

志賀原子力発電所適合性審査資料

SK2-地086-01

2023年12月8日

志賀原子力発電所2号炉
地下構造評価について
(コメント回答)

2023年12月8日
北陸電力株式会社

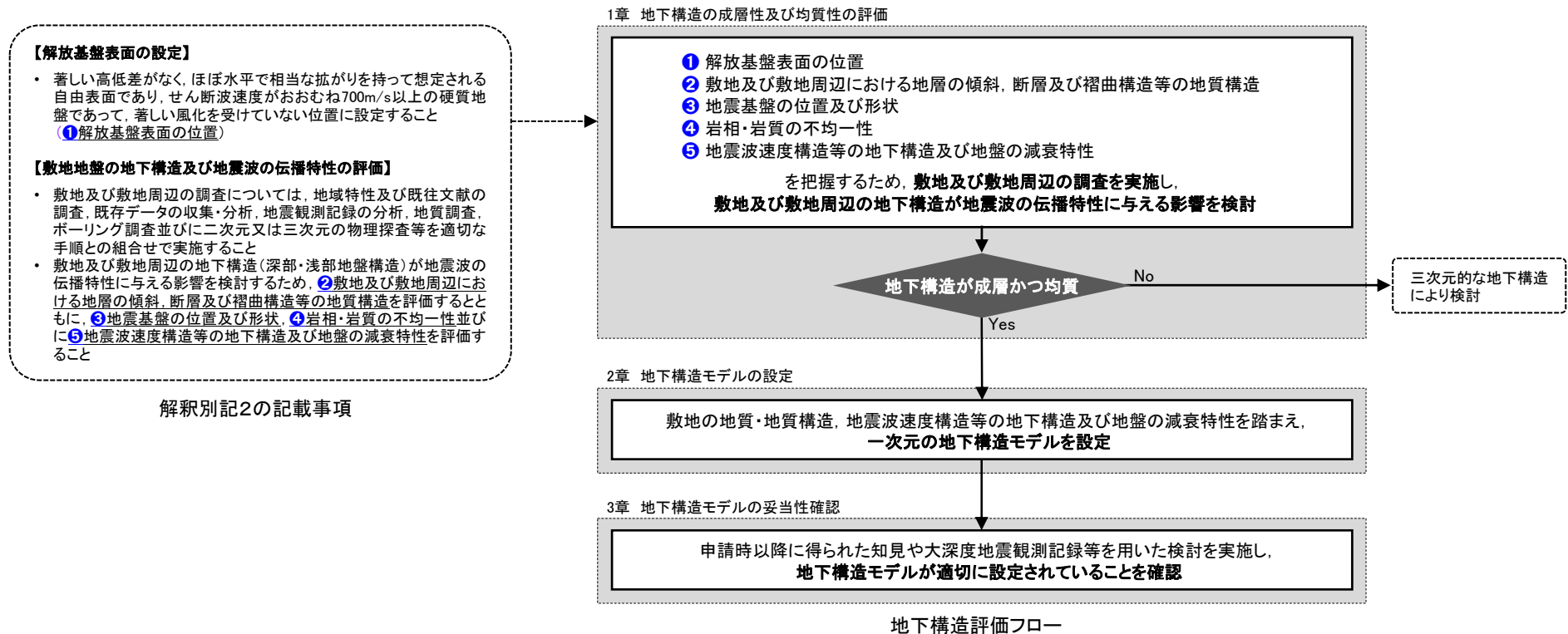
余白

本日のご説明内容

- 当社は、地下構造評価について、第1199回審査会合(2023年10月20日)で説明を行った。
- 本日は、上記審査会合におけるコメントの回答について説明する。
- なお、当資料の冒頭において、今回とりまとめた資料の概要を以下の項目ごとに整理した。
 - I. 地下構造評価(P.4~19)
 - II. 地震発生層の設定(P.20~24)
 - III. コメント回答の概要(P.26~34)

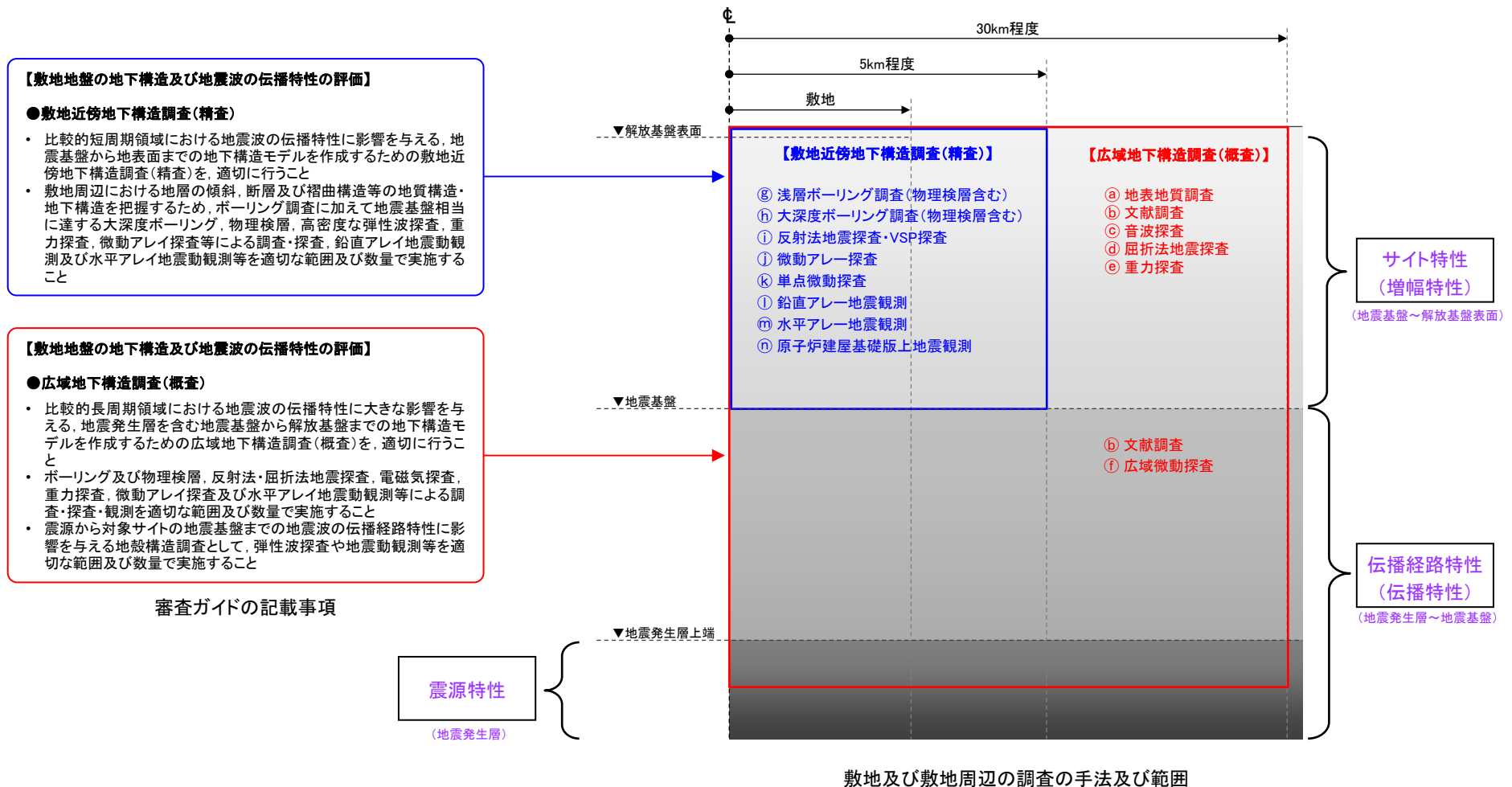
I. 地下構造評価 — 評価の流れ —

- 地下構造評価は、「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則の解釈」別記2（以下、「解釈別記2」という）及び「敷地内及び敷地周辺の地質・地質構造調査に係る審査ガイド」（以下、「審査ガイド」という）の記載事項を踏まえ、下記の流れで評価を行う。
 - まず、「**①解放基盤表面の位置**」、「**②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造**」、「**③地震基盤の位置及び形状**」、「**④岩相・岩質の不均一性**」及び「**⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性**」を把握するため、敷地及び敷地周辺の調査を実施する。調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。また、上記**①～⑤**を把握した結果を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与える影響を検討し、地下構造が成層かつ均質と認められるか評価を行う。（1章で説明）
 - つぎに、地下構造が成層かつ均質と認められる場合は、調査により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、一次元の地下構造モデルを設定する。なお、地下構造が成層かつ均質と認められない場合は、別途、三次元的な地下構造により検討を行う。（2章で説明）
 - さらに、申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し、地下構造モデルが適切に設定されていることを確認する。（3章で説明）
- 上記の内容を踏まえた地下構造評価フローを下図に示す。



I. 地下構造評価 — 敷地及び敷地周辺の調査の手法等の概要 —

- 敷地及び敷地周辺の調査については、比較的長周期領域を対象とした「広域地下構造調査(概査)」及び比較的短周期領域を対象とした「敷地近傍地下構造調査(精査)」のそれぞれについて、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。
- 「広域地下構造調査(概査)」は敷地から半径30km程度以内の範囲、「敷地近傍地下構造調査(精査)」は敷地から半径5km程度以内の範囲を対象として調査を行う。具体的な調査の手法及び範囲を下図に、調査の目的と各調査の対象及び手法を整理して、P.6～7に示す。
- また、これら調査による検討を踏まえた地下構造の成層性及び均質性の評価の手順をP.8に示す。



※ 「I. 地下構造評価」における各調査は、地震動評価の3要素のうち「サイト特性」または「伝播経路特性」に対応し(詳細はP.6～7)。
 「II. 地震発生層の設定」における各調査は、地震動評価の3要素のうち「震源特性」に対応する(詳細はP.21)。

I. 地下構造評価 — 調査の目的と各調査の対象及び手法 — (1/2)

【調査の目的と各調査の対象及び手法(1/2)】

 : 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
 : 物理探査による地下構造の検討
 : 観測記録による地下構造の検討

調査の目的	対象		手法*		地震動評価の3要素	詳細説明	
	水平方向	深さ方向	種別	内容			
① 解放基盤表面の位置の把握	敷地	EL-200m程度以浅	㉔	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.57～69
					PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性	P.70～73
			㉕	単点微動探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.78～79
② 敷地及び敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造の把握	敷地周辺	地表付近	㉖	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.51～56
			㉗	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	
			㉘	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	
	敷地	EL-200m程度以浅	㉙	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.57～69
		地震基盤以浅	㉚	大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.89～100
③ 地震基盤の位置及び形状の把握	敷地周辺	地震基盤	㉛	重力探査	ブーゲー異常を確認する。	サイト特性	P.110～111
			㉜	屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性	P.114, P.117
	敷地近傍	地震基盤	㉝	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.118～119
			㉞	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性	P.89～100
	敷地	地震基盤	㉟	反射法地震探査・VSP探査	反射断面を確認する。	サイト特性	P.120～123
			㊀	単点微動探査	地下の速度構造が反映されている微動H/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較する。	サイト特性	P.128～131

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

I. 地下構造評価 — 調査の目的と各調査の対象及び手法 — (2/2)

【調査の目的と各調査の対象及び手法(2/2)】

 : 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
 : 物理探査による地下構造の検討
 : 観測記録による地下構造の検討

調査の目的		対象		手法※		地震動評価の3要素	詳細説明	
		水平方向	深さ方向	種別	内容			
④	岩相・岩質の不均一性の把握	敷地周辺	地表付近	Ⓐ	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.51～56
				Ⓑ	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	
				Ⓒ	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	
		敷地	EL-200m程度以浅	Ⓔ	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.57～69
地震基盤以浅	Ⓕ		大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.89～100		
⑤	地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地周辺	地震基盤	Ⓓ	屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性	P.114, P.117
			地震基盤より深部	Ⓑ	文献調査	屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認する。	伝播経路特性	P.114～116
				Ⓑ	文献調査	地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造・S波速度構造を確認する。	伝播経路特性	P.112～113
				Ⓕ	広域微動探査	地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき複数の観測点ペアで評価した群速度を比較する。	伝播経路特性	P.124～126
		敷地近傍	地震基盤	Ⓖ	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.118～119
		敷地	EL-200m程度以浅	Ⓔ	浅層ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度試験に基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認する。	サイト特性	P.70～73, P.101
			地震基盤以浅	Ⓕ	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度検層に基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認する。	サイト特性	P.89～101
				Ⓜ	水平アレー地震観測	観測点間の応答スペクトル比を確認し、地震波の到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.158～168
				Ⓛ	鉛直アレー地震観測	自由地盤地震観測点の深度別応答スペクトルを確認する。観測点間の応答スペクトル比を確認し、地震波の到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.141～157
				Ⓝ	原子炉建屋基礎版上地震観測	原子炉建屋基礎版上における加速度時刻歴波形及び応答スペクトルを1号と2号で比較する。	サイト特性	P.169～178

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

I. 地下構造評価 ー地下構造の成層性及び均質性の評価手順ー

【評価手順】

【手順①】地質・地質構造の調査による地下構造の検討(1.1節)
<p>検討方針</p> <p>地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、「敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造」、「岩相・岩質の不均一性」並びに「敷地の地震基盤以浅の速度構造、減衰特性」に関する地質・地質構造の調査による検討を実施する(1.1.1項～1.1.6項)。 また、これらの検討結果を踏まえ、敷地の解放基盤表面を設定する(1.1.7項)。</p>
<p>1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造(P.51～54)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、地表地質調査等の地質調査結果から地質・地質構造を確認。 <p>1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造(P.55～56)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、地表地質調査等の地質調査結果から地質・地質構造を確認。 <p>1.1.3 敷地の地質・地質構造(P.57～69)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、ボーリング調査等の地盤調査結果から地質・地質構造を確認。 <p>1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)(P.70～88)</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造を把握するため、26孔の浅層ボーリングで実施したPS検層結果を確認。 原子炉設置位置周辺の第3速度層上面の形状を把握するため、敷地の複数の観測点で、微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析により第3速度層上面の標高を推定。 周囲と異なる速度特性を示す範囲(第3'速度層及び第4'速度層)が地震動へ与える影響を把握するため、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーション等による検討を実施。 <p>1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)(P.89～100)</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質、速度構造を把握するため、2孔で実施した大深度ボーリング調査結果を確認。 大深度ボーリング2孔における花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を把握するため、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーション等による検討を実施。 <p>1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)(P.101)</p> <ul style="list-style-type: none"> 原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため、2孔で実施したQ値測定結果を確認。 <p>1.1.7 解放基盤表面の設定(P.102～105)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の解放基盤表面は、解釈別記2の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえて設定。

【手順②】物理探査による地下構造の検討(1.2節)
<p>検討方針</p> <p>地震基盤の位置及び形状、地震基盤より深部の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、「地震基盤の位置及び形状」、「地震基盤より深部の速度構造」に関する物理探査による検討を実施する(1.2.1項～1.2.7項)。 また、これらの検討結果を踏まえ、敷地の地震基盤を設定する(1.2.8項)。</p>
<p>1.2.1 重力探査(P.110～111)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地震基盤の形状を把握するため、敷地周辺のブーゲー異常図及び水平一次微分図を確認。 <p>1.2.2 地震波トモグラフィー(P.112～113)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地震基盤より深部(深さ5km程度以深)の速度構造を把握するため、地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造及びS波速度構造を確認。 <p>1.2.3 屈折法地震探査(P.114～117)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地震基盤の位置及び形状、並びに地震基盤より深部の速度構造を把握するため、文献及び当社による屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認。 <p>1.2.4 微動アレー探査(P.118～119)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地近傍の地震基盤の位置及び形状を把握するため、微動アレー探査に基づくS波速度構造を確認し、地震基盤に相当する層の上面の深さを複数の地点で比較。 <p>1.2.5 反射法地震探査・VSP探査(P.120～123)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地震基盤の位置及び形状を把握するため、大深度ボーリング孔を用いたVSP探査及び海陸連続で測線を配置した反射法地震探査に基づく反射断面を確認。 <p>1.2.6 広域微動探査(P.124～127)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把握するため、地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき複数の観測点ペアで評価した群速度を比較。 <p>1.2.7 単点微動探査(P.128～133)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地震基盤の形状を把握するため、地下の速度構造が反映されている微動H/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較。また、水平アレー地震観測記録を用いた検討結果との整合性を確認。 <p>1.2.8 地震基盤の設定(P.134～135)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地震基盤は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえて設定。

【手順③】観測記録による地下構造の検討(1.3節)
<p>検討方針</p> <p>敷地の鉛直アレー地震観測記録により敷地地盤の増幅特性を把握する(1.3.1項)とともに、地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、敷地内の複数地点で得られた地震観測記録を比較、検討する(1.3.2項～1.3.5項)。</p>
<p>1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討(P.141～152)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の増幅特性(地震基盤～解放基盤表面)を把握するため、自由地盤地震観測点における深度別(EL+19.5m、EL-10m、EL-100m、EL-200m、EL-1,298m)の応答スペクトルより増幅傾向を確認。 <p>1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討(P.153～157)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地のEL-200m～解放基盤表面を対象に特異な速度構造の有無を確認するため、自由地盤地震観測点における応答スペクトル比(EL-10m/EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比較。 <p>1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討(P.158～164)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認するため、水平アレー地震観測点(地表)間の応答スペクトル比を地震波の到来方向ごとに比較。 <p>1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討(P.165～168)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地震基盤～EL-200mを対象に特異な速度構造の有無を確認するため、EL-200mの地震観測点間の応答スペクトル比(自由地盤EL-200m/2号原子炉建屋直下EL-200m)を地震波の到来方向ごとに比較。 <p>1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討(P.169～178)</p> <ul style="list-style-type: none"> 敷地の地震基盤以浅を対象に特異な速度構造の有無を確認するため、1号原子炉建屋基礎版上及び2号原子炉建屋基礎版上での加速度時刻歴波形及び応答スペクトルを比較。

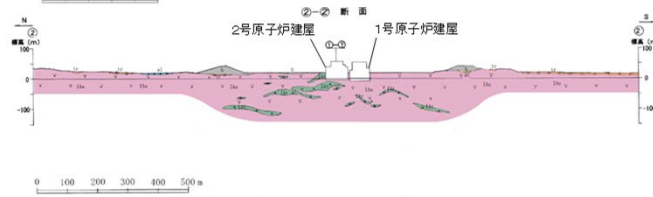
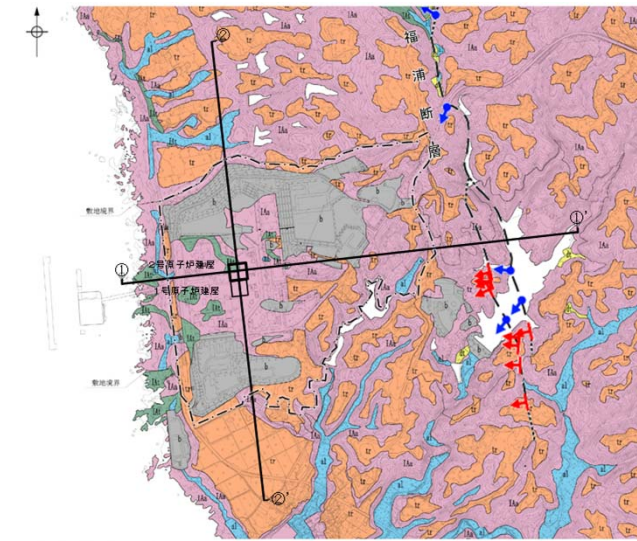
↓

【手順④】手順①～③の検討の結果を踏まえ、地下構造の成層性及び均質性を評価

I. 地下構造評価 — 評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価) — (2/9)

1.1.3 敷地の地質・地質構造(P.57~69)

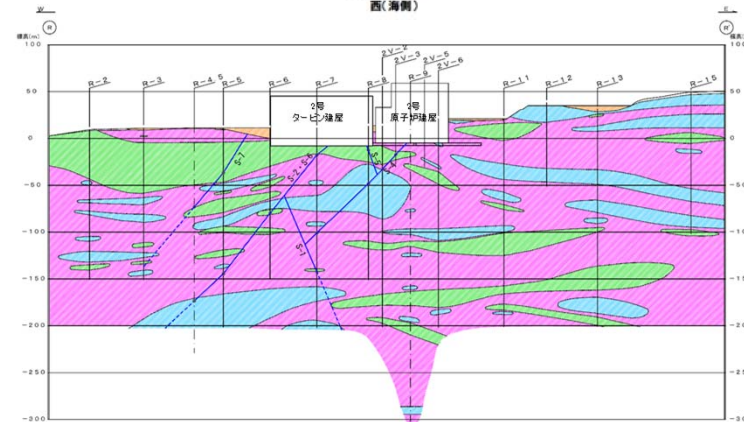
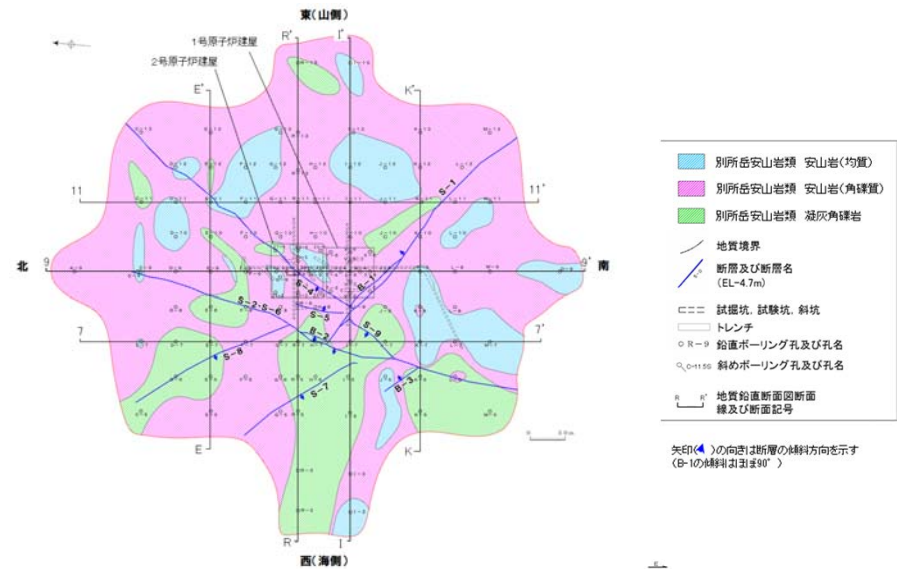
- 敷地の地質は、新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類と、これを覆う第四紀の堆積物からなる。
- 別所岳安山岩類は、敷地に広く分布しており、安山岩を主体とし、凝灰角礫岩を挟在する。
- 原子炉設置位置付近の地質は、別所岳安山岩類の安山岩(均質)、安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる。
- 2号原子炉建屋底盤の岩盤にはほとんど変質部は認められず、主に(Ba)級、(Bb)級の岩級区分を示す安山岩が広く分布している。



地質時代	地層名	記号	主要構成地質
第四紀	層土	b	礫、砂、粘土
	沖積層	o1	礫、砂、粘土
	崖線堆積層	dt	礫、砂、粘土
更新世	段丘堆積層	tr	礫、砂、粘土
新第三紀	別所岳安山岩類(岩稲階)	v IAa	安山岩
		IAc	凝灰角礫岩類

- 断層確認位置
 - 反射法地震探査での断層確認位置
 - 断層位置
 - 敷地※
 - 断層
- ※当資料で示す「敷地」は、原子炉建屋等を含む周辺監視区域に相当する範囲を示している。(設置変更許可申請書における「敷地」は、大坪川ダム周辺を含む当社の所有地の範囲を示している。)

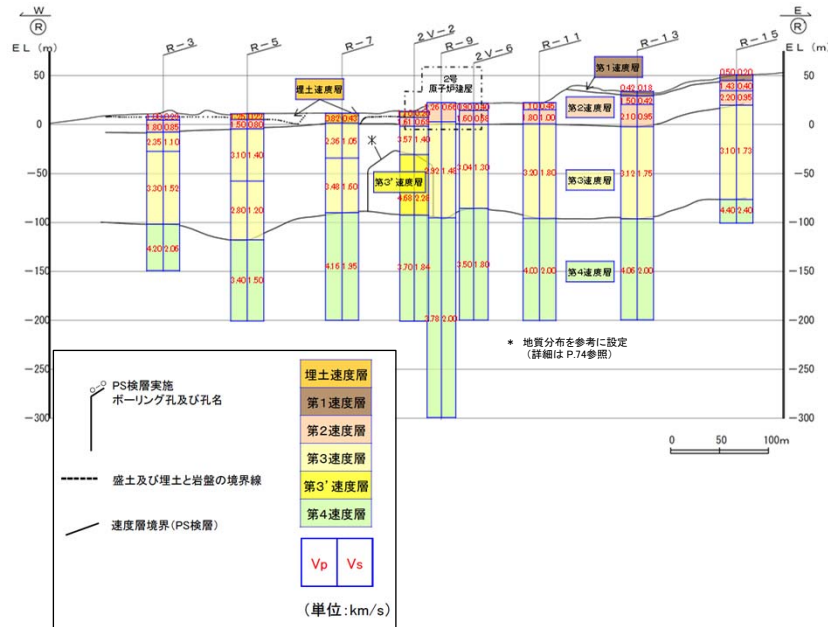
敷地の地質分布図(上段)及び地質断面図(2-2')断面(下段)(1.1.3項)



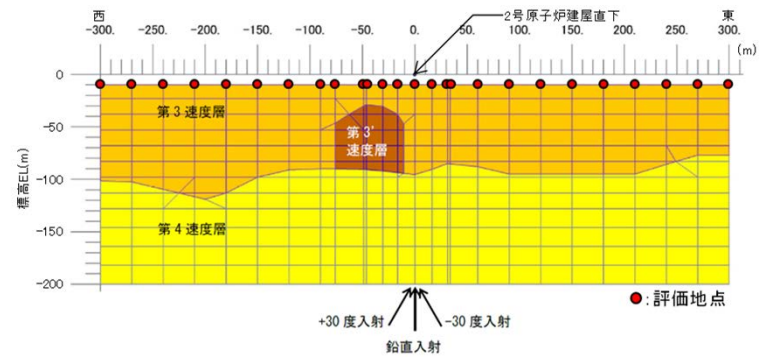
原子炉設置位置付近の地質水平断面図(EL-4.7m)(上段)及び地質鉛直断面図(R-R')断面(下段)(1.1.3項)

1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)(P.70~88)

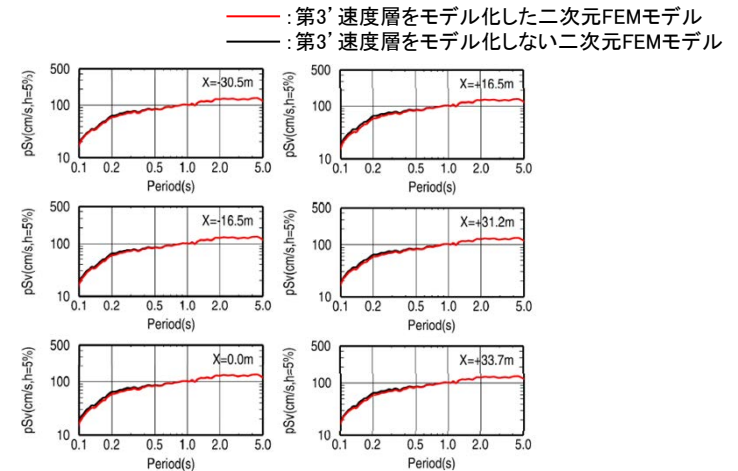
- 浅層ボーリングの調査結果, 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は, 概ね水平な層構造を呈すものの, 周囲と異なる速度特性を示す範囲として, 第3'速度層及び第4'速度層が認められる。
- 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析の検討結果, 原子炉設置位置周辺の第3速度層上面はEL-10m以浅に位置しており, 顕著な不整形はみられない。
- 周囲と異なる速度特性を示す範囲として第3'速度層及び第4'速度層が認められることから, 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施して, 第3'速度層及び第4'速度層が地震動へ与える影響を確認した結果, 第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる応答に顕著な違いはみられない。また, 観測記録を用いた検討(1.3.2項~1.3.3項, 1.3.5項)の結果によれば, 敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることより, 第3'速度層及び第4'速度層は, 地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。



PS検層結果に基づく速度層断面図(R-R'断面) (1.1.4項)



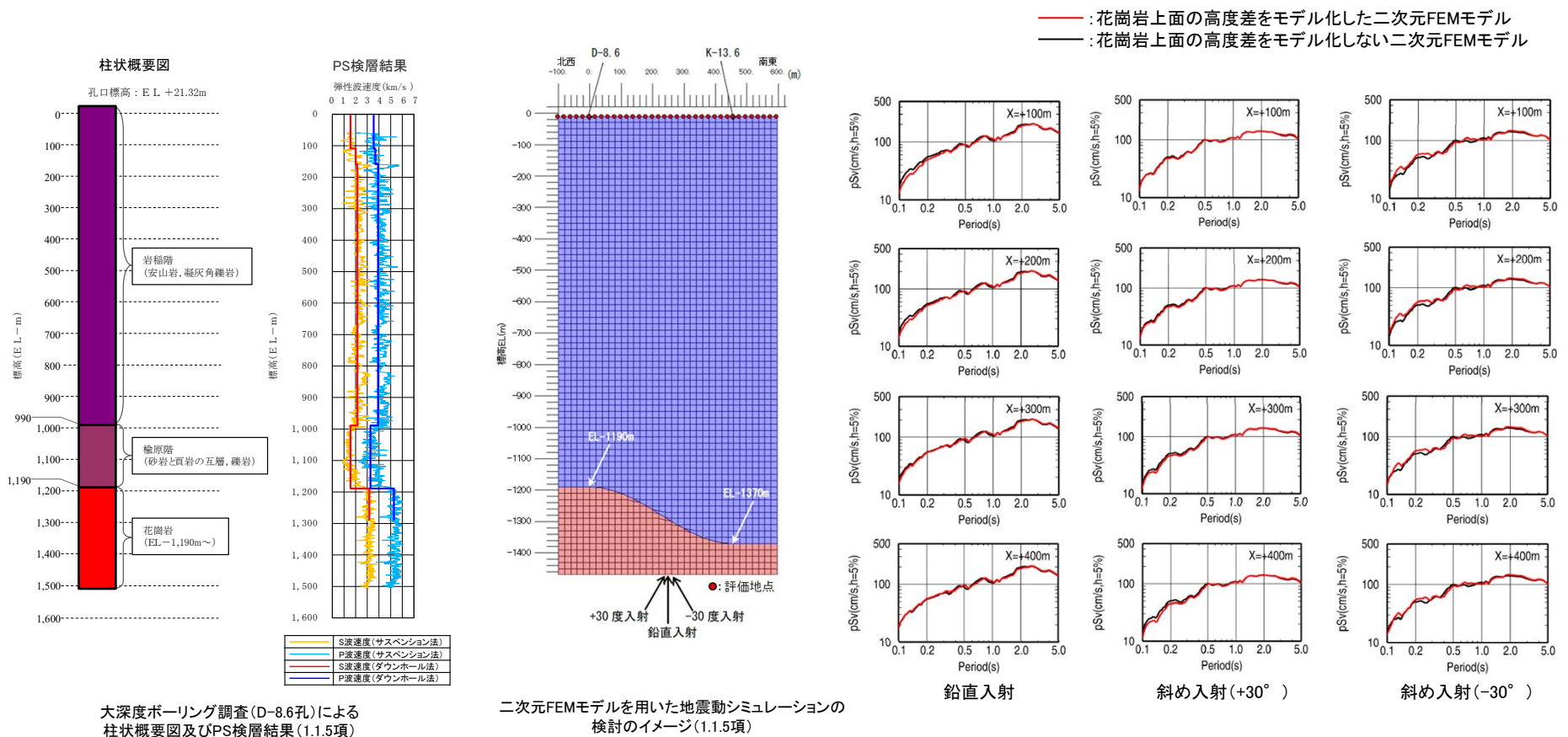
二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションの検討のイメージ(第3'速度層の場合) (1.1.4項)



鉛直入射 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーション結果(第3'速度層の場合) (1.1.4項)

1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)(P.89~100)

- 大深度ボーリング(D-8.6孔, K-13.6孔)の調査結果, 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質は, 下位から先第三紀の花崗岩, 古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層, 礫岩), 新第三紀の岩相階(安山岩, 凝灰角礫岩)からなり, 大深度ボーリング2孔の花崗岩上面には約180mの高度差が認められる。
- 弾性波速度については, 花崗岩以浅におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ4km/s及び2km/s程度, 花崗岩以深におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ5km/s及び3km/s程度であり, 密度については, 概ね $2\sim 3t/m^3$ の範囲を示す。
- 大深度ボーリング2孔(D-8.6孔, K-13.6孔)の花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから, 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施して, 花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を確認した結果, 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル及び花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる応答に顕著な違いはみられない。また, 観測記録を用いた検討(1.3.3項~1.3.5項)の結果によれば, 敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることより, 敷地の花崗岩上面の高度差は, 地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

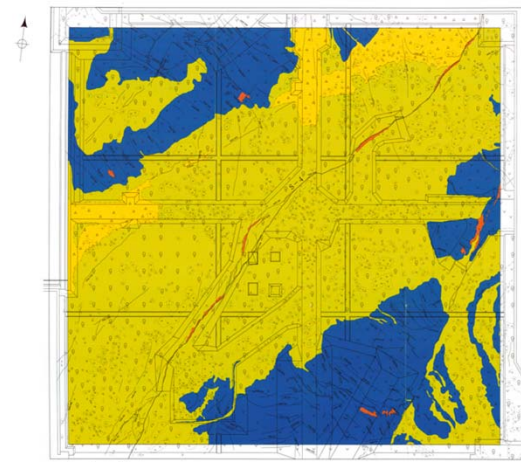


1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)(P.101)

➤ 原子炉設置位置付近のQ値は、比較的浅部(EL-200m程度以浅)については10程度、また、それより深部については、深さ方向に大きくなる傾向がみられる。

1.1.7 解放基盤表面の設定(P.102~105)

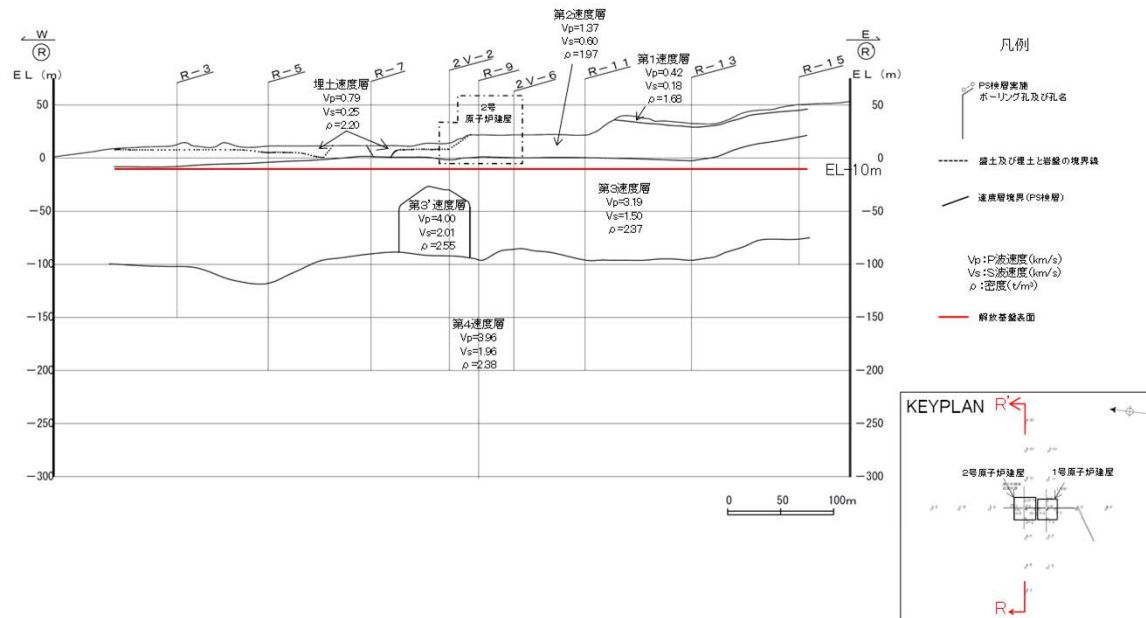
➤ 敷地の解放基盤表面は、解釈別記2の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえ、S断波速度が1.5km/sである第3'速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの位置に設定した。



岩級区分基準

安山岩(均質)		安山岩(角礫質), 凝灰角礫岩	
岩級	特徴	岩級	特徴
Ⓔ	・ハンマの軽打で高音を発する。 ・節理間隔5cm~50cm程度である。 ・ハンマの打撃で鋭利な割れ目ができるか割れ目から砕ける。	Ⓕ	・ハンマの軽打で高音を発する。 ・節理がほとんどなく、ヘアクラック程度の凹凸割れ目があり、間隔5cm程度以上である。 ・ハンマの打撃で鈍い割れ目ができる。
Ⓕ	・ハンマの軽打で低音を発する。 ・節理間隔5cm程度以下である。 ・ハンマの打撃で容易に砕ける。	Ⓖ	・ハンマの軽打で低音を発する。 ・節理がある。ヘアクラック程度の凹凸割れ目があり、間隔5cm程度以下である。 ・ハンマの打撃で容易に砕ける。

2号原子炉建屋底盤 岩級区分図 (1.1.3項)



解放基盤表面の位置(R-R'断面) (1.1.7項)

- 地質・地質構造の調査による地下構造の検討の結果、敷地周辺の地質は、新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接覆っており、敷地を含む邑知湯平野北側では、大きな褶曲構造は認められない。また、敷地の地震基盤以浅の地質は凝灰角礫岩を狭在するものの安山岩を主体とした新第三紀の岩相階の別所岳安山岩類が広く分布しており、速度構造は概ね水平な層構造を呈していること、局所的に周囲と異なる速度特性を示す第3'速度層及び第4'速度層並びに大深度ボーリング2孔間で認められた花崗岩上面の高度差が解放基盤表面の地震動へ与える影響が小さいことから、敷地の地震基盤以浅の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。
- また、敷地の解放基盤表面は、S波速度が1.5km/sである第3速度層において著しい風化を受けていないと判断されるEL-10mの位置に設定した。

I. 地下構造評価 — 評価結果(1章 地下構造の成層性及び均質性の評価) — (6/9)

1.2 物理探査による地下構造の検討

1.2.1 重力探査(P.110~111)

- 敷地近傍(敷地から半径5km範囲)の重力異常値はほぼ一定であり、高重力異常域と低重力異常域との境界は明瞭ではなく、敷地近傍には地震基盤の形状の急激な変化を示唆する顕著な線状の重力異常急変部は認められないことから、敷地近傍の地震基盤に顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.2 地震波トモグラフィー(P.112~113)

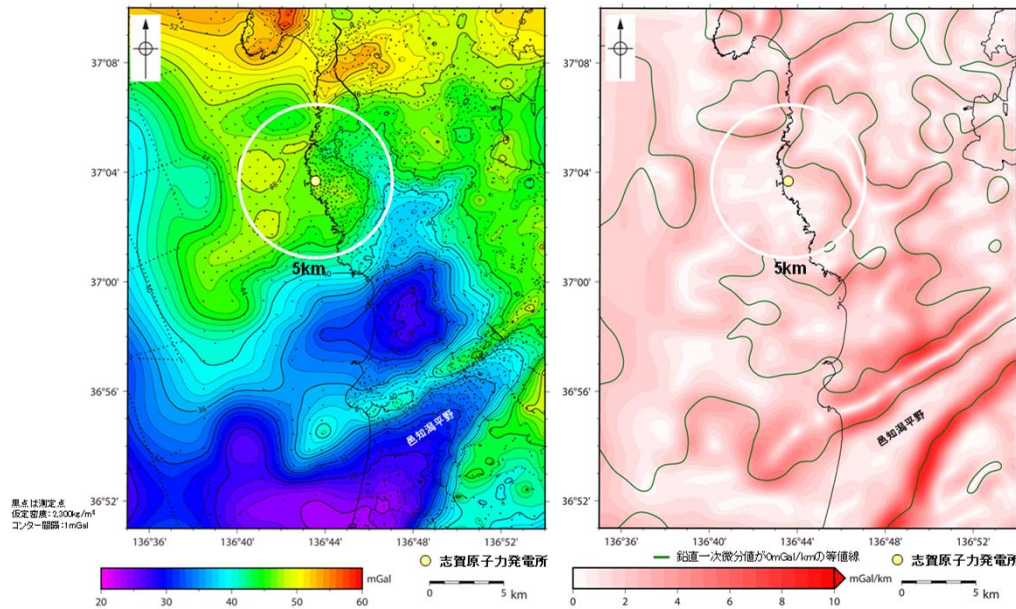
- 敷地から10km程度の範囲においては、深さ5km程度以深の速度構造に顕著な不整形はみられない。

1.2.3 屈折法地震探査(P.114~117)

- 敷地周辺の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。また、敷地から10km程度の範囲において、地震基盤より深部の速度構造に顕著な不整形はみられない。

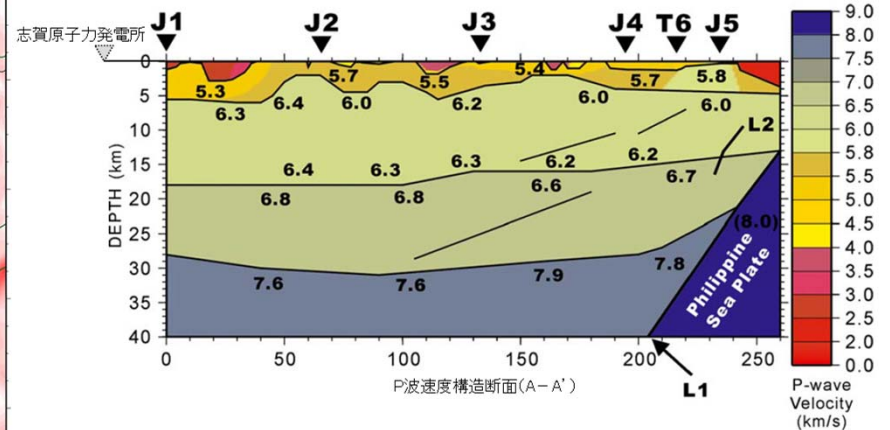
1.2.4 微動アレー探査(P.118~119)

- 敷地近傍の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。



敷地近傍のブーゲー異常図(金沢大学・当社作成)
(1.2.1項)

敷地近傍の水平一次微分図(金沢大学・当社作成)
(1.2.1項)



※Iidaka et al.(2003)(一部加筆)

Iidaka et al.(2003)によるP波速度構造断面(1.2.3項)

1.2.5 反射法地震探査・VSP探査(P.120~123)

➤ 敷地の地震基盤は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

1.2.6 広域微動探査(P.124~127)

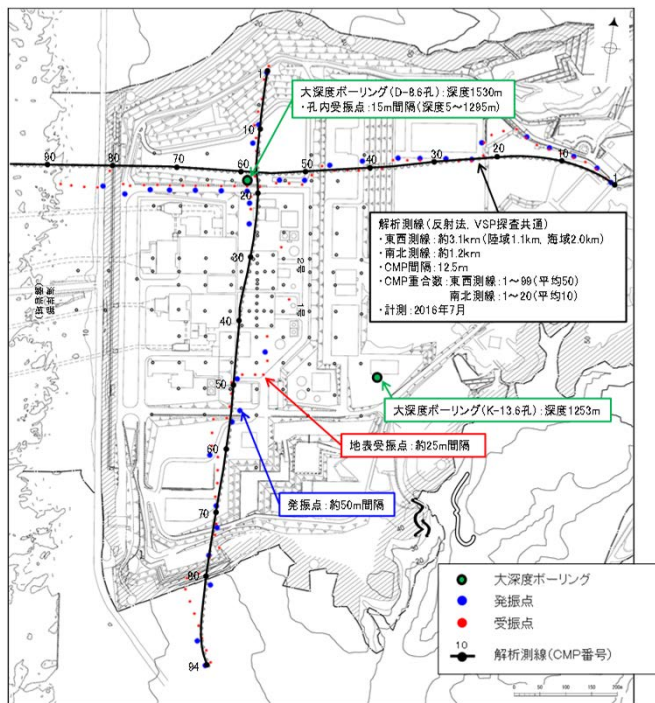
➤ 敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられる周期帯において、群速度はいずれも同様の分散性を示すことから、敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造に、顕著な不整形はないものと考えられる。

1.2.7 単点微動探査(P.128~133)

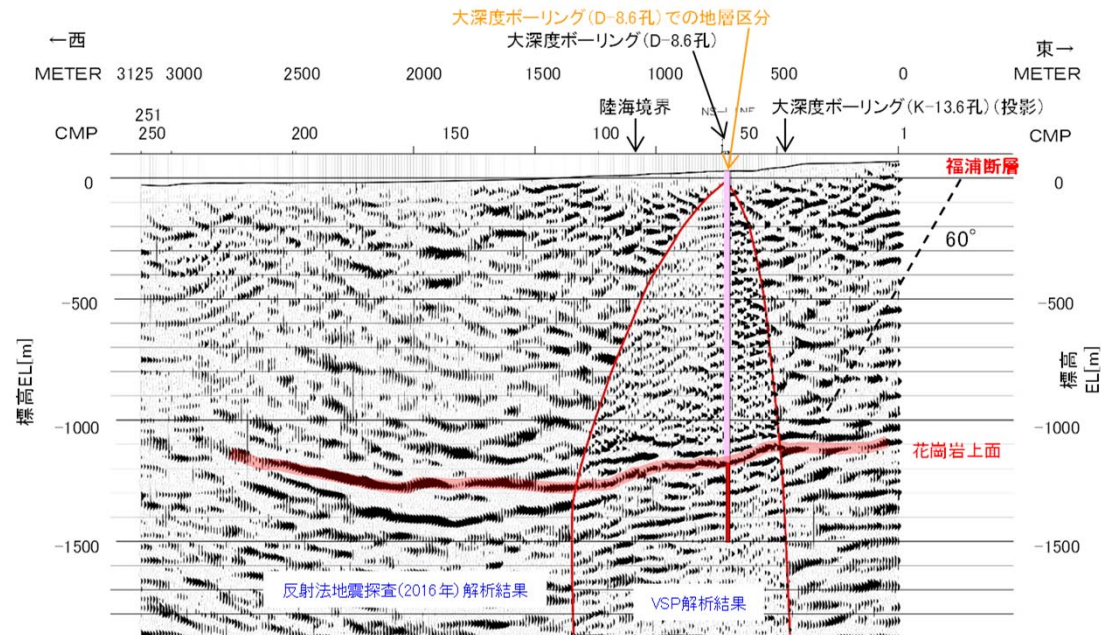
➤ 敷地の地震基盤の位置を反映していると考えられる周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤の形状に顕著な不整形はないものと考えられる。また、水平アレー地震観測記録を用いた検討(1.3.3項~1.3.4項)の結果によれば敷地の地震基盤以浅(地震基盤の形状を含む)に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることと整合的である。

1.2.8 地震基盤の設定(P.134~135)

➤ 敷地の地震基盤は、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」の記載事項及び敷地地盤の特徴を踏まえ、S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。



調査位置図



大深度ボーリングでの地層区分
 □ : 古第三系~新第三系
 (安山岩、凝灰角礫岩、砂岩と頁岩の互層、礫層)
 ■ : 花崗岩

反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果(東西測線:深度断面)(1.2.5項)

- 物理探査による地下構造の検討の結果、敷地周辺の地震基盤は、深さ1km程度であり概ね水平に分布している結果が得られていることから、概ね水平で評価できることを確認した。また、地震基盤より深部の地下構造については、顕著な不整形はないものと評価できることから、成層かつ均質と評価できることを確認した。
- また、敷地の地震基盤は、S波速度が3km/s程度以上であるEL-1.19kmの位置に設定した。

1.3 地震観測記録による地下構造の検討

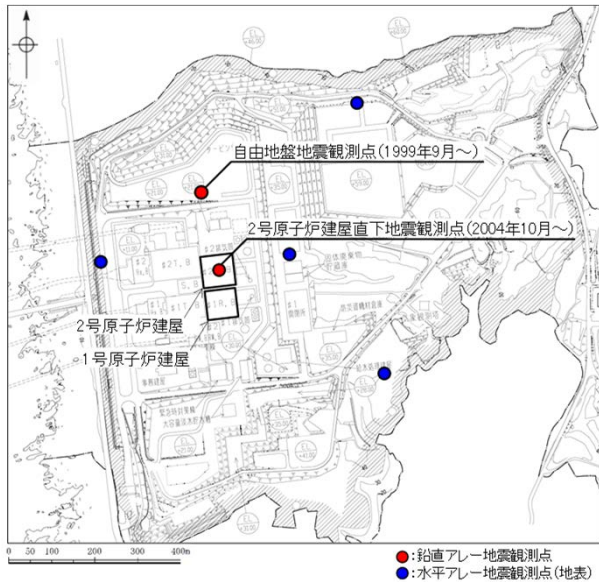
1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討(P.141~152)

▶ 検討に用いたいずれの地震についても、NS方向及びEW方向の周期0.2~0.7秒程度、並びにUD方向の周期0.1~0.3秒程度では、EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する傾向にあり、NS方向及びEW方向の周期0.7秒程度より長周期側、並びにUD方向の周期1~4秒程度では、EL-1298m~EL-200mにおいて応答が増幅する傾向にあり、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違いはないことから、これらの増幅は敷地地盤固有の振動特性によるものと考えられる。

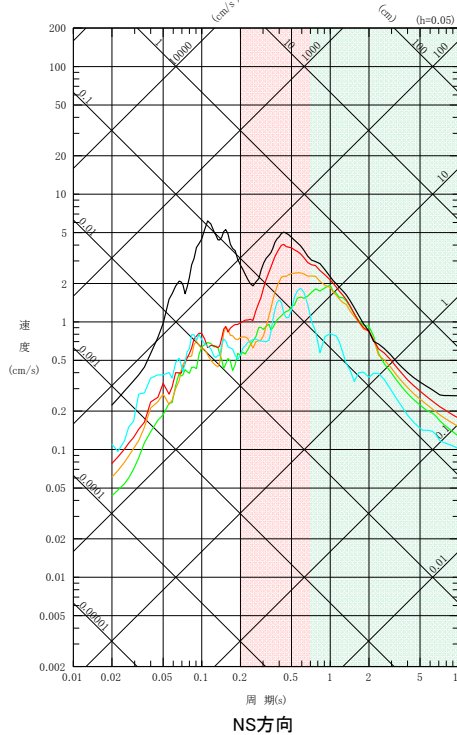
1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討(P.153~157)

▶ 自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、自由地盤地震観測点周辺のEL-10m~EL-200mに、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

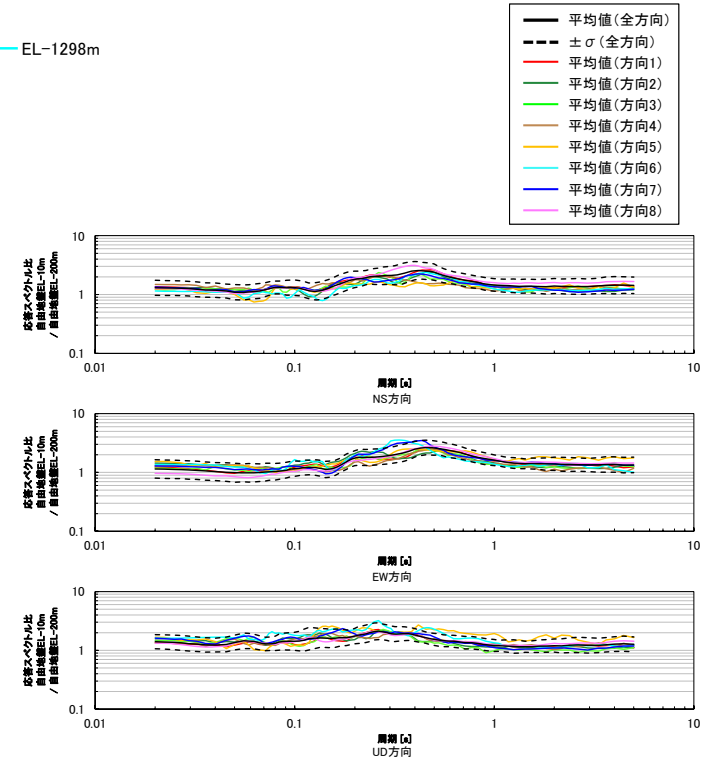
EL-100m~EL-10mにおいて応答が増幅する周期帯
 EL-1298m~EL-200mにおいて応答が増幅する周期帯
 EL+19.5m EL-10m EL-100m EL-200m EL-1298m



敷地地盤における主な地震観測点配置図 (1.3節)



自由地盤地震観測点における主な観測地震の深度別応答スペクトル (2020/03/13 石川県能登地方の地震) (1.3.1項)



応答スペクトル比(自由地盤EL-10m/自由地盤EL-200m)の地震波の到来方向ごとの比較(1.3.2項)

1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討(P.158~164)

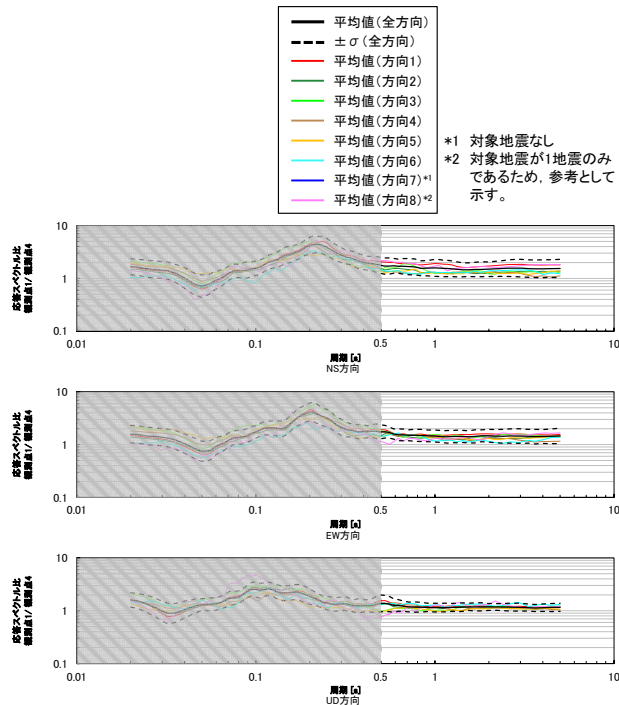
各観測点間の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程度であることから、各観測点周辺の地震基盤が浅(表層地盤を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討(P.165~168)

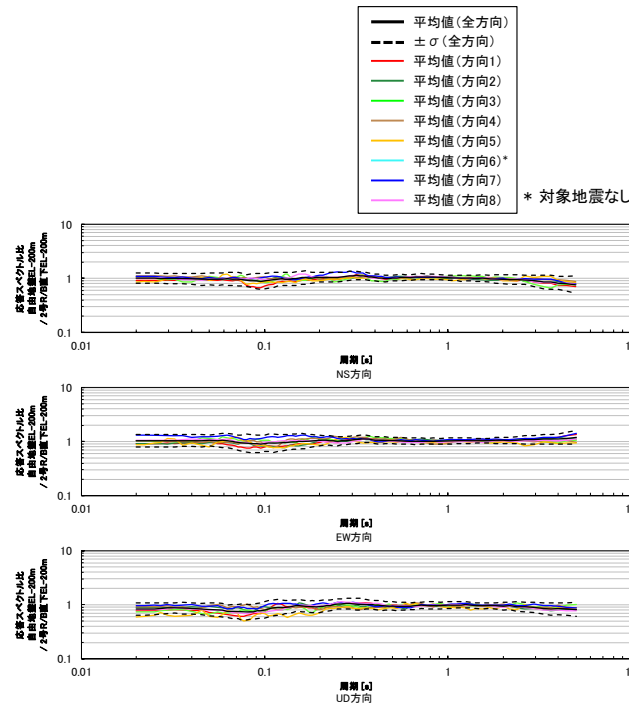
2号原子炉建屋直下EL-200mに対する自由地盤EL-200mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程度であることから、2号原子炉建屋直下地震観測点周辺と自由地盤地震観測点周辺のEL-200m~地震基盤に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討(P.169~178)

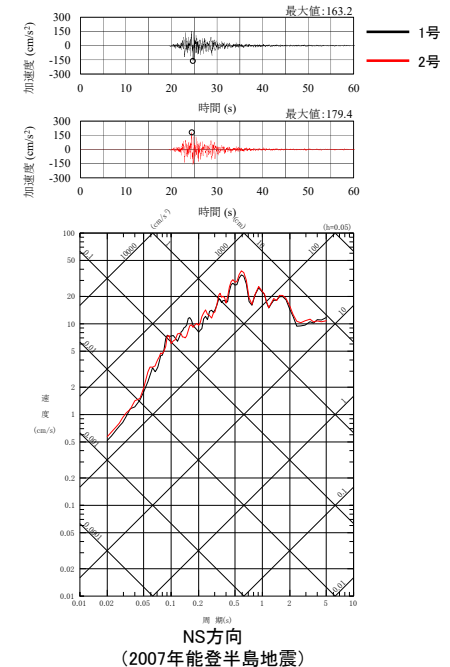
加速度時刻歴波形及び応答スペクトルに顕著な違いはないことから、1号原子炉建屋周辺及び2号原子炉建屋周辺の地震基盤が浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。



応答スペクトル比(観測点1/観測点4)の地震波の到来方向ごとの比較(1.3.3項)



応答スペクトル比(自由地盤EL-200m/2号原子炉建屋直下EL-200m)の地震波の到来方向ごとの比較(1.3.4項)



1号及び2号原子炉建屋基礎版上における加速度時刻歴波形及び応答スペクトルの比較(1.3.5項)

- 観測記録による地下構造の検討の結果、敷地の地震基盤が浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられることから、地震基盤が浅の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認した。
- 1.1節~1.3節のいずれの検討についても、敷地の地下構造は成層かつ均質と評価できることを確認したことから、敷地の地下構造を成層かつ均質と評価した。

I. 地下構造評価 — 評価結果(2章 地下構造モデルの設定) —

地下構造モデルの設定(P.182~194)

- 一次元の地下構造モデルは、敷地における地盤調査(浅層ボーリング調査、大深度ボーリング調査及び微動アレー探査)の結果に基づき設定。
- また、これら地盤調査の範囲より深部については文献に基づき設定。
- 1.3.1項の鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討において確認された敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認した。

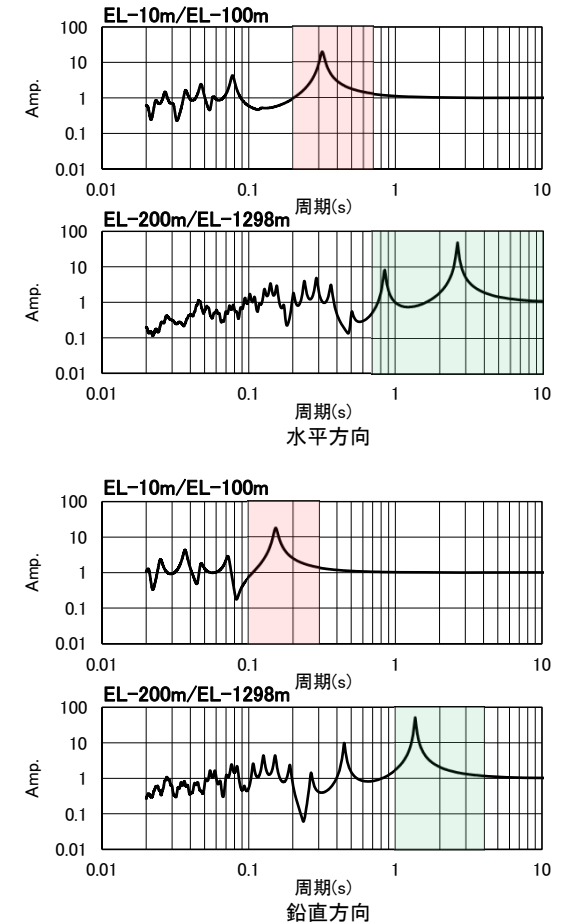
設定した地下構造モデル

標高EL	層厚 (m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 ρ (t/m ³)	減衰定数 h (%)	Q値
解放基盤表面 ▽	-10m	98.9	1.50	2.37	3.000	16.67
	-108.9m	91.1	1.96	2.38	3.000	16.67
	-200m	790	2.14	2.34	1.500	33.33
地震基盤 ▽	-990m	200	1.56	2.41	1.000	50
	-1.19km	600	3.16	2.67	0.250	200
	-1.79km	1,210	3.3	2.7	0.250	200
	-3km	2,500	3.5	2.7	0.250	200
	-5.5km	12,500	3.6	2.7	0.185	270
	-18km	10,000	3.9	2.8	0.125	400
	-28km	∞	4.4	3.1	0.100	500

- : 浅層ボーリング調査結果に基づき設定
- : 大深度ボーリング調査結果に基づき設定
- : 浅層ボーリング調査結果及び大深度ボーリング調査結果に対して安全側に設定
- : 微動アレー探査結果に基づき設定
- : 文献に基づき設定

※ 統計的グリーン関数法及び理論的手法に用いる範囲を表の右側に示す。

↑ 統計的グリーン関数法 ↓
理論的手法 ↓



設定した地下構造モデルの伝達関数

➢ 敷地の地下構造モデルは、上表の通り、敷地における地盤調査の結果及び文献に基づき一次元の地下構造モデルとして設定した。

申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し、地下構造モデルの地盤増幅特性、減衰構造及び速度構造が適切に設定されていることを確認。

3.1 地盤増幅特性の妥当性確認

3.1.1 地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討(P.200~202)

鉛直アレー地震観測記録を用いて、設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果、シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討(P.203~208)

鉛直アレー地震観測記録を用いた逆解析により推定した地下構造モデルと設定した地下構造モデルによる地盤増幅率を比較した結果、逆解析により推定した地下構造モデルの地盤増幅率を上回ることから、地盤増幅特性は安全側に設定されていると考えられる。

3.2 減衰構造の妥当性確認

3.2.1 地震波干渉法を用いた減衰の検討(P.211~219)

地震波干渉法を敷地の鉛直アレー地震観測記録に適用することにより推定したQ値は、設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、EL-10m~EL-200mの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

3.2.2 岩石コアを用いた減衰の検討(P.220~223)

敷地で実施したボーリング調査により得られた岩石コアを用いて超音波試験により推定したQ値は、設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、EL-200m~EL-990mの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

3.2.3 S波直達上昇波を用いた減衰の検討(P.224~227)

鉛直アレー地震観測記録のS波直達上昇波を用いて推定したQ値は、設定した地下構造モデルのQ値を下回ることから、EL-200m~EL-1.19kmの減衰構造は安全側に設定されていると考えられる。

3.3 速度構造の妥当性確認(P.229~232)

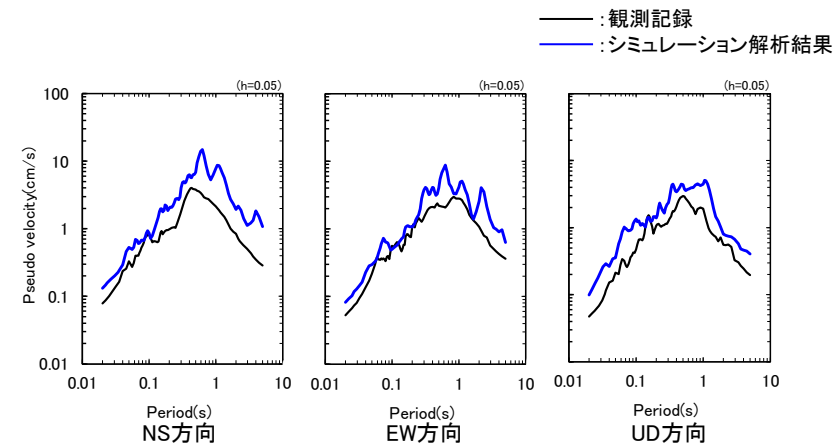
- 微動アレー探査により得られた位相速度と設定した地下構造モデルの理論位相速度は調和的であることから、EL-1.19km以浅の速度構造は適切に設定されていると考えられる。
- 敷地周辺の微動観測記録により得られた群速度と設定した地下構造モデルの理論群速度は調和的であることから、地震基盤より深部の速度構造は適切に設定されていると考えられる。
- 申請時以降に得られた知見において評価された速度構造と設定した地下構造モデルの速度構造は地震基盤より深部において調和的であることから、地震基盤より深部の速度構造は適切に設定されていると考えられる。

設定した地下構造モデル

解放基盤表面	標高EL	層厚(m)	S波速度 Vs (km/s)	P波速度 Vp (km/s)	密度 ρ (t/m³)	減衰定数 h (%)	Q値
▽	-10m	98.9	1.50	3.19	2.37	3.000	16.67
	-108.9m	91.1	1.96	3.96	2.38	3.000	16.67
▽	-200m	790	2.14	3.92	2.34	1.500	33.33
	-990m	200	1.56	3.26	2.41	1.000	50
	-1.19km	600	3.16	5.29	2.67	0.250	200
	-1.79km	1,210	3.3	5.4	2.7	0.250	200
	-3km	2,500	3.5	5.6	2.7	0.250	200
	-5.5km	12,500	3.6	6.3	2.7	0.185	270
	-18km	10,000	3.9	6.8	2.8	0.125	400
	-28km	∞	4.4	7.6	3.1	0.100	500

: 3.1節で確認する範囲
 : 3.2節で確認する範囲
 : 3.3節で確認する範囲

設定した地下構造モデルにおいて妥当性を確認した範囲(3章(2))

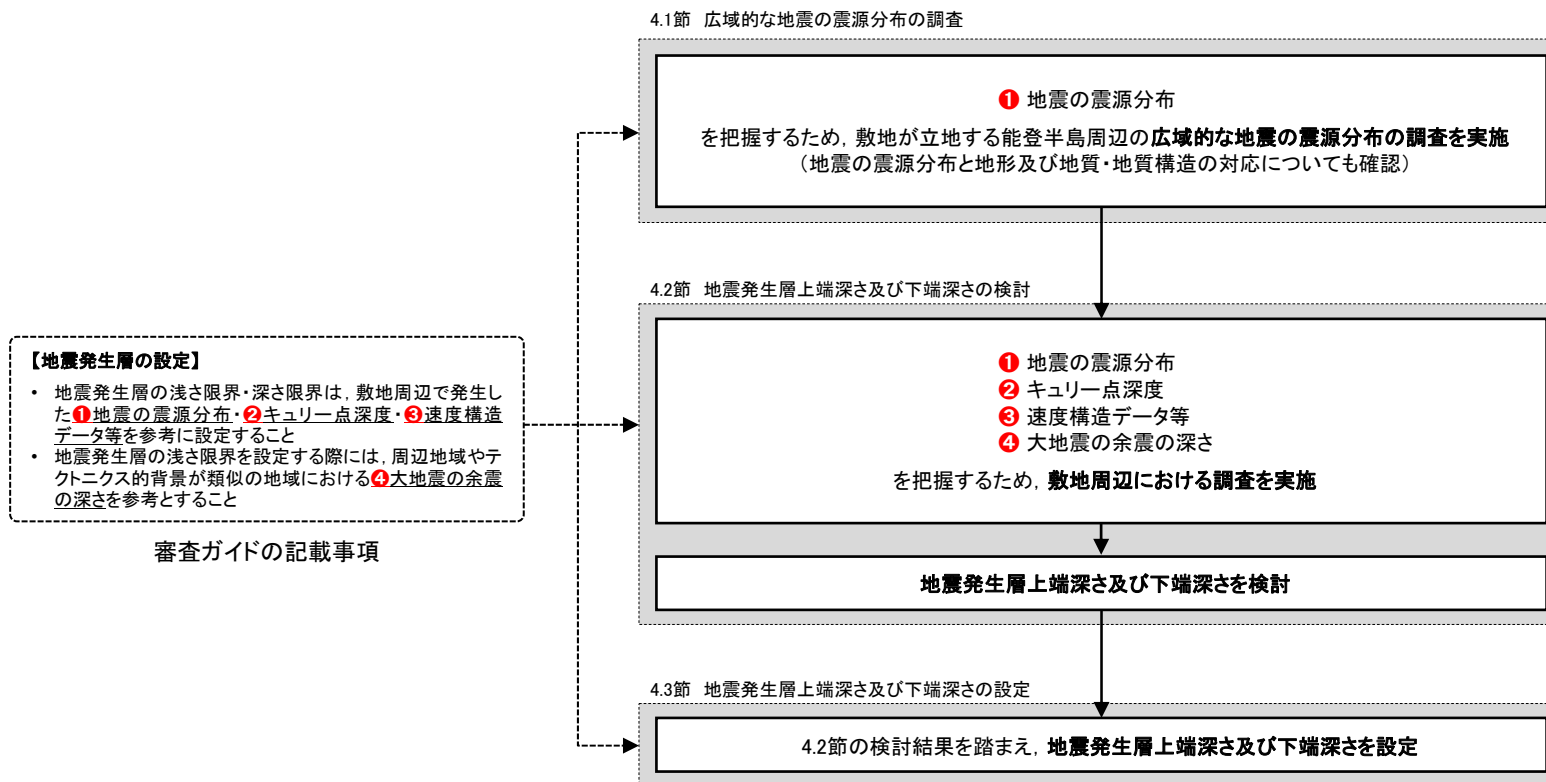


地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討結果 (2020/03/13 石川県能登地方の地震(M5.5)) (3.1.1項)

以上により、地下構造モデルの地盤増幅特性、減衰構造及び速度構造は適切に設定されていることを確認したことから、地下構造モデル全体としての妥当性を確認した。(追加検討の結果は申請時の検討内容と整合的であり、申請時において設定した地下構造モデルに変更はない)

II. 地震発生層の設定 — 設定の流れ —

- 地震発生層は、審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで設定を行う。
 - まず、敷地が立地する能登半島周辺の「①地震の震源分布」を把握するため、広域的な地震の震源分布の調査を行う。(4.1節で説明)
 - つぎに、敷地周辺の「①地震の震源分布」、「②キュリー点深度」、「③速度構造データ等」及び「④大地震の余震の精密調査による観測点直下及びその周辺の精度の良い震源の深さ」(以下、「大地震の余震の深さ」という)を把握するため、調査を実施する。また、敷地周辺の①～④を把握した結果を踏まえ、地震発生層上端深さ及び下端深さを検討する。(4.2節で説明)
 - 最後に、上記の検討結果を踏まえ、地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(4.3節で説明)
- 上記の内容を踏まえた地震発生層の設定フローを下図に示す。



地震発生層の設定フロー

II. 地震発生層の設定 — 調査の手法等の概要 —

- 4.1節において実施する広域的な地震の震源分布の調査及び4.2節において実施する敷地周辺における地震発生層上端深さ及び下端深さに係る調査の目的と各調査の対象及び手法を下表に示す。

【広域的な地震の震源分布の調査の目的、対象及び手法】

調査の目的	対象		手法		地震動評価の3要素	詳細説明
	水平方向	深さ方向	種別	内容		
① 地震の震源分布の把握	能登半島周辺	深さ30km以浅(内陸地殻内)	気象庁「地震月報(カタログ編)」の震源データに基づく検討	震源データから、地震の震源分布を確認する。(地震の震源分布と地形及び地質・地質構造の対応についても確認する)	震源特性	P.242～252

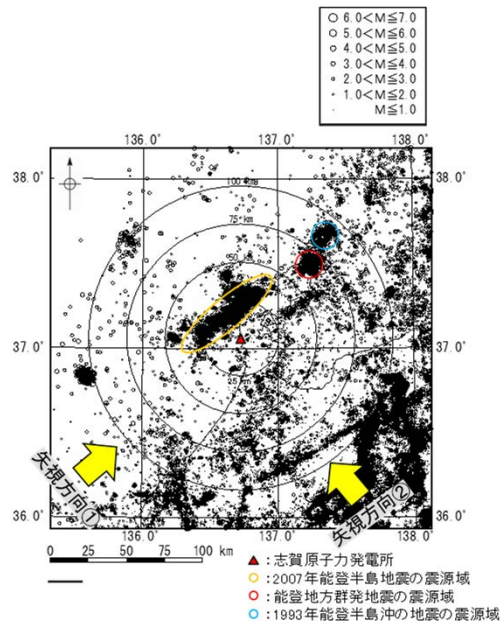
【敷地周辺における地震発生層上端深さ及び下端深さに係る調査の目的と各調査の対象及び手法】

調査の目的	対象		手法		地震動評価の3要素	詳細説明
	水平方向	深さ方向	種別	内容		
① 地震の震源分布の把握		上端深さ 下端深さ	気象庁「地震月報(カタログ編)」の震源データに基づく検討	D10%及びD90%を検討する。	震源特性	P.256～257
			文献調査	D10%及びD90%を確認する。	震源特性	P.256, P.258
② キュリー点深度の把握		下端深さ	文献調査	キュリー点深度分布図から、D90%と相関があるキュリー点深度を確認する。	震源特性	P.269～270
③ 速度構造データ等の把握	敷地周辺	上端深さ	文献調査	速度構造断面から、P波速度が5.8km/sの層の上端深さを確認する。	震源特性	P.259～262
			群速度に基づく検討	敷地周辺の微動観測記録による群速度と敷地の地下構造モデルによる理論群速度を比較することで、P波速度が5.8km/sの層の上端深さを検討する。	震源特性	P.259, P.263
		下端深さ	文献調査	コンラッド面深さの図から、コンラッド面深さを確認する。	震源特性	P.264～268
		上端深さ 下端深さ	文献調査	震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯を対象に、地震調査研究推進本部の知見における地震発生層上端深さ及び下端深さの設定値を整理する。特に、敷地から半径75km程度の範囲の主要活断層帯については、地震の震源分布、キュリー点深度、速度構造データ等に係る検討結果との整合性を確認する。	震源特性	P.271～288
④ 大地震の余震の深さの把握		上端深さ	文献調査	敷地周辺で発生した2007年能登半島地震について、当該地震の震源域の上端深さに係る知見を整理し、当該地震の震源域の上端深さを総合的に判断する。	震源特性	P.289～294

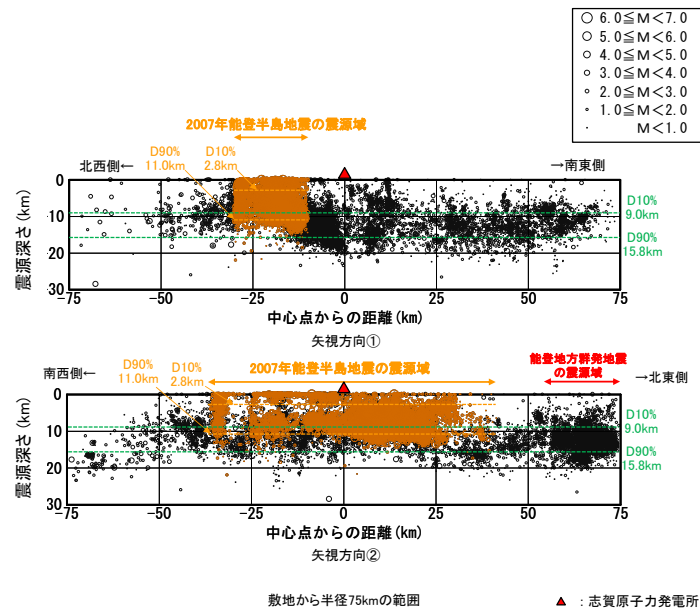
II. 地震発生層の設定 — 評価結果 — (1/3)

4.1 広域的な地震の震源分布の調査(P.240~252)

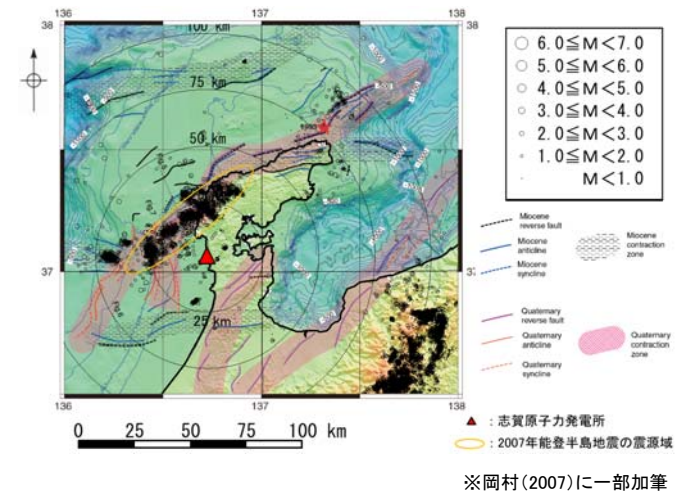
- 能登半島周辺においては、2007年能登半島地震、能登地方群発地震及び1993年能登半島沖の地震の震源域に地震の集中がみられ、これらの地震は、能登半島北岸に沿って北東-南西方向の走向に分布している。
- 敷地周辺では、2007年能登半島地震の震源域において地震が比較的浅く、概ねN50° Eの走向で集中してみられる。
- 2007年能登半島地震の震源域の震源深さは、周辺に比べて浅い傾向が認められる。
- 2007年能登半島地震の震源域における震源深さが浅い地震の震央分布は、能登半島北部に偏在する低山・丘陵の稜線及びその延長方向、並びに能登半島の北東沖から南西沖までの第四紀ひずみ集中帯の一部区間と対応がみられる。



地震の震央分布図 (1997年10月～2022年3月) (4.1節(5))



地震の震源深さ分布図 (1997年10月～2022年3月) (4.1節(5))



地質・地質構造図と深さ0～5kmの地震の震央分布図 (1997年10月～2022年3月) (4.1節(6))

※岡村(2007)に一部加筆

II. 地震発生層の設定 — 評価結果 — (2/3)

4.2 地震発生層上端深さ及び下端深さの検討(P.254～294)

- 敷地周辺における調査(地震の震源分布, 速度構造, コンラッド面深さ, キュリー一点深度, 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見及び2007年能登半島地震に係る知見)により地震発生層上端深さ及び下端深さを検討。検討結果を下表及び次頁の表に示す。

4.3 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定(P.296～299)

- 地震発生層上端深さ及び下端深さは, 4.2節の検討結果から推定される地震発生層上端深さ及び下端深さを踏まえ設定。

敷地周辺に係る検討

敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さの検討結果(4.2.1項～4.2.4項)

検討項目		上端深さ	下端深さ
地震の震源分布	気象庁の震源データ [D10%, D90%]	4.8km	14.3km
	原子力安全基盤機構(2004) [D10%, D90%]	3.2km	10.7km
速度構造	Matsubara et al.(2022)	4km程度以深	*1
	Iidaka et al.(2008)	3kmより深い	*1
	日本海地震・津波調査プロジェクト(2015)	3kmより深い	*1
	群速度	3kmより深い	*1
	Zhao et al.(1994)	*1	14km程度
コンラッド面深さ	河野ほか(2009)	*1	12km程度
	Katsumata(2010)	*1	18km程度
	Iidaka et al.(2003)	*1	18km程度
	キュリー一点深度	大久保(1984)	*1
検討結果から推定される地震発生層		3～4.8km	9～18km

設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ及び下端深さ	3km	18km
--------------------------	-----	------

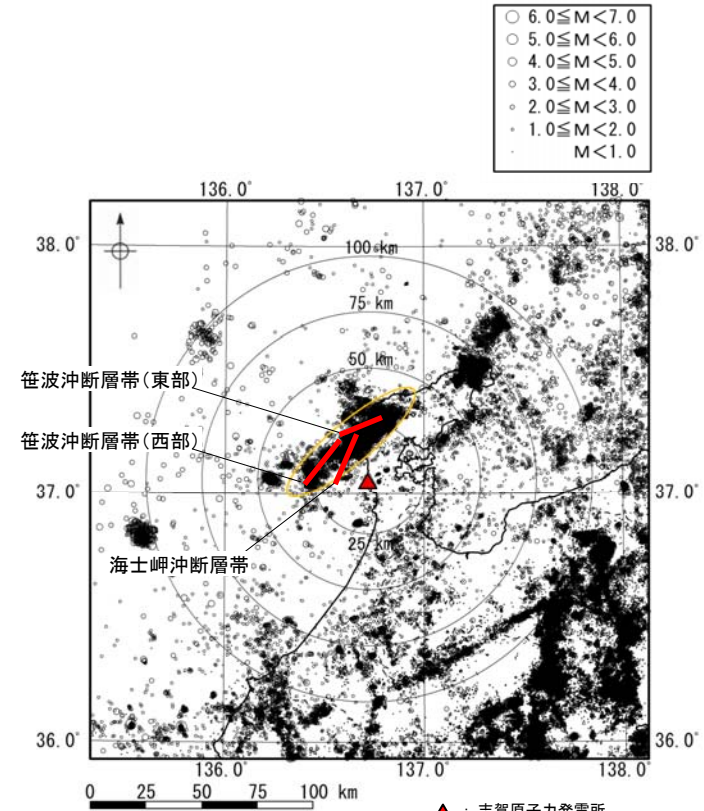
2007年能登半島地震の震源域に係る検討

2007年能登半島地震の震源域の上端深さの検討結果(4.2.6項)

検討項目		上端深さ
2007年能登半島地震に係る知見	佐藤ほか(2007a, 2007b) [反射法地震探査, 余震分布]	2km
	Sakai et al.(2008) [余震分布]	2km
	Yamada et al.(2008) [余震分布]	2km
	地域地盤環境研究所(2011) [D10%]	1.86km
検討結果から推定される地震発生層		2km

設定した2007年能登半島地震の震源域の上端深さ	2km
--------------------------	-----

- *1: 検討対象外
- *2: 当社が総合的に判断した値



地震の震央分布図(1997年10月～2022年3月)

- 敷地周辺の地震発生層上端深さは, 地震の震源分布及び速度構造による検討結果を踏まえ, 安全側に**3kmと設定した**。
- 敷地周辺の地震発生層下端深さは, 地震の震源分布, コンラッド面深さ及びキュリー一点深度による検討結果を踏まえ, 安全側に**18kmと設定した**。
- ただし, **2007年能登半島地震の震源域の上端深さについては**, 震源域周辺において実施された臨時地震観測や反射法地震探査等の詳細なデータに基づく知見を踏まえ, **2kmと設定した**。

なお, 上端深さを2kmと設定する断層は, 2007年能登半島地震の震源断層である笹波沖断層帯(東部)に加え, 同断層帯の西方向に位置する笹波沖断層帯(西部)及び南西方向に位置する海士岬断層帯とした。

(申請時の上端深さの設定(敷地周辺全域の上端深さを3kmに設定)を変更)

II. 地震発生層の設定 — 評価結果 — (3/3)

4.3 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定(続き)(P.296~299)

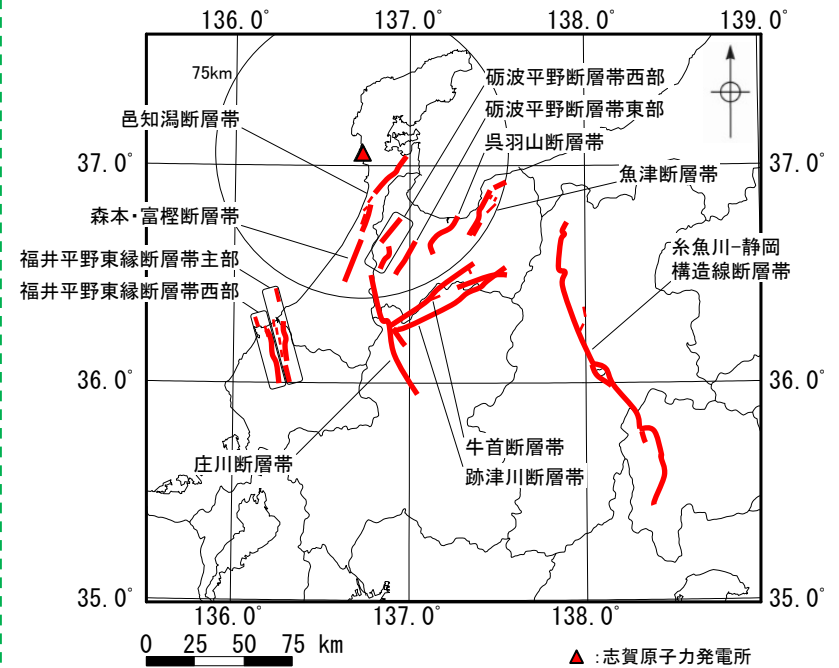
- 震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯の地震発生層上端深さ及び下端深さについては、地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討結果(4.2.5項)を踏まえ、断層ごとに設定。
- なお、上端深さが前頁で設定した敷地周辺の地震発生層上端深さ3kmより深い場合、また下端深さが前頁で設定した敷地周辺の地震発生層下端深さ18kmより浅い場合は、それぞれ3km及び18kmと安全側に設定。

地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る検討

地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による
地震発生層上端深さ及び下端深さの検討結果(4.2.5項)

断層名	検討結果		設定した地震発生層	
	上端深さ	下端深さ	上端深さ	下端深さ
邑知潟断層帯 (邑知潟南縁断層帯) ^{※3}	2km	18km	2km	18km
砺波平野断層帯 ^{※1} ・呉羽山断層帯	4km	20km	3km ^{※4}	20km
森本・富樫断層帯	4km	18km	3km ^{※4}	18km
魚津断層帯	3km	18km	3km	18km
牛首断層帯	2km	18km	2km	18km
跡津川断層帯	2km	18km	2km	18km
庄川断層帯 (御母衣断層) ^{※3}	2km	16km	2km	18km ^{※4}
福井平野東縁断層帯 ^{※2}	2km	18km	2km	18km
糸魚川-静岡構造線 断層帯 (糸魚川-静岡構造線 活断層系) ^{※3}	4km	17km	3km ^{※4}	18km ^{※4}

- ※1 砺波平野断層帯は、砺波平野断層帯西部と砺波平野断層帯東部からなる。
- ※2 福井平野東縁断層帯は、福井平野東縁断層帯主部と福井平野東縁断層帯西部からなる。
- ※3 ()は当社による断層名
- ※4 地震調査研究推進本部の知見による検討結果に対して安全側に設定した箇所を示す。



地震調査研究推進本部の主要活断層帯の概略位置図

- 震源として考慮する活断層のうち地震調査研究推進本部により評価された主要活断層帯の地震発生層は、地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見を踏まえ、上表の通り、安全側に設定した。

余白

Ⅲ. コメント回答の概要 ― 一覧表 ― (1/3)

○ 今回説明するコメント回答の概要を示す。

No.	区分	コメント	回答概要	記載頁
1	地下構造評価 地震発生層の設定	資料構成	各種の検討に際しては、検討方針を示したうえで、検討・評価を行い、その結果を踏まえた内容を結論に記載すること。	・各検討の冒頭に検討方針を示した。また、各検討の結論は、検討方針と対応するように記載した。 P.48,P.50,P.106～107,P.109,P.136～137,P.139,P.179～180,P.197,P.199,P.210,P.229,P.233～234
2	地下構造評価 地震発生層の設定	資料構成	地震動評価の3要素(震源特性・伝播特性・増幅特性)の観点から、各種の調査・検討がどの要素と対応しているのか分かるように資料に記載すること。	・各種の調査・検討と地震動評価の3要素の関係を記載した。 P.45～47, P.237, P.241, P.255
3	地下構造評価	資料構成	解放基盤表面及び地震基盤の設定は、地下構造モデルの設定の前提となることから、解放基盤表面の設定については、1.1節の地質・地質構造の調査において説明すること。また、地震基盤の設定についても、解放基盤表面の設定と同様に、項目立てして、1章で説明すること。	・解放基盤表面及び地震基盤の設定を項目立てし、解放基盤表面の設定については、「1.1.7 解放基盤表面の設定」に、地震基盤の設定については、「1.2.8 地震基盤の設定」に記載した。 P.102～105, P.134～135
4	地下構造評価	敷地の地質・地質構造	大深度ボーリング2孔(D-8.6孔及びK-13.6孔)の花崗岩上面の高度差が約180mであるとの調査結果を踏まえ、花崗岩上面の形状を考察したうえで、高度差が地震動へ与える影響について検討すること。	【花崗岩上面の形状の考察について】 ・約460m離隔している2孔の大深度ボーリング(D-8.6孔及びK-13.6孔)の調査結果において、花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから、この花崗岩上面の形状について、以下の通り考察した。 ・大深度ボーリング、重力探査及び反射法地震探査・VSP探査の結果から、敷地には花崗岩上面に変位を与えるような断層は推定されない。 ・敷地の花崗岩は長期間にわたり、侵食作用を受けており、敷地周辺には敷地と同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる。 ・以上のことから、2孔の大深度ボーリングで認められた花崗岩上面の高度差は、局所的な断層変位ではなく、侵食作用による凹凸形状であると判断した。 【高度差が地震動へ与える影響について】 ・K-13.6孔とD-8.6孔において花崗岩上面の高度差約180mが認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施することで、この高度差が地震動へ与える影響を確認するとともに、観測記録を用いた検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差の影響を検討した。 ・地震動シミュレーションによる検討は、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルにそれぞれ地震波を入力し、解放基盤表面として設定したEL-10mにおける応答スペクトルを比較することで行った。花崗岩上面の高度差は、上記の考察を踏まえ、K-13.6孔とD-8.6孔の花崗岩上面を滑らかに接続するようにモデル化した。地震動シミュレーションによる検討の結果、応答スペクトルに顕著な違いはみられない。 ・また、観測記録を用いた検討(1.3.3項～1.3.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤に浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。 ・以上のことから、花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。 P.92～100
5	地下構造評価	敷地の地質・地質構造	第3速度層・第4速度層の影響検討について、地震動シミュレーションの検討結果に、地震観測記録を用いた検討結果も含めて、総合的に検討を行う方針を示したうえで、地震動へ与える影響の有無を示すこと。	・検討方針として、地震動シミュレーションによる検討に加え、地震観測記録を用いた検討を含めて総合的にを行うことを示した。 ・二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられないこと)及び1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果(敷地の地震基盤に浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられること)より、第3'速度層及び第4'速度層は、地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。 P.80～88

Ⅲ. コメント回答の概要 ー一覧表ー (2/3)

No.	区分		コメント	回答概要	記載頁
6	地下構造評価	地震波トモグラフィー	Matsubara et al.(2022)の速度構造による地下構造の成層性及び均質性の検討においては、1-1'断面及び2-2'断面以外の断面も確認すること。	<ul style="list-style-type: none"> 1-1'断面(南北断面)及び2-2'断面(東西断面)に加え、北東-南西方向及び北西-南東方向の断面を追加し、敷地から10km程度の範囲においては、深さ5km程度で深の速度構造に顕著な不整形がないことを確認した。 	P.112～113, P.260
7	地下構造評価	単点微動探査観測記録による地下構造の検討	敷地の単点微動探査と水平アレー地震観測による検討結果の整合性について記載すること。	<ul style="list-style-type: none"> 単点微動探査による検討結果(周期2秒程度において、各観測点の微動H/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤の形状に、顕著な不整形はないものと考えられること)と、水平アレー地震観測記録を用いた検討結果(敷地の地震基盤が浅の速度構造(地震基盤の形状を含む)に地震動へ及ぼすような特異な速度構造はないものと考えられること)は整合的であることを確認した。 	P.128, P.130～131
8	地下構造評価	観測記録による地下構造の検討	地震観測記録を用いた到来方向の検討について、到来方向を東西南北の4方位で検討しているが、方位を適切に区分して検討すること。また、検討に用いる地震数が少なくなる場合は、検討精度を確保できる範囲で用いる地震の拡充を検討すること。	<ul style="list-style-type: none"> 観測記録を用いた到来方向の検討について、到来方向を8方位で検討するとともに、検討に用いる地震を拡充した。また、応答スペクトル比の図の縦軸を0.1～10に適正化した。 検討の結果、「1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討」、「1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討」及び「1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討」のいずれの検討についても、地震波の到来方向による顕著な違いはないことを確認した。 	P.153～168
9	地下構造評価	観測記録による地下構造の検討	地震観測記録を用いた到来方向の検討について、応答スペクトル比がわかりやすくなるように、応答スペクトル比の図の縦軸を適正化すること。		
10	地下構造評価	観測記録による地下構造の検討	深度別の応答スペクトルにおいて、周期0.2秒程度より短周期側では、岩盤中においてはほとんど増幅がみられないとしているが、例えばEW方向の周期0.2秒から0.5秒で増幅がみられること等の特徴について、地震動に与える影響を考察すること。	<ul style="list-style-type: none"> 検討に用いたいずれの地震についても、NS方向及びEW方向の周期0.2～0.7秒程度、並びにUD方向の周期0.1～0.3秒程度では、EL-100m～EL-10mにおいて応答が増幅する傾向にあり、NS方向及びEW方向の周期0.7秒程度より長周期側、並びにUD方向の周期1～4秒程度では、EL-1298m～EL-200mにおいて応答が増幅する傾向にあり、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違いはないことから、これらの増幅は敷地地盤固有の振動特性によるものと考えられる。 この敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認するため、設定した地下構造モデルの増幅がみられた観測点間の伝達関数(EL-10m/EL-100m及びEL-200m/EL-1298m)を確認した結果、深度別応答スペクトルで増幅がみられた周期帯については、設定した地下構造モデルの伝達関数においても1を上回るピークがみられ、敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認した。 	P.142～152, P.194
11	地下構造評価	観測記録による地下構造の検討	地下構造モデルの地盤増幅特性の妥当性確認について、地震観測記録を直接用いた検討を行うこと。	<ul style="list-style-type: none"> 設定した地下構造モデルの地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため、敷地の鉛直アレー地震観測記録を用いて、設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較した。地震動シミュレーションは、設定した地下構造モデルのEL-1298mに観測記録を入力し、解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の地震動を評価した。 シミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果、検討に用いたいずれの地震についても、シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、設定した地下構造モデルは安全側に設定されていると考えられる。 	P.200～202

Ⅲ. コメント回答の概要 ― 一覧表 ― (3/3)

No.	区分	コメント	回答概要	記載頁
12	地震発生層の設定 広域的な地震の震源分布の調査	能登半島周辺の地震の震源深さ分布について、断面図にプロットした2007年能登半島地震の震源域の平面的な範囲を確認するため、図中の矢視方向の直角方向からの深さ分布も示すこと。また、能登半島周辺のD10%・D90%について、2007年能登半島地震の震源域の震源データを除いたD10%・D90%を示すこと。	<ul style="list-style-type: none"> 第1199回審査会合で示した矢視方向の直角方向からの深さ分布を追加した。同審査会合で示した矢視方向からの断面図と同様、2007年能登半島地震の震源域の震源深さが周囲に比べて浅い傾向であることを確認した。 また、能登半島周辺のD10%・D90%について、2007年能登半島地震の震源域の震源データを除いたD10%・D90%を示した。 	P.244～248
13	地震発生層の設定 広域的な地震の震源分布の調査	2007年能登半島地震発生前後の震源深さ分布図について、2007年能登半島地震の震源域の震源が、発生日前に比べて発生日後に浅くなっている。他の断層でも同様なことが起きるのか検討すること。	能登半島周辺の地震の震源深さ分布において、2007年能登半島地震の震源域の震源深さが周囲に比べて浅い傾向は、当該地震発生日より前においても認められることを確認した。	P.245～248
14	地震発生層の設定 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討	邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ及び砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さについて、地震調査研究推進本部の評価(邑知潟断層帯は2020、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯は2004)を踏まえても、設定した地震発生層3km～18kmが妥当であるか科学的に説明すること。	<ul style="list-style-type: none"> 邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見を整理した結果、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2～5.1kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2020,2014)を重視し、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2kmと判断した。 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは16.4km～20kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2004)を重視し、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは20kmと判断した。 	P.273, P.276, P.287
15	地震発生層の設定 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討	邑知潟断層帯のD10%の検討に際しては、邑知潟断層帯と関連のない2007年能登半島地震等の震源データの影響がないよう、適切な範囲で再検討すること。	<ul style="list-style-type: none"> 邑知潟断層帯のD10%及びD90%の検討では、邑知潟断層帯と関連のない2007年能登半島地震の震源データの影響が含まれない範囲で設定した。 また、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯のD10%及びD90%の検討範囲についても同様に、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯と関連のない跡津川断層帯周辺の震源データの影響が含まれない範囲で設定した。 	P.274,P277
16	地震発生層の設定 地震発生層の設定	敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層については、その断層名及び地震発生層の設定値を明示すること。	震源として考慮する活断層のうち敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層の断層名及び地震発生層の設定値を明示した。	P.297～299

Ⅲ. コメント回答の概要 -コメントNo.4- (1/2)

コメントNo.4

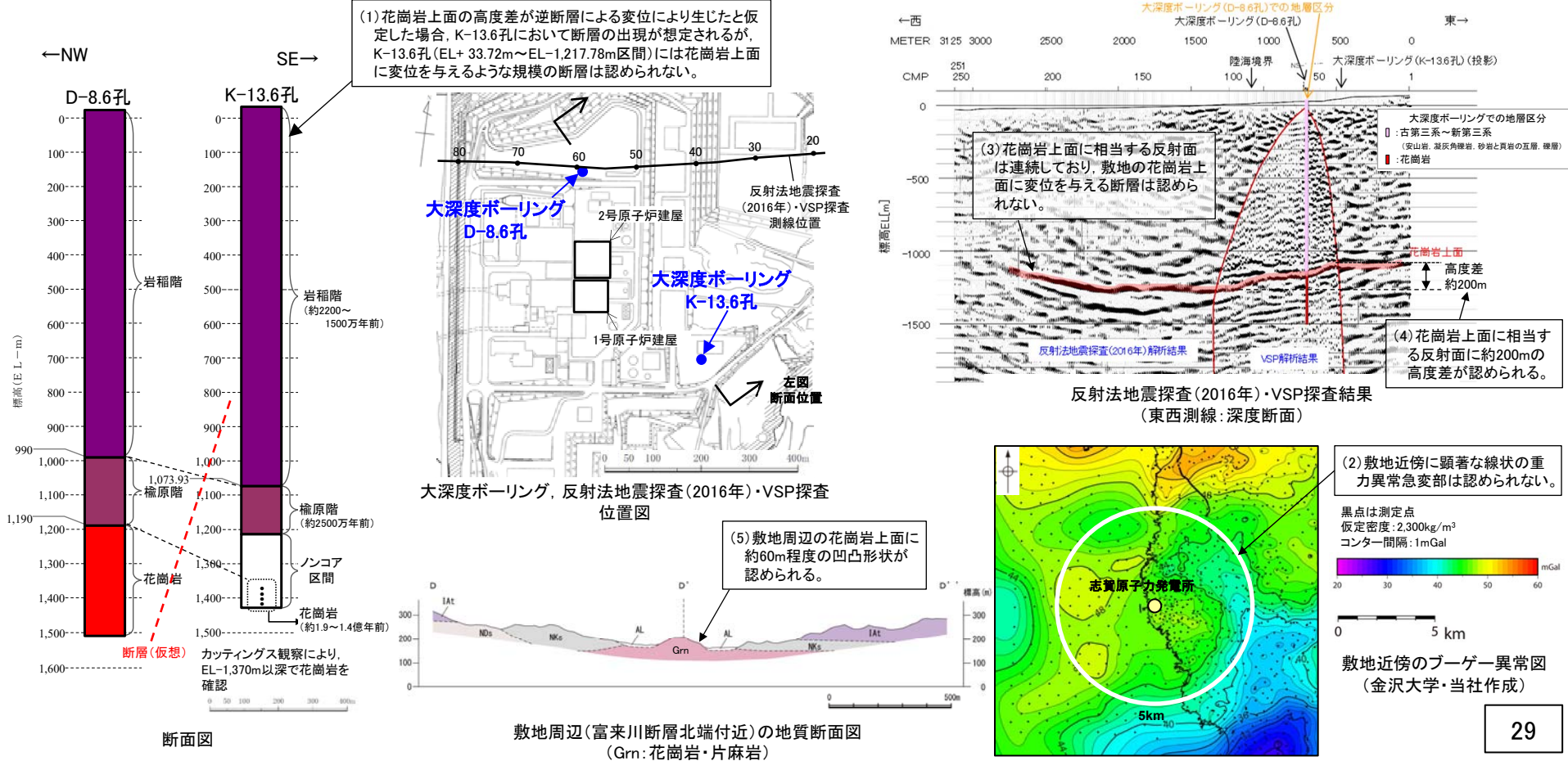
【回答の概要】(P.92~94)

大深度ボーリング2孔(D-8.6孔及びK-13.6孔)の花崗岩上面の高度差が約180mであるとの調査結果を踏まえ、**花崗岩上面の形状を考察**したうえで、**高度差が地震動へ与える影響について検討**すること。

・②の回答は次頁

①花崗岩上面の形状の考察について

- 約460m離隔している2孔の大深度ボーリング(D-8.6孔及びK-13.6孔)の調査結果において、花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから、この花崗岩上面の形状について、以下の通り考察した。
- 大深度ボーリング、重力探査及び反射法地震探査・VSP探査の結果から、敷地には花崗岩上面に変位を与えるような断層は推定されない。
- ・大深度ボーリングK-13.6孔のコア観察の結果、花崗岩上面に変位を与えるような規模の断層は認められない(下図(1))。
- ・重力探査の結果、敷地近傍に顕著な線状の重力異常急変部は認められず、断層等による基盤標高の急激な変化は推定されない(下図(2))。
- ・反射法地震探査・VSP探査の結果、花崗岩上面に相当する反射面は連続しており、敷地の花崗岩上面に変位を与える断層は認められない(下図(3))。
- 敷地の花崗岩は長期間(1億年以上)にわたり、侵食作用を受けており、敷地周辺には敷地と同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる。
- ・敷地の花崗岩(約1.9~1.4億年前)は、楡原階の堆積岩(約2500万年前)や、岩稲階の別所岳安山岩類(約2200~1500万年前)に覆われており、上位層が堆積するまでの間の長期間(1億年以上)にわたり、侵食作用を受けていたと推定される。
- ・敷地から海域にかけて連続して測線を配置した反射法地震探査・VSP探査の結果、花崗岩上面に相当する反射面に約200mの高度差が認められる(下図(4))。
- ・敷地周辺には、同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる(下図(5))。
- 以上のことから、2孔の大深度ボーリングで認められた花崗岩上面の高度差は、局所的な断層変位ではなく、侵食作用による凹凸形状であると判断した。



Ⅲ. コメント回答の概要 -コメントNo.4- (2/2)

コメントNo.4

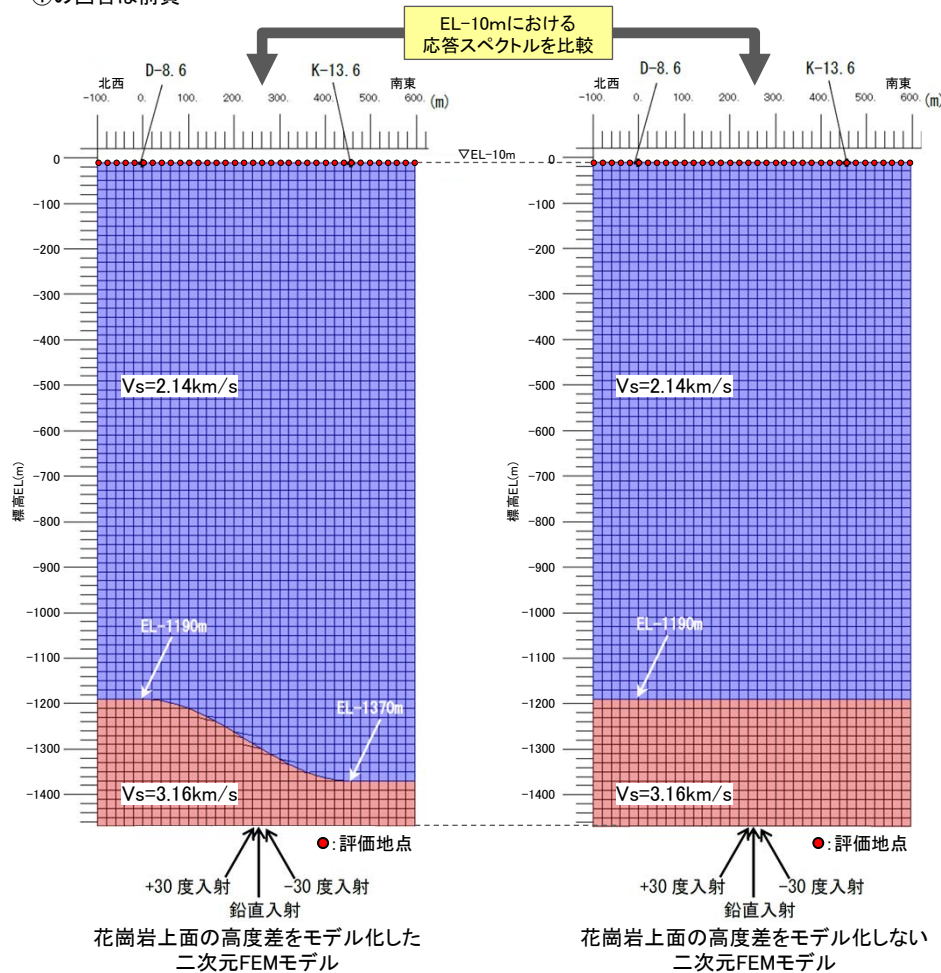
【回答の概要】(P.95~100)

大深度ボーリング2孔(D-8.6孔及びK-13.6孔)の花崗岩上面の高度差が約180mであるとの調査結果を踏まえ、花崗岩上面の形状を考察したうえで、高度差が地震動へ与える影響について検討すること。

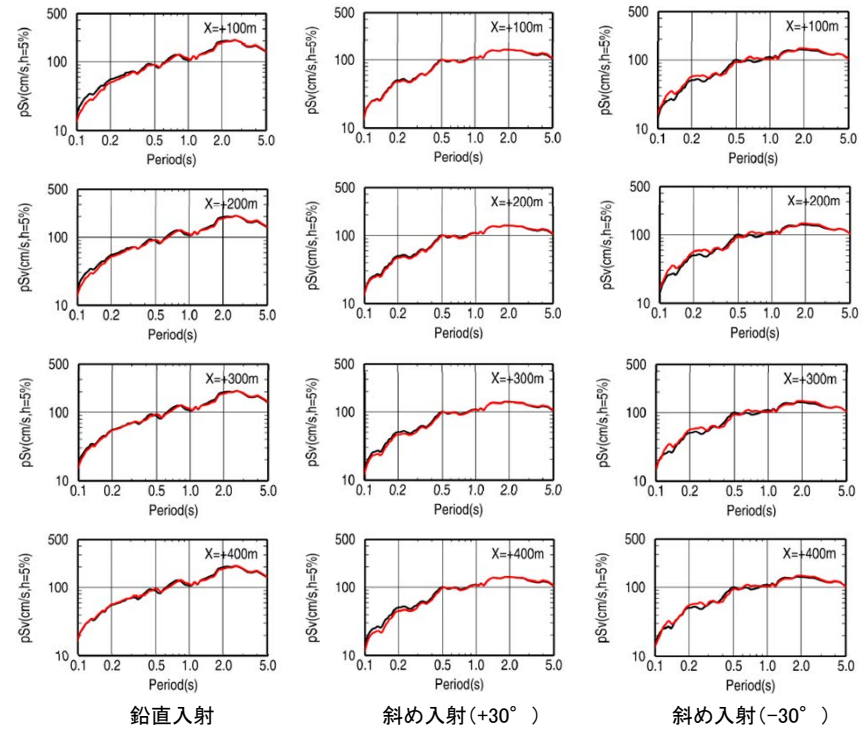
【②高度差が地震動へ与える影響について】

- K-13.6孔とD-8.6孔において花崗岩上面の高度差約180mが認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施することで、この高度差が地震動へ与える影響を確認するとともに、観測記録を用いた検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差の影響を検討した。
- 地震動シミュレーションによる検討は、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルにそれぞれ地震波を入力し、解放基盤表面として設定したEL-10mにおける応答スペクトルを比較することで行った。花崗岩上面の高度差は、前頁の考察を踏まえ、K-13.6孔とD-8.6孔の花崗岩上面を滑らかに接続するようにモデル化した。地震動シミュレーションによる検討の結果、応答スペクトルに顕著な違いはみられない。
- また、観測記録を用いた検討(1.3.3項~1.3.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤が浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- 以上のことから、花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

・①の回答は前頁



—: 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル
—: 花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル



評価地点の応答スペクトル
(X=100m,200m,300m,400m地点)

Ⅲ. コメント回答の概要 –コメントNo.10–

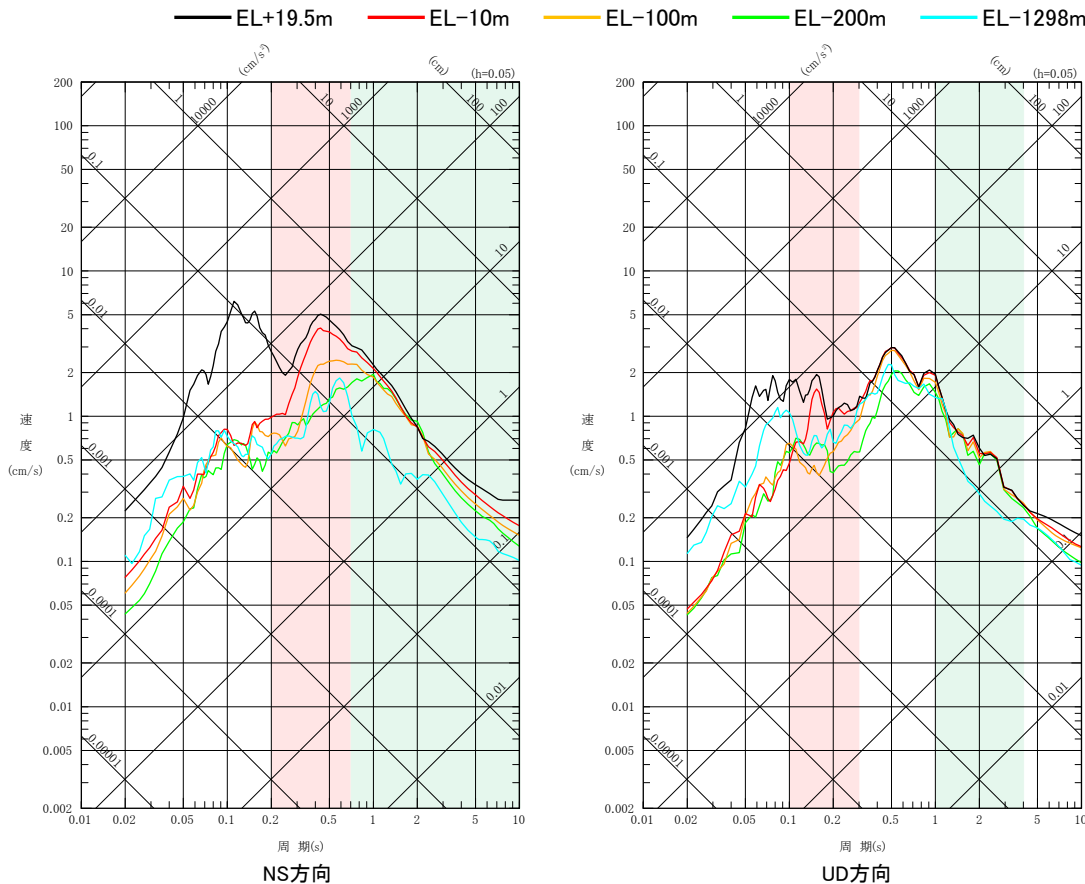
コメントNo.10

【回答の概要】(P.142～152, P.194)

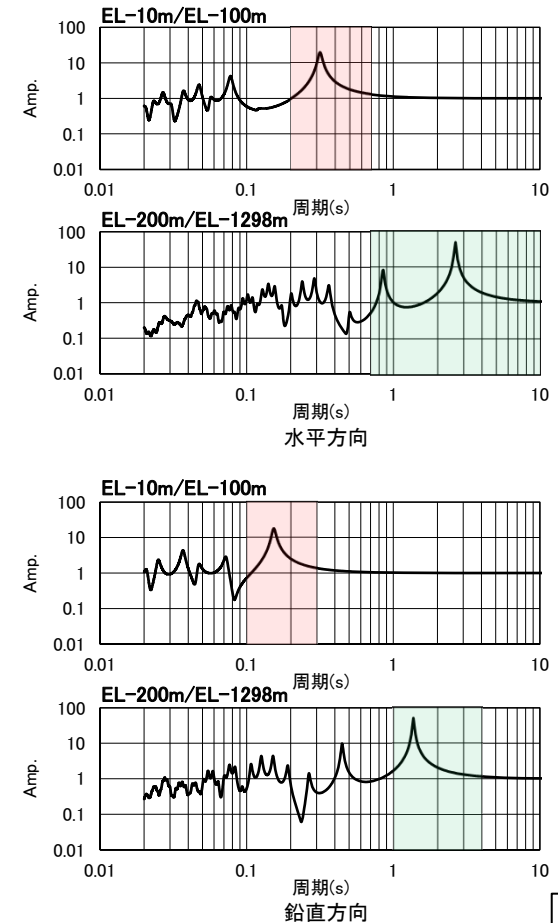
深度別の応答スペクトルにおいて、周期0.2秒程度より短周期側では、岩盤中においてはほとんど増幅がみられないとしているが、例えばEW方向の周期0.2秒から0.5秒で増幅がみられること等の特徴について、地震動に与える影響を考察すること。

○検討に用いたいずれの地震についても、NS方向及びEW方向の周期0.2～0.7秒程度、並びにUD方向の周期0.1～0.3秒程度では、EL-100m～EL-10mにおいて応答が増幅する傾向にあり、NS方向及びEW方向の周期0.7秒程度より長周期側、並びにUD方向の周期1～4秒程度では、EL-1298m～EL-200mにおいて応答が増幅する傾向にあり、増幅傾向がみられる周期帯に顕著な違いはないことから、これらの増幅は敷地地盤固有の振動特性によるものと考えられる。
 ○この敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認するため、設定した地下構造モデルの増幅がみられた観測点間の伝達関数(EL-10m/EL-100m及びEL-200m/EL-1298m)を確認した結果、深度別応答スペクトルで増幅がみられた周期帯については、設定した地下構造モデルの伝達関数においても1を上回るピークがみられ、敷地地盤の振動特性が地下構造モデルに適切に反映されていることを確認した。

EL-100m～EL-10mにおいて応答が増幅する周期帯 EL-1298m～EL-200mにおいて応答が増幅する周期帯



深度別の擬似速度応答スペクトル(2020/03/13 石川県能登地方の地震)



設定した地下構造モデルの伝達関数

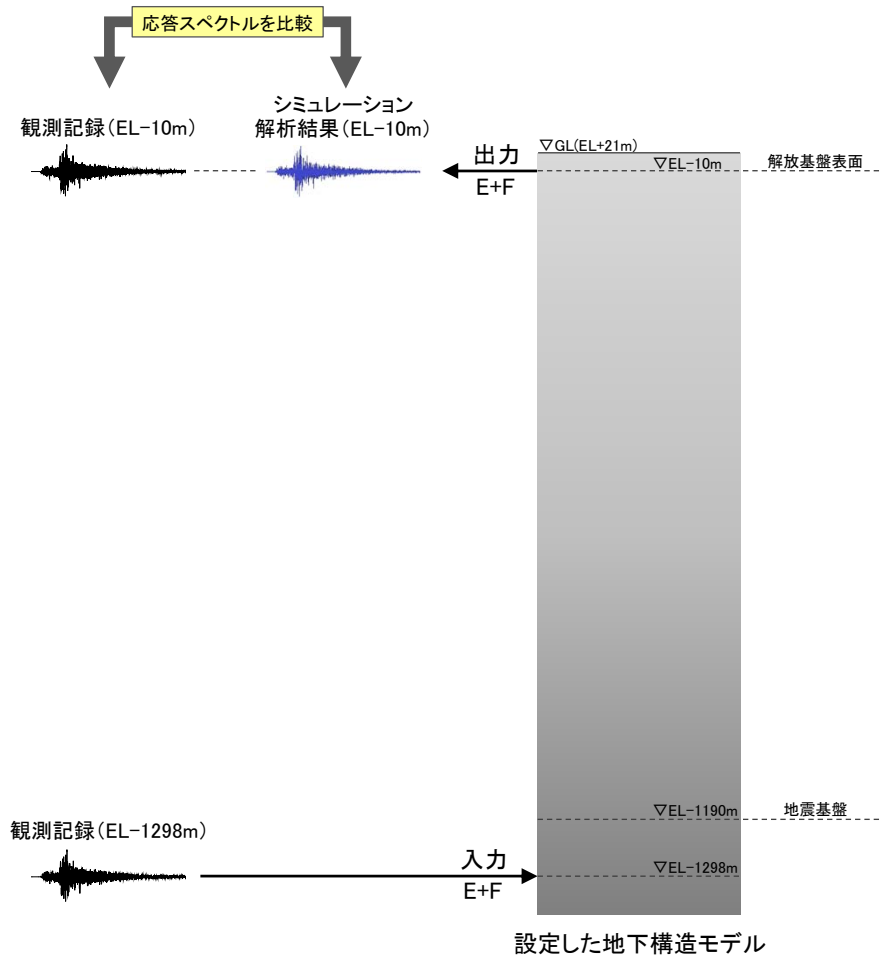
Ⅲ. コメント回答の概要 –コメントNo.11–

コメントNo.11

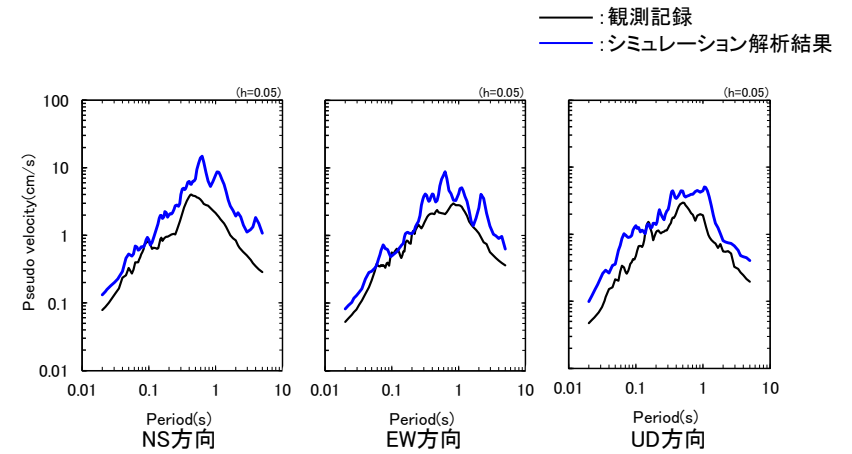
地下構造モデルの地盤増幅特性の妥当性確認について、地震観測記録を直接用いた検討を行うこと。

【回答の概要】(P.200~202)

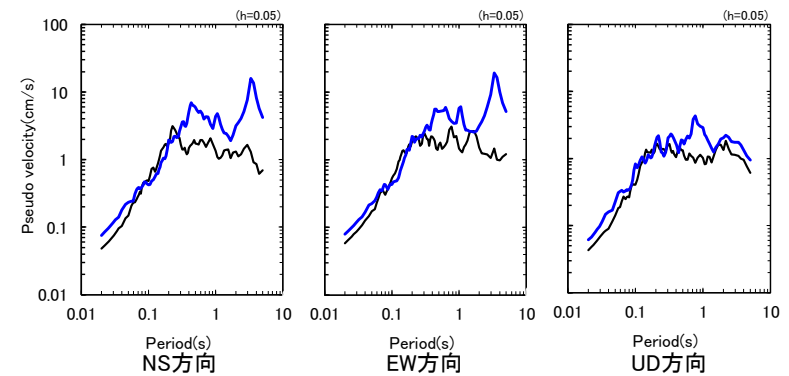
○設定した地下構造モデルの地盤増幅特性が安全側に設定されていることを確認するため、敷地の鉛直アレー地震観測記録を用いて、設定した地下構造モデルによる地震動シミュレーションを行い、シミュレーション解析結果と観測記録を比較した。地震動シミュレーションは、設定した地下構造モデルのEL-1298mに観測記録を入力し、解放基盤表面を設定した位置(EL-10m)の地震動を評価した。
 ○シミュレーション解析結果と観測記録を比較した結果、検討に用いたいずれの地震についても、シミュレーション解析結果は観測記録に対して同程度あるいは大きいことから、設定した地下構造モデルは安全側に設定されていると考えられる。



検討の概要



2020/03/13 石川県能登地方の地震(M5.5)



2023/05/05 14:42 石川県能登地方の地震(M6.5)

検討結果の例

Ⅲ. コメント回答の概要 –コメントNo.14–

コメントNo.14

邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ及び砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さについて、地震調査研究推進本部の評価(邑知潟断層帯は2020、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯は2004)を踏まえても、設定した地震発生層3km～18kmが妥当であるか科学的に説明すること。

【回答の概要】(P.273, P.276, P.287)

- 邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見を整理した結果、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2～5.1kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2020,2014)を重視し、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2kmと判断した。
- 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは16.4km～20kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2004)を重視し、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは20kmと判断した。

邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見に基づく検討結果

対象断層帯	知見	知見の概要	上端深さ
邑知潟断層帯	地震調査研究推進本部(2020, 2014)	・全国地震動予測地図2020年版によれば、断層モデル上端深さは微小地震の発生と地震基盤深さを参考に2kmと設定されている。	2km
	当社による気象庁の震源データに基づく検討	・1997年10月から2022年3月までの気象庁の震源データによる邑知潟断層帯周辺のD10%は、5.1kmとなる。	5.1km
	Iidaka et al.(2008)	・中部日本を横断する測線において、屈折法地震探査を実施し、邑知潟断層帯周辺のP波速度構造断面を評価している。 ・P波速度構造断面によると、P波速度が5.8km/sの層の上端深さは3kmよりも深い。	3kmより深い
邑知潟断層帯の地震発生層上端深さ			2km
<p>➤ 邑知潟断層帯の地震発生層上端深さに係る知見を整理した結果、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2～5.1kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2020, 2014)を重視し、邑知潟断層帯の地震発生層上端深さは2kmと判断する。</p>			

砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見に基づく検討結果

対象断層帯	知見	知見の概要	下端深さ
砺波平野断層帯・呉羽山断層帯	地震調査研究推進本部(2004)	・強震動評価によれば、微小地震の深さ分布及び地盤構造の評価結果から、地震発生層を深さ4～20kmと設定している。	20km
	当社による気象庁の震源データに基づく検討	・1997年10月から2022年3月までの気象庁の震源データによる砺波平野断層帯・呉羽山断層帯周辺のD90%は、16.4kmとなる。	16.4km
	Iidaka et al.(2003)	・中部日本を横断する測線において、屈折法地震探査を実施し、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯周辺のP波速度構造断面を評価している。 ・P波速度構造断面によると、コンラッド面深さは18km程度である。	18km程度
砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さ			20km
<p>➤ 砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さに係る知見を整理した結果、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは16.4km～20kmと考えられるが、地震調査研究推進本部(2004)を重視し、砺波平野断層帯・呉羽山断層帯の地震発生層下端深さは20kmと判断する。</p>			

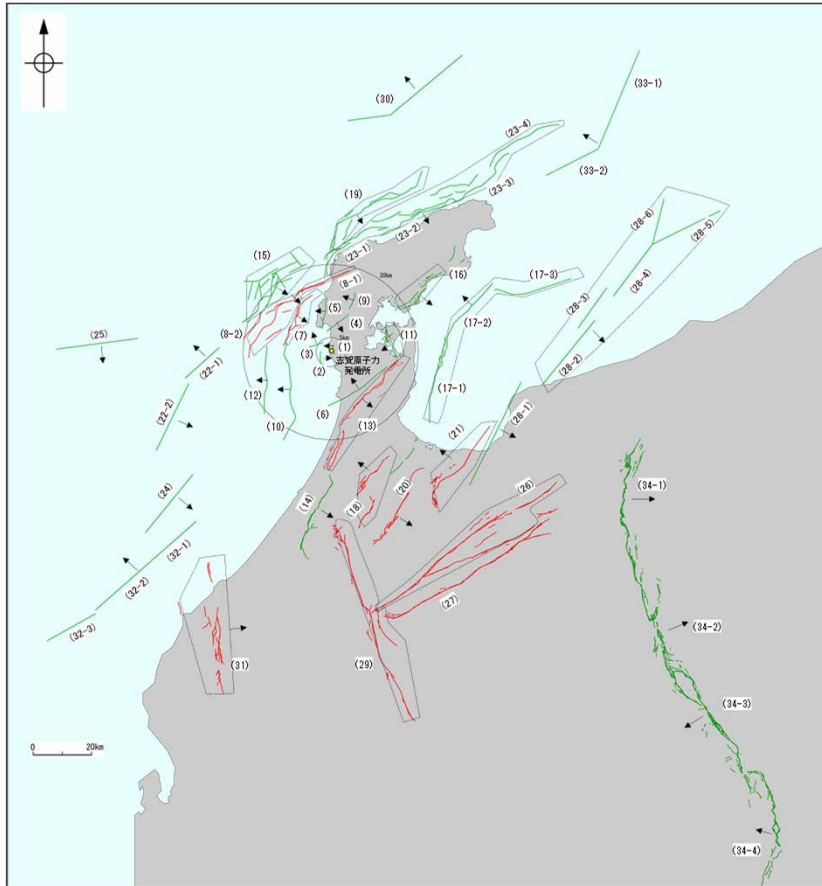
Ⅲ. コメント回答の概要 -コメントNo.16-

コメントNo.16

敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層については、その断層名及び地震発生層の設定値を明示すること。

【回答の概要】(P.297~299)

○震源として考慮する活断層のうち敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層の断層名及び地震発生層の設定値を明示した。



敷地周辺の断層の分布
(震源として考慮する活断層を表示)

傾斜方向

- 敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)を適用する断層
- 敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層

	断層名	上端深さ	下端深さ
敷地近傍	(1) 福浦断層	3km	18km
	(2) 兜岩冲断層	3km	18km
	(3) 基盤島冲断層	3km	18km
	(4) 富米川南岸断層	3km	18km
	(5) 酒見断層	3km	18km
	(6) 盾丈山第2断層	3km	18km
	(7) 海士岬冲断層帯	2km	18km
	(8-1) 笹波冲断層帯(東部)	2km	18km
	(8-2) 笹波冲断層帯(西部)	2km	18km
	(9) 富米川断層	3km	18km
	(10) 羽咋冲東撓曲	3km	18km
	(11) 能登島半の消断層帯	3km	18km
	(12) 羽咋冲西撓曲	3km	18km
	(13) 邑知潟南縁断層帯	2km	18km
	(14) 森本・富樫断層帯	3km	18km
(15) 前ノ瀬東方断層帯	3km	18km	
敷地周辺	(16) 能都断層帯	3km	18km
	(17-1) 富山湾西側海域断層(南部)	3km	18km
	(17-2) 富山湾西側海域断層(北部)	3km	18km
	(17-3) TB3	3km	18km
	(18) 砺波平野断層帯(西部)	3km	20km
	(19) 猿山岬北方冲断層	3km	18km
	(20) 砺波平野断層帯(東部)	3km	20km
	(21) 呉羽山断層帯	3km	20km
	(22-1) KZ3	3km	18km
	(22-2) KZ4	3km	18km
	(23-1) 猿山冲セグメント	3km	18km
	(23-2) 輪島冲セグメント	3km	18km
	(23-3) 珠洲冲セグメント	3km	18km
	(23-4) 禄剛セグメント	3km	18km
	(24) KZ6	3km	18km
	(25) KZ5	3km	18km
	(26) 牛首断層帯	2km	18km
	(27) 跡津川断層帯	2km	18km
	(28-1) 魚津断層帯	3km	18km
	(28-2) TB5	3km	18km
	(28-3) TB6	3km	18km
	(28-4) J01	3km	18km
	(28-5) J02	3km	18km
	(28-6) J03	3km	18km
	(29) 御母衣断層	2km	18km
	(30) NT1	3km	18km
	(31) 福井平野東縁断層帯	2km	18km
	(32-1) FU1	3km	18km
	(32-2) FU2	3km	18km
	(32-3) FU3	3km	18km
	(33-1) NT2	3km	18km
	(33-2) NT3	3km	18km
	(34-1) 系魚川-静岡構造線活断層系(北部)	3km	18km
	(34-2) 系魚川-静岡構造線活断層系(中北部)	3km	18km
(34-3) 系魚川-静岡構造線活断層系(中南部)	3km	18km	
(34-4) 系魚川-静岡構造線活断層系(南部)	3km	18km	

敷地周辺において設定した地震発生層(上端深さ3km・下端深さ18km)と異なる地震発生層を設定する断層

余白

目次

はじめに	37	4. 地震発生層の設定	235
1. 地下構造の成層性及び均質性の評価	43	4.1 広域的な地震の震源分布の調査	239
1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討	49	4.2 地震発生層上端深さ及び下端深さの検討	253
1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造	51	4.2.1 地震の震源分布による検討	256
1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造	55	4.2.2 速度構造による検討	259
1.1.3 敷地の地質・地質構造	57	4.2.3 コンラッド面深さによる検討	264
1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)	70	4.2.4 キュリ一点深度による検討	269
1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)	89	4.2.5 地震調査研究推進本部の主要活断層帯に係る知見による検討	271
1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)	101	4.2.6 2007年能登半島地震に係る知見による検討	289
1.1.7 解放基盤表面の設定	102	4.3 地震発生層上端深さ及び下端深さの設定	295
1.2 物理探査による地下構造の検討	108	参考文献	300
1.2.1 重力探査	110		
1.2.2 地震波トモグラフィ	112		
1.2.3 屈折法地震探査	114		
1.2.4 微動アレー探査	118		
1.2.5 反射法地震探査・VSP探査	120		
1.2.6 広域微動探査	124		
1.2.7 単点微動探査	128		
1.2.8 地震基盤の設定	134		
1.3 観測記録による地下構造の検討	138		
1.3.1 鉛直アレー地震観測記録(深度別)を用いた検討	141		
1.3.2 鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討	153		
1.3.3 水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討	158		
1.3.4 水平アレー地震観測記録(地中)(到来方向別)を用いた検討	165		
1.3.5 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討	169		
2. 地下構造モデルの設定	181		
3. 地下構造モデルの妥当性確認	195		
3.1 地盤増幅特性の妥当性確認	198		
3.1.1 地震動シミュレーションによる地盤増幅特性の検討	200		
3.1.2 逆解析による地盤増幅特性の検討	203		
3.2 減衰構造の妥当性確認	209		
3.2.1 地震波干渉法を用いた減衰の検討	211		
3.2.2 岩石コアを用いた減衰の検討	220		
3.2.3 S波直達上昇波を用いた減衰の検討	224		
3.3 速度構造の妥当性確認	228		

- ここでは、解釈別記2及び審査ガイドの記載事項を整理したうえで、地下構造評価及び地震発生層の設定の流れを項目ごとに示す。
 - I. 地下構造評価(P.38～40)
 - II. 地震発生層の設定(P.41～42)
- なお、当資料の地下構造評価において設定する地下構造モデルは、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の両者の評価で用いる。

I.(1) 地下構造評価に係る解釈別記2の記載事項の整理

- 地下構造評価にあたり、解釈別記2の記載事項を整理した。

【解釈別記2】(地下構造評価に係る部分の抜粋※)

第4条(地震による損傷の防止)

- 5 第4条第3項に規定する「基準地震動」は、最新の科学的・技術的知見を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地質・地質構造、地盤構造並びに地震活動性等の地震学及び地震工学的見地から想定することが適切なものとし、次の方針により策定すること。
- 一 基準地震動は、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」について、解放基盤表面における水平方向及び鉛直方向の地震動としてそれぞれ策定すること。
上記の「解放基盤表面」とは、基準地震動を策定するために、基盤面上の表層及び構造物が無いものとして仮想的に設定する自由表面であって、著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拵がりを持って想定される基盤の表面をいう。ここでいう上記の「基盤」とは、おおむねせん断波速度 $V_s=700\text{m/s}$ 以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていないものとする。
- 四 基準地震動の策定に当たっての調査については、目的に応じた調査手法を選定するとともに、調査手法の適用条件及び精度等に配慮することによって、調査結果の信頼性と精度を確保すること。また、上記の「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の地震動評価においては、適用する評価手法に必要な特性データに留意の上、地震波の伝播特性に係る次に示す事項を考慮すること。
- ① 敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造を評価するとともに、地震基盤の位置及び形状、岩相・岩質の不均一性並びに地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価すること。なお、評価の過程において、地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討すること。
 - ② 上記①の評価の実施に当たって必要な敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を適切な手順と組合せて実施すること。

※ 下線は、下表の記載事項に対応する箇所として当社で追記

解釈別記2の記載事項の整理

項目	記載事項
解放基盤表面の設定	<ul style="list-style-type: none"> ・ <u>著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拵がりを持って想定される自由表面であり、せん断波速度がおおむね700m/s以上の硬質地盤であって、著しい風化を受けていない位置に設定すること(以下、「①解放基盤表面の位置」という)</u>
敷地地盤の地下構造及び地震波の伝播特性の評価	<ul style="list-style-type: none"> ・ 敷地及び敷地周辺の調査については、<u>地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を適切な手順との組合せて実施すること</u> ・ 敷地及び敷地周辺の地下構造(深部・浅部地盤構造)が地震波の伝播特性に与える影響を検討するため、<u>②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造を評価するとともに、③地震基盤の位置及び形状、④岩相・岩質の不均一性並びに⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を評価すること</u> (①～⑤は把握すべき事項)

I.(2) 地下構造評価に係る審査ガイドの記載事項の整理

○ 地下構造評価にあたり、審査ガイドの記載事項を整理した。

【審査ガイド】(地下構造評価に係る部分の抜粋※1)

5. 地震動評価のための地下構造調査

5.1 調査方針

- (1) 地下構造(地盤構造、地盤物性)の性状は敷地ごとに異なるため、地震動評価のための地下構造モデル作成に必要な地下構造調査に際しては、それぞれの敷地における適切な調査・手法が適用されていることを確認する。
- (2) 地下構造調査により、敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造を把握するとともに、地震基盤・解放基盤の位置や形状、地下構造の三次元不整形性、岩相・岩質の不均一性、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性が適切に把握できていることを確認する。
- (3) 敷地及び敷地周辺の調査については、地域特性、既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査及び二次元又は三次元の物理探査等を適切な手順と組合せて実施されていることを確認する。
- (4) 地震動評価の過程において、地下構造が成層かつ均質と認められる場合を除き、三次元的な地下構造により検討されていることを、「基準地震動及び耐震設計方針に係る審査ガイド」により確認する。

5.2 地下構造調査

5.2.1 広域地下構造調査(概査)

- (1) 比較的長周期領域における地震波の伝播特性に大きな影響を与える、地震発生層を含む地震基盤から解放基盤までの地下構造モデルを作成するための広域地下構造調査(概査)が、適切に行われていることを確認する。
- (2) 広域地下構造調査(概査)として、ボーリング及び物理検層、反射法・屈折法地震探査、電磁気探査、重力探査、微動アレイ探査及び水平アレイ地震動観測等による調査・探査・観測を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。
- (3) 震源から対象サイトの地震基盤までの地震波の伝播経路特性に影響を与える地殻構造調査として、弾性波探査や地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。

5.2.2 敷地近傍地下構造調査(精査)

- (1) 比較的短周期領域における地震波の伝播特性に影響を与える、地震基盤から地表面までの地下構造モデルを作成するための敷地近傍地下構造調査(精査)が、適切に行われていることを確認する。
- (2) 敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造・地下構造を把握するため、ボーリング調査に加えて地震基盤相当に達する大深度ボーリング、物理検層、高密度な弾性波探査、重力探査、微動アレイ探査等による調査・探査、鉛直アレイ地震動観測及び水平アレイ地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施していることを確認する。

※1 下線は、下表の記載事項に対応する箇所として当社で追記

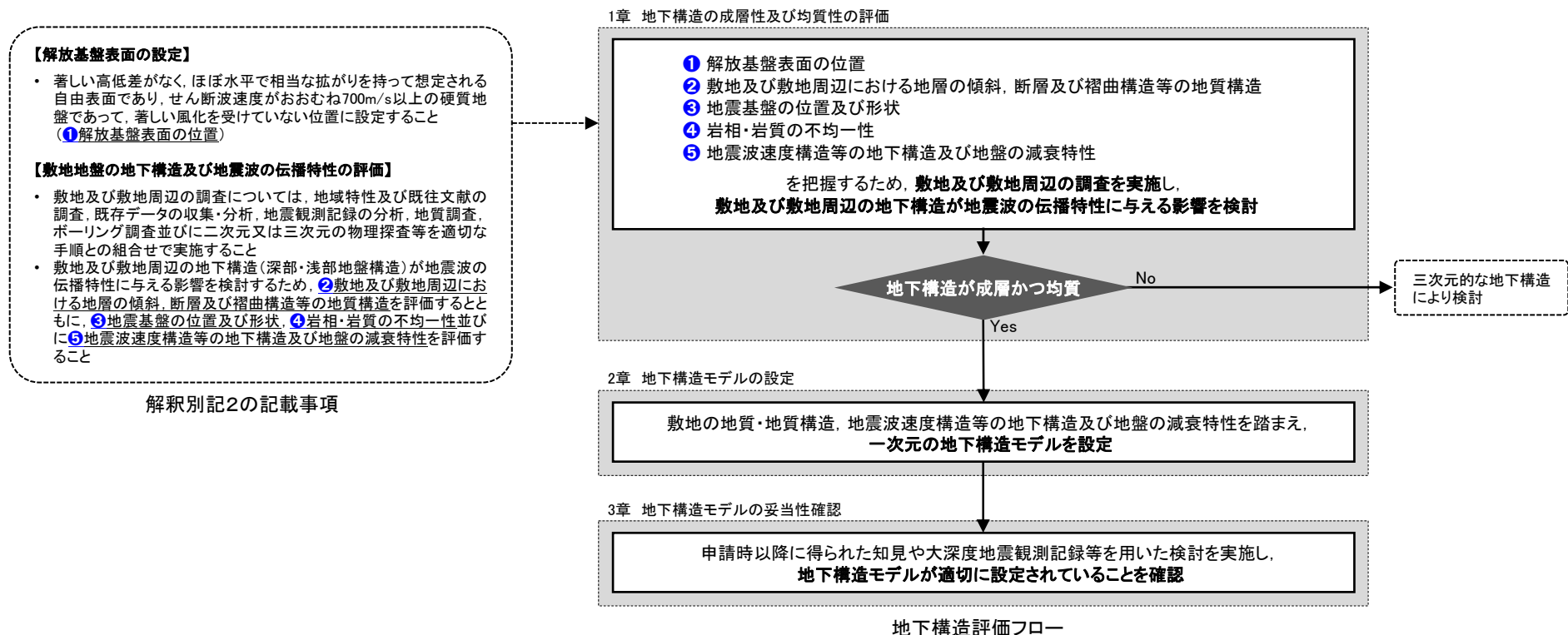
審査ガイドの記載事項の整理※2

項目	記載事項	
敷地地盤の地下構造及び地震波の伝播特性の評価	広域地下構造調査 (概査)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的長周期領域における地震波の伝播特性に大きな影響を与える、地震発生層を含む地震基盤から解放基盤までの地下構造モデルを作成するための広域地下構造調査(概査)を、適切に行うこと ・ ボーリング及び物理検層、反射法・屈折法地震探査、電磁気探査、重力探査、微動アレイ探査及び水平アレイ地震動観測等による調査・探査・観測を適切な範囲及び数量で実施すること ・ 震源から対象サイトの地震基盤までの地震波の伝播経路特性に影響を与える地殻構造調査として、弾性波探査や地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施すること
	敷地近傍地下構造調査 (精査)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 比較的短周期領域における地震波の伝播特性に影響を与える、地震基盤から地表面までの地下構造モデルを作成するための敷地近傍地下構造調査(精査)を、適切に行うこと ・ 敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造・地下構造を把握するため、ボーリング調査に加えて地震基盤相当に達する大深度ボーリング、物理検層、高密度な弾性波探査、重力探査、微動アレイ探査等による調査・探査、鉛直アレイ地震動観測及び水平アレイ地震動観測等を適切な範囲及び数量で実施すること

※2 解釈別記2の記載事項と重複している事項は除いて整理

I.(3) 地下構造評価の流れ

- 地下構造評価は、解釈別記2及び審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで評価を行う。
 - ・まず、「**①解放基盤表面の位置**」、「**②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造**」、「**③地震基盤の位置及び形状**」、「**④岩相・岩質の不均一性**」及び「**⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性**」を把握するため、敷地及び敷地周辺の調査を実施する。調査については、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。また、上記**①～⑤**を把握した結果を踏まえ、敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与える影響を検討し、地下構造が成層かつ均質と認められるか評価を行う。(1章で説明)
 - ・つぎに、地下構造が成層かつ均質と認められる場合は、調査により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、一次元の地下構造モデルを設定する。なお、地下構造が成層かつ均質と認められない場合は、別途、三次元的な地下構造により検討を行う。(2章で説明)
 - ・さらに、申請時以降に得られた知見や大深度地震観測記録等を用いた検討を実施し、地下構造モデルが適切に設定されていることを確認する。(3章で説明)
- 上記の内容を踏まえた地下構造評価フローを下図に示す。



Ⅱ.(1) 地震発生層の設定に係る審査ガイドの記載事項の整理

- 地震発生層の設定にあたり、審査ガイドの記載事項を整理した。

【審査ガイド】(地震発生層の設定に係る部分の抜粋)※

4. 震源断層に係る調査及び評価

4.4 震源断層の評価

4.4.1 震源断層の評価における共通事項

- (2) 地震発生層の浅さ限界・深さ限界は、敷地周辺で発生した地震の震源分布・キュリー一点深度・速度構造データ等を参考に設定されていることを確認する。ただし、地震発生層の浅さ限界を設定する際には、周辺地域やテクニクスの背景が、類似の地域における大地震の余震の精密調査による観測点直下及びその周辺の精度の良い震源の深さが参考とされていることを確認する。
- (3) 地震発生層は、調査結果から判明した浅さ限界・深さ限界を明らかにし、調査の不確かさを踏まえた浅さ限界・深さ限界が設定されていることを確認する。

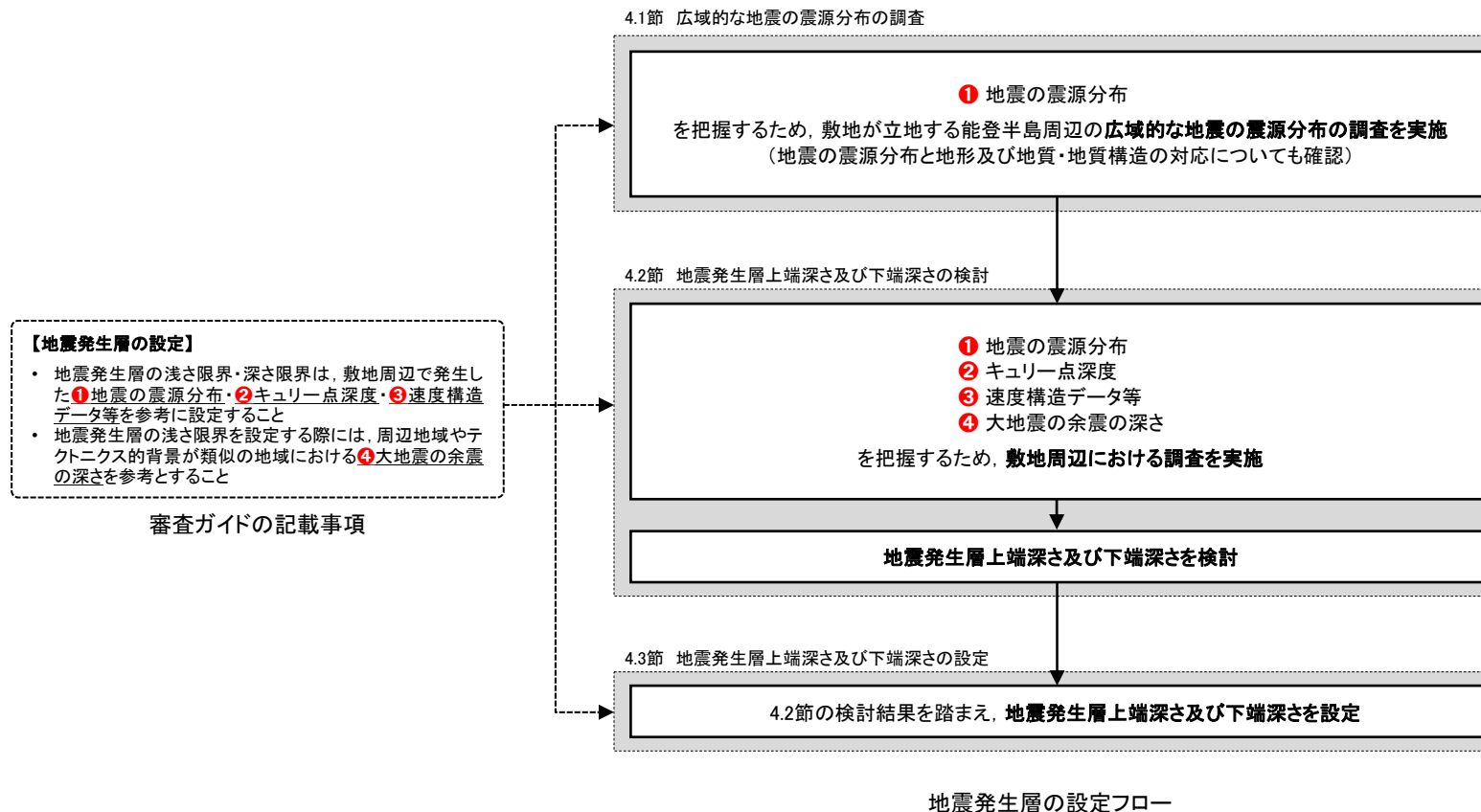
※下線は、下表の記載事項に対応する箇所として当社で追記

↓
審査ガイドの記載事項の整理

項目	記載事項
地震発生層の設定	<ul style="list-style-type: none"> • 地震発生層の浅さ限界・深さ限界は、敷地周辺で発生した①地震の震源分布・②キュリー一点深度・③速度構造データ等を参考に設定すること • 地震発生層の浅さ限界を設定する際には、周辺地域やテクニクスの背景が類似の地域における④大地震の余震の深さを参考とすること (①～④は把握すべき事項)

Ⅱ.(2) 地震発生層の設定の流れ

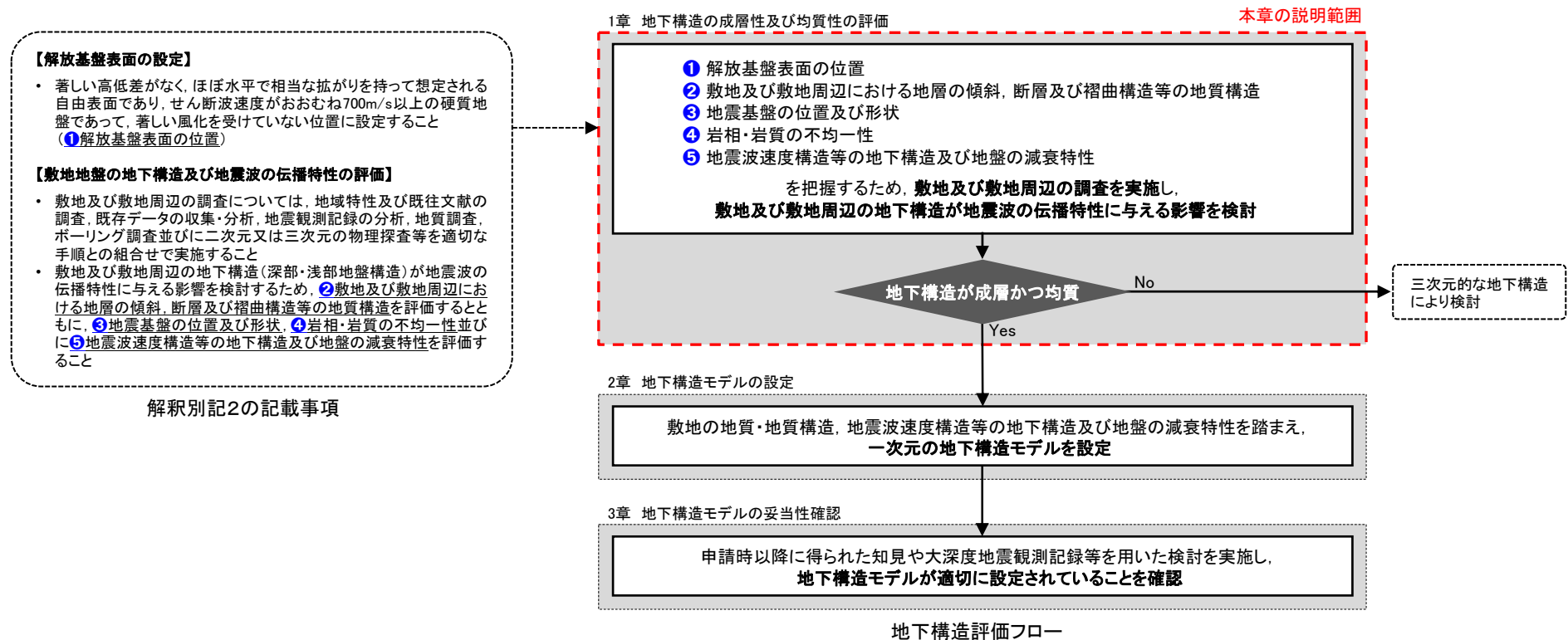
- 地震発生層は、審査ガイドの記載事項を踏まえ、下記の流れで設定を行う。
 - ・ まず、敷地が立地する能登半島周辺の「**①**地震の震源分布」を把握するため、広域的な地震の震源分布の調査を行う。(4.1節で説明)
 - ・ つぎに、敷地周辺の「**①**地震の震源分布」、「**②**キュリー点深度」、「**③**速度構造データ等」及び「**④**大地震の余震の深さ」を把握するため、調査を実施する。また、敷地周辺の**①**～**④**を把握した結果を踏まえ、地震発生層上端深さ及び下端深さを検討する。(4.2節で説明)
 - ・ 最後に、上記の検討結果を踏まえ、地震発生層上端深さ及び下端深さを設定する。(4.3節で説明)
- 上記の内容を踏まえた地震発生層の設定フローを下図に示す。



1. 地下構造の成層性及び均質性の評価

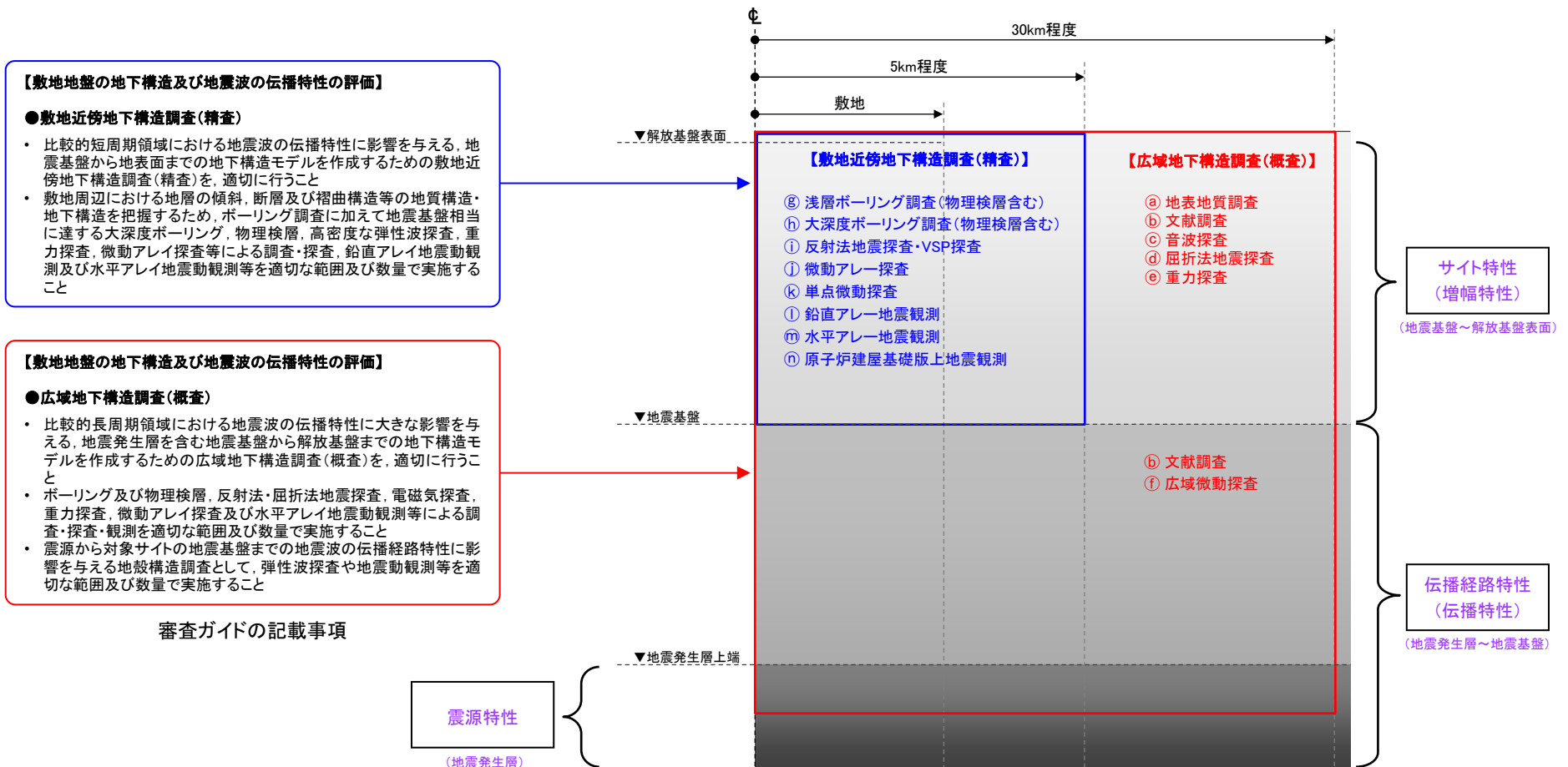
(1) 地下構造の成層性及び均質性の評価方法

- 「**①解放基盤表面の位置**」, 「**②敷地及び敷地周辺における地層の傾斜, 断層及び褶曲構造等の地質構造**」, 「**③地震基盤の位置及び形状**」, 「**④岩相・岩質の不均一性**」及び「**⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性**」を把握するため, 敷地及び敷地周辺の調査を実施する。調査については, 地域特性及び既往文献の調査, 既存データの収集・分析, 地震観測記録の分析, 地質調査, ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。また, 上記**①**～**⑤**を把握した結果を踏まえ, 敷地及び敷地周辺の地下構造が地震波の伝播特性に与える影響を検討し, 地下構造が成層かつ均質と認められるか評価を行う。
- 敷地及び敷地周辺の調査の手法等の概要を次頁に示す。なお, 敷地及び敷地周辺の調査は, 「地質・地質構造の調査による地下構造の検討」(1.1節), 「物理探査による地下構造の検討」(1.2節)及び「観測記録による地下構造の検討」(1.3節)に分類して, 説明する。



(2) 敷地及び敷地周辺の調査の手法等の概要(1/3)

- 敷地及び敷地周辺の調査については、比較的長周期領域を対象とした「広域地下構造調査(概査)」及び比較的短周期領域を対象とした「敷地近傍地下構造調査(精査)」のそれぞれについて、地域特性及び既往文献の調査、既存データの収集・分析、地震観測記録の分析、地質調査、ボーリング調査並びに二次元又は三次元の物理探査等を組み合わせて実施する。
- 「広域地下構造調査(概査)」は敷地から半径30km程度以内の範囲、「敷地近傍地下構造調査(精査)」は敷地から半径5km程度以内の範囲を対象として調査を行う。具体的な調査の手法及び範囲を下図に、調査の目的と各調査の対象及び手法を整理してP.46～47に示す。
- また、これら調査による検討を踏まえた地下構造の成層性及び均質性の評価手順をP.48に示す。



敷地及び敷地周辺の調査の手法及び範囲

※ 「1. 地下構造の成層性及び均質性の評価」における各調査は、地震動評価の3要素のうち『サイト特性』または『伝播経路特性』に対応し(詳細はP.48～49)、「4. 地震発生層の設定」における各調査は、地震動評価の3要素のうち『震源特性』に対応する(詳細はP.237)。

(2) 敷地及び敷地周辺の調査の手法等の概要(2/3)

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

【調査の目的と各調査の対象及び手法(1/2)】

■ : 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
■ : 物理探査による地下構造の検討
■ : 観測記録による地下構造の検討

調査の目的	対象		手法*		地震動評価の3要素	詳細説明
	水平方向	深さ方向	種別	内容		
① 解放基盤表面の位置の把握	敷地	EL-200m程度以浅	㉔	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性 P.57～69
					PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性 P.70～73
			㉕	単点微動探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性 P.78～79
② 敷地及び敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造の把握	敷地周辺	地表付近	㉖	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性
			㉗	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性
			㉘	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性
	敷地	EL-200m程度以浅	㉙	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性 P.57～69
		地震基盤以浅	㉚	大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性 P.89～100
③ 地震基盤の位置及び形状の把握	敷地周辺	地震基盤	㉛	重力探査	ブーゲー異常を確認する。	サイト特性 P.110～111
			㉜	屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性 P.114, P.117
	敷地近傍	地震基盤	㉝	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性 P.118～119
			㉞	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造を確認する。	サイト特性 P.89～100
	敷地	地震基盤	㉟	反射法地震探査・VSP探査	反射断面を確認する。	サイト特性 P.120～123
			㊱	単点微動探査	地下の速度構造が反映されている微動H/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較する。	サイト特性 P.128～131

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

(2) 敷地及び敷地周辺の調査の手法等の概要(3/3)

紫字は第1199回審査会合以降に追加した箇所

【調査の目的と各調査の対象及び手法(2/2)】

■ : 地質・地質構造の調査による地下構造の検討
■ : 物理探査による地下構造の検討
■ : 観測記録による地下構造の検討

調査の目的		対象		手法*		地震動評価の3要素	詳細説明	
		水平方向	深さ方向	種別	内容			
④	岩相・岩質の不均一性の把握	敷地周辺	地表付近	㉑	地表地質調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.51～56
				㉒	文献調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	
				㉓	音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	
		敷地	EL-200m程度以浅	㉔	浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.57～69
地震基盤以浅	㉕		大深度ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.89～100		
⑤	地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地周辺	地震基盤	㉖	屈折法地震探査	P波速度構造を確認する。	サイト特性	P.114, P.117
			地震基盤より深部	㉗	文献調査	屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認する。	伝播経路特性	P.114～116
				㉘	文献調査	地震波トモグラフィーに基づくP波速度構造・S波速度構造を確認する。	伝播経路特性	P.112～113
				㉙	広域微動探査	地下の速度構造が反映されている広域微動観測記録に基づき複数の観測点ペアで評価した群速度を比較する。	伝播経路特性	P.124～126
		敷地近傍	地震基盤	㉚	微動アレー探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.118～119
		敷地	EL-200m程度以浅	㉛	浅層ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度試験に基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認する。	サイト特性	P.70～73, P.101
			地震基盤以浅	㉜	大深度ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造、密度検層に基づく密度構造及びQ値測定に基づく減衰構造を確認する。	サイト特性	P.89～101
				㉝	水平アレー地震観測	観測点間の応答スペクトル比を確認し、地震波の到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.158～168
				㉞	鉛直アレー地震観測	自由地盤地震観測点の深度別応答スペクトルを確認する。観測点間の応答スペクトル比を確認し、地震波の到来方向ごとに比較する。	サイト特性	P.141～157
				㉟	原子炉建屋基礎版上地震観測	原子炉建屋基礎版上における加速度時刻歴波形及び応答スペクトルを1号と2号で比較する。	サイト特性	P.169～178

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

1. 地下構造の成層性及び均質性の評価

(3) 地下構造の成層性及び均質性の評価手順

【評価手順】



1.1 地質・地質構造の調査による地下構造の検討

検討方針

- 地震基盤以浅の地下構造の成層性及び均質性を評価するため、「敷地及び敷地周辺における地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造」、「岩相・岩質の不均一性」並びに「敷地の地震基盤以浅の速度構造、減衰特性」に関する地質・地質構造の調査による検討を実施する(1.1.1項～1.1.6項)。
- また、これらの検討結果を踏まえ、敷地の解放基盤表面を設定する(1.1.7項)。

□ : 地質・地質構造の調査による地下構造の検討

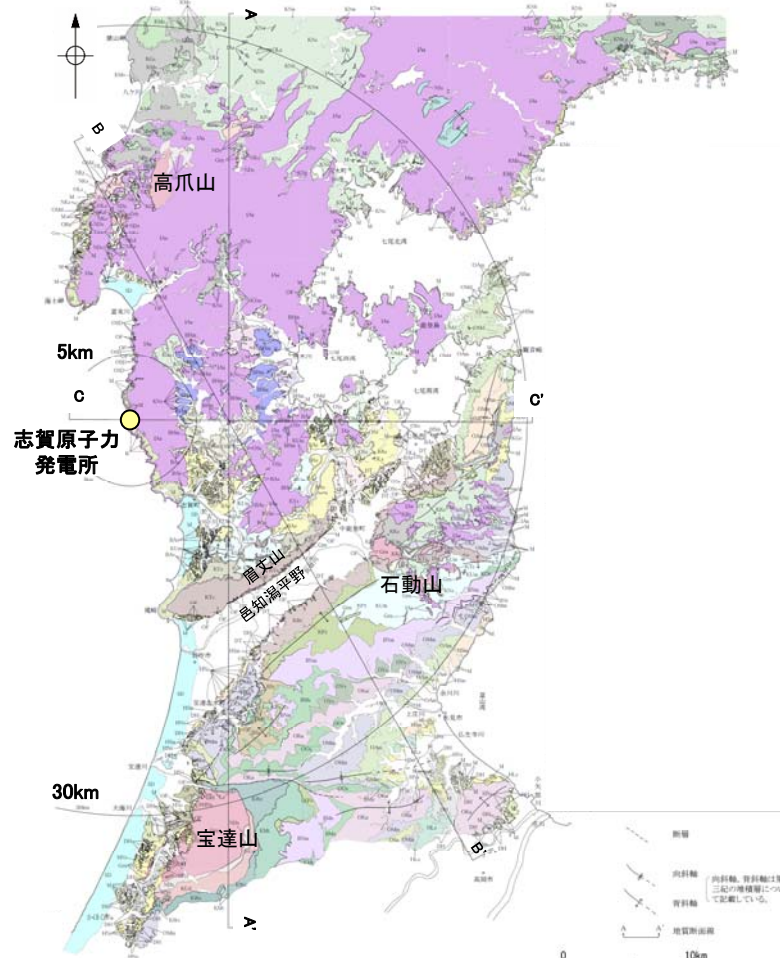
調査項目	調査方法	調査の目的	対象		手法※		地震動評価の3要素	詳細説明
			水平方向	深さ方向	種別	内容		
1.1.1 敷地周辺の地質・地質構造	敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、地表地質調査等の地質調査結果から地質・地質構造を確認する。	②敷地及び敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造並びに④岩相・岩質の不均一性の把握	敷地周辺(半径30km)	地表付近	①地表地質調査 ②文献調査 ③音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.51～54
1.1.2 敷地近傍の地質・地質構造	敷地近傍の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、地表地質調査等の地質調査結果から地質・地質構造を確認する。	②敷地及び敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造並びに④岩相・岩質の不均一性の把握	敷地近傍(半径5km)	地表付近	①地表地質調査 ②文献調査 ③音波探査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.55～56
1.1.3 敷地の地質・地質構造	敷地の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、ボーリング調査等の地質調査結果から地質・地質構造を確認する。	①解放基盤表面の位置並びに②敷地及び敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造並びに④岩相・岩質の不均一性の把握	敷地	EL-200m程度以浅	⑥浅層ボーリング調査	地質・地質構造を確認する。	サイト特性	P.57～69
1.1.4 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅)	原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造を把握するため、26孔の浅層ボーリングで実施したPS検層結果を確認する。	①解放基盤表面の位置並びに⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	EL-200m程度以浅	⑥浅層ボーリング調査	PS検層に基づくP波速度構造・S波速度構造及び密度試験に基づく密度構造を確認する。	サイト特性	P.70～73
	原子炉設置位置周辺の第3速度層上面の形状を把握するため、敷地の複数の観測点で、微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析により第3速度層上面の標高を推定する。	①解放基盤表面の位置並びに⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	EL-200m程度以浅	⑦単点微動探査	S波速度構造を確認する。	サイト特性	P.78～79
	周囲と異なる速度特性を示す範囲(第3'速度層及び第4'速度層)が地震動へ与える影響を検討するため、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーション等による検討を実施する。	⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	EL-200m程度以浅	-	-	サイト特性	P.80～88
1.1.5 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅)	原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質、速度構造を把握するため、2孔で実施した大深度ボーリング調査結果を確認する。	⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	地震基盤以浅	⑧大深度ボーリング調査	PS検層に基づくS波速度構造及び密度検層に基づく密度構造を確認する。	サイト特性	P.89～91
	大深度ボーリング2孔における花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を検討するため、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーション等による検討を実施する。	⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	地震基盤以浅	-	-	サイト特性	P.92～100
1.1.6 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)	原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため、2孔で実施したQ値測定結果を確認する。	⑤地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性の把握	敷地	地震基盤以浅	⑥浅層ボーリング調査 ⑧大深度ボーリング調査	Q値測定に基づく減衰構造を確認する。	サイト特性	P.101

※ 青字の調査内容は、地質・地質構造の審査において説明済みの内容

敷地を中心とした半径30km範囲(陸域) (1/2)

【敷地周辺の地質・地質構造で説明済み】
 第1193回審査会合 資料2-1
 P.44 一部修正

- 敷地周辺の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、地表地質調査等の地質調査結果から地質・地質構造(敷地周辺の地質・地質構造で説明済み)を確認した。
- 敷地周辺陸域の地質は、新第三紀以降の地層が基盤である花崗岩類を直接覆っている。花崗岩の露岩域は、高爪山、眉丈山南東縁、石動山及び宝達山周辺に限定されている。
- 敷地を含む邑知潟平野北側では、大きな褶曲構造は認められない。邑知潟平野南側では、NNE-SSW方向及びNE-SW方向を示す褶曲とE-W方向を示す褶曲が認められる。

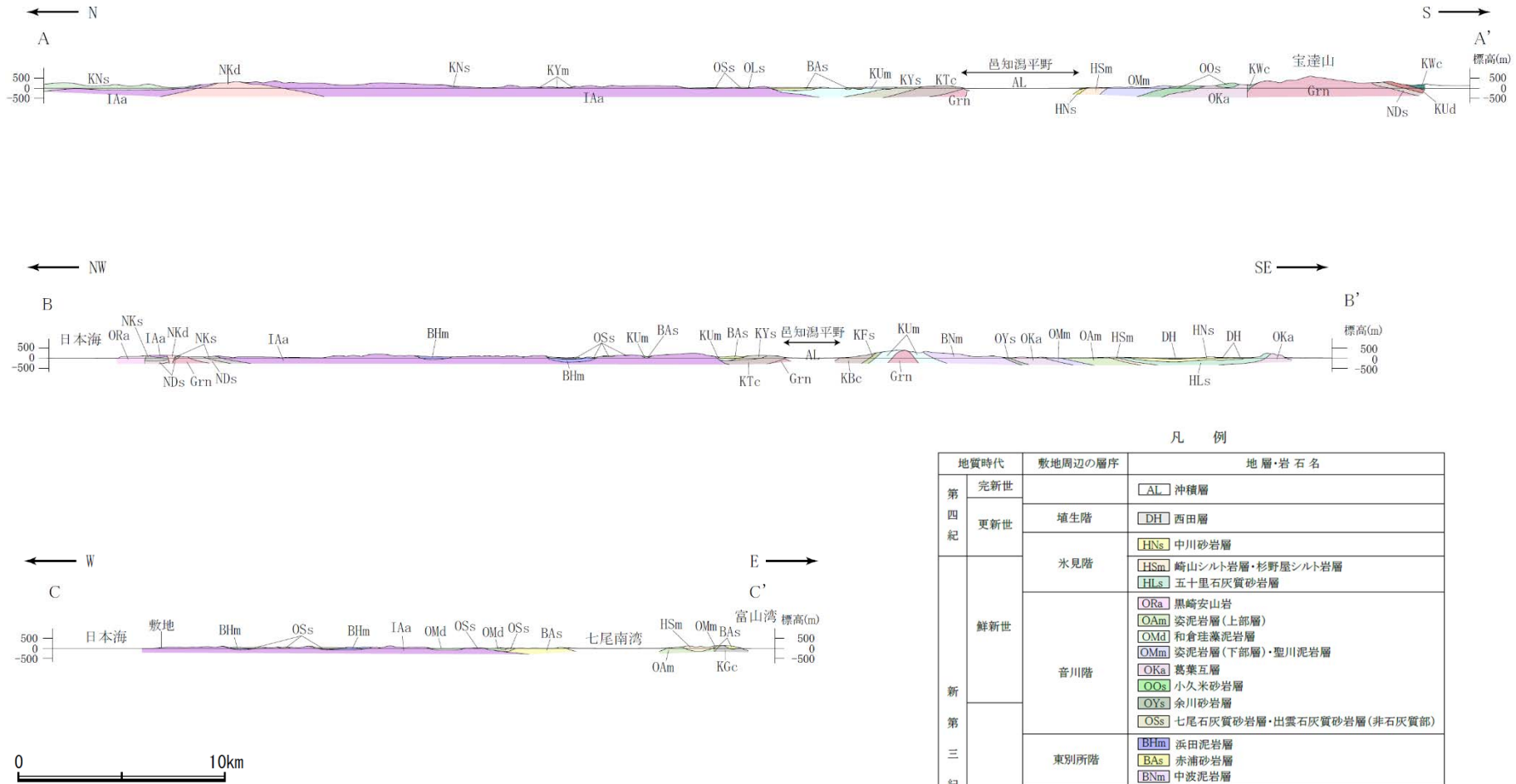


敷地周辺陸域の地質分布図

(絆野(1993)等を踏まえ、地表地質調査結果、各種分析結果を加味し、当社作成)

地質時代	地層・岩石名
完新世	SD 砂丘砂層
	沖積層
第四紀	M 中位段丘堆積層
	DT 高階層
	OSD 古砂丘砂層
	OT 古期扇状地堆積層・河成段丘堆積層
更新世	DH 埴生累層・西田層
	LNs 中川砂岩層・村上シルト岩層・矢田砂岩層
鮮新世	HSm 崎山シルト岩層・杉野屋シルト岩層・藪田シルト岩層
	HLS 五十里石灰質砂岩層
新第三紀	ORs 黒崎安山岩
	OMd 前浜泥岩層・和倉珠藻泥岩層
	OMm 虫崎泥岩層・安泥岩層(下部層)・聖川泥岩層・吉倉泥岩層
	OSa 敷波互層・須川互層
	OYs 余川砂岩層
	OSs 七尾石灰質砂岩層・出雲石灰質砂岩層(非石灰質部)
	OLs 前波石灰質砂岩層・関野鼻石灰質砂岩層・七尾石灰質砂岩層・出雲石灰質砂岩層・安代原石灰質砂岩層(石灰質部)
	BM 浜田泥岩層
	BAs 赤浦砂岩層
	BSc 新宮砂礫岩層
中新世	BMc 中田凝灰岩層(扶み層)
	BMs 三尾砂岩層・小野砂岩層
	BNm 中波泥岩層・赤毛泥岩層・笠師保泥岩層
	KMs 東印内互層・替月砂岩層
	KGc 道下礫岩層・百海礫岩層
	KBc 高島礫岩層
	KFc 懸札砂岩層・土倉砂岩層
	KYm 山戸田泥岩層
	KNs 磯文互層・草木互層・多根互層・柳田累層
	KNc 溶結凝灰岩
世	KUm 上棚泥岩層・国見泥岩層
	KOc 大泊凝灰岩層
	KM 宮島凝灰岩層
	KWc 河合砂礫岩層
	KW 滝礫岩層・石動山礫岩層
	KVc 後山砂岩層
	KV 谷出礫岩層・コロサ礫岩層
	KUd 瓜生累層
	IM 別所岳安山岩類
	IMc 高洲山安山岩類
岩種階	IMs 熊瀬火山岩類
	IMc 安山岩・安山岩質火砕岩・デイサイト質火砕岩及びデイサイト
古第三紀	NSS 曾山層
	NKd デイサイト・溶結凝灰岩
	NKs 大角間層
先第三紀	NDS 大福寺砂岩層・太田累層
	Gm 花崗岩・片麻岩
	LS 石灰岩

【地質断面図】



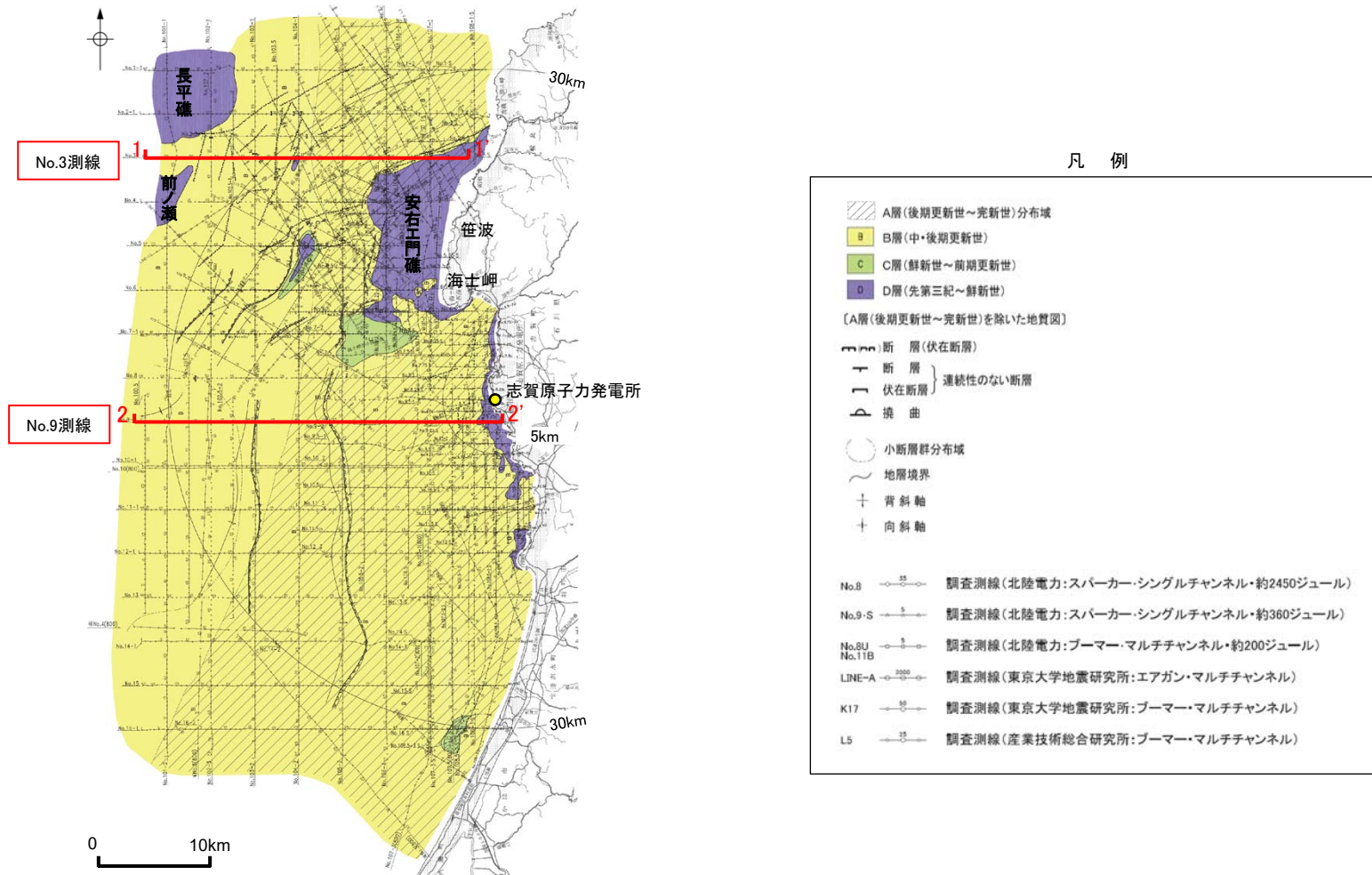
凡 例

地質時代	敷地周辺の層序	地層・岩石名
第四紀	完新世	[AL] 沖積層
	更新世	[DH] 西田層
		[HNs] 中川砂岩層
新第三紀	氷見階	[HSm] 崎山シルト岩層・杉野屋シルト岩層
		[HLS] 五十里石灰質砂岩層
	音川階	[ORa] 黒崎安山岩
		[OAm] 姿泥岩層(上部層)
		[OMd] 和倉辻凝泥岩層
		[OMm] 姿泥岩層(下部層)・聖川泥岩層
		[OKa] 葛葉互層
	[OOS] 小久米砂岩層	
	[OYs] 余川砂岩層	
	[OSS] 七尾石灰質砂岩層・出雲石灰質砂岩層(非石灰質部)	
東別所階	[BHm] 浜田泥岩層	
	[BAS] 赤浦砂岩層	
中新世	黒瀬谷階	[KGe] 百海礫岩層
		[KUm] 上棚泥岩層
		[KYm] 山戸田泥岩層
	[KWc] 河合砂礫岩層	
	[KYS] 後山砂岩層	
	[KBC] 高島礫岩層	
	[KFS] 懸札砂岩層	
岩穂階	[IAa] 別所岳安山岩類・高洲山安山岩類	
	[NKd] 石英安山岩・溶結凝灰岩	
古第三紀	輪原階	[NKs] 大角間層
		[NDs] 太田累層
先第三紀		[Grn] 花崗岩・片麻岩

敷地周辺陸域の地質断面図(当社作成)

【敷地前面調査海域 海底地質図】

○A層は、水深約140m以浅の大陸棚のほとんどの海域に分布する。
 ○B層は、海士岬以北の海域の一部を除くほぼ全域に分布しており、水深約140m以浅ではA層に覆われている。
 ○C層は、海士岬以北の海域の一部を除くほぼ全域に分布しており、ほとんどが上位層に覆われている。
 ○D層は、ほぼ全域に分布するが安右工門礁、前ノ瀬及び長平礁付近等を除き、上位層に覆われている。

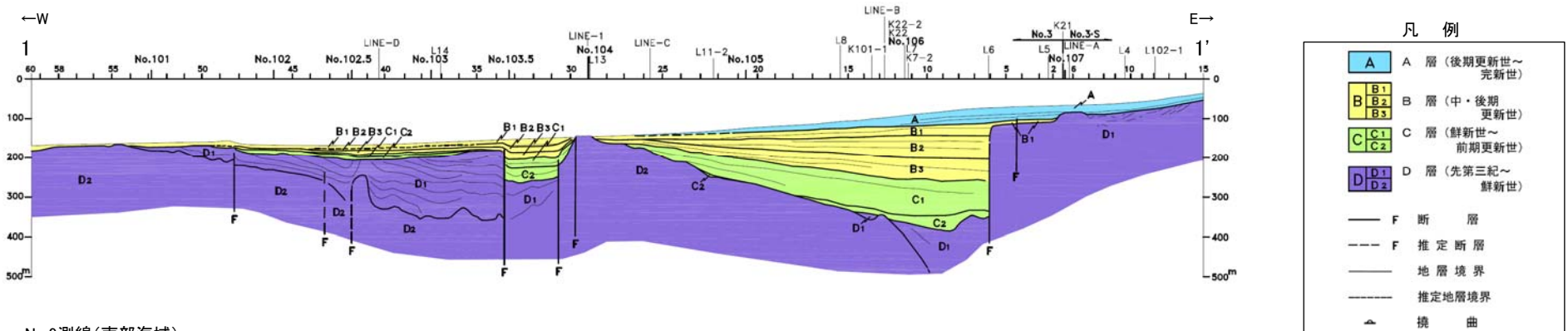


敷地前面調査海域の海底地質図
(音波探査により取得したデータをもとに当社作成)

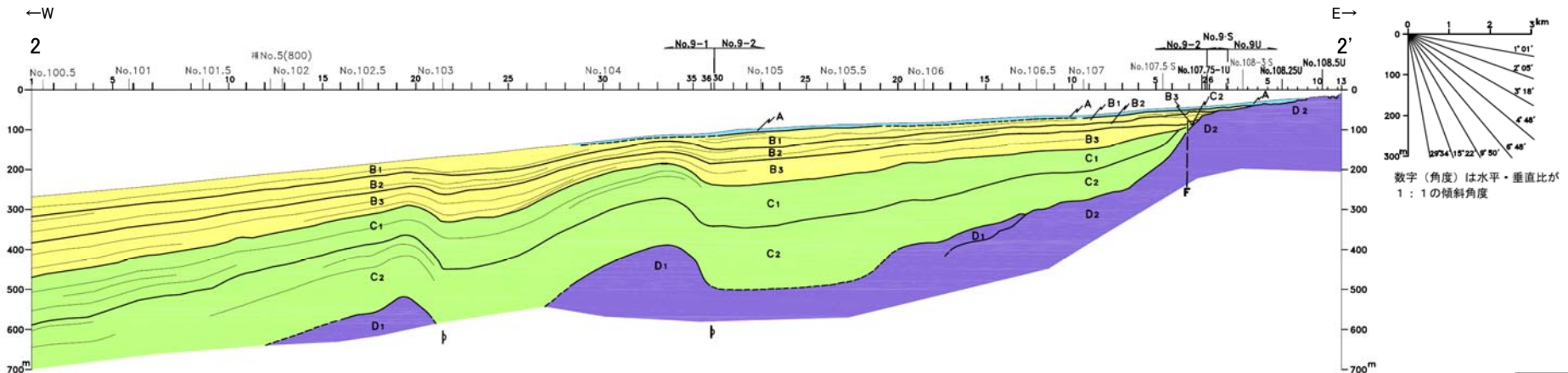
【敷地前面調査海域 海底地質断面図】

- 北部海域は、笹波沿岸及び前ノ瀬・長平礁周辺の顕著なD層の隆起で特徴づけられる。
 笹波沿岸の隆起帯の西方及び南西方に小規模なD層の隆起が認められ、前ノ瀬・長平礁周辺の隆起帯の東方にも小規模なD層の隆起が認められる。これら小隆起帯の北西縁及び西縁の地層は急傾斜している。
- 南部海域は、南西方向に広がる堆積盆地と、厚く堆積するC層及びB層で特徴づけられる。
 C層及びB層中にはN-S方向に伸びる2条の褶曲が認められ、これらの褶曲は東翼が急傾斜している。

No.3測線(北部海域)

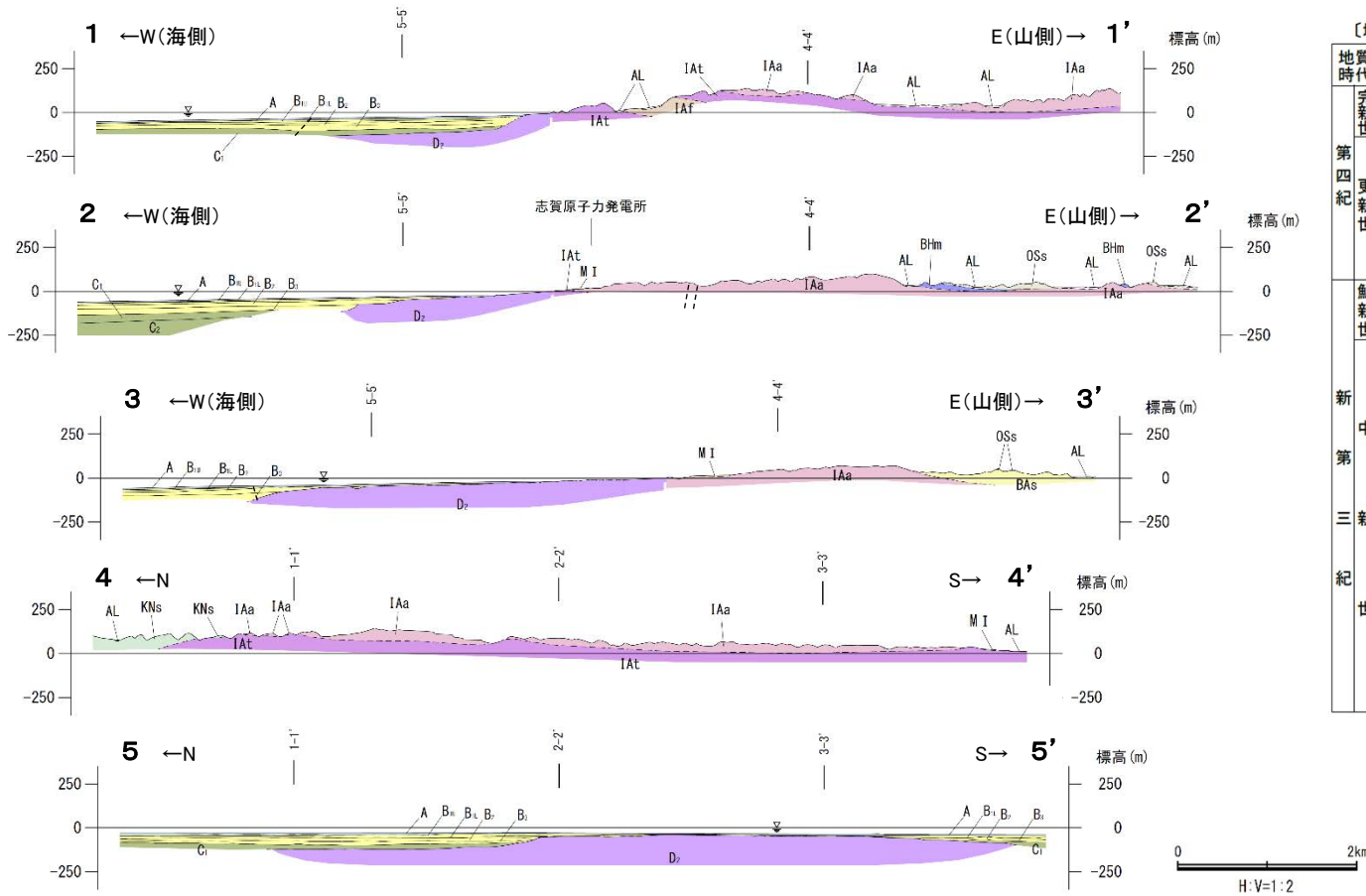


No.9測線(南部海域)



敷地前面調査海域の海底地質断面図
(音波探査により取得したデータをもとに当社作成)

【地質断面図】



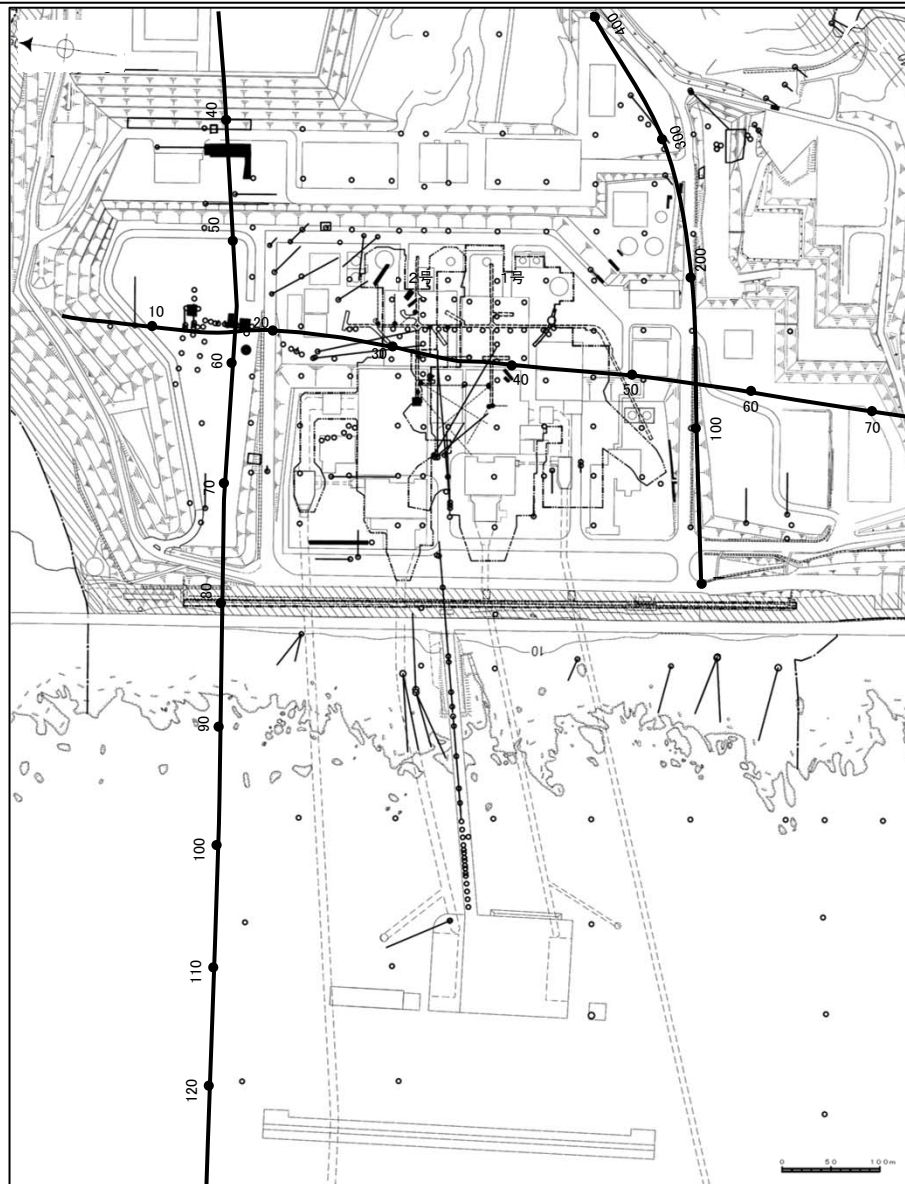
地質断面図

[地質]		凡 例	
地質時代	敷地周辺の層序	陸域 地層・岩石名	海域 地層名
第四紀	完新世	AL 沖積層	A A層
	更新世	MI 中段段丘I面堆積層	B1, B2, B3 B層
第三紀	鮮新世	水見階	C1, C2 C層
	中新世	OSs 出雲石灰質砂岩層 (非石灰質部)	D1 D1層
中新世	BAAs 赤浦砂岩層 BHm 浜田泥岩層		
第三紀	新第三紀	KNs 草木互層	D2 D2層
	白堊紀	IAa 別所岳安山岩類 安山岩	
		IAAt 別所岳安山岩類 安山岩質火砕岩 (凝灰角礫岩)	
白堊紀	IAf 別所岳安山岩類 安山岩質～デイサイト質火砕岩 (凝灰岩)		

---- 断層

調査位置図

○ 敷地の地層の傾斜、断層及び褶曲構造等の地質構造、並びに岩相・岩質の不均一性を把握するため、ボーリング調査等の地盤調査結果から地質・地質構造を確認した。調査位置を下図に示す。



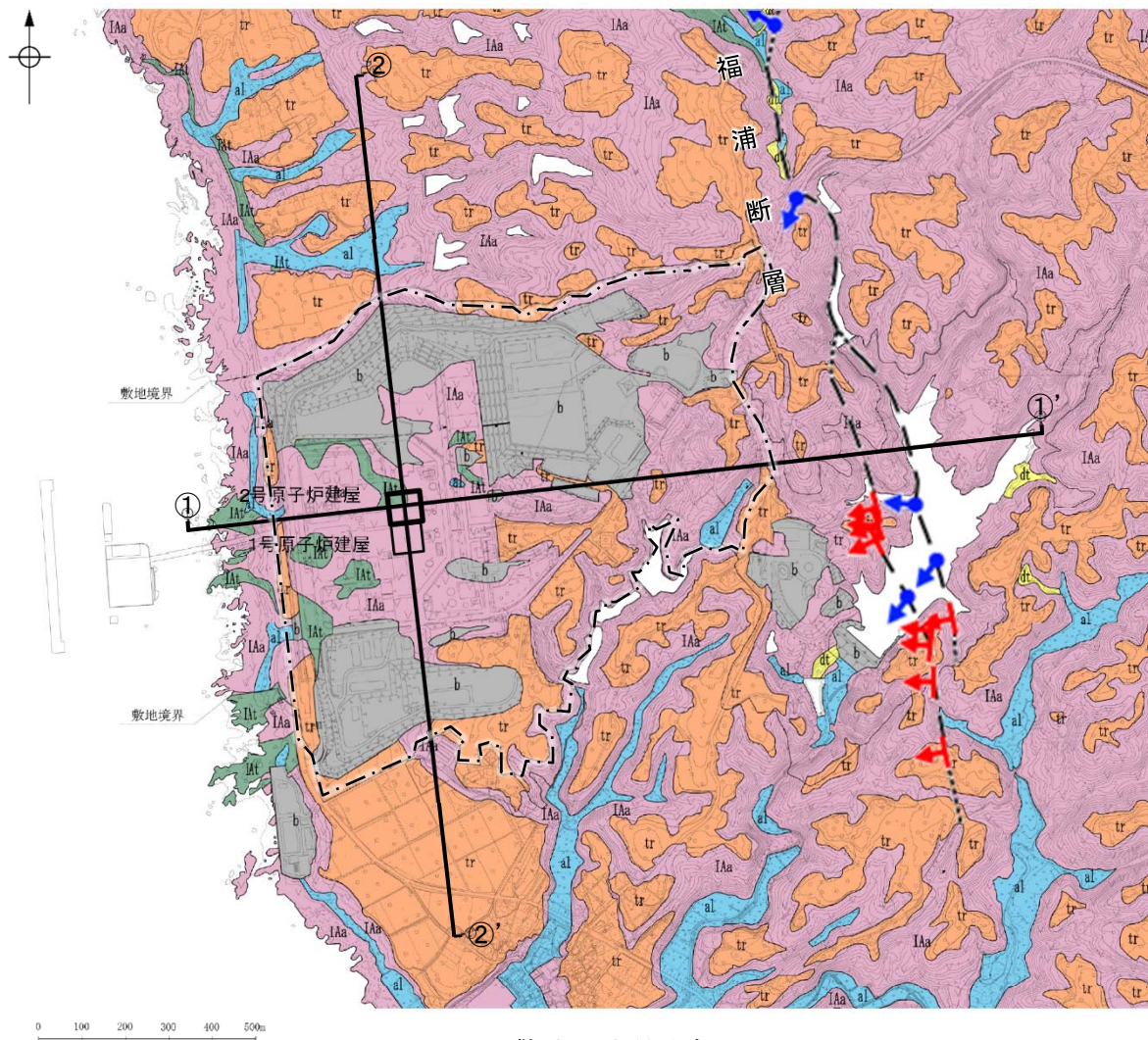
- 凡 例
- 鉛直ボーリング孔
 - --- 水平ボーリング孔*
 - ⦶ 斜めボーリング孔*
 - トラレンチ*
 - 表土はぎ*
 - - - 試掘坑・試験坑・斜坑
 - ⦶ 岩盤調査坑*
 - - - 基礎掘削面(1・2号, 防潮堤建設時の掘削範囲)
 - 70 反射法地震探査, VSP探査測線(CMP番号)

※水平ボーリング, 斜めボーリング, トラレンチ, 表土はぎ, 岩盤調査坑については, 敷地内断層の分布・性状等を確認するために実施した調査であり, 以降の資料には用いていない。

調査位置図

敷地全体 (1/2)

- 敷地の地質は、新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類と、これを覆う第四紀の堆積物からなる。
- 別所岳安山岩類は、敷地に広く分布しており、安山岩を主体とし、凝灰角礫岩を挟在する。
- 第四紀の堆積物は、段丘堆積層、崖錐堆積層及び沖積層からなる。



敷地の地質分布図

凡例

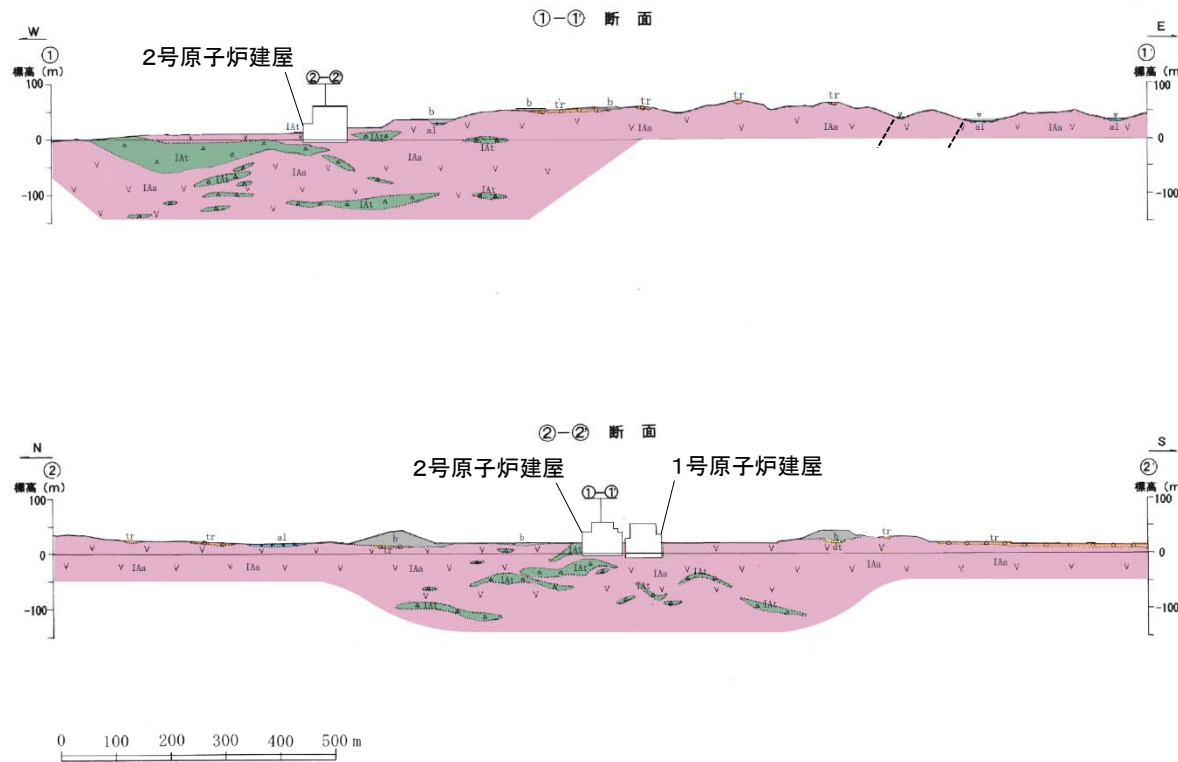
地質時代	地層名	記号	主要構成地質		
新生代	第四紀	完新世	盛土	b	礫、砂、粘土
		沖積層	al	礫、砂、粘土	
		崖錐堆積層	dt	礫、砂、粘土	
	更新世	段丘堆積層	tr	礫、砂、粘土	
新第三紀	中新世	別所岳安山岩類 (岩稲階)	IaA, IAa	安山岩 凝灰角礫岩類	

- 断層確認位置
- 反射法地震探査での断層確認位置
- 断層位置 (推定区間)

敷地※

※当資料で示す「敷地」は、原子炉建屋等を含む周辺監視区域に相当する範囲を示している。(設置変更許可申請書における「敷地」は、大坪川ダム周辺を含む当社の所有地の範囲を示している。)

【地質断面図】



凡 例

地質時代		地層名	記号	主要構成地質
第四紀	完新世	盛 土	b	礫, 砂, 粘土
		沖 積 層	al	礫, 砂, 粘土
		崖錐堆積層	dt △	礫, 砂, 粘土
	更新世	段丘堆積層	tr ○	礫, 砂, 粘土
第三紀	中新世	別所岳安山岩類 (岩福階)	IAa ∇ IAAt △	安 山 岩 凝灰角礫岩類

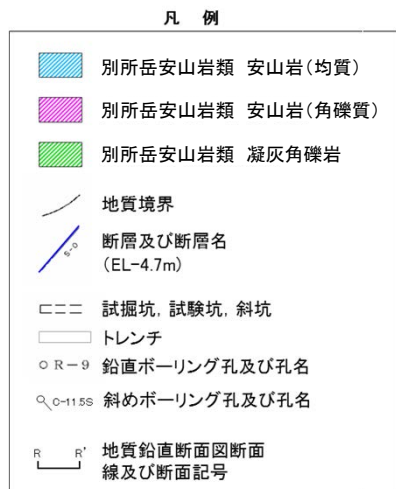
---- 断層

敷地の地質断面図

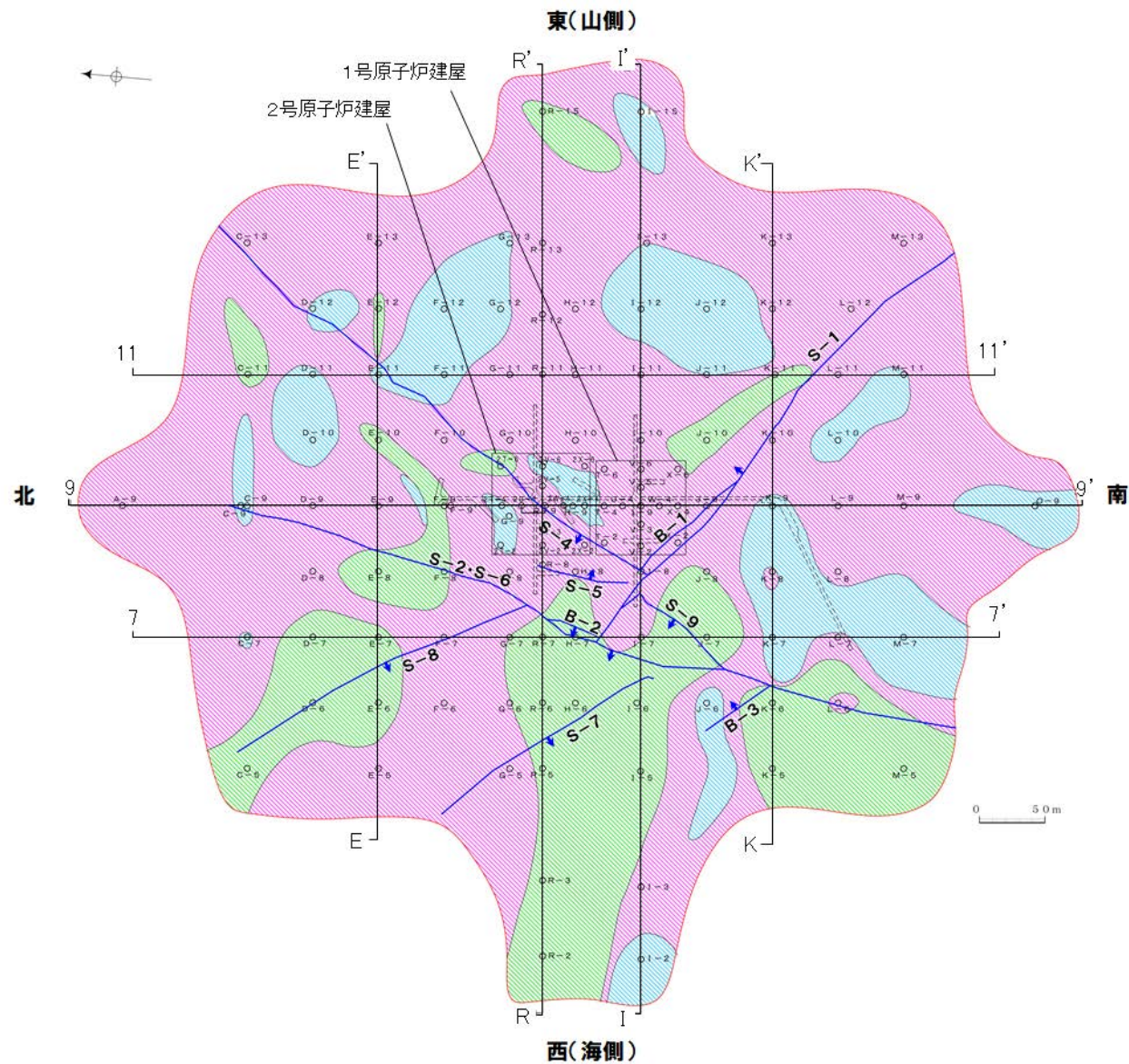
原子炉設置位置付近 (1/9)

【敷地の地質・地質構造で説明済み】
 第1121回審査会合 資料1-1
 P.2-12 一部修正

○ 原子炉設置位置付近の地質は、別所岳安山岩類の安山岩(均質)、安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる。



矢印(↑)の向きは断層の傾斜方向を示す
 (B-1の傾斜はほぼ90°)



地質水平断面図(EL-4.7m)

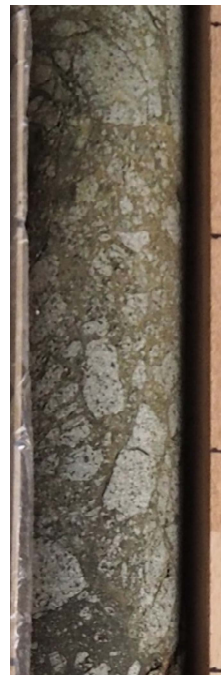
【敷地の別所岳安山岩類の産状】

○敷地に分布する別所岳安山岩類は、安山岩と凝灰角礫岩からなる。安山岩は岩相により、安山岩(均質)と安山岩(角礫質)に区分される。3岩種の産状は以下のとおり。

岩種	産状
安山岩(均質)	岩相が比較的均質な安山岩質溶岩。暗灰色を呈し、緻密で堅硬である。節理は比較的多く認められる。岩石組織は一樣である。
安山岩(角礫質)	角礫状を呈する安山岩質溶岩。暗灰色ないし赤褐色を呈し、安山岩の大小の礫を含む。基質は比較的堅硬である。また、節理も少なく塊状であり、礫と基質の境界は不明瞭な場合が多い。
凝灰角礫岩	節理が少なく塊状で、色調の異なる安山岩質の小礫から中礫を含み、礫と基質の境界は明瞭であり密着している。また、堆積構造が認められる場合がある。



安山岩(均質)



安山岩(角礫質)



凝灰角礫岩

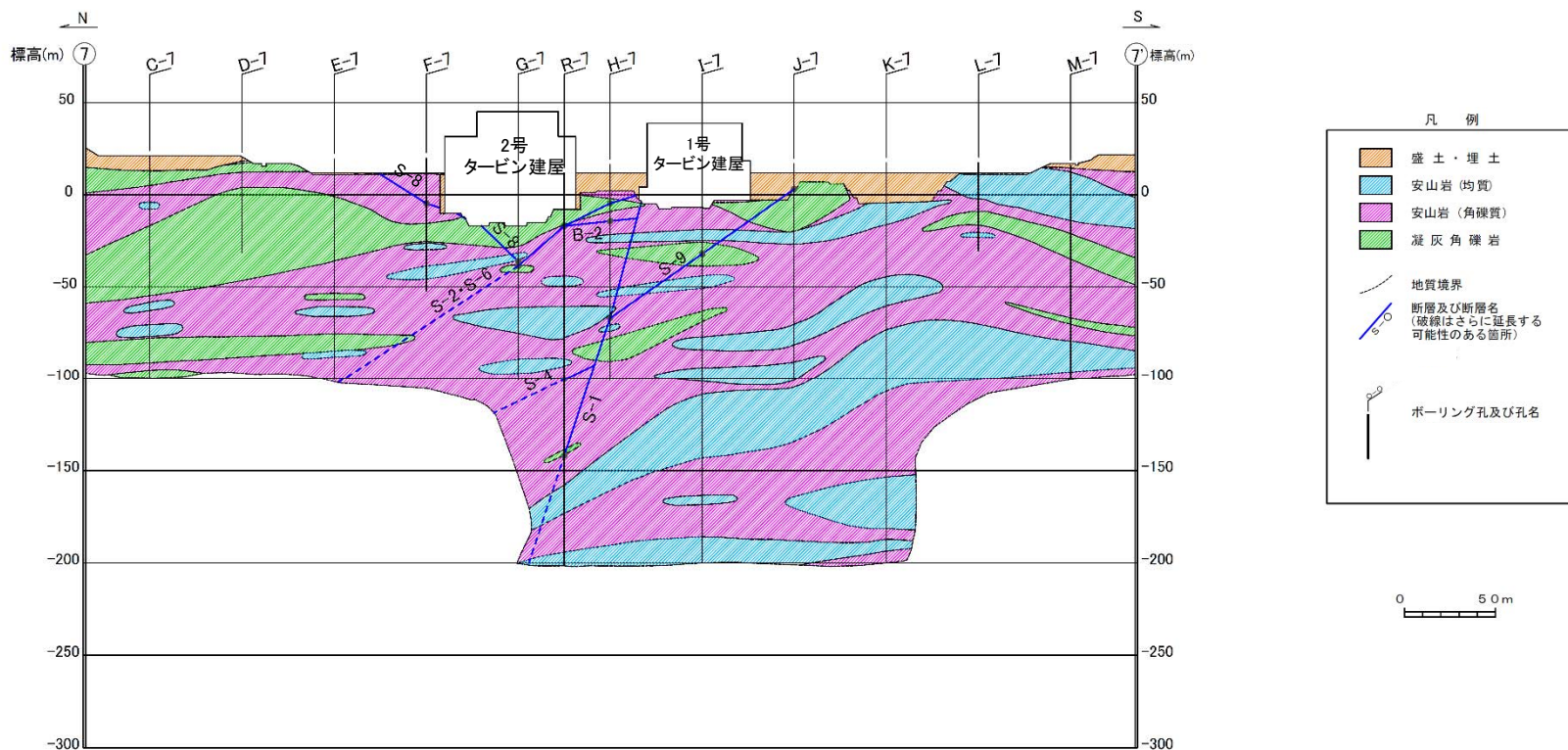
岩石試験一覧表※

岩種	安山岩(均質)		安山岩(角礫質)	凝灰角礫岩		
	A a	B a	B b	B b		
物理試験	試験個数	21	123	317	151	
	密度 (g/cm ³)	平均値	2.71	2.68	2.27	2.28
		標準偏差	0.06	0.05	0.09	0.08
	吸水率 (%)	平均値	1.12	1.34	12.58	12.14
		標準偏差	0.58	0.56	2.45	2.92
	有効間隙率 (%)	平均値	2.98	3.53	25.28	24.62
標準偏差		1.41	1.37	3.61	4.40	
超音波速度測定	試験個数	21	123	317	151	
	P波速度 (km/s)	平均値	5.65	5.53	3.79	3.77
		標準偏差	0.23	0.25	0.41	0.42
	S波速度 (km/s)	平均値	3.06	2.98	1.90	1.89
		標準偏差	0.10	0.18	0.23	0.22
	動弾性係数 (×10 ⁹ N/mm ²) (×10 ⁴ kg/cm ²)	平均値	65.1 (66.4)	61.9 (63.1)	21.8 (22.2)	21.8 (22.2)
		標準偏差	4.9 (5.0)	7.5 (7.6)	5.7 (5.8)	5.5 (5.6)
		動ポアソン比	平均値	0.29	0.29	0.33
	標準偏差	0.02	0.02	0.02	0.02	
	力学試験	試験個数	21	123	317	151
一軸圧縮強度 (N/mm ²) (kg/cm ²)		平均値	156.2 (1,593)	147.9 (1,508)	14.9 (152)	16.4 (167)
		標準偏差	34.9 (356)	33.8 (345)	6.1 (62)	6.4 (65)
静弾性係数 (×10 ⁹ N/mm ²) (×10 ⁴ kg/cm ²)		平均値	59.6 (60.8)	57.3 (58.4)	12.0 (12.2)	12.3 (12.5)
		標準偏差	7.4 (7.5)	8.5 (8.7)	5.5 (5.6)	4.8 (4.9)
静ポアソン比		平均値	0.25	0.25	0.25	0.24
		標準偏差	0.02	0.03	0.06	0.07
引張試験		試験個数	4	33	65	42
	引張強度 (N/mm ²) (kg/cm ²)	平均値	10.8 (110)	9.8 (100)	1.5 (15)	1.7 (17)
		標準偏差	—	2.6 (26)	0.6 (6)	0.6 (6)

※敷地全域のボーリングコア等による3岩種の平均物性値[志賀原子力発電所 原子炉設置変更許可申請書(2号原子炉の増設)参照]

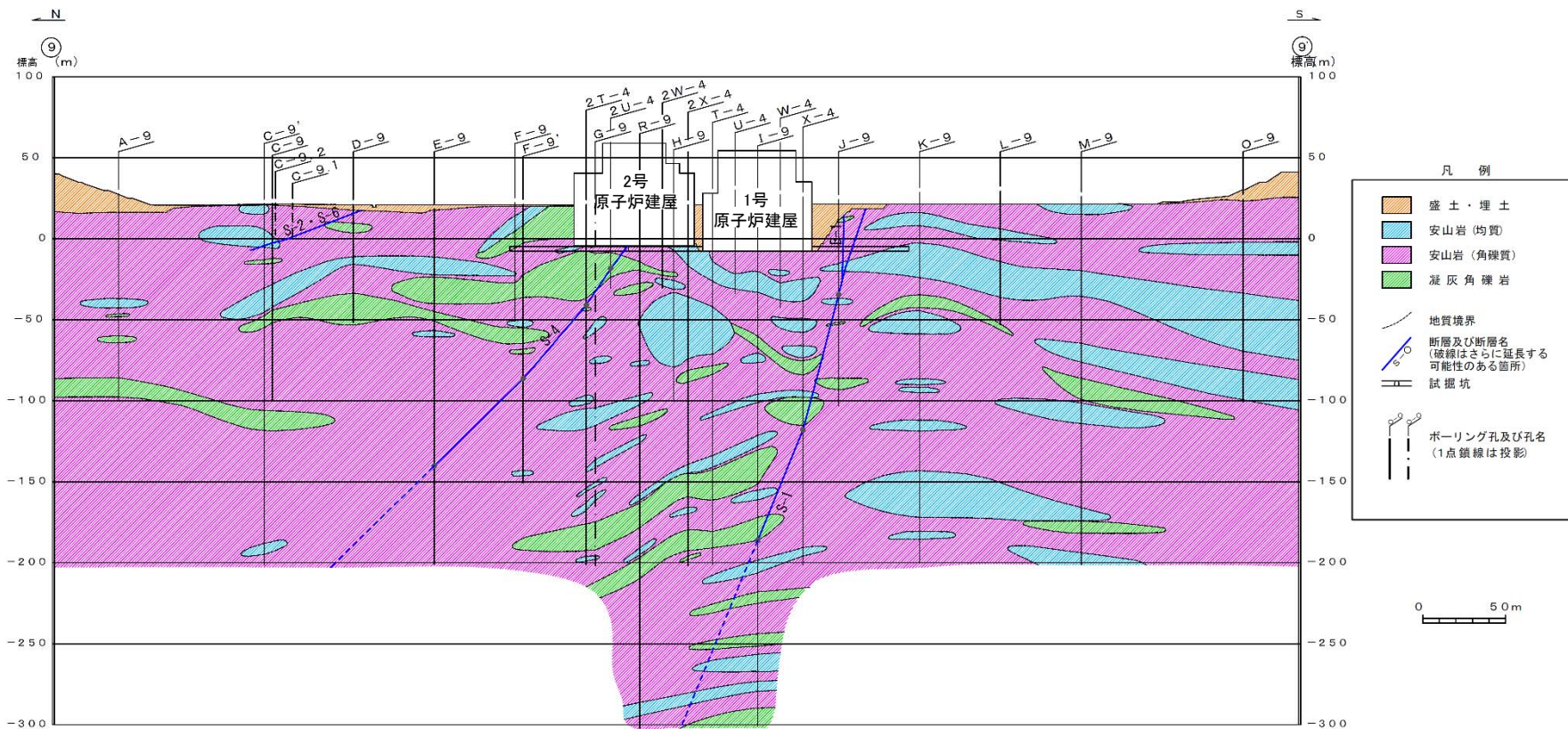
・別所岳安山岩類の3岩種のうち、安山岩(均質)は他の2岩種に比べて硬質である(岩石試験一覧表)

【7-7' 断面】



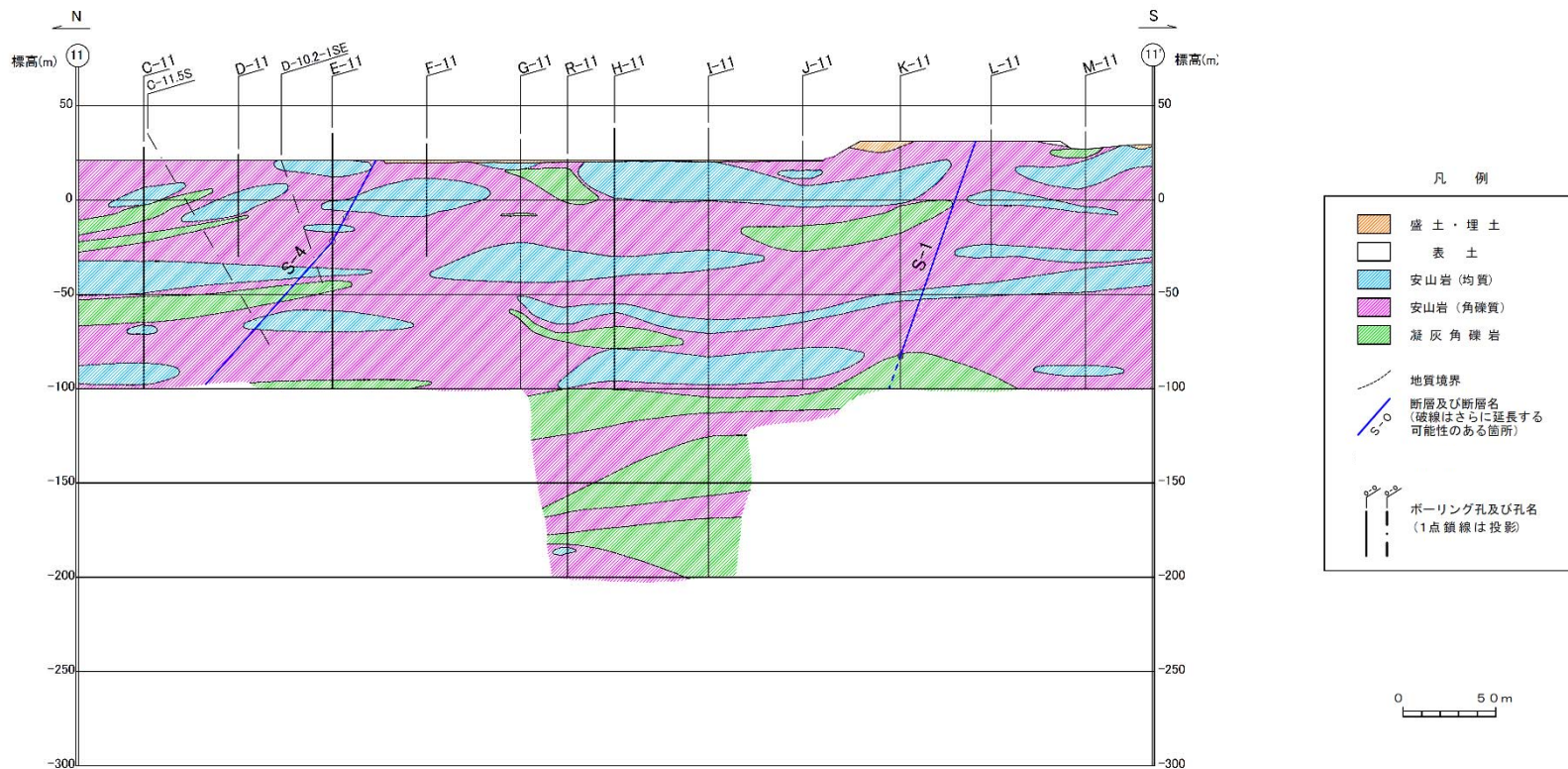
地質鉛直断面図(7-7' 断面)

【9-9' 断面】



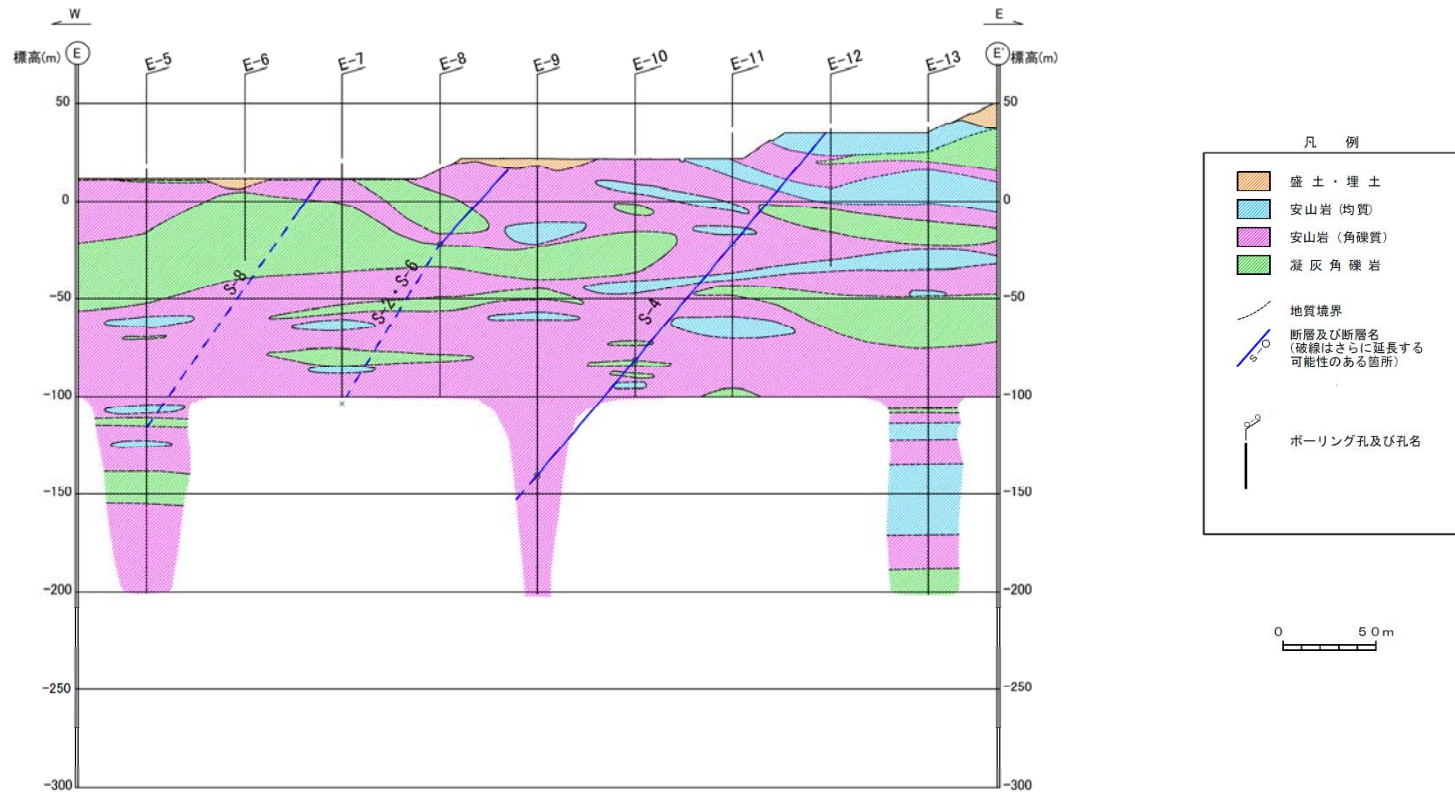
地質鉛直断面図(9-9' 断面)

【11-11' 断面】



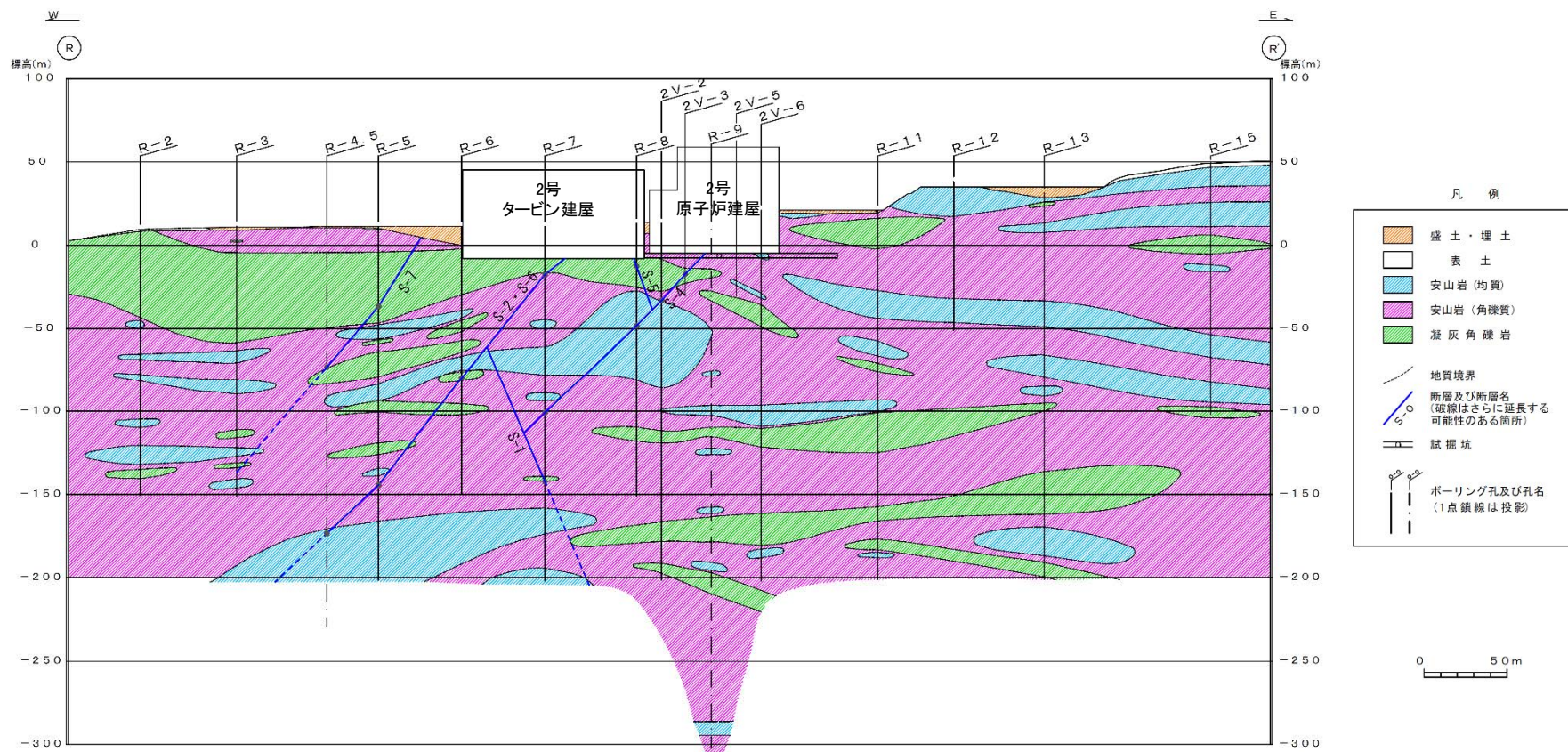
地質鉛直断面図(11-11' 断面)

【E-E' 断面】



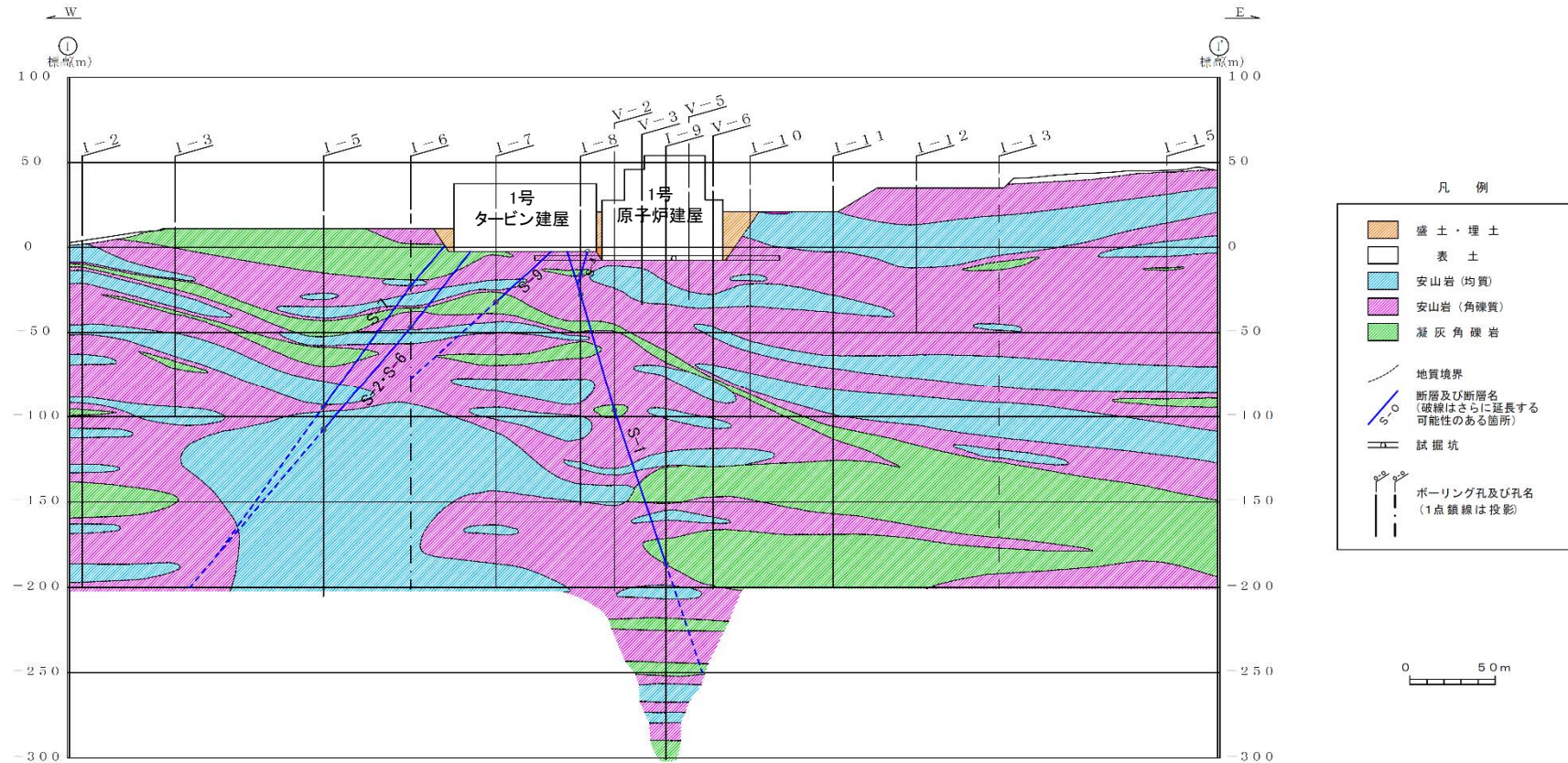
地質鉛直断面図(E-E' 断面)

【R-R' 断面】



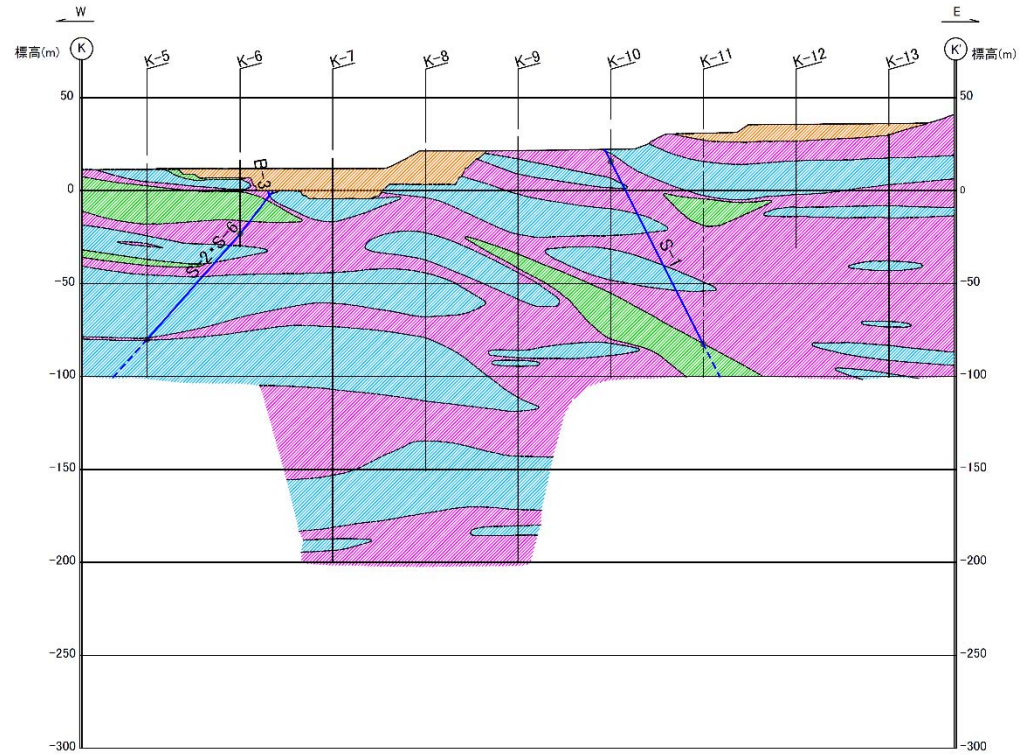
地質鉛直断面図(R-R' 断面)

【I-I' 断面】



地質鉛直断面図(I-I' 断面)

【K-K' 断面】



凡 例

- 盛土・埋土
- 安山岩 (均質)
- 安山岩 (角礫質)
- 凝灰角礫岩
- 地質境界
- 断層及び断層名
(破線はさらに延長する可能性のある箇所)
- ボーリング孔及び孔名
(1点鎖線は投影)

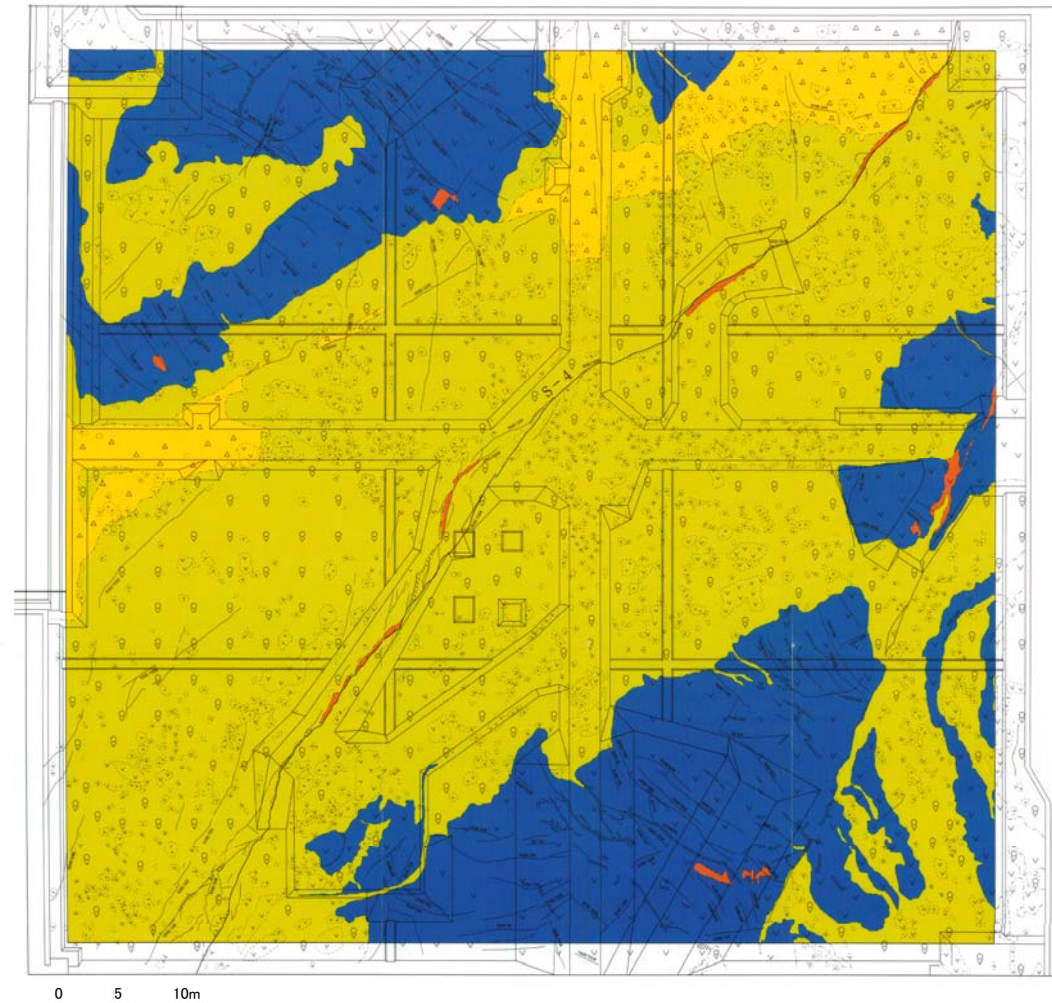


地質鉛直断面図(K-K' 断面)

○ 2号原子炉建屋底盤の岩盤にはほとんど変質部は認められず、主に(Ba)級、(Bb)級の岩級区分を示す安山岩が広く分布している。

岩級区分基準

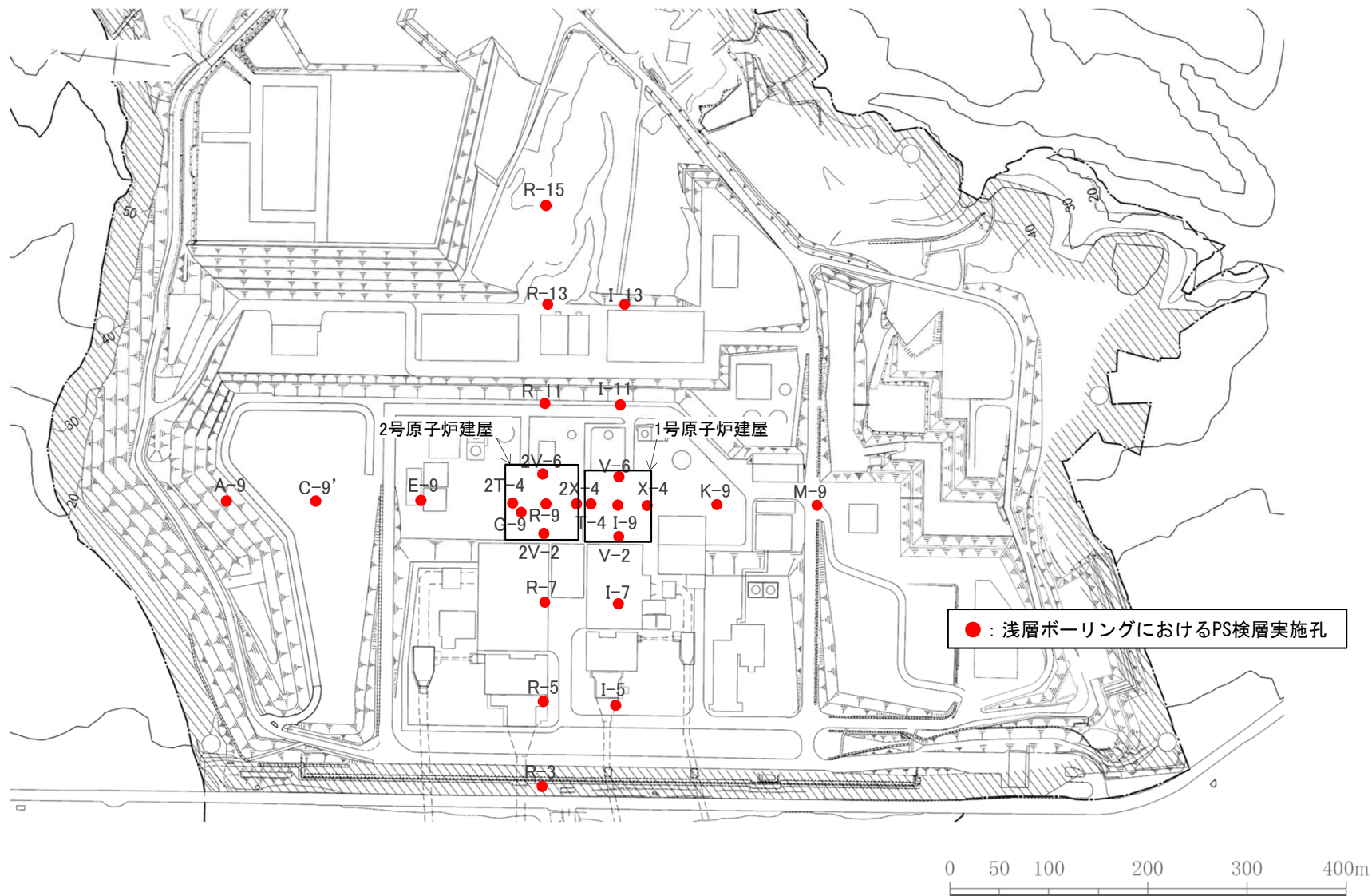
安山岩(均質)		安山岩(角礫質), 凝灰角礫岩	
岩級	特徴	岩級	特徴
(Ba)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの軽打で高音を発する。 節理間隔5cm～50cm程度である。 ハンマの打撃で鋭利な割れ口ができるか割れ目から砕ける。 	(Bb)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの軽打で中高音を発する。 節理はほとんどなく、ヘアクラック程度のひび割れがあり、間隔5cm程度以上である。 ハンマの打撃で鈍い割れ口ができる。
(Ca)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの軽打で低音を発する。 節理間隔5cm程度以下である。 ハンマの打撃で容易に砕ける。 	(Cb)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの軽打で低音を発する。 節理あるいはヘアクラック程度のひび割れがあり、間隔5cm程度以下である。 ハンマの打撃で容易に砕ける。



2号原子炉建屋底盤 岩級区分図

調査位置図

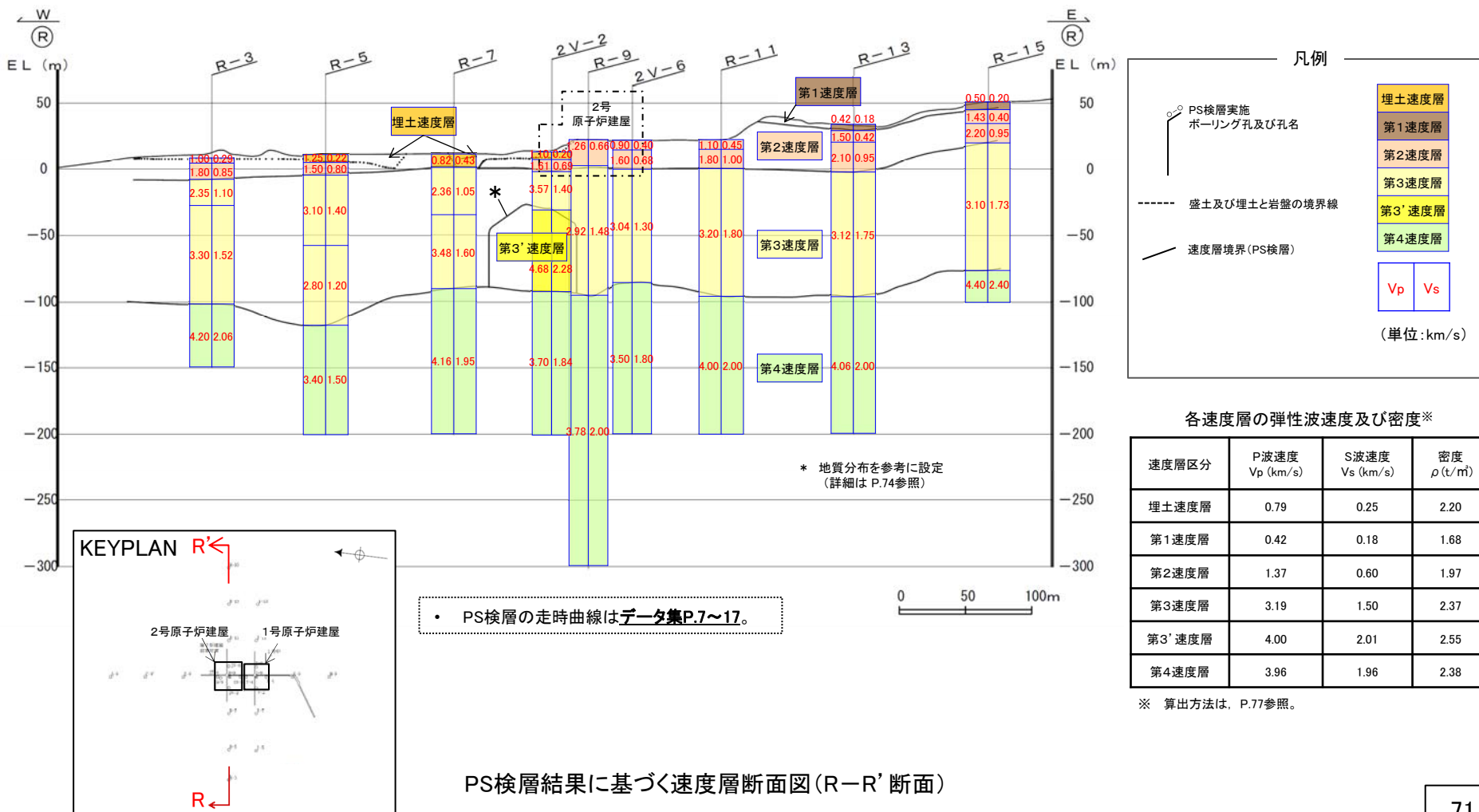
○ 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造を把握するため、下図に示す26孔の浅層ボーリングで実施したPS検層結果(ダウンホール法)を確認した。



調査位置図

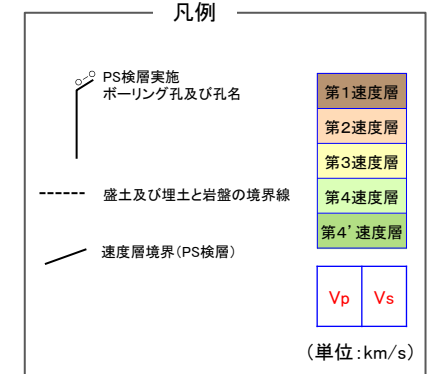
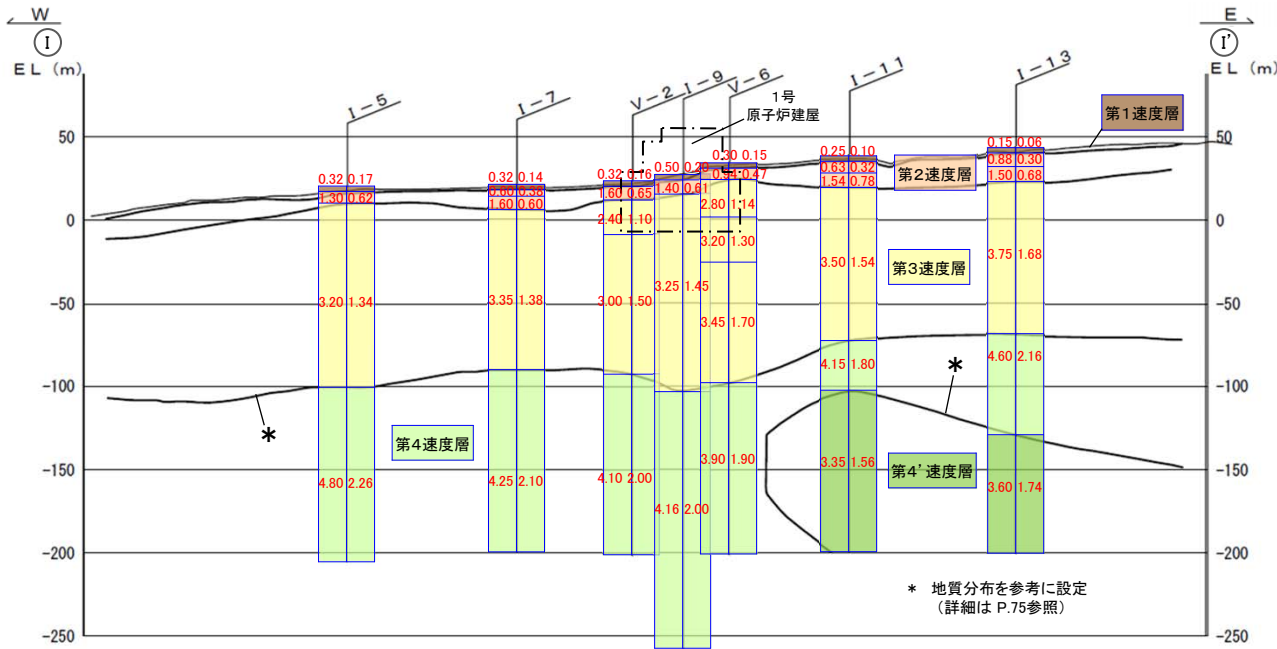
調査結果(R-R'断面)

- 原子炉設置位置付近の東西方向(R-R'断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(V_p , V_s)を踏まえ、埋土速度層及び第1速度層から第4速度層に区分し、第3速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が大きい)を示す範囲を第3'速度層とした。なお、第3'速度層は、第3速度層中に局部的に厚く分布する安山岩(均質)と対応関係が認められる(P.74)。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。
- 浅層ボーリングPS検層結果によれば、原子炉設置位置付近の東西方向(R-R'断面)の速度構造は、概ね水平な層構造を呈す。



調査結果(I-I' 断面)

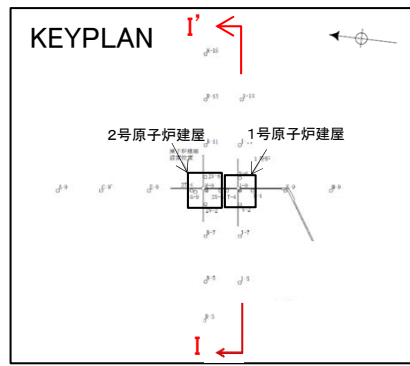
- 原子炉設置位置付近の東西方向(I-I' 断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(V_p , V_s)を踏まえ、第1速度層から第4速度層に区分し、第4速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が小さい)を示す範囲を第4'速度層とした。なお、第4'速度層は、第4速度層中に局部的に厚く分布する凝灰角礫岩と対応関係が認められる(P.75)。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。
- 浅層ボーリングPS検層結果によれば、原子炉設置位置付近の東西方向(I-I' 断面)の速度構造は、概ね水平な層構造を呈す。



各速度層の弾性波速度及び密度*

速度層区分	P波速度 V_p (km/s)	S波速度 V_s (km/s)	密度 ρ (t/m ³)
第1速度層	0.42	0.18	1.68
第2速度層	1.37	0.60	1.97
第3速度層	3.19	1.50	2.37
第4速度層	3.96	1.96	2.38
第4'速度層	3.45	1.63	2.29

* 算出方法は、P.77参照。

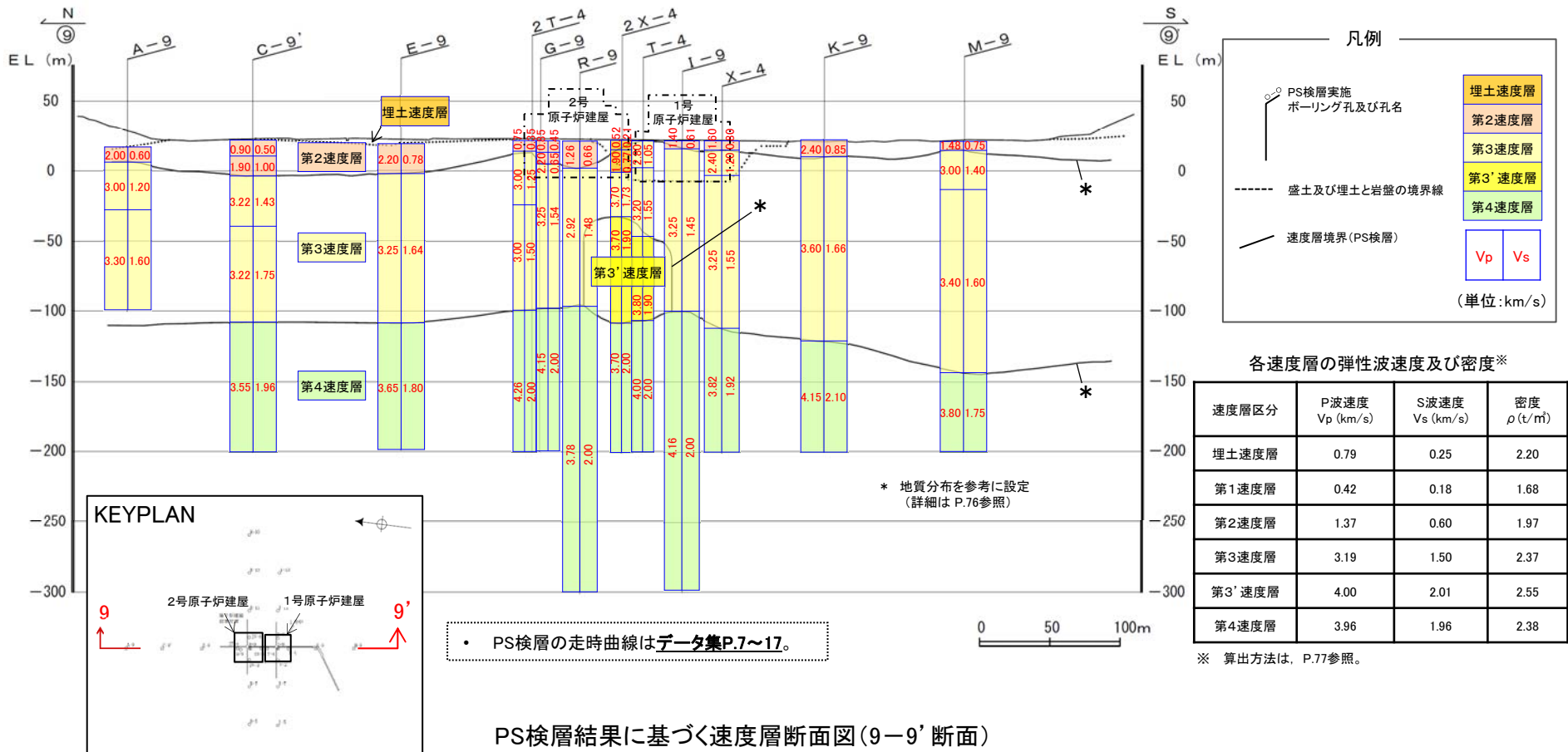


• PS検層の走時曲線はデータ集P.7~17。

PS検層結果に基づく速度層断面図(I-I' 断面)

調査結果(9-9'断面)

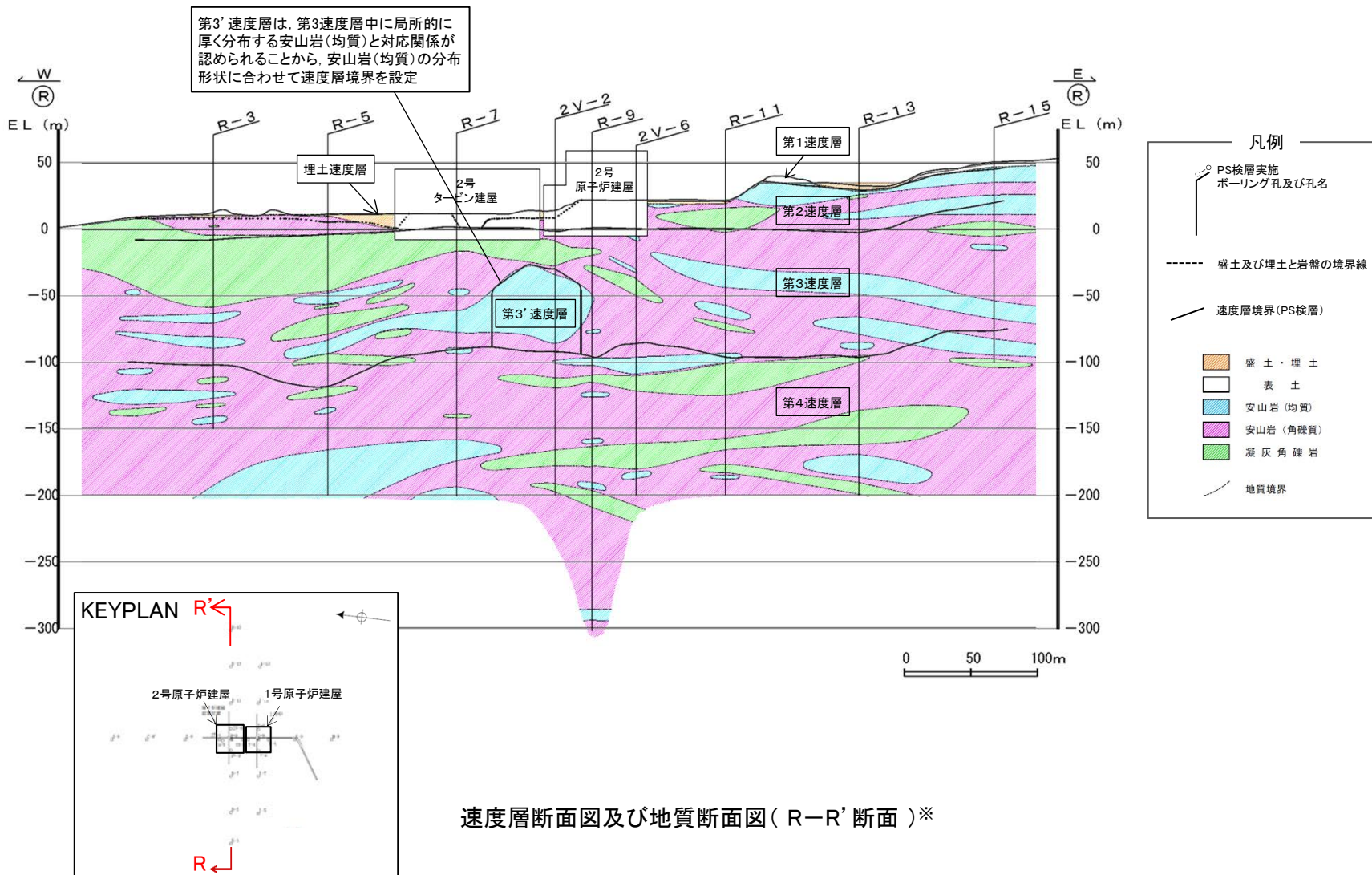
- 原子炉設置位置付近の南北方向(9-9'断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(V_p , V_s)を踏まえ、埋土速度層及び第2速度層から第4速度層に区分し、第3速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が大きい)を示す範囲を第3'速度層とした。なお、第3'速度層は、第3速度層中に局所的に厚く分布する安山岩(均質)と対応関係が認められる(P.76)。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。
- 浅層ボーリングPS検層結果によれば、原子炉設置位置付近の南北方向(9-9'断面)の速度構造は、概ね水平な層構造を呈す。



▶ 浅層ボーリングPS検層結果(R断面, I断面, 9断面)によれば、原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は、概ね水平な層構造を呈すものの、周囲と異なる速度特性を示す範囲として、第3'速度層及び第4'速度層が認められる。

速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(R-R'断面)

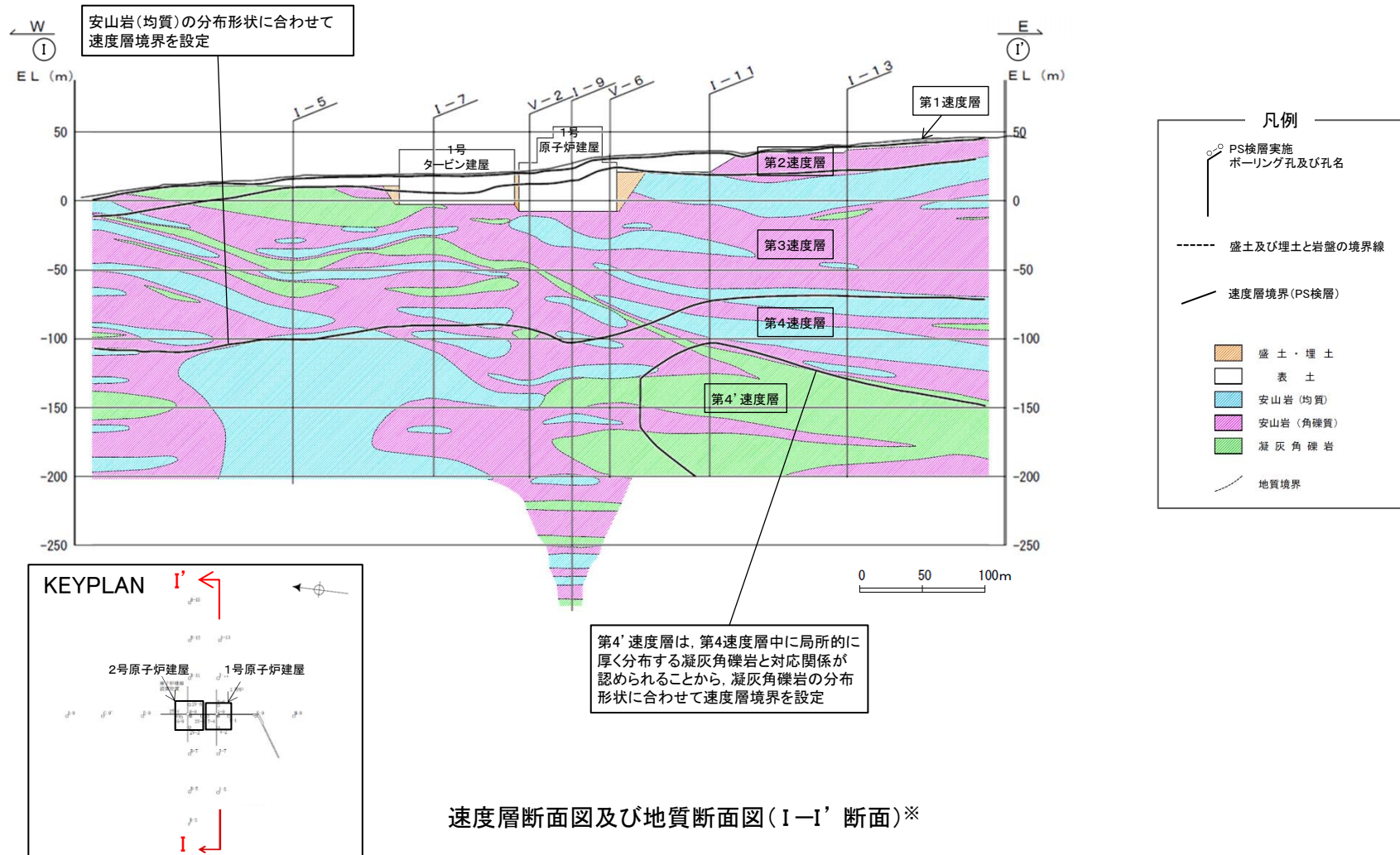
【速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(R-R'断面)】



※ 速度層断面図は速度層断面作成時の地形
地質断面図は現地形

速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ (I-I' 断面)

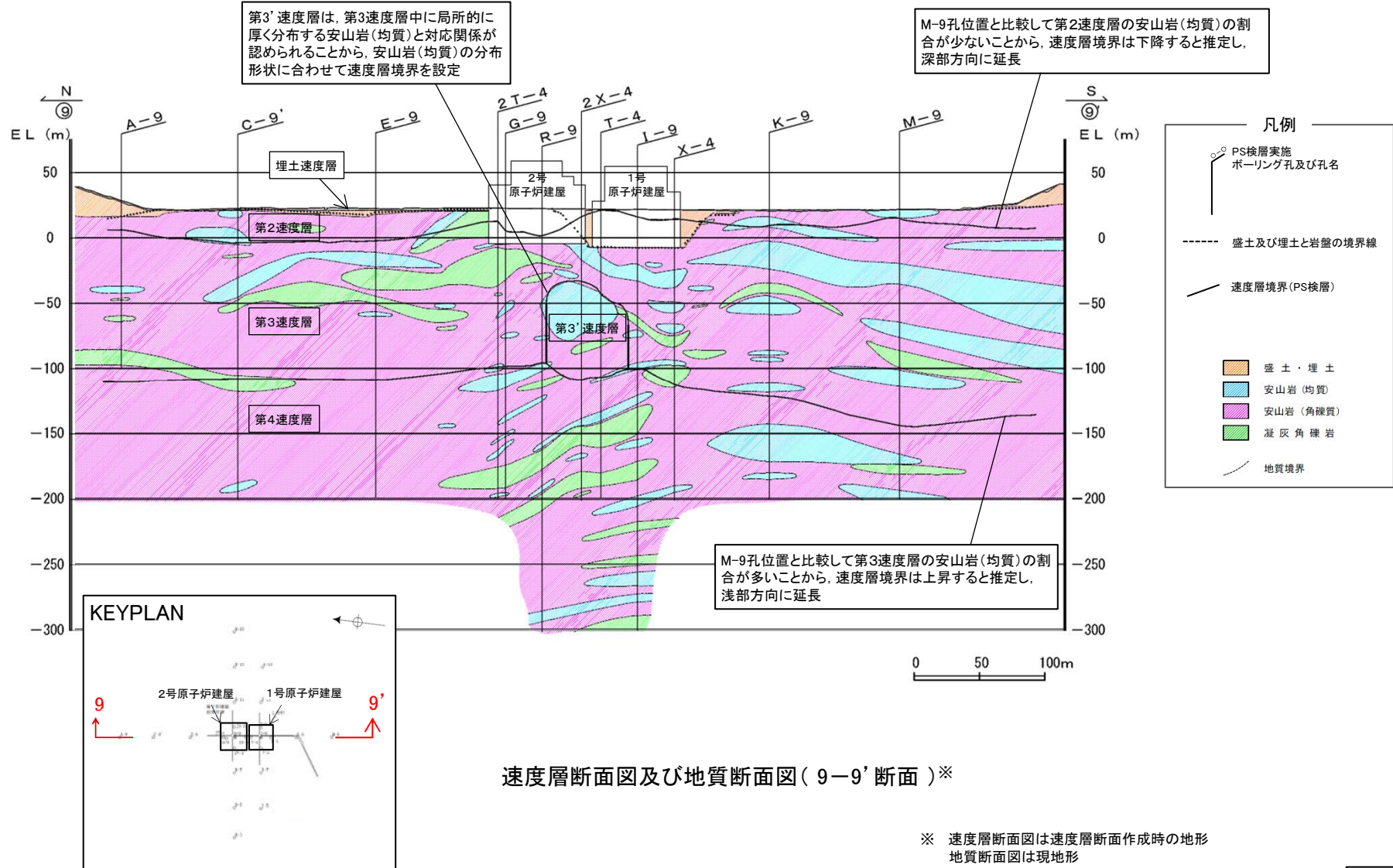
【速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ (I-I' 断面)】



※ 速度層断面図は速度層断面作成時の地形
地質断面図は現地形

速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(9-9'断面)

【速度層断面図と地質断面図の重ね合わせ(9-9'断面)】



EL-200m以浅の各速度層の弾性波速度及び密度の算出方法

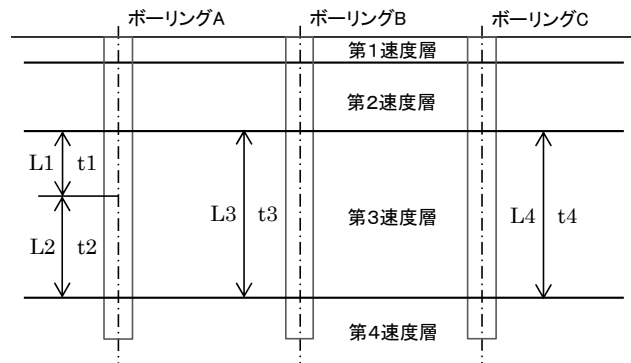
【EL-200m以浅の各速度層の弾性波速度及び密度の算出方法】

■ 弾性波速度 (Vp, Vs)

各速度層の弾性波速度 (Vp, Vs) は、各速度層の全層厚を全伝播時間で割ることにより算出している。

$$\text{各速度層の弾性波速度 } V = \frac{\sum L_i}{\sum t_i}$$

ここに、
 L_i : 速度層の層厚
 t_i : 速度層の伝播時間



上図における第3速度層の弾性波速度の算出例

$$V = \frac{L1 + L2 + L3 + L4}{t1 + t2 + t3 + t4}$$

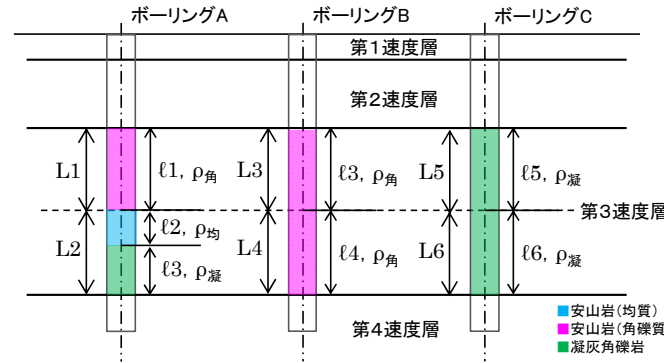
イメージ図

■ 密度 (ρ)

各速度層の密度 (ρ) は、埋土・第1・第2速度層は全層を1区間とし、第3・第4・第3'・第4'速度層は深度方向に概ね20mを1区間として細分化し、地質の密度と区間毎の地質の分布割合をもとに算出している。

$$\text{各速度層の密度 } \rho = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \rho'_j, \quad \rho'_j = \frac{\sum (\ell_i \times \rho_{\text{地質}})}{L_j}$$

ここに、
 ρ'_j : 1区間の平均密度
 n : 区間数
 ℓ_i : 1区間における地質毎の長さ
 $\rho_{\text{地質}}$: 地質毎の密度 (右表)
 L_j : 1区間の長さ



上図における第3速度層の密度の算出例

$$\rho = \frac{1}{6} \times \left\{ \frac{(\ell1 \times \rho_{\text{角}})}{L1} + \frac{(\ell2 \times \rho_{\text{均}}) + (\ell3 \times \rho_{\text{凝}})}{L2} + \frac{(\ell3 \times \rho_{\text{角}})}{L3} + \dots \right\}$$

イメージ図

地質毎の密度

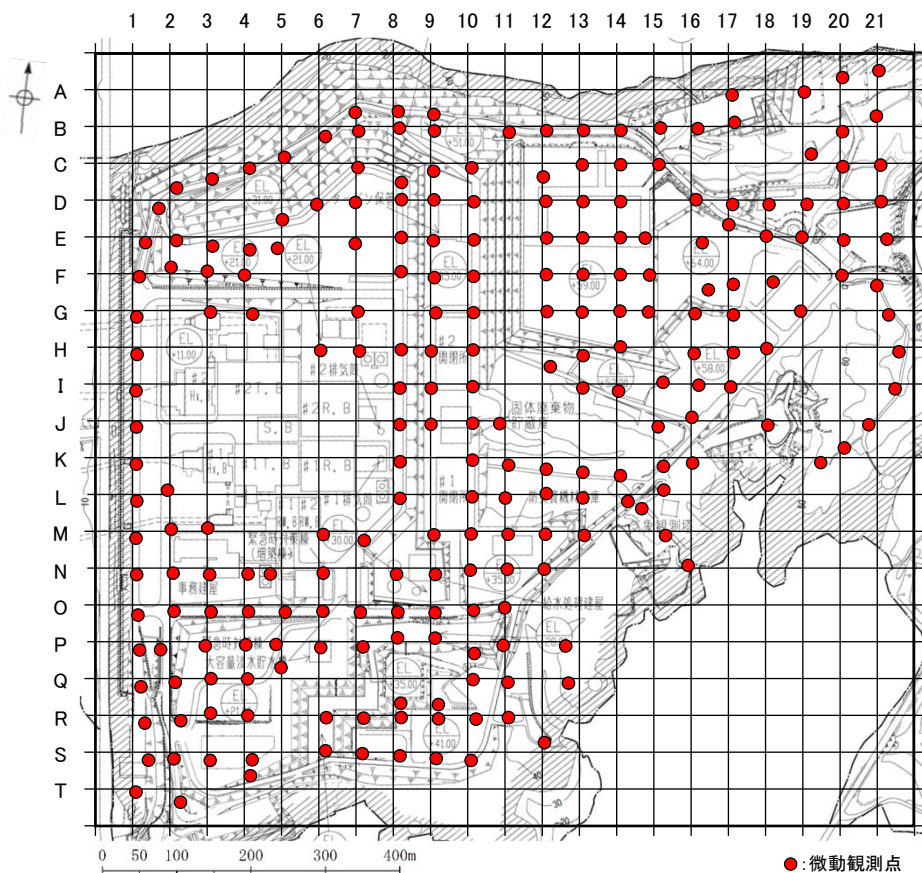
地質	岩級区分	密度 ^{※1} ρ (t/m ³)
安山岩(均質)	[Ba]	2.68
安山岩(角礫質)	[Bb]	2.27
凝灰角礫岩		2.28
安山岩(均質)	[Ca]	2.38
安山岩(角礫質)	[Cb]	2.16
凝灰角礫岩		2.13
安山岩(均質)	[Da]	1.53
安山岩(角礫質)	[Db]	1.51
凝灰角礫岩		1.51 ^{※2}
表土		1.75
埋土		2.20

※1 敷地で実施した試験結果に基づき設定

※2 分布範囲が小さく試験を実施していない凝灰角礫岩[Db級]については、凝灰角礫岩[Bb級]及び[Cb級]と安山岩(角礫質)[Bb級]及び[Cb級]の密度値がそれぞれ同程度であることを踏まえ、安山岩(角礫質)[Db級]と同一の値としている。

第3速度層上面形状の検討 — 検討方法 —

- 原子炉設置位置周辺においてS波速度が0.7km/s程度以上の硬質地盤である第3速度層($V_s=1.5\text{km/s}$)上面の形状を把握するため、敷地の複数の観測点で、地下の速度構造が反映されている単点微動観測記録に基づくH/Vスペクトル比(以下、「微動H/Vスペクトル比」という)を用いた逆解析により、第3速度層上面の標高を推定した。なお、逆解析は、1層目を第2速度層($V_s=0.6\text{km/s}$)、基盤層を第3速度層とした2層構造を仮定して、各観測点の理論H/Vスペクトル比が微動H/Vスペクトル比に周期0.1~1秒でフィッティングする1層目の層厚を探索することで実施した。
- 微動観測は敷地の232地点※(約50m間隔)において、2014年1月13日~23日の期間の中で実施した。微動観測点配置図及び微動計の仕様を下記に示す。



微動観測点配置図

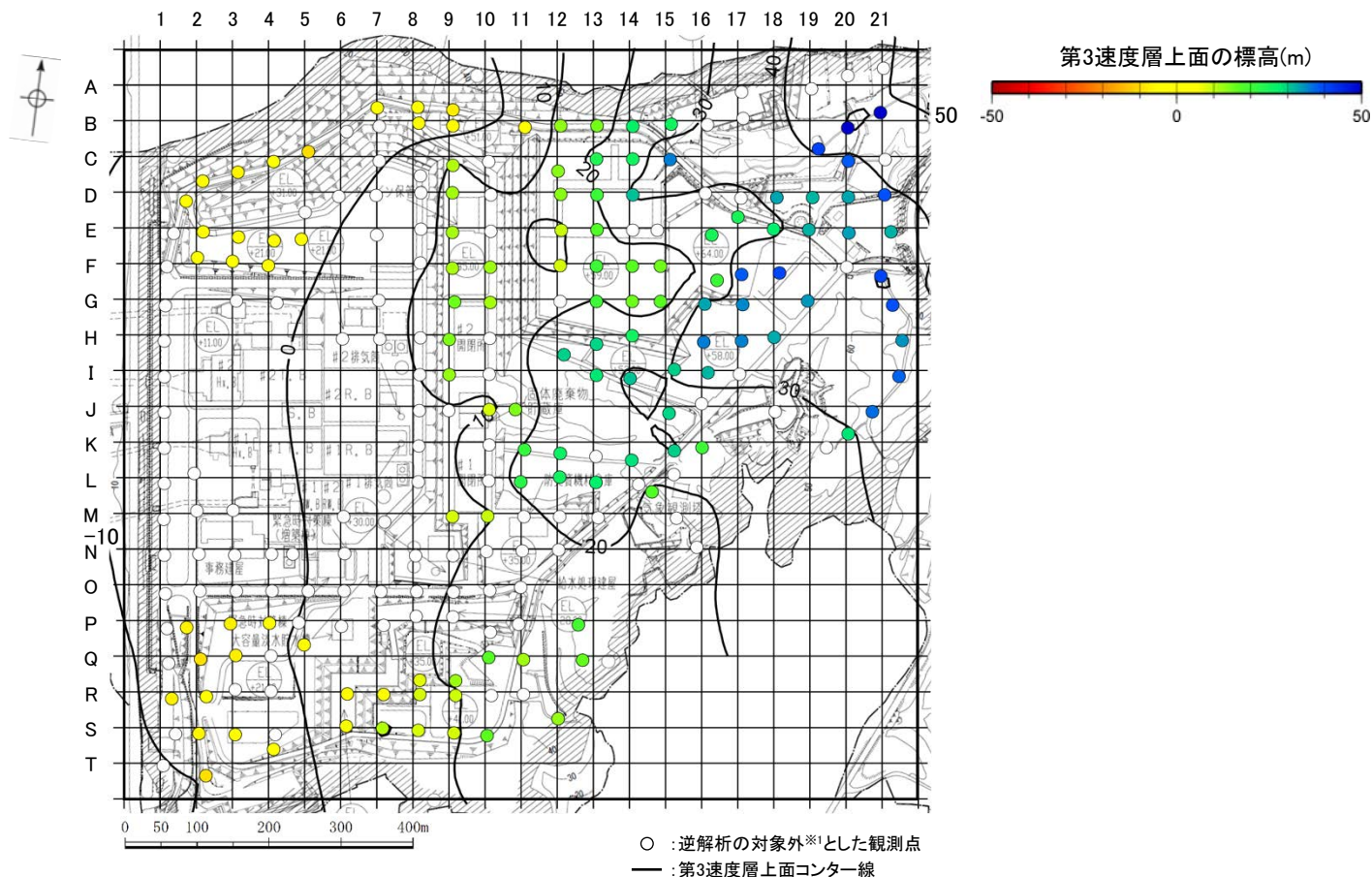
微動計の仕様

項目		仕様
地震計	名称	LE-3D/5S 改
	製造会社	レナーツ社(独)
	成分	3成分(水平動2成分・上下動1成分)
	固有周期	5/7秒切り替え式
	電圧	DC12V
	出力感度	4V/kine
収録装置	センサー形式	速度型
	名称	LS-8000
	製造会社	白山工業
	チャンネル数	3
	分解能	24bit
周波数範囲(周波数帯域)	サンプリング周波数	100Hz
	電源	DC6~16V
周波数範囲(周波数帯域)		0.14~50Hz

※ 微動観測点は、敷地において約50m間隔に設置することを基本としているが、施設の設置状況や工事状況等を考慮して配置した。

第3速度層上面形状の検討 — 検討結果 —

○ 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析により推定した各観測点の第3速度層上面の標高を下図に示す。



微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析により推定した第3速度層上面の標高※2

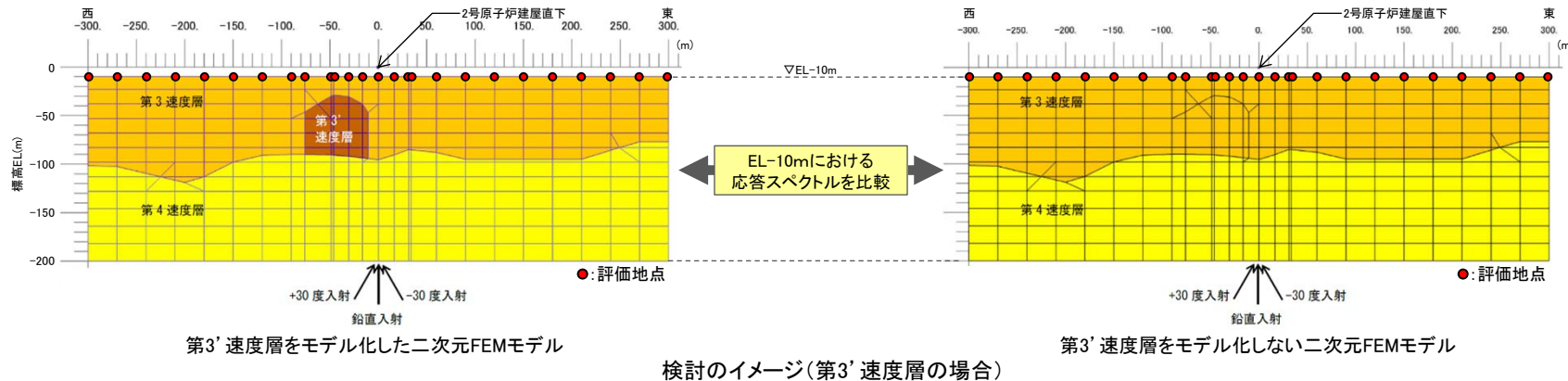
※1 微動H/Vスペクトル比の周期0.1~1秒に明瞭なピークがみられない観測点については、逆解析の対象外とした。

※2 各観測点の微動H/Vスペクトル比と逆解析結果の比較は、[データ集P.161~168](#)。

➤ 微動H/Vスペクトル比を用いた逆解析の検討結果を踏まえると、原子炉設置位置周辺の第3速度層上面はEL-10m以浅に位置しており、顕著な不整形はみられない。

第3'速度層・第4'速度層の影響検討 - 検討方法 -

- 原子炉設置位置付近のEL-200m以浅の速度構造は概ね水平な層構造を呈すものの、周囲と異なる速度特性を示す範囲として、第3'速度層及び第4'速度層が認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施するとともに、1.3節の観測記録を用いた検討の結果も踏まえ、第3'速度層及び第4'速度層が地震動へ与える影響を検討した。
- 地震動シミュレーションによる検討は、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル※と第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデル※にそれぞれ地震波を入力し、第3速度層が概ね水平に拡がっているEL-10mにおける応答スペクトルを比較することで行った。
- 広帯域で第3'速度層及び第4'速度層の影響を確認するため、検討に用いる地震波は申請時の基準地震動Ss-1とした。また地震波の入射方向については敷地近傍の福浦断層等の断層面の位置を考慮し、鉛直入射及び斜め入射(±30°)した場合の検討を行った。検討のイメージと速度層の地盤物性を下記に示す。
- なお、第3'速度層は原子炉設置位置付近の速度構造のR-R'断面及び9-9'断面の両断面にみられるが、第3'速度層の大きさ及び位置に大きな違いはないことから、ここではR-R'断面を代表として検討を行った。



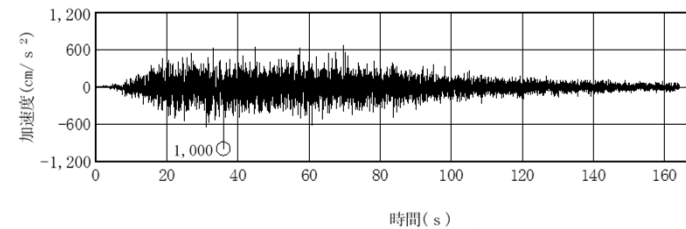
第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデル

検討のイメージ(第3'速度層の場合)

第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデル

速度層の地盤物性

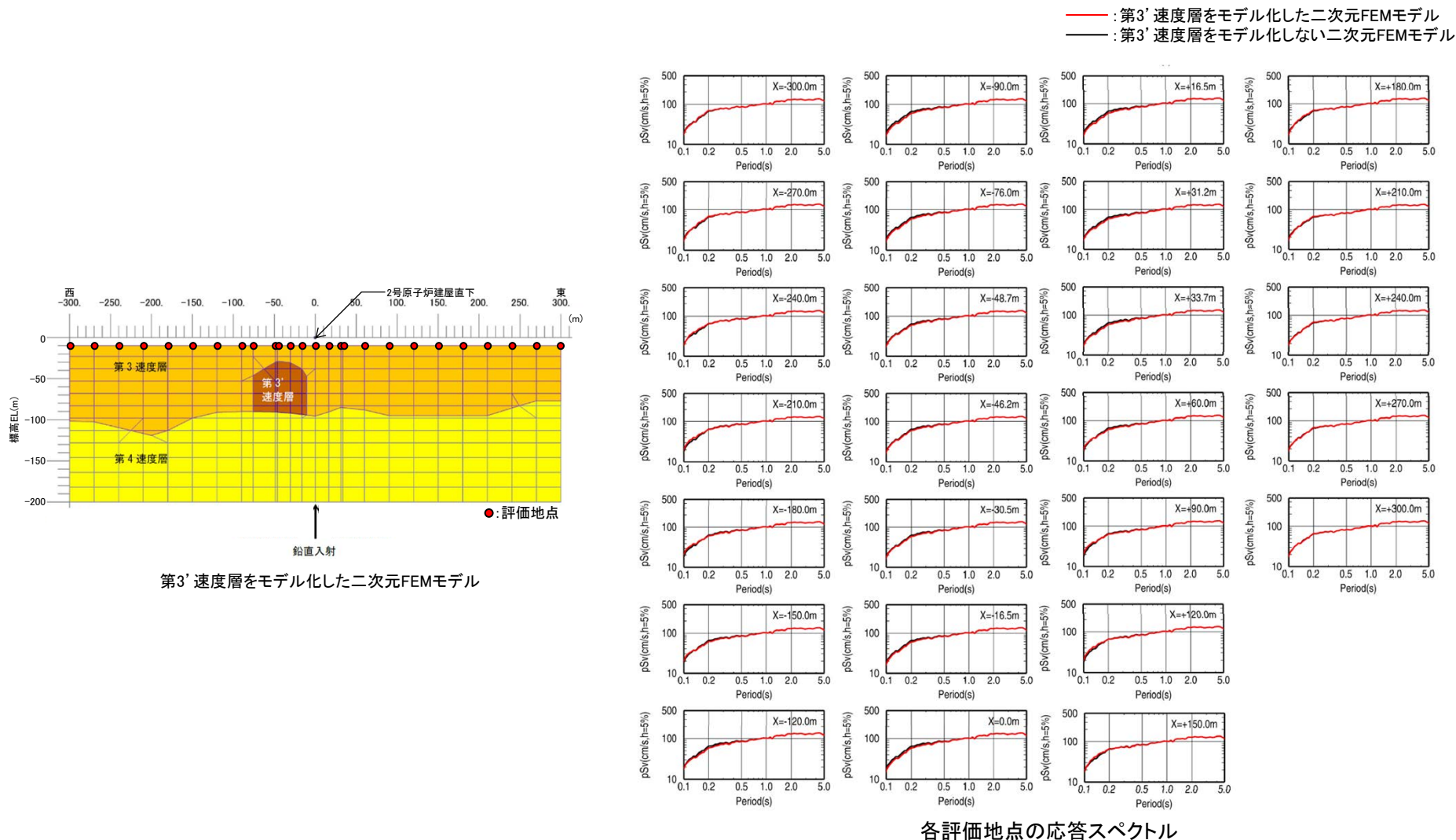
層区分	Vs (km/s)	Vp (km/s)	密度 (t/m ³)
第3速度層	1.50	3.19	2.37
第3'速度層	2.01	4.00	2.55
第4速度層	1.96	3.96	2.38
第4'速度層	1.63	3.45	2.29



検討に用いる地震波(申請時の基準地震動Ss-1)

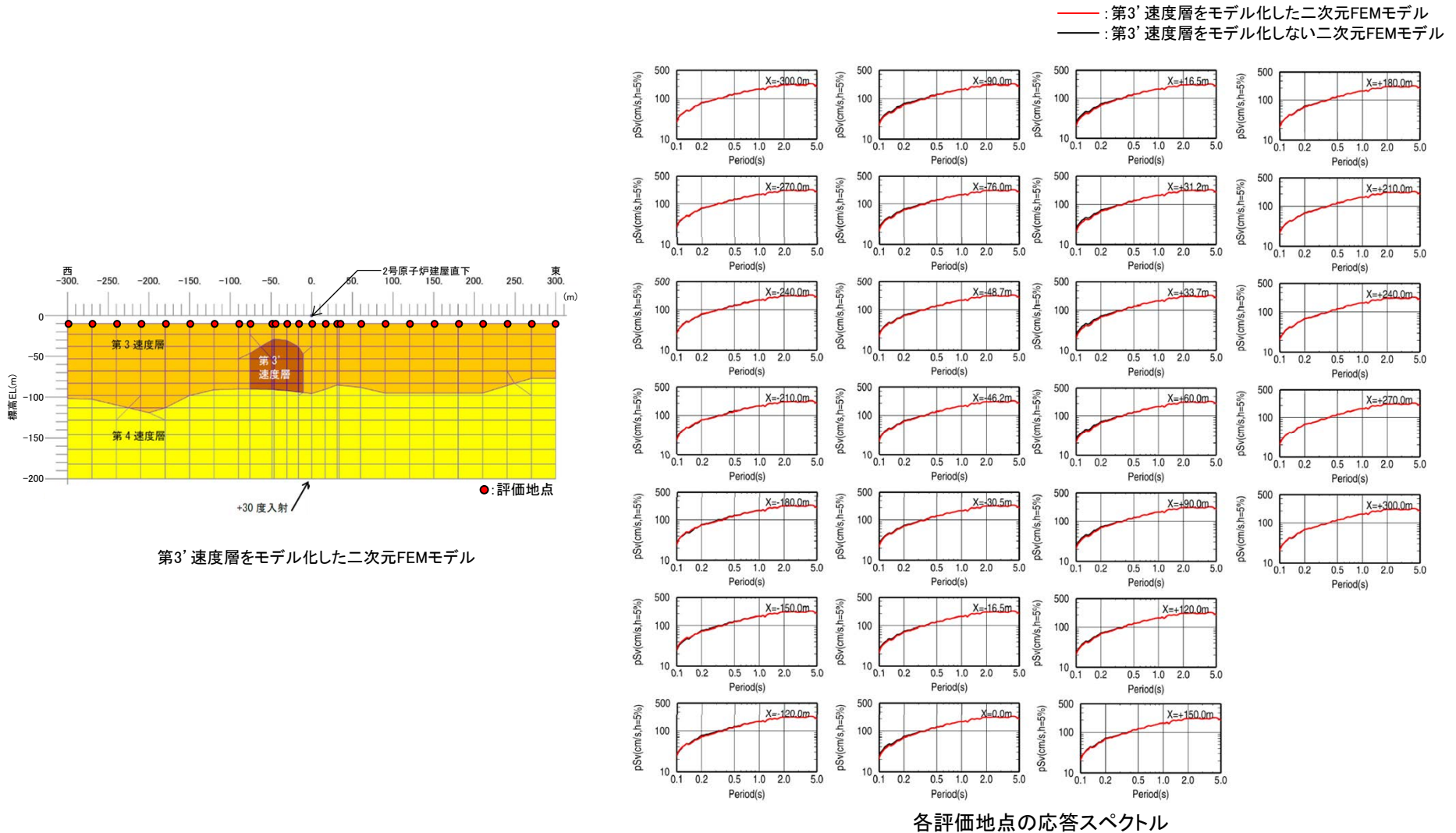
※二次元FEMモデルの側面及び底面への波動の逸散を考慮するため、側面はエネルギー伝達境界を設定し、側面境界以遠は、水平成層地盤として仮定する。また、底面は粘性境界を設定し、EL-200m以深の底面物性は第4速度層の値を用いる。

○ 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに鉛直入射した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



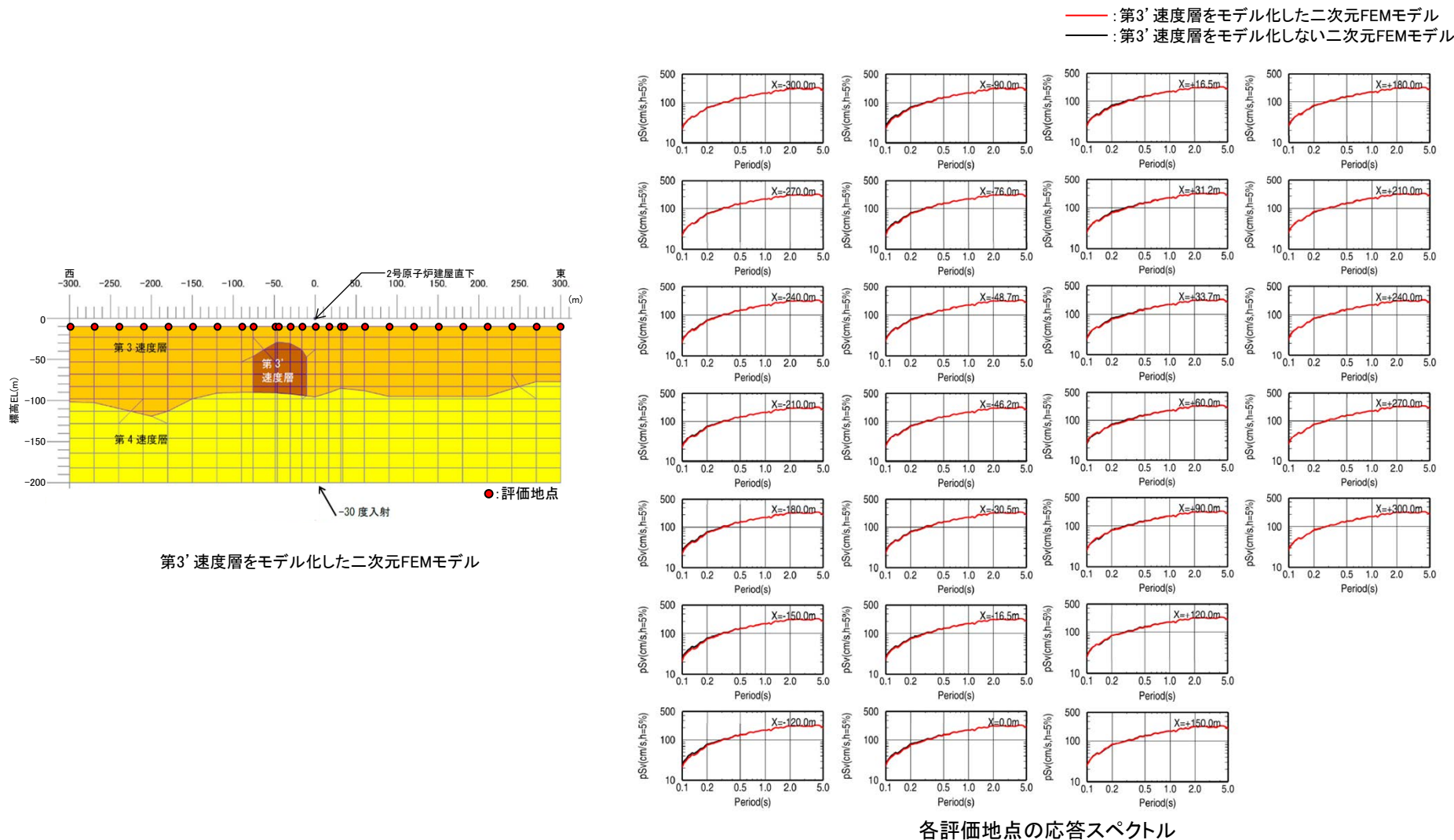
※ モデル図は便宜上、第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(+30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、鉛直入射の場合と同様、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



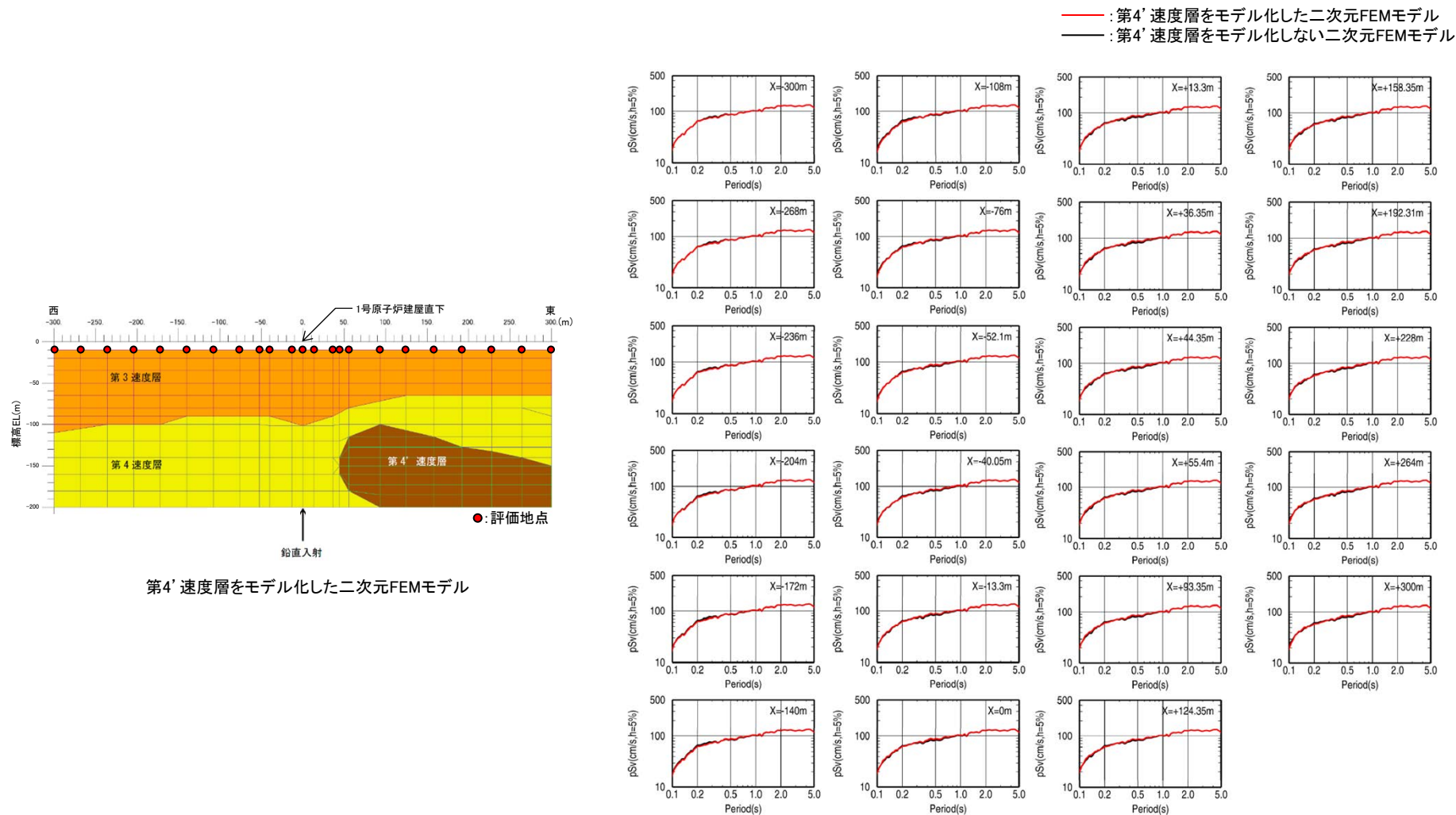
※ モデル図は便宜上、第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第3'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(-30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、鉛直入射の場合と同様、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



※ モデル図は便宜上、第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第4' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに鉛直入射した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。

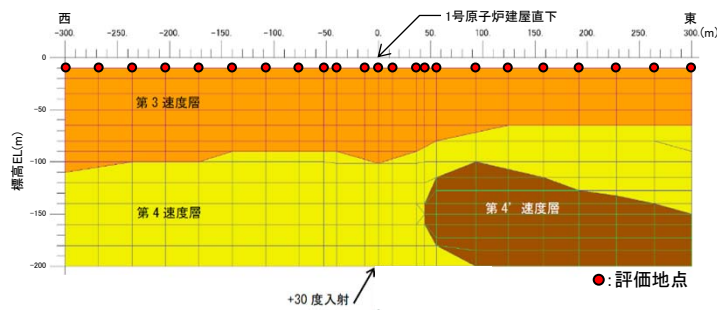


第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデル

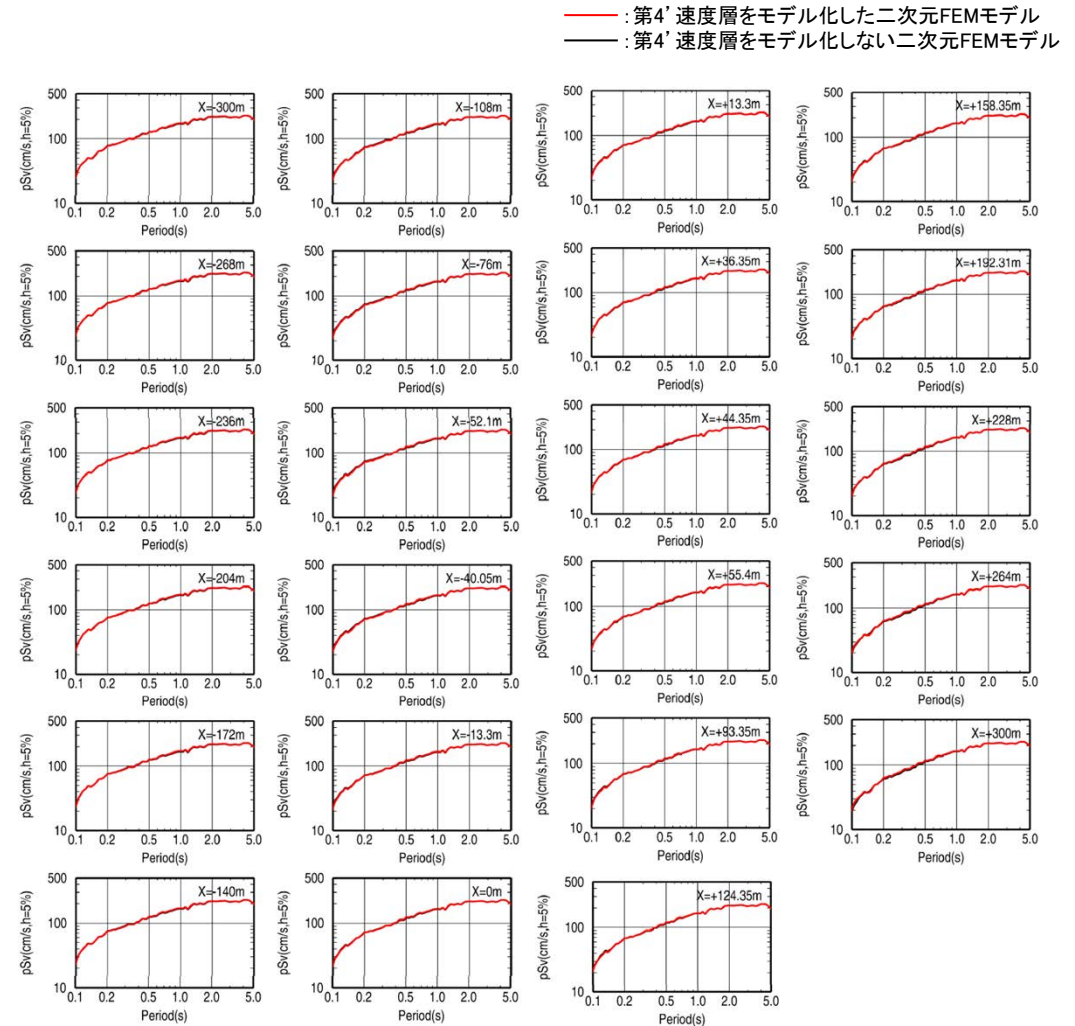
各評価地点の応答スペクトル

※ モデル図は便宜上、第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第4' 速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(+30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、鉛直入射の場合と同様、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



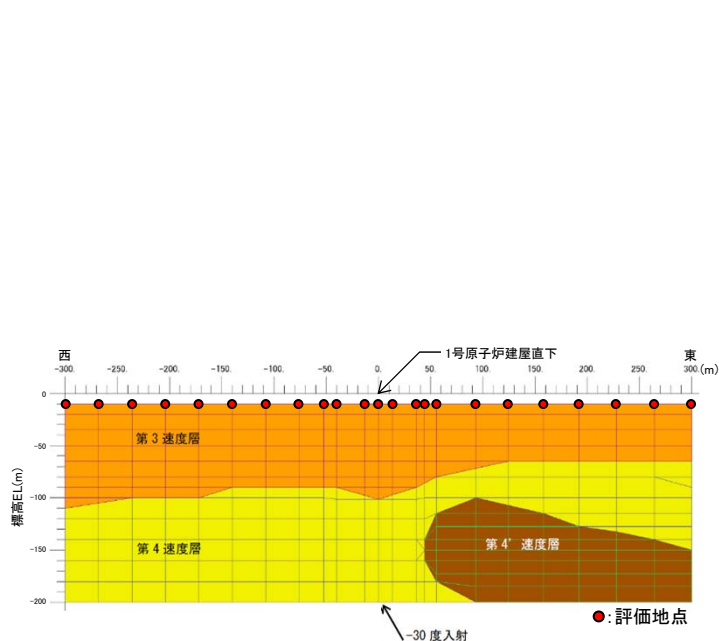
第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデル



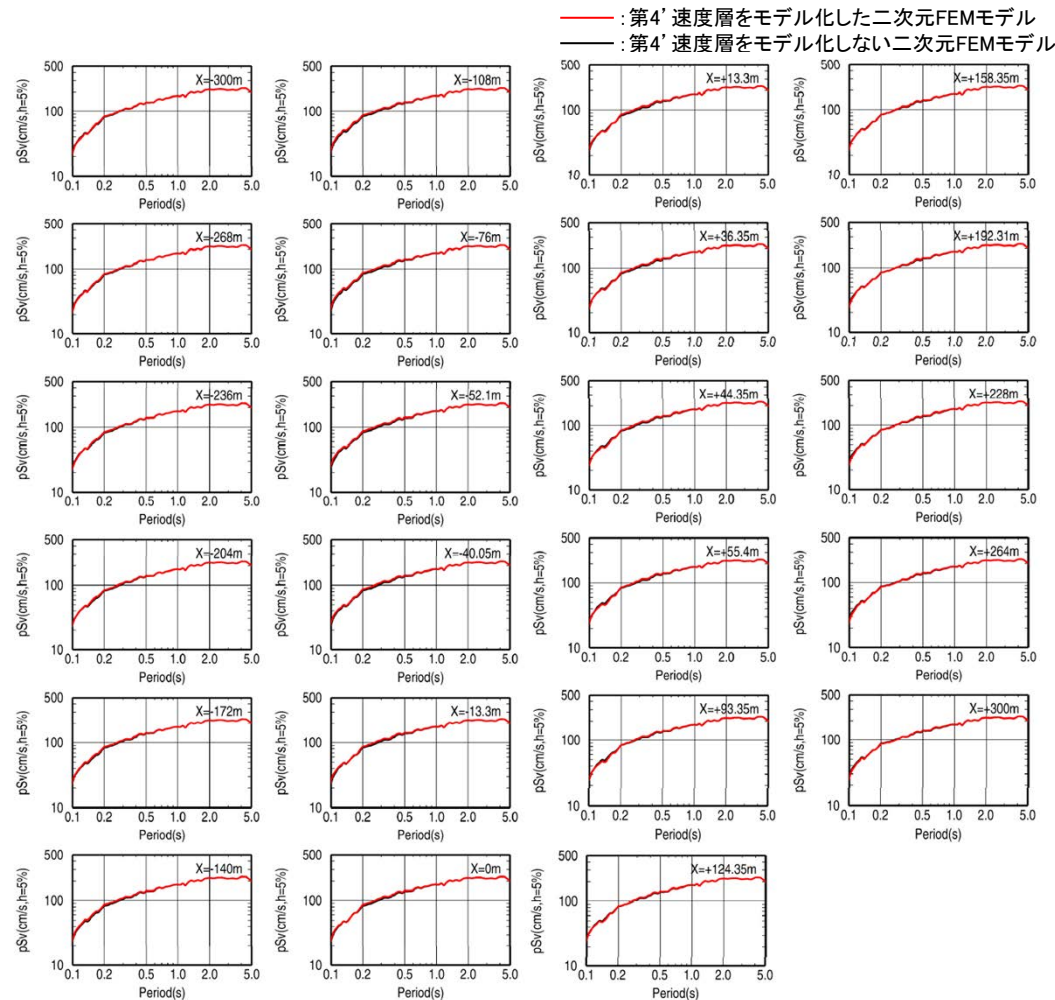
各評価地点の応答スペクトル

※ モデル図は便宜上、第4' 速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデルと第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(-30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、鉛直入射の場合と同様、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル



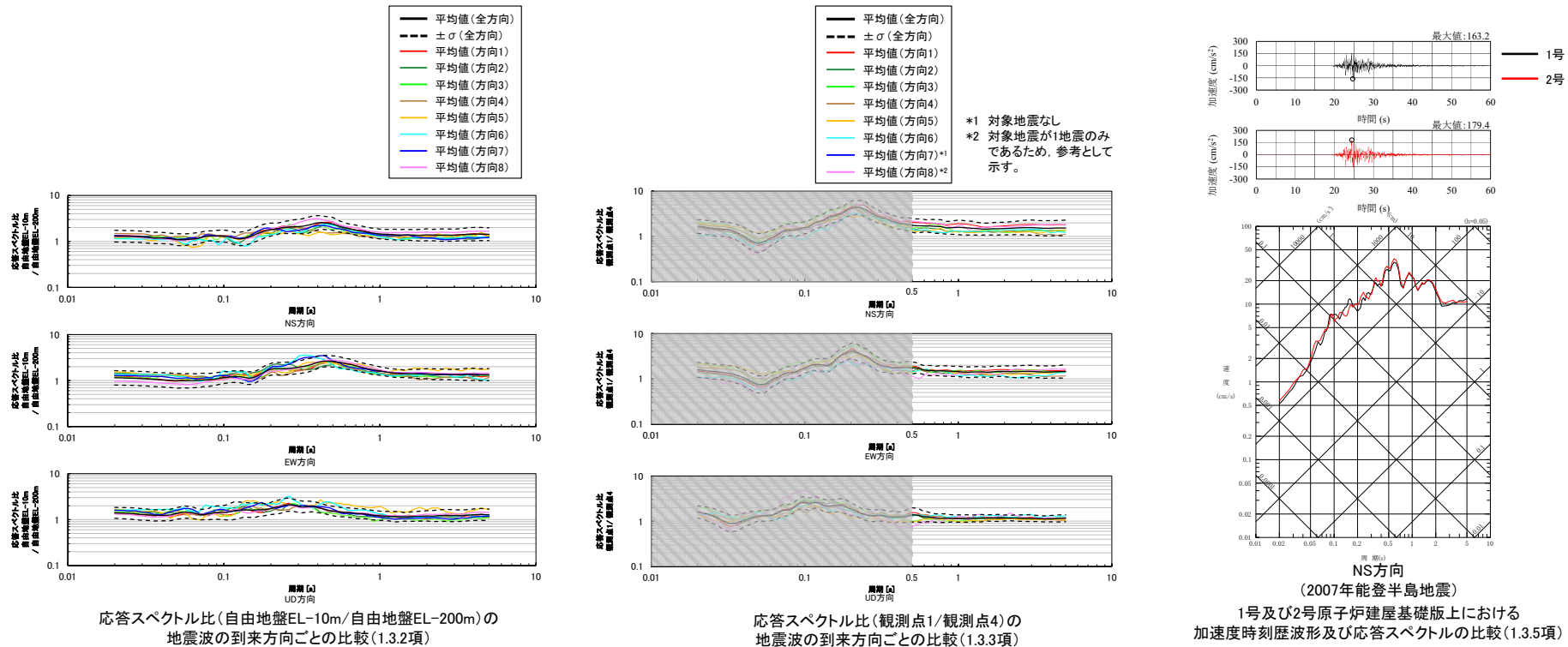
各評価地点の応答スペクトル

※ モデル図は便宜上、第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果によれば、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられない。

第3' 速度層・第4' 速度層の影響検討 —観測記録を用いた検討結果(1.3節)—

- 第3' 速度層・第4' 速度層が地震動へ与える影響を検討するため、1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果を確認した。
- 敷地のEL-200m～解放基盤表面を対象とした鉛直アレー地震観測記録(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.2項(P.157))によれば、自由地盤EL-200mに対する自由地盤EL-10mの応答スペクトル比に地震波の到来方向による顕著な違いはないことから、自由地盤地震観測点周辺のEL-10m～EL-200mに、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- 敷地の地震基盤以浅を対象とした水平アレー地震観測記録(地表)(到来方向別)を用いた検討結果(1.3.3項(P.164))によれば、観測点4Iに対する観測点1～3の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程度であることから、観測点1～4周辺の地震基盤以浅(表層地盤を除く)に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。
- 敷地の地震基盤以浅を対象とした原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討結果(1.3.5項(P.178))によれば、加速度時刻歴波形及び応答スペクトルに顕著な違いはないことから、1号原子炉建屋周辺及び2号原子炉建屋周辺の地震基盤以浅に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。



➤ 観測記録を用いた検討(1.3.2項～1.3.3項, 1.3.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。

二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果

- 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果によれば、第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられない。

1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果

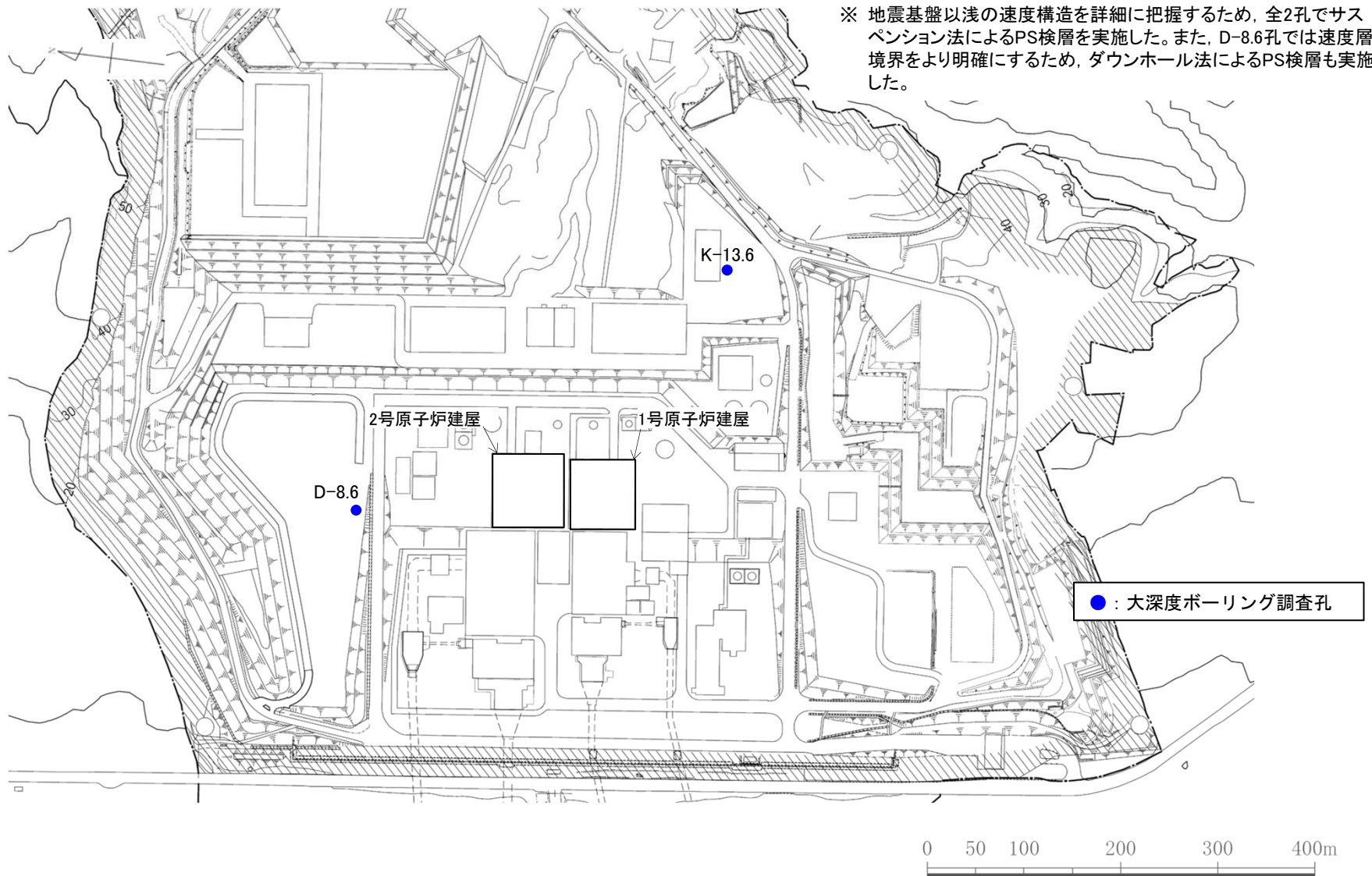
- 観測記録を用いた検討(1.3.2項～1.3.3項, 1.3.5項)の結果によれば、敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられる。



- 二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討結果(第3'速度層または第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデル及び第3'速度層または第4'速度層をモデル化しない二次元FEMモデルによる応答に顕著な違いはみられないこと)及び1.3節において実施した観測記録を用いた検討結果(敷地の地震基盤以浅に地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないと考えられること)より、第3'速度層及び第4'速度層は、地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

調査位置図

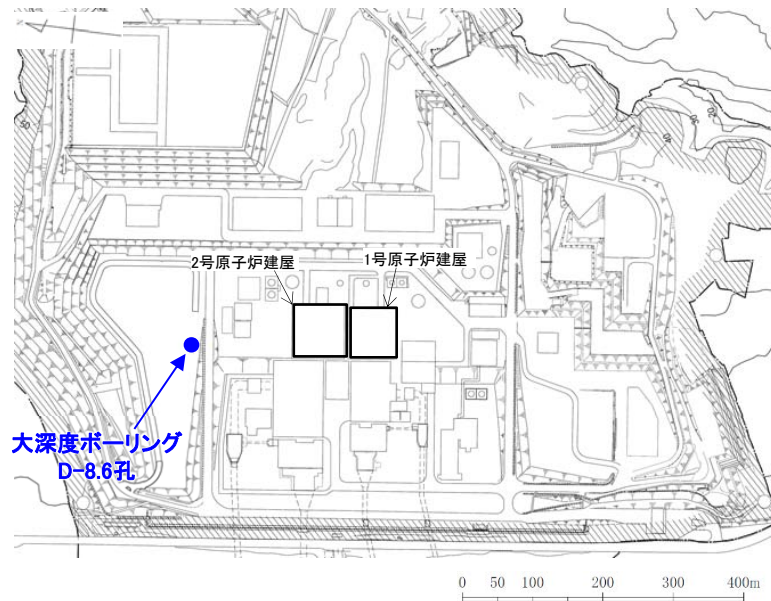
○ 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質，速度構造を把握するため，下図に示す2孔で実施した大深度ボーリング調査結果(PS検層※及び密度検層)を確認した。



調査位置図

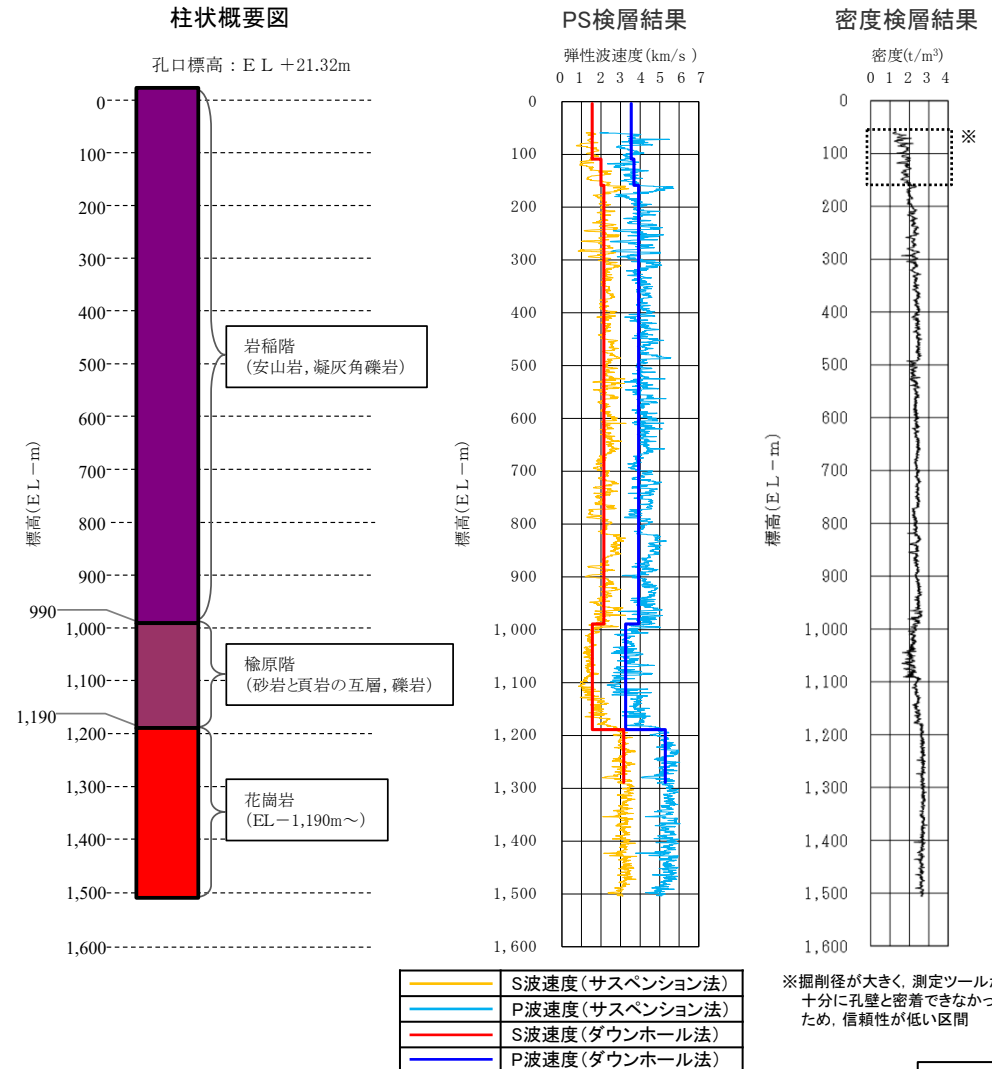
地質、弾性波速度及び密度の調査結果 -D-8.6孔-

- 地質は、下位から先第三紀の花崗岩、古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層、礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩、凝灰角礫岩)からなる。
- PS検層結果による花崗岩上面標高はEL-1,190mであり、P波速度及びS波速度は、花崗岩以浅では4km/s及び2km/s程度、花崗岩以深では5km/s及び3km/s程度を示す。
- 密度検層結果によれば、密度は、浅部区間を除き概ね2~3t/m³の範囲を示す。



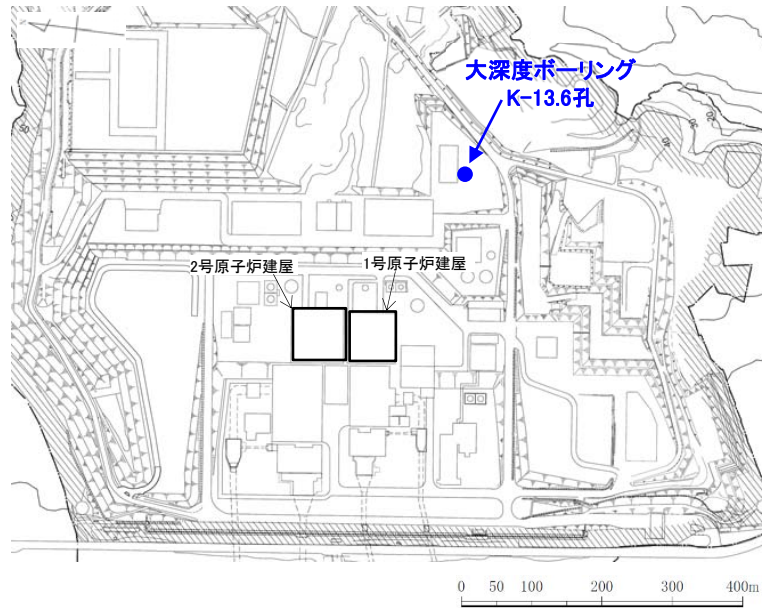
大深度ボーリング(D-8.6孔)の調査位置図

- ・ 大深度ボーリング(D-8.6孔)は、4区間(EL-1,175.68m~EL-1,183.68m, EL-1,275.68m~EL-1,280.78m, EL-1,375.68m~EL-1,380.78m, EL-1,475.98m~EL-1489.08m)でスポットコアリングによるコア採取を行い、それ以外の区間はカッティングス観察(深度20m間隔)を行った。コア写真、柱状図、カッティングス写真はデータ集P.129~137。
- ・ 右の柱状概要図は、PS検層結果により地質境界標高を決定し、コア観察、カッティングス観察により地質を判定した。なお、PS検層結果による花崗岩上面標高EL-1,190mはコア観察による花崗岩上面標高EL-1,181.73mと概ね整合する。PS検層(ダウンホール法)の走時曲線はデータ集P.128。



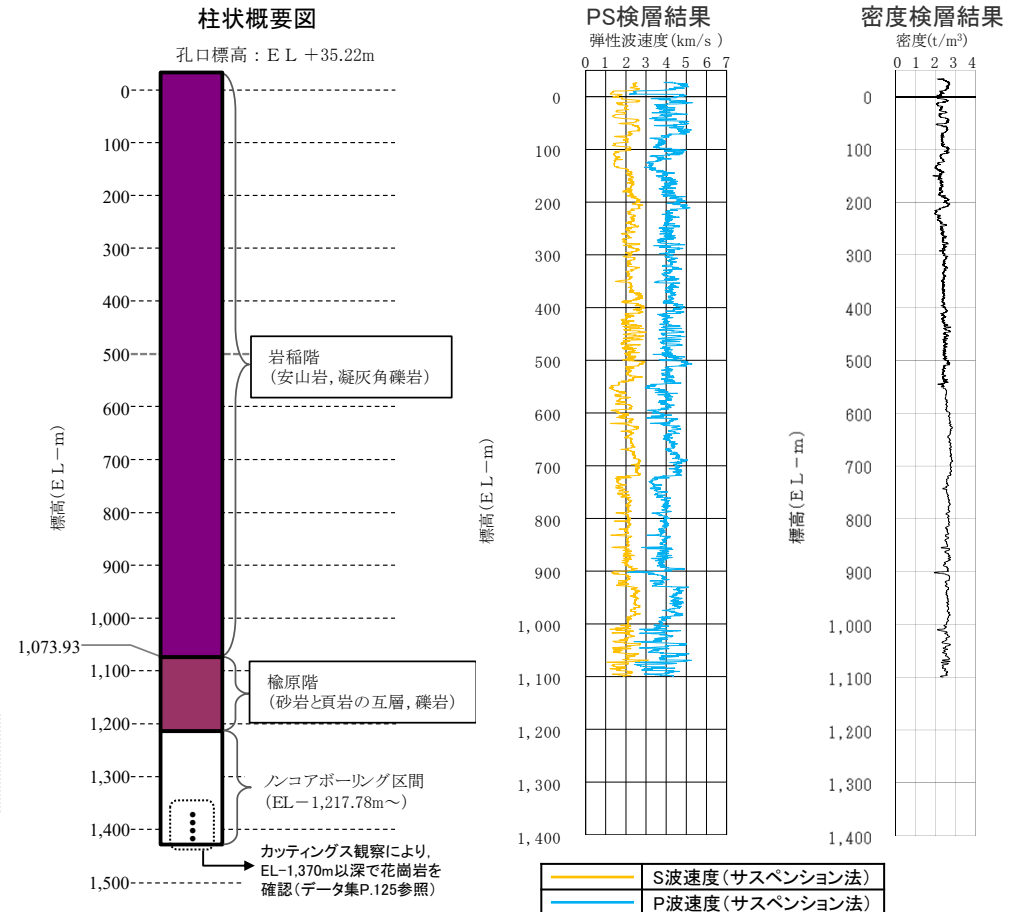
地質、弾性波速度及び密度の調査結果 -K-13.6孔-

- 地質は、下位から古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層、礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩、凝灰角礫岩)からなる。また、花崗岩は、カッティングス観察によれば、EL-1,370m以深に認められる。
- PS検層結果によれば、P波速度及びS波速度は、4km/s及び2km/s程度を示す。
- 密度検層結果によれば、密度は、概ね2~3t/m³の範囲を示す。



大深度ボーリング(K-13.6孔)の調査位置図

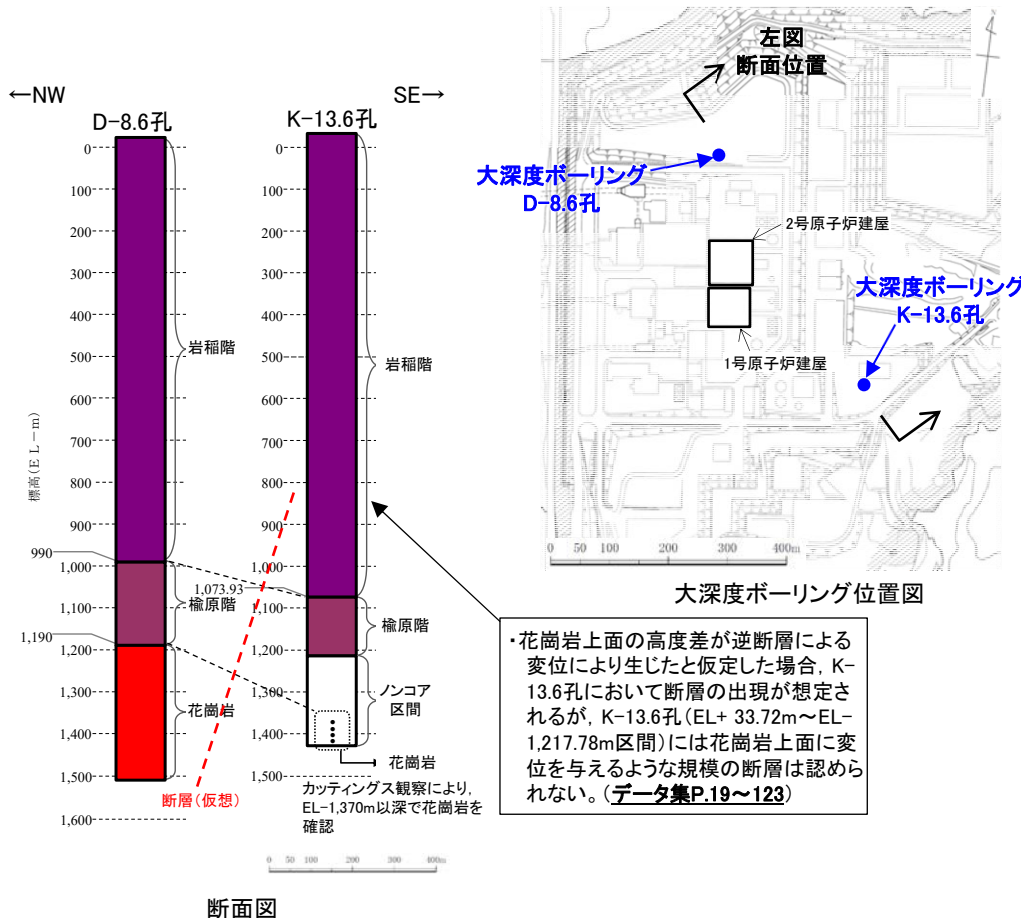
- 大深度ボーリング(K-13.6孔)は、EL+ 33.72m~EL-1,217.78mの区間でオールコアリングによるコア採取を行い、EL-1,217.78m以深の区間については、孔壁崩壊の恐れがあったためノンコアリングにより掘進した。コア写真、柱状図はデータ集P.19~123。



- 大深度ボーリング調査結果(D-8.6孔, K-13.6孔)によれば、原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質は、下位から先第三紀の花崗岩、古第三紀の楡原階(砂岩と頁岩の互層、礫岩)、新第三紀の岩稲階(安山岩、凝灰角礫岩)からなり、花崗岩以浅におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ4km/s及び2km/s程度、花崗岩以深におけるP波速度及びS波速度はそれぞれ5km/s及び3km/s程度であり、密度は概ね2~3t/m³の範囲を示す。
- なお、地下構造モデルの設定においては、より深部まで物性を把握できているD-8.6孔の調査結果(PS検層(ダウンホール法)による速度値及び密度検層による密度値)に基づき設定した。(詳細はP.185参照)

地質、弾性波速度及び密度の調査結果 - 花崗岩上面の形状の考察(1/3) -

- 約460m離隔している2孔の大深度ボーリング(D-8.6孔及びK-13.6孔)の調査結果において、花崗岩上面に約180mの高度差が認められることから、この花崗岩上面の形状について、以下の通り考察した。
- 大深度ボーリング、重力探査及び反射法地震探査・VSP探査の結果から、敷地には花崗岩上面に変位を与えるような断層は推定されない。
 - ・大深度ボーリングK-13.6孔のコア観察の結果、花崗岩上面に変位を与えるような規模の断層は認められない(左下図、データ集P.19~123)。
 - ・重力探査の結果、敷地近傍に顕著な線状の重力異常急変部は認められず、断層等による基盤標高の急激な変化は推定されない(次頁左図)。
 - ・反射法地震探査・VSP探査の結果、花崗岩上面に相当する反射面は連続しており、敷地の花崗岩上面に変位を与える断層は認められない(次頁右図①)。
- 敷地の花崗岩は長期間(1億年以上)にわたり、侵食作用を受けており、敷地周辺には敷地と同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる。
 - ・敷地の花崗岩(約1.9~1.4億年前)は、楡原階の堆積岩(約2500万年前)や、岩稲階の別所岳安山岩類(約2200~1500万年前)に覆われており、上位層が堆積するまでの間の長期間(1億年以上)にわたり、侵食作用を受けていたと推定される(右下図)。
 - ・敷地から海域にかけて連続して測線を配置した反射法地震探査・VSP探査の結果、花崗岩上面に相当する反射面に約200mの高度差が認められる(次頁右図②)。
 - ・敷地周辺には、同様の花崗岩上面の凹凸形状が認められる(次々頁)。
- 以上のことから、2孔の大深度ボーリングで認められた花崗岩上面の高度差は、局所的な断層変位ではなく、侵食作用による凹凸形状であると判断した。



地質年代(年数) 万年	石川原における代表的な地層	志賀・七尾・能登島地域	富来・門前・穴水地域	
第4紀	完新世	海岸砂丘		
	更新世	沖積層		
		低位段丘	河成段丘	
		中位段丘	海成段丘	海成段丘
新第三紀	高位段丘	高階層	高位段丘	
	中前期	即辰山層		
	前期	大桑層		
第3紀	鮮新世	崎山層	崎山層・小島層	
	中新世	赤崎層	赤崎層	黒崎安山岩
		飯塚層	和倉層	
	中新世	関野鼻層	七尾層	関野鼻層
		大聖寺層	赤通層	
		朝ヶ屋層	浜田層	道下層
		砂子坂層	山戸層	別所岳安山岩
	前第三紀	流紋岩類		剣地火山岩
		デイサイト類		興又層
		安山岩類		
古第三紀	楡原層		AL1	
	月長石流紋岩			
	安山岩類		高州山安山岩	
中生代	白垩紀	大湍谷層		
	白垩紀	明谷層		
	白垩紀	手取層		
	白垩紀	赤岩層		
	白垩紀	桑島層		
中生代	白垩紀	五輪島層		
	白垩紀	船津花崗岩類		
中生代	白垩紀			
	白垩紀	飛騨変成岩類		

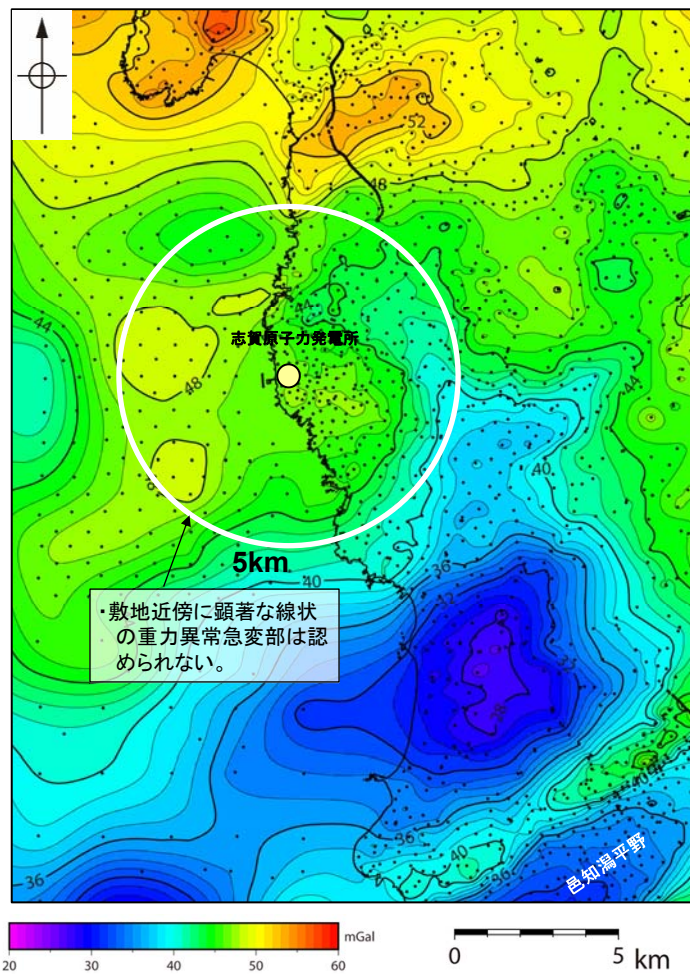
・紮野(1993)によれば、敷地周辺の花崗岩類は約1.9~1.4億年前、楡原層は約2500万年前、別所岳安山岩類は約1600万年前に形成された。

・なお、敷地内の別所岳安山岩類を対象にK-Ar年代分析を実施した結果、K-Ar年代値は22~15Maを示した(第1121回審査会合 机上配布資料2 P.5.3-1-6)。

地質系統対比表(紮野(1993)を編集、一部加筆)

地質, 弾性波速度及び密度の調査結果 - 花崗岩上面の形状の考察(2/3) -

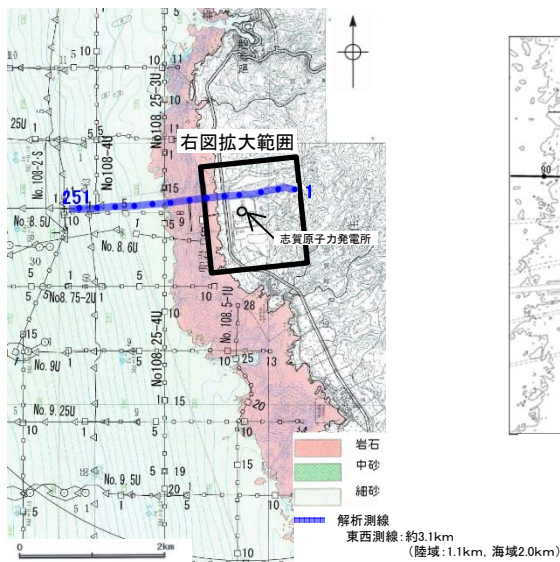
コメントNo.4の回答



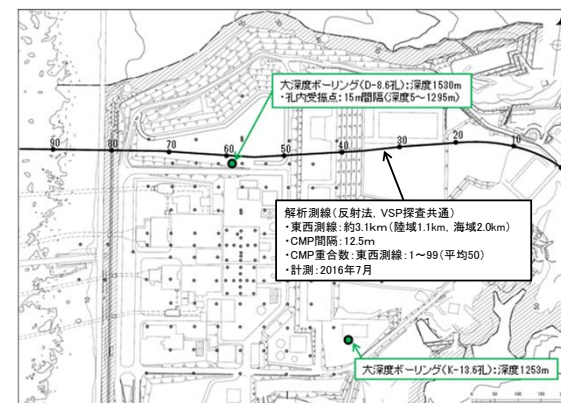
・上図は、陸域は本多ほか(2012), 国土地理院(2006), The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001), Yamamoto et al. (2011), Hiramatsu et al. (2019), 澤田ほか(2021), 海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013), 石田ほか(2018)を用いて, 金沢大学・当社が作成した。

敷地近傍のブーゲー異常図(金沢大学・当社作成)

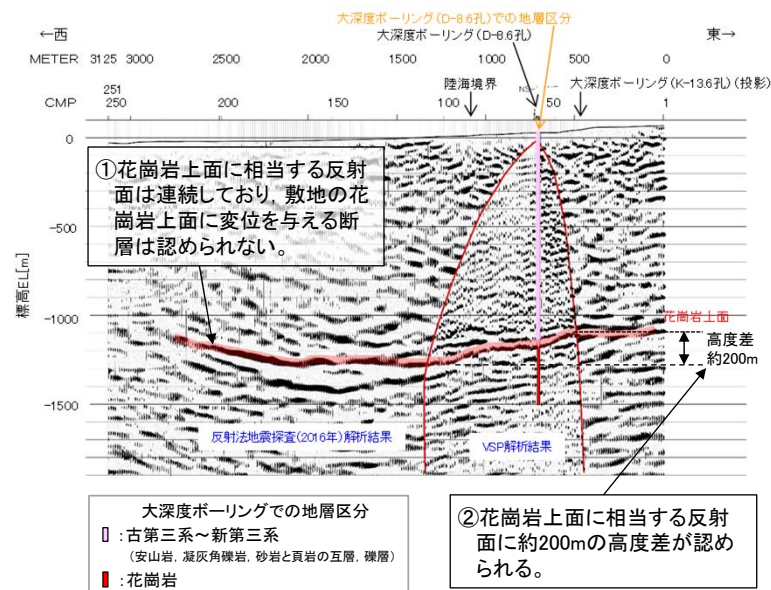
黒点は測定点
仮定密度: 2,300kg/m³
コンター間隔: 1mGal



調査位置図
(石川県(1997)に一部加筆)

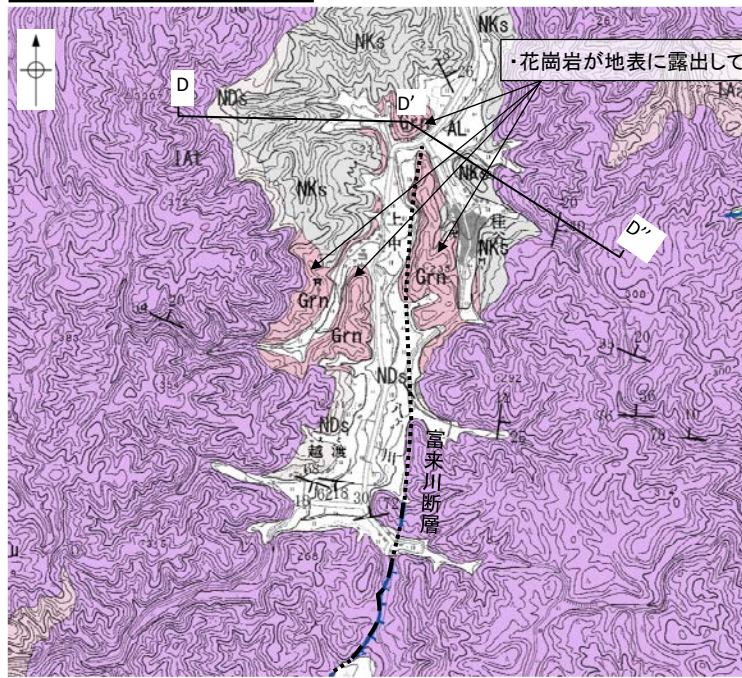


反射法地震探査(2016年)・VSP探査(東西測線)
測線位置



反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果
(東西測線: 深度断面)

地質, 弾性波速度及び密度の調査結果 - 花崗岩上面の形状の考察(3/3) -



この図は、国土地理院発行の2万5千分の1地形図(下唐川)を使用したものである。

凡例

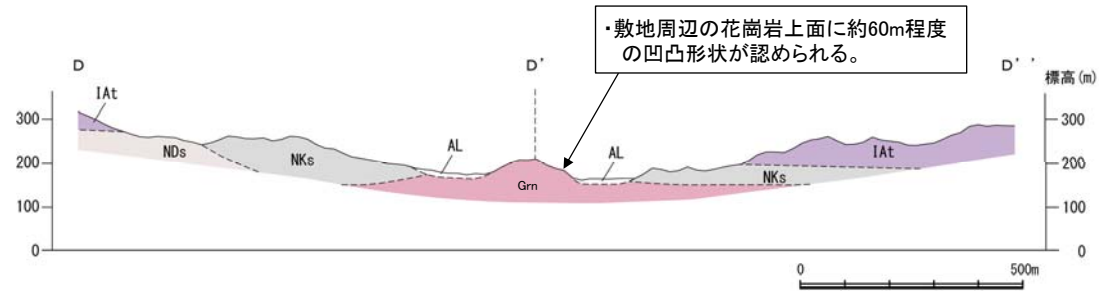
地質	地層・岩石名
第四紀更新世	AL 沖積層
中新世	IAa 別所岳安山岩類 安山岩
	IAAt 別所岳安山岩類 安山岩質火砕岩(凝灰角礫岩)
古第三紀	NKd デイサイト・溶結凝灰岩
先第三紀	NKs 大角間層
	NDs 大福寺砂岩層
先第三紀	Grn 花崗岩・片麻岩

(記号)

- 移動土塊
- 20° 43' 地層の走向・傾斜
- 20° 43' 節理の走向・傾斜
- A-A' 地質断面線

(リニアメント・変動地形)

- Ls (変動地形である可能性は非常に低い)
- クハは低下側を示す。

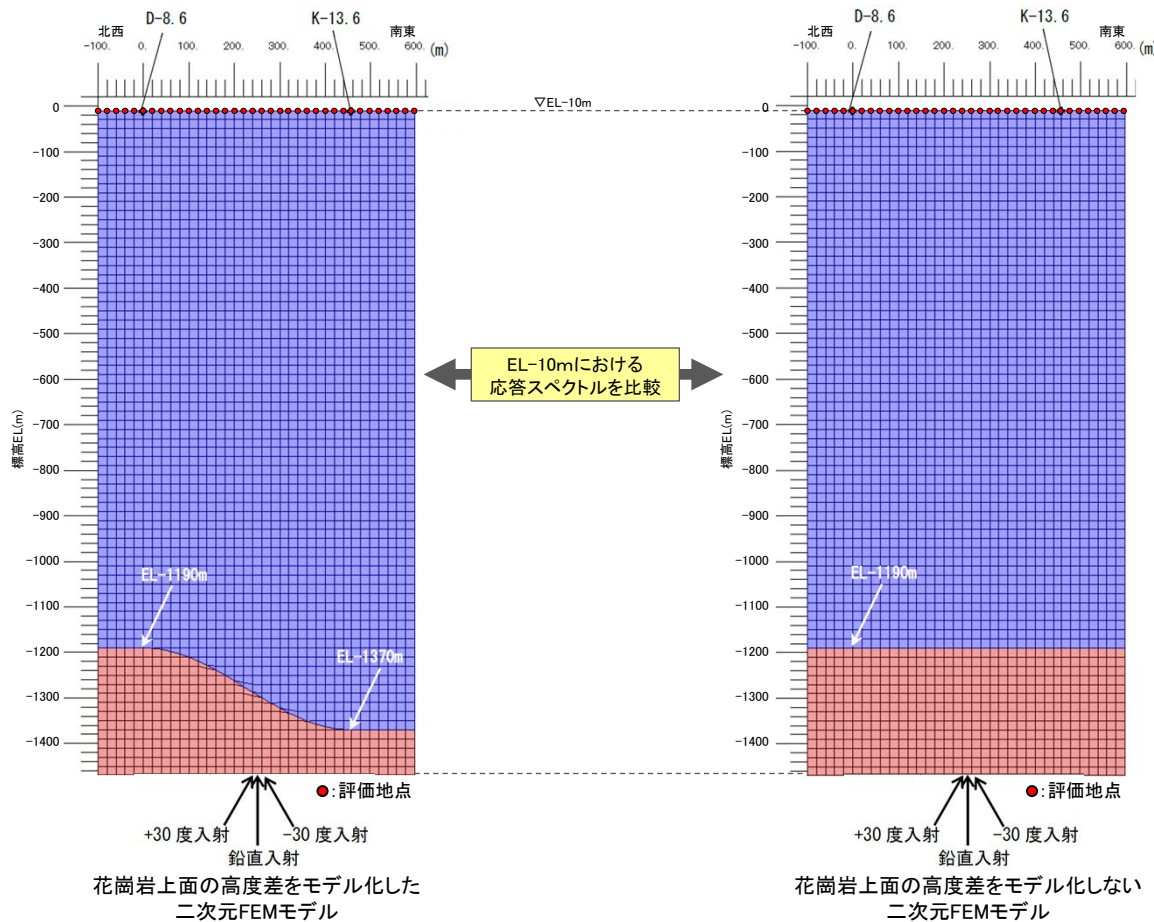


地質断面図

富来川断層北端付近の地質図

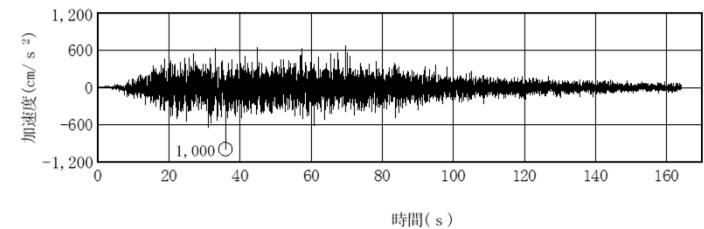
花崗岩上面の形状の影響検討 - 検討方法 -

- K-13.6孔とD-8.6孔において花崗岩上面の高度差約180mが認められることから、二次元FEMモデルを用いた地震動シミュレーションによる検討を実施するとともに、1.3節の観測記録を用いた検討の結果も踏まえ、花崗岩上面の高度差が地震動へ与える影響を検討した。
- 地震動シミュレーションによる検討は、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデル※と花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデル※にそれぞれ地震波を入力し、第3速度層が概ね水平に広がっているEL-10mにおける応答スペクトルを比較することで行った。二次元FEMモデルは、K-13.6孔とD-8.6孔を通る断面を対象とし、花崗岩上面の高度差は、P.92~94の考察を踏まえ、K-13.6孔とD-8.6孔の花崗岩上面を滑らかに接続するようにモデル化し、安山岩・凝灰角礫岩層と花崗岩層の2層構造とした。
- 広帯域で花崗岩上面の高度差の影響を確認するため、検討に用いる地震波は申請時の基準地震動Ss-1とした。また地震波の入射方向については敷地近傍の福浦断層等の断層面の位置を考慮し、鉛直入射及び斜め入射(±30°)した場合の検討を行った。検討のイメージと速度層の地盤物性を下記に示す。



速度層の地盤物性

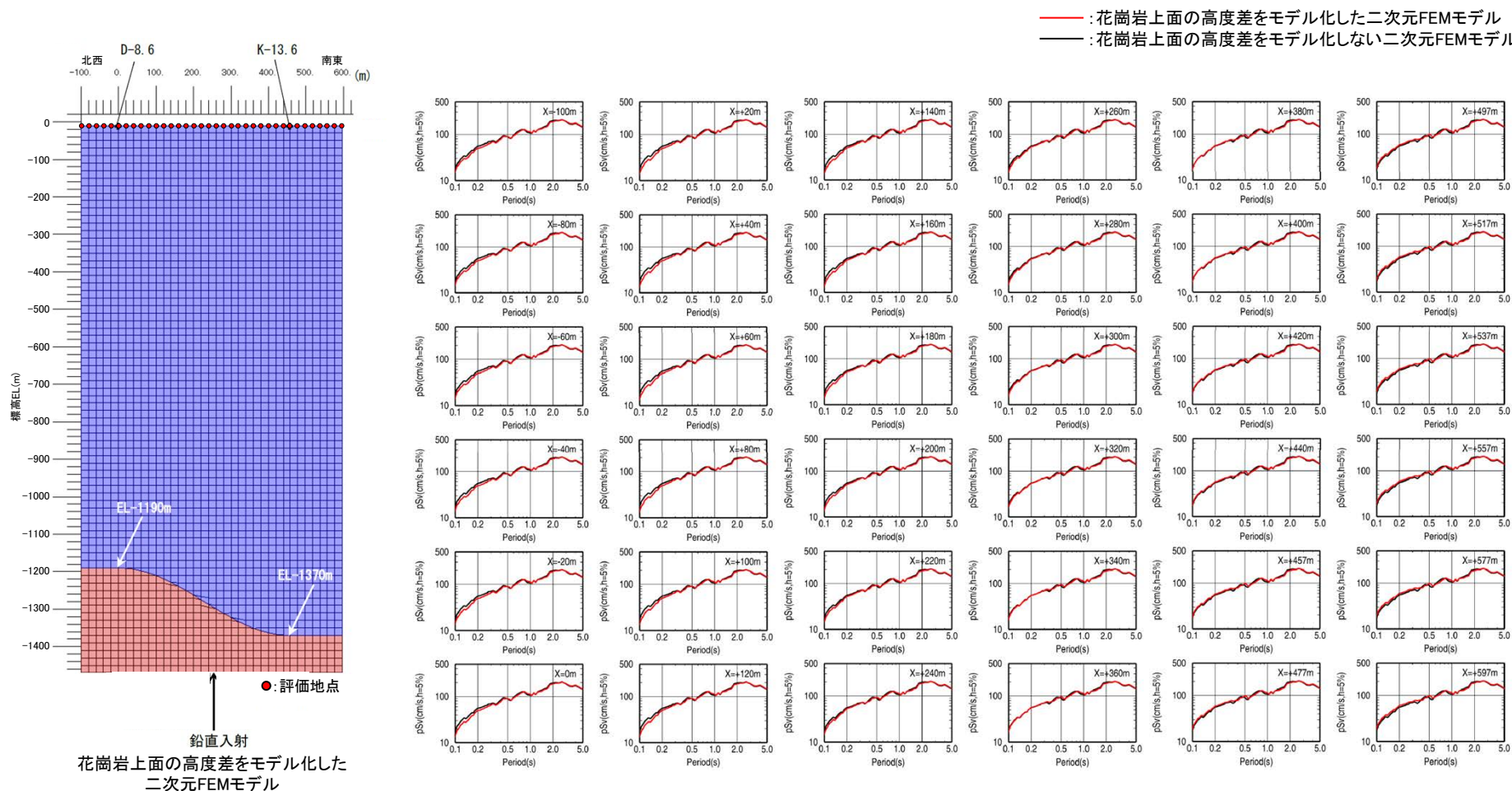
層区分	Vs (km/s)	Vp (km/s)	密度 (t/m ³)
安山岩・凝灰角礫岩層	2.14	3.92	2.34
花崗岩層	3.16	5.29	2.67



検討に用いる地震波(申請時の基準地震動Ss-1)

※ 二次元FEMモデルの側面及び底面への波動の逸散を考慮するため、側面はエネルギー伝達境界を設定し、側面境界以遠は、水平成層地盤として仮定する。また、底面は粘性境界を設定し、EL-1,500m以深の底面物性は花崗岩層の値を用いる。

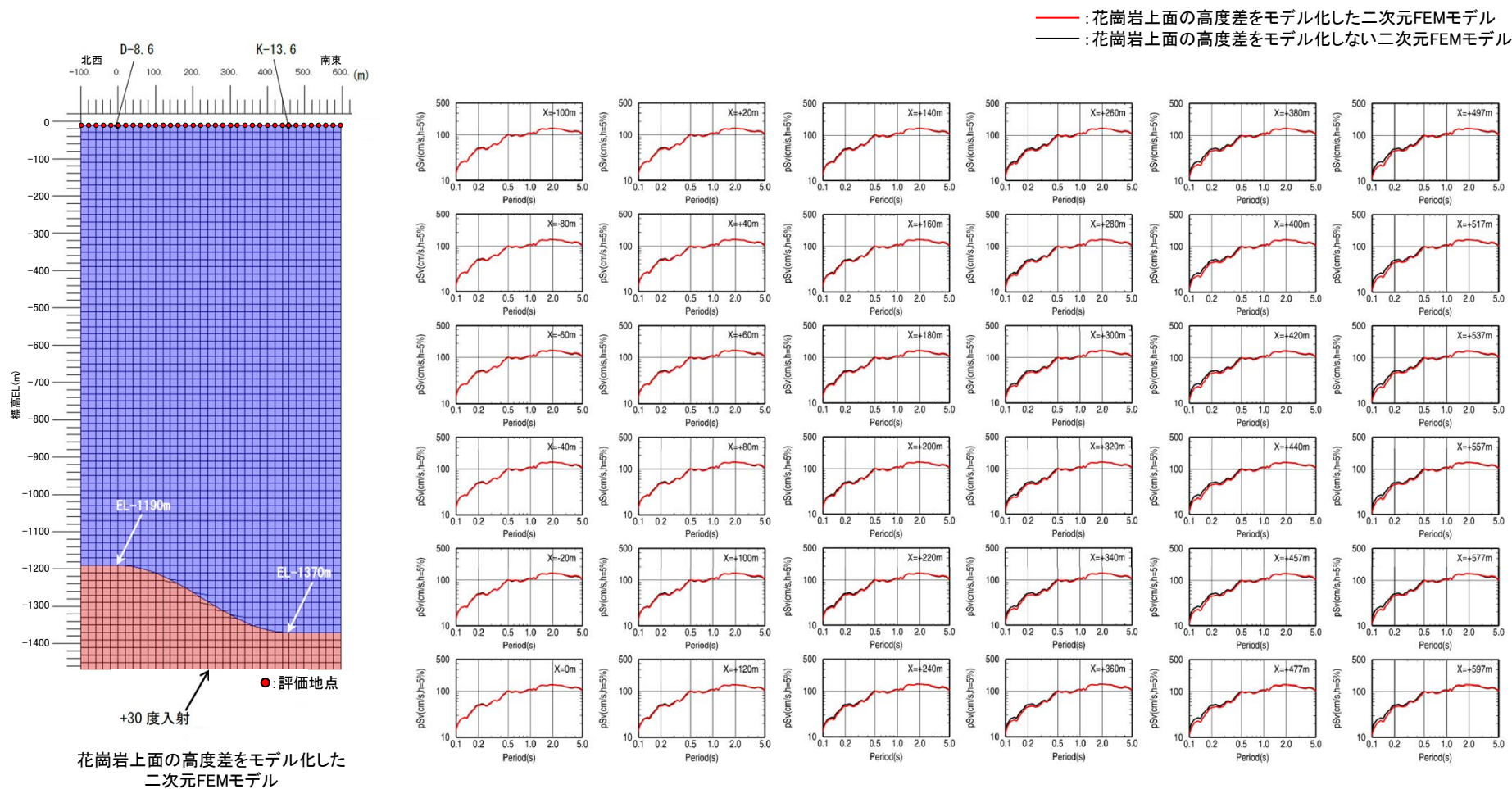
○ 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルに鉛直入射した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果, いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



各評価地点の応答スペクトル

※ モデル図は便宜上, 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

○ 花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルと花崗岩上面の高度差をモデル化しない二次元FEMモデルに斜め入射(+30°)した場合のEL-10mにおける各評価地点の応答スペクトルを比較した結果、鉛直入射の場合と同様、いずれの周期についても顕著な違いはみられない。



※ モデル図は便宜上、花崗岩上面の高度差をモデル化した二次元FEMモデルを示している。