

大間原子力発電所
地下構造の評価について
(コメント回答 その2)
(補足説明資料)

2020年12月18日
電源開発株式会社

○ 「第615回審査会合」及び「第646回審査会合」での資料の誤りに関わる対応を踏まえ、本資料にて過去の審査会合資料を引用する際の注記を下記のとおりとする。

・ 右上の注記

再掲：過去の審査会合資料を、そのまま引用する場合

一部修正：過去の審査会合資料の内容を、一部修正する場合

誤りを修正：過去の審査会合資料の誤りを、正しい記載とする場合

・ 左下の注記

修正した誤りの内容を記載（誤りの修正がある場合）

指摘事項

本資料でご説明



・本資料では、地下構造の評価に係る下表の指摘事項について回答する。

No.	項目	指摘時期	コメント内容	該当箇所※
S3-11	地下構造モデルを用いた解析	第822回会合 (R2.1.17)	<p>大間層内のせん断波速度のコントラストや敷地北側のデイサイト等、解放基盤表面より浅部の構造が地震動に与える影響を確認したいので、第2.2章の地下構造モデルを用いた解析に、以下の検討等を加え説明すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・T.P.-260m以浅も含めた三次元地下構造モデルにリッカー波を入力した解析を行い、炉心位置の解放基盤表面のT.P.-260m及び原子炉建屋の支持地盤に近い位置と言われているT.P.-7.5mの位置で、一次元水平成層モデルの最大振幅値との比較を行うこと。 ・炉心位置の水平成層モデルについて、S波速度、密度及びQ値を明記すること。 	<p>本編資料 2.2.1 P.2-54 本編資料 2.2.3 P.2-82 本編資料 2.2.4 P.2-128～P.2-200, P.2-203～P.2-215 本編資料 2.2.5 P.2-217 補足説明資料 2-8, 2-9, 2-10, 2-11</p>
S3-12	基盤の地震動を評価する位置	第822回会合 (R2.1.17)	<p>解放基盤表面、基盤の地震動を評価する位置、鉛直アレイ地震観測点の関係を、以下の内容を含めて整理のうえ、地震動の策定方針を説明すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・T.P.-230m(基盤の地震動を評価する位置)で策定した地震動をT.P.-260m(解放基盤表面)へ入力することとした考え方。 ・統計的グリーン関数法及び経験的グリーン関数法で用いる地下構造モデルの設定の考え方。 ・吉田ほか(2005)の知見を踏まえた検討の模式図における基盤の地震動を評価する位置と、解放基盤表面との関係。 	<p>本編資料 5.1 P.5-3～P.5-8 補足説明資料 5-1, 5-2, 5-14</p>
S3-13	地震観測記録	第822回会合 (R2.1.17)	<p>基準化スペクトルに基づく検討に関して、以下について要因を分析し説明すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・南側の観測点において、高周波側で持ち上がる傾向が見られる要因。 ・基盤位置における検討において、基準化スペクトルに見られる山谷の要因。 	<p>本編資料 3.2.2 P.3-20, P.3-22～P.3-26 補足説明資料 3-5</p>
S3-14	地震観測記録	第822回会合 (R2.1.17)	<p>異なる深度の応答スペクトル比に基づく検討について、以下の検討等を加え説明すること。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・1秒～2秒付近の変動が2倍程度に増幅している要因。 ・スペクトル比にする前のT.P.-207.5m及びT.P.-7.5mそれぞれの位置で得られた地震観測記録。 	<p>本編資料 3.2.3 P.3-35～P.3-38 補足説明資料 3-7 机上配布資料 2章</p>
S3-15	地震観測記録	第822回会合 (R2.1.17)	<p>地震観測を実施しているのはT.P.-207.5mであり、この位置における検討が重要であると考えている。第5.2.5章で実施した「Noda et al.(2002)の手法による地震動を指標とした検討」及び第3.2.2章で実施した「基盤位置における検討」について、T.P.-207.5mの位置で実施すること。</p>	<p>本編資料 3.2.2 P.3-19 本編資料 5.2.5 P.5-23, P.5-24</p>

※：本資料では、補足説明資料の引用箇所を節番号で示す。

目次

1. 地震動評価に用いる地下構造モデルの作成の流れ
2. 地質調査及び地球物理学的調査による地下構造評価
 - 2-1 敷地周辺の重力探査の内容
 - 2-2 各種弾性波探査の内容
 - 2-2-1 各種弾性波探査及びトモグラフィ解析の流れ
 - 2-2-2 敷地周辺陸域の屈折法地震探査の内容
 - 2-2-3 敷地周辺海域の屈折法地震探査の内容
 - 2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容
 - 2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容
 - 2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容
 - 2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)
 - 2-4 地震基盤付近のカッティングス及びスポットコアによる岩種判定
 - 2-5 デイサイトの分布について
 - 2-6 大間層の性状について
 - 2-7 三次元地下構造モデル作成範囲(30km×40km)全体の作成結果
 - 2-8 水平成層モデルの諸元
 - 2-9 検討項目とリッカー波の中心周期
 - 2-10 二次元FEMモデルの地盤物性値
 - 2-11 三次元差分法モデルによる解析結果
3. 観測記録による地下構造評価
 - 3-1 検討において対象とした周期帯について
 - 3-2 佐藤ほか(2011)の概要
 - 3-3 各観測点における基準化スペクトルの検討
 - 3-4 基盤位置における基準化スペクトルの算定に用いた地下構造モデル
 - 3-5 各観測点における表土の層厚
 - 3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比
 - 3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価
 - 3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比
 - 3-9 各観測点の常時微動のH/Vスペクトル比
4. 地下構造評価のまとめ
5. 一次元地下構造モデルの作成
 - 5-1 規制基準・審査ガイドにおける要求事項との関係について
 - 5-2 基盤の地震動を評価する位置の設定の妥当性の確認(補足)
 - 5-3 最適化地盤モデル(浅部) $V_p \cdot Q_p$ 構造
 - 5-4 観測記録の伝達関数の標準偏差
 - 5-5 観測記録とシミュレーション解析結果との比較
 - 5-6 玄武岩の上面標高
 - 5-7 頭打ちQ値モデルについて
 - 5-8 観測記録のP波部H/Vスペクトル比等の標準偏差
 - 5-9 スペクトルインバージョン解析の概要
 - 5-10 微動アレイ観測における1次高次モードの詳細について
 - 5-11 地震波干渉法による解析の概要について
 - 5-12 最大振幅法によるQ値の測定について
 - 5-13 地震基盤以深のQ値の妥当性について
 - 5-14 地盤モデルの解放基盤表面以浅の有無の影響について
 - 5-15 平成26年12月変更申請時の地下構造モデル
6. まとめ

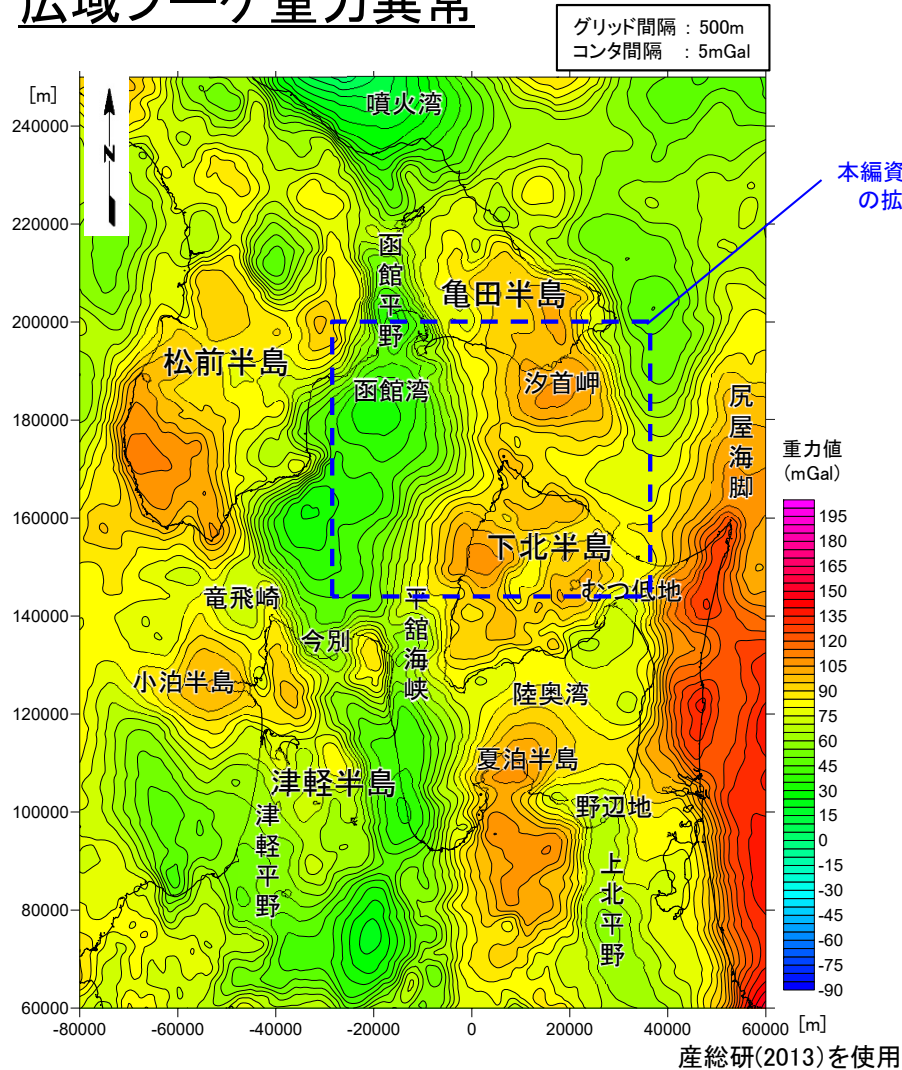
(余白)

1. 地震動評価に用いる地下構造モデルの作成の流れ
2. 地質調査及び地球物理学的調査による地下構造評価
 - 2-1 敷地周辺の重力探査の内容
 - 2-2 各種弾性波探査の内容
 - 2-2-1 各種弾性波探査及びトモグラフィ解析の流れ
 - 2-2-2 敷地周辺陸域の屈折法地震探査の内容
 - 2-2-3 敷地周辺海域の屈折法地震探査の内容
 - 2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容
 - 2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容
 - 2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容
 - 2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)
 - 2-4 地震基盤付近のカッティングス及びスポットコアによる岩種判定
 - 2-5 デイサイトの分布について
 - 2-6 大間層の性状について
 - 2-7 三次元地下構造モデル作成範囲(30km×40km)全体の作成結果
 - 2-8 水平成層モデルの諸元
 - 2-9 検討項目とリッカー波の中心周期
 - 2-10 二次元FEMモデルの地盤物性値
 - 2-11 三次元差分法モデルによる解析結果
3. 観測記録による地下構造評価
 - 3-1 検討において対象とした周期帯について
 - 3-2 佐藤ほか(2011)の概要
 - 3-3 各観測点における基準化スペクトルの検討
 - 3-4 基盤位置における基準化スペクトルの算定に用いた地下構造モデル
 - 3-5 各観測点における表土の層厚
 - 3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比
 - 3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価
 - 3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比
 - 3-9 各観測点の常時微動のH/Vスペクトル比
4. 地下構造評価のまとめ
5. 一次元地下構造モデルの作成
 - 5-1 規制基準・審査ガイドにおける要求事項との関係について
 - 5-2 基盤の地震動を評価する位置の設定の妥当性の確認(補足)
 - 5-3 最適化地盤モデル(浅部) $V_p \cdot Q_p$ 構造
 - 5-4 観測記録の伝達関数の標準偏差
 - 5-5 観測記録とシミュレーション解析結果との比較
 - 5-6 玄武岩の上面標高
 - 5-7 頭打ちQ値モデルについて
 - 5-8 観測記録のP波部H/Vスペクトル比等の標準偏差
 - 5-9 スペクトルインバージョン解析の概要
 - 5-10 微動アレイ観測における1次高次モードの詳細について
 - 5-11 地震波干渉法による解析の概要について
 - 5-12 最大振幅法によるQ値の測定について
 - 5-13 地震基盤以深のQ値の妥当性について
 - 5-14 地盤モデルの解放基盤表面以浅の有無の影響について
 - 5-15 平成26年12月変更申請時の地下構造モデル
6. まとめ



2-1 敷地周辺の重力探査の内容

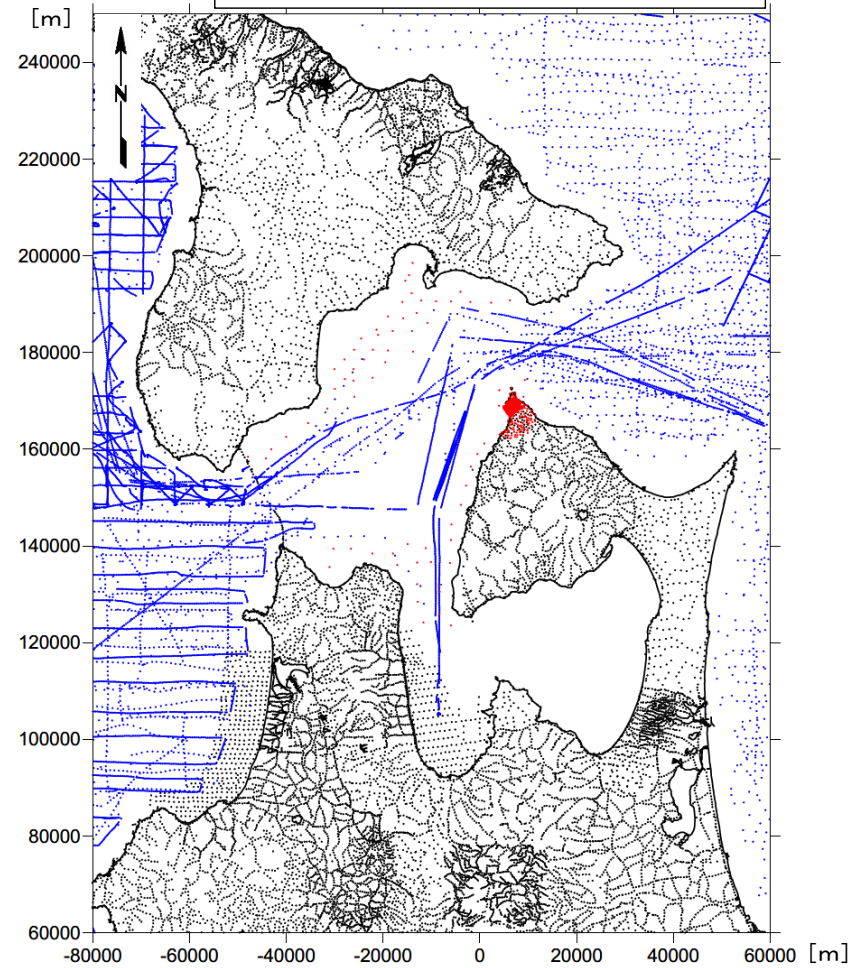
広域ブーゲ重力異常



ブーゲ重力異常図(補正密度 $2.3\text{g}/\text{cm}^3$)

本編資料P.2-13
の拡大範囲

測点凡例
●: 陸上及び海底重力測定点(産総研, 2013)
●: 陸上及び海底重力測定点(産総研, 2013[当社提供])
●: 船上重力測定点(産総研, 2013)



重力測点分布図

- 左図は、産総研(2013)¹⁾のグリッドデータを用いて作成した、津軽海峡を中心とした広域のブーゲ重力異常図である。右図には、重力測点分布を示した。

注)本編資料P.2-13の重力異常図は、左図のうち下北半島北西部を拡大して表示したものである。

2-2-1 各種弾性波探査及びトモグラフィ解析の流れ

本編資料「屈折法・反射法地震探査(本編資料P.2-14～P.2-21参照)」及び「反射法地震探査及びオフセットVSP探査(本編資料P.2-33～P.2-35参照)」に示す、各種弾性波探査データによるトモグラフィ解析の流れを以下に示す。

各種弾性波探査及びトモグラフィ解析の流れ

(手順1) 各種弾性波探査によるデータ取得



(手順2) 手順1で取得したデータを用いたトモグラフィ解析による速度構造モデルの作成



(手順3) 手順2で作成した速度構造モデルの妥当性の確認

補足説明資料での該当ページ

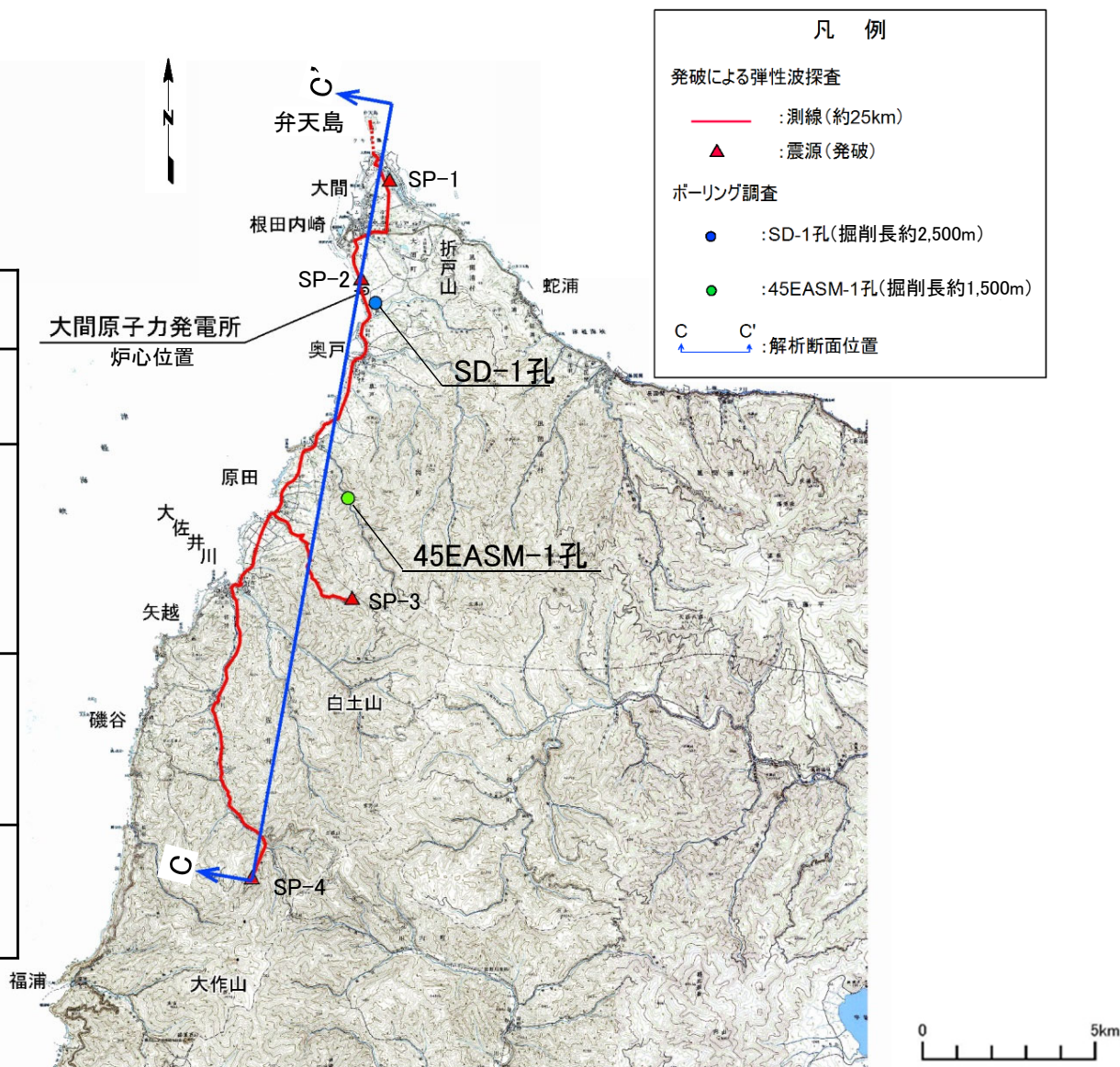
項目		2-2-2 敷地周辺陸域の 屈折法地震探査	2-2-3 敷地周辺海域の 屈折法地震探査	2-2-4 敷地周辺の陸海連 続弾性波探査	2-2-5 反射法地震探査及び オフセットVSP探査
手順1	各種弾性波探査によるデータ取得	P.2-4	P.2-7, P.2-8	P.2-11	P.2-14, P.2-15
手順2	トモグラフィ解析※による速度構造モデル作成	P.2-5	P.2-9	P.2-12	P.2-16
手順3	速度構造モデルの妥当性の検証	P.2-6	P.2-10	P.2-13	P.2-17

※トモグラフィ解析の具体的な内容については、「2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容(P.2-18～P.2-20)」を参照。

調査位置及び仕様

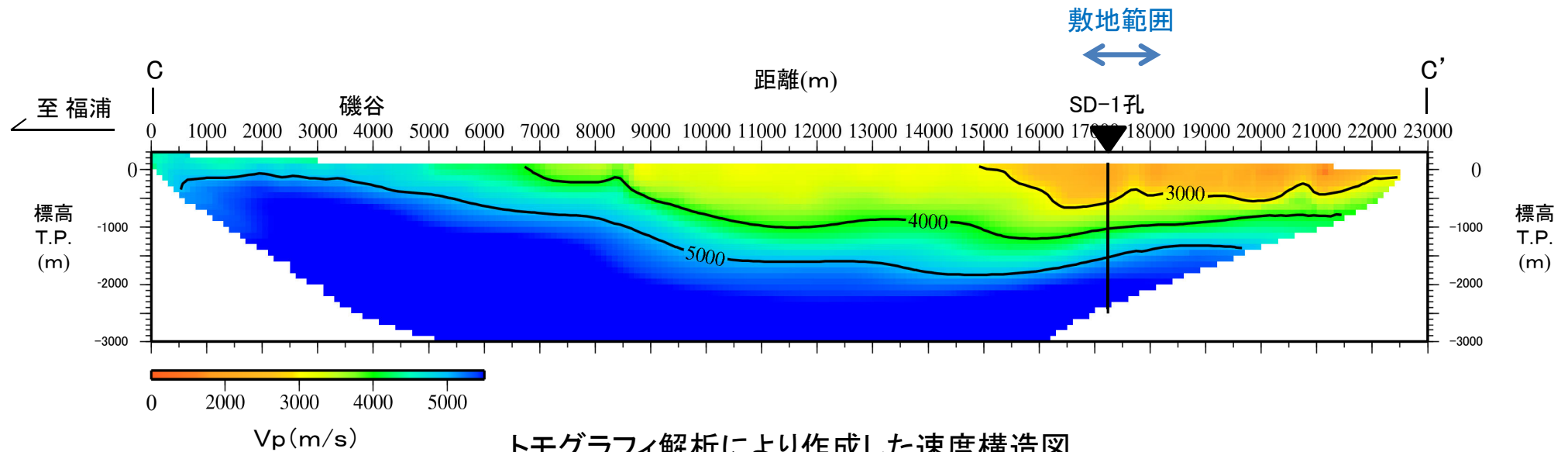
陸域での屈折法地震探査の仕様

項目		仕様
測線	測線数 測線長	1測線 約25km
発震系	地点数 薬量 発破孔深度	4地点 北側2地点 54kg/地点 南側2地点 108kg/地点 50m(SP-1地点) 40m(SP-2, 3, 4地点)
受振系	受振器 受振点間隔 受振器数/点 総受振点数	上下動成分受振器(10Hz) 敷地外100m, 敷地内50m 3個/点 246点
記録系	探鉱機 サンプル間隔 記録長	独立型データロガー 4msec 15sec



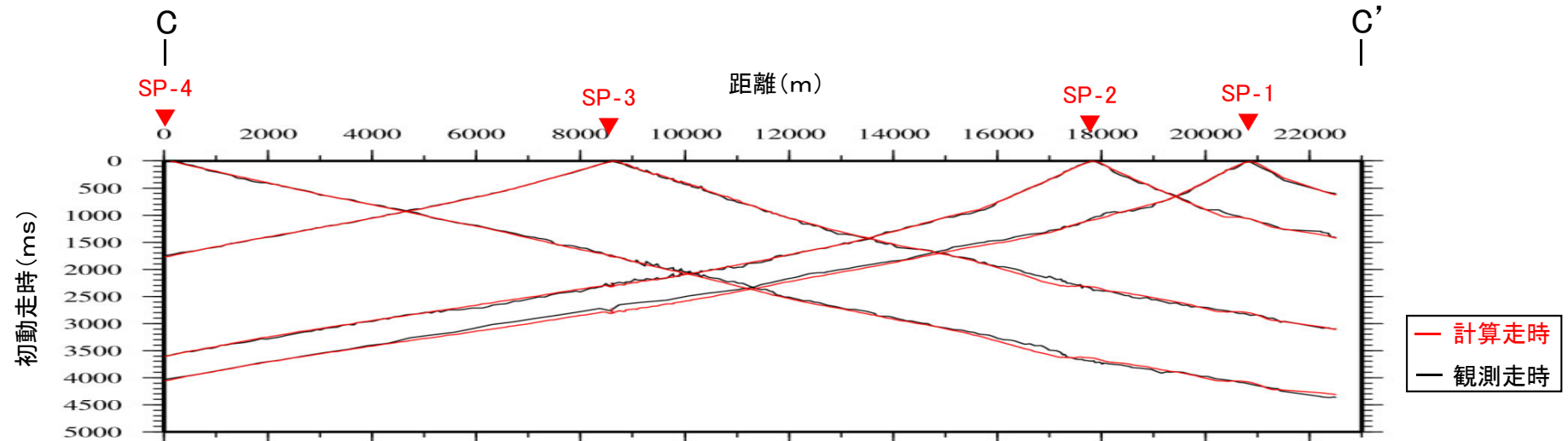
・表に示す仕様により実施した屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でモグラフィ解析を行った。

トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル



- 屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行うことにより、速度構造モデルを作成した。

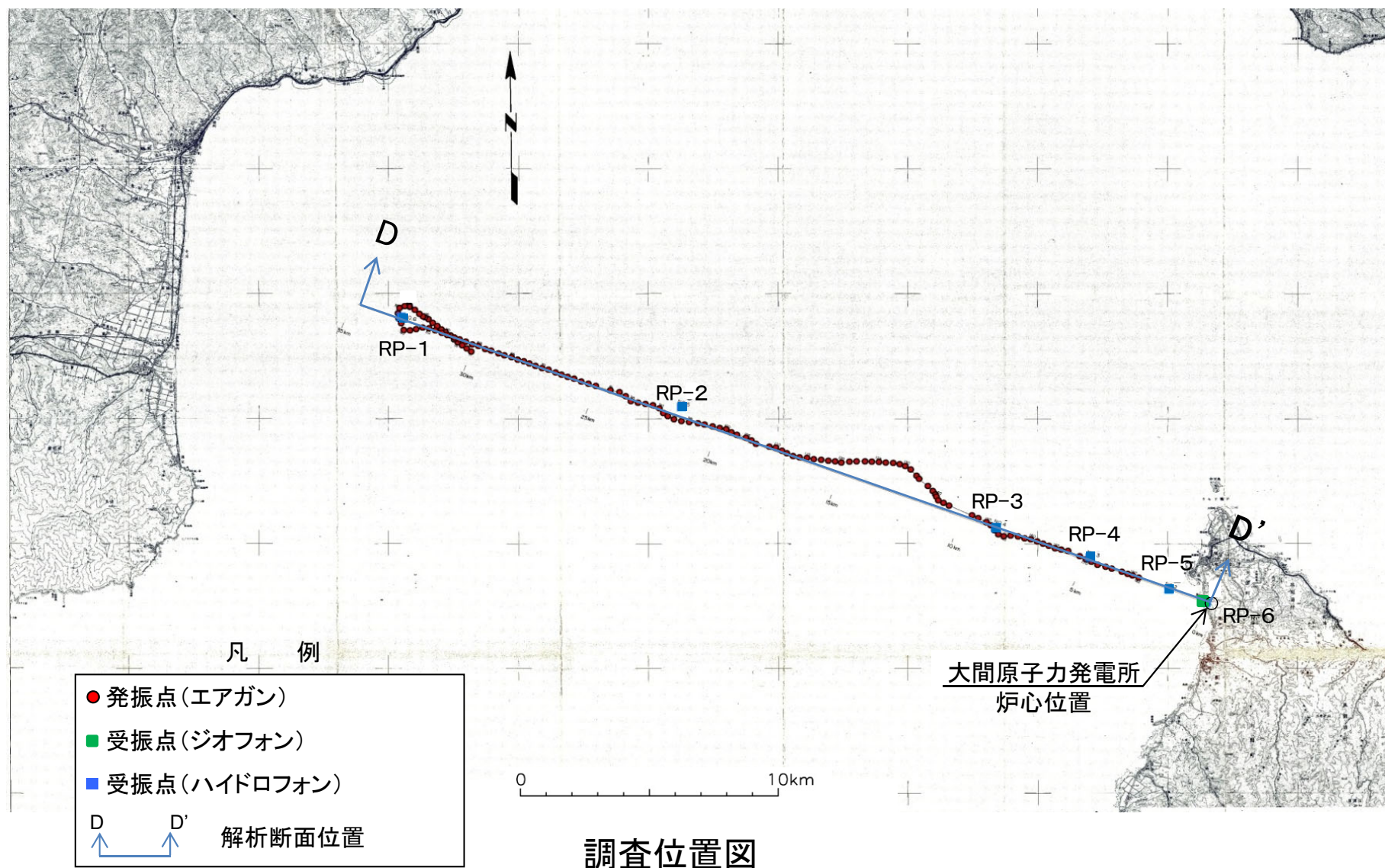
トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルの妥当性の確認



トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルでの計算走時と観測走時の比較

- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルで計算した初動走時と観測による初動走時を比較することで、速度構造モデルの妥当性を確認した。
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルによる計算走時は、観測走時を良く再現できていることから、トモグラフィ解析による速度構造モデルは妥当であると判断した。

調査位置



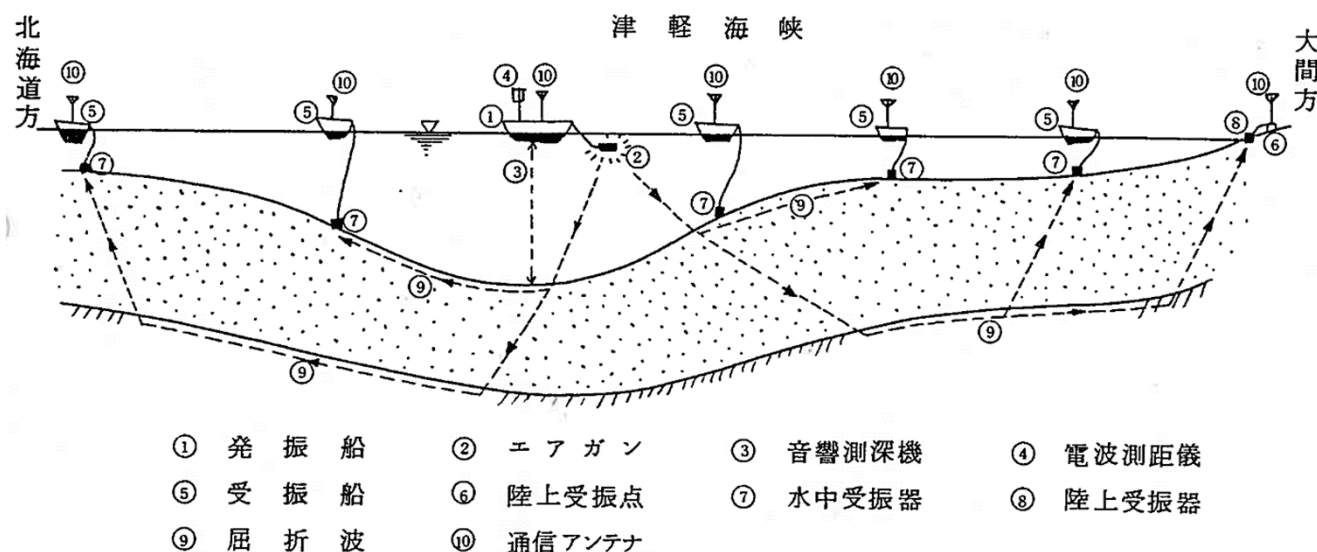
・敷地西方の速度構造を把握することを目的に、上図に示す調査測線で海域の屈折法地震探査を実施した。

注)本頁は、「敷地周辺海域の屈折法地震探査(本編資料P.2-16, P.2-17参照)」の調査位置を示したものである。

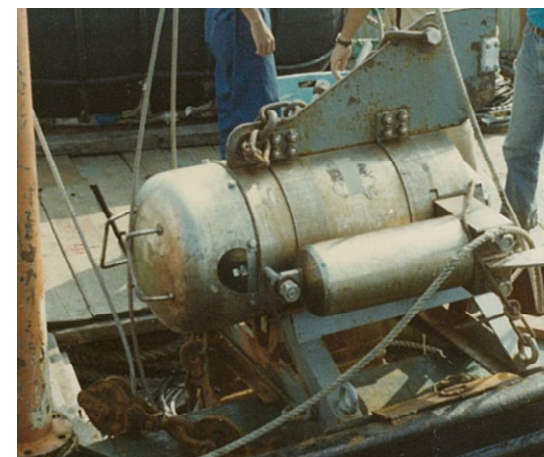
調査仕様

発振系		受振系		測線	
発振器	間隔	受振器	測点数	方向	延長
ラumont型エアガン 容量 20ℓ 圧力 約130kg/cm ² 発振エネルギー 約45万J/回 発振深さ 海面下20m	200~300m	水中部 ハイドロフォン受振器 海底面に設置 (日本物理探鉱 51R)	5点	西北西	30km
		陸上部 感振器(ジオフォン) (GEOSPACE社 GSC-11D)	1点		

沖合部 測定作業模式図



発振器(エアガン)

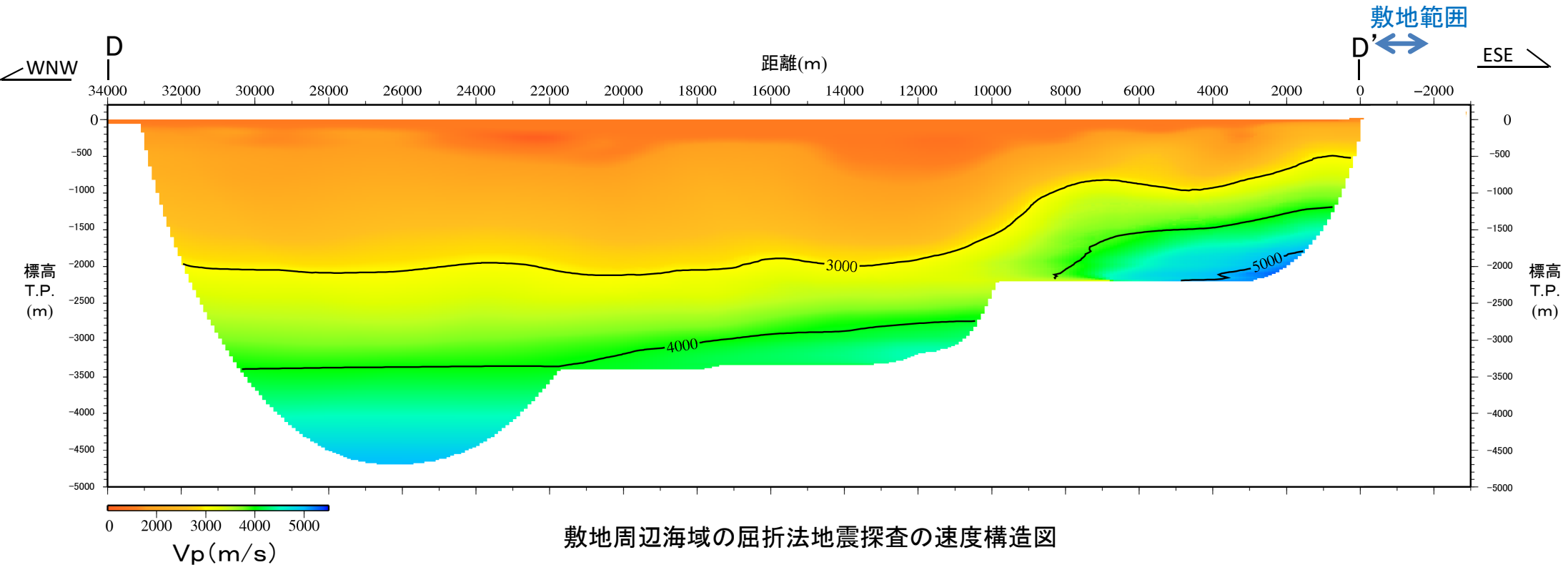


・表に示す仕様により実施した屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行った。

注)本頁は、「敷地周辺海域の屈折法地震探査(本編資料P.2-16, P.2-17)」の調査仕様を示したものである。



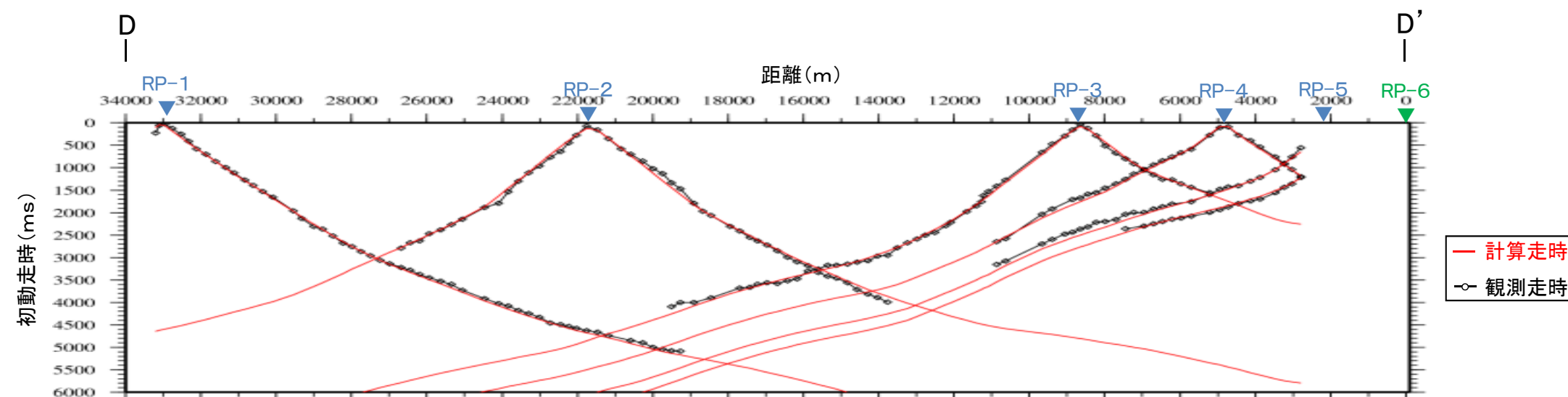
トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル



敷地周辺海域の屈折法地震探査の速度構造図

• 屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行うことにより、速度構造モデルを作成した。

トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルの妥当性の確認



トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルでの計算走時と観測走時の比較

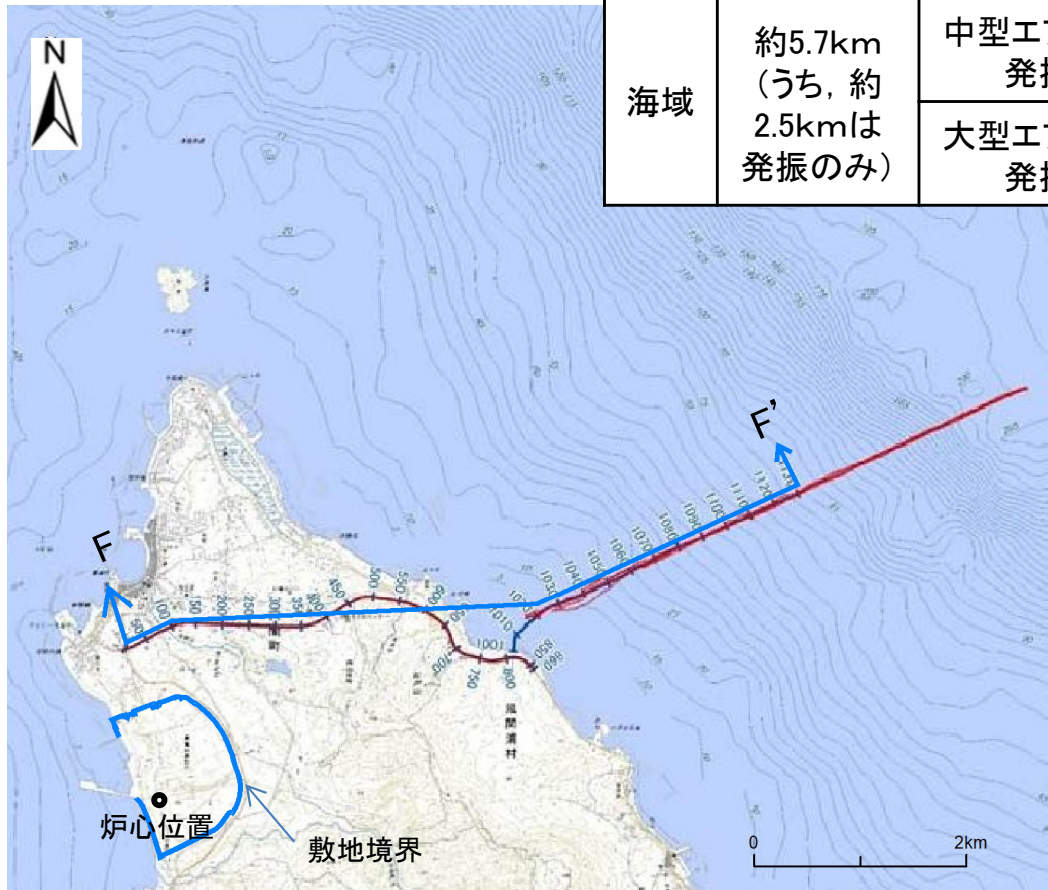
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルで計算した初動走時と観測による初動走時を比較することで、速度構造モデルの妥当性を確認した。
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルによる計算走時は、観測走時を良く再現できていることから、トモグラフィ解析による速度構造モデルは妥当であると判断した。



調査位置及び仕様

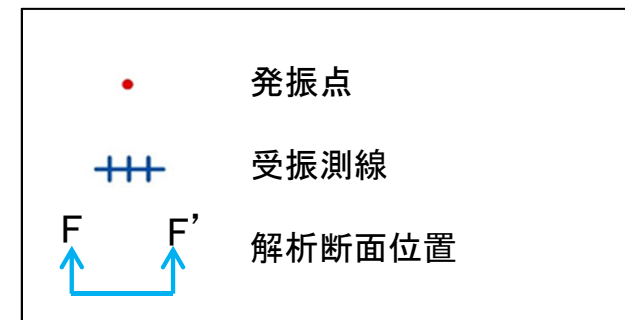
陸海連続弾性波探査の主な仕様

種別	測線長	発振系			受振系	
		種別	発振源の仕様	間隔	受振器	間隔
陸域	約4.3km	通常発振	P波中型バイブレータ 1~3台	約10m	ジオフォン	約5m
		稠密発振	P波中型バイブレータ 1台	約5m		
海域	約5.7km (うち、約2.5kmは 発振のみ)	中型エアガン 発振	容量 480 cu.in. 水深5~15mに適用	約5m	ハイドロフォン 及び 3成分加速度 センサ	約25m
		大型エアガン 発振	容量 1,500 cu.in. 水深15m以上に適用			



調査位置図

凡例

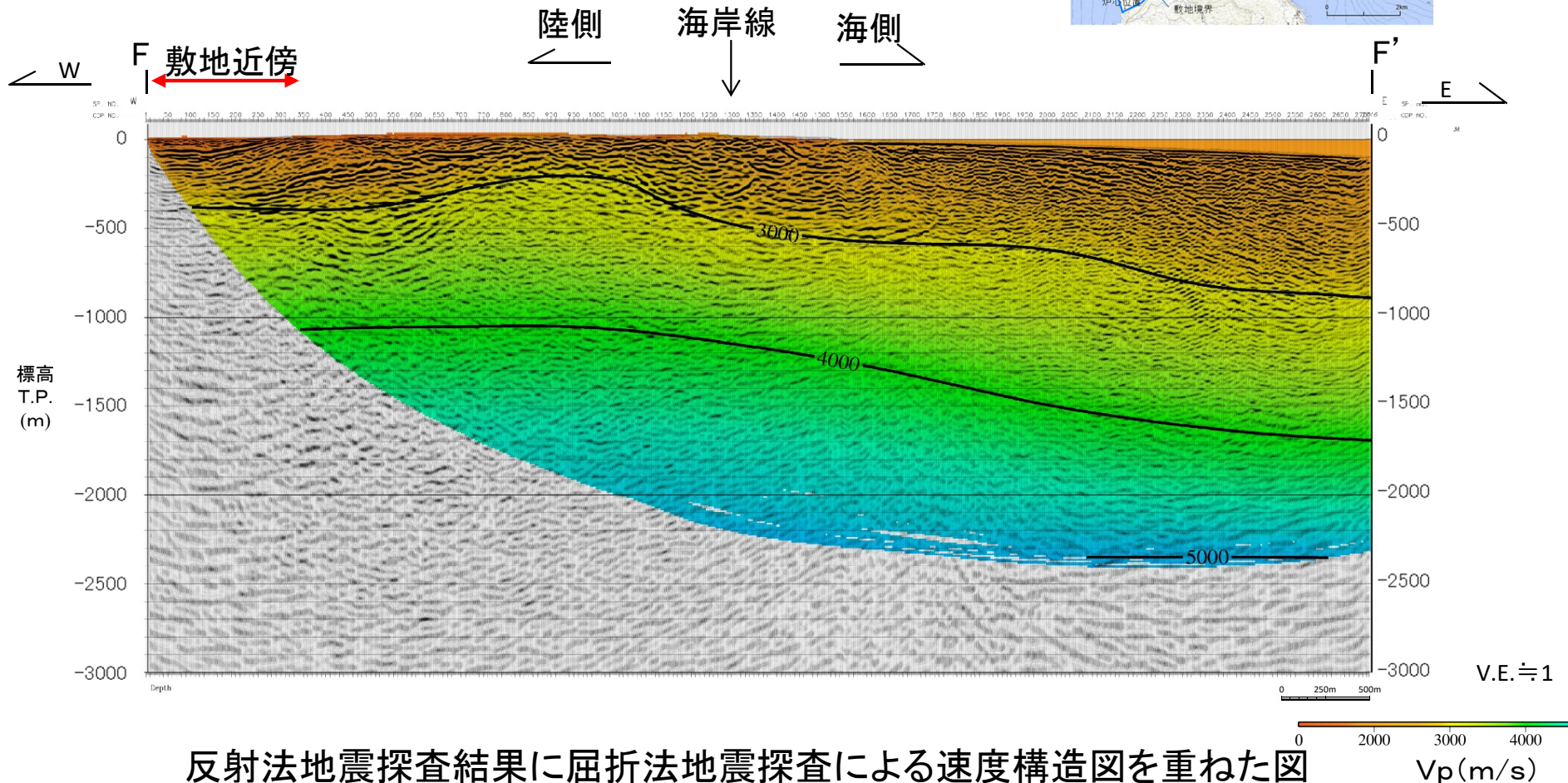


•表に示す仕様により実施した陸海連続弾性波探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行った。

注)本頁は、「敷地周辺の陸海連続弾性波探査(本編資料P.2-18, P.2-19参照)」の調査位置及び仕様を示したものである。



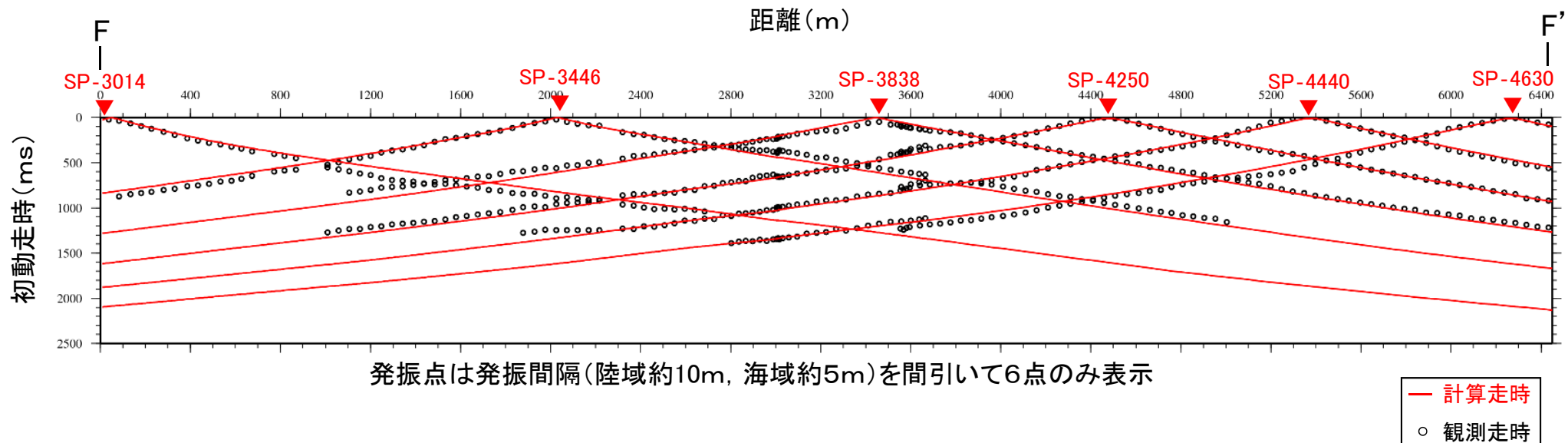
トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル



反射法地震探査結果に屈折法地震探査による速度構造図を重ねた図

- 屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行うことにより、速度構造モデルを作成した。

トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルの妥当性の確認



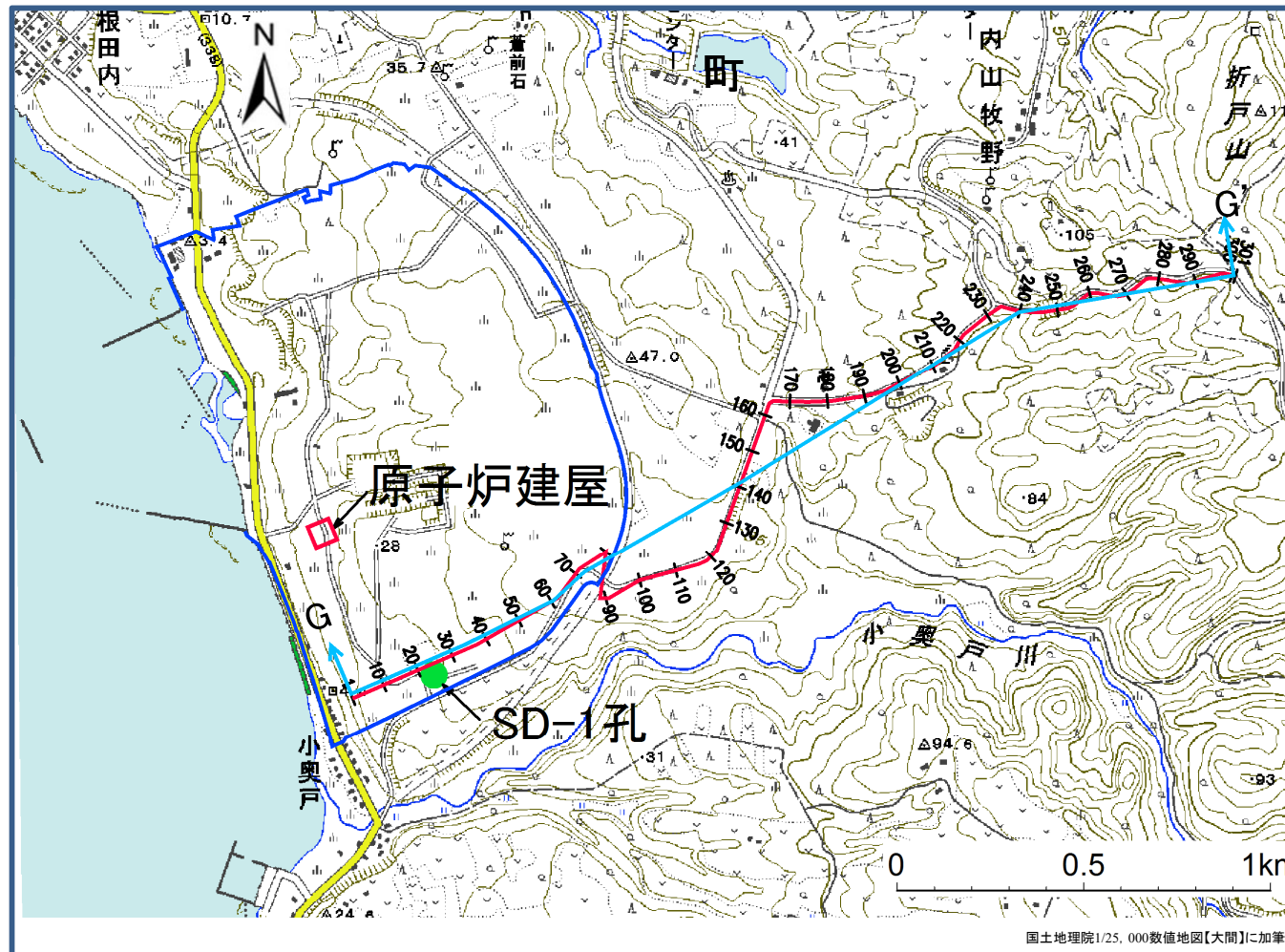
トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルでの計算走時と観測走時の比較

- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルで計算した初動走時と観測による初動走時を比較することで、速度構造モデルの妥当性を確認した。
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルによる計算走時は、観測走時を良く再現できていることから、トモグラフィ解析による速度構造モデルは妥当であると判断した。

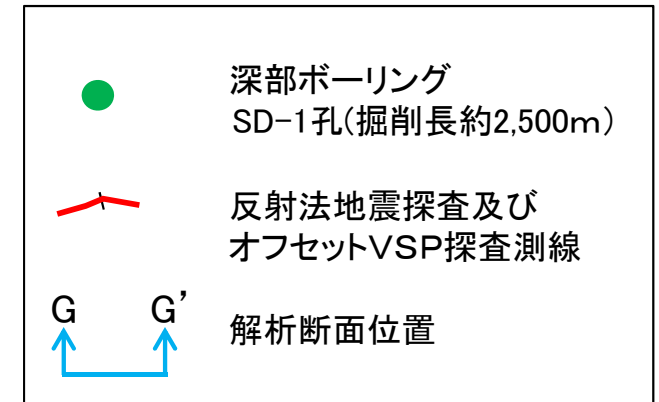
2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容(1/4)



調査位置



凡例



調査位置図

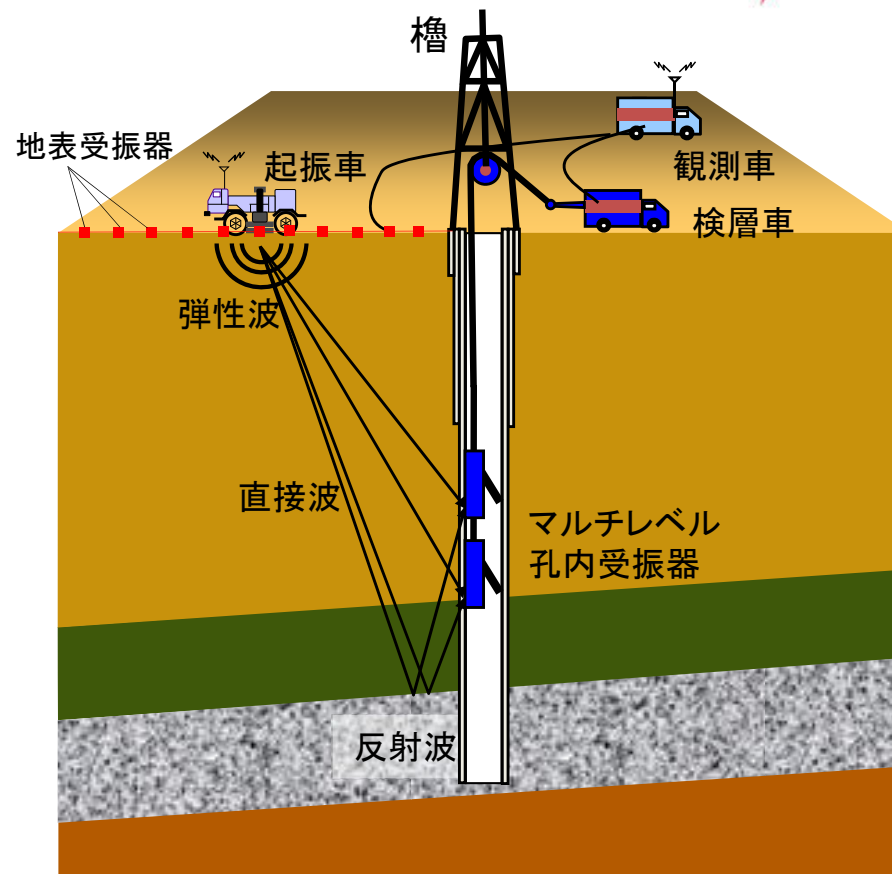
- 地震基盤までの速度構造を把握するために、上図に示す調査測線で反射法地震探査及び深部ボーリングSD-1孔を利用したオフセットVSP探査を実施した。

注)本頁は、「反射法地震探査及びオフセットVSP探査(本編資料P.2-33~P.2-35参照)」の調査位置を示したものである。

2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容(2/4)

調査仕様

項目		仕様	
		P波発振	S波発振
孔内受振系	受振深度	深度20~2,480m	
	孔内受振点間隔	15m(一部区間100m)	
	受振点数	119点	
	受振器	3成分受振器	
地表受振系	測線長	3.0km	0.86km(敷地内)
	地表受振点間隔	10m	
	受振点数	301点	87点
発振系	発振測線長	3.0km	0.86km(敷地内)
	発振源	大型バイブレータ2台	S波バイブレータ1台
	標準発振点間隔	50m	
	総発振点数	60点	18点(敷地内)



VSP発振風景



孔内3成分受振器



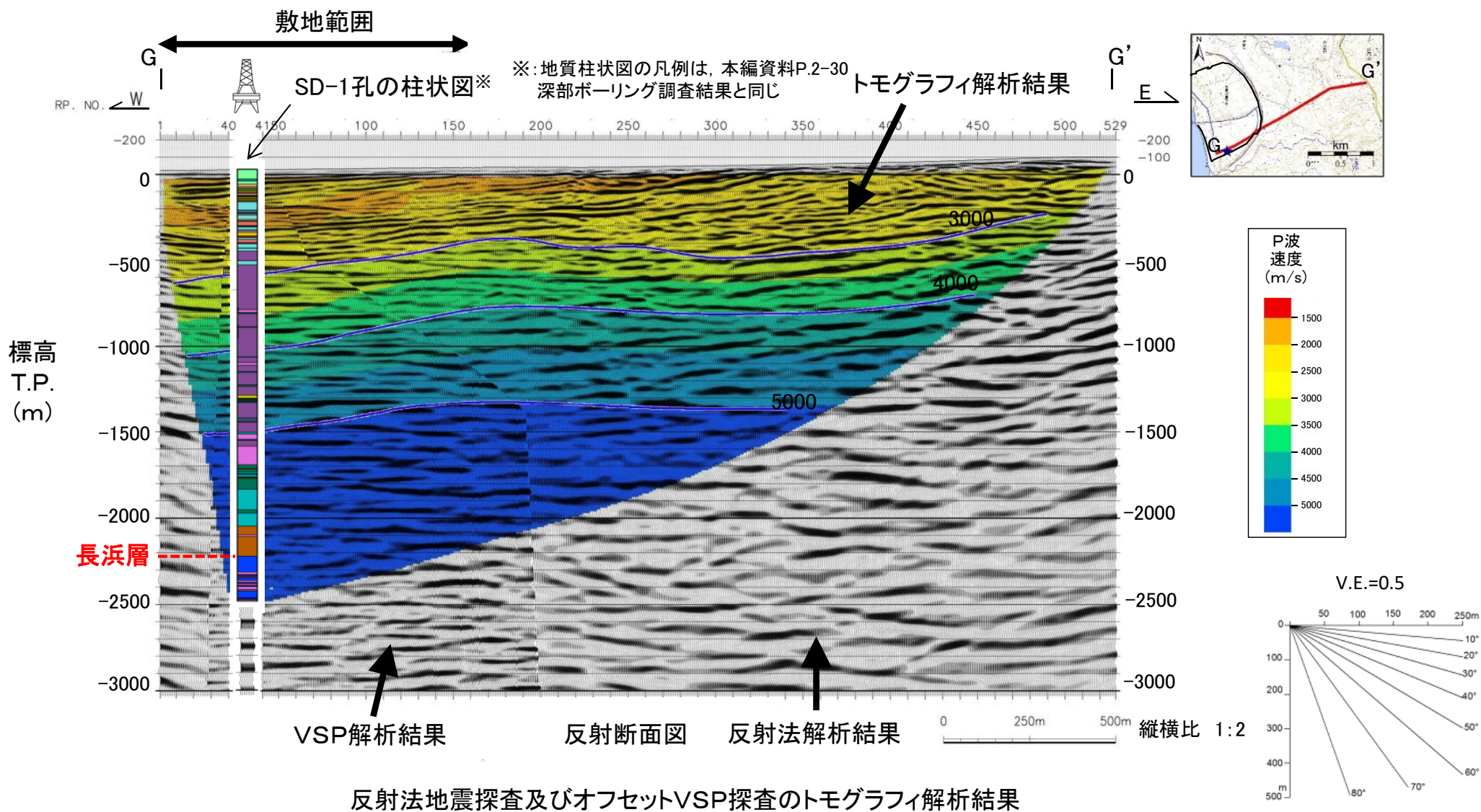
・表に示す仕様により実施したオフセットVSP探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行った。

注)本頁は、「反射法地震探査及びオフセットVSP探査(本編資料P.2-33~P.2-35)」の調査仕様を示したものである。



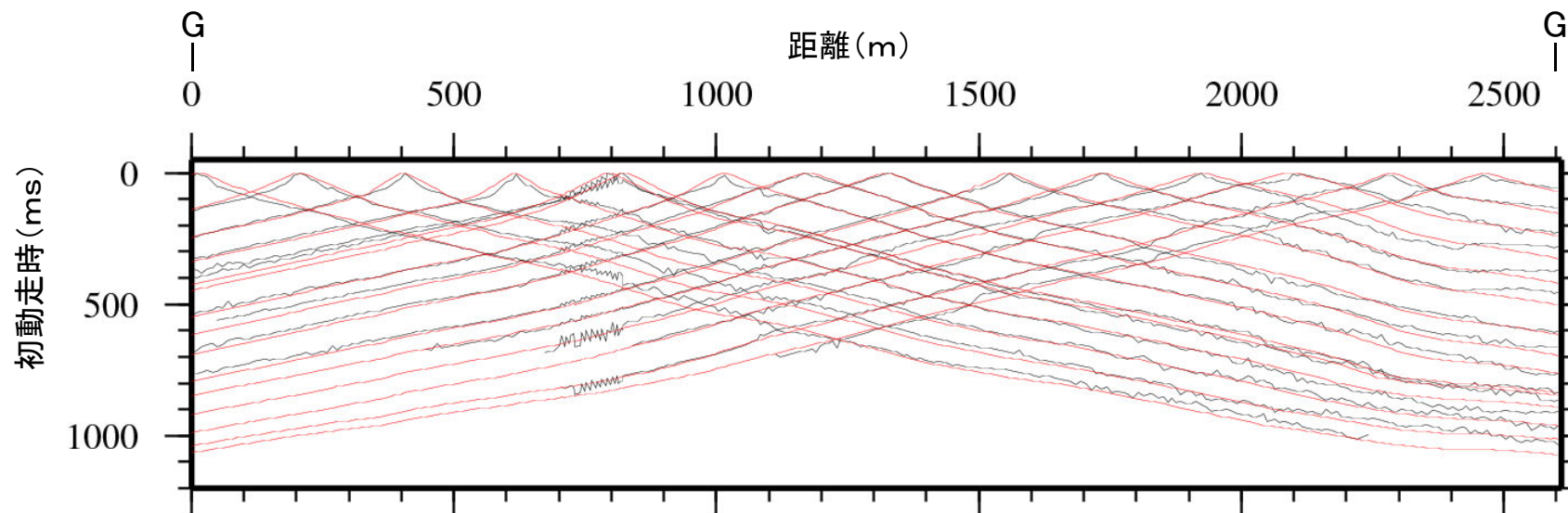
2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容(3/4)

トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル

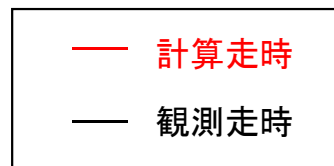


• オフセットVSP探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行うことにより、速度構造モデルを作成した。

2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容(4/4)

トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルの妥当性の確認

トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルでの計算走時と観測走時の比較
(地表受振系の初動走時)



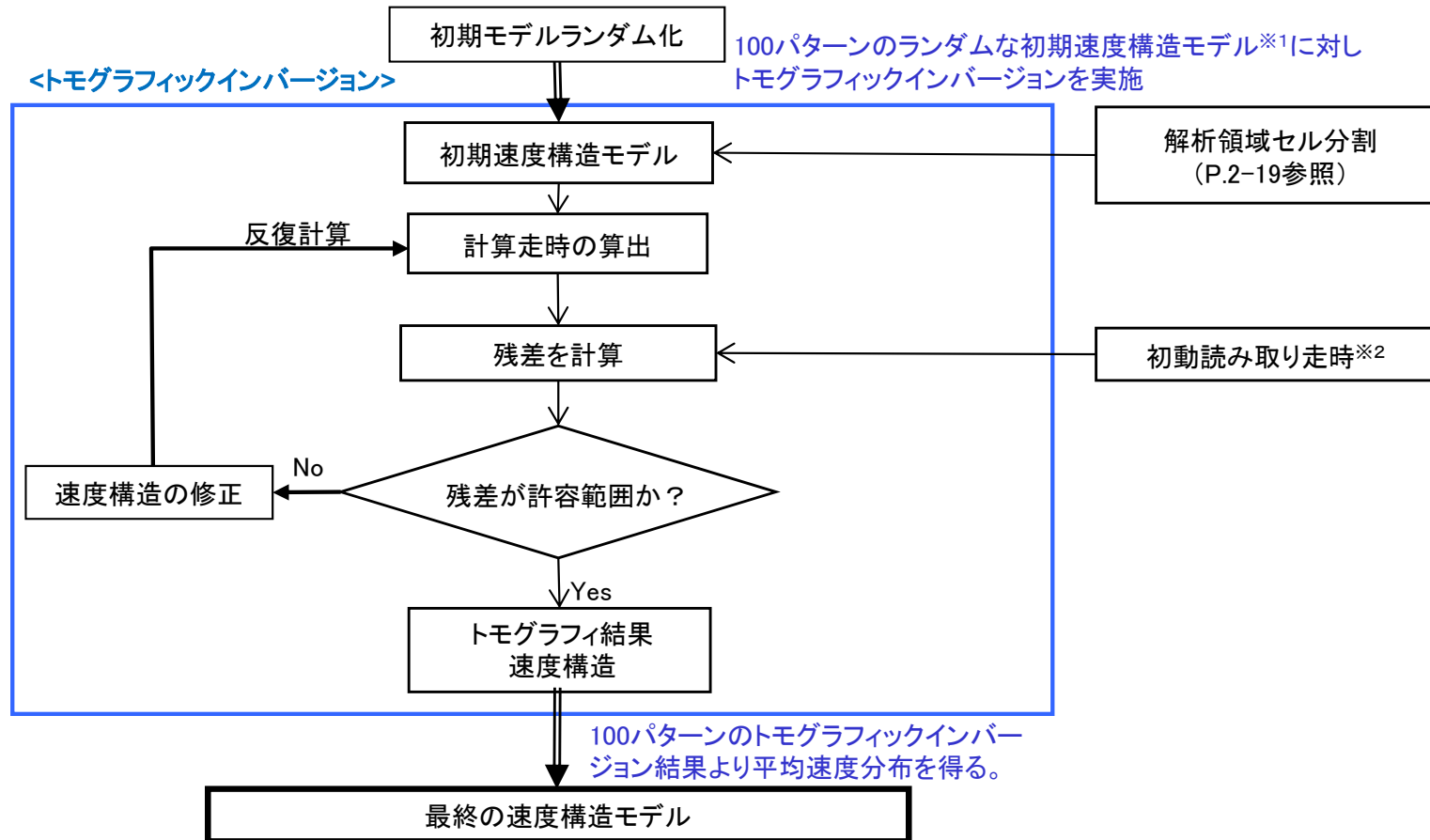
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルで計算した初動走時と観測による初動走時を比較することで、速度構造モデルの妥当性を確認した。
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルによる計算走時は、観測走時を良く再現できていることから、トモグラフィ解析による速度構造モデルは妥当であると判断した。

2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容(1/3)



解析手順

第822回審査会合
資料2-2 P.2-18 再掲



- 「2-2-2」～「2-2-5」に示す、各種弾性波探査で得られたデータを用いたトモグラフィ解析の手順を示す。
- 本フローに示すように、100パターンのランダムな初期速度構造モデル※¹に対し、トモグラフィックインバージョンを実施し、これにより出来上がった100パターンの収束速度構造を平均した平均速度分布を最終の速度構造モデルとした。

※¹ 100パターンの初期速度構造モデルの詳細については、P.2-19、P.2-20を参照。

※² 初動の読み取りに用いた発振記録については、第822回審査会合資料 机上配布資料3を参照。

2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容(2/3)

解析領域セル分割及び初期速度構造モデル

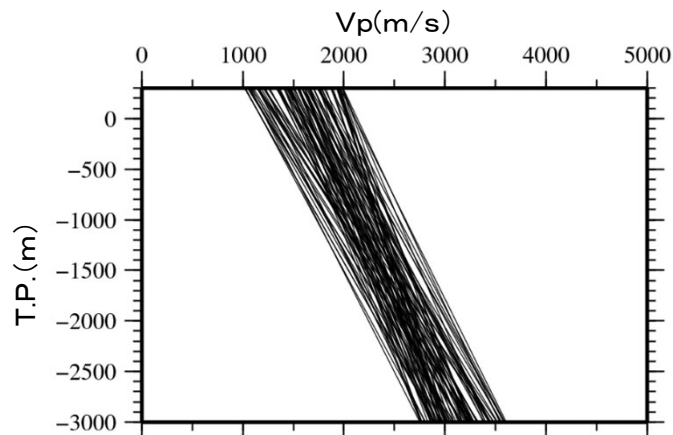
第822回審査会合
資料2-2 P.2-19 再掲

1. 解析領域セル分割

探査名	トモグラフィ解析でのセルのサイズ		備考
	水平方向	鉛直方向	
敷地周辺陸域の屈折法地震探査	100m	100m	受振点間隔(敷地外100m, 敷地内50m)を考慮して設定。
敷地周辺海域の屈折法地震探査	100m	20m	発振点間隔(敷地外200~300m)を考慮して設定。
敷地周辺の陸海連続弾性波探査	10m	10m	発振点間隔(5~10m)を考慮して設定。
反射法地震探査及びオフセットVSP探査	10m	10m	受振点間隔(地表10m, 孔内15m)を考慮して設定。

2. 初期速度構造モデルの設定条件

(敷地周辺陸域の屈折法地震探査を例として示す)

初期速度構造モデルの設定条件
(成層速度モデルの深度と速度の関係)

- ✓ 初期速度構造モデルとして、十分に広い範囲をカバーできるように100パターン of ランダムな速度勾配をもつ成層モデルを設定した。
- ✓ 初期速度構造モデル(成層モデル)の例を次ページに示す。

- 解析領域セル分割でのセルのサイズは、解析精度を確保するために、探査における発振点間隔又は受振点間隔を考慮して設定した。
- 初期速度構造モデルは、一定速度勾配の成層速度構造モデルをランダムに100パターン作成した。

2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容(3/3)



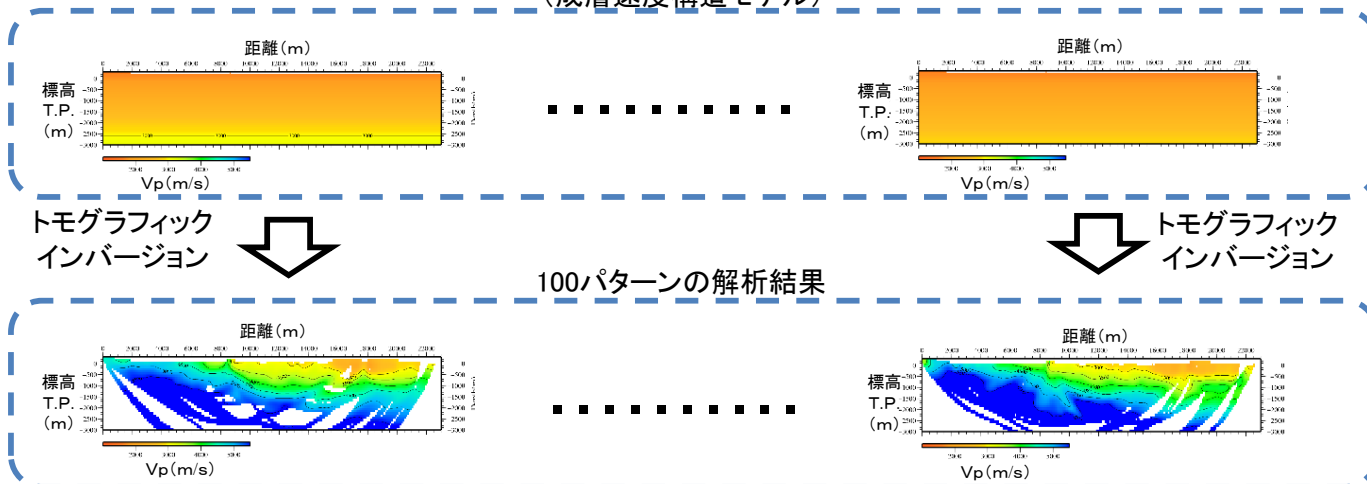
第822回審査会合
資料2-2 P.2-20 再掲

トモグラフィ解析

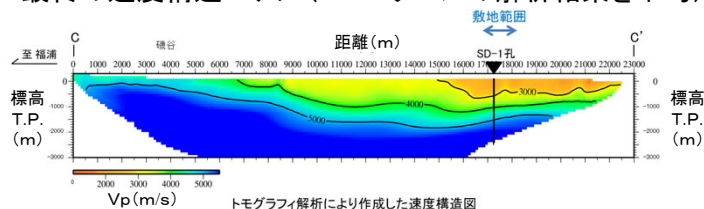
(敷地周辺陸域の屈折法地震探査を例として示す)

1. 解析例

100パターンの初期速度構造モデル
(成層速度構造モデル)



最終の速度構造モデル(100パターンの解析結果を平均)

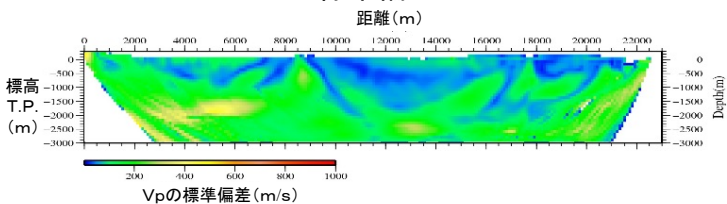


トモグラフィ解析により作成した速度構造図

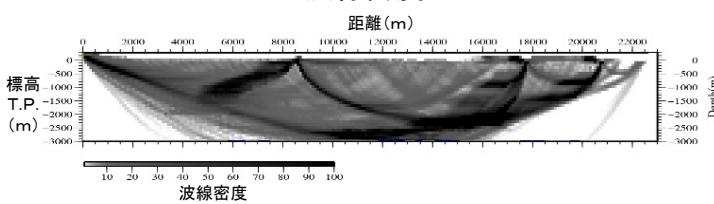
- ランダムな100パターンの初期速度構造モデルに対するトモグラフィックインバージョンを実施し、得られた結果の平均を最終の速度構造モデルとした。
- 最終の速度構造モデルに対する信頼性評価として、100パターンの初期速度構造モデルに対して得られる解析結果のばらつき(標準偏差)と、解析メッシュ毎に通過した波線数を平均した波線密度の分布を整理した。

2. 解析の信頼性評価

標準偏差



波線密度



2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真) (1/7)



本節の位置づけ

- 本編資料「深部ボーリング調査結果 ①柱状図(本編資料P.2-30参照)」の詳細として、深部ボーリングSD-1孔の調査で確認した、易国間層、大間層、貫入岩(玄武岩)、桧川層、金八沢層、長浜層について、各層の代表的なコア写真を次頁以降に示す。
- なお、深部ボーリングSD-1孔の地質柱状図及びコア写真については、第822回審査会合資料机上配布資料2の「1.」に示す。



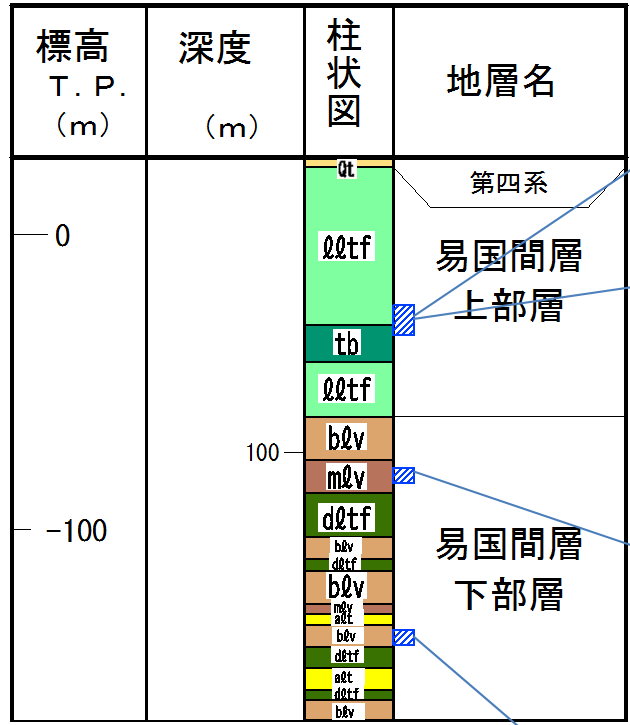
2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真) (2/7)

易国間層の性状

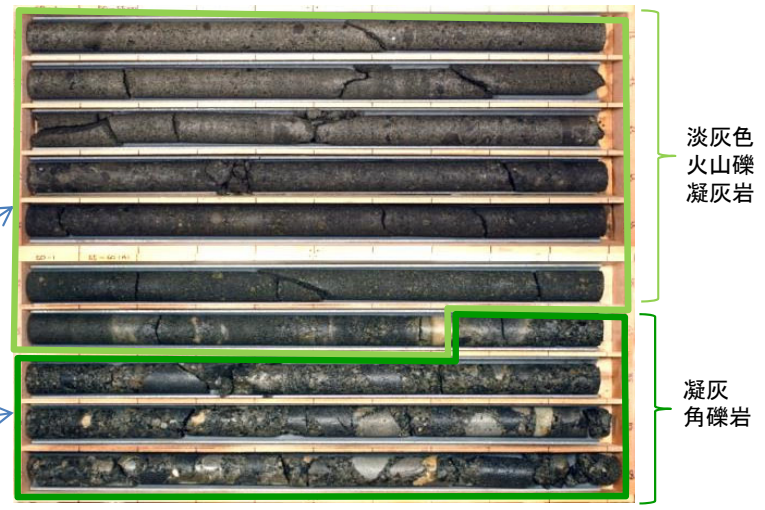
孔口標高T.P.+26.13m

柱状図凡例

第四系	Qt	段丘堆積物, ローム
上部層	lqtf	淡灰色火山礫凝灰岩
	tb	凝灰角礫岩
易国間層	dqtf	暗灰色火山礫凝灰岩
	bqv	安山岩溶岩(角礫状)
	mqv	安山岩溶岩(塊状)
	at	細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層
大間層	st	シルト岩
	ctf	粗粒凝灰岩
	atf	酸性凝灰岩
	ptf	珪石凝灰岩
桧川層	py	火山碎屑岩
	cg	礫岩
金八沢層	sd	砂岩
長浜層	md	泥岩・頁岩
	sl	粘板岩
溶岩・貫入岩	an	安山岩
	ry	流紋岩
	da	デイサイト
	ba	玄武岩



淡灰色火山礫凝灰岩、凝灰角礫岩
T.P.-23.87m~-33.87m(深度50m~60m)



安山岩溶岩(塊状)
T.P.-78.87m~-83.87m(深度105m~110m)



安山岩溶岩(角礫状)
T.P.-133.87m~-138.87m(深度160m~165m)

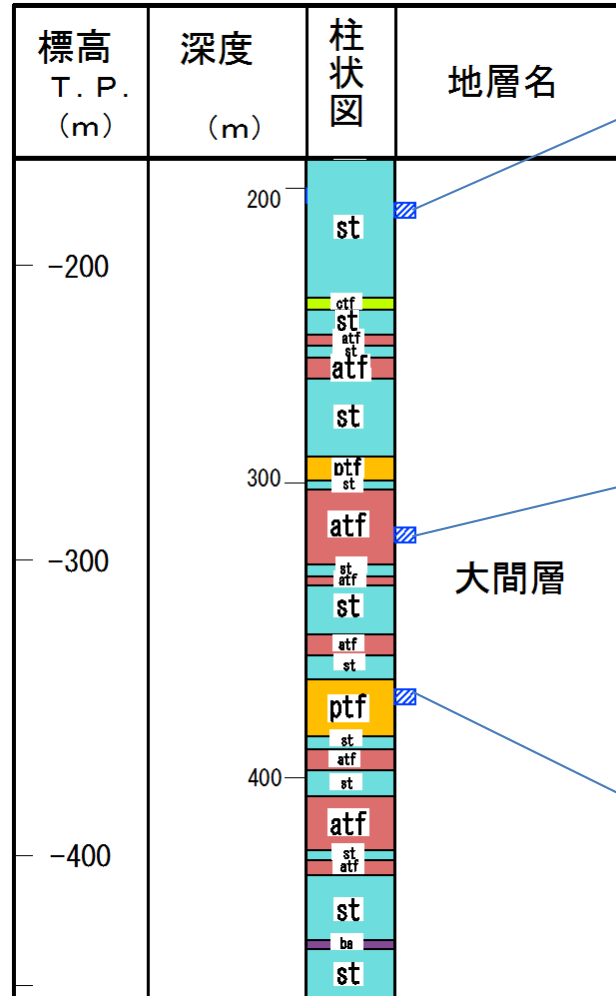


2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)(3/7)

大間層の性状

柱状図凡例

第四系	Qt	段丘堆積物, ローム
易国間層	上部層	dqtf 淡灰色火山礫凝灰岩
	tb	凝灰角礫岩
	下部層	dqtf 暗灰色火山礫凝灰岩
	b2v	安山岩溶岩(角礫状)
m2v	安山岩溶岩(塊状)	
a2t	細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層	
大間層	st	シルト岩
	ctf	粗粒凝灰岩
	atf	酸性凝灰岩
	ptf	軽石凝灰岩
椴川層	py	火山砕屑岩
	cg	礫岩
金八沢層	sd	砂岩
長浜層	md	泥岩・頁岩
	sl	粘板岩
	an	安山岩
	ry	流紋岩
	貫入岩	da
ba	玄武岩	



シルト岩

T.P.-178.87m~-183.87m(深度205m~210m)



酸性凝灰岩

T.P.-288.87m~-293.87m(深度315m~320m)



軽石凝灰岩

T.P.-343.87m~-348.87m(深度370m~375m)



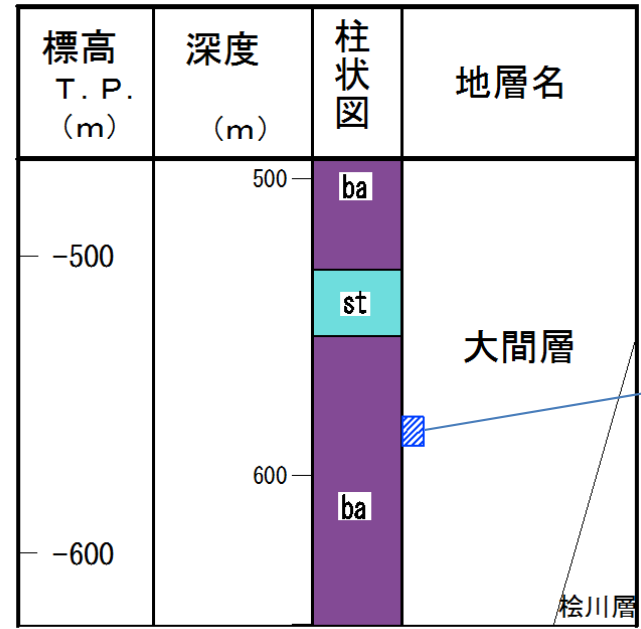


2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真) (4/7)

貫入岩(玄武岩)の性状

柱状図凡例

第四系	Qt	段丘堆積物, ローム
易国間層	上部層	qdtf 淡灰色火山礫凝灰岩 tb 凝灰角礫岩 ddtf 暗灰色火山礫凝灰岩
	下部層	bqv 安山岩溶岩(角礫状) mqv 安山岩溶岩(塊状) aqt 細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層
	大間層	st シルト岩
		ctf 粗粒凝灰岩
		atf 酸性凝灰岩
桧川層	ptf 軽石凝灰岩	
	by 火山砕屑岩	
金八沢層	cg 礫岩	
	sd 砂岩	
長浜層	md 泥岩・頁岩	
	sl 粘板岩	
溶岩・貫入岩	an 安山岩	
	ry 流紋岩	
	da デイサイト	
	ba 玄武岩	



貫入岩(玄武岩)

T.P.-553.87m~-563.87m(深度580m~590m)



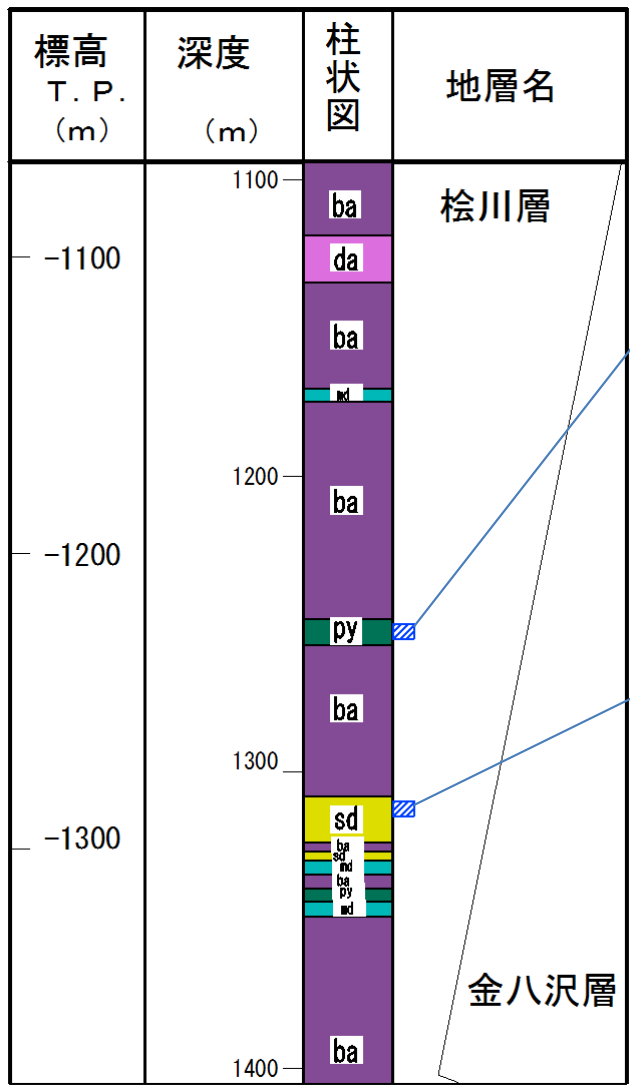


2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)(5/7)

桧川層の性状

柱状図凡例

第四系	Qt	段丘堆積物, ローム
易国間層	上部層	淡灰色火山礫凝灰岩
	tb	凝灰角礫岩
	下部層	暗灰色火山礫凝灰岩
	b0v	安山岩溶岩(角礫状)
	m0v	安山岩溶岩(塊状)
a0t	細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層	
大間層	st	シルト岩
	ctf	粗粒凝灰岩
	atf	酸性凝灰岩
	ptf	軽石凝灰岩
桧川層	py	火山碎屑岩
	cg	礫岩
金八沢層	sd	砂岩
長浜層	md	泥岩・頁岩
	sl	粘板岩
	an	安山岩
溶岩・貫入岩	ry	流紋岩
	da	デイサイト
	ba	玄武岩



火山碎屑岩

T.P.-1,223.87m~-1,228.87m(深度1,250m~1,255m)



凝灰質砂岩

T.P.-1,283.87m~-1,288.87m(深度1,310m~1,315m)



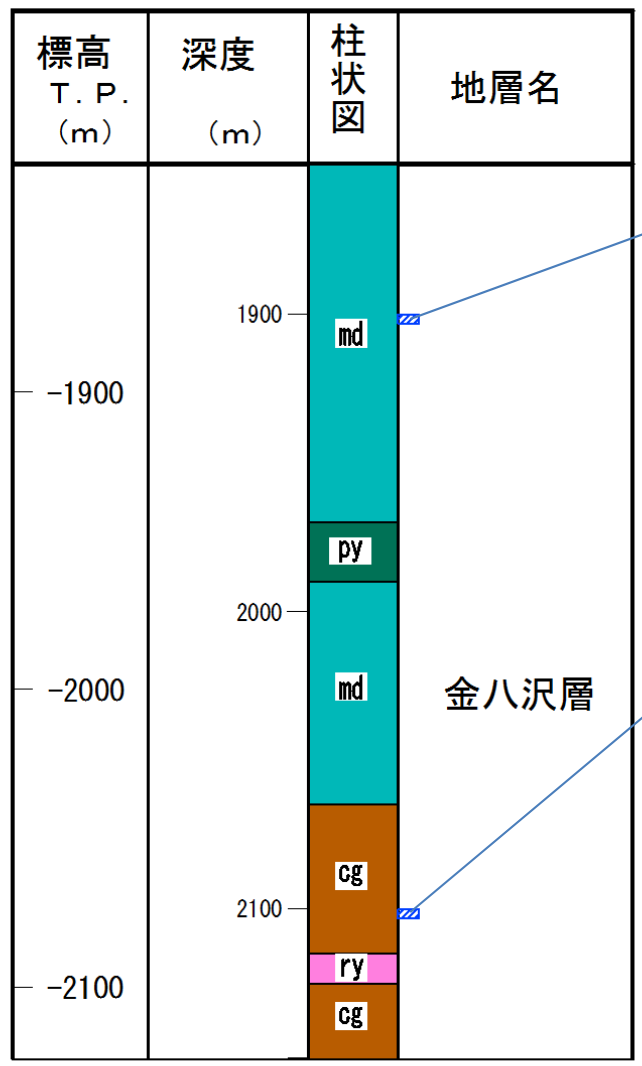


2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)(6/7)

金八沢層の性状

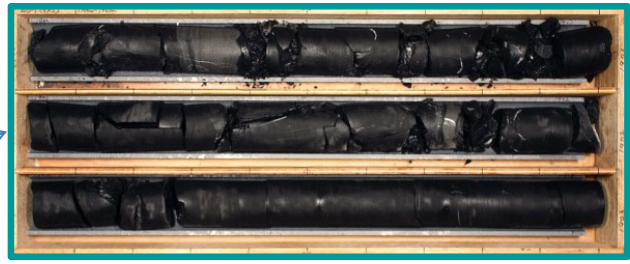
柱状図凡例

第四系	Qt	段丘堆積物, ローム	
易園間層	dtf	淡灰色火山礫凝灰岩	
	tb	凝灰角礫岩	
	dltf	暗灰色火山礫凝灰岩	
	b&v	安山岩溶岩(角礫状)	
大間層	m&v	安山岩溶岩(塊状)	
	adt	細粒凝灰岩・粗粒凝灰岩・暗灰色火山礫凝灰岩互層	
	st	シルト岩	
	ctf	粗粒凝灰岩	
	atf	酸性凝灰岩	
	ptf	軽石凝灰岩	
	py	火山砕屑岩	
	cg	礫岩	
	金八沢層	sd	砂岩
		md	泥岩・頁岩
長浜層	sl	粘板岩	
	an	安山岩	
溶岩・貫入岩	ry	流紋岩	
	da	デイサイト	
	ba	玄武岩	



泥岩・頁岩

T.P.-1,873.87m~-1,876.87m(深度1,900m~1,903m)



礫岩

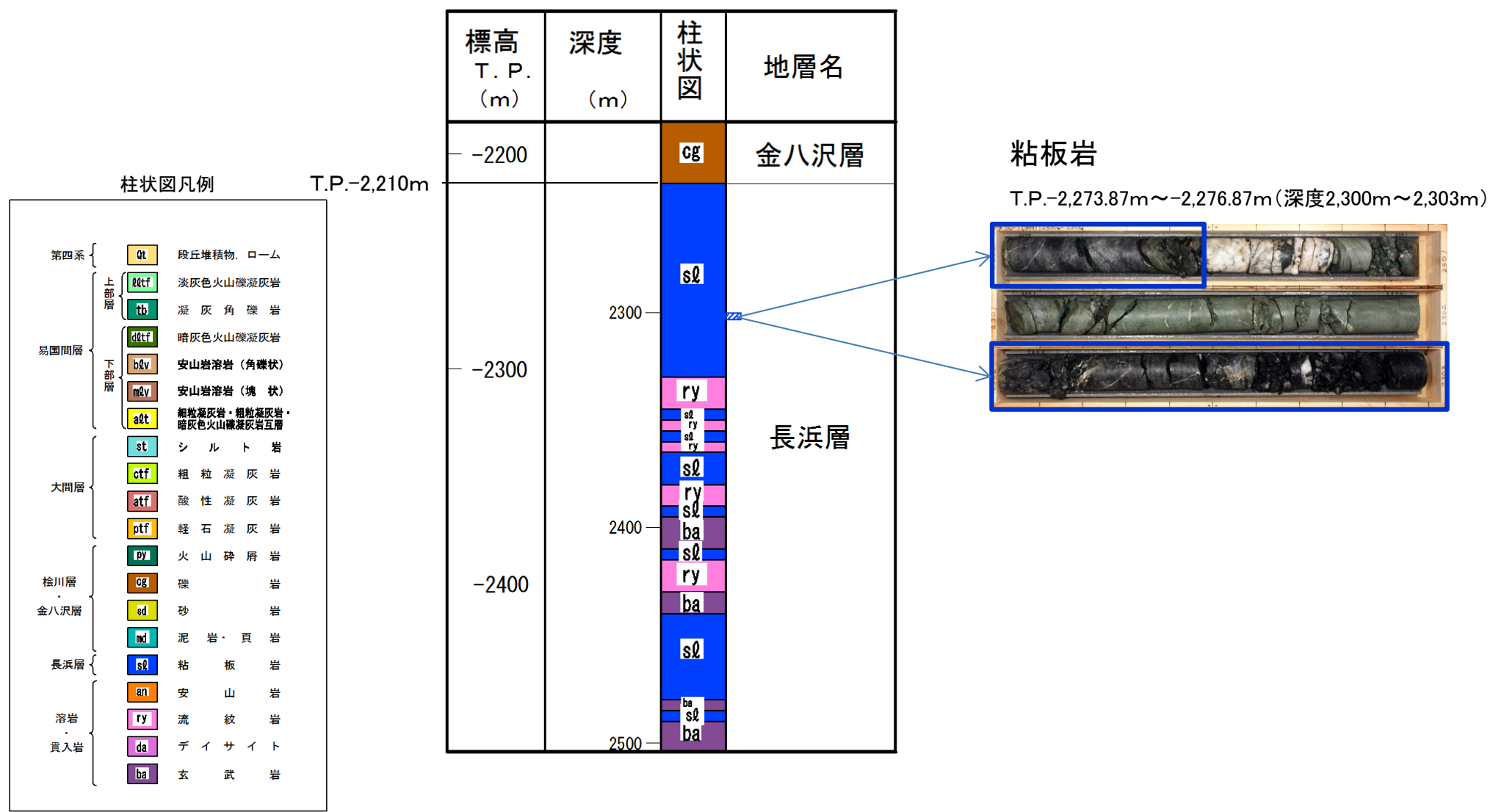
T.P.-2,073.87m~-2,076.87m(深度2,100m~2,103m)





2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)(7/7)

長浜層の性状

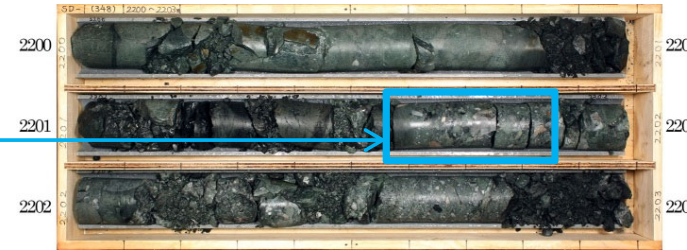


2-4 地震基盤付近のカッティングス及びスポットコアによる岩種判定

SD-1孔 地震基盤(T.P.-2,210m)付近のカッティングス及びスポットコア

第822回審査会合
資料2-2 P.2-28 再掲

- 本編資料「深部ボーリング調査結果 ②長浜層の確認(本編資料P.2-31参照)」の詳細として、新第三系(金八沢層)と先新第三系(長浜層)の境界部のカッティングスの観察結果とスポットコアによる岩種判定について本頁に示す。



T.P.-2,173.87m～-2,176.87m

(深度2,200m～2,203m)

スポットコア: 礫岩

玄武岩, 珪質岩等の礫からなる礫岩。基質は黒色泥質岩からなる。



T.P.-2,209m (深度2,235m)

カッティングス: 礫岩

黒色泥質岩(bms), 灰色泥質岩(gms), 凝灰岩(tf), 赤色チャート(rch), 白色脈(ww)等が認められ, 岩種は泥質岩を基質とする礫岩と判断される。

新第三系(金八沢層)



T.P.-2,214m (深度2,240m)

カッティングス: 粘板岩

縞模様の組織が特徴的な灰色粘板岩(gsl)のカッティングスが多く認められ, その他に少量の黒色泥質岩(bms), 灰色泥質岩(gms), 白色脈(ww)等が見られる。安山岩, 凝灰岩等のカッティングスは少なく, 岩種は粘板岩と判断される。

先新第三系(長浜層)



T.P.-2,273.87m～-2,276.87m

(深度2,300m～2,303m)

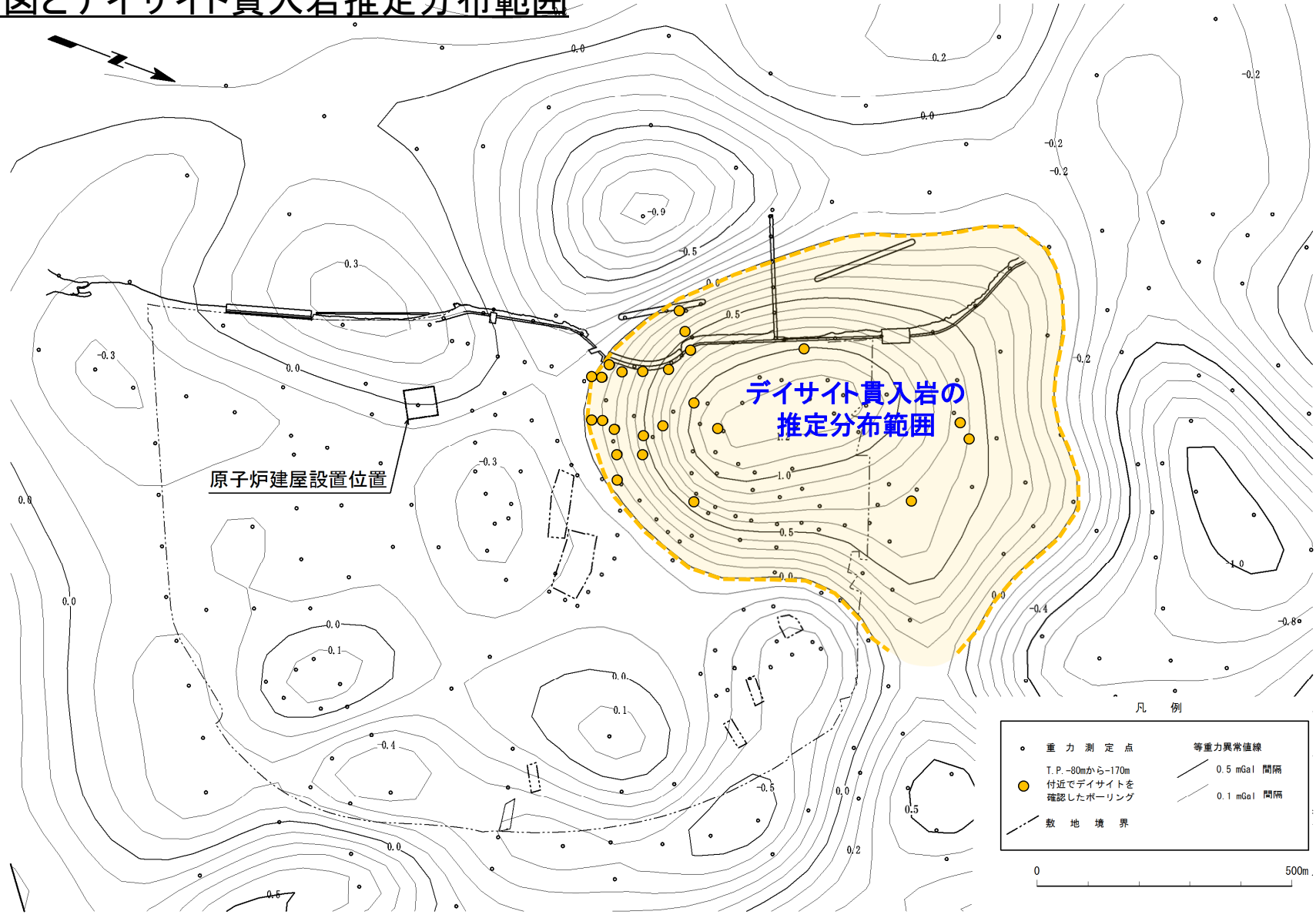
スポットコア: 粘板岩

縞状組織を有する珪質な粘板岩からなり, 石英等の白色鉱物脈を伴う。



2-5 デイサイトの分布について

重力異常図とデイサイト貫入岩推定分布範囲



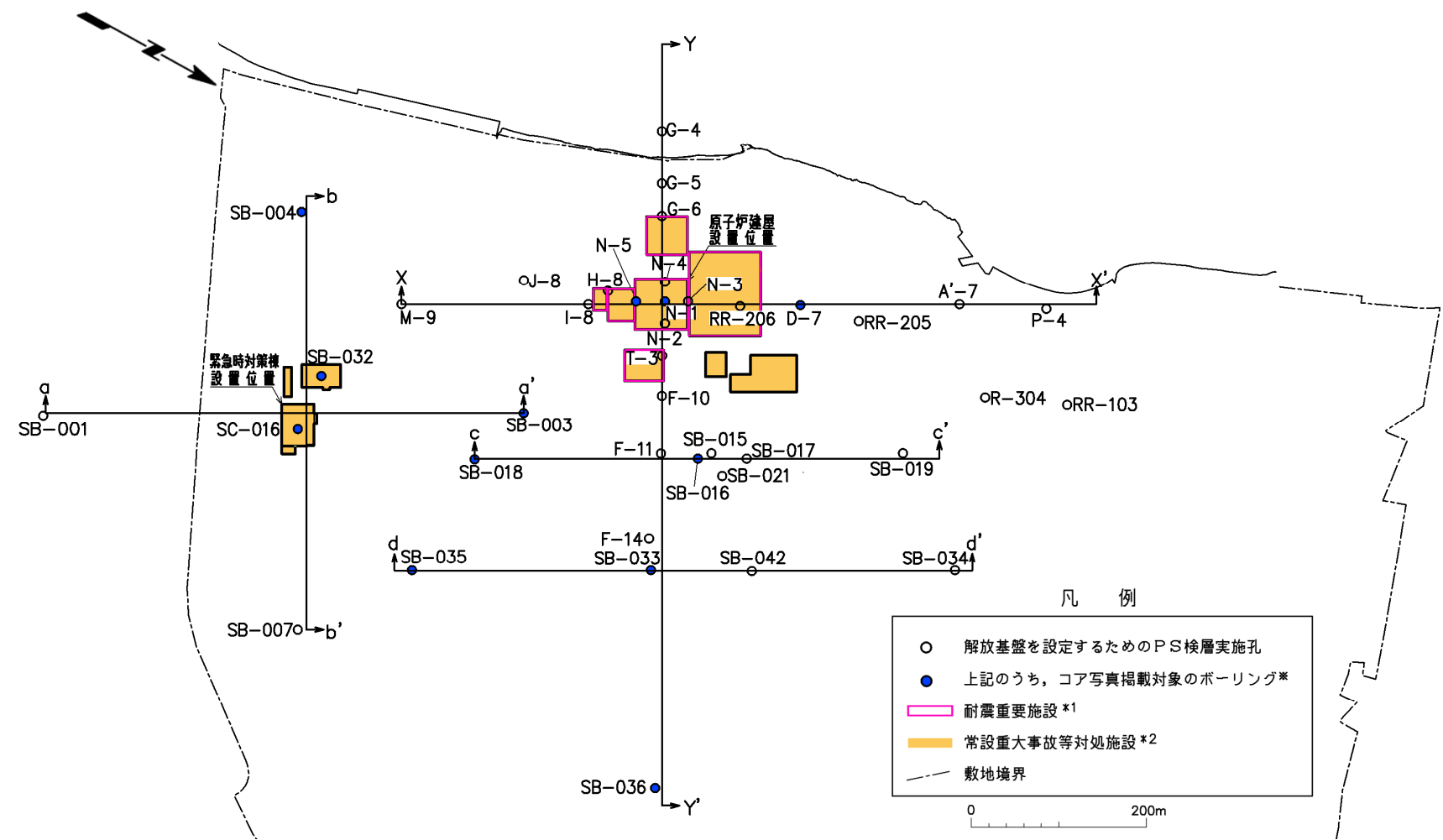
- 重力探査結果によれば、原子炉建屋の北方において南北1km程度、東西0.7km程度の範囲の高重力異常域が分布する。
- ボーリング調査の結果から、この高重力異常域にはデイサイトの貫入岩が餅盤状に分布すると推定される。

注) 本頁は、本編資料P.2-40において「デイサイトの分布範囲は、敷地の北部に限定される。」としたことの詳細を示したものである。



2-6 大間層の性状について(1/6)

大間層のボーリングコア写真掲載の対象孔



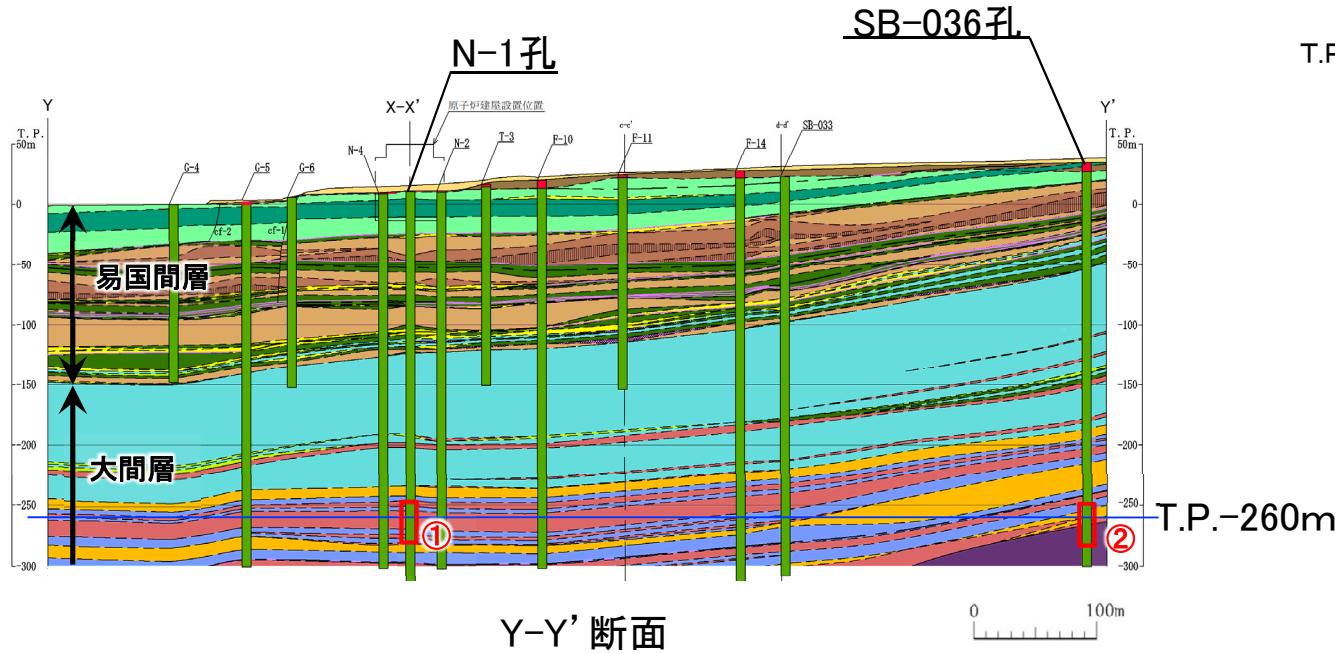
次頁以降に、図中の青丸印をつけたボーリング孔のうち、X-X'断面を除く5断面(Y-Y'断面, a-a'断面~d-d'断面)のボーリング孔について大間層のボーリングコア写真を示す。

※ X-X'断面上のN-5孔, D-7孔のボーリングコア写真は本編資料P.2-47に示す。
*1 設置許可基準規則第三条の対象となる耐震重要施設(間接支持構造物を含む)。
*2 設置許可基準規則第三十八条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設及び防護上の観点から公開不可の施設を除く)。



2-6 大間層の性状について(2/6)

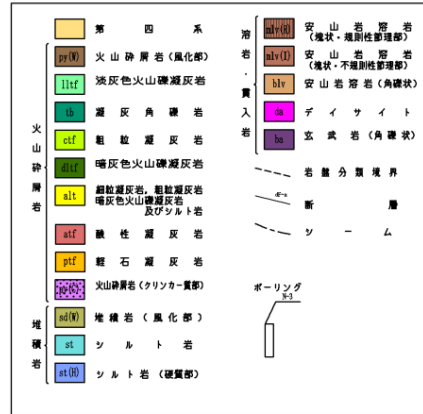
N-1孔, SB-036孔



Y-Y' 断面

0 100m

岩盤分類図凡例



風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの

① N-1孔
T.P.-249.75m~T.P.-279.75m
(深度265m~295m)

② SB-036孔
T.P.-250.49m~T.P.-280.49m
(深度288m~318m)



凡例 I : T.P.-260m

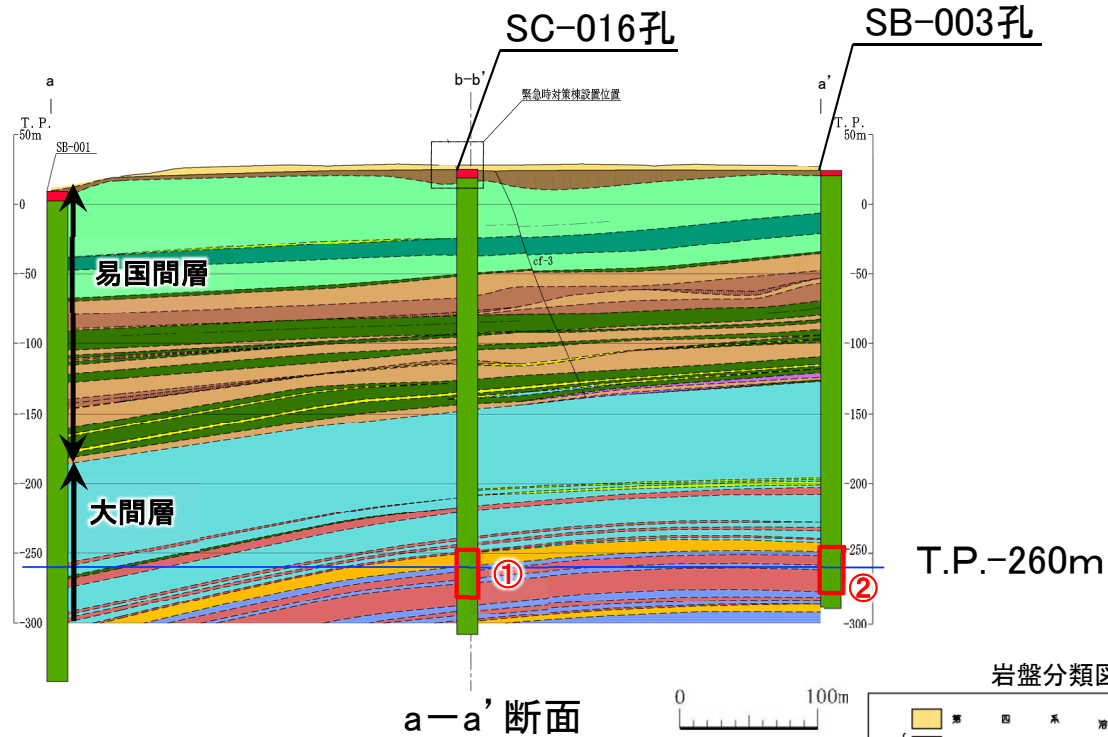
・大間層は新鮮であり, 風化は認められない。

※ : 東西方向Y-Y' 断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は, 第822回審査会合資料 机上配布資料2の「3.3.2」を参照。



2-6 大間層の性状について(3/6)

SC-016孔, SB-003孔



風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの

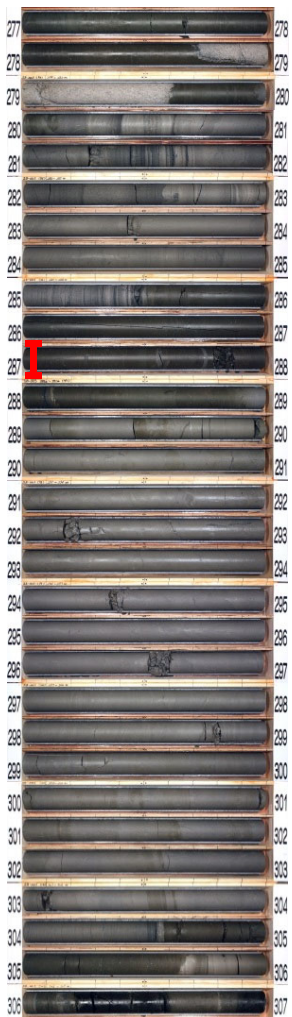
岩盤分類図凡例

第四系	安山岩溶岩 (塊状・塊状・不規則状)
pr(w) 火山砕屑岩 (風化部)	安山岩溶岩 (塊状・不規則状)
llv 淡灰色火山礫凝灰岩	安山岩溶岩 (角礫状)
lv 凝灰角礫岩	デイサイト
cf 粗粒凝灰岩	玄武岩 (角礫状)
cf-3 暗灰色火山礫凝灰岩	
nl 凝結凝灰岩、粗粒凝灰岩、暗灰色火山礫凝灰岩、及グント岩	岩盤分類境界
af 賦性凝灰岩	断層
pf 輝石凝灰岩	シーム
pr 火山砕屑岩 (クリンカー質部)	ボーリング
sl(w) 堆積岩 (風化部)	
st シルト岩	
sl シルト岩 (硬質部)	

① SC-016孔
T.P.-249.94m~T.P.-279.94m
(深度280m~310m)



② SB-003孔
T.P.-249.97m~T.P.-279.97m
(深度277m~307m)



凡例 I : T.P.-260m

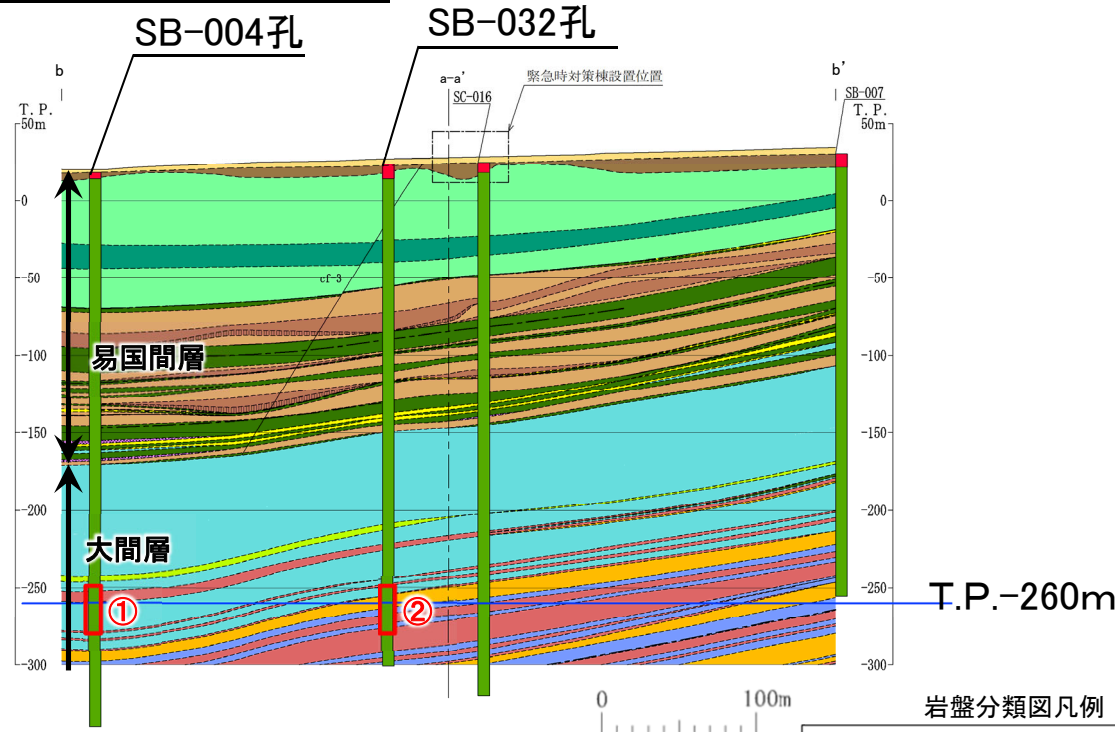
・大間層は新鮮であり、風化は認められない。

※ : 南北方向a-a'断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は、第822回審査会合資料 机上配布資料2の「3.3.3」を参照。



2-6 大間層の性状について(4/6)

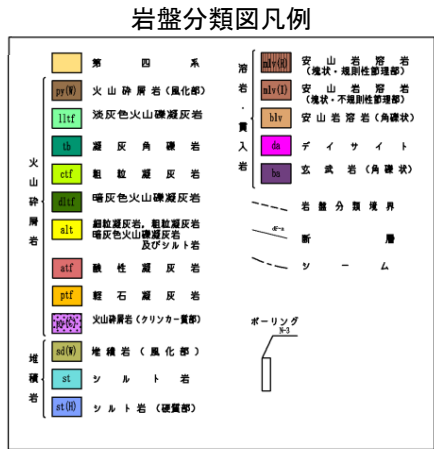
SB-004孔, SB-032孔



b-b' 断面

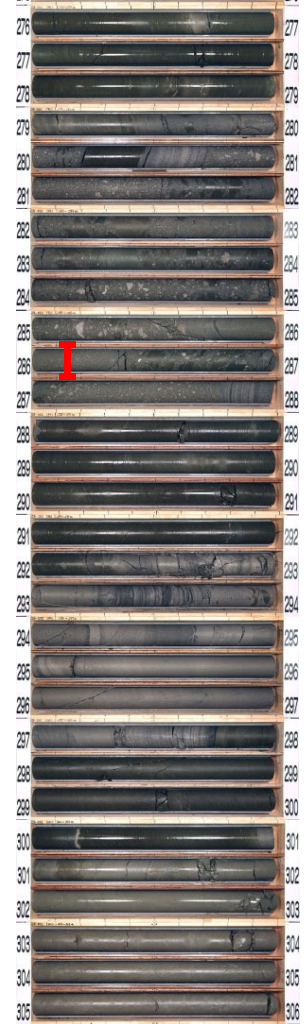
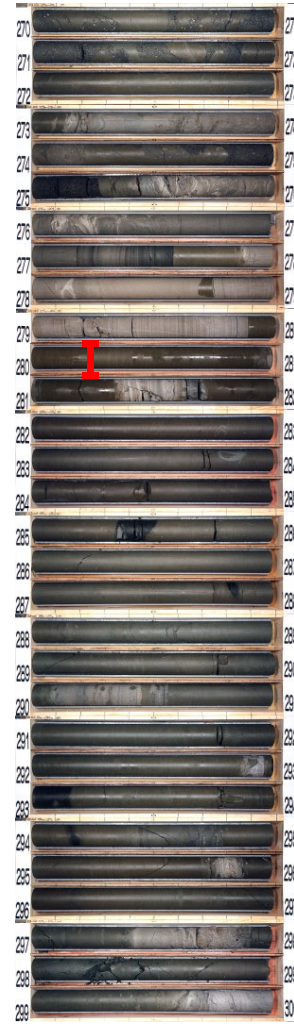
風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



① SB-004孔
T.P.-249.77m~T.P.-279.77m
(深度270m~300m)

② SB-032孔
T.P.-249.87m~T.P.-279.87m
(深度276m~306m)



凡例 I : T.P.-260m

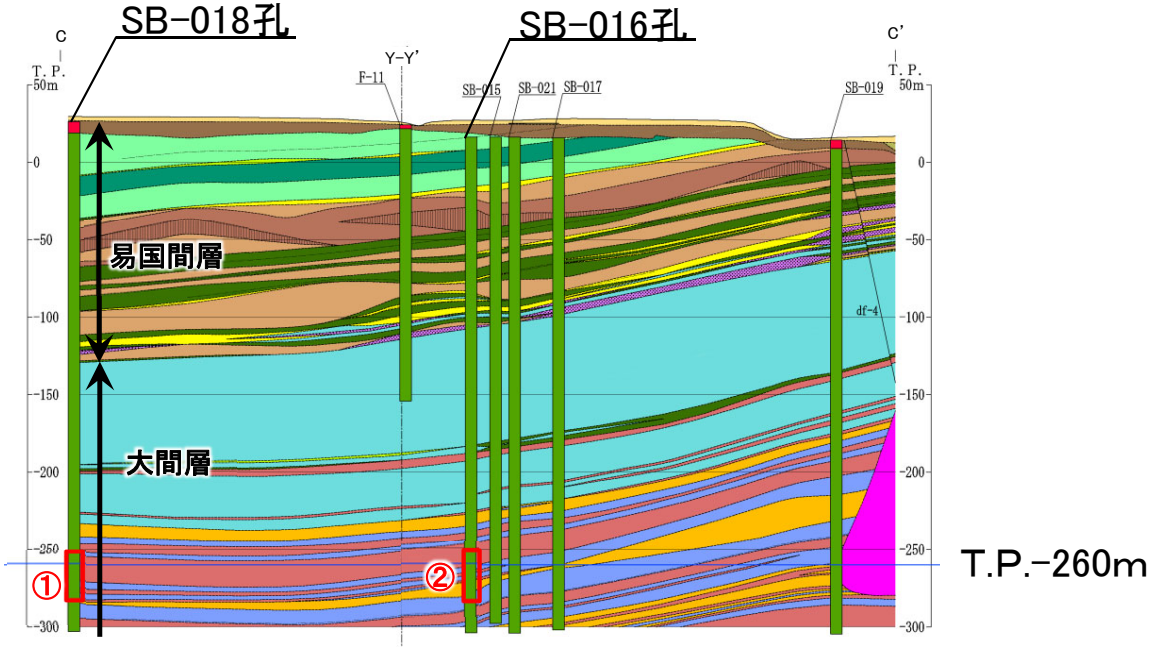
・大間層は新鮮であり、風化は認められない。

※ : 東西方向b-b'断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は、第822回審査会合資料 机上配布資料2の「3.3.4」を参照。



2-6 大間層の性状について(5/6)

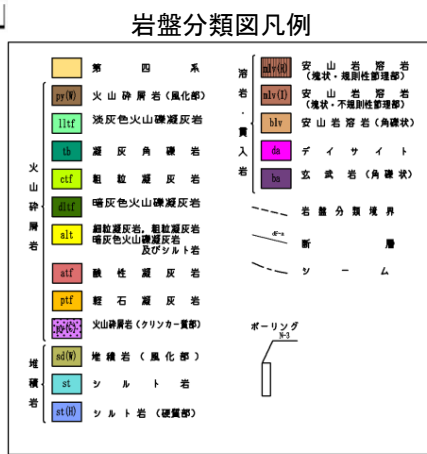
SB-016孔, SB-018孔



c-c' 断面

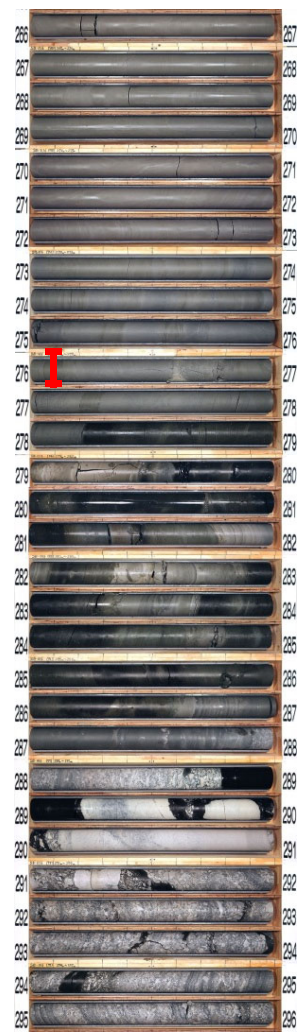
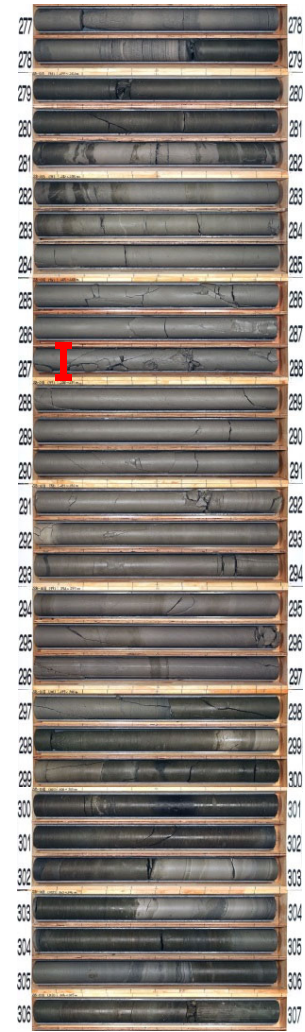
風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



① SB-018孔
T.P.-249.88m～T.P.-279.88m
(深度277m～307m)

② SB-016孔
T.P.-249.90m～T.P.-279.90m
(深度266m～296m)



凡例 I : T.P.-260m

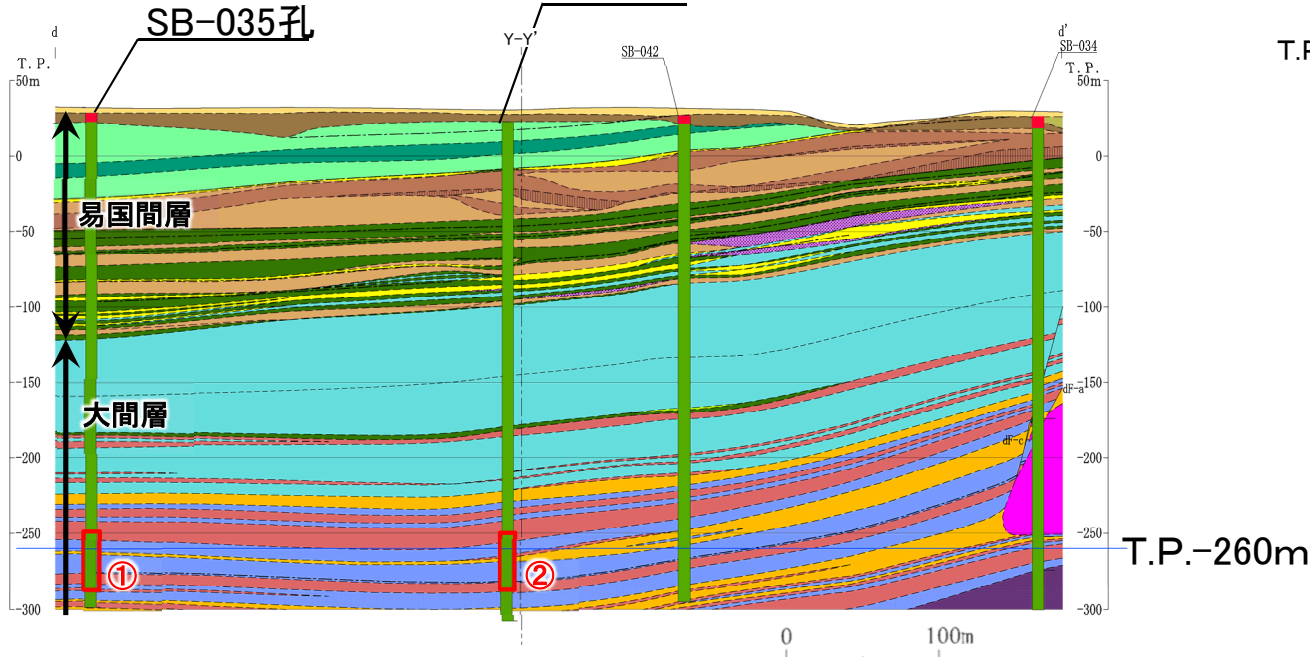
・大間層は新鮮であり、風化は認められない。

※ : 南北方向c-c'断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は、第822回審査会合資料 机上配布資料2の「3.3.5」を参照。



2-6 大間層の性状について(6/6)

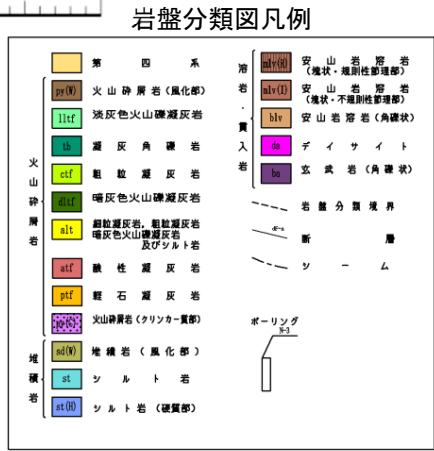
SB-033孔, SB-035孔



d-d' 断面

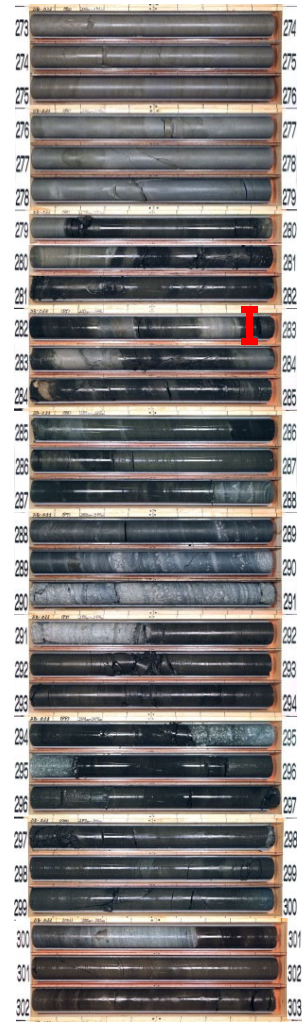
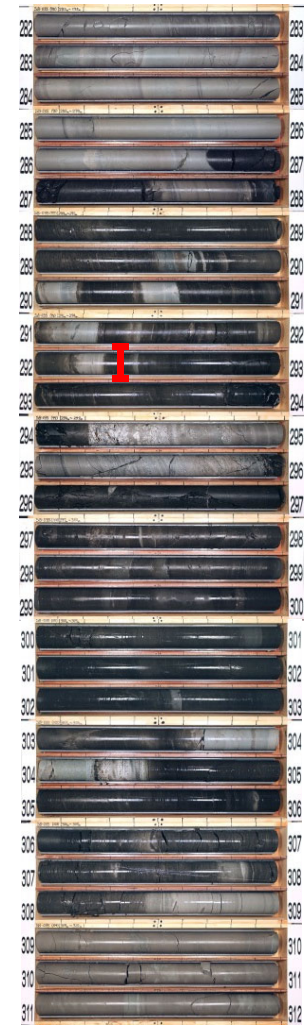
風化区分

凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



① SB-035孔
T.P.-249.66m ~ T.P.-279.66m
(深度282m ~ 312m)

② SB-033孔
T.P.-250.10m ~ T.P.-280.10m
(深度273m ~ 303m)



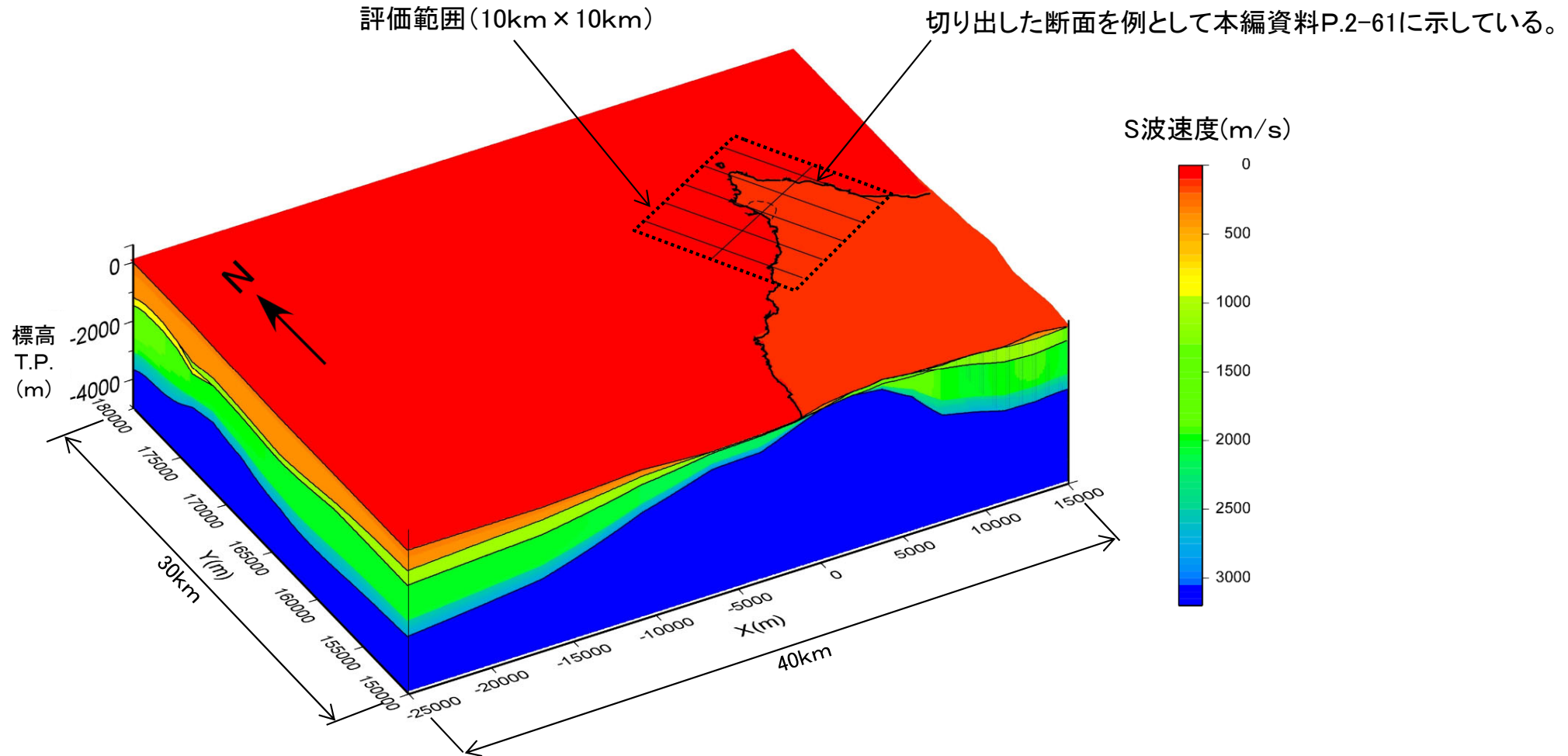
凡例 I : T.P.-260m

・大間層は新鮮であり、風化は認められない。

※ : 南北方向d-d' 断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は、第822回審査会合資料 机上配布資料2の「3.3.6」を参照。

2-7 三次元地下構造モデル作成範囲(30km × 40km)全体の作成結果

第822回審査会合
資料2-2 P.2-36 再掲



- ジョイントインバージョン解析により作成した三次元地下構造モデル作成範囲(30km × 40km)全体の鳥瞰図を示す。

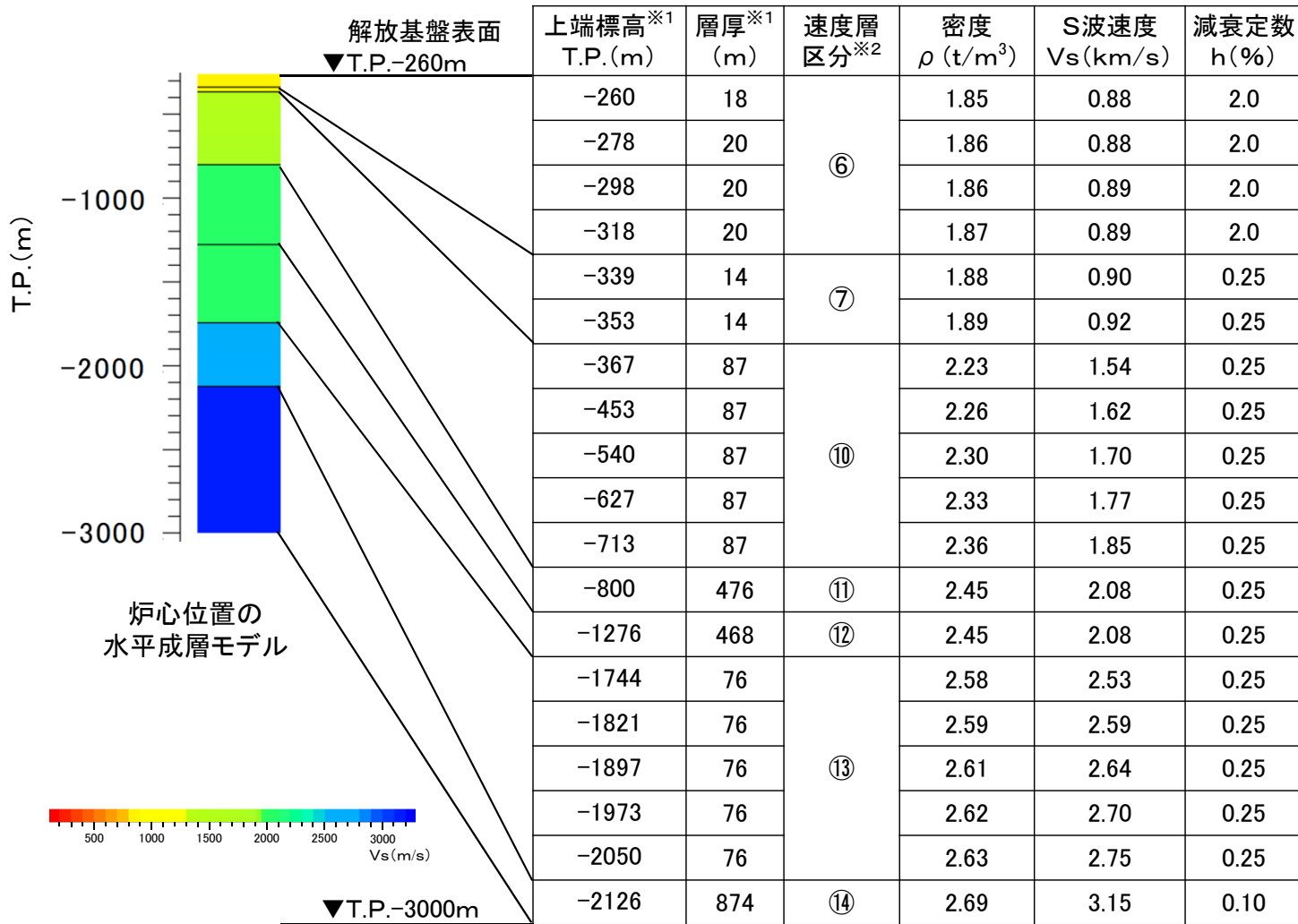
注) 三次元地下構造モデルのうち、評価範囲(10km × 10km)の鳥瞰図については、本編資料P.2-60を参照。

2-8 水平成層モデルの諸元 (1/2)

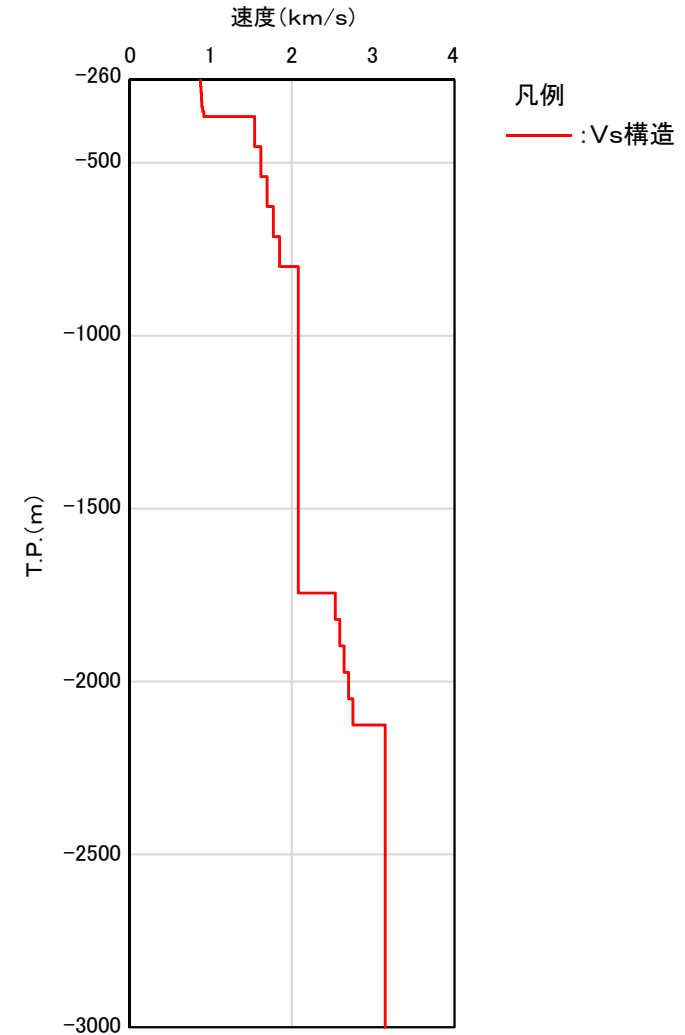
コメントNo.S3-11

「2.2.3 深部の地下構造の影響検討」に用いた水平成層モデル

水平成層モデル



※1 : 上端標高及び層厚は整数にて表示。
 ※2 : 速度層区分は、P.2-44の図に示す。



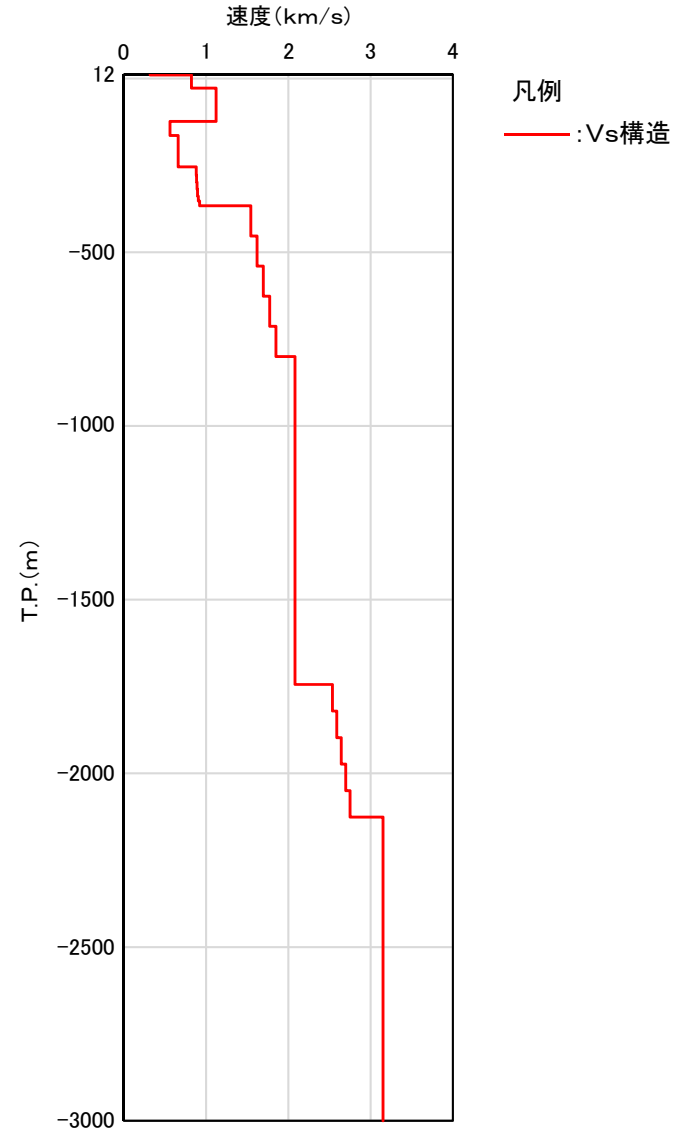
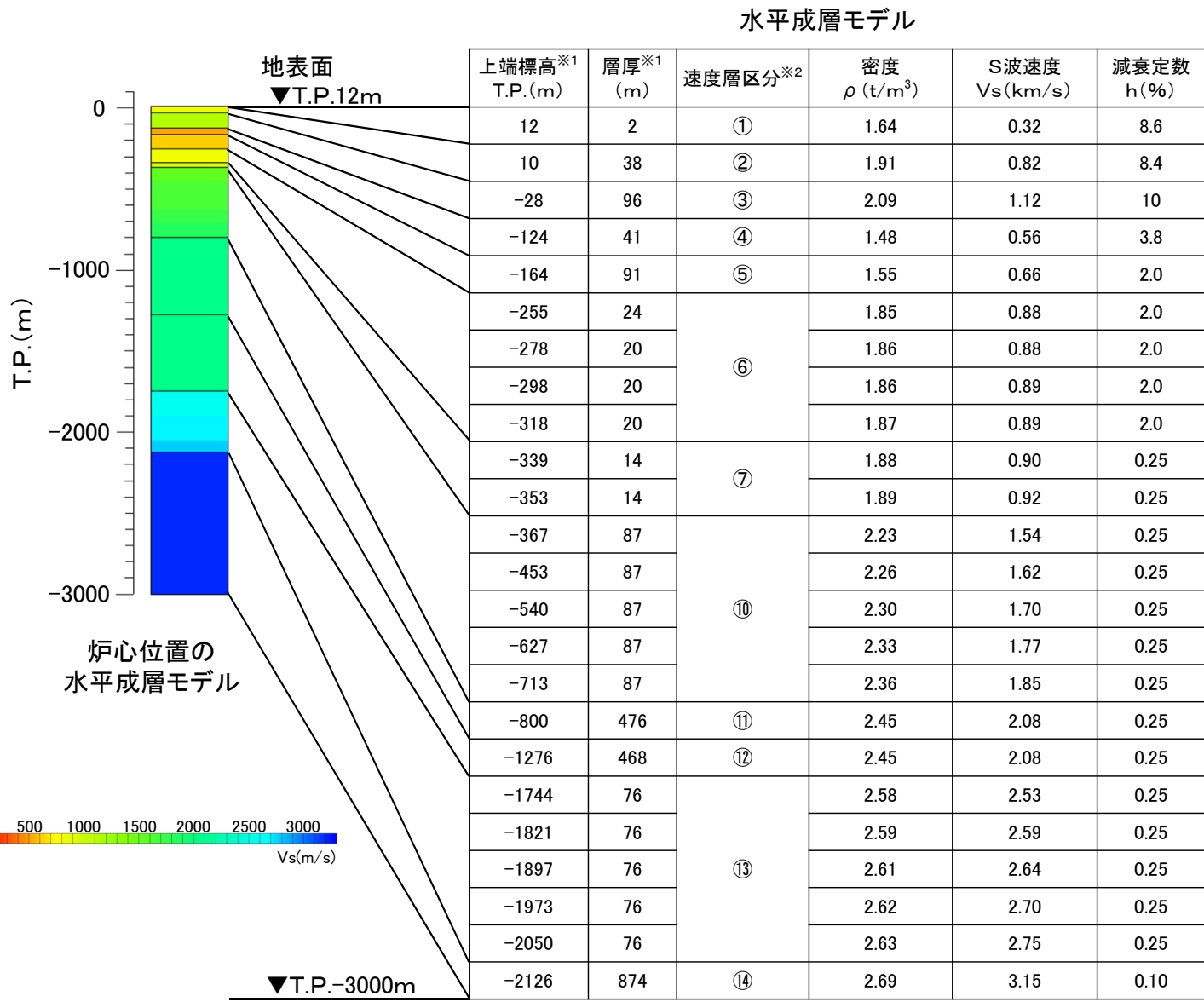
水平成層モデルの速度構造

注)本頁は、本編資料「2.2.3 深部の地下構造の影響検討」に用いた水平成層モデル(本編資料P.2-81, P.2-82参照)の諸元を示したものである。

2-8 水平成層モデルの諸元 (2/2)

「2.2.4 浅部の地下構造の影響検討」に用いた水平成層モデル

コメントNo.S3-11



※1 : 上端標高及び層厚は整数にて表示。
 ※2 : 速度層区分は、P.2-44の図に示す。

注) 本頁は、本編資料「2.2.4.2 二次元FEMモデルによる検討」に用いた水平成層モデル(本編資料P.2-131~P.2-133参照)の諸元を示したものである。

- 二次元FEMモデルによる検討については、深部の地下構造の影響検討と同様に、中心周期1.0秒及び0.2秒のリッカー波を入力波とした解析を実施した。
- 三次元差分法モデルによる検討については、既往の研究事例での検討実績等[※]を考慮の上、中心周期1.0秒のリッカー波を入力波とした解析を実施し、二次元FEMモデルによる検討結果との整合性を確認した。

○検討項目と解析に用いたリッカー波の中心周期との関係

検討項目	リッカー波の中心周期	
	1.0秒	0.2秒
二次元FEMモデルによる検討(2.2.4.2項)	実施	実施
三次元差分法モデルによる確認(2.2.4.3項)	実施	実施しない

↑
応答の比較
2.2.4.3.4項,
2.2.4.3.5項
↓

※: 既往の研究事例での検討実績等については、P.2-40を参照。

注)本節は、本編資料2.2.4.1項(本編資料P.2-129参照)及び本編資料2.2.4.3項(本編資料P.2-203, P.2-204参照)に関する補足説明資料。

2-9 検討項目とリッカー波の中心周期(2/3)

三次元差分法モデルによる検討において対象とされている周波数範囲

コメントNo.S3-11

- 既往の研究事例及び文献等の実績によれば、浅部の構造を含む三次元差分法モデルによる解析は1Hz～2Hz程度よりも低周波数側の範囲で実施されている。
- 地震調査研究推進本部(2017)²⁾の概要については、P.2-41を参照。

1. 既往の研究事例

浅部・深部地盤を対象とした三次元差分法による既往の研究事例の周波数範囲

文献	対象周波数	最小Vs (m/s)	最小波長 (m)	水平格子 間隔(m)	対象地域
地震調査研究推進 本部(2017)	1Hzより 低周波数側	350	350	70	関東平野
片岡・永野(2020) ³⁾	0.1～1Hz	100	100	20	大阪平野
新色・山中(2013) ⁴⁾	1.3Hz(周期0.75秒)より 低周波数側	100	75	15	石巻平野
上林ら(2010) ⁵⁾	2Hzより 低周波数側	200	100	20	大阪平野

⇒ 浅部・深部地盤を対象とした解析事例は、1Hz～2Hz程度よりも低周波数側の範囲で実施されている。

2. 文献等※による知見からの判断

※: 例えば、盛川・山中(2019)⁶⁾

■モデル化の条件

- モデルの格子間隔は、入力波1波長の5分の1を十分に満足する必要がある。
- 入力波が、上記のモデルの格子間隔との関係性に比べて、高周波数側となる場合は、テイラー展開による離散化による誤差が大きくなる。

■留意事項

- 差分法は、格子点上に物性値を与える手法であり、速度層が傾斜している場合には境界面が階段状にモデル化され、段差の部分からの散乱波により誤差が生じるとされている。

ここで、高周波数のリッカー波を入射させた場合、低速度層では波長が短くなることにより、1せん断波あたりに通過する格子の数が少なくなり、散乱波が生じやすくなる。

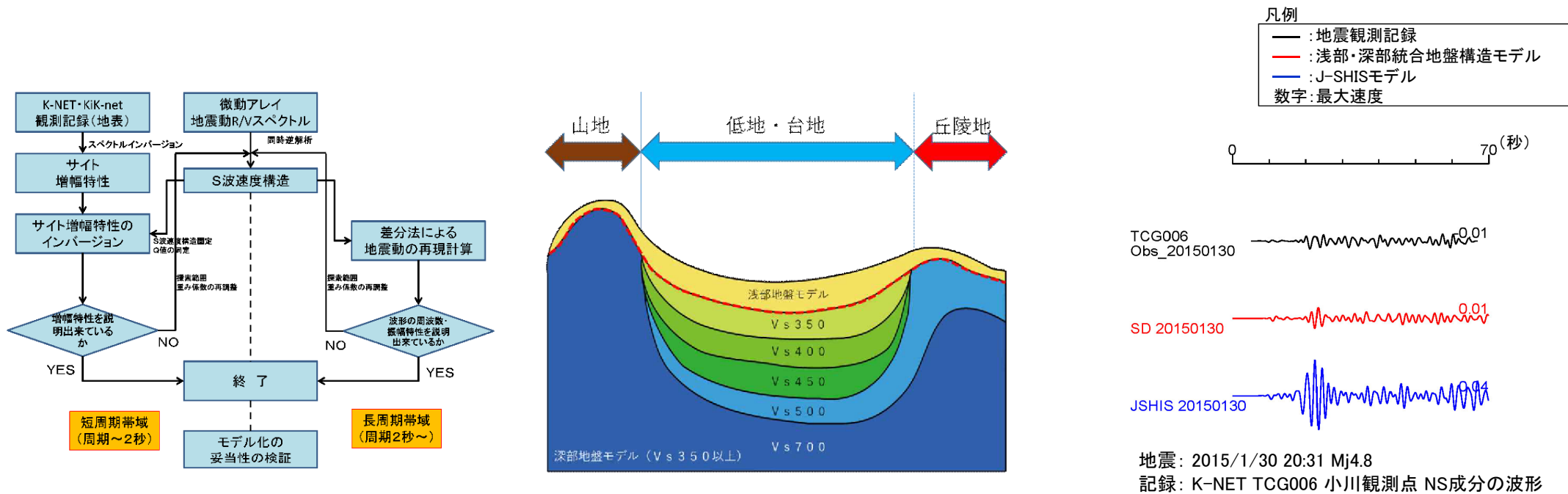
浅部の構造を含む三次元差分法モデルによる解析は、1Hz～2Hz程度よりも低周波数側の範囲で実施されている。

2-9 検討項目とリッカー波の中心周期(3/3)

既往の研究実績の一例(地震調査研究推進本部(2017)の概要)

コメントNo.S3-11

- 地震調査研究推進本部(2017)においては、地震動ハザードを評価するために作成した関東地方の浅部・深部統合地盤構造モデルについて、モデル作成に用いたデータや具体的な作業手法について説明されている。
- 具体的な作業手法のうち、三次元速度構造モデルの検証として、周期1秒以上の長周期帯域での差分法を用いた地震動の再現計算が行われている。



地震動の長周期成分の波形再現性と短周期成分のサイト増幅特性を考慮した検討の流れ (地震調査研究推進本部(2017)より抜粋)

計算に使用するモデルの範囲 (地震調査研究推進本部(2017)より抜粋)

観測記録と差分法による計算波形の比較例 (地震調査研究推進本部(2017)に一部加筆・修正)

- 浅部・深部統合地盤構造モデルを用いて三次元差分法による地震動シミュレーションを行い、長周期成分の地震動の再現性によるモデルの検証が行われている。(フロー右側)

- 長周期成分の地震動の再現性によるモデルの検証を行うため、周期1秒よりも長周期側の解析が行われている。
- 解析に当たっては、赤点線(Vs=350m/sの上面)を解放工学的基盤上面として計算が行われている。

- 三次元差分法による再現計算の波形と観測記録の波形の比較が行われている。

(余白)

2-10 二次元FEMモデルの地盤物性値(1/2)

解放基盤表面以浅の構造を含む二次元FEMモデルの地盤物性値

コメントNo.S3-11

地盤物性値

速度層区分	地層・岩盤区分	密度 ^{※1} ρ (t/m ³)	S波速度 ^{※2} V_s (km/s)	減衰定数 ^{※3} h (%)
①	第四系・火山碎屑岩 (風化部)	1.64	0.32	8.6
②	易国間層上部層	1.91	0.82	8.4
③	易国間層下部層	2.09	1.12	10
④	大間層	1.48	0.56	3.8
⑤	大間層	1.55	0.66	2.0
北①	大畑層	2.12	0.54	3.8
北②	易国間層・大間層	1.54	0.49	3.8
北③	大間層	1.60	0.60	3.8
北④	デイサイト	2.39	1.68	0.25
北⑤	玄武岩(角礫状)	2.13	1.14	10
⑥	大間層	1.83~1.89	0.86~0.92	2.0
⑦	大間層	1.88~1.90	0.90~0.93	0.25
⑧	大間層	1.50	0.39	3.8
⑨	玄武岩	2.15~2.16	1.36~1.37	0.25
⑩	玄武岩	2.17~2.42	1.41~2.01	0.25
⑪	桧川・金八沢層	2.45~2.46	2.07~2.09	0.25
⑫	桧川・金八沢層	2.45~2.46	2.07~2.09	0.25
⑬	桧川・金八沢層	2.57~2.63	2.51~2.76	0.25
⑭	長浜層	2.69	3.15	0.10

- 解放基盤表面以浅の構造を含む二次元FEMモデルの地盤物性値を左表に示す。
- 二次元FEMモデルの速度層区分は、次頁の図に示す。

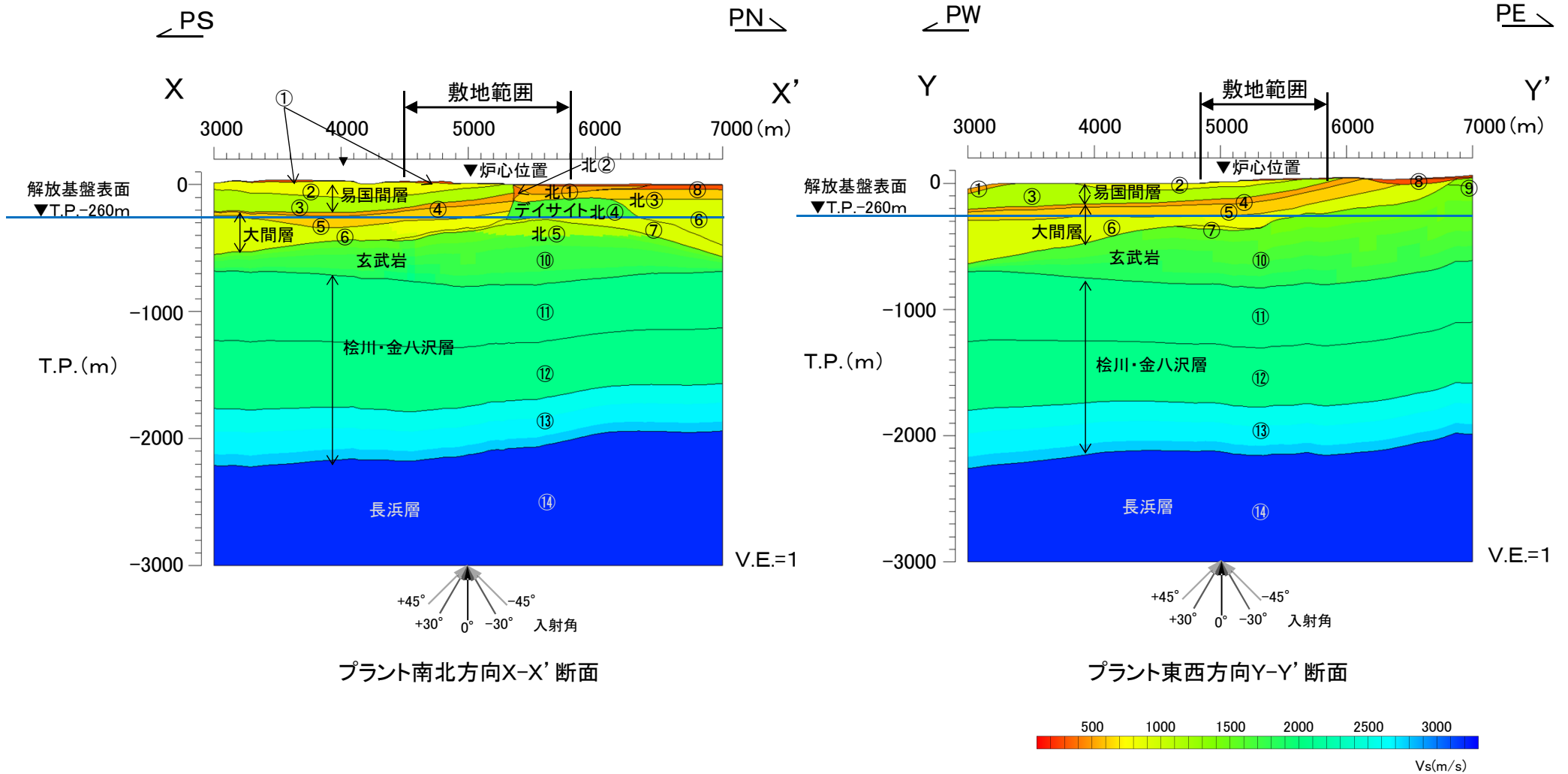
- ※1: 速度層①~⑤, 北①~⑤の ρ は、ボーリングコア等から採取した試料の物理試験結果に基づき設定。
速度層⑥~⑭の ρ は、ジョイントインバージョン解析で得られた三次元地下構造モデルに基づき設定。
- ※2: 速度層①~⑤, 北①~④の V_s は、本編資料P.2-41及びP.2-42に示す原子炉建屋設置位置付近のボーリング孔で実施したPS検層の結果に基づき設定。
速度層北⑤の V_s は、本編資料P.2-41のA'-7, P-4, P.2-46のSB-034等のボーリング孔で実施した玄武岩(角礫状)のPS検層結果に基づき設定。
速度層⑥~⑭の V_s は、ジョイントインバージョン解析で得られた三次元地下構造モデルに基づき設定。
- ※3: 各層の h は、本編資料の5章で示す、最適化地盤モデルの5Hzに相当する Q_s 値に基づき設定。

注) 本節は、本編資料「2.2.4.2 二次元FEMモデルによる検討」に用いた二次元FEMモデル(本編資料P.2-132, P.2-133参照)の地盤物性値に関する補足説明資料。

2-10 二次元FEMモデルの地盤物性値(2/2)

解放基盤表面以浅の構造を含む二次元FEMモデルの速度層区分

コメントNo.S3-11

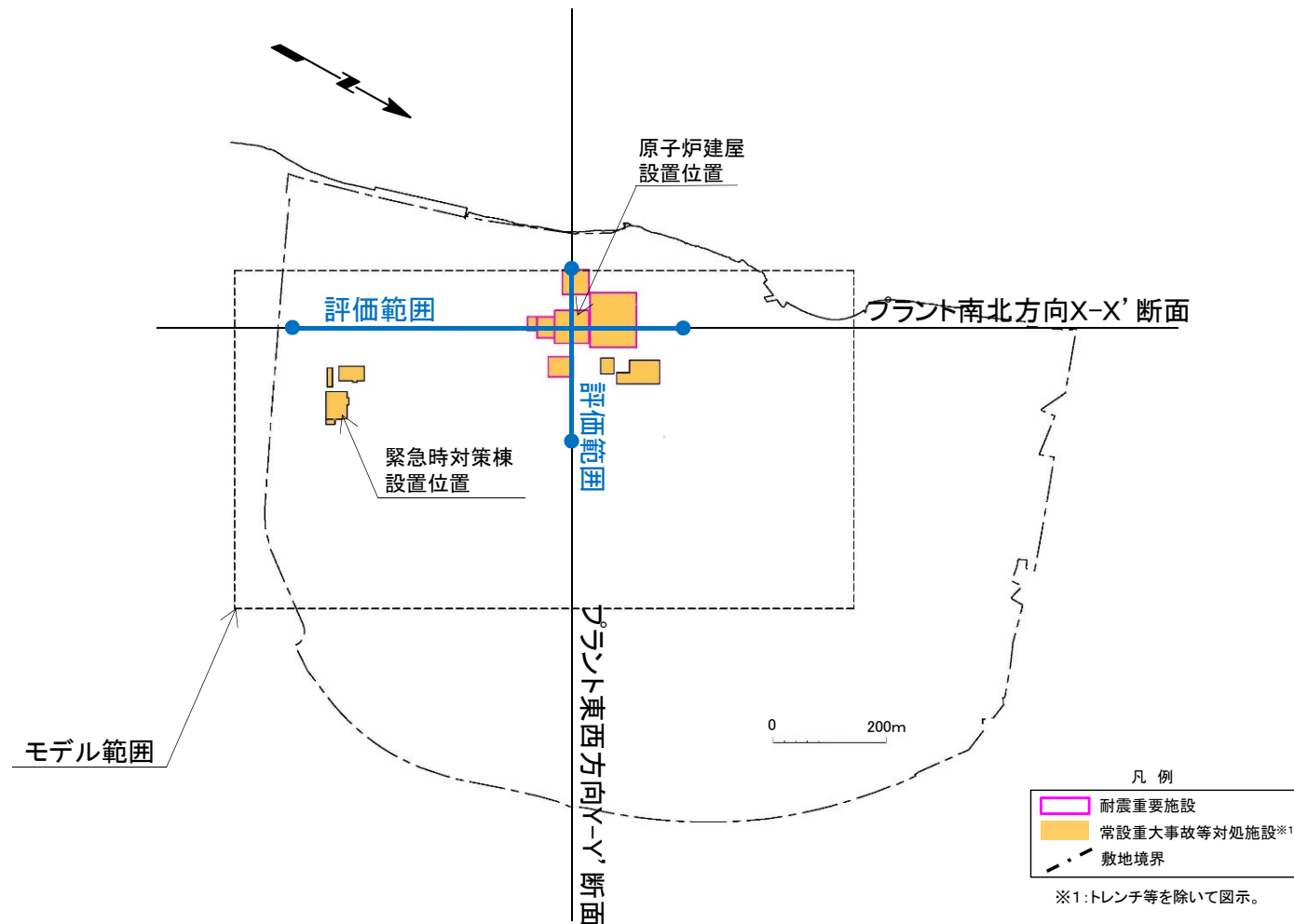


解放基盤表面以浅の構造を含む二次元FEMモデルの速度層区分

2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(1/26)

浅部構造の影響確認(T.P.-260mにおける評価範囲)

コメントNo.S3-11



- 解放基盤表面の設定深さ(T.P.-260m)における評価範囲は、重要な安全機能を有する施設※2の設置範囲を考慮して設定した。

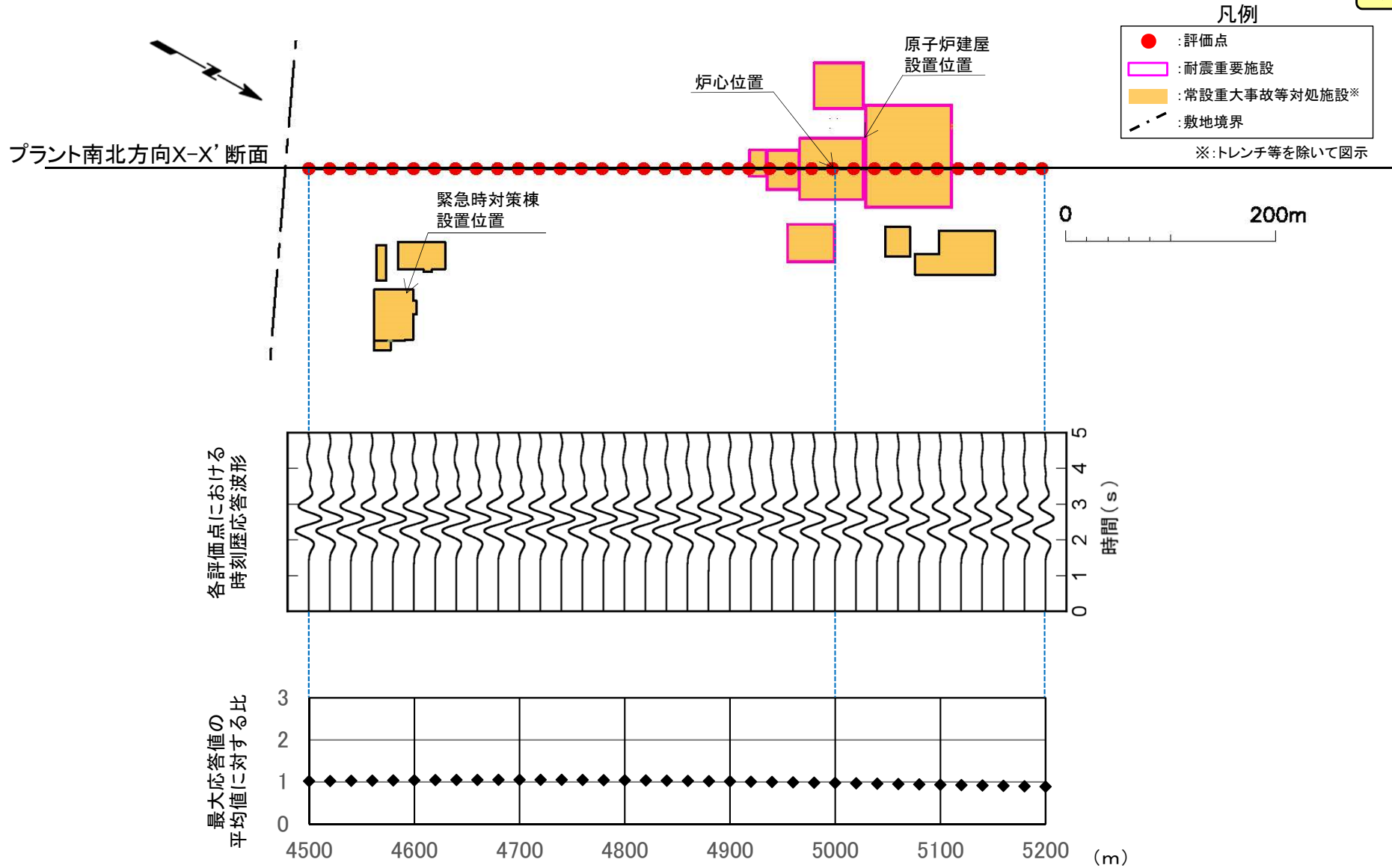
※2:「実用発電用原子炉及びその附属施設の位置、構造及び設備の基準に関する規則」の第三条の「耐震重要施設」及び第三十八条の「重大事故等対処施設」をいう。

注)本節は、本編資料「2.2.4.3 三次元差分法モデルによる確認」に関する補足説明資料。

2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(2/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-260m, 入射角 0° 南北方向に振動)

コメントNo.S3-11

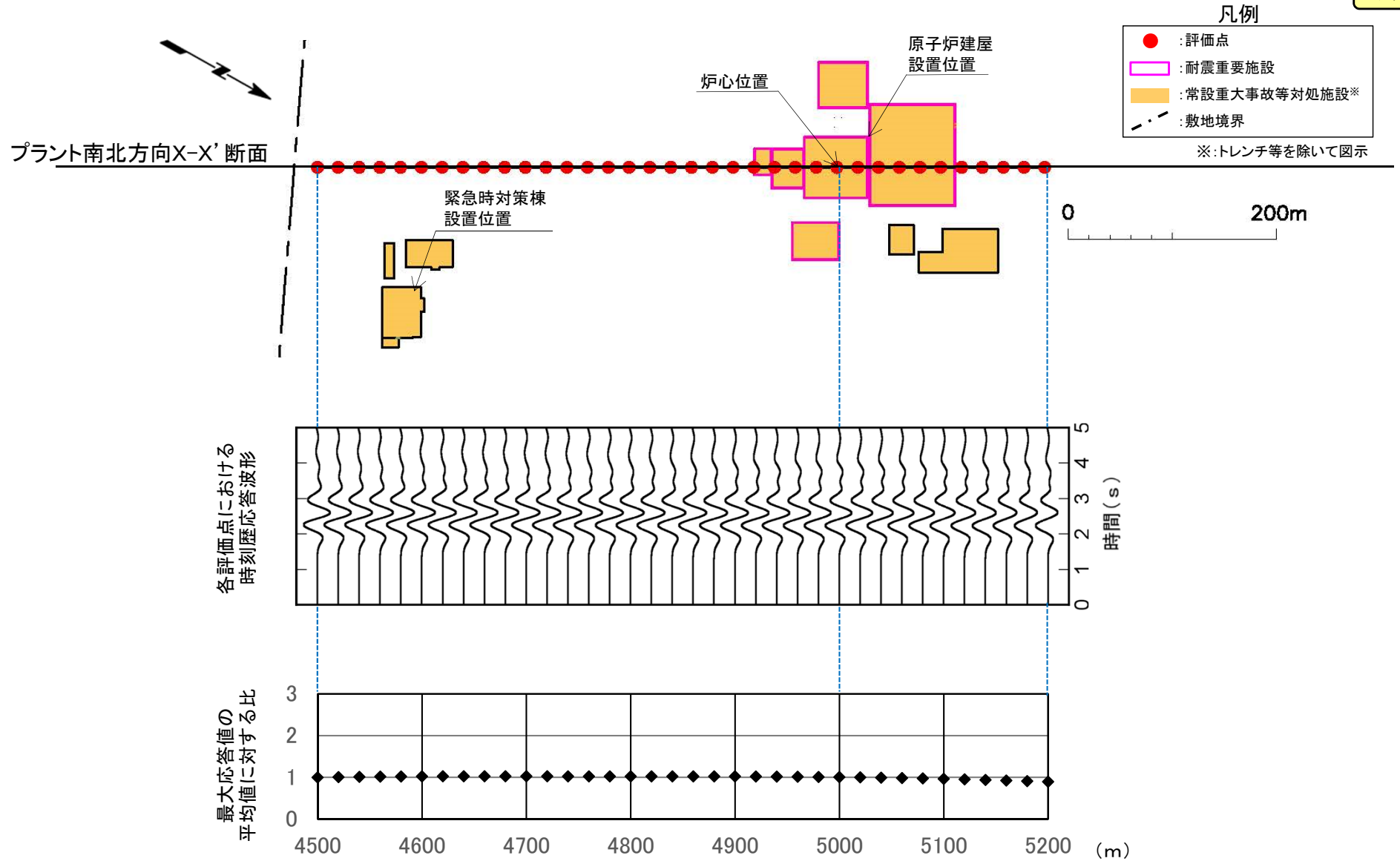


- P.2-46~P.2-57に示すとおり, 重要な安全機能を有する施設の設置範囲の解放基盤表面の設定深さ(T.P.-260m)における各評価点の最大応答値は, 安定している。

2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(3/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-260m, 入射角 0° 東西方向に振動)

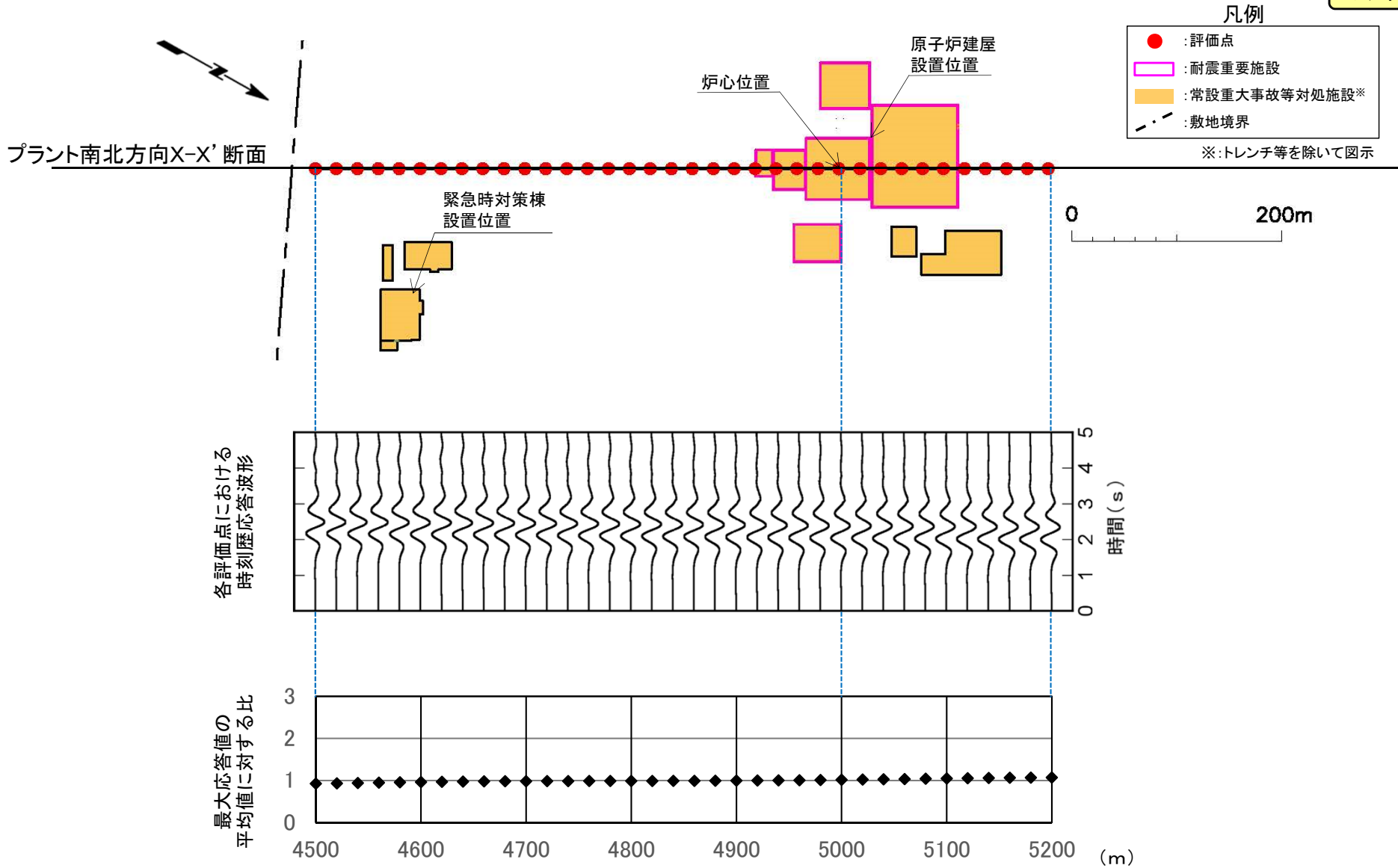
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(4/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 北側より入射)

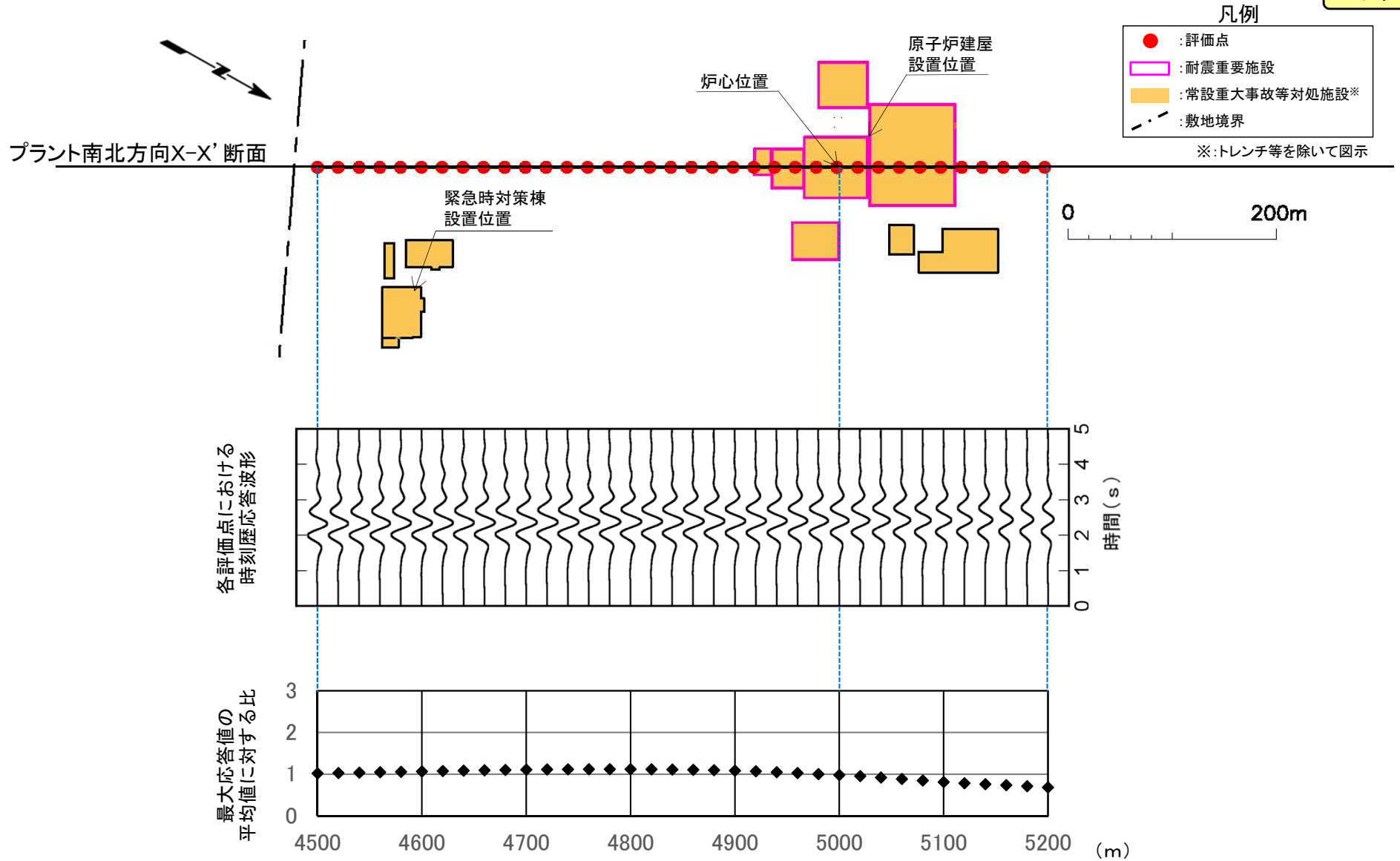
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(5/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 南側より入射)

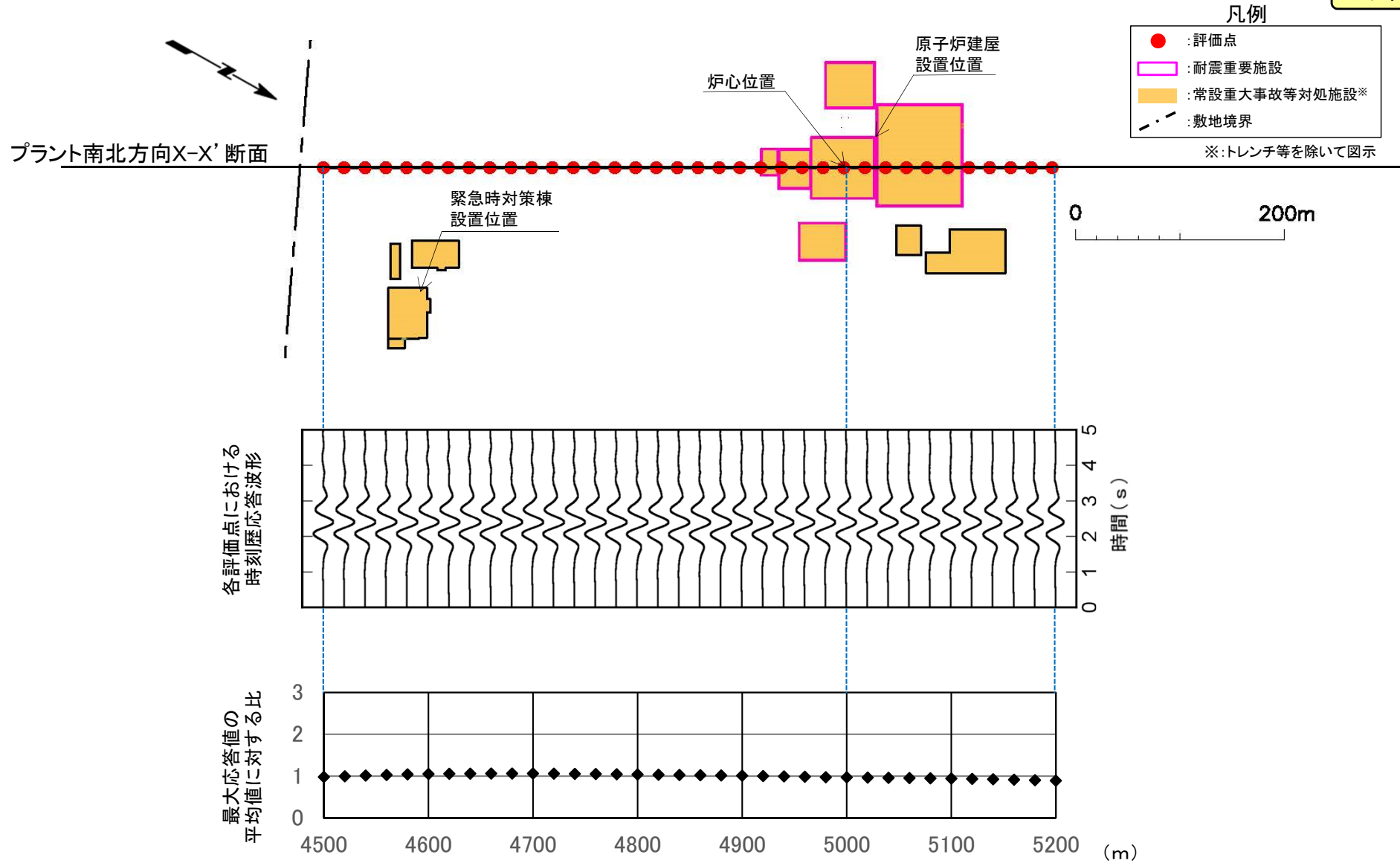
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(6/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 東側より入射)

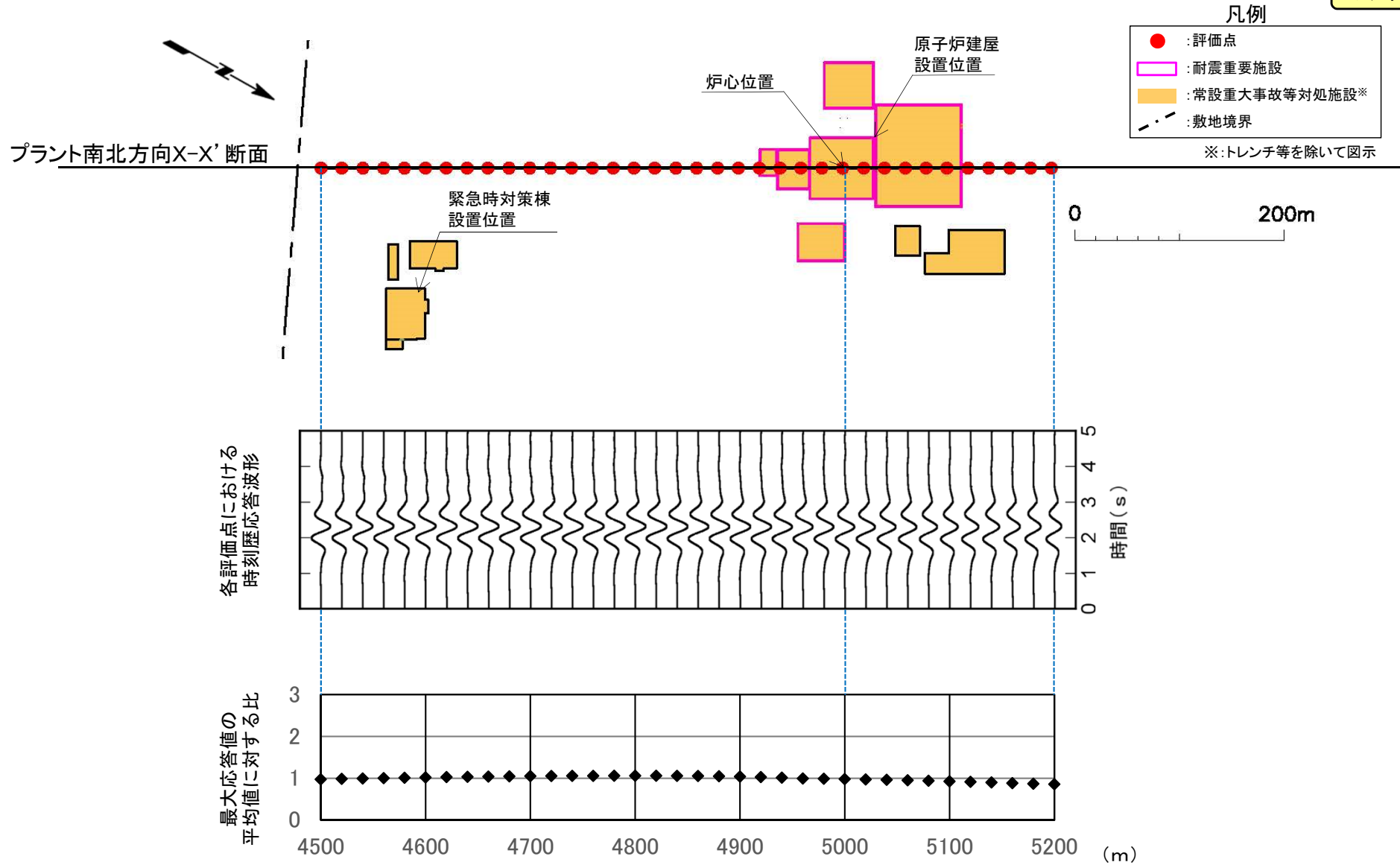
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(7/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 西側より入射)

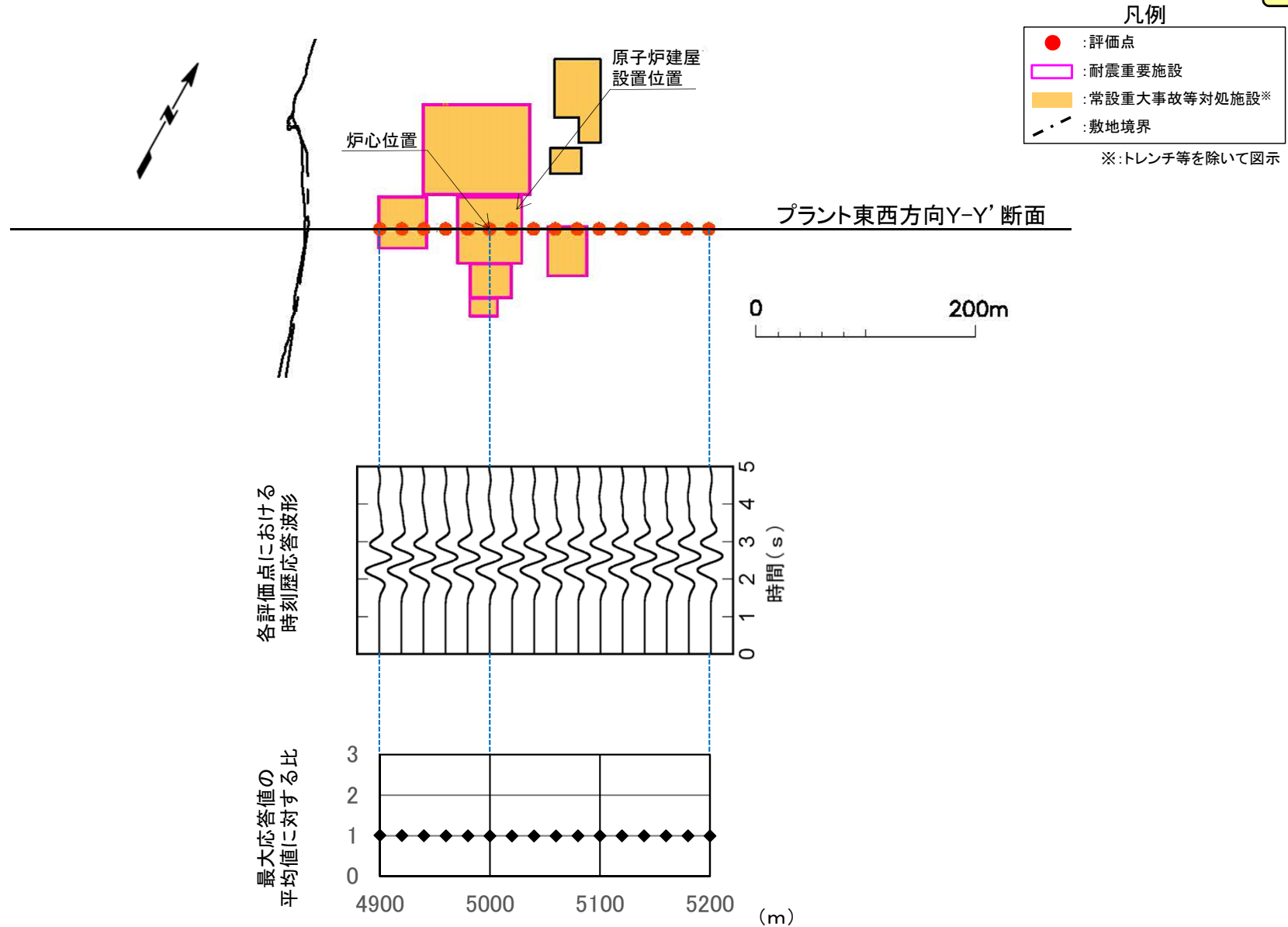
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(8/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-260m, 入射角 0° 南北方向に振動)

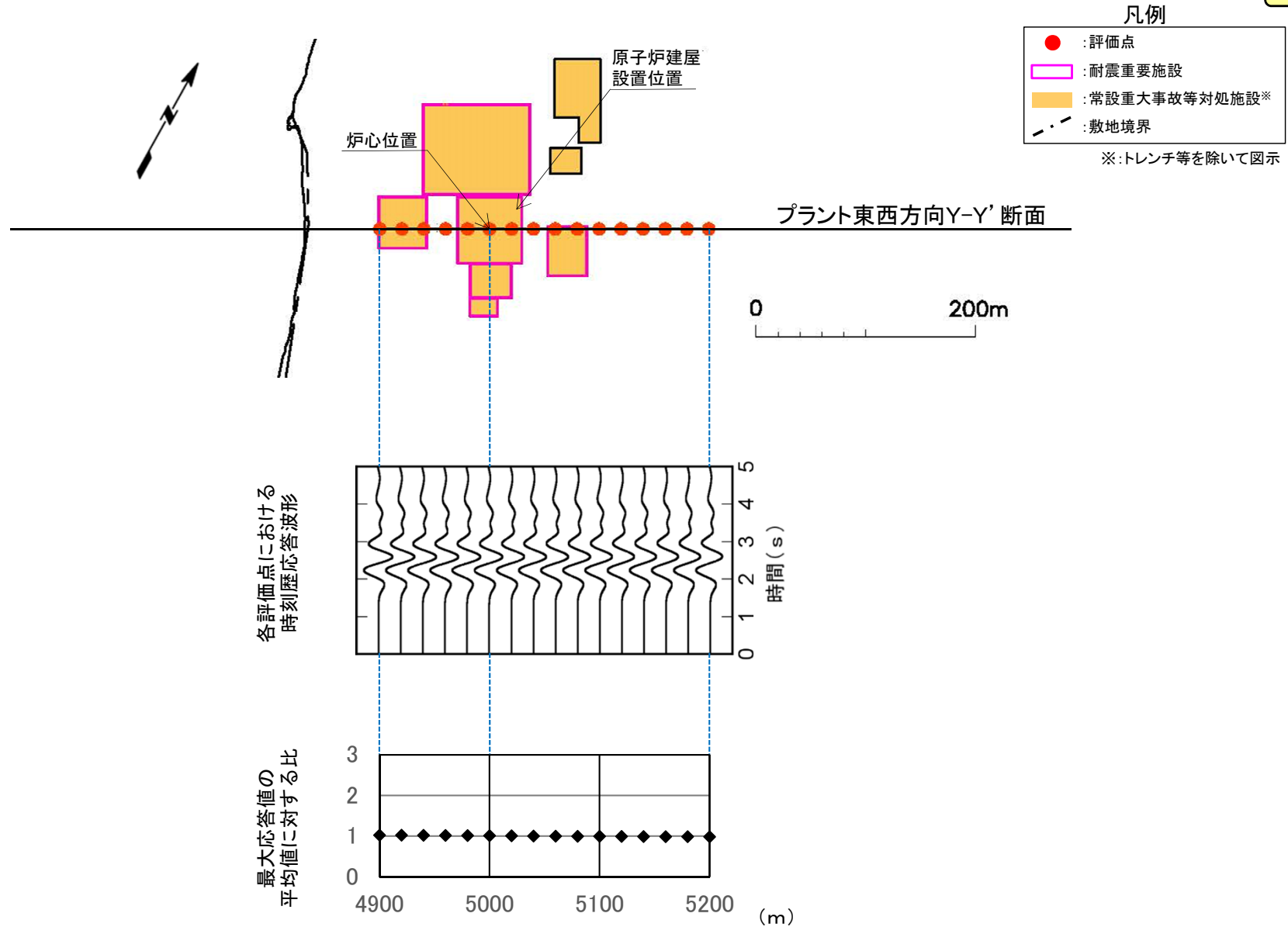
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(9/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-260m, 入射角 0° 東西方向に振動)

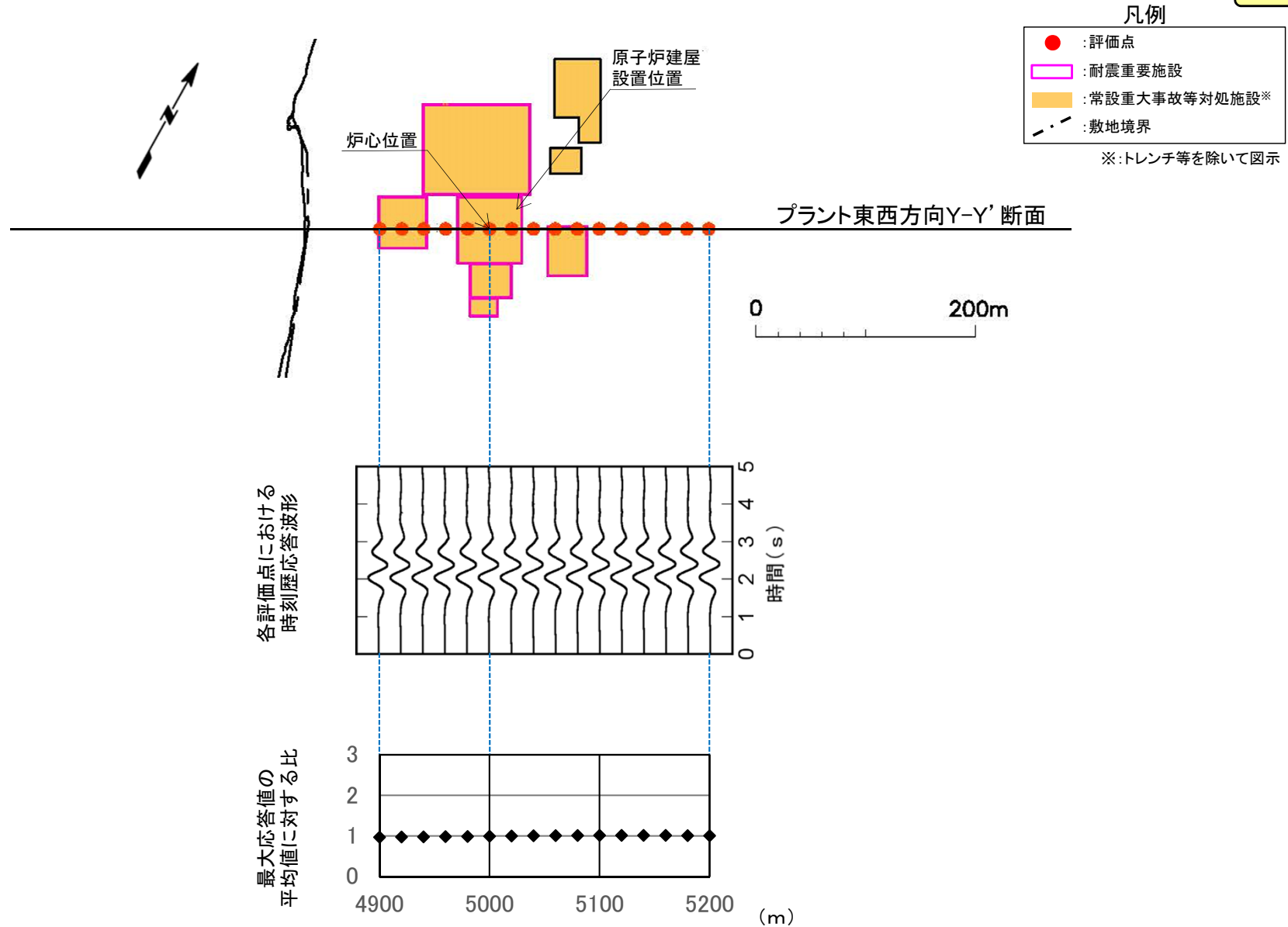
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(10/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 北側より入射)

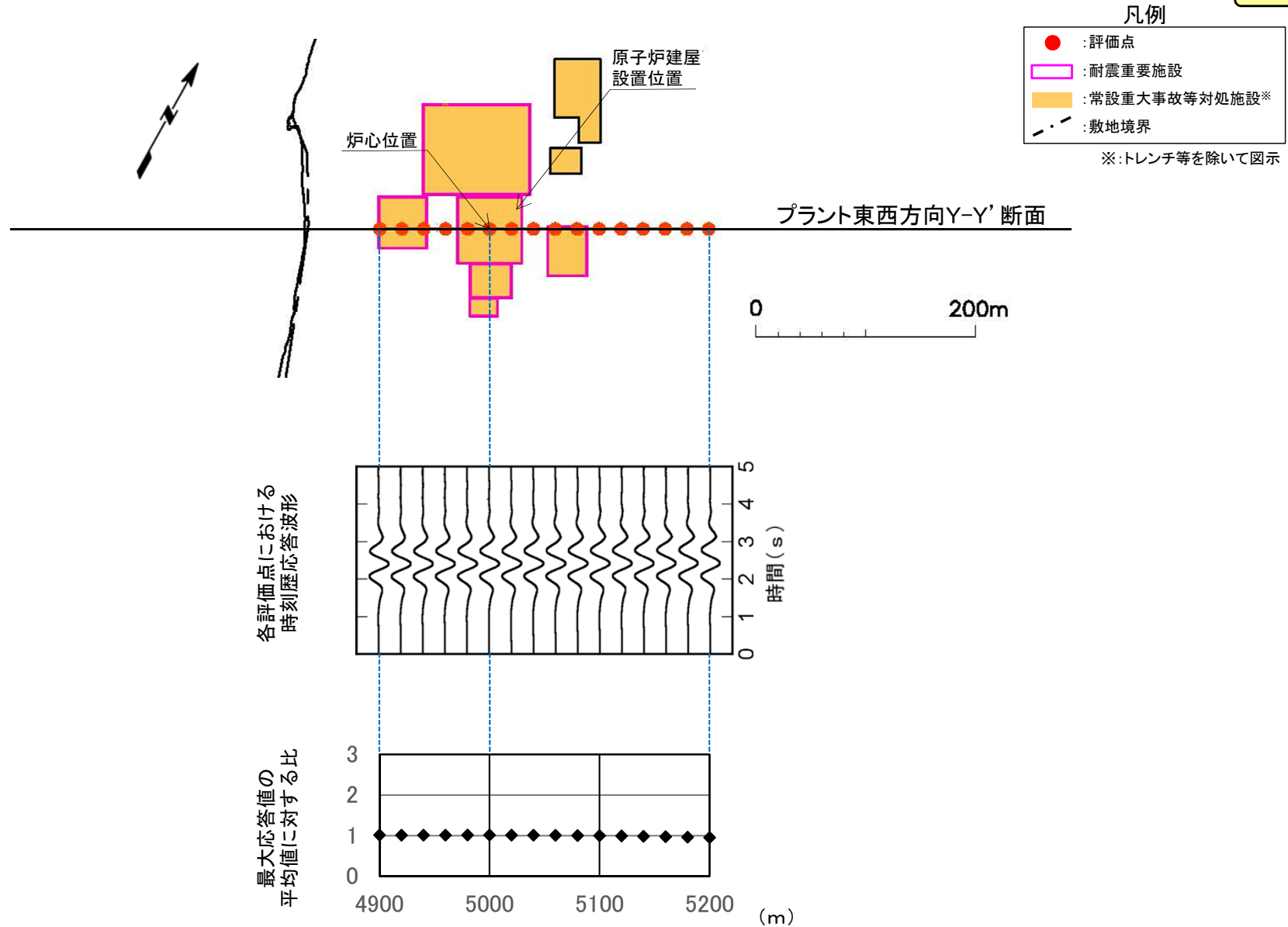
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(11/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 南側より入射)

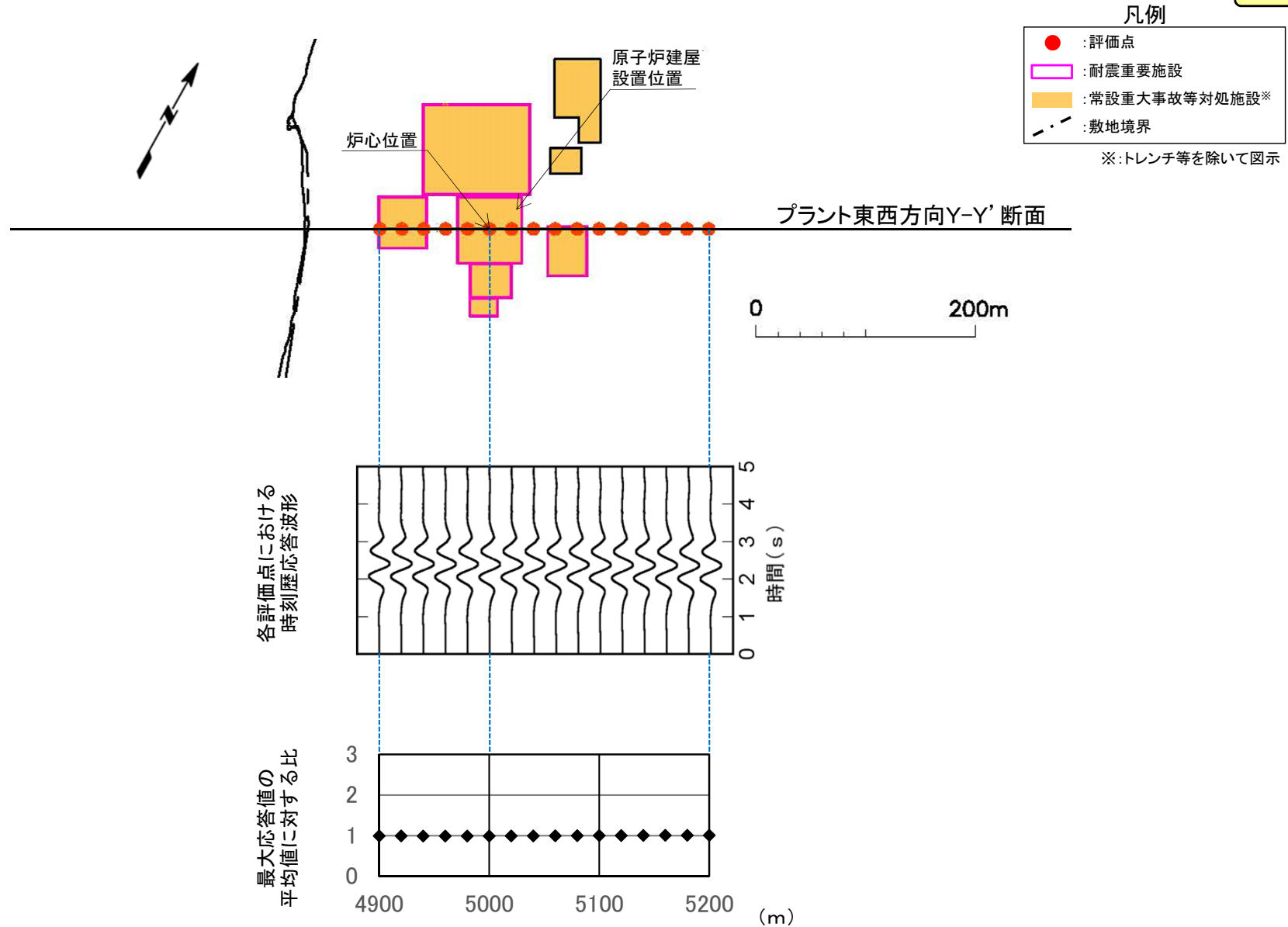
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(12/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 東側より入射)

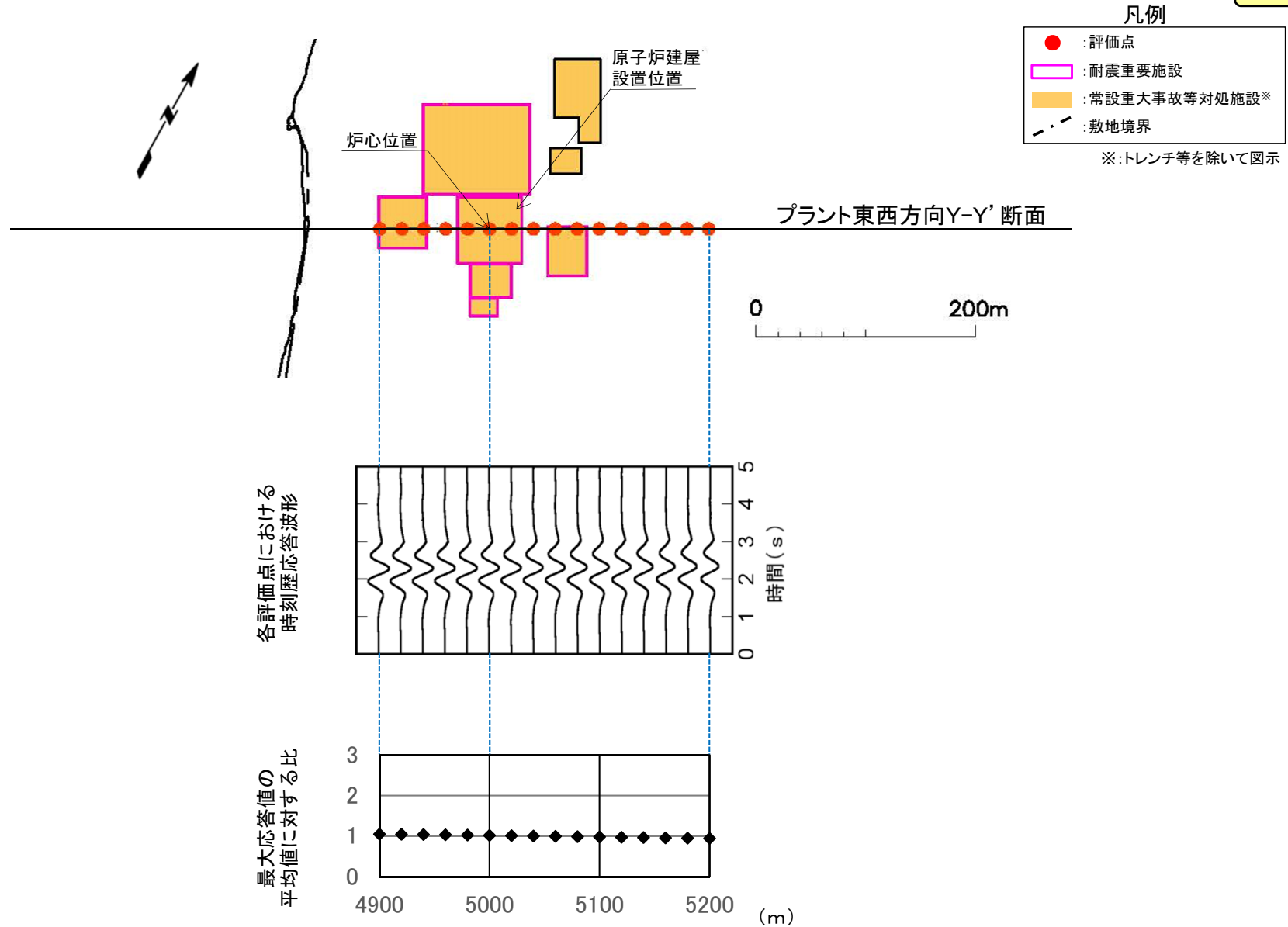
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(13/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-260m, 入射角 45° 西側より入射)

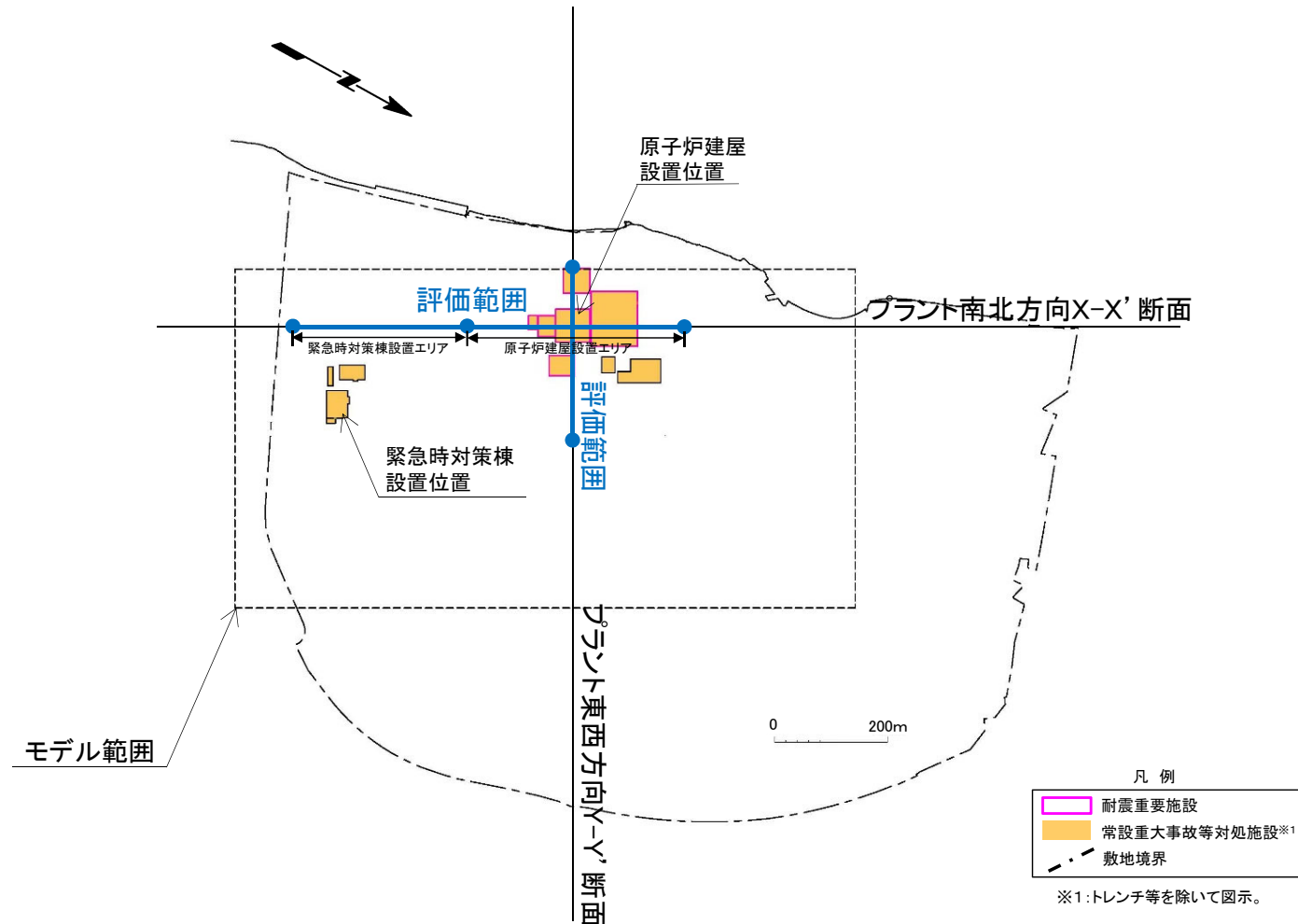
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(14/26)

浅部構造の影響確認(T.P.-7.5mにおける評価範囲)

コメントNo.S3-11



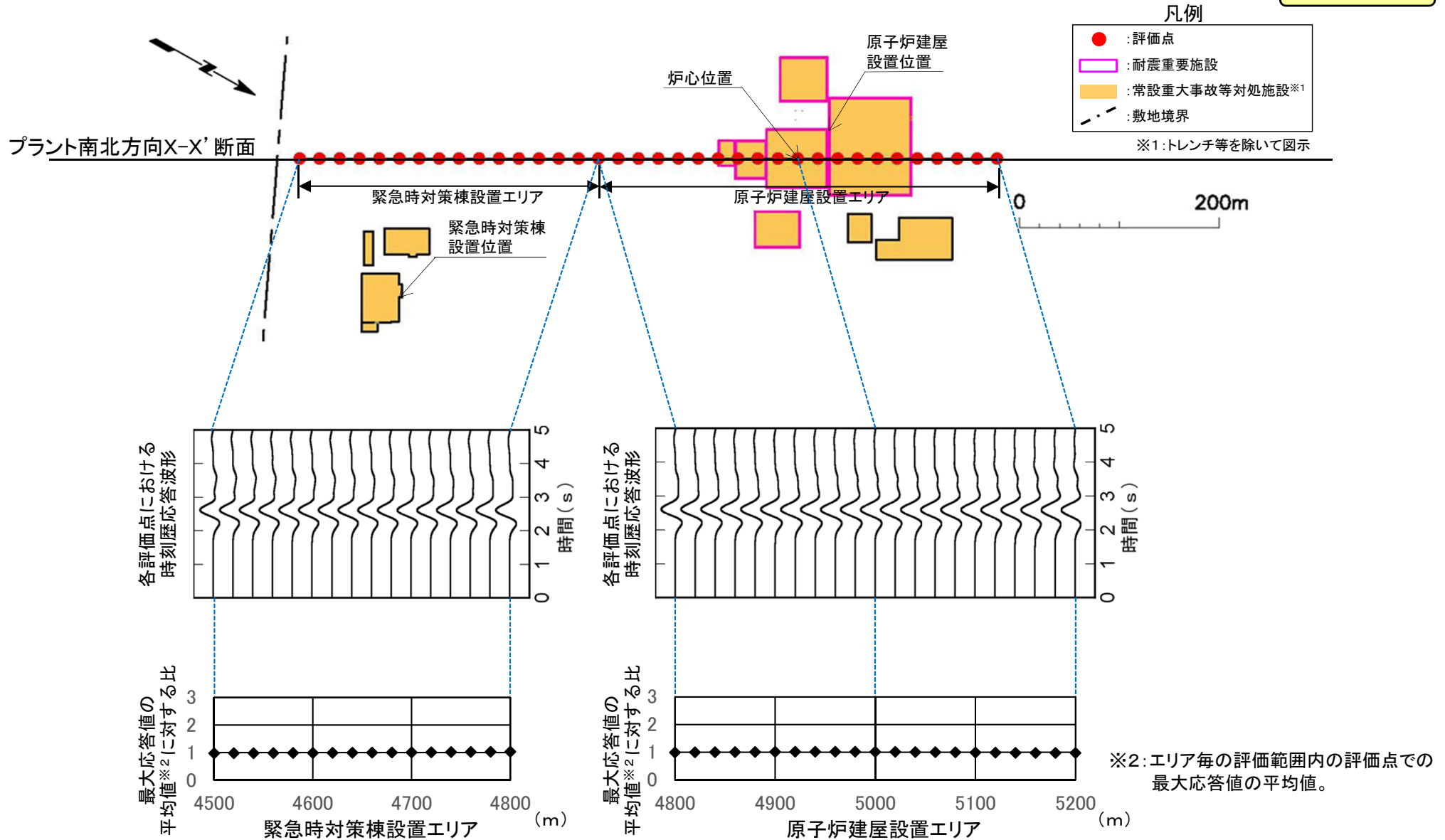
- 原子炉建屋の支持地盤に近い位置(T.P.-7.5m)における評価範囲は、重要な安全機能を有する施設※2の設置範囲を考慮して設定した。

※2:「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」の第三条の「耐震重要施設」及び第三十八条の「重大事故等対処施設」をいう。

2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(15/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 0° 南北方向に振動)

コメントNo.S3-11

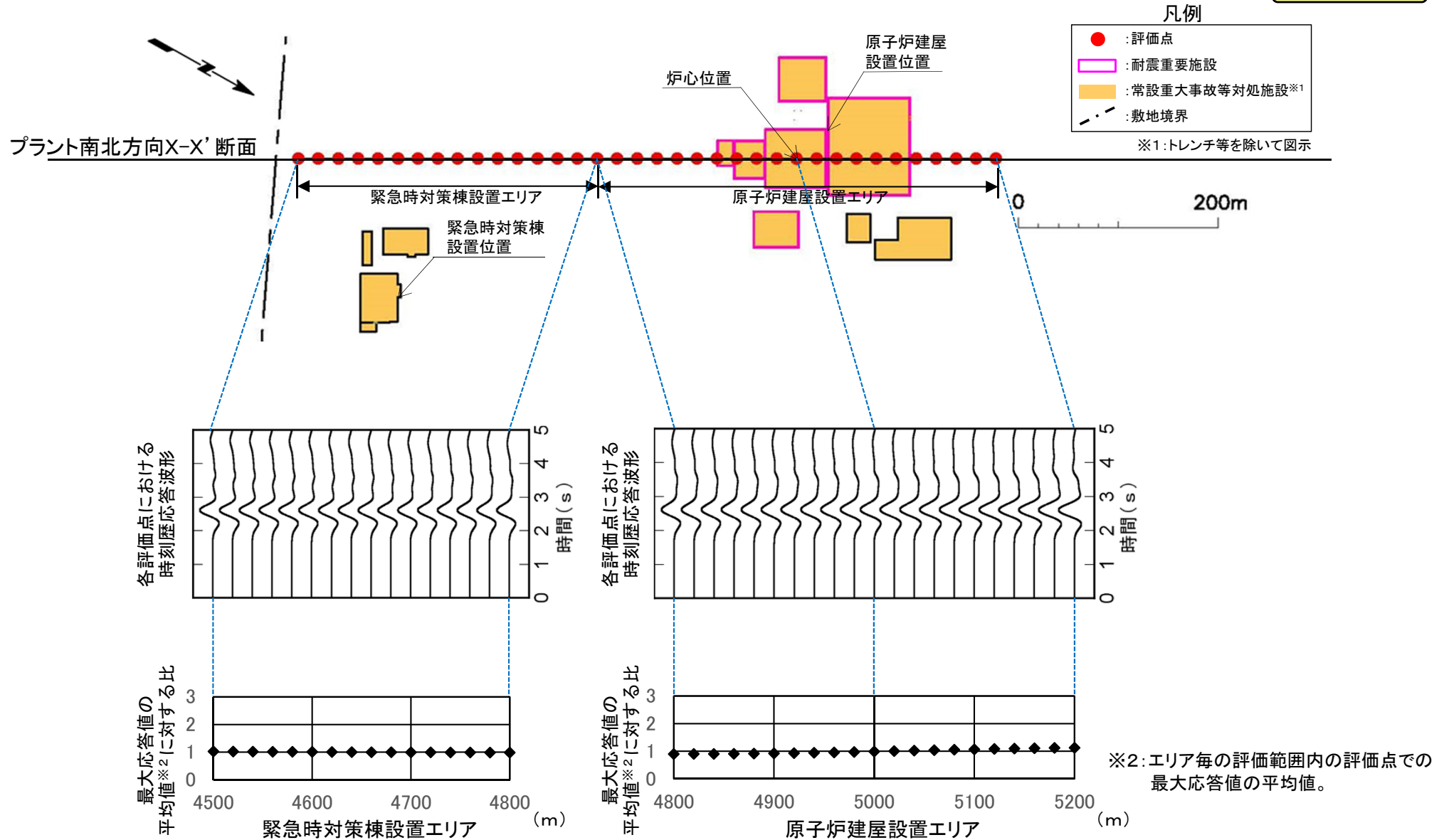


- P.2-59～P.2-70に示すとおり, 原子炉建屋設置エリア及び緊急時対策棟設置エリアともに, 原子炉建屋の支持地盤に近い位置(T.P.-7.5m)における各評価点の最大応答値は, 安定している。

2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(16/26)

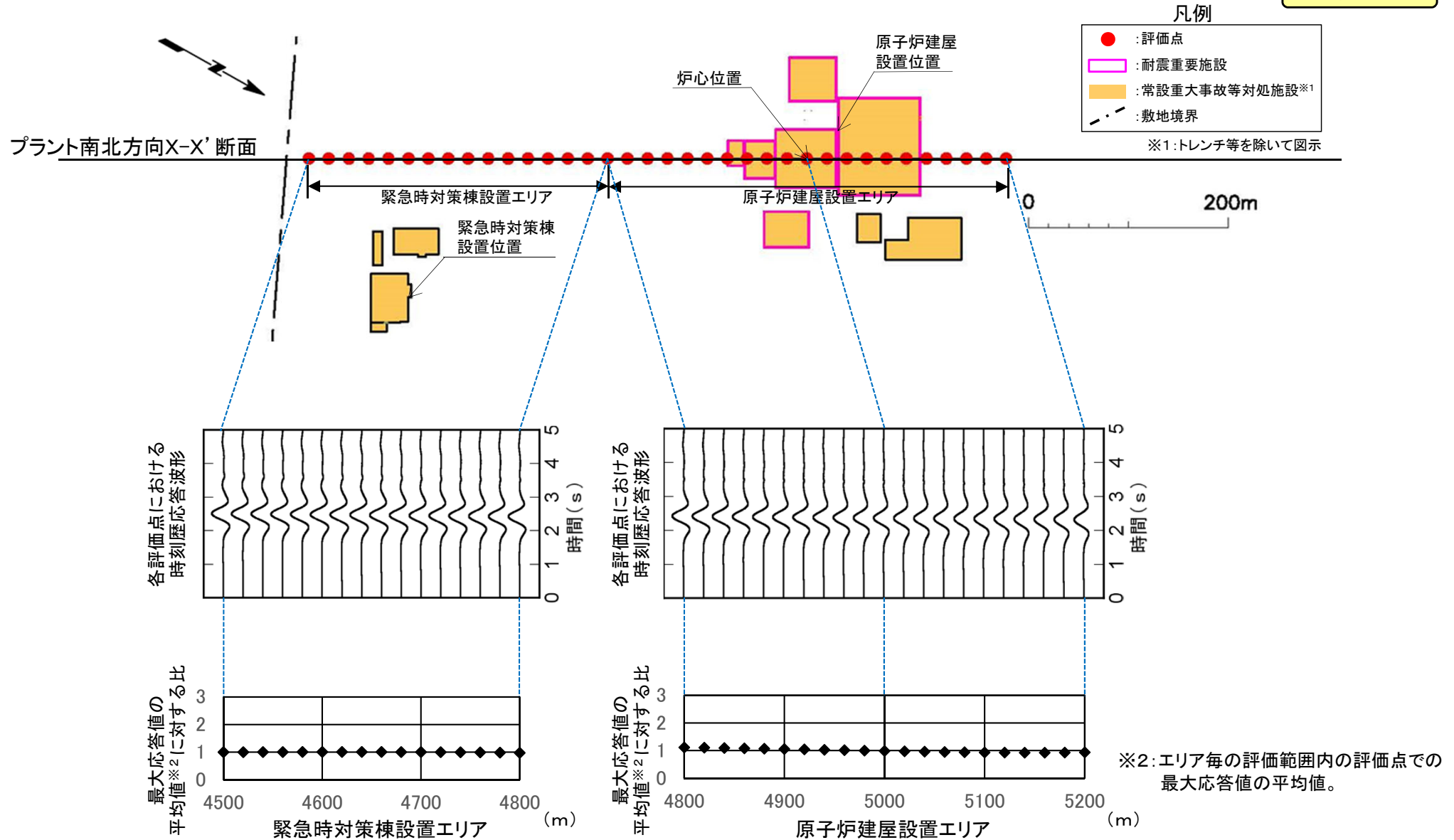
浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 0° 東西方向に振動)

コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(17/26)

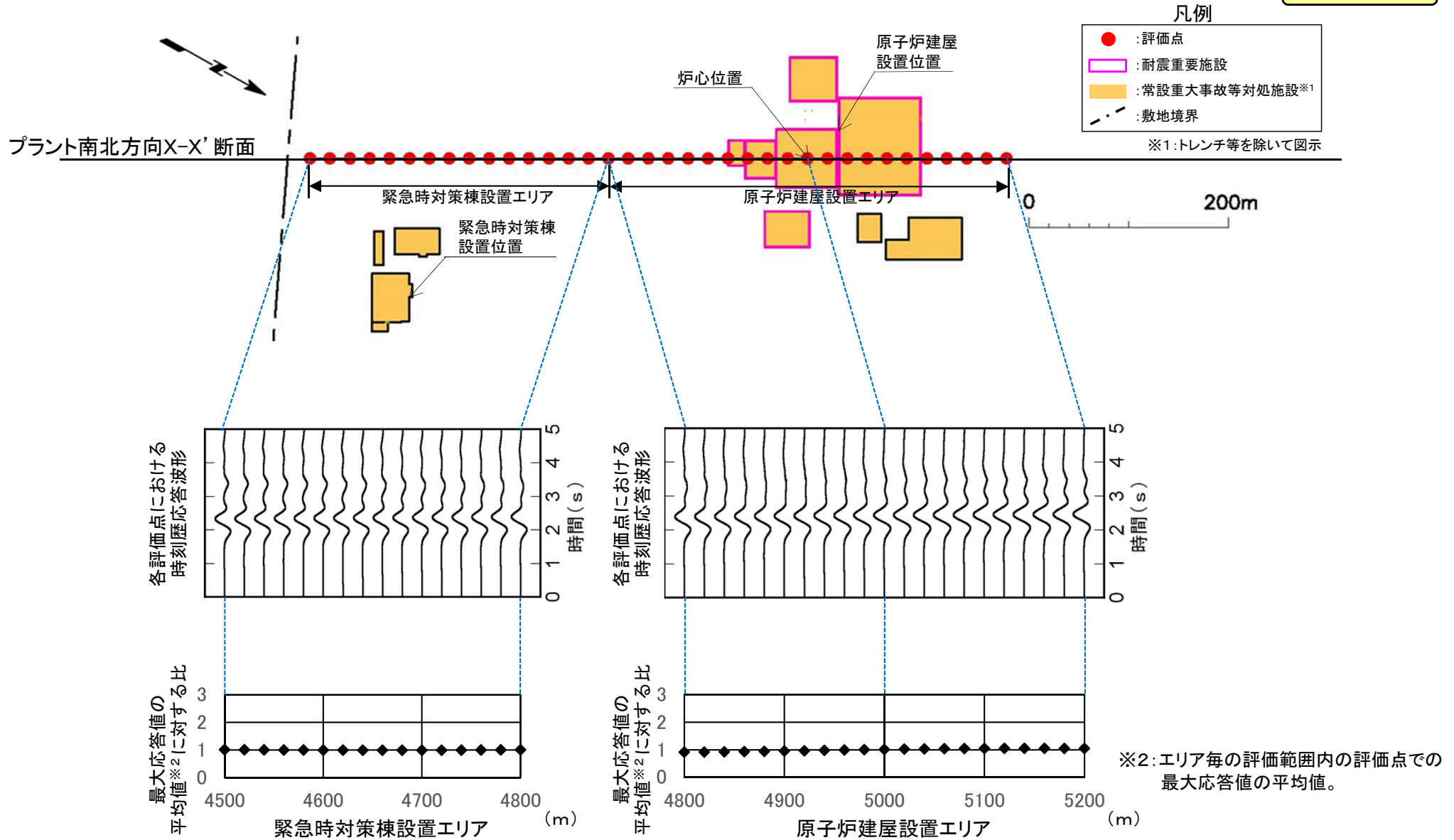
浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 北側から入射)



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(18/26)

浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 南側から入射)

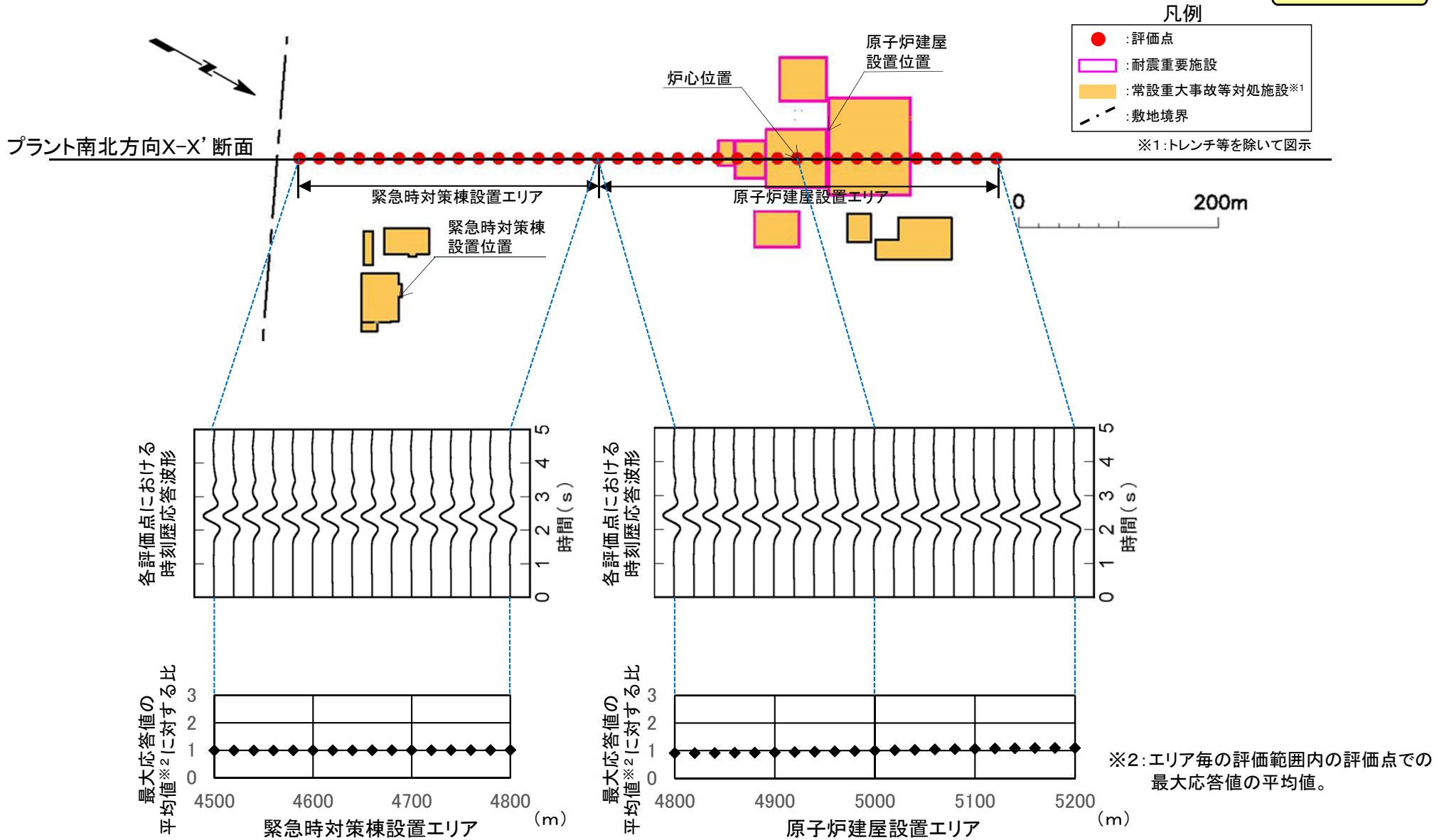
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(19/26)

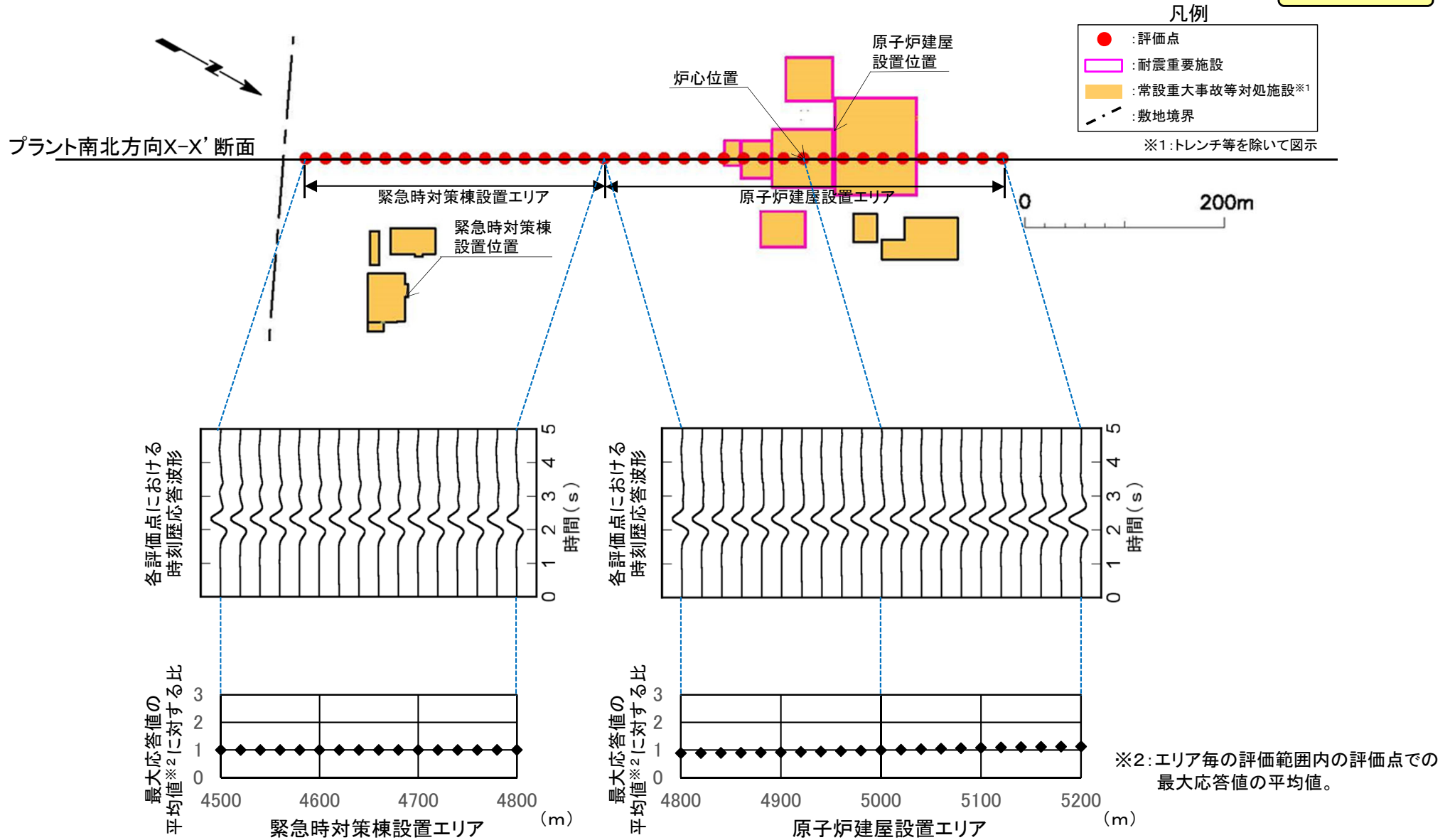
浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 東側から入射)

コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(20/26)

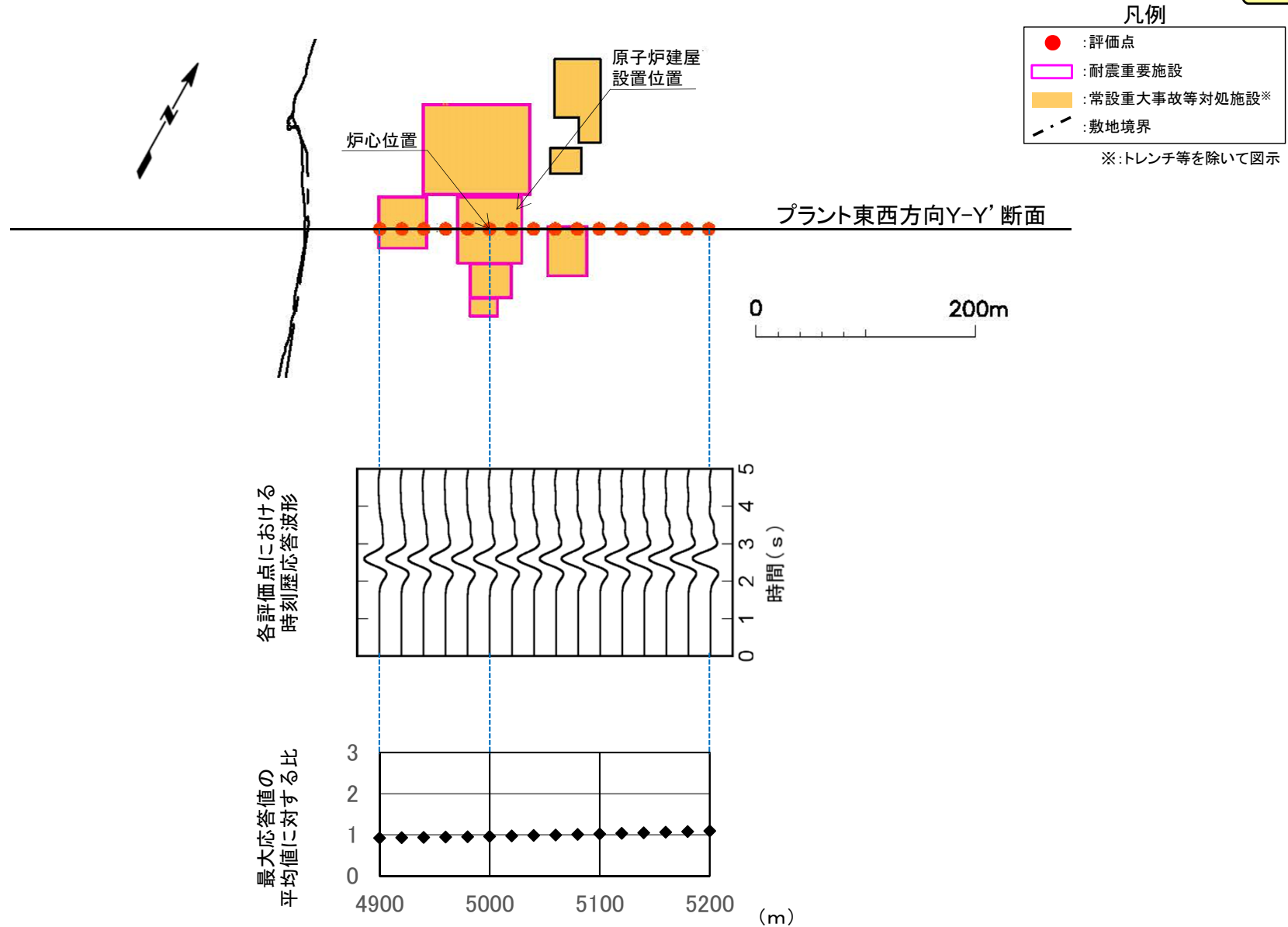
浅部構造の影響確認(プラント南北方向X-X'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 西側から入射)



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(21/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 0° 南北方向に振動)

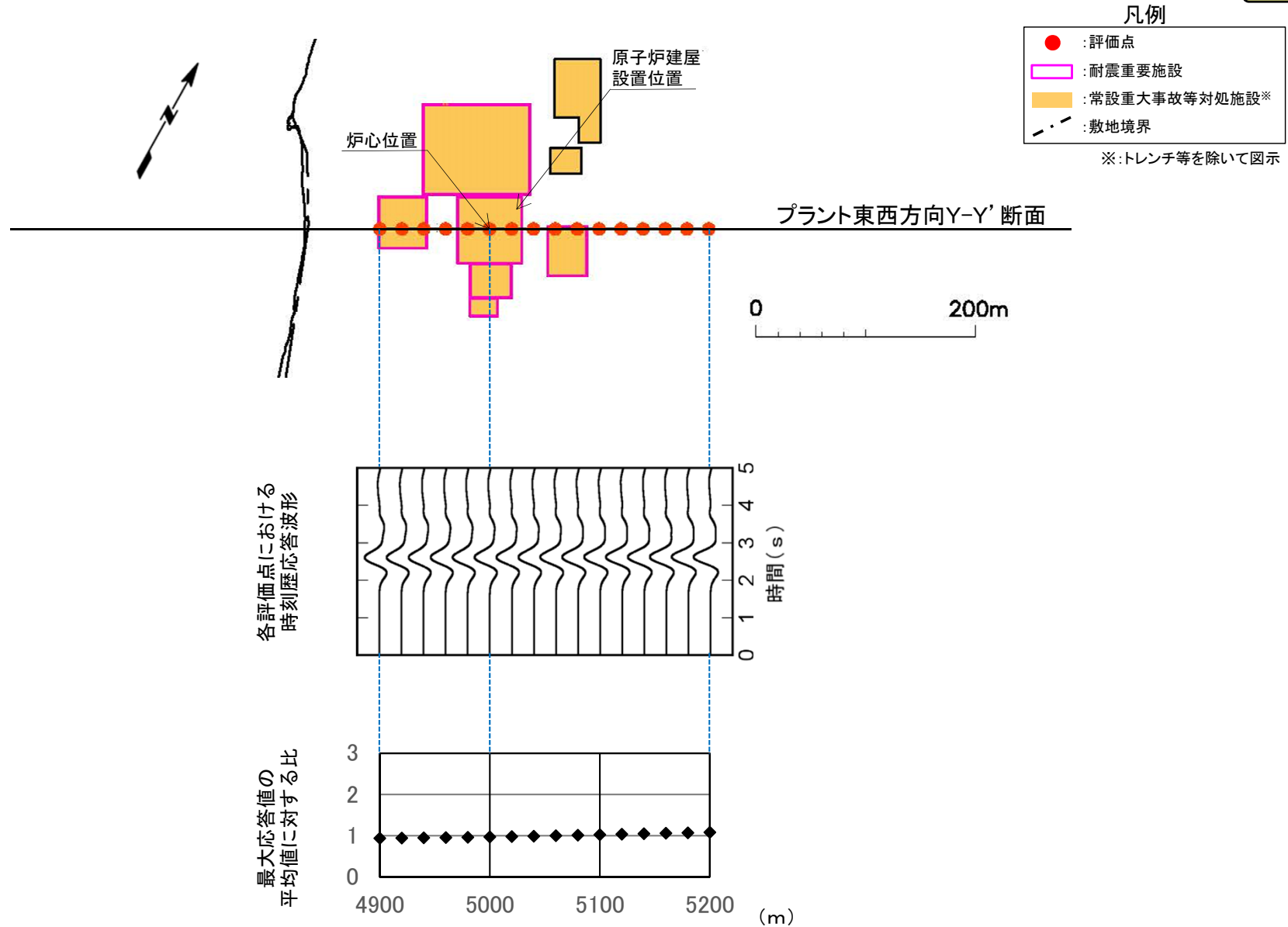
コメントNo.S3-11



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(22/26)

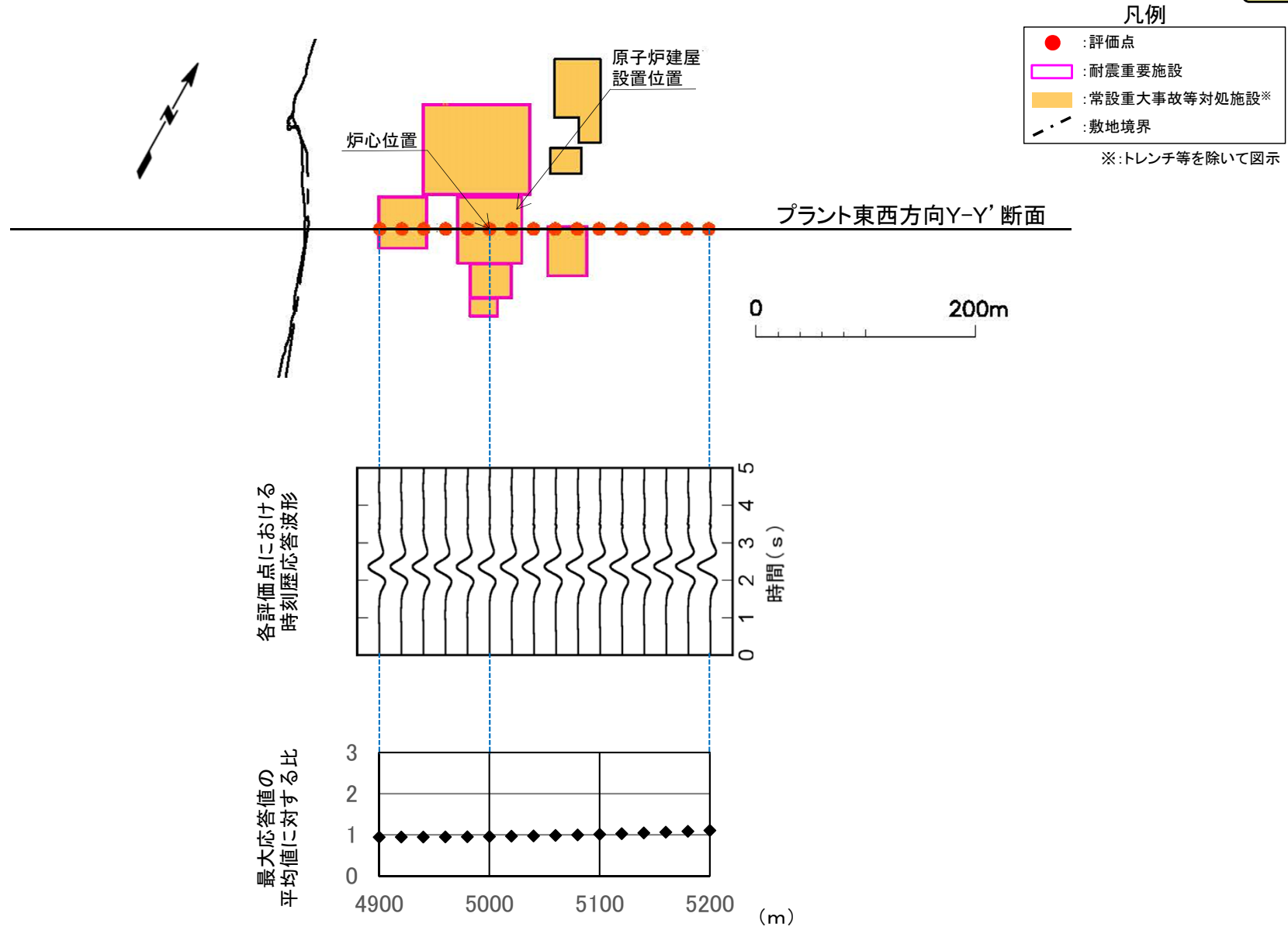
浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 0° 東西方向に振動)

コメントNo.S3-11



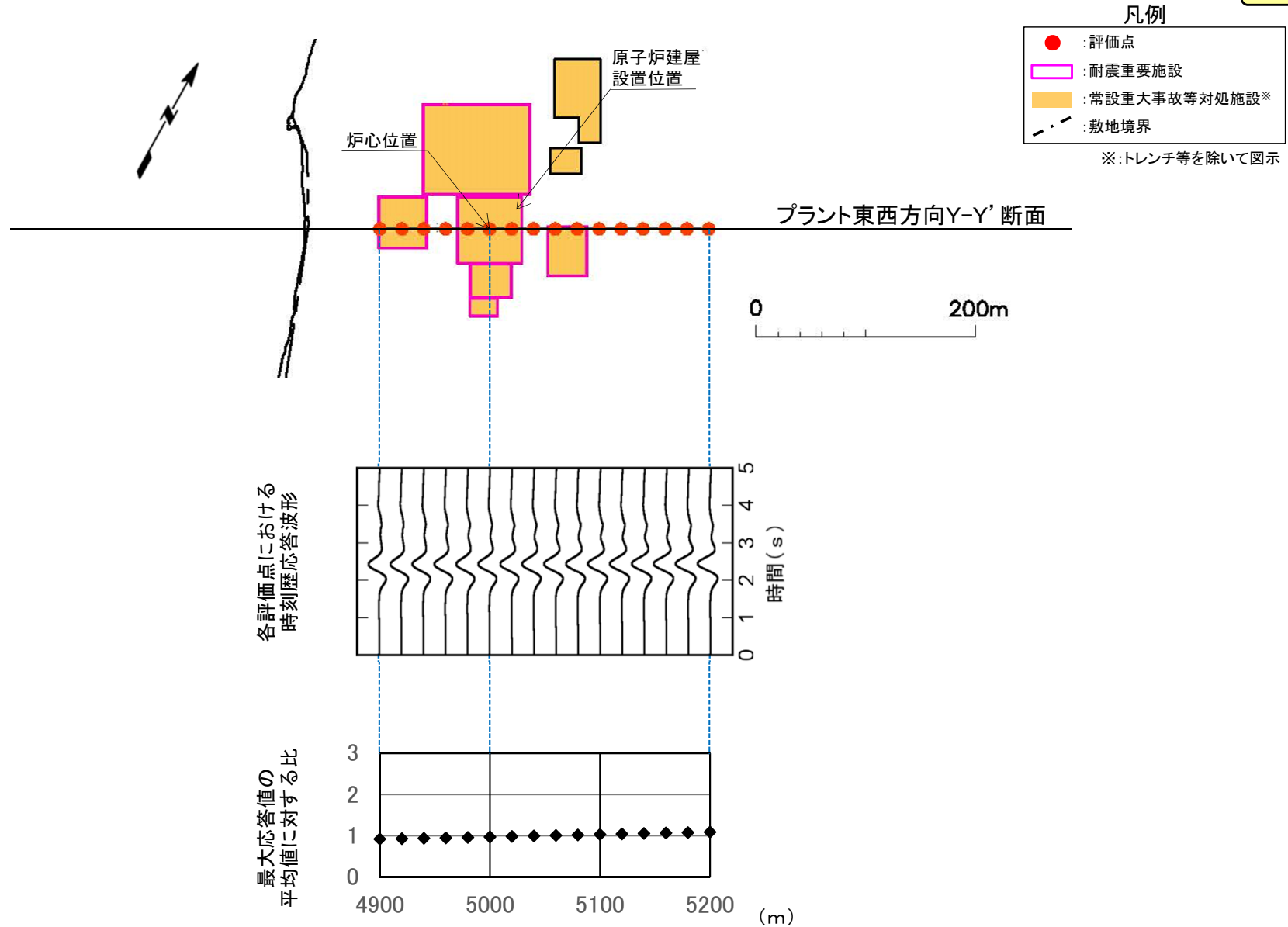
2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(23/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 北側より入射)



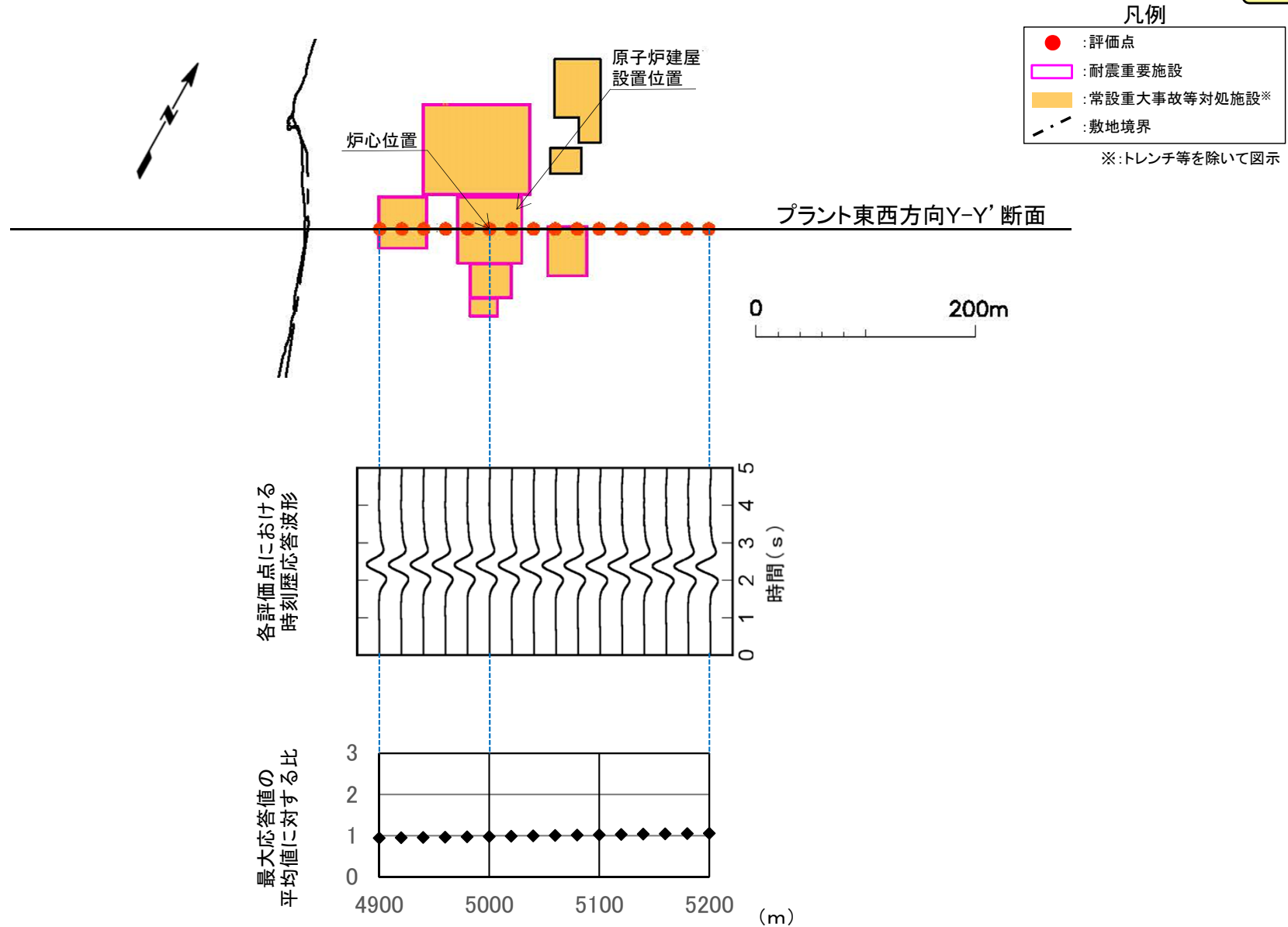
2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(24/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 南側より入射)



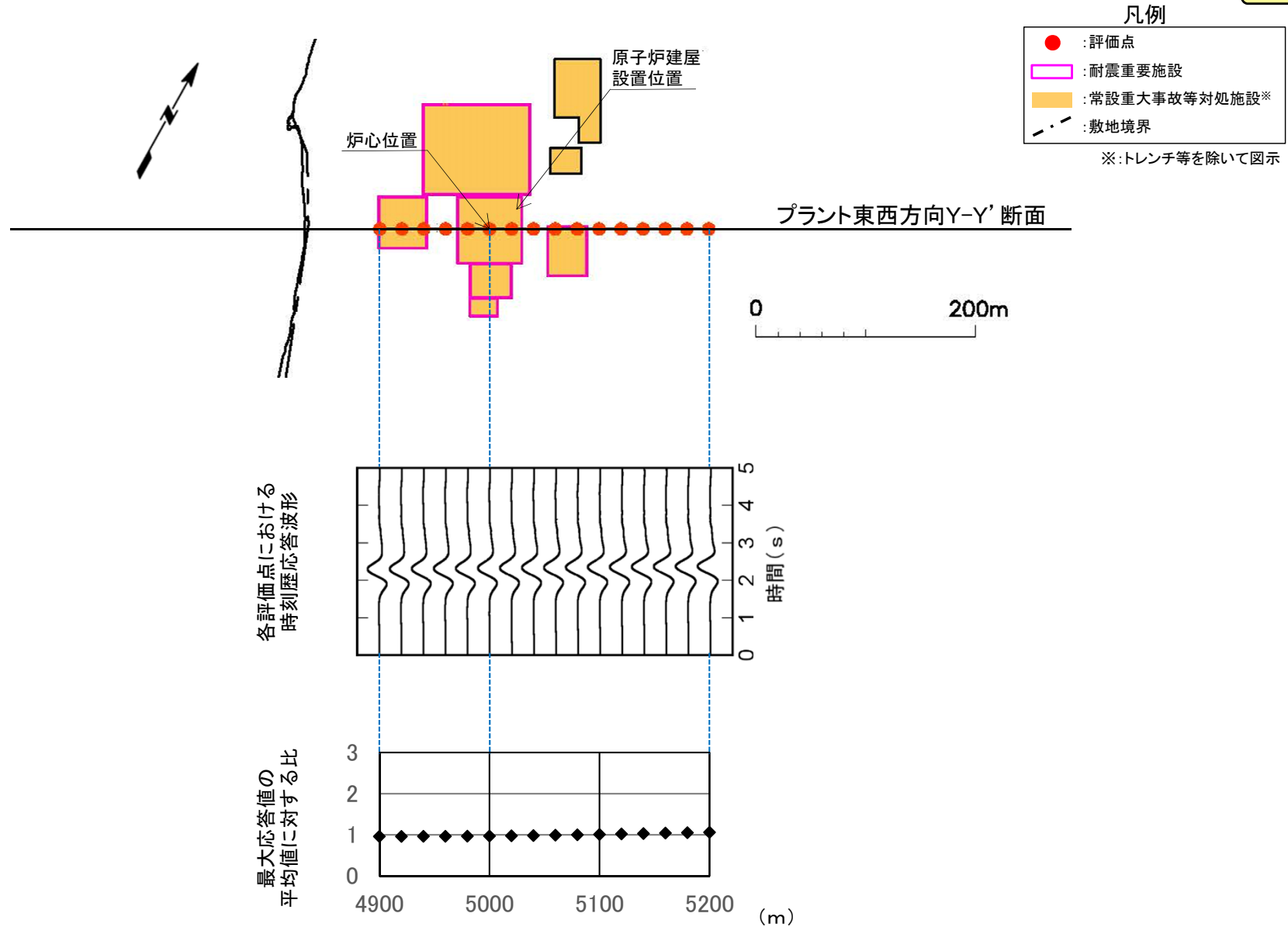
2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(25/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 東側より入射)



2-11 三次元差分法モデルによる解析結果(26/26)

浅部構造の影響確認(プラント東西方向Y-Y'断面位置, T.P.-7.5m, 入射角 45° 西側より入射)



3. 観測記録による地下構造評価

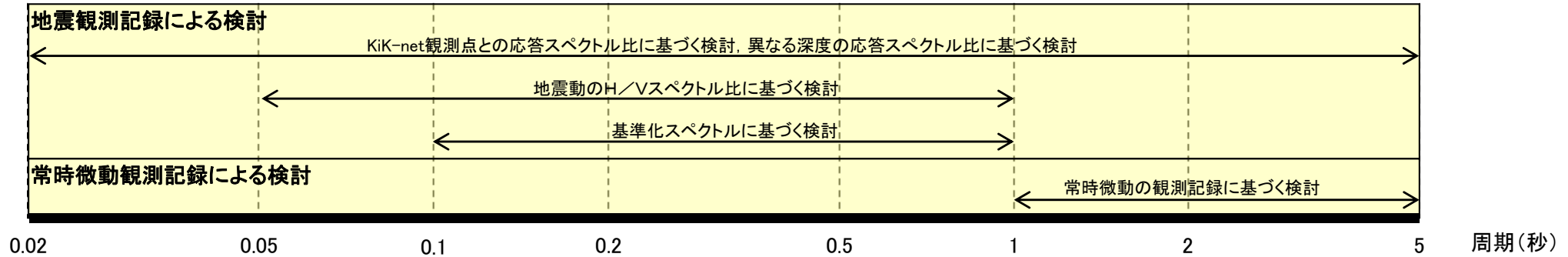
1. 地震動評価に用いる地下構造モデルの作成の流れ
2. 地質調査及び地球物理学的調査による地下構造評価
 - 2-1 敷地周辺の重力探査の内容
 - 2-2 各種弾性波探査の内容
 - 2-2-1 各種弾性波探査及びトモグラフィ解析の流れ
 - 2-2-2 敷地周辺陸域の屈折法地震探査の内容
 - 2-2-3 敷地周辺海域の屈折法地震探査の内容
 - 2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容
 - 2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容
 - 2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容
 - 2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真)
 - 2-4 地震基盤付近のカッティングス及びスポットコアによる岩種判定
 - 2-5 デイサイトの分布について
 - 2-6 大間層の性状について
 - 2-7 三次元地下構造モデル作成範囲(30km×40km)全体の作成結果
 - 2-8 水平成層モデルの諸元
 - 2-9 検討項目とリッカー波の中心周期
 - 2-10 二次元FEMモデルの地盤物性値
 - 2-11 三次元差分法モデルによる解析結果
3. 観測記録による地下構造評価
 - 3-1 検討において対象とした周期帯について
 - 3-2 佐藤ほか(2011)の概要
 - 3-3 各観測点における基準化スペクトルの検討
 - 3-4 基盤位置における基準化スペクトルの算定に用いた地下構造モデル
 - 3-5 各観測点における表土の層厚
 - 3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比
 - 3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価
 - 3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比
 - 3-9 各観測点の常時微動のH/Vスペクトル比
4. 地下構造評価のまとめ
5. 一次元地下構造モデルの作成
 - 5-1 規制基準・審査ガイドにおける要求事項との関係について
 - 5-2 基盤の地震動を評価する位置の設定の妥当性の確認(補足)
 - 5-3 最適化地盤モデル(浅部) $V_p \cdot Q_p$ 構造
 - 5-4 観測記録の伝達関数の標準偏差
 - 5-5 観測記録とシミュレーション解析結果との比較
 - 5-6 玄武岩の上面標高
 - 5-7 頭打ちQ値モデルについて
 - 5-8 観測記録のP波部H/Vスペクトル比等の標準偏差
 - 5-9 スペクトルインバージョン解析の概要
 - 5-10 微動アレイ観測における1次高次モードの詳細について
 - 5-11 地震波干渉法による解析の概要について
 - 5-12 最大振幅法によるQ値の測定について
 - 5-13 地震基盤以深のQ値の妥当性について
 - 5-14 地盤モデルの解放基盤表面以浅の有無の影響について
 - 5-15 平成26年12月変更申請時の地下構造モデル
6. まとめ

3-1 検討において対象とした周期帯について



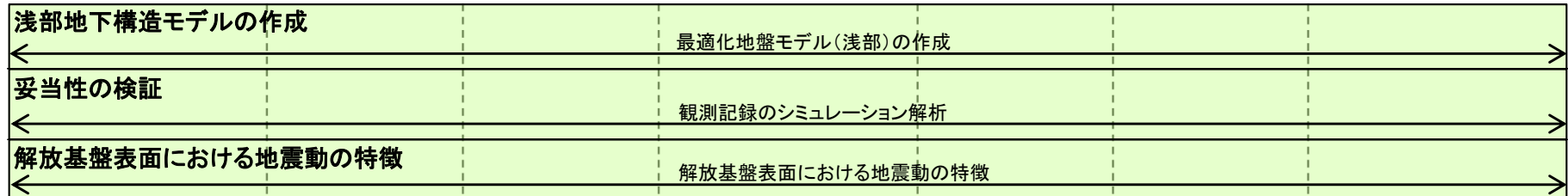
地震観測記録による検討及び一次元地下構造モデルの作成において対象とした周期帯

地震観測記録による検討 (本編資料3章)

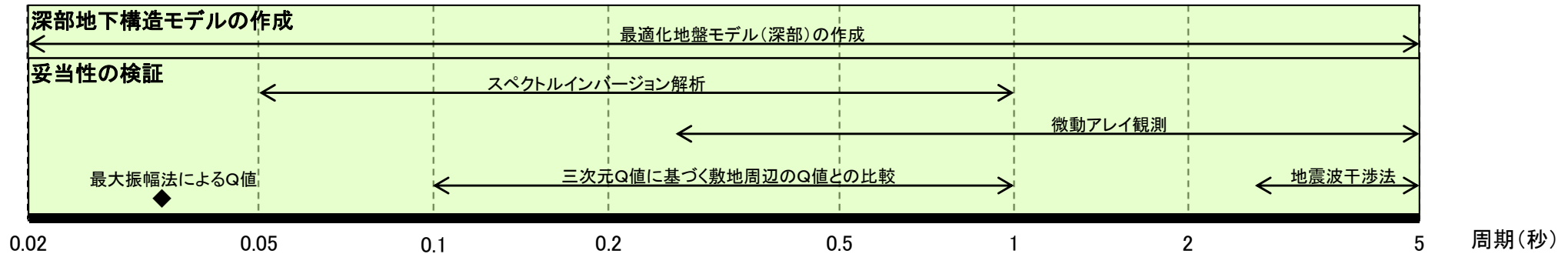


一次元地下構造モデルの作成 (本編資料5章)

浅部地下構造モデル



深部地下構造モデル





【既往の知見 Kobayashi et al.(2000)】

P波部のH/Vスペクトル比が堆積層のP波入射による伝達関数に強く依存することに着目。

H/Vスペクトル比の逆解析による地下構造の推定手法を提案。

【既往の知見を踏まえた評価手法の提案】

S波部のH/Vスペクトル比も、敷地の地盤特性に依存すると考えられ、地下構造の不整形性に伴う地震波の到来方向による地震動の増幅特性の差異(異方性)があれば、S波部のH/Vスペクトル比に変動が生じることが期待される。

地震動の増幅特性の異方性を評価する手法として、地震波の到来方向によるS波部のH/Vスペクトル比の変動を指標とすることを提案。

【評価手法の有効性の確認】

評価手法の有効性を関東平野の地震観測記録により確認。

佐藤ほか(2011)における検討の流れ

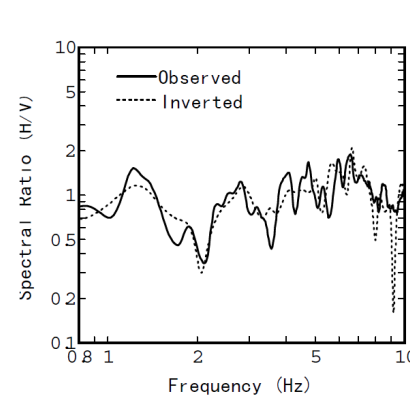


Figure 9: Comparison of spectral ratios in the inversion at Tomioka site

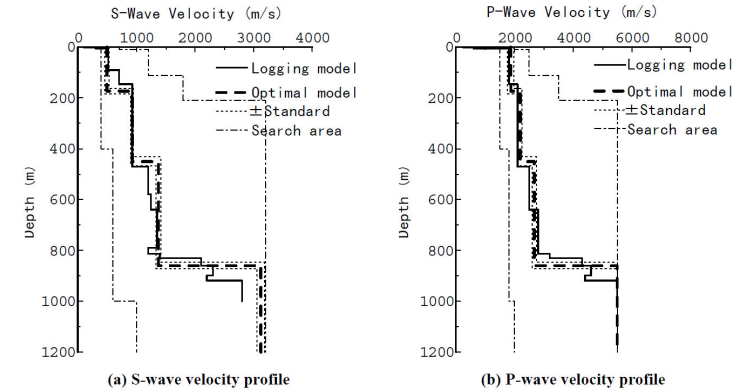


Figure 8: Comparison of the optimal model with the PS-logging model at Tomioka site

Kobayashi et al.(2000)

主要動部の水平 Radial 成分および上下成分のフーリエスペクトルをそれぞれ $H(\omega)$, $V(\omega)$ とすると,

$$H(\omega) = T_H(\omega) S_S(\omega) \quad (1)$$

$$V(\omega) = T_V(\omega) S_S(\omega) \quad (2)$$

$S_S(\omega)$ は主要動部における基盤入射スペクトル, $T_H(\omega)$, $T_V(\omega)$ はそれぞれ水平および上下成分の伝達関数で, ω は角周波数である. (1)式と(2)式の比は

$$H(\omega)/V(\omega) = T_H(\omega)/T_V(\omega) \quad (3)$$

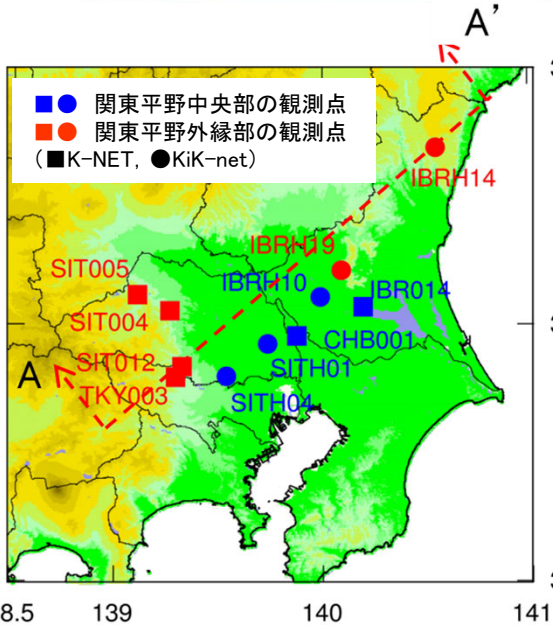
となり, $S_S(\omega)$ が相殺されて地盤特性に依存する量となる. 地盤構造に起因する異方性があれば, H/V 比に震央方位による変化が生じることが期待される.

佐藤ほか(2011)(S波入射を仮定)

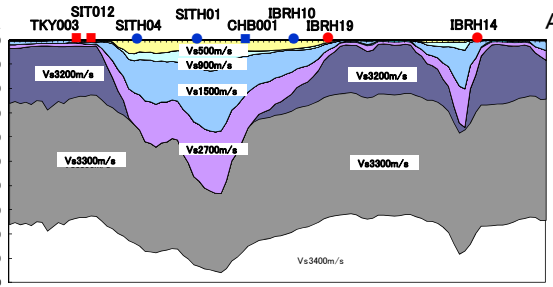
- Kobayashi et al.(2000)¹⁾では、P波部のH/Vスペクトル比が、堆積層のP波入射による伝達関数に強く依存することに着目し、H/Vスペクトル比の逆解析により、地下構造を推定する手法が提案されている。
- 佐藤ほか(2011)²⁾では、S波部のH/Vスペクトル比も敷地の地盤特性に依存すると考え、地震動の増幅特性の異方性を評価する手法として、地震波の到来方向によるS波部のH/Vスペクトル比の変動を指標とすることを提案している。
- また、同手法を地下構造が既知の関東平野に適用し、地下構造の不整形性が小さい関東平野中央部の観測点と、不整形性が大きい関東平野外縁部の観測点を対象に、地震観測記録により手法の有効性を確認している。

注)本節は、本編資料3.2.1項に関する補足説明資料。

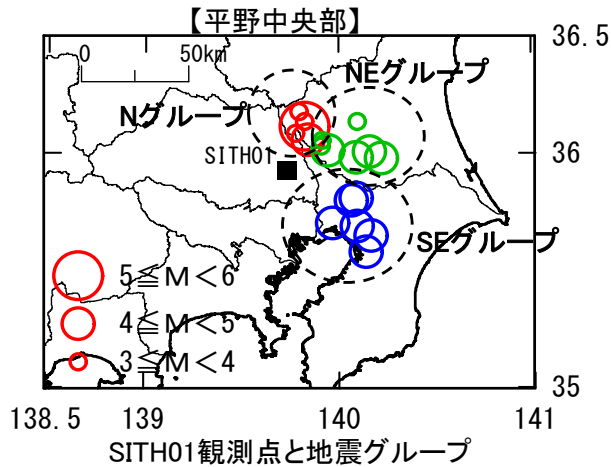
3-2 佐藤ほか(2011)の概要 (2/3)



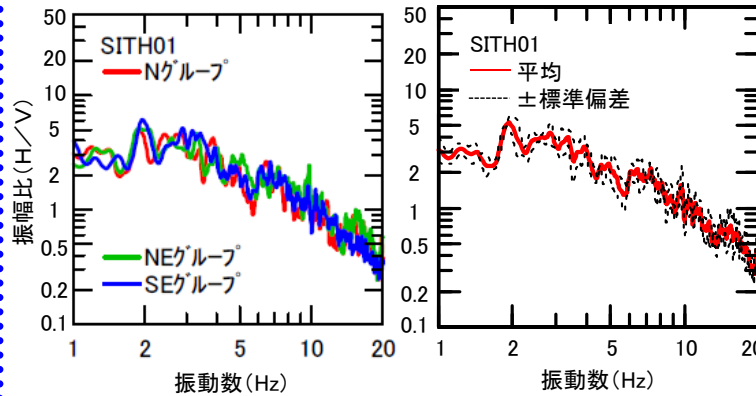
佐藤ほか(2011)の検討に用いられた観測点
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)



A-A' 断面の速度構造
(佐藤ほか(2011)に基づき作成)

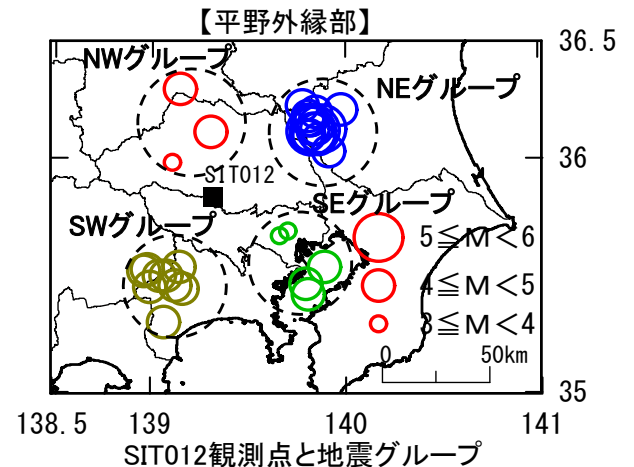


SITH01観測点と地震グループ

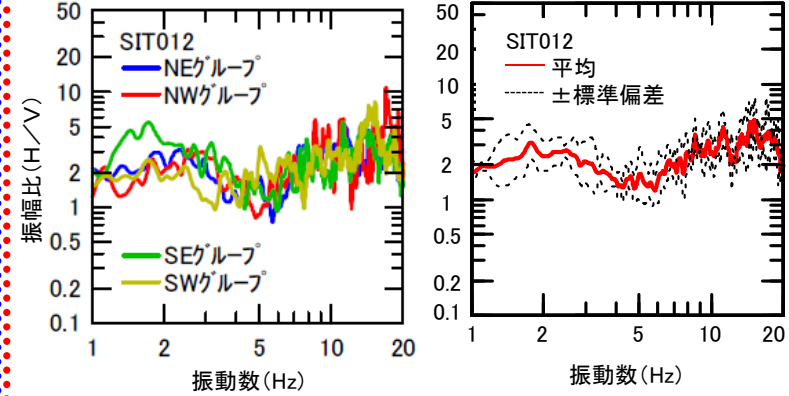


地震グループごとの平均H/Vスペクトル比
平均H/Vスペクトル比の平均値と標準偏差

関東平野中央部観測点の例
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)



SITH012観測点と地震グループ



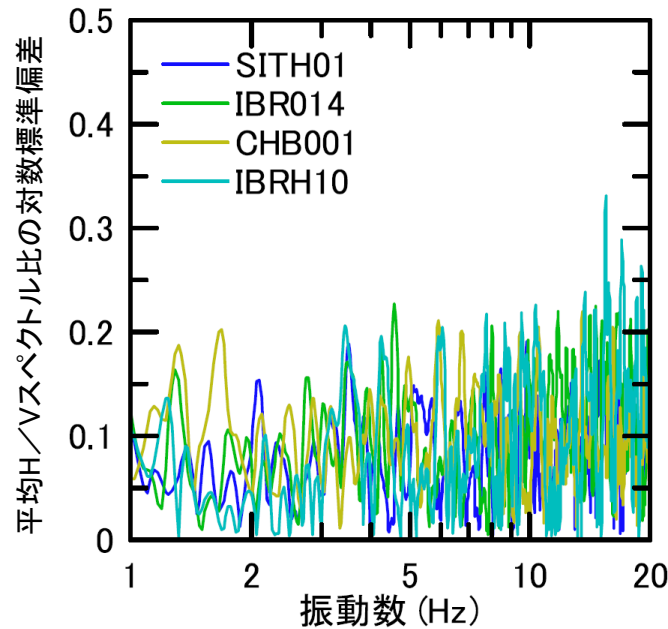
地震グループごとの平均H/Vスペクトル比
平均H/Vスペクトル比の平均値と標準偏差

関東平野外縁部観測点の例
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)

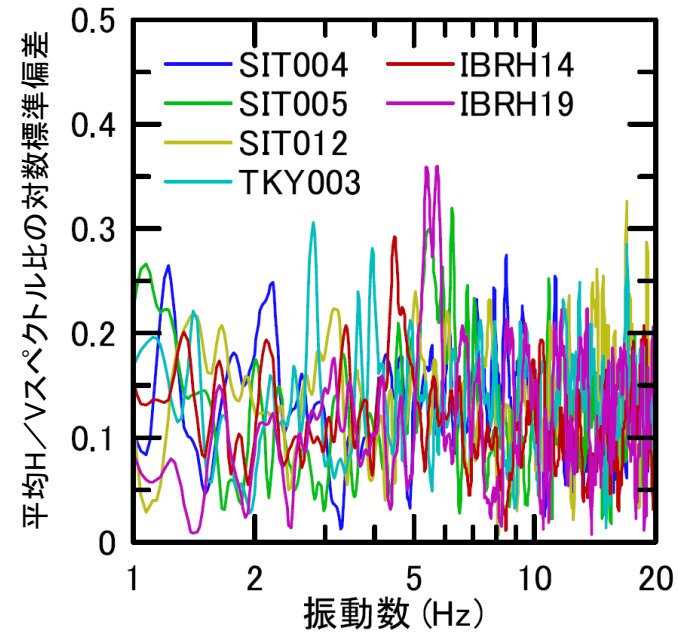
- 佐藤ほか(2011)では、地下構造の不整形性が小さい関東平野中央部の観測点※1と、地下構造の不整形性が大きい関東平野外縁部の観測点※2について、それぞれ到来方向による平均H/Vスペクトル比の標準偏差が求められている。

※1 : SITH01, IBRH10, IBR014, CHB001

※2 : SIT004, SIT005, SIT012, TKY003, IBRH14, IBRH19



(a) 関東平野中央部の観測点



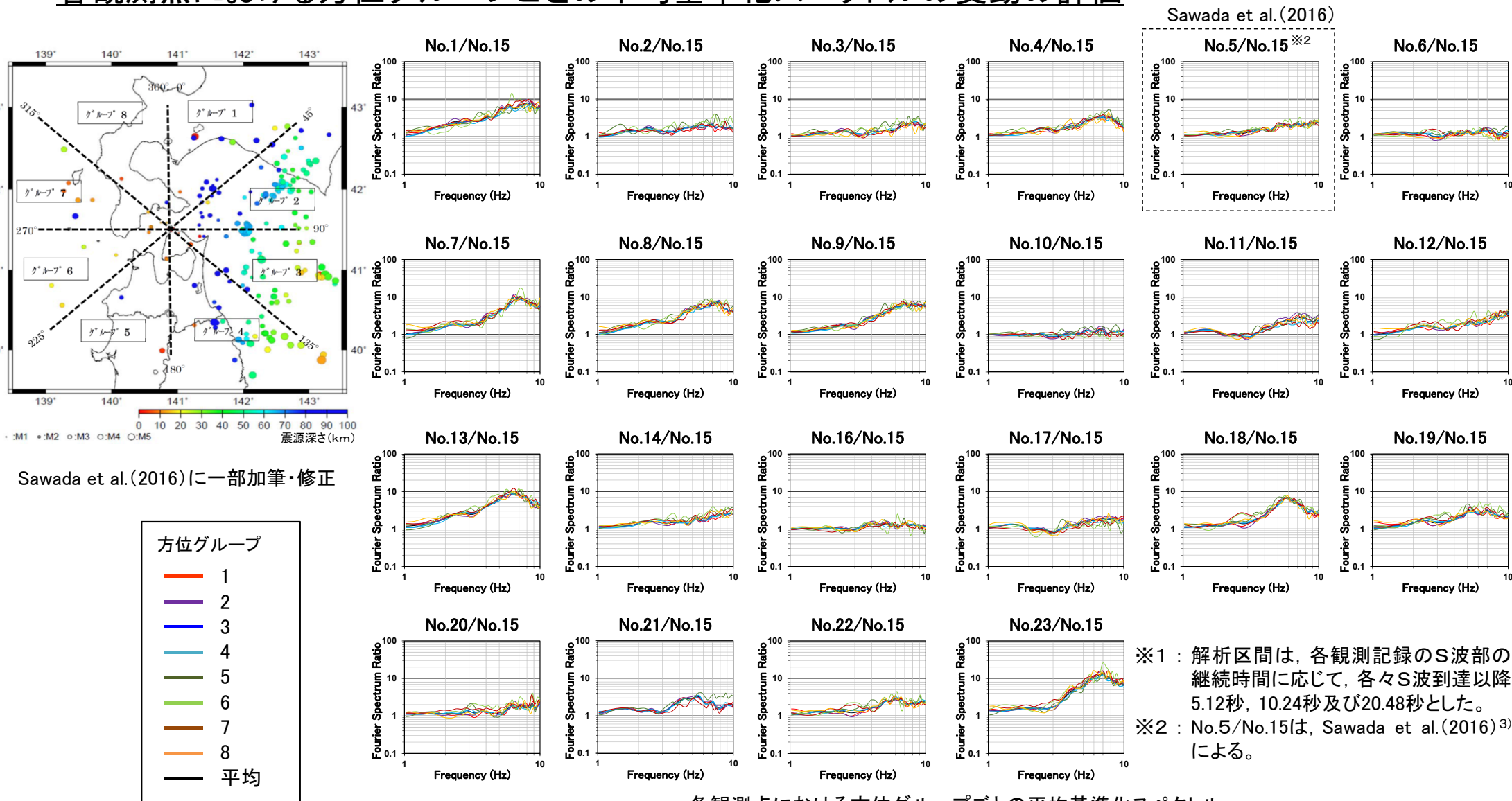
(b) 関東平野外縁部の観測点

佐藤ほか(2011)における平均H/Vスペクトル比の対数標準偏差
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)

- 地下構造の不整形性が小さい関東平野中央部の観測点は、不整形性が大きい関東平野外縁部の観測点と比較して、到来方向による平均H/Vスペクトル比の標準偏差が小さいとされている。



各観測点における方位グループごとの平均基準化スペクトルの変動の評価



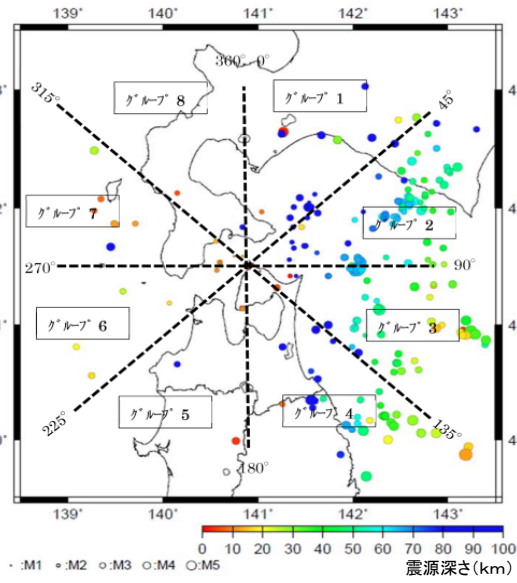
各観測点における方位グループごとの平均基準化スペクトル

- 各観測点における平均基準化スペクトル※1の到来方向によるばらつきは小さい。
(地表の観測点間の平均基準化スペクトルの高振動数側の相違は、浅部地盤の影響と考えられる。)

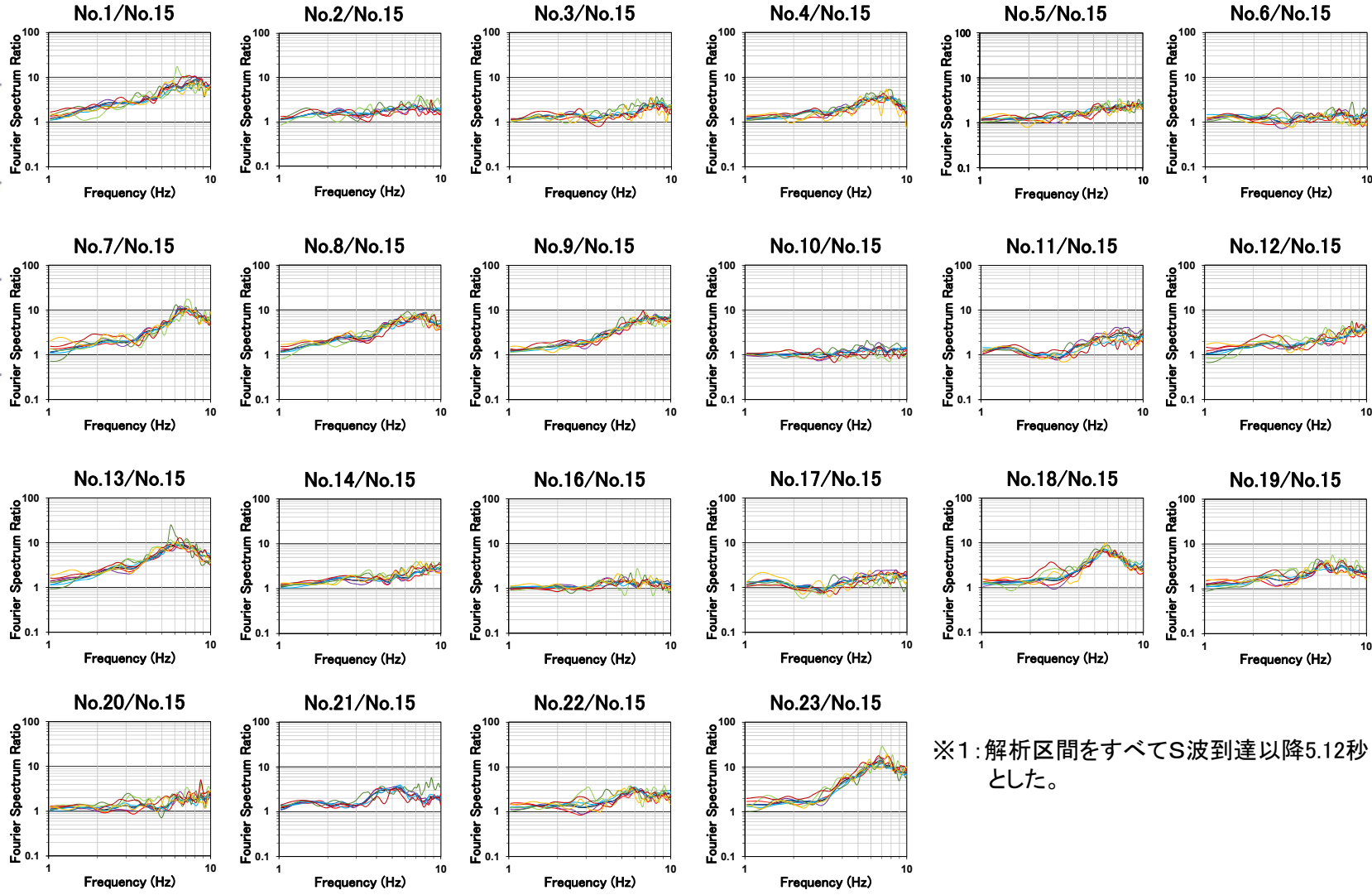
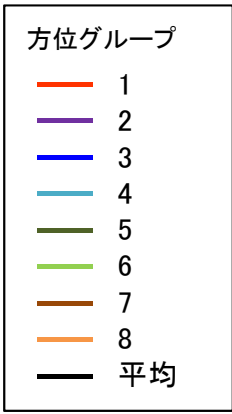


3-3 各観測点における基準化スペクトルの検討 (2/4)

S波の初動部に着目した検討 (すべての観測記録の解析区間を5.12秒とした場合)



Sawada et al. (2016)に一部加筆・修正



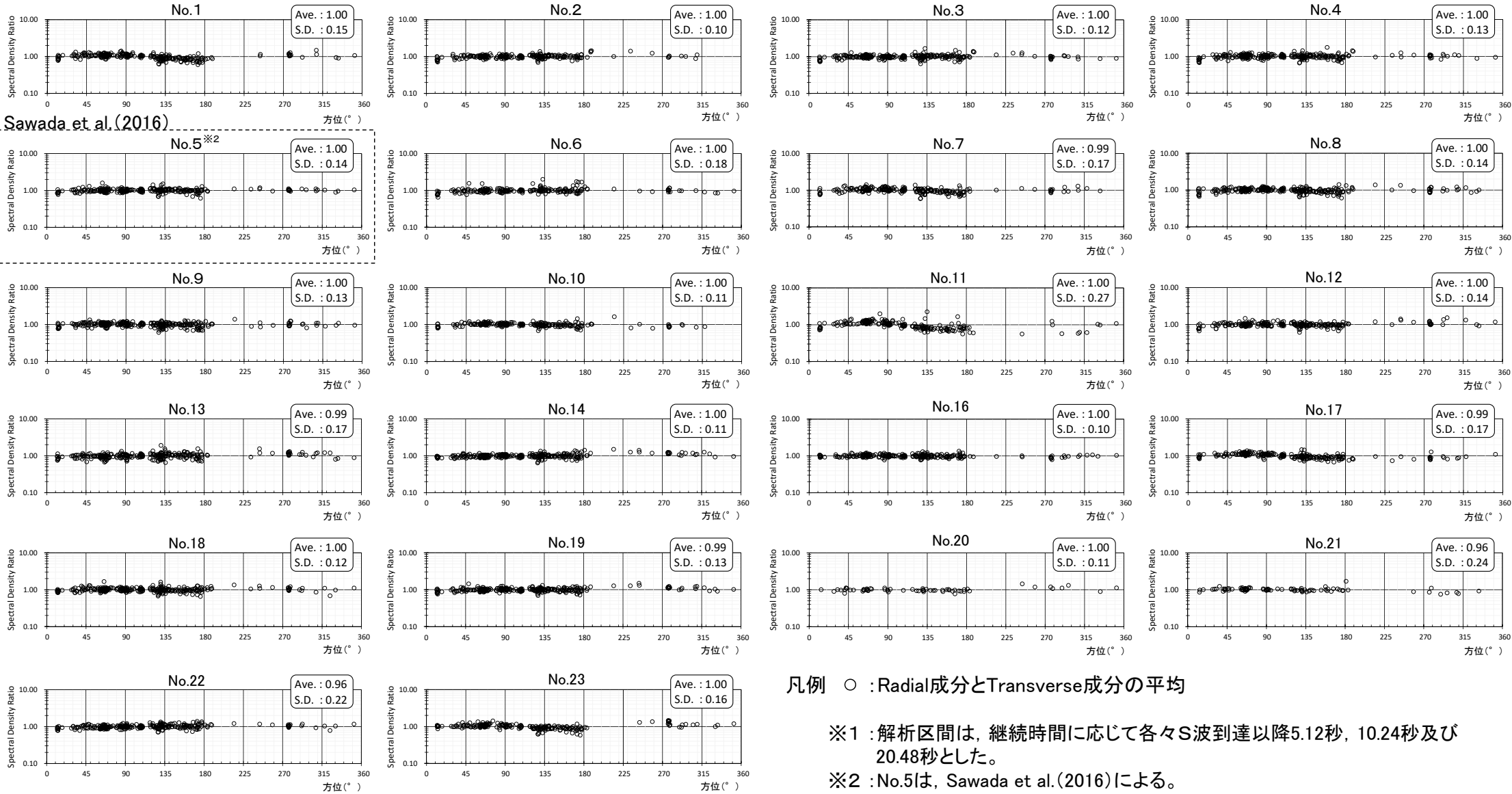
※1:解析区間をすべてS波到達以降5.12秒とした。

各観測点における方位グループごとの平均基準化スペクトル

• 解放基盤表面より浅部における地震波の散乱や反射の影響を極力排除するため、S波の初動部に着目し、観測記録の解析区間を短く設定※1して評価した結果、継続時間に応じて評価した場合(P.3-6参照)と同様の結果が得られたことから、浅部の地下構造による地震波の散乱、反射等の影響は小さいと考えられ、敷地の地下構造に地震動の主要動部に影響を及ぼすような不整形はないと考えられる。



各観測点における地震ごとのスペクトル密度比の変動の評価



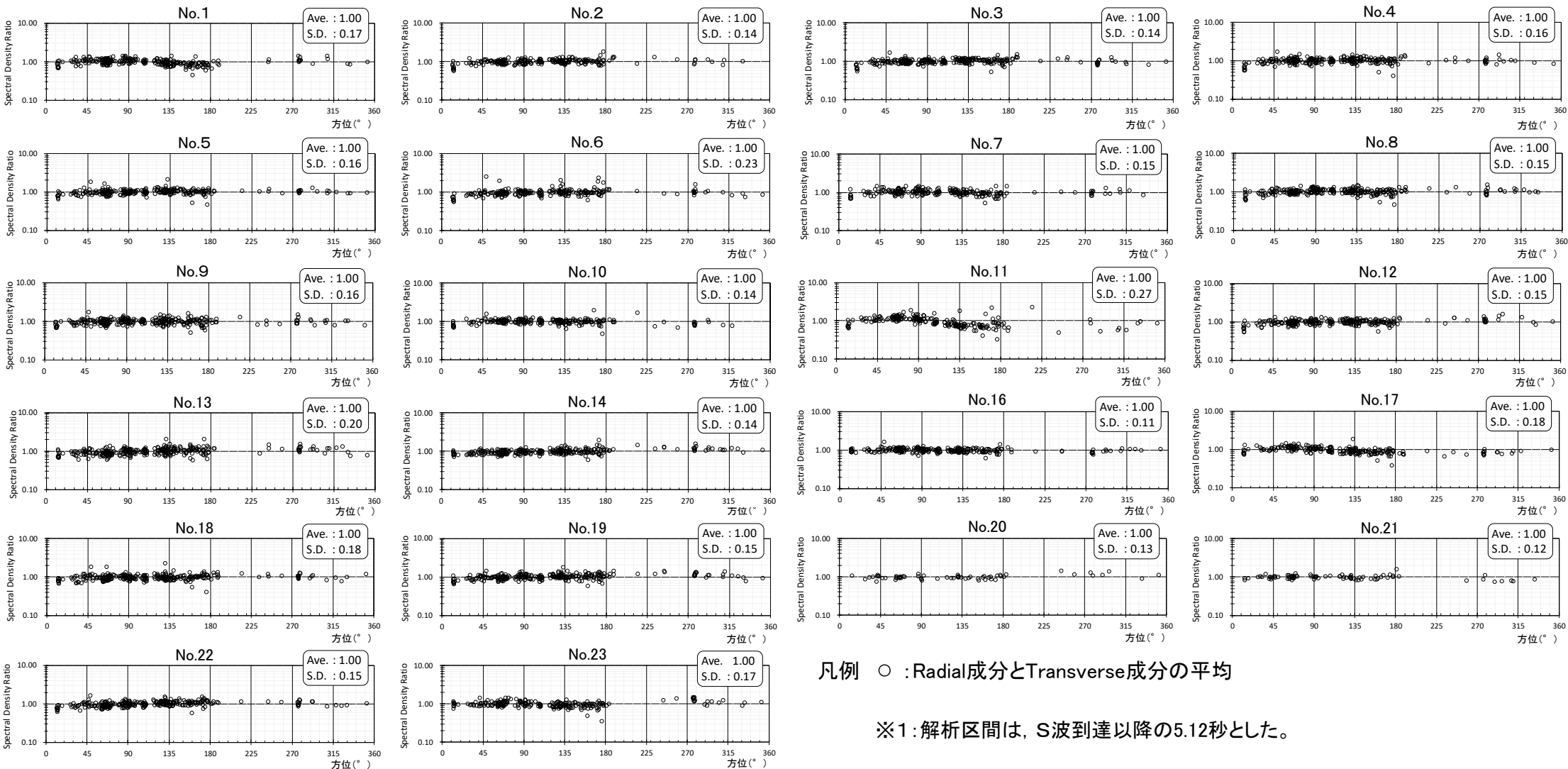
各観測点における方位別にみた地震ごとのスペクトル密度比

- 各観測点における到来方向による地震ごとのスペクトル密度比※1のばらつきは小さい。

3-3 各観測点における基準化スペクトルの検討 (4/4)



S波の初動部に着目した検討 (すべての観測記録の解析区間を5.12秒とした場合)



各観測点における方位別にみた地震ごとのスペクトル密度比

• 解放基盤表面より浅部における地震波の散乱や反射の影響を極力排除するため、S波の初動部に着目し、観測記録の解析区間を短く設定※1して評価した結果、継続時間に応じて評価した場合(P.3-8参照)と同様の結果が得られたことから、浅部の地下構造による地震波の散乱、反射等の影響は小さいと考えられ、敷地の地下構造に地震動の主要動部に影響を及ぼすような不整形はないと考えられる。

3-4 基盤位置における基準化スペクトルの算定に用いた地下構造モデル

No.15(基準観測点)

層 No.	上端標高 T.P.(m)	層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	Qs	
					Q ₀	n
1	+12	38	1020	1.95	5.97	0.000
2	-26	94	1230	2.14	1.00	0.999
3	-120	44	550	1.60	2.62	1.000
4	-164	92	650	1.54	11.1	0.997
5	-256	∞	920	1.60	11.1	0.997

No.5観測点

層 No.	上端標高 T.P.(m)	層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	Qs	
					Q ₀	n
1	+8	5	300	1.63	4.40	0.175
2	+3	38	970	1.95	5.97	0.000
3	-35	106	1270	2.14	1.00	0.999
4	-141	40	650	1.60	2.62	1.000
5	-181	74	790	1.54	11.1	0.997
6	-255	∞	1280	1.60	11.1	0.997

No.23観測点
(はぎとり解析に用いる浅部地下構造モデル)

層 No.	上端標高 T.P.(m)	層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	Qs	
					Q ₀	n
1	+32.5	1	53	1.47	4.47	0.453
2	+31.5	1	93			
3	+30.5	2	150			
4	+28.5	2	220	1.63	4.40	0.175
5	+26.5	6.5	460			
6	+20.0	20	720	1.95	5.97	0.000
7	0.0	64	1020	2.14	1.00	0.999
8	-64.0	68	520	1.60	2.62	1.000
9	-132.0	98	620	1.54	11.1	0.997
10	-230.0	∞	860	1.60	11.1	0.997

No.11観測点

層 No.	上端標高 T.P.(m)	層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	Qs	
					Q ₀	n
1	+12	6	200	1.63	4.40	0.175
2	+6	12	790	1.95	5.97	0.000
3	-6	58	1290	2.14	1.00	0.999
4	-64	24	1370	2.14	1.00	0.999
5	-88	62	510	1.60	2.62	1.000
6	-150	78	590	1.54	11.1	0.997
7	-228	∞	770	1.60	11.1	0.997

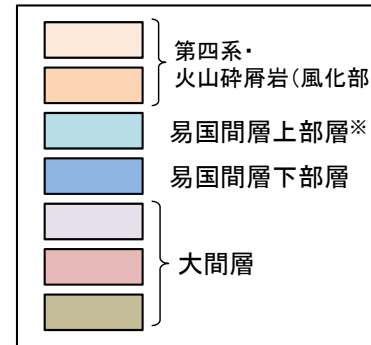
No.12観測点

層 No.	上端標高 T.P.(m)	層厚 (m)	Vs (m/s)	ρ (t/m ³)	Qs	
					Q ₀	n
1	+26	12	320	1.63	4.40	0.175
2	+14	70	820	1.95	5.97	0.000
3	-56	92	1230	2.14	1.00	0.999
4	-148	34	560	1.60	2.62	1.000
5	-182	72	640	1.54	11.1	0.997
6	-254	∞	790	1.60	11.1	0.997

$$Q(f) = Q_0 \cdot f^n$$

f: 振動数

凡例



※: 火山碎屑岩(風化部)を除く。
(岩盤分類図は、本編資料P.2-41参照。)

- 基盤位置における基準化スペクトルの算定に用いた地下構造モデルの速度構造は、観測点近傍のPS検層結果とした。
- 密度(ρ)及び減衰(Qs)の値は、各観測点の地層区分及び速度構造を踏まえ、はぎとり解析に用いる浅部地下構造モデル(本編資料P.5-19参照)の値を参照して設定した。

3-5 各観測点における表土の層厚

コメントNo.S3-13

凡例

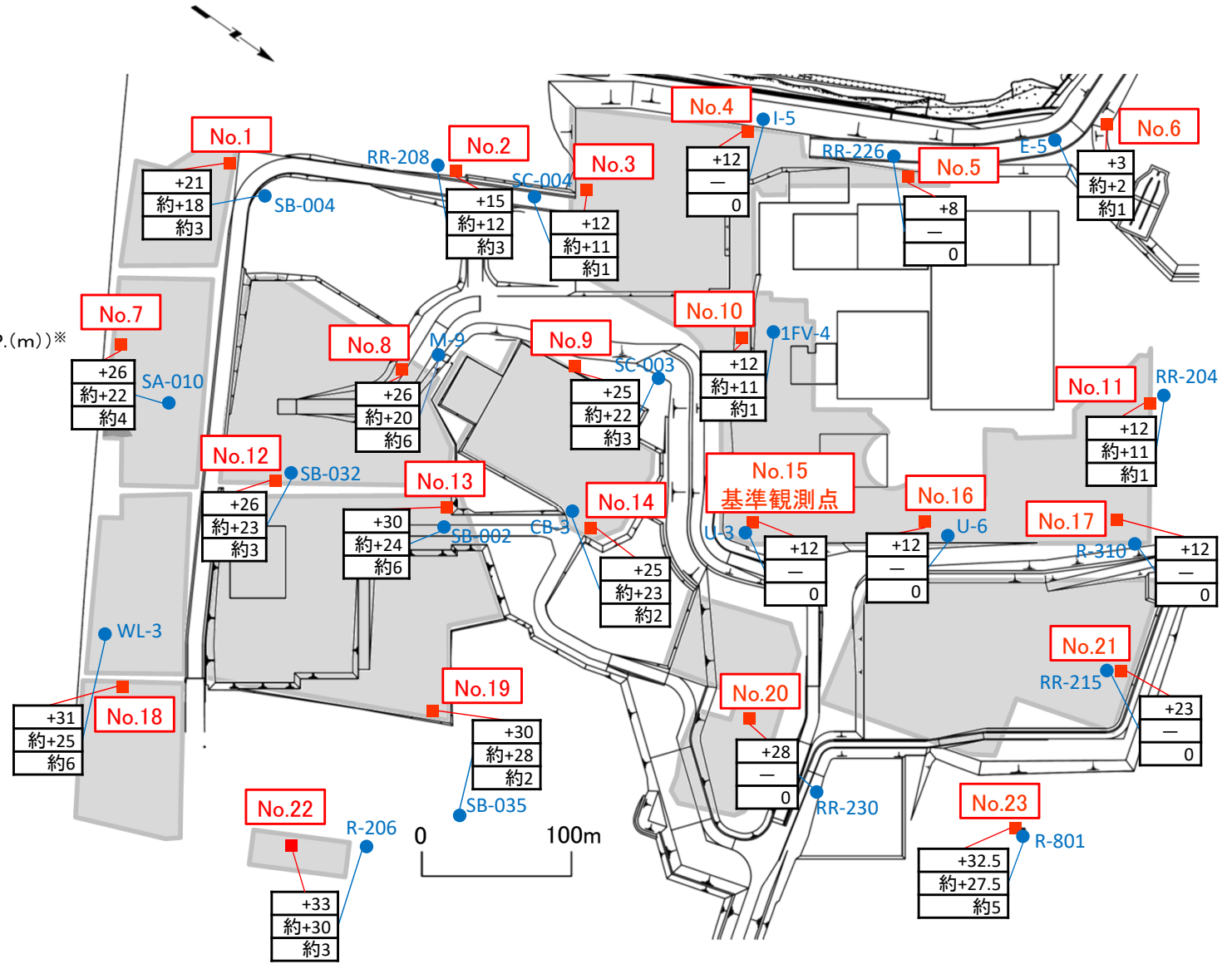
- : 敷地造成の形状
- | |
|-----|
| +○○ |
|-----|

 : 観測点の地盤標高(T.P.(m))
- | |
|------|
| 約+○○ |
|------|

 : 表土(第四系または盛土)の下面標高(T.P.(m))※
(近接ボーリング孔の調査結果に基づく)
- | |
|----|
| 約○ |
|----|

 : 表土の層厚(m)

※ 第四系及び盛土が存在しない箇所は、「-」と記載した。



各観測点の地盤の標高及び表土の層厚

注)本節は、本編資料3.2.2項(補足3)に関する補足説明資料。

(余白)

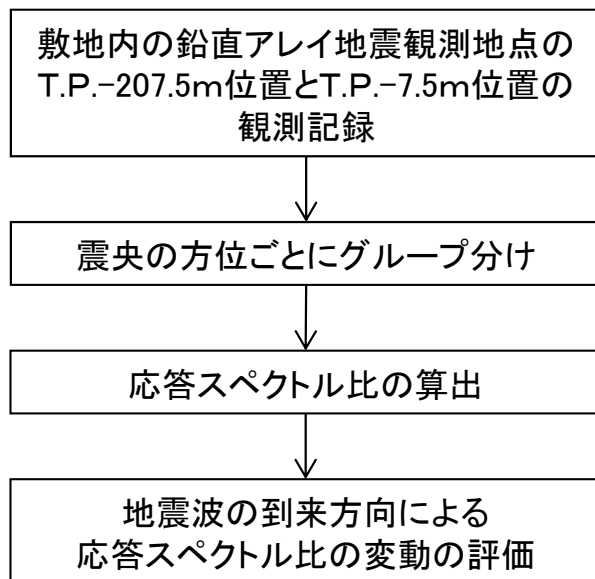


検討の目的

敷地内の鉛直アレイ地震観測地点の最も深い地震計の位置(T.P.-207.5m)より浅部の地盤について、地震動に影響を及ぼすような不整形はないことを確認するために、鉛直アレイ地震観測地点の異なる深度の観測記録を用いて、地震波の到来方向による応答スペクトル比による変動を評価する。

検討方法

敷地内の鉛直アレイ地震観測地点において、1989年8月から2018年9月までに得られた地震観測記録のうち、マグニチュード3以上かつ震央距離300km以内の276地震の記録を対象に、最深部(T.P.-207.5m)と原子炉建屋の支持地盤に近い位置(T.P.-7.5m)の記録の加速度応答スペクトル比※1を求め、地震波の到来方向による変動を評価する。



検討フロー

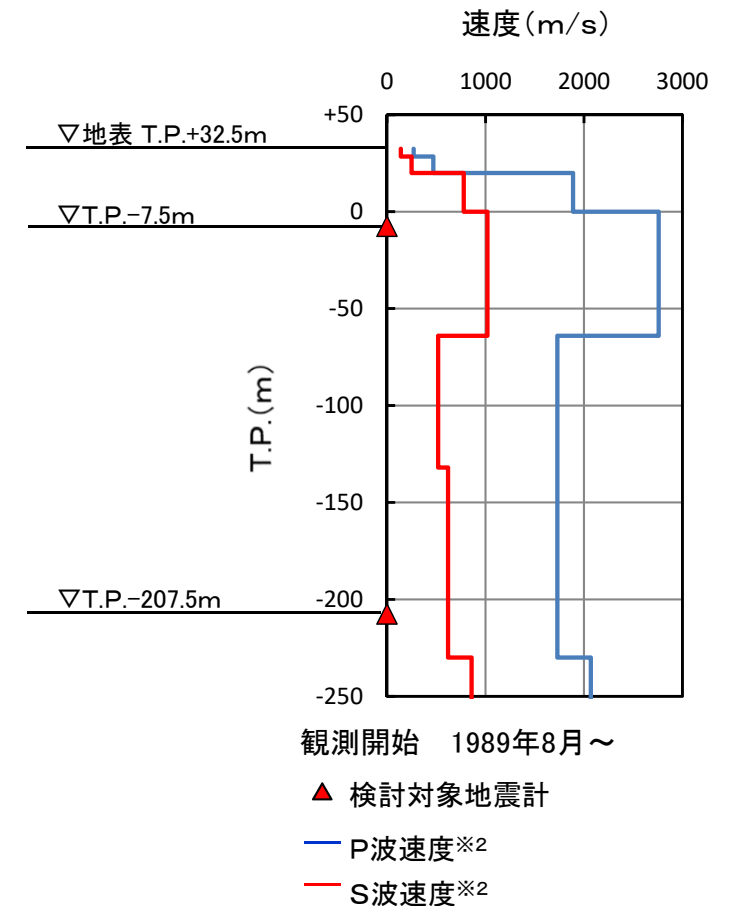
※1 : 応答スペクトル比の評価式

$$R(T) = \frac{S(T.P.-7.5m)(T)}{S(T.P.-207.5m)(T)}$$

- $R(T)$: 応答スペクトル比
- $S(T.P.-7.5m)(T)$: 敷地内の鉛直アレイ地震観測点(T.P.-7.5m)の加速度応答スペクトル
- $S(T.P.-207.5m)(T)$: 敷地内の鉛直アレイ地震観測点(T.P.-207.5m)の加速度応答スペクトル

※2 : SB-042孔におけるPS検層結果

※3 : 敷地内の鉛直アレイ地震観測地点の詳細については本編資料P.5-12を参照



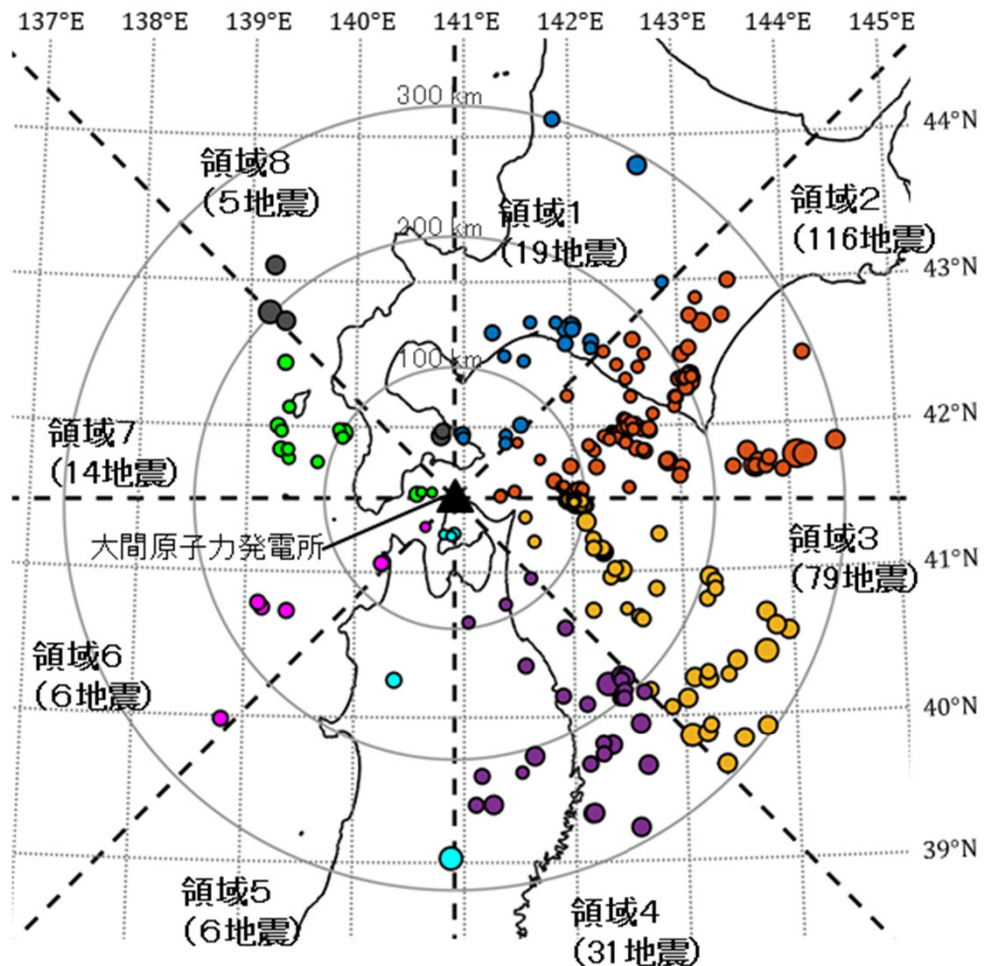
敷地内の鉛直アレイ地震観測地点※3における速度構造と地震計の設置位置

注)本節は、本編資料3.2.3項に関する補足説明資料。



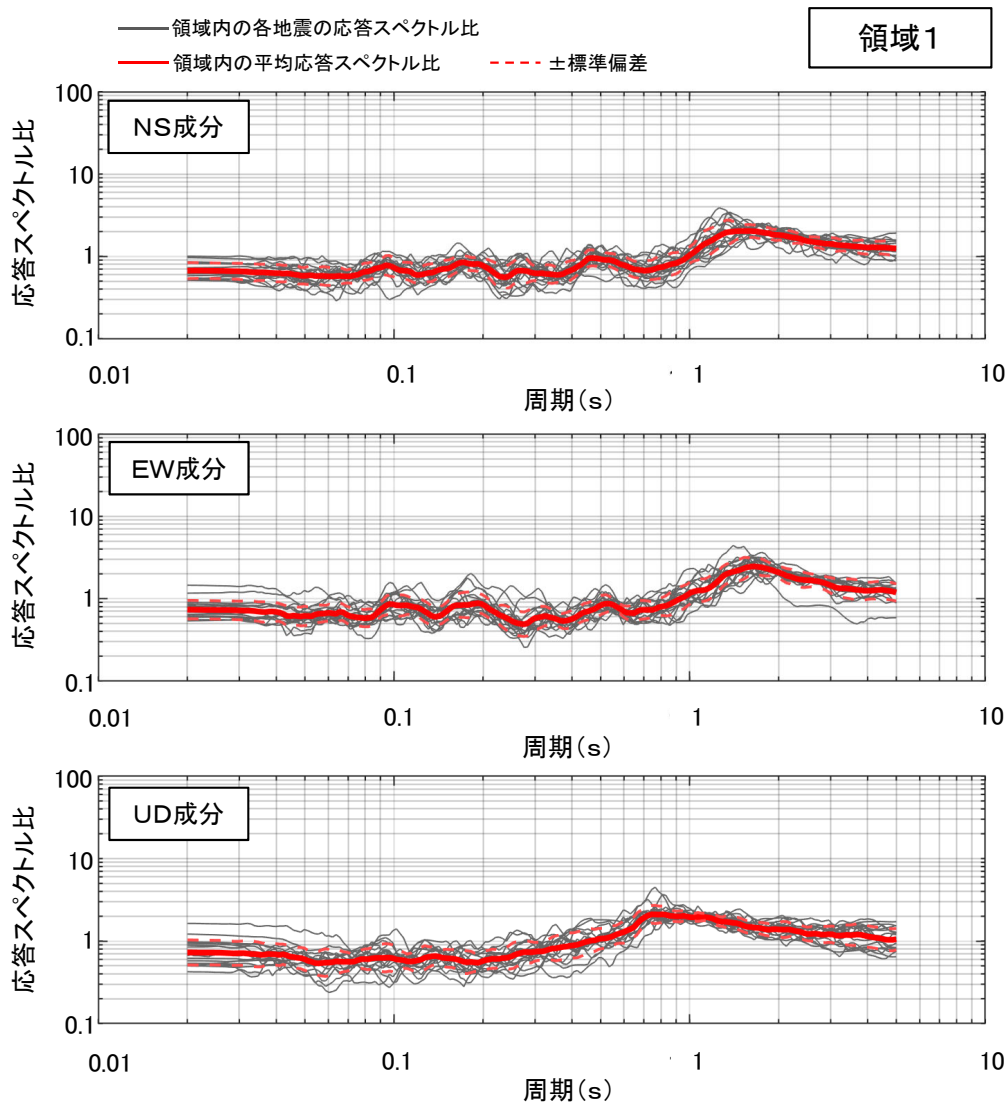
検討に用いた地震

- 検討には下記条件を満たす地震の観測記録を用いた。
 - 鉛直アレイ地震観測地点を基準としてマグニチュード3以上かつ震央距離300km以内の地震
 - 十分なS/N比を有する観測記録

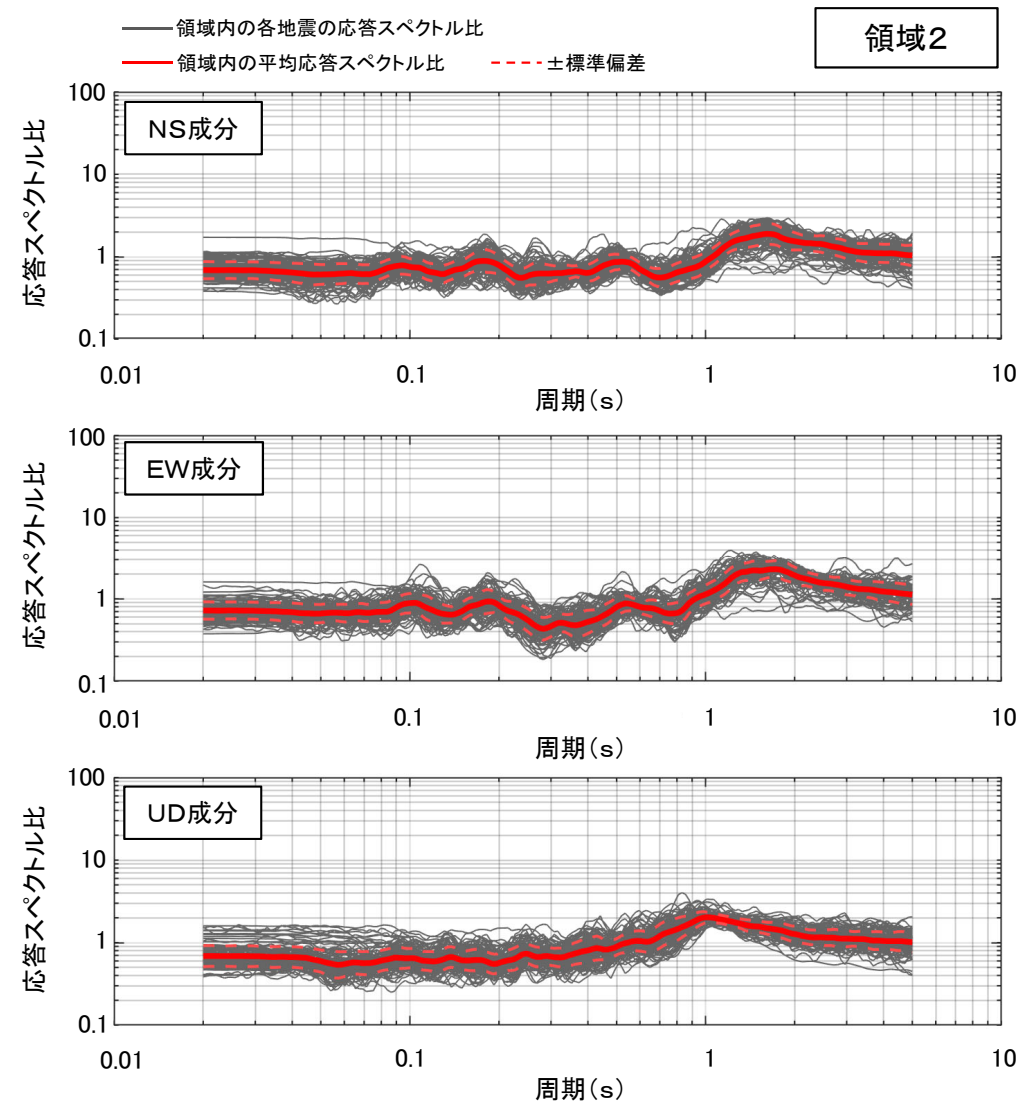


検討に用いた地震の震央分布

3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (3/6)



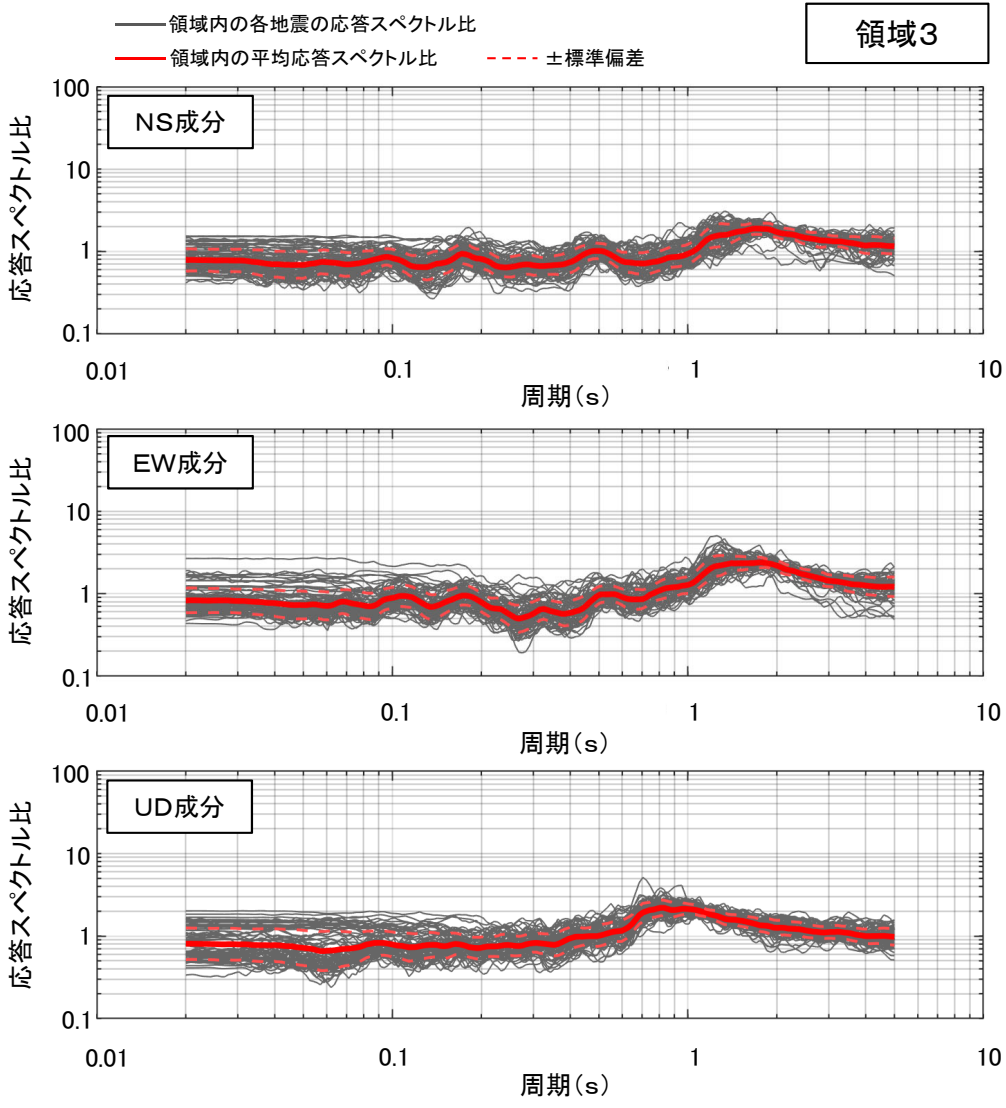
領域1における応答スペクトル比



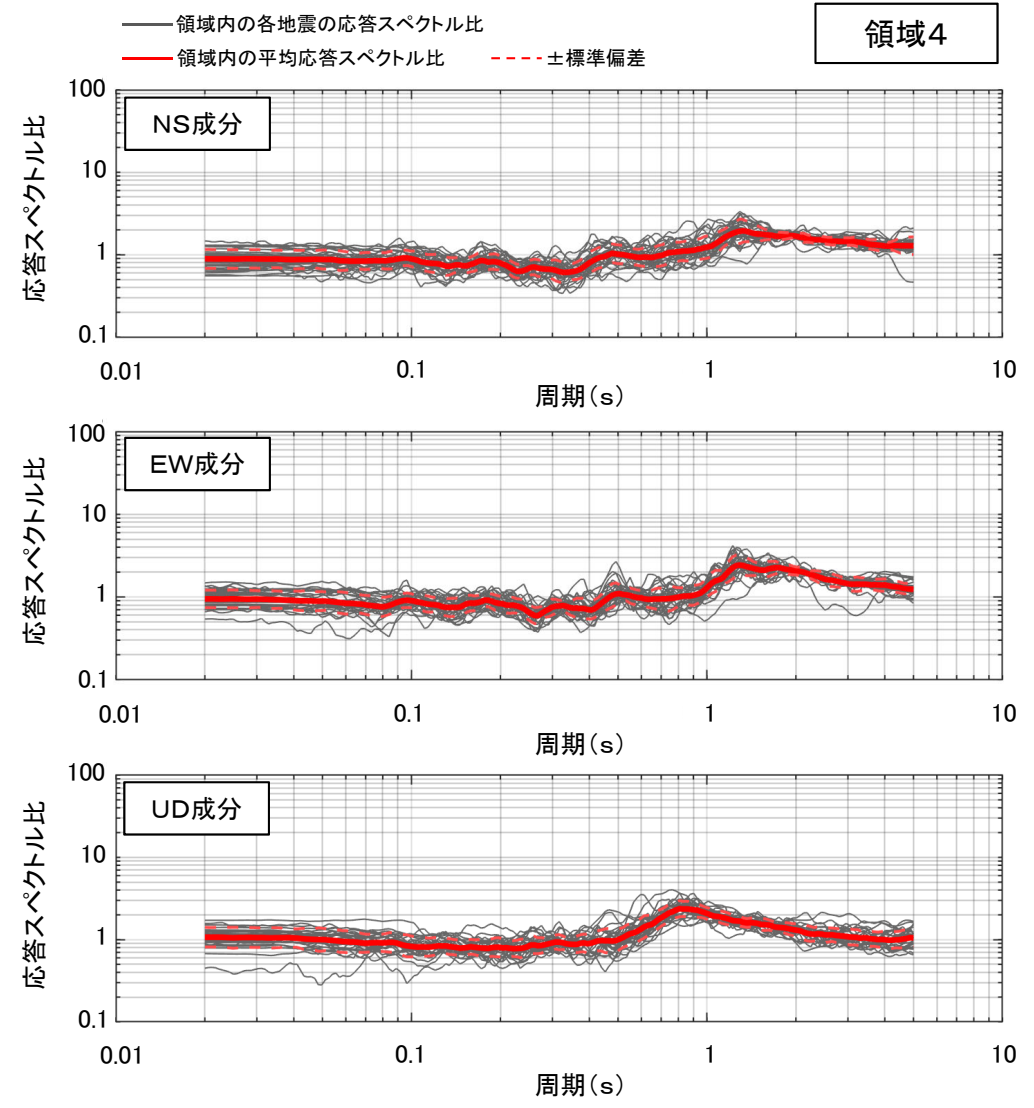
領域2における応答スペクトル比

• 領域1～8において、応答スペクトル比のばらつきは小さく、地震によって特異な傾向は認められない。

3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (4/6)

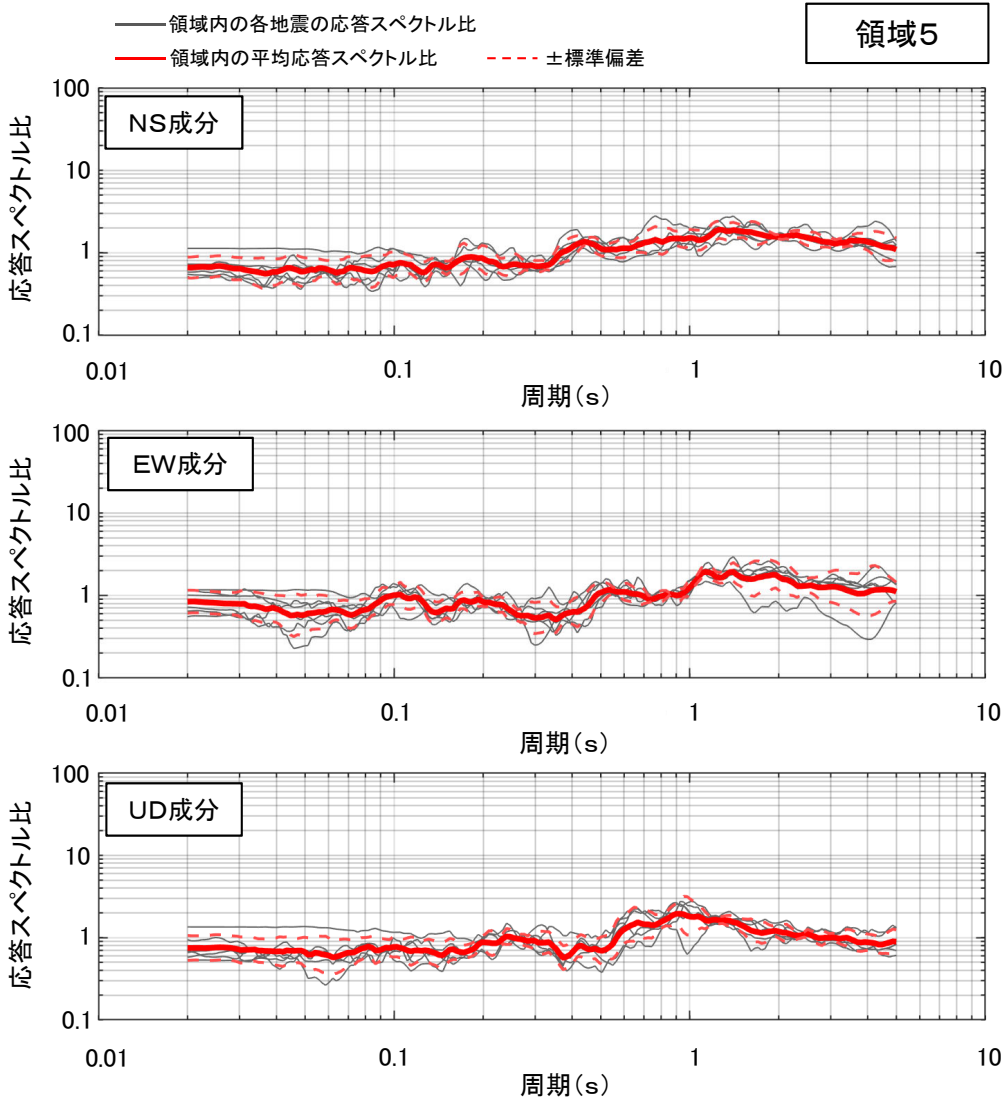


領域3における応答スペクトル比

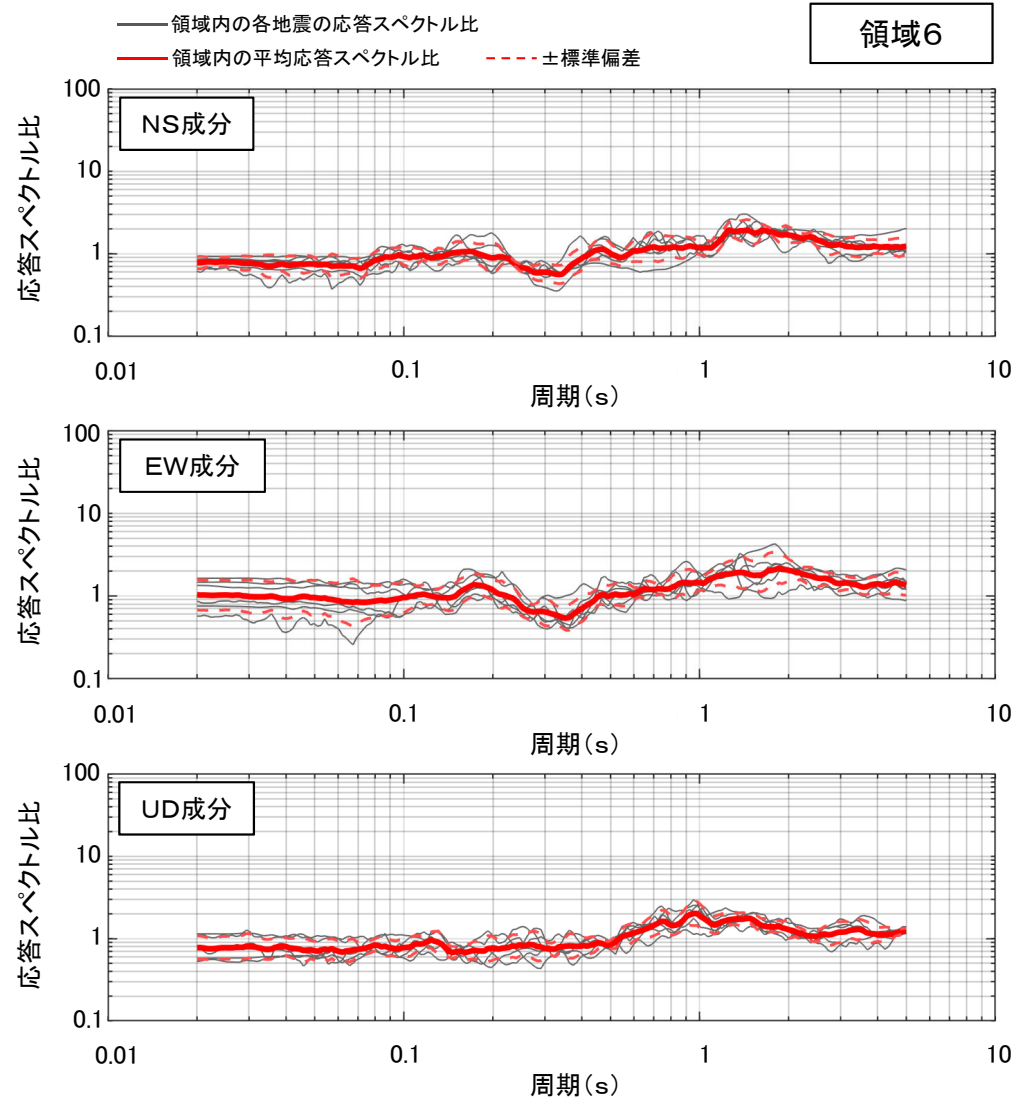


領域4における応答スペクトル比

3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (5/6)

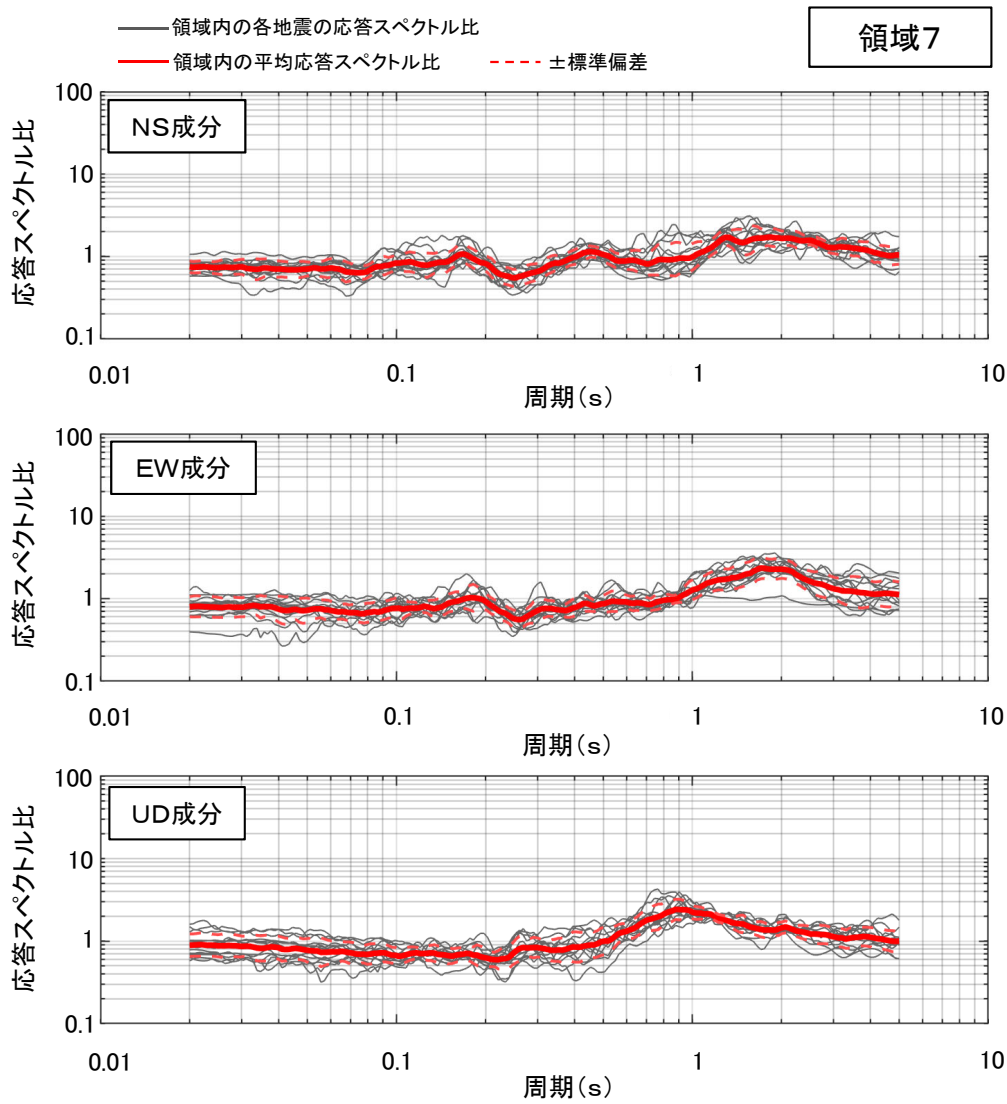


領域5における応答スペクトル比

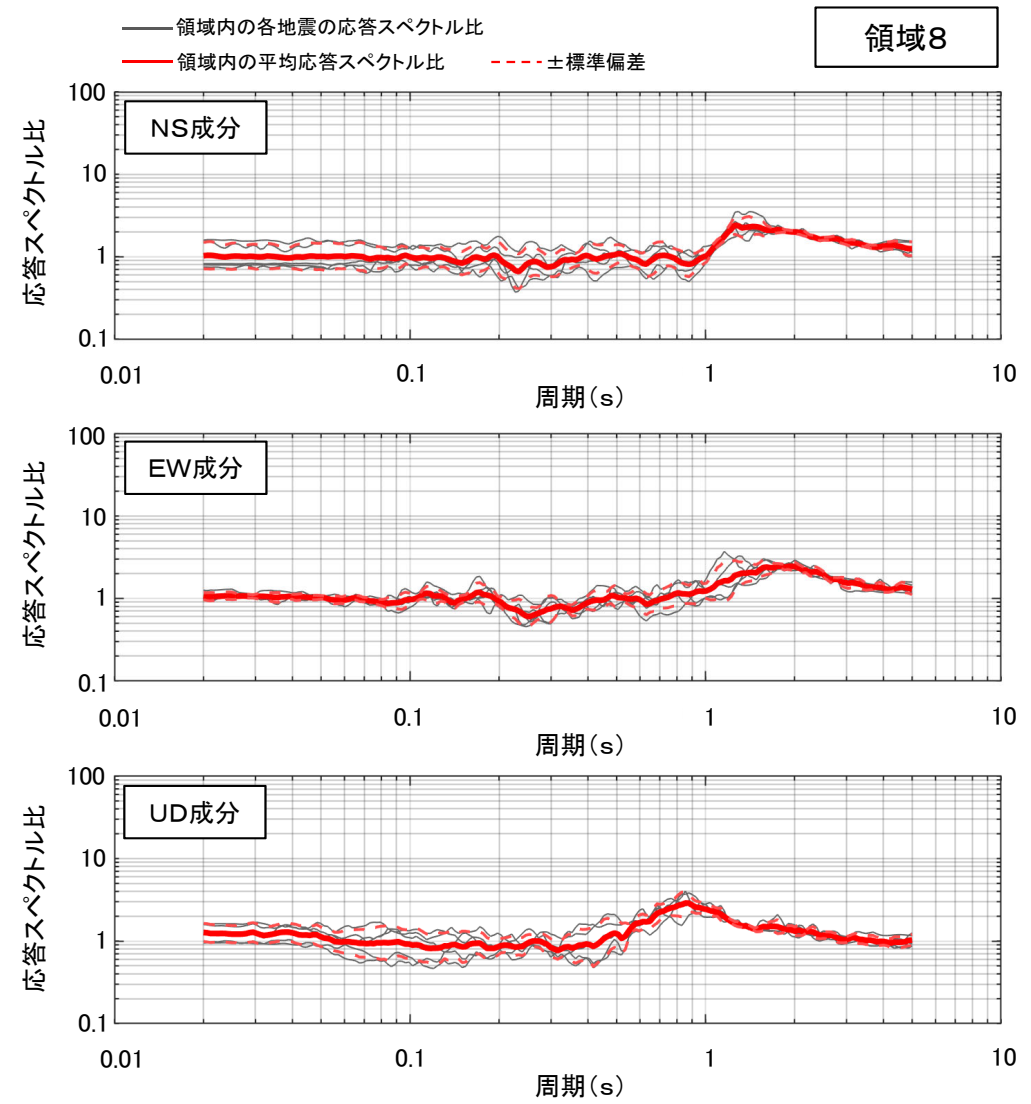


領域6における応答スペクトル比

3-6 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (6/6)



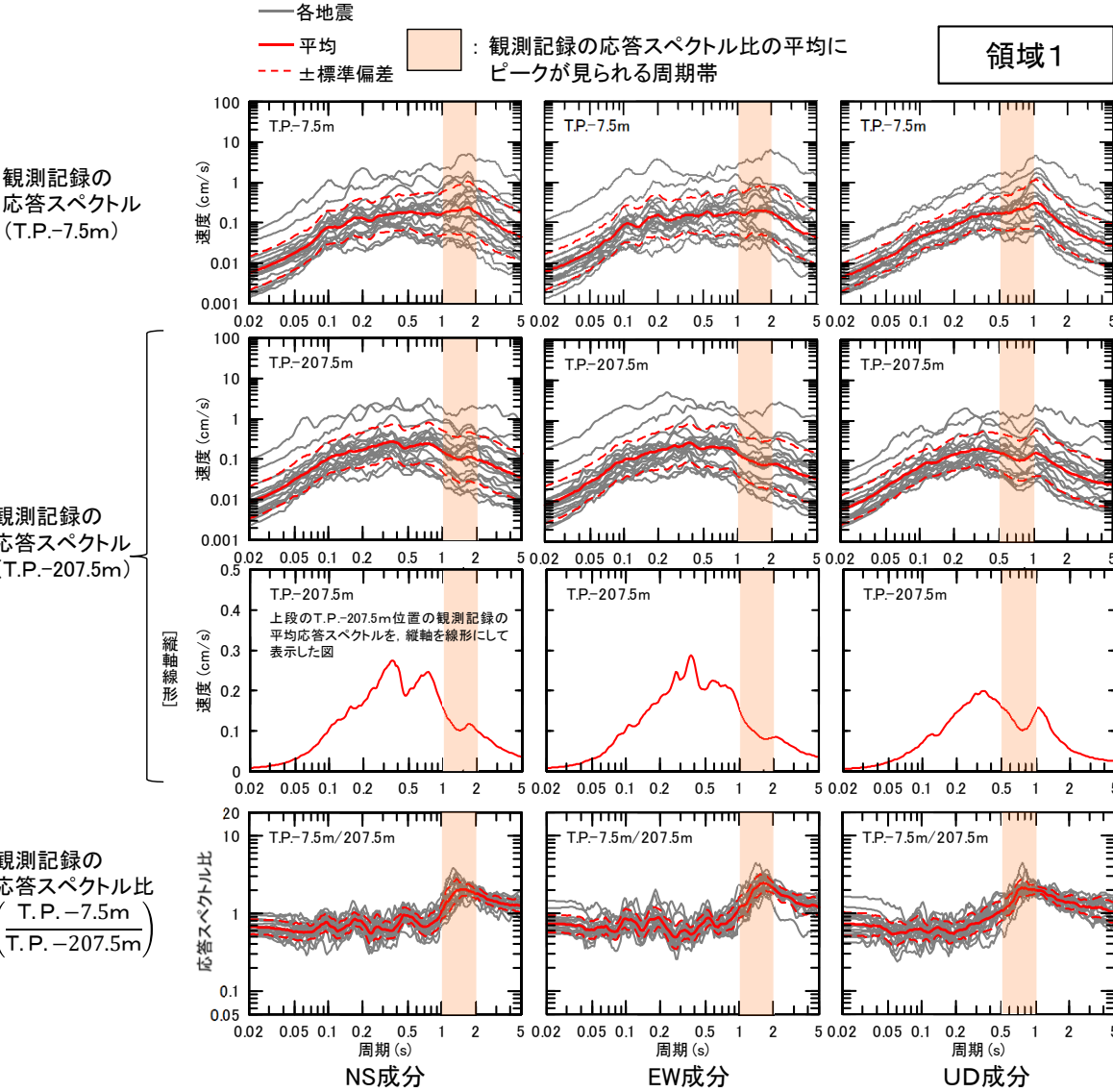
領域7における応答スペクトル比



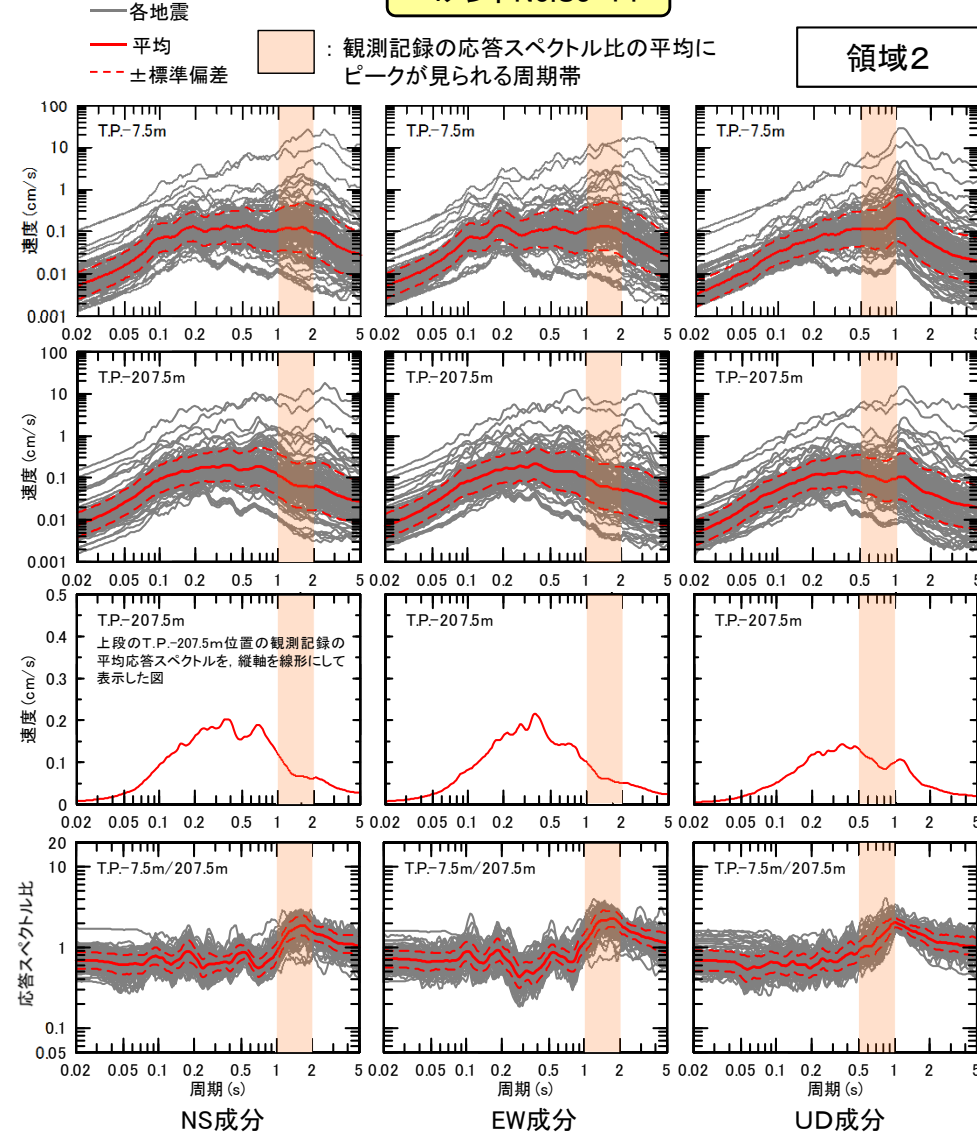
領域8における応答スペクトル比

3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価 (1/4)

コメントNo.S3-14



領域1における周期特性の確認



領域2における周期特性の確認

- 応答スペクトル比(T.P.-7.5m/T.P.-207.5m)において、水平動の周期約1秒～約2秒、鉛直動の周期約0.5秒～約1秒にピークが見られ、同周期帯にT.P.-207.5m位置の観測記録の応答スペクトルの谷が見られる。

注)本節は、本編資料3.2.3項(補足)に関する補足説明資料。

3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価 (2/4)

コメントNo.S3-14

—各地震
—平均
- - -土標準偏差
□ : 観測記録の応答スペクトル比の平均にピークが見られる周期帯

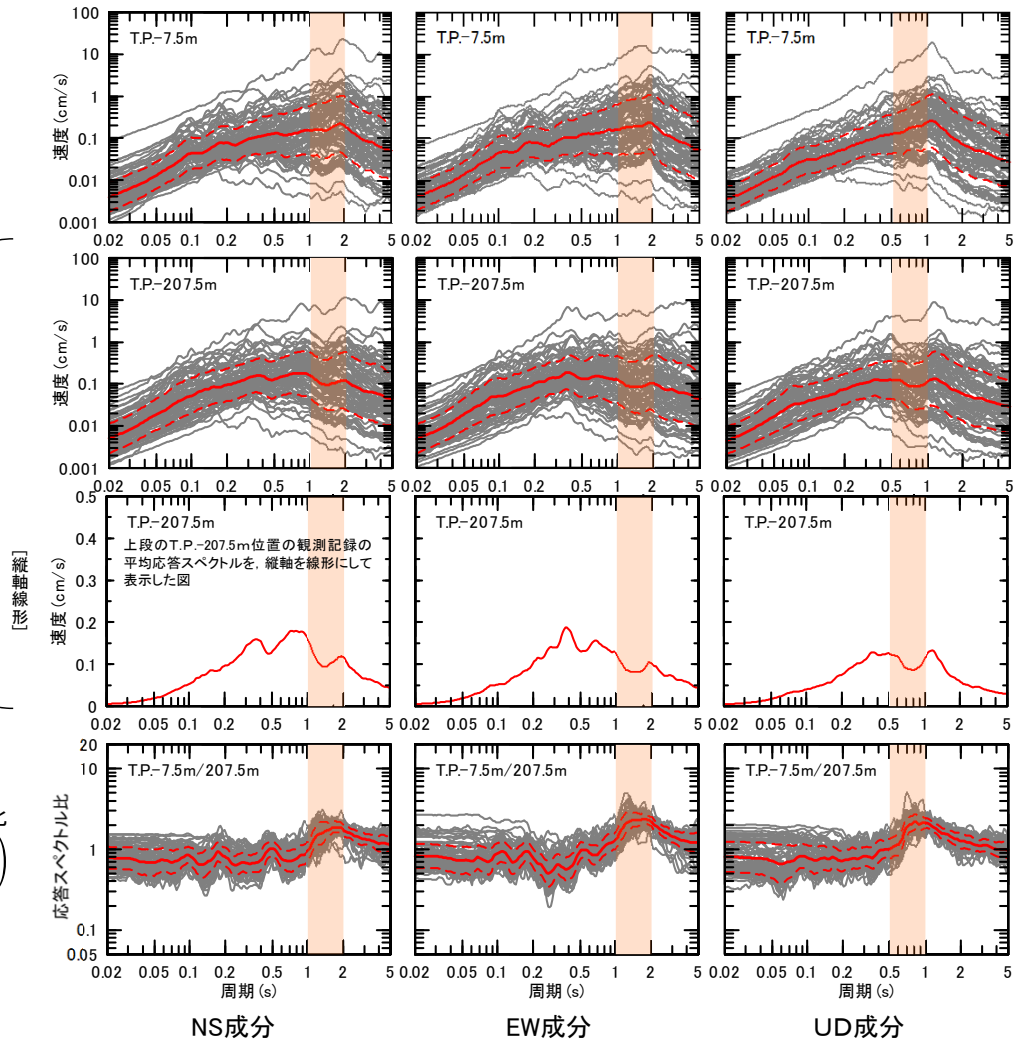
領域3

—各地震
—平均
- - -土標準偏差
□ : 観測記録の応答スペクトル比の平均にピークが見られる周期帯

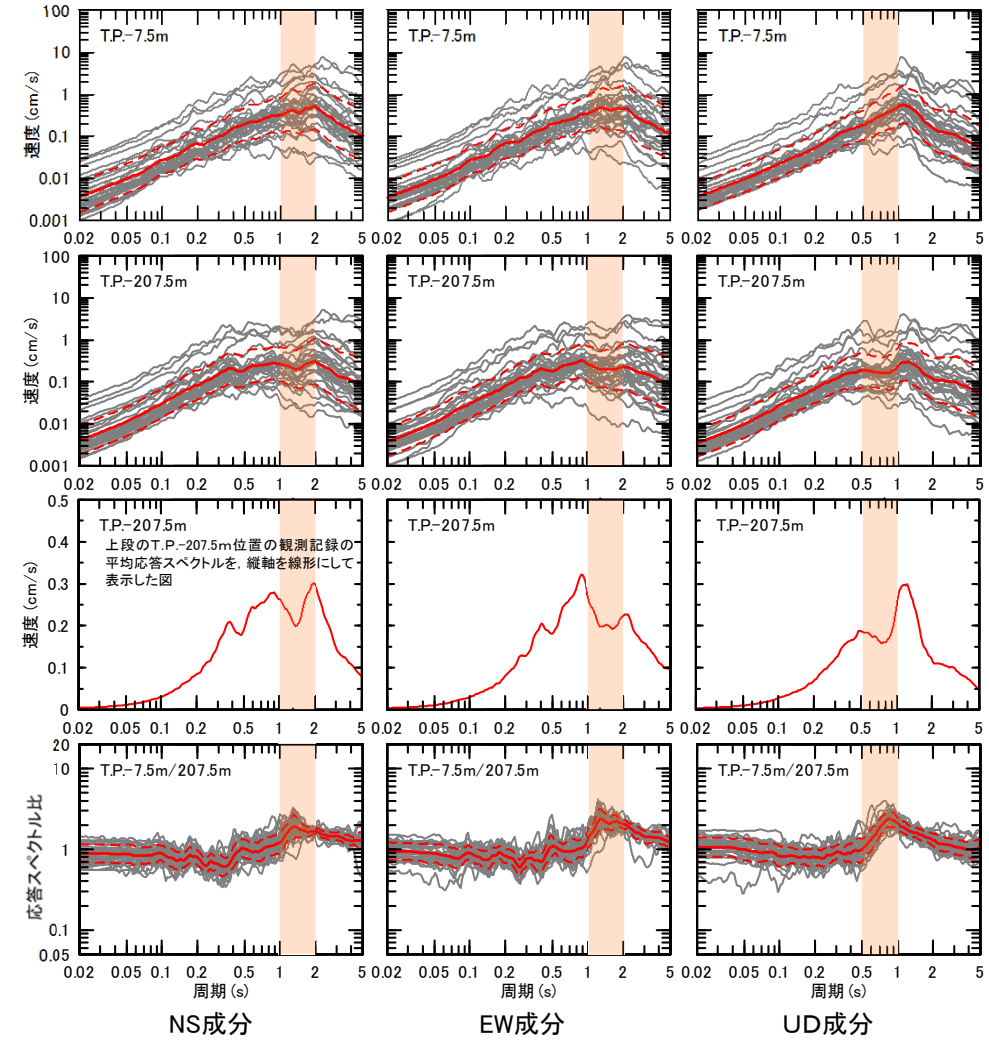
領域4

観測記録の
応答スペクトル
(T.P.-7.5m)

観測記録の
応答スペクトル
(T.P.-207.5m)



領域3における周期特性の確認



領域4における周期特性の確認

- 応答スペクトル比(T.P.-7.5m/T.P.-207.5m)において、水平動の周期約1秒～約2秒、鉛直動の周期約0.5秒～約1秒にピークが見られ、同周期帯でT.P.-207.5m位置の観測記録の応答スペクトルの谷が見られる。

3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価 (3/4)



コメントNo.S3-14

—各地震
—平均
- - - 標準偏差
□ : 観測記録の応答スペクトル比の平均にピークが見られる周期帯

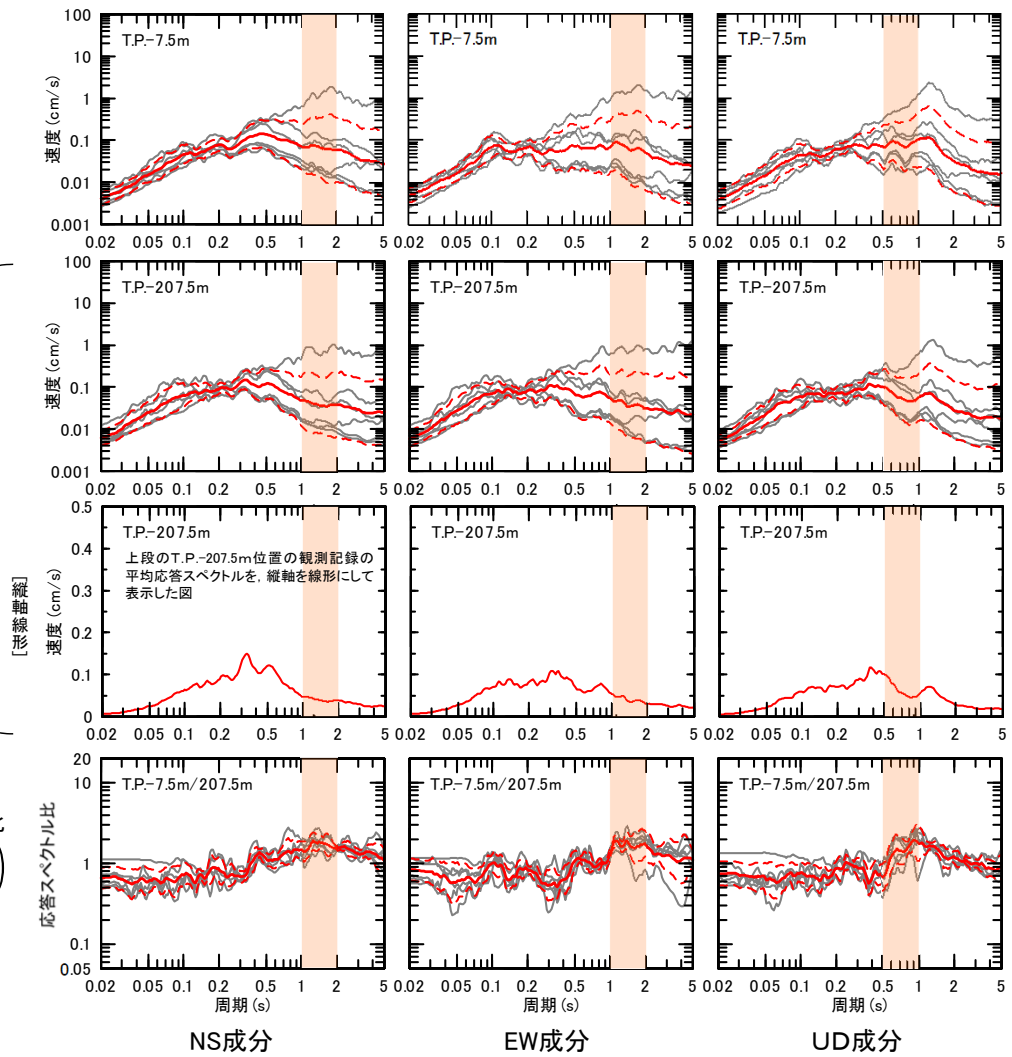
領域5

—各地震
—平均
- - - 標準偏差
□ : 観測記録の応答スペクトル比の平均にピークが見られる周期帯

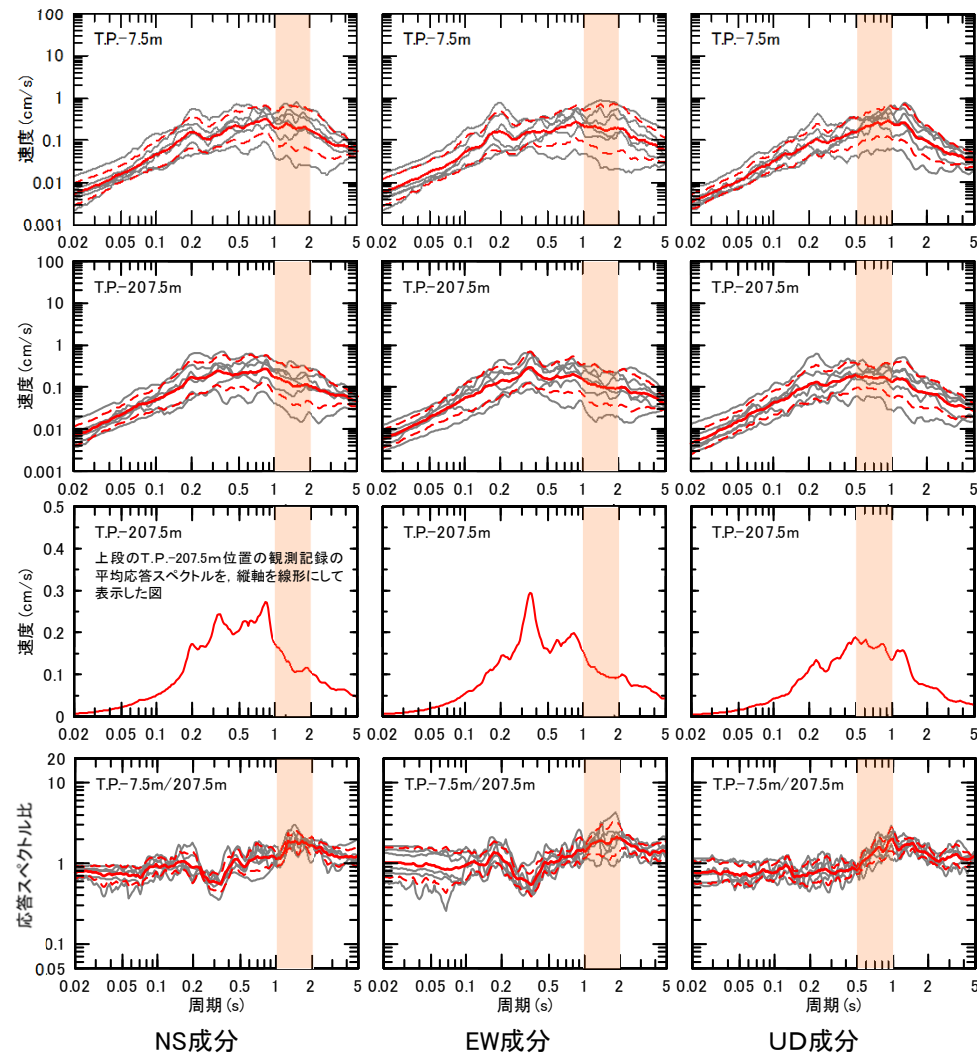
領域6

観測記録の
応答スペクトル
(T.P.-7.5m)

観測記録の
応答スペクトル
(T.P.-207.5m)



領域5における周期特性の確認



領域6における周期特性の確認

- 領域5及び領域6については、観測記録が少なく、T.P.-207.5m位置の観測記録の応答スペクトルの谷の位置は必ずしも明瞭ではない。
- 応答スペクトル比(T.P.-7.5m/T.P.-207.5m)の傾向は、領域1~4とおおむね同様である。

3-7 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比の周期特性の評価 (4/4)



コメントNo.S3-14

—各地震
—平均
- - - 標準偏差
□ : 観測記録の応答スペクトル比の平均にピークが見られる周期帯

領域7

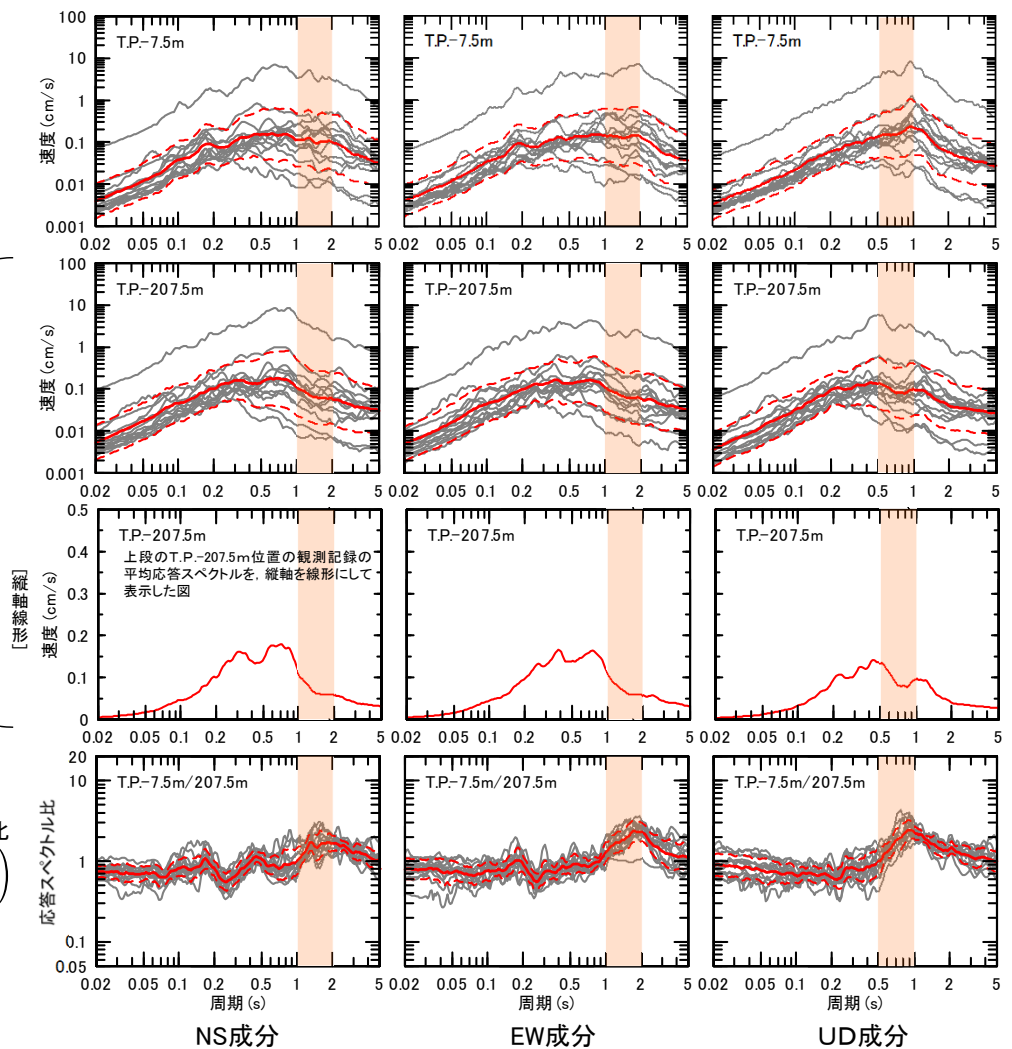
—各地震
—平均
- - - 標準偏差
□ : 観測記録の応答スペクトル比の平均にピークが見られる周期帯

領域8

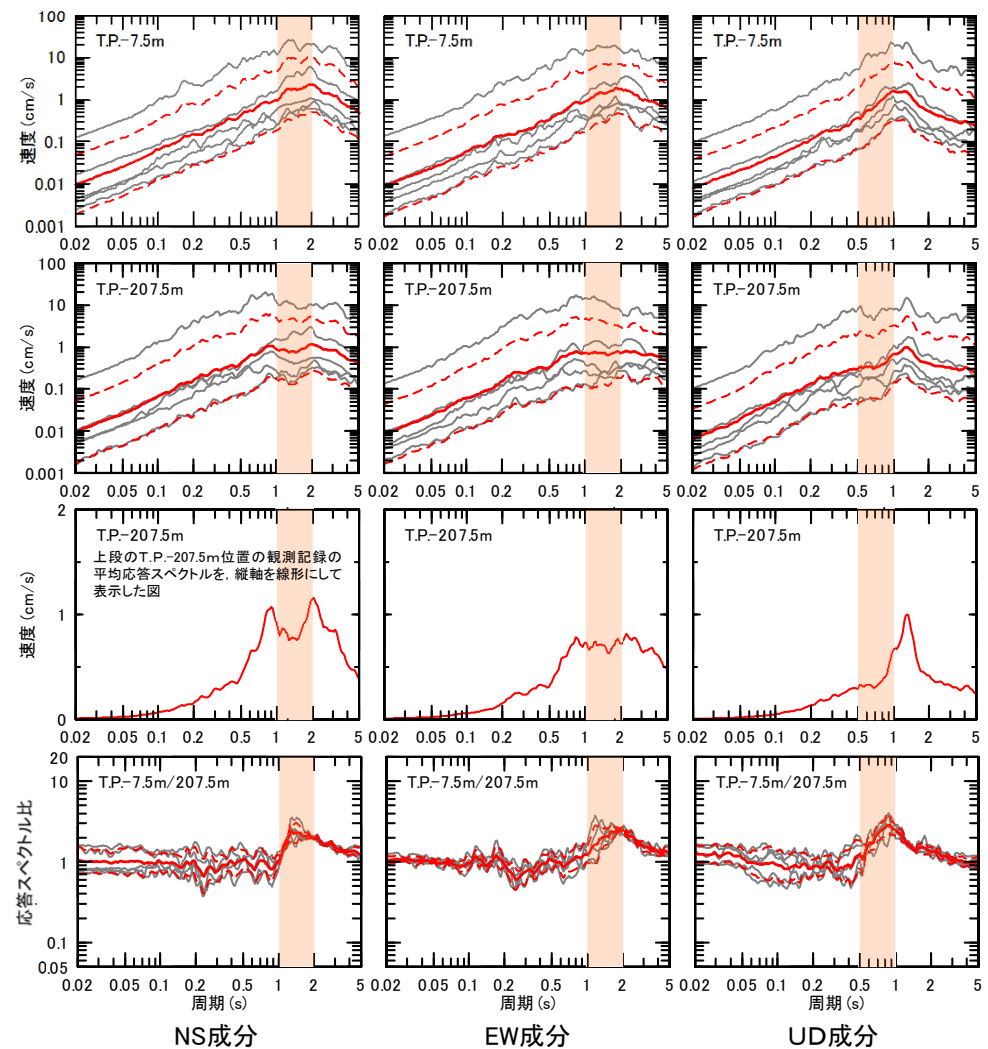
観測記録の
応答スペクトル
(T.P.-7.5m)

観測記録の
応答スペクトル
(T.P.-207.5m)

観測記録の
応答スペクトル比
(T.P.-7.5m / T.P.-207.5m)



領域7における周期特性の確認



領域8における周期特性の確認

- 領域7及び領域8については、領域5及び領域6と同様に観測記録が少なく、T.P.-207.5m位置の観測記録の応答スペクトルの谷の位置は必ずしも明瞭ではない。
- 応答スペクトル比(T.P.-7.5m/T.P.-207.5m)の傾向は、領域1~4とおおむね同様である。

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比（1/7）

第822回審査会合
資料2-2 P.3-16 再掲

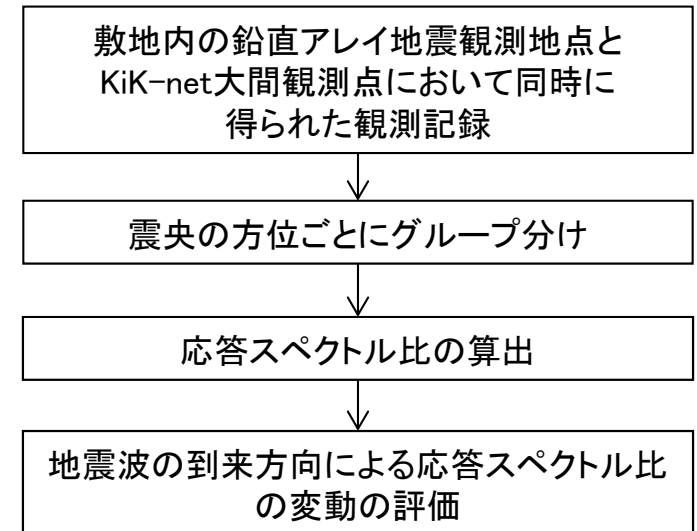
検討の目的

敷地周辺の地下構造に、地震動に影響を及ぼすような不整形はないことを確認するために、敷地内の鉛直アレイ地震観測地点及び敷地周辺のKiK-net観測点において同時に得られた観測記録を対象に、地震波の到来方向による応答スペクトル比の変動を評価する。

検討方法

敷地内の鉛直アレイ地震観測地点の地中位置（T.P.-207.5m）及びKiK-net大間観測点の地中位置（標高-91.57m）において同時に観測された、2000年7月から2018年9月までの地震観測記録のうち、マグニチュード3以上かつ震央距離300km以内の172地震の記録を対象に、両観測点における観測記録の応答スペクトル比※を求め、地震波の到来方向による変動を評価する。

KiK-net大間観測点と敷地内の鉛直アレイ地震観測地点との離隔距離は2km程度であり、同一の地震に対してほぼ同じ伝播経路を地震波が伝わってくるとみなすことができる。このため、同一の地震の両観測点における観測記録の応答スペクトル比を計算することにより、震源特性および伝播経路特性による影響を除去することが可能となり、地震波の到来方向による応答スペクトル比の変動を評価することにより、敷地周辺の地下構造による影響を確認することが可能となる。



検討フロー

※応答スペクトル比の評価式

$$R_{\frac{Ohma}{AOMH01}}(T) = \frac{S_{Ohma}(T) \cdot X_{Ohma}}{S_{AOMH01}(T) \cdot X_{AOMH01}}$$

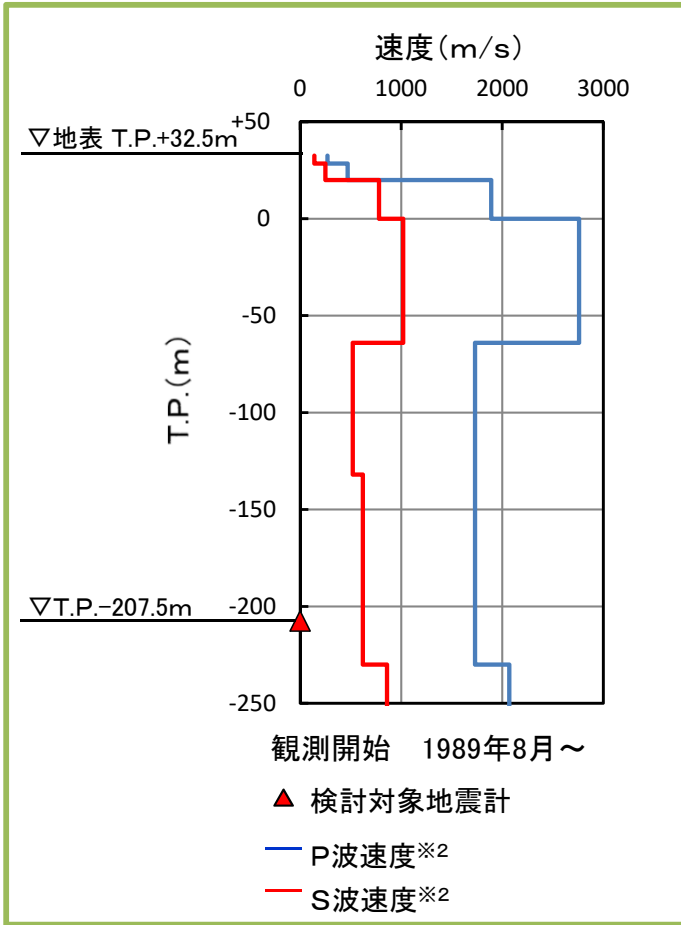
$R_{\frac{Ohma}{AOMH01}}(T)$: 応答スペクトル比
 $S_{Ohma}(T)$: 敷地内の鉛直アレイ地震観測地点の加速度応答スペクトル
 （地中位置（T.P.-207.5m））
 $S_{AOMH01}(T)$: KiK-net大間観測点の加速度応答スペクトル
 （地中位置（標高-91.57m））
 X_{Ohma} : 敷地内の鉛直アレイ地震観測地点からの震源距離
 X_{AOMH01} : KiK-net大間観測点からの震源距離

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (2/7)

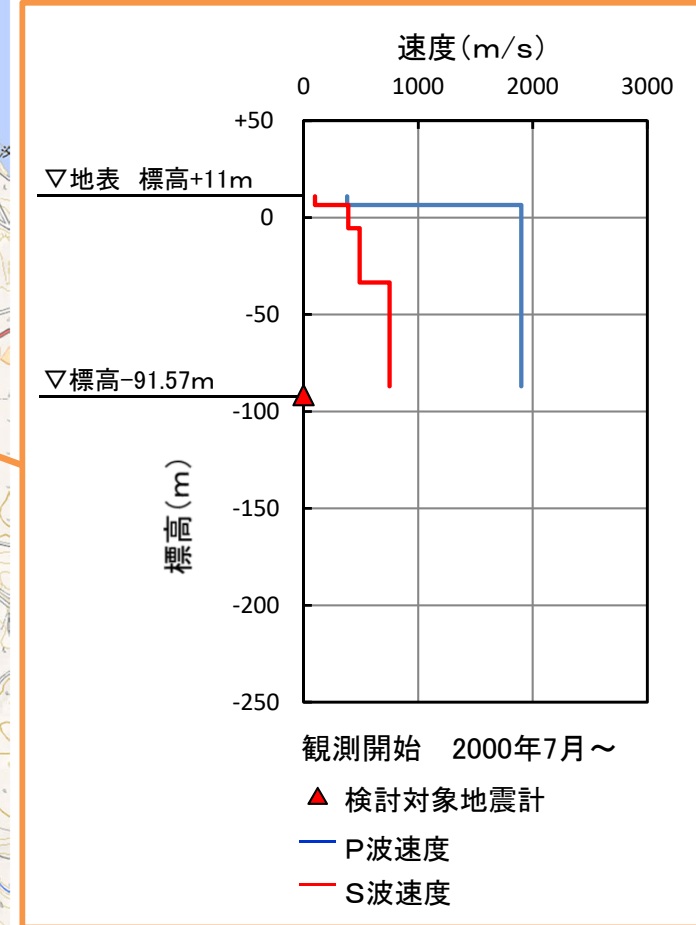
地震観測点の速度構造と地震計設置位置

第822回審査会合
資料2-2 P.3-17 再掲

敷地内の鉛直アレイ地震観測地点※1における
速度構造と地震計の設置位置



KiK-net大間観測点における
速度構造と地震計の設置位置



※1 : 敷地内の鉛直アレイ地震観測地点の詳細については本編資料P.5-12を参照

※2 : SB-042孔におけるPS検層結果

上記の速度構造図は、防災科学技術研究所 強震観測網 (<http://www.kyoshin.bosai.go.jp/kyoshin/>)の観測点情報に基づき作成。

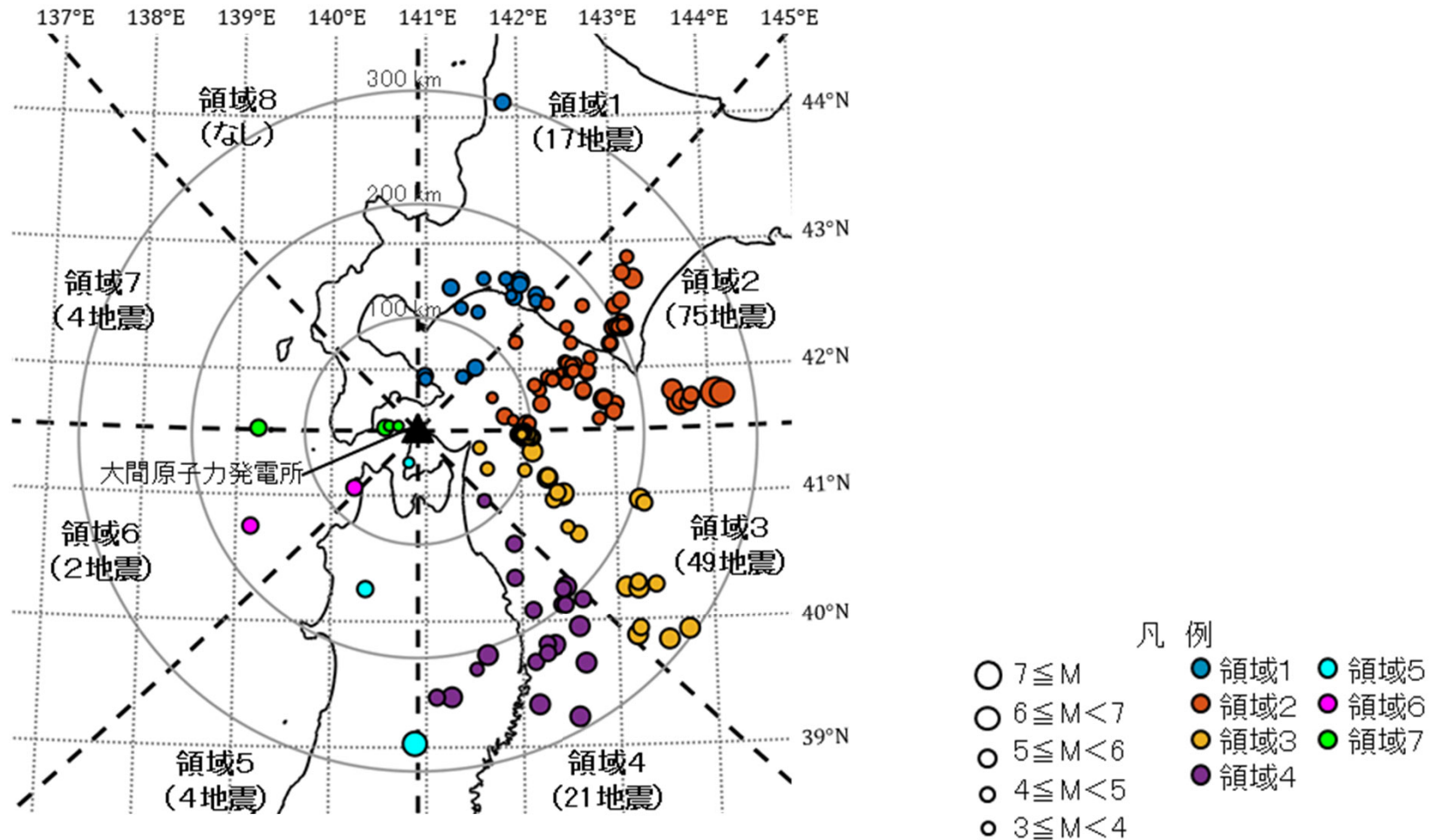
- 本検討においては、敷地内の鉛直アレイ地震観測地点のT.P.-207.5m位置及びKiK-net大間観測点の標高-91.57m位置の地震計において同時に得られた観測記録を用いた。

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (3/7)

検討に用いた地震

- 検討には以下の条件を満たす172地震の観測記録を用いた。
 - KiK-net大間観測点の観測開始(2000年7月)から2018年9月までの地震
 - 鉛直アレイ地震観測地点及びKiK-net大間観測点において、同時に観測記録が得られた地震
 - 鉛直アレイ地震観測地点を基準としてマグニチュード3以上かつ震央距離300km以内の地震
 - 十分なS/N比を有する観測記録

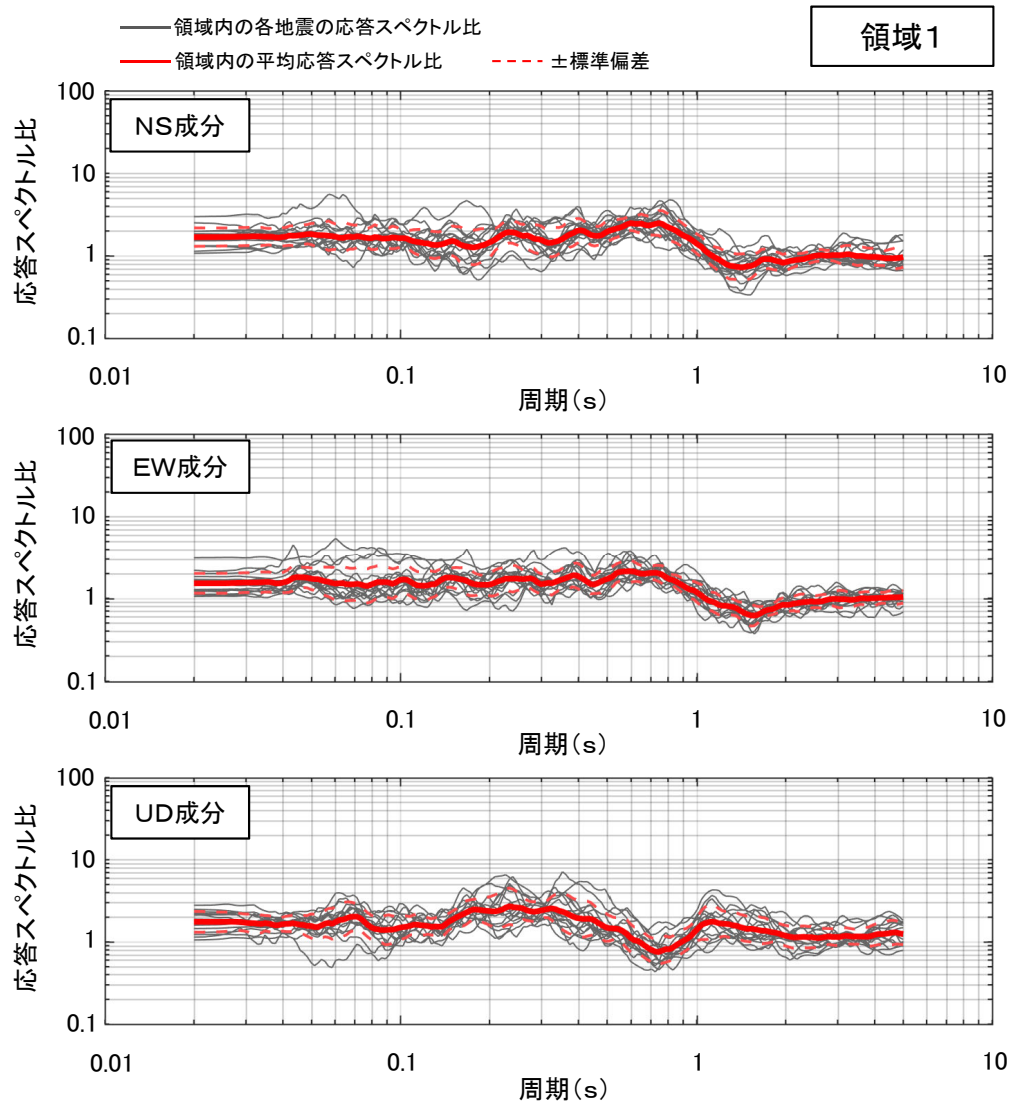
第822回審査会合
資料2-2 P.3-18 再掲



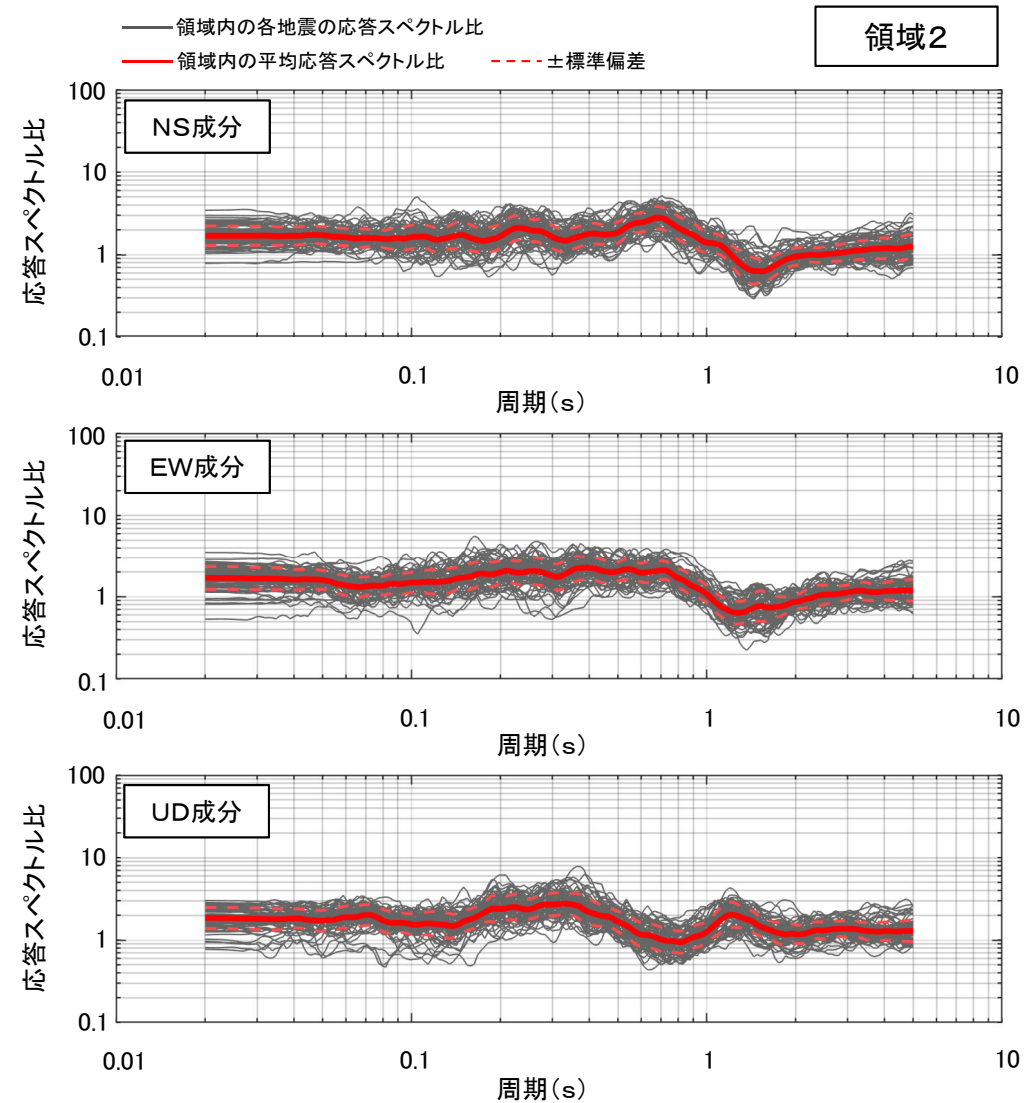
検討に用いた地震の震央分布

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (4/7)

第822回審査会合
資料2-2 P.3-19 一部修正



領域1における応答スペクトル比

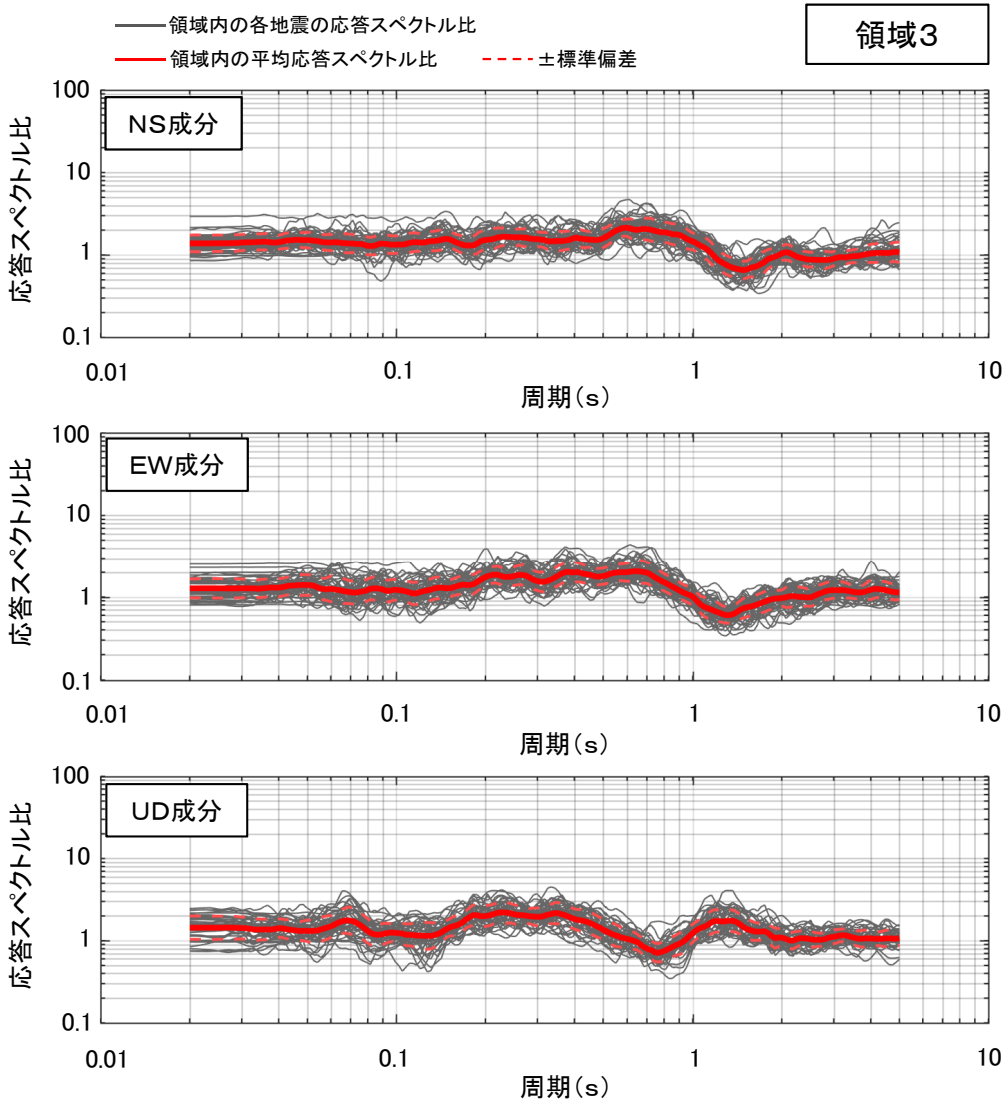


領域2における応答スペクトル比

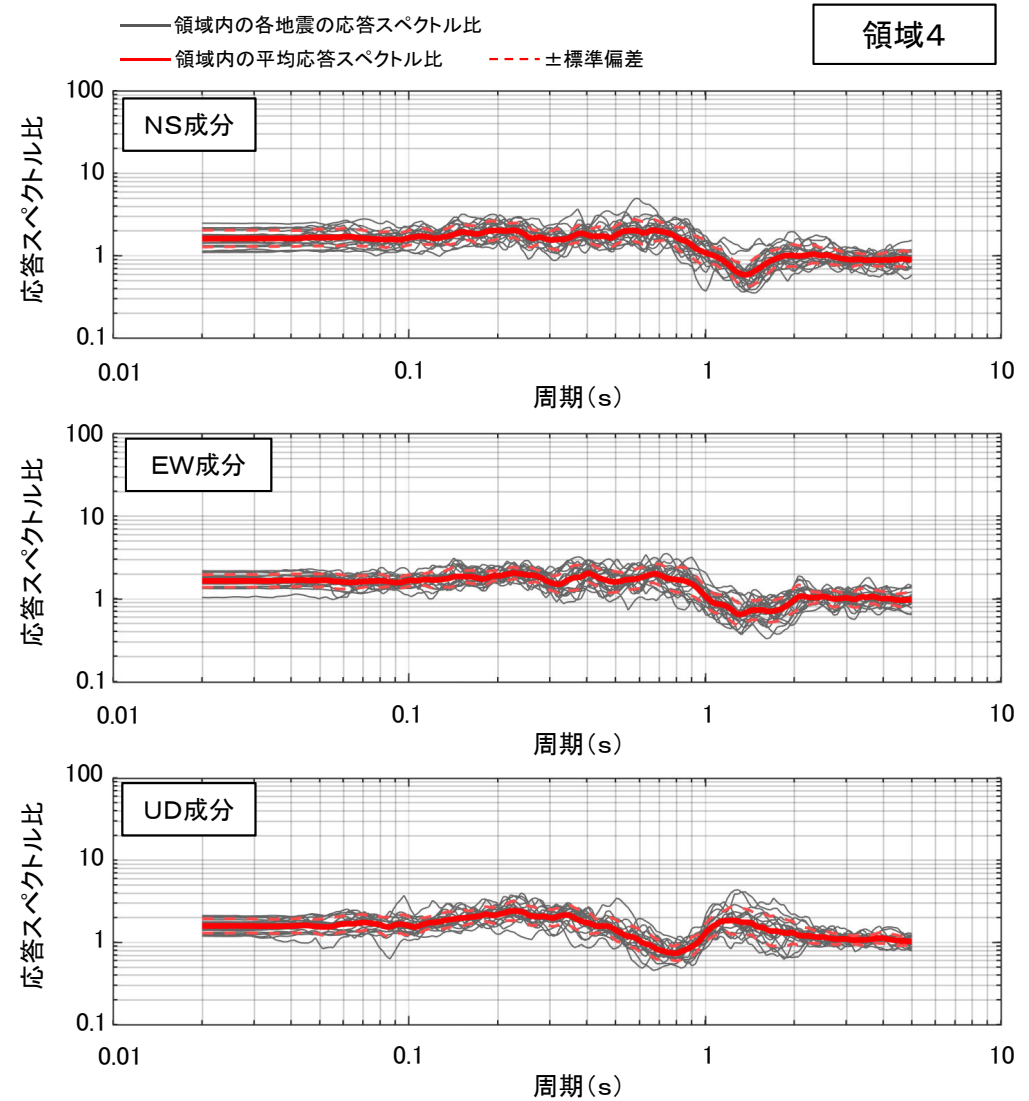
- 領域1～7において、応答スペクトル比のばらつきは小さく、地震によって特異な傾向は認められない。

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (5/7)

第822回審査会合
資料2-2 P.3-20 一部修正



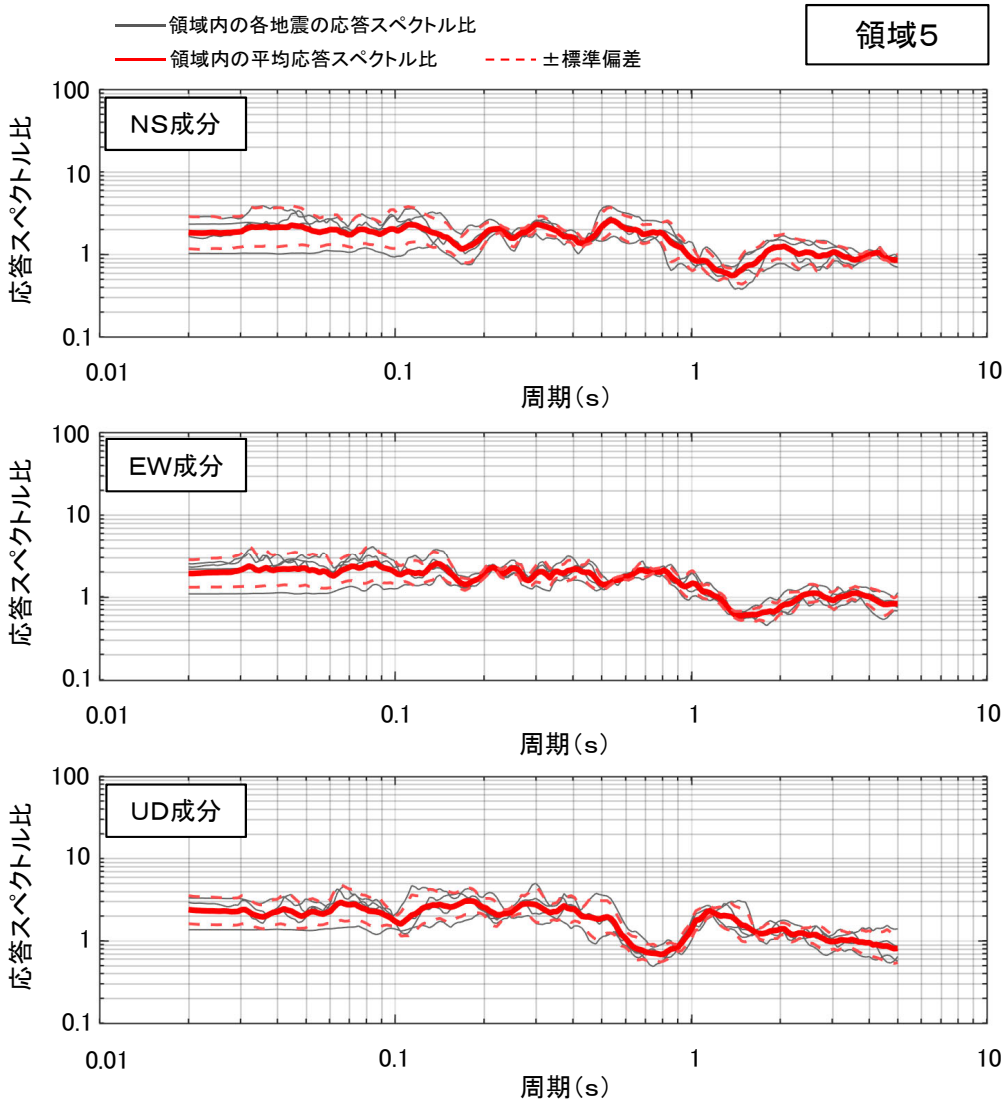
領域3における応答スペクトル比



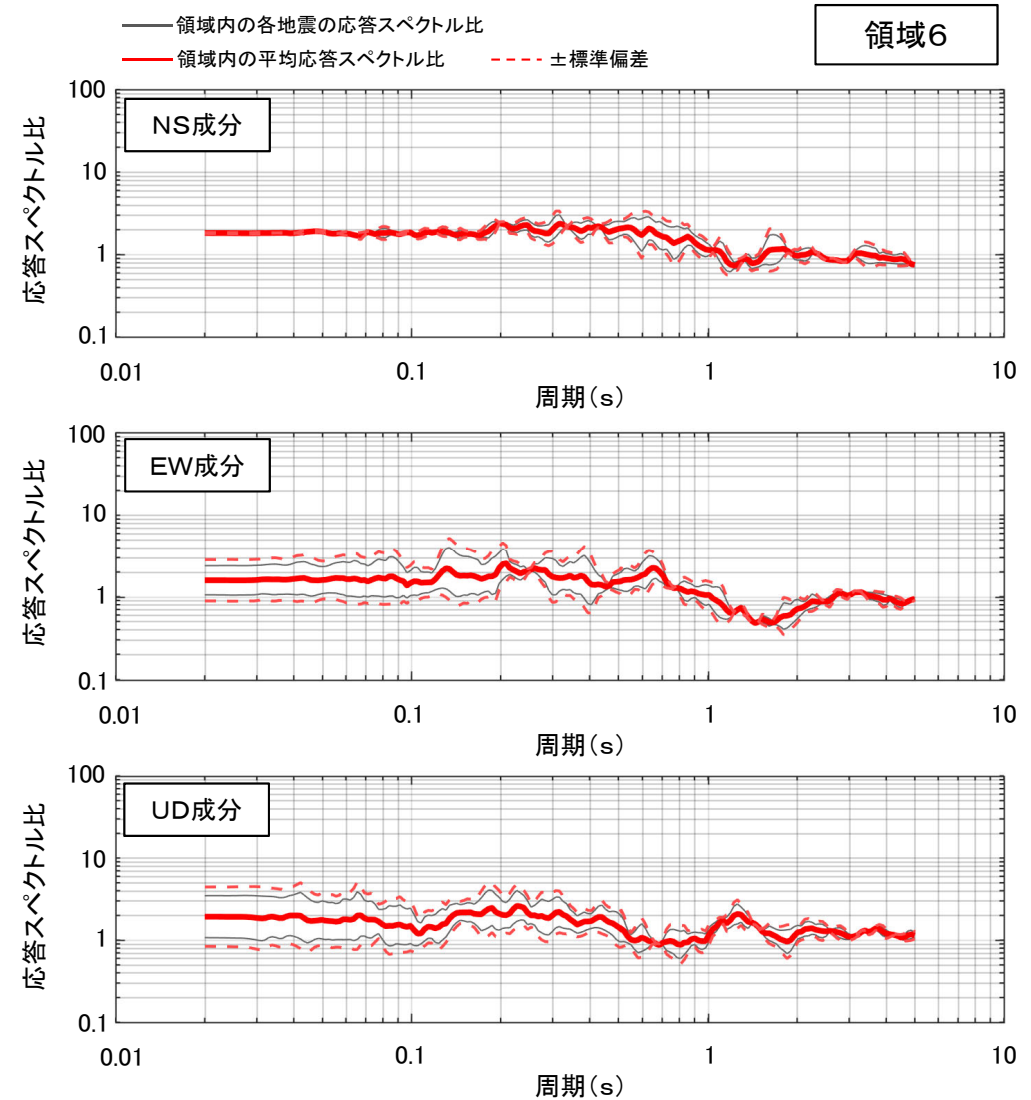
領域4における応答スペクトル比

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (6/7)

第822回審査会合
資料2-2 P.3-21 一部修正



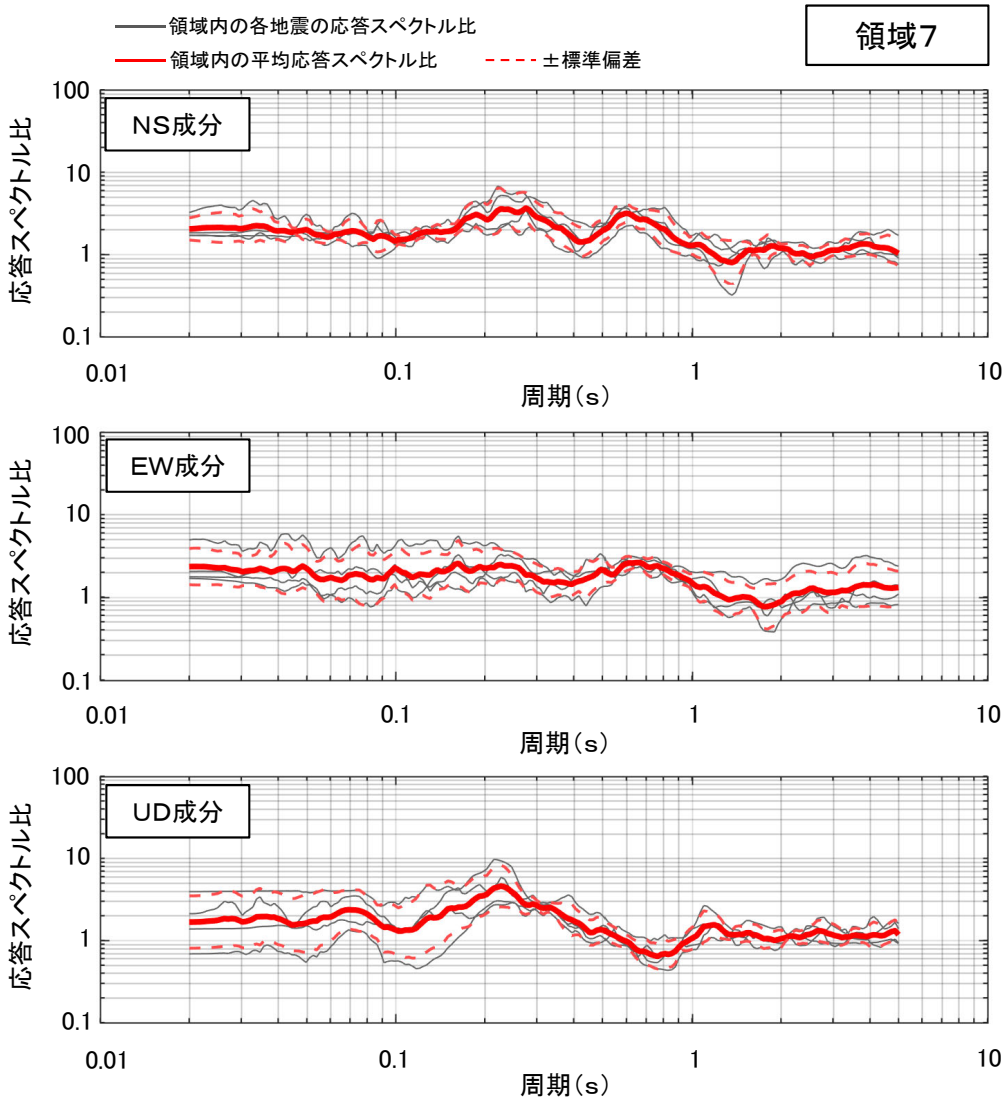
領域5における応答スペクトル比



領域6における応答スペクトル比

3-8 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (7/7)

第822回審査会合
資料2-2 P.3-22 一部修正

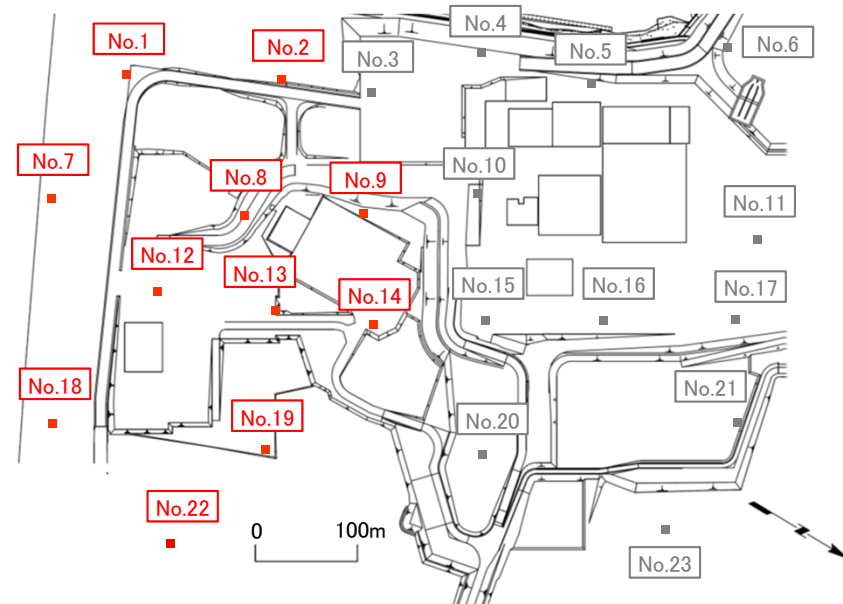
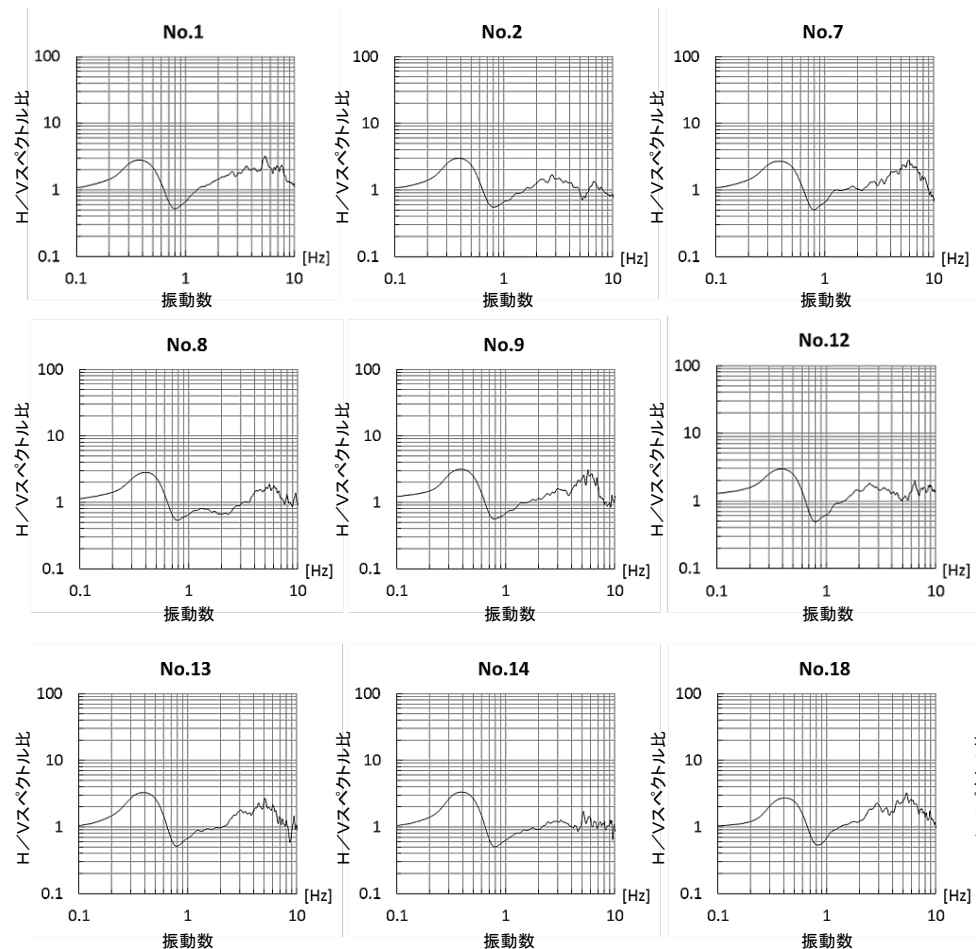


領域8は対象地震なし

領域7における応答スペクトル比



各観測点の常時微動のH/Vスペクトル比の検討結果 (1/2)



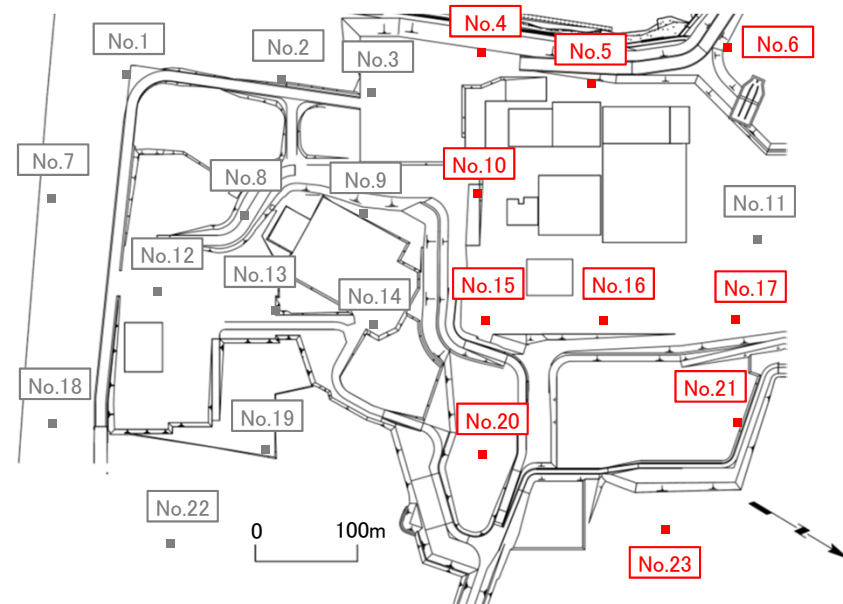
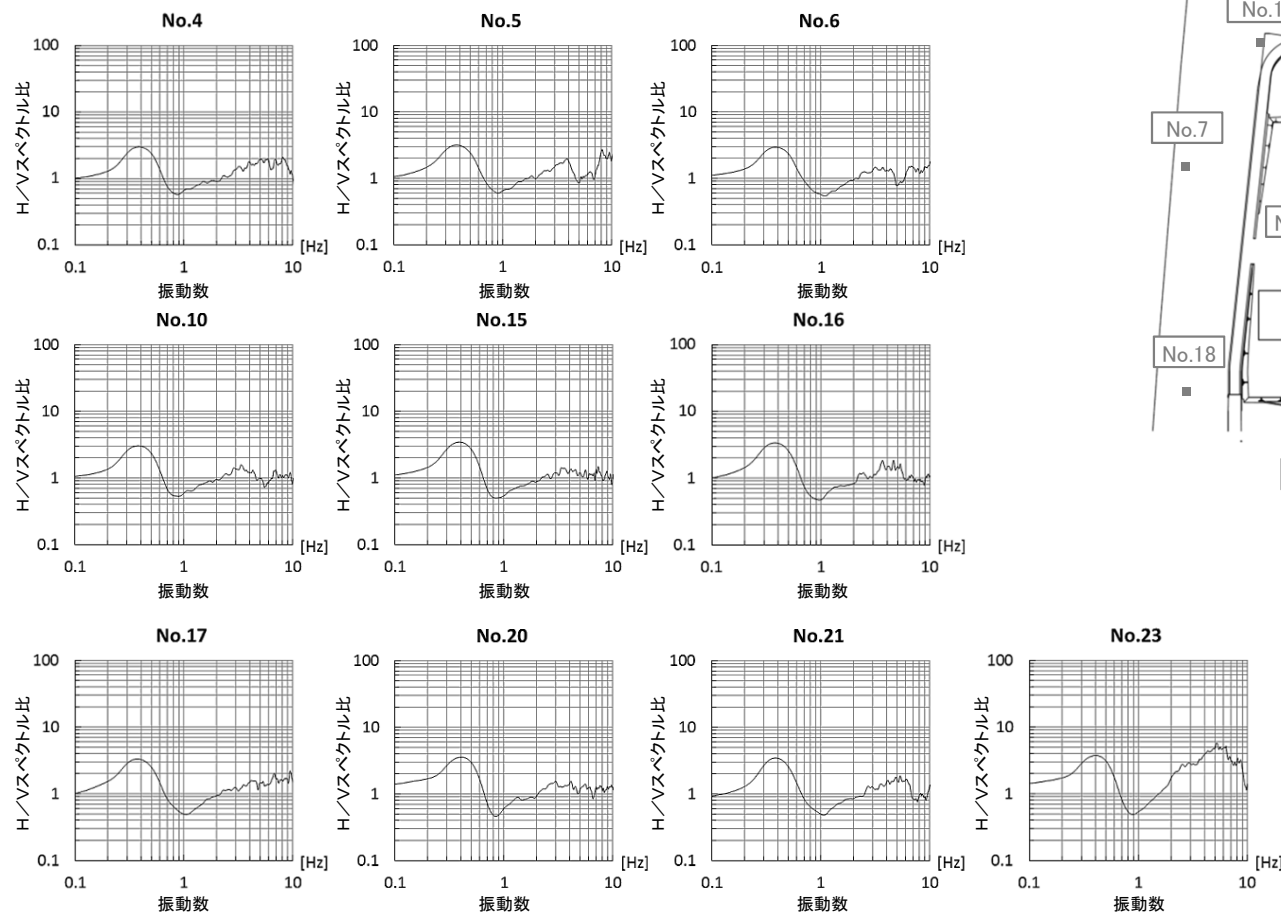
平面アレイ微動観測点

- H/Vスペクトル比の観測点位置の違いによる変動は小さく、深部構造はおおむね同様であると考えられる。
- 一方、高振動数側ではH/Vスペクトル比の変動がみられるが、各観測点における表層の違いによるものと考えられる。

注)本節は、本編資料3.3節に関する補足説明資料。



各観測点の常時微動のH/Vスペクトル比の検討結果 (2/2)



平面アレイ微動観測点

- H/Vスペクトル比の観測点位置の違いによる変動は小さく、深部構造はおおむね同様であると考えられる。
- 一方、高振動数側ではH/Vスペクトル比の変動がみられるが、各観測点における表層の違いによるものと考えられる。

※ : No.3は欠測, No.11はノイズの影響がみられるため、評価に用いていない。