

島根原子力発電所 2号炉

津波による損傷の防止

論点 2「津波防護の障壁となる地山の扱い」

(コメント回答)

令和元年7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

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
1	H31.2.26	[論点1] ・防波堤が地震により損傷した場合の運用方針で津波防護を達成した審査実績がないことから、防波堤が地震により損傷した場合の運用方針の妥当性、有効性について説明すること。 ・この運用方針の妥当性、有効性については、検討プロセスや他の方針と比較した場合のメリット・デメリットを含めて整理して提示すること。	R元.5.21 説明
2	H31.2.26	[論点2] 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。	P8～41
3	H31.2.26	[論点3] ・防波壁の構造及び支持地盤周辺地盤を含めた設置状況を把握するとともに、先行炉の審査実績を踏まえ、島根原子力発電所の特性を考慮した上で防波壁の構造成立性について整理して説明すること。 ・なお、この整理にあたって、類似する先行炉の津波防護施設の構造、地盤などの周辺環境を含む設計条件・評価手法等との相違の有無を整理すると共に、島根原子力発電所の特有の技術的課題を抽出して提示すること。	R元.5.24 資料提出
4	H31.2.26	[論点4] ・敷地における地下水位が建設工認時から変わり得る可能性について説明すること。 ・敷地地盤は岩の掘削ズリ等による埋戻土や旧表土で構成されており、これらの液状化強度特性の設定の代表性、網羅性を説明するとともに、液状化による影響を考慮すべき施設とその設計方針についても説明すること。 ・液状化及び地下水位について、先行炉との類似性があれば、その審査状況を踏まえて、液状化と地下水位の関係性及びそれらが及ぼす施設等への影響についても整理すること。	R元.5.17 資料提出 (4条で回答)

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
5	H31.2.26	[論点5] ・タービン建物を通過する配管・電路について、地震・津波時の浸水状況を踏まえ、その構造・仕様が浸水の影響を受けないものであることを説明すること。	後日回答
6	H31.2.26	[論点6] ・漂流物調査の調査範囲の設定方法が取水性への影響の観点から適切であるか説明すること。 ・漂流物調査の範囲の設定にあたり、流向・流速分布を抽出した時間及び地点・範囲が限定的であるため、これらの選定プロセス、その代表性及び網羅性を説明するとともに、主要な時間帯と留意すべき地点が含まれる領域について流向・流速分布を提示すること。	R元.5.21 説明
7	H31.2.26	[論点7] ・入力津波の設定についてのプロセスを網羅的に整理し、不確かさの考慮及び入力津波の設定結果の妥当性を丁寧に説明すること。	R元.5.21 説明

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
8	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・ベルマウス下端と取水槽下端のクリアランス (500mm) が、ベルマウス径 (750mm) に対して十分なクリアランスであることを標準的な設計の考え方も踏まえて説明すること。 ・ベルマウス下端と取水槽下端のクリアランスは、累積運転時間を考慮した保守的な砂堆積量を考慮しても、取水性能への影響はないことを説明すること。 	R元.5.21 説明
9	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・ソリトン分裂波及び碎波発生の可能性について、島根サイトにおける基準津波の特性（短周期）、沿岸の陸海域の地形及び先行実績を踏まえ明示的に示すとともに、それによる防波壁及び防波扉に対する波圧荷重評価への影響について水理試験等の科学的根拠に基づいて説明すること。 ・水際線近傍の陸上部に設置された防波壁及び防波扉に対して、海上構造物を対象とした谷本式を適用することの妥当性を説明すること。説明に当たっては、防潮堤設置位置におけるフルード数等の指標を考慮のうえ、国交省暫定指針等の既往評価式との比較を示すこと。 	EP-066改 05(説4)にて説明
10	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・入力津波の設定において、日本海東縁部を波源域とする基準津波については、地震による影響の考慮についての統一的な考え方と方針について詳細に説明すること。 	R元.5.21 説明

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
11	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・漂流物調査の範囲の設定にあたっては、データ抽出地点は 1km だけではなく、より遠くの沖合 (3km、5km) でのデータの必要性についても検討すること。 ・漂流物調査について、平成25～26年に実施した結果に基づいて判断していることが問題ないことを説明すること。 ・漂流物影響確認フローについて、「基礎に設置されている」場合に漂流物とならないとする根拠を資料に基づき説明すること。 ・漂流物調査範囲と漂流物到達範囲を用語として使い分けているが、その考え方を説明すること。 ・発電所前面海域を航行する可能性のある船舶の航路を調査し、漂流物評価及び漂流物による影響評価に反映すること。 	R元.5.21 説明
12	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・本日の指摘事項を踏まえ、「審査ガイドとの整合性」の資料をベースに、サイト特性及びユニットの構造・仕様の特徴を踏まえ基準適合のための課題及びその対応状況について追記及び整理した資料を、別途提示すること。 ・耐津波設計方針の全般について、設定根拠及びその妥当性に関する説明が不足しているため、先行炉の審査実績を踏まえ、事業者自ら不足情報を抽出し、それぞれの資料の中で整理して提示すること。 	後日回答
13	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・道路橋示方書による漂流物衝突荷重の算定の妥当性について、工学的な判断に基づいた根拠を提示して説明すること。 	EP-066改 05(説4)にて説明
14	H31.2.26	<ul style="list-style-type: none"> ・津波防護の障壁となる地山の地質調査結果を掲示すること。 	P16～26

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
15	R元.5.21	・入力津波の設定において、1号放水連絡通路防波扉は基準津波の策定の評価地点として設定されていないため、当該地点での基準津波の波源の選定結果を地震・津波の審査会合において説明すること。	後日回答
16	R元.5.21	・入力津波高さを港湾外、港湾内の各施設において個別に設定しているが、他サイトが領域で設定しているのに対して、近接した複数の箇所において異なる設定高さとしている理由とその妥当性を説明すること。	後日回答
17	R元.5.21	・入力津波の設定に影響する地形変化を生じさせる斜面については、敷地周辺斜面を含めて網羅的に根拠を説明すること。	後日回答
18	R元.5.21	・施設護岸の漂流物評価における遡上域の範囲及び流速の根拠をシミュレーション解析の最大水位上昇量分布と流速の評価を踏まえて説明すること。また、流速等の遡上波の特性を考慮して、施設護岸上の漂流物を再評価すること。	後日回答
19	R元.5.21	・地震による地盤変状が入力津波に対する影響要因にならないとする評価については、基準津波1（防波堤無し）以外のケースの検討結果を加えて、評価の妥当性を説明すること。	後日回答
20	R元.5.21	・地震による地盤変状の評価について、内容の考え方や根拠を説明すること。また、確認資料が不足しているものについては追加提示すること。	後日回答
21	R元.5.21	・入力津波の設定における朔望平均潮位の評価について、1995年9月から1996年8月までの1年間の潮位観測記録を用いて評価できる根拠及びこの評価が10年間の潮位観測記録を用いた評価に比べて保守的と判断した根拠を2011年以降のデータを含めた分析を行い説明すること。	後日回答

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
22	R元.5.21	・入力津波の設定における高潮の評価について、再現期間100年に対する期待値の見直しを行わないとした根拠及び見直しの要否を、至近データを含めた最高潮位の超過確率を踏まえて説明すること。	後日回答
23	R元.5.21	・海域活断層から想定される地震による下降側評価の津波（基準津波4）に対して、上昇側の評価を行うための津波（海域活断層上昇側ケースの津波）を新たに設定しているが、この津波の位置付けとこの津波による評価の意味合いを踏まえて入力津波高さの評価結果を再整理すること。また、津波荷重と余震の組合せを踏まえて、海域活断層の上昇側ケースの入力津波としての取り扱いを整理して説明すること。	後日回答
24	R元.5.21	・日本海東縁部を波源域とする津波による評価について、基準地震動Ssによる被害を想定しない評価があれば、評価項目と被害想定しなくて良いとする根拠を説明すること。また、地震による損傷後の津波の流入について、津波が襲来するまでの余裕時間で浸水防止をする対応方針を検討しているのであれば、浸水防止の実現性について説明すること。	後日回答
25	R元.5.21	・防波堤の有無による影響を考慮した対応策の選定の考え方について、運用対応策のメリット及び設備対応策のデメリットが記載されていないため、提案する際に考えたメリット・デメリットを網羅的に提示した上で、対応策の選定の評価プロセスを説明すること。	後日回答
26	R元.5.21	・設備対応として1号炉取水槽の流路縮小工、2号炉取水槽の防水壁改造（嵩上げ）を選定していることについて、具体的な設置位置や構造仕様等の設計条件、構造成立性の見通し及び対応策の効果と悪影響を整理した上で、選定した対応策の妥当性を説明すること。	後日回答

No.	審査会合日	コメント要旨	回答頁
27	R元.5.21	・敷地および敷地周辺海域の津波の高さ、流向及び流速の時系列変化についてさらに詳細な情報を提示した上で、敷地および敷地周辺に襲来する津波の特性を考察し、漂流物評価範囲の保守性、妥当性を説明すること。	後日回答
28	R元.5.21	・基礎に設置された対象物が漂流物とならない根拠は、3.11地震で基礎に設置された漂流物が漂流した実績や先行サイトで基礎に設置された対象物が漂流物となる可能性を評価している実績を踏まえて整理し、漂流物評価フローに反映して説明すること。また、重量と浮力の観点から漂流物の判断を行う評価フロー箇所において、気密性に関する評価の考え方とその妥当性を整理し、漂流物評価フローに反映して説明すること。	後日回答
29	R元.5.21	・漂流する可能性がある対象物（プレジャーボート、消波ブロック、捨石マウンド、護岸構成材、荷揚場の退避できない車両、東防潮堤の衝突船舶等）について、海水ポンプの取水性に影響を与えないとする評価の考え方と根拠を説明すること。また、敷地の3～5kmの範囲を航行する船舶の種類及びその船舶がサイトに与える影響について説明すること。	後日回答
30	R元.5.21	・軌跡シミュレーションについては、水分子の移動解析か津波の海面に浮遊する物体（漂流物）の移動解析かを確認した上で、浮遊物体の移動解析であれば、解析手法の妥当性（新しい解析手法なのかを含む）、漂流物の到達範囲の適用性について説明すること。特に、解析手法の妥当性においては、漂流物の特性（重量、慣性力、流水抵抗形状等）や移動継続時間に関する考え方を説明すること。なお、解析手法の妥当性の確認は、先行審査の適用実績及び適用範囲を踏まえて行うこと。	後日回答
31	R元.5.21	・海水ポンプの長尺化によって、ベルマウス下端が取水槽底面に近接しているポンプを継続運転した場合の砂の移動及び堆積による影響について、設置位置の異なる循環水ポンプの運転実績から影響がないことを確認できるとしていることの根拠を説明すること。	後日回答

審査会合における指摘事項に対する回答【No. 2】

■ 指摘事項

【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。

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。

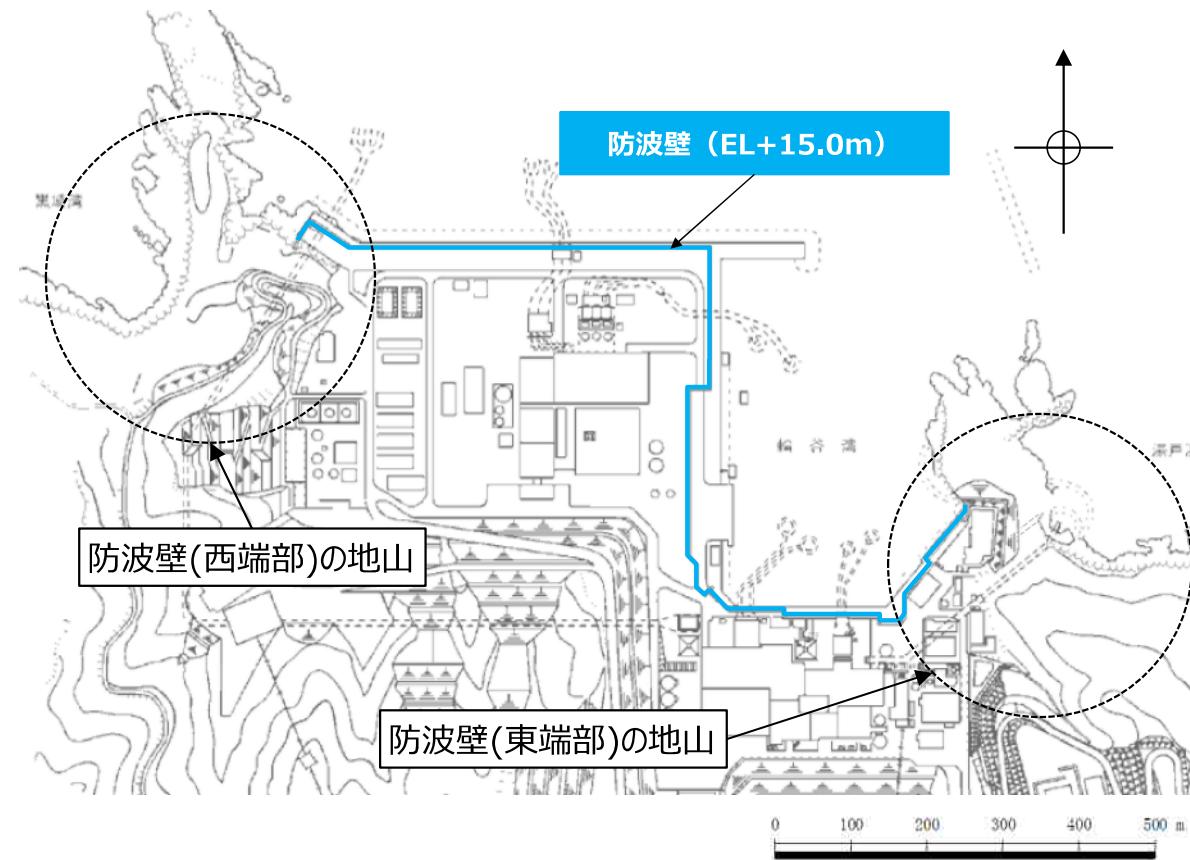
■ 回答

津波防護上の地山斜面の範囲の特定を行い(P9～15参照)、それらの地山の地質構造、防波壁擦り付け部の構造等を示す。(P16～28参照)

地山の耐震、耐津波設計上の位置付けを整理し、健全性確保の見通しを説明する。(P29～38参照)
また、1号炉放水連絡通路の存在による影響が無いことを確認する。(P39～41参照)

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 10, 11に示す）。



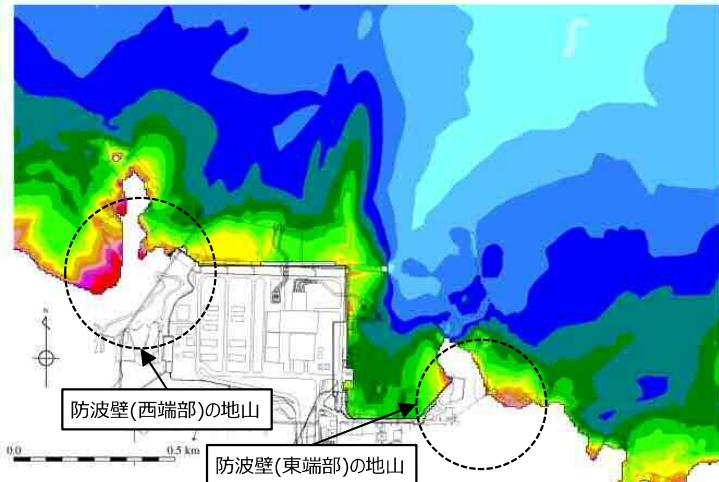
地山位置図

1. 津波防護上の地山範囲の特定

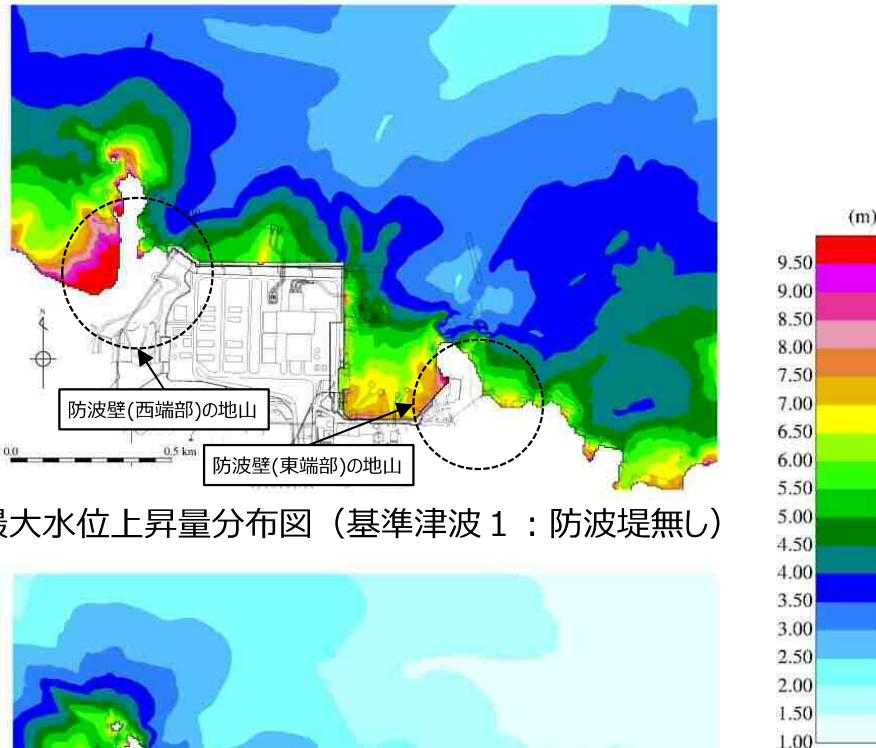
基準津波（水位上昇側）による最大水位上昇量分布図（1/2）

10

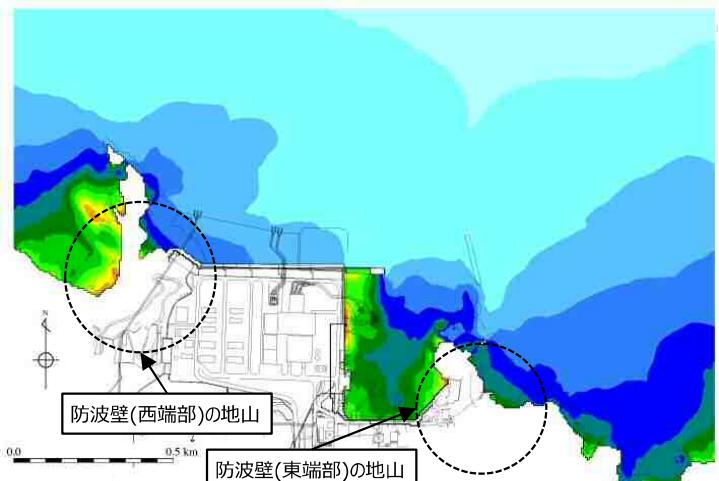
- 基準津波1（防波堤有り及び無し），基準津波2（防波堤有り）及び基準津波5（防波堤無し）の最大水位上昇量分布図を以下に示す。



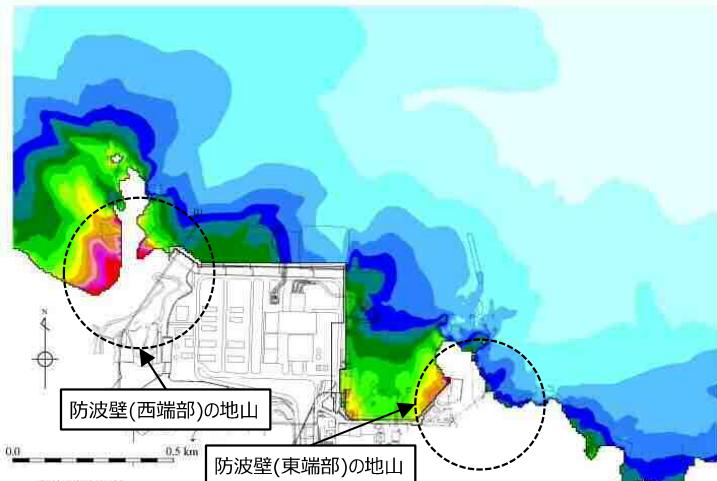
最大水位上昇量分布図（基準津波1：防波堤有り）



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）

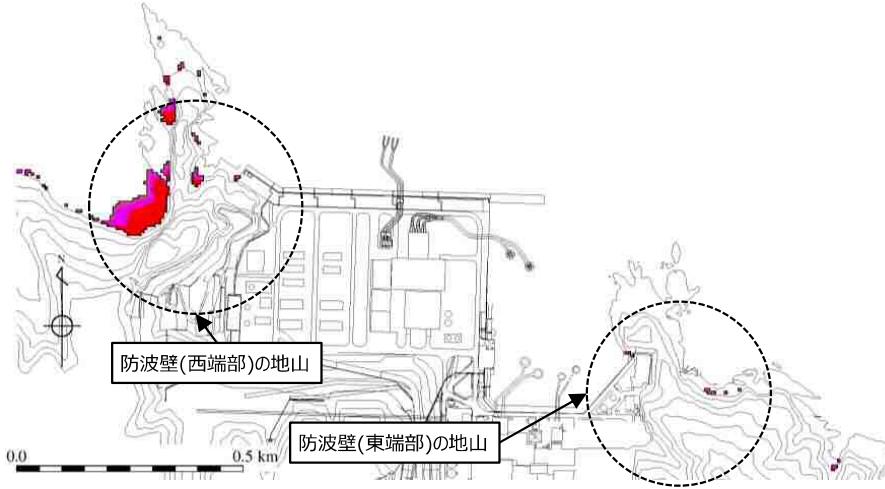
水位上昇側の基準津波の最大水位上昇量分布図

1. 津波防護上の地山範囲の特定

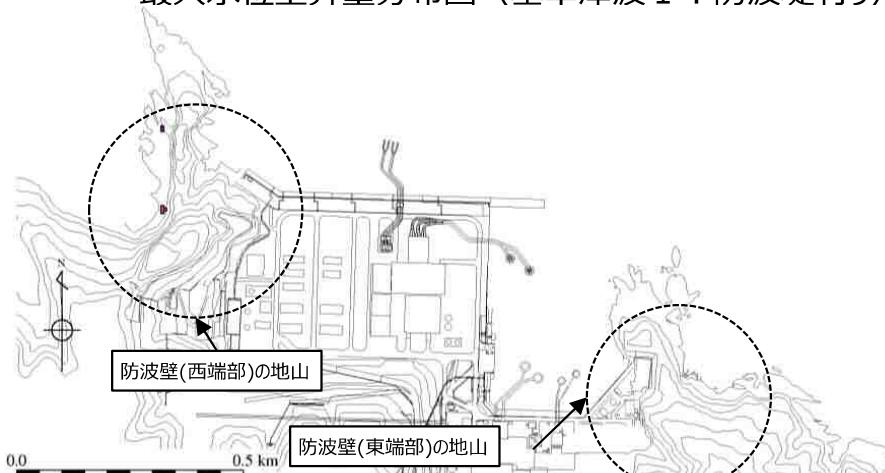
基準津波（水位上昇側）による最大水位上昇量分布図（2/2）

11

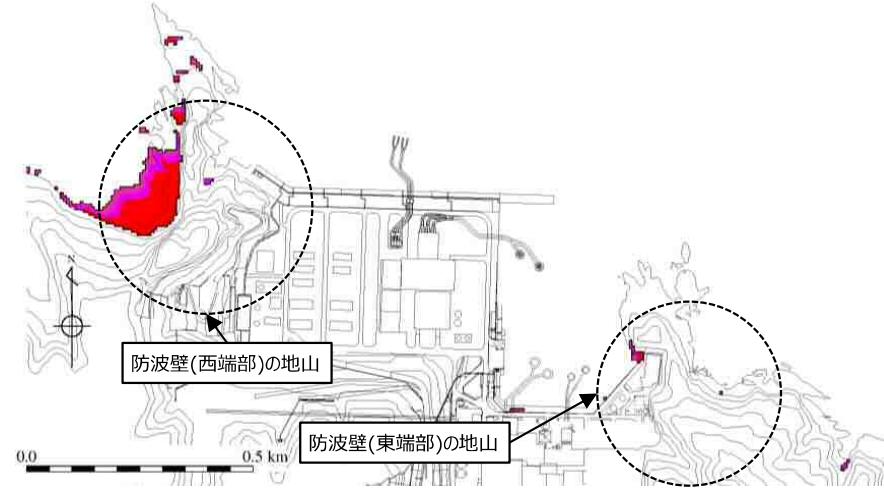
- 基準津波1（防波堤有り及び無し）、基準津波2（防波堤有り）及び基準津波5（防波堤無し）の最大水位上昇量分布図（EL+8.5m以上表示）を以下に示す。
- 下図のとおり、基準津波1の水位EL+8.5m以上の分布は、基準津波2、5の水位EL+8.5m以上の分布と比べて広範囲である。



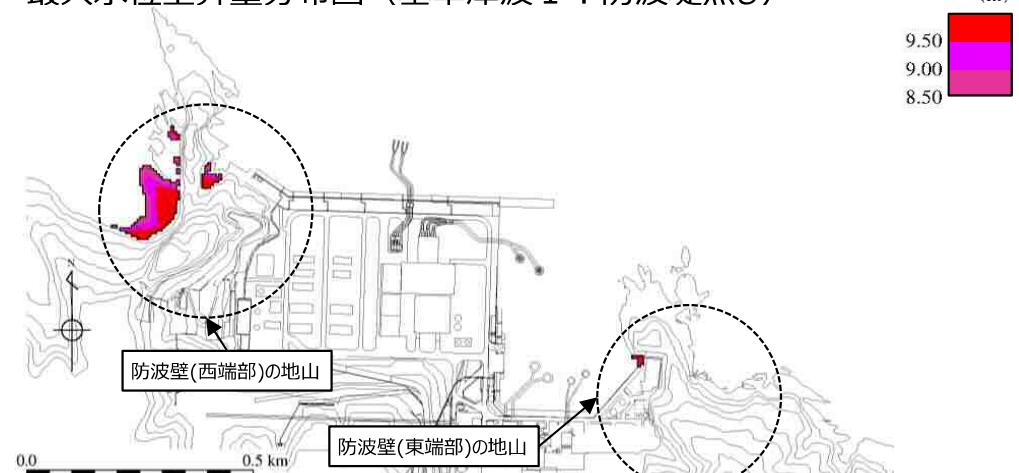
最大水位上昇量分布図（基準津波1：防波堤有り）



最大水位上昇量分布図（基準津波2：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）



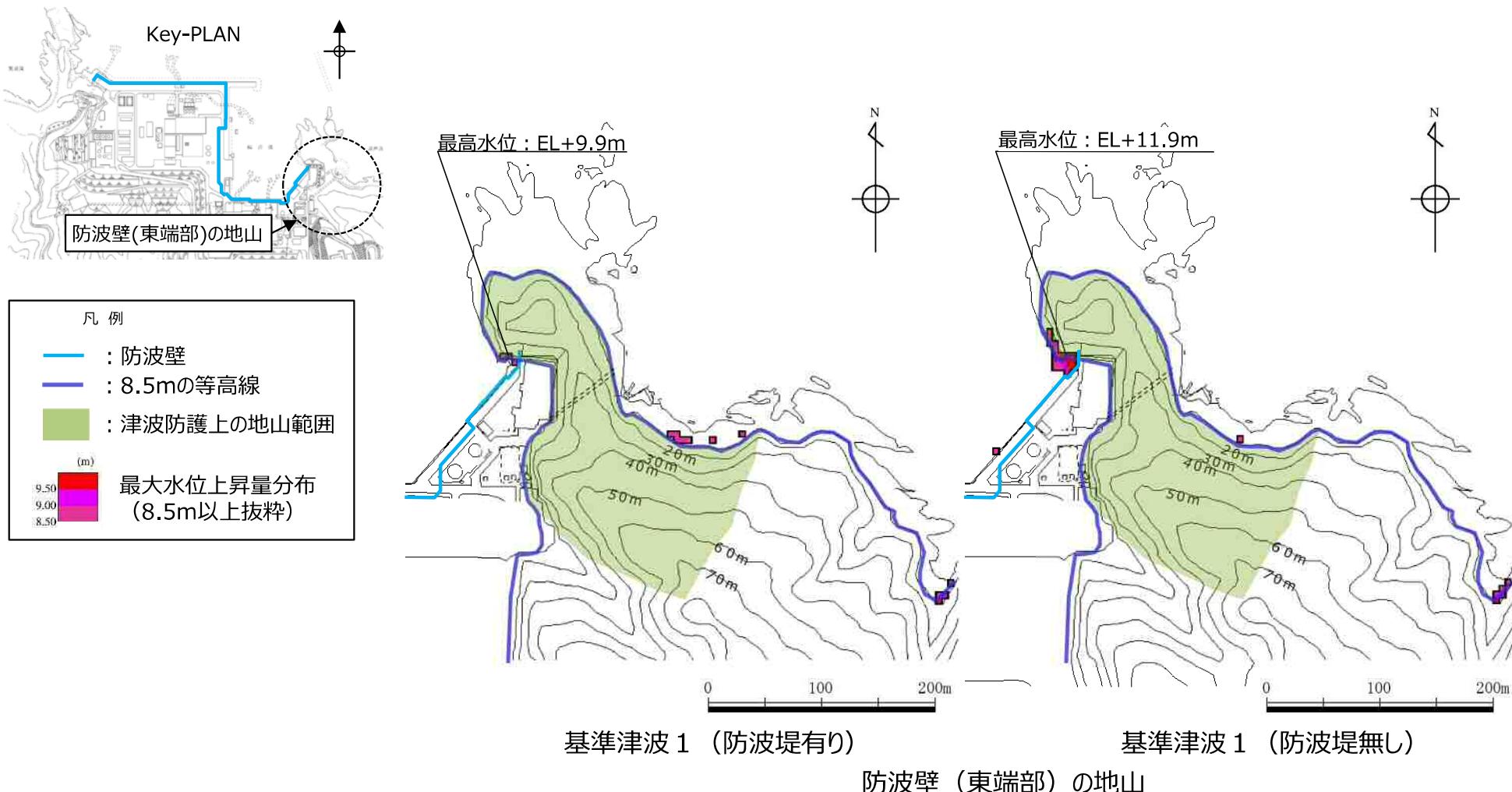
最大水位上昇量分布図（基準津波5：防波堤無し）

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）

12

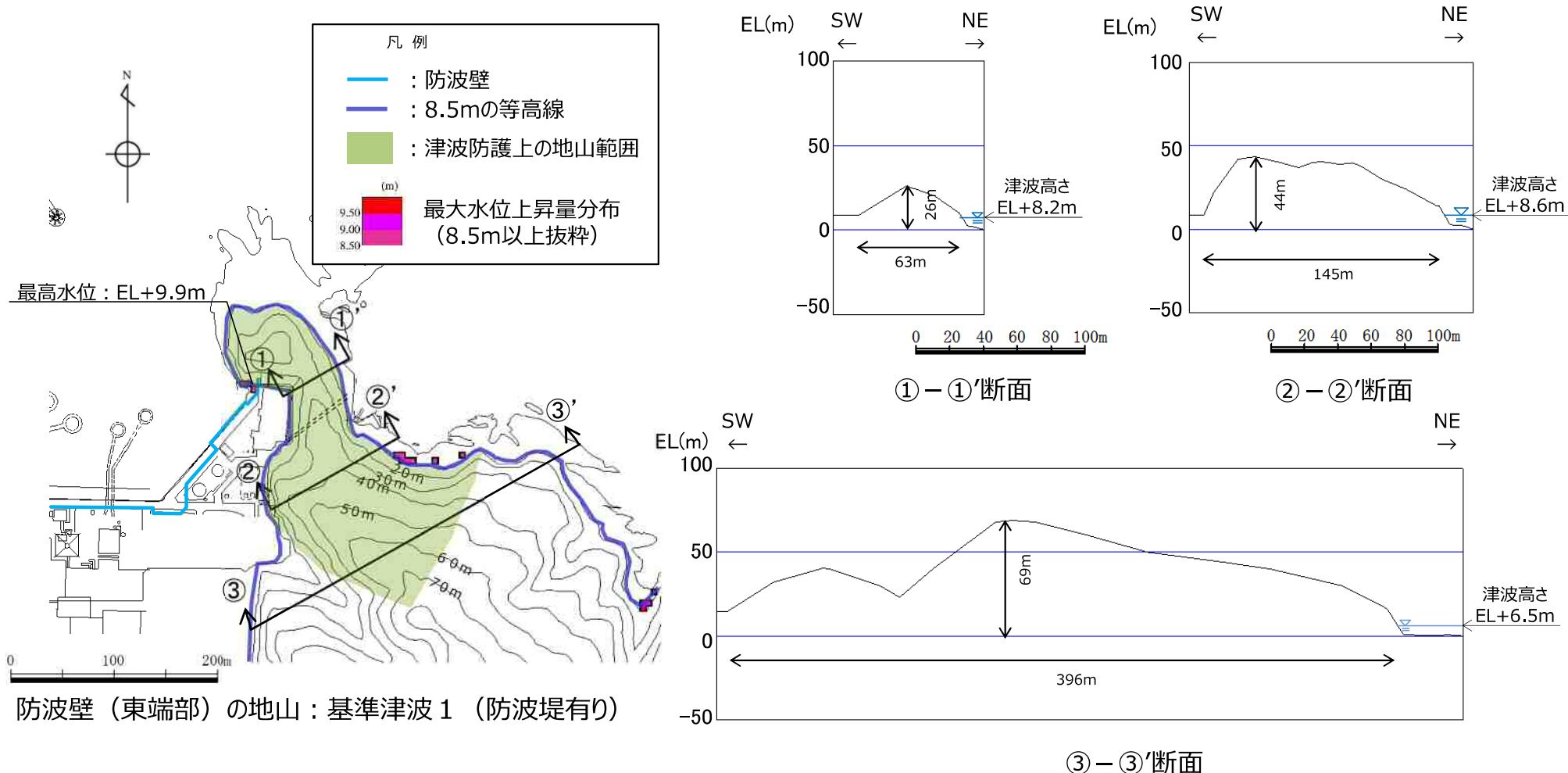
- 設計基準対象施設の津波防護対象設備を内包する建物が敷地EL+8.5m盤にあることを踏まえ、敷地への遡上の可能性のある水位EL+8.5m以上の最大水位上昇量分布を示す。
- 基準津波1（防波堤有り・無し）の最大水位上昇量分布を踏まえ、津波防護上の地山範囲を下図のとおり特定した。



1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（東端部）（2 / 2）

13

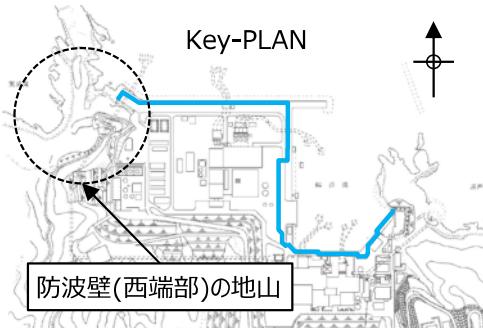
- 津波防護上の地山範囲における地形断面図を以下に示す。
- 防波壁（東端部）の地山は、下図に示すとおり南東側の標高が高く、幅が広くなっている。①-①'断面（高さ：26m、幅：63m）は、②-②'断面（高さ：44m、幅：145m）及び③-③'断面（高さ：69m、幅：396m）と比較して標高が低く、幅が狭いことから、津波防護の観点で最も厳しい断面と考え、津波防護を担保する地山斜面の検討対象は①-①'断面付近とする。



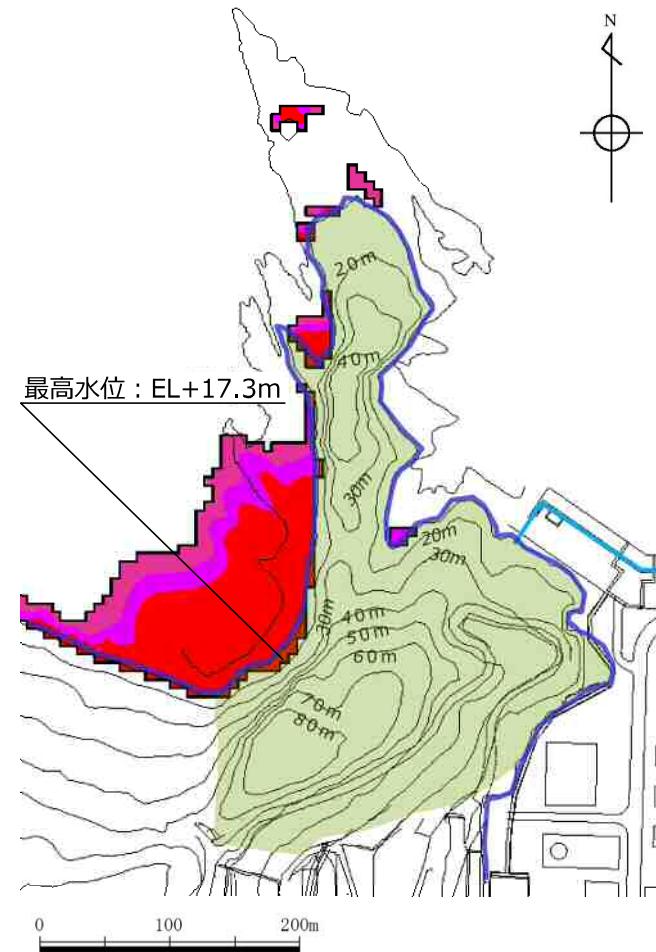
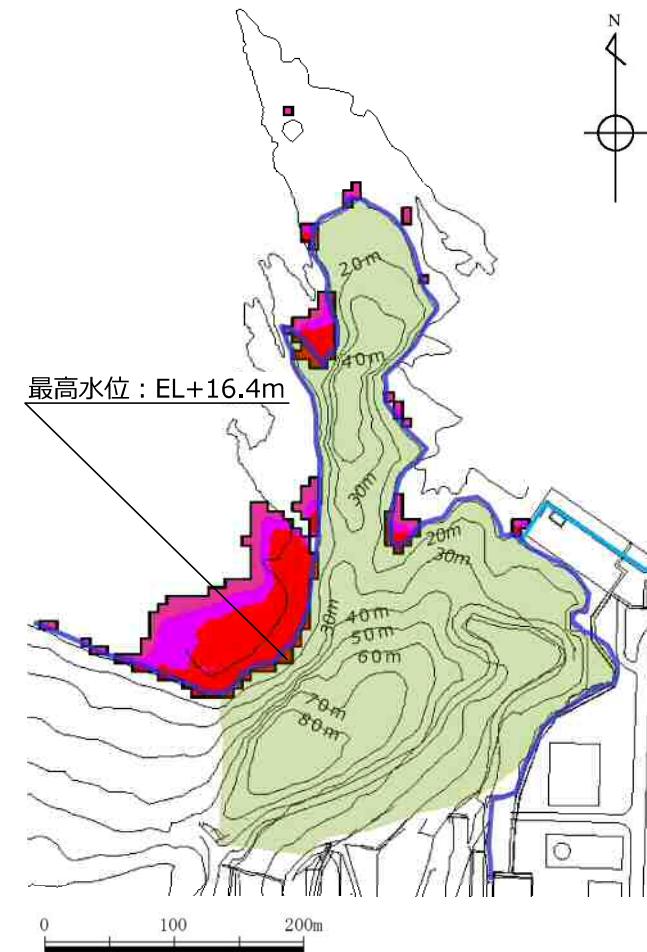
1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（西端部）（1 / 2）

14

- 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
防波壁
8.5mの等高線
津波防護上の地山範囲
(m)
9.50 9.00 8.50 最大水位上昇量分布 (8.5m以上抜粋)



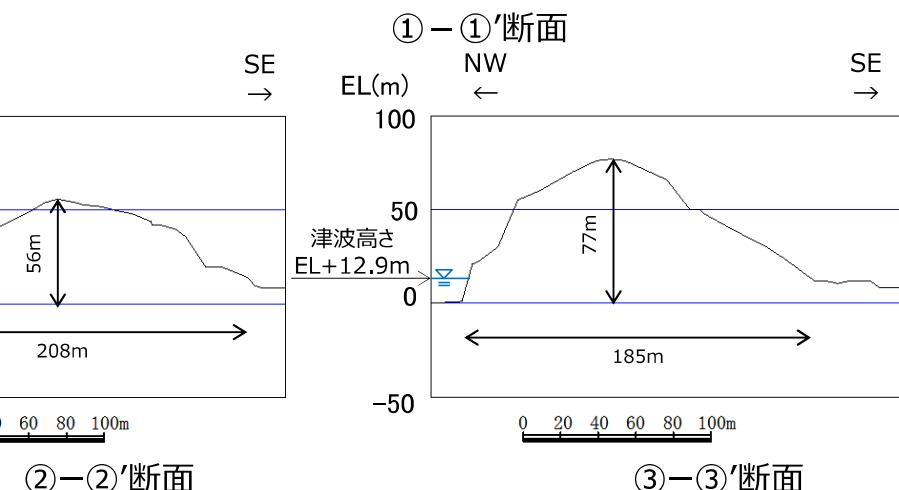
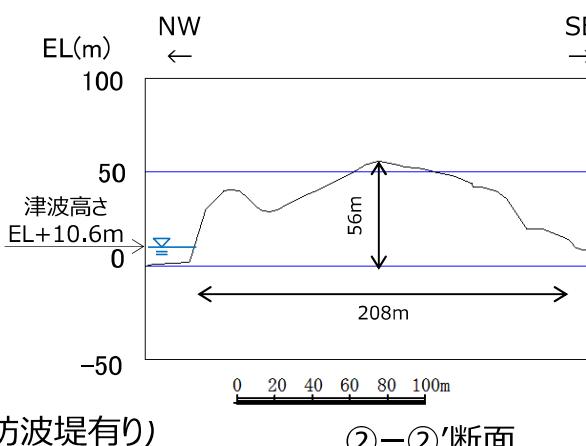
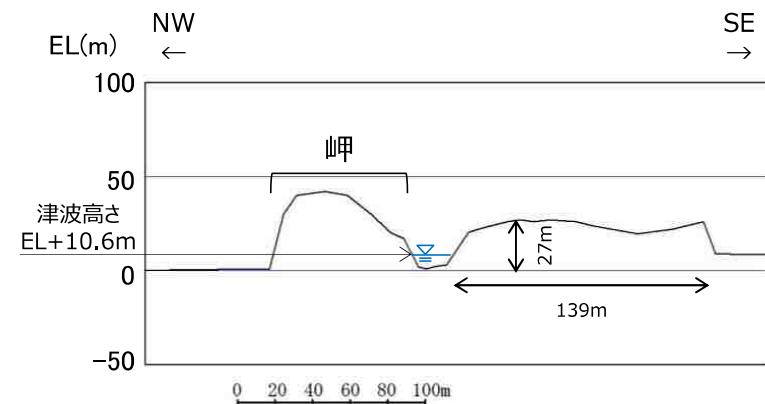
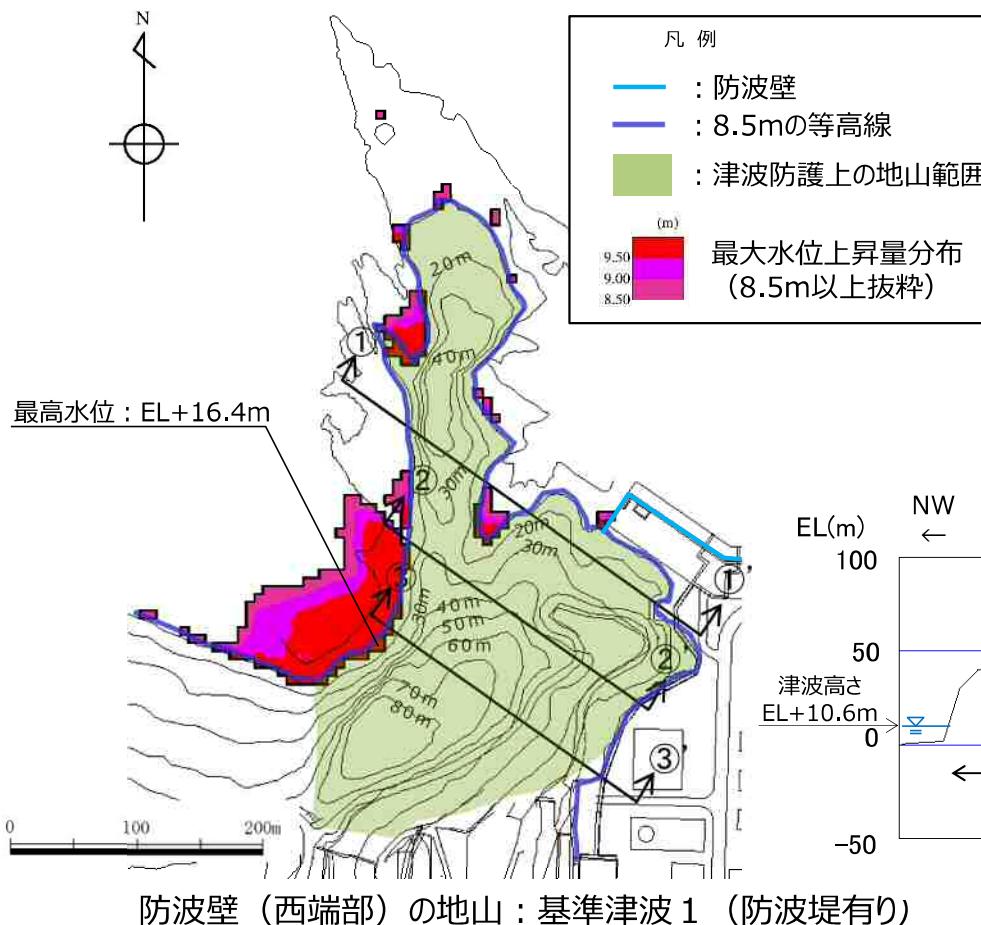
防波壁（西端部）の地山

1. 津波防護上の地山範囲の特定 防波壁（西端部）（2 / 2）

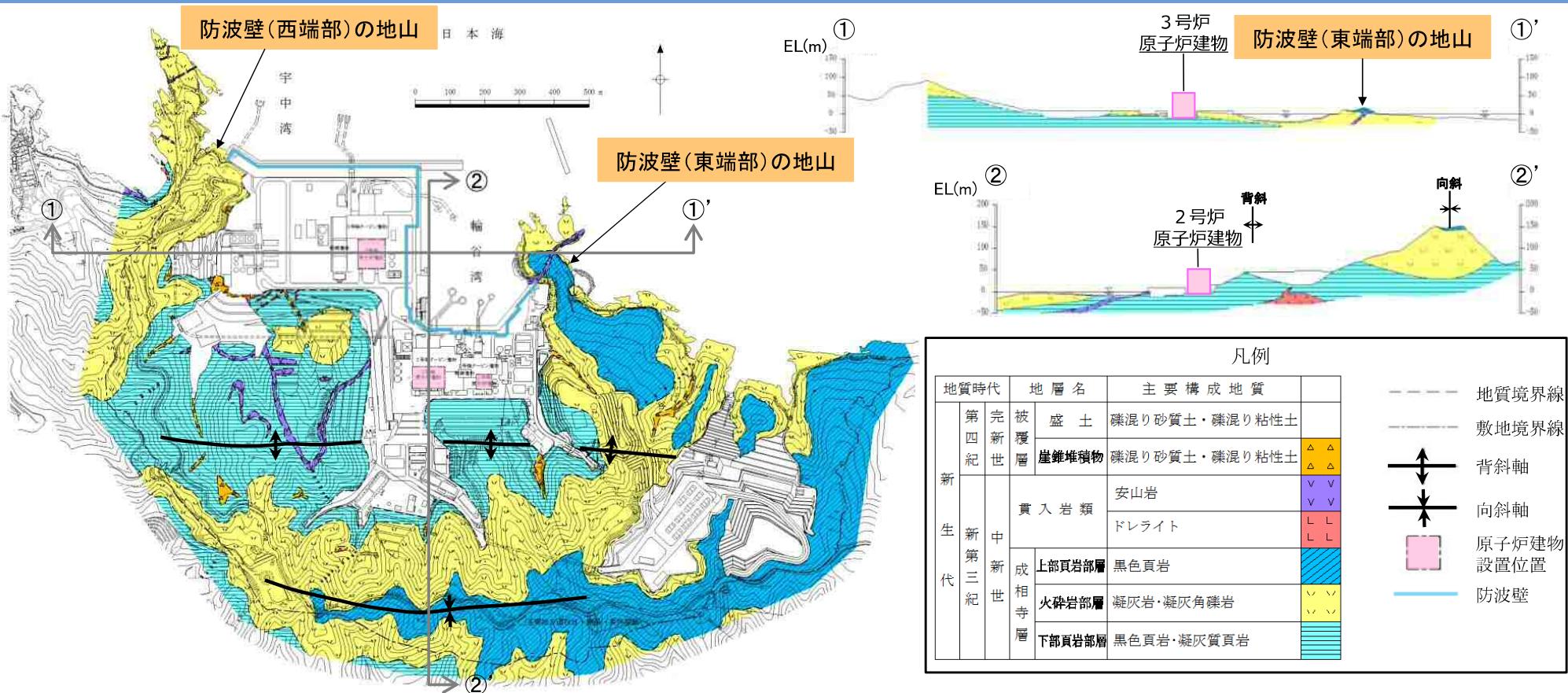
15

■ 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。① – ①'断面（高さ：27m、幅：139m）は、② – ②'断面（高さ：56m、幅：208m）及び③ – ③'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① – ①'断面付近とする。なお、① – ①'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。



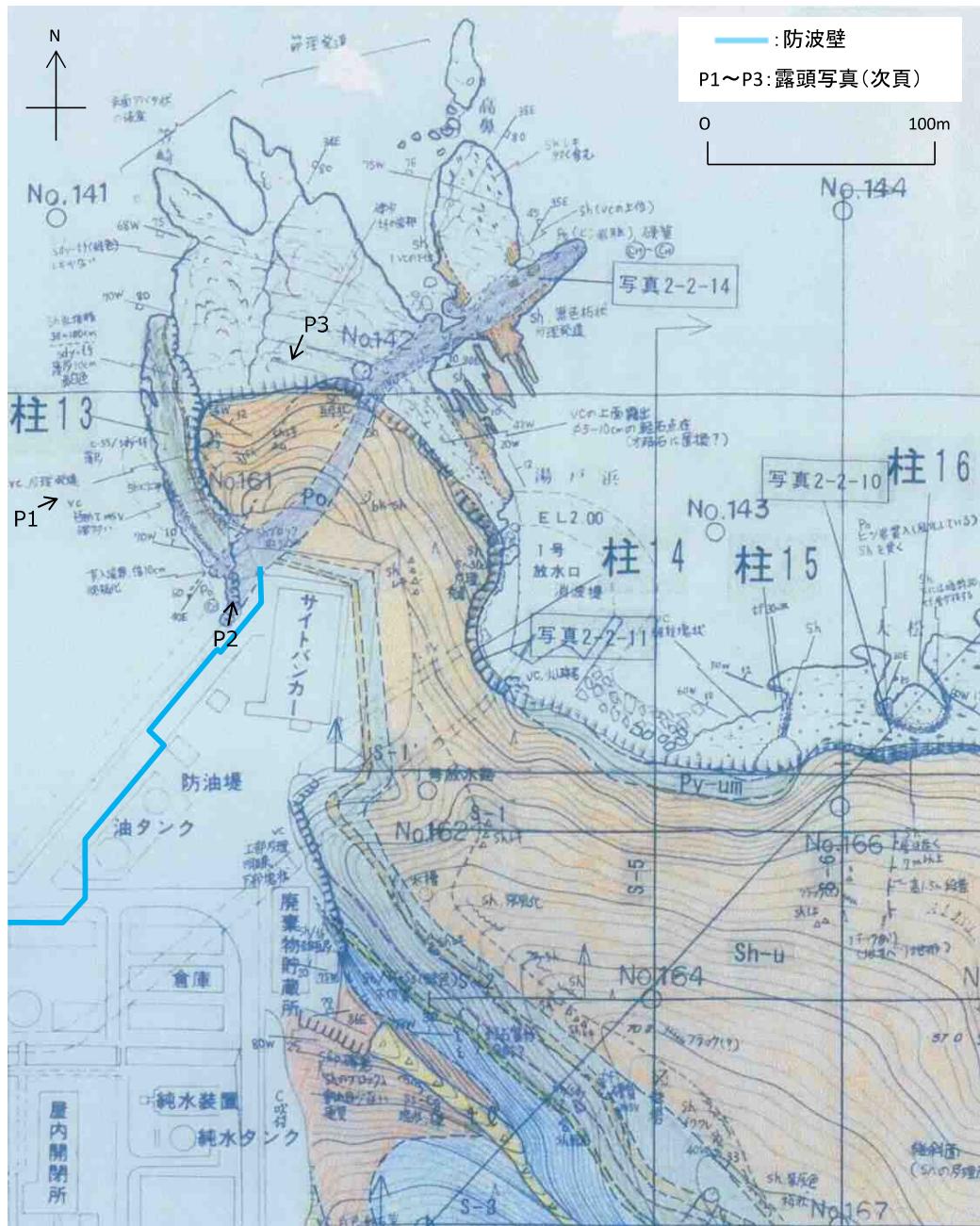
2. 1 地山の地質構造 敷内地質（地質・地質構造）



- 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、下位より下部貞岩部層、火碎岩部層、上部貞岩部層の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「火碎岩部層」及び黒色貞岩よりなる「上部貞岩部層」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、「火碎岩部層」が分布する。

2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）踏査結果

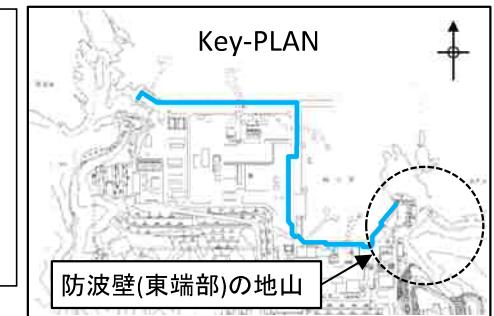
17



ルートマップ（平成8年調査）

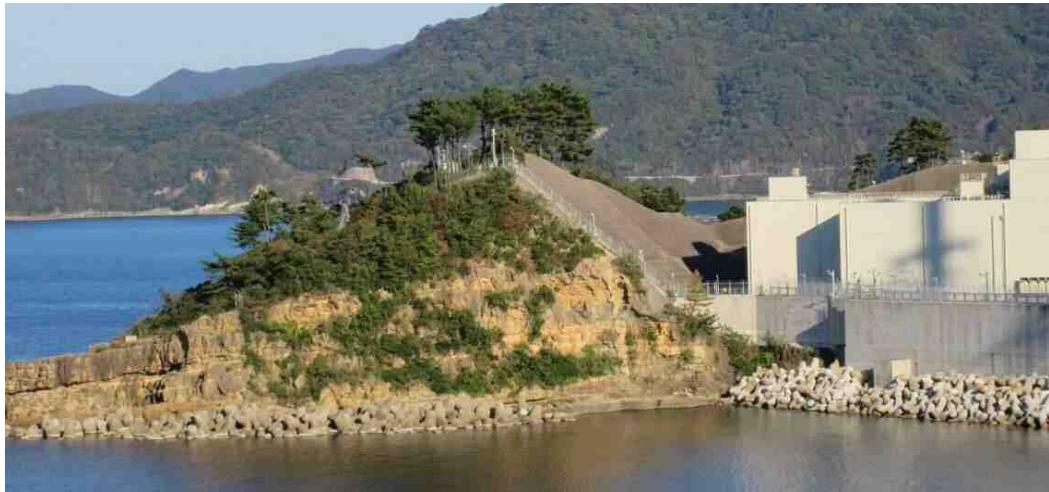
地質時代		地質名		記号	
第四紀	完新世	盛土		bs	
		崖堆植物		tl	
	新	貫入岩類	ピン岩		Po
			粗粒玄武岩		Do
	中新成相	上部黒色貫岩層		Sh-u	
		火碎流堆積物	最上部フローユニット		Py-um
			下部黒色貫岩層		Sh-k
		粗粒凝灰岩	上部フローユニット		Py-u
			下部フローユニット		Py-s
			黒色貫岩ブロック		Stb
	第三紀	粗粒凝灰岩		Tfc	
		黒色貫岩・凝灰岩互層		Sh/Tf	
		スランプ層		S&u	
		黒色貫岩・凝灰質貫岩互層		Sh/Tsh	
		流紋岩質火碎岩		Ry	

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
sdv-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



2. 1 地山の地質構造 防波壁（東端部）露頭状況

18



P1 防波壁（東端部）全景
岩着部は火山礫凝灰岩及び安山岩, $C_M \sim C_H$ 級岩盤からなる。

- 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、安山岩貫入岩が認められる。
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 $C_M \sim C_H$ 級である。



P2 防波壁岩着部
火山礫凝灰岩 (Lp)・安山岩 (An) C_H 級

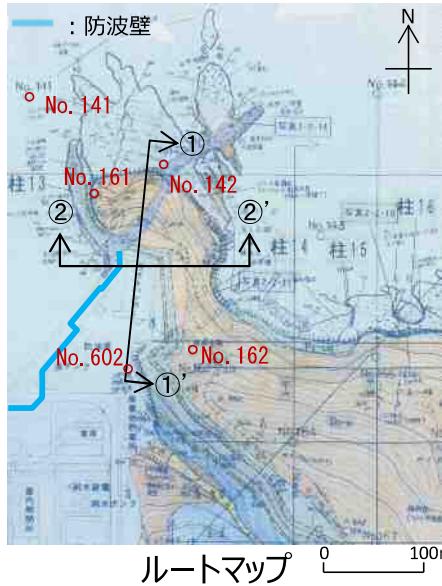


P3 地山北端部
火山礫凝灰岩 C_H 級

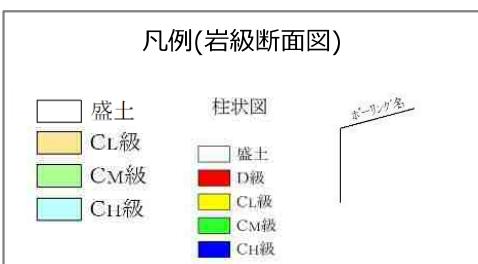
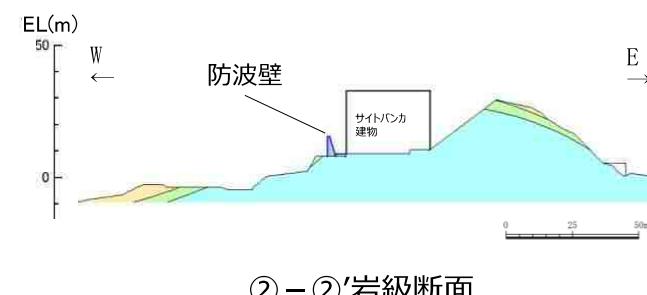
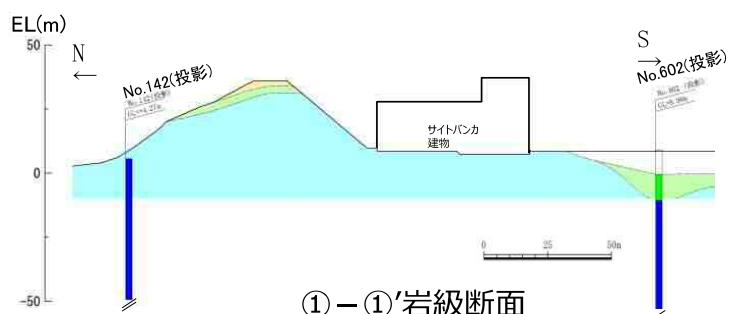
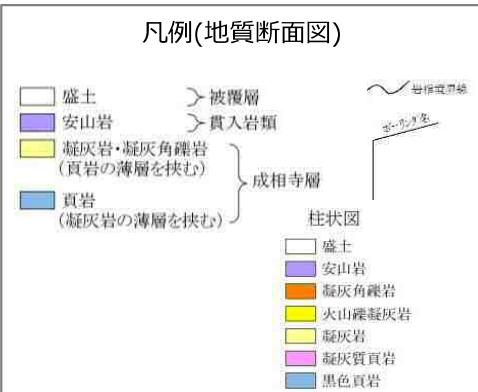
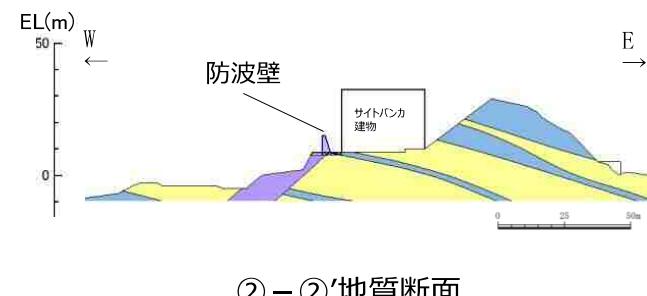
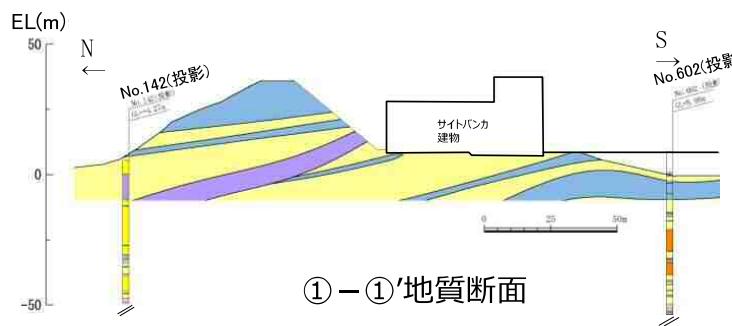
本資料のうち、枠囲みの内容は機密に係る事項のため公開できません。

2. 1 地山の地質構造

防波壁（東端部）地質・地質構造



- 防波壁（東端部）周辺では、ボーリング調査を5本（No.141, 142, 161, 162, 602）実施している。踏査結果と合わせて、地質断面及び岩級断面を検討した。
- 防波壁（東端部）の地山は、黒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C_L～C_M級を呈するが、地山のほとんどがC_H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（東端部）1号放水連絡通路防波扉斜面 踏査結果

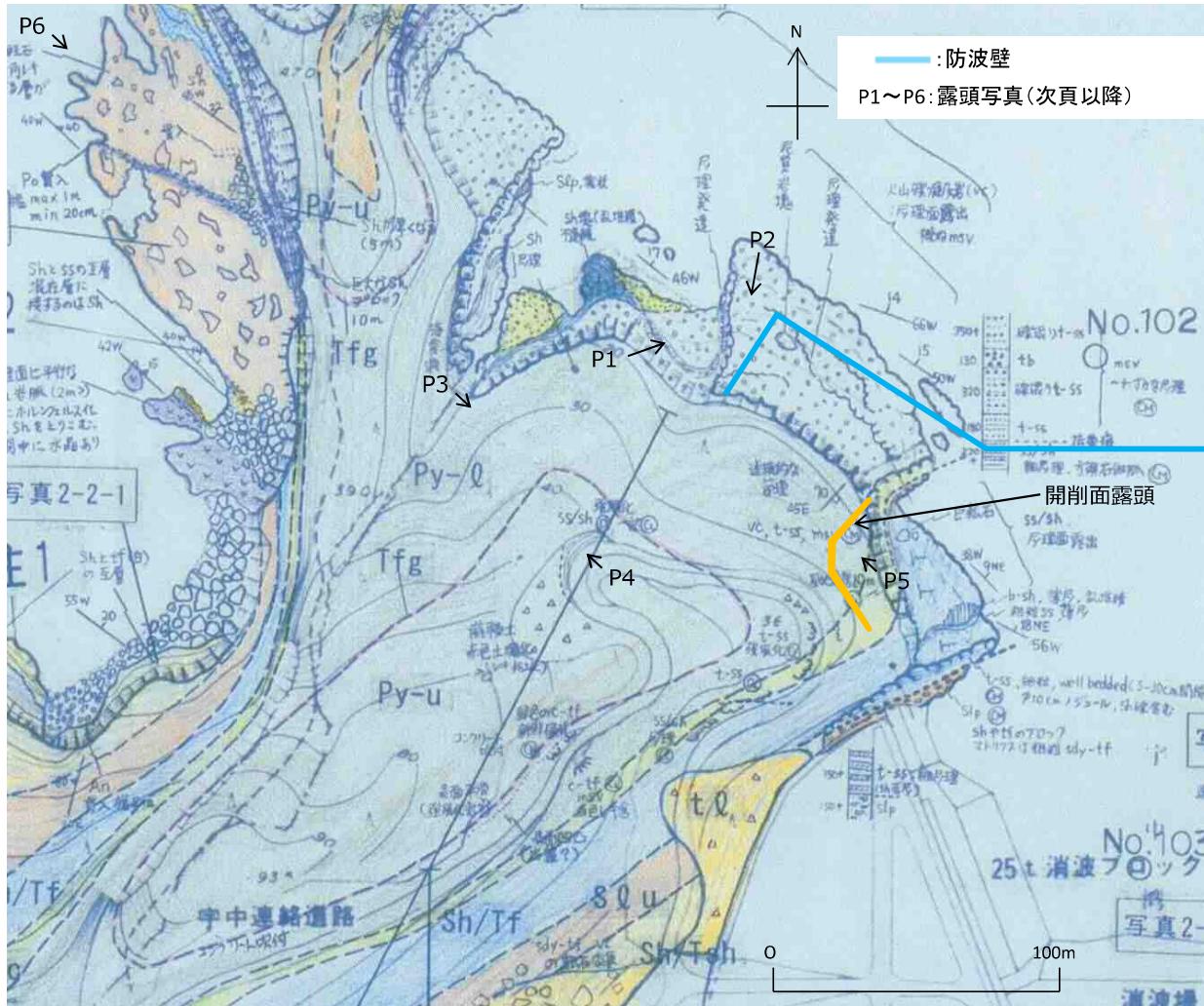
20



- 1号放水連絡通路防波扉に接する地山は細粒凝灰岩～火山礫凝灰岩の細互層からなる。細粒部が選択的侵食を受け、凹凸組織を呈する。
- 岩盤は直立し、 $C_M \sim C_H$ 級である。高角度亀裂が未発達であり、岩盤に崩壊するような変状は認められない。
- 防波扉北側では、岩着した箇所が観察でき、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（西端部）踏査結果



■:防波壁
P1~P6:露頭写真(次頁以降)

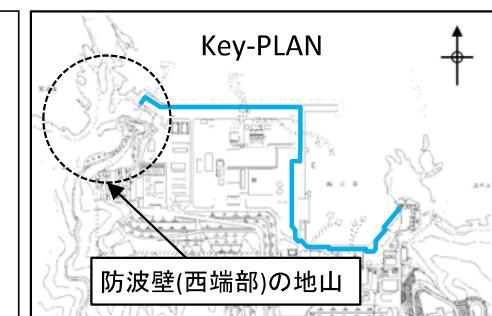
地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号
第四紀	盛土	b
新	崖側堆積物	tl
新	真入岩類	Po
新	粗粒玄武岩	Do
中	上部黒色頁岩層	Sh-u
成	最上部フローユニット	Py-um
火	下部黒色頁岩層	Sh-d
砂	上部フローユニット	Py-u
流	緑色凝灰岩	Tfg
堆	下部フローユニット	Py-g
積	黒色頁岩ブロック	Shb
物	粗粒凝灰岩	Tfo
一	黒色頁岩・凝灰岩互層	Sh/Tf
寺	スランプ層	SQu
代	黒色頁岩・凝灰質頁岩互層	Sh/Tsh
世	流紋岩質碎岩	Ry
紀		

Legend (Geological Symbols):

- 地質境界線 (Geological boundary line)
- 層理面の走向・傾斜 (Trend and dip of bedding plane) - 今回の調査 (Investigation)
- 層理面の走向・傾斜 (Trend and dip of bedding plane) - 既往の調査 (Previous investigation)
- 節理面の走向・傾斜 (Trend and dip of joint plane)
- 真面の走向・傾斜 (Trend and dip of true surface)
- 断層面の走向・傾斜 (Trend and dip of fault plane)
- 写真位置 (Photograph location)
- 柱1 露頭柱状図位置 (Position of outcrop columnar diagram)
- ポーリング位置 (Drilling location)
- 孔名 (Borehole name)
- 測線名 (Survey line name)
- 弹性波探査測線 (Seismic wave probe survey line)
- 断面図作成位置 (Position of cross-section drawing)
- ↑ ↑ 断面図 (Cross-section diagram)
- ← ← 背斜軸 (Anticline axis)

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
 sdy-tf: 砂質凝灰岩
 Slp: スランプ層
 ss: 砂岩
 tb: 凝灰岩礁岩
 tf: 凝灰岩
 t-ss: 凝灰質砂岩
 vc: 火山礫凝灰岩
 well bedded: 層理発達



防波壁（西端部）露頭状況（1／2）



P1 防波壁西端部全景 岩着部は火山礫凝灰岩, $C_M \sim C_H$ 級岩盤からなる。

P2 防波壁西端部 火山礫凝灰岩 C_H 級

- 防波壁（西端部）の地山岩着部は層理の発達した火山礫凝灰岩からなる。
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。
- 岩盤に顕著な変質は認められず, おおむね新鮮堅硬で $C_M \sim C_H$ 級岩盤からなる。

2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）露頭状況（2／2）



P3 北西沢沿い露頭
凝灰質頁岩～凝灰岩 C_M 級



P4 尾根部露頭 火山礫凝灰岩 C_L 級



P5 開削面露頭
火山礫凝灰岩～凝灰岩 C_M ～ C_H 級



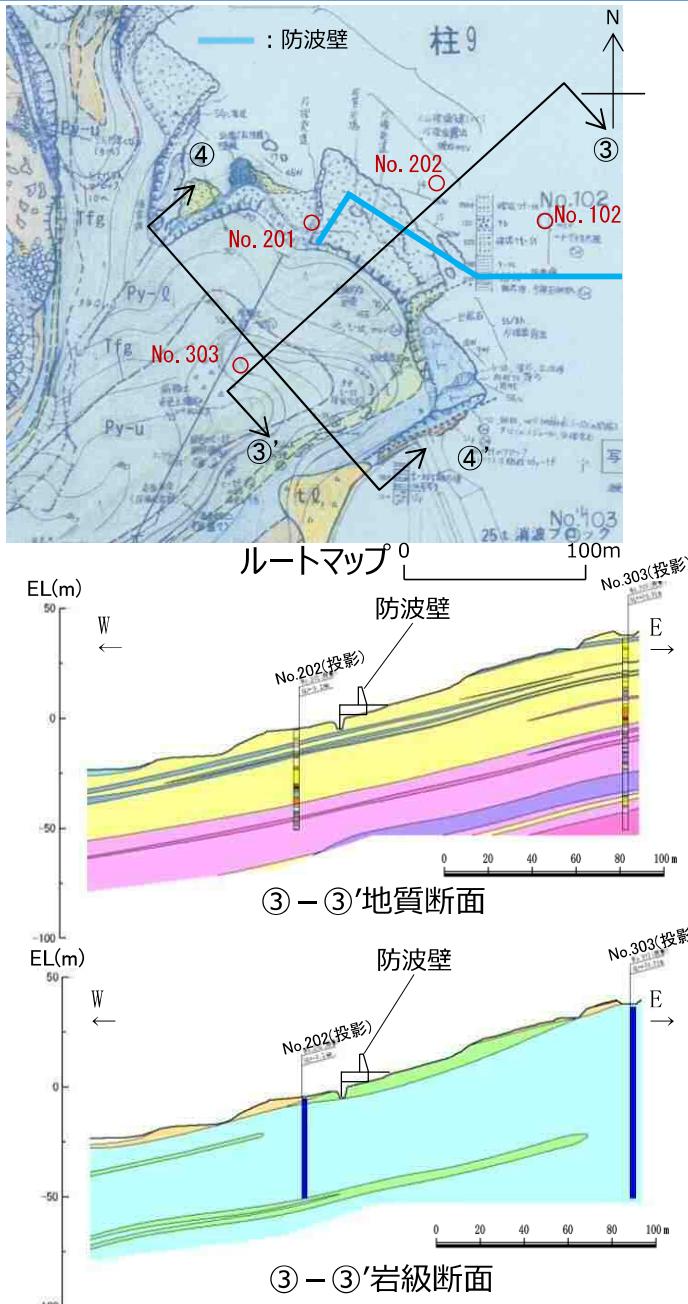
P6 岬西側の崖
主に C_M ～ C_H 級からなる岩盤が切り立った崖をなす。

- 防波壁（西端部）の地山は黒色頁岩～火山礫凝灰岩の互層からなる。
- 尾根部では風化変質が進み C_L 級岩盤主体、沢部や山裾では C_L ～ C_M 級岩盤からなる。
- 岬西側は、主に C_M ～ C_H 級岩盤が高さ約40mの切り立った崖をなす。
- 滑落崖等の地滑り地形は認められない。

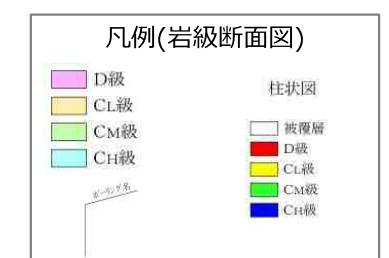
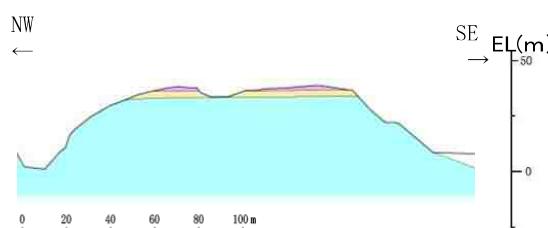
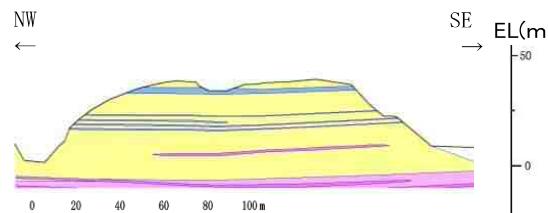
2. 1 地山の地質構造

防波壁（西端部）地質・地質構造

24



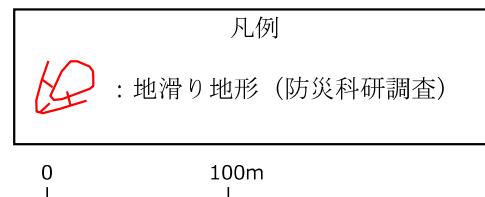
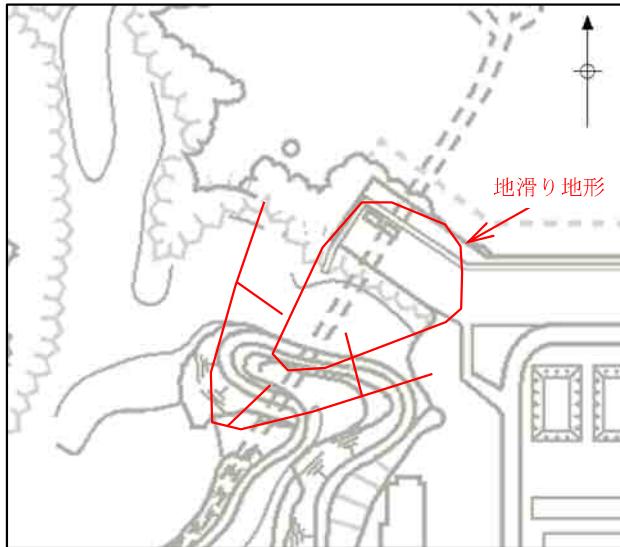
- 防波壁（西端部）周辺では、ボーリング調査を4本（No.102, 201, 202, 303）実施している。踏査結果と合わせて、地質断面及び岩級断面を検討した。
- 防波壁（西端部）の地山は、黒色頁岩、凝灰質頁岩及び凝灰岩が西北西走向、北東緩傾斜の互層をなす単斜構造からなり、ここにシル状にドレライトと安山岩が貫入する。
- 尾根部では表層風化によりC_L～C_M級を呈するが、地山のほとんどがC_H級である。
- この斜面において、褶曲や断層といった地質構造は認められず、シームは認められない。



2. 1 地山の地質構造

防波壁（西端部）地滑り地形分布図

25

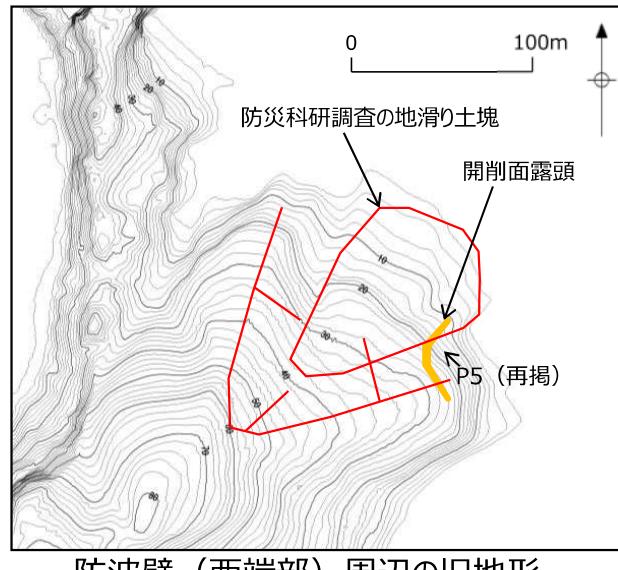


防災科学技術研究所の地滑り地形調査結果
(敷地の地形図に地滑り地形を投影)

- 国立研究開発法人 防災科学技術研究所（以下、防災科研）は、地形判読に基づき地すべり地形分布図を作成しており、その中で、防波壁（西端部）の地山に地滑り地形が存在するとしている。※
- なお、防災科研は地すべり地形分布図の利活用における留意点の一つとして、利用者の責任による現地調査が必要としている。そのため、同地点について当社で空中写真判読及び現地踏査を実施した。

※ 防災科学技術研究所 地すべり地形GISデータ 地すべり地形分布図HPを参照
https://dil-opac.bosai.go.jp/publication/nied_tech_note/landslidemap/gis.html

2. 1 地山の地質構造 防波壁（西端部）地滑り地形調査結果



防波壁（西端部）周辺の旧地形
原縮尺：2千5百分の1

凡例



：地滑り地形（防災科研調査）



防波壁（西端部）周辺の空中写真
撮影縮尺：1万分の1， 1962年撮影



P5 開削面露頭

地滑り土塊とされる箇所を開削した露頭。
堅硬な岩盤からなり、地滑り土塊のすべり面は
認められない。

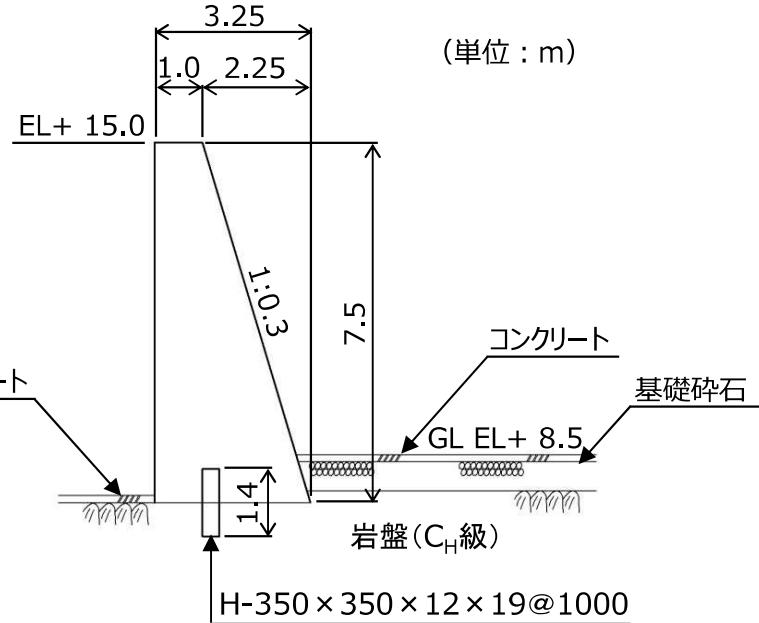
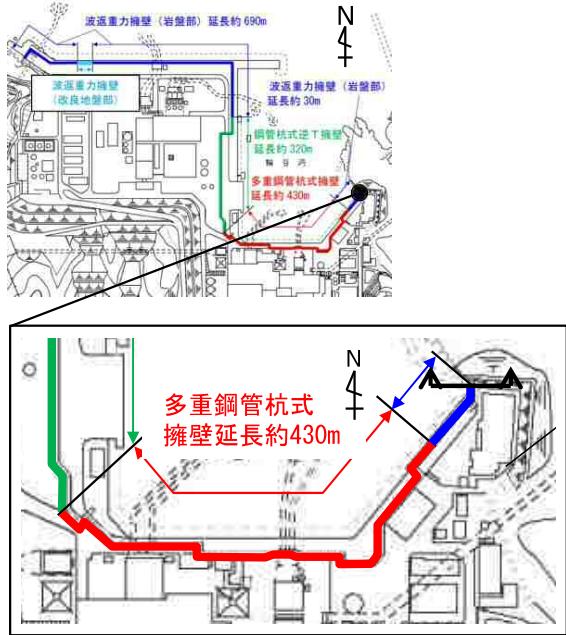
■自社で実施した地滑り地形調査は、詳細な旧地形図を用いた空中写真判読のほか、現地踏査等を合わせて実施した。（詳細は、外部事象の考慮（6条）地滑りの審査で説明）

- ・防波壁（西端部）周辺は、発電所北西端にある北東向き斜面で標高0～80mの斜面をなす。現在は人工改変が加わり元の地形が残っていない。発電所建設前の空中写真を判読すると耕作地が整然と段をなすことから、開墾前の断面形状は一様な傾斜の直線状山稜であったことが想定される。
- ・現地踏査の結果、滑落崖・湧水等の地滑りを示唆する地形的・地質的・水文的な特徴は認められなかった。また、防災科研調査の地滑り土塊とされる箇所の側面において、近年の造成によって出現した露頭に堅硬な岩盤が認められ、地滑り土塊のすべり面は確認されない。
- ・以上のことから、滑落崖及び地滑り土塊ともに認められない。

2. 2 防波壁擦り付け部の構造・仕様 防波壁（東端部）

27

■防波壁（東端部）の擦り付け部は、H鋼等により岩盤と一体化している。



防波壁（東端部）断面



防波壁（東端部）外観写真

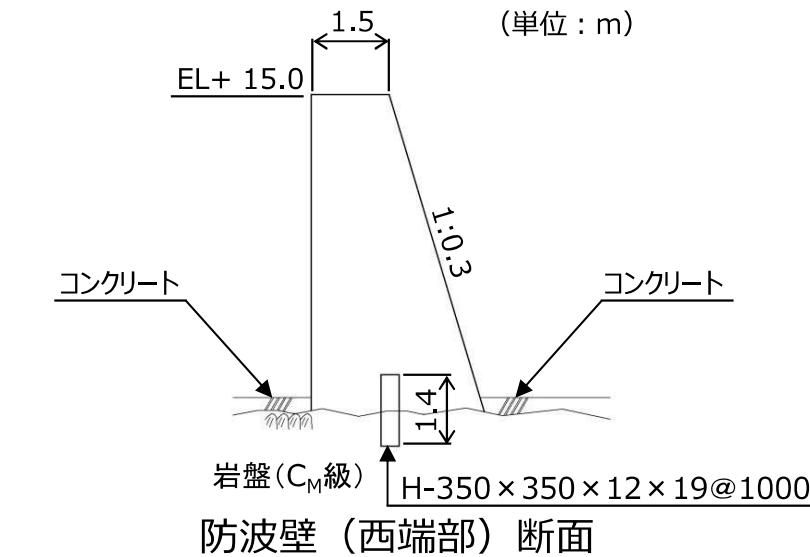
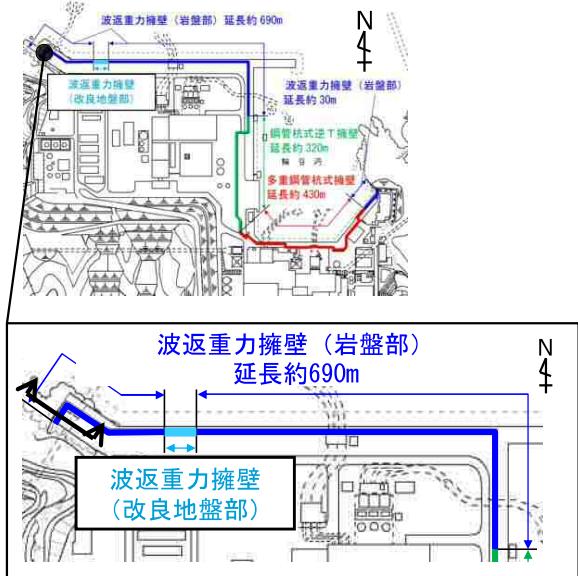


防波壁（東端部）岩盤露出状況

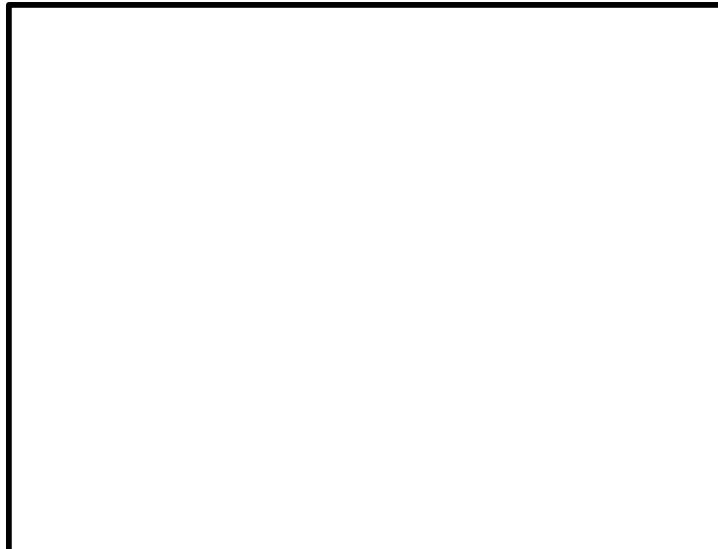
2. 2 防波壁擦り付け部の構造・仕様 防波壁（西端部）

28

■防波壁（西端部）の擦り付け部は、H鋼等により岩盤と一体化している。



防波壁（西端部） 状況写真



防波壁（西端部） 岩盤露出状況

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
①津波防護を担保する地山斜面	・津波防護施設として、基準地震動による地震力に対して、それぞれの施設及び設備に要求される機能が保持できるようにする。（検討 1）	・津波防護施設として、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、越流時の耐性にも配慮した上で、入力津波に対する津波防護機能が十分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	・防波壁と地山との擦り付け部として、液状化及び搖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。（論点 3 防波壁の構造成立性において説明）	・防波壁と地山との擦り付け部として、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。（論点 3 防波壁の構造成立性において説明）
③防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面	・耐震重要施設に影響を及ぼすおそれのある周辺斜面として、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。（4条審査において説明）	—

■上記を踏まえ、以下のとおり検討を行う。

- 検討 1：津波防護施設として、基準地震動Ssによる地山の安定性評価を行い、基準地震動に対する健全性確保の見通しを説明する。（P30～34, 39～41参照）
- 検討 2：津波防護施設として、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安定性評価を行い、基準津波に対する健全性確保の見通しを説明する。（P35～38参照）

4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

■検討 1 の基準地震動に対する健全性確保として、地山の安定性評価を実施する。地山の地震による安定性評価は、以下のステップに基づいて実施する。

(1) 検討断面の抽出

- ・防波壁端部の津波防護上の地山に対して、両端部の地山のすべり方向を考慮し、評価対象斜面の選定に用いる検討断面を抽出する。

(2) 評価対象斜面の選定

- ・(1)で抽出した検討断面に、4条審査においてすべり安定性に係る影響要因の評価が最も厳しい「1号炉南側切取斜面」を含めて対象とする。
- ・斜面高さ、勾配等のすべり安全率への影響要因の比較、及びJEAG4601-2008に基づく静的震度を用いた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する。
- ・静的震度については、JEAG4601-1987に基づき、斜面位置における基準地震動 S_s 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。
- ・解析用物性値は、「島根原子力発電所 2号炉 原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」(今後、審議予定)で使用するものを用いる。

(3) 2次元動的FEM解析による基準地震動に対する健全性確保の見通し

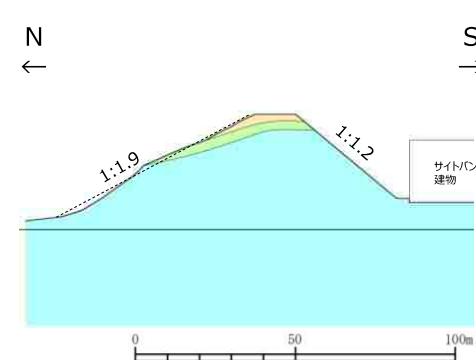
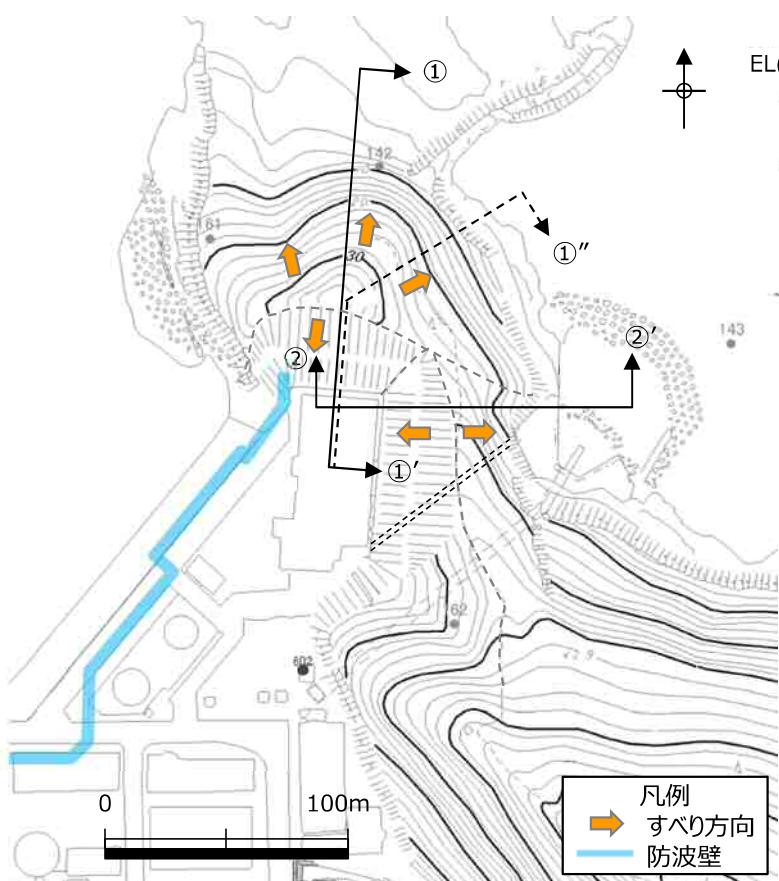
- ・(2)により選定された評価対象斜面について、2次元動的FEM解析を実施し、基準地震動に対する健全性確保の見通しを得る。

4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

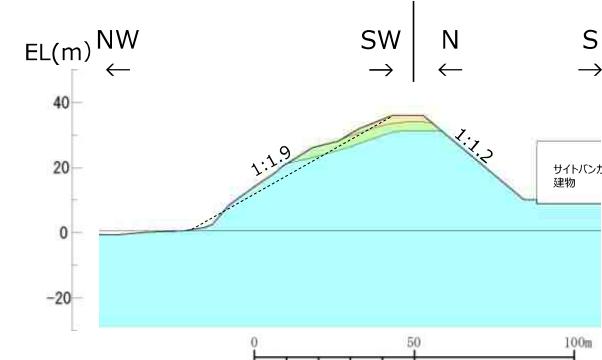
(1) 検討断面の抽出 (1/2)

31

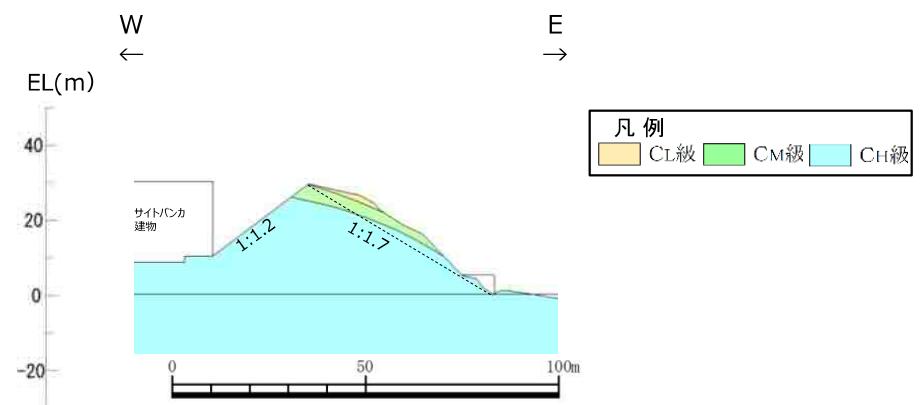
- 防波壁（東端部）の津波防護上地山範囲において、斜面のすべり方向を考慮し、① – ①'断面、①'' – ①'断面及び② – ②'断面を抽出した。
- ①'' – ①'断面については、海側斜面の勾配が① – ①'断面と同等であることから、① – ①'断面に代表させた。



① – ①' 断面



①'' – ①' 断面



② – ②' 断面

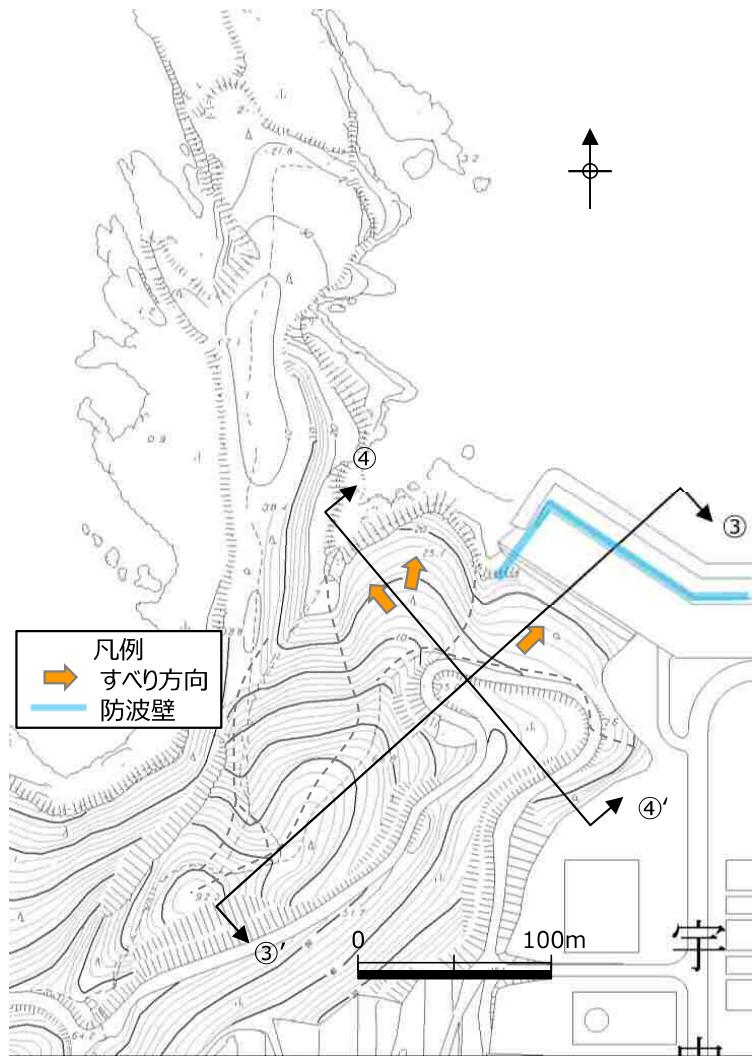
防波壁（東端部）の津波防護上地山平面図

4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

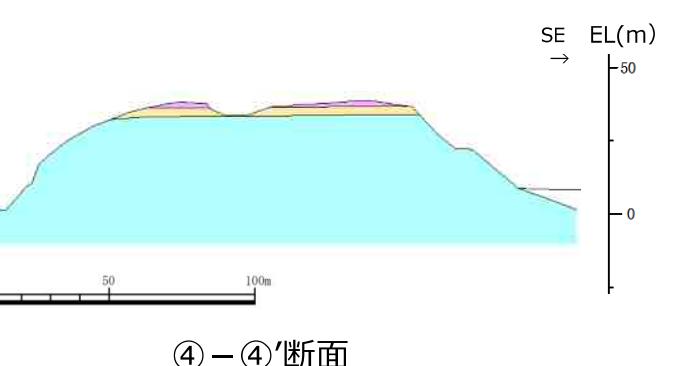
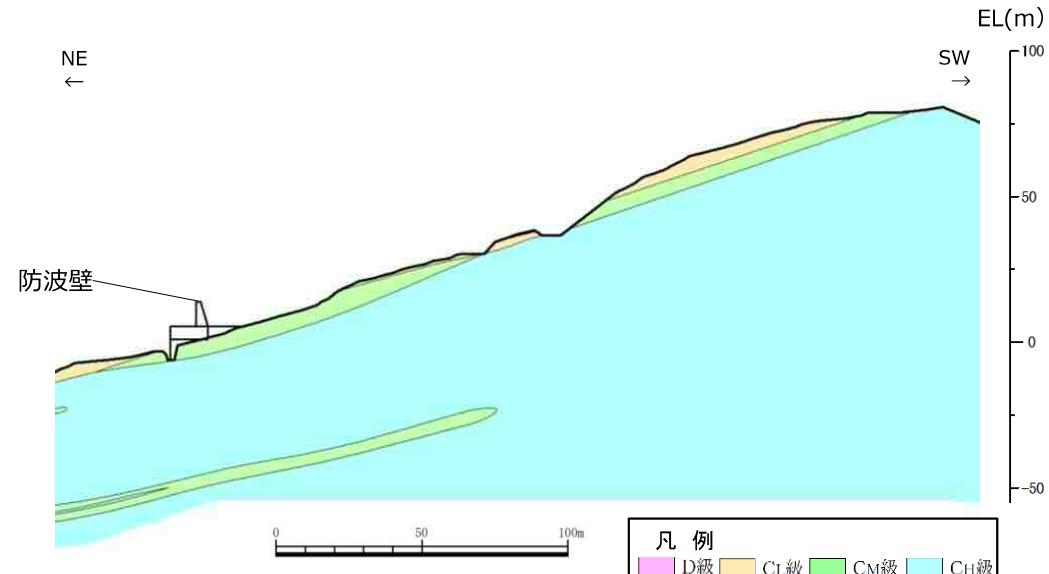
(1) 検討断面の抽出 (2/2)

32

■防波壁（西端部）の津波防護上地山範囲において、斜面のすべり方向を考慮し、③-③'断面及び④-④'断面を抽出した。



防波壁（西端部）の津波防護上地山平面図

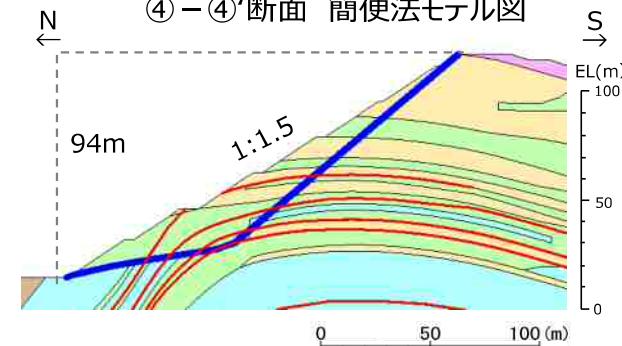
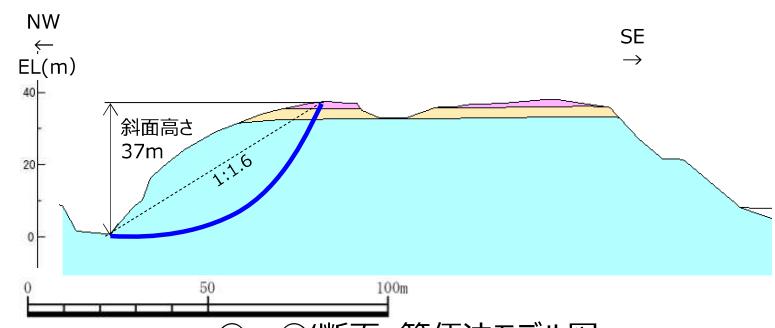
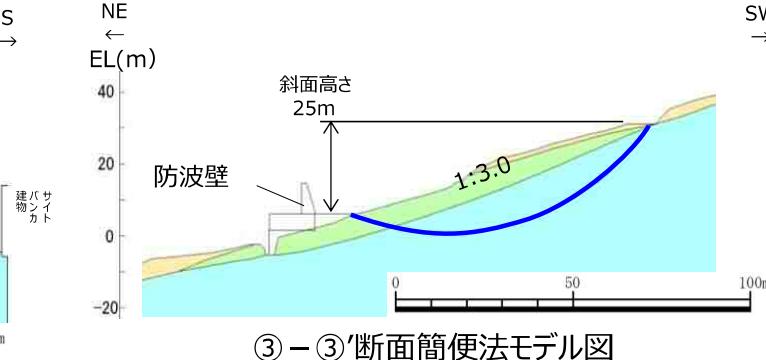
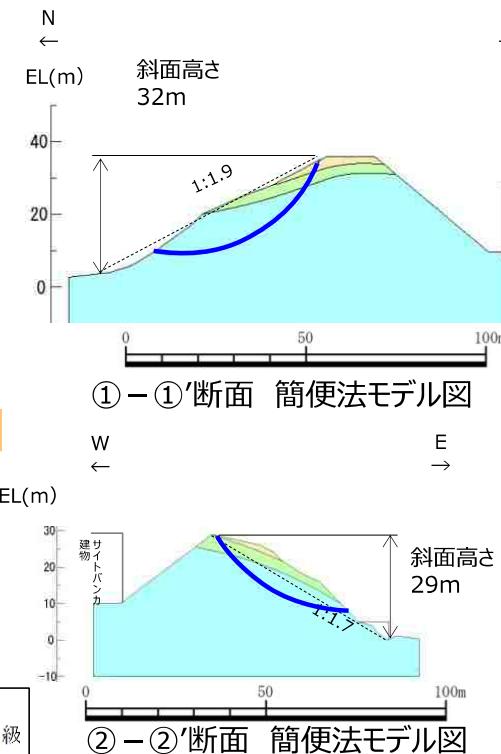
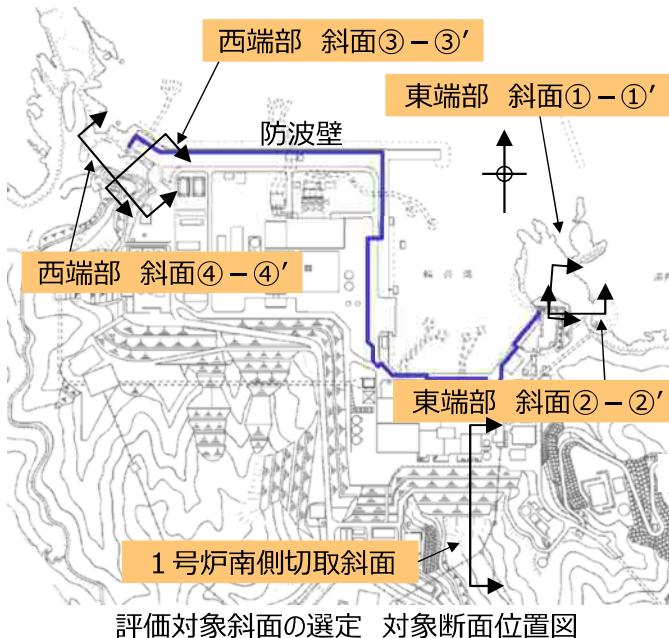


4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

(2) 評価対象斜面の選定

33

- 1号南側切取斜面について、CL級が広範囲に分布すること、斜面高さ・勾配ともに有意に大きいこと、シームが複数分布すること、簡便法のすべり安全率が有意に小さいことから、評価対象斜面に選定する。



※「原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」(今後審議予定)において、法尻標高EL+15m以下の評価対象斜面

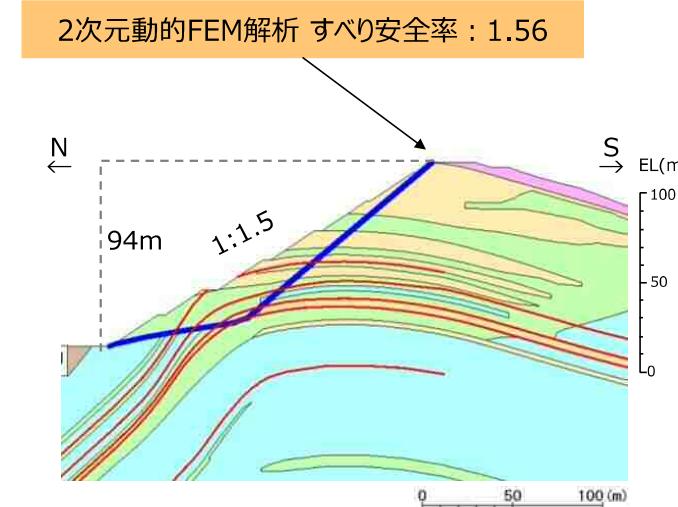
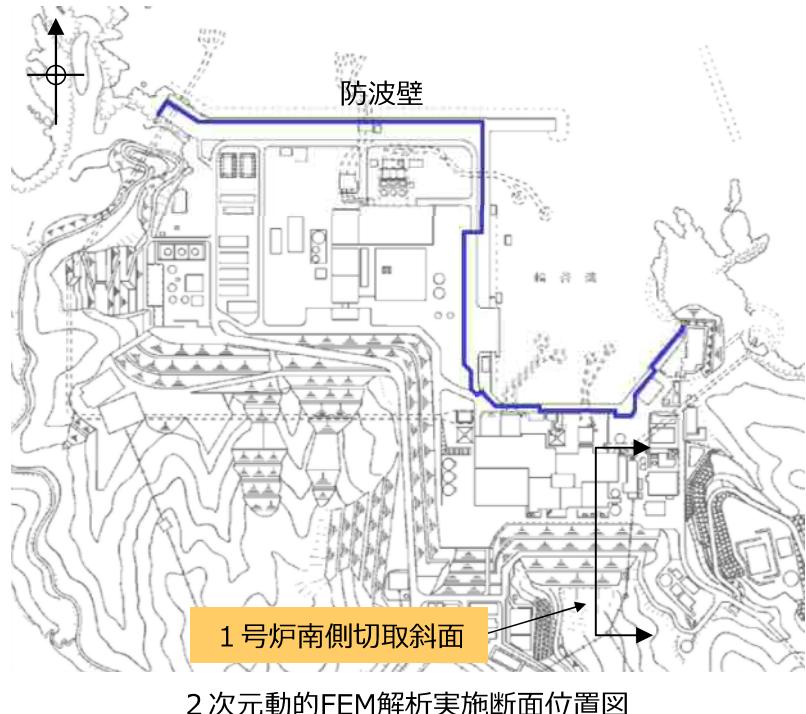
断面	影響要因				簡便法 すべり安全率 (平均強度)
	①岩級	②斜面高さ	③勾配	④シームの有無	
東端部 斜面①-①'	C _H , C _M , C _L 級	32m	1 : 1.9	なし	6.80
東端部 斜面②-②'	C _H , C _M , C _L 級	29m	1 : 1.7	なし	7.01
西端部 斜面③-③'	C _H , C _M , C _L 級	25m	1 : 3.0	なし	6.78
西端部 斜面④-④'	C _H , C _M , C _L 級	37m	1 : 1.6	なし	5.06
1号炉南側切取斜面	C _H , C _M , C _L 級	94m	1 : 1.5	あり：7条	3.88

4. 1 基準地震動に対する健全性確保の見通し

34

(3) 2次元動的FEM解析による基準地震動に対する健全性確保の見通し

■評価対象斜面を対象に、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、1号南側切取斜面の簡便法によるすべり安全率より大きい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。



1号炉南側切取斜面 2次元動的FEM解析モデル図

凡 例			
D級	CL級	CM級	CH級
シーム			

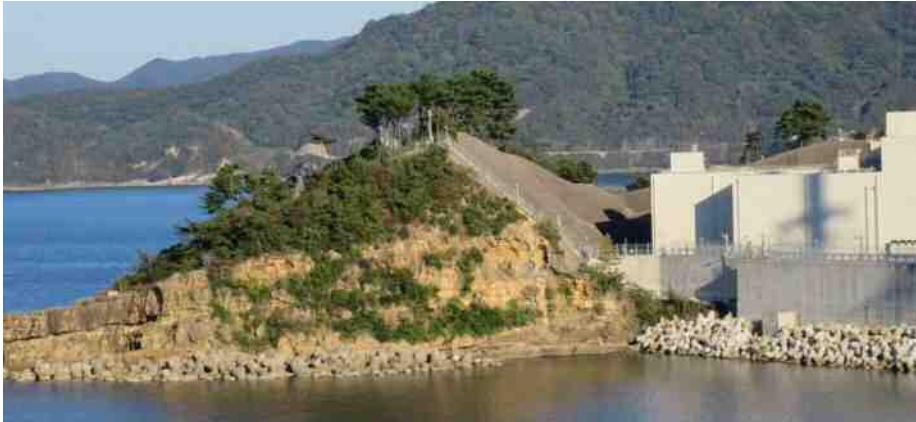
2次元動的FEM解析結果

断面	2次元FEM解析 すべり安全率	
	平均強度	ばらつきを考慮した強度
1号炉南側切取斜面	1.56	1.51

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）

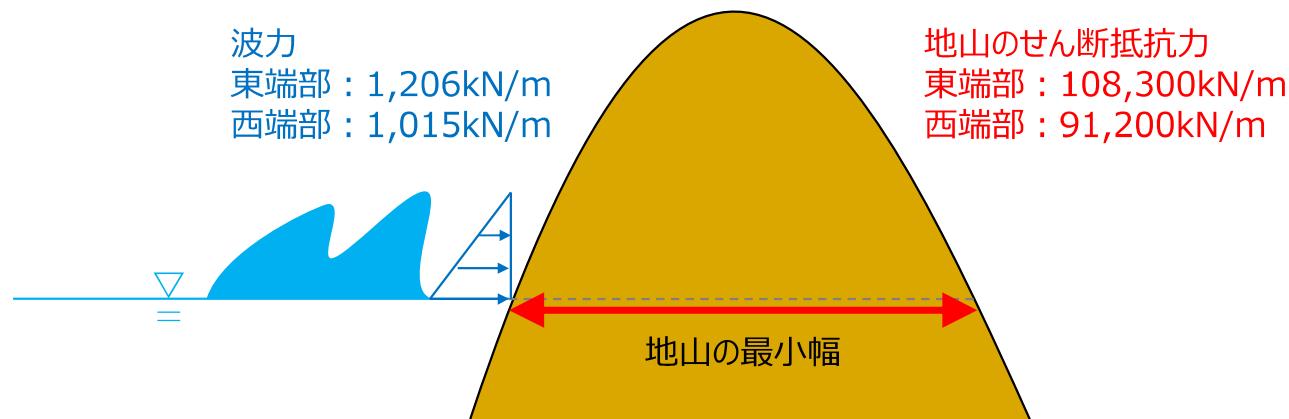


防波壁（西端部）

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（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、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を行った。
- 基準津波の波力は、「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算定する（詳細は次頁）。
- 上記に基づき算出した波力は、防波壁（東端部）で1,206kN/m、防波壁（西端部）で1,015kN/mとなった。また、地山のせん断抵抗力（詳細はP37参照）は防波壁（東端部）で108,300kN/m、防波壁（西端部）で91,200kN/mとなり、地山のせん断抵抗力は波力と比較して十分に大きいため、基準津波に対する健全性を確認した。



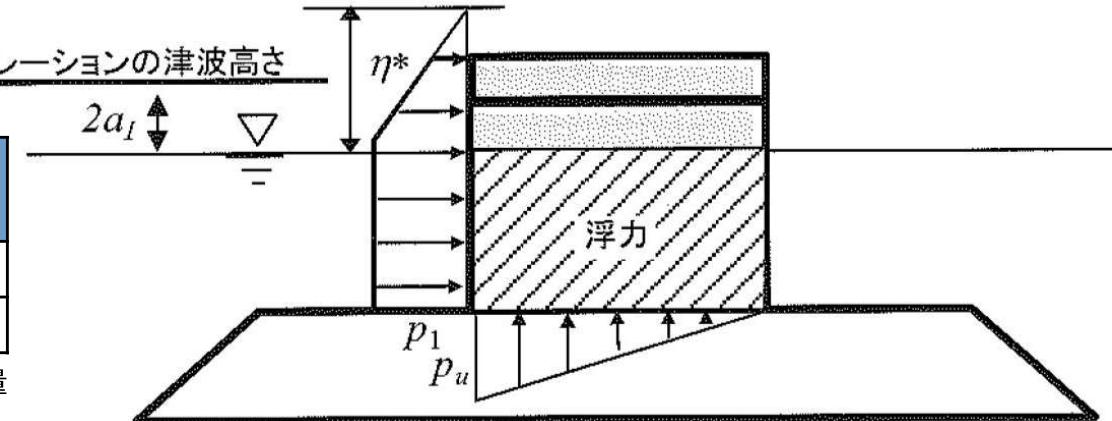
波力と地山のせん断抵抗力の比較計算に関するイメージ図

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 (2/3)

■「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。

	シミュレーションによる 津波高さ* (2a _I)	振幅 (a _I)
防波壁（東端部）	12m[11.8m]	6.0m
防波壁（西端部）	11m[10.6m]	5.5m

* 防波壁擦り付け部の最大水位上昇量



・防波壁（東端部）

$$\eta^* = 3.0a_I = 3.0 \times 6.0\text{m} = 18\text{m}$$

$$P_1 = 2.2\rho_0ga_I = 2.2 \times 10.1\text{kN/m}^3 \times 6.0\text{m} = 133.32\text{kN/m}^2 \approx 134\text{kN/m}^2$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) = 134\text{kN/m}^2 \times 18\text{m} \times (1/2) = 1,206\text{kN/m}$$

・防波壁（西端部）

$$\eta^* = 3.0a_I = 3.0 \times 5.5\text{m} = 16.5\text{m}$$

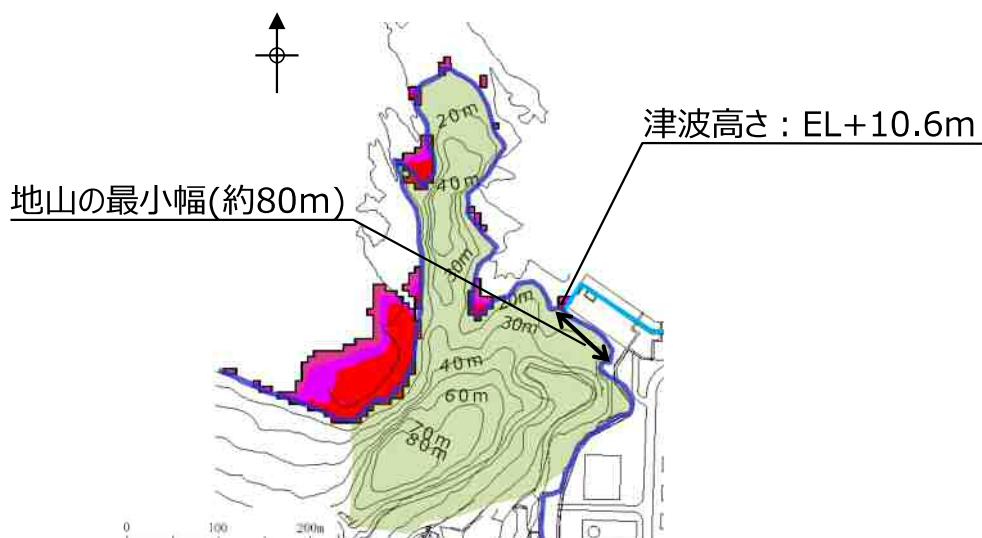
$$P_1 = 2.2\rho_0ga_I = 2.2 \times 10.1\text{kN/m}^3 \times 5.5\text{m} = 122.21\text{kN/m}^2 \approx 123\text{kN/m}^2$$

$$P = P_1 \times \eta^* \times (1/2) = 123\text{kN/m}^2 \times 16.5\text{m} \times (1/2) = 1,014.75\text{kN/m} \approx 1,015\text{kN/m}$$

η^* : 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) ρ_0g : 海水の単位体積重量(10.1kN/m^3)
 P_1 : 静水面における波圧強度 P : 地山に作用する波力

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（3/3）

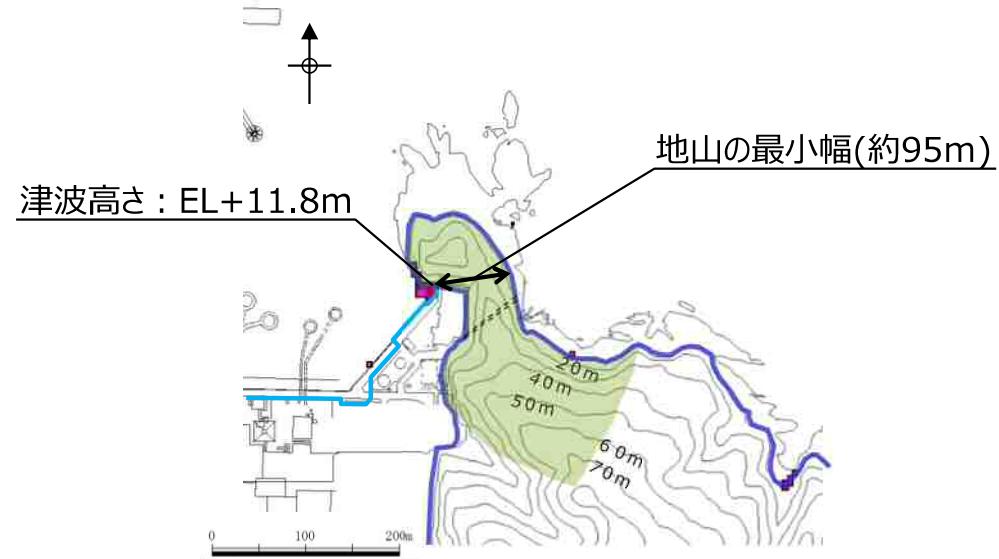
- 地山のせん断強度は、防波壁端部の地山の大部分を構成するC_H級岩盤を対象にブロックせん断試験より求めた値の1,140kN/m²（詳細は「原子炉建屋等の基礎地盤及び周辺斜面の安定性評価」の審査において説明予定）を設定した。
- 地山のせん断面を選定するにあたり、防波壁（東端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波1（防波堤無し）、防波壁（西端部）は擦り付け部で水位が最大となる基準津波1（防波堤有り）を対象とする。地山のせん断面は、防波壁の擦り付け部から断面長さが最小となる位置を設定した。防波壁（東端部）については右図に示す地山のEL+8.5m位置における最小幅である約95m、防波壁（西端部）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（西端部）

$$1,140\text{ kN/m}^2 \times 80\text{ m} = 91,200\text{ kN/m}$$



防波壁（東端部）の地山：基準津波1（防波堤無し）

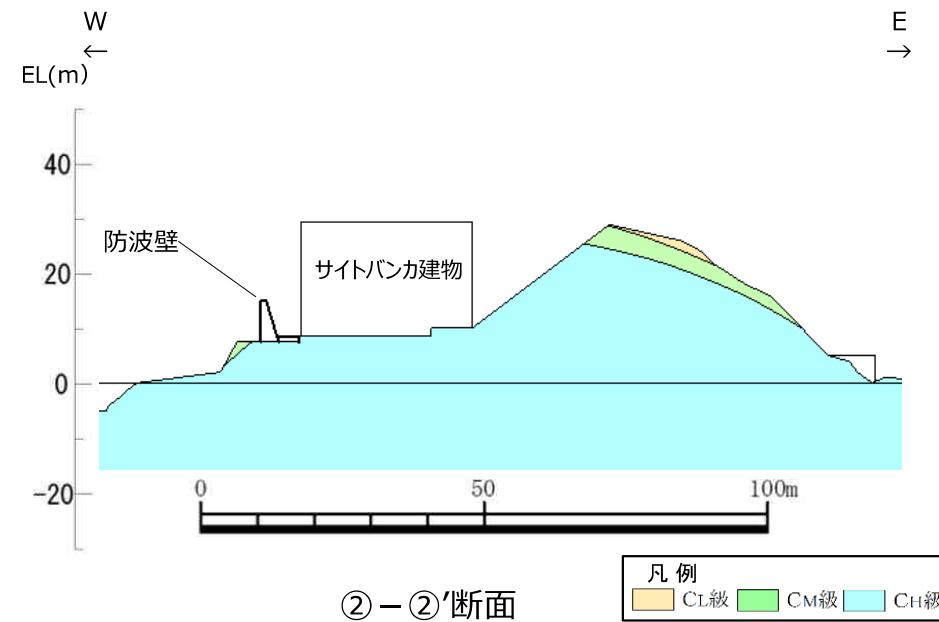
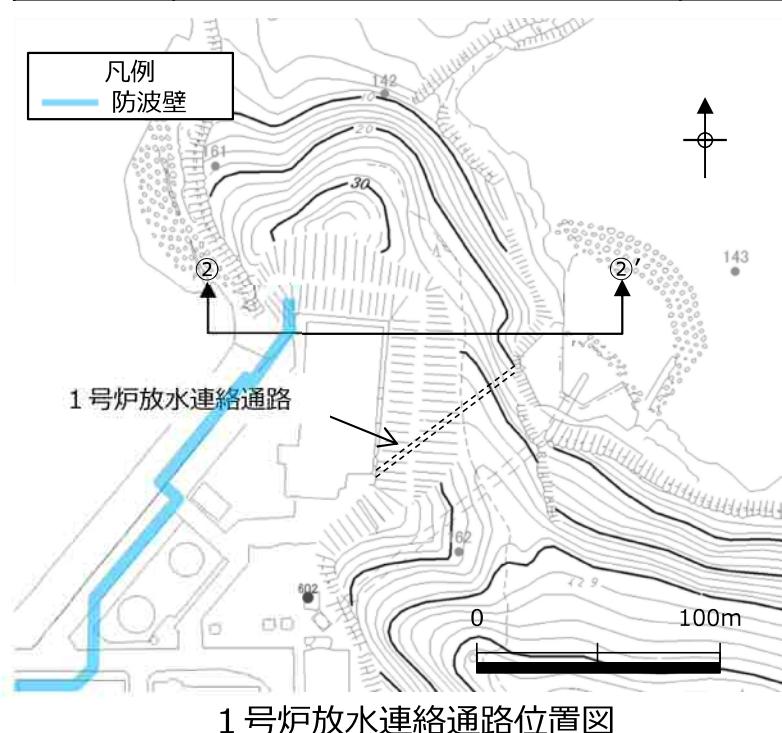
・防波壁（東端部）

$$1,140\text{ kN/m}^2 \times 95\text{ m} = 108,300\text{ kN/m}$$

5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

■防波壁（東端部）斜面には1号炉放水連絡通路が存在することから、地山の安定性への影響について、下表の2つの観点から確認した。

番号	項目	確認方法
(1)	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"> 斜面のすべり方向を考慮して選定した②-②'断面に連絡通路の断面を投影し、連絡通路と想定すべり面との位置関係を確認する。 掘削前後において、「簡便法によるすべり安全率」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。
(2)	1号放水連絡通路防波扉周辺の岩盤の状況	<ul style="list-style-type: none"> 現地踏査を行い、防波扉周辺の岩相や、岩着箇所での岩盤の緩み等を確認する。

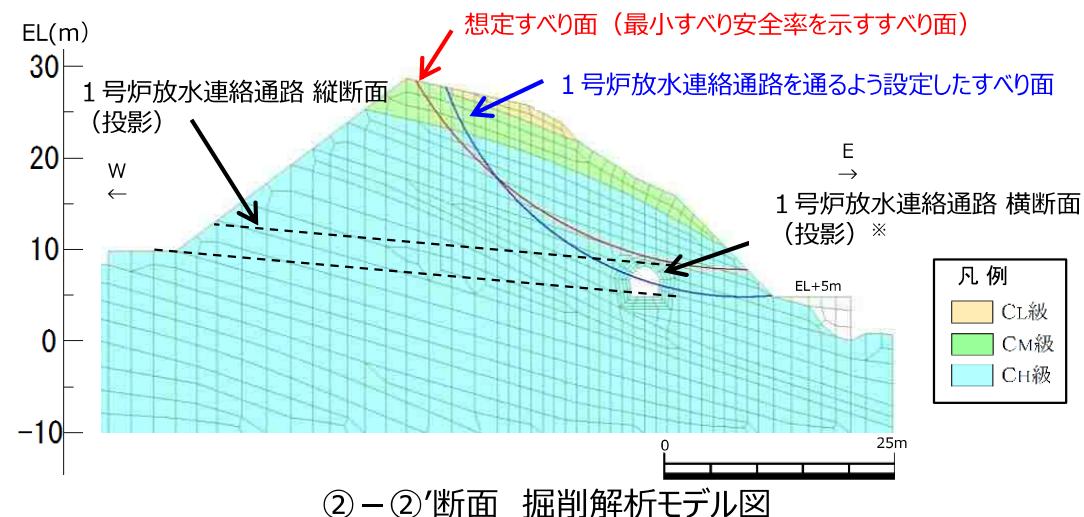
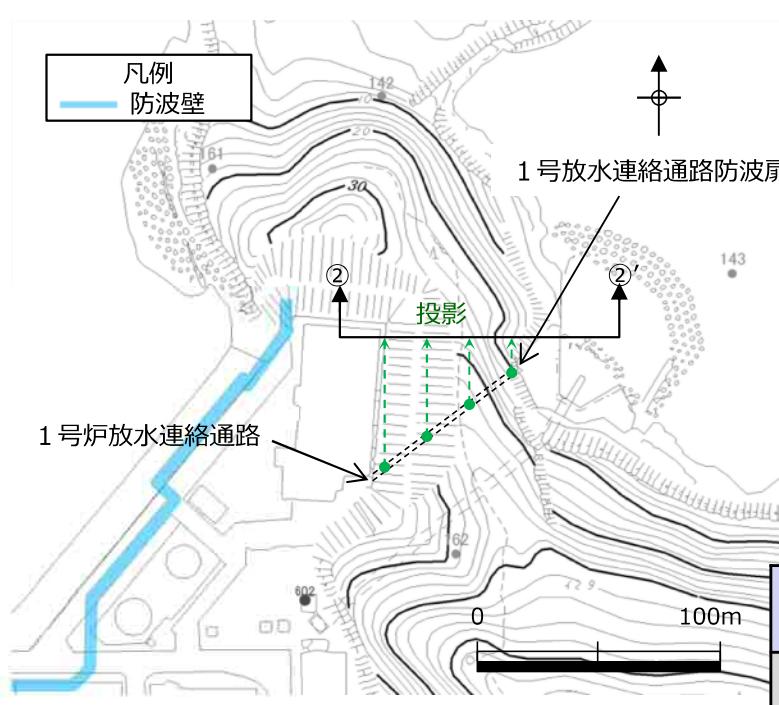


5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響

(1) 想定すべり面への影響

40

- ②-②'断面の想定すべり面（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7.32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6.73（▲0.59）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0.003%であり、影響は軽微であることを確認した。



* 1号炉放水連絡通路の縦断面（投影）を参照し、保守的に、簡便法による最小すべり安全率を示すすべり面と交差する位置に横断面を投影した。

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）	7.01	—	—
	すべり面上のひずみ	0.004%	0.007%	+0.003%
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）	7.32	6.73	▲0.59
	すべり面上のひずみ	0.003%	0.005%	+0.002%

5. 1号炉放水連絡通路の存在による影響 (2) 岩盤状況の確認

41

現地踏査を実施した結果、防波扉周辺の岩盤は $C_M \sim C_H$ 級であり、1号放水連絡通路防波扉周辺に緩みや高角度亀裂等が発生していないことを確認した。

