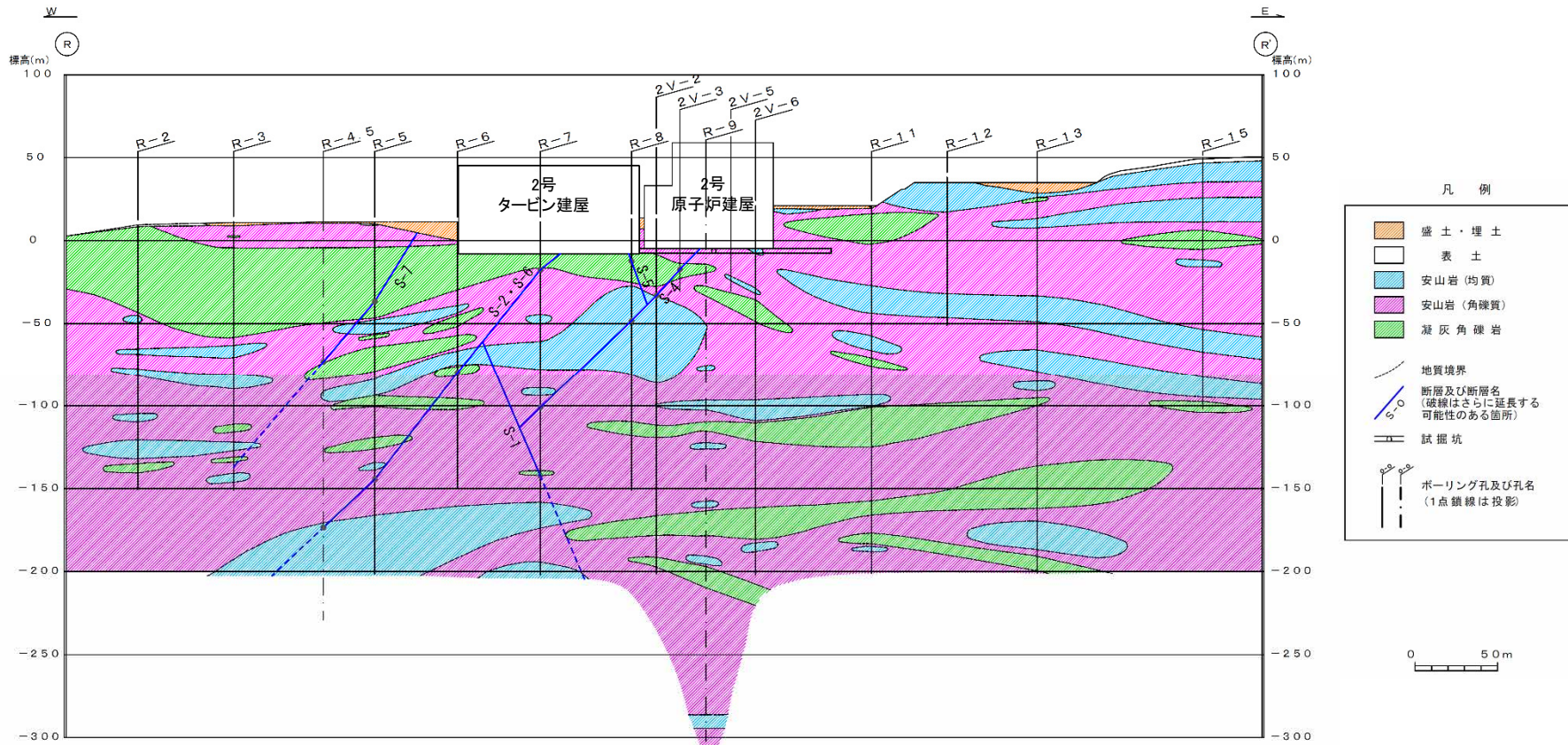
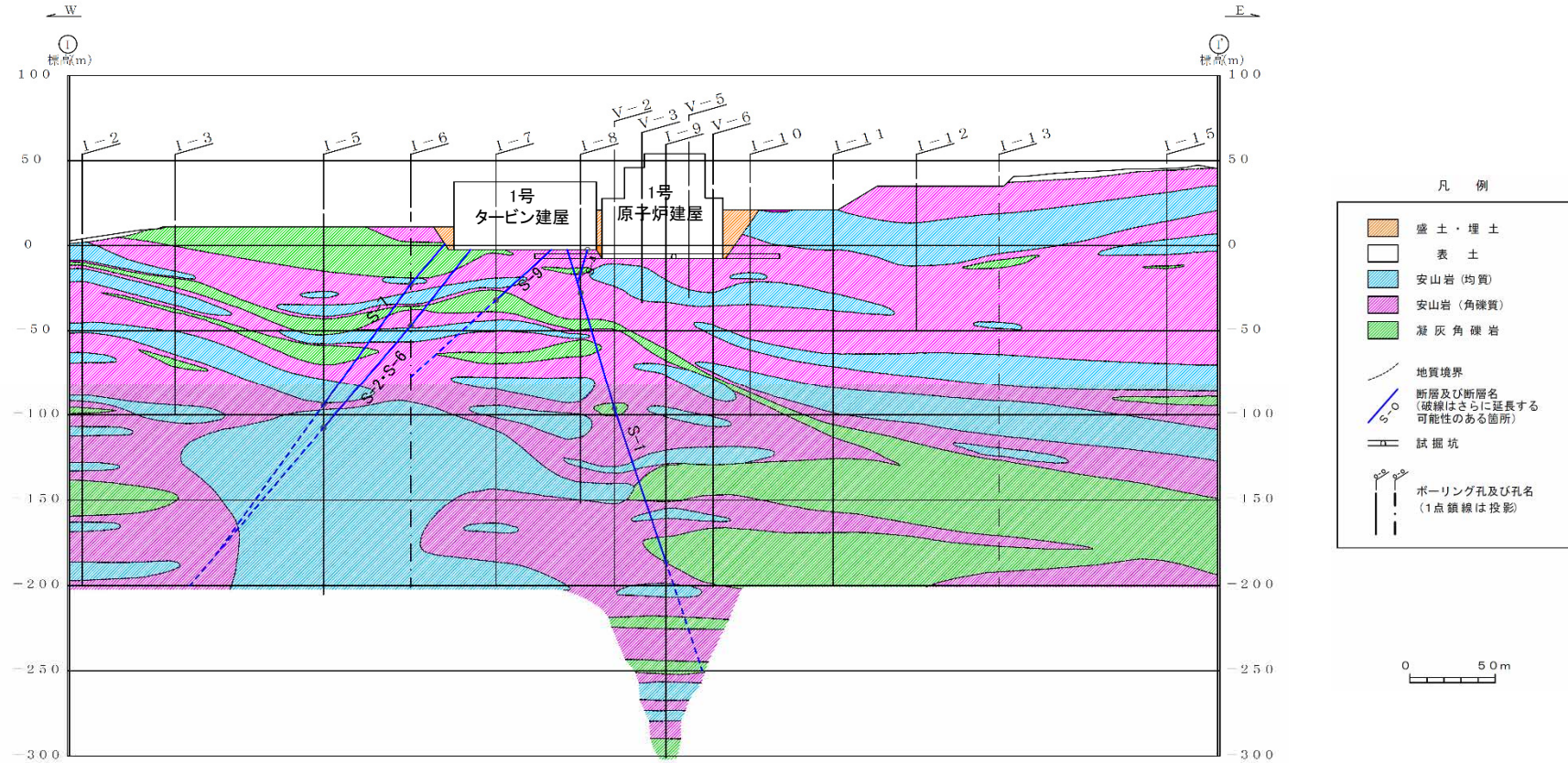


【R-R' 断面】



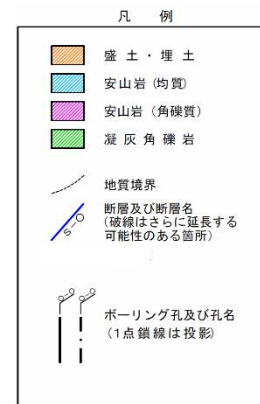
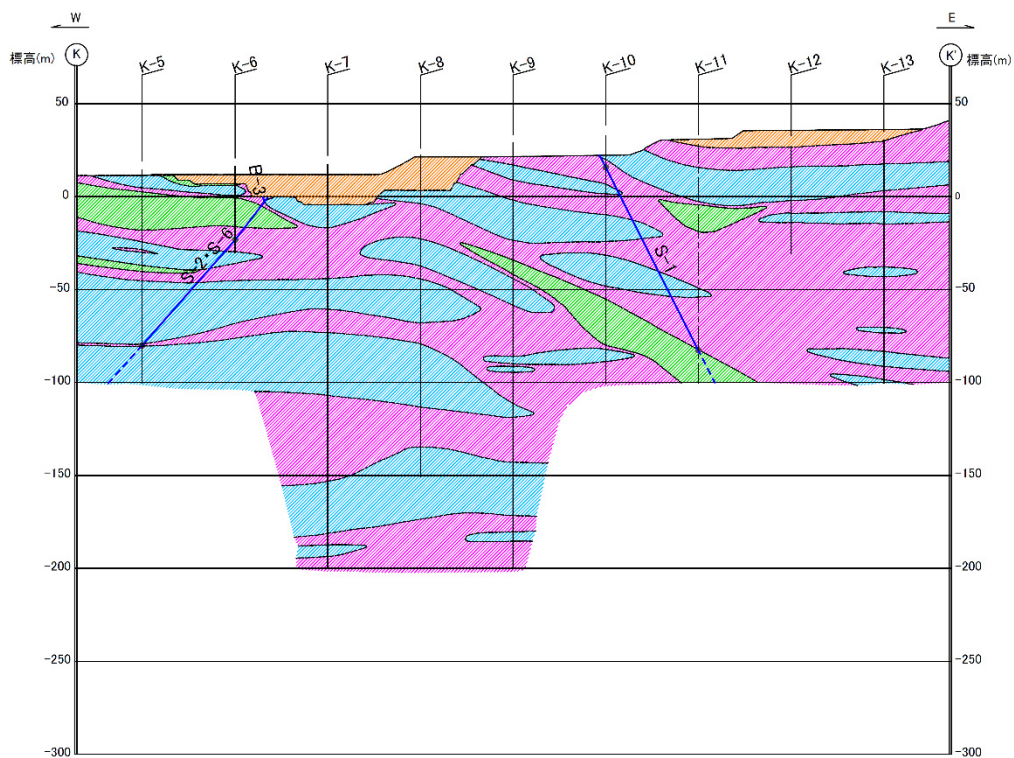
地質鉛直断面図(R-R' 断面)

【I-I' 断面】



地質鉛直断面図(I-I' 断面)

【K-K' 断面】



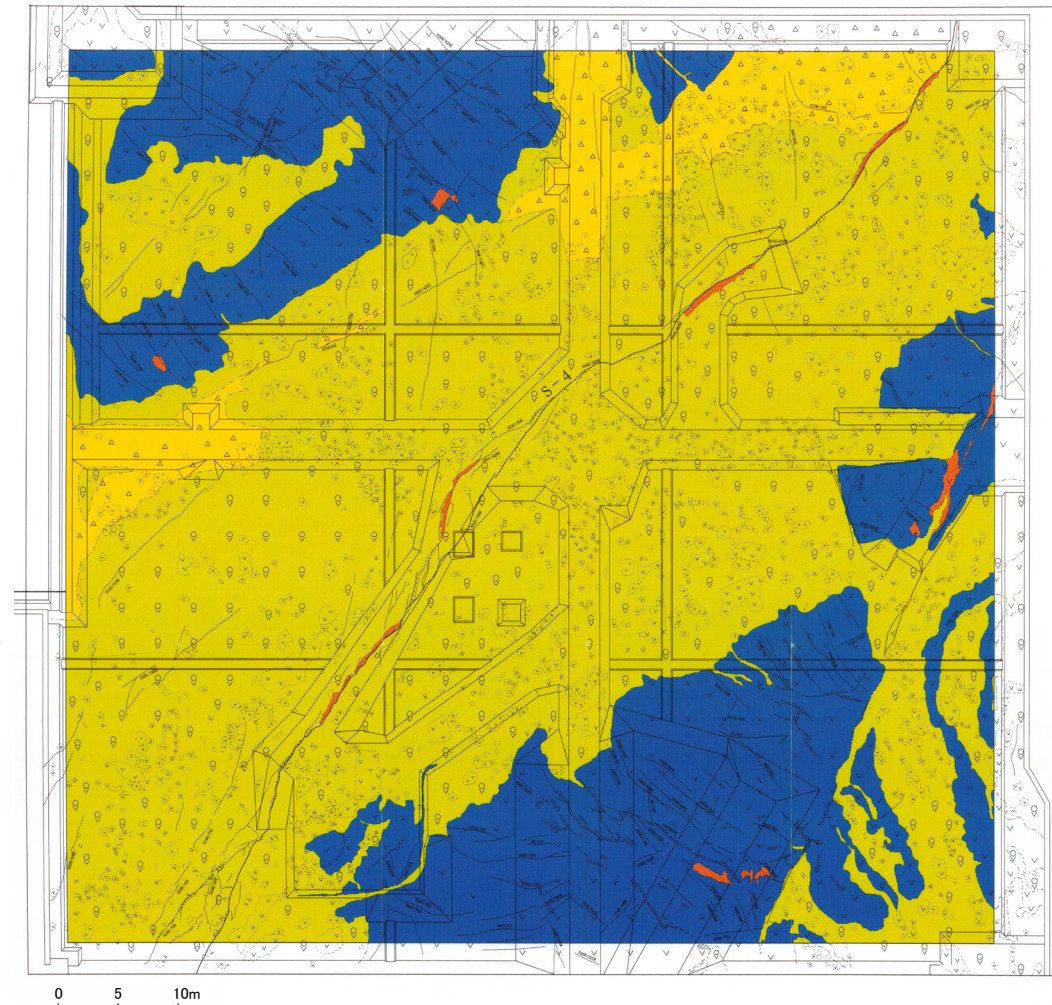
地質鉛直断面図(K-K' 断面)

(1)敷地の地質・地質構造 —原子炉設置位置—

○ 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

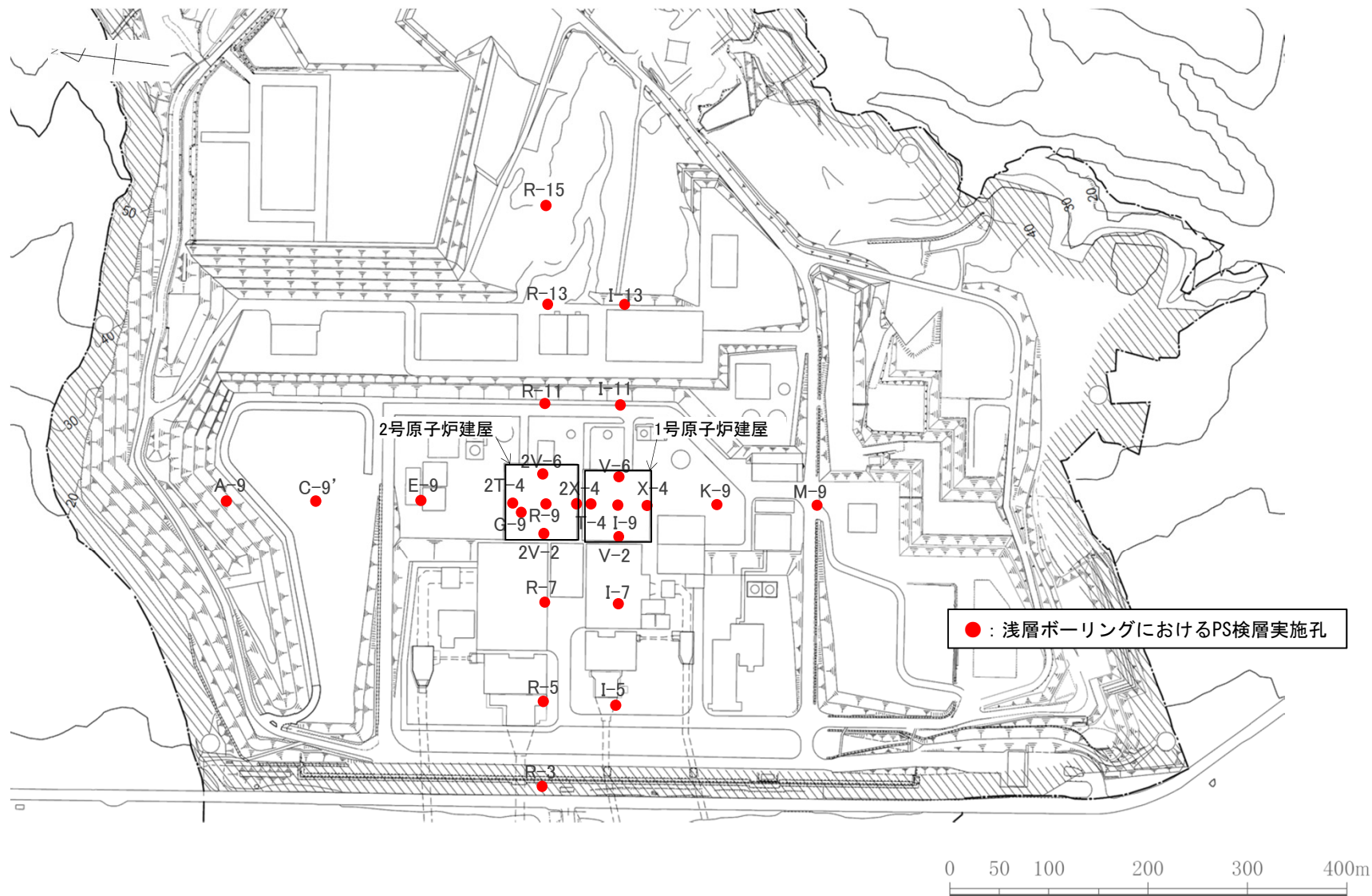
安山岩(均質)		安山岩(角礫質), 凝灰角礫岩	
岩級	特徴	岩級	特徴
(Ba)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの軽打で高音を発する。 節理間隔5cm～50cm程度である。 ハンマの打撃で鋭利な割れ口ができるか割れ目から砕ける。 	(Bb)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの軽打で中高音を発する。 節理はほとんどなく、ヘアクラック程度のひび割れがあり、間隔5cm程度以上である。 ハンマの打撃で鈍い割れ口ができる。
(Ca)	<ul style="list-style-type: none"> ハンマの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

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) - 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PS検層(ダウンホール法)を実施した。

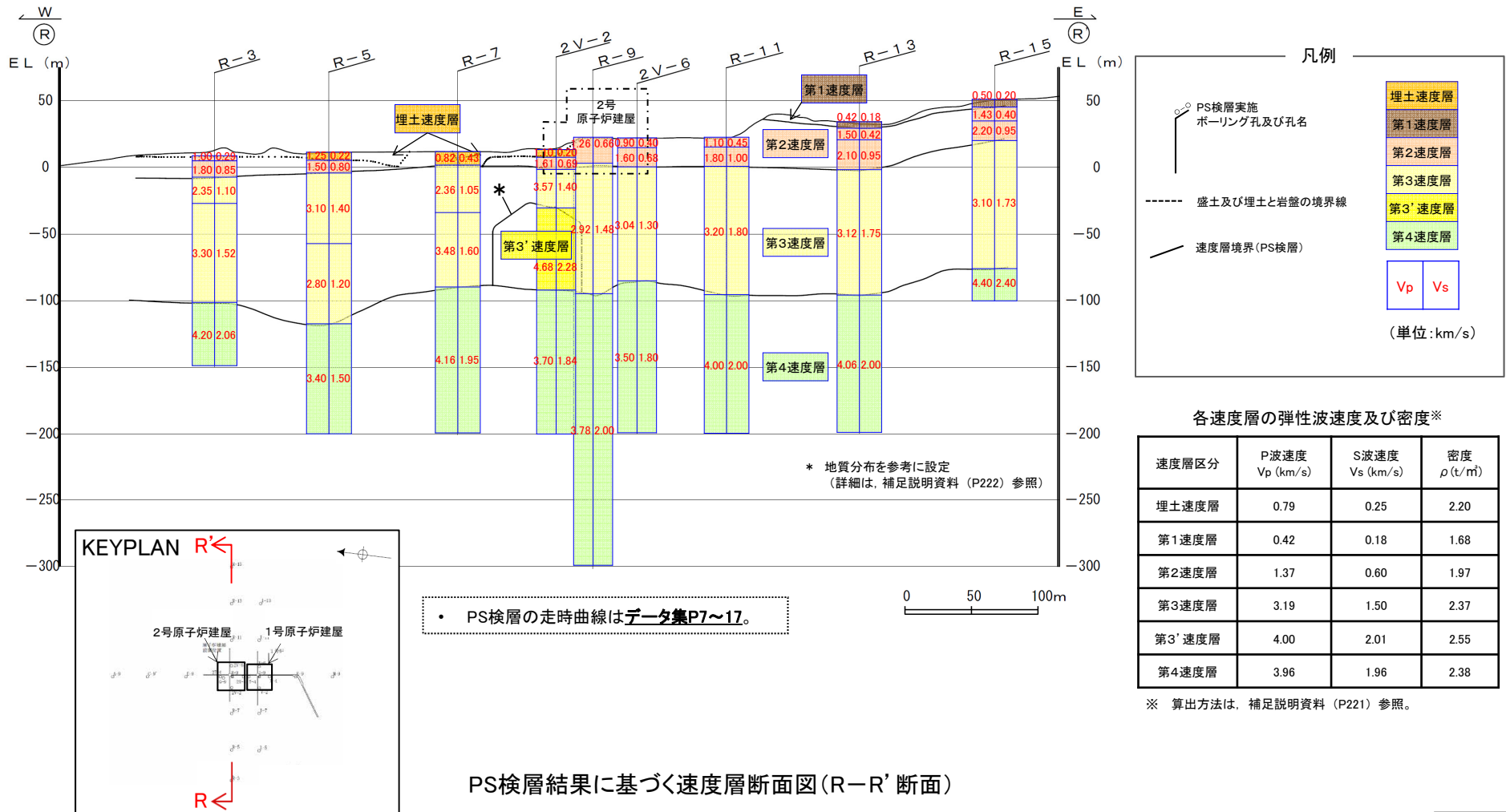


● : 浅層ボーリングにおけるPS検層実施孔

調査位置図

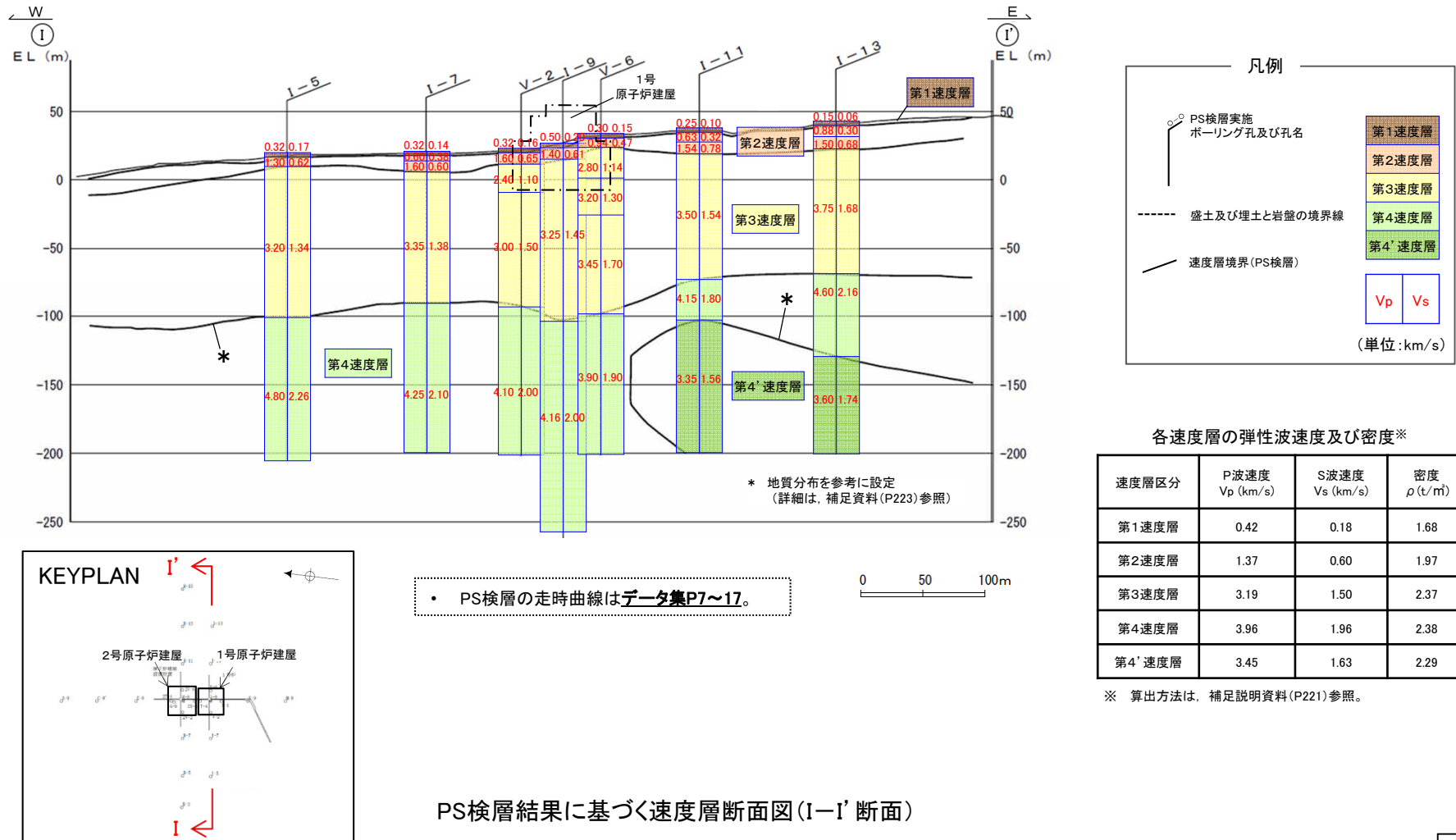
(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) - 調査結果(R-R'断面) -

- 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。
- 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。



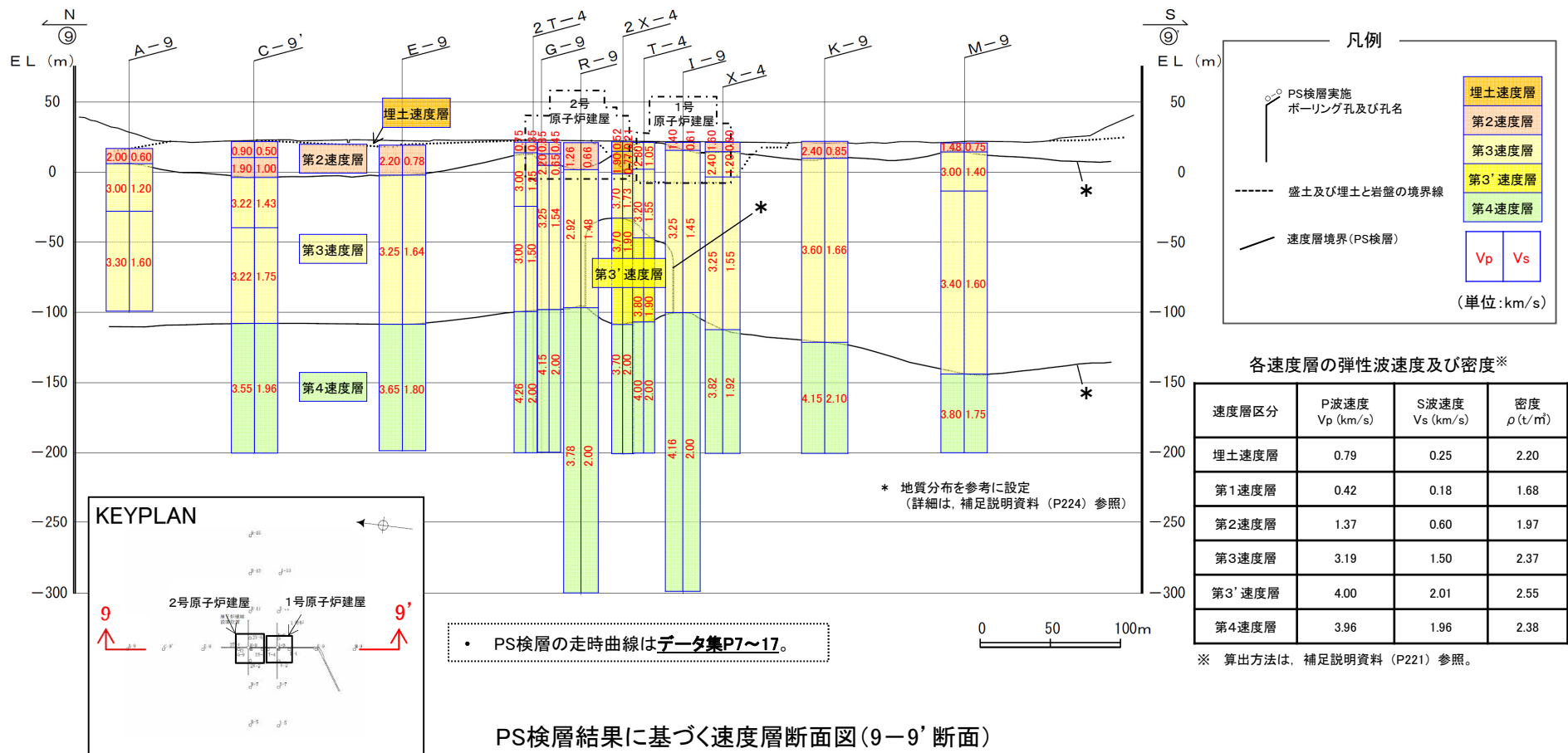
(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) - 調査結果(I-I'断面) -

- 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。
- 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。



(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) - 調査結果(9-9'断面) -

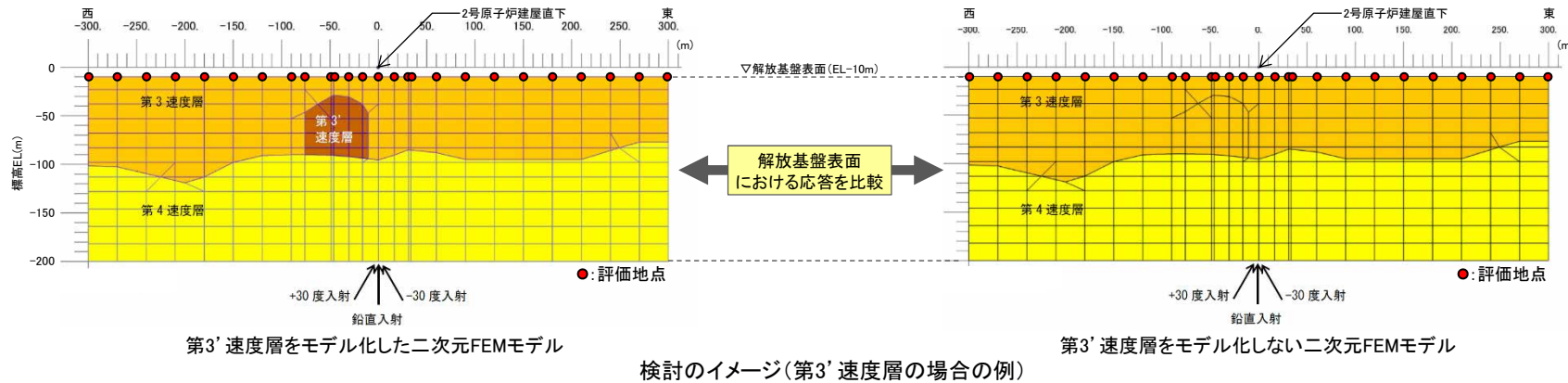
- 原子炉設置位置付近の南北方向(9-9'断面)の速度層区分は、PS検層実施孔で得られた弾性波速度(V_p , V_s)を踏まえ、埋土速度層及び第2速度層から第4速度層に区分し、第3速度層中において周囲と異なる速度特性(周囲に比べて速度が大きい)を示す範囲を第3'速度層とした。
- 速度層境界は、各孔で得られた速度層境界標高をなめらかに結んだ。
- 浅層ボーリングPS検層結果によれば、原子炉設置位置付近の南北方向(9-9'断面)の速度構造は、概ね水平な層構造を呈す。



▶ 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。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第3' 速度層・第4' 速度層の影響検討方法 —

- 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ことで、これらが地震動へ与える影響を確認した。
- 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、解放基盤表面(設定の詳細はP134参照)として設定したEL-10mにおける応答波形を比較することで行った。
- 地震波は、主要な施設である原子炉建屋及び長周期側の代表的な施設である排気筒の1次固有周期を踏まえ、中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を用いた。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。



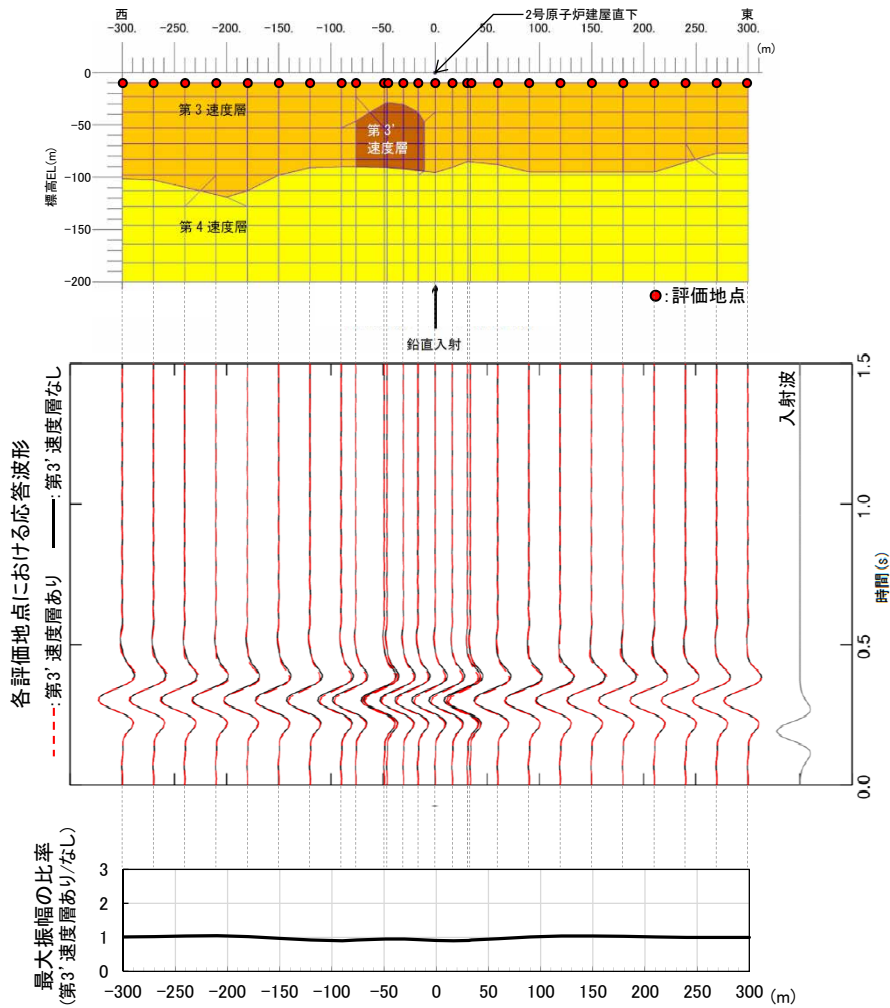
速度層の地盤物性

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

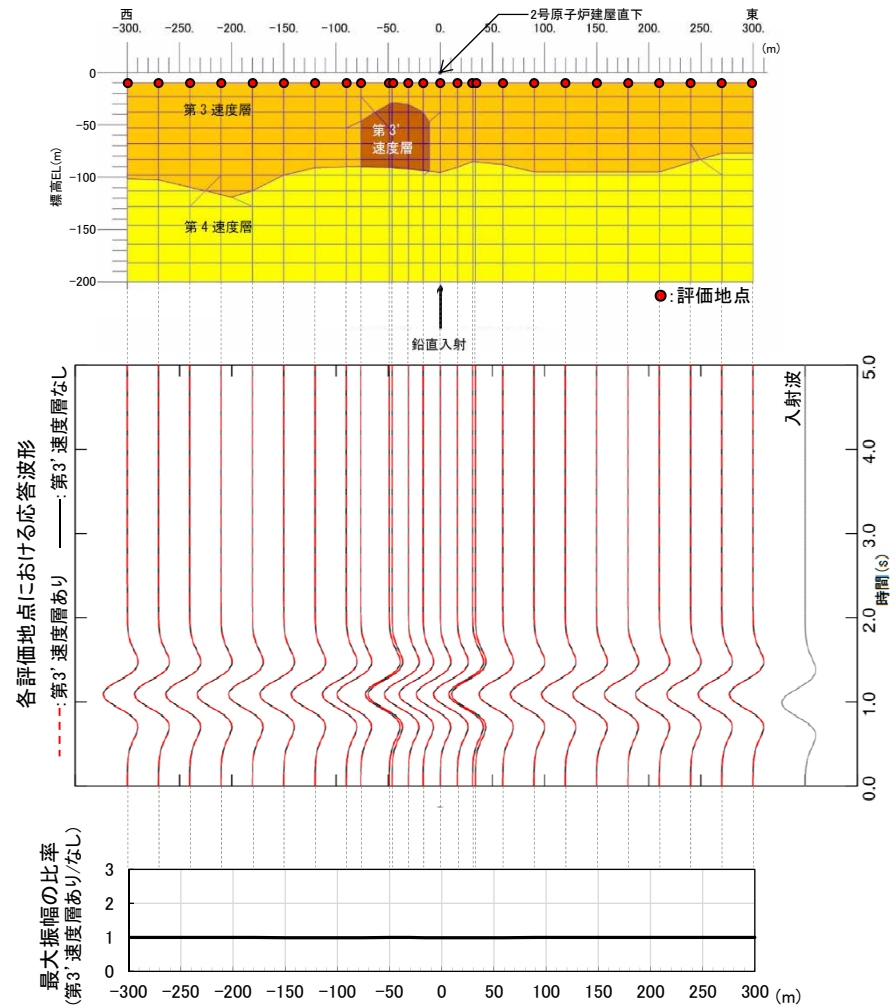
※ 二次元FEMモデルの側面及び底面への波動の逸散を考慮するため、側面はエネルギー伝達境界を設定し、側面境界以遠は、水平成層地盤として仮定する。また、底面は粘性境界を設定し、EL-200m以深の底面物性は第4速度層の値を用いる。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第3'速度層の影響検討結果(鉛直入射) —

○ 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モデルに中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を鉛直入射した場合の解放基盤表面における応答波形を比較した結果, 最大振幅及び位相に顕著な違いはみられない。



入射波:リッカー波(中心周期0.2秒)

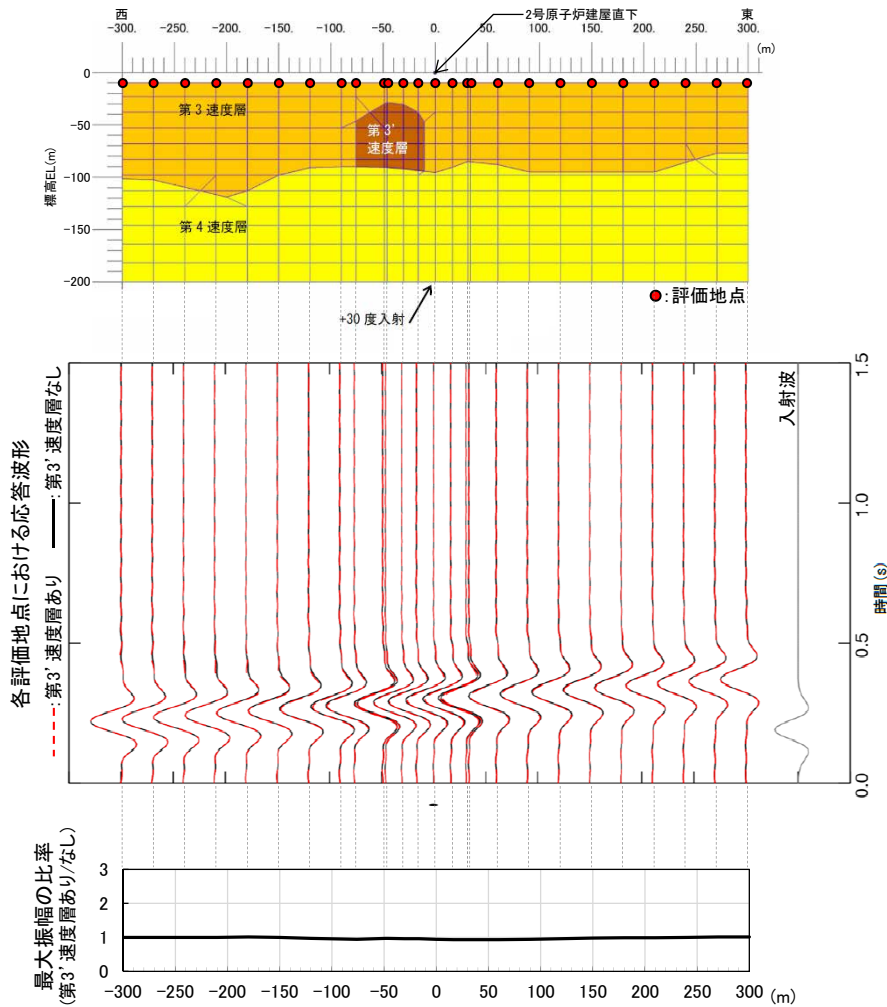


入射波:リッカー波(中心周期1.0秒)

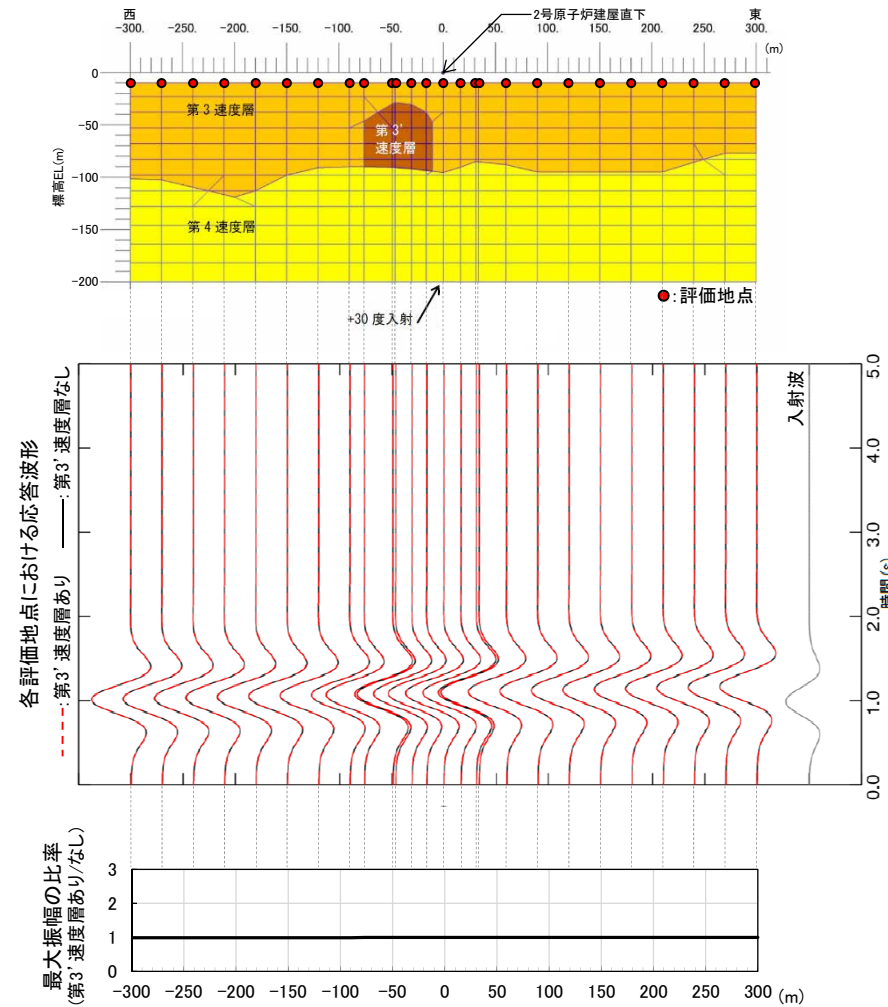
※ モデル図は便宜上, 第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第3'速度層の影響検討結果(斜め入射(+30°)) —

○ 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モデルに中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を斜め入射(+30°)した場合の結果は、鉛直入射の場合と同様、最大振幅及び位相に顕著な違いはみられない。



入射波:リッカー波(中心周期0.2秒)

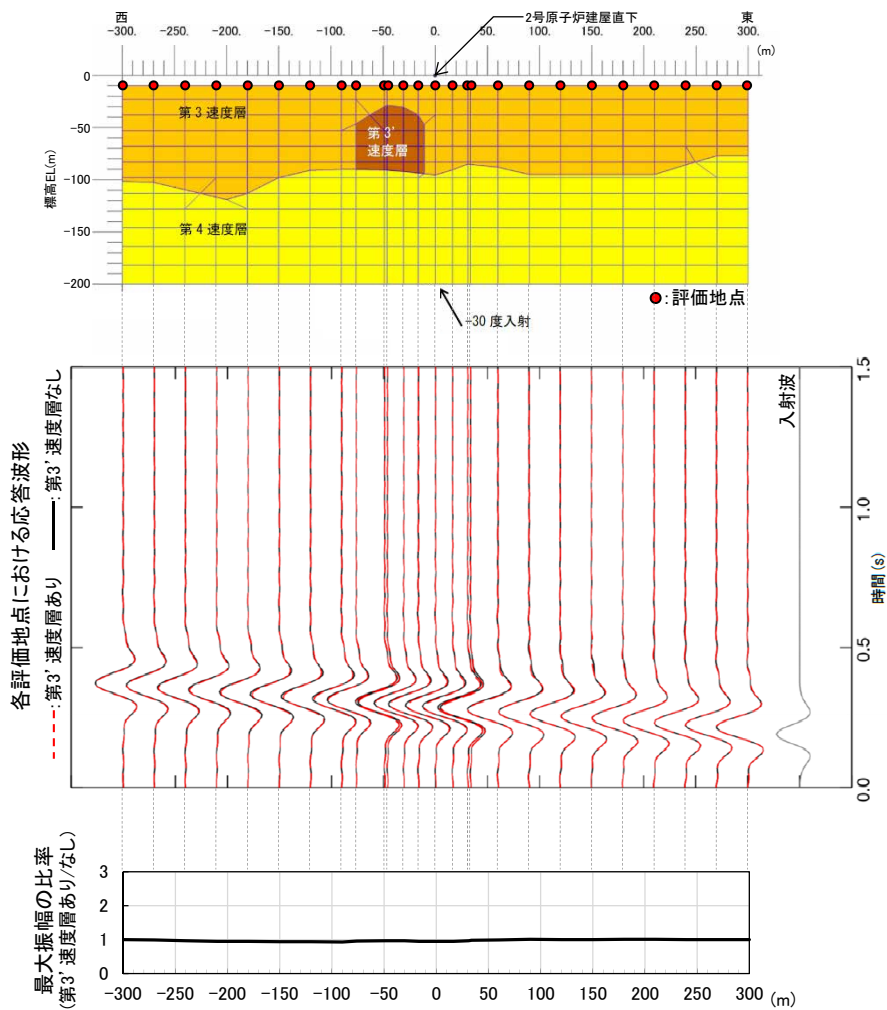


入射波:リッカー波(中心周期1.0秒)

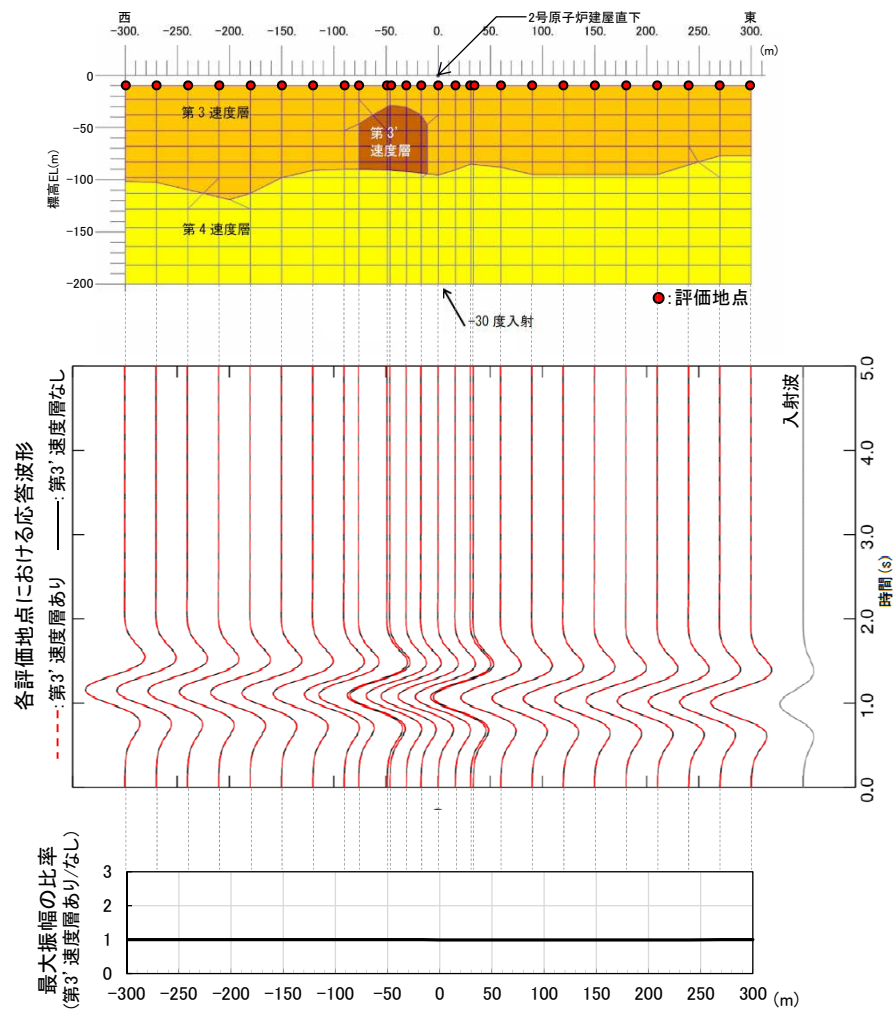
※ モデル図は便宜上、第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第3'速度層の影響検討結果(斜め入射(-30°)) —

○ 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モデルに中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を斜め入射(-30°)した場合の結果は、鉛直入射の場合と同様、最大振幅及び位相に顕著な違いはみられない。



入射波:リッカー波(中心周期0.2秒)

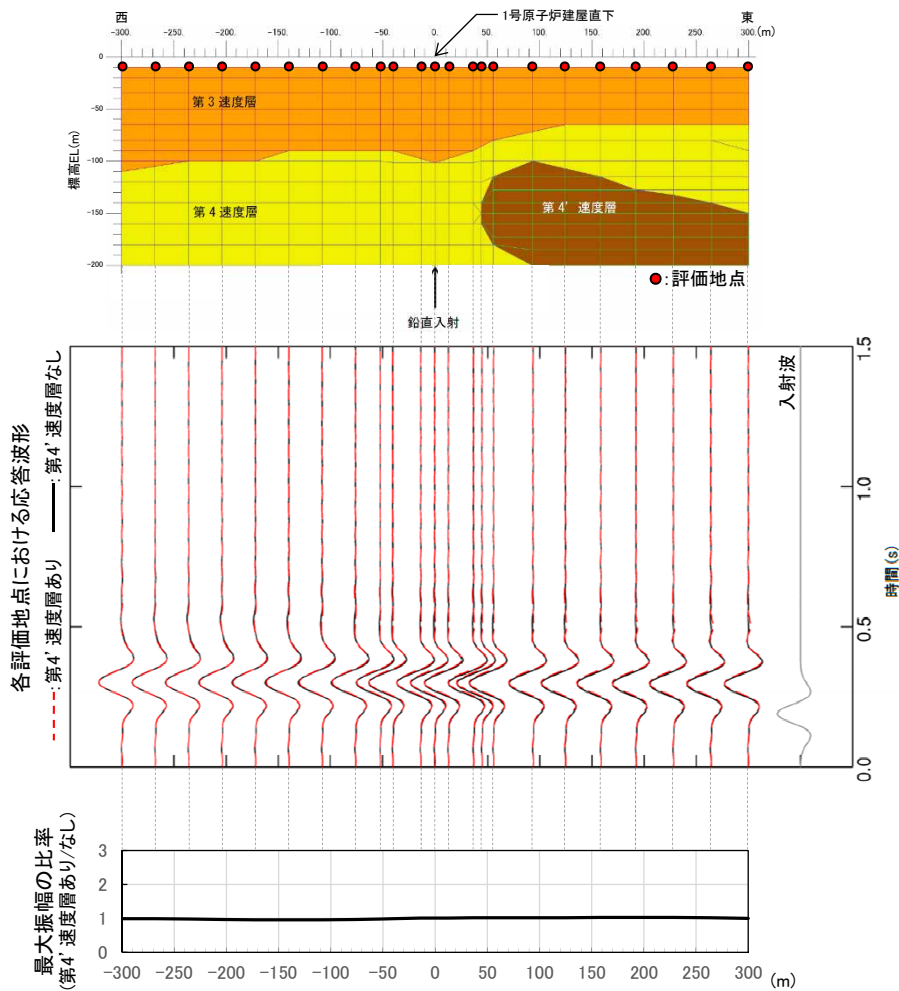


入射波:リッカー波(中心周期1.0秒)

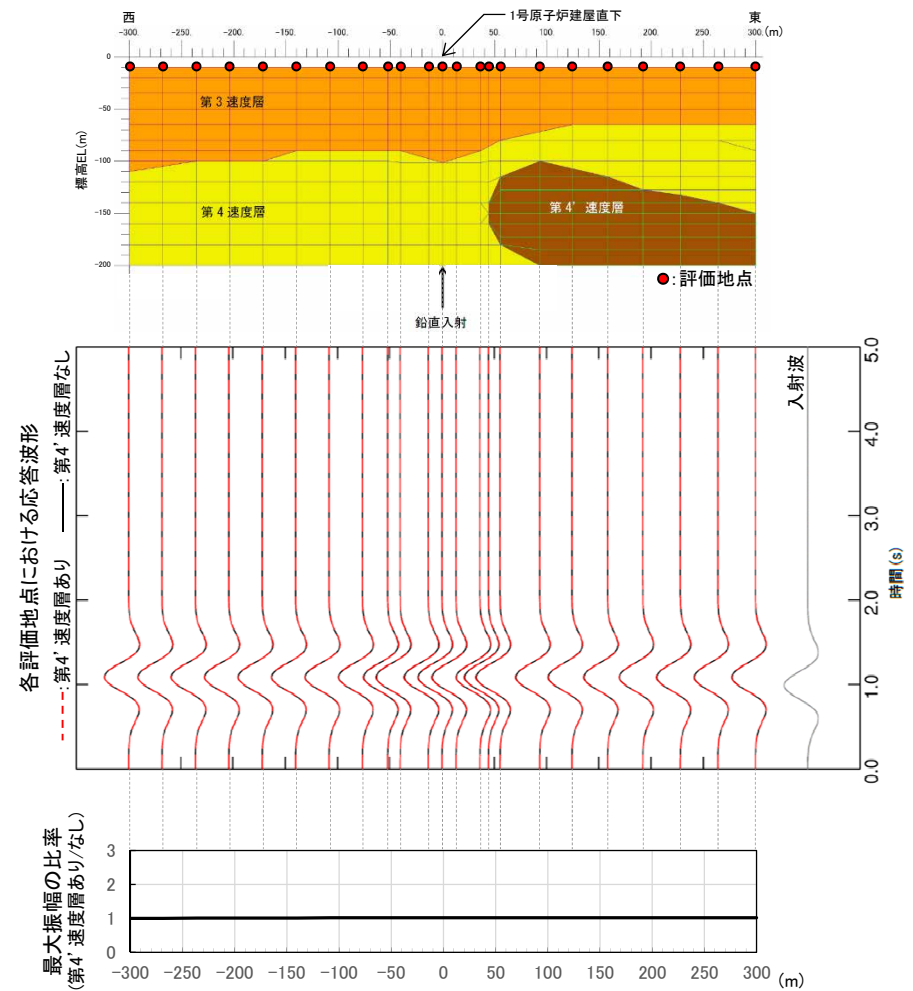
※ モデル図は便宜上、第3'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第4'速度層の影響検討結果(鉛直入射) —

○ 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モデルに中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を鉛直入射した場合の解放基盤表面における応答波形を比較した結果, 最大振幅及び位相に顕著な違いはみられない。



入射波:リッカー波(中心周期0.2秒)

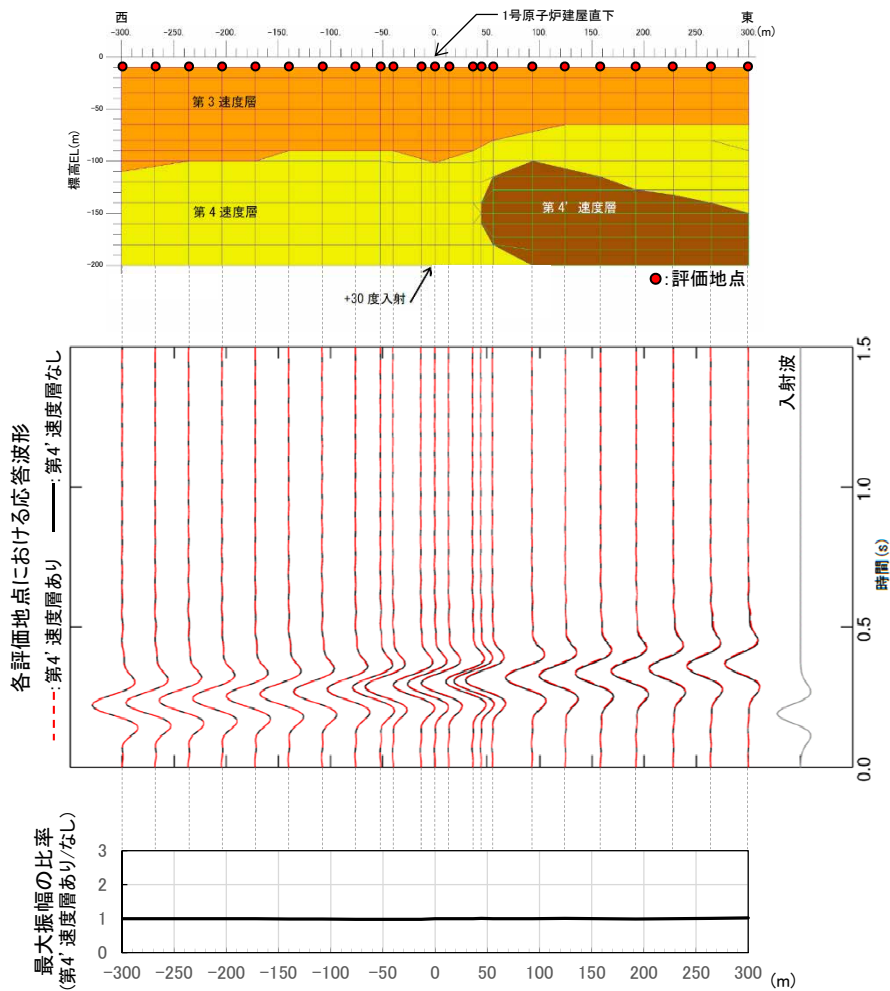


入射波:リッカー波(中心周期1.0秒)

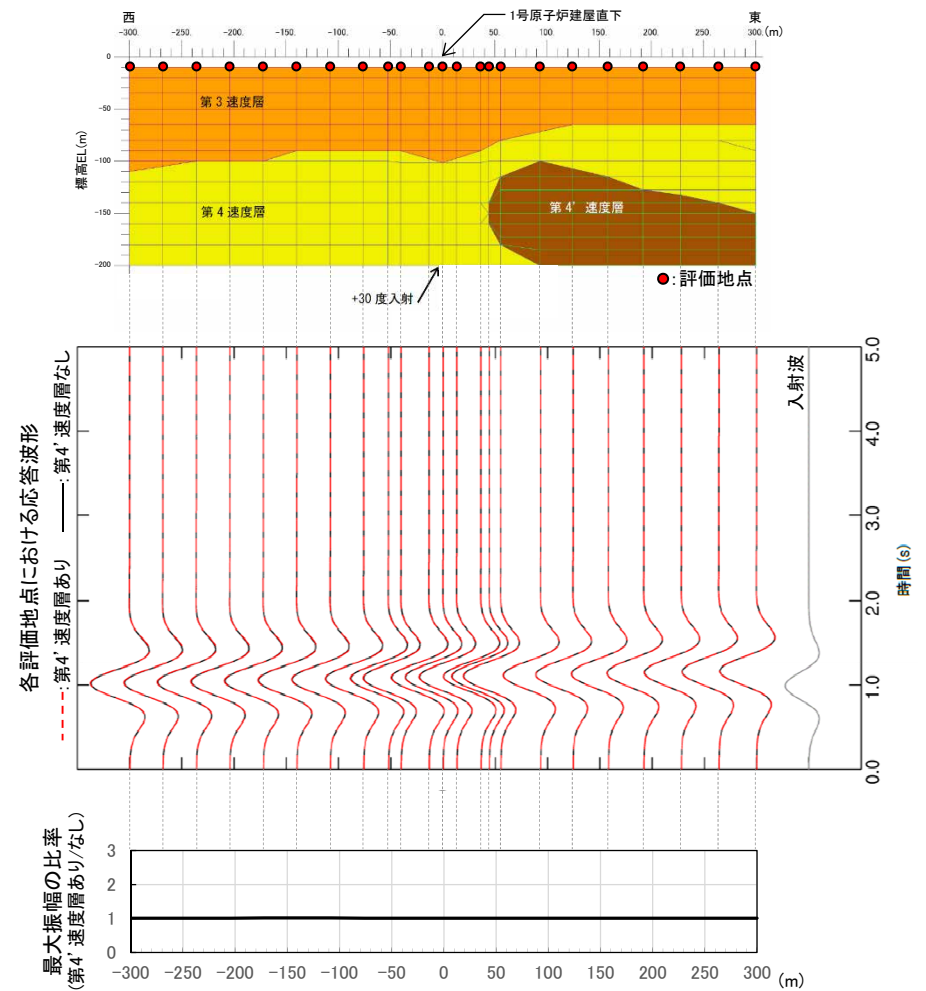
※ モデル図は便宜上, 第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第4'速度層の影響検討結果(斜め入射(+30°)) —

○ 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モデルに中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を斜め入射(+30°)した場合は、鉛直入射の場合と同様、最大振幅及び位相に顕著な違いはみられない。



入射波:リッカー波(中心周期0.2秒)

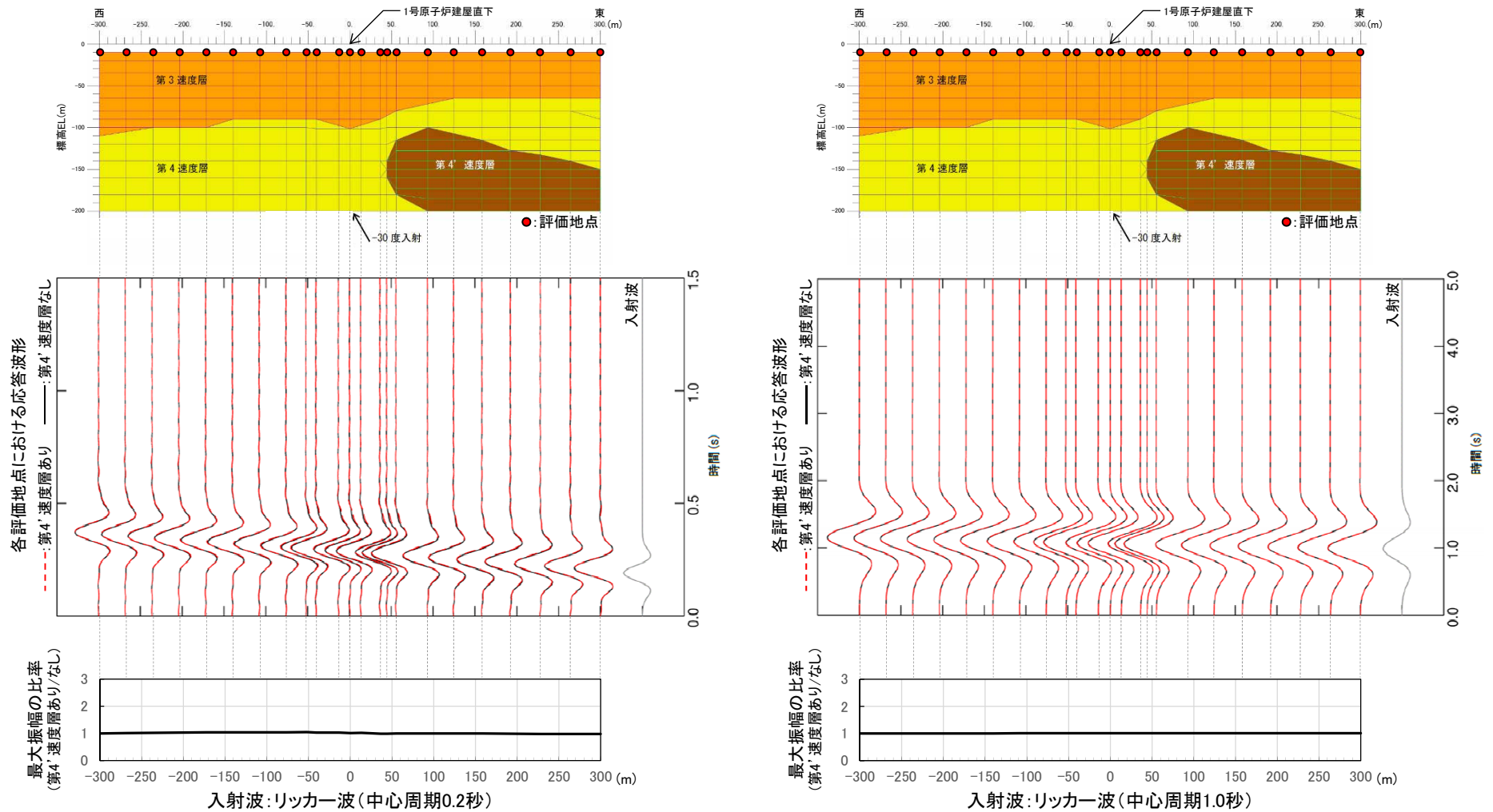


入射波:リッカー波(中心周期1.0秒)

※ 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。

(2) 原子炉設置位置付近の速度構造等(EL-200m以浅) — 第4'速度層の影響検討結果(斜め入射(-30°)) —

○ 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モデルに中心周期0.2秒及び1.0秒のリッカー波を斜め入射(-30°)した場合は、鉛直入射の場合と同様、最大振幅及び位相に顕著な違いはみられない。

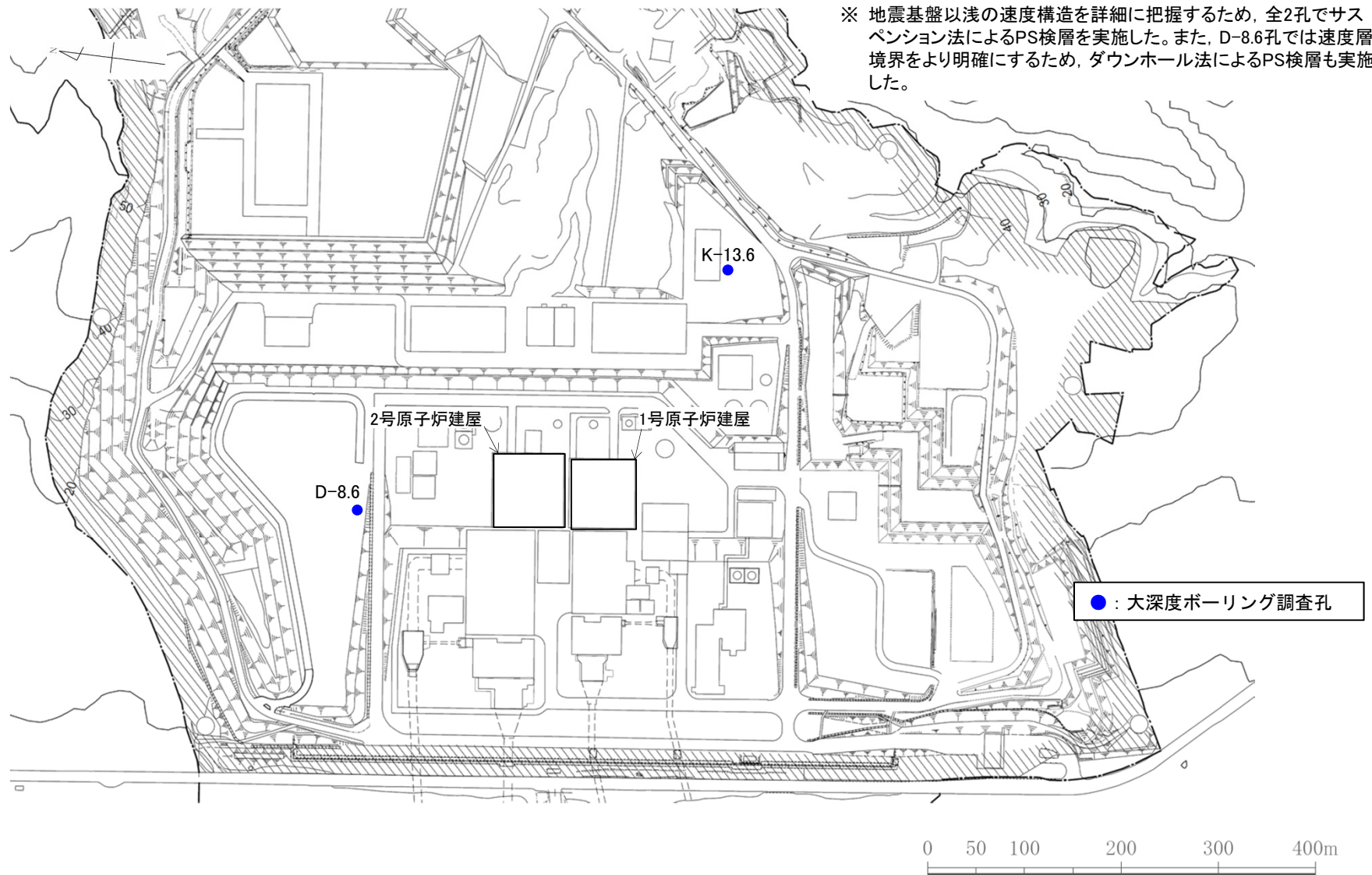


※ モデル図は便宜上、第4'速度層をモデル化した二次元FEMモデルを示している。

➤ 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波形において、顕著な違いはみられないことから、第3'速度層及び第4'速度層が解放基盤表面での地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

(3) 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) ー調査位置図ー

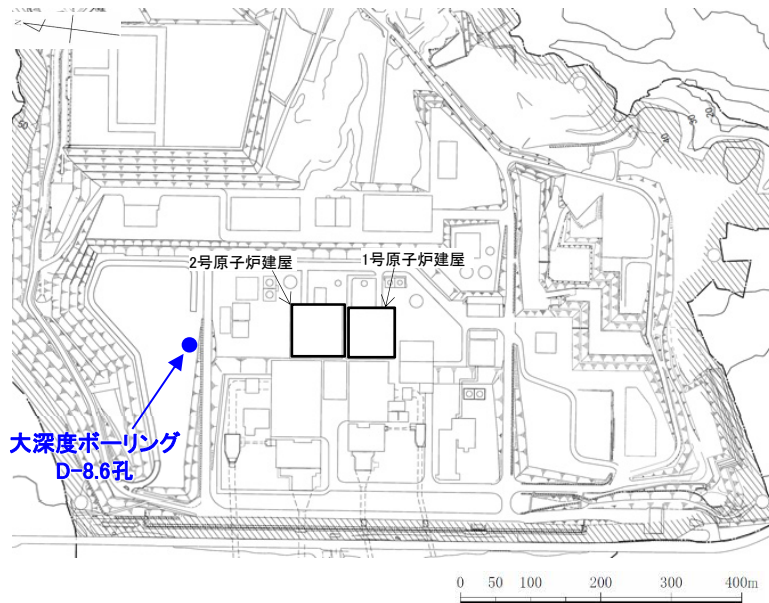
○ 原子炉設置位置付近の地震基盤以浅の地質，弾性波速度及び密度を把握するため，下図に示す2孔で大深度ボーリング調査(PS検層※及び密度検層)を実施した。



調査位置図

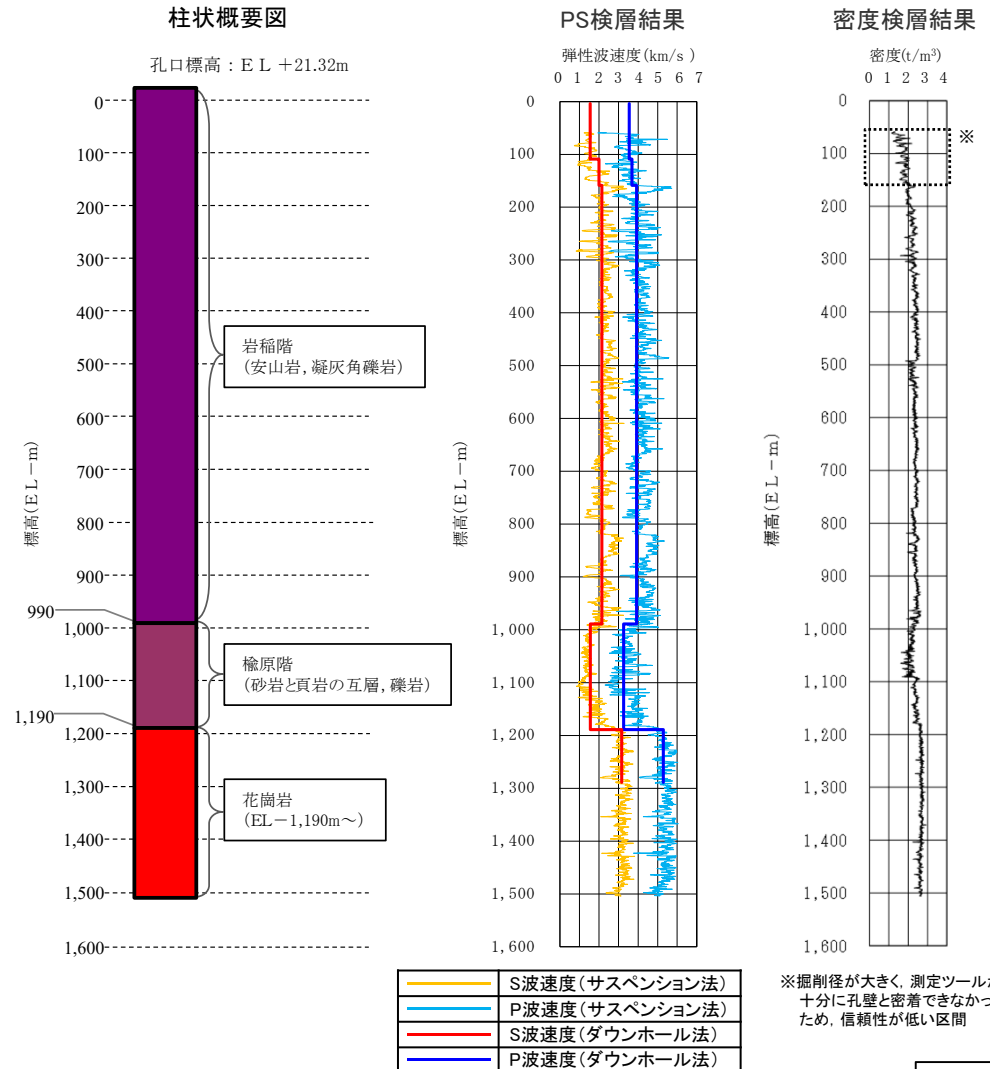
(3) 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) — 地質, 弾性波速度及び密度の調査結果(D-8.6孔) —

- 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検層結果によれば, 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

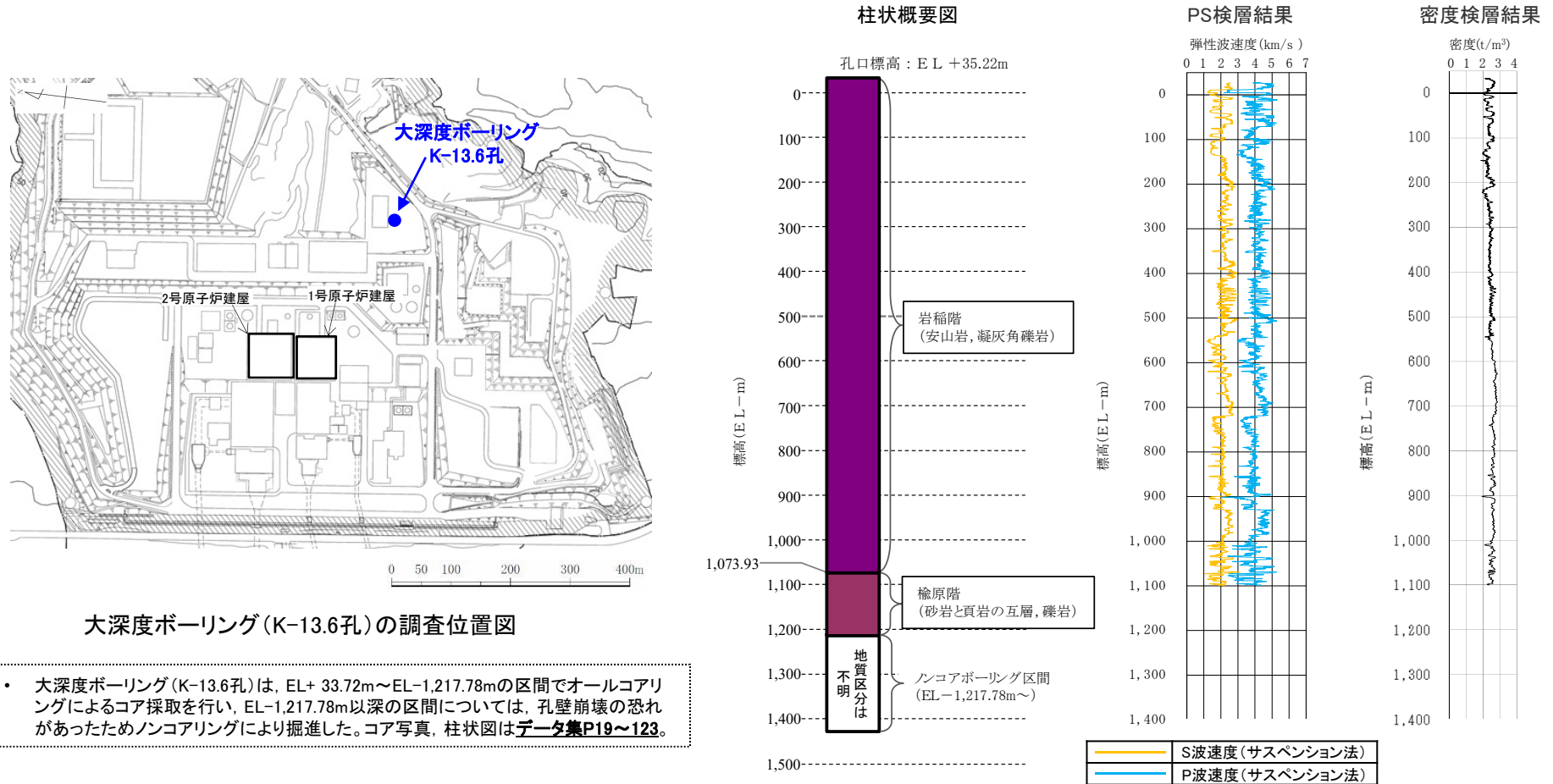
- 大深度ボーリング(D-8.6孔)は, 4区間(EL-1,175.68m~EL-1,183.68m, EL-1,275.68m~EL-1,280.78m, EL-1,375.68m~EL-1,380.78m, EL-1,475.98m~EL-1489.08m)でスポットコアリングによるコア採取を行い, それ以外の区間はカッティングス観察(深度20m間隔)を行った。コア写真, 柱状図, カッティングス写真はデータ集P127~135。
- 右の柱状概要図は, PS検層結果により地質境界標高を決定し, コア観察, カッティングス観察により地質を判定した。なお, PS検層結果による花崗岩上面標高はEL-1,190mであり, 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P126。



※掘削径が大きく, 測定ツールが十分に孔壁と密着できなかったため, 信頼性が低い区間

(3) 原子炉設置位置付近の速度構造等(地震基盤以浅) —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。
- 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。



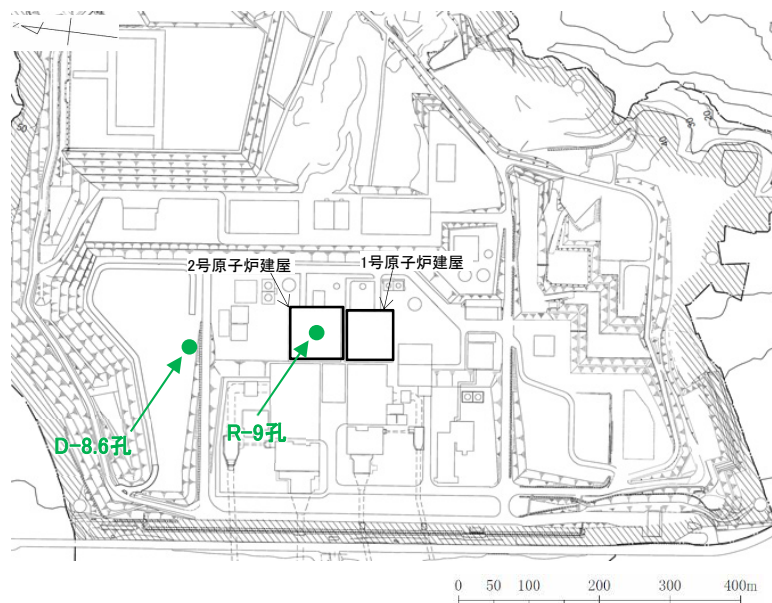
大深度ボーリング(K-13.6孔)の調査位置図

- 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。コア写真はデータ集P19~123。

- 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)からなる。
- また, 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2~3t/m³の範囲を示す。
- 敷地の地震基盤面は, D-8.6孔の位置においては, S波速度が3km/s程度以上となる花崗岩上面(深さ1km程度)に位置する。

(4) 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅) — 調査結果(R-9孔及びD-8.6孔) —

- 原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため、下図に示す2孔でQ値測定を実施した。
- 最大振幅法によるQ値の測定結果を下表に示す。



調査位置図

最大振幅法によるQ値測定結果

調査位置	層区分	標高EL (m)	卓越周波数 (Hz)	Q値
R-9孔	1 (第3速度層)	1 ~ -97	24	10.4
	2 (第4速度層)	-97 ~ -301	25	8.9
D-8.6孔	1 (第3速度層)	-4 ~ -110	32	8.1
	2 (第4速度層)	-110 ~ -160	26	7.6
	3	-160 ~ -990	27	27.4
	4	-990 ~ -1190	22	47.0

➤ Q値測定結果によれば、原子炉設置位置付近のQ値は、比較的浅部(R-9孔のEL-301m以浅及びD-8.6孔のEL-160m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。

まとめ

(1) 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盤調査結果から地質・地質構造を確認した。
- 敷地の地質は、新第三紀の岩稻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。

(2) 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孔で浅層ボーリング調査を実施した。
- 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。
- 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波形において、顕著な違いはみられないことから、第3'速度層及び第4'速度層が解放基盤表面での地震動へ与える影響は小さいものと考えられる。

(3) 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、弾性波速度及び密度を把握するため、2孔で大深度ボーリング調査を実施した。
- 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)、新第三紀の岩稻階(安山岩、凝灰角礫岩)からなる。また、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2~3t/m³の範囲を示す。
- 敷地の地震基盤面は、D-8.6孔の位置においては、S波速度が3km/s程度以上となる花崗岩上面(深さ1km程度)に位置する。

(4) 原子炉設置位置付近の減衰構造(地震基盤以浅)

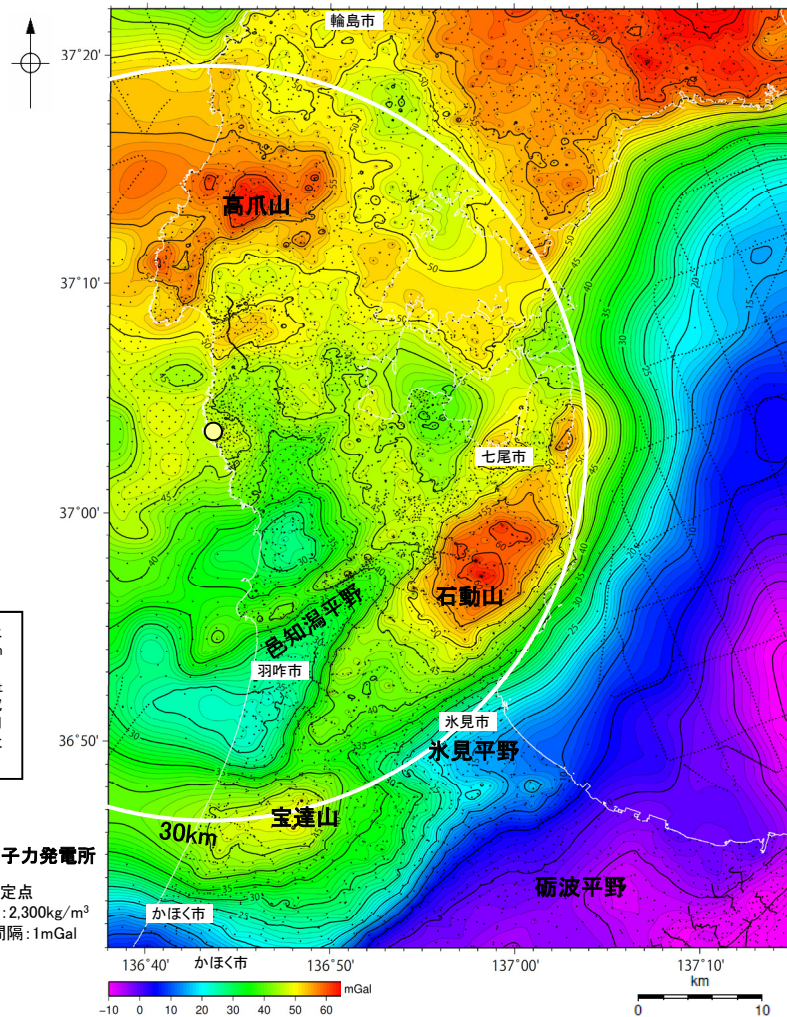
- 原子炉設置位置付近の減衰特性を把握するため、2孔でQ値測定を実施した。
- 原子炉設置位置付近のQ値は、比較的浅部(R-9孔のEL-301m以浅及びD-8.6孔のEL-160m以浅)については10程度、また、それより深部については、深さ方向に大きくなる傾向がみられる。

- 敷地の地質は、新第三紀の岩稻階の別所岳安山岩類が広く分布しており、安山岩を主体とし、凝灰角礫岩を挟在するものの、敷地の速度構造は概ね水平な層構造を呈す。ただし、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については、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を踏まえ、第3'速度層及び第4'速度層が解放基盤表面での地震動へ与える影響は小さいものと評価した。
- 敷地の地震基盤面は、D-8.6孔の位置においては、深さ1km程度に位置する。

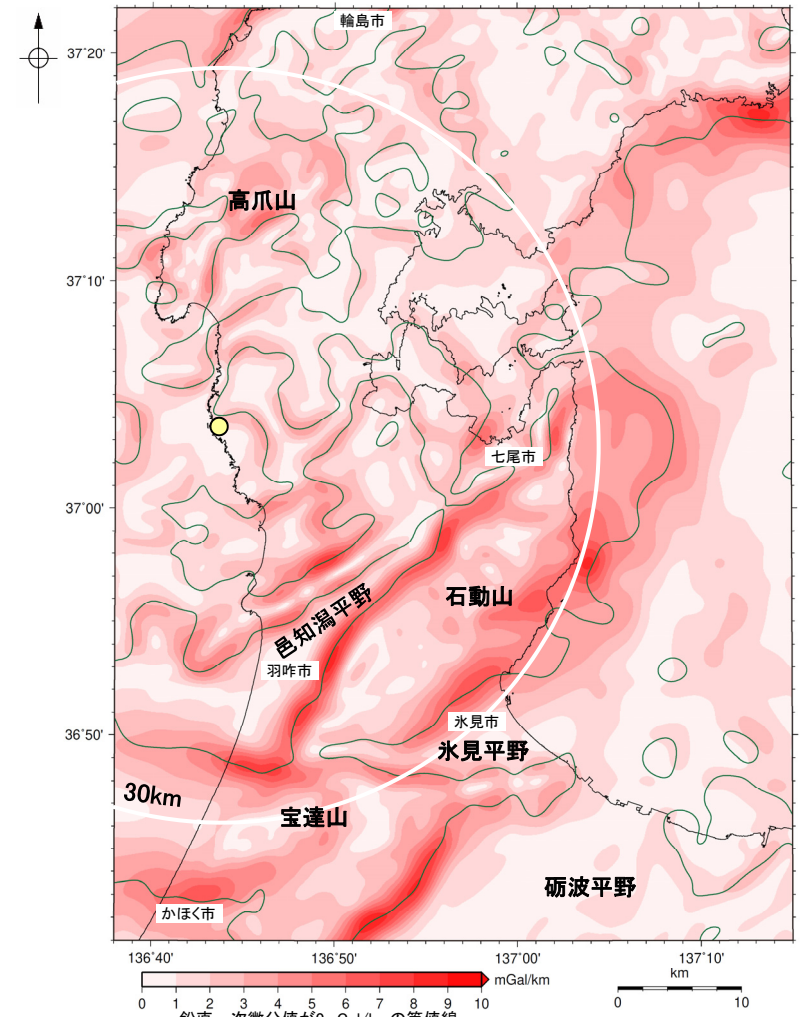
1.2 物理探査による地下構造の検討

(1) 敷地周辺の重力異常(ブーゲー異常図)

- 能登半島では地震基盤である花崗岩を新第三紀以降の地層が直接覆っており(P34~35), これらの密度差により, 重力異常値は地震基盤面の形状を反映していると考えられることから, 敷地周辺の地震基盤面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した。
- 敷地周辺陸域については, 稠密な調査を実施し, 重力異常図を作成した。周辺に対して高い重力異常を示すのは, 高爪山周辺, 石動山周辺及び宝達山周辺, 低い重力異常を示すのは, 輪島市南部, 羽咋市北部及び邑知潟平野南西部である。
- 規模が大きく直線的に連続する重力異常急変部は, NE-SW方向を示す邑知潟平野の北西縁及び南東縁, 石動山と氷見平野との境界及び宝達山地と砺波平野との境界と, E-W方向を示す宝達山北部及び南部に認められる。
- ブーゲー異常図及び水平一次微分図から, 敷地の位置する能登半島中部には規模が大きく直線的に連続する重力異常急変部は認められない。



敷地周辺のブーゲー異常図(金沢大学・当社作成)



敷地周辺の水平一次微分図(金沢大学・当社作成)

・水平一次微分図は, 作図範囲の大きさ, 調査密度を考慮し, 平面トレンドを除去及び遮断波長4kmのローパスフィルター処理後のブーゲー異常図を基に作成した。

・右図は, 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), 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。

○ 志賀原子力発電所

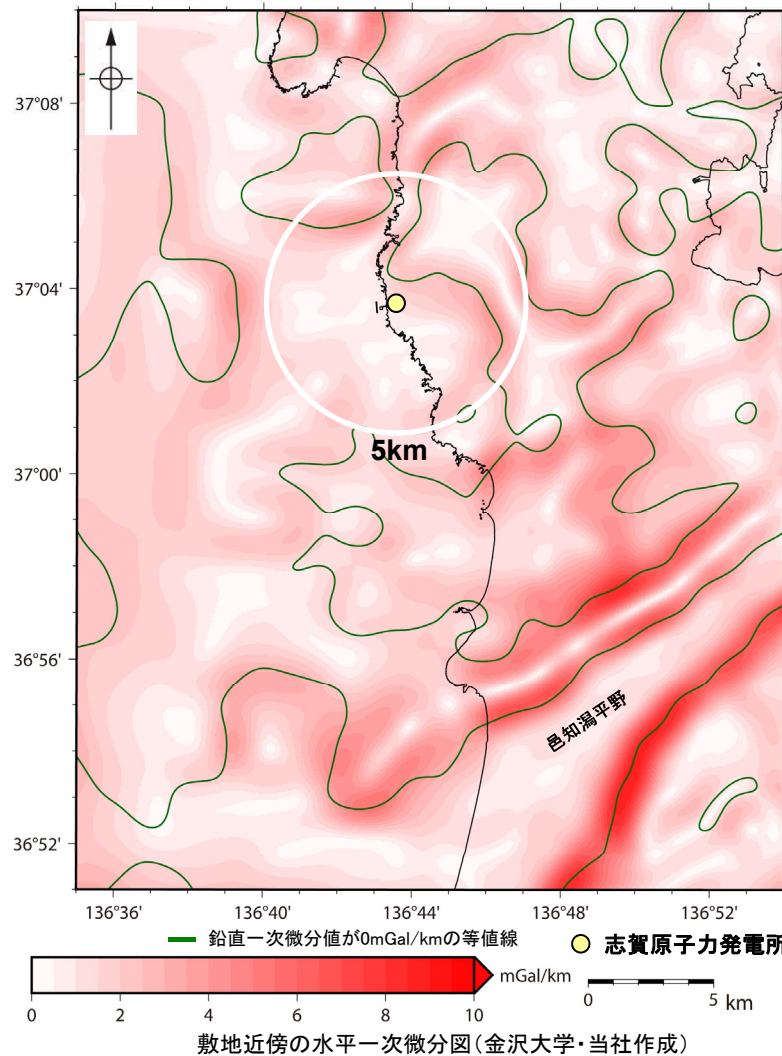
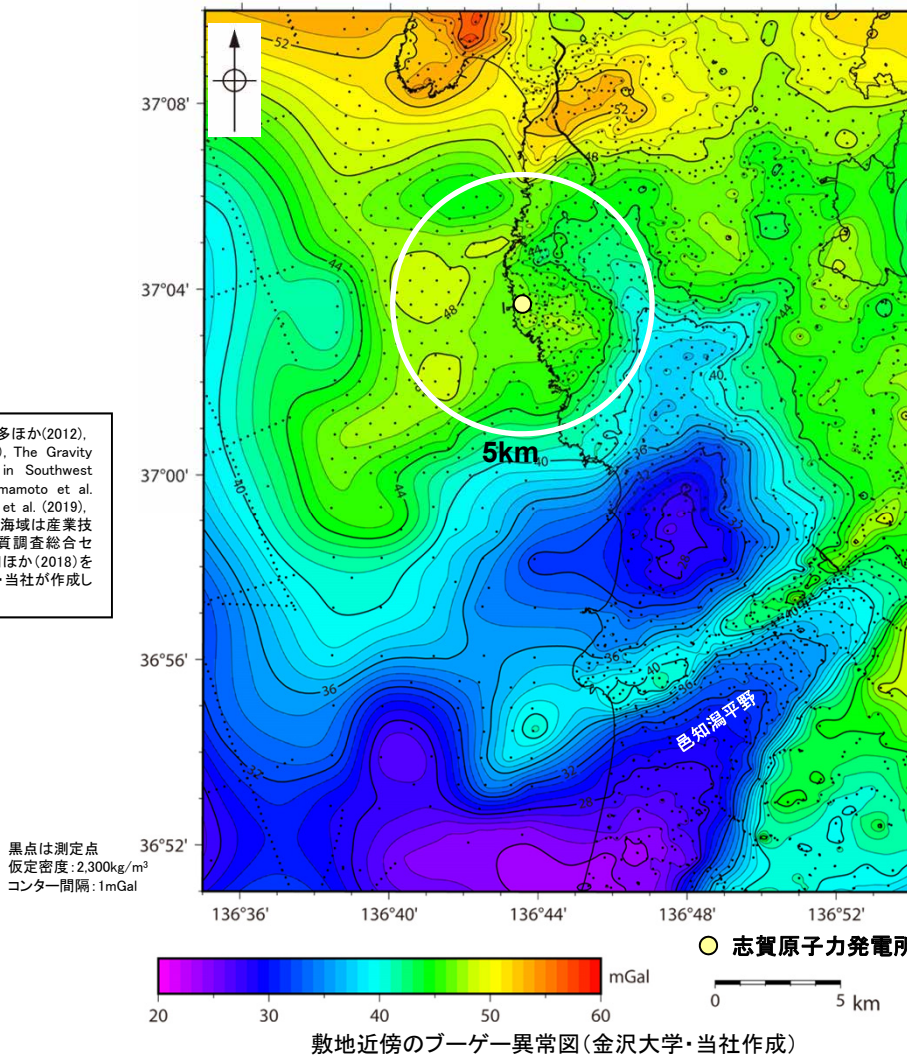
黒点は測定点
仮定密度: 2.300kg/m³
コンター間隔: 1mGal

(2) 敷地近傍の重力異常(ブーゲー異常図)

【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
P1-12 一部修正

○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面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。

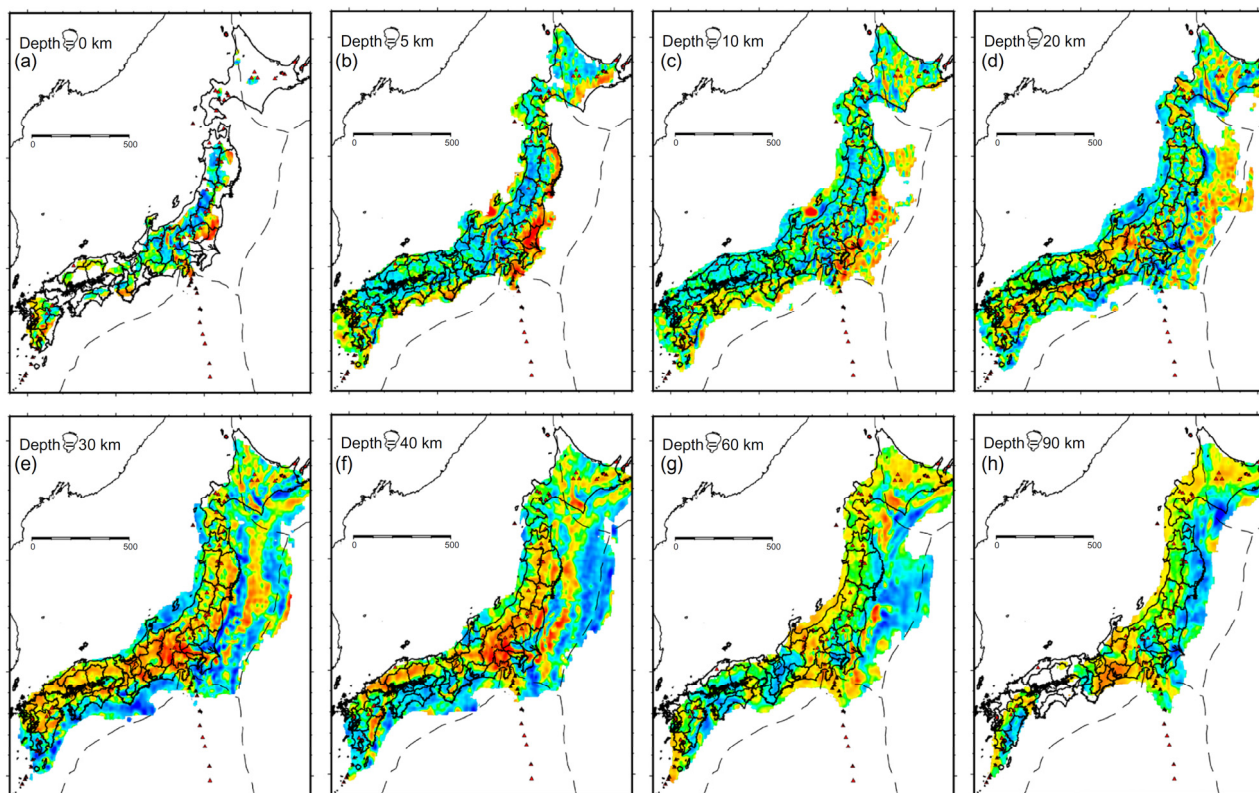
・右図は、陸域は本多ほか(2012)、国土地理院(2006)、The Gravity Research Group in Southwest Japan (2001)、Yamamoto et al. (2011)、Hiramatsu et al. (2019)、澤田ほか(2021)、海域は産業技術総合研究所地質調査総合センター(2013)、石田ほか(2018)を用いて、金沢大学・当社が作成した。



➤ 敷地近傍には地震基盤面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面に顕著な不整形はないものと考えられる。

(1) 検討方法

- 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波速度構造を確認した。
- Matsubara et al.(2022)は、防災科学技術研究所のHi-netやS-netのデータ等を含む地震波トモグラフィーにより、日本海と太平洋を含む日本列島周辺の3次元速度構造を評価している。
- また、防災科学技術研究所は、Matsubara et al.(2022)による3次元速度構造から、地図上で深さや位置を任意に指定して、速度構造断面を表示することが可能なソフトウェアを公開している。(https://www.hinet.bosai.go.jp/topics/sokudo_kozo/software.php?LANG=ja)
- P波速度構造及びS波速度構造の確認は、防災科学技術研究所によるソフトウェアを用い、Matsubara et al.(2022)による敷地周辺の速度構造断面を確認することで実施した。



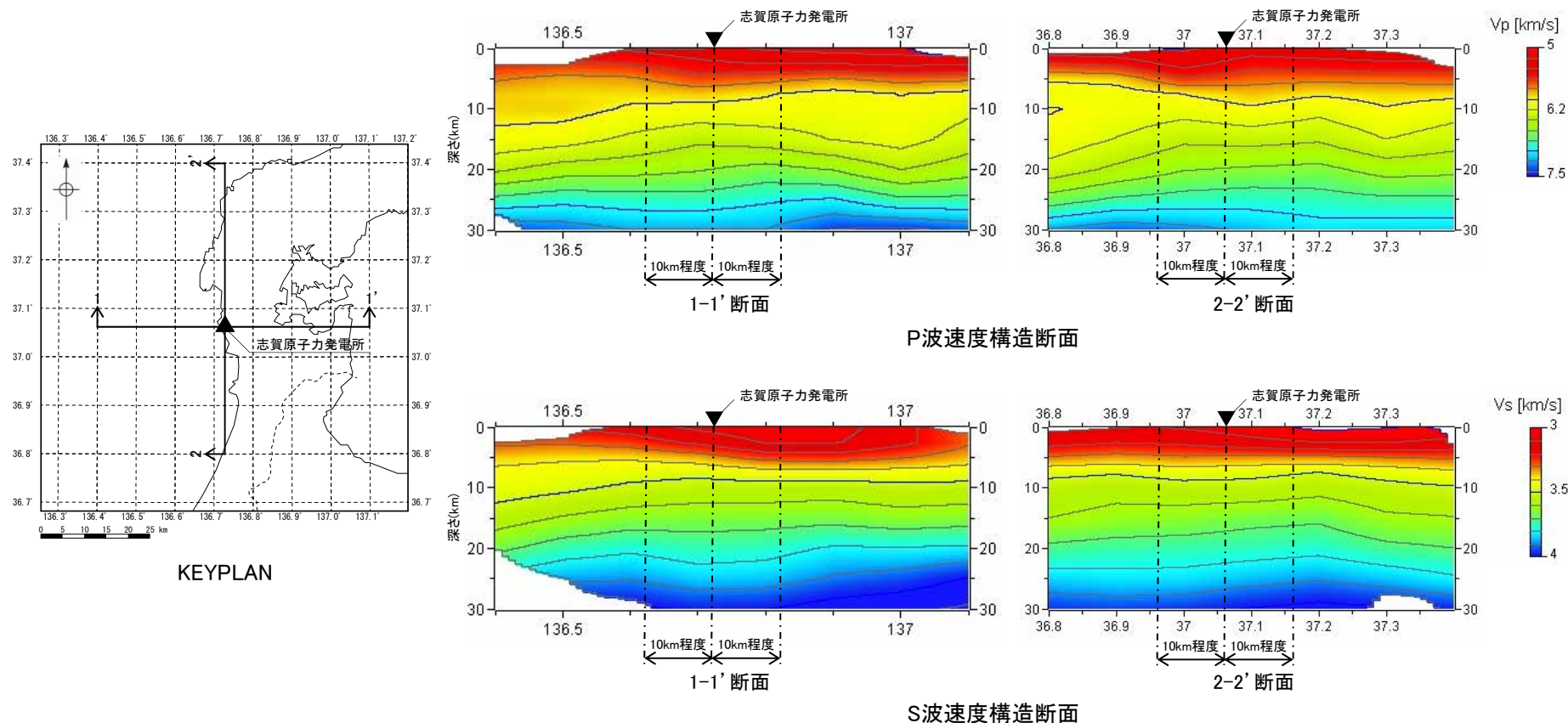
Perturbation of V
-10 -5 0 5 10 %

Matsubara et al.(2022)による深さごとの速度構造マップ(P波速度)

※ Matsubara et al.(2022)より抜粋

(2) 検討結果

- Matsubara et al.(2022)による敷地周辺の速度構造断面を下図に示す。
- この速度構造断面によると、敷地から10km程度の範囲においては、深さ5km程度以深のS波速度構造及びP波速度構造は概ね水平な層構造を呈している。



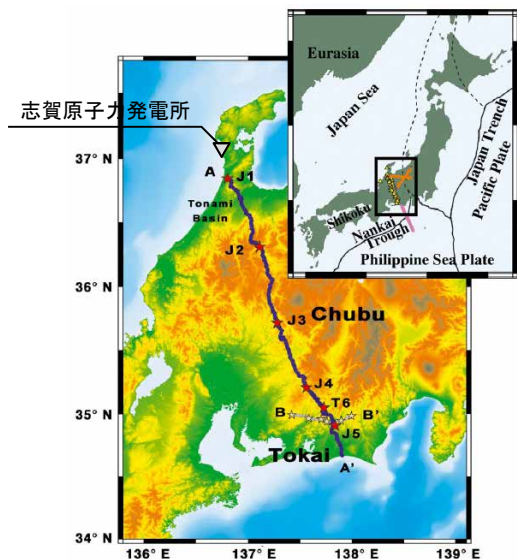
Matsubara et al.(2022)による敷地周辺の速度構造断面

※ 防災科学技術研究所のソフトウェアを用いて表示した図に一部加筆

- Matsubara et al.(2022)による敷地周辺の速度構造断面より、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。

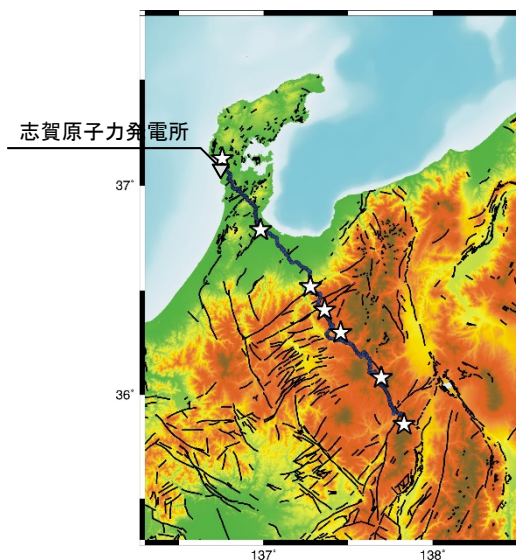
(1) 検討方法

- 敷地周辺の地震基盤面の位置及び形状、並びに地震基盤面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波速度構造を確認した。
- Iidaka et al.(2003)及びIidaka et al.(2008)は、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、敷地周辺のP波速度構造断面を評価している。
- また、当社は、敷地から南東方向に約13kmの測線において、屈折法地震探査を実施し、深さ3km以浅のP波速度構造を推定している。



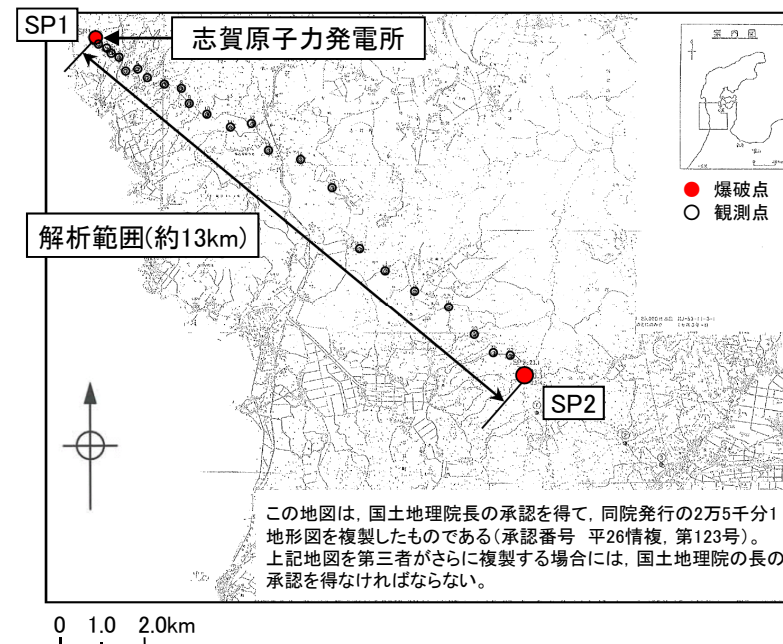
※ Iidaka et al.(2003)に一部加筆

Iidaka et al.(2003)の調査測線図(A-A')
(★は爆破点を示す。)



※ Iidaka et al.(2008)に一部加筆

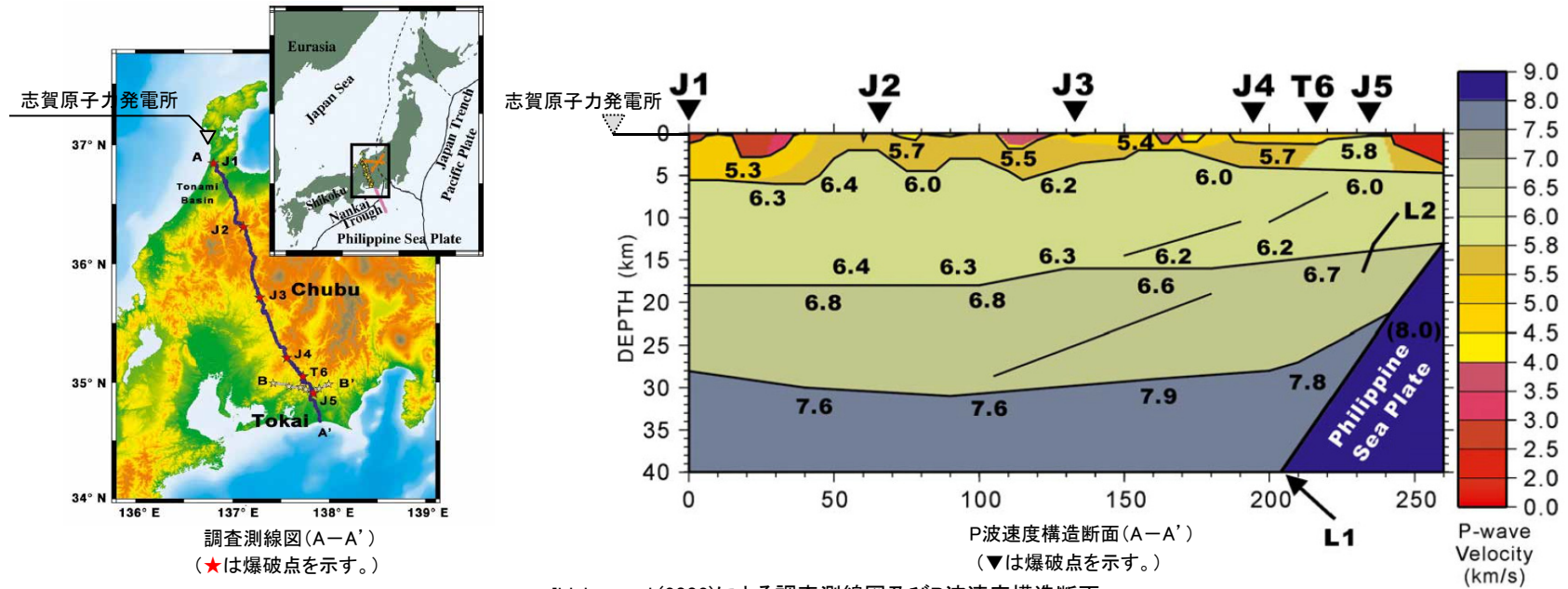
Iidaka et al.(2008)の調査測線図
(☆は爆破点を示す。)



当社の実施した調査測線図

(2) Iidaka et al.(2003)による検討結果

- Iidaka et al.(2003)による調査測線図及びP波速度構造断面を下図に示す。
- この断面によると、敷地周辺において、地震基盤に相当すると考えられるP波速度が5.3~5.8km/sの層が広く分布し、この層より深部については、上から、P波速度が6.0~6.4km/s, 6.6~6.8km/s, 7.6~7.9km/sの層が概ね水平に分布している。

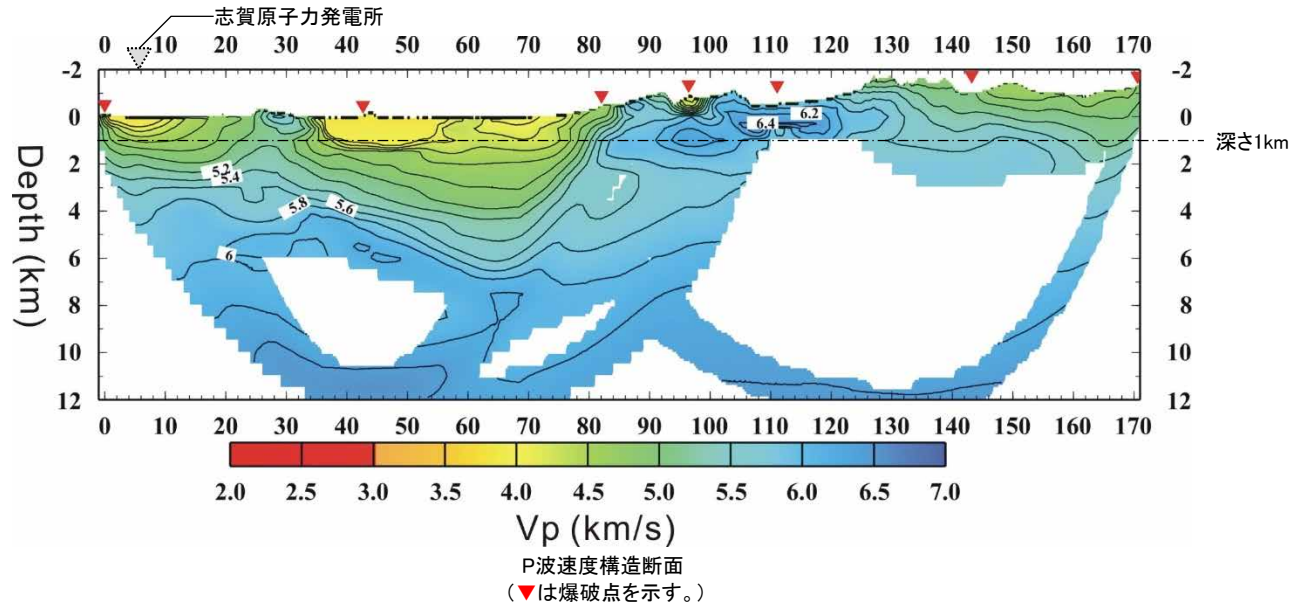
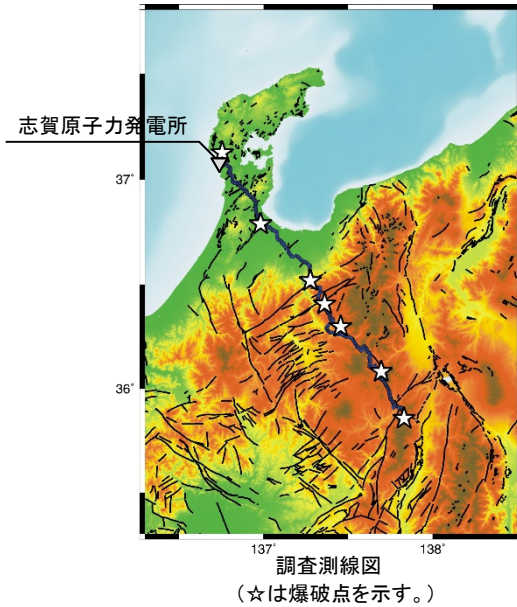


Iidaka et al.(2003)による調査測線図及びP波速度構造断面

※ Iidaka et al.(2003)に一部加筆

(3) Iidaka et al.(2008)による検討結果

- Iidaka et al.(2008)による調査測線図及びP波速度構造断面を下図に示す。
- この断面によると、敷地から10km程度の範囲において、敷地の地震基盤面(深さ1km程度)より深部の速度層は概ね水平に分布している。

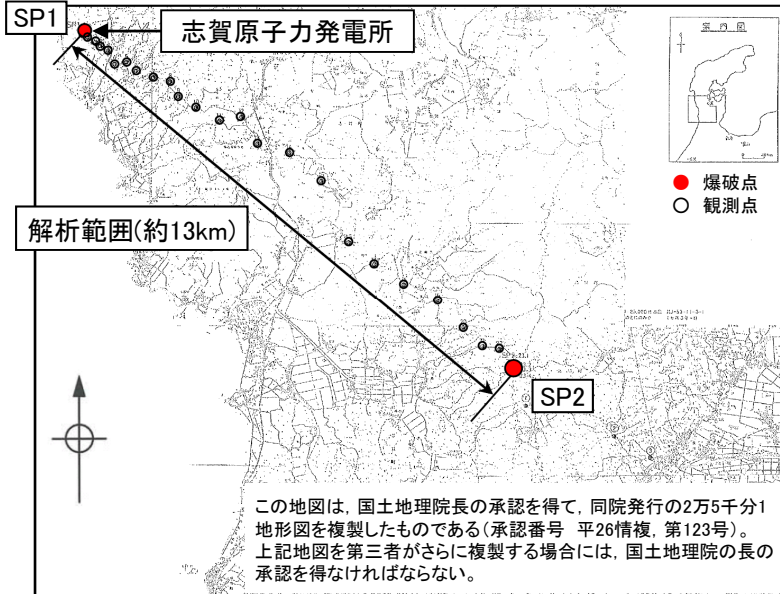


Iidaka et al.(2008)による調査測線図及びP波速度構造断面

※ Iidaka et al.(2008)に一部加筆

(4) 当社による検討結果

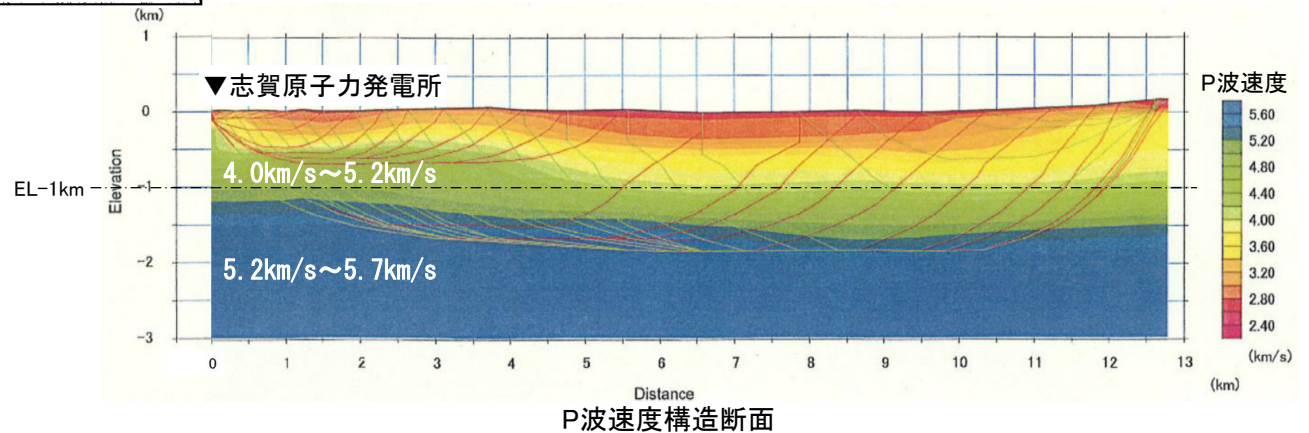
- 当社による屈折法地震探査は、爆破点2地点及び観測点23点において1985年11月24日に実施した。調査測線図、観測装置の仕様及びP波速度構造断面を下記に示す。
- 敷地周辺において、地震基盤面に相当すると考えられるP波速度5.2~5.7km/sの層上面はEL-1km程度の位置にあり、概ね水平に分布している。



調査測線図

観測装置の仕様

項目	仕様
名称	ARP-4400
製造会社	日本物理探査(株)
チャンネル数	4
記録再生方式	FM
成分	3成分(水平動2成分・上下動1成分)
周波数範囲(周波数帯域)	4~100Hz
電源	内蔵電池12V×2

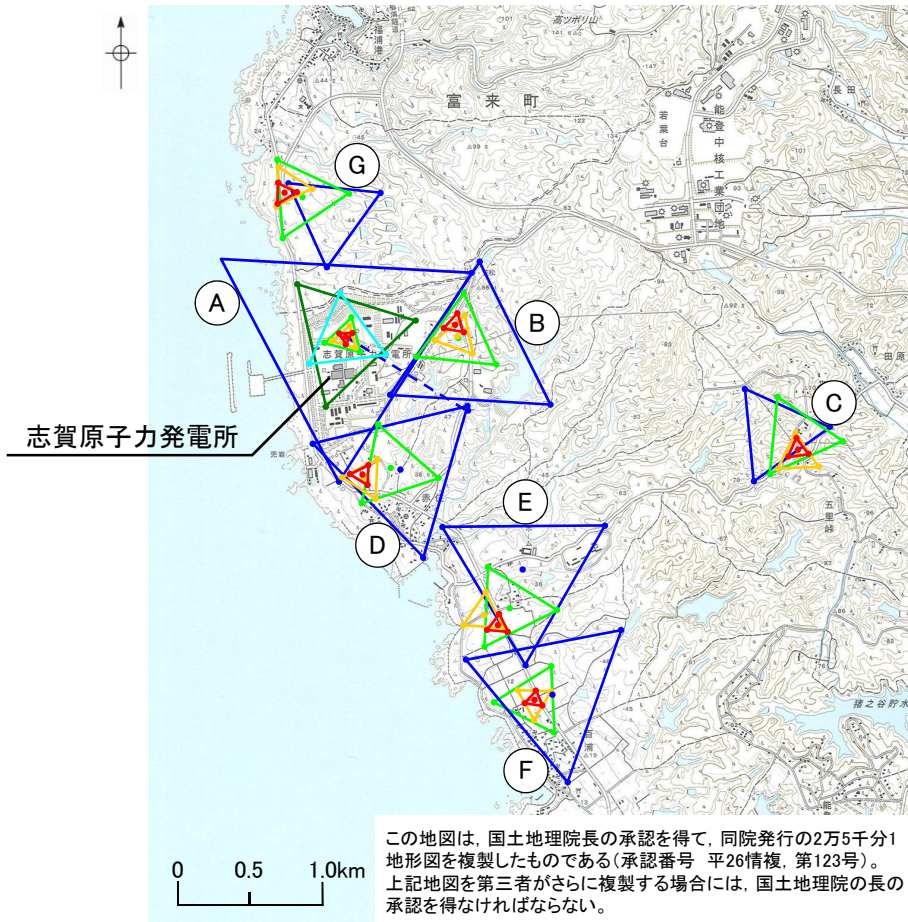


P波速度構造断面

➤ 「Iidaka et al.(2003)による検討結果」, 「Iidaka et al.(2008)による検討結果」及び「当社による検討結果」より、敷地周辺の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。また、敷地周辺において、地震基盤面より深部の速度構造に顕著な不整形はみられない。

(1) 検討方法

- 敷地近傍の地震基盤面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した。
- 微動アレー探査のための微動観測は、敷地を対象としたAアレーでは半径50～1000mの6種類、敷地の周辺を対象としたB～Gアレーでは半径80～640mの4種類とし、原則としてアレーの中心点1箇所及びその円周上で正三角形となる3箇所に微動計を設置し、2007年11月26日及び27日並びに2008年7月26日から8月1日の期間の中で実施した。微動アレー探査地点及び微動計の仕様を下記に示す。



微動アレー探査地点

Aアレー※1

- 半径 = 50m
- 半径 = 100m
- 半径 = 150m
- 半径 = 300m
- 半径 = 500m
- 半径 = 1000m

B～Gアレー※2

- 半径 = 80m
- 半径 = 160m
- 半径 = 320m
- 半径 = 640m

※1 Aアレーの半径 = 1000mについては、三角形の頂点のうち1箇所が海上となるため、円の中心と反対側に設置する変形アレーを適用した。

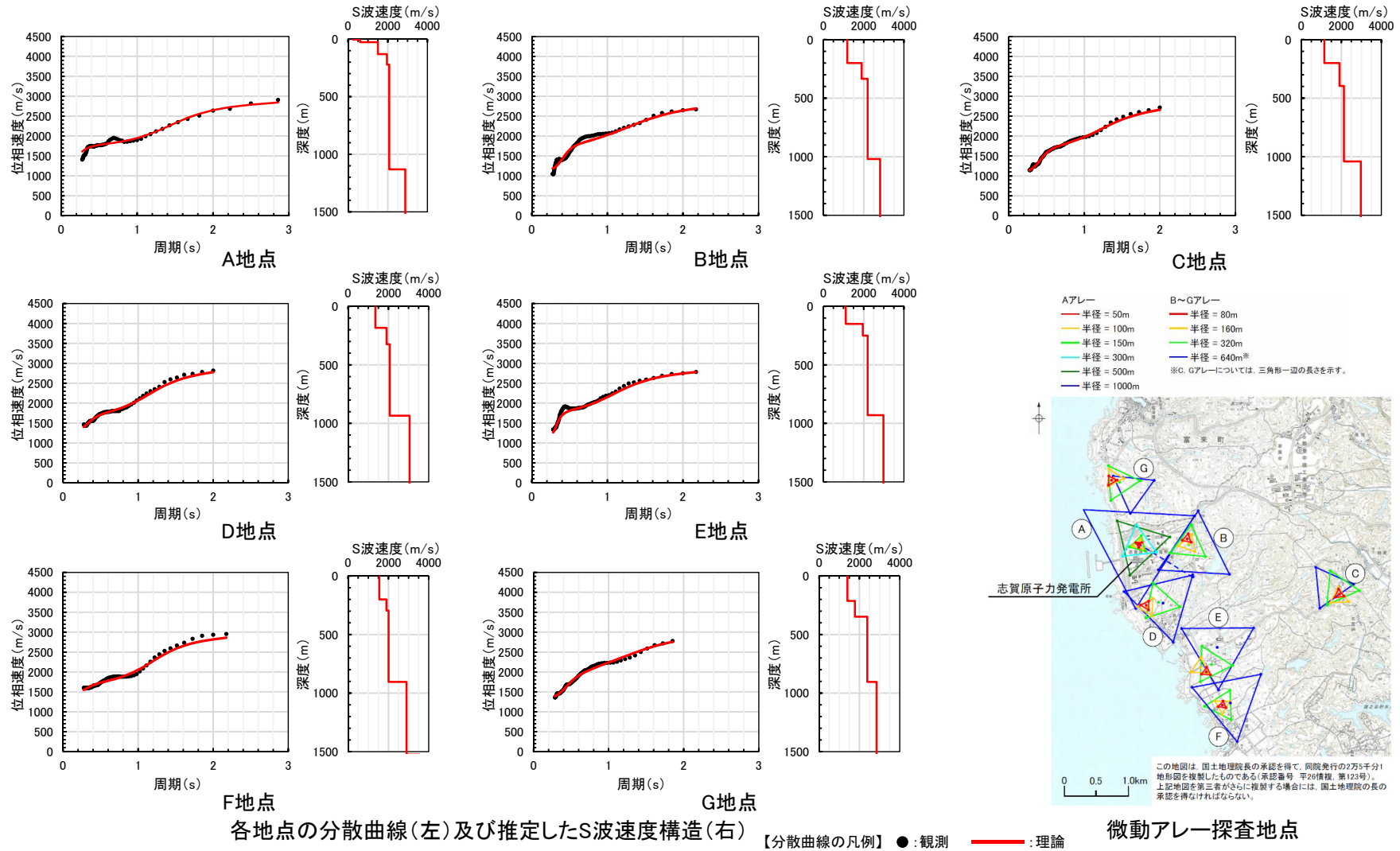
※2 C, Gアレーの半径 = 640mについては、半径 = 640mの円周上での設置が困難であったため、三角形一辺の長さが640mとなる中心点なしのアレーを適用した。

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-8000SH
	製造会社	白山工業
	チャンネル数	3
	分解能	16bit
	サンプリング周波数	100Hz
電源		DC6～9V
周波数範囲(周波数帯域)		0.14～50Hz

(2) 検討結果

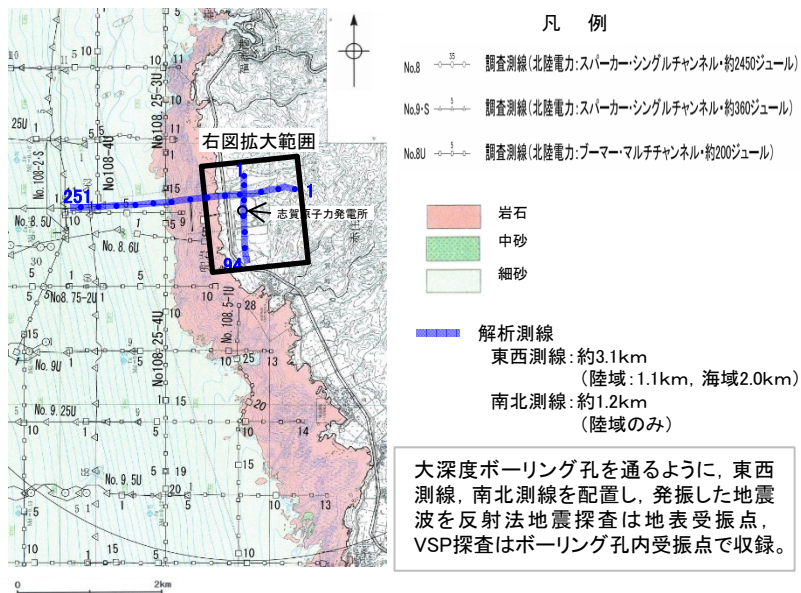
- 推定した各地点のS波速度構造を下図に示す。
- 地震基盤に相当するS波速度3km/s程度の層の上面は深さ1km程度の位置にあり、概ね水平に分布している。



➤ 微動アレー探査に基づく各地点のS波速度構造より、敷地近傍の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

(1) 検討方法

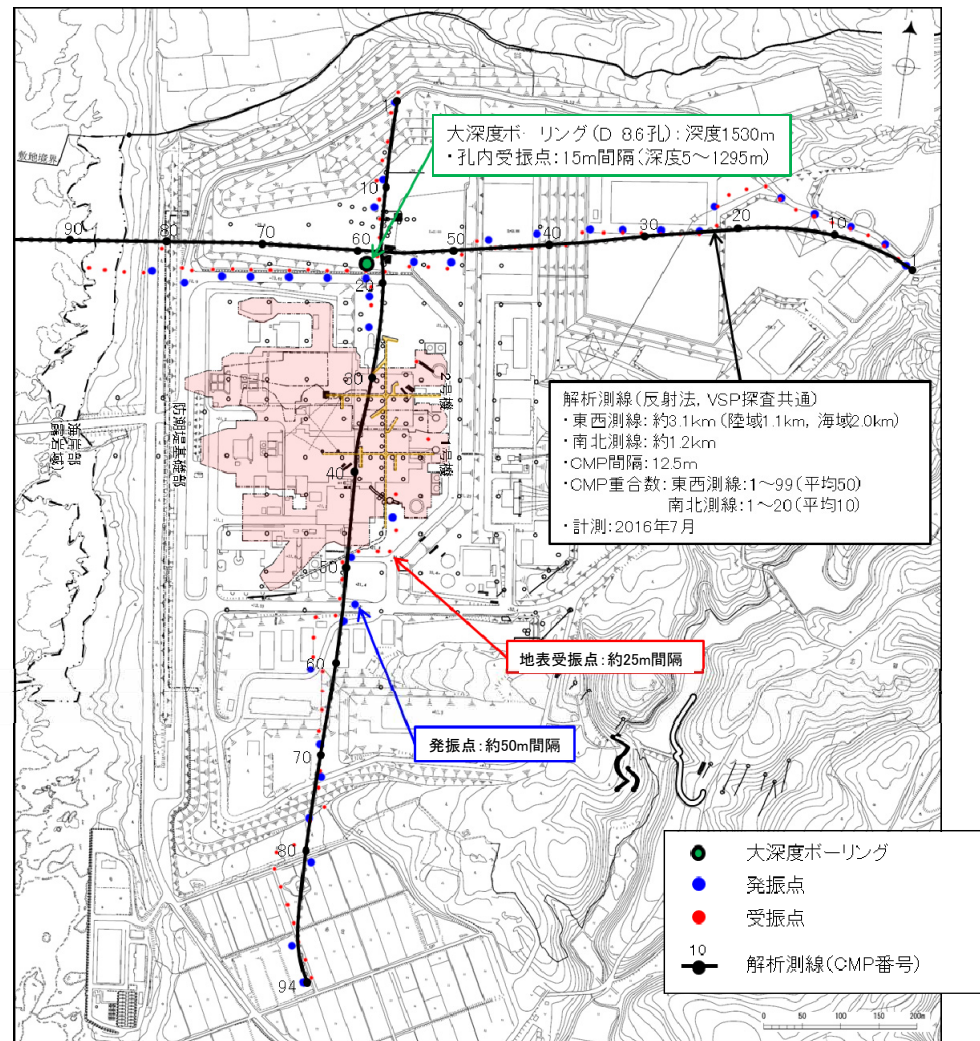
○ 敷地の地震基盤面の位置及び形状を把握するため、大深度ボーリング孔を用いたVSP探査及び海陸連続で測線を配置した反射法地震探査(2016年)に基づく反射断面を確認した。



調査位置図(石川県, 1997年に一部加筆)

探査仕様

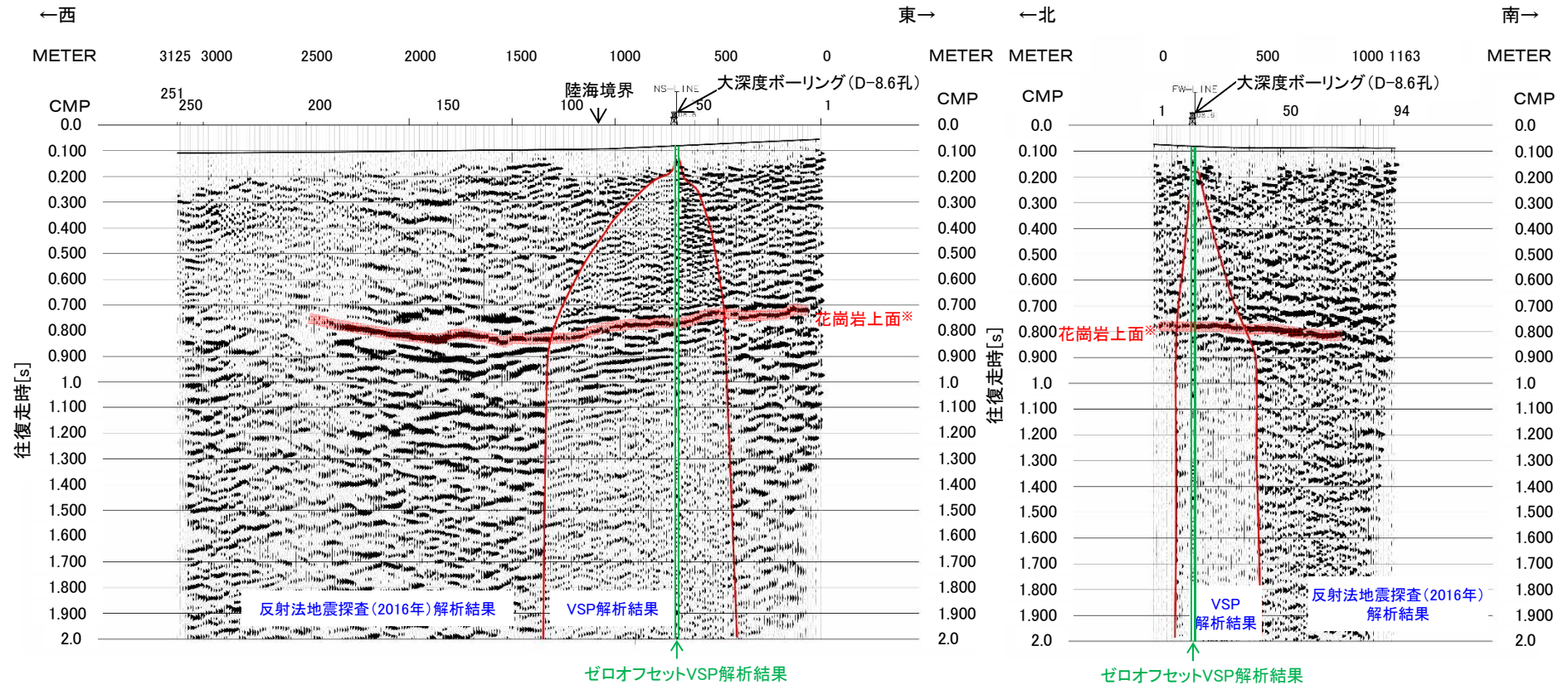
	発振源	仕様	発振間隔	受振間隔
陸域	大型パイプレータ	<ul style="list-style-type: none"> ・18t×2台 ・起振マス:2.3t, 2.6t(最大荷重18t) ・発振周波数:10-70Hz 	50m	25m(地表) 15m(孔内)
海域	エアガン	・480cu.in.	25m	25m



調査位置図

(2) 検討結果 - マイグレーション処理前の時間断面 -

○ マイグレーション処理前の時間断面を下図に示す。



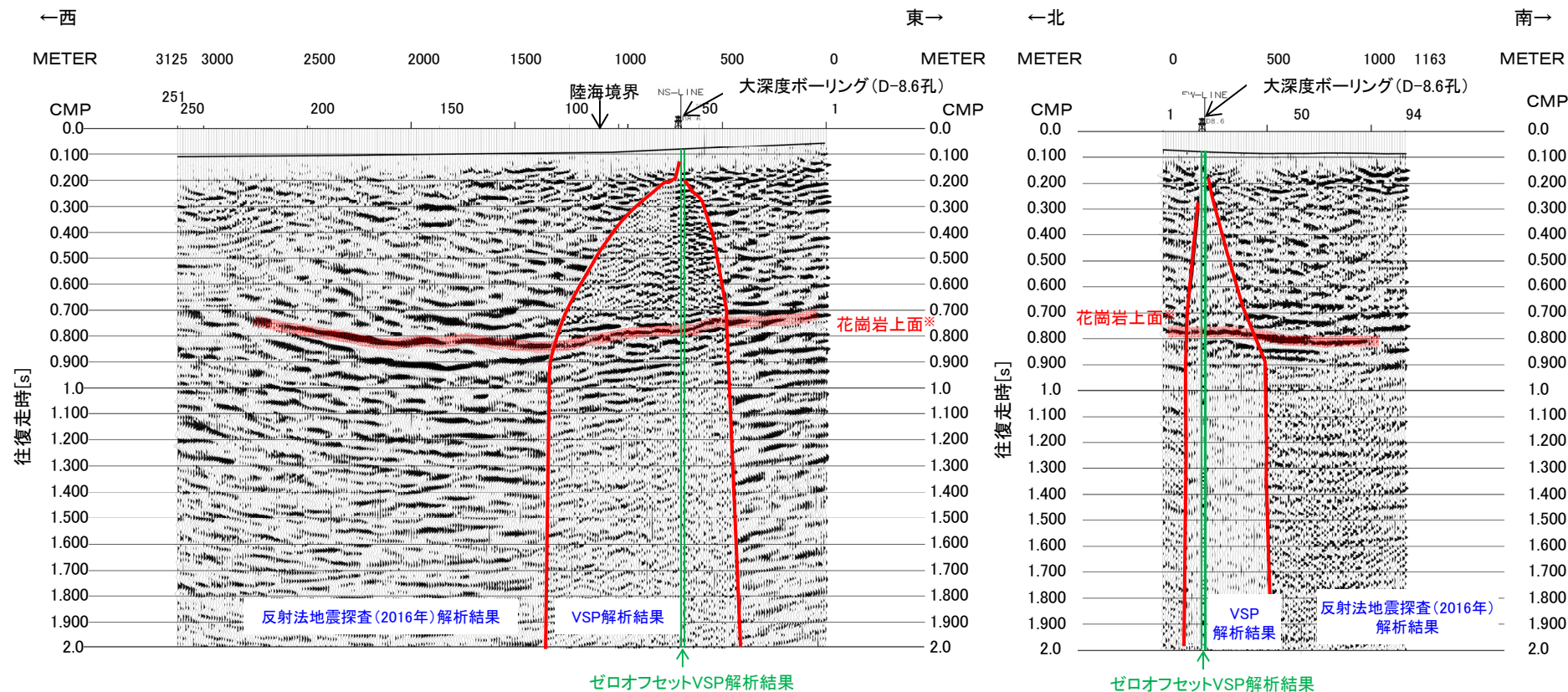
反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果
(東西測線:時間断面)

反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果
(南北測線:時間断面)

※ 花崗岩上面の解釈線は、重合数が相対的に多い測線中央付近から反射面が連続的に追跡でき、信頼性が高いと考えられる区間について記載

(2) 検討結果 - マイグレーション処理後の時間断面 -

○ マイグレーション処理後の時間断面を下図に示す。



反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果
(東西測線:時間断面)

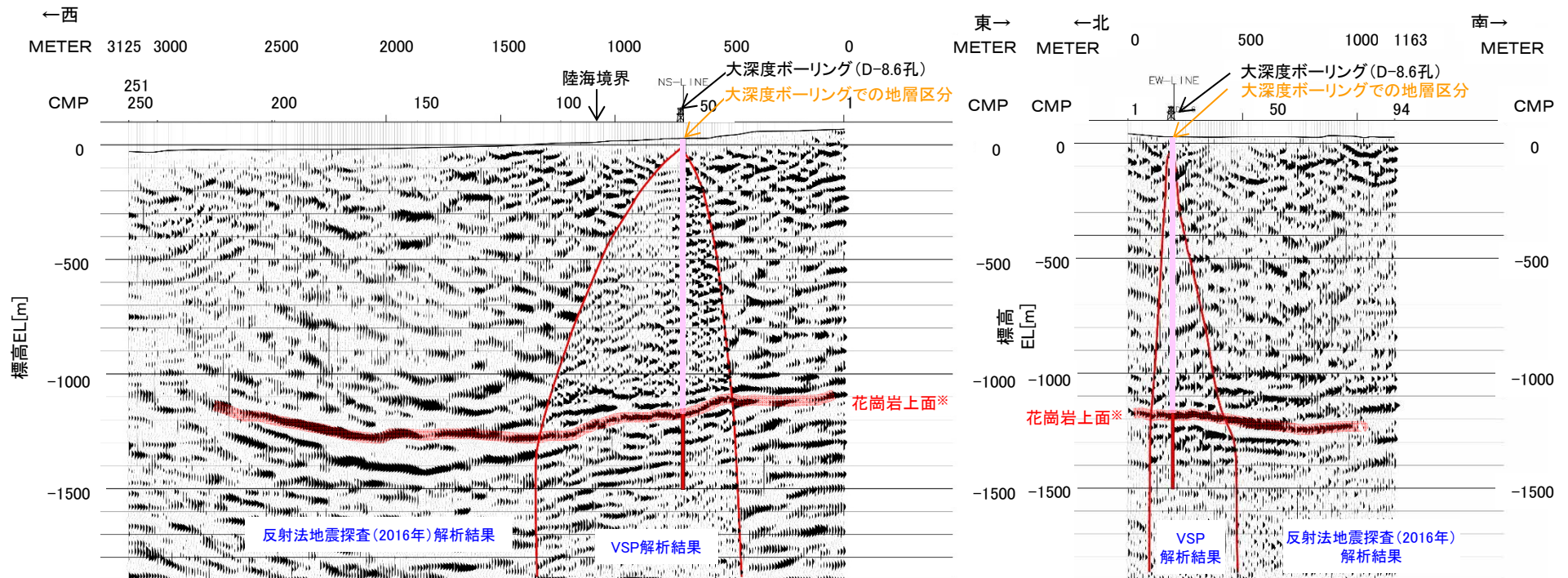
反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果
(南北測線:時間断面)

※ 花崗岩上面の解釈線は、重合数が相対的に多い測線中央付近から反射面が連続的に追跡でき、信頼性が高いと考えられる区間について記載

(2) 検討結果 ー 深度断面 ー

- 深度断面を下図に示す。
- 探査の結果、花崗岩上面(地震基盤面)に相当する反射面は深さ1km程度の位置にあり、概ね水平に分布している。

・マイグレーション処理後の時間断面(前頁)から深度変換を行い作成。



※ 花崗岩上面の解釈線は、重合数が相対的に多い測線中央付近から反射面が連続的に追跡でき、信頼性が高いと考えられる区間について記載

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)

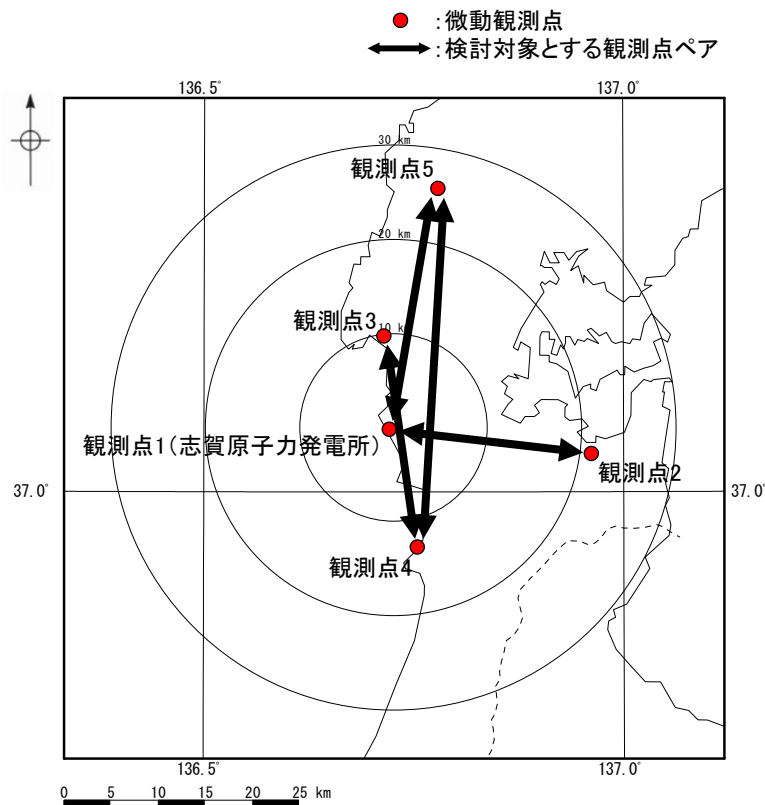
反射法地震探査(2016年)・VSP探査結果
(南北測線: 深度断面)

・反射法地震探査区間における花崗岩上面付近での垂直分解能は32～35m程度。

- 反射法地震探査・VSP探査に基づく反射断面より、敷地の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

(1) 検討方法

- 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した。
- 微動観測は敷地内外の5地点において、2014年6月26日から順次実施している。微動観測点配置図及び観測開始日並びに微動計の仕様を下記に示す。
- 群速度は、敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を把握する観点から、観測点の一方が敷地となっている観測点ペア及び観測点間に敷地が含まれている観測点ペアのうち観測点間距離が比較的長い観測点ペア(4組)で評価した。



微動観測点配置図

観測開始日

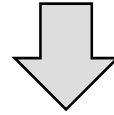
観測点 1,2,3	2014年6月26日
観測点 4	2015年2月10日
観測点 5	2017年1月18日

微動計の仕様

項目	仕様
地震計	3成分加速度計(ミツヨ製JEP-6A3)
データロガー	LS-8000(白山工業製)
電源供給	バッテリー
データ収録	連続観測(100Hzサンプリング) GPSIによる時刻校正

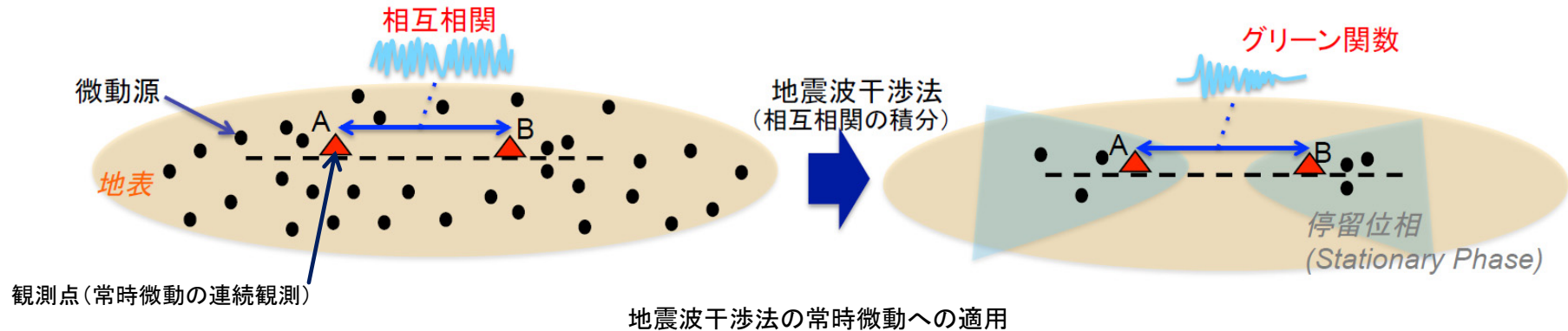
(2) 地震波干渉法の原理及び群速度の評価方法

○ 地表の2点間で観測された波動場の相互相関によって、一方の観測点にインパルス信号を与え、もう一方の観測点で観測した際の記録(グリーン関数)を合成できる。(Wapenaar(2004))



常時微動への適用
Shapiro and Campillo(2004)

○ 無数の振源で囲まれた領域中の2点間で微動を計測し、各振源による相互相関を全て積分(スタック処理)すると、停留位相点と呼ばれる領域以外の成分は打ち消し合い、2点間のグリーン関数のみが残る。



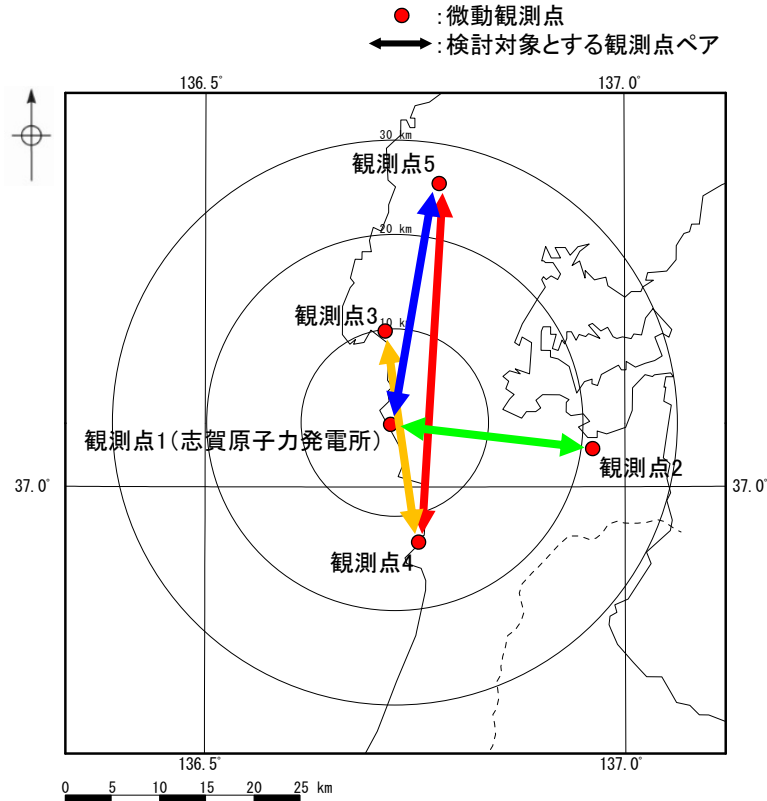
○ 群速度の評価方法を下記に示す。

- ① 1時間分の連続記録の相互相関を全日数分スタック処理し、グリーン関数を評価※
- ② グリーン関数の狭帯域フィルタ処理から、周期ごとのフィルター波形とそのエンベロープ(包絡線)を評価
- ③ 観測点間距離をエンベロープの最大値時刻で除し、周期ごとの群速度を評価

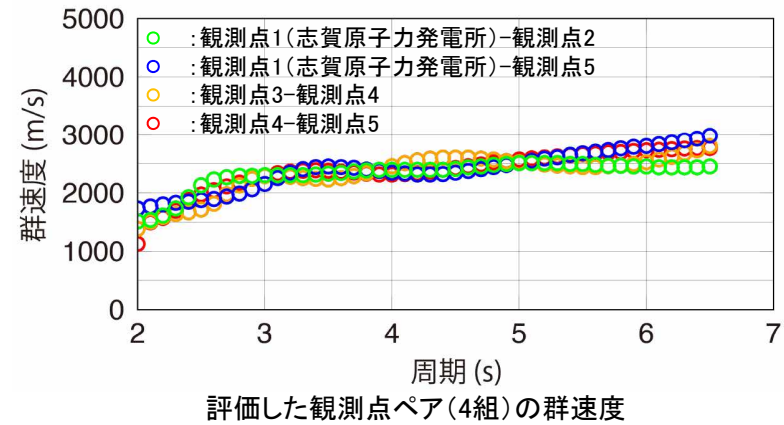
※ 相互相関関数の評価結果は、データ集P139~147。

(3) 検討結果

○ 評価した観測点ペア(4組)の群速度(右下図)は、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2秒程度より長周期側※において、いずれも同様の分散性を示す。



微動観測点配置図



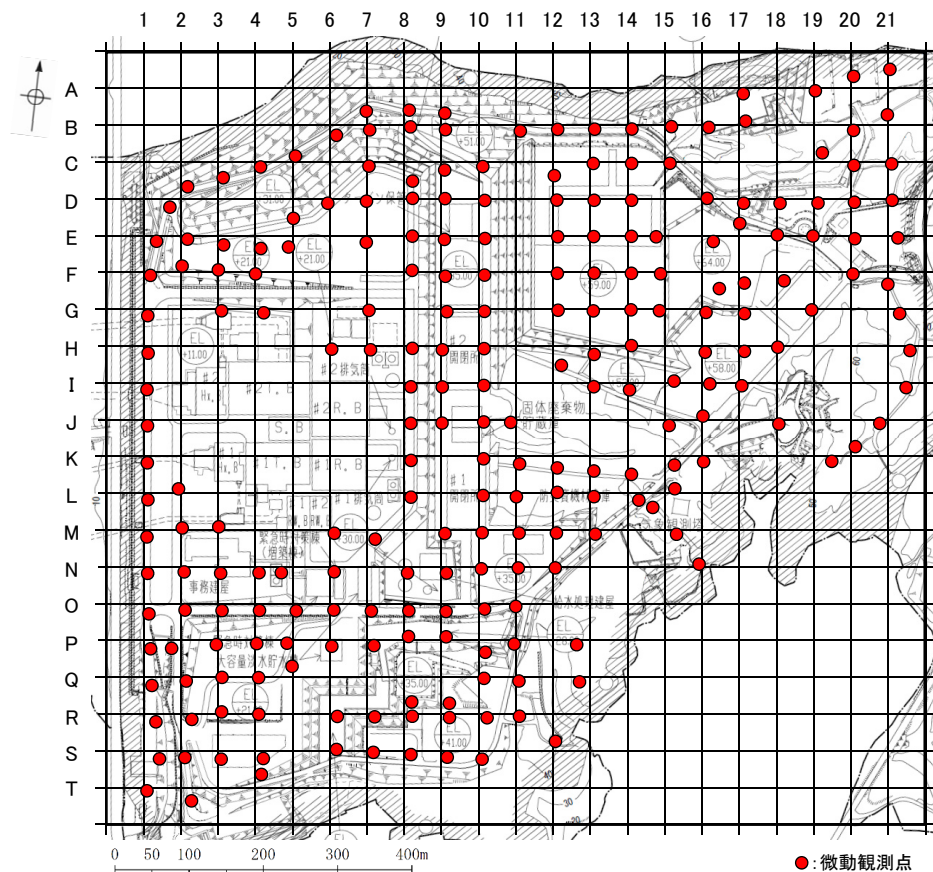
※ 群速度における周期2秒程度より長周期側が、敷地周辺の地震基盤より深部の速度構造を反映していると考えられることについては、補足説明資料(P225)参照。

➤ 観測点ペア(4組)の群速度は、周期2秒程度より長周期側において、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) 検討方法

- 敷地の地震基盤面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単点微動観測記録に基づくH/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較した。
- 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。



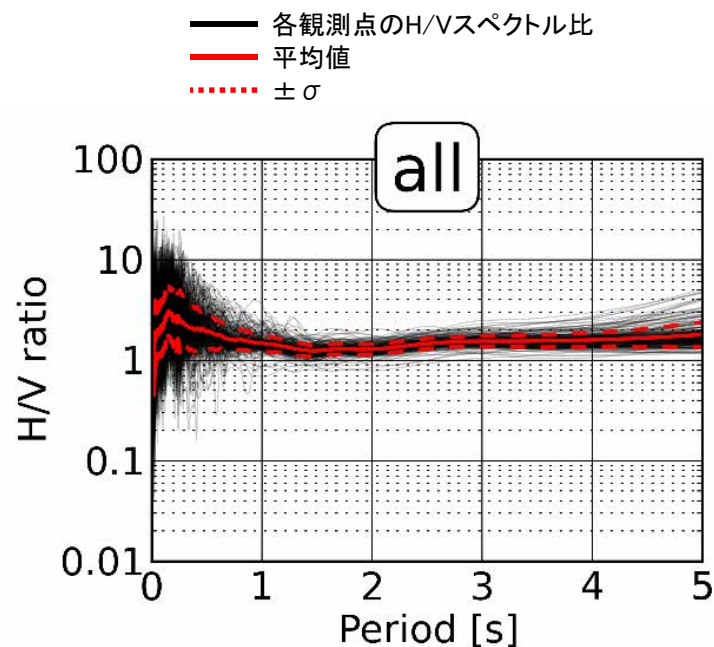
微動観測点配置図

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

(2) 検討結果

- 各観測点のH/Vスペクトル比を比較した結果を下図に示す。
- 周期1秒程度より短周期側は観測点により変動がみられる^{※1}が、敷地の地震基盤面の位置を反映していると考えられる周期2秒程度^{※2}において、各観測点のH/Vスペクトル比に顕著な違いはない。



各観測点のH/Vスペクトル比の比較

各観測点のH/Vスペクトル比の詳細はデータ集P149～153。

※1 H/Vスペクトル比における周期1秒程度より短周期側において、観測点により変動がみられることについての分析は、補足説明資料(P226)参照。

※2 H/Vスペクトル比における周期2秒程度が、敷地の地震基盤面の位置を反映していると考えられることについては、補足説明資料(P225)参照。

- 周期2秒程度において、各観測点のH/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤面の形状に、顕著な不整形はないものと考えられる。

まとめ(1/2)

1.2.1 重力探査

- 敷地周辺の地震基盤面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した。
- 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面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面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

- 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波速度構造を確認した。
- 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

- 敷地周辺の地震基盤面の位置及び形状、並びに地震基盤面より深部の速度構造を把握するため、Iidaka et al.(2003)、Iidaka et al.(2008)及び当社による屈折法地震探査に基づくP波速度構造を確認した。
- 敷地周辺の地震基盤面は深さ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、地震基盤面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

- 敷地近傍の地震基盤面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した。
- 敷地近傍の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

1.2.5 反射法地震探査・VSP探査

- 敷地の地震基盤面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した。
- 敷地の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布している。

まとめ(2/2)

1.2.6 広域微動探査

- 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した。
- 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2秒程度より長周期側において、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

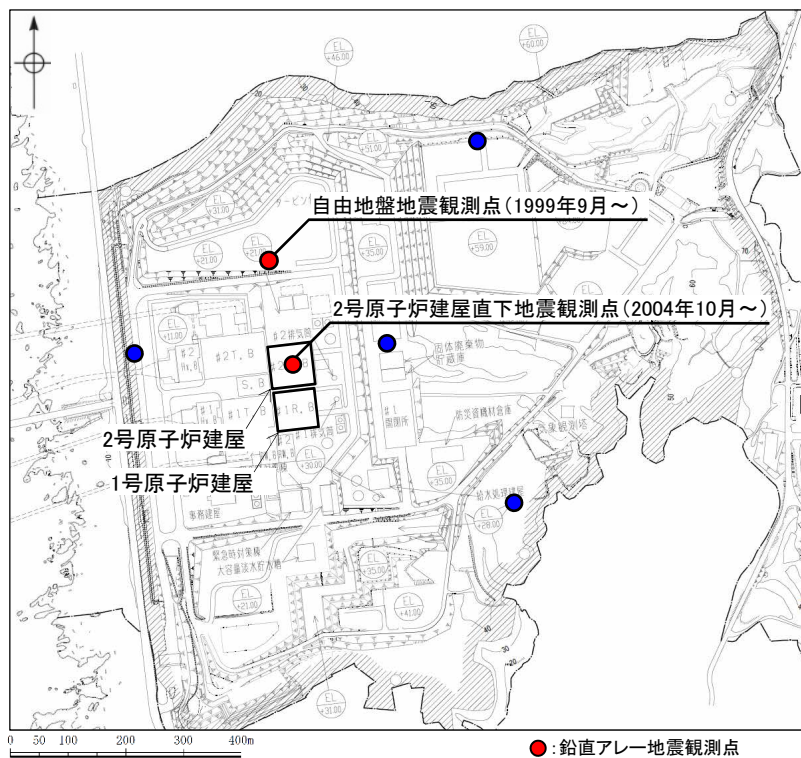
- 敷地の地震基盤面の形状を把握するため、地下の速度構造が反映されている単点微動観測記録に基づくH/Vスペクトル比を敷地の複数の観測点で比較した。
- 敷地の地震基盤面の位置を反映していると考えられる周期2秒程度において、各観測点のH/Vスペクトル比に顕著な違いはないことから、敷地の地震基盤面の形状に、顕著な不整形はないものと考えられる。

- 敷地周辺の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布しているものと評価した。
- 敷地周辺の地震基盤面より深部の速度構造に顕著な不整形はないものと評価した。

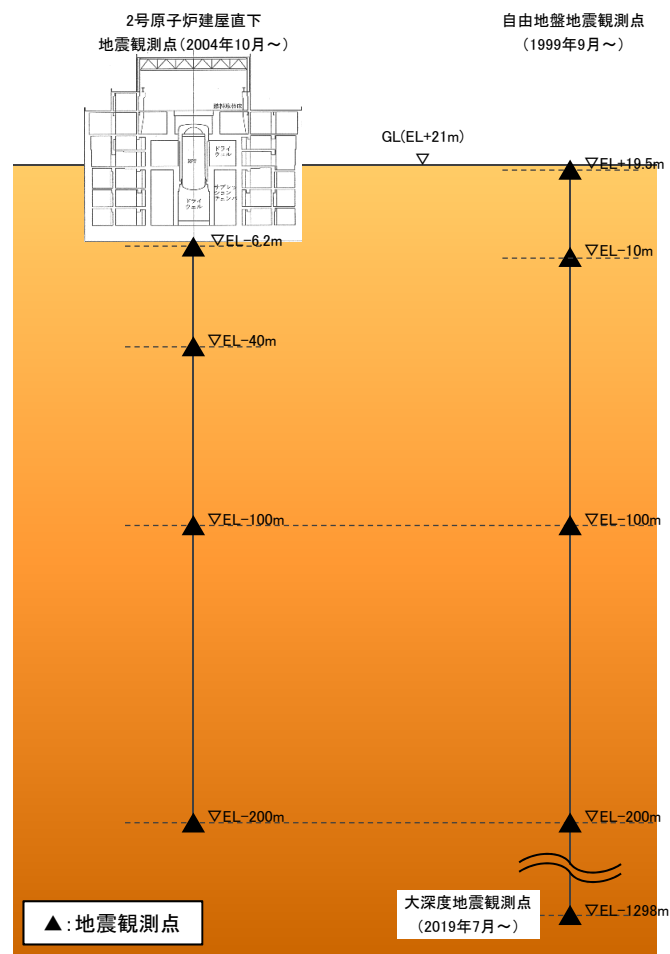
1.3 観測記録による地下構造の検討

(1) 敷地地盤における主な地震観測点

- 敷地地盤における主な地震観測点の位置を下記に示す。
- 鉛直アレー地震観測点については、自由地盤地震観測点において、1999年9月よりEL+19.5m～EL-200mで観測を実施しており、2019年7月よりその深部の大深度地震観測点(EL-1298m)で観測を実施している。また、2号原子炉建屋直下地震観測点において、2004年10月よりEL-6.2m～EL-200mで観測を実施している。
- 水平アレー地震観測点については、敷地地盤の地表4地点において、2016年1月～2018年2月に観測を実施し、2020年10月より観測を再開している。



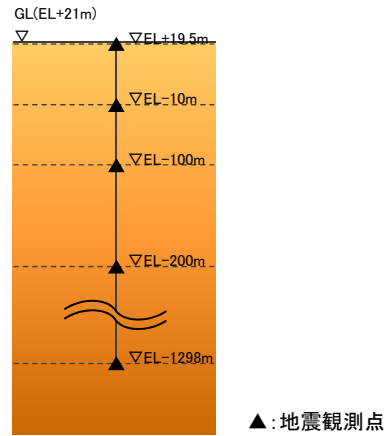
敷地地盤における主な地震観測点配置図



鉛直アレー地震観測点断面図

(2) 自由地盤地震観測点における主な観測地震 —地震の諸元及び震央分布図—

- 自由地盤地震観測点における主な観測地震について、諸元及び震央分布図を下記に示す。
- No.1～4の地震は、2014年の設置変更許可申請書に記載している主な観測地震で、No.5～11の地震は、EL-1298mの大深度地震観測を開始した2019年7月以降に観測された主な観測地震(敷地から100km以内において発生したM5以上の地震)である。

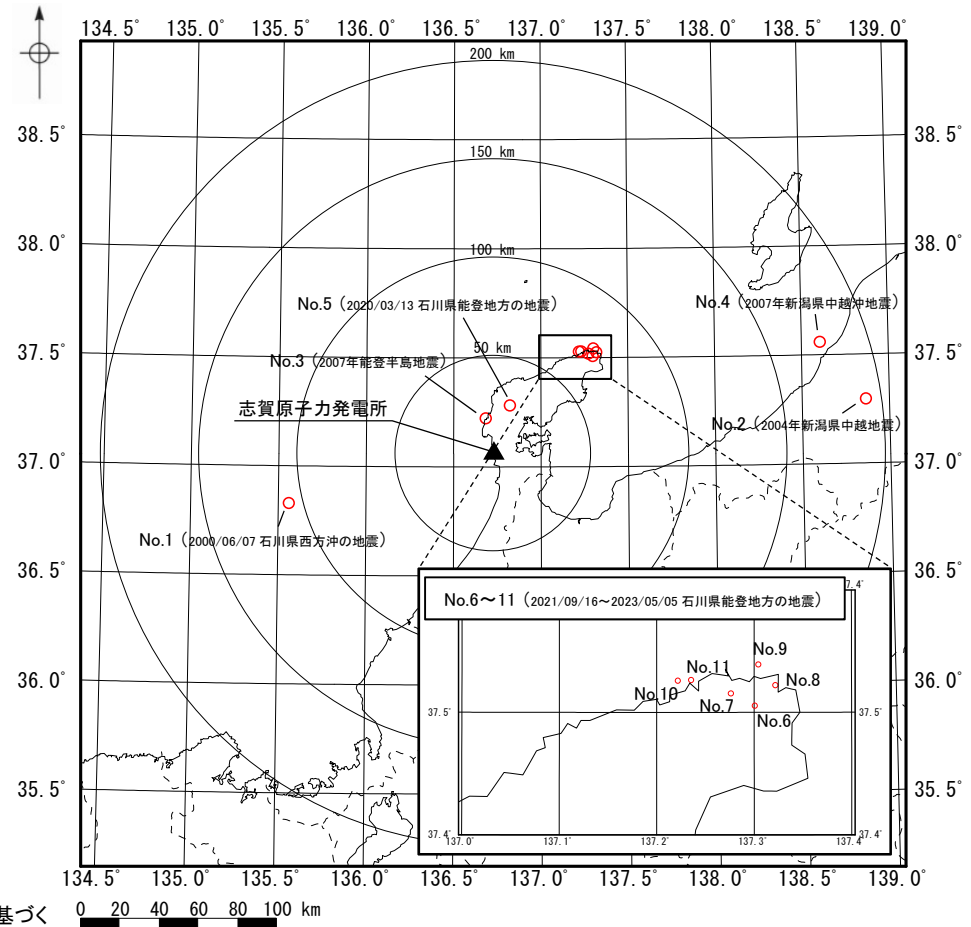


自由地盤地震観測点

主な観測地震の諸元*

No.	震源情報						震央距離 (km)
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M	
1	2000/06/07	06:16	36.8265	135.5630	21.30	6.2	106.9
2	2004/10/23	17:56	37.2925	138.8672	13.08	6.8	191.8
3	2007/03/25	09:41	37.2207	136.6860	10.70	6.9	18.1
4	2007/07/16	10:13	37.5568	138.6095	16.75	6.8	175.8
5	2020/03/13	02:18	37.2797	136.8245	12.33	5.5	25.8
6	2021/09/16	18:42	37.5053	137.3008	13.12	5.1	70.9
7	2022/06/19	15:08	37.5153	137.2763	13.14	5.4	70.1
8	2022/06/20	10:31	37.5220	137.3220	13.86	5.0	73.5
9	2023/05/05	14:42	37.5390	137.3045	12.14	6.5	73.8
10	2023/05/05	14:53	37.5257	137.2218	12.81	5.0	67.7
11	2023/05/05	21:58	37.5263	137.2355	13.70	5.9	68.6

* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

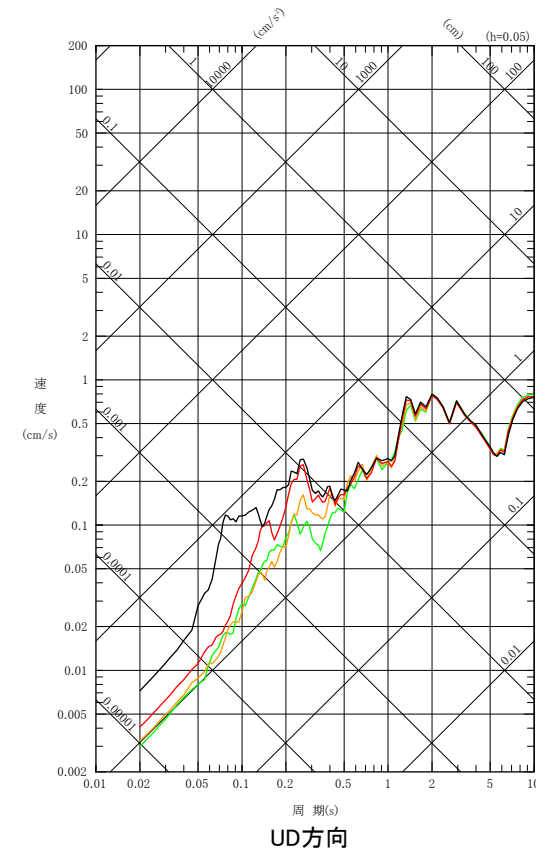
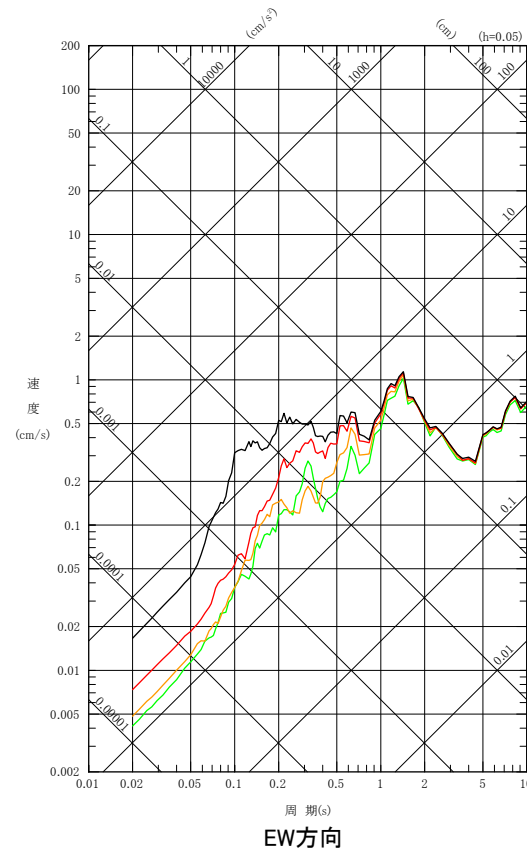
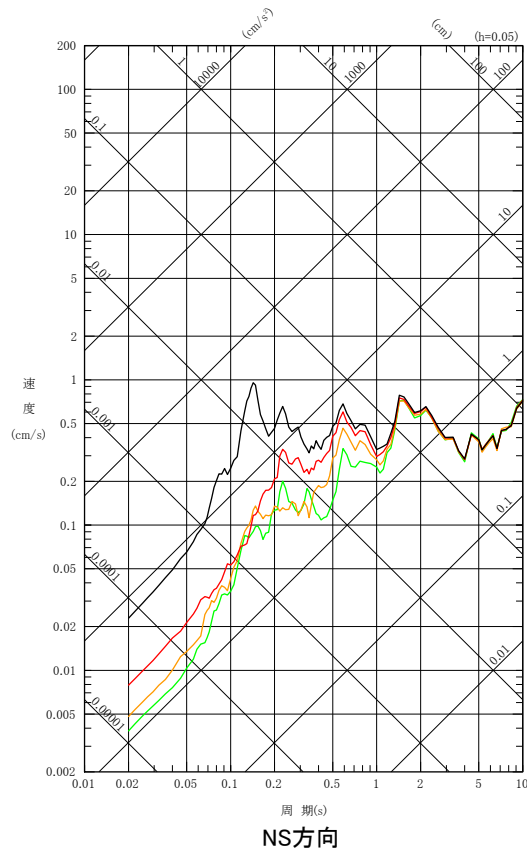


主な観測地震の震央分布図

(2) 自由地盤地震観測点における主な観測地震 - 深度別の応答スペクトル - (2/11)

○ No.2(2004年新潟県中越地震)についても, No.1の地震と同様, 表層地盤(EL-10m~EL+19.5m)において, 周期0.2秒程度より短周期側では応答が大きく増幅する傾向にあるが, 岩盤中(EL-200m~EL-10m)においてはほとんど増幅がみられない。

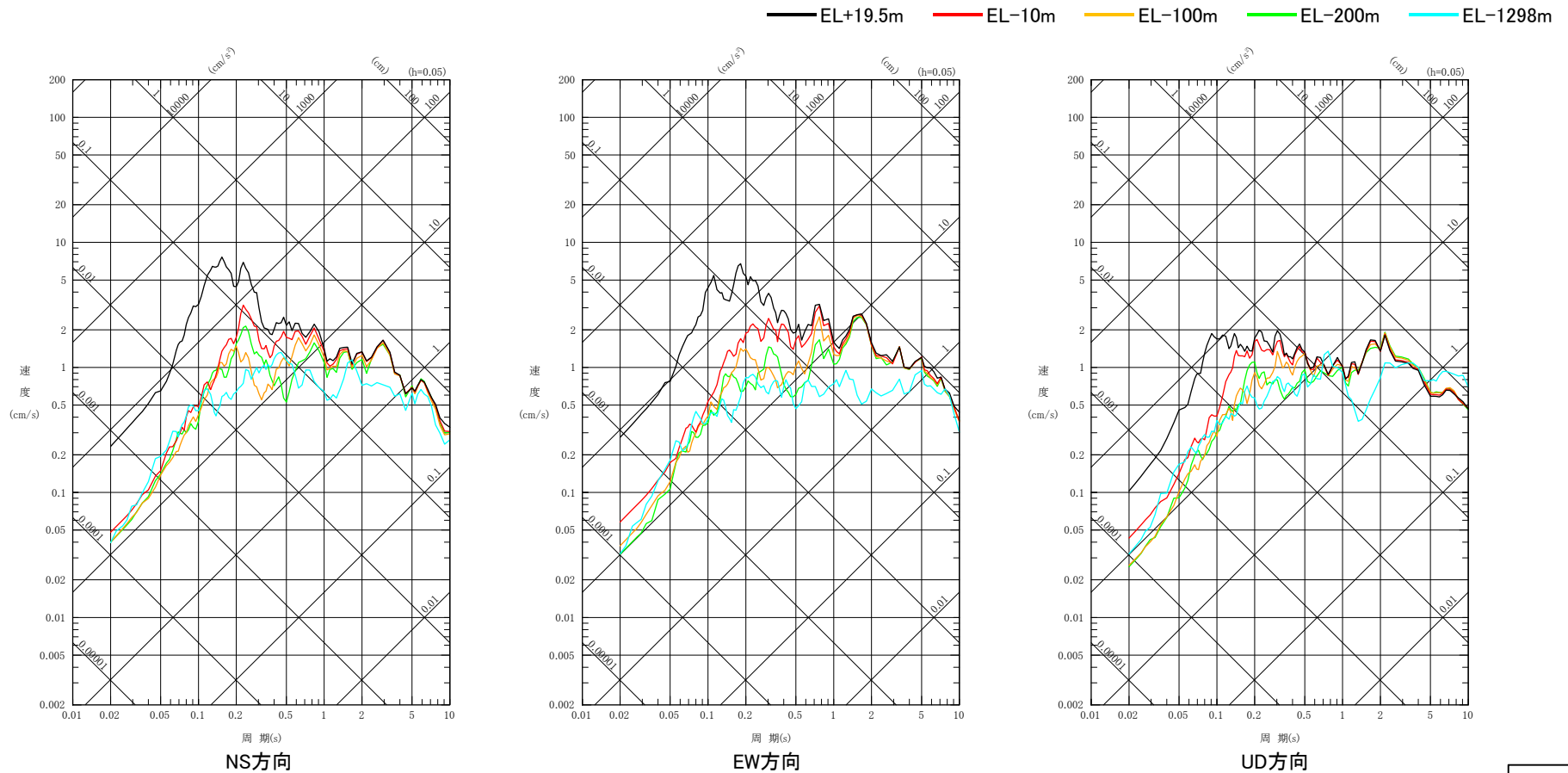
— EL+19.5m — EL-10m — EL-100m — EL-200m



深度別の擬似速度応答スペクトル(No.2(2004年新潟県中越地震))

(2) 自由地盤地震観測点における主な観測地震 - 深度別の応答スペクトル - (9/11)

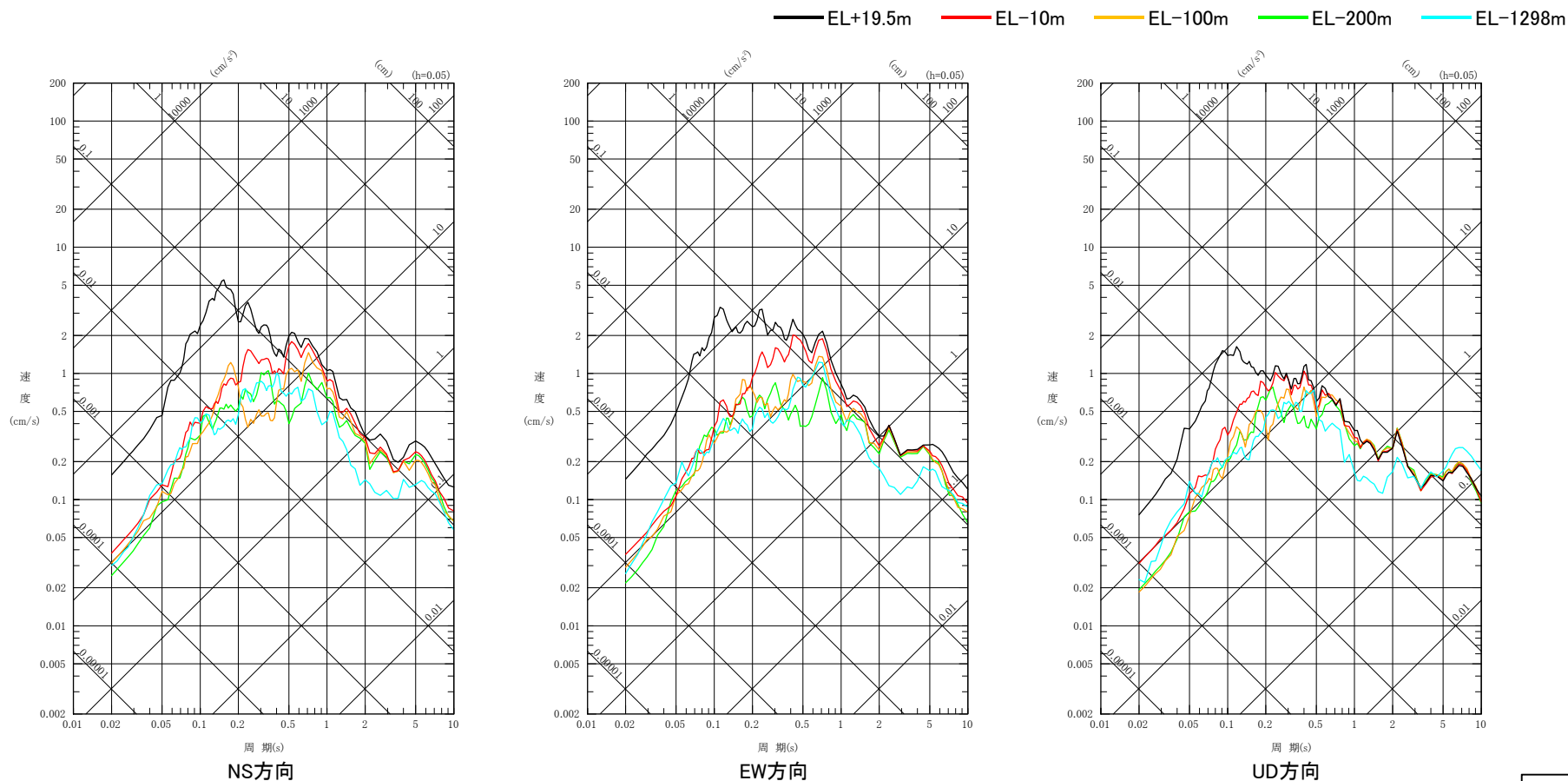
○ No.9(2023/05/05 14:42 石川県能登地方の地震)についても, No.1の地震と同様, 表層地盤(EL-10m~EL+19.5m)において, 周期0.2秒程度より短周期側では応答が大きく増幅する傾向にあるが, 岩盤中(EL-1298m~EL-10m)においてはほとんど増幅がみられない。



深度別の擬似速度応答スペクトル(No.9(2023/05/05 14:42 石川県能登地方の地震))

(2) 自由地盤地震観測点における主な観測地震 - 深度別の応答スペクトル - (11/11)

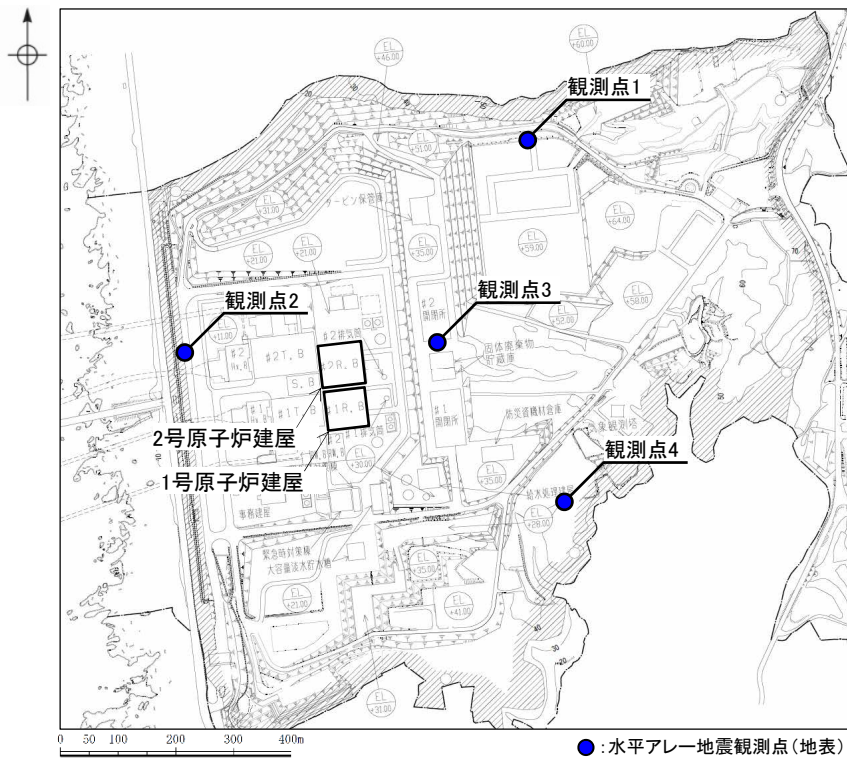
○ No.11 (2023/05/05 21:58 石川県能登地方の地震)についても, No.1の地震と同様, 表層地盤(EL-10m~EL+19.5m)において, 周期0.2秒程度より短周期側では応答が大きく増幅する傾向にあるが, 岩盤中(EL-1298m~EL-10m)においてはほとんど増幅がみられない。



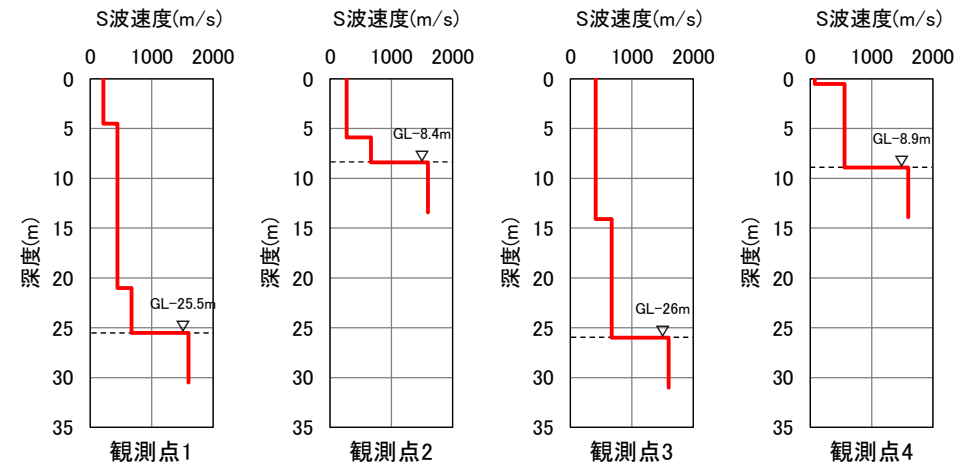
深度別の擬似速度応答スペクトル(No.11(2023/05/05 21:58 石川県能登地方の地震))

(1) 検討方法

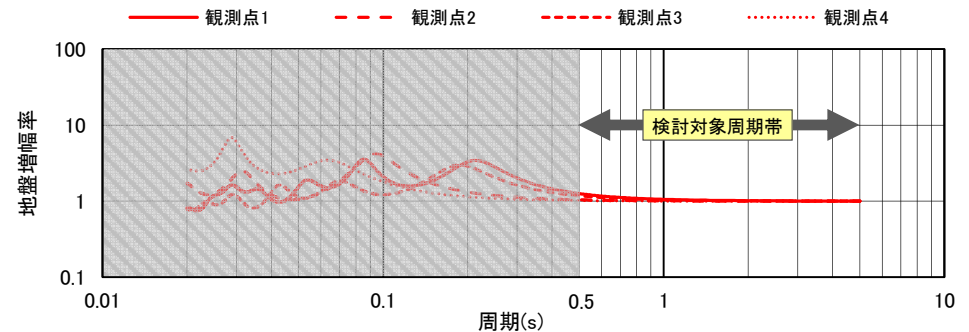
- 敷地の地震基盤以浅の速度構造を把握するため、左下図に示す水平アレー地震観測点(地表)において、観測点4に対する観測点1~3の応答スペクトル比^{※1}を確認し、地震波の到来方向ごとに比較した。
- 各観測点付近のGL-30m程度以浅の表層地盤のS波速度構造^{※2}と水平方向の地盤増幅率^{※3}を右下図に示す。
- 地盤増幅率をみると、周期0.5秒未満の短周期側では、各観測点の増幅特性が異なっており、応答スペクトル比にはS波速度1000m/s未満となる表層地盤の速度構造の違いによる影響が含まれると考えられることから、本検討では周期0.5秒以上の長周期側を対象とした、表層地盤より深部の速度構造について確認した。



水平アレー地震観測点配置図



各観測点の表層地盤のS波速度構造



各観測点の表層地盤の地盤増幅率(水平)

※1 地震基盤においては、観測点位置によらず同様の揺れであると考えられることから、観測点間の応答スペクトル比は、地震基盤以浅の速度構造の違いが反映されているものとする。

※2 半径数m程度の三角形アレー等を複数配置した微動アレー探査により推定した。

※3 表層地盤のS波速度構造より、最下層に対する地表(GL-0m)の地盤増幅率を算定した。

(2) 検討の対象とした地震 —地震の諸元—

○ 検討の対象とした地震の諸元を下表に示す。検討の対象は、2016年1月～2018年2月及び2020年10月～2023年2月に観測された地震のうち、SN 比が大きい78地震とした。

検討の対象とした地震の諸元*

No.	震源情報						震央距離 (km)	震央の方位
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		
1	2016/02/03	21:28	36.4062	137.6380	0.00	4.4	109.1	東
2	2016/03/07	05:58	35.8363	135.8663	12.59	3.9	156.2	南
3	2016/05/23	19:03	36.8070	137.8983	2.77	3.3	108.1	東
4	2016/06/23	12:59	35.7768	136.4485	8.81	3.4	144.7	南
5	2016/06/25	13:51	36.8182	137.8323	0.00	4.8	102.1	東
6	2016/06/27	03:28	36.8203	137.8392	0.00	3.4	102.6	東
7	2016/06/27	19:48	36.8172	137.8400	0.00	3.3	102.8	東
8	2016/06/27	20:11	36.8180	137.8370	0.00	2.9	102.5	東
9	2016/06/29	04:30	36.8158	137.8325	0.00	3.3	102.2	東
10	2016/07/01	08:04	36.8227	137.8457	0.00	4.6	103.1	東
11	2016/07/15	02:29	36.7330	135.2505	21.15	3.7	136.5	西
12	2016/08/20	08:14	37.2592	136.6910	8.17	3.9	22.2	北
13	2016/09/03	08:29	36.8362	137.8515	0.00	3.4	103.2	東
14	2016/09/26	04:01	38.2747	137.8308	30.89	4.0	166.3	北
15	2016/10/21	14:07	35.3805	133.8562	10.61	6.6	318.4	西
16	2016/11/15	01:46	37.3063	137.0903	8.68	2.8	42.2	東
17	2016/11/19	11:48	33.8427	135.4635	51.35	5.4	375.0	南
18	2016/12/06	09:05	36.0078	137.3443	5.11	4.5	129.3	南
19	2017/01/10	06:52	35.7957	136.9197	9.83	3.8	141.4	南
20	2017/01/17	15:53	36.5885	135.9817	21.79	3.6	84.6	西
21	2017/03/05	08:53	36.0072	137.3463	6.00	3.1	129.4	南
22	2017/04/01	19:43	37.3132	136.7688	5.11	3.6	28.3	北
23	2017/05/27	22:50	36.0662	135.5433	17.16	5.1	153.0	南
24	2017/06/25	07:02	35.8680	137.5865	6.66	5.6	153.2	南
25	2017/06/25	09:24	35.8635	137.5668	5.90	4.5	152.7	南
26	2017/06/25	15:17	35.8568	137.5843	6.60	4.7	154.1	南
27	2017/08/13	07:14	37.0970	136.8145	3.75	1.7	8.8	東
28	2017/09/08	12:42	37.2918	136.7457	7.11	3.6	25.7	北
29	2020/10/19	03:27	35.2118	136.6313	41.94	4.1	205.3	南
30	2020/11/29	17:15	36.4340	136.7155	8.65	2.5	69.6	南
31	2020/12/28	03:15	37.0360	136.4037	9.77	3.6	28.9	西
32	2021/02/13	23:07	37.7288	141.6985	55.38	7.3	446.4	東
33	2021/03/11	19:57	36.2198	137.6533	3.73	4.3	124.8	南
34	2021/07/17	18:07	36.3243	137.6155	2.57	4.3	114.0	南
35	2021/07/18	18:50	37.0382	139.2767	3.50	4.7	226.8	東
36	2021/07/24	15:11	38.0403	137.9325	18.18	3.7	152.2	北
37	2021/07/26	21:20	37.5027	137.2107	12.66	2.7	65.2	北
38	2021/07/27	17:31	36.0902	137.3172	10.42	3.2	120.0	南
39	2021/08/08	01:42	37.5112	137.2197	13.39	2.9	66.4	北
40	2021/08/14	22:38	37.5088	137.2230	13.50	4.2	66.4	北
41	2021/08/16	05:03	35.4510	136.3343	13.00	4.6	182.1	南
42	2021/08/16	08:17	35.4552	136.3303	13.33	4.4	181.7	南
43	2021/08/21	16:40	37.5163	137.2388	13.17	3.7	68.0	北
44	2021/09/16	18:42	37.5053	137.3008	13.12	5.1	70.9	東
45	2021/09/19	17:18	36.3455	137.6247	0.00	5.3	112.9	南
46	2021/09/19	17:19	36.3415	137.6198	0.99	4.9	112.9	南
47	2021/09/19	18:59	36.3033	137.6253	3.17	4.4	116.3	南
48	2021/09/19	19:04	36.2872	137.6323	4.02	4.7	118.0	南
49	2021/09/24	18:48	37.3658	138.4017	16.18	4.1	152.5	東
50	2021/09/27	19:54	36.2715	137.6327	4.37	4.3	119.3	南

No.	震源情報						震央距離 (km)	震央の方位
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		
51	2022/03/08	01:58	37.5248	137.2372	13.51	4.8	68.6	北
52	2022/03/16	23:36	37.6967	141.6230	56.61	7.4	439.3	東
53	2022/03/23	09:23	37.5150	137.2987	13.82	4.3	71.5	東
54	2022/04/04	10:26	37.5172	137.2262	13.92	4.3	67.3	北
55	2022/04/30	18:06	35.0463	135.5643	12.47	4.3	246.8	南
56	2022/05/02	14:52	37.5273	137.3017	12.45	4.1	72.7	北
57	2022/06/12	18:14	37.5120	137.2268	13.30	3.0	66.9	北
58	2022/06/16	02:27	37.5295	137.2363	12.84	4.0	68.9	北
59	2022/06/17	00:51	33.9123	134.5888	45.35	4.9	399.6	南
60	2022/06/19	15:08	37.5153	137.2763	13.14	5.4	70.1	北
61	2022/06/19	16:38	37.5152	137.2620	11.96	3.3	69.3	北
62	2022/06/19	19:22	37.5247	137.2740	11.28	3.2	70.8	北
63	2022/06/20	03:03	37.5252	137.2725	11.30	2.9	70.7	北
64	2022/06/20	10:31	37.5220	137.3220	13.86	5.0	73.5	東
65	2022/08/29	22:25	37.5197	137.2123	12.82	3.1	66.7	北
66	2022/09/07	17:48	36.5532	137.5975	3.71	3.3	96.0	東
67	2022/09/22	16:27	37.3168	137.8183	17.92	2.5	101.0	東
68	2022/10/13	11:56	37.5120	137.2170	11.38	3.1	66.3	北
69	2022/10/25	07:08	37.5217	137.2127	13.31	3.2	66.9	北
70	2022/11/14	22:27	37.5195	137.2597	11.92	4.2	69.5	北
71	2022/11/26	21:58	37.5358	137.2285	12.79	4.2	69.0	北
72	2022/12/05	02:47	37.5155	137.2237	13.78	3.2	67.0	北
73	2022/12/11	00:27	37.5260	137.2930	12.35	3.6	72.0	北
74	2022/12/11	02:22	37.5290	137.2922	12.09	3.0	72.2	北
75	2023/01/06	13:44	37.5065	137.2743	13.42	4.5	69.3	北
76	2023/01/06	23:53	37.4922	137.2168	12.45	3.9	64.7	北
77	2023/02/21	07:47	37.5098	137.2282	13.11	3.2	66.8	北
78	2023/02/21	22:53	37.5253	137.2735	11.51	4.1	70.8	北

* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net観測値データ」に基づく

到来方向	地震数
東方向	20個
西方向	4個
南方向	24個
北方向	30個
全方向	78個

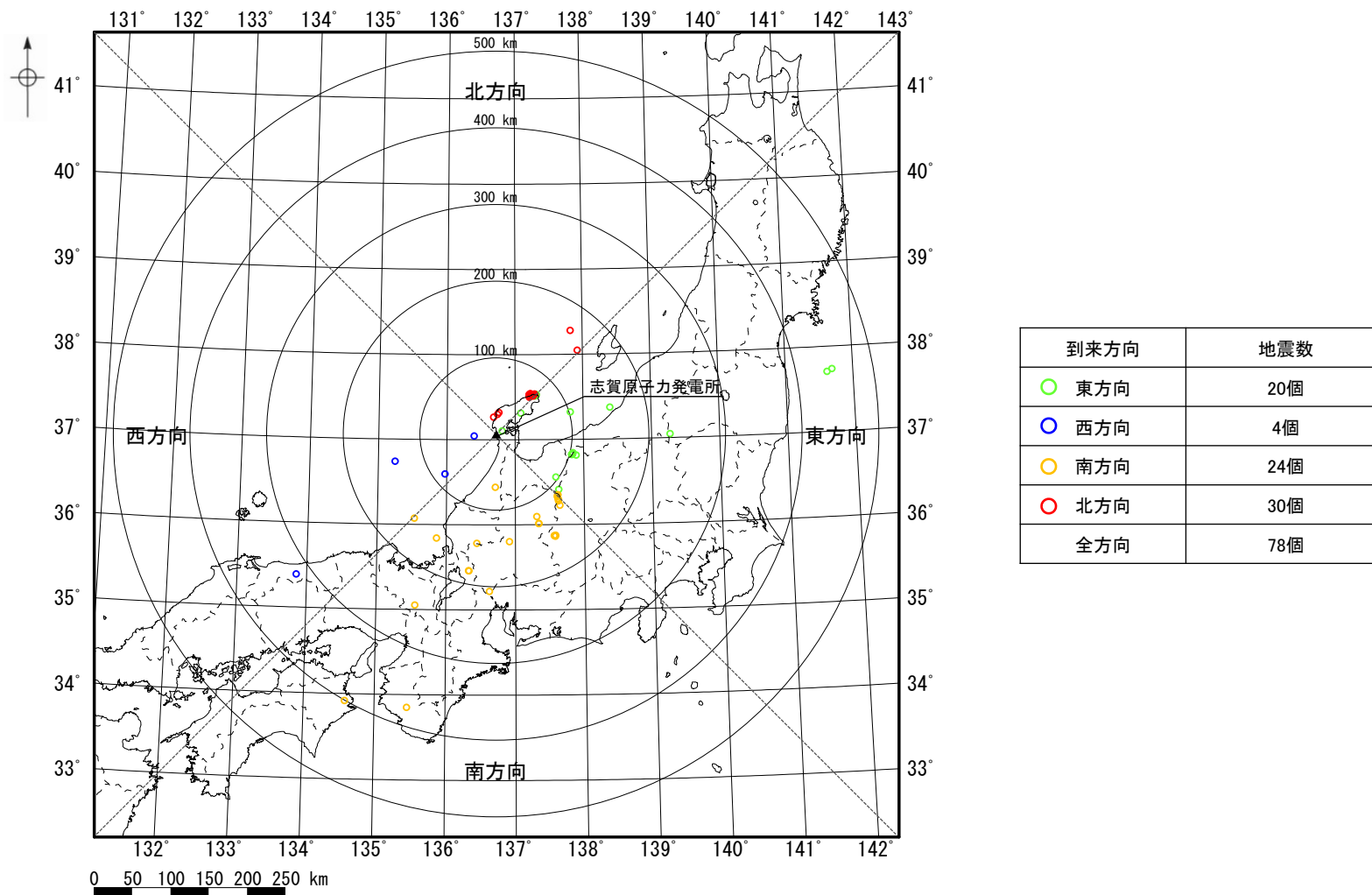
※ 観測点3のNS方向のNo.3～12及びEW方向のNo.29, 32～33, 43～48, 53～56については、地震計の不具合により適切な観測記録が得られなかったことから検討対象外とした。

※ 震央の方位は志賀原子力発電所から震央位置を望む方位を示す。

※ 検討に用いた各地震の加速度時刻歴波形及び応答スペクトルはデータ集P157～235。

(2) 検討の対象とした地震 — 震央分布図 —

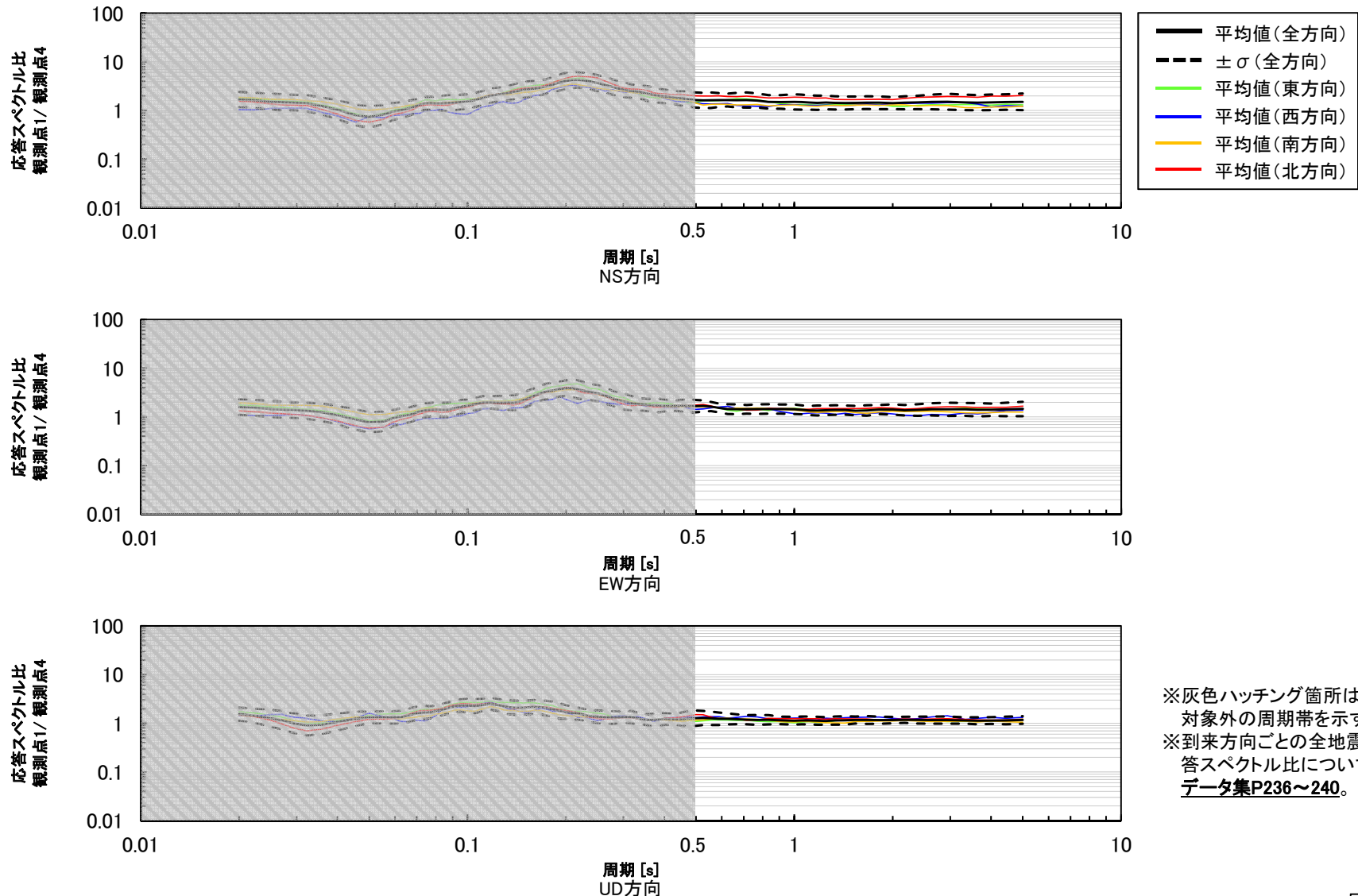
○ 検討の対象とした地震の震央分布図を下図に示す。



検討の対象とした地震の震央分布図

(3) 検討結果 ー観測点1/観測点4ー

○ 観測点4に対する観測点1の応答スペクトル比の平均値を地震波の到来方向ごとに比較した結果、検討対象とした周期帯(周期0.5秒以上)において、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。

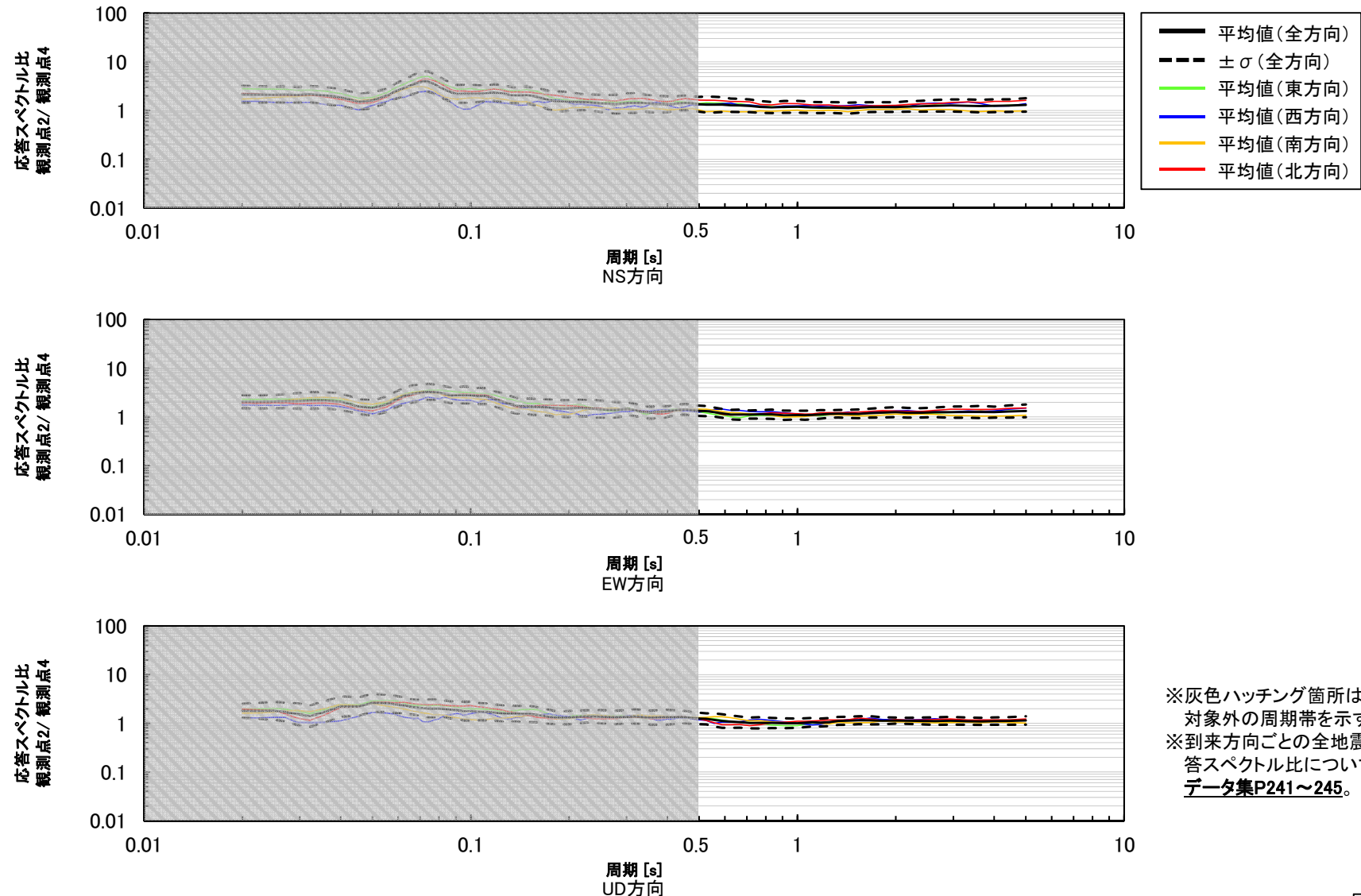


※灰色ハッチング箇所は検討対象外の周期帯を示す。
 ※到来方向ごとの全地震の応答スペクトル比については、[データ集P236~240](#)。

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

(3) 検討結果 —観測点2/観測点4—

○ 観測点4に対する観測点2の応答スペクトル比についても、観測点4に対する観測点1の応答スペクトル比と同様、検討対象とした周期帯(周期0.5秒以上)において、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。

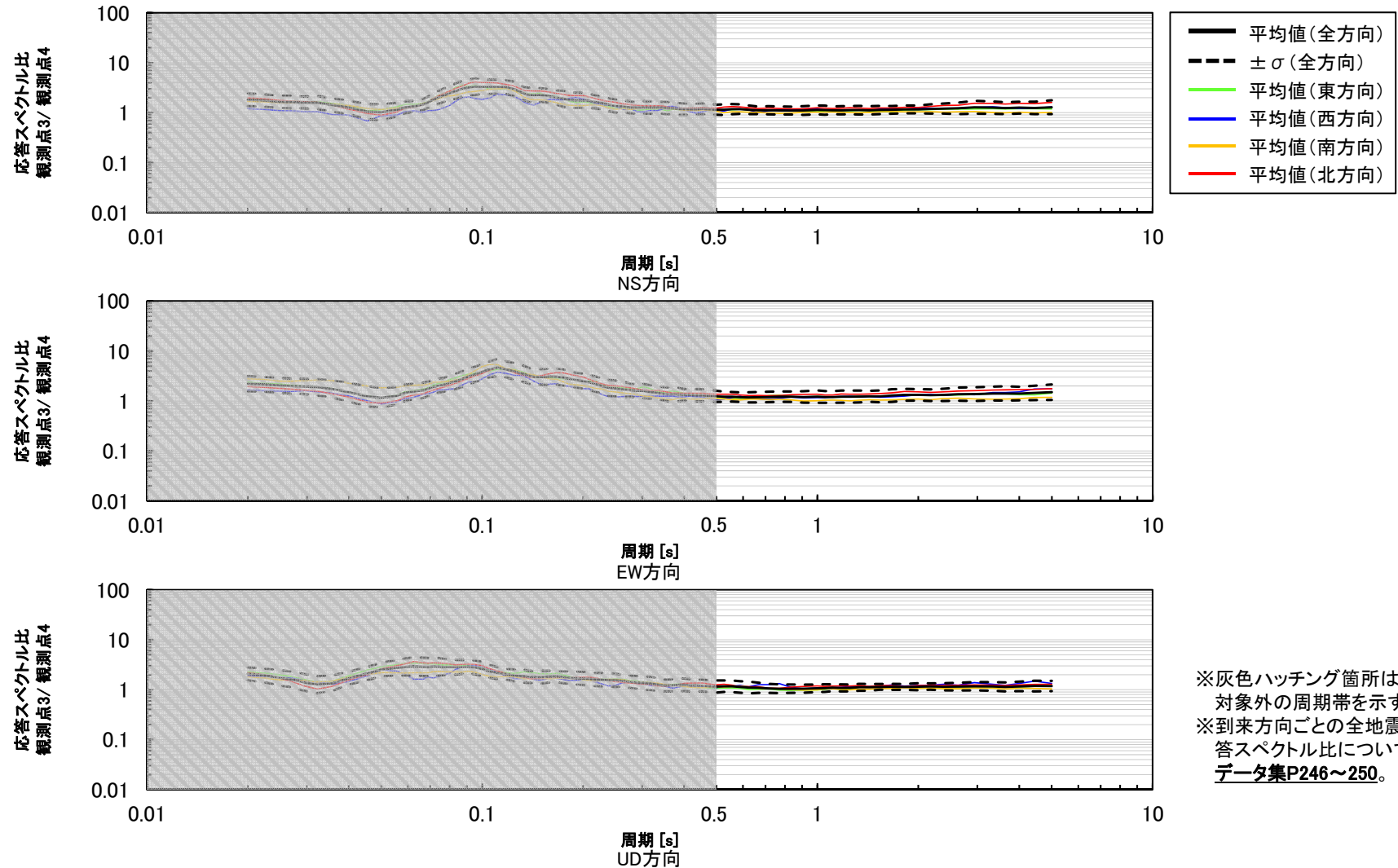


※灰色ハッチング箇所は検討対象外の周期帯を示す。
 ※到来方向ごとの全地震の応答スペクトル比については、データ集P241~245。

応答スペクトル比(観測点2/観測点4)の地震波の到来方向ごとの比較

(3) 検討結果 ー観測点3/観測点4ー

○ 観測点4に対する観測点3の応答スペクトル比についても、観測点4に対する観測点1の応答スペクトル比と同様、検討対象とした周期帯(周期0.5秒以上)において、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。



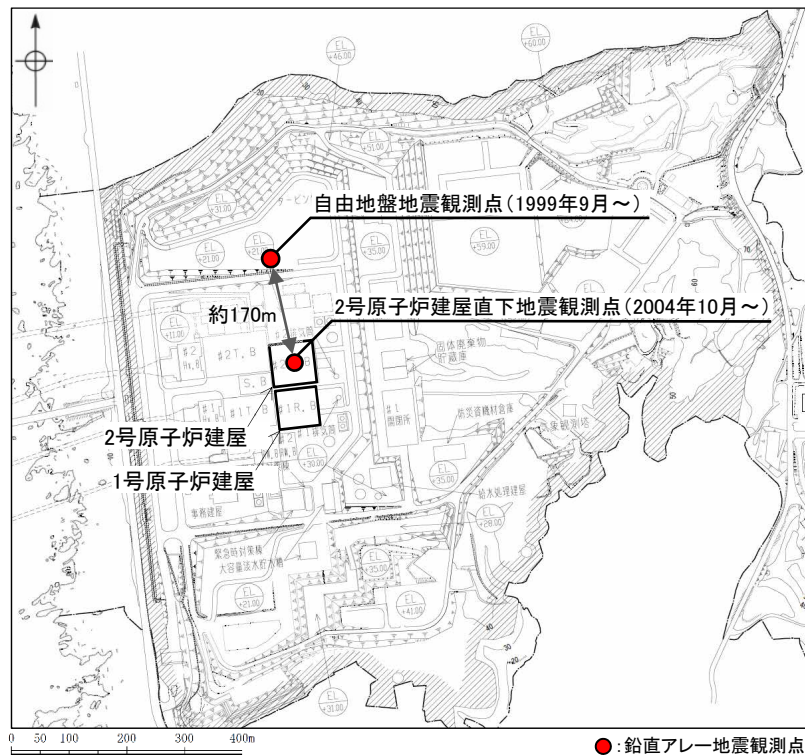
※灰色ハッチング箇所は検討対象外の周期帯を示す。
 ※到来方向ごとの全地震の応答スペクトル比については、データ集P246~250。

応答スペクトル比(観測点3/観測点4)の地震波の到来方向ごとの比較

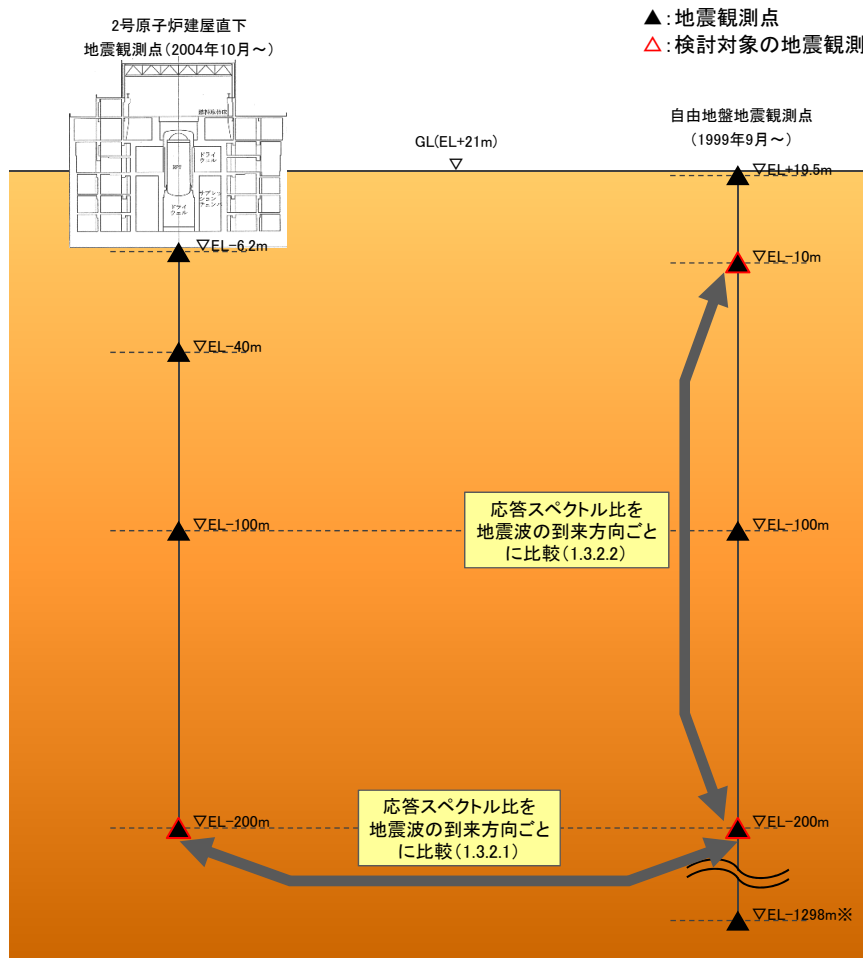
➤ 観測点4に対する観測点1~3の応答スペクトル比の周期0.5秒以上において地震波の到来方向による顕著な違いはなく、概ね1程度であることから、観測点1~4周辺において、地震基盤以浅の速度構造(表層地盤を除く)に顕著な違いはないと考えられる。

検討方法

- 敷地の地震基盤以浅の速度構造を把握するため、下図に示す鉛直アレー地震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した。
- 応答スペクトル比を用いた検討は、まず、表層地盤や建屋等の施設の影響が小さいと考えられるEL-200mにおける2号原子炉建屋直下地震観測点及び自由地盤地震観測点について行い、EL-200m～地震基盤の速度構造の把握を行った。続いて、EL-200m～EL-10mの速度構造を把握するため、自由地盤地震観測点におけるEL-200m及びEL-10mについて検討を行った。



検討対象の地震観測点配置図



※ 大深度地震計については、2019年7月より観測を開始していることから、地震数が十分でないため検討対象としていない。

鉛直アレー地震観測点断面図

(1) 検討の対象とした地震 —地震の諸元—

○ 検討の対象とした地震の諸元を下表に示す。検討の対象は、2004年10月～2023年5月に2号原子炉建屋直下EL-200mと自由地盤EL-200mで同時に観測された地震のうち、2地点のNS成分、EW成分、UD成分の最大加速度が全て1cm/s²以上を記録し、観測記録の信頼周期上限が5秒程度以上である55地震とした。

検討の対象とした地震の諸元*

No.	震源情報						震央距離 (km)	震央の方位
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		
1	2006/03/26	09:44	37.0180	136.8908	12.85	3.9	15.4	東
2	2007/03/25	09:41	37.2207	136.6860	10.70	6.9	18.1	北
3	2007/03/25	10:16	37.2300	136.6573	5.41	4.1	19.8	北
4	2007/03/25	11:19	37.2670	136.7007	6.84	4.2	23.0	北
5	2007/03/25	12:24	37.1995	136.7205	11.98	3.7	15.4	北
6	2007/03/25	13:02	37.2082	136.7180	12.48	3.9	16.4	北
7	2007/03/25	14:55	37.1660	136.6953	10.37	3.8	12.0	北
8	2007/03/25	15:43	37.2940	136.7718	8.90	4.5	26.2	北
9	2007/03/25	15:57	37.2288	136.7337	11.42	3.8	18.7	北
10	2007/03/25	16:53	37.2203	136.6657	7.72	3.7	18.5	北
11	2007/03/25	18:11	37.3043	136.8395	13.45	5.3	28.8	北
12	2007/03/26	02:14	37.1578	136.6695	11.96	4.2	11.9	北
13	2007/03/26	02:25	37.1838	136.5938	6.95	3.7	18.1	北
14	2007/03/26	07:16	37.1668	136.4893	0.00	5.3	24.2	西
15	2007/03/26	13:47	37.2703	136.6570	4.30	4.4	24.1	北
16	2007/03/26	14:46	37.1653	136.5518	8.62	4.8	19.4	西
17	2007/03/26	18:02	37.2762	136.7007	5.91	4.6	24.0	北
18	2007/03/27	11:33	37.2267	136.6793	7.43	3.8	18.9	北
19	2007/03/28	00:57	37.2510	136.7215	9.89	4.0	21.1	北
20	2007/03/28	08:08	37.2223	136.7088	13.29	4.9	18.0	北
21	2007/03/28	10:51	37.1757	136.6118	10.18	4.6	16.3	北
22	2007/03/28	13:05	37.2820	136.6832	6.79	4.7	24.9	北
23	2007/03/28	21:16	37.1903	136.5823	6.10	3.8	19.3	北
24	2007/03/31	08:09	37.2347	136.7598	13.47	4.4	19.5	北
25	2007/04/02	08:01	37.2073	136.6468	6.99	4.1	17.7	北
26	2007/04/11	22:11	37.0742	136.4268	8.20	4.3	26.7	西
27	2007/04/26	11:30	37.2342	136.7443	10.90	3.9	19.3	北
28	2007/05/02	20:44	37.3307	136.7628	6.59	4.7	30.1	北
29	2007/06/08	03:17	37.2245	136.6762	7.75	3.4	18.7	北
30	2007/06/11	03:45	37.2442	136.6547	7.29	5.0	21.3	北
31	2007/06/22	03:34	36.8780	136.6677	7.50	4.6	21.0	南
32	2007/07/16	10:13	37.5568	138.6095	16.75	6.8	175.8	東
33	2007/09/20	20:05	37.1485	136.4970	8.94	3.9	22.6	西
34	2008/01/26	04:33	37.3188	136.7733	11.30	4.8	28.9	北
35	2008/04/29	06:58	37.2325	136.7308	10.91	3.8	19.1	北
36	2008/05/02	05:46	37.2347	136.6207	3.78	4.0	21.5	北
37	2008/07/15	14:41	37.1470	136.5913	10.35	3.9	15.4	西
38	2008/07/27	10:53	37.0998	136.8142	2.08	3.2	8.9	東
39	2009/05/23	05:15	37.1438	136.5355	10.91	3.9	19.3	西
40	2013/04/04	01:58	36.7340	136.7850	12.93	4.2	36.6	南
41	2014/09/27	00:35	37.2377	136.6780	8.30	4.1	20.1	北
42	2015/02/01	00:42	37.2618	137.1442	14.84	4.4	43.3	東
43	2015/04/21	05:15	36.9450	136.7195	7.58	3.1	12.9	南
44	2020/03/13	02:18	37.2797	136.8245	12.33	5.5	25.8	北
45	2020/04/06	05:00	37.2677	136.8118	12.05	4.0	24.2	北
46	2021/09/16	18:42	37.5053	137.3008	13.12	5.1	70.9	東
47	2022/06/19	15:08	37.5153	137.2763	13.14	5.4	70.1	北
48	2022/06/20	10:31	37.5220	137.3220	13.86	5.0	73.5	東
49	2023/01/06	13:44	37.5065	137.2743	13.42	4.5	69.3	北
50	2023/05/05	14:42	37.5390	137.3045	12.14	6.5	73.8	北

No.	震源情報						震央距離 (km)	震央の方位
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		
51	2023/05/05	14:53	37.5257	137.2218	12.81	5.0	67.7	北
52	2023/05/05	21:58	37.5263	137.2355	13.70	5.9	68.6	北
53	2023/05/09	05:14	37.5208	137.3103	14.52	4.7	72.7	東
54	2023/05/09	05:16	37.5262	137.3173	13.86	4.4	73.6	東
55	2023/05/10	07:14	37.6010	137.2857	12.34	4.9	77.8	北

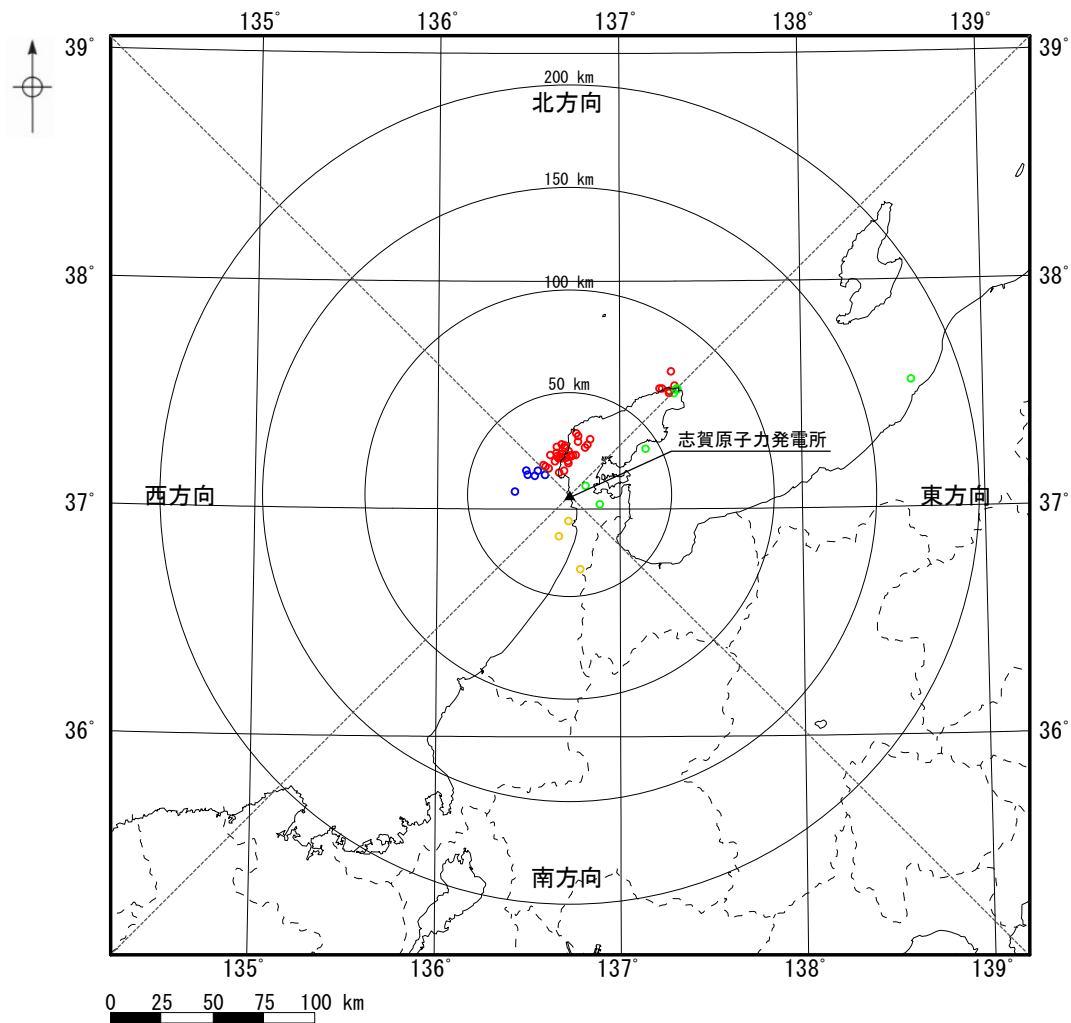
* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

到来方向	地震数
東方向	8個
西方向	6個
南方向	3個
北方向	38個
全方向	55個

※ 震央の方位は志賀原子力発電所から震央位置を望む方位を示す。
 ※ 検討に用いた各地震の加速度時刻歴波形及び応答スペクトルはデータ集P252～307。

(1) 検討の対象とした地震 — 震央分布図 —

○ 検討の対象とした地震の震央分布図を下図に示す。

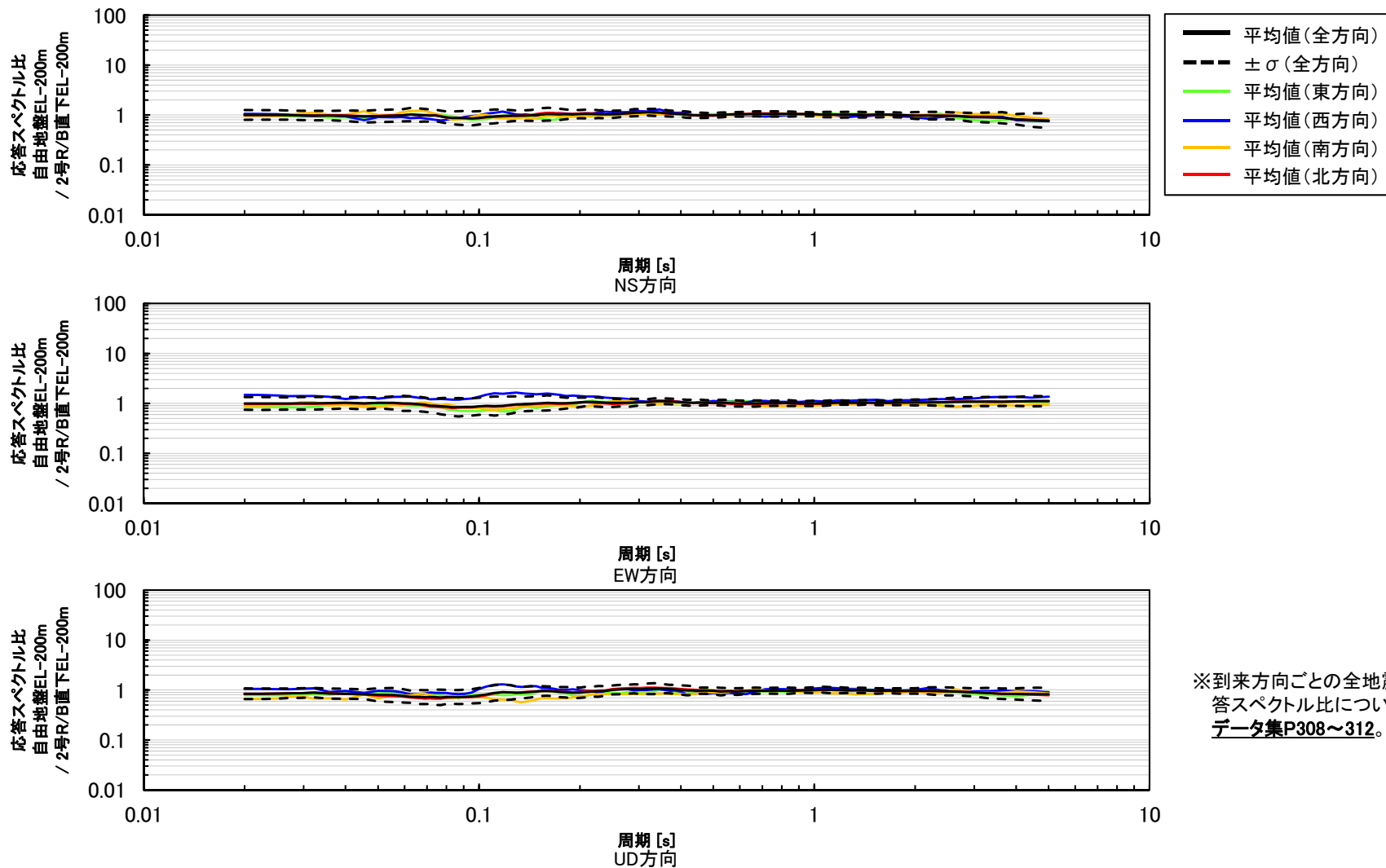


到来方向	地震数
東方向	8個
西方向	6個
南方向	3個
北方向	38個
全方向	55個

検討の対象とした地震の震央分布図

(2) 検討結果

○ 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を地震波の到来方向ごとに比較した結果、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。



※到来方向ごとの全地震の応答スペクトル比については、データ集P308~312。

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

➤ 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において、EL-200m～地震基盤の速度構造に顕著な違いはないと考えられる。

(1)検討の対象とした地震 ー地震の諸元ー

○ 検討の対象とした地震の諸元を下表に示す。検討の対象は、1999年9月～2023年5月に自由地盤EL-200mと自由地盤EL-10mで同時に観測された地震のうち、2地点のNS成分、EW成分、UD成分の最大加速度が全て1cm/s²以上を記録し、観測記録の信頼周期上限が5秒程度以上である83地震とした。

検討の対象とした地震の諸元*

No.	震源情報						震央距離 (km)	震央の方位
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		
1	2000/06/07	06:16	36.8265	135.5630	21.30	6.2	106.9	西
2	2001/01/22	09:43	37.1975	136.7928	17.69	3.7	16.3	北
3	2004/10/23	18:34	37.3063	138.9300	14.17	6.5	197.5	東
4	2006/03/26	09:44	37.0180	136.8908	12.85	3.9	15.4	東
5	2007/03/25	09:41	37.2207	136.6860	10.70	6.9	18.1	北
6	2007/03/25	10:10	37.2540	136.6867	5.95	3.6	21.7	北
7	2007/03/25	10:16	37.2300	136.6573	5.41	4.1	19.8	北
8	2007/03/25	10:21	37.1768	136.6190	8.56	3.5	16	北
9	2007/03/25	10:36	37.1972	136.6995	11.20	4.1	15.3	北
10	2007/03/25	11:19	37.2670	136.7007	6.84	4.2	23	北
11	2007/03/25	11:25	37.1993	136.7040	12.02	3.3	15.5	北
12	2007/03/25	11:43	37.2165	136.6927	8.55	3.6	17.5	北
13	2007/03/25	12:24	37.1995	136.7205	11.98	3.7	15.4	北
14	2007/03/25	13:02	37.2082	136.7180	12.48	3.9	16.4	北
15	2007/03/25	13:56	37.2143	136.6877	10.17	3.5	17.4	北
16	2007/03/25	14:08	37.2065	136.7062	12.50	3.5	16.3	北
17	2007/03/25	14:55	37.1660	136.6953	10.37	3.8	12	北
18	2007/03/25	15:43	37.2940	136.7718	8.90	4.5	26.2	北
19	2007/03/25	15:57	37.2288	136.7337	11.42	3.8	18.7	北
20	2007/03/25	16:53	37.2203	136.6657	7.72	3.7	18.5	北
21	2007/03/25	17:08	37.1823	136.6767	10.31	3.4	14.2	北
22	2007/03/25	17:54	37.2437	136.7302	9.91	3.8	20.3	北
23	2007/03/25	18:11	37.3043	136.8395	13.45	5.3	28.8	北
24	2007/03/25	19:02	37.1868	136.6477	10.69	3.5	15.6	北
25	2007/03/26	02:14	37.1578	136.6695	11.96	4.2	11.9	北
26	2007/03/26	02:25	37.1838	136.5938	6.95	3.7	18.1	北
27	2007/03/26	02:34	37.2102	136.7128	11.98	3.5	16.6	北
28	2007/03/26	03:21	37.2345	136.7445	11.13	3.6	19.3	北
29	2007/03/26	07:16	37.1668	136.4893	0.00	5.3	24.2	西
30	2007/03/26	11:58	37.2183	136.7320	13.58	3.6	17.5	北
31	2007/03/26	13:47	37.2703	136.6570	4.30	4.4	24.1	北
32	2007/03/26	14:46	37.1653	136.5518	8.62	4.8	19.4	西
33	2007/03/26	18:02	37.2762	136.7007	5.91	4.6	24	北
34	2007/03/26	18:26	37.1935	136.6602	10.03	3.6	15.9	北
35	2007/03/26	21:30	37.1863	136.6473	9.55	3.9	15.6	北
36	2007/03/27	11:33	37.2267	136.6793	7.43	3.8	18.9	北
37	2007/03/28	00:57	37.2510	136.7215	9.89	4	21.1	北
38	2007/03/28	08:08	37.2223	136.7088	13.29	4.9	18	北
39	2007/03/28	10:51	37.1757	136.6118	10.18	4.6	16.3	北
40	2007/03/28	13:05	37.2820	136.6832	6.79	4.7	24.9	北
41	2007/03/28	21:16	37.1903	136.5823	6.10	3.8	19.3	北
42	2007/03/29	03:17	37.1610	136.6705	10.55	3.2	12.2	北
43	2007/03/29	10:46	37.2297	136.6888	8.31	3.8	19	北
44	2007/03/29	15:34	37.1782	136.6275	10.83	3.5	15.7	北
45	2007/03/31	08:09	37.2347	136.7598	13.47	4.4	19.5	北
46	2007/04/02	02:51	37.2105	136.6898	12.41	4.2	16.9	北
47	2007/04/02	08:01	37.2073	136.6468	6.99	4.1	17.7	北
48	2007/04/11	22:11	37.0742	136.4268	8.20	4.3	26.7	西
49	2007/04/26	11:30	37.2342	136.7443	10.90	3.9	19.3	北
50	2007/05/02	20:44	37.3307	136.7628	6.59	4.7	30.1	北

No.	震源情報						震央距離 (km)	震央の方位
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		
51	2007/05/11	02:12	37.1185	136.3117	10.56	4.5	37.4	西
52	2007/06/08	03:17	37.2245	136.6762	7.75	3.4	18.7	北
53	2007/06/11	03:45	37.2442	136.6547	7.29	5	21.3	北
54	2007/06/22	03:34	36.8780	136.6677	7.50	4.6	21	南
55	2007/07/09	16:00	37.3243	136.7580	10.04	4.2	29.4	北
56	2007/07/16	10:13	37.5568	138.6095	16.75	6.8	175.8	東
57	2007/08/16	18:52	37.0703	136.7162	2.50	0.7	1.4	北
58	2007/09/20	20:05	37.1485	136.4970	8.94	3.9	22.6	西
59	2007/12/18	02:53	37.2365	136.7477	9.22	3.9	19.6	北
60	2008/01/26	04:33	37.3188	136.7733	11.30	4.8	28.9	北
61	2008/04/29	06:58	37.2325	136.7308	10.91	3.8	19.1	北
62	2008/05/02	05:46	37.2347	136.6207	3.78	4	21.5	北
63	2008/07/15	14:41	37.1470	136.5913	10.35	3.9	15.4	西
64	2008/07/27	10:53	37.0998	136.8142	2.08	3.2	8.9	東
65	2009/05/23	05:15	37.1438	136.5355	10.91	3.9	19.3	西
66	2012/11/16	15:57	37.1613	136.5583	9.50	3.6	18.7	西
67	2013/04/04	01:58	36.7340	136.7850	12.93	4.2	36.6	南
68	2014/09/27	00:35	37.2377	136.6780	8.30	4.1	20.1	北
69	2015/02/01	00:42	37.2618	137.1442	14.84	4.4	43.3	東
70	2015/04/21	05:15	36.9450	136.7195	7.58	3.1	12.9	南
71	2018/01/05	11:02	36.8712	136.9803	13.65	4	30.9	東
72	2020/03/13	02:18	37.2797	136.8245	12.33	5.5	25.8	北
73	2020/04/06	05:00	37.2677	136.8118	12.05	4	24.2	北
74	2021/09/16	18:42	37.5053	137.3008	13.12	5.1	70.9	東
75	2022/06/19	15:08	37.5153	137.2763	13.14	5.4	70.1	北
76	2022/06/20	10:31	37.5220	137.3220	13.86	5	73.5	東
77	2023/01/06	13:44	37.5065	137.2743	13.42	4.5	69.3	北
78	2023/05/05	14:42	37.5390	137.3045	12.14	6.5	73.8	北
79	2023/05/05	14:53	37.5257	137.2218	12.81	5	67.7	北
80	2023/05/05	21:58	37.5263	137.2355	13.70	5.9	68.6	北
81	2023/05/09	05:14	37.5208	137.3103	14.52	4.7	72.7	東
82	2023/05/09	05:16	37.5262	137.3173	13.86	4.4	73.6	東
83	2023/05/10	07:14	37.6010	137.2857	12.34	4.9	77.8	北

* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく

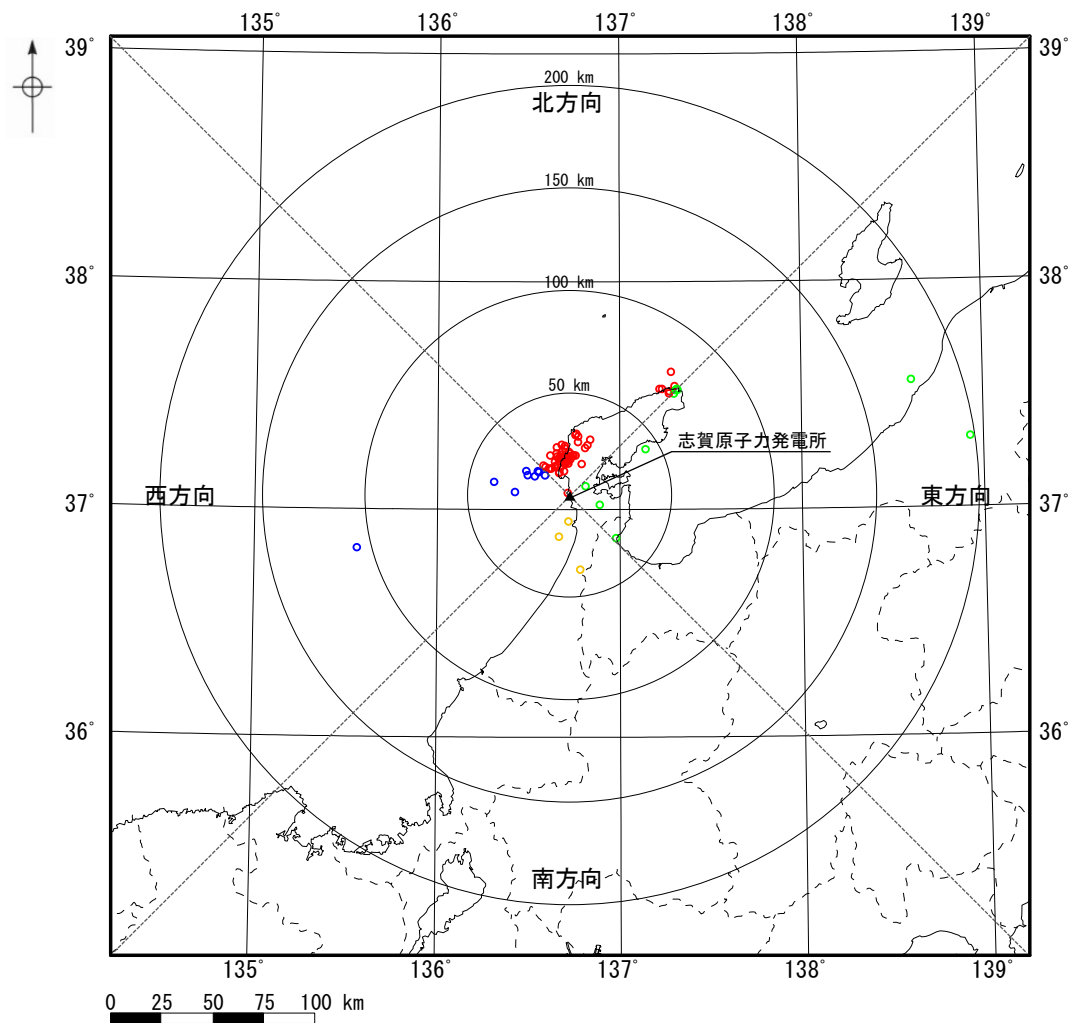
到来方向	地震数
東方向	10個
西方向	9個
南方向	3個
北方向	61個
全方向	83個

※ 震央の方位は志賀原子力発電所から震央位置を望む方位を示す。

※ 検討に用いた各地震の加速度時刻歴波形及び応答スペクトルはデータ集P313～396。

(1) 検討の対象とした地震 — 震央分布図 —

○ 検討の対象とした地震の震央分布図を下図に示す。

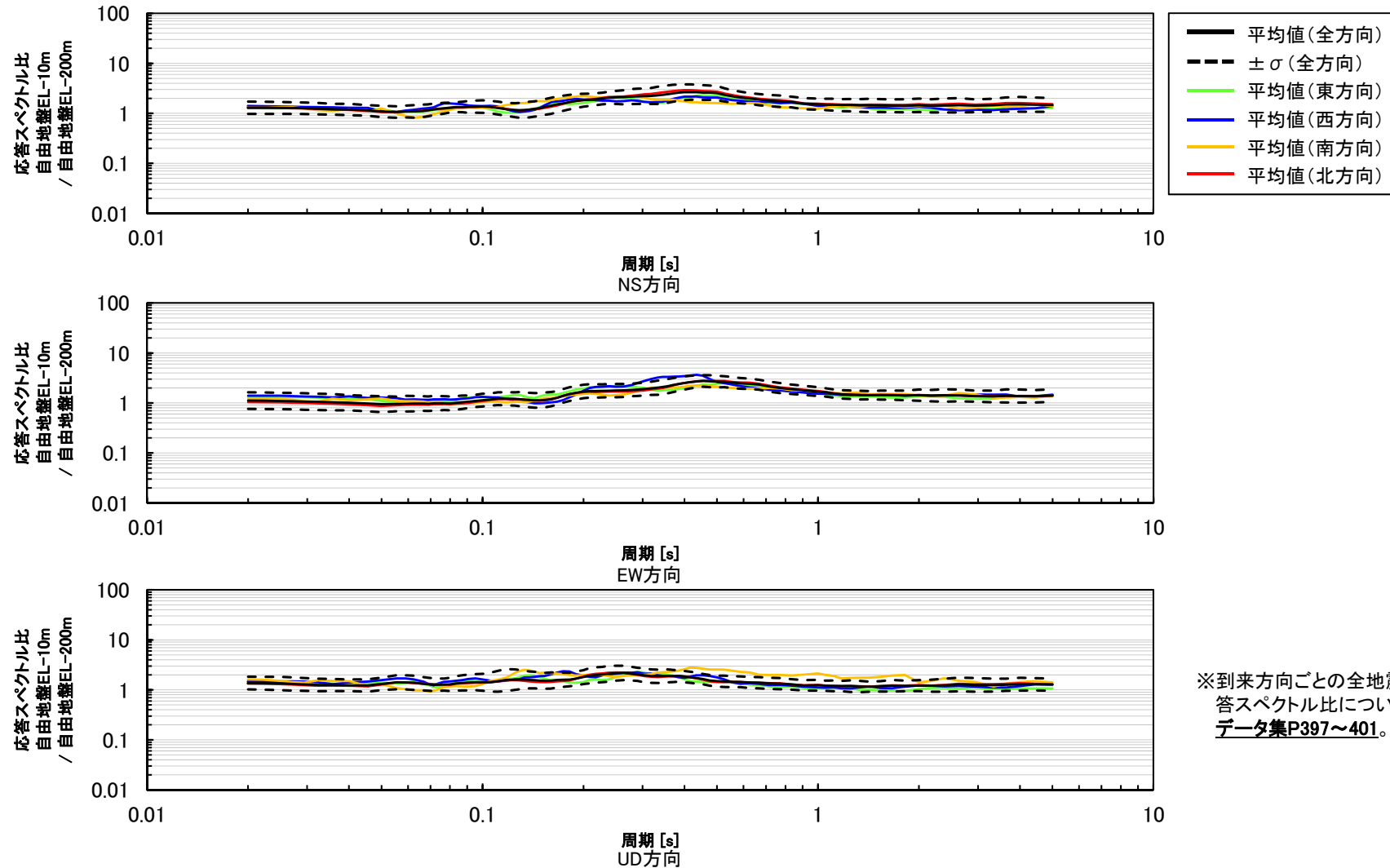


到来方向	地震数
東方向	10個
西方向	9個
南方向	3個
北方向	61個
全方向	83個

検討の対象とした地震の震央分布図

(2) 検討結果

○ 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を地震波の到来方向ごとに比較した結果、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。



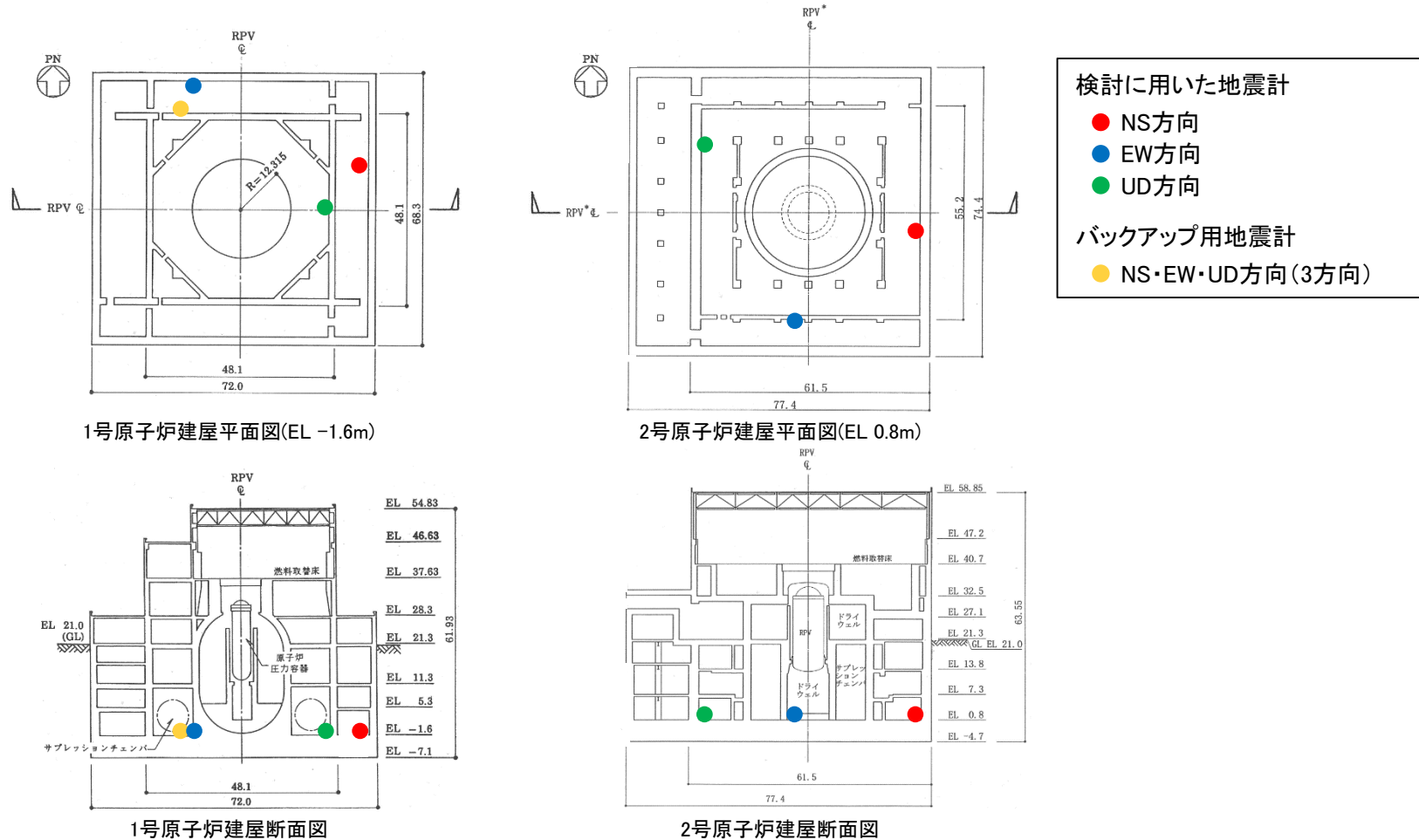
※到来方向ごとの全地震の応答スペクトル比については、データ集P397~401。

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

➤ 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。

(1) 検討方法

- 敷地の地震基盤以浅の速度構造を把握するため、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号で比較した。
- 検討に用いる1号及び2号原子炉建屋基礎版上の地震計の設置位置を下図に示す。



検討に用いる1号及び2号原子炉建屋基礎版上の地震計設置位置

※ 断面図の地震計設置位置は、平面図に示される地震計設置位置を当該断面に投影して示す。

※ 2007年3月25日能登半島地震本震(M6.9)については、検討に用いた地震計のうち1号原子炉建屋基礎版上の地震計の不具合により、観測記録が得られていないことから、バックアップ用地震計により得られた観測記録を用いた。

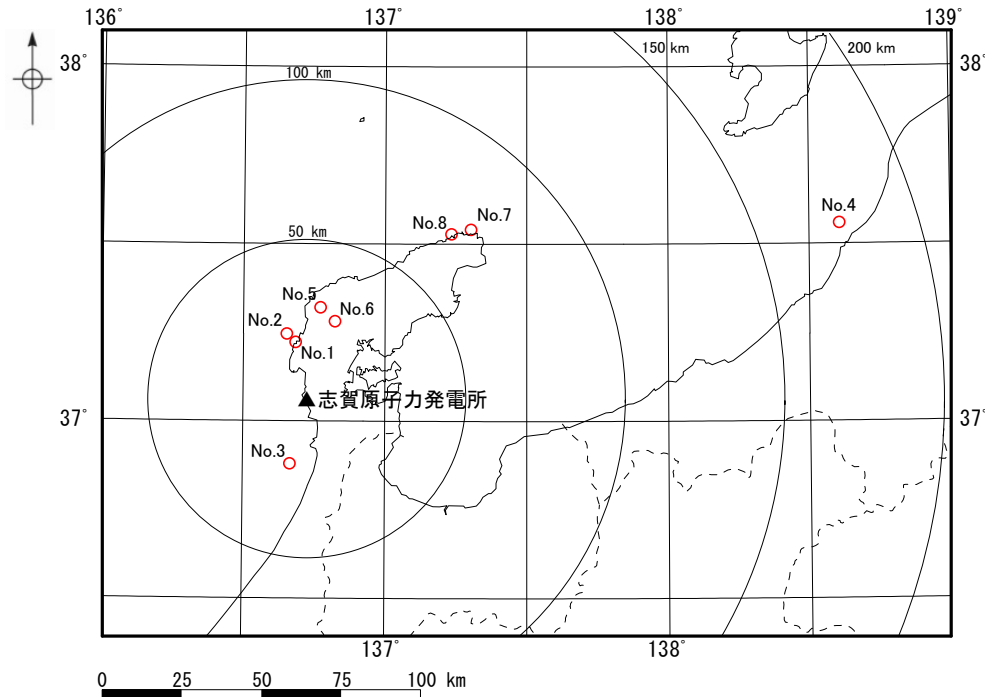
(2) 検討の対象とした地震

- 検討の対象とした地震の諸元及び震央分布図を下記に示す。
- 検討の対象は、2004年10月～2023年5月に1号と2号で同時に観測された地震のうち、最大加速度10cm/s²程度以上を記録し、観測記録の信頼周期上限が5秒程度以上である8地震とした。

検討の対象とした地震の諸元*

No.	震源情報						震央距離 (km)	原子炉建屋基礎版上最大加速度 (cm/s ²)					
	日付	時刻	北緯 (°)	東経 (°)	深さ (km)	M		1号			2号		
								NS	EW	UD	NS	EW	UD
1	2007/03/25	09:41	37.2207	136.6860	10.70	6.9	18.1	163.2	239.4	150.8	179.4	254.2	204.2
2	2007/06/11	03:45	37.2442	136.6547	7.29	5.0	21.3	34.9	30.4	18.1	36.2	33.2	17.4
3	2007/06/22	03:34	36.8780	136.6677	7.50	4.6	21.0	20.2	24.8	10.6	22.1	26.5	13.0
4	2007/07/16	10:13	37.5568	138.6095	16.75	6.8	175.8	5.9	5.9	2.9	6.1	7.2	3.9
5	2008/01/26	04:33	37.3188	136.7733	11.30	4.8	28.9	9.3	6.9	4.5	7.5	8.2	5.0
6	2020/03/13	02:18	37.2797	136.8245	12.33	5.5	25.8	29.2	19.6	16.4	31.7	21.5	16.9
7	2023/05/05	14:42	37.5390	137.3045	12.14	6.5	73.8	18.4	20.8	14.0	24.1	17.6	11.9
8	2023/05/05	21:58	37.5263	137.2355	13.70	5.9	68.6	10.3	12.1	7.9	11.2	12.3	9.7

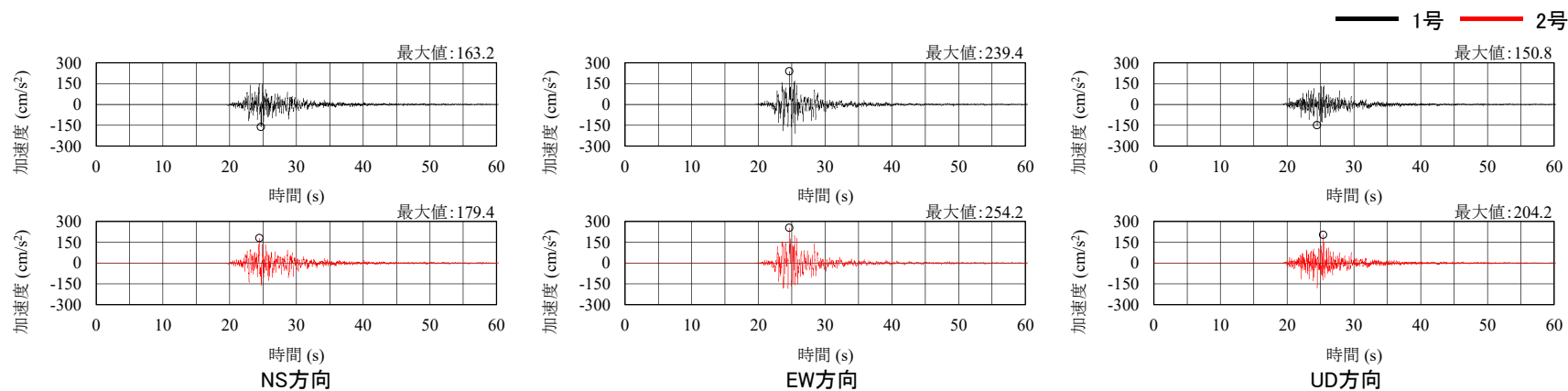
* 気象庁「地震月報(カタログ編)」または防災科学技術研究所「Hi-net検測値データ」に基づく



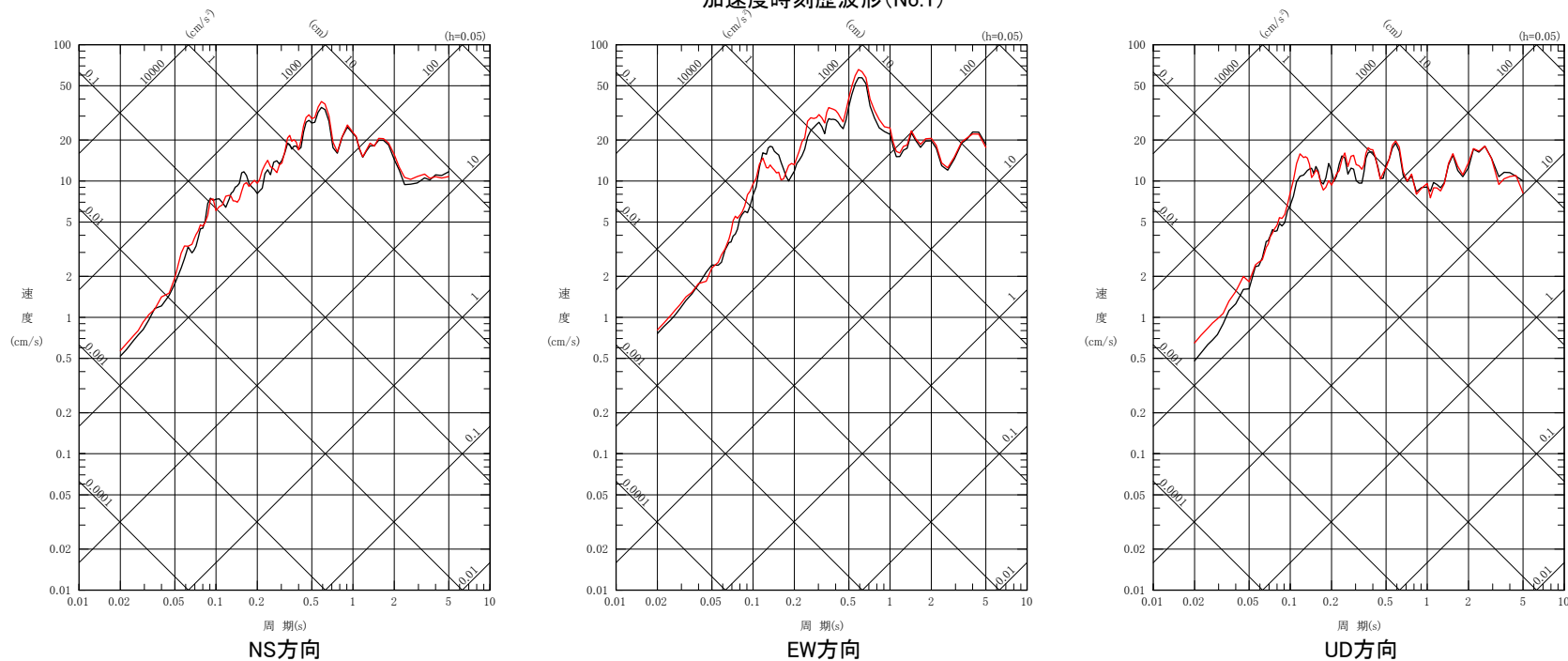
検討の対象とした地震の震央分布図

(3) 検討結果(1/8)

○ No.1の地震について、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を比較した結果、1号と2号に顕著な違いはない。



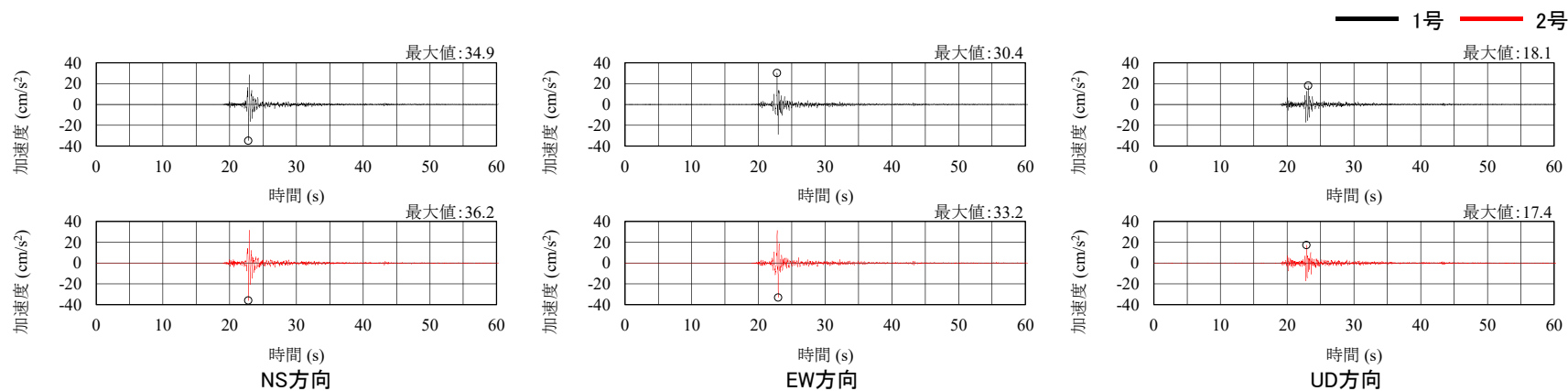
加速度時刻歴波形(No.1)



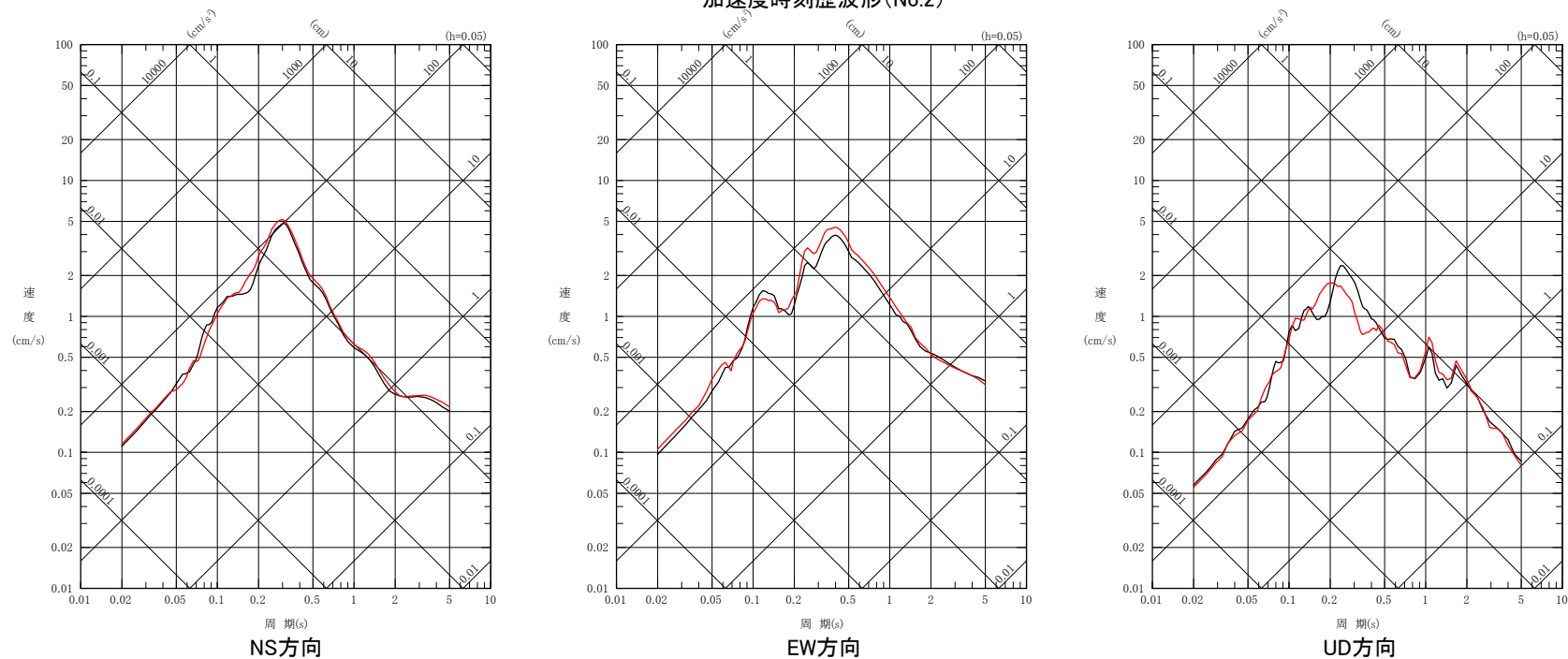
擬似速度応答スペクトル(No.1)

(3) 検討結果 (2/8)

○ No.2の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



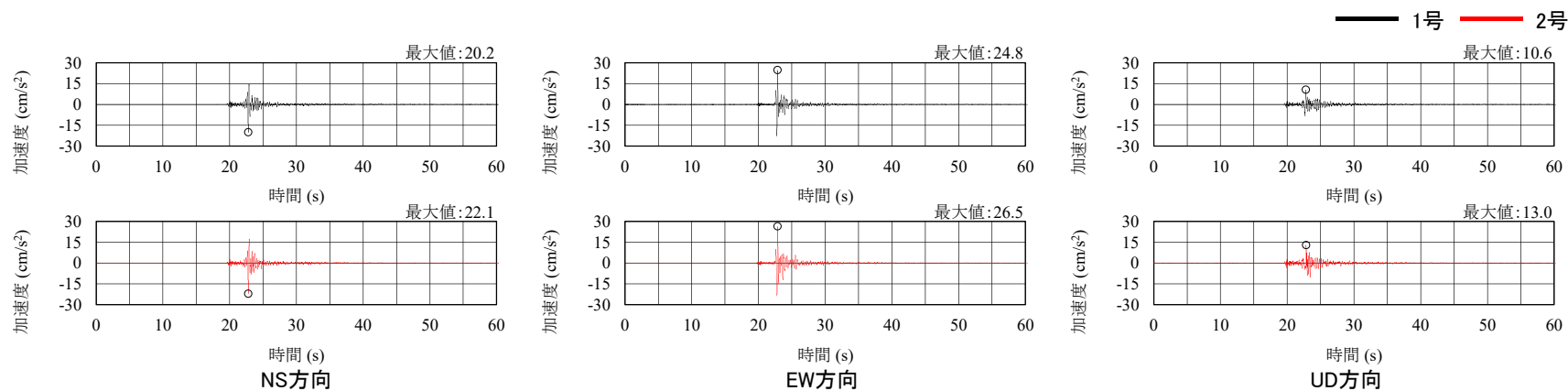
加速度時刻歴波形 (No.2)



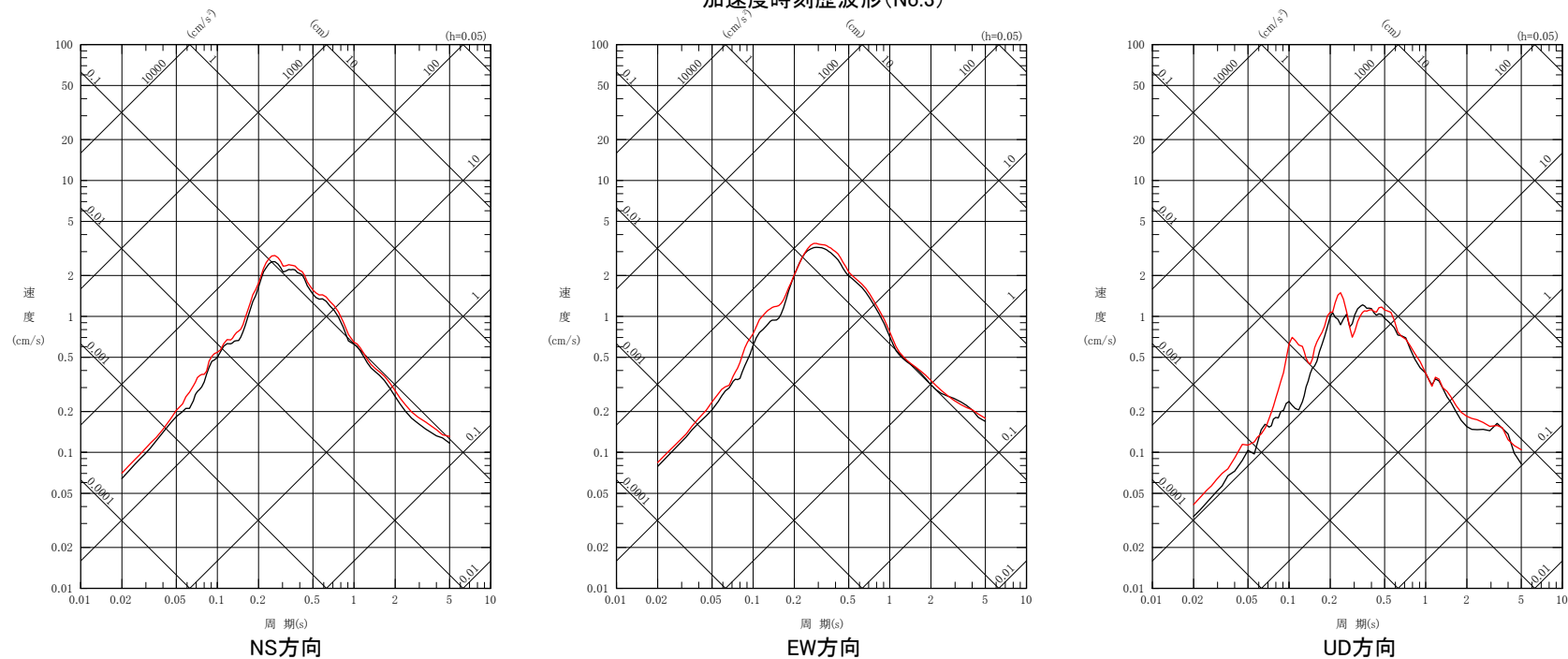
擬似速度応答スペクトル (No.2)

(3) 検討結果 (3/8)

○ No.3の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



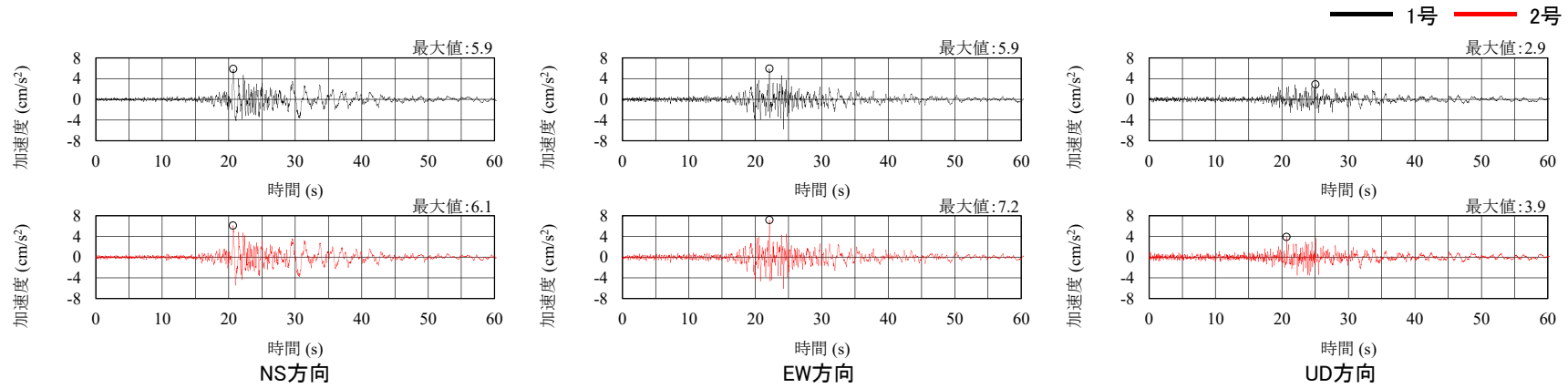
加速度時刻歴波形 (No.3)



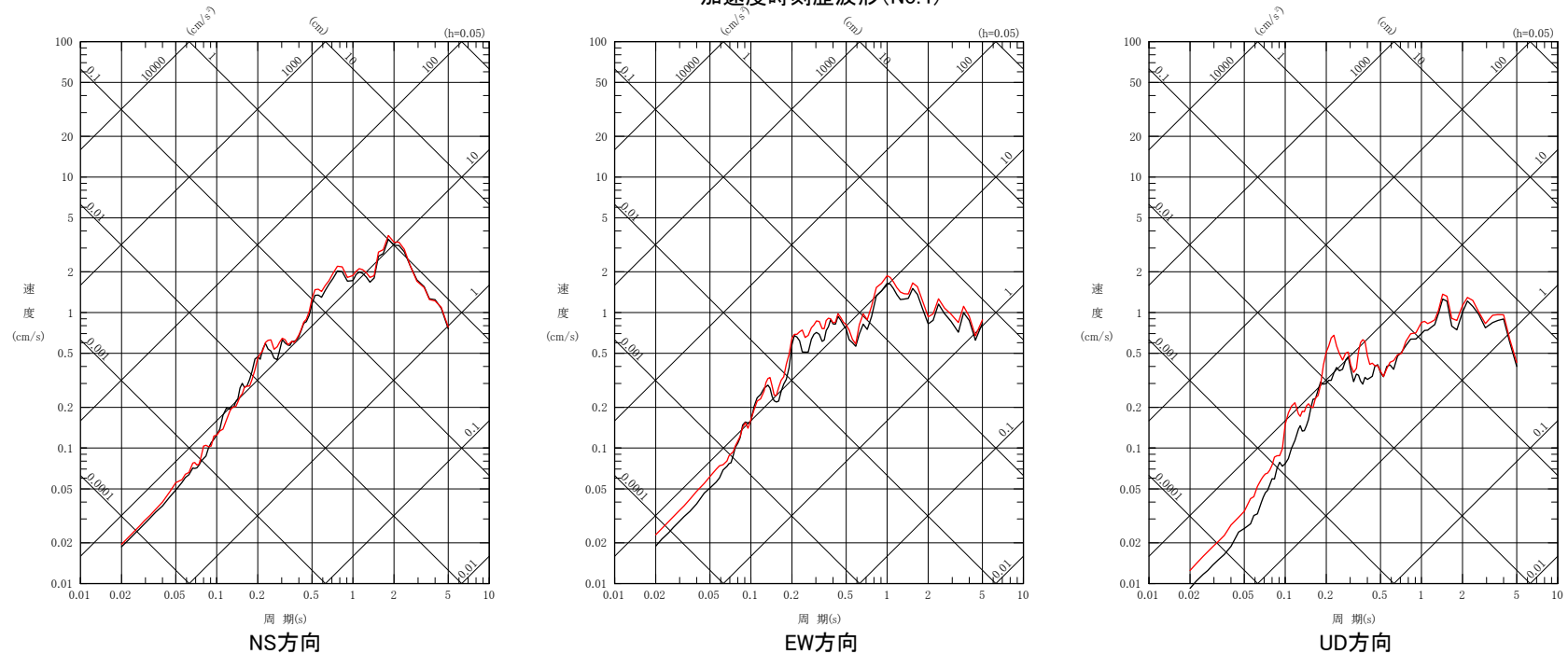
擬似速度応答スペクトル (No.3)

(3) 検討結果 (4/8)

○ No.4の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



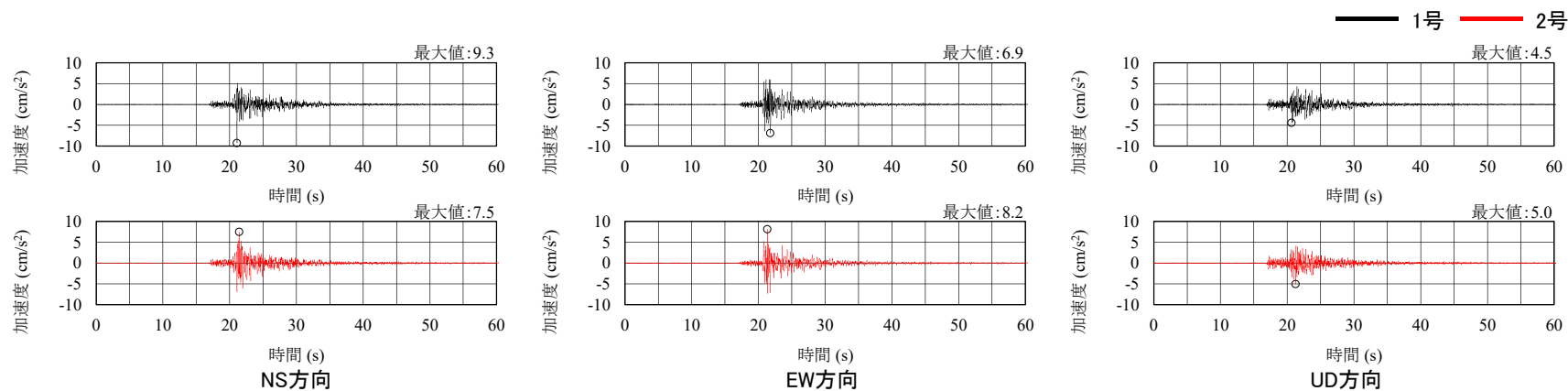
加速度時刻歴波形 (No.4)



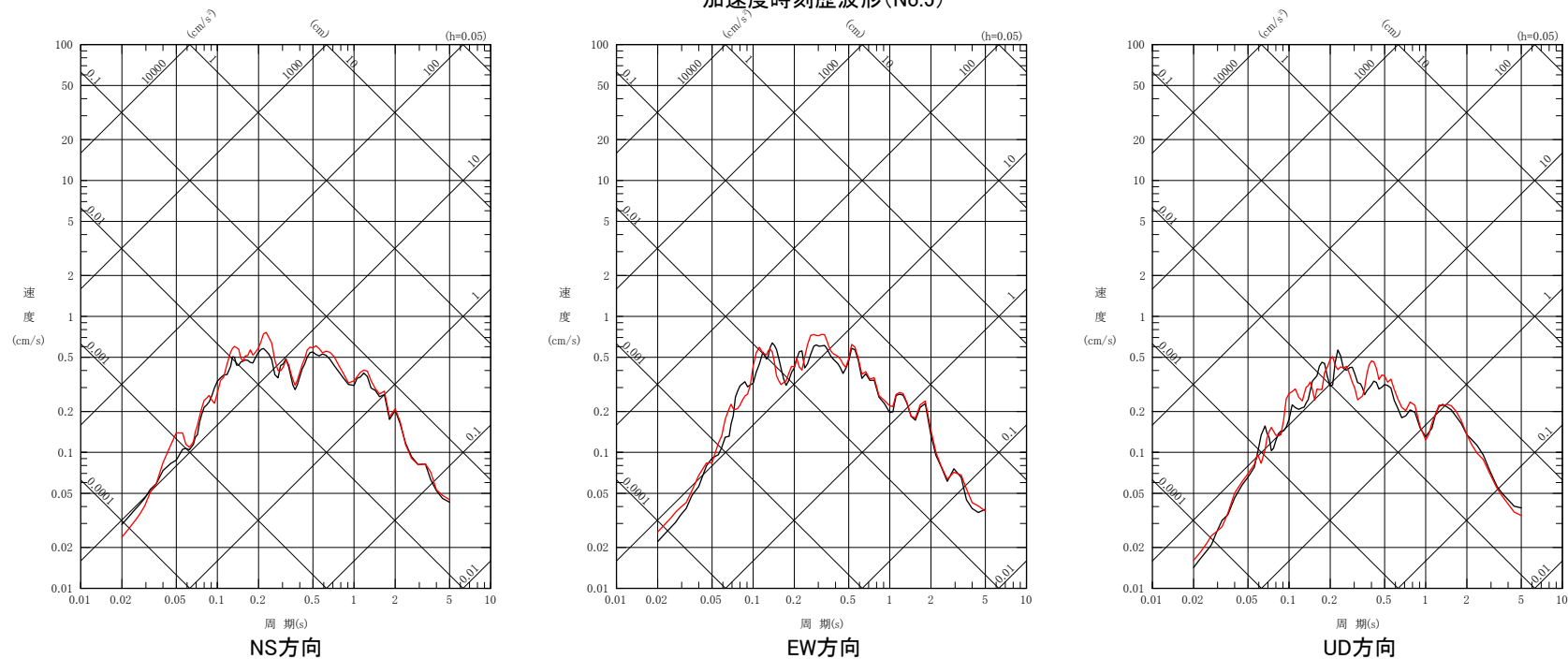
擬似速度応答スペクトル (No.4)

(3) 検討結果 (5/8)

○ No.5の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



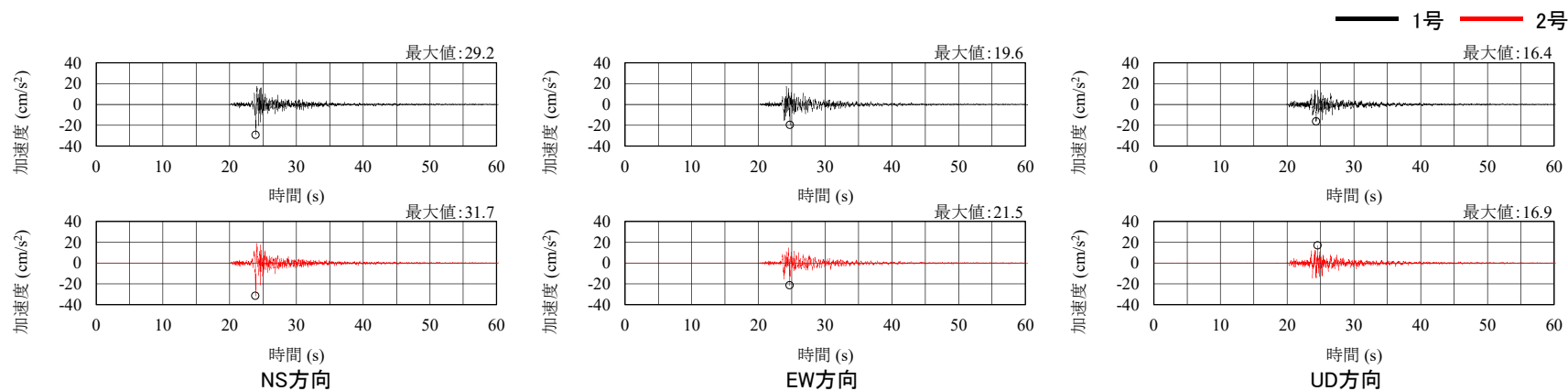
加速度時刻歴波形 (No.5)



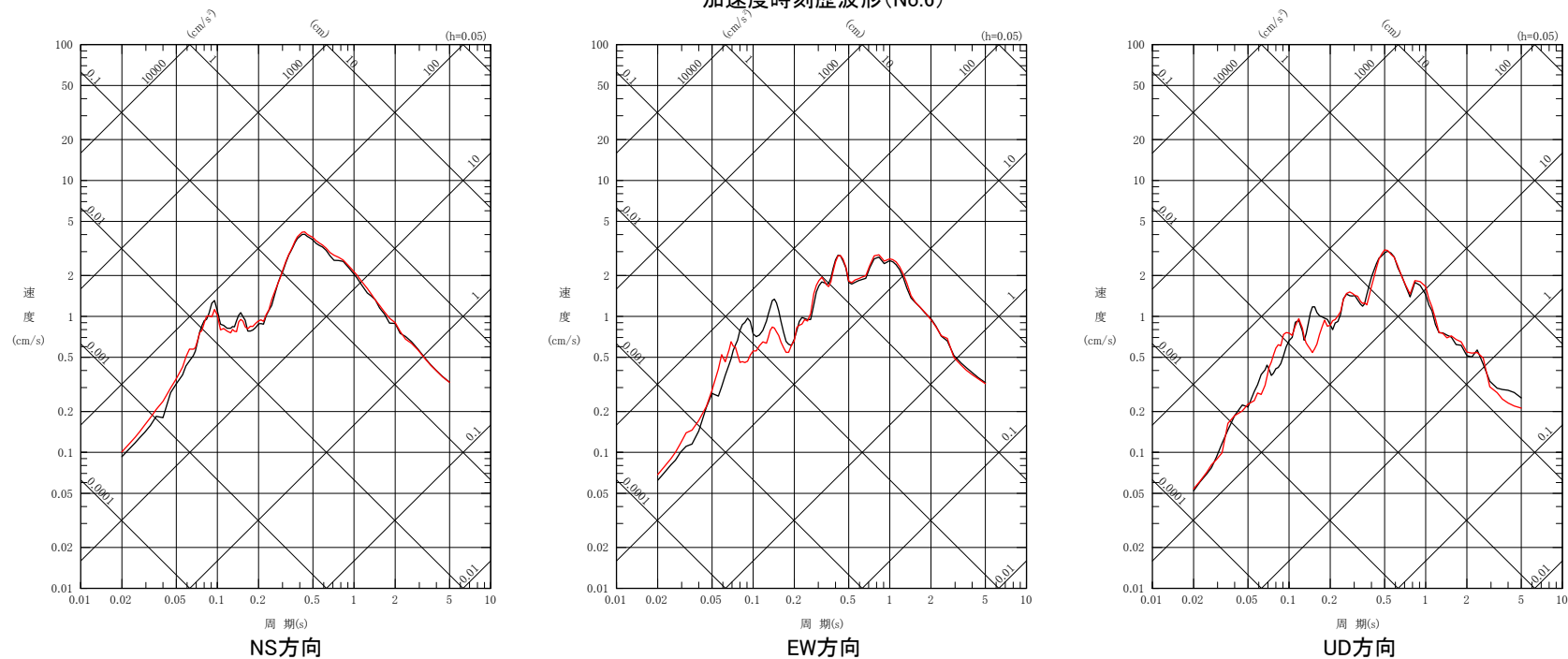
擬似速度応答スペクトル (No.5)

(3) 検討結果 (6/8)

○ No.6の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



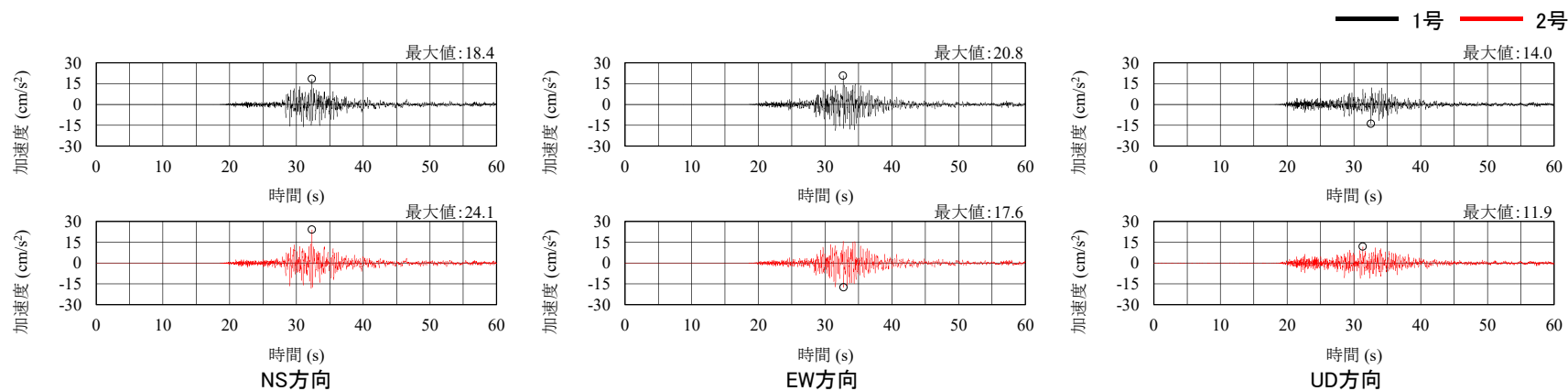
加速度時刻歴波形 (No.6)



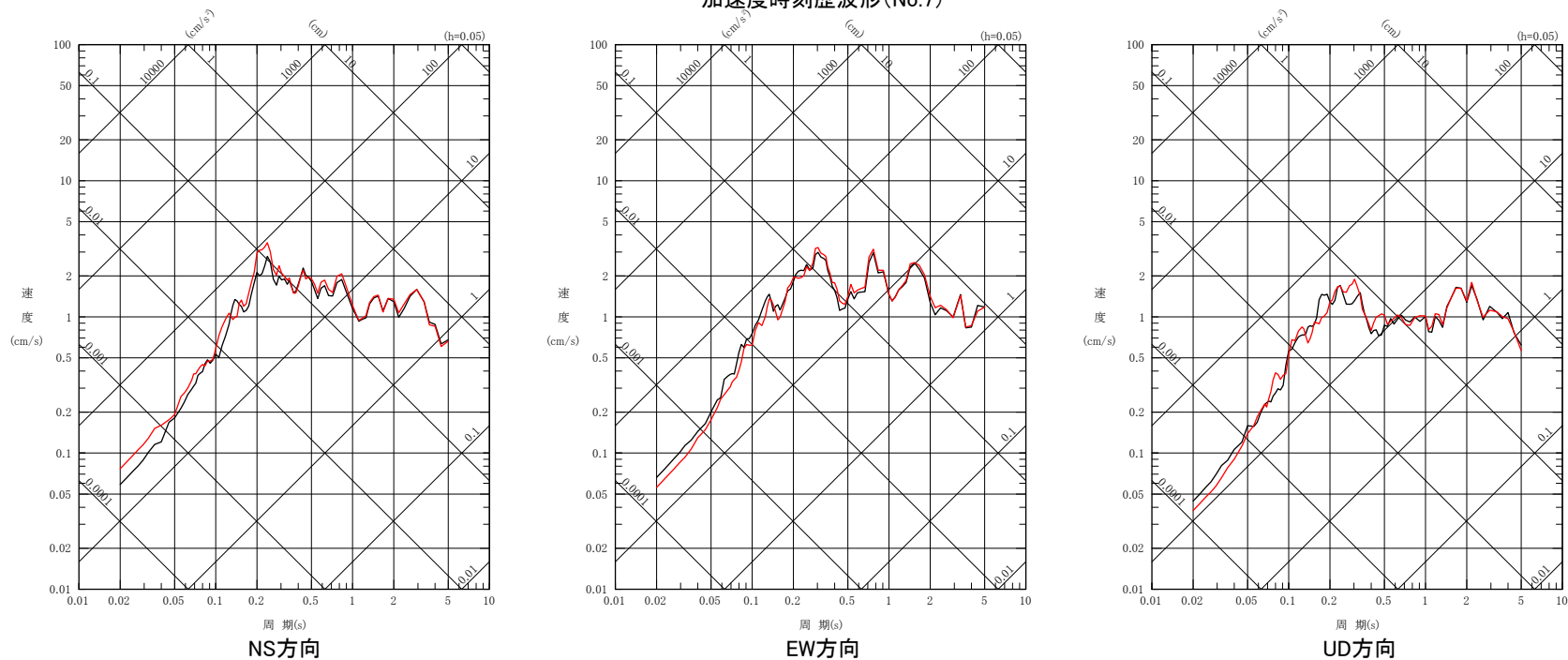
擬似速度応答スペクトル (No.6)

(3) 検討結果 (7/8)

○ No.7の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



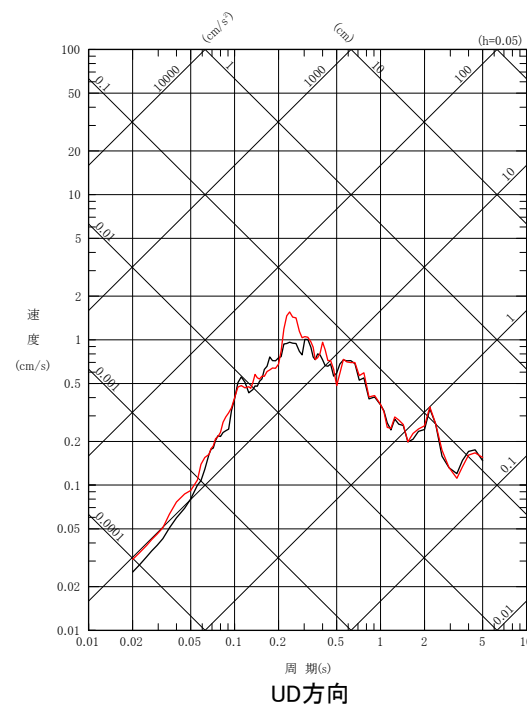
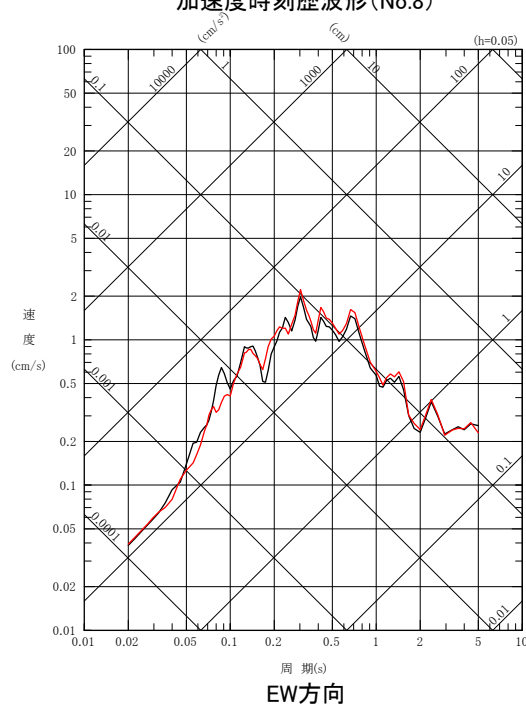
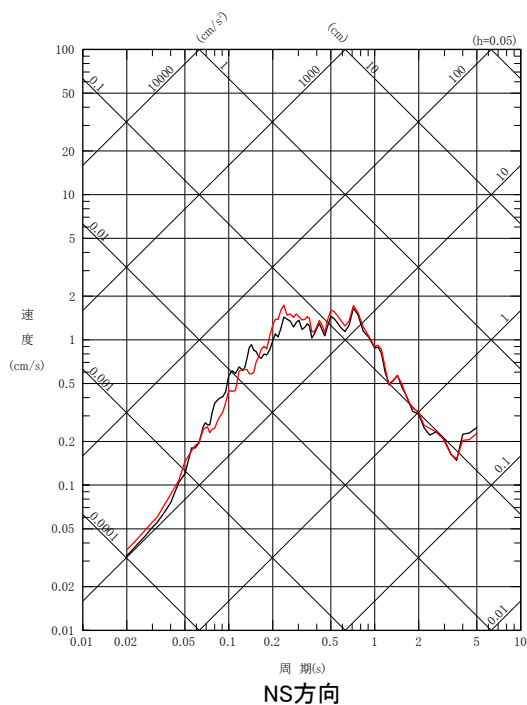
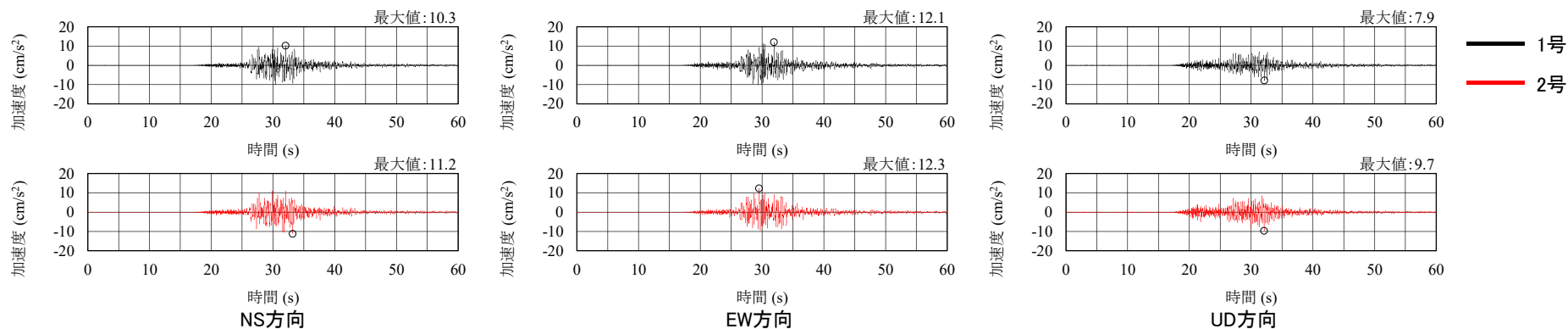
加速度時刻歴波形 (No.7)



擬似速度応答スペクトル (No.7)

(3) 検討結果 (8/8)

○ No.8の地震についても, No.1の地震と同様, 1号と2号に顕著な違いはない。



擬似速度応答スペクトル (No.8)

➤ No.1~8の地震について, 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号原子炉建屋周辺において, 地震基盤以浅の速度構造に顕著な違いはないと考えられる。

まとめ

1.3.1 水平アレー地震観測記録を用いた検討

- 敷地の地震基盤以浅の速度構造を把握するため、水平アレー地震観測点(地表)において、観測点4に対する観測点1～3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した。
- 観測点4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周辺において、地震基盤以浅の速度構造(表層地盤を除く)に顕著な違いはないと考えられる。

1.3.2 鉛直アレー地震観測記録を用いた検討

- 敷地の地震基盤以浅の速度構造を把握するため、鉛直アレー地震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した。
- 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において、EL-200m～地震基盤の速度構造に顕著な違いはないと考えられる。
- また、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。

1.3.3 原子炉建屋基礎版上の地震観測記録を用いた検討

- 敷地の地震基盤以浅の速度構造を把握するため、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号で比較した。
- 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号原子炉建屋周辺において、地震基盤以浅の速度構造に顕著な違いはないと考えられる。

➤ 敷地の地震基盤以浅の速度構造に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないものと評価した。

まとめ

1.1 地質・地質構造の調査

- 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、敷地近傍においては岩稲階の別所岳安山岩類が広く分布している。
- 敷地近傍に分布する中新世～第四紀の地層は、概ね水平ないし非常に緩く傾斜して分布している。
- 敷地の地質は、新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類が広く分布しており、安山岩を主体とし、凝灰角礫岩を挟在するものの、敷地の速度構造は概ね水平な層構造を呈す。ただし、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については、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を踏まえ、第3'速度層及び第4'速度層が解放基盤表面での地震動へ与える影響は小さいものと評価した。
- 敷地の地震基盤面は、D-8.6孔の位置においては、深さ1km程度に位置する。

1.2 物理探査による地下構造の検討

- 敷地周辺の地震基盤面は深さ1km程度であり、概ね水平に分布しているものと評価した。
- 敷地周辺の地震基盤面より深部の速度構造に顕著な不整形はないものと評価した。

1.3 観測記録による地下構造の検討

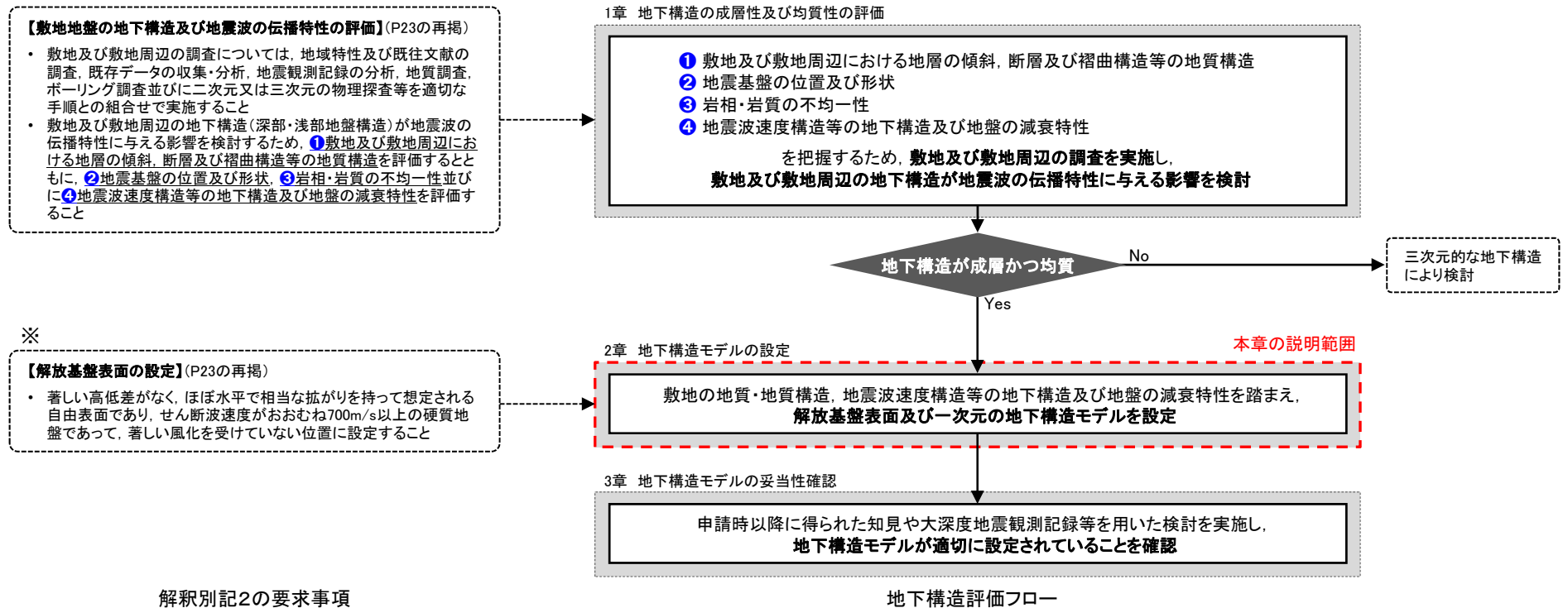
- 敷地の地震基盤以浅の速度構造に、地震動へ影響を及ぼすような特異な速度構造はないものと評価した。

➤ 以上により、敷地の地下構造は成層かつ均質と評価できるものと判断した。

2. 地下構造モデルの設定

(1) 地下構造モデルの設定方法

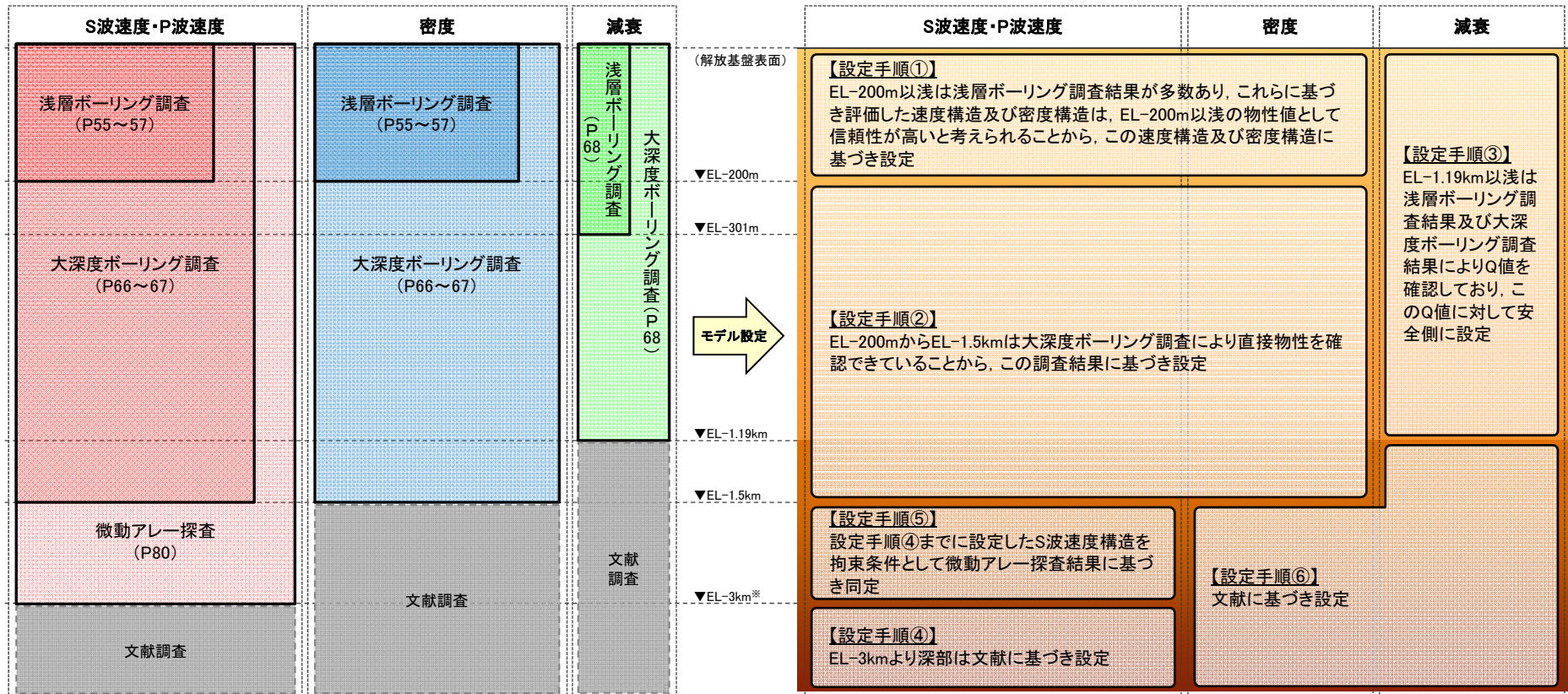
- 1章の地下構造の成層性及び均質性の評価により、敷地の地下構造は成層かつ均質と評価した。
- 2章では、下図の地下構造評価フローに基づき、「敷地近傍地下構造調査(精査)」及び「広域地下構造調査(概査)」により把握した敷地の地質・地質構造、地震波速度構造等の地下構造及び地盤の減衰特性を踏まえ、解放基盤表面及び一次元の地下構造モデルを設定する。
- 解放基盤表面は解釈別記2の要求事項※を踏まえ設定する。
- 地下構造モデルの設定に用いた敷地における調査の種別及び範囲、並びに地下構造モデルの設定手順を次頁に示す。



2. 地下構造モデルの設定

(2) 敷地における調査の種別及び範囲, 並びに地下構造モデルの設定手順

- 敷地の地下構造は成層かつ均質と評価できることから、鉛直アレー地震観測を実施している自由地盤位置(P93)に示す自由地盤地震観測点)において一次元の地下構造モデルを設定する。
- 一次元の地下構造モデルは、左下図に示す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する。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する。
- 敷地における調査結果を踏まえた地下構造モデルの設定手順を右下図に示す。



敷地における調査の種別及び範囲(深度方向)

地下構造モデルの設定手順

※ 微動アレー探査のアレー半径(1km)を踏まえて設定。

(3) 解放基盤表面の設定

■ 解放基盤表面の設定に係る解釈別記2の要求事項

著しい高低差がなく、ほぼ水平で相当な拡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

■ 敷地地盤の特徴

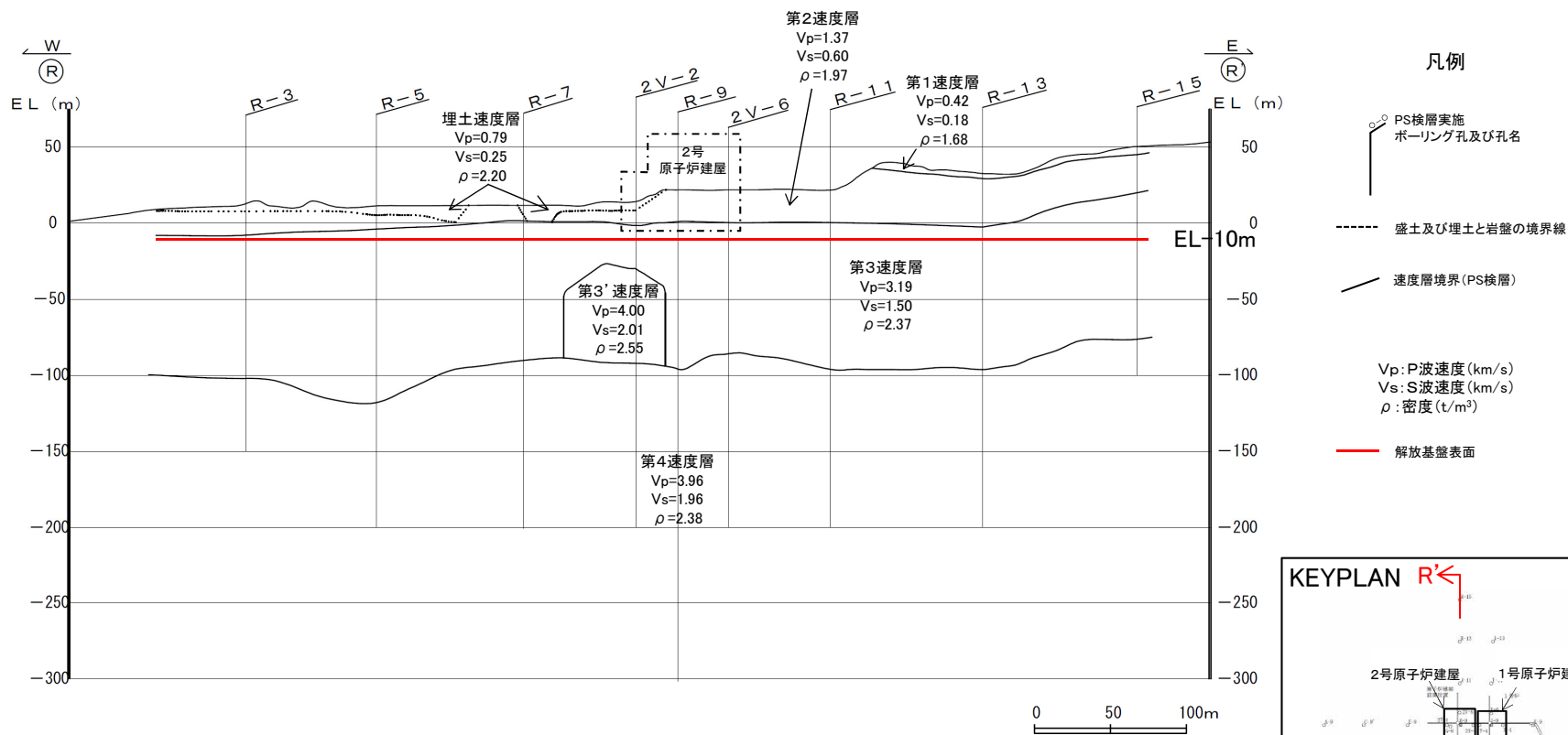
- 敷地の地質・地質構造は、安山岩(均質)、安山岩(角礫質)及び凝灰角礫岩からなる新第三紀の岩稲階の別所岳安山岩類が広く分布し、ほぼ水平な構造と判断される。(詳細はP42～52参照)
- 敷地のEL-200m以浅の速度構造は、第1速度層から第4速度層に分類され、概ね水平な層構造を呈す。また、第3速度層以深は、せん断波速度が1500m/s以上の硬質地盤である。(詳細はP55～57参照)
- 原子炉設置位置の岩盤にはほとんど変質部は認められず、主に(Ba)級、(Bb)級の岩級区分を示す安山岩が広く分布していることから、著しい風化を受けていないと判断される。(詳細はP53参照)



- 敷地地盤は、安山岩を主体とした別所岳安山岩類が広く分布し、ほぼ水平で相当な拡がりをもっており、せん断波速度が1500m/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の位置を解放基盤表面として設定する。(設定した解放基盤表面の位置はP135～136の速度構造及び密度構造断面参照)

(4) 設定手順① EL-200m以浅のS波速度, P波速度及び密度(1/3)

- EL-200m以浅は浅層ボーリング調査結果が多数あり, これらに基づき評価した速度構造及び密度構造は, EL-200m以浅の物性値として信頼性が高いと考えられることから, EL-200m以浅のS波速度, P波速度及び密度は, この速度構造及び密度構造に基づき設定した。
- EL-200m以浅の速度構造及び密度構造断面(R-R'断面)を下図に示す。



速度構造及び密度構造断面(R-R'断面)※

※ 速度構造及び密度構造断面の設定の詳細はP55参照。