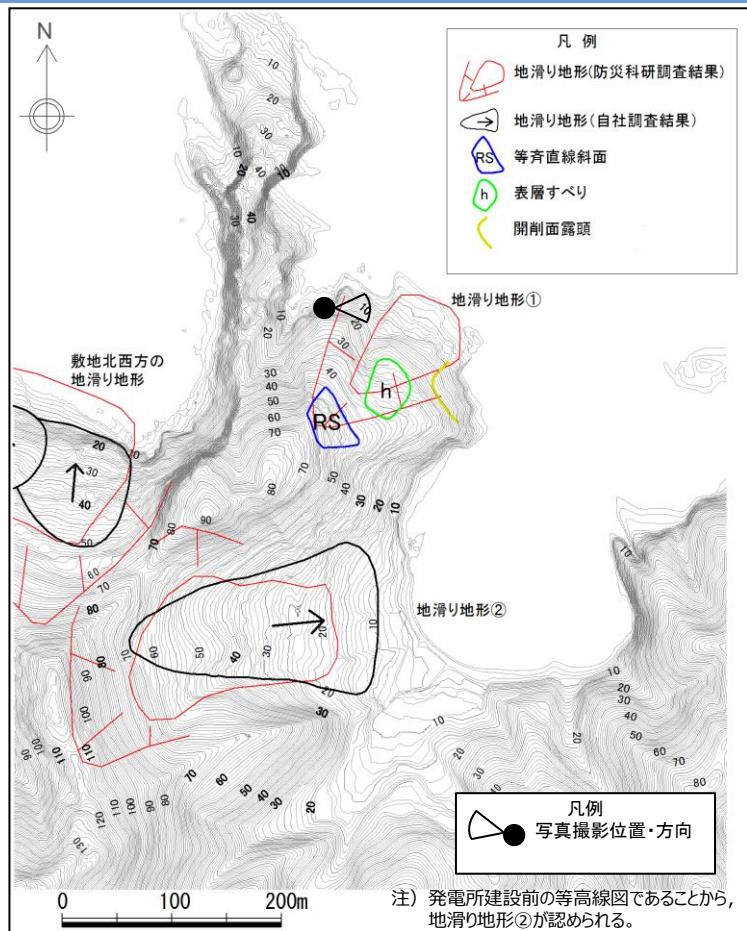
- 防波壁（西端部）周辺において、ボーリングコアや露頭の状況を整理し、より詳細なルートマップを作成した。また、これらの情報に基づき、この地域の詳細な模式柱状図を作成した。
- ・調査地点周辺は、凝灰岩及び火山礫凝灰岩を主体とし、凝灰角礫岩や黑色頁岩、ドレライトを挟む。西北西～北西走向、北東緩傾斜であり、局所的なスランプ褶曲が認められる。
- ・複数箇所を確認される特徴的な岩相を鍵層として整理した。この付近では、火山礫凝灰岩からなるKlpと黑色頁岩を主体とするKshを鍵層として扱う。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）踏査結果（3 / 3）



防波壁（西端部）周辺 詳細ルートマップ拡大図（剥ぎ取り調査地点，露頭調査地点）

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）露頭状況（1 / 2）



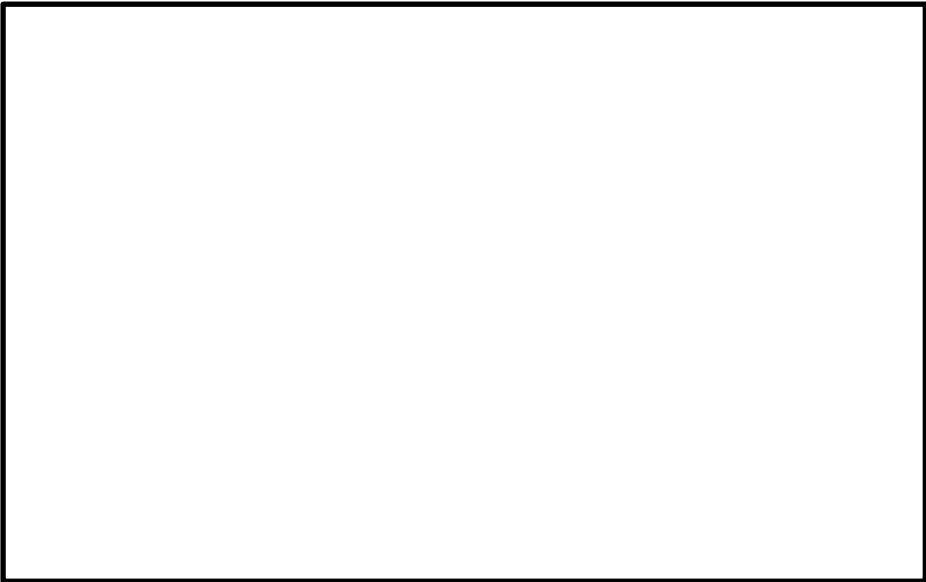
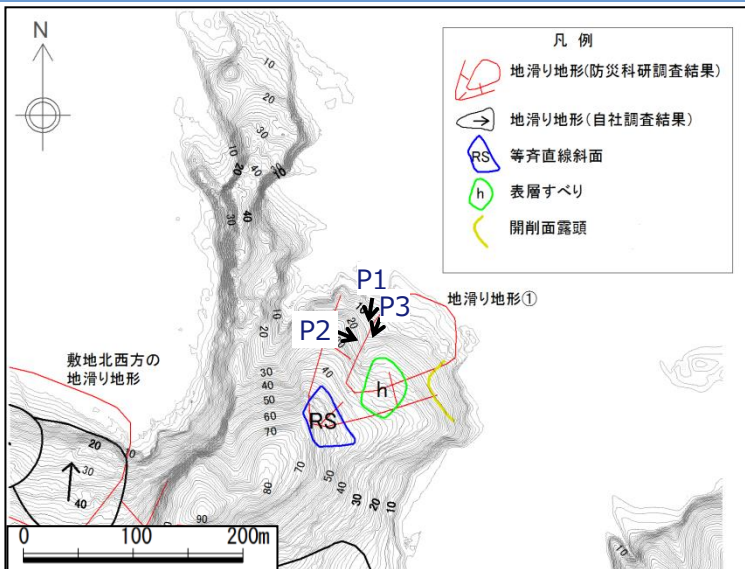
地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所



段差地形 拡大写真

- 地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖末端に相当する箇所では、高さ約2mの段差が認められる。この地点は北東傾斜の層理面が連続的に見られ、葉理の発達したおおむね新鮮堅硬な火山礫凝灰岩からなる。
- この地点に断層構造や顕著な割れ目は認められず、また地滑り末端部付近に生じる層理面の乱れや圧縮構造は確認されない。

# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）露頭状況（2 / 2）



P1 地滑り地形①の地滑り土塊の側方崖に相当する箇所（2019年8月撮影）



P3 露頭拡大（2019年8月撮影）

P2 露頭拡大（2019年3月撮影）

- この地点に断層構造や顕著な割れ目は認められず、また側方崖に生じるすべり面や圧縮構造は確認されない。

# 2. 1 地山の地質構造

## 防波壁（西端部）開削面露頭観察（1 / 2）

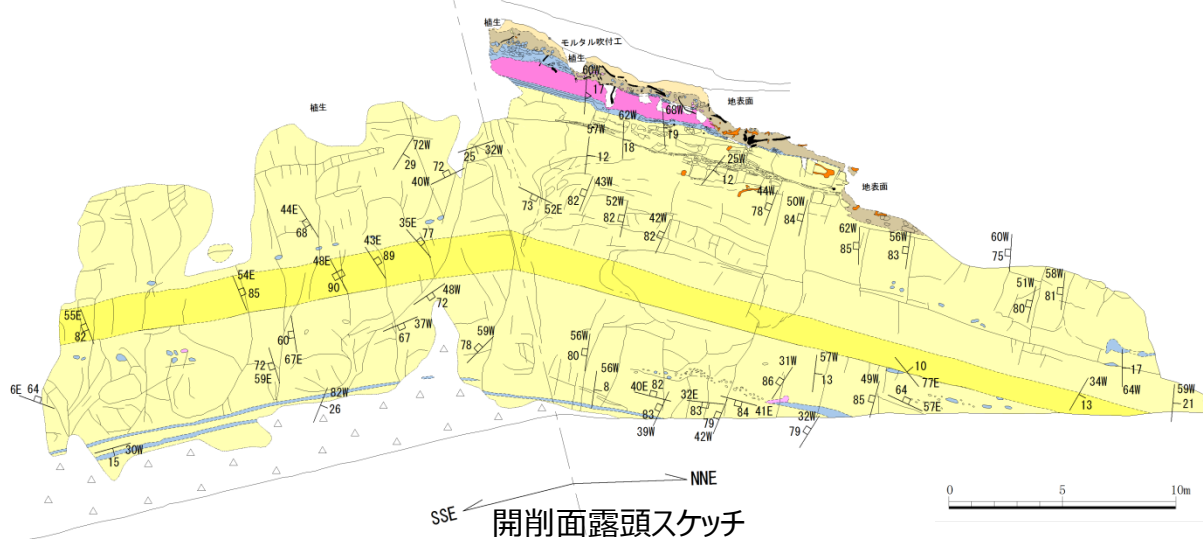
- 開削面露頭は凝灰岩を主体とし、最下部及び上部に黒色頁岩薄層、ほぼ中央に火山礫凝灰岩層が認められる。これらの岩相境界は明瞭で、ほぼ平滑な境界を有する。露頭最上部には粘性土及び礫質土が分布する。
- 層理面は北へ緩く傾斜し、これに直交する高角度割れ目が認められる。露頭全体が弱変質により淡褐色を呈するが、岩盤は堅硬である。シームや断層、褶曲、深層崩壊に伴う地滑り面は認められない。



開削面露頭全景（2019年11月6日撮影）

凡 例

- △△ 土砂
- 粘性土
- 礫質土
- ドレライト
- 火山礫凝灰岩
- 凝灰岩
- 凝灰質頁岩
- 黒色頁岩



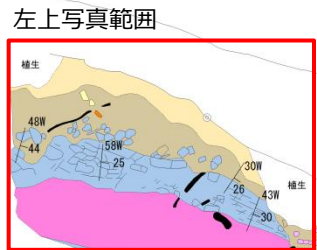
- 礫
- 脱分解途中の樹木・樹根
- 生育中の樹木・樹根
- 土質境界・岩相境界
- 岩相境界(推定)
- 割れ目
- 層理面の走向・傾斜
- 貫入面の走向・傾斜
- 割れ目の走向・傾斜

# 2. 1 地山の地質構造

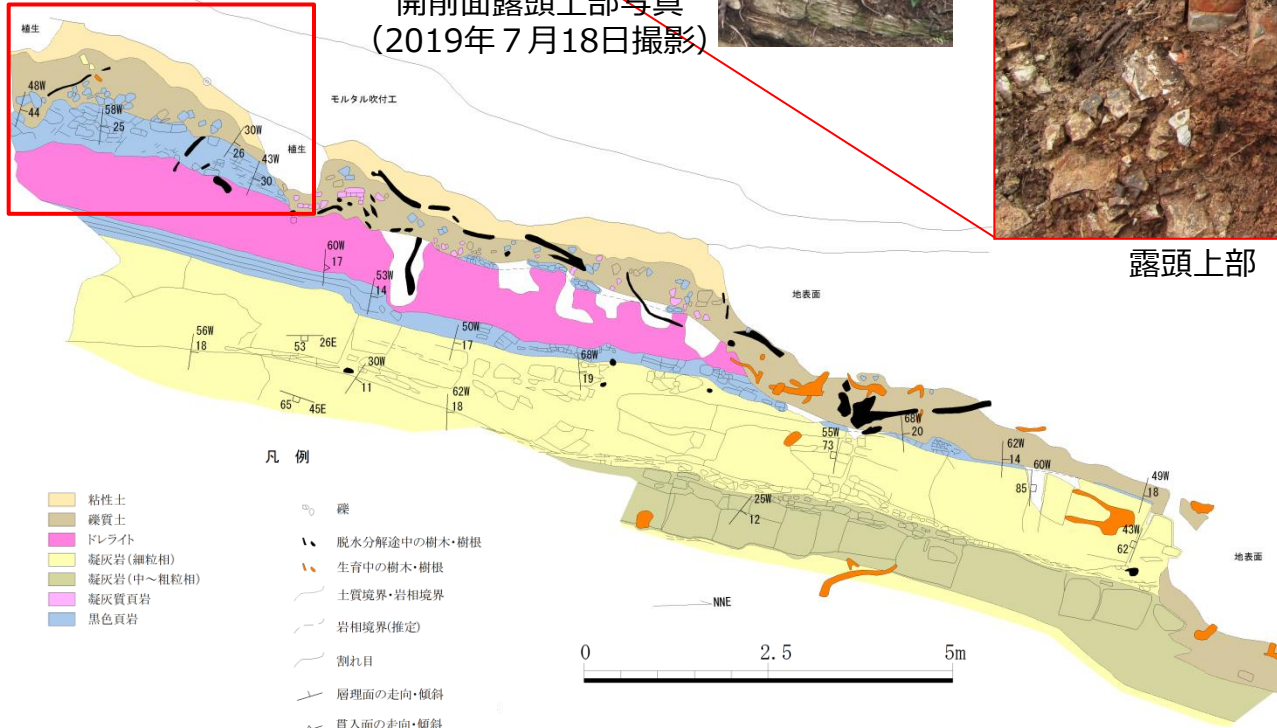
## 防波壁（西端部）開削面露頭観察（2 / 2）



露頭上部 拡大写真（2019年9月20日撮影）



開削面露頭上部写真  
(2019年7月18日撮影)

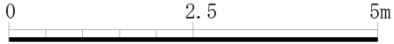


開削面露頭上部スケッチ

- 開削面露頭上部で認められた礫質土及び粘性土は、表層すべりの要因となる表層土に相当する可能性が考えられる。これらは、空中写真判読で認められた表層すべりを想定した厚さ数mの土砂に相当する可能性が考えられる。
- 礫質土及び粘性土の層厚は、ボーリングコア及び露頭観察の結果、約2mであることが確認された。

凡例

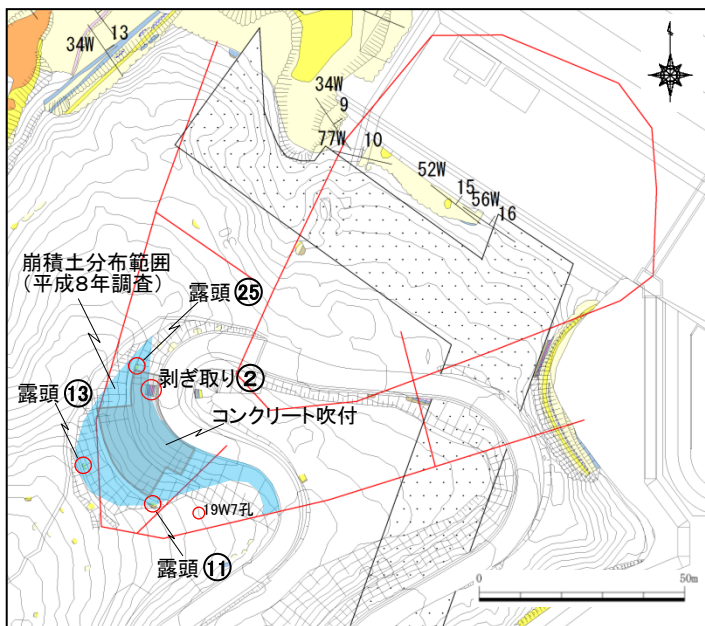
- 粘性土
- 礫質土
- ドレライト
- 凝灰岩(細粒相)
- 凝灰岩(中～粗粒相)
- 凝灰質頁岩
- 黒色頁岩
- 礫
- 脱水分解途中の樹木・樹根
- 生きている樹木・樹根
- 土質境界・岩相境界
- 岩相境界(推定)
- 割れ目
- 層理面の走向・傾斜
- 貫入面の走向・傾斜
- 割れ目の走向・傾斜



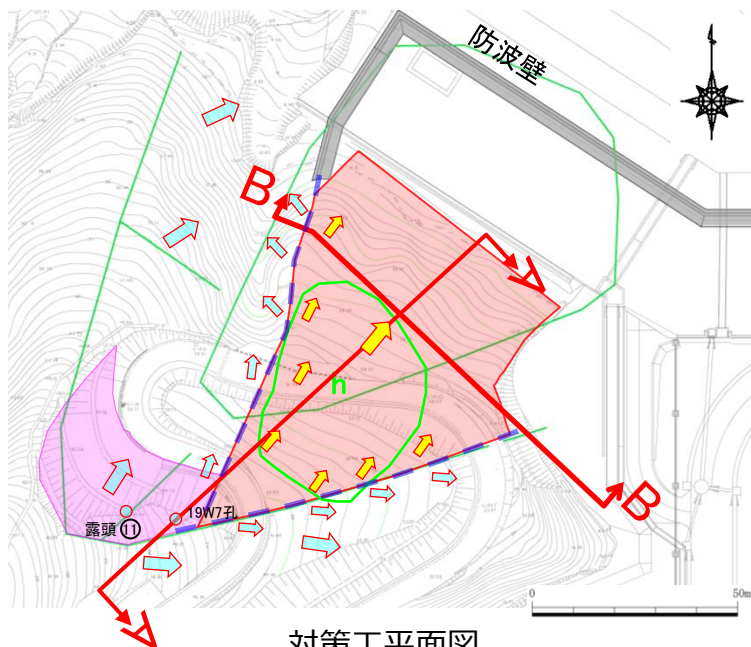


# 2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）斜面对策工

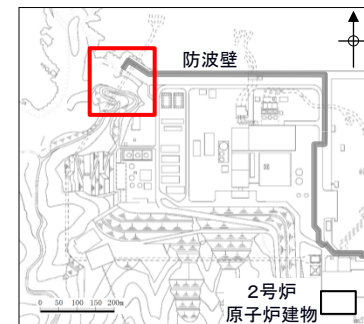
- 防災科研調査結果の地滑り地形付近において確認された礫質土及び粘性土については、過去の表層すべりの可能性が完全に否定できないことから、防波壁周辺斜面の安定性確保のため、撤去することとする。撤去範囲は、防波壁に与える影響を考慮し、尾根線に囲まれた内側の範囲について、岩盤部までの礫質土及び粘性土を全て撤去する。
- 標高40mより上方斜面では、露頭⑪，19W7孔にて礫質土が認められたことから、ルートマップ（平成8年調査）に記載された『崩積土』の範囲について、岩盤まで礫質土を全て撤去する。



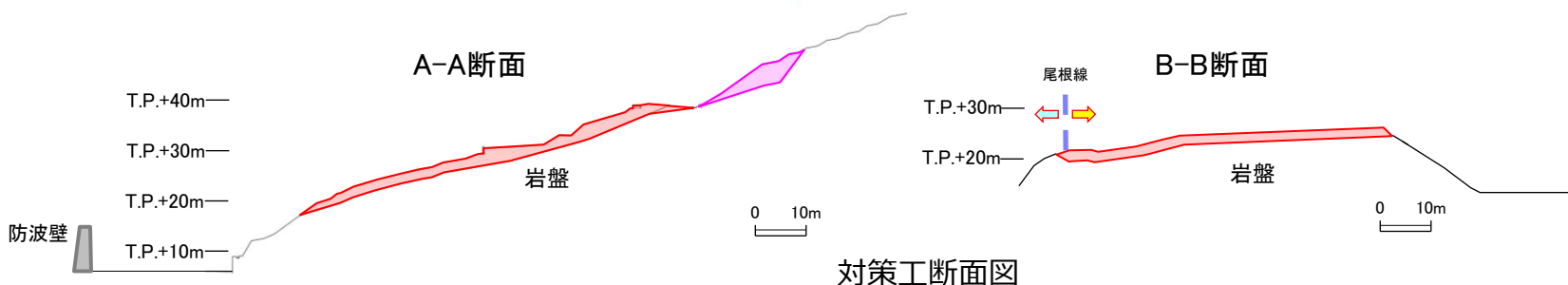
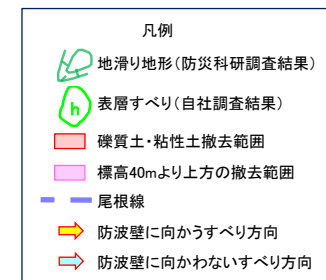
「崩積土」周辺調査位置図



対策工平面図



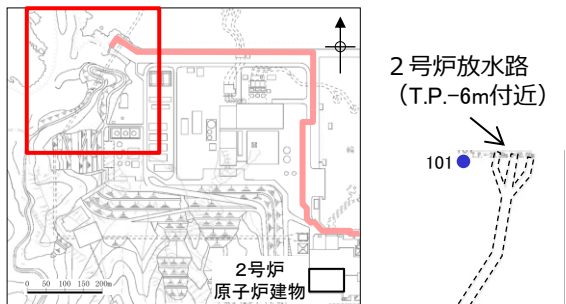
防波壁（西端部）位置図



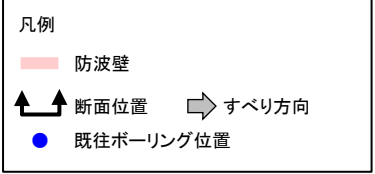
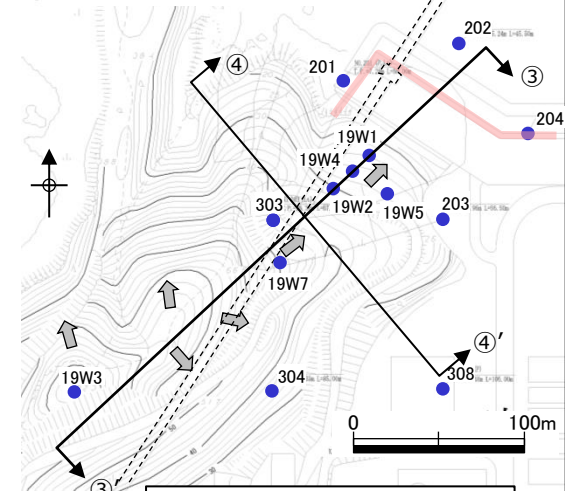
対策工断面図

# 2. 1 地山の地質構造

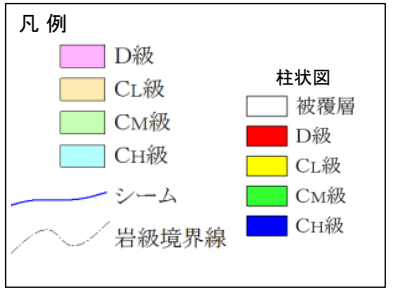
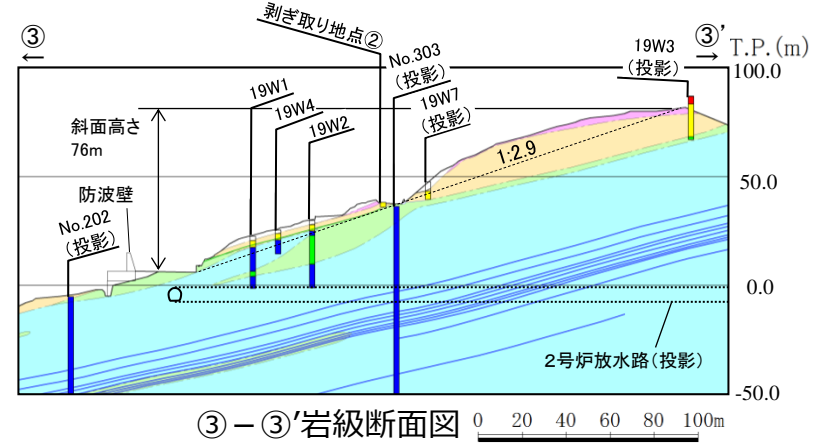
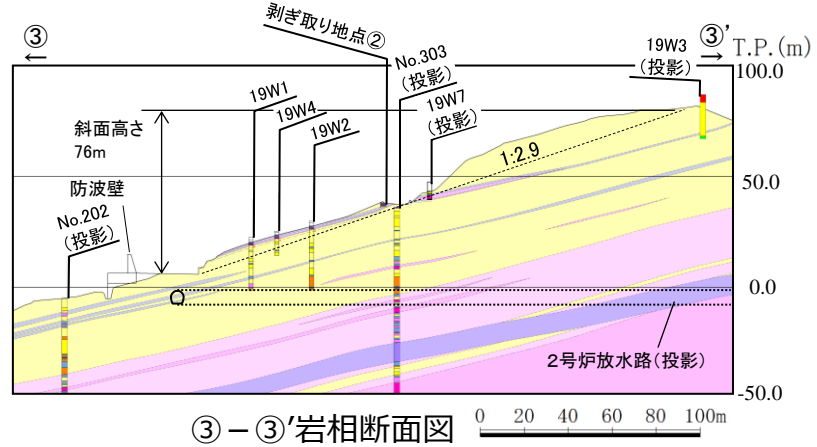
## 防波壁（西端部）地質・地質構造（1 / 2）



防波壁(西端部)位置図

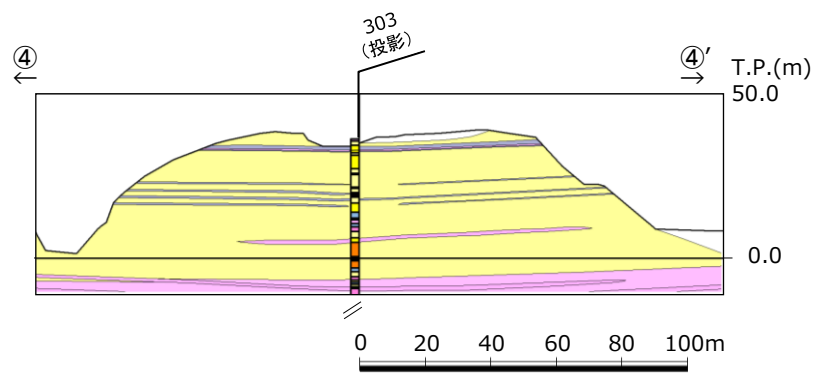


- 防波壁（西端部）周辺では、ボーリング調査を14本（No.101, 201, 202, 203, 204, 303, 304, 308, 19W1, 19W2, 19W3, 19W4, 19W5, 19W7）及び地表地質踏査を実施している。これらを踏まえ、防波壁（西端部）の全体的な地質・地質構造を示す岩相断面図及び岩級断面図を作成した。
- 防波壁（西端部）の地山は、黑色頁岩、凝灰質頁岩及び凝灰岩が西北西走向、北東緩傾斜の互層をなす単斜構造からなり、ここにシル状にドレイトと安山岩が貫入する。
- 尾根部では表層風化によりD～C<sub>M</sub>級を呈するが、地山のほとんどがC<sub>H</sub>級である。
- この斜面において、褶曲や断層といった地質構造は認められず、シームは認められない。

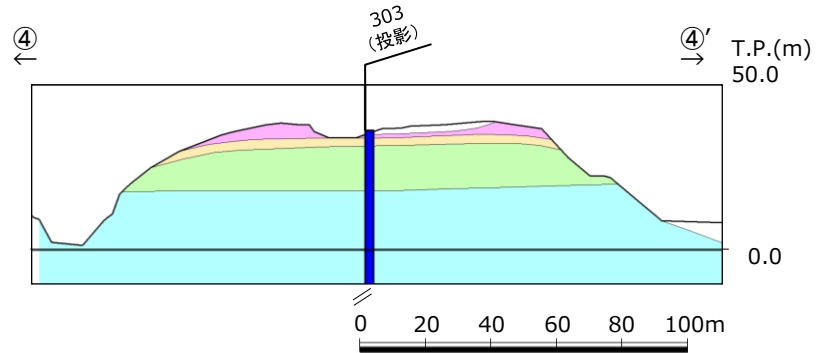
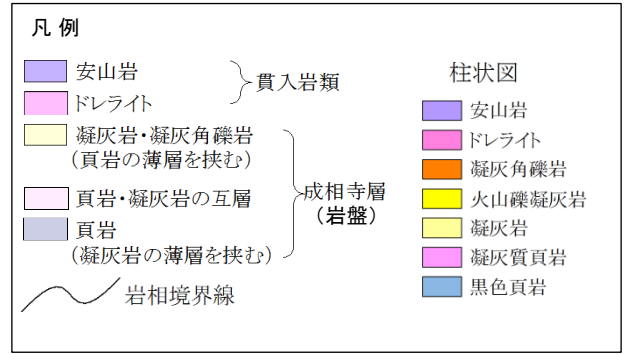


# 2. 1 地山の地質構造

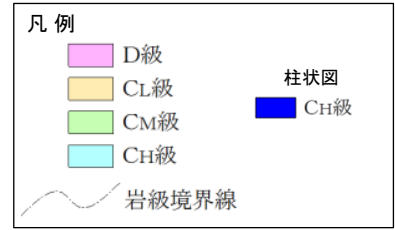
## 防波壁（西端部）地質・地質構造（2 / 2）



④ - ④' 岩相断面

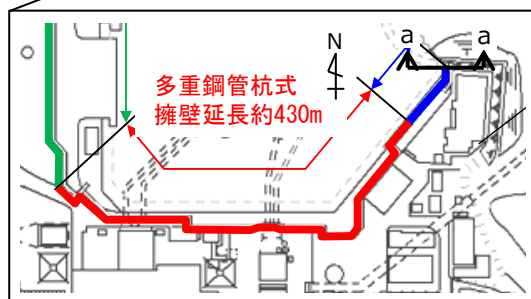
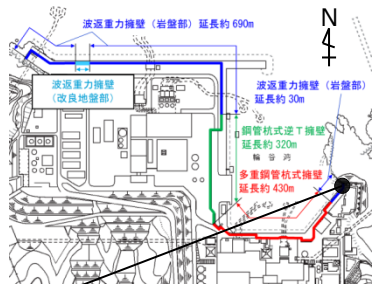


④ - ④' 岩級断面

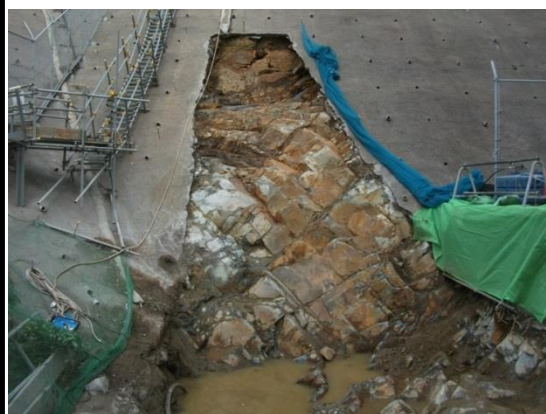


# 2. 2 防波壁擦り付け部の構造・仕様 防波壁（東端部）の構造概要

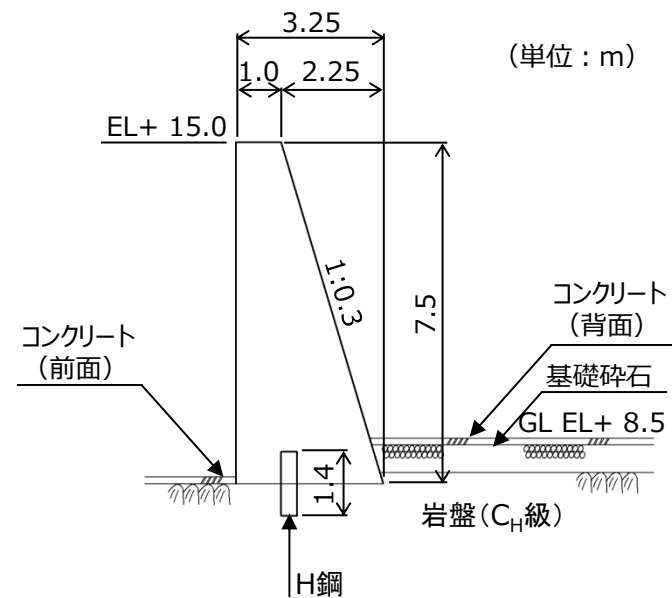
- 防波壁（波返重力擁壁）東端部（a - a断面）については、地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため、岩盤を露出させ、H鋼（H-350×350×12×19）を1m間隔で打設し、重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また、防波壁の前面及び背面において、露出した岩盤を保護する目的でコンクリートで被覆した。



防波壁東端部 外観写真



防波壁東端部 岩盤露出状況

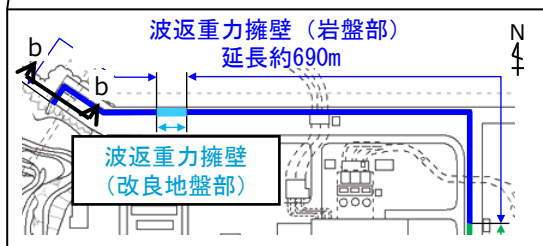
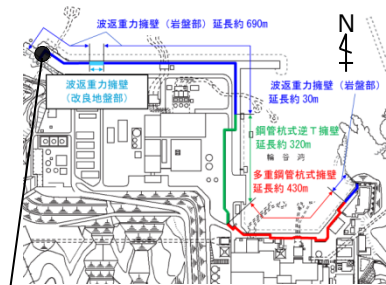


防波壁（波返重力擁壁）東端部  
（a - a断面） 断面図

# 2. 2 防波壁擦り付け部の構造・仕様

## 防波壁（西端部）の構造概要

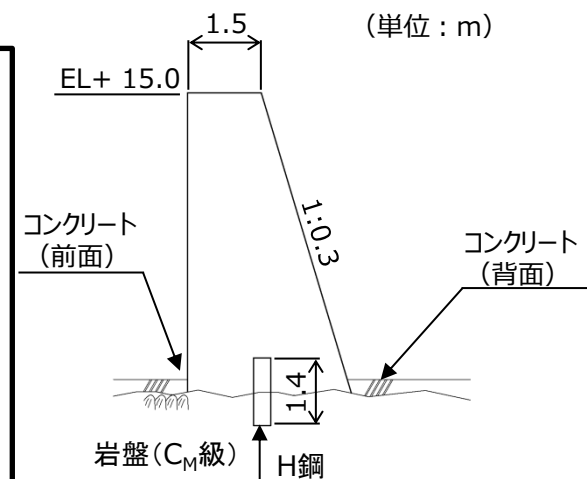
- 防波壁（波返重力擁壁）西端部（b - b断面）については，東端部同様，地震及び津波による沈下やずれを生じさせないため，岩盤を露出させ，H鋼（H-350×350×12×19）を1m間隔で打設し，重力擁壁を堅硬な地山に直接設置する設計とした。また，防波壁の前面及び背面において，露出した岩盤を保護する目的でコンクリートで被覆した。



防波壁西端部 状況写真



防波壁西端部 岩盤露出状況



防波壁（波返重力擁壁）西端部  
（b - b断面）断面図

### 3. 地山の耐震，耐津波設計上の位置付け

■ 防波壁両端部の地山について，耐震，耐津波設計上の位置付けを以下に整理した。

設計上の役割	耐震設計上の位置付け	耐津波設計上の位置付け
<b>以降の検討</b> ①津波防護を担保する地山斜面（5条）	・津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面は，基準地震動による地震力に対して，要求される津波防護機能を保持できるようにする。【検討1】	・津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面は，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性並びにすべり及び転倒に対する安定性を評価し，入力津波に対する津波防護機能が保持できるようにする。【検討2】
②防波壁の支持地盤としての地山（3条）	・防波壁と地山との擦り付け部は，液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状を考慮しても，施設の安全機能が損なわれるおそれがないようにする。 ⇒p.35・36に示すとおり，堅硬な岩盤に支持されていることから，液状化及び揺すり込み沈下等の周辺地盤の変状は発生しない。	・防波壁と地山との擦り付け部は，構造不連続による相対変位，ずれ等が構造健全性，安定性，止水性や水密性に影響を及ぼさないようにする。 ⇒p.35・36に示すとおり，岩盤を露出させ，H鋼を打設し，重力擁壁を堅硬な岩盤に直接設置していることから，構造不連続による相対変位，ずれ等は発生しない。
③防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面（4条）	・防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面（p.9, 11参照）は，想定される地震動の地震力により崩壊し，当該施設の安全機能が重大な影響を受けないようにする。 ⇒「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）において説明。	—

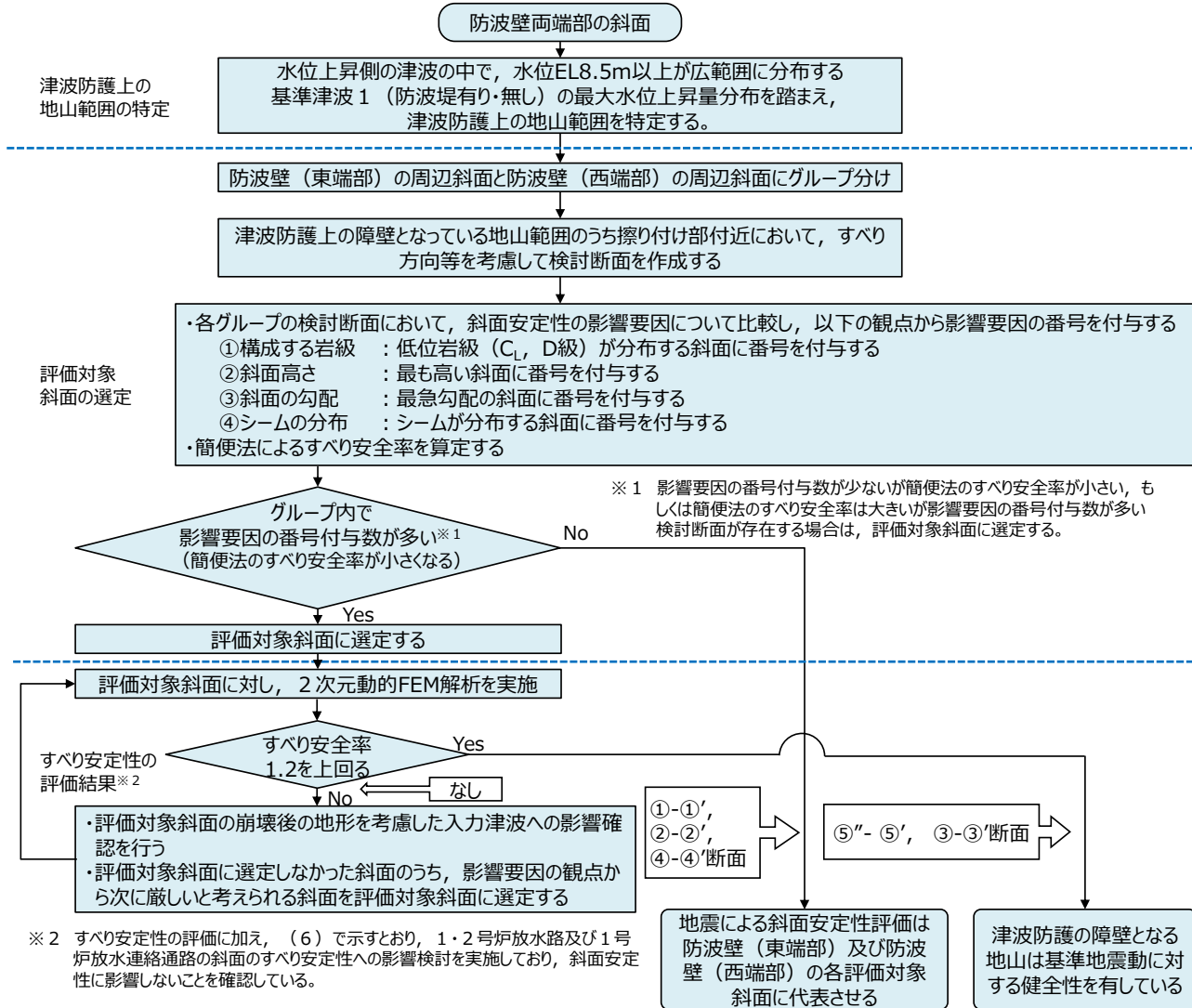
■ 上記を踏まえ，以下のとおり検討を行う。

- 検討1：津波防護施設と同等の機能を有する地山斜面において，基準地震動 $S_s$ による地山のすべり安定性評価を行い，基準地震動に対する健全性を確保していることを説明する。（p.38～48, 53～56参照）
- 検討2：津波防護施設と同等の機能を有する斜面において，波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認及び基準津波による地山のすべり安定性評価を行い，基準津波に対する健全性を確保していることを説明する。（p.49～52参照）

# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (1) 評価方針

■ 検討1の基準地震動に対する地山の安定性評価は、以下のフローに基づいて実施する。



地山の地震に対する安定性評価フロー

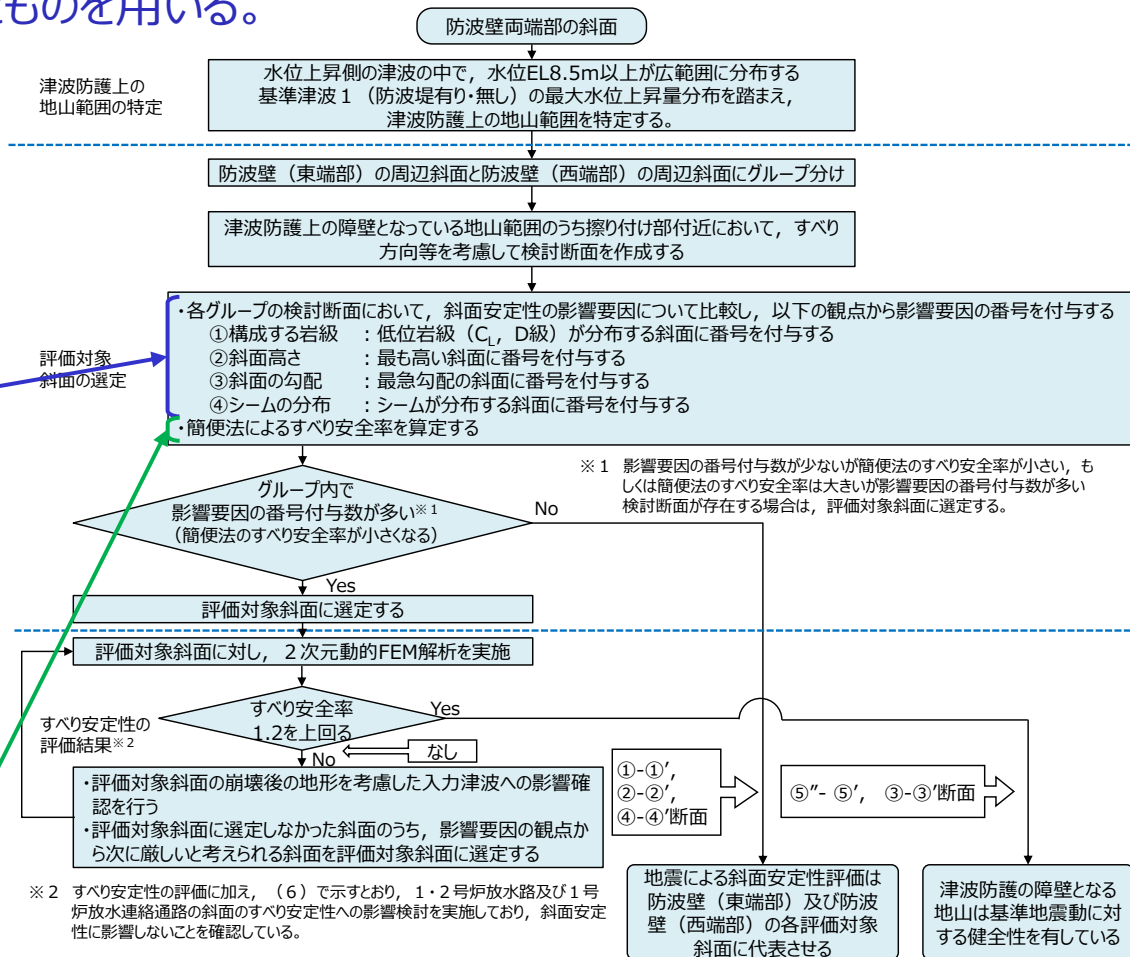
# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (1) 評価方法

- 評価対象斜面の選定は、以下に示す影響要因及び簡便法のすべり安全率を踏まえて行う。
- 簡便法及び2次元動的FEM解析に用いる解析用物性値及び解析手法は、「島根原子力発電所2号炉 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）で使用したものをを用いる。

影響要因	内容
【影響要因①】 斜面を構成する岩級	C <sub>L</sub> 級、D級の低位岩級は、C <sub>H</sub> 級、C <sub>M</sub> 級の高位岩級に比べてせん断強度が低い。
【影響要因②】 斜面高さ	斜面高さが高いほど土塊が大きくなるため、起動力が大きくなる。
【影響要因③】 斜面勾配	斜面勾配が急なほどすべり方向に対する土塊重量の分力が大きくなり、起動力が大きくなる。
【影響要因④】 シームの分布の有無	シームは岩盤に比べてせん断強度が低く、すべり面のせん断抵抗力が小さくなる。

【簡便法によるすべり安全率】  
・JEAG4601-2015に基づく静的震度「K<sub>H</sub>=0.3, K<sub>V</sub>=0.15」を用いた簡便法により、すべり安全率を算定する。



評価対象斜面の選定に用いる影響要因等

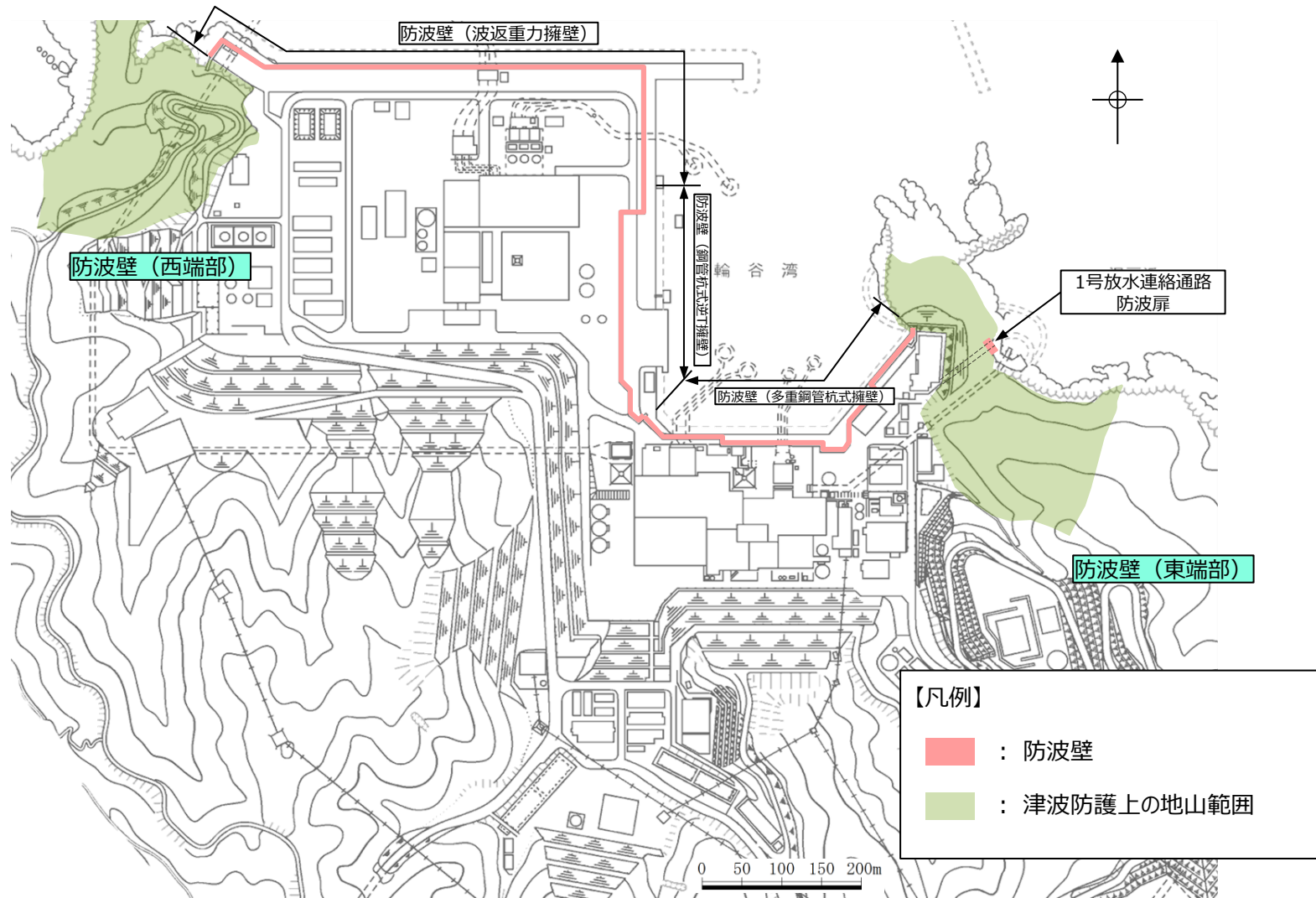


# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (1) 防波壁端部地山のグループ分け

第841回審査会合  
資料2-1 p.56 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

■津波防護上の地山範囲について、防波壁（東端部）と防波壁（西端部）にグループ分けし、それぞれで評価対象斜面を選定する。

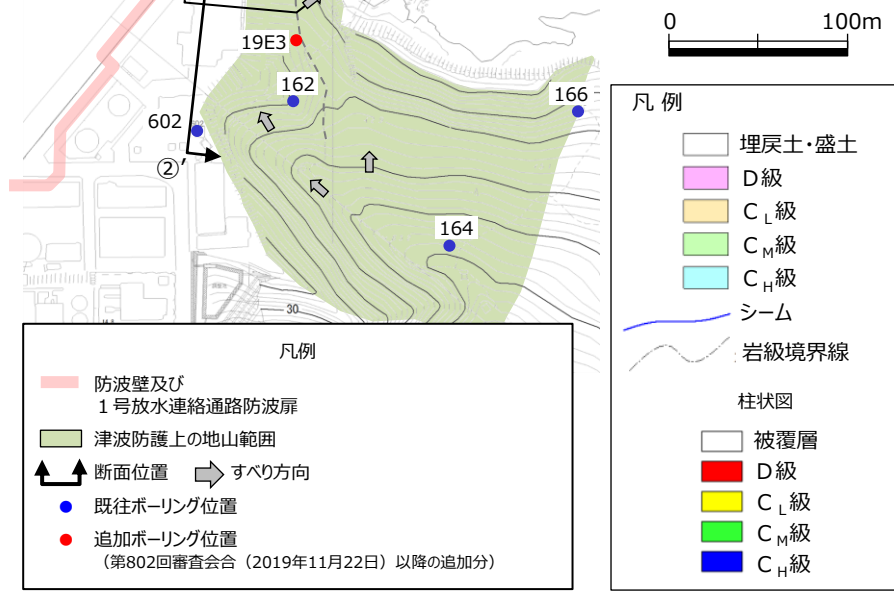
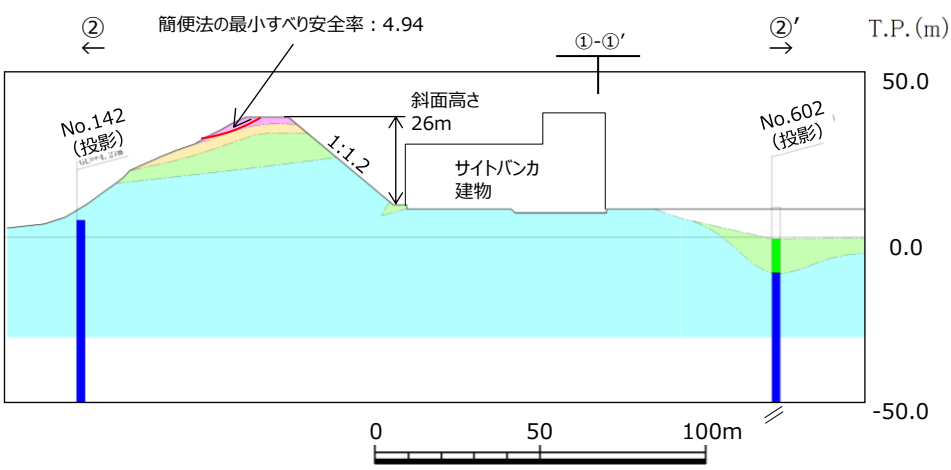
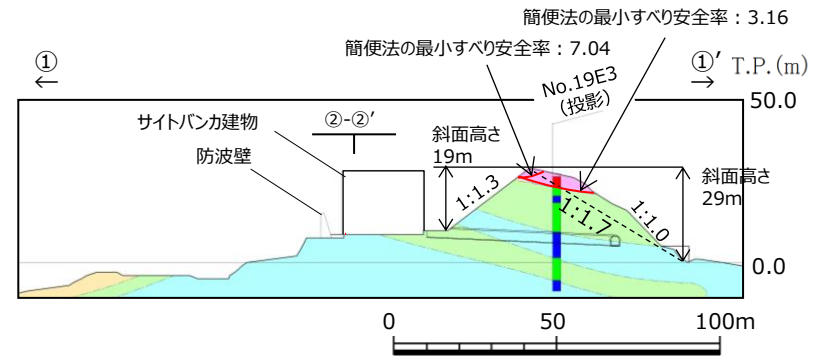
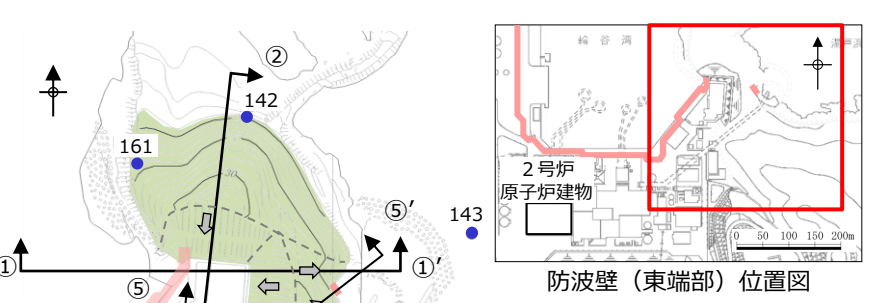


津波防護上の地山範囲位置図

# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (2) 評価対象斜面の選定 (東端部, 1 / 4)

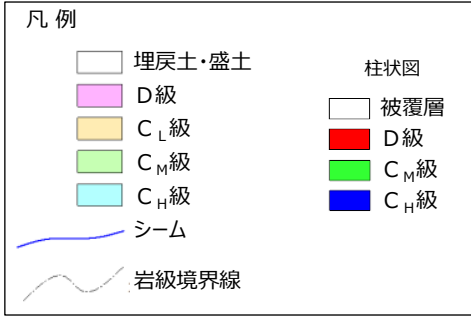
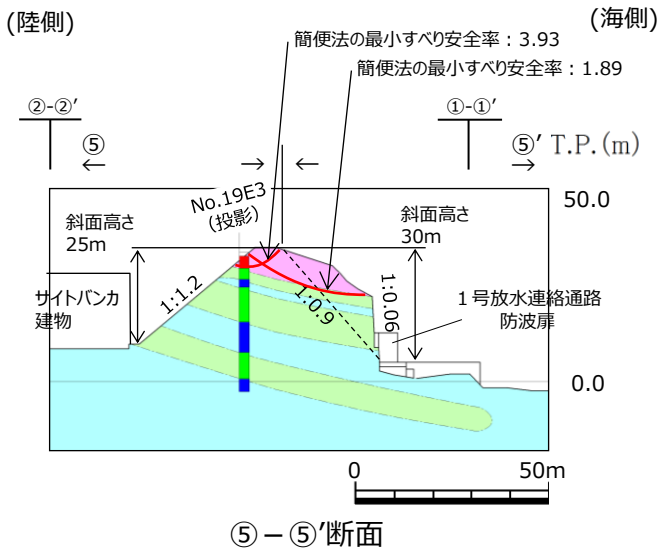
- 防波壁 (東端部) の津波防護上の地山範囲のうち擦り付け部付近において、すべり方向等を考慮して以下のとおり①-①'断面、②-②'断面及び⑤-⑤'断面の検討断面を作成し、この中から評価対象斜面を選定する。
  - ・①-①'断面は、防波壁東側斜面の斜面幅が最も狭い箇所を通り、地形が急勾配となる方向に設定した。
  - ・②-②'断面は、防波壁北側斜面の頂部を通り、風化層が厚くなる尾根部を通るように設定した。
  - ・⑤-⑤'断面は、防波壁東側斜面の斜面幅が狭い箇所を通り、尾根を境に海側・陸側にそれぞれ地形が最急勾配となる方向に設定した。



検討断面位置図

# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (2) 評価対象斜面の選定 (東端部, 2 / 4)



# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (2) 評価対象斜面の選定 (東端部, 3 / 4)

■ ① - ①'断面, ② - ②'断面及び⑤ - ⑤'断面について下表の比較を行った結果, ⑤ - ⑤'断面のうち海側の斜面を2次元動的 F E M解析の評価対象斜面に選定した。

各断面の比較検討結果 (防波壁 (東端部))

防波壁 東端部斜面		影響要因				該当する 影響要因	簡便法の 最小すべり 安全率*1	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			
① - ①'	陸側 すべり	C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	19m	1 : 1.3	なし	①	7.04	・⑤ - ⑤'断面 (海側すべり) に比べ, 平均勾配は緩いこと, 表層のD級岩盤は薄いこと, 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いことから, ⑤ - ⑤'断面 (海側すべり) の評価に代表させる。
	海側 すべり	C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	29m	1 : 1.7 (一部, 1 : 1.0 の急勾配部あり)	なし	①	3.16	
② - ②'		C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	26m	1 : 1.2	なし	①	4.94	
⑤ - ⑤'	陸側 すべり	C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , D級	25m	1 : 1.2	なし	①	3.93	
	海側 すべり	評価対象斜面に選定 C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , D級	30m	1 : 0.9 (一部, 1 : 0.06 の急勾配部あり)	なし	①, ②, ③	1.89	

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

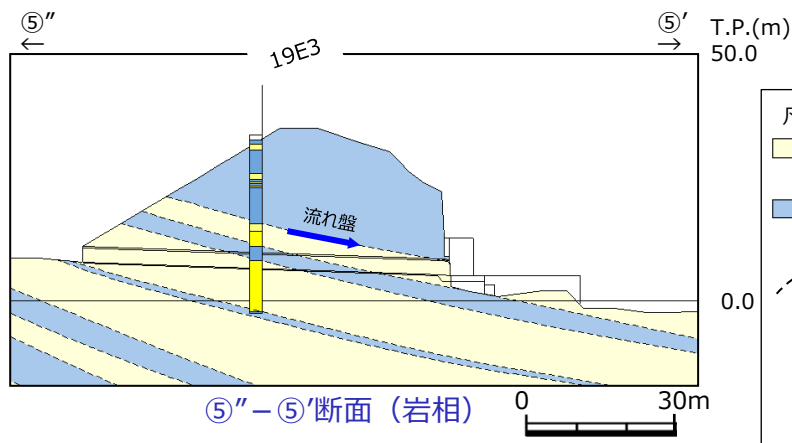
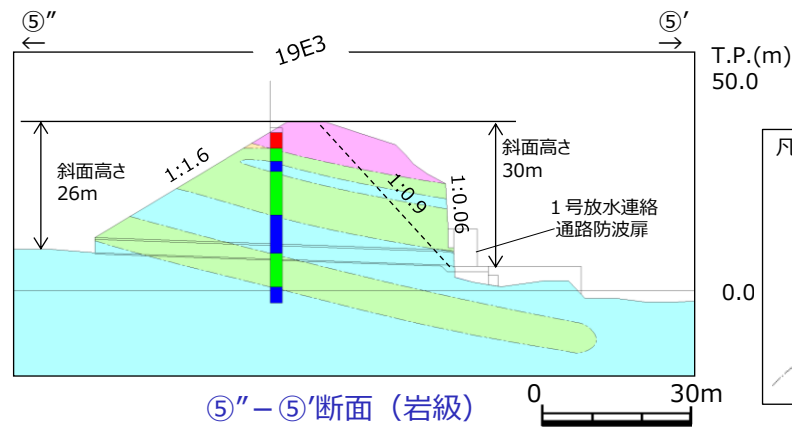
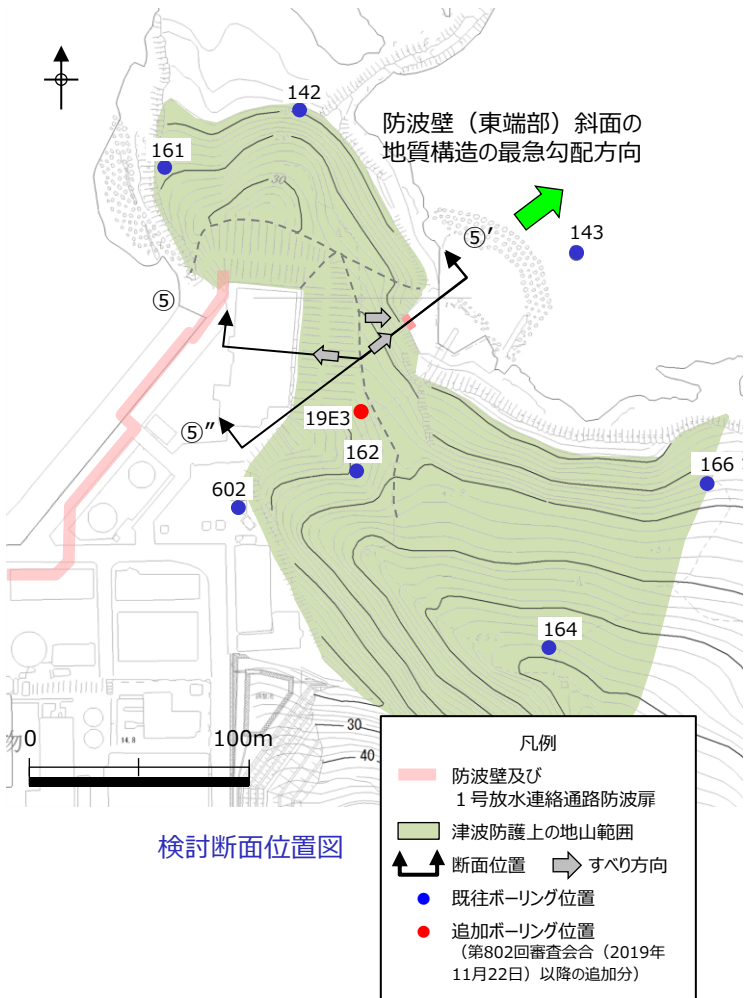
※1 最小すべり安全率を示すすべり面をp.41, 42に示す。

# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (2) 評価対象斜面の選定 (東端部, 4 / 4)

第841回審査会合  
資料2-1 p.71 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

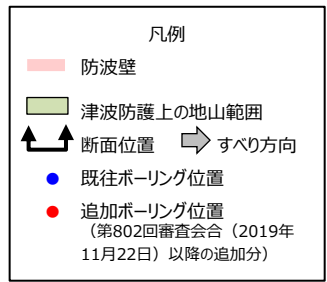
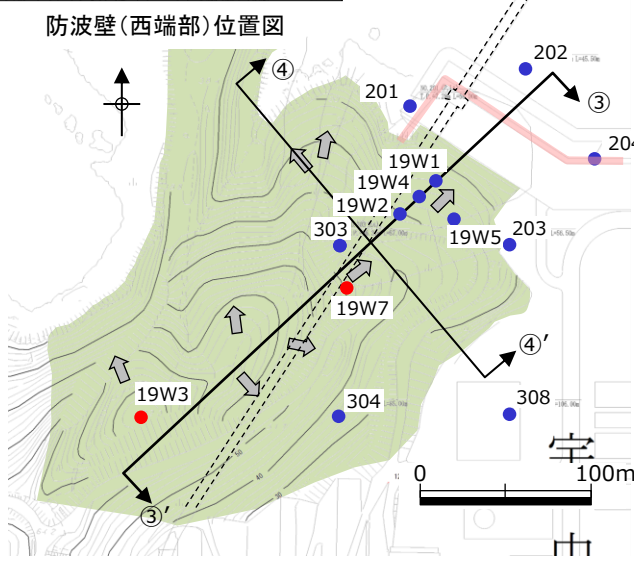
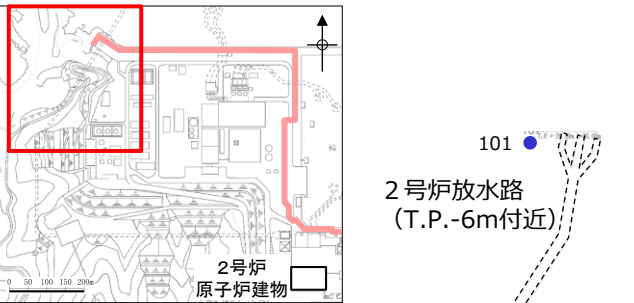
動的 F E M解析の実施に当たり、山体の地震時の挙動を適切に解析に反映するため、⑤ - ⑤'断面について、直線状の断面となるように、北東-南西方向に⑤'' - ⑤'断面の地質断面図及び解析モデルを作成し、安定性評価を行うこととした。



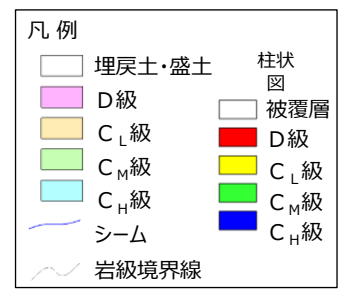
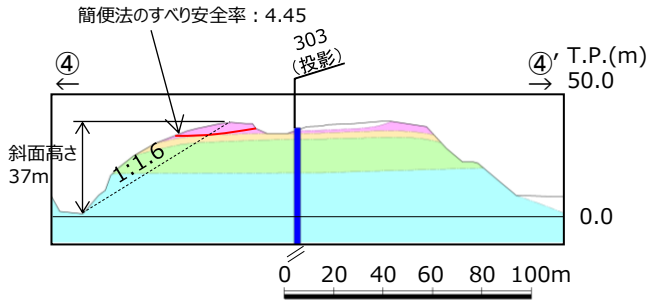
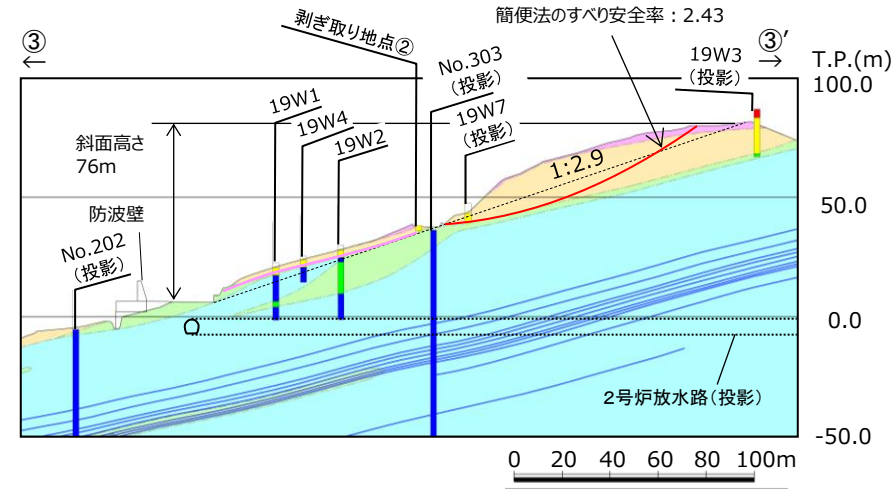
# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (2) 評価対象斜面の選定 (西端部, 1/2)

- 防波壁 (西端部) の津波防護上の地山範囲のうち擦り付け部付近において、すべり方向等を考慮し、以下のとおり③-③'断面及び④-④'断面の検討断面を作成し、この中から評価対象斜面を選定する。
  - ・③-③'断面は、防波壁南側斜面の頂部付近を通り、地形及び地層の最急勾配方向に流れ盤になるように設定した。
  - ・④-④'断面は、防波壁南側の斜面幅が最も狭い箇所を通り、地形が急勾配となる方向に設定した。



検討断面位置図



# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (2) 評価対象斜面の選定 (西端部, 2/2)

■ ③ - ③'断面及び④ - ④'断面について下表の比較を行った結果, ③ - ③'断面を2次元動的 F E M解析の評価対象斜面に選定した。

各断面の比較検討結果 (防波壁 (西端部))

防波壁 東端部斜面	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			
③ - ③'	C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	76m	1 : 2.9	なし	①, ②	2.43	・表層にC <sub>L</sub> , D級が分布すること, 斜面高さが高いこと, 標高40m付近にD級岩盤の薄層が分布すること, 流れ盤であること, 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。
④ - ④'	C <sub>H</sub> , C <sub>M</sub> , C <sub>L</sub> , D 級	37m	1 : 1.6	なし	①, ③	4.45	・③ - ③'断面に比べ, 平均勾配は急だが, C <sub>M</sub> ~ C <sub>H</sub> 級岩盤が主体であり, 斜面高さが低く, 簡便法の最小すべり安全率が大きいことから, ③ - ③'断面の評価に代表させる。

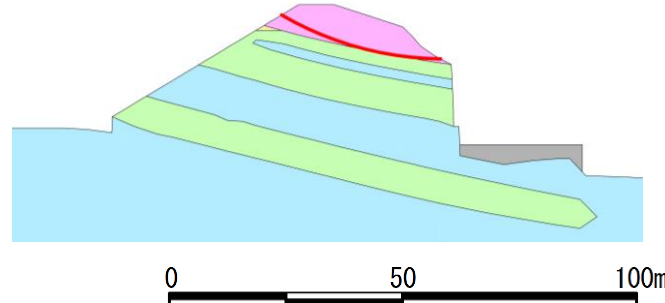
: 番号を付与する影響要因    
  : 影響要因の番号付与が多い (簡便法のすべり安全率が小さい)    
  : 選定した評価対象斜面

※ 最小すべり安全率を示すすべり面をp.45に示す。

# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (3) 2次元動的FEM解析結果 (東端部)

■ 防波壁 (東端部) の評価対象斜面である⑤''-⑤'断面を対象に、基準地震動による2次元動的FEM解析を実施した結果、すべり安全率は1.2を上回ることから、津波防護の障壁となる地山について、基準地震動に対する健全性確保の見通しを確認できた。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮した 強度】※2
1	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (+,-)	1.55 [13.24]	1.30 [13.24]

※1 基準地震動(+,-)は鉛直反転を示す。  
※2 [ ]は、発生時刻(秒)を示す。

【凡例】

- : C<sub>H</sub>級 岩盤
- : C<sub>M</sub>級 岩盤
- : C<sub>L</sub>級 岩盤
- : D級 岩盤
- : MMR
- : すべり面

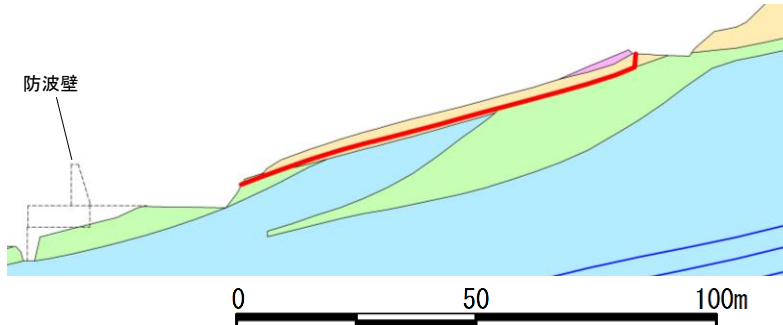
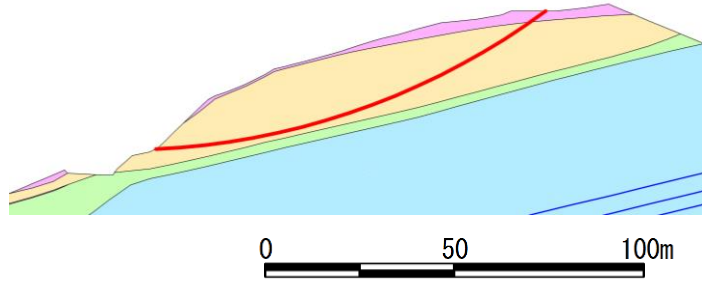


# 4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

## (3) 2次元動的FEM解析結果 (西端部)

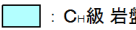
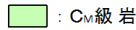
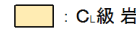

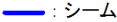

第841回審査会合  
資料2-1 p.111 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

■ 防波壁 (西端部) の評価対象斜面である③-③'断面を対象に、基準地震動による2次元動的FEM解析を実施した結果、すべり安全率は1.2を上回ることから、津波防護の障壁となる地山について、基準地震動に対する健全性確保の見通しを確認できた。

すべり面 番号	すべり面形状	基準 地震動※1	すべり安全率 【平均強度】※2	すべり安全率 【ばらつきを考慮した 強度】※2
1	 <p>D級の薄層を通るすべり面</p>	Ss-D (+,-)	2.31 [8.95]	1.97 [8.95]
2	 <p>簡便法で設定したすべり面</p>	Ss-D (+,-)	2.935 [8.61]	2.931 [8.61]

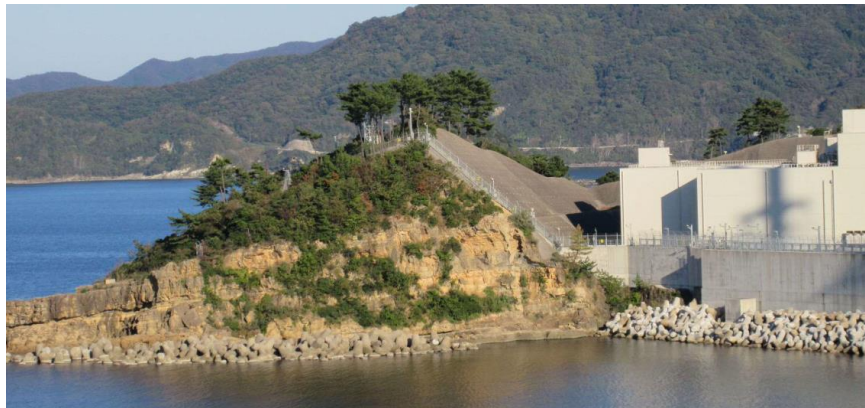
※1 基準地震動 (+,-) は鉛直反転を示す。  
 ※2 [ ]は、発生時刻 (秒) を示す。

【凡例】

	: C <sub>H</sub> 級 岩盤		: C <sub>M</sub> 級 岩盤		: C <sub>L</sub> 級 岩盤		: D級 岩盤
	: シーム		: すべり面				

## 4. 2 基準津波に対する健全性確保の見通し (1) 波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認

- 検討2の基準津波に対する健全性確保として、(1)波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認及び(2)基準津波による地山の安定性評価を行った。
- 検討2の(1)波力による侵食及び洗掘に対する抵抗性の確認を行った結果、津波防護上の地山は、下図に示すとおり岩盤から構成され一部はコンクリートに覆われていることから、波力による侵食及び洗掘による地形変化は生じない。



防波壁（東端部）

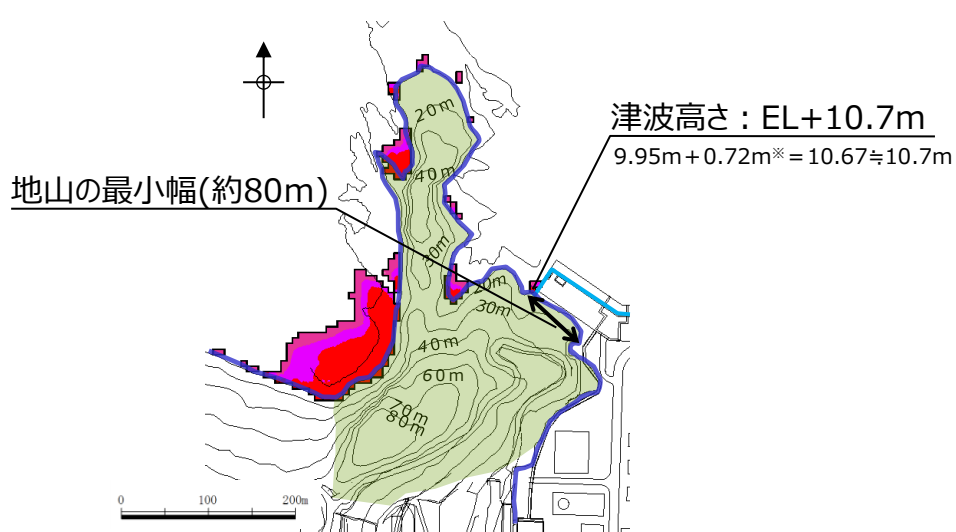


防波壁（西端部）

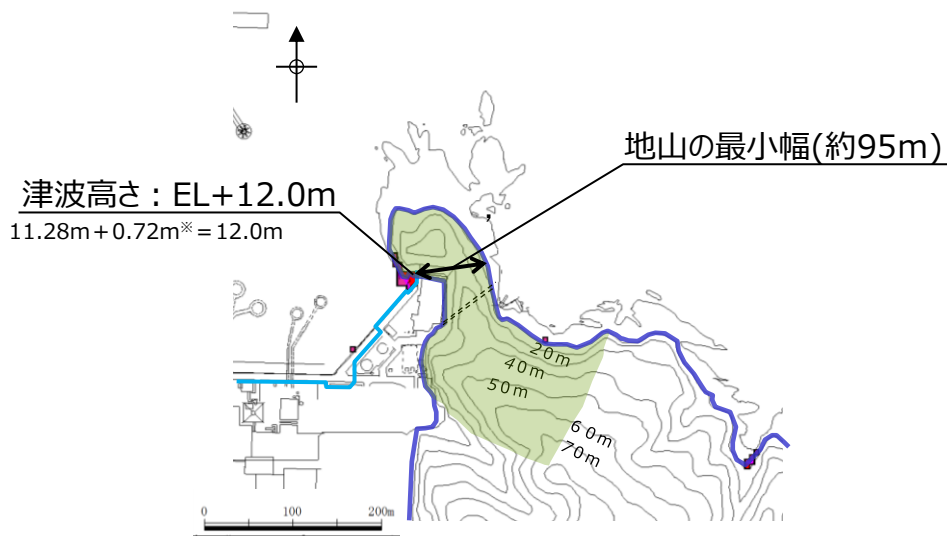
## 4. 2 基準津波に対する健全性確保の見通し

### (2) 基準津波による地山の安定性評価(検討方針) (1/3)

- 検討2の(2)基準津波による地山の安定性評価について、地山を津波防護施設と考え、構造物に作用する力を保守的に津波波力として設定し、地山のせん断抵抗力と比較を行う。
- 津波波力を算出するにあたり、防波壁（東端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波1（防波堤無し）、防波壁（西端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波1（防波堤有り）を対象とする。津波高さは、防波壁（東端部）については右図に示すEL+12.0m、防波壁（西端部）については左図に示すEL+10.7mと設定した。
- 地山のせん断断面は、防波壁の擦り付け部から断面長さが最小となる位置を設定した。防波壁（東端部）については右図に示す地山のEL+8.5m位置における最小幅である約95m、防波壁（西端部）については左図に示す地山のEL+8.5m位置における最小幅である約80mと設定した。



防波壁（西端部）の地山：基準津波1（防波堤有り）



防波壁（東端部）の地山：基準津波1（防波堤無し）

※ 朔望平均満潮位+0.58m、潮位のばらつき0.14mを併せて+0.72mを考慮

## 4. 2 基準津波に対する健全性確保の見通し

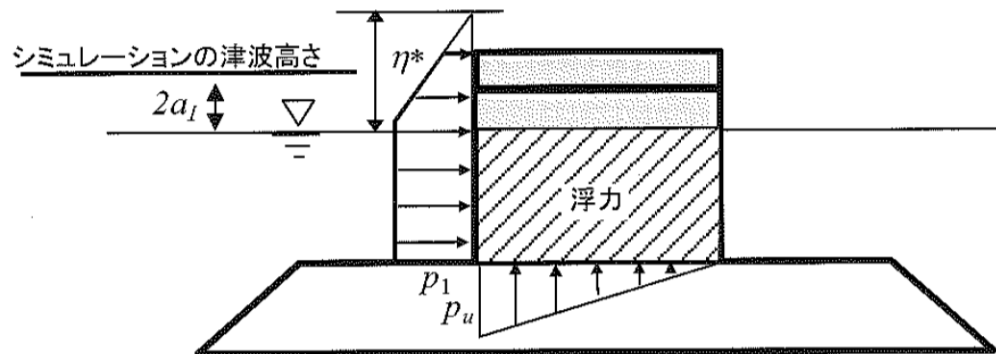
### (2) 基準津波による地山の安定性評価(津波波力,地山のせん断抵抗力)(2/3)

#### 【津波波力】

- 「防波堤の耐津波設計ガイドライン（平成27年12月一部改訂）」に示される谷本式に基づき以下のとおり波力を算定する。
- 上記に基づき算出した波力は、1,502kN/mとなった。

	シミュレーションによる 津波高さ※ ( $2a_I$ )	振幅 ( $a_I$ )
防波壁擦り付け部	13m [12.64m]	6.5m

※ 防波壁擦り付け部の最高水位12.0mに参照する  
裕度0.64mを考慮し、保守的に設定



$$\eta^* = 3.0a_I = 3.0 \times 6.5\text{m} = 19.5\text{m}$$

$$P_1 = 2.2\rho_0 g a_I = 2.2 \times 10.1\text{kN/m}^3 \times 6.5\text{m} = 144.43\text{kN/m}^2 \approx 145\text{kN/m}^2$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) = 145\text{kN/m}^2 \times 19.5\text{m} \times (1/2) = 1,501.5\text{kN/m} \approx 1,502\text{kN/m}$$

$\eta^*$  : 静水面上の波圧作用高さ     $a_I$  : 入射津波の静水面上の高さ(振幅)     $\rho_0 g$  : 海水の単位体積重量(10.1kN/m<sup>3</sup>)  
 $P_1$  : 静水面における波圧強度     $P$  : 地山に作用する波力

#### 【地山のせん断抵抗力】

- 地山のせん断強度は、防波壁端部の地山の大部分を構成するC<sub>H</sub>級岩盤を対象にブロックせん断試験より求めた値の1,140kN/m<sup>2</sup>（詳細は「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」（R2.2.28審査会合）を参照）を用いて以下のとおり算定する。
- 上記に基づき算出した地山のせん断抵抗力は、防波壁(西端部)91,200kN/m、防波壁(東端部)108,300kN/mとなった。
  - ・防波壁（西端部）1,140kN/m<sup>2</sup>(地山のせん断強度)×80m(地山の最小幅)= 91,200kN/m
  - ・防波壁（東端部）1,140kN/m<sup>2</sup>(地山のせん断強度)×95m(地山の最小幅)=108,300kN/m

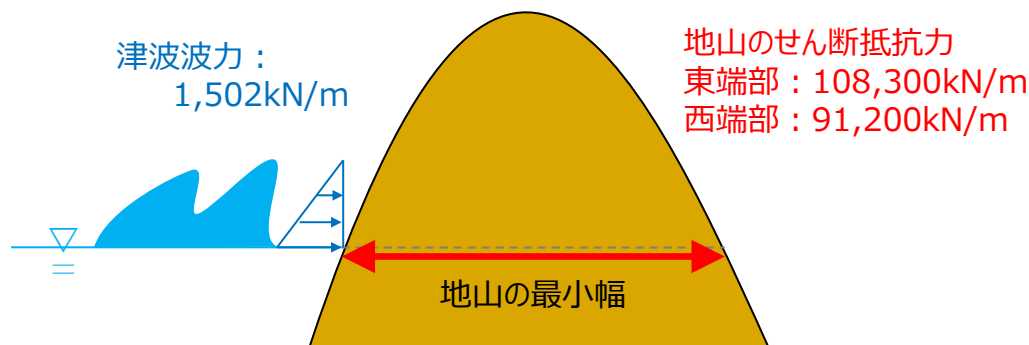
## 4. 2 基準津波に対する健全性確保の見通し

### (2) 基準津波による地山の安定性評価 (評価結果) (3/3)

- 検討方針に基づき算出した津波波力と地山の最小幅における地山のせん断抵抗力の比較を行ったところ、地山のせん断抵抗力は、津波波力と比較し十分に大きいことから、基準津波に対する地山の安定性を確認した。

表 地山に作用する波力及び地山のせん断抵抗力

	地山に作用する波力	地山のせん断抵抗力
防波壁 (東端部)	1,502kN/m	108,300kN/m
防波壁 (西端部)		91,200kN/m

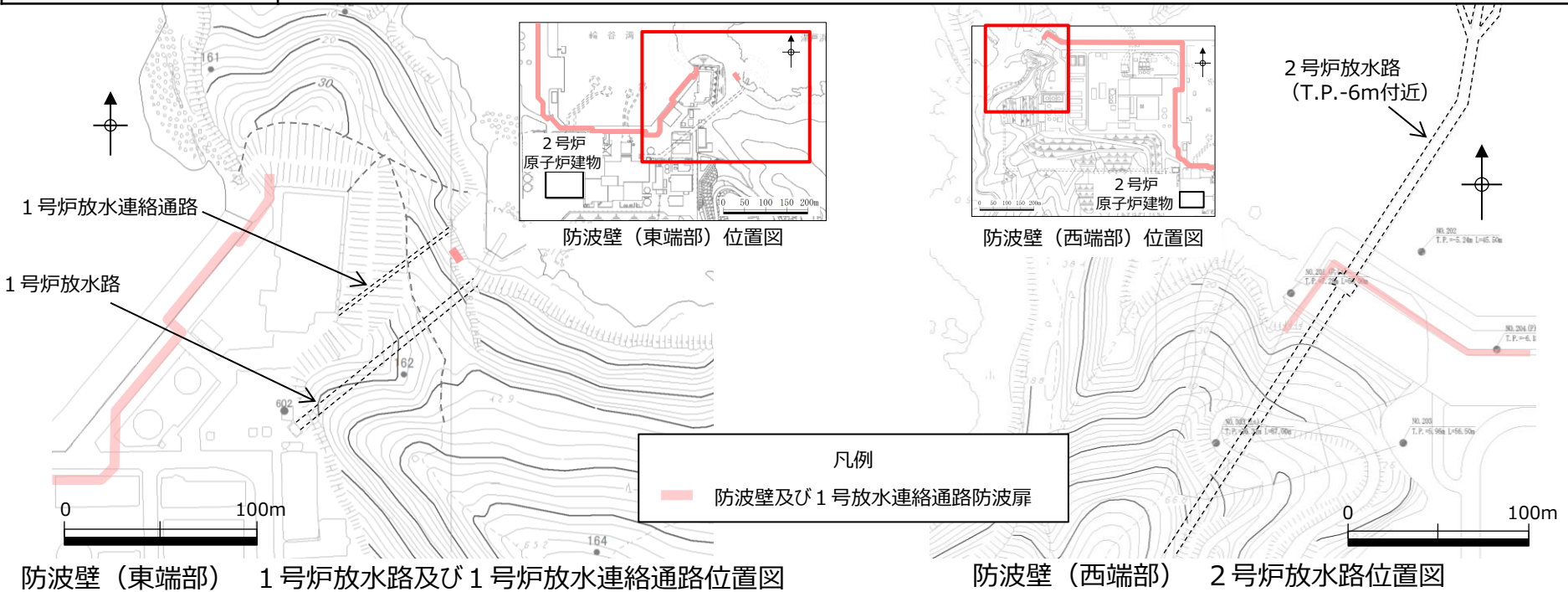


波力と地山のせん断抵抗力の比較計算に関するイメージ図

# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

■ 防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）には、1号炉放水連絡通路の他に、1・2号炉放水路も存在することから、両者の斜面のすべり安定性への影響について、下表の観点から確認した。

項目	確認方法
1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の有無による想定すべり面への影響	<ul style="list-style-type: none"> <li>・防波壁（東端部）及び防波壁（西端部）の斜面のすべり方向を考慮して選定した各断面に左記施設の断面を投影し、想定すべり面との位置関係を確認する。</li> <li>・掘削前後において、「簡便法によるトンネルを通るすべり面のすべり安全率」及び「掘削解析によるすべり面上のひずみ増分」を確認する。</li> <li>・静的震度については、JEAG4601-2015に基づき、斜面位置における基準地震動 <math>S_s</math> に対する一次元地震応答解析により設定する。なお、水平震度と鉛直震度については、保守的に全時刻を通しての最大値を組み合わせる。</li> <li>・想定すべり面及びトンネルを通るすべり面については、すべり面の形状を円弧と仮定し、中心と半径を変化させ、すべり安全率が最小となるすべり面を網羅的に探索している。</li> </ul>

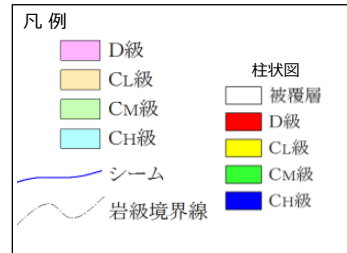
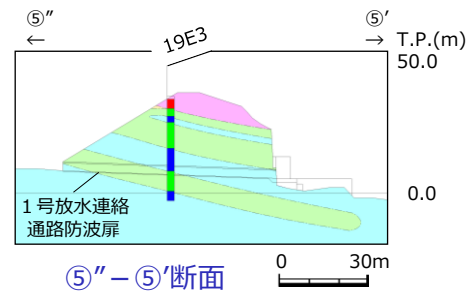
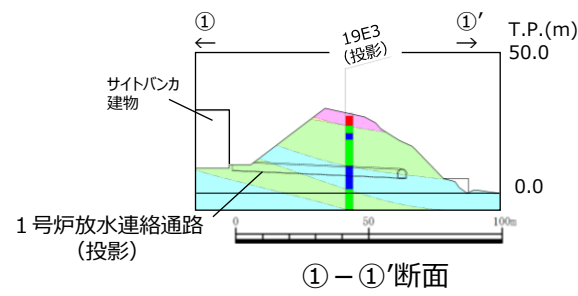
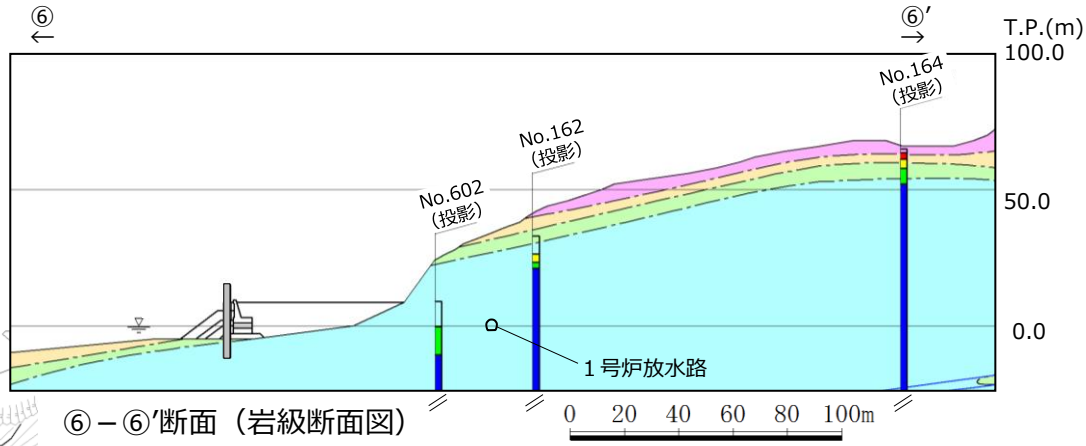
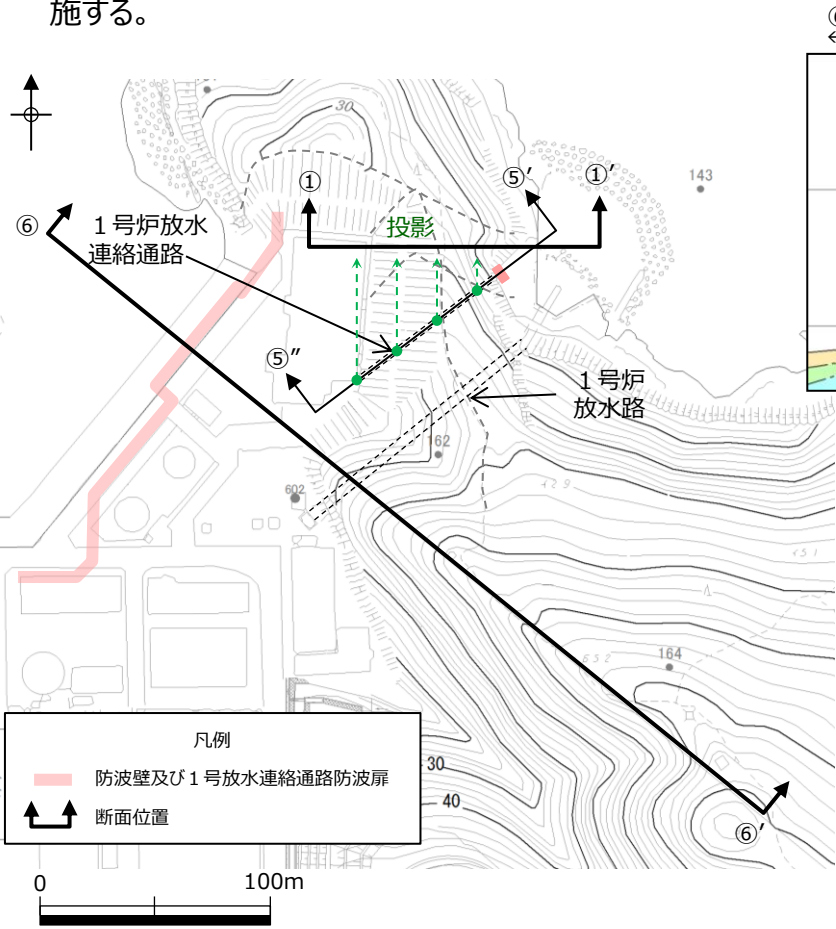


# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

## (1) 想定すべり面への影響 (東端部)

第841回審査会合  
資料2-1 p.114 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- ⑥-⑥'断面に1号炉放水路を投影した結果、①-①'断面に投影した1号炉放水連絡通路に比べ、斜面に占めるトンネル面積の割合が小さいこと、及び土被り厚が大きいことから、斜面のすべり安定性への影響は連絡通路より小さいと考えられるため、1号炉放水連絡通路の影響検討に代表させる。
- ①-①'断面と⑤''-⑤'断面は地形・地質が同様であるため、1号炉放水連絡通路の影響検討は①-①'断面及び⑤''-⑤'断面において実施する。

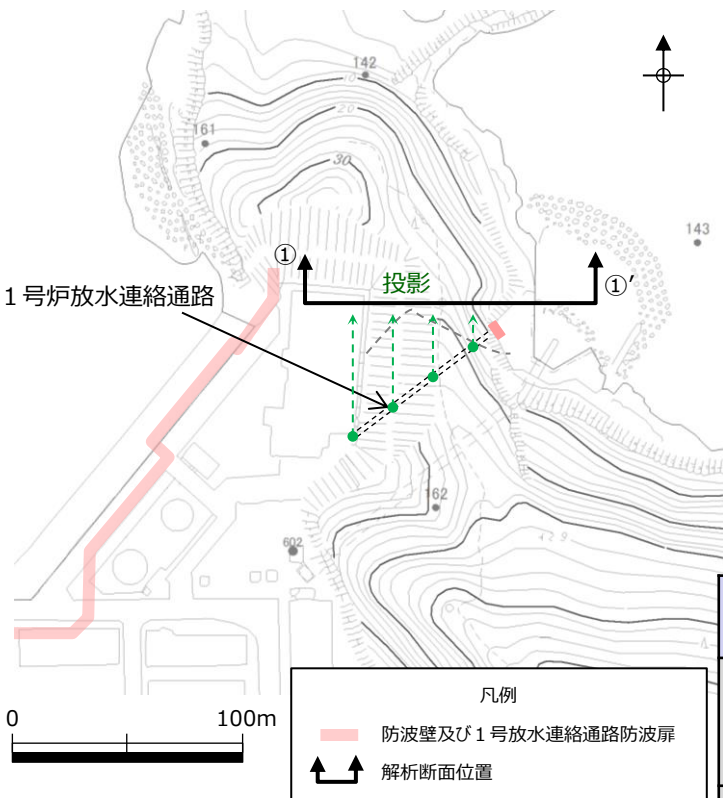


1号炉放水路及び1号炉放水連絡通路投影図

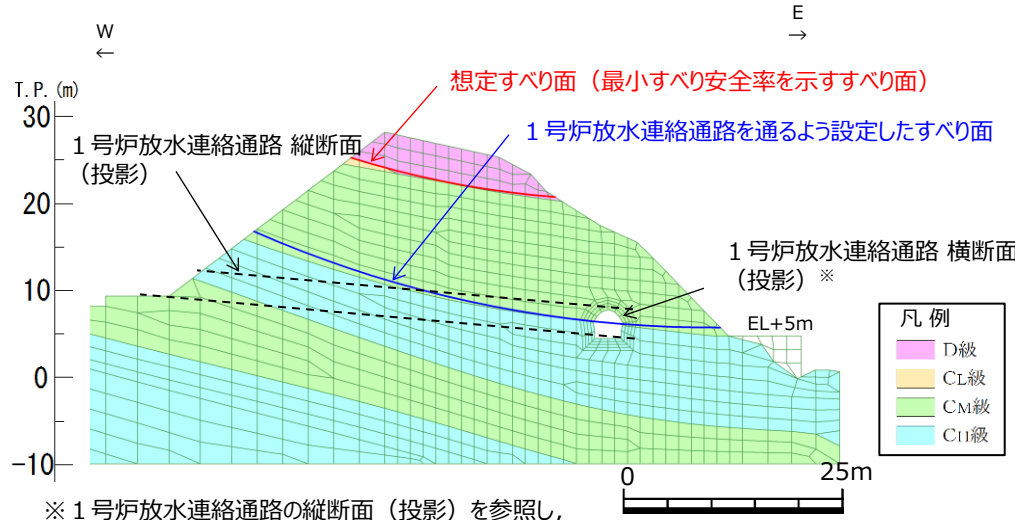
# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

## (1) 想定すべり面への影響（東端部（①-①'断面））

- ①-①'断面に1号炉放水連絡通路を投影した結果、想定すべり面（最小すべり安全率を示すすべり面）は、連絡通路に重ならないことを確認した。
- 連絡通路を通るすべり面を仮定し、連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は3.93であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は3.69（▲0.24）であり、影響は軽微であることを確認した。
- 掘削解析により、連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0046%であり、影響は軽微であることを確認した。



1号炉放水連絡通路投影図



※ 1号炉放水連絡通路の縦断面（投影）を参照し、保守的に、斜面法尻に最も近い位置に横断面を投影した。  
①-①'断面 掘削解析モデル図

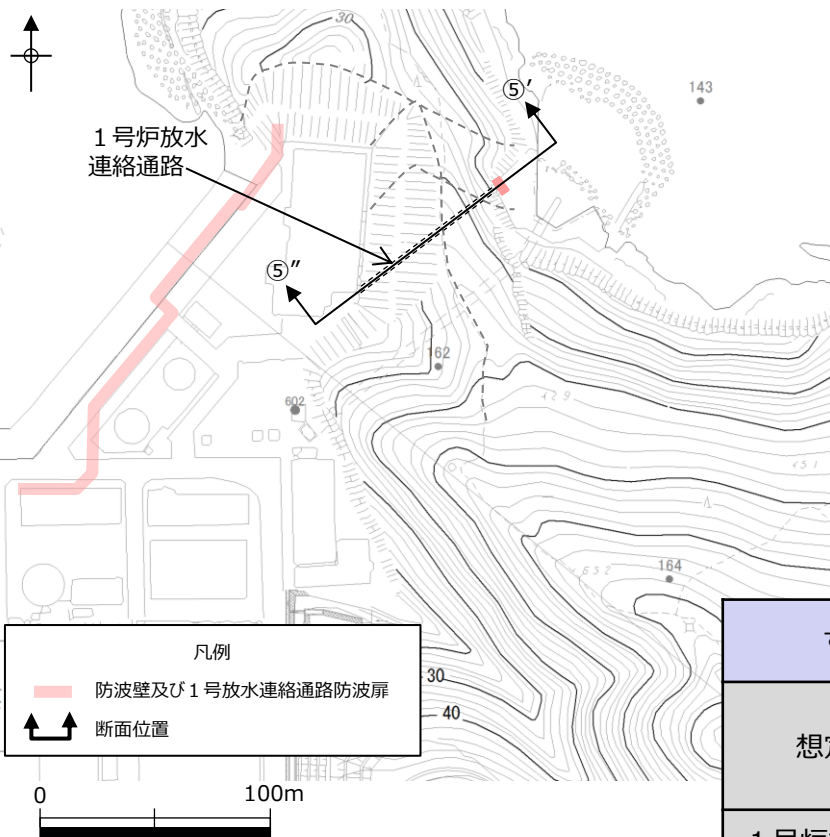
すべり面	項目	掘削前 (A)	掘削後 (B)	B - A
想定すべり面	すべり安全率（平均強度）	2.74	—	—
	すべり面上のひずみ	0.09% (0.0929%)	0.09% (0.0931%)	+0.00% (+0.0002%)
1号炉放水連絡通路 を通るように 設定したすべり面	すべり安全率（平均強度）	3.93	3.69	▲0.24
	すべり面上のひずみ	0.01% (0.0083%)	0.01% (0.0129%)	+0.00% (+0.0046%)



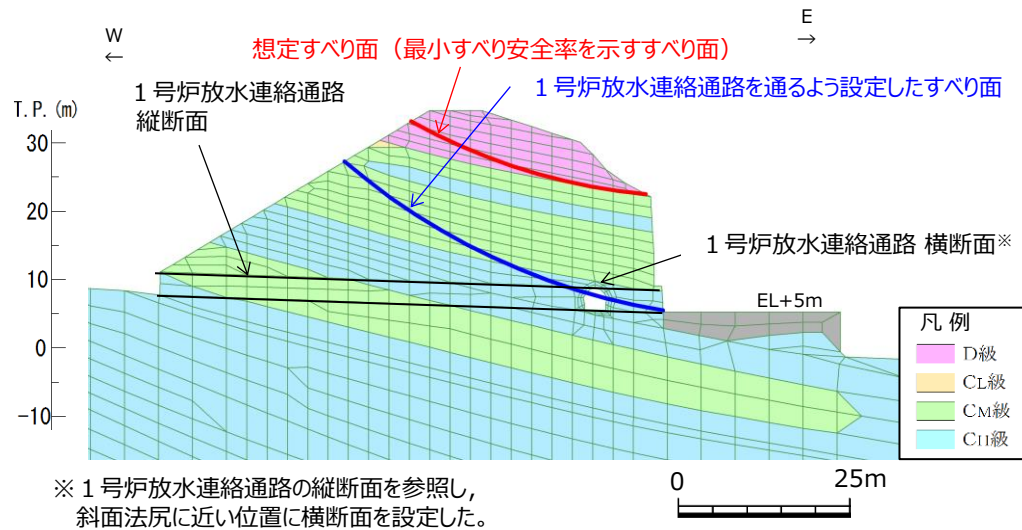
# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

## (1) 想定すべり面への影響（東端部（⑤''-⑤'断面，トンネル横断面））

- ⑤''-⑤'断面に1号炉放水連絡通路を投影した結果、想定すべり面（最小すべり安全率を示すすべり面）は、連絡通路に重ならないことを確認した。
- 連絡通路を通るすべり面を仮定し、連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は3.85であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は3.53（▲0.32）であり、影響は軽微であることを確認した。
- 掘削解析により、連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0042%であり、影響は軽微であることを確認した。



1号炉放水連絡通路投影図



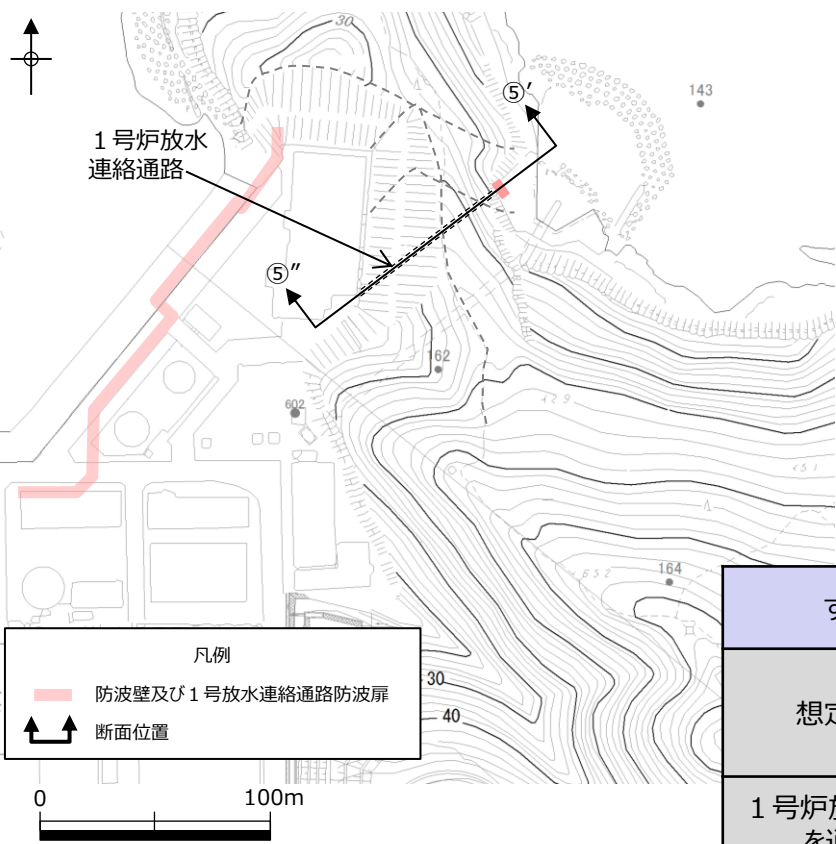
⑤''-⑤'断面 掘削解析モデル図

すべり面	項目	掘削前 (A)	掘削後 (B)	B - A
想定すべり面	すべり安全率 (平均強度)	1.63	—	—
	すべり面上のひずみ	0.46% (0.4638%)	0.46% (0.4643%)	+0.00% (+0.0004%)
1号炉放水連絡通路 を通るよう 設定したすべり面	すべり安全率 (平均強度)	3.85	3.53	▲0.32
	すべり面上のひずみ	0.01% (0.0053%)	0.01% (0.0095%)	+0.00% (+0.0042%)

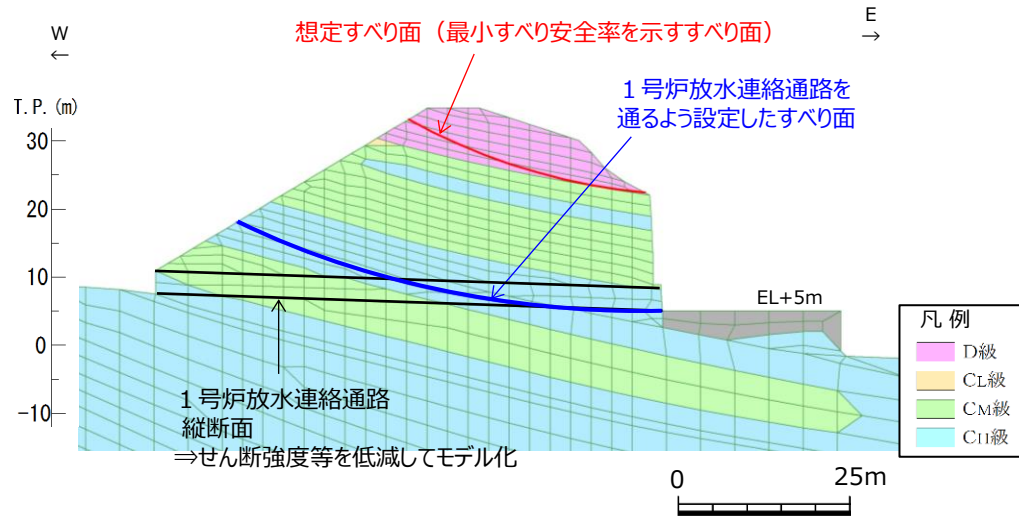
# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

## (1) 想定すべり面への影響（東端部（⑤''-⑤'断面, トンネル縦断面）, 1/2）

- ⑤''-⑤'断面は1号炉放水連絡通路を縦断方向に通過する断面であることから、連絡通路掘削後のFEM解析において、連絡通路の縦断面部のせん断強度等を低減してモデル化した検討も実施した。（モデル化方法は次頁に示す）
- 連絡通路を通るすべり面を仮定し、連絡通路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は3.63であった。連絡通路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は3.54（▲0.09）であり、影響は軽微であることを確認した。
- 掘削解析により、連絡通路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0010%であり、影響は軽微であることを確認した。



1号炉放水連絡通路投影図

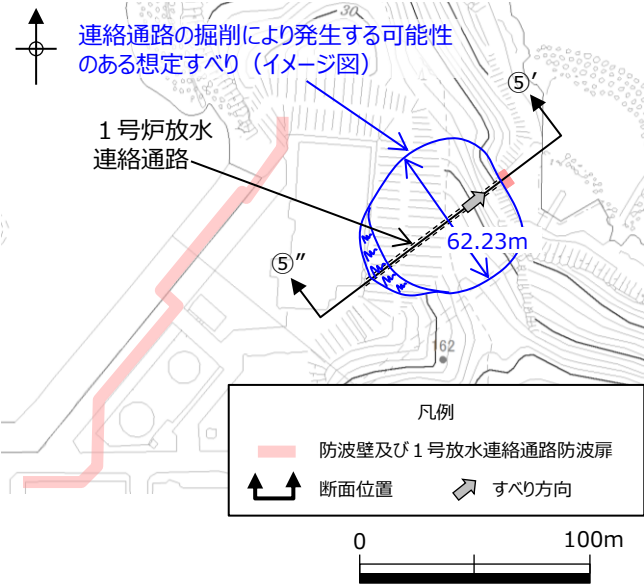


⑤''-⑤'断面 掘削解析モデル図

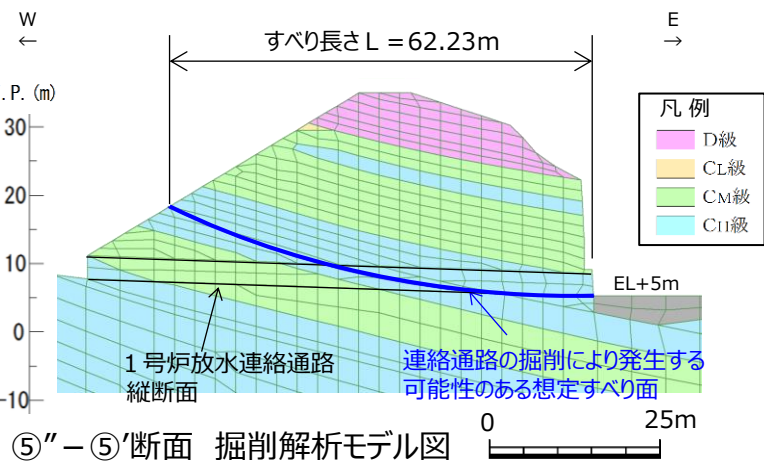
すべり面	項目	掘削前 (A)	掘削後 (B)	B - A
想定すべり面	すべり安全率（平均強度）	1.63	—	—
	すべり面上のひずみ	0.17% (0.1691%)	0.17% (0.1693%)	+0.00% (+0.0002%)
1号炉放水連絡通路を通るように設定したすべり面	すべり安全率（平均強度）	3.63	3.54	▲0.09
	すべり面上のひずみ	0.02% (0.0191%)	0.02% (0.0201%)	+0.00% (+0.0010%)

# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

## (1) 想定すべり面への影響 (東端部 (5)''-5)'断面, トンネル縦断面), 2 / 2)



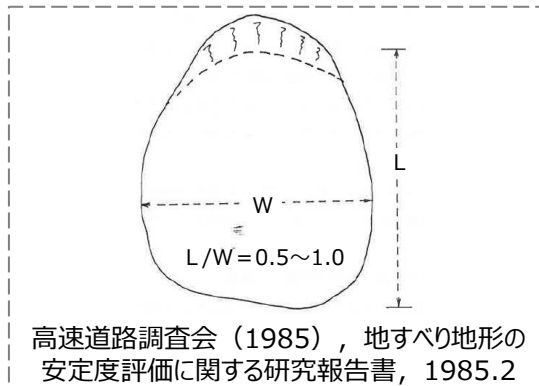
1号炉放水連絡通路投影図



5)''-5)'断面 掘削解析モデル図

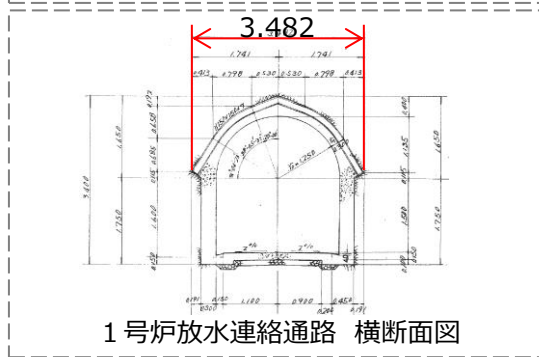
■ 5)''-5)'断面に1号炉放水連絡通路をモデル化する際は、断面奥行方向の斜面に対する連絡通路の占める割合を考慮し、岩盤の単位体積重量、せん断強度及び静弾性係数を低減することとした。モデル化の手順は以下のとおり。

- (1) 連絡通路の掘削により発生する可能性のある想定すべりを検討する。連絡通路を通過してすべり安全率が最小となるすべり面を網羅的に探索する。
- (2) 上記により設定した連絡通路を通る想定すべり面からすべり長さを求め、高速道路調査会(1985)に基づき、すべり長さからすべり幅を求める。
- (3) すべり幅に対する連絡通路の外形幅の割合を求め、トンネル縦断面における岩盤の単位体積重量、せん断強度及び静弾性係数を低減する。



【せん断強度等の低減率の算定】

- ・高速道路調査会(1985)によると、すべり長さLとすべり幅Wには  $L/W = 0.5 \sim 1.0$  の関係があるとされている。
- ・すべり幅Wが小さい方が、Wに占める連絡通路の外形幅の割合が大きくなることから、上記文献を踏まえて保守的に  $L/W = 1.0$  とする。  
すべり幅W = すべり長さL = 62.23m
- ・すべり幅に対する連絡通路の外形幅の割合 =  $3.48/62.23 \times 100 = 5.6\%$



1号炉放水連絡通路横断面図

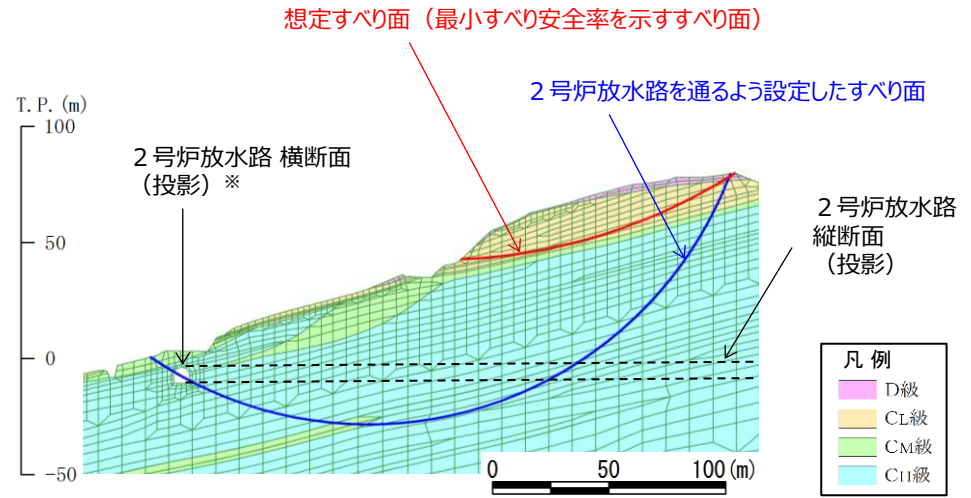
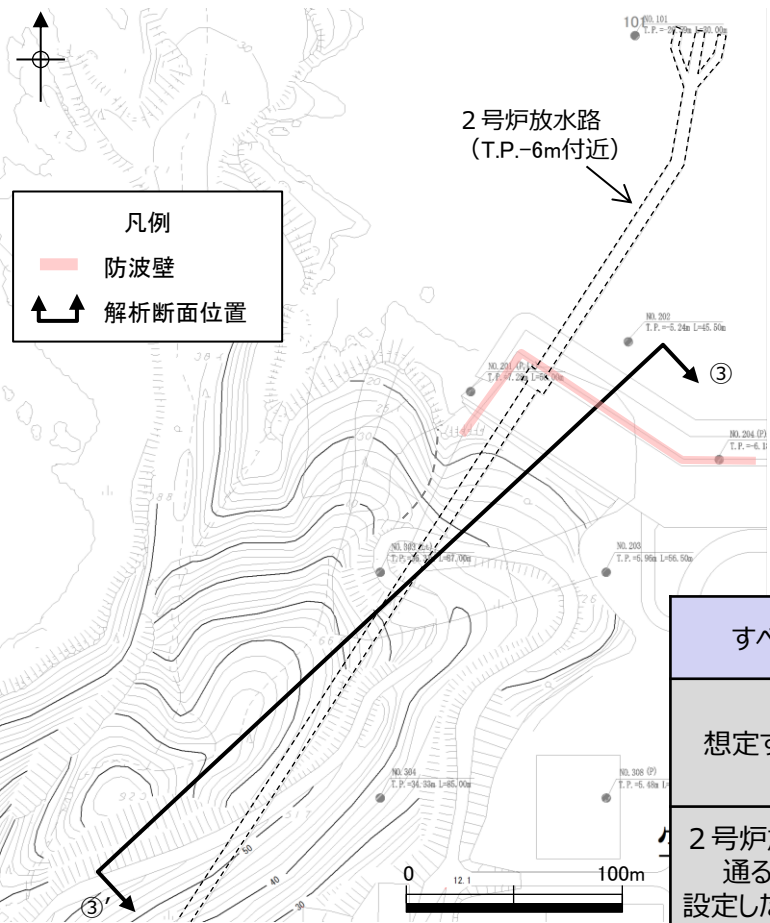
保守的に岩盤の単位体積重量、せん断強度及び静弾性係数を10%低減する。

# 5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

## (1) 想定すべり面への影響 (西端部 (③-③'断面))

第841回審査会合  
資料2-1 p.116 加筆・修正  
※修正箇所を青字で示す

- ③-③'断面に2号炉放水路を投影した結果、想定すべり面（最小すべり安全率を示すすべり面）は、放水路に重ならないことを確認した。
- 放水路を通るすべり面を仮定し、放水路掘削前のすべり安全率を算定した結果、掘削前の安全率は2.44であった。放水路掘削後のすべり安全率を算定した結果、掘削後のすべり安全率は2.38 (▲0.06) であり、影響は軽微であることを確認した。
- 掘削解析により、放水路の有無における想定すべり面上のひずみ増分を計算した結果、最大で0.0054%であり、影響は軽微であることを確認した。



※2号炉放水路の縦断面(投影)を参照し、保守的に、斜面法尻に最も近い位置に横断面を投影した。

③-③' 断面 掘削解析モデル図

すべり面	項目	掘削前 (A)	掘削後 (B)	B - A
想定すべり面	すべり安全率 (平均強度)	2.20	—	—
	すべり面上のひずみ	0.05% (0.0479645%)	0.05% (0.0479720%)	+0.00% (+0.000008%)
2号炉放水路を通るよう設定したすべり面	すべり安全率 (平均強度)	2.44	2.38	▲0.06
	すべり面上のひずみ	0.01% (0.0130%)	0.02% (0.0184%)	+0.01% (+0.0054%)

2号炉放水路投影図

## 6. まとめ

### ○敷地周辺斜面の崩壊に関する検討

- ・防波壁両端部の津波防護上の障壁となっている地山に対して、「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」の審査結果（令和2年2月28日審査会合）を踏まえ、基準地震動及び基準津波に対する健全性を確保していることを確認した。
- ・以上のことから、防波壁両端部の地山斜面の崩壊は、入力津波を設定する際の影響要因として設定しない。