

資料－7

第762回審査会合
(2019.8.30)
資料からの抜粋

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について

令和元年8月30日
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。

Energia

1. 評価概要	2
2. 地質の概要	
2.1 敷地の地質・地質構造	6
2.2 防波壁端部の地質・地質構造	17
3. 防波壁及び1号放水連絡通路防波扉周辺斜面の安定性評価	
3.1 評価方針	51
3.2 防波壁等に影響するおそれのある斜面の網羅的な抽出	54
3.3 評価対象斜面の選定	57
3.4 解析用物性値	69
3.5 評価方法	85
3.6 入力地震動	93
3.7 評価結果	98
4. 1・2号炉放水路及び1号炉放水連絡通路の 斜面のすべり安定性への影響検討	103
5. まとめ	108
【別冊】 補足説明資料 ボーリング柱状図・コア写真集	

審査会合における指摘事項及び対応方針

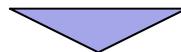
「第5条論点2 津波防護の障壁となる地山の扱い」の審査会合(第739回, 令和元年7月2日)における指摘事項

【審査の進め方について】

- ・防波壁の擦り付け斜面及びその周辺斜面は, 津波防護の障壁となる地山であるとともに, 耐震重要施設である防波壁, 1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面であるため, その地震時の安定性については, 第4条第4項(耐震重要施設に対する地震時の周辺斜面の崩壊による損傷の防止)への適合の観点から, 地震・津波審査チーム側での会合で審査を進める。
- ・その後, 地震・津波審査チーム側での会合での審査状況を踏まえ, 津波防護の障壁となる地山による津波防護の成立性について, 第5条への適合の観点から合同会合で審査を実施する。

【評価方法について】

- ・防波壁の擦り付け部に係る斜面において, 1号炉放水連絡通路及び1・2号放水施設等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説明すること。
- ・防波壁の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, 他断面で代表させずにそれぞれ個別に断面選定し, 1号炉放水連絡通路等の人工物への影響も含め, 安定性評価を行うこと。

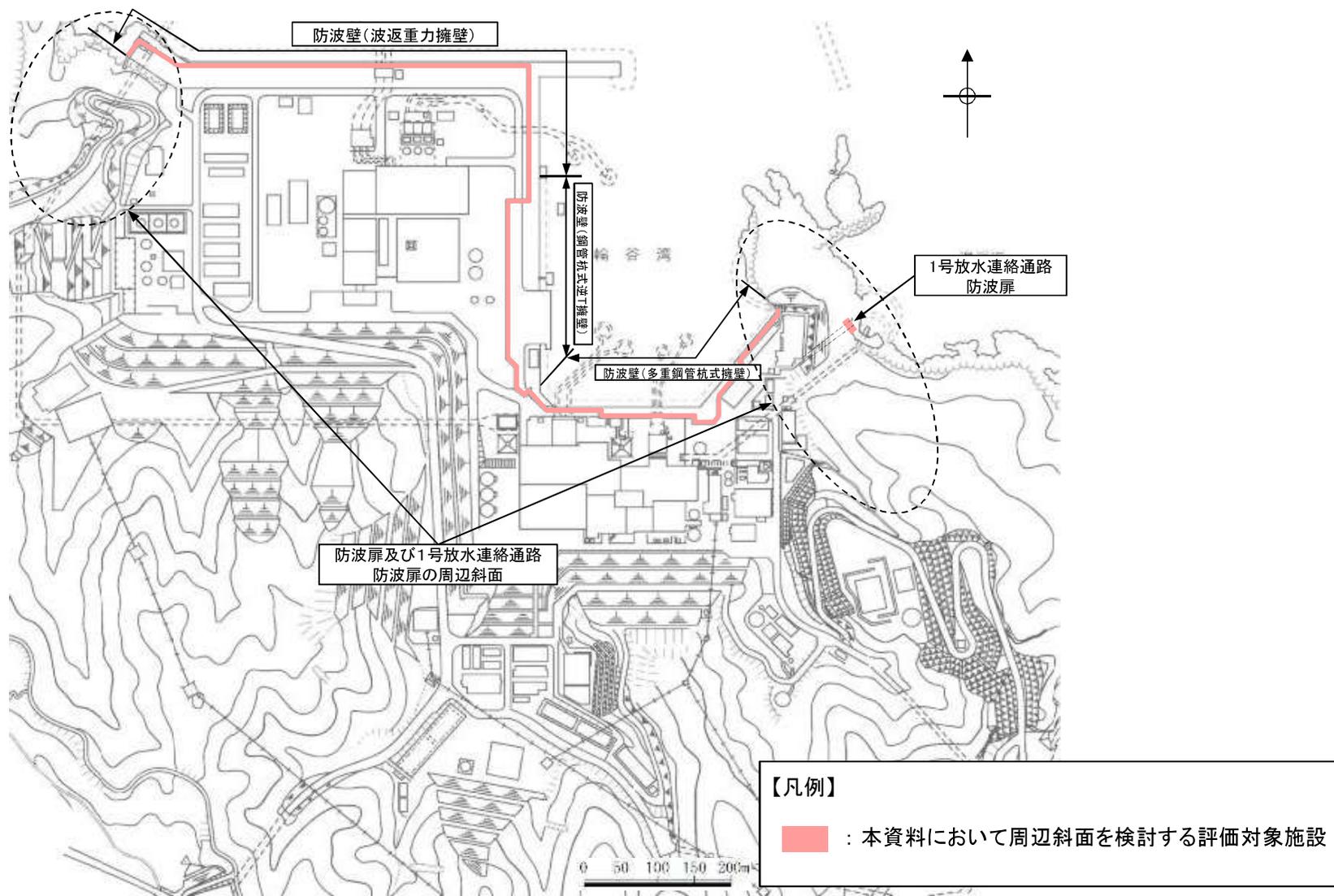


【対応方針】

- ・第4条第4項への適合の観点から, 耐震重要施設である防波壁及び1号放水連絡通路防波扉(第5条(津波による損傷の防止)に係る津波防護の障壁となる地山を兼ねる)の周辺斜面を対象に安定性評価を行い, 本審査資料で説明する。
- ・1号炉放水連絡通路等の人工物の影響を含め, 地形・地質学的な考察に基づく断面選定の考え方を説明する。
- ・防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面は, 津波防護施設と同等の機能を有していることから, 他断面で代表させずにそれぞれ個別に断面選定し, 安定性評価を行う。

評価対象施設

・設置許可基準規則4条の対象となる「耐震重要施設」のうち、防波壁及び1号放水連絡通路防波扉を対象に、その周辺斜面の安定性評価を実施する。



敷地の地滑り地形の抽出



島根原子力発電所周辺の地滑り地形分布図

- 文献調査の結果，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(2005)⁽¹⁾）では，島根原子力発電所周辺に位置する地滑り地形が抽出されている。
- 自社調査では，詳細な旧地形図を含む多様な参照資料に加え，防災科研調査に用いた資料を参考に地形判読を行い，現地調査等を合わせて実施した。調査の結果，防災科研調査結果の敷地北西方の地滑り地形，地滑り地形②，地滑り地形⑤及び⑤北西の地滑り地形の4箇所を抽出した（第6条：外部からの衝撃による損傷の防止（外部事象の考慮について）により審査中）。

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況



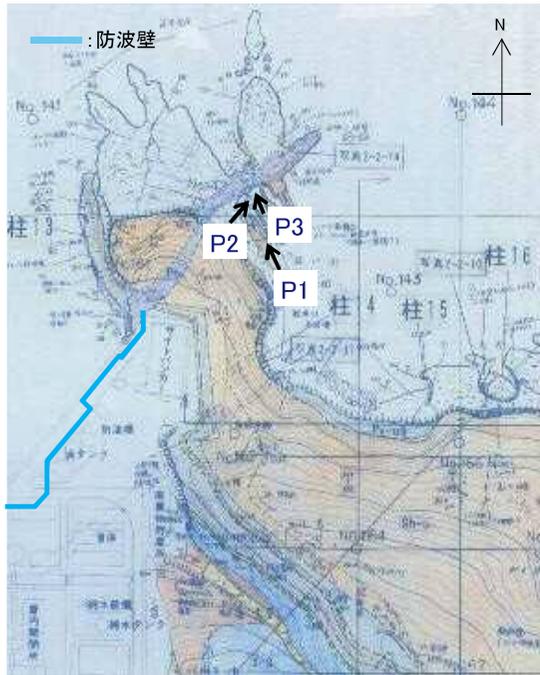
P1 防波壁(東端部)全景
岩着部は尾根の先端を開削した法面に位置する。

- ・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 $C_M \sim C_H$ 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、防波壁及び1号放水連絡通路防波扉に影響を与える地滑り地形は認められない(p15参照)。



P2 防波壁岩着部
火山礫凝灰岩(Lp)及び安山岩(An),
 $C_M \sim C_H$ 級岩盤からなる。

防波壁(東端部)の踏査結果 露頭状況

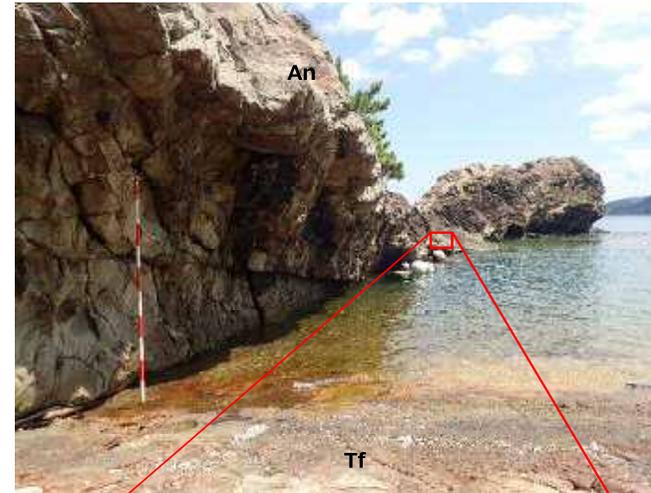


ルートマップ 0 100m



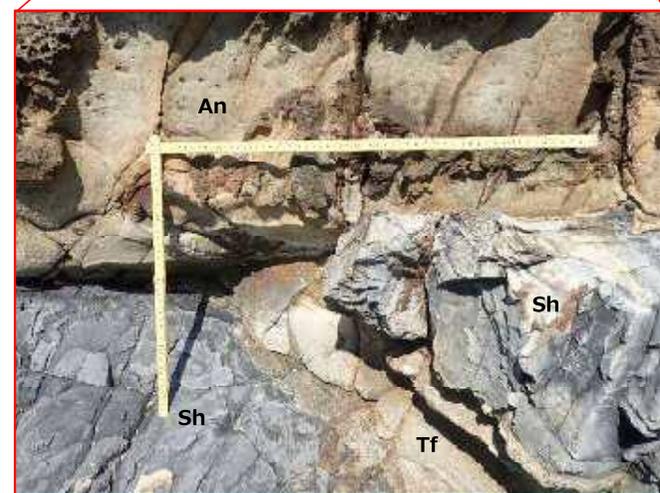
P1 安山岩岩脈(An)

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。



P2 安山岩岩脈下盤境界全景

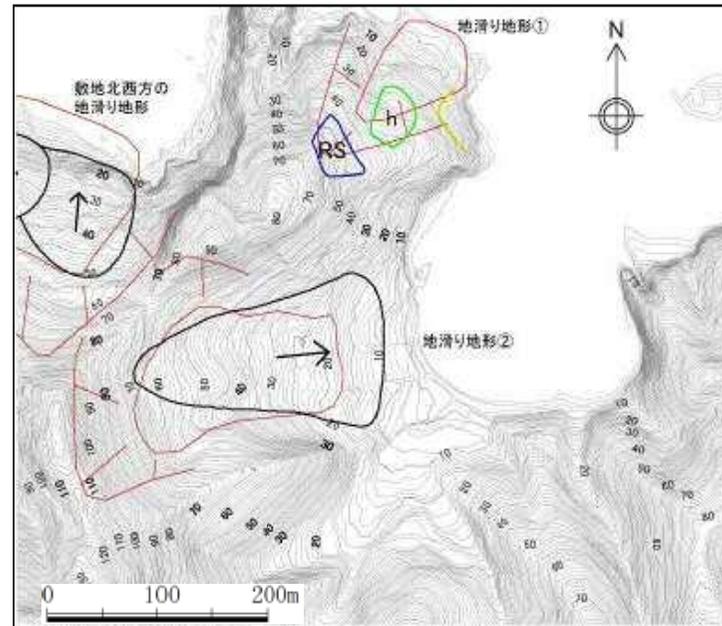
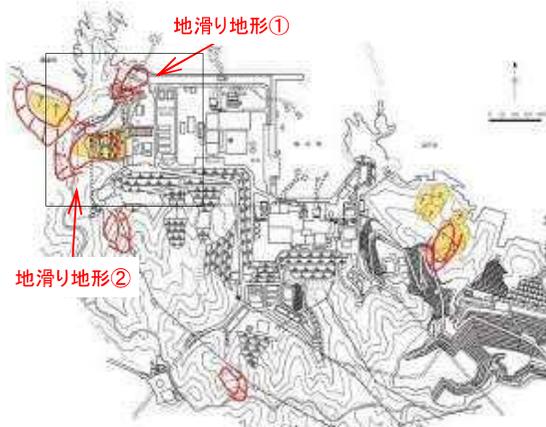
貫入境界下盤側の母岩(黒色頁岩・凝灰岩)は侵食により削剥されている。



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。

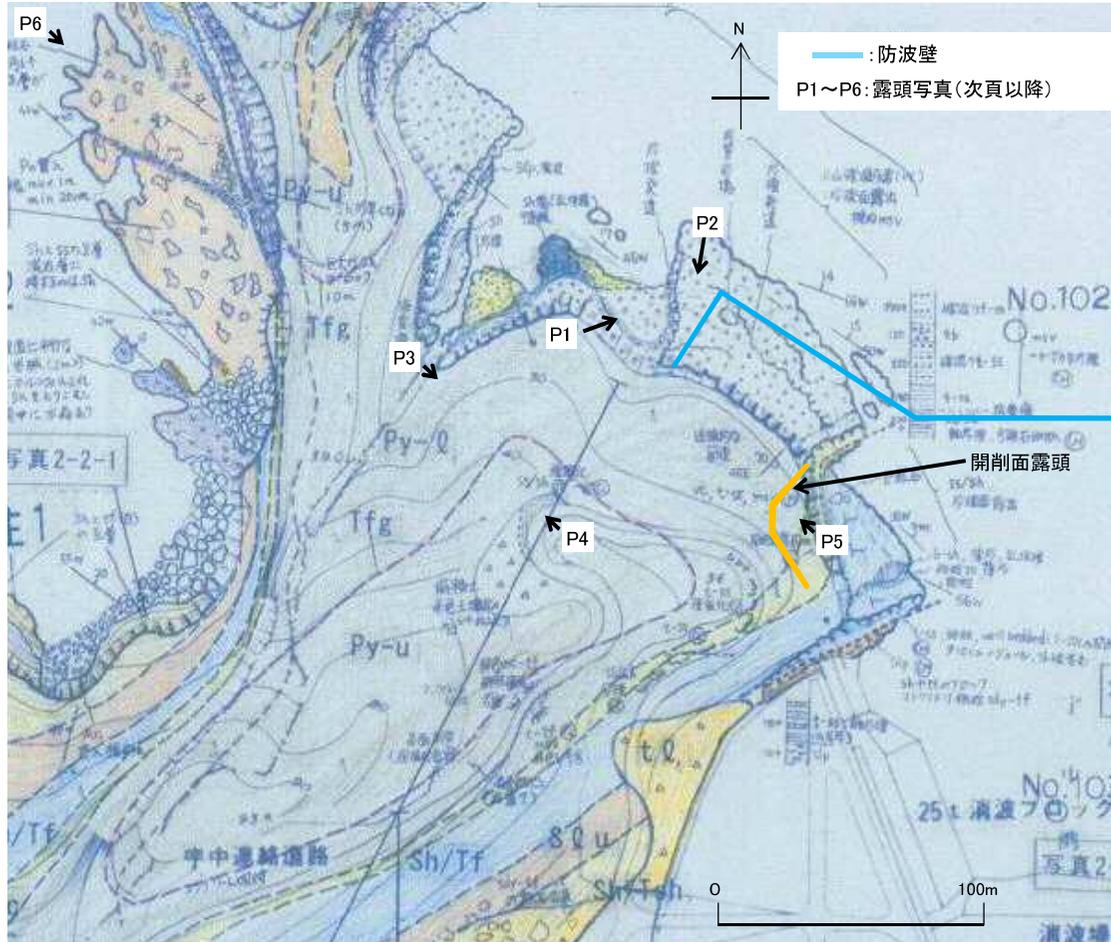
防波壁(西端部)周辺の地形判読 判読結果



防波壁(西端部)周辺の旧地形の等高線図
(モノクロ空中写真(撮影縮尺:1万分の1, 1962年撮影)より1mDEMを取得し作成)

- ・空中写真図化により作成した1mDEMを使用し, 1mコンターの等高線図を作成した。
- ・防波壁(西端部)周辺では, 防災科研調査結果の地滑り地形①の地滑り土塊とされる箇所のうち標高25~45mに緩斜面が分布し, 等高線の乱れが認められることから, 表層すべり(h)が想定される。当該箇所は, 浅い谷部に位置することから, 厚さ数mの土砂が堆積していると考えられる。また, 地滑り地形①の滑落崖とされる箇所に概ね対応する地形として, 標高45~65mに相対的に急な斜面が存在するが, その斜面は等斉直線斜面(RS, 鈴木(2000)⁽³⁾)で傾斜方向が東北東方向を示す。地滑り地形①の崩落方向は北北東方向を示し, 斜面(RS)とは方向が異なる。仮に斜面(RS)を滑落崖とした場合, 半円形の凹形谷型斜面が想定される(鈴木(2000))が, そのような地形は確認されない。
- ・一方, 地滑り地形②は, 3次元地形モデルの検討結果と同様に, 馬蹄形の滑落崖を伴い, 滑落崖の中に緩斜面が認められ, 不規則な凹凸が確認される。緩斜面は, 土砂が堆積して形成された斜面と推定され, 地滑り地形の特徴(渡・小橋(1987)⁽⁴⁾の凹状緩斜面地形)を有する。

防波壁(西端部)の踏査結果 ルートマップ

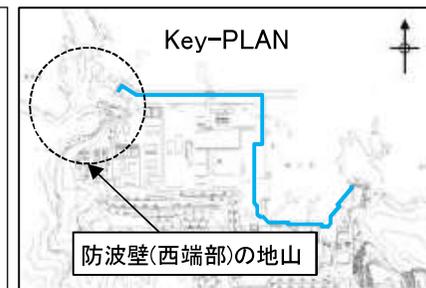


ルートマップ(平成8年調査)

地質区分及び凡例

地質時代	地質名	記号	地質境界線
第四紀	埋土	ts	地質境界線
	埋設埋積物	st	埋設面の走向・傾斜 (分岐の調査)
新第三紀	礫層	Pl	層理面の走向・傾斜 ※(既往の調査)
	粗粒玄武岩	tb	岩理面の走向・傾斜
	上部黒色頁岩層	Sh-u	真入面の走向・傾斜
中新世	黒色頁岩フローユニット	Py-us	断層面の走向・傾斜
	下部黒色頁岩層	Sh-l	写真位置
	上部フローユニット	Py-u	柱1 露頭柱状図位置
	粗粒凝灰岩	Tfg	柱2 露頭柱状図位置
	下部フローユニット 黒色頁岩ブロック	Py-l Sh	ボーリング位置 凡例
第三紀	粗粒凝灰岩	Tfg	測線名
	黒色頁岩・凝灰岩基盤	Sh/Tf	弾性変理面境界線
	スランプ層	Slp	新断面作成位置
	黒色頁岩・凝灰岩基盤五層	Sh/Tfg	管状物
白垩紀	流紋岩質火砕岩	Tr	

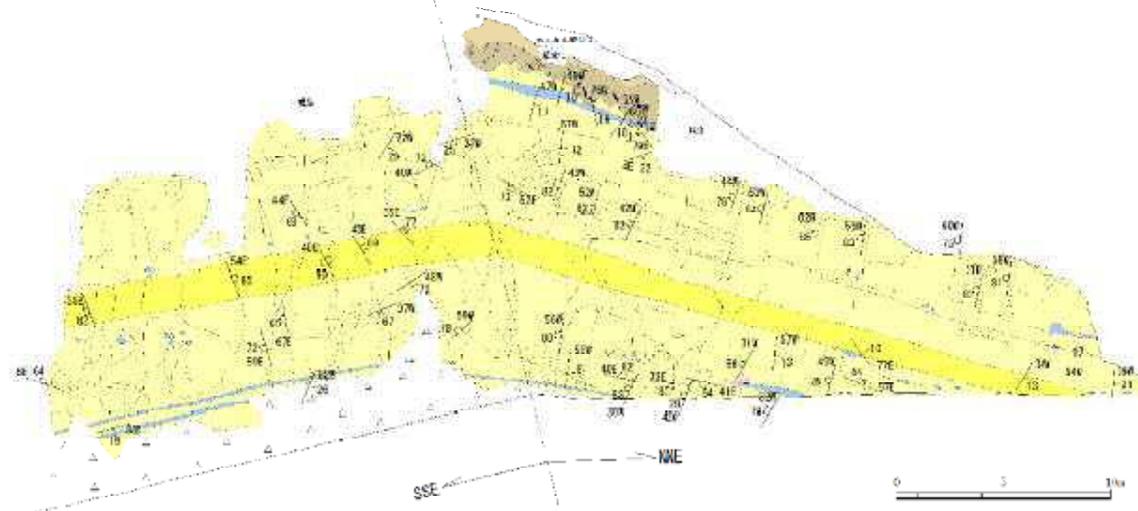
- ルートマップに用いた略号
 b-Sh, Sh: 黒色頁岩
 c-tf: 粗粒凝灰岩
 msv: 塊状
 Po, An: 安山岩
 sdy-tf: 砂質凝灰岩
 Slp: スランプ層
 ss: 砂岩
 tb: 凝灰角礫岩
 tf: 凝灰岩
 t-ss: 凝灰質砂岩
 vc: 火山礫凝灰岩
 well bedded: 層理発達



防波壁(西端部)の踏査結果 開削面露頭



開削面露頭全景



開削面露頭スケッチ

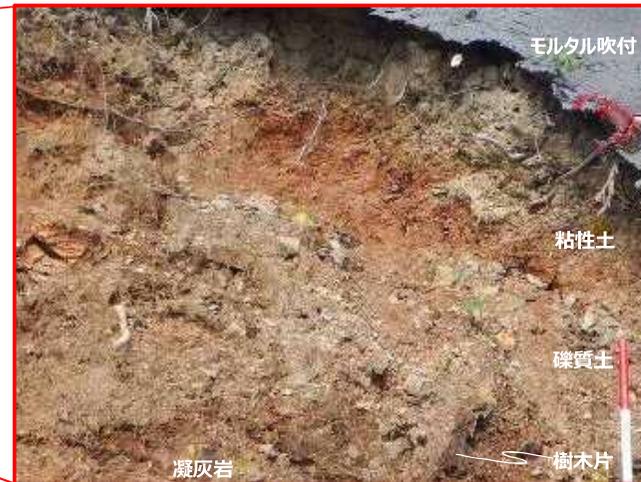
- 凡例
- 白 土
 - 茶色 粘質土
 - 黄 火山礫凝灰岩
 - 黄 凝灰岩
 - 薄紫 薄層頁岩
 - 青 黒頁岩
- 露
- 礫水侵蝕中の礫木片
 - 土質境界・岩性境界
 - 断層面
 - 傾斜面の走向・傾斜
 - 地層面の走向・傾斜

- ・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。

防波壁(西端部)の踏査結果 開削面露頭



開削面露頭上部写真



露頭上部 拡大写真



開削面露頭上部スケッチ

- ・開削面露頭上部は、下位より凝灰岩、黑色頁岩、凝灰岩、礫質土及び粘性土、モルタル吹付である。
- ・礫質土中の礫は凝灰岩を主体とし、角礫～亜角礫である。礫は下位の黑色頁岩の層理に平行な配列を示す箇所と不規則に分布する箇所が認められる。前者は凝灰岩の強風化岩の可能性が考えられる。
- ・黑色頁岩より上位の凝灰岩が強風化岩であること及び、原位置試験の結果から礫質土層準が強風化岩相当であること※を踏まえると、両者ともにD級相当である。

※ 現地で実施した簡易貫入試験では、礫質土層準において強風化岩相当のNd値が得られている(補足説明資料参照)。

- ・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(p30参照)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(p35参照)に相当する可能性が考えられる。

地質の概要 まとめ

<敷地の地質・地質構造>

- ・敷地には、連続する破碎部や断層、耐震重要施設及び常設重大事故等対処施設の支持地盤を切る地滑り面は認められない。
- ・敷地には、平板状あるいは平面状の形態を持ち、この面に沿って変位している可能性のある薄い粘土層(シーム)が認められるが、将来活動する可能性のある断層等には該当しないことを確認している。

<防波壁端部の地質・地質構造>

○防波壁(東端部)

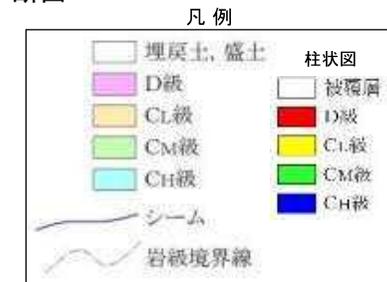
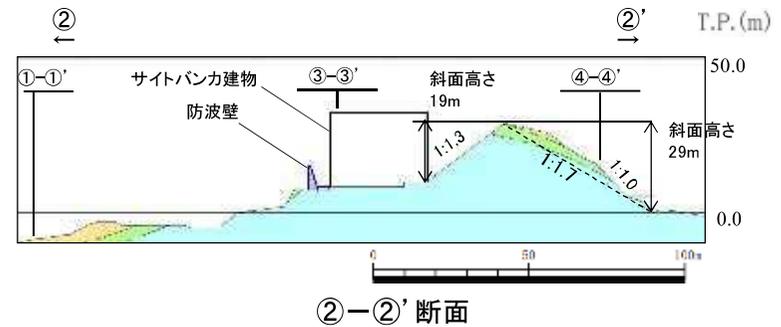
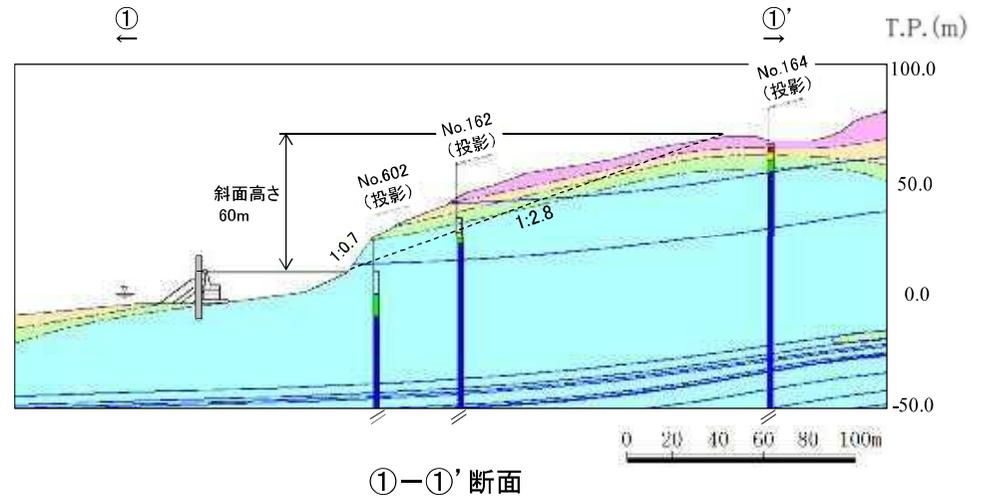
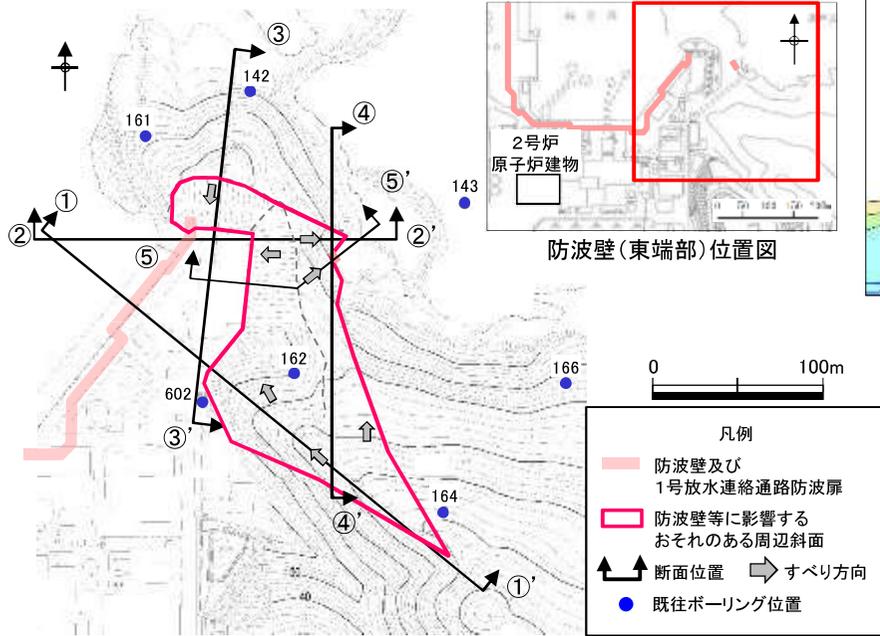
- ・防波壁(東端部)の地山は黒色頁岩～火山礫凝灰岩の互層からなり、安山岩岩脈が認められる。
- ・地山の地質構造は西北西走向、北東緩傾斜であり、断層構造や顕著な割れ目は認められず、シームは確認されない。岩盤表面は変質により褐色を呈する。岩盤は堅硬で $C_M \sim C_H$ 級である。
- ・この地山において、防波壁に影響を与える地滑り地形は認められない。

○防波壁(西端部)

- ・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。
- ・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ず、シームは確認されない。尾根部では風化変質が進み C_L 級岩盤主体であるが、地山のほとんどが C_H 級である。
- ・空中写真判読の結果、防波壁(西端部)の地山に表層すべりが想定される。
- ・開削面露頭は凝灰岩を主体とし、露頭上部には礫質土及び粘性土が分布する。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。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。
- ・この地山において、深層に及ぶ地滑りは認められない。

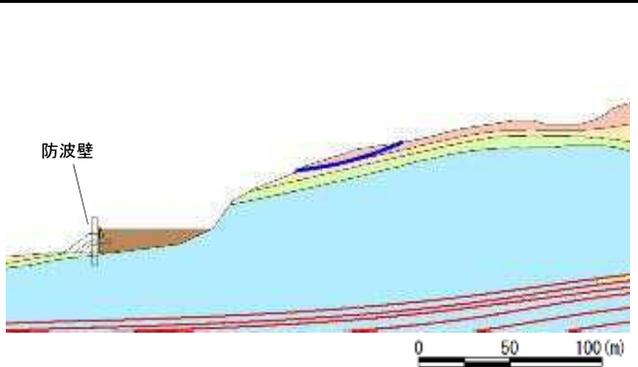
防波壁(東端部)の斜面(評価対象斜面の選定方法 1/2)

・防波壁(東端部)において、3.2章で選定した防波壁等に影響するおそれのある斜面の中で、最も斜面高さが高くなり、最急勾配方向となるすべり方向に①-①' ~ ⑤-⑤' の5断面を作成し、この中から評価対象斜面を選定する。



防波壁(東端部) ①-①' 断面

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	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 (-,+)	2.57 [13.15]	2.13 [13.15]

※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。

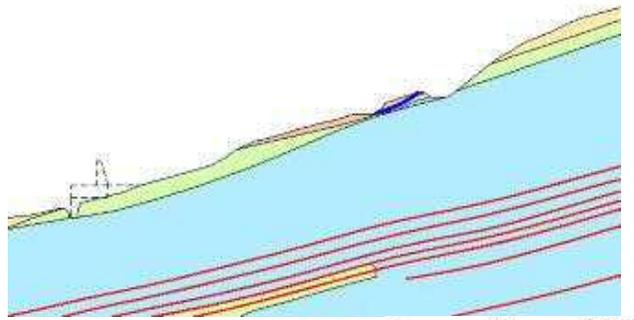
【凡例】



・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2以上であることを確認した。

防波壁(西端部) ⑥-⑥' 断面

・強度のばらつきを考慮したすべり安全率

	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-N ₁ (-,+)	3.33 [7.56]	2.73 [7.56]

※1 基準地震動(-,+)は水平反転を示す。

※2 []は、発生時刻(秒)を示す。

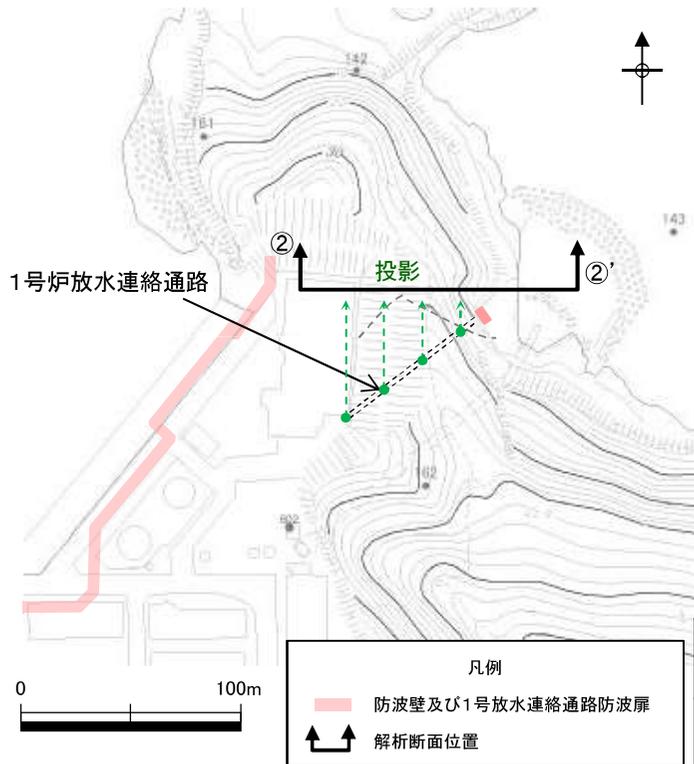
【凡例】

- C₁級岩盤 ■ C₂級岩盤 ■ C₃級岩盤 ■ D級岩盤
- 埋戻土、盛土 ■ MMR ■ シーム
- すべり面

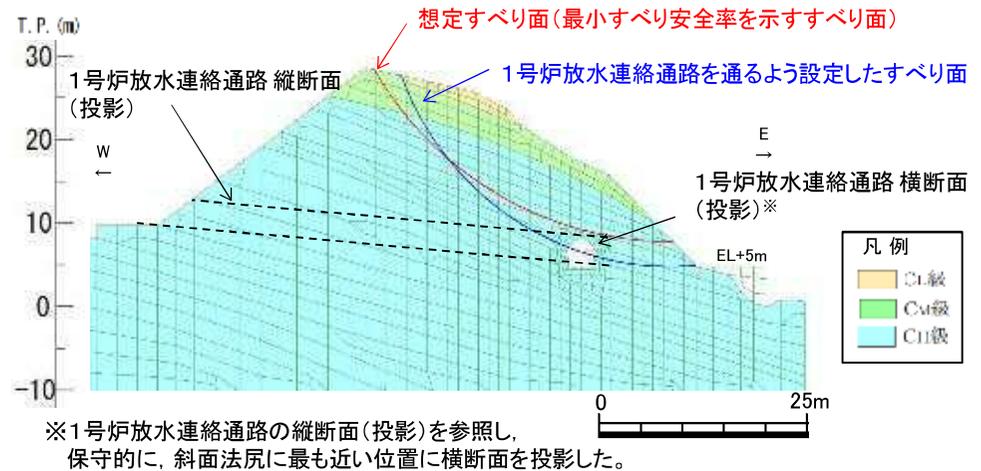
・平均強度を用いたすべり安全率最小ケースに対して、強度のばらつきを考慮して評価を行った結果、すべり安全率は1.2以上であることを確認した。

1号炉放水連絡通路の斜面のすべり安定性への影響検討

- ②-②'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号炉放水連絡通路投影図



②-②'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)	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. まとめ

- ・耐震重要施設である防波壁及び1号放水連絡通路防波扉(第5条(津波による損傷の防止)に係る津波防護の障壁となる地山を兼ねる)の周辺斜面について, 1号炉放水連絡通路, 1・2号放水施設等の人工物に影響を及ぼす観点を含め, 地形・地質学的な考察に基づいてそれぞれ個別に断面選定し, 基準地震動による安定解析を実施した。
- ・その結果, 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ことを確認した。
- ・以上のおり, 島根原子力発電所2号炉の防波壁及び1号放水連絡通路防波扉の周辺斜面は, 基準地震動による地震力に対して十分な安定性を有しており, 設置許可基準則第4条4項に適合していることを確認した。