

福島第一原子力発電所における地すべりの可能性について コメント回答

TEPCO

2023年4月3日
東京電力ホールディングス株式会社

No.	実施日	指摘事項	回答内容
1	2022.9.20 面談	<p>福島第一原子力発電所における地すべりの可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・第94回特定原子力監視・評価検討会資料3-2のDタンクエリアのボーリング柱状図等から、段丘堆積物直下にN値が大きく下がる箇所が複数箇所存在すること ・過去の地震時にDタンクエリアのタンクが他のタンクエリアと異なり有意な滑動が生じていること ・以上のことから、コメントNo.2における調査結果等も考慮した上で、福島第一原子力発電所における地すべりの可能性について見解を示すこと 	<p>【2022.12.7 技術会合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・敷地内の既往のボーリング調査結果を再整理し、段丘堆積物直下の風化部の分布状況を整理した。
2	2022.9.20 面談	<p>福島第一原子力発電所敷地南側の地すべり地形の可能性</p> <ul style="list-style-type: none"> ・8月23日の面談資料のボーリング柱状図14箇所のうち約半数の箇所で段丘堆積物直下にN値が大きく下がる強風化部が存在すること、また、それらは孔口標高が高い箇所（約30m）に集中していること。 ・国土地理院の地図を見る限りにおいて、福島第一原子力発電所付近に地すべり地形と思われる箇所が複数箇所存在すること。また、それら地形は8月23日の面談で東京電力が示した見解「高さが異なる段丘面」とは形状が異なること。 ・以上のことから、再度、各種調査等を踏まえ、福島第一原子力発電所南側の地形について見解を示すこと 	<p>【2022.12.7 技術会合】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・既往の空中写真判読図により、指摘された箇所の地形について、当時の当社の見解を説明した。 ・「地すべり地形と思われる」と指摘された複数箇所について、空中写真の再判読等を実施した結果を報告した。
3	2022.12.7 技術会合	<p>段丘堆積物直下の風化部の分布状況の検討を進め、既往のボーリング調査結果から富岡層風化部を読み取り、敷地内の分布状況を把握し、これを反映した地質平面図・断面図を作成する（東電）。</p>	<p>本資料「1.」で説明。</p>
4	2022.12.7 技術会合	<p>富岡層風化部の介在による地盤の地震時応答への影響を検討する（東電）。</p>	<p>本資料「2.」で説明。</p>
5	2022.12.7 技術会合	<p>コメントNo.4の検討の結果、風化部の介在による地盤安定性への影響の可能性が認められる場合は、ボーリング調査と室内試験を行い、風化部の物性を評価し、今後の基礎地盤の安定性評価への適用の必要性を検討する（東電）。ボーリング調査の計画ができれば、報告すること（規制庁）。</p>	<p>本資料「3.」で説明。</p>
6	2022.12.7 技術会合	<p>大規模な地すべり跡が見られないという東電の見解について、当該検討に資する情報をより充実しうる観点から、同様の地形を有する南相馬市塚原地区・楢葉町下小埜地区についても地形判読を実施すること（規制庁）。</p>	<p>本資料「4.」で説明。</p>

1. 敷地内の富岡層風化部の分布状況
2. 風化部による地盤の地震時応答への影響検討
 - 2.1 検討概要
 - 2.2 検討方法
 - 2.3 検討結果
 - 2.4 まとめ
3. 敷地内のボーリング調査計画
 - 3.1 調査方針
 - 3.2 ボーリング調査位置の選定
 - 3.3 調査・試験内容
 - 3.4 今後のスケジュール
4. 追加2地点の地形判読結果
 - 4.1 設置許可申請時の追加2地点の地形
 - 4.2 下小埜地点の地形判読
 - 4.3 塚原地点の地形判読
 - 4.4 まとめ 下小埜地点および塚原地点の地形について

1. 敷地内の富岡層風化部の分布状況

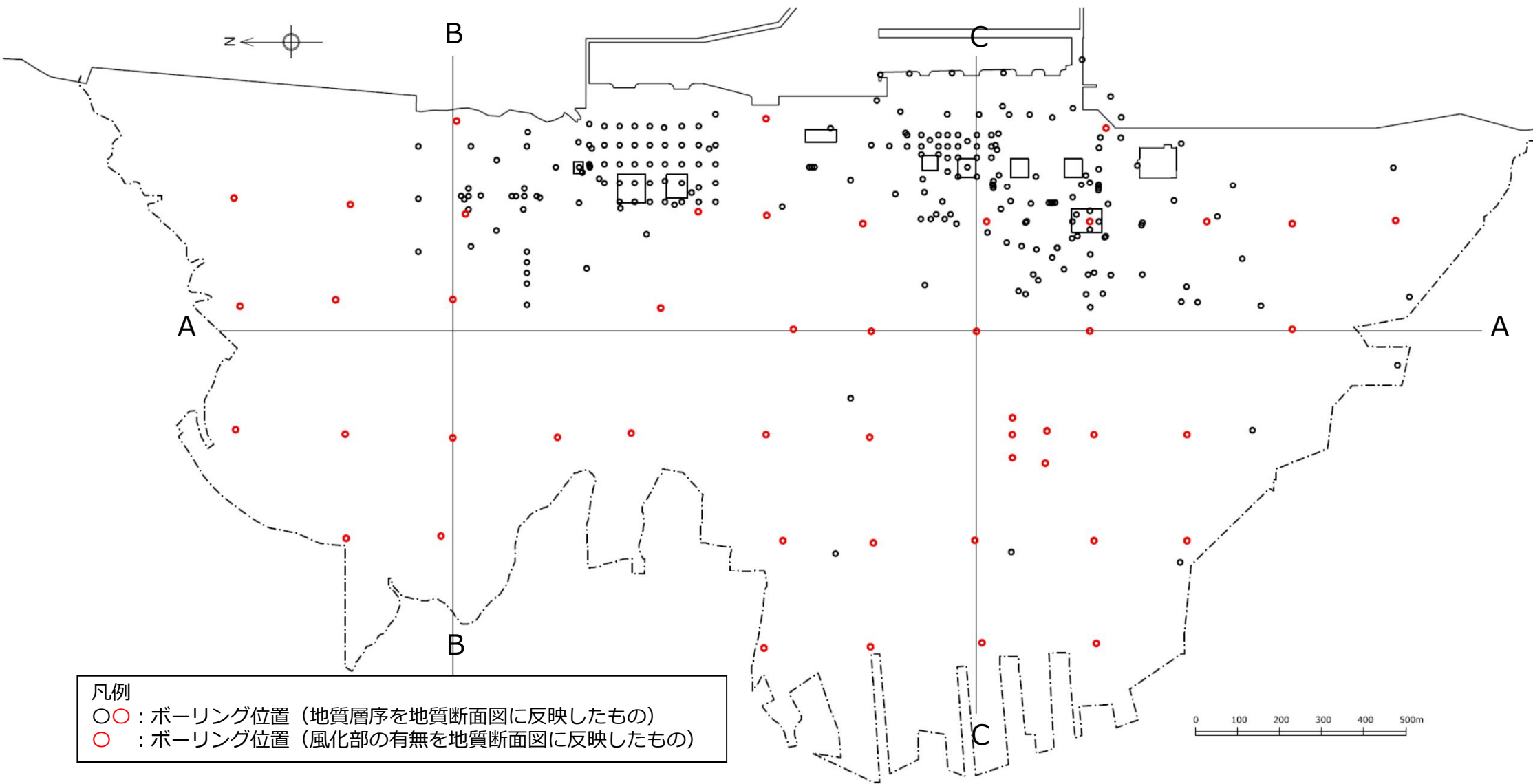
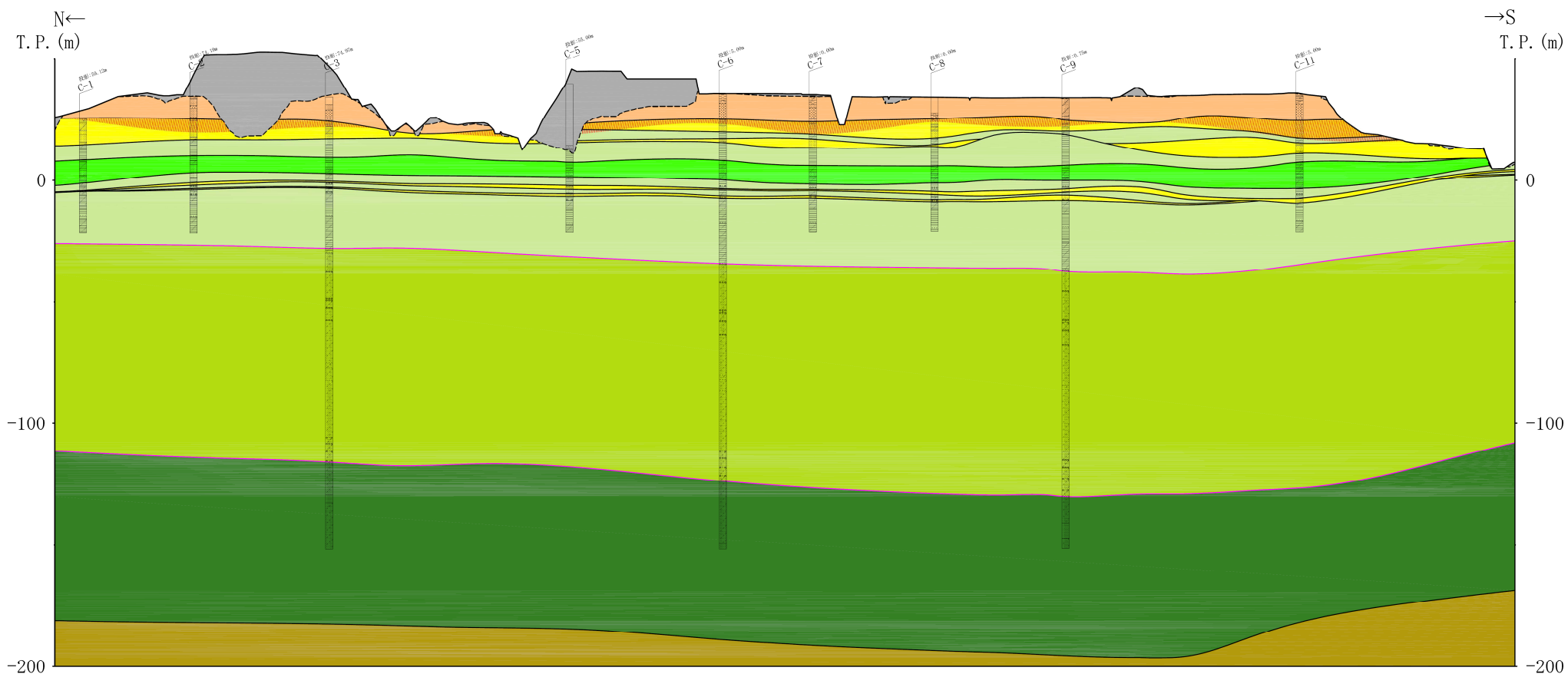


図 ボーリング位置図・地質断面位置図

1. 敷地内の富岡層風化部の分布状況

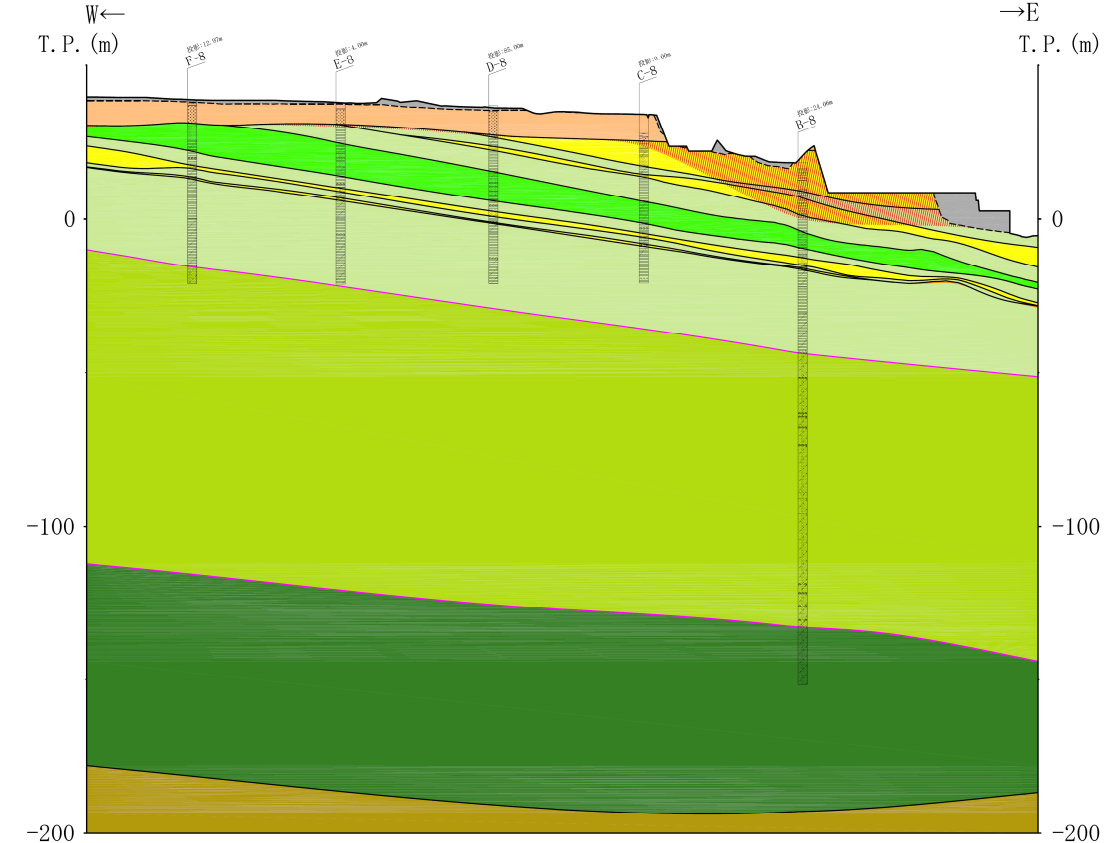
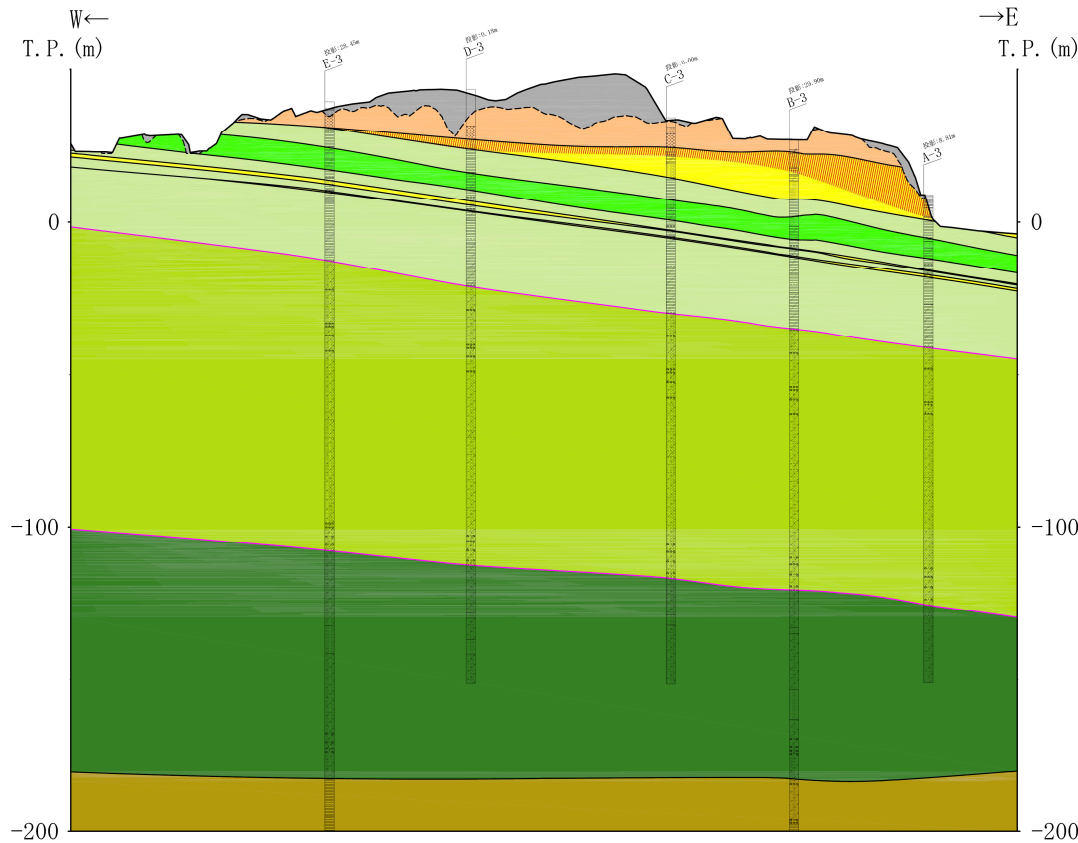


➤ 風化部は富岡層の上部に8m以下の厚さで敷地全域に分布する。

- | | |
|--------|------------|
| 埋戻土 | 埋戻土 |
| 粘土・シルト | 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層T3部層砂岩 |
| 礫 | 富岡層T3部層泥質部 |
| 泥岩 | 富岡層T3部層互層部 |
| 砂岩 | 富岡層T2部層 |
| 凝灰岩 | 富岡層T1部層 |
| 軽石 | 先富岡層 |
| | 凝灰岩鍵層 |
| | 風化部 |
- ※ 各ボーリング孔は断面線に投影

図 地質断面図 (汀線平行方向A-A)

1. 敷地内の富岡層風化部の分布状況



- | | |
|------------------|------------|
| 埋戻土 | 埋戻土 |
| 粘土・シルト | 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層T3部層砂岩 |
| 礫 | 富岡層T3部層泥質部 |
| 泥岩 | 富岡層T3部層互層部 |
| 砂岩 | 富岡層T2部層 |
| 凝灰岩 | 富岡層T1部層 |
| 軽石 | 先富岡層 |
| ※ 各ボーリング孔は断面線に投影 | |
| 凝灰岩鍵層 | 風化部 |

図 地質断面図
(汀線直交方向B-B)

- | | |
|------------------|------------|
| 埋戻土 | 埋戻土 |
| 粘土・シルト | 段丘堆積層 |
| 砂 | 富岡層T3部層砂岩 |
| 礫 | 富岡層T3部層泥質部 |
| 泥岩 | 富岡層T3部層互層部 |
| 砂岩 | 富岡層T2部層 |
| 凝灰岩 | 富岡層T1部層 |
| 軽石 | 先富岡層 |
| ※ 各ボーリング孔は断面線に投影 | |
| 凝灰岩鍵層 | 風化部 |

図 地質断面図
(汀線直交方向C-C)

➤ 風化部は富岡層の上部に分布し，海側（東側）に向かい厚くなる傾向が認められる。

2. 風化部による地盤の地震時応答への影響検討

2.1 検討概要

- 富岡層の上部に風化部が介在することによる施設の耐震評価と基礎地盤の安定性評価への影響を検討する。
- 富岡層T3部層の砂岩あるいは泥岩を一括とした地質区分 (a) と、段丘堆積物直下の風化部を考慮した地質区分 (b) の両方で地盤の地震応答解析を行い、解析結果 (地表面加速度, 基礎岩盤上面せん断力) を比較する。
- 敷地内の場所により、風化部の厚さ、およびN値が異なることから、これらをパラメータとした影響検討を行う。
- 地震応答解析は重複反射理論に基づく一次元地震応答解析手法とし、地盤のひずみ依存性は等価線形化法を用いる。

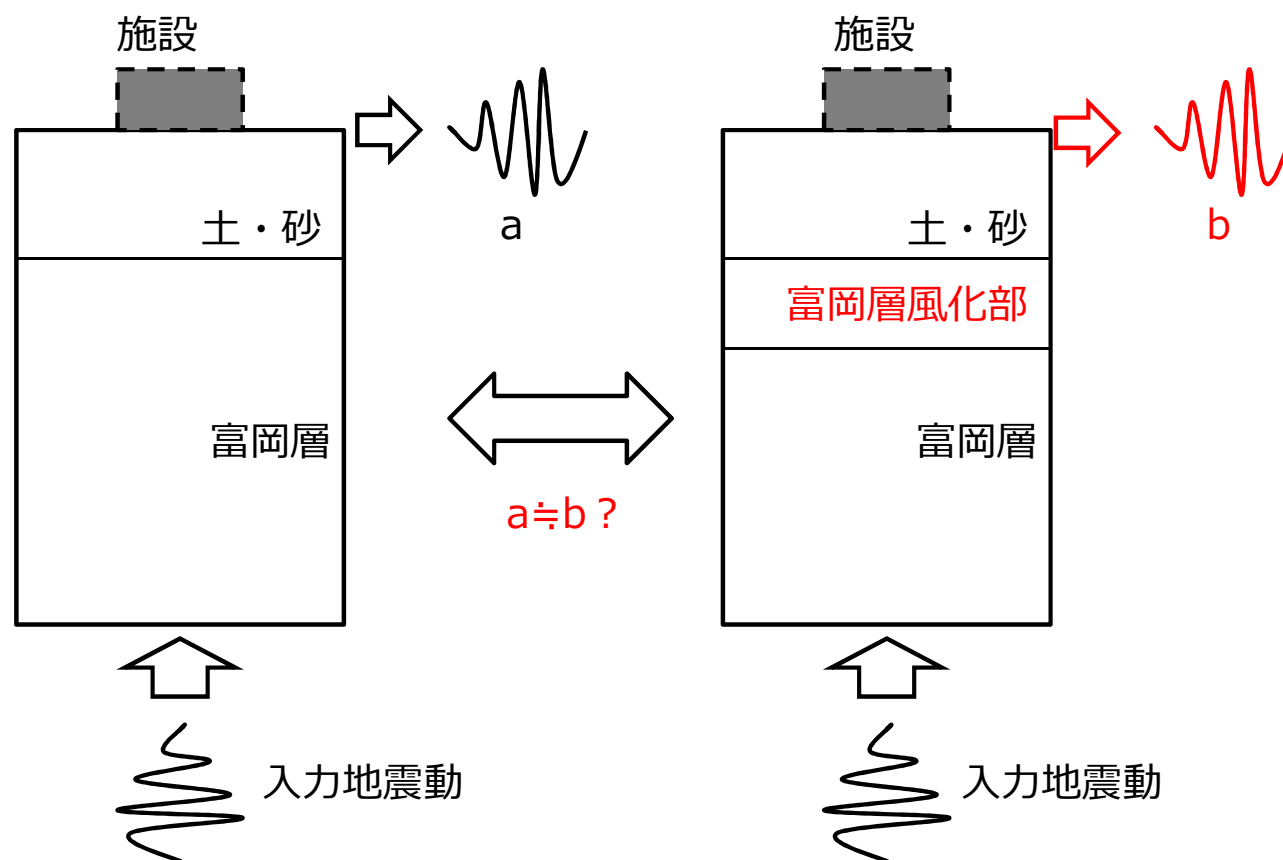


図 地盤の地震時応答への影響検討のイメージ

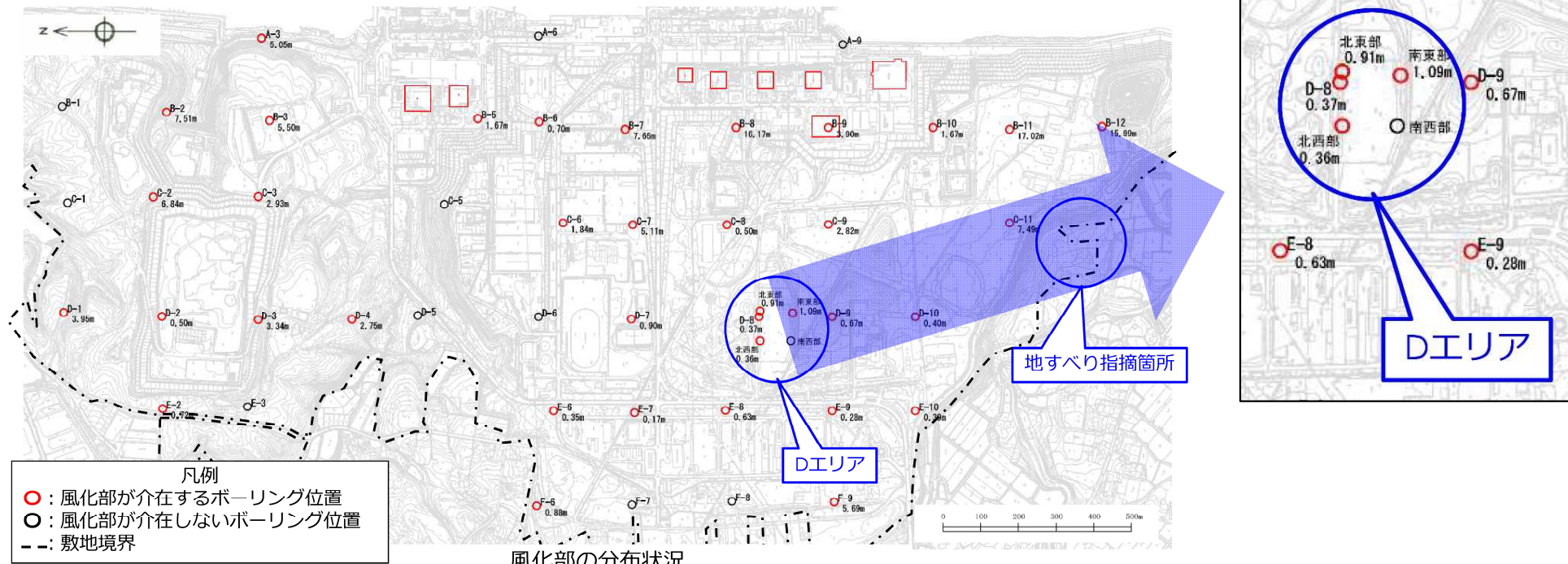
2.2 検討方法（地質層序）

- 検討は、富岡層上部に風化部の介在が認められ、地質層序・区分とN値が既知のDエリアの地質層序を例（基本ケース）に行う。Dエリアは、2022年9月22日の面談において、当該エリアのタンクの風化部介在による地震時滑動を指摘されたエリアである。
- Dエリアの4本のボーリング結果のうち、ボーリングコアの色調観察による風化部が最も厚い（風化部厚さ：1.09m）南東部のボーリング結果を検討対象とする。

2.1 段丘堆積物直下の風化部の分布状況

特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合
(2022.12.7 第2回) 資料より抜粋

- 9月20日の面談において指摘された「段丘堆積物直下のN値が大きく下がる強風化部」について、既往のボーリング調査結果を再整理し、段丘堆積物直下の富岡層における風化部の分布状況を把握した。分布状況を下図に示す。
- 風化部は敷地内全域に分布し、海側に向かって厚さが厚くなる傾向がみられる。なお、今回、整理した「風化部」はコア観察においてコアに変色が見られるものを風化部と判断したものであり、指摘された「N値が大きく下がる強風化部」とは異なる。
- Dエリアと地すべり指摘箇所の風化部が特に厚いなどの特徴は認められないことから、「Dエリアタンクの滑動」および「地すべりと指摘された箇所」と風化部の分布状況に関係性は認められない。



2.2 検討方法（解析モデル）

- 地震応答解析用の一次元解析モデルを左下図に示す。本解析モデルを「基本ケース」とし、**風化部の厚さとN値を変化させたパラスタ用解析モデルの解析結果を比較**することにより、風化部の介在による影響を確認する。

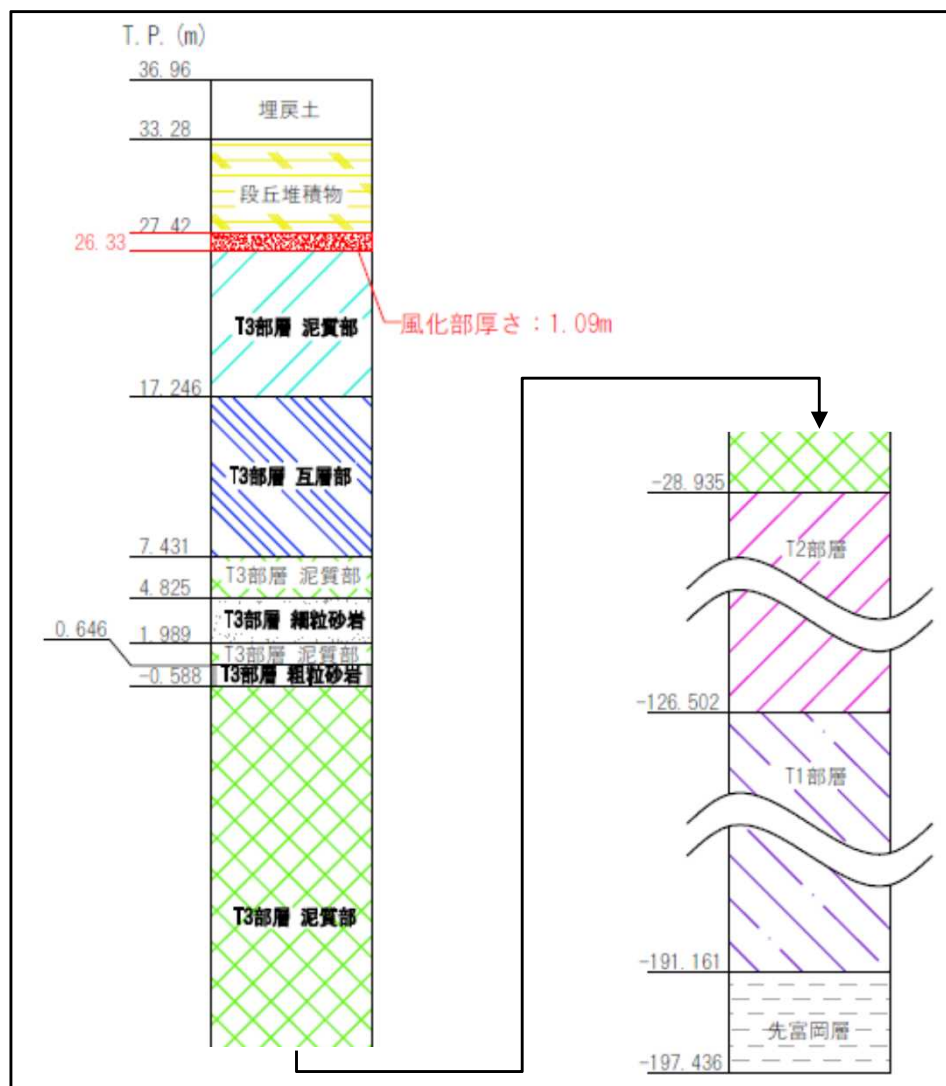


図 基本ケースの解析モデル

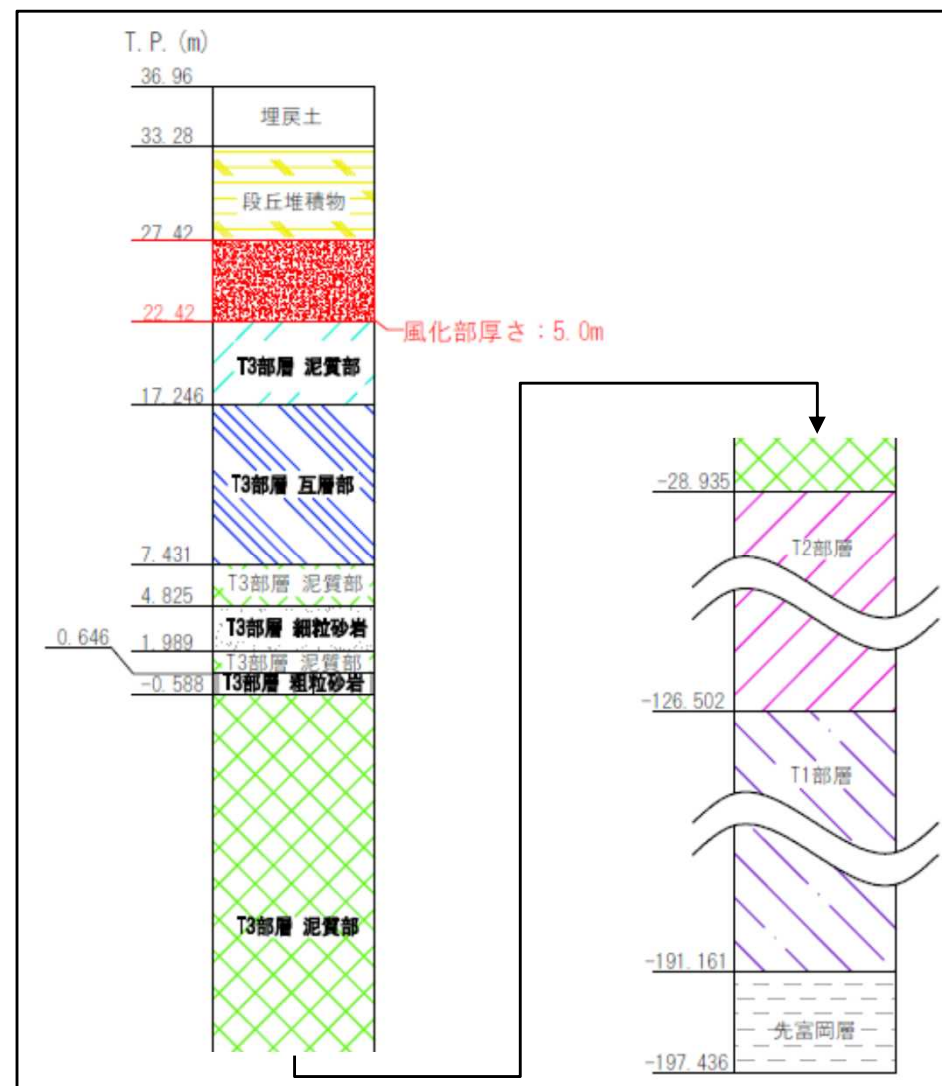


図 パラスタ用解析モデルの例（風化部厚さ5.0m）

2.2 検討方法（風化部の解析用物性値の設定）

- 風化部の解析用物性値は、N値より推定した。
- 初期せん断弾性係数 G_0 は、Dエリアのボーリング結果における風化部のN値の最小値（N=16）をもとに、道路橋示方書に記載されているN値からせん断弾性波速度 V_S を推定する式より V_S を推定して、算定した。

(4) 平均せん断弾性波速度 V_{si} を、弾性波探査、PS 検層等の適切な手法で直接計測して求める場合又は式 (3.6.2) により推定する場合には、(3)を満足するとみなしてよい。

$$\left. \begin{array}{l} \text{粘性土層の場合} \\ V_{si} = 100N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 25) \\ \text{砂質土層の場合} \\ V_{si} = 80N_i^{1/3} \quad (1 \leq N_i \leq 50) \end{array} \right\} \dots\dots\dots (3.6.2)$$

ここに、

N_i ：標準貫入試験による i 番 ■ の地層の平均 N 値

道路橋示方書・同解説 V耐震設計編（日本道路協会，平成29年11月）より抜粋・加筆

$$V_S = 80 \times N^{1/3}, \quad G_0 = \rho V_S^2$$

$$N = 16, \quad \rho = 1.71 \text{g/cm}^3 \text{より}, \quad G_0 = 69.5 \text{N/mm}^2$$

2.2 検討方法（その他，解析用物性値）

➤ その他の地盤の解析用物性値は，設置許可申請書等に記載した物性値を用いる。

		埋戻土	段丘堆積層	富岡層					先富岡層	
				T3部層 砂岩	T3部層 泥質部	T3部層 互層部 *2)	T2部層	T1部層		
物理特性	ρ_t (g/cm ³)	1.80	1.59	1.84	1.71	1.76	1.75-0.000417Z	1.79	1.88	
静的変形特性	E_0 (N/mm ²)	17.7	23.5	124P+94.4	506	等価変形係数 *3)	120-5.42Z	675	931	
	ν	0.33	0.21	0.48	0.47	等価ポアソン比 *3)	0.47	0.47	0.45	
動的変形特性	G_0 (N/mm ²)	72.6	158	210	427	302	254-3.22Z	667	954	
	ν_d	0.35	0.48	0.48	0.45	0.46	0.467+0.000222Z	0.44	0.42	
	$G/G_0 \sim \gamma$ (γ :%)	$\frac{1}{1+10.65\gamma^{0.778}}$	$\frac{1}{1+6.872\gamma^{0.614}}$	$\frac{1}{1+3.009\gamma^{0.604}}$	$\frac{1}{1+3.600\gamma^{0.962}}$	$\frac{1}{1+3.257\gamma^{0.688}}$	$\frac{1}{1+2.845\gamma^{0.918}}$	$\frac{1}{1+2.586\gamma^{0.722}}$	$\frac{1}{1+2.714\gamma^{0.920}}$	
	$h \sim \gamma$ (h, γ :%)	$22.97\gamma^{0.289}$	$\frac{14.79}{1+0.036/\gamma}$	$\frac{21.80}{1+0.122/\gamma}$	$11.90\gamma^{1.086}+1.617$	$\frac{17.57}{1+0.084/\gamma}$	$10.54\gamma^{0.865}+0.903$	$15.04\gamma^{0.517}$	$14.69\gamma^{0.583}$	
強度特性	ピーク強度	C_u (N/mm ²)	—	0.039	0.098	1.50	0.098 *5)	0.942-0.00758Z	1.62	1.80
		ϕ_u (°)	—	24.7	38.6	0	38.6 *5)	0	0	0
		σ_t (N/mm ²)	—	0	0	0.222 *1)	0 *5)	0.100-0.00119Z *1)	0 *4)	0.104
	残留強度	C_{ur} (N/mm ²)	—	0.034	0.069	1.08	0.069 *5)	1.01-0.00365Z	1.44	1.46
		ϕ_{ur} (°)	—	25.1	38.7	0	38.7 *5)	0	0	0
備考			強度特性は下図の通りに設定する。	強度特性は下図の通りに設定する。	強度特性は下図の通りに設定する。	強度特性は下図の通りに設定する。	強度特性は下図の通りに設定する。	強度特性は下図の通りに設定する。	強度特性は下図の通りに設定する。	

*1) すべり安全率の算定では安全側に0とする。

*2) T3部層 互層部の砂岩と泥質部の層厚比は4:6とする。

*3) T3部層 砂岩とT3部層 泥質部の E_0, ν , 層厚比から等価物性値を設定する。

*4) 解析用として安全側に設定した値。

*5) 安全側に富岡層T3部層砂岩の値を用いた。

2.2 検討方法（入力地震動）

- 地震応答解析に用いる入力地震動は，解放基盤表面（T.P.約-197m）で定義される検討用地震動とし，水平加速度の最も大きいSs-900①を用いる。

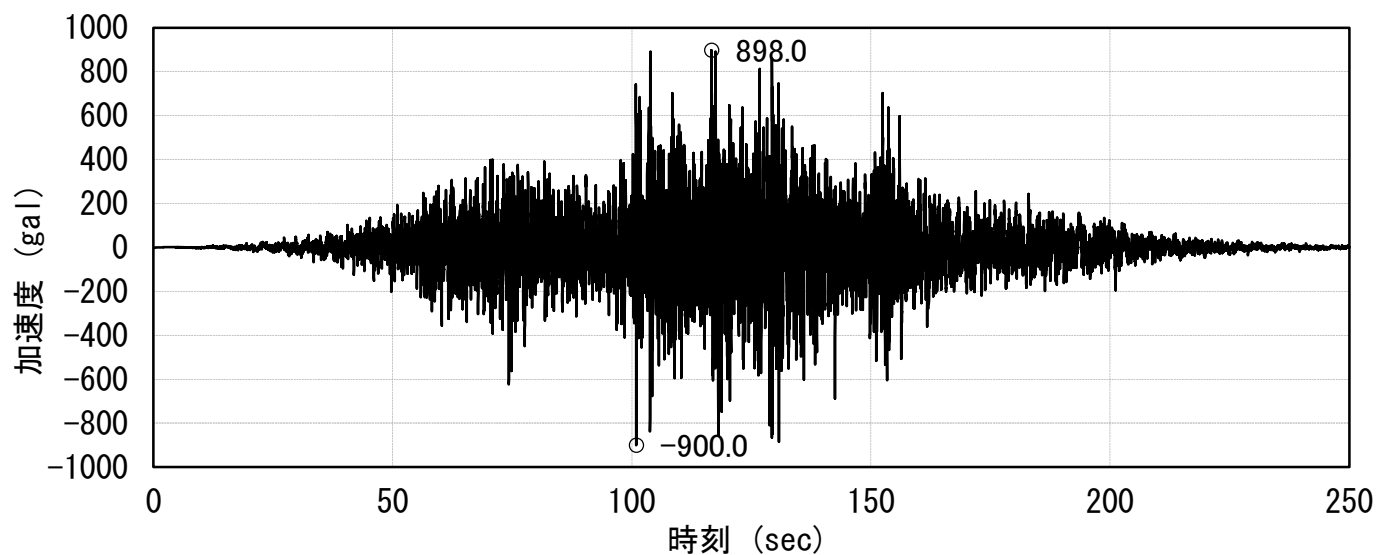


図 Ss-900①の水平加速度時刻歴波形

2.2 検討方法（解析ケース）

- 下表のとおり，風化部を考慮しない解析ケースと，風化部を考慮して風化部の厚さおよびN値をパラメータとして変化させた解析ケースの地震応答解析結果を比較し，風化部の介在による施設の耐震評価や基礎地盤の安定性評価への影響を評価する。

表 風化部厚さによる影響検討A

	風化部厚さ(m)	N値
風化部考慮なし	0.0	-
基本ケース	1.09	16
パラスタケースA-1	5.0	
パラスタケースA-2	10.0	

表 N値による影響検討B

	風化部厚さ(m)	N値
風化部考慮なし	0.0	-
基本ケース	1.09	16
パラスタケースB-1		5

2.3 検討結果 (A:風化部厚さによる施設の耐震評価への影響) TEPCO

➤ 施設の耐震設計に用いる地表面の加速度に着目すると、風化部厚さが厚くなると、最大加速度は1割程度小さくなることから、施設の耐震評価への影響はないと判断される。

表 地表面最大加速度の比較

項目	地表面最大加速度 (gal)
①風化部考慮なし (風化部: 0m)	1151.0
②基本ケース (風化部: 1.09m)	1156.5
③パラスタケースA-1 (風化部: 5.0m)	1005.7
④パラスタケースA-2 (風化部: 10.0m)	1003.1

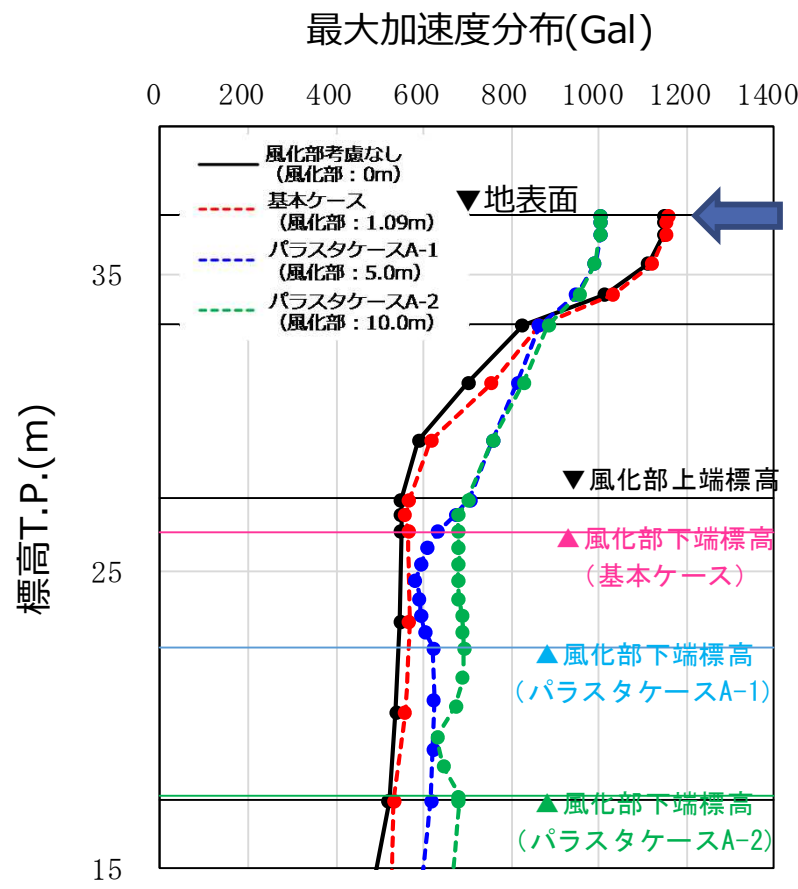


図 最大加速度の深度分布

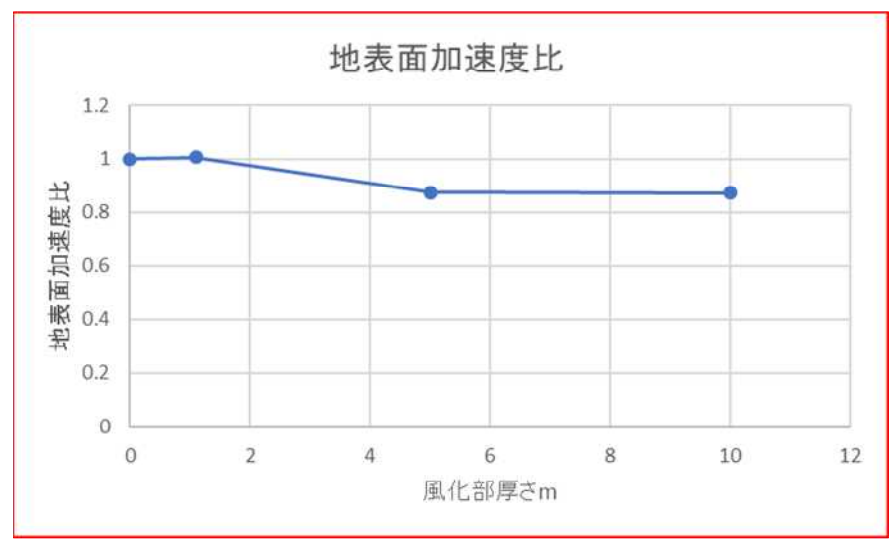


図 ①風化部考慮なしのケースを1としたときの最大加速度の比較

2.3 検討結果 (A:風化部厚さによる基礎地盤安定性への影響) TEPCO

➤ 基礎地盤の安定性評価においてすべり線を設定する基礎岩盤上面の最大せん断応力に着目すると、風化部の厚さが厚くなると最大せん断応力は増加するものの増加率は10%程度にとどまることから、**基礎地盤の安定性への影響は小さい**と判断される。(基礎地盤のすべり安全率は1.5以上を確認する、実際は重要施設は風化部を取り除いた健岩上に設置される)

表 最大せん断応力の比較

項目	風化部上端標高位置の最大せん断応力 (kN/m ²)
①風化部考慮なし (風化部: 0m)	126.8
②基本ケース (風化部: 1.09m)	133.9
③パラスタケースA-1 (風化部: 5.0m)	136.5
④パラスタケースA-2 (風化部: 10.0m)	137.9

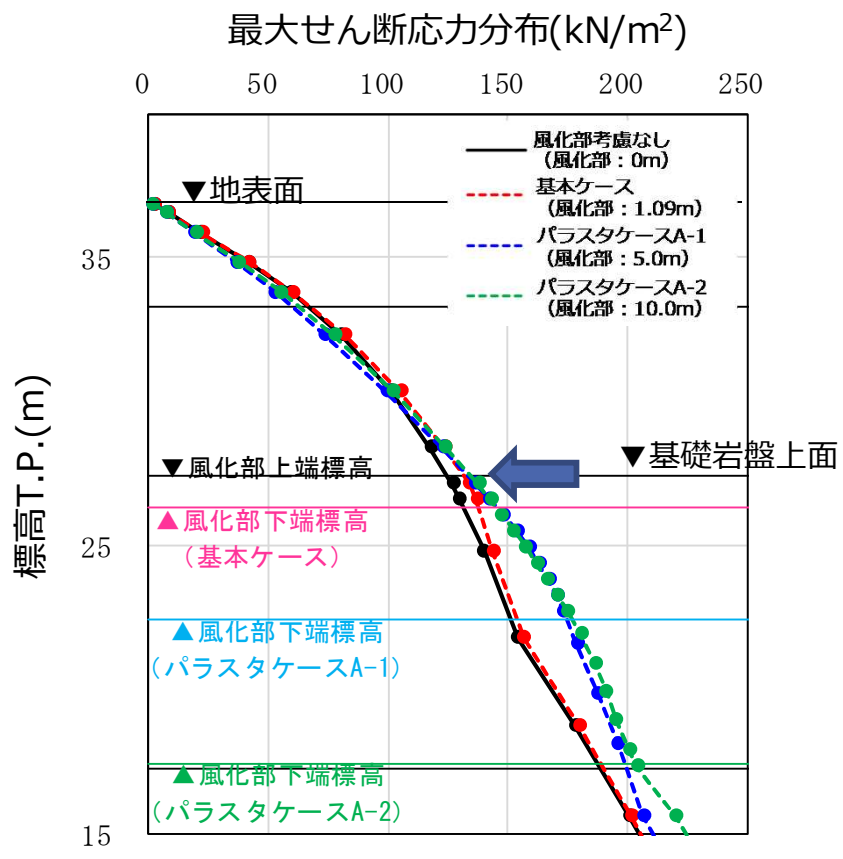


図 最大せん断応力の深度分布

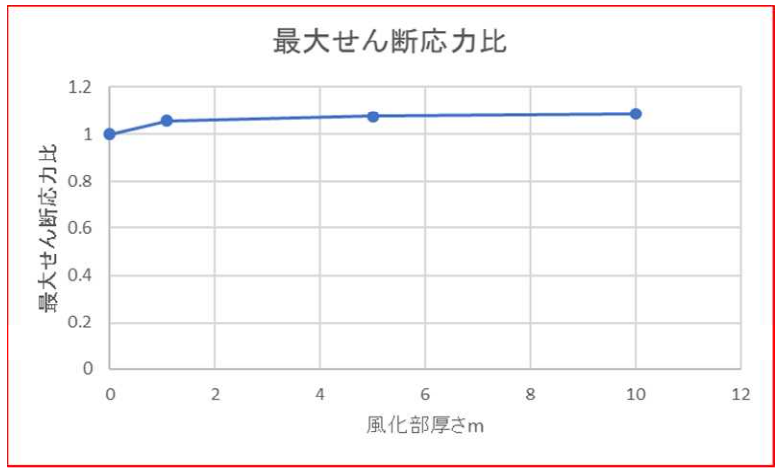


図 ①風化部考慮なしのケースを1としたときの最大せん断応力の比較

2.3 検討結果（B:N値による施設の耐震評価への影響）

- 施設の耐震設計に用いる地表面の加速度に着目すると、N値が小さくなると最大加速度は小さくなる傾向であり、施設の耐震評価への影響はないと判断される。

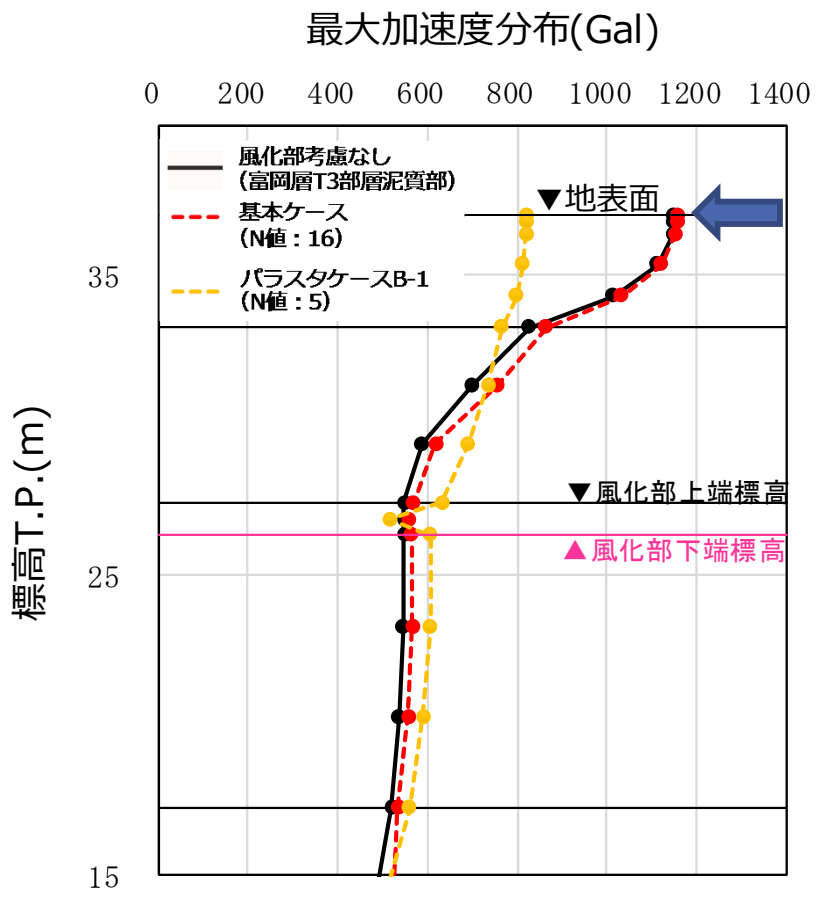


図 最大加速度の深度分布

表 最大加速度の比較

項目	地表面最大加速度 (gal)
①風化部考慮なし (富岡層T3部層泥質部)	1151.0
②基本ケース (N値：16)	1156.5
③パラスタケースB-1 (N値：5)	819.6

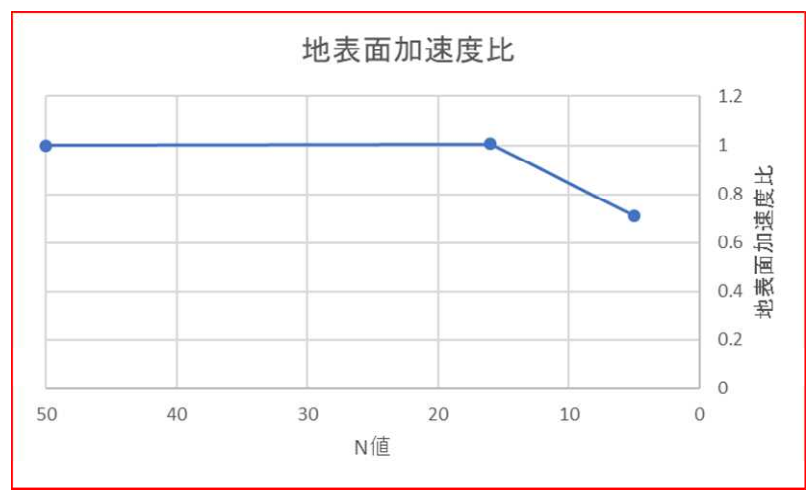


図 ①風化部考慮なしのケースを1としたときの最大加速度の比較
 ※①風化部考慮なしのN値は50で表示

2.3 検討結果（B:N値による基礎地盤の安定性評価への影響） **TEPCO**

➤ 基礎地盤の安定性評価においてすべり線を設定する基礎岩盤上面の最大せん断応力に着目すると、N値が大きく変化しても最大せん断応力の変化は小さいことから、基礎地盤の安定性への影響は小さいと判断される。

表 最大せん断応力の比較

項目	風化部上端標高位置の最大せん断応力 (kN/m ²)
①風化部考慮なし (T3部層泥質部)	126.8
②基本ケース (N値 : 16)	133.9
③パラスタケースB-1 (N値 : 5)	120.1

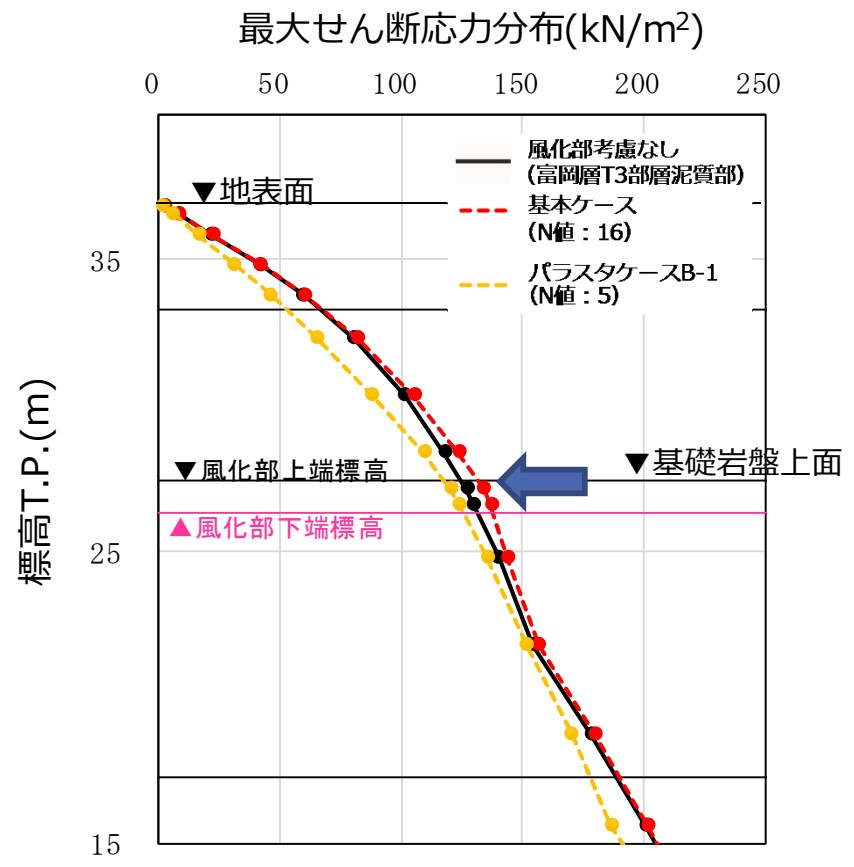


図 最大せん断応力の深度分布

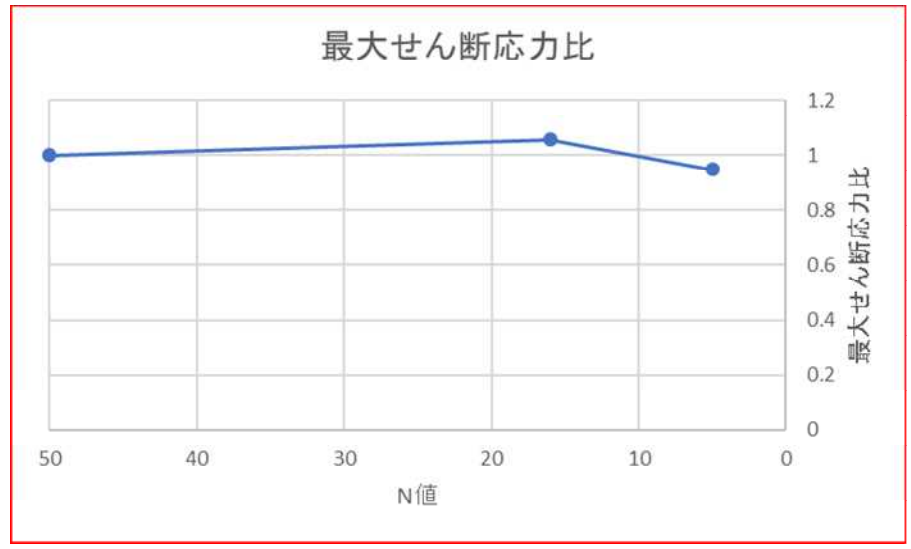


図 ①風化部考慮なしのケースを1としたときの最大せん断応力の比較
 ※①風化部考慮なしのN値は50で表示

2.4 まとめ

- 風化部を考慮しない地質区分と風化部を考慮した地質区分の両方を反映した解析モデルによる地盤の地震応答解析を行った。
- 風化部厚さ・N値をパラメータにして変化させ、地表面加速度、風化部せん断応力の傾向を把握した結果は以下のとおり。

項目	風化部なし	→	風化部厚さ大
風化部なし	—	→	地表面加速度 (↓) 風化部せん断応力 (↑)
↓	↓		
N値小	地表面加速度 (↓) 風化部せん断応力 (↓)		

- 以上の結果から、風化部を考慮し、風化部の厚さが厚く、N値が小さいほうが、施設設計に用いる地表面加速度は小さくなることから、**風化部の介在による施設の耐震評価への影響はない**と判断される。
- また、風化部厚さが大きくなると、基礎地盤のすべりの計算に用いるせん断応力度は大きくなるが増加率は10%程度にとどまることから、**地盤安定性評価への影響は小さい**と判断される。
- よって、**従来の地質区分による施設の耐震評価および基礎地盤の安定性評価への影響はない。**

3. 敷地内のボーリング調査計画

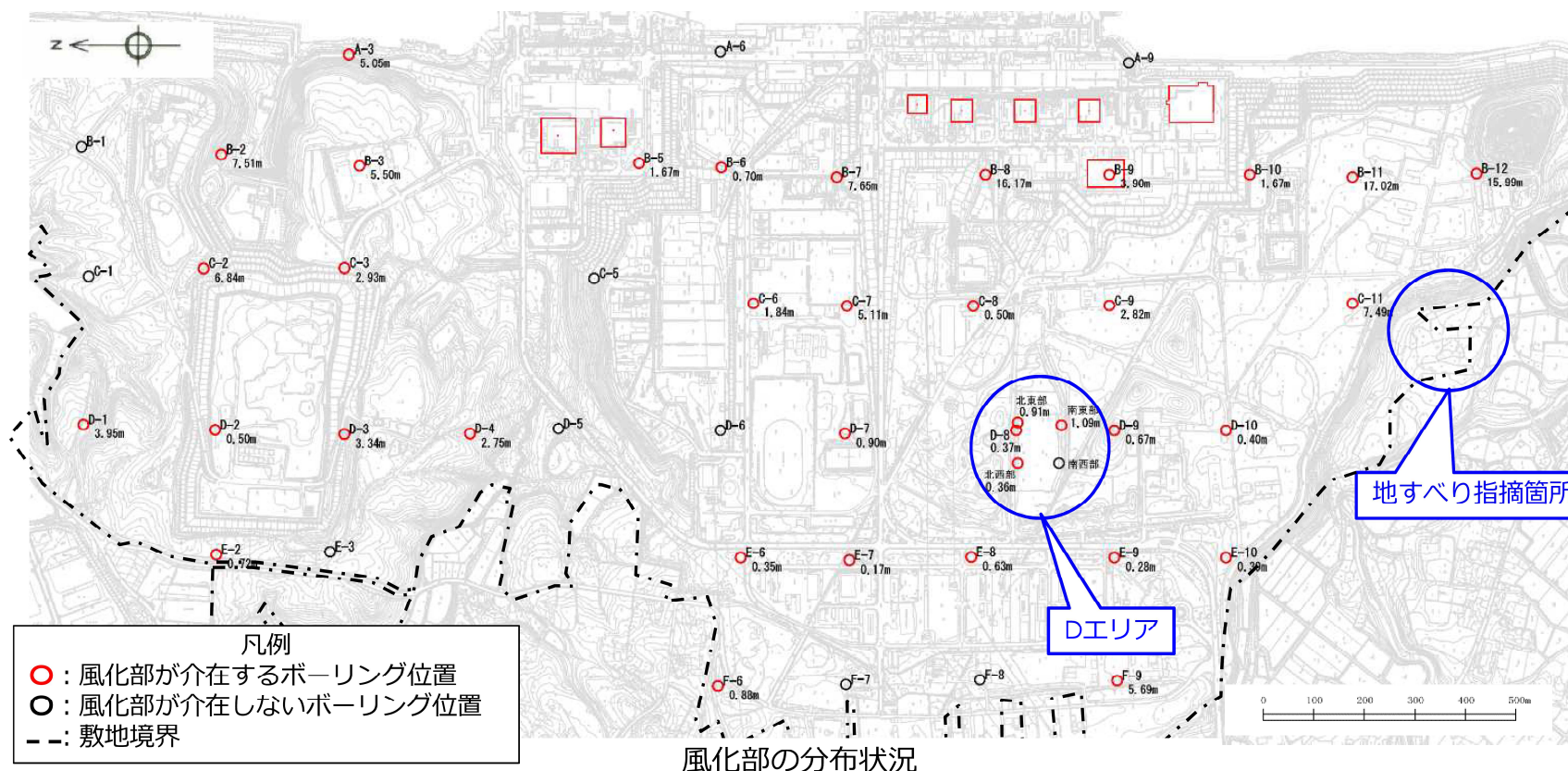
3.1 調査方針

- 敷地内に広く分布する富岡層風化部の物性を把握するため、ボーリング調査およびボーリングにより採取した室内試験用試料による室内試験を実施する。

2.1 段丘堆積物直下の風化部の分布状況

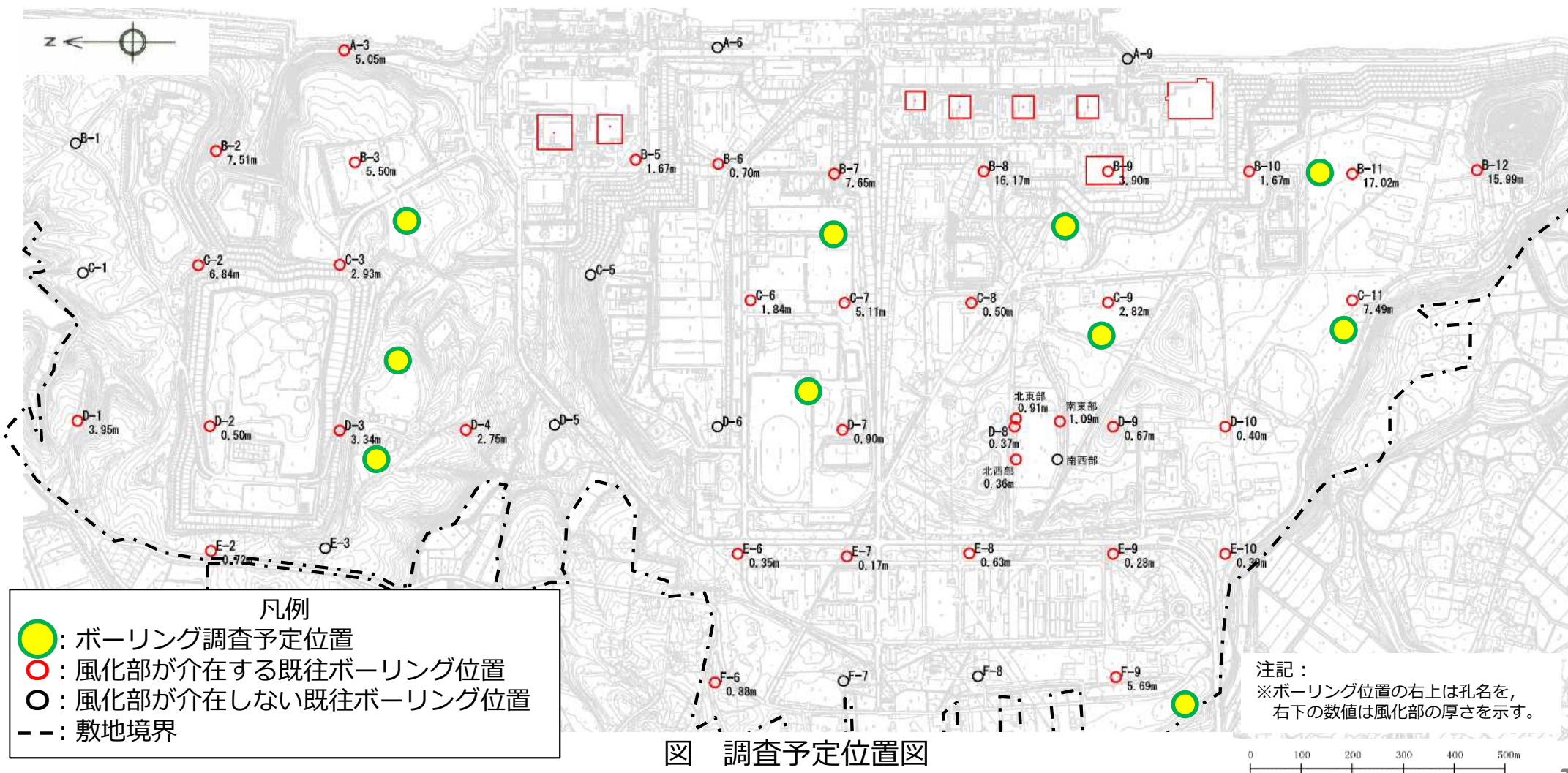
特定原子力施設の実施計画の審査等に係る技術会合
(2022.12.7 第2回) 資料より抜粋

- 9月20日の面談において指摘された「段丘堆積物直下のN値が大きく下がる強風化部」について、既往のボーリング調査結果を再整理し、段丘堆積物直下の富岡層における風化部の分布状況を把握した。分布状況を下図に示す。
- 風化部は敷地内全域に分布し、海側に向かって厚さが厚くなる傾向がみられる。なお、今回、整理した「風化部」はコア観察においてコアに変色がみられるものを風化部と判断したものであり、指摘された「N値が大きく下がる強風化部」とは異なる。
- Dエリアと地すべり指摘箇所の風化部が特に厚いなどの特徴は認められないことから、「Dエリアタンクの滑動」および「地すべりと指摘された箇所」と風化部の分布状況に関係性は認められない。



3.2 ボーリング調査位置の選定

- ボーリング調査位置は、室内試験用試料を確実に採取できるように、**富岡層風化部が比較的厚い箇所**から選定する。
- また、富岡層風化部は敷地全体に広く分布することから、ボーリング調査位置も**広く偏りなく配置**する。



※ただし、既存設備、他の廃炉工事とのヤード調整等により実施位置が変更となる可能性がある。

3.3 調査・試験内容

- ボーリング調査1箇所につき，地質判読用試料および室内試験用試料をそれぞれ採取するために，計2本のボーリングを行う。また，約10箇所のうち1箇所については，N値把握用のボーリングを1本追加して計3本実施する。
- 採取した試料を用いて室内試験を行い，富岡層風化部の物性値を把握する。

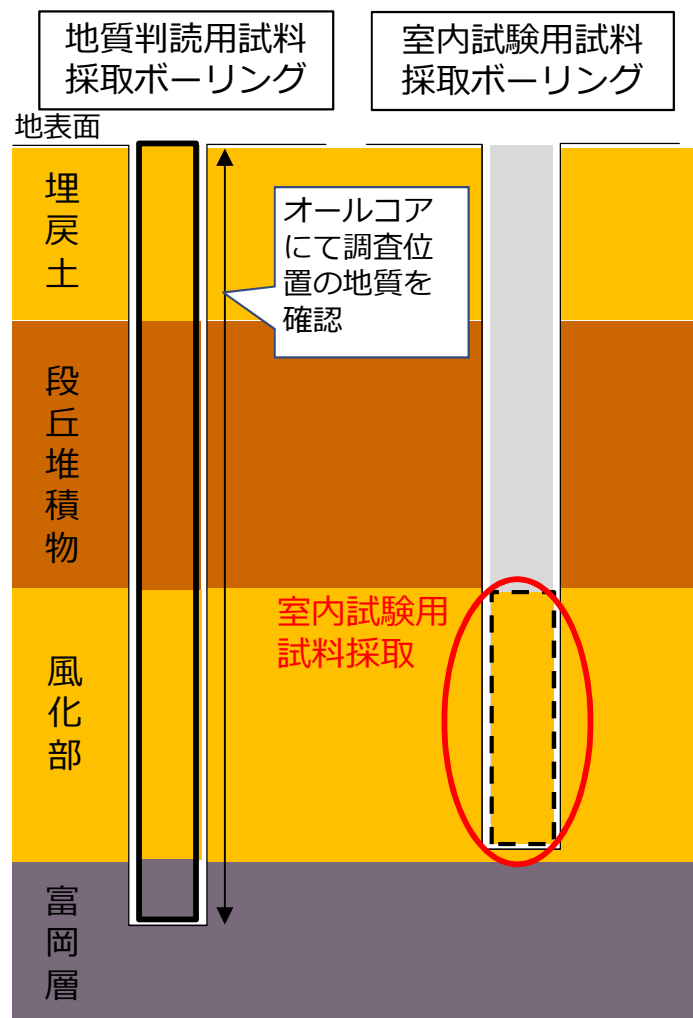


表 室内試験一覧

項目	物性値	必要な試験・調査	予定数量 (供試体)
物理特性	密度： ρ_t	三軸圧縮試験供試体	40
静的変形特性	変形特性： E_0	三軸圧縮試験	40
	静ポアソン比： ν	三軸圧縮試験中の堆積変化測定	40
動的変形特性	初期動せん断弾性係数： G_0	ダウンホールPS検層の V_s と三軸圧縮試験供試体密度	10
	動ポアソン比： ν_d	ダウンホールPS検層	10
	動せん断弾性係数のひずみ依存性： $G/G_0 \sim \gamma$ 減衰定数のひずみ依存性： $h \sim \gamma$	繰返し三軸試験	10
ピーク強度	C_u	三軸圧縮試験	40
	Φ_u		
残留強度	C_{ur}	三軸圧縮試験	40
	Φ_{ur}		

※ 1：下線は原位置試験（ボーリング孔を利用した試験）

※ 2：調査の状況により数量は変更する

図 ボーリング調査の模式図

3.4 今後のスケジュール

- ボーリング調査・室内試験は下図に示すスケジュールで進めていく。

	2022年度下期	2023年度上期	2023年度下期	2024年度
①ボーリング調査 ・コア試料採取		■		
②室内試験		■	■	
③物性値評価			■	

※現場作業の進捗により工程が前後する可能性がある。

4. 追加2地点の地形判読結果

4.1 設置許可申請時の追加2地点の地形

敷地周辺陸域の地形

- 敷地を中心とする半径約30kmの範囲及びその周辺陸域における地形は、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等の結果によると以下のとおりである。
- 変動地形学的調査としては、陸域については、主に国土地理院で撮影された縮尺4万分の1、2万分の1および1万分の1の空中写真並びに国土地理院発行の縮尺2万5千分の1の地形図等を使用して、空中写真判読を行い、段丘面等の地形要素を抽出・分類した。
- 敷地周辺の陸域は、地形上、**西半部の阿武隈山地と東半部の丘陵とに大別**され、いわき市横川から同市八茎付近を境に南側では、丘陵が西方に大きく入り込んで発達している。いわき市八茎以北においては、**東半部の丘陵は、丘陵のほかに段丘及び平野が発達する木戸川以北と、段丘及び平野の発達が悪い木戸川以南とに区分**される。

①下小埜地点（次頁）

- **木戸川の南側（右岸）にL1, L2, L3, A1段丘面を、北側（左岸）にL3段丘面を判読**している。

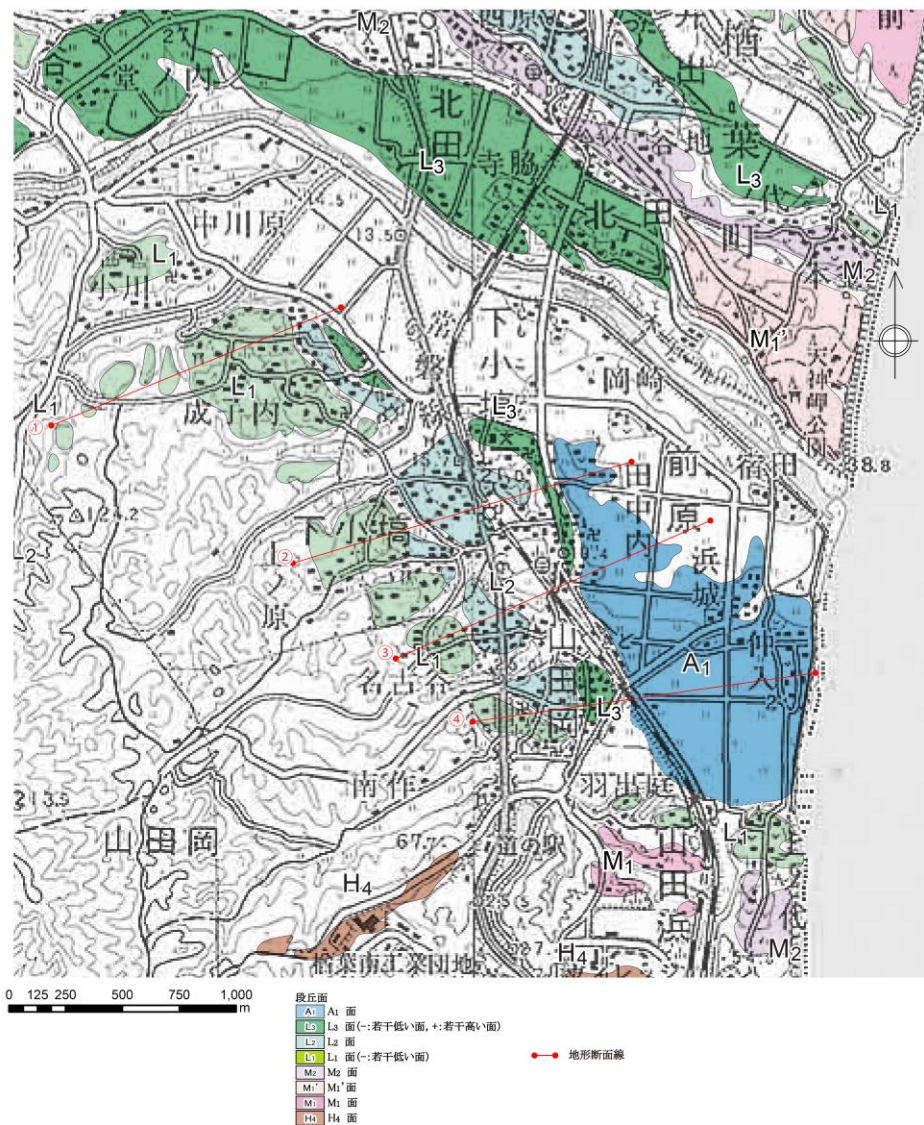
②塚原地点（次頁）

- **小高川の北側（左岸）にM1段丘面および、その低位にM2段丘面を判読**している。
- その**西方にM2段丘面を判読**している。



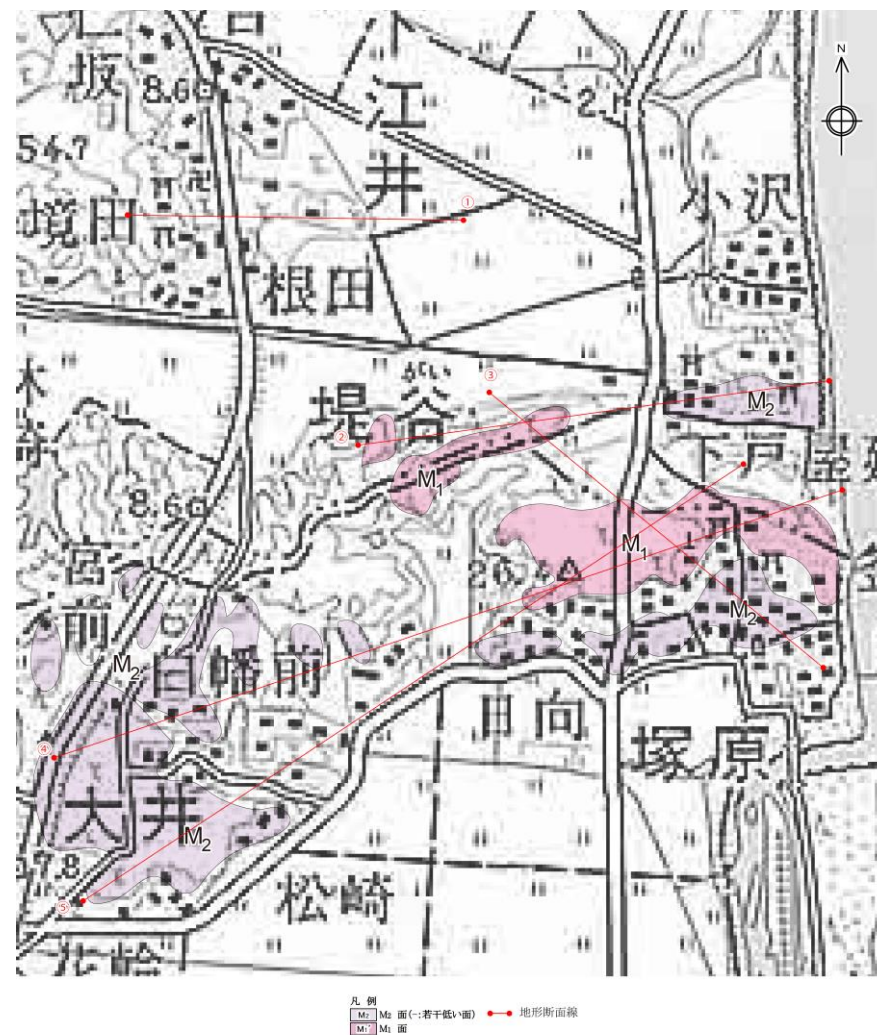
4.1 設置許可申請時の追加2地点の地形

①下小埜地点 設置許可申請時の段丘面分布図



福島第一発電所補正申請書(2010)による空中写真判読図(下小埜地区)
(地形断面線を加筆)

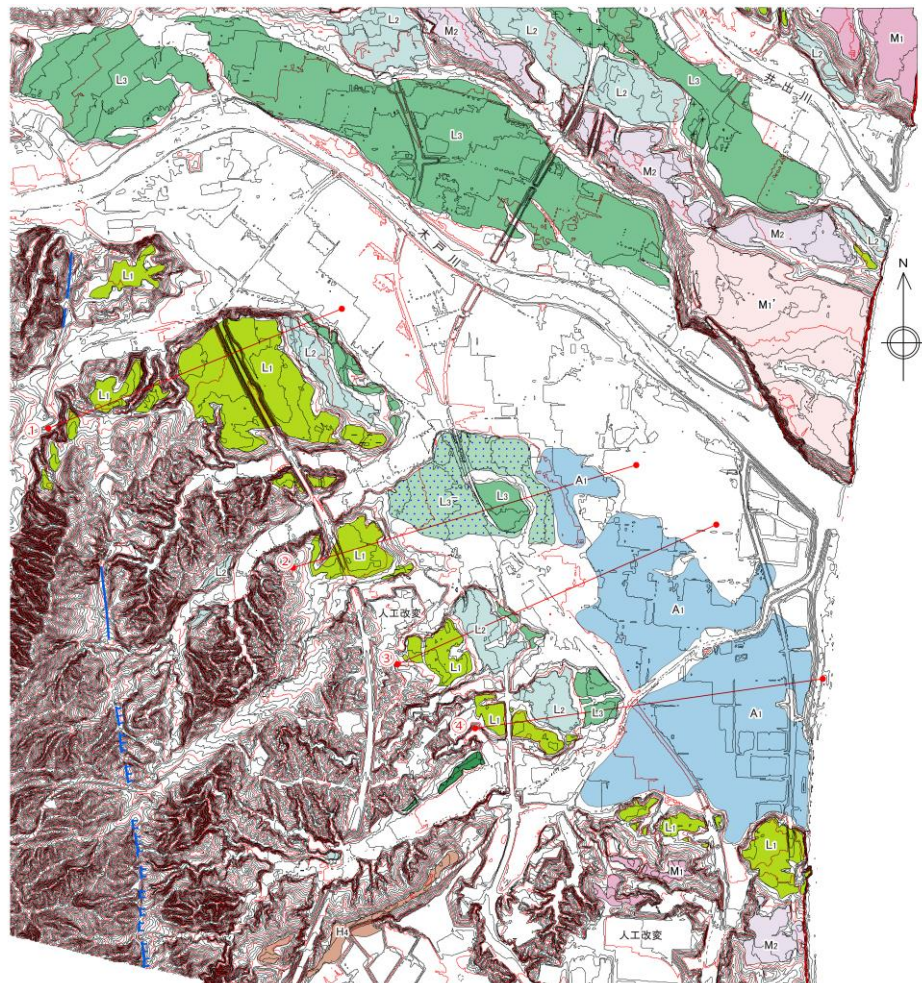
②塚原地点 設置許可申請時の段丘面分布図



福島第一発電所補正申請書(2010)による空中写真判読図(塚原地区)
(地形断面線を加筆)

4.2 下小埜地点の地形判読

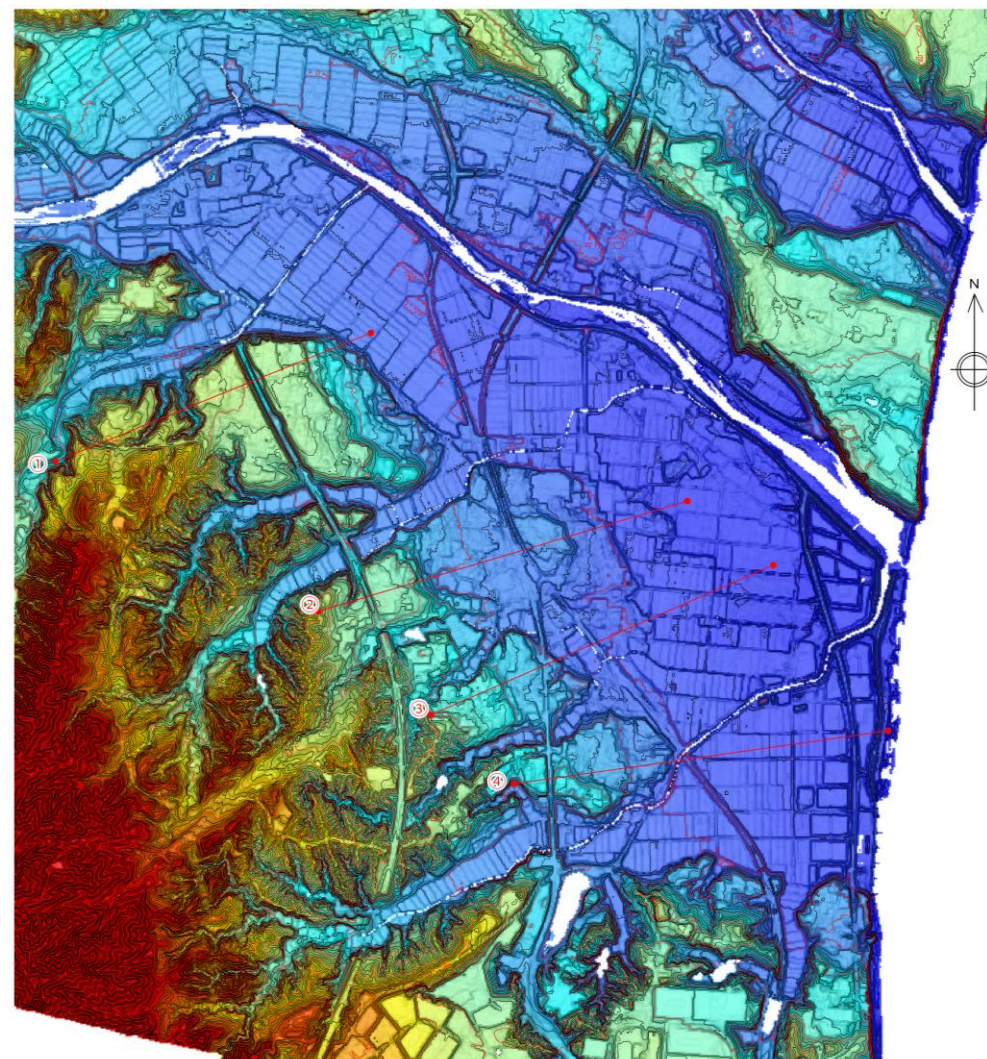
①下小埜地点 段丘面分布図



- | | |
|-------------------------|--------------------|
| 段丘面 | リニアメント |
| A1 面 | Lcリニアメント |
| L1' 面 (L1面より若干低い) 扇状地状 | (短線は低下側を、矢印は傾斜を示す) |
| L1 面 (-:若干低い面, +:若干高い面) | |
| L2 面 | |
| L3 面 | |
| L4 面 (-:若干低い面) | |
| M1 面 | |
| M2 面 | |
| H1 面 | |
| H2 面 | |

小埜地区の段丘面分布図
(等高線は5mDEMによる)

①下小埜地点 標高段彩傾斜図



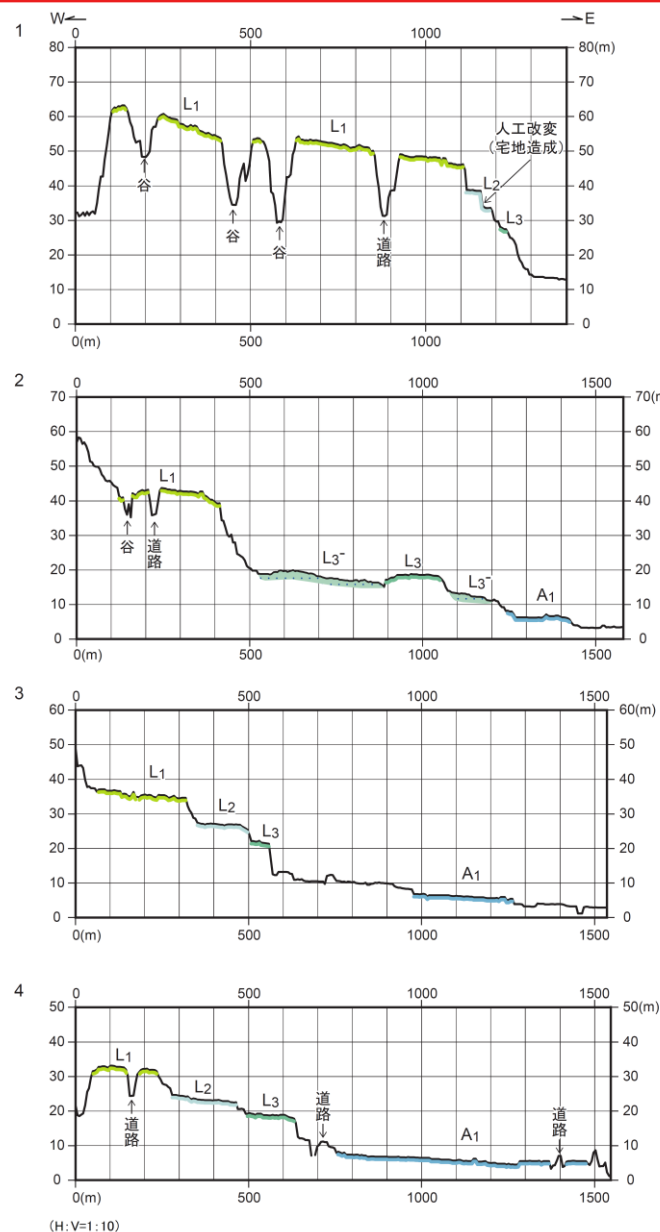
0 125 250 500 750 1,000 m

- 凡例
- 標高 (m)
高: 100
低: 0
- 傾斜 (°)
高: 5
低: 0

4.2 下小埜地点の地形判読

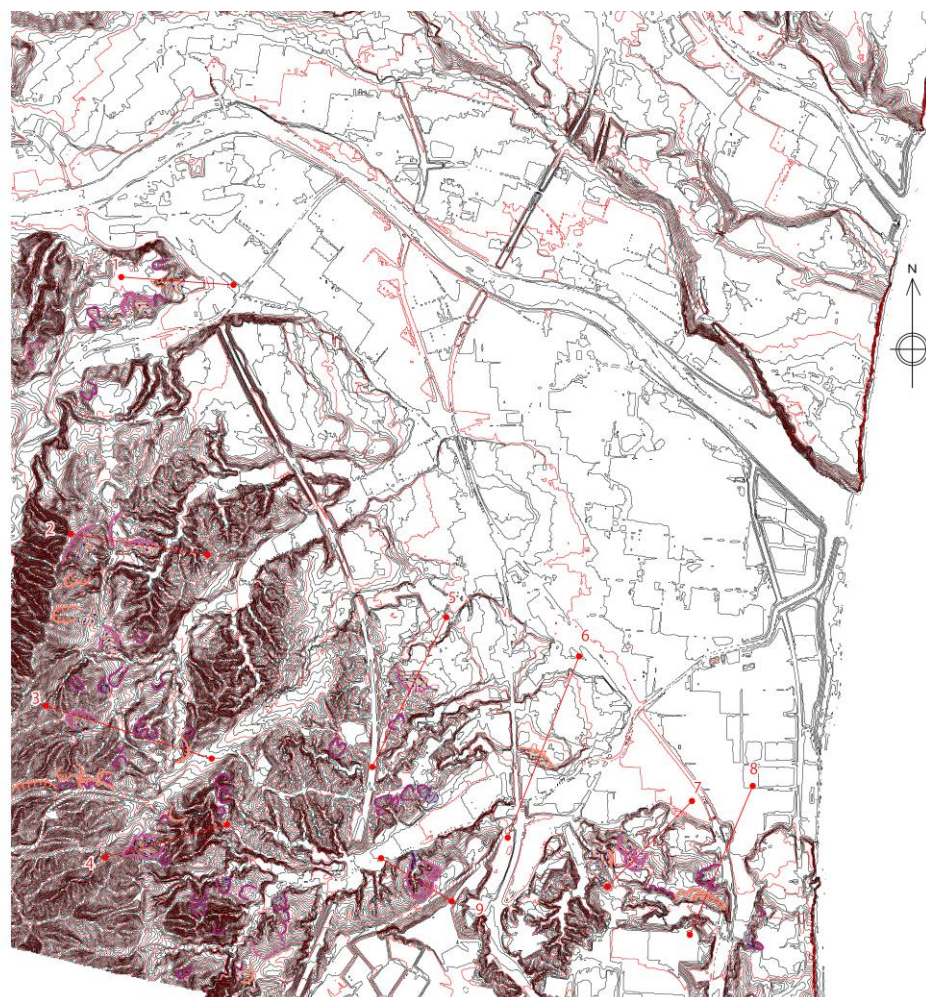
① 下小埜地点 地形断面図

- 木戸川の南側（左岸側）にL1, L2, L3, A1段丘面を判読している。
- 河成の段丘であり，木戸川上流（断面1）から下流（断面2）にかけて各段丘面の標高が低下する。
- 「川前及び井出」（産業技術総合研究所 地質調査総合センター，2002）では，同地域にtm3, tm4, tl1, tl2段丘面を判読しており，L1がtm3に，L2がtm4に，L3がtl1に，A1がtl2におおよそ対応している。
- L1,L2,L3,A1段丘面の各面を境する崖面は，その連続性，形態などから，木戸川の側方浸食による段丘崖であると判断される。
- 段丘面上および段丘崖に，規模の大きな地すべりを示唆する馬蹄形～円弧上の崖地形，段丘崖の傾斜は認められない。
- これらのことから，当地域に大規模な地すべりは認められない。



4.2 下小埜地点の地形判読

①下小埜地点 地すべり地形分布図

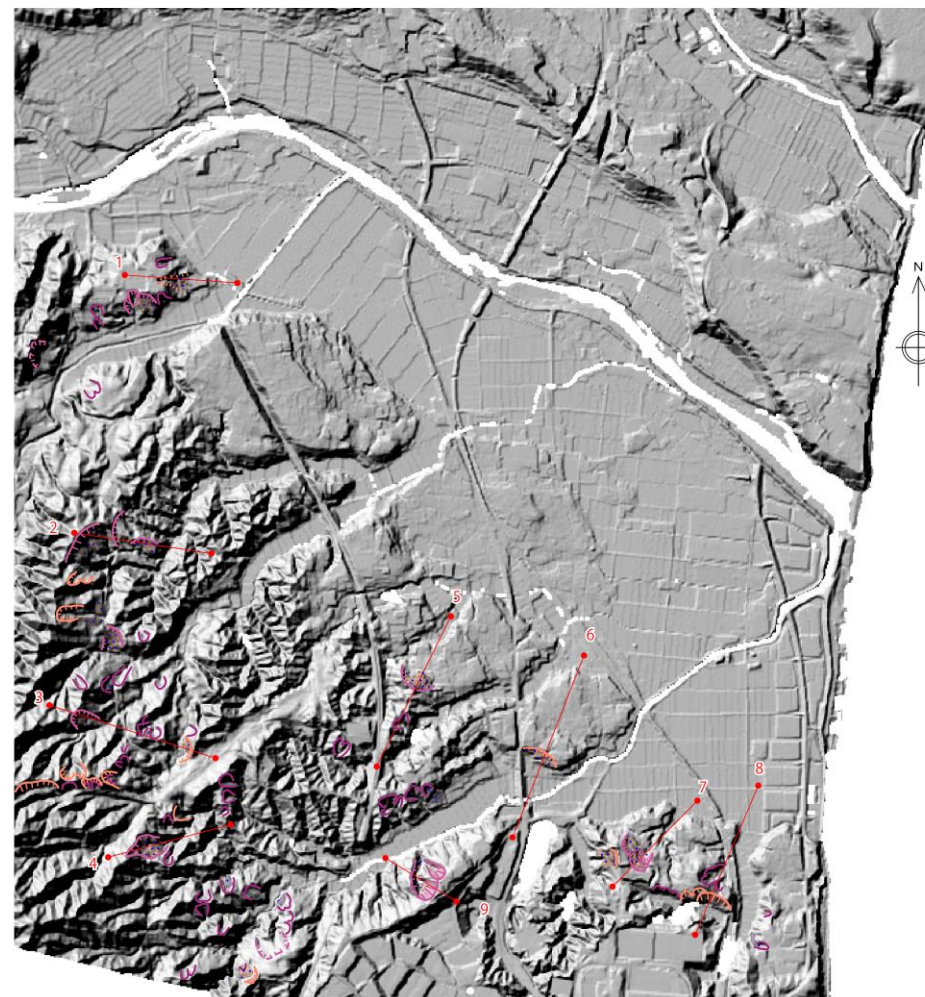


- 凡例
- 地すべり(滑落崖:馬蹄形~弓型)
*塗色部は崖面が明瞭
移動土塊, 崩積土
 - 地すべり(滑落崖の側壁が不明瞭)
 - 崩壊(滑落崖状:馬蹄形~弓型)
*塗色部は崖面が明瞭
崩積土
 - 崩壊(馬蹄形~V字形:小規模)
崩積土(舌状~扇状)

—●— 地形断面線

下小埜地区の地すべり地形分布図
(等高線は5mDEMによる)

①下小埜地点 陰影起伏図



- 凡例
- 地すべり(滑落崖:馬蹄形~弓型)
*塗色部は崖面が明瞭
移動土塊, 崩積土
 - 地すべり(滑落崖の側壁が不明瞭)
 - 崩壊(滑落崖状:馬蹄形~弓型)
*塗色部は崖面が明瞭
崩積土
 - 崩壊(馬蹄形~V字形:小規模)
崩積土(舌状~扇状)

—●— 地形断面線

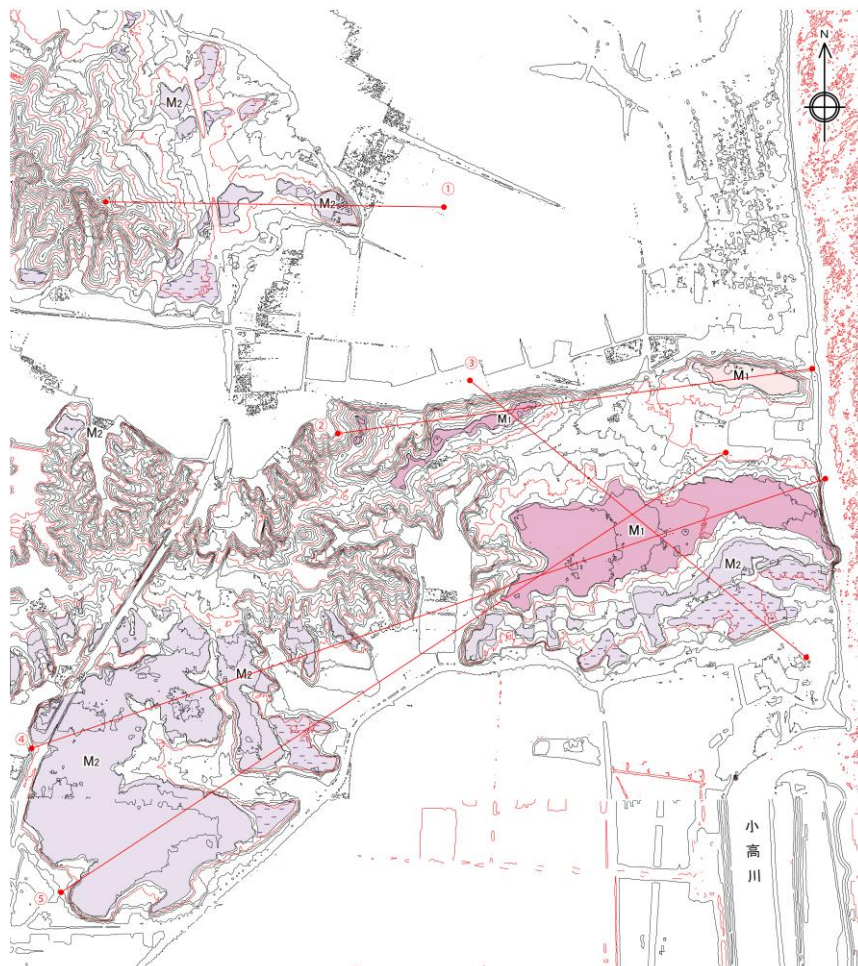
下小埜地区の5mDEMから作成した陰影起伏図
(5mDEMは国土地理院基礎地図情報による)

① 下小埜地点の地すべり地形（まとめ）

- 地すべりや崩壊が認められるが、いずれも小規模である。
- 判読した地すべりは、起伏が急峻な谷地形の斜面に認められ、その位置は福島第一原子力発電所の敷地から遠く、また、敷地の高台（M1段丘面）下の段丘崖の安定性に影響を与えるものではない。
- なお、「川前及び井出」（産業技術総合研究所 地質調査総合センター、2002）によれば、地すべりは両側の山地をなす湯長谷層群（中新統）分布域に認められ、古い岩質に起因したものと推測される。

4.3 塚原地点の地形判読

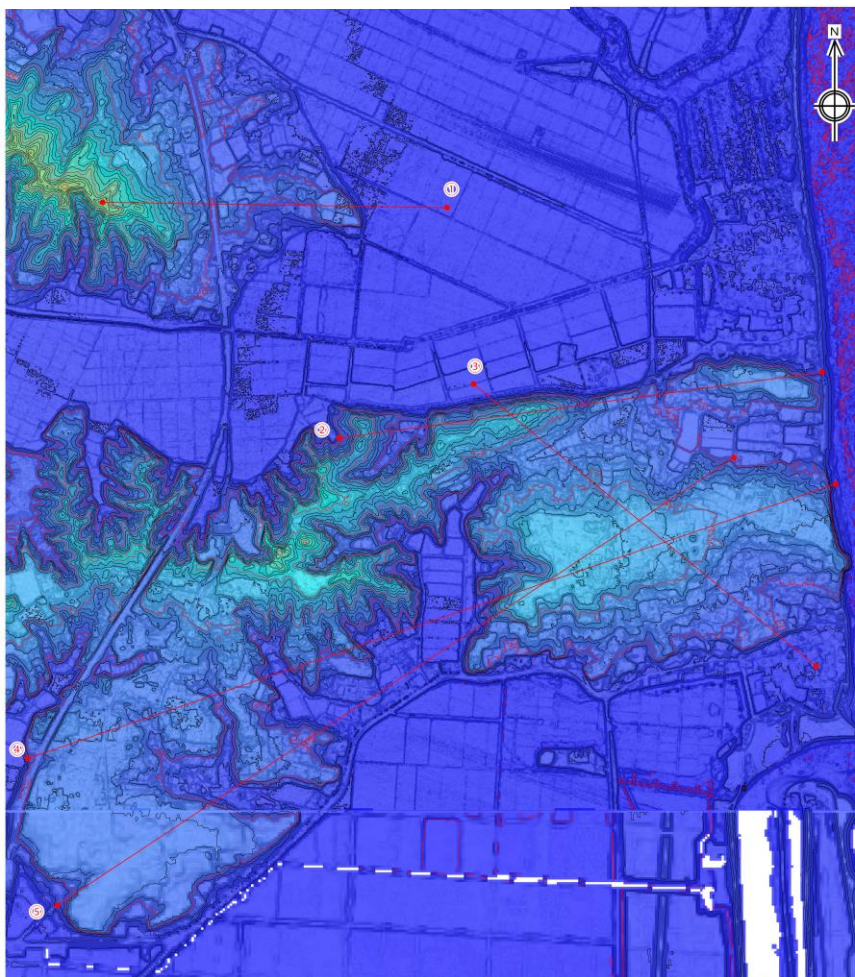
②塚原地点 段丘面分布図



凡例
 M₂ 面 (若干低い面) ● 地形断面線
 M₁ 面
 M₀ 面

塚原地区の段丘面分布図
 (等高線は2mDEMおよび一部5mDEMによる)

②塚原地点 標高段彩傾斜図



凡例
 標高 (m)
 高: 100
 低: 0
 傾斜 (°)
 高: 5
 低: 0

塚原地区の2mDEMおよび一部5mDEMから作成した標高段彩傾斜図
 (5mDEMは国土地理院基礎地図情報による)

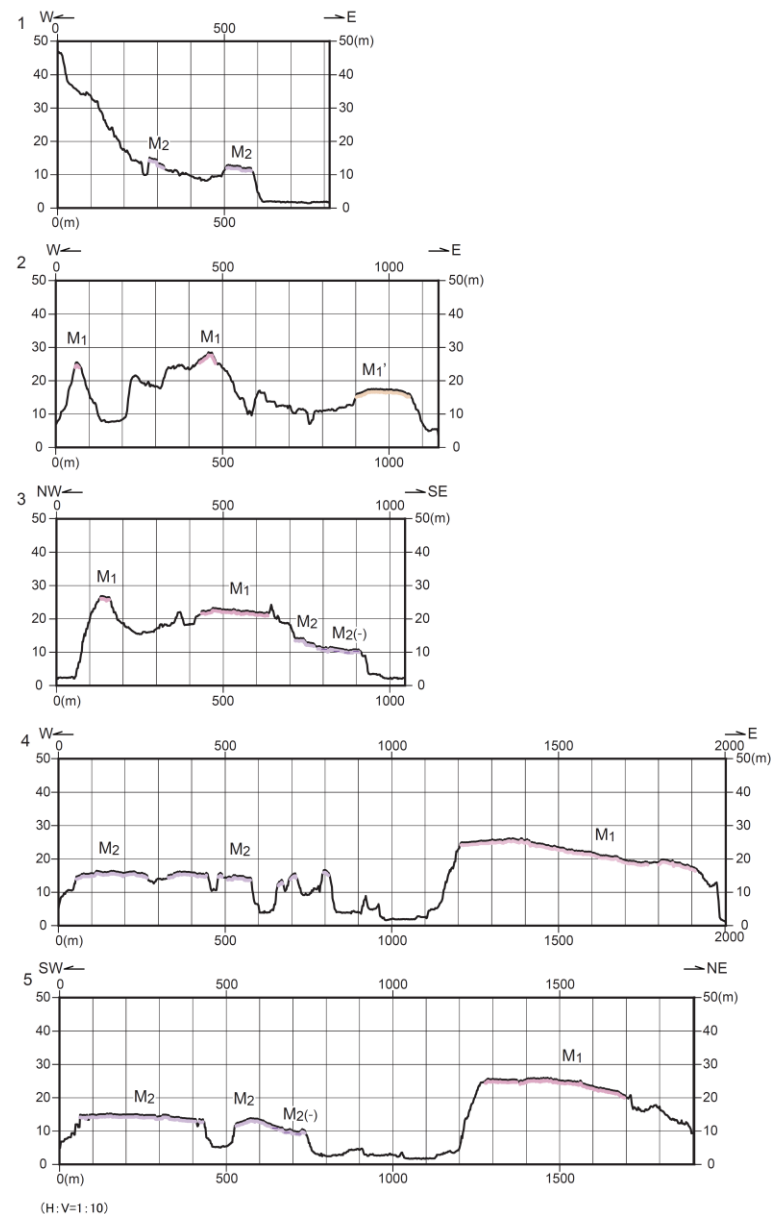
0 62.5 125 250 375 500 m

0 62.5 125 250 375 500 m

4.3 塚原地点の地形判読

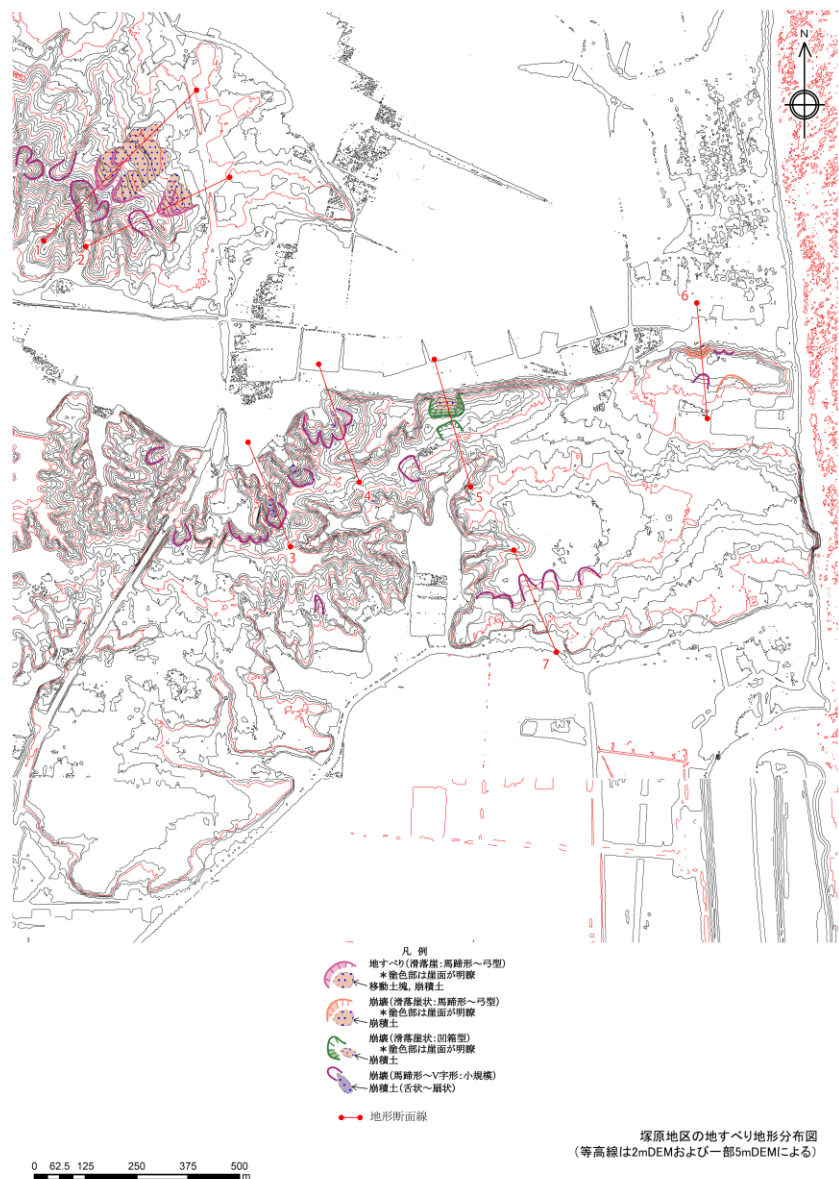
②塚原地点 地形断面図

- 小高川の河口付近の北側（左岸側）に海岸に面して平坦面の高い丘状を呈するM1段丘面，その南側の低位にM2段丘面が判読される（断面3）。M1段丘面とM2段丘面には明瞭な高低差がある。
- その西方上流側にも連続してM2段丘面が判読され（断面4, 5），M1段丘面とM2段丘面は，形成時代の異なる段丘面と判断され，海岸部では8～6mの比高の段丘崖によって境される。
- 「原町及び大甕」（通商産業省工業技術院地質調査所，1990）では，同地域にtm1, Tm2, t11段丘面を判読しており，M1, M1'がtm1に，M2がtm2におおよそ対応している。

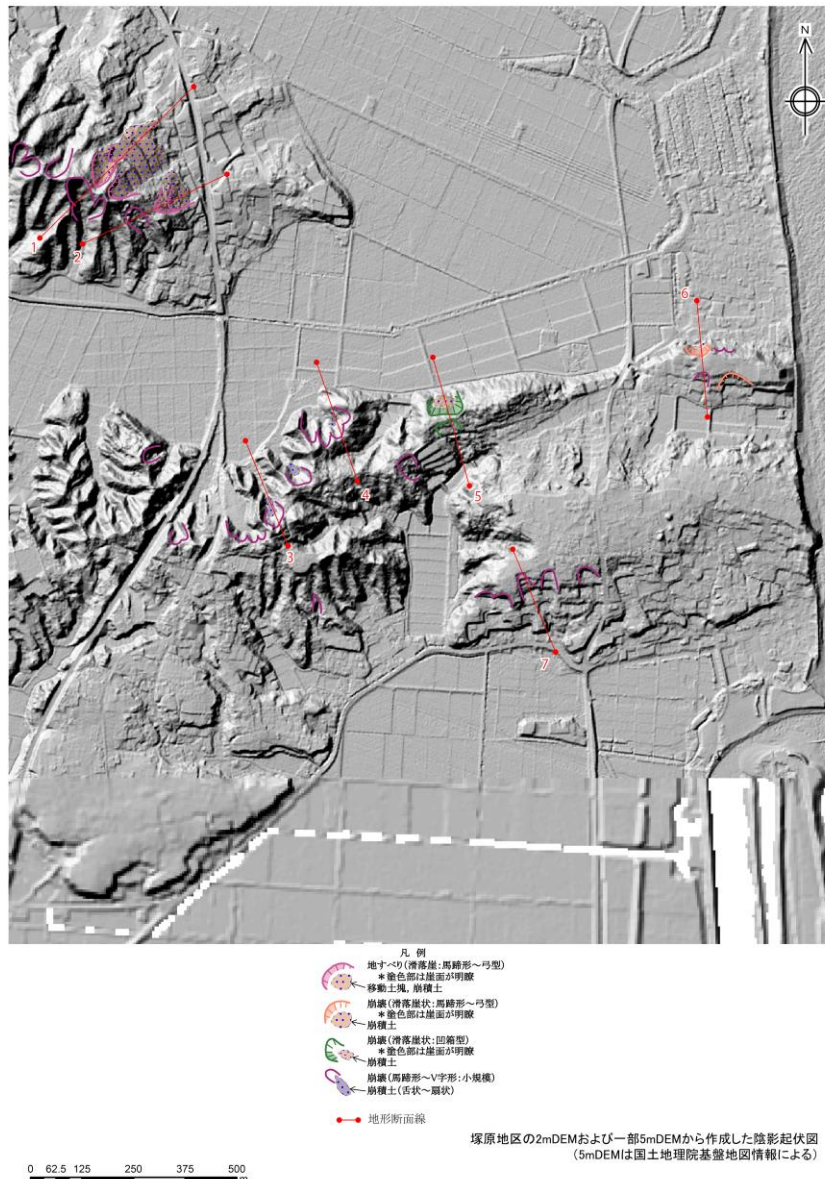


4.3 塚原地点の地形判読

②塚原地点 地すべり地形分布図



②塚原地点 陰影起伏図



4.3 塚原地点の地形判読

②塚原地点の地すべり地形（まとめ）

- 地すべり，崩壊が認められるが，いずれも小規模である。
- また，地すべりはM1段丘面を起点としたものではなく，福島第一原子力発電所敷地の高台（M1面）下の段丘崖の安定性に影響を与えるものではない。

4.4 まとめ 下小埤地点および塚原地点の地形について

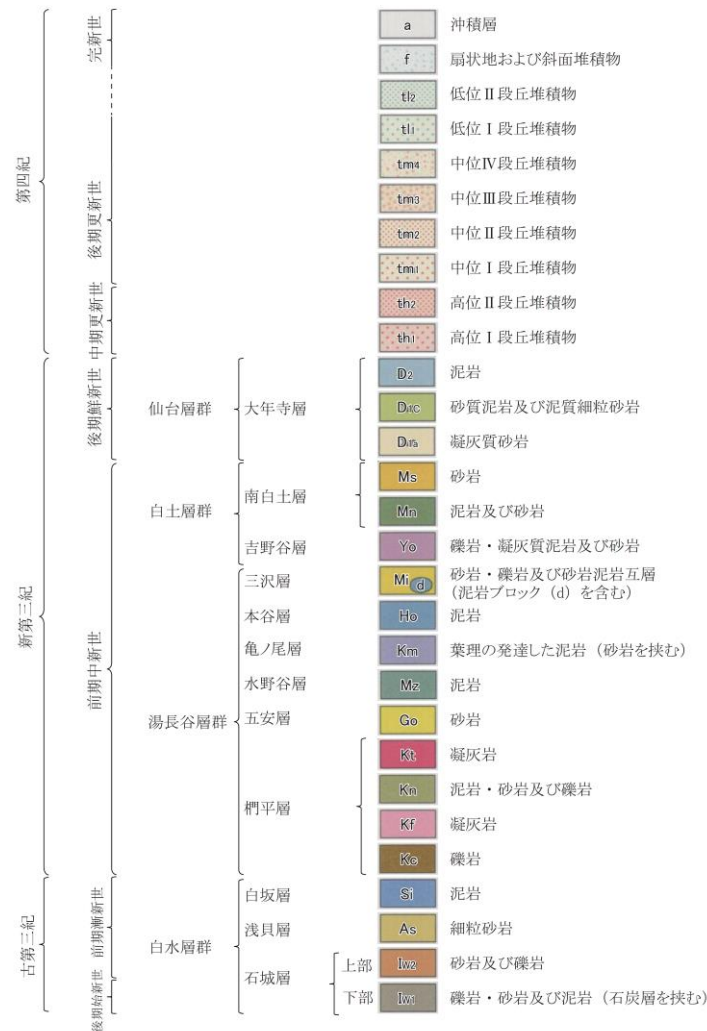
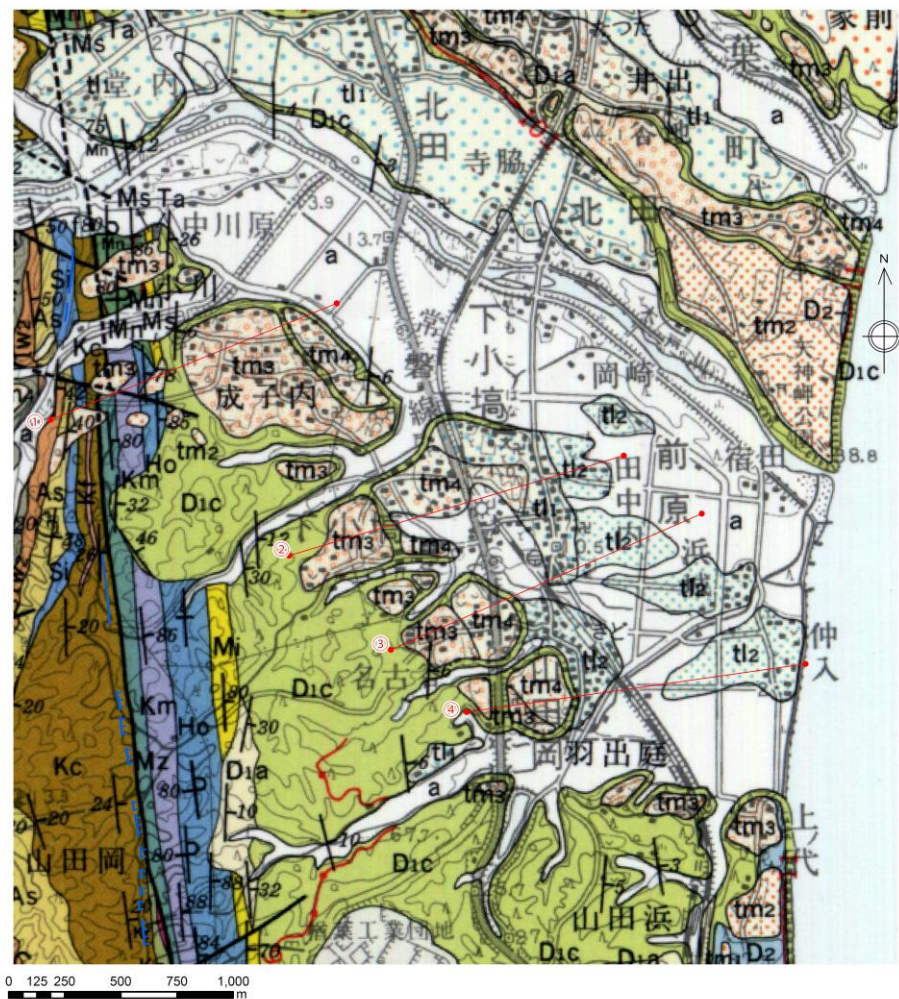
12月7日の技術会合において，追加の地形判読を指示された①下小埤地点および②塚原地点の地形について，当社の見解は以下のとおり。

- 両2地点において，小規模な地すべり，崩壊およびその崩積土の堆積は認められるが，いずれも規模は小さく，2022年9月20日の面談において指摘された敷地南方の地すべり堆積物（幅1km×長1km）を形成し，M1段丘面を広くすべり土塊に含むような大規模な地すべり地形は認められない。
- また，判読した小規模な地すべり地形は，敷地高台を形成するM1段丘面を起点としたものではない。

以上より，12月7日技術会合で報告した発電所敷地南方の4地点および今回報告の2地点の地形は，福島第一原子力発電所敷地の地すべりの可能性を示唆するものではない。

参考1) 下小埜地点の地質

①下小埜地点 地質図

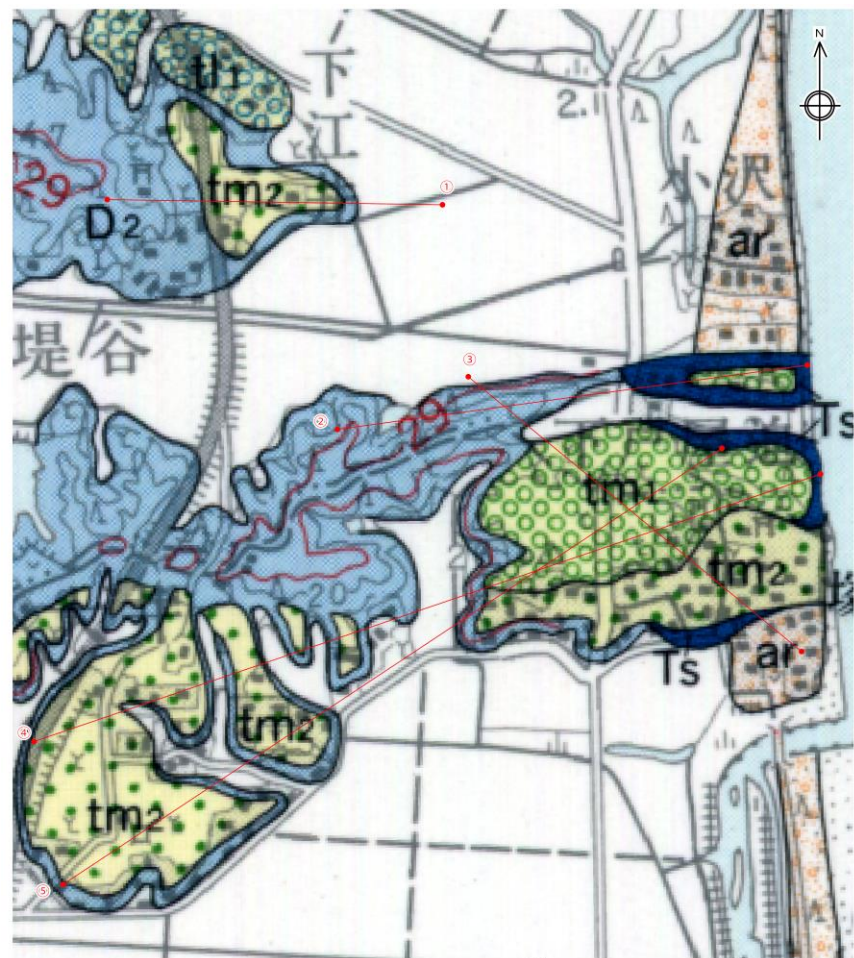


リニアメント
 Liリニアメント
 (短線は低下側を、矢印は傾斜を示す)
 テフラ層
 地形断面線

下小埜地区の5万分の1地質図「川前及び井出」(産総研地質調査総合センター, 2002)による地質図
 (地形断面線を加筆)

参考2) 塚原地点の地質

②塚原地点 地質図



凡例

ar	浜堤及び自然堤堆積物	~	テフラ鍵層
et1	低位I段丘堆積物	●	地形断面線
tm2	中位II段丘堆積物		
tm1	中位I段丘堆積物		
Ts	塚原層		
D2	大年寺層		

塚原地区の5万分の1地質図「原町及び大壘」(地質調査所, 1990)による地質図
(地形断面線を加筆)



参考3) 下小埜地点の地すべり地形断面図

①下小埜地点 地形断面図

断面1

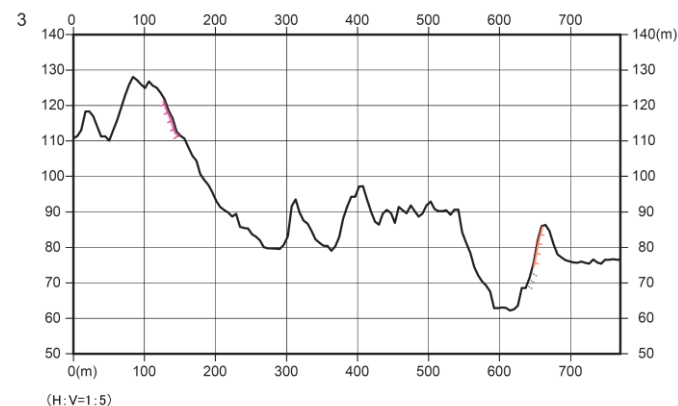
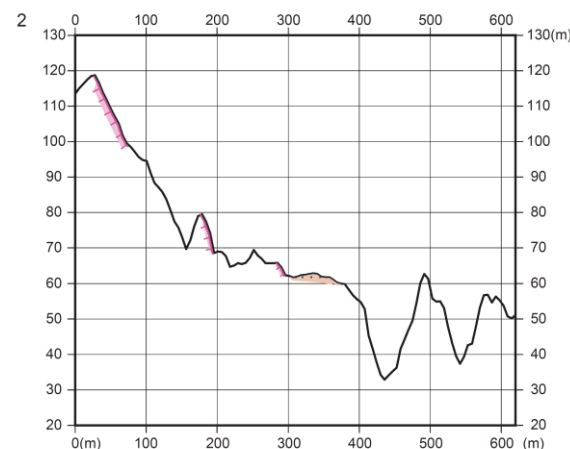
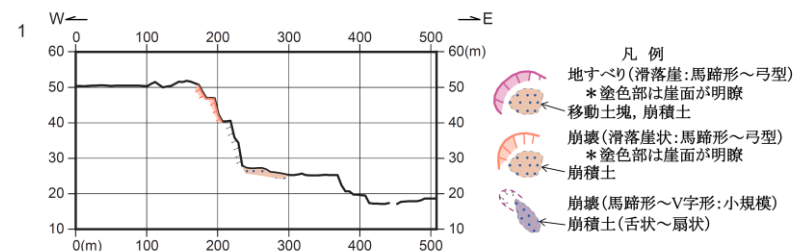
- L1段丘面下の東向き段丘崖に比高10m程度の崖面からなる崩壊と、その基部に崩積土の堆積が認められる。

断面2

- 東向き斜面の標高115m付近に比高15m程度の崖面からなる地すべりおよび標高80m付近に比高10m程度の崖面からなる地すべりが認められる。
- 標高65m付近に比高5m程度の崖面からなる地すべりとその基部に移動土塊、崩積土の堆積が認められる。

断面3

- 東向き斜面の標高120m付近に比高10m程度の崖面からなる地すべりが認められる。また、谷をはさみ東方の西向き斜面の標高85m付近に比高10m程度の崖面からなる崩壊が認められる。



参考3) 下小埜地点の地すべり地形断面図

①下小埜地点 地形断面図

断面4

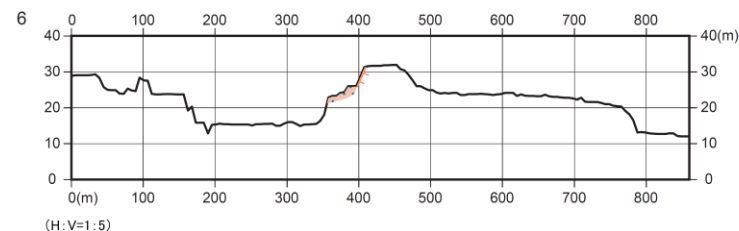
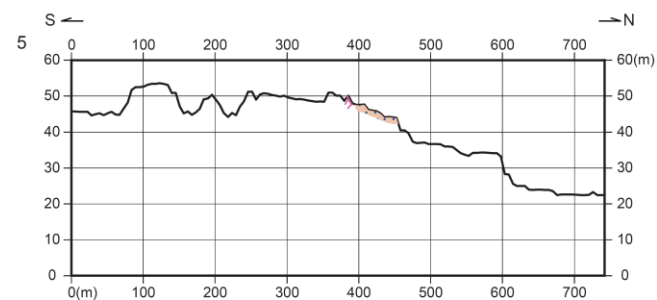
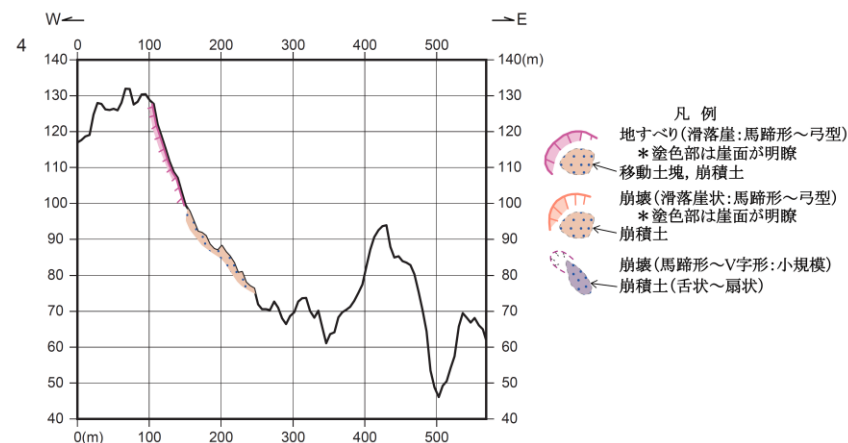
- 東向き斜面の標高130m付近に比高30m程度の崖面からなる地すべりと、その基部に移動土塊、崩積土の堆積が認められる。

断面5

- 北向き斜面の標高50m付近に比高4~2m程度の崖面からなる地すべりと、その基部に移動土塊、崩積土の堆積が認められる。

断面6

- L1段丘面の南向きの段丘崖頂部に比高5m程度の崖面からなる崩壊と、その基部に崩積土の堆積が認められる。

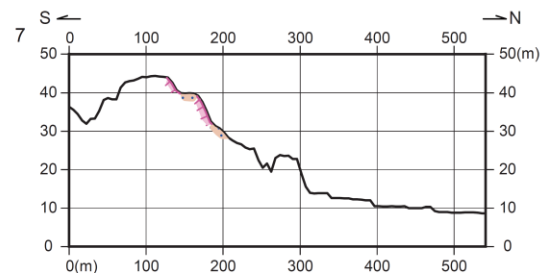


参考3) 下小埜地点の地すべり地形断面図

①下小埜地点 地形断面図

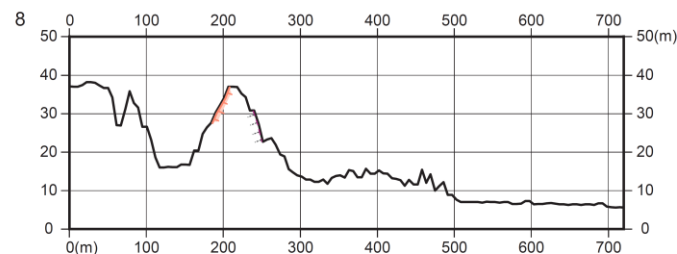
断面7

- M1段丘面の北向き斜面の標高44m付近に比高5m程度の崖面からなる地すべりと、その基部に移動土塊、崩積土の堆積が認められ、さらに移動土塊内の標高40m付近に二次的な地すべりが認められる。



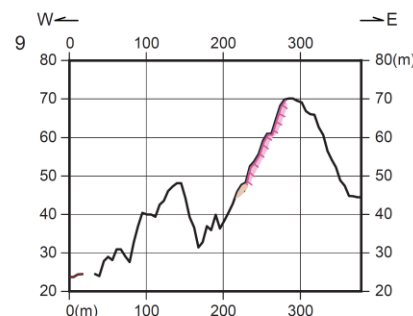
断面8

- M1段丘面の南向き斜面の標高35m付近に比高10m程度の崖面からなる崩壊が認められる。北向き斜面の標高25m付近に小規模な崩壊が認められる。



断面9

- H4段丘面の西向き斜面の標高70m付近に比高20m程度の崖面からなる地すべりと、その基部に移動土塊、崩積土の堆積が認められる。



- 凡例
- 地すべり(滑落崖:馬蹄形~弓型)
*塗色部は崖面が明瞭
 - 移動土塊、崩積土
 - 崩壊(滑落崖状:馬蹄形~弓型)
*塗色部は崖面が明瞭
 - 崩積土
 - 崩壊(馬蹄形~V字形:小規模)
 - 崩積土(舌状~扇状)

(H:V=1:5)

下小埜地区の地形断面図(7~9)
(2mDEMおよび5mDEMによる)

参考4) 塚原地点の地すべり地形断面図

②塚原地点 地形断面図

断面1, 2

- 断面1では、北東向き斜面の標高40m付近に比高4m程度の崖面および標高30m付近に4m程度の崖面からなる地すべりが認められる。その基部にそれぞれ移動土塊、崩積土の堆積が認められる。後者は、地すべり土塊内の二次的な地すべりとして認められる。断面2においても、標高30m付近および25m付近に同様の地すべり形態が認められる。

断面3, 4

- 北向き斜面の標高35m付近および20m付近に崩壊と、その基部に崩積土の堆積が認められる。

断面5

- M1段丘面の段丘崖の斜面の標高25m付近に比高6m程度の崖面からなる崩壊と、その基部に崩積土の堆積が認められる。

断面6

- M1'段丘面の斜面の標高15m付近に比高10m程度の崖面からなる崩壊が認められる。

断面7

- M1段丘面の段丘崖の斜面の標高25m付近に崩壊が認められる。

