

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1)  
(補足説明資料)

2020年1月17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）

(余白)

# 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	対応方針	該当箇所
S3-1	全般事項	第594回会合 (H30.6.29)	屈折法地震探査など各種調査について、元となるデータを提示するとともに、結果が得られるまでの解析の経緯が分るように、記載を充実させ説明すること。	屈折法地震探査などの各種調査について、調査位置、調査仕様及び調査データ等を整理するとともに、各種探査データによるトモグラフィ解析の内容について整理する。	補足説明資料2-2 机上配布資料3
S3-2	広域 地下構造調査	第594回会合 (H30.6.29)	敷地周辺の広域の地下構造を確認するという観点から、以下のデータを追加し説明すること。 ・現在記載している範囲よりも東方の地質構造速度構造に関わる調査データ ・現在記載している範囲よりも更に北方の地質断面図	東方へのデータの充実として、敷地の東北東30kmの沖合地点までの地質構造データを追加するとともに、敷地周辺の北側から東方にかけての広域の速度構造として大間崎を横断する約7kmの測線の陸海連続弾性波探査のデータを追加する。 北方へのデータの充実として、敷地の北方から北海道汐首岬までの地質構造データを追加する。	本編資料 2.1.1 P.2-3 本編資料 2.1.2 P.2-6, 2-7 本編資料 2.1.2.1 P.2-8 本編資料 2.1.2.2 P.2-9～2-12 本編資料 2.1.2.3 P.2-13 本編資料 2.1.2.4 P.2-18～2-21 本編資料 2.1.2.5 P.2-22
S3-3	敷地近傍 地下構造調査	第594回会合 (H30.6.29)	敷地における浅部地下構造調査では、複数の地質断面図や速度構造断面図を提示している。敷地を中心としてもう少し広い範囲の図も提示し説明すること。	敷地近傍の炉心を中心とした半径5kmの地質平面図、並びに炉心を中心に幅10kmのプラント南北方向断面・プラント東西方向断面の地質断面図及び速度構造図を整理する。	本編資料 2.1.3.1 P.2-26 本編資料 2.1.3.2 P.2-27, 2-28 本編資料 2.2.2.3 P.2-62, 2-63
S3-4	解放基盤表面	第594回会合 (H30.6.29)	解放基盤相当位置と解放基盤表面との関係について、規則の解釈や審査ガイドの要求事項との関係から説明すること。また、解放基盤相当位置という名称について、再考すること。	解放基盤相当位置の表記を、基盤の地震動を評価する位置に見直すとともに、解放基盤表面の位置と基盤の地震動を評価する位置との関係について、規制要求事項に基づき、敷地の地質構造の評価結果を踏まえて整理する。	本編資料 P.vi 本編資料 5.1 P.5-3 補足説明資料5-1
S3-5	解放基盤表面	第594回会合 (H30.6.29)	解放基盤表面の設定に関して、ボーリングコア観察結果の記載の充実、PS検層の元データの提示を行い、どのように解放基盤表面を設定したのか説明すること。	解放基盤表面の設定の根拠となる、敷地内ボーリングのPS検層の走時データを整理するとともに、解放基盤表面(T.P.-260m)付近のボーリングコア写真を整理する。	本編資料 2.1.3.3 P.2-41～2-47 補足説明資料2-6 机上配布資料2 3章
S3-6	地震基盤	第594回会合 (H30.6.29)	地震基盤についてどのように評価したのか、深部ボーリング等の根拠データを整理し説明すること。	深部ボーリングSD-1孔について、地震基盤付近における岩種判定について整理するとともに、PS検層の走時データを整理することで、地震基盤の設定根拠を説明する。	本編資料 2.1.3.2 P.2-30～2-32 補足説明資料2-3, 2-4 机上配布資料2 1.4, 1.5

# 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。

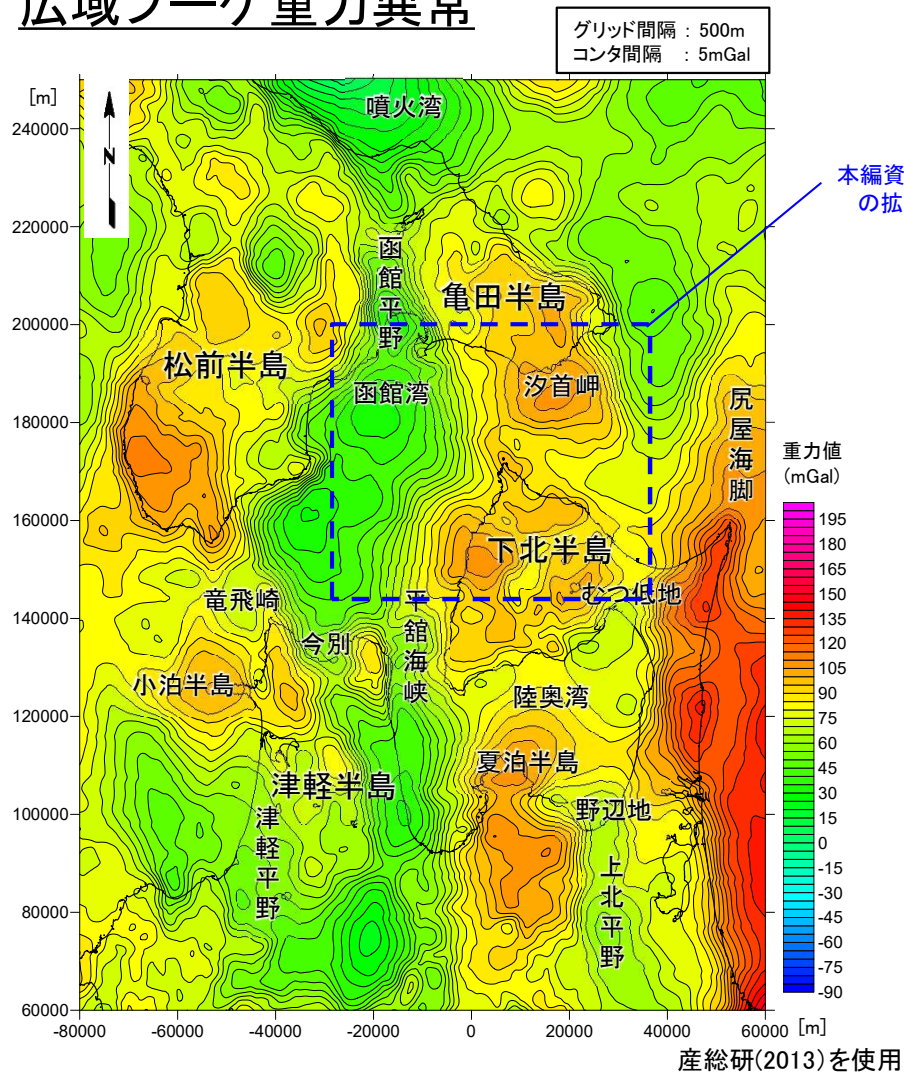
No.	項目	指摘時期	コメント内容	対応方針	該当箇所	
S3-7	地震観測記録	第594回会合 (H30.6.29)	解放基盤表面の地震動評価に関して、他サイトにおける検討等も参考にして、どのような特徴があるか分析し、説明すること。	①	地震波の到来方向による増幅特性の変動の評価として、基準化スペクトルにおけるS波部の初動部に着目した検討、敷地内の鉛直アレイ地震観測地点における異なる深度の応答スペクトル比の検討及びKiK-net観測点の観測記録との応答スペクトル比の検討を行う。	本編資料 3.1 P.3-3 本編資料 3.2 P.3-6 本編資料 3.2.2 P.3-13, 3-16 本編資料 3.2.3 P.3-20~3-27 本編資料 3.2.4 P.3-28~3-34 本編資料 3.4 P.3-40 補足説明資料3-3, 3-4, 3-5
				②	浅部地下構造モデルを用いて観測記録のはぎとり波を評価した上で、Noda et al.(2002)の手法による地震動を指標として、解放基盤表面における地震動の特徴について検討する。	本編資料 5.2.1 P.5-7 本編資料 5.2.5 P.5-16~5-19 机上配布資料4 2章
S3-8	地震観測記録	第594回会合 (H30.6.29)	地震波の到来方向の検討に関して、解放基盤より浅部の影響等について考察した上で、解放基盤表面での地震動特性について説明すること。	①	基準化スペクトルに基づく検討について、 $V_s \geq 700\text{m/s}$ となる基盤の位置ではぎとり波による評価を行う。	本編資料 3.1 P.3-3 本編資料 3.2 P.3-6 本編資料 3.2.2 P.3-13, 3-17~3-19 本編資料 3.4 P.3-40
				②	S3-7 ②と同じ。	本編資料 5.2.1 P.5-7 本編資料 5.2.5 P.5-16~5-19 机上配布資料4 2章
S3-9	地震観測記録	第594回会合 (H30.6.29)	H/Vスペクトル比に基づく検討に関して、敷地の北方及び南方の地震観測記録についても、可能な範囲でデータを取り入れた検討を行い説明すること。		地震動のH/Vスペクトル比に基づく検討について、敷地の北方及び南方について地震グループを追加した検討を行う。	本編資料 3.1 P.3-3 本編資料 3.2 P.3-6 本編資料 3.2.1 P.3-7, P.3-8, P.3-10~3-12 机上配布資料4 1章
S3-10	地下構造モデル	第594回会合 (H30.6.29)	理論的手法に用いる深部地下構造モデルに関して、防災科研など下北半島付近の地殻の厚さに関する最近の文献も参照し説明すること。		理論的手法に用いる深部地下構造モデルのモホ面の深さについて、最近の文献による知見を参照し、妥当性の確認を行う。	本編資料 5.3.1 P.5-22 本編資料 5.3.4 P.5-35 本編資料 5.3.5 P.5-36, 5-37

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
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 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比
  - 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比
  - 3-6 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 最適化地盤モデル(浅部)  $V_p \cdot Q_p$ 構造
  - 5-3 観測記録の伝達関数の標準偏差
  - 5-4 観測記録とシミュレーション解析結果との比較
  - 5-5 玄武岩の上面標高
  - 5-6 頭打ちQ値モデルについて
  - 5-7 観測記録のP波部H/Vスペクトル比等の標準偏差
  - 5-8 スペクトルインバージョン解析の概要
  - 5-9 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
  - 5-10 地震波干渉法による解析の概要について
  - 5-11 最大振幅法によるQ値の測定について
  - 5-12 地震基盤以深のQ値の妥当性について
  - 5-13 地盤モデルの解放基盤表面以浅の有無の影響について
  - 5-14 平成26年12月変更申請時の地下構造モデル
6. まとめ

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
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 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比
  - 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比
  - 3-6 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 最適化地盤モデル(浅部)  $V_p \cdot Q_p$ 構造
  - 5-3 観測記録の伝達関数の標準偏差
  - 5-4 観測記録とシミュレーション解析結果との比較
  - 5-5 玄武岩の上面標高
  - 5-6 頭打ちQ値モデルについて
  - 5-7 観測記録のP波部H/Vスペクトル比等の標準偏差
  - 5-8 スペクトルインバージョン解析の概要
  - 5-9 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
  - 5-10 地震波干渉法による解析の概要について
  - 5-11 最大振幅法によるQ値の測定について
  - 5-12 地震基盤以深のQ値の妥当性について
  - 5-13 地盤モデルの解放基盤表面以浅の有無の影響について
  - 5-14 平成26年12月変更申請時の地下構造モデル
6. まとめ

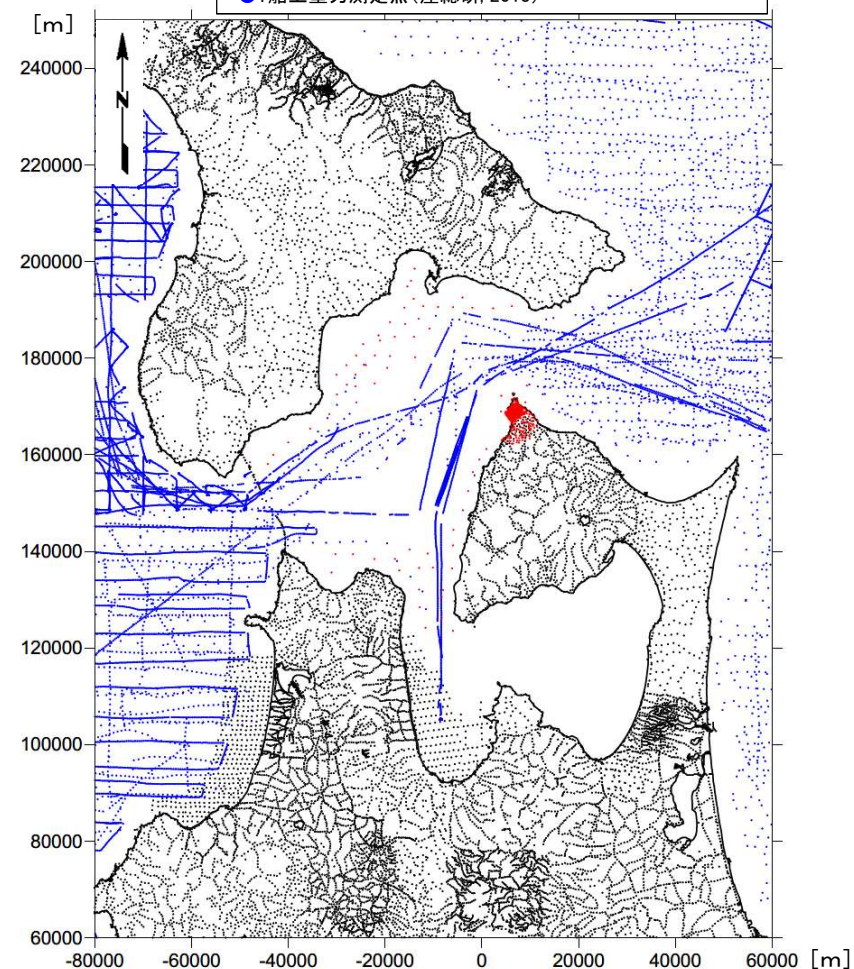


## 広域ブーゲ重力異常



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

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

• 左図は、産総研(2013)<sup>1)</sup>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。



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。

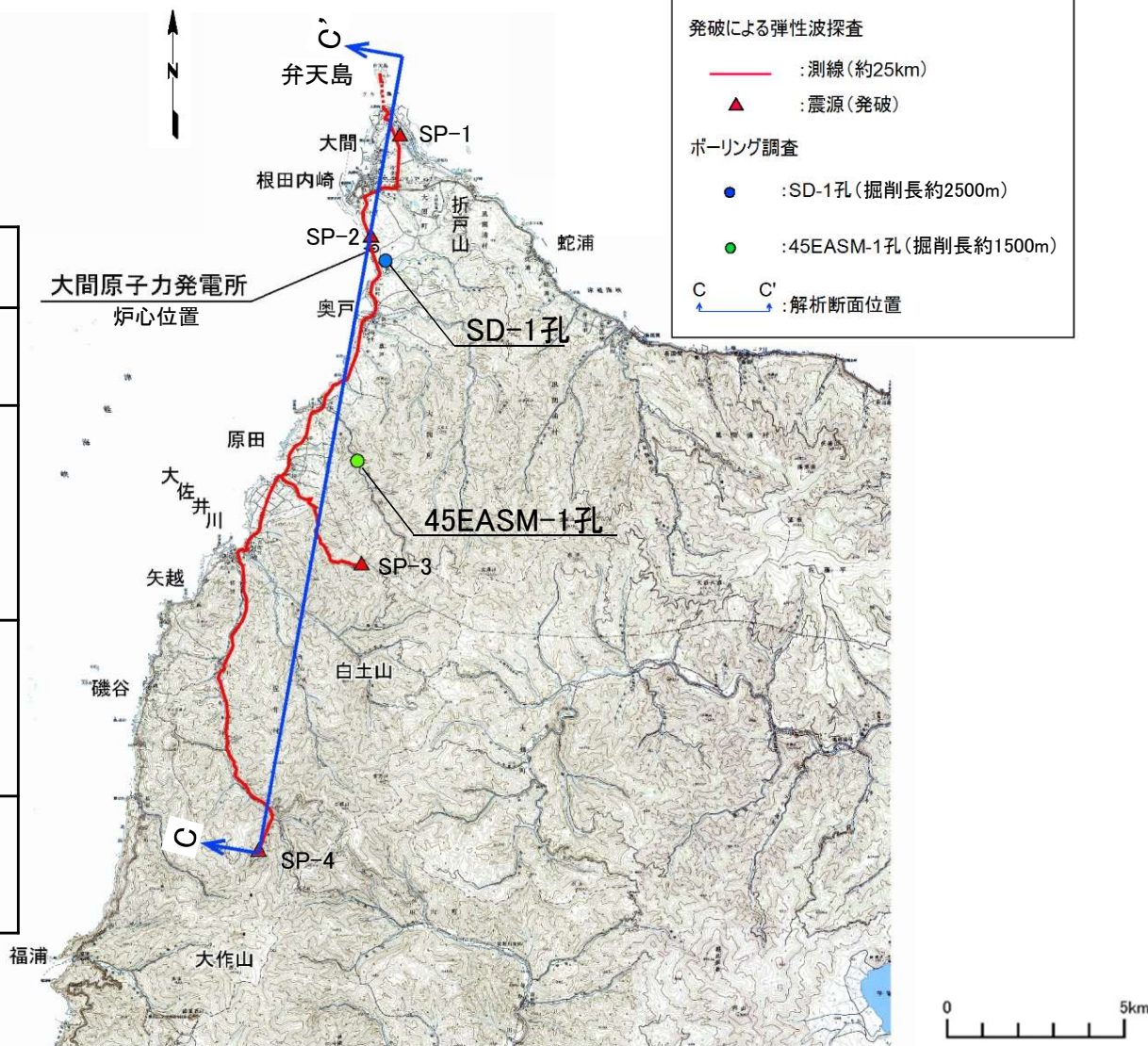


コメントNo.S3-1

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



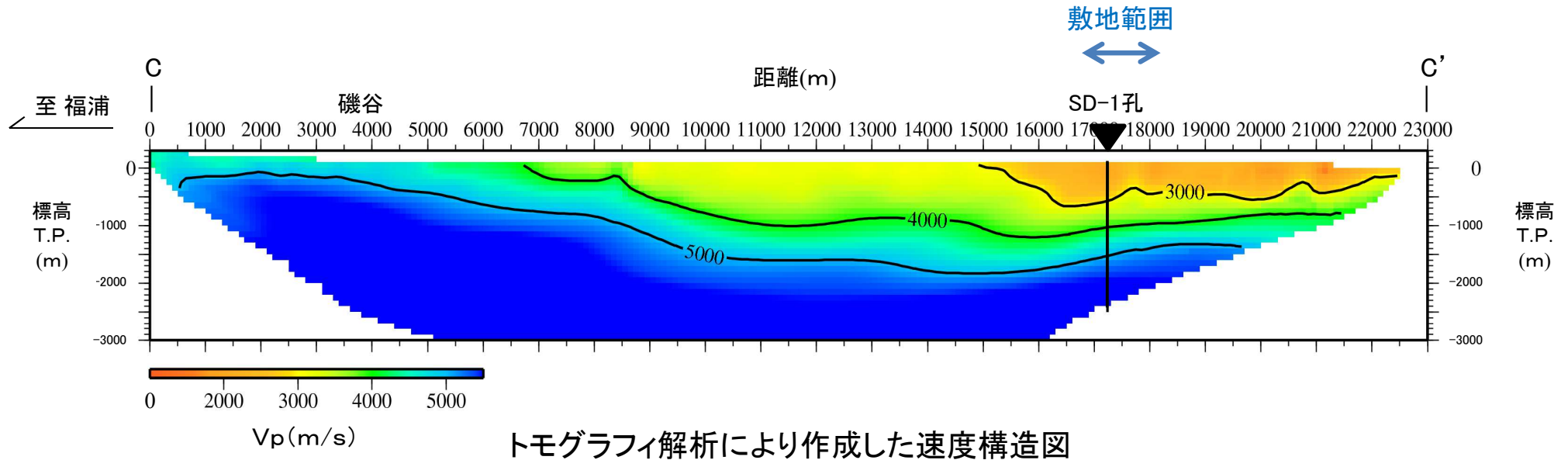
・表に示す仕様により実施した屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でモグラフィ解析を行った。

注)本頁は、「敷地周辺陸域の屈折法地震探査(本編資料P.2-14, P.2-15参照)」の調査位置及び仕様を示したものである。

## 2-2-2 敷地周辺陸域の屈折法地震探査の内容(2/3)

## トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル

コメントNo.S3-1

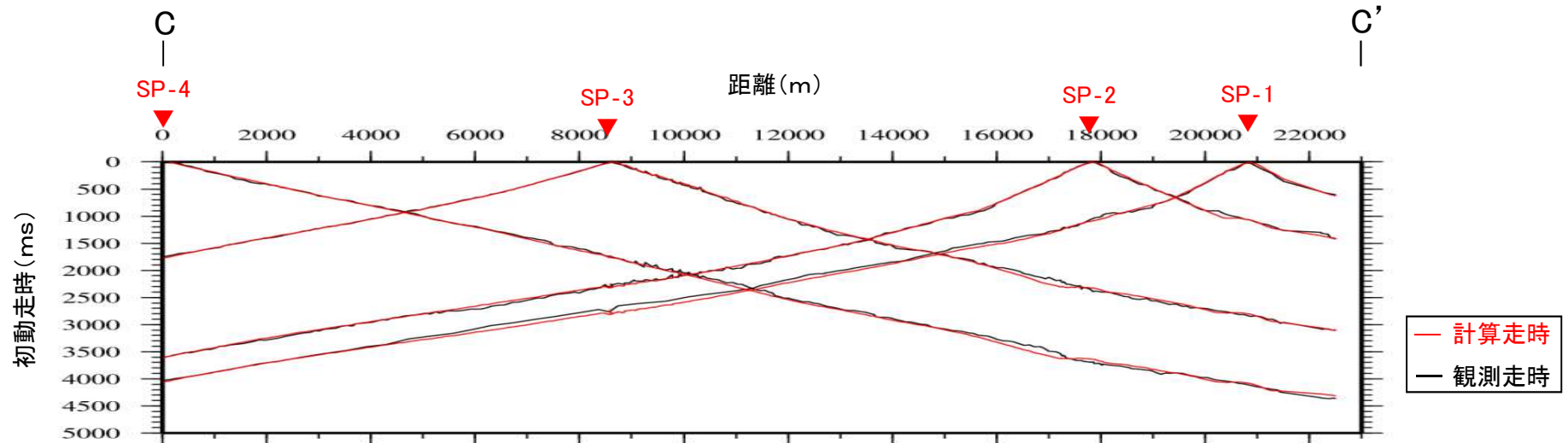


- 屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行うことにより、速度構造モデルを作成した。

## 2-2-2 敷地周辺陸域の屈折法地震探査の内容(3/3)

## 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

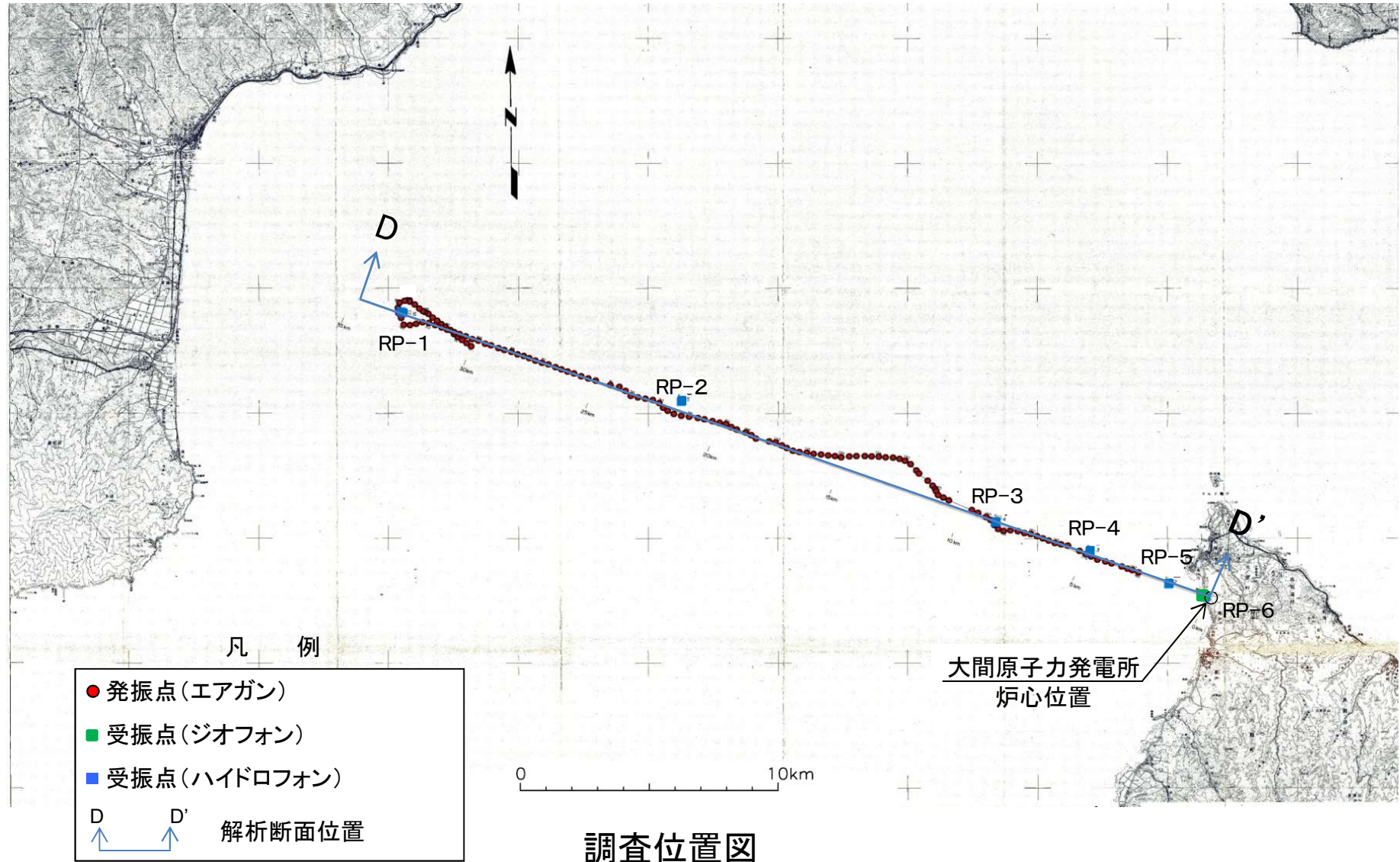
コメントNo.S3-1



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。

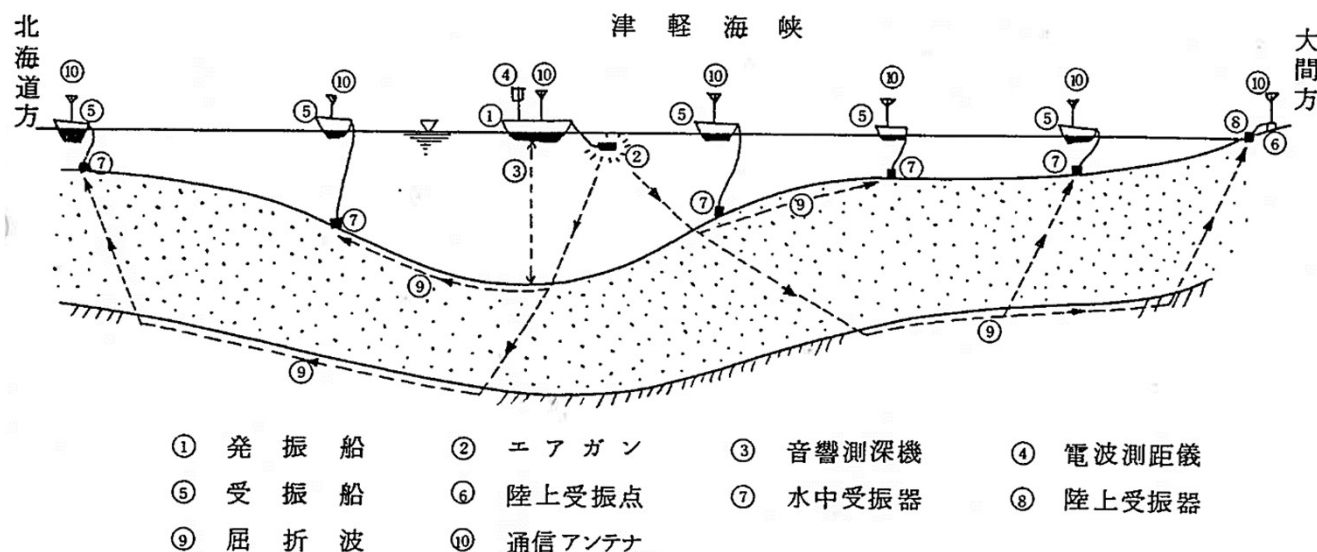
注)本頁は、「敷地周辺海域の屈折法地震探査(本編資料P.2-16, P.2-17参照)」の調査位置を示したものである。

## 調査仕様

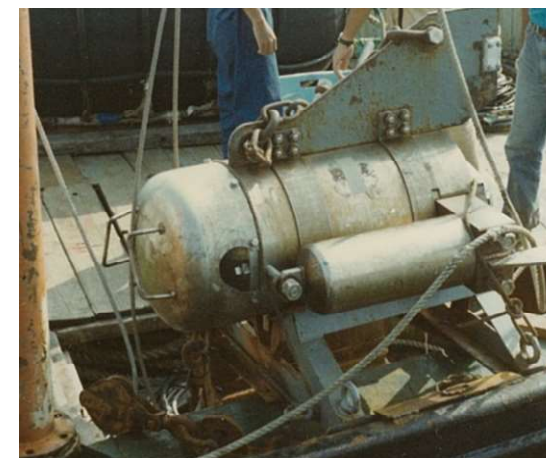
コメントNo.S3-1

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 <sup>2</sup> 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。

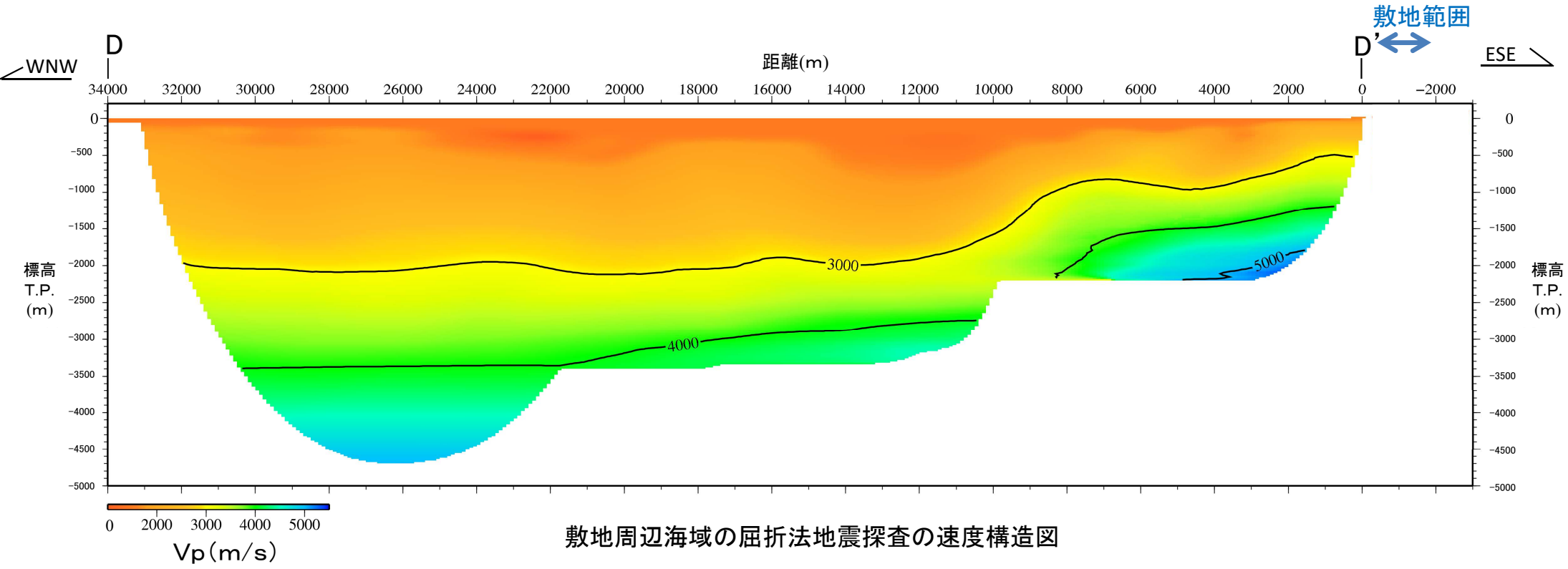
注)本頁は、「敷地周辺海域の屈折法地震探査(本編資料P.2-16, P.2-17)」の調査仕様を示したものである。

### 2-2-3 敷地周辺海域の屈折法地震探査の内容(3/4)



#### トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル

コメントNo.S3-1



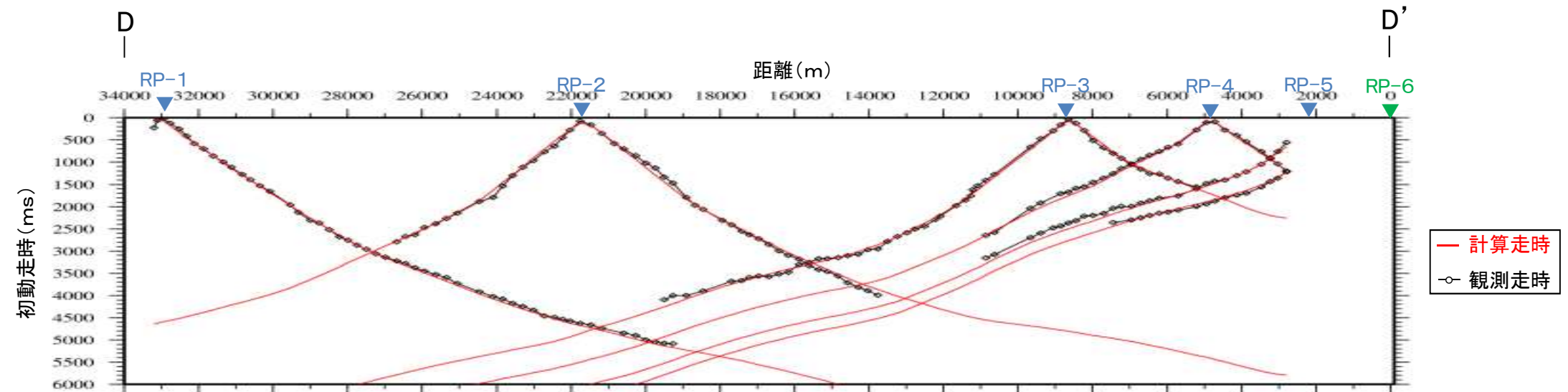
敷地周辺海域の屈折法地震探査の速度構造図

• 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。

## 2-2-3 敷地周辺海域の屈折法地震探査の内容(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

コメントNo.S3-1



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。



## 2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容(1/3)

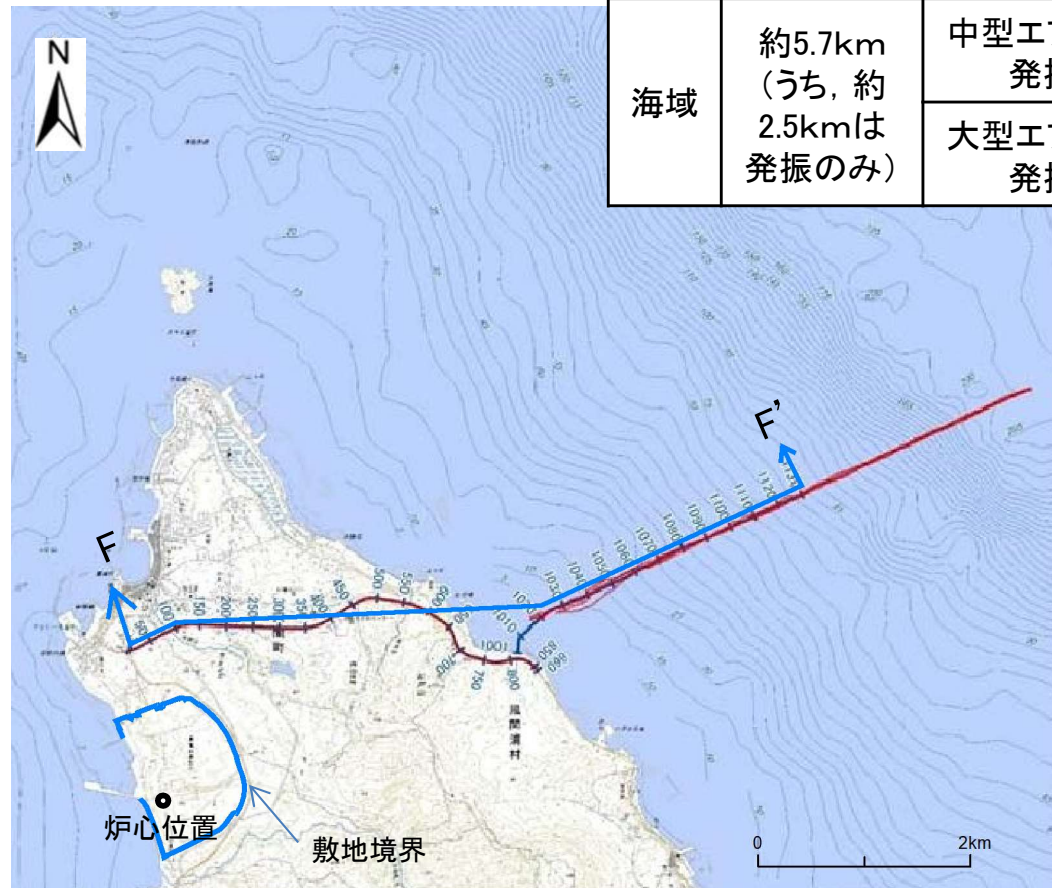


コメントNo.S3-1

## 調査位置及び仕様

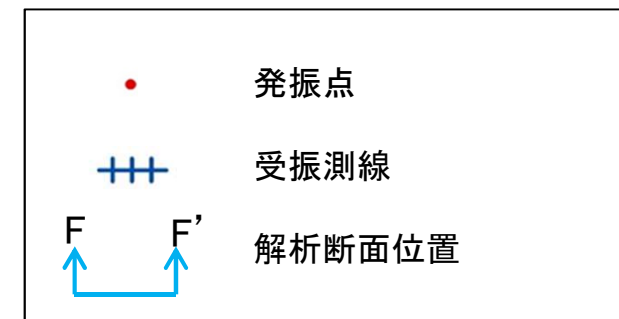
## 陸海連続弾性波探査の主な仕様

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。

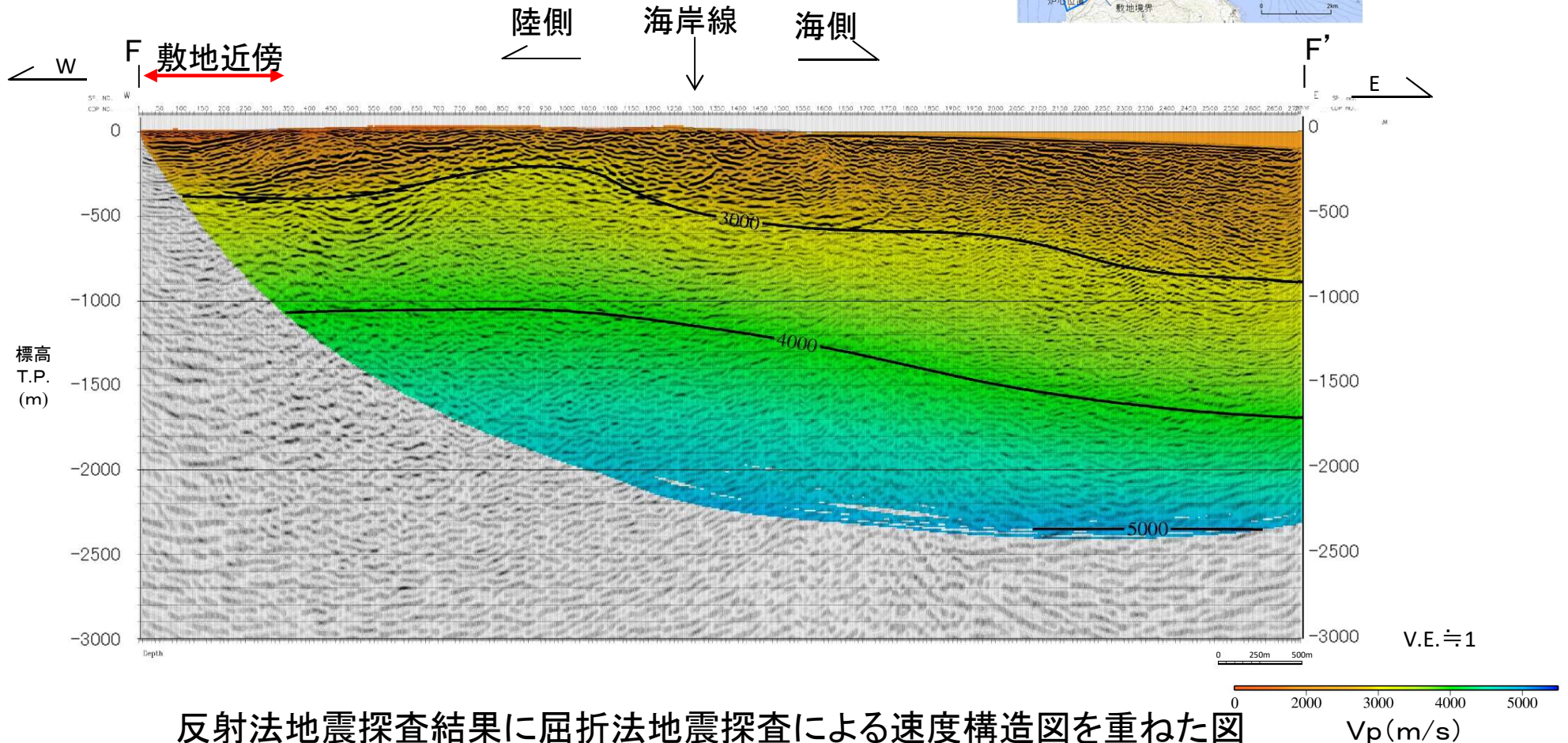
注)本頁は、「敷地周辺の陸海連続弾性波探査(本編資料P.2-18, P.2-19参照)」の調査位置及び仕様を示したものである。

2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容(2/3)



トモグラフィ解析により作成した速度構造モデル

コメントNo.S3-1



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

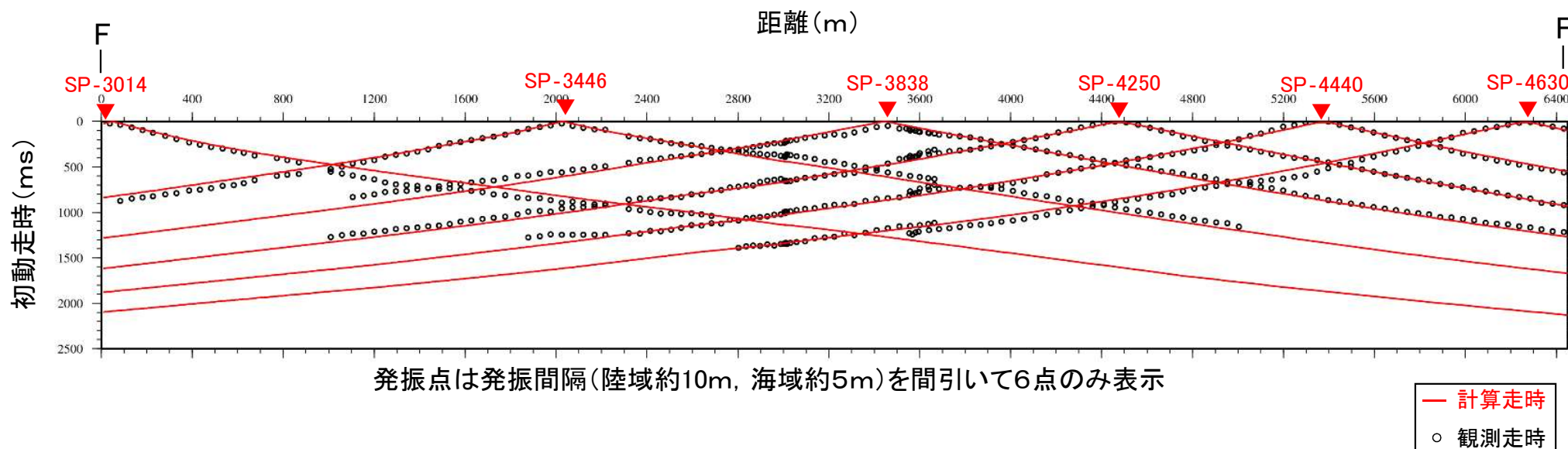
- 屈折法地震探査のデータを用い、「2-2-6」に示す手順でトモグラフィ解析を行うことにより、速度構造モデルを作成した。

## 2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容(3/3)



## 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

コメントNo.S3-1



## 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

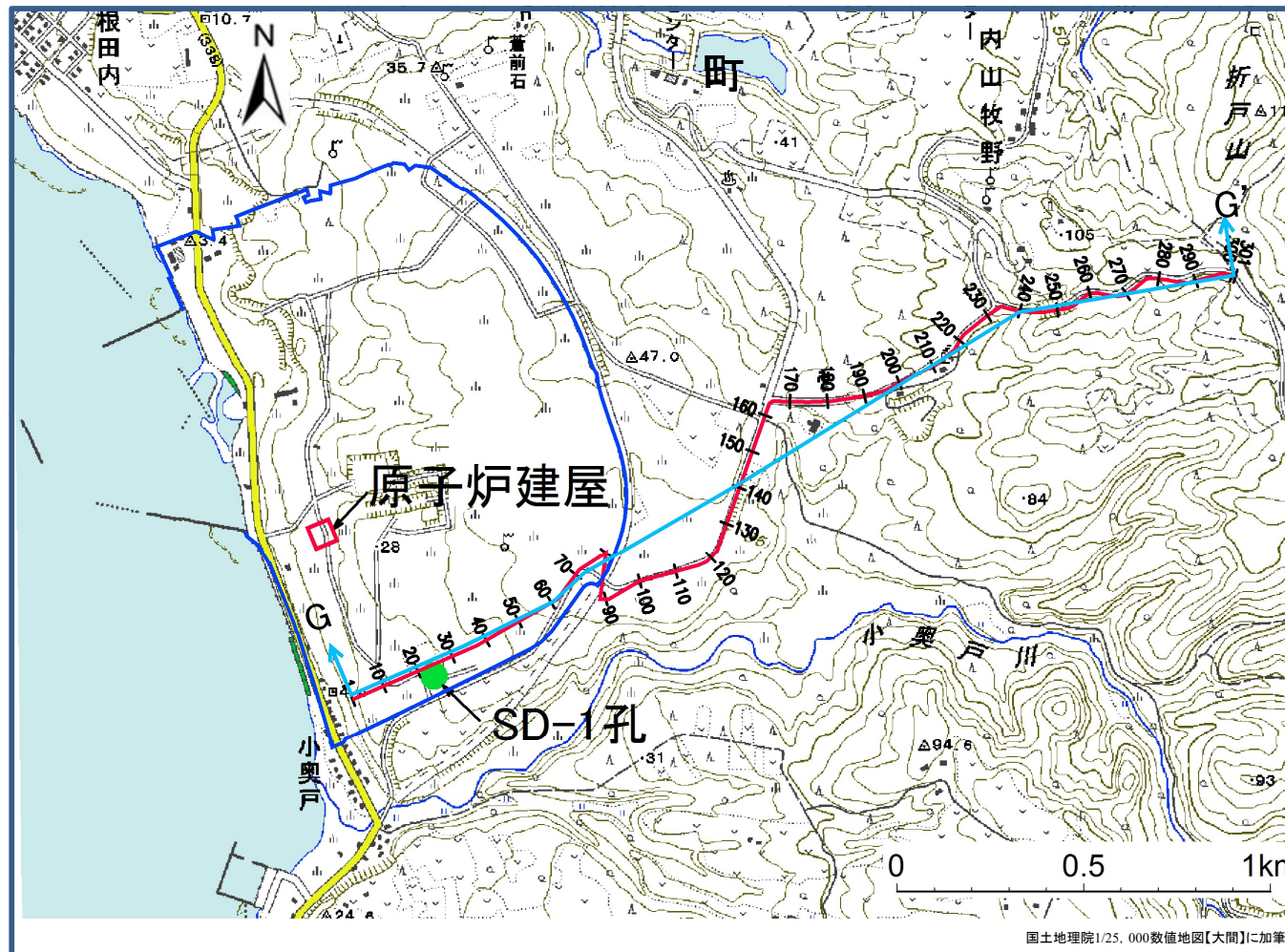
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルで計算した初動走時と観測による初動走時を比較することで、速度構造モデルの妥当性を確認した。
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルによる計算走時は、観測走時を良く再現できていることから、トモグラフィ解析による速度構造モデルは妥当であると判断した。

## 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)

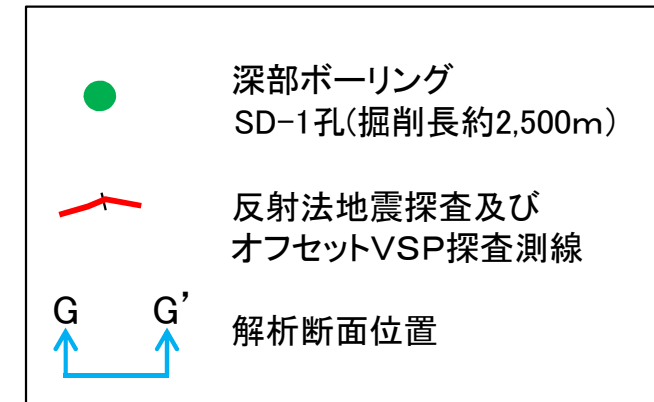


コメントNo.S3-1

## 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。

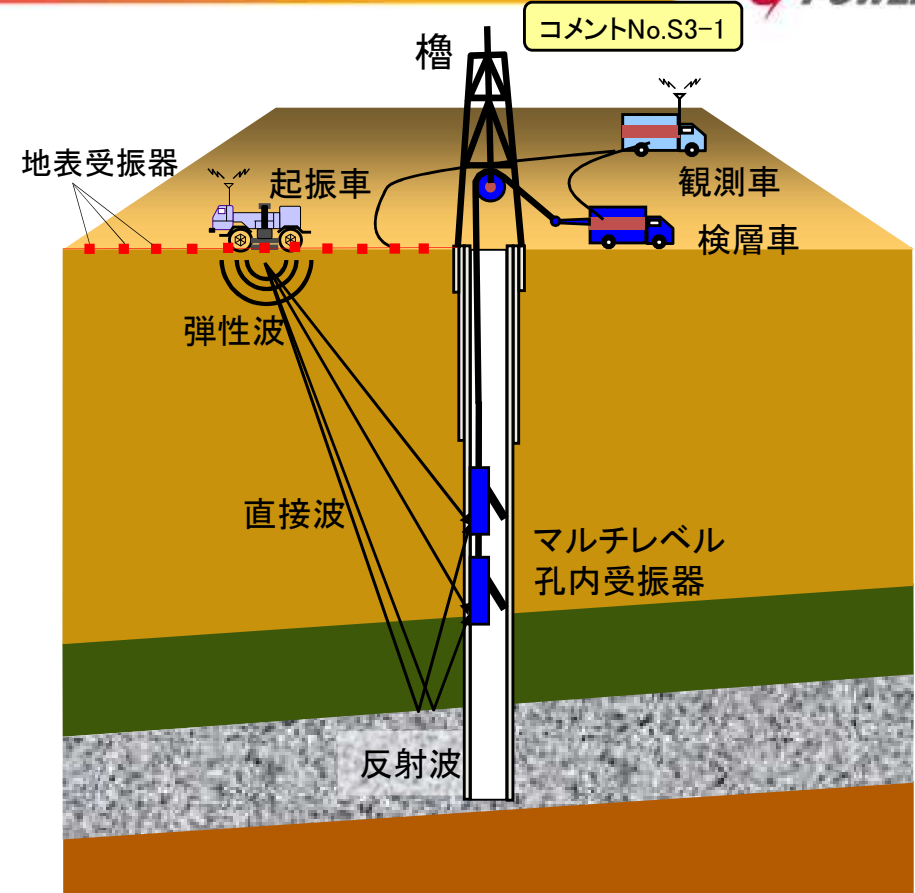
# 2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容(2/4)



コメントNo.S3-1

## 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。

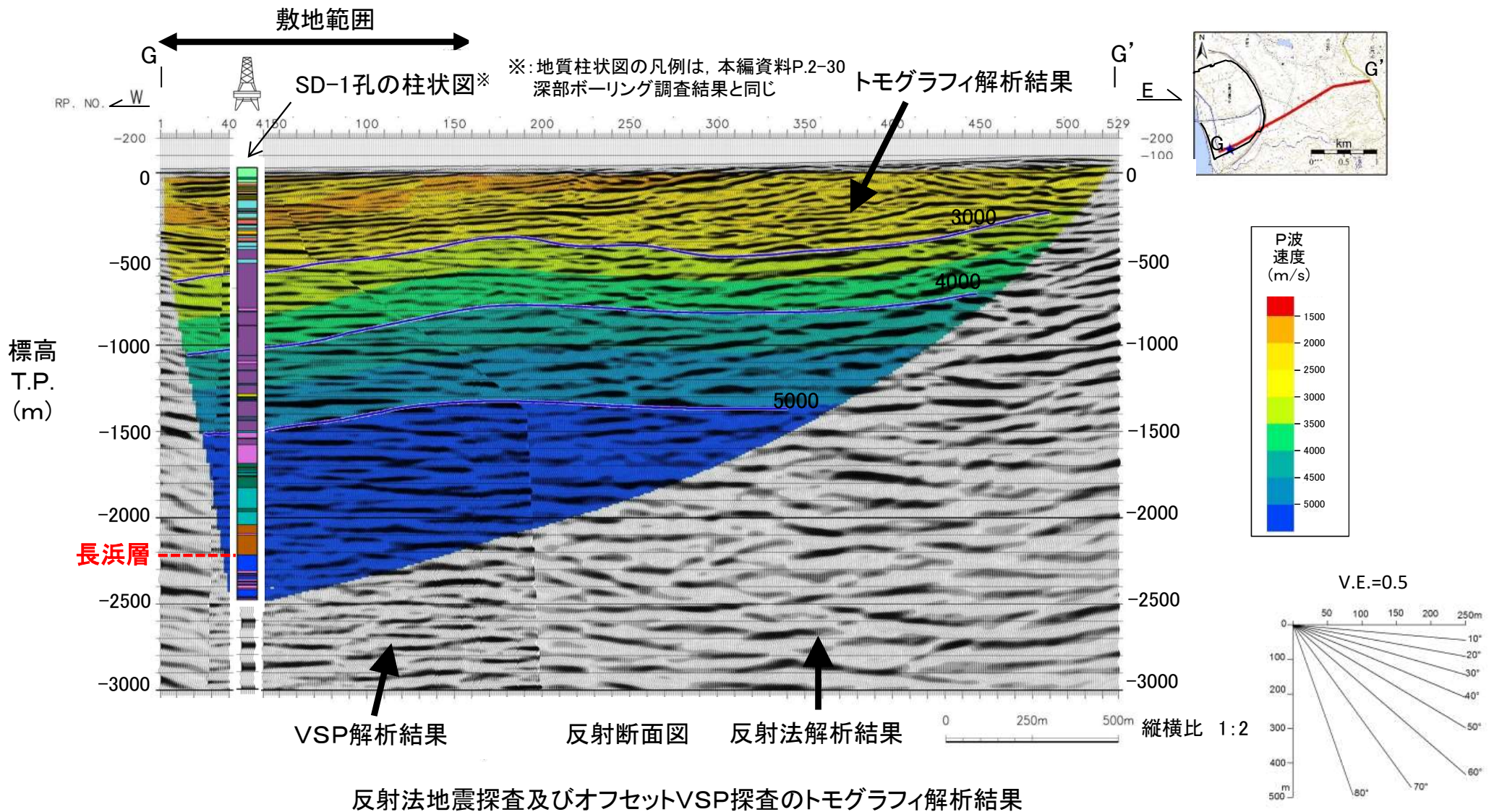
注) 本頁は、「反射法地震探査及びオフセットVSP探査(本編資料P.2-33~P.2-35)」の調査仕様を示したものである。

## 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

コメントNo.S3-1



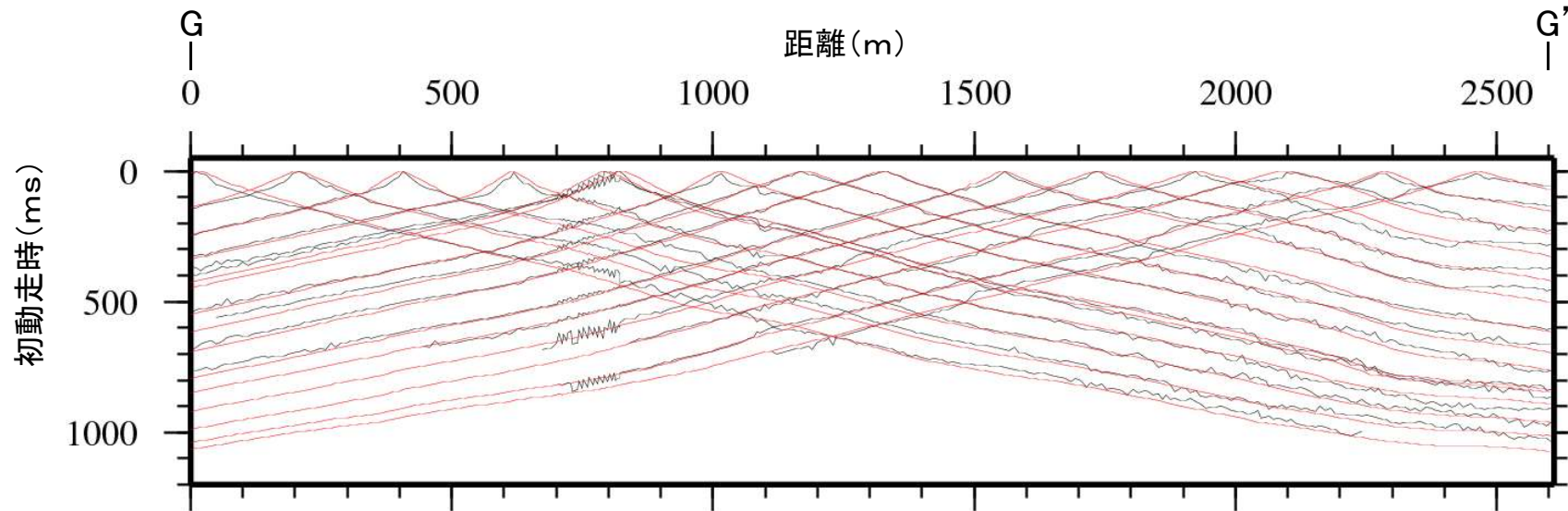
反射法地震探査及びオフセットVSP探査のトモグラフィ解析結果

• 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

コメントNo.S3-1



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)

— 計算走時

— 観測走時

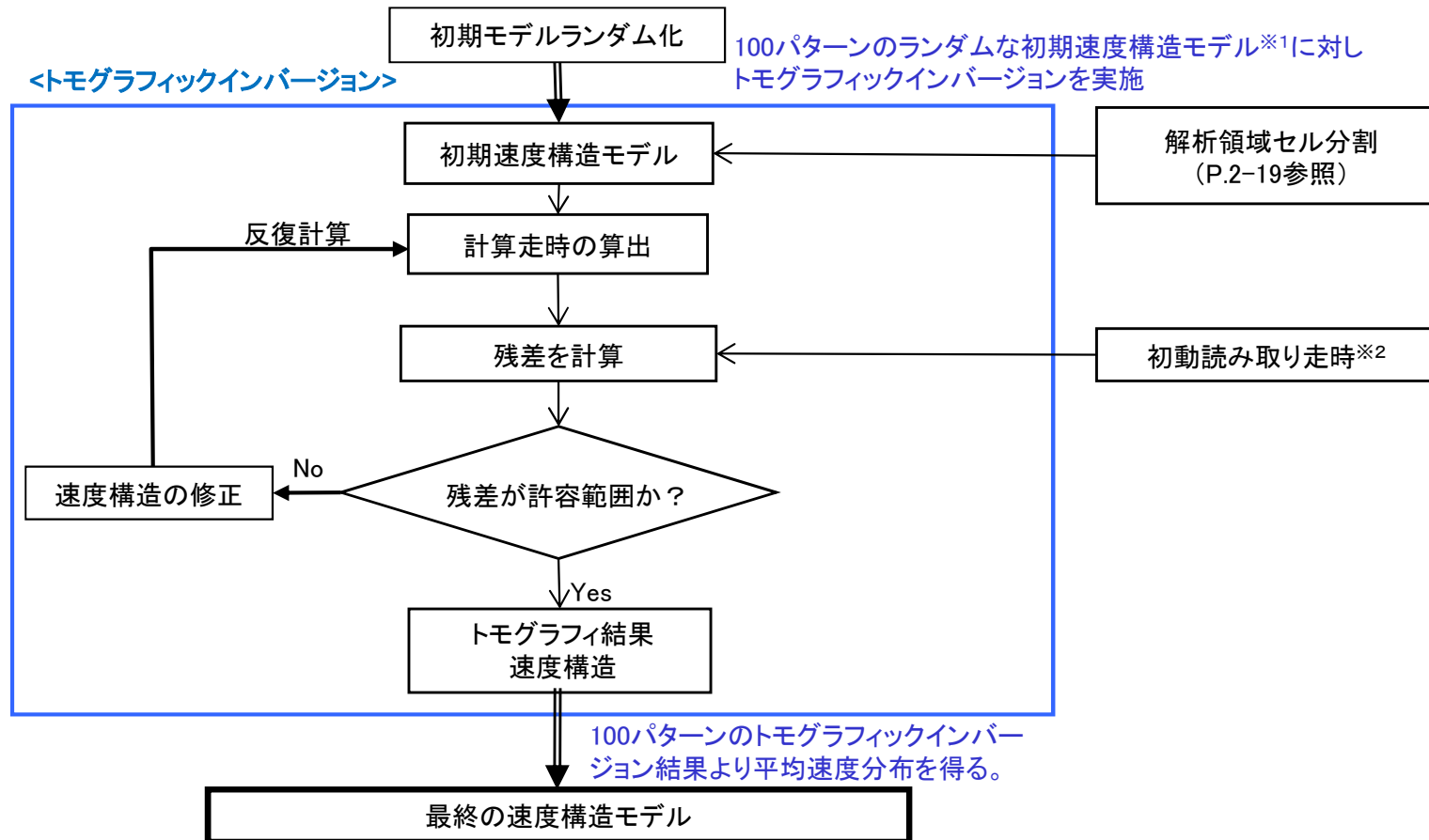
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルで計算した初動走時と観測による初動走時を比較することで、速度構造モデルの妥当性を確認した。
- トモグラフィ解析により作成した速度構造モデルによる計算走時は、観測走時を良く再現できていることから、トモグラフィ解析による速度構造モデルは妥当であると判断した。

## 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

コメントNo.S3-1



- 「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、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、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

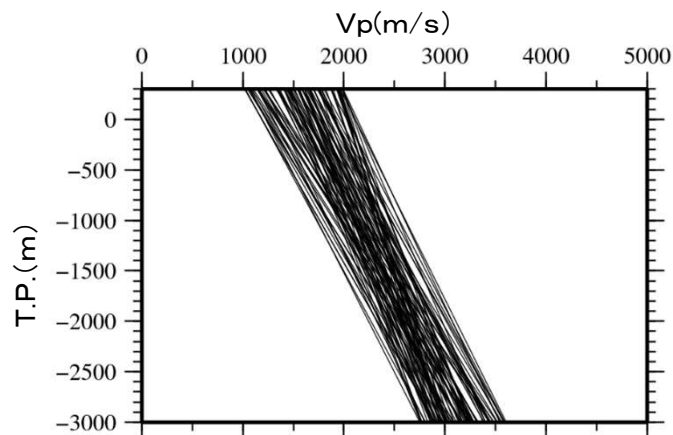
コメントNo.S3-1

## 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)



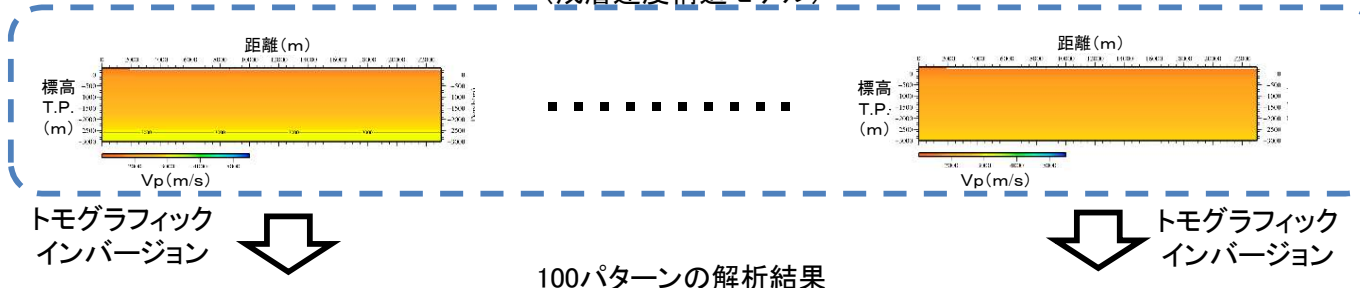
コメントNo.S3-1

## 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

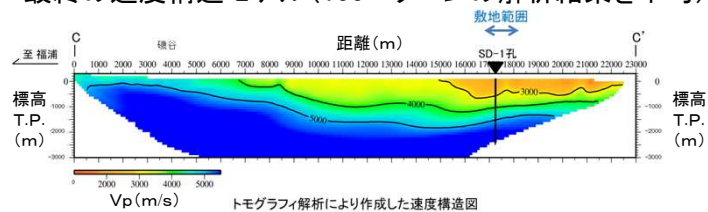
100パターンの初期速度構造モデル  
(成層速度構造モデル)



100パターンの解析結果



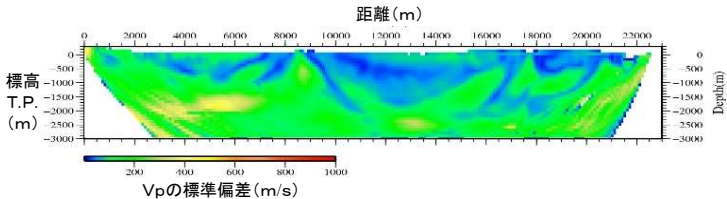
最終の速度構造モデル(100パターンの解析結果を平均)



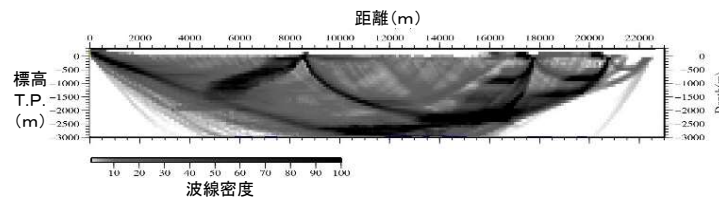
•ランダムな100パターンの初期速度構造モデルに対するトモグラフィックインバージョンを実施し、得られた結果の平均を最終の速度構造モデルとした。  
•最終の速度構造モデルに対する信頼性評価として、100パターンの初期速度構造モデルに対して得られる解析結果のばらつき(標準偏差)と、解析メッシュ毎に通過した波線数を平均した波線密度の分布を整理した。

### 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

コメントNo.S3-6

- 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、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)

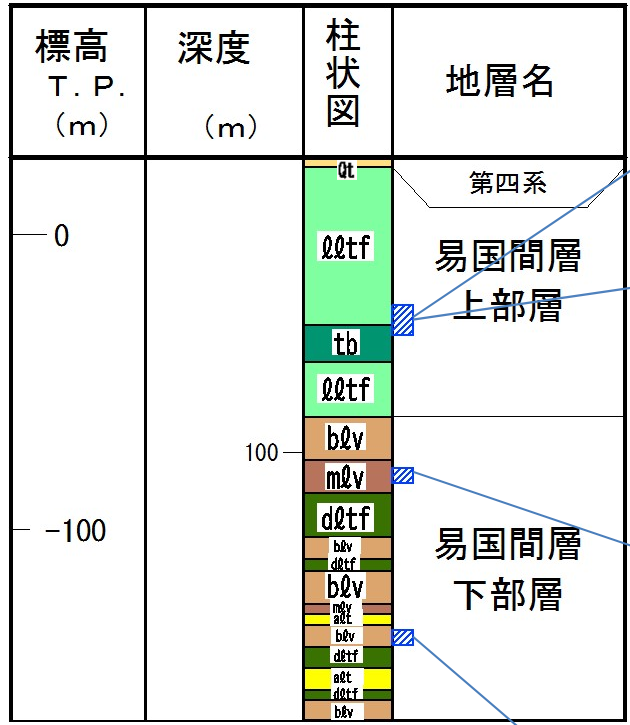
## 易国間層の性状

コメントNo.S3-6

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	Qqtf	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)
	ast	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
	py	火山砕屑岩
椋川層	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)



コメントNo.S3-6

## 大間層の性状

シルト岩

T.P.-178.87m~-183.87m(深度205m~210m)



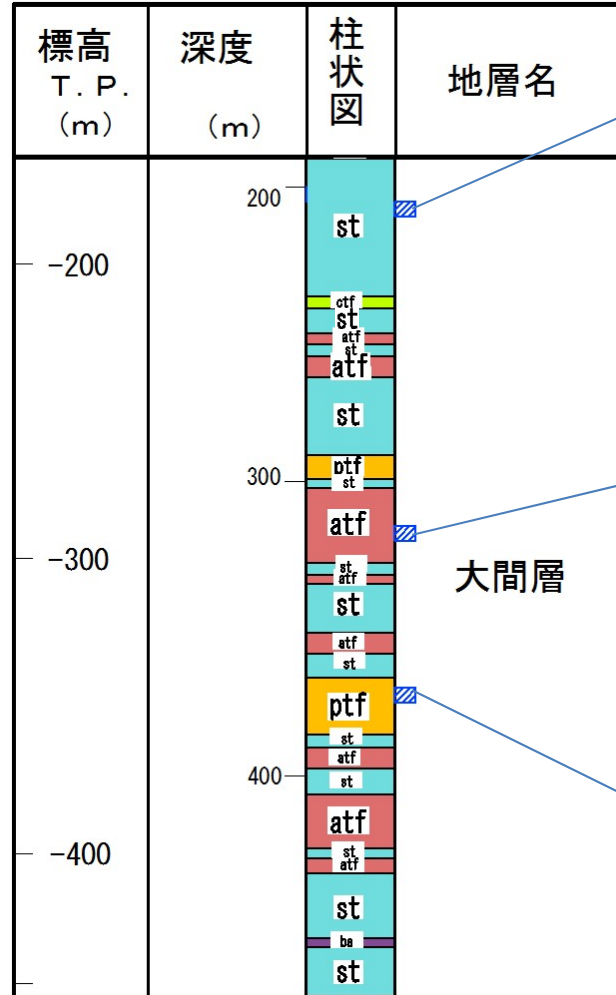
酸性凝灰岩

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)



柱状図凡例

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

# 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)

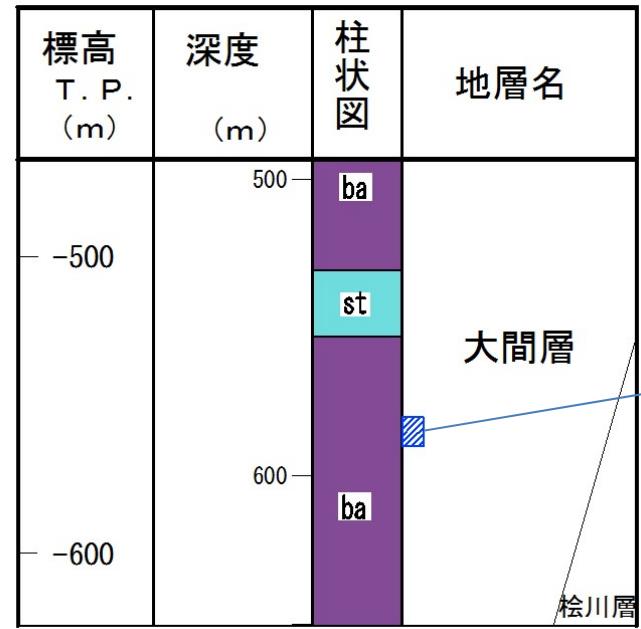


コメントNo.S3-6

## 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	dtf	淡灰色火山礫凝灰岩
	tb	凝灰角礫岩
	drtf	暗灰色火山礫凝灰岩
	bqv	安山岩溶岩(角礫状)
大間層	mqv	安山岩溶岩(塊状)
	art	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
松川層	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
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)

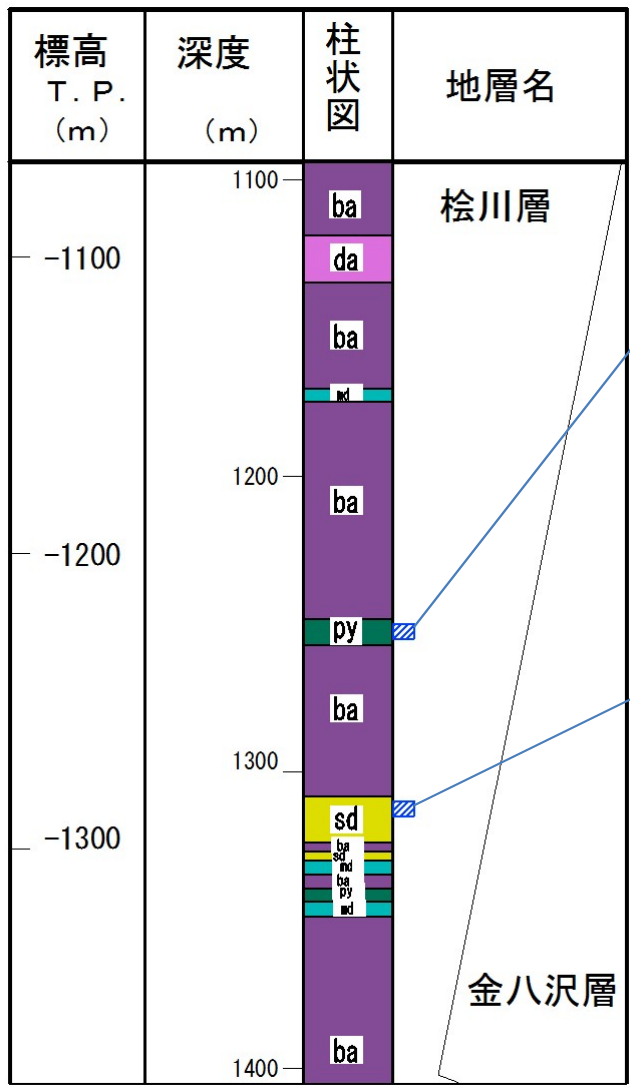


コメントNo.S3-6

## 桧川層の性状

柱状図凡例

第四系	Qt	段丘堆積物, ローム
易固間層	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
大間層	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
桧川層	st	シルト岩
	ctf	粗粒凝灰岩
	atf	酸性凝灰岩
	ptf	軽石凝灰岩
金八沢層	py	火山碎屑岩
	cg	礫岩
長浜層	sd	砂岩
	md	泥岩・頁岩
溶岩・貫入岩	sl	粘板岩
	an	安山岩
	ry	流紋岩
	da	デイサイト
	ba	玄武岩



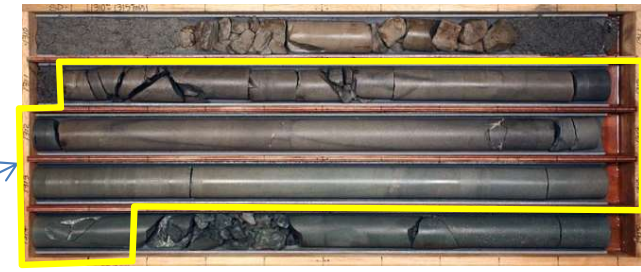
### 火山碎屑岩

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)

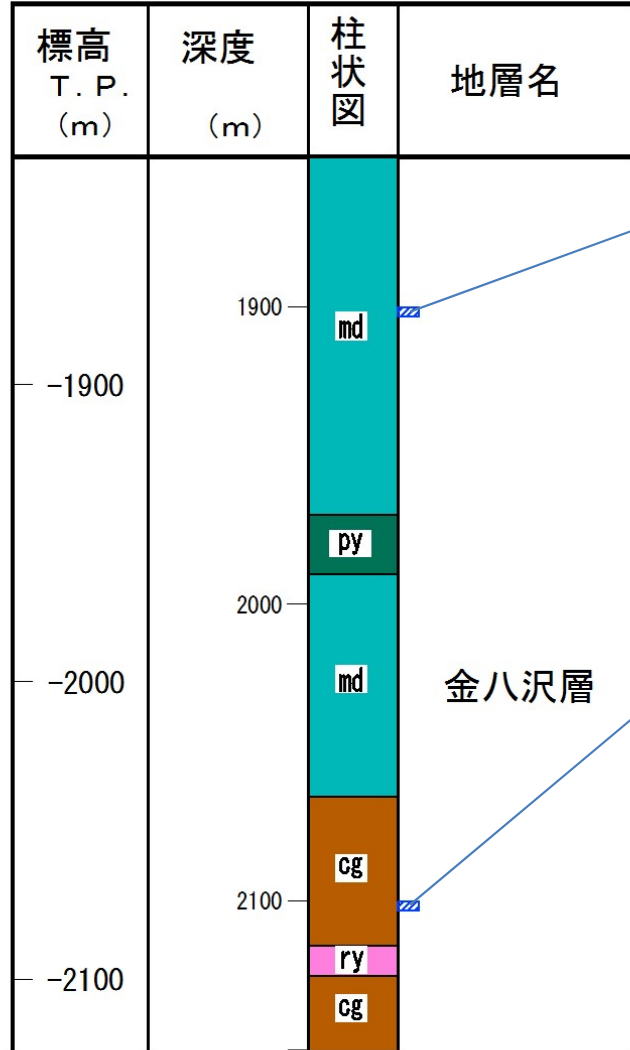


コメントNo.S3-6

## 金八沢層の性状

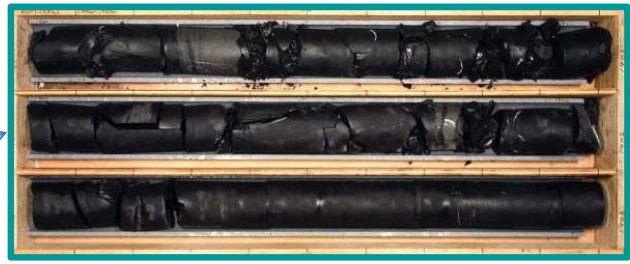
柱状図凡例

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
	bdv	安山岩溶岩(角礫状)
	mdv	安山岩溶岩(塊状)
大間層	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
椋川層	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
溶岩・貫入岩	an	安山岩
	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)



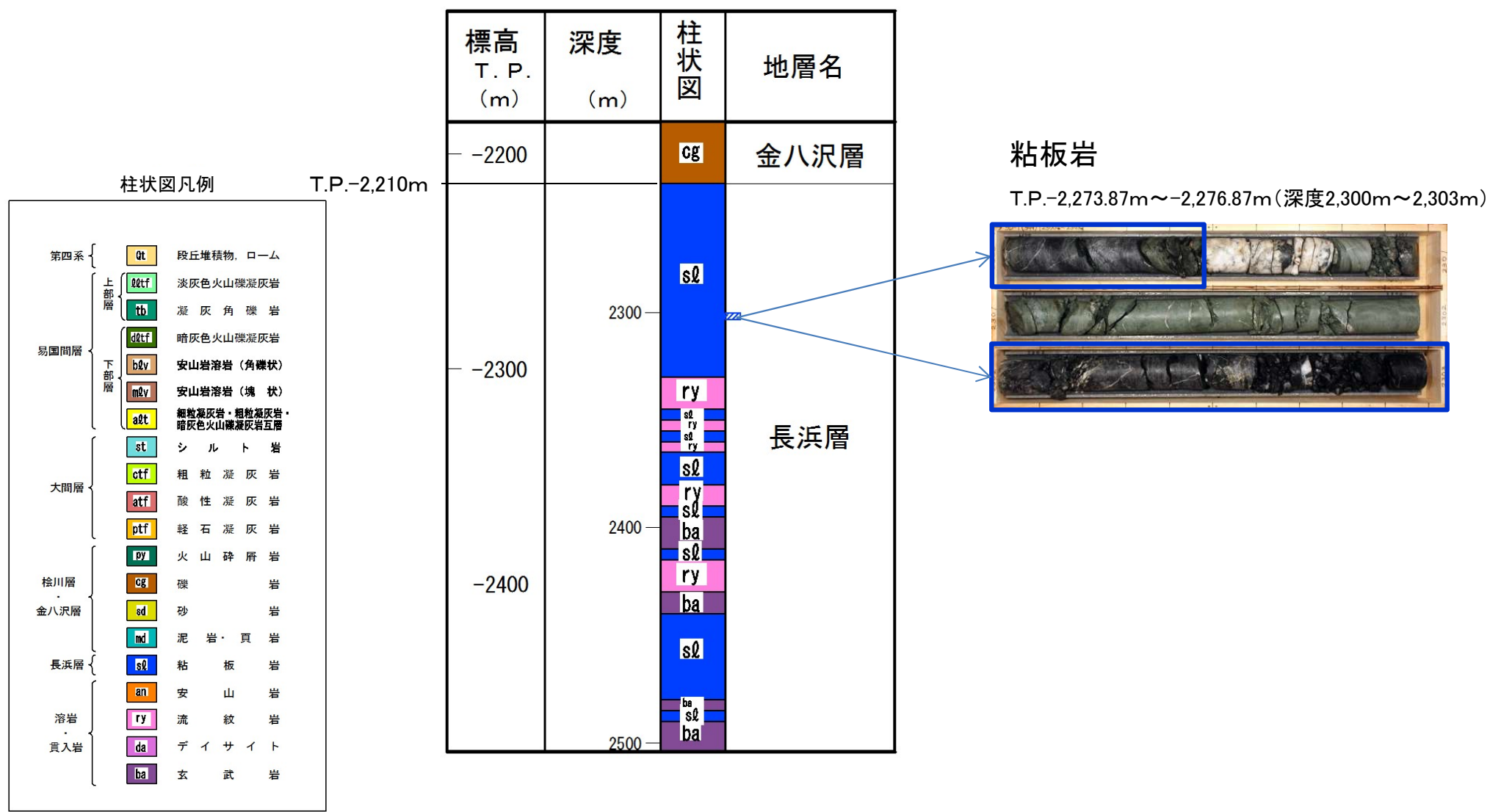


# 2-3 深部ボーリングの調査結果(柱状図及びコア写真) (7/7)



コメントNo.S3-6

## 長浜層の性状

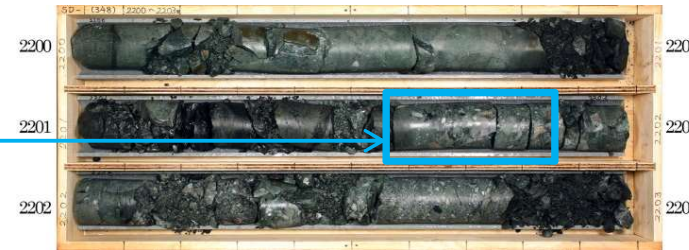


## 2-4 地震基盤付近のカッティングス及びスポットコアによる岩種判定

### 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

コメントNo.S3-6

- 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)

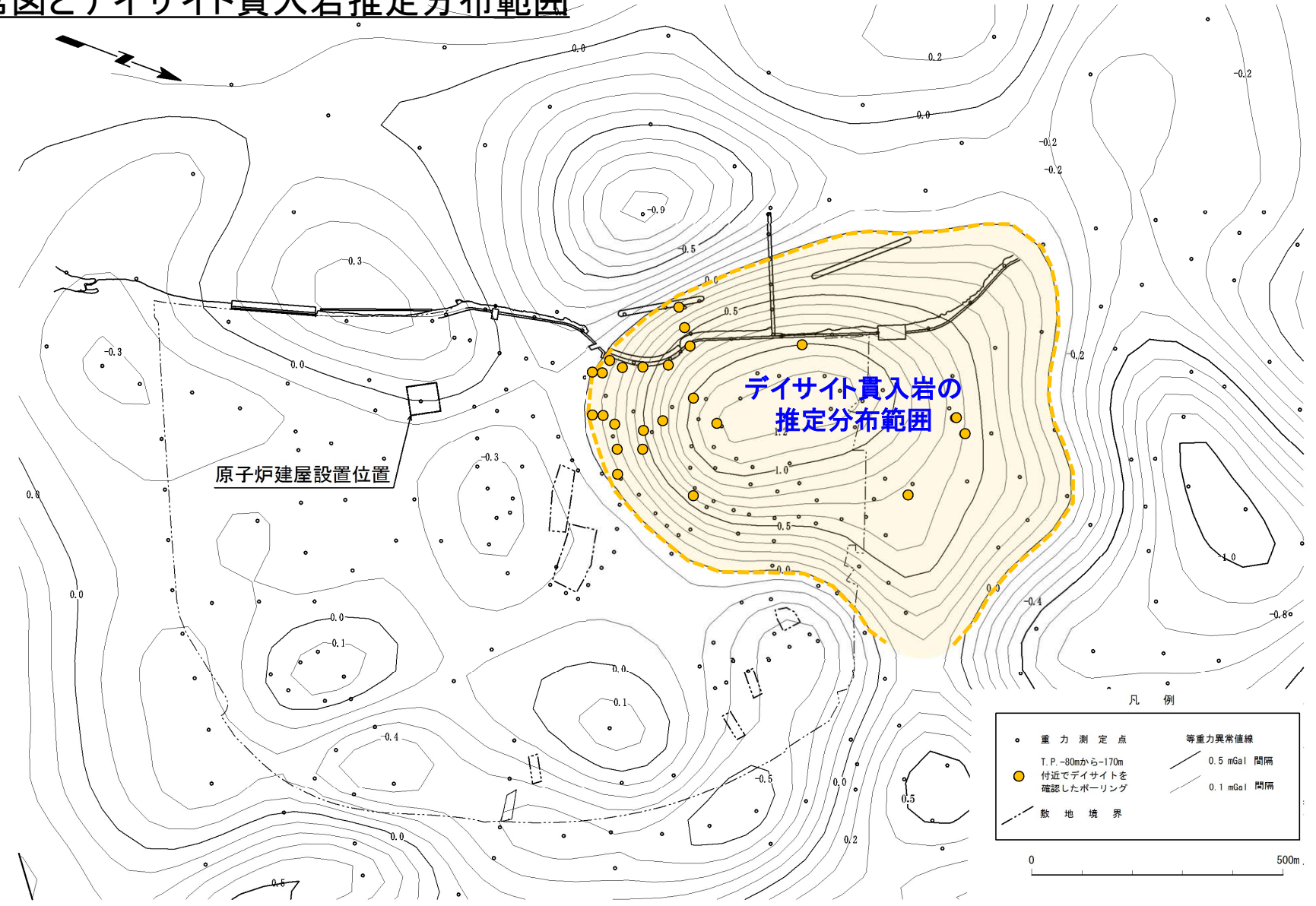
スポットコア: 粘板岩

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



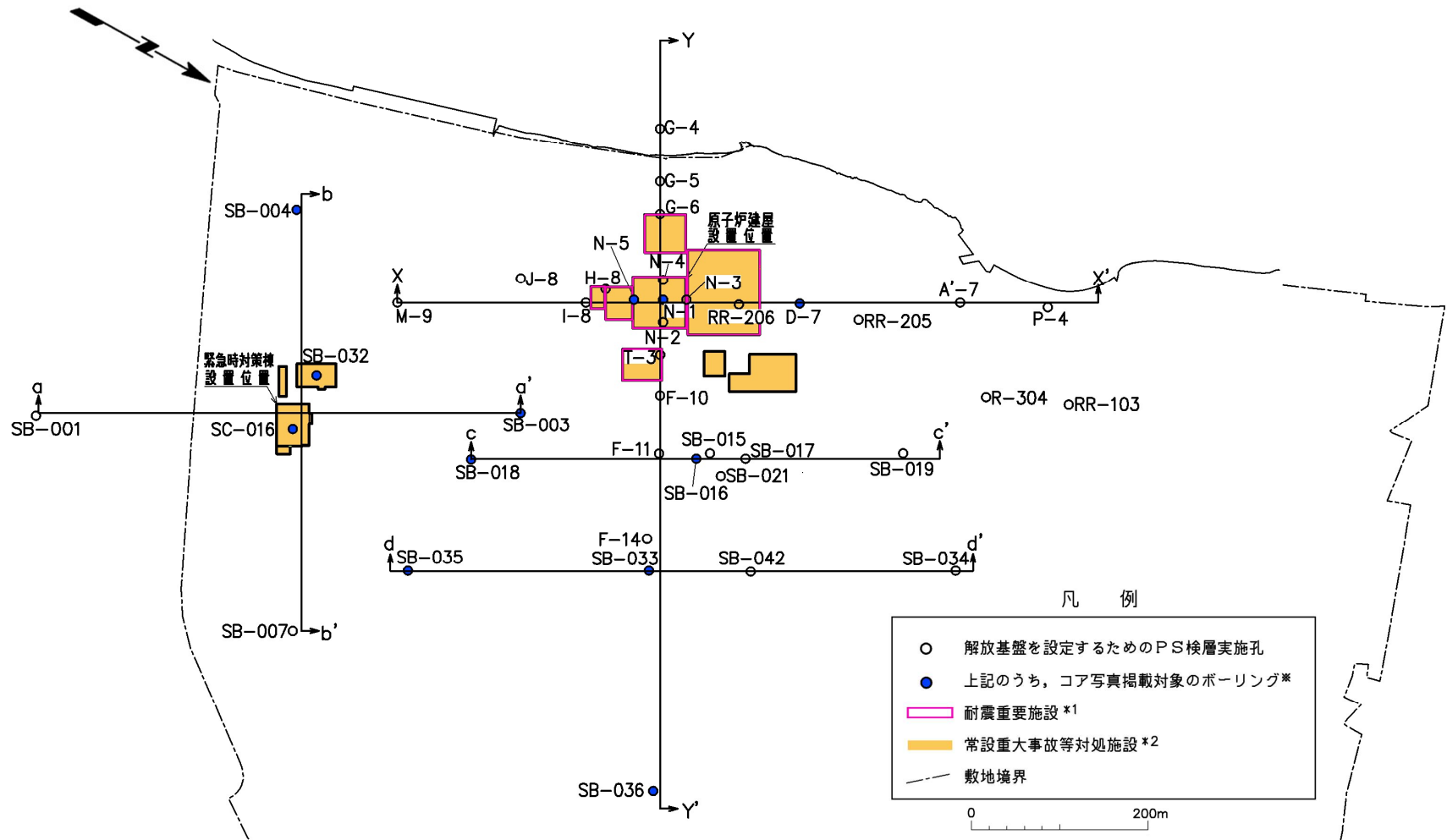
- 重力探査結果によれば、原子炉建屋の北方において南北1km程度、東西0.7km程度の範囲の高重力異常域が分布する。
- ボーリング調査の結果から、この高重力異常域にはデイサイトの貫入岩が餅盤状に分布すると推定される。

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)

コメントNo.S3-5

### 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。

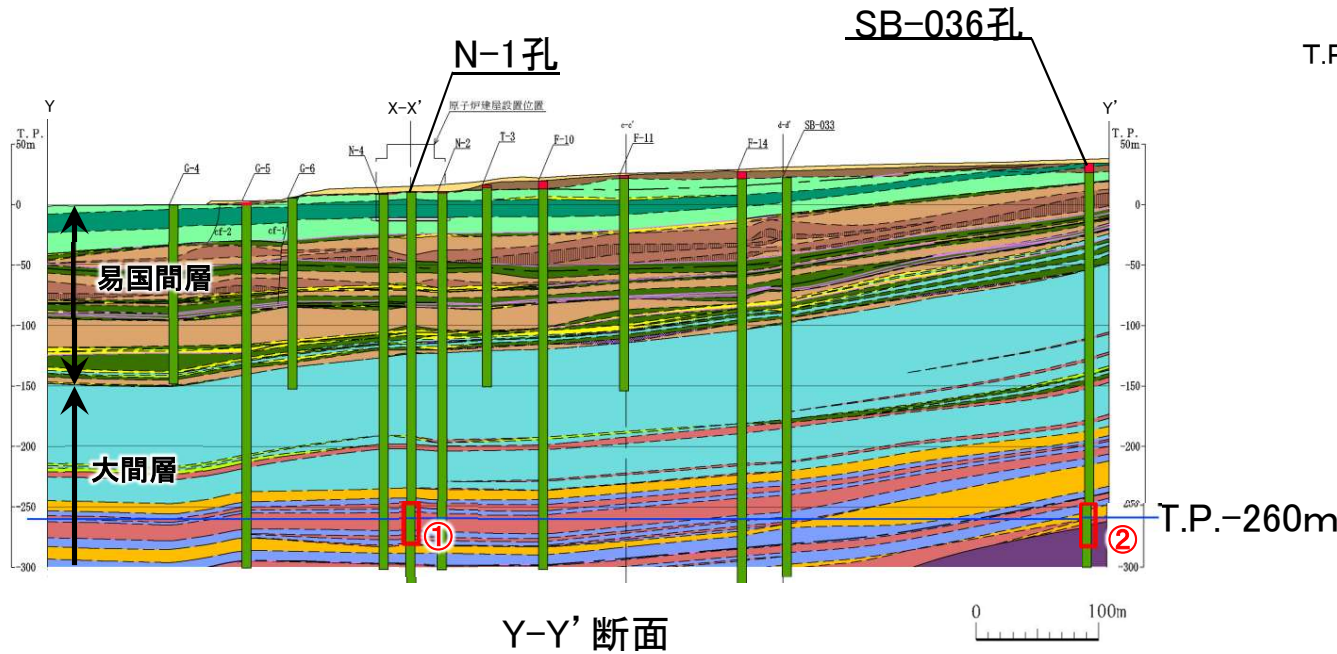
- \*1 設置許可基準規則第三条の対象となる耐震重要施設(間接支持構造物を含む)。
- \*2 設置許可基準規則第三十八条の対象となる常設耐震重要重大事故防止設備又は常設重大事故緩和設備が設置される重大事故等対処施設(特定重大事故等対処施設及び防護上の観点から公開不可の施設を除く)。

# 2-6 大間層の性状について(2/6)



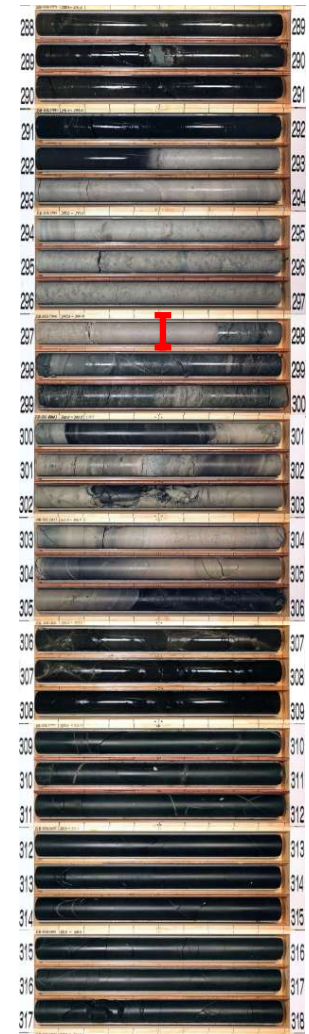
コメントNo.S3-5

## N-1孔, SB-036孔

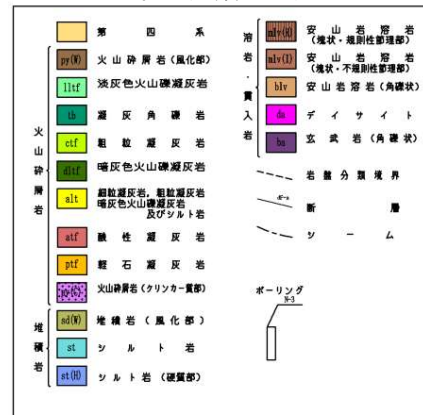


① N-1孔  
T.P.-249.75m~T.P.-279.75m  
(深度265m~295m)

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



岩盤分類図凡例



風化区分

凡例	風化区分	判定基準
<span style="color: red;">■</span>	風化	風化により褐色化しているもの
<span style="color: green;">■</span>	新鮮	風化が認められないもの

・大間層は新鮮であり, 風化は認められない。

凡例 I : T.P.-260m

審査資料の再チェックを行い、「G-5孔の風化部及びT-3孔の名称の記載漏れ」及び「図中のシームの表示の誤り」を修正した。

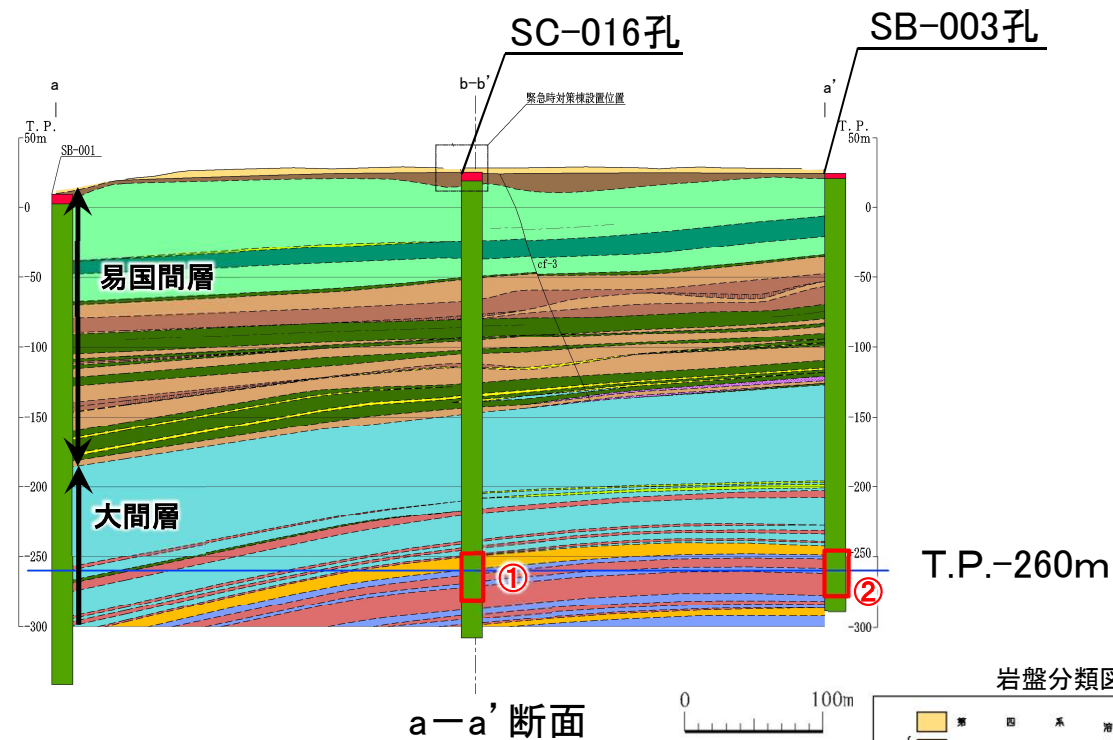
※ : 東西方向Y-Y'断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は, 机上配布資料2の「3.3.2」を参照。

# 2-6 大間層の性状について(3/6)



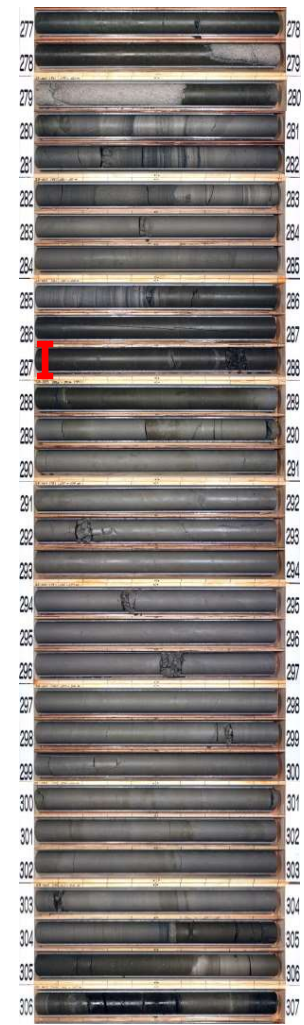
コメントNo.S3-5

SC-016孔, SB-003孔



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)



T.P.-260m

### 岩盤分類図凡例

第四系	安山岩溶岩 (塊状・塊状部)
火山砕岩 (風化部)	安山岩溶岩 (塊状・不規則部)
淡灰色火山礫凝灰岩	安山岩溶岩 (角礫状)
凝灰角礫岩	デイサイト
凝灰質凝灰岩	玄武岩 (角礫状)
暗灰色火山礫凝灰岩	
凝灰質凝灰岩, 暗灰色火山礫凝灰岩, 及びシムト岩	岩盤分類境界
凝性凝灰岩	断層
輝石凝灰岩	シーム
火山砕岩 (クリンカー質部)	ボーリング
堆積岩 (風化部)	
シルト岩	
シルト岩 (硬質部)	

### 風化区分

凡例	風化区分	判定基準
<span style="color: red;">■</span>	風化	風化により褐色化しているもの
<span style="color: green;">■</span>	新鮮	風化が認められないもの

・大間層は新鮮であり, 風化は認められない。

凡例 I : T.P.-260m

審査資料の再チェックを行い、「ボーリング等の位置の誤り」及び「図中のシーム, 断層の表示の誤り」を修正した。

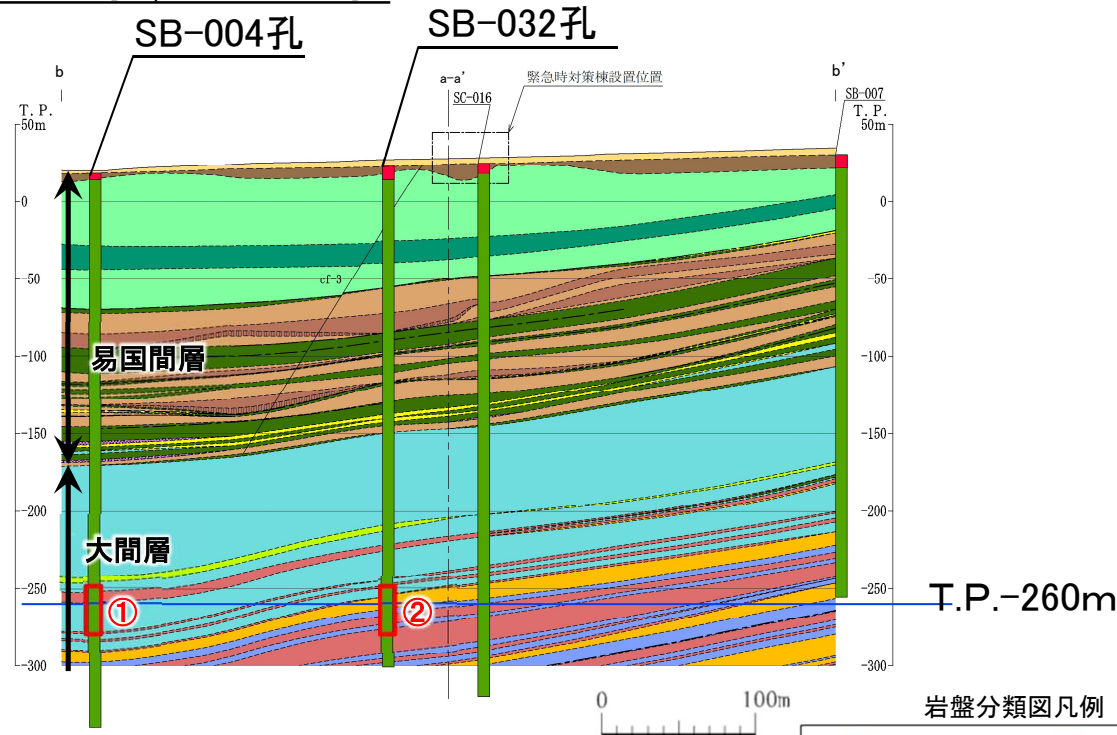
※ : 南北方向a-a' 断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は, 机上配布資料2の「3.3.3」を参照。



## 2-6 大間層の性状について(4/6)

コメントNo.S3-5

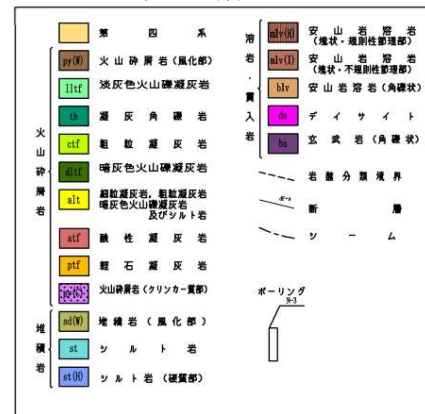
SB-004孔, SB-032孔



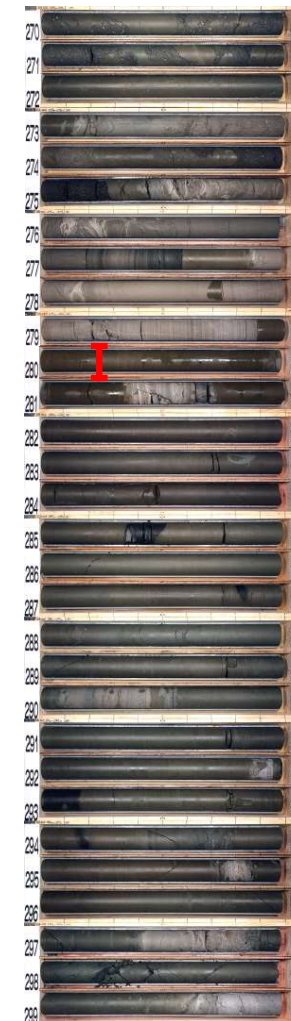
b-b' 断面

### 風化区分

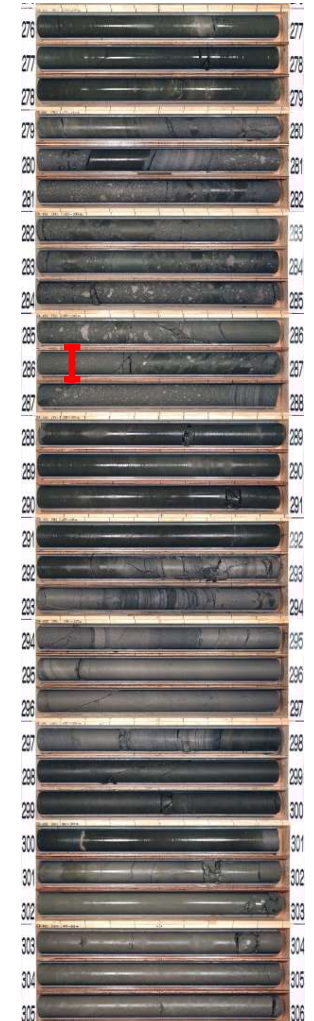
凡例	風化区分	判定基準
■	風化	風化により褐色化しているもの
■	新鮮	風化が認められないもの



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。

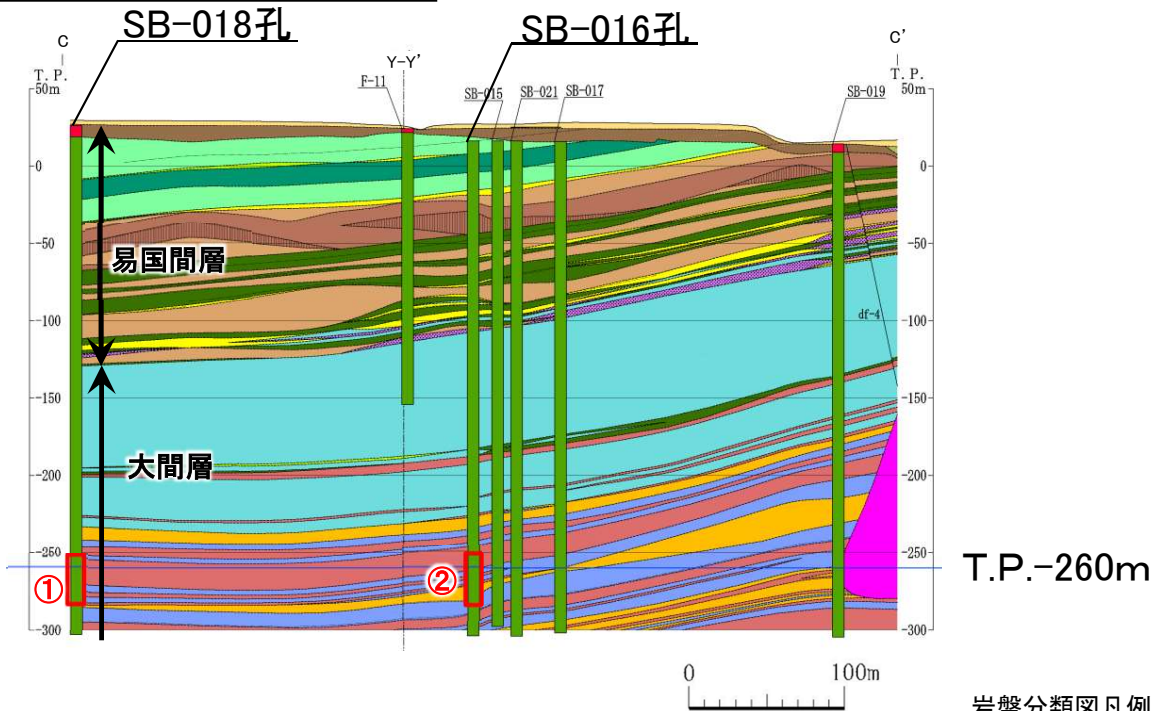
※ : 東西方向b-b'断面のボーリング孔でのT.P.-260m付近のコア写真は、机上配布資料2の「3.3.4」を参照。



# 2-6 大間層の性状について(5/6)

コメントNo.S3-5

SB-016孔, SB-018孔

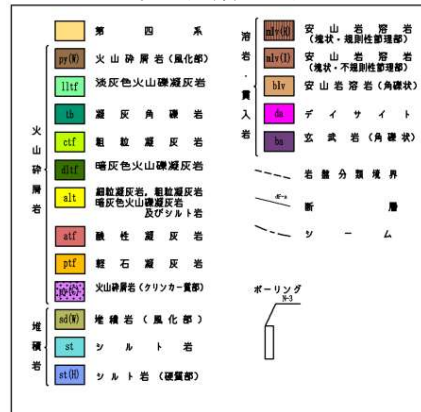


c-c' 断面

## 風化区分

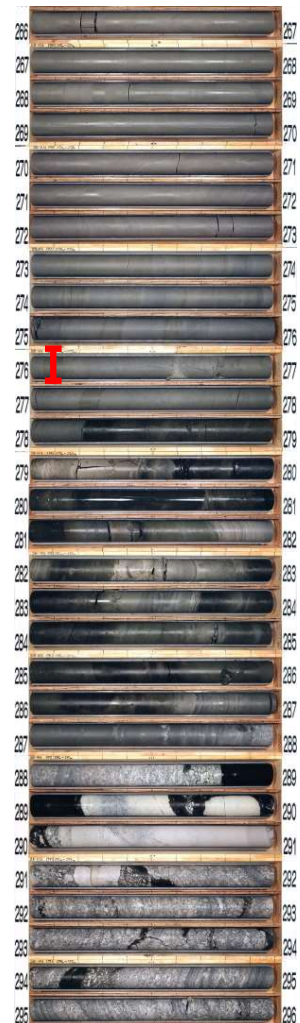
凡例	風化区分	判定基準
<span style="color:red">■</span>	風化	風化により褐色化しているもの
<span style="color:green">■</span>	新鮮	風化が認められないもの

## 岩盤分類図凡例



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、机上配布資料2の「3.3.5」を参照。

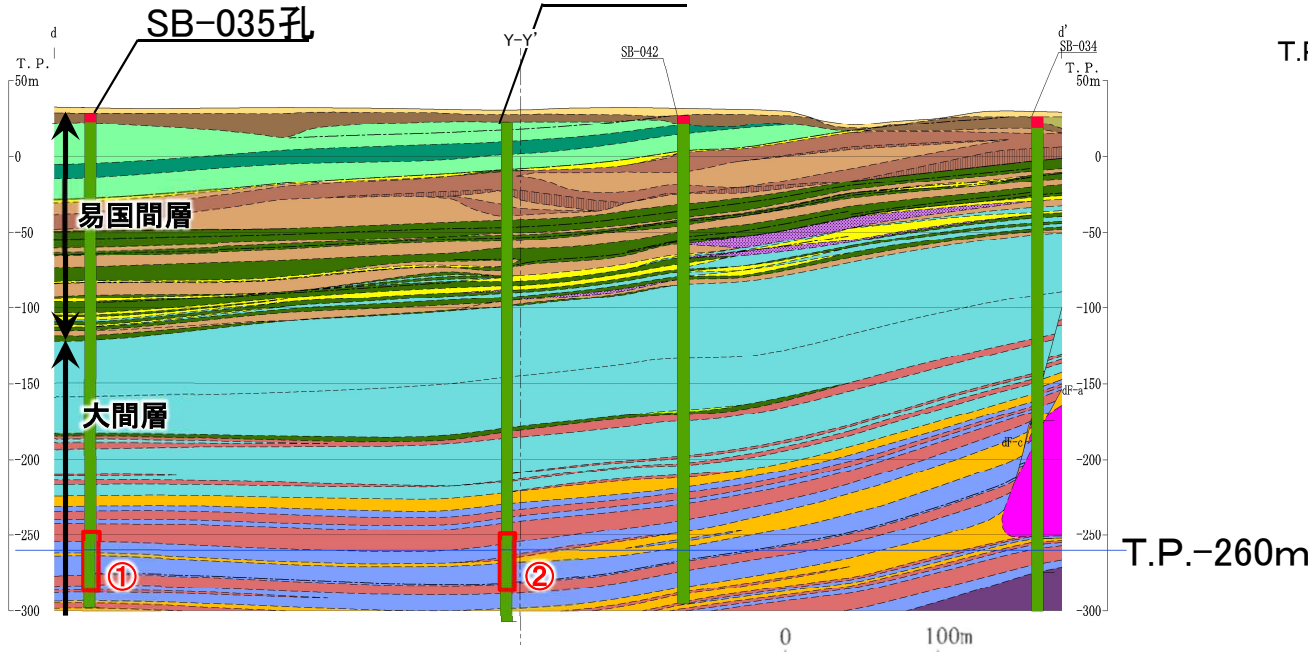


# 2-6 大間層の性状について(6/6)



コメントNo.S3-5

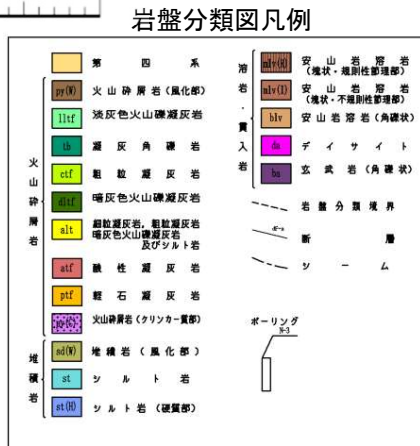
SB-033孔, SB-035孔



d-d' 断面

### 風化区分

凡例	風化区分	判定基準
<span style="color: red;">■</span>	風化	風化により褐色化しているもの
<span style="color: green;">■</span>	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。

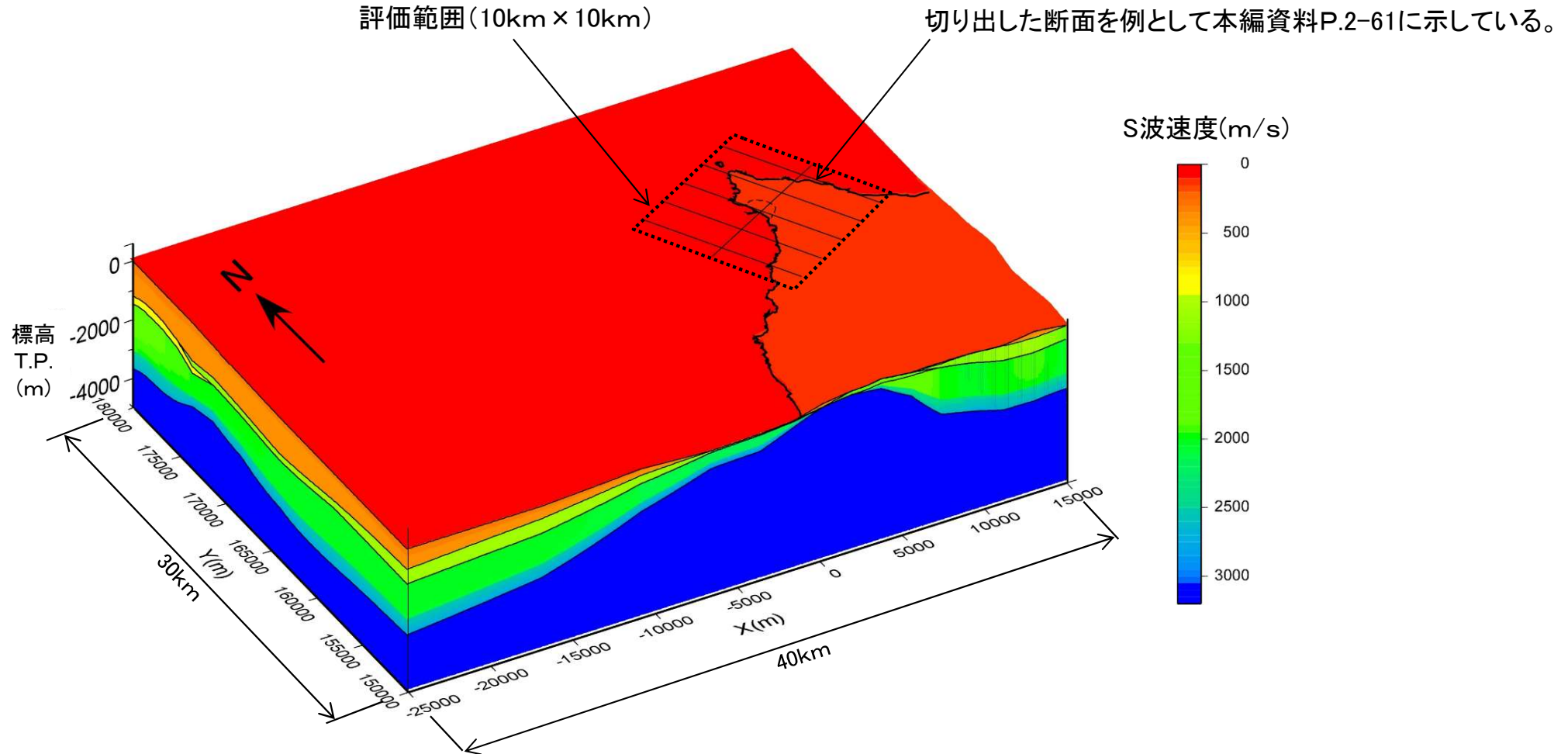
審査資料の再チェックを行い、「ボーリング写真の標高の誤り」(T.P.-284.10mをT.P.-280.10mに修正)、「ボーリング等の位置の誤り」及び「図中のシームの表示の誤り」を修正した。

※ : 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, 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594回審査会合  
資料1 P.60一部修正



- 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。

## 3. 観測記録による地下構造評価

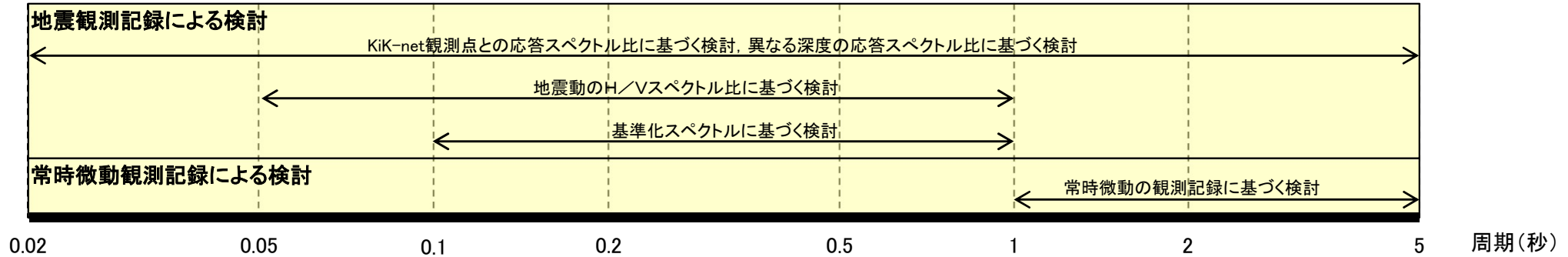
1. 地震動評価に用いる地下構造モデルの作成の流れ
2. 地質調査及び地球物理学的調査による地下構造評価
  - 2-1 敷地周辺の重力探査の内容
  - 2-2 各種弾性波探査の内容
    - 2-2-1 各種弾性波探査及びトモグラフィ解析の流れ
    - 2-2-2 敷地周辺陸域の屈折法地震探査の内容
    - 2-2-3 敷地周辺海域の屈折法地震探査の内容
    - 2-2-4 敷地周辺の陸海連続弾性波探査の内容
    - 2-2-5 反射法地震探査及びオフセットVSP探査の内容
    - 2-2-6 各種屈折法地震探査データによるトモグラフィ解析の内容
  - 2-3 深部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
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 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比
  - 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比
  - 3-6 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 最適化地盤モデル(浅部)  $V_p \cdot Q_p$ 構造
  - 5-3 観測記録の伝達関数の標準偏差
  - 5-4 観測記録とシミュレーション解析結果との比較
  - 5-5 玄武岩の上面標高
  - 5-6 頭打ちQ値モデルについて
  - 5-7 観測記録のP波部H/Vスペクトル比等の標準偏差
  - 5-8 スペクトルインバージョン解析の概要
  - 5-9 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
  - 5-10 地震波干渉法による解析の概要について
  - 5-11 最大振幅法によるQ値の測定について
  - 5-12 地震基盤以深のQ値の妥当性について
  - 5-13 地盤モデルの解放基盤表面以浅の有無の影響について
  - 5-14 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



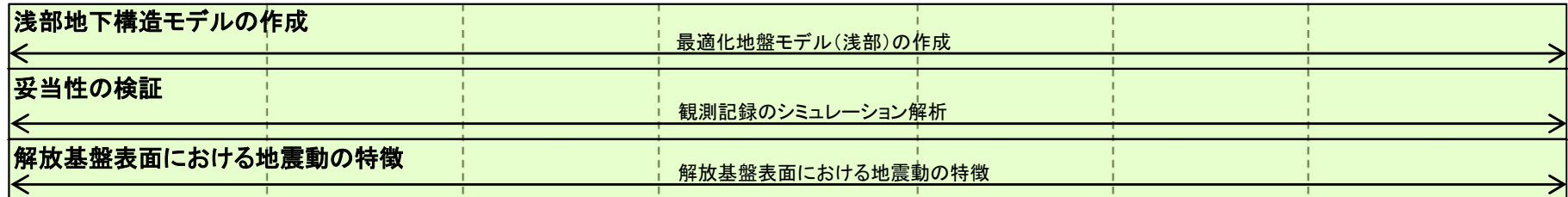
## 地震観測記録による検討及び一次元地下構造モデルの作成において対象とした周期帯

### 地震観測記録による検討 (本編資料3章)

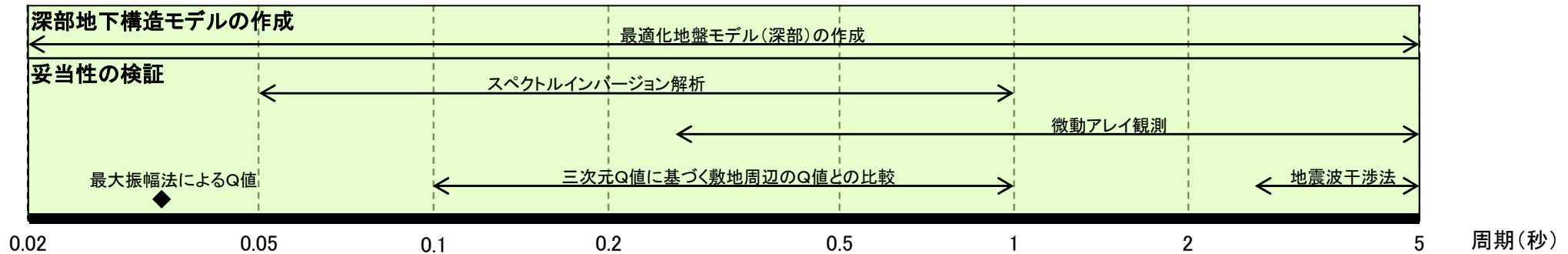


### 一次元地下構造モデルの作成 (本編資料5章)

#### 浅部地下構造モデル



#### 深部地下構造モデル



## 3-2 佐藤ほか(2011)の概要 (1/3)

### 【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

- Kobayashi et al.(2000)<sup>2)</sup>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)<sup>3)</sup>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。

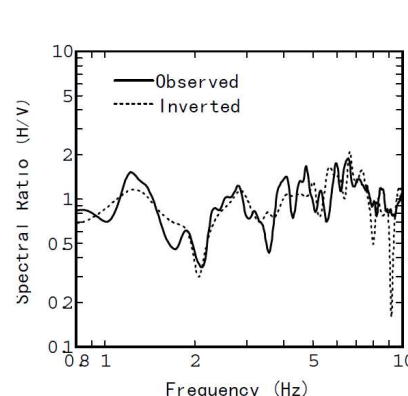


Figure 9: Comparison of spectral ratios in the inversion at Tomioka site

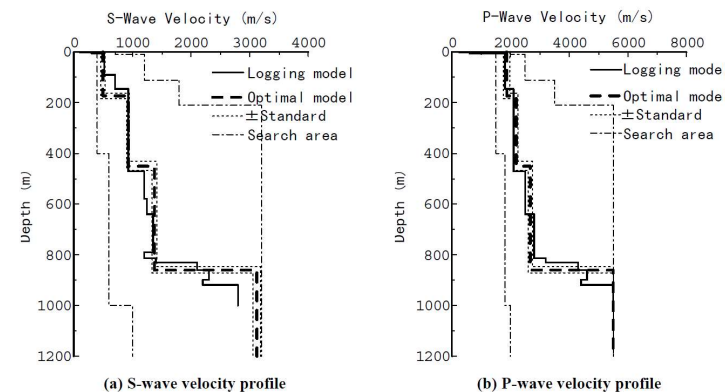


Figure 8: Comparison of the optimal model with the PS-logging model at Tomioka site

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、

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

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

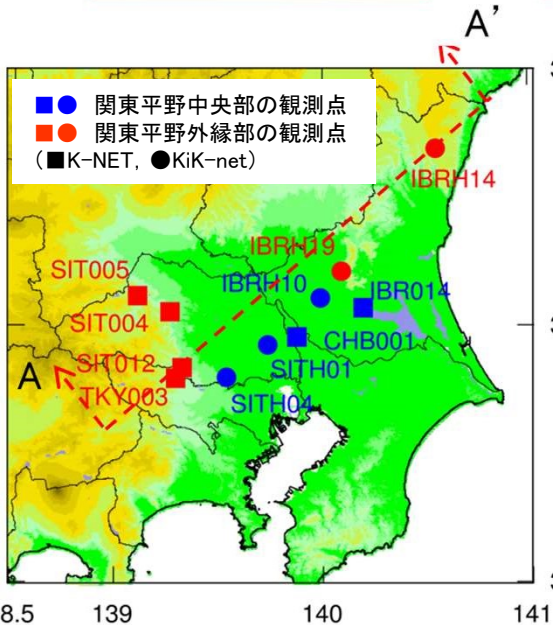
$S_S(\omega)$  は主要動部における基盤入射スペクトル、 $T_H(\omega)$ ,  $T_V(\omega)$  はそれぞれ水平および上下成分の伝達関数で、 $\omega$  は角周波数である。(1)式と(2)式の比は

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

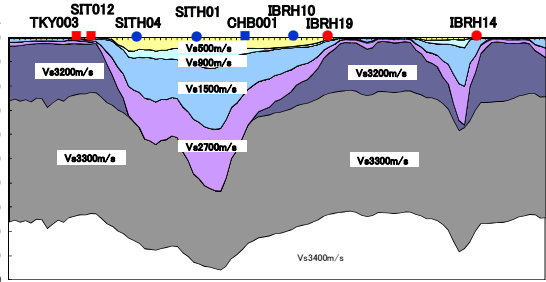
となり、 $S_S(\omega)$  が相殺されて地盤特性に依存する量となる。地盤構造に起因する異方性があれば、H/V比に震央方位による変化が生じることが期待される。

佐藤ほか(2011)(S波入射を仮定)

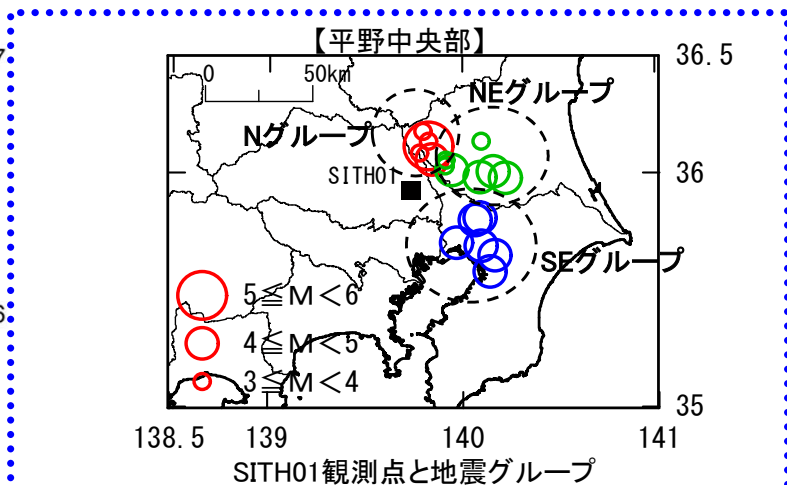
# 3-2 佐藤ほか(2011)の概要 (2/3)



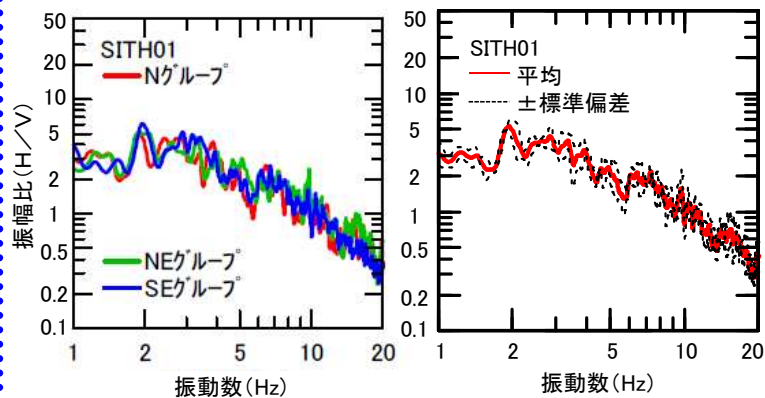
佐藤ほか(2011)の検討に用いられた観測点  
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)



A-A' 断面の速度構造  
(佐藤ほか(2011)に基づき作成) V.E.=9.3

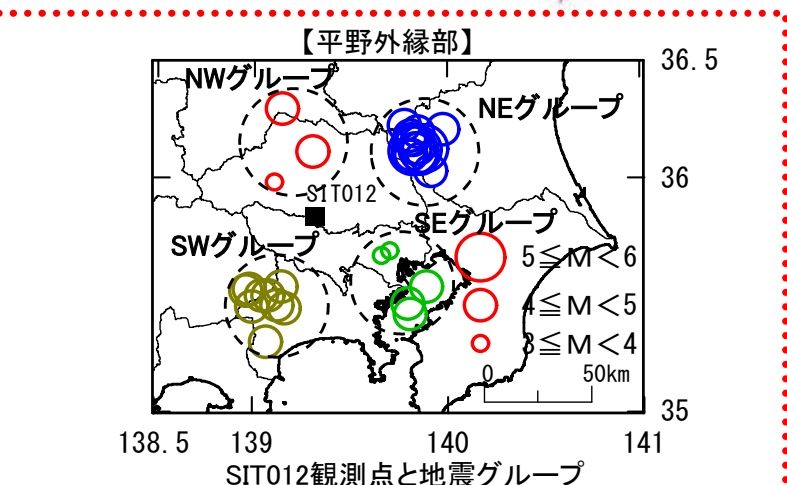


SITH01観測点と地震グループ

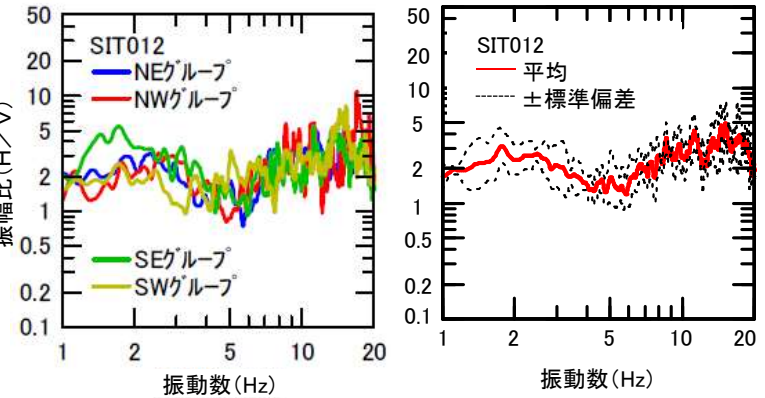


地震グループごとの平均H/Vスペクトル比  
平均H/Vスペクトル比の平均値と標準偏差

関東平野中央部観測点の例  
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)



SIT012観測点と地震グループ

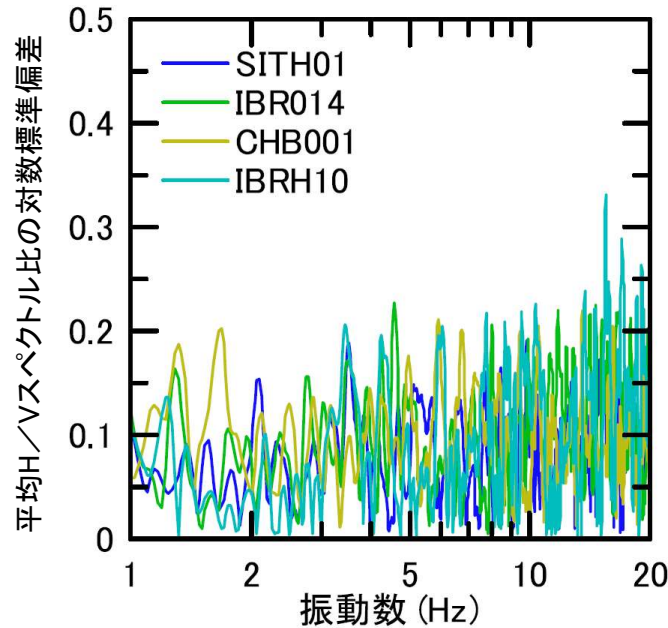


地震グループごとの平均H/Vスペクトル比  
平均H/Vスペクトル比の平均値と標準偏差

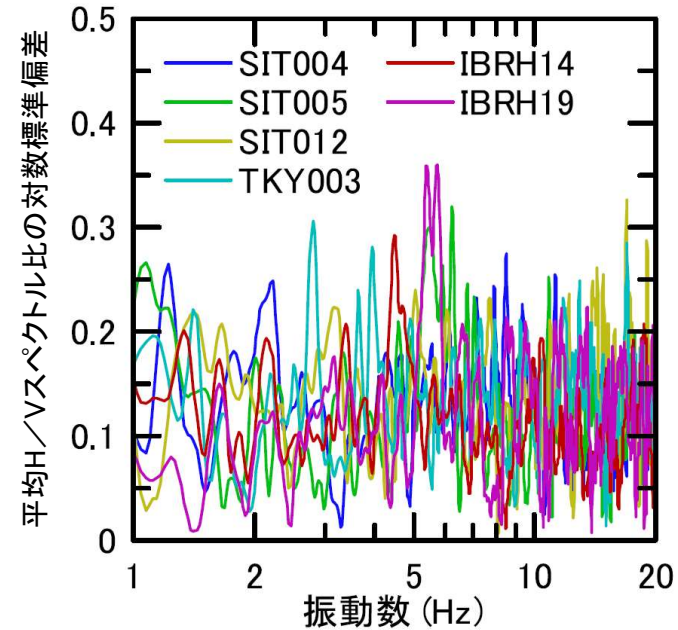
関東平野外縁部観測点の例  
(佐藤ほか(2011)に一部加筆・修正)

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



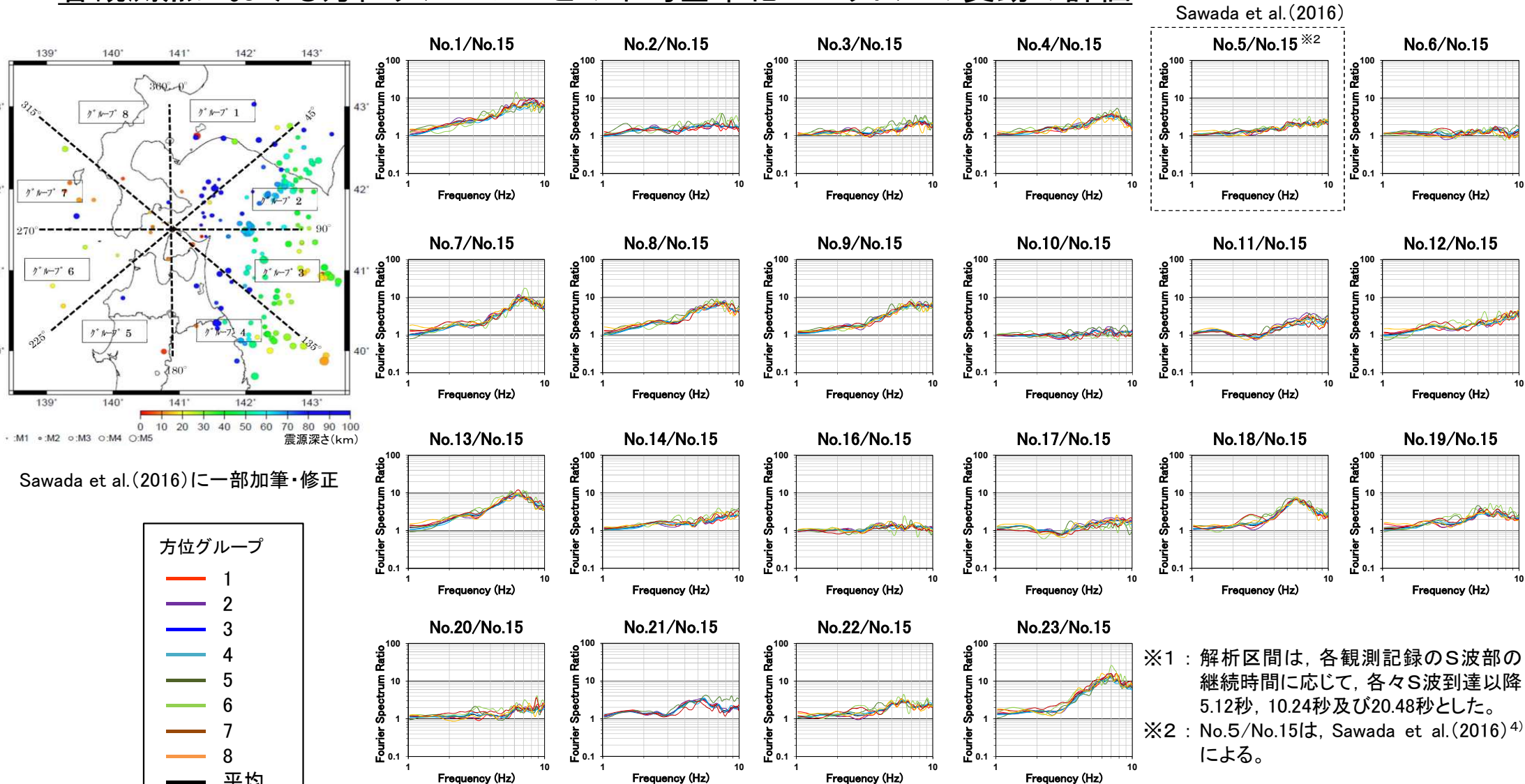
(b) 関東平野外縁部の観測点

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



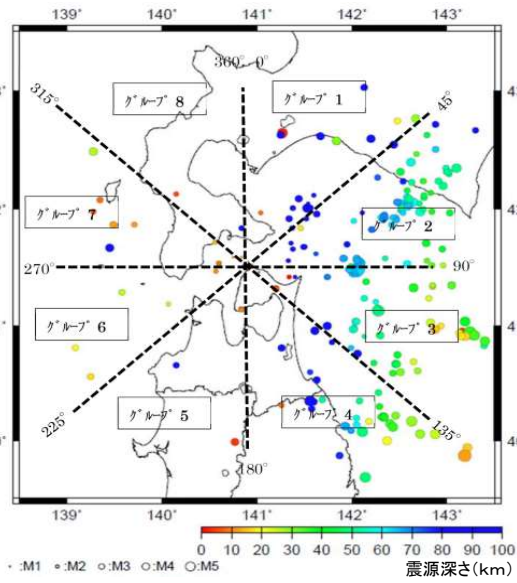
各観測点における方位グループごとの平均基準化スペクトル

- 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。)

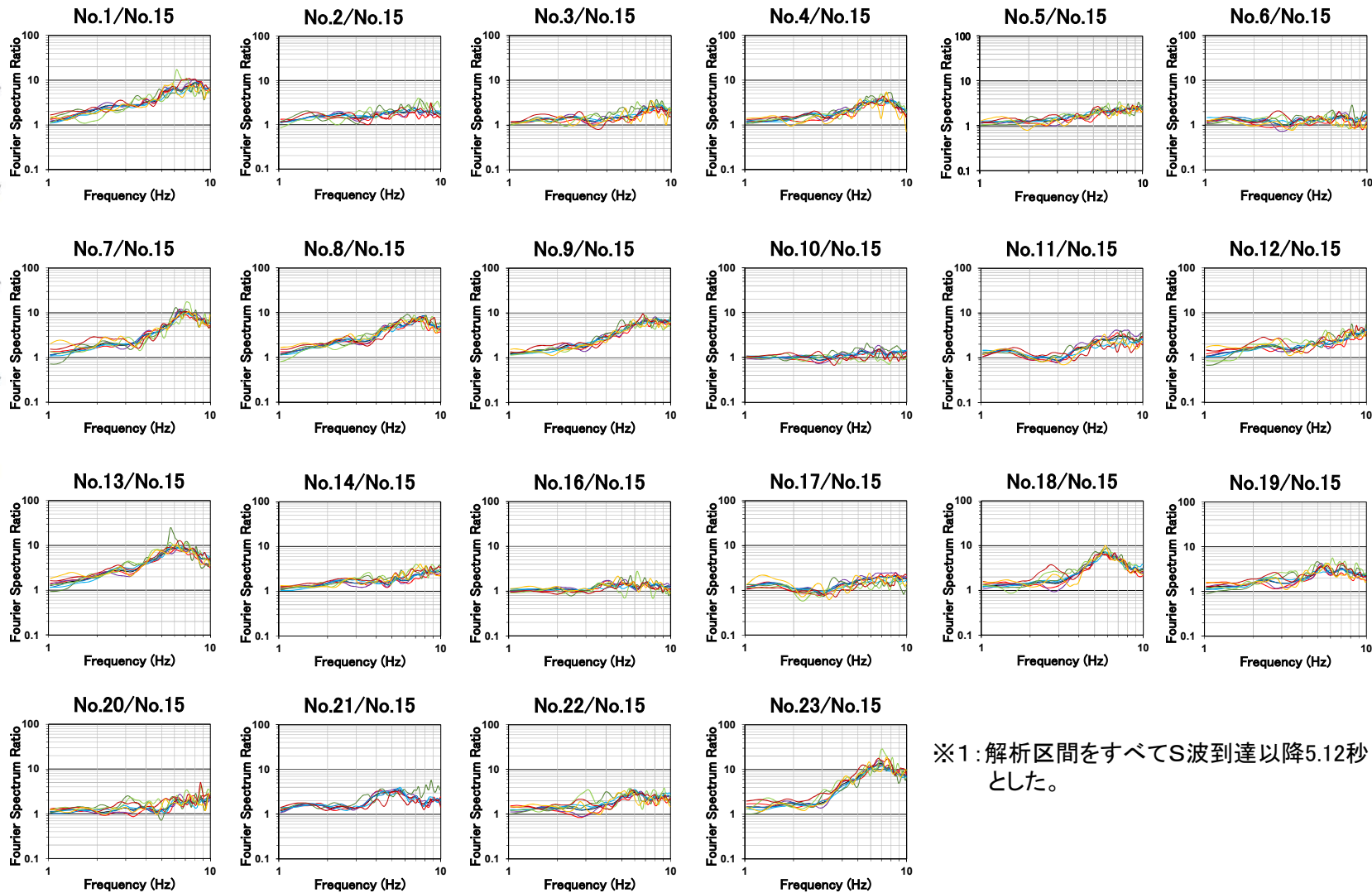
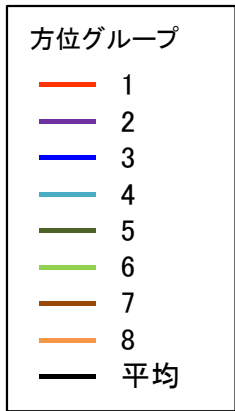


# 3-3 各観測点における基準化スペクトルの検討 (2/4)

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) コメントNo.S3-7



Sawada et al. (2016)に一部加筆・修正



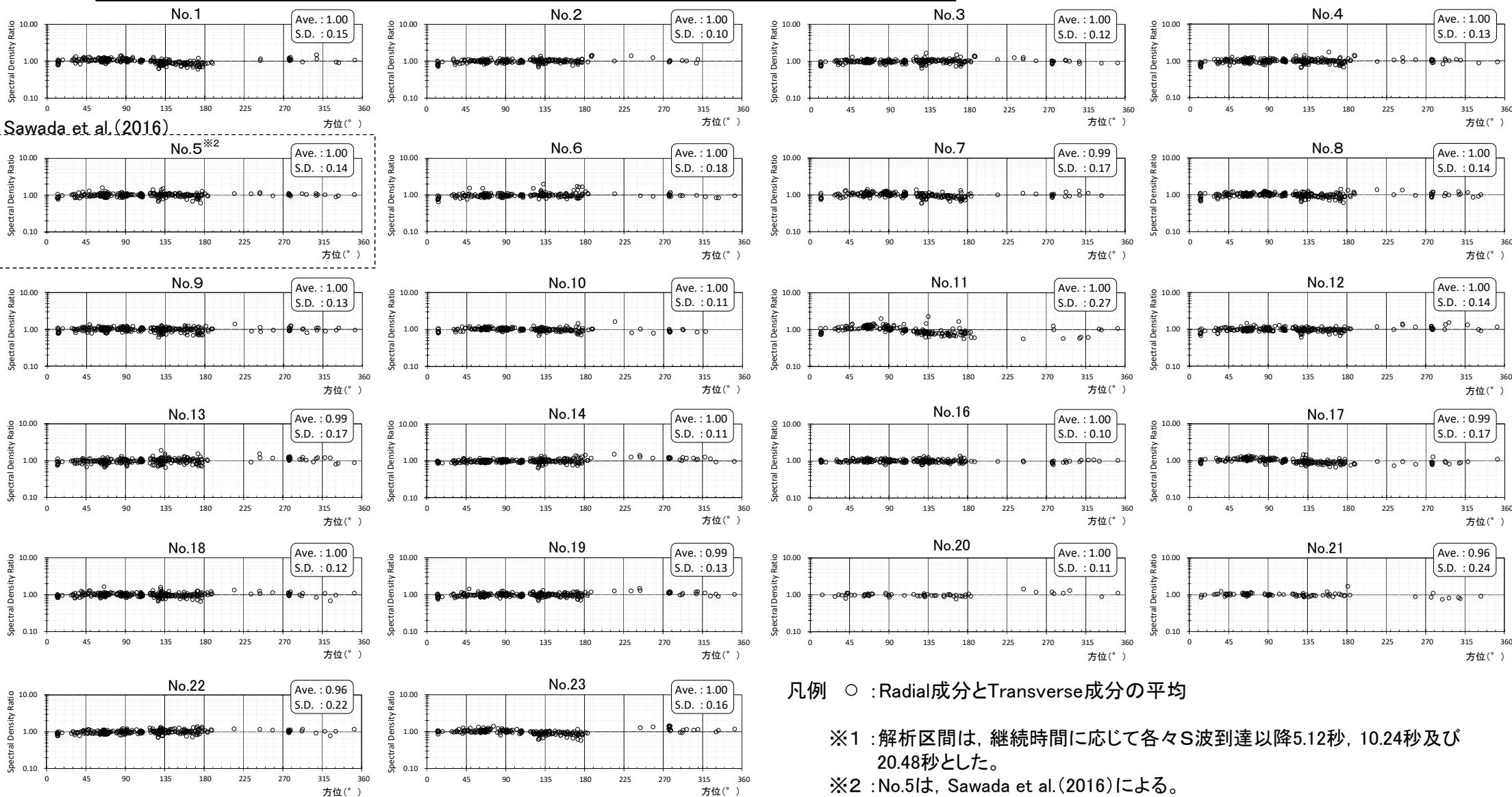
※1: 解析区間をすべてS波到達以降5.12秒とした。

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



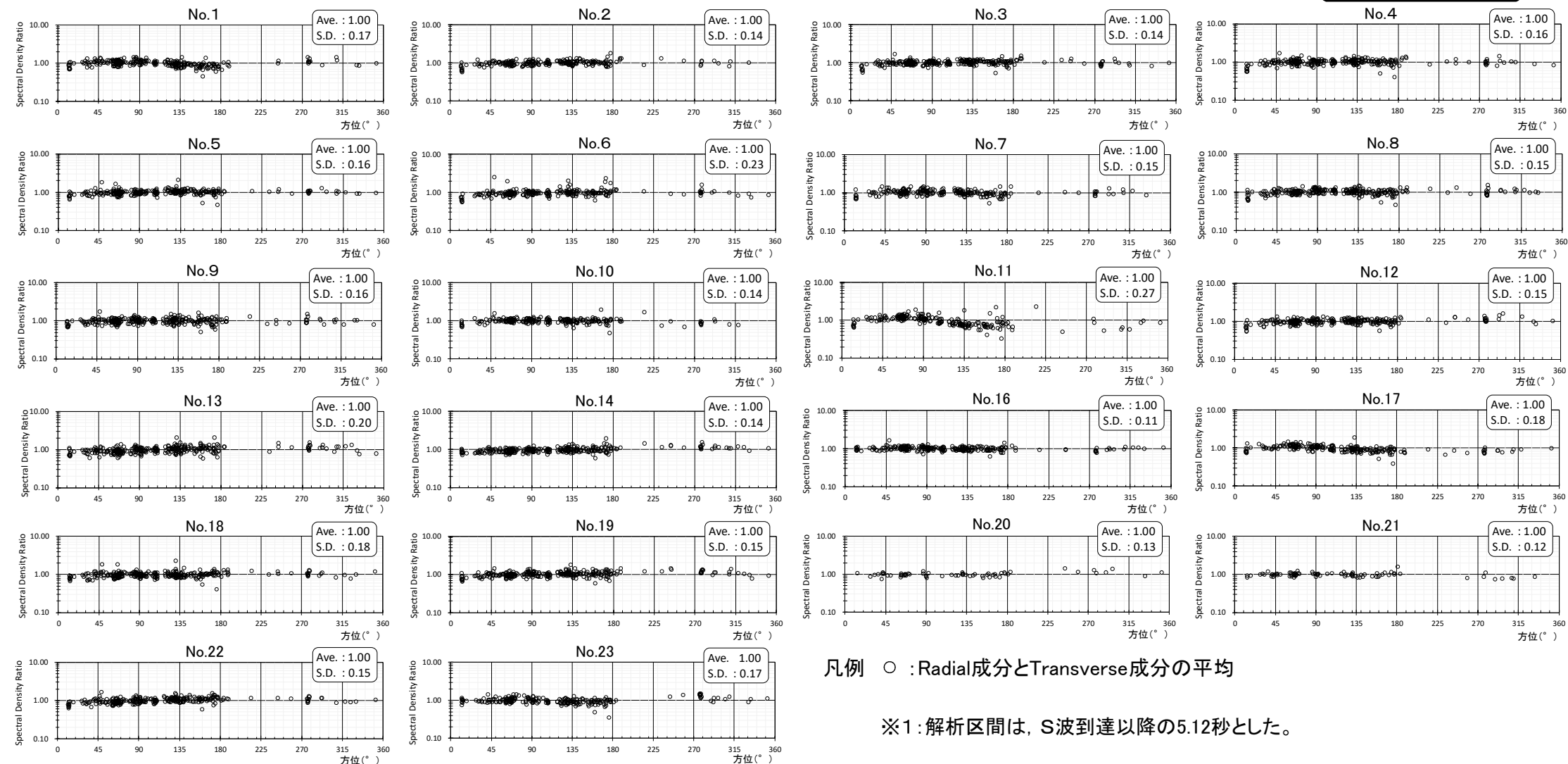
各観測点における方位別にみた地震ごとのスペクトル密度比

- 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)

コメントNo.S3-7



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 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (1/6)

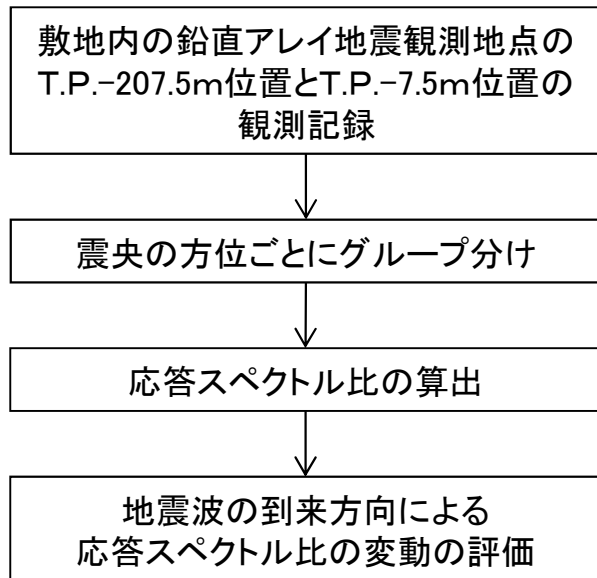
コメントNo.S3-7

## 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

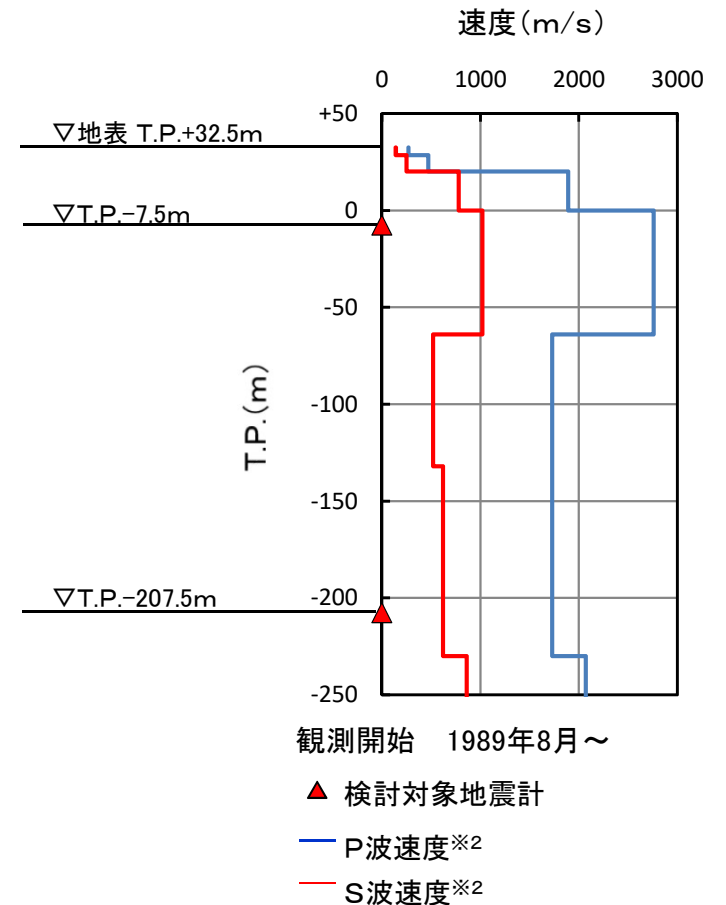
※1 : 応答スペクトル比の評価式

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

- 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.5-8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

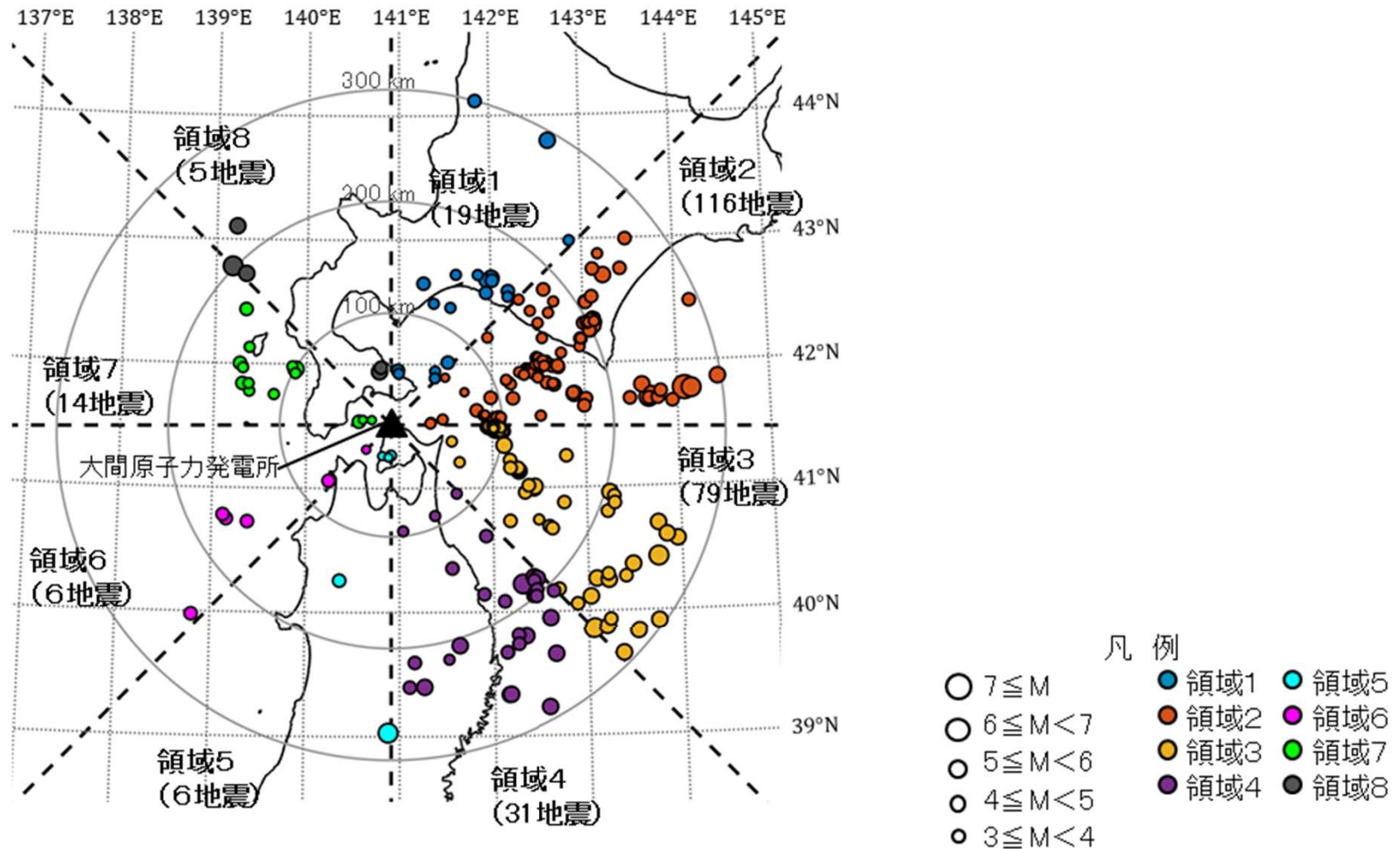
注)本節は、本編資料3.2.3項に関する補足説明資料。

## 3-4 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (2/6)

### 検討に用いた地震

コメントNo.S3-7

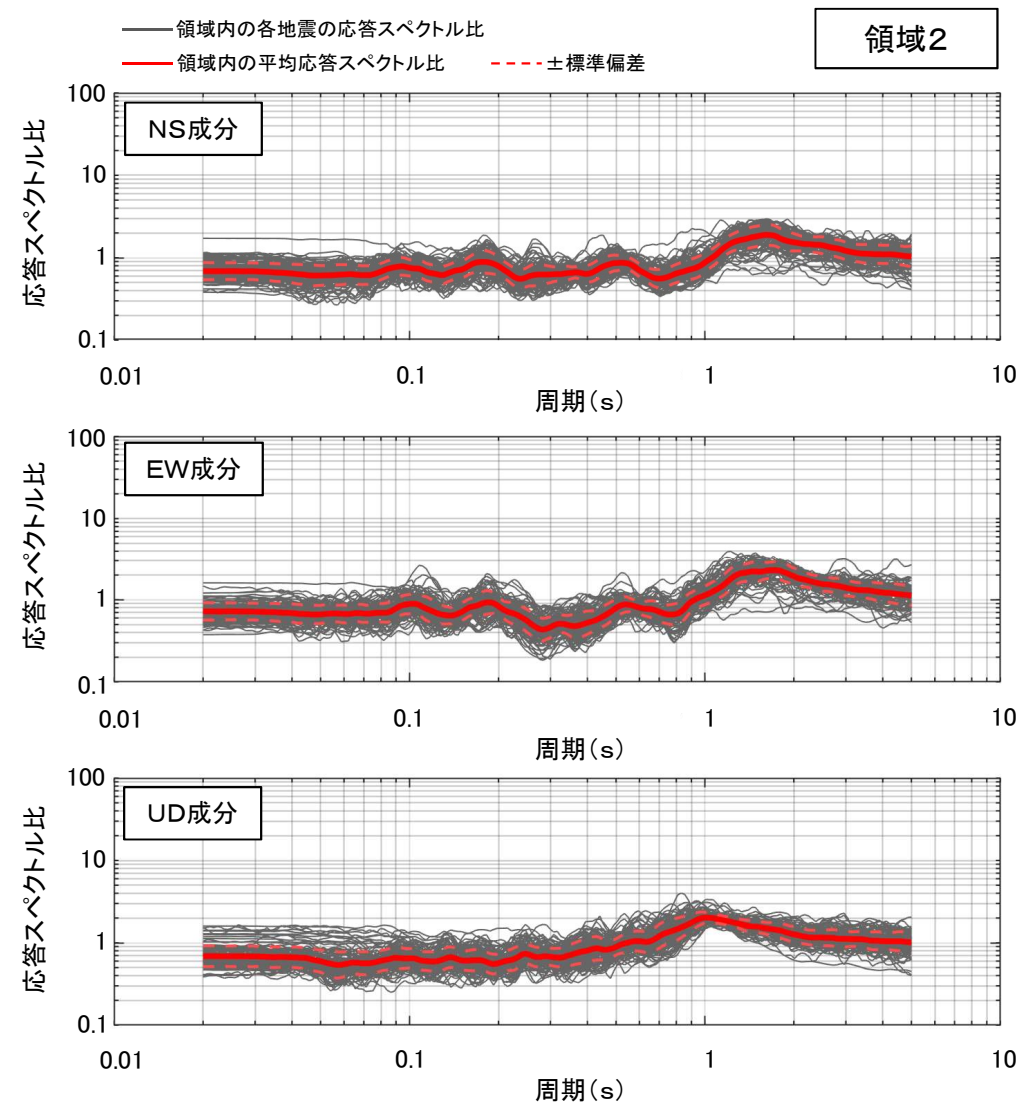
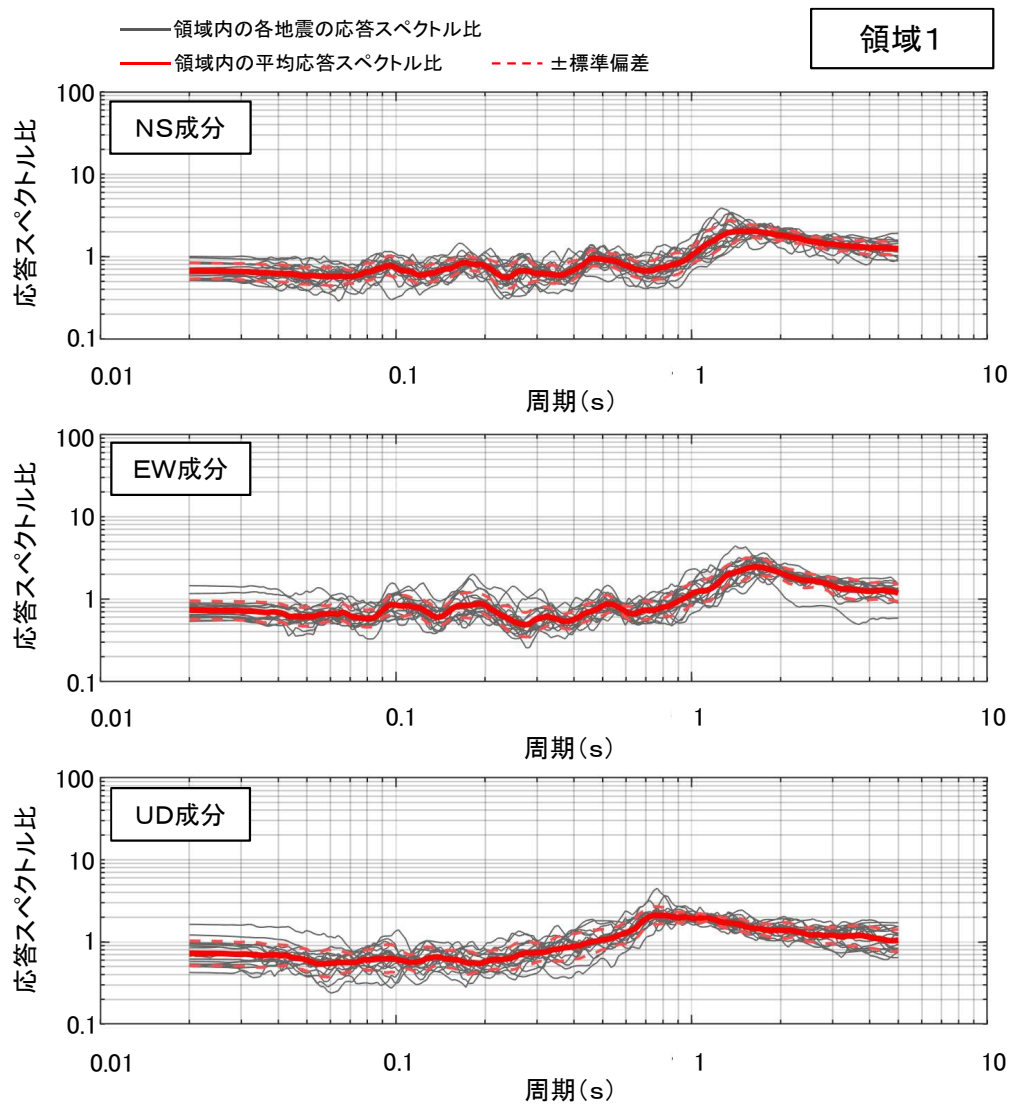
- 検討には下記条件を満たす地震の観測記録を用いた。
  - 鉛直アレイ地震観測地点を基準としてマグニチュード3以上かつ震央距離300km以内の地震
  - 十分なS/N比を有する観測記録



検討に用いた地震の震央分布

## 3-4 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (3/6)

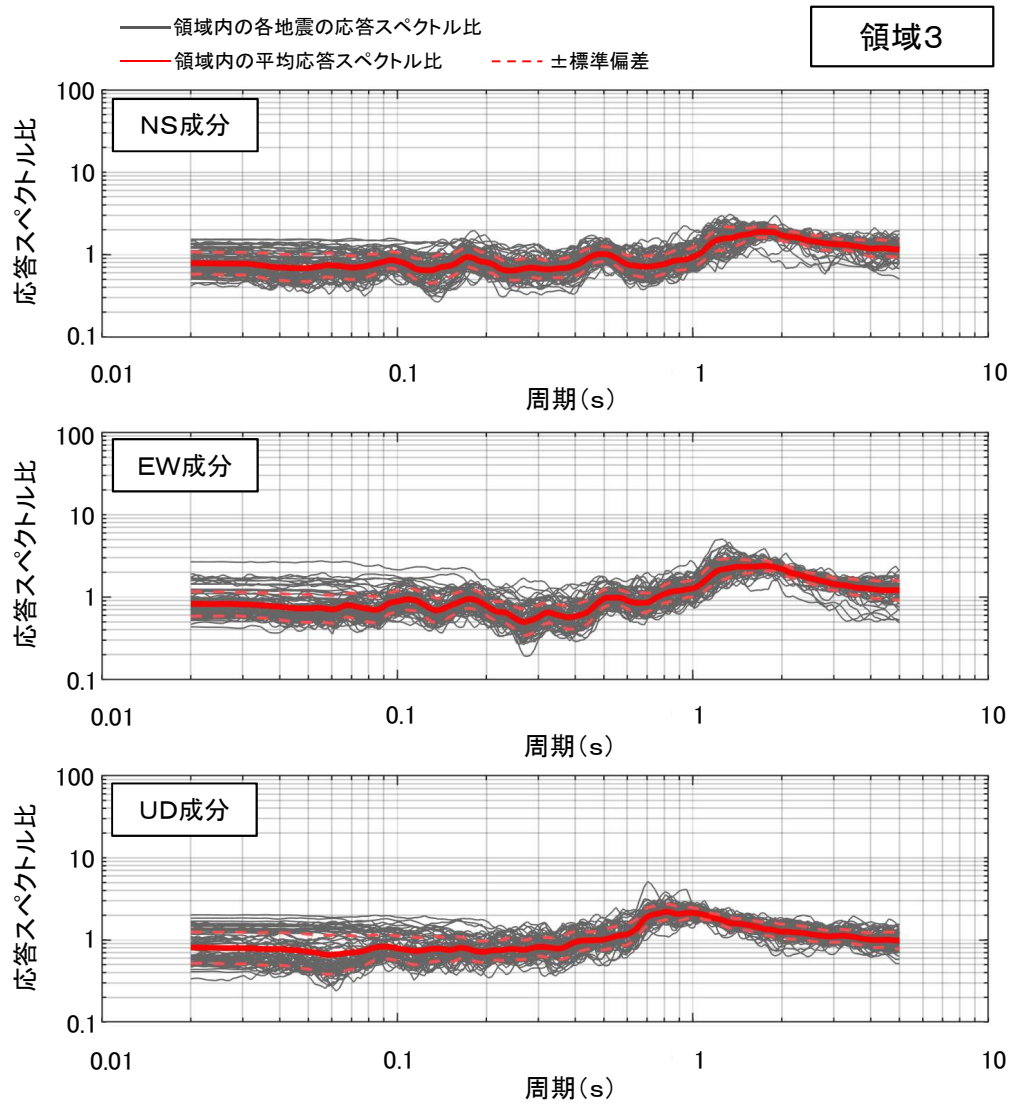
コメントNo.S3-7



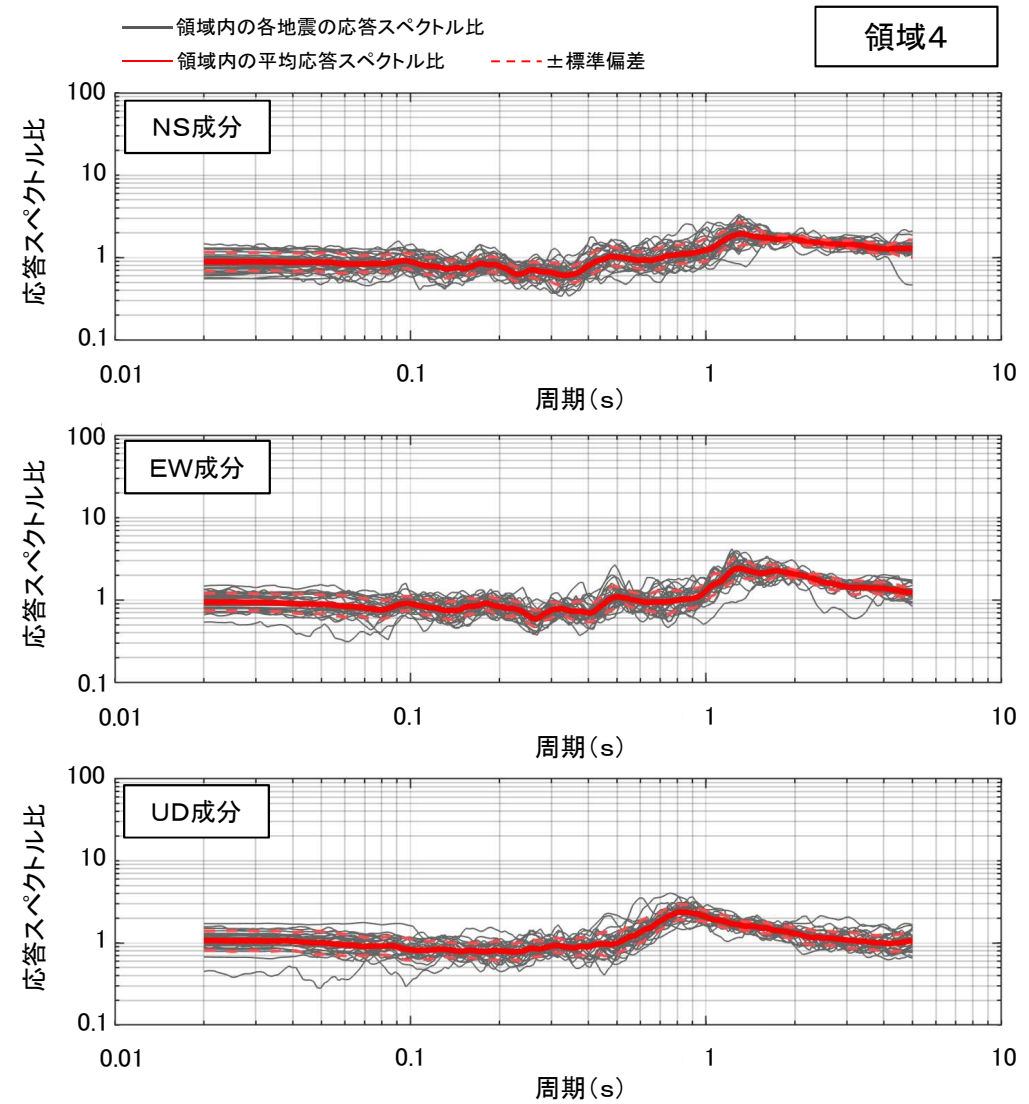
- 領域1, 2において, 応答スペクトル比のばらつきは小さく, 地震によって特異な傾向は認められない。

## 3-4 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (4/6)

コメントNo.S3-7



領域3における応答スペクトル比

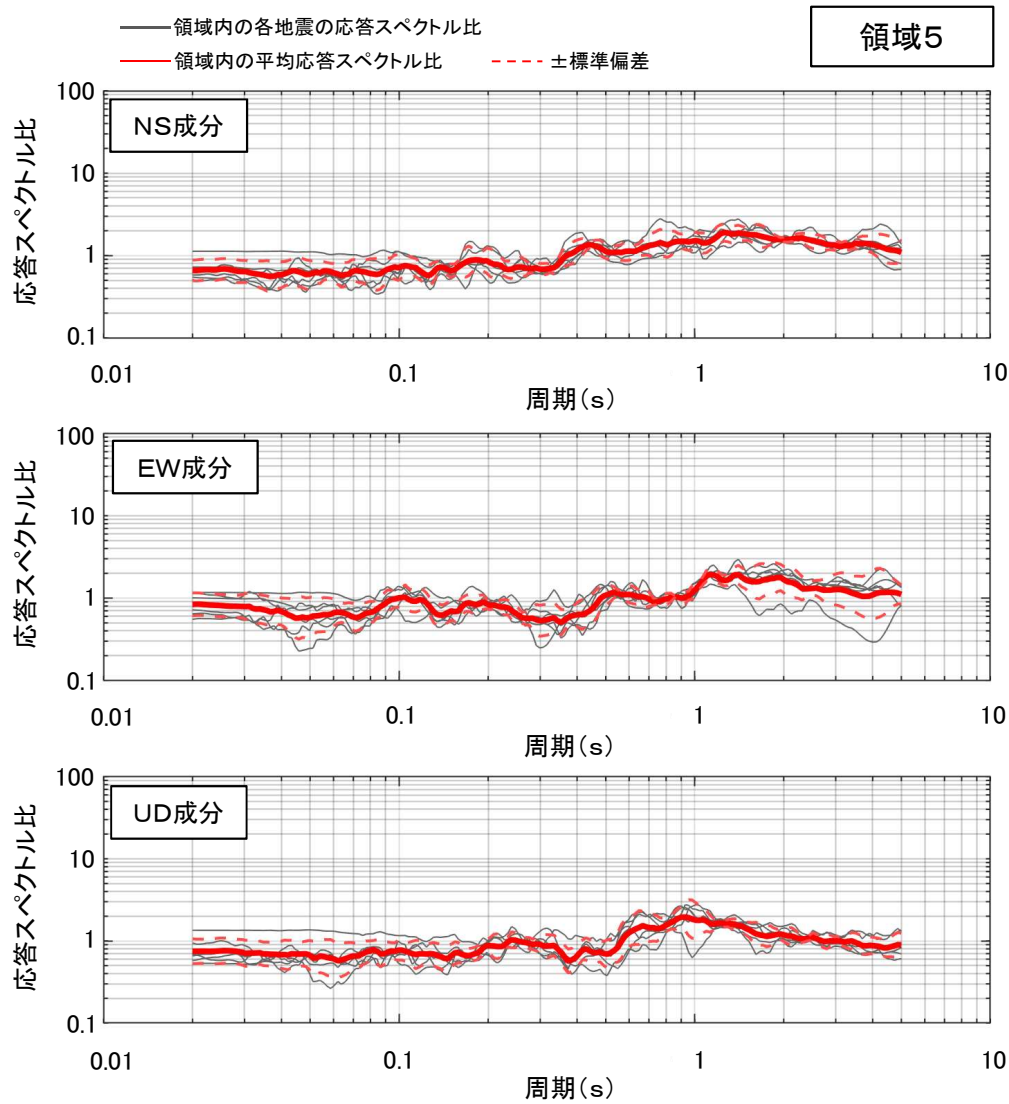


領域4における応答スペクトル比

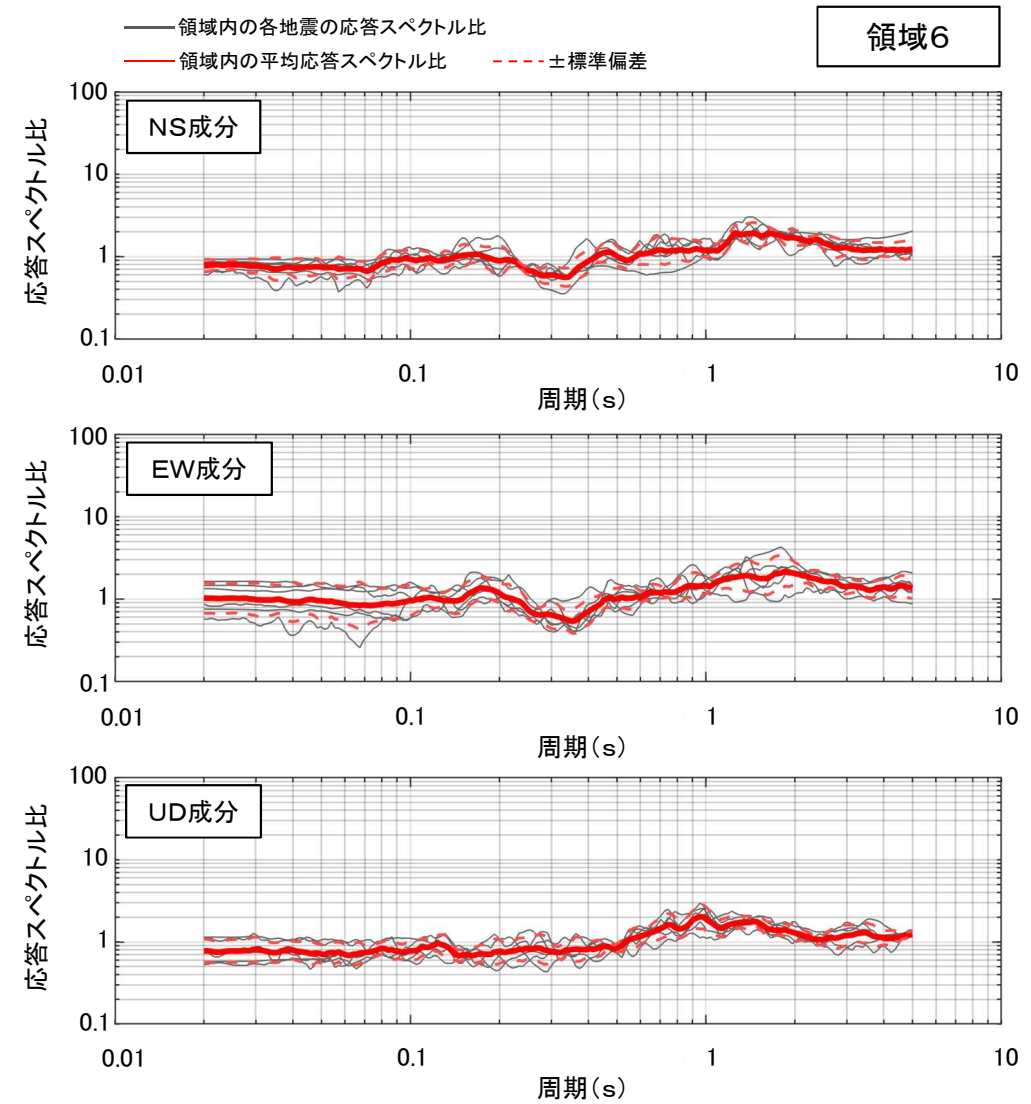
- 領域3, 4において, 領域1, 2と同様, 応答スペクトル比のばらつきは小さく, 地震によって特異な傾向は認められない。

## 3-4 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (5/6)

コメントNo.S3-7



領域5における応答スペクトル比



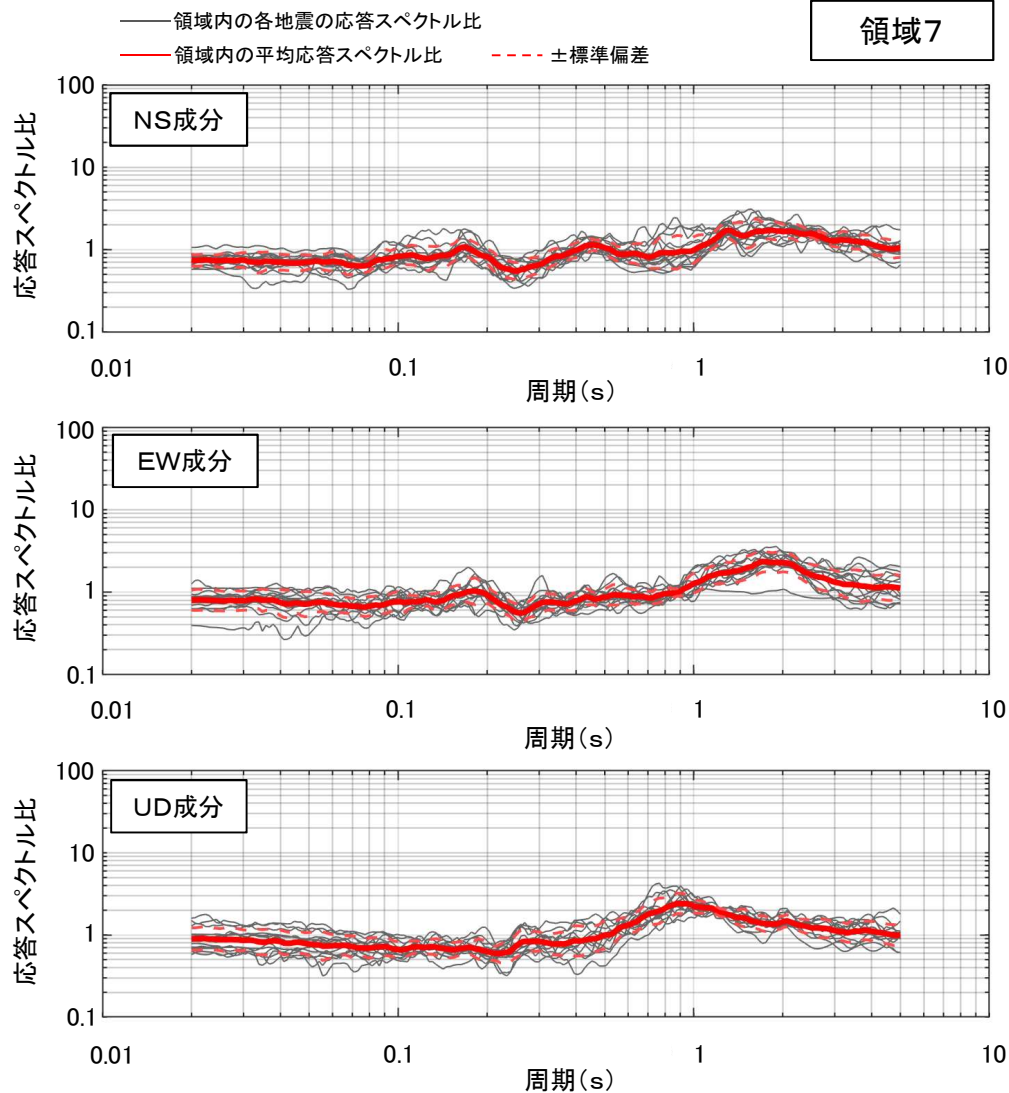
領域6における応答スペクトル比

- 領域5, 6において, 領域1~4と同様, 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。

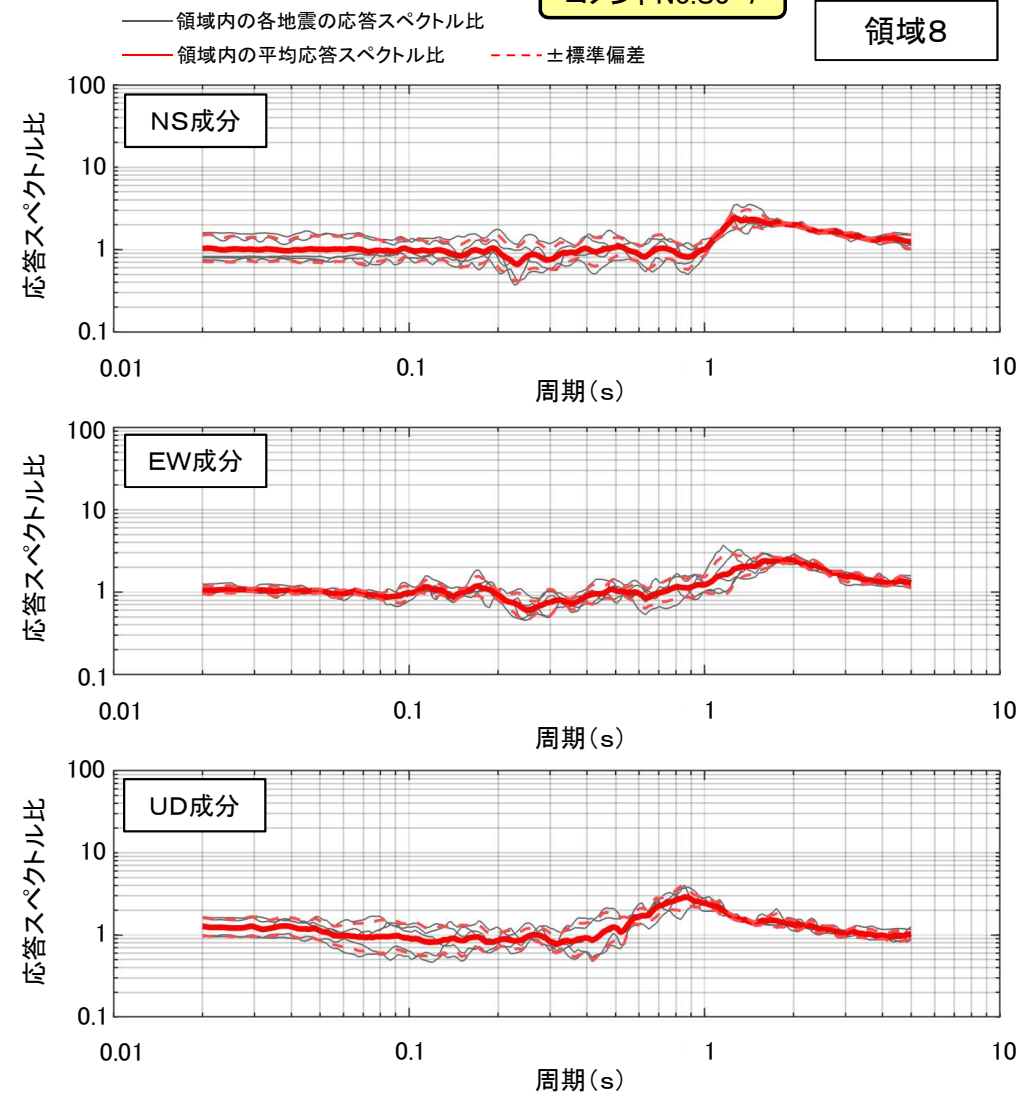


## 3-4 領域ごとの異なる深度の応答スペクトル比 (6/6)

コメントNo.S3-7



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

- 領域7, 8において, 領域1~6と同様, 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。

## 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (1/7)

コメントNo.S3-7

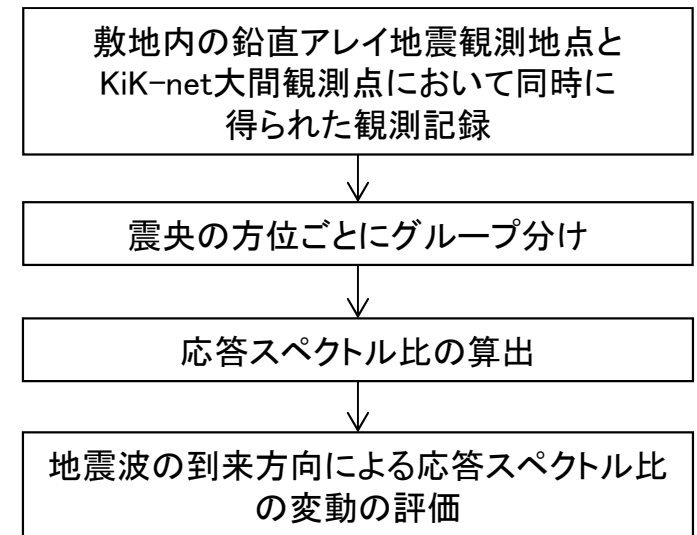
### 検討の目的

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

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

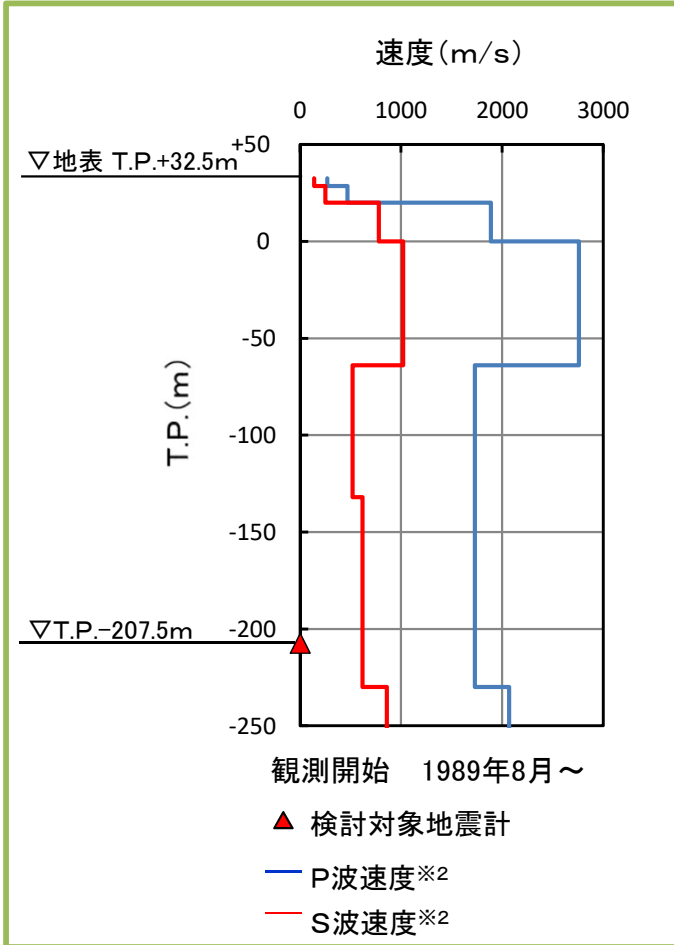
- $R_{\frac{Ohma}{AOMH01}}(T)$  : 応答スペクトル比  
 $S_{Ohma}(T)$  : 敷地内の鉛直アレイ地震観測地点の加速度応答スペクトル  
 (地中位置(T.P.-207.5m))  
 $S_{AOMH01}(T)$  : KiK-net大間観測点の加速度応答スペクトル  
 (地中位置(標高-91.57m))  
 $X_{Ohma}$  : 敷地内の鉛直アレイ地震観測地点からの震源距離  
 $X_{AOMH01}$  : KiK-net大間観測点からの震源距離

# 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (2/7)

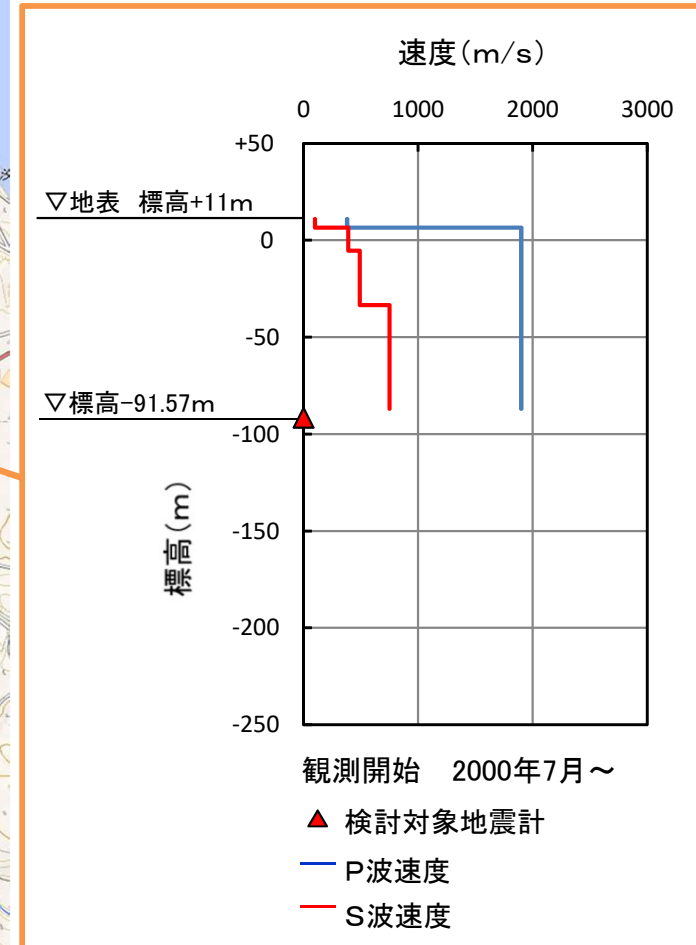
## 地震観測点の速度構造と地震計設置位置

コメントNo.S3-7

敷地内の鉛直アレイ地震観測地点※<sup>1</sup>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



※<sup>1</sup> : 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.5-8を参照  
 ※<sup>2</sup> : 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。

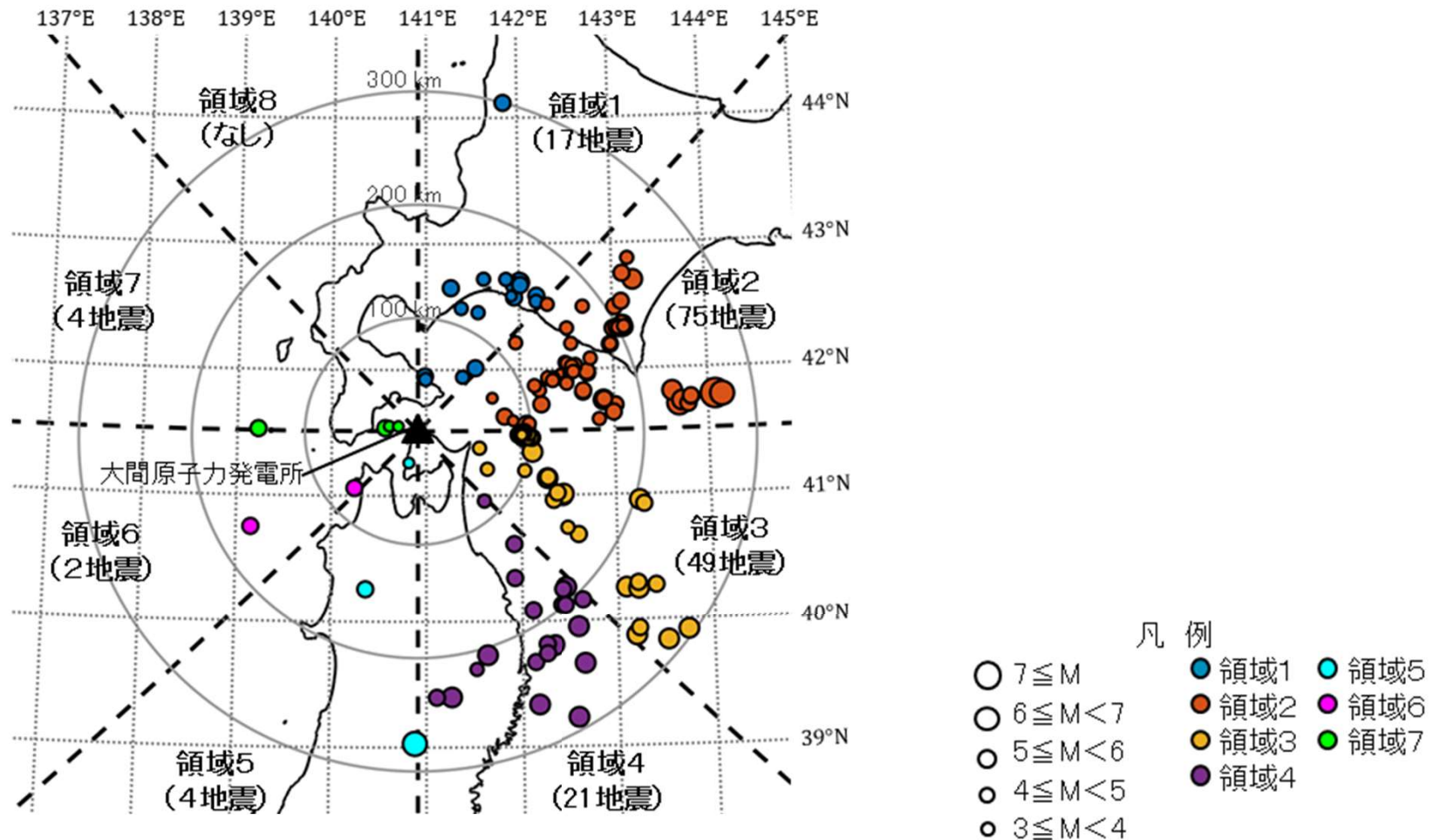
本検討においては、敷地内の鉛直アレイ地震観測地点のT.P.-207.5m位置及びKiK-net大間観測点の標高-91.57m位置の地震計において同時に得られた観測記録を用いた。

## 3-5 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

コメントNo.S3-7

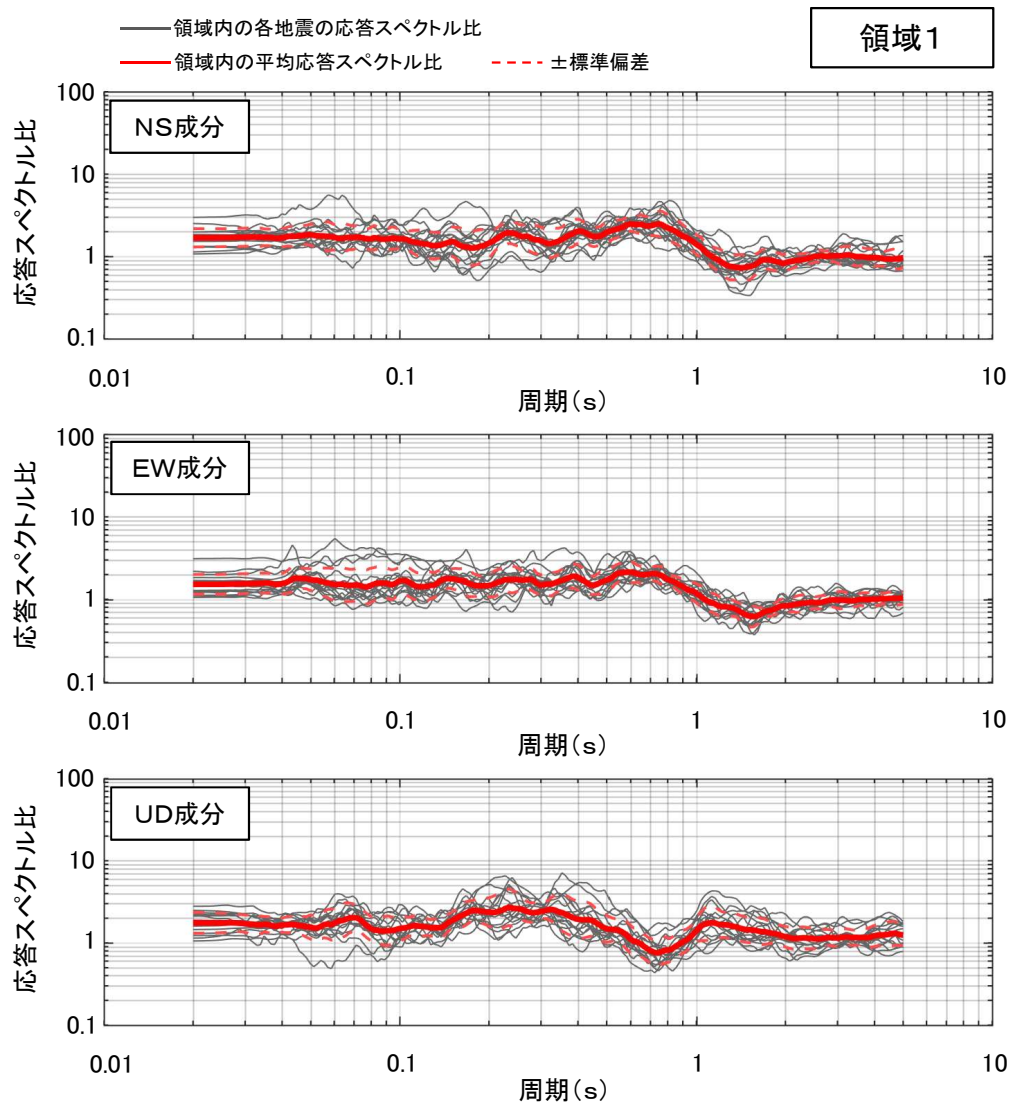
- 検討には以下の条件を満たす172地震の観測記録を用いた。
  - KiK-net大間観測点の観測開始(2000年7月)から2018年9月までの地震
  - 鉛直アレイ地震観測地点及びKiK-net大間観測点において、同時に観測記録が得られた地震
  - 鉛直アレイ地震観測地点を基準としてマグニチュード3以上かつ震央距離300km以内の地震
  - 十分なS/N比を有する観測記録



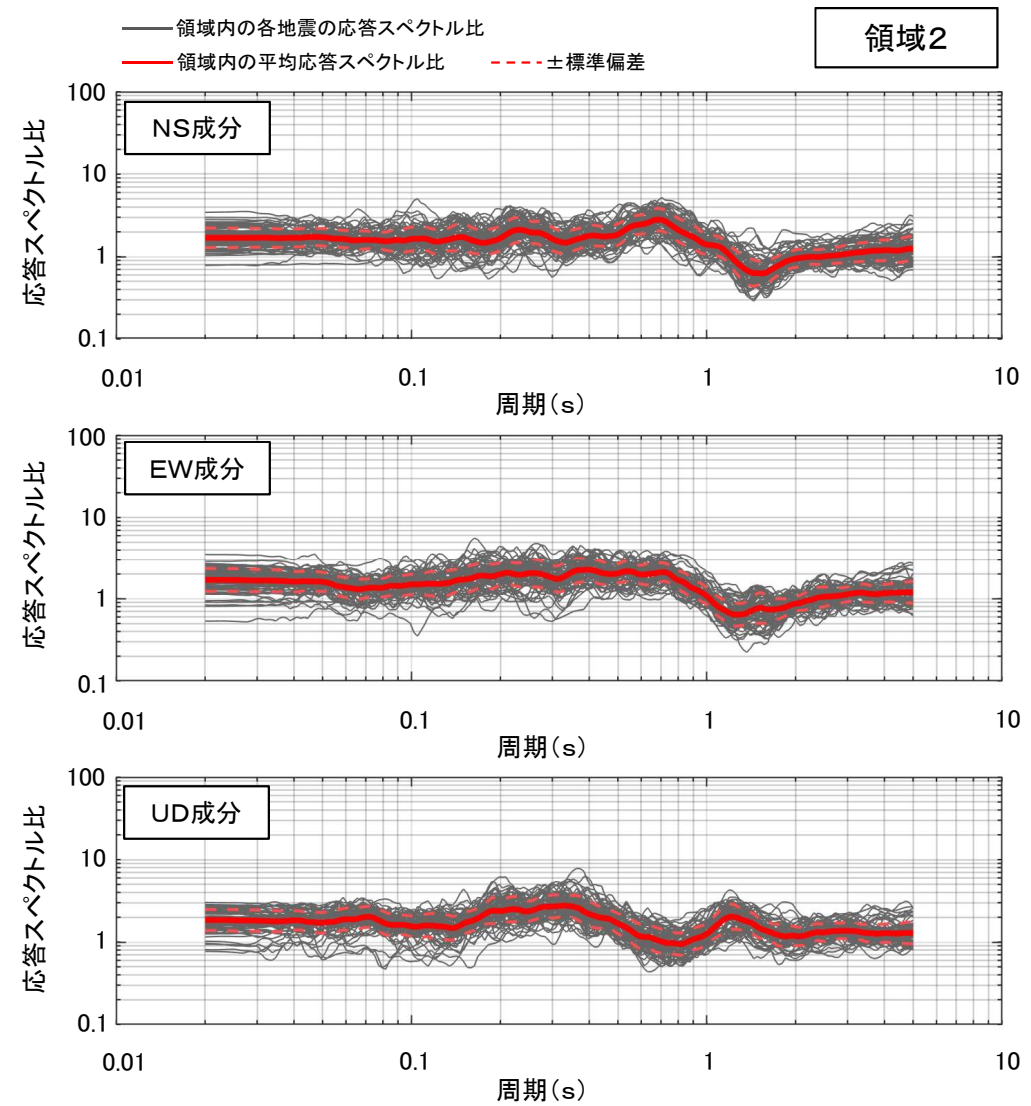
検討に用いた地震の震央分布

## 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (4/7)

コメントNo.S3-7



領域1における応答スペクトル比

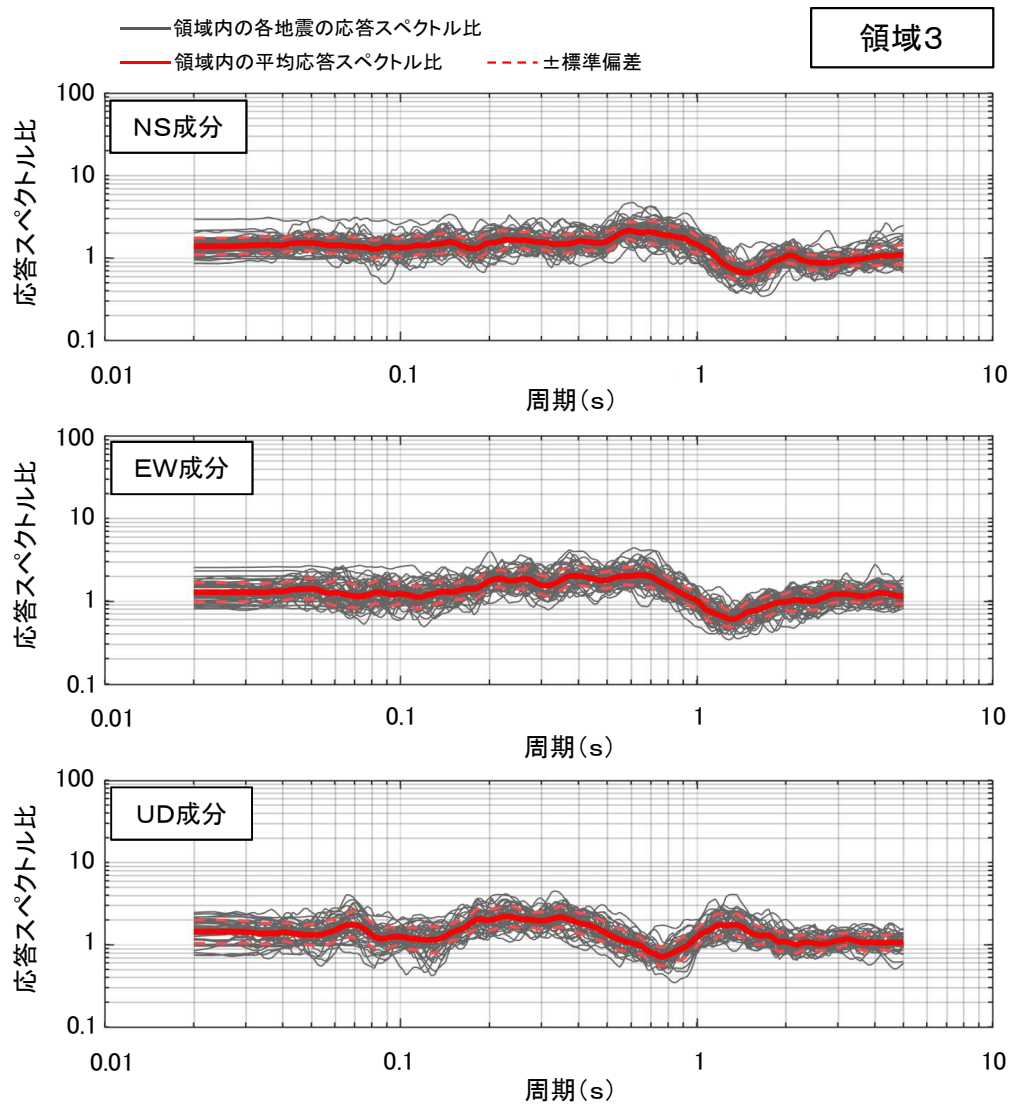


領域2における応答スペクトル比

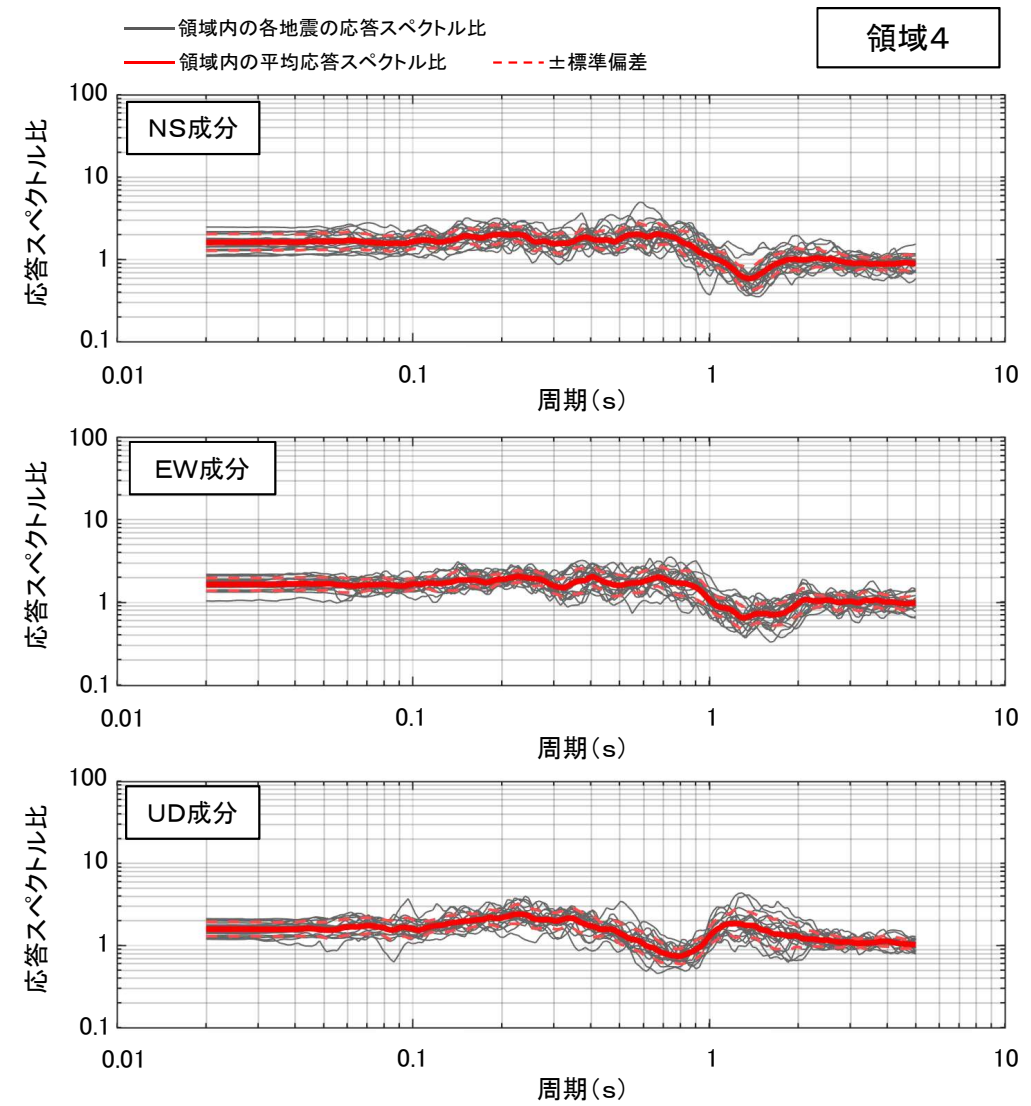
- 領域1, 2において, 応答スペクトル比のばらつきは小さく, 地震によって特異な傾向は認められない。

## 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (5/7)

コメントNo.S3-7



領域3における応答スペクトル比

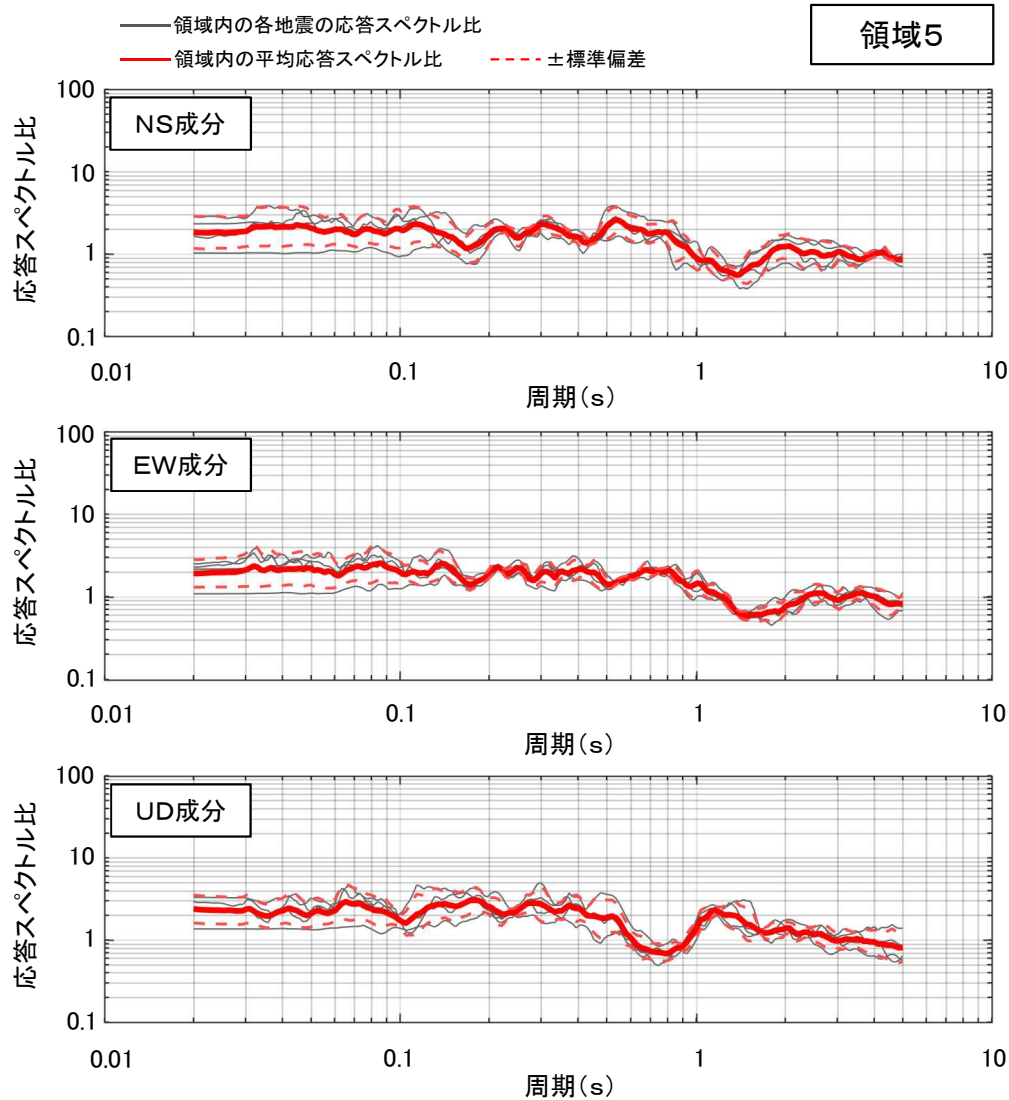


領域4における応答スペクトル比

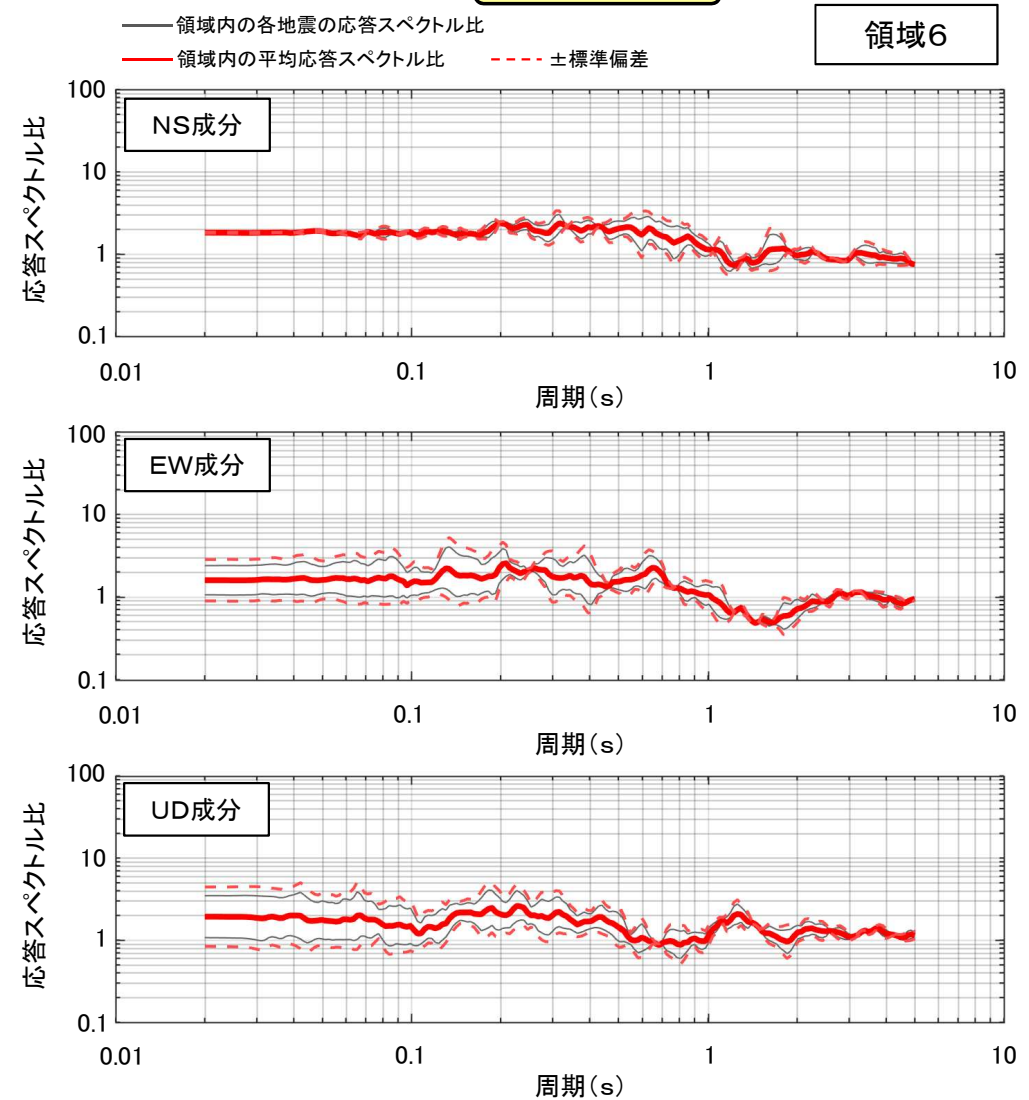
- 領域3, 4において, 領域1, 2と同様, 応答スペクトル比のばらつきは小さく, 地震によって特異な傾向は認められない。

## 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (6/7)

コメントNo.S3-7



領域5における応答スペクトル比

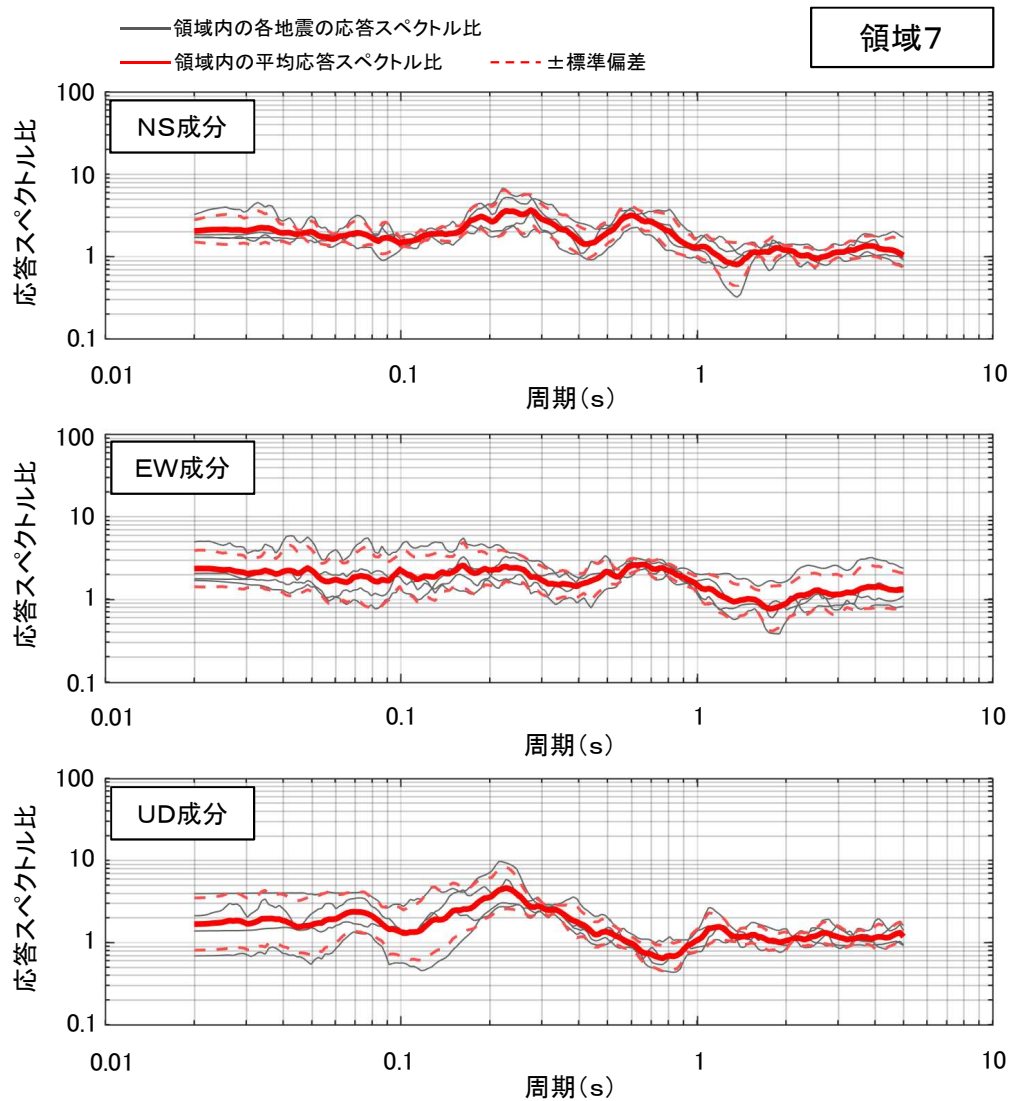


領域6における応答スペクトル比

- 領域5, 6において、地震数が少ないことにより応答スペクトル比のばらつきの値が大きくなっているが、各地震の応答スペクトル比は、地震数の多い領域1~4における分布の範囲とおおむね同様であり、特異な傾向は認められない。

## 3-5 領域ごとのKiK-net大間観測点との応答スペクトル比 (7/7)

コメントNo.S3-7



領域8は対象地震なし

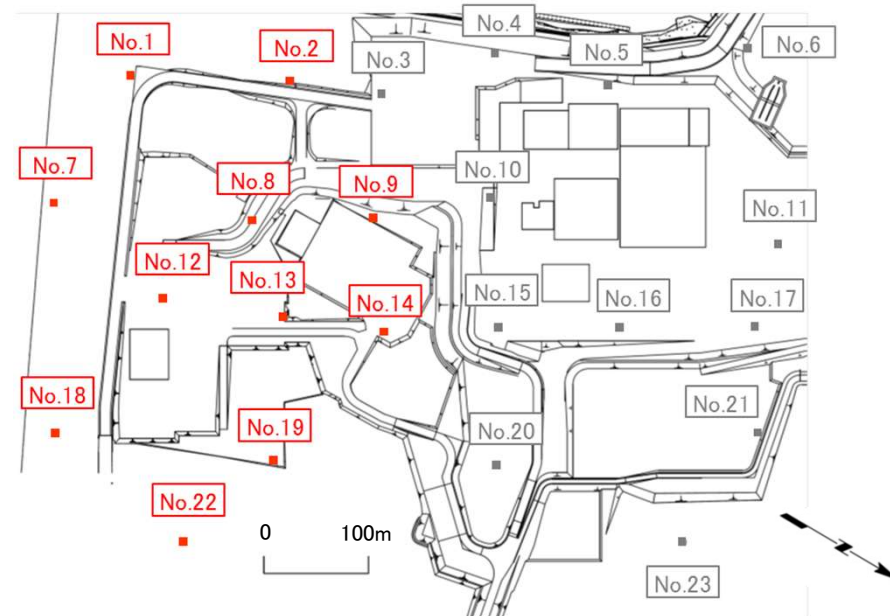
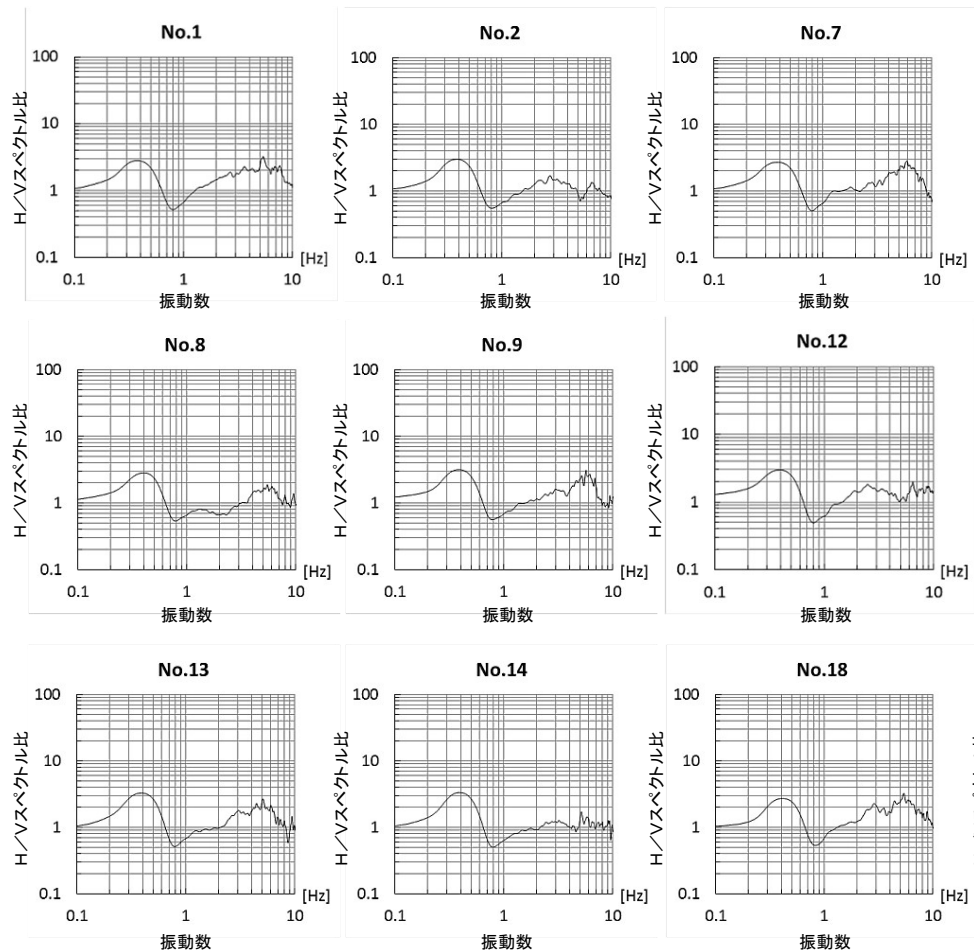
領域7における応答スペクトル比

- 領域7において、地震数が少ないことにより応答スペクトル比のばらつきの値が大きくなっているが、各地震の応答スペクトル比は、地震数の多い領域1～4における分布の範囲とおおむね同様であり、特異な傾向は認められない。





## 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)



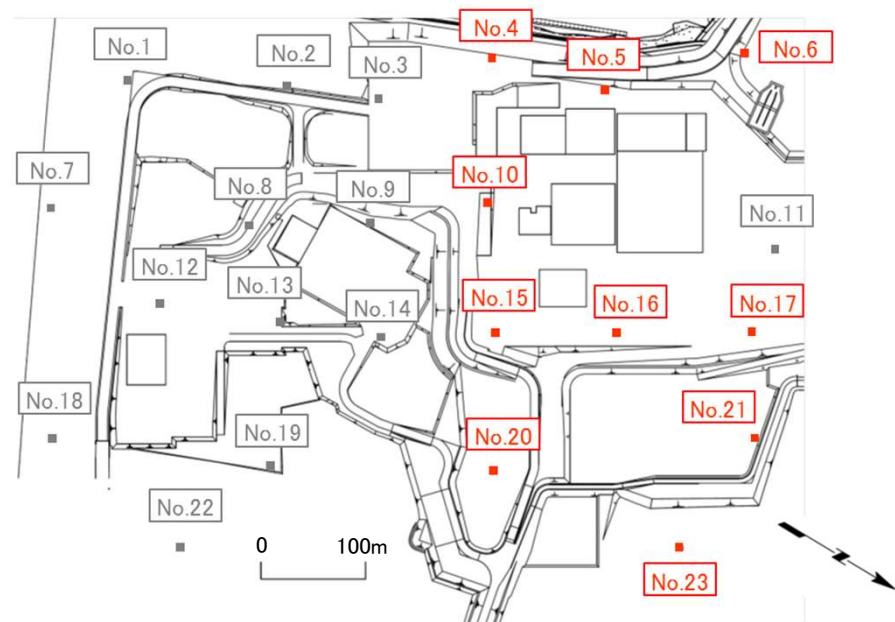
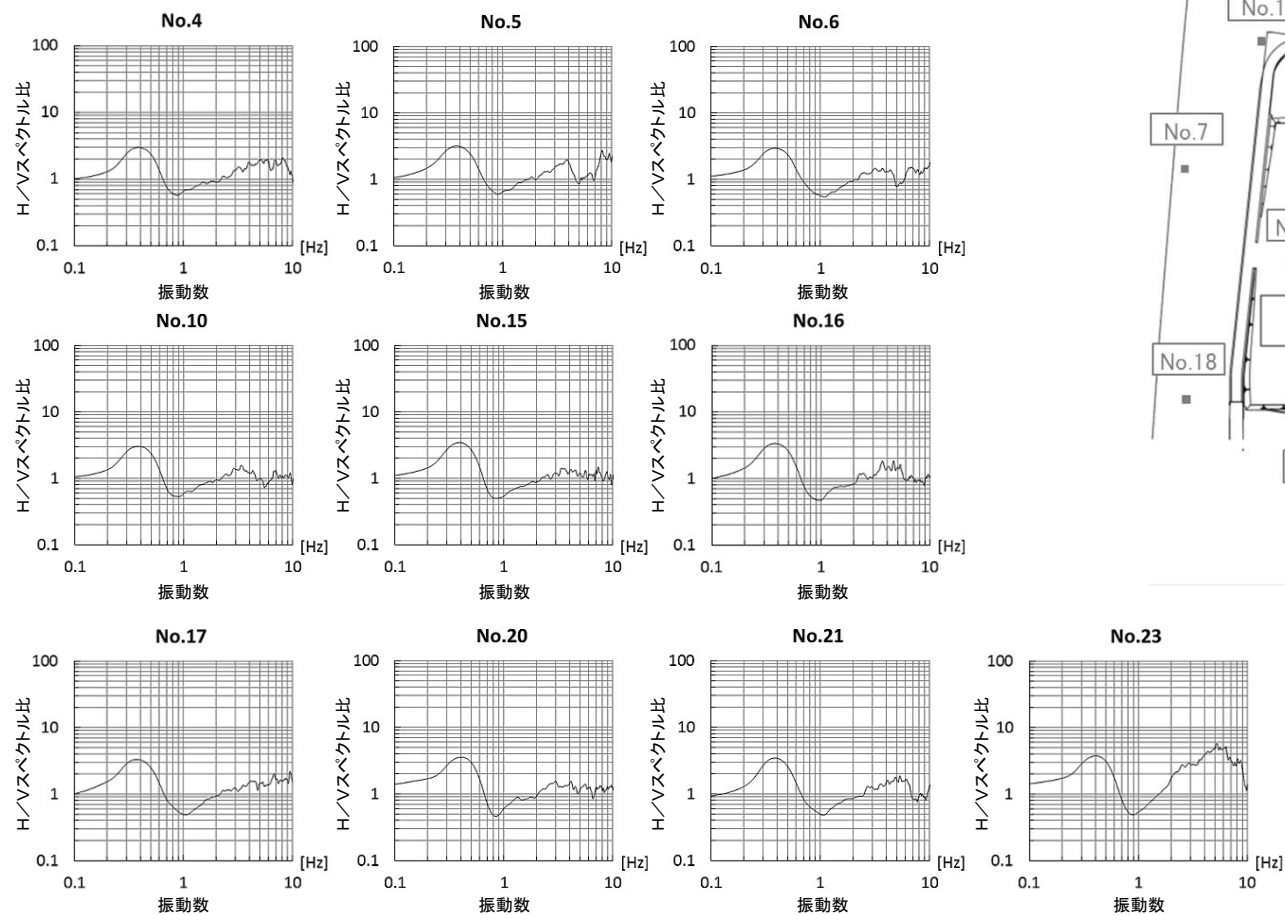
平面アレイ微動観測点

- 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。

(余白)